



ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ & ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΑΣ & ΒΙΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

ΠΜΣ: ΕΠΙΣΤΗΜΗ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ & ΔΙΑΤΡΟΦΗ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ
“ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΔΙΑΣΦΑΛΙΣΗΣ ΥΓΙΕΙΝΗΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ”



ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

«Διερεύνηση των δυνατοτήτων αξιοποίησης των στερεών υποπροϊόντων και υπολειμμάτων που προκύπτουν από βιομηχανίες παραγωγής και τυποποίησης ορύζης και οσπρίων»

Σουλτάνα Σ. Τρυφωνίδου

Αθήνα, 2017

Επιβλέπων Καθηγητής: Σεραφείμ Παπανικολάου, Αναπληρωτής καθηγητής Γ.Π.Α.



ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ & ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΑΣ & ΒΙΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

ΠΜΣ: ΕΠΙΣΤΗΜΗ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ & ΔΙΑΤΡΟΦΗ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ

“ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΔΙΑΣΦΑΛΙΣΗΣ ΥΓΙΕΙΝΗΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ”

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

«Διερεύνηση των δυνατοτήτων αξιοποίησης των στερεών υποπροϊόντων και υπολειμμάτων που προκύπτουν από βιομηχανίες παραγωγής και τυποποίησης ορύζης και οσπρίων»

Σουλτάνα Σ. Τρυφωνίδου

Αθήνα, 2017

Επιβλέπων Καθηγητής: Σεραφείμ Παπανικολάου, Αναπληρωτής καθηγητής Γ.Π.Α

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ
«Διερεύνηση των δυνατοτήτων αξιοποίησης των στερεών υποπροϊόντων και υπολειμμάτων που προκύπτουν από βιομηχανίες παραγωγής και τυποποίησης ορύζης και οσπρίων»

Σουλτάνα Σ. Τρυφονίδου

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Επιβλέπων: Σεραφείμ Παπανικολάου, Αναπληρωτής καθηγητής Γ.Π.Α.

Α' μέλος τριμελούς: Ελευθέριος Δροσινός, Αναπληρωτής καθηγητής Γ.Π.Α.

Β' μέλος Τριμελούς: Απόστολος Κουτίνας, Επίκουρος καθηγητής Γ.Π.Α.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή μελέτη έχει ως σκοπό τη διερεύνηση μέσω βιβλιογραφικής έρευνας των δυνατοτήτων περαιτέρω αξιοποίησης των υποπροϊόντων που προκύπτουν από τις γραμμές παραγωγής βιομηχανιών επεξεργασίας και τυποποίησης ορύζης και οσπρίων, με έμφαση στη χρήση προηγμένων βιοτεχνολογικών μεθόδων, με τελικό στόχο την αύξηση της εμπορικής τους αξίας.

Αρχικά θα παρουσιαστούν τα διάφορα εμπορεύσιμα προϊόντα και τα διαγράμματα ροής σε μια τυπική βιομηχανία τυποποίησης ορύζης και οσπρίων, τα οποία σε συνδυασμό δικαιολογούν την ύπαρξη των διαφόρων κατηγοριών υποπροϊόντων, τα οποία και θα περιγραφούν λεπτομερώς. Μέχρι και σήμερα το μεγαλύτερο μέρος των υποπροϊόντων αυτών διατίθεται ως ζωοτροφή με χαμηλό κέρδος για την εταιρεία ενώ το υπόλοιπο (χώμα, πέτρες, κλαδιά, φύλλα κ.α) θεωρείται μη εκμεταλλεύσιμο εμπορικά.

Στη συνέχεια χρησιμοποιώντας τη βάση δεδομένων του United States Department of Agriculture (USDA), περιγράφεται η χημική σύσταση ως προς τις πρωτεΐνες, τα σάκχαρα, τα λιπίδια, τις διαιτητικές ίνες, τα ιχνοστοιχεία κλπ. όλων των υποπροϊόντων ενδιαφέροντος. Αυτός ο χημικός χαρακτηρισμός επιτρέπει την κατηγοριοποίησή τους σε υποπροϊόντα πλούσια σε πρωτεΐνες, άλλα πλούσια σε υδατάνθρακες, σε λιπίδια κλπ. και κατ' επέκταση τον εντοπισμό της ιδανικότερης και πιο αξιόλογης μεθόδου για την αξιοποίησή τους συνυπολογίζοντας και το οικονομικό-εμπορικό κόστος εγκατάστασης αυτής σε μεγάλη κλίμακα καθώς και την απόδοσή της.

Τα διάφορα υποπροϊόντα δύνανται να αξιοποιηθούν μέσω της μικροβιακής τεχνολογίας είτε μέσω στερεών είτε μέσω υγρών ζυμώσεων. Θα υπάρξει συνεπώς αναφορά στην τεχνική «SOLID STATE FERMENTATION» (SSF, ζύμωση στερεάς κατάστασης) η οποία ορίζεται ως εκείνη η διαδικασία ζύμωσης κατά την οποία μικροοργανισμοί και κυρίως μύκητες αναπτύσσονται σε στερεά υποστρώματα χωρίς την παρουσία ελεύθερου υγρού όπως στην «SUBMURGED FERMENTATION» (SmF, υγρή ζύμωση), η οποία πραγματοποιείται όταν τα διάφορα υλικά της ζύμωσης βρίσκονται εν διαλύσει σε νερό.

Στη συγκεκριμένη μελέτη και δοθείσης της στερεής κατάστασης των υποπροϊόντων, επιλέχθηκε η διερεύνηση της αξιοποίησης των υποπροϊόντων της παραγωγής της εν λόγω εταιρείας με την SSF, γιατί είναι η ιδανική μέθοδος για την επεξεργασία στερεών υποπροϊόντων-αποβλήτων, γιατί έχει μεγαλύτερη απόδοση σε βιοπροϊόντα τα οποία παρουσιάζουν μεγαλύτερη σταθερότητα σε σύγκριση με αυτά της SmF, όπως είναι γενικά αποδεκτό από την υπάρχουσα βιβλιογραφία και τέλος γιατί κοστίζει λιγότερο σε εργασία, χρόνο και αναλώσιμα ενώ παράλληλα είναι φιλική προς το περιβάλλον από τη στιγμή που έχει μικρότερη παραγωγή λυμάτων και ελαχιστοποίηση των απορριμμάτων.

Το τελευταίο κεφάλαιο της πτυχιακής αυτής εργασίας κάνει ιδιαίτερη αναφορά σε εκείνα τα υποπροϊόντα που προκύπτουν από τη γραμμή παραγωγής και είναι πλούσια σε κύτταρινες και ημικυτταρίνες και άρα αποτελούν ένα πολύ καλό υπόστρωμα για την καλλιέργεια μανιταριών. Πράγματι, μεταξύ των διαφόρων εφαρμογών της SSF η καλλιέργεια μανιταριών απέδειξε το οικονομικό δυναμικό, την προσθήκη αξίας και την οικολογική της σημασία στη βιομετατροπή των αγρο-βιομηχανικών υπολειμμάτων προς προϊόντα και μυκηλιακή μάζα, ενδεχομένως πολύ υψηλής αξίας.

(Λέξεις κλειδιά: ορύζη, όσπρια, διαγράμματα ροής, υποπροϊόντα, χημική σύσταση, προηγμένες βιοτεχνολογικές μέθοδοι, ζύμωση στερεάς κατάστασης, καλλιέργεια μανιταριών)

TITLE

«Exploration of the possibilities of valorization of the solid byproducts and wastes generated by the production and processing industries of rice and pulses»

ABSTRACT

This dissertation study aims to explore, by reviewing the existing literature, the potential of further utilization, mostly through the use of advanced biotechnological methods, of the by-products that arise from the production lines of the industries that process rice and pulses, with the ultimate aim of increasing their commercial value.

Initially, the various commercial products and flowcharts in a typical rice and pulses processing industry will be presented, which in combination can justify the existence of the different categories of by-products, which on their turn will be described in detail. Up to date, the majority of these products is sold as feedstock with low profit for this type of companies while the remainder (soil, stones, branches, leaves, etc.) is considered non-exploitable commercially.

Then, the database of the United States Department of Agriculture (USDA) is used as the main source of information, for the disclosure of the chemical composition, of all the by-products of interest, in terms of proteins, sugars, lipids, dietary fibers, oligominerals, etc. This chemical characterization permits the categorization of the above, into products rich in proteins, others rich in carbohydrates, lipids, etc. and therefore allowing us to identify the most appropriate-ideal method for their further exploitation, taking into account at the same time the financial-commercial cost of the installation of the method in large scale and its performance.

The various products can be exploited via microbial technology either through solid or through liquid fermentations. It will be done, therefore, a reference in the laboratory technique «SOLID STATE FERMENTATION» (SSF, solid state fermentation) which is defined as the fermentation process in which microorganisms, particularly fungi grow on solid supports without the presence of free liquid such as in «SUBMURGED FERMENTATION» (SmF liquid fermentation), which takes place when the different ingredients of the fermentation are dissolved in water.

In this study and given the solid state of the by-products of interest, it was chosen to investigate their further exploitation with the SSF method, because it is the ideal method for the treatment of solid waste-products and because as it is generally accepted by the existing literature it has higher efficiency in bio-products which are characterized by greater stability in comparison to those of SmF, and finally because it costs less in labor, time and consumables, as well as being environmentally friendly since it has less production of liquid and solid wastes.

The last chapter of this dissertation is dedicated to those by-products arising from the production line that are rich in cellulose and hemicelluloses and thus represent a very good substrate for growing mushrooms. Indeed, among the various applications of SSF the mushroom cultivation demonstrated the economic potential, adding value and ecological importance in the biotransformation of agro-industrial residues towards products and mycelial mass, of potentially very high value.

(Key words: rice, pulses, flow charts, by-products, chemical composition, advanced biotechnological methods, Solid State Fermentation, mushroom cultivation.)

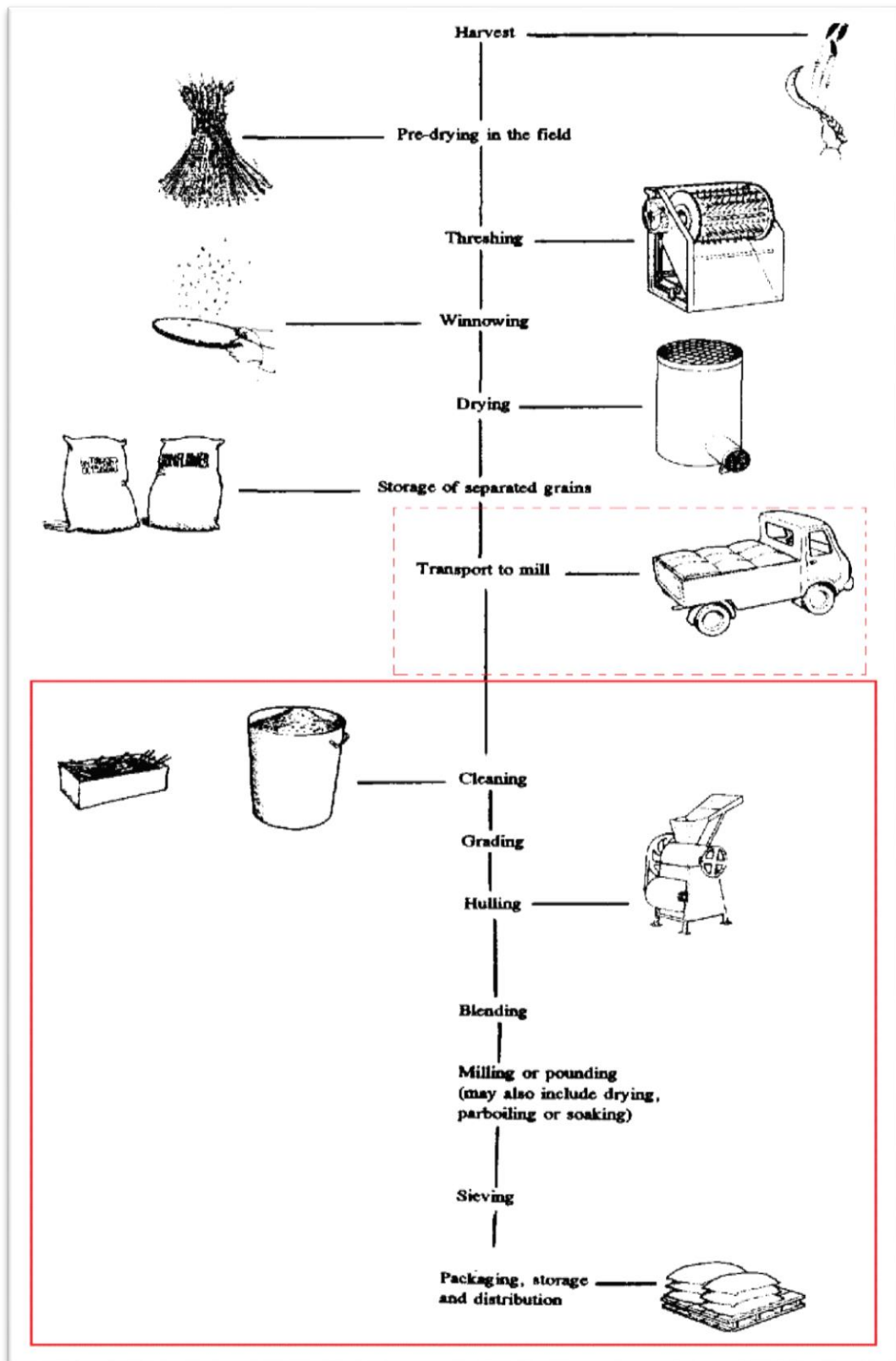
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή της μεταπτυχιακής αυτής εργασίας κ. Σεραφείμ Παπανικολάου, καθώς και τη μεταδιδάκτορα Κρατερίνα Παπαδάκη. Ένα ιδιαίτερο ευχαριστώ το οφείλω στον αναπληρωτή καθηγητή του Γ.Π.Α. Ελευθέριο Δροσινό, τόσο για τις γνώσεις όσο και για τις συμβουλές που μου παρείχε καθ'όλη τη διάρκεια της φοίτησής μου στο Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών 'ΕΠΙΣΤΗΜΗ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ & ΔΙΑΤΡΟΦΗ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ' με κατεύθυνση τα 'Συστήματα Διαχείρισης Ποιότητας & Διασφάλισης Υγιεινής Τροφίμων.

Πίνακας περιεχομένων

ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ	1
ΠΡΩΤΕΣ ΥΛΕΣ ΚΑΙ ΥΠΟΠΡΟΪΟΝΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ	17
ΠΡΩΤΕΣ ΥΛΕΣ ΔΗΜΗΤΡΙΑΚΩΝ (ΣΙΤΑΡΙ ΚΑΙ ΡΥΖΙ)	17
<u>ΘΡΕΠΤΙΚΗ ΑΞΙΑ ΔΗΜΗΤΡΙΑΚΩΝ ΚΟΚΚΩΝ</u>	19
<u>ΣΙΤΟΣ ΣΚΛΗΡΟΣ (TRITICUM DURUM)</u>	71
<u>ΡΥΖΙ (ORYZEA SPP)</u>	94
<u>ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΚΛΗΡΟΥ ΣΙΤΟΥ ΚΑΙ ΟΡΥΖΗΣ – ΥΠΟΠΡΟΪΟΝΤΑ</u>	144
ΠΡΩΤΕΣ ΥΛΕΣ ΟΣΠΡΙΩΝ	165
<u>ΘΡΕΠΤΙΚΗ ΑΞΙΑ ΤΩΝ ΟΣΠΡΙΩΝ</u>	173
<u>ΞΗΡΑ ΦΑΣΟΛΙΑ</u>	249
<u>ΜΠΙΖΕΛΙ KOMMENO (PISUM SATIVUM)</u>	261
<u>ΚΟΥΚΙΑ (VICIA FABA)</u>	266
<u>ΦΑΚΕΣ (LENS CULINARIS)</u>	268
<u>ΡΕΒΙΘΙΑ (CICER ARIETINUM)</u>	276
<u>ΛΑΘΟΥΡΙ ή/και ΦΑΒΑ (LATHYRUS CLYMENUM)</u>	280
<u>ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΟΣΠΡΙΩΝ ΚΑΙ ΥΠΟΠΡΟΪΟΝΤΑ ΤΗΣ</u>	283
ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΥΠΟΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΚΑΙ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ	285
<u>ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ</u>	288
<u>ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ</u>	301
<u>ΧΗΜΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ</u>	307
<u>ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ</u>	312
ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΥΠΟΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΜΕΣΩ ΤΗΣ SSF	374
<u>ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ</u>	375
<u>ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΖΥΜΩΝ</u>	382
<u>ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΟΞΕΩΝ</u>	408
<u>ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΔΕΥΤΕΡΟΓΕΝΩΝ ΜΕΤΑΒΟΛΙΤΩΝ</u>	409
<u>ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΩΝ</u>	417
<u>ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΕΝΤΟΜΟΚΤΟΝΩΝ ΚΑΙ ΒΙΟΖΙΖΑΝΙΟΚΤΟΝΩΝ ΣΠΟΡΙΩΝ</u>	428
<u>ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΜΑΝΙΤΑΡΙΩΝ</u>	433
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	448
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	452

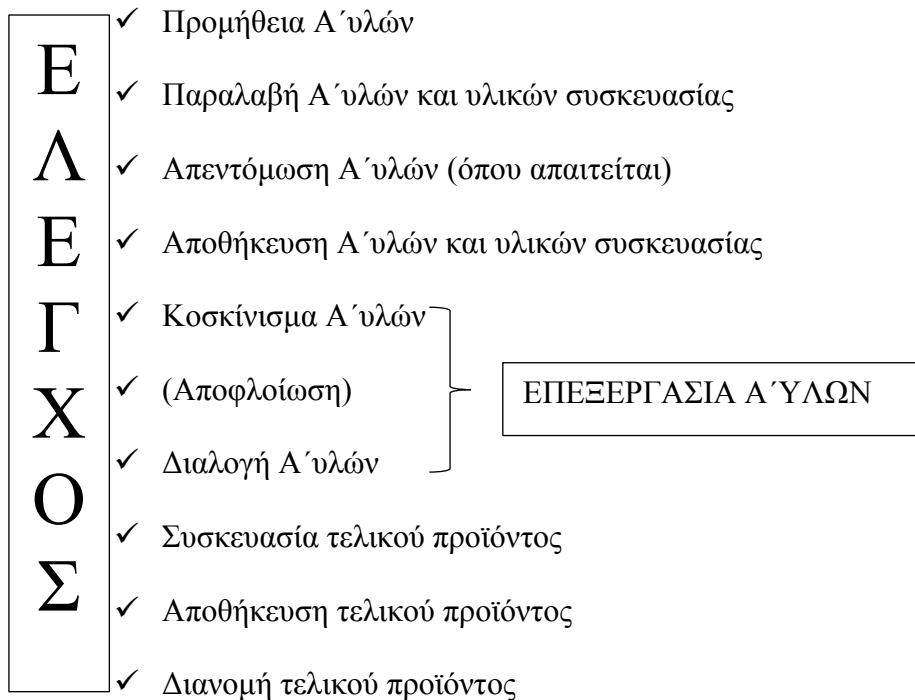
ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ



Εικόνα 1. Παραγωγική διαδικασία σε μικρής κλίμακας βιομηχανίες αγροτικών τροφίμων. Πηγή: τροποποιημένη εικόνα από FAO.

Βασική λειτουργία μίας τυπικής βιομηχανίας τυποποίησης ορύζης και οσπρίων είναι η επεξεργασία των πρώτων υλών (Α΄ υλών) (έλεγχος, απεντόμωση, καθαρισμός από ξένες ύλες, αποφλοΐωση, καλιμπράρισμα κλπ) και η τυποποίησή τους δηλαδή η συσκευασία του τελικού προϊόντος, ο τελικός ποιοτικός έλεγχος και η διανομή τους με στόχο την κάλυψη της αγοράς οσπρίων και ρυζιών. Βέβαια η επιτυχία στο συγκεκριμένο εμπορικό χώρο είναι συνυφασμένη με την παραγωγή και προμήθεια τυποποιημένων προϊόντων υψηλής ασφάλειας και ποιοτικών προδιαγραφών. Για την επίτευξη του ως άνω στόχου συνήθως είναι απαραίτητη η εγκατάσταση και η λειτουργία περισσότερων του ενός συστημάτων ποιότητας και ασφάλειας τροφίμων όπως το τρίπτυχο: ISO 9001-2008, ISO 22000-2005 και BRC, αλλά κυρίως η διεξαγωγή ελέγχων καθόλα τα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας.

Η ροή παραγωγής σε μία τυπική βιομηχανία ορύζης και οσπρίων περιλαμβάνει τα εξής βασικά στάδια:

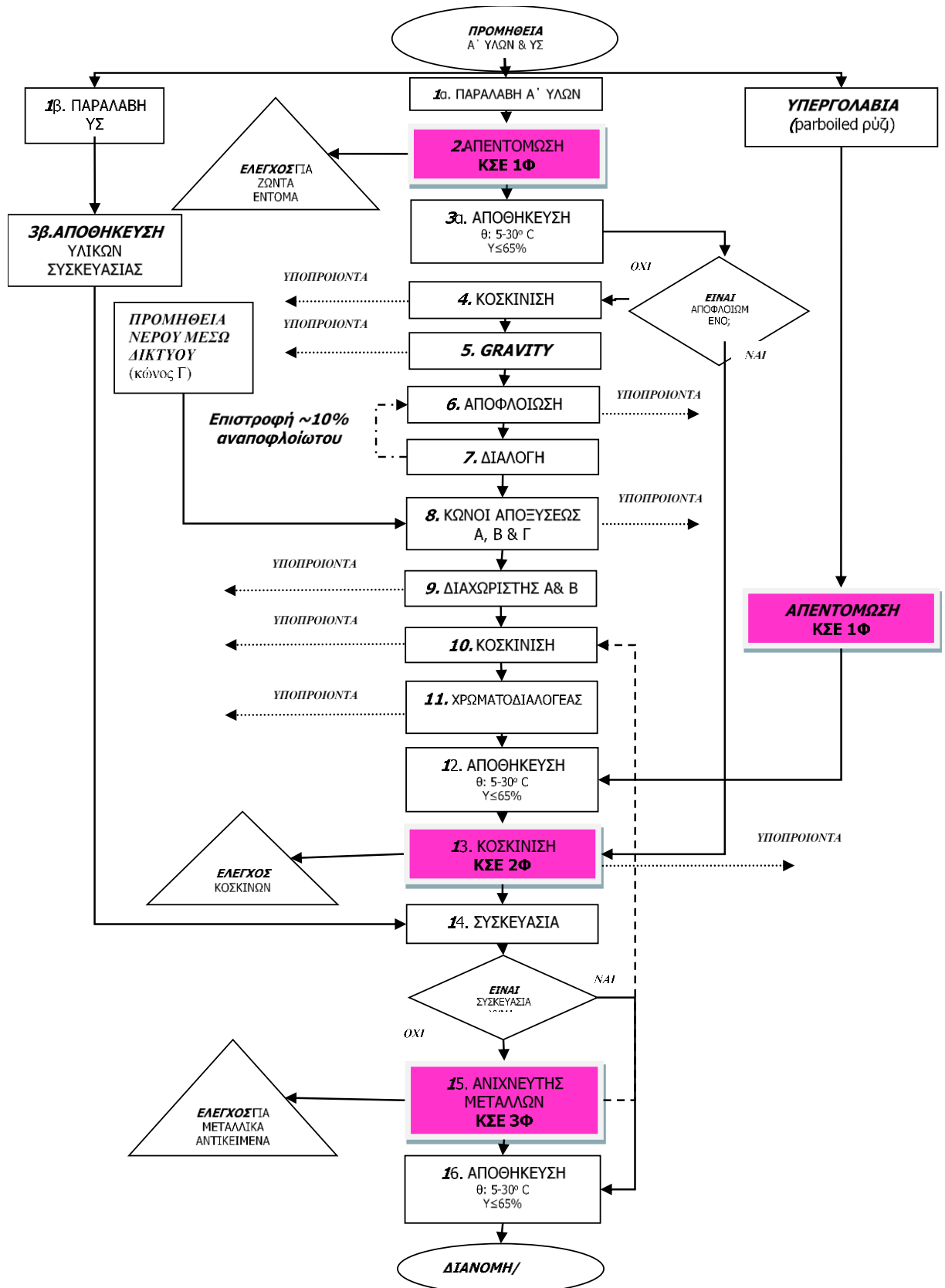


Ο έλεγχος των προϊόντων και βοηθητικών υλών πραγματοποιείται καθ' όλη τη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας συμπεριλαμβανομένης και της παραλαβής προμηθειών. Σκοπός του ελέγχου μέσα στα πλαίσια του εφαρμοζόμενου συστήματος ποιότητας και ασφάλειας της

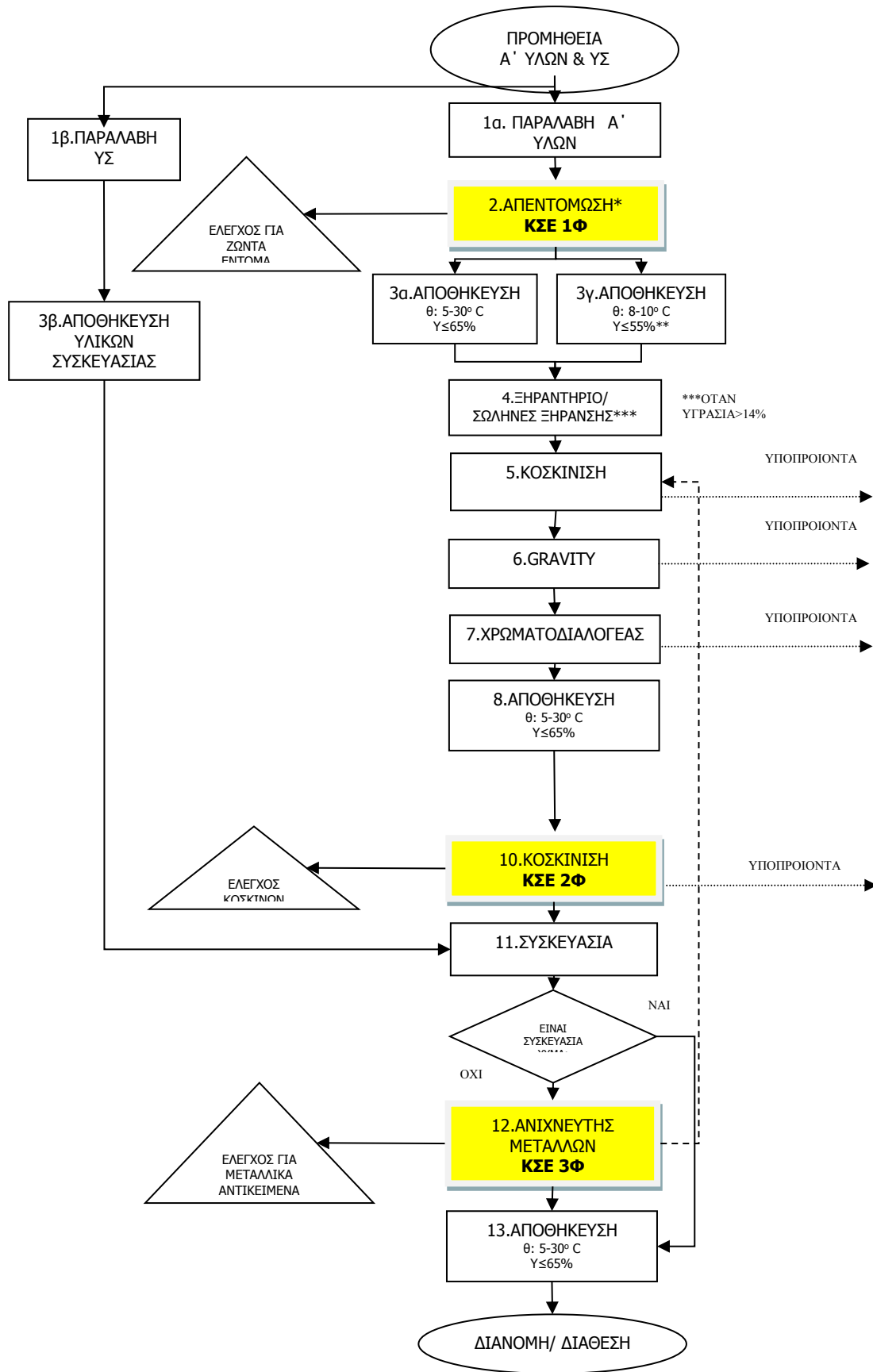
εκάστοτε βιομηχανίας, είναι η παρακολούθηση (κρίσιμα σημεία ελέγχου και λειτουργικά όρια) και η εξασφάλιση, μέσω ενδεχόμενων διορθωτικών ενεργειών, της εύρυθμης και σωστής λειτουργίας της παραγωγικής διαδικασίας και κατά συνέπεια η διασφάλιση της ποιότητας και της ασφάλειας των τελικών προϊόντων.

Η παραγωγή της βιομηχανίας προγραμματίζεται και εκτελείται έτσι ώστε να ανανεώνεται το στοκ της αποθήκης τελικών προϊόντων. Βάσει των αποθεμάτων της αποθήκης και του προγράμματος παραγωγής εκτελούνται και παραγγελίες Α'υλών και υλικών συσκευασίας. Η παραγωγή των τελικών προϊόντων δεν είναι σταθερή κατά τη διάρκεια του χρόνου καθώς εξαρτάται από την εποχή, τις κλιματολογικές συνθήκες και τις απαιτήσεις της αγοράς.

Η παραγωγική διαδικασία ακολουθεί τις απαιτήσεις τόσο της νομοθεσίας όσο και τους κανόνες ασφάλειας και ποιότητας και τις προδιαγραφές επεξεργασίας που έχει θέσει η ίδια η βιομηχανία για την παραγωγή των προϊόντων της και διαφέρει ανάλογα με την Α'ύλη οπότε έχουμε δύο διαγράμματα ροής, ένα για την παραγωγή ρυζιών και αποφλοιωμένου σκληρού σίτου (Γράφημα 1) και ένα για την παραγωγή οσπρίων (Γράφημα 2).



Γράφημα 1. Διάγραμμα Ροής Παραγωγής Ορύζης και αποφλοιωμένου σκληρού σίτου.



Γράφημα 2. Διάγραμμα Ροής Παραγωγής Οσπρίων

Προμήθεια των Αΰλών: Όπως φαίνεται και από τα διαγράμματα ροής η προμήθεια των Αΰλών αποτελεί το αρχικό στάδιο της παραγωγικής διαδικασίας, και γίνεται βάσει συγκεκριμένων κριτηρίων όπως:

- ✓ Οι προδιαγραφές της Αΰλης. Αυτές καθορίζονται από την επιτροπή του ‘Codex alimentarius’ για τα δημητριακά και τα όσπρια (Codex alimentarius Comitee for Cereals, Pulses and Legumes, CCCPL) και από τις εκάστοτε αρμόδιες επιτροπές-υπουργεία του κάθε κράτους π.χ. USDA (Unites States Department of Agriculture), Canadian Grain Commission η οποία εκδίδει τον official grain guiding guide, για το λεγόμενο ‘grading’, βαθμολόγηση-αξιολόγηση των Αΰλών. Στην περίπτωση των εισαγόμενων Αΰλών οι προδιαγραφές της εμπορεύσιμης Αΰλης αναγράφονται πάνω στο προτιμολόγιο του φορτίου.
- ✓ Το κόστος (τιμή, προμήθεια, ναύλο)
- ✓ Ο χρόνος παράδοσης
- ✓ Λοιποί διακανονισμοί όπως π.χ ο τρόπος πληρωμής.

Ανάλογα με την εποχή και την περίοδο οι Αΰλες προέρχονται είτε από την εγχώρια αγορά είτε από χώρες του εξωτερικού. Ο χρόνος ζωής τους σύμφωνα με τον κώδικα τροφίμων και ποτών είναι άνω των 18 μηνών. Οι βασικές Αΰλες για μία τυπική βιομηχανία τυποποίησης ορύζης και οσπρίων είναι τα δημητριακά: ρύζι (γλασσέ, blue-rose, μπασμάτι, τύπου Αμερικής, καρολίνα, νυχάκι και thai) και σιτάρι (σκληρό) (Πίνακας 1) και τα ξηρά όσπρια (φασόλια, μπιζέλια, ρεβίθια, φακές, κουκιά, φάβα-λαθούρι) (Πίνακας 2).

Όνομα Προϊόντος		Κόκκος			Παραλαβή
		Μέγεθος	Μήκος mm	Βάρος g/1000 Κόκκοι	
Σιτάρι σκληρό		Μακρύς	5-9	35-50	Αναποφλοίοτο Έτοιμο
Όνομα Προϊόντος Ορύζης	Είδος – Ποικιλία	Κόκκος			Παραλαβή
		Μέγεθος	Μήκος mm	Λόγος L/W	
Γλασσέ	Ariette	Μεσαίος	≤ 5.2	< 2	Αναποφλοίοτο
Blue Rose	Ariette	Μεσαίος	≤ 5.2	< 2	Αναποφλοίοτο
Basmati	Basmati	Μακρύς			Cargo
T. Αμερικής	T. Bonnet	Μακρύς	>6	≥ 3	Έτοιμο
Καρολίνα	64, Roma, St. Andrea	Μεσαίος	>5.2 ≤ 6	< 3	Αναποφλοίοτο Έτοιμο
Νυχάκι	T. Bonnet	Μακρύς	>6	≥ 3	Αναποφλοίοτο
Thai	Thai	Μακρύς	>6	≥ 3	Cargo

Πίνακας 1. Περιγραφή Αΰλων- ορύζης και σιταριού σε μία τυπική βιομηχανία τυποποίησης ορύζης και οσπρίων

Είδος Οσπρίου	Κόκκος		
	Μορφή	Μήκος mm	Βάρος g/1000 Κόκκοι
Φασόλια Ελέφαντες	Πλατύς	>13	>1800
Φασόλια Γίγαντες	Πλατύς	12 - 13	1200-1800
Φασόλια Χονδρά	Κυλινδρικός Πλατύς	8.5 - 10	450-700
Φασόλια Μέτρια	Κυλινδρικός Πλατύς	7 – 8.5	300-450
Φασόλια Ψιλά	Σφαιροειδής Κυλινδρικός	5.5 - 7	150-300
Φασόλια Μαυρομάτικα	Σφαιροειδής Κυλινδρικός	5.5 – 7	150-300
Φασόλια Μπαρμπούνια	Κυλινδρικός	7 – 8.5	300-450
Φακές Χονδρές	Πλατύς	>6	60
Φακές Ψιλές	Πλατύς	3.5 – 5.5	20-45
Ρεβίθια Χονδρά	Σφαιροειδής	>8.5	450
Ρεβίθια Αποφλοιωμένα	Σφαιροειδής	>6.5	350
Φάβα	Πλατύς	>5	80
Λαθούρι	Τριγωνικός- τετράγωνος	>4	-
Κουκιά	Πλατύς	>16	-
Φασόλια πράσινα	Σφαιροειδής Κυλινδρικός	5,5-7	-
Μπιζέλι Κομμένο	Κυλινδρικός Σπασμένος	5.5 – 7	-

Πίνακας 2. Περιγραφή Αΰλων-όσπρια σε μία τυπική βιομηχανία τυποποίησης ορύζης και οσπρίων.

Παραλαβή των Α'υλών: Οι προβλεπόμενες συνθήκες παραλαβής και μεταφοράς είναι οι συνθήκες περιβάλλοντος του οποίου η θερμοκρασία πρέπει να κυμαίνεται από 5-30°C και η σχετική υγρασία της ατμόσφαιρας πρέπει να είναι $\leq 65\%$. Τα ρύζια και τα όσπρια παραλαμβάνονται με υγρασία $\leq 15\%$ και $\leq 14\%$ αντίστοιχα. Το αναποφλοιώτο ρύζι παραλαμβάνεται χύμα και αποθηκεύεται σε σιλό. Οι υπόλοιπες Α' ύλες (όσπρια) παραλαμβάνονται είτε χύμα σε containers (και στη συνέχεια τοποθετούνται σε μεγασάκους- big bags), είτε παραλαμβάνονται σε σάκους βάρους 25 έως 50 κιλών και σε μεγασάκους (big bags) βάρους 1.5 τόνων περίπου, οι οποίοι στη συνέχεια προωθούνται για επεξεργασία.

Για όλες τις εισερχόμενες Α' Ύλες (εισαγόμενες και εγχώριες) γίνεται υποχρεωτικά δειγματοληπτικός έλεγχος κατά την παραλαβή τους στο χώρο του εργοστασίου. Ο ποιοτικός έλεγχος είναι οπτικο-μακροσκοπικός, γίνεται βάση των προδιαγραφών της κάθε Α'ύλης και περιλαμβάνει:

1. Στα ρύζια:

- Έλεγχος συνοδευόμενων έντυπων (παραστατικών)
- Εσοδεία, ποικιλία
- Απεντόμωση
- Υγρασία
- Παρουσία εμφανούς μούχλας
- Κόκκοι χαρακτηριστικοί του είδους και της ποικιλίας και στο σωστό στάδιο ωρίμανσης (υπο- ή υπερ- ωριμασμένοι κόκκοι)
- Βάρος
- Απόδοση (μόνο αναποφλοιώτο)
- Κόκκοι σπασμένοι
- Κόκκοι κίτρινοι, κιτρινωποί, αποχρωματισμένοι
- Κόκκοι με κόκκινες ραβδώσεις

- Κόκκοι αφοί, πρασινωποί, κρητιδόμορφοι
- Παρουσία/Ποσότητα ξένων υλών (φυτικά υπολείμματα όπως άλλοι σπόροι, φλοιοί, άχυρο, ξύλα, φύλλα και περιβαλλοντικές επιμολύνσεις πέτρες, χώμα, μέταλλα, σαλιγκάρια, έντομα ή τμήματα αυτών, τροκτικά, τρίχες και περιττώματα αυτών, κ.λ.π.)

2. Στα όσπρια και στο σκληρό σίτο:

- Έλεγχο συνοδευόμενων έντυπων (παραστατικών)
- Εσοδεία, ποικιλία
- Απεντόμωση
- Υγρασία
- Παρουσία εμφανούς μούχλας
- Κόκκοι χαρακτηριστικοί του είδους και της ποικιλίας και στο σωστό στάδιο ωρίμανσης (υπο- ή υπερ- ωριμασμένοι κόκκοι)
- Βάρος/Ποσότητα
- Μέγεθος
- Παρουσία/Ποσότητα ξένων υλών (φυτικά υπολείμματα όπως άλλοι σπόροι, φλοιοί, άχυρο, ξύλα, φύλλα και περιβαλλοντικές επιμολύνσεις πέτρες, χώμα, μέταλλα, σαλιγκάρια, έντομα ή τμήματα αυτών, τροκτικά, τρίχες και περιττώματα αυτών, κ.λ.π.)
- Ανομοιοχρωμία ή οποιοσδήποτε αποχρωματισμός
- Ανομοιομορφία
- Παρουσία/Ποσότητα κατεστραμμένων κόκκων: ζαρωμένοι, σπασμένοι, εντομότρητοι (δηλαδή προσβεβλημένοι από έντομα)

Οι Α΄ ύλες ή/και τα τελικά προϊόντα, της ορύζης, του σίτου και των οσπρίων ελέγχονται σύμφωνα με την ευρωπαϊκή νομοθεσία και για την παρουσία χημικών παραγόντων κινδύνου που μπορεί εν δυνάμει να παρουσιάσουν τοξικότητα για τον άνθρωπο όπως είναι οι μυκοτοξίνες, τα φυτοπροστατευτικά προϊόντα (ΦΠΠ) (φυτοφάρμακα, εντομοκτόνα,

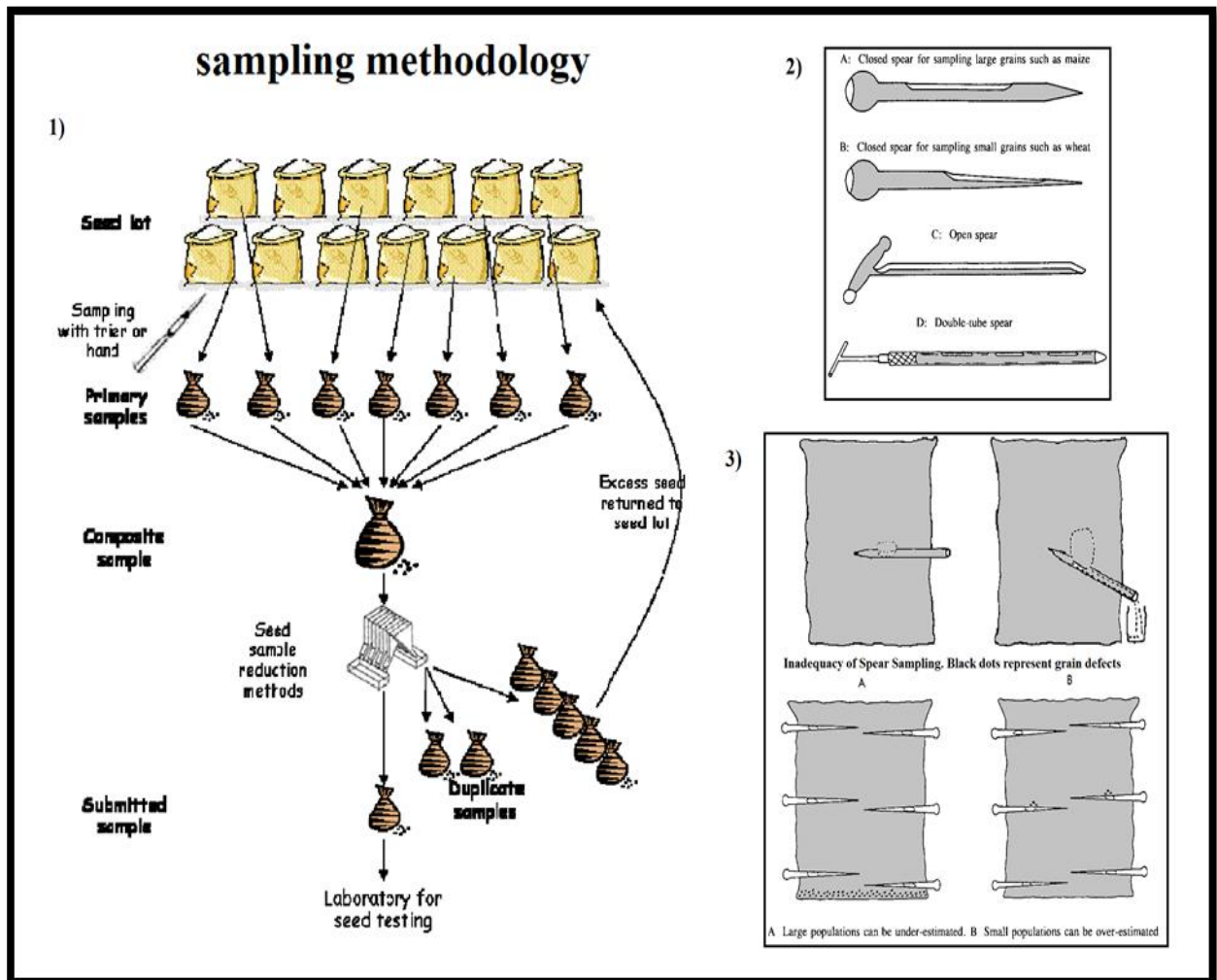
ζιζανιοκτόνα), τα βαρέα μέταλλα (BM), τα λιπαντικά που χρησιμοποιούνται στον εξοπλισμό και ουσίες από τα υλικά συσκευασίας. Τα ΦΠΠ τα οποία χρησιμοποιούν οι παραγωγοί στην καλλιέργεια, και για τα οποία γίνονται αναλύσεις, είναι τα οργανοφωσφορικά, τα αζωτούχα και τα αλογονωμένα (86/362/ΕΟΚ → ανώτατη περιεκτικότητα καταλοίπων φυτοφαρμάκων μέσα και πάνω στα σιτηρά, 396/2005/ΕΚ → ανώτατα όρια καταλοίπων φυτοφαρμάκων στα τρόφιμα και τις ζωοτροφές φυτικής και ζωικής προέλευσης) ενώ ο έλεγχος των βαρέων μετάλλων αφορά στην παρουσία Μολύβδου (Pb) και Καδμίου (Cd) (Καν 1881/2006). Σε κάθε είδος Α΄ ύλης παράλληλα με τις χημικές αναλύσεις, διενεργούνται μια φορά το χρόνο κατά το τέλος της περιόδου συγκομιδής της νέας εσοδείας και μικροβιολογικές αναλύσεις (Καν 2073/2005) που χρησιμοποιούνται κυρίως ως δείκτες ποιότητας, αν και ο Κώδικας Ποτών και Τροφίμων δεν τις απαιτεί σε αυτά τα τρόφιμα, γιατί λόγω της ξηρής φύσης τους θεωρούνται χαμηλού μικροβιολογικού κινδύνου, δηλαδή η ενεργότητα νερού που τα χαρακτηρίζει είναι τέτοια που δεν τα καθιστά ευνοϊκό περιβάλλον για την ανάπτυξη των μικροοργανισμών. Επιπλέον, στην διαδικασία επεξεργασίας των οσπρίων δεν γίνεται κατεργασία με νερό. Όσον αφορά το νερό που εισέρχεται στη γραμμή παραγωγής των ρυζιών στον τρίτο κόνο (Γράφημα 1, κόνος Γ), χρησιμοποιείται πόσιμο νερό δικτύου το οποίο επίσης ελέγχεται (98/83/ΕΚ – ΚΥΑ Υ2/2600/2001) (Πίνακας 3).

ΧΗΜΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ		Α΄ ύλη		
		Σίτος	Ρύζια	Οσπρια
ΦΠΠ	Pirimiphos methyl	+	+	+
	Λοιπά Οργανοφωσφορικά	+	+	+
	Αζωτούχα (N)	+	+	+
	Αλογονωμένα (OC)	+	+	+
BM	Μόλυβδος (Pb)	+	+	+
	Κάδμιο (Cd)	+	+	-
Μυκοτοξίνες	Αφλατοξίνη Β1	+	+	+
	Αφλατοξίνες Β+G	+	+	+
	Ωχρατοξίνη Α	+	+	-
	Ζεαραλενόνη	+	+	-
	Δεσοξυνιβαλενόλη (DON)	+	+	-
ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ				
Ολική Μικροβιακή Χλωρίδα (OMX)		+	+	+
Enterobacteriaceae		+	+	+
e-coli		+	+	+
Staphylococcus πηκτάση (+)		+	+	+
Ζύμες & Μύκητες		+	+	+
B. cereus		+	+	+
Θειοαναγωγικά αναερόβια βακτήρια		+	+	+
Clostridium perfringens		+	+	+

Πίνακας 3. Χημικές και μικροβιολογικές αναλύσεις των Α΄ υλών

Η διαδικασία της εξέτασης και της αξιολόγησης των Α΄υλών αρχίζει με τη δειγματοληψία. Το εξεταζόμενο δείγμα πρέπει να αντιστοιχεί στη μέση σύσταση της εξεταζόμενης Α΄ ύλης, δηλαδή να είναι αντιπροσωπευτικό και αυτό διασφαλίζεται με τη λήψη μικρών ποσοτήτων από διάφορες θέσεις της παραλαμβανόμενης Α΄ ύλης, οι οποίες στη συνέχεια αναμιγνύονται ομοιόμορφα και από το μείγμα αυτό λαμβάνεται, το δείγμα προς ανάλυση (δ.α.) από το οποίο θα παρθεί το δείγμα εργασίας (δ.ε., δείγμα που πραγματικά θα εξετασθεί). Στην πράξη, είναι απαραίτητο να υπάρξει συμβιβασμός μεταξύ του τι είναι θεωρητικά εφικτό και της πρακτικής αναγκαιότητας, για όσο το δυνατόν γρηγορότερα αποτελέσματα αναλύσεων. Με την προϋπόθεση ότι αναγνωρίζονται και γίνονται αποδεκτά, τα εγγενή και αναμενόμενα περιθώρια λάθους της διαδικασίας της δειγματοληψίας, προτείνεται γενικά, τα δείγματα εργασίας που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό των κοινών ελαττωμάτων όπως έντομα, θραύσματα και αποχρωματισμένοι κόκκοι, να έχουν μέγεθος μεταξύ 500 και 1000 σπόρων. Το βάρος των δειγμάτων προς ανάλυση και το ισοδύναμο, απαραίτητο - ελάχιστο βάρος του δείγματος εργασίας, σύμφωνα με τους κανόνες του ISTA (International Seed Testing Association) είναι (*Proctor, D.L., 1994; FAO, Seed and Plant Genetic Resources Service*):

- για το ρύζι, δ.α.= 700 g, δ.ε. paddy = 15g
- το σιτάρι: δ.α.= 1000 g, δ.ε.= 25g
- και τα όσπρια (φασόλια): δ.α.= 1000 g, π.χ. δ.ε. μαυρομάτικα= 150 g. Επειδή το μέγεθος του δείγματος ποικίλλει σημαντικά εξαιτίας των διαφόρων μεγεθών σπόρου είναι πρακτικά σωστότερη η κατά περίπτωση εξέταση του δείγματος. (για περισσότερες λεπτομέρειες - κανόνες ISTA).



Εικόνα 2. Εργαλεία και μέθοδος δειγματοληψίας. Πηγή: FAO Corporate Document Repository. Agriculture and consumer protection department: 1) FAO, Seed and Plant Genetic Resources Service 2) Proctor, D.L., (1994); 3) Semple, R.L., (1992).

Όταν η παραλαβή της Α' ύλης γίνεται με σάκους τότε η δειγματοληψία γίνεται με τη λήψη από το πάνω, μέσο και κάτω μέρος του σάκου, μικρών ποσοτήτων με δειγματολήπτη (σόντα) και με ανάμιξη μέχρι ομογενοποίησης του μίγματος. Μέχρι πέντε σάκοι δειγματίζονται όλοι, από πέντε μέχρι εκατό δειγματίζεται 1 σάκος ανά δεκάδα και από εκατό μέχρι χίλιους σάκους δειγματίζεται η τετραγωνική ρίζα (περίπου) του συνολικού αριθμού των σάκων, οι οποίοι επιλέγονται τυχαία σύμφωνα με ένα κατάλληλο σχήμα (πρόγραμμα) κατ' εκτίμηση του δειγματίζοντος (Proctor, D.L., 1994). Όταν η προς δειγματοληψία Α' ύλη βρίσκεται σε χύμα μορφή, η δειγματοληψία γίνεται με ειδικό δειγματολήπτη (σόντα-καθετήρας) από όσο το δυνατό περισσότερα σημεία και σε ίσα ποσοστά από την ανώτερη, από τη μεσαία και την

κατώτερη στοιβάδα. Τέλος όταν η προς δειγματοληψία Α΄ ύλη βρίσκεται σε μεγασάκους, δειγματίζεται κάθε σάκος και λαμβάνεται δείγμα με τη βοήθεια της σόντας σε ίσα ποσοστά από την ανώτερη, την κατώτερη και τη μεσαία στοιβάδα ενώ όσον αφορά το αναποφλοιώτο ρύζι, το οποίο παραλαμβάνεται χύμα από ανατρεπόμενο φορηγό η δειγματοληψία γίνεται κατ' εκτίμηση στην αρχή, στο μέσο και στο τέλος της εκφόρτωσης (ΕΚ 401/2006).

Απεντόμωση των Α΄υλών: Ο κίνδυνος της παρουσίας εντόμων αντιμετωπίζεται και μειώνεται σε αποδεκτά επίπεδα με τη διενέργεια απεντόμωσης των Α΄υλών τόσο του ρυζιού όσο και των οσπρίων, που δεν είναι ήδη απεντομωμένες από τον προμηθευτή, κατά τη παραλαβή τους. Η διαδικασία της απεντόμωσης αφορά στην απεντόμωση σάκων και μεγασάκων (Big bags) εντός των container ή σε ειδικό χώρο (θάλαμοι απεντόμωσης), και απεντόμωση χύμα αναποφλοιώτου ρυζιού μέσα στα σιλό. Γίνεται με την εφαρμογή πτητικών ουσιών που καταπολεμούν τα έντομα σε οποιοδήποτε στάδιο του βιολογικού τους κύκλου, οι πιο κοινές από τις οποίες είναι η φωσφίνη, το βρωμιούχο μεθύλιο, το διχλωρφός, το οξείδιο του αιθυλενίου και το υδροκυάνιο και σε χώρους (αποθήκες, σιλό, θάλαμοι απεντόμωσης) που πρέπει να είναι κλειστοί και στεγανοί (Ξυνιάς, I.N., 2014).

Αποθήκευση των Α΄υλών: Η αποθήκευση αφορά τα υλικά συσκευασίας και τις Α΄υλες οι οποίες αποθηκεύονται σε όλες τις φάσεις της παραγωγικής διαδικασίας από τη παραλαβή και την επεξεργασία έως και τη τελική συσκευασία, σε διαφορετικά σημεία των εργοστασιακών εγκαταστάσεων (η αποθήκη τελικών προϊόντων βρίσκεται σε διαφορετικό σημείο από τα εισερχόμενα προϊόντα και τους προσωρινούς αποθηκευτικούς χώρους για να διαφυλαχθούν οι συνθήκες υγιεινής και ασφάλειας) και ακολουθώντας διαφορετικές μεθόδους αποθήκευσης ανάλογα με το στάδιο παραγωγής. Οι προβλεπόμενες συνθήκες αποθήκευσης είναι ίδιες με αυτές της παραλαβής και μεταφοράς, δηλαδή θερμοκρασία περιβάλλοντος 5-30°C και σχετική υγρασία της ατμόσφαιρας $\leq 65\%$. Η μακράς διάρκειας συντήρηση των Α΄υλών και συγκεκριμένα η αποθήκευση των μεγάλοςπερμων λευκών οσπρίων (φασόλια

γίγαντες, ελέφαντες και φασόλια χονδρά) γίνεται σε ξεχωριστό ψυκτικό θάλαμο, όπου η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι 8-10°C και η σχετική υγρασία $\leq 55\%$. Αυτές είναι οι ιδανικές συνθήκες αποθήκευσης για την διατήρηση του λευκού χρώματος των φασολιών. Τα τελικά προϊόντα πρέπει να αποθηκεύονται και να φυλάσσονται σε μέρος καθαρό, ξηρό και δροσερό και να μην εκτίθενται στις ηλιακές ακτίνες ή να αποθηκεύονται μαζί με προσβεβλημένα προϊόντα.

Επεξεργασία των Α'υλών: Η επεξεργασία των Α'υλών περιγράφεται στα διαγράμματα ροής της παραγωγής ορύζης και αποφλοιωμένου σκληρού σίτου (Γράφημα 1) και στο διάγραμμα ροής της παραγωγής οσπρίων (Γράφημα 2) και περιλαμβάνει τη χρήση εξειδικευμένου εξοπλισμού για την ξήρανση, τον καθαρισμό από ξένες ύλες και μέταλλα, αποφλοιώση, διαλογή βάσει βάρους-σχήματος-χρώματος, κοσκίνηση και αποθήκευση των προϊόντων. Σκοπός της είναι η παραγωγή τελικών προϊόντων με τις παρακάτω προδιαγραφές:

- Παρουσία σε αυτά μόνο κόκκων ακέραιων, ώριμων, φυσιολογικού χρώματος, μη συρρικνωμένων, χωρίς οπές από έντομα, απεντομωμένων και απαλλαγμένων από επικίνδυνες ασθένειες.
- Προϊόντα που δεν εμφανίζουν καμία αλλοίωση ή αυξημένη θερμοκρασία.
- Προϊόντα καθαρισμένα με κοσκίνισμα ή με χειροδιαλογή.
- Προϊόντα που δεν περιέχουν κόκκους άλλων κατηγοριών.
- Προϊόντα πρακτικά απαλλαγμένα από ξένες ύλες.
- Και τέλος προϊόντα των οποίων οι μακροσκοπικοί και οργανοληπτικοί τους χαρακτήρες να είναι οι χαρακτηριστικοί για κάθε είδος και να εξασφαλίζουν τις προϋποθέσεις υγιεινής συντήρησης και μεταχείρισης, όπως αυτά καθορίζονται από τον Κώδικα Τροφίμων και Ποτών.

Στην περίπτωση του αναποφλοιώτου ρυζιού γίνονται συγκεκριμένοι ποιοτικοί έλεγχοι σε όλα τα στάδια της επεξεργασίας του και οι παράμετροι που καταγράφονται είναι: υγρασία,

σπασμένοι κόκκοι, χρώμα και θερμοκρασία. Οι μετρήσεις γίνονται αρχικά στην Ά υλη, μετά τον 1ο κώνο απόξεσης, μετά τον 2ο και 3ο κώνο και στο επεξεργασμένο τελικό προϊόν.

Συσκευασία τελικών προϊόντων: Η συσκευασία περιλαμβάνει τις δραστηριότητες της μεταφοράς των κατάλληλων επεξεργασμένων Α΄ υλών και βοηθητικών υλών (συσκευαστικά υλικά) προς παραγωγή, τροφοδοσία των συσκευαστικών μηχανών, συσκευασία τελικού προϊόντος και παλετοποίηση (τοποθέτηση σε παλέτες). Τα τελικά προϊόντα μπορεί να διανεμηθούν απ' ευθείας ή να παραμείνουν στη σχετική αποθήκη σαν απόθεμα ασφαλείας. Ο χρόνος ζωής τους σύμφωνα με τον Κώδικα Ποτών και Τροφίμων είναι άνω των 18 μηνών.

Ο δειγματοληπτικός ποιοτικός έλεγχος των τελικών συσκευασμένων προϊόντων περιλαμβάνει:

- στα ρύζια:

- ✓ υγρασία,
- ✓ δοκιμή βρασμού, οσμή, γεύση,
- ✓ χρώμα,
- ✓ κόκκοι σπασμένοι,
- ✓ κόκκοι κίτρινοι, κιτρινωποί, αποχρωματισμένοι,
- ✓ κόκκοι με κόκκινες ραβδώσεις,
- ✓ κόκκοι αωροί, πρασινωποί, κρητιδόμορφοι,
- ✓ ξένες ύλες

- και στα όσπρια και το σκληρό σίτο:

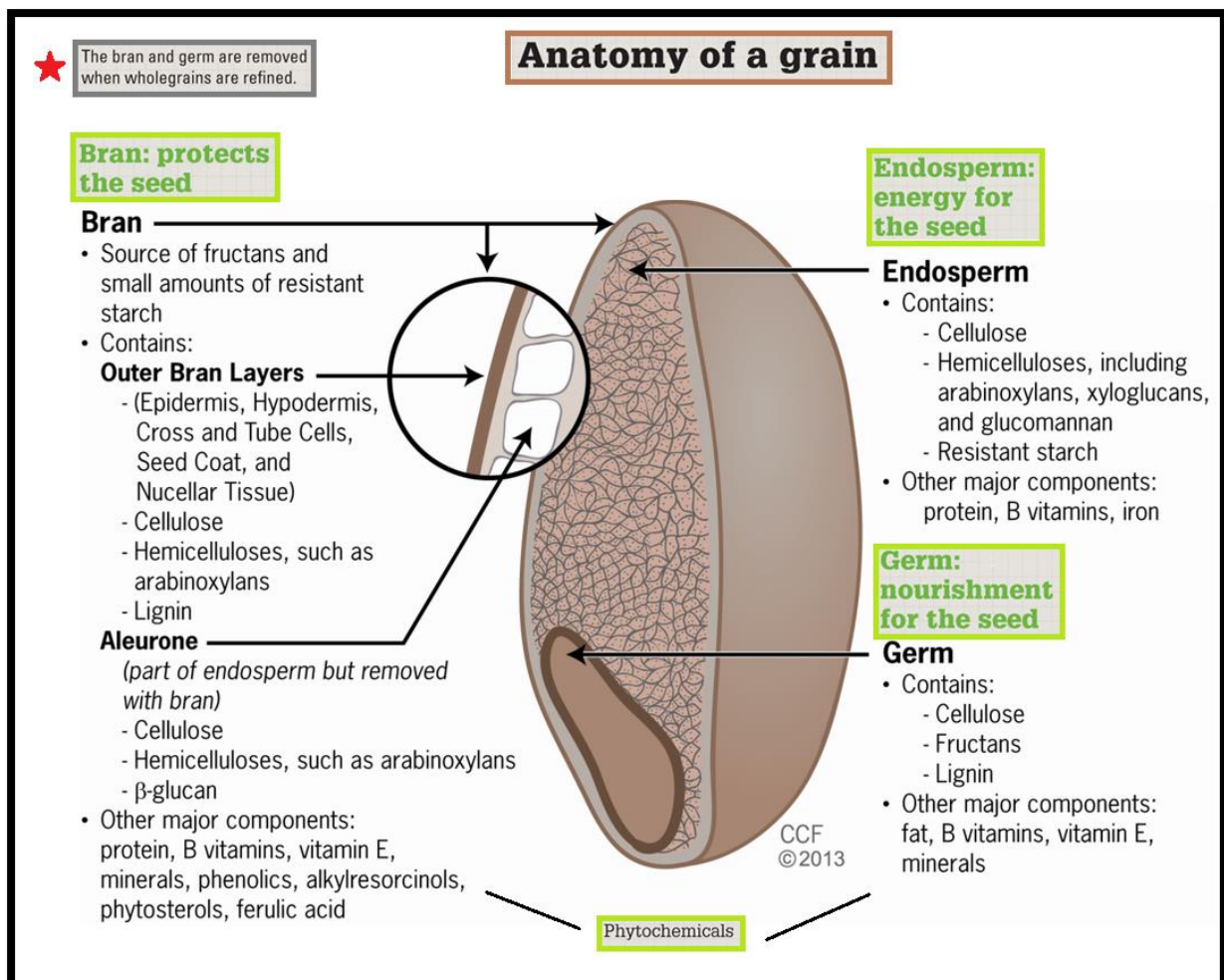
- ✓ υγρασία,
- ✓ βαρος 1000 κόκκων,
- ✓ μακροσκοπική εξέταση,
- ✓ δοκιμή βρασμού, οσμή, γεύση,
- ✓ κόκκοι σπασμένοι,

- ✓ κόκκοι ατροφικοί και αποχρωματισμένοι (με στίγματα, φυτρωμένοι, κλπ),
- ✓ ξένες ύλες.

ΠΡΩΤΕΣ ΥΛΕΣ ΚΑΙ ΥΠΟΠΡΟΪΟΝΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

ΠΡΩΤΕΣ ΥΛΕΣ ΔΗΜΗΤΡΙΑΚΩΝ (ΣΙΤΑΡΙ ΚΑΙ ΡΥΖΙ)

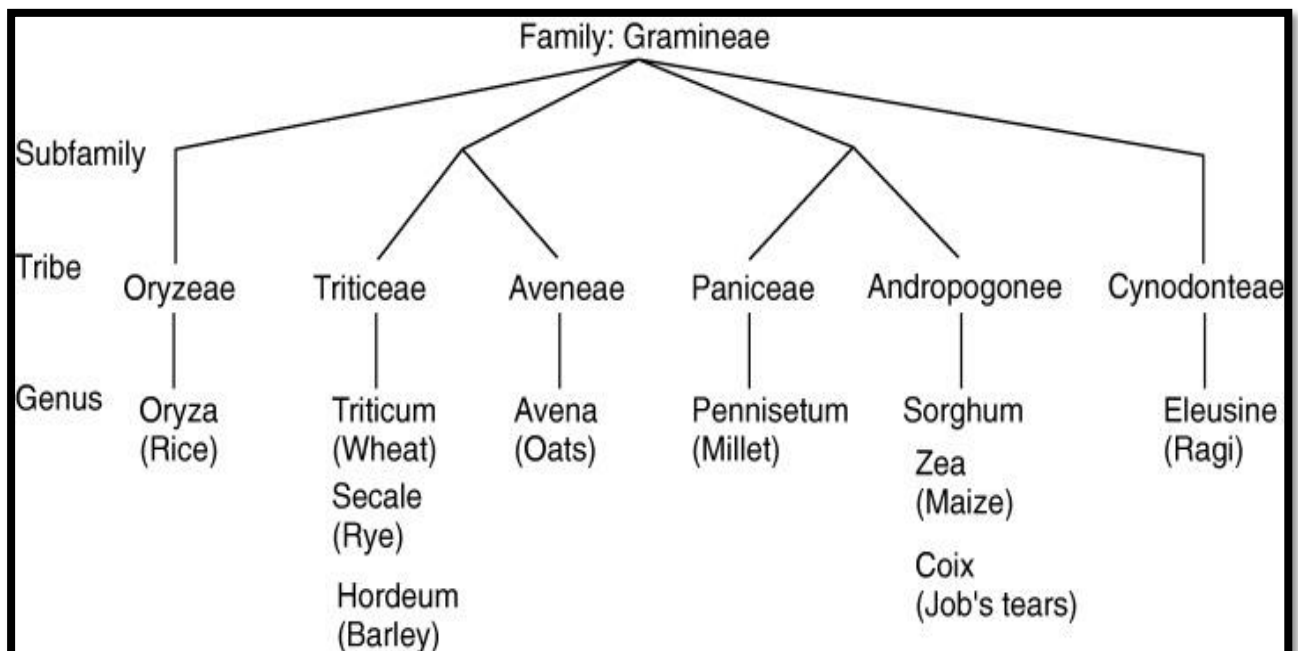
Δημητριακοί καρποί ή Δημητριακά ή Σιτηρά, είναι οι αποξηραθέντες καρποί ορισμένων μονοετών φυτών (φυτά που σπέρνονται και θερίζονται μέσα σε ένα χρόνο) της οικογένειας των αγρωστωδών (*Poaceae* ή *Gramineae*), των οποίων ο καρπός είναι ένα είδος φρούτου που ονομάζεται καρύωση (*caryopsis*), και αποτελείται από 3 βασικά μέρη, το ενδοσπέρμιο που περιβάλλεται από το στρώμα της αλευρόνης, το έμβρυο και το πίτυρο αποτελούμενο από διάφορα στρώματα.



Εικόνα 3. Περιγραφή της ανατομίας του κόκκου των δημητριακών (Προσαρμόστηκε από: Ryan, A., Image: 'Anatomy of a grain'. In, 'All about grains: Here's what you need to know'. & Bernstein et al., (2013).

Ανάλογα με την εποχή σποράς τους μπορούμε να τα διαχωρίσουμε σε δύο κατηγορίες (Μπαμπαλώνας, Δ. και Κόκκινη, Σ., 2004):

- 1) Χειμερινά, στα οποία ανήκουν το σιτάρι (*Triticum spp*), το κριθάρι (*Hordeum vulgare*) και η σίκαλη (*Secale cereale*) της υποοικογένειας *Hordeae*, και η βρώμη (*Avena sativa*) της υποοικογένειας *Aveneae*. Αυτά σπέρνονται το φθινόπωρο, για να βλαστήσουν και να αναπτυχθούν αγενώς και στη συνέχεια παραμένουν αδρανή κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Επανακτούν την ικανότητά τους να αυξάνονται την άνοιξη και ωριμάζουν στο τέλος της ή στις αρχές του καλοκαιριού (vernalization process, εαρινοποίηση).
- 2) και Εαρινά, όπως το ρύζι του γένους *Oryza* που είναι ο κύριος εκπρόσωπος της υποοικογένειας *Oryzaceae*, το καλαμπόκι (ή αραβόσιτος, *Z Mays*), το κεχρί, και το σόργο. Φυτεύονται στις αρχές της άνοιξης και ωριμάζουν αργότερα το ίδιο καλοκαίρι, χωρίς εαρινοποίηση. Τα εαρινά (ή ανοιξιάτικα) σιτηρά συνήθως απαιτούν περισσότερη άρδευση και έχουν μικρότερες αποδόσεις από ό,τι τα χειμερινά σιτηρά.



Εικόνα 4. Ταξινόμια της οικογένειας των Αγρωστωδών (*Gramineae*). Πηγή: Shewry, P.R., Tatham, A.S. and Kasarda, D.D., (1992).

ΘΡΕΠΤΙΚΗ ΑΞΙΑ ΔΗΜΗΤΡΙΑΚΩΝ ΚΟΚΚΩΝ

Τα βασικά χαρακτηριστικά, από ποσοτική άποψη, της διατροφικής αξίας των δημητριακών σπόρων στη φυσική τους μορφή (ακέραιοι- μη επεξεργασμένοι σπόροι), είναι (ΔΗΜΗΤΡΙΑΚΑ. Ηλεκτρονικές σημειώσεις Πανεπιστημίου Ιωαννίνων.; Koehler, P., and Wieser, H., 2013):

Chemical composition of cereal grains (average values)							
	Wheat	Rye	Corn	Barley	Oats	Rice	Millet
	(g/100 g)						
Moisture	12.6	13.6	11.3	12.1	13.1	13.0	12.0
Protein (N×6.25)	11.3	9.4	8.8	11.1	10.8	7.7	10.5
Lipids	1.8	1.7	3.8	2.1	7.2	2.2	3.9
Available carbohydrates	59.4	60.3	65.0	62.7	56.2	73.7	68.2
Fiber	13.2	13.1	9.8	9.7	9.8	2.2	3.8
Minerals	1.7	1.9	1.3	2.3	2.9	1.2	1.6
	(mg/kg)						
Vitamin B ₁ (thiamine)	4.6	3.7	3.6	4.3	6.7	4.1	4.3
Vitamin B ₂ (riboflavin)	0.9	1.7	2.0	1.8	1.7	0.9	1.1
Nicotinamide	51.0	18.0	15.0	48.0	24.0	52.0	18.0
Panthenic acid	12.0	15.0	6.5	6.8	7.1	17.0	14.0
Vitamin B ₆	2.7	2.3	4.0	5.6	9.6	2.8	5.2
Folic acid	0.9	1.4	0.3	0.7	0.3	0.2	0.4
Total tocopherols	41.0	40.0	66.0	22.0	18.0	19.0	40.0

Πίνακας 4. Χημική Σύσταση των σπόρων των σιτηρών (μέσες τιμές) Πηγές: Souci, S.W., Fachmann, W., Kraut, H. (2008); Belitz H-D, Grosch, W., Schieberle P (2009).

1. οι υδατάνθρακες, με κυριότερο το άμυλο και μη αμυλώδης πολυσακχαρίτες αραβινοξυλάνες (που αντιπροσωπεύουν το 85-90% των πεντοζανών), β-γλυκάνες, κυτταρίνες, ημικυτταρίνες, πηκτίνες, κόμμι (gum), κολλοειδή πηκτώματα (mucilages) καθώς και ελεύθερα σάκχαρα.
2. Η λιγνίνη, που είναι μία πολυφαινολική ουσία στενά συνδεδεμένη με την κυτταρίνη.
3. μετά ακολουθούν οι πρωτεΐνες (αλβουμίνες, γλοβουλίνες, προλαμίνες, γλουτελίνες)
4. και το νερό
5. Λιπίδια (φωσφολιπίδια, γλυκολιπίδια, τριγλυκερίδια κ.λ.π.)
6. βιταμίνες του συμπλέγματος Β (Β1, Β2, Β3, Β5, Β6, Β9) και βιταμίνη Ε
7. μικρές ποσότητες ανόργανων αλάτων (Fe, P, K, Mg, Ca, Se και Zn)

8. Φυτοχημικά ή βιοενεργές ουσίες & “anti-nutrients”.

Υδατάνθρακες δημητριακών

Γενικά, οι υδατάνθρακες (πολυσακχαρίτες, ολιγοσακχαρίτες και μονοσακχαρίτες), αποτελούν περίπου το 75% του στερεού περιεχομένου των δημητριακών, είναι η φόρμα με την οποία τα τελευταία αποθηκεύουν ενέργεια, και μπορούμε να τους εντοπίσουμε (*Norman F.H., et al., 1999*):

- στα πλαστίδια (πχ αμυλοπλάστες) και στο ενδοσπέρμιο των κόκκων.
- στα κυτταρικά τοιχώματα (όπως και σε άλλους φυτικούς ιστούς).
- και στα κενοτόπια του κυτταροπλάσματος.

Από τον πίνακα 4, που δείχνει τη χημική σύσταση των διαφόρων δημητριακών καρπών σε θρεπτικά συστατικά, φαίνεται ξεκάθαρα ότι, αν και όλοι οι δημητριακοί καρποί έχουν υψηλά ποσοστά υδατανθράκων στους μη επεξεργασμένους σπόρους τους, το ρύζι με ένα ποσοστό 73,7%, είναι σίγουρα, ακολουθούμενο από το κεχρί (68,2%), από τα πιο πλούσια σε υδατάνθρακες δημητριακά.

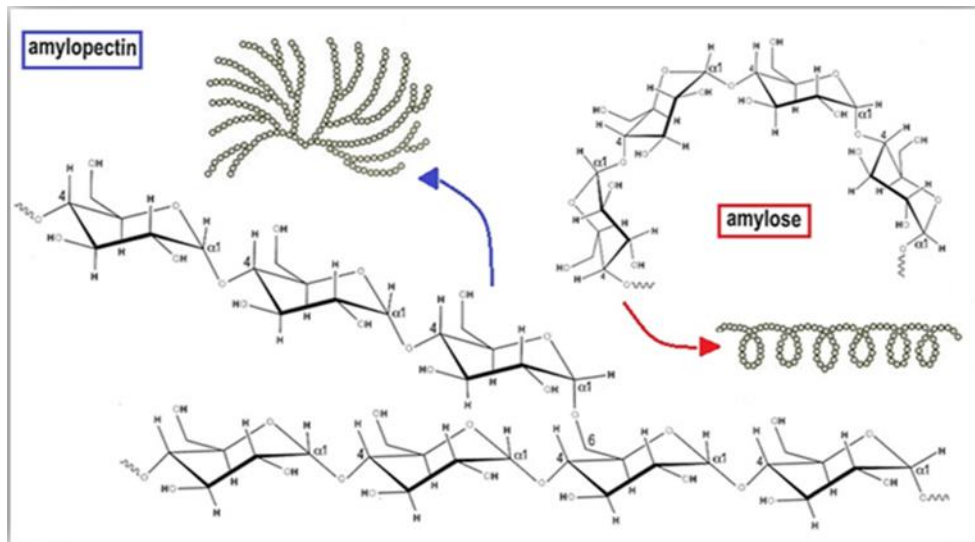
Τα σάκχαρα διαχωρίζονται σε δύο κύριες κατηγορίες με βάση τη χημική τους σύσταση: αμυλώδη (άμυλο) και μη αμυλώδη (διαιτητικές ίνες, ελεύθερα σάκχαρα).

Άμυλο

Το μεγαλύτερο ποσοστό των υδατανθράκων σε όλα τα σιτηρά, αντιπροσωπεύεται από το άμυλο, το οποίο συντίθεται στους αμυλοπλάστες και αποθηκεύεται σε κοκκώδη μορφή (οι λεγόμενοι αμυλόκοκκοι), είτε σε αυτούς, είτε στο ενδοσπέρμιο. Στο εξωτερικό στρώμα του ενδοσπερμίου, το άμυλο συμπλέκεται με αζωτούχες ενώσεις όπως πεπτόνες, γλοβουλίνες και αλβουμίνες και σχηματίζει τους αλευρόκοκκους (*Ειδική Γεωργία Ι. Χειμερινά Σιτηρά και Χειμερινά Καρποδοτικά Ψυχανθή*). Οι ενδοκυτταρικοί αυτοί κόκκοι του αμύλου είναι

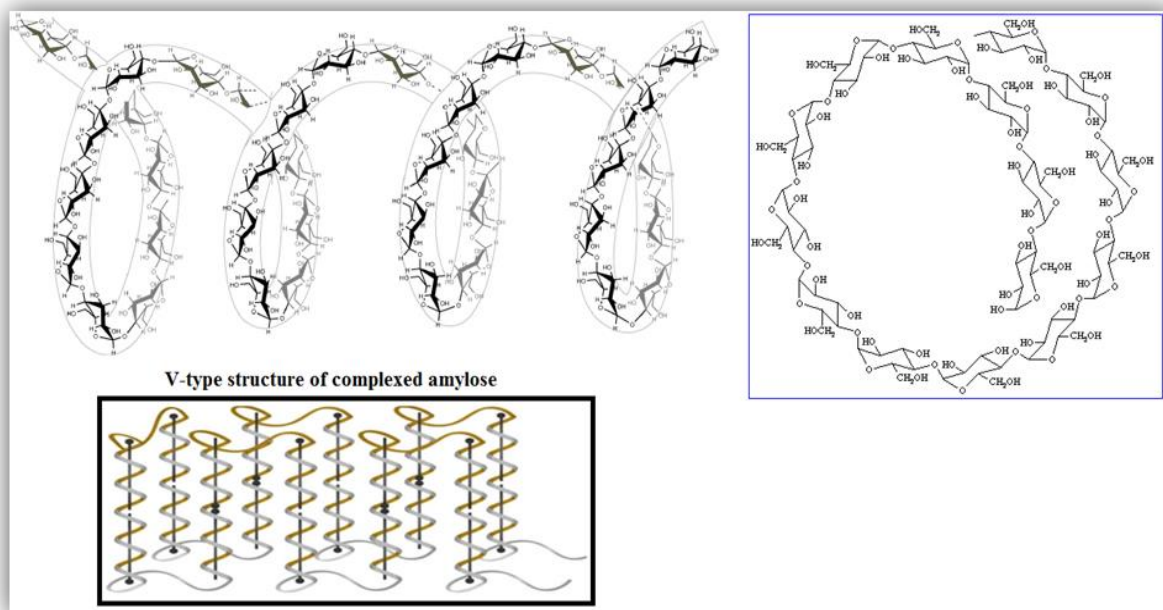
διαφορετικών μεγεθών και σχημάτων, ανάλογα με τα είδη δημητριακών. Σε αντίθεση με τα περισσότερα άμυλα των φυτών, το σιτάρι, η σίκαλη και το κριθάρι, έχουν συνήθως δύο πληθυσμούς κόκκων που διαφέρουν σε μέγεθος: μικροί σφαιρικοί Β-κόκκοι, με ένα μέσο μέγεθος 5 mm μπορούν να διακριθούν από τους μεγάλους ελλειψοειδείς Α-κόκκους με μία μέση διάμετρο περίπου 20 mm (Karlsson, R., Olered, R. and Eliasson, A.C., 1983).

Το αποθηκευμένο άμυλο αποτελείται από δύο μόρια ομογλυκανών, αδιάλυτων στο νερό, την αμυλόζη και την αμυλοπηκτίνη. Τα άμυλα των σιτηρών περιέχουν τυπικά 25-28% αμυλόζη και 72-75% αμυλοπηκτίνη (Colonna, P. and Buléon, A., 1992).



Εικόνα 5. Δομή της αμυλόζης και της αμυλοπηκτίνης. Πηγή: Chaplin, M. (2001). Starch. In, 'Water structure and Science'.

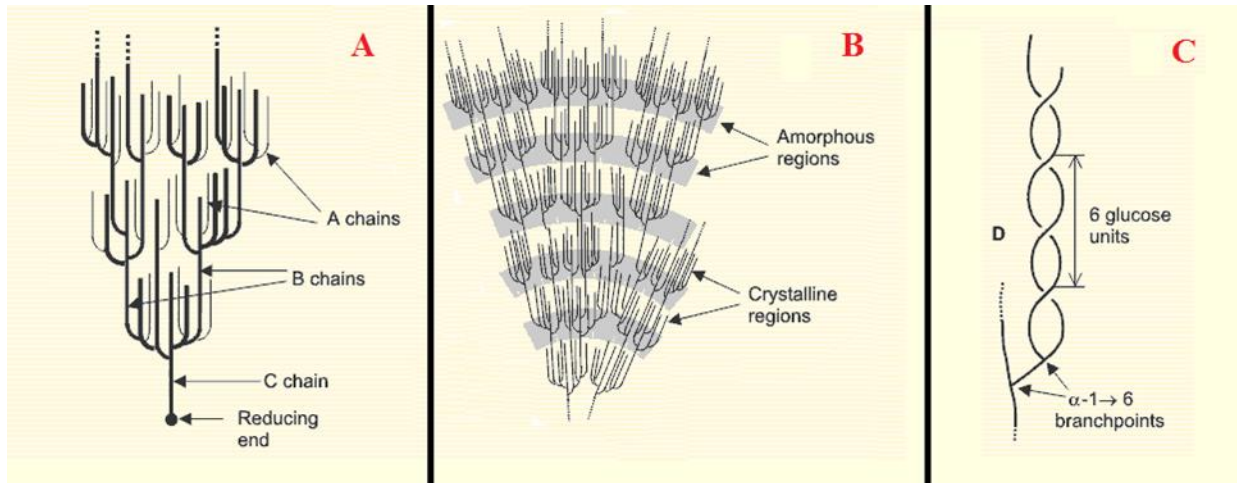
Η αμυλόζη είναι ένα ως επί το πλείστον γραμμικό πολυμερές με μόρια α-D-γλυκόζης συνδεδεμένα με δεσμούς α-(1,4). Ο βαθμός πολυμερισμού της (DP, Degree of Polymerization) κυμαίνεται μεταξύ 1.000-5.000 μονάδων γλυκόζης, ενώ το μοριακό της βάρος ανέρχεται στα $2,5 \cdot 10^5$. Στην αρχή υποτέθηκε ότι η δομή αυτού του πολυμερούς είναι κυρίως γραμμική, αλλά αυτό φαίνεται να είναι αληθές μόνο για ένα μέρος του μορίου της αμυλόζης, ενώ το υπόλοιπο είναι ελαφρώς διακλαδισμένο (Li, J.-Y. and Yeh, A.-I., 2001.; Singh, N. et al., 2003).



Εικόνα 6. Βασικά χαρακτηριστικά της μονής υδρόφοβης έλικας της αμυλόζης. Πηγές: Miguel, Â.S.M. et al, (2013).; Marinopoulou, A. et al, (2016).

Η αμυλόζη μπορεί να σχηματίσει μια δομή με εκτεταμένο σχήμα και υδροδυναμική ακτίνα 7-22 nm (Parker, R. and Ring, S.G., 2001), αλλά γενικά καταλήγει να δημιουργεί μία μάλλον δύσκαμπτη μονή αριστερόστροφη έλικα ή ακόμα πιο άκαμπτες, παράλληλες διπλές αριστερόστροφες ελικοειδής ζώνες διασταύρωσης (Imberty, A., Chanzy, H. and Pérez, S., 1988). Η μονή ελικοειδής αμυλόζη έχει δεσμούς υδρογόνου στα άτομα O2 και O6 στην εξωτερική επιφάνεια της έλικας, ενώ το οξυγόνο του δακτυλίου έχει κατεύθυνση προς το εσωτερικό της έλικας. Αυτή η δομή της αμυλόζης διαθέτει μια σχετικά υδρόφοβη εσωτερική επιφάνεια που συγκρατεί μια σπείρα μορίων νερού, τα οποία μπορούν σχετικά εύκολα να χαθούν και να αντικατασταθούν από υδρόφοβα μόρια λιπιδίων ή αρωματικά μόρια, όταν η αμυλόζη σχηματίζει μια δομή τύπου V που ποικίλλει σε διάμετρο και μορφή ανάλογα με το μέγεθος των μορίων που περιλαμβάνονται εντός της έλικας. Η δημιουργία δεσμών υδρογόνου μεταξύ ευθυγραμμισμένων αλυσίδων προκαλεί ρετροαποικοδόμηση και κατά συνέπεια απελευθερώνει κάποια από τα μόρια του συνδεδεμένου ύδατος (συναίρεση). Οι ευθυγραμμισμένες δίκλωνες αλυσίδες που προκύπτουν από αυτή τη διαδικασία μπορούν στη συνέχεια να δημιουργήσουν κρυστάλλους οι οποίοι είναι ανθεκτικοί στις αμυλάσες. Αυτοί οι

κρύσταλλοι χαρακτηρίζονται από εκτενή παρουσία δεσμών υδρογόνου, τόσο μέσα όσο και μεταξύ των πολυμερικών αλυσίδων, καταλήγοντας έτσι σε μία αρκετά υδρόφοβη δομή, χαμηλής διαλυτότητας. Η περιεκτικότητα σε αμυλόζη είναι συνεπώς η κύρια αιτία σχηματισμού του ονομαζόμενου ανθεκτικού αμύλου (Resistant Starch 3, RS3) (Chaplin, M., 2001).

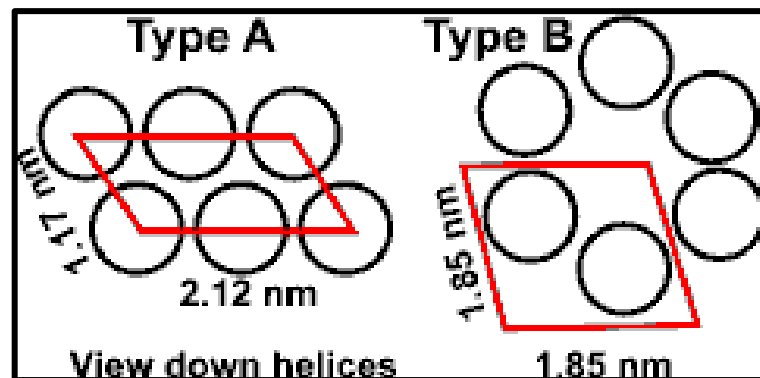


Εικόνα 7. Α) Παρουσιάζει τα βασικά χαρακτηριστικά της αμυλοπηκτίνης. Β) Δείχνει την οργάνωση της δομής των άμορφων και κρυσταλλικών περιοχών (domains) των ομόκεντρων στρωμάτων από τα οποία προκύπτουν οι «δακτύλιοι ανάπτυξης» που είναι ορατοί με οπτικό μικροσκόπιο. Γ) Δείχνει την πιθανή δομή διπλής έλικας που σχηματίζεται από γειτονικές αλυσίδες αμυλοπηκτίνης και η οποία συντελεί στον μεγάλο βαθμό κρυσταλλικότητας του αμυλόκοκκου. Πηγή: Chaplin, M. (2001). Starch. In, 'Water structure and Science'.

Η αμυλοπηκτίνη αντίθετα διακλαδώνεται πολύ περισσότερο από ό,τι η αμυλόζη, σε τέτοιο βαθμό που, μία δομική μονάδα γραμμικής αλυσίδας αμυλοπηκτίνης κατά μέσο όρο έχει μήκος μόνο 20-25 μόρια γλυκόζης. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι στην αμυλοπηκτίνη, μία γλυκόζη κάθε περίπου 20 μόρια σχηματίζει δεσμό α -(1,6) αντί α -(1,4) δημιουργώντας έτσι ένα σημείο διακλάδωσης. Η αμυλοπηκτίνη είναι ένα πολύ μεγαλύτερο πολυμερές γλυκόζης, με ένα DP, 10^5 - 10^6 και μοριακό βάρος περίπου, 10^8 . Από αυτά τα μόρια της γλυκόζης, το ποσοστό που συμμετέχει σε δεσμούς α -(1,6) και άρα είναι υπεύθυνο για το σχηματισμό των διακλαδώσεων σε κάθε μόριο αμυλοπηκτίνης δεν ξεπερνάει το 5-6% (Chaplin, M., 2001). Στο μόριο της αμυλοπηκτίνης υπάρχουν συνήθως ελαφρώς πιο πολλές «εξωτερικές» μη διακλαδισμένες αλυσίδες, που ονομάζονται Α-αλυσίδες (13-23 σάκχαρα), από ό, τι

«εσωτερικές» διακλαδισμένες αλυσίδες, που ονομάζονται Β-αλυσίδες. Οι τελευταίες είναι δύο ειδών: οι πιο μακριές (23-35 σάκχαρα), οι οποίες ενώνουν τα κλάστερ μεταξύ τους και οι πιο κοντές οι οποίες έχουν το ίδιο μήκος με τις Α αλυσίδες (Bertoft, E., et al., 2008). Τέλος υπάρχει μόνο μία αλυσίδα, ονομαζόμενη αλυσίδα C που περιέχει τη μοναδική αναγωγική ομάδα (Chaplin, M., 2001).

"Waxy" (Κηρώδης) ποικιλίες έχουν ένα πολύ υψηλό επίπεδο αμυλοπηκτίνης (μέχρι 100%), ενώ «υψηλής αμυλόζης» ή «amylostarch" ποικιλίες μπορεί να περιέχουν έως και 70% αμυλόζη.



Εικόνα 8. Εξαγωνικοί κρύσταλλοι τύπου Β ή πυκνότεροι κρύσταλλοι τύπου Α, με κλιμακωτή μονοκλινική διάταξη. Πηγή: Chaplin, M. (2001). Starch. In, 'Water structure and Science'.

Η κρυσταλλική δομή της αμυλοπηκτίνης, αν και δεν έχει διευκρινιστεί πλήρως, φαίνεται πιο πιθανό ότι αποτελείται από διπλές παράλληλες (γειτονικές) αριστερόστροφες έλικες, με έξι δομικά σάκχαρα ανά στροφή. Οι διπλές έλικες της αμυλοπηκτίνης μπορούν να συσκευάζονται, σε διαφορετικούς τύπους κρυστάλλων (Chaplin, M., 2001). Συγκεκριμένα μπορούν να σχηματίσουν είτε τον πιο ανοικτό ενυδατωμένο τύπο Β εξαγωνικών κρυστάλλων ή τους πυκνότερους κρυστάλλους τύπου Α, με κλιμακωτή μονοκλινική δομή, πράγμα που εξαρτάται από την φυτική πηγή των κόκκων (Parker, R. and Ring, S. G., 2001). Οι πολύ πυκνοί τύπου Α, (αδιάσπαστο μήκος αλυσίδας, περίπου 23-29 μονάδες γλυκόζης), βρίσκονται στα περισσότερα άμυλα σιτηρών και οι πιο ενυδατωμένοι με σωληνωτή μορφή ή Τύπου Β, (ελαφρώς μεγαλύτερο αδιάσπαστο μήκος αλυσίδας, περίπου 30-44 μονάδες γλυκόζης),

συναντώνται στην μπανάνα, σε μερικά άμυλα κονδύλων όπως αυτό της πατάτας, σε άμυλα σιτηρών με υψηλή περιεκτικότητα σε αμυλόζη, και σε εκφυλισμένου τύπου άμυλα. Υπάρχει τέλος μια δομή τύπου C, η οποία είναι ένας συνδυασμός των τύπων A και B και βρέθηκε σε μπιζέλια και φασόλια (*Tang, H., Mitsunaga T. and Kawamura, Y., 2006*).

Διαιτητικές ίνες

Είναι τα κύρια συστατικά των κυτταρικών τοιχωμάτων, για τις οποίες έχουν διατυπωθεί διάφοροι ορισμοί. Σύμφωνα με τον ορισμό της Αμερικανικής οργάνωσης των χημικών των δημητριακών (American Association of Cereal Chemists, AACC) και της Αρχής για τα τρόφιμα της Αυστραλίας-Νέας Ζηλανδίας (Australian New Zealand Food Authority, ANZFA), τα έτη 2000 και 2001 αντίστοιχα, προσδιορίζονται ως: ‘εκείνο το κλάσμα των εδώδιμων τμημάτων των φυτών και των εκχυλισμάτων τους ή ανάλογοι υδατάνθρακες, οι οποίοι είναι ανθεκτικοί στη δράση των ανθρώπινων πεπτικών ενζύμων, με αποτέλεσμα να είναι δύσπεπτοι και δυσαπορροφήσιμοι από το λεπτό έντερο, ενώ μπορούν να ζυμωθούν πλήρως ή εν μέρει από τη βακτηριακή χλωρίδα του παχέος εντέρου (*Devinder, D., et al., 2012*). Περιλαμβάνουν πολυσακχαρίτες και ολιγοσακχαρίτες, όπως η κυτταρίνη, οι ημικυτταρίνες, οι πηκτίνες, το κόμμι (gum) και τα υδροκολλοειδή πηκτώματα (mucilages), κυρούς (waxes) και ένα μη υδατανθρακικό πολυμερές, άρρηκτα συνδεδεμένο με την κυτταρίνη, τη λιγνίνη (*Devinder, D., et al., 2012*).

Παρόλο που η δομή και η σύνθεση των κυτταρικών τοιχωμάτων των φυτών ποικίλει ευρέως, η περιεκτικότητα σε κυτταρίνη αντιπροσωπεύει συνήθως το 35-50% του ξηρού βάρους. Συγκεκριμένα στο πρωτογενές φυτικό τοίχωμα οι κύριοι πολυσακχαρίτες είναι η κυτταρίνη (15-30% ξηρού βάρους), η ημικυτταρίνη και η πηκτίνη (30%) (*Chen, H., 2014*). Η ημικυτταρίνη αλληλεπιδρά με τη κυτταρίνη, σχηματίζοντας ένα δίκτυο με μικροϊνίδια (*Song, D.L., Shen, J.H., Li, L.G., 2008*). Στο δευτερογενές τοίχωμα των φυτικών κυττάρων (όσων το

διαθέτουν), αν και η ποσότητα της κυτταρίνης είναι μεγαλύτερη από ότι στο πρωτογενές, ο κύριος πολυσακχαρίτης είναι η ημικυτταρίνη, ενώ η πηκτίνη απουσιάζει παντελώς (Chen, H., 2014).

Η πιο ευρέως αποδεκτή ταξινόμησή τους γίνεται βάση δύο κριτηρίων: τη διαλυτότητά τους σε ένα μέσο με συγκεκριμένο pH και/ή τη πεπτικότητα τους από ένα *in vitro* υδατικό σύστημα ενζύμων, αντιπροσωπευτικό των ανθρώπινων πεπτικών ενζύμων. Σύμφωνα με αυτά οι διαιτητικές ίνες μπορούν να διαχωριστούν σε δύο κατηγορίες (Koehler, P. and Wieser, H., 2013; Anita, F.P. and Abraham, P., 1997):

- Διαλυτές στο νερό/εύπεπτες διαιτητικές ίνες, όπως οι πηκτίνες, οι (1→3),(1→4)-β-γλυκάνες, το κόμμι (όσπρια), υδροκολλοειδής ουσίες (όσπρια) κλπ.
- Και αδιάλυτες στο νερό/δύσπεπτες διαιτητικές ίνες, όπως είναι οι κυτταρίνες, οι ημικυτταρίνες, οι πεντοζάνες (85-90% αραβινοξυλάνες + μικρότερο ποσοστό αραβινογαλακτικού πεπτιδίου) και η μη υδατανθρακική λιγνίνη.

Classification of dietary fibre components based on water solubility/fermentability			
Characteristic	Fibre component	Description	Main food sources
Water insoluble/ Less fermented	Cellulose	Main structural component of plant cell wall. Insoluble in concentrated alkali, soluble in concentrated acid.	Plants (vegetables, sugar beet, various brans)
	Hemicellulose	Cell wall polysaccharides, which contain backbone of β-1,4 glucosidic linkages. Soluble in dilute alkali.	Cereal grains
	Lignin	Non-carbohydrate cell wall component. Complex cross-linked phenyl propane polymer. Resists bacterial degradation.	Woody plants
Water soluble/ Well fermented	Pectin	Components of primary cell wall with D-galacturonic acid as principal components. Generally water soluble and gel forming	Fruits, vegetables, legumes, sugar beet, potato
	Gums	Secreted at site of plant injury by specialized secretory cells. Food and pharmaceutical use.	Leguminous seed plants (guar, locust bean), seaweed extracts (carrageenan, alginates), microbial gums (xanthan, gellan)
	Mucilages	Synthesized by plant, prevent desiccation of seed endosperm. Food industry use, hydrophilic, stabilizer.	Plant extracts (gum acacia, gum karaya, gum tragacanth)

Πίνακας 5. Φυτικές ίνες: περιγραφή και κυριότερες διατροφικές πηγές. Πηγή: Devinder, D., et al., (2012).

Οι ακέραιοι σπόροι των σιτηρών αποτελούν μία από τις κυριότερες πηγές διαιτητικών ινών, κατά κύριο λόγο αδιάλυτων (IDF), με τα τοιχώματα των ενδοσπερμικών τους κυττάρων

να περιέχουν σε μεγάλο ποσοστό αραβινοξυλάνες (AX) και β-γλυκάνες (Šramková, S., Gregová, E. and Šturdík, E., 2009). Στις δυτικές χώρες συνεισφέρουν, το 50% περίπου της συνολικής προσλήψιμης ποσότητας των φυτικών ινών (Lambo, A.M., Oste, R. and Nyman, M.E., 2005), ακολουθούμενοι από τα λαχανικά (30-40%), τα φρούτα (16% περίπου) και το υπόλοιπο 3% από διάφορες πηγές ήσσονος σημασίας (Devinder, D., et al., 2012). Η συγκέντρωση των διαλυτών ινών στο σιτάρι είναι σημαντικά μικρότερη από ότι σε άλλα δημητριακά, αποτελώντας λιγότερο από 1% του ξηρού βάρους, σε σύγκριση π.χ. με το κριθάρι και τη βρώμη, στα οποία κυμαίνεται αντιστοίχως από 3-11% και 3-7% (Wood P.A., 1997). Τα όσπρια, τέλος σε αντίθεση με τα δημητριακά, αποτελούν καλύτερες πηγές μεταβολικά δραστικών υδατοδιαλυτών διαιτητικών ινών (SDF) (Hughes και Swanson, 1989).

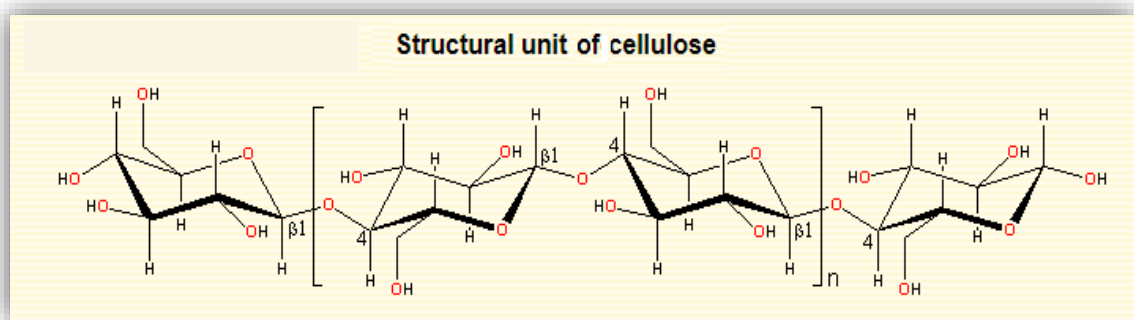
SOURCE	Dietary fibre (g/100g edible portion)		
	Total	Insoluble	Soluble
Grains			
Barley	17,3	-	-
Corn	13,4	-	-
Oats	10,3	6,5	3,8
Rice (dry)	1,3	1,0	0,3
Wheat (whole grain)	12,6	10,2	2,3
Legumes / Pulses			
Green beans	1,90	1,40	0,50
Soy	15	-	-
Peas, green (frozen)	3,5	3,2	0,3
Kidney beans (canned)	6,3	4,7	1,6
Lentils (raw)	11,4	10,3	1,1
Lima beans (canned)	4,2	3,8	0,4
White beans (raw)	17,7	13,4	4,3

Πίνακας 6. Περιεχόμενο σε διαιτητικές ίνες των κυριότερων εδώδιμων σιτηρών και μερικών οσπρίων. Πηγή: Devinder, D., et al., (2012).

Κυτταρίνη

Ως το κύριο συστατικό του τοιχώματος των φυτικών κυττάρων, αλλά και όντας ευρέως διαδεδομένη σε βακτήρια, θαλάσσια φύκια, και άλλα είδη βιομάζας, αποτελεί την πιο

άφθονη ανανεώσιμη οργανική πηγή στη Γη. Είναι ένα γραμμικό ομοπολυμερές που αποτελείται από μονάδες D-γλυκοκυρανόζης που συνδέονται με β-1,4-γλυκοσιδικούς δεσμούς και ο βαθμός πολυμερισμού της (DP), κυμαίνεται από εκατοντάδες σε χιλιάδες ή ακόμη και δεκάδες χιλιάδες. Είναι αδιάλυτη στο νερό, σε αραιά όξινα διαλύματα και σε αραιά αλκαλικά διαλύματα σε φυσιολογικές θερμοκρασίες (Chen, H., 2014). Η μηχανική αντοχή, η αντίσταση στη βιολογική αποδόμηση, η χαμηλή υδατική διαλυτότητα και η αντοχή στην όξινη υδρόλυση του κυτταρινικού μορίου, είναι αποτέλεσμα των δεσμών υδρογόνου εντός των μικροϊνιδίων του (Devinder, D., et al., 2012).



Εικόνα 9. Δομική μονάδα της κυτταρίνης (μονομερές: β-D-γλυκοκυρανόζη, διμερές: κελλοβιόζη). Πηγή: Chaplin, M., (2001).

Ημικυτταρίνες:

Αυτές οι γλυκάνες, είναι πολυσακχαρίτες του φυτικού κυτταρικού τοιχώματος, όπου συμπλέκονται με τη λιγνίνη και την κυτταρίνη, αλλά εντοπίζονται και στη μήτρα των φυτικών κυττάρων (Yin, Z.F. and Fan, R.W., 1999). Διαλυτοποιούνται με υδατικά αλκαλικά διαλύματα, μετά την απομάκρυνση των υδατοδιαλυτών συστατικών και των πηκτινών (Devinder, D., et al., 2012) και τόσο το περιεχόμενο, όσο και η δομή τους, παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλομορφία ανάμεσα στα διάφορα φυτικά είδη ή ακόμα και στα διάφορα δομικά μέρη ενός φυτού (Chen, H., 2014). Διαφέρουν από το μόριο της κυτταρίνης, διότι είναι μικρότερες σε μέγεθος (DP ~100), περιέχουν ποικιλία σακχάρων σε διαφορετικές ποσότητες και συνήθως είναι διακλαδισμένες (Kay, R.M., 1982). Συγκεκριμένα το μόριό τους διαθέτει έναν κύριο άξονα

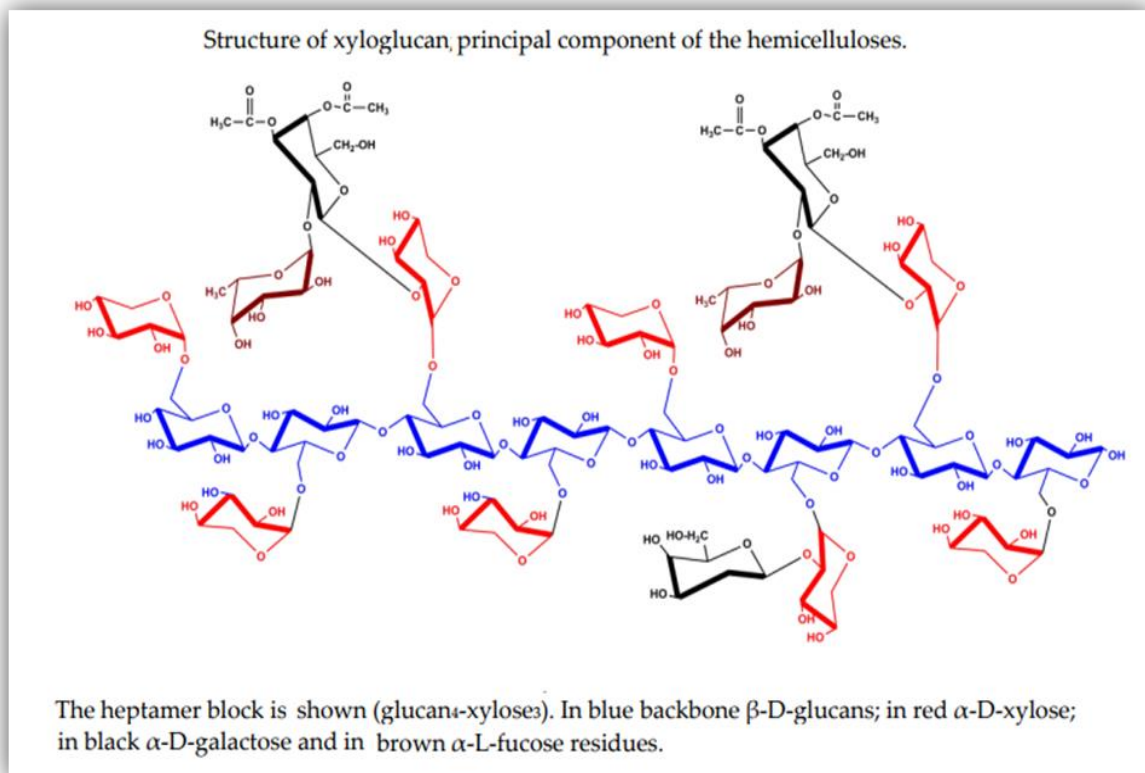
(ραχοκοκαλιά) που αποτελείται ανάλογα με τη φυτική προέλευση, από μία ή περισσότερες, διαφορετικές μονάδες γλυκοσιδίων, όπως π.χ. D-ξυλόζης, D-μαννόζης, D-γλυκόζης, D-γαλακτόζης ή αραβινόζης, συνδεδεμένες μεταξύ τους με διαφορετικού τύπου γλυκοσιδικούς δεσμούς και άλλα γλυκοσίδια ως διακλαδώσεις αυτού (Chen, H., 2014; Anita, F.P. and Abraham, P., 1997). Σύμφωνα με το κύριο σάκχαρο στο βασικό άξονα του μορίου τους, οι ημικυτταρίνες έχουν διαφορετικές ταξινομήσεις π.χ., ξυλάνες, γλυκάνες, μαννάνες, αραβινάνες, ξυλογλυκάνες, αραβινοξυλάνες, γλυκουρονοξυλάνες, γλυκομαννάνες, γαλακτομαννάνες, γαλακτογλυκομαννάνες και β-γλυκάνες. Οι κύριες κατηγορίες ημικυτταρινών είναι (Chen, H., 2014):

- I) ημικυτταρίνες ξηλάνης (ξυλάνη, ξυλογλυκάνη, αραβινοξυλάνη, γλυκουρονοξυλάνη).
- II) ημικυτταρίνες μαννάνης (μαννάνη, γλυκομαννάνη, γαλακτομαννάνη, γαλακτογλυκομαννάνη).
- III) β-(1→3) (1→4) γλυκάνες.

Ημικυτταρίνες ξηλάνης:

Ξηλάνη: Σχεδόν όλα τα φυτά περιέχουν ξηλάνη, με πλουσιότερες πηγές αυτής, τα σκληρά ξυλώδη και τα αγρωστώδη (*Gramineae*) φυτά. Στην κύρια αλυσίδα του γραμμικού αυτού μορίου, μονάδες D-ξυλοσιδίων (D xylosyls) και συγκεκριμένα, 1,4-β-D-ξυλοπυρανόζης, συνδέονται μεταξύ τους για να σχηματίσουν ένα ομοπολυμερές με αλυσίδες διακλάδωσης από γλυκουρονικό οξύ και οξυμέθυλο-γλυκουρονικό οξύ, ενωμένα μεταξύ τους με δεσμούς α-(1,2). Ο αριθμός και το περιεχόμενο των διακλαδώσεων διαφέρει ανάλογα με το φυτικό είδος (Chen, H., 2014; Ochoa-Villarreal, M., et al., 2012). Στην περίπτωση π.χ. των αγρωστωδών η τυπική μοριακή δομή της ημικυτταρίνης τους με βαθμό πολυμερισμού (DP) μικρότερο από 100, αποτελείται κυρίως από β-D-ξυλοπυρανοσίδια, τα οποία συνδέονται με β-1,4-γλυκοσιδικούς

δεσμούς, και οι διακλαδώσεις της κύριας αυτής αλυσίδας αποτελούνται από L-αραβινοφουρανοσίδια και D-γλυκουρονοπυρανοσίδια, στα άτομα άνθρακα C3 και C2 αντίστοιχα, ενώ υπάρχουν επίσης και αλυσίδες διακλάδωσης από ακετυλικά ξυλοσίδια (μονάδες ξυλοσιδίων και ακετυλίων) (Chen, H., 2014). Στα αγρωστώδη αυτά είδη οι ξυλάνες μπορεί να είναι συνδεδεμένες με τα μικροϊνίδια της κυτταρίνης, όπως η ξυλογλυκάνη στα δικοτυλήδονα φυτά, αλλά σε αυτή τη περίπτωση οι πλευρικές διακλαδώσεις του μορίου δεν είναι προσαρτημένες. Οι μονάδες της αραβινόζης που συνδέονται στην κύρια αλυσίδα της ξυλάνης, ονομάζονται αραβινοξυλάνες και γλυκουρόνο-αραβινοξυλάνες (Ochoa-Villarreal, M., et al., 2012). Υψηλές ποσότητες αραβινοξυλανών εντοπίζονται στο ενδοσπέρμιο των δημητριακών σπόρων (Bochicchio, R. and Reicher, F., 2003).



Εικόνα 10. Δομή ενός επταμερούς μορίου ξυλογλυκάνης των δικοτυλήδονων φυτών (επαναλαμβανόμενο oligομερές). Πηγή: Ochoa-Villarreal, M., et al., (2012).

Ξυλογλυκάνη: Οι κύριες αλυσίδες τόσο της ξυλογλυκάνης, όσο και της κυτταρίνης αποτελούνται από μονάδες D-γλυκοπυρανόζης που συνδέονται με β-(1→4) δεσμούς. Η

διαφορά είναι ότι στη ξυλογλυκάνη το 75% των γλυκοσιλικών μονάδων αντικαθίσταται από β-D-ξυλοπυρανόζη στη θέση O-6 της κύριας αλυσίδας. Η ξυλογλυκάνη περιέχει κυρίως γλυκόζη, ξυλόζη και γαλακτόζη, σε αναλογία 4: 3: 1 περίπου. Ανάλογα με διαφορές στις διαφορετικές οικογένειες φυτών, οι ξυλογλυκάνες μπορούν επίσης να περιέχουν φουκόζη και αραβινόζη. Η ξυλογλυκάνη στα δικοτυλήδονα φυτά έχει κύρια αλυσίδα που αποτελείται από β- (1 4) γλυκάνες, οι μονάδες της α-ξυλόζης συνδέονται με τη θέση O-6 των μονάδων της β-γλυκόζης, η τερματική γαλακτόζη συνδέεται με τη θέση O-2 των μονάδων ξυλόζης με β δεσμούς και τέλος εάν περιέχει φουκόζη ή αραβινόζη, η πρώτη είναι συνδεδεμένη με την θέση O-2 των μονάδων της γαλακτόζης με α δεσμούς και η δεύτερη εντοπίζεται σε πολύ μικρό ποσοστό. Η σύσταση της ξυλογλυκάνης στα μονοκοτυλήδονα είναι γενικά πολύ διαφορετική και συγκεκριμένα δεν υπάρχει τερματική γαλακτόζη, ενώ το περιεχόμενο σε ξυλόζη και γαλακτόζη είναι χαμηλότερο από ό, τι στα δικοτυλήδονα (*Chen, H., 2014*).

Αραβινοξυλάνη (πεντοζάνες): Οι αραβινοξυλάνες (AX) (Παράρτημα I), είναι αδιάλυτος τύπος διαιτητικής ίνας, αποτελούνται από γραμμικές αλυσίδες β-(1,4) - D- ξυλοπυρανόζης οι οποίες μπορεί να είναι υποκατεστημένες στις O-2 και / ή O-3-θέσεις με α- L-αραβινοφουρανόζη (*Meuser, F. and Suckow, P., 1986; Perlin, A.S., 1951*) και αντιπροσωπεύουν το κύριο κλάσμα (85-90%) των λεγόμενων πεντοζανών. Ένα δευτερεύον συστατικό των AX είναι το φερουλικό οξύ, το οποίο είναι συνδεδεμένο με την αραβινόζη ως εστέρας στη θέση O-5 (*Perlin, A.S., 1951*). Διαφορετικά είδη δημητριακών περιέχουν διαφορετικές ποσότητες αυτών των συστατικών ενώσεων, οι οποίες μπορεί να διαφέρουν σημαντικά και ως προς το περιεχόμενό τους, το μοτίβο υποκατάστασης και το μοριακό βάρος (*Fausch, H., Kündig, W. and Neukom, H., 1963; Delcour, J.A., Van Win, H. and Grobet, P.J., 1999; Maes, C. and Delcour J.A., 2002*). Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις AX συναντώνται στη σίκαλη (6-8%), ενώ το σιτάρι περιέχει μόνο 1,5-2%.

Εκτός από AX το κλάσμα των πεντοζανών περιέχει ένα μικρό μέρος ενός υδατοδιαλυτού, πολύ διακλαδισμένου πεπτιδίου την αραβινογαλακτάνη (*Fausch, H., Kündig, W. and Neukom, H., 1963*), το οποίο αποτελείται από β - (1,3) και β - (1,6) συνδεδεμένες μονάδες γαλακτοπυρανόζης με α-γλυκοσιδικά δεσμευμένες μονάδες αραβινοφουρανόζης. Το πεπτίδιο είναι προσδεδεμένο με 4-trans-υδροξυπρολίνη και σε ορισμένες μονάδες αραβινόζης και γαλακτόζης μπορεί να συνδέεται φερουλικό οξύ. Ανάλογα με τη θέση πρόσδεσης και τον τύπο δεσμού μεταξύ των συστατικών μονάδων τόσο στη κύρια αλυσίδα όσο και στις διακλαδώσεις της, μπορούν να διακριθούν δύο τύποι αραβινογαλακτάνης, η AG I (πιο κοινή) και η AG II (*Chen, H., 2014*). Τέλος η αραβινογαλακτάνη στα κυτταρικά τοιχώματα μπορεί να υφίσταται είτε ως ανεξάρτητο μόριο, ή ως πλευρική αλυσίδα επί των μορίων του πολυσακχαρίτη της πηκτίνης (*Yang, S.H., 2008*).

Ημικυτταρίνες μαννάνης

Μερικά σκληρά ξυλώδη φυτά περιέχουν ημικυτταρίνες μαννάνης, αλλά την υψηλότερη περιεκτικότητα σε αυτές την έχουν τα μαλακά ξυλώδη φυτά, ενώ στα αγρωστώδη η ποσότητά τους είναι μικρή. Η κύρια αλυσίδα τους αποτελείται από μονάδες μαννόζης και γλυκόζης που συνδέονται με β(4→1) δεσμούς προς σχηματισμό ενός ανομοιογενούς πολυμερούς (*Chen, H., 2014*).

β-D-γλυκάνη (β-γλυκάνη)

Φυτικές ίνες όπως η (1 → 3),(1 → 4) -β-D-γλυκάνη (Παράρτημα I) (που αναφέρεται και ως β-γλυκάνη), λόγω της ύπαρξης στο μόριό τους, αμφοτέρων των συνδέσεων δηλαδή, β-(1-4) (70%) και β-(1-3) (30%) δεσμούς, έχουν μεγαλύτερη ευελιξία σε σύγκριση με τη κυτταρίνη, και ταυτόχρονα είναι υδατοδιαλυτές και παχύρρευστες. Εξαιτίας του υψηλού

ιξώδους της ως διαλυτή φυτική ίνα, έχει την ικανότητα να δεσμεύει τη χοληστερόλη και τα χολικά οξέα και να διευκολύνει την εξάλειψή τους από το σώμα. Όπως όλες οι φυτικές ίνες, έτσι και η β-γλυκάνη είναι πολυσακχαρίτης που βρίσκεται κυρίως στα κυτταρικά τοιχώματα του στρώματος της αλευρόνης και του ενδοσπέρματος (συγκεκριμένα στην παρακείμενη περιοχή της υπο-αλευρόνης), κυρίως δημητριακών κόκκων όπως το κριθάρι (3-11%) και η βρώμη (3-7%). Στο κριθάρι είναι πιο συγκεντρωμένη στο ενδοσπέρμιο, ενώ στη βρώμη συγκεντρώνεται στο στρώμα της αλευρόνης (Bhatty, R.S., 1993). Μικρότερες ποσότητες β-γλυκάνης αναφέρθηκαν σε σίκαλη (1-2%) και σίτο (<1%), πράγματι, το σιτάρι δεν θεωρείται γενικά καλή πηγή β-γλυκάνης, διότι τα επίπεδά της σε αυτό κυμαίνονται κάτω από το 1%, συνήθως περίπου στο 0,6%, ενώ τέλος μόνο ίχνη έχουν αναφερθεί στο καλαμπόκι, το σόργο, το ρύζι και άλλα δημητριακά που χρησιμοποιούνται ως τρόφιμα (Wood, P.J., 1992). Παρόλους τους φυσικούς ποσοτικούς περιορισμούς σε ορισμένα δημητριακά όπως το σιτάρι, η διαθεσιμότητα της β-γλυκάνης μπορεί να αυξηθεί είτε με νέες πιο εξελιγμένες τεχνικές άλεσης (π.χ. νέες τεχνικές προ-επεξεργασίας για το σιτάρι δίνουν πρόσβαση σε αυτή την περιοχή με μεγαλύτερη ακρίβεια) (Wood, P., 1997), είτε με μοριακές μεθόδους ελεγχόμενης αναπαραγωγής του φυτού, δεδομένου ότι το περιεχόμενο των δημητριακών κόκκων σε β-γλυκάνη είναι γονότυπο-εξαρτώμενο (Ehrenbergerová, J., et al, 2008; Šramková, Z., et al., 2008).

Πηκτίνες:

Οι πηκτίνες είναι η πιο μεγάλη οικογένεια πολυσακχαριτών στη φύση, αποτελώντας ένα από τα κύρια συστατικά του πρωτογενούς φυτικού κυτταρικού τοιχώματος των δικοτυλήδων και μη-δημητριακών μονοκοτυλήδων (με το ποσοστό τους να φτάνει περίπου το 35%) και το κυριότερο συστατικό των διακυτταρικών ουσιών στα ανώτερα φυτά,

ενώ είναι επίσης παρούσες και σε μερικά δημητριακά όπως η βρώμη και το ρύζι (*Chen, H., 2014; Ochoa-Villarreal, M., et al., 2012; Ridley, B.L., O'Neill, M.A. and Mohnen, D., 2001*). Βρίσκονται μεταξύ των μικροϊνιδίων της κυτταρίνης και μέσω της κατανάλωσης φρούτων και λαχανικών αποτελούν μέρος της ημερήσιας πρόσληψης διαιτητικών ινών, έχοντας πολλαπλές θετικές επιδράσεις στην υγεία των ανθρώπων, συμπεριλαμβανομένων τη μείωση των επιπέδων της χοληστερόλης και της γλυκόζης του ορού και τη μείωση της εμφάνισης ασθενειών όπως ο διαβήτης και ο καρκίνος (*Jackson, C.L., et al., 2007; Yapo, B.M. and Koffi, K.L., 2008; Glinsky, V.V. and Raz, A., 2009*). Σχηματίζονται από μονάδες α-1,4-D-γαλακτουρονικού οξέος (GalA), η περιεκτικότητα του οποίου στα μόρια αυτά φτάνει το 70% περίπου (*Mohnen, D., 2008*).

Σύμφωνα με τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά τους, μπορούν να διαιρεθούν σε πηκτικό οξύ, πηκτίνη, και πρωτοπηκτίνη. Το πηκτικό οξύ είναι μία ευθεία αλυσίδα 100 μονάδων γαλακτουρονικού οξέος, που συνδέονται μεταξύ τους με α-1,4-δεσμούς, είναι διαλυτό στο νερό και αντιδρά εύκολα με το ασβέστιο δημιουργώντας τη γέλη του πηκτικού ασβεστίου. Η πηκτίνη είναι επίσης υδατοδιαλυτή και συνίσταται από μία μακριά πολυμερική αλυσίδα συμπυκνωμένη κυρίως από τον μεθυλεστέρα του γαλακτουρονικού οξέος και από μια μικρή ποσότητα γαλακτουρονικού οξέος, τα οποία συνδέονται με α-1,4-γλυκοσιδικούς δεσμούς, καθώς επίσης και από ραμνόζη και αραβινόζη. Το μοριακό της βάρος κυμαίνεται από 25.000 έως 50.000, με κάθε αλυσίδα της να περιέχει περισσότερες από 200 μονάδες γαλακτουρονικού οξέος (*Chen, H., 2014*). Σε αυτή τη μορφή συναντάται κατά κύριο λόγο στο μεσαίο και στο πρωτογενές κυτταρικό τοίχωμα, αλλά μέρος της μπορεί επίσης να εντοπιστεί και στο κυτταρόπλασμα ή στα κενοτόπια (*Du, J.Y., Bai, L. and Bai, B., 2002*). Η πρωτοπηκτίνη είναι αδιάλυτη στο νερό, έχει υψηλότερο μοριακό βάρος από το πηκτικό οξύ και τη πηκτίνη και εντοπίζεται κυρίως στο πρωτογενές τοίχωμα. Λόγω του σχηματισμού γεφυρών ασβεστίου μεταξύ των πηκτικών ουσιών, τα πηκτικικά μόρια συνδέονται εγκάρσια το ένα με το άλλο και σχηματίζουν μια διακυτταρική δομή δικτύου, η οποία λειτουργεί ως συνδετική ουσία μεταξύ των κυττάρων και

επιτρέπει στα μόρια του νερού να τη διαπερνάνε ελεύθερα. Η γέλη που σχηματίζεται από τις πηκτινικές ουσίες έχει ιξώδες και ελαστικότητα (*Chen, H., 2014*).

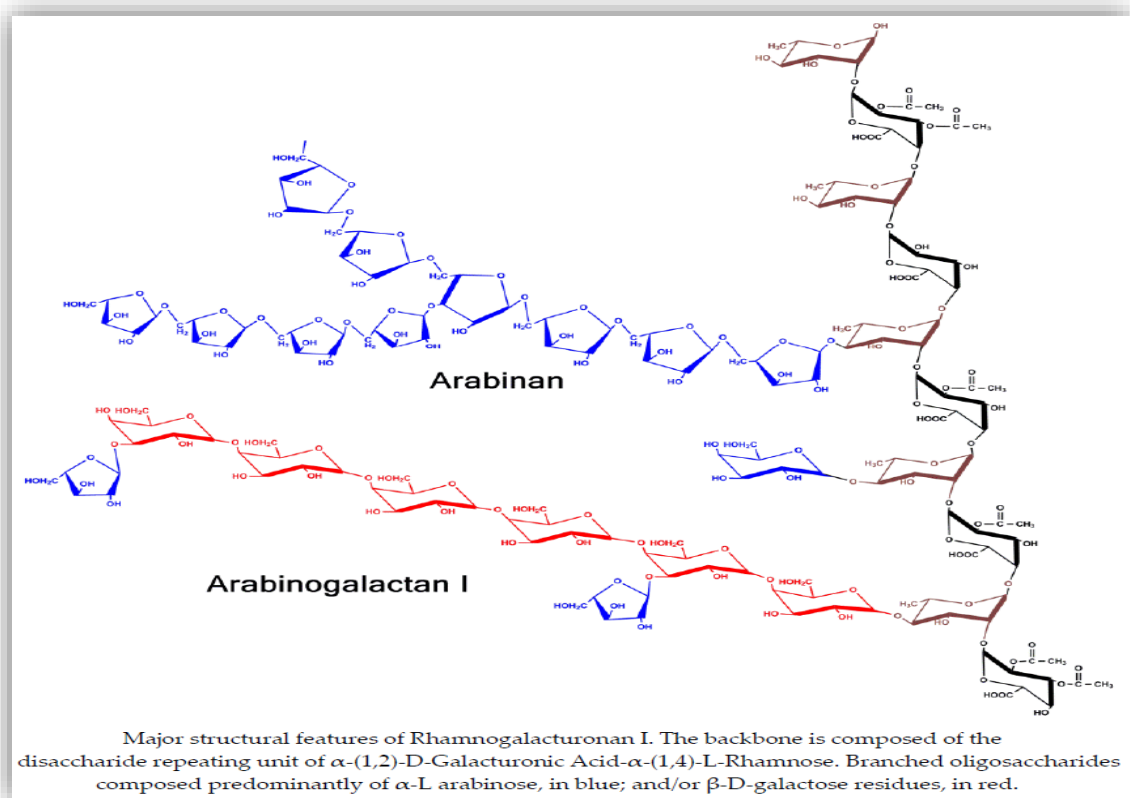
Οι δομικές τάξεις των πηκτινικών πολυσακχαριτών περιλαμβάνουν (*Ochoa-Villarreal, M., et al., 2012*):

1. την ομογαλακτουρονάνη (HG, HomoGalacturonan),
2. τις ραμνογαλακτουρονάνη I (RG-I, RamnoGalacturonan-I) και ραμνογαλακτουρονάνη II (RG-II),
3. καθώς επίσης και τις ξυλογαλακτουρονάνη (XGA, XyloGalacturonan) και απιογαλακτουρονάνη (AGA, ApioGalacturonan), με την τελευταία να εντοπίζεται στα κυτταρικά τοιχώματα των θαλάσσιων φυτικών ειδών (*Ochoa-Villarreal, M., et al., 2012*).

Η ομογαλακτουρονάνη (HG) είναι το πιο άφθονο πηκτινικό πολυμερές, αποτελώντας σχεδόν το 60% των πηκτινών στα φυτικά κυτταρικά τοιχώματα (*Ridley, B.L., O'Neill, M.A. and Mohnen, D., 2001*). Σχηματίζεται από μακριές γραμμικές αλυσίδες 1,4-συνδεδεμένων μονάδων α-D-γαλακτουρονικού οξέος, με ένα ποσοστό των καρβοξυλικών ομάδων τους να είναι μερικώς μεθυλο-εστεροποιημένο στο C-6 και ακετυλο-εστεροποιημένο στις θέσεις O-2 ή/και O-3 ανάλογα με το είδος του φυτού (*Ochoa-Villarreal, M., et al., 2012*). Η ξυλογαλακτουρονάνη υπάρχει σε μεγαλύτερη αφθονία σε σχέση με την απιογαλακτουρονάνη, χημικά είναι ομογαλακτουρονάνη υποκατεστημένη από μονάδες D-ξυλόζης και βρέθηκε σε πολλά διαφορετικά φυτικά είδη π.χ. μπιζέλια, σόγια, *Arabidopsis* κ.λ.π. (*Caffall, K.H. and Mohnen, D., 2009*).

Η ραμνογαλακτουρονάνη-I (RG-I) είναι μια οικογένεια πολυσακχαριτών πηκτίνης που αντιπροσωπεύουν το 20-35% αυτής και ο σκελετός της αποτελείται από τον επαναλαμβανόμενο δισακχαρίτη γαλακτουρονικό οξύ και ραμνόζη [α -(1,2)-D-GALA - α -(1,4)-L-Rha] n, στον οποίο υπάρχει μερική υποκατάσταση μονάδων α-L-ραμνόζης στις θέσεις O-4 ή / και O-3 από ουδέτερες μονάδες γλυκοσυλίου, ενώ οι πολυμερικές πλάγιες αλυσίδες της

αποτελούνται κυρίως από α -(1,5)-L αραβινάνες και β -(1,4)-D γαλακτάνες, αραβινογαλακτάνες-I (AG-I), αραβινογαλακτάνες-II (AG-II) και, ενδεχομένως, γάλακτο-αραβινάνες (Obro, J., et al., 2004). Το περιεχόμενο ποσοστό των μονάδων της ραμνόςης μπορεί να κυμαίνεται από 20 έως 80% ανάλογα με την πηκτίνη, τη φυτική της προέλευση και τη μέθοδο εκχύλισης (O'Neill, M., Albersheim, P. and Darvill, A., 1990). Η αραβινάνη έχει μία κύρια αλυσίδα που αποτελείται εξ ολοκλήρου από αραβινόζη και μονάδες α -L-αραβινοφουρανοσιδίων οι οποίες συνδέονται μεταξύ τους στο C-5 και πολλές πλάγιες αλυσίδες διακλαδώσης, είτε αραβινοφουρανοσιδίων, είτε αραβινόζης (Chen, H., 2014).



Εικόνα 11. Τα κυριότερα δομικά συστατικά της ραμνογαλακτουρονάνης-I (RG-I). Πηγή: Ochoa-Villarreal, M., et al., (2012).

Προτάθηκε ότι η RG-I λειτουργεί ως στήριγμα της σύνδεσης μεταξύ των πηκτινικών πολυσακχαριτών, όπως η HG και RG-II, που είναι ομοιοπολικά προσδεμένες σε αυτή ως πλευρικές αλυσίδες (Caffall, K.H. and Mohnen, D., 2009). Η ραμνογαλακτουρονάνη II είναι ο

πιο πολύπλοκος και διακλαδισμένος πηκτινικός πολυσακχαρίτης, με τον κύριο άξονά της να παρουσιάζει μία χαρακτηριστική δομή επτά έως εννέα μονάδων α-D-γαλακτουρονικού οξέος και τέσσερις σαφώς διαφοροποιημένες διακλαδώσεις (*Ochoa-Villarreal, M., et al., 2012*). Αποτελεί δευτερεύον συστατικό των πηκτινών των φυτικών κυτταρικών τοιχωμάτων, με το ποσοστό της στα δικοτυλήδονα, τα μη αγρωστώδη μονοκοτυλήδονα και τα γυμνόσπερμα, να κυμαίνεται μεταξύ 0.5-8% και λιγότερο από 0,1% στα πρωτογενή τοιχώματα των κομμελινοειδών μονοκοτυλήδονων (*Matsunaga, T., et al., 2004*).

Ελεύθερα σάκχαρα:

Τέλος στους δημητριακούς σπόρους είναι επίσης παρούσα και μια μικρή ποσότητα ελεύθερων σακχάρων (~ 1-2%), κυρίως ως σακχαρόζη, αλλά συναντώνται και χαμηλές συγκεντρώσεις μαλτόζης και σε ακόμη πιο χαμηλές συγκεντρώσεις φρουκτόζη και γλυκόζη (*McKevith, B., 2004*).

Λιπίδια δημητριακών

Τα λιπίδια των διαφόρων δημητριακών, προέρχονται από τις κυτταρικές μεμβράνες, τα κυτταρικά οργανίδια και τα σφαιροσωμάτια, είναι κυρίως φωσφολιπίδια, γλυκολιπίδια, γαλακτολιπίδια και τριγλυκερίδια και έχουν παρόμοια σύσταση ως προς τα λιπαρά τους οξέα, με το περιεχόμενο σε λινελαϊκό να φτάνει το 39–69%, ενώ το ελαϊκό και το παλμιτικό να αποτελούν το 11–36% και 18–28%, αντιστοίχως (*Delcour, J.A. and Hosenev, R.C., 2010; Eliasson, A.-C. and Larsson, K.A., 1993*).

Από τον πίνακα 4 φαίνεται ότι τα λιπίδια έχουν μικρή παρουσία στα σιτηρά. Παρόλα αυτά έχουν μια σημαντική επίδραση στην ποιότητα και την υφή των τροφίμων λόγω του ότι η αμφιπατική τους φύση, τους δίνει την ικανότητα να συνδέονται με τις πρωτεΐνες και με το

άμυλο, και να σχηματίζουν σύμπλοκα εγκλεισμού. Το σιτάρι και το ρύζι, με το περιεχόμενό τους σε λιπίδια να είναι αντίστοιχα, 1,8% και 2,2%, δεν είναι από τα πιο λιπαρά δημητριακά. Η βρώμη, με 7,2% ποσοστό λιπιδίων είναι το πιο λιπαρό δημητριακό, ενώ σε αυτή αντίθετα με το σιτάρι και τα άλλα δημητριακά κυριαρχούν τα πολικά λιπίδια. Το σιτάρι, το κριθάρι και η σίκαλη, έχουν παρόμοια κατανομή λιπιδίων, με το 65-78% αυτών να είναι μη πολικά και από αυτά το 7-13% είναι γαλακτολιπίδια, ενώ το 15-26% φωσφολιπίδια (*Morrison, W.R., 1978*). Τα σημαντικότερα πολικά λιπίδια του σιταριού είναι, κυρίως τα γλυκολιπίδια, τα οποία εμπλέκονται στην ανάπτυξη της γλουτένης κατά την αρτοποιήση (*Pomeranz, Y. and Chung, O.K., 1978*).

Fatty Acid	Corn	Wheat	Rye	Rice
C:14:0	-	3	6	1
C:16:0	6	18	11	28
C:18:0	2	7	4	2
C:18:1	44	31	18	35
C:18:2	48	57	35	39
C:18:3	-	4	7	3

Πίνακας 6. Κυριότερα λιπαρά οξέα μερικών δημητριακών ελαίων. Πηγή: Haard, N. F. and G. Chism, Eds., (1996)

Πρωτεΐνες δημητριακών

Το μέσο περιεχόμενο σε πρωτεΐνες των δημητριακών κόκκων σε σχέση με αυτό των οσπρίων και των ελαιούχων σπόρων (σόγια) είναι χαμηλό και παράλληλα, όπως άλλωστε είναι εμφανές και από τον πίνακα 4, καλύπτει ένα σχετικά στενό εύρος, από 8-11%. Παρόλα αυτά οι διακυμάνσεις, μπορεί να είναι αρκετά εμφανείς, όπως π.χ. στο σιτάρι όπου το πρωτεϊνικό περιεχόμενο ποικίλλει από λιγότερο από 6% έως και περισσότερο από 20%. Το περιεχόμενο (ποσότητα-ποιότητα) εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, οι κυριότεροι από τους οποίους είναι:

1. Γενότυπος (δημητριακό, είδος, ποικιλία)
2. Συνθήκες καλλιέργειας (το έδαφος, το κλίμα και η γονιμοποίηση)
3. Ποσότητα και χρονική διάρκεια της αζωτούχου λίπανσης.

Οι πρωτεΐνες κατανέμονται σε ολόκληρο τον δημητριακό κόκκο, ωστόσο, η συγκέντρωσή τους μέσα σε κάθε διαμέρισμα, είναι αξιοσημείωτα διαφορετική. Για παράδειγμα, το φύτρο και η στοιβάδα της αλευρόνης στο σιτάρι, μπορεί να περιέχουν περισσότερο από 30% πρωτεΐνες, το αμυλούχο ενδοσπέρμιο ~ 13%, και το πίτουρο ~ 7% (*Belitz, H.-D., Grosch, W. and Schieberle, P., 2009*). Όσον αφορά τις διαφορετικές αναλογίες αυτών των διαμερισμάτων, οι περισσότερες πρωτεΐνες των δημητριακών κόκκων βρίσκονται στο αμυλούχο ενδοσπέρμιο, που είναι η πηγή του λευκού αλεύρου το οποίο παράγεται από την άλεση και το κοσκίνισμα των κόκκων.

Οι πρωτεΐνες του σιταριού, έχουν ταξινομηθεί σύμφωνα με τη διαφορετική διαλυτότητά τους και με βάση τη διαδικασία κλασματοποίησης του Osborne στα παρακάτω 4 κλάσματα, τα οποία είναι εφαρμόσιμα και για τις πρωτεΐνες των υπόλοιπων δημητριακών σπόρων (*Osborne, T.B., 1907*):

- I.** ΑΛΒΟΥΜΙΝΕΣ: είναι διαλυτές στο νερό.
- II.** ΓΛΟΒΟΥΛΙΝΕΣ: δεν διαλύονται σε καθαρό νερό, αλλά είναι διαλυτές σε αραιά αλατούχα διαλύματα.
I + II: Οι περισσότερες από τις πρωτεΐνες που ανήκουν σε αυτά τα δύο κλάσματα, είναι μεταβολικές πρωτεΐνες, δηλαδή ένζυμα ή αναστολείς ενζύμων και τις βρίσκουμε συγκεντρωμένες σε μεγάλες ποσότητες στη στοιβάδα της αλευρόνης, στο φύτρο και στο πίτουρο, ενώ η συγκέντρωσή τους στο αλευρώδες ενδοσπέρμιο είναι σχετικά χαμηλή.
- III.** ΠΡΟΛΑΜΙΝΕΣ: είναι πρωτεΐνες δημητριακών, διαλυτές σε υδατικά διαλύματα αλκοολών όπως για παράδειγμα διάλυμα αιθανόλης 60-70%. Στο σιτάρι αυτό το

κλάσμα ονομάζεται γλιαδίνες και στο ρύζι ορυζίνες (στη σίκαλη - σικαλίνες, στο κριθάρι - χορδεΐνες, στη βρώμη - αβερίνες, στον αραβόσιτο – ζεΐνες, στο κεχρί και στο ζαχαρόχορτο – καφιρίνες).

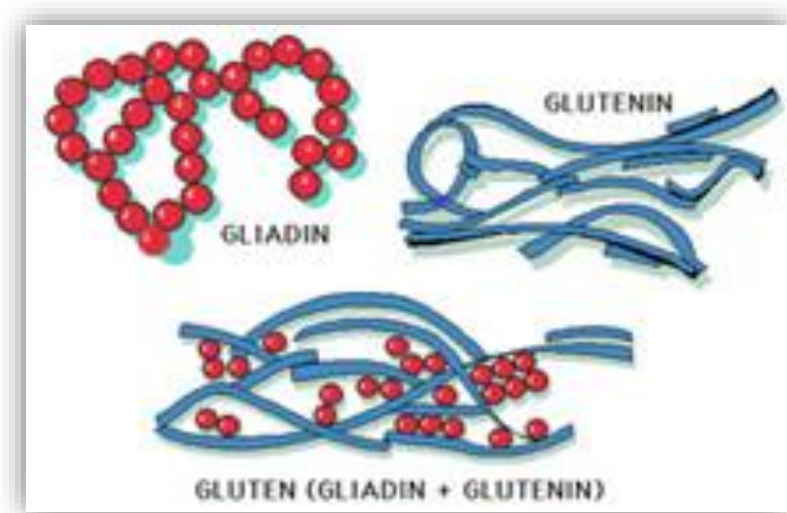
IV. ΓΛΟΥΤΕΙΝΕΣ: αρχικά είχαν περιγραφεί ως εκείνες οι πρωτεΐνες, αδιάλυτες στο νερό, στα αλατούχα διαλύματα και στα υδατικά διαλύματα αλκοολών, αλλά διαλυτές σε αραιά διαλύματα οξέων ή βάσεων. Σήμερα είναι γνωστό ότι η απόλυτη διαλυτότητα των πρωτεϊνών αυτών επιτυγχάνεται από διαλύτες που περιέχουν ένα μείγμα από υδατικό διάλυμα αλκοόλης (π.χ. 50% προπανόλης), ένα αναγωγικό μέσο (π.χ. διθειοθρεϊτόλη) και μία καταταμητική ένωση όπως π.χ. ουρία.

III + IV: κατά κύριο λόγο οι προλαμίνες και οι γλουτελίνες είναι πρωτεΐνες αποθήκευσης των δημητριακών σπόρων, δηλαδή η μόνη τους βιολογική λειτουργία είναι να προμηθεύουν το σπορόφυτο με άζωτο και αμινοξέα κατά τη διάρκεια της βλάστησης και εντοπίζονται μόνο στο αμυλώδες ενδοσπέρμιο. Στα λευκά αλεύρα η αναλογία τους σε σχέση με τις ολικές πρωτεΐνες ανέρχεται στο 70-90%.

CEREAL	ALBUMIN	GLOBULIN	PROLAMIN	GLUTELIN
Wheat	9-15	6-7	33-45	40-46
Rye	10-44	10-19	21-42	25-40
Barley	12	8-12	25-52	52-55
Oats	10-20	12-55	12-14	23-54
Rice	5-11	10	2-7	77-78
Sorghum	4	9	48	37
Maize	4-8	3-4	47-55	38-45

Πίνακας 7. Κατανομή των δημητριακών πρωτεϊνών στις κλασματικές τάξεις του Osborne. Πηγές: Eliasson, A.-C. and K. Larsson, (1993); Alais, C. and Linden, G., (1991).

Από τον πίνακα 4 φαίνεται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό σε πρωτεΐνες (11,3%), το έχει το σιτάρι, ενώ το μικρότερο (7,7%) το έχει το ρύζι, ενώ παρατηρείται επίσης ότι (πίνακας 7), κατά μέσο όρο, το μικρότερο ποσοστό της συνολικής πρωτεΐνης είναι παρούσα στο κλάσμα της γλοβουλίνης, ακολουθούμενο από το κλάσμα της αλβουμίνης (πρωτεΐνες χαμηλού μοριακού βάρους), με εξαίρεση τις γλοβουλίνες της βρώμης (oat) οι οποίες ανέρχονται σε περισσότερο από το 50% των συνολικών πρωτεϊνών του δημητριακού αυτού. Στα περισσότερα δημητριακά άλευρα, οι προλαμίνες είναι τα κλάσματα που κυριαρχούν και συγκεκριμένα στο σιτάρι οι μεγάλοι μοριακού βάρους υπομονάδες τους, αποτελούν ένα υψηλότερο ποσοστό του συνόλου των πρωτεϊνών από ό, τι σε άλλα δημητριακά (*Shewry, P.R. and Mifflin B.J., 1985*), αντιπροσωπεύοντας το 80-85 τοις εκατό των πρωτεϊνών του ενδοσπερμίου και συνιστώντας μαζί με τις γλουτελίνες, το πρωτεϊνικό σύμπλεγμα της γλουτένης. Εξαίρεση αποτελούν τα άλευρα του ρυζιού τα οποία είναι σχεδόν απαλλαγμένα από τις πρωτεΐνες αυτές, και η βρώμη, όπου οι προλαμίνες είναι δευτερεύοντα συστατικά του σπόρου. Το αλεύρι του ρυζιού, παρόλο το υψηλό ποσοστό γλουτελίνης που περιέχει, δεν σχηματίζει συμπλέγματα γλουτένης (*Norman F.H., et al., 1999*).



Εικόνα 12. Μοριακή συνένωση της γλιαδίνης και της γλουτελίνης για το σχηματισμό της γλουτένης. Πηγή: Wall and Beckwith, (1969)

Τα πρωτεϊνικά κλάσματα του Osborne από διαφορετικά δημητριακά παρουσιάζουν ορισμένες ομοιότητες ως προς τη σύστασή τους σε συγκεκριμένα αμινοξέα όπως, η γλουταμίνη (Glx), η προλίνη (Pro), η γλυκίνη (Gly), και η κυστεΐνη (Cys) (Wiesner, H., Seilmeier, W. and Belitz, H.-D., 1980).

≠ CEREAL GRAINS	WHEAT	RYE	BARLEY	OATS	RICE	MAIZE
Amino acidic comp.	ALBUMINS					
Glx	21	23	14	13	15	13
Pro	10	12	8	6	5	9
Gly	7	7	10	13	10	10
Cys	3	2	4	7	2	2
Lys	3	3	4	5	5	4
Amino acidic comp.	GLOBULINS					
Glx	16	17	13	16	15	11
Pro	7	8	7	5	6	6
Gly	9	9	10	10	10	11
Cys	4	2	3	2	4	3
Lys	4	4	5	5	3	5
Amino acidic comp.	PROLAMINS					
Glx	38	36	36	35	20	20
Pro	17	19	23	10	5	10
Gly	3	5	2	3	6	3
Cys	2	2	2	3	1	1
Lys	1	1	1	1	1	trace
Amino acidic comp.	GLUTELINS					
Glx	31	20	25	19	16	16
Pro	12	10	15	6	5	12
Gly	8	9	7	8	8	7
Cys	1	1	1	1	1	2
Lys	2	4	3	3	3	2

Πίνακας 8. Μερική σύνθεση σε αμινοξέα των πρωτεϊνικών κλασμάτων διάφορων δημητριακών σπόρων. Πηγή: Wiesner, H., Seilmeier, W. and Belitz, H.-D., (1980).

Το μεγαλύτερο μέρος της βιβλιογραφίας σχετικά με τις πρωτεΐνες των δημητριακών ασχολείται με τις πρωτεΐνες των λευκών αλεύρων, από τη στιγμή που τα τελευταία θεωρούνται τα πιο σημαντικά προϊόντα της επεξεργασίας των δημητριακών. Αυτό που παρατηρείται είναι ότι στη σύστασή τους σε αμινοξέα (πίνακας 8), κυριαρχεί το γλουταμικό οξύ, με ποσοστά που κυμαίνονται από 15.4% στο ρύζι, έως και 31,1% στο σιτάρι, και στα τέσσερα κλάσματα των πρωτεϊνών. Στα λευκά άλευρα το γλουταμικό οξύ βρίσκεται σχεδόν όλο υπό την αμιδική του μορφή, δηλαδή ως γλουταμίνη (Wiesner, H. et al., 1983). Στην περίπτωση του σιταριού, της σίκαλης, και του κριθαριού, ακολουθείται από την προλίνη (12-14%, και στα τέσσερα πρωτεϊνικά κλάσματα του Osborne). Περαιτέρω σημαντικά αμινοξέα είναι η λευκίνη (7-14%) και η αλανίνη (4-11%). Τα θρεπτικώς απαραίτητα αμινοξέα όπως η τρυπτοφάνη (0,2-1,0%), η μεθειονίνη (1.3-2.9%), η ιστιδίνη (1.8-2.2%), και η λυσίνη (1.4 έως 3.3%) είναι παρόντα, αλλά

σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις (Koehler, P., and Wieser, H., 2013). Αξίζει να σημειωθεί ότι το ρύζι, η βρώμη και το κριθάρι περιέχουν περισσότερο λυσίνη από τα άλλα δημητριακά. Στο ρύζι το περιεχόμενο σε λυσίνη των πρωτεϊνών του ενδοσπερμίου μπορεί να φτάσει το 3.5 με 4 %, που είναι το υψηλότερο μεταξύ των δημητριακών πρωτεϊνών (Bienvenido, O.J., 1993). Η πρωτεΐνη του αραβόσιτου είναι περιοριστική ως προς το αμινοξύ τρυπτοφάνη (0,2%), ενώ άλλα σιτηρά έχουν πρωτεϊνικό περιεχόμενο που είναι συχνά περιοριστικό σε θρεονίνη (Norman F.H., et al., 1999).

Amino acid composition (mol-%) of the total proteins of flours from various cereals

Amino acid	Wheat	Rye	Barley	Oats	Rice	Millet	Corn
Asx ^a	4.2	6.9	4.9	8.1	8.8	7.7	5.9
Thr	3.2	4.0	3.8	3.9	4.1	4.5	3.7
Ser	6.6	6.4	6.0	6.6	6.8	6.6	6.4
Glx ^a	31.1	23.6	24.8	19.5	15.4	17.1	17.7
Pro	12.6	12.2	14.3	6.2	5.2	7.5	10.8
Gly	6.1	7.0	6.0	8.2	7.8	5.7	4.9
Ala	4.3	6.0	5.1	6.7	8.1	11.2	11.2
Cys	1.8	1.6	1.5	2.6	1.6	1.2	1.6
Val	4.9	5.5	6.1	6.2	6.7	6.7	5.0
Met	1.4	1.3	1.6	1.7	2.6	2.9	1.8
Ile	3.8	3.6	3.7	4.0	4.2	3.9	3.6
Leu	6.8	6.6	6.8	7.6	8.1	9.6	14.1
Tyr	2.3	2.2	2.7	2.8	3.8	2.7	3.1
Phe	3.8	3.9	4.3	4.4	4.1	4.0	4.0
His	1.8	1.9	1.8	2.0	2.2	2.1	2.2
Lys	1.8	3.1	2.6	3.3	3.3	2.5	1.4
Arg	2.8	3.7	3.3	5.4	6.4	3.1	2.4
Trp	0.7	0.5	0.7	0.8	0.8	1.0	0.2
Amide group	31.0	24.4	26.1	19.2	15.7	22.8	19.8

^aAsx Asp+Asn, Glx Glu+Gln

Πίνακας 9. Σύσταση των πρωτεϊνών των λευκών αλεύρων που παράγονται από δημητριακούς σπόρους σε αμινοξέα. Πηγή: Wieser, H. et al, (1983).

Μεταλλικά στοιχεία δημητριακών

Η περιεκτικότητα σε ανόργανα άλατα των σιτηρών είναι περίπου 1,0-2,5% (Πίνακας 4). Σε σύγκριση με άλλα τρόφιμα, το ποσοστό αυτό, είναι μία ενδιάμεση συγκέντρωση μεταξύ αυτής των μεταλλικών στοιχείων στο γάλα, το κρέας, και τα λαχανικά, η οποία κυμαίνεται γενικά σε χαμηλά επίπεδα και της συγκέντρωσης στα όσπρια, τα οποία είναι εξαιρετικά πλούσια σε μέταλλα, με μία μέση περιεκτικότητα ~ 3,5% .

Συγκεκριμένα τα δημητριακά, όμοια με τις περισσότερες φυτικές τροφές, είναι μια καλή πηγή καλίου, ενώ έχουν χαμηλή περιεκτικότητα σε νάτριο. Τα δημητριακά ολικής αλέσεως περιέχουν επίσης σημαντικές ποσότητες σιδήρου, μαγνησίου και ψευδαργύρου, καθώς και χαμηλότερα επίπεδα πολλών ιχνοστοιχείων, όπως π.χ. το σελήνιο. Το ρύζι περιέχει το υψηλότερο επίπεδο σεληνίου μεταξύ των δημητριακών κόκκων, 10 - 13mg/100g. Η περιεκτικότητα σε σελήνιο ενός δημητριακού ποικίλλει ανάλογα με το περιεχόμενο σε σελήνιο του εδάφους καλλιέργειας, για παράδειγμα η περιεκτικότητα σε σελήνιο του κόκκου του σιταριού μπορεί να κυμαίνεται από 0.001 mg/100 g έως 30 mg/100 g (Lyons, G., Stangoulis, J. and Graham, R., 2003). Το σιτάρι που καλλιεργείται στη Βόρεια Αμερική γενικά έχει υψηλότερη περιεκτικότητα σε σελήνιο σε σχέση με εκείνο που καλλιεργείται στην Ευρώπη και η επικράτηση στην αγορά του ευρωπαϊκού σιταριού τα τελευταία χρόνια, θεωρείται ως η κύρια εξήγηση της πτώσης της πρόσληψης του ιχνοστοιχείου αυτού στο Ηνωμένο Βασίλειο (Goldberg G, ed., 2003).

Minerals	Maize	Barley	Wheat	Oat	Sorghum	Rice (paddy)
Cereal grains						
Calcium g/kg DM	0.5	0.8	0.7	1.1	0.3	0.6
Phosphorus g/kg DM	3.0	3.9	3.6	3.6	3.3	2.9
Potassium g/kg DM	3.9	5.7	4.6	4.9	4.3	2.8
Sodium g/kg DM	0.0	0.1	0.0	0.1	0.2	0.3
Magnesium g/kg DM	1.2	1.3	1.2	1.0	1.8	1.0
Manganese mg/kg DM	5	19	40	43	12	82
Zinc mg/kg DM	21	30	31	26	24	14
Copper mg/kg DM	2	12	6	3	5	3
Iron mg/kg DM	37	184	78	110	0.3	53
Selenium mg/kg DM	0.14	-	0.05	0.24	0.46	115

DM: Dry Matter

All the values reported are average values

Πίνακας 10. Σύσταση των δημητριακών σπόρων σε μεταλλικά στοιχεία Πηγή: www.feedipedia.org. Ανακτήθηκε 25/3/2016

Το μεγαλύτερο μέρος των ανόργανων αλάτων (> 90%) βρίσκεται στα εξωτερικά στρώματα των δημητριακών κόκκων, δηλαδή στο πίτουρο, το στρώμα της αλευρόνης, και το

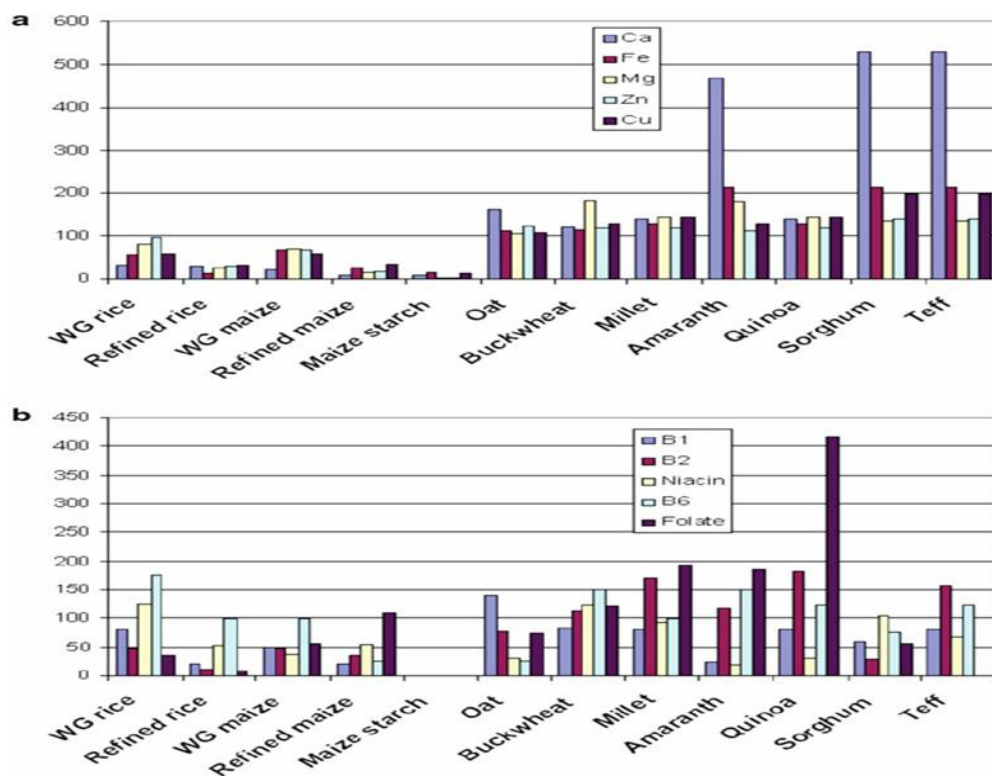
φύτρο, ενώ το ενδοσπέρμιο περιέχει πολύ μικρές έως και αμελητέες ποσότητες. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η διαδικασία της άλεσης, να έχει άμεσο αντίκτυπο στις συγκεντρώσεις των ανόργανων στοιχείων στους επεξεργασμένους δημητριακούς σπόρους, στα τρόφιμα που παρασκευάζονται από αυτούς και στα παραγόμενα υποπροϊόντα. Πράγματι, με τη συμβατική άλεση απομακρύνονται τα εξωτερικά μέρη του σπόρου δηλαδή η στοιβάδα της αλευρόνης και το φύτρο, που όπως ειπώθηκε είναι τα πλουσιότερα σε μέταλλα συγκρινόμενα με το αμυλούχο ενδοσπέρμιο, έτσι το περιεχόμενό τους στο αλεύρι μειώνεται και ταυτόχρονα συμπυκνώνονται στα υπολείμματα άλεσης. Διαφορές στην περιεκτικότητα σε ανόργανα άλατα είναι πιθανό να υπάρχουν ακόμη και μεταξύ του εξωτερικού και εσωτερικού ενδοσπερμίου (*Brondi, M., Ciardi, A., and Cubadda, R., 1984*). Σημαντικά στον καθορισμό της έκτασης της απώλειας των μεταλλικών στοιχείων είναι, το σχήμα και η υφή του κόκκου, οι τεχνικές συνθήκες της άλεσης, αλλά κυρίως ο ρυθμός εξαγωγής. Ωστόσο, όταν όλες αυτές οι μεταβλητές είναι καθορισμένες, η περιεκτικότητα των διαφόρων κλασμάτων της άλεσης στο εκάστοτε ιχνοστοιχείο εξαρτάται τελικά από το πώς, και πόσο άνισα κατανέμεται αυτό εντός του σπόρου. Τέλος, αν και η άλεση μειώνει την περιεκτικότητα σε ανόργανα άλατα, η διαθεσιμότητά τους παρουσιάζεται βελτιωμένη, λόγω της ταυτόχρονης μείωσης των “anti-nutrient” περιεχομένων του κόκκου (*Oghbaei, M., and Prakash, J., 2013*).

MINERAL	Whole wheat mg/100 g	White Flour mg/100 g	Wheat Germ mg/100 g	Wheat bran mg/100 g	Loss %
Iron	4.3	1.1	6.7	4.7-7.8	76
Zinc	3.5	0.8	10.1	5.4-13.0	78
Manganese	4.6	0.7	13.7	6.4-11.9	86
Copper	0.5	0.2	0.7	0.7-1.7	68
Selenium	0.06	0.05	0.11	0.05-0.08	16

Πίνακας 11. Επίδραση της άλεσης σχετικά με το περιεχόμενο σε ιχνοστοιχεία του κόκκου του σιταριού. Πηγή: Miller, D. D., Ed., (1996).

Βιταμίνες δημητριακών

Τα δημητριακά περιέχουν βιταμίνες σε συγκεντρώσεις που κυμαίνονται από κάτω του 1 έως περίπου 50 mg/kg, ανάλογα με την βιταμινούχο ένωση (Πίνακας 4). Έτσι, τα δημητριακά είναι μια καλή πηγή βιταμινών από την Β-ομάδα, κυρίως θειαμίνη, ριβοφλαβίνη και νιασίνη, και στις βιομηχανικές χώρες, καλύπτουν περίπου το 50-60% των ημερήσιων αναγκών σε βιταμίνες Β (Kulr, K. and Ponte, J.G., 2000). Οι πιο σημαντικές λιποδιαλυτές βιταμίνες είναι οι τοκοφερόλες (βιταμίνη Ε), οι οποίες είναι παρούσες σε συγκεντρώσεις που υπερβαίνουν τα 20 mg/kg. Τα σιτηρά δεν περιέχουν βιταμίνη C ή βιταμίνη Β12, καμία βιταμίνη Α και, εκτός από το κίτρινο καλαμπόκι, καμία β-καροτίνη (Cordain, L., 1999). Όπως και τα μεταλλικά στοιχεία, έτσι και οι βιταμίνες συμπυκνώνονται στα εξωτερικά στρώματα των κόκκων, ιδίως στο στρώμα της αλευρόνης, καθώς και στο φύτρο. Ως εκ τούτου, το άλεσμα των σιτηρών θα απομακρύνει τις περισσότερες από τις βιταμίνες (Koehler, P. and Wieser, H., 2013).



Γράφημα 3. Περιεκτικότητα σε (α) Μεταλλικά στοιχεία και (β) βιταμίνες, ολόκληρων κόκκων (Whole Graines) δημητριακών και ραφιναρισμένων αλεύρων ρυζιού (rice) και αραβοσίτου

(maize), άμυλο αραβοσίτου, μερικώς αποπιτυρομένου αλεύρου βρώμης και ολόκληρων κόκκων, και των αλεύρων ολικής άλεσης από φαγόπυρο, κεχρί, αμάραντο, quinoa, σόργο, και teff σε σχέση με το περιεχόμενό τους σε ολικής άλεσης άλευρο σίτου (που λαμβάνεται ως το 100%). Πηγή: US Department of Agriculture, Agricultural Research Service. USDA national nutrient database for standard reference. <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/search/>.

Βιοδραστικές ενώσεις δημητριακών

Τα δημητριακά περιέχουν ένα μεγάλο εύρος βιοενεργών ενώσεων που συνήθως εμπεριέχονται σε μικρές ποσότητες στα τρόφιμα, και ενώ μπορεί να είναι ευεργετικές για την ανθρώπινη υγεία, δεν είναι απαραίτητες για τη λειτουργία του ανθρώπινου σώματος (*Kris-Etherton, P.M. et al., 2002*). Οι ενώσεις αυτές ονομάζονται φυτοχημικά ή βιοδραστικές ενώσεις και η πλειοψηφία αυτών στον ολόκληρο κόκκο των δημητριακών, εντοπίζεται στο κλάσμα του πίτουρου/φύτρου. Αυτό το κλάσμα της ολικής αλέσεως, μπορεί συνεπώς να συντελέσει στη μείωση του κινδύνου χρόνιων παθήσεων όπως: καρδιαγγειακά νοσήματα (*Anderson, J.W., 2003; Okarter, N. and Liu, R.H., 2010*), διαβήτη τύπου 2 (*Tapola, N., et al., 2005; Liu, S., et al., 2000; Meyer, K.A., et al., 2000*) και ορισμένων καρκίνων (*Jacobs, D.R. Jr, et al., 1998; Kasum, C.M., et al., 2002; Haas, P., et al., 2009*), αλλά και στην καταπολέμηση βακτηριακών και μηκυτιακών λοιμώξεων (*Ross, A.B., et al., 2004*), την παρεμπόδιση της ανάπτυξης νεφρικής πέτρας, ασθένειες του οφθαλμού κ.λ.π. Αυτά τα οφέλη για την υγεία επιτυγχάνονται μέσω πολυπαραγοντικών φυσιολογικών μηχανισμών συμπεριλαμβανομένων: της αντιοξειδωτικής δράσης, ορμονικής διαμεσολάβησης, ενίσχυσης του ανοσοποιητικού συστήματος, της διευκόλυνσης της διέλευσης ουσιών μέσω της πεπτικής οδού, της παραγωγής βουτυρικού οξέος στο κόλον, της απορρόφησης ή / και αραίωσης των ουσιών στο έντερο (*Adom, K.K., Sorrells, M.E. and Liu, R.H., 2003*), της κυτταροστάσης και της κυτταροτοξικότητας έναντι καρκινικών κυττάρων, της μείωσης της μεταλλαξιόγону δραστικότητας μερικών μεταλλαξιόγόνων παραγόντων, της μείωσης της αντίστασης των λιποπρωτεϊνών χαμηλής πυκνότητας (LDL), της μείωσης της οξειδωσης της χοληστερόλης και της υπεροξειδωσης των

λιπιδίων και της αρο-πρωτεΐνης B100, της αναστολής της κρυστάλλωσης των αλάτων οξαλικού ασβεστίου στα ούρα κ.λ.π. (Gani, A., et al., 2012).

Οι σημαντικότερες βιοδραστικές ενώσεις που βρίσκονται στους ακέραιους-μη επεξεργασμένους κόκκους δημητριακών, στα υποπροϊόντα της άλεσής τους όπως το πίτουρο και στα τρόφιμα ολικής αλέσεως είναι:

- I. Το ανθεκτικό άμυλο (Resistant Starch, RS)
- II. διαιτητικές ίνες (κυρίως β-γλυκάνη και οι αραβινοξυλάνες),
- III. πολυφαινολικές ενώσεις, όπως: i) φαινολικά οξέα (π.χ. φερούλικό οξύ, κινναμωμικό οξύ κ.λ.π.), ii) φλαβονοειδή, iii) αβενανθραμίδες (αποκλειστικά στη βρώμη) (Παράρτημα I), iv) λιγνάνες, και v) αλκυλρεζορσινόλες,
- IV. καροτενοειδή
- V. φυτικό οξύ και ινοσιτόλες
- VI. φυτοστερόλες
- VII. τοκόλες,
- VIII. γ-ορυζανόλες

Ανθεκτικό άμυλο (Resistant starch, RS)

Γενικότερα, υπάρχουν τρεις διαφορετικοί τύποι ανθεκτικού αμύλου (RS), δηλαδή αμύλου που δεν μπορεί να καταβολιστεί από τα ένζυμα του ανθρώπινου λεπτού εντέρου και συνεπώς να απορροφηθεί από αυτό: a) ο τύπος RS1, που ορίζεται ως το φυσικώς απρόσιτο άμυλο, b) ο τύπος RS2, που είναι οι μητρικοί κόκκοι αμύλου και c) ο τύπος RS3, που είναι το ρετροαποικοδομημένο-εκφυλισμένο αμυλο (Englyst, H.N. et al., 1996). Πιο πρόσφατα, έχει χαρακτηριστεί ένα τέταρτο είδος ανθεκτικού αμύλου, που περιλαμβάνει τα χημικά τροποποιημένα άμυλα. Το ανθεκτικό άμυλο (RS) έχει πολλά ευεργετικά οφέλη για την υγεία: i) φαίνεται να είναι ένα καλό υπόστρωμα για τη κολονική ζύμωση και να είναι επωφελές λόγω

της υψηλής παραγωγής βουτυρικού οξέος, το οποίο ενδέχεται να διαδραματίζει ένα σημαντικό ρόλο στην πρόληψη του καρκίνου του παχέος εντέρου, όπως επιβεβαιώνουν αρκετές μελέτες σε ζωικά μοντέλα, ii) τα προϊόντα ζύμωσης από το RS είναι γνωστό ότι προκαλούν μείωση του pH στο κόλον η οποία οδηγεί σε μικρότερη παραγωγή, ή / και συσσώρευση δυνητικά επιβλαβών υποπροϊόντων της πρωτεϊνικής ζύμωσης, για παράδειγμα, αμμωνία ή φαινόλες που μπορούν να προωθήσουν την ογκογένεση (Fassler, C. et al., 2006) και iii) έχει την ικανότητα να χαμηλώνει το γλυκαιμικό δείκτη και κατ'επέκταση μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη διαχείριση του διαβήτη τύπου II (Behall, K.M. et al., 2006; Konik-Rose, C. et al., 2007).

Διαιτητικές ίνες (κυρίως αραβινοξυλάνες και β-γλυκάνες)

Τα οφέλη στην υγεία που συνδέονται με επαρκή πρόσληψη αυτών των ενώσεων περιλαμβάνουν: μειωμένη συχνότητα εμφάνισης διάφορων τύπων ασθενειών όπως, του διαβήτη και ασθενειών του καρδιοαγγειακού συστήματος, μέσω της μείωσης των επιπέδων της γλυκόζης και της χοληστερόλης στο αίμα, καταπολέμηση της δυσκοιλιότητας και της παχυσαρκίας μέσω της αύξησης του όγκου των κοπράνων και της μείωσης του χρόνου διέλευσης από τον εντερικό σωλήνα και προστασία του γαστρεντερικού συστήματος (έναντι π.χ. του καρκίνου του παχέος εντέρου και του ορθού, της χολολιθίασης, των αιμορροΐδων και της κήλης), μέσω της δέσμευσης βλαβερών για τον ανθρώπινο οργανισμό ουσιών (μεταλλαξιογόνων και καρκινογόνων) και της διέγερσης του πολλαπλασιασμού της εντερικής χλωρίδας (ADA - Amer. Diet Assoc., 1997; Heredia, A., et al., 2002; Beecher, G.R., 1999).

Από τις διαιτητικές ίνες, οι αραβινοξυλάνες (AX) και οι β-γλυκάνες είναι τα κύρια συστατικά των τοιχωμάτων των κυττάρων του ενδοσπερμίου των δημητριακών σπόρων. Οι αραβινοξυλάνες (AX) θεωρούνται βέλτιστο υπόστρωμα για ζυμωτική παραγωγή λιπαρών οξέων βραχείας αλύσου (SCFAs) (Short Chain Fatty Acids) και ιδίως, του βουτυρικού οξέος στο κόλον (τμήμα του παχέος εντέρου των ανώτερων θηλαστικών), το οποίο όπως

προαναφέρθηκε σε υψηλές συγκεντρώσεις θεωρείται ότι προωθεί τη βελτίωση της υγείας του εντέρου και μειώνει τον κίνδυνο εμφάνισης καρκινικών αλλοιώσεων, μέσω διαφόρων πιθανών μηχανισμών (Šramková, S., Gregová, E. and Šturdík, E., 2009). Από την άλλη οι διαλυτές φυτικές ίνες όπως η β-γλυκάνη [(1 → 3),(1 → 4) -β-D-γλυκάνη], έχει αποδειχθεί ότι έχουν ανοσοδιεγερτική ενεργότητα, καθώς και επιδράσεις στο γλυκαιμικό δείκτη, την ινσουλίνη, και στις χοληστερολικές ανταποκρίσεις του ανθρώπινου οργανισμού στα τρόφιμα (Dalmo, R.A. and Bøgwald, J., 2008; Shimizu, C., et al., 2008).

Φαινολικά οξέα

Το σόργο και το κεχρί έχουν την μεγαλύτερη ποικιλία φαινολικών οξέων. Τα φαινολικά οξέα των σιτηρών, βρίσκονται τόσο σε ελεύθερη, όσο και σε δεσμευμένη μορφή. Τα ελεύθερα φαινολικά οξέα συναντώνται στο εξωτερικό στρώμα του περικαρπίου ενώ τα δεσμευμένα είναι εστεροποιημένα στα κυτταρικά τοιχώματα. Οι ενώσεις αυτές χωρίζονται σε δύο μεγάλες ομάδες: σε παράγωγα του υδροξυβενζοϊκού οξέος (p-υδροξυβενζοϊκό, πρωτοκατεχίνες, βαννιλικό, συρινγικό, και γκαλλικό οξύ) και παράγωγα του υδροξυκινναμωμικού οξέος (p-κουμαρικό ή p-υδρόξυκινναμωμικό, καφεϊκό, φερουλικό και σιναπικό) (Παράρτημα Ι).

Τα κύρια φαινολικά οξέα στα δημητριακά είναι το φερουλικό οξύ και το p-κουμαρικό οξύ (Hahn, D.H., Faubion, J.M. and Rooney, L.W., 1983; Holtekjølen, A.K., Kinitz, C. and Knutsen, S.H., 2006). Από αυτά το φερουλικό οξύ είναι το πιο άφθονο υδροξυκινναμωμικό οξύ των δημητριακών σπόρων, αποτελώντας ταυτόχρονα και την κύρια πολυφαινόλη αυτών, η οποία είναι εστεροποιημένη με τις αραβινοξυλάνες του κυτταρικού τοιχώματος των κόκκων. Το πίτουρο του σίτου είναι καλή πηγή φερουλικού οξέος που εστεροποιείται με τις ημικυτταρίνες των κυτταρικών τοιχωμάτων (Dewanto, V., Wu, X. and Liu, R.H., 2002). Η περιεκτικότητα των κόκκων του σιταριού στο οξύ αυτό είναι κοντά περίπου στο 0,8 - 2 g / kg ξηρού βάρους βάσης, και αντιπροσωπεύει μέχρι και το 90% του συνόλου των πολυφαινολών.

Έχει αντιοξειδωτικές ιδιότητες, οι οποίες συνίστανται κυρίως στην καταπολέμηση των καταστρεπτικών ελεύθερων ριζών. Η συνολική περιεκτικότητα σε φερουλικό οξύ μεταξύ των δημητριακών κόκκων μειώνεται με την ακόλουθη σειρά: καλαμπόκι> σίτος> βρώμη> ρύζι (Adom, K.K. and Liu, R.H., 2002).

Το p-κουμαρικό οξύ είναι παρόν σε μικρότερη ποσότητα, στο κέντρο του δημητριακού κόκκου και έχουμε αύξηση της παρουσίας του προς τις εξωτερικές στρώσεις. Υπάρχει κυρίως με την εστεροποιημένη μορφή με οργανικά οξέα, σάκχαρα και λιπίδια. Προτείνεται ότι αυτές οι ενώσεις έχουν αντιοξειδωτική δράση, αντι-καρκινική δραστηριότητα (κυτταροστάση) και προστατευτική δράση έναντι των καρδιακών παθήσεων (Gani, A., Wani, S.M., Masoodi, F.A., and Hameed, G., 2012).

Φλαβονοειδή

Τα φλαβονοειδή είναι μία μεγάλη οικογένεια υδροξυλιωμένων πολυφαινολικών ενώσεων (>5000 ενώσεις) που εκτελούν σημαντικές λειτουργίες στα φυτά όπως: ελκύουν τα έντομα επικονιαστές, καταπολεμούν περιβαλλοντικά στρες (μικροβιακές λοιμώξεις) και ρυθμίζουν την κυτταρική ανάπτυξη (Kumar, S. and Pandey, A.K., 2013). Έχουν μια παρόμοια δομή με τα οιστρογόνα και την ικανότητα να ασκήσουν τόσο οιστρογονικές, όσο και αντι-οιστρογονικές δράσεις (Bouchenak, M. and Lamri-Senhadji, M., 2013). Οι ενώσεις αυτές χαρακτηρίζονται από την παρουσία δύο αρωματικών δακτυλίων οι οποίοι ενώνονται με ένα σύνδεσμο τριών ατόμων άνθρακα (σκελετός C6-C3-C6) (Παράρτημα I), και με αυτή τη μορφή είναι γνωστά ως αγλυκόνια (μη συνδεδεμένα με μόρια σακχάρου). Σε αυτές τις ουσίες συγκαταλέγονται οι φλαβονόλες, φλαβόνες, φλαβανόνες, φλαβαν-3-όλες (ή κατεχίνες), ισοφλαβόνες και οι ανθοκυανιδίνες. Τα περισσότερα φλαβονοειδή στα βρώσιμα φυτά και δημητριακά, τα συναντούμε ως β-γλυκοσίδια, δηλαδή, συνδεδεμένα με ένα ή περισσότερα μόρια σακχάρων (Williamson, G., 2004). Από αυτά η γλυκοσυλιωμένη μορφή των φλαβονολών,

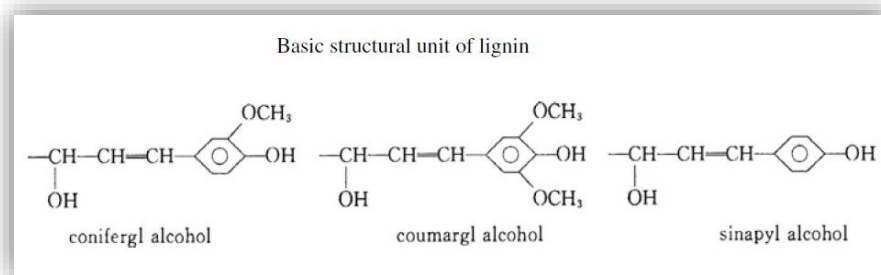
(δηλαδή αυτές που συνδέονται με τουλάχιστον ένα μόριο σακχάρου) είναι τα πιο ευρέως διαδεδομένα φλαβονοειδή στη διαίτα (*Manach, C., et al., 2004; Xiao, J., et al., 2013*). Εξαιρέσεις αποτελούν οι φλαβαν-3-όλες (κατεχίνες και προανθοκυανιδίνες) και προϊόντα με βάση τη σόγια που έχουν υποστεί ζύμωση και άρα εκτίθενται σε μικροβιακές β-γλυκοσιδάσες, οι οποίες καταλύουν την απελευθέρωση των μορίων των σακχάρων από τις γλυκοζυλιωμένες ισοφλαβόνες (*Nemeth, K., et al., 2003*).

Οι πρόδρομοι των ουσιών αυτών είναι ευρέως διαδεδομένοι στο φυτικό βασίλειο, και συναντώνται στα όσπρια (ιδιαίτερα στη σόγια και τα προϊόντα της) και τα δημητριακά (*Bouchenak, M. and Lamri-Senhadj, M., 2013*). Τα φλαβονοειδή βρίσκονται στο περικάρπιο όλων των δημητριακών, αν και σε μικρές μόνο ποσότητες, εκ των οποίων το σόργο έχει την ευρύτερη ποικιλία φλαβονοειδών που έχει καταγραφεί. Παρόλα αυτά, το κριθάρι περιέχει μετρήσιμες ποσότητες κατεχίνης και κάποιες δι και τρι-προκυανιδίνες (*McMurrough, I. and Baert, T., 1994*).

Το ποσό των φλαβονοειδών που υπάρχουν στη τροφή που καταναλώνεται είναι ελάχιστο σημασίας αν αυτά δεν απορροφηθούν και δεν γίνουν διαθέσιμα στους ιστούς-στόχο του σώματος. Ακόμη και μετά την επεξεργασία των τροφίμων και το μαγείρεμα, τα περισσότερα γλυκοσίδια των φλαβονοειδών φτάνουν στο λεπτό έντερο ανέπαφα. Μόνο τα φλαβονοειδή αγλυκόνια (δεν συνδέονται με μόρια σακχάρου) και μερικά φλαβονοειδή γλυκοσίδια (συνδέονται με μόρια γλυκόζης) απορροφώνται εύκολα στο λεπτό έντερο (*Gonzales, G.B., et al., 2015*). Τα γλυκοσυλιωμένα φλαβονοειδή μπορεί να είναι σε θέση να διαπεράσουν το στρώμα βλέννας του λεπτού εντέρου και να απογλυκοσυλιωθούν στην κυτταρική επιφάνεια πριν από την απορρόφηση ή αν αυτό δεν είναι δυνατό να υδρολυθούν από βακτηριακά ένζυμα στο κόλον και να γίνει η αποσύνθεση των αγλυκονίων (*Monagas, M., et al., 2010*).

Λιγνίνη - Λιγνάνες

Η λιγνίνη-λιγνάνες είναι μια άλλη ομάδα σημαντικών διαιτητικών πολυφαινολικών ενώσεων, που ως σύμπλοκα των διαιτητικών ινών είναι παρούσες σε μία μεγάλη ποικιλία φυτικών τροφών συμπεριλαμβανομένων των λιναρόσπορων, των δημητριακών κόκκων καλαμποκιού, βρώμης, σίτου και σίκαλης (με τη σίκαλη να είναι το πιο πλούσιο σε λιγνάνες, από τα δημητριακά), των οσπρίων (και κυρίως η σόγια) και άλλων (*Thompson, L.U., et al, 1991*).



Εικόνα 13. Βασικές δομικές μονάδες της λιγνίνης. Πηγή: Chen, H., (2014).

Η λιγνίνη είναι ένα από τα πιο άφθονα οργανικά πολυμερή στα φυτά, αμέσως μετά από τη κυτταρίνη και συγκεκριμένα στα γυμνόσπερμα και τα αγγειόσπερμα συνιστά την αποκλειστική χημική τους σύνθεση. Το περιεχόμενό της στα ξυλώδη φυτά φτάνει το 20-40% και στα αγροστώδη το 15-20%, ενώ περιλαμβάνει μία ομάδα πολύπλοκων ενώσεων που συνίστανται από μονάδες φαινυλπροπανίου, οι οποίες συνδέονται μεταξύ τους με μη γραμμικό και τυχαίο τρόπο. Τα τρία κυριότερα συστατικά μονομερή της λιγνίνης είναι: η κουμαρυλική αλκοόλη, η κωνοφερυλική αλκοόλη και η σιναπική αλκοόλη. Λόγω της ύπαρξης αυτών των διαφορετικών μονομερών, οι λιγνίνες μπορούν να χωριστούν σε τρεις τύπους: στη συρινγκλική λιγνίνη η οποία πολυμερίζεται από συρινγκλικό προπάνιο, γουαϊακυλική λιγνίνη, που πολυμερίζεται με γουαϊακυλικό προπάνιο, και υδροξυ-φαινυλική λιγνίνη, που πολυμερίζεται με υδροξυ-φαινυλικό προπάνιο (*Chen, H., 2014*). Η ανομοιογένειά τους στη δομή είναι φανερή ανάμεσα στα διαφορετικά είδη φυτών, αλλά και μεταξύ των διαφορετικών τμημάτων του ίδιου φυτού, των διαφορετικών μορφολογιών κυττάρων στο ίδιο ξύλημα ή στα

διαφορετικά στρώματα του κυτταρικού τοιχώματος και εξαρτάται τέλος και από το μήκος της καλλιεργητικής περιόδου (Jiang, T.D., 2001). Συνήθως, τα γυμνόσπερμα περιέχουν κυρίως γουαϊακυλική (G) λιγνίνη, τα δικοτυλήδονα κυρίως γουαϊακυλική-συριγγικλική (GS) και τα μονοκοτυλήδονα κυρίως γουαϊακυλική-συριγγικλική-υδροξυ-φαινυλική (GSH) λιγνίνη (Wei, J.H. and Song, Y.R., 2001).

Οι πιο κοινές λιγνάνες φυτικής προέλευσης στα τρόφιμα είναι η σεκοϊσολαρικεσινόλη, ματαΐρεσινόλη, λαρικεσινόλη, πινορεξινόλη, συριγγαρητινόλη και σεσαμίνη (Παράρτημα I). Από τις πηγές διαιτητικής λιγνάνης που προαναφέρθηκαν οι πιο σημαντικές από ποσοτική άποψη είναι ο λιναρόσπορος που περιέχει κυρίως το διγλουκοσίδιο της σεκοϊσολαρικεσινόλης, και το σουσάμι που περιέχει τη σεσαμίνη. Όταν οι φυτικές λιγνάνες π.χ. σεκοϊσολαρικεσινόλη και ματαΐρεσινόλη προσλαμβάνονται με τη διαίτα, μετατρέπονται με τη δράση μικροβιακών ενζύμων στο κόλον στις εντερολιγνάνες των θηλαστικών, εντεροδιόλη και εντερολακτόνη αντίστοιχα (Hooper, L. and Cassidy, A., 2006). Επειδή οι τελευταίες μιμούνται εν μέρει τη δράση των οιστρογόνων, αν και η οιστρογονική αυτή τους δραστηριότητα είναι ασθενής, η φυτικής προέλευσης πρόδρομοί τους ταξινομούνται ως φυτοοιστρογόνα. Οι εντερολιγνάνες, ευθύνονται για πολλές βιολογικές επιδράσεις και σημαντικά οφέλη στην προώθηση της υγείας, κυρίως εξαιτίας της ισχυρής αντιοξειδωτικής τους δράσης και της έστω και ασθενούς οιστρογονικής δραστηριότητας, γεγονός που τις καθιστά ενώσεις μοναδικές και πολύ χρήσιμες για την καταπολέμηση διαφόρων χρόνιων ασθενειών π.χ. καρδιακές ασθένειες, ορμονο-εξαρτώμενες κακοήθειες του μαστού και του προστάτη κ.λ.π. (Gani, A., Wani, S.M., Masoodi, F.A., and Hameed, G., 2012).

Αλκυλ-ρεζορσυνόλες

Είναι φυτικής προέλευσης φαινολικά λιπίδια, και συγκεκριμένα αποτελούν παράγωγα του 1, 3 - διυδροξυβενζολίου με μία αλυσίδα αλκυλίου στη θέση 5 του βενζολικού δακτυλίου,

το οποίο τους δίνει αμφίφυλο χαρακτήρα (Παράρτημα Ι). Έχουν ιδιαίτερη παρουσία στους ολόκληρους κόκκους δημητριακών όπως η σίκαλη, το σιτάρι και το κριθάρι, με τη σίκαλη να περιέχει τη μεγαλύτερη ποσότητα σε αλκυλ-ρεζορσυνόλες, η οποία μπορεί να είναι η διπλάσια αυτής του σίτου (Ross, A.B., et al., 2003). Συγκεκριμένα οι ουσίες αυτές βρίσκονται σε υψηλές ποσοότητες (0,1-0,3% του ξηρού βάρους) στο πίτουρο (περικόρπιο, testa και στρώμα της αλευρόνης) του σίτου και της σίκαλης (Suzuki, Y., 1999). Αντίθετα στο ενδοσπέρμιο (το μέρος των δημητριακών κόκκων που χρησιμοποιείται για να γίνει το άσπρο αλεύρι) υπάρχουν μόνο σε πολύ μικρές ποσοότητες. Αλκυλ-ρεζορσυνόλες μπορούν επίσης να βρεθούν στο ρύζι, αν και όχι στα εδώδιμα μέρη του φυτού του ρυζιού (Suzuki, Y., et al., 2003).

Η βιολογική τους δραστηριότητα είναι πολυπαραγοντική (Ross, A.B., et al., 2004) : έχουν αντιβακτηριακές και αντιμυκητιακές ιδιότητες, καθώς και αντιοξειδωτικές ιδιότητες in vitro, αλληλεπιδρούν με μεταβολικά ένζυμα (π.χ. αναστολή της 3-φωσφογλυκερικής αφυδρογονάσης, το ένζυμο κλειδί στη σύνθεση τριακυλγλυκερόλης στα λιποκύτταρα), έχουν αντικαρκινικές / κυτταροτοξικές επιδράσεις, αλλά σχεδόν αποκλειστικά in-vitro, μειώνουν τη μεταλλαξογόνο δραστηριότητα μερικών έμμεσων μεταλλαξιογόνων παραγόντων κ.λ.π. (Gani, A., et al., 2012). Οι αλκυλ-ρεζορσυνόλες λόγω της υδρόφοβης φύσης τους, είναι επίσης σε θέση να δεσμεύουν ορισμένες πρωτεΐνες, ιδιαίτερα εκείνες με μεγάλες υδρόφοβες περιοχές και να επηρεάζουν τις ιδιότητές τους, όπως π.χ. τις αλβουμίνες του ορού και τη θρυψίνη, της οποίας η δέσμευση από τις ενώσεις αυτές θα μπορούσε να έχει ως αποτέλεσμα τη μειωμένη δραστηριότητα της πρωτεάσης (Kozubek, A. and Nienartowicz, B., 1995).

Καροτενοειδή

Είναι οι πιο ευρέως διαδεδομένες χρωστικές ενώσεις στη φύση (>700 διαφορετικές ενώσεις) που συναντώνται τόσο σε φυτά όσο και σε μικροοργανισμούς και ζώα (Wang, X.D., 2014) και είναι υπεύθυνες για τους κίτρινους, πορτοκαλί και κόκκινους χρωματισμούς αυτών,

ενώ επίσης μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζει ο ρόλος τους ως προ-βιταμίνες και αντι-οξειδωτικά. Τα καροτενοειδή ταξινομούνται ως υδρογονάνθρακες (καροτένια) και τα οξυγονούχα παράγωγά τους (ξανθοφύλλες). Είναι ενώσεις που έχουν έναν σκελετό 40 ατόμων άνθρακα αποτελούμενο από μονάδες ισοπρενίου (Παράρτημα Ι). Η δομή τους αυτή μπορεί να κυκλοποιηθεί σε ένα ή αμφότερα τα άκρα, να παρουσιάζει διάφορα επίπεδα υδρογόνωσης, ή να κατέχει οξυγόνο λειτουργικών ομάδων. Το πιο χαρακτηριστικό γνώρισμα των καροτενοειδών είναι η μακρά σειρά συζυγών διπλών δεσμών που σχηματίζει το κεντρικό τμήμα του μορίου. Αυτό τους δίνει το σχήμα τους, τη χημική τους δραστικότητα και τις ιδιότητες απορρόφησης του φωτός. Τα καροτενοειδή υπάρχουν πιο συχνά σε trans μορφή (*Higdon, J., 2004 (a)*).

Τα πιο κοινά διατροφικά καροτενοειδή είναι το α-καροτένιο, το β-καροτένιο, η β-κρυπτοξανθίνη, η λουτεΐνη, η ζεαξανθίνη, και το λυκοπένιο (*Wang, X.D., 2014*). Το α-καροτένιο, το β-καροτένιο και η β-κρυπτοξανθίνη είναι προβιταμίνη Α καροτενοειδή, που σημαίνει ότι μπορούν να μετατραπούν από το ανθρώπινο σώμα σε ρετινόλη. Η λουτεΐνη, η ζεαξανθίνη και το λυκοπένιο δεν είναι προβιταμίνες Α, επειδή δεν μπορούν να μετατραπούν σε ρετινόλη. Τα δημητριακά είναι η πηγή των καροτενοειδών και στους ολόκληρους δημητριακούς κόκκους συναντώνται όλα τα διαιτητικά καροτενοειδή εκτός από το λυκοπένιο (*Adom, K.K., Sorrells, M.E. and Liu, R.H., 2003; Adom, K.K., Sorrells, M.E. and Liu, R.H., 2005; Britton, G., 1995*). Ο αραβόσιτος είναι η καλύτερη πηγή εξ αυτών, με περίπου 11 μg / kg επί ξηρού βάρους (*Panfili, G., Fratianni, A. and Irano, M., 2004*). Στο σιτάρι, το καροτενοειδές που βρίσκεται σε μεγαλύτερη συγκέντρωση είναι η λουτεΐνη ακολουθούμενη από τη ζεαξανθίνη και από τη βήτα κρυπτοξανθίνη. Το πίτουρο ρυζιού περιέχει και λουτεΐνη και ζεαξανθίνη, συνδυασμός που βελτιώνει την όραση (*Saikia, D. and Deka, S., 2011*). Τα καροτενοειδή είναι πιο ομοιόμορφα κατανεμημένα εντός του σπόρου, με σημαντικές ποσότητες εντός του ενδοσπερμίου, σε αντίθεση με άλλες μικροθρεπτικές ουσίες όπως μέταλλα,

ιγνοστοιχεία και πολυφαινόλες (Konopka, I., Kozirok, W. and Rotkiewicz, D., 2004). και εκτελούν σημαντικές λειτουργίες στα φυτά. Μπορούν επίσης να δρουν ως αντιοξειδωτικά στο λιπιδικό περιβάλλον πολλών βιολογικών συστημάτων, μέσω της ικανότητάς τους να αντιδρούν με τις ελεύθερες ρίζες και να σχηματίζουν λιγότερο αντιδραστικές ελεύθερες ρίζες (Britton, G., 1995).

Τα διαιτητικά καροτενοειδή β-καροτένιο, λυκοπένιο, λουτεΐνη και ζεαξανθίνη πιστεύεται ότι είναι ιδιαίτερα ωφέλιμα στη μείωση του κινδύνου ορισμένων ασθενειών και ιδιαίτερα στην πρόληψη ορισμένων μορφών καρκίνου και παθήσεων που σχετίζονται με την όραση και θεωρείται ότι εν μέρει, τα ευεργετικά αυτά αποτελέσματα οφείλονται στο ρόλο τους ως αντιοξειδωτικά. Στη προκειμένη περίπτωση το β-καροτένιο μπορεί να έχει προστιθέμενα οφέλη λόγω της ικανότητάς του να μετατρέπεται σε βιταμίνη Α. Επιπλέον, η λουτεΐνη και η ζεαξανθίνη μπορεί να έχουν προστατευτική δράση έναντι των νόσων του οφθαλμού επειδή απορροφούν το επιβλαβές μπλε φως που εισέρχεται στο μάτι (Johnson, E.J., 2002).

Φυτικό οξύ

Είναι ένα κεκορεσμένο κυκλικό οξύ, γνωστό και ως εξαφωσφορική ινοσιτόλη (IP6), βιοδραστικά ενεργό. Όταν η IP6 είναι σε μορφή άλατος, ονομάζεται φυτικό άλας. Τα προϊόντα καταβολισμού του φυτικού οξέος είναι κατώτερα πολυφωσφορικά ινοσιτόλης, δηλαδή πρόκειται για ινοσιτόλες με λιγότερες φωσφορικές ομάδες (IP1-IP5), οι οποίες συγκαταλέγονται επίσης στα φυτικά οξέα (Παράρτημα Ι). Μπορεί να αντιπροσωπεύει περισσότερο από το 70% του συνολικού φωσφόρου του σπόρου του φυτού (Zhou, J.R. and Erdman, J.W. Jr, 1995), αποτελώντας έτσι την κύρια μορφή αποθήκευσής του σε πολλούς φυτικούς ιστούς, με πιο σημαντικούς το πίτουρο του σιταριού και το λιναρόσπορο (3% φυτικό οξύ) (<http://www.phytochemicals.info/phytochemicals/phytic-acid.php>) και είναι επίσης παρόν μαζί με τις κατώτερες φωσφορυλιωμένες μορφές του σχεδόν σε όλα τα κύτταρα των

θηλαστικών (*Vucenik, I. and Shamsuddin, A.M., 2006*). Γενικά οι δημητριακοί σπόροι περιέχουν υψηλά επίπεδα φυτικού το οποίο αποτελεί περίπου το 1-2% του βάρους του δημητριακού σπόρου αλλά μπορεί να φτάσει ακόμη και το 3-6%. Συγκεκριμένα το ποσοστό του επί ξηρού βάρους είναι, 0,89% στο καλαμπόκι και στο καστανό ρύζι, 1,13% στο μαλακό σιτάρι, 0,99% στο κριθάρι και 0,77% στη βρώμη (*Cheryan, M., 1980*).

Στα δημητριακά ολικής αλέσεως και στα περισσότερα φυτικά είδη, το φυτικό οξύ βρίσκεται κυρίως (90%) στο κλάσμα του πίτουρου και ειδικά μέσα στο στρώμα της αλευρόνης και μόνο το 10% στο έμβρυο, ενώ στο καλαμπόκι, εντοπίζεται κυρίως στο φύτρο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η διαδικασία της άλεσης να μεταβάλλει τα επίπεδα του φυτικού των περισσότερων δημητριακών π.χ. το άσπρο αλεύρι δεν περιέχει σχεδόν καθόλου φυτικό οξύ. Υπάρχουν και άλλοι πολλοί παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν το περιεχόμενο του φυτικού οξέος και τη διαθεσιμότητα του φωσφόρου στους σπόρους των δημητριακών, όπως γενετικοί, περιβαλλοντικές διακυμάνσεις, τοποθεσία καλλιέργειας, συνθήκες άρδευσης, είδος του εδάφους, χρόνος και είδος λίπανσης (*Nadeem, M., et al., 2010*).

Το φυτικό οξύ: a) είναι ένα ισχυρό αντιοξειδωτικό τόσο *in vitro* όσο και *in vivo*, b) μειώνει την συχνότητα εμφάνισης του καρκίνου του κόλον, c) αναστέλλει την υπεροξειδίου-εξαρτώμενη βλάβη του DNA που προκαλείται από την οξειδάση της ζανθίνης d) αναστέλλει την κρυστάλλωση των αλάτων οξαλικού ασβεστίου στα ούρα, εμποδίζοντας έτσι την ανάπτυξη νεφρικής πέτρας e) επιδρά στα παγκρεατικά β-κύτταρα μέσω συγκεκριμένων μοριακών μηχανισμών, προκαλώντας τη μείωση των επιπέδων της γλυκόζης *in vivo* κ.λ.π. (*Gani, A., et al., 2012*).

Φυτοστερόλες

Είναι φυτοστεροΐδη, που περιλαμβάνουν φυτικές στερόλες και στανόλες, των οποίων η δομή είναι παρόμοια με αυτή της χοληστερόλης, και διαφέρουν μόνο στις πλευρικές αλυσίδες

άνθρακα ή / και στην παρουσία ή απουσία ενός διπλού δεσμού. Συγκεκριμένα οι στανόλες είναι κορεσμένες στερόλες, που δεν έχουν διπλούς δεσμούς στη δομή του δακτυλίου της στερόλης (Παράρτημα Ι). Τα προϊόντα των δημητριακών αναγνωρίζονται ως σημαντικές πηγές φυτικών στερολών (Weihrauch, J.L. and Gardner, J.M., 1978). Στα δημητριακά, οι φυτικές στερόλες συναντώνται ως ελεύθερες στερόλες, εστέρες των στερολών με λιπαρά οξέα, ή φαινολικά οξέα, γλυκοσίδια των στερολών, και ακυλιωμένα γλυκοσίδια στερολών. Το επίπεδο αυτών των συστατικών ποικίλει σε διαφορετικά είδη σιτηρών και σε διαφορετικά μέρη του δημητριακού σπόρου (Seitz, L.M., 1989; Toivo, J., et al., 1999). Η πιο σημαντική φυσική πηγή φυτικών στερολών στην ανθρώπινη διατροφή είναι τα έλαια και οι μαργαρίνες.

Οι φυτικές στερόλες είναι βιοενεργά συστατικά ακόμη υπό μελέτη. Μείωσαν τα επίπεδα της χοληστερόλης του ορού σε διάφορες μελέτες και μπορεί επίσης να είναι επωφελής στην πρόληψη του καρκίνου του παχέος εντέρου (Gani, A., et al., 2012).

Τοκόλες

είναι φυσικά αντιοξειδωτικά που συναντώνται στα τρόφιμα φυτικής προέλευσης, συμπεριλαμβανομένων των δημητριακών και περιλαμβάνουν τις τοκοφερόλες (Τ) και τις τοκοτριενόλες (Τ3) (Nielson, M.M. and Hansen, A., 2008). Οι τοκόλες περιέχουν ένα πολικό δακτύλιο χρωμανόλης συνδεδεμένο με μια αλυσίδα υδρογονάνθρακα προερχόμενη από ισοπρένιο (φυτική πλευρική αλυσίδα) και διαφέρουν μόνο στην κατάσταση κορεσμού αυτής (Cahoon, E.B., et al., 2003). Συγκεκριμένα στις τοκοτριενόλες σε αντίθεση με τις τοκοφερόλες η πλευρική φυτική αλυσίδα είναι ακόρεστη και περιέχει τρεις διπλούς δεσμούς (Παράρτημα Ι). Υπάρχουν τέσσερα ισομερή τόσο σε Τ όσο και σε Τ3 με βάση τον αριθμό και τις θέσεις των ομάδων μεθυλίου επί του δακτυλίου της χρωμανόλης, και κατά συνέπεια οι τοκόλες απαντώνται σε 8 διαφορετικές μορφές: α- (5,7,8 τριμεθυλ) [α-τοκοφερόλη (αΤΡ)/ α-τοκοτριενόλη (αΤΤ)], β- (5,8 διμεθυλο) [β-τοκοφερόλη (βΤΡ)/β-τοκοτριενόλη (βΤΤ)], γ - (7,8

διμεθυλο) [γ -τοκοφερόλη (γ TP)/ γ -τοκοτριενόλη (γ TT)] και δ - (8 μεθυλ) [δ -τοκοφερόλη (δ TP)/ δ -τοκοτριενόλη (δ TT)]. Η φαινολική ομάδα υδροξυλίου του δακτυλίου χρωμανόλης παρουσιάζεται στις ελεύθερες ρίζες με σκοπό να τις σταθεροποιήσει και να σταματήσει τη φάση πολλαπλασιασμού της αλυσιδωτής αντίδρασης της οξειδωσης (*Fardet, A., Rock, E. and Remesy, C., 2008*).

Η κύρια πηγή των τοκολών είναι τα φυτικά έλαια, αλλά ουσιαστικές ποσότητες αυτών των ενώσεων αναφέρονται επίσης στους περισσότερους σπόρους δημητριακών (10,7-74,7mg/Kg) συμπεριλαμβανομένων του κριθαριού, της βρώμης, του σιταριού, της σίκαλης και του ρυζιού (*Finocchiaro, F., et al., 2007; Panfili, G., Fratianni, A. and Irano, M., 2003*). Μία μελέτη κατανομής αυτών των ουσιών στα κλάσματα του φύτρου, του πίτουρου και του ενδοσπερμίου του δημητριακού σπόρου του μονόκοκκου σιταριού, έδειξε ότι το κλάσμα του φύτρου είχε την υψηλότερη συγκέντρωση α -τοκοφερόλης, β -τοκοφερόλης και των συνολικών τοκολών. Τα επίπεδα της α -τοκοφερόλης και της β -τοκοτριενόλης ήταν υψηλότερα στο κλάσμα του πίτουρου, αν και σημαντικές ποσότητες ανιχνεύθηκαν επίσης στο αλεύρι (*Hidalgo, A. and Brandolini, A., 2008*).

Το περιεχόμενο σε τοκόλες των σιτηρών, εκτός από τις αντιοξειδωτικές τους ιδιότητες, μπορεί να προσδώσει και άλλα οφέλη στην υγεία του ανθρώπου, π.χ. στην εξέλιξη εκφυλιστικών ασθενειών όπως ο καρκίνος και τα καρδιαγγειακά νοσήματα, στη μείωση των επιπέδων χοληστερόλης στο αίμα κ.λ.π. (*Tucker, J.M. and Townsend, D.M., 2005*). Η βιολογική δραστηριότητα της βιταμίνης E έχει γενικά συνδεθεί με την πολύ καλά καθορισμένη αντιοξειδωτική της δραστηριότητα σε βιολογικές μεμβράνες και εξαρτάται από τη χημική της δομή (και φυσιολογικούς παράγοντες) π.χ. ισομερή των τοκολών παρουσιάζουν δραστηριότητα βιταμίνης E ως εξής: α TP > β TP > α TT > γ TP > β TT > δ TP ή καθόλου στην περίπτωση των γ TT και δ TT (*Panfili, G., et al., 2008; Sheppard, A.J., Pennington, J.A.T. and Weihrauch, J.L., 1993*). Η α -TP έχει τη μεγαλύτερη δραστηριότητα βιταμίνης E, ενώ η α -TT διαθέτει εξαιρετική

αντιοξειδωτική δραστηριότητα. Τα ισομερή των τοκοτριενολών T3 έχουν μια σειρά από ευεργετικές επιδράσεις, όπως η μείωση της LDL-χοληστερόλης μέσω της αναστολής της βιοσύνθεσης της χοληστερόλης, ενώ μελέτες έχουν επίσης δείξει ότι οι α- τοκοφερόλες μειώνουν την υπεροξείδωση των λιπιδίων και τη συσσωμάτωση των αιμοπεταλίων (αντιθρομβωτική επίδραση), και λειτουργούν ως ισχυροί αντι-φλεγμονώδεις παράγοντες (Gani, A., et al., 2012).

γ- Ορυζανόλη (γ-Oryzanol)

Είναι ένα συστατικό του ελαίου που παράγεται από το πίτουρο του ρυζιού και βρίσκεται τόσο στο φύτρο όσο και στο πίτουρο του δημητριακού αυτού κόκκου (Kaimal, T.B.N., 1999). Πρόκειται για ένα μίγμα ουσιών που συμπεριλαμβάνουν στερόλες, φερουλικό οξύ, και τουλάχιστον 10 φερουλικές φυτοστερόλες (π.χ., εστεροποιημένες μεθυλ στερόλες με φερουλικά οξέα) (Παράρτημα I). Το περιεχόμενό της στο ρύζι ολικής αλέσεως είναι 18-63mg / 100g ξηρής μάζας (Britz, S.J., et al., 2007). Η συγκέντρωσή της στο πίτουρο του ρυζιού είναι 185-421mg/100g, ανάλογα με την ποικιλία του ρυζιού, τη διάρκεια άλεσής του, τη διαδικασία σταθεροποίησης και τις μεθόδους εκχύλισης (Yu, S., et al., 2007). Η γ-ορυζανόλη έχει αντιοξειδωτική δράση τόσο in vitro όσο και in vivo, μειώνει τα επίπεδα της χοληστερόλης στο πλάσμα και στον ορό, σχετίζεται με τη μείωση της απορρόφησης της χοληστερόλης και με τη μείωση της συσσωμάτωσης των αιμοπεταλίων και τέλος έχει χρησιμοποιηθεί για τη θεραπεία της υπερλιπιδαιμίας, των διαταραχών της εμμηνόπαυσης και για την αύξηση της μυϊκής μάζας (Gani, A., et al., 2012).

Αντι-θρεπτικές βιοδραστικές ενώσεις των δημητριακών

Τα περισσότερα δημητριακά περιέχουν ουσίες με τοξικές ή κυρίως αντιθρεπτικές ιδιότητες όπως σημαντικές ποσότητες φυτικού οξέος και φυτικών αλάτων, αναστολείς ενζύμων,

σαπωνίνες και μερικά δημητριακά όπως το σόργο και το κεχρί περιέχουν μεγάλες ποσότητες πολυφαινόλων και ταννίνες (Pariza, M. W., Ed., 1996; Salunkhe, D. K., Chavan, J. K. and Kadam, S. S., 1990). Ο κόκκος του ρυζιού για παράδειγμα περιέχει, φυτικό οξύ, αναστολέα θρυψίνης, αναστολέα κυστεϊνικής πρωτεΐνάσης (ορυζασυστατίνη) και αιμοσυγκολλητίνες (λεκτίνες) (Bienvenido, O.J., 1993). Σε όλα τα δημητριακά, οι αντιθρεπτικές αυτές ουσίες εντοπίζονται κυρίως στο κλάσμα του πίτουρου (φύτρο και στοιβάδα της αλευρόνης) (πίνακας 12).

Proximate composition* of different cereal brans in nutrients and anti-nutritional factors					
	Wheat bran	Rice bran	Barley bran	Oat bran	LSD (p<0.05)
			<u>Nutrients</u>		
Crude protein (%)	9.6	11.8	11.9	15.0	0.07
Ash (%)	4.06	6.72	3.07	1.45	0.24
Fat (%)	4.1	19.3	4.2	10.6	0.12
Dietary Fibre (%)	33.4	38.9	22.6	14.0	0.18
Crude fibre (%)	7.75	11.5	14.9	3.31	0.05
Carbohydrates (%)	60.5	36.6	51.8	55.6	0.06
Calorific value (KJ/100g)	1694	1973	1780	1912	1.33
			<u>Anti-Nutrients</u>		
Phytic acid (mg/g)	41.7	42.8	40.3	27.7	1.88
Polyphenols (mg/g)	3.20	5.8	6.53	0.54	0.11
Tannins (mg/g)	2.89	0.70	3.40	6.23	0.13
Oxalates (%)	0.44	0.44	0.32	0.31	0.05
Saponins (mg/g)	2.65	3.30	3.17	1.99	0.14
Trypsin inhibitor	54.2	53.8	50.4	49.7	1.86

*Expressed at 14% moisture level
Values are means of three replications

Πίνακας 12. Θρεπτικά και αντι-θρεπτικά στοιχεία σε διάφορα δημητριακά πίτυρα.
Πηγή: Kaur, S., Sharma, S., and Nagi, H.P.S, (2011).

Ορισμένες από αυτές, μειώνουν τη θρεπτική αξία των τροφίμων παρεμβαίνοντας στη βιοδιαθεσιμότητα των μεταλλικών ιχνοστοιχείων και στη πεπτικότητα των πρωτεϊνών και των υδατανθράκων. Δεδομένου ότι τα όσπρια συχνά καταναλώνονται μαζί με δημητριακά, η κατάλληλη επεξεργασία των μιγμάτων δημητριακών-οσπρίων θα πρέπει να απομακρύνει αυτές τις αντιθρεπτικές ουσίες πριν από την κατανάλωση (Chaven, J. K. and Kadam, S. S., 1989; Reddy, N. R. and Pierson, M. D., 1994).

Φυτικό οξύ

Το φυτικό οξύ δεδομένης της ισχυρής ικανότητάς του να συμπλοκοποιεί πολύφορτισμένα μεταλλικά ιόντα όπως το Ζη, Fe, Ca και/ή Mg, περιορίζοντας έτσι την εντερική βιοδιαθεσιμότητα τους, έχει και αντιθρεπτική δράση (Lopez, H.W., Leenhardt, F. and Coudray, C., 2002). Επίσης μειώνει τη διαλυτότητα, τη λειτουργικότητα και τη πεπτικότητα των πρωτεϊνών και των υδατανθράκων (Reddy, N. R., et al., 1989). Όπως φαίνεται από τον πίνακα 12 μεταξύ των διαφόρων αντιθρεπτικών παραγόντων, το φυτικό οξύ είναι ο πιο σημαντικός από ποσοτική άποψη και κυμαίνεται μεταξύ ενός ελάχιστου (27,69mg/g) στο πίτουρο βρώμης και ενός μέγιστου (42,82 mg/g) στο πίτουρο ρυζιού, ακολουθούμενο από το πίτουρο του σιταριού (41,74 mg/g) (Kaur, S., Sharma, S., and Nagi, H.P.S, 2011). Διαφορετικές μελέτες έδειξαν μεταβολές στο περιεχόμενο σε φυτικό οξύ των πιτύρων δημητριακών σπόρων. Αυτές μπορεί να οφείλονται σε διαφορές στη διαδικασία της άλεσης, του ρυθμού εκχύλισης, του γενότυπου και σε περιβαλλοντικές επιδράσεις.

Φαινολικές ενώσεις

Οι φαινολικές ενώσεις όπως π.χ. οι λιγνάνες, οι αλκυλ-ρεζορσυνόλες και τα φαινολικά οξέα είναι όπως προαναφέρθηκε εν δυνάμει βιοδραστικές ενώσεις με αντικαρκινικές, αντιοξειδωτικές, αντιμικροβιακές, και άλλες θετικές για την ανθρώπινη υγεία επιδράσεις. Αποτελούν πράγματι μία πολύ σημαντική τάξη δευτερογενών μεταβολιτών που δρουν ως συλλέκτες ελεύθερων ριζών, αναστολείς της LDL (Low Density Lipoprotein), της οξείδωσης της χοληστερόλης και της διάσπασης του DNA (Gani, A., et al., 2012). Παρόλα αυτά οι φαινολικές και οι πολυφαινολικές ενώσεις έχουν και ένα αντι-θρεπτικό χαρακτήρα λόγω της δυνατότητά τους να σχηματίζουν σύμπλοκα με θετικά φορτισμένες πρωτεΐνες, αμινοξέα και πολυδύναμα κατιόντα ή μεταλλικά ιχνοστοιχεία όπως σίδηρος, ψευδάργυρος και ασβέστιο, μειώνοντας έτσι τη βιοδιαθεσιμότητά τους στα τρόφιμα (Gilani, G. S., Cockell, K. A., and

Sepehr, E., 2005; Nadeem, M., et al., 2010). Οι συγκεντρώσεις των ενώσεων αυτών στα πίτυρα του σιταριού, της ορύζης και του κριθαριού, παρουσιάζουν σημαντικές μεταβολές σε αντίθεση με τη συγκέντρωσή τους στο πίτυρο βρώμης (*Kaur, S., Sharma, S., and Nagi, H.P.S, 2011*).

Τανίνες

Είναι πολύπλοκη ομάδα πολυφαινολικών ενώσεων τις οποίες μπορούμε να διαχωρίσουμε σε 3 κατηγορίες (Παράρτημα II): a) υδρολύμενες τανίνες, δηλαδή αυτές που υδρολύονται με οξέα ή ένζυμα όπως οι γαλλιτανίνες και οι ελλαγιτανίνες. Χημικά, πρόκειται αντιστοίχως για ολιγομερή γαλλικού και ελλαγικού οξέος συνδεδεμένα με εστερικούς δεσμούς b) συμπυκνωμένες τανίνες ή τανίνες κατεχίνης, οι οποίες είναι ανθεκτικές στην υδρόλυση και είναι ολιγομερή των φλαβονολών, των κατεχινών, των φλαβαν-3-ολών και των φλαβαν-3,4-διολών, c) και οι ψευδοτανίνες οι οποίες είναι φαινολικές ενώσεις χαμηλότερου μοριακού βάρους (*Khanbabaee, K., and van Reeb, T., 2001*). Οι συμπυκνωμένες τανίνες των φλαβαν-3-ολών και των φλαβαν-3,4-διολών, συναντώνται ευρέως στα δημητριακά και τα όσπρια (*Haard, N. F. and Chism, G. Eds., 1996*). Στα δημητριακά αυτές οι ενώσεις συγκεντρώνονται στο κλάσμα του πίτυρου και συγκεκριμένα στο εξωτερικό περίβλημα του σπόρου. Υπάρχουν σημαντικές διαφορές στο περιεχόμενο σε τανίνες μεταξύ των πιτύρων ορύζης, σιταριού, κριθαριού και βρώμης, το οποίο κυμαίνεται μεταξύ 0,7-6,23mg/g, με ελάχιστο για το ρύζι (*Kaur, S., Sharma, S., and Nagi, H.P.S, 2011*).

Οι τανίνες, οι οποίες χαρακτηρίζονται από μία στυπτική γεύση, σχηματίζουν σύμπλοκα με μόρια όπως υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, πολυσακχαρίτες, και με ένζυμα που εμπλέκονται στην πέψη των πρωτεϊνών και των υδατανθράκων, αλλά και με διάφορες άλλες οργανικές ενώσεις συμπεριλαμβανομένων αμινοξέων και αλκαλοειδών και προκαλούν την καθίζηση των πρωτεϊνών (*Gebrelibanos, M., et al., 2013; Nagabhushana Rao, G. and Shrivastava, S.K., 2011*). Αν και η αντι-θρεπτική τους δράση στην πέψη και το μεταβολισμό, δεν είναι πλήρως

κατανοητή, θεωρείται ότι την κύρια επίδρασή τους την ασκούν με το να παρεμβαίνουν στην πεπτικότητα των διατροφικών πρωτεϊνών. Αυτό μπορεί να οφείλεται στην προσκόλληση των ταννινών στις πρωτεΐνες αυτές, η οποία έχει σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία υποστρωμάτων που είναι ανθεκτικά σε πεπτικά ένζυμα (μη πέψιμα σύμπλοκα) ή με μια άμεση σύνδεση των ταννινών στα ίδια τα ένζυμα (Liener, I.E., 2003). Τα σύμπλοκα τανίνης-ενζυμικών πρωτεϊνών, μπορούν να προκαλέσουν την αδρανοποίηση των πεπτικών ενζύμων και κατά συνέπεια να μειώσουν την πεπτικότητα των πρωτεϊνών, μέσω της αλληλεπίδρασης του πρωτεϊνικού υποστρώματος με ιονιζόμενο σίδηρο (Salunkhe, D.K., Chavan, J.K. and Kadam, S.S., 1990). Μπορούν επίσης να ερεθίσουν τα τοιχώματα του εντέρου και να διεγείρουν την έκκριση βλέννας, γεγονός που αυξάνει την έκκριση ενδογενούς πρωτεΐνης αυξάνοντας κατά συνέπεια τη ζήτηση πρωτεΐνης, ενώ τέλος μπορούν να σχηματίσουν σύμπλοκα με δισθενή μέταλλα και να μειώσουν με αυτό το τρόπο την απορρόφηση των μεταλλικών ιχνοστοιχείων (Gebrelibanos, M., et al., 2013).

Συνεπώς, η παρουσία αυτών των ενώσεων στα τρόφιμα, έχει σημαντικές συνέπειες στην υγεία των ζώων που τις καταναλώνουν, διότι μειώνουν την αποτελεσματικότητα της ζωοτροφής και επιβραδύνουν την ανάπτυξη μέσω διαφόρων μηχανισμών, όπως η μείωση της απορρόφησης του σιδήρου, η αλλοίωση του βλεννογόνου του γαστρεντερικού σωλήνα, η μη φυσιολογική έκκριση των κατιόντων, και η αύξηση της απέκκρισης των πρωτεϊνών και των βασικών αμινοξέων (Reddy, N. R. and Pierson, M. D., 1994).

Σαπωνίνες

Είναι μια κατηγορία χημικών ενώσεων που βρίσκονται σε αφθονία ιδίως στο φυτικό βασίλειο και είναι ευρέως διαδεδομένες στα δημητριακά και τα όσπρια (Shiraiwa, M., et al., 1991). Πιο συγκεκριμένα, πρόκειται για αμφιπατικά μόρια που δομικά χαρακτηρίζονται από ένα ή περισσότερα υδρόφιλα γλυκοσίδια σε συνδυασμό με ένα πολυκυκλικό λιπόφιλο

αγλυκόνιο, που μπορεί να είναι στεροειδές παράγωγο (C27) ή παράγωγο τριτερπενίου (C30) (Παράρτημα II) και ομαδοποιούνται φαινομενολογικά από τον αφρισμό τύπου σάπωνα που παράγουν όταν ανακινούνται σε υδατικά διαλύματα (*Hostettmann, K. and Marston A., 1995*). Η ικανότητα αφρισμού των σαπωνινών προκαλείται από τον συνδυασμό του υδρόφοβου (λιποδιαλυτό) και του υδρόφιλου (υδατοδιαλυτό) μέρος του μορίου τους. Οι σαπωνίνες ανιχνεύονται μέσω της αιμολυτική τους δραστηριότητας και τις επιφανειοδραστικές τους ιδιότητες, έχουν μια πικρή γεύση, ενώ μερικές από αυτές είναι τοξικές και γνωστές ως σαπωτοξίνες.

Σε γενικές γραμμές, οι σαπωνίνες και τα ενδιάμεσα προϊόντα της βιοσύνθεσής τους εμφανίζουν μια συστοιχία από ιδιότητες που μπορεί να έχουν είτε θετικές είτε αρνητικές επιδράσεις σε διαφορετικούς ζωϊκούς οργανισμούς (*Francis, G., et al., 2002; Sparg, S.G., Light, M.E. and Van Staden, J., 2004*). Παρά το γεγονός ότι έχει αμφισβητηθεί η αντίληψη ότι είναι επιζήμιες για την υγεία του ανθρώπου (*Reddy, N. R. and Pierson, M. D., 1994*), έχει αναφερθεί ότι προκαλούν αναστολή της ανάπτυξης (*Cheeke, P.R., 1976*) και ότι είναι επιζήμιες για την εντερική πεπτικότητα των πρωτεϊνών και την πρόσληψη των βιταμινών και των μετάλλων. Αυτά τα μόρια είναι επίσης ισχυροί παράγοντες μεταβολής της διαπερατότητας των βιολογικών μεμβρανών. Αναμφισβήτητος όμως, είναι ο ρόλος τους ως φυτοχημικές-βιοδραστικές ενώσεις με ανοσοδιεγερτική, υποχοληστερολαιμική, αντι-καρκινογόνο, αντιφλεγμονώδη, αντι-μικροβιακή, αντι-πρωτοζωική και αντι-οξειδωτική επίδραση (*Francis, G., et al., 2002*). Σημαντικές διαφορές έχουν παρατηρηθεί μεταξύ των δημητριακών πτύρων σε σχέση με το περιεχόμενό τους σε σαπωνίνες: το πίτουρο ρυζιού έχει υψηλότερη συγκέντρωση σαπωνινών (3,30 mg/g) από αυτό του κριθαριού (3,17 mg/g) και του σιταριού (2,65 mg/g) ενώ χαμηλότερη είναι η συγκέντρωσή τους στο πίτουρο της βρώμης (1,99mg/g) (*Kaur, S., Sharma, S., and Nagi, H.P.S, 2011*).

Αναστολείς ενζύμων

Οι αναστολείς ενζύμων είναι ευρέως διαδεδομένοι στους ιστούς σπόρων, συμπεριλαμβανομένων των δημητριακών κόκκων και έχουν απομονωθεί και χαρακτηρισθεί τόσο από το φυτό όσο και από το ενδοσπέρμιο αυτών. Οι πιο σημαντικοί αναστολείς στοχεύουν σε υδρολυτικά ένζυμα για να αποτρέψουν την εκτεταμένη αποικοδόμηση του αμύλου και των πρωτεϊνών αποθήκευσης κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης των κόκκων αλλά και για να υπερασπίσουν τους φυτικούς ιστούς από ζωικά (εντόμων) ή μικροβιακά ένζυμα. Κυρίαρχες τάξεις είναι οι αναστολείς αμυλάσης και πρωτεάσης που συμπυκνώνονται στα κλάσματα της αλβουμίνης / γλοβουλίνης. Οι αναστολείς της αμυλάσης μπορεί να στοχοποιούν δημητριακές και μη-δημητριακές αμυλάσες και οι αναστολείς της πρωτεάσης μπορούν να κατευθύνονται προς δημητριακές και ζώϊκές πρωτεάσες. Μερικοί αναστολείς φαίνεται να έχουν διπλή ανασταλτική ικανότητα τόσο προς αμυλάσες όσο και προς πρωτεάσες (Koehler, P., and Wieser, H., 2013). Οι αναστολείς πρωτεάσης συχνά αναστέλλουν πεπτικά ένζυμα όπως η θρυψίνη, αλλά μπορούν να δράσουν και πιο διευρυμένα έναντι της χυμοθρυψίνης και άλλων πρωτεασών-σερίνης (Michaels, T.E., 2004).

Αναστολείς Θρυψίνης, χυμοθρυψίνης, σουμπτιλίσίνης, και κυστεϊνικών πρωτεασών (ορυζασυστατίνη) είναι παρόντες σε όλες τις μεγάλες ποικιλίες ρυζιού που καλλιεργούνται στην Καλιφόρνια, αν και οι ποσότητες του επιμέρους αναστολέα ποικίλλουν αρκετά και συγκεντρώνονται στο κλάσμα του πίτουρου (Izquierdo-Pulido, M.I., et al., 1994). Οι αντιθρεπτικοί αυτοί παράγοντες και συγκεκριμένα ο αναστολέας θρυψίνης προκαλεί αναστολή της ανάπτυξης παρεμβαίνοντας στην πέψη των πρωτεϊνών και προκαλώντας παγκρεατική υπερτροφία και/ή υπερπλασία, ένα φαινόμενο που συνοδεύεται από αύξηση στην εκκριτική δραστηριότητα του παγκρέατος και κατ'επέκταση από μεταβολική διαταραχή της χρήσης των αμινοξέων που περιέχουν θείο (Chernick, S., Lepkovsky, S., and Chaikoff, I.L., 1948; Yanatori Y. and Fujita T., 1976). Συγκεκριμένα, έχουμε μία ενδογενή απώλεια των βασικών αυτών των

αμινοξέων, που οφείλεται στην έκκρισή τους από ένα υπερδραστήριο πάγκρεας (*Lyman, R. L. and Lepkovsky, S., 1957; Booth, A. N., et al., 1960*). Τα παγκρεατικά ένζυμα, όπως η θρυψίνη και η χυμοθρυψίνη είναι ιδιαίτερα πλούσια σε θείο-αμινοξέα και η παγκρεατική υπερτροφία/υπερπλασία, έχει ως συνέπεια την εκτροπή της χρήσης των εν λόγω αμινοξέων από την σύνθεση των πρωτεϊνών των ιστών του σώματος στη σύνθεση αυτών των ενζύμων.

Παρά το γεγονός ότι αυτοί οι αναστολείς τείνουν να είναι ανθεκτικοί στη θερμότητα, υπάρχουν πολυάριθμες αναφορές ότι οι αναστολείς της θρυψίνης, της χυμοθρυψίνης, και της αμυλάσης μειώνονται κατά τη διάρκεια της ζύμωσης (*Chaven, J. K. and Kadam, S. S., 1989; Reddy, N. R. and Pierson, M. D., 1994*). Τα πίτυρα των δημητριακών διαφέρουν μεταξύ τους και ως προς την ανασταλτική δραστηριότητά τους έναντι της θρυψίνης (TIU/g) με το πίτυρο του σιταριού να παρουσιάζει τη σημαντικότερη εξ' όλων. Όσον αφορά το σπόρο της ορύζης, περίπου το 85-95% της ανασταλτικής αυτής δραστηριότητας βρίσκεται στο φύτρο, 5-10% στο πίτυρο, <1% στα υπολείμματα γυαλίσματος και καθόλου στο τελικό αλεσμένο ρύζι (*Barber, S., et al., 1978*).

Φυτο-αιμοσυγκολλητίνες (λεκτίνες)

Είναι γλοβουλίνες που συγκολλούν τα ερυθρά αιμοσφαίρια των θηλαστικών και καθιζάνουν γλυκοσυζεύγματα ή πολυσακχαρίτες. Η ικανότητά τους αυτή είναι εξαρτώμενη από το ζωϊκό είδος προέλευσης των ερυθροκυττάρων π.χ. η λεκτίνη της ορύζης (εντοπίζεται στο έμβρυο του σπόρου, αλλά έχει υποδοχείς τόσο στο έμβρυο όσο και στο ενδοσπέρμιο αυτού) συγκολλεί συγκεκριμένα τα ανθρώπινα ερυθροκύτταρα των ομάδων A, B και O (*Miao, G.-H. and Tang, X.-H., 1986*).

Η τοξικότητα των διαφόρων στελεχών των λεκτινών πηγάζει από την ικανότητά τους να δεσμεύουν τις θέσεις ειδικών υποδοχέων υδατανθράκων στα κύτταρα του εντερικού βλεννογόνου και να παρεμβαίνουν έτσι με την απορρόφηση των θρεπτικών συστατικών κατά

μήκος του εντερικού τοιχώματος. Η λεκτίνη στο πίτυρο του ρυζιού δεσμεύεται ειδικά με τη 2-ακεταμίδο-2-δεοξυ-D γλυκόζη (Poola, 1989).

Αλλεργιογόνα

Ένας άλλος περιορισμός των φυτικών πρωτεϊνών είναι ότι μπορούν να χωνευτούν ελάχιστα από τα ζώα ή μπορεί να προκαλέσουν αλλεργικές αντιδράσεις. Στο σιτάρι για παράδειγμα η αλλεργία είναι το αποτέλεσμα ανώμαλων ανοσολογικών αντιδράσεων του οργανισμού του ξενιστή, σε ορισμένες πρωτεΐνες αυτού του δημητριακού σπόρου. Οι πρωτεΐνες που εμπλέκονται, λευκωματίνες και γλοβουλίνες έχουν εντελώς διαφορετικό μηχανισμό δράσης, από ότι οι πρωτεΐνες υπεύθυνες για την κοιλιοκάκη. Συγκεκριμένα προκαλούν αντιδράσεις υπερευαισθησίας τύπου 1 οι οποίες μεσολαβούνται από την ειδική αλλεργιογόνο ανοσοσφαιρίνη E (IgE). Το άσθμα του αρτοποιού είναι μια τυπική κατάσταση στην οποία οι υδατο-διαλυτές πρωτεΐνες του αλεύρου δεσμεύονται από την IgE του ορού ως αποτέλεσμα της εισπνοής των σωματιδίων αλεύρου (Baldo, B.A. and Wrigley, C.W., 1984).

Η κοιλιοκάκη (CD) (ή ευαίσθητη στη γλουτένη εντεροπάθεια), είναι μια κατάσταση που έχει ως αποτέλεσμα βλάβη του λεπτού εντέρου, με συνέπεια την κακή απορρόφηση των θρεπτικών συστατικών. Κατά την έκθεση δηλαδή του οργανισμού στη πρωτεΐνη γλιαδίνη, αυτή τροποποιείται από το ένζυμο τρανσγλουταμινάση, και το ανοσοποιητικό σύστημα αντιδρά προκαλώντας μία φλεγμονώδη αντίδραση η οποία έχει ως αποτέλεσμα την περικοπή των λαχνών του λεπτού εντέρου (ατροφία των λαχνών) και από τη στιγμή που αυτές είναι υπεύθυνες για την απορρόφηση των θρεπτικών ουσιών, παρεμποδίζεται η λειτουργία της απορρόφησης. Στον οργανισμό ανιχνεύονται τότε αντι-γλιαδινικά αντισώματα (IgA AGA, IGG AGA). Τα συμπτώματα είναι συνήθως αναστολή της ανάπτυξης, διάρροια και κοιλιακό άλγος. Ως σημαντικότεροι αιτιολογικοί παράγοντες της CD στο σίτο έχουν αναδειχθεί οι πρωτεΐνες

της γλουτένης, γλιαδίνες και γλουτενίνη (*Di Sabatino, A. and Corazza, G.R., 2009; Šramková, S., Gregová, E. and Šturdík, E., 2009*).

Οξαλικά

Τα βρίσκουμε σε πολλά φυτικά είδη όπου παράγονται από την ατελή οξειδωση των υδατανθράκων. Το οξαλικό διανιόν $C_2O_4^{2-}$ (ή COO_2^{2-}), μέσα στο ανθρώπινο σώμα συνδυάζεται με δισθενή μεταλλικά κατιόντα όπως ο σίδηρος αλλά κυρίως το ασβέστιο και σχηματίζει με το τελευταίο αδιάλυτα ιζήματα κρυστάλλων οξαλικού ασβεστίου τα οποία συνήθως απομακρύνονται με τα ούρα (Παράρτημα II). Τα οξαλικά μπορούν όμως να σχηματίσουν και πιο μεγάλους σχηματισμούς, τις νεφρικές πέτρες, οι οποίες είναι ικανές να προκαλέσουν φραγμό των νεφρικών σωλήνων. Από τον πίνακα φαίνεται ότι το πίτυρο ρυζιού παρουσιάζει τα υψηλότερα επίπεδα οξαλικών (0,445%), μετά ακολουθεί το πίτυρο του σιταριού (0,442%), του κριθαριού (0,325%) και της βρώμης (0,309%). Επίσης παρατηρήθηκε ότι τα μη επεξεργασμένα δημητριακά έχουν υψηλότερη συγκέντρωση οξαλικών από τα ραφινάρισμα πλάσμα που θα μπορούσε να υποδεικνύει ότι το οξαλικό οξύ εντοπίζεται κατά κύριο λόγο στα εξωτερικά στρώματα των δημητριακών σπόρων (*Kaur, S., Sharma, S., and Nagi, H.P.S, 2011*).

ΣΙΤΟΣ ΣΚΛΗΡΟΣ (*TRITICUM DURUM*)

Το σιτάρι ή στάρι ή σίτος (*Triticum spp*), είναι ένα φυτό που καλλιεργείται σε όλο τον κόσμο. Είναι μαζί με τον αραβόσιτο και το ρύζι από τις σημαντικότερες καλλιέργειες παγκοσμίως. Οι κυριότερες σιτοπαραγωγές χώρες στον κόσμο σύμφωνα με τον Διεθνή Οργανισμό Τροφίμων και Γεωργίας των Ηνωμένων Εθνών (FAO) είναι, πρώτη η Ευρωπαϊκή Ένωση, μετά η Κίνα και τρίτη η Ινδία, ακολουθούμενη από τις υπόλοιπες χώρες (FAO, *Food and Agriculture organization of the United Nations. Crop Prospects and Food Situation (1 march 2017)*).

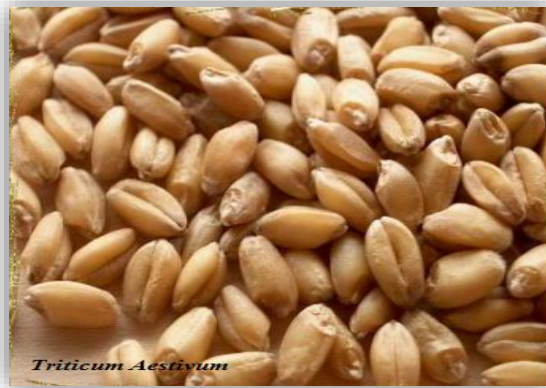
Ο κόκκος του σιταριού ανάλογα με το είδος και την ποικιλία έχει μήκος που κυμαίνεται από 5-9 χιλ. και βάρος 1000 κόκκων μεταξύ 35 και 50 γραμμαρίων. Το σχήμα του κόκκου είναι γενικά οβάλ, αν και διαφορετικά είδη σιταριών έχουν κόκκους των οποίων το σχήμα μπορεί να κυμαίνεται από σχεδόν σφαιρικό σε μακρύ, στενό και πεπλατυσμένο. Όλοι όμως οι κόκκοι έχουν μια πτυχή κάτω από μια πλευρά τους, όπου αρχικά ήταν συνδεδεμένοι με το άνθος του σίτου (Belderok, B., Mesdag, H. and Donner, D.A., 2000). Στην Ελλάδα καλλιεργούνται κυρίως δύο είδη (Γεοργόπουλος, Θ., *Δημητριακά και προϊόντα τους*):



Εικόνα 14. Σπόροι σκληρού σίτου. Πηγή: Γεοργόπουλος, Θ., *Δημητριακά και προϊόντα τους*.

- Το *Triticum durum* ή σκληρό σιτάρι, από του οποίου τις διάφορες ποικιλίες παράγονται τα σιμιγδάλια που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην παραγωγή μακαρονιών και στην αρτοποιία κυρίως για την παραγωγή του λεγόμενου χωριάτικου ψωμιού. Το είδος αυτό έχει κόκκους πολύ σκληρούς και υαλώδης και περιέχει περισσότερη πρωτεΐνη. Όσο πιο στενά

συνδεδεμένη είναι η τελευταία με το άμυλο, τόσο πιο σκληρή και συνεκτική είναι η δομή του κόκκου (*Giroux, M.J. and Morris, C.F, 1998*).



Εικόνα 15. Σπόροι μαλακού σίτου. Πηγή: Γεοργόπουλος, Θ., Δημητριακά και προϊόντα τους.

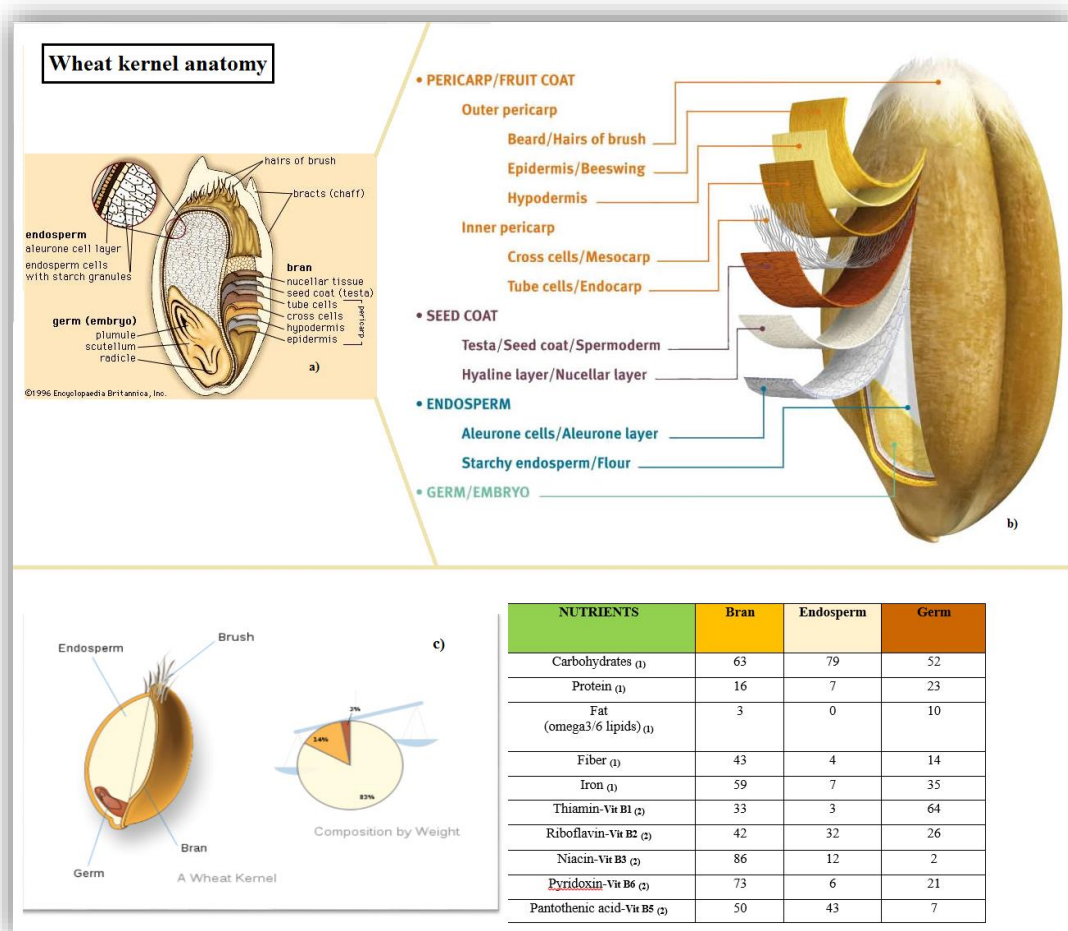
- Το *Triticum Aestivum* ή σιτάρι μαλακό, από του οποίου τις διάφορες ποικιλίες παράγονται τα άλευρα της αρτοποιίας. Το είδος αυτό έχει πιο μαλακή δομή και η τομή των κόκκων είναι συνήθως αλευρώδης.

Ανατομία και γημική σύνθεση του κόκκου του σιταριού

Η σύνθεση των κόκκων του σιταριού αλλάζει ανάλογα με το είδος και με την ποικιλία του, τον τρόπο καλλιέργειας, τις κλιματολογικές συνθήκες, κ.λ.π. Κατά μέσο όρο όμως μπορούμε να πούμε ότι αποτελούνται από 60–75% άμυλο, 8–17% νερό, 10-18% πρωτεΐνες (γλουτένη) , 2– 2,5% λιπίδια (γλυκερίδια, λεκιθίνες), 1,5-2 % σάκχαρα, 2–2,5% κυτταρίνη και 1,5–2% ανόργανα συστατικά (*Šramková, S., Gregová, E. and Šturdík, E., 2009; Koehler, P., and Wieser, H., 2013*).

Παρόλα αυτά η ανατομία του κόκκου είναι κοινή σε όλα τα είδη και τις ποικιλίες και όπως προαναφέρθηκε για τα δημητριακά είναι καρύωση (καρπός ξηρός, μονόσπερμος που το περγαμνοειδές του περικάρπιο συμφύεται με το ενδοσπέρμιο) και αποτελείται από τρία κύρια μέρη: το περικάρπιο, το ενδοσπέρμιο και το έμβρυο, τα οποία περικλείονται από ένα εξωτερικό

περίβλημα, το φλοιό. Σε αυτά παρουσιάζεται ανομοιόμορφη κατανομή των χημικών συστατικών που αναφέρθηκαν παραπάνω (Grundas, S.T., 2003).



Εικόνα 16. a) & b) Ανατομία του σπόρου του σιταριού Πηγές: a) Encyclopedia Britannica; b) www.nabim.org.uk c) διαφορετική κατανομή των διαφόρων θρεπτικών συστατικών στο ενδοσπέρμιο, το πίτυρο και το φυτό του ακέραϊου σπόρου του σιταριού Πηγές: Berghoff, W, (1998); Sardar Baig, Er.M., Study material, Course Title: Cereal Processing. Acharya NG Ranga Agricultural University College of Food Science & Technology Bapatla.

Ενδοσπέρμιο

Στο ενδοσπέρμιο γνωστό και ως αλευρώδες ενδοσπέρμιο, που βρίσκεται στο εσωτερικό και αποτελεί το μεγαλύτερο τμήμα του σπόρου (80-85%), από το οποίο παράγεται το άλευρο ή σιμιγδάλι, βρίσκεται το υψηλής ενεργειακής απόδοσης άμυλο. Εκτός από αυτό περιέχει και

λιπαρά 1,5% (κυρίως φώσφο- και γλυκολιπίδια) (Koehler, P., and Wieser, H., 2013) και πρωτεΐνες 13% όπως: αλβουμίνες, γλοβουλίνες και οι κύριες πρωτεΐνες του γλουτεϊνικού συμπλεγματος, γλουτενίνες και γλιαδίνες. Οι δύο τελευταίες πρωτεΐνες αποτελούν το 75% του πρωτεϊνικού περιεχομένου. Το περιεχόμενο σε ανόργανα άλατα και σε φυτικές ίνες είναι χαμηλό (0,5 και 1,5% αντίστοιχα) (Belderok, B., Mesdag, H. and Donner, D.A., 2000).

Περικάρπιο

Το περικάρπιο που βρίσκεται εξωτερικά, προέρχεται από τα τοιχώματα της ωοθήκης και δημιουργεί ένα λεπτό κάλυμμα σε όλη την επιφάνεια του σπόρου, το περικάλυμμα του σπόρου, αποτελούμενο από διάφορες στρώσεις οι οποίες προστατεύουν το εσωτερικό μέρος αυτού: το εξωτερικό περικάρπιο (γένι, επιδερμική στοιβάδα, υποδερμική στοιβάδα), το εσωτερικό περικάρπιο (στρώμα με σταυρωτά κύτταρα και στρώμα με σωληνωτά κύτταρα), το επισπέρμιο (περίβλημα σπόρου ή επικάρπιο-testa που περιέχει χρώμα, και ακυτταρικό-νουκελικό ιστό) και τη στοιβάδα της αλευρόνης. Η στοιβάδα της αλευρόνης στην πραγματικότητα είναι το εξωτερικό μέρος του ενδοσπερμίου, αλλά θεωρείται μέρος του πτύρου από τους επεξεργαστές του σιταριού (Grundas, S.T., 2003).

Το περικάρπιο αντιπροσωπεύει το 13-17% του σπόρου και με σκοπό να προστατεύσει το σπόρο και το εσωτερικό ενδοσπέρμιο εμπεριέχει, κατά κύριο λόγο, μη υδατο διαλυτές φυτικές ίνες. Το περιεχόμενο των διαιτητικών ινών κυμαίνεται από 11,6% έως 12,7% του ξηρού βάρους του ολόκληρου δημητριακού σπόρου (Carson, G.R. and Edwards, N.M., 2009) και εκπροσωπούν περισσότερο από το μισό περιεχόμενο του πτύρου (46-53%) (Stevenson, L., et al., 2012). Η χημική τους σύσταση είναι αρκετά σύνθετη, κατά βάση όμως αποτελούνται από πεντοζάνες και συγκεκριμένα αραβινοξυλάνη (πολυμερή ξυλόζης και αραβινόζης στενά συνδεδεμένα με πρωτεΐνες), κυτταρίνη και β-γλυκάνη, που αντιπροσωπεύουν αντίστοιχα το 70%, 24% και 6% των μη αμυλωδών πολυσακχαριτών (Non Starch Polysaccharides, NSP) του

πίτυρου (*Maes, C. and Delcour J.A., 2002*). Αυτές οι ουσίες εντοπίζονται στα κυτταρικά τοιχώματα του σιταριού και στα κύτταρα της στοιβάδας της αλευρόνης (*Grundas, S.T., 2003*). Η ποσότητα και ο τύπος των διαιτητικών ινών στον ολόκληρο σπόρο και στο πίτυρο του σιταριού, αναφέρονται στον πίνακα 13.

FIBRE CONCENTRATION IN WHEAT AND WHEAT BRAN.			
Source	Total fibre (g/100g)	Insoluble fibre (g/100g)	Soluble fibre (g/100g)
Wheat grain ^a	11,6-17,0	10,2-14,7	1,4-2,3
Wheat bran ^a	36,5-52,4	35,0-48,4	1,5-4,0
Wheat germ ^b	14,0	12,9	1,1

Πίνακας 13. ποσότητα και τύπος των διαιτητικών ινών στον ολόκληρο σπόρο και στο πίτυρο του σιταριού. Πηγή: **a**, Vitaglione, P., Napolitano, A. and Fogliano, V., (2008); **b**, Devinder, D., et al., (2012).

Οι δύο εξωτερικές στρώσεις του κόκκου, περικάρπιο και επισπέρμιο αποτελούνται από νεκρά άδεια κύτταρα ενώ η εσωτερική στοιβάδα της αλευρόνης έχει κύτταρα γεμάτα με πρωτοπλάστες. Αυτό εξηγεί το σχετικά υψηλό επίπεδο πρωτεϊνών και υδατανθράκων στο πίτυρο, οι οποίες εκπροσωπούν το 16% της συνολικής ξηρής ύλης του. Πιο συγκεκριμένα, σε αυτές ακριβώς τις στοιβάδες είναι συγκεντρωμένες οι πιο βιοενεργές από τις πρωτεΐνες του σιταριού δηλαδή τα ένζυμα (που ανήκουν στις ομάδες των αλβουμινών και των γλοβουλινών), με πολύ μικρότερη συγκέντρωση αυτών στο ενδοσπέρμιο. Το κλάσμα των αλβουμινών και των γλοβουλινών καλύπτει το 25% των συνολικών πρωτεϊνών του σιταριού (*Belderok, B., Mesdag, H. and Donner, D.A., 2000*).

Επίσης μπορούμε να παρατηρήσουμε μεγάλες διαφορές μεταξύ των επιπέδων ορισμένων αμινοξέων στο στρώμα της αλευρόνης και εκείνων στο αλεύρι. Τα επίπεδα της γλουταμίνης και προλίνης είναι περίπου στο ήμισυ, ενώ η αργινίνη είναι το τριπλάσιο και αλανίνη, ασπαραγίνη, γλυκίνη, ιστιδίνη και λυσίνη είναι το διπλάσιο αυτών στο αλεύρι σίτου. Τέλος είναι πλούσιο σε βιταμίνες B (θειαμίνη, ριβοφλαβίνη, νιασίνη) αλλά περιέχει και

βιταμίνη Ε (τοκοφερόλες), ενώ το περιεχόμενο σε μεταλλικά στοιχεία όπως σίδηρο, φώσφορο, κάλιο, μαγνήσιο, ασβέστιο, σελήνιο και ψευδάργυρο είναι αρκετά υψηλό (7,2%) (Cornell, H., 2003).

Έμβρυο ή φύτρο

Το έμβρυο ή φύτρο που βρίσκεται στο ένα άκρο του κόκκου, αποτελεί το 2-3% του συνολικού κόκκου και συνίσταται από το εμβρυϊκό βλαστάρι ή πτερίδιο (plumule) που περιβάλλεται από το κολεόπτιλο (από εδώ θα αναπτυχθεί το υπέργειο μέρος του φυτού) και από την εμβρυϊκή ρίζα (radicle) (από την οποία θα προέλθει το νέο φυτό), η οποία με τη σειρά της προστατεύεται από την κολεόρριζα που την περιβάλλει. Στην αντίθετη από το φύτρο άκρη του κόκκου και εξωτερικά αυτού, βρίσκεται ένα λεπτό τρίχωμα, το γένι, με τριχίδια μήκους 4 – 10 mm. Το φύτρο χωρίζεται από το ενδοσπέρμιο με μια μεμβράνη που λέγεται ασπίδιο (scutellum, κοτυληδόνα), το οποίο περιέχει μεγάλο ποσοστό πρωτεολιτικών και αμυλολιτικών ενζύμων. Κατά τη βλάστηση, τα ένζυμα αυτά εκκρίνονται από το ασπίδιο και τη στοιβάδα της αλευρόνης (το μονό στρώμα κυττάρων μέσα στο περίβλημα του σπόρου που περιβάλλει το ενδοσπέρμιο και το έμβρυο) και αποδομούν τους αποθηκευμένους υδατάνθρακες, πρωτεΐνες και λιπίδια, τα προϊόντα των οποίων απορροφώνται από τη κοτυληδόνα και μεταφέρονται στο αναπτυσσόμενο έμβρυο (ως εκ τούτου, η κοτυληδόνα των μονοκοτυλήδων όπως το σιτάρι μπορεί να θεωρηθεί απορροφητικό όργανο, και όχι όργανο αποθήκευσης) (Bear, R. and Rintoul, D., 1999-2017).

Από τα παραπάνω συνεπάγεται ότι το φύτρο είναι πλούσιο σε πρωτεΐνες (25%). Σε σχέση με τα παραγόμενα άλευρα, έχει μόνο τη μισή ποσότητα της γλουταμίνης και της προλίνης, αλλά τα επίπεδα της αλανίνης, αργινίνης, ασπαραγίνης, γλυκίνης, λυσίνης και θρεονίνης είναι διπλάσια. Κατά την άλεση του σιταριού, το αποχωριζόμενο φύτρο έχει κολλημένο επάνω του το ασπίδιο (Cornell, H., 2003).

GRAIN/FRACTION	% CRUDE FAT DWB
Wheat	
Whole grain	2
Pericarp	1
Aleurone	9
Starch endosperm	1
Germ	10

Πίνακας 14. Περιεκτικότητα σε ακατέργαστα λιπίδια των κλασμάτων άλεσης του σιταριού. (Πηγή: Haard, N. F. and G. Chism, Eds. (1996). Characteristics of edible plant tissues. Food Chemistry. New York, Marcel Dekker, Inc., pp.943-1011.)

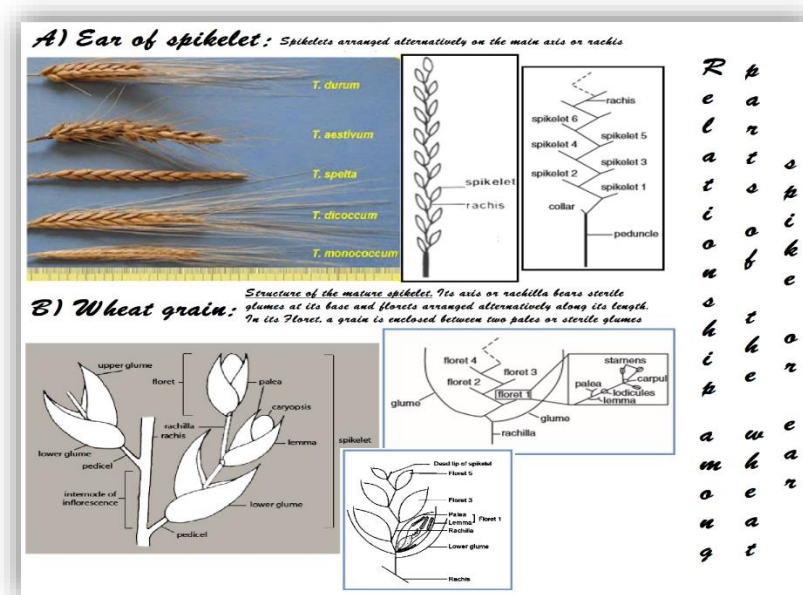
Το φύτρο περιέχει επίσης το μεγαλύτερο μέρος των λιπαρών του σπόρου, 8-13%. Στον πίνακα 14, αποδίδεται η περιεκτικότητα σε λιπίδια των διαφόρων κλασμάτων που προκύπτουν από την άλεση-επεξεργασία των κόκκων του σιταριού. Αυτή η διαφορά που παρατηρείται στη λιπιδιακή σύσταση των διαφόρων κλασμάτων έχει να κάνει με την ανομοιόμορφη κατανομή των λιπιδίων μέσα στο δημητριακό σπόρο. Πράγματι, τα λιπίδια αποθηκεύονται, όπως ειπώθηκε παραπάνω, κυρίως στο φύτρο, σε μικρότερο βαθμό στο στρώμα της αλευρόνης και σε ακόμα πιο μικρή έκταση σε σύμπλοκα μαζί με το άμυλο και τις πρωτεΐνες του ενδοσπερμίου (Šramková, S., Gregová, E. and Šturdík, E., 2009). Στο σιτάρι περισσότερο από το 50% των λιπιδίων του ενδοσπερμίου είναι πολικά, ενώ τα ποσοστά αυτών στο πίτουρο και στο φύτρο είναι αντίστοιχα 23% και 17%, αν και στα δύο τελευταία διαμερίσματα κυριαρχούν, κατά κύριο λόγο, τα τριγλυκερίδια. Τα δεσμευμένα λιπίδια αντιπροσωπεύονται κυρίως από τη φωσφατιδύλ-χολίνη, φωσφατιδύλ-αιθανολαμμίνη, φωσφατιδύλ-σερίνη καθώς και από λυσοφωσφατιδύλ-παράγωγα. Οι κύριες στερόλες στο σιτάρι είναι η β-σιτοστερόλη, η καμπεστερόλη και οι C28 και C29 κορεσμένες στερόλες. Πολυάριθμες μελέτες που έχουν διεξαχθεί δείχνουν ένα υψηλό επίπεδο λινολεϊκού οξέος (C18: 2) τόσο στο περιεχόμενο των ολικών λιπιδίων όσο και των τριγλυκεριδίων και των τριών διαμερισμάτων του κόκκου του

σιταριού, με χαμηλότερες ποσότητες παλμιτικού (C16: 0) και ελαϊκού οξέος (C18: 1) (Cornell, H., 2003).

Τέλος, το φυτό αποτελεί σημαντική πηγή υδατοδιαλυτών βιταμινών, όπως οι βιταμίνες E και B και παρουσιάζει υψηλά επίπεδα μεταλλικών στοιχείων (4,5%) (Grundas, S.T., 2003).

Φλοιός

Όλη αυτή η δομή του κόκκου περικλείεται από ένα σκληρό και ξηρό περικάλυμμα, το φλοιό (husk). Ο φλοιός αυτός σε όλα τα αγρωστώδη (συμπεριλαμβανομένων των δημητριακών, όπως το ρύζι, κριθάρι, βρώμη, και το σιτάρι), σχηματίζεται από λεπτά, ξηρά και με φολιδωτή όψη βράκτια (δηλαδή μικρά φύλλα, τα λέπυρα), που ονομάζονται λεπίδα (palea) και χιτώνας (lemma) (Ειδική Γεωργία Ι. Χειμερινά Σιτηρά και Χειμερινά Καρποδοτικά Ψυχανθή).



Εικόνα 17. Αντιπροσωπευτικά στάχυα μερικών ειδών σίτου και σχέση μεταξύ των τμημάτων μίας ακίδας ή ενός σταχυού: Α) Άνθη διατεταγμένα εναλλάξ στον κεντρικό άξονα ή ράχη. Β) Δομή του ώριμου σταχυιδίου: μικρός άξονας ή ραχίδιο που φέρει στη βάση του στείρα βράκτια και κατά μήκος, πέταλα, διατεταγμένα εναλλάξ. Το άνθος περικλείει μεταξύ δύο ισχνών ή στείρων βράκτιων, έναν σπόρο του σιτηρού. Πηγές: Gooding, M.J., (2009); McKeivith, B., (2004); Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων. Ελληνικός Γεωργικός Οργανισμός 'Δήμητρα'. Γενική Διεύθυνση Αγροτικής Έρευνας – Ινστιτούτο Σιτηρών; Redford, A.J., Walters, D. and Scher, J., (2015).

Το στέλεχος των σιτηρών είναι καλάμι το οποίο αποτελείται από κοίλα μέρη, τα μεσογονάτια και πλήρη μέρη, τους κόμβους, του οποίου το ύψος κυμαίνεται από 0.60 έως 1.50 m και το πάχος από 3 έως 10 mm (τα χειμερινά σιτηρά κατατάσσονται με φθίνουσα σειρά ως προς το ύψος ως εξής: σίκαλη, σιτάρι, βρώμη, κριθάρι.). Η ταξιανθία του σίτου, του κριθαριού και της βρίζας είναι σύνθετος στάχυς, ο οποίος αποτελείται από πολλά σταχύδια τοποθετημένα εναλλάξ πάνω σε αρθρωτό άξονα, τη ράχη (ενώ της βρώμης είναι φόβη). Το μήκος του στάχυ κυμαίνεται από 5 – 15 cm. Υπάρχουν στάχεις με τα σταχύδια τοποθετημένα πυκνά ή αραιά (από 2 μέχρι 3,5 ή περισσότερα σταχύδια /cm ράχης). Κάθε σταχύδιο περιβάλλεται όπως προαναφέρθηκε από δυο βράκτια φύλλα, τα λέπυρα και συνήθως μπορεί να παράξει 2 – 3 καρπούς (*Ειδική Γεωργία Ι. Χειμερινά Σιτηρά και Χειμερινά Καρποδοτικά Ψυχανθή*).

Πίνακες γημικής σύνθεσης

Σκληρός σίτος (Durum wheat).

Wheat grain, durum-National Nutrient Database for Standard Reference-USDA				
Nutrient	Unit	Value Per100 g	Data points	Std. Error
Water	g	10.94	31	0.309
Energy	kcal	339	--	--
Energy	kJ	1418	--	--
Protein	g	13.68	28	0.272
Total lipid (fat)	g	2.47	18	0.066
Ash	g	1.78	38	0.016
Carbohydrate, by difference	g	71.13	--	--
Minerals	Unit	Value Per100 g	Data points	Std. Error
Calcium, Ca	mg	34	37	1.527
Iron, Fe	mg	3.52	2	--
Magnesium, Mg	mg	144	39	3.058
Phosphorus, P	mg	508	37	20.742
Potassium, K	mg	431	37	10.204
Sodium, Na	mg	2	9	0.487
Zinc, Zn	mg	4.16	37	0.177
Copper, Cu	mg	0.553	37	0.041
Manganese, Mn	mg	3.012	30	0.249
Selenium, Se	µg	89.4	1	--
Vitamins	Unit	Value Per100 g	Data points	Std. Error
Vitamin C, total ascorbic acid	mg	0.0	--	--
Thiamin	mg	0.419	30	0.013
Riboflavin	mg	0.121	30	0.003
Niacin	mg	6.738	30	0.213
Pantothenic acid	mg	0.935	--	--
Vitamin B-6	mg	0.419	31	0.017
Folate, total	µg	43	--	--
Folic acid	µg	0	--	--
Folate, food	µg	43	--	--
Folate, DFE	µg	43	--	--
Vitamin B-12	µg	0.00	--	--
Vitamin A, RAE	µg	0	--	--
Retinol	µg	0	--	--
Vitamin A, IU	IU	0	--	--
Vitamin D (D2 + D3)	µg	0.0	--	--
Vitamin D	IU	0	--	--
Lipids	Unit	Value Per100 g	Data points	Std. Error
<i>Fatty acids, total saturated</i>	g	0.454	--	--
14:0	g	0.003	29	--
16:0	g	0.422	29	--
18:0	g	0.022	29	--
<i>Fatty acids, total monounsaturated</i>	g	0.344	--	--

Wheat grain, durum-National Nutrient Database for Standard Reference-USDA ...continue				
Nutrient	Unit	Value Per100 g	Data points	Std. Error
16:1 undifferentiated	g	0.009	29	--
18:1 undifferentiated	g	0.335	29	--
<i>Fatty acids, total polyunsaturated</i>	g	0.978	--	--
18:2 undifferentiated	g	0.930	29	--
18:3 undifferentiated	g	0.048	29	--
Cholesterol	mg	0	--	--
Amino Acids	Unit	Value Per100 g	Data points	Std. Error
Tryptophan	g	0.176	7	--
Threonine	g	0.366	9	--
Isoleucine	g	0.533	9	--
Leucine	g	0.934	9	--
Lysine	g	0.303	9	--
Methionine	g	0.221	8	--
Cystine	g	0.286	7	--
Phenylalanine	g	0.681	9	--
Tyrosine	g	0.357	8	--
Valine	g	0.594	9	--
Arginine	g	0.483	9	--
Histidine	g	0.322	9	--
Alanine	g	0.427	9	--
Aspartic acid	g	0.617	9	--
Glutamic acid	g	4.743	9	--
Glycine	g	0.495	9	--
Proline	g	1.459	9	--
Serine	g	0.667	9	--

Πίνακας 15α. Χημική σύσταση του σκληρού σίτου Πηγή: National Nutrient Database for Standard Reference-USDA (Full Report 20076-all Nutrients)

**Wheat grain -Feedipedia - Animal Feed Resources Information System - INRA
CIRAD AFZ and FAO © 2012-2016**



Main analysis	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
Dry matter	% as fed	87.0	1.3	81.9	94.5	41570	
Crude protein	% DM	12.6	1.3	8.9	19.2	34649	
Crude fibre	% DM	2.6	0.4	1.6	4.1	13440	
NDF	% DM	13.9	1.7	10.3	18.0	1006	*
ADF	% DM	3.6	0.5	2.5	5.0	1026	*
Lignin	% DM	1.1	0.3	0.7	1.9	645	*
Ether extract	% DM	1.7	0.3	0.9	2.9	8597	
Ash	% DM	1.8	0.2	1.2	3.1	9013	
Starch (polarimetry)	% DM	69.1	1.9	61.8	74.9	25431	
Total sugars	% DM	3.2	1.0	1.7	5.5	911	
Gross energy	MJ/kg DM	18.2	0.2	18.0	18.7	328	*
Minerals	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
Calcium	g/kg DM	0.7	0.3	0.1	1.8	1523	
Phosphorus	g/kg DM	3.6	0.4	1.9	5.5	2951	
Potassium	g/kg DM	4.6	0.6	3.6	7.4	71	
Sodium	g/kg DM	0.0	0.0	0.0	0.2	178	
Magnesium	g/kg DM	1.2	0.2	0.9	1.8	66	
Manganese	mg/kg DM	40	14	16	69	42	
Zinc	mg/kg DM	31	8	19	46	41	
Copper	mg/kg DM	6	4	4	20	33	
Iron	mg/kg DM	78	46	39	167	20	
Amino acids	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
Alanine	% protein	3.6	0.3	3.1	4.2	179	
Arginine	% protein	4.7	0.3	4.0	5.4	177	
Aspartic acid	% protein	5.1	0.3	4.4	5.9	178	
Cystine	% protein	2.2	0.2	1.9	2.7	180	
Glutamic acid	% protein	27.8	1.7	24.5	31.5	179	
Glycine	% protein	4.0	0.2	3.5	4.3	180	
Histidine	% protein	2.3	0.2	2.0	2.8	138	
Isoleucine	% protein	3.4	0.2	3.1	3.8	196	
Leucine	% protein	6.5	0.3	5.9	7.0	197	
Lysine	% protein	2.9	0.2	2.5	3.3	457	
Methionine	% protein	1.6	0.1	1.4	1.9	213	
Phenylalanine	% protein	4.5	0.2	4.0	5.0	190	
Proline	% protein	9.6	0.8	8.4	11.6	90	
Serine	% protein	4.5	0.2	4.1	5.1	179	
Threonine	% protein	2.9	0.2	2.6	3.2	200	
Tryptophan	% protein	1.2	0.1	0.9	1.4	104	
Tyrosine	% protein	2.7	0.3	2.1	3.3	103	
Valine	% protein	4.3	0.3	3.7	4.9	195	
Secondary metabolites	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
Tannins (eq. tannic acid)	g/kg DM	0.3	0.5	0.1	2.2	17	
Ruminant nutritive values	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	

Wheat grain -Feedipedia - Animal Feed Resources Information System - INRA CIRAD AFZ and FAO © 2012-2016 ...continue							
OM digestibility, Ruminant	%	88.2	2.3	86.5	93.6	17	*
Energy digestibility, ruminants	%	85.7	2.7	83.1	91.0	16	*
DE ruminants	MJ/kg DM	15.6					*
ME ruminants	MJ/kg DM	13.1	0.7	12.3	14.7	16	*
Nitrogen digestibility, ruminants	%	70.4					*
a (N)	%	19.5	11.0	10.0	31.5	3	
b (N)	%	71.8	16.7	57.0	90.0	3	
c (N)	h-1	0.079	0.075	0.012	0.160	3	
Nitrogen degradability (effective, k=4%)	%	67					*
Nitrogen degradability (effective, k=6%)	%	60	7	58	86	11	*
Pig nutritive values	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
Energy digestibility, growing pig	%	87.4	1.2	85.3	89.5	33	*
DE growing pig	MJ/kg DM	15.9	0.3	15.8	16.9	43	*
MEEn growing pig	MJ/kg DM	15.5	0.3	15.1	15.9	4	*
NE growing pig	MJ/kg DM	12.1					*
Nitrogen digestibility, growing pig	%	83.5	2.3	80.0	88.6	28	*
Poultry nutritive values	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
AMEn cockerel	MJ/kg DM	14.4	1.0	12.4	15.7	17	*
AMEn broiler	MJ/kg DM	13.8	0.4	13.3	14.6	28	*
Rabbit nutritive values	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
Energy digestibility, rabbit	%	83.5	2.3	79.2	83.5	3	*
DE rabbit	MJ/kg DM	15.2	0.3	14.9	15.6	3	
Nitrogen digestibility, rabbit	%	89.2	8.8	77.3	97.3	4	
MEEn rabbit	MJ/kg DM	14.6					*

Πίνακας 15β. Χημική σύσταση και διατροφική αξία του σίτου Πηγή: Feedipedia - Animal Feed Resources Information System - INRA CIRAD AFZ and FAO

**Wheat grain, durum-Feedipedia - Animal Feed Resources Information System -
INRA CIRAD AFZ and FAO © 2012-2016**



Main analysis	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
Dry matter	% as fed	87.9	0.9	85.9	89.6	130	
Crude protein	% DM	16.5	1.1	13.8	18.5	126	
Crude fibre	% DM	3.0	0.4	2.5	4.0	40	
NDF	% DM	14.3	1.7	11.3	15.3	4	*
ADF	% DM	3.8	0.6	3.1	4.3	4	*
Lignin	% DM	1.2	0.0	0.7	1.2	3	
Ether extract	% DM	2.0	0.2	1.6	2.5	28	
Ash	% DM	2.1	0.3	1.8	2.8	54	
Starch (polarimetry)	% DM	63.3	2.5	58.7	68.4	79	
Total sugars	% DM	3.1	1.0	1.7	4.3	11	
Gross energy	MJ/kg DM	18.5					
Minerals	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
Calcium	g/kg DM	0.9	0.5	0.3	1.8	15	
Phosphorus	g/kg DM	4.3	0.4	3.6	5.0	17	
Amino acids	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
Alanine	% protein	3.3				1	
Arginine	% protein	5.0				1	
Aspartic acid	% protein	4.9				1	
Cystine	% protein	2.4		2.4	2.5	2	
Glutamic acid	% protein	29.1				1	
Glycine	% protein	3.9				1	
Histidine	% protein	2.3				1	
Isoleucine	% protein	3.8				1	
Leucine	% protein	6.5				1	
Lysine	% protein	2.9		2.8	3.1	2	
Methionine	% protein	1.8		1.8	1.9	2	
Phenylalanine	% protein	4.3				1	
Serine	% protein	4.7				1	
Threonine	% protein	2.9				1	
Valine	% protein	4.4				1	
Ruminant nutritive values	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
OM digestibility, Ruminant	%	87.5					*
Energy digestibility, ruminants	%	85.3					*
DE ruminants	MJ/kg DM	15.8					*
ME ruminants	MJ/kg DM	13.1					*
Nitrogen digestibility, ruminants	%	72.8					*
Pig nutritive values	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
Energy digestibility, growing pig	%	85.8					*
DE growing pig	MJ/kg DM	15.9					*
ME growing pig	MJ/kg DM	15.4					*
NE growing pig	MJ/kg DM	12.1					*
Nitrogen digestibility, growing pig	%	82.5					*

**Wheat grain, durum-Feedipedia - Animal Feed Resources Information System -
INRA CIRAD AFZ and FAO © 2012-2016 ...continue**

Poultry nutritive values	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
AMEn cockerel	MJ/kg DM	14.1					*

Πίνακας 15γ. Χημική σύσταση και διατροφική αξία του σκληρού σίτου Πηγή: Feedipedia - Animal Feed Resources Information System - INRA CIRAD AFZ and FAO

- **Avg:** average or predicted value; **SD:** standard deviation; **Min:** minimum value; **Max:** maximum value; **Data points + Nb:** number of values (samples) used
- Ο αστερίσκος (*) υποδεικνύει ότι η μέση τιμή υπολογίστηκε μέσω μίας εξίσωσης.
- **ADF:** (Acid Detergent Fiber) αναφέρεται στα τμήματα του κυτταρικού τοιχώματος της χορτονομής που αποτελούνται από κυτταρίνη και λιγνίνη. Η τιμή της ADF είναι σημαντική επειδή σχετίζεται με την ικανότητα ενός ζώου να χωνέψει την ζωοτροφή. Καθώς αυξάνει η ADF η πεπτικότητα της ζωοτροφής μειώνεται.
- **NDF:** (Neutral Detergent Fiber) μετράει το μεγαλύτερο μέρος του κυτταρικού τοιχώματος το οποίο αποτελείται από το κλάσμα της ADF (κυτταρίνη και λιγνίνη) μαζί με την ημικυτταρίνη, αλλά δεν περιλαμβάνει την πηκτίνη (Van Soest, P.J., Robertson, J.B. and Lewis, B.A., 1991); AOAC Official Method 2002.04). Οι τιμές της NDF είναι σημαντικές επειδή αντανακλούν τη ποσότητα των ζωοτροφών που το ζώο μπορεί να καταναλώσει. Καθώς αυξάνει το ποσοστό της NDF, η πρόσληψη ξηρής ουσίας γενικά μειώνεται.
- **Ether extract:** Ακατέργαστες λιπαρές ουσίες, εκχυλίζονται με διαιθυλαιθέρα ή πετρελαικό αιθέρα, συνήθως χωρίς προκαταρκτική υδρόλυση.
- **Ash:** στάχτη που απομένει μετά την καύση και δίνει μια κατά προσέγγιση εκτίμηση του περιεχομένου των μεταλλικών στοιχείων της ύλης υπό εξέταση.
- **Nitrogen degradability (effective, k=4%):** Η πραγματική αποικοδόμηση του αζώτου στα μηρυκαστικά, που υπολογίζεται με ένα ωριαίο ρυθμό απώλειας, του 4%. Η πραγματική αποικοδομησιμότητα υπολογίζεται ως $D = a + ((b \cdot c) / (k + c))$, όπου **a** = κλάσμα άμεσα αποικοδομήσιμο, **b** = κλάσμα δυνητικά αποικοδομήσιμο, **c** = ρυθμός αποικοδόμησης των σωματιδίων και **k** = συντελεστής του ωριαίου ρυθμού εξαφάνισης των σωματιδίων (Orskov, E.R. and McDonald, P., 1979).
- **Nitrogen degradability (effective, k=6%):** Η πραγματική αποικοδόμηση του αζώτου στα μηρυκαστικά, που υπολογίζεται με ένα ωριαίο ρυθμό απώλειας, του 6%.
- **a (N):** Άμεσα αποικοδομήσιμο κλάσμα (%) αζώτου (N) στο μοντέλο αποικοδόμησης της μεγάλης κοιλίας των μηρυκαστικών $y = a + b(1 - e^{-ct})$ (Orskov, E.R. and McDonald, P., 1979).
- **b (N):** Δυνητικά αποικοδομήσιμο κλάσμα (%) αζώτου (Orskov, E.R. and McDonald, P., 1979).
- (N) στο μοντέλο αποικοδόμησης της μεγάλης κοιλίας των μηρυκαστικών $y = a + b(1 - e^{-ct})$ (Orskov, E.R. and McDonald, P., 1979).
- **c (N):** Ωριαίος ρυθμός αποικοδόμησης των σωματιδίων (h-1) για το άζωτο στο μοντέλο αποικοδόμησης της μεγάλης κοιλίας των μηρυκαστικών $y = a + b(1 - e^{-ct})$ (Orskov, E.R. and McDonald, P., 1979).
- **OM (Organic Matter) digestibility:** Πεπτικότητα οργανικής ύλης, υπολογισμένη ως ποσοστό των εύπεπτων οργανικών υλών ως προς την οργανική ύλη της ζωοτροφής.
- **DE:** (Digestible energy) Διαφορά μεταξύ της ακαθάριστης ενέργειας στην τροφή και αυτής στα κόπρανα.
- **ME:** (Metabolizable energy) Διαφορά μεταξύ της ακαθάριστης ενέργειας στην τροφή και αυτής στα κόπρανα, τα ούρα και τα αέρια, χωρίς διόρθωση για την κατακράτηση του αζώτου.
- **Men:** (Metabolizable energy, N-corrected) Διαφορά μεταξύ της ακαθάριστης ενέργειας στην τροφή και αυτής στα κόπρανα, τα ούρα και τα αέρια, διορθωμένη για ισορροπία αζώτου 0.
- **AMen:** (Apparent metabolizable energy, nitrogen-corrected). Προφανής μεταβολίσιμη ενέργεια, διορθωμένη ως προς το άζωτο.
- **NE:** (Net energy) Διαφορά μεταξύ της ενέργειας που μπορεί να μεταβολιστεί και της ενέργειας που χάθηκε σε θερμότητα κατά τη διάρκεια της διαδικασίας του μεταβολισμού.
- **Nitrogen digestibility:** υπολογισμένη ως ποσοστό του εύπεπτου αζώτου σε σχέση με το ολικό άζωτο της τροφής.

Παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα και την ασφάλεια της Αΰλης του σκληρού σίτου

Υποβάθμιση της ποιότητας του σπόρου του σιταριού και κατ' επέκταση του παραγόμενου από αυτό αλεύρου ή σιμιγδαλιού μπορούν να προκαλέσουν κατά κύριο λόγο (Μπαξεβάνος Δ., *Συνθήκες για την παραγωγή σκληρού σιταριού υψηλής ποιότητας*; Γεοργόπουλος, Θ., *Δημητριακά και προϊόντα τους*):

- 1) Τα ζιζάνια. Η καλλιέργεια του σιταριού μπορεί να προσβληθεί από μια πληθώρα ζιζανίων, αγρωστώδη όπως π.χ. η Αγριοβρώμη (*Avena sterilis*), η Ήρα (*Lolium spp.*) κ.λ.π. και πλατύφυλλα όπως π.χ. η Παπαρούνα (*Papaver rhoeas*), το Κίρσιο (*Cirsium arvense*) κ.λ.π. (Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, *Οδηγίες Ολοκληρωμένης Φυτοπροστασίας Στην Καλλιέργεια Του Σίτου, 2013*). Μερικοί από τους σπόρους αυτών των ζιζανίων είναι δύσκολο να απομακρυνθούν από την Αΰλη με αποτέλεσμα να δημιουργούν τεράστιο πρόβλημα στην ποιότητα του παραγόμενου προϊόντος.



Εικόνα 18. Επιμόλυνση δημητριακών κόκκων σιταριού από τους σπόρους των ζιζανίων της βρώμης *Avena fatua* και του *Galium aparine*, μετά τη συγκομιδή. Πηγές: Cattlin, N., Stock photo preview: Wheat grain after harvest contaminated with weed seeds cleavers *Galium aparine* and wild oats *Avena fatua*.

- 2) Μαύρα στίγματα στην επιφάνεια των σπόρων. Οι σπόροι μπορούν να αναπτύξουν μαύρα επιφανειακά στίγματα μετά από βροχές πριν τη συγκομιδή. Αυτά προκαλούνται

συνήθως από τους μύκητες *Alternaria* και *Cladosporium*, οι οποίοι ευνοούνται από τις υγροθερμικές συνθήκες ανάπτυξης των σπόρων, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι δεν μπορούν να αναπτυχθούν και σε περιόδους όπου επικρατεί ξηρασία. Το υψηλής ποιότητας σιτάρι δεν πρέπει να έχει πάνω από 3% μαύρα στίγματα, ενώ η μέτρια ποιότητα 3-5%.



Εικόνα 19. Η ασθένεια προκαλείται από διάφορους μύκητες κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης του σπόρου, οι οποίοι μαυρίζουν τη πλευρά του σπόρου όπου βρίσκεται το έμβρυο. Πηγή: Wegulo, S. ⁽¹⁾, (2015).

- 3) Ergot (Ερυσιβώδης όλυρας). Είναι μια ασθένεια της άνθησης των αγρωστωδών και των σιτηρών που προκαλείται από το μύκητα *purpurea Claviceps*. Οι ερυσίβες (ergots), είναι συμπαγής μάζες του μυκητιακού μυκηλίου επίσης γνωστές ως σκληρώτια, τα οποία παράγονται αντί του κανονικού φυτικού κόκκου. Το πρώτο σημάδι της μόλυνσης από τον ερυσιβώδη μύκητα είναι η εμφάνιση μίας ζαχαρούχου κιτρινωπής κολλώδους ουσίας (μελιτώματος) στην κεφαλή του σίτου κατά τη διάρκεια ή αμέσως μετά την ανθοφορία. Αργότερα, αναπτύσσονται οι ερυσίβες (sclerotia), κερατόμορφοι σχηματισμοί, χρώματος μωβ-μαύρου, οι οποίοι έχουν 4 έως 10 φορές το κανονικό μέγεθος του κόκκου και αποτελούν το πιο αξιοσημείωτο και χαρακτηριστικό σημάδι της

ασθένειας. Αναπτύσσονται στη κορυφή, αντικαθιστώντας τον υπό ανάπτυξη φυσιολογικό κόκκο και προεξέχουν πέρα από τα βράκτια (Wegulo, S.,⁽²⁾ 2015).

Τα ergot περιέχουν δηλητηριώδεις ενώσεις γνωστές ως αλκαλοειδή, η κατάποση των οποίων μαζί με το σιτάρι και το αλεύρι του σίτου, μπορεί να προκαλέσουν σοβαρή ασθένεια το λεγόμενο εργοτισμό γνωστό και ως φωτιά του Αγίου Αντωνίου, με συμπτώματα όπως εμετός, ίλιγγοι, κεφαλαλγίες, δύσπνοια, σιελόρροια, παραισθήσεις, παράνοια ή και θάνατο σε ανθρώπους και οικόσιτα ζώα. Τα ζώα που έχουν καταναλώσει ζωοτροφές μολυσμένες με ergots μπορούν να επιδείξουν σπασμούς, γάγγραινα, υπερθερμία, αναστολή της παραγωγής γάλακτος, έλλειψη της ανάπτυξης μαστικού αδένου, παρατεταμένες κυήσεις, και πρόωρους θανάτους σε πουλάρια και φοράδες (Wegulo, S.,⁽²⁾ 2015).



Εικόνα 20. a) Σίκαλη μολυσμένη από Ergot b) Σκληρώτια σε δείγμα σιταριού. Πηγή: University of Nebraska Lincoln, (2011).

- 4) Ψώρα ή επικεφαλής σήψη από *Fusarium spp.* Αναγνωρίζεται καλύτερα από τα νέο-αναδυόμενα ανώριμα κεφάλια σίτου, όπου ένα ή περισσότερα σταχύδια ή ολόκληρο το κεφάλι, εμφανίζεται πρόωρα λευκασμένο. Εάν η ράχη έχει μολυνθεί, όλοι οι ιστοί πάνω

από αυτό το σημείο αποχρωματίζονται. Τα λευκασμένα σταχύδια συνήθως είναι στείρα ή περιέχουν ζαρωμένο ή/και αποχρωματισμένο σπόρο. Ο σπόρος από καλλιέργειες που έχουν προσβληθεί από την ασθένεια της επικεφαλής σήψης μπορεί να περιέχουν μυκοτοξίνες που επάγουν μυϊκούς σπασμούς και εμετούς σε ανθρώπους και άλλα μη-μηρυκαστικά ζώα. Το *Fusarium graminearum* παράγει τη μυκοτοξίνη, δεσοξυνιβαλενόλη (DON), επίσης γνωστή ως βομιτοξίνη. Η εμφάνιση της ψώρας δεν σημαίνει αυτομάτως ότι η DON είναι παρούσα, εντούτοις, τα επίπεδα DON μπορεί να είναι υψηλά ακόμη και όταν τα επίπεδα της ασθένειας είναι χαμηλά (Wise, K., Woloshuk, C., and Freije, A., 2015).



Εικόνα 21. *Fusarium* spp. Scab ή Head blight (Ψώρα ή Σήψη κορυφής) - Χαρακτηριστικοί της ασθένειας αποχρωματισμένοι (λευκασμένοι) και ζαρωμένοι σπόροι ‘ταφόπλακα’ (‘tombstones’-αριστερά) σε σύγκριση με τους υγιείς σπόρους σιταριού (δεξιά). Πηγή: Wise, K., Woloshuk, C., and Freije A., (2015).

- 5) Αύξηση της περιεκτικότητας σε αλευρώδεις κόκκους (ή κοινά ασπροσίταρο). Οι κόκκοι αυτοί είναι μαλακοί λευκοί σπόροι σκληρού σίτου, δηλαδή κόκκοι που έχασαν την υαλώδη όψη τους εξαιτίας του υγρού και θερμού καιρού. Οι βροχές κατά την περίοδο της ωρίμανσης του σκληρού σίτου είναι επιζήμιες, διότι αν οι κόκκοι του σιταριού βραχούν και στη συνέχεια ξηρανθούν (στο χωράφι, στο φυτό πάνω, σε ξηραντήριο) χάνουν την υαλώδη σύστασή τους και σε αυτούς παρατηρείται μείωση της πρωτεΐνης που συγκρατεί τους αμυλόκοκκους. Κατά συνέπεια αλευρώδεις κόκκοι σιταριού δίνουν

λευκούς κόκκους σιμιγδαλιού με μικρή απόδοση λόγω του ότι μεγάλο ποσοστό αυτών κονιοποιούνται.



Εικόνα 22. Αλευρώδης (ή κηρώδης) κόκκος vs υαλώδους κόκκου σιταριού σε δείγμα σκληρού σίτου. Πηγή: Τροποποιήθηκε από, Andriuss, Photo preview: ‘Τριτικάλε χρυσή σιτηρών για ζωοτροφές’. depositphotos.com.

- 6) Προσβολές από έντομα. Για τις καλλιέργειες σιταριού στην Ελλάδα, μεγάλο πρόβλημα αποτελεί η προσβολή των κόκκων του από το έντομο *Pentatomidae*. Αυτό εκχύνει πρωτεολυτικά ένζυμα μέσα στον κόκκο, εξασθενώντας τους δεσμούς της γλουτένης και προκαλώντας προβλήματα στην παρασκευή του άρτου. Άλλα έντομα που συχνά προκαλούν τραυματισμούς στους αποθηκευμένους σπόρους είναι οι κάνθαροι (σκαθάρια ή βρούχοι) των *Sitophilus spp.* Οι σπόροι από τους οποίους τρέφονται φέρουν τρύπες σημαντικού μεγέθους, δεν έχουν έμβρυο ή τους λείπει κάποιο άλλο τμήμα τους. Τα έντομα ‘βρωμούσες’ *Nezara spp.* τρέφονται με τις κορυφές του σιταριού και προκαλούν τη συρρίκνωση των σπόρων. Το αλεύρι που φτιάχνεται από κόκκους κατεστραμμένους από αυτά τα έντομα, έχει ανεπιθύμητη οσμή και αλλοιωμένα χαρακτηριστικά ψησίματος.



Εικόνα 23. a) Δείγμα σίτου προσβεβλημένο από διάφορα έντομα και λάρβες, b) Δείγμα σίτου προσβεβλημένο από *Sitophilus spp* και επακόλουθη καταστροφή των κόκκων. Πηγές: a) Cereal Research Institute (1925-2014). Photo: ‘Infested Wheat Sample’; b) Gray, K., (Oregon State University, Integrated Plant Protection Center). Photo: ‘Sitophilus granarius Linnaeus, Adult showing damage’.

Στην ακατέργαστη Αΰλη, πιθανά άλλα ευρήματα εκτός από τους φυσιολογικούς κόκκους του σιταριού είναι (Γεοργόπουλος, Θ., Δημητριακά και προϊόντα τους):

- a) ξένες ύλες (πέτρες, χώμα, μέταλλα κλπ)
- b) Φυτικά υπολείμματα (κόκκοι άλλων φυτικών ειδών, φυτικά στελέχη ή κομμάτια αυτών κ.λ.π.) ($\leq 1,5\%$)
- c) Ergot (το υψηλότερο επιτρεπόμενο επίπεδο είναι $\leq 0,5\%$)
- d) Νεκρά έντομα ή τμήματα αυτών ($\leq 0,1\%$)
- e) Σπασμένοι κόκκοι, κόκκοι χωρίς φύτρο
- f) Ατροφικοί (συρρικνωμένοι) κόκκοι
- g) Αποχρωματισμένοι κόκκοι π.χ. κόκκοι με αποχρωματισμένο φύτρο ή στιγματισμένοι κόκκοι.
- h) Κόκκοι εντομότρητοι
- i) Καμμένοι κόκκοι
- j) Κόκκοι από άλλα σιτηρά
- k) Φυτρωμένοι κόκκοι

l) Κόκκοι προσβεβλημένοι από κάποια ασθένεια

m) Αλευρώδεις κόκκοι

Προδιαγραφές Α΄υλης Σιτάρι Σκληρό		
ΧΩΡΑ/ΤΟΠΟΣ	ΕΛΛΑΔΑ	ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ
ΕΝΤΟΜΟΤΡΗΤΑ	≤0,5%	-
ΥΓΡΑΣΙΑ	≤14%	-
ΞΕΝΕΣ ΥΛΕΣ	≤5%	-
ΑΝΟΜΟΙΟΧΡΩΜΙΑ	≤0%	-
ΑΝΟΜΟΙΟΜΟΡΦΙΑ	≤0%	-
ΑΠΕΝΤΟΜΩΜΕΝΑ	✓	-
ΖΑΡΩΜΕΝΑ	0%	-
ΤΕΛΕΥΤΑΙΑΣ ΕΣΟΔΕΙΑΣ	✓	-
ΣΠΑΣΜΕΝΑ	≤10%	-



Πίνακας 16. Προδιαγραφές Α΄υλης για Σιτάρι Σκληρό (τα νούμερα που αναγράφονται είναι ενδεικτικά και αλλάζουν ανάλογα με το έτος της εσοδείας και με τη χώρα προέλευσης)



Εικόνα 24. Αναποφλοιώτο σκληρό σιτάρι. Πηγή: Φαναριώτη, Μ., (2013).

Προδιαγραφές τελικών προϊόντων σκληρού σίτου

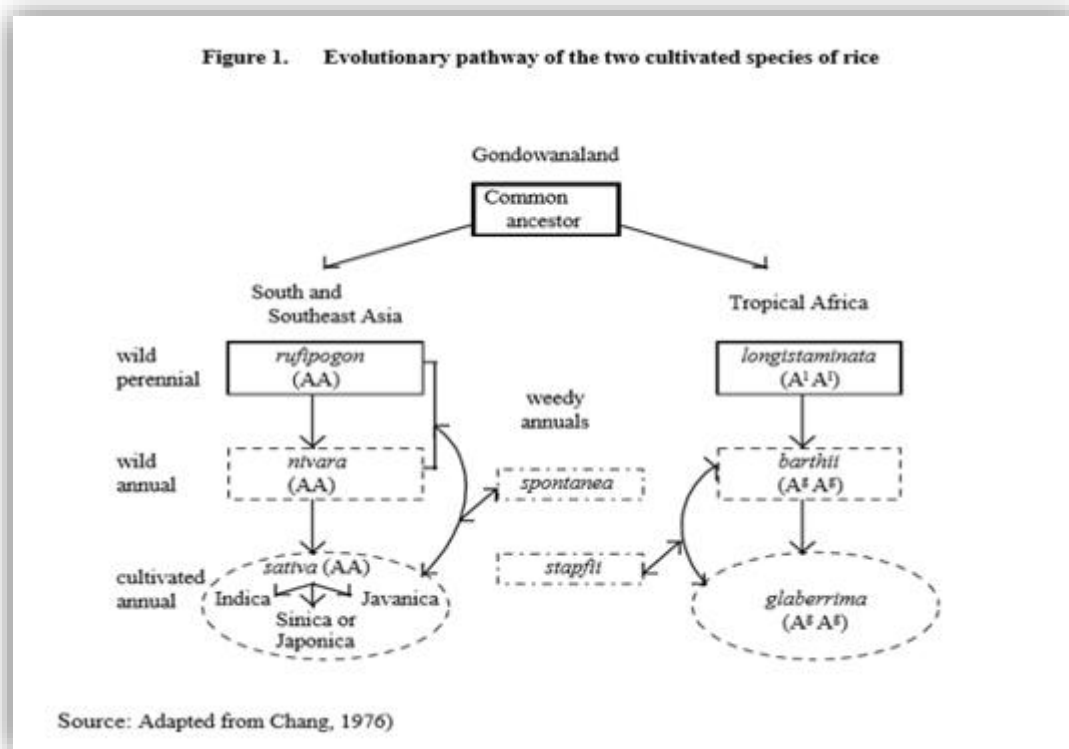
Τα τελικά προϊόντα της επεξεργασίας του σκληρού σίτου, που εμπορεύεται μία τυπική ελληνική βιομηχανία επεξεργασίας και τυποποίησης ορύζης, σίτου και οσπρίων είναι ο αποφλοιωμένος σκληρός σίτος και το πλιγούρι (ψιλό, μέτριο ή χονδρό) των οποίων η περιγραφή και οι προδιαγραφές αναφέρονται στον πίνακα. Αυτά θα πρέπει να είναι ασφαλή και κατάλληλα για ανθρώπινη κατανάλωση, οι ακέραιοι ή θρυμματισμένοι κόκκοι τους θα πρέπει να είναι υγιείς και πρακτικά απαλλαγμένοι από ξένες ύλες που μπορούν να επιδράσουν δυσμενώς στην ανθρώπινη υγεία και τέλος δεν θα πρέπει να παρουσιάζουν μη φυσιολογική ή ασυνήθιστη γεύση, οσμή ή να είναι προσβεβλημένα από έντομα και ακάρεα (*CODEX STAN 199-1995-Standard for Wheat and Durum Wheat*).

ΕΙΔΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΥΓΡΑΣΙΑ	ΣΠΑΣΜΕΝΟΙ ΚΟΚΚΟΙ $\leq 1/2$	ΕΝΤΟΜΟΤΡΗΤΟΙ ΚΟΚΚΟΙ	ΓΑΙΩΔΕΙΣ ΠΡΟΣΜΙΞΕΙΣ
Σίτος αποφλοιωμένος 	Αποξηρανθέντες ώριμοι κόκκοι σκληρού σιταριού χωρίς το εξωτερικό πίτυρο	$\leq 13,5\%$	$< 5\%$	$\leq 0\%$	$\leq 0,5 \%$
Πλιγούρι μέτριο 	Κόκκοι σκληρού σιταριού ολικής αλέσεως, οι οποίοι έχουν κοπεί και επεξεργαστεί σε βραστό νερό		-		

Πίνακας 17. Περιγραφή Τελικού Προϊόντος - αποφλοιωμένος σίτος και πλιγούρι μέτριο - και προδιαγραφές

PYZI (ORYZEAE SPP)

Το ρύζι είναι το δεύτερο σε σπουδαιότητα σιτηρό στον κόσμο μετά από το σιτάρι και θεωρείται το κυριότερο φυτό παραγωγής τροφής για τον άνθρωπο. Αποτελεί επίσης τη βάση της διατροφής του μισού περίπου πληθυσμού της γης.



Εικόνα 25. Εξελικτικό μονοπάτι των δύο καλλιεργήσιμων ειδών σιταριού. Πηγή: Chang, T.T., (1976).

Από ταξινομικής άποψης ανήκει στο γένος *Oryza*, της υποοικογένειας *Oryzeae*, της οικογένειας των αγρωστωδών (*Poaceae* ή *Gramineae*). Η υποοικογένεια αυτή περιλαμβάνει 12 συνολικά γένη. Το γένος *Oryza* αποτελείται περίπου από 22 είδη, ιθαγενή των υγρών περιοχών της Αφρικής, Ν. και ΝΑ. Ασίας, Ν. και Κ. Αμερικής και Αυστραλίας, εκ των οποίων τα 20 είναι άγρια (ο όρος "άγριο ρύζι" μπορεί να αναφέρεται σε άγρια ή πρωτόγονα είδη *Oryza*-*O.rufipogon*, *O.nivara*, *O.glumaepatula*, *O.malapurzhaensis* - αλλά κατά σύμβαση αναφέρεται σε είδη των συγγενών ειδών *Zizania* και *Porteresia*, τόσο άγρια όσο και καλλιεργούμενα) (Vaughan, D.A., 1994) και μόνο δύο καλλιεργήσιμα, το *Oryza Sativa* L. (Asian Rice) και το *Oryza glaberrima* Steud. (African rice). Η καλλιέργεια της *O. Sativa* L. είναι πιο διαδεδομένη

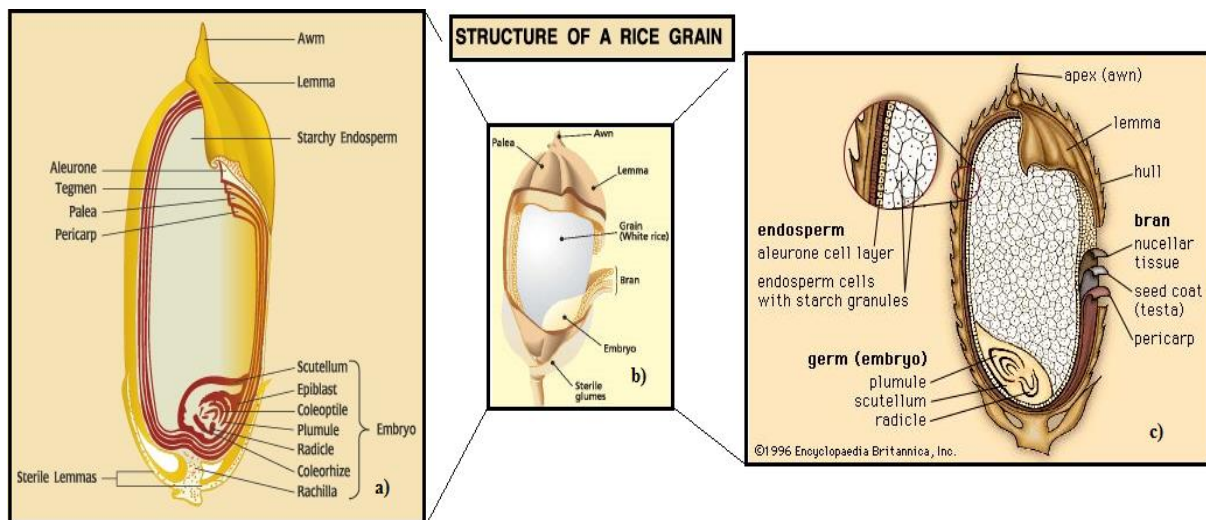
από αυτή της *O. glaberrima*. Πράγματι καλλιεργείται σε παγκόσμια κλίμακα (Ασία, Βόρεια και Νότια Αμερική, Ευρωπαϊκή Ένωση, Μέση Ανατολή και αφρικανικές χώρες), ενώ την *O. glaberrima* τη συναντάμε μόνο σε μικρές εκτάσεις της Δ. Αφρικής και για αυτό είναι γνωστή ως Αφρικανικό ρύζι (Vaughan, J. G. and Geissler, C. A., 1998).

Η *O. Sativa L.* περιέχει δύο κύρια υποείδη (οικότυπους) τα οποία παρουσιάζουν μεγάλη παραλλακτικότητα μεταξύ τους και δικαιολογούν την ευρεία διάδοση και προσαρμοστικότητα του ρυζιού (Vaughan, D.A., Morishima, H. and Kadowaki, K., 2003):

- a. Τη ποικιλία *japonica* ή *sinica* με τους κολλώδης μικρόσπερμους κόκκους. Είναι ιθαγενής των εύκρατων και υποτροπικών περιοχών της Ασίας και συνήθως καλλιεργείται σε ξηρά υψομετρικά χωράφια.
- b. Τη ποικιλία *indica* με τους σπυρωτούς (μη κολλώδης) μακρόσπερμους κόκκους, ιθαγενής των υγρών και υποτροπικών περιοχών της Ασίας. Η καλλιέργειά της γίνεται σε πεδινά κατακλυζόμενα χωράφια.

Με βάση αρχικά τα μορφολογικά χαρακτηριστικά και στη συνέχεια με τη βοήθεια τεχνικών μοριακής τυποποίησης, αναγνωρίστηκε και μία τρίτη ποικιλία που ονομάστηκε *javanica*, με ευρύς κόκκους, η οποία ευδοκίμει υπό τροπικές συνθήκες και είναι ιθαγενής ορισμένων περιοχών της Ινδονησίας. Τώρα η ποικιλία αυτή είναι γνωστή ως *tropical japonica* και μαζί με τη *temperate japonica* και την *aromatic*, συνιστούν την ποικιλία *japonica* (Garris, A.J., et al., 2004).

Ανατομία και γημική σύνθεση του σπόρου της ορύζης



Εικόνα 26. Ανατομία του σπόρου του ρυζιού. Πηγές: a) Christensen, P., (2013); b) International Rice Research Institute, IRRI, (2006). Lesson 3: Breeding for grain quality. In, Module 3: Breeding program management. c) www.britannica.com (Encyclopedia Britannica, Inc)

Ο σπόρος του ρυζιού (όπως όλων των σιτηρών) αποτελείται από ένα εξωτερικό προστατευτικό κάλυμμα, το φλοιό, ο οποίος περικλείει μία κοκκώδη καρύωση (*caryopsis*, αποφλοιωμένος σπόρος), με μήκος, διατομή και βάρος κόκκου (με 0% περιεκτικότητα σε υγρασία), που ποικίλλει ευρέως μεταξύ των ποικιλιών (*Juliano, B.O. and Bechtel, D.B., 1985*). Πράγματι ένας κόκκος ρυζιού μπορεί να έχει μήκος 5-12 mm, διατομή 2-3 mm και να ζυγίζει περίπου 12-44 mg. Το αναποφλοιωτο ρύζι περιέχει, λιπαρά, πρωτεΐνες, ακατέργαστες και ουδέτερες φυτικές ίνες, τέφρα δηλαδή ανόργανη ύλη (μεταλλικά ιχνοστοιχεία όπως ασβέστιο, φώσφορο, σίδηρο και ψευδάργυρο), βιταμίνες B: θειαμίνη, ριβοφλαβίνη, νιασίνη κ.λ.π. και Βιταμίνες E π.χ. α-τοκοφερόλη, φυτικό οξύ και φυτοχημικές ενώσεις (π.χ. γ-ορυζανόλη), ενώ δεν έχει τις βιταμίνες A, D και C (*Bienvenido, O.J., 1993*). Η κατανομή των θρεπτικών αυτών στοιχείων διαφέρει στα διάφορα τμήματα του κόκκου (*Barber, S., 1972*). Το φυτό του ρυζιού περιέχει την υψηλότερη ποσότητα λιπαρών ενώ το πίτυρο έχει τη χαμηλότερη. Το κλάσμα του φύτρου έχει επίσης τη μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε ακατέργαστες πρωτεΐνες, ενώ η περιεκτικότητα σε ινώδεις ουσίες, μεταλλικά ιχνοστοιχεία, και φυτικό οξύ είναι πιο υψηλή στο

κλάσμα του πίτυρου. Σημαντικές ποσότητες βιταμινών συναντώνται τόσο στο φύτρο όσο και στο πίτυρο. Το ενδοσπέρμιο έχει το υψηλότερο ποσοστό υδατανθράκων, ακολουθούμενο από το πίτυρο (*Moongngarma, A., Daomukdaa, N. and Khumpika, S., 2012*).

Φλοιός

Ο φλοιός του ρυζιού συντίθεται (όπως στο σιτάρι) από δύο λέπυρα, τη λεπίδα (*palea*) και τον χιτώνα (*lemma*), τα οποία περιβάλλουν την καρύωση ακόμα και μετά τον αλωνισμό, χωρίς όμως η τελευταία να είναι προσκολλημένη σε αυτές τις δομές, όπως συμβαίνει στο κριθάρι και στη βρώμη, (ενδεδυμένα σιτηρά, στα οποία τα εσωτερικά λέπυρα εξακολουθούν να μένουν ενωμένα σφιχτά με το σπόρο και μετά τον αλωνισμό), αλλά να βρίσκεται ελεύθερη στον μεταξύ τους χώρο. Ο χιτώνας είναι μεγαλύτερος από τη λεπίδα, καλύπτει περίπου τα δύο τρίτα της επιφάνειας του ώριμου σπόρου και τα άκρα του περικλείουν αυτά της λεπίδας έτσι ώστε ο φλοιός να κλείνει ερμητικά. Εξαιτίας αυτής της διαφοράς μεγέθους μεταξύ των δύο αυτών λεπύρων, η καρύωση του ρυζιού είναι περισσότερο οξυκατάληκτη από εκείνη του σίτου (η άκρη του δημητριακού καρπού είναι πιο λοξή), ενώ τέλος η επιφάνειά της παρουσιάζει χαρακτηριστικές κορυφογραμμές που αντιστοιχούν σε εκείνες του χιτώνα και της λεπίδας. Κατά μέσο όρο το βάρος του φλοιού αποτελεί το 21% του συνολικού βάρους του κόκκου, αλλά μπορεί να ποικίλλει από 16-28%. Υπό τη μορφή αυτή το ρύζι είναι γνωστό με τη διεθνή ονομασία *paddy* (ή *rough rice*, σκληρό ρύζι). Ο φλοιός στα ρύζια του τύπου *indica* αποτελείται από τη λεπίδα (*palea*), το χιτώνα (*lemma*), τα στείρα έλυτρα (*sterile lemmas or glumes*), τη ραχίλλα (*rachilla*) και από τον αθέρα ή άγανο (*awn*), όποτε υπάρχει. Ωστόσο στα ρύζια τύπου *japonica*, τα οποία είναι ανθεκτικά στο θρυμματισμό, ο φλοιός περιλαμβάνει συνήθως υποτυπώδη βράκτια και ίσως και ένα τμήμα του ποδίσκου (*Yoshida, S., 1981*).



Εικόνα 27. Ρύζι paddy. Πηγές: Harshini Trader (Tiruvannamalai). Photo: Paddy Rice. In, Indiamart: Paddy Rice in Chennai; McLellan, C. (Museum Victoria); Riceland, Images: ‘Outside of a Rice Grain’ & ‘Inside of a Rice Grain’.

Πίτυρο

Ο αποφλοιωμένος σπόρος του ρυζιού είναι γνωστός με το όνομα καστανό ρύζι (brown rice), διεθνώς cargo και αποτελείται από το εξωτερικό περικάλυμμα, το αμυλώδες ενδοσπέρμιο και το έμβρυο. Το περικάλυμμα του καστανού κόκκου του ρυζιού, αποτελεί το ινώδες τοίχωμα της ώριμης αυτής ωοθήκης, το οποίο ποικίλλει σε πάχος και μαζί με το έμβρυο αποτελούν το κλάσμα εκείνο της άλεσης που ονομάζεται πίτυρο. Περικλείει και είναι συμπυκνόμενο με το εσωτερικό μέρος του δημητριακού σπόρου, δηλαδή το ενδοσπέρμιο και το έμβρυο και σχηματίζεται από διάφορες λεπτές στοιβάδες βοτανικά διαφοροποιημένων ιστών: το περικάρπιο στο οποίο περιορίζονται οι χρωστικές ουσίες (καφέ χρώμα), τη καλύπτρα ή περίβλημα του σπόρου ή επισπέρμιο (‘tegumentum’ ή ‘seed coat’ συχνά παρερμηνευμένο ως testa) και το νούκελο (nucellus) (Chang, T.T., Bardenas E.A. and Del Rosario A. C., 1965). Η κατανομή του βάρους στο καστανό ρύζι είναι το περικάρπιο 1-2 %, η αλευρόνη μαζί με το νούκελο και τη καλύπτρα 4-6%, το φυτόρο 1%, το ασπίδιο 2 % και το ενδοσπέρμιο 90-91 % (Juliano, B.O., 1972).

Βιταμίνες, φυτοχημικές ενώσεις και μεταλλικά ιχνοστοιχεία πίτυρου

Στα στρώματα αυτά του πίτυρου είναι συγκεντρωμένες οι βιταμίνες του συμπλέγματος Β, καθώς και η βιταμίνη Ε (α-τοκοφερόλη) και τα μεταλλικά ιχνοστοιχεία (τέφρα). Συγκεκριμένα το 50% της ολικής θειαμίνης (B1) βρίσκεται στο ασπίδιο που περιβάλλει το έμβρυο και το 80-85% της νιασίνης (B3) στο περικάρπιο και στη στιβάδα της αλευρόνης (Hinton, J.J.C. and Shaw, B., 1954). Στο πίτυρο εντοπίζεται και ένα σημαντικό ποσοστό του φωσφόρου, το 90 % περίπου του οποίου βρίσκεται με τη μορφή του φυτικού φωσφόρου (δεσμευμένο από το φυτικό οξύ) και τα κυριότερα άλατα αυτού είναι με το κάλιο (K^+) και το μαγνήσιο (Mg^+) (Bienvenido, O.J., 1993). Το πίτυρο της ορύζης θεωρείται επίσης καλή πηγή βιοενεργών φυτοχημικών ενώσεων με ισχυρές αντιοξειδωτικές ιδιότητες, όπως οι τοκοφερόλες, οι τοκοτριενόλες, το φυτικό οξύ και η γ-ορυζανόλη (Moongngarma, A., Daomukdaa, N. and Khumpika, S., 2012).

Διαιτητικές ίνες πίτυρου

Όπως και στο σιτάρι, έτσι και στη περίπτωση του ρυζιού το μεγαλύτερο μέρος των ακατέργαστων διαιτητικών ινών του δημητριακού κόκκου, εντοπίζονται στο παραγόμενο πίτυρο, οι οποίες αποτελούνται σε μεγάλο βαθμό από μη κυτταρινικούς πολυσακχαρίτες (24%), κυτταρίνη (10,3%) και λιγνίνη (10,7%) (Sera, N., et al., 2005). Οι αραβινοξυλάνες, μαζί με κάποια ποσότητα από τις β-D-γλυκάνες, είναι τα κύρια συστατικά των διαλυτών διαιτητικών ινών (SDF) που υπάρχουν στο ρύζι, με τις οποίες μπορεί να είναι παρούσες και ραμνόζη, ξυλόζη, μαννόζη, γαλακτόζη και γλυκόζη (Rao, R.S.P. and Muralikrishna, G., 2004). Η κυτταρίνη, οι ημικυτταρίνες και οι μη διαλυτές β-γλυκάνες και αραβινοξυλάνες συνθέτουν τις αδιάλυτες διαιτητικές ίνες του ρυζιού (IDF) (Lai, V.M.F, et al., 2007). Ωστόσο, η περιεχόμενη ποσότητα αυτών των μη αμυλούχων πολυσακχαριτών στο σπόρο της ορύζης εξαρτάται από τη ποικιλία του ρυζιού, το βαθμό άλεσης, και τη διαλυτότητά τους στο νερό, (η οποία με τη σειρά

της εξαρτάται κυρίως από τη ποικιλία του ρυζιού και όχι από το βαθμό άλεσής του) (Binosh, F., 2013).

Rice fraction	Available carbohydrates (g)	Crude fiber (g)	Neutral detergent fiber, NDF (g)
Rough rice	64-73	7,2-10,4	16,4-19.2
Brown rice	73-87	0,6-1,0	2.9-3.9
Milled rice	77-89	0,2-0,5	0.7-2.3
Rice bran	34-62	7,0-11,4	24-29
Rice hull	22-34	34,5-45,9	66-74

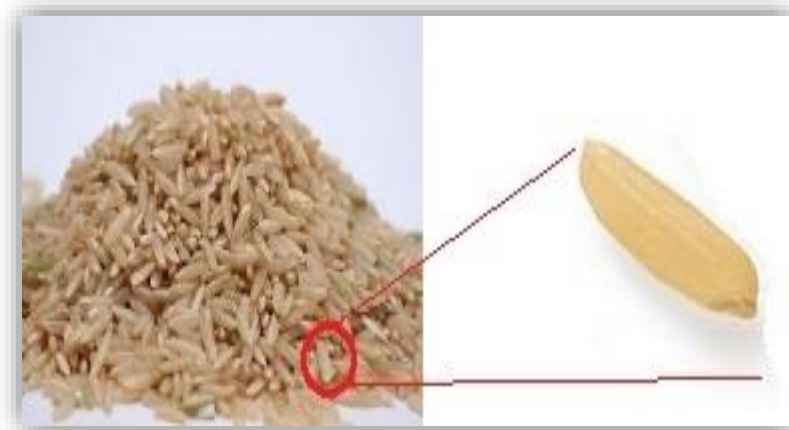
Πίνακας 18. Ποσότητα των συνολικών υδατανθράκων, των ακατέργαστων διαιτητικών ινών και των NDF, στα διάφορα τμήματα του κόκκου της ορύζης. Πηγή: Binosh, F., (2013).

Πρωτεΐνες πίτυρου

Τα κύτταρα της αλευρόνης και του εμβρύου (φύτρου) είναι πλούσια και σε πρωτεϊνικά σώματα, που περιέχουν σφαιροειδή (globoids) ή σώματα φυτικού οξέος, και σώματα λιπιδίων (Tanaka, K., et al., 1973; Tanaka, K., Ogawa, M. and Kasai, Z., 1977). Οι πρωτεΐνες του πίτυρου του ρυζιού (διακριτά πρωτεϊνικά σώματα με σφαιροειδή, στο στρώμα της αλευρόνης και στο φύτρο) είναι διαφορετικές από τα πρωτεϊνικά σώματα του ενδοσπερμίου και συγκεκριμένα είναι πλουσιότερες σε αλβουμίνη. Τα πρωτεϊνικά σώματα της αλευρόνης περιέχουν 66 % αλβουμίνη, 7 % γλοβουλίνη, 27 % προλαμίνη και γλουτελίνη (Tanaka, K., et al., 1973), ενώ στα πρωτεϊνικά σώματα του εμβρύου η αλβουμίνη φτάνει το 98 % (Ogawa, M., Tanaka, K. and Kasai, Z., 1977).

Λιπίδια πίτυρου

Τα λιπίδια του κλάσματος αυτού (20 %, επί ξηράς βάσης), βρίσκονται κυρίως με τη μορφή λιπιδιακών σωμάτων ή σφαιροσωμάτων στο στρώμα της αλευρόνης και του πίτυρου και τα κύρια λιπαρά οξέα τους είναι το λινελαϊκό, το ελαϊκό και το παλμιτικό οξύ (Hemavathy, J. and Prabhakar, J.V., 1987; Taira, H., Nakagahra, M. and Nagamine, T., 1988).



Εικόνα 28. Καστανό ρύζι. Πηγή: Now24 - ότι συμβαίνει τώρα, (2014). Photo: 'Brown Rice'; Τροποποιήθηκε από, LighterLiving, (Nutrition – Article Archives), (2010). Photo: 'Brown Rice Kernels'.

Έμβρυο

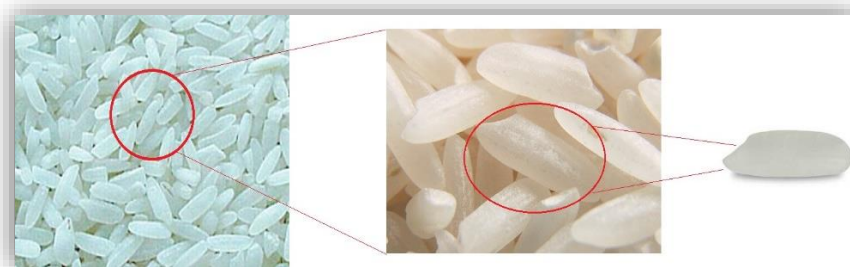
Το έμβρυο βρίσκεται στη κοιλιακή πλευρά του σταχυδίου δίπλα στη λεπίδα και αποτελείται από το βλαστίδιο δηλαδή τα εμβρυϊκά φύλλα με το κολεόπτιλο που τα περιβάλλει, από το ριζίδιο με τη κολεόρριζα που το περιβάλλει και από το υποτυπώδες υποκοτύλιο ή μεσοκοτύλιο στο οποίο βρίσκονται οι καταβολές των δευτερογενών εμβρυακών ριζών. Το βλαστίδιο με το κολεόπτιλο και το ριζίδιο με τη κολεόρριζα αποτελούν τον εμβρυϊκό άξονα, ο οποίος οριοθετείται στην εσωτερική του πλευρά από το ασπίδιο-κοτυληδόνα (scutellum) το οποίο με τη σειρά του βρίσκεται δίπλα στο ενδοσπέρμιο. Το κολεόπτιλο είναι περιστοιχισμένο από το ασπίδιο και το επιβλάστιο, δηλαδή το αγγειακό ίχνος που είναι συμπτυγμένο με τα πλευρικά τμήματα του ασπιδίου. Το 'hilum' (ουλή) είναι μία τελεία πλησίον του εμβρύου που σηματοδοτεί το σημείο προσάρτησης της καρύωσης στη λεπίδα. Μία άλλη ουλή στην άκρη της καρύωσης σηματοδοτεί τη βάση του στύλου. Κατά την αποπιτύρωση των σπόρων το έμβρυο απομακρύνεται ή καταστρέφεται (Δαλιάνης, Κ., 1983; Yoshida, S., 1981; Chang, T.T., Bardenas E.A. and Del Rosario A. C., 1965).

Βιταμίνες και λιπίδια εμβρύου (φύτρου)

Στο έμβρυο εντοπίζεται το 95% των ολικών τοκοφερολών και περίπου το 1/3 του περιεχομένου σε έλαιο του κόκκου του ρυζιού. Το 1/3 των τοκοφερολών αυτών είναι α-τοκοφερόλες, αν και συναντώνται και γ-τοκοφερόλες (*Gopala Krishna, A.G., Prabhakar, J.V. and Sen, D.P., 1984*). Τα απαραίτητα λιπαρά οξέα στο έλαιο του ρυζιού είναι περίπου 29-42 % λινολεϊκό οξύ και 0,8-1,0 % λινολενικό οξύ (*Jaiswal, P.K., 1983*).

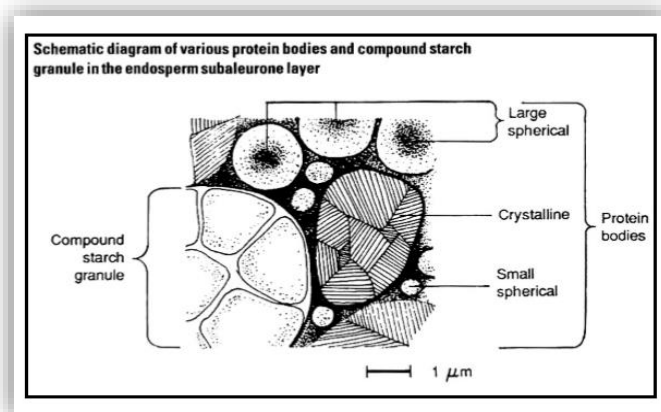
Ενδοσπέρμιο

Το υπόλοιπο μέρος της καρύουσης καταλαμβάνεται από το ενδοσπέρμιο (αλεσμένο ρύζι) που παρέχει θρέψη στο υπό βλάστηση έμβρυο-φύτρο. Το ενδοσπέρμιο όπως προαναφέρθηκε και στο σιτάρι (αλλά και σε όλα τα σιτηρά), αποτελεί το μεγαλύτερο μέρος του δημητριακού αυτού σπόρου, είναι σχετικά σκληρό και το χρώμα του στις καλλιεργούμενες ποικιλίες είναι συνήθως λευκό ή ελαφρώς κιτρινοκάστανο (*Δαλιάνης, Κ., 1983*). Περικλείεται από το στρώμα της αλευρόνης που βρίσκεται ακριβώς κάτω από το στρώμα της καλύπτρας ή ‘tegumentum’ και μπορεί να περιέχει από ένα έως πέντε κυτταρικά στρώματα. Είναι παχύτερο στις μικρόκοκκες ποικιλίες από ό,τι στις μακρόκοκκες και στη ραχιαία πλευρά των κόκκων από ό,τι στη κοιλιακή (*Del Rosario, A.R., Briones, V.P., Vidal, A.J. and Juliano, B.O., 1968*).



Εικόνα 29. Λευκό αμυλώδες ενδοσπέρμιο από άγριο πακιστανικό ρύζι. Πηγές: www.verianet.gr/post/19429-ryzi-typoi-kai-eidi-ryzion,-tropoi-mageirematos. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 28/6/2017. ‘faghta-giagias.blogspot.com’, (2014). Ρύζι - τύποι και είδη ρυζιών, τρόποι μαγειρέματος.; Loan, H. (2014); Riceland, Image: ‘Long Grain’.

Το λευκό αμυλούχο ενδοσπέρμιο σχηματίζεται από το στρώμα της υπο-αλευρόνης και από το εσωτερικό ενδοσπέρμιο και αποτελείται κατά βάση από αμυλόκοκκους (90 % άμυλο) ενσωματωμένους σε μία πρωτεϊνούχο μήτρα. Σε αυτό συναντώνται επίσης σε μικρότερο ποσοστό σάκχαρα, λίπη, ακατέργαστες ίνες και ανόργανη ύλη. Τα κύτταρα του ενδοσπερμίου έχουν λεπτά τοιχώματα και είναι γεμάτα με αμυλοπλάστες που περιέχουν τους προαναφερθέντες αμυλόκοκκους. Οι δύο πιο εξωτερικές στοιβάδες κυττάρων του ενδοσπερμίου (δηλαδή το στρώμα της υπο-αλευρόνης) είναι πλούσιες σε πρωτεΐνες και λιπίδια και έχουν μικρότερους αμυλοπλάστες και αμυλόκοκκους από το εσωτερικό ενδοσπέρμιο. Οι κόκκοι αμύλου είναι πολύεδρα, με μέγεθος που κυμαίνεται από 3 έως 9 μm, των οποίων η κατανομή είναι μονότροπη (Bienvenido, O.J., 1993).



Εικόνα 30. Διάγραμμα των διαφόρων πρωτεϊνικών σωμάτων και των κόκκων αμύλου στο στρώμα της υποαλευρόνης του ενδοσπερμίου της ορύζης Πηγή: Coffman, W.R. and Juliano, B.O. (1987).

Αμυλώδης και μη-αμυλώδης, πολυσακχαρίτες του ενδοσπερμίου

Το άμυλο του ενδοσπερμίου όπως όλων των σιτηρών αποτελείται από δύο είδη πολυμερών την αμυλοπηκτίνη, κατά κύριο λόγο και την αμυλόζη. Η αμυλοπηκτίνη του ρυζιού έχει βαθμό πολυμερισμού DP από 5000-15000 μονάδες γλυκόζης και μπορεί να περιέχει 220-700 αλυσίδες/μόριο, το μήκος των οποίων κυμαίνεται από 19-22 μονάδες γλυκόζης. Η αμυλόζη του ρυζιού, μπορεί να διαθέτει από δύο έως τέσσερις αλυσίδες με μέσο βαθμό πολυμερισμού

(DP) από 900-1100 μονάδες γλυκόζης, είναι ένα μίγμα από διακλαδισμένα και γραμμικά μόρια με DP από 1100-1700 και 700-900, αντίστοιχα. Το διακλαδισμένο κλάσμα αποτελεί το 25-50% κατ' αριθμό και 30-60% κατά βάρος της αμυλόζης (*Hizukuri, S., et al., 1989*).

Όσον αφορά το περιεχόμενο σε μη αμυλώδης πολυσακχαρίτες (υδατοδιαλυτοί πολυσακχαρίτες και αδιάλυτες διαιτητικές ίνες) το ενδοσπέρμιο χαρακτηρίζεται από ένα χαμηλότερο περιεχόμενο διαιτητικών ινών από το υπόλοιπο καστανό ρύζι (*Shibuya, N., 1989*), με το ποσοστό των ουδέτερων ινών (NDF) σε αυτό να κυμαίνεται μεταξύ 0,7-2,3 % (*Juliano, B.O. ed., 1985b*). Επιπλέον, το ενδοσπέρμιο ή το αλεσμένο ρύζι έχει χαμηλή περιεκτικότητα σε λιγνίνη, αλλά υψηλή σε πηκτικές ουσίες ή πηκτίνη. Τέλος η πηκτίνη του ενδοσπερμίου έχει υψηλότερη περιεκτικότητα σε ουρονικό οξύ, αλλά η αναλογία αραβινόζης προς ξυλόζη τόσο αυτής όσο και της ημικυτταρίνης του ενδοσπερμίου είναι χαμηλότερη από τους άλλους ιστούς του ρυζόκοκκου (*Shibuya, N., 1989*).

Πρωτεΐνες του ενδοσπερμίου

Το 0,7 % της αμυλόζης των αμυλόκοκκων του ρυζιού συνδέεται με πρωτεΐνη, που είναι κυρίως η πρωτεΐνη του κηρώδους γονιδίου ή η δεσμευμένη στους κόκκους αμυλούχος συνθετάση, με μία μοριακή μάζα περίπου 60 kilodaltons (kd) (*Villareal, C.P. and Juliano, B.O., 1989b*). Οι πρωτεΐνες του ρυζιού βρίσκονται κατά κύριο λόγο με τη μορφή μικρών και μεγάλων σφαιρικών σωμάτων (PB-I), μεγέθους 0,5-4 μm και κρυσταλλικών πρωτεϊνικών σωμάτων (PB-II). Τα μεγάλα μεγέθους και τα κρυσταλλικά πρωτεϊνικά σώματα είναι διανεμημένα σε όλο το ενδοσπέρμιο, ενώ τα μικρά εντοπίζονται στο στρώμα της υπο-αλευρόνης (*Del Rosario, A.R., et al., 1968; Bechtel, D.B. and Pomeranz, Y., 1978*). Αυτές οι πρωτεΐνες περιέχουν 15% αλβουμίνη και γλοβουλίνη, 5-8% προλαμίνη και το υπόλοιπο είναι γλουτελίνη (*Juliano, B.O. ed., 1985b*). Τα κρυσταλλικά πρωτεϊνικά σώματα (PB-II), είναι πλούσια σε γλουτελίνη και τα μεγάλα σφαιρικά πρωτεϊνικά σώματα (PB-I), σε προλαμίνη. Οι πρωτεΐνες αποθήκευσης του

ενδοσπερμίου αποτελούνται από 60-65% πρωτεΐνες PB-II, 20-25% πρωτεΐνες PB-I και 10-15% αλβουμίνες και γλοβουλίνες στο κυτταρόπλασμα.

Η γλουτελίνη του ρυζιού αποτελείται από τρεις όξινες ή α υπομονάδες 30-39 kd και δύο βασικές ή β υπομονάδες 19-25 kd (Kagawa, H., Hirano, H. and Kikuchi, F., 1988). Η προλαμίνη αποτελείται κυρίως (90 %) από την υπομονάδα των 13-kd μαζί με δύο μικρότερες υπομονάδες των 10 και 16 kd (Hibino, K., et al., 1989). Το περιεχόμενο σε απαραίτητα αμινοξέα των υπομονάδων της γλουτελίνης και της προλαμίνης υπέδειξε τη λυσίνη ως το περιοριστικό αμινοξύ σε αυτά τα πολυπεπίδια, εκτός από το κλάσμα IEF3 της υπομονάδας των 13-kd της προλαμίνης, η οποία έχει 5,5 % λυσίνη και είναι περιοριστική σε μεθειονίνη και κυστεΐνη. Έτσι, η γλουτελίνη έχει καλύτερο περιεχόμενο αμινοξέων από την προλαμίνη, με εξαίρεση την υπομονάδα των 16-kd της προλαμίνης. Η υπομονάδα της προλαμίνης των 10-kd έχει υψηλό περιεχόμενο κυστεΐνης (6,8 %) (Bienvenido, O.J., 1993).

<u>Amino acid</u>	<u>Glutelin subunits^a</u>		<u>Prolamin subunits</u>		
	<u>30-39 kd (acidic)</u>	<u>19-25 kd (basic)</u>	<u>13 kd</u>	<u>10 kd</u>	<u>16 kd</u>
<u>Histidine</u>	2.2-2.5	2.6-2.7	2.0-2.4	1.7	4.2
<u>Isoleucine</u>	3.2-3.3	4.1-4.9	3.8-5.4	1.6	3.6
<u>Leucine</u>	6.4-7.5	7.0-8.5	17.9-26.4	4.7	8.1
<u>Lysine</u>	2.2-3.0	3.0-4.1	0.4-5.5	1.0	3.3
<u>Methionine + cystine^b</u>	0.2-1.9	0.1-2.4	0.7-1.2	22.5	5.3
<u>Phenylalanine + tyrosine</u>	10.0-10.5	10.1-10.8	12.7-21.6	4.3	7.6
<u>Threonine</u>	2.8-3.7	2.5-3.7	1.8-2.8	6.8	2.7
<u>Valine</u>	5.1-5.7	5.7-7.0	2.7-3.9	4.4	3.9
<u>Amino acid score^c(%)</u>	38-52	52-71	7-8 ^d	18	57

^a S-cyanoethyl υπομονάδες γλουτελίνης. Μονάδες κυστεΐνης.

^b Μόνο το κλάσμα της IEF3 των υπομονάδων των 13-kd, 10-kd και 16-kd της προλαμίνης είχε κυστεΐνη. Όλες οι γλουτελίνες το είχαν υποκαταστήσει.

^c Βασισμένο σε 5.8% λυσίνη ως το 100% (WHO, 1985).

^d Εναλλακτικές τιμές είναι 34% βασισμένο σε 2.5% μεθειονίνη + κυστεΐνη, ως το 100% (WHO, 1985).

Πίνακας 19. Αμινόγραμμα των όξινων και βασικών υπομονάδων της γλουτελίνης του ρυζιού και των μεγάλων και μικρών υπομονάδων της προλαμίνης.

Λιπίδια του ενδοσπερμίου

Στο ενδοσπέρμιο (γυαλισμένο ρύζι) εντοπίζονται και 1,5-1,7 % λιπίδια, το μεγαλύτερο μέρος των οποίων είναι μη αμυλούχα και εκχυλίζονται με αιθέρα, χλωροφόρμιο-μεθανόλη και κρύο νερό κορεσμένο σε βουτανόλη (Juliano, B.O. and Goddard, M.S., 1986; Tanaka, Y., et al., 1978). Τα πρωτεϊνικά σώματα, ιδιαίτερα του πυρήνα του ενδοσπερμίου, είναι πλούσια σε αυτά (Choudhury, N.H. and Juliano, B.O., 1980; Tanaka, Y., et al., 1978). Το κηρώδες αλεσμένο ρύζι (ενδοσπέρμιο) έχει περισσότερα μη αμυλούχα λιπίδια από τις μη-κηρώδης ποικιλίες. Τα λιπίδια του αμύλου είναι κυρίως μονοάκυλ λιπίδια (λιπαρά οξέα και λυσοφωσφατίδια) συμπλεγμένα με αμυλόζη (Choudhury, N.H. and Juliano, B.O., 1980). Η περιεκτικότητα σε αμυλολιπίδια είναι χαμηλότερη στους κηρώδης κόκκους αμύλου (0,2 %) και υψηλότερη στα ρύζια με ενδιάμεσο περιεχόμενο σε αμυλόζη (1.0 %), ενώ μπορεί να είναι ελαφρώς χαμηλότερη σε ρύζια υψηλής αμυλόζης (Choudhury, N.H. and Juliano, B.O., 1980; Juliano, B.O. and Goddard, M.S., 1986). Ωστόσο, αυτά συμβάλουν ελάχιστα στο ενεργειακό περιεχόμενο του κόκκου του ρυζιού. Τα κύρια λιπαρά οξέα των λιπιδίων του αμύλου είναι το παλμιτικό και το λινελαϊκό οξύ, με μικρότερες ποσότητες ελαϊκού οξέος (Choudhury, N.H. and Juliano, B.O., 1980).

Πτητικές ενώσεις του ενδοσπερμίου

Το μαγειρεμένο ρύζι (αλεσμένο ρύζι, ενδοσπέρμιο) έχει και πτητικές ενώσεις όπως, η αμμωνία, το υδρόθειο και η ακεταλδεΐδη, που του δίνουν το χαρακτηριστικό άρωμά του (Obata, Y. and Tanaka, H., 1965). Ειδικά οι αρωματικές ποικιλίες ρυζιών απελευθερώνουν κατά το μαγείρεμα, ως μείζον αρωματικό στοιχείο τη 2-ακετυλο-1-πυρρολίνη (Buttery, R.G., et al., 1983). Τέλος οι πτητικές ενώσεις της τάγγισης των λιπών της ορύζης είναι αλδεΐδες και κυρίως εξανάλη και κετόνες.

Πίνακες χημικής σύνθεσης

‘paddy’, καστανό ρύζι (‘cargo’), αλεσμένο ρύζι (ενδοσπέρμιο)

Paddy (rough rice)-Rice in human nutrition. The International Rice Research Institute & Food and Agriculture Organization of the United Nations (1993).		
Main analysis	Unit	Value range
Crude protein	g N x 5.95	5.8-7.7
Crude fat	g	1.5-2.3
Crude fibre	g	7.2-10.4
Crude ash	g	2.9-5.2
Available carbohydrates	g	64-73
NDF	g	16.4-19.2
Energy content	KJ	1580
	kcal	378
Density	g/ml	1.17-1.23
Bulk density	g/ml	0.56-0.64
Vitamins	Unit	Value range
Thiamine	mg	0.26-0.33
Riboflavin	mg	0.06-0.11
Niacin	mg	2.9-5.6
a - Tocopherol	mg	0.90-2.00
Phytochemicals	Unit	Value range
Phytin P	g	10-80
Minerals	Unit	Value range
Calcium	g/kg	0.17-0.39
Phosphorus	g/kg	0.18-0.21
Iron	mg/kg	1.4-6.0
Zinc	mg/kg	1.7-3.1
Aminoacids	Unit	Value range
Histidine	% protein	1.5-2.8
Isoleucine	% protein	3.0-4.8
Leucine	% protein	6.9-8.8
Lysine + cysteine	% protein	3.2-4.7
Methionine + tyrosine	% protein	4.5-6.2
Phenylalanine	% protein	9.3-10.8
Threonine	% protein	3.0-4.5
Tryptophan	% protein	1.2-2.0
Valine	% protein	4.6-7.0
Amino acid score ^a	% protein	55-81

^a : Βασισμένο σε 5.8 g λυσίνης ανά 16 g N, ως το 100% (V/HO, 1985)

Πίνακας 20α. Χημική σύσταση του paddy (rough rice) Πηγή: Bienvenido, O.J., (1993).

**Paddy (rough rice)-Feedipedia - Animal Feed Resources Information System - INRA
CIRAD AFZ and FAO © 2012-2016**



Main analysis	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
Dry matter	% as fed	91.9	2.0	88.1	95.4	35	
Crude protein	% DM	3.7	1.4	1.9	6.7	35	
Crude fibre	% DM	42.6	6.8	28.1	56.8	35	
NDF	% DM	67.8	11.7	46.0	79.2	17	
ADF	% DM	51.7	11.0	31.6	72.0	17	
Lignin	% DM	14.2	3.7	6.1	19.2	15	
Ether extract	% DM	1.5	1.1	0.4	4.2	27	
Ash	% DM	17.5	3.1	12.9	24.1	37	
Starch (polarimetry)	% DM	5.3	3.7	0.8	11.9	13	
Gross energy	MJ/kg DM	16.3	1.4	14.7	18.1	5	*
Minerals	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
Calcium	g/kg DM	0.9	0.4	0.3	1.7	19	
Phosphorus	g/kg DM	1.1	1.0	0.3	4.0	20	
Potassium	g/kg DM	4.0	1.7	1.7	7.3	16	
Sodium	g/kg DM	0.3	0.2	0.1	0.4	3	
Magnesium	g/kg DM	1.0	1.1	0.3	4.4	16	
Manganese	mg/kg DM	442		435	448	2	
Zinc	mg/kg DM	43				1	
Copper	mg/kg DM	2				1	
Iron	mg/kg DM	56				1	
Ruminant nutritive values	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
OM digestibility, Ruminant	%	28.9				1	
Energy digestibility, ruminants	%	22.8					*
DE ruminants	MJ/kg DM	3.7					*
ME ruminants	MJ/kg DM	3.0					*
Nitrogen digestibility, ruminants	%	7.4				1	
Rabbit nutritive values	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
Energy digestibility, rabbit	%	36.3					*
DE rabbit	MJ/kg DM	5.9				1	

Πίνακας 20β. Χημική σύσταση και διατροφική αξία του paddy (rough rice) Πηγή: Feedipedia - Animal Feed Resources Information System - INRA CIRAD AFZ and FAO

Brown rice-Rice in human nutrition. The International Rice Research Institute & Food and Agriculture Organization of the United Nations (1993).		
Main analysis	Unit	Value range
Crude protein	g N x 5.95	7.1-8.3
Crude fat	g	1.6-2.8
Crude fibre	g	0.6-1.0
Crude ash	g	1.0-1.5
Available carbohydrates	g	73-87
NDF	g	2.9-3.9
Energy content	KJ	1520-1 610
	kcal	363-385
Density	g/ml	1.31
Bulk density	g/ml	0.68
Vitamins	Unit	Value range
Thiamine	mg	0.29-0.61
Riboflavin	mg	0.04-0.14
Niacin	mg	3.5-5.3
a - Tocopherol	mg	0.90-2.50
Phytochemicals	Unit	Value range
Phytin P	g	10-50
Minerals	Unit	Value range
Calcium	g/kg	0.17-0.43
Phosphorus	g/kg	0.13-0.27
Iron	mg/kg	0.2-5.2
Zinc	mg/kg	0.6-2.8
Aminoacids	Unit	Value range
Histidine	% protein	2.3-2.5
Isoleucine	% protein	3.4-4.4
Leucine	% protein	7.9-8.5
Lysine + cysteine	% protein	3.7-4.1
Methionine + tyrosine	% protein	4.4-4.6
Phenylalanine	% protein	8.6-9.3
Threonine	% protein	3.7-3.8
Tryptophan	% protein	1.2-1.4
Valine	% protein	4.8-6.3
Amino acid score ^a	% protein	64-71

Πίνακας 21α. Χημική σύσταση του καστανού ρυζιού Πηγή: Bienvenido, O.J., (1993).

**Brown rice-Feedipedia - Animal Feed Resources Information System -
INRA CIRAD AFZ and FAO © 2012-2016**



Main analysis	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
Dry matter	% as fed	88.6	2.4	85.4	94.2	23	
Crude protein	% DM	10.5	2.1	7.5	14.3	61	
Crude fibre	% DM	2.0	2.7	0.3	10.5	37	
NDF	% DM	3.1	4.2	0.4	9.3	4	
ADF	% DM	1.6	1.8	0.6	4.4	4	
Lignin	% DM	2.0				1	
Ether extract	% DM	2.2	0.9	0.3	3.3	52	
Ash	% DM	1.7	1.4	0.4	7.0	38	
Starch (polarimetry)	% DM	86.9	2.2	83.2	91.6	12	
Total sugars	% DM	0.4	0.3	0.1	0.9	5	
Gross energy	MJ/kg DM	18.2	0.2	17.7	18.3	5	*
Minerals	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
Calcium	g/kg DM	0.5	0.3	0.1	0.9	11	
Phosphorus	g/kg DM	2.6	0.8	1.3	3.8	12	
Potassium	g/kg DM	3.0	0.9	1.3	3.7	8	
Sodium	g/kg DM	0.2		0.1	0.3	2	
Magnesium	g/kg DM	1.2	0.2	0.7	1.4	8	
Manganese	mg/kg DM	60	44	29	110	3	
Zinc	mg/kg DM	22	4	18	26	3	
Copper	mg/kg DM	8		5	10	2	
Amino acids	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
Alanine	% protein	5.6	0.3	5.2	6.1	17	
Arginine	% protein	7.8	0.8	5.8	8.5	18	
Aspartic acid	% protein	8.8	0.6	8.1	10.1	17	
Cystine	% protein	1.6	0.6	0.9	2.4	17	
Glutamic acid	% protein	17.3	1.6	15.1	20.8	17	
Glycine	% protein	4.5	0.3	4.1	5.0	18	
Histidine	% protein	2.2	0.1	2.0	2.4	18	
Isoleucine	% protein	4.4	0.7	3.8	6.1	18	
Leucine	% protein	7.7	0.4	6.9	8.1	18	
Lysine	% protein	3.6	0.2	3.2	4.1	22	
Methionine	% protein	2.4	0.3	2.1	3.0	18	
Phenylalanine	% protein	5.0	0.3	4.4	5.5	18	
Proline	% protein	4.5	0.3	4.0	5.4	17	
Serine	% protein	4.9	0.4	4.1	5.4	17	
Threonine	% protein	3.5	0.3	2.9	4.2	18	
Tryptophan	% protein	1.9	0.9	1.2	4.0	15	
Tyrosine	% protein	4.4	0.7	3.1	5.3	18	
Valine	% protein	5.7	0.3	5.1	6.2	18	
Ruminant nutritive values	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
OM digestibility, Ruminant	%	89.5					*
Energy digestibility, ruminants	%	86.6					*
DE ruminants	MJ/kg DM	15.8					*

Brown rice-Feedipedia - Animal Feed Resources Information System - INRA CIRAD AFZ and FAO © 2012-2016 ...continue							
ME ruminants	MJ/kg DM	13.3					*
Nitrogen digestibility, ruminants	%	68.5					*
Pig nutritive values	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
Energy digestibility, growing pig	%	95.5	0.6	95.5	97.0	4	*
DE growing pig	MJ/kg DM	17.4	0.2	17.1	17.5	4	*
ME _n growing pig	MJ/kg DM	17.0	0.2	16.8	17.3	4	*
NE growing pig	MJ/kg DM	13.6					*
Nitrogen digestibility, growing pig	%	87.7	3.0	82.0	89.0	4	*
Poultry nutritive values	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
AMEn cockerel	MJ/kg DM	17.1					*
AMEn broiler	MJ/kg DM	16.8					*
Rabbit nutritive values	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
Nitrogen digestibility, rabbit	%	89.0				1	

Πίνακας 21β. Χημική σύσταση και διατροφική αξία του καστανού ρυζιού Πηγή: Feedipedia - Animal Feed Resources Information System - INRA CIRAD AFZ and FAO

- **Avg**: average or predicted value; **SD**: standard deviation; **Min**: minimum value; **Max**: maximum value; **Data points + Nb**: number of values (samples) used
- Ο αστερίσκος (*) υποδεικνύει ότι η μέση τιμή υπολογίστηκε μέσω μίας εξίσωσης.
- **ADF**: (Acid Detergent Fiber) αναφέρεται στα τμήματα του κυτταρικού τοιχώματος της χορτονομής που αποτελούνται από κυτταρίνη και λιγνίνη. Η τιμή της ADF είναι σημαντική επειδή σχετίζεται με την ικανότητα ενός ζώου να χωνώνει την ζωοτροφή. Καθώς αυξάνει η ADF η πεπτικότητα της ζωοτροφής μειώνεται.
- **NDF**: (Neutral Detergent Fiber) μετράει το μεγαλύτερο μέρος του κυτταρικού τοιχώματος το οποίο αποτελείται από το κλάσμα της ADF (κυτταρίνη και λιγνίνη) μαζί με την ημικυτταρίνη, αλλά δεν περιλαμβάνει την πηκτίνη (Van Soest, P.J., Robertson, J.B. and Lewis, B.A., 1991); AOAC Official Method 2002.04). Οι τιμές της NDF είναι σημαντικές επειδή αντανάκλουν τη ποσότητα των ζωοτροφών που το ζώο μπορεί να καταναλώσει. Καθώς αυξάνει το ποσοστό της NDF, η πρόσληψη ξηρής ουσίας γενικά μειώνεται.
- **Ether extract**: Ακατέργαστες λιπαρές ουσίες, εκχυλίζονται με διαιθυλαιθέρα ή πετρελαϊκό αιθέρα, συνήθως χωρίς προκαταρκτική υδρόλυση.
- **Ash**: στάχτη που απομένει μετά την καύση και δίνει μια κατά προσέγγιση εκτίμηση του περιεχομένου των μεταλλικών στοιχείων της ύλης υπό εξέταση.
- **Nitrogen degradability (effective, k=4%)**: Η πραγματική αποικοδόμηση του αζώτου στα μηρυκαστικά, που υπολογίζεται με ένα ωριαίο ρυθμό απώλειας, του 4%. Η πραγματική αποικοδομησιμότητα υπολογίζεται ως $D = a + ((b \cdot c) / (k + c))$, όπου **a** = κλάσμα άμεσα αποικοδομήσιμο, **b** = κλάσμα δυνητικά αποικοδομήσιμο, **c** = ρυθμός αποικοδόμησης των σωματιδίων και **k** = συντελεστής του ωριαίου ρυθμού εξαφάνισης των σωματιδίων (Orskov, E.R. and McDonald, P., 1979).
- **Nitrogen degradability (effective, k=6%)**: Η πραγματική αποικοδόμηση του αζώτου στα μηρυκαστικά, που υπολογίζεται με ένα ωριαίο ρυθμό απώλειας, του 6%.
- **a (N)**: Άμεσα αποικοδομήσιμο κλάσμα (%) αζώτου (N) στο μοντέλο αποικοδόμησης της μεγάλης κοιλίας των μηρυκαστικών $y = a + b(1 - e^{-ct})$ (Orskov, E.R. and McDonald, P., 1979).
- **b (N)**: Δυνητικά αποικοδομήσιμο κλάσμα (%) αζώτου (Orskov, E.R. and McDonald, P., 1979).
- (N) στο μοντέλο αποικοδόμησης της μεγάλης κοιλίας των μηρυκαστικών $y = a + b(1 - e^{-ct})$ (Orskov, E.R. and McDonald, P., 1979).
- **c (N)**: Ωριαίος ρυθμός αποικοδόμησης των σωματιδίων (h-1) για το άζωτο στο μοντέλο αποικοδόμησης της μεγάλης κοιλίας των μηρυκαστικών $y = a + b(1 - e^{-ct})$ (Orskov, E.R. and McDonald, P., 1979).
- **OM (Organic Matter) digestibility**: Πεπτικότητα οργανικής ύλης, υπολογισμένη ως ποσοστό των εύπεπτων οργανικών υλών ως προς την οργανική ύλη της ζωοτροφής.
- **DE**: (Digestible energy) Διαφορά μεταξύ της ακαθάριστης ενέργειας στην τροφή και αυτής στα κόπρανα.
- **ME**: (Metabolizable energy) Διαφορά μεταξύ της ακαθάριστης ενέργειας στην τροφή και αυτής στα κόπρανα, τα ούρα και τα αέρια, χωρίς διόρθωση για την κατακράτηση του αζώτου.
- **Men**: (Metabolizable energy, N-corrected) Διαφορά μεταξύ της ακαθάριστης ενέργειας στην τροφή και αυτής στα κόπρανα, τα ούρα και τα αέρια, διορθωμένη για ισορροπία αζώτου 0.

- **AMen:** (Apparent metabolizable energy, nitrogen-corrected). Προφανής μεταβολίσιμη ενέργεια, διορθωμένη ως προς το άζωτο.
- **NE:** (Net energy) Διαφορά μεταξύ της ενέργειας που μπορεί να μεταβολιστεί και της ενέργειας που χάθηκε σε θερμότητα κατά τη διάρκεια της διαδικασίας του μεταβολισμού.
- **Nitrogen digestibility:** υπολογισμένη ως ποσοστό του εύπεπτου αζώτου σε σχέση με το ολικό άζωτο της τροφής.

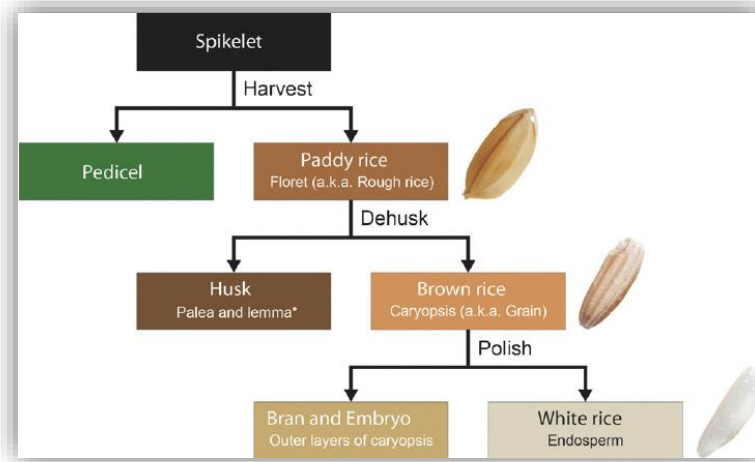
Milled rice (endosperm)-Rice in human nutrition. The International Rice Research Institute & Food and Agriculture Organization of the United Nations (1993).		
Main analysis	Unit	Value range
Crude protein	g N x 5.95	6.3-7.1
Crude fat	g	0.3-0.5
Crude fibre	g	0.2-0.5
Crude ash	g	0.3-0.8
Available carbohydrates	g	77-89
NDF	g	0.7-2.3
Energy content	KJ	1460-1 560
	kcal	349-373
Density	g/ml	1.44-1.46
Bulk density	g/ml	0.78-0.85
Vitamins	Unit	Value range
Thiamine	mg	0.02-0.11
Riboflavin	mg	0.02-0.06
Niacin	mg	1.3-2.4
a - Tocopherol	mg	75-0.30
Phytochemicals	Unit	Value range
Phytin P	g	10-30
Minerals	Unit	Value range
Calcium	g/kg	0.08-0.15
Phosphorus	g/kg	0.02-0.07
Iron	mg/kg	0.2-2.8
Zinc	mg/kg	0.6-2.3
Aminoacids	Unit	Value range
Histidine	% protein	2.2-2.6
Isoleucine	% protein	3.5-4.6
Leucine	% protein	8.0-8.2
Lysine + cysteine	% protein	3.2-4.0
Methionine + tyrosine	% protein	4.3-5.0
Phenylalanine	% protein	9.3-10.4
Threonine	% protein	3.5-3.7
Tryptophan	% protein	1.2-1.7
Valine	% protein	4.7-6.5
Amino acid score ^a	% protein	55-69

Πίνακας 22. Χημική σύσταση του αλεσμένου ρυζιού (ενδοσπερμίου) Πηγή: Bienvenido, O.J., (1993).

+ ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ III - USDA- Chemical composition reports: 20088 (wild rice), 20444 (long grain), 20446 (long grain parboiled), 20450 (medium grain), 20452 (short grain), 20054 (glutinous)

Τύποι επεξεργασμένου ρυζιού

Σύμφωνα με τη διαδικασία επεξεργασίας που υφίσταται η Α΄ ύλη, δηλαδή το paddy, το ρύζι μπορεί να διαχωριστεί σε 3 βασικούς τύπους (www.shrilalmahal.org/process.html):

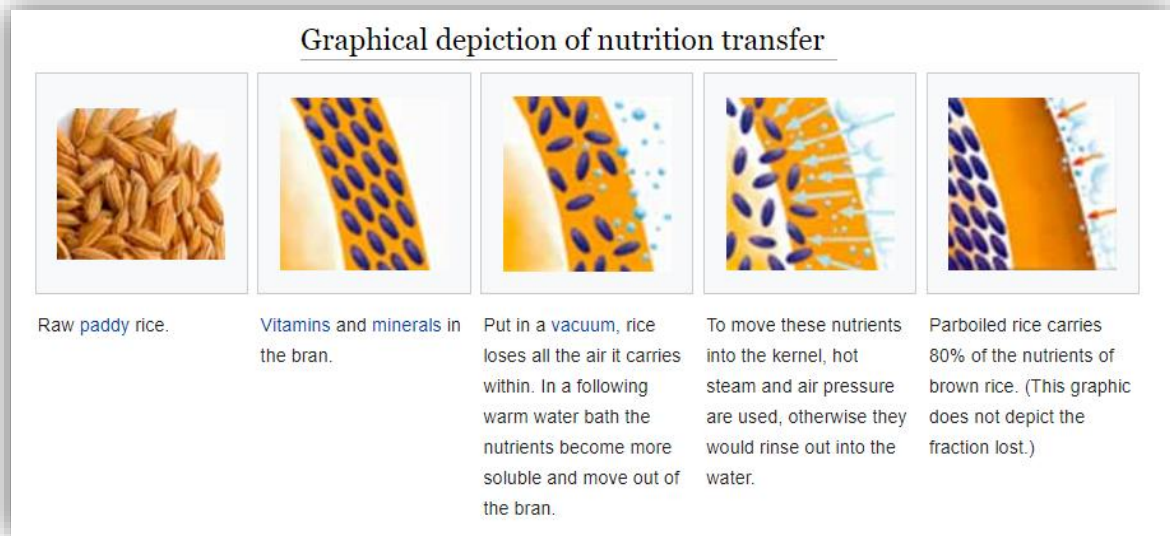


Εικόνα 31. Σχηματική αναπαράσταση της διαδικασίας της άλεσης του ρυζιού paddy.
Πηγή: www.shrilalmahal.org/process.html Sperotto, R.A., et al., (2012).

1. Το καστανό ή ακατέργαστο (brown rice), που προέρχεται από την αποφλοιώση του ρυζιού paddy κατά την οποία απομακρύνεται ο φλοιός του ρυζιού.
2. Το λευκό ρύζι που προέρχεται από την αποπιτύρωση (απομάκρυνση του πιτύρου και του εμβρύου), δηλαδή τη στίλβωση (polishing) του καστανού ρυζιού και
3. Το κίτρινο ρύζι ή ρύζι υγροθερμικής επεξεργασίας, το οποίο προέρχεται από την υγροθερμική κατεργασία («βράσιμο») του αναποφλοιώτου ρυζιού, πριν δηλαδή το τελευταίο αποφλοιωθεί και αποπιτυρωθεί.

Κατά τη διαδικασία της άλεσης του paddy (αναποφλοιώτο ρύζι) που περιλαμβάνει μεταξύ των άλλων τα στάδια της αποφλοιώσης και της αποπιτύρωσης, παρατηρείται σημαντική απώλεια των θρεπτικών στοιχείων του σπόρου όπως, λιπαρά, πρωτεΐνες, ακατέργαστες και ουδέτερες φυτικές ίνες, μεταλλικά ιχνοστοιχεία π.χ. ασβέστιο, φώσφορο, σίδηρο και

ψευδάργυρο κ.λ.π., βιταμίνες Β (π.χ. θειαμίνη, ριβοφλαβίνη, νιασίνη κ.λ.π.) και Βιταμίνες Ε (π.χ. α-τοκοφερόλη), και φυτοχημικές ενώσεις (π.χ. φυτικό οξύ, γ-ορυζανόλη), τα οποία είναι συγκεντρωμένα κατά κύριο λόγο στα εξωτερικά στρώματα του σπόρου (περικάρπιο, καλύπτρα, στρώμα της αλευρόνης) και στο έμβρυο, δηλαδή στα τμήματα που απομακρύνονται ή καταστρέφονται κατά τη διάρκειά της (Bienvenido, O.J., 1993).

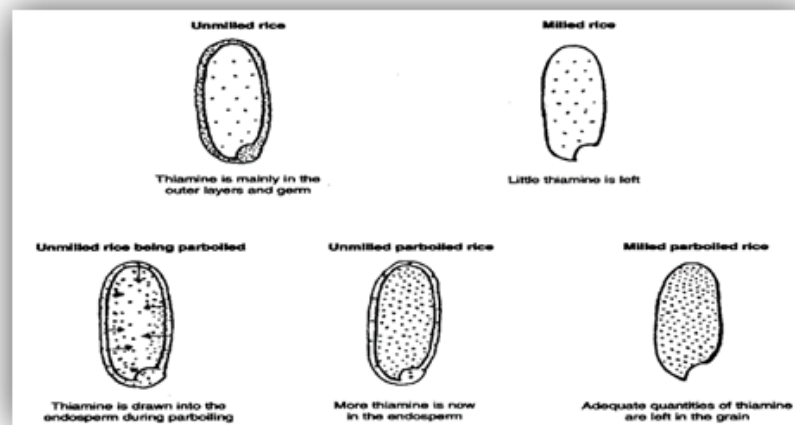


Εικόνα 32. Σχηματική αναπαράσταση της υγροθερμικής επεξεργασίας του ρυζιού paddy. Πηγή: Reis, Da mus was dran sein (www.riso.ch), (2008). Image: ‘Graphical depiction of nutrition transfer’. In, Wikipedia the free Encyclopedia: Parboiled rice. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 5/4/2017: https://en.wikipedia.org/wiki/Parboiled_rice

Η υγροθερμική επεξεργασία (par-boiling) σε γενικές γραμμές, αποτελείται από τρία βασικά βήματα, τα οποία έχουν μεγάλη επίδραση στα τελικά χαρακτηριστικά και την ποιότητα του ρυζιού parboiled (Γεοργόπουλος, Θ., *Δημητριακά και προϊόντα τους.*; Sardar Baig, Er.M.. *Study material, Course Title: Cereal Processing*):

- την ενυδάτωση: Ο εμποτισμός-διαβροχή του αναποφλοϊώτου ρυζιού (paddy) βοηθά στην ζελατινοποίηση του αμύλου (στο αναποφλοϊώτο) και γίνεται για μερικές ώρες, στη θερμοκρασία ζελατινοποίησης ή κάτω από αυτή (80°C). Όσο χαμηλότερη είναι η θερμοκρασία τόσο πιο αργή είναι η διαδικασία της εμφάπτισης και αντιστρόφως.

- την άχνιση: όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία του ατμού και όσο μεγαλύτερη είναι η διάρκεια της άχνισης, τόσο πιο σκληρό είναι το ρύζι parboiled και πιο σκούρο το χρώμα του.
- και τη ξήρανση: η ξήρανση του αναποφλοιώτου parboiled μπορεί να γίνει στη σκιά, κάτω από τον ήλιο, ή με ζεστό αέρα. Η ξήρανση υπό σκιά παίρνει περισσότερο χρόνο, αλλά έχει ως αποτέλεσμα την άριστη ποιότητα άλεσης, ενώ η ταχεία ξήρανση στον ήλιο ή με θερμό αέρα προκαλεί υψηλότερα ποσοστά θραύσης κατά τη διάρκεια της άλεσης.



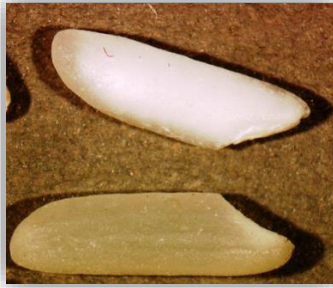
Εικόνα 33. Επιπτώσεις της διαδικασίας της άλεσης και του parboiling στο περιεχόμενο σε θιαμίνη (B1) του κόκκου του ρυζιού. Πηγή: Latham, M.C., (1997).

Η σημαντικότερη αλλαγή που πραγματοποιείται μέσω του parboiling, δηλαδή της προκαταρκτικής θέρμανσης του αναποφλοιώτου ρυζιού είναι η ζελατινοποίηση του αμύλου και η διάσπαση των σωμάτων της πρωτεΐνης στο ενδοσπέρμιο (Rao, R.S.N. and Juliano, B.O., 1970). Το άμυλο και η πρωτεΐνη επεκτείνονται και γεμίζουν τα εσωτερικά κενά αέρα. Οι σχισμές και ρωγμές στο ενδοσπέρμιο σφραγίζονται καθιστώντας τους κόκκους ημιδιαφανής και σκληρούς, με αποτέλεσμα να ελαχιστοποιείται η θραύση τους κατά τη διαδικασία της άλεσης και να αυξάνεται κατά συνέπεια η απόδοση αυτής (Gariboldi, F., 1974, (FAO); Kimura, T., et al., 1995; Ali, N. and Pandya, A.C., 1974; Islam, R., et al., 2002; Roy, P., Shimizu, N. and

Kimura, T., 2004). Το χρώμα του ρυζιού αλλάζει προς κίτρινο ή κιτρινωπό καφέ, ανάλογα με τη ποικιλία του αναποφλοιώτου, το χρόνο και τη θερμοκρασία (πίεση ατμού) εμβάπτισης, τη διάρκεια και τη θερμοκρασία ξήρανσης και πολλούς άλλους παράγοντες που υπεισέρχονται μετά τη συγκομιδή (*Sardar Baig, Er.M.. Study material, Course Title: Cereal Processing*).

Το ρύζι parboiled παίρνει περισσότερο χρόνο για να μαγειρευτεί στον ίδιο βαθμό με το ωμό ρύζι της ίδιας ποικιλίας, αλλά η απώλεια πρωτεϊνών και αμύλου από το ρύζι αυτό στο νερό μαγειρέματος είναι χαμηλή. Υδατοδιαλυτές Β-βιταμίνες και άλλα υδατοδιαλυτά θρεπτικά συστατικά (π.χ. μεταλλικά ιχνοστοιχεία) διαχέονται στο ενδοσπέρμιο και διανέμονται ομοιόμορφα μέσα σε αυτό κατά τη διαδικασία του parboiling και ως εκ τούτου η απώλεια των θρεπτικών ουσιών είναι μικρότερη στο ρύζι parboiled, ακόμη και μετά τη στίλβωση, ενώ επίσης έντονη είναι και η παρουσία της βιταμίνης Ε. Η επεξεργασία αυτή του ρυζιού, λόγω της θερμικής κατεργασίας, προκαλεί επίσης ελαφριά δεξτρινιλίωση, καταστροφή των λιπασών και καταστροφή ορισμένων φυσικών αντιοξειδωτικών, ενώ τέλος μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένη τάγγιση του ρυζιού parboiled κατά την αποθήκευση (*Sardar Baig, Er.M.. Study material, Course Title: Cereal Processing*). Τέλος, αρνητικές συνέπειες στο παραγόμενο προϊόν μπορεί να έχει και η μη ορθή εκτέλεση του προτοκόλου του parboiling (*Sarker, N.N. and Farouk, S.M., 1989; Mecham, D.K., Kester, E.D. and Pence, W.J. , 1961*):

- υπερβολική υγροθερμική κατεργασία των κόκκων έχει ως αποτέλεσμα την εκχύλιση των συστατικών έξω από το ενδοσπέρμιο και προς το φλοιό, τα οποία χάνονται με την απομάκρυνση του φλοιού και του πίτυρου κατά τη διάρκεια της άλεσης, οπότε εντείνεται το πρόβλημα της απώλειας των θρεπτικών συστατικών με την έκπλυσή τους από το ενδοσπέρμιο.
- και ελλιπής ή μη ομοιόμορφη υγροθερμική κατεργασία παράγει ρύζι parboiled με λευκές-κοιλίες (white bellies), το οποίο σπάει εύκολα κατά την άλεση, μειώνοντας έτσι την απόδοση σε ολόκληρους κόκκους ρυζιού (head rice).



Εικόνα 34. Κόκκος parboiled (κάτω) και κόκκος non-parboiled με κηρώδες εσωτερικό (πάνω).
Πηγή: Linscobe, S., (2013). Photo: ‘ Chalky rice grain above a non chalky one’.

Ποιοτικά χαρακτηριστικά των κόκκων του ρυζιού

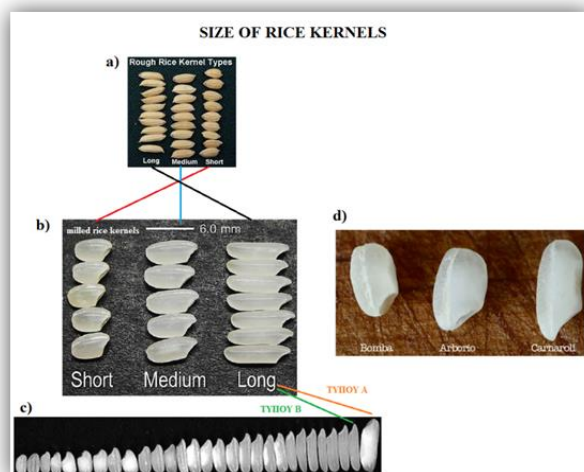
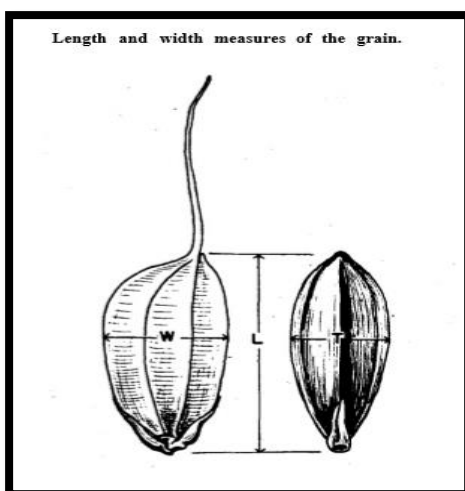
Το ρύζι καταναλώνεται ως ολόκληρος σπόρος, αποφλοιωμένος ή/και αποπιτυρωμένος, οπότε τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του αλεσμένου ενδοσπερμίου, που επηρεάζονται τόσο από παράγοντες υπό γενετικό έλεγχο όσο και από τις περιβαλλοντικές συνθήκες και τις τεχνικές επεξεργασίας, αποθήκευσης, διαχείρισης και διανομής, είναι ιδιαίτερης σημασίας για την εμπορευσιμότητα του προϊόντος. Αυτά βασίζονται σε ένα συνδυασμό αντικειμενικών αλλά και υποκειμενικών κριτηρίων, των οποίων η ιεράρχηση εξαρτάται σε μεγάλο μέρος από τον καταναλωτή και μπορούν να διαχωριστούν σε (Luh, B. S., 2001; Badi, O. and Tocumoto, O., 2013; Institute of Natural Resources and Agricultural Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences. ‘Concepts of rice quality: components of rice quality’.; Sardar Baig, Er.M.. Study material, Course Title: Cereal Processing.; Fitzgerald, M.A., McCouch, S. and Hall, R.D., 2009):

- 1) Ποιότητα των φυσικών χαρακτηριστικών του κόκκου του ρυζιού
- 2) Ποιότητα της διαδικασίας της άλεσης
- 3) Ποιότητα μαγειρέματος
- 4) και γευστική ποιότητα

Ποιότητα των φυσικών χαρακτηριστικών

Η ποιότητα των φυσικών χαρακτηριστικών του κόκκου του ρυζιού εξαρτάται κυρίως από τη ποικιλία και τις περιβαλλοντικές συνθήκες (π.χ. συνθήκες καλλιέργειας, αποθήκευσης κ.λ.π.) και καθορίζεται από ιδιότητες του κόκκου, όπως το μέγεθος, το σχήμα, η ομοιομορφία και η γενική εμφάνιση. Τα δεδομένα για τις φυσικές ιδιότητες των δημητριακών κόκκων είναι απαραίτητα για το σχεδιασμό κατάλληλου μηχανολογικού εξοπλισμού για τη διαχείριση, τον αερισμό και την αποθήκευσή τους, αλλά κυρίως για την επιλογή της καταλληλότερης μεθόδου για την επεξεργασία τους (Sardar Baig, Er.M.. Study material, Course Title: Cereal Processing).

Αν και η κατάταξη του ρυζιού σε τύπους, μπορεί να αξιολογηθεί και με έναν απλό οπτικό έλεγχο, για την αντικειμενική ταξινόμησή του, αλλά και για τη σύγκριση των ποικιλιών του ρυζιού, απαιτούνται μετρήσεις μεγαλύτερης ακρίβειας. Το μέγεθος και το σχήμα των κόκκων είναι από τα πρώτα και κύρια κριτήρια ποιότητας του ρυζιού που εξετάζονται στις περισσότερες φάσεις της αναπαραγωγής, επεξεργασίας, ξήρανσης, χειρισμού του εξοπλισμού, και διαλογής των σπόρων (Luh, B. S., 2001). Οι μετρήσεις που πραγματοποιούνται για αυτό το σκοπό περιλαμβάνουν τις χαρακτηριστικές διαστάσεις του κόκκου του ρυζιού όπως :



Εικόνες 35 & 36. Διαστάσεις του κόκκου της ορύζης Πηγή: Chang, T.T., Bardenas E.A. and Del Rosario A. C., (1965). Μεγέθη κόκκων ρυζιού: a) Ρύζι paddy: μακρείς, μεσαίοι και μικροί κόκκοι b) αλεσμένοι κόκκοι ρυζιού: μικροί, μεσαίοι και μακρείς κόκκοι c) μέγιστη ποικιλομορφία στο σχήμα του κόκκου εντός της *Oryza Sativa* (μήκος 3-11mm και πλάτος 1,2-3,8 mm) d) σύγκριση 3 ποικιλιών ρυζιού: Bomba-Arborio-Carolina. Πηγές: a) Saichuc, J.K., (2005). Photo: ‘Rough rice kernel types’ b) Patindol, J.A., et al., (2014). c) Fitzgerald, M.A., McCouch, S. and Hall, R.D., (2009) d) López-Alt, J. K., Photo: ‘Bomba – Arborio - Carnaroli’. In, ‘The Food Lab: The Road To Better Risotto’. Serious Eats.

- ✓ Μήκος (Length, σε mm), είναι η διαμήκης διάσταση που μετριέται από 10 καλά αναπτυγμένους κόκκους, ως η απόσταση από τη βάση του κατώτατου στείρου λεπύρου προς την αιχμή (apiculus) του λεπύρου ή ωχριά, όποιο από τα δύο είναι μεγαλύτερο.
- ✓ Πλάτος (Width, σε mm): ραχιαίο-κοιλιακή διάμετρος, που μετριέται από 10 κόκκους, ως η απόσταση που διανύει ο χιτώννας και η λεπίδα στο φαρδύτερο σημείο του κόκκου
- ✓ Πάχος (Thickness, σε mm.): Πλευρική διάμετρος (μετρηθείσα από 10 κόκκους) που ορίζεται ως η μεγαλύτερη απόσταση μεταξύ των δύο πλευρικών όψεων του κόκκου, στο μεσαίο τμήμα της καρύουψης.
- ✓ Ο λόγος μήκους/πλάτους (L/W): είναι η σημαντικότερη μέτρηση εκ των προαναφερθέντων και χρησιμοποιείται διεθνώς για να περιγράψει το σχήμα του κόκκου.
- ✓ Βάρος του κόκκου (Weight): μετράται από το βάρος 1000 αποξηραμένων κόκκων με 13% υγρασία και παρέχει πληροφορίες για το μέγεθος και την πυκνότητα του κόκκου.
- ✓ Η ομοιομορφία του μεγέθους και του σχήματος του κόκκου υπολογίζεται από το συντελεστή διακύμανσης της κάθε διάστασης.

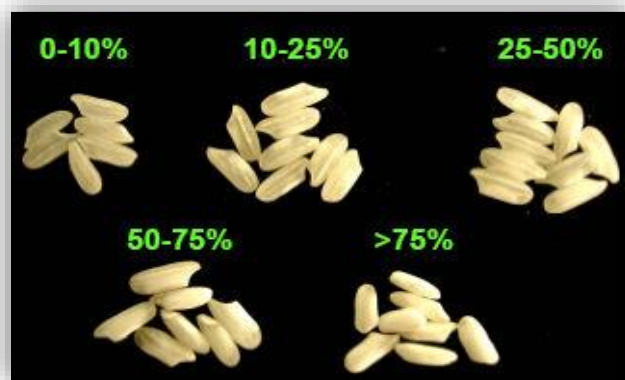
Με βάση το μήκος και το λόγο μήκους/πλάτους οι ποικιλίες του ρυζιού μπορούν να διακριθούν σύμφωνα με τον ευρωπαϊκό κανονισμό (ΕΚ 2204/1999), σε 4 κατηγορίες, μεσόσπερμες, μακρόσπερμες τύπου Α και Β και στρογγυλόσπερμες ή μικρόσπερμες, ενώ από άποψη πλάτους οι ποικιλίες 'Arborio' είναι συνήθως οι πιο ευρείες, ακολουθούμενες από τις μικρόσπερμες, τις μεσόσπερμες και τις μακρόσπερμες.

Τα πρότυπα (standards) για το μέγεθος και το σχήμα του κόκκου ποικίλουν στις διάφορες χώρες.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ-ΤΥΠΟΙ ΡΥΖΙΟΥ		ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ		ΠΟΙΚΙΛΙΑ
		Μήκος (mm)	Μήκος/Πλάτος	
ΜΑΚΡΟΣΠΕΡΜΕΣ	A	$\geq 6,0$	$2 < L/W < 3$	japonica
	B	$\geq 6,0$	≥ 3	japonica
ΜΕΣΟΣΠΕΡΜΕΣ		$5,2 < L < 6,0$	$2 < L/W < 3$	japonica
ΜΙΚΡΟΣΠΕΡΜΕΣ		$\leq 5,2$	< 2	indica

Πίνακας 23. Κατηγορίες ρυζιού με βάση το μέγεθος σύμφωνα με τον κανονισμό της ευρωπαϊκής ένωσης ΕΚ 2204/1999.

Ένας άλλος παράγοντας που επηρεάζει την εμφάνιση του κόκκου είναι η φωτοδιαπερατότητα του κόκκου, η οποία σχετίζεται με το βαθμό κρυσταλλότητας του αμύλου. Αυτός εξαρτάται από τη δομή και τη διάταξη των μορίων της αμυλοπηκτίνης και από τη δυνατότητα του φωτός να διαθλασθεί χωρίς να παρεμποδιστεί από τα σώματα των πρωτεϊνών. Στις κηρώδης (κολλώδης) ποικιλίες, το ενδοσπέρμιο είναι αδιαφανές λόγω της παρουσίας των πόρων (κενών αέρα) μεταξύ και εντός των αμυλόκοκκων οι οποίοι έχουν μικρότερη πυκνότητα από τους μη κηρώδης αμυλόκοκκους και αποτελούνται σχεδόν εξ ολοκλήρου από αμυλοπηκτίνη. Με βάση το περιεχόμενο σε αμυλόζη (χρωματομετρικά πρότυπα απορρόφησης χρώματος αμύλου-ιωδίου στα 590-620 nm), το αλεσμένο ρύζι (ενδοσπέρμιο) ταξινομείται ως κηρώδες (0-2% αμυλόζη), πολύ χαμηλής περιεκτικότητας σε αμυλόζη (2-12 %), χαμηλής περιεκτικότητας σε αμυλόζη (12-20 %), ενδιάμεσης (20-25%) και υψηλής (25-33%), (Juliano, B.O., 1979; Juliano, B.O., ed., 1985b).



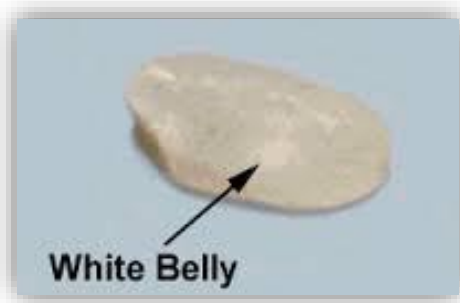
Εικόνα 37. Κόκκοι ρυζιού με διαφορετικές ποσότητες ‘κιμωλίας’ στον κόκκο Πηγή: International Rice Research Institute (IRRI), Rice Knowledge Bank.

Στην πραγματικότητα η μέγιστη περιεκτικότητα σε αμυλόζη δεν ξεπερνάει το 20 % και αυτό γιατί η πρόσθετη δέσμευση του ιωδίου οφείλεται στις μακριές γραμμικές αλυσίδες της αμυλοπηκτίνης (Takeda, Y., Hizukuri, S. and Juliano, B.O., 1987). Στις κοινές μη κηρώδης (μη-κολλώδης) ποικιλίες, το ενδοσπέρμιο είναι ημιδιαφανές και το κλάσμα του αμύλου περιέχει εκτός από αμυλοπηκτίνη και αμυλόζη (Hizukuri, S., et al., 1989). Λόγω αυτής της διαφοράς στην δομή του κόκκου, οι κηρώδης κόκκοι με την κιμωλία (μαργαρίτη) έχουν το 95-98% του βάρους των μη κηρωδών κόκκων και είναι πιο εύθραυστοι όταν τους ασκείται πίεση κατά τη διαδικασία της άλεσής τους.



Εικόνα 38. Κηρώδης και μη κηρώδης ποικιλίες ορύζης. Πηγή: National Institute of Crop Science Republic of Korea.

Συχνά στο ενδοσπέρμιο εμφανίζονται και αλευρώδεις λευκές κηλίδες (μαργαρίτης), χαρακτηριστικό αυτό ανεπιθύμητο σχεδόν σε όλες τις αγορές. Η μαλακής υφής, λευκές κηλίδες που βρίσκονται στο μεσαίο τμήμα του κόκκου και συγκεκριμένα στην κοιλιακή πλευρά (πλευρά επί της οποίας κείται το έμβρυο) ονομάζονται λευκές κοιλιές (white bellies). Μία λευκή αλευρώδης περιοχή που εκτείνεται προς το άκρο της κοιλιακής πλευράς και προς το κέντρο του ενδοσπερμίου ονομάζεται λευκός πυρήνας (white core). Μια μακρά λευκή γραμμή στην πλευρά της ράχης του κόκκου ονομάζεται λευκή πλάτη (white back) (*Chang, T.T., Bardenas E.A. and Del Rosario A. C., 1965*).



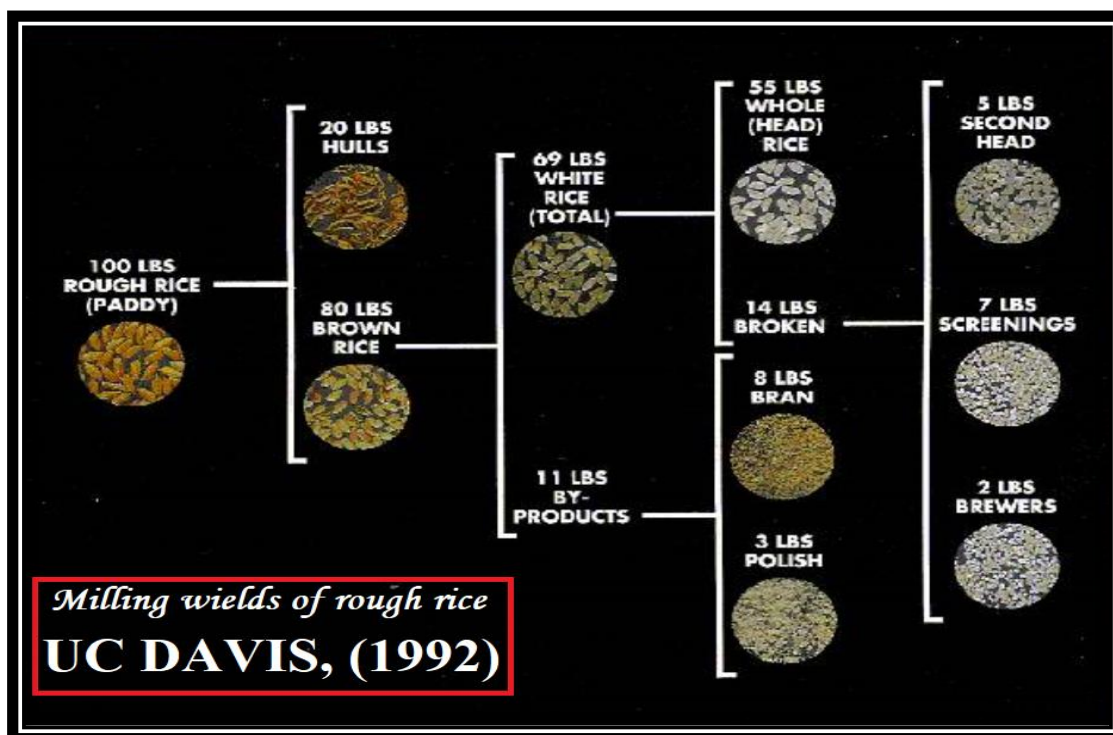
Εικόνα 39. Λευκές κοιλιές σε κόκκο ρυζιού Πηγή: Thomas, L. R. (1997). Photo: 'Rice kernel with white belly'. In: 'Fruits, Varieties: Rice anatomy'. Section of Plant Biology, Division of Biological Sciences, University of California, Davis (UC Davis).

Ποιότητα της διαδικασίας της άλεσης

Η άλεση είναι από τα πιο σημαντικά κριτήρια ποιότητας στο ρύζι. Στόχος της είναι η απομάκρυνση των κλασμάτων του πίτυρου και του φύτρου προκαλώντας την ελάχιστη δυνατή θραύση των ολόκληρων κόκκων, και τη διατήρηση (κατά προσέγγιση) του μεγαλύτερου μέρους του κάθε κόκκου, στο αρχικό του σχήμα. Η ποιότητα της άλεσης του ρυζιού εξαρτάται κατά συνέπεια από την απόδοση σε ολόκληρους κόκκους (head rice) της άλεσης του αναποφλοιώτου ρυζιού, για τον προσδιορισμό της οποίας χρησιμοποιούνται συνήθως οι τιμές (*Institute of Natural Resources and Agricultural Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences. 'Concepts of rice quality: components of rice quality'*):

- της απόδοσης σε ολόκληρους κόκκους: ποσότητα ολόκληρων κόκκων αλεσμένου ρυζιού / ποσότητα του ακαθάριστου ρυζιού paddy (σκληρό ρύζι).
- και της συνολικής απόδοσης της άλεσης: ποσότητα του συνόλου των ολόκληρων κόκκων και των θραυσμάτων του αλεσμένου ρυζιού / ποσότητα του ακαθάριστου ρυζιού paddy (σκληρό ρύζι).

Προκειμένου να καθοριστεί η απόδοση άλεσης του αναποφλοιώτου ρυζιού, πρώτα πρέπει να απομακρυνθούν οι ξένες ύλες που υπάρχουν σε αυτό, στη συνέχεια το ρύζι αποφλοιώνεται (απομάκρυνση του εξωτερικού περιβλήματος του paddy) και αποπιτυρώνεται (απομάκρυνση πίτυρου και φύτρου από το καστανό ρύζι) και τέλος γίνεται η διαλογή με βάση το μέγεθος όπου και υπολογίζεται η ποσότητα των ολόκληρων κόκκων και των θραυσμάτων τους (*Institute of Natural Resources and Agricultural Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences. 'Concepts of rice quality: components of rice quality'*).



Εικόνα 40. Απόδοση άλεσης του αναποφλοιώτου ρυζιού. Πηγή: UC Davis, (1992). Photo: 'Milling yields of rough rice'. In, 'Concepts of rice quality: components of rice quality'. Agricultural use of land resources in Rural China (Chinas Agenda – 21).

Ένα υψηλό ποσοστό σπασμένων ή/και ραγισμένων κόκκων είναι ενδεικτικό της κακής ποιότητας άλεσης, γιατί η παρουσία τους μειώνει τόσο την εμφάνιση (σπασμένοι κόκκοι), όσο και την ποιότητα των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών του τελικού προϊόντος (ποιότητα μαγειρέματος σπασμένων και ραγισμένων κόκκων), με αποτέλεσμα να μειώνεται η αξία του. Πράγματι η αξία των θραυσμάτων του ρυζιού είναι μόνο το 30-50% αυτής των ολόκληρων κόκκων (*Institute of Natural Resources and Agricultural Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences. 'Concepts of rice quality: components of rice quality'; ΕΛΓΟ-ΔΗΜΗΤΡΑ - Ελληνικός Γεωργικός Οργανισμός – Δήμητρα. Ποιότητα ρυζιού*).

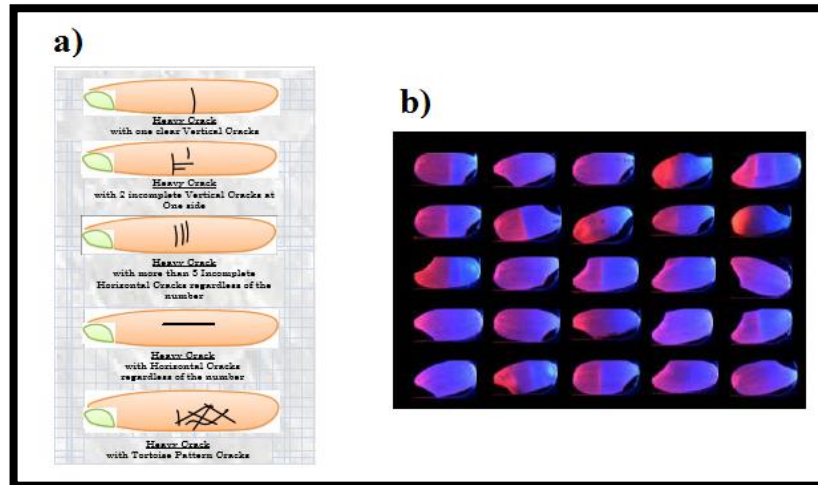
Η ποιότητα άλεσης επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες με κυριότερο, τις προδιαγραφές του αναποφλοιώτου ρυζιού, οι οποίες καθορίζονται από μία σειρά αλληλεξαρτώμενων χαρακτηριστικών (*Badi, O. and Tocumoto, O., 2013*):

- ✓ Η περιεκτικότητα σε υγρασία του αναποφλοιώτου, η οποία έχει σημαντική επίδραση σε όλες τις πτυχές της ποιότητας τόσο του paddy, όσο και του επεξεργασμένου κόκκου του ρυζιού. Γι αυτό είναι σημαντικό το paddy να θερίζεται και να αλέθεται όταν έχει τη κατάλληλη περιεκτικότητα σε υγρασία, έτσι ώστε να επιτευχθεί η υψηλότερη απόδοση σε ολόκληρους κόκκους του ρυζιού. Προκειμένου να αποφεύγεται το ράγισμα των κόκκων του αναποφλοιώτου, το ρύζι πρέπει να συγκομίζεται έγκαιρα και με υψηλή σχετικά υγρασία, μεταξύ 18 και 22 % (*ΕΛΓΟ-ΔΗΜΗΤΡΑ - Ελληνικός Γεωργικός Οργανισμός - Δήμητρα. Ποιότητα ρυζιού*) και στη συνέχεια να ξηραίνεται στο 14%, που είναι η βέλτιστη περιεκτικότητα σε υγρασία για την επίτευξη υψηλής απόδοσης άλεσης. Κόκκοι με υψηλή περιεκτικότητα σε υγρασία είναι πολύ μαλακοί, ενώ αυτοί με πολύ χαμηλή υγρασία, είναι εξαιρετικά εύθραυστοι, για να αντέξουν στις πιέσεις της αποφλοίωσης και της αποπιτύρωσης, πράγμα που προκαλεί το σπάσιμό τους και ενδεχομένως την κονιοποίηση του σπόρου (*Badi, O. and Tocumoto, O., 2013*).

- ✓ Περιεκτικότητα σε ραγισμένους κόκκους του 'paddy'. Υπερβολική έκθεση του ώριμου paddy στις κυμαινόμενες συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας οδηγεί στην ανάπτυξη ρωγμών σε ολόκληρο τον κόκκο, οι οποίες αποτελούν το πιο σημαντικό παράγοντα που συμβάλλει στη θραύση του ρυζιού κατά τη διάρκεια της άλεσης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της ανάκτησης του αλεσμένου ρυζιού και της απόδοσης της άλεσης σε ολόκληρους κόκκους. Σημαντικές είναι συνεπώς και οι περιβαλλοντικές συνθήκες τόσο κατά την καλλιέργεια όσο και κατά την επεξεργασία του ρυζιού. Ιδιαίτερα κρίσιμη στην απόδοση της άλεσης, είναι η περιεκτικότητα σε υγρασία και η θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της διαδικασίας της ξήρανσης, δεδομένου ότι καθορίζει τη δημιουργία μικρών σχισμών ή κανονικών ρωγμών μέσα στη δομή του κόκκου, αν και το μεγαλύτερο μέρος αυτών προκαλείται στο χωράφι όπου ο κόκκος υπόκειται σε μεγάλες διακυμάνσεις της υγρασίας του μέσα στη διάρκεια του εικοσιτετραώρου (ζεστές ηλιόλουστες ημέρες ξηραίνουν τον κόκκο, ακολουθούμενες από νύχτες με υγρασία και δημιουργία πάχνης, που ανεβάζουν την υγρασία και κατεβάζουν τη θερμοκρασία του). Το ράγισμα των κόκκων συνεπώς αυξάνει ιδιαίτερα όταν η συγκομιδή είναι καθυστερημένη και όταν οι αλλαγές αυτές της υγρασίας συμβαίνουν μετά την πλήρη ωρίμανσή τους, π.χ. όταν ο καρπός εκτεθεί στη βροχή ενώ είναι ώριμος και στεγνός ή όταν αποθηκεύεται με μεγάλες διαφορές στα επίπεδα υγρασίας μεταξύ των κόκκων.

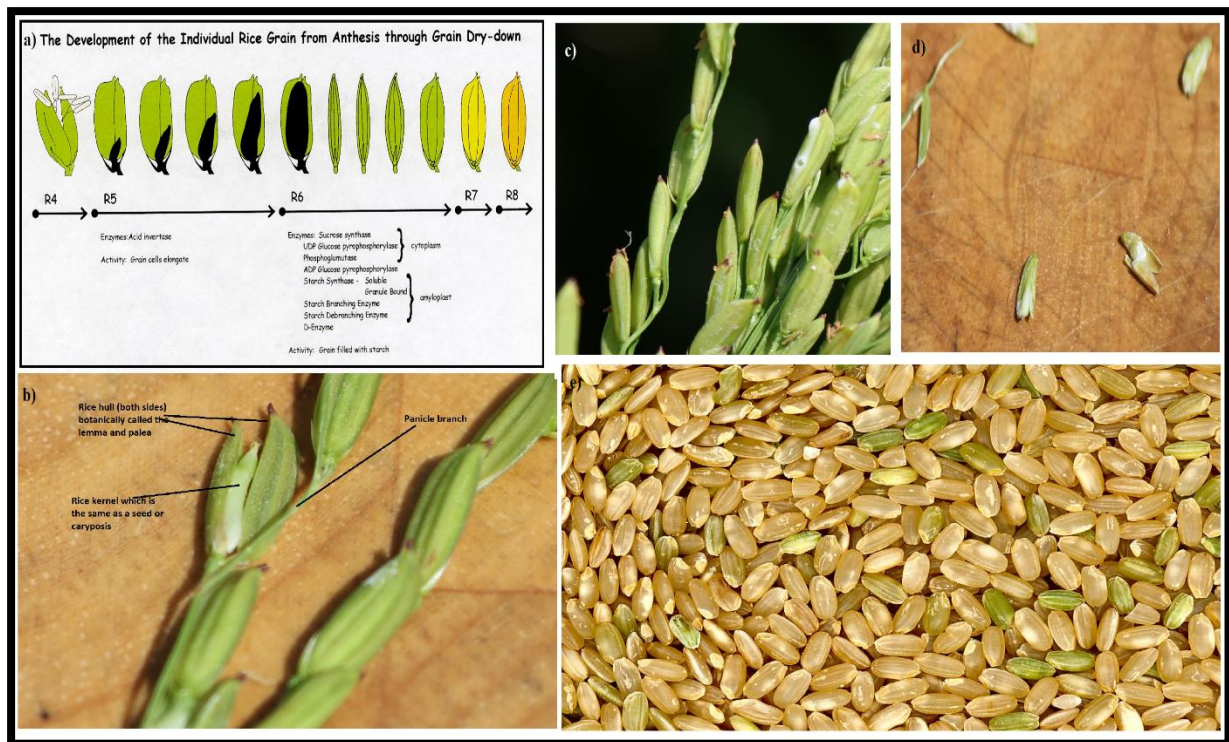
Ένας άλλος παράγοντας της αύξησης της θραυστικότητας είναι ο σκληρός και απότομος χειρισμός της Α΄ ύλης κατά τις διαδικασίες του θερισμού (αλωνιστικές μηχανές) και της επεξεργασίας (μηχανήματα καθαρισμού, αποφλοίωσης κ.λ.π.) που προκαλεί μηχανική καταπόνηση τόσο του αναποφλοιώτου κόκκου όσο και του κόκκου υπό επεξεργασία με αποτέλεσμα τη δημιουργία ρωγμών (*International Rice Research Institute (IRRI), Rice Knowledge Bank; Badi, O. and Tocumoto, O., 2013*). Η απορρόφηση νερού από τους κόκκους του ρυζιού οδηγεί συνήθως σε κανονικές

εγκάρσιες ρωγμές, ενώ η επιμήκης ρωγμές δημιουργούνται κυρίως από την απότομη ξήρανσή τους (Εικόνα 41) (*Institute of Natural Resources and Agricultural Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences. 'Concepts of rice quality: components of rice quality'*).



Εικόνα 41. a) Τύποι ρωγμών στο καστανό ρύζι b) Οι ρωγμές στους σπόρους μπορούν να ανιχνευθούν με τη χρήση κόκκινου και μπλε φωτός Πηγές: a) Badi, O. and Tocumoto, O., (2013); b) International Rice Research Institute (IRRI), Rice Knowledge Bank.

- ✓ Ανώριμοι-αωροί σπόροι και αλευρώδης κόκκοι (μαργαρίτης-κιμωλία). Η ποσότητα σε ένα δείγμα των κόκκων paddy με ατελή ωρίμανση έχει σημαντική επίδραση στην απόδοση και την ποιότητα του παραγόμενου ρυζιού. Οι αωροί σπόροι ρυζιού paddy έχουν βάρος φλοιού που κυμαίνεται από το 30 έως 40%, του βάρους των κόκκων και επίσης είναι λεπτοί, αλευρώδης και εύθραυστοι, με αποτέλεσμα να σπάνε εύκολα κατά την αποφλοιώση και αποπιτύρωση. Ως εκ τούτου, η παρουσία υπερβολικών ποσοτήτων τέτοιου τύπου κόκκων, αυξάνει την παραγωγή φλοιού, πίτυρου και σπασμένων κόκκων, μειώνοντας την απόδοση σε ολόκληρους κόκκους και την γενική απόδοση της άλεσης (*Samrang, R.L., 1992*). Η βέλτιστη φάση για τη συγκομιδή του paddy είναι περίπου 30 ημέρες μετά την ανθοφορία (Εικόνα 42) (*Badi, O. and Tocumoto, O., 2013*).



Εικόνα 42. a) Ωρίμανση του κόκκου του ρυζιού από την άνθιση έως και το στέγνωμα του κόκκου b) Ο καρπός του ρυζιού έχει όλα τα μέρη του αναπτυγμένα αλλά χρειάζονται τουλάχιστον 5-10 ημέρες μέχρι την πλήρη ωρίμανση του εσωτερικού σπόρου, c) ‘Milk stage’, στάδιο του γάλακτος: χαρακτηρίζεται από αναπτυσσόμενους αμυλόκοκκους που είναι μαλακοί, με το εσωτερικό του σπόρου να είναι γεμάτο από ένα άσπρο υγρό που μοιάζει με γάλα d) ‘Hard dough stage’ (στάδιο σκληρού ζυμαριού): το ρύζι έχει σκληρύνει αλλά περιέχει περισσότερο από 20% υγρασία. Το στάδιο του μαλακού ζυμαριού (soft dough stage), κατά το οποίο αρχίζει να συντίθεται το άμυλο, ενώ ο εσωτερικός σπόρος είναι ακόμη μαλακός και το στάδιο της πλήρους ωρίμανσης στο οποίο ο καρπός είναι πολύ σκληρός, κίτρινος και περιέχει κάτω από 20% υγρασία (έτοιμος για το θερισμό), δεν φαίνονται στην εικόνα, e) Δείγμα καστανού ρυζιού με αωρούς κόκκους. Πηγές: a), b), c) και d), Riceland.com blog: www.riceland.com/uploads/pages/kernel_development.jpg e) www.foikaragianni.gr/photogallery.php?l=e1

- ✓ Βαθμός καθαρότητας της Α΄ύλης (ρύζι paddy). Η καθαρότητα σχετίζεται με την παρουσία στη Α΄ύλη του δημητριακού, του ακάθαρτου φορτίου (Dockage), το οποίο αναφέρεται σε οποιοδήποτε υλικό εκτός από τους ακατέργαστους κόκκους ρυζιού (paddy) και περιλαμβάνει πέτρες, μέταλλα, σπόρους ζιζανίων, χώμα, θραύσματα μίσχου, άχυρο, φλοιούς ρυζιού, κοτσάνια, νεκρά έντομα κ.λ.π. Αυτές οι προσμίξεις γενικά προέρχονται από το χωράφι ή από τη τοποθεσία όπου γίνεται η ξήρανση. Το ακάθαρμο paddy (ξένες ύλες εντός της αναποφλοιώτης Α΄ύλης) επιταχύνει την αλλοίωση της

Α΄ύλης κατά την αποθήκευσή της, αυξάνει τόσο το χρόνο που απαιτείται για τον καθαρισμό και την επεξεργασία της, όσο και την φθορά στα μηχανήματα άλεσης και παράλληλα μειώνει το ποσοστό ανάκτησης των αλεσμένων κόκκων και την ποιότητά τους (Sampang, R.L., 1992; Badi, O. and Tocumoto, O., 2013).



Εικόνα 43. Ακαθάριστη Α΄ύλη paddy αμέσως μετά το θέρισμα (αριστερά) και μετά το πρώτο στάδιο καθαρισμού (δεξιά). Πηγή: International Rice Research Institute (IRRI), Rice Knowledge Bank.

- ✓ Καθαρότητα της ποικιλίας του ρυζιού. Ένα μίγμα ποικιλιών που μεταφράζεται στην παρουσία μέσα στην Α΄ύλη διαφορετικών μεγεθών και σχημάτων κόκκων προκαλεί δυσκολίες στο άλεσμα όπως, δυσκολία προσαρμογής των μηχανημάτων αποφλοίωσης, λεύκανσης και στίλβωσης, με αποτέλεσμα να παρατηρούνται χαμηλές αποδόσεις αρχικής αποφλοίωσης, ένα υψηλότερο ποσοστό ανακυκλωμένου paddy, μη-ομοιόμορφη λεύκανση και χαμηλή απόδοση άλεσης (Sampang, R.L., 1992; Badi, O. and Tocumoto, O., 2013).
- ✓ Ποσότητα κατεστραμμένων και κιτρινισμένων κόκκων ρυζιού. Κατεστραμμένοι κόκκοι είναι κόκκοι paddy/αλεσμένου ρυζιού, ή/και κομμάτια αυτών που παρουσιάζονται σαφώς αποχρωματισμένοι ή καταστραμμένοι από το νερό, τα έντομα, τους μήκυτες, τη θερμότητα ή οποιοδήποτε άλλο παράγοντα. Είναι δύσκολο να εκτιμηθεί η παρουσία τους στο αναποφλοιώτο ρύζι, δηλαδή πριν την αποφλοίωση και τη λεύκανση, η οποία

επηρεάζει δυσμενώς την ποιότητα των αλεσμένων προϊόντων που προέρχονται από αυτές τις παρτίδες (*Samrang, R.L., 1992*).

Το κιτρίνισμα των κόκκων προκαλείται από υπερβολική έκθεση του αναποφλοιώτου σε υγρές περιβαλλοντικές συνθήκες πριν την ξήρανσή του, που οδηγεί σε ένα συνδυασμό μικροβιολογικών και χημικών δραστηριοτήτων, οι οποίες υπερθερμαίνουν το κόκκο του ρυζιού. Αυτοί οι σπόροι που έχουν υποστεί ζύμωση, διαθέτουν συχνά μερικώς ζελατινοποιημένο άμυλο και γενικά αντιστέκονται στις πιέσεις που εφαρμόζονται κατά τη διαδικασία της άλεσης. Παρόλα αυτά, αν και δεν επηρεάζουν την απόδοση της άλεσης, προκαλούν υποβάθμιση της ποιότητας του αλεσμένου ρυζιού, λόγω της μη ελκυστικής εμφάνισης. Κατεστραμμένοι σπόροι από μικροοργανισμούς (μύκητες-μούχλα) ή έντομα ή από ένα συνδυασμό αυτών, μπορούν να διακριθούν από την παρουσία μαύρων κηλίδων γύρω από το άκρο του καστανού ρυζιού που περιέχει το φυτό. Κατά τη διαδικασία της άλεσης, αυτές οι μαύρες κηλίδες απομακρύνονται μόνο εν μέρη πράγμα που αυξάνει την παρουσία κατεστραμμένων κόκκων στο τελικό προϊόν (*Badi, O. and Tocumoto, O., 2013*).



Εικόνα 44. Επιμόλυνση από μύκητες του paddy. Πηγή: International Rice Research Institute (IRRI), Rice Knowledge Bank

- ✓ Ποσότητα κόκκινων κόκκων paddy. Κόκκινο ρύζι, είναι ρύζι με περικάρπιο. Το κόκκινο περίβλημα του σπόρου (περικάρπιο), συνήθως με τη μορφή ενός σφιχτά

προσκολλημένου πίτυρου, αφαιρεί από την εμφάνιση και την αξία του προϊόντος στο εμπόριο. Το πίτυρο του κόκκινου ρυζιού προσκολλάται στο ενδοσπέρμιο τόσο σταθερά, ώστε να είναι δύσκολο να αφαιρεθεί με επιτυχία κατά την άλεση χωρίς να προκληθεί υπερβολική θραύση του κόκκου, με αποτέλεσμα την παρουσία στο τελικό προϊόν, τόσο κόκκινων κόκκων όσο και κόκκων με κόκκινες ραβδώσεις (Sampang, R.L., 1992).

Προδιαγραφές Α΄υλης αναποφλοίου ρυζιού ‘paddy’		
ΧΩΡΑ/ΤΟΠΟΣ	ΕΛΛΑΔΑ-ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ	
ΥΓΡΑΣΙΑ	14%-26%	*
ΞΕΝΕΣ ΥΛΕΣ	5%-15%	*
ΑΠΟΧΡΩΜΑΤΙΣΜΕΝΟΙ/ΚΑΤΕΣΤΡΑΜΕΝΟΙ ΚΟΚΚΟΙ (σπασμένοι, κιτρινισμένοι, εντομότρητοι, μουχλιασμένοι κ.λ.π.)	≤7%	*
ΑΛΕΥΡΩΔΗΣ ΚΟΚΚΟΙ (ΚΙΜΩΛΙΑ)	10%-25%	*
ΚΟΚΚΙΝΟΙ ΚΟΚΚΟΙ	1%-5%	*
ΑΠΕΝΤΟΜΩΜΕΝΗ	✓	
ΤΕΛΕΥΤΑΙΑΣ ΕΣΟΔΕΙΑΣ	✓	

* οι τιμές διαφέρουν ανάλογα με την ποικιλία του ρυζιού

Πίνακας 24. Προδιαγραφές ‘paddy’. Πηγή: NFA (Natural Futures Association)

Ποιότητα μαγειρέματος και γευστική ποιότητα

Για την αποδοχή του τελικού προϊόντος του ρυζιού από τον καταναλωτή, η συμπεριφορά του κατά το βρασμό και η γεύση του είναι ουσιαστικά κριτήρια και επειδή το άμυλο αποτελεί περίπου το 90% του ξηρού βάρους του επεξεργασμένου ρυζιού, οι φυσικές και χημικές ιδιότητές του έχουν την κύρια επίδραση σε αυτά. Αυτές περιλαμβάνουν (*International Rice Research Institute (IRRI), Rice Knowledge Bank*):

1. Το περιεχόμενο σε αμυλόζη, επηρεάζει έντονα τα χαρακτηριστικά μαγειρέματος και κατανάλωσης του ρυζιού. Ρύζι με υψηλή περιεκτικότητα σε αμυλόζη (25-30%) έχει σταθερή και ξηρή υφή μετά το μαγείρεμα, ενώ το ρύζι με ενδιάμεση (20-25%) και χαμηλή (<20%) περιεκτικότητα σε αμυλόζη, τείνει να είναι πιο μαλακό και κολλώδες. Το κηρώδες

(waxy) ρύζι που έχει μηδενική περιεκτικότητα σε αμυλόζη, συχνά αναφέρεται ως κολλώδες ρύζι (ρύζι που λασπώνει κατά το μαγείρεμα). Θεωρητικά, όσο υψηλότερη είναι η περιεκτικότητα σε αμυλόζη του ρυζιού, τόσο πιο σφιχτοί και σκληροί θα είναι οι μαγειρεμένοι κόκκοι του (*International Rice Research Institute (IRRI), Rice Knowledge Bank*). Συνήθως, οι μεσόσπερμες και μακρόσπερμες τύπου Α ποικιλίες Japonica έχουν χαμηλή αμυλόζη και αποδίδουν ρύζι κολλώδες, ενώ οι μακρόσπερμες τύπου Β (λεπτές) ποικιλίες Japonica έχουν πιο ξηρή, μη-κολλώδη υφή. Τέλος τα ρύζια της ποικιλίας τροπική japonica είναι μέσης ή υψηλής περιεκτικότητας σε αμυλόζη και τα ρύζια Indica εμπίπτουν σε όλες τις κατηγορίες (*ΕΛΓΟ-ΔΗΜΗΤΡΑ - Ελληνικός Γεωργικός Οργανισμός - Δήμητρα. Ποιότητα ρυζιού*).

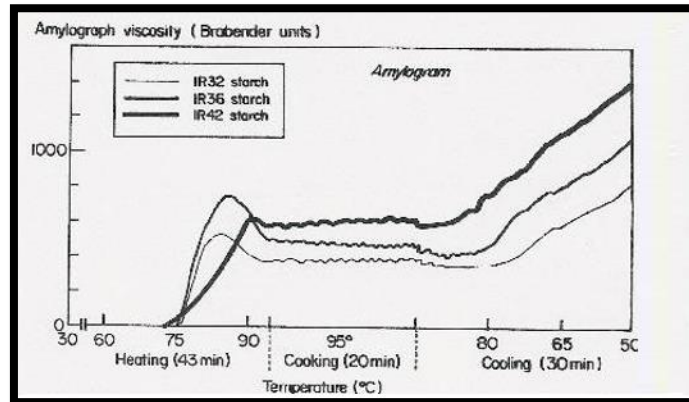
Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας μαγειρέματος, οι κόκκοι αμύλου στο σπόρο του ρυζιού επεκτείνονται και απομακρύνεται, μέσω έκπλυσης από αυτούς, αμυλόζη. Καθώς το μαγειρεμένο ρύζι κρυώνει, οι αλυσίδες αμυλόζης που έχουν εκπλυθεί στοιχίζονται και ενώνονται μεταξύ τους για να σχηματίσουν ένα πήκτωμα (γέλη). Η αμυλόζη, είναι επίσης υπεύθυνη για τον τρόπο με τον οποίο το ρύζι σκληραίνει κατά την ψύξη του. Όταν το ρύζι ψύχεται σε θερμοκρασία δωματίου ή μικρότερη, οι αλυσίδες αμυλόζης δημιουργούν κρυστάλλους. Αυτό το φαινόμενο ονομάζεται ρετροαποικοδόμηση, η οποία σχετίζεται και με το πρωτεϊνικό περιεχόμενο του ρυζιού. Συγκεκριμένα, το πήκτωμα φαίνεται να ενισχύεται με τις πρωτεΐνες (*International Rice Research Institute (IRRI), Rice Knowledge Bank*).

2. Η απορρόφηση του νερού από το ρύζι και η διόγκωσή του κατά τη διάρκεια του μαγειρέματος, είναι χαρακτηριστικά που επηρεάζονται και αυτά άμεσα από την περιεκτικότητα σε αμυλόζη. Ρύζι με χαμηλή περιεκτικότητα διογκώνεται λιγότερο κατά το μαγείρεμα και ο βρασμένος κόκκος έχει υψηλότερη πυκνότητα. Τέλος, συνδεδεμένη με αυτή είναι και η αντοχή του βρασμένου κόκκου στην αποσύνθεση, έτσι ώστε όσο

υψηλότερη είναι η περιεκτικότητά της τόσο λιγότερο να αποσυντίθεται ο κόκκος (*ΕΛΓΟ-ΔΗΜΗΤΡΑ - Ελληνικός Γεωργικός Οργανισμός - Δήμητρα. Ποιότητα ρυζιού*).

3. Η θερμοκρασία ζελατινοποίησης, είναι η θερμοκρασία στην οποία το άμυλο του ρυζιού ξεκινά τη διαδικασία του μαγειρέματος. Σε αυτό το σημείο οι κόκκοι του αμύλου απορροφούν νερό και χάνουν την κρυσταλλική φύση τους, μια αλλαγή που είναι μη αναστρέψιμη. Το άμυλο του ρυζιού συνήθως ζελατινοποιείται μεταξύ 65°C και 85°C. Ρύζι με μια θερμοκρασία ζελατινοποίησης στο κατώτερο άκρο του εύρους έχει συχνά μαλακότερη υφή μετά το μαγείρεμα και ρετροαποικοδομείται λιγότερο, από αυτό που χαρακτηρίζεται από μια θερμοκρασία ζελατινοποίησης στο ανώτερο άκρο του εύρους (*International Rice Research Institute (IRRI), Rice Knowledge Bank*).
4. Το ιξώδες, είναι ένα χαρακτηριστικό που υποδεικνύει μερικές από τις ιδιότητες μαγειρέματος του ρυζιού, των οποίων η μέτρηση γίνεται με τη μέθοδο της ταχείας ανάλυσης ιξώδους RVA (Rapid Visco Analysis), που μιμείται την διαδικασία του μαγειρέματος και παρακολουθεί τις αλλαγές σε ένα πολτό από αλεύρι ρυζιού και νερό, κατά τη διάρκεια της δοκιμής. Ο πολτός αναδεύεται συνεχώς με μία ειδική κουτάλα και θερμαίνεται. Το ιξώδες μετράται ως η αντίσταση του πολτού στην κουτάλα. Καθώς η θερμοκρασία του πολτού αυξάνεται, οι κόκκοι αμύλου αρχίζουν να απορροφούν νερό και να διογκώνονται. Ο πολτός πυκνώνει και το ιξώδες αρχίζει να αυξάνεται. Όταν η θερμοκρασία φτάσει και σταθεροποιηθεί στους 95°C, οι κόκκοι αμύλου χάνουν τη δομή τους και το ιξώδες τους μειώνεται. Στη συνέχεια της δοκιμής ο πολτός ψύχεται σε θερμοκρασία 50°C (κάτω από τη θερμοκρασία ζελατινοποίησης), οι αλυσίδες της αμυλόζης στοιχίζονται, ενώνονται μεταξύ τους και σχηματίζουν το χαρακτηριστικό πήκτωμα, οπότε και πάλι το ιξώδες αυξάνει. Με αυτή τη μέθοδο παράγονται χαρακτηριστικές για κάθε ποικιλία ρυζιού καμπύλες που ονομάζονται αμυλογραφήματα (*International Rice Research Institute (IRRI), Rice Knowledge Bank*).

Οι μακρόσπερμες ποικιλίες επιδεικνύουν συνήθως αμυλογραφήματα με ενδιάμεσα ύψη κορυφών και υψηλό ιξώδες κατά την φάση της ψύξης του πολτού, σε αντίθεση με τις μεσόσπερμες και μικρόσπερμες που έχουν χαμηλό ιξώδες ψύξης (*Institute of Natural Resources and Agricultural Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences. 'Concepts of rice quality: components of rice quality'*).








Γράφημα 4. Αμυλογράφημα περιγραφής των χαρακτηριστικών ιξώδους ορισμένων ποικιλιών ρυζιού. Πηγή: Institute of Natural Resources and Agricultural Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences. 'Concepts of rice quality: components of rice quality'.




5. Η υφή του μαγειρεμένου ρυζιού, περιγράφει την αίσθηση που δημιουργείται κατά τη διαδικασία της μάσησης του μαγειρεμένου ρυζιού και περιλαμβάνει: την αρχική αίσθηση στο στόμα, σκληρότητα, πρόσφυση, συνεκτικότητα, ελαστικότητα, ανθεκτικότητα, τσιγλοειδή αίσθηση (guminess) και την αίσθηση μαστικότητας (chewiness) (*International Rice Research Institute (IRRI), Rice Knowledge Bank*).
6. Η γεύση και το άρωμα. Η γεύση στις αρωματικές ποικιλίες ρυζιού παράγεται από πτητικές ενώσεις, πολλές από τις οποίες εξαερώνονται κατά το μαγείρεμα για να παραχθεί ένα άρωμα. Το άρωμα του μαγειρέματος του ρυζιού μπορεί να ταυτιστεί με διάφορες οσμές όπως αυτή του σανού/μουχλας, ποπ κορν, καλαμπόκι, χορτοειδής της μηδικής (alfalfa)/πράσινων φασολιών, γλωώδης, των γαλακτοκομικών, γλυκιά αρωματική ('μαλλί της γριάς', καραμέλα), βανίλιας, μεταλλική, λουλουδιών κ.λ.π. Οι περιβαλλοντικές

συνθήκες μπορούν να προκαλέσουν μεγάλη διακύμανση στο άρωμα (*International Rice Research Institute (IRRI), Rice Knowledge Bank*).

Ως γενικά κριτήρια καλής αποδοχής του εμπορεύσιμου ρυζιού θεωρούνται, η συνεκτικότητά του κατά το βρασμό, η απορρόφηση του νερού με αντίστοιχη αύξηση του όγκου και του βάρους του, η μικρή ζελατινοποίησή του και κατά βάση μια καλή αισθητική εμφάνιση, αν και οι επιθυμητές αυτές ιδιότητες μπορεί να αλλάξουν από μία εθνική ομάδα πληθυσμού σε άλλη ή από μία γεωγραφική περιοχή σε άλλη. Έτσι παρόλο που οι κολλώδης ποικιλίες ρυζιού προτιμώνται στις λατινικές χώρες της Ευρώπης, στις περισσότερες χώρες της βορειοδυτικής Ευρώπης υπάρχει σαφής προτίμηση για την πιο ξηρή και μη κολλώδη ποιότητα που βρίσκεται συνήθως στις μακρόσπερμες Β-λεπτές ποικιλίες. Στην Ελλάδα, οι καταναλωτές προτιμούν κατά 70% περίπου ρύζι κολλώδες (εμπορικοί τύποι: γλασσέ/μπλου ροζ, καρολίνα, νυχάκι) και κατά 30% μη κολλώδες (εμπορικοί τύποι: basmati και jasmine) (*ΕΛΓΟ-ΔΗΜΗΤΡΑ - Ελληνικός Γεωργικός Οργανισμός - Δήμητρα. Ποιότητα ρυζιού*).

Περιγραφή και προδιαγραφές τελικών προϊόντων ορύζης

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΕΛΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΟΡΥΖΗΣ		
ΕΙΔΟΣ	ΕΙΚΟΝΕΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
<p>Ρύζι Γλασσέ</p> <p>Ρύζι Μπλου Ροζ</p>		<p>Ρύζι με χρώμα λευκό και σχήμα μεσόσπερμο, με κόκκους επιμήκης, λεπτούς, και αδιαφανής, το μήκος των οποίων είναι μεγαλύτερο από 5,2mm και μικρότερο ή ίσο με 6 και ο λόγος μήκος/πλάτος μεταξύ 2 και 3. Η υφή του μετά το μαγείρεμα είναι κολλώδης.</p>
<p>Ρύζι Καρολίνα</p>		<p>Ρύζι με χρώμα λευκό και σχήμα μεσόσπερμο, οι κόκκοι του οποίου έχουν μήκος μεγαλύτερο από 5,2mm και μικρότερο ή ίσο με 6 και λόγο μήκους/πλάτους μεταξύ 2 και 3. Η υφή του μετά το μαγείρεμα είναι κολλώδης.</p>
<p>Ρύζι Νοχάκι</p>		<p>Ρύζι με χρώμα λευκό και σχήμα μακρύσπερμο τύπου Α, με κόκκους το μήκος των οποίων είναι μεγαλύτερο από 6mm και ο λόγος μήκος/πλάτος είναι μεταξύ 2 και 3. Η υφή του μαγειρεμένου προϊόντος είναι μέτρια κολλώδης.</p>
<p>Ρύζι Τ. Αμερικής Parboiled</p>		<p>Ρύζι επεξεργασμένο υδροθερμικά (parboiling), με χρώμα κίτρινο και σχήμα μακρύσπερμο τύπου Β, οι κόκκοι του οποίου έχουν μήκος μεγαλύτερο από 6mm και λόγο μήκους/πλάτους μεγαλύτερο ή ίσο του 3. Μετά το μαγείρεμα η υφή του είναι σπυρωτή</p>
<p>Ρύζι Basmati</p>		<p>Ρύζι Αρωματικό, με χρώμα λευκό και σχήμα μακρύσπερμο τύπου Β με κόκκους, το μήκος των οποίων είναι μεγαλύτερο από 6mm και ο λόγος μήκους/πλάτους είναι μεγαλύτερος ή ίσος του 3. Μετά το μαγείρεμα η υφή του είναι ξηρή και σπυρωτή, ενώ έχει χαρακτηριστικό άρωμα. Καλλιεργείται στις περιοχές μεταξύ Ινδίας και Πακιστάν.</p>

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΕΛΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΟΡΥΖΗΣ... συνέχεια		
ΕΙΔΟΣ	ΕΙΚΟΝΕΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
Ρύζι Thai/Jasmine		Ρύζι Αρωματικό, με χρώμα λευκό και σχήμα μακρύσπερμο τύπου Β με κόκκους, το μήκος των οποίων είναι μεγαλύτερο από 6mm και ο λόγος μήκους/πλάτους είναι μεγαλύτερος ή ίσος του 3. Μετά το μαγείρεμα η υφή του είναι ξηρή και σπυρωτή, και έχει ιδιαίτερο άρωμα. Καλλιεργείται σε υψίπεδα της Ταϊλάνδης.
Ρύζια Arborio και Carnaroli		Ρύζια με χρώμα λευκό και σχήμα μικρόσπερμο, με κόκκους σχεδόν στρογγυλούς και πλατείς, το μήκος των οποίων είναι μικρότερο ή ίσο με 5,2mm και ο λόγος μήκους/πλάτους μικρότερος του 2. Το 'Carnaroli' έχει μεγαλύτερους κόκκους από το 'Arborio'. Είναι ρύζια συνήθως ιταλικής προέλευσης που καλλιεργούνται κυρίως στη βόρεια Ιταλία.
Ρύζι Άγριο+parboiled ή Άγριο+Basmati		Ρύζι Parboiled ή ρύζι Basmati 90% και Ρύζι Άγριο Αμερικής 10%. Το άγριο ρύζι Αμερικής της μίξης προέρχεται από ένα υδρόφυλο φυτό που καλλιεργείται στη Βόρεια Αμερική και στον Καναδά και ονομάζεται 'Indian Rice'.

Πίνακας 25. Περιγραφή τελικών προϊόντων ορύζης (εμπορικοί τύποι ρυζιών).

Το τελικό προϊόν της άλεσης του ρυζιού, (του οποίου οι βασικοί εμπορικοί τύποι περιγράφονται στον πίνακα 25), πρέπει να πληρεί συγκεκριμένες προδιαγραφές προκειμένου να μπορεί να ταξινομηθεί και να είναι εμπορεύσιμο, σύμφωνα με 4 βαθμίδες ποιότητας (Sampang, R.L., 1992):

- I. το ρύζι ποιότητας 'premium',
- II. το ρύζι πρώτης ποιότητας,
- III. το ρύζι δεύτερης ποιότητας,
- IV. και το ρύζι τρίτης ποιότητας

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ (GRADING FACTORS)	ΒΑΘΜΙΑΔΑ (GRADE)			
	PREMIUM	1	2	3
Υγρασία (Max %)	15	15	15	15
Ακέραιοι κόκκοι ρυζιού (Head Rice, Min %)	95	80	65	50
Σπασμένοι κόκκοι:				
Μεγάλα θραύσματα (Big Broken, Max %)	3	10	10	20
Άλλα θραύσματα Broken Other than Big Broken (Max %)	1,9	9.75	24	29
Θραύσματα ζυθοποιίας (Max %)	0.1	0.25	0.5	1
Ελατώματικοί κόκκοι:				
Κατεστραμένοι (Max %)	-	0.25	0.5	2
Αποχρωματισμένοι (Max %)	0.5	2	4	8
Αλευρώδης και αωροί κόκκοι (Max %)	2	5	10	15
Ανομοιόμορφοι κόκκοι (Contrasting Types, Max %)	3	6	10	18
Κόκκινοι (Max %)	-	0.25	0.5	2
Κόκκοι με κόκκινες ραβδώσεις (Max %)	1	3	5	10
Ξένες ύλες (Max%)	-	0.1	0.2	0.5
Έμφλοιο-Paddy (Max. no. per 1000 grams)	1	8	10	15

Πίνακας 26. Κριτήρια ποιοτικής αξιολόγησης και ταξινόμησης για το αλεσμένο ρύζι Πηγή: NFA standard specification for milled rice (Second revision) TRED · SQAD No. 2; 1980

Οι προδιαγραφές ποιότητας του συσκευασμένου τελικού προϊόντος του αλεσμένου ρυζιού περιλαμβάνουν τις παρακάτω απαιτήσεις (*Samrang, R.L., 1992*):

- 1) Απουσία οσμής, αλλοιώσεων, προσβολής από έντομα, απόλυτα καθαρό και απαλλαγμένο από κάθε ξένη ύλη. Όπως και για το paddy, έτσι και για το αλεσμένο ρύζι ως ξένη ύλη θεωρείται οποιοδήποτε υλικό εκτός του αλεσμένου κόκκου ρυζιού όπως π.χ. πέτρες, μέταλλα, σπόροι ζιζανίων, έντομα ή τμήματα αυτών, τρωκτικά (ποντίκια, αρουραίοι) και οι ακαθαρσίες τους κ.λ.π.

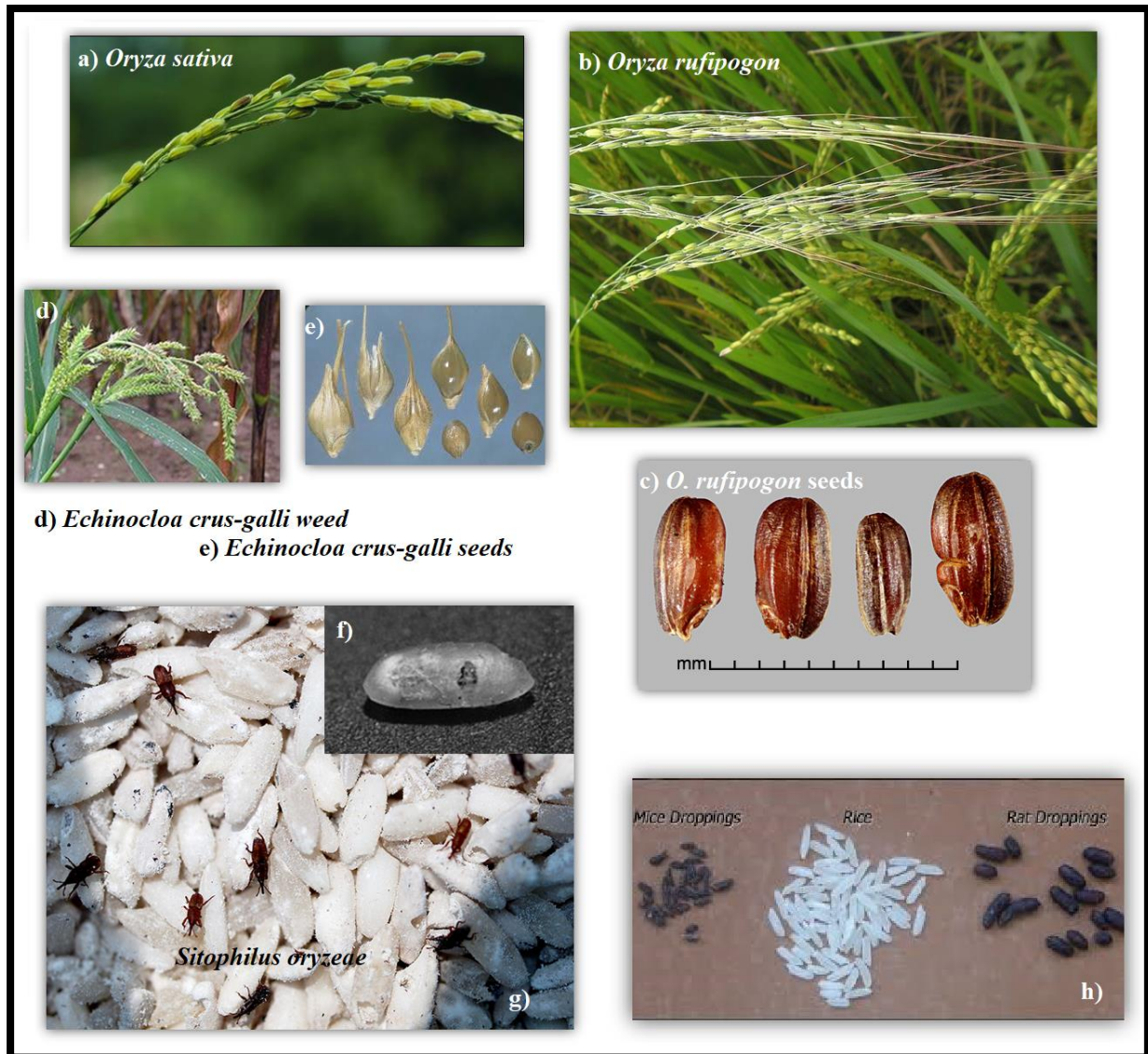
Μεταξύ των ζιζανίων της ριζοκαλλιέργειας, αυτά που προκαλούν τα πιο σοβαρά προβλήματα είναι η *Oryza rufipogon* (γνωστή και ως κόκκινο ρύζι) και η *Echinochloa crus-galli* (ή κοινώς μουχρίτσα). Οι κόκκινοι σπόροι που παράγονται από το πρώτο και οι πράσινοι σπόροι του δεύτερου, αναμιγνύονται με τους άσπρους κόκκους της κανονικής ποικιλίας της καλλιέργειας της ορύζης, μειώνοντας το αισθητικό αποτέλεσμα του τελικού προϊόντος και κατά συνέπεια και την εμπορική αξία του.



Εικόνα 45. Έντομα αποθήκης - *Sitophilus oryzae* spp και *granarius* spp. Πηγή: Bond, E.J. and Bénazet, J., (1984).

Όσον αφορά τις προσβολές από έντομα, μία από τις πιο σοβαρές παγκοσμίως είναι το σκαθάρι του ρυζιού (*Sitophilus oryzae* spp και *granarius* spp), το οποίο είναι έντομο αποθήκης, τόσο του ρυζιού, όσο και άλλων φυτικών σπόρων, όπως σιτάρι, αραβόσιτος, βρώμη, κριθάρι, σίκαλη, αποξηραμένα φασόλια κ.λ.π. Τα ενήλικα σκαθάκια του ρυζιού έχουν μήκος 1-3 mm, χαρακτηρίζονται από ένα μεγάλο ρύγχος και είναι σε θέση να πετάξουν (Bond, E.J. and Bénazet, J., 1984; Omlet, 2004-2015; https://www.omlet.co.uk/guide/budgie_guide/budgie_food/seed_pests), ενώ μπορούν να επιζήσουν μέχρι και δύο χρόνια. Τα θηλυκά γεννούν 2-6 αυγά την ημέρα και μέχρι 300 κατά τη διάρκεια της ζωής τους και χρησιμοποιούν τα δυνατά σαγόνια τους για να ανοίξουν μια τρύπα στο κόκκο του σιτηρού, όπου καταθέτουν ένα μόνο αυγό, και τέλος τη σφραγίζουν με εκκρίσεις. Η

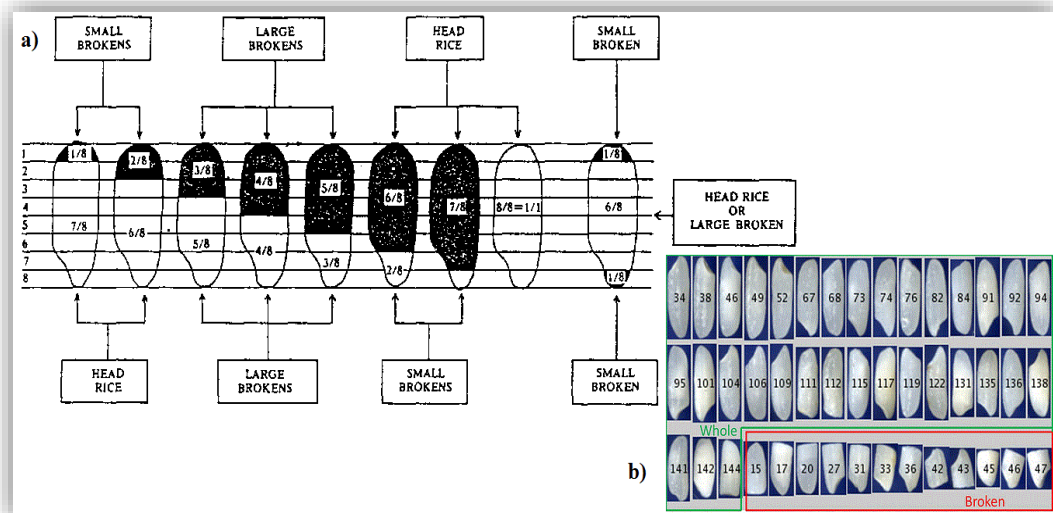
προνύμφη αναπτύσσεται μέσα στο σιτηρό και ενώ σιτίζεται υποσκάπτει το εσωτερικό του κόκκου, αφήνοντάς τον κενό. Στη συνέχεια μεταμορφώνεται σε νύμφη εντός του κόκκου και εμφανίζεται 2-4 ημέρες μετά την εκκόλαψη (Koehler, P.G., 2015).



Εικόνα 46. Ξένες ύλες σε Α΄ ύλη ρυζιού a) *Oryza sativa* b) + c) *Oryza rufipogon* και σπόροι αντίστοιχα d) + e) *Echinochloa crus-galli* και σπόροι αντίστοιχα f) *Sitophilus oryzae* μέσα σε κόκκο ρυζιού g) ενήλικα σκαθάρια *Sitophilus oryzae* spp, σε δείγμα ρυζιού και εντομότρητοι κόκκοι g) ακαθαρσίες ποντικών (αριστερα) και αρουραίων (δεξιά) σε σύγκριση με το μέγεθος των κόκκων άσπρου ρυζιού (κέντρο). Πηγές: a) www.vidaenlatierra.com; b) Raju, D.C.S, (2012); c) Redford, A.J., Walters, D. and Scher, J., (2015); d) Schou, J.C. (2003); e) Strand, O.E., Strand Memorial Herbarium. (Barnyardgrass seeds. ID: Hrb-ECHCG-014); f) Shyamal, (2012); g) Omlet (2004, 2015). Budgie Seed Infestation.; h) PestWiki, (2017). The differences between Rats and Mice: Droppings.

- 2) Η περιεχόμενη υγρασία πρέπει να είναι $\leq 15\%$. Η υψηλή υγρασία υποβαθμίζει άμεσα την ποιότητα του ρυζιού, το οποίο εάν μουχλιάσει ή αλλοιωθεί εξαιτίας αυτής κατατάσσεται σε χαμηλότερη βαθμίδα ποιότητας. Αυτό το κριτήριο ποιότητας αποτελεί κρίσιμο παράγοντα αξιολόγησης του εμπορεύσιμου ρυζιού, δεδομένου ότι έχει σχέση τόσο με τις ιδιότητες διατήρησης των κόκκων του σιτηρού αυτού κατά την αποθήκευση, όσο και με την ποιότητα και την απόδοση της άλεσης.
- 3) Η απόδοση σε ολόκληρους κόκκους και το ποσοστό των σπασμένων κόκκων είναι εξίσου σημαντικά. Όταν το ακατέργαστο ρύζι (paddy) αλέθεται, όπως προαναφέρθηκε, στο κόκκο του ρυζιού εμφανίζονται φυσικά ρωγμές, οι οποίες οδηγούν στο σπάσιμό του. Κατά συνέπεια παρατηρείται η ύπαρξη κόκκων με διαφορετικά μεγέθη μέσα στην Α΄ύλη, που επηρεάζουν τόσο την εμφάνιση όσο και τις οργανοληπτικές ιδιότητες του τελικού προϊόντος. Ως εκ τούτου, είναι απαραίτητο να προσδιοριστεί η διακύμανση και να ποσοτικοποιηθεί. Το ποσοστό των σπασμένων κόκκων δεν πρέπει να ξεπερνάει το 5%, εκ των οποίων αυτοί που έχουν μήκος κάτω του μισού δεν πρέπει να υπερβαίνουν το 3%. Οι διαφορές στα μήκη των κόκκων ομαδοποιούνται σε κατηγορίες με συγκεκριμένα όρια μήκους όπως (*Fajardo, W.C., 1992*):
- a) Ολόκληροι κόκκοι (head rice): κόκκοι ή τμήματα αυτών, με μήκος (μεγαλύτερο ή ίσο) από 8/10 του μέσου μήκους του αδιάσπαστου σπόρου.
 - b) Μεγάλου μεγέθους θραύσματα (big broken): τμήματα κόκκων με μήκος μικρότερο από 8/10, αλλά όχι λιγότερο από τα 5/10 του μέσου μήκους του αδιάσπαστου πυρήνα, δηλαδή εξαιρούνται τα θραύσματα με μήκος ίσο ή κάτω από το μισό του ακέραιου κόκκου.
 - c) Μεσαίου μεγέθους θραύσματα (medium broken): τμήματα κόκκων με μήκος μικρότερο από 5/10, αλλά όχι λιγότερο από τα 2/10 του μέσου μήκους του αδιάσπαστου κόκκου.

- d) Μικρού μεγέθους θραύσματα (small broken): τμήματα κόκκων με μήκος μικρότερο από τα 2/10 του μέσου μήκους του αδιάσπαστου κόκκου.
- e) Κόκκοι ζυθοποιίας (brewers): είναι μικρά κομμάτια ή σωματίδια κόκκων που περνούν μέσα από ένα κόσκινο που έχει στρογγυλές διατρήσεις με διάμετρο 1,4 mm. Αυτά είναι επίσης γνωστά ως «τσιπς» ή «binlid».



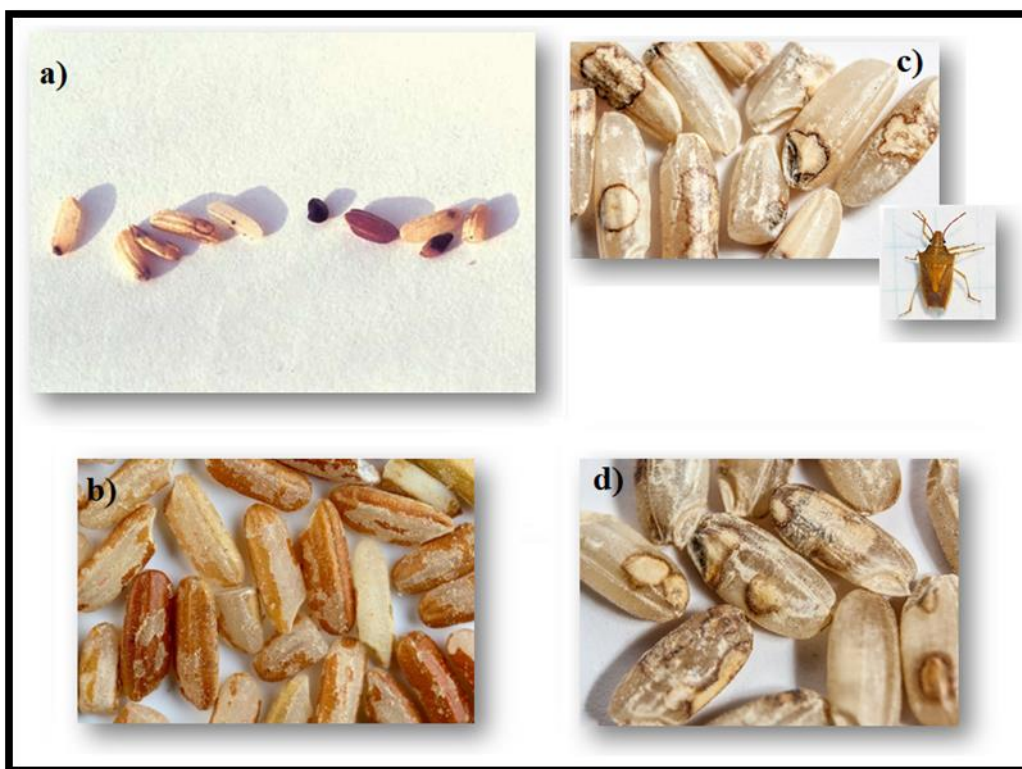
Εικόνα 47. a) Κατηγοριοποίηση σπασμένων: μικρά θραύσματα (small broken) συμπεριλαμβανομένων των κόκκων ζυθοποιίας (brewers), μεγάλα θραύσματα (big broken), ολόκληροι κόκκοι (head rice) Πηγή: Fajardo, W.C., 1992, b) ποιοτική αξιολόγηση των σπασμένων κόκκων ρυζιού. Πηγή: Funk, D.B. (Phd), 2014 - USDA-GIPSA's Chief Scientist in Food and Nutrition Research and Science.

4) Πολύ μεγάλη επίδραση στην ποιότητα του αλεσμένου ρυζιού έχει η παρουσία σε αυτό κόκκων με διάφορα ελαττώματα όπως κατεστραμμένοι κόκκοι είτε από τις περιβαλλοντικές συνθήκες καλλιέργειας και αποθήκευσης (θερμοκρασία και υγρασία), είτε από παθογόνους μικροοργανισμούς (μύκητες, βακτήρια), έντομα (*Sitophilus oryzae*) και τρωκτικά (ποντίκια, αρουραίοι). Οι κατεστραμμένοι κόκκοι είναι:

- a) κόκκοι εντομότρητοι,
- b) κόκκοι reks, δηλαδή που έχουν μία ή περισσότερες μαύρες, καφέ, κόκκινες, ή άλλου τύπου αποχρωματισμένες κηλίδες ή περιοχές, οι οποίες προκαλούνται από την ανάπτυξη μυκήτων ή από έντομα (Espino, L., 2013), αν και συνήθως σε αυτούς

κατηγοριοποιούνται κόκκοι με μαύρα στίγματα στο άκρο του κόκκου που περιέχει το
φύτρο λόγω μηκυτιακής μόλυνσης,

- c) αποχρωματισμένοι κόκκοι (π.χ. καμένοι)
- d) αλευρώδης κόκκοι.
- e) Αωροί, πράσινοι κόκκοι,
- f) ανομοιόμορφοι (contrasting types), δηλαδή κόκκοι που ανήκουν σε διαφορετικές
ποικιλίες



Εικόνα 48. a) Διάφορα είδη ελαττωματικών κόκκων ρυζιού – πρώτος κόκκος
αριστερά→κόκκος reks με μαύρο στίγμα στο άκρο του φύτρου, b) Κόκκοι κόκκινοι και με
κόκκινες ραβδώσεις που δεν έχουν αλεστεί σωστά (under-milled), c) κόκκοι reks που
προκλήθηκαν από τη βρωμούσα του ρυζιού, *Oebalus pugnax* (rice stink bug), η οποία τρέφεται
με τους σπόρους του ρυζιού υπό ανάπτυξη - ενήλικο έντομο, d) κόκκοι reks που προκλήθηκαν
από την ανάπτυξη μυκήτων λόγω υψηλής υγρασίας στην επιφάνεια του σπόρου, π.χ. από
βροχές κατά το θερισμό. Πηγές: a) Moshe, R., Practical Methods of Checking Foods; b)
Acharya, S. (2012-2016). Photo: 'Unpolished rice with bran, Sri Lanka'; c-d) Espino, L., (2013)
& Loser, I., (2010). Photo: Rice Stink Bug (*Oebalus pugnax*).

- g) και οι κόκκινοι κόκκοι ή κόκκοι με κόκκινες ραβδώσεις, δηλαδή κόκκοι ολόκληροι ή
τεμαχισμένοι, με αποχρωματισμένο περικάρπιο, των οποίων το συνολικό μήκος των

κόκκινων ραβδώσεων είναι το ήμισυ ή μεγαλύτερο του μήκους του σπόρου. Αυτοί διαφοροποιούνται από τους κόκκινους κόκκους ρυζιού που έχουν το 25 % της επιφάνειάς τους κόκκινο.

- 5) Τέλος η ποιότητα του τελικού προϊόντος μειώνεται από την παρουσία αναποφλοίωντων κόκκων ρυζιού (κόκκοι paddy) μέσα στο αλεσμένο ρύζι, γεγονός που οφείλεται στο ότι η διαδικασία της αποφλοίωσης και της διαλογής του paddy από το αλεσμένο ρύζι δεν είναι συνήθως 100% αποτελεσματική.

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΚΛΗΡΟΥ ΣΙΤΟΥ ΚΑΙ ΟΡΥΖΗΣ - ΥΠΟΠΡΟΪΟΝΤΑ

Προκειμένου το ρύζι και το σιτάρι να γίνουν βρώσιμα, είτε με τη μορφή του ολόκληρου-ακέραιου κόκκου, είτε ως πλιγούρι, σιμιγδάλι (σιτάρι) ή αλεύρι (σιτάλευρο και ρυζάλευρο), πρέπει να περάσουν από επεξεργασία, σκοπός της οποίας είναι η παραγωγή ελκυστικών προς τον πελάτη προϊόντων, δηλαδή με τις επιθυμητές οργανοληπτικές ιδιότητες (σχετικά σύντομος χρόνος βρασμού, ευχάριστη όψη, οσμή και γεύση) και με τα καθορισμένα από το νόμο και την ίδια τη βιομηχανία χαρακτηριστικά ποιότητας και ασφάλειας (σπόροι αποφλοιωμένοι, καθαρισμένοι από πέτρες και άλλες ξένες ύλες και κατάλληλοι προς ανθρώπινη κατανάλωση) (*International Rice Research Institute (IRRI), Rice Knowledge Bank*).

Στα εμπορικά συστήματα άλεσης, η διαδικασία άλεσης που εφαρμόζεται στο σιτάρι και το ρύζι είναι αυτή των πολλαπλών φάσεων (Γράφημα 1), κατά την οποία υπάρχει η δυνατότητα παραγωγής διάφορων προϊόντων, ενώ παράλληλα παράγονται και υποπροϊόντα άλεσης όπως, φλοιοί και άχυρα, πίτυρα, σπασμένοι και άλλου τύπου μη αποδεκτοί κόκκοι του σιταριού και του ρυζιού. Το τμήμα της άλεσης σ' ένα μύλο σιτηρών εμπορικού επιπέδου, στόχο έχει να μειώσει τη μηχανική καταπόνηση και τη συσσώρευση θερμότητας στους υπό επεξεργασία σπόρους, ελαχιστοποιώντας έτσι τη θραύση τους και μεγιστοποιώντας την παραγωγή ομοιόμορφα γυαλισμένων κόκκων από την ακατέργαστη Α' ύλη (αναποφλοϊώτο σιτάρι, paddy). Απαρτίζεται από μια σειρά συνεργαζόμενων εξειδικευμένων μηχανημάτων όπως, ανιχνευτές μετάλλων, διαχωριστές αέρα με κόσκινα ή αλλιώς πλανσίχτερ, διαχωριστές με βάση το ειδικό βάρος - αποπετρωτές, κώνους απόξεσης, διαχωριστές με κύλινδρο ή αλλιώς τριέρια, χρωματοδιαλογείς, κυλίνδρους άλεσης-κυλινδρόμυλοι (roller mills), χαρμανιέρες, 'τριφτήρια', ταινίες μεταφοράς, ξηραντήρια, ζυγιστικές μηχανές κ.λ.π., τα οποία επιτελούν το καθαρισμό της Α' ύλης από ξένες ύλες και από τα ανεπιθύμητα τμήματα του δημητριακού σπόρου (φλοιό, πίτυρο, γένη και φύτρο), τη διαλογή των κόκκων της με βάσει το σχήμα, το μέγεθος, το βάρος

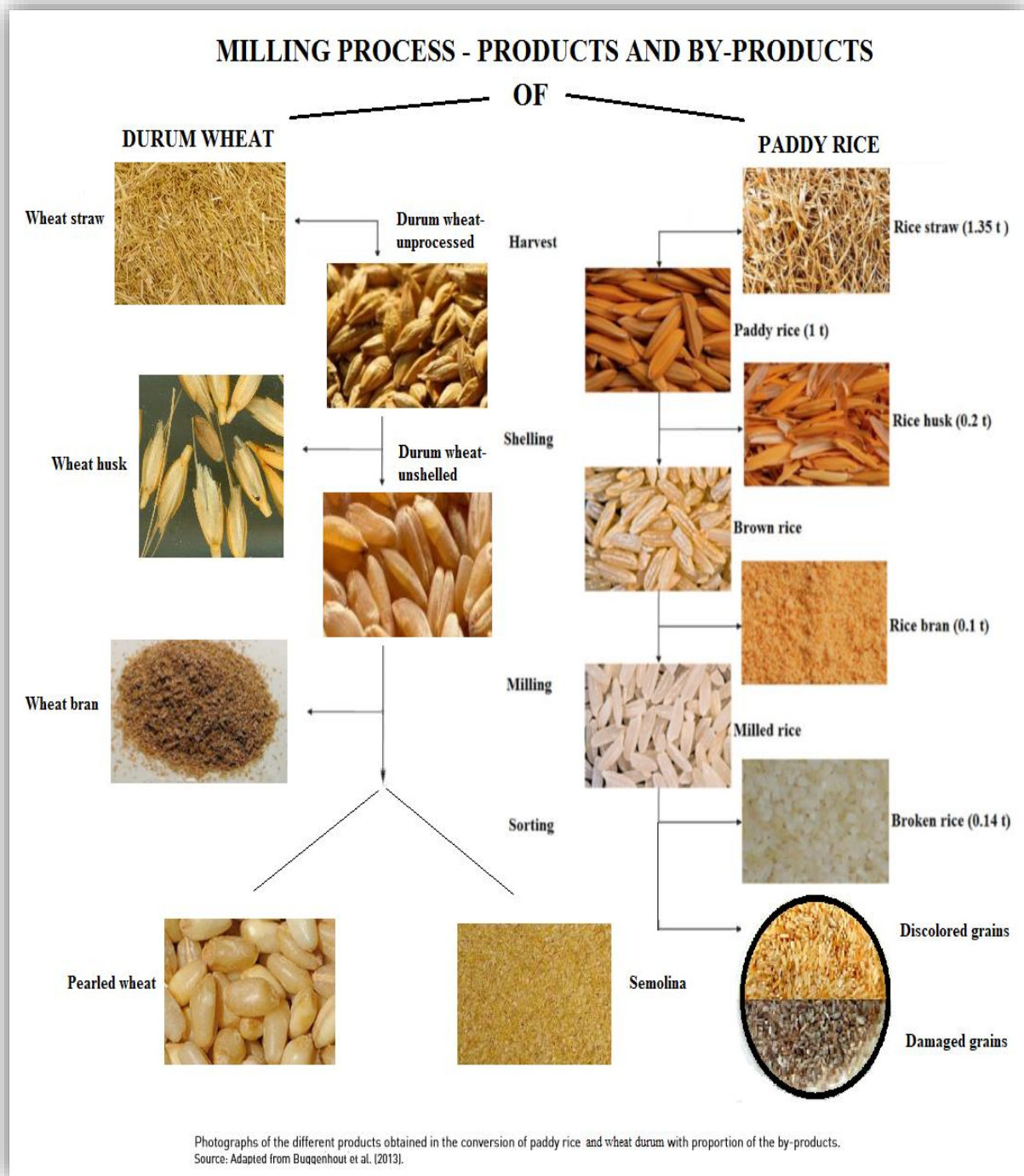
και το χρώμα και τη ρύθμιση της περιεχόμενης υγρασίας μέσα σε αυτή (*International Rice Research Institute (IRRI), Rice Knowledge Bank; Dhankhar, P., 2014*).

Ο σχεδιασμός και η απόδοση των μηχανημάτων άλεσης, καθώς και η διαμόρφωση της εγκατάστασης του μύλου, δηλαδή η αλληλουχία τους μέσα σε αυτόν, ποικίλλει ανάλογα με τις ανάγκες της εκάστοτε βιομηχανίας. Στους σύγχρονους, πιο εξελιγμένους μύλους σιτηρών έχουν γίνει πολλές βελτιωτικές προσαρμογές π.χ. στην απόδοση του ελαστικού κυλινδρόμυλου (rubber roll mill), στην κλίση του επιτραπέζιου διαχωριστή - τραμπάλα, στους ρυθμούς τροφοδοσίας των διαφόρων μηχανημάτων κ.λ.π. Ταυτόχρονα, υπάρχει μία τάση για όσο το δυνατόν μεγαλύτερη αυτοματοποίηση, η οποία μεγιστοποιεί την αποδοτικότητα, διευκολύνει τη χρήση και μειώνει το κόστος παραγωγής. Τα σύγχρονα μηχανήματα π.χ. αποπιτύρωσης και στίλβωσης, έχουν μετρητές που ανιχνεύουν το μέγεθος του φορτίου στο μοτέρ, δίνοντας μια ένδειξη της λειτουργικής πίεσης που εφαρμόζεται κάθε στιγμή στους δημητριακούς κόκκους. Αυτό παρέχει ένα πιο αντικειμενικό μέσο για το καθορισμό της πίεσης που πρέπει να εφαρμοστεί στους σπόρους. Σε κάθε περίπτωση, βασική προϋπόθεση για τον καλό συντονισμό των μηχανημάτων, είναι η σταθερή υγρασία των κόκκων της παρτίδας του σιτηρού που αλέθεται και η ομοιομορφία στη σκληρότητα και τις διαστάσεις τους (*International Rice Research Institute (IRRI), Rice Knowledge Bank*).

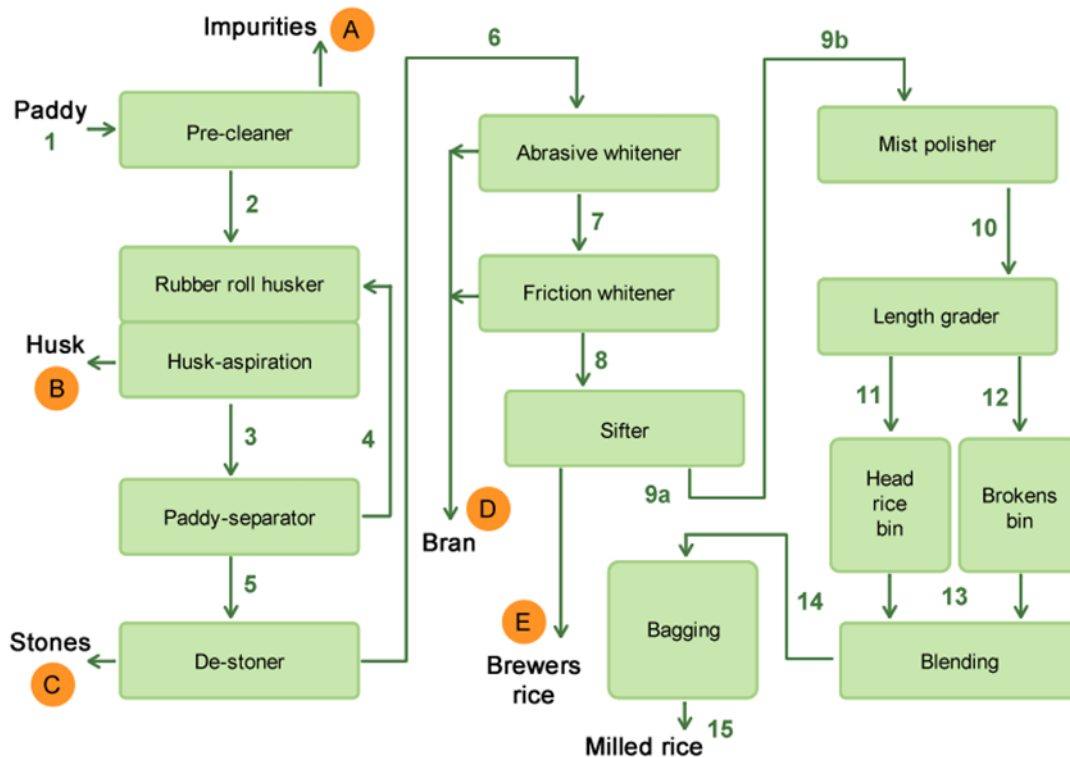
Τα κύρια στάδια της διαδικασίας άλεσης είναι τα παρακάτω (*Gavin, O., 2001; Sardar Baig, Er.M.. Study material, Course Title: Cereal Processing; International Rice Research Institute (IRRI), Rice Knowledge Bank; Γιαννιώτης, Σ., Αθανασόπουλος, Π. και Μουζάκη, Α., 2003; Dhankhar, P., 2014*):

- 1) Προκαθαρισμός,
- 2) Αποφλοιώση,
- 3) Αποπιτύρωση – στίλβωση,
- 4) Διαλογή,

- 5) Ανάμειξη,
- 6) και το στάδιο της συσκευασίας.



Εικόνα 49. Διαδικασία άλεσης σκληρού σίτου και ρυζιού paddy – παραγόμενα προϊόντα και μερικά από τα υποπροϊόντα. Τροποποιήθηκε από, Moraes, C.A.M., et al., (2014).



Γράφημα 5. Διάγραμμα ροής σε ένα μοντέρνο ορυζόμυλο: αναπαριστά τη διάταξη και τη ροή λειτουργίας σε ένα τυπικό μοντέρνο ορυζόμυλο, χρησιμοποιώντας σαν παράδειγμα τον ορυζόμυλο του IRRI: International Rice Research Institute. Πηγή: International Rice Research Institute (IRRI), Rice Knowledge Bank.

Καθαρισμός του Σιτηρού

Προκαθαρισμός (pre-cleaning)

Στην πρώτη φάση του καθαρισμού απομακρύνονται οι ξένες ύλες (άχυρα, σπόροι άλλων φυτών, σκόνη, μικρές πέτρες, μεταλλικά αντικείμενα) και οι κενοί σπόροι του σιτηρού (φλοιοί), έτσι ώστε να παραμείνουν οι υγιείς και ολόκληροι κόκκοι του. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται διάφορα μηχανήματα, όπως: καθαριστής paddy ή πλανσίχτερ (plansifter) (ανάλογα με το μύλο σιτηρών και τις ανάγκες της βιομηχανίας), αποπετρωτές (διαχωριστές με βάση το ειδικό βάρος) και μαγνητικοί διαχωριστές για την απομάκρυνση των μεταλλικών αντικειμένων (Sardar Baig, *Er.M.. Study material, Course Title: Cereal Processing; Dhankhar, P., 2014*). Το κύριο παραγόμενο αγροτικό υποπροϊόν επεξεργασίας σε αυτή τη φάση είναι το άχυρο, από τα στάχυα του σιτηρού και άλλα φυτικά υπολείμματα.

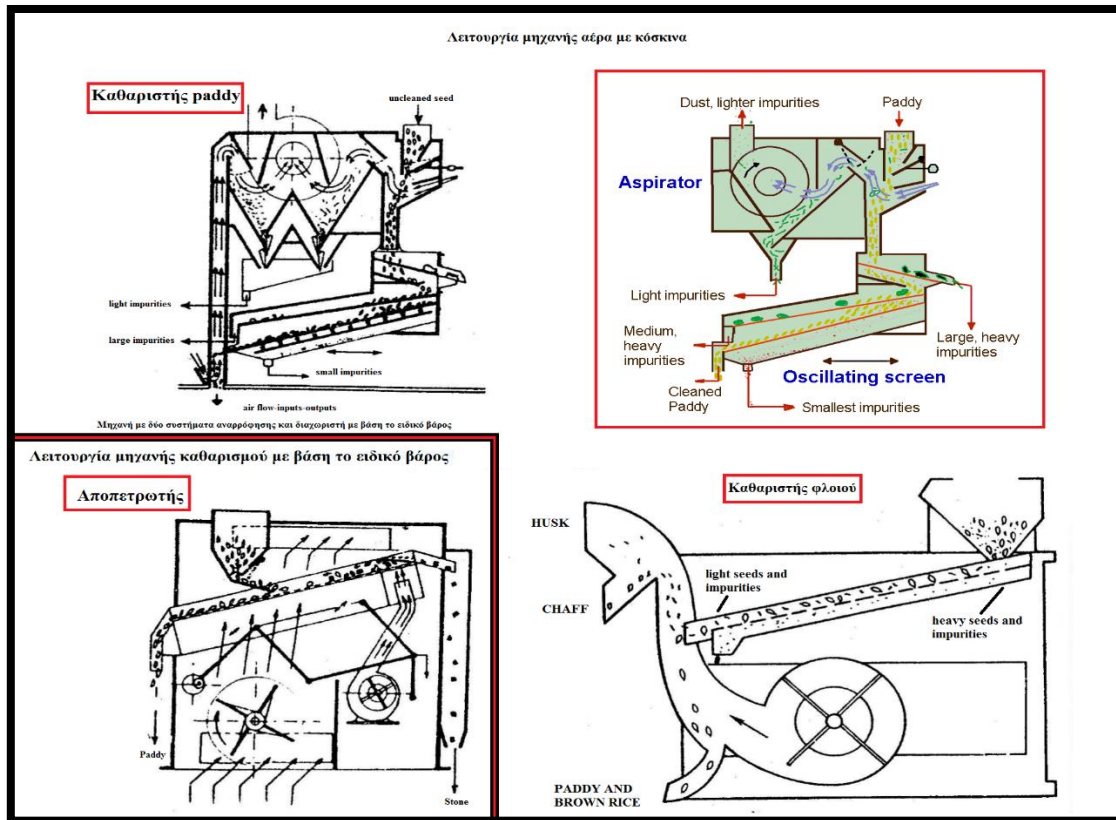
Μηχάνημα καθαρισμού (cleaner)

Το ρύζι (paddy) ή το σιτάρι τροφοδοτούνται εντός αυτού του μηχανήματος μέσω ενός ανοίγματος στην κορυφή. Ο ανεμιστήρας αναρρόφησης αναρροφά αέρα διαμέσου του φιλμ των κόκκων που τροφοδοτείται στη μηχανή, διαχωρίζοντας με αυτό τον τρόπο όλες τις σκόνες και τις ελαφριές ακαθαρσίες (π.χ. φλοιοί σπόρων, ελαφριοί σπόροι άλλων φυτικών ειδών, σκόνη κ.λ.π.), οι οποίες στη συνέχεια πέφτουν στο κωνικού σχήματος πάτο του χώρου αναρρόφησης, για αυτόματη εκκένωση. Το paddy (ή το σιτάρι) πέφτει σε ένα δονούμενο κόσκινο με μεγάλες διατρήσεις που συγκρατεί στην επιφάνειά του τις ακαθαρσίες μεγάλου μεγέθους όπως άχυρα, μεγάλες πέτρες, κ.λ.π., ενώ ο έμφλοιος κόκκος (του ρυζιού-paddy ή του σιταριού) μαζί με τις υπόλοιπες πιο μικρές ακαθαρσίες πέφτουν στο δονούμενο κόσκινο που βρίσκεται ακριβώς από κάτω, με μικρότερες διατρήσεις, το οποίο συγκρατεί και απομακρύνει τις πιο μικρές ακαθαρσίες. Το υλικό που φεύγει από αυτό το κόσκινο και πάλι υποβάλλεται σε ισχυρή αναρρόφηση για να απομακρυνθούν τα τελευταία ίχνη ελαφριών ακαθαρσιών (*Sardar Baig, Er.M.. Study material, Course Title: Cereal Processing*).

Αποπετρωτής (Destoner)

Ο αποπετρωτής είναι διαχωριστής με βάση το ειδικό βάρος και αποτελείται από ένα διάτρητο κεκλιμένο επίπεδο (σε γωνία) το οποίο κινείται παλινδρομικά, ενώ ταυτόχρονα αέρας μεγάλης έντασης εμφυσάται από κάτω, μέσα από το κόσκινο. Όταν ένα μείγμα από paddy και πέτρα τροφοδοτείται στην κορυφή του κόσκινου, ο αέρας έρχεται μέσα από το κόσκινο και στρωματοποιεί τα υλικά σύμφωνα με την πυκνότητά τους (ή το βάρος τους). Οι βαρύτερες πέτρες παραμένουν στη κορυφή του κεκλιμένου επιπέδου και εξαιτίας της παλινδρομικής του κίνησης μεταφέρονται προς τα πίσω και προς το πάνω άκρο αυτού, προς απόρριψη. Ο πιο ελαφρύς αναποφλοιώτος σπόρος, παραμένει στο παλλόμενο κόσκινο και ολισθαίνει προς το κάτω άκρο του, από όπου και αποβάλλεται. Ο διαχωρισμός μπορεί να ελέγχεται με ρύθμιση

του ρυθμού τροφοδοσίας, της ροής του αέρα και της κλίσης του κόσκινου (*Sardar Baig, Er.M.. Study material, Course Title: Cereal Processing*).

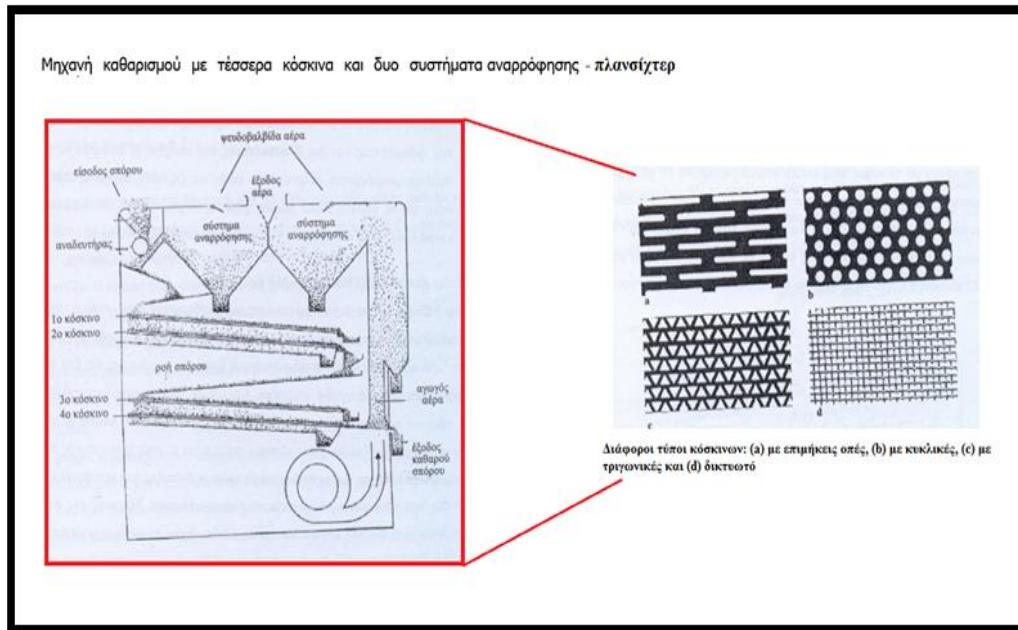


Εικόνα 50. Διαχωριστές αέρα με κόσκινα και διαχωριστές με βάση το ειδικό βάρος (Καθαριστής paddy, αποπετρωτής-destoner) και η λειτουργία τους. Πηγές: Sardar Baig, Er.M. Study material, Course Title: Cereal Processing.

Πλανσίχτερ (Plansifter)

Είναι μηχανήμα που αποτελείται από δονούμενα κόσκινα (ταλάντωση και τίναγμα), τοποθετημένα το ένα κάτω από το άλλο. Τα κόσκινα είναι συνήθως κατασκευασμένα από σύρμα ή πλαστικό που σχηματίζει πλέγμα με διατρήσεις ορισμένου μεγέθους (συγκεκριμένη διάμετρο) και σχήματος. Ο αριθμός των διατρήσεων ανά ίντσα δίνει τον αριθμό mesh (μεξ) του κόσκινου (*Γιαννιώτης, Σ., Αθανασόπουλος, Π. και Μουζάκη, Α., 2003*). Κατά τον καθαρισμό της Α΄ ύλης πρώτα χρησιμοποιούνται τα κυκλικά κόσκινα που διαχωρίζουν τα επιμήκη σωματίδια, ενώ τα δικτυωτά χρησιμοποιούνται για μικρούς σπόρους (*Ξυνιάς, I.N., 2014*). Ο

τύπος των κόσκινων (σχήμα και μέγεθος διατρήσεων) και ο συνδυασμός τους, που χρησιμοποιούνται για το κοσκίνισμα – καθάρισμα και για το διαχωρισμό κατά μέγεθος των κόκκων της κάθε Α΄ ύλης, αποτελούν τις λεγόμενες προδιαγραφές επεξεργασίας της ύλης αυτής (Πίνακας 27).



Εικόνα 51. Πλανσίχτερ και είδη κόσκινων Πηγή: (Γιαννιώτης, Σ., Αθανασόπουλος, Π. και Μουζάκη, Α., (2003).

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΟΣΚΙΝΩΝ				
Σωματίδια Ξ.Υ./Σπόροι	Χωρίς δόνηση		Με δόνηση	
	Σχήμα διατρήσεων			
Μέγεθος και Σχήμα	○	▭	○	▭
Μικρά + χονδρά	↓	→	↓	→
Επιμήκη + χονδρά	→	→	↓	→
Μικρά + λεπτά	↓	↓	↓	↓
Επιμήκη + λεπτά	→	↓	↓	↓

Πίνακας 27. Λειτουργία κόσκινων με κυκλικές και επιμήκειες σπές – με ή χωρίς δόνηση. Πηγή: Ξυνιάς, Ι.Ν., (2014).

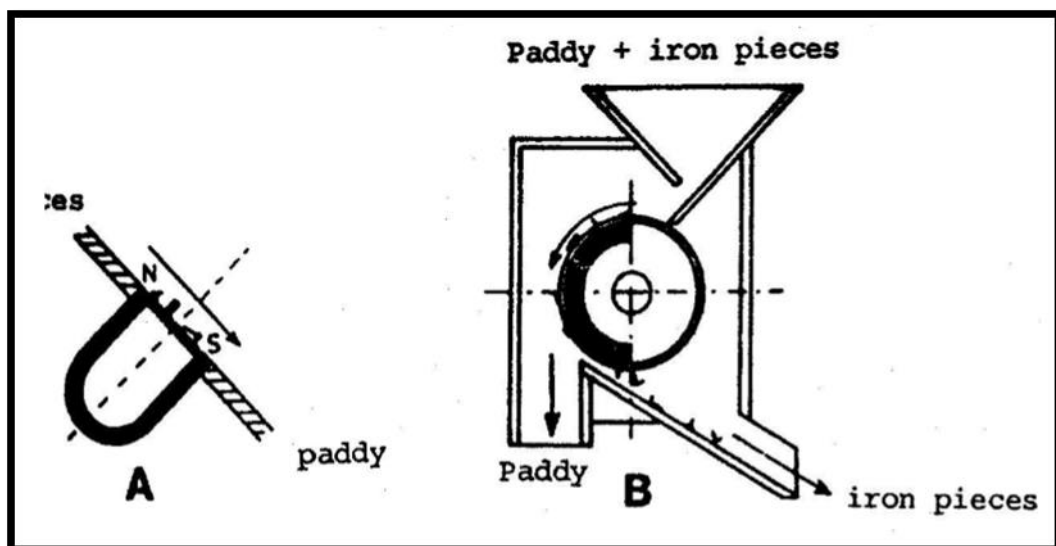
ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΚΛΗΡΟΥ ΣΙΤΟΥ & ΡΥΖΙΩΝ - ΠΛΑΝΣΙΧΤΕΡ								
ΕΙΔΟΣ	κόσκινα							
	1ο		2ο		3ο		4ο	
	σχήμα	μέγεθος (mm)	σχήμα	μέγεθος (mm)	σχήμα	μέγεθος (mm)	σχήμα	μέγεθος (mm)
Σίτος Σκληρός Αποφλοιωμένος	○	6,0-7,5	-	-	-	-	◻	1,8-2,1
Ρύζι Αποφλοιωμένο	○	6,25	◻	4,5	◻	4,25	◻	1,8-2,1

○ : ΣΤΡΟΓΓΥΛΟ ◻ : ΣΧΙΣΤΟ

Πίνακας 28. Ενδεικτικές προδιαγραφές επεξεργασίας προϊόντων σκληρού σίτου και ορύζης - Μεγέθη Κόσκινων Πλανσίχτερ. Πηγή: Ξυνιάς, I.N., (2014).

Μαγνητικοί διαχωριστές

Είναι μαγνήτες τοποθετημένοι με διάφορους τρόπους (Sardar Baig, Er.M.. Study material, Course Title: Cereal Processing):



Εικόνα 52. Μαγνητικός διαχωριστής. Πηγή: Sardar Baig, Er.M.. Study material, Course Title: Cereal Processing.

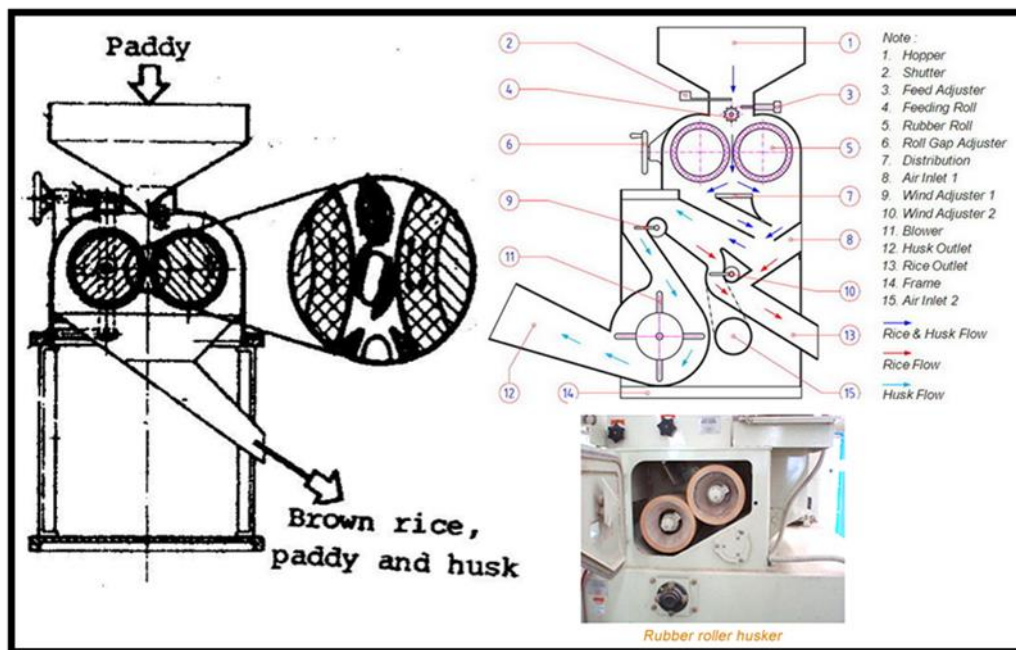
- μόνιμοι μαγνήτες, πάνω από τους οποίους περνάει η ακάθαρτη Α΄ ύλη (π.χ. paddy), έτσι ώστε να προσκολλώνται και να συλλέγονται τα σωματίδια σιδήρου που βρίσκονται μέσα σε αυτή. Ο καθαρισμός του μαγνήτη σε αυτή την περίπτωση γίνεται χειρωνακτικά.
- διαχωριστές με περιστρεφόμενο κύλινδρο κάτω από τον οποίο βρίσκεται ένας σταθερός ημικυκλικός μαγνήτης (δεν περιστρέφεται μαζί με τον κύλινδρο), οι οποίοι είναι

αυτοκαθαριζόμενοι. Ο κύλινδρος κινείται από την ελεύθερη ροή της Α΄ ύλης και καθώς η τελευταία περνάει πάνω από αυτόν, τα σωματίδια σιδήρου που περιέχει υπόκεινται στην έλξη του μαγνήτη, οπότε και προσκολλώνται. Όταν ο κύλινδρος κατά την περιστροφική του κίνηση απομακρύνεται από τον μαγνήτη, ο σίδηρος απελευθερώνεται αυτόματα και απορρίπτεται ξεχωριστά.

Αποφλοιώση (husking)

Στη δεύτερη φάση πραγματοποιείται (Sardar Baig, Er.M.. Study material, Course Title: Cereal Processing; Dhankhar, P., 2014):

- a) η αποφλοιώση, κατά την οποία απαλλάσσεται ο κόκκος από το εξωτερικό ξηρό περίβλημα (στάδιο 2), με τη χρήση κυλινδρόμυλου (rubber roll sheller ή husker).



Εικόνα 53. Αποφλοιωτής (Rubber roll sheller). Πηγές: Sardar Baig, Er.M.. Study material, Course Title: Cereal Processing; International Rice Research Institute (IRRI), Rice Knowledge Bank

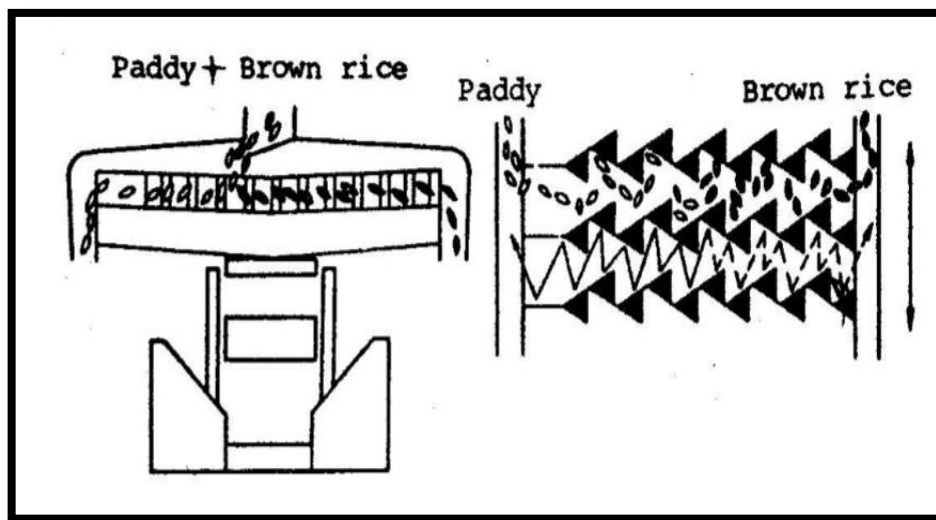
Ο αποφλοιωτικός κυλινδρόμυλος αποτελείται από δύο κυλίνδρους από καουτσούκ, που περιστρέφονται σε αντίθετες κατευθύνσεις και με διαφορετικές ταχύτητες. Και οι δύο

κύλινδροι έχουν την ίδια διάμετρο, αλλά ο ένας από αυτούς κινείται περίπου κατά 25% ταχύτερα από τον άλλο. Η διαφορά στην περιφερειακή ταχύτητα υποβάλλει τους κόκκους paddy ή σίτου που πέφτουν μεταξύ των κυλίνδρων σε μια διατμητική δράση, εξαιτίας της οποίας αφαιρείται ο φλοιός. Επίσης, ενώ ο ένας κύλινδρος είναι στερεωμένος σε σταθερή θέση, η θέση του άλλου είναι ρυθμιζόμενη πλευρικά προκειμένου να αυξηθεί ή να μειωθεί το διάκενο μεταξύ των δύο κυλίνδρων, η ψύξη των οποίων επιτυγχάνεται με εμφύσηση αέρα στην επιφάνειά τους. Σε γενικές γραμμές ο ρυθμός αποφλοιώσεως διατηρείται περίπου στο 85%.

- b) η απομάκρυνση από την Α' ύλη των φλοιών και των σπασμένων κόκκων (στάδιο 3) μέσω ενός διαχωριστή φλοιού, που είναι διαχωριστής αέρα με κόσκινα.
- c) ο διαχωρισμός των έμφλοιων κόκκων που δεν αποφλοιώθηκαν (με το πρώτο πέρασμα από τον αποφλοιωτή, ~15% paddy ή έμφλοιο σιτάρι), από το καστανό ρύζι ή το αποφλοιωμένο σιτάρι και η επιστροφή τους στον αποφλοιωτή (στάδιο 4). Το στάδιο αυτό πραγματοποιείται με τη βοήθεια διαφόρων ειδών διαχωριστή: διαχωριστή αέρα με κόσκινα, διαχωριστή τύπου διαμερίσματος (compartment type separator) κ.λ.π.

Ο Διαχωριστής τύπου διαμερίσματος ή 'τραμπάλα' (compartment type separator) αποτελείται από ένα επιτραπέζιο επίπεδο το οποίο κινείται με ταλάντωση και διαιρείται σε κανάλια τοποθετημένα σε ζιγκ ζαγκ. Κατά την κίνηση αυτή, το τραπέζι, η επιφάνεια του οποίου είναι κατασκευασμένη από λείο χάλυβα, ταλαντεύεται εγκάρσια, παίρνοντας κλίση από τη μία πλευρά στην άλλη, κατά μήκος των καναλιών ζιγκ ζαγκ, δηλαδή κάθετα προς την κατεύθυνση αυτών. Το μίγμα paddy και καστανού ρυζιού (ή αναποφλοιώτου και αποφλοιωμένου σίτου) τροφοδοτείται από τη χοάνη προς το κέντρο των καναλιών. Η κρούση των κόκκων επί των πλευρών του κάθε καναλιού έχει ως αποτέλεσμα οι αναποφλοιώτοι κόκκοι να κινούνται ανοδικά στο κεκλιμένο επίπεδο, προς την υπερυψωμένη πλευρά του τραπέζιου, ενώ οι αποφλοιωμένοι κόκκοι να ολισθαίνουν προς

το κάτω μέρος του κεκλιμένου επιπέδου, προς την πλευρά δηλαδή του τραπεζιού που βρίσκεται πιο χαμηλά. Η κλίση και ο ρυθμός χτυπήματος του τραπεζιού ρυθμίζονται ώστε να ανταποκρίνονται στις ανάγκες των διαφορετικών Αΰλων ρυζιού και σίτου έτσι ώστε να εξασφαλίζεται κάθε φορά ο πλήρης διαχωρισμός των αναποφλοιώτων και αποφλοιωμένων κόκκων. Συνήθως υπάρχουν περισσότερα του ενός επίπεδα, τοποθετημένα το ένα πάνω από το άλλο (Sardar Baig, Er.M.. Study material, Course Title: Cereal Processing).



Εικόνα 54. Διαχωριστής τύπου διαμερίσματος (compartment type separator) ή ‘τραμπάλα’.
Πηγή: Sardar Baig, Er.M.. Study material, Course Title: Cereal Processing.

- d) και η απομάκρυνση μικρών πετρών και συσσωματωμάτων λάσπης από το καστανό ρύζι με τη χρήση αποπετρωτή (στάδιο 5), ο οποίος είναι διαχωριστής με βάση το ειδικό βάρος.

Το παραγόμενο αγροτικό υποπροϊόν επεξεργασίας σε αυτή τη φάση είναι οι φλοιοί των σπόρων.

Άλεση

Στο πρώτο στάδιο της άλεσης του ρυζιού και του σίτου γίνεται η στίλβωση (γυάλισμα) των κόκκων κατά την οποία πραγματοποιείται η απομάκρυνση μέσω της απόξεσης του κόκκου (pearling), των ανεπιθύμητων συστατικών του ακέρατου αποφλοιωμένου κόκκου, όπως το

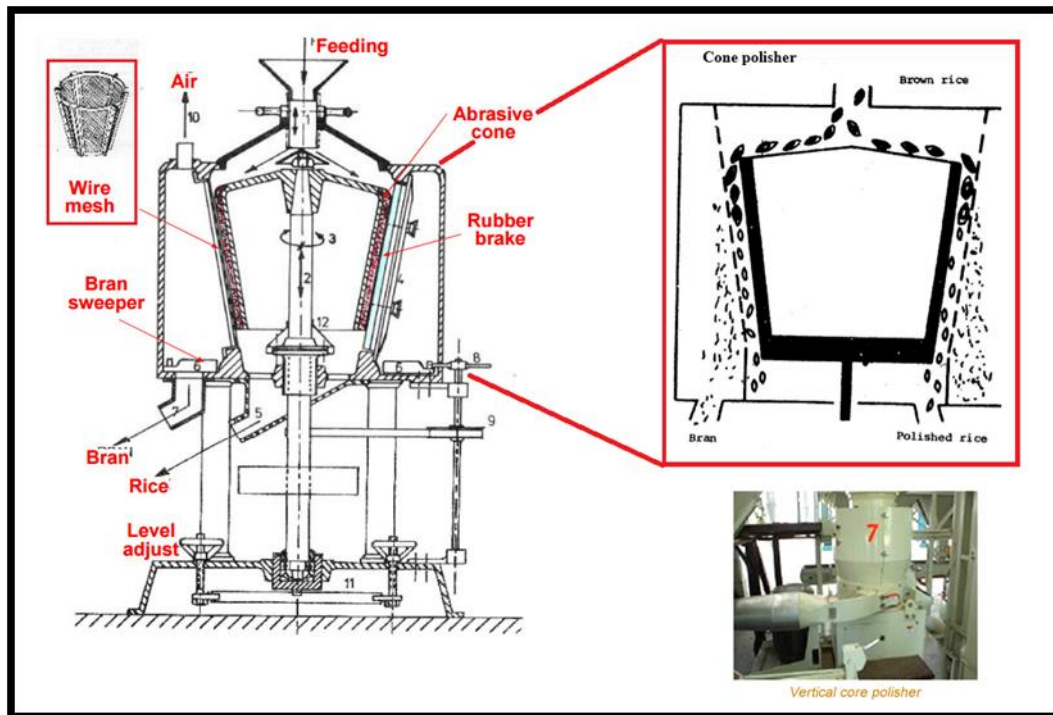
πίτυρο, το γένη (στο σιτάρι) και το φύτρο. Στόχος της διαδικασίας της αποπιτύρωσης είναι η απογύμνωση του ενδοσπερμίου, χωρίς να προκαλείται ο θρυμματισμός του (*Posner, E.S. and Hibbs A.N., 1997*). Παραγεται έτσι το κυριότερο υποπροϊόν επεξεργασίας των σιτηρών, το πίτυρο. Κατά τη μηχανική αποπιτύρωση του κόκκου που μπορεί να γίνει είτε με κυλινδρόμυλους (roller mills), είτε με κώνους γυαλισματος (pearling cones) (στάδια 6 και 7), τα θρεπτικά συστατικά του δημητριακού σπόρου όπως, διαιτητικές ίνες, βιταμίνες, μεταλλικά ιχνοστοιχεία και φυτοχημικές βιοενεργές ουσίες, συμπυκνώνονται στο πίτυρο, το οποίο είναι υποπροϊόν υψηλής διατροφικής αξίας. Το απομένον ενδοσπέρμιο (ραφινάρισμένος κόκκος) αποτελείται κατά κύριο λόγο από υδατάνθρακες. (*Fellers, D.A., et al., 1976; Abbas, A., Murtaza, S., et al., 2011*).

Στο τέλος της διαδικασίας της απόξεσης, γίνεται ένας ελαφρύς ψεκάσμος του αποπιτυρωμένου σιτηρού με νερό δικτύου, προκειμένου να απομακρυνθούν τα υπολείμματα της απόξεσης (υπολείμματα πιτύρου) από τους κόκκους του αποπιτυρωμένου σιτηρού, δηλαδή γίνεται γυάλισμα με νερό (*International Rice Research Institute (IRRI), Rice Knowledge Bank*). Στο Γράφημα 1 (διάγραμμα ροής της επεξεργασίας του σίτου και του ρυζιού σε μία τυπική βιομηχανία επεξεργασίας ορύζης και οσπρίων), η διαδικασία αυτή, λαμβάνει χώρα στον τρίτο κώνο απόξεσης (ή αποπιτυρωτής ομίχλης, mist polisher).

Κώνος γυαλισματος (απόξεσης)

Το μηχάνημα αυτό αποτελείται από ένα κατακόρυφο ημιτελή κώνο , που καλύπτεται με σμύριδα, ο οποίος περιστρέφεται μέσα σε ένα συρμάτινο πλέγμα. Το διάκενο μεταξύ του κώνου και του κόσκινου μπορεί να ρυθμίζεται με την ανύψωση ή το χαμήλωμα του πρώτου. Σε τακτά διαστήματα γύρω από το κώνο, το συρματένιο πλέγμα διαιρείται σε τμήματα, με κάθετα ρυθμιζόμενα φρένα από καουτσούκ. Το καστανό ρύζι εισέρχεται από το κέντρο στην κορυφή του μηχανήματος και κινείται προς τα έξω από τη φυγόκεντρο δύναμη στην άκρη του

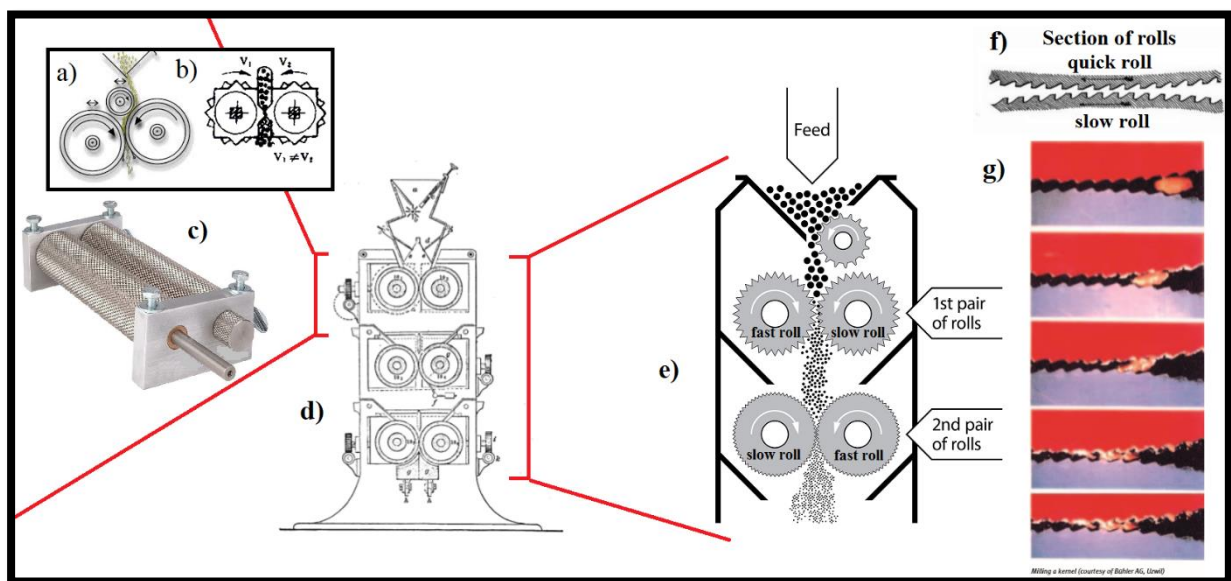
κόνου. Καθώς το καστανό ρύζι μετακινείται προς τα κάτω μεταξύ του κόνου και του πλέγματος που επενδύει εξωτερικά τον κώνο, η λειαντική δράση της σμύριδας ‘ξεφλουδίζει’ το πίτυρο από τους κόκκους. Το πίτυρο βγαίνει μέσω των οπών του πλέγματος και συλλέγεται χωριστά. Το γυαλισμένο ρύζι αποβάλλεται από το πάτο αυτής της μηχανής απόξεσης (Sardar Baig, Er.M.. Study material, Course Title: Cereal Processing).



Εικόνα 55. Κώνος απόξεσης (Pearling cone) Πηγές: Sardar Baig, Er.M.. Study material, Course Title: Cereal Processing; Thiruchenduran, J., (2015).

Κατόπιν στη περίπτωση παραγωγής πλιγουριού, σιμιγδαλιού, σιτάλευρου και ρυζάλευρου, που πρέπει να επιτευχθεί μείωση του μεγέθους του κόκκου, γίνεται διαδοχικό σπάσιμο των κόκκων (δεύτερο, τρίτο κ.λ.π. ανάλογα με το βαθμό αλευροποίησης) σε μια σειρά λείων ή οδοντωτών κυλίνδρων (roller mills), όπου και αλευροποιούνται μέσω ενός συνδυασμού δυνάμεων και σχεδιαστικών χαρακτηριστικών (αυτό το στάδιο πραγματοποιείται σε αλευρόμυλους). Συγκεκριμένα το ‘πάτημα’ των κυλίνδρων σε έναν κυλινδρόμυλο άλεσης αυξάνεται προοδευτικά και όταν αυτοί περιστρέφονται με την ίδια ταχύτητα, η κύρια δύναμη που χρησιμοποιείται είναι η συμπίεση, ενώ όταν περιστρέφονται με διαφορετικές ταχύτητες,

εκτός από συμπίεση ασκείται όπως προαναφέρθηκε και διάτμηση (rubber roll sheller). Τέλος εάν αυτοί διαθέτουν αυλακώσεις, πραγματοποιείται ρήξη και άλεση του σπόρου (roller mill). Τα σωματίδια που παράγονται τείνουν να είναι ομοιόμορφα σε μέγεθος, ενώ η επιμόλυνση από τη σκόνη είναι μικρή (www.feedmachinery.com/glossary/equipment/roller_mills/). Καθ' όλη τη διάρκεια της αλευροποίησης ειδικά μηχανήματα που η λειτουργία τους βασίζεται στην πίεση ή την κρούση ή την τριβή (τριφτήρια) διασπούν τα συχνά σχηματιζόμενα συσσωματώματα αλεύρου.



Εικόνα 56. Κυλινδρόμυλοι αλευροποίησης (roller mills) Πηγές:

a) www.danagri-3s.com/mandm_rollermills.html

b) www.feedmachinery.com/glossary/equipment/roller_mills/

c) www.midwestsupplies.com/monster-mill-mm3-3-roller-mill

d) Gzuufy, (2012). Image: 'A walz set of roller mills'. In, Wikimedia commons.

e) Marcotte, E. (2016). Image: 'Roller Mills'. In, Distillery Milling Efficiency. Food and Beverage. Processing solutions for the processing industries.

f) Lou's Place in Cyberspace. Image: 'Section of rolls'. Castle Valley Mill

g) Bühler A.G., Uzwil. milling a kernel

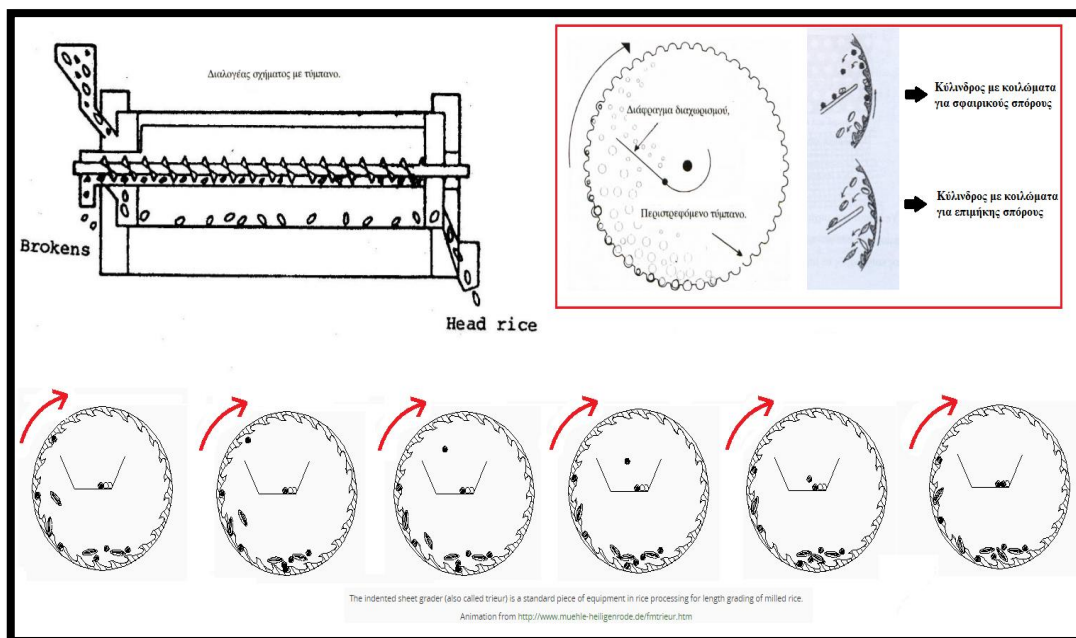
Διαλογή των κόκκων

Διαλογή των κόκκων με βάση το μέγεθος

Κατά τη διαδικασία αυτή οι ολόκληροι κόκκοι του ρυζιού και του σιταριού διαχωρίζονται από τα θραύσματα αυτών και γίνεται η διαλογή των θραυσμάτων ανάλογα με το

μέγεθος (οι χονδροί κόκκοι διαχωρίζονται από τους μικρούς) για να υπάρξει ομοιόμορφο μέγεθος κόκκων ανάλογα με το τελικό προϊόν. Για την επίτευξη αυτού του στόχου (στάδια 9α, 10, 11, 12), χρησιμοποιούνται τριέρια ('trieur' ή διαχωριστές τυμπάνου) (*International Rice Research Institute, IRRI, Rice Knowledge Bank*). Το υποπροϊόν αυτής της φάσης της άλεσης είναι οι σπασμένοι κόκκοι ρυζιού, συμπεριλαμβανομένου του λεγόμενου ρυζιού του ζυθοποιού (brewers rice) και τα θραύσματα του σιταριού.

Τριέρι (trieur) ή διαχωριστής τυμπάνου



Εικόνα 57. Διαχωριστής τυμπάνου ή τριέρι ('trieur') Πηγές: Sardar Baig, Er.M.. Study material, Course Title: Cereal Processing; Thiruchenduran, J., (2015).

Είναι ένας περιστρεφόμενος κύλινδρος με ελαφριά κλίση, που στο εσωτερικό του μέρος και καθόλο το μήκος του περιέχει κοιλώματα (σαν μικρές τσέπες), συγκεκριμένου μεγέθους ανάλογα με το μέγεθος των κόκκων που πρέπει να απομακρυνθούν από την Α΄ ύλη. Το μίγμα ακέραιων κόκκων ρυζιού ('head'rice) και θραυσμάτων εκφορτώνεται στο εσωτερικό του ανυψωμένου άκρου του κυλίνδρου. Καθώς το ρύζι περνά κατά μήκος του αργά περιστρεφόμενου κυλίνδρου, οι σπασμένοι κόκκοι 'κάθονται' στις τσέπες του, με αποτέλεσμα

κατά την περιστροφή του κυλίνδρου να απομακρύνονται από το μίγμα. Στη συνέχεια και καθώς ο κύλινδρος περιστρέφεται προς τα πάνω, τα θραύσματα των σπόρων που εγκλωβίστηκαν στις τσέπες του, πέφτουν έξω από ένα υψηλό σημείο κατά την περιστροφική κίνηση, από όπου και συλλέγονται από μία γούρνα ‘συλλέκτη’, εγκατεστημένη σε σταθερό μέρος στο εσωτερικό του κυλίνδρου, για να απορριφθούν στο τέλος ξεχωριστά. Οι αέριοι σπόροι, που έχουν μεγαλύτερο μέγεθος από τα θραύσματα, δεν μπορούν να ‘καθίσουν’ στα κοιλώματα τα οποία είναι πολύ μικρά για αυτούς. Ως εκ τούτου καθώς περιστρέφεται ο κύλινδρος, κινούνται ανεμπόδιστα κατά μήκος αυτού και με τη φορά της κλίσης του, δηλαδή προς τα κάτω. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται ο διαχωρισμός των αέριων κόκκων και των θραυσμάτων, σε δύο ρεύματα. Ρυθμίζοντας το μέγεθος των κοιλωμάτων και την κλίση του κυλίνδρου, μπορούν να διαχωριστούν θραύσματα ρυζιού διαφορετικών μεγεθών (ή και διαφορετικοί κόκκοι). Στο τέλος τα θραύσματα που έχουν μέγεθος μεγαλύτερο ή ίσο από το μισό του αέριου κόκκου ($\geq \frac{1}{2}$) αναμιγνύονται σε χαρμανιέρες και σε συγκεκριμένες αναλογίες με το υπόλοιπο ρύζι, ανάλογα με τις απαιτήσεις της αγοράς για τα τελικά προϊόντα (Sardar Baig, Er.M.. Study material, Course Title: Cereal Processing).

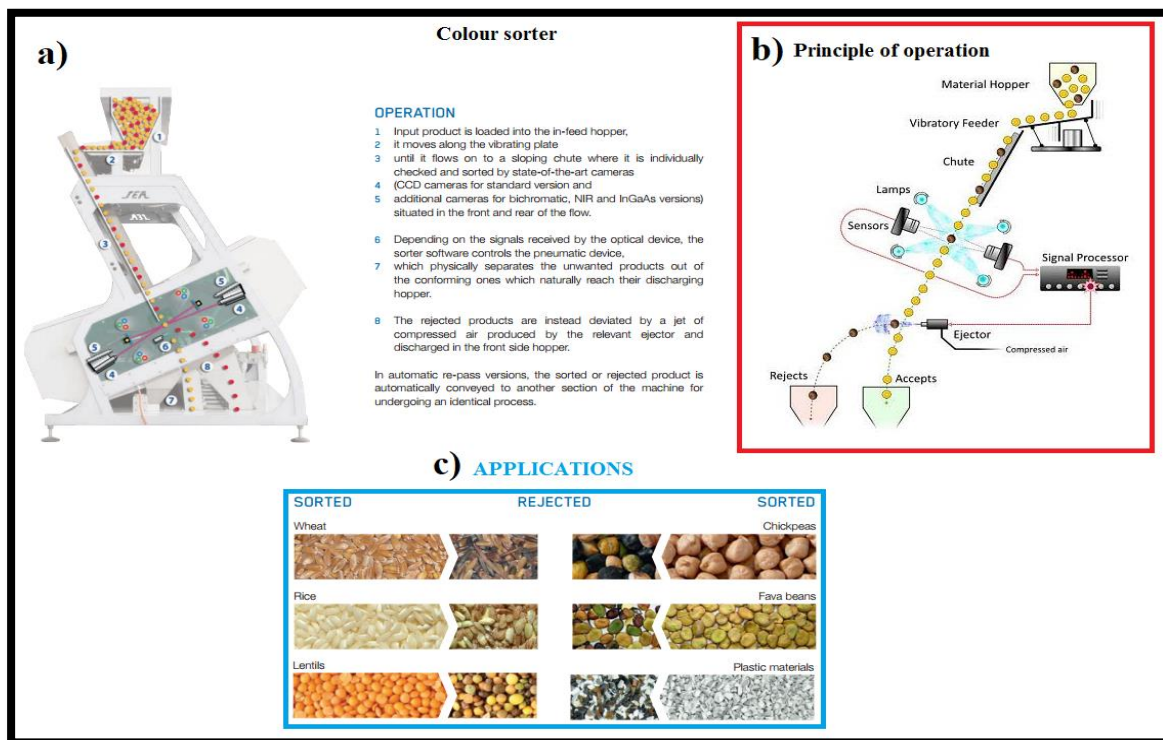
ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΚΛΗΡΟΥ ΣΙΤΟΥ & ΡΥΖΙΩΝ - ΤΡΙΕΡΙ	
ΕΙΔΟΣ	ΜΕΓΕΘΟΣ ΚΟΙΛΩΜΑΤΩΝ (mm)
Σίτος Σκληρός Αποφλοιωμένος	5,5-7
Ρύζι Αποφλοιωμένο	5,5

Πίνακας 29. Ενδεικτικές Προδιαγραφές Επεξεργασίας Προϊόντων Σκληρού σίτου και Ορύζης - Μεγέθη Κοιλωμάτων Τυμπάνου. Πηγή: Ξυνιάς, I.N., (2014).

Διαλογή των κόκκων με βάση το χρώμα

Σε αυτό το στάδιο γίνεται ο διαχωρισμός των υγειών και φυσιολογικών κόκκων του σιτηρού με το επιθυμητό χρώμα, από αυτούς που είναι αποχρωματισμένοι ή κατεστραμμένοι (μαύρα στίγματα) ή που ανήκουν σε άλλα φυτικά είδη με διαφορετικό χρώμα κόκκων, χρησιμοποιώντας χρωματοδιαλογείς.

Χρωματοδιαλογέας (colour sorter)



Εικόνα 58. Χρωματοδιαλογέας, αρχή λειτουργίας και παραδείγματα εφαρμογών Πηγές: a), c) www.seasort.com/download/SEA-Next-Pixel-Brochure-EN.pdf (διαφημιστικό φυλλάδιο) b) Satake Australia. 'Principle Construction of a Chute Type Sorter'.

Το εισερχόμενο προϊόν φορτώνεται εντός της χοάνης τροφοδοσίας και κινείται κατά μήκος μιας δονούμενης πλάκας, μέχρι να οδηγηθεί σε έναν επικλινή αγωγό. Κατά την πτώση του ο κάθε κόκκος ελέγχεται ξεχωριστά και ταξινομείται από ένα σύστημα καμερών υψηλής ευκρίνειας που είναι τοποθετημένο στο μπροστινό και πίσω μέρος της ροής των κόκκων. Ανάλογα με τα σήματα που λαμβάνονται από την οπτική κάμερα, το λογισμικό του διαλογέα ελέγχει τη συσκευή πεπιεσμένου αέρα, που επιτελεί στην πράξη το διαχωρισμό των ανεπιθύμητων κόκκων από εκείνους οι οποίοι είναι σύμφωνοι με τις προδιαγραφές. Οι αποδεκτοί κόκκοι συνεχίζουν τη ροή τους ανεμπόδιστοι προς συγκεκριμένη χοάνη εκφόρτωσης όπου και καταλήγουν, ενώ οι μη αποδεκτοί (αποχρωματισμένοι και κατεστραμμένοι) παρεκκλίνουν από τη πορεία της ροής των κόκκων εξαιτίας της επίδρασης ενός πίδακα πεπιεσμένου αέρα που παράγεται από το σχετικό εκχυτήριο και απορρίπτονται σε

μία ξεχωριστή χοάνη, από όπου και αποβάλλονται (*Satake Australia. 'Principle Construction of a Chute Type Sorter'*).

Άλλα βοηθητικά μηχανήματα που παίρνουν μέρος στην επεξεργασία του σιτηρού είναι:

- Ξηραντήρια για τη ρύθμιση της υγρασίας του κόκκου
- Ζυγιστικές μηχανές
- Ταινίες μεταφοράς
- Χαρμανιέρες, όπου γίνεται η ανάμειξη διαφορετικών υλών.

Πίνακες γημικής σύστασης των υποπροϊόντων επεξεργασίας σίτου και ορύζης

Wheat and Rice straw-Feedipedia - Animal Feed Resources Information System - INRA CIRAD AFZ and FAO © 2012-2016									
Main analysis	Unit	Wheat straw				Rice straw			
		Avg	SD	Nb		Avg	SD	Nb	
Dry matter	% as fed	91.0	1.3	438		92.8	1.5	206	
Crude protein	% DM	4.2	0.7	428		4.2	1.1	237	
Crude fibre	% DM	41.5	2.1	438		35.1	3.1	185	
NDF	% DM	77.5	4.2	85	*	69.1	4.2	159	
ADF	% DM	50.0	3.5	80	*	42.4	3.5	162	
Lignin	% DM	7.2	1.0	203		4.8	0.8	149	
Ether extract	% DM	1.4	0.5	53		1.4	0.3	161	
Ash	% DM	6.7	1.2	433		18.1	3.2	229	
Starch (polarimetry)	% DM	1.0	0.6	114					
Total sugars	% DM	1.2	0.9	138					
Gross energy	MJ/kg DM	18.5	0.6	18	*	15.5	0.7	7	*
Minerals	Unit	Avg	SD	Nb		Avg	SD	Nb	
Calcium	g/kg DM	4.8	1.1	226		2.9	0.7	145	
Phosphorus	g/kg DM	0.7	0.2	226		0.9	0.3	147	
Potassium	g/kg DM	11.2	4.6	40		18.0	3.4	125	
Sodium	g/kg DM	0.1	0.1	143		2.7	2.5	66	
Magnesium	g/kg DM	1.2	1.2	18		1.9	0.5	130	
Manganese	mg/kg DM	32	19	5		454	220	57	
Zinc	mg/kg DM	17	7	10		34	7	59	
Copper	mg/kg DM	4	2	10		6	3	56	
Iron	mg/kg DM	184	201	8		335	268	5	
Secondary metabolites	Unit	Avg	SD	Nb		Avg	SD	Nb	
Tannins (eq. tannic acid)	g/kg DM	2.5		1		0.1		1	
Tannins, condensed (eq. catechin)	g/kg DM	0.2		1		0.0		1	

Wheat and Rice straw-Feedipedia - Animal Feed Resources Information System - INRA CIRAD AFZ and FAO © 2012-2016
...continue

Main analysis	Unit	Wheat straw				Rice straw			
		Avg	SD	Nb		Avg	SD	Nb	
Ruminant nutritive values									
OM digestibility, ruminants	%	48.4	4.8	27	*	49.8	2.8	15	
Energy digestibility, ruminants	%	45.2		2	*	46.5			*
DE ruminants	MJ/kg DM	8.3			*	7.2			*
ME ruminants	MJ/kg DM	6.8		2	*	5.8	0.3	3	*
ME ruminants (gas production)	MJ/kg DM	5.0	0.9	3					
Nitrogen digestibility, ruminants	%	3.5	49.5	15	*	2.1	31.7	8	
a (N)	%	38.4		1		23.5		2	
b (N)	%	25.5		1		55.1		2	
c (N)	h-1	0.056		1		0.032		2	
Nitrogen degradability (effective, k=4%)	%	53			*	48			*
Nitrogen degradability (effective, k=6%)	%	51			*	43		2	*
Pig nutritive values									
Energy digestibility, growing pig	%	12.3			*				
DE growing pig	MJ/kg DM	2.3			*				
ME _n growing pig	MJ/kg DM	2.0			*				
NE growing pig	MJ/kg DM	1.1			*				
Rabbit nutritive values									
Energy digestibility, rabbit	%	18.8			*	35.0			*
DE rabbit	MJ/kg DM	3.5	2.7	3		5.4			*
ME _n rabbit	MJ/kg DM	3.3			*				
Nitrogen digestibility, rabbit	%	60.0	33.9	3					

Πίνακας 30. Χημική σύσταση και διατροφική αξία στελέχους σίτου και ρυζιού (άχυρο) Πηγή: Feedipedia - Animal Feed Resources Information System - INRA CIRAD AFZ and FAO

Rice hull-Feedipedia - Animal Feed Resources Information System - INRA CIRAD AFZ and FAO © 2012-2016

Main analysis	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
Dry matter	% as fed	91.9	2.0	88.1	95.4	35	
Crude protein	% DM	3.7	1.4	1.9	6.7	35	
Crude fibre	% DM	42.6	6.8	28.1	56.8	35	
NDF	% DM	67.8	11.7	46.0	79.2	17	
ADF	% DM	51.7	11.0	31.6	72.0	17	
Lignin	% DM	14.2	3.7	6.1	19.2	15	
Ether extract	% DM	1.5	1.1	0.4	4.2	27	
Ash	% DM	17.5	3.1	12.9	24.1	37	
Starch (polarimetry)	% DM	5.3	3.7	0.8	11.9	13	
Gross energy	MJ/kg DM	16.3	1.4	14.7	18.1	5	*
Minerals	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
Calcium	g/kg DM	0.9	0.4	0.3	1.7	19	
Phosphorus	g/kg DM	1.1	1.0	0.3	4.0	20	
Potassium	g/kg DM	4.0	1.7	1.7	7.3	16	
Sodium	g/kg DM	0.3	0.2	0.1	0.4	3	
Magnesium	g/kg DM	1.0	1.1	0.3	4.4	16	
Manganese	mg/kg DM	442		435	448	2	
Zinc	mg/kg DM	43				1	
Copper	mg/kg DM	2				1	
Iron	mg/kg DM	56				1	
Ruminant nutritive values	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
OM digestibility, Ruminant	%	28.9				1	
Energy digestibility, ruminants	%	22.8					*
DE ruminants	MJ/kg DM	3.7					*
ME ruminants	MJ/kg DM	3.0					*
Nitrogen digestibility, ruminants	%	7.4				1	
Rabbit nutritive values	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
Energy digestibility, rabbit	%	36.3					*
DE rabbit	MJ/kg DM	5.9				1	

Πίνακας 31α. Χημική σύσταση και διατροφική αξία του φλοιού του ρυζιού (rice hull). Πηγή: Feedipedia - Animal Feed Resources Information System - INRA CIRAD AFZ and FAO.

Χημική σύσταση του καρπού του σιταριού (σε υγρασία 14%) και των κυρίων τμημάτων του (σε ποσοστά επί τις %)

Σύνολο καρπού	Ενδοσπέρμιο	Έμβρυο	Περιβλήματα
Άμυλο 63-71	71.0	14.0	8.6
Πρωτεΐνες 8-15	9.6	28.5	14.4
Κυτταρίνη 2.0-2.5	0.2	7.5	21.4
Λίπη 1.5-2.0	1.4	10.4	4.7
Διαλυτά ζάχαρα 2-3	1.1	16.2	4.6
Τέφρα 1.5-2.0	0.7	4.5	6.3
Ημικυτταρίνες 2.5-3.0	1.8	6.8	26.2

Πηγή: Καραμάνος, Α.Ι., "Τα σιτηρά των εύκρατων κλιμάτων", Καθηγητής της Γεωργίας στην Ανωτάτη Γεωπονική Σχολή Αθηνών.

Πίνακας 31β. Χημική σύσταση του καρπού του σιταριού και των κύριων τμημάτων του (φλοιός).

Wheat and Rice Bran-National Nutrient Database for Standard Reference-USDA					
Nutrient	Unit	Value Per100 g	Data points	Std. Error	Value Per100 g
		Wheat Bran			Rice Bran
Water	g	9.89	15	0.680	6.13
Energy	kcal	216	--	--	316
Energy	kJ	904	--	--	--
Protein	g	15.55	13	0.523	13.35
Total lipid (fat)	g	4.25	11	0.211	20.85
Ash	g	5.79	13	0.246	--
Carbohydrate, by difference	g	64.51	--	--	49.69
Fiber, total dietary	g	42.8	--	--	21.0
Sugars, total	g	0.41	--	--	0.90
Minerals	Unit	Value Per100 g	Data points	Std. Error	Value Per100 g
Calcium, Ca	mg	73	4	7.008	57
Iron, Fe	mg	10.57	5	1.200	18.54
Magnesium, Mg	mg	611	4	75.506	781
Phosphorus, P	mg	1013	3	92.602	1677
Potassium, K	mg	1182	4	123.940	1485
Sodium, Na	mg	2	4	0.855	5
Zinc, Zn	mg	7.27	4	0.632	6.04
Copper, Cu	mg	0.998	4	0.112	--
Manganese, Mn	mg	11.500	4	6.184	--
Selenium, Se	µg	77.6	2	--	--
Vitamins	Unit	Value Per100 g	Data points	Std. Error	Value Per100 g
Vitamin C, total ascorbic acid	mg	0.0	--	--	0.0
Thiamin	mg	0.523	4	0.052	2.753
Riboflavin	mg	0.577	3	0.064	0.284
Niacin	mg	13.578	5	4.398	33.995
Pantothenic acid	mg	2.181	4	0.478	--
Vitamin B-6	mg	1.303	5	0.328	4.070
Folate, total	µg	79	4	13.385	--
Folic acid	µg	0	--	--	--

Wheat and Rice Bran-National Nutrient Database for Standard Reference-USDA...continue					
Nutrient	Unit	Value Per100 g	Data points	Std. Error	Value Per100 g
		Wheat Bran			Rice Bran
Folate, food	µg	79	4	13.385	--
Folate, DFE	µg	79	--	--	63
Choline, total	mg	74.4	--	--	--
Vitamin B-12	µg	0.00	--	--	0.00
Vitamin B-12, added	µg	0.00	--	--	--
Vitamin A, RAE	µg	0	1	--	0
Retinol	µg	0	--	--	--
Carotene, beta	µg	6	1	--	--
Carotene, alpha	µg	0	--	--	--
Cryptoxanthin, beta	µg	0	--	--	--
Vitamin A, IU	IU	9	1	--	0
Lycopene	µg	0	--	--	--
Lutein+zeaxanthin	µg	240	1	--	--
Vitamin E, (alpha-tocopherol)	mg	1.49	--	--	4.92
Vitamin E, added	mg	0.00	--	--	--
Vitamin D (D2 + D3)	µg	0.0	--	--	0.0
Vitamin D	IU	0	--	--	0
Vitamin K (phylloquinone)	µg	1.9	--	--	1.9
Lipids	Unit	Value Per100 g	Data points	Std. Error	Value Per100 g
Fatty acids, total saturated	g	0.630	--	--	4.171
4:0	g	0.000	--	--	--
6:0	g	0.000	--	--	--
8:0	g	0.000	--	--	--
10:0	g	0.000	--	--	--
12:0	g	0.002	8	--	--
14:0	g	0.007	8	--	--
16:0	g	0.556	8	--	--
18:0	g	0.037	8	--	--

Wheat and Rice Bran-National Nutrient Database for Standard Reference-USDA...continue					
Nutrient	Unit	Value Per100 g	Data points	Std. Error	Value Per100 g
		Wheat Bran			Rice Bran
Fatty acids, total monounsaturated	g	0.637	--	--	7.549
16:1 undifferentiated	g	0.017	8	--	--
18:1 undifferentiated	g	0.619	8	--	--
20:1	g	0.000	--	--	--
22:1 undifferentiated	g	0.000	--	--	--
Fatty acids, total polyunsaturated	g	2.212	--	--	7.459
18:2 undifferentiated	g	2.039	8	--	--
18:3 undifferentiated	g	0.167	8	--	--
18:4	g	0.000	--	--	--
20:4 undifferentiated	g	0.005	8	--	--
20:5 n-3 (EPA)	g	0.000	--	--	--
22:5 n-3 (DPA)	g	0.000	--	--	--
22:6 n-3 (DHA)	g	0.000	--	--	--
Cholesterol	mg	0	--	--	0
Amino Acids	Unit	Value Per100 g	Data points	Std. Error	Value Per100 g
Tryptophan	g	0.282	2	--	--
Threonine	g	0.500	12	--	--
Isoleucine	g	0.486	12	--	--
Leucine	g	0.928	12	--	--
Lysine	g	0.600	12	--	--
Methionine	g	0.234	12	--	--
Cystine	g	0.371	12	--	--
Phenylalanine	g	0.595	12	--	--
Tyrosine	g	0.436	12	--	--
Valine	g	0.726	12	--	--
Arginine	g	1.087	12	--	--
Histidine	g	0.430	12	--	--
Alanine	g	0.765	12	--	--
Aspartic acid	g	1.130	12	--	--
Glutamic acid	g	2.874	12	--	--

Wheat and Rice Bran-National Nutrient Database for Standard Reference-USDA...continue					
Nutrient	Unit	Value Per100 g	Data points	Std. Error	Value Per100 g
		Wheat Bran			Rice Bran
Glycine	g	0.898	12	--	--
Proline	g	0.882	12	--	--
Serine	g	0.684	12	--	--
Other	Unit	Value Per100 g	Data points	Std. Error	Value Per100 g
Alcohol, ethyl	g	0.0	--	--	--
Caffeine	mg	0	--	--	0
Theobromine	mg	0	--	--	--
Flavonoids	Unit	Value Per100 g	Data points	Std. Error	Value Per100 g
<i>Isoflavones</i>					--
Daidzein	mg	0.00	1	--	--
Genistein	mg	0.00	1	--	--
Total isoflavones	mg	0.00	1	--	--
<i>Proanthocyanidin</i>					--
Proanthocyanidin dimers	mg	0.0	1	--	--
Proanthocyanidin trimers	mg	0.0	1	--	--
Proanthocyanidin 4-6mers	mg	0.0	1	--	--
Proanthocyanidin 7-10mers	mg	0.0	1	--	--
Proanthocyanidin polymers (>10mers)	mg	0.0	1	--	--

Πίνακας 32α. Χημική σύσταση του πίτυρου σίτου (Full Report 20077-all Nutrients) και του πίτυρου ρυζιού (Full Report 20060-all Nutrients)
Πηγή: National Nutrient Database for Standard Reference-USDA

**Wheat bran-Feedipedia - Animal Feed Resources Information System - INRA CIRAD
AFZ and FAO © 2012-2016**



Main analysis	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
Dry matter	% as fed	87.0	1.1	83.6	90.3	19914	
Crude protein	% DM	17.3	1.0	14.1	20.5	19450	
Crude fibre	% DM	10.4	1.3	6.3	14.7	19300	
NDF	% DM	45.2	4.6	32.4	56.5	743	*
ADF	% DM	13.4	1.6	8.4	17.6	754	*
Lignin	% DM	3.8	0.7	1.9	5.3	452	*
Ether extract	% DM	3.9	0.6	2.1	5.7	9117	
Ash	% DM	5.6	0.5	4.0	7.3	11055	
Starch (polarimetry)	% DM	23.1	4.0	11.1	35.4	17115	
Total sugars	% DM	7.2	1.6	3.7	10.5	152	
Gross energy	MJ/kg DM	18.9	0.3	18.0	19.9	65	*
Minerals	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
Calcium	g/kg DM	1.4	0.4	0.2	2.9	684	
Phosphorus	g/kg DM	11.1	1.2	7.8	14.6	890	*
Potassium	g/kg DM	13.7	2.4	8.3	18.4	81	*
Sodium	g/kg DM	0.1	0.1	0.0	0.3	128	
Magnesium	g/kg DM	4.5	1.1	2.2	7.0	66	
Manganese	mg/kg DM	114	35	41	188	38	
Zinc	mg/kg DM	89	19	55	136	37	
Copper	mg/kg DM	13	4	2	21	40	
Iron	mg/kg DM	155	45	58	253	26	
Amino acids	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
Alanine	% protein	4.6	0.3	3.8	5.2	25	
Arginine	% protein	6.8	0.8	4.7	8.5	27	
Aspartic acid	% protein	7.0	0.5	6.0	8.1	23	
Cystine	% protein	2.1	0.2	1.6	2.5	39	
Glutamic acid	% protein	19.0	2.1	15.9	23.3	23	
Glycine	% protein	5.1	0.4	4.4	5.9	25	
Histidine	% protein	2.7	0.3	2.1	3.2	26	
Isoleucine	% protein	3.2	0.2	2.6	3.6	28	
Leucine	% protein	6.0	0.4	5.4	7.2	27	
Lysine	% protein	4.0	0.4	3.1	4.9	70	
Methionine	% protein	1.5	0.2	1.1	1.8	53	
Phenylalanine	% protein	3.9	0.3	3.2	4.5	27	
Proline	% protein	6.3	0.7	5.4	7.7	14	
Serine	% protein	4.3	0.3	3.8	4.8	26	
Threonine	% protein	3.2	0.2	2.9	3.5	27	
Tryptophan	% protein	1.4	0.2	1.0	1.6	17	
Tyrosine	% protein	2.7	0.5	1.7	4.1	16	
Valine	% protein	4.6	0.3	3.8	5.2	26	
Secondary metabolites	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
Tannins (eq. tannic acid)	g/kg DM	1.3				1	
Tannins, condensed (eq. catechin)	g/kg DM	0.0				1	
Ruminant nutritive values	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
OM digestibility, ruminants	%	73.4	4.1	66.4	81.1	9	*

Wheat bran-Feedipedia - Animal Feed Resources Information System - INRA CIRAD AFZ and FAO © 2012-2016 ...continue							
Ruminant nutritive values	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
Energy digestibility, ruminants	%	71.4	3.1	66.8	76.5	8	*
DE ruminants	MJ/kg DM	13.5					*
ME ruminants	MJ/kg DM	11.0	0.6	10.2	11.8	8	*
ME ruminants (gas production)	MJ/kg DM	13.5				1	
Nitrogen digestibility, ruminants	%	68.2					*
a (N)	%	28.8	13.9	12.9	43.3	4	
b (N)	%	66.2	12.0	52.3	78.5	4	
c (N)	h-1	0.200	0.097	0.090	0.307	4	
Nitrogen degradability (effective, k=4%)	%	84		84	90	2	*
Nitrogen degradability (effective, k=6%)	%	80	5	66	87	13	*
Pig nutritive values	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
Energy digestibility, growing pig	%	57.1	7.0	46.5	71.0	17	*
DE growing pig	MJ/kg DM	10.8	1.3	9.0	13.8	18	*
ME _n growing pig	MJ/kg DM	10.2	1.9	8.1	13.3	9	*
NE growing pig	MJ/kg DM	7.2					*
Nitrogen digestibility, growing pig	%	64.9	6.9	59.9	84.9	13	*
Poultry nutritive values	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
AMEn cockerel	MJ/kg DM	7.8	1.6	5.3	10.6	16	*
AMEn broiler	MJ/kg DM	7.4		5.3	7.4	2	*
Rabbit nutritive values	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
Energy digestibility, rabbit	%	62.7	5.2	59.4	69.0	3	*
DE rabbit	MJ/kg DM	11.9	1.0	10.7	13.7	12	*
ME _n rabbit	MJ/kg DM	11.2					*
Nitrogen digestibility, rabbit	%	74.0	1.8	74.0	80.0	4	*

Πίνακας 32β. Χημική σύσταση και διατροφική αξία πύργου σίτου Πηγή: Feedipedia - Animal Feed Resources Information System - INRA CIRAD AFZ and FAO

Rice bran-Feedipedia - Animal Feed Resources Information System - INRA CIRAD AFZ and FAO © 2012-2016



Main analysis	Unit	< 4%				4-11%				11-20%				> 20%			
		Avg	SD	Nb		Avg	SD	Nb		Avg	SD	Nb		Avg	SD	Nb	
Dry matter	% as fed	90.0	1.3	20		90.1	1.4	358		90.2	1.4	71		91.7	2.0	17	
Crude protein	% DM	14.2	1.6	19		14.8	1.5	380		12.7	1.9	77		8.8	2.6	18	
Crude fibre	% DM	4.1	0.7	18		8.6	1.8	301		16.3	2.8	70		28.3	5.6	15	
NDF	% DM	12.4		2		25.2	3.1	90	*	34.4	4.0	27	*	48.7			*
ADF	% DM	3.2		2		11.2	1.9	89	*	19.6	3.8	28	*	32.7			*
Lignin	% DM	1.2		2		4.1	0.9	89	*	6.8	1.1	17	*	11.0			*
Ether extract	% DM	13.2	1.6	17		17.2	2.6	318		14.4	3.3	61		10.3	3.4	5	
Ether extract, HCl hydrolysis	% DM					9.4	1.6	350		12.4	2.3	72		11.1	2.3	3	
Ash	% DM	6.9	0.8	18		28.8	7.3	133		22.4	6.7	19		13.6	4.3	14	
Starch (polarimetry)	% DM	42.0	8.2	7		2.8	2.2	12		2.8	1.8	10		14.7	3.5	6	
Total sugars	% DM	3.8		2		21.2	2.0	14	*	20.2	2.9	17	*	1.0		1	
Gross energy	MJ/kg DM	20.5		2	*	90.1	1.4			90.2	1.4	71		19.3			*
Minerals	Unit	Avg	SD	Nb		Avg	SD	Nb		Avg	SD	Nb		Avg	SD	Nb	
Calcium	g/kg DM	0.6	0.9	18		0.7	0.4	206		0.7	0.3	48		4.7	7.5	7	
Phosphorus	g/kg DM	13.9	3.1	18		17.0	3.1	207		13.8	2.9	48		7.4	3.4	7	
Potassium	g/kg DM	10.8	1.8	15		14.9	2.4	155		12.3	1.4	24		6.3		1	
Sodium	g/kg DM					0.2	0.2	23		0.2		1					
Magnesium	g/kg DM	6.1	0.8	15		7.8	1.4	160		6.5	1.7	25		2.1		1	
Manganese	mg/kg DM					211	45	29		138	6	6					
Zinc	mg/kg DM					63	13	35		55	6	6					
Copper	mg/kg DM					8	3	28		9	1	6					
Iron	mg/kg DM					106	25	20									
Amino acids	Unit	Avg	SD	Nb		Avg	SD	Nb		Avg	SD	Nb		Avg	SD	Nb	
Alanine	% protein	5.9	0.1	3		6.4	0.4	20		5.8	0.4	5					
Arginine	% protein	7.7	1.2	3		6.6	1.6	20		7.2	1.2	5					
Aspartic acid	% protein	7.9	1.8	3		9.0	0.9	20		9.3	1.1	4					
Cystine	% protein	1.1	0.2	3		1.2	0.2	20		1.7	0.5	4					

Rice bran-Feedipedia - Animal Feed Resources Information System - INRA CIRAD AFZ and FAO © 2012-2016 ...continue

Amino acids	Unit	< 4%				4-11%				11-20%				> 20%			
		Avg	SD	Nb		Avg	SD	Nb		Avg	SD	Nb		Avg	SD	Nb	
Glutamic acid	% protein	13.5	0.5	3		13.0	1.0	20		12.7	0.7	3					
Glycine	% protein	4.9	0.2	3		5.3	0.3	20		5.2	0.8	5					
Histidine	% protein	2.6	0.4	3		2.6	0.3	20		2.4	0.4	5					
Isoleucine	% protein	5.8	0.3	3		5.9	0.4	20		5.3	0.8	4					
Leucine	% protein	6.7	0.1	3		6.7	0.4	20		7.0	0.9	4					
Lysine	% protein	4.5	0.5	3		4.7	0.4	23		4.4	0.4	5					
Methionine	% protein	2.3	0.2	3		2.2	0.2	21		1.9	0.1	4					
Phenylalanine	% protein	4.6	0.5	3		4.4	0.3	20		4.4	0.1	5					
Proline	% protein	4.7	1.4	3		5.3	0.5	20		4.6	0.5	4					
Serine	% protein	4.3	0.5	3		4.6	0.5	20		4.0	0.5	5					
Threonine	% protein	3.3	0.1	3		3.8	0.3	20		3.7	0.3	5					
Tryptophan	% protein	2.0	0.3	3		1.8	0.4	19		2.2	0.2	3					
Tyrosine	% protein	4.1	0.3	3		3.7	0.4	20		3.4	0.7	5					
Valine	% protein	5.4	0.2	3		5.5	0.4	20		5.4	0.4	5					
Ruminant nutritive values	Unit	Avg	SD	Nb		Avg	SD	Nb		Avg	SD	Nb		Avg	SD	Nb	
OM digestibility, Ruminant	%	94.4			*	76.9		*		63.8			*	46.4			
Energy digestibility, ruminants	%	92.5			*	75.4		*		61.1			*	42.6			
DE ruminants	MJ/kg DM	19.0			*	16.0		*		12.3			*	8.2			
ME ruminants	MJ/kg DM	15.8			*	13.1		*		10.1			*	6.7			
Nitrogen digestibility, ruminants	%	75.8			*	68.0		*		59.9			*	39.6			
a (N)	%									25.0		1					
b (N)	%									67.4		1					
c (N)	h-1									0.050		1					
Nitrogen degradability (effective,k=4%)	%									62			*				
Nitrogen degradability (effective,k=6%)	%					62		1		56			*				
Pig nutritive values	Unit	Avg	SD	Nb		Avg	SD	Nb		Avg	SD	Nb		Avg	SD	Nb	
Energy digestibility, growing pig	%	83.7			*	76.6			*	64.5	64.5		*	45.6			*
DE growing pig	MJ/kg DM	17.2			*	16.2			*	13.0	13.0		*	8.8			*

Rice bran-Feedipedia - Animal Feed Resources Information System - INRA CIRAD AFZ and FAO © 2012-2016 ...continue																	
Pig nutritive values	Unit	< 4%				4-11%				11-20%				> 20%			
		Avg	SD	Nb		Avg	SD	Nb		Avg	SD	Nb		Avg	SD	Nb	
MEn growing pig	MJ/kg DM	16.7			*	15.6			*	12.5			*	8.3			*
NE growing pig	MJ/kg DM	13.1			*	12.2			*	9.4			*	5.6			*
Nitrogen digestibility, growing pig	%					79.5		1		68.9		1					
Poultry nutritive values	Unit	Avg	SD	Nb		Avg	SD	Nb		Avg	SD	Nb		Avg	SD	Nb	
AMEn cockerel	MJ/kg DM									10.6			*				
AMEn broiler	MJ/kg DM					12.7	1.9		3	10.3	1.9	3	*				
Rabbit nutritive values	Unit	Avg	SD	Nb		Avg	SD	Nb		Avg	SD	Nb		Avg	SD	Nb	
Energy digestibility, rabbit	%					57.4			*								
DE rabbit	MJ/kg DM					12.1		1									
MEn rabbit	MJ/kg DM					11.6			*								


Πίνακας 32γ. Χημική σύσταση και διατροφική αξία πύργου ρυζιού με περιεχόμενο φυτικών ινών: < 4%, 4-11%, 11-20% και > 20%

Πηγή: Feedipedia - Animal Feed Resources Information System - INRA CIRAD AFZ and FAO

Wheat germ-Feedipedia - Animal Feed Resources Information System - INRA CIRAD AFZ and FAO © 2012-2016							
Main analysis	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
Dry matter	% as fed	88.7	1.9	86.7	92.7	11	
Crude protein	% DM	29.5	3.8	22.5	36.1	11	
Crude fibre	% DM	4.0	1.5	1.7	6.0	10	
NDF	% DM	16.1		12.5	19.7	2	
ADF	% DM	4.2		3.6	4.9	2	
Lignin	% DM	1.0	0.4	0.6	1.4	3	
Ether extract	% DM	9.7	2.7	6.4	16.6	11	
Ash	% DM	4.7	0.4	4.1	5.3	11	
Starch (polarimetry)	% DM	19.8	4.0	15.2	22.2	3	
Total sugars	% DM	17.5		14.6	20.4	2	
Gross energy	MJ/kg DM	20.6		19.5	21.0	2	*
Minerals	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
Calcium	g/kg DM	0.8	0.2	0.6	1.1	5	
Phosphorus	g/kg DM	10.9	1.0	9.8	11.8	5	
Potassium	g/kg DM	11.8		11.3	12.3	2	
Magnesium	g/kg DM	2.7		2.7	2.7	2	
Manganese	mg/kg DM	175				1	
Zinc	mg/kg DM	170				1	
Amino acids	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
Alanine	% protein	5.2		4.7	5.6	2	
Arginine	% protein	6.9	0.1	6.8	7.0	3	
Aspartic acid	% protein	7.4		7.0	7.7	2	
Cystine	% protein	1.3	0.2	1.1	1.5	3	
Glutamic acid	% protein	13.5		12.9	14.0	2	
Glycine	% protein	5.0	0.3	4.7	5.1	3	
Histidine	% protein	2.1	0.1	2.0	2.2	3	
Isoleucine	% protein	3.1	0.3	2.9	3.4	3	
Leucine	% protein	5.7	0.0	5.7	5.7	3	
Lysine	% protein	5.4	0.6	5.0	6.1	3	
Methionine	% protein	1.7	0.1	1.6	1.8	3	
Phenylalanine	% protein	3.3	0.2	3.1	3.5	3	
Proline	% protein	4.0				1	
Serine	% protein	3.7		3.7	3.7	2	
Threonine	% protein	3.4	0.0	3.4	3.5	3	
Tryptophan	% protein	0.8	0.3	0.5	1.0	3	
Tyrosine	% protein	2.8				1	
Valine	% protein	4.7	0.2	4.5	4.9	3	
Ruminant nutritive values	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
OM digestibility, Ruminant	%	85.6					*
Energy digestibility, ruminants	%	85.4					*
DE ruminants	MJ/kg DM	17.6					*
ME ruminants	MJ/kg DM	14.0					*
Pig nutritive values	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
Energy digestibility, growing pig	%	83.8					*
DE growing pig	MJ/kg DM	17.2					*

Wheat germ-Feedipedia - Animal Feed Resources Information System - INRA CIRAD AFZ and FAO © 2012-2016 ...continue							
Pig nutritive values	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
MEn growing pig	MJ/kg DM	16.4					*
NE growing pig	MJ/kg DM	11.8					*
Rabbit nutritive values	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
Energy digestibility, rabbit	%	89.7					*
DE rabbit	MJ/kg DM	18.4				1	
MEn rabbit	MJ/kg DM	17.1					*
Nitrogen digestibility, rabbit	%	88.3				1	

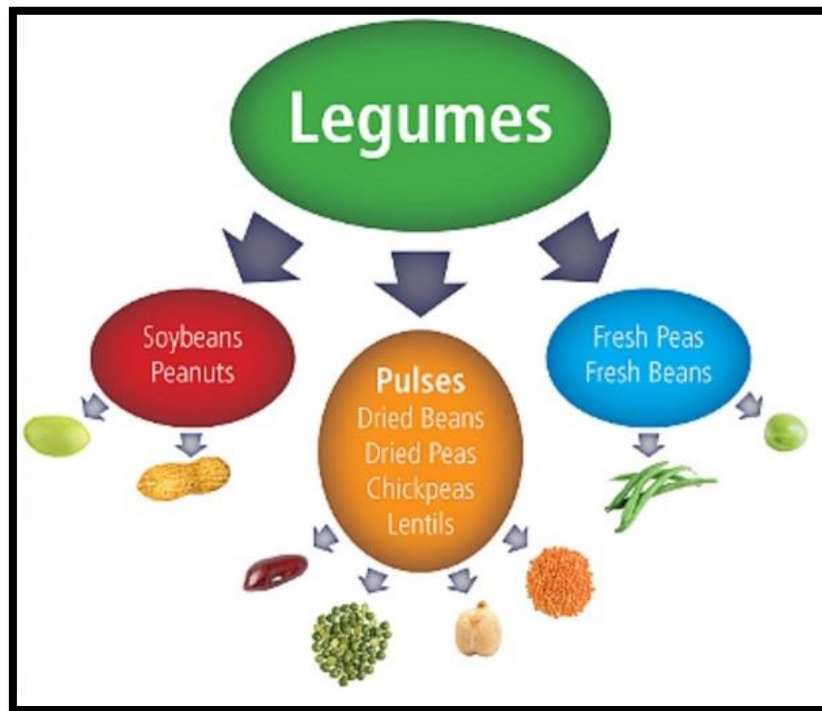
Πίνακας 33. Χημική σύσταση και διατροφική αξία έμβρου (ή φύτρου) σίτου Πηγή: Feedipedia - Animal Feed Resources Information System - INRA CIRAD AFZ and FAO

							
Main analysis	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
Dry matter	% as fed	89.2	1.4	87.5	90.1	3	
Crude protein	% DM	10.4	1.7	7.8	13.2	32	
Crude fibre	% DM	0.4	0.4	0.1	1.8	19	
NDF	% DM	15.6				1	
ADF	% DM	1.4				1	
Lignin	% DM	0.8				1	
Ether extract	% DM	0.5	0.3	0.1	1.8	19	
Ash	% DM	0.6	0.2	0.4	1.4	19	
Gross energy	MJ/kg DM	18.0					*
Minerals	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
Calcium	g/kg DM	0.5				1	
Phosphorus	g/kg DM	3.2		3.1	3.2	2	
Manganese	mg/kg DM	8				1	
Zinc	mg/kg DM	12				1	
Amino acids	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
Alanine	% protein	6.1	0.4	5.5	6.5	5	
Arginine	% protein	8.7	0.6	7.8	9.3	6	
Aspartic acid	% protein	10.3	0.9	8.8	10.9	5	
Cystine	% protein	1.3	0.4	1.1	2.1	6	
Glutamic acid	% protein	21.8	2.7	17.5	24.0	5	
Glycine	% protein	5.1	0.5	4.3	5.7	6	
Histidine	% protein	2.6	0.1	2.5	2.7	6	
Isoleucine	% protein	4.4	0.6	3.6	4.9	6	
Leucine	% protein	9.1	0.7	7.8	9.7	6	
Lysine	% protein	4.1	0.4	3.8	4.9	6	
Methionine	% protein	2.1	0.4	1.4	2.8	6	
Phenylalanine	% protein	5.9	0.2	5.8	6.2	6	
Proline	% protein	5.0	0.6	4.1	5.6	5	
Serine	% protein	5.3	0.7	4.0	5.8	5	
Threonine	% protein	3.9	0.3	3.7	4.5	6	
Tryptophan	% protein	0.9				1	
Tyrosine	% protein	3.5	0.4	2.9	4.1	6	
Valine	% protein	6.4	0.4	5.9	6.9	6	
Ruminant nutritive values	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
OM digestibility, Ruminant	%	92.5					*
Energy digestibility, ruminants	%	89.9					*
DE ruminants	MJ/kg DM	16.2					*
ME ruminants	MJ/kg DM	13.6					*
Nitrogen digestibility, ruminants	%	86.6				1	
Pig nutritive values	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
Energy digestibility, growing pig	%	89.5					*
DE growing pig	MJ/kg DM	16.1					*

Πίνακας 34. Χημική σύσταση και διατροφική αξία θραυσμάτων γαλισμένου ρυζιού. Πηγή: Feedipedia - Animal Feed Resources Information System - INRA CIRAD AFZ and FAO

- **Avg:** average or predicted value; **SD:** standard deviation; **Min:** minimum value; **Max:** maximum value; **Data points + Nb:** number of values (samples) used
- Ο αστερίσκος (*) υποδεικνύει ότι η μέση τιμή υπολογίστηκε μέσω μίας εξίσωσης.
- **ADF:** (Acid Detergent Fiber) αναφέρεται στα τμήματα του κυτταρικού τοιχώματος της χορτονομής που αποτελούνται από κυτταρίνη και λιγνίνη. Η τιμή της ADF είναι σημαντική επειδή σχετίζεται με την ικανότητα ενός ζώου να χωνώνει την ζωοτροφή. Καθώς αυξάνει η ADF η πεπτικότητα της ζωοτροφής μειώνεται.
- **NDF:** (Neutral Detergent Fiber) μετράει το μεγαλύτερο μέρος του κυτταρικού τοιχώματος το οποίο αποτελείται από το κλάσμα της ADF (κυτταρίνη και λιγνίνη) μαζί με την ημικυτταρίνη, αλλά δεν περιλαμβάνει την πηκτίνη (*Van Soest, P.J., Robertson, J.B. and Lewis, B.A., 1991*); *AOAC Official Method 2002.04*). Οι τιμές της NDF είναι σημαντικές επειδή αντανakλούν τη ποσότητα των ζωοτροφών που το ζώο μπορεί να καταναλώσει. Καθώς αυξάνει το ποσοστό της NDF, η πρόσληψη ξηρής ουσίας γενικά μειώνεται.
- **Ether extract:** Ακατέργαστες λιπαρές ουσίες, εκχυλίζονται με διαιθυλαιθέρα ή πετρελαϊκό αιθέρα, συνήθως χωρίς προκαταρκτική υδρόλυση.
- **Ash:** στάχτη που απομένει μετά την καύση και δίνει μια κατά προσέγγιση εκτίμηση του περιεχομένου των μεταλλικών στοιχείων της ύλης υπό εξέταση.
- **Nitrogen degradability (effective, k=4%):** Η πραγματική αποικοδόμηση του αζώτου στα μηρυκαστικά, που υπολογίζεται με ένα ωριαίο ρυθμό απώλειας, του 4%. Η πραγματική αποικοδομησιμότητα υπολογίζεται ως $D = a + ((b \cdot c) / (k + c))$, όπου **a** = κλάσμα άμεσα αποικοδομήσιμο, **b** = κλάσμα δυνητικά αποικοδομήσιμο, **c** = ρυθμός αποικοδόμησης των σωματιδίων και **k** = συντελεστής του ωριαίου ρυθμού εξαφάνισης των σωματιδίων (*Orskov, E.R. and McDonald, P., 1979*).
- **Nitrogen degradability (effective, k=6%):** Η πραγματική αποικοδόμηση του αζώτου στα μηρυκαστικά, που υπολογίζεται με ένα ωριαίο ρυθμό απώλειας, του 6%.
- **a (N):** Άμεσα αποικοδομήσιμο κλάσμα (%) αζώτου (N) στο μοντέλο αποικοδόμησης της μεγάλης κοιλίας των μηρυκαστικών $y = a + b(1 - e^{-ct})$ (*Orskov, E.R. and McDonald, P., 1979*).
- **b (N):** Δυνητικά αποικοδομήσιμο κλάσμα (%) αζώτου (*Orskov, E.R. and McDonald, P., 1979*).
- **c (N)** στο μοντέλο αποικοδόμησης της μεγάλης κοιλίας των μηρυκαστικών $y = a + b(1 - e^{-ct})$ (*Orskov, E.R. and McDonald, P., 1979*).
- **c (N):** Ωριαίος ρυθμός αποικοδόμησης των σωματιδίων (h-1) για το άζωτο στο μοντέλο αποικοδόμησης της μεγάλης κοιλίας των μηρυκαστικών $y = a + b(1 - e^{-ct})$ (*Orskov, E.R. and McDonald, P., 1979*).
- **OM (Organic Matter) digestibility:** Πεπτικότητα οργανικής ύλης, υπολογισμένη ως ποσοστό των εύπεπτων οργανικών υλών ως προς την οργανική ύλη της ζωοτροφής.
- **DE:** (Digestible energy) Διαφορά μεταξύ της ακαθάριστης ενέργειας στην τροφή και αυτής στα κόπρανα.
- **ME:** (Metabolizable energy) Διαφορά μεταξύ της ακαθάριστης ενέργειας στην τροφή και αυτής στα κόπρανα, τα ούρα και τα αέρια, χωρίς διόρθωση για την κατακράτηση του αζώτου.
- **Men:** (Metabolizable energy, N-corrected) Διαφορά μεταξύ της ακαθάριστης ενέργειας στην τροφή και αυτής στα κόπρανα, τα ούρα και τα αέρια, διορθωμένη για ισορροπία αζώτου 0.
- **AMen:** (Apparent metabolizable energy, nitrogen-corrected). Προφανής μεταβολίσιμη ενέργεια, διορθωμένη ως προς το άζωτο.
- **NE:** (Net energy) Διαφορά μεταξύ της ενέργειας που μπορεί να μεταβολιστεί και της ενέργειας που χάθηκε σε θερμότητα κατά τη διάρκεια της διαδικασίας του μεταβολισμού.
- **Nitrogen digestibility:** υπολογισμένη ως ποσοστό του εύπεπτου αζώτου σε σχέση με το ολικό άζωτο της τροφής.

ΠΡΩΤΕΣ ΥΛΕΣ ΟΣΠΡΙΩΝ



Εικόνα 59. Διαφορά ανάμεσα στους όρους ‘Legume’ και ‘Pulse’. Πηγή: www.pulsecanada.com/food-health/what-is-a-pulse

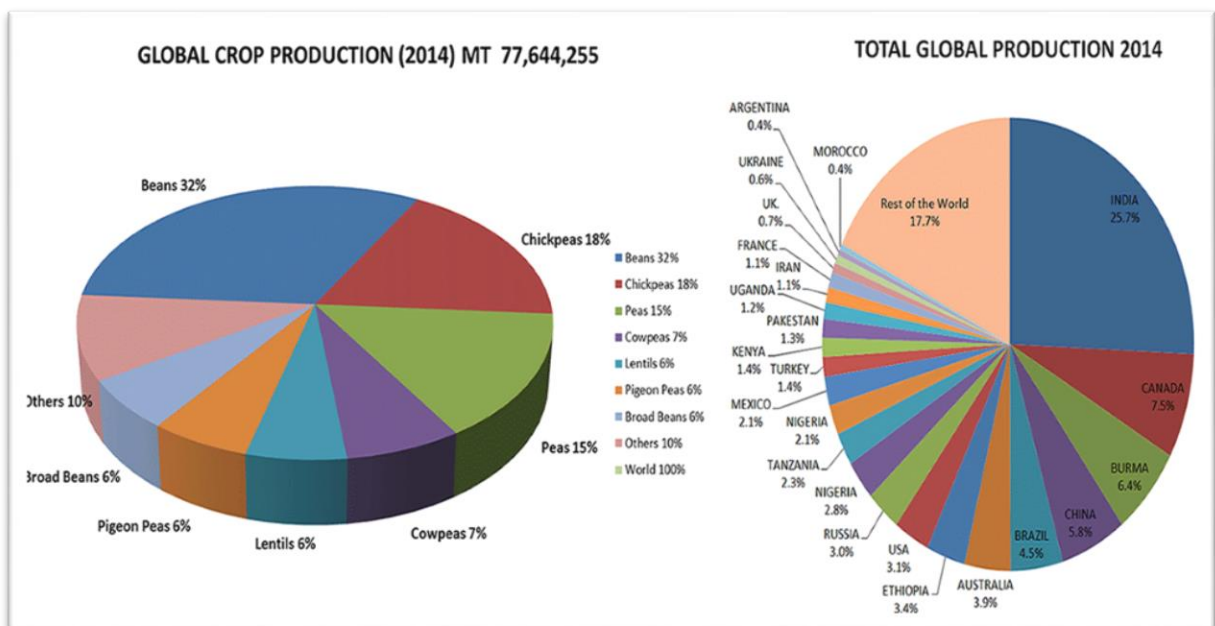
Όσπρια (‘legumes’) ονομάζονται τα φυτά και οι καρποί μιας ολόκληρης οικογένειας φυτών, που ανήκουν στην οικογένεια των Χεδρωπών (*Leguminosae*) ή αλλιώς Κυμαμοειδών (*Fabaceae*) και υποοικογένεια των ψυχανθών (*Papilionoideae*). Ο όρος «pulse», όπως χρησιμοποιείται από τον Οργανισμό Ηνωμένων Εθνών, Τροφίμων και Γεωργίας (FAO), προορίζεται για τις καλλιέργειες που συγκομίζονται αποκλειστικά για τον ξηρό καρπό τους. Αυτό αποκλείει τους ελαιούχους σπόρους όπως η σόγια (*Glycine max*) και τα φιστίκια ή αραχίδες (*Arachis hypogaea*) που χρησιμοποιούνται κυρίως για την απόσταξη του ελαίου τους και τους σπόρους που χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για την σπορά χορτονομής όπως τριφύλλια (*Trifolium spp*) και η μηδική ή αλφάλφα (*Medicago sativa*). Αποκλείονται επίσης τα είδη ψυχανθών όπως τα πράσινα φασόλια (*Phaseolus vulgaris*) και τα μπιζέλια (*Pisum sativum*) όταν αυτά χρησιμοποιούνται ως λαχανικά. Αυτό σημαίνει ότι, όταν τα φασόλια συγκομίζονται ξηρά για τον καρπό τους, θεωρούνται όσπρια (‘pulses’), ενώ όταν το ίδιο είδος συγκομίζεται

ως φρέσκος, άγουρος, πράσινος σπόρος ή λοβός (γνωστός ως πράσινα φασόλια), θεωρείται καλλιέργεια κηπευτικών και δεν αντιμετωπίζεται ως όσπριο. Ο FAO αναγνωρίζει από την οικογένεια των Χεδρωπών (*Leguminosae spp*) 11 κύρια είδη οσπρίων ('pulses') (Πίνακας 35). (FAO, Food and Agriculture Organization (2010). *Crops statistics – concepts, definitions and classifications*).

Ανάλογα με το χρόνο σποράς και συγκομιδής της καλλιέργειας μπορούμε να τα διαχωρίσουμε σε χειμερινά καρποδοτικά ψυχανθή (σπέρνονται το φθινόπωρο, αναπτύσσονται κατά τη χειμερινή περίοδο και ωριμάζουν την άνοιξη ή στις αρχές του θέρους), όπως ο βίκος, το μπιζέλι, το ρόβι, το λαθούρι, τα κουκιά, η φακή, τα ρεβίθια και η λούπινα, και σε εαρινά ψυχανθή (η καλλιέργειά τους αρχίζει νωρίς την άνοιξη-τέλη Απριλίου) όπως τα φασόλια, η σόγια και η αραχίδα (*Ειδική Γεωργία Ι. Χειμερινά Σιτηρά και Χειμερινά Καρποδοτικά Ψυχανθή*). Τα περισσότερα από αυτά έχουν συμβιωτική σχέση με βακτήρια (*Rhizobium spp*) τα οποία βρίσκονται σε δομές που ονομάζονται ριζικά οζίδια (root nodules) και είναι ικανά να δεσμεύουν το ατμοσφαιρικό άζωτο και να το μετατρέπουν σε αμμωνιακό που είναι αφομοιώσιμο από τα φυτά (αζωτοδέσμευση). Κατά συνέπεια, η καλλιέργειά τους εμπλουτίζει το έδαφος σε άζωτο και γι αυτό χρησιμοποιείται σε μεγάλο βαθμό στην αμειψισπορά, μειώνοντας έτσι τη ποσότητα των χρησιμοποιούμενων λιπασμάτων και το κόστος της γεωργικής παραγωγής (Bareja, B.G., 2010; Lindemann, W.C., and Glover, C.R., 1990).

Η παγκόσμια παραγωγή ξηρών οσπρίων (pulses) έχει αυξηθεί τα τελευταία 10 χρόνια κατά 77,6 εκατομμύρια τόνους ετησίως (διπλασιάζοντας σχεδόν το σύνολο της παγκόσμιας παραγωγής). Το 2014, τα φασόλια (*Phaseolus vulgaris*) αποτελούσαν το μεγαλύτερο ποσοστό της συνολικής παραγωγής οσπρίων στον κόσμο (32%), περίπου 25 εκατομμύρια τόνους, (κάτω από το 46% μόλις πριν από 10 χρόνια). Στη κατάταξη αυτή ακολουθούσε η παραγωγή ρεβιθιών (*Cicer arietinum*, 18%), αρακά (*Pisum sativum*, 15%), και οι φακές (*Lens culinaris*, 6%) (www.pulsecanada.com/-Pulse Canada 2016). Η Ινδία είναι ο μεγαλύτερος παραγωγός αυτών

των καλλιεργειών και δεύτερος έρχεται ο Καναδάς. Οι χώρες που παράγουν κυρίως φασόλια είναι η Βραζιλία, η Μιανμάρ και το Μεξικό, ενώ χώρες όπως ο Καναδάς, η Κίνα, οι ΗΠΑ, και σε ένα βαθμό το Μεξικό, παράγουν ένα ποσοστό από όλες τις καλλιέργειες οσπρίων. Η Τουρκία παράγει κυρίως φακές και ρεβίθια, ενώ η Γαλλία και η Ρωσία είναι χώρες που παράγουν μπιζέλια (<http://globeways.com/pulse-facts/>-Globeways Canada, A Hakan Group Company).



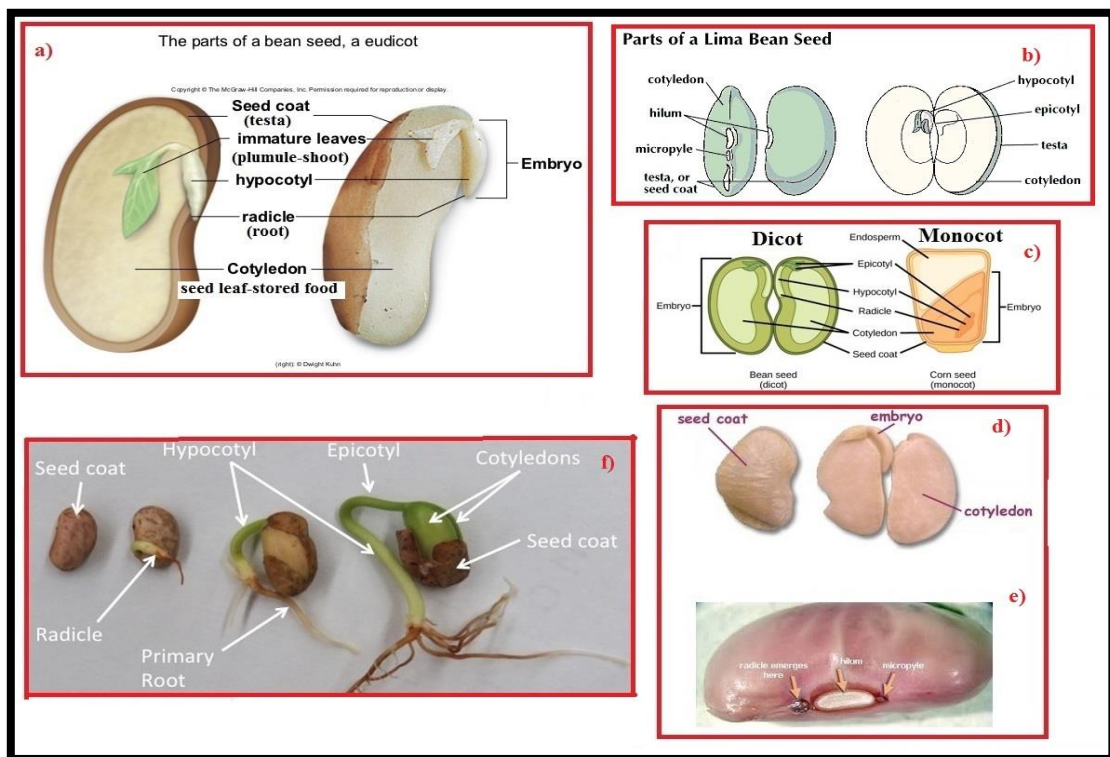
Γράφημα 6. Παγκόσμια παραγωγή ξηρών οσπρίων (pulses) – καλλιεργούμενα είδη και οι μεγαλύτερες χώρες παραγωγού. Πηγή: Globeways Canada, Inc. - A Hakan Group Company, (2016). Pulse Facts.

Συγκεκριμένα, στη περιοχή της Μεσογείου οι πιο κοινοί σπόροι οσπρίων, όπως φασόλια, φακές, μπιζέλια, ρεβίθια, και κουκιά είναι τα όσπρια που καταναλώνονται ευρέως. Στην Ευρώπη, ακολουθώντας την παγκόσμια τάση, η κατανάλωση οσπρίων έχει αυξηθεί κατά τη τελευταία δεκαετία (σε ετήσια βάση κατά μέσο όρο 3.9kg ανά κάτοικο), παρατηρώντας όμως μεγάλες διαφορές μεταξύ των χωρών, με την Ελλάδα, τη Πορτογαλία και την Ισπανία να καταναλώνουν τη μεγαλύτερη ποσότητα ανάμεσα στις Ευρωπαϊκές χώρες (κατά μέσο όρο ετησίως 6kg ανά κάτοικο) (Bouchenak, M. and Lamri-Senhadji, M., 2013).

Είδη Χεδρωπών που θεωρούνται όσπρια - <i>Leguminosae spp</i> considered 'pulses'	
Εμπορική Ονομασία	Λατινική Ονομασία
1) Dry beans (including several species now in <i>Vigna</i>):	<i>Phaseolus spp.</i> (συπεριλαμβανομένων αρκετών ειδών <i>Vigna spp</i>):
a) Kidney bean, navy bean, pinto bean (φασόλια μπαρμπούνια), haricot bean	<i>Phaseolus vulgaris</i>
b) Lima bean, butter bean (φασόλια γίγαντες)	<i>Phaseolus lunatus</i>
c) Adzuki bean, azuki bean	<i>Vigna angularis</i>
d) Mung bean, golden gram, green gram (πράσινο φασόλι)	<i>Vigna radiata</i>
e) Black gram, urad	<i>Vigna mungo</i>
f) Scarlet runner bean	<i>Phaseolus coccineus</i>
g) Ricebean	<i>Vigna umbellata</i>
h) Moth bean	<i>Vigna aconitifolia</i>
i) Tepary bean	<i>Phaseolus acutifolius</i>
2) Dry broad beans (κουκιά):	<i>Vicia faba</i>
a) Horse bean	<i>Vicia faba equina</i>
b) Broad bean	<i>Vicia faba</i>
c) Field bean	<i>Vicia faba</i>
3) Dry peas (μπιζέλια):	<i>Pisum spp.</i>
a) Garden pea	<i>Pisum sativum</i> var. <i>sativum</i>
b) Protein pea	<i>Pisum sativum</i> var. <i>arvense</i>
4) Chickpea, garbanzo, Bengal gram (ρεβίθια)	<i>Cicer arietinum</i>
5) Dry cowpea, black-eyed pea, blackeye bean (μαυρομάτικα)	<i>Vigna unguiculata</i>
6) Pigeon pea, Arhar/Toor, cajan pea, Congo bean, gandules	<i>Cajanus cajan</i>
7) Lentil (φακές)	<i>Lens culinaris</i>
8) Bambara groundnut, earth pea	<i>Vigna subterranea</i>
9) Vetch, common vetch (Λαθούρι)	<i>Vicia sativa</i> ή <i>Lathyrus Sativus</i>
10) Lupins	<i>Lupinus spp.</i>
Minor pulses, including:	
a) Lablab, hyacinth bean	<i>Lablab purpureus</i>
b) Jack bean, sword bean	<i>Canavalia ensiformis</i> , <i>Canavalia gladiata</i>
c) Winged bean	<i>Psophocarpus tetragonolobus</i>
d) Velvet bean, cowitch	<i>Mucuna pruriens</i> var. <i>utilis</i>
e) Yam bean	<i>Pachyrhizus erosus</i>

Πίνακας 35. Είδη Χεδρωπών που θεωρούνται όσπρια- εμπορική και λατινική ονομασία. Πηγή: FAO, Food and Agriculture Organization (2010). Crops statistics – concepts, definitions and classifications.

ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΤΩΝ ΣΠΟΡΩΝ ΤΩΝ ΟΣΠΡΙΩΝ



Εικόνα 60. Δομή του δικοτυλήδονου σπόρου των οσπρίων a) Τα μέρη ενός σπόρου φασιολιού, b) Τα μέρη ενός φασιολιού γίγαντα (Lima), c) Σύγκριση δικοτυλήδονου (φασόλι) – μονοκοτυλήδονου (αραβόσιτος) σπόρου, d)-e) Φασόλι αποδομημένο και φασόλι ολόκληρο, αντίστοιχα, f) Στάδια της διαδικασίας της βλάστησης ενός φασιολιού. Πηγές: a) Τροποποιήθηκε από: Trimble, H. (2015). (Bio11 seed plants, SlideShare), b) Bailey, E. Photo: ‘Diagram of Lima bean seed Anatomy’, (Utah State University). In, ‘What is healthy: Beans, Beans the Magical fruit...’ c) Bear, R. and Rintoul D. (1999-2017), d) University of Illinois (extension). Photo: ‘Seed: seed coat – embryo - cotyledon’, e) Thadd, R. P., Photo: ‘hilum and micropyle in been seed’. Biology Department, Penn State University, f) (Έργο του Bear, R.A.) - Bear, R. and Rintoul D. (1999-2017).

Ο ώριμος σπόρος των οσπρίων (όπως αραχίδα, μιτζέλι κ.λ.π.), που είναι μη-ενδοσπερμικά δικοτυλήδονα αγγειόσπερμα, αποτελείται από 3 κύρια δομικά μέρη (Εικόνα 60) (Aycroyd, W.R. and Doughty, J., 1982; Bear, R. and Rintoul D., 1999-2017):

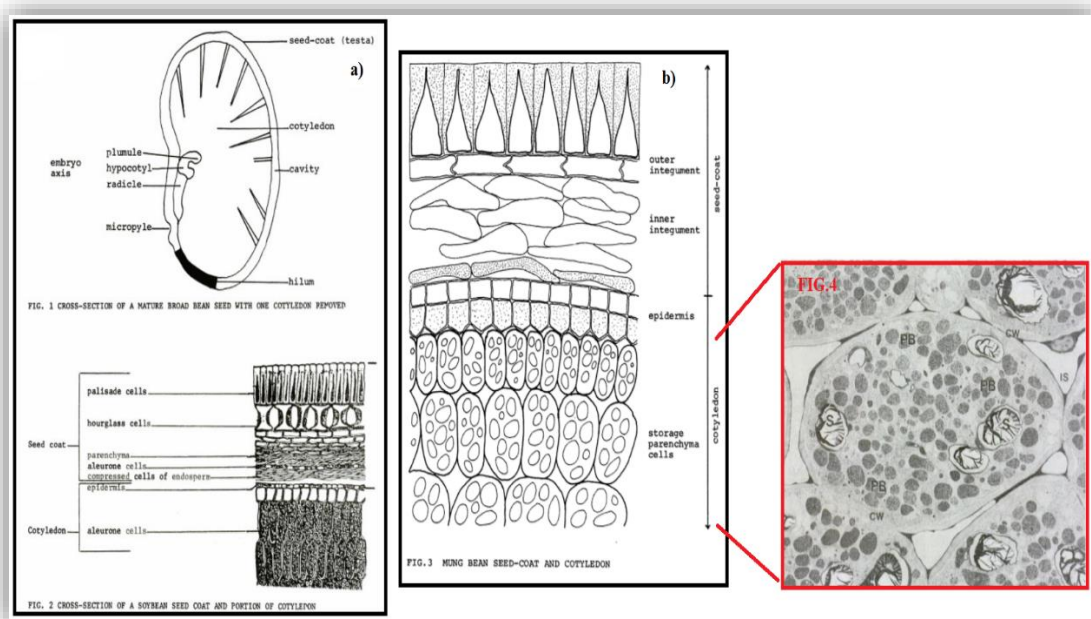
- 1) Το περίβλημα του σπόρου (ή φλοιός, testa)
- 2) Τις δύο κοτυληδόνες
- 3) και τον εμβρυϊκό άξονα,

Αυτά αντιπροσωπεύουν αντίστοιχα το 8, 90 και 2% του σπόρου της σόγιας και το 15, 84 και 1%, του σπόρου των ρεβιθιών (*Wagle, D.H. and Kolar, C.W., 1979; Lal, B.M., Prakash, V. and Verma S.C., 1963*).

Στους δικοτυλήδονους σπόρους, όπως και στους μονοκοτυλήδονους (μία κοτυληδόνα – π.χ. αραβόσιτος, σιτάρι κ.λ.π.) το ώριμο ωάριο αναπτύσσεται σε σπόρο. Κατά συνέπεια το περίβλημα του σπόρου που προστατεύει αυτόν και το ωάριο, αποτελείται από τις εξωτερικές στοιβάδες του σάκου του ωαρίου (εξωτερικό περικάλυμμα-testa, εσωτερικό περικάλυμμα ή καλύπτρα-tegmen, επιδερμίδα, στοιβάδα της αλευρόνης κ.λ.π.), το νούμερο, η διάταξη και η κυτταρική σύσταση των οποίων διαφέρει ανάμεσα σε όσπρια με παχύ (π.χ. σόγια) και με λεπτό (π.χ. ροβίτσα) εξωτερικό περίβλημα και ανάλογα με το στάδιο ωρίμανσης του σπόρου (*Bear, R. and Rintoul D., 1999-2017*). Πράγματι καθώς η ωρίμανση του σπόρου συνεχίζεται τα κύτταρα του εξωτερικού περιβλήματος (testa) μεγεθύνονται. Η εσωτερική επιδερμίδα μπορεί είτε να παραμείνει ένα μονό στρώμα, είτε να διαιρεθεί και να παραχθούν δύο έως τρεις στρώσεις. Παράλληλα σε αυτή συσσωρεύεται άμυλο, οπότε και αναφέρεται ως το άχρωμο στρώμα. Η εξωτερική επιδερμίδα από την άλλη, εμπλουτίζεται με ταννίνες, ενώ το εσωτερικό περίβλημα (tegmen) φτάνει να αποτελείται από 8-15 στοιβάδες (*Kozlowski, T.T. ed., 1972*).

Ενώ τα κύτταρα μεγαλώνουν, εναποτίθεται άμυλο στα εξωτερικά στρώματα της έγχρωμης ζώνης κάτω από την εξωτερική επιδερμίδα και επίσης η ζώνη αυτή αρχίζει να λιγνινοποιείται. Τα κύτταρα της εξωτερικής επιδερμίδας αναπτύσσονται ακτινικά παρουσιάζοντας μία ευρύτερη εσωτερική επιφάνεια, τα τοιχώματά τους γίνονται πιο παχιά, ο πυρήνας και το κυτταρόπλασμά τους συμπιέζονται και ονομάζονται περιφραγματικά κύτταρα (palisade cells). Στην εσωτερική επιδερμίδα τα κύτταρα επίσης αναπτύσσονται ακτινικά με πεπλατυσμένη πάχυνση των τοιχωμάτων τους. Το ώριμο εσωτερικό περίβλημα (tegmen) έχει μία περιφραγματική στοιβάδα, μία έγχρωμη ζώνη με 15-20 στρώματα, ενώ το πιο εσωτερικό στρώμα του είναι γνωστό ως περιθωριακό στρώμα (fringe layer) (*Kozlowski, T.T. ed., 1972*).

Στο εξωτερικό περίβλημα του σπόρου παρατηρείται μία επουλωμένη σχεδόν τετράγωνη πληγή, γενικά επίπεδη, ο ομφαλός (hilum) και η οποία δεν υπερβαίνει τις πλευρικές όψεις του καρπού. Πρόκειται για μία υπολειμματική δομή (υπολείμματα στύλου), που αντιπροσωπεύει το σημείο προσάρτησης του σπόρου στο στύλο. Στη μία πλευρά του ομφαλού βρίσκεται η μικροπύλη, μέσω της οποίας το έμβρυο απορροφά νερό κατά τη διάρκεια της βλάστησης (Riaz, A., 2011).



Εικόνα 61. **FIG. 1:** διατομή ενός ώριμου σπόρου κουκιού, από τον οποίο έχει αφαιρεθεί η μία κοτυληδόνα. **FIG. 2:** διατομή του εξωτερικού παχύ περιβλήματος του σπόρου σόγιας μαζί με μέρος της κοτυληδόνας. Πηγή: Wolf, W.J. and Cowan, J.C. (1975). Soybeans as a food source. Cleveland, Ohio, CRC press. **FIG. 3:** Διατομή του λεπτού περιβλήματος και της κοτυληδόνας του πράσινου φασολιού mungo (ή ροβίτσα). (FIG.2 και FIG.3, αποτελούν παραδείγματα της διαφοράς μεταξύ σπόρων οσπρίων με παχύ και με λεπτό εξωτερικό περίβλημα). Πηγή: Orarka, J.K. University of Durham U.K. **FIG. 4:** δομή ενός τυπικού παρεγχυματικού κυττάρου αποθήκευσης στη κοτυληδόνα ενός προσφάτως ωριμασμένου μπιζελιού, δηλαδή ενός αμυλώδους σπόρου οσπρίων. (PB): πρωτεΐνες αποθήκευσης κατατεθειμένες σε πρωτεϊνικά σώματα (S): αμυλόκοκκοι μέσα σε αμυλοπλάστες (CW): κυτταρικό τοίχωμα (IS): εξωκυτταρικός χώρος. Πηγή: Harris, N. University of Durham U.K.

Το έμβρυο αποτελείται από τρία μέρη: το βλαστίδιο (plumule), το ριζίδιο (radicle), και την υποκοτύλη. Το βλαστίδιο σχηματίζει τα φύλλα, το υποκοτύλιο, που κατά τη βλάστηση εκτείνεται πάνω από το έδαφος σχηματίζει το στέλεχος του ενήλικου φυτού, και τέλος το ριζίδιο (ή εμβρυϊκή ρίζα) αναπτύσσεται στη ρίζα του ενήλικου φυτού. Η υποκοτύλη (που

σημαίνει «κάτω από τις κοτυληδόνες») είναι το τμήμα του εμβρύου μεταξύ του σημείου προσάρτησης της κοτυληδόνας και του ριζιδίου, ενώ η επικοτύλη είναι εκείνο το τμήμα του που προεξέχει πάνω από τις κοτυληδόνες. Το βλαστίδιο αποτελείται από το επικοτύλιο, τα νεαρά φύλλα, και το μερίστωμα στη κορυφή του βλαστού. Ο εμβρυϊκός άξονας περιλαμβάνει όλες τις δομές μεταξύ του βλαστίδιου και του ριζιδίου, εκτός από τις κοτυληδόνες (Bear, R. and Rintoul D., 1999-2017).

Η αποθήκευση των αποθεμάτων τροφής στα αγγειόσπερμα διαφέρει μεταξύ μονοκοτυλήδων, ενδοσπερμικών δικοτυλήδων και μη ενδοσπερμικών δικοτυλήδων. Πράγματι στα μονοκοτυλήδονα, όπως προαναφέρθηκε, οι θρεπτικές ουσίες αποθηκεύονται στο μεγάλο ενδοσπέρμιο. Κατά τη βλάστηση, τα ένζυμα που εκκρίνονται από το στρώμα της αλευρόνης, αποδομούν τους αποθηκευμένους υδατάνθρακες, πρωτεΐνες και λιπίδια, τα προϊόντα των οποίων απορροφώνται από την ενιαία κοτυληδόνα - ασπίδιο και διοχετεύονται στο αναπτυσσόμενο έμβρυο μέσω του αγγειακού ιστού (ξύλημα και φλοίομα) που συνδέει άμεσα τις δύο αυτές δομές του σπόρου. Ως εκ τούτου, η κοτυληδόνα στα μονοκοτυλήδονα θεωρείται απορροφητικό όργανο και όχι ένα όργανο αποθήκευσης. Οι δύο κοτυληδόνες στους δικοτυλήδονους σπόρους έχουν επίσης αγγειακές συνδέσεις με το έμβρυο. Κατά τη διάρκεια της βλάστησης, στα ενδοσπερμικά δικοτυλήδονα (π.χ. καπνός - *Nicotiana tabacum*, ντομάτα - *Solanum lycopersicum*, και πιπέρι - *Capsicum annuum*), όμοια με τα μονοκοτυλήδονα, τα αποθέματα τροφίμων που αποθηκεύονται στο ενδοσπέρμιο, μετά την ενζυματική απελευθέρωσή τους, προωθούνται μέσω των δύο κοτυληδόνων (οι οποίες ενεργούν ως απορροφητικά όργανα), στο έμβρυο. Σε αντίθεση με αυτούς τους σπόρους, στα μη-ενδοσπερμικά δικοτυλήδονα τα αποθέματα των τροφίμων κινητοποιούνται γρήγορα από το τριπλοειδές ενδοσπέρμιο που αναπτύσσεται φυσιολογικά μετά από διπλή γονιμοποίηση, και προωθούνται στις αναπτυσσόμενες κοτυληδόνες για αποθήκευση (Bear, R. and Rintoul D., 1999-2017).

ΘΡΕΠΤΙΚΗ ΑΞΙΑ ΤΩΝ ΟΣΠΡΙΩΝ

Οι ξηροί καρποί των οσπρίων χρησιμοποιούνται άμεσα για τη διατροφή του ανθρώπου (όπως φασόλια, ρεβίθια, φακές κλπ.) και για αυτό το λόγο η ποιότητα και η εμφάνισή τους είναι πολύ σημαντικά, ενώ πολλά από αυτά χρησιμοποιούνται και για τη διατροφή των ζώων. Το βασικό χαρακτηριστικό τους είναι ότι περιέχουν πρωτεΐνες σε μεγαλύτερη ποσότητα από οποιαδήποτε άλλη καλλιεργήσιμη τροφή, το ποσοστό των οποίων κυμαίνεται από 15,6%-36% (Savage, G.P., 1989), καθιστώντας τα γνωστά ως το «κρέας του φτωχού». Περιέχουν παράλληλα και υδατάνθρακες, διαιτητικές ίνες, λιπαρά οξέα, μεταλλικά ιχνοστοιχεία, βιταμίνες και φυτικές βιοενεργές ενώσεις (ή φυτοχημικές ουσίες), αποτελώντας έτσι βασικό συστατικό της ανθρώπινης διατροφής και της διάσημης παγκοσμίως υγιεινής μεσογειακής κουζίνας (Schuster-Gajzágó, I., 2002).

Οι πρωτεΐνες, στη δομή ενός τυπικού παρεγχυματικού κυττάρου αποθήκευσης της κοτυληδόνας ενός αμυλώδους σπόρου οσπρίων, είναι αποθηκευμένες υπό μορφή πρωτεϊνικών σωματίων, με διάμετρο περίπου 5 μm, τα οποία σε μερικά είδη οσπρίων περιέχουν γλοβοειδή φυτικού οξέος και οι αμυλόκοκκοί του έχουν μακρόστενο σχήμα. Τα πρωτεϊνικά αυτά σωματίδια και οι κόκκοι αμύλου περιβάλλονται από μεμβράνες που περιέχουν σώματα λιπιδίων. Το λιπιδιακό περιεχόμενο των οσπρίων, είναι σε γενικές γραμμές χαμηλό, με εξαίρεση στους ελαιώδης σπόρους όπως η σόγια, στους οποίους το λίπος είναι αποθηκευμένο σε δομές γνωστές ως σφαιροσωμάτια. Παρόλα αυτά το μεγαλύτερο μέρος των λιπαρών τους οξέων είναι ακόρεστα. Τέλος τα όσπρια σε σύγκριση με τα σιτηρά θεωρούνται καλύτερη πηγή υδατοδιαλυτών διαιτητικών ινών, αν και έχουν παρόμοιο λόγο με αυτά, διαλυτών προς αδιάλυτων διαιτητικών ινών (1:3) (Aycroyd, W.R. and Doughty, J., 1982; Savage, G.P., 1989; Bouchenak, M. and Lamri-Senhadji, M., 2013; Ofuya, Z.M. and Akhidue, V., 2005).

Τα φυτοχημικά συστατικά των οσπρίων όπως και των δημητριακών, έχουν θεραπευτικές ιδιότητες, όπως αντιοξειδωτική δράση, αντι-φλεγμονώδης, ηπατοπροστατευτική,

υπολιπιδαιμική, υποτασική, αντιγηραντική και αντικαρκινική, καθώς και προληπτική δράση κατά του διαβήτη, της οστεοπόρωσης, βλαβών του DNA, καρδιακών παθήσεων, και άλλων ασθενειών και διαταραχών της ανθρώπινης φυσιολογίας, με αξιοσημείωτη κατά συνέπεια, επίπτωση στην ανθρώπινη υγεία (*Bouchenak, M. and Lamri-Senhadji, M., 2013*). Στα αρνητικά χαρακτηριστικά του θρεπτικού περιεχομένου των οσπρίων είναι ότι πολλά από αυτά μπορεί να περιέχουν μεγάλες ποσότητες φυτοχημικών ενώσεων με τοξικές ή αντιθρεπτικές ιδιότητες, όπως αναστολείς πρωτεάσης και αμυλάσης, μεταλλικές χηλικές ενώσεις, παράγοντες παραγωγής εντερικών αερίων (flatulence factors), αιμοσυγκολλητίνες, σαπωνίνες, κυανογόνα, λαθυρογόνα, ταννίνες, αλλεργιογόνα, ακετυλενικό φουράνιο και ισοφλαβονοειδείς φυτοαλεξίνες (*Pariza, M. W., Ed., 1996*). Οι ενώσεις αυτές περιορίζουν την πεπτικότητα των πρωτεϊνών και των υδατανθράκων, παρεμβαίνουν στη βιοδιαθεσιμότητα των θρεπτικών συστατικών του σπόρου δεσμεύοντάς τα (π.χ. μεταλλικά ιχνοστοιχεία), επάγουν παθολογικές αλλαγές στους εντερικούς και ηπατικούς ιστούς επηρεάζοντας έτσι το μεταβολισμό και αναστέλλουν έναν σημαντικό αριθμό ενζύμων (*Bressani, R., 1993*). Μπορούν επίσης να παράγουν εντερικά αέρια και να προκαλέσουν μεγάλη δυσφορία, ιδιαίτερα σε άτομα που καταναλώνουν φασόλια (*Ologhobo, A.D. and Fetuga, B.L., 1984*).

Οι ώριμοι σπόροι τους περιέχουν σχεδόν τόση ενέργεια ανά μονάδα βάρους όση και τα δημητριακά, η οποία ποικίλλει από 300 έως 540 Kcal/100g (*Ofuya, Z.M. and Akhidue, V., 2005*) και με βάση το τρόπο αποθήκευσής της διακρίνονται σε δύο τύπους (*Aycroyd, W.R. and Doughty, J., 1982*):

- 1) Σε αυτούς, στους οποίους η ενέργεια αποθηκεύεται ως λίπος (π.χ. σόγια, αραχίδα και λούπινα)
- 2) Και σε εκείνους στους οποίους η ενέργεια αποθηκεύεται ως άμυλο (π.χ. ρεβίθια, φασόλια και μπιζέλια)

ENERGY AND SELECTED NUTRIENTS IN LEGUMES
(Composition per 100 g edible portion of dried mature whole seeds)

	Water %	Energy kcal	Protein %	Fat %	Carbo- hydrate %	Crude fibre %	Dietary fibre %	Ash %	Calcium %	Iron mg	Thiamin mg	Ribo- flavin mg	Nicotinic acid mg
Adzuki beans	15.0	324	21.1	1.0	59.5	3.9	ND	3.4	82	6.4	0.45	0.15	2.2
Bambara groundnuts	10.1	370	16.0	6.0	65.0	ND	ND	3.0	85	4.2	0.18	ND	ND
Black gram	10.6	344	21.0	1.6	63.4	4.4	19.5(1)	3.4	110	8.4	0.58	0.20	2.3
Broad beans	13.8	328	25.0	1.2	56.9	5.1	ND	3.1	104	4.2	0.45	0.19	2.4
Chickpeas	11.0	362	19.4	5.6	60.9	2.5	25.6(1)	3.1	114	2.2	0.46	0.20	1.2
Cowpeas	11.5	340	22.7	1.6	61.0	4.2	ND	3.2	110	6.2	0.59	0.22	2.3
Fenugreek (3)	9.0	335	29.0	5.2	57.2	7.2	ND	3.0	180	22.0	0.40	0.30	1.5
Groundnuts	7.3	548	23.4	45.3	21.6	2.1	6.1(1)	2.4	58	2.2	1.00	0.13	16.8
Horse gram	9.0	354	28.9	4.1	53.8	ND	ND	4.2	294	8.2	ND	ND	ND
Hyacinth beans	12.1	334	21.5	1.2	61.4	6.8	ND	3.8	98	3.9	0.40	0.12	1.8
Jack beans	11.2	348	21.0	3.2	61.0	7.6	ND	3.6	134	8.6	0.65	0.13	3.1
Kidney beans	12.1	336	20.3	1.2	62.8	4.8	25.4(2)	3.6	86	6.9	0.46	0.18	2.0
Lathyrus peas	10.0	293	25.0	1.0	61.0	ND	ND	3.0	110	5.6	0.10	0.40	ND
Lentils	12.0	340	20.2	0.6	65.0	ND	11.7(2)	2.1	68	7.0	0.46	0.33	1.3
Lima beans	10.5	346	19.8	1.3	65.4	ND	21.6(2)	3.0	90	5.6	0.46	0.21	1.4
Lupins (3)	8.0	407	44.3	16.5	28.2	7.1	ND	3.3	90	6.3	0.28	0.50	2.6
Mung beans	10.6	341	22.9	1.2	61.8	4.4	15.2(1)	3.5	105	7.1	0.53	0.26	2.5
Peas	13.6	330	22.2	1.4	60.1	6.0	16.7(2)	2.7	54	4.4	0.77	0.18	3.1
Pigeon peas	11.5	339	20.4	1.2	63.4	4.4	20.3(1)	3.5	103	4.9	0.49	0.21	2.2
Rice beans	14.0	335	18.5	1.0	64.5	ND	ND	2.0	80	5.0	0.30	0.21	2.4
Runner beans (3)	12.0	326	20.0	1.5	63.0	5.0	ND	3.5	120	10.0	0.30	0.10	2.0
Soybeans	10.2	400	35.1	17.7	32.0	4.2	11.9(2)	5.0	226	8.5	0.66	0.22	2.2
Tepary beans (3)	10.0	331	24.0	1.0	61.5	4.5	ND	ND	ND	ND	0.30	0.10	2.7
Velvet beans	15.0	332	24.0	3.0	55.0	ND	ND	3.0	130	2.0	0.30	0.17	2.4
Winged beans	9.7	405	32.8	17.0	36.5	ND	ND	4.0	80	2.0	ND	ND	ND
(Rice milled, polished)	11.8	366	6.4	0.8	80.4	0.3	8.3(1)	0.6	24	1.9	0.10	0.05	2.1

Sources: All values from FAO (1972) except (1) Kamath and Belvaday (1980), (2) Paul and Southgate (1978), (3) Aykroyd and Doughty (1964)

1/ Factors for converting nitrogen to protein: rice 5.95; groundnuts 5.46; soybeans 5.71; other legumes, 6.25

2/ Carbohydrate is the sum of moisture, protein, fat and ash subtracted from 100, and includes fibre.

ND: not determined

Πίνακας 62. Ενέργεια και μερικά θρεπτικά στοιχεία διαφόρων οσπρίων. Πηγή: Aykroyd, W.R. and Doughty, J., (1982).

Αυτά τα χημικά συστατικά δεν είναι ομοιόμορφα κατανομημένα στο σπόρο των οσπρίων. Η σύσταση του φλοιού και των κοτυληδόνων, όπως άλλωστε αναμένεται, είναι διαφορετική, με τις τελευταίες να κατέχουν το μεγαλύτερο μέρος της θρεπτικής αξίας του διατροφικού αυτού σπόρου (όλη τη ποσότητα του αμύλου) (Kapoor, A.C. and Gupta, Y.P., 1977). Το εξωτερικό περίβλημα αντίθετα, περιέχει πολύ λίγα θρεπτικά στοιχεία με εξαίρεση το ασβέστιο, το οποίο στη σόγια αποτελεί το 35% του συνολικού ασβεστίου του σπόρου. Ο φλοιός των οσπρίων όμως περιέχει και υψηλά επίπεδα διαιτητικών ινών (Savage, G.P., 1989) αλλά και αντιθρεπτικών συστατικών όπως οι ταννίνες (81-85%) (Barroga, C.F., Laurens, A.C. and Mendoza, E.M.T., 1985) και τα φαινολικά οξέα. Αυτά τείνουν να αντιδρούν με την α-αμινομάδα της λυσίνης των πρωτεϊνών και να πολυμερίζονται σε σύμπλοκα ταννινών-

πρωτεϊνών που είναι ανθεκτικά, όπως έχει ήδη σημειωθεί, στη δράση των μονογαστρικών πεπτικών ενζύμων (*Sosulski, F.W., 1979; Savage, G.P., 1989*). Επίσης βρέθηκε ότι τα εξωτερικά στρώματα των κοτυληδόνων των ρεβιθιών, των κόκκινων φασολιών (kidney beans) και της σόγιας περιέχουν μεγαλύτερες συγκεντρώσεις πρωτεϊνών και αναστολέα της θριψίνης, από τα εσωτερικά στρώματα (*Zimmerman, C., Weissman, S. and Yannai, S., 1967*).

Υδατάνθρακες οσπρίων

(δietetικές ίνες και υδατανθρακικά αντιθρεπτικά φυτοχημικά - κυανογόνα, α-γαλακτοσίδια)

Το υδατανθρακικό περιεχόμενο των οσπρίων είναι γενικά υψηλό και ειδικότερα οι σπόροι τους είναι πιο πλούσιοι σε σάκχαρα από αυτούς των σιτηρών (που περιέχουν μόνο 1-2% σάκχαρα), γεγονός που συνεισφέρει σημαντικά, στο ενεργειακό διατροφικό δυναμικό τους (*Reddy, N. R., et al., 1985*). Το μείζων σάκχαρο στα όσπρια είναι η σακχαρόζη (sucrose), ενώ περιέχουν μόνο μικρές ποσότητες γλυκόζης (Πίνακας 37) (*Aycroyd, W.R. and Doughty, J., 1982*).

Ένα μεγάλο ποσοστό των υδατανθράκων των οσπρίων, αντιπροσωπεύεται από το άμυλο, με εξαίρεση τα ελαιώδη και τα κομμώδη-όσπρια (κόμμι, gum), τα οποία θεωρείται ότι δεν έχουν καθόλου άμυλο, αν και η σόγια περιέχει κάποια ποσότητα αμυλόκοκκων (*Aycroyd, W.R. and Doughty, J., 1982*). Οι αμυλόκοκκοι όπως και στα σιτηρά, αποτελούνται από ένα μίγμα αμυλόζης και αμυλοπηκτίνης. Υψηλά επίπεδα αμυλόζης, καθυστερούν τη ζελατινοποίηση του αμύλου επηρεάζοντας έτσι τις φυσιολογικές ιδιότητες μαγειρέματος του οσπρίου (*Aycroyd, W.R. and Doughty, J., 1982*). Επιπρόσθετα, τα όσπρια έχουν μία υψηλότερη αναλογία ανθεκτικού δύσπεπτου αμύλου προς ευκολόπεπτο άμυλο σε σύγκριση με άλλες υδατανθρακικές τροφές. Είναι γνωστό ότι οι δύσπεπτοι υδατάνθρακες, όπως εν γένει οι διαιτητικές ίνες, μεταξύ άλλων, μειώνουν το γλυκαιμικό δείκτη, τα επίπεδα της χοληστερόλης καθώς και το χρόνο παραμονής των τροφών στον έντερο (*Sathe, S.K., Deshpande, S.S. and*

Salunkhe, D.K., 1984; Burkitt, D.P. and Trowell, H.C., 1985; Bouchenak, M. and Lamri-Senhadji, M., 2013).

	Total	Sucrose	Raffinose	Stachyose	Verbascose	Glucose $\frac{1}{2}$	Other sugars	Starch (1)	Amylose % in starch (1)
Kidney beans (2)	5.6	2.2	0.4	2.6	0.1	Tr	-	44.0	30.3
Faba beans (2)	5.0	1.6	0.2	0.8	1.9	0.3	0.1	51.6	35.0
Lentils (2)	6.1	1.8	0.4	1.9	1.2	0.1	0.9	59.1	40.3
Mung beans (2)	7.2	1.3	0.3	1.7	2.8	0.1	-	56.8	24.5
Mung beans (3)	7.6	1.8	0.3	1.5	2.7	0.1	1.2	NR	NR
Chickpeas (3)	13.1	4.3	1.0	2.8	Tr	0.1	4.9	54.9	31.8
Groundnuts (4)	7.2	5.9	0.3	0.9	0.1	Tr	-	-	-
Peas (field) (4)	8.1	2.0	0.9	2.2	2.8	0.2	-	54.1	35.8
Adzuki beans (4)	4.0	0.6	0.3	2.8	0.2	0.1	-	-	-
Asparagus beans (4)	6.7	1.0	0.5	3.5	0.5	0.4	-	-	-
Sword beans (4)	5.3	2.5	1.3	1.3	0.2	0.1	-	-	-
Soybeans (4)	8.3	4.2	1.3	2.7	Tr	0.1	-	0	0

NR: not recorded; Tr: trace
 $\frac{1}{2}$ Or reducing sugars in Ref. (4)

(1) Sosulski *et al.* (1976) (dehulled seeds)
(2) Naivikul and D'Appolonia (1978) (dehulled seeds)
(3) Aman, (1979)
(4) Tanusi *et al.* (1972)

Πίνακας 37. Ποσοστά σακχάρων και αμύλου σε μερικά αλεύρια οσπρίων ολικής άλεσης. Πηγή: Aycroyd, W.R. and Doughty, J., (1982).

Το 4,3-25% των υδατανθράκων των οσπρίων, βρίσκεται υπό τη μορφή διαιτητικών ινών (μη αμυλώδης πολυσακχαρίτες όπως, κυτταρίνες, ημικυτταρίνες, πηκτίνες και β-γλυκάνη), σημαντικό ποσοστό των οποίων όπως ειπώθηκε εντοπίζεται στο περίβλημα του σπόρου (testa) (Ofuya, Z.M. and Akhidue, V., 2005; Savage, G.P., 1989). Από το πίνακα 38, φαίνεται ότι το συνολικό περιεχόμενο των οσπρίων σε διαιτητικές φυτικές ίνες (TDF) κυμαίνεται από 11,5 έως 33,2% (Arbab Riaz, K., *et al.*, 2007). Το γκουάρ είναι η πλουσιότερη πηγή φυτικών ινών, ακολουθούμενη από το ρεβίθι, τη κόκκινη ροβίτσα (pigeon pea), τα πράσινα ξηρά μπιζέλια και τη φακή. Το περιεχόμενο των ολικών διαιτητικών ινών (TDF) τόσο στα φασόλια, όσο και στα ρεβίθια και το γκουάρ παρουσιάζει διαφορές μεταξύ διαφορετικών μελετών, με ορισμένες να το εμφανίζουν μεταξύ 14-19% περίπου για τα φασόλια, (Arbab Riaz, K., *et al.*, 2007; Hughes, J.S. and Swanson, B.G., 1989), 22,7% για τα ρεβίθια και 33,2% για

το γκουάρ (*Arbab Riaz, K., et al., 2007*) ενώ σε άλλες κυμαίνεται σε υψηλότερα επίπεδα, μεταξύ 17-23,4%, 26% και 35,2% αντιστοίχως (*Sharma, R.D., 1986*).

Legume		Chickpea	Cowpea	Field bean	Guar	Lentil	Pea (green)	Pigeon pea
Dry matter %		90	88	86	89	87	85	90
Dietary fiber % of dry matter	IDF	17,2	14,8	12,5	20,7	9,5	10,2	12,2
	SDF	5,5	3,3	5,2	12,5	2,0	3,2	3,5
	TDF	22,7	18,2	17,7	33,2	11,5	13,4	15,5
IDF/SDF ratio		3,1	4,5	2,4	1,7	4,6	3,2	3,4
Cellulose		6,5	6,0	5,9	12,5	2,9	2,4	3,8
Hemi-cellulose		5,5	3,9	2,0	3,0	1,0	1,0	0,2
Pectin		2,7	1,8	2,3	3,0	1,5	1,7	2,0
Lignin		2,1	2,0	1,4	2,0	1,8	2,5	3,2
Total NSP		16,8	13,7	11,6	20,5	7,2	7,6	9,2

Botanical name of legumes: Chickpea or Bengal gram (*Cicer arietinum* L); cowpea, black-eyed pea or wonder pea (*Vigna unguiculata* (L) Walp); Field bean (*Phaseolus vulgaris* L); Guar, cluster bean (*Cyamopsis tetragonoloba* (L) Taub); Lentil or massor (*Lens esculenta*); Pea, Green pea or Field pea (*Pisum sativum* L) ; Pigeon pea, red gram or arhar (*Cajanus cajan* (L) Mill SP)

IDF = Insoluble dietary fiber, **SDF** = Soluble dietary fiber, **TDF** = Total dietary fiber
Total NSP = total non-starch polysaccharides (or dietary fiber)

Πίνακας 38. Ποσότητα και σύσταση των διαιτητικών ινών στα κυριότερα είδη οσπρίων: ρεβίθια, μαυρομάτικα, φασόλια, γκουάρ, φακές, μπιζέλια, κόκκινη ροβίτσα (pigeon). Πηγή: *Arbab Riaz, K., et al., (2007)*.

Διαφορές μεταξύ ανεξάρτητων ερευνητικών μελετών μπορεί να παρουσιάζουν επίσης και οι τιμές των επιμέρους συστατικών των διαιτητικών ινών, για το ίδιο είδος οσπρίων. Έτσι διαπιστώνεται ότι ενώ το εύρος των τιμών για το περιεχόμενο της κυτταρίνης και της λιγνίνης στο ρεβίθι, τα φασόλια και το γκουάρ κυμαίνεται σε γενικές γραμμές στα ίδια επίπεδα μεταξύ των ερευνητικών μελετών για το ίδιο είδος οσπρίων (*Arbab Riaz, K., et al., 2007; Sharma, R.D., 1986*), όπως επίσης και η περιεκτικότητα σε κυτταρίνη της φακής, το περιεχόμενο σε λιγνίνη ($1,14\% < 1,8\%$) και πηκτίνη ($1,2\% < 1,5\%$) της τελευταίας διαφέρει (*Vidal-Valverde, C., Frias, J. and Esteban, R., 1992; Arbab Riaz, K., et al., 2007*).

Το προφίλ των διαιτητικών ινών, δηλαδή η περιεκτικότητα σε κυτταρίνη, ημι-κυτταρίνη, πηκτίνη και λιγνίνη των επτά σπόρων οσπρίων του πίνακα 38, υποδηλώνει ότι οι κυριότερες φυτικές ίνες σε όλα τα όσπρια είναι η κυτταρίνη και η ημικυτταρίνη, με δευτερεύουσες τη λιγνίνη και τη πηκτίνη (Arbab Riaz, K., et al., 2007). Ο λόγος των αδιάλυτων στο νερό προς τις υδατοδιαλυτές διαιτητικές ίνες, είναι υψηλότερος στα μαυρομάτικα και τη φακή, πράγμα που σημαίνει ότι οι διαιτητικές ίνες αυτών των οσπρίων αποτελούνται κυρίως από κυτταρίνη, ημικυτταρίνη και λιγνίνη. Σε αντίθεση οι σπόροι του γκουάρ, περιέχουν την υψηλότερη ποσότητα διαλυτών φυτικών ινών (12,5%) μεταξύ των οσπρίων, οι οποίες αντιπροσωπεύονται από τη πηκτίνη και από μερικές ημι-κυτταρίνες, ενώ επίσης καλές πηγές αυτού του τύπου ινών θεωρούνται, τόσο τα ρεβίθια όσο και τα κουκιά. Πράγματι στα όσπρια αυτά το ποσοστό των SDF ξεπερνάει το 5%, αν και τα κουκιά περιέχουν χαμηλότερη ποσότητα πηκτίνης από ότι τα ρεβίθια (2,3% και 2,7% αντίστοιχα) (Arbab Riaz, K., et al., 2007).

Ο πίνακας 39, δείχνει το συνολικό περιεχόμενο των φυτικών ινών ανά 100g επεξεργασμένων σπόρων διάφορων ειδών οσπρίων καβουρντισμένων ή μαγειρεμένων (όπως αυτό αναφέρεται στη βάση δεδομένων διατροφικών προτύπων αναφοράς του αμερικανικού υπουργείου γεωργίας), το οποίο κυμαίνεται από 5,3-17,7g, με τη μικρότερη ποσότητα να αντιστοιχεί στα ροζ φασόλια και τη μεγαλύτερη στη σόγια. Επίσης παρατηρείται ότι οι μαγειρεμένοι σπόροι της φακής, των ρεβιθιών και της πράσινης ροβίτσας περιέχουν την ίδια ποσότητα αυτών των συστατικών, ενώ στα κουκιά η περιεχόμενη ποσότητα είναι πολύ μικρότερη. Μεταξύ των διαφόρων ποικιλιών φασολιών παρατηρείται μεγάλη διακύμανση των περιεχόμενων ινών με τα φασόλια 'Navy' να είναι τα πλουσιότερα σε διαιτητικές ίνες (10,5%) αμέσως μετά τη σόγια, και τα ροζ φασόλια να έχουν τη μικρότερη ποσότητα ινών, τόσο μεταξύ των φασολιών όσο και μεταξύ των διαφόρων εξεταζόμενων οσπρίων (*USDA National Nutrient Database for Standard Reference*).

Content of Dietary Fiber in processed Legume seeds			
Legume Source	Dietary fiber	Legume Source	Dietary fiber
	g/100g		g/100g
Soyabean (roasted)	17,7	Kidney Beans (cooked)	7,4
Navy Beans (cooked)	10,5	Adzuki Beans (cooked)	7,3
Small white	10,4	Lima (Butter) Beans (cooked)	7
Cranberry (Roman) Beans (cooked)	10	Great Northern Beans (cooked)	7
Pinto Beans (cooked)	9	Pigeon peas (cooked)	6,7
Black Beans (Black turtle beans) (cooked)	8,7	Cowpeas (Black eyed peas) (cooked)	6,5
Split yellow peas (cooked)	8,3	Mungo Beans (cooked)	6,4
Lentils (cooked)	7,6	White Beans (cooked)	6,3
Mung Beans (cooked)	7,6	Broad (Fava) Beans (cooked)	5,4
Chickpeas (cooked)	7,6	Pink Beans (cooked)	5,3

Πίνακας 39. Ποσότητα σε γραμμάρια των συνολικών διαιτητικών ινών διαφόρων επεξεργασμένων οσπρίων (καβουρντισμένα ή μαγειρεμένα). Πηγή: USDA National Nutrient Database for Standard Reference.

Στα όσπρια τέλος απαντάται και ένα μεγάλο εύρος ασυνήθιστων διαιτητικών ινών, σημαντικό μέρος των οποίων είναι μη αμυλώδης υδατοδιαλυτοί πολυσακχαρίτες με υψηλό βαθμό διακλάδωσης, ικανοί να δεσμεύουν το νερό και άλλα οργανικά υλικά (*Devinder, D., et al., 2012; Aycroyd, W.R. and Doughty, J., 1982*). Οι εν λόγω πολυσακχαρίτες, σε αντίθεση με τις υπόλοιπες διαιτητικές ίνες, δεν αποτελούν συστατικά του φυτικού κυτταρικού τοιχώματος αλλά εκκρίνονται από εξειδικευμένα εκκριτικά φυτικά κύτταρα (*Van Denffer, D., et al., 1976*) και σε επαφή με το νερό διογκώνονται δημιουργώντας γέλη (*Devinder, D., et al., 2012*). Σε αυτούς συγκαταλέγονται:

- a) τα κόμμι (gum), όπως π.χ. το κόμμι γκουάρ (guar gum) από το σπόρο του γκουάρ (*Cyamopsis tetragonolobus*) (*Devinder, D., et al., 2012*) και το κόμμι της μαύρης ροβίτσας (black gram) (*Aycroyd, W.R. and Doughty, J., 1982*), που ανήκουν στο ταξινομικό σύμπλεγμα των φασολιών, καθώς και το αραβικό κόμμι (*Arabic gum*) από

το δέντρο της ακακίας (acacia tree), το οποίο ανήκει στο ταξινομικό σύμπλεγμα των μπιζελιών (*Devinder, D., et al., 2012*). Τα κόμμι είναι φυτικά εξιδρώματα τα οποία εκκρίνονται ως αποτέλεσμα μηχανικού τραυματισμού του φυτού είτε φυσικού π.χ. από έντομα, είτε τεχνητού.

b) και τα υδροκολλοϊδή πηκτώματα (mucillages), τα οποία εκκρίνονται στο ενδοσπέρμιο των φυτικών σπόρων, όπου σκοπό έχουν να εμποδίσουν την αφυδάτωσή τους (*Devinder, D., et al., 2012*).

Πολλές από αυτές τις ενώσεις παρατηρήθηκε ότι σχηματίζονται μόνο από μονάδες D-μαννόζης και D-γαλακτόζης, συνιστώντας τις λεγόμενες γαλακτομαννάνες (galactomannans), όπως το κόμμι γκουάρ και ότι εντοπίζονται αποκλειστικά στους οσπριοειδής σπόρους (*Devinder, D., et al., 2012; Aycroyd, W.R. and Doughty, J., 1982*). Το κόμμι της μαύρης ροβίτσας και το αραβικό κόμμι, έχουν ασυνήθιστη χημική σύσταση, με το πρώτο να περιέχει 20% πρωτεΐνη (στη παρουσία της οποίας μπορεί να οφείλονται ορισμένες από τις μοναδικές ιδιότητες μαγειρέματος του οσπρίου αυτού) (*Aycroyd, W.R. and Doughty, J., 1982*) και το δεύτερο να είναι μείξη ενός πολύπλοκου αραβινογαλακτικού πολυσακχαρίτη και μίας γλυκοπρωτεΐνης (*Devinder, D., et al., 2012*).

α-γαλακτοσίδια

Το 1,8-18% περίπου των υδατανθράκων του σπόρου των οσπριοειδών, αντιπροσωπεύεται από άπεπτα ολιγοσακχαρίδια της οικογένειας της ραφινόζης (RFOs, Raffinose Family Oligosaccharides) (Παράρτημα IV) (*Ofuya, Z.M. and Akhidue, V., 2005; Savage, G.P., 1989*). Αυτά είναι παράγωγα α-γαλακτοσιδικής σακχαρόζης (α-galactosyl sucrose), δηλαδή συντίθενται από τη διαδοχική προσθήκη μονάδων γαλακτόζης στη σακχαρόζη (*Peterbauer, T. and Richter, A., 2001; Stoddard, F., et al., 2010*). Η ραφινόζη (raffinose) είναι το πρώτο μέλος της σειράς, ενώ ακολουθούν η βερμπασκόζη (verbascose), η

σταχυόζη (stachyose) και η αζουγκόζη (ajugose) (Peterbauer, T. and Richter, A., 2001). Τα ολιγοσακχαρίδια αυτά των οσπρίων παράγουν μετεωρισμό στον άνθρωπο. Οι άνθρωποι δεν έχουν το ένζυμο α-γαλακτοσιδάση για να διασπών τον α-γαλακτοσιδικό δεσμό με αποτέλεσμα οι άθικτοι ολιγοσακχαρίτες να μην απορροφώνται από την πεπτική οδό, αλλά να συσσωρεύονται στο παχύ έντερο όπου καταβολίζονται από την α-γαλακτοσιδάση των εντερικών βακτηρίων και στη συνέχεια οι παραγόμενες με αυτό τον τρόπο δομικές μονάδες υπόκεινται σε αναερόβια ζύμωση που τις υποβαθμίζει σε υδρογόνο (H₂), διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) και ίχνη μεθανίου (CH₄). Αυτά τα αέρια προκαλούν κοιλιακή δυσφορία λόγω του φαινομένου της διόγκωσης του εντερικού σωλήνα και μερικές φορές μπορεί να οδηγήσουν ακόμη και σε διάρροϊκά φαινόμενα (Stoddard, F., et al., 2010).

Κυανογόνα

Σχετικά υψηλό επίπεδο αυτών των ενώσεων μπορεί να βρεθεί στα οσπριοειδή. Το κυάνιο σε ιχνοποσότητες, είναι ευρέως διαδεδομένο με τη μορφή γλυκοσιδίων (κυανογόνα), τα οποία είναι μη-τοξικά στον αέριο (ανέπαφο) ιστό. Όταν όμως αυτός καταστρέφεται ή αρχίζει να αποσυντίθεται, απελευθερώνεται ένα υδρολυτικό ένζυμο ικανό να απελευθερώσει με τη σειρά του το υδροκυάνιο από τα γλυκοσίδια. Το τελευταίο αποτοξινώνεται ταχύτατα στο ήπαρ με μετατροπή του σε θειοκυανικό άλας (Παράρτημα IV). Η περίσσεια κυανιούχου ιόντος μπορεί να προκαλέσει γρήγορα ανοξία του κεντρικού νευρικού συστήματος, μέσω απενεργοποίησης του συστήματος της οξειδάσης του κυτοχρώματος, πράγμα που μπορεί να οδηγήσει μέσα σε μερικά δευτερόλεπτα στο θάνατο (Nagabhushana Rao, G. and Shrivastava, S.K., 2011).

Τα φασόλια γίγαντες (Lima beans, *phaseolus lunatus*), έχουν μεταξύ των οσπρίων αλλά και μεταξύ άλλων φυτικών ειδών (π.χ. Κασάβα, ζαχαρόχορτο, λιναρόσπορος) το υψηλότερο δυναμικό παραγωγής υδροκυανίου, περίπου 210-312 mg/100g, με τα φυσιολογικά επίπεδα να

κυμαίνονται μεταξύ 14,4-16,7 mg/100g, τα αποδεκτά για ανθρώπινη κατανάλωση μεταξύ 10-20 mg/100g και αυτά που μπορούν να επιφέρουν το θάνατο να είναι μεταξύ 200-300 mg/100g. Το κυανογόνο γλυκοσίδιο στα φασόλια αυτά αντιπροσωπεύεται από τη φασεολουνατίνη (Παράρτημα IV, phaseolunatin). Το υδροκυανικό περιεχόμενο των περισσότερων από τα υπόλοιπα όσπρια είναι σε τόσο χαμηλά επίπεδα, που δεν τα καθιστά επικίνδυνα για την ανθρώπινη υγεία, με τα μπιζέλια να έχουν περίπου 2,3 mg/100g, τα μαυρομάτικα 2,1 mg/100g, τα κόκκινα φασόλια (kidney beans) 2,0 mg/100g και τα ρεβίθια 0,8 mg/100g (Liener, I.E., 1989).

Πρωτεϊνικό περιεχόμενο οσπρίων

(χαρακτηριστικές πρωτεΐνες - σύσταση σε αμινοξέα των οσπρίων και φυτοχημικά που επηρεάζουν τη βιοδιαθεσιμότητά τους - ταννίνες)

Τα σπέρματα των οσπρίων, σε σύγκριση με αυτά των σιτηρών, είναι πλούσια σε πρωτεΐνες υψηλής ποιότητας, αποτελώντας με αυτό τον τρόπο μία ιδιαίτερα θρεπτική διατροφική πηγή. Οι διαιτητικές πρωτεΐνες των οσπρίων όμως, δεν είναι μόνο μια πηγή δομικών και ενεργειακών ενώσεων όπως τα αμινοξέα (AA), αλλά μπορούν επίσης, όπως παρατηρήθηκε και για τις πρωτεΐνες των σιτηρών, να παίζουν και ένα βιοδραστικό ρόλο από μόνες τους ή / και να είναι οι πρόδρομοι βιολογικώς δραστικών πεπτιδίων με διάφορες φυσιολογικές λειτουργίες. Η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη των σπόρων των οσπρίων, ποικίλλει σε μεγάλο βαθμό και μπορεί να κυμαίνεται από σχεδόν 17% -20% (ξηρό βάρος ύλης) στα μπιζέλια και τα φασόλια, έως 38% -40% στη σόγια και τη λούπινα, ανάλογα φυσικά και με το είδος (Guéguen, J. and Cerletti, P., 1994; Gallardo, K., Thompson, R. and Burstin, J., 2008). Είναι αξιοσημείωτο ότι ακόμη και τα όσπρια με το χαμηλότερο πρωτεϊνικό περιεχόμενο, όπως τα αράπικα φυστίκια (Barbara groundnuts), τα ρεβίθια, τα φασόλια γίγαντες (Lima beans) και τα φασόλια 'rice beans', έχουν παρόμοια ποσότητα πρωτεΐνης με εκείνη των κρεάτων (18% -

25%), η οποία είναι η διπλάσια περίπου από αυτή του σίτου (7-13%) και η τριπλάσια από αυτή του ρυζιού (6,4%) (*Bouchenak, M. and Lamri-Senhadji, M., 2013; Aycroyd, W.R. and Doughty, J., 1982; Ofuya, Z.M. and Akhidue, V., 2005*).

Οι πρωτεΐνες των οσπρίων μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο κατηγορίες (*Aycroyd, W.R. and Doughty, J., 1982*):

1. Πρωτεΐνες αποθήκευσης, που εντοπίζονται κυρίως στα πρωτεϊνικά σώματα.
2. Και μη-αποθηκευτικές πρωτεΐνες.

Οι πρωτεΐνες αποθήκευσης, αποτελούν τα σημαντικότερα πρωτεϊνικά συστατικά των ώριμων σπόρων και κατατάσσονται κατά κύριο λόγο στο κλάσμα των γλοβουλινών. Είναι λίγες σε αριθμό και έχουν μεγάλα μοριακά βάρη. Οι μη-αποθηκευτικές πρωτεΐνες είναι δομικά (πρωτεΐνες των μεμβρανών και του κυτταρικού τοιχώματος) και λειτουργικά (π.χ. ένζυμα) συστατικά του φυτικού κυττάρου και διαφέρουν από τις αποθηκευτικές πρωτεΐνες, λόγω του ότι ανήκουν κυρίως στα κλάσματα των αλβουμινών και των γλουτελινών. Τα περισσότερα όσπρια περιέχουν 70% γλοβουλίνες, 10-20% αλβουμίνες και 10-20% γλουτελίνες (*Aycroyd, W.R. and Doughty, J., 1982*).

Άλλες πρωτεΐνες που βρίσκονται σε σημαντικές ποσότητες στα όσπρια και μπορούν να μεταβάλλουν τη συνολική σύσταση αυτών σε αμινοξέα είναι η ουρεάση, αναστολείς ενζύμων (οι οποίοι δρουν έναντι διαφόρων ενζύμων, π.χ. πρωτεάσες, α-αμυλάσες, λιπάσες, γλυκοσιδάσες και φωσφατάσες), οι λεκτίνες ή αιμοσυγκολλητίνες, η λιπο-οξυγενάση, αμυντικές πρωτεΐνες και άλλες. Αυτές επηρεάζουν επίσης τη θρεπτική και λειτουργική ποιότητα των σπόρων των οσπρίων μέσω διάφορων μηχανισμών, π.χ. με το να μειώσουν τη πρωτεϊνική πεπτικότητα, όπως οι αναστολείς πρωτεασών (αναστολείς θρυψίνης, χυμοθρυψίνης και άλλοι αναστολείς πρωτεασών σερίνης) ή τη βιοδιαθεσιμότητα των μεταλλικών ιχνοστοιχείων και των πρωτεϊνών όπως οι λεκτίνες, οι οποίες δένονται σε υδατάνθρακες ή σε μόρια που περιέχουν υδατάνθρακες (*Michaels T.E., 2004; Aycroyd, W.R. and Doughty, J., 1982; Bouchenak, M. and*

Lamri-Senhadji, M., 2013). Σε πολλά όσπρια οι λεκτίνες ακολουθούν τη κατανομή των αναστολέων προτεάσης μέσα στο σπόρο. Τόσο οι λεκτίνες όμως, όσο και οι αναστολείς ενζύμων, έχουν μικρή επίδραση μετά το μαγείρεμα (Gebrelibanos, M., et al., 2013; Bouchenak, M. and Lamri-Senhadji, M., 2013).

Protein Fractions present in legume seeds			
Protein Fraction	Soluble in	AA Balance	Remarks
Albumin	Water	Balanced	Minor fractions(20% or less)
Globulin	Saline	Deficient in S-containing AA	Predominant fraction(~80%)
In chickpea			
α-Globuline	-	Deficient in S-containing AA	80% total globulins
β- and γ- Globulins	-	Balanced	Relatively minor fraction
In pea, faba & French bean			
Legumin	Less salt soluble, noncoagulate	About balanced	More predominant than in vicilin in faba bean
Vicilin	More salt soluble, coagulates @ 95°C	Deficient in S-containing AA	Almost the only globulin in french bean

Pirman et al., 1997

Πίνακας 40. Κλάσματα πρωτεϊνών στους σπόρους των οσπρίων. Πηγή: www.slideshare.net/ruchu44/breeding-for-special-traits-viz-oil-protein-vitamins-amino-acids

Η διατροφική ποιότητα των πρωτεϊνών καθορίζεται σε μεγάλο μέρος εκτός από τη πεπτικότητα τους και από τη σύστασή τους σε απαραίτητα αμινοξέα και μη και συχνά αναφέρεται ως βιολογική αξία, πρωτεϊνική πεπτικότητα, αναλογία πρωτεϊνικής αποδοτικότητας (protein efficiency ratio) ή καθαρή πρωτεϊνική χρηστικότητα (net protein utilization) (Young, R.V. and Pellet, L.P., 1994). Από αυτή την άποψη παρατηρείται ότι οι πρωτεΐνες των οσπρίων έχουν γενικά ένα καλό προφίλ αμινοξέων, δεδομένου ότι είναι πλούσιες σε λυσίνη (χρησιμοποιούνται ως διατροφικό συμπλήρωμα των σιτηρών που είναι περιοριστικά σε αυτό το αμινοξύ) αλλά παράλληλα είναι περιοριστικές σε θεϊκά αμινοξέα όπως η μεθειονίνη (απαραίτητο αμινοξύ), η κυστεΐνη, η κυστίνη (προέρχεται από την οξειδωση

δύο μορίων κυστεΐνης, που ενώνονται ομοιοπολικά μέσω ενός δισουλφιδικού δεσμού) και η τρυπτοφάνη (*Gebrelibanos, M., et al., 2013; Savage, G.P., 1989; Aycroyd, W.R. and Doughty, J., 1982*).

ESSENTIAL AMINO-ACID COMPOSITION OF LEGUMES (g/16 g N)										
	Isoleu- cine	Leu- cine	Lys- ine	Methio- nine	Cyst- eine	Phenyl- alanine	Tyro- sine	Threo- nine	Tryp- tophan	Val- ine
Adzuki beans (1)	4.5	7.8	7.0	1.8	1.1	5.4	3.4	3.8	ND	5.4
Bambara groundnuts	4.4	7.8	6.4	1.8	1.0	5.6	3.5	3.5	1.1	5.3
Black gram (1)	4.3	7.8	7.4	1.4	1.0	6.6	3.4	3.7	ND	5.9
Broad beans	4.0	7.1	6.5	0.7	0.8	4.3	3.2	3.4	ND	4.4
Chickpeas	4.4	7.5	6.8	1.0	1.2	5.7	2.9	3.8	ND	4.5
Cluster beans	3.2	5.9	4.0	1.4	0.6	3.7	3.3	2.8	1.9	4.2
Cowpeas	3.8	7.0	6.8	1.2	1.1	5.2	2.6	3.6	1.1	4.5
Fenugreek	4.9	6.3	5.8	1.2	1.4	4.0	2.9	3.3	1.8	3.9
Groundnuts	3.4	6.4	3.5	1.2	1.2	5.0	3.9	2.6	1.0	4.2
Horse gram (1)	4.0	6.6	6.1	1.3	1.3	6.4	2.6	3.5	ND	5.0
Hyacinth beans	4.1	7.9	7.0	0.6	0.9	4.8	3.2	3.3	ND	4.7
Jack beans	4.0	7.2	5.5	1.4	1.2	5.2	3.5	4.4	ND	4.6
Kidney beans	4.2	7.6	7.2	1.1	0.8	5.2	2.5	4.0	ND	4.6
Lentils	4.3	7.6	7.2	0.8	0.9	5.2	3.3	4.0	ND	5.0
Lima beans	5.0	8.1	7.4	1.2	1.0	6.1	3.2	4.2	1.0	5.2
Lupins	4.4	7.2	5.3	0.8	1.4	3.7	3.5	3.6	1.0	4.0
Mung beans	3.6	7.1	8.1	0.5	0.7	4.9	2.5	3.3	ND	4.1
Peas	4.3	6.8	7.5	0.9	1.1	4.6	2.7	4.1	ND	4.7
Pigeon peas	3.1	6.3	7.7	0.5	1.0	8.3	2.0	2.9	ND	3.6
Soybeans	4.5	7.8	6.4	1.3	1.3	4.9	3.1	3.9	1.3	4.8
Tepary beans (1)	4.5	7.7	6.6	1.0	1.4	5.3	3.2	4.0	ND	5.8
Velvet beans (Rice, white milled	4.8	7.7	6.8	1.9	1.5	5.3	4.3	4.1	ND	5.6
FAO Provisional scoring pattern (2)	4.0	7.0	5.5	(...3.5...)		(...6.0...)		4.0	1.0	5.0

Sources: Except for (1) Aycroyd and Doughty (1964) and (2) FAO (1973), all data adapted from FAO (1970) and obtained by ion-exchange chromatography
ND: not determined

Πίνακας 41. Σύσταση σε αμινοξέα διαφόρων οσπρίων. Πηγή: Aycroyd, W.R. and Doughty, J., (1982).

Από την άποψη της σύστασης σε αμινοξέα τέλος (Πίνακας 41), στην οικογένεια των οσπρίων συναντώνται και τοξικά, μη πρωτεϊνικά αμινοξέα, που έχουν σημαντικές αρνητικές επιδράσεις, τόσο σε ζώα όσο και σε ανθρώπους που τα καταναλώνουν. Μερικά από τα κυριότερα είναι: (*Gebrelibanos, M., et al., 2013*):

α) η μιμοσίνη (mimosine ή β-[1-(3 υδροξυ-4-πυριδόνη)]-α-αμινο-προπιονικό οξύ) (Παράρτημα IV). Αυτή περιέχεται σε υψηλό ποσοστό (3-5% του ξηρού βάρους της πρωτεΐνης), σε ένα οσπριοειδές με το όνομα Λεύκενα η Λευκοκέφαλη (*Leucaena Leucocephala* ή Koa Haole) και μετατρέπεται από τα βακτήρια της κοιλίας των

μηρυκαστικών σε 3,4 διυδροξύ πυριδίνη, η οποία δρα ως γκοϊθρογόνο (goitrogen). Αυτό σημαίνει ότι μπορεί να προκαλέσει την εμφάνιση θηροειδούς βρογχοκήλης σε μερικά είδη ζώων ή την αναστολή της ανάπτυξης σε άλλα λόγω υποπαραγωγής της θυροξίνης, ή μέσω της αναστολής της συνθετάσης της κυσταθιονίνης, και της κυσταθιονάσης, που συμμετέχουν στη μετατροπή της μεθιονίνης σε κυστεΐνη, να επηρεάσει αρνητικά την ανάπτυξη των τριχών, ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά της συμπτωματολογίας της τοξίκωσης με μιμοσύνη. Για αυτό το αμινοξύ έχουν υποτεθεί και πολλοί άλλοι τρόποι δράσης (Liener, I.E., 1989).

- b) το 3N-οξαλικό-L-2,3 διαμίνο-προπανοϊκό οξύ (ODPA) (Παράρτημα IV). Στον άνθρωπο η πιο γνωστή τοξίκωση που οφείλεται στο ODPA είναι ο Λαθουρισμός, μία μη προοδευτική ασθένεια των κινητικών νευρώνων (προκαλεί παράλυση κυρίως των κάτω άκρων), που παρουσιάζεται μετά την κατανάλωση λαθουριού (*Lathyrus Sativus*) (Gebrelibanos, M., et al., 2013).
- c) και το αμινοξύ 3,4 διυδροξύ φαινυλαλανίνη (DOPA) (Παράρτημα IV), το οποίο βρίσκεται σε εξαιρετικά υψηλές συγκεντρώσεις στα κουκιά (Fava beans, *Vicia faba*) και στο φασόλι βελούδο (Velvet bean, *Stizolobium deeringianum*). Είναι γνωστό ότι, η κατανάλωση κουκιών (κυρίως ομών, πράσινων ή ξηρών), έχει συνδεθεί στους ανθρώπους με μία ασθένεια με γενετική προδιάθεση, που ονομάζεται φαβισμός. Πράγματι, άτομα που δεν μπορούν να παράξουν το ένζυμο γλυκόζη-6-φοσφάτο δεϋδρογενάση είναι ιδιαίτερα επιρρεπή στο να εμφανίσουν φαβισμό, βασική συμπτωματολογία του οποίου είναι μία αιμολυτικού τύπου αναιμία. Η παρατηρούμενη αιμόλυση των ερυθροκυττάρων προκαλείται από τη μείωση του επιπέδου της γλουταθειόνης σε αυτά, το οποίο μπορεί να οφείλεται στην DOPA, λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι η *in vitro* προσθήκη της σε ερυθροκύτταρα ατόμων με έλλειψη του ενζύμου γλυκόζη-6-φοσφάτο δεϋδρογενάση, προκαλεί σημαντική μείωση της γλουταθειόνης. Στα θετικά της κατανάλωσης των κουκιών,

είναι ότι μπορεί να χρησιμοποιηθούν για θεραπευτικό σκοπό σε άτομα που πάσχουν από την ασθένεια του Parkinson, δεδομένης της υψηλής περιεκτικότητάς τους σε DOPA, η οποία συμμετέχει στη βιοσύνθεση της αδρεναλίνης (Liener, I.E., 1989).

Αναστολείς ενζύμων (οσπρίων)

Τα όσπρια περιέχουν:

- Αναστολείς αμυλάσης: Τα φασόλια είναι η δεύτερη μεγαλύτερη ομάδα σπόρων μετά τα σιτηρά, που αναφέρονται ως φυσικές πηγές αναστολέων α-αμυλάσης (Lajolo, F. M., Mancini Filho, J. and Menezes, E. W., 1984). Συγκεκριμένα ο αναστολέας της αμυλάσης βρέθηκε στα είδη κοινών φασολιών (*Phaseolus vulgaris*) και στα φασόλια ‘runner’ (*Phaseolus coccineus*) στα οποία ανήκουν τα ελληνικά φασόλια γίγαντες, με τα επίπεδά του στους σπόρους αυτούς να κυμαίνονται μεταξύ 2–4 g/kg, ενώ στα κουκιά, στα μαυρομάτικα και στα ρεβίθια βρέθηκαν χαμηλότερα επίπεδα (0,1-0,2 g/kg σπόρων). Επίσης η εξέταση 150 ποικιλιών φασολιών από τη Βραζιλία, τα οποία ταξινομήθηκαν ανά χρώμα, αποκάλυψε ότι οι μέση τιμή του αναστολέα αυτού κυμαίνονταν, μεταξύ 0,19-0,29 μονάδες αναστολέα α-αμυλάσης/mg πρωτεΐνης, χωρίς να υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της ανασταλτικής δραστηριότητας και του χρώματος των σπόρων (Lajolo, F. M., Finardi Filho, F. and Menezes, E. W., 1991). Στις φακές, τη σόγια, τα μπιζέλια, τα φασόλια γίγαντες ‘Lima’ (*Phaseolus lunatus*) και τα φασόλια ‘adzuki’ (*Vigna angularis*), δεν ανιχνεύτηκε καμία δραστηριότητα αναστολέα α-αμυλάσης (Genovese, M. I. and Lajolo, F. M., 1998; Grant, G., Edwards, J. E. and Pusztai, A., 1995b; Grant, G., et al., 1995a; Mancini, F. J. and Lajolo, F. M., 1981; Sgarbieri, V. C. and Whitaker, J. R., 1982).
- Αναστολείς πρωτεάσης: Οι αναστολείς πρωτεάσης που απομονώνονται από τα όσπρια γενικά ταξινομούνται σε δύο οικογένειες, που αναφέρονται ως Kunitz και Bowman-Birk (Παράρτημα IV) βάσει των μοριακών βαρών και του περιεχομένου τους σε κυστίνη. Οι

αναστολείς τύπου Kunitz έχουν μια μοριακή μάζα των 20 kDa περίπου, με δύο γέφυρες δισουλφιδίου, και δρουν ειδικά εναντίον της θρυψίνης. Τέτοιοι είναι οι αναστολείς πρωτεάσης που βρίσκονται στα κοινά φασόλια (*phaseolus vulgaris*), στα φασόλια γίγαντες (Lima beans), στα μαυρομάτικα και στις φακές (Belitz, H. D. and Weder, J. K. P., 1990; Lajolo, F. M., Finardi-Filho, F., & Menezes, E. W., 1991; Liener, I. E., 1994). Οι αναστολείς τύπου Bowman-Birk με μοριακή μάζα 8-10 kDa, έχουν επτά γέφυρες δισουλφιδίου, και αναστέλλουν ταυτόχρονα τη θρυψίνη και τη χυμοθρυψίνη, προσκολλώμενοι σε ανεξάρτητα σημεία σύνδεσης. Τέτοιου τύπου αναστολείς και με μεγάλη ομολογία μεταξύ τους, εντοπίζονται στα κόκκινα φασόλια (red kidney beans), στα ροζ φασόλια Βραζιλίας (Brazilian pink beans), στα φασόλια γίγαντες (Lima beans) και στη σόγια (Wu, C. and Whitaker, J. R., 1991).

Τα κόκκινα φασόλια και τα μαυρομάτικα έχουν μέτρια περιεκτικότητα σε αναστολέα πρωτεάσης (αναστολή 8g και 10,6g θρυψίνης και 9,2 g της χυμοθρυψίνης/kg, αντίστοιχα), ενώ το περιεχόμενο στους σπόρους λούπινας είναι χαμηλό (αναστολή 1,1g θρυψίνης και 1,4g χυμοθρυψίνης/Kg). Οι ποικιλίες διαφορετικού χρώματος των φασολιών της Βραζιλίας έδειξαν ανασταλτική δραστηριότητα θρυψίνης (Trypsin Inhibitor Activity) 18/20 TIA/mg (Lajolo, F. M. and Genovese, M. I., 2002).

Λεκτίνες ή Αιμοσυγκολλητίνες (οσπρίων)

Οι λεκτίνες όπως έχει ήδη αναφερθεί στα σιτηρά, είναι πρωτεΐνες ή γλυκοπρωτεΐνες που συγκολλούν ερυθροκύτταρα κάποιων ή όλων των ομάδων αίματος in vitro και η δράση τους εξαρτάται από την εξειδίκευση τους και την υψηλή ομολογία σύνδεσης για μία συγκεκριμένη μονάδα υδατάνθρακα (σάκχαρο) πάνω στην κυτταρική επιφάνεια (González de Mejía, E., et al., 2002). Όλες οι λεκτίνες δεσμεύονται με ένα μεταβατικό ιόν, συνήθως το μαγγάνιο, και ένα ιόν ασβεστίου (Campos-Vega, R., Loarca-Piña, G., and Oomah, B.D., 2010).

Οι λεκτίνες ή αιμοσυγκολλητίνες έχουν εντοπιστεί στα περισσότερα φυτικά τρόφιμα (*Nachbar, M. S. and Oppenheim, J. D., 1980*), αν και στο συνηθισμένο ανθρώπινο διατροφολόγιο τα όσπρια είναι οι κύριες πηγές των πρωτεϊνών αυτών, παρόλο το γεγονός ότι η ποσότητά τους διαφέρει σημαντικά στα διάφορα οσπριοειδή (*Zhang, J., et al., 2009*). Τα περισσότερα είδη φασολιών, συμπεριλαμβανομένων του *Phaseolus vulgaris* φαίνεται να είναι σημαντικές πηγές λεκτινών, με μερικές ποικιλίες να έχουν πολύ μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε λεκτίνη από άλλες, ενώ είναι επίσης από τις κύριες πρωτεΐνες της φακής (*Lens culinaris*). Αντίθετα οι σπόροι των μαυρομάτικων και της λούπινας παρουσιάζουν πολύ χαμηλότερη αιμοσυγκολλητική ενεργότητα ($3 \cdot 10^{-5}$ HU/ kg) (*Bond, D. A., and Duc, G., 1993; Grant, G., et al., 1995a; Campos-Vega, R., Loarca-Piña, G., and Oomah, B.D., 2010*). Οι πρωτεΐνες αυτές αποτελούν περίπου το 2,4-5% της συνολικής πρωτεΐνης (17-23%) στους σπόρους των κόκκινων φασολιών (Kidney beans, $840 \cdot 10^{-5}$ μονάδες αιμοσυγκολλητικής ενεργότητας HU/ kg), το 0,8% στη σόγια και στα φασόλια γίγαντες ‘Lima’ (με τα ποσοστά της ολικής πρωτεΐνης να ανέρχονται στο 34% και 21%, αντίστοιχα), και περίπου το 0,6% της συνολικής πρωτεΐνης (24-25%) του αρακά (*Campos-Vega, R., Loarca-Piña, G., and Oomah, B.D., 2010*).

Τανίνες ή προανθοκυανιδίνες (complex tannins ή proanthocyanidins)

Οι προανθοκυανιδίνες από χημική άποψη, είναι ολιγομερή φλαβονοειδών, όπως της κατεχίνης, της επικατεχίνης και των εστέρων του γαλλικού οξέος. Οι πιο πολύπλοκες από αυτές της πολυφαινόλες (που έχουν το ίδιο πολυμερικό δομικό στοιχείο), σχηματίζουν την ομάδα των ταννινών. Αν και πολλά είδη φυτών περιέχουν ταννίνες (π.χ. δημητριακοί σπόροι), τα όσπρια είναι ιδιαίτερος πλούσια σε αυτές τις ενώσεις, οι οποίες εντοπίζονται σχεδόν σε όλους τους οσπριοειδής σπόρους (*Hill, G.D., 2003; Liener, I.E., 2003*). Τη μεγαλύτερη ποσότητα παρόλα αυτά, την έχουν οι φακές, ακολουθούμενες από τα κόκκινα και τα μαύρα φασόλια και τη μικρότερη τα ρεβίθια και τα άσπρα φασόλια (*Campos-Vega, R., Loarca-Piña, G., and*

Oomah, B.D., 2010; Reed, J. D., 1995). Τανίνες, βρέθηκαν επίσης στο φλοιό των κουκιών και στους σπόρους μπιζελιών (στα τελευταία σε εκείνες τις ποικιλίες που έχουν χρωματιστά λουλούδια). Στα μαύρα φασόλια, το μεγαλύτερο μέρος των τανινών εντοπίζεται στο εσωτερικό του σπόρου και όχι στο περίβλημα αυτού. Τέλος, σπόροι ελεύθεροι από τανίνες και γλυκείς, βρέθηκαν σε ποικιλίες κουκιών, φακών και λούπινας (*Campos-Vega, R., Loarca-Piña, G., and Oomah, B.D., 2010; Smulikowska, S., et al., 2001*).

Λιπαρά οσπρίων

Ένα από τα πιο επιθυμητά χαρακτηριστικά των οσπρίων είναι το χαμηλό περιεχόμενό τους σε λιπαρά και η υψηλή συγκέντρωση σε αυτά των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων, με ευεργετική επίδραση στην υγεία, όπως η πρόληψη καρδιαγγειακών και νεοπλασματικών ασθενειών (*Sridhar, K.R. and Seena, S., 2006; Kalogeropoulos, N., et al., 2010; Ofuya , Z.M. and Akhidue, V., 2005*). Τα κοινά φασόλια (*Phaseolus vulgaris*) για παράδειγμα, αποτελούν σημαντική πηγή ελεύθερων ακόρεστων λιπαρών οξέων, τα οποία αντιπροσωπεύουν το 61,1% του συνόλου των λιπαρών οξέων τους. Στα περισσότερα όσπρια το λιπαρό περιεχόμενο φτάνει το 1-2%, με το σαπωνοποιήσιμο κλάσμα να κυμαίνεται από 0,5-4%, ενώ στα υπόλοιπα όσπρια το περιεχόμενο σε λιπαρά ποικίλλει από 2-21% (*Ofuya , Z.M. and Akhidue, V., 2005; Bouchenak, M. and Lamri-Senhadj, M., 2013*). Εξαίρεση στο γενικό αυτό κανόνα αποτελούν οι ελαιώδης σπόροι οσπρίων, όπως η σόγια με 30% λιπαρά και το φυστίκι με 49% (*FAO, 1968: Food Composition table for use in Africa*).

Όπως ειπώθηκε προγενέστερα, το λιπαρό αυτό περιεχόμενο εκτός από το να συνεισφέρει στις ενεργειακές διατροφικές ανάγκες, προσφέρει και απαραίτητα λιπαρά οξέα για τον άνθρωπο (εξωγενή πολυακόρεστα λιπαρά οξέα), με κυρίαρχο το λινελαϊκό (18:2) οξύ (21-53%), το οποίο ακολουθείται από το α-λινολενικό (18:3) οξύ (ALA) (4-22%). Συγκεκριμένα τα ω3 λιπαρά οξέα αποτελούμενα κατά κύριο λόγο από το α-λινολενικό οξύ, κυριαρχούν στις

περισσότερες ποικιλίες φασολιών, με το ποσοστό αυτών στα κοινά φασόλια να ανέρχεται στο 43,1%, ενώ τα ω6 λιπαρά οξέα με πρώτο το λινελαϊκό, εντοπίζονται σε σημαντικές ποσότητες στα υπόλοιπα είδη οσπρίων (*Grela, E.R. and Gunter, K.D., 1995; Bouchenak, M. and Lamri-Senhadjji, M., 2013*). Επιπρόσθετα το α-λινολενικό οξύ είναι απαραίτητο λιπαρό οξύ για τη βιοσύνθεση και άλλων ω3 πολυακόρεστων λιπαρών οξέων (PUFA, PolyUnsaturated Fatty Acids), τα οποία αποτελούν το 2,5-41,7% των λιπαρών οξέων των οσπρίων. Τα κόκκινα φασόλια (kidney beans) έχουν την υψηλότερη περιεκτικότητα σε PUFA (71,1g PUFA/100g κόκκινα φασόλια), τα ρεβίθια έχουν την υψηλότερη περιεκτικότητα σε μονοακόρεστα λιπαρά οξέα (MUFA, MonoUnsaturated Fatty Acids, 34,2g MUFA/100g ρεβίθια), ενώ τα φασόλια γίγαντες 'LIMA', έχουν την υψηλότερη περιεκτικότητα σε κορεσμένα λιπαρά οξέα (SFA, Saturated Fatty Acids) (*Campos-Vega, R., Loarca-Piña, G., and Oomah, B.D., 2010*). Στη λούπινα περιέχεται μία μεγαλύτερη συγκέντρωση MUFA από ότι SFA (*Kalogeropoulos, N., et al., 2010; Ofuya, Z.M. and Akhidue, V., 2005*). Τέλος όλα τα όσπρια έχουν πολύ χαμηλή περιεκτικότητα σε trans λιπαρά οξέα, με αυτά να αντιπροσωπεύουν λιγότερο από το 1% του συνόλου των λιπαρών οξέων τους (*Bouchenak, M. and Lamri-Senhadjji, M., 2013*).

Για παράδειγμα η λιπιδιακή σύσταση των φασολιών 'adzuki' (που καλλιεργούνται στην Ιαπωνία), με 2,2% συνολικά λιπαρά, περιλαμβάνει κυρίως φωσφολιπίδια (63,5%), τριγλυκερίδια (21,2%), στερυλεστέρες (7,5%), υδρογονάνθρακες (5,1%), διάκυλγλυκερίνες (1,3%), ελεύθερα λιπαρά οξέα (0,9%), και άλλα δευτερεύοντα συστατικά. Τα κύρια λιπαρά οξέα των λιπιδίων τους είναι το λινελαϊκό (45%), το παλμιτικό (25%) και το λινολενικό (21%) (*Yoshida, H., et al., 2008*). Από την άλλη, η ανάλυση της λιπιδιακής σύστασης 8 ειδών *Vicia* που καλλιεργήθηκαν στην Τουρκία, έδειξε ότι τα κυριώτερα λιπαρά οξέα του λιπιδιακού περιεχομένου τους, το οποίο κυμαινόταν μεταξύ 2,5-3,9%, ήταν το παλμιτικό (7-23%) και το στεαρικό (15-35%) (*Akpinar, N., Akpinar, M. A., and Türkoglu, S., 2001*). Επομένως, τόσο η

ποσότητα όσο και η σύσταση των λιπιδίων και των λιπαρών οξέων των οσπρίων, ποικίλλουν σημαντικά μεταξύ των διαφόρων ειδών οσπρίων (Ofuya, Z.M. and Akhidue, V., 2005).

	Saturated					Mono-unsaturated				Polyunsaturated	
	16:0	18:0	20:0	22:0	24:0	16:1	18:1	20:1	22:1	18:2	18:3
Beans (kidney) (1)	13.9	1.7	-	-	-	-	9.6	-	-	27.0	47.8
Black gram (3)	17.8	5.9	-	-	NR	NR	17.2	NR	NR	11.6	47.5
Chickpeas (1)	11.9	1.6	-	-	-	-	28.2	-	-	56.0	2.6
Cowpeas (3)	23.5	5.6	0.6	2.2	NR	NR	8.4	NR	NR	34.0	25.7
Faba beans (1)	14.5	2.4	0.8	-	-	-	25.8	-	-	52.4	4.0
Groundnuts (4) (refined oil)	10.7 (.....6-15.....)	2.7	1.2	3.4	1.1	Tr	49.0	1.1	Tr	29.0	0.8
Horse gram (3)	17.1	1.7	-	-	NR	NR	13.0	NR	NR	44.6	13.7
Lablab beans (3)	29.2	4.6	-	-	NR	NR	6.5	NR	NR	56.0	12.7
Lentils (1)	16.7	1.1	1.1	-	-	-	21.1	1.1	-	47.8	11.1
Lima beans (1)	25.7	2.8	-	-	-	-	11.9	-	-	40.4	19.3
Lupins (white) (2)	6.8	1.7	1.3	2.9	Tr	Tr	50.8	1.7	0.8	24.8	8.0
Peas (dried) (1)	17.4	2.8	-	-	-	-	20.8	-	-	48.9	9.0
Pigeon peas (3)	20.5	6.9	0.8	-	NR	NR	10.5	NR	NR	56.3	5.0
Soybeans (4)	10.0 (.....6-19.....)	4.0	0.3	0.1	Tr	0.2	25.0	0.2	Tr	52.0	7.4
											(..40-62..)

NR: not recorded; TR: trace
Fatty acids: 16:0, palmitic; 18:0, stearic; 20:0, arachidic; 22:0, behenic; 24:0, lignoceric;
16:1, palmitoleic; 18:1, oleic; 20:1, eicosenoic; 22:1, erucic and/or cetoleic;
18:2, linolenic
Note: Peas also contain 0.6% myristic (14:0).
(1) Exler *et al.* (1977)
(2) Hudson *et al.* (1976)
(3) Mahadevappa and Raina (1978)
(4) Paul and Southgate (1978)

Πίνακας 42. Σύσταση σε λιπαρά οξέα (SFA, MUFA, PUFA) διαφόρων οσπρίων. Πηγή: Aycroyd, W.R. and Doughty, J., (1982).

Βιταμίνες και αντιβιταμινικοί παράγοντες

Τα όσπρια εκτός των προαναφερθέντων θρεπτικών συστατικών περιέχουν επίσης σημαντικές βιταμίνες, όπως οι βιταμίνες Β, Ε (τοκοφερόλες), Κ (δρουν κυρίως σε ηπατικό επίπεδο, όπου είναι απαραίτητες για το σχηματισμό των παραγόντων της πήξης του αίματος), και η βιταμίνη C (ασκορβικό οξύ), καθώς και μεταλλικά ιχνοστοιχεία, αντιοξειδωτικά (π.χ. τοκοτριενόλες), πολυφαινολικές ενώσεις και πολυάριθμα άλλα φυτοχημικά με χρήσιμες βιολογικές δραστηριότητες (Gebrelibanos, M., *et al.*, 2013; Ofuya, Z.M. and Akhidue, V., 2005). Για αυτό το λόγο αποτελούν ένα σημαντικό μέρος της ανθρώπινης διατροφής σε πολλά μέρη του κόσμου και από τις κύριες διατροφικές βιταμινικές πηγές (Shils, M. E., *et al.*, 1999).

Από ποσοτική άποψη θεωρούνται καλές πηγές υδατοδιαλυτών βιταμινών και ειδικά της θειαμίνης (Βιταμίνη Β1), ριβοφλαβίνης (Βιταμίνη Β2), νιασίνης (βιταμίνη Β3), πυριδοξίνης, πυριδοξαμίνης και πυριδοξάλης (Βιταμίνες Β6) και του φολικού οξέος (βιταμίνη Β9), αλλά φτωχή πηγή λιποδιαλυτών βιταμινών (βιταμίνες Κ) και της βιταμίνης C (*Gebrelibanos, M., et al., 2013; Campos-Vega, R., Loarca-Piña, G., and Oomah, B.D., 2010*).

Βιταμίνες Β (βιολογική λειτουργία – ποιοτική και ποσοτική βιταμινική σύσταση των οσπρίων)

Οι βιταμίνες του συμπλέγματος Β είτε λειτουργούν ως συνένζυμα σε βιολογικές διαδικασίες είτε είναι πρόδρομοι αυτών. Το φολικό οξύ ειδικότερα είναι δότης μεθυλίου. Σε μοντέλα τρωκτικών, μια δίαιτα φτωχή σε μεθύλιο μπορεί να οδηγήσει σε υπομεθυλίωση και κατά συνέπεια σε απώλεια της ρύθμισης των πρωτο-ογκογονιδίων (*Giovannucci, E. and Willett, W. C., 1994*), ενώ υψηλότερη πρόσληψη φολικού οξέος είναι αντίστροφα συσχετισμένη με τον κίνδυνο καρκίνου του παχέος εντέρου (*Giovannucci, E., et al., 1998*).

Συγκεκριμένα εξετάζοντας 9 διαφορετικές τάξεις κοινών φασολιών (*Phaseolus vulgaris*), βρέθηκε ότι οι ωμοί σπόροι τους περιείχαν 0,99 mg θειαμίνης, 0,20 mg ριβοφλαβίνης, 1.99 mg νιασίνης, 0.49 mg βιταμίνης Β12, 0,30 mg φολικού οξέος, αν και στους μαγειρεμένους σπόρους διατηρήθηκε μόνο το 70-75% των υδατοδιαλυτών βιταμινών (*Augustin, J., et al., 1981*). Οι Φακές (*var. variabilis*) έχουν 0,647 mg/100g d.m θειαμίνης, 0,062 mg/100g d.m ριβοφλαβίνης, και 0,93 mg/100g d.m νιασίνης, ενώ τα κουκιά (*var. major*) έχουν αντίστοιχα 0,253, 0,123 και 2,233 mg/100g d.m. (*Prodanov, M., Sierra, I. and Vidal-Valverde, C., 1997; Vidal-Valverde, C., et al., 2001*).

Τα φασόλια είναι επίσης άριστη πηγή φολικού οξέος, με ποσότητες που κυμαίνονται μεταξύ 400-600 mcg, οι οποίες αντιπροσωπεύουν το 95% των ημερήσιων απαιτήσεων. Αν και αυτό ισχύει σε μικρότερο ή μεγαλύτερο βαθμό για όλα τα όσπρια, η βιοδιαθεσιμότητα των φολικών είναι ωστόσο περιορισμένη λόγω της πρόσδεσης αυτών σε βιομόρια (αντιβιταμινικοί

παράγοντες) και της δημιουργίας συμπλόκων (*Kadam, S. S. and Salunkhe, D. K., 1989*). Τα ρεβίθια έχουν υψηλότερη περιεκτικότητα φολικών σε σύγκριση με τον αρακά, με τους ακατέργαστους σπόρους τους να περιέχουν 149,7 και 101,5 mg/100g αντίστοιχα και τους μαγειρεμένους 78,8 και 45,7 mg/100g, υποδεικνύοντας παράλληλα, όπως και στην περίπτωση των βιταμινών Β των φασολιών, ότι ορισμένη ποσότητα αυτών των συστατικών των οσπριοειδών σπόρων μπορεί να εκπλένεται στο νερό που χρησιμοποιείται για την επεξεργασία τους (*Dang, J., Arcot, J. and Shrestha, A., 2000*).

Βιταμίνες Ε (βιολογική λειτουργία – ποιοτική και ποσοτική βιταμινική σύσταση των οσπρίων)

Η βιταμίνη Ε (τοκοφερόλες και τοκοτριενόλες) όπως έχει ήδη αναφερθεί στα σιτηρά, είναι ένας πολύ γνωστός αντιοξειδωτικός παράγοντας, του οποίου η δράση επικεντρώνεται στην εξουδετέρωση των ελεύθερων ριζών, περισσότερο εντός των κυτταρικών μεμβρανών των ιστών, εμποδίζοντας την οξείδωση των πολυακόρεστων λιπιδίων από τις ελεύθερες ρίζες, όπως τη ρίζα υδροξυλίου και συμβάλλοντας με αυτό τον τρόπο στη διατήρηση της σταθερότητας τους (*Davies, S. and Stewart, A., 1987*). Ο προτεινόμενος αντιοξειδωτικός μηχανισμός αυτής της δράσης της βιταμίνης Ε, αφορά τη μειωμένη ευαισθησία των συμπλόκων LDL-C (δηλαδή των λιποπρωτεϊνών χαμηλής πυκνότητας με τη χοληστερόλη), στην οξείδωση, μέσω της απενεργοποίησης των ελεύθερων υπεροξειδικών και αλκοξειλικών ριζών των λιπιδίων, διακόπτοντας έτσι την αλυσιδωτή αντίδραση της υπεροξειδωσης των τελευταίων. Τέλος επηρεάζει τις κυτταρικές αποκρίσεις στο οξειδωτικό στρες μέσω της ρύθμισης των σηματοδοτικών μεταγωγικών οδών των κυττάρων (*Bouchenak, M. and Lamri-Senhadji, M., 2013*) και συμμετέχει στην αναστολή της οξείδωσης της βιταμίνης Α στο γαστρεντερικό σωλήνα (GIT, GastroIntestinal Tract) (*Ofuya, Z.M. and Akhidue, V., 2005*).

Οι περισσότερες τροφές φυτικής προέλευσης παρουσιάζουν χαμηλά έως μέτρια επίπεδα δραστηριότητας βιταμίνης Ε, αλλά παρόλα αυτά, λόγω της αφθονίας αυτού του είδους

τροφίμων στην ανθρώπινη διατροφή, παρέχεται μια σημαντική και σταθερή πηγή βιταμίνης E (Eitenmiller, R. R. and Lee, J., 2004). Μεταξύ των τροφίμων φυτικής προέλευσης ωστόσο, παρατηρείται ότι το περιεχόμενο σε τοκοφερόλη είναι υψηλότερο στους σπόρους των οσπρίων από ό, τι στα σιτηρά. Η σόγια για παράδειγμα, είναι μια σημαντική πηγή τοκοφερολών, οι οποίες όπως προαναφέρθηκε έχουν ευεργετικές ιδιότητες για την υγεία (Seguin, P., et al., 2010). Τα ρεβίθια (*Cicer arietinum*) επιδεικνύουν την υψηλότερη δραστηριότητα βιταμίνης E (3 mg/100g σπόρων), και ακολουθούν η σόγια (1,8 mg/100g σπόρων), η λούπινα, τα κουκιά και τα μπιζέλια (με τιμές κυμαινόμενες από 1,25 έως 1,0 mg/100g σπόρων), ενώ οι φακές και τα είδη του γένους *Phaseolus* έχουν πολύ χαμηλότερες περιεκτικότητες (0,6mg και 0,3 mg/100g σπόρων, αντίστοιχα). Τα μπιζέλια περιέχουν μεγαλύτερες ποσότητες α- από ότι (β+γ)-τοκοφερόλες (10,4 και 5,7mg / 100g, αντίστοιχα) και τα ρεβίθια περιέχουν παρόμοια επίπεδα α- και (β+γ) - τοκοφερολών (6,9 και 5,5 mg/100g, αντίστοιχα) (Ryan, E., et al., 2007).

Αντιβιταμινικοί παράγοντες

Η σόγια είναι όσπριο, με διάφορες αντιβιταμινικές δράσεις, όπως έναντι της βιταμίνης D3, της βιταμίνης E (αντι-τοκοφερόλη) και της βιταμίνης B12, ενώ τα κόκκινα φασόλια χαρακτηρίζονται από τη δραστηριότητά τους έναντι της βιταμίνης E. Πράγματι παρατηρήθηκε ότι η προσθήκη ωμής σόγιας στη κτηνοτροφία νεοσσών χωρίς το ταυτόχρονο εμπλουτισμό της με υψηλότερα από το φυσιολογικό επίπεδα βιταμίνης D3, έχει ραχιογονική επίδραση σε αυτούς. Αυτό μπορεί να αποφευχθεί με την επεξεργασία της σόγιας σε κλίβανο αποστείρωσης, ενώ η προσθήκη ασβεστίου ή φωσφόρου αποδεικνύεται αναποτελεσματική. Στη σόγια απομονώθηκε επίσης μία πρωτεΐνη, που προκάλεσε αύξηση των αναγκών σε α-τοκοφερόλη των νεοσσών, όπως μετρήθηκε από τους ρυθμούς ανάπτυξης και τα ποσοστά θνησιμότητας αυτών, καθώς και από την εξιδρωματική διάθεση και το μαλάκωμα του εγκεφαλικού τους ιστού. Τέλος, στο μη επεξεργασμένο θερμικά σογιάλευρο, αποδείχθηκε η παρουσία μίας

θερμοευαίσθητης ουσίας που αυξάνει τις ανάγκες των αρουραίων σε βιταμίνη B12. Όσον αφορά τα ωμά κόκκινα φασόλια, η πρόκληση ηπατικής νέκρωσης σε αρουραίους που διατρέφονται με αυτά και η μυϊκή δυστροφία με ταυτόχρονη παρατήρηση χαμηλών επιπέδων πλάσματος της βιταμίνης E σε νεοσσούς, υποδηλώνουν τη παρουσία στους σπόρους των οσπρίων αυτών ενός ανταγωνιστή της εν λόγω βιταμίνης. Η αντιβιταμινική αυτή δράση των κόκκινων φασολιών μπορεί να εξαλειφθεί μερικώς με τη θερμική τους επεξεργασία (*Liener, I.E., 1989*).

Μεταλλικά ιχνοστοιχεία οσπρίων

(& φυτικό οξύ, σαπωνίνες και οξαλικά)

Τα όσπρια είναι εξαιρετικές πηγές εκτός των βιταμινών, και ιχνοστοιχείων, όπως το ασβέστιο (Ca), ο χαλκός (Cu), ο σίδηρος (Fe), το μαγνήσιο (Mg), ο φώσφορος (P), το κάλιο (K), ο ψευδάργυρος (Zn) κ.α., αν και χαρακτηρίζονται γενικά από χαμηλά επίπεδα νατρίου (Na) (*Venter, C.S. and Eyssen, E., 2001; Mirabelli, M. and Shehab, R., 2008; James, 2010*). Συγκεκριμένα η περιεκτικότητα των οσπρίων όσον αφορά το σίδηρο (Fe) κυμαίνεται μεταξύ 18,8 και 82,4 μg/g, για το ψευδάργυρο (Zn) από 32,6-70,2 μg/g, για το αλουμίνιο (Al) από 2,7-45,8 μg/g, για το Νικέλιο (Ni) από 0,02-0,35 μg/g, για το χαλκό (Cu) από 1,5-5,0 μg/g, για το μόλυβδο (Pb) από 0,32- 0,70 μg/g, για το χρώμιο (Cr) από 0,05-0,60 μg/g, και μη ανιχνεύσιμο έως 0,018 μg/g για το κάδμιο (Cd) (*Cabrera, C., et al., 2003*).

Όπως παρατηρείται το περιεχόμενο του σιδήρου αλλά και άλλων μετάλλων είναι γενικά υψηλό στα όσπρια, με τα φασόλια να έχουν την υψηλότερη περιεκτικότητα σε ανόργανα. Επιπρόσθετα, τόσο τα φασόλια όσο και οι φακές έχουν μεταξύ των οσπρίων, τη μεγαλύτερη συγκέντρωση σιδήρου (110 και 122 μg/g, αντίστοιχα) και ψευδαργύρου (44 και 48 μg/g, αντίστοιχα). Οι φακές του Καναδά (ένας από τους μεγαλύτερους παγκοσμίως παραγωγούς και εξαγωγείς αυτού του οσπρίου) είναι επίσης πολύ πλούσιες σε σελήνιο (Se), πράγμα που

διαπιστώθηκε από τη χημική ανάλυση αυτών που καλλιεργούνται στο Saskatchewan (περιοχή του Καναδά υπεύθυνη για το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής φακής), στις οποίες οι συγκεντρώσεις σεληνίου κυμαίνονται μεταξύ 425–673 μg/kg, ανάλογα με τη τοποθεσία της καλλιέργειας, τα χαρακτηριστικά του εδάφους και τις συνθήκες ανάπτυξης. Αυτό σημαίνει ότι η κατανάλωση 100 μόνο γραμμαρίων φακής είναι επαρκής ώστε να καλύψει το 80-120% της ελάχιστης απαιτητής ημερήσιας πρόσληψης αυτού του ιχνοστοιχείου (*Thavarajah, D., Ruszkowski, J. and Vandenberg, A., 2008*).

Όλα αυτά τα μεταλλικά ιχνοστοιχεία παίζουν σημαίνοντα ρόλο στη διατήρηση και τη προώθηση της ανθρώπινης υγείας και επομένως αποτελούν βασικά μικροθρεπτικά συστατικά της διατροφής του ανθρώπου. Επίσης, ο χαλκός, το χρώμιο, ο σίδηρος και ο ψευδάργυρος εκτός ότι αποτελούν, απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία για την ανθρώπινη υγεία, παίζουν σημαντικό ρόλο και στον ανθρώπινο μεταβολισμό. Πράγματι, υπάρχει, ένας αυξανόμενος αριθμός επιστημονικών ερευνών που συσχετίζουν άμεσα τη ποιοτική και ποσοτική κατάσταση των ιχνοστοιχείων αυτών, με οξειδωτικές ασθένειες (*Fennema, O. R., 2000*). Συγκεκριμένα:

- ✓ το σελήνιο, είναι απαραίτητο για τη μέγιστη έκφραση ενζύμων για τα οποία αποτελεί δομικό και λειτουργικό συστατικό (η ημερήσια πρόσληψη πρέπει να ανέρχεται σε τουλάχιστον 55 μg), ενώ ταυτόχρονα εμπλέκεται σε σημαντικούς ρυθμιστικούς και προστατευτικούς μηχανισμούς (*Schwarz, K. and Foltz, C. M., 1957*). Η ανεπάρκεια σεληνίου θέτει σε κίνδυνο την υγεία των παιδιών υπό ανάπτυξη και μειώνει την ικανότητα του οργανισμού ως προς τη καταπολέμηση των επιπτώσεων των βαρέων μετάλλων στη ανθρώπινη διατροφή (*Spallholz, J. E., Mallory Boylan, L. and Rhaman, M. M., 2004*).
- ✓ Ο χαλκός, μπορεί να βρεθεί σε πολλά ένζυμα, μερικά από τα οποία είναι απαραίτητα για το μεταβολισμό του σιδήρου. Αν και η ανεπάρκεια σε χαλκό είναι σπάνια, ωστόσο, διάφορες μελέτες έχουν αναφέρει μια άμεση συσχέτιση μεταξύ της αναλογίας

ψευδαργύρου και χαλκού στη δίαιτα και της συχνότητας εμφάνισης της καρδιαγγειακής νόσου (*Campos-Vega, R., Loarca-Piña, G., and Oomah, B.D., 2010*).

- ✓ Το χρώμιο εμπλέκεται στο μεταβολισμό των λιπιδίων και των υδατανθράκων και η πιο συχνή ένδειξη της ανεπάρκειας χρωμίου είναι η διαταραχή στην ανεκτικότητα στη γλυκόζη. Αυτό το θρεπτικό στοιχείο έχει επίσης συσχετιστεί με το διαβήτη και τη καρδιαγγειακή νόσο (η ημερήσια συνιστώμενη πρόσληψη χρωμίου για έναν ενήλικα είναι, 50–200 mg) (*Neilson, F. H., 1994*).
- ✓ Ο σίδηρος είναι ένα ουσιαστικό και απαραίτητο στοιχείο της ανθρώπινης διατροφής και παρόλο το ότι ο μεταβολισμός του αποτελεί «κλειστό κύκλωμα», υπάρχουν φυσιολογικές απώλειες που θα πρέπει να αντισταθμίζονται (η συνιστώμενη ημερήσια πρόσληψη στους ενήλικες είναι 10-15 mg σιδήρου) (*National Research Council, 1989*).
- ✓ Τα ένζυμα με ψευδάργυρο συμμετέχουν σε μια ευρεία ποικιλία μεταβολικών διαδικασιών, συμπεριλαμβανομένης της σύνθεσης ή αποικοδόμησης των υδατανθράκων, των λιπιδίων και των πρωτεϊνών. Το μεταλλικό αυτό ιχνοστοιχείο είναι απαραίτητο για τη σύνθεση δεοξυριβονουκλεϊκού και ριβονουκλεϊκού οξέος και μπορεί επίσης να διαδραματίζει ένα ρόλο στη σταθεροποίηση των πλασματικών μεμβρανών. Ο ψευδάργυρος έχει τέλος αναγνωριστεί ως ένας συ-παράγοντας του ενζύμου υπεροξειδική δισμουτάση, η οποία εμπλέκεται στην άμυνα κατά των οξειδωτικών διαδικασιών (*Shils, M. E., Olson, J. A. and Shike, M., 1994*). Η καθαρή πρόσληψη του ψευδαργύρου από έναν οργανισμό αποτελεί συνάρτηση της συνολικής ποσότητας αυτού του στοιχείου στα τρόφιμα και της βιοδιαθεσιμότητάς του (η συνιστώμενη ημερήσια πρόσληψη για τους ενήλικες είναι 12-15 mg) (*National Research Council, 1989*).

Φυτικό οξύ ή Εξαφοσφορική ινοσιτόλη (IP6) στα όσπρια

Τα όσπρια όπως έχει ήδη αναφερθεί και για τα δημητριακά, περιέχουν επίσης ενώσεις οι οποίες μειώνουν τη θρεπτική αξία ενός τροφίμου μέσω της μείωσης της πεπτικότητας ή της βιοδιαθεσιμότητας των θρεπτικών ενώσεων (αντιθρεπτικά συστατικά). Οι ίδιες όμως αυτές ενώσεις μπορεί να έχουν και προστατευτικές ιδιότητες έναντι π.χ. του καρκίνου (*Lajolo, F. M. and Genovese, M. I., 2002*).

Το φυτικό οξύ και μερικά από τα προϊόντα αποδόμησής του, είναι ευρέως γνωστά ως αναστολείς της απορρόφησης των πρωτεϊνών, των υδατανθράκων και των βασικών διατροφικών μεταλλικών ιχνοστοιχείων όπως του ασβεστίου, του μαγνησίου και ιδίως του μη-αιμικού σιδήρου και του ψευδαργύρου, με τα οποία δημιουργεί δυσαπορροφήσιμα σύμπλοκα (*Hurrell, R. F., Reddy, M. and Cook, J. D., 1999; Gebrelibanos, et al., 2013; Weaver, C. M. and Kannan, S., 2002*). Για το λόγο αυτό η ενζυματική αποδόμηση του φυτικού από εξωγενείς φυτάσες χρησιμοποιείται ευρέως στη βιομηχανία της κτηνοτροφικής διατροφής, όπου και συμβάλει τόσο στη βελτίωση της διαθεσιμότητας των μεταλλικών ιχνοστοιχείων και των πρωτεϊνών, όσο και στη μείωση της υπερβολικής συσσώρευσης του φωσφόρου στο περιβάλλον (*Graf, E. and Eaton, J. W., 1990; Grases, F., et al., 2006*). Από την άλλη πλευρά έχει μεταξύ άλλων, αντιοξειδωτικές και προστατευτικές ιδιότητες, όσον αφορά το μακρομόριο του δεσόξυριβονουκλεϊκού οξέος (DNA), επιδεικνύοντας σημαντική αντικαρκινογόνο δράση, ενώ προωθεί την ανθρώπινη υγεία και μέσω της μείωσης του ρίσκου ασθενειών όπως ο διαβήτης και τα καρδιαγγειακά νοσήματα (*Midorikawa, K., et al., 2001*).

Το φυτικό αποτελεί για τα όσπρια όπως και για τα δημητριακά και τους ξηρούς καρπούς το 1-3% των σπόρων τους (εντοπίζεται επίσης σε χαμηλές συγκεντρώσεις στις ρίζες, τους κονδύλους και τα λαχανικά). Ειδικότερα, τα όσπρια και τα ολικής αλέσεως δημητριακά (για τα οποία έχει ήδη γίνει λόγος) έχουν υψηλή περιεκτικότητα φυτικού, αλλά και μεταλλικών ιχνοστοιχείων, όπως ο Ζη (ψευδάργυρος), ο Fe (σίδηρος) και το Mg (μαγνήσιο) (*Sandberg, A.*

S., 2002). Στους σπόρους των οσπρίων, το φυτικό βρίσκεται στα πρωτεϊνικά σωματίδια του ενδοσπερμίου και απαντάται ως μεταλλικό σύμπλεγμα, το οποίο είναι αδιάλυτο στο φυσιολογικό pH του εντέρου (Fredlund, K., et al., 2006).

Raw Legume seeds	Content of inositol phosphates (phytic acid) (mmol/g)								
	InsP3	%	InsP4	%	InsP5	%	InsP6	%	InsPn
Black beans (Cowpeas)	ND	-	0,13	0,80	1,87	11,54	14,20	87,65	28,55
Red kidney beans	ND	-	0,16	1,03	1,84	11,87	13,50	87,10	28,40
Chickpeas (Garbanzo beans)	0,01	0,06	0,26	1,69	2,52	16,37	12,60	81,87	33,52
Great northern beans	ND	-	0,19	1,26	2,19	14,52	12,70	84,22	30,86
Navy beans	ND	-	0,14	0,98	1,80	12,55	12,40	86,47	27,87
Red chilli beans	ND	-	0,02	0,14	2,18	15,46	11,90	84,40	29,70
Pinto beans (or cranberry)	ND	-	0,17	1,22	2,05	14,73	11,70	84,05	29,87
Pink beans	ND	-	0,00	0,00	0,60	4,39	13,07	95,61	18,06
Roman beans	ND	-	0,02	0,16	1,95	15,51	10,60	84,33	28,24
Baby Lima beans	ND	-	0,23	1,87	2,13	17,29	9,96	80,84	31,48
Yellow Peas	ND	-	0,12	1,15	1,49	14,29	8,82	84,56	25,87
Pigeon peas	ND	-	0,04	0,38	2,41	23,15	7,96	76,46	33,95
Lentils	0,32	3,11	0,21	2,04	1,39	13,51	8,37	81,34	28,95
Green split peas	ND	-	0,17	2,12	1,36	16,98	6,48	80,90	27,11
Mung beans	ND	-	0,00	0,00	1,18	16,74	5,87	83,26	23,79
Field peas	0,00	-	0,01	1,92	0,08	15,38	0,43	82,69	17,83
Average mean	0,11	1,56	0,12	1,05	1,69	14,64	10,04	84,11	11,86

Πίνακας 43. Περιεχόμενο σε φωσφορικές ινοσιτόλες (InsP3, InsP4, InsP5, InsP6) και συνολικό περιεχόμενο φυτικού (InsPn) διάφορων σπόρων οσπρίων. Πηγές: προσαρμοσμένο από Morris E. R. and Hill, A. D., (1996); Chen, Q. C., (2004); Phillippy, B. Q., (2003); Rochfort, S. and Panozzo, J., (2007).

Τα επίπεδα της φωσφορικής ινοσιτόλης (InsPn) στα ωμά ξηρά όσπρια είναι: 2% τριφωσφορική ινοσιτόλη (InsP3), 4% τετραφωσφορική ινοσιτόλη (InsP4), 10% πενταφωσφορική ινοσιτόλη (InsP5), και 28% εξαφωσφορική ινοσιτόλη (InsP6) (μαγειρεμένα ξηρά όσπρια: 2, 2, 4, και 8%, αντίστοιχα) (Morris, E. R. and Hill, A. D., 1996; Rochfort, S. and

Panozzo, J., 2007). Συνεπώς η εξαφωσφορική ινοσιτόλη (InsP6) είναι η πιο άφθονη φωσφορική ινοσιτόλη στα ξηρά όσπρια, αντιπροσωπεύοντας κατά μέσο όρο το 84% του συνόλου των φωσφορικών ινοσιτόλης και θεωρείται αντικαρκινικός παράγοντας αυτών (συμμετέχει στη κύτταρο-σηματοδοτική διαδικασία και μπορεί να εμπλέκεται στην επαγωγή της κυτταρικής διαφοροποίησης, της απόπτωσης, στην επαναμοντελοποίηση της χρωματίνης, και άλλες βιολογικές επιδράσεις) (*Shamsuddin, A. K. M. and Vucenik, I., 2005*). Τα ποσοστά της ποικίλλουν από 77% στα ρεβίθια (6 mmol/kg) έως 88% στα μαύρα φασόλια (14,2 mmol/kg) (Πίνακας 43). Η συγκέντρωση της InsP6 τείνει να είναι υψηλότερη στα ακατέργαστα (ωμά) ξηρά φασόλια, τα μαυρομάτικα και τα μπιζέλια ‘pigeon’ (*Cajanus cajan*) από ό, τι στις φακές, τη πράσινη και τη κίτρινη φάβα, και τα ρεβίθια (*Morris, E. R. and Hill, A. D., 1996*). Εντοπίστηκε τέλος ότι σε αρκετές ποικιλίες Καναδικών φασολιών, το φυτικό οξύ υπό τη μορφή της InsP6 εκπροσωπεί το 75% του συνολικού τους φωσφόρου (*Oomah, B. D., Blanchard, C. and Balasubramanian, P., 2008*).

Οι φακές περιέχουν 0,3 mmol/kg InsP3 και έχουν μεταξύ των ωμών ακατέργαστων οσπρίων, τη μεγαλύτερη περιεκτικότητα αυτής της μορφής φωσφορικής ινοσιτόλης, ενώ τα μαυρομάτικα περιέχουν την υψηλότερη συγκέντρωση σε InsP4 (0,26 mmol/kg), η οποία όμως αντιπροσωπεύει κατά μέσο όρο, λίγο περισσότερο από το 1% των συνολικών φωσφορικών ινοσιτόλης αυτών των φυτικών σπόρων. Η μέση συγκέντρωση σε InsP5 στα ακατέργαστα, ξηρά όσπρια είναι 1,9 mmol/kg και κυμαίνεται μεταξύ 1,36 mmol/kg στη πράσινη φάβα (green split peas) και 2,52 mmol/kg στα πράσινα φασόλια (ή ροβίτσες), αποτελώντας κατά μέσο όρο το 16% των συνολικών φωσφορικών αλάτων ινοσιτόλης. Ποικιλιακοί και καλλιεργητικοί παράγοντες, είτε μόνοι τους είτε σε συνδιασμό, συχνά έχουν σαν αποτέλεσμα μία ευρεία διακύμανση του περιεχομένου σε φυτικό των ώριμων σπόρων των οσπρίων και των δημητριακών σπόρων (*Dintzis, F. R., et al., 1992*).

Ειδικά στα ξηρά φασόλια, οι μόνες φωσφορικές ινοσιτόλες (InsPn) που ανιχνεύονται είναι η InsP6 και η InsP5, με κυρίαρχη ποσοτικά όπως αναμένεται τη πρώτη, της οποίας τα ποσοστά κυμαίνονται από 63,9% στα κόκκινα φασόλια, έως 97,5% στα φασόλια 'pinto'. Στα μαύρα ξηρά φασόλια και στα κόκκινα φασόλια, παρατηρείται μεταξύ των διαφορετικών ειδών τους, μια ευρεία διακύμανση στο περιεχόμενο αυτών των ενώσεων (InsP6 ή InsP5). Συγκεκριμένα το περιεχόμενο σε InsP6 κυμαίνεται από 5,87 mmol/Kg (81,2%) στα πράσινα φασόλια ή ροβίτσες (mung beans) έως 14,86 mmol/Kg (88,2%) στα μαύρα φασόλια, (μαγειρεμένα: 5,21 mmol/Kg στα πράσινα φασόλια και 9,75 mmol/Kg στα μαύρα φασόλια) (Chen, Q.C., 2004; Phillippy, B. Q., 2003).

Σαπωνίνες και οξαλικά στα όσπρια

Οι σαπωνίνες από καιρό θεωρούνται μη επιθυμητά συστατικά των τροφίμων λόγω της τοξικότητας μερικών από αυτές, της αιμολυτικής τους δραστηριότητας, αλλά και λόγω του αντιθρεπτικού τους χαρακτήρα. Πράγματι οι σαπωνίνες (οι περισσότερες από τις οποίες υφίστανται υπό τη μορφή αμφιπατικών συμπλόκων με b-υδροξύστεροειδή), σχηματίζουν αδιάλυτα συμπλέγματα σαπωνίνης-μεταλλικών ιχνοστοιχείων, με το σίδηρο, το ψευδάργυρο και το ασβέστιο, μειώνοντας τη βιοδιαθεσιμότητά τους (Milgate, J. and Roberts, D. C. K., 1995). Από την άλλη πλευρά μπορούν και συμπλοκοποιούνται με τα χολικά οξέα και με τη χοληστερόλη, μειώνοντας με αυτό τον τρόπο (είτε έμεσα, είτε άμεσα, αντιστοίχως), τα επίπεδα της χοληστερόλης (Bouchenak, M. and Lamri-Senhadj, M., 2013).

Έχουν βρεθεί σε πολλά βρώσιμα όσπρια όπως η σόγια, η λούπινα, οι φακές, τα ρεβίθια, καθώς επίσης και σε διάφορα μπιζέλια και φασόλια (στα τελευταία η ποσότητά τους, η αιμολυτική τους δραστηριότητα και η ικανότητα σχηματισμού σαπωνοειδούς αφρού παρουσιάζει ευρεία διακύμανση) (Bouchenak, M. and Lamri-Senhadj, M., 2013; Campos-Vega, R., Loarca-Piña, G. and Oomah, B.D., 2010). Οι πιο σημαντικές σαπωνίνες είναι αυτές

της σόγιας (ομάδες A, B και E) αν και τα μπιζέλια, τα ρεβίθια και άλλα όσπρια, περιέχουν και διύδρο-σόγια σαπωνίνη I (Taylor, W. G. and Richards, K. W., 2008).

Τα οξαλικά άλατα είναι ελάχιστα διαλυτά στο εντερικό pH και το οξαλικό οξύ είναι γνωστό ότι μειώνει την απορρόφηση του ασβεστίου στα μονογαστρικά ζώα (Allen, L. H., 1982). Η υψηλότερη περιεκτικότητα σε οξαλικά είναι παρούσα στα φασόλια 'Anasazi' (80 mg/100 g υγρού βάρους) και η χαμηλότερη στα μαυρομάτικα (4 mg/100 g υγρού βάρους), αντίστοιχα (Πίνακας 44 B) (Hönow, R. and Hesse, A., 2002; Massey, L. K., Palmer, R. G. and Horner, H. T., 2001).

Saponin content of legumes (g/Kg dry matter) (A)		Oxalate content of legumes (mg/100g dry matter) (B)	
Beans	content	Beans	content
Broad	0.1–3.7	Anasazi	80
Butter	1.0	Azuki	25
Field	0.03–3.5	Black	72
Green moth	3.3	Garbanzo	9
Haricot	2.3	Great northern	75
Kidney	2.16	Large lima	8
Moth	3.4	Mung	8
Mung	3.5	Navy	57
Navy	2–16	October	28
Red	0.02	Pink	75
Runner	3.5	Pinto (or Cranberry)	27
Peas	Content	Red kidney	16
Black-eyed	0.03	Small red	35
Green	1.8–11	Small white	78
Peas	2.5	Peas	Content
Snow	0.01	Black-eyed	4
Yellow split	1.1–11	Green split	6
Black grams	2.3	Yellow split	5
Soy bean	5.6–56	-	-
Chickpeas	2.3–60	-	-

Πίνακας 44. Περιεκτικότητα των οσπρίων σε σαπωνίνες (A) και οξαλικά (B). Πηγές: Πιν. (A) Khokhar, S. and Chauhan, B. M., (1986); Price, K. R., Johnson, I. T. and Fenwick, G. R., (1987), Πιν. (B) (Chai, W. and Liebman, M., (2005).

Λοιπές βιοδραστικές ενώσεις οσπρίων

(λοιπές φαινολικές ενώσεις και αλκαλοειδή)

Οι κυριότερες πολυφαινολικές ενώσεις στα όσπρια, είναι οι τανίνες, τα φαινολικά οξέα και τα φλαβονοειδή και οι οσπριοειδής σπόροι που παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη συγκέντρωση σε αυτές είναι, οι φακές (6,56 mg ισοδύναμων γαλλικού οξέος/g - 1,3 και 5,97 mg ισοδύναμων

κατεχίνης, αντίστοιχα) (Xu, B. J. and Chang, S. K. C., 2007), ακολουθούμενες από τα κόκκινα και τα μαύρα φασόλια (δηλαδή σπόροι με έντονο χρωματισμό) (Campos-Vega, R., Loarca-Piña, G., and Oomah, B.D., 2010). Το ολικό φαινολικό περιεχόμενο συνδέεται άμεσα με την αντιοξειδωτική δραστηριότητα και συγκεκριμένα, τα όσπρια στα οποία αυτό είναι υψηλό, επιδεικνύουν και την υψηλότερη αντιοξειδωτική ικανότητα (Amarowicz, R., et al., 2004; Awika, J. M., et al., 2003).

Σε γενικές γραμμές, μεταξύ των φυτικών αυτών σπόρων υπάρχει μεγάλη διακύμανση τόσο ως προς το συνολικό περιεχόμενό τους σε πολυφαινόλες, όσο και ως προς την αντιοξειδωτική τους δράση. Το πρώτο κυμαίνεται από 321 μg/100g φρέσκου βάρους στη πράσινη φάβα έως 2404 μg/100g φρέσκου βάρους στις μεγαλόσπερμες φακές και μειώνεται με την ακόλουθη σειρά: φακές > ρεβίθια > φασόλια 'pinto' > λούπινα > ποικιλίες άσπρων φασολιών > κουκιά > φάβα (split peas) (Campos-Vega, R., Loarca-Piña, G., and Oomah, B.D., 2010; Bouchenak, M. and Lamri-Senhadji, M., 2013).

Στα φασόλια για παράδειγμα, παρατηρείται τουλάχιστον πενταπλάσια ποσοτική διακύμανση (3,3-16,6 mg ισοδυνάμων κατεχίνης/g) αλλά και ποιοτική διακύμανση (διακύμανση των φαινολικών συστατικών), του συνολικού φαινολικού περιεχομένου τους. Ωστόσο, οι διακυμάνσεις στις φλαβονόλες, τους ταρταρικούς εστέρες και το υδροκιναμμονικό οξύ είναι μηδαμινές, ενώ η ύπαρξη ή μη σημαντικής διακύμανσης στις ανθοκυανίνες και στο συνολικό περιεχόμενο σε φλαβονοειδή διαφέρει ανάλογα με τη βιβλιογραφία (Oomah, B. D., Cardador-Martínez, A. and Loarca-Piña, G., 2005; Long-Ze, L., et al., 2008). Τα ρεβίθια τέλος, των οποίων το φαινολικό περιεχόμενο κυμαίνεται μεταξύ 0,92-1,68 ισοδυνάμων γαλλικού οξέος/g, περιέχουν ένα ευρύ φάσμα πολυφαινολικών ενώσεων, συμπεριλαμβανομένων των φλαβονολών, των γλυκοσιδίων των φλαβονών, αλλά και φλαβανόλες, και ολιγομερείς και πολυμερείς προανθοκυανιδίνες (Sarma, B. K., et al., 2002; Singh, U. P., Sarma, B. K. and Singh, D. P., 2003; Xu, B. J. and Chang, S. K. C., 2007; Zia-Ul-Haq, M., et al., 2008).

Φαινολικά οξέα

Το φερουλικό οξύ είναι το πιο άφθονο φαινολικό οξύ στα κοινά φασόλια, ενώ εντοπίζονται και μέτριες ποσότητες σε οξέα όπως το, p-κουμαρικό και το σιναπικό (*Luthria, D. L. and Pastor-Corrales, M. A., 2006*).

Φλαβονοειδή (φλαβονόλες, φλαβόνες, φλαβανόνες, φλαβαν-3-όλες (ή κατεχίνες), ισοφλαβόνες και ανθοκυανιδίνες)

Ανθοκυανίνες: Ανθοκυανίνες ή ανθοκυάνες είναι υδατο-διαλυτές χρωστικές ουσίες των κυτταρικών κενοτόπιων, ως επί το πλείστον λουλουδιών και φρούτων, αλλά και των φύλλων, μίσχων, και ριζών μερικών φυτικών ειδών, οι οποίες ανάλογα με το pH τους, μπορεί να εμφανίσουν κόκκινο, μωβ, ή μπλε χρώμα και προέρχονται από τις ανθοκυανιδίνες με προσθήκη σακχάρων, εμφανιζόμενες κυρίως υπό τη μορφή 3-O-γλυκοσιδίων των ανθοκυανιδίων (Παράρτημα IV). Στη φύση πιο συχνά απαντούν τα γλυκοσίδια της κυανιδίνης, δελφινιδίνης, μαλβιδίνης, πελαργονιδίνης, πεονιδίνης και πετουνιδίνης. Σε αυτά τα φυτικά τμήματα, εντοπίζονται κατά κύριο λόγο στις εξωτερικές κυτταρικές στοιβάδες, όπως η επιδερμίδα και στα περιφερειακά μεσοφυλλικά κύτταρα (*Andersen, M.Ø., 2001*).

Beans	Anthocyanidins in smaller amounts		
	kaempferol	quercetin	pelargonidin
Pinto (or cranberry)	+	-	-
Light red	-	3-O-glycosides and its malonates	-
Dark red	+	diglycosides	-
Pink	+	diglycosides	-
Small red	3-O-glycoside	-	3-O-glycoside

Πίνακας 45. Ανθοκυανιδίνες με μικρότερη παρουσία, στα φασόλια. Πηγή: Long-Ze, L., et al., (2008).

Οι κύριες ανθοκυανίνες των φασολιών είναι τα 3-O γλυκοσίδια της δελφινιδίνης (65,7%), της πετουνιδίνης (24,3%) και της μαλβιδίνης (8,7%), τα οποία εντοπίζονται σε ολόκληρο το σπόρο (συνολικές ανθοκυανίνες μαύρων φασολιών: 37,7-71,6 mg/g, περίβλημα: 10,1-18,1 mg/g) (*Long-Ze, L., et al., 2008; Salinas-Moreno, Y., et al., 2005*). Σε μικρότερες

ποσότητες συναντώνται η καεμπφερόλη (Kaempferol), η κερκετίνη (quercetin) καθώς και τα μαλονικά άλατα αυτής και η πελαργονιδίνη (pelargonidin) (Long-Ze, L., et al., 2008).

Φυτοοιστρογόνα

Ισοφλαβονοειδή: Οι ισοφλαβόνες (Παράρτημα IV) είναι τα χαρακτηριστικά φλαβονοειδή των οσπρίων, με τη σόγια να είναι μία εξαιρετικά συμπυκνωμένη πηγή των φυτοθεραπευτικών αυτών ουσιών και να αποτελεί τη κύρια διαιτητική πηγή αυτών (610-2440 μg / g). Αυτή η τάξη των φλαβονοειδών έχει οιστρογόνο-αγωνιστική και ανταγωνιστική δράση και για αυτό ταξινομούνται ως φυτοοιστρογόνα (Higdon, J., 2004 (a)). Ως βιοενεργές ουσίες έχουν αντιοξειδωτικές, αντικαρκινικές, αντι-αλλεργικές, αντι-φλεγμονώδης, γαστρο- και κάρδιο- προστατευτικές ιδιότητες, ενώ μπορούν να χρησιμοποιηθούν και στη θεραπεία του διαβήτη, της οστεοπόρωσης, των συμπτωμάτων της εμμηνόπαυσης και μεταβολικών ανωμαλιών (Gani, A., et al., 2012; Bouchenak, M. and Lamri-Senhadj, M., 2013; Campos-Vega, R., Loarca-Piña, G., and Oomah, B.D., 2010).

Οι πιο σημαντικές ισοφλαβόνες είναι η γενιστεΐνη (genistein), η δαϊδζεΐνη (daidzein), η κουμεστρόλη (coumestrol), η φορμονονετίνη (formononetin), και η βιοχανίνη A (biochanin A). Οι φακές δεν περιέχουν σημαντικές ποσότητες από αυτές τις ισοφλαβόνες (0.23-0.4 μg / g), ενώ το βλαστάρι της σόγιας είναι μία εξαιρετική πηγή κουμεστρόλης (κύρια κουμεστάνη) (U.S. Department of Agriculture: USDA Nutrient Database for Standard Reference, Release 15). Τα ρεβίθια περιέχουν 0,04 mg/100g δαϊδζεΐνης, 0.06 mg/100g γενιστεΐνης, 0,14 mg/100g φορμονονετίνης και 1,7 mg/100g βιοχανίνης A. Η σόγια έχει υψηλά επίπεδα δαϊδζεΐνης (47mg/100g) και γενιστεΐνης (74mg/100g), αλλά περιέχει λιγότερη φορμονονετίνη (0,03 mg/100g) και βιοχανίνη A (0.07 mg/100g), σε σύγκριση με τα ρεβίθια (Rochfort, S and Panozzo, J., 2007).

Λιγνάνες: Οι λιγνάνες, (διφαινολικές ενώσεις με ένα σκελετό 2,3-διβενζυλβουτανίου, οι οποίες μετατρέπονται σε εντεροδιόλη και εντερολακτόνη-λιγνάνες των θηλαστικών) έχουν και αυτές τόσο οιστρογονικές όσο και αντιοιστρογονικές ιδιότητες (*Orcheson, L. J., et al., 1998*). Οι συγκεντρώσεις των λιγνανών στα όσπρια βρέθηκε να κυμαίνονται μεταξύ 0 - 240 g/100 g για τη σεκοΐσολαρικεσινόλη (SEC), με τις υψηλότερες τιμές να εντοπίζονται στους ελαιούχους σπόρους των φιστικιών (333 g /100 g SEC) και της σόγιας (13 έως 273 g/100 g SEC), ενώ η ματαΐρεσινόλη βρίσκεται σε ίχνη ή δεν ανιχνεύεται καθόλου (*Mazur, W. M., et al., 1998*).

Φυτοστερόλες:

Οι καλύτερες διατροφικές πηγές φυτοστερολών (φυσικές ενώσεις δομικά παρόμοιες με τη χοληστερόλη των κυττάρων των θηλαστικών), είναι τα ακατέργαστα φυτικά έλαια και οι ακατέργαστοι σπόροι, δημητριακών, ξηρών καρπών και οσπρίων. Οι φυτοστερόλες έχουν ανταγωνιστική δράση έναντι της χοληστερόλης για το σχηματισμό μικκυλίων στον εντερικό αυλό, αναστέλλοντας με αυτό τον τρόπο την απορρόφησή της, ενώ η επιρροή τους επί των εντερικών γονιδίων και των παραγόντων μεταγραφής, τις αναγάγει σε ρυθμιστές κλειδιά στον μεταβολισμό και τη μεταφορά της χοληστερόλης και στην έκφραση των ηπατικών γονιδίων (*Jesch, E.D., Lee, J.Y. and Carr, T.P., 2008*). Οι φυτοστερόλες με τις πιθανές επιπτώσεις στην παχυσαρκία είναι η διοσγενίνη (diosgenin), η καμπεστερόλη (campesterol), η μπρασσικαστερόλη (brassicasterol), η σιτοστερόλη (sitosterol), η στιγμαστερόλη (stigmasterol), και η γκουγκουλστερόνη (guggulsterone). Υψηλές προσλήψεις αυτών των ενώσεων μπορεί επίσης να προστατεύσουν ενάντια στην αθηροσκλήρωση και να μειώσουν τα επίπεδα TC και LDL-C του ορού (*Schonfeld, G., 2010*). Το προφίλ τους παρουσιάζει μεγάλη ποικιλία και κυμαίνονται από 13.5 mg/100g νωπού βάρους στα μαυρομάτικα φασόλια, έως 53.6 mg/100g στη λούπινα (*Kalogeropoulos, N., et al., 2010*). Οι συγκεντρώσεις της

καμπεστερόλης και της D5-αβεναστερόλης στη λευκή λούπινα είναι 11,9 και 5.89 mg/100g αντίστοιχα, ενώ το περιεχόμενο της στιγμαστερόλης στα μέτρια λευκά φασόλια είναι, 7.97 mg/100g (*Bouchenak, M. and Lamri-Senhadji, M., 2013*).

Αλκαλοειδή

Σε γενικές γραμμές, η πλειοψηφία των αλκαλοειδών στα όσπρια, εντοπίζεται στη λούπινα, ενώ είναι επίσης πιθανό τα ρεβίθια και οι φακές να περιέχουν χαμηλά επίπεδα των ενώσεων αυτών που σχηματίζουν μια ευρεία χημική τάξη, επιδεικνύοντας μια ποικιλία βιολογικών δραστηριοτήτων (π.χ. στη θεραπεία του διαβήτη τύπου II). Στα μπιζέλια τέλος, έχει βρεθεί το αλκαλοειδές τριγκονελίνη (*trigonelline*) (*Bouchenak, M. and Lamri-Senhadji, M., 2013*).

Πίνακες της χημικής σύστασης των οσπρίων

Λευκά φασόλια

White beans mature raw-National Nutrient Database for Standard Reference-USDA				
Nutrient	Unit	Value Per100 g	Data points	Std. Error
Water	g	11,32	9	0,245
Energy	kcal	333	--	--
Energy	kJ	1393	--	--
Protein	g	23,36	12	0,346
Total lipid (fat)	g	0,85	10	0,266
Ash	g	4,20	6	0,055
Carbohydrate, by difference	g	60,27	--	--
Fiber, total dietary	g	15,2	--	--
Sugars, total	g	2,11	--	--
Minerals	Unit	Value Per100 g	Data points	Std. Error
Calcium, Ca	mg	240	5	47,497
Iron, Fe	mg	10,44	5	0,482
Magnesium, Mg	mg	190	3	--
Phosphorus, P	mg	301	3	--
Potassium, K	mg	1795	5	253,466
Sodium, Na	mg	16	1	--
Zinc, Zn	mg	3,67	5	0,291
Copper, Cu	mg	0,984	3	--
Manganese, Mn	mg	1,796	3	--
Selenium, Se	µg	12,8	--	--
Vitamins	Unit	Value Per100 g	Data points	Std. Error
Vitamin C, total ascorbic acid	mg	0,0	--	--
Thiamin	mg	0,437	6	0,174
Riboflavin	mg	0,146	6	0,056
Niacin	mg	0,479	4	0,291
Pantothenic acid	mg	0,732	--	--
Vitamin B-6	mg	0,318	1	--
Folate, total	µg	388	--	--
Folic acid	µg	0	--	--
Folate, food	µg	388	--	--
Folate, DFE	µg	388	--	--
Choline, total	mg	66,2	--	--
Vitamin B-12	µg	0,00	--	--
Vitamin B-12, added	µg	0,00	--	--
Vitamin A, RAE	µg	0	--	--
Retinol	µg	0	--	--
Carotene, beta	µg	0	--	--
Carotene, alpha	µg	0	--	--
Cryptoxanthin, beta	µg	0	--	--
Vitamin A, IU	IU	0	--	--
Lycopene	µg	0	--	--
Lutein+zeaxanthin	µg	0	--	--
Vitamin E, (alpha-tocopherol)	mg	0,21	--	--
Vitamin E, added	mg	0,00	--	--
Vitamin D (D2 + D3)	µg	0,0	--	--
Vitamin D	IU	0	--	--
Vitamin K (phylloquinone)	µg	5,6	--	--

White beans mature raw -National Nutrient Database for Standard Reference-USDA ... continue				
Lipids	Unit	Value Per100 g	Data points	Std. Error
Fatty acids, total saturated	g	0,219	--	--
4:0	g	0,000	--	--
6:0	g	0,000	--	--
8:0	g	0,000	--	--
10:0	g	0,000	--	--
12:0	g	0,000	--	--
14:0	g	0,001	--	--
16:0	g	0,205	--	--
18:0	g	0,013	--	--
Fatty acids, total monounsaturated	g	0,074	--	--
16:1 undifferentiated	g	0,000	--	--
18:1 undifferentiated	g	0,074	--	--
20:1	g	0,000	--	--
22:1 undifferentiated	g	0,000	--	--
Fatty acids, total polyunsaturated	g	0,364	--	--
18:2 undifferentiated	g	0,198	--	--
18:3 undifferentiated	g	0,166	--	--
18:4	g	0,000	--	--
20:4 undifferentiated	g	0,000	--	--
20:5 n-3 (EPA)	g	0,000	--	--
22:5 n-3 (DPA)	g	0,000	--	--
22:6 n-3 (DHA)	g	0,000	--	--
Fatty acids, total trans	g	0,000	--	--
Cholesterol	mg	0	--	--
Amino Acids	Unit	Value Per100 g	Data points	Std. Error
Tryptophan	g	0,277	--	--
Threonine	g	0,983	--	--
Isoleucine	g	1,031	--	--
Leucine	g	1,865	--	--
Lysine	g	1,603	--	--
Methionine	g	0,351	--	--
Cystine	g	0,254	--	--
Phenylalanine	g	1,236	--	--
Tyrosine	g	0,658	--	--
Valine	g	1,222	--	--
Arginine	g	1,446	--	--
Histidine	g	0,650	--	--
Alanine	g	0,979	--	--
Aspartic acid	g	2,825	--	--
Glutamic acid	g	3,561	--	--
Glycine	g	0,912	--	--
Proline	g	0,990	--	--
Serine	g	1,271	--	--
Other	Unit	Value Per100 g	Data points	Std. Error
Alcohol, ethyl	g	0,0	--	--
Caffeine	mg	0	--	--
Theobromine	mg	0	--	--
Flavonoids	Unit	Value Per100 g	Data points	Std. Error
Flavan-3-ols				
(+)-Catechin	mg	0,0	3	0
(-)-Epigallocatechin	mg	0,0	3	0
(-)-Epicatechin 3-gallate	mg	0,1	3	0

White beans mature raw -National Nutrient Database for Standard Reference-USDA				
... continue				
3(0-)-Epicatechin 3-gallate	mg	0,0	3	0
(-)-Epigallocatechin 3-gallate	mg	0,0	3	0
(+)-Galocatechin	mg	0,0	3	0
Flavonols				
Kaempferol	mg	3,4	6	1,100
Isoflavones				
Daidzein	mg	0,00	1	--
Genistein	mg	0,01	1	--
Glycitein	mg	0,01	1	--
Total isoflavones	mg	0,02	2	--
Biochanin A	mg	0,01	1	--
Formononetin	mg	0,00	1	--
Coumestrol	mg	0,00	1	--
Proanthocyanidin	mg			--
Proanthocyanidin dimers	mg	0,0	3	0
Proanthocyanidin trimers	mg	0,0	3	0

Πίνακας 46α. Χημική σύσταση των ώριμων σπόρων άσπρου φασολιού Πηγή: National Nutrient Database for Standard Reference-USDA (Full Report 16049-all Nutrients)

**Common bean, seeds-Feedipedia - Animal Feed Resources Information System - INRA CIRAD AFZ
and FAO © 2012-2016**



Main analysis	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
Dry matter	% as fed	89.1	1.9	84.5	92.7	51	
Crude protein	% DM	24.8	1.5	22.2	27.4	54	
Crude fibre	% DM	5.2	0.8	4.3	7.9	36	
NDF	% DM	20.0	4.4	16.1	25.8	6	
ADF	% DM	7.6	1.5	4.8	9.9	8	
Lignin	% DM	0.2	0.1	0.1	0.3	4	
Ether extract	% DM	1.7	0.4	1.1	2.4	43	
Ash	% DM	4.6	0.6	4.0	6.5	43	
Starch (polarimetry)	% DM	42.7	2.3	38.5	46.9	20	
Total sugars	% DM	4.9	0.7	3.1	5.7	18	
Gross energy	MJ/kg DM	18.6					*
Minerals	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
Calcium	g/kg DM	2.5	1.1	1.2	5.1	18	
Phosphorus	g/kg DM	4.9	1.1	2.1	6.3	18	
Potassium	g/kg DM	16.9	1.5	15.4	19.2	5	
Sodium	g/kg DM	0.0	0.1	0.0	0.1	4	
Magnesium	g/kg DM	2.2	0.4	1.8	2.8	6	
Manganese	mg/kg DM	16				1	
Zinc	mg/kg DM	36				1	
Copper	mg/kg DM	9				1	
Iron	mg/kg DM	89				1	
Amino acids	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
Alanine	% protein	4.0	0.7	3.0	5.3	11	
Arginine	% protein	6.4	1.2	4.9	9.2	13	
Aspartic acid	% protein	10.7	1.9	8.0	14.7	10	
Cystine	% protein	1.1	0.1	1.0	1.2	5	
Glutamic acid	% protein	14.8	2.8	9.7	18.8	10	
Glycine	% protein	3.9	0.8	3.1	5.6	12	
Histidine	% protein	2.8	0.3	2.1	3.4	12	
Isoleucine	% protein	4.4	0.9	2.8	5.9	13	
Leucine	% protein	7.8	1.3	5.5	10.0	13	
Lysine	% protein	6.5	1.3	4.0	8.4	13	
Methionine	% protein	1.1	0.4	0.3	1.7	9	
Phenylalanine	% protein	5.4	1.0	3.6	7.1	13	
Proline	% protein	3.5	1.0	2.1	5.1	7	
Serine	% protein	5.5	0.9	4.4	7.2	11	
Threonine	% protein	4.2	0.8	3.2	5.9	13	
Tryptophan	% protein	1.3	0.2	1.1	1.7	7	
Tyrosine	% protein	3.4	0.5	2.7	4.2	12	
Valine	% protein	5.0	0.9	3.4	6.7	13	
Ruminant nutritive values	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
OM digestibility, ruminants	%	92.3					*
Energy digestibility, ruminants	%	90.6					*
DE ruminants	MJ/kg DM	16.8					*
ME ruminants	MJ/kg DM	13.6					*
Nitrogen digestibility, ruminants	%	87.2				1	

Common beans, seeds-Feedipedia - Animal Feed Resources Information System - INRA CIRAD AFZ and FAO © 2012-2016 ...continue							
a (N)	%	43.9		33.2	54.6	2	
b (N)	%	56.0		45.2	66.9	2	
c (N)	h-1	0.092		0.091	0.093	2	
Nitrogen degradability (effective, k=4%)	%	83					*
Nitrogen degradability (effective, k=6%)	%	78					*

Πίνακας 46β. Χημική σύσταση και διατροφική αξία σπόρων κοινών φασολιών Πηγή: Feedipedia - Animal Feed Resources Information System - INRA CIRAD AFZ and FAO

- **Avg:** average or predicted value; **SD:** standard deviation; **Min:** minimum value; **Max:** maximum value; **Data points + Nb:** number of values (samples) used
- Ο αστερίσκος (*) υποδεικνύει ότι η μέση τιμή υπολογίστηκε μέσω μίας εξίσωσης.
- **ADF:** (Acid Detergent Fiber) αναφέρεται στα τμήματα του κυτταρικού τοιχώματος της χορτονομής που αποτελούνται από κυτταρίνη και λιγνίνη. Η τιμή της ADF είναι σημαντική επειδή σχετίζεται με την ικανότητα ενός ζώου να χωνέψει την ζωοτροφή. Καθώς αυξάνει η ADF η πεπτικότητα της ζωοτροφής μειώνεται.
- **NDF:** (Neutral Detergent Fiber) μετράει το μεγαλύτερο μέρος του κυτταρικού τοιχώματος το οποίο αποτελείται από το κλάσμα της ADF (κυτταρίνη και λιγνίνη) μαζί με την ημικυτταρίνη, αλλά δεν περιλαμβάνει την πηκτίνη (*Van Soest, P.J., Robertson, J.B. and Lewis, B.A., 1991*); *AOAC Official Method 2002.04*). Οι τιμές της NDF είναι σημαντικές επειδή αντανakλούν τη ποσότητα των ζωοτροφών που το ζώο μπορεί να καταναλώσει. Καθώς αυξάνει το ποσοστό της NDF, η πρόσληψη ξηρής ουσίας γενικά μειώνεται.
- **Ether extract:** Ακατέργαστες λιπαρές ουσίες, εκχυλίζονται με διαιθυλαιθέρα ή πετρελαιικό αιθέρα, συνήθως χωρίς προκαταρκτική υδρόλυση.
- **Ash:** στάχτη που απομένει μετά την καύση και δίνει μια κατά προσέγγιση εκτίμηση του περιεχομένου των μεταλλικών στοιχείων της ύλης υπό εξέταση.
- **Nitrogen degradability (effective, k=4%):** Η πραγματική αποικοδόμηση του αζώτου στα μηρυκαστικά, που υπολογίζεται με ένα ωριαίο ρυθμό απώλειας, του 4%. Η πραγματική αποικοδομησιμότητα υπολογίζεται ως $D = a + ((b \cdot c)/(k+c))$, όπου **a** = κλάσμα άμεσα αποικοδομήσιμο, **b** = κλάσμα δυνητικά αποικοδομήσιμο, **c** = ρυθμός αποικοδόμησης των σωματιδίων και **k** = συντελεστής του ωριαίου ρυθμού εξαφάνισης των σωματιδίων (*Orskov, E.R. and McDonald, P., 1979*).
- **Nitrogen degradability (effective, k=6%):** Η πραγματική αποικοδόμηση του αζώτου στα μηρυκαστικά, που υπολογίζεται με ένα ωριαίο ρυθμό απώλειας, του 6%.
- **a (N):** Άμεσα αποικοδομήσιμο κλάσμα (%) αζώτου (N) στο μοντέλο αποικοδόμησης της μεγάλης κοιλίας των μηρυκαστικών $y = a + b(1 - e^{-ct})$ (*Orskov, E.R. and McDonald, P., 1979*).
- **b (N):** Δυνητικά αποικοδομήσιμο κλάσμα (%) αζώτου (*Orskov, E.R. and McDonald, P., 1979*).
- (N) στο μοντέλο αποικοδόμησης της μεγάλης κοιλίας των μηρυκαστικών $y = a + b(1 - e^{-ct})$ (*Orskov, E.R. and McDonald, P., 1979*).
- **c (N):** Ωριαίος ρυθμός αποικοδόμησης των σωματιδίων (h-1) για το άζωτο στο μοντέλο αποικοδόμησης της μεγάλης κοιλίας των μηρυκαστικών $y = a + b(1 - e^{-ct})$ (*Orskov, E.R. and McDonald, P., 1979*).
- **OM (Organic Matter) digestibility:** Πεπτικότητα οργανικής ύλης, υπολογισμένη ως ποσοστό των εύπεπτων οργανικών υλών ως προς την οργανική ύλη της ζωοτροφής.
- **DE:** (Digestible energy) Διαφορά μεταξύ της ακαθάριστης ενέργειας στην τροφή και αυτής στα κόπρανα.
- **ME:** (Metabolizable energy) Διαφορά μεταξύ της ακαθάριστης ενέργειας στην τροφή και αυτής στα κόπρανα, τα ούρα και τα αέρια, χωρίς διόρθωση για την κατακράτηση του αζώτου.
- **Men:** (Metabolizable energy, N-corrected) Διαφορά μεταξύ της ακαθάριστης ενέργειας στην τροφή και αυτής στα κόπρανα, τα ούρα και τα αέρια, διορθωμένη για ισορροπία αζώτου 0.
- **AMen:** (Apparent metabolizable energy, nitrogen-corrected). Προφανής μεταβολίσιμη ενέργεια, διορθωμένη ως προς το άζωτο.
- **NE:** (Net energy) Διαφορά μεταξύ της ενέργειας που μπορεί να μεταβολιστεί και της ενέργειας που χάθηκε σε θερμότητα κατά τη διάρκεια της διαδικασίας του μεταβολισμού.
- **Nitrogen digestibility:** υπολογισμένη ως ποσοστό του εύπεπτου αζώτου σε σχέση με το ολικό άζωτο της τροφής.

Φασόλια παρμπούνια (cranberry ή pinto)

Cranberry beans-National Nutrient Database for Standard Reference-USDA				
Nutrient	Unit	Value Per100 g	Data points	Std. Error
Water	g	12,39	8	0,847
Energy	kcal	335	--	--
Energy	kJ	1402	--	--
Protein	g	23,03	8	0,295
Total lipid (fat)	g	1,23	8	0,062
Ash	g	3,31	8	0,072
Carbohydrate, by difference	g	60,05	--	--
Fiber, total dietary	g	24,07	--	--
Minerals	Unit	Value Per100 g	Data points	Std. Error
Calcium, Ca	mg	127	8	2,831
Iron, Fe	mg	5,00	8	0,192
Magnesium, Mg	mg	156	8	3,373
Phosphorus, P	mg	372	8	14,121
Potassium, K	mg	1332	8	32,252
Sodium, Na	mg	6	4	0,380
Zinc, Zn	mg	3,63	8	0,107
Copper, Cu	mg	0,794	8	0,034
Manganese, Mn	mg	0,920	8	0,015
Selenium, Se	µg	12,7	--	--
Vitamins	Unit	Value Per100 g	Data points	Std. Error
Vitamin C, total ascorbic acid	mg	0,0	--	--
Thiamin	mg	0,747	8	0,032
Riboflavin	mg	0,213	8	0,018
Niacin	mg	1,455	8	0,072
Pantothenic acid	mg	0,748	8	0,017
Vitamin B-6	mg	0,309	8	0,010
Folate, total	µg	604	8	25,556
Folic acid	µg	0	--	--
Folate, food	µg	604	8	28,556
Folate, DFE	µg	604	--	--
Vitamin B-12	µg	0,00	--	--
Vitamin A, RAE	µg	0	8	0,052
Retinol	µg	0	--	--
Vitamin A, IU	IU	2	8	1,043
Vitamin D (D2 + D3)	µg	0,0	--	--
Vitamin D	IU	0	--	--
Lipids	Unit	Value Per100 g	Data points	Std. Error
Fatty acids, total saturated	g	0,316	--	--
14:0	g	0,001	--	--
16:0	g	0,296	--	--
18:0	g	0,019	--	--
Fatty acids, total monounsaturated	g	0,106	--	--
18:1 undifferentiated	g	0,106	--	--
Fatty acids, total polyunsaturated	g	0,527	--	--
18:2 undifferentiated	g	0,287	--	--
18:3 undifferentiated	g	0,240	--	--
Fatty acids, total trans	g	0,000	--	--
Cholesterol	mg	0	--	--

Cranberry beans-National Nutrient Database for Standard Reference-USDA ...continue				
Amino Acids	Unit	Value Per100 g	Data points	Std. Error
Tryptophan	g	0,273	--	--
Threonine	g	0,969	--	--
Isoleucine	g	1,017	--	--
Leucine	g	1,838	--	--
Lysine	g	1,580	--	--
Methionine	g	0,346	--	--
Cystine	g	0,251	--	--
Phenylalanine	g	1,245	--	--
Tyrosine	g	0,648	--	--
Valine	g	1,205	--	--
Arginine	g	1,426	--	--
Histidine	g	0,641	--	--
Alanine	g	0,965	--	--
Aspartic acid	g	2,785	--	--
Glutamic acid	g	3,511	--	--
Glycine	g	0,899	--	--
Proline	g	0,976	--	--
Serine	g	1,253	--	--
Flavonoids	Unit	Value Per100 g	Data points	Std. Error
Isoflavones				
Daidzein	mg	0,00	1	--
Genistein	mg	0,00	1	--
Glycitein	mg	0,00	1	--
Total isoflavones	mg	0,00	1	--
Biochanin A	mg	0,00	1	--
Formononetin	mg	0,00	1	--
Coumestrol	mg	0,00	1	--

Πίνακας 47. Χημική σύσταση των φασολιών μπαμπούνι (cranberry ή pinto) Πηγή: National Nutrient Database for Standard Reference-USDA (Full Report 16019-all Nutrients)

Φασόλια μαυρομάτικα

Blackeyed beans or cowpeas-National Nutrient Database for Standard Reference-USDA				
Nutrient	Unit	Value Per100 g	Data points	Std. Error
Water	g	11,05	3	0,727
Energy	kcal	343	--	--
Energy	kJ	1435	--	--
Protein	g	23,85	3	0,614
Total lipid (fat)	g	2,07	3	0,341
Ash	g	3,39	4	0,045
Carbohydrate, by difference	g	59,64	--	--
Fiber, total dietary	g	10,7	--	--
Minerals	Unit	Value Per100 g	Data points	Std. Error
Calcium, Ca	mg	85	4	15,315
Iron, Fe	mg	9,95	4	2,099
Magnesium, Mg	mg	333	4	92,738
Phosphorus, P	mg	438	4	55,183
Potassium, K	mg	1375	4	152,137
Sodium, Na	mg	58	3	36,039
Zinc, Zn	mg	6,11	2	--
Copper, Cu	mg	1,059	4	0,170
Manganese, Mn	mg	1,544	--	--
Selenium, Se	µg	9,1	--	--
Vitamins	Unit	Value Per100 g	Data points	Std. Error
Vitamin C, total ascorbic acid	mg	1,5	--	--
Thiamin	mg	0,680	1	--
Riboflavin	mg	0,170	2	--
Niacin	mg	2,795	2	--
Pantothenic acid	mg	1,511	--	--
Vitamin B-6	mg	0,361	--	--
Folate, total	µg	639	--	--
Folic acid	µg	0	--	--
Folate, DFE	µg	639	--	--
Folate, food	µg	639	--	--
Vitamin B-12	µg	0,00	1	--
Vitamin A, RAE	µg	2	--	--
Retinol	µg	0	1	--
Vitamin A, IU	IU	33	1	--
Vitamin D (D2 + D3)	µg	0,0	--	--
Vitamin D	IU	0	--	--
Lipids	Unit	Value Per100 g	Data points	Std. Error
Fatty acids, total saturated	g	0,542	--	--
12:0	g	0,001	--	--
14:0	g	0,004	--	--
16:0	g	0,417	--	--
18:0	g	0,087	--	--
Fatty acids, total monounsaturated	g	0,173	--	--
16:1 undifferentiated	g	0,006	--	--
18:1 undifferentiated	g	0,144	--	--
20:1	g	0,002	--	--
22:1 undifferentiated	g	0,019	--	--
Fatty acids, total polyunsaturated	g	0,889	--	--
18:2 undifferentiated	g	0,563	--	--

Blackeyed beans or cowpeas-National Nutrient Database for Standard Reference- USDA ...continue				
18:3 undifferentiated	g	0,326	--	--
Fatty acids, total trans	g	0,000	--	--
Cholesterol	mg	0	--	--
Amino Acids	Unit	Value Per100 g	Data points	Std. Error
Tryptophan	g	0,294	49	--
Threonine	g	0,908	72	--
Isoleucine	g	0,969	72	--
Leucine	g	1,828	72	--
Lysine	g	1,614	78	--
Methionine	g	0,340	108	--
Cystine	g	0,263	92	--
Phenylalanine	g	1,393	72	--
Tyrosine	g	0,771	54	--
Valine	g	1,137	71	--
Arginine	g	1,652	71	--
Histidine	g	0,740	71	--
Alanine	g	1,088	52	--
Aspartic acid	g	2,881	52	--
Glutamic acid	g	4,518	52	--
Glycine	g	0,985	52	--
Proline	g	1,072	51	--
Serine	g	1,194	52	--

Πίνακας 48α. Χημική σύσταση των μαυρομάτικων φασολιών (Blackeyed beans ή cowpeas)
Πηγή: National Nutrient Database for Standard Reference-USDA (Full Report 16060-all
Nutrients)

Blackeyed bean or cowpea seeds-Feedipedia - Animal Feed Resources Information System - INRA CIRAD AFZ and FAO © 2012-2016							
Main analysis	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
Dry matter	% as fed	89.9	2.1	85.8	94.6	38	
Crude protein	% DM	25.2	2.2	18.2	30.4	51	
Crude fibre	% DM	5.6	1.9	2.5	10.5	41	
NDF	% DM	16.6	5.6	9.7	26.7	10	
ADF	% DM	6.5	1.5	4.0	8.8	10	
Lignin	% DM	0.8	1.0	0.3	3.4	8	
Ether extract	% DM	1.6	0.6	0.5	3.9	48	
Ash	% DM	4.1	0.6	3.1	5.8	47	
Starch (polarimetry)	% DM	47.8	5.9	40.7	55.5	7	
Total sugars	% DM	4.6	3.0	0.4	7.1	4	
Gross energy	MJ/kg DM	18.7	1.1	17.3	20.8	12	*
Minerals	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
Calcium	g/kg DM	1.1	0.6	0.3	2.7	30	
Phosphorus	g/kg DM	4.2	0.9	2.1	5.4	32	
Potassium	g/kg DM	15.0	2.4	12.8	21.5	18	
Sodium	g/kg DM	0.1	0.1	0.1	0.2	3	
Magnesium	g/kg DM	2.2	0.3	1.6	2.8	18	
Manganese	mg/kg DM	20	8	14	32	4	
Zinc	mg/kg DM	38	9	24	46	5	
Copper	mg/kg DM	9	4	6	14	5	
Iron	mg/kg DM	422	623	96	1356	4	
Amino acids	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
Alanine	% protein	4.2	0.5	3.4	5.1	7	
Arginine	% protein	6.7	1.3	5.0	8.7	9	
Aspartic acid	% protein	10.4	1.4	9.2	12.7	7	
Cystine	% protein	1.1	0.2	0.6	1.4	11	
Glutamic acid	% protein	15.8	1.8	14.1	18.7	7	
Glycine	% protein	3.9	0.5	3.1	4.8	9	
Histidine	% protein	3.1	0.5	2.4	4.1	8	
Isoleucine	% protein	4.0	0.7	2.8	5.2	8	
Leucine	% protein	7.4	1.6	5.8	11.3	9	
Lysine	% protein	6.5	0.6	5.2	7.1	13	
Methionine	% protein	1.4	0.2	0.9	1.6	12	
Phenylalanine	% protein	5.5	0.6	4.4	6.4	9	
Proline	% protein	4.6	0.8	3.8	5.7	6	
Serine	% protein	4.9	0.6	3.8	5.6	7	
Threonine	% protein	3.8	0.6	3.0	5.3	9	
Tryptophan	% protein	1.1		0.9	1.3	2	
Tyrosine	% protein	3.0	0.3	2.6	3.6	8	
Valine	% protein	4.7	0.6	3.4	5.5	9	
Secondary metabolites	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
Tannins (eq. tannic acid)	g/kg DM	5.0	3.9	1.3	11.5	7	
Tannins, condensed (eq. catechin)	g/kg DM	18.8	18.2	0.0	37.7	4	
Ruminant nutritive values	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
OM digestibility, ruminants	%	92.2					*
Energy digestibility, ruminants	%	90.5					*
DE ruminants	MJ/kg DM	16.9					*
ME ruminants	MJ/kg DM	13.6					*

Blackeyed bean or cowpea seeds-Feedipedia - Animal Feed Resources Information System - INRA CIRAD AFZ and FAO © 2012-2016 ...continue							
Pig nutritive values	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
Energy digestibility, growing pig	%	81.4					*
DE growing pig	MJ/kg DM	15.2					*
MEn growing pig	MJ/kg DM	14.5					*
NE growing pig	MJ/kg DM	10.5					*
Nitrogen digestibility, growing pig	%	72.3				1	
Poultry nutritive values	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
AMEn broiler	MJ/kg DM	13.4	1.2	12.0	14.1	3	

Πίνακας 48β. Χημική σύσταση και διατροφική αξία σπόρων μαυρομάτικων φασολιών (Blackeyed bean ή cowpea seeds) Πηγή: Feedipedia - Animal Feed Resources Information System - INRA CIRAD AFZ and FAO

Πράσινα φασόλια (ή ροβίτσες)

Mung beans-National Nutrient Database for Standard Reference-USDA				
Nutrient	Unit	Value Per100 g	Data points	Std. Error
Water	g	9,05	60	0,439
Energy	kcal	347	--	--
Energy	kJ	1452	--	--
Protein	g	23,86	82	0,371
Total lipid (fat)	g	1,15	65	0,144
Ash	g	3,32	58	0,099
Carbohydrate, by difference	g	62,62	--	--
Fiber, total dietary	g	16,3	--	--
Sugars, total	g	6,60	--	--
Minerals	Unit	Value Per100 g	Data points	Std. Error
Calcium, Ca	mg	132	49	13,660
Iron, Fe	mg	6,74	55	0,872
Magnesium, Mg	mg	189	29	11,294
Phosphorus, P	mg	367	48	7,089
Potassium, K	mg	1246	18	42,146
Sodium, Na	mg	15	12	2,113
Zinc, Zn	mg	2,68	26	0,117
Copper, Cu	mg	0,941	21	0,044
Manganese, Mn	mg	1,035	19	0,076
Selenium, Se	µg	8,2	--	--
Vitamins	Unit	Value Per100 g	Data points	Std. Error
Vitamin C, total ascorbic acid	mg	4,8	5	--
Thiamin	mg	0,621	19	0,076
Riboflavin	mg	0,233	25	0,024
Niacin	mg	2,251	18	0,193
Pantothenic acid	mg	1,910	8	0,046
Vitamin B-6	mg	0,382	18	0,012
Folate, total	µg	625	8	42,927
Folic acid	µg	0	--	--
Folate, food	µg	625	8	42,927
Folate, DFE	µg	625	--	--
Choline, total	mg	97,9	--	--
Vitamin B-12	µg	0,00	--	--
Vitamin B-12, added	µg	0,00	--	--
Vitamin A, RAE	µg	6	--	--
Retinol	µg	0	--	--
Carotene, beta	µg	68	--	--
Carotene, alpha	µg	0	--	--
Cryptoxanthin, beta	µg	0	--	--
Vitamin A, IU	IU	114	--	--
Lycopene	µg	0	--	--
Lutein+zeaxanthin	µg	0	--	--
Vitamin E, (alpha-tocopherol)	mg	0,51	--	--
Vitamin E, added	mg	0,00	--	--
Vitamin D (D2 + D3)	µg	0,0	--	--
Vitamin D	IU	0	--	--
Vitamin K (phylloquinone)	µg	9,0	--	--
Lipids	Unit	Value Per100 g	Data points	Std. Error
Fatty acids, total saturated	g	0,348	--	--

Mung beans-National Nutrient Database for Standard Reference-USDA ...continue				
4:0	g	0,000	--	--
6:0	g	0,000	--	--
8:0	g	0,000	--	--
10:0	g	0,000	--	--
12:0	g	0,000	--	--
14:0	g	0,000	--	--
16:0	g	0,250	--	--
18:0	g	0,071	--	--
Fatty acids, total monounsaturated	g	0,161	--	--
16:1 undifferentiated	g	0,000	--	--
18:1 undifferentiated	g	0,161	--	--
20:1	g	0,000	--	--
22:1 undifferentiated	g	0,000	--	--
Fatty acids, total polyunsaturated	g	0,384	--	--
18:2 undifferentiated	g	0,357	--	--
18:3 undifferentiated	g	0,027	--	--
18:4	g	0,000	--	--
20:4 undifferentiated	g	0,000	--	--
20:5 n-3 (EPA)	g	0,000	--	--
22:5 n-3 (DPA)	g	0,000	--	--
22:6 n-3 (DHA)	g	0,000	--	--
Fatty acids, total trans	g	0,000	--	--
Cholesterol	mg	0	--	--
Phytosterols	mg	23	--	--
Amino Acids	Unit	Value Per100 g	Data points	Std. Error
Tryptophan	g	0,260	61	--
Threonine	g	0,782	51	--
Isoleucine	g	1,008	46	--
Leucine	g	1,847	46	--
Lysine	g	1,664	383	--
Methionine	g	0,286	423	--
Cystine	g	0,210	30	--
Phenylalanine	g	1,443	46	--
Tyrosine	g	0,714	26	--
Valine	g	1,237	46	--
Arginine	g	1,672	44	--
Histidine	g	0,695	44	--
Alanine	g	1,050	21	--
Aspartic acid	g	2,756	21	--
Glutamic acid	g	4,264	21	--
Glycine	g	0,954	21	--
Proline	g	1,095	19	--
Serine	g	1,176	21	--
Other	Unit	Value Per100 g	Data points	Std. Error
Alcohol, ethyl	g	0,00	--	--
Caffeine	mg	0	--	--
Theobromine	mg	0	--	--
Flavonoids	Unit	Value Per100 g	Data points	Std. Error
Isoflavones				
Daidzein	mg	0,00	13	3
Genistein	mg	0,09	13	94
Glycitein	mg	0,00	3	0
Total isoflavones	mg	0,09	13	96
Biochanin A	mg	0,00	10	7
Formononetin	mg	0,21	5	350

Mung beans-National Nutrient Database for Standard Reference-USDA ...continue				
Coumestrol	mg	0,00	5	6

Πίνακας 49α. Χημική σύσταση των πράσινων φασολιών (Mung beans) Πηγή: National Nutrient Database for Standard Reference-USDA (Full Report 16080-all Nutrients)

Mung bean seeds-Feedipedia - Animal Feed Resources Information System - INRA CIRAD AFZ and FAO ©
2012-2016



Main analysis	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
Dry matter	% as fed	90.0	1.4	88.1	93.1	14	
Crude protein	% DM	25.8	2.8	19.5	29.4	16	
Crude fibre	% DM	6.3	2.6	4.3	12.4	8	
NDF	% DM	15.6				1	
ADF	% DM	8.5		6.6	10.3	2	
Ether extract	% DM	1.9	1.2	0.2	3.7	14	
Ash	% DM	4.6	3.0	0.9	14.0	17	
Starch (polarimetry)	% DM	47.0	2.1	45.4	49.4	3	
Gross energy	MJ/kg DM	18.7	0.6	17.2	19.1	8	*
Minerals	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
Calcium	g/kg DM	1.6	1.4	0.8	4.7	7	
Phosphorus	g/kg DM	4.5	0.8	3.6	6.2	9	
Potassium	g/kg DM	9.6				1	
Magnesium	g/kg DM	2.2		1.7	2.6	2	
Zinc	mg/kg DM	35		29	41	2	
Copper	mg/kg DM	8		0	16	2	
Iron	mg/kg DM	537		64	1010	2	
Amino acids	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
Alanine	% protein	3.6	0.2	3.1	3.7	5	
Arginine	% protein	5.9	1.2	3.4	7.3	7	
Aspartic acid	% protein	9.3	0.9	8.1	10.9	6	
Cystine	% protein	0.8	0.2	0.7	1.2	8	
Glutamic acid	% protein	13.3	1.6	10.8	15.6	6	
Glycine	% protein	2.9	0.5	1.8	3.2	6	
Histidine	% protein	2.5	0.2	2.4	2.9	6	
Isoleucine	% protein	3.7	0.3	3.5	4.4	6	
Leucine	% protein	6.8	0.8	5.9	8.2	6	
Lysine	% protein	6.9	1.0	5.8	8.2	9	
Methionine	% protein	1.3	0.3	0.7	1.9	10	
Phenylalanine	% protein	5.3	1.2	3.1	6.7	7	
Proline	% protein	5.2	0.4	4.6	5.5	5	
Serine	% protein	4.1	0.7	2.9	4.5	5	
Threonine	% protein	2.7	0.5	2.0	3.6	7	
Tryptophan	% protein	1.3	0.3	0.9	1.8	6	
Tyrosine	% protein	2.4	0.3	1.8	2.8	6	
Valine	% protein	4.4	0.6	3.6	5.6	7	
Secondary metabolites	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
Tannins (eq. tannic acid)	g/kg DM	2.3				1	
Tannins, condensed (eq. catechin)	g/kg DM	2.3	1.3	0.0	3.4	5	
Ruminant nutritive values	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
OM digestibility, ruminants	%	92.0					*
Energy digestibility, ruminants	%	90.2					*
DE ruminants	MJ/kg DM	16.9					*
ME ruminants	MJ/kg DM	13.6					*
a (N)	%	62.3				1	
b (N)	%	17.9				1	
c (N)	h-1	0.030				1	

Mung bean seeds-Feedipedia - Animal Feed Resources Information System - INRA CIRAD AFZ and FAO © 2012-2016 ...continue							
Nitrogen degradability (effective, k=4%)	%	70					*
Nitrogen degradability (effective, k=6%)	%	68					*
Poultry nutritive values	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
AME poultry	MJ/kg DM	13.4	0.5	12.7	13.9	4	
TME poultry	MJ/kg DM	14.7		14.2	15.3	2	

Πίνακας 49β. Χημική σύσταση και διατροφική αξία σπόρων πράσινων φασολιών (Mung beans)
Πηγή: Feedipedia - Animal Feed Resources Information System - INRA CIRAD AFZ and FAO

Μπιζέλια κομμένα (πράσινη φάβα)

Peas, green, split, mature seeds, raw-National Nutrient Database for Standard Reference-USDA				
Nutrient	Unit	Value Per100 g	Data points	Std. Error
Water	g	8,62	87	0,073
Energy	kcal	352	--	--
Energy	kJ	1472	--	--
Protein	g	23,82	87	0,297
Total lipid (fat)	g	1,16	63	0,062
Ash	g	2,66	74	0,022
Carbohydrate, by difference	g	63,74	--	--
Fiber, total dietary	g	25,5	--	--
Sugars, total	g	8,00	--	--
Minerals	Unit	Value Per100 g	Data points	Std. Error
Calcium, Ca	mg	37	67	1,825
Iron, Fe	mg	4,82	67	0,675
Magnesium, Mg	mg	49	67	1,203
Phosphorus, P	mg	321	54	3,959
Potassium, K	mg	823	67	10,891
Sodium, Na	mg	15	53	2,534
Zinc, Zn	mg	3,55	67	0,090
Copper, Cu	mg	0,815	54	0,034
Manganese, Mn	mg	1,220	54	0,034
Selenium, Se	µg	4,1	67	1,002
Vitamins	Unit	Value Per100 g	Data points	Std. Error
Vitamin C, total ascorbic acid	mg	1.8	2	--
Thiamin	mg	0,726	40	--
Riboflavin	mg	0,215	41	--
Niacin	mg	2.889	39	--
Pantothenic acid	mg	1,758	24	0,057
Vitamin B-6	mg	0,174	24	0,006
Folate, total	µg	274	27	24,358
Folic acid	µg	0	--	--
Folate, food	µg	274	27	540
Folate, DFE	µg	274	--	--
Choline, total	mg	95,5	--	--
Vitamin B-12	µg	0,00	--	--
Vitamin B-12, added	µg	0,00	--	--
Vitamin A, RAE	µg	7	--	--
Retinol	µg	0	--	--
Carotene, beta	µg	89	--	--
Carotene, alpha	µg	0	--	--
Cryptoxanthin, beta	µg	0	--	--
Vitamin A, IU	IU	149	--	--
Lycopene	µg	0	--	--
Lutein+zeaxanthin	µg	0	--	--
Vitamin E, (alpha-tocopherol)	mg	0,09	--	--
Vitamin E, added	mg	0,00	--	--
Tocopherol, beta	mg	0,00	--	--
Tocopherol, gamma	mg	2,09	--	--
Tocopherol, delta	mg	0,09	--	--
Vitamin D (D2 + D3)	µg	0,0	--	--
Vitamin D	IU	0	--	--

Peas, green, split, mature seeds, raw-National Nutrient Database for Standard Reference-USDA ... continue				
Vitamin K (phylloquinone)	µg	14,5	--	--
Lipids	Unit	Value Per100 g	Data points	Std. Error
Fatty acids, total saturated	g	0,161	--	--
4:0	g	0,000	--	--
6:0	g	0,000	--	--
8:0	g	0,000	--	--
10:0	g	0,000	--	--
12:0	g	0,003	--	--
14:0	g	0,002	--	--
16:0	g	0,125	--	--
18:0	g	0,031	--	--
Fatty acids, total monounsaturated	g	0,242	--	--
16:1 undifferentiated	g	0,000	--	--
18:1 undifferentiated	g	0,232	--	--
20:1	g	0,010	--	--
22:1 undifferentiated	g	0,000	--	--
Fatty acids, total polyunsaturated	g	0,495	--	--
18:2 undifferentiated	g	0,411	--	--
18:3 undifferentiated	g	0,084	--	--
18:4	g	0,000	--	--
20:4 undifferentiated	g	0,000	--	--
20:5 n-3 (EPA)	g	0,000	--	--
22:5 n-3 (DPA)	g	0,000	--	--
22:6 n-3 (DHA)	g	0,000	--	--
Fatty acids, total trans	g	0,000	--	--
Cholesterol	mg	0	--	--
Phytosterol		135	--	--
Amino Acids	Unit	Value Per100 g	Data points	Std. Error
Tryptophan	g	0,275	32	--
Threonine	g	0,872	52	--
Isoleucine	g	1,014	46	--
Leucine	g	1,760	50	--
Lysine	g	1,772	52	--
Methionine	g	0,251	97	--
Cystine	g	0,373	90	--
Phenylalanine	g	1,132	50	--
Tyrosine	g	0,711	41	--
Valine	g	1,159	46	--
Arginine	g	2,188	46	--
Histidine	g	0,597	46	--
Alanine	g	1,080	43	--
Aspartic acid	g	2,896	43	--
Glutamic acid	g	4,196	43	--
Glycine	g	1,092	43	--
Proline	g	1,014	47	--
Serine	g	1080	43	--
Other	Unit	Value Per100 g	Data points	Std. Error
Alcohol, ethyl	g	0,0	--	--
Caffeine	mg	0	--	--
Theobromine	mg	0	--	--
Flavonoids	Unit	Value Per100 g	Data points	Std. Error
Isoflavones				
Daidzein	mg	0,32	23	1,500

Peas, green, split, mature seeds, raw-National Nutrient Database for Standard Reference-USDA ... continue				
Genistein	mg	0,11	23	160
Glycitein	mg	0,00	10	0
Total isoflavones	mg	0,44	22	1,516
Biochanin A	mg	0,09	14	271
Formononetin	mg	0,00	14	6
Coumestrol	mg	0,81	14	2,564
Proanthocyanidin	mg			
Proanthocyanidin dimers	mg	0,0	1	--
Proanthocyanidin trimers	mg	0,0	1	--
Proanthocyanidin 4-6mers	mg	0,0	1	--
Proanthocyanidin 7-10mers	mg	0,0	1	--
Proanthocyanidin Polymers (>10mers)	mg	0,0	1	--

Πίνακας 50α. Χημική σύσταση της πράσινης φάβας ή κομμένο μπιζέλι (green split peas) Πηγή: National Nutrient Database for Standard Reference-USDA (Full Report 16085-all Nutrients)

Pea seeds-Feedipedia - Animal Feed Resources Information System - INRA CIRAD AFZ and FAO ©
2012-2016



Main analysis	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
Dry matter	% as fed	86.5	1.2	82.0	90.7	22761	
Crude protein	% DM	23.9	1.4	19.0	28.5	14479	
Crude fibre	% DM	6.0	0.7	3.7	8.5	8139	
NDF	% DM	14.2	3.1	9.1	22.0	798	*
ADF	% DM	7.0	0.7	5.6	8.8	781	*
Lignin	% DM	0.4	0.2	0.1	1.1	419	
Ether extract	% DM	1.2	0.3	0.7	2.2	2978	
Ash	% DM	3.5	0.4	2.7	4.9	4192	
Starch (polarimetry)	% DM	51.3	2.0	43.4	57.5	9681	
Total sugars	% DM	4.9	0.6	3.6	6.2	622	
Gross energy	MJ/kg DM	18.3	0.1	18.2	18.8	153	*
Minerals	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
Calcium	g/kg DM	1.2	0.5	0.3	2.9	1513	
Phosphorus	g/kg DM	4.5	0.5	3.2	6.0	1649	
Potassium	g/kg DM	11.3	0.5	10.6	11.9	17	
Sodium	g/kg DM	0.0	0.0	0.0	0.1	323	
Magnesium	g/kg DM	1.7	0.6	1.0	3.4	14	
Manganese	mg/kg DM	10	3	6	16	10	
Zinc	mg/kg DM	37	8	27	48	10	
Copper	mg/kg DM	8	1	7	10	9	
Iron	mg/kg DM	107	33	63	160	7	
Amino acids	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
Alanine	% protein	4.5	0.2	4.0	5.1	244	
Arginine	% protein	8.4	0.5	7.3	9.7	248	
Aspartic acid	% protein	11.6	0.3	10.8	12.3	247	
Cystine	% protein	1.4	0.1	1.2	1.7	261	
Glutamic acid	% protein	17.0	0.8	15.4	18.7	248	
Glycine	% protein	4.4	0.2	4.0	4.7	247	
Histidine	% protein	2.5	0.1	2.3	2.7	234	
Isoleucine	% protein	4.2	0.2	3.7	4.6	252	
Leucine	% protein	7.1	0.2	6.5	7.5	253	
Lysine	% protein	7.2	0.3	6.7	7.8	458	
Methionine	% protein	1.0	0.1	0.8	1.2	270	
Phenylalanine	% protein	4.7	0.2	4.4	5.0	254	
Proline	% protein	4.2	0.2	3.7	4.5	143	
Serine	% protein	4.7	0.2	4.3	5.1	247	
Threonine	% protein	3.8	0.2	3.5	4.2	257	
Tryptophan	% protein	0.9	0.0	0.8	1.0	191	
Tyrosine	% protein	3.1	0.2	2.6	3.6	197	
Valine	% protein	4.8	0.3	4.2	5.2	251	
Secondary metabolites	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
Tannins (eq. tannic acid)	g/kg DM	0.7	0.8	0.0	3.5	201	
Tannins, condensed (eq. catechin)	g/kg DM	0.1	0.0	0.1	0.1	14	
Ruminant nutritive values	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
OM digestibility, Ruminant	%	92.1	2.2	91.1	96.4	5	*
Energy digestibility, ruminants	%	90.3	1.7	89.7	93.6	5	*
DE ruminants	MJ/kg DM	16.5					*

Pea seeds-Feedipedia - Animal Feed Resources Information System - INRA CIRAD AFZ and FAO © 2012-2016 ...continue							
ME ruminants	MJ/kg DM	13.4	0.7	12.7	14.4	4	*
Nitrogen digestibility, ruminants	%	78.0					*
a (N)	%	37.0				1	
b (N)	%	39.0				1	
c (N)	h-1	0.090				1	
Nitrogen degradability (effective, k=4%)	%	64					*
Nitrogen degradability (effective, k=6%)	%	60	10	60	98	13	*
Pig nutritive values	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
Energy digestibility, growing pig	%	88.3	2.1	84.7	92.5	57	
DE growing pig	MJ/kg DM	16.1	0.4	15.7	17.1	56	*
MEn growing pig	MJ/kg DM	15.4		15.4	16.6	2	*
NE growing pig	MJ/kg DM	11.2					*
Nitrogen digestibility, growing pig	%	84.9	2.5	80.1	88.8	54	
Poultry nutritive values	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
AMEn cockerel	MJ/kg DM	12.5	1.1	10.3	13.9	13	

Πίνακας 50β. Χημική σύσταση και διατροφική αξία σπόρων μπιζελιών (Green peas) Πηγή: Feedipedia - Animal Feed Resources Information System - INRA CIRAD AFZ and FAO

Κουκιά (Fava beans)

Broadbeans (fava beans), mature seeds, raw -National Nutrient Database for Standard Reference-USDA				
Nutrient	Unit	Value Per100 g	Data points	Std. Error
Water	g	10,98	100	--
Energy	kcal	341	--	--
Energy	kJ	1425	--	--
Protein	g	26,12	104	--
Total lipid (fat)	g	1,53	101	0,113
Ash	g	3,08	102	--
Carbohydrate, by difference	g	58,29	--	--
Fiber, total dietary	g	25,0	--	--
Sugars, total	g	5,70	--	--
Minerals	Unit	Value Per100 g	Data points	Std. Error
Calcium, Ca	mg	103	31	--
Iron, Fe	mg	6,70	30	--
Magnesium, Mg	mg	192	10	--
Phosphorus, P	mg	421	29	--
Potassium, K	mg	1062	8	61,434
Sodium, Na	mg	13	5	--
Zinc, Zn	mg	3,14	10	--
Copper, Cu	mg	0,824	10	--
Manganese, Mn	mg	1,626	8	0,148
Selenium, Se	µg	8,2	--	--
Vitamins	Unit	Value Per100 g	Data points	Std. Error
Vitamin C, total ascorbic acid	mg	1,4	1	--
Thiamin	mg	0,555	11	--
Riboflavin	mg	0,333	12	--
Niacin	mg	2,832	11	--
Pantothenic acid	mg	0,976	8	0,070
Vitamin B-6	mg	0,366	8	0,010
Folate, total	µg	423	8	33,794
Folic acid	µg	0	--	--
Folate, food	µg	423	8	33,794
Folate, DFE	µg	423	--	--
Choline, total	mg	95,8	--	--
Vitamin B-12	µg	0,00	--	--
Vitamin B-12, added	µg	0,00	--	--
Vitamin A, RAE	µg	3	--	--
Retinol	µg	0	--	--
Carotene, beta	µg	32	--	--
Carotene, alpha	µg	0	--	--
Cryptoxanthin, beta	µg	0	--	--
Vitamin A, IU	IU	53	--	--
Lycopene	µg	0	--	--
Lutein+zeaxanthin	µg	0	--	--
Vitamin E, (alpha-tocopherol)	mg	0,05	--	--
Vitamin E, added	mg	0,00	--	--
Vitamin D (D2 + D3)	µg	0,0	--	--
Vitamin D	IU	0	--	--
Vitamin K (phylloquinone)	µg	9,0	--	--

Broadbeans (fava beans), mature seeds, raw -National Nutrient Database for Standard Reference-USDA				
Lipids	Unit	Value Per100 g	Data points	Std. Error
Fatty acids, total saturated	g	0,254	--	--
4:0	g	0,000	--	--
6:0	g	0,000	--	--
8:0	g	0,000	--	--
10:0	g	0,000	--	--
12:0	g	0,004	--	--
14:0	g	0,002	--	--
16:0	g	0,204	--	--
18:0	g	0,031	--	--
Fatty acids, total monounsaturated	g	0,303	--	--
16:1 undifferentiated	g	0,002	--	--
18:1 undifferentiated	g	0,297	--	--
20:1	g	0,000	--	--
22:1 undifferentiated	g	0,000	--	--
Fatty acids, total polyunsaturated	g	0,627	--	--
18:2 undifferentiated	g	0,581	--	--
18:3 undifferentiated	g	0,046	--	--
18:4	g	0,000	--	--
20:4 undifferentiated	g	0,000	--	--
20:5 n-3 (EPA)	g	0,000	--	--
22:5 n-3 (DPA)	g	0,000	--	--
22:6 n-3 (DHA)	g	0,000	--	--
Fatty acids, total trans	g	0,000	--	--
Cholesterol	mg	0	--	--
Phytosterol		124	--	--
Amino Acids	Unit	Value Per100 g	Data points	Std. Error
Tryptophan	g	0,247	32	--
Threonine	g	0,928	63	--
Isoleucine	g	1,053	63	--
Leucine	g	1,964	63	--
Lysine	g	1,671	66	--
Methionine	g	0,213	176	--
Cystine	g	0,334	146	--
Phenylalanine	g	1,103	63	--
Tyrosine	g	0,827	60	--
Valine	g	1,161	63	--
Arginine	g	2,411	64	--
Histidine	g	0,664	62	--
Alanine	g	1,070	54	--
Aspartic acid	g	2,916	54	--
Glutamic acid	g	4,437	54	--
Glycine	g	1,095	61	--
Proline	g	1,099	48	--
Serine	g	1,195	54	--
Other	Unit	Value Per100 g	Data points	Std. Error
Alcohol, ethyl	g	0,0	--	--
Caffeine	mg	0	--	--
Theobromine	mg	0	--	--
Flavonoids	Unit	Value Per100 g	Data points	Std. Error
Isoflavones				
Daidzein	mg	0,33	10	1,003
Genistein	mg	0,15	13	522

Broadbeans (fava beans), mature seeds, raw -National Nutrient Database for Standard Reference-USA				
Glycitein	mg	0,28	4	502
Total isoflavones	mg	0,63	10	1,933
Biochanin A	mg	0,12	6	228
Formononetin	mg	0,01	6	19
Coumestrol	mg	0,00	6	0
Proanthocyanidin	mg			
Proanthocyanidin dimers	mg	0,0	1	0
Proanthocyanidin trimers	mg	0,0	1	0
Proanthocyanidin 4-6mers	mg	0,0	1	0
Proanthocyanidin 7-10mers	mg	0,0	1	0
Proanthocyanidin Polymers (>10mers)	mg	0,0	1	0

Πίνακας 51α. Χημική σύσταση των σπόρων των κουκιών (Faba beans) Πηγή: National Nutrient Database for Standard Reference-USA (Full Report 16052-all Nutrients)

Faba beans or Broad beans-Feedipedia - Animal Feed Resources Information System - INRA CIRAD AFZ and FAO © 2012-2016



Main analysis	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
Dry matter	% as fed	86.6	1.4	83.4	89.8	797	
Crude protein	% DM	29.0	1.8	25.2	33.5	678	
Crude fibre	% DM	9.1	1.0	7.1	11.2	358	
NDF	% DM	15.9	2.5	12.4	22.1	172	
ADF	% DM	10.7	1.0	8.5	12.8	168	
Lignin	% DM	1.0	0.7	0.2	2.6	143	
Ether extract	% DM	1.4	0.3	0.9	2.1	187	
Ash	% DM	3.9	0.3	3.3	4.6	292	
Starch (polarimetry)	% DM	44.7	2.0	39.8	48.5	380	
Total sugars	% DM	3.6	0.8	2.5	5.7	28	
Gross energy	MJ/kg DM	18.7	0.2	18.2	18.9	98	*
Minerals	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
Calcium	g/kg DM	1.5	0.5	0.8	2.7	52	
Phosphorus	g/kg DM	5.5	0.6	4.4	6.8	63	
Potassium	g/kg DM	11.5	1.5	9.5	14.5	16	
Sodium	g/kg DM	0.1	0.1	0.0	0.5	18	
Magnesium	g/kg DM	1.8	0.3	1.1	2.3	17	
Manganese	mg/kg DM	10	4	6	20	15	
Zinc	mg/kg DM	34	8	20	47	15	
Copper	mg/kg DM	13	3	4	18	15	
Iron	mg/kg DM	75	14	55	90	6	
Amino acids	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
Alanine	% protein	4.0	0.3	3.4	4.5	39	
Arginine	% protein	9.0	0.8	7.7	10.5	41	
Aspartic acid	% protein	10.2	0.6	9.1	11.6	40	
Cystine	% protein	1.2	0.1	1.0	1.5	48	
Glutamic acid	% protein	15.7	1.4	13.0	18.2	40	
Glycine	% protein	4.1	0.3	3.5	4.6	40	
Histidine	% protein	2.6	0.2	2.2	3.0	31	
Isoleucine	% protein	4.1	0.3	3.4	4.5	42	
Leucine	% protein	7.1	0.4	6.3	7.8	42	
Lysine	% protein	6.2	0.3	5.4	6.8	54	
Methionine	% protein	0.8	0.1	0.6	1.0	50	
Phenylalanine	% protein	4.0	0.2	3.5	4.5	38	
Proline	% protein	3.9	0.5	2.9	4.7	20	
Serine	% protein	4.6	0.4	3.6	5.4	40	
Threonine	% protein	3.5	0.3	2.8	4.0	50	
Tryptophan	% protein	0.8	0.1	0.7	1.0	24	
Tyrosine	% protein	2.8	0.3	2.2	3.3	30	
Valine	% protein	4.6	0.4	3.7	5.1	42	
Secondary metabolites	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
Tannins (eq. tannic acid)	g/kg DM	6.5	2.3	0.9	12.4	141	
Tannins, condensed (eq. catechin)	g/kg DM	4.8	3.6	0.1	11.3	20	
Ruminant nutritive values	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
OM digestibility, ruminants	%	91.1	2.6	87.2	96.3	14	*
Energy digestibility, ruminants	%	89.8	3.0	83.0	92.9	14	*
DE ruminants	MJ/kg DM	16.8		15.0	16.8	2	*

Faba beans or Broad beans-Feedipedia - Animal Feed Resources Information System - INRA CIRAD AFZ and FAO © 2012-2016 ...continue							
ME ruminants	MJ/kg DM	13.3	0.6	12.5	14.5	12	*
Nitrogen digestibility, ruminants	%	78.9					*
a (N)	%	53.8	21.5	30.0	79.0	5	
b (N)	%	38.4	25.8	14.1	70.0	5	
c (N)	h-1	0.092	0.015	0.070	0.110	5	
Nitrogen degradability (effective, k=4%)	%	80	11	64	92	5	*
Nitrogen degradability (effective, k=6%)	%	77	7	72	93	17	*
Pig nutritive values	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
Energy digestibility, growing pig	%	82.9	3.6	77.5	89.8	34	*
DE growing pig	MJ/kg DM	15.5	0.6	14.5	16.7	35	*
ME _n growing pig	MJ/kg DM	14.7		13.3	14.7	2	*
NE growing pig	MJ/kg DM	10.4					*
Nitrogen digestibility, growing pig	%	82.0	2.5	75.8	86.7	35	
Poultry nutritive values	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
AME poultry	MJ/kg DM	12.2	0.6	10.8	13.5	62	

Πίνακας 51β. Χημική σύσταση και διατροφική αξία σπόρων κουκιών (Faba beans or Broad beans) Πηγή: Feedipedia - Animal Feed Resources Information System - INRA CIRAD AFZ and FAO

Φακές

Lentils, raw-National Nutrient Database for Standard Reference-USDA				
Nutrient	Unit	Value Per100 g	Data points	Std. Error
Water	g	8,26	55	0,075
Energy	kcal	352	--	--
Energy	kJ	1473	--	--
Protein	g	24,63	56	0,270
Total lipid (fat)	g	1,06	9	0,033
Ash	g	2,71	46	0,032
Carbohydrate, by difference	g	6,35	--	--
Fiber, total dietary	g	10,7	--	--
Sugars, total	g	2,03	--	--
Sucrose	g	1,47	3	0,033
Glucose (dextrose)	g	0,00	--	--
Fructose	g	0,27	3	0,120
Lactose	g	0,00	--	--
Maltose	g	0,30	3	0,100
Galactose	g	0,00	--	--
Starch	g	49,90	56	0,471
Minerals	Unit	Value Per100 g	Data points	Std. Error
Calcium, Ca	mg	35	38	1,250
Iron, Fe	mg	6,51	38	0,559
Magnesium, Mg	mg	47	38	1,591
Phosphorus, P	mg	281	28	8,062
Potassium, K	mg	677	38	10,794
Sodium, Na	mg	6	4	1,420
Zinc, Zn	mg	3,27	38	0,124
Copper, Cu	mg	0,754	28	0,023
Manganese, Mn	mg	1,393	28	0,082
Selenium, Se	µg	0,1	38	0,006
Vitamins	Unit	Value Per100 g	Data points	Std. Error
Vitamin C, total ascorbic acid	mg	4,5	--	--
Thiamin	mg	0,873	8	--
Riboflavin	mg	0,211	8	0,004
Niacin	mg	2,605	8	0,049
Pantothenic acid	mg	2,140	8	0,043
Vitamin B-6	mg	0,540	8	0,017
Folate, total	µg	479	8	24,872
Folic acid	µg	0	--	--
Folate, food	µg	479		
Folate, DFE	µg	479	--	--
Choline, total	mg	96,4	--	--
Vitamin B-12	µg	0,00	--	--
Vitamin B-12, added	µg	0,00	--	--
Vitamin A, RAE	µg	2	--	--
Retinol	µg	0	--	--
Carotene, beta	µg	23	--	--
Carotene, alpha	µg	0	--	--
Cryptoxanthin, beta	µg	0	--	--
Vitamin A, IU	IU	39	--	--
Lycopene	µg	0	--	--
Lutein+zeaxanthin	µg	0	--	--
Vitamin E, (alpha-tocopherol)	mg	0,49	1	--

Lentils, raw -National Nutrient Database for Standard Reference-USDA ... continue				
Vitamin E, added	mg	0,00	--	--
Tocopherol, beta	mg	0,00	1	--
Tocopherol, gamma	mg	4,23	1	--
Tocopherol, delta	mg	0,00	1	--
Vitamin D (D2 + D3)	µg	0,0	--	--
Vitamin D	IU	0	--	--
Vitamin K (phylloquinone)	µg	5,0	--	--
Lipids	Unit	Value Per100 g	Data points	Std. Error
Fatty acids, total saturated	g	0,154	--	--
4:0	g	0,000	--	--
6:0	g	0,000	--	--
8:0	g	0,000	--	--
10:0	g	0,000	--	--
12:0	g	0,000	--	--
14:0	g	0,003	--	--
16:0	g	0,136	--	--
18:0	g	0,015	--	--
Fatty acids, total monounsaturated	g	0,193	--	--
16:1 undifferentiated	g	0,003	--	--
18:1 undifferentiated	g	0,184	--	--
20:1	g	0,006	--	--
22:1 undifferentiated	g	0,000	--	--
Fatty acids, total polyunsaturated	g	0,526	--	--
18:2 undifferentiated	g	0,414	--	--
18:3 undifferentiated	g	0,112	--	--
18:4	g	0,000	--	--
20:4 undifferentiated	g	0,000	--	--
20:5 n-3 (EPA)	g	0,000	--	--
22:5 n-3 (DPA)	g	0,000	--	--
22:6 n-3 (DHA)	g	0,000	--	--
Fatty acids, total trans	g	0,000	--	--
Cholesterol	mg	0	--	--
Amino Acids	Unit	Value Per100 g	Data points	Std. Error
Tryptophan	g	0,221	--	--
Threonine	g	0,882	--	--
Isoleucine	g	1,065	--	--
Leucine	g	1,786	--	--
Lysine	g	1,720	--	--
Methionine	g	0,210	--	--
Cystine	g	0,322	--	--
Phenylalanine	g	1,215	--	--
Tyrosine	g	0,658	--	--
Valine	g	1,223	--	--
Arginine	g	1,903	--	--
Histidine	g	0,693	--	--
Alanine	g	1,029	--	--
Aspartic acid	g	2,725	--	--
Glutamic acid	g	3,819	--	--
Glycine	g	1,002	--	--
Proline	g	1,029	--	--
Serine	g	1,136	--	--
Other	Unit	Value Per100 g	Data points	Std. Error
Alcohol, ethyl	g	0,0	--	--

Lentils, raw -National Nutrient Database for Standard Reference-USA ... continue				
Caffeine	mg	0	--	--
Theobromine	mg	0	--	--
Flavonoids	Unit	Value Per100 g	Data points	Std. Error
Flavan-3-ols				
(+)-Catechin	mg	0,3	3	0
(-)-Epigallocatechin	mg	0,0	3	0
(-)-Epicatechin 3-gallate	mg	0,0	3	0
3(0-)-Epicatechin 3-gallate	mg	0,0	3	0
(-)-Epigallocatechin 3-gallate	mg	0,0	3	0
(+)-Galocatechin	mg	0,1	3	0
Isoflavones				
Daidzein	mg	0,01	9	21
Genistein	mg	0,05	9	122
Glycitein	mg	0,00	3	0
Total isoflavones	mg	0,06	8	143
Biochanin A	mg	0,00	4	5
Formononetin	mg	0,00	4	5
Coumestrol	mg	0,00	4	3
Proanthocyanidin	mg			
Proanthocyanidin dimers	mg	1,2	4	290
Proanthocyanidin trimers	mg	0,1	4	200
Proanthocyanidin 4-6mers	mg	0,0	1	--

Πίνακας 52α. Χημική σύσταση των σπόρων της φακής (Lentils) Πηγή: National Nutrient Database for Standard Reference-USA (Full Report 16069-all Nutrients)

Lentils-Feedipedia - Animal Feed Resources Information System - INRA CIRAD AFZ and FAO © 2012-2016



Main analysis	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
Dry matter	% as fed	88.3	1.2	87.1	91.0	18	
Crude protein	% DM	26.9	1.8	24.6	30.0	23	
Crude fibre	% DM	4.9	1.1	2.9	7.7	18	
NDF	% DM	13.0	6.8	8.1	27.4	11	*
ADF	% DM	6.3	1.1	3.3	6.3	10	*
Lignin	% DM	1.6		1.2	2.0	2	
Ether extract	% DM	1.6	1.0	0.5	5.0	19	
Ash	% DM	3.8	1.2	2.7	6.8	19	
Starch (polarimetry)	% DM	45.7	5.3	29.7	53.6	18	
Gross energy	MJ/kg DM	18.5	1.2	16.6	18.9	3	*
Minerals	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
Calcium	g/kg DM	1.1	0.5	0.6	2.3	9	
Phosphorus	g/kg DM	4.5	1.1	3.1	6.6	11	
Potassium	g/kg DM	10.3	0.9	9.0	11.3	6	
Sodium	g/kg DM	0.4				1	
Magnesium	g/kg DM	1.3	0.2	1.0	1.5	6	
Manganese	mg/kg DM	18	4	14	24	5	
Zinc	mg/kg DM	38	7	29	44	5	
Copper	mg/kg DM	14	10	8	32	5	
Iron	mg/kg DM	88	22	73	126	5	
Amino acids	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
Alanine	% protein	3.9	0.7	2.4	4.3	7	
Arginine	% protein	7.3	1.4	3.9	8.8	9	
Aspartic acid	% protein	10.9	0.7	9.9	11.5	7	
Cystine	% protein	1.2	0.2	1.0	1.5	4	
Glutamic acid	% protein	15.3	0.6	14.7	16.3	7	
Glycine	% protein	4.0	0.2	3.8	4.4	8	
Histidine	% protein	2.6	0.7	1.3	3.8	9	
Isoleucine	% protein	4.5	0.8	3.4	6.3	8	
Leucine	% protein	7.6	1.3	6.8	10.9	9	
Lysine	% protein	6.5	0.9	4.3	8.0	11	
Methionine	% protein	0.9	0.2	0.7	1.1	5	
Phenylalanine	% protein	5.0	0.8	4.3	6.3	5	
Proline	% protein	3.6	0.5	2.6	4.0	7	
Serine	% protein	4.2	0.7	2.9	5.1	7	
Threonine	% protein	3.5	0.6	2.5	4.5	9	
Tryptophan	% protein	0.8	0.2	0.5	1.2	7	
Tyrosine	% protein	2.8	0.3	2.5	3.2	4	
Valine	% protein	4.6	0.6	4.0	5.4	5	
Secondary metabolites	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
Tannins (eq. tannic acid)	g/kg DM	6.6	2.9	1.8	11.4	7	
Tannins, condensed (eq. catechin)	g/kg DM	1.1				1	
Ruminant nutritive values	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
OM digestibility, Ruminant	%	92.4					*
Energy digestibility, ruminants	%	90.9					*
DE ruminants	MJ/kg DM	16.8					*
ME ruminants	MJ/kg DM	13.5					*

Lentils-Feedipedia - Animal Feed Resources Information System - INRA CIRAD AFZ and FAO © 2012-2016 ...continue							
Nitrogen digestibility, ruminants	%	78.5					*
a (N)	%	55.9				1	
b (N)	%	44.2				1	
c (N)	h-1	0.112				1	
Nitrogen degradability (effective, k=4%)	%	88					*
Nitrogen degradability (effective, k=6%)	%	85					*
Pig nutritive values	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
Energy digestibility, growing pig	%	78.0				1	
DE growing pig	MJ/kg DM	14.4					*
NE growing pig	MJ/kg DM	9.8					*
Nitrogen digestibility, growing pig	%	72.0				1	

Πίνακας 52β. Χημική σύσταση και διατροφική αξία σπόρων φακής (Lentils) Πηγή: Feedipedia - Animal Feed Resources Information System - INRA CIRAD AFZ and FAO

Περίθωρα

Chickpeas (garbanzo beans, bengal gram), mature seeds, raw-National Nutrient Database for Standard Reference-USDA				
Nutrient	Unit	Value Per100 g	Data points	Std. Error
Water	g	7,68	54	0,089
Energy	kcal	378	--	--
Energy	kJ	1581	--	--
Protein	g	20,47	54	0,411
Total lipid (fat)	g	6,04	60	0,130
Ash	g	2,85	38	0,037
Carbohydrate, by difference	g	62,95	--	--
Fiber, total dietary	g	12,2	--	--
Sugars, total	g	10,70	--	--
Minerals	Unit	Value Per100 g	Data points	Std. Error
Calcium, Ca	mg	57	35	2,242
Iron, Fe	mg	4,31	35	0,106
Magnesium, Mg	mg	79	35	1,498
Phosphorus, P	mg	252	19	13,713
Potassium, K	mg	718	34	18,818
Sodium, Na	mg	24	35	3,228
Zinc, Zn	mg	2,76	35	0,089
Copper, Cu	mg	0,656	19	0,033
Manganese, Mn	mg	21,306	19	17,106
Selenium, Se	µg	0,0	35	0,007
Vitamins	Unit	Value Per100 g	Data points	Std. Error
Vitamin C, total ascorbic acid	mg	4,0	3	1,000
Thiamin	mg	0,477	42	0,033
Riboflavin	mg	0,212	48	0,011
Niacin	mg	1,541	43	0,068
Pantothenic acid	mg	1,588	20	0,063
Vitamin B-6	mg	0,535	26	0,013
Folate, total	µg	577	16	27,048
Folic acid	µg	0	--	--
Folate, food	µg	557	16	27,048
Folate, DFE	µg	557	--	--
Choline, total	mg	99,3	--	--
Vitamin B-12	µg	0,00	--	--
Vitamin B-12, added	µg	0,00	--	--
Vitamin A, RAE	µg	3	--	--
Retinol	µg	0	--	--
Carotene, beta	µg	40	--	--
Carotene, alpha	µg	0	--	--
Cryptoxanthin, beta	µg	0	--	--
Vitamin A, IU	IU	67	--	--
Lycopene	µg	0	--	--
Lutein+zeaxanthin	µg	0	--	--
Vitamin E, (alpha-tocopherol)	mg	0,82	--	--
Vitamin E, added	mg	0,00	--	--
Vitamin D (D2 + D3)	µg	0,0	--	--
Vitamin D	IU	0	--	--
Vitamin K (phylloquinone)	µg	9,0	--	--

Chickpeas (garbanzo beans, bengal gram), mature seeds, raw-National Nutrient Database for Standard Reference-USDA ...continue				
Lipids	Unit	Value Per100 g	Data points	Std. Error
Fatty acids, total saturated	g	0,603	--	--
4:0	g	0,000	--	--
6:0	g	0,000	--	--
8:0	g	0,000	--	--
10:0	g	0,000	--	--
12:0	g	0,000	--	--
14:0	g	0,000	--	--
16:0	g	0,508	--	--
18:0	g	0,086	--	--
Fatty acids, total monounsaturated	g	1,377	--	--
16:1 undifferentiated	g	0,012	--	--
18:1 undifferentiated	g	1,365	--	--
20:1	g	0,000	--	--
22:1 undifferentiated	g	0,000	--	--
Fatty acids, total polyunsaturated	g	2,731	--	--
18:2 undifferentiated	g	2,629	--	--
18:3 undifferentiated	g	0,102	--	--
18:4	g	0,000	--	--
20:4 undifferentiated	g	0,000	--	--
20:5 n-3 (EPA)	g	0,000	--	--
22:5 n-3 (DPA)	g	0,000	--	--
22:6 n-3 (DHA)	g	0,000	--	--
Fatty acids, total trans	g	0,000	--	--
Cholesterol	mg	0	--	--
Amino Acids	Unit	Value Per100 g	Data points	Std. Error
Tryptophan	g	0,200	--	--
Threonine	g	0,766	--	--
Isoleucine	g	0,822	--	--
Leucine	g	1,465	--	--
Lysine	g	1,377	--	--
Methionine	g	0,270	--	--
Cystine	g	0,279	--	--
Phenylalanine	g	1,103	--	--
Tyrosine	g	0,512	--	--
Valine	g	0,865	--	--
Arginine	g	1,939	--	--
Histidine	g	0,566	--	--
Alanine	g	0,882	--	--
Aspartic acid	g	2,422	--	--
Glutamic acid	g	3,603	--	--
Glycine	g	0,857	--	--
Proline	g	0,849	--	--
Serine	g	1,036	--	--
Other	Unit	Value Per100 g	Data points	Std. Error
Alcohol, ethyl	g	0,0	--	--
Caffeine	mg	0	--	--
Theobromine	mg	0	--	--
Flavonoids	Unit	Value Per100 g	Data points	Std. Error
Flavan-3-ols				
(+)-Catechin	mg	0,0	3	0
(-)-Epigallocatechin	mg	0,0	3	0
(-)-Epicatechin 3-gallate	mg	0,0	3	0

Chickpeas (garbanzo beans, bengal gram), mature seeds, raw-National Nutrient Database for Standard Reference-USA ...continue				
3(0-)-Epicatechin 3-gallate	mg	0,0	3	0
(-)-Epigallocatechin 3-gallate	mg	0,0	3	0
(+)-Galocatechin	mg	0,0	3	0
Isoflavones				
Daidzein	mg	0,21	11	204
Genistein	mg	0,06	10	50
Glycitein	mg	0,18	5	380
Total isoflavones	mg	0,38	10	312
Biochanin A	mg	1,54	9	1,019
Formononetin	mg	0,12	9	130
Coumestrol	mg	0,01	9	19
Proanthocyanidin	mg			
Proanthocyanidin dimers	mg	0,0	3	0
Proanthocyanidin trimers	mg	0,0	3	0

Πίνακας 53α. Χημική σύσταση των σπόρων των ρεβιθιών (Chickpeas) Πηγή: National Nutrient Database for Standard Reference-USA (Full Report 16069-all Nutrients)

Kabuli type Chickpeas-Feedipedia - Animal Feed Resources Information System - INRA CIRAD AFZ and FAO © 2012-2016							
Main analysis	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
Dry matter	% as fed	89.0	0.9	87.6	90.8	87	
Crude protein	% DM	22.3	1.6	18.8	25.7	102	
Crude fibre	% DM	3.9	0.4	3.1	5.1	85	
NDF	% DM	11.2	2.4	8.0	17.3	71	
ADF	% DM	4.4	0.6	3.6	6.1	70	
Lignin	% DM	0.2	0.1	0.0	0.5	52	
Ether extract	% DM	6.4	1.0	5.1	8.0	41	
Ether extract, HCl hydrolysis	% DM	6.7	0.4	6.0	7.3	47	
Ash	% DM	3.5	1.1	3.0	13.9	99	
Starch (polarimetry)	% DM	50.1	1.5	46.9	53.3	57	
Total sugars	% DM	6.0	1.7	2.6	8.0	18	
Gross energy	MJ/kg DM	19.6	0.7	18.3	21.7	16	*
Minerals	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
Calcium	g/kg DM	1.4	0.2	1.1	1.8	18	
Phosphorus	g/kg DM	4.2	0.5	3.3	5.0	18	
Potassium	g/kg DM	11.7	3.1	1.3	14.3	16	
Sodium	g/kg DM	0.2	0.1	0.1	0.4	14	
Magnesium	g/kg DM	1.5	0.2	1.1	1.8	18	
Manganese	mg/kg DM	35	11	18	43	6	
Zinc	mg/kg DM	38	13	21	50	7	
Copper	mg/kg DM	8	3	2	10	7	
Iron	mg/kg DM	93	35	55	154	7	
Amino acids	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
Alanine	% protein	4.0	0.5	3.6	5.1	18	
Arginine	% protein	8.5	0.8	7.1	10.2	28	
Aspartic acid	% protein	11.6	0.9	10.2	13.1	18	
Cystine	% protein	1.5	0.7	0.7	3.4	25	
Glutamic acid	% protein	18.4	2.0	15.4	21.0	19	
Glycine	% protein	3.6	0.4	3.2	4.3	18	
Histidine	% protein	2.6	0.2	2.3	3.1	29	
Isoleucine	% protein	4.0	0.5	3.0	4.4	29	
Leucine	% protein	7.4	0.3	7.0	8.0	29	
Lysine	% protein	6.8	0.3	6.1	7.2	31	
Methionine	% protein	1.2	0.3	0.8	1.7	28	
Phenylalanine	% protein	5.6	0.3	4.9	6.1	27	
Proline	% protein	4.3	0.6	3.8	5.8	18	
Serine	% protein	4.9	0.2	4.7	5.3	18	
Threonine	% protein	3.6	0.2	3.1	4.0	29	
Tryptophan	% protein	0.9	0.3	0.6	1.4	7	
Tyrosine	% protein	2.4	0.5	1.6	3.3	27	
Valine	% protein	4.2	0.4	3.2	4.8	29	
Secondary metabolites	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
Tannins (eq. tannic acid)	g/kg DM	2.1	2.5	0.0	6.2	5	
Tannins, condensed (eq. catechin)	g/kg DM	0.0				1	
Ruminant nutritive values	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
OM digestibility, ruminants	%	88.1		84.0	92.1	2	
Energy digestibility, ruminants	%	85.1		79.0	91.2	2	
DE ruminants	MJ/kg DM	16.7		15.0	17.6	2	*
ME ruminants	MJ/kg DM	13.6					*
Nitrogen digestibility, ruminants	%	79.0				1	

Kabuli type Chickpeas-Feedipedia - Animal Feed Resources Information System - INRA CIRAD AFZ and FAO © 2012-2016 ...continue							
Nitrogen degradability (effective, k=6%)	%	93	3	88	95	4	
Pig nutritive values	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
Energy digestibility, growing pig	%	83.8	4.1	73.3	89.4	13	
DE growing pig	MJ/kg DM	16.4	0.6	15.5	17.6	13	*
MEn growing pig	MJ/kg DM	15.8					*
NE growing pig	MJ/kg DM	11.9					*
Nitrogen digestibility, growing pig	%	82.3	4.1	75.1	86.9	11	

Πίνακας 53β. Χημική σύσταση και διατροφική αξία σπόρων ρεβιθιών τύπου καμπούλη (Kabuli type Chickpeas) Πηγή: Feedipedia - Animal Feed Resources Information System - INRA CIRAD AFZ and FAO

Λαθούρι-κίτρινη φάβα

Yellow split peas -National Nutrient Database for Standard Reference-USDA		
Nutrient	Unit	Value Per100 g
Energy	kcal	343
Protein	g	25,71
Total lipid (fat)	g	0,00
Carbohydrate, by difference	g	60,00
Fiber, total dietary	g	25,7
Sugars, total	g	8,57
Minerals	Unit	Value Per100 g
Calcium, Ca	mg	57
Iron, Fe	mg	4,11
Potassium, K	mg	971
Sodium, Na	mg	14
Vitamins	Unit	Value Per100 g
Vitamin C, total ascorbic acid	mg	3,4
Vitamin A, RAE	μg	286
Lipids	Unit	Value Per100 g
Fatty acids, total saturated	g	0,000
Fatty acids, total trans	g	0,000
Cholesterol	mg	0

Πίνακας 54α. Χημική σύσταση των σπόρων της κίτρινης φάβας (Yellow split peas) Πηγή: National Nutrient Database for Standard Reference-USDA (Full Report 16069-all Nutrients)

Grass pea (*Lathyrus sativus*), seeds-Feedipedia - Animal Feed Resources Information System - INRA
CIRAD AFZ and FAO © 2012-2016



Main analysis	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
Dry matter	% as fed	90.9	0.5	89.5	92.4	43	
Crude protein	% DM	30.0	1.8	26.4	33.8	67	
Crude fibre	% DM	6.4	1.2	4.6	8.5	21	
NDF	% DM	20.1	6.6	16.0	27.7	3	
ADF	% DM	7.1	1.6	4.7	9.3	7	
Lignin	% DM	1.3	0.5	0.8	1.8	3	
Ether extract	% DM	1.2	0.5	0.6	3.0	29	
Ash	% DM	3.2	0.8	1.8	5.1	34	
Starch (polarimetry)	% DM	49.2	5.4	40.0	56.5	9	
Total sugars	% DM	6.3	1.6	4.7	8.9	6	
Gross energy	MJ/kg DM	19.1	0.8	17.4	19.1	3	*
Minerals	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
Calcium	g/kg DM	0.8	0.4	0.1	1.8	26	
Phosphorus	g/kg DM	2.9	1.0	0.5	4.1	26	
Potassium	g/kg DM	10.3	2.0	6.4	12.2	7	
Sodium	g/kg DM	0.3		0.2	0.4	2	
Magnesium	g/kg DM	1.4	0.2	1.1	1.8	19	
Manganese	mg/kg DM	134	37	15	181	17	
Zinc	mg/kg DM	328	89	27	452	17	
Copper	mg/kg DM	81	29	8	123	18	
Iron	mg/kg DM	1183	1513	74	4690	20	
Amino acids	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
Alanine	% protein	3.8	0.6	3.2	4.5	4	
Arginine	% protein	7.1	1.0	6.1	8.0	5	
Aspartic acid	% protein	13.3	2.6	10.5	16.2	4	
Cystine	% protein	1.4	0.2	1.2	1.6	6	
Glutamic acid	% protein	16.0	1.7	13.4	17.5	5	
Glycine	% protein	3.7	0.3	3.4	4.2	6	
Histidine	% protein	2.8	0.4	2.5	3.5	5	
Isoleucine	% protein	4.1	0.6	3.4	5.0	7	
Leucine	% protein	6.4	0.4	5.8	6.9	6	
Lysine	% protein	6.4	1.0	4.1	7.3	10	
Methionine	% protein	0.8	0.2	0.6	1.1	8	
Phenylalanine	% protein	3.8	0.6	3.0	4.5	6	
Proline	% protein	3.8	0.6	3.1	4.4	4	
Serine	% protein	4.7	0.3	4.4	5.1	4	
Threonine	% protein	3.6	0.6	2.6	4.1	10	
Tyrosine	% protein	2.3	0.6	1.4	2.9	5	
Valine	% protein	4.6	0.7	3.9	5.9	7	
Secondary metabolites	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
Tannins, condensed (eq. catechin)	g/kg DM	2.1	1.6	0.1	7.2	117	
Ruminant nutritive values	Unit	Avg	SD	Min	Max	Nb	
OM digestibility, ruminants	%	92.0					*
Energy digestibility, ruminants	%	91.0					*
DE ruminants	MJ/kg DM	17.4					*
ME ruminants	MJ/kg DM	13.8					*

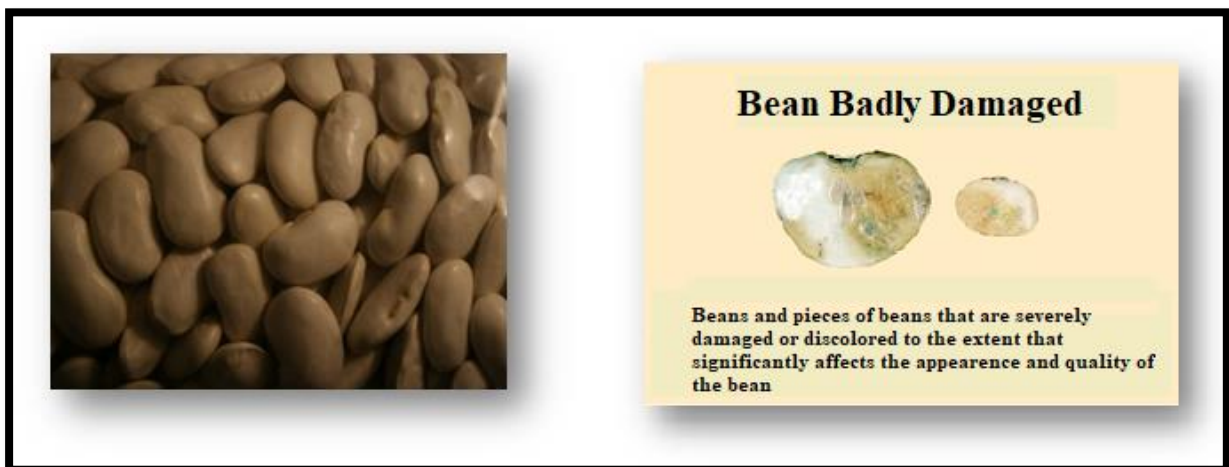
Grass pea (<i>Lathyrus sativus</i>), seeds-Feedipedia - Animal Feed Resources Information System - INRA CIRAD AFZ and FAO © 2012-2016 ...continue							
Nitrogen digestibility, ruminants	%	90.0				1	
a (N)	%	57.0		52.0	62.0	2	
b (N)	%	42.5		37.0	48.0	2	
c (N)	h-1	0.155		0.140	0.170	2	
Nitrogen degradability (effective, k=4%)	%	91		91	91	2	*
Nitrogen degradability (effective, k=6%)	%	88		87	88	2	*

Πίνακας 54β. Χημική σύσταση και διατροφική αξία σπόρων Λαθουριού (*Lathyrus sativus*)
Πηγή: Feedipedia - Animal Feed Resources Information System - INRA CIRAD AFZ and FAO

ΞΗΡΑ ΦΑΣΟΛΙΑ

Οι συνήθεις εμπορεύσιμες Α΄ ύλης στην κατηγορία αυτή για μια ελληνική βιομηχανία τυποποίησης οσπρίων που καλύπτει κυρίως την εγχώρια ζήτηση, είναι: τα φασόλια γίγαντες ή/και ελέφαντες (*Phaseolus Coccineus*) και τα φασόλια χονδρά και μέτρια (*Phaseolus Vulgaris*). Ακολουθούν τα μαυρομάτικα φασόλια (*Vigna unguiculata subsp. Unguiculata*), τα φασόλια μπαρμπούνια και τα ψιλά φασόλια (*Phaseolus Vulgaris*). Ιδιαίτερο και όχι σύνηθες προϊόν για την ελληνική αγορά είναι τα πράσινα φασόλια ή ροβίτσες (*Vigna radiata*).

Φασόλια Γίγαντες – Φασόλια Ελέφαντες (Phaseolus Coccineus)
(γνωστά ως: *runner bean, scarlet runner bean, ή multiflora bean*)



Εικόνα 62. Φασόλια Γίγαντες υγιείς και άσπρα φασόλια κατεστραμμένα από μούχλα (σε μεγάλο βαθμό αποχρωματισμένα). Πηγές: Wikipedia.org; United States Department of Agriculture, Grain Inspection Packers & Stockyards Administration. Visual Reference Library. <https://www.gipsa.usda.gov/fgis/vri.aspx>.

Στις περισσότερες ποικιλίες τα λουλούδια της φασολιάς *phaseolus coccineous* είναι κόκκινα και οι σπόροι είναι ποικιλόχρωμοι. Εξαιρέση αποτελούν οι σπόροι που χρησιμοποιούνται από τους Έλληνες καλλιεργητές οι οποίοι παράγουν φυτά με άσπρα λουλούδια και άσπρο φασόλι, γνωστό ως φασόλι γίγαντας ή/και φασόλι ελέφαντας. Η καλλιέργεια αυτών των φασολιών χαίρει νομοθετικής προστασίας και έχουν χαρακτηριστεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση, Προϊόντα Προστατευμένης Γεωγραφικής Ένδειξης (ΠΓΕ) για τις περιοχές της Βόρειας Ελλάδας του Κάτω Νεβροκοπίου, της Φλώρινας και της Καστοριάς

(Κανονισμοί (ΕΚ): αριθ. 134/98, αριθ. 1549/98, αριθ. 1428/2003). Οι ώριμοι σπόροι έχουν μήκος που κυμαίνεται από 1 έως 3 εκατοστά, σχήμα μακρύ και οβάλ όμοιο με αυτό του νεφρού και βάρος 1000 σπόρων > 1800 g, για τα φασόλια ελέφαντες και μεταξύ 1200-1800 g για τα φασόλια γίγαντες. Οι σπόροι που δεν έχουν ωριμάσει (αωροί) είναι ομοιόμορφα πράσινοι. Η ακατέργαστη Α΄ ύλη, όπως ισχύει για όλες της Α΄ ύλες οσπρίων, πρέπει να περιέχει στο μεγαλύτερο μέρος της τους κανονικούς σπόρους της ποικιλίας με χρώμα περισπερμίου άσπρο, ακέραιους και χωρίς στίγματα, ενώ στο τελικό προϊόν οι κόκκοι πρέπει να έχουν ανάλογα με το εμπορικό είδος και το κατάλληλο βάρος (βάρος σε g 1000 κόκκων). Για αυτό το λόγο κατά την επεξεργασία, εκτός από το καθάρισμα της Α΄ ύλης, γίνεται και η διαλογή των κόκκων με βάση το βάρος τους σε 3 κατηγορίες: >1800g, 1200-1800g και 1200-1500g (ΑΔΑ: ΒΛΓ7Β-ΕΒ8). Ανάλογα με τη ποιότητά της που είναι συνυφασμένη με τις καλές γεωργικές πρακτικές, τις κλιματολογικές συνθήκες και την αξιοπιστία του προμηθευτή, μπορεί να περιέχει σε μεγαλύτερο ή μικρότερο ποσοστό και:

1. Σπόρους μισοφαγωμένους, τρύπιους από έντομα όπως ο βρούχος. Μερικοί από τους σπόρους μπορεί να περιέχουν το έντομο ζωντανό ή πεθαμένο.
2. Σπόρους άλλου χρώματος και σπόρους αωρούς.
3. Σπόρους κακής ποιότητας, με στίγματα, ατροφικοί (συρρικνωμένοι) ή και μουχλιασμένοι. Η ζημιά από μούχλα παρατηρείται πιο συχνά και πιο έντονα στα φασόλια γίγαντες/ελέφαντες και στα χονδρά φασόλια.
4. Φυτικά υπολείμματα όπως σπόρους σπασμένους, κομμάτια ξύλων και ξερών βλαστών, ξερούς λοβούς, φυλλα κ.λ.π.
5. Σπόρους από διάφορα ζιζάνια που συγκομίστηκαν και αλωνίστηκαν μαζί με το καλλιεργηθέν όσπριο.
6. Ξένες ύλες όπως πέτρες, χώμα πολλές φορές υπό τη μορφή συμπαγών σβόλων αλλά και κομμάτια μετάλλων που μπορεί να προέρχονται από τα γεωργικά μηχανήματα και

τα μέσα μεταφοράς που χρησιμοποίησε ο γεωργός και στη συνέχεια ο έμπορος-προμηθευτής.

Προδιαγραφές Α΄ ύλης για Φασόλια Γίγαντες		
ΧΩΡΑ/ΤΟΠΟΣ	ΕΛΛΑΔΑ	ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ
ΕΝΤΟΜΟΤΡΗΤΑ	≤0,5%	≤0,5%
ΥΓΡΑΣΙΑ	≤14%	≤14%
ΞΕΝΕΣ ΥΛΕΣ	≤5%	1% - 2%
ΑΝΟΜΟΙΟΧΡΩΜΙΑ	≤10%	4% - 5%
ΑΝΟΜΟΙΟΜΟΡΦΙΑ	≤10%	≤5%
ΑΠΕΝΤΟΜΩΜΕΝΑ	✓	✓
ΖΑΡΩΜΕΝΑ	≤10%	2% - 5%
ΤΕΛΕΥΤΑΙΑΣ ΕΣΟΔΕΙΑΣ	✓	✓
ΣΠΑΣΜΕΝΑ	≤2%	≤2%

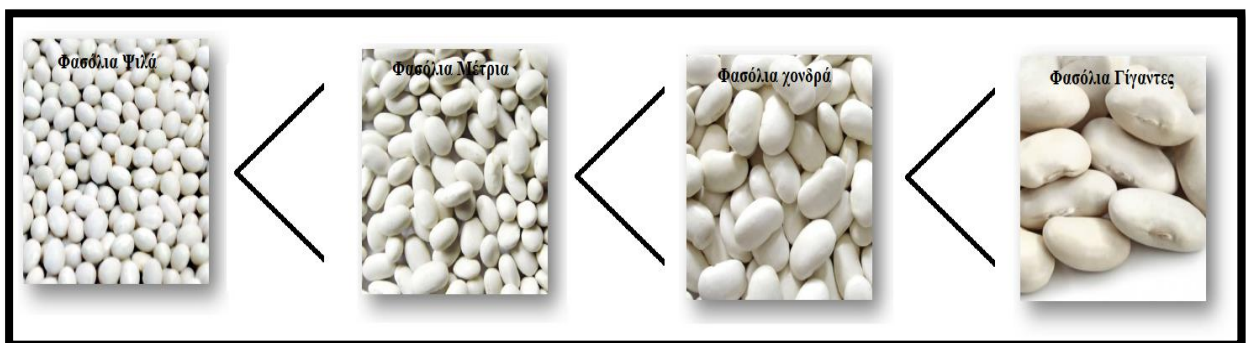
Πίνακας 55. Προδιαγραφές Α΄ ύλης για Φασόλια Γίγαντες (τα νούμερα που αναγράφονται είναι ενδεικτικά και αλλάζουν ανάλογα με το έτος της εσοδείας και με τη χώρα προέλευσης)

Φασόλια άσπρα κοινά (*Phaseolus Vulgaris*)

(*common beans, επίσης γνωστά ως, string bean, field bean, flageolet bean, French bean, garden bean, green bean, haricot bean, pop bean, snap bean, or snap*),

Το κοινό φασόλι ανήκει στην κατηγορία των ποτιστικών οσπρίων και είναι το πιο διαδεδομένο όσπριο στην Ελλάδα. Οι σπόροι των ελληνικών ποικιλιών έχουν χρώμα λευκό – το οποίο προτιμούν και οι καταναλωτές και σπάνια υποκίτρινο. Με βάση το μέγεθος του σπόρου οι ποικιλίες διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες (*Βλαχοστέργιος, Δ. (Δρ), 2012*):

- Μικρόσπερμες (Φασόλια Ψιλά), με βάρος 1000 σπόρων 150-300g.
- Μεσόσπερμες (Φασόλια Μέτρια), με βάρος 1000 σπόρων 300-450g .
- Μεγαλόσπερμες (Φασόλια Χονδρά), με βάρος 1000 σπόρων 450-700g

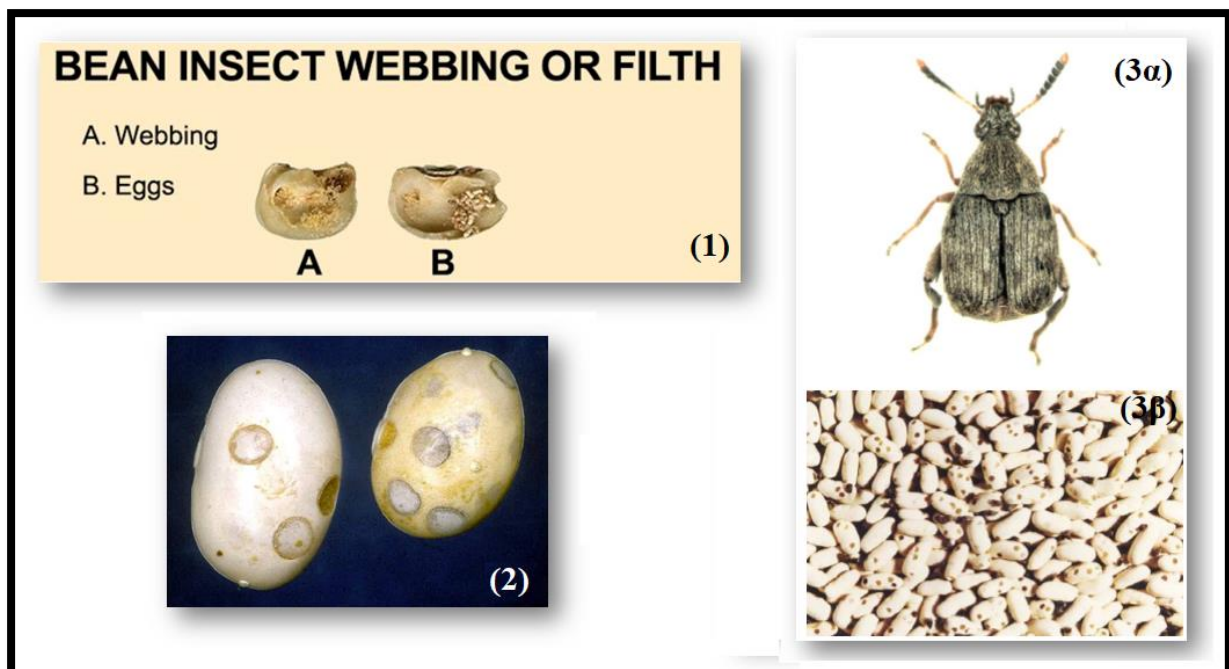


Εικόνα 63. Σπόροι από φασόλια ψιλά, μέτρια, χονδρά (*Phaseolus vulgaris*) και γίγαντες (*Phaseolus coccineus*). Πηγή: www.agrimon.gr

Η ακατέργαστη Αΰλη εκτός από τα ευρήματα που αναφέρθηκαν παραπάνω για τα φασόλια γίγαντες, είναι πιο σύνηθες να είναι προσβεβλημένη από το βρούχο των φασολιών (*Acanthoscelides obtectus*). Αυτός ο βρούχος δημιουργεί αρκετές οπές στο σπόρο με αποτέλεσμα τη μείωση της εμπορικής του αξίας (*Χιντζόγλου, Γ., 2013*).

Στη ποιοτική υποβάθμιση του σπόρου της φασολιάς μπορούν να συνεισφέρουν και άλλοι εχθροί του φυτού όπως ασθένειες σαν την ανθράκωση και την αλτερνάρια. Η ανθράκωση είναι η σημαντικότερη και πιο διαδεδομένη ασθένεια της φασολιάς. Οφείλεται στο μύκητα *Colletotrichum spp*, ο οποίος προκαλεί στα φύλλα μακρουλές κηλίδες με κεραμιδί χρώμα, κυρίως πάνω στις νευρώσεις. Το ίδιο συμβαίνει και στα θυλάκια, με τα μικρού

μεγέθους να ξηραίνονται μόλις προσβληθούν, ενώ στα μεγάλα εμφανίζονται εξωτερικά βυθισμένες κηλίδες με κεραμιδί χρώμα που μπορεί να προκαλέσουν μεταχρωματισμό και καστανές κηλίδες πάνω στους σπόρους. Η αλτερνάρια θεωρείται και αυτή μία από τις σημαντικότερες ασθένειες της φασολιάς και οφείλεται στο μύκητα *Alternaria spp.* Προκαλεί ομόκεντρες κυκλικές κηλίδες πάνω στα φύλλα, στα στελέχη και στους καρπούς. Οι κηλίδες στα φύλλα είναι, καστανού χρώματος ομόκεντροι κύκλοι με κίτρινο περίγυρο. Στους καρπούς - θυλάκια εμφανίζονται μελανές βυθισμένες κηλίδες εξωτερικά που μπορεί να προκαλέσουν και κηλίδες εσωτερικά πάνω στους σπόρους (Λάμπρου, Σ., 2009).



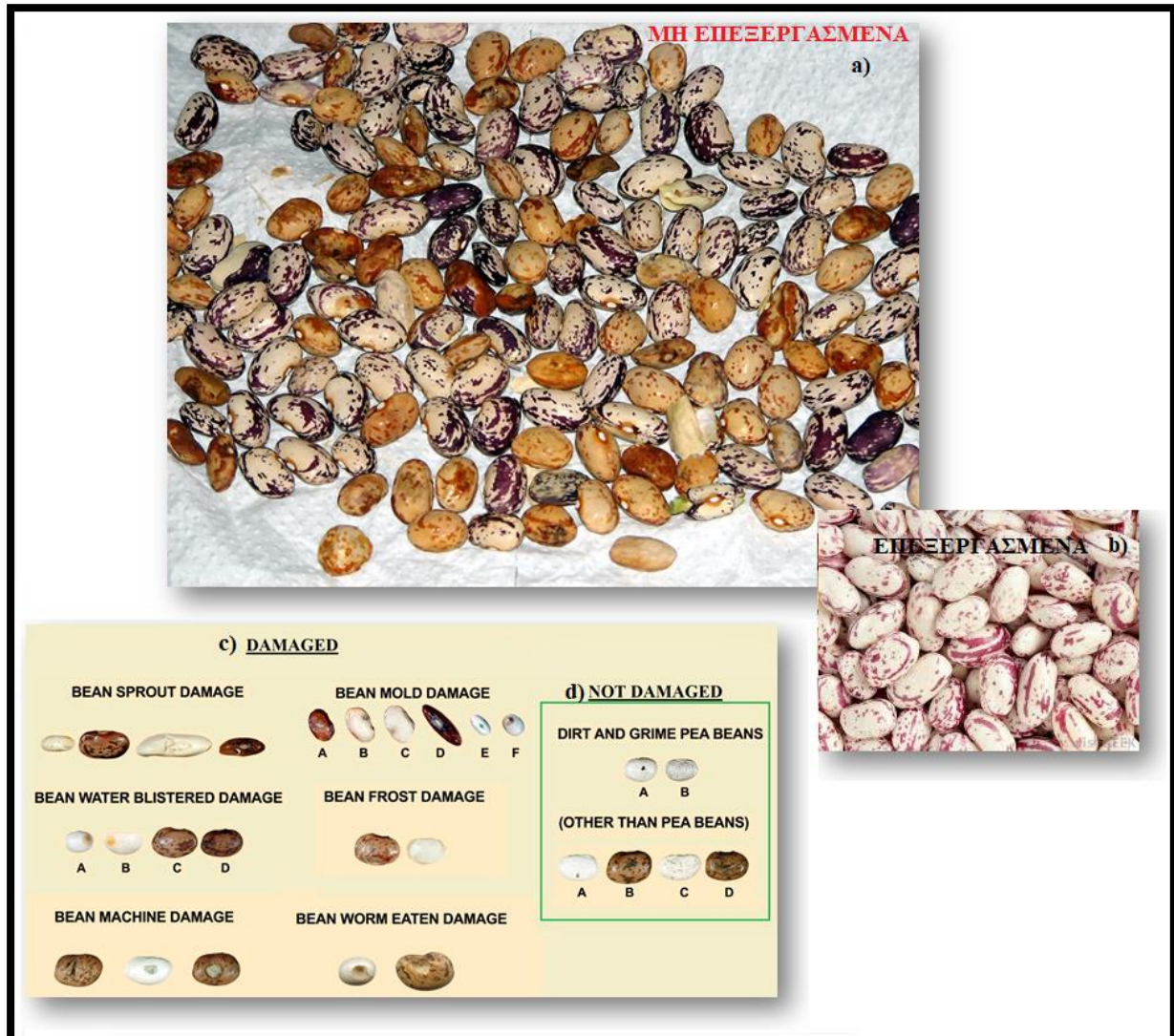
Εικόνα 64. (1) Φασόλια και κομμάτια των φασολιών που περιέχουν ιστούς και απορρίμματα εντόμων, νεκρά έντομα, προνύμφες, ή αυγά αυτών. Για την επιβεβαίωση της παρουσίας των εντόμων/προνυμφών, εκτός από την ορατή ζημιά ‘παράθυρο’ (2), μπορεί να είναι αναγκαίο να ανοιχτεί το φασόλι στη μέση. Πέρα από το ότι τα φασόλια αυτά θεωρούνται κατεστραμμένα, τα δείγματα που περιέχουν 2 ή περισσότερα φασόλια, με ιστούς ή βρωμιές εντόμων, θεωρούνται πηγή μόλυνσης. (3α) Ο βρούχος των φασολιών (*Acanthoscelides obtectus*) – (3β) ποιοτική υποβάθμιση του σπόρου λόγω της προσβολής από βρούχο (πολλαπλές οπές ανά σπόρο) (κάτω). Πηγές: www.minagric.gr; United States Department of Agriculture, Grain Inspection Packers & Stockyards Administration. Visual Reference Library; Infonet biovision, Storage pests, Bruchid damage to beans.

Προδιαγραφές Α΄υλών για:	Φασόλια Ψιλά		Φασόλια Μέτρια		Φασόλια Χονδρά	
	ΕΛΛΑΔΑ	ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ	ΕΛΛΑΔΑ	ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ	ΕΛΛΑΔΑ	ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ
ΕΝΤΟΜΟΤΡΗΤΑ	≤0,5%	≤0,5%	≤0,5%	≤0,5%	≤0,5%	≤0,5%
ΥΓΡΑΣΙΑ	≤14%	≤14%	≤14%	≤14%	≤14%	≤14%
ΞΕΝΕΣ ΥΛΕΣ	≤5%	1% - 5%	≤5%	1,5% - 2%	≤5%	1,5% - 2%
ΑΝΟΜΟΙΟΧΡΩΜΙΑ	≤5%	2% - 5%	≤5%	2% - 5%	≤5%	2% - 5%
ΑΝΟΜΟΙΟΜΟΡΦΙΑ	≤5%	4% - 5%	≤15%	≤15%	≤15%	≤15%
ΑΠΕΝΤΟΜΩΜΕΝΑ	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ΖΑΡΩΜΕΝΑ	≤3%	2% - 3%	≤5%	2% - 3%	≤5%	2% - 3%
ΤΕΛΕΥΤΑΙΑΣ ΕΣΟΔΕΙΑΣ	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ΣΠΑΣΜΕΝΑ	≤3%	≤2%	≤3%	≤2%	≤3%	≤2%

Πίνακας 56. Προδιαγραφές Α΄υλών για Φασόλια Ψιλά, Φασόλια Μέτρια και Φασόλια Χονδρά (τα νούμερα που αναγράφονται είναι ενδεικτικά και αλλάζουν ανάλογα με το έτος της εσοδείας και με τη χώρα προέλευσης).

Φασόλια μπαμπούνια (Phaseolus Vulgaris)

(cranberry ή pinto beans, επίσης γνωστά στην Ιταλία ως borlotti beans , Roman bean ή Romano, Saluggia beans, ή rosecoco beans)



Εικόνα 65. a) Επεξεργασμένη Α΄ ύλη, b) μη επεξεργασμένη και διάφοροι τύποι ελλατωματικών σπόρων, c) κατεστραμμένων: σπόροι που έχουν βλαστήσει (sprouted), μούχλιασμένοι σπόροι (mold), σπόροι κατεστραμμένοι από το νερό (water blistered) και από τον πάγο (frost), σπόροι χτυπημένοι από τις μηχανές επεξεργασίας (machine damage) και σπόροι μισοφαγωμένοι από σκουλήκια (worm eaten), και d) μη κατεστραμμένων: σπόροι με λερωμένο το εξωτερικό περίβλημα (dirt and grime). Πηγές: Καραφέρης, (2013); Eximcan Canada (Comodities Traders since 1992); United States Department of Agriculture, Grain Inspection Packers & Stockyards Administration. Visual Reference Library.

Τα φασόλια μπαμπούνια (University of New South Wales (UNSW), (2011). *The Choice Guide to Food*), είναι μια ποικιλία από φασόλια 'Phaseolus vulgaris' που καλλιεργήθηκε για

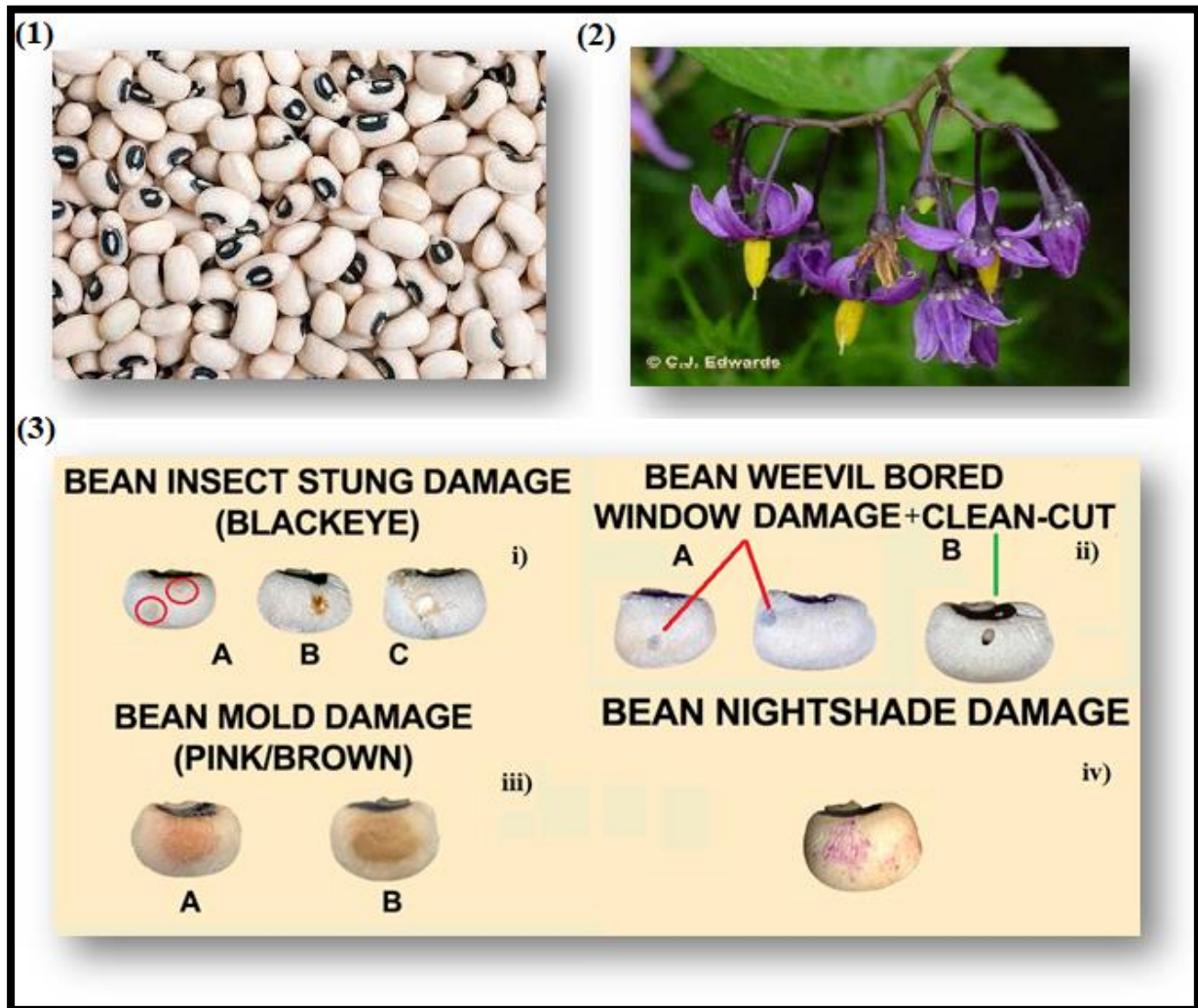
πρώτη φορά στη Κολομβία ως ‘cargamanto’ (Sando, S. and Barrington, V., 2008). Ο σπόρος του φασολιού έχει ένα μεσαίο προς μεγάλο μέγεθος, και έχει χρώμα φουντουκιού με πιτσίλες ή ραβδώσεις κόκκινου, ματζέντα ή μαύρου. Σε αυτά η ακατέργαστη Α΄ ύλη μπορεί να είναι προσβεβλημένη από βρούχο (λιγότερο συνηθισμένο), και μπορούμε επίσης να εντοπίσουμε, σπόρους εντομότητους, αποχρωματισμένους, σπόρους ατροφικούς, σπόρους που έχουν βλαστήσει, σπόρους μουχλιασμένους κ.λ.π.

Προδιαγραφές για Α΄ ύλης Φασόλια Μπαρμπούνια		
ΧΩΡΑ/ΤΟΠΟΣ	ΕΛΛΑΔΑ	ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ
ΕΝΤΟΜΟΤΡΗΤΑ	≤0,5%	≤0,5%
ΥΓΡΑΣΙΑ	≤14%	≤14%
ΞΕΝΕΣ ΥΛΕΣ	≤10%	≤2%
ΑΝΟΜΟΙΟΧΡΩΜΙΑ	≤10%	≤1%
ΑΝΟΜΟΙΟΜΟΡΦΙΑ	≤10%	≤10%
ΑΠΕΝΤΟΜΩΜΕΝΑ	✓	✓
ΖΑΡΩΜΕΝΑ	≤2%	0%
ΤΕΛΕΥΤΑΙΑΣ ΕΣΟΔΕΙΑΣ	✓	✓
ΣΠΑΣΜΕΝΑ	≤5%	≤5%

Πίνακας 57. Προδιαγραφές Α΄ ύλης για Φασόλια Μπαρμπούνια (τα νούμερα που αναγράφονται είναι ενδεικτικά και αλλάζουν ανάλογα με το έτος της εσοδείας και με τη χώρα προέλευσης)

Φασόλια μαυρομάτικα (*Vigna unguiculata* subsp. *Unguiculata*)

(γνωστά ως, *black-eyed pea*, *black-eyed bean* ή *goat pea*, είναι υποείδος του οσπρίου *cowpea*)



Εικόνα 66. (1) Φασόλια Μαυρομάτικα: υγιή και (3) κατεστραμμένα (i) από δαγκώματα από έντομα: **A** δύο ή περισσότερα δαγκώματα/κιμωλιώδη στίγματα που εκτείνονται και μέσα στη κοτυληδόνα, **B** ένα μοναδικό, πιο σοβαρό δάγκωμα, με αποχρωματισμό ίδιας ή μεγαλύτερης έκτασης από το σημάδι του δαγκώματος και **C** ένα μοναδικό κιμωλιώδες στίγμα (τα τελευταία συναντώνται μόνο στα μαυρομάτικα), (ii) Ζημιά από βρούχο (ο κόκκος του φασολιού έφερε ή φέρει το βρούχο, ζωντανό ή πεθαμένο): **A** τύπου 'παράθυρο' ('window damage'), όπου ο βρούχος δεν έχει εξέλθει από το φασόλι και **B** τύπου 'ξεκάθαρης οπής' ('clean cut'), όπου ο βρούχος έχει εξέλθει από το φασόλι, αφήνοντας σε αυτό μία ξεκάθαρη οπή. Στη πρώτη περίπτωση ο κόκκος εκτός από κατεστραμμένος θεωρείται και πηγή (εστία) μόλυνσης. (iii) από μούχλα: **A** ροζ αποχρωματισμός και **B** καφέ αποχρωματισμός του σπόρου. Ο αποχρωματισμός μπορεί να εμφανίζεται στη μία ή και στις δύο κοτυληδόνες, σε κάθε περίπτωση όμως, η οποιαδήποτε έκτασης προσβολή από μούχλα, καθιστά το σπόρο μη αποδεκτό, και (iv) ζημιά από το χρωματισμό των κόκκων με τους χυμούς του φυτού μελαντόνα (*nightshade*).

Πηγές: Λιονουδάκης, Κ., (2014); Edwards, J., (2008); United States Department of Agriculture, Grain Inspection Packers & Stockyards Administration. Visual Reference Library.

Η τρέχουσα αποδεκτή βοτανική ονομασία για το μαυρομάτικο φασόλι είναι *Vigna unguiculata subsp. unguiculata*, αν και στο παρελθόν είχε ταξινομηθεί στο γένος *Phaseolus*. Η κοινή εμπορική ποικιλία ονομάζεται ‘California Blackeye’ και το χρώμα των σπόρων είναι χλωμό με εμφανή μελανό σημείο. Στον αμερικανικό νότο υπάρχουν αμέτρητες ποικιλίες, που ποικίλουν σε μέγεθος από τα μικρά φασόλια ‘baby’ μέχρι τα πολύ μεγάλα και ανάλογα με τη ποικιλία, το μήκος των σπόρων κυμαίνεται μεταξύ 2-12 mm και το βάρος των 100 σπόρων μεταξύ 5-30 g. Το σχήμα τους είναι νεφροειδές προς σφαιρικό και το χρώμα των ματιών μπορεί να είναι μαύρο, καφέ, κόκκινο, ροζ ή πράσινο (Duke, J.A., 1983).

Όλα τα μαυρομάτικα φασόλια είναι πράσινα όταν έχει πρόσφατα αφαιρεθεί το περίβλημά τους και καφέ όταν είναι αποξηραμένα. Η συγκεκριμένη Α΄ ύλη παραλαμβάνεται κυρίως από χώρες του εξωτερικού και συνήθως είναι καθαρισμένη από φυτικά υπολείμματα, πέτρες και χώμα. Παρόλα αυτά μπορούμε να παρατηρήσουμε σε αυτή, σε μεγαλύτερο ή μικρότερο ποσοστό, ανάλογα με την εσοδεία και τον προμηθευτή (εικόνα 66):

1. Σπόρους σπασμένους
2. Σπόρους ατροφικούς
3. Σπόρους στιγματισμένους
4. Σπόρους εντομότρητους
5. Σπόρους μουχλιασμένους
6. Σπόρους που να περιέχουν μέσα βρούχο ζωντανό ή πεθαμένο.

Προδιαγραφές για Α΄ ύλης Φασόλια Μαυρομάτικα		
ΧΩΡΑ/ΤΟΠΟΣ	ΕΛΛΑΔΑ	ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ
ΕΝΤΟΜΟΤΡΗΤΑ	≤0,5%	≤0,5%
ΥΓΡΑΣΙΑ	≤14%	≤14%
ΞΕΝΕΣ ΥΛΕΣ	≤10%	1% - 2%
ΑΝΟΜΟΙΟΧΡΩΜΙΑ	≤10%	2% - 5%
ΑΝΟΜΟΙΟΜΟΡΦΙΑ	≤10%	8% - 10%
ΑΠΕΝΤΟΜΩΜΕΝΑ	✓	✓
ΖΑΡΩΜΕΝΑ	≤2%	0% - 1%
ΤΕΛΕΥΤΑΙΑΣ ΕΣΟΔΕΙΑΣ	✓	✓
ΣΠΙΑΣΜΕΝΑ	≤5%	≤5%

Πίνακας 58. Προδιαγραφές Α΄ ύλης για Φασόλια Μαυρομάτικα (τα νούμερα που αναγράφονται είναι ενδεικτικά και αλλάζουν ανάλογα με το έτος της εσοδείας και με τη χώρα προέλευσης)

Πράσινα φασόλια ή πράσινη ροβίτσα (*Vigna radiata*)

(γνωστά και ως moong bean, green gram, mung bean ή mung)

Τα πράσινα φασόλια ή πράσινη ροβίτσα (*Vigna radiata* L.), είναι όσπρια που καλλιεργούνται για τους εδώδιμους σπόρους τους, κυρίως στην Ινδία, την Κίνα, την Αυστραλία και τη Νοτιοανατολική Ασία. Υπάρχουν 3 υποομάδες *Vigna radiata*: η μία καλλιεργείται (*Vigna radiata*, υποείδος *radiata*), και οι υπόλοιπες δύο είναι άγριες (*Vigna radiata* υποείδος *sublobata* και *Vigna radiata* υποείδος *glabra*). Το ετήσιο φυτό της φασολιάς αυτής, είναι όρθιο ή ημι-όρθιο, φθάνοντας σε ύψος τα 0,15 έως 1,25 m (FAO, Agriculture organization of the United Nations, 2012; Lambrides, C. J. and Godwin, I. D., 2006; Mogotsi, K.K., 2006) και οι λοβοί του είναι μακρείς, κυλινδρικοί, τριχωτοί και εκκρεμούν από αυτό. Περιέχουν 7 έως 20 μικρούς, ελλειψοειδής ή κυβοειδής σπόρους, το μέγεθος των οποίων κυμαίνεται μεταξύ 5,5 και 7 mm και το χρώμα τους ποικίλλει: συνήθως είναι πράσινο, αλλά υπάρχουν επίσης ποικιλίες με κίτρινο, πράσινο της ελιάς, καφέ, μοβ-καφέ ή μαύρο χρώμα σπόρων, με στίγματα ή / και ραβδώσεις. Τα χρώματα των σπόρων και η παρουσία ή απουσία ενός τραχύ στρώματος, χρησιμοποιούνται για τη διάκριση των διαφόρων τύπων ροβίτσας (Lambrides, C. J. and Godwin, I. D., 2006; Mogotsi, K.K., 2006).

Οι καλλιεργήσιμοι τύποι έχουν γενικά σπόρους με πράσινο ή χρυσό χρώμα, και γυαλιστερή ή θαμπή όψη ανάλογα με τη παρουσία ενός στρώματος που καθορίζει την υφή τους (Lambrides, C. J. and Godwin, I. D., 2006). Στην Ινδία, υπάρχουν και άλλα δύο είδη ροβίτσας, το ένα με μαύρους σπόρους και το άλλο με καφέ (Mogotsi, K.K., 2006). Τα φασόλια mung μαγειρεύονται νωπά ή ξηρά και χρησιμοποιούνται ως συστατικό σε αλμυρά και γλυκά πιάτα. Από τα προαναφερθέντα συνεπάγεται ότι η ακατέργαστη Α΄ ύλη είναι εισαγόμενη, ενώ σε αυτή μπορεί να εντοπιστούν, τα συνήθη ευρήματα της Α΄ ύλης των ξηρών φασολιών.



Φασόλια Πράσινα

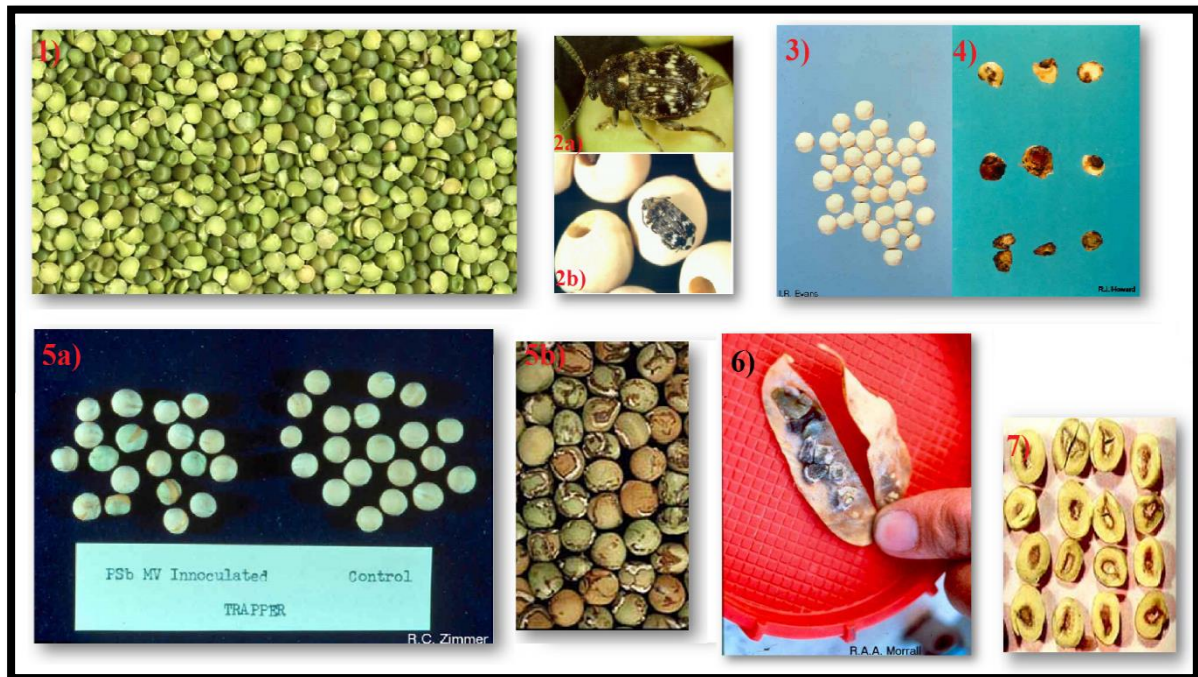
Προσβολή πράσινου φασολιού από βρούχο

Εικόνα 67. Δείγμα από υγιή πράσινα φασόλια και από πράσινα φασόλια προσβεβλημένα από βρούχο. Πηγές: Cookipedia (why your kitchen needs a computer), (2014); Redzlan, A., (2009).

Προδιαγραφές Α΄ ύλης για Φασόλια Πράσινα		
ΧΩΡΑ/ΤΟΠΟΣ	ΕΛΛΑΔΑ	ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ
ΕΝΤΟΜΟΤΡΗΤΑ	-	≤0,5%
ΥΓΡΑΣΙΑ	-	≤14%
ΞΕΝΕΣ ΥΛΕΣ	-	≤1%
ΑΝΟΜΟΙΟΧΡΩΜΙΑ	-	≤3%
ΑΝΟΜΟΙΟΜΟΡΦΙΑ	-	≤3%
ΑΠΕΝΤΟΜΩΜΕΝΑ	-	✓
ΖΑΡΩΜΕΝΑ	-	0%
ΤΕΛΕΥΤΑΙΑΣ ΕΣΟΔΕΙΑΣ	-	✓
ΣΠΑΣΜΕΝΑ	-	≤3%

Πίνακας 59. Προδιαγραφές Α΄ ύλης για Φασόλια Πράσινα (τα νούμερα που αναγράφονται είναι ενδεικτικά και αλλάζουν ανάλογα με το έτος της εσοδείας και με τη χώρα προέλευσης).

ΜΠΙΖΕΛΙ ΚΟΜΜΕΝΟ (PISUM SATIVUM)



Εικόνα 68. 1) ‘Κτηνοτροφικό’ μπιζέλι (field pea) κομμένο στα δύο, 2a) βρούχος του μπιζελιού (*Bruchus pisorum*) και 2b) σπόροι μπιζελιού κατεστραμμένοι από το βρούχο, 3) Σπόροι αποχρωματισμένοι από ασκοχύτωση, 4) Σπόροι σοβαρά κατεστραμμένοι από ριζοκτόνια, 5a) Σπόροι μολυσμένοι και σπόροι καθαροί από τον ιό PSMV, 5b) Σπόροι κατεστραμμένοι από τον ιό PSMV, 6) Σκληρώτια μέσα σε λοβό μπιζελιού και 7) Σπόροι μπιζελιού επηρρεασμένοι από την έλλειψη μαγγανίου (Mg). Πηγές: United States Department of Agriculture, Grain Inspection Packers & Stockyards Administration .Comodity Image Gallery; HYPP Zoology: Species; Nature-wereld (2015). Photo: *Bruchus pisorum* in peas; Evans, I.R. Photo: ‘Peas discolored by *Ascochyta pisi*’; Howard, R.J. Photo: ‘Severely damaged pea seeds by *Rhizoctonia solani* infection’; Zimmer, R.C. Photo: ‘Virus infected and virus-free seed’; Davidson, J. Photo: ‘Field pea seed infected with Pea Seedborn Mosaic Virus’; Morrall, R.A.A. Photo: ‘*Sclerotia* inside pea pod’; Wallace, T., (1943). Photo: ‘Manganese deficiency in pea seeds’.

Τα μπιζέλια (συνήθως *Pisum sativum* L.) είναι μία από τις τέσσερις πιο σημαντικές καλλιέργειες οσπρίων μαζί με τη σόγια, το φιστίκι και τα φασόλια. Οι σπόροι αυτού του οσπρίου είναι πολύ σημαντικοί κυρίως στις εύκρατες περιοχές, με πολυάριθμες χρήσεις, τόσο ως τρόφιμα (ξηροί σπόροι ή λαχανικό), όσο και ως ζωοτροφές (σπόροι, χορτονομή κ.λ.π.) (Muehlbauer, F. J. and Tullu, A., 1997). Αποτελούν επίσης μία από τις πρώτες καλλιέργειες (7.000 - 6.000 π.Χ.), η οποία πιστεύεται ότι ξεκίνησε από τη Νότιο-Δυτική Ασία (ενδεχομένως Βορειοδυτική Ινδία, Πακιστάν, Αφγανιστάν και Κεντρική Ασία), ενώ από τότε εξαπλώθηκε

δυτικά προς τη Ρωσία, την Ευρώπη και τη λεκάνη της Μεσογείου, αλλά και προς τα ανατολικά στην Κίνα (*Chittaranjan, K., 2007; Oelke, E.A., et al., 1991*). Η παραγωγή των οσπρίων αυτών, στη συνέχεια εξαπλώθηκε, με την ανακάλυψη του Νέου Κόσμου στο δυτικό ημισφαίριο, ενώ τέλος μπιζέλια καλλιεργούνται το χειμώνα και στην Αφρική (*Messiaen, C-M., et al., 2006*).

Τα μπιζέλια είναι μια ταχέως αναπτυσσόμενη ποώδη καλλιέργεια οσπρίων, με παγκόσμια εξάπλωση (όπως προαναφέρθηκε), που υποδηλώνει τη μεγάλη προσαρμοστική ικανότητά τους σε ένα ευρύ φάσμα περιβαλλόντων. Οι ιδανικές συνθήκες ανάπτυξης περιλαμβάνουν, σχετικά δροσερά κλίματα με μέση θερμοκρασία μεταξύ 7 και 24 °C, ετήσια βροχόπτωση 800-1000 mm, η οποία έχει ευεργετικά οφέλη όταν διανέμεται ως επί το πλείστον, κατά τη διάρκεια των πρώιμων σταδίων της ανάπτυξης και εδάφη με δυνατότητα καλής αποστράγγισης και pH 5,5-6,5 (*Messiaen, C-M., et al., 2006; Oelke, E.A., et al., 1991*). Παρόλα αυτά εντοπίζονται και μπορούν να καλλιεργηθούν μέχρι και σε υψόμετρο 1000 μέτρων στις ισημερινές περιοχές και έως 1.800 με 3000 μέτρα στην Αιθιοπία (*Messiaen, C-M., et al., 2006*). Μπορούν επίσης να ευδοκιμήσουν σε ένα ευρύ φάσμα εδαφών, από αμμοπηλώδη έως βαριά αργιλώδη, ενώ εδάφη με ένα pH 7-7,5 δεν μπορούν να παρεμποδίσουν την ανάπτυξη εάν δεν είναι υπερασβεστωμένα και επιρρεπή σε ανεπάρκεια μαγγανίου (*FAO, Food and Agriculture organization of the United Nations, 2011; Oelke, E.A., et al., 1991*). Ιδιαίτερα επιβλαβή για την ανάπτυξη του μπιζελιού είναι τα όξινα εδάφη, τα εδάφη με υψηλή περιεκτικότητα σε αλουμίνιο και αυτά που νεροκρατούν (*Messiaen, C-M., et al., 2006*), καθώς επίσης ο ζεστός καιρός και η ξηρασία κατά την περίοδο της ανθοφορίας. Τα ξηρά μπιζέλια (Field Peas) μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως χειμωνιάτικη καλλιέργεια, σε ζεστές και εύκρατες περιοχές, διότι οι σπόροι τους είναι ιδιαίτερα ανθεκτικοί στο παγετό (σε περιοχές όπου οι χειμώνες είναι πάρα πολύ κρύοι, τα μπιζέλια μπορούν να καλλιεργηθούν την άνοιξη). Απαιτούν μόνο 60 ημέρες για να φθάσουν το στάδιο της άνθισης και 100 ημέρες για να ωριμάσουν και να αποξηραθούν (*Oelke, E.A., et al., 1991*).

Τα μπιζέλια (*Pisum sativum*) χαρακτηρίζονται γενικότερα από μεγάλη γενετική ποικιλομορφία. Τα στελέχη των φυτών είναι κούφια, γωνιακά ή σφαιροειδή και καλύπτονται από ένα κέρινο χνούδι. Οι λοβοί τους είναι διανοιγμένοι και περιέχουν αρκετούς σπόρους, η περιεκτικότητα των οποίων σε ταννίνη μαρτυράται από το χρώμα των λουλουδιών τους και συγκεκριμένα, τα φυτά που έχουν λευκά άνθη παράγουν σπόρους χωρίς ταννίνες, ενώ αυτά με χρωματιστά άνθη παράγουν σπόρους με ταννίνες (FAO, Food and Agriculture organization of the United Nations, 2011; Muehlbauer, F. J. and Tullu, A., 1997; Prolea, 2008). Υπάρχουν χειμωνιάτικες και ανοιξιάτικες ποικιλίες, πρωίμου ή αργής-ωρίμανσης, φυλλώδης και μη, με σπόρους ποικίλλου σχήματος, μεγέθους και χρώματος π.χ. πράσινου, κίτρινου ή απαλού πράσινου, καφέ και με στίγματα, με λεπτό ή παχύ φλοιό, στρογγυλοί ή γωνιώδης, λείοι ή ριτιδιασμένοι κ.λ.π., των οποίων το βάρος κυμαίνεται μεταξύ 0,1-0,36 g (Hickling, D., 2003; Gatel, F and Grosjean, F., 1990; Canbolat, O., Tamer, E. and Acikgoz, E., 2007; Duke, J.A., 1981).

Με βάση τα παραπάνω, μπορούν να οριστούν οι ακόλουθες τρεις εμπορικές ομάδες ποικιλιών (Bewley, J. D., Black, M. and Halmer, P., 2006):

1. Τα κηπευτικά-λαχανοκομικά μπιζέλια (Garden Peas/*Pisum sativum* L., *subsp. sativum* var. *sativum*, φρέσκα μπιζέλια ή αρακάς, πράσινα μπιζέλια και μοσχομπίζελα ή Vining peas), τα οποία συγκομίζονται ενώ είναι ακόμα ανώριμα έτσι ώστε να καταναλωθούν μαγειρεμένα ή ωμά ως λαχανικό και διατίθενται στην αγορά φρέσκα, κονσερβοποιημένα ή κατεψυγμένα. Ο αρακάς είναι συνήθως από τα λαχανοκομικά είδη (hortense types) με λευκό λουλούδι.
2. Τα ξηρά μπιζέλια ή μπιζέλια του αγρού (Field Peas / *Pisum sativum* L. *subsp. sativum* var. *arvense* (L.) Poir, αποξηραμένα μπιζέλια, ή συνδυασμός μπιζελιών) τα οποία συγκομίζονται ώριμα και χρησιμοποιούνται ολόκληρα, ή διασπασμένα ή σε μορφή

αλεύρου, είτε για ανθρώπινη κατανάλωση (*Muehlbauer, F. J. and Tullu, A., 1997*) είτε ως κτηνοτροφή. Ανήκουν συνήθως στα είδη του αγρού (*arvense types*) με έγχρωμο λουλούδι.

3. Τέλος, υπάρχουν τα καθαρά κτηνοτροφικά μπιζέλια ή «πρωτεϊνικός αρακάς» (*Poi protéagineux*), τα οποία είναι μπιζέλια του αγρού που αναπτύχθηκαν στην Ευρώπη από λαχανοκομικές και υβριδικές ποικιλίες τη δεκαετία του 1980, ως κτηνοτροφή υψηλής πρωτεϊνικής περιεκτικότητας, με χαμηλά επίπεδα αντιθρυψίνης και με λευκό άνθος, δηλαδή χαμηλή περιεκτικότητα σε τανίνη (*GNIS, 2011*).

Η μπιζελιά εκτός από τις καιρικές και περιβαλλοντικές συνθήκες επηρεάζεται και από πολλές ασθένειες βακτηριακής (π.χ. βακτηριακή σήψη ή στα αγγλικά *bacterial blight – Pseudomonas Pisi*), μυκητολογικής (π.χ. περονόσπορος ή Downy Mildew - *Peronospora viciae*; ασκοχύτωση - *Ascochyta pisi* ή *Micosphaerella pinode*; ωΐδιο - ερυσίβη ή Powdery Mildew - *Erysiphe polygoni*; μηκυτιάσεις από *Pythium spp*, σκληρωτία - *Sclerotinia sclerotiorum*; αλτερνάρια - *Alternaria alternata*; μαύρη κηλίδωση ή Septoria - *Septoria pisi*; φουζαρίωση - *Fusarium oxysporum* f. sp. *pisi*; σκωρίαση ή rust - *Uromyces Fabae*; ριζοκτόνια - *Rhizoctonia pilani* κ.λ.π.) και ιολογικής φύσεως (π.χ. από ιούς όπως ο PSVC-Pea Seedborne Mosaic Virus που αποτελεί και την κυριότερη ίωση της μπιζελιάς, BYMV-Bean Yellow Mosaic Virus κ.λ.π.) αλλά και από έντομα όπως αφίδια, βρούχοι (*Bruchus Pisorum*) κ.λ.π. Ανάλογα με το παθογόνο και την ασθένεια που προκαλεί, μπορούν να προσβληθούν τόσο τα υπόγεια (σήψη του ριζικού συστήματος) όσο και τα υπέργεια τμήματα του φυτού της μπιζελιάς (στιγματισμός ή και σήψη των φύλλων και των λοβών συρρίκνωση ή και σήψη των σπόρων κ.λ.π.) σε διάφορα στάδια της ωρίμανσής της, με αποτέλεσμα μεγαλύτερη ή μικρότερη μείωση της απόδοσης της καλλιέργειας και ποιοτική υποβάθμιση του σπόρου (*Spencer, R., 2003; Nelson, M.A., 2003; www.gaiapedia.gr*).

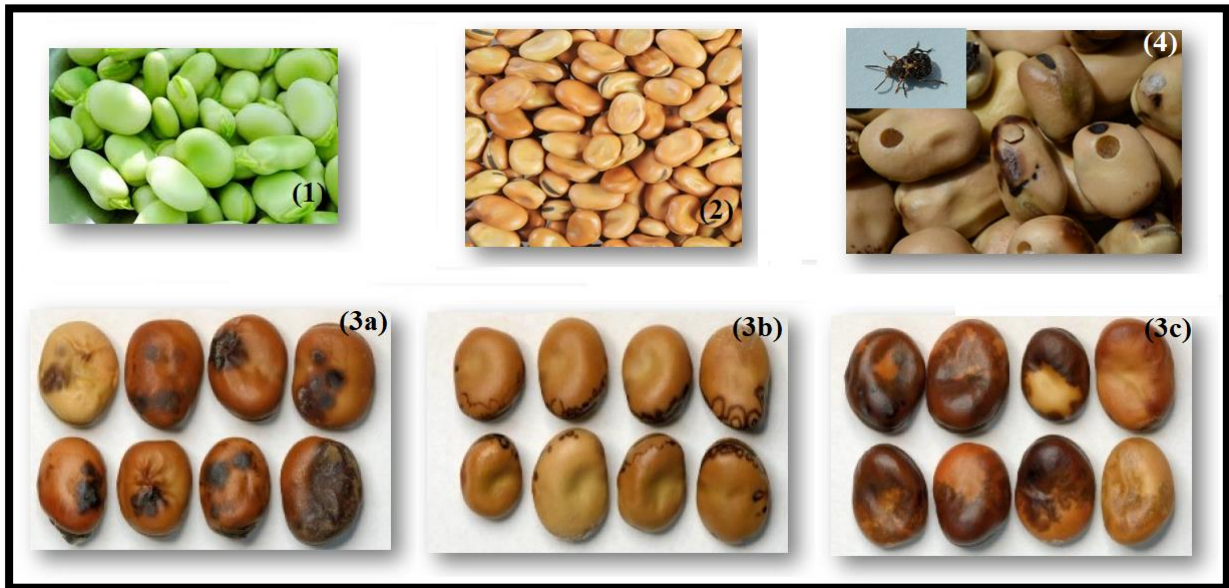
Προδιαγραφές Α΄ ύλης για Μπιζέλι κομμένο		
ΧΩΡΑ/ΤΟΠΟΣ	ΕΛΛΑΔΑ	ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ
ΕΝΤΟΜΟΤΡΗΤΑ	-	≤0,5%
ΥΓΡΑΣΙΑ	-	≤14%
ΞΕΝΕΣ ΥΛΕΣ	-	≤1%
ΑΝΟΜΟΙΟΧΡΩΜΙΑ	-	≤5%
ΑΝΟΜΟΙΟΜΟΡΦΙΑ	-	≤5%
ΑΠΕΝΤΟΜΩΜΕΝΑ	-	✓
ΖΑΡΩΜΕΝΑ	-	0%
ΤΕΛΕΥΤΑΙΑΣ ΕΣΟΔΕΙΑΣ	-	✓
ΣΠΑΣΜΕΝΑ	-	≤3%

Πίνακας 60. Προδιαγραφές Α΄ ύλης για Μπιζέλι κομμένο (τα νούμερα που αναγράφονται είναι ενδεικτικά και αλλάζουν ανάλογα με το έτος της εσοδείας και με τη χώρα προέλευσης)

Η ακατέργαστη Α΄ ύλη, σύμφωνα με τα προαναφερθέντα, μπορεί να περιέχει διαφόρων ειδών μη αποδεκτούς σπόρους π.χ. εντομότρητους, συρρικνωμένους, στιγματισμένους ή και αποχρωματισμένους, καμένους από τη ζέστη ή τον παγετό κ.λ.π.

ΚΟΥΚΙΑ (VICIA FABEA)

(είναι γνωστά με διάφορα ονόματα π.χ. *broad bean*, *fava bean*, *faba bean*, *field bean*, *bell bean*, *tic bean*, ή *horse bean*)



Εικόνα 69. (1) Κουκιά Χλωρά και (2) Ξερά. Κατεστραμμένοι κόκκοι από: (3a) ασκοχύτωση, (3b) τον ιό PSbMV (Pea Seed-borne Mosaic Virus) (3c) και τις καιρικές συνθήκες, (4) προσβεβλημένο δείγμα από τον βρούχο των κουκιών '*Bruchus rufimanus*' και ενήλικος βρούχος. Πηγές: Warkentin, P.F., (2015); www.alibaba.com; Pulse Australia. Australian Pulse Bulletin. Faba Bean: Integrated disease management; Schubiger, F.X. (2017). Pflanzenkrankheiten (erkennen - verstehen – vermeiden).

Ο καρπός του φυτού είναι ένας ευρύς χνουδωτός λοβός χρώματος πράσινου που ωριμάζοντας γίνεται μαυριδερό-καφέ. Στα άγρια είδη, οι λοβοί έχουν μήκος 5-10 εκ και διάμετρο 1 εκ, αλλά πολλές σύγχρονες ποικιλίες που αναπτύχθηκαν για διατροφική χρήση έχουν λοβό που μπορεί να φτάσει τα 15-25 εκ μήκος και τα 2-3 εκ πάχος. Κάθε ομάδα περιέχει 3-8 σπόρους, σχήματος που ποικίλλει από στρογγυλό έως ωσειδές, συνήθως επίπεδοι με διάμετρο 5-10 mm και μέχρι 20-25 mm σε μήκος, 15 mm εύρος και 5-10 mm σε πάχος σε ποικιλίες που προορίζονται ως τρόφιμα (Bilello, S., 2016).

Οι κυριότερες και πιο καταστροφικές μυκητολογικές ασθένειες που επηρεάζουν τα κουκιά είναι η ασκοχύτωση (*ascochyta blight*, *Ascochyta fabae*) και η ασθένεια με τα σοκολατοειδή στίγματα (*chocolate spot*, *Botrytis fabae*), ενώ άλλες συχνές ασθένειες είναι η '*Cercospora*' που προκαλεί στίγματα στα φύλλα (*Cercospora zonata*) και η σκουριά (Rust,

Uromyces viciae-fabae). Τα συμπτώματα της ασκοχύτωσης και της ασθένειας ‘chocolate spot’, εύκολα συγχέονται με τα συμπτώματα της λοίμωξης των φύλλων ‘Cercospora’. Εξ αυτών, η ασθένεια που επηρεάζει την εμφάνιση των σπόρων είναι η ασκοχύτωση, η οποία ευνοείται από τις παρατεταμένες υγρές και δροσερές περιβαλλοντικές συνθήκες (5-15°C) και συνήθως αναπτύσσεται στην αρχή της καλλιεργητικής περιόδου. Η ζημιά από τη μόλυνση του στελέχους συχνά οδηγεί σε σοβαρές απώλειες των καλλιεργειών ευαίσθητων ποικιλιών. Η ανάπτυξη αυτής της νόσου είναι επίσης σημαντική και στο τέλος της καλλιεργητικής περιόδου, διότι η λοίμωξη των λοβών από *Ascochyta blight* μπορεί να προκαλέσει τον αποχρωματισμό των σπόρων και την επακόλουθη ποιοτική υποβάθμισή τους (*Pulse Australia. Australian Pulse Bulletin. Faba Bean: Integrated disease management*).

Η ακατέργαστη Αΰλη πολύ συχνά βρίσκεται να είναι προσβεβλημένη και από το βρούχο των κουκιών (*Bruchus rufimanus*) που αφήνει αρκετές οπές στο σπόρο (Χιντζόγλου Γ., 2013). Άλλα ευρήματα είναι φυτικά υπολείμματα όπως κομμάτια από ξύλα, σπασμένοι σπόροι, αλλά μπορούμε να βρούμε και ατροφικούς σπόρους.

Προδιαγραφές Αΰλης για Κουκιά Ξερά		
ΧΩΡΑ/ΤΟΠΟΣ	ΕΛΛΑΔΑ	ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ
ΕΝΤΟΜΟΤΡΗΤΑ	≤0,5%	≤0,5%
ΥΓΡΑΣΙΑ	≤14%	≤14%
ΞΕΝΕΣ ΥΛΕΣ	≤5%	≤1%
ΑΝΟΜΟΙΟΧΡΩΜΙΑ	≤15%	10%
ΑΝΟΜΟΙΟΜΟΡΦΙΑ	≤10%	≤5%
ΑΠΕΝΤΟΜΩΜΕΝΑ	✓	✓
ΖΑΡΩΜΕΝΑ	≤5%	≤5%
ΤΕΛΕΥΤΑΙΑΣ ΕΣΟΔΕΙΑΣ	✓	✓
ΣΠΑΣΜΕΝΑ	≤2%	≤2%

Πίνακας 61. Προδιαγραφές Αΰλης για Κουκιά Ξερά (τα νούμερα που αναγράφονται είναι ενδεικτικά και αλλάζουν ανάλογα με το έτος της εσοδείας και με τη χώρα προέλευσης)

ΦΑΚΕΣ (LENS CULINARIS)

Υπάρχουν πολλές ποικιλίες φακής, που διαφέρουν μεταξύ τους, στο μέγεθος του φυτού, στο χρώμα των φύλλων, στο σχήμα και το χρώμα των σπόρων και των ανθών. Ο καρπός της φακής ή λοβός είναι γενικά μικρός, δεν ξεπερνά τα 3 εκ και πλατύς, ενώ φέρει 2-3 μικρούς σπόρους τις λεγόμενες φακές του εμπορίου. Οι σπόροι του εμπορίου είναι μικροί, στρογγυλοί και αμφίκυρτοι, με διαστάσεις 4-8 mm μήκος επί 2,2 mm πλάτος, σχήματος 'φακού' και χρώμα πράσινο, πρασινωπό-καφέ ή ελαφρύ κόκκινο-πορτοκαλί, με ενίοτε μαύρα στίγματα (Kay, D., 1979; Duke, J.A., 1981; Muehlbauer, F.J., 1995), αν και υπάρχουν και μη διαδεδομένες ποικιλίες με μαύρο χρώμα (π.χ. Beluga). Είθισται να πωλούνται σε πολλές μορφές, όπως με ή χωρίς τον φλοιό, ολόκληροι ή διασπασμένοι. Το μέγεθος των κόκκων αυξάνεται από τα είδη που καλλιεργούνται στις ανατολικές περιοχές προς αυτά που καλλιεργούνται στις δυτικές και κατά συνέπεια το βάρος των 1000 σπόρων κυμαίνεται από 20 έως 80g. Με βάση αυτό το κριτήριο μπορούν να διαχωριστούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες ποικιλιών (Hawtin, G.C., Singh, K.B. and Saxena., M.C., 1980; Muehlbauer, F.J., Cubero, J.I. and Summerfield, R.J., 1985; Kay, D., 1979):

- a) Τις μεγαλόσπερμες, με τους πιο μεγάλους και επίπεδους σπόρους που φτάνουν σε διάμετρο τα 6-9 mm και το βάρος των 1000 σπόρων κυμαίνεται μεταξύ 50-80g. Οι φακές αυτές, βρίσκονται κυρίως στη περιοχή της Μεσογείου και του Νέου Κόσμου και περιλαμβάνουν τις ποικιλίες με χιλιανές ή κίτρινου τύπου κοτυληδόνες, δηλαδή οι κοτυληδόνες τους είναι κίτρινες με λίγη ή καθόλου χρώση.
- b) και τις μικρόσπερμες των οποίων οι σπόροι, επίπεδοι ή πιο σφαιροειδής, έχουν διάμετρο 2-6 mm και βάρος 1000 σπόρων 20-45 g. Περιλαμβάνουν τις ποικιλίες με τις περσικές ή κόκκινου τύπου κοτυληδόνες, οι οποίες έχουν κόκκινο, πορτοκαλί ή κίτρινο χρώμα και η καλλιέργειά τους εντοπίζεται αντίστοιχα στην Ινδική υποήπειρο, την εγγύς Ανατολή και την Ανατολική Αφρική.



Εικόνα 70. Διάφορα μεγέθη και χρώματα, σπόρων φακής. Πηγές: Pandespani.com (2009-2017). Pandespani, Delicious Ideas; Alliance Zone (Global Agri-Food Sourcing), (2017). Red Split Lentils; United States Department of Agriculture, Grain Inspection Packers & Stockyards Administration. Comodity Image Gallery, Lentils: Athena, Beluga, Blaze Red, lentil Red (peeled & split), Brewer, Crimson, Eston, French Green, Mason, Merrit, Milestone, Morton, Palouse, Pardina, Pennel, Redberry, Red Chief, Richlea, Robbins, Shasta.

Στην Ελλάδα η φακή καλλιεργείται σχεδόν σε όλα τα διαμερίσματα της χώρας αφού προσαρμόζεται σε πολλούς κλιματικούς τύπους. Παραδοσιακά καλλιεργείται στους νομούς Λάρισας, Βοιωτίας, Κοζάνης, Καστοριάς και στα νησιά Χίο και Λευκάδα αλλά και σε μικροεκτάσεις σχεδόν παντού σε όλη τη χώρα. Λόγω ακριβώς αυτής της προσαρμοστικότητας της και της ανεκτικότητάς της στην ξηρασία είναι ευρέως διαδεδομένη καλλιέργεια και σε παγκόσμιο επίπεδο. Περίπου το ένα τέταρτο της παγκόσμιας παραγωγής της φακής είναι από την Ινδία, με το περισσότερο να καταναλώνεται στην εγχώρια αγορά. Ο Καναδάς είναι ο μεγαλύτερος εξαγωγέας φακής στον κόσμο, και το Σασκάτσουαν (Saskatchewan) είναι η πιο σημαντική περιοχή παραγωγής στον Καναδά από τη στιγμή που παράγει το 99% της καναδικής

φακής. Ακολουθούν σε αυτή τη κατάταξη η Τουρκία και η Αυστραλία με σημαντικές ποσότητες ετήσιας παραγωγής φακής (*UN Food & Agriculture Organization, 'Production Quantity of Lentils by countries', 2014*).

Η καλλιέργεια της φακής είναι ετήσια φθινοπωρινή καλλιέργεια που καταλαμβάνει τους αγρούς από το Νοέμβριο μέχρι τον Ιούνιο. Καλλιεργείται σε ξηρικά χωράφια σε ορεινές, ημιορεινές και λοφώδεις περιοχές, δηλαδή σε περιοχές με χαμηλό σχετικά υψόμετρο που δεν υπερβαίνει τα 1000μ. και σε αμειψισπορά κυρίως με το σιτάρι, με εναλλαγή (επαναφορά της φακής) κάθε 2 με 3 χρόνια. Η αμειψισπορά, όπως προαναφέρθηκε, βοηθάει το έδαφος να ανακτήσει το χαμένο του άζωτο με ελάχιστο κόστος. Η καλλιέργεια της φακής χρειάζεται επίσης ήπιους χειμώνες, καθώς παρατεταμένοι παγετοί κάτω των -10°C προκαλούν σοβαρότατα προβλήματα στα φυτά. Εκτός από το ψύχος, ζημιές στα σπέρματα μπορούν να προκαλέσουν και υψηλές παρατεταμένες θερμοκρασίες άνω των 30°C , κυρίως όταν αυτές λαμβάνουν χώρα κατά τη περίοδο της άνθισης. Τη συγκεκριμένη περίοδο, δηλαδή Απρίλιο–Μάιο τα φυτά χρειάζονται βροχές ώστε να αυξηθούν τα ποσοστά υγρασίας και να βοηθηθεί η ανάπτυξη των σπερμάτων και θερίζονται μόλις κιτρινίσουν αλλά πριν αποξηραθούν τελείως για αποφυγή απωλειών από τα τινάγματα λοβών και σπόρων στο χωράφι. Στη συνέχεια τα κομμένα φυτά αφήνονται να αποξηραθούν και αλωνίζονται με κοινές θεριζοαλωνιστικές μηχανές (*Agrocapital, 'Φακή', 2013*).

Η καλλιέργεια της φακής έχει πολλούς εχθρούς με πρώτο και πολύ σημαντικό τα ζιζάνια. Το μέγεθος των φυτών που δεν ξεπερνάει το μισό μέτρο σε ύψος επιτρέπει στα ζιζάνια να καταπνίγουν την καλλιέργεια κυρίως την άνοιξη οπότε και είναι απαραίτητη η άμεση αντιμετώπισή τους, σύμφωνα με τις καλές γεωργικές πρακτικές. Τα φυτά αυτά πλήττονται και από μια πληθώρα ασθενειών που έχουν δραματικές συνέπειες τόσο στην απόδοση της καλλιέργειας όσο και στην ποιότητα του παραγόμενου σπόρου όπως μηκυτιάσεις:

- Το Φουζάριο (*Fusarium sp.*), είναι μύκητας του εδάφους που προσβάλλει τα φυτά της φακής από τις ρίζες, τόσο κατά το φύτευμά τους όσο και κατά τα στάδια της άνθησης και της καρποφορίας τους. Αποτέλεσμα της προσβολής από αυτή την ασθένεια είναι το γρήγορο κιτρίνισμα και η ξήρανση των φυτών με συνέπεια τη δραστική μείωση του πληθυσμού των φυτών και λήψη χαμηλών αποδόσεων (www.gaiapedia.gr; Muehlbauer, F.J. and Abebe, T., 1997).
- Η Ασκόχυτα (*Ascochyta sp.*), είναι μύκητας που συχνά προσβάλλει τη φακή ιδίως τις χρονιές που η άνοιξη είναι βροχερή, στο διάστημα από την έναρξη της άνθησής της μέχρι τη συγκομιδή. Οι χαμηλές θερμοκρασίες και οι πολλές βροχές είναι δύο παράγοντες που συντελούν σε γρήγορη εξάπλωση της ασθένειας. Το πρώιμο πλάγιασμα των φυτών της φακής ευνοεί επίσης την προσβολή. Όλα τα υπέργεια μέρη των φυτών δηλ. οι βλαστοί, τα φύλλα, οι λοβοί και οι σπόροι προσβάλλονται. Στους βλαστούς, τα φύλλα και τους λοβούς εμφανίζονται ακανόνιστες κηλίδες 3-6 χιλιοστών καστανές ή υπότροφες που φέρουν μαύρα πυκνίδια καθένα από τα οποία περιέχει εκατοντάδες με χιλιάδες σπόρους του παθογόνου. Το φύλλωμα, οι λοβοί και τα λουλούδια αποκτούν ένα χαρακτηριστικό κιτρινόμαυρο χρωματισμό και στη συνέχεια αρχίζουν και ξηραίνονται μέχρι τη τελική απόρριψή τους. Οι σπόροι που προσβάλλονται μέσα στους λοβούς ζαρώνουν και αποχρωματίζονται παίρνοντας πορφυρό-καφέ χρωματισμό χαμηλώνοντας έτσι την εμπορική αξία της Α΄ ύλης. Ο μύκητας μεταδίδεται με το σπόρο της φακής και με τα προσβεβλημένα φυτικά υπολείμματα, που πέφτουν στον αγρό (www.gaiapedia.gr; Michael, W., 2013).
- Η σκληρωτία (*Sclerotinia sclerotiorum*) είναι ένας μύκητας του εδάφους που επιμολύνοντας το στέλεχος της φακής προκαλεί αρχικά χλώρωση και στη συνέχεια νέκρωση και σήψη των ιστών του λαιμού και του ριζικού συστήματος τα οποία στη συνέχεια μεταδίδονται και στα εναέρια μέρη του φυτού. Στο ύψος του λαιμού την άνοιξη εμφανίζονται ανάμεσα στις λευκές ύφες του μύκητα, μαύρα σκληρά σωματίδια σαν μικρές

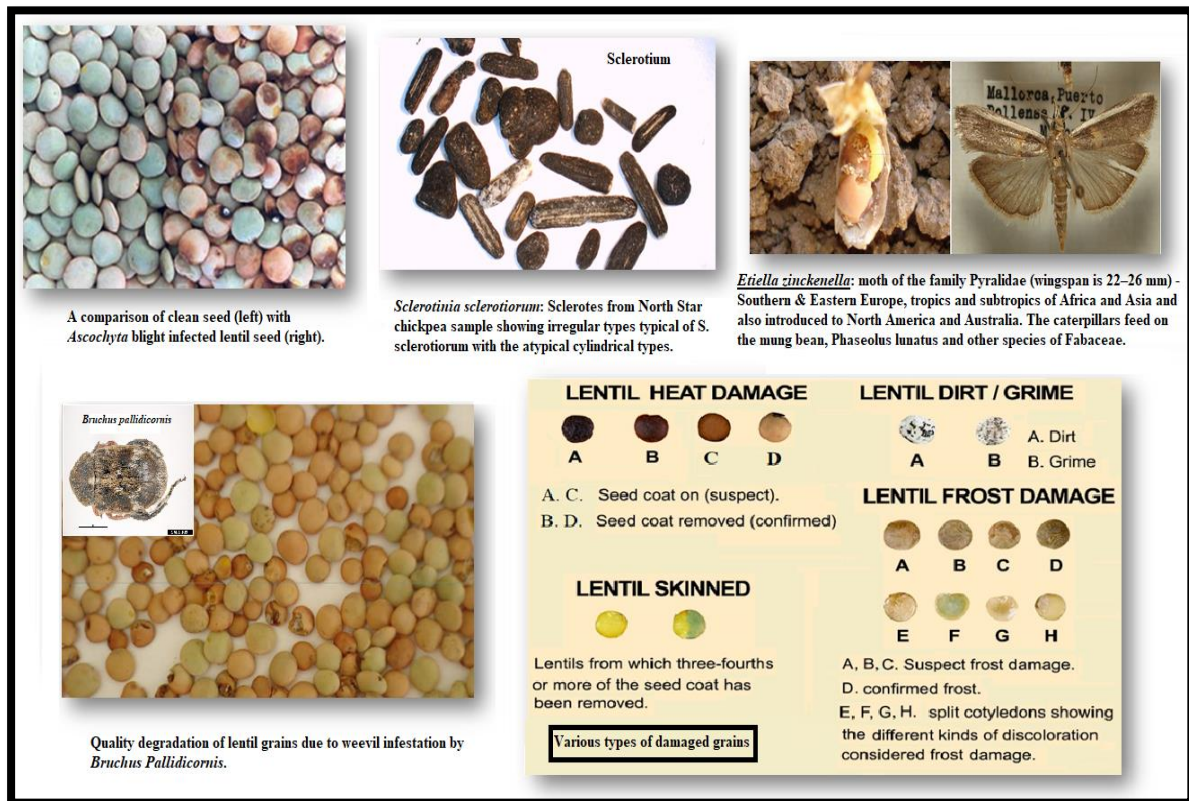
πέτρες, τα σκληρώτια, που έχουν διαστάσεις 2x2 χιλιοστά, με τα οποία ο μύκητας διατηρείται στο έδαφος και προκαλεί τις προσβολές τα επόμενα χρόνια. Τα σκληρώτια ποικίλλουν σε μέγεθος και σχήμα, έχουν επιφάνεια με φυσική υφή, ενώ το εξωτερικό τους χρώμα μπορεί να είναι σκούρο μαύρο, γκρι ή λευκό και έχουν ένα καθαρό ελαφρώς υποκίτρινο εσωτερικό. Η ασθένεια ευνοείται ιδιαίτερα από μέτριες-χαμηλές θερμοκρασίες και υψηλή υγρασία. Οι πρώτες προσβολές στον αγρό αρχίζουν από τα σκληρώτια που μένουν στο έδαφος (www.gaiapedia.gr; *Canadian Grain Commission, Official Grain Grading Guide: 'Lentils'*, 2016).

- Άλλες εξίσου σημαντικές ασθένειες της φακής είναι ο περονόσπορος (*Peronospora lentis*) και η σκωρίαση (*Uromyces fabae*) (*Agrocapital, 'Φακή'*, 2013).

Προβλήματα σοβαρά προκαλούν και έντομα όπως οι βρούχοι της Φακής (*Bruchus signaticornis*, *Bruchus pallidicornis*) και η κάμπια της πεταλούδας '*Etiella Zinckenella*' (ή pod borer, ρύκτης των λοβών). Το έντομο γεννά το αυγό του στην επιφάνεια των μικρών πράσινων λοβών της φακής που μόλις αρχίζουν να σχηματίζονται. Από τα αυγά εξέρχονται μικρές κάμπιες που τρυπούν κάθετα το λοβό στο σημείο που είναι κολλημένο το αυγό και μπαίνουν μέσα στους σπόρους. Μεγαλώνοντας τρώνε όλο σχεδόν το εσωτερικό των σπόρων και εξελίσσονται σε τέλεια έντομα που εξέρχονται τέλος Ιουνίου αρχές Ιουλίου. Κατά την έξοδο τους από το σπόρο ανοίγουν χαρακτηριστική "οπή εξόδου". Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση της εμπορικής αξίας της φακής (*Βλαχοστέργιος, Δ. (Δρ)*, 2012; www.gaiapedia.gr; *Agrocapital, 'Φακή'*, 2013).

Σύμφωνα με τα προαναφερθέντα στην ακαθάριστη Α΄ ύλη, αμέσως μετά την συγκομιδή και πριν από την επεξεργασία της από ειδικές καθαριστικές μηχανές του μύλου οσπρίων της βιομηχανίας (plansifter, τριέρια, ηλεκτρονικοί χρωματοδιαλογείς, πετροδιαλογείς κ.λ.π.) μπορούμε να συναντήσουμε εκτός από τους κανονικούς σπόρους της εκάστοτε ποικιλίας και

(www.gaiapedia.gr; Canadian Grain Commission, Official Grain Grading Guide: 'Lentils', 2016):



Εικόνα 71. Σπόροι φακής προσβεβλημένοι από ασθένειες (*Ascochyta*, *Sclerotinia sclerotiorum*), έντομα (*Etiella Zinckenella*, *Bruchus pallidicornis*) και περιβαλλοντικές συνθήκες (υψηλές θερμοκρασίες, παγετός, βρωμιά, μηχανική καταπόνηση). Πηγές: Agriculture Victoria, (2016). Pests diseases and weeds; Chiplin, G., (2017). Photo: Sclerotes from North Star Chickpea sample; Sarefo, (2007). Photo: 'Etiella Zinchenella moth mounted'. In, Wikipedia (The free Encyclopedia): 'Etiella Zinchenella'; Kaponi, K., (2013). Photo: 'Etiella Zinchenella caterpillar, in lentil pod', Photo: 'Bruchus Pallidicornis' & Photo: 'Quality degradation of lentil grains due to weevil infestation by *Bruchus Pallidicornis*'; United States Department of Agriculture, Grain Inspection Packers & Stockyards Administration, Visual Reference Library.

1. Σπόρους εντομότρητους είτε από το βρούχο της φακής είτε από άλλα έντομα όπως ο ρύκτης των λοβών (*etiella*). Οι περισσότεροι μπορούν να απομακρυνθούν από τις μηχανές καθαρισμού διότι έχουν μικρότερο βάρος από τους κανονικούς σπόρους, αλλά όχι με απόλυτη επιτυχία. Το ίδιο δεν ισχύει για τους σπόρους που περιέχουν ήδη μέσα το έντομο νεκρό.

2. Όπως και στην περίπτωση των άλλων οσπρίων στην ακατέργαστη Α΄ ύλη μπορούμε να βρούμε διάφορα φυτικά υπολείμματα (κομμάτια ξερών βλαστών, σπασμένους σπόρους, ξερούς λοβούς, φύλλα κ.ά.) αλλά και ξένες ύλες όπως πέτρες και χώμα, έντομα ή τμήματα αυτών, που εύκολα απομακρύνονται από τις ειδικές καθαριστικές μηχανές.
3. Σπόρους από διάφορα ζιζάνια που συγκομίστηκαν και αλωνίστηκαν μαζί με τη φακή. Από αυτούς τους σπόρους απομακρύνονται από τις μηχανές μόνο αυτοί που έχουν μικρότερο μέγεθος (ειδικές κοσκίνες) από τους σπόρους της φακής και οι πιο ελαφριοί με τον αέρα της μηχανής. Δύσκολα απομακρύνονται οι σπόροι από βίκο, κριθάρι και σιτάρι. Ιδιαίτερα το τελευταίο είναι σύνηθες να 'επιμολύνει' τις φακές λόγω της αμειψισποράς.
4. Σκληρώτια που έχουν σχεδόν το ίδιο μέγεθος με τη φακή. Είναι αρκετά δύσκολο να αφαιρεθούν από την Α΄ ύλη ιδιαίτερα όταν αυτή είναι πολύ επιμολυσμένη με το μύκητα.
5. Σπόρους φακής με μαύρα στίγματα ή κηλίδες και σπόρους με χρώμα σταχτί ή κόκκινο. Τέτοιου είδους ανεπιθύμητοι σπόροι μπορεί να οφείλονται είτε στο σπόρο που χρησιμοποιήθηκε για σπορά (πράγματι στις νέες βελτιωμένες ποικιλίες δεν υπάρχουν τέτοιοι σπόροι παρά μόνο σε ντόπιους πληθυσμούς), είτε όπως προαναφέρθηκε σε ασθένειες, είτε τέλος στην επίδραση υψηλών θερμοκρασιών. Μπορούν εν μέρει να απομακρυνθούν στα καθαριστήρια (ηλεκτρονικοί χρωματοδιαλογείς).
6. Σπόροι ατροφικοί και σπόροι ζαρωμένοι. Οι τελευταίοι είναι συνήθως ζημιά που προκαλείται στους σπόρους από τις πολύ χαμηλές θερμοκρασίες και τον πάγο. Η ζημιά από παγετό υποδεικνύεται από ένα συνδυασμό ρυτίδων στην επιφάνεια του σπόρου και στενής προσκόλλησης του περιβλήματος του σπόρου στη κοτυληδόνα. Το περίβλημα του σπόρου μπορεί να είναι ημιδιαφανές στην εμφάνιση, και οι κοτυληδόνες να είναι εύθραυστες στην υφή. Και αυτοί οι σπόροι μπορούν εύκολα να απομακρυνθούν.

Προδιαγραφές Αΰλων για:	Φακές Ψιλές		Φακές Χονδρές		Φακές Κόκκινες	
	ΕΛΛΑΔΑ	ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ	ΕΛΛΑΔΑ	ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ	ΕΛΛΑΔΑ	ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ
ΕΝΤΟΜΟΤΡΗΤΑ	≤0,5%	≤0,5%	≤0,5%	≤0,5%	-	≤0,5%
ΥΓΡΑΣΙΑ	≤14%	≤14%	≤14%	≤14%	-	≤14%
ΞΕΝΕΣ ΥΛΕΣ	≤8%	≤1%	≤8%	≤1%	-	≤3%
ΑΝΟΜΟΙΟΧΡΩΜΙΑ	≤10%	6%	≤10%	6%	-	≤10%
ΑΝΟΜΟΙΟΜΟΡΦΙΑ	≤5%	2%	2%	2%	-	0%
ΑΠΕΝΤΟΜΩΜΕΝΑ	✓	✓	✓	✓	-	✓
ΖΑΡΩΜΕΝΑ	≤3%	≤3%	≤3%	3%	-	0%
ΤΕΛΕΥΤΑΙΑΣ ΕΣΟΔΕΙΑΣ	✓	✓	✓	✓	-	✓
ΣΠΑΣΜΕΝΑ	≤2%	≤5%	≤2%	≤5%	-	≤5%

Πίνακας 62. Προδιαγραφές Αΰλων, για Φακές Ψιλές, Φακές Χονδρές και Φακές Κόκκινες (τα νούμερα που αναγράφονται είναι ενδεικτικά και αλλάζουν ανάλογα με το έτος της εσοδείας και με τη χώρα προέλευσης)

ΡΕΒΙΘΙΑ (CICER ARIETINUM)

(γνωστά και ως *gram*, *Bengal gram*, *garbanzo or garbanzo bean*, *Egyptian pea*)



Εικόνα 72. Ρεβίθια χονδρά - καθαρισμένη Αΰλη (αριστερά) και ρεβίθια χονδρά αποφλοιωμένα (δεξιά). Πηγές: United States Department of Agriculture, Grain Inspection Packers & Stockyards Administration: Comodity Image Gallery; Photo: ‘Peeled chickpeas’ τροποποιήθηκε από: ‘fat pig in the market’, (2014). Powered by *Wordpress*, 2010.

Τα ρεβίθια όπως και οι φακές είναι δύο καλλιέργειες που ενώ ευδοκιμούσαν στην Ελλάδα, στην πορεία των χρόνων εγκαταλείφθηκαν σε σημείο τέτοιο, ώστε μέχρι πριν από ελάχιστα χρόνια το 90-98% της εσωτερικής κατανάλωσης προερχόταν από το εξωτερικό. Σήμερα όμως επανέρχονται δυναμικά στη σύγχρονη γεωργία για διάφορους λόγους, όπως οι υψηλές ποσοτικά αποδόσεις των καλλιεργειών εξαιτίας της δημιουργίας νέων βελτιωμένων ποικιλιών και της εντατικοποίησης της καλλιέργειας, η μεγάλη αντοχή τους στην ξηρασία, το μειωμένο σχετικά κόστος της παραγωγής, η βελτίωση της γονιμότητας του εδάφους κ.λ.π. (Νικολαΐδης, Α., 2012).

Στην Ελλάδα καλλιεργούνται σήμερα τα μεγάλα και μέτρια σε μέγεθος ρεβίθια με χρώμα σπόρου κίτρινο ανοιχτό έως σκούρο ή κίτρινο-καφέ, τα οποία και προτιμώνται από τους καταναλωτές. Η διάθεσή τους στο εμπόριο μπορεί να γίνει είτε ως ακέραια ρεβίθια, είτε ως

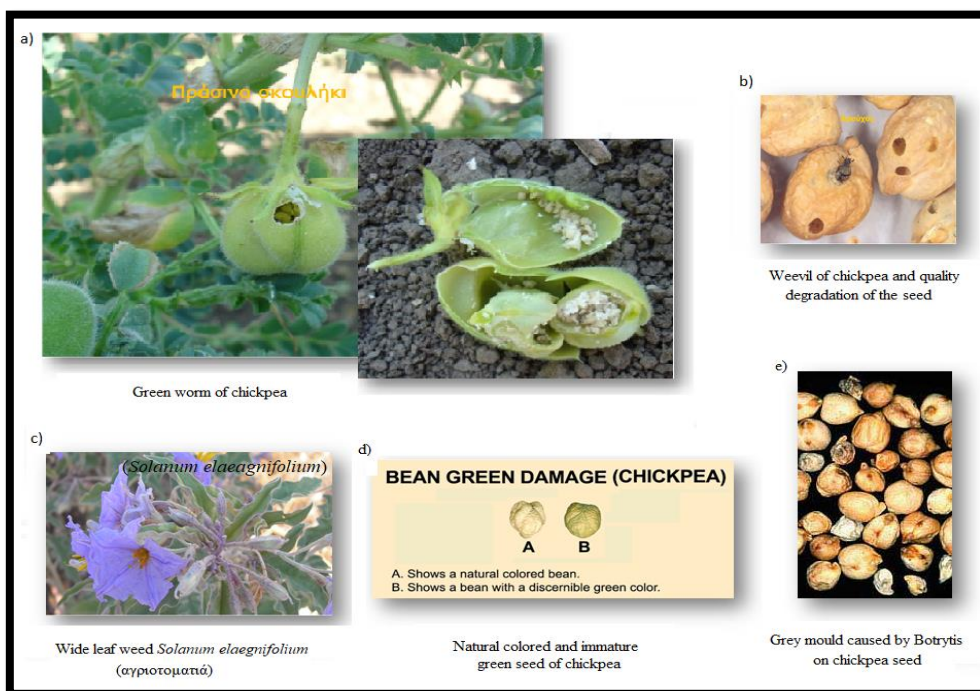
αποφλοιωμένα, οπότε μέρος της επεξεργασίας τους μπορεί να περιλαμβάνει και την αποφλοιώσή τους. Συνήθως προς αποφλοιώση προορίζονται τα ρεβίθια των οποίων οι σπόροι έχουν μέγεθος και εμφάνιση που δεν πληροί απόλυτα τα κριτήρια που έχει θέσει η βιομηχανία για την εμπορευσιμότητά τους. Με κριτήριο το μέγεθος του σπόρου μπορούμε να διακρίνουμε τις ακόλουθες τρεις κατηγορίες καλλιεργούμενων ποικιλιών (Βλαχοστέργιος, Δ. (Δρ), 2012):

- ✓ Μικρόσπερμες, με βάρος 1000 σπόρων μικρότερο από 350 γραμμάρια και διάμετρο σπόρων 5,5-7,5 χιλιοστά.
- ✓ Μεσόσπερμες, με βάρος 1000 σπόρων μεταξύ 350 και 450 γραμμαρίων και διάμετρο σπόρων 7,5-8,5 χιλιοστά.
- ✓ Μεγαλόσπερμες, με βάρος 1000 σπόρων μεγαλύτερο από 450 γραμμάρια και διάμετρο μεγαλύτερη από 8,5 χιλιοστά.

Το ρεβίθι συγκεκριμένα είναι το πιο ανθεκτικό, ανάμεσα στα καλλιεργούμενα όσπρια στη χώρα μας, στις ξηροθερμικές συνθήκες, αλλά οι αντοχές του στο κρύο είναι μικρότερες από τα λοιπά χειμερινά ψυχανθή (ιδιαίτερα οι μεγαλόσπερμες ποικιλίες) και δυσκολεύεται να αναπτυχθεί όταν καλλιεργείται σε εδάφη που νεροκρατούν. Παρουσιάζει όλα τα πλεονεκτήματα των ψυχανθών και γι' αυτό αξιοποιείται κατάλληλα στην αμειψισπορά και τη βιολογική γεωργία (Νικολαΐδης, Α., 2012).

Άλλοι σημαντικοί εχθροί του ρεβιθιού εκτός από τις κλιματολογικές συνθήκες που μπορούν να επηρεάσουν την απόδοση της καλλιέργειας και τη ποιότητα-εμπορευσιμότητα της παραγόμενης Α' ύλης είναι ασθένειες με κυριότερη την ασκοχύτωση (Λάμπρου, Σ., 2009; Αγροσύμβουλος, 'Καλλιέργεια Ρεβιθιού/Καλλιεργητικές τεχνικές', 2015) και έντομα όπως το πράσινο σκουλήκι, στον αγρό και ο βρούχος του ρεβιθιού, στην αποθήκη (*Callosobruchus ornatus*) (Χιντζόγλου, Γ., 2013; Βλαχοστέργιος, Δ. (Δρ). Προβλήματα & Προοπτικές της καλλιέργειας των Οσπρίων) . Τέλος το ρεβίθι είναι φυτό που έχει πολύ μικρή ανθεκτικότητα απέναντι στα ζιζάνια. Τα τελευταία ανταγωνίζονται ισχυρά τα φυτά της ρεβιθιάς με

αποτέλεσμα να μειώνουν σημαντικά τις αποδόσεις της καλλιέργειας και να υποβαθμίζουν ποιοτικά τη παραγωγή. Το γεγονός αυτό κάνει επιτακτική τη καταπολέμησή τους μέσα στα πλαίσια της καλής γεωργικής πρακτικής αν και αυτή δεν είναι πάντα εύκολη (Υπουργείο Αγροτικής Αναπτυξίας και Τροφίμων, Οδηγίες Ολοκληρωμένης Φυτοπροστασίας Στην Καλλιέργεια Των Ρεβιθίων, 2013). Πράγματι σήμερα, αντιμετωπίζονται αποτελεσματικά μόνο τα αγρωστώδη ζιζάνια ενώ για τα πλατύφυλλα ζιζάνια όπως η αγριοτοματιά, η γρούβα, η περικοκλάδα κ.λ.π. δεν υπάρχουν μεταφυτρωτικά ζιζανιοκτόνα (Βλαχοστέργιος, Δ. (Δρ). Προβλήματα & Προοπτικές της καλλιέργειας των Οσπρίων). Σ' αυτές τις περιπτώσεις η καλύτερη αντιμετώπιση είναι η εκρίζωση και το σκάλισμα πριν τη συγκομιδή του ρεβιθιού. Για παράδειγμα, όσον αφορά την αγριοτοματιά η οποία έχει ένα έντονο μοβ λουλούδι, η συγκομιδή της μαζί με τα ρεβίθια έχει ως αποτέλεσμα το βάψιμο του σπόρου του ρεβιθιού με ένα έντονο μοβ-μπλε χρώμα και κατά συνέπεια τη ποιοτική υποβάθμισή του.



Εικόνα 73. a) b) Έντομα εχθροί του ρεβιθιού: σκουλήκι πράσινο και βρούχος, c) Το πλατύφυλλο ζιζάνιο, Αγριοτοματιά, d) σύγκριση ώριμου σπόρου, ανοιχτού κίτρινου χρώματος, και σπόρου αωρού πράσινου χρώματος, e) μούχλα χρώματος γκρι από Βοθρύτη σε σπόρους ρεβιθιού. Πηγές: Βλαχοστέργιος, Δ. (Δρ), Προβλήματα & Προοπτικές της καλλιέργειας των Οσπρίων; SNOOPIT24, (10/01/2017). Το φυτό... εφιάλτης στην Ελλάδα; United States Department of Agriculture, Grain Inspection Packers & Stockyards Administration. Visual Reference Library; Aftab, M., Freeman, A. and Bretag, T., (2008).

Στην ακατέργαστη Α΄ ύλη είναι σύνηθες να συναντάμε εκτός από τους φυσιολογικούς σπόρους της κάθε ποικιλίας και σπόρους ατροφικούς ή ζαρωμένους, σπορους κατεστραμένους από το κρύο και σπόρους εντομότρητους, σπόρους στιγματισμένους ή εντελώς αποχρωματισμένους, σπόρους σπασμένους και ανώριμους (αωρούς) σπόρους και άλλα φυτικά υπολλείματα και ξένες ύλες (νεκρά ή ζωντανά ζώδια ή μέρη αυτών, πέτρες, χώμα κ.λ.π.). Οι αωροί σπόροι έχουν πράσινο χρώμα και είναι ανεπιθύμητοι γιατί προσδίδουν άσχημη γεύση και όταν κονσερβοποιούνται, γκριζάρουν δίνοντας στο τελικό προϊόν μία μουχλιασμένη όψη

Προδιαγραφές Α΄ ύλης Ρεβίθια Χονδρά		
ΧΩΡΑ/ΤΟΠΟΣ	ΕΛΛΑΔΑ	ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ
ΕΝΤΟΜΟΤΡΗΤΑ	≤0,5%	≤0,5%
ΥΓΡΑΣΙΑ	≤14%	≤14%
ΞΕΝΕΣ ΥΛΕΣ	≤5%	≤1%
ΑΝΟΜΟΙΟΧΡΩΜΙΑ	≤2%	≤2%
ΑΝΟΜΟΙΟΜΟΡΦΙΑ	≤10%	≤5%
ΑΠΕΝΤΟΜΩΜΕΝΑ	✓	✓
ΖΑΡΩΜΕΝΑ	0%	0%
ΤΕΛΕΥΤΑΙΑΣ ΕΣΟΔΕΙΑΣ	✓	✓
ΣΠΑΣΜΕΝΑ	≤5%	≤5%

Πίνακας 63. Προδιαγραφές Α΄ ύλης για Ρεβίθια Χονδρά (τα νούμερα που αναγράφονται είναι ενδεικτικά και αλλάζουν ανάλογα με το έτος της εσοδείας και με τη χώρα προέλευσης)

ΛΑΘΟΥΡΙ ή/και ΦΑΒΑ (LATHYRUS CLYMENUM)

(grass pea, blue sweet pea, chickling pea, chickling vetch, Indian pea, white pea and white vetch)



Εικόνα 74. Ακατέργαστη Α΄ύλη Λαθουριού (πάνω, αριστερά), καθαρισμένοι σπόροι ελληνικού Λαθουριού και παραγόμενη Φάβα (κάτω, αριστερά). Σπόρος προσβεβλημένος από προνύμφη (πάνω, δεξιά) και σπόρος ανοιγμένος στα δύο με εμφανή τρύπα (κάτω, δεξιά). Πηγές: Καρονί, Κ. (2013). Photo: 'Καρπός Λαθουριού'. In, Gaiapedia: 'Λαθούρι προϊόν'; Βλαχοστέργιος, Δ. (Δρ) (2012). Ελληνικές ποικιλίες οσπρίων Ελληνικός Γεωργικός Οργανισμός "ΔΗΜΗΤΡΑ": Λαθουρι - Φάβα (*Lathyrus sativus* L.) , Ποικιλία «ΙΜΙΑ»; Department of Agriculture and Food, Government of Western Australia, (2015).

Το Λαθούρι γνωστό και ως Ισπανικός βίκος (spanish vetch) (*Lathyrus clymenum*, στα αγγλικά: Spanish vetchling), ανήκει στην οικογένεια των Φαβίδων. Οι σπόροι χρησιμοποιούνται για την ετοιμασία του ελληνικού φαγητού Φάβα Σαντορίνης. Δηλαδή το λαθούρι για να γίνει βρώσιμο πρέπει να αποφλοιωθεί και οι κόκκοι του να διασπαστούν στη μέση έτσι ώστε να πάρει τη τελική μορφή των κόκκων της ωμής κομμένης κίτρινης φάβας. Πρόσφατα, η φάβα Σαντορίνης και η φάβα Φενεού, προστέθηκαν στα προϊόντα

Προστατευόμενης Ονομαστικής Προέλευσης της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Εκτελεστικοί Κανονισμοί: (ΕΕ)901/2010, (ΕΕ) 2016/1644, αντίστοιχα). Οι σπόροι του είναι γωνιώδεις, τριγωνικοί ή τετραγωνικοί, σφηνοειδούς σχήματος, με διάμετρο 4-7 mm και χρώμα περιβλήματος, λευκό, καφέ-γκρι ή κίτρινο, με στιγματισμούς διαφορετικών μορφών και χρώσεων π.χ. μπεζ ανοιχτό, σταχτί σκούρο κ.λ.π. (Campbell, C. G., 1997).

Κύριοι εχθροί της καλλιέργειάς του είναι τα έντομα όπως ο βρούχος που προσβάλλει τους σπόρους του οσπρίου και τρέφεται από αυτούς αφήνοντας οπές και καταστρέφοντάς τους, και άλλα κολεόπτερα όπως ο φυτονόμος και το άπιο, ενώ κυριότερες ασθένειες στον ελλαδικό χώρο είναι η σκληρωτινίαση, η σκωρίωση, η ασκοχύτωση και το ωίδιο (www.gaiapedia.gr).

Στην ακατέργαστη πρώτη ύλη του λαθουριού μπορούμε να βρούμε πολύ συχνά, εκτος των άλλων ευρυμάτων (φύλλα, ξεραμένα ξυλαράκια και λοβούς κ.λ.π.), σπόρους εντομότρητους, γεγονός που έχει αντίκτυπο και στη ποιότητα της παραγόμενης φάβας. Η Α' ύλη μπορεί να είναι είτε το ίδιο το Λαθούρι, είτε η ωμή κομμένη φάβα.

Προδιαγραφές Α' ύλης Φάβα Κομμένη		
ΧΩΡΑ/ΤΟΠΟΣ	ΕΛΛΑΔΑ	ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ
ΕΝΤΟΜΟΤΡΗΤΑ	≤0,5%	≤0,5%
ΥΓΡΑΣΙΑ	≤14%	≤14%
ΞΕΝΕΣ ΥΛΕΣ	≤5%	≤5%
ΑΝΟΜΟΙΟΧΡΩΜΙΑ	≤10%	≤10%
ΑΝΟΜΟΙΟΜΟΡΦΙΑ	≤5%	≤5%
ΑΠΕΝΤΟΜΩΜΕΝΑ	✓	✓
ΖΑΡΩΜΕΝΑ	0%	0%
ΤΕΛΕΥΤΑΙΑΣ ΕΣΟΔΕΙΑΣ	✓	✓
ΣΠΑΣΜΕΝΑ	≤0%	≤0%

Πίνακας 64. Προδιαγραφές Α' ύλης για Φάβα Κομμένη (τα νούμερα που αναγράφονται είναι ενδεικτικά και αλλάζουν ανάλογα με το έτος της εσοδείας και με τη χώρα προέλευσης)

Ποιοτικές προδιαγραφές τελικών προϊόντων οσπρίων

Τα τελικά προϊόντα των οσπρίων, οφείλουν να έχουν μόνο τους χαρακτηριστικούς για κάθε ποικιλία, ώριμους, ακέριους και φυσιολογικού χρώματος και μεγέθους (μη συρρικνωμένους) σπόρους, των οποίων η υγρασία δεν θα πρέπει να ξεπερνάει σε ποσοστό το 14%, ενώ τέλος είναι απαραίτητο να είναι απεντομωμένοι, καθαρισμένοι από τις διάφορες ξένες ύλες και πλήρως απαλλαγμένοι από ασθένειες (Πίνακας 65).







ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΤΕΛΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΟΣΠΡΙΩΝ						
ΕΙΔΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΒΑΡΟΣ 1000κόκκων/τεμαχίων	Υγρασία	Σπασμένοι κόκκοι	Ατροφ./Απογρ. κόκκοι	Ξένες ύλες
Φασόλια χονδρά <u>Alubias</u>	Κόκκοι ομοιόμορφοι, κυλινδρικοί	450-700 γρ.	≤14%	≤2%	≤0,5%	≤0,05% από τις οποίες οι γεώδεις προσμίξεις ≤0,02%
Φασόλια χονδρά	Κόκκοι ομοιόμορφοι, κυλινδρικοί ή πλατείς	450-700 γρ.				
Φασόλια μέτρια	Κόκκοι ομοιόμορφοι, κυλινδρικοί ή πλατείς	300-450 γρ.				
Φασόλια ψιλά	Κόκκοι σφαιροειδείς, κυλινδρικοί ή πλατείς	150-300 γρ.				
Φασόλια γίγαντες	Κόκκοι ομοιόμορφοι, κυλινδρικοί ή πλατείς	1,200-1,800 γρ.				
Φασόλια ελέφαντες	Κόκκοι ομοιόμορφοι, κυλινδρικοί ή πλατείς	≥1,800 γρ.				
Φασόλια μαυρομάτικα	≥90% ομοιόμορφοι και ομοιογενείς κόκκοι	-				
Φασόλια μαρμπούνια						
Φακές ψιλές	Κόκκοι ομοιόμορφοι, 98%-99% φακοειδείς	20-45 γρ.				
Φακές χονδρές	Κόκκοι ομοιόμορφοι, 98%-99% πλατείς	≥60 γρ.				
Φακές αποφλοιωμένες	Κόκκοι ομοιόμορφοι, 98%-99% φακοειδείς	20-45 γρ.				
Φακές κόκκινες	Κόκκοι ομοιόμορφοι, 98%-99% φακοειδείς	20-45 γρ.				
Ρεβύθια χονδρά	Κόκκοι ομοιόμορφοι	≥450 γρ.				
Ρεβύθια αποφλοιωμένα	90% δεν διέρχεται από κόσκινο 6,5 mm	-				
Φάβα κομμένη	Κόκκοι χωρισμένοι στα δύο	≥35 γρ.				
Κουκιά	-	-				
Σίτος αποφλοιωμένος	-	-				
Φασόλια πράσινα	≥90% Ομοιόμορφοι και Ομοιογενείς κόκκοι	-				
Μπιζέλια	-	-				

Πίνακας 65. Προδιαγραφές τελικών προϊόντων οσπρίων.

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΟΣΠΡΙΩΝ ΚΑΙ ΥΠΟΠΡΟΙΟΝΤΑ ΤΗΣ

Προκειμένου τα τελικά προϊόντα των οσπρίων να πληρούν τις παραπάνω προδιαγραφές, οι Α΄ ύλες τους πρέπει να περάσουν από επεξεργασία στο μύλο οσπρίων (Γράφημα 2), η οποία περιλαμβάνει, τα ακόλουθα στάδια:

- 1) Καθαρισμό της Α΄ ύλης από ξένες ύλες (μεταλλικής και μη φύσεως) και διαλογή κατά μέγεθος, για τα οποία χρησιμοποιούνται πλανσίφτερ (κοσκίνηση), μαγνητικοί και βαρυτικοί διαχωριστές (gravity). Τα υποπροϊόντα που προκύπτουν είναι διάφορες ακαθαρσίες (πέτρες, ξύλα, φύλλα, μεταλλικά αντικείμενα κ.λπ.) και οι σπόροι, είτε άλλων φυτικών ειδών, είτε του ίδιου του οσπρίου, που δεν ανταποκρίνονται στο επιθυμητό, μέγεθος και βάρος του εκάστοτε τελικού προϊόντος, καθώς και οι σπασμένοι και εντομότρητοι κόκκοι αυτών.

ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΟΣΠΡΙΩΝ - ΠΛΑΝΣΙΧΤΕΡ								
ΕΙΔΟΣ	κόσκινα							
	1ο		2ο		3ο		4ο	
	σχήμα	μέγεθος (mm)	σχήμα	μέγεθος (mm)	σχήμα	μέγεθος (mm)	σχήμα	μέγεθος (mm)
Μπιζέλια		9,0-10,0	-	-	-	-		3,75-4,5 και 4,25-6,5
Ρεβίθια		8,0-11,0	-	-	-	-		4,0-5,0 και 5,0-5,5
Κοινά φασόλια		10,0	-	-	-	-		3,75-4,5 και 4,25-5,5

 : ΣΤΡΟΓΓΥΛΟ  : ΣΧΙΣΤΟ

Πίνακας 66. Ενδεικτικές προδιαγραφές επεξεργασίας προϊόντων οσπρίων (μπιζέλια, ρεβίθια και κοινά φασόλια) -Μεγέθη Κόσκινων Πλανσίχτερ. Πηγή: Ξυνιάς, I.N., M. Sc. Ph. D., 2014.

- 2) Ακολουθεί η διαλογή της Α΄ ύλης με βάση το χρώμα, για την οποία θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί ο ηλεκτρονικός χρωματοδιαλογέας. Σε αυτό το στάδιο τα υποπροϊόντα που προκύπτουν περιέχουν σπόρους είτε του ίδιου του οσπρίου, είτε άλλων φυτικών ειδών που έχουν διαφορετικό χρώμα από το επιθυμητό για το τελικό προϊόν (χαρακτηριστικό φυσιολογικό χρώμα της ποικιλίας), δηλαδή:

- ✓ αποχρωματισμένους (από ασθένειες, κλιματολογικές συνθήκες κ.λ.π.),
- ✓ στιγματισμένους, (με κηλίδες διαφορετικού χρώματος),
- ✓ και σπόρους/ξένες ύλες με το ίδιο βάρος αλλά διαφορετικού χρώματος από τους σπόρους της υπό επεξεργασία ποικιλίας κ.λ.π.

Στη περίπτωση που η υγρασία της Α΄ ύλης είναι μεγαλύτερη από 14%, τότε αυτή θα πρέπει να περάσει από περαιτέρω επεξεργασία στο ξηραντήριο, έως ότου τα επίπεδα της περιεχόμενης υγρασίας σταθεροποιηθούν σε αποδεκτά όρια (<14%). Σε μερικές επίσης περιπτώσεις όπως στη παραγωγή φάβας είτε από λαθούρι, είτε από μπιζέλι και ενίοτε και στα ρεβίθια, όταν η Α΄ ύλη δεν ανταποκρίνεται πλήρως στις ποιοτικές προδιαγραφές χρώματος που θέτει η βιομηχανία, είναι αναγκαία η αποφλοιώση των οσπρίων αυτών. Τα παραγόμενα υποπροϊόντα από αυτή τη διαδικασία είναι ο φλοιός των εν λόγω οσπρίων είτε ακέραιος, είτε σε μορφή αλεύρου και σπασμένοι αποφλοιωμένοι κόκκοι αυτών. Όλες οι Α΄ ύλες επίσης πρέπει να απεντομώνονται (είτε από τον προμηθευτή, είτε από τη βιομηχανία επεξεργασίας και τυποποίησης).

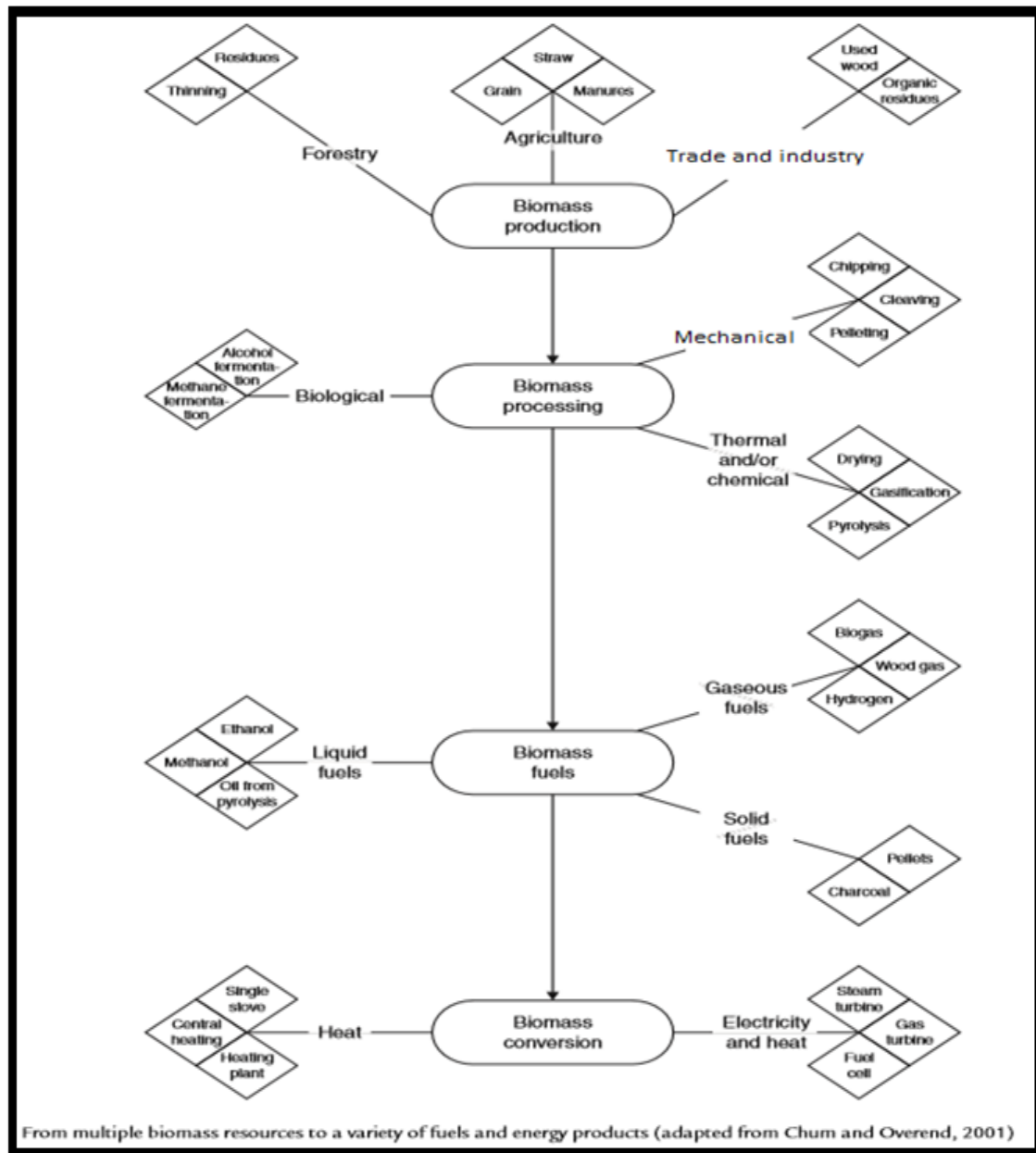
ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΥΠΟΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΚΑΙ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ

ΒΑΣΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

(υποπροϊόντα / απόβλητα των βιομηχανιών επεξεργασίας τροφίμων)

Οι τεχνικές επεξεργασίας αποβλήτων/υποπροϊόντων χρησιμοποιούνται για να μεταβάλλουν το φυσικό, χημικό ή βιολογικό χαρακτήρα των αποβλήτων, έτσι ώστε να μειώσουν τον όγκο ή / και την τοξικότητά τους και να τα κάνουν καταλληλότερα και ασφαλέστερα για την τελική διάθεση ή απόρριψή τους, ή όπου κρίνεται εφικτό για την ανακύκλωση ενέργειας και πολύτιμων ουσιών, υποπροϊόντων και υπολειμμάτων, όπως π.χ. στην περίπτωση του αγρο-βιομηχανικού τομέα, όπου καθίσταται δυνατή η παραγωγή προϊόντων με προστιθέμενη αξία, μέσω παραγωγικών διαδικασιών φιλικών προς το περιβάλλον (Arvanitoyannis, I.S. and Tserkezou, P., 2008; Arvanitoyannis, I.S. and Varzakas, T.H., 2008). Οι μέθοδοι επεξεργασίας στις οποίες κυριαρχεί η εφαρμογή των φυσικών δυνάμεων είναι γνωστές ως μονάδες λειτουργιών (unit operations) και αυτές στις οποίες η απομάκρυνση των ρύπων γίνεται με χημικές ή βιολογικές αντιδράσεις είναι γνωστές ως μονάδες διαδικασιών (unit processes) (Tchobanoglous, G., Burton, F.L. and Stensel, H.D., 2003). Η επιλογή της μεθόδου που θα χρησιμοποιηθεί κάθε φορά, εξαρτάται από τη σύσταση, τη ποσότητα και τη μορφή του αποβλήτου. Μερικές από αυτές καθορίζονται από κανονισμούς του Υπουργείου Ενέργειας, ενώ άλλες αναπτύσσονται για συγκεκριμένα απόβλητα (Arvanitoyannis, I.S. and Tserkezou, P., 2008).

Για την επεξεργασία των αποβλήτων ή/και υποπροϊόντων των βιομηχανιών επεξεργασίας τροφίμων είναι διαθέσιμη μία πληθώρα διεργασιών, οι περισσότερες εκ των οποίων χαρακτηρίζονται από υψηλή ικανότητα αποδόμησης συμπυκνωμένων και δύσκολων υποστρωμάτων, όπως είναι τα φυτικά και ζωικά υπολείμματα, τα υγρά λύματα (wastewater) κ.λ.π.. Ανάλογα με τη μεθοδολογία επεξεργασίας διαχωρίζονται σε (Arvanitoyannis, I.S., Kassaveti, A. and Ladas, D., 2008):



Γράφημα 7. Πηγές βιομάζας και παραγόμενα καύσιμα και ενεργειακά προϊόντα. Πηγή: Chum, H.L. and Overend, R.P., (2001).

- θερμικές, όπως η πυρόλυση, η αεριοποίηση (gasification) και η αποτέφρωση/κάυση, κατά τις οποίες γίνεται χρήση της θερμότητας υπό συγκεκριμένες περιβαλλοντικές συνθήκες.
- χημικές, όπως η μετεστεροποίηση (transesterification), η υγρή οξείδωση, ο οξονισμός κ.λ.π., οι οποίες βασίζονται σε χημικές αντιδράσεις.
- Μηχανικές, κατά τις οποίες η επεξεργασία των υποπροϊόντων/υπολειμμάτων γίνεται με μηχανικά μέσα π.χ. πελλετοποίηση. Σε αυτή τη κατηγορία ανήκουν και οι τεχνικές

επεξεργασίας φυσικού διαχωρισμού, που στόχο έχουν την ανάκτηση επιθυμητών προϊόντων, ή την απομάκρυνση επιβλαβών ενώσεων, όπως π.χ. διαδικασίες μεμβράνης, κροκίδωση κ.λ.π.(*Arvanitoyannis, I.S. and Tserkezou, P., 2008*).

- και βιολογικές, όπως π.χ. η υγειονομική ταφή, οι ζυμώσεις υγρής και στερεάς κατάστασης (για την ανάκτηση προϊόντων με προστιθέμενη αξία), η κομποστοποίηση, η αναερόβια χώνευση (π.χ. παραγωγή βιοαερίου) κ.λ.π., κατά τις οποίες η επεξεργασία των αποβλήτων γίνεται κατά κύριο λόγο από βακτηριακούς και μυκητιακούς μικροοργανισμούς (*Laufenberg, G., Kunz, B. and Nystroem, M., 2003*).

ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

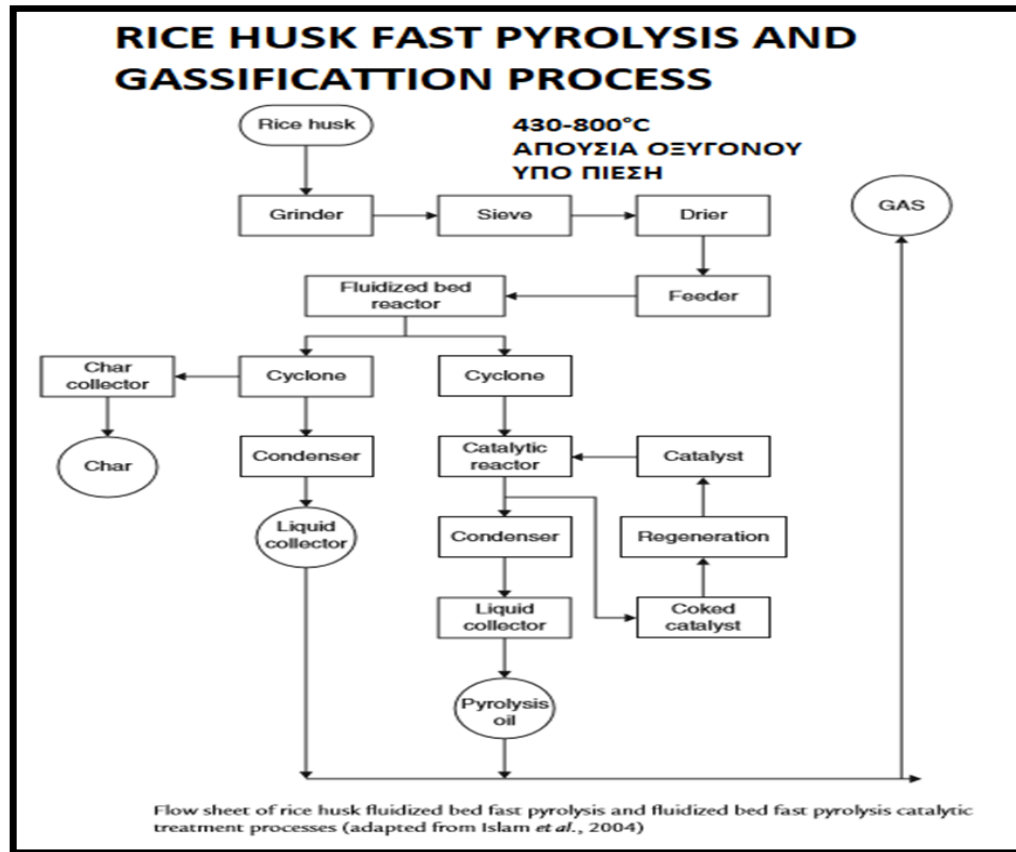
Η ειδοποιός διαφορά ανάμεσα στις τρεις μεθόδους θερμικής επεξεργασίας – πυρόλυση, αεριοποίηση και αποτέφρωση/καύση βρίσκεται στη ποσότητα του οξυγόνου που χορηγείται στο θερμικό αντιδραστήρα, με τη πυρόλυση να λαμβάνει χώρα σε συνθήκες απουσίας οξυγόνου και την αεριοποίηση να γίνεται με περιορισμένη παροχή οξυγόνου (ως αέριο, ως ατμός ή ως καθαρό οξυγόνο), έτσι ώστε να αποτρέπεται η πλήρης καύση και να παράγονται τα καύσιμα αέρια, μονοξείδιο του άνθρακα και υδρογόνο. Αντίθετα, η αποτέφρωση/καύση γίνεται με παροχή περίσσειας οξυγόνου, προκειμένου να επιτευχθεί η πλήρης καύση των αποβλήτων και να παραχθούν διοξείδιο του άνθρακα, νερό, στάχτη και μερικά άλλα προϊόντα όπως μέταλλα, ίχνη υδρογονανθράκων, όξινα αέρια κ.λ.π. (Arvanitoyannis, I.S., Kassaveti, A. and Ladas, D., 2008).

Η βιομάζα των γεωργικών και αγρο-βιομηχανικών υποπροϊόντων και υπολειμμάτων είναι μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας που μπορεί να αξιοποιηθεί από τις προαναφερθείσες θερμικές διεργασίες μετατροπής. Τα πλεονεκτήματα της χρήσης της βιομάζας αυτής ως καύσιμη ύλη έναντι των συμβατικών ορυκτών καυσίμων είναι τόσο οικονομικής φύσεως, διότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μία χαμηλού κόστους πηγή ενέργειας, όσο και οικολογικής λόγω (Arvanitoyannis, I.S. and Tserkezou, P., 2008; Arvanitoyannis, I.S., Kassaveti, A. and Ladas, D., 2008):

1. της χαμηλής περιεκτικότητάς της σε θείο και άζωτο, που έχει σαν συνέπεια τη παραγωγή σημαντικά μικρότερης ποσότητας διοξειδίου του θείου και οξειδίων του αζώτου από τη καύση της, αέρια που ως γνωστό είναι υπεύθυνα για τη παραγωγή όξινης βροχής με αρνητικές επιπτώσεις στη βλάστηση και την ανθρώπινη υγεία.
2. δεν συνεισφέρει στην αύξηση των επιπέδων του διοξειδίου του άνθρακα και κατά συνέπεια στην όξυνση του φαινομένου της παγκόσμιας υπερθέρμανσης

3. δεν έχει αρνητικές επιπτώσεις στην τροφική αλυσίδα μέσω της εισαγωγής βαρέων μετάλλων και οργανικών ρύπων σε αυτή.

Πυρόλυση



Γράφημα 8. Διάγραμμα ροής της ταχείας πυρόλυσης και αεριοποίησης του φλοιού του ρυζιού με τις μεθόδους της ρευστοποιημένης κλίνης και της καταλυτικής διεργασίας ρευστοποιημένης κλίνης. Πηγή: προσαρμοσμένη από, Islam, M. S., et al., (2004).

Η πυρόλυση έχει προταθεί ως μία από τις πολλές τεχνολογίες για την απόρριψη και την ανακύκλωση αποβλήτων και παρόλο που αποτελείται από ένα πολύ περίπλοκο σύνολο πρωτογενών και δευτερογενών αντιδράσεων στις οποίες σχηματίζονται ελεύθερες ρίζες (Yaman, S., 2004; Meier, D. and Faix, O., 1999), θεωρείται ως η απλούστερη διαδικασία, μεταξύ των θερμοχημικών διεργασιών που έχουν ως τελικά προϊόντα, άνθρακα, πίσσα και εύφλεκτα αέρια (Shafizadeh, F., 1982; Alves, S. and Figueiredo, J., 1986). Σε αυτή λαμβάνει χώρα η θερμική αποδόμηση των οργανικών αποβλήτων, σε απουσία οξυγόνου και άλλων

αντιδραστηρίων (εκτός ίσως από ατμό), υπό πίεση και σε σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες λειτουργίας, της κλίμακας των 400-800°C (> 430°C), προκειμένου να ανακτηθεί ενέργεια (Bridgwater, A.V. and Bridge, S.A., 1991; Arvanitoyannis, I.S., Kassaveti, A. and Ladas, D., 2008). Τα προϊόντα που παράγονται με αυτό τον τρόπο από την αποδόμηση των μακρομοριακών συστατικών της βιομάζας περιέχουν δεσμευμένο άνθρακα και τέφρα και περιλαμβάνουν (Arvanitoyannis, I.S., Kassaveti, A. and Ladas, D., 2008):

1. Καύσιμα αέρια όπως μονοξείδιο του άνθρακα (CO), υδρογόνο (H₂), μεθάνιο (CH₄) και άλλους υδρογονάνθρακες (syngas).
2. μικρές ποσότητες υγρών, που συνίστανται κυρίως σε μολυσμένο νερό και το λεγόμενο πυρολυτικό έλαιο και ένα στερεό υπόλειμμα 'κωκ' (υπόλειμμα πετρελαίου/πίσσας), τα οποία παράγονται όταν τα εκλυόμενα αέρια της πυρόλυσης υποστούν περαιτέρω επεξεργασία σε ένα δευτερεύοντα θάλαμο καύσης (μονάδα θερμικής οξείδωσης), όπου καίγονται και συμπυκνώνονται μερικώς.
3. και φυτικό κάρβουνο (στερεό προϊόν).

Ο τρόπος λειτουργίας της διαδικασίας αυτής προσφέρει ορισμένα πλεονεκτήματα έναντι της συμβατικής αποτέφρωσης, όπως (Harrison, M.R., 2001):

- I) παραγωγή πολύ λιγότερων αέριων αποβλήτων, λόγω του ότι δεν τροφοδοτείται καθόλου αέρας μέσα στο θάλαμο καύσης, οπότε το σύστημα καθαρισμού αερίων μπορεί να είναι πολύ μικρότερο και επομένως η όλη διαδικασία λιγότερο δαπανηρή.
- II) θεωρητικά η παραγόμενη στερεή, υγρή και αέρια ροή της πυρολυτικής διαδικασίας μπορούν να υποστούν περαιτέρω επεξεργασία και να μετατραπούν σε χρήσιμα προϊόντα με αποτέλεσμα να υπάρχει λιγότερο υλικό προς απόρριψη στους χώρους υγειονομικής ταφής.

Τα προϊόντα που προκύπτουν από τις φάσεις της πυρόλυσης της βιομάζας είναι, όπως προαναφέρθηκε, πολυάριθμα. Η φύση αυτών και η παραγόμενη ποσότητα εξαρτάται από τις εφαρμοζόμενες συνθήκες λειτουργίας της πυρόλυσης, με ιδιαίτερη έμφαση στη θερμοκρασία και το ρυθμό θέρμανσης. Με βάση αυτούς τους δύο παράγοντες, μπορούν να διακριθούν 2 διαφορετικοί τύποι πυρόλυσης: η συμβατική πυρόλυση και η γρήγορη ή στιγμιαία πυρόλυση (flash or fast pyrolysis) – άνυδρη πυρόλυση (Arvanitoyannis, I.S., Kassaveti, A. and Ladas, D., 2008).

Συμβατική πυρόλυση (φυτικό κάρβουνο - ενεργός άνθρακας με αεριοποίηση)

Η συμβατική πυρόλυση είναι η πλέον κατάλληλη μέθοδος, εάν ο στόχος είναι η παραγωγή της στερεάς φάσης, δηλαδή του ξυλάνθρακα (ή φυτικό κάρβουνο, εξανθράκωμα), που συχνά είναι και το τελικό προϊόν με το μεγαλύτερο ενδιαφέρον (Encinar, J., et al., 1997). Αυτό το υλικό χρησιμοποιείται ευρέως στις χημικές και φαρμακευτικές βιομηχανίες καθώς και στη βιομηχανία τροφίμων, όχι μόνο λόγω της χαμηλής του περιεκτικότητας σε θείο και φώσφορο, αλλά και λόγω της υφής και των δραστικών ιδιοτήτων του. Είναι ένα στερεό καύσιμο υψηλής θερμαντικής αξίας που χρησιμοποιείται σε κλιβάνους, λέβητες και τη βιομηχανία μπρικετών (Arvanitoyannis, I.S., Kassaveti, A. and Ladas, D., 2008).

Επιπλέον, λόγω του ότι η πυρόλυση μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε ως ανεξάρτητη τεχνολογία μετατροπής, είτε ως μέρος της διαδικασίας αεριοποίησης, η οποία διαχωρίζεται σε γενικές γραμμές στη στερεή αποπτητικοποίηση (πυρόλυση) και στη μετατροπή σε τέφρα (καύση και αεριοποίηση) (Blasi, C., et al., 1999), δίνεται η δυνατότητα διεύρυνσης της γκάμας των παραγόμενων προϊόντων, μερικά από τα οποία όπως π.χ. ο ενεργός άνθρακας, παρουσιάζουν εξαιρετικές ιδιότητες. Πράγματι, μέσω του συνδιασμού πυρόλυσης-αεριοποίησης είναι δυνατόν να βελτιωθεί η φυσική πορώδης δομή του φυτικού άνθρακα και να παραχθεί ενεργός άνθρακας, ο οποίος διαθέτει το μεγαλύτερο πορώδη όγκο προσρόφησης

από οποιοδήποτε άλλο υλικό γνωστό στην ανθρωπότητα, με επιφάνεια που μπορεί να φτάσει πάνω από 1000 m²/g (5 g ενεργού άνθρακα μπορεί να έχουν την επιφάνεια ενός ποδοσφαιρικού γηπέδου) και κατά συνέπεια αποτελεί το ισχυρότερο προσροφητικό δυναμικό (www.edie.net/products/viewentry.asp?id=1386&channel=0). Για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται συχνά ως προσροφητικό μέσο ή ως υπόστρωμα για μεταλλικούς καταλύτες (Dacey, J., 1967; Mackay, D. and Roberts, P., 1984). Η διαδικασία παραγωγής του περιλαμβάνει δύο φάσεις (Arvanitoyannis, I.S., Kassaveti, A. and Ladas, D., 2008):

- i. την απανθράκωση: θέρμανση του υλικού στους 400-600°C σε μία ελλειμματική σε οξυγόνο ατμόσφαιρα, που σκοπό έχει τη ξήρανση της πρώτης ύλης και στη συνέχεια το θερμικό διαχωρισμό των διαφόρων υποπροϊόντων συμπεριλαμβανομένων της πίσσας και άλλων υδρογονανθράκων, από αυτή.
- ii. και την ενεργοποίηση: έκθεση των απανθρακωμένων σωματιδίων σε ένα μέσο ενεργοποίησης, όπως είναι ο ατμός σε υψηλή θερμοκρασία. Ο ατμός καίει τα προϊόντα αποσύνθεσης της φάσης απανθράκωσης προκειμένου να δημιουργηθεί μια πορώδης, τρισδιάστατη δομή γραφιτικού πλέγματος. Μεγαλύτεροι χρόνοι έκθεσης μεταφράζονται σε μεγαλύτερα μεγέθη πόρων (www.aquatechnologies.com/info_activated_carbon.htm).

Γρήγορη πυρόλυση ή πυρόλυση φλας (πυρολιτικό έλαιο)

Η πιο συνηθισμένη τεχνική άνυδρης πυρόλυσης ονομάζεται γρήγορη πυρόλυση ή πυρόλυση φλας (FP, Fast or Flash Pyrolysis) ή θερμόλυση και εφαρμόζει πολύ μειωμένους χρόνους παραμονής και υψηλούς ρυθμούς θέρμανσης, χρησιμοποιώντας θερμοκρασίες μεταξύ 350 και 500°C. Η μέθοδος αυτή δίνει υψηλές αποδόσεις υγρών καυσίμων από στερεή βιομάζα, που μοιάζουν με ντίζελ. Τα τρία παραγόμενα προϊόντα είναι (<http://www.biomatnet.org/secure/Fair/F538.htm>):

1. 60-75% κ.β., πυρολιτικό έλαιο (βιο-έλαιο),
2. 15-25% κ.β., κάρβουνο
3. και 10-20% κ.β., μη-συμπυκνώσιμα αέρια.

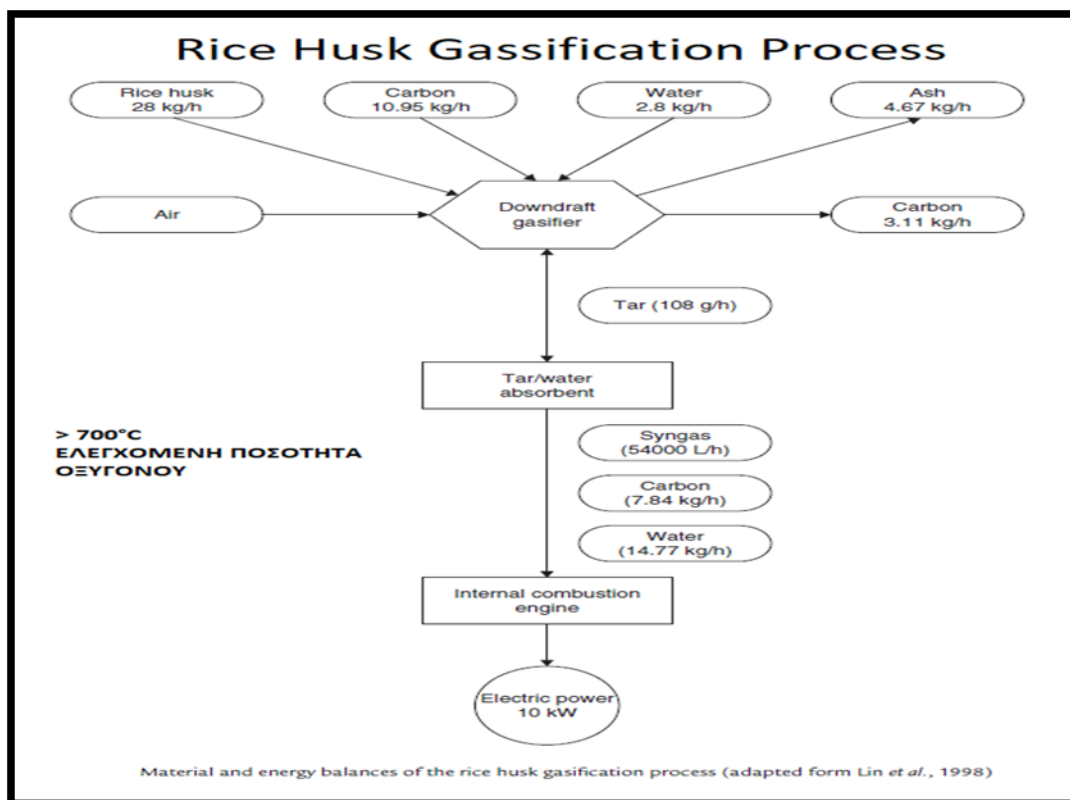
Το βιο-έλαιο ταχείας πυρόλυσης είναι διαφορετικό από τα άλλα υγρά καύσιμα που παράγονται από την επεξεργασία της βιομάζας (όπως το κραμβέλαιο ή η παραγόμενη βιοαιθανόλη) και διαφέρει σημαντικά και από το ορυκτό καύσιμο ντίζελ, τόσο όσον αφορά τις φυσικές ιδιότητες, όσο και τη χημική σύνθεση. Είναι ένα όξινο και υγρό μίγμα νερού και στερεών με χαμηλή θερμαντική αξία, που περιέχει οξυγονωμένες ενώσεις με διάφορες χημικές λειτουργικές ομάδες, όπως καρβονυλικές, καρβοξυλικές και φαινολικές (Arvanitoyannis, I.S. and Tserkezou, P., 2008). Παρόλα αυτά, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως υποκατάστατο των ορυκτών καυσίμων, όντας πηγή καθαρής ενέργειας που δεν συνεισφέρει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου (Shuangninga, X., Weimingb, Y. and Li, B., 2005). Από την άλλη πλευρά όμως οι τεχνικές εργασίες που απαιτούνται για την επεξεργασία του στο παρόν στάδιο ανάπτυξης, καθιστούν αυτό το σύστημα παραγωγής ενέργειας αναποτελεσματικό (Arvanitoyannis, I.S. and Tserkezou, P., 2008).

Αεριοποίηση

Τυπικά, τόσο η πυρόλυση όσο και η αεριοποίηση βασίζονται σε απόβλητα ανθρακικής φύσεως τύπου: χαρτί, κάρβουνο, απόβλητα με βάση το πετρέλαιο όπως τα πλαστικά και τα οργανικά υλικά και βιομάζα αποβλήτων ή υποπροϊόντων π.χ. υπολείμματα τροφίμων, αλλά ενώ η πυρόλυση δεν χρησιμοποιεί καθόλου οξυγόνο, η αεριοποίηση κάνει χρήση μίας μικρής ποσότητας (www.foe.co.uk/resource/triefings/gasifications_pyrolysis.pdf).

Στη διαδικασία αυτή τα προαναφερθέντα ανθρακούχα υλικά μετατρέπονται με χημικές διεργασίες, υπό συνθήκες υψηλών θερμοκρασιών (> 700° C) και ελεγχόμενης ποσότητας οξυγόνου, σε συνθετικό αέριο (βιοαέριο) που συνιστά το κύριο προϊόν και ονομάζεται syngas,.

Το αέριο αυτό προϊόν αποτελείται κυρίως από μονοξείδιο του άνθρακα και υδρογόνο (85%), με μικρότερες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα και μεθανίου και μπορεί είτε να χρησιμοποιηθεί απευθείας για τη παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας, είτε μετά από επεξεργασία να διοχετευθεί στο δίκτυο του φυσικού αερίου. Άλλα παραγόμενα υποπροϊόντα, είναι υγρά κατάλοιπα και κυρίως νερό που χρησιμοποιείται για το καθαρισμό του παραγόμενου αερίου και στερεά κατάλοιπα, όπως τέφρα, ή κάρβουνο (www.foe.co.uk/pubsinfo/briefings/html/20021008124332.html). Συγκεκριμένα η διαδικασία της αεριοποίησης λαμβάνει χώρα καθώς το εξανθράκωμα αντιδρά με διοξείδιο του άνθρακα και υδρατμούς, ώστε να παραχθεί μονοξείδιο του άνθρακα και υδρογόνο (<http://en.wikipedia.org/wiki/Gasification>).



Γράφημα 9. Υλικές και Ενεργειακές ισορροπίες κατά τη διαδικασία αεριοποίησης του φλοιού του ρυζιού. Πηγή: προσαρμοσμένη από, Lin, S.H. and Lan, W.J., (1998).

Όσον αφορά την αεριοποίηση της ποώδους βιομάζας είναι ακόμη σε πρώιμο στάδιο έρευνας και ανάπτυξης. Η παρούσα τεχνολογία αιχμής του κλάδου, είναι η αεριοποίηση

υπερκρίσιμου νερού-SWG (Supercritical Water Gassification), χρησιμοποιώντας ως καύσιμη ύλη ξύλο, καθώς και υπολείμματα και απόβλητα της επεξεργασίας αυτού (κλαδιά, ρίζες, φλοιός, πριονίδια), σε αεριοποιητές σταθερής ή ρευστοποιημένης κλίνης με επακόλουθη καύση του παραγόμενου φυσικού αερίου για την παραγωγή θερμότητας. Η ενεργειακή απόδοση μπορεί να φτάσει το 60% χωρίς να συμπεριληφθεί η ανάκτηση ενέργειας, ενώ με ανάκτηση ενέργειας η συνολική απόδοση φτάνει το 90%. Επιπλέον, σε σύγκριση με άλλες τεχνολογίες μετατροπής ενέργειας από βιομάζα, η αεριοποίηση υπερκρίσιμου νερού-SWG, αποτελεί τον πλέον αποτελεσματικό τρόπο αξιοποίησης βιομάζας με υψηλή περιεκτικότητα σε υγρασία (40%) (Arvanitoyannis, I.S. and Tserkezou, P., 2008). Παρόλα αυτά, η οικονομική αξιολόγηση της διαδικασίας δεν είναι ευνοϊκή, δεδομένου ότι το κόστος του παραγόμενου αερίου μπορεί να είναι το διπλάσιο αυτού του φυσικού αερίου (D'Jesus, P., et al., 2006).

Λαμβάνοντας υπόψιν ότι το δυναμικό παροχής καυσίμων από αυτή την ομάδα πρώτων υλών είναι πολύ μεγάλο συγκριτικά με άλλες, η εντατικοποίηση των ερευνητικών προσπαθειών για την ανάπτυξη τεχνολογιών αυτού του τύπου είναι πολύ σημαντική. Για το σκοπό αυτό, ως καύσιμα στη διαδικασία αεριοποίησης της βιομάζας, έχουν χρησιμοποιηθεί και μελετηθεί ένα ευρύ φάσμα πρώτων υλών, που εκτός από το ξύλο και τα υπολείμματα αυτού, περιλαμβάνουν υλικά όπως το κάρβουνο, στάχια αραβόσιτου, φλοιοί καρύδας, άχυρα δημητριακών, φλοιός ρυζιού κ.λ.π. Εξ αυτών το βιοαέριο που παράγεται από τα άχυρα έχει την υψηλότερη ενεργειακή ισορροπία και την υψηλότερη καθαρή απόδοση ανά εκτάριο, ιδιαίτερα όταν το άχυρο συλλέγεται και μετατρέπεται σε μεταφορικά καύσιμα. Θεωρητικά, όλα σχεδόν τα είδη βιομάζας με περιεκτικότητα σε υγρασία μεταξύ 5-30% μπορούν χρησιμοποιηθούν ως καύσιμη ύλη σε αυτή τη διαδικασία και να εξαερωθούν, ωστόσο, δεν οδηγούν όλα σε επιτυχή αεριοποίηση. Ο κυριότερος παράγοντας που επηρεάζει τη διαδικασία αυτή είναι το μέγεθος των σωματιδίων του καυσίμου, το οποίο έχει ουσιαστική επίπτωση στη μείωση της πίεσης κατά μήκος του αεριοποιητή και κατά συνέπεια στη δύναμη που πρέπει να ασκηθεί για να αντληθεί

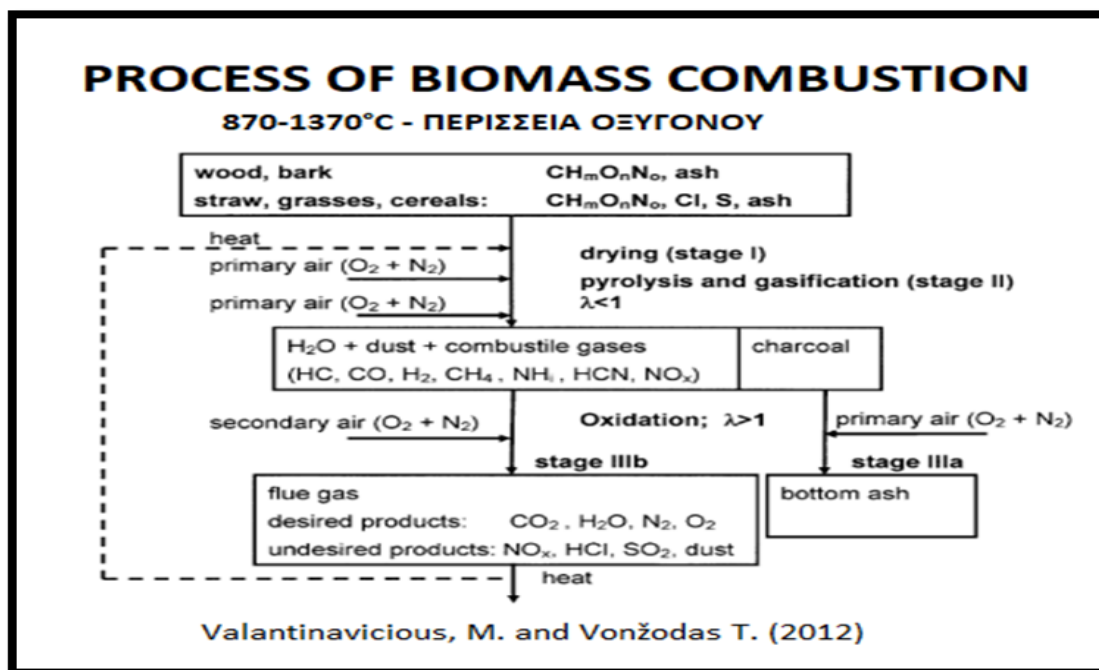
ο αέρα και το παραγόμενο αέριο μέσω αυτού (Arvanitoyannis, I.S. and Tserkezou, P., 2008).

Τα υπερβολικά μεγάλα μεγέθη σωματιδίων μπορούν να προκαλέσουν μειωμένη αντιδραστικότητα του καυσίμου, δημιουργώντας πρόβλημα στην εκκίνηση της διαδικασίας και παράγοντας αέριο κακής ποιότητας (<http://mitglied.lycos.de/cturare/fue.htm#size>).

Τα βασικά πλεονεκτήματα του βιοαερίου ως καύσιμη ύλη σε σύγκριση με τη βιομάζα είναι (Arvanitoyannis, I.S., Kassaveti, A. and Ladas, D., 2008):

1. η υψηλότερη θερμαντική αξία
2. και η ευκολότερη αποθήκευση και μεταφορά του.

Αποτέφρωση/Καύση



Γράφημα 10. Διάγραμμα ροής της καύσης της βιομάζας. Πηγή: Valantinavicious, M. and Vonžodas, T., (2012).

Μία άλλη μέθοδος θερμικής επεξεργασίας, που μπορεί να εφαρμοστεί σε μία ευρεία ποικιλία αποβλήτων είναι η αποτέφρωση ή καύση. Η θερμική αυτή διαδικασία είναι η δεύτερη, σε παγκόσμια κλίμακα, πιο διαδεδομένη μέθοδος διαχείρισης των απορριμάτων μετά την υγειονομική ταφή (www.wasteonline.org.uk/resources/Wasteguide/mn_wmo_thermtreatment

_incin.html), κατά την οποία τα περιεχόμενα καύσιμα υλικά τους, οξειδώνονται πλήρως παρουσία περίσσειας οξυγόνου και τα κύρια παραγόμενα προϊόντα είναι (Menachem, L. and Goklestein, I., 1984; Williams, P.T., 2005; Valantinavicious, M. and Vonžolas, T., 2012):

1. θερμική ενέργεια,
2. επιθυμητά αέρια προϊόντα: υδρατμοί (H₂O), άζωτο (N), διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), και οξυγόνο (O₂).
3. στερεά υπό τη μορφή τέφρας και σκωρίας. Τα ποσοστά της παραγόμενης τέφρας, από τα ανόργανα συστατικά της βιομάζας, κυμαίνονται από λιγότερο από 1% στα μαλακά ξυλώδη φυτά έως και 15% στα αγρωστώδη και στα γεωργικά υπολείμματα (Yaman, S., 2004).
4. και μη επιθυμητά παραπροϊόντα συμπεριλαμβανομένων αρκετών μικρορύπων, των οποίων η σύνθεση εξαρτάται από τη χημική σύσταση της καύσιμης πρώτης ύλης π.χ. μονοξείδιο του άνθρακα (CO), υδροχλώριο (HCl), υδροφθόριο (HF), οξείδια του αζώτου (NO_x), διοξείδιο του θείου (SO₂) και μικρές συγκεντρώσεις οργανικών και ανόργανων ενώσεων όπως: πτητικοί οργανικοί άνθρακες (VOCs), διοξίνες, πολυχλωριωμένα διφαινύλια, βαρέα μέταλλα, κ.λ.π. (European Commission, 2004; www.hazardouswaste.utah.gov/incin1.htm).

Συγκεκριμένα, κατά τη διαδικασία της αποτέφρωσης τα απόβλητα τροφοδοτούνται στο θάλαμο καύσης του αποτεφρωτή, όπου η μετατροπή των στερεών και υγρών σε αέρια λαμβάνει χώρα στους 870-1370°C. Τα αέρια, στη συνέχεια, περνούν από τη φλόγα και θερμαίνονται περαιτέρω, σε σημείο τέτοιο ώστε οι περιεχόμενες οργανικές ενώσεις, να διαχωρίζονται σε στοιχειακό επίπεδο στα συστατικά άτομά τους. Αυτά τα άτομα αντιδρούν με το οξυγόνο σχηματίζοντας σταθερά αέρια, τα οποία υφίστανται περαιτέρω επεξεργασία στις συσκευές ελέγχου ατμοσφαιρικής ρύπανσης προτού απελευθερωθούν στην ατμόσφαιρα (www.bizasianetwork.com/Trends%20and%20technologies%20for%20hazardous%20wast%20disposal.htm). Τα καυτά καυσαέρια που ονομάζονται 'flue gas' μπορούν να

χρησιμοποιηθούν για να παραχθεί ατμός σε ένα σύστημα ‘boiler’ και στη συνέχεια ενδεχομένως για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε μια στροβιλογενήτρια ατμού (Arvanitoyannis, I.S. and Tserkezou, P., 2008).

Τα πλεονεκτήματα της διαδικασίας αυτής έναντι της υγειονομικής ταφής, είναι ότι η αποτέφρωση της βιομάζας (Arvanitoyannis, I.S., Kassaveti, A. and Ladas, D., 2008):

1. μπορεί συνήθως να διεξαχθεί πλησίον του σημείου συλλογής αποβλήτων,
2. μετατρέπει τα απόβλητα σε ένα βιολογικά στείρο προϊόν τέφρας με μειωμένο όγκο σε σχέση με την αρχική μη επεξεργασμένη καύσιμη ύλη (π.χ. το 10% του αρχικού όγκου για τα στερεά αστικά απόβλητα) που μπορεί να ανακυκλωθεί π.χ. ως οικοδομικό υλικό, ως λίπασμα κ.λ.π..
3. και τέλος αποτελεί τη καλύτερη από περιβαλλοντική άποψη εφαρμόσιμη μέθοδο διότι: α) παράγει σημαντικά μικρότερη ποσότητα διοξειδίου του θείου και οξειδίων του αζώτου και β) δεν συνεισφέρει στην αύξηση των επιπέδων του διοξειδίου του άνθρακα.

Παρόλα τα οικονομικά και οικολογικά οφέλη που παρουσιάζει η καύση της βιομάζας π.χ. των γεωργικών υπολειμμάτων για την ανάκτηση ενέργειας, έως και σήμερα, η χρήση της καύσιμης αυτής ύλης γίνεται κυρίως σε οικιακό επίπεδο ή σε επίπεδο των γεωργικών εγκαταστάσεων, όπου η διαδικασία της καύσης δεν έχει βελτιστοποιηθεί όσον αφορά την εκπομπή αέριων ρύπων και την ανάκτηση ενέργειας (Arvanitoyannis, I.S., Kassaveti, A. and Ladas, D., 2008). Για παράδειγμα, η προτιμώμενη χρήση για το πλεόνασμα αχύρου (σιταριού, ορύζης, κ.λ.π.) στα αγροκτήματα είναι ως καύσιμο σε έναν κατάλληλο λέβητα, παρέχοντας έτσι θερμότητα για ζεστό νερό, για τη θέρμανση των κτιρίων, για τη διαδικασία της ξήρανσης των σπόρων μετά το θερισμό και για άλλες λειτουργίες, αλλά και για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας όταν ο λέβητας συνδυαστεί με μια γεννήτρια τουρμπίνας, καλύπτοντας με αυτό τον τρόπο ένα μεγάλο μέρος των ενεργειακών αναγκών μιας τέτοιας μονάδας και μειώνοντας έτσι

το κόστος της παραγωγής και της συντήρησής της. Επιπλέον η τέφρα από τους λέβητες μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως λίπασμα (Arvanitoyannis, I.S. and Tserkezou, P., 2008).

Ωστόσο, υπάρχουν και μειονεκτήματα όπως το πολύ υψηλότερο κόστος και οι μεγαλύτεροι χρόνοι αποπληρωμής, η έλλειψη ευελιξίας, η ενδεχόμενη μείωση της συνολικής θερμιδικής αξίας των αποβλήτων λόγω της απομάκρυνσης ανακυκλώσιμων υλικών όπως το χαρτί και τα πλαστικά και τέλος τα εκπεμπόμενα επίπεδα των τοξικών υποπροϊόντων της καύσης μπορεί να έχουν δυσμενή επίδραση στην υγεία (Arvanitoyannis, I.S., Kassaveti, A. and Ladas, D., 2008).

Η εξέλιξη των θερμοχημικών διεργασιών επεξεργασίας των αποβλήτων με σκοπό τη μεγιστοποίηση της απόδοσής τους, οδήγησε στη συνδυαστική τεχνολογία πυρόλυσης/αεριοποίησης, η οποία μπορεί να περιλαμβάνει και ένα μεταγενέστερο στάδιο καύσης, για την καύση των αερίων που παράγονται κατά τις δύο φάσεις. Πράγματι, η λειτουργία των σύγχρονων αποτεφρωτήρων βασίζεται στο συνδυασμό πυρόλυσης-αεριοποίησης-καύσης, αν και σε αυτούς κάθε στάδιο λαμβάνει χώρα σε ξεχωριστό αντιδραστήρα, υπό ελεγχόμενη θερμοκρασία και πίεση και όχι σε ένα ενιαίο αποτεφρωτήρα, όπου τα τρία βήματα της θερμικής αποικοδόμησης συνυπάρχουν σε ένα σύστημα καύσης ενός σταδίου (Arvanitoyannis, I.S., Kassaveti, A. and Ladas, D., 2008). Τα κυριότερα πλεονεκτήματα της αποσύνδεσης των τριών αυτών σταδίων θερμικής αποικοδόμησης είναι (Williams, P.T., 2001; Whiting, K.J., 2001, 2003):

- η ευελιξία στο καθορισμό της καταλληλότερης εφαρμογής για τη στοχευμένη παραγωγή ενός συγκεκριμένου τελικού προϊόντος.
- η δυνατότητα καθαρισμού του αέριου προϊόντος, μέσω της απομάκρυνσης των όξινων αερίων, πριν από την καύση του φυσικού αερίου για ανάκτηση ενέργειας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της διάβρωσης λόγω υψηλής θερμοκρασίας, εντός του συστήματος ανάκτησης ενέργειας.

- και οι σημαντικά μειωμένοι όγκοι των παραγόμενων αερίων που χρειάζονται καθαρισμό, σε σύγκριση με τους συμβατικούς αποτεφρωτήρες αποβλήτων, με αποτέλεσμα το περιορισμό του συστήματος καθαρισμού και την επακόλουθη μείωση του κόστους της διαδικασίας.

ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

Στις μηχανικές διεργασίες, η επεξεργασία των αποβλήτων γίνεται με τη χρήση μηχανικών μεθόδων (π.χ. πελετοποίηση) ή με τη χρήση τεχνικών φυσικού διαχωρισμού, π.χ. διήθηση (διαδικασίες μεμβράνης), καταβύθιση, κ.λ.π.. Τα απομακριθέντα με αυτό τον τρόπο επικίνδυνα συστατικά ή τα απομονωθέντα επιθυμητά προϊόντα, μπορεί να χρειαστούν περαιτέρω επεξεργασία έτσι ώστε αντίστοιχα, να γίνουν λιγότερο τοξικά ή να αποκτήσουν μεγαλύτερη καθαρότητα (Arvanitoyannis, I.S. and Tserkezu, P., 2008). Επιπλέον, η διήθηση και η καταβύθιση, αποτελούν μερικές από τις τεχνικές απομόνωσης και καθαρισμού που χρησιμοποιούνται για την ανάκτηση των προϊόντων των ζυμωτικών διαδικασιών (downstream processing) (Stanbury, P.F., Whittaker and A., Hall, S.J., 1995).

Διαδικασίες μηχανικής επεξεργασίας

Πελετοποίηση



Εικόνα 76. Διάγραμμα ροής της πελετοποιητικής διαδικασίας. Πηγή: www.mingyangmachinery.com/products/productClass3_1.html (Gongyi Xiaoui Mingyang Machinery plant).

Η πελλετοποίηση είναι η διαδικασία παραγωγής στερεών καυσίμων από απόβλητα υλικά. Το ξυλώδες πέλλετ είναι το πιο κοινό υλικό πελλετοποίησης και μπορεί να παρασκευαστεί από διάφορες κατηγορίες υπολειμμάτων βιομάζας (www.mingyangmachinery.com/products/productClass3_1.html), όπως:

1. αγροτικά και αγροβιομηχανικά υπολλείματα π.χ. φλοιός ρυζιού, σπάδικας (corncob) και μίσχοι αραβόσιτου, άχυρο σίτου, φλοιός αραχίδιας, φλοιοί σόγιας, φλοιοί ηλιόσπορων, υποπροϊόντα παραγωγής τσαγιού, βαγάσση σακχαροκάλαμου κ.λ.π.
2. δασοκομικά υποπροϊόντα, υποπροϊόντα των βιομηχανιών επιπλοποιίας και απορρίμματα χαρτιού π.χ. κομμάτια ξύλων, πριονίδι, χαρτόκουτα κ.λ.π.

Για το σκοπό αυτό οι πρώτες ύλες θα πρέπει να έχουν υγρασία μικρότερη από 13-15% και μέγεθος σωματιδίων κάτω των 5,5 mm (www.mingyangmachinery.com/products/productClass3_1.html). Η πελλετοποίηση της βιομάζας επομένως περιλαμβάνει την άλεση και τη ξήρανση των υποπροϊόντων αυτών έτσι ώστε να παραχθεί ομοιόμορφο μέγεθος σωματιδίων με τη βέλτιστη περιεκτικότητα σε υγρασία. Τα επεξεργασμένα με αυτό το τρόπο υποπροϊόντα υπόκεινται στη συνέχεια σε υψηλές θερμοκρασίες και πιέσεις χρησιμοποιώντας μία θερμο-υδραυλική πρέσα με ειδικά καλούπια για το σχηματισμό του πέλλετ. Τέλος τα παραγόμενα πέλλετ που έχουν μια θερμοκρασία μεταξύ 60-80°C, ψύχονται στον αέρα και συσκευάζονται καταλλήλως για να αποτραπεί η αλλοίωσή τους από την έκθεσή τους στις ατμοσφαιρικές συνθήκες (www.zenithenergy.com/BioGasfr.html; www.mingyangmachinery.com/products/productClass3_1.html).

Διαδικασίες φυσικού διαχωρισμού

Διαδικασίες μεμβράνης

Στις διαδικασίες μεμβράνης τα σωματίδια διαχωρίζονται με βάση το μοριακό τους βάρος και το σχήμα τους και σε μερικές περιπτώσεις και με βάση το φορτίο τους

χρησιμοποιώντας μία κινητήρια δύναμη που μπορεί να είναι η πίεση ή η διαφορά ηλεκτρικού δυναμικού και ειδικές ημιδιαπερατές μεμβράνες. Όπως είναι εύκολα αντιληπτό, αυτές οι μέθοδοι επεξεργασίας αφορούν κυρίως υγρά ή αέρια μίγματα αποβλήτων και υποπροϊόντων (Arvanitoyannis, I.S., Kassaveti, A. and Ladas, D., 2008). Τα ιόντα και τα σωματίδια που δεν μπορούν να διαπεράσουν τις ημιδιαπερατές μεμβράνες και συγκρατούνται από τη μία πλευρά τους αποτελούν το συμπύκνωμα της διήθησης (concentrate), ενώ αυτά που τις διαπερνούν αποτελούν το προϊόν διάχυσης (permeate) (www.enviro.nfesc.navy.mil/erb/erb_a/restoration/technologies/sel_tools/shortlist/shortlist.htm).

Membrane Separation

● : Solute Particle ● : Solvent

Characteristics of membranes

Process driving forces

Applications

<https://canvas.jmu.edu/courses/1484140/pages/membrane-filtration>

The characteristics of membranes used in different membrane separation processes, process driving forces and applications of such processes			
Process	Membrane type and pore size	Process driving force	Applications
Microfiltration	Symmetric microporous, 0.05–10 μm	Hydrostatic pressure difference at approx. 10–500 kPa	Sterile filtration, clarification
Ultrafiltration	Asymmetric microporous, 1–50 μm	Hydrostatic pressure difference at approx. 0.1–1.0 MPa	Separation of macromolecular solutions
Reverse osmosis	Asymmetric skin-type, <1 μm	Hydrostatic pressure difference at approx. 2–10 MPa	Separation of salts and microsolute from solutions
Electrodialysis	Cation and anion exchange membrane	Electrical potential gradient	Desalting of ionic solutions
Gas separation	Asymmetric homogeneous polymer	Hydrostatic pressure and concentration gradients	Separation of gas mixtures
Pervaporation	A non-porous membrane	Vapor pressure gradient	Separation of azeotropic mixtures
Nanofiltration	Thin-film membranes, 2 nm	0.9–1.6 MPa	Removal of hardness and desalting

Adapted from <http://www.tifac.org.in/offer/tlbo/memb.htm>; <http://www.tifac.org.in/news/memb.htm>

Arvanitoyannis, I.S., Kassaveti, A. and Ladas, D., (2008).

Εικόνα 77. Είδη μεμβρανών που χρησιμοποιούνται στις διαδικασίες διήθησης και σχηματική αναπαράσταση της διαδικασίας διαχωρισμού. Πηγές: Arvanitoyannis, I.S., Kassaveti, A. and Ladas, D., (2008); <https://canvas.jmu.edu/courses/1484140/pages/membrane-filtration>

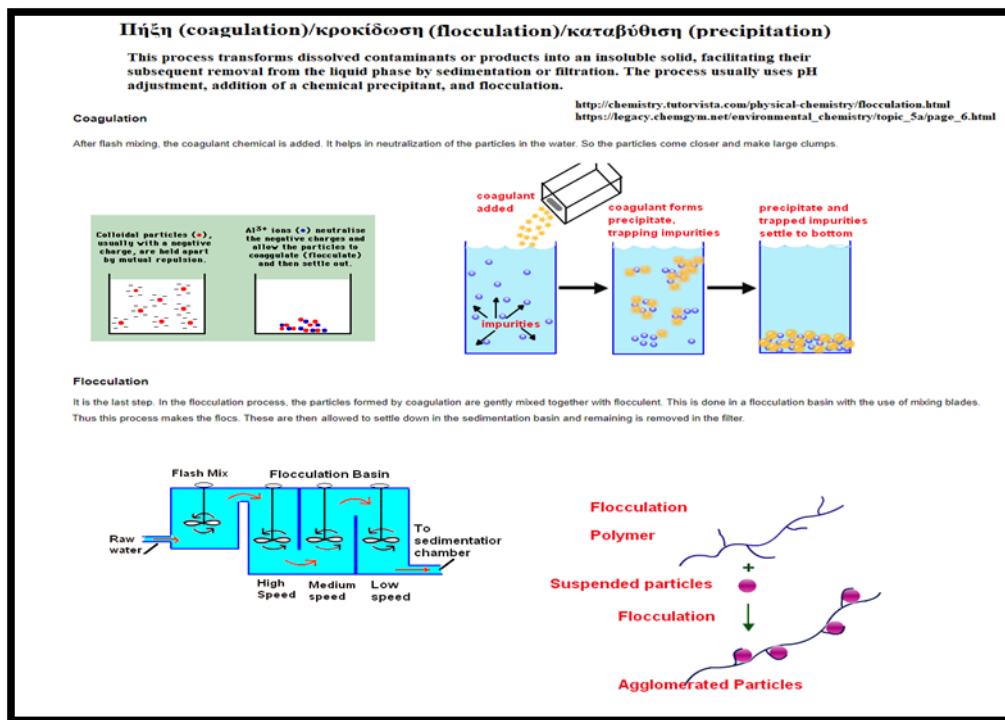
Τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα είδη μεμβρανών περιλαμβάνουν (Arvanitoyannis, I.S., Kassaveti, A. and Ladas, D., 2008):

- i. μικροπορώδης μεμβράνες: είναι λεπτά φιλμ με μέγεθος πόρων που κυμαίνεται από 0,01-10 μm και μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο διαχωρισμό ή διήθηση εναιωρούμενης ύλης από

υγρά και αέρια μίγματα (www.pollutionengineering.com/CDA/ArticleInformation/features/BNP_Features_Item/0,6649,106432,00.html).

- ii. μεμβράνες με ομοιογενή και ανομοιογενή διατομή: είναι μεμβράνες των οποίων η διατομή μπορεί να αποτελείται στην πρώτη περίπτωση από μία μόνο στρώση ή στη δεύτερη από δύο παράλληλες ασυμμετρικές στρώσεις διαφορετικού πάχους, μία πιο λεπτή που προσδίδει στη μεμβράνη τη διηθητική της επιλεκτικότητα και μία πιο παχιά που αυξάνει την αντίσταση της μεμβράνης στη ροή. Η επιλογή ανάμεσα στα δύο αυτά είδη μεμβρανών γίνεται με βάση την ένταση της ροής που θα περάσει μέσα από αυτές.
- iii. ηλεκτρικά φορτισμένες μεμβράνες: μπορεί να ανήκουν τόσο στα μικροπορώδη όσο και στα πιο πυκνά είδη μεμβρανών, αν και οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενες μεμβράνες αυτού του τύπου είναι πολύ λεπτές μικροπορώδης μεμβράνες με πόρους στους οποίους είναι προσδεδεμένα θετικά ή αρνητικά φορτισμένα ιόντα. Ο διαχωρισμός με τη χρήση των μεμβρανών αυτών επιτυγχάνεται κυρίως με τον αποκλεισμό των ιόντων που έχουν το ίδιο φορτίο με τα προσδεδεμένα στη μεμβράνη ιόντα και σε πολύ μικρότερο βαθμό από το μέγεθος των σωματιδίων (www.media.wiley.com/product_data/excerpt/56/04708544/0470854456.pdf).
- iv. υγρές μεμβράνες: χρησιμοποιούν επιλεκτικούς μεταφορείς (carriers) για τη μεταφορά με υψηλούς ρυθμούς μέσα από αυτές π.χ. μεταλλικών ιόντων (www.tifac.org.in/news/memb.htm). Κύριο πλεονέκτημά τους είναι η εξαιρετικά μεγάλη επιλεκτική τους ικανότητα, που επιτρέπει την αναγνώριση συγκεκριμένων μοριακών δομών και για το λόγο αυτό εξετάζεται η χρήση τους σε βιομηχανικές εφαρμογές, ενώ το βασικό τους μειονέκτημα είναι η μικρή ανθεκτικότητα της δομής τους σε μεγάλες διαφορές πίεσης ή σε αναταράξεις, οι οποίες μπορούν να προκαλέσουν τη ρήξη τους, μετά την οποία παύουν να είναι λειτουργικές (http://separationprocesses.com/Membrane/MT_Ch07d.htm).

Πήξη (coagulation)/κροκίδωση (flocculation)/καταβύθιση (precipitation)



Εικόνα 78. Πήξη, κροκίδωση και καταβύθιση. Πηγή: <http://chemistry.tutorvista.com/physical-chemistry/flocculation.html> (TutorVista.com)

Η διεργασία της κατακρήμνισης (ή καταβύθισης), περιλαμβάνει δύο βασικά στάδια (Arvanitoyannis, I.S., Kassaveti, A. and Ladas, D., 2008; <http://chemistry.tutorvista.com/physical-chemistry/flocculation.html>):

1. Τη πήξη: που ορίζεται ως η διαδικασία αποσταθεροποίησης των κολλοειδών σωματιδίων μέσω της εξουδετέρωσης των δυνάμεων που τα κρατούν σε εναιώρηση. Για το σκοπό αυτό γίνεται ρύθμιση του pH και προσθήκη κατακρημνιστικών παραγόντων όπως, καρβονικά, θειικά και θειώδη άλατα, ασβέστης ($CaOH$), σόδα ($NaOH$) και άλλα υδροξείδια μέσα σε ένα περιέκτη γρήγορης ανάδευσης.
2. και τη κροκίδωση: κατά την οποία γίνεται η ανάμειξη κροκιδωτικών παραγόντων όπως, οργανικά πολυμερή, ηλεκτρολύτες και συνθετικοί πολύ-ηλεκτρολύτες, με τα προϊόντα της πήξης μέσα σε ένα περιέκτη αργής ανάδευσης (κροκιδωτής, flocculator) για τουλάχιστον

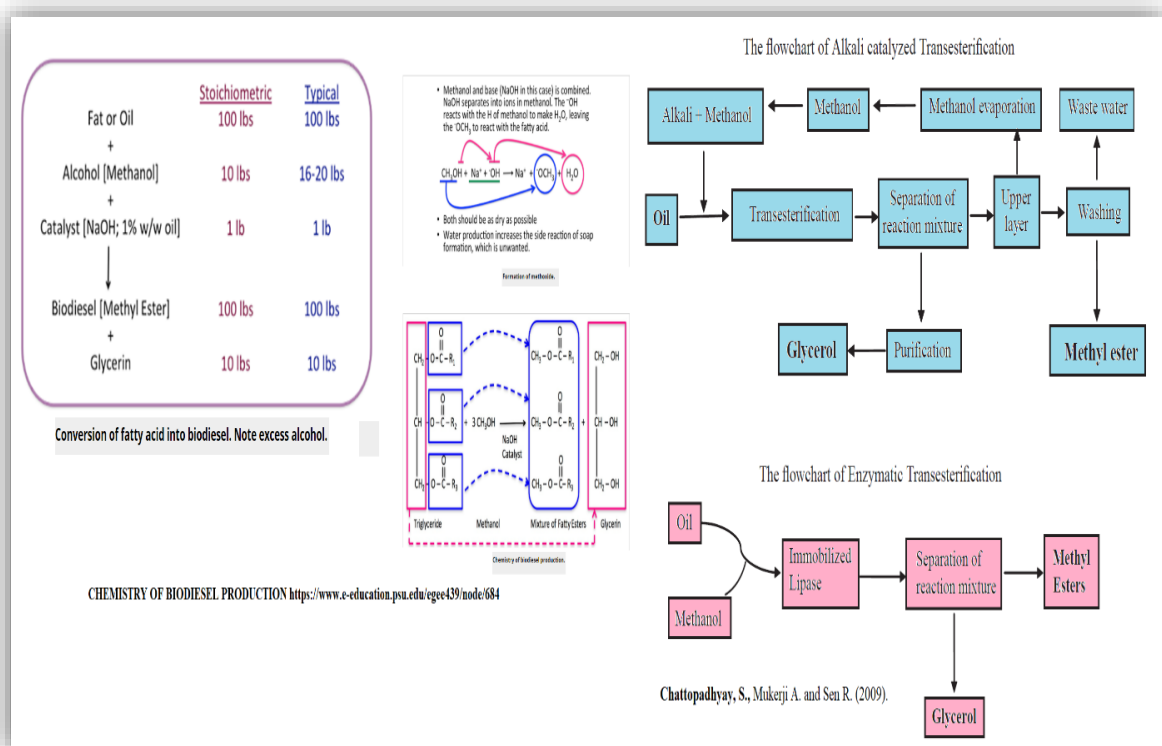
30 λεπτά. Στη φάση αυτή λαμβάνει χώρα ο σχηματισμός μεγαλύτερων συσσωματωμάτων μέσω διαδικασιών γεφύρωσης (bridging).

Η πήξη/κροκύδωση και η μηχανική ανάδευση στον κροκυδωτή στόχο έχουν την παραγωγή όλο και μεγαλύτερων σωματιδίων για τη προώθηση της καθίζησης σε ένα ξεχωριστό θάλαμο. Οι χημικοί ιζηματοποιητές δημιουργούν πολύ λεπτά σωματίδια που παραμένουν σε εναιώρηση, στη συνέχεια οι παράγοντες πήξης/κροκύδωσης προκαλούν τη συγκέντρωση των αιωρούμενων σωματιδίων και τέλος η ανάμειξη σε ένα κροκυδωτή προωθεί την επαφή μεταξύ των σωματιδίων αυτών και τη δημιουργία συσσωματωμάτων με αυξανόμενο μέγεθος. Ο τελικός καθαρισμός για την απομάκρυνση των παραγόμενων συσσωματωμάτων γίνεται με φιλτράρισμα (διαδικασίες διήθησης) (Arvanitoyannis, I.S., Kassaveti, A. and Ladas, D., 2008).

ΧΗΜΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

Στην πράξη τόσο στις θερμικές όσο και στις βιολογικές και μηχανικές διεργασίες επεξεργασίας, λαμβάνουν χώρα χημικές αντιδράσεις, οπότε υπό τον όρο χημικές διεργασίες επεξεργασίας κατηγοριοποιούνται όλες εκείνες οι μεθοδολογίες κατά τις οποίες η αποικοδομητική επεξεργασία των αποβλήτων γίνεται με την προσθήκη συγκεκριμένων χημικών ενώσεων, με τις οποίες τα τελευταία αντιδρούν. Τέτοιες διεργασίες επεξεργασίας είναι: η χημική αναγωγή, η χημική οξείδωση (π.χ. οξονοποίηση, υγρή οξείδωση), η απενεργοποίηση (π.χ. ουδετεροποίηση ή neutralization), η παραγωγή βιοντίζελ μέσω τρανς-εστεριοποίησης ή κ.λ.π (Arvanitoyannis, I.S., Kassaveti, A. and Ladas, D., 2008; Arvanitoyannis, I.S. and Tserkezou, P., 2008; Arvanitoyannis, I.S. and Varzakas, T.H., 2008).

Παραγωγή βιοντίζελ (trans-εστεριοποίηση)



Εικόνα 75. Η αντίδραση της τρανς-εστεροποίησης για την παραγωγή Βιοντίζελ και διαγράμματα ροής για την αλκαλικά καταλυόμενη και ενζυματικά καταλυόμενη τρανς-εστεροποιητική διαδικασία. Πηγή: Dutton, J.A., 'The Reaction of Biodiesel: Transesterification'; Chattopadhyay, S., Mukerji A. and Sen R., (2009).

Η περατότητα των ορυκτών καυσίμων και ταυτόχρονα η βαθμιαία αύξηση της ζήτησης πετρελαίου καθιστούν επιτακτική την αναζήτηση εναλλακτικών πηγών ντίζελ και σε αυτό το πλαίσιο έχουν γίνει πολλές έρευνες για τη μελέτη του δυναμικού των τριγλυκεριδίων ως καύσιμο ντίζελ. Ωστόσο, η απευθείας χρήση τριγλυκεριδίων σε μια μηχανή ντίζελ παρουσιάζει ορισμένες λειτουργικές δυσκολίες λόγω του υψηλού ιξώδους και των φτωχών θερμοκρασιών τους ιδιοτήτων (Fukuda, H., Kondo, A. and Noda, H., 2001). Αυτό το πρόβλημα μπορεί να ξεπεραστεί με την ανάπτυξη παράγωγων από τα φυτικά έλαια (VOs) που έχουν παρόμοιες ιδιότητες με το πετρελαϊκό ντίζελ. Για το σκοπό αυτό η μετεστεροποίηση (transesterification) είναι η πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη και καθιερωμένη πλέον χημική αντίδραση στην οποία γραμμικές μονοϋδρόξυ αλκοόλες όπως π.χ. η μεθανόλη (κυρίως), η αιθανόλη ή η βουτανόλη, αντιδρούν με VOs, δηλαδή με τα τριγλυκερίδια των λιπαρών οξέων, υπό την παρουσία ενός χημικού (οξύ ή βάση) ή βιολογικού (ένζυμο) καταλύτη, για την παραγωγή μονο-αλκυλικών εστέρων των φυτικών ελαίων, ευρέως γνωστοί ως βιοντίζελ (Chattopadhyay, S., Mukerji A και Sen R., 2009; Dutton, J.A., 'The Reaction of Biodiesel: Transesterification'). Από τη διαδικασία αυτή παράγεται και γλυκερίνη ως παραπροϊόν (Arvanitoyannis, I.S. and Varzakas, T.H.. 2008). Η μεθανόλη προτιμάτε σε σχέση με τις άλλες αλκοόλες εξαιτίας της αφθονίας της και της υψηλής ποιότητας ιδιοτήτων ντίζελ των μετεστεροποιημένων προϊόντων, που ονομάζονται FAMES (Fatty Acid Methyl Esters) (Shimada, Y., et al., 2002).

Χημικά καταλυόμενη μετεστεροποίηση

Σε αυτή τη μέθοδο, για τη μετεστεροποίηση των τριγλυκεριδίων χρησιμοποιούνται οξέα (H_2SO_4) ή αλκάλια ($NaOH$ ή KOH) ως καταλύτες. Η διαδικασία αυτή παρουσιάζει ορισμένα μειονεκτήματα όπως, η λειτουργία σε συνθήκες πολύ υψηλών θερμοκρασιών και πιέσεων και η ατελής μετατροπή. Ωστόσο, η αλκαλικά καταλυόμενη διαδικασία, παρόλο που απαιτεί υψηλή θερμοκρασία λειτουργίας (περίπου $80^\circ C$), είναι πολύ γρήγορη και έχει

υψηλότερο ρυθμό μετατροπής (*Chongkhon, S., et al., 2007; Vicente, G., et al., 2004*). Για το λόγο αυτό οι μέθοδοι αλκαλικής κατάλυσης έχουν εμποριοποιηθεί (*Chattopadhyay, S., Mukerji A και Sen R., 2009*).

Ενζυματικά καταλυμένη μετεστεροποίηση

Στις διαδικασίες βιοκατάλυσης έχουν χρησιμοποιηθεί κυρίως λιπάσες από διαφορετικές πηγές και για να γίνει η διαδικασία πιο αποτελεσματική από την άποψη του οικονομικού κόστους, έχουν γίνει δοκιμές με την ακινητοποίησή τους. Η αντίδραση αυτή πραγματοποιείται υπό κανονικές συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης, αλλά απαιτεί περισσότερο χρόνο σε σχέση με την αλκαλικά καταλυμένη αντίδραση. Το ποσοστό μετατροπής είναι αρκετά υψηλό και η παραγόμενη γλυκερόλη είναι καλής ποιότητας και μπορεί να χρησιμοποιηθεί απευθείας για τη παραγωγή προϊόντων προστιθέμενης αξίας (*Fukuda, H., Kondo, A. and Noda, H., 2001*).

Βιοντίζελ από αγροβιομηχανικά υπολείμματα

Το βιοντίζελ παράγεται γενικά, από τα χαμηλού κόστους απόβλητα φυτικά έλαια και μη-βρώσιμα ακατέργαστα φυτικά έλαια ή ζωικά λίπη. Παραδείγματα είναι το φοινικέλαιο (*Al-Widyan, MI και Al-Shyoukh, AO, 2002*), το σογιέλαιο, το ηλιέλαιο, το έλαιο από το πίτουρο του ρυζιού, το κραιβέλαιο κ.λ.π., ενώ δεν υπάρχουν αναφορές για απευθείας χρήση των αγροβιομηχανικών υποπροϊόντων σε αυτή τη διαδικασία (*Chattopadhyay, S., Mukerji A. and Sen R., 2009*). Για τη φθηνή παραγωγή βιοντίζελ μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί απόθεμα σάπωνα, ένα υποπροϊόν της παραγωγικής διαδικασίας βρώσιμων ελαίων π.χ. απόθεμα σάπωνα σόγιας (*Haas, MJ, Bloomer, S. and Scott, K, 2000*), μίγμα από απόθεμα σάπωνα φουντουκέλαιου και απόβλητο ηλιέλαιο (*Usta, N, et al., 2005*) κ.λ.π. Η επιλογή των φυτικών

ελαίων που χρησιμοποιούνται, εξαρτάται από τη διαθεσιμότητά τους στη χώρα παραγωγής του βιοντίζελ (*Chattopadhyay, S., Mukerji A. and Sen R., 2009*).

Η παραγωγή μεθυλεστέρων των λιπαρών οξέων από απόθεμα σάπωνα σόγιας, είναι μια διαδικασία δύο σταδίων που περιλαμβάνει αρχικά την αλκαλική υδρόλυση όλων των δεσμών των λιπιδιακών λιπαρών οξέων και τη μετέπειτα εστεροποίηση καταλυμένη από οξύ, των αλάτων νατρίου των ελεύθερων πλέον λιπαρών οξέων (*Haas, M.J., Bloomer, S. and Scott, K., 2000*). Το βιοντίζελ που παράχθηκε από το απόθεμα σάπωνα σόγιας με τη μέθοδο αυτή, δοκιμάστηκε σε μια μηχανή ντίζελ και βρέθηκε ότι οι εκπομπές των συνολικών υδρογονανθράκων, των σωματιδίων και του μονοξειδίου του άνθρακα που προκύπτουν μέσω της καύσης του είναι μειωμένες (*Haas, M.J., et al., 2001*).

Έχει τέλος αναφερθεί και η καταλυμένη από λιπάση παραγωγή βιοντίζελ χρησιμοποιώντας ως πρώτη ύλη (*Arvanitoyannis, I.S. and Varzakas, T.H., 2008*): το ηλιοτρόπιο (*Mittelbach, M., 1990*), το σογιέλαιο (*Kaieda, M., et al., 1999*), μίγμα φυτικών ελαίων (*Watanabe, Y., et al., 2000*), γράσο και ζωικό λίπος (*Nelson, L.A., Foglia, T.A. and Marmar, W.N., 1996*), φοινικέλαιο και καρυδέλαιο (*Abigor, R.D., et al., 2000*) και έλαιο από το πίτυρο ρυζιού (*Kamini, N.R. and Iefuji, H., 2001*).

Πλεονεκτήματα του Βιοντίζελ

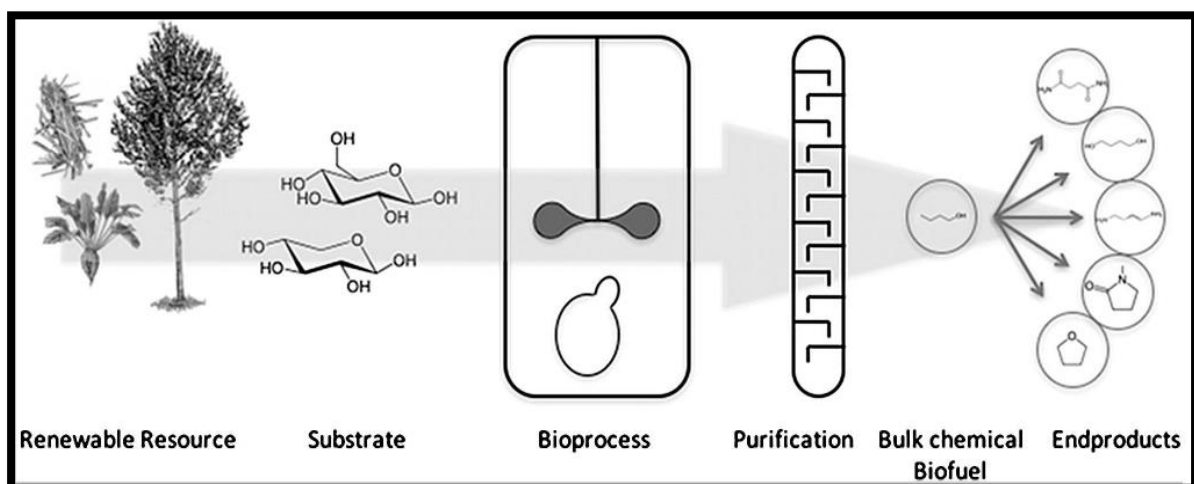
Τα κυριότερα πλεονεκτήματα του βιοντίζελ είναι (*Arvanitoyannis, I.S. and Varzakas, T.H., 2008*):

1. η αποτελεσματική χρήση του ως βιολογικός διαλύτης (*Von Wedel, R., 1997*). Συγκεκριμένα, βρέθηκε ότι οι μεθυλεστέρες των φυτικών ελαίων (FAMES) μπορούν να απομακρύνουν τη διπλάσια ποσότητα πετρελαίου από την άμμο σε σύγκριση με τα συμβατικά καθαριστικά ακτογραμμών (*Page, C., Fuller, C. and Autenrieth, R., 2000*).

2. είναι μία μη-τοξική, βιοδιασπώμενη και ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Πράγματι οι μεθυλεστέρες των φυτικών ελαίων (FAMES) παρουσιάζουν σε σύγκριση με τα ακατέργαστα έλαια, σημαντικά μικρότερη τοξικότητα προς ένα ευρύ φάσμα αλγών, μακρόφυτων και ζώων, ενώ είναι επίσης ταχέως αποικοδομήσιμοι στο περιβάλλον (*Zhang, X., et al., 1998*). Επιπρόσθετα περιβαλλοντικά οφέλη είναι οι χαμηλότερες εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων και καυσαερίων θερμοκηπίου (όπως CO, CO₂ και SO_x), από την καύση του.
3. και τέλος, αποτελεί μία λιγότερο δαπανηρή εναλλακτική λύση, δεδομένου ότι μεγάλες ποσότητες αυτού μπορούν να παραχθούν με χαμηλό κόστος.

ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

Στις βιολογικές διεργασίες, η επεξεργασία των αποβλήτων γίνεται από ζωντανούς μικροοργανισμούς όπως βακτήρια και μύκητες, αλλά και από μανιτάρια, φυτά, φύκη κ.λ.π. και στόχο έχει την απομάκρυνση και την αποικοδόμηση των επικίνδυνων συστατικών τους, δηλαδή τη βιοαποκατάστασή τους (bioremediation) αλλά και τη βιομετατροπή τους (bioconversion), κυρίως μέσω της ζύμωσης στερεάς κατάστασης (SSF) και την αναβάθμισή τους σε νέα και καινοτόμα προϊόντα προστιθέμενης αξίας π.χ. πολυλειτουργικά συστατικά τροφίμων σε φρουτοχυμούς και στην αρτοποιία, παραγωγή βιοαερίου (biogas) και βιοαιθανόλης (bioethanol) κ.λ.π. (Laufenberg, G., Kunz, B. and Nystroem, M., 2003; Arvanitoyannis, I.S. and Varzakas, T.H., 2008).



Εικόνα 79. Σχηματική αναπαράσταση της μικροβιακής παραγωγής χημικών ενώσεων από ανανεώσιμες πηγές. Μια ανανεώσιμη πηγή μετατρέπεται σε ροή υποστρώματος, το οποίο μπορεί να υποστεί μικροβιακή μετατροπή σε βασικό χημικό συστατικό. Το τελευταίο πρέπει να καθαριστεί πριν γίνει η αναβάθμισή του σε πιο εξελιγμένα προϊόντα. Πηγή: Sauer, M., (2016).

Οι βιολογικές αυτές διεργασίες επεξεργασίας, βιοαποικοδόμησης και βιοαποκατάστασης, αναγνωρίζονται ως βιώσιμη προσέγγιση για την αποδόμηση λυμάτων με υψηλό φορτίο οργανικών ρύπων, όπως είναι αυτά των αγρο-βιομηχανικών εργοστασίων, γενικά και των οινοποιητικών αποστακτηρίων, ειδικότερα (Benitez, F., et al., 1999). Με βάση τη τοποθεσία στην οποία λαμβάνουν χώρα, διαχωρίζονται σε *In situ* και *Ex-situ* (www.cpeo.org

[/techtree/ttdescript/ensolmx.htm](#)), με βάση τις συνθήκες οξυγόνωσης υπό τις οποίες διεξάγονται, σε αερόβιες και αναερόβιες, και με βάση τη περιεκτικότητα σε νερό της λειτουργικής φάσης, σε διαδικασίες υγρής και στερεάς κατάστασης (Arvanitoyannis, I.S., Kassaveti, A. and Ladas, D., 2008). Σε αυτή την κατηγορία διεργασιών ανήκουν: η αερόβια χώνευση (χώνευση λυματολάσπης, υγειονομική ταφή, κομποστοποίηση), η αναερόβια χώνευση και συγχώνευση (παραγωγή βιοαερίου), η ζύμωση υγρής κατάστασης (SmF, Submerged Fermentation) και η ζύμωση στερεάς κατάστασης (SSF, Solid State Fermentation) (Arvanitoyannis, I.S., Kassaveti, A. and Ladas, D., 2008; Arvanitoyannis, I.S. and Tserkezou, P., 2008; Arvanitoyannis, I.S. and Varzakas, T.H., 2008). Συγκεκριμένα η αποικοδόμηση κατά την κομποστοποίηση γίνεται παρουσία αέρα δηλαδή σε αερόβιες συνθήκες, ενώ κατά την επεξεργασία του βιοαερίου γίνεται σε αναερόβιες συνθήκες, αν και στις δύο περιπτώσεις το αποτέλεσμα είναι η μείωση της ποσότητας οποιουδήποτε του υπάρχοντος σε αυτά οργανικού υλικού (Arvanitoyannis, I.S. and Varzakas, T.H., 2008). Τέλος οι διαδικασίες της ζύμωσης, αν και εξορισμού είναι αναερόβιες, ωστόσο διεξάγονται, τόσο σε αναερόβιες, όσο και αερόβιες συνθήκες (Essays, UK., 2013).

Επομένως τα πλεονεκτήματα της βιολογικής αποικοδόμησης των αποβλήτων συνοψίζονται στα παρακάτω (Arvanitoyannis, I.S. and Varzakas, T.H., 2008):

1. μείωση του όγκου των οργανικών αποβλήτων
2. έλεγχος του βιολογικού κινδύνου των αποβλήτων
3. συμβατότητα του συστήματος αυτού με άλλα βιολογικά συστήματα ELSS (Environmental Life Support Systems), δηλαδή, συστήματα περιβαλλοντικής υποστήριξης της ζωής (greenhouses, θερμοκήπια).
4. Τόσο τα αέρια π.χ. βιοαέριο, όσο και τα υγρά-νερό και στερεά τύπου χούμους υπολείμματα που παράγονται κατά τη διάρκεια της βιοαποικοδομητικής διαδικασίας μπορούν να

χρησιμοποιηθούν αντίστοιχα για τη κάλυψη ενεργειακών αναγκών, αναγκών ύδρευσης και ως λίπασμα.

Στις διεργασίες *In situ*, η επεξεργασία του μολυσμένου νερού ή εδάφους λαμβάνει χώρα στο μέρος όπου εντοπίζονται αρχικά. Αυτές οι τεχνικές δεν απαιτούν επομένως εκσκαφή και μεταφορά των μολυσμένων εδαφών σε άλλο χώρο, οπότε είναι λιγότερο ακριβές και παράγουν λιγότερη σκόνη, ενώ η απελευθέρωση των ρυπαντικών ουσιών σε αυτές είναι μικρότερη από ό,τι στις τεχνικές *ex-situ*. Ένα άλλο πλεονέκτημα των τεχνικών *in-situ* είναι ότι έχουν συγκριτικά μεγαλύτερο δυναμικό επεξεργασίας, δηλαδή μπορούν να επεξεργαστούν σε κάθε διεργασία μεγαλύτερο όγκο αποβλήτων. Τα μειονεκτήματά τους είναι ότι πρόκειται για βραδύτερες τεχνικές σε σχέση με τις *ex-situ*, η διαχείρισή τους είναι δυσκολότερη και η αποτελεσματικότητά τους εξαρτάται από τη διαπερατότητα των εδαφών, με αποτέλεσμα η απόδοσή τους να αυξάνει όταν τα εδάφη επεξεργασίας είναι διαπερατά (αμμώδη ή ασυμπιεστά) και το αντίθετο όταν αυτό δεν ισχύει (<http://modflow.bossintl.com/html/insitu-bioremediation.html>). *In-situ* τεχνικές είναι (Arvanitoyannis, I.S., Kassaveti, A. and Ladas, D., 2008):

- η βιοενίσχυση (bioaugmentation), γενικός όρος που περιγράφει την προσθήκη μικροοργανισμών ή ενζύμων με σκοπό την απομάκρυνση ανεπιθύμητων χημικών ενώσεων,
- ο βιοεξαερισμός (bioventing), κατά τον οποίο χορηγείται στα μολυσμένα εδάφη αέρας με βελτιστοποιημένο ρυθμό, αυξάνοντας τη συγκέντρωσή τους σε οξυγόνο, με σκοπό τη διέγερση της ανάπτυξης του αυτόχθονου πληθυσμού των αερόβιων βακτηρίων.
- και η βιοσκέδαση (biosparging), που περιλαμβάνει τη χορήγηση αέρα υπό πίεση κάτω από την επιφάνεια του νερού, έτσι ώστε να αυξηθεί η συγκέντρωση του οξυγόνου στα υπόγεια ύδατα, με αποτέλεσμα την ενίσχυση της βιοαποικοδόμησης από τους φυσιολογικά παρόντες βακτηριακούς πληθυσμούς.

Οι διαδικασίες *Ex-situ*, περιλαμβάνουν τη συλλογή και αφαίρεση του μολυσμένου εδάφους/ύδατος και των παραγόμενων υποπροϊόντων και τη μετέπειτα μεταφορά τους σε άλλο

εξειδικευμένο χώρο επεξεργασίας. Οι τεχνικές αυτές είναι πιο γρήγορες, ο έλεγχός τους είναι ευκολότερος δεδομένου ότι οι συνθήκες λειτουργίας τους μπορούν να προσδιοριστούν με μεγαλύτερη ακρίβεια και τέλος μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επεξεργασία ενός ευρύτερου φάσματος ρυπαντικών παραγόντων, εδαφικών τύπων και υποπροϊόντων. Ωστόσο, στα μειονεκτήματα αυτών, όσον αφορά την επεξεργασία του μολυσμένου εδάφους συγκαταλέγεται η αναγκαιότητα εκσκαφής του πριν και μερικές φορές ακόμη και μετά την βιοαποκατάστασή του (www.modflow.bossintl.com/html/exsitu-bioremediation.html). Αυτές οι τεχνικές περιλαμβάνουν την βιοαποκατάσταση πολτοειδούς φάσης (Slurry Phase Bioremediation) π.χ. βιοαντιδραστήρες όπως οι αντιδραστήρες ενεργοποιημένης λυματολάσπης και τη βιοαποκατάσταση στερεάς φάσης (Solid Phase Bioremediation) π.χ. υγειονομική ταφή, κομποστοποίηση, βιοστοίβες (biopiles), καθώς επίσης και οι τεχνικές ζύμωσης στερεάς κατάστασης. Οι βιοστοίβες είναι μία υβριδική διεργασία μεταξύ της υγειονομικής ταφής και της κομποστοποίησης (www.iupac.org/publications/pac/2001/pdf/7307x1163.pdf).

Υγειονομική ταφή (Landfarming)

Η υγειονομική ταφή συνίσταται στη διασκόρπιση και ενσωμάτωση των αποβλήτων μέσα στο έδαφος, έτσι ώστε να δοθεί το έναυσμα για την εκκίνηση της βιολογικής επεξεργασίας (www.aimsconsulting.com/resources/Resource_Library.html) και αποτελεί τη παραδοσιακή μέθοδο επεξεργασίας αποβλήτων, αν και η εφαρμογή της περιορίζεται στα άμεσα αποδομήσιμα υλικά, με το κίνδυνο της διαρροής ρυπαντών στα υπόγεια ύδατα να είναι υπαρκτός (www.biotech-monitor.nl/3405.htm). Λυματολάσπη, μολυσμένα εδάφη ή ιζήματα, απλώνονται σε χωράφια και καλλιεργούνται όπως συμβαίνει στις αγροκαλλιέργειες. Το χώμα περιοδικά αναμοχλεύεται για να αναμειχθεί αέρας μέσα στα απόβλητα, ενώ η υγρασία και τα

θρεπτικά συστατικά ελέγχονται για την ενίσχυση της βιοαποικοδόμησης (www.modflow.bossintl.com/html/exsitu-bioremediation.html).

Η βιοαποικοδόμηση στην υγειονομική ταφή του οργανικού περιεχομένου των αποβλήτων, κατά κύριο λόγο, υδατάνθρακες (κυτταρίνη, άμυλο και σάκχαρα), πρωτεΐνες (αμινοξέα), λιπίδια και λιπαρές ουσίες (λιπαρά οξέα), περιλαμβάνει 5 βασικά στάδια (*Kjeldsen et al., 2002*):

- 1) υδρόλυση/αερόβια αποικοδόμηση,
- 2) υδρόλυση και ζύμωση,
- 3) ακετογένεση,
- 4) μεθανογένεση
- 5) και οξειδωση.

Οι παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν την αποικοδομητική αυτή διαδικασία είναι πολυάριθμοι, εκ των οποίων οι πιο σημαντικοί είναι (*Westlake, K., 1995; Christensen, T.H., Kjeldsen, P.A. and Lindhardt, B., 1996*): τα χαρακτηριστικά της τοποθεσίας της ταφής και των αποβλήτων, η περιεκτικότητα σε υγρασία των τελευταίων, η θερμοκρασία και η οξύτητα. Σε μία πιο μοντέρνα και εξελιγμένη αντίληψη των χώρων υγειονομικής ταφής, αυτοί μπορούν να εκληφθούν ως ‘βιοαντιδραστήρες’ που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη σταθεροποίηση των αποβλήτων και τη ταυτόχρονη παραγωγή αερίων για την ανάκτηση ενέργειας (*Arvanitoyannis, I.S., Kassaveti, A. and Ladas, D., 2008*). Τα βασικά μειονεκτήματα της μεθόδου αυτής περιλαμβάνουν (*Danthurebandara, M., et al., 2013*):

- 1) τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, λόγω της έκλυσης αερίων στον αέρα προερχόμενα από τη σήψη των οργανικών απορριμμάτων, όπως το μεθάνιο και το διοξείδιο του άνθρακα, τα οποία συμβάλλουν σημαντικά στην υπερθέρμανση του πλανήτη και λόγω του υπαρκτού όπως προαναφέρθηκε κινδύνου διαρροής χημικών ουσιών, που μπορούν να περάσουν από το έδαφος του χώρου υγειονομικής ταφής στα υπόγεια ύδατα και ρεύματα.

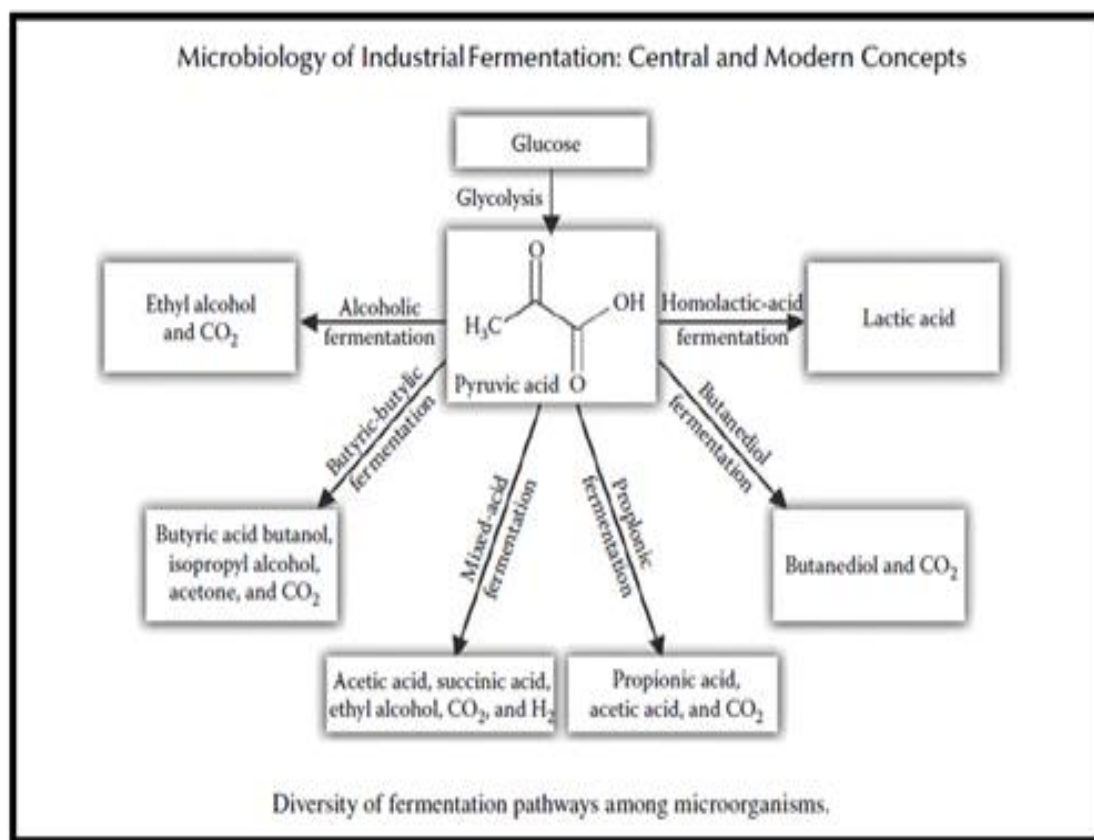
- 2) Τις οικονομικές επιπτώσεις, τόσο λόγω του κόστους συντήρησης ενός τέτοιου χώρου, το οποίο επεκτείνεται για μεγάλο χρονικό διάστημα ακόμη και μετά τη διακοπή της λειτουργίας του, όσο και λόγω του ότι τα απορρίμματα συνήθως πρέπει να μεταφέρονται στο χώρο ταφής, ο οποίος βρίσκεται μακριά από το χώρο παραγωγής τους.

Διεργασίες ζύμωσης

Η ζύμωση ορίζεται, με την πιο κοινή έννοιά της, ως η μεταβολική διαδικασία ανάλωσης οργανικών 'θρεπτικών' ενώσεων και κυρίως σακχάρων, από μικροοργανισμούς π.χ. βακτήρια, μύκητες κ.λ.π. και κύτταρα π.χ. ανθρώπινα μυϊκά κύτταρα (ζύμωση γαλακτικού οξέος), προκειμένου να παραχθεί ενέργεια μέσω της αποδόμησης των εν λόγω ενώσεων, σε συνθήκες ελλιπούς οξυγόνου ή αναερόβιες συνθήκες (<https://en.wikipedia.org/wiki/Fermentation>; *Donald, W.K., Lansing, M., Harley, J., 2006*). Παρόλα αυτά η ζυμωτική διαδικασία δεν είναι απαραίτητο να διεξάγεται σε αναερόβιες συνθήκες. Για παράδειγμα ακόμη και παρουσία περίσσειας οξυγόνου, οι ζύμες προτιμούν πολύ περισσότερο τη ζύμωση από την αερόβια αναπνοή, για να παράγουν την αναγκαία ενέργεια, με τη προϋπόθεση ότι υπάρχουν διαθέσιμα σάκχαρα προς κατανάλωση (Crabtree effect) (*Dickinson, J. R., 1999*).

Από βιοχημική άποψη, κατά τη ζυμωτική διαδικασία το NADH (reduced Nicotinamide Adenine Dinucleotide, αναγωγικό νικοτιναμιδικό δινουκλεοτίδιο της αδενίνης) και μία ενδογενής οργανική ένωση που δρα ως δέκτης ηλεκτρονίων, συνήθως το πυροσταφυλικό οξύ ($\text{CH}_3\text{COCO}_2^-$), τα οποία παράγονται από το σάκχαρο κατά τη γλυκόλυση, μεταβολίζονται σε NAD^+ (oxidized Nicotinamide Adenine Dinucleotide, οξειδωτικό νικοτιναμιδικό δινουκλεοτίδιο της αδενίνης) και ένα οργανικό προϊόν, το οποίο ποικίλλει ανάλογα με τον τύπο της ζύμωσης (*Donald, W.K., Lansing, M., Harley, J., 2006*). Οπότε, σε αυτή την αναερόβια διαδικασία παραγωγής ενέργειας, ως δότες και δέκτες ηλεκτρονίων, δρουν οργανικές ενώσεις, χωρίς τη συμμετοχή του οξυγόνου ή άλλων ανόργανων αποδεκτών ηλεκτρονίων (*Stanbury,*

P.F., 2000). Το πρώτο βήμα, που ονομάζεται ‘γλυκόλυση Embden-Meyerof-Parnas’, κατά το οποίο η γλυκόζη μετατρέπεται σε πυροσταφυλικό οξύ, είναι καθολικά διατηρημένο μεταξύ των οργανισμών, δηλαδή είναι κοινό σε πολλές ζυμωτικές μεταβολικές οδούς και περιγράφεται από τη χημική αντίδραση: $C_6H_{12}O_6 + 2 NAD^+ + 2 ADP + 2 P_i \rightarrow 2 CH_3COCO_2^- + 2 NADH + 2 ATP + 2 H_2O + 2H^+$ (*El-Mansi, E.M.T., Ward, B.F. and Chopra, A.P., 2011; https://en.wikipedia.org/wiki/Fermentation*).

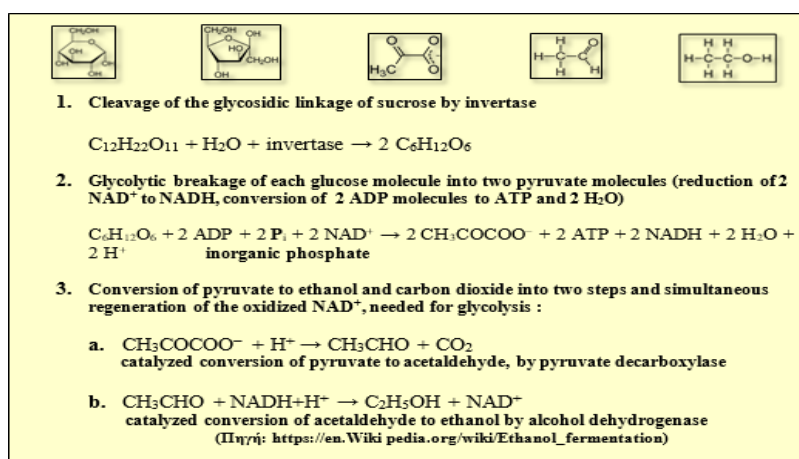


Γράφημα 11. Ποικιλομορφία των ζυμωτικών μεταβολικών οδών μεταξύ των μικροοργανισμών. Πηγή: *El-Mansi, E.M.T., Ward, B.F. and Chopra, A.P., (2011)*.

Παρόλο το κοινό αυτό πρώτο βήμα, οι μικροοργανισμοί διαφέρουν από τους ευκαρυωτικούς οργανισμούς ως προς την ικανότητά τους να επεξεργάζονται περαιτέρω το πυροσταφυλικό οξύ, μέσω μίας ευρείας γκάμας μεταβολικών οδών, συνεισφέροντας στη σύνθεση μίας πληθώρας διαφορετικών τελικών προϊόντων (*El-Mansi, E.M.T., Ward, B.F. and Chopra, A.P., 2011*). Τα προϊόντα αυτά μπορεί να είναι, οργανικά οξέα π.χ. γαλακτικό οξύ,

βουτυρικό οξύ κ.λ.π., αέρια π.χ. διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) και υδρογόνο (H₂), αλκοόλες, ή πιο ασυνήθιστα προϊόντα, όπως π.χ. η ακετόνη (<https://en.wikipedia.org/wiki/Fermentation>). Με βάση το τελικό προϊόν που προκύπτει από το μεταβολισμό του πυροσταφυλικού οξέος διακρίνονται διάφορα είδη ζύμωσης, όπως αλκοολική ζύμωση, γαλακτική ζύμωση (ομο- και ετερο- γαλακτική), ζύμωση ακετόνης-βουτανόλης-αιθανόλης (ABE, Acetone, Butanol, Ethanol), ζύμωση μικτών οξέων, ζύμωση βουτανοδιόλης, ζύμωση σουκκινικού (ή ηλεκτρικού) οξέος, ζύμωση βουτυρικού οξέος, ζύμωση προπιονικού οξέος, κ.λ.π. (<https://en.wikipedia.org/wiki/Fermentation>; El-Mansi, E.M.T., Ward, B.F. and Chopra, A.P., 2011).

Συγκεκριμένα, στην αλκοολική ζύμωση (ή ζύμωση αιθανόλης) για παράδειγμα, γίνεται η μετατροπή σακχάρων, όπως η γλυκόζη (C₆H₁₂O₆), η φρουκτόζη (C₆H₁₂O₆) και η σουκρόζη (C₁₂H₂₂O₁₁) (δισακχαρίτης γλυκόζης και φρουκτόζης), σε κυτταρική ενέργεια, παράγοντας αιθανόλη (C₂H₅OH) και διοξείδιο του άνθρακα, ως υποπροϊόντα. Επειδή οι μύκητες πραγματοποιούν αυτή τη μετατροπή απουσία οξυγόνου, η αλκοολική ζύμωση θεωρείται αναερόβια διαδικασία. Η χρησιμότητά της είναι εμφανής σε πολλούς τομείς της βιομηχανικής δραστηριότητας, όπως στη παραγωγή αλκοολούχων ποτών και ψωμιού, αλλά και στη παραγωγή καύσιμης αιθανόλης (βιοαιθανόλη) (https://en.Wikipedia.org/wiki/Ethanol_fermentation). Παρακάτω παρατίθενται οι χημικές εξισώσεις της ζυμωτικής μετατροπής της σουκρόζης σε αιθανόλη (https://en.Wikipedia.org/wiki/Ethanol_fermentation):



Από μικροβιολογική άποψη, η ζύμωση ορίζεται ως οποιαδήποτε διαδικασία, για την παραγωγή ενός προϊόντος από τη μάζα μίας μικροβιακής καλλιέργειας. Πράγματι, οι μικροοργανισμοί είναι ικανοί να αναπτύσσονται σε ένα ευρύ φάσμα υποστρωμάτων και να παράγουν μια αξιοσημείωτη γκάμα προϊόντων (πρωτογενής και δευτερογενής μεταβολίτες, βιομηχανικά χημικά, ένζυμα, αντιβιοτικά κ.λ.π.). Αυτή η παρατήρηση, επέτρεψε την εμπορική εκμετάλλευση της βιοχημικής ποικιλομορφίας των μικροοργανισμών για τη βιομηχανική παραγωγή διαφόρων χρήσιμων προϊόντων με εφαρμογή σε ποικίλους τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας (Stanbury, P.F., 2000; El-Mansi, E.M.T., Ward, B.F. and Chopra, A.P., 2011).

PRODUCTS PRODUCED BY MICROBIAL ACTIVITY	PRODUCTS ADDRESSED BY RECOMBINANT TECHNOLOGY
Aminoacids	Enzymes
Antibacterial agents	Human therapeutics
Antifungal agents	Aminoacids
Antiprotozoal agents	
Carbohydrates	
Dyes and cosmetics	
Enzymes	
Foods	
Lipids	
Nucleotides and precursors	
Organic synthesis intermediates	
Pharmaceutical significant compounds	
Plant growth factors	
Steroids	
Toxins	
Vitamins and coenzymes	

Πίνακας 67. Προϊόντα που παράγονται από τη μικροβιακή δραστηριότητα και προϊόντα που οφείλονται στην τεχνολογία του ανασυνδιασμού. Πηγή: Pumphrey, B. and Julien, C., (1996).

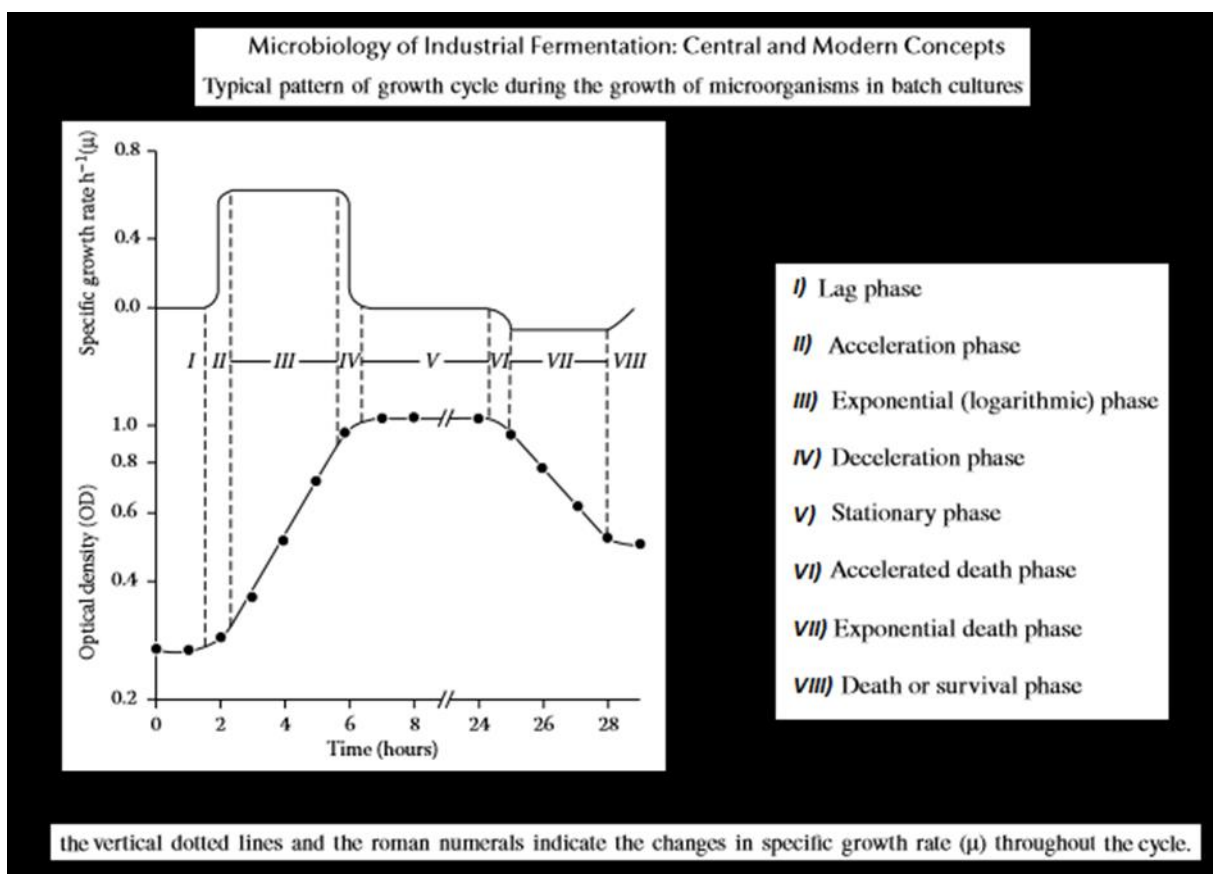
Οπότε, ο όρος ‘ζύμωση’, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και υπό την ευρύτερη έννοια της βιομηχανικής ζύμωσης, για το χαρακτηρισμό της σκόπιμης χρήσης προκαρυωτικών και ευκαρυωτικών μικροοργανισμών, προκειμένου να παραχθούν, σε βιομηχανική κλίμακα, χρήσιμα προϊόντα για τους ανθρώπους (https://en.wikipedia.org/wiki/Industrial_fermentation). Στους βιομηχανικά σημαντικούς μικροοργανισμούς περιλαμβάνονται, βακτήρια,

ακτινομύκητες, ζύμες ή ζυμομύκητες (yeasts), μούχλες (molds or fungus), άλγες (algae), φυτικά και ζωικά κύτταρα, (π.χ. επιθηλιακή σειρά κυττάρων της ωοθήκης κινέζικου χάμιστερ, ή CHO cell line, Chinese Hamster Ovary cell line) και κύτταρα εντόμων (https://en.wikipedia.org/wiki/Industrial_fermentation; https://en.wikipedia.org/wiki/Chinese_hamster_ovary_cell). Η πιο πρόσφατη χρήση της *in vitro* γενετικής τροποποίησης των μικροοργανισμών αυτών, έχει διευρύνει το φάσμα των προϊόντων που μπορούν να παράγουν, μέσω της ανάπτυξης νέων εξελιγμένων μεθόδων ζύμωσης και παράλληλα έχει βελτιώσει την απόδοση των υπαρχόντων ζυμωτικών διαδικασιών (Stanbury, P.F., 2000).

Η ποικιλομορφία των διεργασιών ζύμωσης μπορεί να αποδοθεί σε πολλούς παράγοντες, συμπεριλαμβανομένων, της υψηλής αναλογίας επιφάνειας προς όγκο (surface/volume ratio) των εμπλεκόμενων μικροοργανισμών, δηλαδή της υψηλής τους έκθεσης στον περιβάλλοντα χώρο και της ικανότητάς τους να χρησιμοποιούν ένα ευρύ φάσμα πηγών άνθρακα και αζώτου. Η υψηλή αναλογία επιφάνειας προς όγκο υποστηρίζει ένα πολύ υψηλό μεταβολικό ρυθμό, πράγμα που σημαίνει ότι οι μικροβιακές διαδικασίες παραγωγής έχουν μεγαλύτερη απόδοση σε προϊόντα, η οποία επιπλέον μπορεί να βελτιστοποιηθεί πολύ πιο εύκολα από αυτή των διεργασιών που χρησιμοποιούν φυτικούς ή ζωικούς οργανισμούς (η ζύμη *Saccharomyces cerevisiae* είναι σε θέση να συνθέσει πρωτεΐνη κατά αρκετές τάξεις μεγέθους γρηγορότερα από τα φυτά) (El-Mansi, E.M.T., Ward, B.F. and Chopra, A.P., 2011; Stanbury, P.F., Whittaker and A., Hall, S.J., 1995). Από την άλλη πλευρά, η ικανότητα των μικροοργανισμών να αναπτύσσονται σε διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες μέσω της προσαρμογής του μεταβολισμού τους, τους καθιστά ικανούς να χρησιμοποιούν ως κύρια πηγή άνθρακα φθηνούς ανανεώσιμους πόρους, όπως είναι τα απόβλητα και τα υποπροϊόντα των αγροτικών και πετρελαιοχημικών βιομηχανιών (El-Mansi, E.M.T., Ward, B.F. and Chopra, A.P., 2011).

Μικροβιακός κύκλος ανάπτυξης

Όπως προαναφέρθηκε, η ανάπτυξη ενός μικροοργανισμού μπορεί να οδηγήσει στην παραγωγή μιας σειράς μεταβολιτών, αλλά για να παραχθεί ένας συγκεκριμένος μεταβολίτης, ο επιλεγμένος για αυτό το σκοπό μικροοργανισμός, πρέπει να αναπτύσσεται με ένα συγκεκριμένο ρυθμό ανάπτυξης και υπό καλλιεργητικές συνθήκες που είναι με ακρίβεια καθορισμένες. Η μικροβιολογική αυτή ανάπτυξη, που λαμβάνει χώρα όταν ένας μικροοργανισμός εισάγεται εντός ενός θρεπτικού μέσου ικανού να την υποστηρίξει, περνάει μέσα από μία σειρά χαρακτηριστικών σταδίων, και το σύστημα της εμβολιασμένης (με αυτό τον τρόπο) καλλιέργειας, ονομάζεται καλλιέργεια παρτίδας (batch culture) (Stanbury, P.F., 2000). Τα τυπικά στάδια της καμπύλης ή του κύκλου της μικροβιακής ανάπτυξης είναι (El-Mansi, E.M.T., Ward, B.F. and Chopra, A.P., 2011):



Εικόνα 80. Τυπικό μοτίβο της καμπύλης (ή του κύκλου) της μικροβιακής ανάπτυξης σε καλλιέργειες παρτίδας (batch cultures). Πηγή: El-Mansi, E.M.T., Ward, B.F. and Chopra, A.P., (2011).

1. φάση υστέρησης - Lag phase
2. Φάση Επιτάχυνσης - Acceleration phase
3. Εκθετική (ή λογαριθμική) φάση - Exponential (logarithmic) phase
4. Φάση Επιβράδυνσης της ανάπτυξης - Deceleration phase
5. Στατική φάση ή φάση plateau - Stationary phase
6. Επιταχυνόμενη φάση θανάτου - Accelerated death phase
7. εκθετική φάση θανάτου - Exponential death phase
8. φάση θανάτου ή επιβίωσης - Death or survival phase

Φάση υστέρησης - Lag phase: Αρχικά, στη λεγόμενη φάση υστέρησης (φάση Lag) δεν παρατηρείται καμία μικροβιακή ανάπτυξη, διότι ο μικροοργανισμός αντιμετωπίζει την πρόκληση της προσαρμογής στο καινούριο καλλιεργητικό περιβάλλον, οπότε η περίοδος αυτή μπορεί να θεωρηθεί περίοδος προσαρμογής (*Stanbury, P.F., 2000*). Για παράδειγμα, ενώ η προσαρμογή στη γλυκόζη, ως μοναδική πηγή άνθρακα είναι σχετικά απλή, ο ανταγωνισμός με άλλες πηγές άνθρακα είναι μία πολύπλοκη διαδικασία, η οποία παρόλα αυτά επιλύεται υπέρ της γλυκόζης, μέσω κυρίως, δύο διαφορετικών μηχανισμών, αυτού της αναστολής και αυτού της καταστολής των καταβολιτών. Αντίθετα, για την προσαρμογή σε άλλες πηγές άνθρακα, μπορεί να είναι αναγκαία, η επαγωγή ενός συγκεκριμένου σετ ενζύμων, τα οποία είναι απαραίτητα, είτε στη κατάλυση της μεταφοράς και της υδρόλυσης του υποστρώματος (π.χ. προσαρμογή στη λακτόζη ως μοναδική πηγή άνθρακα και ενέργειας) ή στην εκπλήρωση αναπληρωτικών (π.χ. αναπλήρωση μεταβολιτών του κύκλου του Krebs) και ρυθμιστικών λειτουργιών (π.χ. προσαρμογή στο οξικό οξύ ως μοναδική πηγή άνθρακα και ενέργειας) (*El-Mansi, E.M.T., Ward, B.F. and Chopra, A.P., 2011*).

Ανεξάρτητα από τους μηχανισμούς που χρησιμοποιούνται για την προσαρμογή, το καθαρό αποτέλεσμα στο τέλος κάθε φάσης Lag είναι ένα κύτταρο το οποίο είναι βιοχημικά δραστήριο (δηλαδή, ικανό να μετατρέπει χημικές ουσίες σε βιομάζα) (*El-Mansi, E.M.T., Ward,*

B.F. and Chopra, A.P., 2011). Κατά τις διαδικασίες της βιομηχανικής ζύμωσης δεν είναι επιθυμητό να εισέρχεται η μικροβιακή καλλιέργεια σε φάση υστέρησης, διότι αν και τα κύτταρα είναι μεταβολικά ενεργά, δεδομένου ότι σε αυτή τη φάση προσαρμόζουν τον ενζυματικό εξοπλισμό τους στο νέο περιβάλλον, δεν παρατηρούνται σημαντικές αυξήσεις στη συγκέντρωση της βιομάζας, τη κατανάλωση υποστρώματος ή τη σύνθεση προϊόντος (*Paulová, L., Patáková, P. and Brányik, T., 2013*). Οπότε, η εισαγωγή της καλλιέργειας σε αυτή τη φάση σε διεργασίες βιομηχανικής κλίμακας, καταλήγει να είναι δαπανηρή και ως εκ τούτου ο λειτουργικός σχεδιασμός τους γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να αποφεύγεται το ενδεχόμενο αυτό (*El-Mansi, E.M.T., Ward, B.F. and Chopra, A.P., 2011*).

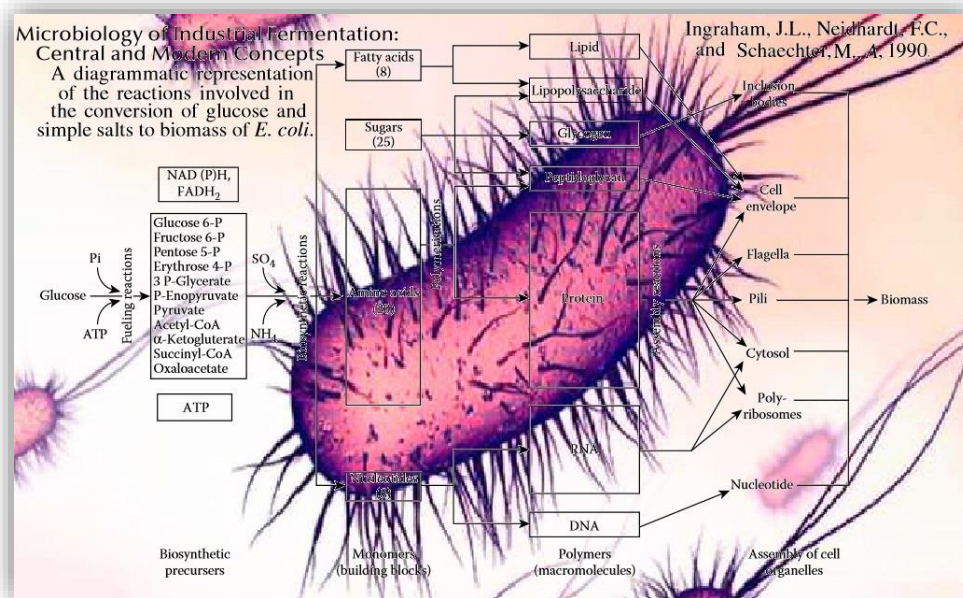
Η διάρκεια της φάσης Lag επηρεάζεται κυρίως από τη συγκέντρωση και τη φυσιολογική κατάσταση των κυττάρων του εμβολίου, από τη σύσταση του μέσου του εμβολιασμού και του καλλιεργητικού μέσου (κυρίως από τη πηγή άνθρακα και ενέργειας, το pH, και τη θερμοκρασία) και το μέγεθος του εμβολίου (*Paulová, L., Patáková, P. and Brányik, T., 2013*). Πράγματι, βραδείας ανάπτυξης μικροοργανισμοί απαιτούν εμβόλια μεγαλύτερου μεγέθους, για να μειωθεί η συνολική διάρκεια της ζύμωσης. Η αναγκαιότητα αυτή της μείωσης του χρόνου ζύμωσης (χρόνος παρτίδας), προέρχεται από το γεγονός ότι μία διαδικασία με υπερβολικά μεγάλη διάρκεια είναι λιγότερο παραγωγική, δηλαδή η ποσότητα του προϊόντος που παράγεται ανά μονάδα χρόνου και ανά μονάδα όγκου του ζυμωτήρα είναι μικρότερη και κατά συνέπεια περισσότερο δαπανηρή (*Chisti, Y., 1999*).

Φάση Επιτάχυνσης (Acceleration phase) και Εκθετική (ή λογαριθμική) φάση (Exponential-logarithmic phase): Μετά από ένα διάστημα κατά το οποίο ο ρυθμός ανάπτυξης των κυττάρων αυξάνει σταδιακά, δηλαδή η λεγόμενη φάση επιτάχυνσης, τα κύτταρα αναπτύσσονται με ένα σταθερό, μέγιστο ρυθμό και η περίοδος αυτή αναφέρεται ως εκθετική ή λογαριθμική φάση ή φάση Log, η οποία μπορεί να περιγραφεί από την εξίσωση: $dx / dt = \mu x$, όπου x είναι η συγκέντρωση των κυττάρων (mg/ml), t είναι ο χρόνος επώασης (h) και μ είναι

ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης (h^{-1}), ο οποίος κατά τη διάρκεια της εκθετικής φάσης είναι ο μέγιστος για τις επικρατούσες συνθήκες και περιγράφεται από το μέγιστο ειδικό ρυθμό ανάπτυξης, ή μ_{max} (Stanbury, P.F., 2000).

Σε αυτή τη φάση, κάθε κύτταρο αυξάνει σε μέγεθος, και υπό την προϋπόθεση ότι οι συνθήκες είναι ευνοϊκές, διαιρείται σε δύο κύτταρα, τα οποία, με τη σειρά τους, αναπτύσσονται και διαιρούνται και ο κύκλος συνεχίζεται. Κατά τη διάρκεια αυτής της φάσης, τα κύτταρα είναι ικανά να μετατρέψουν τη πρωτογενή πηγή άνθρακα σε βιοσυνθετικές ενώσεις προδρόμους, μειώνοντας τη διαθέσιμη ενέργεια, η οποία γενικά παγιδεύεται υπό τη μορφή ATP, φωσφο-ενολ-πυροσταφυλικού οξέος (PEP), και ενός χημειο-οσμωτικού δυναμικού πρωτονίων (proton gradient). Τα προδρομικά μόρια που συνθέτονται με αυτό τον τρόπο, στη συνέχεια διοχετεύονται σε διάφορες βιοσυνθετικές μεταβολικές οδούς, μέσω των οποίων γίνεται η βιοσύνθεση μίας ποικιλίας μονομερών π.χ. αμινοξέων, νουκλεοτιδίων, λιπαρών οξέων και σακχάρων, που με τη σειρά τους, πολυμερίζονται για να δώσουν τα αναγκαία πολυμερή (πρωτεΐνες, νουκλεϊκά οξέα, ριβονουκλεϊκά οξέα, λιπίδια και πολυσακχαρίτες). Τέλος, αυτά τα πολυμερή συναρμολογούνται με συγκεκριμένο τρόπο και το κύτταρο διαιρείται για να δώσει τη νέα χαρακτηριστική βιομάζα του κάθε οργανισμού. Το χρονικό διάστημα κάθε κυτταρικού κύκλου διαίρεσης, είναι γνωστό ως χρόνος γενεάς ή χρόνος διπλασιασμού (T), ο οποίος στην περίπτωση των μικροβιακών καλλιέργειών χρησιμοποιείται με την ευρύτερη έννοια, του μέσου χρόνου διπλασιασμού όλων των κυττάρων της καλλιέργειας και εφόσον οι συνθήκες είναι ευνοϊκές, είναι αρκετά σταθερός. Κατά τη διάρκεια της εκθετικής ανάπτυξης, η καλλιέργεια φθάνει σε μια σταθερή κατάσταση και ως εκ τούτου, οι ενδοκυτταρικές συγκεντρώσεις όλων των ενζύμων, των συμπαραγοντικών μορίων (cofactors) και των υποστρωμάτων θεωρούνται σταθερές, οπότε μπορεί να υποθεθεί με ασφάλεια ότι όλα τα μικροβιακά κύτταρα είναι πανομοιότυπα και ότι ο χρόνος διπλασιασμού είναι σταθερός χωρίς μείωση του αριθμού των κυττάρων οφειλόμενη σε κυτταρικό θάνατο. Ως εκ τούτου ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης (μ) των

μεμονωμένων κυττάρων είναι ίσος με εκείνο του συνόλου του πληθυσμού (*El-Mansi, E.M.T., Ward, B.F. and Chopra, A.P., 2011*). Θεωρητικά, τέλος, σύμφωνα με την εξίσωση που περιγράφει την ανάπτυξη κατά την εκθετική φάση, η τελευταία θα μπορούσε να συνεχίζεται επ'άοριστο (*Stanbury, P.F., 2000*).



Εικόνα 81. Μία διαγραμματική αναπαράσταση των εμπλεκόμενων αντιδράσεων στη μετατροπή της γλυκόζης και απλών αλάτων σε βιομάζα *E.coli*. Πηγές: (Τροποποιήθηκε) Ingraham, J.L., Neidhardt, F.C., and Schaechter, M., (1990), figure ‘A molecular approach’, reproduced with the kind permission of Sinauer Associates, Inc., Sunderland, MA, 1990; image of *E.coli*, <https://homeopathicassociates.com/portfolio-item/potential-of-the-homeopathic-remedy-arnica-montana-30c-to-reduce-dna-damage-in-escherichia-coli-exposed-to-ultraviolet-irradiation-through-up-regulation-of-nucleotide-excision-repair-genes>

Φάση επιβράδυνσης (Deceleration) – Στατική φάση (Stationary phase) – Φάση θανάτου ή επιβίωσης (Death or Survival phase): Ωστόσο, στην πραγματικότητα, καθώς η εκθετική φάση φθάνει στο τέλος της, τα θρεπτικά υποστρώματα εξαντλούνται και παράλληλα συσσωρεύονται τοξικά προϊόντα, πράγμα που έχει ως συνέπεια την απόκλιση του ρυθμού ανάπτυξης από το μέγιστο και τελικά την παύση της, οπότε και η καλλιέργεια εισέρχεται στη λεγόμενη στατική φάση. Μετά από μία περαιτέρω χρονική περίοδο, ο αριθμός των βιώσιμων κυττάρων μειώνεται και η καλλιέργεια εισέρχεται στην φάση θανάτου ή επιβίωσης-συντήρησης (*Stanbury, PF, 2000*).

Η συντήρηση μπορεί να οριστεί ως ο ελάχιστος ρυθμός παροχής ενέργειας που απαιτείται για τη διατήρηση της βιωσιμότητας ενός συγκεκριμένου οργανισμού, χωρίς να συμβάλλει αυτό στη βιοσύνθεση. Η ενεργειακή αυτή ανάγκη, είναι προφανής, καθώς η «ζώντανή κατάσταση» κάθε οργανισμού, απέχει από την κατάσταση ισορροπίας και ως εκ τούτου απαιτεί ενεργειακή δαπάνη. Το ποσοστό του άνθρακα που οξειδώνεται με τον τρόπο αυτό, αναμένεται να καταλήξει υπό τη μορφή διοξειδίου του άνθρακα (CO₂). Επιπλέον, εκτός από το ποσοστό των ανθρακούχων πόρων που καταναλώνονται για τη συντήρηση, ένα άλλο κλάσμα αυτών χάνεται μέσω της απέκκρισης π.χ., οξικού οξέος, α-κετογλουταρικού οξέος, σουκκινικού οξέος (ή ηλεκτρικού), γαλακτικού οξέος κ.λ.π. Στο πλαίσιο αυτό, η απέκκριση των μεταβολιτών δεν αποτελεί μέρος της λειτουργικής φυσιολογίας του κεντρικού μεταβολισμού, δηλαδή μίας διαδικασίας που υπάρχει προκειμένου να πληροί συγκεκριμένες κυτταρικές λειτουργίες, αλλά πρόκειται για μία τυχαία συνέπεια αυτού. Το ποσοστό του άνθρακα που απαιτείται για τη συντήρηση ποικίλει μεταξύ των οργανισμών, αλλά και μεταξύ των διαφορετικών υποστρωμάτων (*El-Mansi, EMT, Ward, BF και Chopra, AP, 2011*).

Παραγόμενα προϊόντα ζύμωσης

Με βάση τη ποικίλη γκάμα των παραγόμενων προϊόντων: βιομάζα, ένζυμα, πρωτογενείς και δευτερογενείς μεταβολίτες, προϊόντα βιομετατροπής και ανασυνδιασμένα προϊόντα (*Paulová, L., Patáková, P. and Brányik, T., 2013*), οι ζυμώσεις μπορούν να διαχωριστούν σε πέντε διαφορετικούς τύπους (*Stanbury, P.F., Whittaker, A. and Hall, S.J., 1995; Stanbury, P.F., 2000*):

1. Παραγωγή βιομάζας. Η μικροβιακή βιομάζα παράγεται εμπορικά ως μονοκυτταρική πρωτεΐνη (SCP, Single Cell Protein), η οποία αποτελεί τρόφιμο για ανθρώπινη κατανάλωση ή ζωοτροφή π.χ. καλλιέργεια αλγών σε μεγάλες ανοιχτές 'λίμνες', που

επιτρέπουν στη φωτοσυνθετική διαδικασία να λάβει χώρα (*Alfalaval.com. "Algae harvesting – Industrial fermentation – Separators"*) και ως βιώσιμα κύτταρα βακτηρίων και μυκήτων που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν στη βιομηχανία τροφίμων π.χ. ζυμομύκητες αρτοποιίας, οξυγαλακτικά βακτήρια ως εναρκτήριες καλλιέργειες στην τυροκομία και γενικότερα στη βιοτεχνολογική βιομηχανία π.χ. *Escherichia coli*, κ.λ.π. (*Stanbury, P.F., 2000*).

2. Παραγωγή εξωκυτταρικών μεταβολιτών. Κατά κύριο λόγο, πρόκειται για πρωτογενή και δευτερογενή προϊόντα του κυτταρικού μεταβολισμού. Τα πρώτα είναι ενώσεις που παράγονται μέσω της φυσιολογικής κυτταρικής λειτουργίας και συγκεκριμένα κατά την λογαριθμική ή εκθετική φάση της κυτταρικής ανάπτυξης, ονομαζόμενη με βάση τους παραγόμενους μεταβολίτες και τροφοφάση (*trophophase*) (*Bu'Lock, et al., 1965*) και πρόκειται είτε για προϊόντα απαραίτητα για τη μικροβιακή ανάπτυξη (αμινοξέα, νουκλεοτίδια, νουκλεϊκά οξέα, πρωτεΐνες, ένζυμα, λιπίδια, υδατάνθρακες κ.λ.π.), είτε για υπο-προϊόντα του ενεργειακού μεταβολισμού (αιθανόλη, βουτανόλη, ακετόνη κ.λ.π.), ενώ τα δεύτερα παράγονται κατά τη στατική φάση ή ιδιοφάση (*idiophase*) (*Bu'Lock, et al., 1965*) και τυπικά απουσία γλυκόζης ή άλλων πηγών άνθρακα (ή/και φωσφόρου) που ενθαρρύνουν την ανάπτυξη (*Stanbury, P.F., 2000*). Γι αυτό το λόγο είναι εξαιρετικά σημαντικό τα καλλιεργητικά μέσα που χρησιμοποιούνται για τη βιομηχανική παραγωγή δευτερογενών μεταβολιτών να είναι πλήρως απαλλαγμένα από ανασταλτικούς θρεπτικούς παράγοντες, ή/και ο τρόπος λειτουργίας της ζυμοτικής διαδικασίας να είναι τέτοιος που να διατηρεί τα ανασταλτικά συστατικά σε υπο-ανασταλτικά επίπεδα. Τέλος και τα δύο είδη μεταβολικών προϊόντων, εκκρίνονται στον εξωκυττάριο χώρο, οπότε για την ανάκτησή τους δεν είναι αναγκαία η κυτταρική ρήξη (https://en.wikipedia.org/wiki/Industrial_fermentation).

SOME PRIMARY PRODUCTS OF MICROBIAL METABOLISM AND THEIR COMMERCIAL SIGNIFICANCE	
PRIMARY METABOLITE	COMMERCIAL SIGNIFICANCE
Ethanol	‘Active ingredient’ in alcoholic beverages Used as a motor-car fuel when blended with petroleum
Citric acid	Various uses in food industry
Glutamic acid	Flavour enhancer
Lysine	Feed supplement
Nucleotides	Flavour enhancers
Phenylalanine	Precursor of the sweetenee aspartame
Polysaccharides	Application in the Food industry Enhanced oil recovery
Vitamins	Feed supplements

Πίνακας 68. Παραδείγματα πρωτογενών μεταβολιτών και εμπορικές τους χρήσεις. Πηγή: Stanbury, P.F., Whittaker and A., Hall, S.J., (1995).

Τα πιο συνήθη παραδείγματα πρωτογενών προϊόντων ζύμωσης είναι, το γαλακτικό οξύ και η αιθανόλη, που παράγονται στη γλυκόλυση. Σε αυτό το τύπο προϊόντων συγκαταλέγονται επίσης, το κιτρικό οξύ που παράγεται από μερικά στελέχη του *Aspergillus niger spp*, ως προϊόν του κύκλου του κιτρικού οξέος, προκειμένου να προκαλέσουν οξίνιση του περιβάλλοντός τους και να εμποδίσουν έτσι την επικράτηση των ανταγωνιστών τους, οι πολυσακχαρίτες (*Xanthomonas spp.*) και οι βιταμίνες (https://en.wikipedia.org/wiki/Industrial_fermentation). Μερικά είδη *Micrococcus spp* παράγουν ως προϊόν του πρωτογενούς μεταβολισμού τους, το γλουταμμικό οξύ, ενώ μερικά είδη *Corynebacterium spp*, παράγουν λυσίνη, θρεονίνη, τρυπτοφάνη και άλλα αμινοξέα (Kinoshita, S., Udaka, S. and Shimono, M., 2004).

Οι δευτερογενείς μεταβολίτες τείνουν να συντίθενται από τα ενδιάμεσα και τα τελικά προϊόντα του πρωτογενούς μεταβολισμού. Παρόλα αυτά, αν και οι περισσότερες πρωτογενείς μεταβολικές οδοί είναι κοινές για τη συντριπτική πλειοψηφία των μικροοργανισμών, κάθε δευτερογενής μεταβολίτης μπορεί να συντεθεί από πολύ λίγα μικροβιακά taxa. Επίσης, σε αυτό προστίθεται το γεγονός ότι δευτερογενή μεταβολισμό δεν κάνουν όλα τα μικροβιακά taxa, με τον τελευταίο να αποτελεί κοινό χαρακτηριστικό

των ινωδών μυκήτων και βακτηρίων και των σπορογόνων βακτηρίων αλλά όχι, για παράδειγμα, των εντεροβακτηριδίων (Enterobacteriaceae). Σε αντίθεση με τα προαναφερθέντα που υποδεικνύουν, ότι η ταξινομική κατανομή του δευτερογενούς μεταβολισμού είναι πολύ πιο περιορισμένη από ό, τι εκείνη του πρωτογενούς, η γκάμα των δευτερογενών προϊόντων που παράγονται είναι τεράστια (Stanbury, P.F., 2000).

Παραδείγματα δευτερογενών προϊόντων ζύμωσης, είναι ενώσεις, όπως η πενικιλίνη η οποία παράγεται από μύκητες που ανήκουν στα είδη *Penicillium spp* και οι βακτηριοσίνες, όπως π.χ. αυτές που παράγονται από τους γαλακτοβάκιλλους και στόχο έχουν να εμποδίσουν την ανάπτυξη των βακτηρίων ανταγωνιστών, η μυκητιοκτόνος ένωση γρισεοφουλβίνη που επίσης παράγεται από *Penicillium spp*, η ανοσοκατασταλτική κυκλοσπορίνη A (μύκητας *Tolypocladium inflatum*), η φυτική αυξητική ορμόνη γιββερελλίνη (μύκητας *Gibberella fujikuroi*), η υποχοληστερινική λοβαστατίνη (μύκητας *Monascus purpureus*, *Aspergillus spp.*) κ.λ.π. (https://en.wikipedia.org/wiki/Industrial_fermentation; Stanbury, P.F., 2000). Αν και ο ρόλος της φυσιολογίας του δευτερογενή μεταβολισμού στα κύτταρα παραγωγούς δεν είναι πλήρως διευκρινισμένος, η σημασία των προϊόντων του στη βιομηχανία της ζύμωσης, είναι φανερή και έγκειται στην επίδραση που έχουν οι μεταβολίτες αυτοί σε άλλους οργανισμούς και συγκεκριμένα, στη δυνατότητα χρήσης τους ως αντιβιοτικά για την καταπολέμηση βακτηριακών και μυκητιακών λοιμώξεων, αλλά και ως αντισηπτικά π.χ. η κυκλοδεκαπεπτιδική γραμισιδίνη S, αποτελεσματική τόσο έναντι των Gram+ όσο και των Gram- βακτηρίων αλλά και έναντι μυκήτων (αντιμικροβιακή δραστηριότητα) (https://en.wikipedia.org/wiki/Gramicidin_S; https://en.wikipedia.org/wiki/Industrial_fermentation), ως ανοσοκατασταλτικά και υποχοληστερινικά φάρμακα (φαρμακολογικές ιδιότητες), ως ρυθμιστικές ενώσεις της φυτικής ανάπτυξης (προώθηση της ανάπτυξης), αναστολείς ενζύμων και πολλές άλλες εφαρμογές. Στα πρώιμα στάδια της βιοτεχνολογικής βιομηχανίας, τα περισσότερα από

αυτά τα βιοφαρμακευτικά προϊόντα παράγονταν με τη χρήση του μεταβολικού συστήματος μικροβίων και κυρίως της *E.coli* (Baeshen, M.N., et al., 2015), ενώ αργότερα, χρησιμοποιήθηκαν εναλλακτικά για τον ίδιο σκοπό, ευκαρυωτικά κύτταρα, όπως τα κύτταρα CHO (Wurm, F.M., 2004) και τα κύτταρα εντόμων (Drugmand, J.C., Schneider, Y.J. and Agathos, S.N., 2012).

SOME SECONDARY PRODUCTS OF MICROBIAL METABOLISM AND THEIR COMMERCIAL SIGNIFICANCE	
Penicillin	Antibiotic
Cephalosporin	Antibiotic
Streptomycin	Antibiotic
Griseofulvin	Antibiotic (anti-fungal)
Pepstatin	Treatment of ulcers
Cyclosporin A	Immunosuppressant
Gibberelin	Plant growth regulator
Lovastatin	Cholesterol synthesis inhibitor

Πίνακας 69. Παραδείγματα δευτερογενών μεταβολιτών και εμπορικές τους χρήσεις. Πηγή: Stanbury, P.F., (2008).

3. Παραγωγή εσωκυτταρικών συστατικών π.χ. ένζυμα και άλλες πρωτεΐνες. Σε αυτή τη περίπτωση, όπως και στην περίπτωση των δευτερογενών μεταβολιτών (σε αντίθεση με τις υπόλοιπες ζυμωτικές διαδικασίες), οι περιβαλλοντικές συνθήκες υπό τις οποίες διεξάγεται η ζύμωση, πρέπει να βελτιστοποιούνται με στόχο την μέγιστη απόδοση στη παραγωγή του εκάστοτε προϊόντος (τυπικά πρωτεΐνη) (Stanbury, P.F., 2000). Για παράδειγμα, στην περίπτωση της μικροβιακής παραγωγής ενζύμων, η βελτίωση της παραγωγικότητας γίνεται, είτε μέσω συστημάτων ελέγχου της επαγωγής, με τη προσθήκη στο καλλιεργητικό μέσο επαγωγικών παραγόντων, είτε μέσω συστημάτων απομάκρυνσης της αναστολής, με τεχνικές γενετικού ανασυνδιασμού και μετάλλαξης (Stanbury, P.F., Whittaker, A. and Hall, S.J., 1995).

COMMERCIAL APPLICATIONS OF ENZYMES			
INDUSTRY	APPLICATION	ENZYME	SOURCE
Baking-milling	- Reduction of dough viscosity - Acceleration of fermentation - Increase in loaf volume - Improvement of crumb softness - maintenance of freshness	Amylase	Fungal
	- Improvement of dough texture - Reduction of mixing time - Increase in loaf volume	Protease	Fungal/bacterial
Brewing	- Mashing	Amylase	Fungal/bacterial
	- Chillproofing	Protease	Fungal/bacterial
	- Improvement of fine filtration	β -Glucanase	Fungal/bacterial
Cereals	- Precooked baby foods - Breakfast foods	Amylase	Fungal
Chocolate-cocoa	- Manufacture of syrups	Amylase	Fungal/bacterial
Coffee	- Coffee bean fermentation	Pectinase	Fungal
	- Preparation of coffee concentrates	Pectinase, hemicellulose	Fungal
Confectionery	- Manufacture of soft centre candies	Invertase, pectinase	Fungal/bacterial
Corn syrup	- Manufacture of high-maltose syrups	Amylase	Fungal
	- Production of low D.E. syrups	Amylase	Bacterial
	- Production of glucose from corn syrup	Amyloglycosidase	Fungal
	- Manufacture of fructose syrups	Glucose isomerase	Bacterial
Dairy	- Manufacture of protein hydrolysates	Protease	Fungal/bacterial
	- Stabilization of evaporated milk	Protease	Fungal
	- Production of whole milk concentrates-icecream and frozen desserts	Lactase	Yeast
	- Curding milk	Protease	Fungal/bacterial
Eggs, dried	- Glucose removal	Glucose oxidase	Fungal
Fruit juices	- Clarification	Pectinases	Fungal
	- Oxygen removal	Glucose oxidase	Fungal
Laundry	- Detergents	Protease, lipase	Bacterial
Leather	- Dehairing - baiting	protease	Fungal/bacterial
Meat	- Tenderization	protease	Fungal
Pharmaceutical	- Digestive aids	Amylase, protease	Fungal
	- Anti-blood clotting	Streptokinase	Bacterial
	- Various clinical tests	numerous	Fungal/bacterial
Photography	- Recovery of silver from spent film	Protease	Bacterial
Protein hydrolysates	- Manufacture	Proteases	Fungal/bacterial
Soft drinks	- Stabilization	Glucose oxidase, catalase	Fungal
Textiles	- Desizing of fabrics	Amylase	Bacterial
Vegetables	- Preparation of purees and soups	Pectinase, amylase, cellulase	Fungal

Πίνακας 70. Ένζυμα που παράγονται μέσω της ζυμωτικής διαδικασίας και εμπορικές τους χρήσεις. Πηγή: Boing, J.T.P., (1982).

Πρωτεύον ενδιαφέρον μεταξύ των ενδοκυτταρικών συστατικών έχουν τα μικροβιακά ένζυμα, π.χ. καταλάση, αμυλάση, πρωτεάση, πηκτινάση, ισομεράση της γλυκόζης, κυτταρινάση, ημικυτταρινάση, λιπάση, λακτάση, στρεπτοκινάση κ.λ.π., με κύρια εμπορική χρήση τους στις βιομηχανίες ποτών και τροφίμων (Jeenes, D.J., et al., 1991), αν και εξίσου σημαντική αποδείχθηκε η χρήση τους στη βιομηχανία παραγωγής απορρυπαντικών και σε κλινικές και αναλυτικές εφαρμογές (De Lourdes, M., Polizeli, T. M. and Rai, M., 2013). Τα περισσότερα από αυτά συντίθενται, όπως αναφέρθηκε παραπάνω,

στη λογαριθμική φάση της μικροβιακής ανάπτυξης και γι αυτό το λόγο μπορούν να θεωρηθούν πρωτογενείς μεταβολίτες. Ωστόσο, μερικά από τα ένζυμα, όπως οι αμυλάσες του *Bacillus Stearothermophilus* (Manning, A.B. and Campbell, L.L., 1961), παράγονται από ιδιοφασικές καλλιέργειες και για αυτό θεωρούνται ισοδύναμα με δευτερογενείς μεταβολίτες (Stanbury, P.F., 2000).

4. Παραγωγή ανασυνδιασμένων προϊόντων (ανασυνδιασμένες πρωτεΐνες): Η έλευση της τεχνολογίας του ανασυνδιασμένου DNA έχει επεκτείνει το φάσμα των πιθανών προϊόντων της μικροβιακής ζύμωσης. Σύμφωνα με αυτή τη σχετικά νέα διαδικασία γενετικής μηχανικής, τα γονίδια από ανώτερους οργανισμούς εισάγονται σε μικροβιακά κύτταρα έτσι ώστε τα κύτταρα-δέκτες να γίνουν ικανά να συνθέτουν «ξένες» (ή ετερόλογες) πρωτεΐνες. Ένα ευρύ φάσμα των μικροβιακών κυττάρων έχει χρησιμοποιηθεί ως ξενιστές για τέτοια γονίδια συμπεριλαμβανομένων των, *Escherichia coli*, *Saccharomyces cerevisiae* (και άλλες ζύμες), όπως επίσης και νηματοειδείς μύκητες π.χ. *Aspergillus niger var. awamori*. Τα προϊόντα που παράγονται από αυτούς τους γενετικά τροποποιημένους οργανισμούς περιλαμβάνουν: ιντερφερόνη, ινσουλίνη, ανθρώπινη αλβουμίνη του ορού, παράγοντες πήξεως VIII και IX, αυξητικός παράγοντας της επιδερμίδας, χυμοσίνη και σωματοστατίνη βοοειδών (Stanbury, P.F., 2000; Stanbury, P.F., Whittaker, A. and Hall, S.J., 1995), το εμβόλιο της ηπατίτιδας B, ο διεγερτικός παράγοντας των κοκκιοκυτταρικών αποικιών, η στρεπτοκινάση κ.λ.π. (Wurm, F.M., 2004). Σημαντικά κριτήρια για το σχεδιασμό αυτών των διαδικασιών αποτελούν: η έκκριση του προϊόντος, η ελαχιστοποίηση της αποικοδόμησής του και ο έλεγχος της έναρξης της βιοσύνθεσής του κατά τη διάρκεια της ζύμωσης, καθώς επίσης και η μεγιστοποίηση της έκφρασης του ξένου γονιδίου (Stanbury, P.F., 2000; Stanbury, P.F., Whittaker, A. and Hall, S.J., 1995).
5. Παραγωγή προϊόντων προστιθέμενης αξίας μέσω διαδικασιών βιομετατροπής ή βιομετασχηματισμού (bioconversion or biotransformation): Εκτός από το να παράγουν

βιομάζα και μικροβιακά προϊόντα, οι μικροοργανισμοί μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για την κατάλυση της μετατροπής μίας ένωσης σε μία δομικώς παρόμοια ένωση, αλλά με υψηλότερη οικονομική αξία, μέσω διαδικασιών ζύμωσης που ονομάζονται, βιομετατροπές, ή βιομετασχηματισμοί (*Stanbury, P.F., 2000; Stanbury, P.F., Whittaker, A. and Hall, S.J., 1995*). Αν και η παραγωγή ξυδιού είναι η παλαιότερη και πιο καθιερωμένη διαδικασία μικροβιακής βιομετατροπής, κατά την οποία η αιθανόλη μετατρέπεται σε οξικό οξύ, η πλειοψηφία αυτών των διεργασιών περιλαμβάνουν την παραγωγή ενώσεων προστιθέμενης αξίας, συμπεριλαμβανομένων στεροειδών, αντιβιοτικών και προσταγλανδινών (*Stanbury, P.F., Whittaker, A. and Hall, S.J., 1995*). Οι αντιδράσεις που μπορούν να καταλυθούν βιολογικά είναι η οξειδωση, η αφυδρογόνωση, η υδροξυλίωση, η αφυδάτωση και η συμπύκνωση, η αποκαρβοξυλίωση, η αμίνωση, η απαμίνωση και ο ισομερισμός (*Stanbury, P.F., 2000; Stanbury, P.F., Whittaker, A. and Hall, S.J., 1995*).

Επειδή οι μικροοργανισμοί μπορούν να συμπεριφέρονται ως χημικοί καταλύτες με υψηλή εξειδίκευση θέσεως και στερεο-εξειδίκευση, οι μικροβιακές διεργασίες χαρακτηρίζονται από μεγαλύτερη ακρίβεια από ότι οι καθαρά χημικές και επιτρέπουν την προσθήκη, αφαίρεση, ή τροποποίηση λειτουργικών ομάδων σε συγκεκριμένες θέσεις ενός πολύπλοκου μορίου χωρίς τη χρήση χημικής προστασίας (*Stanbury, P.F., 2000; Stanbury, P.F., Whittaker, A. and Hall, S.J., 1995*). Ένα επιπλέον πλεονέκτημα αυτών των διαδικασιών σε σύγκριση με εκείνες που χρησιμοποιούν χημικά αντιδραστήρια, είναι ότι λειτουργούν σε σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες και πιέσεις, χωρίς να είναι αναγκαία η παρουσία των δυνητικά ρυπογόνων βαρέων μετάλλων για τη κατάλυσή τους (*Stanbury, P.F., Whittaker, A. and Hall, S.J., 1995*). Το μεγαλύτερο μειονέκτημα τους από την άλλη πλευρά, έγκειται στο ότι καθίσταται αναγκαία η παραγωγή μίας μεγάλης ποσότητας βιομάζας προκειμένου να καταλυθεί μία μόνο αντίδραση (*Stanbury, P.F., 2000*).

Λειτουργικές παράμετροι των διαδικασιών ζύμωσης

Τέλος, οι σύγχρονες βιομηχανικές διαδικασίες ζύμωσης, οι οποίες στο επίκεντρο της λειτουργίας τους έχουν συνήθως βιοαντιδραστήρες, μπορούν επιπλέον να περιγραφούν σύμφωνα με λειτουργικές παραμέτρους και κατ' επέκταση να κατηγοριοποιηθούν σε σχέση με (Paulová, L., Patáková, P. and Brányik, T., 2013):

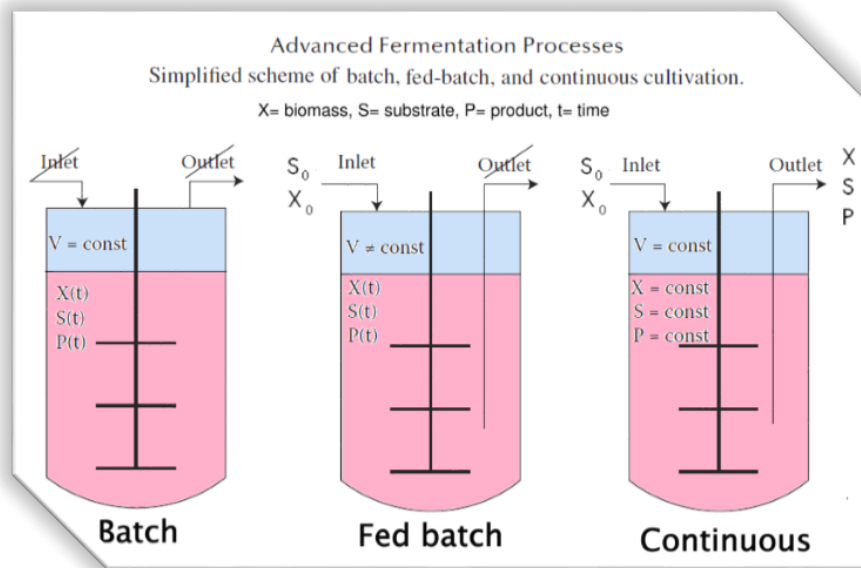
1. τη χαρακτηριστική κατάσταση της ύλης μέσα στο σύστημα της καλλιέργειας, σε: υγρής κατάστασης ζυμώσεις (SmF) ή στερεής κατάστασης ζυμώσεις (SSF) (Paulová, L., Patáková, P. and Brányik, T., 2013). Πράγματι οι πιο χρήσιμες εμπορικές διαδικασίες ζύμωσης, συγκεκριμένα στον κλάδο της βιομηχανίας τροφίμων, ταξινομούνται σε αυτές τις δύο κατηγορίες. Οι υγρές ζυμώσεις χρησιμοποιούν υποστρώματα σε διάλυμα π.χ. διάλυμα σακχάρου ή στερεά υποστρώματα σε εναιώρηση μέσα σε μία μεγάλη ποσότητα νερού, έτσι ώστε να δημιουργηθεί λάσπη και οι εφαρμογές τους στην προαναφερθείσα βιομηχανία περιλαμβάνουν, την παραγωγή πίκλας λαχανικών, γιαουρτιού, μπύρας, κρασιού, αλλά και σάλτσας σόγιας. Στης στερεής κατάστασης ζυμώσεις οι μικροοργανισμοί αναπτύσσονται πάνω σε ένα νωπό στερεό υπόστρωμα, που χαρακτηρίζεται από την παρουσία μικρής ή μηδενικής ποσότητας 'ελεύθερου' νερού, αν και μπορεί να είναι παρούσες δομές τριχοειδής ενυδάτωσης. Παραδείγματα αυτού του είδους ζύμωσης παρατηρούνται στην καλλιέργεια μανιταριών, στην αρτοποιία και στην επεξεργασία του κακάου, καθώς και στην παραγωγή μερικών παραδοσιακών τροφίμων, όπως το 'miso' (πάστα σόγιας), 'saké' (οινοπνευματώδες ποτό - σάκε), σάλτσα σόγιας, 'tempeh' (κέικ σόγιας), 'gari' (κασάβα), τα οποία σήμερα παράγονται σε μεγάλης κλίμακας βιομηχανικές διεργασίες (Chisti, Y., 1999).
2. τη τροφοδοσία του βιοαντιδραστήρα σε: ζυμώσεις παρτίδας (batch), ζυμώσεις τροφοδοτούμενης-παρτίδας (Fed-batch) και σε ζυμώσεις συνεχούς λειτουργίας (continuous) (Paulová, L., Patáková, P. and Brányik, T., 2013). Οι πρώτες δύο είναι αρκετά κοινές, σε

αντίθεση με τις συνεχούς λειτουργίας ζυμώσεις που είναι σχετικά σπάνιες. Για παράδειγμα η ζυθοποίηση συνεχούς λειτουργίας χρησιμοποιείται εμπορικά, αν και οι περισσότερες ζυθοποιίες μπίρας χρησιμοποιούν διαδικασίες παρτίδας (Chisti, Y., 1999).

3. τη διαθεσιμότητα του οξυγόνου, σε: αερόβιες, μικροαερόβιες, και αναερόβιες διεργασίες, τόσο SmF όσο και SSF (Paulová, L., Patáková, P. and Brányik, T., 2013). Παραδείγματα αερόβιων ζυμώσεων περιλαμβάνουν, την παραγωγή κιτρικού οξέος από υγρή καλλιέργεια στελεχών *Aspergillus niger* και τις ζυμώσεις ‘Koji’ στερεής κατάστασης για την παραγωγή σάλτσας σόγιας. Τα προϊόντα ζυμωμένου κρέατος, όπως το μπολονέζικο λουκάνικο ‘rolony’, τα αποξηραμένα λουκάνικα, τα πεπερόνι και τα σαλάμια, παράγονται μέσω αναερόβιων ζυμώσεων στερεής κατάστασης, χρησιμοποιώντας οξυ-παραγωγικά βακτήρια και ιδιαίτερα *Lactobacillus*, *Pediococcus* και *Micrococcus spp.* Αναερόβια καλλιέργεια υγρής κατάστασης λαμβάνει χώρα στην παραγωγή γιαουρτιού (Chisti, Y., 1999).
4. την ακινητοποίηση του βιοκαταλύτη, σε: ζυμώσεις ελεύθερων ή ακινητοποιημένων κυττάρων/ενζύμων (Paulová, L., Patáková, P. and Brányik, T., 2013). Η χρήση ενζύμων αποτελεί τη λογική εξέλιξη των ζυμωτικών διεργασιών, προκειμένου να ξεπεραστεί το βασικό μειονέκτημά τους, το οποίο όπως αναφέρθηκε παραπάνω έγκειται στην αναγκαιότητα παραγωγής μίας μεγάλης ποσότητας βιομάζας προκειμένου να διεκπεραιωθεί ο καταλυτικός στόχος τους. Αυτό περιλαμβάνει την πραγματοποίηση της αντίδρασης με τη χρήση του καθαρού ενζύμου ή με την ακινητοποίηση αυτού σε ένα σταθερό υπόστρωμα. Ωστόσο, τα ένζυμα λειτουργούν πιο αποτελεσματικά εντός των μικροβιακών κυττάρων, ιδιαίτερα εάν είναι απαραίτητη η αναγέννηση συ-παραγοντικών ενώσεων, όπως π.χ. το αναγωγικό νουκλεοτιδίου της πυριδίνης. Μία συμβιβαστική λύση είναι η χρήση στάσιμων κυττάρων ως καταλύτες, τα οποία μπορεί, είτε να αιωρούνται σε ένα μέσο που δεν υποστηρίζει την ανάπτυξη, ή να είναι προσκολλημένα σε ένα ακινητοποιημένο υποστήριγμα (Stanbury, P.F., 2000).

5. τον τρόπο ανάμιξης του περιεχομένου του βιοαντιδραστήρα, σε: ζυμώσεις με μηχανική, ή υδραυλική ανάδευση, ή ανάδευση πεπιεσμένου αέρα (*Paulová, L., Patáková, P. and Brányik, T., 2013*).
6. τη σύνθεση του μικροβιακού εμβολίου, σε: διεργασίες μονής ή μικτής καλλιέργειας μικροβιακών στελεχών (*Paulová, L., Patáková, P. and Brányik, T., 2013*). Οι ζυμώσεις μπορούν να απαιτούν την παρουσία ενός μόνο είδους μικροοργανισμού προκειμένου να πραγματοποιήσουν την επιθυμητή χημική μετατροπή και για να διασφαλιστεί αυτό το υπόστρωμα μπορεί να υποστεί αποστείρωση πριν τον εμβολιασμό του με τον επιλεγμένο μικροοργανισμό. Ωστόσο, οι περισσότερες ζυμώσεις που χρησιμοποιούνται στη παραγωγή τροφίμων δεν γίνονται σε αποστειρωμένες συνθήκες, διότι χρήζουν τη συμμετοχή πολλών μικροβιακών ειδών, τα οποία είτε δρουν ταυτόχρονα, ή/και διαδοχικά, για να δώσουν ένα προϊόν με τις επιθυμητές ιδιότητες όσον αφορά την εμφάνιση, το άρωμα, την υφή και τη γεύση. Στις μη αποστειρωμένες ζυμώσεις το καλλιεργητικό περιβάλλον μπορεί να σχεδιαστεί ειδικά για να ευνοεί την ανάπτυξη των επιθυμητών μικροοργανισμών π.χ. μέσω της ρύθμισης της συγκέντρωσης των αλάτων, του pH ή της ενεργότητας νερού (η οποία μπορεί να ρυθμιστεί με την προσθήκη ζάχαρης ή αλατιού), στα ιδανικά για το συγκεκριμένο μικροοργανισμό επίπεδα (*Chisti, Y., 1999*).

Καλλιέργειες παρτίδας, τροφοδοτούμενης παρτίδας και συνεχούς λειτουργίας (batch, fed batch and continuous)



Εικόνα 82. Απλοποιημένο σχεδιάγραμμα των καλλιιεργειών υγρής ή στερεάς κατάστασης, ανάλογα με το σύστημα τροφοδοσίας σε χρήση: παρτίδας (batch), τροφοδοτούμενης παρτίδας (fed-batch) και συνεχούς λειτουργίας (continuous). Πηγή: Paulová, L., Patáková, P και Brányik, T., (2013), modified slightly by the author of the present thesis.

Καλλιέργειες παρτίδας (batch cultures)

Οι περισσότεροι βιομηχανικοί βιοαντιδραστήρες λειτουργούν με καλλιέργεια παρτίδας (ασυνεχής λειτουργία), λόγω της σχετικής απλότητας της εν λόγω διαδικασίας (Chisti, Y., 1999). Η καλλιέργεια παρτίδας αντιπροσωπεύει ένα κλειστό σύστημα στο οποίο το καλλιιεργητικό μέσο, τα θρεπτικά συστατικά και το εμβόλιο προστίθενται στο βιοαντιδραστήρα στις αρχές της καλλιιεργειας, ως επί το πλείστον κάτω από ασηπτικές συνθήκες και ο όγκος του θρεπτικού καλλιιεργητικού υγρού στο βιοαντιδραστήρα παραμένει θεωρητικά σταθερός κατά τη διάρκεια της ζύμωσης (Paulová, L., Patáková, P and Brányik, T., 2013). Συγκεκριμένα, κατά την έναρξη της διαδικασίας παρτίδας (τη χρονική στιγμή $t = 0$), μία δόση καλλιιεργητικού μέσου και καλλιιεργειας (εναρκτήρια καλλιιεργεια), που αποτελείται από το αποστειρωμένο θρεπτικό διάλυμα και από ένα γνωστό αριθμό βιώσιμων κυττάρων των επιλεγμένων

μικροοργανισμών, εμβολιάζεται στο ζυμωτήρα, ο οποίος είναι ήδη γεμάτος με αποστειρωμένο μέσο που περιέχει όλα τα αναγκαία θρεπτικά συστατικά και η επώαση αφήνεται να προχωρήσει για μια ορισμένη χρονική περίοδο (χρόνος ζύμωσης ή χρόνος παρτίδας), για να συλλεχθεί στο τέλος το προϊόν (Paulová, L., Patáková, P and Brányik, T., 2013; Pumphrey, B. and Julien, C., 1996; Chisti, Y., 1999). Κατά τη διάρκεια ολόκληρης της ζύμωσης, δεν προστίθεται τίποτα μέσα στο ζυμωτήρα, εκτός από το οξυγόνο (στην περίπτωση των αερόβιων μικροοργανισμών), έναν αντιαφριστικό (anti-foam) παράγοντα, και οξύ ή βάση για τον έλεγχο του pH (Pumphrey, B. and Julien, C., 1996). Κατά συνέπεια, οι μικρές αποκλίσεις που παρατηρούνται στον όγκο της καλλιέργειας προκαλούνται από το χαμηλό ρυθμό τροφοδοσίας των διαλυμάτων οξέος/βάσης για τη διατήρηση του pH σε ένα επιθυμητό επίπεδο και από τη δειγματοληψία ή την εισαγωγή αέρα / αερίου εντός της καλλιέργειας. Σε γενικές γραμμές, όμως, οι αλλαγές αυτές μπορούν συνήθως να αγνοηθούν λόγω του αμελητέου μεγέθους τους σε σχέση με το συνολικό όγκο εργασίας του βιοαντιδραστήρα (Paulová, L., Patáková, P and Brányik, T., 2013). Από την άλλη πλευρά, κατά τη διάρκεια των διεργασιών παρτίδας, η σύνθεση του μέσου καλλιέργειας, η συγκέντρωση της βιομάζας και η συγκέντρωση του μεταβολίτη, αλλάζουν συνεχώς ως αποτέλεσμα του μεταβολισμού των κυττάρων (Pumphrey, B. and Julien, C., 1996).

Μετά τον εμβολιασμό, η κυτταρική καλλιέργεια ακολουθεί την κλασική καμπύλη ανάπτυξης, με τις χαρακτηριστικές φάσεις: Lag, Log, στατική και Θανάτου, που περιγράφηκαν για πρώτη φορά από τον Monod το 1949 (Monod, J., 1949). Ο σχεδιασμός κάθε συγκεκριμένης διεργασίας παρτίδας επηρεάζεται από τον τύπο του τελικού προϊόντος. Συγκεκριμένα, η επέκταση της εκθετικής ανάπτυξης αποτελεί πλεονέκτημα για την αποτελεσματική παραγωγή βιομάζας (ζυμών αρτοποιίας, βιομάζα ζωοτροφών κ.λ.π.) ή πρωτογενών μεταβολιτών (αιθανόλη, οξικό, κιτρικό, ή γαλακτικό οξύ), ενώ στην περίπτωση της παραγωγής δευτερογενών μεταβολιτών, προτιμάται ο περιορισμός της διάρκειας της εκθετικής φάσης (μέσω του περιορισμού ενός θρεπτικού συστατικού, που συνήθως είναι η πηγή αζώτου) και η

παράταση της στατικής φάσης για να επιτευχθεί η μέγιστη απόδοση στη παραγωγή του προϊόντος (Paulová, L., Patáková, P and Brányik, T., 2013). Όπως έχει ήδη ειπωθεί, ο τερματισμός της ανάπτυξης σε μία καλλιέργεια παρτίδας, ανεξάρτητα από το πώς και για πιο σκοπό έχει σχεδιαστεί, επέρχεται είτε από την εξάντληση ενός ή περισσότερων θρεπτικών συστατικών, είτε από τη συσσώρευση ενός τοξικού προϊόντος, ή τέλος και από τα δύο (Stanbury, P.F., 2000).

Οι καλλιέργειες παρτίδας μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή αλκοολούχων ποτών (μπύρα, κρασί, και αποσταγμένων αλκοολούχων ποτών όπως το ουίσκι, το κονιάκ, το ρούμι, και άλλα), οργανικών οξέων που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία τροφίμων, είτε ως μέσα οξίνισης, είτε ως συντηρητικά (κιτρικό, οξικό οξύ-ξύδι, και γαλακτικό οξύ) και αμινοξέων που χρησιμοποιούνται ως ενισχυτικά γεύσης (π.χ., το μονο-γλουταμινικό νάτριο) ή ως γλυκαντικά (π.χ., το ασπαρτικό) (Paulová, L., Patáková, P and Brányik, T., 2013). Συνήθως, οι διεργασίες αυτές, διαρκούν 4-5 ημέρες, αλλά άλλες μπορεί να διαρκέσουν και μήνες π.χ. κάποιες παραδοσιακές ζυμώσεις τροφίμων (Chisti, Y., 1999).

Καλλιέργειες τροφοδοτούμενης παρτίδας (fed batch cultures) και καλλιέργειες συνεχούς λειτουργίας (continuous cultures):

Υπό την προϋπόθεση ότι το μέσο ανάπτυξης έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε η ανάπτυξη να περιορίζεται από τη διαθεσιμότητα ενός συστατικού του μέσου καλλιέργειας, η καλλιέργεια παρτίδας μπορεί να παραταθεί με την προσθήκη στο περιέκτη, ενός κλάσματος του φρέσκου μέσου (Stanbury, P.F., 2000). Σε αυτή την περίπτωση, σύμφωνα με τον τρόπο τροφοδοσίας του φρέσκου μέσου και λειτουργίας του βιοαντιδραστήρα, δύο διαφορετικές μέθοδοι μπορούν να διακριθούν:

- η καλλιέργεια τροφοδοτούμενης παρτίδας (fed batch).
- και η συνεχής καλλιέργεια (continuous).

Τροφοδοτούμενη παρτίδα (Fed batch):

Η καλλιέργεια τροφοδοτούμενης-παρτίδας αποτελεί βελτίωση της κλειστής διαδικασίας παρτίδας και μπορεί να θεωρηθεί ένα ενδιάμεσο σύστημα μεταξύ των διεργασιών παρτίδας και των συνεχών διεργασιών. Ο όρος 'τροφοδοσία-παρτίδας' χρησιμοποιείται για να περιγράψει καλλιέργειες παρτίδας που τροφοδοτούνται συνεχώς, ή διαδοχικά, με την προσθήκη φρέσκου μέσου σε όλο και μεγαλύτερες ποσότητες, καθώς η ζύμωση προοδεύει και χωρίς την αφαίρεση του υγρού καλλιέργειας (*Stanbury, P.F., 2000; Pumphrey, B. and Julien, C., 1996*). Με αυτό το τρόπο, ο όγκος μίας καλλιέργειας τροφοδοτούμενης-παρτίδας αυξάνει με το χρόνο. Επιπλέον, σε αυτή τη μέθοδο, τα κρίσιμα στοιχεία του θρεπτικού διαλύματος προστίθενται σε μικρές συγκεντρώσεις στην αρχή της ζύμωσης και οι ουσίες αυτές συνεχίζουν να προστίθενται σε μικρές δόσεις και κατά τη φάση παραγωγής (*Pumphrey, B. and Julien, C., 1996*). Οπότε, μία καλλιέργεια τροφοδοτούμενης παρτίδας αντιπροσωπεύει ένα ημι-ανοικτό σύστημα στο οποίο ένα ή περισσότερα θρεπτικά συστατικά προστίθενται σταδιακά και υπό ασηπτικές συνθήκες στον βιοαντιδραστήρα, ενώ το παραγόμενο προϊόν κρατείται μέσα σε αυτόν (*Paulová, L., Patáková, P and Brányik, T., 2013*).

Τα κύρια πλεονεκτήματα του συστήματος αυτού έναντι των καλλιέργειών παρτίδας είναι (*Paulová, L., Patáková, P and Brányik, T., 2013*):

- i. η δυνατότητα να παραταθεί η σύνθεση του προϊόντος,
- ii. η ικανότητα να επιτευχθεί υψηλότερη πυκνότητα κυττάρων και κατά συνέπεια να αυξηθεί η ποσότητα του προϊόντος, η οποία είναι συνήθως ανάλογη με τη συγκέντρωση της βιομάζας,
- iii. η ικανότητα να ενισχυθεί η αποδοτικότητα της παραγωγικής διαδικασίας μέσω της ελεγχόμενης διαδοχικής προσθήκης θρεπτικών ουσιών.
- iv. και τέλος, η παράταση της παραγωγικής φάσης της καλλιέργειας μέσω της μείωσης των «ανεπικερδών περιόδων» μίας καλλιέργεια παρτίδας, κατά τις οποίες ο βιοαντιδραστήρας

προετοιμάζεται εκ νέου για ένα καινούριο κύκλο διεργασιών ('CIP, Clean In Place' πρακτικές, σύνθεση νέου καλλιεργητικού μέσου και εναρκτήριας καλλιέργειας κ.λ.π.).

Όταν η ανάπτυξη ενός οργανισμού περιορίζεται από την συγκέντρωση ενός υποστρώματος στο καλλιεργητικό μέσο, η βιομάζα στη στατική φάση, x_{max} , περιγράφεται από την εξίσωση: $x_{max} = Y * S_r$, όπου το Y είναι ο συντελεστής απόδοσης και είναι ίσος με τη μάζα των κυττάρων που παράγονται ανά γραμμάριο υποστρώματος που καταναλώνεται και S_r είναι η αρχική συγκέντρωση του περιοριστικού για την ανάπτυξη υποστρώματος. Αν το φρέσκο καλλιεργητικό μέσο προστίθεται στο περιέκτη με ένα ρυθμό αραίωσης μικρότερο από το μ_{max} τότε πρακτικά το σύνολο σχεδόν του υποστρώματος θα καταναλωνόταν με την είσοδό του στο σύστημα, γεγονός που περιγράφεται από την εξίσωση: $F * S_r = \mu * (X / Y)$, όπου F είναι ο ρυθμός ροής και το X είναι η συνολική βιομάζα στο περιέκτη, η οποία δίνεται από την κυτταρική συγκέντρωση πολλαπλασιασμένη επί τον όγκο καλλιέργειας (*Stanbury, P.F., 2000*).

Το σύστημα της τροφοδοτούμενης-παρτίδας χρησιμοποιείται επωφελώς σε διεργασίες (*Paulová, L., Patáková, P and Brányik, T., 2013*):

- i. όπου αναμένεται η αναστολή υποστρώματος ή η καταστολή του καταβολισμού. Αυτό το πρόβλημα μπορεί να ξεπεραστεί με τη χρήση μίας «ασφαλούς» συγκέντρωσης του υποστρώματος χορηγούμενη με τον τρόπο της 'λειτουργίας παρτίδας', ακολουθούμενη από τροφοδότηση του υπόλοιπου υποστρώματος με τρόπο 'λειτουργίας τροφοδοτούμενης παρτίδας'.
- ii. όπου αναμένεται επίδραση Crabtree (καταστολή των αναπνευστικών ενζύμων των ζυμών από υψηλές συγκεντρώσεις γλυκόζης) (*de Deken, R.H., 1966*). Με σταδιακή χορήγηση του υποστρώματος, η παραγωγή αιθανόλης από τις ζύμες υπό αερόβιες συνθήκες μπορεί να εξαλειφθεί.

- iii. όπου απαιτείται μία υψηλή πυκνότητα κυττάρων. Ένας υψηλός και σταθερός ειδικός ρυθμός ανάπτυξης μπορεί να διατηρηθεί με εκθετική τροφοδοσία του υποστρώματος,
- iv. όπου πρέπει να επιτευχθεί ένας υψηλός ρυθμός παραγωγής. Ο κυτταρικός μεταβολισμός μπορεί να ρυθμιστεί με διαδοχική και ακριβής χορήγηση των θρεπτικών ουσιών.
- v. και όπου αναμένεται ένα υψηλό ιξώδες του 'ζωμού' καλλιέργειας (π.χ., παραγωγή δεξτράνης ή ξανθάνης). Η σταδιακή αραίωση του μέσου μπορεί να ξεπεράσει τα προβλήματα της ανάμιξης και της μεταφοράς οξυγόνου.

Οι τυπικές ζυμώσεις τροφοδοτούμενης παρτίδας τροφίμων είναι μεγάλης κλίμακας παραγωγές, όπως αυτές της ζύμης αρτοποιίας (*Saccharomyces cerevisiae*), της καθαρής αιθανόλης και του ξυδιού (*Paulová, L., Patáková, P and Brányik, T., 2013*).

Συνεχής καλλιέργειες (Continuous):

Στη συνεχή ζύμωση, έχει εδραιωθεί ένα ανοικτό σύστημα, όπου το φρέσκο μέσο (αποτελούμενο από ένα αποστειρωμένο θρεπτικό διάλυμα) προστίθεται συνεχώς με κατάλληλο ρυθμό και το δοχείο καλλιέργειας είναι εξοπλισμένο με μια διάταξη υπερχειλίσης, έτσι ώστε ταυτόχρονα μια ισοδύναμη ποσότητα του θρεπτικού διαλύματος που έχει μετατραπεί και μικροβιακής καλλιέργειας, να αποβάλλεται από το σύστημα, εκτοπιζόμενη από το εισερχόμενο φρέσκο μέσο (*Stanbury, P.F., 2000; Pumphrey, B. and Julien, C., 1996*), γεγονός που οδηγεί στο σταθερό όγκο του ζωμού καλλιέργειας, λόγω του σταθερού ρυθμού 'feed-in/feed out' (*Paulová, L., Patáková, P and Brányik, T., 2013*). Η ροή του μέσου, διαμέσω του συστήματος περιγράφεται από το συντελεστή αραίωσης D, ο οποίος είναι ίσος με το ρυθμό προσθήκης του μέσου, διαιρεμένο με τον όγκο εργασίας του δοχείου καλλιέργειας [$D = F$ (μέτρια ταχύτητα ροής)/V(όγκος καλλιέργειας)] (*Stanbury, P.F., 2000; <https://en.wikipedia.org/wiki/Chemostat>*).

Σε ένα συνεχές σύστημα, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, επιτυγχάνεται τελικά μια σταθερή κατάσταση και η απώλεια βιομάζας μέσω της υπερχειλίσης αντικαθίσταται από την κυτταρική ανάπτυξη. Η ισορροπία μεταξύ της ανάπτυξης των κυττάρων και της απώλειάς τους από το σύστημα μπορεί να περιγραφεί ως $dx/dt = \text{ανάπτυξη (growth)} - \text{εξαγωγή (output)}$ ή $dx/dt = \mu X - DX$. Υπό συνθήκες σταθερής κατάστασης, $dx / dt = 0$ και, ως εκ τούτου, $\mu X = DX$ και $\mu = D$. Επομένως, ο ρυθμός αύξησης των οργανισμών ελέγχεται από τον ρυθμό αραίωσης, που αποτελεί μια πειραματική μεταβλητή (*Stanbury, P.F., 2000*). Είναι προφανές ότι μια συνεχής καλλιέργεια μπορεί να λειτουργεί μόνο σε ρυθμούς αραίωσης κάτω από το μέγιστο ειδικό ρυθμό ανάπτυξης που επετεύχθη από το μικροοργανισμό σε χρήση (μέσα σε ένα συγκεκριμένο μέσο και στις ιδιαίτερες συνθήκες ζύμωσης), διαφορετικά ο εν λόγω μικροοργανισμός θα εκπληθεί από το ζυμωτή (*Chisti, Y., 1999*). Συνεπώς, εντός ορισμένων ορίων, ο ρυθμός αραίωσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο του ρυθμού ανάπτυξης (*Stanbury, P.F., 2000*).

Στη περίπτωση ενός ομοιογενώς αναμεμιγμένου βιοαντιδραστήρα αυτού του τύπου, αναφερόμαστε σε σύστημα ‘chemostat’ (που χρησιμοποιείται συχνά ως συνώνυμο της συνεχούς καλλιέργειας), όταν η κυτταρική ανάπτυξη η οποία στη σταθερή κατάσταση είναι ίση με το ρυθμό αραίωσης, ελέγχεται ρυθμίζοντας τη συγκέντρωση ενός περιοριστικού χημικού υποστρώματος του καλλιεργητικού μέσου. Ωστόσο, υπάρχουν και μπορούν να χρησιμοποιηθούν και άλλα συστήματα συνεχούς λειτουργίας όπως το σύστημα ‘turbidostat’, όπου η ανάπτυξη των κυττάρων διατηρείται σταθερή ελέγχοντας τη συγκέντρωση της βιομάζας, μέσω ενός συστήματος θολρότητας, ενώ ο ρυθμός τροφοδοσίας του θρεπτικού διαλύματος ρυθμίζεται αναλόγως (σταθερή συγκέντρωση της βιομάζας που ελέγχεται από το ρυθμό αραίωσης) ή *nutristat*, όπου μια σταθερή παράμετρος που σχετίζεται με την κυτταρική ανάπτυξη ελέγχεται από τον ρυθμό αραίωσης (*Pumphrey, B. and Julien, C., 1996; Paulová, L., Patáková, P και Brányik, T., 2013*).

Ο μηχανισμός που βρίσκεται πίσω από τη ρυθμιστική επίδραση του ρυθμού αραίωσης σε ένα σύστημα 'chemostat' περιγράφεται ουσιαστικά από τη σχέση μεταξύ μ , ειδικός ρυθμός ανάπτυξης και s , η περιοριστική συγκέντρωση του υποστρώματος στο chemostat, η οποία αποδίδεται από την εξίσωση (Monod, J., 1942): $\mu = \mu_{\max} * s / (K_s + s)$, όπου K_s είναι η σταθερά κορεσμού ή αξιοποίησης και ορίζεται ως εκείνη η συγκέντρωση του υποστρώματος που περιορίζει την ανάπτυξη επιτρέποντας στον οργανισμό να αυξάνεται με το μισό του μέγιστου ρυθμού ανάπτυξης, δηλαδή είναι αριθμητικά ίση με την συγκέντρωση του υποστρώματος, όταν μ είναι το μισό του μ_{\max} . Στη σταθερή κατάσταση $\mu = D$ και συνεπώς $D = \mu_{\max} * \hat{s} / (K_s + \hat{s})$ όπου \hat{s} είναι η συγκέντρωση σταθερής κατάστασης του υποστρώματος στο chemostat. Η συγκέντρωση του υποστρώματος στη σταθερή κατάσταση, καθορίζεται από το ρυθμό αραίωσης και η εξίσωση που το προβλέπει αυτό είναι: $\hat{s} = K_s * D / (\mu_{\max} - D)$. Πράγματι, αυτό συμβαίνει διότι η ανάπτυξη των κυττάρων εξαντλεί το υπόστρωμα σε μία συγκέντρωση, η οποία επιτρέπει ο ρυθμός ανάπτυξης να ισούται με τον ρυθμό αραίωσης (σταθερή κατάσταση) (Stanbury, P.F., 2000). Εάν το υπόστρωμα καταναλωθεί κάτω από το επίπεδο που στηρίζει τον ρυθμό ανάπτυξης που υπαγορεύεται από το ποσοστό αραίωσης λαμβάνουν χώρα τα παρακάτω (Stanbury, P.F., 2000):

- (i) Ο ρυθμός ανάπτυξης των κυττάρων θα είναι μικρότερος από το ρυθμό αραίωσης, οπότε θα εκπλένονται από τον περιέκτη με ένα μεγαλύτερο ρυθμό από το ρυθμό παραγωγής τους, με αποτέλεσμα τη μείωση της συγκέντρωσης της βιομάζας.
- (ii) Η συγκέντρωση του υποστρώματος στο δοχείο θα αυξηθεί επειδή λιγότερα κύτταρα παραμένουν μέσα στο δοχείο για να το καταναλώσουν.
- (iii) Η αυξημένη συγκέντρωση του υποστρώματος εντός του δοχείου θα έχει ως αποτέλεσμα τα κύτταρα να αυξάνονται με ρυθμό μεγαλύτερο από τον ρυθμό αραίωσης και η συγκέντρωση της βιομάζας θα αυξηθεί.
- (iv) επανεγκαθίσταται η σταθερή κατάσταση.

Οπότε, ένα σύστημα ‘chemostat’ είναι ένα αυτο-εξισορροπούμενο σύστημα θρεπτικά-περιορισμένης καλλιέργειας, που μπορεί να διατηρείται σε μια σταθερή κατάσταση εντός ενός μεγάλου εύρους υπο-μέγιστων ειδικών ρυθμών ανάπτυξης (*Stanbury, P.F., 2000*).

Τα κύρια πλεονεκτήματα της συνεχούς καλλιέργειας (chemostat) σε σύγκριση με την ασυνεχή λειτουργία της καλλιέργειας παρτίδας είναι (*Paulová, L., Patáková, P and Brányik, T., 2013*):

- i. η δυνατότητα να σχεδιαστούν βέλτιστες συνθήκες για μέγιστη και μακροπρόθεσμη παραγωγή προϊόντος,
- ii. η ικανότητα να επιτευχθεί σταθερή ποιότητα των προϊόντων (η σταθερή κατάσταση χαρακτηρίζεται από μία ομοιογενή κυτταρική καλλιέργεια με σταθερή συγκέντρωση βιομάζας και μεταβολιτών)
- iii. και η διακριτή μείωση των «ατελέσφορων» - μη παραγωγικών περιόδων προετοιμασίας του βιοαντιδραστήρα.

Παρά τα πλεονεκτήματα αυτά, υπάρχουν επίσης πολλά προβλήματα που εμποδίζουν την εκτεταμένη χρήση της αμιγώς συνεχούς λειτουργίας σε μεγάλη κλίμακα. Τα μειονεκτήματα αυτά περιλαμβάνουν (*Paulová, L., Patáková, P and Brányik, T., 2013*):

- i. αυξημένο κίνδυνο επιμόλυνσης εξαιτίας της άντλησης του μέσου μέσα και έξω από το βιοαντιδραστήρα,
- ii. ο κίνδυνος των γενετικών μεταλλάξεων στο παραγωγικό μικροβιακό στέλεχος, σε μία μακροπρόθεσμη λειτουργία.
- iii. και επιπλέον οι επενδύσεις που μπορεί να απαιτούνται για τις τεχνικές εγκαταστάσεις.

Εξαιτίας αυτού του γεγονότος, μόνο λίγα συστήματα παραγωγής τροφίμων ή ζωοτροφών που απασχολούν μικροοργανισμούς λειτουργούν με αμιγώς συνεχή τρόπο, ο οποίος ορίζεται ως μία διαδικασία που εκτελείται σε έναν ή περισσότερους βιοαντιδραστήρες με σταθερό ρυθμό αραίωσης (π.χ. παραγωγή κτηνοτροφικών ζυμών *Kluyveromyces fragilis*

χρησιμοποιώντας ως υπόστρωμα ένα θειώδες διάλυμα πολτοποιήσης) (*Paulová, L., Patáková, P and Brányik, T., 2013; www.biocel.cz/ehhtml/index.htm*).

Παράγοντες που επηρεάζουν τις ζυμωτικές διαδικασίες

Οι ζυμωτικές διαδικασίες επηρεάζονται (και κατά συνέπεια μπορούν να ρυθμιστούν) από πολλούς παράγοντες, συμπεριλαμβανομένων της θερμοκρασίας, του pH, της φύσης και της σύστασης του καλλιεργητικού μέσου, της ποσότητας του οξυγόνου O₂ και του διοξειδίου του άνθρακα CO₂ που βρίσκονται σε διάλυση, του συστήματος τροφοδοσίας (παρτίδα, τροφοδοτούμενη παρτίδα και συνεχής λειτουργία), της παροχής πρόδρομων ενώσεων, της μίξης-ανάδευσης και των διατμητικών τάσεων μέσα στον βιοαντιδραστήρα. Διακυμάνσεις σε αυτούς τους παράγοντες μπορεί να έχουν επίδραση: στο ρυθμό ζύμωσης, στην απόδοσή της, στο φάσμα των παραγόμενων προϊόντων, στις οργανοληπτικές τους ιδιότητες (εμφάνιση, γεύση, άρωμα και υφή) και τη θρεπτική τους ποιότητα (βιομηχανία τροφίμων), στη δημιουργία τοξινών και σε άλλες φυσικο-χημικές ιδιότητες (*Chisti, Y., 1999*).

Ειδικά στη περίπτωση του καλλιεργητικού μέσου, η διαμόρφωση της σύνθεσής του είναι πολύ σημαντική για το σχεδιασμό επιτυχημένων εργαστηριακών πειραμάτων, πιλοτικών διαδικασιών και διαδικασιών βιομηχανικής κλίμακας (*Stanbury, P.F., Whittaker, A. and Hall, S.J., 1995*) και για αυτό πρέπει να πραγματοποιείται με ακρίβεια, διότι έχει επίπτωση στην απόδοση και στο ρυθμό της ζύμωσης, καθώς και στο προφίλ των παραγόμενων προϊόντων (*Chisti, Y., 1999*). Το μέσο πρέπει να παρέχει τα βασικά θρεπτικά στοιχεία απαραίτητα για κάθε μικροοργανισμό προκειμένου να κάνει παραγωγή βιομάζας και μεταβολιτών και πρέπει επίσης να χορηγεί επαρκή ενέργεια τόσο για τη βιοσύνθεση όσο και για τη κυτταρική συντήρηση (*Stanbury, P.F., Whittaker, A. and Hall, S.J., 1995*). Για το σκοπό αυτό είναι αναγκαία η προσθήκη συγκεκριμένων ποσοτήτων άνθρακα, αζώτου, ιχνοστοιχείων και μικροθρεπτικών συστατικών (π.χ. βιταμίνες), ενώ μπορεί τέλος, να είναι απαιτητές συγκεκριμένες πηγές

άνθρακα και αζώτου, καθώς επίσης και ο έλεγχος της αναλογίας άνθρακα/αζώτου (C:N) (Chisti, Y., 1999). Το πρώτο βήμα που πρέπει να ληφθεί υπόψη είναι μια εξίσωση βασισμένη στη στοιχειομετρία της ανάπτυξης και του σχηματισμού προϊόντος, η οποία, σε συνδυασμό με τη γνώση της στοιχειακής σύνθεσης του επιλεγμένου μικροοργανισμού επιτρέπει τον υπολογισμό των ελαχίστων ποσοτήτων θρεπτικών ουσιών οι οποίες θα απαιτηθούν για να παραχθεί ένα συγκεκριμένο ποσό βιομάζας (Stanbury, P.F., Whittaker, A. and Hall, S.J., 1995).

ΣΤΟΙΧΕΙΑΚΗ ΣΥΝΘΕΣΗ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ (% ξηρού βάρους)			
πηγή άνθρακα και πηγή ενέργειας + πηγή αζώτου + O₂ + άλλες απαιτήσεις → βιομάζα + προϊόντα + CO₂ + H₂O + θερμότητα			
ΣΤΟΙΧΕΙΑ	ΒΑΚΤΗΡΙΑ	ΖΥΜΕΣ	ΜΥΚΗΤΕΣ
άνθρακας	50-53	45-50	40-63
υδρογόνο	7	7	
άζωτο	12-15	7,5-11	7-10
φώσφορος	2,0-3,0	0,8-2,6	0,4-4,5
θείο	0,2-1,0	0,01-0,24	0,1-0,5
κάλιο	1,0-4,5	1,0-4,0	0,2-2,5
νάτριο	0,5-1,0	0,01-0,1	0,02-0,5
ασβέστιο	0,01-1,1	0,1-0,3	0,1-1,4
μαγνήσιο	0,1-0,5	0,1-0,5	0,1-0,5
χλώριο	0,5	-	-
σίδηρος	0,02-0,2	0,01-0,5	0,1-0,2

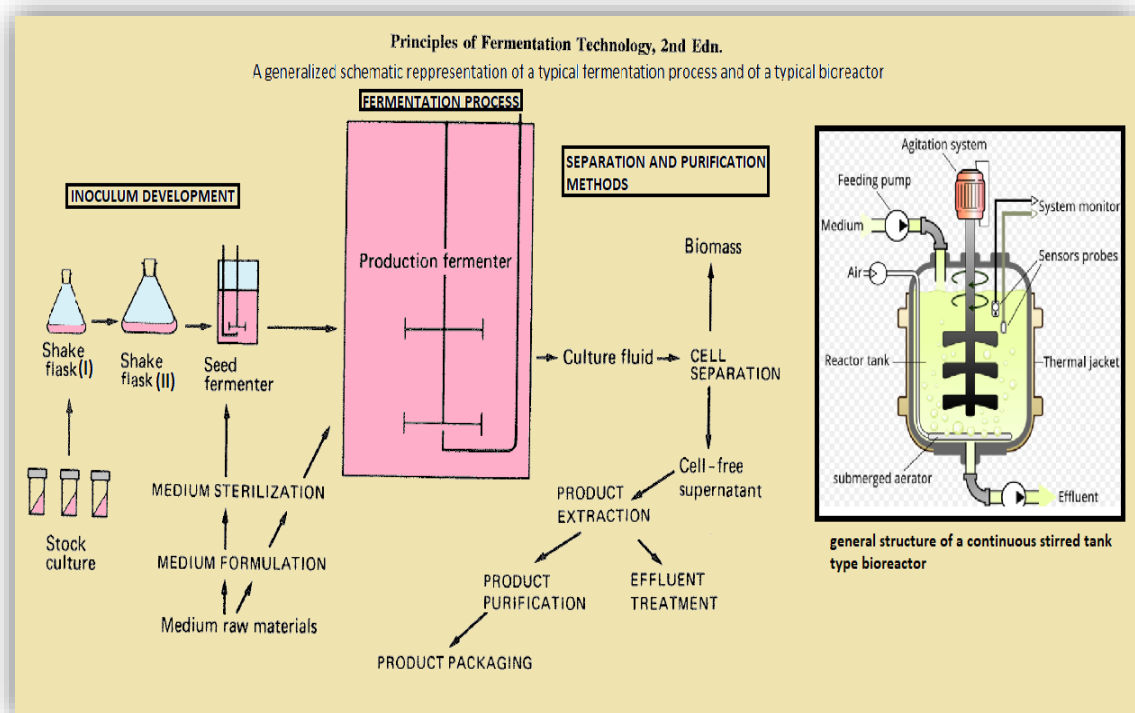
Πίνακας 71. Στοιχειακή σύνθεση βακτηρίων, ζυμών και μυκήτων. Πηγή: Stanbury, P.F., Whittaker, A. and Hall, S.J., 1995.

Πράγματι, είτε πρόκειται για τη συντήρησή τους, είτε πολύ περισσότερο για την ανάπτυξή τους, όλοι οι μικροοργανισμοί χρειάζονται προκειμένου να διεκπεραιώσουν τη μικροβιακή τους δραστηριότητα, την παρουσία διαφόρων θρεπτικών συστατικών, όπως, υδατάνθρακες, λιπίδια, αζωτούχες βάσεις (πουρίνες και πυριμιδίνες), βιταμίνες και αυξητικούς παράγοντες, αμινοξέα, ανόργανες αζωτούχες ενώσεις, θειούχες ενώσεις, μεταλλικά ιχνοστοιχεία, ανόργανα ιόντα κ.λ.π. Το είδος και η ποσότητα των θρεπτικών συστατικών, ικανά να υποστηρίξουν την επιβίωση ή/και την ανάπτυξη, εξαρτώνται από τον εκάστοτε οργανισμό. Για παράδειγμα (Pumphrey, B. and Julien, C., 1996):

- περιπτώσεις μεταβολισμού πουρινών και πυριμιδινών έχουν αναφερθεί κυρίως σε βακτήρια, ενώ οι άλγες δεν χρησιμοποιούν καθόλου αυτές τις ενώσεις.
- Οι άλγες επίσης δεν απαιτούν τη προσθήκη στο θρεπτικό μέσο αμινοξέων αν και πολλά είδη αυτών είναι ικανά να τα μεταβολίσουν. Άλλοι μικροοργανισμοί αντίθετα μπορούν να χρησιμοποιούν όλα τα αμινοξέα και συγκεκριμένα την L-μορφή αυτών που είναι η βιολογικά ενεργή, με εξαίρεση μερικά βακτήρια τα οποία είναι σε θέση να μεταβολίσουν και τα D-αμινοξέα. Για τις ζύμες τέλος δεν υπάρχει ένδειξη ότι μπορούν να επεξεργαστούν την κιτρουλίνη.
- Οι υδατάνθρακες, από την άλλη, μπορούν να χρησιμοποιηθούν από όλους τους μικροοργανισμούς, με τη γλυκόζη να είναι το πιο εύκολα μεταβολιζόμενο σάκχαρο. Ωστόσο, όπως προαναφέρθηκε, συγκεκριμένοι μικροοργανισμοί μπορεί να απαιτούν τη χρήση συγκεκριμένων πηγών άνθρακα π.χ. οι περισσότεροι μύκητες χρησιμοποιούν δισακχαρίτες.
- τα βακτήρια και οι μύκητες χρησιμοποιούν λιπαρά οξέα μακριάς αλύσου, όπως το λινελαϊκό και το ελαϊκό οξύ. Για τους μύκητες επιπλέον, συμπεριλαμβανομένων και των ζυμών, η εργοστερόλη είναι ένα θρεπτικό προαπαιτούμενο, αν και γενικότερα τα στεροειδή, εκτός της χοληστερόλης δεν είναι απαραίτητα για τους μικροοργανισμούς.
- Σημαντική ποικιλομορφία μεταξύ των μικροοργανισμών παρατηρείται και ως προς τις απαιτήσεις τους σε βιταμίνες και συσχετιζόμενους παράγοντες, με εξαίρεση τις βιταμίνες A, C, D, και K, οι οποίες γενικά δεν είναι αναγκαίες για την ανάπτυξη.
- Όσον αφορά τις πηγές αζώτου, θα πρέπει να τονιστεί ότι οι ενώσεις αυτές, δεν απαιτούνται ή χρησιμοποιούνται από όλα τα είδη, αλλά έχει εντοπιστεί ότι ορισμένα είδη είναι ικανά να τις χρησιμοποιήσουν. Οι μύκητες, είναι παράδειγμα μικροοργανισμών που για την ανάπτυξή τους είναι αναγκαία η παρουσία αμμωνίας, νιτρικών και νιτροδών.

- Οι ζυμομύκητες έχουν μεταβολικές απαιτήσεις σε αμίδια σουλφονικού οξέος, θειοξικά, θειοανθρακικά, θειογλυκολικά και στη γλουταθειόνη, ενώ μερικά είδη τους είναι επίσης ικανά να χρησιμοποιήσουν το στοιχειακό θείο και τα θειικά. Τα βακτήρια, έχουν ανάγκη για την ανάπτυξή τους, τη γλουταθειόνη και το θειο-οξικό οξύ.
- Τέλος οι ανάγκες σε θρεπτικά μεταλλικά στοιχεία είναι εξαρτώμενες από το μικροβιακό είδος, αν και γενικά αφορούν κυρίως στα στοιχεία του σιδήρου (Fe), του καλίου (K), του μαγνησίου (Mg), και του μαγγανίου (Mn). Μερικές φορές μπορεί επίσης να απαιτείται η προσθήκη θείου (S), αζώτου (N), ασβεστίου (Ca), κοβαλτίου (Co), χαλκού (Cu), φωσφόρου (P) και ψευδαργύρου (Zn).

Διεργασίες ζύμωσης υγρής κατάστασης (SmF, Sub-merged Fermentation)



Εικόνα 83. Γενική διαγραμματική αναπαράσταση μίας τυπικής ζυμωτικής διαδικασίας. Πηγές: fermentation process: (Τροποποιήθηκε) modified by Stanbury, P.F., Whittaker, A. και Hall, S.J., (1995) and Díaz-Montaño, D.M. (2013); bioreactor: Mrabet, Y., (2009).

Ανεξάρτητα από τον τύπο ζύμωσης, με την πιθανή εξαίρεση ορισμένων διαδικασιών βιομετατροπής, μια θεμελιωμένη διαδικασία μπορεί να χωριστεί σε έξι βασικά στάδια (Stanbury, PF, Whittaker, A and Hall, SJ, 1995):

- ii. παρασκευή των μέσων που θα χρησιμοποιηθούν στην καλλιέργεια του επιλεγμένου οργανισμού, τόσο κατά την παραγωγή του εμβολίου, όσο και κατά τη ζυμωτική παραγωγή μέσα στο βιοαντιδραστήρα.
- iii. αποστείρωση του μέσου καλλιέργειας, των ζυμωτήρων και του βοηθητικού εξοπλισμού.
- iv. παραγωγή μίας ενεργής, καθαρής καλλιέργειας σε επαρκή ποσότητα για τον εμβολιασμό του περιέκτη παραγωγής.
- v. ανάπτυξη του οργανισμού στο ζυμωτικό αντιδραστήρα παραγωγής υπό βέλτιστες συνθήκες για το σχηματισμό του προϊόντος ενδιαφέροντος.
- vi. εκχύλιση του προϊόντος και ο καθαρισμός του.

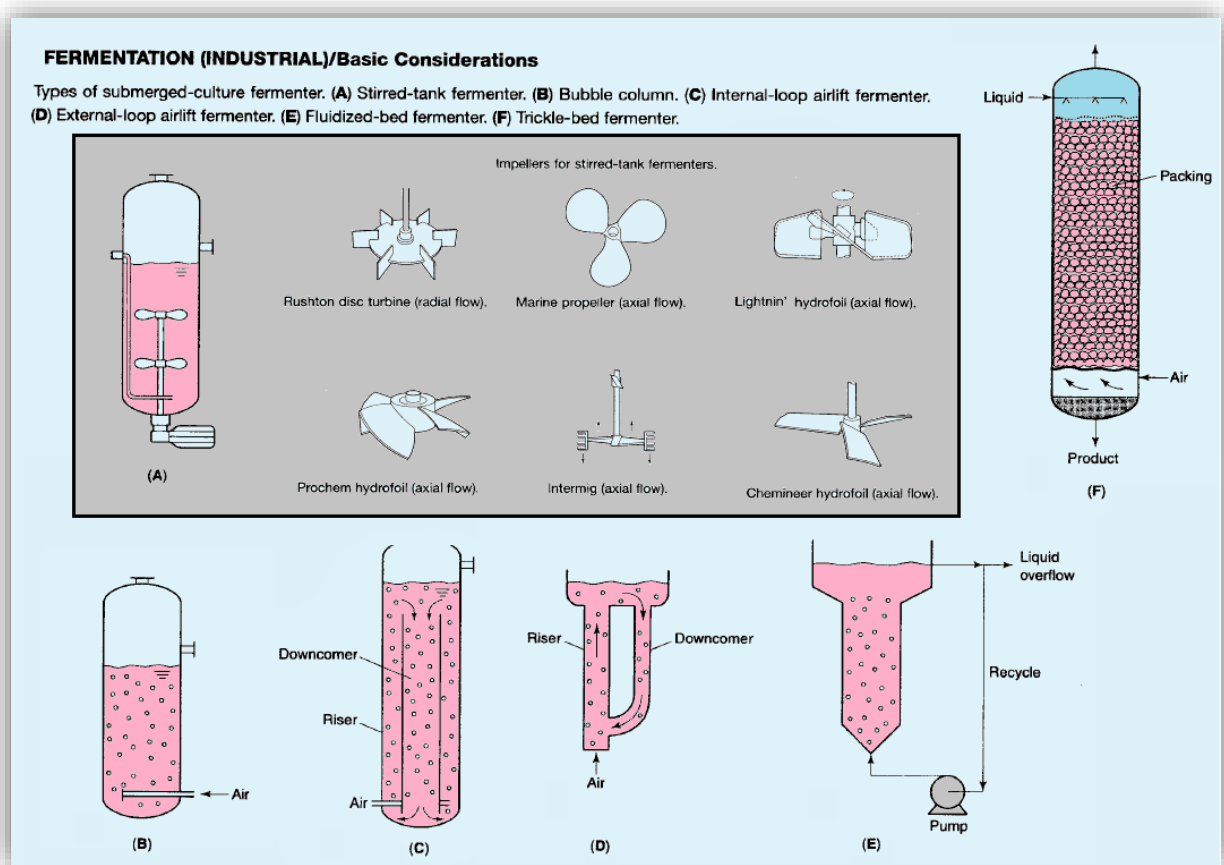
vii. και διάθεση των λυμάτων που παράγονται κατά την διεργασία.

Οπότε, αν και η κεντρική συνιστώσα του κάθε συστήματος βιομηχανικής ζύμωσης είναι προφανώς ο ίδιος ο ζυμωτής (στον οποίο ο οργανισμός αναπτύσσεται υπό τις βέλτιστες συνθήκες για τον σχηματισμό του προϊόντος), υπάρχουν επίσης λειτουργίες πριν και μετά το στάδιο αυτό του ζυμωτήρα που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη. Πριν την έναρξη της ζύμωσης, πρέπει να παρασκευαστούν τα καλλιεργητικά μέσα που θα χρησιμοποιηθούν στα διάφορα στάδιά της και στη συνέχεια να αποστειρωθούν, όπως επίσης και ο ίδιος ο ζυμωτήρας και πρέπει επιπλέον να είναι διαθέσιμη μια εναρκτήρια καλλιέργεια (starter culture), σε επαρκή ποσότητα και στη σωστή φυσιολογική κατάσταση για τον εμβολιασμό του ζυμωτήρα παραγωγής. Μετά το στάδιο του ζυμωτήρα το προϊόν πρέπει να καθαριστεί και να υποβληθεί σε περαιτέρω επεξεργασία και πρέπει τέλος να γίνει η κατάλληλη διαχείριση-επεξεργασία των αποβλήτων που παράγονται από τη ζυμωτική διεργασία (*Stanbury, PF, 2000*).

Τυπικά, μια καθαρή εναρκτήρια καλλιέργεια εκκίνησης (ή εμβόλιο), η οποία διατηρείται κάτω από προσεκτικά ελεγχόμενες συνθήκες, χρησιμοποιείται στην αρχή της παραγωγικής διαδικασίας για να εμβολιάσει αποστειρωμένα τρυβλία 'Petri' ή το υγρό καλλιεργητικό μέσο που περιέχεται σε ανακινούμενες κωνικές φιάλες 'Erlenmeyer'. Μετά από επαρκή ανάπτυξη, η προ-καλλιέργεια αυτή, χρησιμοποιείται για τον εμβολιασμό του ζυμωτήρα παραγωγής του τελικού εμφυτεύματος (seed fermenter). Επειδή το μέγεθος των βιομηχανικών ζυμώσεων τείνει να είναι αρκετά μεγάλο (τυπικά 150-250 m³), το εμβόλιο παρασκευάζεται μέσα από αρκετά διαδοχικά βήματα, των οποίων η κλίμακα αυξάνεται σταδιακά, έως ότου το μέγεθος του εμβολίου να φτάσει το 5-10% του όγκου εργασίας του ζυμωτήρα παραγωγής. Για τον εμβολιασμό του τελευταίου γίνεται χρήση μίας καλλιέργειας που βρίσκεται σε ταχεία εκθετική φάση ανάπτυξης (*Chisti, Y., 1999*).

Οι κυριότεροι τύποι βιοαντιδραστήρα (παραγωγής) για ζυμώσεις υγρής κατάστασης (SmF) είναι (*Chisti, Y., 1999*):

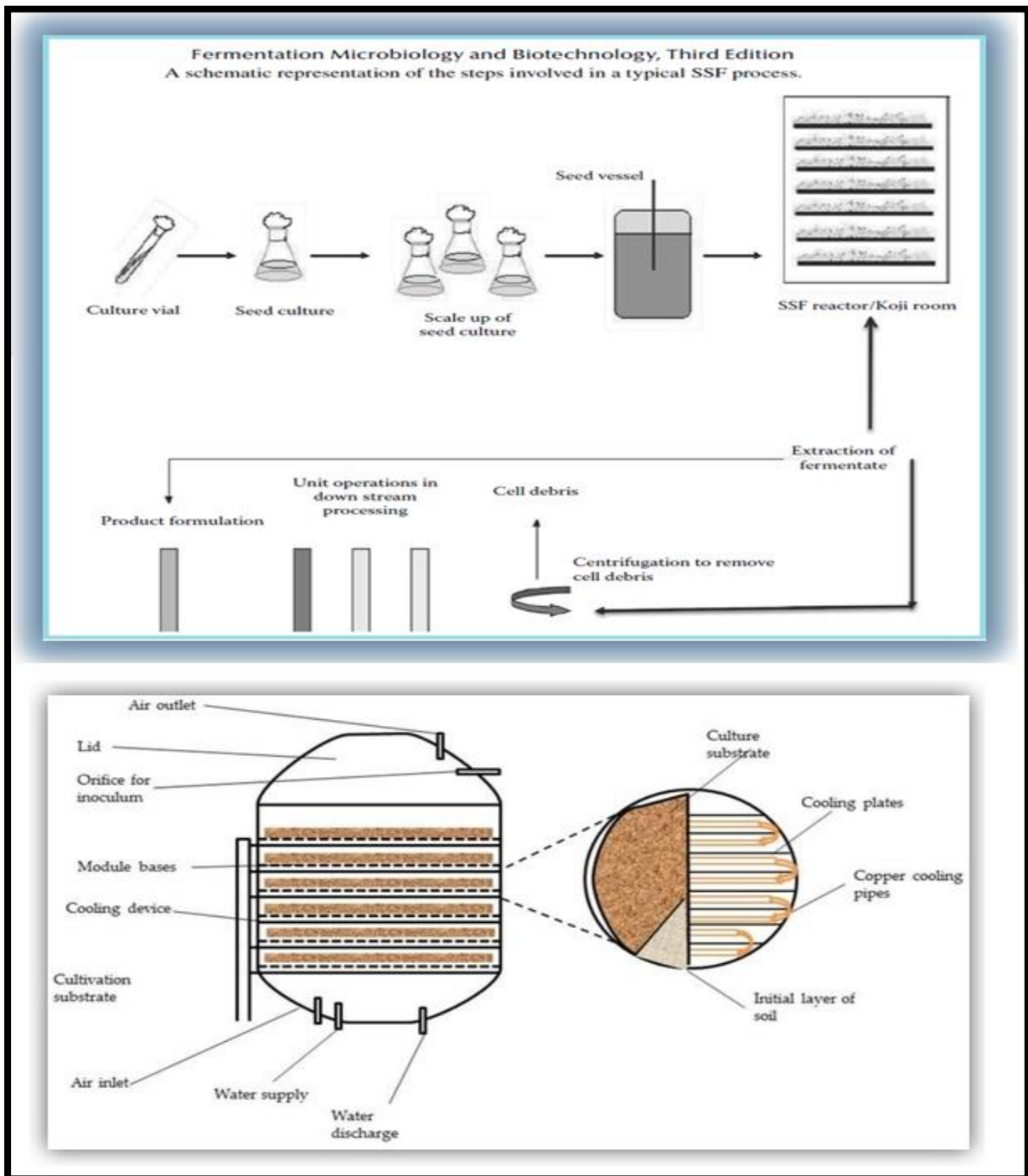
- A. Ζυμωτήρας με δεξαμενή μηχανικής ανάδευσης (Stirred-tank fermenter).
- B. Στήλη φυσαλίδων (Bubble column).
- C. Ζυμωτήρας αερομεταφοράς, εσωτερικού κυκλώματος (internal loop -Airlift fermenter).
- D. Ζυμωτήρας αερομεταφοράς, εξωτερικού κυκλώματος (external loop - Airlift fermenter)
- E. Ζυμωτήρας ρευστοποιημένης κλίνης (Fluidized bed fermenter).
- F. Ζυμωτήρας κλίνης διάχυσης (Trickle-bed fermenter).



Εικόνα 84. Τύποι βιοαντιδραστήρων υγρής ζύμωσης και τύποι στροφείων για τον βιοαντιδραστήρα μηχανικής ανάδευσης. Πηγή: (Τροποποιήθηκε) Chisti, Y., (1999).

Οι ζυμώσεις υγρής κατάστασης (SmF) που διεξάγονται μέσα σε βιοαντιδραστήρες, μπορούν να διασφαλίσουν, εφόσον πληρούνται ορισμένες προϋποθέσεις, ένα ελεγχόμενο περιβάλλον για την αποδοτική παραγωγή υψηλής ποιότητας τελικών προϊόντων και την επίτευξη της μέγιστης δυνατής παραγωγικότητας και απόδοσης, υπό τις εκάστοτε επιλεγμένες συνθήκες λειτουργίας (Paulová, L., Patáková, P and Brányik, T., 2013).

Διεργασίες ζύμωσης στερεάς κατάστασης (SSF, Solid State Fermentation)



Εικόνα 85. Σχηματική αναπαράσταση των σταδίων που περιλαμβάνει μία τυπική διαδικασία ζύμωσης στερεάς κατάστασης και του βιοαντιδραστήρα. Πηγές: Gottumukkala, L.D., et al., (2011); Ravindran, R. and Jaiswal A.K., (2016) (b).

Η ζύμωση στερεάς κατάστασης (SSF) ή καλλιέργεια στερεάς κατάστασης (SSC, Solid State Cultivation) ορίζεται ως οποιαδήποτε διαδικασία ζύμωσης η οποία λαμβάνει χώρα σε απουσία ή σχεδόν απουσία ελεύθερου υγρού, χρησιμοποιώντας ένα αδρανές υπόστρωμα ή ένα

φυσικό υπόστρωμα, ως στερεό υποστήριγμα της καλλιέργειας, τα οποία είναι μη υδατοδιαλυτά και συμπυκνωμένα και συνήθως περιέχουν πολυσακχαρίτες σαν πηγή άνθρακα και ενέργειας (Pandey, A., et al., 1999; Paulová, L., Patáková, P and Brányik, T., 2013). Οπότε, οι ζυμώσεις αυτές, που κυρίως είναι ζυμώσεις παρτίδας (Raimbault, M., 1981; Tengerdy, R.P., 1985), χαρακτηρίζονται από πολύ χαμηλή ενεργότητα νερού, με τη σχετική υγρασία της αέριας φάσης που βρίσκεται σε ισορροπία με το νωπό στερεό, να είναι σημαντικά κάτω της μονάδας (Hölker, U. and Lenz, J., 2005).

Η τεχνική αυτή αναπτύχθηκε σε χώρες της Ανατολής, όπου και χρησιμοποιήθηκε για αιώνες για την παρασκευή παραδοσιακών τροφίμων όπως, η σάλτσα σόγιας, το 'koji', 'miso', ή σάκε, χρησιμοποιώντας διάφορα υποστρώματα και μικροοργανισμούς (Paulová, L., Patáková, P and Brányik, T., 2013). Στα πιο πρόσφατα χρόνια, υπήρξε μία αυξανόμενη τάση προς την αποτελεσματική χρησιμοποίηση των αγρο-βιομηχανικών αποβλήτων μέσω της καλλιέργειας στερεάς κατάστασης, για την παραγωγή ενός μεγάλου εύρους προϊόντων προστιθέμενης αξίας όπως, βιοκαύσιμα (π.χ. βιοαιθανόλη), οργανικά οξέα, ένζυμα, βιοζιζανιοκτόνα, βιοπροωθητικά ανάπτυξης και βιοαποδομήσιμα πλαστικά (Ravindran, R. and Jaiswal, A.K. (2016) (a); Singh nee 'Nigam, P. and Pandey, A., 2009), αλλά και βιομάζας π.χ. μανιτάρια (Philippoussis, A.N., 2009), πράγμα που όχι μόνο παρέχει εναλλακτικά υποστρώματα για τη διεξαγωγή των βιοδιαδικασιών αυτών, αλλά βοηθάει επίσης και στην επίλυση των προβλημάτων ρύπανσης (Arvanitoyannis, I.S., Kassaveti, A. and Ladas, D., 2008). Τα αγροτικά υπολείμματα και αγροβιομηχανικά υποπροϊόντα/απόβλητα μπορούν επίσης να μετατραπούν μέσω της SSF, σε ζωοτροφές πιο εύπεπτες και εμπλουτισμένες με μικροβιακή βιομάζα, ένζυμα, βιοπροωθητές της ανάπτυξης κ.λ.π., ενώ τέλος, τα ίδια τα απόβλητα μέσω της διαδικασίας του βιομετασχηματισμού τους, μπορεί να αποτελέσουν προϊόντα της SSF π.χ κόμποστ, βιοπολτός κ.λ.π. (Singh nee 'Nigam, P. and Pandey, A., 2009).

Examples of Products Produced by the SSF Process Highlighting the Primary Substrate and the Microorganism Used

Product	Substrate	Organism
Cellulase	Rice straw, wheat bran, wheat straw	<i>Aspergillus niger</i> , <i>Trichoderma reesei</i> <i>Humicola fasciolense</i> , <i>Penicillium</i> sp.
Xylanase	Rice straw, sorghum flour, rice bran	<i>Aspergillus niger</i> <i>Trichoderma harzianum</i> <i>Bacillus</i> sp. JB-99
Aroma	Cassava, soyabean, amaranth grain	<i>Rhizopus oryzae</i>
Neutral protease	Wheat bran	<i>Aspergillus oryzae</i> NRRL 1808
Pectinase	Grape pomace	<i>Aspergillus awamori</i>
α -Amylase	Wheat bran, coconut oil cake	<i>Aspergillus</i> sp. <i>Bacillus subtilis</i> <i>Aspergillus oryzae</i>
Lipase	Wheat bran + olive oil	<i>Aspergillus niger</i>
Phytase	Wheat bran + soy meal coconut oil cake	<i>Aspergillus niger</i> <i>Rhizopus oligosporus</i> <i>Mucor recemosus</i>
Chitinase	Wheat bran + chitin + yeast extract, wheat bran + chitin	<i>Trichoderma harzianum</i> , <i>P. chrysogenum</i>
Alkaline protease	Wheat bran + soy protein	<i>Penicillium</i> spp.
Lipase	Soy cake, sugarcane bagasse	<i>P. simplicissimum</i> , <i>Rhizopus homothallicus</i>
Alkaline protease	Green gram husk	<i>Bacillus</i> sp.
Pectinase	Wheat bran + polygalacturonic acid	<i>Bacillus</i> sp.
Aflatoxin	Cassava, rice, maize, pea nuts	<i>Aspergillus niger</i> <i>Aspergillus parasiticus</i> <i>Alternaria brassicola</i>
Antibiotic	Wheat, corn	<i>Bacillus thuringiensis</i>
Bacterial endotoxins	Coconut	<i>Streptomyces clavuligerus</i>
Cephalosporin	Rice grains, barley	<i>Fusarium moniliforme</i> , <i>Gibberella fujikuroi</i>
Gibberlic acid	Wheat bran	<i>Aspergillus flavus</i>
Mycotoxins	Corn, wheat, oats	<i>Penicillium chrysogenum</i>
Penicillin	Bagasse	<i>Bacillus subtilis</i>
Surfactin	Soya	<i>Aspergillus</i>
Tetracyclines	Sweet potato	<i>Fusarium moniliforme</i>
Zearalenone	Corn	<i>Aspergillus niger</i> DS-1
Citric acid	Pineapple waste	<i>Mucor rouxii</i>
γ -Linolenic acid	Rice bran and soya bean meal	<i>Penicillium brevicompactum</i>
Mycophenolic acid	Pearl barley	<i>Aspergillus niger</i> ARNU-4
Gluconic acid	Sugar cane molasses	<i>Bacillus subtilis</i>
Lipopeptides + poly- γ -glutamic acid	Soybean and sweet potatoes	<i>Streptomyces clavuligerus</i>
Cephalosporin	Rice grains, barley	<i>Fusarium moniliforme</i> , <i>Gibberella fujikuroi</i>
Gibberlic acid	Wheat bran	<i>Penicillium chrysogenum</i>
Penicillin	Bagasse	<i>Bacillus subtilis</i>
Surfactin	Soya	<i>Aspergillus</i>
Tetracyclines	Sweet potato	<i>Fusarium moniliforme</i>
Zearalenone	Corn	<i>Aspergillus niger</i> DS-1
Citric acid	Pineapple waste	<i>Mucor rouxii</i>
Gamma-linolenic acid	Rice bran and soya bean meal	<i>Lactobacillus delbrueckii</i>
Lactic acid	Cassava bagasse	<i>Penicillium brevicompactum</i>
Mycophenolic acid	Pearl barley	

Πίνακας 72. Παραδείγματα προϊόντων προστιθέμενης αξίας που παράγονται μέσω SSF διαδικασιών. Πηγή: Gottumukkala, L.D., et al., (2011).

Υποστρώματα στις ζυμώσεις SSF

Τα πιο κοινά υποστρώματα στην SSF είναι τα φυσικά αγροτικά προϊόντα και τα αγροβιομηχανικά απόβλητα και υποπροϊόντα τα οποία χρησιμεύουν ως πηγή άνθρακα και παράλληλα είναι ικανά να απορροφούν το υπάρχον νερό μέσα στη δομή τους, πράγμα που

παρέχει την απαραίτητη υγρασία για την ανάπτυξη και τις μεταβολικές δραστηριότητες των μικροοργανισμών μέσα στα συστήματα SSF (*Singh nee'Nigam, P. and Pandey, A., 2009*). Επιπλέον, θεωρούνται τα πλέον κατάλληλα υποστρώματα για τη καλλιέργεια νηματοειδών μυκήτων, διότι η μορφολογία των τελευταίων, τους επιτρέπει να διεισδύουν στις πιο σκληρές επιφάνειες, λόγω της παρουσίας διασταλτικής πίεσης στη κορυφή του μυκηλίου τους (*Bhargav, S., et al., 2008*).

Αυτά τα υποστρώματα συνιστούν τη στερεή φάση των συγκεκριμένων ζυμωτικών διαδικασιών, η οποία αποτελεί μία πλούσια και πολύπλοκη πηγή θρεπτικών ουσιών που μπορεί ή όχι να επαρκούν για την κάλυψη των διατροφικών απαιτήσεων των καλλιεργούμενων μικροοργανισμών. Συγκεκριμένα, τα περισσότερα από τα απόβλητα επεξεργασίας της βιομηχανίας των αγροτικών τροφίμων, στα οποία ανήκουν και τα υποπροϊόντα που προκύπτουν από την επεξεργασία και την τυποποίηση των οσπρίων και της ορύζης, δεν είναι βρώσιμα και περιέχουν υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, λιπίδια, διάφορα ιχνοστοιχεία και τέφρα (*Singh nee'Nigam, P. and Pandey, A., 2009*). Όσον αφορά τους ολικούς υδατάνθρακες, όπως εκτενώς αναλύθηκε στο πρώτο μέρος της μεταπτυχιακής αυτής εργασίας, αυτοί αποτελούνται από μερικές μικρές ανθρακικές ενώσεις, αλλά ο μεγαλύτερος όγκος τους καταλαμβάνεται από ένα πολύπλοκο πολυμερές λιγνινοκυτταρινικής φύσεως (*Maitan-Alfenas, G.P., Visser, E.M. and Guimarães, V.M., 2015; Singh nee'Nigam, P. and Pandey, A., 2009*). Η λιγνινοκυτταρίνη είναι μία πολύ καλή πηγή φθηνών υδρογονανθράκων (*Ravindran, R. and Jaiswal, A.K. (2016) (a)*), αλλά λόγω της πολύπλοκης δομής της (λιγνίνη, κυτταρίνη, ημικυτταρίνη, πηκτίνες, άλατα, μεταλλικά ιχνοστοιχεία και τέφρα) (*Singh, R., et al., 2014*) είναι εξαιρετικά ανθεκτική στην αποδόμηση και δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί απευθείας σε μικροβιακές διαδικασίες. Ωστόσο, υποβάλλοντας το μοριακό αυτό σύμπλεγμα σε προεπεξεργασία (βιολογική ή/και χημική) και ενζυματική υδρόλυση, απελευθερώνονται τα σάκχαρα που μπορούν να ζυμωθούν, τα οποία χρησιμοποιούνται π.χ. από τα μικρόβια παραγωγούς ενζύμων για την συντήρηση και την

ανάπτυξή τους (Meng, X. and Ragauskas, A.J., 2014). Μία από τις κεντρικές εφαρμογές της SSF είναι και η παραγωγή λιγνινοκυτταρινικών λυτικών ενζύμων (κυτταρινάσες, ημικυτταρινάσες, πηκτινάσες και λιγνινάσες), για την οποία χρησιμοποιήθηκαν με επιτυχία διαφορετικά αγροτικά και αγρο-βιομηχανικά υποστρώματα καθώς και διάφοροι μύκητες λευκής σήψης (white rot fungi) (Rodríguez-Couto, R., et al., 2003; Singh nee Nigam, P. and Pandey, A., 2009).

Η βγάσση της μανιόκας και του ζαχαροκάλαμου, εξαιτίας του χαμηλού περιεχομένου τους σε τέφρα παρουσιάζουν ένα πλεονέκτημα σε σχέση με τα άλλα υποστρώματα όπως τα άχυρα σίτου και ορύζης (Pandey, A., et al., 2000b). Ένα επιπλέον πλεονέκτημα της μανιόκας που την καθιστά βέλτιστο υπόστρωμα για την SSF (παραγωγή κιτρικού οξέος, ενισχυτικών γεύσης, μανιταριών και διάφορων διαδικασιών βιομετασχηματισμού) είναι η υψηλή ικανότητα κατακράτησης νερού (Pandey, A., et al., 2000c), ενώ υπερτερεί και σε σύγκριση με τη βγάσση του ζαχαροκάλαμου (παραγωγή πρωτεϊνών και πρωτεϊνικά εμπλουτισμένης ζωοτροφής για αγελάδες), διότι δεν απαιτεί προεπεξεργασία και κατά πάσα πιθανότητα μπορεί να αποικοδομηθεί από τους περισσότερους μικροοργανισμούς για διάφορους σκοπούς (Pandey, A., et al., 2000b). Παρόλα αυτά τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα υποστρώματα σε αυτές τις βιοδιεργασίες για τη βιομηχανική παραγωγή των περισσότερων ενώσεων εμπορικού ενδιαφέροντος είναι η βγάσση του ζαχαροκάλαμου (για την οποία είναι απαραίτητη η προεπεξεργασία) και το πίτυρο σίτου (Pandey, A., 2003; Bhargava, S., et al., 2008). Το τελευταίο έχει επίσης αποδειχτεί και ως ένα από τα πιο αποτελεσματικά υποστρώματα για την SSF. Πράγματι οι πέντε από τις δέκα πιο παραγωγικές διαδικασίες SSF για την παραγωγή διαφόρων μηκυτιακών δευτερογενών μεταβολιτών και οι τρεις από τις επτά πιο παραγωγικές διαδικασίες που χρησιμοποιούν ακτινομύκητες και βακτήρια παραγωγούς ενδοσπορίων, χρησιμοποιούν το πίτυρο σίτου ως υπόστρωμα (Barrios-González, J. and Mejía, A., 2008). Άλλα ανερχόμενα υποστρώματα στις SSF διαδικασίες είναι η πούλπα και ο φλοιός των κόκκων

του καφέ (λόγω της πλούσιας οργανικής φύσης τους και της υψηλής θρεπτικής τους αξίας) (Pandey, A., et al., 2000a) και η ‘okara’ (π.χ. παραγωγή του αντιβιοτικού ιτουρίνη - ‘iturin’) (Ohno, A., Ano, T. and Shoda, M., 1996) που αποτελεί πήγμα των υπολειμμάτων επεξεργασίας της σόγιας, με κύριο χαρακτηριστικό το ότι είναι πλούσια σε συστατικά μη υδατοδιαλυτά και βασικό μειονέκτημα ότι αλλοιώνεται πολύ γρήγορα εκτός ψύξης (Bhargav, S., et al., 2008).

MOST COMMON AGRO-RESIDUES and AGROINDUSTRIAL RESIDUES USED AS SUBSTRATES IN SSF PROCESSES	
Fruit by-products	Bannana waste, Citrus peel, Citrus pulp-pellets, orange bagasse, Coconut husk, coir pith, Vine shoots, grape juice/seed, apple pomace etc
Coffee	pulp, husk
Cotton wastes	gin trash/hull
Cereals and Cereal by-products	Barley, Barley Husk, Barley straw, Wheat, Wheat straw , Wheat bran (most used in SSF) (*) , Corn, Corn cob, Oat cereal, Oat straw, distillers grains, polished rice, rice grains, rice straw , buckwheat seeds etc
Sunflower seed hull	
Sugarcane by-products	Sugarcane bagasse (most used in SSF) (*)
Beets and Beet by-products	Fodder beets, Sugarbeet pulp/husk
Sweet potato	
Cassava (μανιόκα)	Cassava bagasse (optimum substrate for SSF)(*)
Legumes and Legume by-products	Soya bean, okara (soyabean curd residue), green gram husk, black gram residues, lentils husk etc
oil cakes	coconut oil cake, palm kernel oil cake, sesame oil cake, olive oil cake etc
Hazelnut husk	
Forestry by-products	Birch lignin, Maple wood, Aspen wood, Wood chips/sawdust (hard and soft wood) etc
paper waste	
various types	Agar, Saccharum munja-residues

Πίνακας 73. Αγροτικής και Αγρο-βιομηχανικής φύσεως υποστρώματα που χρησιμοποιήθηκαν σε SSF διεργασίες. Πηγές: Singh nee Nigam, P. and Pandey, A., (2009); Philippoussis, A.N., (2009); Yazid, N.A., et al., (2017); Mienda, B.S., Idi, A. and Umar, A. (2011); (*) Bhargav, S., et al., (2008).

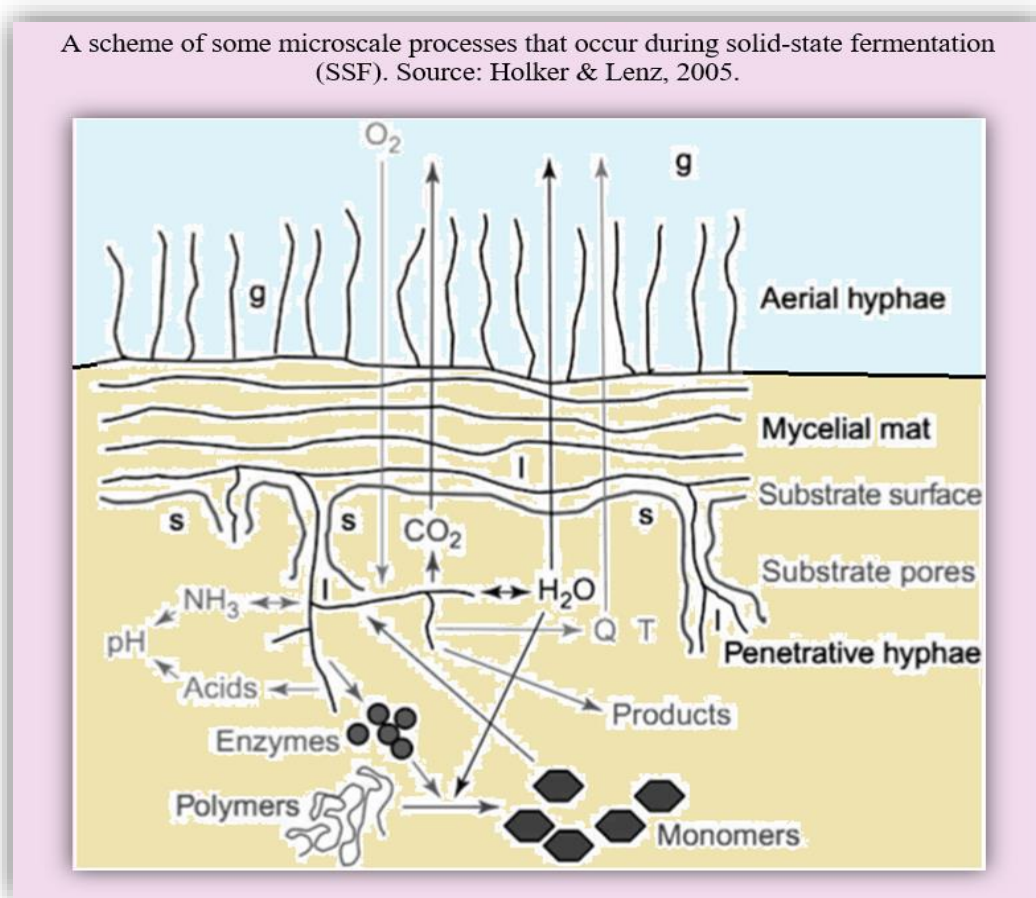
Μικροοργανισμοί στις ζυμώσεις SSF

Οι μικροοργανισμοί που χρησιμοποιούνται στις καλλιέργειες SSF, αναπτύσσονται σε συνθήκες που είναι πολύ κοντά σε αυτές του φυσικού τους περιβάλλοντος και κατά συνέπεια μπορεί να αποδειχθούν περισσότερο αποτελεσματικοί στην παραγωγή συγκεκριμένων

ενζύμων και μεταβολιτών, τα οποία συνήθως δεν παράγονται ή παράγονται με μικρή απόδοση στις καλλιέργειες υγρής κατάστασης (Pandey, A., et al., 1999). Στις διαδικασίες SSF έχει χρησιμοποιηθεί μία μεγάλη ποικιλία μικροοργανισμών, συμπεριλαμβανομένων των μυκήτων, των ζυμομυκήτων και των βακτηρίων, αν και λόγω του χαμηλού περιεχομένου σε υγρασία των καλλιεργητικών μέσων, οι μύκητες και οι ζυμομήκυτες είναι η πιο συνήθης επιλογή, λόγω της ικανότητάς τους να αναπτύσσονται σε αυτές τις ιδιαίτερες περιβαλλοντικές συνθήκες (Mussato, S.I., et al., 2012; Yazid, N.A., et al., 2017).

Συγκεκριμένα, κατά τη διάρκεια μιας διαδικασίας ζύμωσης στερεάς κατάστασης τα βακτήρια και οι ζυμομύκητες δηλαδή οι μονοκυτταρικοί μικροοργανισμοί αναπτύσσονται στην επιφάνεια των σωματιδίων και των ινών των λιγνινοκυτταρινικών υποστρωμάτων, ενώ τα μυκητιακά μυκήλια εισχωρούν στα σωματίδια προκειμένου να εξασφαλίσουν τις διατροφικές ανάγκες τους (Singh nee Nigam, P. and Pandey, A., 2009). Η ανάπτυξη των μυκήτων επομένως γίνεται με τη διαμόρφωση ενός μυκηλίου επί της επιφάνειας των σωματιδίων που αποτελούν το στερεό υπόστρωμα. Οι εναέριες υφές προεξέχουν εντός του αέριου χώρου και οι διεισδυτικές υφές αναπτύσσονται μέσα σε πόρους γεμάτους με υγρό. Εκτός και αν η υγρασία είναι πάνω από το επιθυμητό επίπεδο, οι κενοί χώροι μεταξύ των εναέριων υφών καταλαμβάνονται από αέριο (g), ενώ οι κενοί χώροι εντός του 'χαλιού' της μυκηλιακής μάζας και εντός του υποστρώματος είναι γεμάτοι με υγρό (L). Οι περιοχές με τη μεγαλύτερη μεταβολική δραστηριότητα βρίσκονται κοντά στην επιφάνεια του υποστρώματος και μέσα στους πόρους αν και μεταβολισμό επιδεικνύουν και οι περιοχές των εναέριων υφών, ενώ παρατηρείται επίσης μεταφορά ουσιών από τις διεισδυτικές στις εναέριες υφές. Οι μύκητες παράγοντας υδρολυτικά ένζυμα που διαχέονται μέσα στη στερεά μήτρα, μπορούν να αποδομήσουν τα μακρομόρια σε μικρότερες μονάδες οι οποίες στη συνέχεια απορροφούνται από το μυκήλιο για να χρησιμοποιηθούν ως θρεπτικά συστατικά. Κατά τη διάρκεια της ζύμωσης, υπάρχει κατανάλωση O₂ και παραγωγή CO₂, H₂O, διαφόρων βιοχημικών

προϊόντων και θερμότητας. Η θερμότητα απομακρύνεται από το υπόστρωμα μέσω αγωγιμότητας και επίσης με εξάτμιση, η οποία αποτελεί μέρος της πολύπλοκης ισορροπίας του νερού στο σύστημα. Εντός της βιομεμβράνης αναπτύσσονται διαβαθμίσεις συγκεντρώσεων που εξαναγκάζουν, για παράδειγμα, το O₂ να διαχέεται από την αέρια φάση σε βαθύτερες περιοχές του βιοφίλμ και το CO₂ να διαχέεται από αυτές τις περιοχές στην αέρια φάση. Η απελευθέρωση οργανικών οξέων και αμμωνίας μπορεί να αλλάξει το τοπικό pH (Hölker, U. and Lenz, J., 2005; Bocchini-Martins, D.A., et al., 2011).



Εικόνα 86. Σχεδιάγραμμα μερικών διαδικασιών μικροκλίμακας που συμβαίνουν κατά την SSF. Πηγή: Hölker, U. and Lenz, J., (2005).

Τα πιο κοινά γένη ζυμομυκήτων που αναφέρθηκαν σε SSF είναι *Candida*, *Saccharomyces* και *Aureobasidium* (López-Pérez, M. and Viniegra-González, G., 2016), ενώ τα πιο κοινά μυκητιακά γένη είναι *Aspergillus*, *Penicillium*, και *Rhizopus*, τα οποία

περιλαμβάνουν ένα ευρύ φάσμα ειδών ικανά να παράξουν ένα μεγάλο αριθμό πολύτιμων βιολογικών προϊόντων μέσω της SSF (*El-Bakry, et al., 2015*). Αν και οι SSF διαδικασίες, όπως προαναφέρθηκε, φαίνεται να είναι πιο ευνοϊκές για την ανάπτυξη μυκήτων και ζυμομυκήτων, υπάρχουν συνεχώς αυξανόμενα στοιχεία επιτυχημένης χρήσης και βακτηριακών στελεχών για την παραγωγή βιο-προϊόντων σε αυτές, με τα πιο κοινά γένη να ανήκουν σε *Bacillus spp* και *Streptomyces spp* (*Singhania, R.R., et al., 2009; Martins, S., et al., 2011*).

Main groups of microorganisms involved in SSF	
Microflora	SSF Process
Bacteria	
<i>Clostridium sp.</i>	Ensiling, Food
<i>Lactobacillus sp.</i>	Ensiling, Food
<i>Streptococcus sp.</i>	Composting
<i>Pseudomonas sp.</i>	Composting
<i>Serratia sp.</i>	Composting
<i>Bacillus sp.</i>	Composting, Natto, amylase
Fungi	
<i>Altemaria sp.</i>	Composting
<i>Penicillium notatum, roquefortii</i>	Penicillin, Cheese
<i>Lentinus edodes</i>	Shii-take mushroom
<i>Pleurotus oestreatus, sajor-caju</i>	Mushroom
<i>Aspergillus niger</i>	Feed, Proteins, Amylase, citric acid
<i>Rhizopus oligosporus</i>	Tempeh, soybean, amylase, lipase
<i>Aspergillus oryzae</i>	Koji, Food, citric acid
<i>Amylomyces rouxii</i>	Tape cassava, rice
<i>Beauveria sp., Metharizium sp.</i>	Biological control, Bioinsecticide
<i>Trichoderma sp.</i>	Composting Biological control, Bioinsecticide
<i>Phanerochaete chrysosporium</i>	Composting, lignin degradation
<i>Rhizopus sp.</i>	Composting, Food, enzymes, organic acids
<i>Mucor sp.</i>	Composting, Food; enzyme
<i>Monilia sp.</i>	Composting
<i>Fusarium sp.</i>	Composting, Gibberellins
<i>Aspergillus sp.</i>	Composting, Industrial, Food
Yeast	
<i>Endomycopsis burtonii</i>	Tape, cassava, rice
<i>Schwanniomyces castelli</i>	Ethanol, Amylase
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Food, Ethanol

Πίνακας 74. Κυριότεροι μικροοργανισμοί που χρησιμοποιήθηκαν σε SSF διεργασίες. Πηγή: Mienda, B.S., Idi, A. and Umar, A., (2011).

Η επιλογή του κατάλληλου μικροοργανισμού για μία SSF διαδικασία είναι ένα από τα σημαντικότερα κριτήρια που πρέπει να ληφθούν υπόψιν κατά το σχεδιασμό της και εξαρτάται μεταξύ άλλων και από το επιθυμητό τελικό προϊόν. Όσον αφορά τους μυκηλιακούς μικροοργανισμούς, που εκτός από ένα μεγάλο αριθμό νηματοειδών μυκήτων περιλαμβάνουν

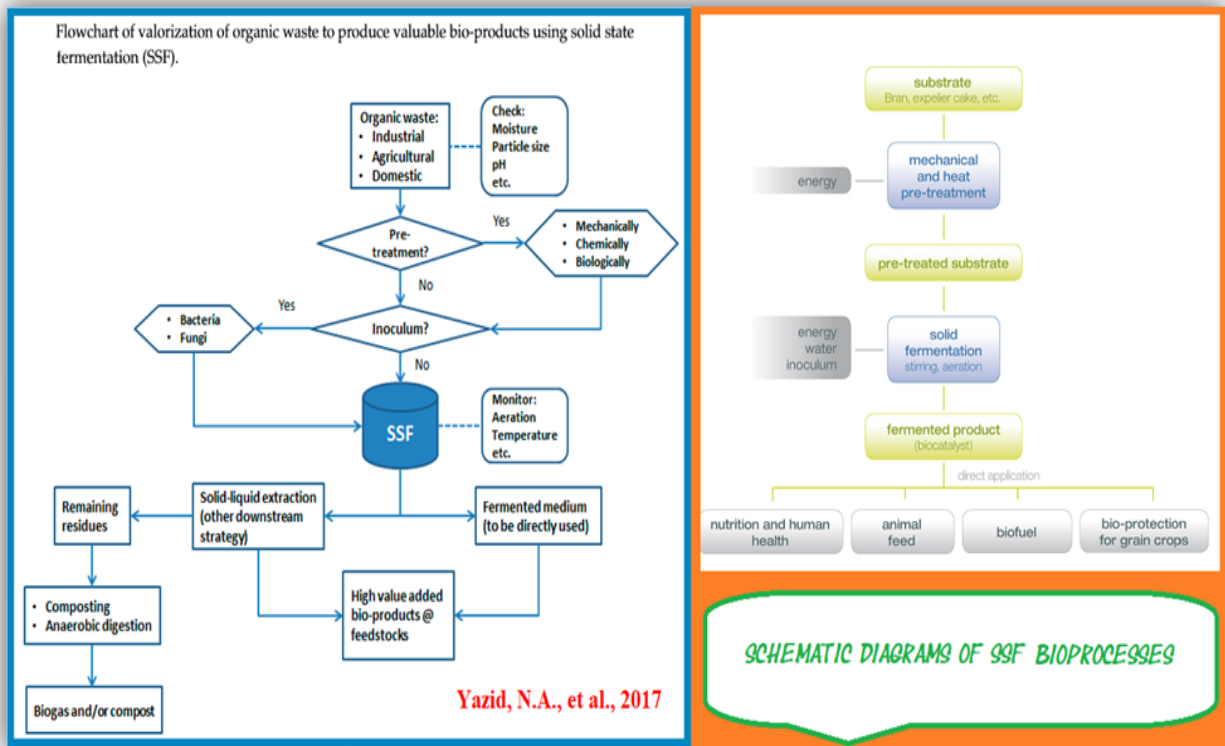
και μερικά βακτήρια των ακτινομυκήτων, οι καλλιέργειες στερεής κατάστασης παρέχουν σε αυτούς ένα επιλεκτικό περιβάλλον σε χαμηλές συγκεντρώσεις υγρασίας, ιδανικό για την ανάπτυξή τους, στο οποίο αυτοί με τη σειρά τους, είναι ικανοί να παράξουν μία ποικιλία εξωκυτταρικών ενζύμων για την υδρόλυση των πολύπλοκων πολυμερικών στερεών υποστρωμάτων (Singh nee 'Nigam, P. and Pandey, A., 2009). Συγκεκριμένα, για την παραγωγή βιοενεργών ενώσεων και θερμοανθεκτικών ενζύμων, επιλέγονται συνήθως οι νηματοειδής μύκητες, των οποίων το δυναμικό σύνθεσης και παραγωγής σε αυτές τις ενώσεις είναι ισχυρό (Mussato, S.I., et al., 2012). Παρόλα αυτά υπάρχουν αρκετές μελέτες που αναφέρουν ότι θερμοσταθερά ένζυμα μπορούν επίσης να παραχθούν και από βακτηριακά στελέχη και ειδικά από *Bacillus spp* (Tsegaye, K.N. and Gessesse, A., 2014; Afrisham, S., et al., 2016; Özdemir, S., et al., 2012; Prajapati, V.S., Trivedi, U.B. and Patel, K.C., 2015). Η διαδικασία αυτή της επιλογής καθίσταται ακόμη πιο δύσκολη από το γεγονός ότι η συντριπτική πλειοψηφία των μικροοργανισμών 'wild type' δεν είναι σε θέση να παράγουν τα επιθυμητά προϊόντα με αποδόσεις αποδεκτές σε εμπορικό επίπεδο (Singh nee 'Nigam, P. and Pandey, A., 2009).

Οι SSF διαδικασίες, με βάση τον τύπο των εμπλεκόμενων μικροοργανισμών, μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο κύριες κατηγορίες (Singh nee 'Nigam, P. and Pandey, A., 2009):

1. Στις φυσικές (natural) SSF όπως π.χ. η ενσίρωση (ensiling) και η κομποστοποίηση, οι οποίες χρησιμοποιούν τη φυσική αυτόχθονη μικροχλωρίδα, συχνά αποτελούμενη από μικτές καλλιέργειες διαφόρων μικροοργανισμών σε συμβιωτική συνεργασία.
2. και στις SSF, καθαρής καλλιέργειας (pure culture). Σε αυτές ανήκουν το μεγαλύτερο μέρος των βιομηχανικών ζυμώσεων σταθερής κατάστασης που σκοπό έχουν την παραγωγή συγκεκριμένων προϊόντων. Στις βιομηχανικές αυτές ζυμώσεις γίνεται χρήση καθαρών καλλιιεργειών, είτε μεμονωμένων μικροοργανισμών, είτε μιγμάτων αυτών, των οποίων η τυπολογία είναι γνωστή και προκαθορισμένη, προκειμένου να επιτευχθεί η βελτιστοποίηση του ρυθμού χρησιμοποίησης του υποστρώματος και η ελεγχόμενη σύνθεση του προϊόντος.

Παράγοντες που επηρεάζουν τις SSF διεργασίες

Οι διεργασίες αυτές επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό και επομένως μπορούν να ρυθμιστούν από διάφορες πειραματικές μεταβλητές όπως (Singh nee 'Nigam, P. and Pandey, A., 2009):



Εικόνα 87. Σχεδιαγράμματα των σταδίων που περιλαμβάνει μία τυπική διαδικασία ζύμωσης στερεάς κατάστασης και βασικές εφαρμογές. Πηγή: Yazid, N.A., et al., (2017); SOUFFLET S.A. (2010). ‘Schema FMS En’.

1. η επιλογή του κατάλληλου υποστρώματος, η οποία έχει ιδιαίτερη βαρύτητα καθώς η επιτυχία της διαδικασίας εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από αυτό, η οποία με τη σειρά της εξαρτάται από:

- τη χημική του σύσταση. Γενικά η απόδοση της παραγωγής μπορεί να αυξηθεί με την κατάλληλη επιλογή υποστρώματος ή μίγματος υποστρωμάτων, που περιέχουν τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά για τον καλλιεργούμενο μικροοργανισμό (Mussato, S.I., et al., 2012).

- b) το μέγεθος των συστατικών σωματιδίων του υποστρώματος και η πορώδης φύση του. Ιδανικά, υποστρώματα με μικρά σωματίδια είναι προφανές ότι μπορούν να παρέχουν ένα μεγάλο εμβαδόν επιφάνειας για μικροβιακή προσκόλληση, ωστόσο εξαιρετικά μικρά σωματίδια θα οδηγούσαν στη δημιουργία συσσωματωμάτων του υποστρώματος που θα μπορούσαν να επηρεάσουν τη μεταφορά του οξυγόνου, επιβραδύνοντας έτσι την ανάπτυξη των μικροοργανισμών. Ακολουθώντας την ίδια λογική, υποστρώματα με μεγάλο μέγεθος σωματιδίων είναι σε θέση να παρέχουν πιο αποτελεσματικό αερισμό, αλλά από την άλλη αυτό μπορεί να περιορίσει την έκταση της διαθέσιμης επιφάνειας για μικροβιακή προσκόλληση (Chen, H.Z. and He, Q., 2012; Pandey, A., 2003; De Castro, R.J.S. and Sato, H.H., 2015).
- c) ενώ σημαντικά κριτήρια για την επιλογή του υποστρώματος αποτελούν επίσης η διαθεσιμότητά του και το κόστος του (Arvanitoyannis, I.S., Kassaveti, A. and Ladas, D., 2008).
2. η προεπεξεργασία του υποστρώματος και η αποστείρωσή του. Αυτά είναι τα απαραίτητα βήματα για τη μετατροπή των ακατέργαστων υποστρωμάτων σε κατάλληλη μορφή για τη χρήση τους στην SSF και περιλαμβάνουν: α) τη μείωση του μεγέθους των σωματιδίων μέσω άλεσης, απόξεσης ή κοπής, β) τη φυσική, χημική ή ενζυματική υδρόλυση των πολυμερών για την αύξηση της διαθεσιμότητας των θρεπτικών συστατικών του υποστρώματος από το μύκητα, γ) τη συμπλήρωση με θρεπτικά συστατικά (φώσφορο, άζωτο, άλατα) και το καθορισμό της περιεκτικότητας σε pH και υγρασία, μέσω ενός ανόργανου διαλύματος και δ) το 'μαγείρεμα' ή την άτμιση, για τη προ-αποικοδόμηση της μακρομοριακής δομής και την εξάλειψη των περισσοτέρων ρυπαντών (Raimbault, M., 1998).

Για παράδειγμα όταν χρησιμοποιούνται ζυμομύκητες στην SSF, είναι αναγκαία η ενσωμάτωση στη διαδικασία ενός βήματος προεπεξεργασίας, όπως η έκρηξη ατμού και η όξινη ή αλκαλική επεξεργασία, ακολουθούμενες από ενζυματική πέψη ή ένα συνδυασμό αυτών (Jacob, Z., 1991). Εναλλακτικά μπορεί να γίνει χρήση μιας μικτής καλλιέργειας, μέσω της οποίας το κυτταρινικό ή αμυλούχο σύμπλοκο αποικοδομείται πρώτα από άλλους οργανισμούς (συνήθως μούχλες) που είναι σε θέση να παράγουν τα κατάλληλα εξωκυτταρικά ένζυμα και στη συνέχεια η απελευθερωμένη γλυκόζη καταναλώνεται από τους ζυμομύκητες (ή λιγότερο συχνά από βακτήρια) αποδίδοντας το επιθυμητό προϊόν (Paulová, L., Patáková, P. and Brányik, T., 2013).

3. η ενδεχόμενη ενίσχυση του καλλιεργητικού μέσου με διατροφικά συμπληρώματα. Συνήθως στις SSF διαδικασίες η βασική τροποποίηση του τύπου και της συγκέντρωσης των θρεπτικών ουσιών γίνεται έμμεσα από την επιλογή του στερεού υποστρώματος. Ωστόσο, για τη βέλτιστη παραγωγή του επιθυμητού μεταβολίτη, κρίνεται απαραίτητη μία περαιτέρω και πιο λεπτομερής ισορροπία της σύνθεσης του στερεού μέσου (Barrios-González, J. and Mejia, A., 2008), ιδιαίτερα στην περίπτωση που χρησιμοποιούνται ως υποστρώματα, αγροτικά υπολείμματα και αγρο-βιομηχανικά υπο-προϊόντα των οποίων η σύσταση ως γνωστόν (αμινοξέα, ιχνοστοιχεία κ.λ.π.), παρουσιάζει μεταβολές εποχικές, καθώς επίσης και μεταβολές οφειλόμενες στις συνθήκες καλλιέργειας και επεξεργασίας τους.

Αυτό πραγματοποιείται με την προσθήκη συμπληρωμάτων, τα οποία μπορεί να περιέχουν επιπρόσθετες πηγές άνθρακα (C) και αζώτου (N), ανόργανα συστατικά, καθώς και επαγωγικές ή πρόδρομες ενώσεις. Οι πηγές άνθρακα μπορεί να είναι μονο- και δισακχαρίτες ή πολυσακχαρίτες όπως το άμυλο, ενώ οι πηγές αζώτου είναι συνήθως ανόργανες π.χ. άλατα αμμωνίου ή οργανικές (μικτές πηγές C και N) π.χ. σπόρους ή άλευρα δημητριακών και οσπρίων, κοπριά κ.λ.π. (Barrios-González, J. and Mejia, A., 2008).

4. η περιεκτικότητα σε υγρασία, διαδραματίζει επίσης ένα σημαντικό ρόλο στην SSF, καθώς τα βακτήρια και οι μύκητες έχουν διαφορετικές απαιτήσεις ως προς αυτό το πειραματικό παράγοντα και συγκεκριμένα οι μύκητες χρειάζονται χαμηλότερη περιεκτικότητα σε υγρασία γύρω στο 40-60% (*Singhania, R.R., et al., 2009*), ενώ τα βακτήρια έχουν υψηλότερες απαιτήσεις (60-85%) (*Martins, S., et al., 2011*). Η βέλτιστη περιεκτικότητα σε υγρασία σε ένα στερεό υπόστρωμα είναι στενά συνδεδεμένη με την σωστή διάχυση των θρεπτικών ουσιών και των αερίων O₂/CO₂ κατά τη διάρκεια της ζύμωσης (*Orzua, M.C., et al., 2009*). Χαμηλά επίπεδα υγρασίας μπορεί να προωθήσουν τη βλάστηση των μυκητιακών σπόρων και την ανάπτυξη των μυκηλίων, ενώ πιο υψηλά μπορεί οδηγήσουν σε σποριογένεση (*Singh nee 'Nigam, P. and Pandey, A., 2009*) και να μειώσουν το πορώδες του υποστρώματος, πράγμα που μπορεί να προκαλέσει τον περιορισμό της μεταφοράς του οξυγόνου. Σε γενικές γραμμές τα υποστρώματα έχουν ένα περιεχόμενο σε υγρασία που κυμαίνεται μεταξύ 30 και 85% (*Mussato, S.I., et al., 2012*), (8-15% για όσπρια και ρύζια, Πίνακες 4 & 62).

Ωστόσο, οι απαιτήσεις σε υγρασία των μικροοργανισμών στις ζυμώσεις στερεής κατάστασης, εκφράζονται με μεγαλύτερη ακρίβεια μέσω της ενεργότητας νερού a_w (*Raimbault, M., 1998*), δηλαδή μέσω της ποσότητας νερού που είναι προσβάσιμη και πραγματικά διαθέσιμη για τη μικροβιακή ανάπτυξη, διότι αυτή είναι που επηρεάζει την ανάπτυξη της βιομάζας, τις μεταβολικές αντιδράσεις και τις διαδικασίες μεταφοράς μάζας και όχι η συνολική ποσότητα νερού που είναι παρούσα.

5. η πυκνότητα του μικροβιακού εμβολίου, το οποίο μπορεί να είναι δύο τύπων: σπόρια ή μυκήλια.
6. η θερμοκρασία: είναι ένας από τους πιο σημαντικούς παράγοντες που επηρεάζουν τις SSF διαδικασίες, καθώς από αυτή εξαρτάται η ανάπτυξη των μικροοργανισμών, η παραγωγή ενζύμων, η σύνθεση δευτερογενών μεταβολιτών, κ.λ.π. Αν και οι μύκητες μπορούν να

αναπτυχθούν κάτω από ένα ευρύ φάσμα θερμοκρασιών, η βέλτιστη θερμοκρασία για την ανάπτυξή τους και τον σχηματισμό του προϊόντος ποικίλλει σημαντικά. Όταν η μικροβιακή ανάπτυξη και η μεταβολική δραστηριότητα αυξάνεται, αυξάνει επίσης και η θερμοκρασία στο εσωτερικό του ζυμωτήρα. Εάν δεν υπάρχει ένα κατάλληλο σύστημα λειτουργίας για να απομακρυνθεί η θερμότητα που παράγεται, αυτό θα επηρεάσει αρνητικά την ανάπτυξη των μικροβίων και το σχηματισμό του προϊόντος (*Gottumukkala, L.D., et al., 2011*).

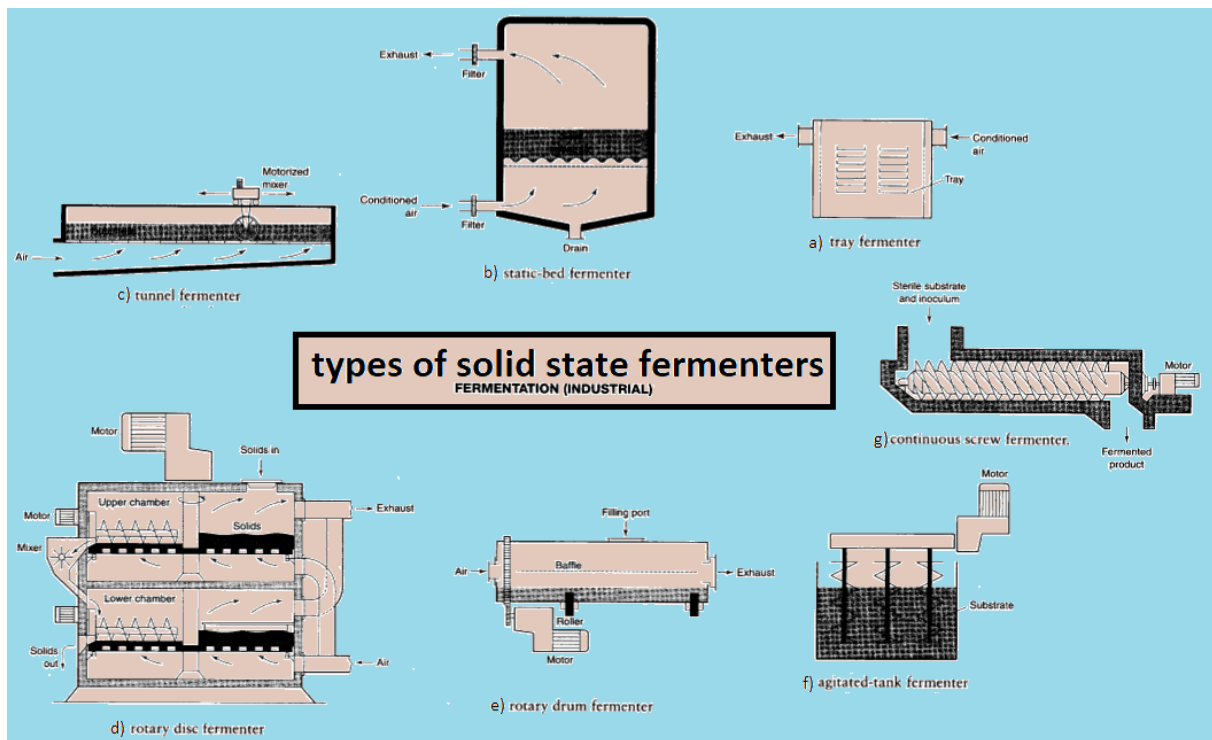
Η θερμότητα που παράγεται και απελευθερώνεται από το μικροβιακό μεταβολισμό, μπορεί να φτάσει έως και τα 3000 kcal/Kg αφομοιούμενου υποστρώματος, προκαλώντας μια ακτινική διαβάθμιση 5°C/cm στο κέντρο του βιοαντιδραστήρα (*Bellon-Maurel, V., Orliac, O., and Christen, P., 2003*) και μπορεί να αποτελέσει ένα σημαντικό εμπόδιο για τη διαδικασία της αναβάθμισης του μεγέθους της SSF. Επιπρόσθετα, η χαμηλή περιεκτικότητα νερού στο σύστημα και η κακή θερμική αγωγιμότητα των SSF υποστρωμάτων προωθεί τη θερμική αυτή διαβάθμιση, η οποία οξύνεται και από τη περιορισμένη δυνατότητα ανάδευσης, επιβαλλόμενη από το γεγονός ότι οι μύκητες είναι πολύ ευαίσθητοι στο διατμητικό στρες. Η μείωση της θερμοκρασίας γίνεται επομένως ως επί το πλείστον μέσω της εξατμιστικής ψύξης, η οποία μπορεί να επιδεινώσει περαιτέρω την απώλεια νερού.

7. το pH: Η διαβάθμιση του pH προκαλείται κυρίως από την παραγωγή οργανικών οξέων και τη κατανάλωση των πρωτεϊνών. Δεδομένου ότι η παρακολούθηση και ο έλεγχος της παραμέτρου αυτής κατά τη διάρκεια της στερεάς ζύμωσης είναι δύσκολος λόγω του ότι δεν υπάρχουν ηλεκτρόδια pH που να μπορούν να λειτουργήσουν απουσία ελεύθερου νερού (*Bellon-Maurel, V., Orliac, O., and Christen, P., 2003*), συνεπάγεται ότι εκτός από μερικές αρχικές ρυθμίσεις που μπορεί να γίνουν κατά την προετοιμασία του υποστρώματος και αφορούν την ενίσχυση της ρυθμιστικής του ικανότητας με την προσθήκη π.χ. ενός συνδυασμού ουρίας και θειϊκού αμμωνίου ή την προσθήκη ανθρακικού ασβεστίου (το

οποίο μπορεί να εξουδετερώσει την οξίνιση) (Chisti, Y., 1999), η συγκεκριμένη μεταβλητή δεν υπόκειται σε περαιτέρω έλεγχο στις SSF. Αυτό διευκολύνεται και από το γεγονός ότι, η ρυθμιστική δυνατότητα πολλών υποστρωμάτων, που χρησιμοποιούνται σε αυτές τις διεργασίες, μπορεί αποτελεσματικά να ελέγξει μεγάλες μεταβολές του pH κατά τη διάρκεια της ζύμωσης, πράγμα ιδιαίτερα αληθές στη περίπτωση υποστρωμάτων πλούσιων σε πρωτεΐνες και ειδικά όταν η απαμίνωση αυτών είναι ελάχιστη.

8. η ανάμειξη (ανακάτεμα) και ο αερισμός του συστήματος, που απαιτούνται για τη διατήρηση των αερόβιων συνθηκών, για τη μεταφορά και την απομάκρυνση της περίσσειας του CO₂ που παράγεται κατά τη διάρκεια του μικροβιακού μεταβολισμού και για τον έλεγχο της θερμοκρασίας και της υγρασίας (Chisti, Y., 1999; Singh nee'Nigam, P. and Pandey, A., 2009) και συνδέονται με την επιλογή του βιοαντιδραστήρα στον οποίο πρόκειται να διεξαχθεί η βιοδιεργασία. Σύμφωνα με τον σχεδιασμό της πειραματικής διαδικασίας υπάρχουν δύο κύριοι τύποι συστημάτων SSF (Singh nee'Nigam, P. and Pandey, A., 2009):

- a) ο τύπος 1, στον οποίο η ζύμωση γίνεται σε στατικούς αντιδραστήρες, δηλαδή χωρίς ανάδευση ή αναγκαστικό αερισμό, όπως είναι π.χ. οι βιοαντιδραστήρες δίσκων (tray bioreactors).
- b) ο τύπος 2, στον οποίο η ζύμωση γίνεται με περιστασιακή ή συνεχή ανάδευση. Για αυτά τα συστήματα μπορούν να διακριθούν τέσσερις διαφορετικές παραλλαγές: περιστασιακή ανάδευση χωρίς αναγκαστικό αερισμό, αργή συνεχή ανάδευση χωρίς αναγκαστικό αερισμό, περιστασιακή ανάδευση με αναγκαστικό αερισμό και συνεχή ανάδευση με αναγκαστικό αερισμό. Στα συστήματα αυτά χρησιμοποιούνται συνήθως βιοαντιδραστήρες τυμπάνου (drum bioreactors) ή βιοαντιδραστήρες πακεταρισμένης κλίνης (packed bed bioreactors).



Εικόνα 88. Τύποι βιοαντιδραστήρων που χρησιμοποιούνται στις ζυμώσεις στερεής κατάστασης (SSF). Πηγή: (Τροποποιήθηκε) Chisti, Y., (1999).

9. Ο σχεδιασμός και η μεταφορά της ζυμωτικής παραγωγικής διαδικασίας σε μεγάλη κλίμακα, για την εμπορική εκμετάλλευσή της. Μετά το σταντάρισμα των λειτουργιών μονάδας σε εργαστηριακή κλίμακα, ακολουθεί η αναβάθμιση του μεγέθους τους σε βιομηχανική κλίμακα προκειμένου να δημιουργηθεί μία πιλοτική μονάδα, διαδικασία για την οποία είναι αναγκαία η διεξαγωγή μελετών σε τέσσερα διαφορετικά επίπεδα: επίπεδο εργαστηριακής φιάλης (50-100 g), επίπεδο εργαστηριακού ζυμωτήρα (5-20 kg), επίπεδο πιλοτικού ζυμωτήρα (50-5000 kg) και επίπεδο ζυμωτήρα παραγωγής (25-1000 t) (Lonsane, B.K., et al., 1992). Κατά τη διάρκεια της αναβάθμισης αυτής προκύπτουν αρκετά προβλήματα που σχετίζονται με το μέγεθος της ζύμωσης και με τη παραγωγικότητα της διαδικασίας. Ανεξάρτητα από το τύπο του SSF βιοαντιδραστήρα που έχει επιλεγεί για την αποτελεσματική απομάκρυνση της παραγόμενης θερμότητας, την ισορρόπηση της υγρασίας, την ανάδευση, το σωστό αερισμό, κ.λ.π., η αναβάθμιση του μεγέθους της ζύμωσης είναι μια περίπλοκη διαδικασία, κατά την οποία προκύπτουν προβλήματα στη

διάχυση των αερίων και στη μεταφορά μάζας, λόγω της έντονης παραγωγής θερμότητας στο σύστημα και της ετερογένειας που το χαρακτηρίζει (*Gottumukkala, L.D., et al., 2011*).

10. Τέλος ζωτικής σημασίας όταν εκτελούνται διαδικασίες SSF είναι και η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου για την απομόνωση και τον καθαρισμό του τελικού προϊόντος (διαδικασίες ‘downstream’). Το προϊόν που λαμβάνεται μέσω της SSF μπορεί να ανακτηθεί από την στερεή ζυμούμενη μάζα με εκχύλιση με διαλύτες (υδατικούς διαλύτες ή άλλα μείγματα διαλυτών) και ο τελικός καθαρισμός και η απομόνωσή του, περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων τεχνικές επεξεργασίας όπως, η διήθηση και η κροκίδωση (*Stanbury, P.F., Whittaker and A., Hall, S.J., 1995*). Ο τύπος του διαλύτη, η συγκέντρωσή του και το pH αυτού, καθώς και η αναλογία διαλύτη και στερεού, αποτελούν σημαντικές μεταβλητές που επηρεάζουν την εκχύλιση του προϊόντος. Επιπλέον, δεδομένου ότι οι μεταβολίτες διαχέονται σε όλη τη στερεά μάζα κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας, μπορεί να απαιτούνται μακράς διάρκειας διαδικασίες εκχύλισης για την πλήρη ανάκτηση του προϊόντος. Το κόστος του καθαρισμού εξαρτάται από την ποιότητα του ληφθέντος εκχυλίσματος. Για παράδειγμα, η παρουσία και η συγκέντρωση αδρανών ενώσεων στο εκχύλισμα αυξάνουν το κόστος του καθαρισμού και ως εκ τούτου το κόστος της ανάκτησης αυξάνεται. Ιδιαίτερα οι δευτερογενείς μεταβολίτες που παράγονται μέσω της SSF και χρησιμοποιούνται σε μεγάλες ποσότητες στις φαρμακοβιομηχανίες και στον τομέα της υγείας, πρέπει να περάσουν από ειδική διαδικασία καθαρισμού, διότι η καθαρότητά τους διέπεται από αυστηρούς κανονισμούς (*Singh nee Nigam, P., 2009*).

Σύγκριση SSF-SmF διαδικασιών

Η SSF παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα έναντι της συμβατικής τεχνολογίας υγρής καλλιέργειας, όπως (*Mitchell, D.A., Stuart, D.M., and Tanner, R.D., 1999; Paulová, L., Patáková, P. and Brányik, T., 2013*): (α) η χρήση ενός συμπυκνωμένου μέσου, που έχει ως

αποτέλεσμα τη δυνατότητα χρησιμοποίησης αντιδραστήρων με μικρότερο όγκο και κατά συνέπεια χαμηλότερο κόστος επένδυσης κεφαλαίου, (β) μικρότερος κίνδυνος επιμόλυνσης με ζύμες και βακτήρια λόγω της πολυπλοκότητας του υποστρώματος και των χαμηλών επιπέδων υγρασίας, (γ) η απλότητα της εφαρμοζόμενης τεχνολογίας και η μειωμένη παραγωγή νερών εκροής από τη διεργασία, (δ) η υψηλότερη απόδοση σε προϊόντα και η ευκολότερη ανάκτησή τους, και (ε) η χρήση των γεωργικών αποβλήτων ως υποστρώματα για ορισμένες εφαρμογές (π.χ., συμπληρώματα ζωοτροφών και παραγωγή κυτταρινολυτικών ενζύμων), τα οποία είναι διαθέσιμα σε μεγάλες ποσότητες και το κόστος τους είναι πολύ χαμηλό, μειώνοντας έτσι περαιτέρω το κεφαλαιακό κόστος της βιοδιεργασίας (Ali, H.K.H. and Zulkali, M.M.D., 2011; Barrios-González, J., 2012).

Παρόλα αυτά η SSF, στη παρούσα φάση ανάπτυξης της τεχνολογίας της αντιμετωπίζει και διάφορες προκλήσεις οι κυριότερες εκ των οποίων είναι, η μεταφορά θερμότητας και μάζας εντός του υποστρώματος, η διαβάθμιση του pH και της συγκέντρωσης του οξυγόνου και η περιορισμένη δυνατότητα απευθείας παρακολούθησης βασικών παραμέτρων της καλλιεργητικής διαδικασίας κατά τη διάρκεια διεξαγωγής της όπως, η θερμοκρασία, το pH, το οξυγόνο σε διάλυση, η συγκέντρωση των θρεπτικών ουσιών και η περιεχόμενη υγρασία, γεγονός από το οποίο προκύπτει η αδυναμία ελέγχου του μικροβιακού περιβάλλοντος με την απαιτούμενη ακρίβεια (Mitchell, D.A., Stuart, D.M., and Tanner, R.D., 1999; Paulová, L., Patáková, P. and Brányik, T., 2013).

Η απόφαση ως προς το ποιος βιοαντιδραστήρας ή ζυμωτική διαδικασία θα πρέπει να εφαρμοστεί σε κάθε συγκεκριμένη εφαρμογή, πρέπει να γίνεται λαμβάνοντας υπόψη τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της κάθε εγκατάστασης (Πίνακας 75). Αυτό περιλαμβάνει, την εξέταση των ιδιοτήτων και της διαθεσιμότητας των πρωτογενών πρώτων υλών, των απαραίτητων επενδύσεων και λειτουργικών δαπανών, την επιθυμητή παραγωγικότητα και την απόδοση των επενδύσεων, τη βιωσιμότητα, καθώς και τη

διαθεσιμότητα ενός εξειδικευμένου εργατικού δυναμικού (Inui, M., Vertes, A.A., and Yukawa, H., 2010). Δεδομένου ότι σε εφαρμογές μεγάλης κλίμακας, κάθε σύστημα ζύμωσης χρειάζεται να λειτουργεί αποτελεσματικά και αξιόπιστα, το κύριο κριτήριο για την επιλογή μιας ζυμωτικής διαδικασίας ή/και βιοαντιδραστήρα παραμένει το ελάχιστο κεφαλαιακό κόστος ανά μονάδα ανακτημένου προϊόντος. Επίσης, στις διαδικασίες μεγάλης κλίμακας, ταυτόχρονα με τον αποτελεσματικό σχεδιασμό και τη λειτουργία, θα πρέπει να συνυπολογίζονται και θέματα που αφορούν τη διαχείριση ενδεχόμενων παραγόμενων υποπροϊόντων και υγρών αποβλήτων (Paulová, L., Patáková, P. and Brányik, T., 2013).

Differences Between Solid-State (SSF) and Submerged Liquid Fermentation (SmF).		
Characteristic	SSF	SmF
Cost of culture medium	Low (use of agroindustrial by-products as carbon source)	High (use of chemical reagents)
Water amount	Low	High (main component of the culture)
Nutrients' availability	Easy (absorbed from wet solid substrate, there is a nutrient concentration gradient)	Difficult (absorbed from the liquid culture, there is no nutrient concentration gradient)
Culture system	Three phases (gas, liquid, solid), where gas is the continuous phase	Two phases (water and gas), water is the continuous phase
Inoculum size	Large, more than 10%	Small, less than 10%
Required oxygen	Obtained from gas phase, low energy consumption	Obtained from dissolved oxygen, there is a larger amount of dissolved oxygen
Microbial growth	Microorganisms adsorb on or penetrate into the solid matrix	Microorganisms growth uniformly distributed in the culture system
Products concentration	High, due to the medium is a wet state substrate	Low, due to the medium is liquid
Yield	Greater	Smaller
Fermentation process (temperature control, pH regulation, agitation control)	Difficult (hard to detect and control online)	Easy (can be detected and controlled online)
System	Heterogeneity	Homogeneity
Extraction process	Simple and controllable, little waste organic water	Usually complex, there is a large amount of waste organic water
Bacterial contamination	Low risk	High risk
Morphology of fungal growth	Mycelial form, where both aerial and substrate-penetrating hyphae are produced	Varies from freely dispersed mycelium to mycelial clumps and dense pellets
Catabolic response	Low catabolic repression	High catabolic repression
Reactor design	Hard to scale up, simple fermentation container	Easy to work in any scale, sealed fermentation container
Energy consumption	Low	High
Energy requirement	Low	High
Equipment investment	Low	High
Raw material cost	Low	High

Data from Chen, H., 2013. *Modern Solid State Fermentation: Theory and Practice*. Springer Netherlands, New Delhi, India; Hansen, G.H., Lübeck, M., Frisvad, J.C., Lübeck, P.S., Andersen, B., 2015. Production of cellulolytic enzymes from ascomycetes: comparison of solid state and submerged fermentation. *Process Biochemistry* 50, 1327–1341.

SOURCE: Prado-Barragán, L.A., Figueroa, J.J.B., Rodríguez-Durán, L.V., Aguilar-González, C.N. and Hennigs, C. (2016). Fermentative production methods, chapter 7, pp 189-218. In, Poltronieri, P. and D'Urso, O.F. (1st eds), 'Bioremediation of Agricultural Waste and By-products: Food, Feed, Fibre, Fuel (4F) Economy'. Elsevier, pp 398.

Πίνακας 75. Διαφορές μεταξύ των ζυμωτικών διαδικασιών SSF και SmF. Πηγή: Prado-Barragán, L.A., et al., (2016).

ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΥΠΟΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΜΕΣΩ ΤΗΣ SSF.

Main applications of SSF in various economic sectors		
Economic Sector	Application	Examples
Industrial fermentation	Enzymes production	Amylases, amyloglucosidase, cellulases, proteases, pectinases, xylanases, glucoamylases
	Bioactive products	Mycotoxins, gibberellins, alkaloids, antibiotics, hormones
	Organic acid production	Citric acid, fumaric acid, itaconic acid, lactic acid
	Biofuel	Ethanol production
	Miscellaneous compounds	Pigments, biosurfactants, vitamins, Xantham
Agro-Food Industry	Biotransformation of crop residues	Traditional food fermented (Koji, sake, ragi, tempeh), protein enrichment and single cell protein production, mushrooms production.
	Food additives	Aroma compounds, dyestuffs, essential fat and organic acids
Environmental control	Bioremediation and biodegradation of hazardous compounds	Caffeinated residues, pesticides, polychlorinated biphenyls (PCBs)
	Biological detoxification of agro-industrial wastes	Coffee pulp, cassava peels, canola meal, coffee husk

Πίνακας 76. Κυριότερες εφαρμογές της SSF. Πηγή: Mienda, B.S., Idi, A. and Umar, A., (2011).

Οι διαδικασίες SSF έχουν δύο πιθανούς τομείς εφαρμογής (Mussato, S.I., et al., 2012):

1. Ο ένας εξ αυτών αφορά τον περιβαλλοντικό έλεγχο και περιλαμβάνει, τη παραγωγή από στερεά απόβλητα, κόμποστ, ενσιρωμάτων και εμπλουτισμένων ζωοτροφών, τη βιοαποκατάσταση και βιοαποικοδόμηση επικίνδυνων ενώσεων και τη βιολογική αποτοξίνωση των αγρο-βιομηχανικών προϊόντων.
2. Ο δεύτερος, αφορά τη χρήση της SSF για την παραγωγή προϊόντων με προστιθέμενη αξία όπως, ενζύμων, οργανικών οξέων, αμινοξέων, ενισχυτικών γεύσης, αρωματικών ενώσεων, χρωστικών, βιολογικά ενεργών δευτερογενών μεταβολιτών, βιοζιζανιοκτόνων, βιοτασιενεργών ενώσεων, βιοκαυσίμων, μανιταριών και άλλων ενώσεων ενδιαφέροντος για τη βιομηχανία τροφίμων.

ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ

Η κομποστοποίηση (διάρκεια συνήθως 4-6 εβδομάδες), πρόκειται περισσότερο για αερόβια, παρά αναερόβια και σχετικά ταχεία φυσική διαδικασία βιολογικής αποσύνθεσης και σταθεροποίησης ροών οργανικών βιοαποδομήσιμων υποστρωμάτων που προέρχονται από ροές αποβλήτων, όπως απόβλητα κήπων και τροφίμων (Arvanitoyannis, I.S., Kassaveti, A. and Ladas, D., 2008). Αντίθετα από τις περισσότερες SSF διεργασίες (όπως προαναφέρθηκε), διεκπεραιώνεται από τη φυσική αυτόχθονη μικροχλωρίδα των υποστρωμάτων (έδαφος, οργανικά απόβλητα και υποπροϊόντα), συχνά αποτελούμενη από τις μικτές καλλιέργειες διαφόρων μικροοργανισμών σε συμβιωτική συνεργασία (Singh nee Nigam, P. and Pandey, A., 2009) και λαμβάνει χώρα υπό συνθήκες οι οποίες οδηγούν σε θερμοφιλες θερμοκρασίες λόγω της εκλυόμενης θερμότητας από τις βιολογικές διεργασίες, προκειμένου να παραχθεί ένα σταθεροποιημένο προϊόν απαλλαγμένο από παθογόνα και σπόρους φυτών, που μπορεί να εφαρμοστεί επωφελώς σε εδάφη (Golueke, C.G., 1973; Haug, R., 1993) προωθώντας τη φυσικοχημική τους αναβάθμιση, (βελτιωτικά εδάφους και καλλιεργητικά υλικά για τα φυτά) (Arvanitoyannis, I.S. and Tserkezou, P., 2008). Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας, η οργανική ύλη που πρόκειται να υποστεί επεξεργασία, τοποθετείται σε σωρούς που επιτρέπουν τον αερισμό και ως αποτέλεσμα ένα μεγάλο μέρος του οργανικού βιοαποδομήσιμου κλάσματος των αποβλήτων απομακρύνεται (Arvanitoyannis, I.S., Kassaveti, A. and Ladas, D., 2008; Arvanitoyannis, I.S. and Tserkezou, P., 2008).

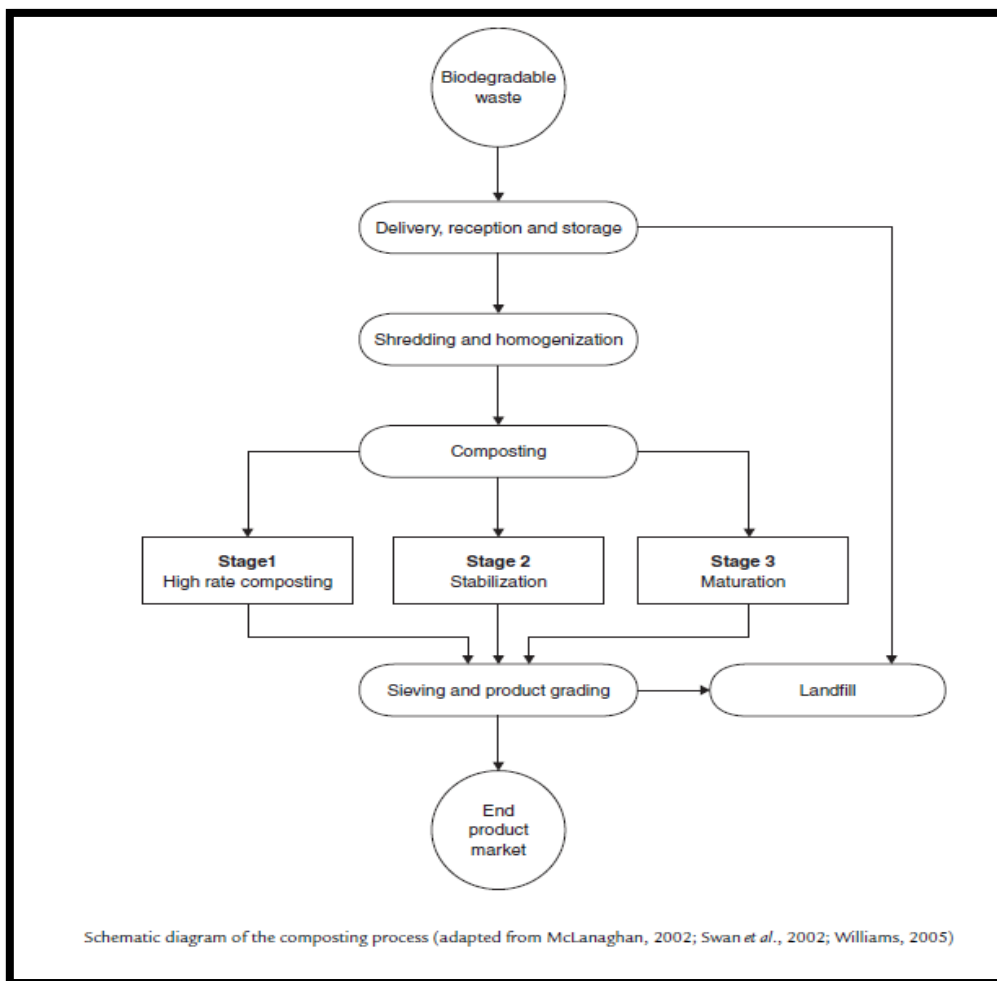
Η κομποστοποίηση ασκείται τόσο σε μικρή κλίμακα στο ατομικό επίπεδο των νοικοκυριών, όπου προτείνεται στους ιδιοκτήτες αυτών ως άμεσος τρόπος ανακύκλωσης, όσο και σε μεγαλύτερη κλίμακα μέσω προγραμμάτων κομποστοποίησης, που περιλαμβάνουν τη συλλογή και μετέπειτα επεξεργασία των παρακάτω βιοαποδομήσιμων υποστρωμάτων (McLanaghan, S.R.B., 2002; Arvanitoyannis, I.S. and Tserkezou, P., 2008):

- τα οργανικά πράσινα απόβλητα δημόσιων πάρκων, αλλά και ιδιοκτητών κήπων που συλλέγονται από δημοτικές εγκαταστάσεις,
- τα αστικά στερεά απόβλητα, όπως τα απόβλητα τροφίμων και κήπων, τα οποία συλλέγονται απευθείας από τα νοικοκυριά ως πηγή διαχωρισμένων, από τους ίδιους τους ιδιοκτήτες, αποβλήτων, σε μια ξεχωριστή διαδικασία συλλογής, είτε από το πεζοδρόμιο με ειδικούς κάδους απόρριψης, είτε μέσω ενός συστήματος ‘μεταφοράς’ (‘bring’ system).
- και τη λυματολάσπη.

Το κόμποστ που παράγεται είναι πιθανό να περιέχει ένα ευρύ φάσμα δευτερευόντων θρεπτικών ουσιών φυτικής προέλευσης και ευεργετικά μικρόβια τα οποία κανονικά είναι απόντα στα ανόργανα λιπάσματα. Διαπιστώθηκε, ότι η εφαρμογή του στο έδαφος, βελτιώνει τη δομή και το περιεχόμενο σε οργανική ύλη του τελευταίου, καθώς επίσης και την προσφορά θρεπτικών ουσιών στα φυτά και ως εκ τούτου μπορεί να μειώσει τη χρήση των ανόργανων λιπασμάτων στη συμβατική γεωργία και να προσφέρει μια χρήσιμη πηγή θρέψης στη βιολογική γεωργία. Ωστόσο, παρά την υψηλή αρχική συνεισφορά των οργανικών λιπασμάτων σε θρεπτικά συστατικά, η διαθεσιμότητα των τελευταίων σε αυτά, είναι συχνά περιορισμένη λόγω των σημαντικών απωλειών που συμβαίνουν κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης, οφειλόμενες κυρίως στις αέριες εκπομπές (Arvanitoyannis, I.S. and Tserkezou, P., 2008). Οπότε, αν και το οργανικό κόμποστ έχει πολύ χαμηλή περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά έτσι ώστε να θεωρηθεί λίπασμα, μπορεί ενδεχόμενα να χρησιμοποιηθεί ως ένα εξαιρετικό βελτιωτικό εδάφους (Hammer, M.J. and Hammer, M.J. Jr, 2004).

Ένα άλλο ζήτημα στην κομποστοποίηση αποβλήτων, είναι η ποιότητα του κόμποστ που παράγεται από αυτά, από την άποψη του μολυσματικού δυναμικού του, σε σύγκριση με το κόμποστ που παράγεται από άλλες πηγές (Williams, P.T., 2005). Κόμποστ που προέρχονται από διαχωρισμένα απόβλητα έχουν γενικά αποδεκτά χαμηλά επίπεδα βαρέων μετάλλων (www.Remade.org.uk/organics/organicsdocuments/compostbenefitsscottishcrops.pdf). Η τυπική

συμβολή της μακροπρόθεσμης εφαρμογής ποιοτικού κόμποστ στο επίπεδο των βαρέων μετάλλων του εδάφους, έχει αποδειχθεί ότι είναι λιγότερο από το 5% του προϋπάρχοντος περιεχομένου τους στο έδαφος. Όταν το γεγονός αυτό λαμβάνεται υπόψη παράλληλα με τη συνεχή συμβολή της αιωρούμενης σκόνης στο έδαφος, τότε η περιορισμένη παρουσία των βαρέων μετάλλων του κόμποστ υψηλής ποιότητας, είναι πλέον ευρέως αναγνωρισμένη ως ήσσονος σημασίας. (Arvanitoyannis, I.S. and Tserkezou, P., 2008).



Γράφημα 12. Σχεδιάγραμμα της διαδικασίας της κομποστοποίησης. Πηγή: προσαρμοσμένο από McLanaghan, S.R.B., (2002); Swan, J.R.M., Crook, B. and Gilbert, E.J., (2002); Williams, P.T., (2005).

Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας κομποστοποίησης, παρατηρούνται τρία ξεχωριστά στάδια δραστηριότητας και συναφείς θερμοκρασίες: το μεσόφιλο, το θερμόφιλο και η ψύξη (Arvanitoyannis, I.S., Kassaveti, A. and Ladas, D., 2008; Arvanitoyannis, I.S. and Tserkezou, P., 2008):

- το πρώτο στάδιο που ονομάζεται μεσοφιλικό στάδιο, χαρακτηρίζεται από: a) αύξηση της θερμοκρασίας στο σωρό του κόμποστ, η οποία από αυτή του περιβάλλοντος φτάνει περίπου τους 40°C, b) την εμφάνιση μεσόφιλων μυκήτων και οξυ-συνθετικών βακτηρίων (που παράγουν οξέα) και c) από ένα υψηλό ρυθμό μικροβιολογικής δραστηριότητας εκ μέρους των τελευταίων, που περιλαμβάνει τη βιολογική αποικοδόμηση των απλών υδατανθράκων και των πρωτεϊνών (Swan, J.R.M., Crook, B. and Gilbert, E.J., 2002).
- Η μέγιστη αποδόμηση και σταθεροποίηση της οργανικής ύλης λαμβάνει χώρα κατά το δεύτερο ή θερμοφιλικό στάδιο, όπου η θερμοκρασία στο κόμποστ κυμαίνεται μεταξύ 40-70°C. Καθώς η θερμοκρασία ανεβαίνει πάνω από τους 45°C, οι υπάρχοντες μικροοργανισμοί αντικαθίστανται από θερμοανθεκτικούς και θερμοφίλους βακτηριακούς και μηκυτιακούς πληθυσμούς, που περιλαμβάνουν ακτινομύκητες και θερμοφίλους μύκητες. Η βιοαποικοδόμηση των αποβλήτων από θερμοφίλους μικροοργανισμούς είναι μία εξώθερμη διεργασία κατά την οποία η θερμοκρασία στο σωρό του κόμποστ μπορεί να φτάσει έως και τους 70°C, με αποτέλεσμα να επιβιώνουν μόνο οι πιο θερμοανθεκτικοί μικροοργανισμοί. Κατά συνέπεια στο στάδιο αυτό της υψηλής θερμοκρασίας, λαμβάνει χώρα η θερμική καταστροφή των σπόρων των ζιζανίων και των παθογόνων μικροοργανισμών.
- Το τρίτο στάδιο ή στάδιο ψύξης, χαρακτηρίζεται από μια μείωση στην μικροβιακή δραστηριότητα και την αντικατάσταση των θερμοφιλικών μικροοργανισμών με μεσόφιλα βακτήρια και μύκητες. Κατά τη διάρκεια της περιόδου ψύξης, συμβαίνει περαιτέρω απελευθέρωση νερού μέσω εξάτμισης από το κομποστοποιητικό υλικό, καθώς και η σταθεροποίηση του pH και η ολοκλήρωση του σχηματισμού χουμικού οξέος (Metcalf and Eddy Inc., 1991). Δεδομένου ότι το υλικό συνεχίζει να ψύχεται, οι μικροοργανισμοί αρχίζουν να ανταγωνίζονται για το απομένον οργανικό υλικό στα απόβλητα, πράγμα που

οδηγεί στη διάσπαση του κυτταρινικού και λιγνινικού περιεχομένου τους (*Harrison, M.R., 2001*).

Οι κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν την κομποστοποίηση είναι (*Arvanitoyannis, I.S., Kassaveti, A. and Ladas, D., 2008*):

1. Κατάλληλη ποσότητα οξυγόνου
2. Η Θερμοκρασία: η μέγιστη μικροβιακή δραστηριότητα παρατηρείται στους 30-35°C
3. Η περιεχόμενη υγρασία: που πρέπει να είναι κάτω από ένα ελάχιστο, 40%
4. Το εύρος του pH: πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 5,5 και 8.
5. Η αναλογία άνθρακα/αζώτου (C:N) των αποβλήτων: η βέλτιστη αναλογία C:N στο αρχικό απόβλητο υλικό είναι περίπου ίση με 25
6. και το μέγεθος του απόβλητου υλικού: όσο μικρότερα είναι τα σωματίδια, τόσο πιο γρήγορη και αποτελεσματική είναι η διαδικασία της κομποστοποίησης (www.ees.adelaide.edu.au/pharris/biogas/pvdl.pdf; *Corbitt, R., 1990*).

Όπως προαναφέρθηκε, η αποσύνθεση του φυτικού ιστού εξαρτάται από διάφορους παράγοντες συμπεριλαμβανομένης της θερμοκρασίας, της περιεκτικότητας σε υγρασία και οξυγόνο, της ποιότητας των κατάλοιπων υπό επεξεργασία (μέγεθος σωματιδίων, αναλογία C:N) κλπ. Ιδιαίτερα σημαντική παράμετρος μεταξύ αυτών, που επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό τη διαδικασία της κομποστοποίησης είναι η αναλογία άνθρακα/αζώτου. Το άζωτο συχνά αναγνωρίζεται ως περιοριστικός παράγοντας για την μικροβιακή ανάπτυξη και δραστηριότητα κατά τη διάρκεια της αποσύνθεσης των φυτικών υπολειμμάτων, ειδικά αυτών με υψηλό λόγο C/N, όπως είναι το άχυρο σίτου, με το ιδανικό εύρος της εν λόγω αναλογίας να είναι μεταξύ 25 και 30 (*Arvanitoyannis, I.S. and Tserkezou, P., 2008*). Στερεά απόβλητα όπως αυτά της οινοποίησης έχουν επίσης υψηλή αναλογία C/N, που κυμαίνεται μεταξύ 35 και 80 (*Corbitt, R., 1990*).

Αφού ο άνθρακας (C) από τα φυτικά υπολείμματα όπως το άχυρο είναι διαθέσιμος στους μικροοργανισμούς με αργούς ρυθμούς, οδηγώντας σε χαμηλή απόδοση της ανάπτυξης, η προσθήκη μίας περιορισμένης ποσότητας αζώτου (N) μπορεί να αποδειχθεί επαρκής για την κάλυψη των απαιτήσεων σε N κατά την αποσύνθεση και την ανακύκλωση. Οι μικροοργανισμοί και ιδιαίτερα οι μύκητες, έχουν σημαντική ικανότητα προσαρμογής σε συνθήκες έλλειψης αζώτου (N). Ωστόσο, πειράματα που έγιναν με σκοπό τη διερεύνηση της επίδρασης που έχει η προσθήκη επιπλέον ποσότητας N στην αποσύνθεση των φυτικών υπολειμμάτων, έδειξαν διαφορετικά αποτελέσματα επί του ρυθμού αποσύνθεσης, τόσο θετικά όσο και αρνητικά. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η επίδραση που θα έχει το προστιθέμενο άζωτο εξαρτάται από το φυτικό υλικό που κομποστοποιείται, καθώς η αποικοδόμηση επηρεάζεται από την περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά και την ανατομική δομή του τελευταίου (*Dresboll, D.B. and Thorup-Kristensen, K., 2005*).

Άλλοι σημαντικοί παράγοντες που επηρεάζουν την κομποστοποίηση είναι η υγρασία και η θερμοκρασία. Το βέλτιστο επίπεδο υγρασίας για ένα μίγμα κόμποστ και ως εκ τούτου για τη διαδικασία της κομποστοποίησης κυμαίνεται μεταξύ 50 και 60%. Εάν η υγρασία είναι πάνω από 60%, τότε δημιουργούνται αναερόβιες συνθήκες και κάτω του 40% ο ρυθμός αποσύνθεσης μειώνεται. Επιπλέον, για την αποτελεσματική σταθεροποίηση και παστερίωση, η θερμοκρασία σε μία στοίβα κόμποστ πρέπει να αυξηθεί έως και τους 55-65°C, αλλά όχι πάνω από 80°C. Η θερμοκρασία κομποστοποίησης επηρεάζεται από το περιεχόμενο σε υγρασία, το βαθμό αερισμού, το μέγεθος και το σχήμα του υλικού (μέγεθος της στοίβας) και από τις κλιματικές συνθήκες, συγκεκριμένα από τη θερμοκρασία του αέρα και τη βροχόπτωση. Το τελικό κόμποστ είναι εύθρυπτο χούμους με περιεκτικότητα σε υγρασία μικρότερη από 40% (*Arvanitoyannis, I.S., Kassaveti, A. and Ladas, D., 2008; Arvanitoyannis, I.S. and Tserkezou, P., 2008*).

Τέλος, η κομποστοποίηση ως κατεξοχήν αερόβια διαδικασία βασίζεται στην άφθονη παροχή οξυγόνου και συνεπώς επηρεάζεται ιδιαίτερα από το επίπεδο αυτού στο κόμποστ. Η

περιεκτικότητα σε οξυγόνο μπορεί να οδηγήσει σε διαφορετικές συνθήκες κομποστοποίησης. Αναερόβιες συνθήκες και ανεπιθύμητες οσμές εμφανίζονται σε επίπεδα οξυγόνου 0-5%, ενώ τα επιθυμητά επίπεδα, τόσο από οικονομική άποψη, όσο και από άποψη αποτελεσματικότητας κυμαίνονται μεταξύ 5 και 15% (Arvanitoyannis, I.S., Kassaveti, A. and Ladas, D., 2008; Arvanitoyannis, I.S. and Tserkezou, P., 2008). Ωστόσο, ποσοστά O₂ που υπερβαίνουν το 15%, οδηγούν σε απώλεια θερμότητας, πιο αργή αποσύνθεση και ανεπαρκή καταστροφή του παθογόνου (Ferrer, J., et al., 2001). Η αερόβια κομποστοποίηση δεν είναι μόνο πιο γρήγορη, αλλά επιπλέον δεν απελευθερώνει δυσάρεστες οσμές. Η κομποστοποίηση της λυματολάσπης των στερεών αποβλήτων διεξάγεται γενικά κάτω από αερόβιες συνθήκες (Arvanitoyannis, I.S., Kassaveti, A. and Ladas, D., 2008).

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ENZYMΩΝ

Μία από τις πιο σημαντικές εφαρμογές της καλλιέργειας στερεάς φάσης (SSF), στην οποία χρησιμοποιούνται κατά προτίμηση αγρο-βιομηχανικά υποστρώματα (λόγω του ότι θεωρούνται πιο κατάλληλα για αυτό το σκοπό), είναι η παραγωγή ενζύμων (*Bhargav, S., et al., 2008*). Η SSF παρουσιάζει διάφορα πλεονεκτήματα σε σχέση με την SmF όσον αφορά την παραγωγή ενζύμων όπως (*Bhargav, S., et al., 2008*):

- I) υψηλή ογκομετρική παραγωγικότητα,
- II) χαμηλότερο συνολικό κόστος παραγωγής εξαιτίας του χαμηλού κόστους του απαιτούμενου εξοπλισμού αλλά και των πρώτων υλών, από τη στιγμή που χρησιμοποιούνται ως υποστρώματα κατά προτίμηση αγρο-βιομηχανικά υπολείμματα (*Tengerdy, R.P., 1998*),
- III) καλύτερη απόδοση του προϊόντος,
- IV) μικρότερη παραγωγή αποβλήτων
- V) και λιγότερο χρονοβόρες διαδικασίες.

Οι κυριότεροι παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν την παραγωγή ενζύμων είναι, ο τύπος του μικροβιακού στελέχους, οι συνθήκες καλλιέργειας, η φύση του υποστρώματος και η διαθεσιμότητα των θρεπτικών ουσιών (*Tengerdy, R.P. and Szakacs. G., 2003*), ενώ κρίσιμη θεωρείται η παροχή της βέλτιστης περιεκτικότητας σε νερό και ο έλεγχος της ενεργότητας νερού (*Bhargav, S., et al., 2008*).

Οι κυριότερες κατηγορίες ενζύμων που παράγονται μέσω μικροβιακών διεργασιών περιλαμβάνουν ένζυμα υπεύθυνα για την αποικοδόμηση των διαφόρων συστατικών κλασμάτων της φυτικής βιομάζας, όπως π.χ. αυτής των αγρο-βιομηχανικών υποστρωμάτων της SSF, τα οποία αποτελούν σημαντική πηγή χημικών ενώσεων προστιθέμενης αξίας π.χ. αναγωγικά σάκχαρα, φουρφουράλη, αιθανόλη και άλλα προϊόντα (*Bocchini-Martins, D.A., et al., 2011*). Αυτά τα προϊόντα μπορούν να ανακτηθούν από τα λιγνινοκυτταρινικά υποστρώματα

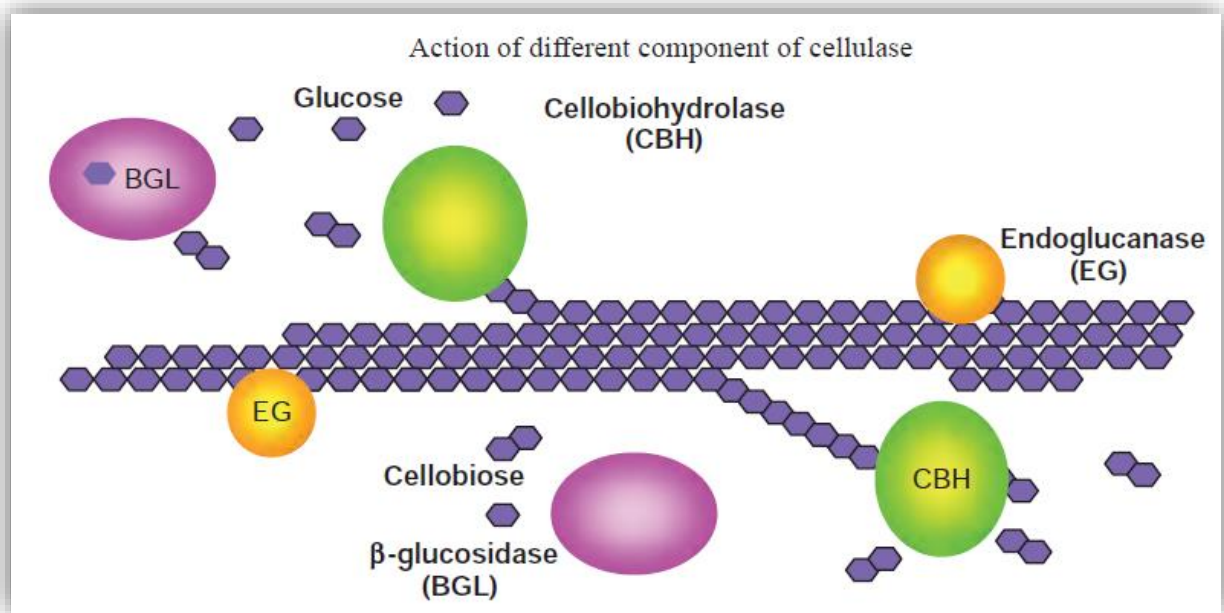
τόσο με χημική, όσο και με ενζυματική υδρόλυση, αν και η τελευταία εξασφαλίζει καλύτερες αποδόσεις, χωρίς τη δημιουργία παραπροϊόντων (Demirbas, A., 2008). Η ενζυματική αυτή υδρόλυση διεκπεραιώνεται από ένα πολύπλοκο μίγμα ενζύμων που παράγονται από διάφορους μικροοργανισμούς και περιλαμβάνουν (Singh, S.K., et al., 2008; Bhargav, S., et al., 2008; Bocchini-Martins, D.A., et al., 2011; Gangadharan, D. and Sivaramakrishnan, S., 2009; Singhanian, R.R., 2009; Nicemol, J., 2009; Niladevi, K.N., 2009):

Κυτταρινολυτικά ένζυμα ή Κυτταρινάσες

Είναι ένζυμα τα οποία παράγονται κυρίως από βακτήρια και νηματοειδείς μύκητες, με λίγες αναφορές για παραγωγή τους από ζυμομύκητες (Bocchini-Martins, D.A., et al., 2011). Οι ασκομύκητες και οι ατελείς μύκητες, γνωστοί ως μύκητες καφέ σήψης, παίζουν σημαντικό ρόλο στην αποδόμηση της κυτταρίνης και την αποικοδόμηση των φυτικών υπολειμμάτων του εδάφους (Sandgren, M. and Hiberger, J. S., 2005). Τυπικά, αερόβιοι μύκητες και βακτήρια, παράγουν ένα κυτταρινολυτικό σύστημα ‘ελεύθερων’ ενζύμων, που δρουν συνεργιστικά για την ολοκλήρωση της αποδόμησης της κυτταρίνης και το οποίο αποτελείται από (Bocchini-Martins, D.A., et al., 2011):

- a) ενδογλυκαννάσες (endo-1,4-β-D-glucan 4-glucanohydrolase): υδρολύουν τυχαία, β-1,4-γλυκοσιδικούς δεσμούς σε εσωτερικές άμορφες θέσεις των κυτταρινικών αλυσίδων, παρέχοντας περισσότερα άκρα πάνω στα οποία μπορούν να δράσουν οι κελλόβιοϋδρολάσες.
- b) εξωγλυκαννάσες ή κελλόβιοϋδρολάσες (1,4-β-D-glucan cellobiodehydrolase): δρουν στα αναγωγικά (CBH I) ή μη αναγωγικά άκρα (CBH II) των αλυσίδων της κυτταρίνης απελευθερώνοντας κελλοβιόζη.
- c) και β-γλυκοσιδάσες ή κελλοβιάσες (β-glucoside glycosyl hydrolase or cellobiase): υδρολύουν τη κελλοβιόζη ή τους κελλο-ολιγοσακχαρίτες σε γλυκόζη, ενώ επίσης

εμπλέκονται σε αντιδράσεις τρανς-γλυκοζυλίωσης β-γλυκοσιδικών συνδέσμων συμπλόκων γλυκόζης (Coughlan, M P. and Ljungdahl, L. G., 1988).



Εικόνα 89. Δράση διαφορετικών ενζύμων του κυτταρινολυτικού συστήματος. Πηγή: Singhanian, R.R., (2009).

Ο οργανισμός που έχει μελετηθεί περισσότερο ως προς την ικανότητά του να παράγει κυτταρινάσες είναι ο μεσοφιλικός μύκητας *Trichoderma reesei*, από τον οποίο έχουν ταυτοποιηθεί ήδη, πέντε ενδογλυκκανάσες, δύο κελλόβιο-υδρολάσες και μία β-γλυκοσιδάση (Singh, S.K., et al., 2008), ενώ έχουν αναφερθεί περισσότεροι από 60 διαφορετικοί μύκητες ικανοί να αποδομήσουν την κυτταρίνη, οι οποίοι ανήκουν στα είδη μυκήτων της μαλακής, της καφέ και της λευκής σήψης. Μύκητες όπως, *Humicola*, *Aspergillus* και *Penicillium*, βακτήρια όπως, *Cellulomonas*, *Pseudomonads* και ακτινομύκητες όπως, *Streptomyces*, εμπλέκονται ενεργά στη παραγωγή κυτταρινολυτικών ενζύμων (Singhanian, R.R., 2009). Άλλοι οργανισμοί που έχουν μελετηθεί για τον ίδιο σκοπό είναι, *Melanocarpus spp*, *Scymlidium thermophilum*, *Thermoascus aurantiacus*, κ.λ.π. (Singh, S.K., et al., 2008). Οι πηγές άνθρακα στη πλειονότητα των εμπορικών ζυμώσεων κυτταρινάσης, είναι κυτταρινική βιομάζα όπως άχυρο, χρησιμοποιημένοι φλοιοί δημητριακών και οσπρίων, πίτυρο ρυζιού ή σίτου, άχυρο ρυζιού ή σίτου, βαγάσση

σακχαροκάλαμου, νερό υάκινθου, απόβλητα βιομηχανίας χαρτιού και άλλα είδη κυτταρινικής βιομάζας (Πίνακας 76) (*Belghith, H., Ellouz-Chaabouni, S. and Gargouri, A., 2001; Tengerdy, R.P., 1996*).

Οι κυτταρινάσες έχουν καταλάβει μία μεγάλη μερίδα της αγοράς ενζύμων μετά τις αμυλάσες και τις πρωτεάσες (*Singhania, R.R., 2009*), διότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως αντιπηκτικοί παράγοντες (anticake agents), γαλακτωματοποιητές, σταθεροποιητές, παράγοντες διασποράς, πηκτικές ουσίες (thickener) και παράγοντες ζελατινοποίησης, ενώ έχουν επίσης την ικανότητα να συγκρατούν το νερό (*Singh, S.K., et al., 2008*). Κατά συνέπεια έχουν διάφορες εφαρμογές που κυμαίνονται από την εκχύλιση ή/και διαύγαση των χυμών φρούτων και λαχανικών, την αρτοποιία, τη ζυθοποιία, την επεξεργασία των ρούχων 'Denim' (biostoning), την απομελάνωση του ανακυκλωμένου χαρτοπολτού και χαρτιού (*Singh, S.K., et al., 2008*), έως και την παραγωγή αιθανόλης και μονοκυτταρικής πρωτεΐνης (*Bhargav, S., et al., 2008*).

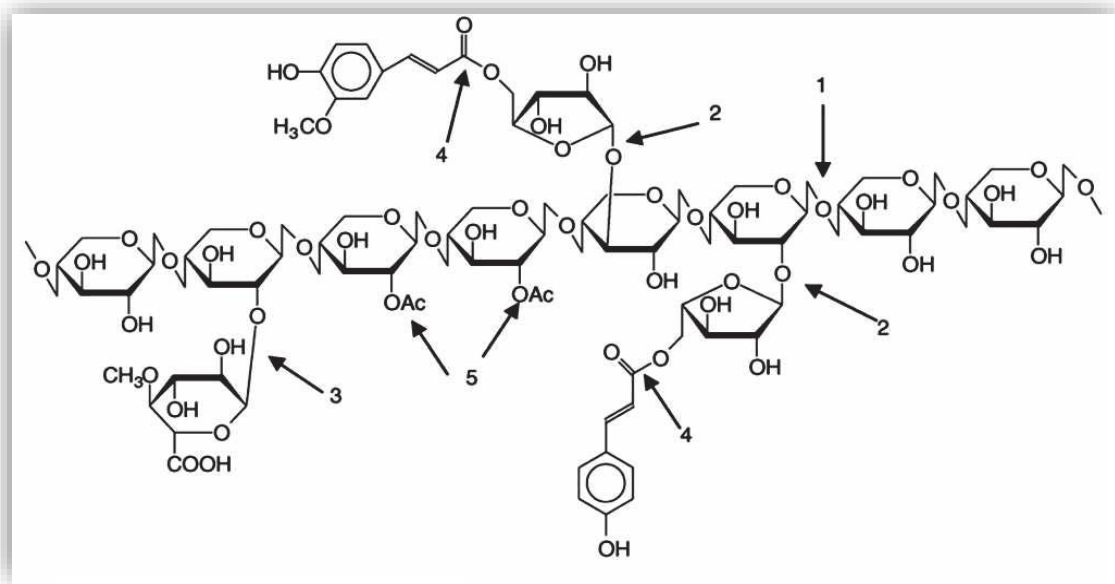
Οι παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν για τη βελτιστοποίηση των συγκεκριμένων SSF διαδικασιών είναι: η περιεχόμενη υγρασία, το μέγεθος των σωματιδίων του υποστρώματος και το μέγεθος του μικροβιακού εμβολίου, το pH, η περίοδος επώασης και ο εμπλουτισμός των υποστρωμάτων με πηγές άνθρακα και αζώτου (*Krishna, C., 1999*), αν και πιο κρίσιμοι αποδεικνύονται, το περιεχόμενο σε νερό του υποστρώματος και ο ρυθμός αερισμού (*Xia, L. and Cen, P., 1999; Fujian, X., Hongzhang, C. and Zuohu, L., 2002; Tao, S., et al., 1999*). Επίσης βρέθηκε ότι η ταυτόχρονη καλλιέργεια δύο μυκήτων μπορεί να αυξήσει την παραγωγή κυτταρινολυτικών ενζύμων (*Xia, L. and Cen, P., 1999; Tengerdy, R.P., 1998; Tengerdy, R.P. and Szakacs. G., 2003*). Ο μεγαλύτερος τεχνικός περιορισμός στη ζυμωτική παραγωγή των ενζύμων αυτών παραμένει ωστόσο, η μεγαλύτερη χρονική διάρκεια της ζύμωσης και η χαμηλή παραγωγικότητα (*Singhania, R.R., 2009*).

Ημικυτταρινολυτικά ένζυμα ή Ξυλανάσες

Λόγω της ετερογένειας και της πολυπλοκότητας των ξυλανών, για την πλήρη υδρόλυσή τους, είναι αναγκαίο ένα σύστημα ενζύμων με διαφορετικές ειδικότητες και τρόπους δράσης (*Bocchini-Martins, D.A., et al., 2011*). Τα μικροβιακά συστήματα που αποδομούν τους συγκεκριμένους πολυσακχαρίτες, αποτελούνται από διάφορα ένζυμα τα οποία συνεργάζονται μεταξύ τους για να μετατρέψουν την ξυλάνη στα συστατικά μονομερή της (*Wong, K.K.Y., Tan, L.U.L. and Saddler, J.N., 1988*) και περιλαμβάνουν (*Bocchini-Martins, D.A., et al., 2011*):

- a) ενδο-1,4-β-D-ξυλανάσες (endo-1,4-β-D-xylanases), οι οποίες υδρολύουν β-1,4 γλυκοσιδικούς δεσμούς μεταξύ μονάδων ξυλόζης της κύριας αλυσίδας των ξυλανών.
- b) 1,4-β-D-ξυλοσιδάσες (1,4-β-D-xylosidases), οι οποίες απελευθερώνουν μονάδες β-D-ξυλοπυρανοσιδίων από τα μη αναγωγικά τερματικά άκρα της ξυλοβιόζης και μερικών μικρών 4-β-D-ξυλοολιγοσακχαριτών.
- c) α-L-αραβινοφουρανοσιδάσες (α-L-arabinofuranosidases), που απομακρύνουν πλευρικές αλυσίδες L-αραβινόζης από τη κύρια αλυσίδα ξυλόζης της αραβίνο-γλυκουρόνο-ξυλάνης.
- d) α-γλυκουρονιδάσες (α-glucuronidases), που υδρολύουν τους α-1,2 γλυκοσιδικούς δεσμούς μεταξύ των μονάδων των γλυκουρονικών οξέων και των μονάδων β-D-ξυλοπυρανοσιδίων που βρίσκονται στη κύρια αλυσίδα της γλυκουρονοξυλάνης.
- e) ακετύλ ξύλαν εστεράσες (acetyl xylan esterases), οι οποίες απομακρύνουν τις Ο-ακετυλικές μονάδες από τις θέσεις 2 ή/και 3 των μονάδων των β-D-ξυλοπυρανοσιδίων της ακετυλικής ξυλάνης.
- f) και εστεράσες του p-κουμαρικού και φερουλικού οξέος (p-coumaric and ferulic acid esterases), οι οποίες διασπών τους εστερικούς δεσμούς που σχηματίζονται πάνω στο μόριο της ξυλάνης, μεταξύ πλευρικών αλυσίδων αραβινόζης και φερουλικού οξέος και μεταξύ αραβινόζης και p-κουμαρικού οξέος (*Christov, L.P. and Prior, B.A., 1993*). Οι φερουλοϋλικές εστεράσες επιδεικνύουν ένα ρόλο κλειδί στην υδρόλυση της ξυλάνης διότι

αυξάνουν την πρόσβαση των υδρολυτικών ενζύμων στις ημικυτταρινικές ίνες εξαιτίας της απομάκρυνσης του φερουλικού οξέος από τις πλευρικές αλυσίδες και τις διασταυρώσεις (Wong, D., 2006).



Εικόνα 90. Σχηματική αναπαράσταση της δράσης των ενζύμων του ξυλανολυτικού συστήματος: 1) ενδοξυλανάσες, 2) L-αραβίνο-φουρανοσιδάσες, 3) γλυκουρονιδάσες, 4) φερουλοϋλικές και κουμαροϋλικές εστεράσες, 5) ακετύλ ξύλαν εστεράσες και 6) β-ξυλοσιδάσες. Πηγή: Chávez, R., Bull, P. and Eyzaguirre, J., (2006).

Τέτοια πολυλειτουργικά ξυλανολυτικά συστήματα μπορεί να βρεθούν σε μύκητες και βακτήρια (Sunna, A. and Antranikian, G., 1997), συμπεριλαμβανομένων των ακτινομυκήτων (Elegir, G., Sykes, M. and Jeffries, T.W., 1995). Μερικοί από τους πιο σημαντικούς μικροοργανισμούς που παράγουν ξυλανολυτικά ένζυμα ανήκουν σε γένη των *Aspergillus spp*, *Trichoderma spp*, *Streptomyces spp*, *Phanerochaete spp*, *Clotridium spp* και *Bacillus spp* (Subramaniyan, S. and Prema, P., 2002; Collins, T., Gerday, C. and Feller, G., 2005). Πρόσφατα, παραγωγή ξυλανολυτικών ενζύμων, αναφέρθηκε από πολλά μυκητιακά συστήματα όπως, *Thermomyces lanuginosus*, *Thermoascus aurantiacus*, *Aspergillus awamori*, *A. niger*, *A. oryzae*, *Penicillium canescens*, *Ceriporiopsis subvermispora*, *Melanocarpus albomyces*, *P. thermophila J18* και *Trichoderma reesei* (Singh, S.K., et al., 2008).

Όμοια με τις κυτταρινάσες, η SSF έχει εκτενώς χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ημικυτταρινολυτικών ενζύμων, στην οποία τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα υποστρώματα είναι το πίτυρο σίτου, το άχυρο του ρυζιού και του σιταριού, τα υπολείμματα καλαμποκιού, η βαγάσση του σακχαροκάλαμου, η πούλπα βαγάσσης, το χρησιμοποιημένο υγρό θειωδών αλάτων, το αλεύρι από ζαχαρόχορτο και η πούλπα ευκάλυπτου (Πίνακας 76). Οι ξυλανάσες έχουν διάφορες εφαρμογές συμπεριλαμβανομένων, την παραγωγή ολιγοσακχαριτών, την ανάκτηση του αμύλου από άλευρα σίτου, στην αρτοποιία, βοηθητικό ρόλο στην εξαγωγή και τη διαύγαση των φρουτοχυμών, στη βιομηχανία ζωοτροφών όπου χρησιμοποιούνται για τη βελτίωση της πεπτικότητάς τους και στη βιομηχανία χαρτιού και πούλπας, όπου χρησιμοποιούνται στη βιοπολυτοποίηση βοηθώντας στη μείωση της κατανάλωσης χλωρίου και κατά συνέπεια στην ανάπτυξη μίας πιο φιλικής οικολογικά διαδικασίας (Singh, S.K., et al., 2008).

Λιγνινολυτικά ένζυμα ή Λιγνινάσες:

Οι λιγνίνες είναι εξαιρετικά πολύπλοκα τρισδιάστατα φαίνυλ-προπανοϊκά πολυμερή, τα οποία συνεισφέρουν στη περιβαλλοντική ρύπανση και είναι αξιοσημείωτα ανθεκτικά στη μικροβιακή αποικοδόμηση σε σύγκριση με άλλους πολυσακχαρίτες και φυσικά απαντώμενα βιοπολυμερή (Singh, S.K., et al., 2008; Bhargava, S., et al., 2008). Η αποικοδόμηση αυτή όμως είναι απαραίτητη για την ανακύκλωση του άνθρακα, δεδομένου ότι οι συγκεκριμένες ενώσεις αποτελούν την πιο άφθονη ανανεώσιμη πηγή αρωματικών πολυμερών στη φύση (Bocchini-Martins, D.A., et al., 2011). Η εξαιρετικά πολύπλοκη φύση της λιγνίνης καθιστά αναγκαία για την πλήρη αποικοδόμηση της, την εμπλοκή μιας σειράς οξειδωτικών ενζύμων, των οποίων ο δευτερογενής μεταβολισμός ενεργοποιείται από την εξάντληση των πηγών C, N και S (Couto, S.R., et al., 2001; Domínguez, A., et al., 2001), όπως:

a) υπεροξειδάσες της λιγνίνης (LiP, lignin peroxidases) ή λιγνινάσες: Είναι γλυκοπρωτεΐνες, που έχουν μία προσθετική ομάδα αίμης, των οποίων η καταλυτική δραστηριότητα εξαρτάται από το υπεροξείδιο του υδρογόνου (H₂O₂) (Rodríguez, J. and Durán, N., 1988) και μπορούν να οξειδώσουν, τόσο φαινολικές όσο και μη φαινολικές ενώσεις. Είναι από τα σημαντικότερα ένζυμα που εμπλέκονται στην αποδόμηση της λιγνίνης, λόγω του ότι έχουν ένα σχετικά υψηλό δυναμικό οξειδοαναγωγής και έτσι μπορούν να οξειδώσουν ενώσεις με υψηλό δυναμικό οξειδοαναγωγής, οι οποίες δεν οξειδώνονται από άλλα ένζυμα (Niladevi, K.N., 2009). Για την αποκοπή των προπυλικών πλευρικών αλυσίδων των υποδομών της λιγνίνης χρησιμοποιούν ελεύθερες ρίζες (Schoemaker, H.E., et al., 1985) και χαρακτηρίζονται από την ασυνήθιστη ικανότητα να απομακρύνουν τις ανθεκτικές μη φαινολικές μονάδες που αποτελούν περίπου το 90% της λιγνίνης (Glenn, J.K., et al., 1983; Tien, M. and Kirk, T.K., 1983). Οι αντιδράσεις που καταλύονται από τις LiP περιλαμβάνουν: τη Ca-Cβ διάσπαση των πλευρικών προπυλικών αλυσίδων της λιγνίνης και μοντέλων λιγνίνης, την υδροξυλίωση των βενζυλικών ομάδων μεθυλενίου, την οξείδωση των βενζυλικών αλκοολών προς τις αντίστοιχες αλδεΐδες ή κετόνες, την οξείδωση της φαινόλης και τη διάσπαση αρωματικών δακτυλίων μη-φαινολικών ενώσεων μοντέλου λιγνίνης (Renganathan, V., Miki, K. and Gold, M.H., 1985; Umezawa, T. and Higuchi, T., 1987; Chung, N. and Aust, S.D., 1995).

Αυτές οι υπεροξειδάσες της αίμης έχουν ένα κλασικό καταλυτικό μηχανισμό υπεροξειδάσης σύμφωνα με τον οποίο το μητρικό ένζυμο οξειδώνεται από το H₂O₂ και παράγει μία ένωση, ονομαζόμενη ένωση I με ανεπάρκεια δύο-ηλεκτρονίων. Η ένωση I μπορεί να οξειδώσει μία άλλη ένωση και να αναχθεί σε ένωση II, η οποία είναι ελλειπής σε ένα ηλεκτρόνιο. Η επακόλουθη οξείδωση ενός άλλου μορίου από την ένωση II επιστρέφει την υπεροξειδάση στο αρχικό στάδιο της μητρικής της κατάστασης. Όταν υπάρχει περίσσεια H₂O₂, το τελευταίο συνδυάζεται με την ένωση II, δημιουργώντας την ένωση III,

η οποία είναι μια αδρανής μορφή του ενζύμου. Σε πολλές περιπτώσεις ωστόσο, τα υποστρώματα δεν είναι άμεσα προσβάσιμα από την αίμη της LiP και έτσι δεν λαμβάνει χώρα η απευθείας οξείδωση του υποστρώματος οπότε, η συμμετοχή ενός μεσολαβητή οξειδοαναγωγής παίζει σημαντικό ρόλο (*Niladevi, K.N., 2009*). Η βερατριλική αλκοόλη μπορεί να επάγει τη δράση των ενζύμων LiP, προστατεύοντάς τα από την αδρανοποίηση που μπορεί να προκληθεί από τα υψηλά επίπεδα του H₂O₂, ενώ δρα επίσης ως συν-υπόστρωμα, διεξάγοντας την οξείδωση των μη-φαινολικών αρωματικών ενώσεων (*Mester, T., Jong, E. and Field, J.A., 1995; Pointing, S. B., 2001*).

b) υπεροξειδάσες του μαγγανίου (MnP, manganese peroxidases): Είναι και αυτές υπεροξειδάσες αίμης που έχουν ανάγκη το H₂O₂ για την διεκπεραίωση της ενζυματικής δραστηριότητάς τους. Το δυναμικό οξειδοαναγωγής του συστήματος MnP-Mn είναι χαμηλότερο από αυτό της Lip και κανονικά δεν είναι σε θέση να οξειδώσει μη φαινολικά λιγνινικά μοντέλα. Τα ένζυμα αυτά δείχνουν μία ισχυρή προτίμηση για τα ιόντα Mn (II) ως το αναγωγικό υπόστρωμά τους (*Glenn, J.K. and Gold, M.H., 1985*). Οι MnP οξειδώνουν το Mn²⁺ σε Mn³⁺, το οποίο σταθεροποιείται από χηλικά οργανικά οξέα όπως το οξαλικό, το μηλονικό, το γλυοξυλικό κ.λ.π. και δρα με τη σειρά του ως χαμηλής μοριακής μάζας, διαχεόμενος, μεσολαβητής οξειδοαναγωγής που επιτίθεται σε οργανικά μόρια και οξειδώνει μη ειδικά διάφορες ενώσεις μέσω της αφαίρεσης υδρογόνου και ενός ηλεκτρονίου. Τα οργανικά οξέα διευκολύνουν επίσης την απελευθέρωση του Mn (III) από την ενεργό θέση του ενζύμου (*Niladevi, K.N., 2009*).

c) λακκάσες (laccases): Είναι πολύ-ιοντικές φαινολικές οξειδάσες χαλκού (multi-copper phenol oxidases) (*Singh, S.K., et al., 2008*), των οποίων ο καταλυτικός μηχανισμός περιλαμβάνει την αναγωγή του μοριακού οξυγόνου σε νερό, εις βάρος της διαδοχικής μονοηλεκτρονιακής οξείδωσης του υποστρώματος (*Bocchini-Martins, D.A., et al., 2011*) και σε αντίθεση με τις υπεροξειδάσες LiP και MnP, δεν έχουν την ανάγκη του H₂O₂,

προκειμένου να διεκπεραιώσουν την οξειδωτική τους δράση (Niladevi, K.N., 2009). Οι λακκάσες επίσης είναι σε θέση να αποδομήσουν τη λιγνίνη ακόμη και απουσία των υπόλοιπων λιγνινολυτικών ενζύμων (LiP και MnP) (Mayer, A.M. and Staples, R.C., 2002). Το ενεργό λειτουργικό τους τμήμα διαθέτει τέσσερα ιόντα χαλκού, τα οποία είναι οργανωμένα σε τρεις ομάδες: ένα τύπου-1 (T1), ένα τύπου-2 (T2) και δύο τύπου-3 (T3) (Niladevi, K.N., 2009; Bocchini-Martins, D.A., et al., 2011). Το T1 είναι υπεύθυνο για την οξείδωση του υποστρώματος και για τη μεταφορά ηλεκτρονίων (Bocchini-Martins, D.A., et al., 2011), ενώ το T2 μαζί με την ομάδα T3, που αποτελούν το τριπυρηνικό κέντρο χαλκού, εμπλέκονται στην αναγωγή του οξυγόνου και την απελευθέρωση νερού (Torres, E., Bustos-Jaimes, I. and Le Borgne, S., 2003).

Οι λακκάσες οξειδώνουν ένα μεγάλο εύρος αρωματικών και ανόργανων ενώσεων (και κατά προτίμηση τις φαινολικές ενώσεις των υποστρωμάτων) (Niladevi, K.N., 2009) όπως, φαινολικές βαφές, φαινόλες, χλωροφαινόλες, μερικά διφαινυλικά μεθάνια και βενζοπυρένια (Durán, N. and Esposito, E., 2000). Τα ένζυμα αυτά μπορούν να επιδράσουν απευθείας στα φαινολικά υποστρώματα, αλλά δεν είναι ικανά να κάνουν το ίδιο και για τις αρωματικές μη φαινολικές ενώσεις, για την αποδόμηση των οποίων έχουν ανάγκη την παρουσία ενός μορίου διαμεσολαβητή (Bocchini-Martins, D.A., et al., 2011). Γενικά οι διαμεσολαβητές είναι μόρια χαμηλού μοριακού βάρους, που εκκρίνονται από τους ίδιους τους μύκητες και τα οποία όταν οξειδώνονται από τις λακκάσες, είναι με τη σειρά τους σε θέση να οξειδώσουν υποστρώματα υψηλής μοριακής μάζας, που δεν αποτελούν άμεσο στόχο του ενζύμου (Bocchini-Martins, D.A., et al., 2011; Torres, E., Bustos-Jaimes, I. and Le Borgne, S., 2003). Κατά συνέπεια, παρουσία διαμεσολαβητών, οι λακκάσες αυξάνουν το εύρος των υποστρωμάτων τους (Leonowicz, A., et al., 1999) και είναι ικανές να οξειδώσουν ενώσεις με δυναμικό οξειδοαναγωγής που υπερβαίνει το δικό τους (Niladevi, K.N., 2009).

d) και ένζυμα μικρότερης σημασίας τα οποία, είτε δρουν ως διαμεσολαβητές της αποικοδόμησης της λιγνίνης παράγοντας το απαιτούμενο, για τη δραστηριότητα των υπεροξειδασών, υπεροξειδίου του υδρογόνου (H₂O₂), είτε καταλύουν τη διάσπαση των προϊόντων αποικοδόμησης της λιγνίνης και ως εκ τούτου επηρεάζονται από τη δράση των ενζύμων LiP, MnP και της λακκάσης (*Niladevi, K.N., 2009*). Τέτοια είναι η οξειδάση της βερατρυλικής αλκοόλης (veratryl alcohol oxidase) (*Bourbonnais, R. and Paice, M.G., 1988*), η δεϋδρογεννάση της αρυλικής αλκοόλης (aryl alcohol dehydrogenase), η οξειδοαναγωγή της κινόνης (Quinone oxidoreductase), η αναγωγή των αρωματικών οξέων (aromatic acid reductase), η βανιλλική υδροξυλάση (vanillate hydroxylase), η διοξυγεννάση (dioxygenase), η καταλάση (catalase) (*Leisola, M.S.A. and Fietcher, A., 1985; Buswell, J.A. and Eriksson, K.E., 1988*) η οξειδάση των αρωματικών αλδεϋδών (aromatic aldehyde oxidase) (*Deobald, L.A. and Crawford, D.L., 1989*) και η γλυοξαλική οξειδάση (Glyoxal oxidase) (*Kersten, P.J., 1990*).

Τα χαρακτηριστικά αυτών των ενζύμων διαφέρουν σε μεγάλο βαθμό ανάλογα με τη μικροβιακή πηγή, ενώ επίσης σημαντικά διαφέρει, μεταξύ των διαφορετικών μικροβιακών ομάδων και η ικανότητα ενός οργανισμού να παράγει ένα ή περισσότερα από τα εν λόγω ένζυμα. Οι μύκητες είναι η πιο ισχυρή πηγή ενζύμων αποικοδόμησης της λιγνίνης και οι σαπροφυτικοί μύκητες εκκρίνουν αυτά τα ένζυμα προκειμένου να αποικοδομήσουν το λιγνινικό πολυμερές. Ο τίτλος των παραγόμενων λιγνινολυτικών ενζύμων των μυκήτων είναι πολύ υψηλότερος από ότι των βακτηριακών ομολόγων τους και αυτό θα μπορούσε να είναι ο κύριος λόγος για τον οποίο οι εμπορικές παρασκευές τους έχουν πραγματοποιηθεί κυρίως από μυκητιακές πηγές. Μεταξύ των μυκήτων, οι μύκητες λευκής σήψης είναι οι καλύτεροι γνωστοί παραγωγοί αυτών των ενζύμων, ακολουθούμενοι από τους μύκητες της καφέ σήψης και της μαλακής σήψης (*Niladevi, K.N., 2009*).

Διάφορα είδη μυκήτων λευκής σήψης όπως, *P. chrysosporium* (Tien, M. and Kirk, T.K., 1983; Glenn, J.K. and Gold, M.H., 1985; Srinivasan, C., et al., 1995), στελέχη *Trametes* π.χ. *T. Versicolor*, *T. hirsuta* και *T. ochracea* (Tomsovsky, M. and Homolka, L., 2003), *P. ostreatus* και *P. radiata* (Vares, T., Kalsi, M. and Hatakka, A., 1995; Pradeep, V. and Datta, M., 2002) κ.λ.π., εκκρίνουν και τις τρεις μεγάλες κατηγορίες λιγνινολυτικών ενζύμων, αν και υπάρχουν πολλά αποδοτικά είδη μυκήτων που αποικοδομούν τη λιγνίνη και εκκρίνουν MnP ως τη μοναδική εξωκυτταρική υπεροξειδάση, συμπεριλαμβανομένων της *Lentinula edodes* (Leatham, G.F., 1986), *Bjerkandera adusta* (Wang, Y., Vazquez-Duhalt, R. and Pickard, M.A., 2002), *Ceriporiopsis subvermispora* (Lobos, S., et al., 1994), *Dichomitus squalens* (Perie, F.H., Sheng, D. and Gold, M.H., 1996) και *Rigidoporus lignosus* (Galliano, H., et al., 1991). Μεταξύ των βακτηρίων, οι ακτινομύκητες είναι οι πιο ισχυροί παραγωγοί λιγνινολυτικών ενζύμων. Η LiP παράγεται κυρίως από στελέχη *Streptomyces* (Ramachandra, M., Pometto, A.L. and Crawford, D.L., 1987; Pasti, M.B., et al., 1990; Niladevi, K.N. and Prema, P., 2005) και *Pseudomonas spp* (Yang, J.S., Liu, W. and Ni, J.R., 2006). Ηλακκάση παράγεται επίσης από στελέχη *Streptomyces* (Arias, M.E., et al., 2003; Suzuki, T., et al., 2003) και βρίσκεται και σε βακτηρίδια όπως *Azospirillum lipoferum* και *Bacillus subtilis* (Givaudan, A., et al., 1993; Martins, L.O., et al., 2002). Οι λεπτομέρειες σχετικά με τη βακτηριακή παραγωγή MnP είναι πολύ λίγες, με μερικές μόνο αναφορές που κάνουν λόγο για παραγωγή τους από στελέχη *Streptomyces* (Esposito, E., Paulillo, S.M. and Manfio, G.P., 1998; Niladevi, K.N. and Prema, P., 2005).

Τα υποστρώματα που πιο συχνά χρησιμοποιήθηκαν για αυτό το σκοπό είναι τα λιγνινοκυτταρινικά αγρο-βιομηχανικά υπολείμματα όπως, το άχυρο της ορύζης και του σίτου, το πίτυρο του ρυζιού και του σίτου, η βαγάσση του σακχαροκάλαμου, η πούλπα του καφέ και απορρίμματα φρούτων (π.χ. απορρίμματα μπανάνας, σπόροι σταφυλιών, ακτινίδιο κ.λ.π.) (Niladevi, K.N., 2009). Το άχυρο σίτου είναι ένα από τα καλύτερα υποστρώματα για

την παραγωγή λιγνινολυτικών ενζύμων, ενώ το άχυρο της ορύζης το οποίο έχει υψηλότερο περιεχόμενο λιγνίνης σε σύγκριση με το πρώτο (Rodriguez, C.S. and Sanroman, M.A., 2005), αποδείχτηκε ως ένα από τα καλύτερα υποστρώματα ειδικά για την παραγωγή λακκάσης μέσω SSF (Niladevi, K.N., Sukumaran, R.K. and Prema, P., 2007). Όμοια με την παραγωγή και άλλων βιομηχανικά σημαντικών ενζύμων, το πίτυρο του σίτου είναι ένα από τα καταλληλότερα υποστρώματα για την παραγωγή λιγνινολυτικών ενζύμων, το οποίο όταν χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή λακκάσης μέσω SSF, από στελέχη *Ganoderma* παρήγαγε ένζυμο με πολύ υψηλή δραστηριότητα (Revankar, M.S., Desai, K.M., Lele, S.S., 2007). Τέλος το πίτυρο του ρυζιού, αποδείχτηκε ότι είναι το καλύτερο υπόστρωμα για παραγωγή λακκάσης τόσο μέσω SmF όσο και μέσω SSF, συγκρινόμενο με άλλα υποστρώματα όπως το πίτυρο σίτου και το γεύμα από άχυρο ορύζης (Chawachart, N., et al., 2004).

Ωστόσο, για την καταλληλότερη επιλογή υποστρώματος για την παραγωγή σε βιομηχανική κλίμακα λιγνινολυτικών ενζύμων θα πρέπει να ληφθούν υπόψιν και οι απαραίτητες διαδικασίες καθαρισμού μετά τη ζυμωτική διεργασία. Σε γενικές γραμμές, τα ένζυμα που παράγονται από τις SSF δεν είναι τόσο καθαρά όσο αυτά που παράγονται από τις SmF και ως εκ τούτου ο καθαρισμός του ενζύμου στις πρώτες είναι πιο δύσκολος και εν μέρει εξαρτάται και από τη φύση του υποστρώματος. Υποστρώματα όπως το σιτάρι και το άχυρο ρυζιού είναι ελλειμματικά σε πρωτεΐνη γεγονός που καθιστά τον καθαρισμό του ενζύμου ευκολότερο ενώ, ένζυμα που παράγονται από τα πίτυρα δημητριακών χρειάζονται περισσότερα βήματα για τον καθαρισμό τους (Niladevi, K.N., 2009).

Οι λιγνινάσες έχουν εφαρμογές στην απολιγνινοποίηση των λιγνινοκυτταρινικών υλικών, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοκαυσίμων, χαρτοπολτού και ζωοτροφών. Αυτά τα ένζυμα μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν στη λεύκανση του χαρτοπολτού, στην αποτοξίνωση των λυμάτων

χαρτοποιίας, στην αποικοδόμηση ρύπων (π.χ. χρωστικών, φαινολών και άλλων ξενοβιοτικών) (Singh, S.K., et al., 2008), στην αποδόμηση φαινολικών και μη φαινολικών αρωματικών ενώσεων και στην υφαντουργία για τον αποχρωματισμό των βαφών (Wesenberg, D., Kyriakides, I. and Agathos, S.N., 2003; Crecchio, C., Ruggiero, P. and Pizzigallo, M.D.R., 1995) ή στη μετατροπή της λιγνίνης σε πολύτιμα χημικές ενώσεις (Singh, S.K., et al., 2008). Τα λιγνινολυτικά ένζυμα βρίσκουν επίσης εφαρμογή στην σταθεροποίηση του κρασιού και των φρουτοχυμών (Minussi, R.C., Pastore, G.M., Duran, N., 2002), στο πλύσιμο των denim υφασμάτων (Pazarlioglu, N.K., Sariijik, M., and Telefoncu, A., 2005), στη βιομηχανία καλλυντικών (Aaslyng, D., Rorbaek, K. and Sorensen, N.H., 1996) και ως βιοαισθητήρες (Ferry, Y. and Leech, D., 2005). Η ίδια η λιγνίνη τέλος έχει εφαρμογές στην οδοποιία αποτελώντας καλή συγκολλητική ουσία για την κατασκευή ασφάλτων και χρησιμοποιείται και απευθείας ως καύσιμη βιο-ύλη (Singh, S.K., et al., 2008).

Αμυλολυτικά ένζυμα ή Αμυλάσες.

Τα οποία περιλαμβάνουν ένζυμα:

- a) εξωτερικής δράσης όπως οι γλυκοαμυλάσες (1,4- α -D-glucan glucohydrolase),
- b) εσωτερικής δράσης όπως οι α -αμυλάσες (α -amylases),
- c) αποδιακλάδωσης όπως οι ισοαμυλάσες (Isoamylases) και οι πουλουλανάσες (pullulanase or pullulan- α -glucano-hydrolase)
- d) και οι κυκλοδεξτρινάσες (cyclodextrinases) όπως η κυκλοδεξτρινική γλυκοσύλ τρανσφεράση (α -1,4-D-glucan, α -4-D-[α -1,4-D-glucano]-transferase).

Οι δύο κυριότερες κατηγορίες αμυλολυτικών ενζύμων εμπορικού ενδιαφέροντος είναι ωστόσο οι α -αμυλάσες και οι γλυκοαμυλάσες, των οποίων η βιομηχανική παραγωγή σε μεγάλη κλίμακα μέσω της SSF έχει τεράστιο δυναμικό (Bhargav, S., et al., 2008). Η α -αμυλάση (ενδο-1,4- α -D-γλυκανική γλυκοϋδρολάση) διασπά με τυχαίο τρόπο τους 1,4- α -D- γλυκοσιδικούς

δεσμούς μεταξύ παρακείμενων μονάδων γλυκόζης σε μία γραμμική αλυσίδα αμυλόζης και η γλυκοαμυλάση ή αμυλογλυκοσιδάση (εξω-1, 4-α-D-γλυκανική γλυκανοϋδρολάση) υδρολύει σταδιακά τις μεμονωμένες μονάδες γλυκόζης από τα μη-αναγωγικά άκρα της αμυλόζης και της αμυλοπηκτίνης. Οι γλυκοαμυλάσες μπορούν να υδρολύσουν, τόσο τους α-1,4 όσο και τους α-1,6 δεσμούς. Τα αμυλολιτικά αυτά ένζυμα έχουν πιθανή εφαρμογή σε ένα μεγάλο αριθμό βιομηχανικών διεργασιών, όπως στην επεξεργασία του αμύλου, στη ζύμωση των τροφίμων, στα κλωστοϋφαντουργικά απορρυπαντικά και στις βιομηχανίες χαρτιού. Οι αμυλάσες χρησιμοποιούνται στην αρτοποιία για να βελτιώσουν τη ποιότητα της ζύμης, στη βιομηχανία ζυμώσεων για παραγωγή γλυκόζης στις ζυμωτικές εφαρμογές, στη φαρμακοβιομηχανία για τη παραγωγή των σιροπιών γλυκόζης και στη βιομηχανία ζωοτροφών όπου χρησιμοποιείται ως βοηθητικό χώνευσης (Singh, S.K., et al., 2008).

Ο μύκητας *Aspergillus oryzae* είναι ο προτιμώμενος οργανισμός για μυκητιακές α-αμυλάσες με εφαρμογή στη βιομηχανία τροφίμων και φαρμάκων. Ωστόσο, δεδομένης της απαίτησης της βιομηχανίας επεξεργασίας αμύλου για θερμοανθεκτικές αμυλάσες, οι προσπάθειες παραγωγής των αμυλολιτικών ενζύμων επικεντρώθηκαν στην ταυτοποίηση θερμοσταθερών αμυλασών (Singh, SK, et al., 2008). Σε αυτό το πλαίσιο, η παραγωγή της α-αμυλάσης δεν περιορίστηκε σε μυκητιακές καλλιέργειες, αλλά διεκπεραιώθηκε και από βακτηριακές καλλιέργειες κυρίως του γένους *Bacillus spp.* Επιπλέον, οι βακτηριακές καλλιέργειες, μειώνουν τη διάρκεια της ζύμωσης, μειώνοντας κατά πολύ και τις απαιτούμενες δαπάνες (Bhargav, S., et al., 2008).

Φθηνά αγρο-βιομηχανικά υποστρώματα που έχουν μελετηθεί σε αυτές τις ζυμωτικές διαδικασίες στερεάς κατάστασης περιλαμβάνουν, φλοιό ρυζιού, πίτυρο ρυζιού, νιφάδες ρυζιού, νιφάδες σιταριού, θρυμματισμένο σιτάρι, χρησιμοποιημένους κόκκους ζυθοποιίας, άλευρο αραβόσιτου, θρυμματισμένο αραβόσιτο, σπάδικα αραβόσιτου (corn cob), δημητριακό κεχρί, πίτυρο κριθαριού, άμυλο μανιόκας, βγάσση σακχαροκάλαμου, βγάσση πορτοκαλιού, και

μελάσα. Ωστόσο, στις περισσότερες μελέτες βρέθηκε ότι το καλύτερο υπόστρωμα για την παραγωγή αμυλάσης στην SSF είναι το πίτυρο του σιταριού. Πρόσφατες μελέτες αναφέρουν επίσης ότι τα ελαιώδη κέικ / άλευρα, όπως το κέικ καρυδέλαιου σε συνδυασμό με το άλευρο σόγιας, μπορούν να χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικά ως ζυμωτικό υπόστρωμα για την παραγωγή αμυλάσης (Singh, SK, et al., 2008).

Για την παραγωγή γλυκοαμυλάσης μέσω SSF υπάρχουν λιγότερες αναφορές, παρόλο που το κόστος παραγωγής του ενζύμου αυτού είναι χαμηλότερο σε αυτές τις ζυμώσεις (Bhargava, S., et al., 2008), για τις οποίες έχουν χρησιμοποιηθεί γένη *Aspergillus spp* και *Rhizopus spp*. (Singh, SK, et al., 2008). Η επιλογή του κατάλληλου υποστρώματος είναι μια σημαντική παράμετρος για την επίτευξη μέγιστης ενζυματικής δραστηριότητας (Bhargava, S., et al., 2008). Για τη μέγιστη παραγωγή γλυκοαμυλάσης μέσω της SSF, έγινε η βελτιστοποίηση διαφορετικών υποστρωμάτων χρησιμοποιώντας *Aspergillus spp*, όπως, το πίτυρο του σιταριού, το πίτυρο ρυζιού, η πράσινη ροβίτσα (green gram), η μαύρη ροβίτσα (black gram), το αλεύρι του κριθαριού, το αλεύρι 'jowar', το πίτυρο καλαμποκιού, και υπολείμματα σίτου (wheat rawa) (Ellaiah, P., et al., 2002). Γλυκοαμυλάση παράχθηκε επίσης χρησιμοποιώντας ως υποστρώματα, νιφάδες ρυζιού διαφορετικών μεγεθών (χονδροειδείς, ψιλές και μέτριες), πίτυρο σιταριού και σκόνη ρυζιού με *Aspergillus spp* HA-2. Μέγιστη παραγωγή γλυκοαμυλάσης επιτεύχθηκε από το πίτυρο του σιταριού, ενώ οι διάφορες κατηγορίες των νιφάδων ρυζιού παρουσίαζαν μεταβολές στη παραγωγή του ενζύμου (Anto, H., Trivedi, U.B. and Patel, K.C., 2006). Ένα πλεονέκτημα της SSF σε σχέση με την SmF, όσον αφορά τις συγκεκριμένες παραγωγικές διαδικασίες είναι η αναστολή της καταβολικής καταστολής της σύνθεσης του τελικού προϊόντος, η οποία επιτελείται από το παραγόμενο προϊόν (Ramesh, M.V. and Lonsane, B.K., 1991).

Πηκτινάσες και Γαλακτοσιδάσες

Οι πηκτινάσες είναι ένα σύμπλοκο ενζύμων αποικοδόμησης της πηκτίνης, τα οποία σε σχέση με το ρόλο που έχουν στην υποβάθμιση του μορίου αυτού, ταξινομούνται σε τρεις βασικές κατηγορίες: τις εστεράσες, τις αποπολυμεράσες εξάλειψης ή λύασες και τις υδρολυτικές αποπολυμεράσες. Οι πηκτινεστεράσες ή μεθύλιο υδρολάσες της πηκτίνης καταλύουν συγκεκριμένα την υδρολυτική απομάκρυνση μεθυλεστερικών ομάδων της πηκτίνης που βρίσκονται δίπλα σε μία μη-εστεροποιημένη μονάδα γαλακτουρονικού οξέος, σχηματίζοντας πηκτικό οξύ και οι αποπολυμεράσες καταλύουν τον αποπολυμερισμό της πηκτίνης αποδομώντας τους α-1,4 γλυκοσιδικούς δεσμούς που ενώνουν παρακείμενες μονάδες γαλακτουρονικού οξέος του μορίου της. Μεταξύ των αποπολυμερασών, οι υδρολυτικές αποπολυμεράσες δρουν μέσω της υδρόλυσης, ενώ οι αποπολυμεράσες εξάλειψης ή λύασες, μέσω ενός μηχανισμού trans-εξάλειψης, που καταλήγει στο σχηματισμό γαλακτουρονιδίου με έναν ακόρεστο δεσμό μεταξύ των ατόμων άνθρακα C4 και C5. Τόσο οι υδρολυτικές αποπολυμεράσες όσο και οι λύασες, με βάση το υπόστρωμα προτίμησης διαχωρίζονται περαιτέρω, οι πρώτες σε πολυμέθυλγαλακτουρονάσες που δρουν στην πηκτίνη και σε πολυγαλακτουρονάσες που δρουν στο πολυγαλακτουρονικό οξύ και οι δεύτερες ομοίως σε πολυμεθυλγαλακτουρονικές λύασες/πηκτινικές λύασες και σε πολυγαλακτουρονικές λύασες (Nicemol, J., 2009).

Τα ένζυμα αυτά έχουν χρησιμοποιηθεί εκτενώς από τις βιομηχανίες φρούτων, λαχανικών και κρασιού σε διάφορες εφαρμογές όπως, διαβροχή, εκχύλιση, υγροποίηση, διάγαση και προσθήκη αξίας. Για την παραγωγή τους σε βιομηχανική κλίμακα οι πιο συχνά χρησιμοποιημένοι μικροοργανισμοί είναι οι μύκητες *Aspergillus niger*, *A. carbonarius*, *A. sojae* και *Rhizopus spp.*, ενώ για τον ίδιο λόγο έχει διερευνηθεί μία μεγάλη ποικιλία υποστρωμάτων, τόσο μεμονωμένα όσο και σε συνδιασμό όπως, η σόγια και το σιτάλευρο,

πολτός σακχαρότευτλων, αποσποροποιημένο κεφάλι ηλίανθου, πορτοκάλι, βαγάσση πορτοκαλιού, πούλπα λεμονιού, βαγάσση σακχαροκάλαμου κ.λ.π. (Singh, SK, et al., 2008).

Όσον αφορά τις γαλακτοσιδάσες, μεγάλο ενδιαφέρον για την παραγωγή τους μέσω SSF διεργασιών παρουσιάζουν οι α-γαλακτοσιδάσες, οι β-γαλακτοσιδάσες και οι πολυγαλακτουρονάσες. Αυτά τα ένζυμα έχουν εφαρμογή στις βιομηχανίες φαρμάκων, τροφίμων και ζωοτροφών. Συγκεκριμένα η α-γαλακτοσιδάση (α-D-γαλακτοπυρανοσιδική γαλακτοϋδρολάση) βρίσκει εφαρμογές που κυμαίνονται από την παραγωγή ζάχαρης από ζαχαρότευτλα, έως την υδρόλυση της ραφινόζης και σταχυόζης, ολιγοσακχαρικές ενώσεις παρούσες στη σόγια, τα μαυρομάτικα φασόλια και σε άλλες καλλιέργειες ψυχανθών, υπεύθυνες για διαρροϊκά φαινόμενα και μετεωρισμό, από την κατανάλωση των εν λόγω τροφών. Για παράδειγμα η προ-επεξεργασία των προϊόντων σόγιας με α-γαλακτοσιδάση μπορεί να ενισχύσει τη χρήση τους στις βιομηχανίες τροφίμων και ζωοτροφών (Singh, SK, et al., 2008).

Η β-γαλακτοσιδάση (ή λακτάση) υδρολύει τη λακτόζη, δηλαδή το δισακχαρίτη του γάλακτος, στα συστατικά του σάκχαρα, γλυκόζη και γαλακτόζη και βρίσκει έτσι εφαρμογές στον τομέα του γάλακτος για την παραγωγή γαλακτοκομικών προϊόντων που προορίζονται για άτομα με δυσανεξία στη λακτόζη, για τη πρόληψη της κρυστάλλωσης της λακτόζης στα κατεψυγμένα και συμπυκνωμένα γάλατα, για τη μείωση της ρύπανσης των υδάτων από ορό γάλακτος και επίσης για την αύξηση των γλυκαντικών ιδιοτήτων της λακτόζης. Ως επί το πλείστον, ως πηγή α-γαλακτοσιδάσης έχει χρησιμοποιηθεί ο μύκητας *Aspergillus oryzae*, ενώ για την παραγωγή της β-γαλακτοσιδάσης μέσω SSF, έχουν εξεταστεί μόνο οι μύκητες *Trichoderma reesei* και *Aspergillus niger*, παρά το γεγονός ότι η ζυμωτική παραγωγή του ενζύμου αυτού έχει διερευνηθεί με διάφορους οργανισμούς. Τα υποστρώματα που έχουν χρησιμοποιηθεί για τη ζυμωτική παραγωγή γαλακτοσιδικών ενζύμων περιλαμβάνουν, πίτυρο

σιταριού, αραβινοξυλάνες, λακτόζη κ.λ.π., ενώ είναι επιθυμητή η περαιτέρω αξιοποίηση χρησιμοποιώντας την SSF (Singh, SK, et al., 2008).

Φυτάσες (μυο-ινοσιτολική εξαφωσφορική φωσφοϋδρολάση)

Οι φυτάσες (μυο-ινοσιτολικές εξαφωσφορικές φωσφοϋδρολάσες) καταλύουν την απελευθέρωση φωσφορικού άλατος από το φυτικό οξύ (εξαφωσφορική μυο-ινοσιτόλη). Είναι γνωστό ότι αρκετοί ελαιούχοι σπόροι, σπόροι δημητριακών, σπόροι οσπρίων, κ.λ.π., αποθηκεύουν το φώσφορο με τη μορφή φυτικού οξέος και ότι το τελευταίο δεν είναι εύκολα αποικοδομήσιμο από τα μονογαστρικά ζώα λόγω της εγγενούς χαμηλής δραστηριότητας φυτάσης που τα χαρακτηρίζει, με συνέπεια να καταλήγει στην κοπριά. Οι Φυτάσες εμφανίζονται να διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στον αποτελεσματικό έλεγχο της φωσφορικής ρύπανσης των υδατικών συστημάτων, εξαιτίας της κοπριάς υψηλού φωσφορικού περιεχομένου (Singh, SK, et al., 2008).

Παρά το γεγονός ότι η φυτάση μπορεί να παραχθεί από ποικιλία πηγών, συμπεριλαμβανομένων των φυτών και των ζώων, οι μικροβιακές πηγές, ωστόσο, είναι πολλά υποσχόμενες όσον αφορά την εμπορική τους εκμετάλλευση. Για βιομηχανικούς σκοπούς έχουν χρησιμοποιηθεί συνηθέστερα στελέχη των *Aspergillus spp*, και κυρίως *A. ficuum* και *A. niger* (Singh, SK, et al., 2008). Εκτός από αυτά, αρκετά άλλα στελέχη βακτηρίων, ζυμών και μυκήτων, έχουν επίσης μελετηθεί για την παραγωγή φυτάσης σε συστήματα SSF όπως, *Bacillus subtilis*, *E.coli*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Schwanniomyces castellii*, *Schwanniomyces occidentalis*, *Hansenula polymorpha*, *Aspergillus flavipes*, *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus oryzae*, *Rhizopus oligosporus*, *Rhizopus oryzae*, *Mucor racemosus* κ.λ.π. (Singh, SK, et al, 2008; Bhargav, S., et al, 2008).

Μερικά από τα υποστρώματα που γενικά χρησιμοποιούνται για την παραγωγή φυτάσης είναι το πίτυρο του σιταριού, το αλεύρι μαύρων φασολιών, αλεύρι από μαυρομάτικα φασόλια,

άλευρο κανόλας, κέικ καρύδας, κέικ μουστάρδας, κέικ βαμβακιού, κέικ φοίνικα, κέικ σουσαμέλαιου, άλευρο ελαιοκράμβης, κέικ ελαιόλαδου, κέικ αραχιδέλαιου κ.λ.π., αν και η παραγωγή φυτάσης αυξάνεται με τη ζύμωση μικτών υποστρώματων. Η αύξηση αυτή μπορεί να οφείλεται στη διαθεσιμότητα ταυτόχρονα στον ίδιο αντιδραστήρα, περισσότερων και διαφορετικών θρεπτικών συστατικών από διαφορετικά υποστρώματα, πράγμα που μπορεί να επιταχύνει την παραγωγή φυτάσης (Bhargava, S., et al., 2008). Τέλος δεδομένης της ανάγκης για θερμοσταθερές φυτάσεις ικανές να επιβιώσουν από τη διαδικασία μπρικετοποίησης των ζωοτροφών, έχει ξεκινήσει έρευνα για την παραγωγή θερμοανθεκτικών ενζύμων και δοκιμές έχουν ήδη γίνει και μέσω της παραδοσιακής προσέγγισης χρησιμοποιώντας θερμοφιλικές μούχλες για την παραγωγή τους όπως το *Sporotrichum thermophile* και μέσω της χρήση της γενετικής μηχανικής (Singh, SK, et al., 2008).

Πρωτεάσες

Οι πρωτεάσες αποτελούν μια πολύ μεγάλη και πολύπλοκη ομάδα ενζύμων, τα οποία διαφέρουν σε ιδιότητες όπως, η εξειδίκευση υποστρώματος, η ενεργή θέση και ο καταλυτικός μηχανισμός, το pH και η θερμοκρασία δραστηριότητας και το προφίλ σταθερότητας. Αυτά τα ένζυμα χρησιμοποιούνται ευρέως στη βιομηχανία τροφίμων για την ωρίμανση του τυριού, την 'τροφεροποίηση' των κρεάτων, στη βιομηχανία ζυθοποιίας, για την παραγωγή πρωτεϊνικών υδρολυμάτων ως πεπτικό βοήθημα και στην παρασκευή ψωμιού. Η αδυναμία των πρωτεασών φυτικής και ζωικής προέλευσης να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις των βιομηχανικών εφαρμογών αυτών των ενζύμων οδήγησαν στην αύξηση του ενδιαφέροντος για μικροβιακές πρωτεάσες των οποίων ο χειρισμός στις βιοτεχνολογικές εφαρμογές είναι πιο εύκολος. Οι μικροβιακές πρωτεάσες ταξινομούνται με βάση το εύρος του pH της δραστηριότητάς τους σε όξινες, ουδέτερες και αλκαλικές πρωτεάσες και με βάση τη λειτουργική ομάδα της ενεργής

θέση τους σε πρωτεάσες σερίνης, πρωτεάσες ασπαρτικού οξέος, πρωτεάσες κυστεΐνης και μεταλλοπρωτεάσες (Singh, SK, et al., 2008).

Οι ουδέτερες πρωτεάσες είναι ενεργές μέσα σε ένα στενό εύρος pH, έχουν βέλτιστο pH κοντά στο ουδέτερο, έχουν σχετικά χαμηλή θερμική ανοχή και κύρια πηγή τους είναι ο μύκητας *Aspergillus oryzae*. Αυτά τα ένζυμα έχουν εφαρμογές στην παρασκευή των υδρολυμάτων τροφίμων, στην αρτοποιία, στη τροποποίηση πρωτεϊνών, στη βιομηχανία δέρματος, στις ζωοτροφές και στις φαρμακευτικές βιομηχανίες. Οι όξινες πρωτεάσες μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο ομάδες με βάση τη καταλυτική τους δράση, η οποία μπορεί να είναι τύπου ρεννίνης ή τύπου πεψίνης. Τα ένζυμα τύπου ρεννίνης χαρακτηρίζονται από την ικανότητά τους να πήζουν το γάλα και έχουν μεγάλη εμπορική σημασία στην τυροποίηση. Η ομάδα των όξινων πρωτεασών τύπου πεψίνης περιέχει ένζυμα δραστήρια σε όξινο pH και με μέτρια θερμική ανοχή, που παράγονται κυρίως από στελέχη του *Aspergillus spp* και *Rhizopus spp*. Οι πιο σημαντικές εφαρμογές των ενζύμων αυτών περιλαμβάνουν την υδρόλυση των πρωτεϊνών σόγιας στη κατασκευή της σάλτσας σόγιας, τη βελτίωση των αρτοποιητικών ιδιοτήτων και τη παραγωγή πεπτικών βοηθημάτων (Singh, SK, et al., 2008).

Έχουν γίνει διάφορες προσπάθειες για την παραγωγή όξινων, ουδέτερων και αλκαλικών πρωτεασών μέσω της SSF χρησιμοποιώντας αγρο-βιομηχανικά υπολείμματα, εξαρτώμενες από την καταλυτική τους δράση και το βέλτιστο pH δραστηριότητας. Οι πρωτεάσες παράγονται με ζύμωση αγρο-βιομηχανικών υποστρωμάτων όπως πίτυρο ρυζιού, πίτυρο σιταριού, φλοιό ρυζιού, άλευρο σόγιας, φλοιό πράσινης ροβίτσας, φλοιό φακής, χρησιμοποιημένους κόκκους ζυθοποιίας, κέικ καρυδέλαιου, κέικ φοινικέλαιου, κέικ σουσαμέλαιου, σκόνη σπόρων αρτόκαρπου (jackfruit), κέικ ελαιόλαδου, κ.λ.π. (Bhargav, S., et al., 2008). Το πίτυρο ρυζιού χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή όξινων πρωτεασών με *Rhizopus oligosporus*, καθώς κατά τη διάρκεια της SSF δεν παράγεται καμία τοξίνη (Ikasari, L. and Mitchell, DA, 1996). Παραγωγή εξωκυτταρικής αλκαλικής σερινικής πρωτεάσης έγινε

χρησιμοποιώντας *Aspergillus parasiticus* και *Rhizopus oryzae* NRRL-21498 με πίτυρο σιταριού ως υπόστρωμα. Οι αλκαλικές πρωτεάσες που λαμβάνονται χρησιμοποιώντας την SSF του *Aspergillus parasiticus* είναι θερμο-σταθερές σε θερμοκρασίες μεταξύ 50°C και 60°C, υψηλό pH, παρουσία επιφανειοδραστικών ενώσεων, μετάλλων και οξειδωτικών μέσων (Tunga, R., Shrivastava, B and Banerjee, R., 2003). Τέλος, ενώ μέγιστη παραγωγή αλκαλικής πρωτεάσης επιτεύχθηκε από το φλοιό πράσινης ροβίτσας (Prakasham, R.S., Rao, A.X. and Sarma, P.N., 2006), οι περισσότεροι ερευνητές έχουν χρησιμοποιήσει πίτυρο σίτου για τη παραγωγή του ενζύμου αυτού (Bhargav, S., et al., 2008).

Η παραγωγή πρωτεάσης μέσω της SSF είναι υψηλότερη από ότι στην SmF (Bhargav, S., et al., 2008) και αναφέρεται επίσης ότι η SSF είναι απλούστερη σε λειτουργία από την SmF (George, S., et al., 1995). Οι μετα-ζυμωτικές διαδικασίες και η εκχύλιση του προϊόντος είναι φθηνότερες στην SSF λόγω της μικρότερης περιεκτικότητας σε νερό του υποστρώματος και ευκολότερες επειδή το ένζυμο παράγεται εξωκυτταρικά και σε συμπυκνωμένη μορφή (Bhargav, S., et al., 2008; Singh, SK, et al., 2008).

Λιπάσες

Οι λιπάσες καταλύουν την υδρόλυση των εστερικών δεσμών στη διεπαφή μεταξύ της φάσης του μη υδατοδιαλυτού εστέρα λιπαρού οξέος ή φάσης γλυκεριδίου και της υδατικής φάσης που περιέχει το ένζυμο και βρίσκουν εφαρμογή στην υδρόλυση λιπών και ελαίων, τη μετεστεροποίηση, τη παραγωγή βιοτασιενεργών, στα βοηθητικά πεπτικά σκευάσματα, τα απορρυπαντικά, στο διαχωρισμό εναντιομερών και στους στεreo-ειδικούς μετασχηματισμούς. Αυτά τα ένζυμα διερευνώνται όλο και περισσότερο για την ανεκτικότητα σε οργανικούς διαλύτες με εφαρμογές στην οργανική σύνθεση μέσω χειρομορφικά επιλεκτικών αντιδράσεων. Η χειρομορφία είναι ένας βασικός παράγοντας για την αποτελεσματικότητα πολλών φαρμακευτικών προϊόντων και αγροχημικών και έτσι η παραγωγή μεμονωμένων εναντιομερών

χηλικών ενδιάμεσων αποκτά ολοένα και μεγαλύτερη σημασία στην φαρμακευτική βιομηχανία (Singh, S.K., et al., 2008).

Τα τελευταία χρόνια, η σημαντική αύξηση στην παραγωγή λιπάσης από μικρόβια και απόβλητα αγρο-βιομηχανιών χρησιμοποιώντας την SSF έχει αποκτήσει μεγαλύτερο ενδιαφέρον (Bhargav, S., et al., 2008). Παρά το γεγονός ότι έχουν παραχθεί λιπάσες από διάφορους μικροοργανισμούς, οι μύκητες αποδείχθηκε ότι είναι οι καλύτεροι παραγωγοί των εν λόγω ενζύμων (Mahadik, ND, et al., 2002) και για αυτό οι εμπορικά διαθέσιμες λιπάσες λαμβάνονται ως επί το πλείστον από τους μύκητες *Aspergillus niger* και *Rhizopus oryzae* (Singh, SK, et al., 2008), με τη λιπάση του *R. oryzae* να έχει βρει εφαρμογή στη παραγωγή βιοντίζελ (Ban, K, et al., 2001). Εκτός από τα μυκητιακά συστήματα όπως *Aspergillus niger*, *Rhizopus oryzae*, *Penicillium restrictum*, *Penicillium simplicissimum*, *Trichoderma versicolour* και *T. hirsuta*, πρόσφατα έχουν επίσης μελετηθεί για την παραγωγή λιπάσης υπό συνθήκες SSF και βακτηριακά συστήματα όπως το *Bacillus megaterium* (Singh, SK, et al., 2008).

Για τη παραγωγή των ενζύμων αυτών έχουν επίσης αξιολογηθεί και διάφορα αγρο-βιομηχανικά υπολείμματα μεμονωμένα καθώς και σε διαφορετικούς συνδυασμούς, όπως πίτυρο σιταριού, πίτυρο ρυζιού, φλοιός ρυζιού, κέικ σόγιας, πίτυρο κριθαριού, κέικ καρυδέλαιου, αλεύρι καρύδας, κέικ ελαιόλαδου, κέικ βαμβακιού, κέικ ελαίου 'gingelly', βαγάσση σακχαροκάλαμου, αλεύρι αμυγδάλων, αλεύρι μουστάρδας, κέικ από έλαιο 'babassu', βαγάσση μανιόκας κ.λ.π. (Singh, SK, et al, 2008; Bhargav, S., et al, 2008). Ωστόσο, οι περισσότεροι ερευνητές έχουν χρησιμοποιήσει πίτυρο σίτου για μέγιστη παραγωγή λιπάσης (Bhargav, S., et al., 2008).

Έχει επίσης αποδειχθεί ότι η δραστηριότητα της λιπάσης σε ορισμένες διαδικασίες SSF εξαρτάται από το είδος των συμπληρωμάτων. Πράγματι ο εμπλουτισμός με ουσίες που έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε άνθρακα, όπως πεπτόνη, ελαιόλαδο κ.λ.π. είχε ως αποτέλεσμα υψηλή δραστηριότητα λιπάσης (Gombert, AK, et al, 1999; Cordova, J., et al, 1998). Το μυκητιακό είδος

Rhizopus oligosporus βρέθηκε ότι είναι η καλύτερη μούχλα μεταξύ 10 διαφορετικών μυκητιακών καλλιεργειών για την παραγωγή λιπασών χωρίς την προσθήκη συμπληρωμάτων (Haq, I., Idrees, S. and Rajoka, M.I., 2002).

Σε γενικές γραμμές οι λιπάσες που παράγονται από στερεάς κατάστασης ζυμώσεις είναι πιο θερμο-ανθεκτικές σε σχέση με αυτές που παράγονται από τις ζυμώσεις υγρής κατάστασης (Rodriguez, JA, et al., 2006) και συγκεκριμένα τα ένζυμα που λαμβάνονται από θερμοφιλικούς μύκητες έχουν υψηλή θερμική σταθερότητα, δραστηριότητα σε μεσοφιλικές θερμοκρασίες και γενικά χρησιμοποιούνται σε χημικές διεργασίες (Mateos Diaz, J.C., et al., 2006). Τέλος όταν το κόστος και η απόδοση της SSF όσον αφορά τη παραγωγή λιπάσης συγκρίθηκε με εκείνη της SmF, προέκυψε ότι είναι πιο φθηνή και πιο αποτελεσματική διαδικασία (Castilho, L.R., et al., 2000; Mahadik, N.D., et al., 2002).

EXAMPLES OF ENZYME PRODUCTION USING AS SUBSTRATES THE BYPRODUCTS OF WHEAT, RICE & LEGUMES PROCESSING			
ENZYME	SUBSTRATE	ORGANISM	REFERENSE
Cellulase	wheat bran	1. <i>Trichoderma reesei</i> 2. <i>Aspergillus niger</i> 3. <i>Trametes hirsute</i> 4. <i>Trichoderma harzianum</i>	1. Ortiz, G.E., et al., (2015) 2. Bansal, N., et al., (2014) 3. Dave, B.R., et al., (2015) 4. Pathak, P., Bhardwaj, N.K. and Singh, A.K. (2014)
	rice straw & wheat bran	<i>Aspergillus niger</i>	Sandhu, S.K., et al., (2013)
	soyabean bran	<i>Trichoderma reesei</i>	Gasparotto, J.M., et al., (2015)
	black gram residues	<i>Aspergillus nidulans</i>	Kumar, A., Dutt, D. and Gautam, A. (2016)
β-glucosidase	wheat bran	1. <i>Colletotrichum graminicola</i> 2. <i>Aspergillus sydowii</i> BTMFS 55	1. Zimbardi, A.L.R.L., et al., (2013). 2. Madhu, K.M., Beena, P.S. and Chandrasekaran, M. (2009)
	Wheat bran, soy bran, soy peel, corncob and corn straw	<i>Thermoascus aurantiacus</i> CBMAI 456 and <i>Aureobasidium pullulans</i> ER-16	Leite, R.S.R., et al., (2008)
Xylanase	wheat straw	1. <i>Aspergillus tubingensis</i> 2. <i>Aspergillus terreus</i>	1. Pandya, J.J. and Gupte, A. (2012) 2. Ghanem, N.B., Yusef, H.H. and Mahrouse, H.K. (2000).

...EXAMPLES OF ENZYME PRODUCTION USING AS SUBSTRATES THE BYPRODUCTS OF WHEAT, RICE & LEGUMES PROCESSING			
ENZYME	SUBSTRATE	ORGANISM	REFERENSE
Xylanase	wheat bran	1. <i>Bacillus pumilus</i> 2. <i>Trichoderma harzianum</i> <i>Colletotrichum graminicola</i> 3. <i>Neosartorya spinosa D19</i> 4. <i>Coprinellus disseminates</i> 5. <i>Fomes sclerodemeus</i> 6. <i>Aspergillus fischeri</i>	1. Asha Poorna, C. and Prema, P. (2007) 2. Pathak, P., Bhardwaj, N.K. and Singh, A.K. (2014) 3. Zimbardi, A.L.R.L., et al., (2013) 4. Alves-Prado, H.F., et al., (2010) 5. Singh, S., et al., (2009) 6. Papinutti, V.L. and Forchiassin, F. (2007) 7. Senthilkumar, S.R., et al., (2005)
	Soybean Shell, Rice bran	<i>Aspergillus carneus M34</i>	Fang, T.J., Liao, B.C. and Lee, S.C. (2009)
	black gram residues	<i>Aspergillus nidulans</i>	Kumar, A., Dutt, D. and Gautam, A. (2016)
β-xylosidase	wheat bran	<i>Colletotrichum graminicola</i>	Zimbardi, A.L.R.L., et al., (2013)
Pectinase	wheat bran and orange bagasse	1. <i>Penicillium viridicatum</i> 2. <i>Thermoascus auranticus</i>	1. Silva, D., et al., (2005) 2. Martins, E.S., et al., (2002)
	wheat bran, rice bran, (apple pomace)	<i>Bacillus spp DT 7</i>	Kashyap, D.R., Soni, S.K. and Tewari, R. (2003)
Lignin peroxidase	Wheat bran	1. <i>Lentinus spp</i> 2. <i>Poliporus spp,</i> <i>Hexagonia spp</i>	1. Gomes, E., et al., (2009) 2. Abrahão, M.C., et al., (2008)
Manganese peroxidase	Wheat bran	<i>Lentinus spp</i>	Gomes, E., et al., (2009)
	Wheat straw	<i>Phanerochaete chrysosporium</i>	Fujian, X., Hongzhang, C. and Zuohu, L. (2001)
Laccase	Wheat bran	<i>Coriolopsis byrsina</i>	Gomes, E., et al., (2009)
	Wheat straw	<i>Lentinus tigrinus BAFC 197</i>	Lechner, B.E. and Papinutti, V.L. (2006)
	Peanut shell	<i>Pleurotus ostreatus</i>	Mishra, A. and Kumar, S. (2007)
	Green, Black and Red gram husk	<i>Pleurotus ostreatus 1804</i>	Prasad, K.K., et al., 2011
Amylase (α-amylase)	wheat bran	<i>Aspergillus fumigatus</i>	Singh, S., et al., (2014)
	wheat bran & wheat rawa	<i>Bacillus subtilis</i>	Pandi, A., Ramalingam, S. and Rao, R. (2016)
	soy & bread waste	<i>Thermomyces spp</i>	Cerda, A., et al., (2016)
	Lentil husk	<i>Bacillus spp</i>	Baysal, Z., et al., (2008)
Glucoamylase	wheat bran, green gram bran, black gram bran, rice bran, wheat rawa etc	<i>Aspergillus spp.</i>	Ellaiah, P., et al., (2002)
L-glutaminase	wheat bran and sesame oil	<i>Zygosacharomyces rouxii NRRL-Y 2547</i>	Kashyap, P., et al., (2002)
Endoglucanase	Rice bran	<i>Trichoderma reesei QM9414</i>	Rocky-Salimi, K. and Hamidi-Esfahani, Z. (2010)

...EXAMPLES OF ENZYME PRODUCTION USING AS SUBSTRATES THE BYPRODUCTS OF WHEAT, RICE & LEGUMES PROCESSING			
ENZYME	SUBSTRATE	ORGANISM	REFERENSE
Endoglucanase	Rice straw	<i>Myceliophthora sp. IMI 387099</i>	Badhan, A.K., et al., (2007)
	Wheat straw and bran	<i>Aspergillus Níger 38</i>	Jecu, L. (2000)
	<u>Wheat bran and straw</u> , corn cob, reed straw, sugarcane bagasse	<i>Aspergillus terreus M11</i>	Gao, J., et al., (2008)
Protease	wheat bran	1. <i>Aspergillus fumigatus</i> 2. <i>Aspergillus parasiticus</i> and <i>Rhizopus oryzae</i> NRRL-21498	1. Da Silva, R.R., de Freitas Cabral, T.P. and Rodrigues, A. (2013) 2. Tunga, R., Shrivastava, B. and Banerjee, R. (2003)
	<u>wheat bran, soybean meal, cottonseed meal, orange peel</u>	<i>Aspergillus oryzae</i>	De Castro, R.J.S. and Sato, H.H. (2014)
	wheat bran & soya bran	<i>Aspergillus oryzae</i>	Novelli, P.K., Barros, M.M. and Fleuri, L.F. (2016)
	soy fiber	<i>Thermus spp</i>	El-Bakry, M., Gea, T. and Sánchez, A. (2016).
	soy cake	<i>Bacillus subtilis</i>	Soares, V.F., et al., (2005)
	Lentil Husk and Corn Cob	<i>Bacillus cereus</i> MTCC 3105	Prakash Rai, M. and Nigam S. (2013)
	green gram husk	<i>Bacillus spp</i>	Prakasham, R.S., Rao, C.S. and Sarma, P.N. (2006).
	rice bran	<i>Rhizopus oligosporus</i>	Ikasari, L. and Mitchell, D. A. (1996)
Lipase	wheat bran and soyabean bran	<i>Aspergillus sp., Fusarium sp., and Penicillium sp.</i>	Fleuri, L.F., et al., (2014)
	rice bran	<i>Candida rugosa</i>	Venkata Rao, P., Kunthala Jayaraman, C. and Lakshmanan, M. (1993)
	Soya bean and Rice husk	<i>Aspergillus niger</i>	Kumar, D.S. and Ray, S. (2014)
Inulinase	wheat bran	<i>Aspergillus ficuum</i>	Chen, H.Q., et al., (2011)
phytase	wheat bran and various oil cakes	<i>Mucor racemosus</i>	Krishnankutty, R., et al., (2006).
	<u>wheat bran, mustard cake, cowpea meal, groundnut cake, coconut cake, cotton cake and black bean flour</u>	<i>Aspergillus niger</i> NCIM 563	Mandviwala, T.N. and Khire, J.M. (2000)
	Soybean meal	<i>Aspergillus niger</i>	Saithia, S. and Tongtab, A. (2016)

Πίνακας 77. Παραγωγή ενζύμων χρησιμοποιώντας ως υποστρώματα τα υπο-προϊόντα επεξεργασίας του σίτου, της ορύζης και των οσπρίων.

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΟΞΕΩΝ

Αν και τα οργανικά οξέα όπως, το κιτρικό οξύ, το οξικό οξύ, το γαλακτικό οξύ, το ταρταρικό οξύ, το μαλικό οξύ, το γλουκονικό οξύ, το προπιονικό οξύ και το φουμαρικό οξύ, αποτελούν τη τρίτη μεγαλύτερη κατηγορία προϊόντων εμπορικού ενδιαφέροντος των ζυμωτικών διαδικασιών, ωστόσο η παραγωγή τους κυριαρχείται από SmF διεργασίες. Μεταξύ των οργανικών οξέων, το κιτρικό οξύ του οποίου η βιομηχανική παραγωγή είναι μεγαλύτερη σε σχέση με τα υπόλοιπα οξέα, βρίσκοντας εφαρμογή ως ενισχυτικό γεύσης σε τρόφιμα και ποτά, ως προσθετικό, στις φαρμακοβιομηχανίες, στη παραγωγή καλλυντικών, ειδών προσωπικής περιποίησης και καθαριστικών, παράγεται για πάρα πολλά χρόνια και μέσω της SSF (*Soccol, C.R., et al., 2008*) η οποία παρουσιάζει διάφορα πλεονεκτήματα σε σχέση με την SmF (*Bhargav, S., et al., 2008*).

Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν διάφορα αγροβιομηχανικά υποστρώματα όπως, το πίτυρο σίτου, το απολιπασμένο πίτυρο ρυζιού, η 'okara', υπολείμματα σακχαροκάλαμου, ο φλοιός των κόκκων καφέ, υπολείμματα φρούτων π.χ. πούλπα μήλου, πούλπα σταφυλιών, φλούδες ακτινίδιου κ.λ.π., ενώ καλύτερο μικροβιακό στέλεχος για τη παραγωγή του αποδείχτηκε ο μύκητας *Aspergillus niger* (*Bhargav, S., et al., 2008*). Η ενίσχυση της παραγωγής κιτρικού οξέος μέσω της SSF εξαρτάται από την επιλογή κατάλληλων υποστρωμάτων, θρεπτικών συμπληρωμάτων και μικροβιακών παραγωγών, έτσι ώστε να αποφευχθούν δραστικές αλλαγές στο pH (*Soccol, C.R., et al., 2006*). Τα τελευταία χρόνια μέσω της SSF παράγονται και άλλα οξέα όπως το γαλακτικό οξύ, το φουμαρικό οξύ, το οξαλικό οξύ και το γλουκονικό οξύ (*Soccol, C.R., et al., 2008*).

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΔΕΥΤΕΡΟΓΕΝΩΝ ΜΕΤΑΒΟΛΙΤΩΝ

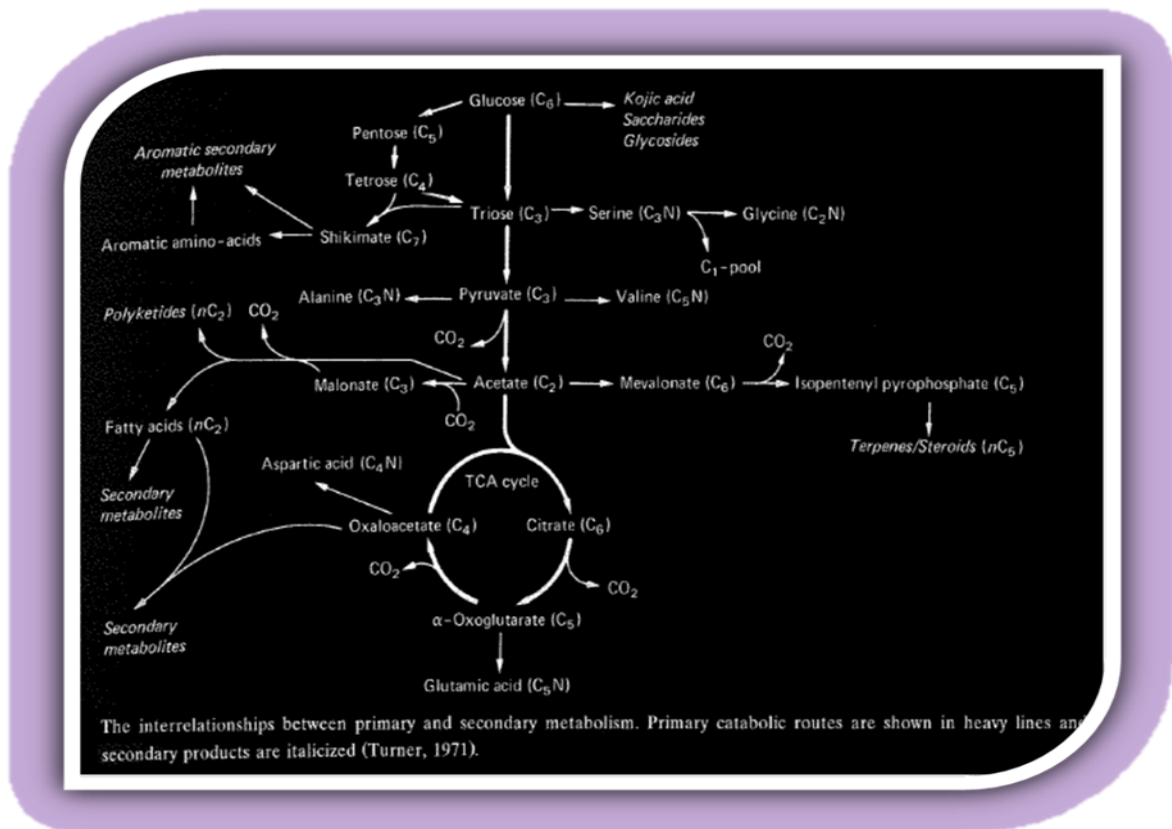
(γλιβερελινών, αντιβιοτικών ενώσεων, βιο-χρωστικών ουσιών, αρωματικών ενώσεων και ενισχυτικών γεύσης)

Οι μικροβιακοί δευτερογενείς μεταβολίτες (ΔΜ) είναι χρήσιμα προϊόντα υψηλής αξίας που συνήθως παράγονται σε μεγάλη κλίμακα από καλλιέργειες υγρής κατάστασης. Είναι ενώσεις με ποικίλες και εκλεπτυσμένες χημικές δομές, που παράγονται από ορισμένα μικροβιακά είδη (και από ορισμένα φυτά), συνήθως σε πιο προχωρημένο στάδιο του μικροβιακού κύκλου, την ιδιοφάση και όχι κατά την διάρκεια της εκθετικής φάσης της ανάπτυξης (τροφοφάση) όπως συμβαίνει με τους πρωτογενείς μεταβολίτες (*Barrios-González J., et al., 2005*). Ωστόσο, θα μπορούσαν να παραχθούν επωφελώς και μέσω ζυμώσεων στερεάς κατάστασης SSF (*Barrios-González J. and Mejía A, 1996*), οι οποίες όσον αφορά την παραγωγή δευτερογενών μεταβολιτών είναι ανώτερες ως διαδικασίες σε σύγκριση με τις SmF (*Bhargav, S., et al., 2008*). Προκειμένου αυτό να πραγματοποιηθεί, μια βαθύτερη γνώση και κατανόηση της μικροβιακής φυσιολογίας σε στερεό περιβάλλον πρέπει να αποκτηθεί μέσω της έρευνας, δεδομένου ότι η παραγωγή των προϊόντων αυτών απαιτεί ένα πολύ αυστηρό και ενδεδειγμένο έλεγχο των συνθηκών ζύμωσης. Πρόσφατα διάφορα είδη δευτερογενών μεταβολιτών παρήχθησαν σε εργαστηριακή κλίμακα μέσω SSF όπως: φυτοορμόνες (γλιβερελίνες), αντιβιοτικά, χρωστικές τροφίμων, αρωματικές ενώσεις κ.λ.π. (*Barrios-González J. and Mejía A, 1996*).

Τα βιοσυνθετικά μονοπάτια των δευτερογενών μεταβολιτών, είναι γνωστό ότι, αποτελούν διακλαδώσεις του πρωτογενή μεταβολισμού που ξεκινούν από ένα σχετικά μικρό αριθμό σημείων, δημιουργώντας έτσι μεγάλες βιοσυνθετικές κατηγορίες ή οικογένειες όπως (*Barrios-González J., Fernández, F.J. and Tomasini, A., 2003*):

1. Οι μεταβολίτες που προέρχονται από το σικιμικό οξύ (αρωματικά αμινοξέα), όπως τα εργοτικά αλκαλοειδή και τα αντιβιοτικά καντιδισίνη και χλωραμφενικόλη.

2. Οι μεταβολίτες που προέρχονται από αμινοξέα όπως τα αντιβιοτικά β-λακτάμης: πενικιλίνη, κεφαλοσπορίνες και κεφαμυκίνες, καθώς και η ανοσοκατασταλτική κυκλοσπορίνη.
3. Οι μεταβολίτες που προέρχονται από το ακετυλικό συνένζυμο Α (Acetyl CoA) και σχετικές ενώσεις, συμπεριλαμβανομένων και των ενδιάμεσων του κύκλου του Krebs. Αυτή η οικογένεια μπορεί να υποδιαιρεθεί περαιτέρω σε:
 - a) πολυκετίδια όπως ερυθρομυκίνη, αβερμεκτίνη και την υποχοληστερινική λοβαστατίνη και ενώσεις που μοιάζουν με τα πολυκετίδια π.χ. χρωστικές αζαφιλόνης.
 - b) και τερπένια όπως γιββερελλικό οξύ, καθώς και καροτενοειδείς χρωστικές.
4. και οι μεταβολίτες που προέρχονται από σάκχαρα όπως στρεπτομυκίνη και καναμυκίνη.



Εικόνα 91. Σχέση μεταξύ πρωτογενών και δευτερογενών μεταβολιτών. Πηγή: Turner, W.B., (1971).

Οι περισσότεροι δευτερογενείς μεταβολίτες οικονομικής σημασίας παράγονται από ακτινομύκητες, ιδιαίτερα του γένους *Streptomyces* και από μύκητες και η σύνθεσή τους επάγεται όταν η ανάπτυξη περιορίζεται από την εξάντληση ενός βασικού θρεπτικού

συστατικού που μπορεί να είναι η πηγή άνθρακα, η πηγή αζώτου ή η πηγή φωσφόρου (*Barrios-González J., et al., 2005*). Μεταξύ των διαφόρων στερεών υποστρωμάτων που δοκιμάστηκαν για τη παραγωγή δευτερογενών μεταβολιτών το πίτυρο του σιταριού είναι το πιο συχνά χρησιμοποιούμενο υπόστρωμα και επίσης πολύ αποτελεσματικό. Πράγματι πέντε από τις δέκα πιο παραγωγικές διαδικασίες, για διαφορετικούς μυκητιακούς δευτερογενείς μεταβολίτες χρησιμοποιούν το πίτυρο του σιταριού. Επιπλέον, η χρήση του θεωρείται επιτυχής και σε διεργασίες με ακτινομύκητες και βακτήρια που παράγουν ενδοσπόρια, λαμβάνοντας υπόψη ότι οι τρεις από τις επτά πιο παραγωγικές διεργασίες χρησιμοποιούν το υπόστρωμα αυτό (*Barrios-González J. and Mejía A., 2008*). Τα χειρότερα αποτελέσματα ελήφθησαν χρησιμοποιώντας ως υποστρώματα απόβλητα φρούτων όπως πορτοκάλι και επικάρπιο ανανά (6 φορές χαμηλότερη παραγωγή), τα οποία δεν φαίνεται να είναι μια καλή επιλογή για τη παραγωγή δευτερογενών μεταβολιτών (*Valera, H.R., et al., 2005*).

Αντιβιοτικά (και άλλοι δευτερογενείς μεταβολίτες με φαρμακευτική χρήση) και βιο-χρωστικές

Τα υπολείμματα σίτου (wheat rawa) έχουν χρησιμοποιηθεί πρόσφατα ως στερεό υπόστρωμα για τη παραγωγή ορισμένων δευτερογενών μεταβολιτών των μυκήτων και των ακτινομυκήτων με άριστα αποτελέσματα. Το μόνο παράδειγμα της χρήσης αυτού του υποστρώματος στην παραγωγή μυκητιακών μεταβολιτών είναι στη βιοσύνθεση της κεφαλοσπορίνης C όπου επιτεύχθηκε σε σχετικά σύντομο χρονικό διάστημα μία πολύ υψηλή παραγωγή του αντιβιοτικού αυτού (22.28 mg/g σε 5 ημέρες) (*Adinarayana, K., et al., 2003b*). Πολύ καλή και γρήγορη απόδοση είχε και η χρήση υπολειμμάτων σίτου σε συνδυασμό με απολιπασμένο βαμβακόσπορο (1:1), δίνοντας ωστόσο μία σχετικά μικρότερη παραγωγή κεφαμυκίνης σε σύγκριση με αυτή που εκλήφθηκε μέσω της μεμονωμένης χρήσης υπολειμμάτων σίτου (15 mg/g σε 5 ημέρες) (*Kota, K.P. and Sridhar, P., 1999*). Συγκρίνοντας

τη παραγωγή της κεφαλοσπορίνης C μεταξύ διαφόρων υποστρωμάτων, τα υπολείμματα σιταριού ήταν τα καλύτερα, ακολουθούμενα από το πίτυρο του σιταριού και τελευταίο το πίτυρο του ρυζιού με το οποίο παράχθηκαν χαμηλότερες αποδόσεις (*Barrios-González J. and Mejía A., 2008*). Ένα καλό παράδειγμα της χρήσης των υπολειμμάτων σίτου σε διεργασίες με ακτινομύκητες είναι η παραγωγή νεομυκίνης (*Adinarayana, K., et al., 2003b*). Εκτός από τα προαναφερθέντα, ο αριθμός των στερεών υποστρωμάτων που έχουν δώσει υψηλές αποδόσεις δευτερογενών μεταβολιτών είναι μικρός και ένα από αυτά είναι το πίτυρο του ρυζιού στη παραγωγή της αντιμυκητιακής γρισεοφουλβίνης (9.732 mg/g, σε 9 ημέρες) (*Saykhedkar, S.S. and Singhal, R.S., 2004*).

Η χρήση ρυζιού ως στερεό υπόστρωμα δίνει καλά αποτελέσματα μόνο όταν χρησιμοποιείται ο μύκητας *Monascus spp.* Το ρύζι είναι ένα τυπικό υπόστρωμα για αυτό το μύκητα, δεδομένου ότι χρησιμοποιήθηκε από την αρχαιότητα στη παραδοσιακή ζύμωση για τη παραγωγή του κόκκινου ρυζιού (πρόσθετο τροφίμων που χρησιμοποιείται στη Κίνα) (*Barrios-González J. and Mejía A., 2008*). Μύκητες του γένους *Monascus* παράγουν μια σειρά δευτερογενών μεταβολιτών, συμπεριλαμβανομένων διάφορων χρωστικών αζαφιλόνης με παρόμοια δομή με τα πολυκετίδια. Αυτές οι χρωστικές ουσίες που παράγονται ως ένα μίγμα ερυθρών, πορτοκαλί και κίτρινων ενώσεων, χρησιμοποιούνται συνήθως χωρίς περαιτέρω διαχωρισμό, αν και κύριο εμπορικό ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι κόκκινες χρωστικές (*Carvalho, C.J., et al., 2008*). Η χρήση του ρυζιού ως στερεό υπόστρωμα από ένα στέλεχος αυτού του μύκητα, είχε σαν αποτέλεσμα ένα υψηλό επίπεδο παραγωγής λοβαστατίνης (monacolin K) αν και σε σχετικά μεγάλο χρονικό διάστημα (12 mg / g, σε 35 ημέρες) (*Xu, G., et al., 2004*). Το ρύζι χρησιμοποιήθηκε επίσης ως στερεό υπόστρωμα σε μια διαδικασία για τη παραγωγή λοβαστατίνης μαζί με γ-αμινοβουτυρικό οξύ (ένα υποτασικό φάρμακο) που αποσκοπούσε στη παραγωγή ενός πολυλειτουργικού διατροφικού συμπληρώματος (*Su, Y.C., et al., 2003*) και σε διεργασίες παραγωγής βιοχρωστικών (*Carvalho, J.C., et al., 2006*). Σε

άλλες μελέτες, όπου συγκρίθηκαν διαφορετικά στερεά υποστρώματα ως προς το δυναμικό τους στη παραγωγή λοβαστατίνης, καλύτερο αποδείχθηκε το πίτυρο του σιταριού, ακολουθούμενο από το κριθάρι, ενώ πολύ μικρότερη παραγωγή παρατηρήθηκε με τη χρήση πίτυρου ή βαγάσσης ροβίτσας (Barrios-González J. and Mejía A., 2008).

Γιβερελίνες

Οι γιβερελίνες (GAs) είναι μια ομάδα διτερπενοειδών οξέων που λειτουργούν ως ρυθμιστές της φυτικής ανάπτυξης επηρεάζοντας ένα μεγάλο εύρος των αναπτυξιακών διαδικασιών στα ανώτερα φυτά. Μία εξ αυτών, το γιβερελικό οξύ (GA3), είναι ένας υψηλής αξίας ρυθμιστής της φυτικής ανάπτυξης με διάφορες εφαρμογές στη γεωργία (π.χ. στη διαχείριση των καλλιεργειών φρούτων, στη παραγωγή καλλωπιστικών φυτών, στη ζυθοποιία του κριθαριού, στην ανάπτυξη του σακχαροκάλαμου κ.λ.π.) και ως εκ τούτου έχει λάβει τη μεγαλύτερη προσοχή. Διαπιστώθηκε ότι επηρεάζει την επιμήκυνση των στελεχών, τη βλάστηση, τη καταστολή του λήθαργου, την ανθοφορία, την έκφραση φύλου, την επαγωγή ενζύμων και τη γήρανση των φύλλων και των καρπών (Machado, C.M.M. and Soccol, C.R., 2008).

Το γιβερελικό οξύ είναι ένας μυκητιακός δευτερογενής μεταβολίτης που παράγεται στη στατική φάση, στην οποία ο οργανισμός εισέρχεται μετά την αναστολή της εκθετικής φάσης που προκαλείται σε συνθήκες περιορισμένης παρουσίας πηγών αζώτου (Gelmi, C., et al., 2000). Η μέθοδος βιομηχανικής ζύμωσης που εφαρμόζεται για τη παραγωγή του γιβερελικού οξέος χρησιμοποιεί κατά προτίμηση τον μύκητα *Gibberella fujikuroi* ή το ατελές στάδιο αυτού *Fujikuroi moniliforme* (Borrow, A., et al., 1955). Η εφαρμογή SSF διαδικασιών στην περίπτωση των γιβερελινών όχι μόνο ελαχιστοποιεί το κόστος παραγωγής και εκχύλισης, αλλά αυξάνει επίσης και την απόδοση των προϊόντων αυτών (Bhargava, S., et al., 2008). Χρησιμοποιώντας πίτυρο σιταριού ως υπόστρωμα της *Gibberella fujikuroi* P3 η συσσώρευση

του γιβερελικού οξέος σχεδόν διπλασιάστηκε στην SSF (1,6 φορές υψηλότερη σε σύγκριση με την SmF) (Kumar, P.K.R. and Lonsane, B.K., 1987). Οι κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν την παραγωγή γιβερελικού οξέος σε αυτές τις διαδικασίες είναι η διάμετρος των σωματιδίων του στερεού υποστρώματος, η συγκέντρωσή του και ο όγκος της υγρής φάσης (Pastrana, L.M., et al., 1995).

Αρωματικές ενώσεις

Μια αρωματική ένωση, επίσης γνωστή ως άρωμα ή γεύση, είναι μια χημική ένωση η οποία χαρακτηρίζεται από μια οσμή. Αυτές οι ενώσεις είναι μόρια με χαμηλή μοριακή μάζα ($M < 400$ Dalton) των οποίων η τάση ατμών είναι αρκετά υψηλή ώστε σε θερμοκρασία και πίεση περιβάλλοντος να προκαλείται η μερική εξάτμισή τους, παράγοντας ένα οσφρητικό ερέθισμα (Richard, H. and Multon J.L., 1992).

Ενώ οι αρωματικές ενώσεις μπορεί να βρεθούν σε τρόφιμα, στο κρασί, στα μπαχαρικά, στα αρώματα και στα αιθέρια έλαια, μόλις το ένα τέταρτο αυτών χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία τροφίμων. Αυτές οι ενώσεις παίζουν σημαντικό ρόλο στη παραγωγή ενισχυτικών γεύσης, τα οποία χρησιμοποιούνται για τη βελτίωση της ποιότητας των τροφίμων προκειμένου τα τελευταία να αποκτήσουν προστιθέμενη αξία. Οι περισσότερες από τις ενώσεις αυτές παράγονται επί του παρόντος μέσω χημικής σύνθεσης ή μέσω εκχύλισης από φυσικά υλικά. Ωστόσο, δεδομένου της όλο και επικρατέστερης τάσης για κατανάλωση τροφίμων απαλλαγμένων από χημικές ουσίες, τα μικροβιακά συστήματα βιοσύνθεσης ή βιομετατροπής αποτελούν ένα πολλά υποσχόμενο υποκατάστατο για τη παραγωγή αρωματικών ενώσεων (Mussatto, S.I., et al., 2012). Πράγματι, η παραγωγή αρωμάτων από μικροοργανισμούς έχει μεγάλα πλεονεκτήματα έναντι των παραδοσιακών μεθόδων, όπως η μείωση του κόστους παραγωγής, η ευκολία των μετα-ζυμωτικών διαδικασιών και η χρήση αγρο-βιομηχανικών

υποστρωμάτων των οποίων το κόστος είναι χαμηλότερο (Longo, M.A. and Sanromán, M.A., 2006).

Οι μικροοργανισμοί παίζουν σημαντικό ρόλο στη δημιουργία φυσικών αρωματικών ενώσεων, όπως τα φρουτώδη αρώματα. Παρά το γεγονός ότι αρωματικές ενώσεις παράγουν τόσο τα βακτήρια, όσο και οι ζύμες και οι μύκητες, μόνο μερικά είδη ζυμομυκήτων και μυκήτων προτιμώνται για το σκοπό αυτό λόγω της GRSA κατάστασής τους (Generally Regarded As Safe). Η ζύμωση στερεάς κατάστασης έχει χρησιμοποιηθεί για τη παραγωγή αρωμάτων καλλιεργώντας *Neurospora spp*, *Zygosaccharomyces rouxii*, *Aspergillus spp*. και *Trichoderma viride* πάνω σε υποστρώματα όπως το προ-ζελατινοποιημένο ρύζι, το 'miso', κυτταρινικές ίνες και άγαρ (Bhargav, S., et al., 2008). Μια φθηνή εναλλακτική λύση των αγρο-βιομηχανικών υπολειμμάτων για τη παραγωγή αρωμάτων είναι οι κόκκοι δημητριακών. Σε αυτούς μπορούν να καλλιεργηθούν διάφορα είδη *Aspergillus spp*, *Penicillium spp*, *Rhizopus spp*. κ.λ.π., για την παραγωγή διαφόρων αρωματικών ενώσεων όπως εστέρες, αλδεΐδες, αλκοόλες κ.λ.π. (Bhargav, S., et al., 2008).

Οι μύκητες από το γένος *Ceratocystis* είναι σε θέση να παράγουν ανάλογα με το στέλεχος και τις συνθήκες καλλιέργειας, ένα μεγάλο φάσμα αρωμάτων φρούτων ή λουλουδιών όπως τα αρώματα του ροδάκινου, του ανανά, της μπανάνας των εσπεριδοειδών και του τριαντάφυλλου. Ανάμεσα σε αυτά τα είδη μυκήτων το στέλεχος *Ceratocystis fimbriata* παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον στη παραγωγή αρωματικών συστατικών διότι επιδεικνύει ένα τεράστιο δυναμικό για τη σύνθεση εστέρων λόγω της ταχύτατης ανάπτυξής του, έχει μεγάλη ικανότητα σπορίωσης και παράγει μια μεγάλη ποικιλία αρωμάτων. Η παραγωγή φρουτοειδών αρωμάτων σε στερεές καλλιέργειες από την *C. fimbriata* έχουν αναφερθεί χρησιμοποιώντας διαφορετικά αγρο-βιομηχανικά απόβλητα όπως, η βγάσση της μανιόκας σε συνδυασμό με σόγια ή πούλπα μήλου και μεμονωμένα πούλπα μήλου, αμάρανθος, σόγια και φλοιός κόκκων καφέ. Έχει επίσης αποδειχθεί ότι η προσθήκη της γλυκόζης στο στερεό μέσο (πίτυρο σιταριού,

βαγάση μανιόκας και βαγάση σακχαροκάλαμου) έχει σαν αποτέλεσμα τη παραγωγή ενός φρουτώδους αρώματος από το συγκεκριμένο μύκητα, ενώ η προσθήκη λευκίνης ή βαλίνης προκαλεί ένα έντονο άρωμα μπανάνας (*Christen, P., Meza, J., and Revah, S., 1997*). Ωστόσο και στις δύο περιπτώσεις υπάρχει μια αύξηση της παραγωγής αρώματος, ενώ το αντίθετο παρατηρείται με προσθήκη αλατούχου διαλύματος (*Soares, M., et al., 2000a*).

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΩΝ

Τα Βιο-καύσιμα μπορούν γενικά να ταξινομηθούν σε δύο κύριες κατηγορίες, τα αέρια και τα υγρά βιοκαύσιμα, όπως το βιομεθάνιο, το βιοϋδρογόνο, η βιοαιθανόλη και το βιοντίζελ. Η οικονομική σκοπιμότητα της παραγωγής των βιοκαυσίμων καθορίζεται κατά βάση από το κόστος και τη διαθεσιμότητα των πρώτων υλών. Λαμβάνοντας υπόψη αυτούς τους περιορισμούς τα αγρο-βιομηχανικά υπολείμματα μπορεί να προσφέρουν φθηνότερες επιλογές για τη παραγωγή των προϊόντων αυτών (*Chattopadhyay, S., Mukerji A. and Sen R., 2009*).

Παραγωγή Βιοαιθανόλης

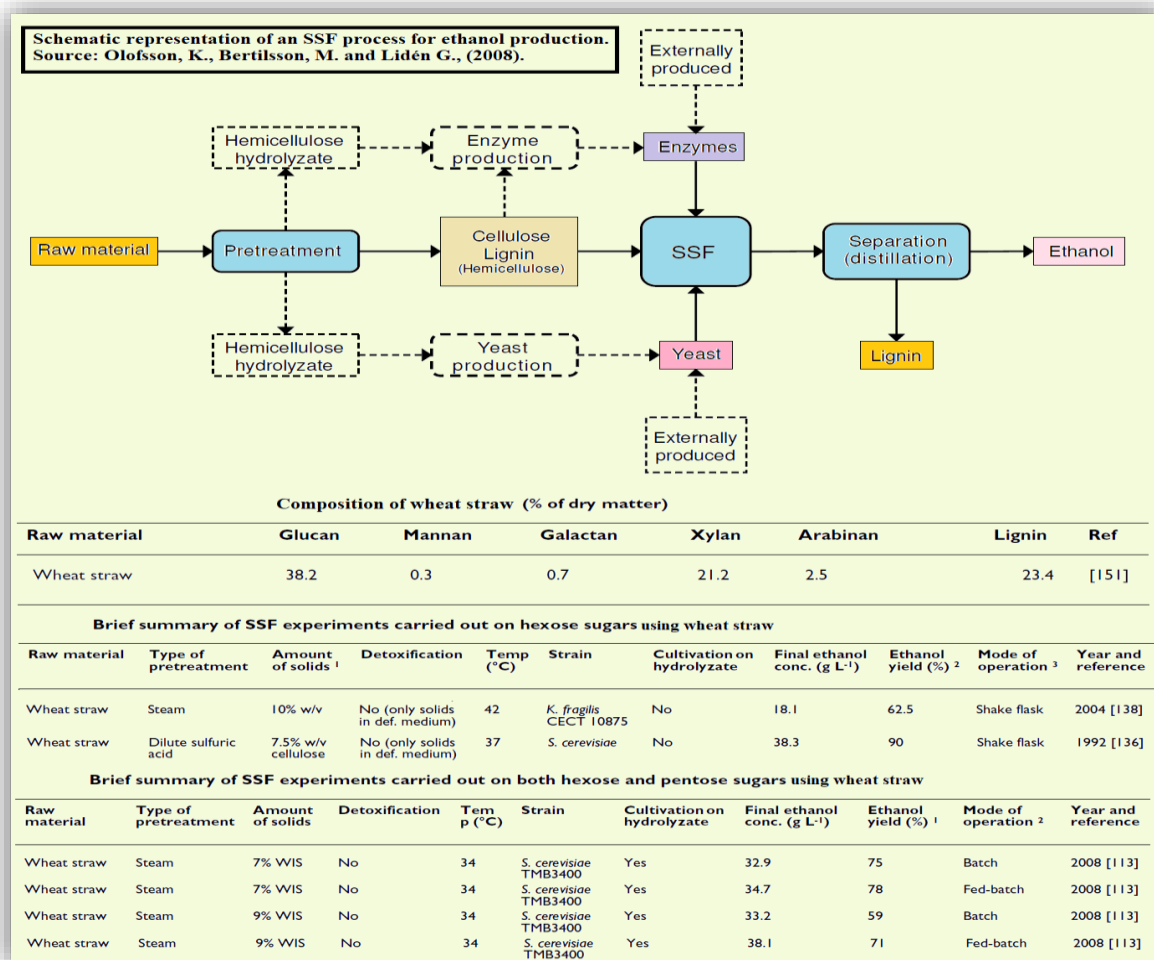
Η αιθανόλη είναι το πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο βιοκαύσιμο σήμερα. Αν και η παραγωγή της μέσω της ζύμωσης υγρής κατάστασης SmF είναι ευκολότερη, προτιμάται η SSF λόγω, της χαμηλότερης απαίτησής της σε νερό, των μικρότερων όγκων του πολτού ζύμωσης, τη πρόληψη της αναστολής που προκαλείται από το τελικό προϊόν και τη διαχείριση μικρότερης ποσότητας νερού προς απόρριψη, πράγμα που προκαλεί μείωση των προβλημάτων ρύπανσης (*Bhargav, S., et al., 2008*). Σε ορισμένες περιπτώσεις, παρατηρήθηκε επίσης ότι η SSF έδωσε υψηλότερες αποδόσεις σε σύγκριση με την SmF (*Rodríguez, L.A., et al., 2010*).

Για τη παραγωγή αιθανόλης λαμβάνουν επίσης σημαντική προσοχή και οι κυτταρινούχες ύλες λόγω της άφθονης διαθεσιμότητάς τους (*Chandrakant, P. and Bisaria, V.S., 1998*). Διάφορα υποστρώματα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για το σκοπό αυτό χρησιμοποιώντας το μύκητα *Saccharomyces cerevisiae*, είναι το σιτάλευρο, το άμυλο του ρυζιού, το γλυκό σόργο, η γλυκοπατάτα, διάλυμα αμύλου και άμυλο πατάτας (*Bhargav, S., et al., 2008*). Ωστόσο, η μέγιστη παραγωγή αιθανόλης επιτυγχάνεται με τη χρήση μικτών υποστρωμάτων (*Banat, I.M., et al., 1998; Sree, N.K., et al., 1999*). Για τη παραγωγή αιθανόλης μέσω της SSF, μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν και πολλά είδη μικροοργανισμών όπως, διάφορες ζύμες π.χ. *Saccharomyces cerevisiae, Klöckera apiculata, Candida stellata, Candida*

pulcherrina και *Hansenula anomala*, αλλά και βακτήρια π.χ. *Zygomonas mobilis* και μύκητες π.χ. *Fusarium oxysporum*, που επίσης έχουν την ικανότητα να παράγουν αιθανόλη (Bhargav, S., et al., 2008).

Η παραγωγή βιοαιθανόλης με τη χρήση λιγνινοκυτταρινικής βιομάζας (δεύτερης γενιάς βιοαιθανόλη), από γεωργικά υποπροϊόντα, δασοκομικά υπολείμματα ή ενεργειακές καλλιέργειες, παρουσιάζει πολλές δυνατότητες σε σύγκριση με τη βιοαιθανόλη προερχόμενη από τα σάκχαρα ή το άμυλο (πρώτης γενιάς βιοαιθανόλη), τόσο από ενεργειακής όσο και από περιβαλλοντικής άποψης (Olofsson, K., Bertilsson, M. and Lidén G., 2008). Ένα σημαντικό περιβαλλοντικό πλεονέκτημα είναι ότι η μείωση της εκπομπής αερίων θερμοκηπίου είναι μεγαλύτερη με τη λιγνινοκυτταρινική αιθανόλη από ότι με την αιθανόλη που προέρχεται από το άμυλο, λόγω της χαμηλότερης συνολικής απαίτησης σε έλαια της διαδικασίας (Farrell, A.E., et al., 2006). Επιπλέον, η λιγνίνη, που είναι το κύριο υποπροϊόν της εν λόγω διεργασίας, μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί είτε απευθείας ως στερεό βιοκαύσιμο, είτε ως πηγή προϊόντων βιοδιύλισης με υψηλότερη προστιθέμενη αξία (Olofsson, K., Bertilsson, M. and Lidén G., 2008). Αυτή τη στιγμή στις ΗΠΑ, η SSF θεωρείται σημαντική διεργασία της διαδικασίας ξηρής άλεσης στα πλαίσια της βιομηχανίας παραγωγής αιθανόλης από το καλαμπόκι (Bothast, R.J. and Schlicher, M.A., 2005).

Οι περισσότερες διεργασίες για τη παραγωγή βιοαιθανόλης από λιγνινοκυτταρινικές ύλες ξεκινούν με τη θερμο-χημική υδρόλυση του κλάσματος της ημικυτταρίνης (προεπεξεργασία), ακολουθούμενη από μία ενζυματική υδρόλυση του κυτταρινικού κλάσματος και ζύμωση των προκύπτοντων σακχάρων από ζυμομύκητες. Ιδιαίτερη πρόοδος έχει σημειωθεί όσον αφορά τη μείωση του κόστους των ενζύμων, τη βελτιστοποίηση της μεθόδου προεπεξεργασίας και την ανάπτυξη νέων στελεχών ζύμης, κυρίως *Saccharomyces cerevisiae* ικανών να ζυμώσουν πεντόζες (Olofsson, K., Bertilsson, M. and Lidén G., 2008).



Εικόνα 92. Παραγωγή Βιοαιθανόλης μέσω SSF. Πηγή: Olofsson, K., Bertilsson, M. and Lidén G., (2008).

Μια από τις επιλογές για τη βελτιστοποίηση της διαδικασίας προτείνει τη πραγματοποίηση της ζύμωσης ταυτόχρονα με την ενζυματική υδρόλυση, αντί μετά από αυτή. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται SSF - με Ταυτόχρονη Σακχαροποίηση και ζύμωση (*Gauss, W.F., Suzuki, S. and Takagi, M., 1976*). Τα κύρια οφέλη, είναι η μείωση της αναστολής της ενζυματικής υδρόλυσης από το τελικό προϊόν και οι μειωμένες επενδυτικές δαπάνες. Τα κύρια μειονεκτήματα, από την άλλη πλευρά, είναι η ανάγκη να αναζητηθούν συνθήκες (π.χ. θερμοκρασία και pH), που να είναι ευνοϊκές τόσο για την ενζυματική υδρόλυση, όσο και για την ζύμωση και η δυσκολία στο να ανακυκλωθούν ο ζυμωτικός μικροοργανισμός και τα ένζυμα. Για να ικανοποιηθεί η πρώτη απαίτηση, η θερμοκρασία διατηρείται συνήθως κάτω από τους 37 °C, ενώ για τη δυσκολία ανακύκλωσης του ζυμομύκητα είναι επωφελής η λειτουργία με

χαμηλές συγκεντρώσεις ζύμης σε υψηλό φορτίο στερεού υποστρώματος, για τα οποία έχει σημειωθεί σημαντική πρόοδος (*Olofsson, K., Bertilsson, M. and Lidén G., 2008*).

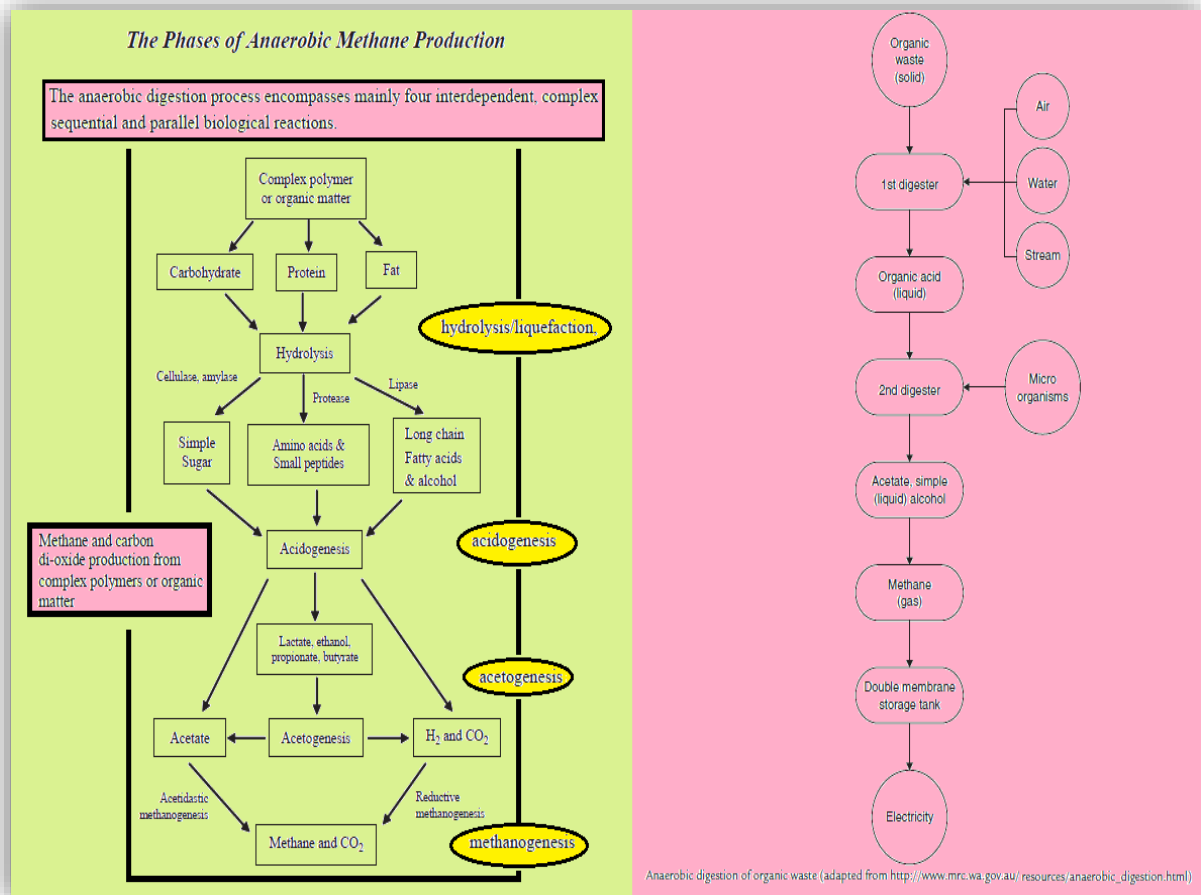
Σημαντική πρόοδος έχει επίσης σημειωθεί όσον αφορά τη συ-ζύμωση εξόζων και πεντόζων στις SSF. Επί του παρόντος, οι SSF διαδικασίες παραγωγής βιοαιθανόλης όπως π.χ. αυτή που χρησιμοποιεί υδρόλυμα άχυρων σίτου μπορεί να δώσει τελικές συγκεντρώσεις αιθανόλης κοντά στα 40 g/L, με μία απόδοση βασισμένη στη συνολική ποσότητα των εξόζων και πεντόζων, υψηλότερη του 70% (*Olofsson, K., Bertilsson, M. and Lidén G., 2008*).

Παραγωγή Βιοαερίου μέσω Αναερόβιας χώνευσης

Η τεχνολογία αναερόβιας χώνευσης των οργανικών αποβλήτων με σκοπό τη παραγωγή ενέργειας με τη μορφή βιοαερίου, μπορεί να αποδειχθεί ανταγωνιστική των αερόβιων συστημάτων, ιδιαίτερα όσον αφορά την επεξεργασία βιομηχανικών αποβλήτων και οργανικών στερεών αποβλήτων με υψηλό οργανικό φορτίο (*Cavaleiro, A.J., Alves, M.M. and Mota, M., 2001*). Αποτελεί επίσης τη πιο εφικτή στρατηγική για τη παραγωγή βιοαερίου από αγρο-βιομηχανικά απόβλητα και για το λόγο αυτό και τη πιο πιθανή επιλογή εμπορικού ενδιαφέροντος (*Chattopadhyay, S., Mukerji A. and Sen R., 2009*).

Κατά τη διαδικασία αυτή, η βιομάζα των απορριμμάτων μετατρέπεται, από βακτήρια, απουσία μοριακού οξυγόνου, σε βιοαέριο και κόμποστ. Το παραγόμενο βιοαέριο είναι κυρίως ένα μίγμα διοξειδίου του άνθρακα (CO₂, 30-45%) και μεθανίου (CH₄, 55-70%), ενώ περιέχει και μικρότερες ποσότητες υδρόθειου (HF, 50-2000 ppm), υδρατμούς (κορεσμένους), οξυγόνο και διάφορα υδατανθρακικά ιχνοστοιχεία (*Amigun, B., Sigamoney, R. and von Blottnitz, H., 2008; Kashyap, D.R., Dadhich, K.S. and Sharma. S.K., 2003; Siso, M.I.G., 1996*) και εν μέρει χρησιμοποιείται για τη θέρμανση των αντιδραστήρων της χώνευσης. Το υπόλοιπο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη παραγωγή ηλεκτρισμού ή/και θερμότητας (π.χ. με ένα αεριο-κινητήρα) ή, μετά από επεξεργασία, να διοχετευθεί στο δίκτυο του φυσικού αερίου. Με αυτό το τρόπο, μέσω μιας λιγότερο δαπανηρής λύσης από ενεργειακή άποψη, όπως η αναερόβια χώνευση

(διότι το παραγόμενο βιοαέριο πλούσιο σε μεθάνιο, θα μπορούσε να καλύψει τελικά ένα μεγάλο μέρος των ενεργειακών αναγκών της διαδικασίας), μειώνεται το COD (Chemical Oxygen Demand) του εισρέοντος υλικού (Moletta, R., Verrier, D. and Albagnac, G., 1986; Wheatley, A., 1990). Επιπλέον, τα υπολείμματα του χωνευτήρα μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη γεωργία ως δευτερεύον λίπασμα (Arvanitoyannis, I.S. and Varzakas, T.H., 2008).



Γράφημα 13. Αναερόβια χώνευση οργανικών αποβλήτων και φάσεις της. Πηγές: Chattopadhyay, S., Mukerji A. and Sen R., (2009); www.mrc.wa.gov.au/resources/anaerobic_digestion.html (προσαρμοσμένο).

Οι αναερόβιες διεργασίες είτε απαντώνται στη φύση ή σε ένα ελεγχόμενο περιβάλλον, όπως ένα εργοστάσιο παραγωγής βιοαερίου (www.ciwmb.ca.gov/Organics/Conversion/Anaerobic/). Η διαδικασία της αναερόβιας χώνευσης είναι μια βιολογική διεργασία πολλαπλών βημάτων, κατά την οποία η οργανική ύλη αποικοδομείται, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, σε

ένα μίγμα αερίων μεθανίου και διοξειδίου του άνθρακα. Συγκεκριμένα, είναι δυνατόν να διακρίνουμε τρία ξεχωριστά στάδια (Arvanitoyannis, I.S., Kassaveti, A. and Ladas, D., 2008):

- II. Το πρώτο στάδιο είναι η αποσύνθεση (υδρόλυση) της φυτικής ή ζωικής ύλης. Σε αυτό, τα οργανικά απόβλητα τοποθετούνται σε ένα χωνευτήρα και αναμειγνύονται με τον αέρα εισροής, νερού και ατμού, έτσι ώστε να γίνει η διάσπαση του οργανικού υλικού σε χρησιμοποιήσιμους μεγέθους μόρια όπως είναι τα σάκχαρα (www.energy.ca.gov/development/biomass/anaerobic.html; www.mrc.wa.gov.au/resources/anaerobic_digestion.html).
- III. Το δεύτερο στάδιο είναι η μετατροπή της αποδομημένης ύλης σε οργανικά οξέα (www.energy.ca.gov/development/biomass/anaerobic.html). Τα οργανικά απόβλητα μετατρέπονται έτσι σε ένα υγρό που ρέει σε ένα δεύτερο χωνευτήρα όπου φυσιολογικά απαντώμενα μικρόβια αποσυνθέτουν τα λιπαρά οξέα για να παραχθεί οξικό οξύ και άλλες απλές αλκοόλες (www.mrc.wa.gov.au/resources/anaerobic_digestion.html).
- IV. Στο τρίτο στάδιο, τα οξέα μετατρέπονται τελικά σε αέριο μεθάνιο (www.energy.ca.gov/development/biomass/anaerobic.html). Το τελευταίο ρέει προς μια δεξαμενή αποθήκευσης διπλής μεμβράνης όπου αποθηκεύεται προσωρινά. Από αυτό το χώρο αποθήκευσης, το βιοαέριο μεταφέρεται στους αεριο-κινητήρες, όπου και μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια. Ορισμένα στερεά οργανικά απόβλητα περνούν μέσα από τη διαδικασία της χώνευσης χωρίς να διασπαστούν σε υγρό. Αυτά, κοσκινίζονται για την απομάκρυνση άμμου, γυαλιών και πλαστικών και στη συνέχεια, κομποστοποιούνται για να παραχθεί ένα βελτιωτικό εδάφους (www.mrc.wa.gov.au/resources/anaerobic_digestion.html).

Με βάση τη θερμοκρασία λειτουργίας κατά τη διάρκεια της αναερόβιας χώνευσης τα ακόλουθα είδη αναερόβιας επεξεργασίας μπορούν να διακριθούν (Arvanitoyannis, I.S., Kassaveti, A. and Ladas, D., 2008):

- A. Μεσόφιλη χώνευση, η οποία είναι η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη διαδικασία για την αναερόβια χώνευση και ιδιαίτερα στην επεξεργασία της λυματολάσπης (www.esru.strath).

[ac.uk/EandE/Web_sites/03-04/biomass/background%20info8.html](http://www.esru.strath.ac.uk/EandE/Web_sites/03-04/biomass/background%20info8.html)). Ο χωνευτήρας θερμαίνεται στους 30-35°C και η πρώτη ύλη παραμένει σε αυτόν συνήθως για 15-30 ημέρες. Η μεσόφιλη χώνευση τείνει να είναι πιο ανεκτική από τις άλλες «θερμοφιλικές» διεργασίες, αλλά η παραγωγή αερίου είναι μικρότερη, απαιτούνται μεγαλύτερες δεξαμενές χώνευσης και η αποστείρωση, όποτε χρειάζεται, θα πρέπει να λάβει χώρα σε ένα ξεχωριστό στάδιο επεξεργασίας (www.mea.org.uk/biogas/systems.htm).

- B. Η Θερμόφιλη χώνευση είναι λιγότερο συχνή και όχι τόσο «ώριμη» ως τεχνολογία όσο η μεσόφιλη χώνευση (www.esru.strath.ac.uk/EandE/Websites/03-04/biomass/background%20info8.html). Ο χωνευτήρας θερμαίνεται στους 55°C και ο χρόνος παραμονής είναι τυπικά 12-14 ημέρες.

Τα Θερμοφιλικά συστήματα έχουν ταχύτερη απόδοση και οδηγούν σε μεγαλύτερη παραγωγή μεθανίου και καλύτερη εξόντωση των παθογόνων και των ιών. Επίσης χαρακτηρίζονται από υψηλή σταθερότητα, καθώς και ικανότητα καθαρισμού των τροφοδοσιών με υψηλό οργανικό φορτίο, παρέχοντας μια αποτελεσματική λύση για την επεξεργασία των αποβλήτων οινοποιίας καθώς, υπό τα εφαρμοζόμενα φορτία μπορεί να απομακρύνουν περισσότερο από το 82,5% του COD (Arvanitoyannis, I.S., Kassaveti, A. and Ladas, D., 2008). Έχουν χαμηλές απαιτήσεις σε θρεπτικά συστατικά και παραγωγή καλύτερης ποιότητας βιοαερίου με υψηλότερο ποσοστό μεθανίου και θερμαντική αξία σε σύγκριση με το παραγόμενο αέριο της μεσοφιλικής διαδικασίας. Από την άλλη όμως, απαιτούν πιο ακριβή τεχνολογία, μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας και υψηλότερο επίπεδο λειτουργίας και παρακολούθησης, ενώ το υπερκείμενο της διαδικασίας περιέχει μεγαλύτερες ποσότητες διαλυμένων στερεών και οσμών (www.mea.org.uk/biogas/systems.htm; Pearson, H., Weinberg, C. and Whitsell, W., 1953; Lanting, J., et al, 1989; Wohlt, J., et al, 1990; Gallert, C. and Winter, J., 1997).

Η ποσότητα του βιοαερίου που παράγεται από την αναερόβια χώνευση των οργανικών αποβλήτων ως συνάρτηση της ποσότητας της εισακτέας πρώτης ύλης, μεταβάλλεται επηρεαζόμενη από διάφορους παράγοντες, όπως η ποιότητα της οργανικής ύλης και οι περιβαλλοντικές παράμετροι (Arvanitoyannis, I.S. and Varzakas, T.H., 2008). Η ένταση της μικροβιακής δραστηριότητας από την οποία εξαρτάται η παραγωγή μεθανίου, είναι μια συνάρτηση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος (Kettunen, R.H. and Rintala, J.A., 1997) και η επιλογή ενός εύρους θερμοκρασίας για την αναερόβια χώνευση εξαρτάται αυστηρά από τις βιοκλιματικές συνθήκες (Arvanitoyannis, I.S. and Varzakas, T.H., 2008).

Η αναερόβια χώνευση παρουσιάζει πολλά οφέλη όσον αφορά το περιβάλλον, συμπεριλαμβανομένης της δημιουργίας ενός φορέα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, της δυνατότητας ανακύκλωσης των θρεπτικών συστατικών και της μείωσης του όγκου των αποβλήτων. Αποδείχτηκε επίσης, ότι η χρήση της αναερόβιας χώνευσης για την επεξεργασία του οργανικού κλάσματος των αστικών στερεών αποβλήτων, μπορεί να μειώσει την εκπομπή του διοξειδίου του άνθρακα (Mata-Alvarez, J., Macé, S. and Llabrés, P., 2000).

Τα κύρια μειονεκτήματα της διαδικασίας, τα οποία μπορεί να εξηγήσουν το γεγονός ότι οι αναερόβιες μονάδες επεξεργασίας είναι ακόμη πολύ σπάνιες σε βιομηχανική κλίμακα (Fripiat, J., et al, 1984), περιλαμβάνουν (Arvanitoyannis, I.S., Kassaveti, A. and Ladas, D., 2008):

1. την έλλειψη συστημάτων ελέγχου που μπορούν να εγγυηθούν την ικανοποιητική και ασφαλή λειτουργία της διαδικασίας (Mendez-Acosta, H.O., Femat, R. and Campos-Delgado, D., 2004),
2. την έντονη εξάρτηση της απόδοσης μιας αναερόβιας διεργασίας χώνευσης (απόδοση του χωνευτήρα) από το τύπο και τη σύνθεση του υλικού που πρόκειται να υποστεί χώνευση, και από το σχεδιασμό του αντιδραστήρα (Arvanitoyannis, I.S. and Varzakas, T.H., 2008).
Πράγματι, μεταβολές στις μεταβλητές εισαγωγής στο σύστημα, όπως ο ρυθμός ροής του

εισρέοντος και η σύνθεσή του, μπορεί να οδηγήσουν στη συσσώρευση ενδιάμεσων συστατικών της αποικοδομητικής διαδικασίας, η οποία ακολουθείται από μία μείωση στην αποτελεσματικότητα της τελευταίας και στην έκπλυση της βιομάζας (*Tartakovsky, B., et al., 2002*),

3. και την υψηλή πολυπλοκότητα προερχόμενη από το γεγονός ότι όλες οι βιολογικές διεργασίες εν γένει, όπως η αναερόβια χώνευση, εξαρτώνται από τις δραστηριότητες των ζωντανών οργανισμών και στις περισσότερες περιπτώσεις πολύ λίγα είναι γνωστά σχετικά με τα φαινόμενα που συμβαίνουν σε μία βιοδιεργασία (*Genovesi, A., Harmand, J. and Steyer, J., 1999*). Λόγω αυτής της αβεβαιότητας, είναι απαραίτητος ο ενδεδειγμένος έλεγχος της λειτουργίας ενός αναερόβιου αντιδραστήρα έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η σταθερότητα της διαδικασίας (*Arvanitoyannis, I.S., Kassaveti, A. and Ladas, D., 2008*).

Η κυριότερη εφαρμογή της είναι, η σταθεροποίηση της συμυκνωμένης λυματολάσπης που παράγεται από την επεξεργασία των λυμάτων και ορισμένων βιομηχανικών αποβλήτων (*Arvanitoyannis, I.S., Kassaveti, A. and Ladas, D., 2008*). Ωστόσο, αναερόβια επεξεργασία μπορούν επίσης να υποστούν και αραιωμένα οργανικά απόβλητα (*Metcalf and Eddy Inc., 1991*), ενώ στις μέρες μας μέσω αυτής της διαδικασίας επεξεργάζονται αποτελεσματικά, τα περισσότερα από τα οργανικά λύματα και απόβλητα που προέρχονται από βιομηχανικές, αστικές ή γεωργικές δραστηριότητες (*Naveau, H., et al., 1979*). Έχει επιπλέον αποδειχθεί πειραματικά, ότι η αναερόβια διαδικασία της χώνευσης είναι ιδιαίτερα καλά προσαρμοσμένη για την επεξεργασία λυμάτων με υψηλή συγκέντρωση άνθρακα, π.χ. λύματα που προέρχονται από αποστακτήρια κρασιού, λόγω των ευνοϊκών χαρακτηριστικών των τελευταίων, όπως η περιεκτικότητά τους σε οργανικές ουσίες, η σχετικά υψηλή θερμοκρασία και η καλή βιοαποικοδομησιμότητα (*Sixt, H. and Sahm, H., 1987; Mata-Alvarez, J., Macé, S. and Llabrés, P., 2000*). Εξαιτίας της τελευταίας ιδιομορφίας των λυμάτων αυτών, η χώνευσή τους δεν απαιτεί καμία υδρολυτική προεπεξεργασία όπως εκείνη που προτείνεται για απόβλητα που

αποτελούνται από ημικυτταρινικά ή λιγνινοκυτταρινικά συστατικά (*Converti, A., et al., 1997; Berardino, S., et al, 1997*).

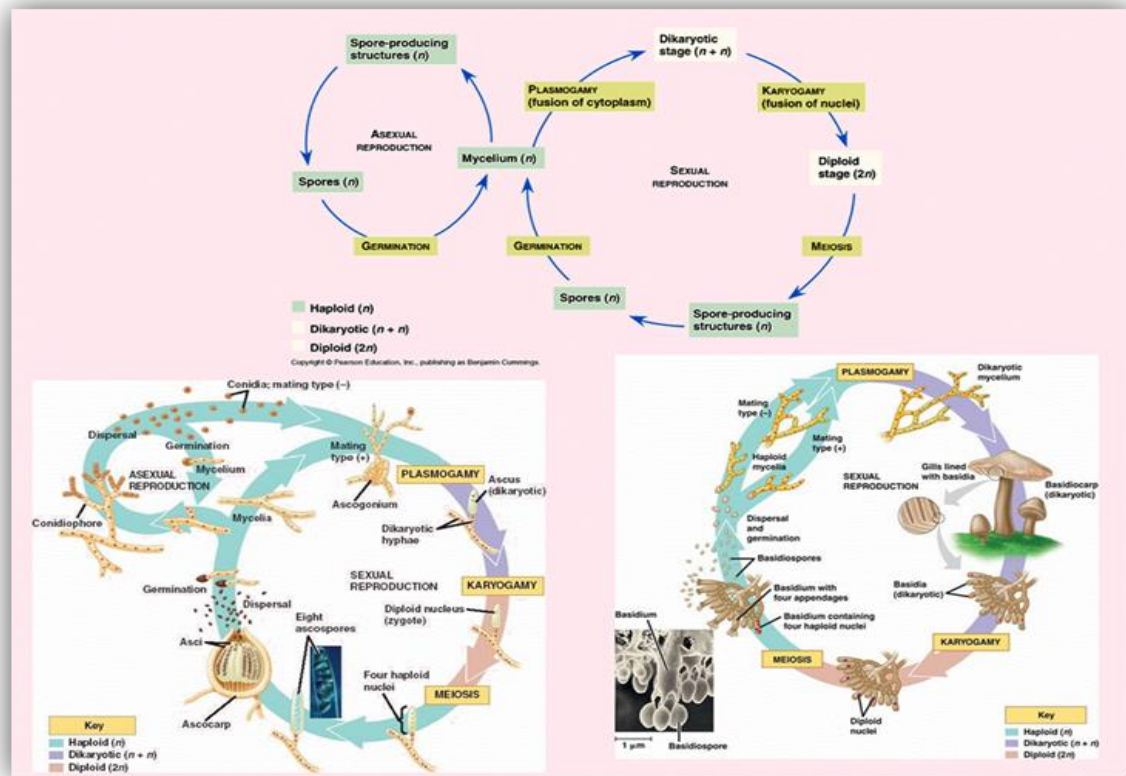
Πολλά είδη οργανικών αποβλήτων έχουν υποστεί επιτυχή αναερόβια χώνευση, όπως η λυματολάσπη, βιομηχανικά απόβλητα, απόβλητα σφαγείων, απορρίμματα φρούτων και λαχανικών, κοπριά και γεωργική βιομάζα. Τα απόβλητα αυτά έχουν υποστεί επεξεργασία και μεμονωμένα και σε διαδικασίες συγχώνευσης. Στις τελευταίες, είναι σημαντικό να εξεταστούν οι επιδράσεις των διαφορετικών εισερχόμενων ροών αποβλήτων. Η επιτυχής ανάμειξη διαφορετικών αποβλήτων, όπως τα στερεά απόβλητα με αραιωμένα απόβλητα, έχει ως αποτελέσματα, μέσω της βελτίωσης της περιεκτικότητας σε θρεπτικά συστατικά, τη καλύτερη διαχείριση και πεπτικότητα τους (υψηλότερη απόδοση χώνευσης), και μειώνει επίσης την αρνητική επίδραση των τοξικών ενώσεων επί της χωνευτικής διαδικασίας. Η συγχώνευση έχει επιπλέον σημαντικό τεχνικό ενδιαφέρον, δεδομένου ότι επιτρέπει τη χρήση των υφιστάμενων εγκαταστάσεων και αυξάνει σημαντικά την παραγωγή βιοαερίου και την ενέργεια που παράγεται σε μονάδες συμπαραγωγής. Ένα επιπρόσθετο πλεονέκτημα της μεθόδου είναι η δημιουργία μίας λυματολάσπης η οποία υπόκειται σε ελάχιστη επεξεργασία και μπορεί να χρησιμοποιηθεί τελικά ως βελτιωτικό συμπλήρωμα του εδάφους (*Arvanitoyannis, I.S. and Varzakas, T.H., 2008*).

Ως πρώτη ύλη για τη τροφοδοσία του χωνευτήρα αξιολογήθηκαν επίσης και τα απορρίμματα φρούτων και λαχανικών (FVW, Fruit and Vegetable Waste) (*Viswanath, P., Devi, S.S. and Nand, K., 1992*) και αναφέρθηκε παραγωγή μεθανίου από 0.37 m³/ kg VS. Ωστόσο, λόγω του ότι το άζωτο και ο φώσφορος στα FVW μπορεί να είναι χαμηλά, τα υποστρώματα αυτά χρησιμοποιήθηκαν κυρίως σε συγχωνεύσεις με άλλα απόβλητα, για παράδειγμα, κοπριά πουλερικών (*Lane, A.G., 1984*). Άλλα μειονεκτήματα της αναερόβιας χώνευσης των FVW είναι: η ταχεία οξίνιση των εν λόγω αποβλήτων που μειώνει το pH στον αντιδραστήρα και μια μεγαλύτερη παραγωγή πτητικών λιπαρών οξέων (VFA, Volatile Fatty Acids), τα οποία

αμφότερα προκαλούν στρες και αναστέλλουν τη δραστηριότητα των μεθανογόνων βακτηρίων (Arvanitoyannis, I.S. and Varzakas, T.H., 2008).

Σε αυτό το πλαίσιο, μέσω του διεθνούς ερευνητικού έργου 'LEGUVAL' για την ανάπτυξη λύσεων όσον αφορά την αξιοποίηση των υποπροϊόντων της βιομηχανίας οσπρίων ως πρώτες ύλες για τη παραγωγή πλαστικών, διερευνήθηκε επίσης και η δυνατότητα χρήσης αυτών των υλικών και του πρωτεϊνικού τους εκχυλίσματος, στη παραγωγή βιοαερίου μέσω της αναερόβιας χώνευσης. Συγκεκριμένα, αξιολογήθηκε το δυναμικό της προ-επεξεργασμένης με πρωτεϊνική εκχύλιση φακής, μπιζελιών, πράσινων φασολιών και ξηρών φασολιών και συγκρίθηκε με αυτό των ακατέργαστων υποπροϊόντων. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι σε γενικές γραμμές, υψηλότερη παραγωγή αερίου επετεύχθη με τα επεξεργασμένα με εκχύλιση υποπροϊόντα και ότι η συνολική αθροιστική παραγωγή βιοαερίου από αυτά τα υποστρώματα και η χημική σύνθεση αυτού, ήταν εφάμιλλη των τιμών που αναφέρθηκαν για τις πιο κοινές βιομάζες και οργανικά απόβλητα (Shankar, A.U., 2016; <http://leguval.eu/project/>).

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΕΝΤΟΜΟΚΤΟΝΩΝ ΚΑΙ ΒΙΟΖΙΖΑΝΙΟΚΤΟΝΩΝ ΣΠΟΡΙΩΝ



Εικόνα 93. Κύκλος ζωής των μυκήτων και παραγωγή σπορίων (βασιδιοσπόρια, ασκοσπόρια, κονιδία). Πηγές: Huss., M., ‘Generalized Life Cycle of Fungi’. http://clt.astate.edu/mhuss/intro_to_the_fungi1.htm; Chen, P., (2010).

Τα σπόρια γενικά ορίζονται ως μικρά αναπαραγωγικά σώματα που αποσπώνται από τα μικροβιακά είδη έτσι ώστε να παράγουν νέους απογόνους μέσω της βλάστησης, η οποία μπορεί να λάβει χώρα αμέσως ή μετά από ένα χρονικό διάστημα μετά την απομάκρυνση και χωρίς τη συγχώνευση με άλλα αναπαραγωγικά σώματα. Οι δομές αυτές παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία ως προς την καταγωγή, το μέγεθος, το σχήμα, τη χρωση, τις βιολογικές λειτουργίες, κ.λ.π. και παίζουν σημαντικό ρόλο στο κύκλο ζωής των μυκήτων οι οποίοι μπορούν να παράγουν τόσο σεξουαλικά σπόρια που ονομάζονται, ζυγοσπόρια (*Zygomycetes: Rhizopus*) ή ασκοσπόρια (*Ascomycetes: Neurospora, Talaromyces*) ή βασιδιοσπόρια (*Basidiomycetes: Puccinia, Agaricus*), όσο και αγενή σπόρια, τα λεγόμενα κονιδία (*Deuteromycetes: Penicillium, Aspergillus*). Από την άλλη, μόνο μερικά είδη βακτηρίων όπως, *Bacillus spp* και *Clostridium spp*, έχουν την ικανότητα να παράγουν ιδιαίτερα ανθεκτικές δομές γνωστές ως ενδοσπόρια,

ικανές να επιβιώσουν σε ένα μεγάλο εύρος αντίξοων περιβαλλοντικών συνθηκών (Ramachandran, S., Larroche, C. and Pandey A., 2008).

Τα σπόρια γενικά θεωρούνται παράγοντες μόλυνσης και ασθένειας για ζώα (π.χ. νηματώδη, έντομα κ.λ.π.), φυτά και βακτήρια. Επιδεικνύουν αρκετά πλεονεκτήματα σε σύγκριση με τα αντίστοιχα βλαστικά κύτταρα (μυκήλια) όπως, η ανθεκτικότητα σε υψηλές θερμοκρασίες, σε τοξικές ενώσεις, στη ξήρανση, την ακτινοβολία, κ.λ.π. Μία άλλη ενδιαφέρουσα ιδιότητα των σπορίων είναι, η ικανότητά τους να βλαστήσουν αποκρινόμενα σε εξωτερικά ερεθίσματα όπως, φυτικές ορμόνες, κυρούς της επιφάνειας του σώματος του ξενιστή, υπερβολική ζέστη ή πίεση (Ramachandran, S., Larroche, C. and Pandey A., 2008).

Χάρη σε αυτές τις σημαντικές ιδιότητες τα σπόρια είναι εξαιρετικοί υποψήφιοι για διάφορες εφαρμογές της τεχνολογίας των βιοδιεργασιών π.χ. στο βιοέλεγχο (εντομοκτόνα, μυκητοκτόνα, παρασιτοκτόνα), ως βιοαισθητήρες, ως βιοκαταλύτες σε διεργασίες ζύμωσης ή διαδικασίες βιομετασχηματισμού (π.χ. στεροειδή και αντιβιοτικά), στον έλεγχο των καρκινικών όγκων, στη βιομηχανία τροφίμων και σε διάφορες άλλες βιομηχανικές εφαρμογές (Wolken, W.A.M., Tramper, J. and van der Derf, M.J., 2003; Ramachandran, S., Larroche, C. and Pandey A., 2008). Η χρήση των σπορίων αντί του μυκηλίου στις διαδικασίες βιομετασχηματισμού παρουσιάζει διάφορα πλεονεκτήματα όπως μείωση του ιξώδους του καλλιεργητικού μέσου και μεγαλύτερη ευκολία στον εξαερισμό του συστήματος και την ανάκτηση του προϊόντος (Moskowitz, G.J., 1979). Επιπλέον, τα σπόρια είναι γενικά πιο εύκολο να αποθηκευτούν και λόγω του ότι δεν σχηματίζεται ίζημα υπάρχει μεγαλύτερη ομοιογένεια του βιοκαταλύτη (Larroche, C. and Gros, J.B., 1997).

Όσον αφορά την παραγωγή σπορίων, η SSF αποτελεί τη πρότυπη τεχνολογία και κυριαρχεί της SmF καθώς αποδίδει υψηλή ποσότητα και ποιότητα σπορίων. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι στην SSF οι περιβαλλοντικές συνθήκες ανάπτυξης και πολλαπλασιασμού των καλλιεργούμενων μικροοργανισμών (ανάπτυξη σε ένα στερεό υποστήριγμα υπό την παρουσία

περιορισμένης ποσότητας ελεύθερου νερού), είναι πολύ κοντά σε εκείνες του φυσικού τους περιβάλλοντος, γεγονός που επιτρέπει τη παραγωγή σπορίων με καλύτερες ιδιότητες (Ramachandran, S., Larroche, C. and Pandey A., 2008). Τα σπόρια που παράγονται από την SSF είναι κυρίως μυκητιακών ειδών όπως, τα σπόρια των εντομοπαθογόνων μυκήτων, *Beauveria bassiana* (Santa, H.S.D., et al., 2005), *Cordyceps spp.*, (Hussley, N.W. and Tinsley, 1981), *Verticillium lecanii* (Feng, K.C., Liu, B.L. and Tzeng, Y.M., 2000), *Metarhizium anisopliae* (Dorta, B. and Arcas, J., 1998), *Colletotrichum truncatum* (Silman, R.W., Bothast, R.J. and Schisler, D.A., 1993), *Trichoderma harzianum* (Munoz, G.A., et al., 1995), *Penicillium oxalicum* (Pascual, S., et al., 2000), *Coniothyrium minitans* (Oostra, J., Tramper, J. and Rinzema, A., 2000), *Clonostachys rosea* (Viccini, G., et al., 2006) κ.λ.π., αλλά και σπόρια μυκήτων με χρήση στη βιομηχανία τροφίμων, π.χ. *Penicillium roquefortii* (Larroche, C. and Gros, J.B., 1992; Larroche, C. and Gros, J.B., 1989) και άλλα. Επιπλέον, μέσω της SSF μπορούν να παραχθούν και σπόρια ορισμένων βακτηρίων που επίσης χρησιμοποιούνται ως εντομοκτόνα όπως *Bacillus thuringiensis* (Capalbo, D.M.F., et al, 2001; Wang, T., 1988) και *Bacillus sphaericus* (Foda, M.S., El-Bendary, M.A. and Moharam, M.E., 2003).

Αν και η παραγωγή σπορίων μέσω των διαδικασιών SSF είναι απλή, πολλοί είναι οι περιβαλλοντικοί παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψιν και να ελεγχθούν αναλόγως όπως, η περιεκτικότητα σε υγρασία, η ενεργότητα νερού, η θερμοκρασία, τα επίπεδα οξυγόνου και η συγκέντρωση των θρεπτικών στοιχείων, δεδομένου ότι επηρεάζουν σημαντικά τη μικροβιακή ανάπτυξη και τη σποροποιητική διαδικασία. Ιδιαίτερα η επιλογή υποστρώματος είναι ένα από τα πιο κρίσιμα βήματα στη διαδικασία παραγωγής σπορίων στην SSF λόγω του ότι διεκπεραιώνει δύο λειτουργίες ταυτόχρονα, αυτές της θρέψης και της υποστήριξης της καλλιέργειας (Ramachandran, S., Larroche, C. and Pandey A., 2008). Τα κυτταρινικά υποστρώματα είναι τα καταλληλότερα για την παραγωγή σπορίων καθώς παρέχουν καλύτερο αερισμό και μεγαλύτερο εμβαδόν επιφάνειας ανάπτυξης και παρουσιάζουν λιγότερα

προβλήματα συμπίεσης (*Lonsane, B.K., et al., 1985*), αν και έχουν επίσης αναφερθεί ως ιδανικά για το σκοπό αυτό και τα αμυλούχα υποστρώματα. Το σιτάρι, το πίτυρο του σιταριού, το ρύζι, ο φλοιός του ρυζιού, το πίτυρο του ρυζιού, οι σπόροι φαγόπυρου, η βρώμη, οι απορριφθείσες πατάτες, το αλεύρι σόγιας, το αλεύρι μανιόκας, το σουσάμι, το γεύμα (meal) του λιναρόσπορου, το γεύμα (meal) του βαμβακόσπορου, κ.λ.π. είναι μερικά από τα υποστρώματα που χρησιμοποιούνται ευρέως για τη παραγωγή σπορίων (*Ramachandran, S., Larroche, C. and Pandey A., 2008*). Στο πίνακα 78, παρατίθενται μερικά παραδείγματα παραγωγής βιοεντομοκτόνων (και βιοζιζανιοκτόνων) σπορίων που παράγονται μέσω της SSF χρησιμοποιώντας ως υποστρώματα μερικά από τα υποπροϊόντα επεξεργασίας της ορύζης και των οσπρίων.

Πιστεύεται επίσης ότι για να επιτευχθεί μια καλή απόδοση παραγωγής σπορίων πρέπει να διατηρηθεί κατά τη διαδικασία ο μερικός περιορισμός των θρεπτικών ουσιών (*Larroche, C., Desfarges, C. and Gros, J.B., 1988*). Πράγματι, η συσσώρευση των ελεύθερων αναγωγικών σακχάρων (*Moo-Young, M., Moreira, A.R. and Tengerdy, R.P., 1983*) ή τα θρεπτικά συμπληρώματα αζώτου όπως, το αμμώνιο (NH₄) και η ουρία (*Raimbault, M., 1981*) δεν επάγουν τη σποριογένεση. Τέλος, εκτός από το θρεπτικό περιεχόμενο, πρέπει να ληφθούν υπόψιν και οι φυσικές ιδιότητες του υποστρώματος όπως το πορώδες, η ικανότητα πρόσληψης νερού, η μηχανική αντοχή, κ.λ.π., έτσι ώστε να είναι σε θέση να αποδώσει μεγαλύτερη ποσότητα σπορίων και να διευκολύνει τη διαδικασία εξαγωγής τους (*Ramachandran, S., Larroche, C. and Pandey A., 2008*).

PRODUCTION OF SPORES AS BIOCONTROL AGENTS WITH SSF				
origin	SPORES	APPLICATION	SUSTRATE	REFERENCE
FUNGAL	<i>Metarhizium anisopliae</i>	Insecticide (termites, thrips, malaria-transmitting mosquitoes, etc.)	rice bran + rice husk (1:1)	Dorta, B. and Arcas, J. (1998). McNeil, D.G. Jr. (2005).
	<i>Coniothyrium minitans</i>	Insecticide (<i>Sclerotinia sclerotium</i>)	wheat bran wheat	Chen, W., et al., (2005). Durand, A., et al., (1994). McQuiken, M.P. and Whipps, J.M. (1995).
	<i>Clonostachys rosea</i>	fungicide (<i>Botrytis cinerea</i>) Insecticide	rice	Viccini, G., et al., (2006). Toledo, A.V., et al., (2006).
	<i>Verticillium lecanii</i>	Insecticide (why fly)	rice, rice bran, rice husk wheat bran + beet pulp	Feng, K.C., Liu, B.L. and Tzeng, Y.M. (2000). Feng, K.C., Liu, B.L. and Tzeng, Y.M., (2002). Grajek, W. (1994).
	<i>Beauveria bassiana</i>	Insecticide (Sugarcane borer and Eyropean borer)	parboiled rice rice bran wheat bran + bran husk beans rice husk	Tarocco, F., et al., (2005). Arcas, J.A., Diaz, B.M. and Lecuona, R.E. (1999). Alves, S.B. and Pereira, R.M. (1989). Desgranges, C., et al., (1993). Vilas Boas, A.M., Andrade, R.M. and Oliveiram J.V., (1996). Calderon, A., Fraga, M. and Carreras, B. (1995). Burtet, M.J.G., Silva, M.E. and Diehl Fleig, E. (1997).
BACTERIAL	<i>Bacillus thuringiensis</i>	Insecticide (caterpillars of Lepidoptera, mosquito larvae, locusts, grasshoppers, etc.)	wheat bran (carrier) + ground soyabean seeds + talcum powder wheat bran + rice husk + lime powder	Foda, M.S., et al., (2002). Wang, T. (1988). Capalbo, D.M.F. and Moraes, I.O. (1988).
	<i>B. sphaericus</i>	Insecticide (mosquito larvae)	wheat bran (carrier) + cotton seed meal + fodder yeast + linen seed	Foda, M.S., EI-Bendary, M.A. and Moharam, M.E. (2003). Baumann, P.1., et al., (1991).

Πίνακας 78. Παραδείγματα χρήσης υποστρωμάτων προερχόμενα από τις βιομηχανίες επεξεργασίας ρυζιών, σίτου και οσπρίων για την παραγωγή σπορίων μέσω της SSF.

ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΜΑΝΙΤΑΡΙΩΝ

Η βιομηχανία παραγωγής μανιταριών παρουσιάζει μια παγκόσμια εξάπλωση και οικονομικά σημαντικές βιοτεχνολογικές εφαρμογές, οι οποίες μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις κύριες κατηγορίες: α) καλλιέργεια βρώσιμων μανιταριών, β) φαρμακευτικά προϊόντα από μανιτάρια και γ) άγρια μανιτάρια, με ετήσια παγκόσμια αγορά αξίας άνω των 45 δισεκατομμυρίων δολαρίων (*Chang, S.T., 2006*).

Η εμπορική παραγωγή μανιταριών σε μεγάλη ή μικρή κλίμακα, είναι μια αποδοτική και σχετικά γρήγορη βιολογική διαδικασία ζύμωσης στερεάς κατάστασης στην οποία λαμβάνει χώρα η ανάκτηση υψηλής ποιότητας διατροφικής πρωτεΐνης από λιγνινοκυτταρινικά υλικά με μικρή ή αρνητική αξία, χρησιμοποιώντας τις αποικοδομητικές ικανότητες των μανιταριών (*Martínez-Carrera, D., Aguilar, A. and Martínez, W., 2000; Chiu, S.W. and Moore, D., 2001*). Μεταξύ των εφαρμογών της SSF, η καλλιέργεια μανιταριών έχει αποδείξει την οικονομική της ισχύ και οικολογική της σημασία ως προς την αποτελεσματική χρήση, προσθήκη αξίας και το βιομετασχηματισμό των αγρο-βιομηχανικών υπολειμμάτων (*Chang, S.T., 1999; 2001; 2006; Chiu, S.W., Law, S.C and Ching, M.L., 2000; Zervakis, G. and Philippoussis, A., 2000*). Η οικονομική ισχύς οφείλεται ακριβώς στην επιτυχή χρήση ως πρώτη ύλη της διεργασίας μιας ποικιλίας λιγνινοκυτταρινικών υποστρωμάτων από τη γεωργία, τη δασοκομία και τη βιομηχανία, τα οποία υποβάλλονται σε επεξεργασία χρησιμοποιώντας μία σχετικά φθηνή μικροβιακή τεχνολογία για την παραγωγή προϊόντων προστιθέμενης αξίας (λειτουργικών τροφίμων για τον άνθρωπο, φαρμάκων και φαρμακευτικών προϊόντων) (*Wood, D.A. and Smith, J.F., 1987*). Επιπλέον, αποτελεί και μία πολύ καλή στρατηγική από οικολογική άποψη, δεδομένου ότι τα γεωργικά απόβλητα και υποπροϊόντα πλούσια σε οργανικές ενώσεις, που σε διαφορετική περίπτωση θα θεωρούνταν απορρίμματα και επομένως πηγή ρύπανσης, μπορούν να ανακτηθούν και να αξιοποιηθούν καταλλήλως, προωθώντας έτσι την προστασία του περιβάλλοντος (*Zervakis, G. and Philippoussis, A., 2000*).

USE OF LIGNOCELLULOSE DEGRADNIG MUSHROOM SPPs IN SSF APPLICATIONS	
APPLICATION	REFERENCE
bioremediation and biodegradation of hazardous compounds	Pérez, S.R., et al., 2007
biological detoxification of toxic agro-industrial residues	Pandey, A., et al., 2000d; Fan, L., et al., 2000b; Soccol, C.R. and Vandenberghe, L.P.S., 2003
biotransformation of agro-industrial residues to mushroom food and animal feed	Moore, D. and Chiu, S.W., 2001; Alborés, S., et al., 2006; Okano, K., Iida, Y. and Samsuri, M., 2006
compost	
product developments such as biologically active metabolites, enzymes, and food flavour compounds	Ooi, C.V.E. and Liu, F., 2000; Cohen, R., Persky, L. and Hadar, Y., 2002; Silvá, E.S., Cavallazzi, J.R.P. and Muller, G., 2007; Nikitina, V.E., et al., 2007

Πίνακας 79. Παραδείγματα εφαρμογών της SSF στα οποία χρησιμοποιούνται μανιτάρια. Πηγή: Philippoussis, A.N., (2009).

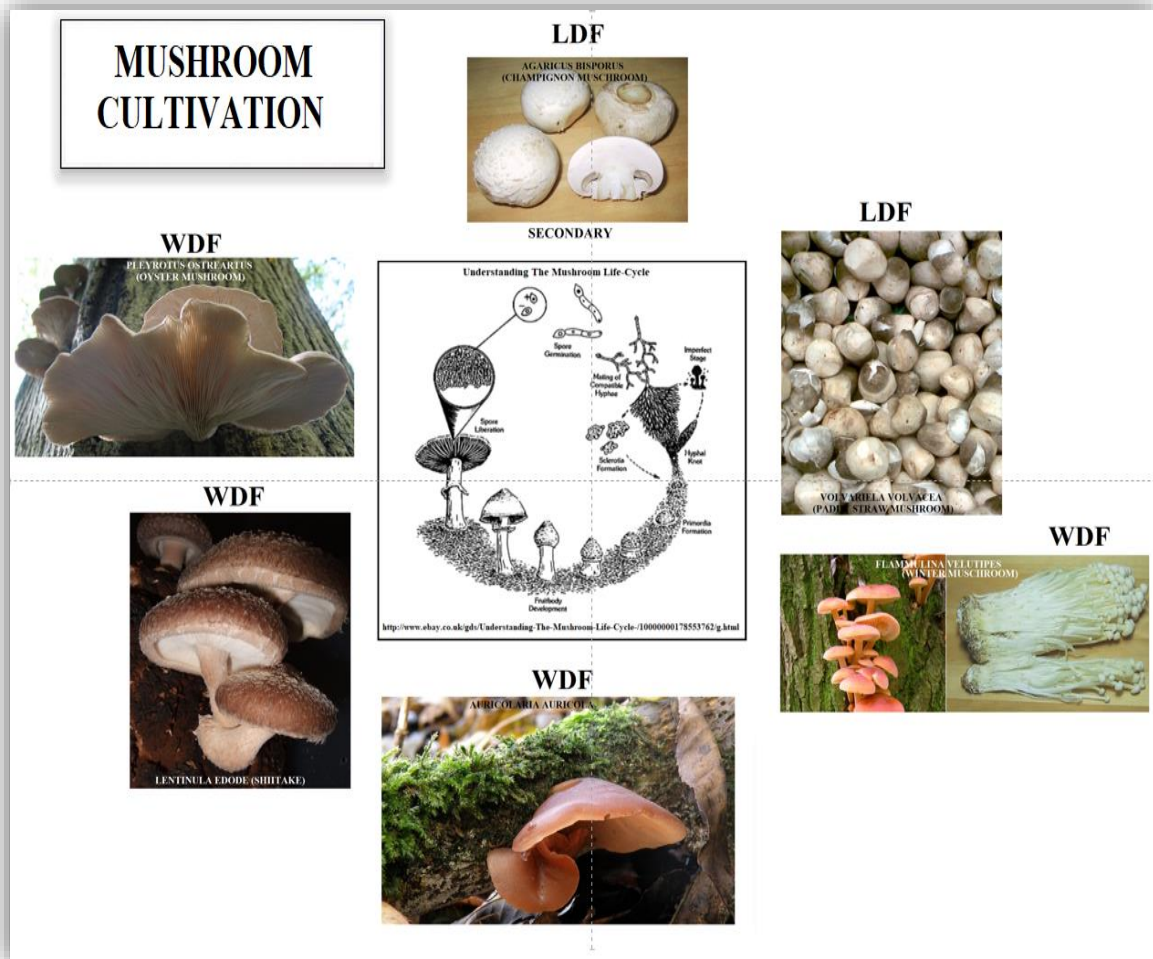
Η επάρκεια με την οποία οι μύκητες μετατρέπουν τα διάφορα υποστρώματα σε πρωτεΐνη είναι πολύ ανώτερη από αυτή πολλών φυτών και ζώων (Yang, X.M., 1986). Το καρποφόρο σώμα του μανιταριού έχει χαμηλά επίπεδα λίπους και χοληστερόλης και επομένως χαμηλή θερμιδική αξία, ενώ ταυτόχρονα είναι πλούσιο σε πρωτεΐνες, υδατάνθρακες, ίνες, βιταμίνες και μέταλλα. Επίσης, οι πρωτεΐνες των μανιταριών, λόγω της παρουσίας όλων των βασικών αμινοξέων, είναι υψηλής ποιότητας, πλησιάζοντας τη ποιότητα των ζωϊκών πρωτεϊνών και επομένως είναι πολύ ανώτερες από τις φυτικές πρωτεΐνες (Arora, D. K., 2003). Αυτές οι θρεπτικές ιδιότητες καθιστούν τα μανιτάρια μια πολύ καλή διατροφική πηγή. Επιπλέον, η κατανάλωση των μανιταριών έχει θετικά αποτελέσματα στη γενική υγεία του ανθρώπου λόγω της παρουσίας σε αυτά ουσιών που αναφέρονται ως διατροφο-φαρμακευτικές ενώσεις (nutraceuticals) (Chang, S.T. and Buswell, J.A., 1996) με αντιϊκή, αντιβακτηριακή, αντιπαρασιτική, αντικαρκινική, αντιυπερτασική, αντιαθηροσκληρωτική, ηπατοπροστατευτική, αντιδιαβητική, αντιφλεγμονώδη, και ανοσορυθμιστική δράση (Wasser, S.P. and Weis, A.L., 1999; Wasser, S.P., 2002; Daba, A.S. and Ezeronye, O.U., 2003; Paterson, R.R.M., 2006).

Καλλιέργησιμα μανιτάρια

Από τα περίπου 14000 μυκητιακά είδη που σχηματίζουν μανιτάρια, τα 2000 τουλάχιστον είναι βρώσιμα, εκ των οποίων τα 80 καλλιεργούνται πειραματικά και περίπου 20 καλλιεργούνται εμπορικά (Chang, S.T., 1999; Silvá, E.S., Cavallazzi, J.R.P. and Muller, G., 2007). Παγκοσμίως η πλειοψηφία των καλλιεργούμενων μανιταριών είναι σαπροφυτικά είδη που αναπτύσσονται σε υποστρώματα που περιέχουν λυγνίνη και κυτταρίνη, π.χ. κορμοί ξύλου, πριονίδι, άχυρο, απορρίμματα βαμβακιού και διάφορα άλλα γεωργικά και βιομηχανικά απόβλητα που μπορούν εύκολα να μετατραπούν σε καρποφόρα σώματα μανιταριών και άλλα προϊόντα. Από τα είδη αυτά τα περισσότερα καλλιεργούμενα μανιτάρια είναι τα: *Agaricus bisporus*, *Pleurotus ostreatus* και *Lentinula edodes*, ακολουθούμενα από *Auricularia auricula*, *Flammulina velutipes* και *Volvariella volvacea*. Άλλα είδη μανιταριών που παράγονται με επιτυχία σε διάφορα υποστρώματα περιλαμβάνουν *Ganoderma spp.*, *Agrocybe aegerita*, *Grifola frondosa*, *Hericiium Erinaceus*, *Hypsizygus marmoreus*, *Lepista nuda*, *Coprinus comatus*, *Pholiota nameko* και *Stropharia spp.* (Stamets, P., 2000; Royse, D.J., 2004).

Παρά το γεγονός ότι τα αναφερθέντα είδη μανιταριών έχουν την ικανότητα να αποικοδομούν λυγνινοκυτταρινικά υπολείμματα είτε στην αρχική τους μορφή είτε στη κομποστοποιημένη (Rajarathnam, S., Shashireka, M.N.J. and Bano, Z., 1998), παρουσιάζουν διαφορές σχετικά με την παραγωγή των ενζύμων που απαιτούνται για την αποδόμηση των υποστρωμάτων αυτών και κατά συνέπεια διαφέρουν ως προς την ικανότητά τους να αναπτύσσονται και να καρποφορούν σε αυτά (Bushwell, J.A., Cai, Y.J. and Chang, S.T., 1996; Chen, D.M., et al.; 2003, Baldrian, P. and Valášková, V., 2008). Λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι τα χρησιμοποιούμενα υποστρώματα είναι αδιάλυτα (όπως άλλωστε ισχύει για όλες τις SSF διεργασίες), η αποικοδόμηση λαμβάνει χώρα εξωκυτταρικά, από δύο τύπους εξωκυτταρικών ενζυματικών συστημάτων: το υδρολυτικό σύστημα που περιλαμβάνει υδρολάσες υπεύθυνες για την αποδόμηση της κυτταρίνης (κελλοβιοϋδρολάσες,

ενδογλυκανάσες και β-γλυκοσιδάσες) και της ημικυτταρίνης (ενδοξυλανάσες και ενδομαννανάσες) και ένα μοναδικό οξειδωτικό λιγνινολυτικό σύστημα υπεύθυνο για τον αποπολυμερισμό της πολύπλοκης δομής της λιγνίνης (υπεροξειδάση της λιγνίνης (LiP), υπεροξειδάση του μαγγανίου (MnP) και λακκάση) (Pérez, J., Munoz-Dorado, J. and Martínez, J., 2002; Baldrian, P., 2005; Tengerdy, R.P. and Szakacs, G., 2003; Hatakka, A., 1994).



Εικόνα 94. Δημοφιλή εμπορικά είδη βρώσιμων μανιταριών. Πηγές: www.ebay.co.uk/gds/Understanding-The-Mushroom-Life-Cycle-/10000000178553762/g.html; chris_73, (2004): ChampignonMushroom.jpg; Havré, Belgium, (2006). 'Pleurotus_ostreatus.JPG7.jpg'; frankenstoen from Portland, Oregon, (2008). 'File:Shiitakegrowing.jpg'; Svdmolén, (2006). 'Auricularia auricula-judae (xndr).jpg'; Chris 73, (2004). 'EnokitakeJapaneseMushroom.jpg'; Archenzo, (2004). 'Flammulina velutipes.JPG'; Chong Fat, (2007). 'StrawMushroom.jpg'.

Οι Βασιδιομύκητες περιλαμβάνουν διαφορετικές οικολογικές ομάδες: τους ξυλο-αποικοδομητικούς βασιδιομύκητες WDF (λευκής σήψης και καφέ σήψης) και τους μύκητες που αποικοδομούν απόβλητα (LDF), οι οποίοι εξασφαλίζουν τις διατροφικές ανάγκες τους με

διαφορετικούς τρόπους. Οι μύκητες λευκής σήψης είναι σε θέση να αποδομήσουν ταυτόχρονα όλα τα συστατικά του ξύλου (κυτταρίνη, ημικυτταρίνη και λιγνίνη), ενώ οι μύκητες καφέ σήψης που αποτελούν μια σχετικά μικρή ομάδα Βασιδιομυκήτων, αποικοδομούν μόνο τη κυτταρίνη και την ημικυτταρίνη. Η πλειοψηφία των καλλιεργούμενων ανώτερων βασιδιομυκήτων είναι WDF, ενώ μερικοί μόνο από αυτούς είναι LDF (*Philippoussis, A.N., 2009*).

Τα περισσότερα από τα κυτταρινολυτικά και ημικυτταρινολυτικά ένζυμα έχουν ανιχνευθεί τόσο σε μύκητες που αποικοδομούν το ξύλο (WDF) (π.χ. *P. ostreatus* και *L. edodes*) (*Elisashvili, V., et al., 2008*), όσο και σε μύκητες που αποικοδομούν απόβλητα (LDF) (π.χ. *A. bisporus* ή *V. voluacea*) (*Steffen, K.T., et al., 2007*). Μεταξύ των λιγνινολυτικών ενζύμων η MnP είναι το πιο κοινό λιγνινοτροποποιητικό ένζυμο, το οποίο παράγεται σχεδόν από όλους τους ξυλο-αποικοδομητικούς (WDF) Βασιδιομύκητες (*Steffen, K.T., et al., 2007*). Η λιγνίνη μπορεί επίσης να αποικοδομηθεί και από τους LDF βασιδιομύκητες π.χ. ο *A. bisporus* παράγει τουλάχιστον δύο λιγνινολυτικά ένζυμα (λακκάση και MnP) και εξαιτίας αυτού είναι σε θέση να αποδομήσει τόσο τη κυτταρίνη, όσο και τη λιγνίνη, αν και τη πρώτη με πολύ πιο γρήγορους ρυθμούς (*Cai, Y.J., et al., 1999; Lankinen, P., et al., 2005*). Ωστόσο, ο συνολικός ρυθμός αποδόμησης του μορίου αυτού από τους εν λόγω μύκητες είναι χαμηλότερος σε σύγκριση με αυτόν των μυκήτων λευκής σήψης (*Lankinen, P., et al., 2005; Steffen, K.T., et al., 2007*).

Οι μύκητες λευκής σήψης στους οποίους περιλαμβάνονται τα καλλιεργούμενα είδη *Pleurotus spp.*, *L. edodes*, *Ganoderma spp.* κλπ, λόγω ακριβώς της ικανότητάς τους να συνθέτουν συναφή υδρολυτικά (κυτταρινάσες και ημικυτταρινάσες) και μοναδικά οξειδωτικά λιγνινολυτικά ένζυμα είναι οι πιο αποτελεσματικοί αποικοδομητές (*Philippoussis, A.N., 2009*). Μια ενδιαφέρουσα κατηγορία μυκήτων λευκής σήψης είναι οι επιλεκτικοί αποικοδομητές που αποικοδομούν τη λιγνίνη και όχι τη κυτταρίνη, όπως αυτοί που ανήκουν στα *Pleurotus spp.*, τα οποία χρησιμοποιούνται σε ένα ευρύ φάσμα βιοτεχνολογικών εφαρμογών (*Cohen, R., Persky,*

L. and Hadar, Y., 2002). Η αποικοδόμηση της λιγνίνης από τους μύκητες αυτούς πιστεύεται ότι λαμβάνει χώρα κατά τη διάρκεια του δευτερογενούς μεταβολισμού και τυπικά κάτω από συνθήκες έλλειψης αζώτου (*Hammel, K.E., 1997*). Στους Βασιδιομύκητες LDF, που περιλαμβάνουν τα καλλιεργούμενα είδη μανιταριών όπως *Agaricus spp.*, *Agrocybe spp.*, *Coprinus spp.*, *Stropharia spp.* και *V. volvacea*, η αποικοδόμηση περιλαμβάνει μια σειρά από βιοαποικοδομητικές διαδικασίες που προηγούνται της δράσης των λιγνινοκυτταρινικών αποικοδομητών (*Philippoussis, A.N., 2009*). Παρόλα αυτά, η ικανότητα μερικών από τους LDF, να διασπών τη λιγνίνη και τη κυτταρίνη τους επιτρέπει να λειτουργούν ως τυπικοί «μύκητες λευκής σήψης» εδάφους (*Hofrichter, M., 2002*). Τέλος, οι λιγνινοκυτταρινολυτικοί μύκητες παράγουν και άλλα ένζυμα εκτός από τα προαναφερθέντα όπως, πηκτινάσες, πρωτεάσες, λιπάσες και φυτάσες (*Tengerdy, R.P. and Szakacs, G., 2003*).

Βιομηχανική διαδικασία παραγωγής μανιταριών

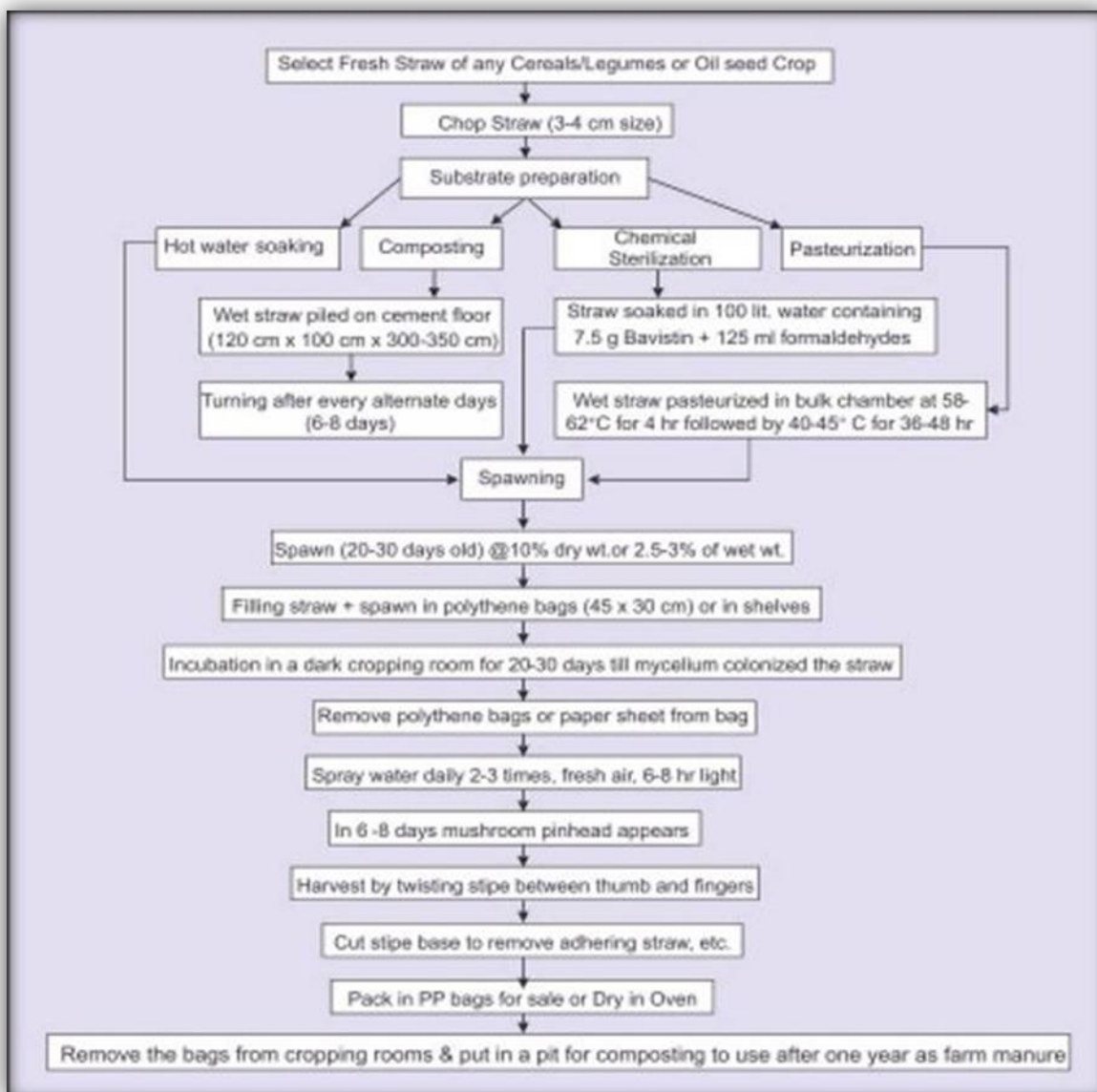
Η καλλιέργεια μανιταριών περιλαμβάνει τρία βασικά στάδια (*Wang, H.H., 1999; Martínez-Carrera, D., Aguilar, A. and Martínez, W., 2000*):

- I) Τη παραγωγή εμβολίου (spawn): η οποία γίνεται με τον εμβολιασμό αποστειρωμένων δημητριακών σπόρων (συνήθως σιτάρι, σίκαλη ή κεχρί) από υψηλής ποιότητας μυκηλιακές καλλιέργειες που κρατούνται σε απόθεμα (*Stamets, P., 2000; Mata, G. and Savoie, J.M., 2005b*). Το αποικιστικό μίγμα δημητριακών κόκκων/μυκηλίου ονομάζεται γόνος (spawn) και καλλιεργείται υπό αξενικές συνθήκες σε σάκους πολυαιθυλενίου κατάλληλους για κλιβάνους αποστείρωσης που εξασφαλίζουν την ανταλλαγή αερίων, ή πιο σπάνια σε βάζα (*Philippoussis, A.N., 2009*).
- II) Προετοιμασία υποστρώματος: Το πρώτο στάδιο της παραγωγής μανιταριών έχει να κάνει με τη σύνθεση και την επεξεργασία του υποστρώματος προκειμένου να προετοιμαστεί το μέσο ανάπτυξης. Σε ορισμένες περιπτώσεις το υπόστρωμα εμβολιάζεται απευθείας και

απαιτεί πολύ λίγη προ-επεξεργασία, π.χ. η παραγωγή της *L. edodes* γίνεται χρησιμοποιώντας κούτσουρα ξύλων (Philippoussis, A.N., 2009). Σε άλλες περιπτώσεις, το υπόστρωμα υπόκειται σε μικροβιολογική ή φυσική προεπεξεργασία, με τη πρώτη να περιλαμβάνει κάποιας μορφής ελεγχόμενη διαδικασία κομποστοποίησης της κυτταρινούχου βιομάζας (Wood, D.A., 1989), ενώ η δεύτερη μπορεί να περιλαμβάνει επεξεργασία με ατμό ή αποστείρωση σε κλίβανο.

Ένας από τους στόχους της προεπεξεργασίας του υποστρώματος είναι η εισαγωγή επαρκούς ποσότητας νερού σε αυτό, έτσι ώστε η ενεργότητα νερού του τελικού μέσου να είναι η βέλτιστη για την ανάπτυξη των μυκήτων. Μετά την αρχική αυτή φάση της προετοιμασίας, λίγος έλεγχος μπορεί να ασκηθεί στη σύνθεση του στερεού καλλιεργητικού μέσου. Αυτό είναι ιδιαίτερα κρίσιμο στη περίπτωση των κομποστοποιημένων υποστρωμάτων, δεδομένου ότι η θρεπτική σύνθεση των αρχικών συστατικών του μέσου θα πρέπει να επιτρέπει τόσο μια επιτυχημένη διαδικασία κομποστοποίησης όσο και την καλή αποίκιση του υποστρώματος από το μύκητα και τη καρποφορία του τελευταίου (Wood, D.A. and Smith, J.F., 1987).

III) Η ανάπτυξη των μανιταριών: Το στάδιο αυτό ασχολείται με τις δύο φάσεις του κύκλου ζωής των μανιταριών, δηλαδή το μυκήλιο (βλαστική φάση) και το σχηματισμό καρποφόρων σωμάτων (αναπαραγωγική φάση). Μετά τον εμβολιασμό, το μυκήλιο, αναπτύσσεται διαμέσου του υποστρώματος, αποικοδομεί τα συστατικά του τελευταίου και υποστηρίζει το σχηματισμό των καρποφόρων σωμάτων. Η εναλλαγή από τη μυκηλιακή ανάπτυξη στη παραγωγή των πρώιμων μορφών ανάπτυξης των μανιταριών ‘primordia’ λέγεται ‘pinning’ και ο μετέπειτα σχηματισμός των καρποφόρων σωμάτων από τα ‘primordia’ λέγεται ‘καρποφορία’ (‘fruiting’). Ενώ η αύξηση του μυκηλίου διαρκεί για αρκετές ημέρες, εβδομάδες ή μήνες, η παραγωγή των σωμάτων καρποφορίας είναι βραχύβια διαδικασία (Philippoussis, A.N., 2009).



Γράφημα 14. Σχεδιάγραμμα της παραγωγικής διαδικασίας της καλλιέργειας μανιταριών. Πηγή: http://agridaksh.iasri.res.in/images/mushroom/15_Mush_oyster_cult/mush_cult_img_259.jpg

Τόσο η βλαστική όσο και η αναπαραγωγική φάση επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό από τη κατάσταση της φυσιολογίας και τη θρεπτική κατάσταση του μυκηλίου (Wood, D.A. and Smith, J.F., 1987). Επιπλέον, η διάρκεια της φάσης αποικισμού του υποστρώματος, έχει άμεση οικονομική σημασία, δεδομένου ότι καλλιεργητικά μέσα τα οποία δεν είναι σχολαστικά εμποτισμένα με ύφες, είναι πιο ευαίσθητα σε μυκητιακές και βακτηριακές λοιμώξεις, που έχουν σαν συνέπεια μειωμένες αποδόσεις (Philippoussis, A., Zervakis, G. and Diamantopoulou, P., 2001a; Diamantopoulou, P., et al., 2006).

Στο τέλος τα καρποφόρα σώματα συγκομίζονται, ψύχονται προκειμένου να επιβραδυνθεί ο μεταβολισμός τους, συσκευάζονται και αποστέλλονται στην αγορά ως νωπά προϊόντα ή υπόκεινται σε περαιτέρω επεξεργασία (κατάψυξη, κονσερβοποίηση, ξήρανση κ.λ.π.), ανάλογα με την επιλεγμένη στρατηγική μάρκετινγκ (*Martínez-Carrera, D., Aguilar, A. and Martínez, W., 2000*).

Υποστρώματα και Θρεπτικά συμπληρώματα για τη καλλιέργεια μανιταριών

Τα αγρο-βιομηχανικά υποστρώματα που χρησιμοποιούνται στη καλλιέργεια μανιταριών περιλαμβάνουν τόσο αγροτικά υπολείμματα όσο και υπολείμματα βιομηχανικής επεξεργασίας όπως, άχυρα ρυζιού, πίτυρο ρυζιού, άχυρο σίτου, πίτυρο σιταριού, πριονίδι, σπάδικες αραβόσιτου, μίσχοι αραβόσιτου, φλοιοί βαμβακόσπορων, άχυρο βαμβακιού, τα απόβλητα βαμβακιού της κλωστοϋφαντουργίας, πούλπα καφέ, κοπριά αλόγων και πουλερικών, άχυρα φασολιών, απόβλητα φλοιών κακάου, φύλλα μπανάνας, απόβλητα περικάρπια από την παραγωγή φοινικέλαιου, βγάσση σακχαροκάλαμου, βγάσση μανιόκας (*Chang, S.T., 1993; 1999*) και πιο πρόσφατα φλοιοί καφέ, φύλλα και χρησιμοποιημένο χώμα (*Fan, L., Soccol, C.R. and Pandey, A., 2008*).

Σύμφωνα με την περιεχόμενη αναλογία άνθρακα-αζώτου (C/N), τα υποστρώματα που μπορούν να υποστηρίξουν την ανάπτυξη των μανιταριών σε φυσιολογικές μη-ασηπτικές συνθήκες, ταξινομούνται σε 3 κύριες ομάδες (*Eira, A.F., 2003*):

1. Υποστρώματα στη φύση με αναλογία C/N μεγαλύτερη από 100:1, όπως τα κούτσουρα ξύλων, τα οποία δε χρήζουν καμία προηγούμενη προετοιμασία.
2. Τα αγρο-βιομηχανικά απόβλητα με αναλογία C/N μεταξύ 50:1 και 100:1, όπως τα προεπεξεργασμένα με σύντομη κομποστοποίηση άχυρα, ακολουθούμενη από έντονη παστερίωση ή μόνο έντονη παστερίωση.

3. Τα άχυρα και γεωργικά υπολείμματα με αναλογία C/N πριν από τη κομποστοποίηση, τη παστερίωση και τη συσκευασία, μεταξύ 25:1 και 50:1, της οποίας το εύρος μετά τη συσκευασία μικραίνει και κυμαίνεται μεταξύ 16:1 και 17:1.

Τα υποστρώματα με αναλογία C/N μεταξύ 15:1 και 25:1 μπορούν να χρησιμοποιηθούν με κάποια πλεονεκτήματα στα μέσα καλλιέργειας, που χαρακτηρίζονται από ένα περιορισμένο εύρος C/N, οδηγώντας σε υψηλή παραγωγικότητα, ενόψει των δαπανών των διαδικασιών αποστείρωσης και ασηψίας και της αγοραστικής ζήτησης (Eira, A.F., 2003).

Οπότε, καθώς η σύνθεση σε θρεπτικά συστατικά μερικών υποστρωμάτων είναι ένας από τους παράγοντες που περιορίζουν τη μυκηλιακή αποίκιση σε αυτά, καθώς και τη ποσοτική και ποιοτική απόδοση των καλλιεργούμενων μανιταριών (Philippoussis, A., Zervakis, G. and Diamantopoulou, P., 2000; Philippoussis, A., Diamantopoulou, P. and Zervakis, G., 2002), είναι απαραίτητη η προσθήκη στο βασικό συστατικό υπόστρωμα συμπληρωμάτων που περιέχουν σάκχαρα και άμυλο (εύκολα διαθέσιμους υδατάνθρακες) και λίπη (θρεπτικές πηγές με βραδύτερο ρυθμό αποδόμησης και επομένως μεγαλύτερης διάρκειας) (Philippoussis, A.N., 2009). Τα συμπληρώματα χρησιμοποιούνται για να ενισχύσουν το θρεπτικό περιεχόμενο του υποστρώματος, να επιταχύνουν την ανάπτυξη και να αυξήσουν την απόδοση της καλλιέργειας, πράγμα που παρατηρείται ιδιαίτερα έντονα στη καλλιέργεια των μυκήτων λευκής σήψης *L. edodes* (Royse, D.J., Bahler, B.D. and Bahler, C.C., 1990; Royse, D.J., 1996) και *Pleurotus spp.* (Naraiian, R., et al., 2008). Τα διάφορα οργανικά συμπληρώματα που χρησιμοποιούνται στη καλλιέργεια μανιταριών περιλαμβάνουν μελάσες, σιτηρά ζυθοποιίας, αγρωστώδη απορρίμματα και απορρίμματα χαρτιού, απόβλητα βαμβακιού και καφέ κ.λ.π. Ωστόσο, η σόγια και οι σπόροι δημητριακών ή τα υποπροϊόντα της άλεσής τους είναι τα συνηθέστερα χρησιμοποιούμενα συμπληρώματα, λόγω του ότι παράγονται σε σημαντικές ποσότητες και περιέχουν αυξημένα επίπεδα πρωτεΐνης και λιπών και εύκολα μεταβολιζόμενους υδατάνθρακες: σόγια (υδατάνθρακες 21,5%, N 6,3%), πίτουρα σιταριού (υδατάνθρακες 49,8%,

N 2,4%), πίτουρο ρυζιού (υδατάνθρακες 37,0%, N 2,0%) και κεχρί (υδατάνθρακες 57,3%, N 1,9%) (*Przybylowicz, P. and Donoghue, J., 1990*).

Συγκεκριμένα, για την καλλιέργεια των WDF μυκήτων των *Pleurotus spp.*, είναι επαρκής η χρήση μη κομποστοποιημένων, ψιλοκομμένων και μουλιασμένων άχυρων, ενώ η *L. edodes* (WDF) καλλιεργείται όπως προαναφέρθηκε σε κορμούς, ή σε σάκους που περιέχουν ενυδατωμένο πριονίδι εμπλουτισμένο με πίτουρο δημητριακών (*Philippoussis, A., Zervakis, G. and Diamantopoulou, P., 2000; 2004*). Αυτά τα εμπορικής χρήσης υποστρώματα, αν και δεν είναι απαραίτητα τα βέλτιστα για την ανάπτυξη των μανιταριών λόγω του χαμηλού τους περιεχομένου σε εύκολα προσβάσιμα θρεπτικά συστατικά, παρόλα αυτά ικανοποιούν τις ανάγκες των μυκήτων ως προς την ανάπτυξη και τη καρποφορία τους, και το σημαντικότερο, ταυτόχρονα, εμποδίζουν την ανάπτυξη μικροβιακών ανταγωνιστών (*Kües, U. and Liu, Y., 2000*). Από την άλλη πλευρά, πολύ γνωστά LDF καλλιεργούμενα μανιτάρια όπως ο *A. bisporus* και η *V. voluacea*, αναπτύσσονται εμπορικά σε κομποστοποιημένη λιγνινοκυτταρίνη. Το κόμποστ που παρασκευάζεται από άχυρο, κοπριά αλόγων ή πουλερικών, θειικό ασβέστιο (γύψος), νερό και κάποια συμπληρώματα διατροφής, αποτελεί φθινό καλλιεργητικό υπόστρωμα για τον *A. bisporus* και κάποιους άλλους σαπροφυτικούς Βασιδιομύκητες. Η κοπριά μέσα στο κόμποστ χρησιμεύει ως πηγή N και το άχυρο ως πηγή C (*Philippoussis, A.N., 2009*).

Παράγοντες που επηρεάζουν τη παραγωγή μανιταριών

Στη καλλιέργεια των μανιταριών, πρέπει επίσης να λαμβάνεται υπόψιν ο χαρακτηριστικός κύκλος ζωής δύο φάσεων, που περιλαμβάνει τη βλαστική ή αποικιστική φάση του μυκηλίου και την αναπαραγωγική φάση των καρποφόρων σωμάτων που φέρουν τα σπόρια, διότι οι βέλτιστες περιβαλλοντικές συνθήκες των δύο αυτών φάσεων είναι συνήθως πολύ διακριτές (*Philippoussis, A.N., 2009*). Οπότε μία από τις τεχνολογικές προκλήσεις της εν λόγω διαδικασίας είναι και η ανάγκη αλλαγής των περιβαλλοντικών συνθηκών με το πέρασμα από

τη μία φάση στην άλλη. Συχνά η ανάπτυξη των καρποφόρων σωμάτων προωθείται μετά από δραστική μεταβολή των περιβαλλοντικών συνθηκών, αν και δεν υπάρχει ένα καθολικά εφαρμόσιμο σετ συνθηκών που να προωθούν την καρποφορία σε όλα τα είδη μανιταριών (*Fan, L., Soccol, C.R. and Pandey, A., 2008*).

Δεδομένου ότι οι πηγές άνθρακα που χρησιμοποιούνται από τους Βασιδιομύκητες είναι συνήθως λιγνινοκυτταρινικού χαρακτήρα, οι μύκητες κατά τη βλαστική ανάπτυξη (ανάπτυξη του μυκηλίου) πρέπει να παράγουν όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, ένα ευρύ φάσμα ενζύμων για την αποικοδόμηση της λιγνινοκυτταρίνης (υπεροξειδάσες, λακκάσες, γλυκανάσες, κυτταρινάσες, ξυλανάσες κ.λ.π.) (*De Groot, P.W.J., et al., 1998; Stoop, J.M.H. and Mooibroek, H., 1999*). Σημαντικές αλλαγές στην ενζυματική δραστηριότητα συμβαίνουν κατά τη διάρκεια της καρποφορίας, υποδεικνύοντας μία συσχέτιση με τη ρύθμιση της ανάπτυξης των καρποφόρων σωμάτων (*Fan, L., Soccol, C.R. and Pandey, A., 2008*). Για παράδειγμα, στους μύκητες *A. bisporus* και *L. edodes*, η δραστηριότητα της λακκάσης είναι υψηλότερη λίγο πριν από την έναρξη της καρποφορίας και μειώνεται ταχύτατα μετά το σχηματισμό των πρώτων συσσωματωμάτων (*Fan, L., Soccol, C.R. and Pandey, A., 2008*). Αντίθετα, η κυτταρινολυτική δραστηριότητα είναι υψηλότερη κατά την ανάπτυξη των καρποφόρων σωμάτων (*De Groot, P.W.J., et al., 1998; Ohga, S., et al., 1999*). Έχει επίσης αποδειχτεί ότι ο τύπος και η σύνθεση των λιγνινοκυτταρινικών υποστρωμάτων φαίνεται να καθορίζουν τον τύπο και την ποσότητα των παραγόμενων ενζύμων από τους Βασιδιομύκητες κατά την βλαστική ανάπτυξη (*Baldrian, P., 2005; Baldrian, P. and Valášková, V., 2008; Elisashvili, V., et al., 2008*). Τέλος, όσον αφορά την έκφραση της λακκάσης στους μύκητες, φαίνεται ότι επηρεάζεται εκτός από τα λιγνινοκυτταρινικά υλικά, τη φύση και τη συγκέντρωση των πηγών άνθρακα και αζώτου και τη σύνθεση του μέσου και από άλλες καλλιεργητικές συνθήκες όπως, το pH, η θερμοκρασία, η παρουσία επαγωγέων, κ.λ.π. (*Revankar, M.S., Desai, K.M. and Lele, S.S., 2007*).

Όσον αφορά την επίδραση της διαθεσιμότητας του αζώτου, ως προς την επαγωγή της καρποφορίας, είναι σημαντικό να διατηρηθεί μια ισορροπία μεταξύ πηγών C και N. Στην *C. cinereus*, οι υφικοί ρόζοι εύκολα θα συγκροτήσουν 'primordia', σε πολύ υψηλή αναλογία C/N (Moore, D., 1998a). Μια θετική συσχέτιση έχει επίσης παρατηρηθεί μεταξύ της αναλογίας C/N και την απόδοση τωνμανιταριών του *P. eryngii* (Philippoussis, A., Zervakis, G. and Diamantopoulou, P., 2000), καθώς και μεταξύ αυτού του λόγου και των ρυθμών ανάπτυξης των μυκηλίων των *Pleurotus spp.* και *L. edodes* (Philippoussis, A., Zervakis, G. and Diamantopoulou, P., 2001a; Philippoussis, A., Diamantopoulou, P. and Zervakis, G., 2003). Η βέλτιστη αναλογία για τον *A. bisporus* έχει προσδιορισθεί ότι κυμαίνεται μεταξύ 80:1 και 10:1 (Scrase, R.J. and Elliott, T.J., 1998). Υποστρώματα που προσφέρονται για την παραγωγήμανιταριών κανονικά περιέχουν οργανικές πηγές N και έχουν χαμηλά επίπεδα ελεύθερου αμμωνίου, δεδομένου ότι η περίσσεια αυτού μπορεί να αναστείλει την ανάπτυξη ή την καρποφορία τωνμανιταριών (Philippoussis, A.N., 2009).

Εκτός από τη διατροφή, η μυκηλιακή ανάπτυξη και η καρποφορία των Βασιδιομυκήτων ρυθμίζονται επίσης από (Philippoussis, A.N., 2009; Fan, L., Socol, C.R. and Pandey, A., 2008):

- 1) τη Θερμοκρασία: η παραγωγή του βλαστικού μυκηλίου συνήθως λαμβάνει χώρα σε ένα μεγάλο εύρος θερμοκρασιών. Παρομοίως, ο σχηματισμός των υφικών ρόζων και τα στάδια που οδηγούν στη δημιουργία των 'primordia' ενδέχεται να μην περιορίζονται σε μία συγκεκριμένη θερμοκρασία, αν και η ανάπτυξη αυτή ευνοείται συνήθως σε ορισμένες θερμοκρασίες. Η καρποφορία τυπικά επάγεται, μετά τη βλαστική ανάπτυξη, με μείωση της θερμοκρασίας κατά τουλάχιστον 5°C.

OPTIMUM T (°C) FOR FRUITING BODY AND MYCELIAL GROWTH OF VARIOUS MUSHROOM STRAINS		
MUSHROOM STRAINS	MYCELLIA Zervakis et al. (2001)	FRUITING BODIES
<i>V. volvacea</i>	35	-
<i>P. eryngii</i>	25	-
<i>P. ostreatus</i>	30	15 (Zadrazil et al. 2004)
<i>P. pulmonarius</i>	30	-
<i>A. aegerita</i>	25 or 30 (depending on the nutrient medium)	-
<i>A. auricula-judae</i>	20 or 25 (depending on the nutrient medium)	-
<i>A. bisporus</i>	-	16–18 (Kues and Liu 2000)
<i>L. edodes</i>	20-30 (depending on the strain examined)	10–16 (cold temperature strains) (Chen et al. 2000).
		16–21 (warm temperature strains) (Chen et al. 2000).

Πίνακας 80. Βέλτιστες θερμοκρασίες για την ανάπτυξη των μυκηλίων και την καρποφορία διαφόρων στελεχών μανιταριών. Πηγή: Philippoussis, A.N., (2009).

- 2) Περιβαλλοντικά αέρια: Υψηλότερες συγκεντρώσεις του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) μπορεί να διεγείρουν την μυκηλιακή ανάπτυξη και να προκαλέσουν την πλήρη αναστολή της καρποφορίας. Από την άλλη χαμηλότερες συγκεντρώσεις CO₂ μπορεί να οδηγήσουν στην παραγωγή δύσμορφων καρποφόρων σωμάτων, με επιμηκυμένους στύπους (stipes) και περιορισμένου μεγέθους καπέλα (pilei) (Flegg, P.B., Spencer, D.M. and Wood, D.A.e., 1985; Kinugawa, K., 1993; Wessels, J.G.H., 1993; Scrase, R.J. and Elliott, T.J., 1998).
- 3) Ενεργότητα νερού (aw): Η υψηλή υγρασία (90-95%) είναι ευνοϊκή για το 'ricing' και την καρποφορία (Flegg, P.B., Spencer, D.M. and Wood, D.A.e., 1985; Kinugawa, K., 1993; Kües, U. and Liu, Y., 2000), αν και πιο κρίσιμη μπορεί να είναι η περιεκτικότητα σε υγρασία του υποστρώματος. Η βέλτιστη περιεκτικότητα σε νερό για τα ξυλώδη υποστρώματα είναι 35-60% και για τα άλλα υποστρώματα, 60-80% (Flegg, P.B., Spencer, D.M. and Wood, D.A.e., 1985; Scrase, R.J. and Elliott, T.J., 1998; Ohga, S., 1999a).

- 4) Αλατότητα/pH: Αν και τα μανιτάρια ανέχονται σχετικά υψηλά επίπεδα αλάτων κατά την ανάπτυξη των μυκηλίων, ο σχηματισμός των καρποφόρων σωμάτων μπορεί να είναι πιο ευαίσθητος ως προς αυτό των περιβαλλοντικών παράγοντα. Ομοίως, η μυκηλιακή ανάπτυξη επηρεάζεται λιγότερο από το pH, ενώ η ανάπτυξη των καρποφόρων σωμάτων αρκετών ειδών μανιταριών λαμβάνει χώρα καλύτερα σε ουδέτερες ή ελαφρά όξινες τιμές pH, περίπου 6-7 (Flegg, P.B., Spencer, D.M. and Wood, D.A.e., 1985; Kinugawa, K., 1993) ή, στην περίπτωση της *Lentinula edodes* σε pH 4.0 (Ohga, S., 1999b).
- 5) και Φωτεινή ακτινοβολία (σε ορισμένες μόνο περιπτώσεις): Το φως έχει εμπλακεί ως ρυθμιστικός παράγοντας στην καρποφορία αρκετών ειδών μανιταριών όπως, *Coprinus* (Ellis, R.J., Bragdon, G.A. and Schlosser, B.J., 1999; Kües, U., 2000), *Favolus arcularius* (Kitamoto, Y., Suzuki, A. and Furukawa, S., 1972), *Pleurotus ostreatus* (Richartz, G. and MacLellan, A.J, 1987), *F. velutipes* (Kinugawa 1993), *S. commune* (Yli-Mattila, T., 1991) και κάποιων άλλων, ενώ δεν είναι απαραίτητο για την καρποφορία του *A. bisporus* (Wessels, J.G.H., 1993). Συνήθως, το φως επηρεάζει θετικά τη συσσωμάτωση των υφών και την ωρίμανση των σωμάτων καρποφορίας. Σε αντίθεση με αυτό, μπορεί να καταστείλει το σχηματισμό των υφικών ρόζων. Όταν ο φωτισμός είναι πολύ ισχυρός ή μακράς διάρκειας, τότε μπορεί επίσης να παρεμποδιστούν και τα περαιτέρω βήματα στην ανάπτυξη των καρποφόρων σωμάτων (Fan, L., Soccol, C.R. and Pandey, A., 2008).

Κατά τον αποικισμό του υποστρώματος, η επίδραση αυτών των περιβαλλοντικών παραμέτρων διαδραματίζει έναν ουσιαστικό ρόλο στην ανάπτυξη του μυκηλίου, και ως εκ τούτου προσδίδει σημαντικά στην συνολική επιτυχία της καλλιεργητικής διαδικασίας (Philippoussis, A.N., 2009).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σύμφωνα με στοιχεία της Eurostat, το 2014, η συνολική παραγωγή αποβλήτων στην Ευρώπη ανήλθε στα 2,5 δισεκατομμύρια τόνους, από τους οποίους το 47% διατέθηκε σε χώρους υγειονομικής ταφής (ΧΥΤΑ) και μόλις το 36% επαναχρησιμοποιήθηκε ή ανακυκλώθηκε. Στην Ελλάδα το χάσμα μεταξύ των δύο αυτών μεθόδων διαχείρισης αποβλήτων είναι ακόμη μεγαλύτερο με τη συντριπτική πλειοψηφία των παραγόμενων αποβλήτων (88%) να καταλήγει σε χώρους ΧΥΤΑ. Ιδιαίτερα, από τη βιομηχανική μεταποίηση των γεωργικών πρώτων υλών, παράγεται κάθε χρόνο, μία μεγάλη ποσότητα αποβλήτων, τα περισσότερα εκ των οποίων, είτε χρησιμοποιούνται απευθείας ως ζωοτροφή, είτε προορίζονται για καύση, ως εναλλακτικές λύσεις, της αποκομιδής και της απόρριψής τους μέσω της υγειονομικής ταφής. Ωστόσο, τα εν λόγω απόβλητα έχουν μία σύνθεση πλούσια σε σάκχαρα, ανόργανα άλατα και πρωτεΐνες, αποτελώντας μια άμεσα διαθέσιμη βιομάζα, η οποία παράγεται ετησίως σε παγκόσμια κλίμακα και έχει γίνει ευρέως υπο-εκμετάλλευσή της (*Putun, A.E., Araydin, E. and Putun, E., 2004*).

Συγκεκριμένα, οι βιομηχανίες τυποποίησης και επεξεργασίας ορούζης και οσπρίων, παράγουν μεγάλες ποσότητες στερεών υποπροϊόντων, για τα οποία μέχρι σήμερα δεν έχει βρεθεί μία αποτελεσματική μέθοδος επεξεργασίας σε βιομηχανική κλίμακα. Τα υποπροϊόντα επεξεργασίας των οσπρίων περιλαμβάνουν κυρίως κόκκους και τμήματα αυτών που δεν πληρούν τις προϋποθέσεις ποιότητας και ασφάλειας του τελικού προϊόντος, ενώ τα υποπροϊόντα επεξεργασίας των δημητριακών σπόρων (ρύζι και σίτος) περιλαμβάνουν κυρίως άχυρα, φλοιούς, πίτυρα και μη αποδεκτούς κόκκους ή τμήματα αυτών. Η μέση χημική σύσταση των υποπροϊόντων των οσπρίων είναι 21% ξηρή ύλη, 6% πρωτεΐνη, 3,5% άμυλο, 8% φυτικές ίνες και 2% σάκχαρα (<http://leguval.eu/project/>), ενώ η μέση χημική σύσταση των υποπροϊόντων των δημητριακών μεταβάλλεται σημαντικά ανάλογα με το τύπο του υποπροϊόντος και είναι: 87-92,8% ξηρή ύλη, 3.7-17.3% πρωτεΐνες, 0.4-47.6% φυτικές ίνες, 0-

83% άμυλο και 0-7.2% σάκχαρα (Πίνακες 30, 31α, 31β, 32β, 32γ, 33) (*Feedipedia - Animal Feed Resources Information System - INRA CIRAD AFZ and FAO*). Τα όσπρια θεωρούνται επίσης καλές πηγές ανόργανων αλάτων και μαζί με τα δημητριακά αποτελούν και εξαιρετικές πηγές βιταμινών κυρίως του συμπλέγματος Β, καθώς και ενός μεγάλου εύρους βιοδραστικών φυτικών ενώσεων. Τα συστατικά αυτά λόγω της τυποποιητικής επεξεργασίας στην οποία υπόκεινται οι εν λόγω κόκκοι παρουσιάζονται συμπυκνωμένα στα παραγόμενα υποπροϊόντα.

Η πλούσια χημική σύνθεση και η αφθονία της διαθεσιμότητας των υποπροϊόντων αυτών, τους προσδίδει ένα εξαιρετικό δυναμικό ως πρώτες ύλες για άλλες βιομηχανικές διεργασίες, κυρίως μέσω μηχανικών, θερμικών, και βιολογικών τεχνολογιών αξιοποίησης. Αυτές οι τεχνολογίες μεταβάλλουν το φυσικό, χημικό ή βιολογικό χαρακτήρα των αποβλήτων, για να μειώσουν τον όγκο (ή/και την τοξικότητά τους) και όπου κρίνεται εφικτό, για την ανάκτηση ενέργειας (π.χ. βιοαερίο, βιοαιθανόλη, βιοντίζελ, πέλλετ, ηλεκτρική ενέργεια) (*Chum, H.L. and Overend, R.P., 2001*), αλλά και διάφορων άλλων προϊόντων με προστιθέμενη αξία π.χ. ένζυμα, οργανικά οξέα, αντιβιοτικά, παράγοντες βιο-ελέγχου, μανιτάρια κ.λ.π., κυρίως μέσω της SSF που αποτελεί την τεχνολογία αιχμής για την αξιοποίηση στερεών αγρο-βιομηχανικών υπολειμμάτων.

Από τα παραγόμενα υποπροϊόντα της βιομηχανίας αυτής, εκείνα που έχουν περισσότερο μελετηθεί ως προς την αξιοποίησή τους σε μία ευρεία γκάμα τεχνολογικών διεργασιών και με καλύτερα αποτελέσματα είναι τα υποπροϊόντα επεξεργασίας και τυποποίησης των δημητριακών. Πράγματι τα άχυρα αυτών έχουν χρησιμοποιηθεί εκτενώς για την παραγωγή πέλλετ, βιοαερίου και κόμποστ, αλλά και ως στερεό υπόστρωμα στην καλλιέργεια μανιταριών, ενώ τα πίτυρά τους και κυρίως το πίτυρο του σίτου είναι το πιο συχνά χρησιμοποιούμενο υπόστρωμα στις διαδικασίες ζύμωσης στερεάς κατάστασης, το οποίο επιδεικνύει ταυτόχρονα και υψηλή αποδοτικότητα. Για την αξιοποίηση των υποπροϊόντων των οσπρίων υπάρχουν συγκριτικά πολύ λιγότερα ερευνητικά δεδομένα, τα περισσότερα από τα

οποία αφορούν τη σόγια, ακολουθούμενη από την πράσινη ροβίτσα και τη φακή και αναφέρονται κυρίως είτε στο φλοιό αυτών, είτε στα άλευρα και τους ολόκληρους κόκκους τους. Παρόλα αυτά, σύμφωνα με την υπάρχουσα βιβλιογραφία τα υποπροϊόντα των οσπρίων αυτών έχουν βρει σημαντική εφαρμογή, σε μία από τις σπουδαιότερες SSF διαδικασίες, αυτή της παραγωγής ενζύμων.

Στην έλλειψη ερευνητικών δεδομένων έρχεται να προστεθεί και το γεγονός ότι οι περισσότερες από τις τεχνολογίες αξιοποίησης της βιομάζας των αγροβιομηχανικών υποπροϊόντων βρίσκονται ακόμη σε ερευνητικό στάδιο ανάπτυξης και χρήζουν για το λόγο αυτό περαιτέρω βελτιστοποίησης. Για παράδειγμα, η SSF, παρόλο που είναι η πιο πολλά υποσχόμενη τεχνολογία αξιοποίησης των συγκεκριμένων υποπροϊόντων, από την οποία μπορεί να παραχθεί μία τεράστια γκάμα προϊόντων προστιθέμενης αξίας, αντιμετωπίζει σημαντικές προκλήσεις όσον αφορά την αναβάθμιση των εργαστηριακών διαδικασιών σε βιομηχανική κλίμακα (scale up). Ένα άλλο παράδειγμα είναι η αεριοποίηση υπερκρίσιμου νερού, η οποία λόγω των απαιτούμενων διεργασιών για την παραγωγή βιοαερίου, διπλασιάζει το κόστος του σε σχέση με το φυσικό αέριο και επομένως, η τεχνολογία αυτή καθίσταται μη εφαρμόσιμη στο παρόν στάδιο ανάπτυξής της. Από την άλλη πλευρά, η αναερόβια χώνευση, αν και επίσης παρουσιάζει δυσκολίες στην εφαρμογή της, αποτελεί τη πιο εφικτή στρατηγική για την παραγωγή βιοαερίου από αγρο-βιομηχανικά απόβλητα και για το λόγο αυτό και την πιο πιθανή επιλογή εμπορικού ενδιαφέροντος (*Chattopadhyay, S., Mukerji A. and Sen R., 2009*).

Οι δυνατότητες αξιοποίησης που προσφέρουν τα υποπροϊόντα επεξεργασίας οσπρίων είναι εξαιρετικά υψηλές πράγμα που είναι ιδιαίτερα εμφανές από την πρόσφατη διερεύνηση της χρήσης τους ως πρώτες ύλες για την παραγωγή βιοπλαστικών, στο συγχρηματοδοτούμενο από την Ευρωπαϊκή Ένωση έργο έρευνας και ανάπτυξης 'LEGUVAL', διάρκειας 3 ετών. Η κοινοπραξία 'LEGUVAL' αποτελείται από 12 εταιρούς, μεταξύ των οποίων συμπεριλαμβάνονται, 4 ερευνητικά κέντρα και 5 άλλες επιχειρήσεις, από 4 κράτη μέλη της

Ευρωπαϊκής Ένωσης. Το ερευνητικό αυτό έργο στοχεύει στην αξιοποίηση των υποπροϊόντων επεξεργασίας των οσπρίων μέσω της παραγωγής προϊόντων προστιθέμενης αξίας που προκύπτουν από τη χρήση του εκχυλισμένου πρωτεϊνικού τους κλάσματος. Το τελευταίο χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή βιοπλαστικών, ενώ το υπόλειμμα της βιομάζας που προέκυψε από τη διαδικασία εκχύλισης εξετάστηκε ως πηγή βιοαερίου μέσω της αναερόβιας χώνευσης. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι, η συνολική αθροιστική παραγωγή βιοαερίου από αυτά τα υποστρώματα και η χημική σύνθεση αυτού, είναι εφάμιλλη των τιμών που αναφέρθηκαν για τις πιο κοινές βιομάζες και οργανικά απόβλητα (*Shankar, A.U., 2016; <http://leguval.eu/project/>*).

Ως εκ τούτου τα αγρο-βιομηχανικά υποπροϊόντα, στα οποία συγκαταλέγονται και τα υποπροϊόντα που προκύπτουν από την επεξεργασία των σπόρων της ορύζης και των οσπρίων, δεν θα πρέπει να θεωρούνται ‘απόβλητα’, αλλά πρώτες ύλες για άλλες βιομηχανικές διεργασίες, γεγονός που από τη μία πλευρά θα αυξήσει την εμπορική τους αξία και άρα το παραγόμενο κέρδος των βιομηχανιών που τα παράγουν, ενώ ταυτόχρονα μπορεί να καλύψει μέρος των βιομηχανικών ενεργειακών αναγκών και τέλος να μειώσει το περιβαλλοντικό κόστος που έχουν οι παραδοσιακές μέθοδοι απόρριψής τους (π.χ. υγειονομική ταφή-καύση).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ:

• A	p.453
• B	p.457
• C	p.462
• D	p.468
• E	p.471
• F	p.473
• G	p.476
• H	p.480
• I	p.483
• J	p.485
• K	p.486
• L	p.489
• M	p.493
• N	p.499
• O	p.501
• P	p.503
• Q	p.507
• R	p.508
• S	p.511
• T	p.518
• U	p.521
• V	p.522
• W	p.524
• X	p.527
• Y	p.528
• Z	p.529
• Ελληνική Βιβλιογραφία	p.530
• Τοποθεσίες Διαδικτύου	p.534

A

- Aaslyng, D.,** Rorbaek, K. and Sorensen, N.H. (1996). An enzyme for dyeing keratinous fibres. Int Pat Appl WO9719998.
- Abbas, A.,** Murtaza, S., Aslam, F., Khawar, A., Rafique, S. and Naheed, S. (2011). Effect of Processing on Nutritional Value of Rice (*Oryza sativa*). World Journal of Medical Sciences 6 (2): 68-73, 2011 ISSN 1817-3055 © IDOSI Publications
- Abigor, R.D.,** Uadia, P.O., Foglia, T.A., Haas, K.C., Okpefa, J.E. and Obibuzor, J.U. (2000). Lipase-catalyzed production of biodiesel fuel from some Nigerian lauric oils. Biochem Soc Trans 28, 979–981.
- Abrahão, M.C.,** Gugliotta, A.M., Da Silva, R., Fujieda, R.J.Y., Boscolo, M. and Gomes, E. (2008). Ligninolytic Activity from Newly Isolated Basidiomycete Strains and Effect of These Enzymes on the Azo Dye Orange II Decolourisation. Annals of Microbiology, Vol.58, No.3, (May 2008), pp. 427-432, ISSN 1590-4261.
- Acharya, S.** (2012-2016). Photo: ‘Unpolished rice with bran, Sri Lanka’. In, ‘Rice bran and other rice by-products’. Feedipedia - Animal Feed Resources Information System - INRA CIRAD AFZ and FAO © 2012-2016. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 27/6/2017: <http://www.feedipedia.org/content/unpolished-rice-bran-sri-lanka>
- ADA-Amer. Diet Assoc** (1997). Health implications of dietary fiber. J. Amer. Diet. Assoc. 97: 11571159.
- Adinarayana, K.,** Prabhakar, T., Srinivasulu, V., Rao, M.A., Lakshmi, P.J. and Ellaiah, P. (2003b). Optimization of process parameters for cephalosporin C production under solid state fermentation from *Acremonium chrysogenum*, Process Biochemistry, 39 (2), 171-177.
- Adom, K.K.,** Sorrells, M.E. and Liu, R.H. (2005). Phytochemicals and antioxidant activity of milled fractions of different wheat varieties. J Agric Food Chem 53: 22972306.
- Adom, K.K.,** Sorrells, M.E. and Liu, R.H. (2003). Phytochemical Profiles and Antioxidant Activity of Wheat Varieties. J Agric Food Chem 51: 7825-7834.
- Adom, K.K.** and Liu, R.H. (2002). Antioxidant activity of grains. J Agric Food Chem 50: 6182-6187.
- Afrisham, S.,** Badoei-Dalfard, A., Namaki-Shoushtari, A. and Karami, Z. (2016). Characterization of a thermostable, CaCl₂-activated and raw-starch hydrolyzing alpha-amylase from *Bacillus licheniformis* AT70: Production under solid state fermentation by utilizing agricultural wastes. J. Mol. Catal. B Enzym. 2016, 132, 98–106
- Aftab, M.,** Freeman, A. and Bretag, T. (2008). ‘Seed Health Testing in Pulse Crops’. Department of Environment and Primary Industries, Agriculture Victoria, 1 Spring Street, Melbourne, Victoria. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 25/6/2017: <http://agriculture.vic.gov.au/agriculture/pests-diseases-and-weeds/plant-diseases/grains-pulses-and-cereals/seed-health-testing-in-pulse-crops>
- Agriculture Victoria,** (2016). Pests diseases and weeds. Plant diseases. Grains, Pulses and Cereals. Lentil. Aschohyta Blight of Lentil. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 24/6/2017:

A

<http://agriculture.vic.gov.au/agriculture/pests-diseases-and-weeds/plant-diseases/grains-pulses-and-cereals/ascochyta-blight-of-lentil>

- Agrocapital** (2013). 'Φακή'. Ανακτήθηκε από το Διαδίκτυο 27/1/2017: <http://www.agrocapital.gr/Category/Kalliergies/Article/5992/kalliergeia-fakis>
- Akpinar, N., Akpinar, M. A., and Türkog̃lu, S.** (2001). Total lipid content and fatty acid composition of the seeds of some *Vicia L.* species. *Food Chemistry*, 74, 449–453.
- Alais, C.** and Linden, G. (1991). *Food Biochemistry*. New York, Ellis Horwood Ltd., 222 pp.
- Alborés, S., Pianzola, M.J., Soubes, M. et al.** (2006). Biodegradation of agr-oindustrial wastes by *Pleurotus spp* for its use as ruminant feed. *Electron J Biotechnol* 9(3): 215–220
- Alfalaval.com.** "Algae harvesting – Industrial fermentation – Separators". Ανακτήθηκε 06/02/2015.
- Ali, H.K.H.** and Zulkali, M.M.D. (2011). Design aspects of bioreactors for solid-state fermentation: A review. *Chem. Biochem. Eng. Q.* 25:255–266.
- Ali, N.** and Pandya, A.C. (1974). Basic concept of parboiling of paddy. *J. Agric. Eng. Res.*, 19, 111-115.
- Allen, L. H.** (1982). Calcium bioavailability and absorption: A review. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 35, 783–808.
- Alliance Zone (Global Agri-Food Sourcing),** (2017). Red Split Lentils. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 23/6/2017: <http://www.alliancezone.ca/products/lentils-peas-and-beans/red-split-lentils/>
- Alves-Prado, H.F., Pavezzi, F.C., Leite, R.S.R., Oliveira, V.M., Sette, L.D. and Da Silva, R.** (2010). Screening and Production Study of Microbial Xylanase Producers from Brazilian Cerrado. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, Vol.161, No.1-8, (November 2009), pp. 333–346, ISSN 0273-2289.
- Alves, S.** and Figueiredo, J. (1986). Fuel gas from a wood waste carbonization reactor. *Fuel* 65, 1709.
- Alves, S.B.** and Pereira, R.M. (1989). Production of *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok and *Beauveria bassiana* (Bals) Vuill in plastic trays, *Ecosystema*, 14, 188-192.
- Al-Widyan, M.I.** and Al-Shyoukh, A.O. (2002). Experimental evaluation of the transesterification of waste palm oil into biodiesel. *Bioresource Technol* 85(3), 253–256.
- Amarowicz, R., Troszynska, A., Barylko-Pikielna, N. and Shahidi, F.** (2004). Extracts of polyphenolics from legume seeds – Correlation between their total antioxidant activity, total phenolics content, tannins content and astringency. *Journal of Food Lipids*, 11, 278–286.
- Amigun, B., Sigamoney, R. and von Blottnitz, H.** (2008). Commercialisation of biofuel industry in Africa: A review. *Renewable Sustainable Energy Rev* 12: 690–711.

A

- Andersen, M.Ø.** (2001). "Anthocyanins". Encyclopedia of Life Sciences. eLS. John Wiley & Sons, Ltd. ISBN 0470016175. doi:10.1038/npg.els.0001909
- Anderson, J.W.** (2003). Whole grains protect against atherosclerotic cardiovascular disease. *Proc Nutr Soc* 62: 135-142.
- Andriuss,** Photo preview: 'Τριτικάλε χρυσή σιτηρών για ζωοτροφές'. In, depositphotos.com. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 28/6/2017: <https://gr.depositphotos.com/2522992/stock-photo-triticale-grain.html>
- Anita, F.P.** and Abraham, P. (1997). Clinical dietetics and nutrition. Delhi Oxford University Press, Calcutta, pp 73–77.
- Anto, H.,** Trivedi, U.B. and Patel, K.C. (2006). Glucoamylase production by solid state fermentation using rice flake manufacturing waste products as substrate. *Bioresour. Technol.* 97: 1161-1166.
- AOAC Official Method 2002.04** Amylase-Treated Neutral Detergent Fiber in Feeds.
- Arbab Riaz, K.,** Sahib, A., Sajid, A., Saiqa, B. and Iqtidar, A.K. (2007). Dietary Fiber Profile of Food Legumes. *Sarhad J. Agric.* Vol. 23, No. 3.
- Arcas, J.A.,** Diaz, B.M. and Lecuona, R.E. (1999). Bioinsecticidal activity of conidia and dry mycelium preparations of two isolates of *Beauveria bassiana* against the sugarcane borer *Diatraea saccharalis*. *Journal of Biotechnology*, 67, 151-8
- Archenzo,** (2004). 'Flammulina velutipes.JPG'. https://en.wikipedia.org/wiki/Enokitake#/media/File:Flammulina_velutipes.JPG
- Arias, M.E.,** Arenas, M., Rodriguez, J., Soliveri, J., Ball, A.S. and Hernandez, M. (2003). Kraft pulp biobleaching and mediated oxidation of a non-phenolic substrate by laccase from *Streptomyces cyaneus* CECT 3335. *Appl. Environ. Microbiol.* 69:1953–1958.
- Arora, D.K.** (2003). Fungal Biotechnology in Agricultural, Food and Environmental Applications. CRC Press, σελ. 384.
- Arvanitoyannis, I.S.,** Kassaveti, A. and Ladas, D. (2008). Food Waste Treatment Methodologies, chapter 6, pp345-410. In, Arvanitoyannis, I.S., Waste Management for the Food Industries. Elsevier Inc. ISBN: 978-0-12-373654-3.
- Arvanitoyannis, I.S.** and Tserkezou, P. (2008). Cereal Waste Management: Treatment Methods and Potential Uses of Treated Waste, chapter 10, pp 629-702. In, Arvanitoyannis, I.S., Waste Management for the Food Industries. Elsevier Inc. ISBN: 978-0-12-373654-3.
- Arvanitoyannis, I.S.** and Varzakas, T.H. (2008). Vegetable Waste Management: Treatment Methods and Potential Uses of Treated Waste, chapter 11, pp 703-761. In, Arvanitoyannis, I.S., Waste Management for the Food Industries. Elsevier Inc. ISBN: 978-0-12-373654-3.
- Asha Poorna, C.** and Prema, P. (2007). Production of cellulase-free endoxylanase from novel alkalophilic thermotolerant *Bacillus pumilus* by solid-state fermentation and its application in wastepaper recycling. *Bioresour. Technol.* 2007, 98, 485–490.

A

- Augustin, J.,** Beck, C. B., Kalbfleish, G., Kagel, L. C. and Matthews, R. H. (1981). Variation in the vitamin and mineral content of raw and cooked commercial *Phaseolus vulgaris* classes. *Journal of Food Science*, 46, 1701–1706.
- Aycroyd, W.R.** and Doughty, J. (1982). Legumes in Human Nutrition. Food and Agriculture organization of the United Nations (FAO), Rome, Italy. FAO Food and Nutrition Paper (20) pp1-152 Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο, 25/4/2017: https://books.google.gr/books?id=BSEKnmY_Re4C&printsec=frontcover&dq=bibliogr bib:%22FAO+nutritional+studies%22&hl=el&sa=X&ved=0ahUKEwiGptmU55fUAhfUAhWGnBoKHZwo6wEIJTAA#v=onepage&q&f=false
- Awika, J. M.,** Rooney, L. W., Wu, X., Prior, R. L. and Zevallos, L. C. (2003). Screening methods to measure antioxidant activity of sorghum (*Sorghum bicolor*) and sorghum products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 6657–6662

B

- Badhan, A.K.**, Chadha, B.S., Kaur, J., Saini, H.S. and Bhat, M.K. (2007). Production of Multiple Xylanolytic and Cellulolytic Enzymes by Thermophilic Fungus *Myceliophthora* sp. IMI 387099. *Bioresource Technology*, Vol.98, No.3, (February 2007), pp. 504–510, ISSN:0960-8524.
- Badi, O.** and Tocumoto, O. (2013). Rice Post-harvest Technology Training Program. Ministry of Agriculture, Animal Wealth and Natural Resources, General Administration of Agriculture, Rice Promotion Unit & Japan International Cooperation Agency (JICA). Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 12/02/2017: https://www.jica.go.jp/project/english/sudan/001/materials/c8h0vm00007vrgs5-att/rice_quality_en.pdf
- Baeshen, M.N.**, Al-Hejin, A.M., Bora, R.S., Ahmed, M.M., Ramadan, H.A., Saini, K.S., Baeshen, N.A. and Redwan, E.M. (2015). Production of Biopharmaceuticals in *E. coli*: Current Scenario and Future Perspectives. *J Microbiol Biotechnol.*, 25(7):953-62. doi: 10.4014/jmb.1412.12079.
- Bailey, E.** Photo: ‘Diagram of Lima bean seed Anatomy’, (Utah State University). In, ‘What is healthy: Beans, Beans the Magical fruit...’ Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 29/6/2017: <https://rampages.us/baileyef/2014/10/09/beans-beans-the-magical-fruit/>.
- Baldo, B.A.** and Wrigley, C.W. (1984). Allergies to cereals. *Adv. Cereal Sci. Technol.* 6: 289-356.
- Baldrian, P.** (2005). Fungal laccases-occurrence and properties. *FEMS Microb Rev* 30: 215–242
- Baldrian, P.** and Valášková, V. (2008). Degradation of cellulose by basidiomycetous fungi. *FEMS Microbiol Rev* 32: 501–521
- Ban, K.**, Kaieda, M., Matsumoto, T., Kondo, A. and Fukuda, H., (2001). Whole cell biocatalyst for biodiesel fuel production utilizing *Rhizopus oryzae* cells immobilized within biomass support particles, *Biochemical Engineering Journal*, 8, 39-43.
- Banat, I.M.**, Nigam, P., Singh, D., Marchant, R. and McHale, A.P. (1998). Ethanol production at elevated temperatures and alcohol concentrations: a review. Part I – yeast in general. *World J Microbiol Biotechnol* 14, 809–821.
- Bansal, N.**, Janveja, C., Tewari, R., Soni, R. and Soni, S.K. (2014). Highly thermostable and pH-stable cellulases from *Aspergillus niger* NS-2: Properties and application for cellulose hydrolysis. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 2014, 172, 141–156.
- Barber, S.** (1972). Milled rice and changes during aging. In D.F. Houston, ed. *Rice chemistry and technology*, p. 215-263. St Paul, MN, USA, Am. Assoc. Cereal Chem.
- Barber, S.**, Benedito de Barber, C., Flores, M.J. and Montes, J.J. (1978). Constituyentes toxicos de salvado de arroz.1. Actividad de inhibidor de tripsina del salvado crudo tratado termicamente. *Rev Agroquim Technol Aliment*, 18:80-88.
- Bareja, B.G.** (2010). List of Pulses or Grain Legumes and Their Various Names. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 17/1/2017: <http://www.cropsreview.com/grain-legumes.html>
- Barrios-González, J.** (2012). Solid-state fermentation: Physiology of solid medium, its molecular basis and applications. *Process Biochem.* 47:175–185.

B

- Barrios-González, J.,** Fernández, F.J. and Tomasini, A. (2003). Production of microbial secondary metabolites and strain improvement, *Indian Journal of Biotechnology, Special Issue: Microbial Biotechnology*, 2 (3), 322-333.
- Barrios-González J.,** Fernández, F.J., Tomasini, A. and Mejía A., (2005). Secondary Metabolites Production by solid-state fermentation. *Malaysian Journal of microbiology*, 2005, 1(1): 1-6.
- Barrios-González, J.** and Mejia, A. (2008). Production of Antibiotics and Other Commercially Valuable Secondary metabolites, chapter 14, pp 307-340. In, Pandey, A., Soccol, C.R. and Larroche, C., 'Current Developments in Solid-state Fermentation'. Published by, Muraleedharan, N.K., for Asiatech Publishers, Inc., E-20, Arya Nagar, CGHS, Plot No. 91, I.P. Extension, Patparganj, Delhi 110092.
- Barrios-González J.** and Mejía A., (1996). Production of secondary metabolites by solid-state fermentation. *Biotechnol Annu Rev.* 1996;2:85-121
- Barroga, C.F.,** Laurens, A.C. and Mendoza, E.M.T. (1985). Polyphenols in mung beans (*Vigna radiata* (L.) Wilczek): determination and removal. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 33, 1006-1009.
- Baumann, P.1.,** Clark, M.A., Baumann, L. and Broadwell, A.H. (1991). *Bacillus sphaericus* as a mosquito pathogen: properties of the organism and its toxins. *Microbiol Rev.* 1991 Sep;55(3):425-36.
- Baysal, Z.,** Uyar, F., Dođru, M. and Alkan, H. (2008). Production of extracellular alkaline alpha-amylase by solid state fermentation with a newly isolated *Bacillus* sp. *Prep Biochem Biotechnol.* 2008;38(2):184-90. doi: 10.1080/10826060701885167.
- Bear, R.** and Rintoul, D. (1999-2017). Pollination and Fertilization. By Openstax CNX. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο στις 15/4/2017: <https://cnx.org/contents/MoSR6SWc@4/Pollination-and-Fertilization>
- Bechtel, D.B.** and Pomeranz, Y. (1978). Ultrastructure of the mature ungerminated rice (*Oryza sativa*) caryopsis. The starchy endosperm. *Am. J. Bot.*, 65: 684-691.
- Behall, K.M., Scholfield, D.J., Hallfrisch, J.G. and Liljeberg-Elmståhl, H.G. (2006). Consumption of both resistant starch and beta-glucan improves postprandial plasma glucose and insulin in women. *Diabetes Care* 29: 976–981.
- Beecher, G.R.** (1999). Phytonutrients role in metabolism: effects on resistance to degenerative processes. *Nutr Rev* 57:3–6.
- Belderok, B.,** Mesdag, H. and Donner, D.A. (2000). *Bread-Making Quality of Wheat*. Springer, New York
- Belghith, H.,** Ellouz-Chaabouni, S. and Gargouri, A. (2001). Biostoning of denims by *Penicillium occitanis* (Pol6) cellulases. *J Biotechnol* 89:257–262.
- Belitz, H.-D.,** Grosch, W. and Schieberle, P. (2009). Cereals and cereal products. In: Belitz H.-D., Grosch, W. and Schieberle, P. (eds). *Food chemistry*, 4th edn. Springer, Berlin, pp 670–675.
- Belitz, H. D.** and Weder, J. K. P. (1990). Protein inhibitors of hydrolases in plants foodstuffs. *Food Reviews International*, 6, 151–211.

B

- Bellon-Maurel, V.**, Orliac, O., and Christen, P. (2003). Sensors and measurements in solid state fermentation: A review. *Process Biochem.* 38: 881–896.
- Berardino, S.**, Bersi, R., Converti, A. and Rovatti, M. (1997). Starting-up an anaerobic hybrid filter for the fermentation of wastewater from food industry. *Bioprocess Engin* 16, 65–70.
- Berghoff, W.**, (1998). Längsschnitt durch ein Getreidekorn. aid infodienst Verbraucherschutz Ernährung, Bonn. Français : Un grain de blé et sa valeur nutritionelle.
- Bernstein, A.M.**, Titgemeier, B., Kirkpatrick, K., Golubic, M., and F. Roizen, M. (2013). Major Cereal Grain Fibers and Psyllium in Relation to Cardiovascular Health. *Nutrients*, 5(5), 1471-1487, doi:10.3390/nu5051471.
- Bertoft, E.**, Piyachomkwan, K., Chatakanonda, P. and Sriroth, K. (2008). Internal unit chain composition in amylopectins. *Carbohydrate Polymers*, 74, 527–543.
- Bewley, J. D.**, Black, M. and Halmer, P. (2006). *The encyclopedia of seeds: science, technology and uses.* CABI Publishing Series, 828 pp.
- Bhargav, S.**, Panda, B. P., Ali, M. and Javed, S. (2008). Solid-state Fermentation: An Overview. *Chem. Biochem. Eng. Q.* 22 (1) 49–70.
- Bhatty, R.S.** (1993). Non-malting uses of barley. In MacGregor, A.W. and Bhatty, R.S. (Eds).
- Bienvenido, O.J.** (1993). Rice in human nutrition. Produced by Agriculture and Consumer Protection Department. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, 1993, viale delle Terme di Caracalla, 00100 Rome, Italy and the Informartion Network on Post-Harvest Operations (INPhO) 1998, pp 162. <http://www.fao.org/docrep/t0567e/t0567e00.htm>
- Bilello, S.** (2016). Vicia Faba, chapter 25: pp 146-155. In 21st Century Homestead Nitrogen Fixing Crops. Nature Publishing Group.
- Binosha, F.** (2013). Rice as a Source of Fibre. *J Rice Research open access*, 1:2 <http://dx.doi.org/10.4172/jrr.1000e101>
- Blasi, C.**, Signorelli, G., Russo, C. and Rea, G. (1999). Product distribution from pyrolysis of wood and agricultural residues. *Indust Engin Chem Res* 38, 2216–2224.
- Bohicchio, R.** and Reicher, F. (2003). Are hermicelluloses from *Podocarpus lambertii* of gymnosperms? *Carbohyd Res.* 53:127-136.
- Bocchini-Martins, D.A.**, Alves do Prado, H.F., Ribeiro Leite, R.S., Ferreira, H. and de Souza, M.M. (2011). Agroindustrial Wastes as Substrates for Microbial Enzymes Production and Source of Sugar for Bioethanol, chapter 17, pp 319-360. In, Kumar, S., *Integrated Waste Management - Volume II*, pp 482. InTech, (2011), ISBN 978-953-307-447-4, , CC BY-NC-SA 3.0 license.
- Boing, J.T.P.** (1982). Enzyme production. In, Reed, G., Prescott and Dunn's *Industrial Microbiology* (4rth edition), pp 634-708. Mac Millan, New York.
- Booth, A. N.**, Robbins, D. J., Ribelin, W.M., and Deeds, F. (1960). Effects of raw soybean meal and amino acids on pancreatic hypertrophy. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 104:681.
- Bond, D. A.**, and Duc, G. (1993). Plant breeding as a means of reducing antinutritional factors of grain legumes. In Van der Poel, A., Huisman, J. and Saini, H. S. (Eds.), *Recent*

B

- advances of research in antinutritional factors in legume seeds, proceedings of the 2nd international workshop on antinutritional factors (ANFs) in legume seeds (pp. 379–396). Wageningen, Netherlands: Wageningen Press.
- Bond, E.J.** and Bénazet, J. (1984). Insect pests in cargo ships (3rd ed., 1988). Plant Protection Division Agriculture Canada., London, Ontario. pp 36. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 28/6/2016: http://publications.gc.ca/collections/collection_2014/aac-aafc/agrhist/A53-855-1988-eng.pdf
- Borrow, A.,** Brian, P.W., Chester, V.E., Curtis, P.J., Hemming, H.G., Henehan, C., Jefferys, E.G., Lloyd, P.B., Nixon, I.S., Norris, G.L.F. and Radley, M. (1955). Microbial production of gibberellins, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 6, 340-348.
- Bothast, R.J.** and Schlicher, M.A. (2005). Biotechnological processes for conversion of corn into ethanol. *Appl Microbiol Biotech* 2005, 67(1):19-25.
- Bouchenak, M.** and Lamri-Senhadji, M. (2013). Nutritional Quality of Legumes, and Their Role in Cardiometabolic Risk Prevention: A Review. *J Med Food* 16 (X), 1–14.
- Bourbonnais, R.** and Paice, M.G. (1988). Veratryl alcohol oxidases from the lignin-degrading basidiomycete *Pleurotus sajor-caju*. *Biochem. J.* 255:445–450
- Bressani, R.** (1993). Grain quality of common beans. *Food Rev Inter*, 9:217–297.
- Bridgwater, A.V.** and Bridge, S.A. (1991). Biomass pyrolysis liquids, upgrading and utilization. Elsevier Applied Science, London.
- Britton, G.** (1995). Structure and properties of carotenoids in relation to function. *FASEB J* 9: 1551-1558.
- Britz, S.J.,** Prasad, P.V., Moreau, R.A., Allen, L.H. Jr, Kremer, D.F., et al. (2007). Influence of growth temperature on the amounts of tocopherols, tocotrienols, and gamma-oryzanol in brown rice. *J Agric Food Chem* 55: 7559-7565.
- Brondi, M.,** Ciardi, A., and Cubadda, R. (1984). Trasferimento di elementi traccia dall'ambiente alla catena alimentare: Livelli in grani e loro prodotti [Transfer of trace elements from the environment to food chain levels in grains and their products]. *La Rivista della Società Italiana di Scienza dell'Alimentazione*, 13, 27–38.
- Bühler A.G.,** Uzwil. milling a kernel. In, Azudin, N., 'The milling process'.
- Bu'Lock, J.D.,** Hamilton, D., Hulme, M.A., Powell, A.J., Shepherd, D., Smalley, H.M. and Smith G.N. (1965). Metabolic development and secondary biosynthesis in *Penicillium urticae*. *Can. J. Micro.* 11, 765-778.
- Burkitt, D.P.** and Trowell, H.C. (1985). Refined carbohydrates in foods and disease. Some implications of dietary fiber. Academic Press New York.
- Burtet, M.J.G.,** Silva, M.E. and Diehl Fleig, E. (1997). Producao de conidios e micelio seco de *Beauveria bassiana* (Bals) Viull. para controle de formigas cortadeiras, Congresso Bras Entomol, 16, 101.
- Bushwell, J.A.,** Cai, Y.J. and Chang, S.T. (1996). Ligninolytic enzyme production and secretion in edible mushroom fungi. In: Royse DJ (ed) *Mushroom Biology and Mushroom Products*, Penn State University, Pennsylvania

B

Buswell, J.A. and Eriksson, K.E. (1988). Methods in Enzymology 161, Wood WA, Kellogg SC (Eds), Academic press, p. 271

Buttery, R.G., Ling, L.C., Juliano, B.O. and Turnbaugh, J.A.G. (1983). Cooked rice aroma and 2-acetyl-1pyrroline. J. Agric. Food Chem., 31: 823-826.

C

- Cabrera, C.,** Lloris, F., Giménez, R., Olalla, M. and López, M. C. (2003). Mineral content in legumes and nuts: Contribution to the Spanish dietary intake. *The Science of the Total Environment*, 308, 1–14.
- Caffall, K.H.** and Mohnen, D. (2009). The structure, function, and biosynthesis of plant cell wall pectic polysaccharides. *Carbohydr Res.* 344:1879-1900.
- Cahoon, E.B.,** Hall, S.E., Ripp, K.G., Ganzke, T.S., Hitz, W.D., et al. (2003). Metabolic redesign of vitamin E biosynthesis in plants for tocotrienol production and increased antioxidant content. *Nat Biotechnol* 21: 1082-1087.
- Cai, Y.J.,** Chapman, S.J., Buswell, J.A. et al. (1999.) Production and distribution of endoglucanase, cellobiohydrolase, and β -glucosidase components of the cellulolytic system of *Volvariella volvacea*, the edible straw mushroom. *Appl Environ Microbiol* 65(2): 553–559
- Calderon, A.,** Fraga, M. and Carreras, B. (1995). Production of *Beauveria baasiana* by solid-state fermentation, *Reviews on Protection of Vegetables*, 10, 269-273.
- Campbell, C. G.** (1997). Grass pea: *Lathyrus sativus* L. International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI), Rome; Italy, 92p.
- Campos-Vega, R.,** Loarca-Piña, G., and Oomah, B.D. (2010). Minor components of pulses and their potential impact on human health. *Food Research International* 43: 461–482.
- Capalbo, D.M.F.** and Moraes, I.O. (1988). Production of protein protoxin by *Bacillus thuringiensis* by semi-solid fermentation, In: 12th Simposio Annual da Academia de Ciencias do Estado de Sao Paulo, Campinas 1988, Vol. 11, pp 46-55.
- Capalbo, D.M.F.,** Valicente, F.H., Moraes, I.O. and Pelise, L.H. (2001). Solid-state fermentation of *Bacillus thuringiensis tolworthi* to control fall armyworm in maize, *Electronic journal of Biotechnology*, 4, 2, 112-115
- Canadian Grain Commission** (2016). Official Grain Grading Guide: ‘Lentils’- chapter 18, ‘Chickpeas’ – Chapter 22. Ανακτήθηκε από το Διαδίκτυο 23/11/2016: <https://www.grainscanada.gc.ca/oggg-gocg/18/oggg-gocg-18-eng.htm>
- Canbolat, O.,** Tamer, E. and Acikgoz, E. (2007). Chemical composition, metabolizable energy and digestibility in pea seeds of differing testa and flower colors. *J. Biol. Environ. Sci.*, 1 (2): 59-65.
- Carson, G.R.** and Edwards, N.M. (2009). Criteria of wheat and flour quality. In: Khan K, Shewry P, editors. *Wheat chemistry and technology*. 4th ed., St Paul, MN: American Association of Cereal Chemists. pp 97–118.
- Carvalho, J.C.,** Pandey, A., Oishi, B.O., Brand, D., Rodriguez-León J.A. and Soccol, C.R. (2006). Relation between growth, respirometric analysis and biopigments production from *Monascus* by solid-state fermentation, *Biochemical Engineering Journal*, 29, 262-269.
- Carvalho, J.C.,** Soccol, C.R., Babitha, S., Pandey, A. and Woiciechowski, A.D. (2008). Production of Pigments. In, Pandey, A., Soccol, C.R. and Larroche, C., ‘Current Developments in Solid-state Fermentation’, chapter 15, pp 337-355. Springer Science

C

and Business Media, LLC, published by, Muraleedharan, N.K., for Asiatech Publishers, Inc. E-20, Arya Nagar, CGHS, Plot No. 91, I.P. Extension, Patparganj, Delhi 110092.

- Castilho, L.R.**, Polato, C.M.S., Baruque, E.A., Sant'Anna Jr., G.L. and Freire, D.M.G., (2000). Economic analysis of lipase production by *Penicillium restrictum* in solid-state and submerged fermentations, *Biochem. Eng. J.* 4 (2000) 239.
- Cattlin, N.**, Stock photo preview: Wheat grain after harvest contaminated with weed seeds cleavers *Galium aparine* and wild oats *Avena fatua*. In, alamy stock photos, vectors and videos. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 28/6/2017: <http://www.alamy.com/stock-photo-grain-quality-wild-oats-avena-fatua-and-cleavers-contamination-in-8458109.html>
- Cavaleiro, A.J.**, Alves, M.M. and Mota, M. (2001). Microbial and operational response of an anaerobic fixed bed digester to oleic acid overloads. *Process Biochem* 37, 387–394.
- Cerda, A.**, El-Bakry, M., Gea, T. and Sánchez, A. (2016). Long term enhanced solid-state fermentation: Inoculation strategies for amylase production from soy and bread wastes by *Thermomyces* sp. in a sequential batch operation. *J. Environ. Chem. Eng.* 2016, 4, 2394–2401.
- Cereal Research Institute**, (1925-2014). Photo: 'Infested Wheat Sample'. Agriculture and Agri-Food Canada, 195 Dafoe Road, Winnipeg, Manitoba, R3T 2M9, Canada. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 28/6/2017: <http://res2.agr.ca/winnipeg/welcomee.htm>
- Chai, W.** and Liebman, M. (2005). Effect of different cooking methods on vegetable oxalate content. *J Agric Food Chem.* 53(8):3027-30.
- Chandrakant, P.** and Bisaria, V.S. (1998). Simultaneous Bioconversion of Cellulose and Hemicellulose to Ethanol. *Crit. Rev. Biotechnology*, 1998; 18: 295-331.
- Chang, S.T.** (2006). The World Mushroom Industry: Trends and technological development. *IntJ Med Mush* 8(4): 297–314
- Chang, S.T.** (2001). A 40-year journey through bioconversion of lignocellulosic wastes to mushrooms and dietary supplements. *Int J Med Mush* 3: 80
- Chang, S.T.** (1999). World production of cultivated edible and medicinal mushrooms in 1997 with emphasis on *Lentinus edodes* (Berk.) Sing. in China. *Int J Med Mush* 1: 291–300
- Chang, S.T.** (1993). Mushroom biology: the impact on mushroom production and mushroom products. In: Chang ST, Buswell JA, Chiu SW (eds) *Mushroom biology and mushroom products*. The Chinese University Press, Hongkong, pp 3-20.
- Chang, S.T.** and Buswell, J.A. (1996). Mushroom nutraceuticals, *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 12, 473-476.
- Chang, T.T.** (1976). Origin, evolution, cultivation, dissemination, and diversification of Asian and African rices. *Euphytica*. 25:425–441.
- Chang, T.T.**, Bardenas E.A. and Del Rosario A. C. (1965). The Morphology and Varietal Characteristics of the Rice Plant. Technical Bulletin 4. The International Rice Research Institute. Los Banos, Laguna, P.O. Box 933, Manila, Philippines pp 3-36.

C

- Chaplin, M.** (2001). Starch. In, 'Water structure and Science'. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 31/3/2017: <http://www1.lsbu.ac.uk/water/starch.html#a>
- Chattopadhyay, S., Mukerji A. and Sen R.** (2009). Biofuels, chapter 4, pp 61- 76. In, Singh nee Nigam, P. and Pandey, A. (eds), *Biotechnology for Agro-Industrial Residues Utilization*. Springer Science and Business Media B.V. 2009, Netherlands, ISBN 978-1-4020-9941-0 e-ISBN 978-1-4020-9942-7, DOI 10.1007/978-1-4020-9942-7.
- Chaven, J. K. and Kadam, S. S.** (1989). "Nutritional improvement of cereals by fermentation." *CRC Critical Reviews in Food Science and Technology* 28(5): 349.
- Chávez, R., Bull, P. and Eyzaguirre, J.** (2006). The Xylanolytic Enzyme System from the Genus *Penicillium*. *Journal of Biotechnology*, Vol.123, No.4, (June 2006), pp. 413–433, ISSN:1462-0316.
- Chawachart, N., Khanongnuch, C., Watanabe, T., Lumyong, S.** (2004). Rice bran as an efficient substrate for laccase production from thermotolerant basidiomycete *Coriolus versicolor* strain RC3. *Fungal Divers.* 15:23–32.
- Cheeke, P.R.** (1976). "Nutritional and physiological properties of saponins." *Nutr. Rep. Intern.* 13: 315.
- Chen, A.W., Arrol, N. and Stamets, P.** (2000). Shiitake cultivation systems. In: Van Griensven JLJD (ed) *Science and Cultivation of Edible Fungi*, Balkema, Rotterdam
- Chen, D.M., Bastias, B.A., Taylor, A.F.S. et al.** (2003). Identification of laccase-like genes in ectomycorrhizal basidiomycetes and transcriptional regulation by nitrogen in *Piloderma byssinum*. *New Phytolog* 157: 547–554
- Chen, H.** (2014). Chemical Composition and Structure of Natural Lignocellulose. In, Chen, H., *Biotechnology of Lignocellulose: Theory and Practice*, Chapter 2. Chemical Industry Press, Beijing and Springer Science + Business Media Dordrecht. DOI 10.1007/978-94-007-6898-7__2
- Chen, H.Q., Chen, X.M., Chen, T.X., Xu, X.M. and Jin, Z.Y.** (2011). Extraction optimization of inulinase obtained by solid state fermentation of *Aspergillus ficuum* JNSP5-06. *Carbohydr. Polym.* 2011, 85, 446–451.
- Chen, H.Z. and He, Q.** (2012). Value-added bioconversion of biomass by solid-state fermentation. *J.Chem. Technol. Biotechnol.* 2012, 87, 1619–1625.
- Chen, P.** (2010). Phylum Basidiomycota - Dikaryotic (Dikaryotic basidiocarp) – club fungi and Phylum Ascomycota - sac fungi. (multicellular hyphae). Lab notes: Diversity of Life: Fungi key p. 189. <http://bio1151b.nicerweb.net/Locked/media/lab/diversity/fungi/key1151.html>
- Chen, Q.C.** (2004). Determination of phytic acid and inositol pentakisphosphates in foods by high-performance ion chromatography. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, 4604–4613.
- Chen, W., Li, Y., Du, G. and Chen, J.** (2005). Application of response surface methodology in medium optimization for spore production of *Coniothyrium minitans* in solid-state fermentation, *World Journal of Microbiology & Biotechnology*, 21,593-599

C

- Chernick, S.,** Lepkovsky, S., and Chaikoff, I.L. (1948). A dietary factor regulating the enzyme content of the pancreas. Changes induced in size and proteolytic activity of the chick pancreas by the ingestion of raw soybean meal. *Am. j. physiol.* 155:33-41.
- Cheryan, M.** (1980). Phytic acid interactions in food systems. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 13: 297–335.
- Chiplin, G.** (2017). Photo: Sclerotes from North Star Chickpea sample. In: Bowden, P., (Pulse Australia), McCaffery, D. (NSW DPI) and Lindbeck, K. (NSW DPI), ‘Paddock selection for broadleaf crops in 2017’. Posted on Agronomy alert 11 Jan 2017. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 24/6/2017: <http://pulseaus.com.au/blog/post/paddock-selection-2017>
- Chisti, Y.** (1999). Fermentation (Industrial): Basic considerations. In: Robinson, R., Batt, C. and Patel, P., ‘Encyclopedia of Food Microbiology’ (eds). Academic Press, London, pp 663-674.
- Chittaranjan, K.** (2007). Genome mapping and molecular breeding in plants, Volume 3: Pulses, sugar and tuber crops. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York.
- Chiu, S.W.,** Law, S.C and Ching, M.L. (2000). Themes for mushroom exploitation in the 21st century: Sustainability, waste management, and conservation. *J Gen Appl Microbiol* 46: 269–282
- Chiu, S.W.** and Moore, D. (2001). Threats to biodiversity caused by the traditional mushroom cultivation in China. In: Moore D, Nauta M, Rotheroe M (eds) *Fungal Conservation: The 21st Century issue*, Cambridge
- Chong Fat** (2007). ‘StrawMushroom.jpg’. https://en.wikipedia.org/wiki/Volvvariella_volvacea#/media/File:StrawMushroom.jpg
- Chongkhon, S.,** Tongurai, C., Chetpattananondh, P. et al. (2007). Biodiesel production by esterification of palm fatty acid distillate. *Biomass Bioenergy* 31: 563–568.
- Choudhury, N.H.** and Juliano, B.O. (1980). Effect of amylose content on the lipids of mature rice grain. *Phytochemistry*, 19: 1 385- 1 389.
- chris_73,** (2004). ‘Champignon Mushroom’ [https://en.wikipedia.org/wiki/Agaricus_bisporus#/media/File:Champignon Mushroom.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Agaricus_bisporus#/media/File:Champignon_Mushroom.jpg)
- Chris_73,** (2004). ‘EnokitakeJapaneseMushroom.jpg’. <https://en.wikipedia.org/wiki/Enokitake#/media/File:EnokitakeJapaneseMushroom.jpg>
- Christen, P.,** Meza, J., and Revah, S. (1997). Fruity aroma production in solid state fermentation by *Ceratocystis fimbriata*: influence of the substrate type and the presence of precursors. *Mycological Research*, 101, 911-919
- Christensen, P.** (2013). Image: ‘Structure of a rice grain’. In, *US Rice: Hybrids, Quality and Controversy*. Seed In Context Blog. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 28/6/2017: <http://www.intlcorn.com/seedsiteblog/?p=1141>

C

- Christensen, T.H.**, Kjeldsen, P.A. and Lindhardt, B. (1996). Gas generating processes in landfills. In *Landfilling of waste: Biogas* (T.H. Christensen, R. Cossu and R. Stegman, eds). E and FN Spon, London.
- Christov, L.P.** and Prior, B.A. (1993). Esterases of Xylan-Degrading Microorganisms, Production, Properties and Significance. *Enzyme and Microbial Technology*, Vol.15, No.6, (June 1993), pp. 460–475, ISSN 0141-0229.
- Chum, H.L.** and Overend, R.P. (2001). Biomass and renewable fuels. *Fuel Process Technol* 71, 187–195.
- Chung, N.** and Aust, S.D. (1995). Veratryl alcohol-mediated indirect oxidation of phenol by lignin peroxidase. *Arch. Biochem. Biophys.* 316:733–737.
- CODEX STAN 199-1995**-Standard for Wheat and Durum Wheat.
- Coffman, W.R.** and Juliano, B.O. (1987). Rice. In R.A. Olson, ed. *Nutritional quality of cereal grains: genetic and agronomic improvement*. Agron. Monogr. 28, p. 101-131. Madison, WI, USA, American Society of Agronomy/Crop Science Society of America/Soil Science Society of America.
- Cohen, R.**, Persky, L. and Hadar, Y. (2002). Biotechnological applications and potential of wood degrading mushrooms of the genus *Pleurotus*. *Appl Microbiol Biotechnol* 58: 582–594
- Collins, T.**, Gerday, C. and Feller, G. (2005). Xylanases, Xylanase Families and Extremophilic Xylanases. *FEMS Microbiology Reviews*, Vol.29, No.1, (January 2005), pp. 03-23, ISSN 1574-6976.
- Colonna, P.** and Buléon, A. (1992). New insights on starch structure and properties. In: *Cereal chemistry and technology: a long past and a bright future*. In: *Proceedings of the 9th international cereal and bread congress, 1992, Paris, France*, Institut de Recherche Technologique Agroalimentaire des Céréales (IRTAC), Paris, France, 1992; pp. 25–42
- Converti, A.**, Drago, F., Ghiazza, G., Del Borghi, M. and Macchiavello, A. (1997). Co-digestion of municipal sewage sludges and pre-hydrolysed woody agricultural wastes. *J Chem Technol Biotechnol* 69, 231–239.
- Cookipedia** (why your kitchen needs a computer), (2014). Mung bean (Green mung beans). Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 23/6/2017: https://www.cookipedia.co.uk/recipes_wiki/Mung_bean
- Corbitt, R.** (1990). Methods of composting. In *Standard handbook of environmental engineering*, pp. 382. McGraw-Hill Inc., New York.
- Cordain, L.** (1999). Cereal grains: humanity’s double-edged sword. In: *Evolutionary Aspects of Nutrition and Health Diet, Exercise, Genetics and Chronic Disease*. Volume 84 of *World Review of Nutrition and Dietetics* (AP Simopoulous ed.), pp. 19–73. Karge, Basel.
- Cordova, J.**, Nemmaoui, M., Ismaili-Alaoui, M., Morin, A., Roussos, S., Raimbault, M. and Benjilali, B. (1998). “Lipase production by solid state fermentation of olive cake and sugarcane bagasse”. *J. Mol. Catal. B: Enzym.*, Vol. 5, pp.75–78, 1998.

C

- Cornell, H.** (2003) In: Cauvain SP (ed) Bread Making: Improving Quality. Woodhead Publishing, Cambridge.
- Coughlan, M P.** and Ljungdahl, L. G. (1988). Comparative Biochemistry of Fungal and Bacterial Cellulolytic Enzyme Systems. FEMS Symposium, Vol. 3 (Biochem. Genet. Cellul. Degrad.), pp. 11-30, ISSN:0163-9188.
- Couto, S.R.,** Rättö, M., Domínguez, A. and Sanromán, A. (2001). Strategies for improving ligninolytic enzyme activities in semi-solid-state bioreactors. Process Biochemistry, 36: 995-999.
- Crecchio, C.,** Ruggiero, P. and Pizzigallo, M.D.R. (1995). Polyphenol oxidases immobilized in organic gels: Properties and applications in the detoxification of aromatic compounds. Biotechnol. Bioeng.48:585-591

D

- Daba, A.S.** and Ezeronye, O.U. (2003). Anti-cancer effect of polysaccharides isolated from higher basidiomycetes mushrooms. *African Journal of Biotechnology* 2(12): 672–678
- Dacey, J.** (1967). Active carbon. In *The solid–gas interface* (E. Flood, ed.), pp. 995. Marcel Dekker, New York.
- Dalmo, R.A.** and Bøgwald, J. (2008). Beta-glucans as conductors of immune symphonies. *Fish Shellfish Immunol.* 25: 384-396.
- Dang, J.,** Arcot, J. and Shrestha, A. (2000). Folate retention in selected processed legumes. *Food Chemistry*, 68, 295–298.
- Danthurebandara, M.,** Van Passel, S., Nelen, D., Tielemans, Y. and Van Acker, K. (2013). Environmental and socio-economic impacts of landfills. *Linnaeus ECO-TECH 2012* Kalmar, Sweden.
- Dave, B.R.,** Parmar, P., Sudhir, A., Singal, N. and Subramanian, R.B. (2015). Cellulases production under solid state fermentation using agrowaste as a substrate and its application in saccharification by *Trametes hirsute* NCIM. *J. Microbiol. Biotechnol. Food Sci.* 2015, 4, 203–208.
- Da Silva, R.R.,** de Freitas Cabral, T.P. and Rodrigues, A. (2013). Cabral, H. Production and partial characterization of serine and metallo peptidases secreted by *Aspergillus fumigatus* Fresenius in submerged and solid state fermentation. *Braz. J. Microbiol.* 2013, 44, 235–243.
- Davidson, J.** Photo: ‘Field pea seed infected with Pea Seedborn Mosaic Virus’. In, Aftab, M., Freeman, A. and Bretag, T. (2008), ‘Seed Health Testing in Pulse Crops’. Department of Environment and Primary Industries, Agriculture Victoria, 1 Spring Street, Melbourne, Victoria. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 25/6/2017: <http://agriculture.vic.gov.au/agriculture/pests-diseases-and-weeds/plant-diseases/grains-pulses-and-cereals/seed-health-testing-in-pulse-crops>
- Davies, S.** and Stewart, A. (1987). *Nutritional Medicine*, Richard clay Ltd., Bungay, Suffolk.
- De Castro, R.J.S.** and Sato, H.H. (2015). Enzyme Production by Solid State Fermentation: General Aspects and an Analysis of the Physicochemical Characteristics of Substrates for Agro-industrial Wastes Valorization. *Waste Biomass Valoriz.* 2015, 6, 1085–1093.
- De Castro, R.J.S.** and Sato, H.H. (2014). Production and biochemical characterization of protease from *Aspergillus oryzae*: An evaluation of the physical-chemical parameters using agroindustrial wastes as supports. *Biocatal. Agric. Biotechnol.* 2014, 3, 20–25.
- de Deken, R.H.** (1966). The Crabtree effect: A regulatory system in yeast. *J. Gen. Microbiol.* 44:149–156.
- De Groot, P.W.J.,** Visser, J., Van Griensver, L.J.L.D. and Schaap P.J., (1998). Biochemical and molecular aspects of grown and fruiting of the edible mushroom *Agaricus bisporus*. *Mycol Res.*, 102, 1297–1308.
- Delcour, J.A.** and Hosney, R.C. (2010). *Principles of cereal science and technology*, 3rd edn. AACC International, Inc, St. Paul, pp 40–85.

D

- Delcour, J.A.,** Van Win, H. and Grobet, P.J. (1999). Distribution and structural variation of arabinoxylans in common wheat mill streams. *J Agric Food Chem* 47:271–275.
- De Lourdes, M.,** Polizeli, T. M. and Rai, M. (2013). *Fungal Enzymes*. CRC Press. ISBN 978-1-466-59454-8.
- Del Rosario, A.R.,** Briones, V.P., Vidal, A.J. and Juliano, B.O. (1968). Composition and endosperm structure of developing and mature rice kernel. *Cereal Chem.*, 45:225-235.
- Demirbas, A.** (2008). Products from Lignocellulosic Materials via Degradation Processes. *Energy Sources*, Vol.30, No.1, (January 2008), pp. 27-37, ISSN 1521-0510.
- Deobald, L.A.** and Crawford, D.L. (1989). Lignin biotransformation by an aromatic aldehyde oxidase produced by *Streptomyces viridosporus* T7A. *Appl. Biochem. Biotechnol* 20/21:153–163
- Department of Agriculture and Food, Government of Western Australia,** (2015). Diagnosing pea weevil damage. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 24/6/2017: <https://www.agric.wa.gov.au/mycrop/diagnosing-pea-weevil-damage>
- Desgranges, C.,** Vergoignan, C., Lereec, A., Riba, G. and Durrand, A. (1993). Use of solid state fermentation to produce *Beauveria bassiana* for the biological control of European corn borer, *Biotechnology Advances*, 11 (3), 577-587.
- Devinder, D.,** Mona, M., Hradesh, R. and Patil, R. T. (2012). Dietary fibre in foods: a review. *J Food Sci Technol*, 49(3):255–266 DOI 10.1007/s13197-011-0365-5
- Dewanto, V.,** Wu, X. and Liu, R.H. (2002). Processed sweet corn has higher antioxidant activity. *J Agric Food Chem* 50: 4959-4964.
- Dhankhar, P.,** (2014). Rice Milling. *IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN)*, Vol. 04, Issue 05 (May. 2014), pp 34-42, ISSN (e): 2250-3021, ISSN (p): 2278-8719, www.iosrjen.org
- Diamantopoulou, P.,** Philippoussis, A., Kastanias, M.A. et al. (2006). Effect of famoxadone, tebuconazole and trifloxystrobin on *Agaricus bisporus* productivity and quality. *Sci Hortic* 109: 190–195
- Díaz-Montaña, D.M.** (2013). Continuous Agave Juice Fermentation for Producing Bioethanol, chapter 8, pp 209-230. In, Darko Matovic, M., *Biomass Now - Sustainable Growth and Use*, (Ed.), InTech, DOI: 10.5772/55923. Available from: <https://www.intechopen.com/books/biomass-now-sustainable-growth-and-use/continuous-agave-juice-fermentation-for-producing-bioethanol>
- Dickinson, J. R.** (1999). "Carbon metabolism". In J. R. Dickinson; M. Schweizer. *The metabolism and molecular physiology of Saccharomyces cerevisiae*. Philadelphia, PA: Taylor & Francis. ISBN 978-0-7484-0731-6.
- Dintzis, F. R.,** Lehrfeld, J., Nelsen, T. C. and Finney, P. L. (1992). Phytate content of soft wheat brans as related to kernel size, cultivar, location, and milling and flour quality parameters. *Cereal Chemistry*, 69, 577–581.
- Di Sabatino, A.** and Corazza, G.R. (2009). «Coeliac disease». *Lancet* 373 (9673): 1480–93. doi:10.1016/S0140-6736(09)60254-3. PMID 19394538.

D

- D'Jesus, P.,** Boukis, N., Kraushaar-Czarnetzki, B. and Dinjus, E. (2006). Gasification of corn and clover grass in supercritical water. *Fuel* 85, 1032–1038.
- Domínguez, A.,** Rivela, I., Couto, S.R. and Sanromán M.A., (2001). Design of a new rotating drum bioreactor for ligninolytic enzyme production by *Phanerochaete chrysosporium* grown on an inert support, *Process Biochemistry* 37, 549-554.
- Donald, W.K.,** Lansing, M., Harley, J. (2006). *Microbiology*. (6th ed.). McGraw-Hill. New York. ISBN 978-0-07-255678-0.
- Dorta, B.** and Arcas, J. (1998). Sporulation of *Metarhizium anisopliae* in solid-state fermentation with forced aeration, *Enzyme and Microbial Technology*, 23, 501-505.
- Dresboll, D.B.** and Thorup-Kristensen, K. (2005). Delayed nutrient application affects mineralization rate during composting of plant residues. *Bioresource Technol* 96, 1093–1101.
- Drugmand, J.C.,** Schneider, Y.J. and Agathos, S.N. (2012). "Insect cells as factories for biomanufacturing.". *Biotechnology advances*. 30 (5): 1140–57. PMID 21983546. doi:10.1016/j.biotechadv.2011.09.014.
- Du, J.Y.,** Bai, L. and Bai, B. (2002). Chemical composition and basic characteristics of pectin. *Agric Technol*. 22(5):72–6.
- Duke, J.A. (1983).** *Vigna unguiculata* (L.). Walp. ssp. *Unguiculata*. Handbook of Energy crops. Unpublished. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 23/6/2017: https://www.hort.purdue.edu/newcrop/duke_energy/Vigna_unguiculata.html
- Duke, J.A. (1981).** Handbook of legumes of world economic importance. Plenum Press, New York. p. 52-57, p. 199-265.
- Durán, N.** and Esposito, E. (2000). Potential Application of Oxidative Enzymes and Phenoloxidase-like Compounds in Wastewater and Soil Treatment: a Review. *Applied Catalysis B: Environmental*, Vol.28, No.2, (November 2000), pp. 83-99, ISSN: 0926-3373.
- Durand, A.,** Renaud, R., Maratray, J., Almanza, S. and Pelletier, A., (1994). Reactor for sterile solid-state fermentation methods, Patent WO 94/18306.
- Dutton, J.A.,** ‘The Reaction of Biodiesel: Transesterification’. In, EGEE 439: Alternative Fuels from Biomass Sources, e-Education Institute. PennState College of Earth and Mineral Sciences. <https://www.e-education.psu.edu/egee439/node/684>

E

- Edwards, J.**, (2008). Belladonna. Words, Words, Words (and Phrases). Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 23/6/2017: <https://cjewords.blogspot.gr/2008/12/>
- Ehrenbergerová, J.**, Březinová Belcredi, N., Psota, V., Hrstková, P., Cerkal, R. and Newman, C.W. (2008). Changes caused by genotype and environmental conditions in beta-glucan content of spring barley for dietetically beneficial human nutrition. *Plant Foods Hum. Nutr.* 63:141-145.
- Eira, A.F.** (2003). *Cultivo do cogumelo medicinal* (first ed.), Editora Aprenda Fácil, Viçosa (2003) (in Portuguese)
- Eitenmiller, R. R.** and Lee, J. (2004). *Vitamin E: Food chemistry, composition and analysis*. New York: Marcel Decker.
- El-Bakry, M.**, Abraham, J., Cerda, A., Barrena, R., Ponsá, S., Gea, T. and Sánchez, A. (2015). From Wastes to High Value Added Products: Novel Aspects of SSF in the Production of Enzymes. *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.* 2015, 45, 1999–2042.
- El-Bakry, M.**, Gea, T. and Sánchez, A. (2016). Inoculation effect of thermophilic microorganisms on protease production through solid-state fermentation under non-sterile conditions at lab and bench scale (SSF). *Bioprocess Biosyst. Eng.* 2016, 39, 585–592.
- Elegir, G.**, Sykes, M. and Jeffries, T.W. (1995). Differential and Synergistic Action of *Streptomyces Endoxylanaes* in Prebleaching of Kraft Pulp. *Enzyme and Microbial Technology*, Vol.17, No.10, (October 1995), pp. 954-959, ISSN:0141-0229.
- Eliasson, A.-C.** and K. Larsson (1993). *Cereals in Breadmaking*. New York, Marcel Dekker, Inc., 376 pp.
- Elisashvili, V.**, Penninckx, M. and Kachlishvili, E. et al. (2008). *Lentinus edodes* and *Pleurotus* species lignocellulolytic enzymes activity in submerged and solid-state fermentation of lignocellulosic wastes of different composition. *Bioresour Technol* 99: 457–462
- Ellaiah, P.**, Adinarayana, K., Bhavani, Y., Padmaja, P. and Srinivasula, B. (2002). Optimization of process parameters for glucoamylase production under solid state fermentation by a newly isolated *Aspergillus* species. *Process Biochemistry*, 38: 615–620.
- Ellis, R.J.**, Bragdon, G.A. and Schlosser, B.J. (1999). Properties of the blue light requirements for primordia initiation and basidiocarp maturation in *Coprinus stereorarius*. *Mycol. Res.*, 103, 779-784.
- El-Mansi, E.M.T.**, Ward, B.F. and Chopra, A.P., (2011). Microbiology of industrial fermentation: Central and Modern Concepts, chapter 2, pp 9-36. In, El-Mansi, E.M.T., Bryce, C.F.A., Dahhou, B., Sanchez, S., Demain, A.L. and Allman, A.R., *Fermentation Microbiology and Biotechnology* (3rd edition). CRC press, Taylor and Francis Group, Boca Raton – London – New York.
- Encinar, J.**, Beltran, F., Gonzalez, J. and Moreno, M. (1997). Pyrolysis of maize, sunflower, grape and tobacco residues. *J Chem Technol Biotechnol* 70, 400–410.

E

- Englyst, H.N.,** Kingman, S.M., Hudson, G.J. and Cummings, J.H. (1996). Measurement of resistant starch, in vivo and in vitro. *Br. J. Nutr.* 75: 749–755.
- Espino, L.** (2013). Grade 2 Rice. UC Rice Blog: California Rice production. UC Rice blog. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 27/6/2017: <http://ucanr.edu/blogs/blogcore/postdetail.cfm?postnum=11457>.
- Esposito, E.,** Paulillo, S.M. and Manfio, G.P. (1998). Biodegradation of the herbicide diuron in soil by indigenous actinomycetes. *Chemospere.* 37:541–548
- European Commission** (2004). Integrated pollution prevention and control. Draft reference document on the best available techniques for waste incineration. European Commission, Brussels.
- Evans, I.R.** Photo: ‘Peas discolored by *Ascochyta pisi*’. In, Nelson, M.A. (2003), ‘Diseases of Field peas’. Alberta Agriculture and Forestry. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 25/6/2017: [http://www1.agric.gov.ab.ca/\\$department/deptdocs.nsf/all/prm7752?opendocument](http://www1.agric.gov.ab.ca/$department/deptdocs.nsf/all/prm7752?opendocument)
- Eximcan Canada (Comodities Traders since 1992).** Food Products. Cranberry beans. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 23/6/2017: <http://www.eximcan.com/foodproduct/products>

F

- Fajardo, W.C.** (1992). Laboratory test methods for paddy and milled rice grading. Physical grain characteristics of paddy/milled rice and its grades and standards. In Semple, R.L., Hicks, P.A., Lozare, J.V. and Castermans, A., 'Towards integrated commodity and pest management in grain storage...'. FAO Corporate Document Repository, viale delle Terme di Caracalla, 00100 Rome, Italy. <http://www.fao.org/docrep/x5048e/x5048E1o.gif>
- FAO, Food and Agriculture organization of the United Nations. Crop Prospects and Food Situation (1 March 2017).** Published by the Trade and Markets Division of FAO under the Global Information and Early Warning System (GIEWS). Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 5/03/2017: <http://www.fao.org/3/a-i6903e.pdf>
- FAO, Food and Agriculture organization of the United Nations (2012).** Grassland Index. A searchable catalogue of grass and forage legumes. FAO, Rome, Italy.
- FAO, Food and Agriculture organization of the United Nations (2011).** Grassland Index. A searchable catalogue of grass and forage legumes. FAO
- FAO, Food and Agriculture Organization (2010).** *Crops statistics – concepts, definitions and classifications.* Retrieved May 29, 2010 from: <http://www.fao.org/economic/ess/methodology/methodology-systems/crops-statistics-concepts-definitions-and-classifications/en/>
- FAO (1968):** *Food Composition table for use in Africa.*
- FAO, Seed and Plant Genetic Resources Service.** Seed and Seed quality: Technical Information for FAO Emergency Staff. FAO, Rome, Italy. AGPS draft publication in collaboration with TCE. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 28/6/2017: http://www.fao.org/fileadmin/templates/tc/tce/pdf/Appendix_14_Seed_and_Seed_Quality_for_Emg.pdf
- Fan, L., Soccol, C.R. and Pandey, A.** (2008). Mushroom Production. In, Pandey, A., Soccol, C.R. and Larroche, C., 'Current Developments in Solid-state Fermentation', chapter 12, pp 254-274. Springer Science and Business Media, LLC, published by, Muraleedharan, N.K., for Asiotech Publishers, Inc. E-20, Arya Nagar, CGHS, Plot No. 91, I.P. Extension, Patparganj, Delhi 110092.
- Fan, L., Pandey, A. and Soccol, C.R.** (2000b). Solid state cultivation – an efficient method to use toxic agro-industrial residues. *J Basic Microbiol* 40(3): 187–197
- Fang, T.J., Liao, B.C. and Lee, S.C.** (2009). Enhanced Production of Xylanase by *Aspergillus carneus* M34 in Solid-State Fermentation With Agricultural Waste Using Statistical Approach. *New Biotechnology*, Vol.27, No.1, (February 2010), pp25-32, ISSN:1871-6784.
- Fardet, A., Rock, E. and Remesy, C.** (2008). Is the in vitro antioxidant potential of whole-grain cereals and cereal products well reflected in vivo? *J Cereal Sci* 48: 258-276.
- Farrell, A.E., Plevin, R.J., Turner, B.T., Jones, A.D., O'Hare, M. and Kammen, D.M.** (2006). Ethanol can contribute to energy and environmental goals. *Science* 2006, 311(1):506-508.

F

- Fassler, C.,** Arrigoni, E., Venema, K., Hafner, V., Brouns, F. and Amado, R. (2006). Digestibility of resistant starch containing preparations using two in vitro models. *Eur. J. Nutr.* 45: 445–453.
- ‘fat pig in the market’,** (2014). Peeling Chickpeas – Going Garbanzos. Powered by *Wordpress*, 2010. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 24/6/2017: <http://fatpiginthemarket.com/wordpress/peeling-chickpeas/>
- Fausch, H.,** Kündig, W. and Neukom, H. (1963). Ferulic acid as a component of a glycoprotein from wheat flour. *Nature* 199:287.
- Fellers, D.A.,** Mossman, A.P., Johnston, P.H., and Wheeler E.L. (1976). Mechanical Debranning of whole Kernel wheat. III Composition, cooking characteristics, and storage stability. Western Regional Research Laboratory, Agricultural Research Service, U.S. Department of Agriculture, Berkeley, CA 94710, *Cereal Chemistry* 53(3): 308-317.
- Feng, K.C.,** Liu, B.L. and Tzeng, Y.M., (2002). Morphological characterization and germination of aerial and submerged spores of the entomopathogenic fungus *Verticillium lecanii*, *World Journal of Microbiology & Biotechnology*, 18, 217-224.
- Feng, K.C.,** Liu, B.L. and Tzeng, Y.M. (2000). *Verticillium lecanii* spore production in solid-state and liquid-state fermentations, *Bioprocess Engineering*, 23, 25-29.
- Fennema, O. R.** (2000). *Food chemistry*. New York: Marcel Dekker.
- Ferrer, J.,** Paez, G., Marmol, Z. et al. (2001). Agronomic use of biotechnologically processed grape wastes. *Bioresource Technol* 76, 39–44.
- Ferry, Y.** and Leech, D. (2005). Amperometric detection of catecholamine neurotransmitters using electrocatalytic substrate recycling at a laccase electrode. *Electroanal.* 17:2113–2119
- Finocchiaro, F.,** Ferrari, B., Gianinetti, A., Dall’Asta, C., Galaverna, G., et al. (2007). Characterization of antioxidant compounds of red and white rice and changes in total antioxidant capacity during processing. *Mol Nutr Food Res* 51: 10061019.
- Fitzgerald, M.A.,** McCouch, S. and Hall, R.D. (2009). Not just a grain of rice: The quest for quality. *Trends in Plant Science*, 14(3):133-9.
- Flegg, P.B.,** Spencer, D.M. and Wood, D.A.e. (1985). *The biology and technology of the cultivated mushroom*. John Wiley & Sons Inc., New York
- Fleuri, L.F.,** Cassani de Oliveira, M., de Lara Campos Arcuri, M., Capoville, B.L., Pereira, M.S., Hamaio Okino Delgado, C. and Novelli, P.K. (2014). Production of fungal lipases using wheat bran and soybean bran and incorporation of sugarcane bagasse as a co-substrate in solid-state fermentation. *Food Science and Biotechnology* August 2014, Volume 23, Issue 4, pp 1199–1205.
- Foda, M.S.,** EI-Bendary, M.A. and Moharam, M.E. (2003). Salient parameters involved in mosquitocidal toxins production from *Bacillus sphaericus* by semi-solid substrate fermentation, *Egypt Microbiology*, 38, 229-246.

F

- Foda, M.S.,** Ismail, I.M.K., Moharam, M.E. and Sadek, Kh.H.A., (2002). A novel approach for production of *Bacillus thuringiensis* by solid-state fermentation, *Egypt Microbiology*, 37,135-156.
- Francis, G.,** Kerem, Z., Makkar, H.P. and Becker, K. (2002). The biological action of saponins in animal systems: a review. *Br J Nutr.* 88:587–605.
- frankenstoen** from Portland, Oregon, (2008). ‘File:Shiitakegrowing.jpg’. <https://en.wikipedia.org/wiki/Shiitake#/media/File:Shiitakegrowing.jpg>
- Fredlund, K.,** Isaksson, M., Rossander-Hulthén, L., Almgren, A. and Sandberg, A.-S. (2006). Absorption of zinc and retention of calcium: Dose-dependent inhibition by phytate. *Journal of Trace Elements in Medical Biology*, 20, 49–57.
- Fripiat, J.,** Bol, T., Binot, R. and Nyns, E. (1984). A strategy for the evaluation of methane production from different types of substrate biomass. Roger Bowskill Ltd, Exeter.
- Fujian, X.,** Hongzhang, C. and Zuohu, L. (2002). Effect of periodically dynamic changes of air on cellulose production in solid-state fermentation. *Enzyme and Microbial Technology*, 30(1): 45–48.
- Fujian, X.,** Hongzhang, C. and Zuohu, L. (2001). Solid-State Production of Lignin Peroxidase (Lip) And Manganese Peroxidase (Mnp) By *Phanerochaete chrysosporium* Using Steam-Exploded Straw As Substrate. *Bioresource Technology*, Vol.80, No.2, (November 2001), pp. 149–151, ISSN:0960-8524.
- Fukuda, H.,** Kondo, A. and Noda, H. (2001). Biodiesel fuel production by transesterification of oils. *J Biosci Bio Eng* 92: 405–416
- Funk, D.B. Ph.D.** (2014), USDA-GIPSA’s Chief Scientist in Food and Nutrition Research and Science, <https://www.usda.gov/media/blog/2014/02/12/usda-innovation-improves-rice-grading>.

G

- Gallardo, K.**, Thompson, R. and Burstin, J. (2008). Reserve accumulation in legume seeds. *C. R. Biol.* 331:755–762.
- Gallert, C.** and Winter, J. (1997). Mesophilic and thermophilic anaerobic digestion of source-sorted organic wastes: effect of ammonia on glucose degradation and methane production. *Appl Microbiol Biotechnol* 48, 405–410.
- Galliano, H.**, Gas, G., Seris, J.C. and Boudet, A.U. (1991). Lignin degradation by *Ridigoporus lignosus* involves synergistic action of two oxidizing enzymes: Mn peroxidase and laccase. *Enzyme Microb. Technol.* 13:478–482
- Gangadharan, D.** and Sivaramakrishnan, S. (2009). Amylolytic Enzymes. In, Singh nee Nigam, P. and Pandey, A. (Eds.), ‘Biotechnology for AgroIndustrial Residues Utilization, chapter 19, pp 360-369. Springer Science and Business Media B.V. 2009, Netherlands, ISBN 978-1-4020-9941-0 e-ISBN 978-1-4020-9942-7, DOI 10.1007/978-1-4020-9942-7.
- Gani, A.**, Wani, S.M., Masoodi, F.A., and Hameed, G. (2012). Whole Grain Cereal Bioactive Compounds and Their Health Benefits: A Review. *J Food Process Technol*, 3:146, doi:10.4172/2157-7110.1000146.
- Gao, J.**, Weng, H., Zhu, D., Yuan, M., Guan, F. and Xi, Y. (2008). Production and Characterization of Cellulolytic Enzymes from the Thermoacidophilic Fungal *Aspergillus Terreus* M11 under Solid-State Cultivation of Corn Stover. *Bioresource Technology*, Vol.99, No.16, (November 2008), pp. 7623- 7629, ISSN 09608524.
- Gariboldi, F.** (1974). Rice Parboiling, FAO Agricultural Development Paper No. 97, Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome, Italy.
- Garris, A.J.**, Tai, T.H., Coburn, J., Kresovich, S., McCouch, S., et al. (2004). “Genetic structure and diversity in *Oryza sativa* L.”. *Genetics*. 169 (3): 1631– 8. doi:10.1534/genetics.104.035642. PMC 1449546 . PMID15654106.
- Gasparotto, J.M.**, Werle, L.B., Foletto, E.L., Kuhn, R.C., Jahn, S.L. and Mazutti, M.A. (2015). Production of Cellulolytic Enzymes and Application of Crude Enzymatic Extract for Saccharification of Lignocellulosic Biomass. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 2015, 175, 560–572.
- Gatel, F** and Grosjean, F. (1990). Composition and nutritive value of peas for pigs: A review of European results. *Livest. Prod. Sci.*, 26 (3): 155-175.
- Gauss, W.F.**, Suzuki, S. and Takagi, M. (1976). Manufacture of alcohol from cellulosic materials using plural ferments. Volume 3990944. Issue 610731 Edited by: Office USPT. USA , Bio Research Center Company Limited; 1976.
- Gavin, O.**, (2001). Cereals processing technology. Boca Raton Boston New York Washington, DC, CRC Press.
- Gebrelibanos, M.**, Tesfaye, D., Raghavendra, Y. and Sintayeyu, B. (2013). Nutritional and Health Implications of Legumes. *IJPSR*, Vol. 4(4): 1269-1279.

G

- George, S., Raju, V., Krishnan, M.R.V., Subramanian, T.V. and Kunthala, J. (1995).** Production of alkaline protease by *Pseudomonas aeruginosa* using proteinaceous solid waste generated from leather manufacturing industries *Process Biochem.* 5: 457–462.
- Genovese, M. I. and Lajolo, F. M. (1998).** Inibidores de tripsina do feijão (*Phaseolus vulgaris*): Isoformas e estabilidade térmica. *Anais XVI Congresso Brasileiro Ciência e Tecnologia de Alimentos.* Brazil, Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos (SBCTA), Rio de Janeiro.
- Genovesi, A., Harmand, J. and Steyer, J. (1999).** A fuzzy logic based diagnosis system for the on-line supervision of an anaerobic digester pilot-plant. *Biochem Engin J* 3, 171–183.
- Ghanem, N.B., Yusef, H.H. and Mahrouse, H.K. (2000).** Production of *Aspergillus terreus* xylanase in solid-state cultures: application of the Plackett-Burman experimental design to evaluate nutritional requirement,” *Bioresour Technol*, 73 (2). 113-121. June 2000.
- Gilani, G. S., Cockell, K. A., and Sepehr, E. (2005).** Effects of antinutritional factors on protein digestibility and amino acid availability in foods. *Journal of AOAC International*, 88, 967–987.
- Giovannucci, E., Stampfer, M. J., Colditz, G. A., Hunter, D. J., Fuchs, C., Rosner, B. A., et al. (1998).** Multivitamin use, folate, and colon cancer in women in the Nurses’ Health Study. *Annals of Internal Medicine*, 129, 517–524.
- Giovannucci, E. and Willett, W. C. (1994).** Dietary factors and risk of colon cancer. *Annals of Medicine*, 26, 443–452.
- Giroux, M.J. and Morris, C.F (1998).** Wheat grain hardness results from highly conserved mutations in the friabilin components puroindoline a and b. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 95, pp. 6262–6266.
- Givaudan, A., Effosse, A., Faure, D., Potier, P., Bouillant, M.L. and Bally, R. (1993).** Polyphenol oxidase in *Azospirillum lipoferum* isolated from rice rhizosphere: evidence for laccase activity in nonmotile strains of *Azospirillum lipoferum*. *FEMS Microbiol. Lett.* 108:205–210
- Glenn, J.K. and Gold, M.H. (1985).** Purification and characterization of an extracellular Mn (II)-dependent peroxidase from the lignin-degrading basidiomycete, *Phanerochaete chrysosporium*. *Arch. Biochem. Biophys.* 242:329–341
- Glenn, J.K., Morgan, M.A., Mayfield, M.B., Kuwahara, M and Gold, M.H. (1983).** An extracellular H₂O₂-requiring enzyme preparation involved in lignin biodegradation by the white rot basidiomycete *Phanerochaete chrysosporium*. *Biochem. Biophys. Res. Comm.* 114: 1077–1083.
- Glinsky, V.V. and Raz, A. (2009).** Modified citrus pectin antimetastatic properties: One bullet, multiple targets. *Carbohyd Res.* 344:1788-1791.
- Globeways Canada, Inc. - A Hakan Group Company (2016).** Pulse Facts. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 1/6/2017: <http://globeways.com/pulse-facts/>
- GNIS (2011).** Le pois protéagineux. In: des ressources en protéines à redécouvrir: les protéagineux. Centre de ressources sur les semences et les espèces végétales.

G

- Goldberg, G.**, ed. (2003). *Plants: Diet and Health. The Report of the British Nutrition Foundation Task Force.* Blackwell, Oxford.
- Golueke, C.G.** (1973). Composting – a study of the process and its principles. In Emmaus, pp. 110. Rodale Press.
- Gombert, A.K.**, Pinto, A.L., Castilho, L.R. and Freire, D.M.G., (1999). Lipase production by *Penicillium restrictum* in solid-state fermentation using babassu oil cake as substrate. *Process Biochem.* 35; 85–90. 82 Cordova, J., Nemmaoui, M., Ismaili-Alaoui, M., Morin, A., Roussos, S., Raimbault, M., Benjilali, B., *J. Mol. Catal. B: Enzym.* 5 (1998) 75.
- Gomes, E.**, Aguiar, A.P., Carvalho, C.C., Bonfá, M.R.B., Da Silva, R. and Boscolo, M. (2009). Ligninases Production by Basidiomycetes Strains on Lignocellulosic Agricultural Residues and their Application in the Decolorization of Synthetic Dyes. *Brazilian Journal of Microbiology*, Vol.40, No.1, (March 2009), pp. 31-39, ISSN 1517-8382.
- González de Mejía, E.**, Rocha, N., Winter, H. C. and Goldstein, I. J. (2002). Differential effect of a lectin from mesquite (*Prosopis juliflora*) on HeLa and normal human keratinocyte cells. *The FASEB Journal*, 15, C128.
- Gonzales, G.B.**, Smagghe, G., Grootaert, C., Zotti, M., Raes, K. and Van Camp, J. (2015). Flavonoid interactions during digestion, absorption, distribution and metabolism: a sequential structure-activity/property relationship-based approach in the study of bioavailability and bioactivity. *Drug Metab Rev.* 47(2):175-190. (PubMed).
- Gooding, M.J.** (2009). The wheat crop. In Khan K. and Shewry P.R., *Wheat: Chemistry and Technology* 4th edition, Snt Paul, MN, AACC, International.
- Gopala Krishna, A.G.**, Prabhakar, J.V. and Sen, D.P. (1984). Effect of degree of milling on tocopherol content of rice bran. *J. Food Sci. Technol.*, 21: 222224.
- Gottumukkala, L.D.**, Rajasree, K., Singhanian, R.R., Soccol, C.R. and Pandey, A. (2011). Solid-State Fermentation: Current Trends and Future Prospects, chapter 14, pp 403-416. In, El-Mansi, E.M.T., Bryce, C.F.A., Dahhou, B., Sanchez, S., Demain, A.L. and Allman, A.R., *Fermentation Microbiology and Biotechnology* (3rd edition). CRC press, Taylor and Francis Group, Boca Raton – London – New York.
- Graf, E.** and Eaton, J. W. (1990). Antioxidant functions of phytic acid. *Free Radical Biology and Medicine*, 8, 61–69.
- Grajek, W.** (1994). Sporogenesis of the entomopathogenic fungus *Verticillium lecanii* in solid-state cultures, *Folia Microbiologica*, 39, 29-32.
- Grant, G.**, Dorward, P. M., Buchan, W. C., Armour, J. C. and Pusztai, A. (1995a). Consumption of diets containing soya beans (*Glycine max*), kidney beans (*Phaseolus vulgaris*), cowpeas (*Vigna unguiculata*) or lupin seeds (*Lupinus*). *Br J Nutr.*, 73(1):17-29.
- Grant, G.**, Edwards, J. E. and Pusztai, A. (1995b). α -Amylase inhibitor levels in seeds generally available in Europe. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 67, 235–238.

G

- Grases, F.**, Costa-Bauza, A., Perelló, J., Isern, B., Vucenik, I., Valiente, M., et al. (2006). Influence of concomitant food intake on the excretion of orally administered myo-inositol hexaphosphate in humans. *Journal of Medicinal Food*, 9, 72–76.
- Gray, K.**, (Oregon State University, Integrated Plant Protection Center). Photo: ‘Sitophilus granarius Linnaeus, Adult showing damage’. In, Ken Gray Insect Image Collection. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 28/6/2017: http://ipmnet.org/kgphoto/KGCode_Detail.aspx?ID=525
- Grela, E.R.** and Gunter, K.D. (1995). Fatty acid composition and tocopherol content of some legume seeds. *Animal Feed Science and Technology*, 52, 325–331.
- Grundas, S.T.** (2003). Wheat: The crop. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition* (Second Edition), Editor-in-Chief: B. Caballero, Eds: L. Trugo and P.M. Finglas, pp. 6130–6137.
- Guéguen, J.** and Cerletti, P. (1994). Proteins of some legume seeds, soybean, pea, fababean and lupin. In: *New and Developing Sources of Food Proteins*. (Hudson B.J.F, ed.) Chapman and Hall, New York, pp. 145–193.
- Gzuufy** (2012). Image: ‘A walz set of roller mills’. In, Wikimedia commons. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 15/2/2017: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:A_Walz_set_of_roller_mills.png;

H

- Haard, N. F.** and G. Chism, Eds. (1996). Characteristics of edible plant tissues. Food Chemistry. New York, Marcel Dekker, Inc., pp.943-1011.
- Haas, M.J.,** Bloomer, S. and Scott, K. (2000). Simple, high-efficiency synthesis of fatty acid methyl esters from soapstock. *JAOCS* 77(4), 373–379.
- Haas, M.J.,** Scott, K.M., Alleman, T.L. and McCormick, R.L. (2001). Engine performance of biodiesel fuel prepared from soybean soapstock: a high quality renewable fuel produced from a waste feedstock. *Energy Fuels* 15(5), 1207–1212.
- Haas, P.,** Machado, M.J., Anton, A.A., Silva, A.S. and De Francisco, A. (2009). Effectiveness of whole grain consumption in the prevention of colorectal cancer: Metaanalysis of cohort studies. *Int J Food Sci Nutr* 21:1-13.
- Hahn, D.H.,** Faubion, J.M. and Rooney, L.W. (1983). Sorghum phenolic acids, their high performance liquid chromatography separation and their relation to fungal resistance. *Cereal chem* 60:255.
- Hammel, K.E.** (1997). Fungal Degradation of Lignin. In: Cadisch G, Giller KE (eds) *Driven by Nature: Plant Litter Quality and Decomposition*. CAB Int, pp. 33–45
- Haq, I.,** Idrees, S. and Rajoka, M. I. (2002). “Production of lipases by *Rhizopus oligosporus* by solid state fermentation”. *Process Biochem.*, vol. 37, pp.637–641, 2002.
- Harshini Trader** (Tiruvannamalai). Photo: Paddy Rice. In, Indiamart: Paddy Rice in Chennai. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 28/6/2017: <https://dir.indiamart.com/chennai/paddy-rice.html>
- Hatakka, A.** (1994). Lignin-modifying enzymes from selected white-rot fungi: production and role in lignin degradation. *FEMS Microbiol Rev* 13: 125–135
- Haug, R.** (1993). *The Practical Handbook of Compost Engineering*. Lewis Publishers, Boca Raton.
- Havré,** Belgium (2006). ‘Pleurotus_ostreatus_JPG7.jpg’. https://en.wikipedia.org/wiki/Pleurotus_ostreatus#/media/File:Pleurotus_ostreatus_JPG7.jpg
- Hawtin, G.C.,** Singh, K.B. and Saxena., M.C. (1980). Some recent development in the understanding and improvement of Cicer and Lens. pp. 613-623. In: R.J. Summerfield and A.H. Bunting (eds.), *Advances in Legumes Science*. Proceedings of the International Legume Conference , Kew, 31 July-4 August 1978, Royal Botanic Garden, Kew, the Missouri Botanical Garden, and the University of Reading, UK.
- Hemavathy, J.** and Prabhakar, J.V. (1987). Lipid composition of rice (*Oryza sativa* L.) bran. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 64: 1016-1019.
- Heredia, A.,** Jimenez, A., Fernandez-Bolanos, J., Guillen, R. and Rodriguez, R. (2002). *Fibra Alimentaria*. Biblioteca de Ciencias, Madrid, pp 1– 117
- Hibino, K.,** Kidzu, T., Masumura, T., Ohtsuki, K., Tanaka, K., Kawabata, K. and Fujii, S. (1989). Amino acid composition of rice prolamin polypeptides. *Agric. Biol. Chem.*, 53: 513-518.

H

- Hickling, D.** (2003). Canadian Feed Peas Industry Guide. Pulse Canada: Winnipeg Manitoba 36 p.
- Hidalgo, A.** and Brandolini, A. (2008). Protein, ash, lutein and tocopherols distribution in einkorn (*Triticum monococcum* L. subsp. *monococcum*) seed fractions. *Food Chem.*, 107: 444-448.
- Higdon, J.** (2004) (a). Carotenoids. Linus Pauling Institute of Oregon State University. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο στις 2/4/2017: <http://lpi.oregonstate.edu/mic/dietary-factors/phytochemicals/carotenoids#authors-reviewers>
- Higdon, J.** (2004) (b). Isoflavones. Linus Pauling Institute of Oregon State University. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο στις 2/4/2017: <http://lpi.oregonstate.edu/mic/dietary-factors/phytochemicals/soy-isoflavones>.
- Hill, G.D.** (2003). Plant Antinutritional Factors/Characteristics. 457886. Elsevier Science Ltd., Lincoln University, Canterbury.
- Hinton, J.J.C.** and Shaw, B. (1954). The distribution of nicotinic acid in the rice grain. *Br. J. Nutr.*, 8: 65-71.
- Hizukuri, S.,** Takeda, Y., Maruta, N. and Juliano, B.O. (1989). Molecular structures of rice starch. *Carbohydr. Res.*, 189: 227-235.
- Hofrichter, M.** (2002). Review: Lignin conversion by manganese peroxidase (MnP). *Enzyme Microb Technol* 30: 454-466
- Hölker, U.** and Lenz, J. (2005). Solid-state fermentation—Are there any biotechnological advantages? *Curr. Opin. Microbiol.* 8:301-306.
- Holtekjølen, A.K.,** Kinitz, C. and Knutsen, S.H. (2006). Flavanol and bound phenolic acid contents in different barley varieties. *J Agric Food Chem* 54: 2253-2260.
- Hönow, R.** and Hesse, A. (2002). Comparison of extraction methods for the determination of soluble and total oxalate in foods by HPLC-enzyme-reactor. *Food Chemistry*, 78, 511-521.
- Hooper, L.** and Cassidy, A. (2006). A review of the health care potential of bioactive compounds. *J Sci Food Agric* 86: 1805-2006.
- Hostettmann, K.** and Marston A. (1995). Saponins. Cambridge: Cambridge University Press. p. 3ff. ISBN 0-521-32970-1. OCLC 29670810; "Saponins". Cornell University. 14 August 2008. Retrieved 23 February 2009. <http://poisonousplants.ansci.cornell.edu/toxicagents/saponin.html>
- Howard, R.J.** Photo: 'Severely damaged pea seeds by *Rhizoctonia solani* infection'. In, Spencer, R. (2003), 'Diseases of Vegetables – Pea'. Alberta Agriculture and Forestry. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 25/6/2017: [http://www1.agric.gov.ab.ca/\\$department/deptdocs.nsf/all/prm7819](http://www1.agric.gov.ab.ca/$department/deptdocs.nsf/all/prm7819)
- Hughes, J.S.** and Swanson, B.G. (1989). Soluble and insoluble dietary fiber in cooked common beans (*Phaseolus vulgaris*) seeds. *Food Microstruct.* 8: 15-20.

H

Hurrell, R. F., Reddy, M. and Cook, J. D. (1999). Inhibition of non-haem iron absorption in man by polyphenolic-containing beverages. *British Journal of Nutrition*, 81, 289–295.

Huss., M., ‘Generalized Life Cycle of Fungi’. Introduction to Biology of Fungi http://clt.astate.edu/mhuss/intro_to_the_fungi1.htm

Hussley, N.W. and Tinsley (1981). Impression of insect pathology in the People's Republic of China. In" Surges, HD (Ed.), *Microbial control of Pests and Plant Diseases 1970-1980*. Academic Press, New York, pp 785-796.

HYPP Zoology: Species. <https://www7.inra.fr/hyppz/species.htm>

I

Ikasari, L. and Mitchell, D. A. (1996). Leaching and characterization of *Rhizopus oligosporus* acid protease from Solid Fermentation. *Enzyme Microb. Technol.* 19(1996) 171-175.

Imberty, A., Chanzy, H. and Pérez, S. (1988). The double-helical nature of the crystalline part of A-starch. *J. Mol. Biol.* 201: 365-378.

Infonet biovision, Storage pests, Bruchid damage to beans. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 23/6/2017: <http://www.infonet-biovision.org/PlantHealth/MinorPests/Storage-pests-3>

Ingraham, J.L., Neidhardt, F.C., and Schaechter, M., (1990). Modification of the figure 'diagrammatic representation of the reactions involved in the conversion of glucose and simple salts to biomass of *E.coli.*', 'A Molecular Approach', Sinauer Associates, Inc. and Sunderland, MA, 1990. Reproduced with the kind permission of Sinauer Associates, Inc., Sunderland, MA, 1990.

Institute of Natural Resources and Agricultural Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences. 'Concepts of rice quality: components of rice quality'. Agricultural use of land resources in Rural China (Chinas Agenda – 21). Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο (5/4/2017): <http://zadeh.ugent.be/liming/china21/english/strategy5-2.htm>

International Rice Research Institute (IRRI), Rice Knowledge Bank:

(a). Module 3: Breeding program management, (2006). Lesson 3: Breeding for grain quality. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο, 1/3/2017:

http://www.knowledgebank.irri.org/ricebreedingcourse/Grain_quality.htm

(b). Step-by-step production, Postproduction, Milling and processing, Milling systems, Commercial milling: *Commercial rice milling systems*. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 15/4/2017:

http://www.knowledgebank.irri.org/index.php?option=com_zoo&view=item&layout=item&Itemid=1030

(c). Step-by-step production, Postproduction, Milling and processing: *Guidelines for good milling*

<http://www.knowledgebank.irri.org/step-by-step-production/postharvest/milling#guidelines-for-good-milling>

(d). Step-by-step production, Postproduction, Storage, Storage pests, Fungi: *Fungi*. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 29/6/2017:

http://www.knowledgebank.irri.org/index.php?option=com_zoo&view=item&layout=item&Itemid=678

(e). Training, Fact sheets, Postharvest management, Modern rice milling: *Modern rice milling*. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο, 15/2/2017:

http://www.knowledgebank.irri.org/index.php?option=com_zoo&task=item&item_id=1150&Itemid=811

I

- Inui, M.**, Vertes, A.A., and Yukawa, H. (2010). Advanced fermentation technologies. In Biomass to Biofuels, eds. Vertes, A.A., Qureshi, N., Blashek, H.P. and Yukawa, H. pp 311–330. Oxford, UK: Blackwell Publishing, Ltd.
- Islam, M. S.**, Kabir, M. S., Khan, S. I., Ekramullah, M., Nair, G. B., Sack, R. B., Sack, D. A., (2004). Wastewater-grown duckweed may be safely used as fish feed. *Can. J. Microbiol.*, 50 (1): 51-56.
- Islam, R.**, Roy, P., Shimizu, N., and Kimura, T. (2002). Effect of processing conditions on the physical properties of parboiled rice. *Food Sci. Technol. Res.*, 8, 106-112.
- Izquierdo-Pulido, M.I.**, Haard, T.A., Hung, J. and Haard, N.F. (1994). "Oryzacystatin and other protease inhibitors in rice grain: Potential use in preventing proteolysis in surimi and other fish products." *J. Agric. Food Chem.* 42: 616.

J

- Jackson, C.L.**, Dreaden, T.M., Theobald, L.K., Tran, N.M., Beal, T.L., Eid, M., Gao, M.Y., Shirley, R.B., Stoffel, M.T., Krumar, M.V. and Mohnen, D. (2007) Pectin induces apoptosis in human prostate cancer cells: correlation of apoptotic function with pectin structure. *Glycobiology* 17:805-819.
- Jacob, Z.** (1991). Enrichment of wheat bran by *Rhodotorula gracilis* through solid-state fermentation, *Folia Microbiol.*, 36(1):86–91.
- Jacobs, D.R. Jr**, Meyer, K.A., Kushi, L.H. and Folsom, A.R. (1998). Whole-grain intake may reduce the risk of ischemic heart disease death in postmenopausal women: the Iowa Women's Health Study. *Am J Clin Nutr* 68: 248-257.
- James** (2010). Help stop cancer, diabetes and heart disease. Healthplege, URL: <http://healthpledge.com/health-benefits-legumes>.
- Jaiswal, P.K.** (1983). Specification of rice bran oil and extractions. In *Rice bran oil: status and prospects. Proceedings of a seminar, Southern Zone, Hyderabad, 13 August 1983*, p. 64-77. Andra Pradesh, Oil Technologists' Association of India.
- Jecu, L.** (2000). Solid State Fermentation of Agricultural Wastes for Endoglucanase Production. *Industrial Crops and Products*, Vol. 11, pp. 1-5, ISSN 0926-6690.
- Jeenes, D.J.**, MacKenzie, D.A., Roberts, I.N. and Archer, D.B. (1991). In 'Biotechnology and Genetic Engineering Reviews', ed. M. P. Tombs, Intercept, Andover, Vol. 9, Chapter 9, p. 327.
- Jesch, E.D.**, Lee, J.Y. and Carr, T.P. (2008). Dietary plant sterols regulate genes involved in cholesterol metabolism in mouse liver but not intestine. *FASEB J* 22:700.35.
- Jiang, T.D.** (2001). Lignin. Beijing: Chemical Industry Press.
- Johnson, E.J.** (2002). The role of carotenoids in human health. *Nutr Clin Care*. Mar-Apr;5(2):56-65.
- Juliano, B.O. ed. (1985b)**. Rice: chemistry and technology, 2nd ed. St Paul, MN, USA, Am. Assoc. Cereal Chem. 774 pp.
- Juliano, B.O. (1979)**. The chemical basis of rice grain quality. In *Proceedings, Workshop on Chemical Aspects of Rice Grain Quality*, p. 69-90. Los Baños, Laguna, the Philippines, IRRI.
- Juliano, B.O. (1972)**. The rice caryopsis and its composition. In D.F. Houston, ed. *Rice chemistry and technology*, p. 16-74. St Paul, MN, USA, Am. Assoc. Cereal Chem.
- Juliano, B.O.** and Bechtel, D.B. (1985). The rice grain and its gross composition. In B.O. Juliano, ed. *Rice chemistry and technology*, 2nd ed., p. 17-57. St Paul, MN, USA, Am. Assoc. Cereal Chem.
- Juliano, B.O.** and Goddard, M.S. (1986). Cause of varietal difference in insulin and glucose responses to ingested rice. *Qual. Plant. Plant Foods Hum. Nutr.*, 36: 35-41.

K

- Kadam, S. S.** and Salunkhe, D. K. (1989). Minerals and vitamins. In D. K. Salunkhe (Ed.), Handbook of world food legumes (pp. 117–121). Boca Raton: CRC Press.
- Kagawa, H.**, Hirano, H. and Kikuchi, F. (1988). Variation in glutelin seed storage protein in rice (*Oryza sativa* L.). *Jpn. J. Breeding*, 38: 327-332.
- Kaieda, M.**, Samukawa, T., Matsumoto, T., Ban, M., Kondo, A. and Shimada, Y. (1999). Biodiesel fuel production from plant oil catalyzed by *Rhizopus oryzae* lipase in a water-containing system without an organic solvent. *J Biosci Bioengin* 88(6), 627–631.
- Kaimal, T.B.N.** (1999). γ -oryzanol from rice bran oil. *J oil Technol Assoc India*, 31: 83-93.
- Kalogeropoulos, N.**, Chiou, A., Ioannou, M., Karathanos, V.T., Hassapidou, M., and Andrikopoulos, N.K. (2010). Nutritional evaluation and bioactive microconstituents (phytosterols, tocopherols, polyphenols, triterpenic acids) in cooked dry legumes usually consumed in the Mediterranean countries. *Food Chemistry* 121: 682-690.
- Kamini, N.R.** and Iefuji, H. (2001). Lipase catalyzed methanolysis of vegetable oils in aqueous medium by *Cryptococcus* spp. S-2. *Process Biochem* 37, 405–410.
- Kaponi, K.** (2013). Photo: ‘Etiela Zinchenella caterpillar, in lentil pod’ & Photo: ‘Bruchus Pallidicornis’. In, Gaiapedia: ‘Εχθροί της Φακής’. Ανακτήθηκαν από το διαδίκτυο 24/6/2017: http://www.gaiapedia.gr/gaiapedia/index.php/%CE%95%CF%87%CE%B8%CF%81%CE%BF%CE%AF_%CF%86%CE%B1%CE%BA%CE%AE%CF%82
- Kaponi, K.** (2013). Photo: ‘Καρπός Λαθουριού’. In, Gaiapedia: ‘Λαθούρι προϊόν’. Ανακτήθηκαν από το διαδίκτυο 24/6/2017: http://www.gaiapedia.gr/gaiapedia/index.php/%CE%9B%CE%B1%CE%B8%CE%BF%CF%8D%CF%81%CE%B9_%CF%80%CF%81%CE%BF%CF%8A%CF%8C%CE%BD
- Kapoor, A.C.** and Gupta, Y.P. (1977). Distribution of nutrients in the anatomical parts of soybean seed and different compounds in the seed and its protein fractions. *Ind.J. Nutr. Dietet.* 14: 100-107
- Karlsson, R.**, Olered, R. and Eliasson, A.C. (1983). Changes in starch granule size distribution and starch gelatinisation properties during development and maturation of wheat, barley and rye. *Starch/Stärke* 35:335–340.
- Kashyap, D.R.**, Dadhich, K.S. and Sharma, S.K. (2003). Biomethanation under psychrophilic conditions: a review. *Bioresour Technol* 87: 147–153
- Kashyap, D.R.**, Soni, S.K. and Tewari, R. (2003). Enhanced production of pectinase by *Bacillus* sp. DT7 using solid state fermentation. *Bioresource Technology* 88 (3), 251-254.
- Kashyap, P.**, Pandey, A., Szakacs, G. and Soccol, C.R. (2002). Extra-cellular l-glutaminase production by *Zygosaccharomyces rouxii* under solid-state fermentation. *Process Biochemistry* Volume 38, Issue 3, November 2002, Pages 307-312.
- Kasum, C.M.**, Jacobs, D.R. Jr, Nicodemus, K. and Folsom, A.R. (2002). Dietary risk factors for upper aerodigestive tract cancers. *Int J Cancer* 99: 267-272.

K

- Kaur, S.,** Sharma, S., and Nagi, H.P.S, (2011). Functional properties and anti-nutritional factors in cereal brans. *As. J. Food Ag-Ind.* 4(02), 122-131.
- Kay, D.** (1979). Food legumes. Tropical Development and Research Institute (TPI). TPI Crop and Product Digest No. 3. p.48-71. UK.
- Kay, R.M.** (1982). Dietary fibre. *J Lipid Res* 23:221–242.
- Kersten, P.J.** (1990). Glyoxal oxidase of *Phanerochaete chrysosporium*: Its characterization and activation by lignin peroxidase. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA Biochem.* 87:2936–2940
- Kettunen, R.H.** and Rintala, J.A. (1997). The effect of low temperature (5–29°C) and adaption on the methanogenic activity of biomass. *Appl Microbiol Biotechnol* 48, 570–576.
- Khanbabaee, K.,** and van Reeb, T. (2001). Tannins: Classification and Definition. *Nat. Prod. Rep.*, 18, 641-649.
- Khokhar, S.** and Chauhan, B. M. (1986). Antinutritional factors in moth bean: Varietal differences and effects of methods of domestic processing and cooking. *Journal of Food Science*, 51, 591–594.
- Kimura, T.,** Shimizu, N., Shimohara, T. and Warashina, J. (1995). Trials of quality evaluation for parboiled and other rice by means of the near infrared spectroscopy and the rapid visco analyzer. *J. Soc. Agric. Struc. Jpn.*, 25, 175-181.
- Kinoshita, S.,** Udaka, S. and Shimono, M. (2004). "Studies on the amino acid fermentation. Part 1. Production of L-glutamic acid by various microorganisms.". *J Gen Appl Microbiol.* 50 (6): 331–43. PMID 15965888.
- Kinugawa, K.** (1993). Physiology and the breeding of *Flammulina velutipes*. In: Chang, S.T., Buswell, J.A. & Miles, P.G. (Eds) *Genetics and breeding of edible mushrooms*. Gordon and Breach, Y-Parc, Switzerland, 87-109.
- Kitamoto, Y.,** Suzuki, A. and Furukawa, S. (1972). An action spectrum for light-induced primordium formation in a basidiomycete, *Favolus arcularius* (Fr.) Ames. *Plant Physiol.* 49: 338–340
- Kjeldsen, P.,** Barlaz, M.A., Rooker, A.P., Baun, A., Ledin, A. and Christensen, T.H. (2002). Critical review. *Environ Sci Technol* 32, 297–336.
- Kris-Etherton, P.M.,** Hecker, K.D., Bonanome, A., Coval, S.M., Binkoski, A.E., et al. (2002). Bioactive compounds in foods: their role in the prevention of cardiovascular disease and cancer. *Am J Med* 113 Suppl 9B: 71S-88S.5
- Krishna, C.** (1999). Production of bacterial cellulases by solid state bioprocessing of banana wastes. *Bioresource Technology*, September 1999, 69(3), pp 231-239
- Krishnankutty, R.,** Ramachandran, S., Nampoothiri, K.M., Szakacs, G. and Pandey, A. (2006). Comparison of phytase production on wheat bran and oilcakes in solid-state fermentation by *Mucor racemosus*. *Bioresource technology.* 97. 506–511. 10.1016/j.biortech.2005.02.046.

K

- Koehler, P.G.** (2015). Rice Weevil, *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae). University of Florida. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 15/3/2017: <http://edis.ifas.ufl.edu/ig120>
- Koehler, P.** and Wieser, H., (2013). Chemistry of cereal grains. M., Gobbetti, and Gänzle, M. (Eds), Handbook on Sourdough Biotechnology (2: 11-45). New York: Springer Science + Business Media.
- Konik-Rose, C.**, Thistleton, J., Chanvrier, H., Tan, I., Halley, P., Gidley, M., Kosar-Hashemi, B., Wang, H., Larroque, O., Ikea, J., McMaugh, S., Regina, A., Rahman, S., Morell, M. and Li, Z. (2007). Effects of starch synthase IIa gene dosage on grain, protein and starch in endosperm of wheat. *Theor. Appl. Genet.* 115: 1053–1065.
- Konopka, I.**, Kozirok, W. and Rotkiewicz, D. (2004). Lipids and carotenoids of wheat grain and flour and attempt of correlating them with digital image analysis of kernel surface and cross-sections. *Food Res Int* 37: 429-438.
- Kota, K.P.** and Sridhar, P., (1999). Solid state cultivation of *Streptomyces clavuligerus* for cephamycin C production, *Process Biochemistry*, 34, 325-328.
- Kozłowski, T.T.** ed. (1972). *Seed Biology Volume III*. Elsevier. ISBN 0-323-15067-5. Retrieved 17 February 2014.
- Kozubek, A.** and Nienartowicz, B. (1995). Cereal grain resorcinolic lipids inhibit H₂O₂ induced peroxidation of biological membranes. *Acta Biochim Pol* 42: 309-315.
- Kües, U.** (2000). Life history and development processes in the basidiomycete *Coprinus cinereus*. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 64, 316-353.
- Kües, U.** and Liu, Y. (2000). Fruiting body production in basidiomycetes. *Appl Microbiol Biotechnol* 54: 141–152
- Kulp, K.** and Ponte, J.G. (2000). *Handbook of Cereal Science and Technology*, 2nd edn. Marcel Dekker, New York.
- Kumar, A.,** Dutt, D. and Gautam, A. (2016). Production of crude enzyme from *Aspergillus nidulans* AKB-25 using black gram residue as the substrate and its industrial applications. *J. Genet. Eng. Biotechnol.* 2016, 14, 107–118.
- Kumar, D.S.** and Ray, S. (2014). Fungal Lipase Production by Solid State Fermentation-An Overview. *Analytical & Bioanalytical Techniques*, 2014, 6:1. <http://dx.doi.org/10.4172/2155-9872.1000230>
- Kumar, S.** and Pandey, A.K. (2013). Chemistry and biological activities of flavonoids: an overview. *ScientificWorldJournal*. 2013:162750. (PubMed).

L

- Lai, V.M.F,** Lu, S., He, W.H. and Chen, H.H. (2007). Non-starch polysaccharide compositions of rice grains with respect to rice variety and degree of milling. *Food Chemistry*, 101: 1205-1210.
- Lajolo, F.M.,** Finardi Filho, F. and Menezes, E. W. (1991). Amylase inhibitors in *Phaseolus vulgaris* beans. *Food Technology*, 45, 119–121
- Lajolo, F.M.** and Genovese, M. I. (2002). Nutritional significance of lectin and enzyme inhibitors from legumes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 6592–6598.
- Lajolo, F.M.,** Mancini Filho, J. and Menezes, E. W. (1984). Effect of a bean (*Phaseolus vulgaris*) α -amylase inhibitor on starch utilization. *Nutrition Reports International*, 30, 45–54.
- Lal, B.M.,** Prakash, V. and Verma S.C. (1963). The distribution of nutrients in the seed parts of Bengal gram. *Experientia* 19: 154-155.
- Lambo, A.M.,** Oste, R. and Nyman, M.E. (2005). Dietary fibre in fermented oat and barley β -glucan rich concentrates. *Food Chem* 89:283–293.
- Lambrides, C. J.** and Godwin, I. D. (2006). Mungbean. In: Chittarajan, K., *Genome Mapping and Molecular Breeding in Plants*, 3: 69-90.
- Lane, A.G.** (1984). Anaerobic digestion of solid fruit waste supplemented with poultry manure in a horizontal plug-flow reactor. *Environ Technol Lett* 5, 465–471.
- Lankinen, P.,** Hildén, K., Aro, N. et al. (2005). Manganese peroxidase of *Agaricus bisporus*: grain bran-promoted production and gene characterization. *Appl Microbiol Biotechnol* 66: 401–407
- Lanting, J.,** Jordan, J., Schone, M. and Kitney, B. (1989). Thermophilic anaerobic digestion of coffee wastewater. In *Proceedings of the 43rd Purdue Industrial Waste Conference*, pp. 513–524. Lewis Publications, Michigan.
- Larroche, C.,** Desfarges, C. and Gros, J.B. (1988). Optimization of the spore production of *Penicillium roquefortii* in solid substrate fermentation on buckwheat seeds, *Applied Microbiology Biotechnology*, 28, 85-92
- Larroche, C.** and Gros, J.B. (1997). Special transformation processes using fungal spores and immobilized cells, *Advances in Biochemical Engineering and Biotechnology*, 55, 179-220.
- Larroche, C.** and Gros, J.B. (1992). Characterization of the growth and sporulation behavior of *Penicillium roquefortii* in solid substrate fermentation by material and bioenergetics balances, *Biotechnology and Bioengineering*, 39, 815-827.
- Larroche, C.** and Gros, J.B. (1989). Strategies for spore production by *Penicillium roquefortii* using solid state fermentation techniques, *Process Biochemistry*, 24 (2), 97-103.
- Latham, M.C.** (1997). Human nutrition in the developing world. *FAO, Food and Nutrition Series - No. 29*. Produced by Agriculture and Consumer Protection Department. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, 1997, viale delle

L

Terme di Caracalla, 00100 Rome, Italy, M-17, ISBN 92-5-103818-X, ISSN 1014-3181.
<http://www.fao.org/docrep/W0073e/Nw0073e00.htm#TopOfPage>

- Laufenberg, G.,** Kunz, B. and Nystroem, M. (2003). Transformation of vegetable waste into value added products: (A) the upgrading concept; (B) practical implementations. *Bioresource Technol* 87, 167–198.
- Leatham, G.F.** (1986). Ligninolytic activities of *Lentinus edodes* and *Phanerochaete chrysosporium*. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 24:51–58
- Lechner, B.E.** and Papinutti, V.L. (2006). Production of Lignocellulosic Enzymes During Growth and Fruiting of the Edible Fungus *Lentinus tigrinus* on Wheat Straw. *Process Biochemistry*, Vol. 41, pp. 594–598, ISSN 359-5113.
- Leisola, M.S.A.** and Fietcher, A. (1985). *Advances in Biotechnological Processes*, Mizrahi A, Van Wezel AL (Eds.), Alan R. Liss, New York, p. 59
- Leite, R.S.R.,** Alves-Prado, H.F., Cabral, H., Pagnocca, F.C., Gomes, E. and Da-Silva, R. (2008). Production and Characteristics Comparison of Crude β -Glucosidases Produced by Microorganisms *Thermoascus aurantiacus* and *Aureobasidium pullulans* in Agricultural Wastes. *Enzyme and Microbial Technology*, Vol. 43, pp. 391–395, ISSN 0141-0229.
- Leonowicz, A.,** Matuszewska, A., Luterek, J., Ziegenhagen, D., Wojtas-Wasilewska, M., Cho, N.S., Hofrichter, M. and Rogalski, J. (1999). Biodegradation of Lignin by White Rot Fungi. *Fungal Genetics and Biology*, Vol. 27, pp. 175-185, ISSN: 1087-1845.
- Li, J.-Y.** and Yeh, A.-I., (2001). Relationships between thermal, rheological characteristics and swelling power for various starches, *J. Food Engineering*, 50: 141-148.
- Liener, I.E.** (2003). *Plant Antinutritional Factors/ Detoxification*. 4587-93. Elsevier Science Ltd., University of Minnesota, St. Paul, MN, USA.
- Liener, I.E.** (1994). Implications of antinutritional components in soybean foods. *Critical Review in Food Science and Nutrition*, 34, 31–67.
- Liener, I.E.,** (1989). Antinutritional Factors. Chapter 10: pp339-382. In Matthews, R.H., *Legumes. Chemistry, Technology and Human nutrition*. Food Science Technology (Marcel Dekker Inc), 270 Madison Avenue, New York, 10016, United States of America.
- LighterLiving,** (Nutrition – Article Archives), (2010). Photo: ‘Brown Rice Kernels’. In, ‘Foods that I always have in my kitchen: Brown Rice’. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 27/6/2017: <http://www.lighterliving.com/blog/nutrition-archives.asp>
- Lin, S.H.** and Lan, W.J. (1998). Treatment of waste oil/water emulsion by ultrafiltration and ion exchange. *Water Research* 32(9), 2680–2688.
- Lindemann, W.C.,** and Glover, C.R. (1990). Nitrogen Fixation by Legumes, Guide A-129. College of Agriculture and Home Economics. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 17/1/2017: <http://www.csun.edu/~hcbio027/biotechnology/lec10/lindemann.html>

L

- Linscobe, S.** (2013). Photo: ‘ Chalky rice grain above a non chalky one’. In, ‘Rice Breeding objectives’. LSU Ag Center, LSU college of Agriculture. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 29/6/2017: http://www.lsuagcenter.com/portals/our_offices/research_stations/rice/features/publications/rice-breeding-objectives
- Liu, S.,** Manson, J.E., Stampfer, M.J., Hu, F.B., Giovannucci, E., et al. (2000). A prospective study of whole-grain intake and risk of type 2 diabetes mellitus in US women. *Am J Public Health* 90: 1409-1415.
- Loan, H.** (2014). Hoa lúa. In, Khát khao xanh. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 28/6/2017: <https://khatkhaoxanh.wordpress.com>
- Lobos, S.,** Larrain, J., Cullen, D. and Vicuna, R. (1994). Isoenzymes of manganese-dependent peroxidase and laccase produced by the lignin-degrading basidiomycete *Ceriporiopsis subvermispora*. *Microbiol.* 140:2691–2698
- Long-Ze, L.,** Harnly, J. M., Pastor-Corrales, M. S. and Luthria, D. L. (2008). The polyphenolic profiles of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Food Chemistry*, 107, 399–410.
- Lonsane, B.K,** Ghildyal, N.P., Budiartman, S. and Ramakrishna, S.V. (1985). Engineering aspects of solid state fermentation, *Enzyme and Microbial Technology*, 7, 258-265
- Lopez, H.W.,** Leenhardt, F. and Coudray, C. (2002). Minerals and phytic acid interactions: is it a real problem for human nutrition? *Int J Food Sci Technol* 37: 727-739.
- López-Alt, J. K.,** Photo: ‘Bomba – Arborio - Carnaroli’. In, ‘The Food Lab: The Road To Better Risotto’. Serious Eats. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 17/2/2017: <http://www.seriousseats.com/2011/10/the-food-lab-the-science-of-risotto.html>
- López-Pérez, M.** and Viniegra-González, G. (2016). Production of protein and metabolites by yeast grown in solid state fermentation: Present status and perspectives. *J. Chem. Technol. Biotechnol.* 2016, 91, 1224–1231.
- Longo, M.A.** and Sanromán, M.A. (2006). Production of food aroma compounds. *Food Technol. Biotechnol.* 2006;44:335–353.
- Lonsane, B.K.,** Saucedo-Castaneda, G. Raimbault, M., Roussos, S., Viniegra-Gonzalez, G., Ghildyal, N.P., Ramakrishna, M. and Krishnaiah M.M. (1992). Scale up strategies for solid state fermentation systems. *Process Biochem* 27:259–73.
- Loser, I.** (2010). Photo: Rice Stink Bug (*Oebalus pugnax*). In, ‘Oebalus pugnax’, Wikipedia the free Encyclopedia. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 27/6/2017: https://en.wikipedia.org/wiki/Oebalus_pugnax
- Lou’s Place in Cyberspace.** Image: ‘Section of rolls’. Castle Valley Mill. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 10/7/2017: http://www.lousweb.com/castle%20valley%20mill/first_floor.htm
- Luh, B. S.** (2001). Rice production. In Owens, G. ‘Cereals processing technology’ chapter 5, pp 79-107. Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC, Boca Raton FL, 33431, USA.

L

- Luthria, D. L.** and Pastor-Corrales, M. A. (2006). Phenolic acids content of fifteen dry edible bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19, 205–211.
- Lyman, R. L.** and Lepkovsky, S. (1957). The effect of raw soybean meal and trypsin inhibitor diets on pancreatic enzyme secretion in the rat. *J. Nutr.* 62:269.
- Lyons, G.,** Stangoulis, J. and Graham, R. (2003). High-selenium wheat: biofortification for better health. *Nutrition Research Reviews* 16: 45–60.

M

- Machado, C.M.M.** and Soccol, C.R. (2008). In, Pandey, A., Soccol, C.R. and Larroche, C., 'Current Developments in Solid-state Fermentation', chapter 13, pp 277-301. Springer Science and Business Media, LLC, published by, Muraleedharan, N.K., for Asiatech Publishers, Inc. E-20, Arya Nagar, CGHS, Plot No. 91, I.P. Extension, Patparganj, Delhi 110092.
- Mackay, D.** and Roberts, P. (1984). The dependence of char and carbon yield on lignocellulosic precursor composition. *Carbon* 20, 95.
- Madhu, K.M.,** Beena, P.S. and Chandrasekaran, M. (2009). Extracellular β -Glucosidase Production by a Marine *Aspergillus Sydowii* BTMFS 55 Under Solid State Fermentation Using Statistical Experimental Design. *Biotechnology and Bioprocess Engineering*, Vol.14, No.4, (August 2009), pp. 457-466, ISSN 1226-8372.
- Maes, C.** and Delcour J.A. (2002). Structural characterisation of water-extractable and water unextractable arabinoxylans in wheat bran. *J Cereal Sci* 35:315–326.
- Mahadik, N. D.,** Puntambekar, U. S., Bastawde, K. B., Khire, J. M. and Gokhale, D. V. (2002). Production of acidic lipase by *Aspergillus niger* in solid state fermentation. *Process Biochemistry*, v. 38, n. 5, p. 715-721, 2002.
- Maitan-Alfenas, G.P.,** Visser, E.M. and Guimarães, V.M. (2015). Enzymatic hydrolysis of lignocellulosic biomass: Converting food waste in valuable products. *Curr. Opin. Food Sci.* 2015, 1, 44–49.
- Manach, C.,** Scalbert, A., Morand, C., Remesy, C. and Jimenez L. (2004). Polyphenols: food sources and bioavailability. *Am J Clin Nutr.*; 79(5):727-747 (PubMed).
- Mancini, F. J.** and Lajolo, F. M. (1981). Fatores antinutricionais em diferentes variedades de feijões (*Phaseolus vulgaris* L.). *Ciencia e Cultura*, 33, 94–97.
- Mandviwala, T.N.** and Khire, J.M. (2000). Production of high activity thermostable phytase from thermotolerant *Aspergillus niger* in solid state fermentation. *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology* . Apr2000, Vol. 24 Issue 4, p237. 7p.
- Manning, A.B.** and Campbell, L.L. (1961). *J. Biol. Chern.*, 236, 2951.
- Marcotte, E.** (2016). Image: 'Roller Mills'. In, *Distillery Milling Efficiency*. Food and Beverage. Processing solutions for the processing industries. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο στις 15/2/2017: <http://www.processingmagazine.com/distillery-milling-efficiency/>
- Marinopoulou, A.,** Papastergiadis, E., Raphaelides, N.S. and Kontominas, M.G. (2016). Structural characterization and thermal properties of amylose-fatty acid complexes prepared at different temperatures. Volume 58, Pages 224–234. Williams, P.A., et al. In *Food Hydrocolloids*.
- Martínez-Carrera, D.,** Aguilar, A. and Martínez, W. (2000). Commercial production and marketing of edible mushrooms cultivated on coffee pulp in Mexico. In: Sera T, Soccol C, Pandey A et al. (eds) *Coffee Biotechnology and Quality*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht

M

- Martins, E.S.**, Silva, D., Da Silva, R. and Gomes, E. (2002). Solid state production of thermostable pectinases from thermophilic *Thermoascus auranticus*. *Process Biochemistry*, 37(9), 949-954.
- Martins, L.O.**, Soares, C.M., Pereira, M.M., Teixeira, M., Costa, T., Jones, G.H., Henriques, A.O. (2002). Molecular and biochemical characterization of a highly stable bacterial laccase that occurs as a structural component of the *Bacillus subtilis* endospore coat. *J. Bio. Chem.* 277: 18849–18859.
- Martins, S.**, Mussatto, S.I., Martínez-Avila, G., Montañez-Saenz, J., Aguilar, C.N. and Teixeira, J.A. (2011). Bioactive phenolic compounds: Production and extraction by solid-state fermentation. A review. *Biotechnol. Adv.* 2011, 29, 365–373.
- Massey, L. K.**, Palmer, R. G. and Horner, H. T. (2001). Oxalate content of soybean seeds (*glycine max*: leguminosae), soyfoods, and other edible legumes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 4262–4266.
- Mata, G.** and Savoie, J.M. (2005b). Improvement of spawn for cultivation in alternative substrates. In: Gush R (ed) *Mushroom's Grower's Handbook 2*, Mush World, Seoul
- Mata-Alvarez, J.**, Macé, S. and Llabrés, P. (2000). Anaerobic digestion of organic solid wastes. An overview of research achievements and perspectives. *Bioresource Technol* 74, 3–16.
- Mateos Diaz, J.C.**, Rodríguez, J.A., Roussos, S., Cordova, J., Abousalham, A., et al., (2006). Lipase from the thermotolerant fungus *Rhizopus homothallicus* is more thermostable when produced using solid state fermentation than liquid fermentation procedures. *Enzyme and Microbial Technology* 39 (5), 1042-1050.
- Matsunaga, T.**, Ishii, T., Matsunamoto, S., Higuchi, M., Darvill, A., Albersheim, P. and O'Neill, M. (2004). Occurrence of the primary cell wall polysaccharide rhamnogalacturonan-II in peridophytes, lycophytes, and bryophytes. Implications for the evolution of vascular plants. *Plant Physiol.* 134:339-351.
- Mayer, A.M.** and Staples, R.C. (2002). Laccase: New Functions for an Old Enzyme. *Phytochemistry*, Vol.60, No.6, (July 2002), pp. 551-565, ISSN:0031-9422.
- Mazur, W. M.**, Duke, J. A., Wahala, K., Rasku, S. and Adlercreutz, H. (1998). Isoflavonoids and lignans in legumes: Nutritional and health aspects in humans. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 9, 193–200.
- McKevith, B.** (2004). Nutritional aspects of cereals, Briefing Paper. British Nutrition Foundation Nutrition Bulletin, 29, 111–142. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 12/2/2017: https://www.nutrition.org.uk/attachments/207_Nutritional%20aspects%20of%20cereals.ppd
- McLanaghan, S.R.B.** (2002). Delivering the landfill directive: the role of new and emerging technologies. Report for the Strategy Unit: 0008/2002. PMSU, London.
- McLellan, C.** (Museum Victoria). Image: 'Floret Lateral'. In, Mathenge, C., Heinrich, D. and Dunn, J., 'Long grain paddy rice', *Oryza sativa* - long grain Linnaeus, C (1753)

M

- (Magnoliophyta: Liliopsida: Cyperales: Poaceae). PaDIL, Seed Library. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 28/6/2017: <http://www.padil.gov.au/seeds/pest/main/142261>
- McMurrough, I.** and Baert, T. (1994). Identification of proanthocyanidins in Beer and their direct Measurement with a Dual Electrode Electrochemical Detector. *J Inst Brew* 100: 409-414.
- McNeil, D.G. Jr.** (2005). "Fungus Fatal to Mosquito May Aid Global War on Malaria". *The New York Times*. 104: 135–151.
- McQuiken, M.P.** and Whipps, J.M. (1995). Production, survival and evaluation of solid-substrate inocula of *Coniothyrium minitans* against *Sclerotinia sclerotiorum*, *European Journal of Plant Pathology*, 101, 101-110
- Mecham, D.K.,** Kester, E.D. and Pence, W.J. (1961). Parboiling characteristics of California medium-grain rice. *Food Technol.*, 15, 475-479.
- Meier, D.** and Faix, O. (1999). State of the art of applied fast pyrolysis of lignocellulosic materials – a review. *Bioresource Technol* 68, 71–77.
- Menachem, L.** and Goklestein, I. (1984). Wood structure and composition. *International Fibre Science*. Marcel Dekker Inc., New York.
- Mendez-Acosta, H.O.,** Femat, R. and Campos-Delgado, D. (2004). Improving the performance on the chemical oxygen demand regulation in anaerobic digestion. *Industr Engin Chem Res* 43, 95–104.
- Meng, X.** and Ragauskas, A.J. (2014). Recent advances in understanding the role of cellulose accessibility in enzymatic hydrolysis of lignocellulosic substrates. *Curr. Opin. Biotechnol.* 2014, 27, 150–158.
- Messiaen, C-M.,** Seif, A. A., Jarso, M. and Keneni, G. (2006). *Pisum sativum* L.. Record from Protabase. Brink, M. & Belay, G. (Editors). PROTA (Plant Resources of Tropical Africa / Ressources végétales de l’Afrique tropicale), Wageningen, Netherlands.
- Mester, T.,** Jong, E. and Field, J.A. (1995). Manganese Regulation of Veratryl Alcohol in White Rot Fungi and its Indirect Effect on Lignin Peroxidase. *Applied and Environmental Microbiology*, Vol.61, No.5, p. 1881-1887, ISSN:0099-2240.
- Meuser, F.** and Suckow, P. (1986). Non-starch polysaccharides. In: Blanshard, J.M.V., Frazier, P.J., Galliard, T. (eds) *Chemistry and physics of baking*. The Royal Society of Chemistry, London, pp 42–61.
- Meyer, K.A.,** Kushi, L.H., Jacob, D.R.J., Slavin, J., Sellers, T.A., et al., (2000). Carbohydrates, dietary fiber, incident type 2 diabetes mellitus in older women. *Am J Clin Nutr* 71: 921-930.
- Miao, G.-H.** and Tang, X.-H. (1986). Isolation, purification and the properties of rice germ lectin receptors in rice embryo and endosperm. *Kexue Tongbao (Engl. transl.)*, 22: 15691573.
- Michael, W.** (2013). Management of *Ascochyta* blight of lentils, North Dakota State University Carrington Research Extension. Ανακτήθηκε από το Διαδίκτυο 29/1/2017:

M

<https://www.ag.ndsu.edu/CarringtonREC/documents/plantpathologyrd/docs2011/2011Lentil%20Ascochyta.pdf>

- Michaels, T.E.** (2004). Pulses, Overview, pp 494-501. Elsevier Ltd, University of Minnesota, St. Paul, MN, USA.
- Midorikawa, K.,** Murata, M., Oikawa, S., Hiraku, Y. and Kawanishi, S. (2001). Protective effect of phytic acid on oxidative DNA damage with reference to cancer chemoprevention. *Biochemical Biophysical Research Communications*, 288, 552–557.
- Mienda, B.S.,** Idi, A. and Umar, A. (2011). Microbiological Features of Solid State Fermentation and its Applications - An overview. *Research in Biotechnology*, 2(6): 21-26, ISSN: 2229-791X, www.researchinbiotechnology.com
- Miguel, Â.S.M.,** Martins-Meye, T.S., da Costa Figueiredo, É.V. and Dellamora-Ortiz, G., (2013). Enzymes in Bakery: Current and Future Trends. Chapter: 14., pp.287-321 In *Food Industry*. Muzzalupo I. InTech publisher.
- Milgate, J.** and Roberts, D. C. K. (1995). The nutritional & biological significance of saponins. *Nutrition Research*, 15, 1223–1249.
- Miller, D. D., Ed.** (1996). Minerals. *Food Chemistry*. New York, Marcel Dekker, Inc., pp. 617-650.
- Minussi, R.C.,** Pastore, G.M., Duran, N. (2002). Potential applications of laccase in the food industry. *Trends Food Sci. Technol.* 13:205–216
- Mirabelli, M.** and Shehab, R. (2008). Nutrition, chapter 19: pp 349–385. In, *Clinical Men's Health*. <https://doi.org/10.1016/B978-141603000-3.10019-X>.
- Mishra, A.** and Kumar, S. (2007). Cyanobacterial Biomass as N-supplement to Agro-waste for Hyper-production of Laccase from *Pleurotus ostreatus* in Solid State Fermentation. *Process Biochemistry*, Vol.42, No.4, (April 2007), pp. 681-685, ISSN:1359-5113.
- Mitchell, D.A.,** Stuart, D.M., and Tanner, R.D. (1999). Solid state fermentation, microbial growth kinetics. In *Encyclopedia of Bioprocess Technology—Fermentation, Biocatalysis and Bioseparation*, eds. M.C. Flickinger and S.W. Drew, 2408–2428. USA: Wiley & Sons.
- Mittelbach, M.** (1990). Lipase catalyzed alcoholysis of sunflower oil. *JAOCS* 61(3), 168–170.
- Mogotsi, K. K.** (2006). *Vigna radiata* (L.) R. Wilczek. In: Brink, M. and Belay, G. (Editors). PROTA 1: Cereals and pulses/Céréales et légumes secs. [CD-Rom]. PROTA, Wageningen, Netherlands.
- Mohnen, D.** (2008). Pectin structure and biosynthesis. *Curr Opin in Plant Biol.* 11:266-277.
- Moletta, R.,** Verrier, D. and Albagnac, G. (1986). Dynamic modelling of anaerobic digestion. *Water Res* 20, 427–434.
- Monagas, M.,** Urpi-Sarda, M., Sanchez-Patan, F., et al. (2010). Insights into the metabolism and microbial biotransformation of dietary flavan-3-ols and the bioactivity of their metabolites. *Food Funct.* 1(3):233-253. (PubMed).

M

- Monod, J. (1949).** The growth of bacterial cultures. *Annu. Rev. Microbiol.* 3: 371–394.
- Monod, J. (1942).** ‘Recherches sur les Croissances des Cultures Bacteriennes’. Herman and Cie, Paris.
- Moongngarma, A., Daomukdaa, N., and Khumpika, S. (2012).** Chemical Compositions, Phytochemicals, and Antioxidant Capacity of Rice Bran, Rice Bran Layer, and Rice Germ. *APCBEE Procedia* (2) pp 73 – 79.
- Moore, D. and Chiu, S.W. (2001).** Filamentous fungi as food. In: Pointing SB, Hyde KD (eds) *Exploitation of Filamentous Fungi*, Fungal Diversity Press, Hong Kong
- Moraes, C.A.M., et al (2014).** Review of the rice production cycle: Byproducts and the main applications focusing on rice husk combustion and ash recycling.
- Morrall, R.A.A.** Photo: ‘Sclerotia inside pea pod’. In, Nelson, M.A. (2003), ‘Diseases of Field peas’. Alberta Agriculture and Forestry. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 25/6/2017: [http://www1.agric.gov.ab.ca/\\$department/deptdocs.nsf/all/prm7752?opendocument](http://www1.agric.gov.ab.ca/$department/deptdocs.nsf/all/prm7752?opendocument)
- Morris, E. R. and Hill, A. D. (1996).** Inositol phosphate content of selected dry beans, peas, and lentils, raw and cooked. *Journal of Food Composition and Analysis*, 9, 2–12.
- Morrison, W. R. (1978).** "Cereal lipids." *Adv. Cereal Sci. Technol.* 2: 221.
- Moshe, R.,** Practical Methods of Checking Foods. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 5/4/2017: <http://dinonline.org/Bedikat/legumes-%E2%80%86/>
- Moskowitz, G.J. (1979).** Inocula for blue-veined chesses and blue cheese flavour, pp 201-210, In: Peppier AJ, PErlman D (eds), *Microbial Technology*, Vol. 2, 2nd edition, Academic, New York & London.
- Moore, D., (1998a).** *Fungal morphogenesis*. New York: Cambridge University Press. 469 p.
- Moo-Young, M., Moreira, A.R. and Tengerdy, R.P. (1983).** Principles of solid-substrate fermentation, In; JE Smith, DR Berry, B Kristiansen (ed), *The filamentous fungi*, vol 4 (*Fungal Technology*), Edward Arnold, London, pp 117-144.
- Mrabet, Y. (2009).** Image: ‘General structure of a continuous stirred tank type bioreactor’. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 21/7/2017: https://en.wikipedia.org/wiki/Bioreactor#/media/File:Bioreactor_principle.svg
- Muehlbauer, F.J. and Abebe, T. (1997).** *Lens culinaris* Medik. New Crop FactSHEET. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 23/6/2017: <https://hort.purdue.edu/newcrop/CropFactSheets/lentil.html>
- Muehlbauer, F.J., Cubero, J.I. and Summerfield, R.J. (1985).** Lentil (*Lens culinaris* Medic.). p. 266-311. In: R.J. Summerfield and E.H. Roberts (eds.), *Grain Legume Crops*. Collins, 8 Grafton Street, London, UK.
- Muehlbauer, F.J., Kaiser, W.J. Clement, S.L. and Summerfield, R.J. (1995).** Production and breeding of lentil. *Advances in Agronomy* 54:283-332.

M

- Muehlbauer, F. J.** and Tullu, A. (1997). *Pisum sativum* L.. In: NewCrop Factsheet, Purdue University, Center for new crops & plant products.
- Munoz, G.A.**, Agosin, E., Cotoras, M., San Martin, R. and Volpe, D. (1995). Comparison of aerial and submerged spore properties for *Trichoderma harzianum*, FEMS Microbiology Letters, 125, 63-70.
- Mussatto, S.I.**, Ballesteros, L.F., Martins, S. and Teixeira, J.A. (2012). Use of Agro-Industrial Wastes in Solid-State Fermentation Processes. In, Show, K.-Y. and Xinxin G., Industrial waste (1rst eds). InTech, pp 274, ISBN 978-953-51-0253-3.

N

- Nachbar, M. S.** and Oppenheim, J. D. (1980). Lectins in the United States diet. A survey of lectins in commonly consumed foods and a review of the literature. *American Journal of Clinical Nutrition*, 33, 2338–2345.
- Nadeem, M.,** Anjum, F.M., Amir, R.M., Khan M.R., Hussain, S. and Javed, S.M. (2010). An overview of anti-nutritional factors in cereal grains with special reference to wheat-A review. *PAK. J. FOOD SCI.*, 20(1-4), 54-61 ISSN: 2226-5899.
- Nagabhushana Rao, G.** and Shrivastava, S.K. (2011). Toxic and Antinutritional Factors of New Varieties of Pea Seeds. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences* 2(2): 512-523.
- Naraian, R.,** Sahu, R.K., Kumar, S. et al. (2008). Influence of different nitrogen rich supplements during cultivation of *Pleurotus florid* on corn cob substrate. *Environ.* doi 10.1007/s10669-008-9174-4
- National Institute of Crop Science Republic of Korea.** Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο, 23/3/2017: <https://www.nics.go.kr>.
- National Research Council** (1989). Recommended dietary allowances. Washington, DC: National Academy of Sciences.
- Natural Futures Association (NFA).** Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο, 14/5/2017: <https://www.nfa.futures.org/>
- Nature-wereld** (2015). Photo: *Bruchus pisorum* in peas. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 25/6/2017: <https://www.natuur-wereld.be/insecten/kevers/erwtenkever>
- Naveau, H.,** Nyns, E., Binot, R. and Delafontaine, M. (1979). Recycling of effluents and organic residues into methane by anaerobic digestion. New perspectives. In *Recycling Berlin '79*, vol. 2 (K.J. Thome-Kozmiensky, ed.), pp. 783–788. E. Freitag, Berlin.
- Neilson, F. H.** (1994). Chromium. In Shils, M. E., Olson, J. A. and Shike, M. (Eds.), *Modern nutrition in health and disease* (8th ed., pp. 264–268). Lea and Febiger: Philadelphia.
- Nelson, L.A.,** Foglia, T.A. and Marmer, W.N. (1996). Lipase-catalyzed production of biodiesel. *JAOCS* 73, 1191–1195.
- Nelson, M.A.** (2003). Diseases of Field pea (last updated 2015). Alberta Agriculture and Forestry. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 25/6/2017: [http://www1.agric.gov.ab.ca/\\$department/deptdocs.nsf/all/prm7752?opendocument](http://www1.agric.gov.ab.ca/$department/deptdocs.nsf/all/prm7752?opendocument)
- Nemeth, K.,** Plumb, G.W., Berrin, J.G., et al. (2003). Deglycosylation by small intestinal epithelial cell β -glucosidases is a critical step in the absorption and metabolism of dietary flavonoid glycosides in humans. *Eur J Nutr.* 42(1):29-42. (PubMed).
- Nicemol, J.** (2009). Pectinolytic Enzymes. In, Singh nee'Nigam, P. and Pandey, A. (Eds.), 'Biotechnology for AgroIndustrial Residues Utilization, chapter 21, pp. 374-394. Springer Science and Business Media B.V. 2009, Netherlands, ISBN 978-1-4020-9941-0 e-ISBN 978-1-4020-9942-7, DOI 10.1007/978-1-4020-9942-7.
- Nielson, M.M.** and Hansen, A. (2008). Rapid high-performance liquid chromatography determination of tocopherols and tocotrienols in cereals. *Cereal chem* 85: 248251.

N

- Nikitina, V.E.**, Tsivileva, O.M., Pankratou, A.N. et al. (2007). Lentinula edodes biotechnology – from lentinan to lectins. *Food Technol Biotechnol* 45(3): 230–237
- Niladevi, K.N.** (2009). Ligninolytic enzymes. In, Singh nee Nigam, P. and Pandey, A. (Eds.), ‘Biotechnology for AgroIndustrial Residues Utilization, chapter 22, pp. 397-414. Springer Science and Business Media B.V. 2009, Netherlands, ISBN 978-1-4020-9941-0 e-ISBN 978-1-4020-9942-7, DOI 10.1007/978-1-4020-9942-7.
- Niladevi, K.N.** and Prema, P. (2005). Mangrove actinomycetes as the source of ligninolytic enzymes. *Actinomycetol.* 19:40–47.
- Niladevi, K.N.**, Sukumaran, R.K. and Prema, P. (2007). Utilization of rice straw for laccase production by *Streptomyces psammoticus* in solid-state fermentation. *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.* 34: 665–674
- Norman F.H.**, Odunfa, S.A., Lee, C.-H., Quintero-Ramírez, R., Lorence-Quiñones, A. and Wacher-Radarte, C. (1999). Fermented Cereals, A Global Perspective. FAO Agricultural Services Bulletin No. 138. Produced by Agriculture and Consumer Protection Department. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, 1999, viale delle Terme di Caracalla, 00100 Rome, Italy, M-17, ISBN 92-5-104296-9. <http://www.fao.org/docrep/x2184e/x2184e00.htm#con>
- Novelli, P.K.**, Barros, M.M. and Fleuri, L.F. (2016). Novel inexpensive fungi proteases: Production by solid state fermentation and characterization. *Food Chem.* 2016, 198, 119–124.
- Now24 - ότι συμβαίνει τώρα**, (2014). Photo: ‘Brown Rice’. Στο, ‘Καστανό ρύζι: 10 οφέλη για την υγεία’. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 28/6/2017: <http://now24.gr/kastano-rizi-10-ofeli-gia-tin-igia/>

O

- Obata, Y.** and Tanaka, H. (1965). Studies on the photolysis of L-cysteine and Lcystine. Formation of the flavor of cooked rice from L-cysteine and Lcystine. *Agric. Biol. Chem.*, 29: 191-195.
- Obro, J.**, Harholt, J., Sheller, H.V. and Orfila, C. (2004). Rhamnogalacturonan-I in *Solanum tuberosum* tubers contains complex arabinogalactan structures. *Phytochemistry* 65:1429-1438.
- Ochoa-Villarreal, M.**, Aispuro-Hernández, E., Vargas-Arispuro, I. and Martínez-Téllez, M.Á. (2012). Additional Plant Cell Wall Polymers: Function, Structure and Biological Activity of Their Derivatives. © 2012 Martínez-Téllez et al., licensee InTech.(open access), chapter 4, pp 63-86. <http://dx.doi.org/10.5772/46094>
- Oelke, E. A.**, Oplinger, E. S., Hanson, C. V., Davis, D. W., Putnam, D. H., Fuller, E. I. and Rosen, C. J. (1991). Dry field pea. *Alternative Field Crop Manual*, University of Wisconsin-Extension, Cooperative Extension
- Ofuya, Z.M.** and Akhidue, V. (2005). The Role of Pulses in Human Nutrition: A Review. *J. Appl. Sci. Environ. Mgt.* Vol. 9 (3) 99 – 104.
- Ogawa, M.**, Tanaka, K. and Kasai, Z. (1977). Note on the phytin-containing particles isolated from rice scutellum. *Cereal Chem.*, 54: 1029-1034.
- Oghbaei, M.**, and Prakash, J. (2013). Effect of fractional milling of wheat on nutritional quality of milled fractions. *Trends in Carbohydrate Research*, 5, 53–58.
- Ohga, S. (1999a)**. Effects of water potential on fruit body formation of *Lentinula edodes* in sawdust-based substrate. *Journal of Wood Science*, 45, 431-434.
- Ohga, S. (1999b)**. Evaluation of maturity by use of pH indicators in sawdust-based cultures of *Lentinula edodes*. *Journal of Wood Science*, (1999), 45:431.
- Ohga, S.**, Smith, M., Trurston, C., Wood, D.A., (1999). Transcriptional regulation of laccase and cellulase genes in the mycelium of *Agaricus bisporus* during fruit body development on a solid substrate. *Mycol. Res.*, 103, 1557–1560.
- Ohno, A.**, Ano, T. and Shoda, M. (1996). Use of soybean curd residue, okara, for the solid state substrate in the production of a lipopeptide antibiotic, iturin A, by *Bacillus subtilis* NB22. *Process Biochemistry*, 31, 801-806. doi:10.1016/S0032-9592(96)00034-9.
- Okano, K.**, Iida, Y. and Samsuri, M. (2006). Comparison of in vitro digestibility and chemical composition among sugarcane bagasses treated by four white-rot fungi. *Anim Sci J* 77: 308–313
- Okarter, N.** and Liu, R.H. (2010). Health benefits of whole grain phytochemicals. *Crit Rev Food Sci Nutr* 50: 193-208.
- Olofsson, K.**, Bertilsson, M. and Lidén G. (2008). A short review on SSF – an interesting process option for ethanol production from lignocellulosic feedstocks. *Biotechnology for Biofuels* 2008, 1:7 doi:10.1186/1754-6834-1-7, <http://www.biotechnologyforbiofuels.com/content/1/1/7>

O

- Ologhobo, A.D.** and Fetuga, B.L. (1984). Distribution of phosphorus and phytate in some Nigerian varieties of legumes and some effects of processing. *J Food Sci*; 49:199–201.
- Omlet** (2004-2015). Budgie Seed Infestation. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 27/6/2017: https://www.omlet.co.uk/guide/budgie_guide/budgie_food/seed_pests
- O'Neill, M.**, Albersheim, P. and Darvill, A. (1990). The pectic polysaccharides of primary cell walls. In: Dey. D.M. (Ed), *Methods in Plant Biochemistry*, Vol. 2. Academic Press, London, pp 415-441.
- Ooi,, C.V.E.** and Liu, F. (2000). Immunomodulation and anti-cancer activity of polysaccharide-protein complexes. *Cur Med Chem* 7(7): 715–729
- Oomah, B. D.**, Blanchard, C. and Balasubramanian, P. (2008). Phytic acid, phytase, minerals, and antioxidant activity in Canadian dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 11312–11319.
- Oomah, B. D.**, Cardador-Martínez, A. and Loarca-Piña, G. (2005). Phenolics and antioxidative activities in common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85, 935–942.
- Oostra, J.**, Tramper, J. and Rinzema, A. (2000). Model-based bioreactor selection for largescale solidstate cultivation of *Coniothyrium minitans* spores on oats, *Enzyme and Microbial Technology*, 27, 652-663.
- Orcheson, L. J.**, Rickard, S. E., Seidl, M. M. and Thompson, L. U. (1998). Flaxseed and its mammalian lignan precursor cause a lengthening or cessation of estrous cycling in rats. *Cancer Letters*, 125, 69–76.
- Orskov, E.R.** and McDonald, P. (1979): The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighed according to rate of passage. *J. Agric.Sci.*, 92, 499–503.
- Ortiz, G.E.**, Guitart, M.E. , Cavalitto, S.F., Albertó, E.O., Fernández-Lahore, M. and Blasco, M. (2015). Characterization, optimization, and scale-up of cellulases production by *trichoderma reesei* cbs 836.91 in solid-state fermentation using agro-industrial products. *Bioprocess Biosyst. Eng.* 2015, 38, 2117–2128.
- Orzua, M.C.**, Mussatto, S.I., Contreras-Esquivel, J.C., Rodriguez, R., de la Garza, H., Teixeira, J.A. and Aguilar, C.N. (2009). Exploitation of agro industrial wastes as immobilization carrier for solid-state fermentation. *Ind. Crops Prod.* 2009, 30, 24–27.
- Osborne, T.B.** (1907). *The proteins of the wheat kernel*, vol 84. Carnegie Inst, Washington, DC.
- Özdemir, S.**, Matpan, F., Okumus, V., Dündar, A., Ulutas, M.S. and Kumru, M. (2012). Isolation of a thermophilic *Anoxybacillus flavithermus* sp. nov. and production of thermostable α -amylase under solid-state fermentation (SSF). *Ann. Microbiol.* 2012, 62, 1367–1375.

P

- Page, C., Fuller, C. and Autenrieth, R. (2000).** Materials balance on an oil washed from a sandy substrate using shoreline cleaners. In Proceedings of the Twenty-third Arctic and Marine Oil Spill Programme, pp. 697–708. Technical Seminar. Environment Canada, Vancouver.
- Pandey, A. (2003).** Solid-state fermentation. *Biochem. Eng. J.* 2003, 13, 81–84.
- Pandey, A., Selvakumar, P., Soccol, C. and Nigam, P. (1999).** Solid state fermentation for the production of industrial enzymes. *Curr Sci* 77, 149–162.
- Pandey, A., Soccol, C.R., Nigam, P., Brand, D., Mohan, R. and Roussos, S. (2000a).** Biotechnological potential of coffee pulp and coffee husk for bioprocesses. *Biochem Eng J.* 2000 Oct 1;6(2):153-162.
- Pandey, A., Soccol, C.R., Nigam, P., Brand, D., Mohan, R. and Roussos, S. (2000d).** Biotechnological potential of coffee pulp and coffee husk for bioprocesses. *Biochem Eng J* 6: 153–162
- Pandey, A., Soccol, C.R., Nigam, P. and Soccol V.T., (2000b).** Biotechnological potential of agro-industrial residues. I: sugarcane bagasse. *Bioresource technology* 74 (1), 69-80.
- Pandey, A., Soccol, C.R., Nigam, P., Soccol, V.T., Vandenberghe, L.P.S. and Mohan, R., (2000c).** Biotechnological potential of agro-industrial residues. II: cassava bagasse. *Bioresource technology* 74 (1), 81-87.
- Pandey, A., Soccol, C.R., Rodriguez-Leon, J. and Singh nee' Nigam, P. (2001).** In Solid state fermentation in biotechnology-fundamentals and applications. Asiotech Publ. Inc, New Delhi., 50-225.
- Pandi, A., Ramalingam, S. and Rao, R. (2016).** Inexpensive α -amylase production and application for fiber splitting in leather processing. *RSC Adv.* 2016, 6, 33170–33176.
- Pandya, J.J. and Gupte, A. (2012).** Production of xylanase under solid-state fermentation by *Aspergillus tubingensis* JP-1 and its application. *Bioprocess Biosyst. Eng.* 2012, 35, 769–779.
- Panfili, G., Fratianni, A., Di Criscio, T. and Marconi, E. (2008).** Tocol and b-glucan levels in barley varieties and in pearling by-products. *Food Chem* 107: 84-91.
- Panfili, G., Fratianni, A. and Irano, M. (2004).** Improved normal-phase high-performance liquid chromatography procedure for the determination of carotenoids in cereals. *J Agric Food Chem* 52: 6373-6377.
- Panfili, G., Fratianni, A. and Irano, M. (2003).** Normal phase high performance liquid chromatography method for the determination of tocopherols and tocotrienols in cereals. *J Agric Food Chem* 51: 3940-3944.
- Papinutti, V.L. and Forchiassin, F. (2007).** Lignocellulolytic Enzymes from *Fomes sclerodermus* Growing in Solid-State Fermentation. *Journal of Food Engineering*, Vol.81, No.1, (July 2007), pp. 54-59, ISSN 0260-8774.

P

- Pariza, M. W., Ed.** (1996). Toxic substances. Food Chemistry. New York, Marcel Dekker, pp. 825-840; Salunkhe, D. K., Chavan, J. K. and Kadam, S. S. (1990). Dietary Tannins: Consequences and Remedies. Boca Raton, FL, CRC Press.
- Parker, R.** and Ring, S.G. (2001). Aspects of the physical chemistry of starch. *J. Cereal Sci.* 34: 1-17.
- Pascual, S.,** De Cal, A., Magan, N. and Melgarejo, P. (2000). Surface hydrophobicity, viability and efficacy in biological control of *Penicillium oxalicum* spores produced in aerial and submerged culture, *Journal of Applied Microbiology*, 89, 847-853.
- Pasti, M.B.,** Pometto III, A.L., Nuti, M.P. and Crawford, D.L. (1990). Lignin solubilizing ability of actinomycetes isolated from Termite (*Termitidae*) gut. *Appl. Environ. Microbiol.* 56: 2213–2318
- Paterson, R.R.M.** (2006). Ganoderma – A therapeutic fungal biofactory. *Phytochem* 67: 1985–2001
- Pathak, P.,** Bhardwaj, N.K. and Singh, A.K. (2014). Production of crude cellulose and xylanase from *Trichoderma harzianum* PPDDN10 NFCCI-2925 and its application in photocopier waste paper recycling. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 2014, 172, 3776–3797.
- Patindol, J.A.,** Siebenmorgen, T.J., Wang, Y.J. and Counce, P.A. (2014). Impact of Elevated Nighttime Air Temperatures During Kernel Development on Starch Properties of Field-Grown Rice. *Cereal Chemistry*, 91(4):350-357.
- Paulová, L.,** Patáková, P. and Brányik, T. (2013). Advanced Fermentation Processes. In, Teixeira, J.A. and Vicente, A.A., *Engineering Aspects of Food Biotechnology*, chapter 4, pp 89–110. CRC Press 2013, Print ISBN: 978-1-4398-9545-0, eBook ISBN: 978-1-4398-9546-7, <https://doi.org/10.1201/b15426-6>
- Pazarlioglu, N.K.,** Sarijik, M., and Telefoncu, A. (2005). Laccase: Production by *Trametes versicolor* and application to denim washing. *Process Biochem.* 40:1673–1678
- Pearson, H.,** Weinberg, C. and Whitsell, W. (1953). Thermophilic digestion of monosodium-glutamate and liquor. In *Proceedings of the 8th Purdue Industrial Waste Conference*, pp. 275–283. Purdue University.
- Pérez, J.,** Munoz-Dorado, J. and Martínez, J. (2002). Biodegradation and biological treatments of cellulose, hemicellulose and lignin: An overview. *Int Microbiol* 5: 53–63
- Pérez, S.R.,** García, Oduardo. N., Bermúdez, R.C. et al. (2007). Decolourisation of mushroom farm wastewater by *Pleurotus ostreatus*. *Biodegrad.* doi 10.1007/s10532-007-9157-z
- Perie, F.H.,** Sheng, D. and Gold, M.H. (1996). Purification and characterization of two manganese peroxidase isozymes from the white-rot basidiomycete *Dichomitus squalens*. *Biochem. Biophys. Acta.* 1297:139–148
- Perlin, A.S.** (1951). Isolation and composition of the soluble pentosans of wheat flour. *Cereal Chem.*, 28:370–381.
- PestWiki,** (2017). The differences between Rats and Mice: Droppings. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο, 23/6/2017: <https://www.pestwiki.com/rats-mice-difference/>

P

- Peterbauer, T.** and Richter, A. (2001). Biochemistry and physiology of raffinose family oligosaccharides and galactosyl cyclitols in seeds. *Seed Science Research* 11(03): 185-197.
- Philippoussis, A.N.** (2009). Production of Mushrooms Using Agro-Industrial Residues as Substrates, chapter 9, pp 164-196. In, Singh nee Nigam, P. and Pandey, A. (eds), *Biotechnology for Agro-Industrial Residues Utilization*. Springer Science and Business Media B.V. 2009, ISBN 978-1-4020-9941-0 e-ISBN 978-1-4020-9942-7, DOI 10.1007/978-1-4020-9942-7.
- Philippoussis, A.,** Diamantopoulou, P. and Zervakis, G. (2003). Correlation of the properties of several lignocellulosic substrates to the crop performance of the shiitake mushroom *Lentinula edodes*. *World J Microbiol Biotechnol* 19(6): 551–557
- Philippoussis, A.,** Diamantopoulou, P. and Zervakis, G. (2002). Monitoring of mycelium growth and fructification of *Lentinula edodes* on several agricultural residues. In: S´anchez JE, Huerta G, Montiel E (eds), *Mushroom Biology and Mushroom Products*, UAEM, Cuernavaca
- Philippoussis, A.,** Zervakis, G. and Diamantopoulou, P. (2001a). Bioconversion of lignocellulosic wastes through the cultivation of the edible mushrooms *Agrocybe aegerita*, *Volvariella volvacea* and *Pleurotus* spp. *World J Microbiol Biotechnol* 17(2): 191–200
- Philippoussis, A.,** Zervakis, G. and Diamantopoulou, P. (2000). Potential for the cultivation of exotic mushroom species by exploitation of Mediterranean agricultural wastes. In: Van Griensven LJLD (ed) *Science and Cultivation of Edible Fungi*, Balkema, Rotterdam
- Philippoussis, A.,** Zervakis, G.I., Diamantopoulou, P., Papadopoulou, K. and Ehaliotis, C. (2004). Use of spent mushroom compost as substrate for plant growth and against plant infections caused by *Phytophthora* spp. In: Romaine CP, Keil CB, Rinker DL et al. (eds) *Science and Cultivation of Edible and Medicinal Fungi*, Penn State University, Pennsylvania
- Phillippy, B. Q.** (2003). Inositol phosphates in food. *Advances in Food and Nutrition Research*, 45, 1–60.
- Pointing, S.B.** (2001). Feasibility of Bioremediation by White-rot Fungi. *Applied Microbiology and Biotechnology*, Vol.57, No1-2, p. 20-33, ISSN:0175-7598.
- Pomeranz, Y.** and Chung, O.K. (1978). "Interactions of lipids with protein and carbohydrates in breadmaking." *J. Am. Oil Chem. Soc.* 55: 285.
- Poola,** (1989). Rice lectin: physicochemical and carbohydrate-binding properties. *Carbohydr. Polym.*, 10: 281 -288.
- Posner, E.S.** and Hibbs A.N., (1997). *Wheat Flour Milling*, AACC, 91–187.
- Pradeep, V.** and Datta, M. (2002). Production of ligninolytic enzymes for decolorization by cocultivation of white-rot fungi *Pleurotus ostreatus* and *Phanerochaete chrysosporium* under solid-state fermentation. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 102:109–118

P

- Prado-Barragán, L.A.**, Figueroa, J.J.B., Rodriguez-Durán, L.V., Aguilar-González, C.N. and Hennigs, C. (2016). Fermentative production methods, chapter 7, pp 189-218. In, Poltronieri, P. and D'Urso, O.F. (1st eds), 'Biotransformation of Agricultural Waste and By-products: Food, Feed, Fibre, Fuel (4F) Economy'. Elsevier, pp 398.
- Prajapati, V.S.**, Trivedi, U.B. and Patel, K.C. (2015). A statistical approach for the production of thermostable and alklophilic alpha-amylase from *Bacillus amyloliquefaciens* KCP2 under solid-state fermentation. *3 Biotech* 2015, 5, 211–220.
- Prakasham, R.S.**, Rao, C.S. and Sarma, P.N. (2006). Green gram husk-an inexpensive substrate for alkaline protease production by *Bacillus* sp. in solid-state fermentation. *Bioresour. Technol.* 2006, 97, 1449–1454.
- Prakash Rai, M.** and Nigam S. (2013). Cost Effective Method of Protease Production in Solid State Fermentation Using Combined Substrate Corn Cob and Lentil Husk. *Research and Reviews: A Journal of Life Sciences* Volume 3, Issue 1, ISSN: 2249 – 8656.
- Prasad, K.K.**, Chaganti, S.R., Mohan, S.V. and Sarma, P.N. (2011). Solid State Fermentation of Laccase from New Pulse Husks: Process Optimization and Bioprocess study. *International Journal of Innovations in Biological and Chemical Sciences*, Vol. 2: 22-34, 2011.
- Price, K. R.**, Johnson, I. T. and Fenwick, G. R. (1987). The chemistry and biological significance of saponins in food and feeding stuffs. *Critical Review in Food Science and Nutrition*, 26, 27–135.
- Proctor, D.L.** (1994). Grain storage techniques, Evolution and trends in developing countries. *FAO Agricultural Services Bulletin* No. 109. Produced by Agriculture and Consumer Protection Department. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, 1994, viale delle Terme di Caracalla, 00100 Rome, Italy, M-17, ISBN 92-5-1 03456-7. <http://www.fao.org/docrep/t1838e/T1838E00.htm#Contents>
- Prodanov, M.**, Sierra, I. and Vidal-Valverde, C. (1997). Effect of germination on the thiamine, riboflavin and niacin contents in legumes. *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und -Forschung A*, 205, 48–52.
- Prolea** (2008). *Le pois sec, de la plante à ses utilisations*. UNIP, France
- Przybylowicz, P.** and Donoghue, J. (1990). *Shiitake Growers Handbook, The Art and science of Mushroom cultivation*. Kendall/Hunt Publishing Company, Iowa
- Pulse Australia. Australian Pulse Bulletin. Faba Bean: Integrated disease management.** Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 6/6/2017: <http://www.pulseaus.com.au/growing-pulses/bmp/faba-and-broad-bean/idm-strategies>
- Pumphrey, B.** and Julien, C. (1996). *An Introduction to Fermentation: Fermentation basics*. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 15/6/2017: http://www.wakenbtech.co.jp/wp/wpcontent/uploads/2015/11/nbs_fermentation_basics.pdf
- Putun, A.E.**, Apaydin, E. and Putun, E. (2004). Rice straw as a bio-oil source via pyrolysis and steam pyrolysis. *Energy* 29, 2171–2180.

Q

-//-

R

- Raimbault, M. (1998).** General and microbiological aspects of solid substrate fermentation. *Electronic Journal of Biotechnology*, 1, 174-188.
- Raimbault, M. (1981).** “Fermentation en milieu solide: croissance de champignons filamenteux sur substrats amylicés”. Edited by: ORSTOM-Paris; Série Travaux et Documents n° 127.
- Rajaratnam, S.,** Shashireka, M.N.J. and Bano, Z. (1998). Biodegradative and biosynthetic capacities of mushrooms: Present and future strategies. *Critic Rev Biotechnol* 18(2–3): 91–236
- Raju, D.C.S** (2012). KYDIANA, *Journal of Plant Geography and Taxonomy*. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 23/6/2017: http://robertkyd.blogspot.gr/2012_12_01_archive.html
- Ramachandra, M.,** Pometto, A.L. and Crawford, D.L. (1987). Extracellular enzyme activities during lignocellulose degradation by *Streptomyces* spp: A comparative study of wild type and genetically manipulated strains. *Appl. Environ. Microbiol.* 53:2754–2760
- Ramachandran, S.,** Larroche, C. and Pandey A. (2008). Production of Spores. In, Pandey, A., Socol, C.R. and Larroche, C., ‘Current Developments in Solid-state Fermentation’, chapter 11, pp 232-252. Springer Science and Business Media, LLC, published by, Muraleedharan, N.K., for Asiatech Publishers, Inc. E-20, Arya Nagar, CGHS, Plot No. 91, I.P. Extension, Patparganj, Delhi 110092.
- Ramesh, M.V.** and Lonsane, B.K. (1991). Regulation of alpha-amylase production in *Bacillus licheniformis* M27 by end-products in submerged fermentation and its overcoming in solid state fermentation system. *Biotechnol Lett* 13:355-360.
- Rao, R.S.N.** and Juliano, B.O. (1970). Effect of parboiling on some physicochemical properties of rice. *J. Agric. Food Chem.*, 1970, 18 (2), pp 289–294 DOI: 10.1021/jf60168a017
- Rao, R.S.P.** and Muralikrishna, G. (2004). Non-starch polysaccharide–phenolic acid complexes from native and germinated cereals and millet, *Food Chemistry*, 84: 527–531.
- Ravindran, R.** and Jaiswal, A.K. (2016) (a). Exploitation of food industry waste for high value products. *Trends Biotechnol.* 2016, 34, 58–69.
- Ravindran, R.** and Jaiswal A.K. (2016) (b). Microbial Enzyme Production Using Lignocellulosic Food Industry Wastes as Feedstock: A Review. *Bioengineering* 2016, 3, 30, doi:10.3390/bioengineering3040030
- Reddy, N. R.** and Pierson, M. D. (1994). "Reduction in antinutritional and toxic components in plant foods by fermentation." *Food Research International* 27: 281.
- Reddy, N. R.,** Pierson, M. D., Sathe, S. K. and Salunkhe, D. K. (1989). *Phytates in Cereals and Legumes*. Boca Raton, FL, CRC Press.
- Reddy, N. R.,** Pierson, M. D., Sathe, S. K. and Salunkhe, D. K. (1985). Dry bean tannins – a review of Nutritional implications. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 62 (3) 541 –549.
- Redford, A.J.,** Walters, D. and Scher, J. (2015). Federal Noxious Weed Disseminules (FNWD). Fact Sheed index. Identification Technology Program (ITP). USDA in collaboration

R

- with the California Department of Agriculture. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 23/6/2017: http://idtools.org/id/fnw/factsheet_index.php
- Redzlan, A.**, (2009). Bean Bag Destroyed by Beetle – My World of Insect. *Callosobruchus chinensis* (Linnaeus), *Bruchus chinensis* (Bruchidae). Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 23/6/2017: <http://redzlan.blogspot.com/2009/12/bean-bag-destroyed-by-beetle.html>
- Reed, J. D.** (1995). "Nutritional toxicology of tannins and related polyphenols in forage legumes". *J. Anim. Sci.* 73 (5): 1516–28. PMID 7665384.
- Reis, Da mus was dran sein (www.riso.ch)**, (2008). Image: ‘Graphical depiction of nutrition transfer’. In, Wikipedia the free Encyclopedia: Parboiled rice. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 5/4/2017: https://en.wikipedia.org/wiki/Parboiled_rice
- Renganathan, V.**, Miki, K. and Gold, M.H. (1985). Multiple molecular forms of diarylpropane oxygenase, an H₂O₂-requiring, lignin-degrading enzyme from *Phanerochaete chrysosporium*. *Arch. Biochem. Biophys.* 241:304–314.
- Revankar, M.S.**, Desai, K.M., Lele, S.S. (2007). Solid-state fermentation for enhanced production of laccase using indigenously isolated *Ganoderma* sp. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 143:16–26.
- Riaz, A.** (2011). Structure of Seed (10th-Biology-Lesson-16.5). Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 17/1/2017: <https://www.desktopclass.com/notes/biology/structure-of-seed-10th-biology-lesson-16-5.html>
- Riceland**, www.riceland.com, Image: ‘Outside of a Rice Grain’ & ‘Inside of a Rice Grain’ & ‘Long Grain’. In, All about Rice: Rice from Field to Plate. Ανακτήθηκαν από το διαδίκτυο 28/6/2017: <http://www.riceland.com/all-about-rice/>
- Riceland**, www.riceland.com, Image: ‘The Development of the Individual Rice Grain from Anthesis through Grain Dry-down’ Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 15/3/2017: <http://www.riceland.com/blog/2016/aug/26/riceland-farms-grain-ripening-and-maturation/>
- Richard, H.** and Multon J.L. (1992). Les arômes alimentaires. Collection Sciences & Techniques. Agro-Alimentaires. Tec&Doc-Lavoisier, Paris, 436p.
- Richartz, G.** and MacLellan, A.J (1987). Action spectra for hyphal aggregation, the first stage of fruiting, in the basidiomycete *Pleurotus ostreatus*. *Photochem. Photobiol.* 45, 815-820.
- Ridley, B.L.**, O'Neill, M.A. and Mohnen, D. (2001). Pectins: structure, biosynthesis, and oligogalacturonide-released signaling. *Phytochemistry* 57:929-967.
- Rochfort, S.** and Panozzo, J. (2007). Phytochemicals for health, the role of pulses. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, 7981–7994.
- Rocky-Salimi, K.** and Hamidi-Esfahani, Z. (2010). Evaluation of the Effect of Particle Size, Aeration Rate and Harvest Time on the Production of Cellulase by *Trichoderma reesei* QM9414 Using Response Surface Methodology. *Food And Bioproducts Processing*, Vol.88, No.1, (March 2010), pp. 61-66. ISSN 1744-3571.

R

- Rodríguez, C.R.,** Rodriguez, S., Gallego, R. and Sanroman, P. (2003). Biodegradation of grape cluster stems and ligninolytic enzyme production by *Phanerochaete chrysosporium* during semi-solid-state cultivation. *Acta Biotechnol* 23, 65–74.
- Rodríguez, C.S.** and Sanroman, M.A. (2005). Application of solid-state fermentation to ligninolytic enzyme production. *Biochem. Eng. J.* 22:211–219.
- Rodríguez, J.** and Durán, N. (1988). Some New Aspects of Enzymatic Lignin Biodegradation. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, Vol.21, No.3, (March 1988), pp. 411-422, ISSN 1678-4510.
- Rodríguez, J.A.,** Mateos Diaz, J.C., Nungaray, J., González, V., Bhagnagar, T. et al., (2006). Improving lipase production by nutrient source modification using *Rhizopus homothallicus* cultured in solid state fermentation. *Process biochemistry* 41 (11), 2264-2269.
- Rodríguez, L.A.,** Toro, M.E., Vazquez, F., Correa-Daneri, M.L., Gouiric, S.C. and Vallejo, M.D.(2010). Bioethanol production from grape and sugar beet pomaces by solid-state fermentation. *International Journal of Hydrogen Energy*, 35, 5914-5917
- Ross, A.B.,** Chen, Y., Frank, J., Swanson, J.E., Parker, R.S., et al. (2004). Cereal alkylresorcinols elevate gamma-tocopherol levels in rats and inhibit gammatocopherol metabolism in vitro. *J Nutr* 134: 506-510.
- Ross, A.B.,** Kamal-Eldin, A., Lundin, E.A., Zhang, J.X., Hallmans, G., et al. (2003). Cereal alkylresorcinols are absorbed by humans. *J Nutr* 133: 2222-2224.
- Roy, P.,** Shimizu, N. and Kimura, T. (2004). Effect of temperature distribution on the quality of parboiled rice produced by traditional parboiling process. *Food Sci. Technol. Res.* 10, 254-260.
- Royse, D.J. (2004).** Specialty mushrooms. In: *Mushroom Fact Sheet*, Mushroom Spawn Laboratory, Penn State University, Pennsylvania
- Royse, D.J. (1996).** Yield Stimulation of Shiitake by Millet. *Supplementation of Wood Chip Substrate*. In: Royse DJ (ed) *Mushroom Biology and Mushroom Products*, Penn State University, Pennsylvania
- Royse, D.J.,** Bahler, B.D. and Bahler, C.C. (1990). Enhanced Yield of shiitake by saccharide amendment of the synthetic substrate. *Appl Environ Microbiol* 56(2): 479–482
- Ryan, A.** Image: ‘Anatomy of a grain’. In, ‘All about grains: Here's what you need to know’. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 10/2/2017: <http://www.precisionnutrition.com/all-about-grains>
- Ryan, E.,** Galvin, K., O’Connor, T. P., Maguire, A. R. and O’Brien, N. M. (2007). Phytosterol, squalene, tocopherol content and fatty acid profile of selected seeds, grains, and legumes. *Plant Foods for Human Nutrition*, 62, 85–91

S

- Saichuc, J.K.** (2005). Photo: 'Rough rice kernel types'. In, 'Long, Medium and Short Grain Types'. LSU Ag Center, LSU college of Agriculture. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 29/6/2017: http://www.lsuagcenter.com/topics/crops/rice/cultural_practices/long-medium-and-short-grain-types
- Saikia, D.** and Deka, S. (2011). Cereals: from staple food to nutraceuticals. *Intl Food Res J* 18: 21-30.
- Saithia, S.** and Tongtab, A. (2016). Phytase Production of *Aspergillus niger* on Soybean Meal by Solid-State Fermentation Using a Rotating Drum Bioreactor. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 11 (2016) 25 – 30.
- Salinas-Moreno, Y.,** Rojas-Herrera, L., Sosa-Montes, E. and Pérez-Herrera, P. (2005). Anthocyanin composition in black bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties grown in México. *Agrociencia*, 39, 385–394.
- Salunkhe, D.K.,** Chavan, J.K. and Kadam, S.S. (1990). *Dietary Tannins: Consequences and Remedies*. Boca Raton, FL, CRC Press.
- Sampang, R.L.** (1992). Paddy and milled rice grading. Physical grain characteristics of paddy/milled rice and its grades and standards. In Semple, R.L., Hicks, P.A., Lozare, J.V. and Castermans, A., 'Towards integrated commodity and pest management in grain storage...' . FAO Corporate Document Repository, viale delle Terme di Caracalla, 00100 Rome, Italy. <http://www.fao.org/docrep/x5048e/x5048E02.htm>
- Sandberg, A. S.** (2002). Bioavailability of minerals in legumes. *British Journal of Nutrition*, 88, 281–285.
- Sandgren, M.** and Hiberger, J. S. (2005). Structural and Biochemical Studies of GH Family 12 Cellulases: Improved Thermal Stability and Ligand Complexes. *Progress in Biophysics and Molecular Biology*, Vol. 89, No.3, (November 2005), p. 246-291, 2005. ISSN:0079-6107.
- Sandhu, S.K.,** Oberoi, H.S., Babbar, N., Miglani, K., Chadha, B.S. and Nanda, D.K. (2013). Two-Stage Statistical Medium Optimization for Augmented Cellulase Production via Solid-State Fermentation by Newly Isolated *Aspergillus niger* HN-1 and Application of Crude Cellulase Consortium in Hydrolysis of RiceStraw. *J.Agric. Food Chem.* 2013, 61, 12653–12661.
- Sando, S.** and Barrington, V. (2008). *Heirloom Beans*. Chronicle Books. p. 15. ISBN 978-0-8118-6069-7.
- Santa, H.S.D.,** Santa, O.R.D., Brand, D., Vandenberghe, L.P.S. and Soccol, C.R. (2005). Spore production of *Beauveria bassiana* from agro-industrial residues, *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 48, 51-60.
- Sardar Baig, Er.M.,** Study material, Course Title: Cereal Processing. Acharya NG Ranga Agricultural University College of Food Science & Technology Bapatla. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 17/1/2017: <http://www.angrau.ac.in/media/10838/fdst214cerealprocessing.pdf>
- Sarker, N.N.** and Farouk, S.M. (1989). Some factors causing milling loss in Bangladesh. *J. Agric. Mech. Asia, Afr. Latin Am.*, 20, 49-56.
- Sarma, B. K.,** Singh, D. P., Mehta, S., Singh, H. B. and Singh, U. P. (2002). Plant growthpromoting rhizobacteria-elicited alterations in phenolic profile of chickpea (*Cicer arietinum*) infected by *Sclerotium rolfsii*. *Journal of Phytopathology*, 150, 277–282.

S

- Satake Australia.** ‘Principle Construction of a Chute Type Sorter’. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 15/2/2017: http://www.satake.com.au/colour_sorting/index.htm
- Sathe, S.K.,** Deshpande, S.S. and Salunkhe, D.K. (1984). Dry beans of Phaseolus – A review, Part 2, Chemical composition: Carbohydrates, fiber, minerals, vitamins and lipids. Crit. Rev. Food Sci. and Nutr., 21, 41 – 93.
- Sauer, M.** (2016). Industrial production of acetone and butanol by fermentation—100 years later FEMS Microbiol Lett., 363(13): fnw134. Published online 2016 May 18. doi: 10.1093/femsle/fnw134.
- Savage, G.P.** (1989). Grain legumes some nutritional aspects. Grain legume workshop. Department of Biochemistry and Microbiology, Lincoln University, Canterbury.
- Saykhedkar, S.S.** and Singhal, R.S., (2004). Solid-state fermentation for production of griseofulvin on rice bran using *Penicillium griseofulvum*, Biotechnology Progress, 20 (4), 1280-1284.
- Schoemaker, H.E.,** Harvey, P.J., Bowen, R.M. and Palmer, J.M. (1985). On the mechanism of enzymatic lignin breakdown. FEBS Lett. 183:2407–2412
- Schonfeld, G.** (2010). Plant sterols in atherosclerosis prevention. Am J Clin Nutr 92:3–4.; Izar, M.C., Tegani, D.M., Kasmus, S.H. and Fonseca, F.A. (2011). Phytosterols and phytosterolemia: gene–diet interactions. Genes Nutr, 6:17–26.
- Schou, J.C.** (2003). Echinochloa Cruss-Galli Photo. Biopix. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 23/6/2017: http://www.biopix.com/cockspur-echinochloa-crus-galli_photo-97836.aspx
- Schubiger, F.X.** (2017). Pflanzenkrankheiten (erkennen - verstehen – vermeiden). Ackerbohnenkäfer. bruche de la fève (franz.); bean seed beetle (engl.). Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 6/6/2017: <http://www.pflanzenkrankheiten.ch/de/schaedlinge/ackerbau/bruchus-rufimanus-schaedlinge>
- Schuster-Gajzágó, I.** (2002). Nutritional Aspects of Legumes. Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)-UNESCO. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο (17/1/2017): <http://www.eolss.net/sample-chapters/c10/e5-02-02.pdf>.
- Schwarz, K.** and Foltz, C. M. (1957). Selenium as an integral part of factor 3 against dietary necrotic liver degeneration. Journal of the American Chemical Society, 79, 3292–3293.
- Scruse, R.J.** and Elliott, T.J. (1998). Biology and technology of mushroom culture. In: Wood, B.J.B. (ed) Microbiology of fermented food, vol. 2 (2nd ed), Blackie, London, 543-584.
- Seguin, P.,** Tremblay, G., Pageau, D. and Liu, W. (2010). Soybean tocopherol concentrations are affected by crop management. J Agric Food Chem, 58:5495–5501.
- Seitz, L.M.** (1989). Stanol and Sterol esters of ferulic and P-Coumaric acids in wheat, corn, rye and triticals. J Agric Food chem 37: 662-667.
- Semple, R.L.,** (1992). ‘Inspection and detection methods for storage insect pests’. In, Semple, R.L., Hicks, P.A., Lozare, J.V. and Castermans, A., Towards integrated commodity and pest management in grain storage. A Training Manual for application in humid tropical storage systems. Produced by Agriculture and Consumer Protection Department. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, 1992, viale delle Terme di Caracalla, 00100 Rome, Italy. A REGNET (RAS/86/189) Publication in Collaboration with NAPHIRE, May, 1992, pp 526.

S

- Senthilkumar, S.R.**, Ashokkumar, B., Raj, K.C. and Gunasekara, P. (2005). Optimization of medium composition for alkali-stable xylanase production by *Aspergillus fischeri* Fxn1 in solid-state fermentation using central composite rotary design. *J Biores Technol.* 96: 1380-1386.
- Sera, N.**, Morita, K., Nagasoe, M., Tokieda, H., Kitaura, T., et al. (2005). Binding effect of polychlorinated compounds and environmental carcinogens on rice bran fibre. *The Journal of Nutritional Biochemistry* 16: 50-58.
- Sgarbieri, V. C.** and Whitaker, J. R. (1982). Physical, chemical, and nutritional properties of common bean (*Phaseolus*) proteins. *Advances in Food Research*, 28, 93–166.
- Shafizadeh, F.** (1982). Introduction to pyrolysis of biomass. *J Analyt Appl Pyrolysis* 3, 283.
- Shamsuddin, A. K. M.** and Vucenic, I. (2005). IP6 and inositol in cancer prevention and therapy. *Current Cancer Therapy Reviews*, 1, 259–269.
- Shankar, A.U.** (2016). Sustainable production of plastics and biogas from legume residues (LEGUVAL project). BE sustainable magazine. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 9/7/2017: <http://www.besustainablemagazine.com/cms2/sustainable-production-of-plastics-and-biogas-from-legume-sub-products/>
- Sheppard, A.J.**, Pennington, J.A.T. and Weihrauch, J.L. (1993). Analysis and distribution of vitamin E in vegetable oils and foods. In L Packer, J Fuchs (Eds.) *Vitamin E in health and disease*. New York Marcel-Dekker Inc.
- Shewry, P.R.** and Mifflin B.J. (1985). "Seed storage proteins of economically important cereals." *Adv. Cereal Sci. Technol.* 7: 1.
- Shewry, P.R.**, Tatham, A.S. and Kasarda, D.D. (1992). Cereal proteins in coe-liac disease. In: *Coeliac Disease* (MN Marsh ed.). Blackwell Science, Oxford.
- Shibuya, N.** (1989). Comparative studies on the cell wall polymers obtained from different parts of rice grains. In N.G. Lewis & M.G. Paice, eds. *Plant cell wall polymers: biogenesis and biodegradation*, Symp. No. 399, p. 333344. Washington, D.C., Am. Chem. Soc.
- Shils, M.E.**, Olson, J.A. and Shike, M. (1994). *Modern nutrition in health and disease*. Philadelphia, PA: Lea and Febiger.
- Shils, M.E.**, Olson, J.A., Shike, M. and Ross, A.C. (1999). *Modern nutrition in health and disease*. Baltimore, MD: Williams & Wilkins.
- Shimada, Y.**, Watanabe, Y., Sugihara, A. et al. (2002). Enzymatic alcoholysis for biodiesel fuel production and application of the reaction to oil processing. *J Mol Catal B: Enzym* 17: 133–142
- Shimizu, C.**, Kihara, M., Aoe, S., Araki, S., Ito, K., Hayashi, K., Watari, J., Sakata, Y. and Ikegami, S. (2008). Effect of high beta-glucan barley on serum cholesterol concentrations and visceral fat area in Japanese men--a randomized, double-blinded, placebo-controlled trial. *Plant Foods Hum. Nutr.* 63: 21-25.
- Shiraiwa, M.**, K. Shigemitsu, M. Shimoyamada, K. Harada and K. Okubo (1991). "Composition and structure of group A saponin in soybean seed." *Agric. Biol. Chem.* 55: 315.
- Shuangninga, X.**, Weimingb, Y. and Li, B. (2005). Flash pyrolysis of agricultural residues using a plasma heated laminar entrained flowreactor. *Biomass Bioenergy* 29, 135–141.

S

- Shyamal**, (2012). Ricegrain Sitophylus (jpg): An adult emerges from inside a grain of rice. Rice Weevil, Wikipedia: the Free Encyclopedia. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 23/6/2017: https://en.wikipedia.org/wiki/Rice_weevil
- Siegfried, W.**, Souci, W. and Fachmann, H.K. (2008). Food Composition and Nutrition Tables, (7th ed.). pp 1300. CRC press, 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300, Boca Raton, FL 33487, USA.
- Silman, R.W.**, Bothast, R.J. and Schisler, D.A. (1993). Production of *Colletotrichum truncatum* for use as a mycoherbicide: Effects of culture, drying and storage on recovery and efficacy, 11,561-575.
- Silva, D.**, Tokuioshi, K., Martins, E.S., Silva, R. and Gomes, E. (2005). Production of pectinase by solid-state fermentation with *Penicillium viridicatum* RFC3. *Process Biochemistry* 40 (8), 2885-2889
- Silvá, E.S.**, Cavallazzi, J.R.P. and Muller, G. (2007). Biotechnological applications of *Lentinus edodes*. *J Food, Agric Environ* 5(3,4): 403–407
- Singhania, R.R.** (2009). Cellulolytic Enzymes. In, Singh nee'Nigam, P. and Pandey, A. (Eds.), 'Biotechnology for AgroIndustrial Residues Utilization, chapter 20, pp. 372-381. Springer Science and Business Media B.V. 2009, Netherlands, ISBN 978-1-4020-9941-0 e-ISBN 978-1-4020-9942-7, DOI 10.1007/978-1-4020-9942-7.
- Singh, N.**, Singh, J., Kaur, L., Singh-Sodhi, N. and Singh-Gill, B. (2003). Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources, *Food Chem.* 81: 219-231.
- Singh, R.**, Shukla, A., Tiwari, S. and Srivastava, M. (2014). A review on delignification of lignocellulosic biomass for enhancement of ethanol production potential. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2014, 32, 713–728.
- Singh, S.**, Singh, S., Bali, V., Sharma, L. and Mangla, J. (2014). Production of fungal amylases using cheap, readily available agri residues, for potential application in textile industry. *BioMedRes. Int.* 2014, 2014,1–9.
- Singh, S.**, Tyagi, C.H., Dutt, D. and Upadhyaya, J.S. (2009). Production of High Level of Cellulase-Poor Xylanases by Wild Strains of White-Rot Fungus *Coprinellus Disseminatus* in Solid-State Fermentation. *New Biotechnology*, Vol. 26, No.3-4, (October 2009), pp.165-170, ISSN 1871-6784
- Singh, S.K.**, Sczakas, G., Soccol, C.R. and Pandey, A. (2008). Production of Enzymes by Solid-state Fermentation. In, Pandey,A., Soccol, C.R. and Larroche, C., 'Current Developments in Solid-state Fermentation', chapter 9, pp 183-204. Springer Science and Business Media, LLC, published by, Muraleedharan, N.K., for Asiatech Publishers, Inc. E-20, Arya Nagar, CGHS, Plot No. 91, I.P. Extension, Patparganj, Delhi 110092.
- Singh, U. P.**, Sarma, B. K. and Singh, D. P. (2003). Effect of plant growth promoting rhizobacteria and culture filtrate of *Sclerotium rolfsii* on phenolic and salicylic acid contents in chickpea (*Cicer arietinum*). *Current Microbiology*, 46, 131–140.
- Singhania, R.R.**, Patel, A.K., Soccol, C.R. and Pandey, A. (2009). Recent advances in solid-state fermentation. *Biochem. Eng. J.* 2009, 44, 13–18.

S

- Singh nee'Nigam, P.** (2009). Production of bioactive secondary metabolites. In, *Biotechnology for AgroIndustrial Residues Utilization*, Singh nee'Nigam, P. and Pandey, A. (Eds.) pp. 129-145. Springer Science and Business Media B.V. 2009, Netherlands, ISBN 978-1-4020-9941-0 e-ISBN 978-1-4020-9942-7, DOI 10.1007/978-1-4020-9942-7.
- Singh nee'Nigam, P.** and Pandey, A. (2009). Solid-State Fermentation Technology for Bioconversion of Biomass and Agricultural Residues, chapter 10, pp 197- 223. In, Singh nee'Nigam, P. and Pandey, A. (eds), *Biotechnology for Agro-Industrial Residues Utilization*. Springer Science and Business Media B.V. 2009, Netherlands, ISBN 978-1-4020-9941-0 e-ISBN 978-1-4020-9942-7, DOI 10.1007/978-1-4020-9942-7.
- Siso, M.I.G.** (1996). Biotechnological utilization of cheese whey: review. *Bioresour Technol* 57:1–11.
- Sixt, H.** and Sahm, H. (1987). Biomethanation. In *Biotechnology of waste treatment and exploitation* (J.M. Sidwich and R.S. Holdom, eds), pp. 147–172. Ellis Horwood Ltd, Chichester.
- Smulikowska, S.,** Pastuszewska, B., Swiech, E., Ochtabinska, A., Mieczkowska, A., Nguyen, V. C., et al. (2001). Tannin content affects negatively nutritive value of pea for monogastrics. *Journal of Animal and Feed Sciences* (Poland), 10, 511–523.
- SNOOPIT24,** (10/01/2017). Το φυτό... εφιάλτης στην Ελλάδα. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 23/6/2017: <https://snoopit24.com/2017/01/10/to-fyto-efialths-sthn-ellada/>
- Soares, M.,** Christen, P., Pandey, A., Raimbault, M. and Soccol, C. R. (2000a). A novel approach for the production of natural aroma compounds using agro-industrial residue. *Bioprocess Biosyst. Eng.* 23 (2000) 695.
- Soares, V.F.,** Castilho, L.R., bon Elba, P.S. and Freire, D.M.G. (2005). High-yield bacillus subtilis protease production by solid-state fermentation. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 121 (2005), (1-3): 311-319.
- Soccol, C.R.** and Vandenberghe, L.P.S. (2003). Overview of applied solid-state fermentation in Brazil. *Biochem Eng J* 13: 205–218
- Soccol, C.R.,** Vandenberghe, L.P.S, Rodrigues, C., Medeiros, A.B.P., Larroche, C. and Pandey, A. (2008). Production of organic acids by Solid-State Fermentation. In, Pandey, A., Soccol, C.R. and Larroche, C., 'Current Developments in Solid-state Fermentation', chapter 10, pp 206-229. Springer Science and Business Media, LLC, published by, Muraleedharan, N.K., for Asiatech Publishers, Inc. E-20, Arya Nagar, CGHS, Plot No. 91, I.P. Extension, Patparganj, Delhi 110092.
- Soccol, C.R.,** Vandenberghe, L.P.S, Rodrigues, C. and Pandey, A. (2006). New perspectives for citric acid production and application. *Food Technol Biotechnol* 44: 141-149.
- Song, D.L.,** Shen, J.H., Li, L.G. (2008). Cellulose synthesis in the cell walls of higher plants. *Plant Physiol J.*;44(4):791–7.
- Sosulski, F.W.** (1979). Organoleptic and nutritional effects of phenolic compounds on oilseed protein products: A review. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 56, 711-715.
- SOUFFLET S.A.** (2010). 'Schema FMS En'. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 18/7/2017: https://en.wikipedia.org/wiki/Solidstate_fermentation#/media/File:Schema_FMS_En.jpg

S

- Spallholz, J. E.**, Mallory Boylan, L. and Rhaman, M. M. (2004). Environmental hypothesis: Is poor dietary selenium intake an underlying factor for arsenicosis and cancer in Bangladesh and West Bengal, India? *Science of the Total Environment*, 323, 21–32.
- Sparg, S.G.**, Light, M.E. and Van Staden, J. (2004). Biological activities and distribution of plant saponins. *J Ethnopharmacol.* 94:219–43.
- Spencer, R.** (2003). Diseases of Vegetables – Pea (last updated 2012). Alberta Agriculture and Forestry. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 25/6/2017:
[http://www1.agric.gov.ab.ca/\\$department/deptdocs.nsf/all/prm7819](http://www1.agric.gov.ab.ca/$department/deptdocs.nsf/all/prm7819)
- Šramková, S.**, Gregová, E. and Šturdík, E., (2009). Chemical composition and nutritional quality of wheat grain. *Acta Chimica Slovaca*, 2, No.1, pp115-138.
- Šramková, Z.**, Havrlentová, M., Gregová, E., Šturdík, E. and Hauptvogel, P. (2008). *Chem. Listy* 102: 1154.
- Sree, N.K.**, Sridhar, M., Suresh K. and Rao L.V. (1999). High alcohol production by solid substrate fermentation from starchy substrates using thermotolerant *Saccharomyces cerevisiae*. *Bioprocess and Biosystems Engineering* 20:561-563.
- Sridhar, K.R.** and Seená, S. (2006). Nutritional and antinutritional significance of four unconventional legumes of the genus *Canavalia* – A comparative study. *Food Chemistry* 99: 267-288.
- Srinivasan, C.**, D'Souza, T.M., Boominathan K. and Reddy, C.A. (1995). Demonstration of laccase in the white rot basidiomycete *Phanerochaete chrysosporium* BKM-F1767. *Appl. Environ. Microbiol.* 61:4274–4277
- Stamets, P.** (2000). *Growing Gourmet and Medicinal Mushrooms*. Ten Speed Press, Berkeley
- Stanbury, P.F.** (2000). Fermentation Technology, chapter 1, pp 1-24. In Rapley, R. and Walker, J.M., 'Molecular Biology and Biotechnology' (eds 4). Royal Society of Chemistry, pp 563. Print ISBN: 978-0-85404-606-5, PDF eISBN:978-1-84755-149-8, <http://dx.doi.org/10.1039/9781847551498-00001>. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 29/7/2017: <http://getenotes.weebly.com/uploads/1/4/1/9/14194145/bk9780854046065-00001.pdf>
- Stanbury, P.F.**, Whitaker and A., Hall, S.J. (1995). *Principles of Fermentation Technology* (Second ed.). Butterworth-Heinemann. ISBN 978-0750645010.
- Steffen, K.T.**, Cajthaml, T., Šnajdr, J. and Baldrian, P. (2007). Differential degradation of oak (*Quercus petraea*) leaf litter by litter-decomposing basidiomycetes. *Res Micobiol* 158: 447–455
- Stevenson, L.**, Phillips, F., O'Sullivan, K. and Walton, J. (2012). Wheat bran: its composition and benefits to health, a European perspective. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 63(8): 1001–1013.
- Stoddard, F.**, Lizarazo, C., Makela, P. and Nykanen, A. (2010). New annual legume crops for Finnish conditions. Department of Applied Biology, University of Helsinki. URL: [Maataloustieteenpäivät. www.smts.fi](http://Maataloustieteenpäivät.www.smts.fi)
- Stoop, J.M.H.** and Mooibroek, H. (1999). Advances in genetic analysis and biotechnology of the cultivated button mushroom, *Agaricus bisporus* *Appl Microbiol Biotechnol* (1999) 52: 474±483

S

- Strand, O.E., Strand Memorial Herbarium. (Barnyardgrass seeds. ID: Hrb-ECHCG-014).** Department of Agronomy and Plant Genetics - University of Minnesota in collaboration with the department of Botany - University of Wisconsin. 1991 Buford Circle, Room 411 Borlaug Hall, St. Paul, MN 55108-6026. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 23/6/2017: <https://webapps2.cfans.umn.edu/herbarium/Detail.aspx?SpCode=40&LimitKeyword=>
- Su, Y.C.,** Wang, J.J., Lin, T.T. and Pan, T.M. (2003). Production of the secondary metabolites gamma-aminobutyric acid and monacolin K by *Monascus*. *J Ind Microbiol Biotechnol.* 2003 Jan;30(1):41-6. Epub 2003 Jan 3
- Subramaniam, S.** and Prema, P. (2002). Biotechnology of Microbial Xylanases: Enzymology, Molecular Biology and Application. *Critical Reviews in Biotechnology*, Vol.22, pp. 33-64, ISSN 0738-8551.
- Sunna, A.** and Antranikian, G. (1997). Xylanolytic Enzymes from Fungi and Bacteria. *Critical Reviews in Biotechnology*, Vol.17, No.1, pp. 39-67, ISSN 0738-8551.
- Suzuki, T.,** Endo, K., Ito, M., Tsujibo, H., Miyamoto, K. and Inamori, Y.A. (2003). Thermostable laccase from *Streptomyces lavendulae* REN-7: Purification, Characterization, Nucleotide Sequence, And Expression. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 67:2167–2175
- Suzuki, Y.** (1999). "Structures of 5-alkylresorcinol-related analogues in rye". *Phytochemistry.* 52 (2): 281–201. doi:10.1016/S0031-9422(99)00196-X.
- Suzuki, Y.,** Kurano, M., Esumi, Y., Yamaguchi, I. and Doi, Y. (2003). "Biosynthesis of 5-alkylresorcinol in rice: Incorporation of a putative fatty acid unit in the 5-alkylresorcinol carbon chain". *Bioorganic Chemistry.* 31 (6): 437–452. doi:10.1016/j.bioorg.2003.08.003. PMID 14613765
- Svdmolén,** (2006). 'Auricularia auricula-judae (xndr).jpg'. [https://en.wikipedia.org/wiki/Auricularia_auriculajudae#/media/File:Auricularia_auricula-judae_\(xndr\).jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Auricularia_auriculajudae#/media/File:Auricularia_auricula-judae_(xndr).jpg)
- Swan, J.R.M.,** Crook, B. and Gilbert, E.J. (2002). *Issues. Environ Sci Technol* 28, 151–173.

T

- Taira, H.**, Nakagahra, M. and Nagamine, T. (1988). Fatty acid composition of indica, sinica, japonica, and japonica groups of nonglutinous brown rice. *J. Agric. Food Chem.*, 36: 45-47.
- Takeda, Y.**, Hizukuri, S. and Juliano, B.O. (1987). Structures of rice amylopectin with low and high affinities for iodine. *Carbohydr. Res.*, 168: 79-88.
- Tanaka, K.**, Ogawa, M. and Kasai, Z. (1977). The rice scutellum. II. A comparison of scutellar and aleurone electron-dense particles by transmission electron microscopy including energy-dispersive X-ray analysis. *Cereal Chem.*, 54: 684-689.
- Tanaka, K.**, Yoshida, T., Asada, K. and Kasai, Z. (1973). Subcellular particles isolated from aleurone layer of rice seeds. *Arch. Biochem. Biophys.*, 155: 136-143.
- Tanaka, Y.**, Resurrección A.P., Juliano, B.O. and Bechtel, D.B (1978). Properties of whole and undigested fraction of protein bodies of milled rice. *Agric. Biol. Chem.*, 42: 2015-2023.
- Tang, H.**, Mitsunaga T. and Kawamura, Y. (2006). Molecular arrangement in blocklets and starch granule architecture, *Carbohydr. Polym.* 63 555-560.
- Tao, S.**, Beihui, L., Zuohu, L. and Deming, L., (1999). Effects of pressure amplitude on cellulase productivity by *Trichoderma viride* SL-1 in periodic pressure solid state fermenter. *Process Biochem.* 34, 25–29.
- Tapola, N.**, Karvonen, H., Niskanen, L., Mikola, M. and Sarkkinen, E. (2005). Glycemic responses of oat bran products in type 2 diabetic patients. *Nutr Metab Cardiovasc Dis* 15: 255-261.
- Tarocco, F.**, Lecuona, R.E., Couto, A.S. and Arcas, J.A. (2005). Optimization of erythritol and glycerol accumulation in conidia of *Beauveria bassiana* by solid-state fermentation using response surface methodology, *Applied Microbiology and Biotechnology*, 68, 481-488.
- Tartakovsky, B.**, Morel, E., Steyer, J. and Guiot, S. (2002). Application of a variable structure model in observation and control of an anaerobic digester. *Biotechnol Prog* 18, 898–903.
- Taylor, W. G.** and Richards, K. W. (2008). Plant compositions enriched in dehydrosoyasaponin I (D-I) and methods of producing such compositions. World Patent WO 2008083461.
- Tchobanoglous, G.**, Burton, F.L. and Stensel, H.D. (2003). Wastewater engineering treatment and reuse, 4th edn. Mc Graw Hill, New York, USA.
- Tengerdy, R.P.** (1998). Solid substrate fermentation for enzyme production. In, Pandey, A. (Ed.), ‘Advances in Biotechnology’, pp 13-16. Educational Publishers and Distributors, IP Ext., New Delhi.
- Tengerdy, R.P.** (1996). Cellulase production by solid substrate fermentation. *J Sci Ind Res* 55:313–316.

T

- Tengerdy, R.P.** and Szakacs, G. (2003). Bioconversion of lignocellulose in solid substrate fermentation. *Biochemical Engineering Journal*. 13: 169-179.
- Thadd, R. P.**, Photo: 'hilum and micropyle in been seed'. In, Flowering Plant Organization (<http://www.personal.psu.edu/users/t/r/trp2/plantseedorg.html>). Biology Department, Penn State University. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 6/6/2017: <http://www.personal.psu.edu/users/t/r/trp2/beanlabel.jpeg>
- Thavarajah, D.**, Ruszkowski, J. and Vandenberg, A. (2008). High potential for selenium biofortification of lentils (*Lens culinaris* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 10747–10753.)
- Thiruchenduran, J.**, (2015). Whitening of Rice # cerealtechnology. Royal Food Science Society. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 15/4/2017: <https://rfssh.wordpress.com/2015/04/08/whitening-of-rice-cerealtechnology/>
- Thompson, L.U.**, Robb, P., Serraino, M. and Cheung, F. (1991). Mammalian lignan production from various foods. *Nutr Cancer* 16: 43-52.
- Tien, M.** and Kirk, T.K. (1983). Lignin-degrading enzyme from the hymenomycete *Phanerochaete chrysosporium* burds. *Science* (Washington) 221:661–662
- Toivo, J.**, Maataa, K., Lampi, A.M. and Piironen, V. (1999). Free, esterified and glycosilated sterols in finnish cereals. Pages 509-512 in: Functional foods-A new challenge for the food chemists: Lasztity, R., fannhauser, W.P., SimonSakardi, L. and Tomoskozi, S. eds Technical university Budapest.
- Toledo, A.V.**, Virla, E., Humber, R.A., Paradell, S.L. and López Lastra, C.C. (2006). "First record of *Clonostachys rosea* (Ascomycota: Hypocreales) as an entomopathogenic fungus of *Oncometopia tucumana* and *Sonesimia grossa* (Hemiptera: Cicadellidae) in Argentina" (pdf). *J. Invertebr. Pathol.* 92 (1): 7–10. doi:10.1016/j.jip.2005.10.005.
- Tomsovsky, M.** and Homolka, L. (2003). Laccase and other ligninolytic enzyme activities of selected strains of *Trametes* spp. from different localities and substrates. *Folia Microbiol.* 48: 413–418
- Torres, E.**, Bustos-Jaimes, I. and Le Borgne, S. (2003). Potencial Use of Oxidative Enzymes for the Detoxification of Organic Pollutants. *Applied Catalysis Environmental*, Vol.46, pp. 1-15, ISSN 0926-3373.
- Trimble, H.** (2015). Notes for seeded vascular plants – Gymnosperms and Angiosperms. Slideshare, Science, Bio11 seed plants. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 29/6/2017: <https://www.slideshare.net/bmorin/bio11-seed-plants-47738845>
- Tsegaye, K.N.** and Gessesse, A. (2014). Amylase production under solid state fermentation by a bacterial isolate W74. *Afr. J. Biotechnol.* 2014, 13, 2145–2153.
- Tucker, J.M.** and Townsend, D.M. (2005). Alpha-tocopherol: roles in prevention and therapy of human disease. *Biomed Pharmacother* 59: 380-387.
- Tunga, R.**, Shrivastava, B. and Banerjee, R. (2003). Purification and characterization of a protease from solid state cultures of *Aspergillus parasiticus*. *Process Biochem.* 38 (2003) 1553-8.

T

Turner, W.B. (1971). Fungal metabolites. Academic press London.

U

- UC Davis**, (1992). Photo: 'Milling yields of rough rice'. In, 'Concepts of rice quality: components of rice quality'. Agricultural use of land resources in Rural China (Chinas Agenda – 21). Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 29/6/2017: <http://zadeh.ugent.be/liming/china21/english/strategy5-2.htm>
- Umezawa, T.** and Higuchi, T. (1987). Mechanism of aromatic ring cleavage of β -O-4 lignin substructure models by lignin peroxidase. FEBS Lett. 218:255–260.
- UN Food & Agriculture Organization (2014)**. 'Production Quantity of Lentils by countries'.
- University of Illinois (extension)**. Photo: 'Seed: seed coat – embryo - cotyledon'. In, 'The Great Plant Escape', Glossary. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 29/6/2017: <https://extension.illinois.edu/gpe/glossary/seed.html>
- University of Nebraska Lincoln**, (2011). Photo: 'Ergot sclerotia protruding from rye heads' & Photo: 'Ergot-contaminated wheat grain'. In, Ergot in Wheat – UNL CropWatch, July 8, 2011. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 28/6/2017: <http://cropwatch.unl.edu/ergot-wheat-unl-cropwatch-july-8-2011>
- University of New South Wales (UNSW)**, (2011). The Choice Guide to Food. Sydney: UNSW Press.. p. 46. ISBN 9781742241012. Ανακτήθηκε από το Διαδίκτυο 19 Φεβρουαρίου 2016.
- United States Department of Agriculture**, Grain Inspection Packers & Stockyards Administration. Commodity Image Gallery: <https://www.gipsa.usda.gov/fgis/commoditygallery.aspx>
- United States Department of Agriculture**, Grain Inspection Packers & Stockyards Administration. Visual Reference Library: <https://www.gipsa.usda.gov/fgis/vri.aspx>
- US Department of Agriculture, Agricultural Research Service**. USDA national nutrient database for standard reference. <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/search/>
- U.S. Department of Agriculture: USDA Nutrient Database for Standard Reference, Release 15**. www.nal.usda.gov/fnic/cgibin/list_nut.pl (accessed August 23, 2002).
- Usta, N., Öztürk, E., Can, Ö.** et al. (2005). Combustion of biodiesel fuel produced from hazelnut soapstock/waste sunflower oil mixture in a diesel engine. Energy Conversion Manage 46(5), 741–755.

V

- Valantinavicius, M.** and Vonžodas, T. (2012). Proximate and Elemental Analysis of Solid Biofuel and Their Influence to Combustion Process. Conference of Young Scientists on Energy Issues (cd-rom edition), 2012:P72. Pub: Kaunas, Lithuanian Energy Institute Young Scientists Association, 2012
- Valera, H.R.,** Gomes, J., Lakshmi, S., Gururaja, R., Suryanarayan, S. and Kumar, D. (2005). Lovastatin production by solid state fermentation using *Aspergillus flavipes*, *Enzyme and Microbial Technology*, 37, 521-526.
- Van Denffer, D.,** Schumacher, W., Magdefrau, K. and Ehrendorfer, F. (1976). Excretory and secretory tissues. In: Strasbueger's textbook of botany. Longman, New York, pp 118–121.
- Van Soest, P.J.,** Robertson, J.B. and Lewis, B.A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74:3583–3597.
- Vares, T.,** Kalsi, M. and Hatakka, A. (1995). Lignin peroxidases, manganese peroxidases and other ligninolytic enzymes produced by *Phlebia radiata* during solid state fermentation of wheat straw..*Appl. Environ. Microbiol.* 61:3515–3520.
- Vaughan, D.A.,** (1994). The wild relatives of rice. A Genetic Handbook. International Rice Research Institute, Manila.
- Vaughan, D.A.,** Morishima, H. and Kadowaki, K. (2003). Diversity in the *Oryza* Genus. *Current opinion in Plant Biology* 6: 139-146.
- Vaughan, J. G.** and Geissler, C. A. (1998). *The New Oxford Book of Food Plants*. Illustrated by B. E. Nicholson. Oxford University Press, p. 8-9.
- Venkata Rao, P.,** Kunthala Jayaraman, C. and Lakshmanan, M. (1993). Production of lipase by *Candida rugosa* in solid state fermentation. 1: determination of significant process variables. *Process Biochemistry* Volume 28, Issue 6, 1993, Pages 385-389
- Venter, C.S.** and Eyssen, E. (2001). More Legumes for Overall Better Health. Dry bean Producers Organisation, Pretoria. *SAJCN (Supplement)*, 14(3):S32-S38.
- Viccini, G.,** Mannich, M., Capalbo, D.F.M., Valdebenito-Sanhueza, R.A. & Mitchell, D.A. (2006). Spore production in solid-state fermentation of rice by *Clonostachys rosea*, a biopesticide for gray mold of strawberries, *Process Biochemistry*.
- Vicente, G.,** Martinez, M., Aracil, J. et al. (2004). Integrated biodiesel production: a comparison of different homogeneous catalysts systems. *Bioresour Technol* 92: 297–305.
- Vidal-Valverde, C.,** Sierra, I., Diaz-Pollan, C. and Blazquez, I. (2001). Determination by capillary electrophoresis of total and available niacin in different development
- Vilas Boas, A.M.,** Andrade, R.M. and Oliveiram J.V., (1996). Diversificacao de meios de cultura para producao de fungos entomotogenicos, *Archives of Biology and Technology*, 39, 123-128.

V

- Villareal, C.P.** and Juliano, B.O. (1989b). Comparative level of waxy gene product of endosperm starch granules of different rice ecotypes. *Starch*, 41: 369-371.
- Viswanath, P.**, Devi, S.S. and Nand, K. (1992). Anaerobic digestion of fruit and vegetable processing wastes for biogas production. *Bioresource Technol* 40, 43–48.
- Vitaglione, P.**, Napolitano, A. and Fogliano, V. (2008). Cereal dietary fibre: a natural functional ingredient to deliver phenolic compounds into the gut. *Trends Food Sci Technol* 19:451–463.
- Von Wedel, R.** (1997). The CytoSol process: cleaning oiled shorelines with a vegetable oil biosolvent. *Port Technol Int* 7, 209–212.
- Vucenik, I.** and Shamsuddin, A.M. (2006). Protection against cancer by dietary IP6 and inositol. *Nutr Cancer* 55: 109-125; Fox CH, Eberl M (2002) Phytic acid (IP6), novel broad spectrum anti-neoplastic agent: a systematic review. *Complement Ther Med* 10: 229-234.

W

- Wagle, D.H.** and Kolar, C.W. (1979). Types of soy protein products. In Wilche, H.L., Hopkins, D.T. and Wagle, D.H. (eds.) Soy protein and human nutrition. New York, Academic press. pp 19-51
- Wall** and Beckwith, (1969). Relationship between structure and rheological properties of gluten proteins. *Cereal Science Today* 14: 16.
- Wallace, T.** (1943). The diagnosis of Mineral deficiencies in Plants by Visual Symptoms. Publ. His Majesty's Stationary office.
- Wang, H.H.** (1999). Development and/or reclamation of bioresources with solid state fermentation. *Proc Nat Sci Counc* 23(2): 45–61
- Wang, T.** (1988). A simple and economic semi-solid fermentation process for *Bacillus thuringiensis*, International symposium on Insecticide of *Bacillus thuringiensis*. Hubei Academy of Agricultural Science, Wuhan, October, 1988.
- Wang, Y.,** Vazquez-Duhalt, R. and Pickard, M.A. (2002). Purification, characterization, and chemical modification of manganese peroxidase from *Bjerkandera adusta* UAMH 8258. *Curr. Microbiol.* 45: 77–87
- Wang, X.D.,** (2014). Carotenoids. In: Ross, C.A., Caballero, B., Cousins, R.J., Tucker, K.L. and Ziegler, T.R., eds. *Modern Nutrition in Health and Disease*. 11th ed: Lippincott Williams & Wilkins; 427-439.
- Warkentin, P.F.** (2015). Faba beans making more inroads on Prairies. AG Canada/Commodity News Service Canada. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 23/6/2017: <https://www.agcanada.com/awc/faba-beans-making-more-inroads-on-prairies>
- Wasser, S.P.** (2002). Medicinal mushrooms as a source of antitumor and immunomodulating polysaccharides. *Appl Microbiol Biotechnol* 60: 258–274
- Wasser, S.P.** and Weis, A.L. (1999). Medicinal properties of substances occurring in higher basidiomycetes mushrooms: current perspectives. *Int J Med Mush* 1: 31–62
- Watanabe, Y.,** Shimada, Y., Sugihara, A., Noda, H., Fukuda, H. and Tominaga, Y. (2000). Continuous production of biodiesel fuel from vegetable oil using immobilized *Candida antarctica* lipase. *JAOCS* 77(4), 355–359.
- Weaver, C. M.** and Kannan, S. (2002). Phytate and mineral bioavailability. In Sathe & S.K. Reddy (Eds.), *Food phytates* (pp. 211–224). Boca Raton: CRC.
- Wegulo, S.** ⁽¹⁾ (2015). Wheat Seed Treatments 2015. Agriculture and Natural Resources. Cropwatch. University Of Nebraska–Lincoln. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 12/4/2017: <http://cropwatch.unl.edu/wheat-seed-treatments-2015>
- Wegulo, S.** ⁽²⁾ (2015). Ergot in Wheat - UNL CropWatch, July 8, 2011. Agriculture and Natural Resources. Cropwatch. University Of Nebraska–Lincoln. <http://cropwatch.unl.edu/ergot-wheat-unl-cropwatch-july-8-2011> Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 12/4/2017
- Wei, J.H.** and Song, Y.R. (2001). Recent advances in study of lignin biosynthesis and manipulation. *J Integr Plant Biol*43(8):771–9.

W

- Weihrauch, J.L.** and Gardner, J.M. (1978). Sterol content of foods of plant origin. *J Am Diet Assoc* 73: 39-47.
- Wesenberg, D.,** Kyriakides, I. and Agathos, S.N. (2003). White-rot fungi and their enzymes for the treatment of industrial dye effluents. *Biotechnol. Adv.* 22: 161–187
- Wessels, J.G.H.** (1993). Fruiting in the higher fungi. *Adv. Microb. Physiol.* 34: 147.
- Westlake, K.** (1995). Landfill pollution and control. Albion Publishing, Chichester.
- Wheatley, A.** (1990). Anaerobic Digestion. A Waste Treatment Technology. Elsevier Applied Science, London.
- Whiting, K.J. (2003).** Incineration of municipal solid waste. University of Leeds short course, University of Leeds, Leeds.
- Whiting, K.J. (2001).** Proceedings of the 3rd International Symposium on Waste Treatment Technologies, Brussels, pp. 1, 13. Institution of Chemical Engineers Publications, Rugby.
- Wieser, H.,** Seilmeier, W. and Belitz, H.-D. (1980). "Vergleichende Untersuchungen über partielle Aminosäuresequenzen von Prolaminen und Glutelinen verschiedener Getreidearten." *Z. Lebensm. Unters. Forsch.* 170: 17.
- Wieser, H.,** Seilmeier, W., Eggert, M., Belitz, H.-D. (1983). Tryptophangehalt von Getreideproteinen. *Z Lebensm Unters Forsch* 177:457–460.
- Williams, P.T. (2005).** Waste treatment and disposal. John Wiley, Chichester, U.K.
- Williams, P.T. (2001).** *Chemical Engin* 717, 24–27.
- Williamson, G.** (2004). Common features in the pathways of absorption and metabolism of flavonoids. In: Meskin MS, R. BW, Davies AJ, Lewis DS, Randolph RK, eds. *Phytochemicals: Mechanisms of Action*. Boca Raton: CRC Press; 21-33.
- Wise, K.,** Woloshuk, C., and Freije, A. (2015). Diseases of Wheat. Fusarium Head Blight (Head Scab). Purdue University Extension. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 10/4/2016: <https://www.extension.purdue.edu/extmedia/BP/BP-33-W.pdf>
- Wohlt, J.,** Frobish, R., Davis, C., Bryant, M. and Mackie, R. (1990). Thermophilic methane production from dairy cattle waste. *Biol Wastes* 32, 193–207.
- Wolken, W.A.M.,** Tramper, J. and van der derf, M.J. (2003). What spores can do for us, *Trends in Biotechnology*, 21 (8), 338-345.
- Wood, D.A.** (1989). Mushroom Biotechnology. *Int Ind Biotechnol* 9: 5–9
- Wood, D.A.** and Smith, J.F. (1987). The cultivation of mushrooms. In: Norris JR, Pettipher GL, (eds) *Essays in Agricultural and Food Microbiology*, John Willey and Sons Ltd, London
- Wood P.^a** (1997). Functional foods for health: opportunities for novel cereal processes and products. In: Campbell, G.M., Webb, C. and McKee, S.L., editors. *Cereals novel uses and processes*. New York: Plenum Press.pp233–239.

W

- Wood, P.^b** (1997). In: Campbel, G.M., Webb, C., McKee, S. (eds) Proceedings of an international conference on Cereals: Novel Uses and Processes, held June 4-6, 1996. Springer, Manchester.
- Wood, P.J.** (1992). Aspects of the chemistry and nutritional effects of non starch polysaccharides of cereals, In: Alexander, R.J. and Zobel, H.F., Eds. Developments in Carbohydrate Chemistry, American Association of Cereal Chemistry.
- Wong, D.** (2006). Feruloyl Esterase. Applied Biochemistry and Biotechnology, Vol.133, pp. 87–112, ISSN 0273-2289.
- Wong, K.K.Y.,** Tan, L.U.L. and Saddler, J.N. (1988). Multiplicity of β -1,4 Xylanases in Microorganisms: Functions and Applications. Microbiological Reviews, Vol.52, pp. 305-317, ISSN: 0146-0749.
- Wu, C.** and Whitaker, J. R. (1991). Homology among trypsin/chymotrypsin inhibitors from red kidney bean, Brazilian pink bean, lima bean, and soybean. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 39, 1583–1589.
- Wurm, F.M.** (2004). "Production of recombinant protein therapeutics in cultivated mammalian cells". Nature Biotechnology. 22: 1393–1398. PMID 15529164. doi:10.1038/nbt1026.

X

- Xia, L.** and Cen, P., (1999). Cellulase production by solid state fermentation on lignocellulosic waste from the xylose industry. *Process Biochemistry*, October 1999, 34(9), pp 909-912.
- Xiao, J.,** Kai, G., Yamamoto, K. and Chen, X. (2013). Advance in dietary polyphenols as α -glucosidases inhibitors: a review on structure-activity relationship aspect. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 53(8):818-836. (PubMed).
- Xu, B. J.** and Chang, S. K. C. (2007). A comparative study on phenolic profiles and antioxidant activities of legumes as affected by extraction solvents. *Journal of Food Science*, 72, S159–S166.
- Xu, G.,** Chen, Y., Chen, Y., Ling, X. and Li, X. (2004). Production of monacolin K in solid-state fermentation of *Monascus* sp. 9901 that does not produce citrinin, *Proceedings of The First International Symposium on Insight into the world of indigenous fermented foods for Technol Development and Food Safety, Food and Fermentation Industries*, 30 (10), 59-63.

Y

- Yaman, S.** (2004). Pyrolysis of biomass to produce fuels and chemical feedstocks. *Energy Conversion Manage* 45, 651–671.
- Yanatori Y.** and Fujita T., (1976). Hypertrophy and hyperplasia in the endocrine and exocrine pancreas of rats fed soybean trypsin inhibitor or repeatedly injected with pancreozymin. *Arch. histol. jpn.*, 33, 67-68.
- Yang, J.S.,** Liu, W. and Ni, J.R. (2006). Isolation, identification of lignin-degrading bacteria and purification of lignin peroxidase. *Huan Jing Ke Xue.* 27: 981–985.
- Yang, S.H.** (2008). *Plant fiber chemistry.* Beijing: China Light Industry Press.
- Yang, X.M.** (1986). *Cultivation of Edible Mushroom in China,* Agriculture Printing House, Beijing, ER. China.
- Yapo, B.M.** and Koffi, K.L. (2008). Dietary fiber components in yellow passion fruit rinds-A potential fiber source. *J Agric Food Chem.* 54(7):2738-2744.
- Yazid, N.A.,** Barrena, R., Komilis, D. and Sánchez, A. (2017). Solid-State Fermentation as a Novel Paradigm for Organic Waste Valorization: A Review. *Sustainability* 2017, 9, 224; doi:10.3390/su9020224
- Yin, Z.F.** and Fan, R.W. (1999). The research progress of plant cell wall. *Bull Bot Res.* 19(4):407–14.
- Yli-Mattila, T.** (1991). Photobiology of fruit body formation in the basidiomycete *Schizophyllum commune*. *Luonnen Tutkija,* 95, 116-123.
- Yoshida, H.,** Tomiyama, Y., Yoshida, N., Saiki, M. and Mizushina, Y. (2008). Lipid classes, fatty acid compositions and triacylglycerol molecular species from adzuki beans (*Vigna angularis*). *Journal of Food Lipids,* 15, 343–355.
- Yoshida, S.** (1981). *Fundamentals of rice crop science.* The International Rice Research Institute. Los Banos, Laguna, P.O. Box 933, Manila, Philippines.
- Young, R.V.** and Pellet, L.P. (1994). Plant proteins in relation to human protein and amino acid nutrition. *Am J Clin Nut* 59:1203S–1212S.
- Yu, S.,** Nehus, Z.T., Badger, T.M. and Fang, N. (2007). Quantification of vitamin E and gamma-oryzanol components in rice germ and bran. *J Agric Food Chem* 55: 7308-7313.

Z

- Zadrazil, F.,** Compare, G. and Maziero, R. (2004). Biology, cultivation and utilization of Pleurotus species. In: Romaine CP, Keil CB, Rinker DL et al. (eds) Science and Cultivation of Edible and Medicinal Fungi, Penn State University, Pennsylvania
- Zervakis, G.** and Philippoussis, A. (2000). Management of agro-industrial wastes through the cultivation of edible mushrooms. In: Proceedings of IV European Waste Forum 'Innovation in waste management', C.I.P.A., Milan
- Zhang, J.,** Shi, J., Ilic, S., Jun, X. S. and Kakuda, Y. (2009). Biological properties and characterization of lectin from red kidney bean (*Phaseolus vulgaris*). Food Reviews International, 25, 12–27.
- Zhang, X.,** Peterson, C., Reece, D., Haws, R. and Moller, G. (1998). Biodegradability of biodiesel in the aquatic environment. Trans ASAE 41, 1423–1430.
- Zhou, J.R.** and Erdman, J.W. Jr (1995). Phytic acid in health and disease. Crit Rev Food Sci Nutr 35: 495-508.
- Zia-Ul-Haq, M.,** Iqbal, S., Ahmad, S., Bhangar, M. I., Wiczowski, W. and Amarowicz, R. (2008). Antioxidant potential of desi chickpea varieties commonly consumed in Pakistan. Journal of Food Lipids, 15, 326–342.
- Zimbardi, A.L.R.L.,** Sehn, C., Meleiro, L.P., Souza, F.H.M., Masui, D.C., Nozawa, M.S.F., Guimarães, L.H.S., Jorge, J.A. and Furriel, R.P.M. (2013). Optimization of β -Glucosidase, β -Xylosidase and Xylanase Production by *Colletotrichum graminicola* under Solid-State Fermentation and Application in Raw Sugarcane Trash Saccharification. Int. J. Mol. Sci. 2013, 14, 2875–2902.
- Zimmer, R.C.** Photo: 'Virus infected and virus-free seed'. In Nelson, M.A. (2003), 'Diseases of Field peas'. Alberta Agriculture and Forestry. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 25/6/2017: [http://www1.agric.gov.ab.ca/\\$department/deptdocs.nsf/all/prm7752?openDocument](http://www1.agric.gov.ab.ca/$department/deptdocs.nsf/all/prm7752?openDocument)
- Zimmerman, C.,** Weissman, S. and Yannai, S. (1967). The distribution of protein, Lysine and Methionine, and antitryptic activity in the cotyledons of some leguminous seeds. J. Fd. Sci. 32: 129-130.



Ελληνική Βιβλιογραφία:

- Αγροσύμβουλος, (2015).** Καλλιέργεια Ρεβιθιού/Καλλιεργητικές τεχνικές. Ανακτήθηκε από το Διαδίκτυο 27/1/2017: <http://agrosimvoulos.gr/kalliergeia-revithiou/>
- Βλαχοστέργιος, Δ. (Δρ) (2012).** Ελληνικές ποικιλίες οσπρίων Ελληνικός Γεωργικός Οργανισμός "ΔΗΜΗΤΡΑ" Γενική Διευθυνση Αγροτικής Έρευνας Ινστιτούτο Κτηνοτροφικών Φυτών & Βοσκών Λαρίσας. Ανακτήθηκε από το Διαδίκτυο 30/1/2017: www.nagref.gr.
- Βλαχοστέργιος, Δ. (Δρ).** Προβλήματα & Προοπτικές της καλλιέργειας των Οσπρίων, Ινστιτούτο Κτηνοτροφικών Φυτών & Βοσκών Λαρίσας. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 10/2/2017:<http://www.naevias.gr/files8/%CE%97%20%CE%9A%CE%91%CE%9B%CE%9B%CE%99%CE%95%CE%A1%CE%93%CE%95%CE%99%CE%91%20%CE%A4%CE%A9%CE%9D%20%CE%9F%CE%A3%CE%A0%CE%A1%CE%99%CE%A9%CE%9D.%CE%92%CE%9B%CE%91%CE%A7%CE%9F%CE%A3%CE%A4%CE%95%CE%A1%CE%93%CE%99%CE%9F%CE%A3>).pdf
- Γεοργόπουλος, Θ.,** Δημητριακά και προϊόντα τους. Τμήμα Τεχνολογίας Τροφίμων, Παράρτημα Καρδίτσας, Τ.Ε.Ι. Λάρισας. Ανακτήθηκε από το Διαδίκτυο 11/2/2017: <http://www.teilar.gr/dbData/ProfAnn/profann-fc10856a.pdf>
- Γιαννιώτης, Σ.,** Αθανασόπουλος, Π. και Μουζάκη, Α., (2003). Μηχανολογικός εξοπλισμός Γεωργικών Βιομηχανιών (έκδοση γ'). Τεχνικά Επαγγελματικά Εκπαιδευτήρια, Ειδικότητα: Τεχνολογίας Τροφίμων & Εμπορίας (Marketing) Γεωργικών Προϊόντων. Β' Τάξη 1ου Κύκλου. Έκτύπωση: Καρέντζος, Ν., Βιβλιοδεσία: Κουκιάς, Κλ. & Υιοί Ο.Ε.
- Δαλιάνης, Κ. (1983).** Ανοιξιάτικα Σιτηρά. Αθήνα: Εκδόσεις Σταμούλη, σελ.235-309.
- ΔΗΜΗΤΡΙΑΚΑ. Ηλεκτρονικές σημειώσεις Πανεπιστημίου Ιωαννίνων.** Κεφ.14. σελ 255-277. Ανακτήθηκε από το Διαδίκτυο, 27/1/2017: http://ecourse.uoi.gr/pluginfile.php/66897/mod_resource/content/1/no%2014.pdf
- Ειδική Γεωργία Ι. Χειμερινά Σιτηρά και Χειμερινά Καρποδοτικά Ψυχανθή. Ηλεκτρονικές σημειώσεις Πανεπιστημίου Θεσσαλίας,** σελ3-59. Ανακτήθηκε από το Διαδίκτυο 10/2/2016: <http://eclass.uth.gr/eclass/modules/document/file.php/SGEA175/%CE%A3%CE%99%CE%A4%CE%97%CE%A1%CE%91%CE%A8%CE%A5%CE%A7%CE%91%CE%9D%CE%98%CE%97>.pdf
- ΕΛΓΟ-ΔΗΜΗΤΡΑ (Ελληνικός Γεωργικός Οργανισμός - Δήμητρα).** Ποιότητα ρυζιού. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο, 12/2/2017: <http://www.ipgrb.gr/index.php/antikeimena/sitiron/rizi/67-roioutita-ryziou>.
- Εκτελεστικός Κανονισμός (ΕΕ) 1644/2016,** της επιτροπής της 7^{ης} Σεπτεμβρίου 2016, για την καταχώρηση στο μητρώο των προστατευόμενων ονομασιών προέλευσης και των προστατευόμενων γεωγραφικών ενδείξεων [Φάβα Φενεού (Fava Feneou) (ΠΓΕ)].



Επίσημη εφημερίδα της Ευρωπαϊκής ένωσης L245/1. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο, 17/5/2017:<http://eur-lex.europa.eu/legalcontent/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016R1644&from=EN>

Εκτελεστικός Κανονισμός (ΕΕ) 901/2010 της επιτροπής της 8ης Οκτωβρίου 2010 για την καταχώριση ονομασίας στο μητρώο των προστατευόμενων ονομασιών προέλευσης και των προστατευόμενων γεωγραφικών ενδείξεων [Φάβα Σαντορίνης (Fava Santorinis) (ΠΟΠ)]. Επίσημη εφημερίδα της Ευρωπαϊκής ένωσης L266/54. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο, 17/5/2017:<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:266:0054:0055:EL:PDF>

Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 1428/2003 της επιτροπής της 11ης Αυγούστου 2003 σχετικά με τη συμπλήρωση του παραρτήματος του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 2400/96 για την εγγραφή ορισμένων ονομασιών στο μητρώο προστατευόμενων ονομασιών προέλευσης και προστατευόμενων γεωγραφικών ενδείξεων που προβλέπεται στον κανονισμό (ΕΟΚ) αριθ. 2081/92 του Συμβουλίου για την προστασία των γεωγραφικών ενδείξεων και των ονομασιών προέλευσης των γεωργικών προϊόντων και των τροφίμων «ΦΑΣΟΛΙΑ ΓΙΓΑΝΤΕΣ — ΕΛΕΦΑΝΤΕΣ ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ». Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης (12.8.2003) L 203/7. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο, 17/5/2017:<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:203:0007:0012:EL:PDF>

Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 1549/98 της επιτροπής της 17ης Ιουλίου 1998 για συμπλήρωση του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 1107/96 σχετικά με την καταχώριση των γεωγραφικών ενδείξεων και των ονομασιών προέλευσης σύμφωνα με τη διαδικασία που προβλέπεται στο άρθρο 17 του κανονισμού (ΕΟΚ) αριθ. 2081/92 του Συμβουλίου. Επίσημη εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων (18. 7. 98) L202/25. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο, 17/5/2017:<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:1998:202:0025:0026:EL:PDF>

[Φασόλια (γίγαντες ελέφαντες) Πρεσπών Φλώρινας (Fasolia Gigantes Elefantas Prespron Florinas), Φασόλια (πλακέ μεγαλόσπερμα) Πρεσπών Φλώρινας (Fasolia plake megalosperma Prespron Florinas)]

Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 134/98, της επιτροπής της 20^{ης} Ιανουαρίου 1998 για συμπλήρωση (ΕΚ) αριθ. 1107/96 σχετικά με την καταχώριση των γεωγραφικών ενδείξεων και των ονομασιών προέλευσης σύμφωνα με τη διαδικασία που προβλέπεται στο άρθρο 17 του κανονισμού (ΕΟΚ) αριθ. 2081/92 του Συμβουλίου. Επίσημη εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων (21. 1. 98) L15/6. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο, 17/5/2017:<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:1998:015:0006:0007:EL:PDF>

[Φασόλια (γίγαντες ελέφαντες) Κάτω Νευροκοπίου (Fasolia Gigantes Elefantas de Kato Nevrokopi), Φασόλια κοινά μεσόσπερμα Κάτω Νευροκοπίου (Fasolia koina mesosperma Kato Nevrokopi)].

Καραμάνος, Α.Ι., ‘Τα σιτηρά των εύκρατων κλιμάτων’, Καθηγητής της Γεωργίας στην Ανώτατη Γεωπονική Σχολή Αθηνών.



- Καραφέρης, (2013).** Έρευνα και μάθηση. Συλλογή σπόρου από φασολάκια. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 23/6/2017:<http://www.karaferis.gr/%CF%83%CF%85%CE%BB%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%AE%CF%83%CF%80%CF%8C%CF%81%CE%BF%CF%85%CE%B1%CF%80%CF%8C%CF%86%CE%B1%CF%83%CE%BF%CE%B%CE%AC%CE%BA%CE%B9%CE%B1/>
- Λάμπρου, Σ., (2009).** Εχθροί και Ασθένειες Ψυχανθών. Επιμέλεια έκδοσης, Υπουργείο Γεωργίας, Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος σε συνεργασία με τον Κλαδο Γεωργικών Εφαρμογών, Λευκωσίας Κύπρου. Ανακτήθηκε από το Διαδίκτυο 7/2/2017:[http://www.moa.gov.cy/moa/da/da.nsf/All/3702E04F2D890C3AC2257A22003F29D0/\\$file/PSYXANTHE.pdf?OpenElement](http://www.moa.gov.cy/moa/da/da.nsf/All/3702E04F2D890C3AC2257A22003F29D0/$file/PSYXANTHE.pdf?OpenElement).
- Λιονουδάκης, Κ., (2014).** Τα μυστικά του κήπου (φασόλια μαυρομάτικα Εβρου). Χανιώτικα νέα (καθημερινή εφημερίδα των χανίων). Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 23/6/2017: <http://www.haniotika-nea.gr/ta-mistika-tou-kipou-23/>
- Μπαμπαλώνας, Δ. και Κόκκινη, Σ., (2004).** Συστηματική Βοτανική. Φυλογενετική - Φαινετική προσέγγιση της ταξινόμησης των φυτικών οργανισμών. Εκδόσεις Αιβάζη. Θεσσαλονίκη. 421 σελ.
- Μπαξεβάνος Δ.,** Συνθήκες για την παραγωγή σκληρού σιταριού υψηλής ποιότητας. Ινστιτούτο Σιτηρών. Ανακτήθηκε από το Διαδίκτυο 11/2/2017: <http://www.nagref.gr/journals/ethg/images/43/ethg43p17-19.pdf>
- Νικολαΐδης, Α. (2012).** Ρεβίθια-Φακές, Γεωτεχνικό επιμελητήριο (ΓΕΩ.Τ.Ε.Ε.-παράρτημα Ανατολικής Μακεδονίας. Ανακτήθηκε από το Διαδίκτυο 10/2/2017: http://www.geotee-anmak.gr/img/ekdiloseis/rebithia_fakes.pdf
- Ξυνιάς, Ι.Ν. (2014).** Τεχνολογία Πολλαπλασιαστικού Υλικού. Παραδόσεις Θεωρίας. ΤΕΙ Δυτικής Μακεδονίας, Σχολή Τεχνολόγων Γεωπόνων. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 11/1/2017:https://eclass.teiwm.gr/modules/document/file.php/TEG260/%CE%A4%CE%B5%CF%87%CE%BD%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%AF%CE%B1%20%CF%80%CE%BF%CE%BB%CE%BB%CE%B1%CF%80%CE%BB%CE%B1%CF%83%CE%B9%CE%B1%CF%83%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CF%8D%20%CF%85%CE%BB%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CF%8D_%CE%B8%CE%B5%CF%89%CF%81%CE%AF%CE%B1.pdf
- Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, Γενική Διεύθυνση Φυτικής Παραγωγής, Διεύθυνση Προστασίας Φυτικής Παραγωγής, (2013).** Οδηγίες Ολοκληρωμένης Φυτοπροστασίας Στην Καλλιέργεια Των Ρεβιθίων, Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 10/2/2017: <http://www.opengov.gr/ypaat/wp-content/uploads/downloads/2013/05/revithiou.pdf>
- Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, Γενική Διεύθυνση Φυτικής Παραγωγής, Διεύθυνση Προστασίας Φυτικής Παραγωγής, (2013).** Οδηγίες Ολοκληρωμένης Φυτοπροστασίας Στην Καλλιέργεια Του Σίτου. Ανακτήθηκε από το



διαδίκτυο 10/2/2017: <http://www.opengov.gr/ypaat/wp-content/uploads/downloads/2013/07/sitari.pdf>.

Φαναριώτη, Μ. (2013). Αρχαία ελληνική διατροφή-Δημητριακά. Στο, Παραδοσιακές συνταγές και η ιστορία τους. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 28/6/2017: <http://users.sch.gr/mfanarioti/SYNTAGES/diadromes/arxaiadiatrofi/dimitriaka.html>

Χιντζόγλου, Γ. (2013). Έντομα Οσπρίων, Εργαστήριο Γεωργικής Ζωολογίας και Εντομολογίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών (Γ.Π.Α.) Εργασία που παρουσιάστηκε στη 2η Επιστημονική Συνάντηση για τις Τοπικές Ποικιλίες των Ελληνικών Οσπρίων, Αθήνα 8 Φεβρουαρίου 2013 Ανακτήθηκε από το Διαδίκτυο 28/1/2017: www.minagric.gr.



Τοποθεσίες διαδικτύου:

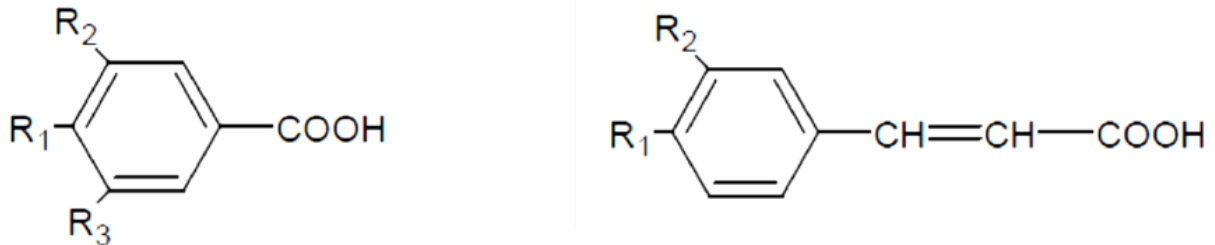
- http://agridaksh.iasri.res.in/images/mushroom/15_Mush_oyster_cult/mush_cult_img_259.jpg
- <http://chemistry.tutorvista.com/physical-chemistry/flocculation.html> (TutorVista.com)
- [http://leguval.eu/project/Legume sub-products for bio-packaging application](http://leguval.eu/project/Legume_sub-products_for_bio-packaging_application) (LEGUVAL, 2014-2017).
- <http://mitglied.lycos.de/cturare/fue.htm#size>
- <http://modflow.bossintl.com/html/insitu-bioremediation.html>
- http://separationprocesses.com/Membrane/MT_Chp07d.htm
- <https://canvas.jmu.edu/courses/1484140/pages/membrane-filtration>
- <https://en.wikipedia.org/wiki/Chemostat>
- https://en.wikipedia.org/wiki/Chinese_hamster_ovary_cell,
- https://en.wikipedia.org/wiki/Ethanol_fermentation
- <https://en.wikipedia.org/wiki/Fermentation>
- <https://en.wikipedia.org/wiki/Gasification>
- https://en.wikipedia.org/wiki/Gramicidin_S
- https://en.wikipedia.org/wiki/Industrial_fermentation
- <https://homeopathicassociates.com/portfolio-item/potential-of-the-homeopathic-remedy-arnica-montana-30c-to-reduce-dna-damage-in-escherichia-coli-exposed-to-ultraviolet-irradiation-through-up-regulation-of-nucleotide-excision-repair-genes> (image of E.coli)
- www.foikaragianni.gr/photogallery.php?l=e1
- www.agrimon.gr
- www.aimsconsulting.com/resources/Resource_Library.html
- www.aquatechnologies.com/info_activated_carbon.htm
- www.biocel.cz/ehtml/index.htm
- www.biomatnet.org/secure/Fair/F538.htm
- www.biotech-monitor.nl/3405.htm
- www.bizasianetwork.com/Trends%20and%20technologies%20for%20hazardous%20waste%20disposal.htm
- www.britannica.com (Encyclopedia Britannica, Inc)
- www.ciwmb.ca.gov/Organics/Conversion/Anaerobic/
- www.cpeo.org/techtree/ttdescript/ensolmx.htm
- www.danagri-3s.com/mandm_rollermills.html. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο, 15/2/2017.
- www.ebay.co.uk/gds/Understanding-The-Mushroom-Life-Cycle-/10000000178553762/g.html
- www.edie.net/products/viewentry.asp?id=1386&channel=0
- www.ees.adelaide.edu.au/pharris/biogas/pvdv.pdf
- www.energy.ca.gov/development/biomass/anaerobic.html
- www.enviro.nfesc.navy.mil/erb/erb_a/restoration/technologies/sel_tools/shortlist/shortlist.htm



- www.esru.strath.ac.uk/EandE/Web_sites/03-04/biomass/background%20info8.html
- www.feedipedia.org
- www.feedmachinery.com/glossary/equipment/roller_mills/. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο, 15/2/2017.
- www.foe.co.uk/pubsinfo/briefings/html/20021008124332.html
- [www.foe.co.uk/resource /triefings /gasifications _pyrolysis.pdf](http://www.foe.co.uk/resource/triefings/gasifications_pyrolysis.pdf)
- www.gaiapedia.gr
- www.hazardouswaste.utah.gov/incin1.htm
- www.iupac.org/publications/pac/2001/pdf/7307x1163.pdf
- www.mea.org.uk/biogas/systems.htm
- www.media.wiley.com/product_data/excerpt/56/04708544/0470854456.pdf
- www.midwestsupplies.com/monster-mill-mm3-3-roller-mill. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο, 15/2/2017.
- www.minagric.gr
- www.mingyangmachinery.com/products/productClass3_1.html (Gongyi Xiaoui Mingyang Machinery plant).
- www.mrc.wa.gov.au/resources/anaerobic_digestion.html
- www.nabim.org.uk
- www.phytochemicals.info/phytochemicals/phytic-acid.php. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο, 2/4/2017
- www.pollutionengineering.com/CDA/ArticleInformation/features/BNP_Features_Item/0,6649,106432,00.html
- www.pulsecanada.com/food-health/what-is-a-pulse
- [www.pulsecanada.com/-Pulse Canada 2016](http://www.pulsecanada.com/-Pulse%20Canada%202016)
- www.Remade.org.uk/organics/organicsdocuments/compostbenefitsscottishcrops.pdf
- www.seasort.com/download/SEA-Next-Pixel-Brochure-EN.pdf (διαφημιστικό φυλλάδιο 'Sea Next electronic sorting)
- www.shrilalmahal.org/process.html
- www.slideshare.net/ruchu44/breeding-for-special-traits-viz-oil-protein-vitamins-amino-acids
- www.tifac.org.in/news/memb.htm
- www.verianet.gr/post/19429-ryzi-typoi-kai-eidi-ryzion,-tropoi-mageirematos. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 28/6/2017. 'faghta-giagias.blogspot.com', (2014). Ρύζι - τύποι και είδη ρυζιών, τρόποι μαγειρέματος.
- www.vidaenlatierra.com
- www.wasteonline.org.uk/resources/Wasteguide/mn_wmo_thermtreatment_incin.html
- www.wikipedia.gr
- www.zenithenergy.com/BioGasfr.html

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι.
PHYTOCHEMICALS (CHEMICAL STRUCTURE)

1) PHENOLIC ACIDS



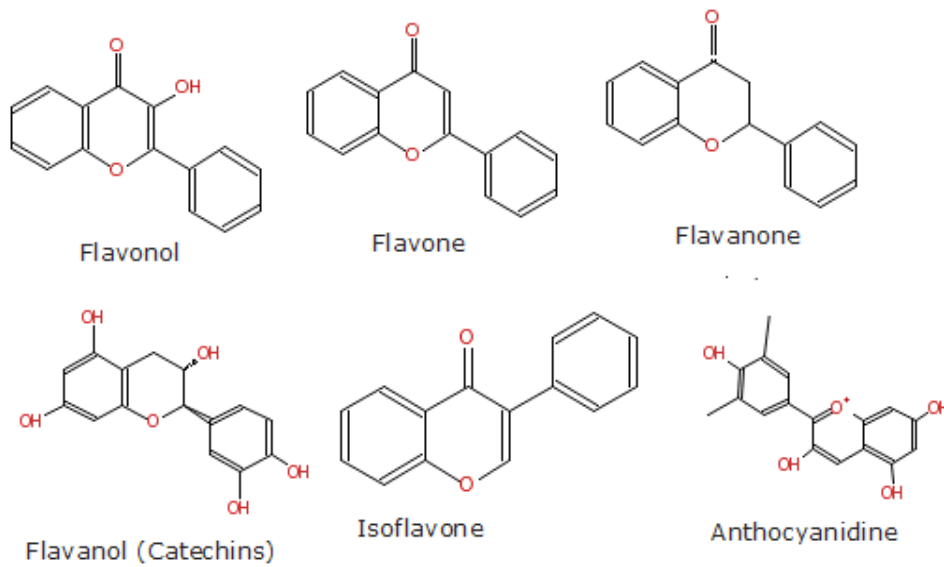
Phenolic acids:

Benzoic:	R ₁ =R ₂ =R ₃ =H	Cinnamic:	R ₁ =R ₂ =H
p-hydroxy-benzoic:	R ₁ =OH; R ₂ =R ₃ =H	Caffeic:	R ₁ =R ₂ =OH
p-bromo-benzoic:	R ₁ =Br; R ₂ =R ₃ =H		
p-cyano-benzoic:	R ₁ =CN; R ₂ =R ₃ =H		
p-chloro-benzoic:	R ₁ =Cl; R ₂ =R ₃ =H		
Vanillic:	R ₁ =OH; R ₂ =CH ₃ O; R ₃ =H		
Gallic:	R ₁ =R ₂ =R ₃ =OH		

Εικόνα 1: Phenolic acids are derivatives of benzoic and cinnamic acids and are present in all cereals. Phenolic acids can be subdivided into two major groups, hydroxybenzoic acids and hydroxycinnamic acid derivatives. Hydroxybenzoic acid derivatives include p-hydroxybenzoic, protocatechins, vanillic, syringic and gallic acids. Hydroxyl cinnamic acid derivatives include p-coumaric, caffeic, ferulic and sinapic acids.

Πηγή: Bravo, H.R., Copaja, S.V., and Lambrot M. (2013).

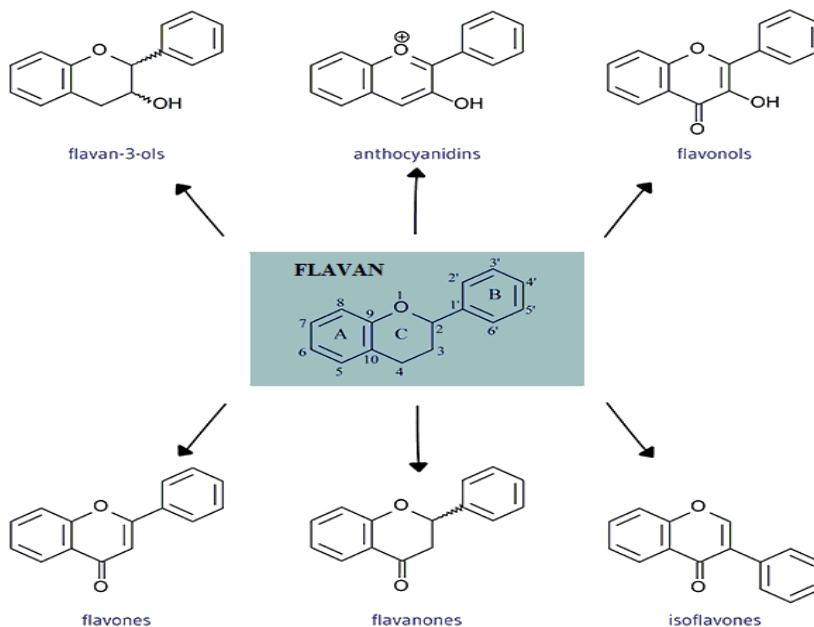
2) FLAVONOIDS



Εικόνα 2: Flavonoids are compounds with a C6-C3-C6 skeleton that consists of two aromatic rings joined by a three carbon link; they include anthocyanins, flavonols, flavones, isoflavonoids, flavanones and flavonols. They occur in plants normally as glycosides, but the aglycons can also occur in the plant. Through the different glycosidation and the variation of the aglycones flavonoids comprise a large group of substances. However, these all have a common biosynthesis starting from phenylalanine.

Πηγή: Lakhapal, P. and Kumar Rai, D. (2007). Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 1/4/2017: http://www.akspublication.com/paper05_jul-dec2007.htm

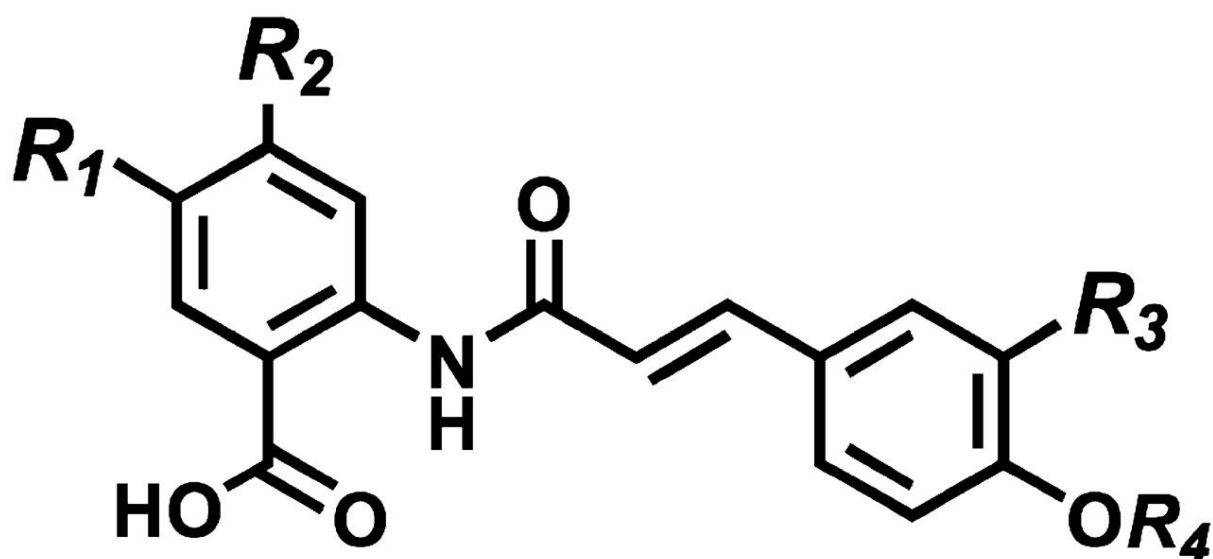
Figure 1. Basic Structures of Flavonoid Subclasses



Εικόνα 3: The aglycones derive from flavan with the exception of isoflavonoids. isoflavonoids, derive from 3-phenylchromen-4-one (3-phenyl-1,4-benzopyrone) structure, and neoflavonoids, derive from 4-phenylcoumarine (4-phenyl-1,2-benzopyrone) structure

Πηγή: Higdon, J.(2004) (b). Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο στις 2/4/2017: <http://lpi.oregonstate.edu/mic/dietary-factors/phytochemicals/flavonoid>

3) AVENANTHRAMIDES



<u>Compound</u>	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄
AV-A	OH	H	H	H
AV-B	OH	H	OCH₃	H
AV-C	OH	H	OH	H
Tranilast™	H	H	OCH₃	CH₃

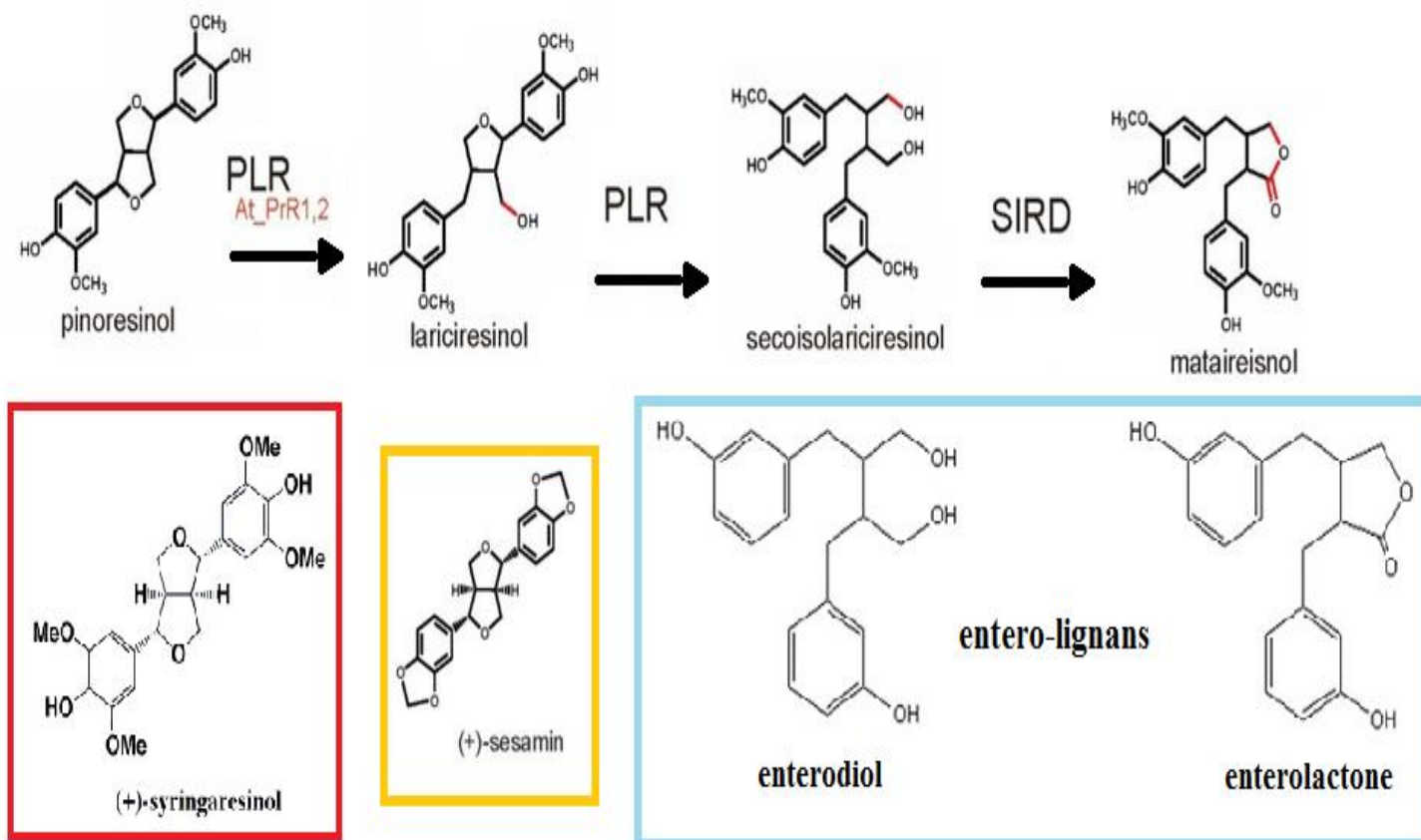
Εικόνα 4: They are substituted cinnamic acid amides of anthranilic acids and there are at least 25 distinct entities. The three major avenanthramides reported in oats are avenanthramids A, B, and C.

Πηγή: Chen, C.-Y. O., Milbury, P.E., Collins, William, F. and Blumberg J.B. (2007).

Αβενανθραμίδες: οι αβενανθραμίδες είναι συγκεκριμένες πολυφαινόλες των δημητριακών σπόρων της βρώμης. Είναι υποκατεστημένα αμίδια κινναμωμικού οξέος των ανθρανιλικών οξέων και έχουν αναφερθεί τουλάχιστον 25 διακριτές οντότητες. Οι τρεις πιο σημαντικές αβενανθραμίδες της βρώμης είναι οι A B, και C, (επίσης γνωστές και ως αβενανθραμίδες-4,1, και 3 αντίστοιχα) (Collins FW (1989); Peterson DM (2001)). Τα επίπεδα της αβενανθραμίδης B στο δημητριακό κόκκο κυμαίνονται από 40-132μg/g. Οι φυσικές αυτές ουσίες παρουσιάζουν αντιαθηρογόνες, αντι-οξειδωτικές, αντι-φλεγμονώδης, αντι-ερεθιστικές και αντι-κνηδωτικές ιδιότητες (Gani, A., Wani, S.M., Masoodi, F.A., and Hameed, G. (2012). ; Kurtz, E.S.and Wallo, W. (2007).

4) PLANT LIGNANS

5)

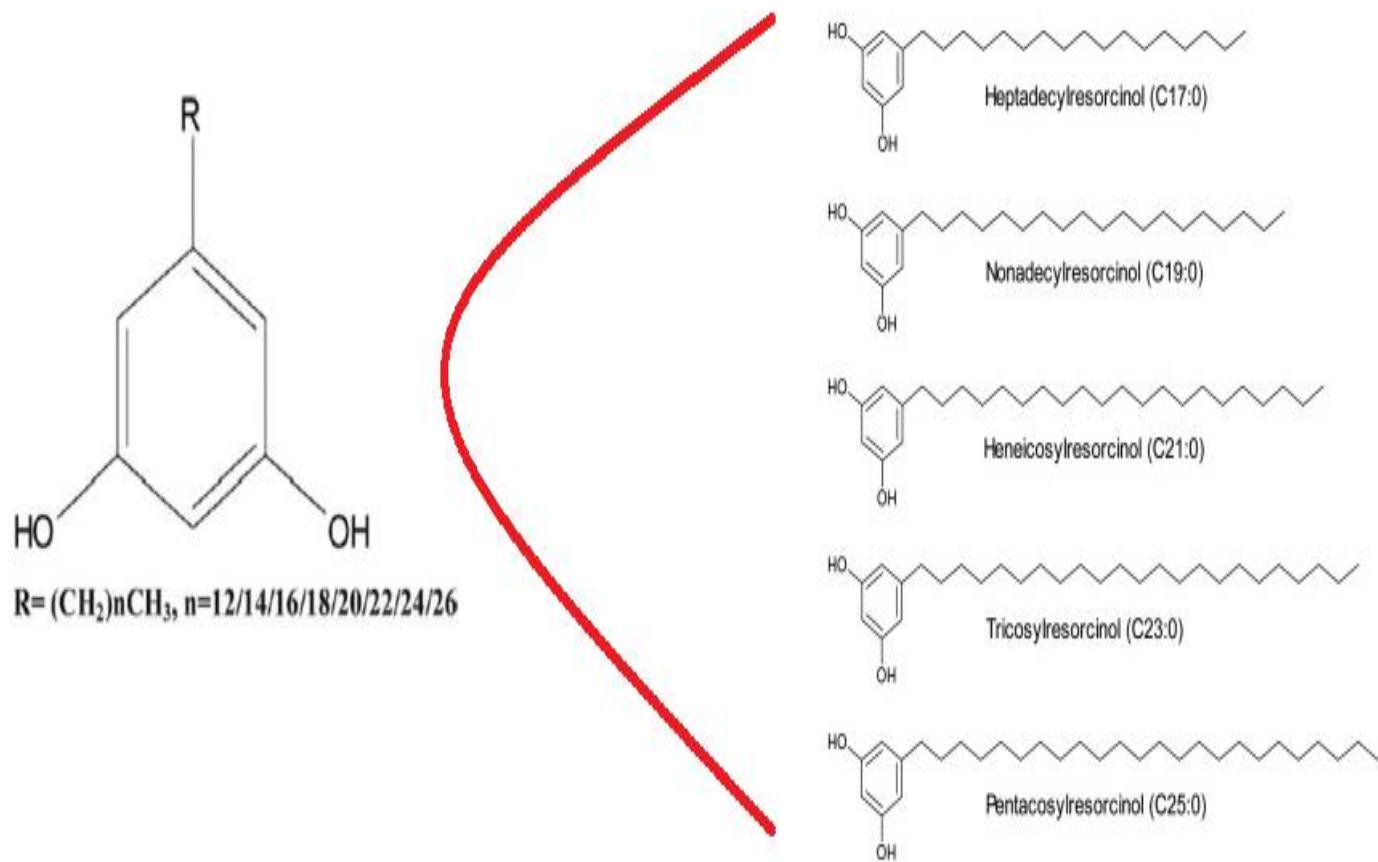


Εικόνα 5: The most common plant lignans in the human diet include secoisolariciresinol, matairesinol, lariciresinol, pinoresinol, syringaresinol and sesamin. When ingested, secoisolariciresinol and matairesinol are converted into the mammalian lignans enterodiol and enterolactone respectively by the microbial enzymes in the colon.

Πηγές: Satake, H., Koyama, T., Bahabadi, S.E., Matsumoto, E., Ono, E. and Murata, J., (2015); Higdon, J.(2004) (b). Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο στις 2/4/2017:

<http://lpi.oregonstate.edu/mic/dietary-factors/phytochemicals/lignans>

6) ALKYLRESORCINOLS

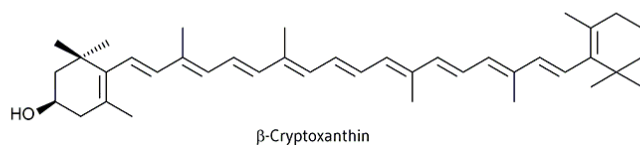
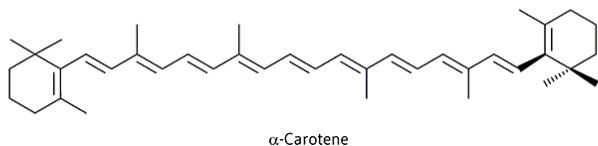
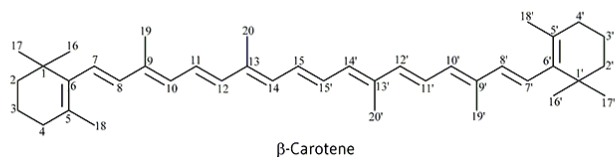


Εικόνα 6: They are 1, 3 - dihydroxybenzene derivatives with an alkyle chain at position 5 of the benzene ring, which gives them an amphiphilic feature.

Πηγή: Tu, J., Chen, J., Zhu, S. and Liu, Y. (2013).

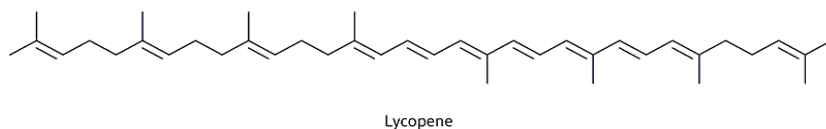
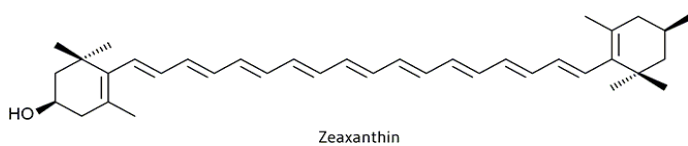
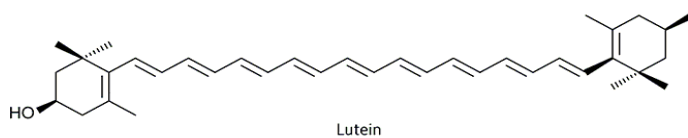
7) CAROTENOIDS

Figure 1. All-trans Chemical Structures of Provitamin A Carotenoids



Εικόνα 7: β-Carotene, α-carotene and β-cryptoxanthin are potential sources of vitamin A. All three carotenoids have a long carbon chain terminated at each end by an ionone ring. Carotenoids with oxygene added to ionone rings like β-cryptoxanthin are known as xanthophyll carotenoids. Other xanthophylls commonly found in the human diet are non provitamin A lutein and zeaxanthin.

Figure 2. All-trans Chemical Structures of Nonprovitamin A Carotenoids



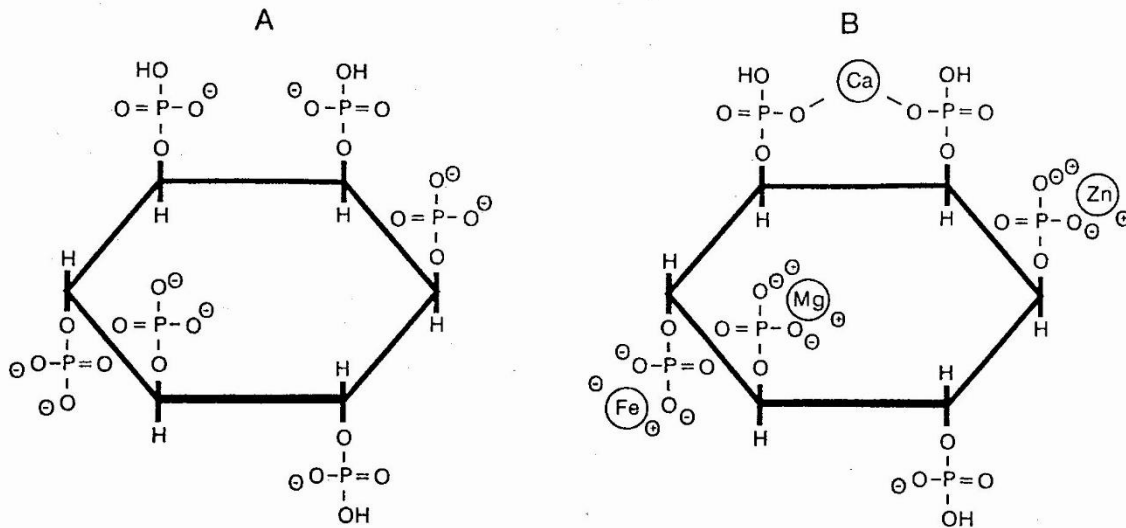
Εικόνα 8: Carotenoids are classified into hydrocarbons (carotenes) and their oxygenated derivatives (xanthophylls). Carotenoids have a 40-carbon skeleton of isoprene units. The structure may be cyclised at one or both ends, have various hydrogenation levels, or possess oxygen containing functional groups. Carotenoids occur most commonly in trans form. The most characteristic feature of carotenoids is the long series of conjugated double bonds forming the central part of the molecule. This gives them their shape, chemical reactivity and light absorbing properties.

Πηγή: Higdon, J.(2004) (a). Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο στις 2/4/2017:

<http://lpi.oregonstate.edu/mic/dietary-factors/phytochemicals/carotenoids#authors-reviewers>

8) PHYTIC ACID

Structure of Phytic Acid (A) and Phytic Acid Chelate (B)



Myo-inositol hexaphosphoric acid

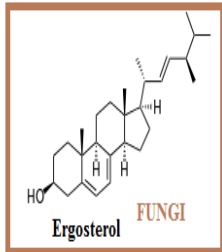
Εικόνα 9: Inositol hexaphosphate (IP6) - in salt form, it can also be called phytate.

Πηγή: http://www.ansc.purdue.edu/courses/ansc443/Class_notes/Nutrition.html

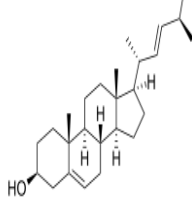
9) PHYTOSTEROLS



Esterification of the hydroxyl group at carbon 3 with fatty/organic acids or carbohydrates results in plant sterol esters, i.e. oleates, ferulates and (acyl) glycosides.

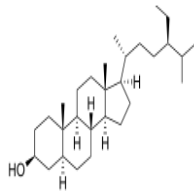


Further removal of hydrogens from carbons 7 and 8 from brassicasterol yields ergosterol (ergosta-5,7,22-trien-3 β -ol). Important: Ergosterol is not a plant sterol. Ergosterol is a component of fungal cell membranes, serving the same function in fungi that cholesterol serves in animal cells.



Brassicasterol

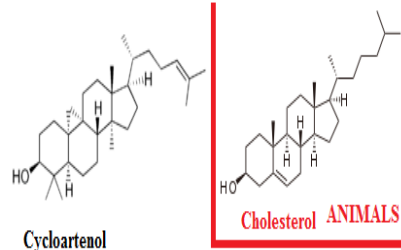
Removing carbon 242 and hydrogens from carbons 22 and 23, and inverting the stereochemistry at C-24 yields brassicasterol (ergosta-5,22-dien-3 β -ol).



Stigmastanol

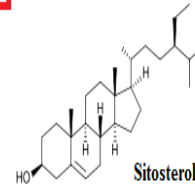
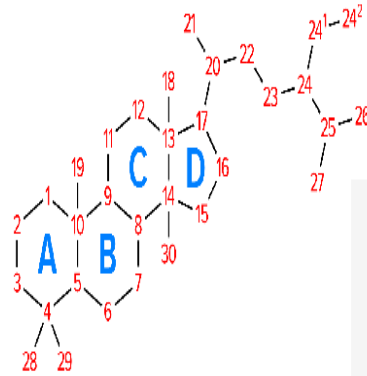
By hydrogenating the double bond between carbons 5 and 6, β -sitostanol (Stigmastanol) is obtained.

By removing carbons 241 and 242, cholesterol is obtained.

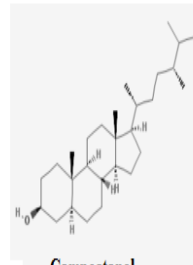


Cycloartenol

Cholesterol ANIMALS

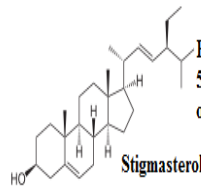


Sitosterol



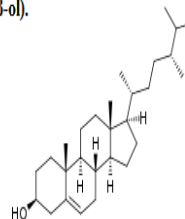
Campestanol

By hydrogenating the double bond between carbons 5 and 6 and removing carbon 242, campestanol is obtained.



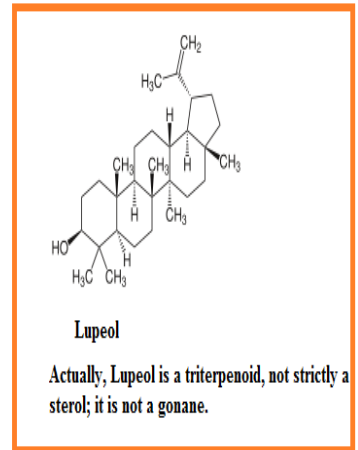
Stigmasterol

Removing a hydrogen from carbons 22 and 23 yields stigmasterol (stigmasta-5,22-dien-3 β -ol).



Campesterol

By removing carbon 242, campesterol is obtained.



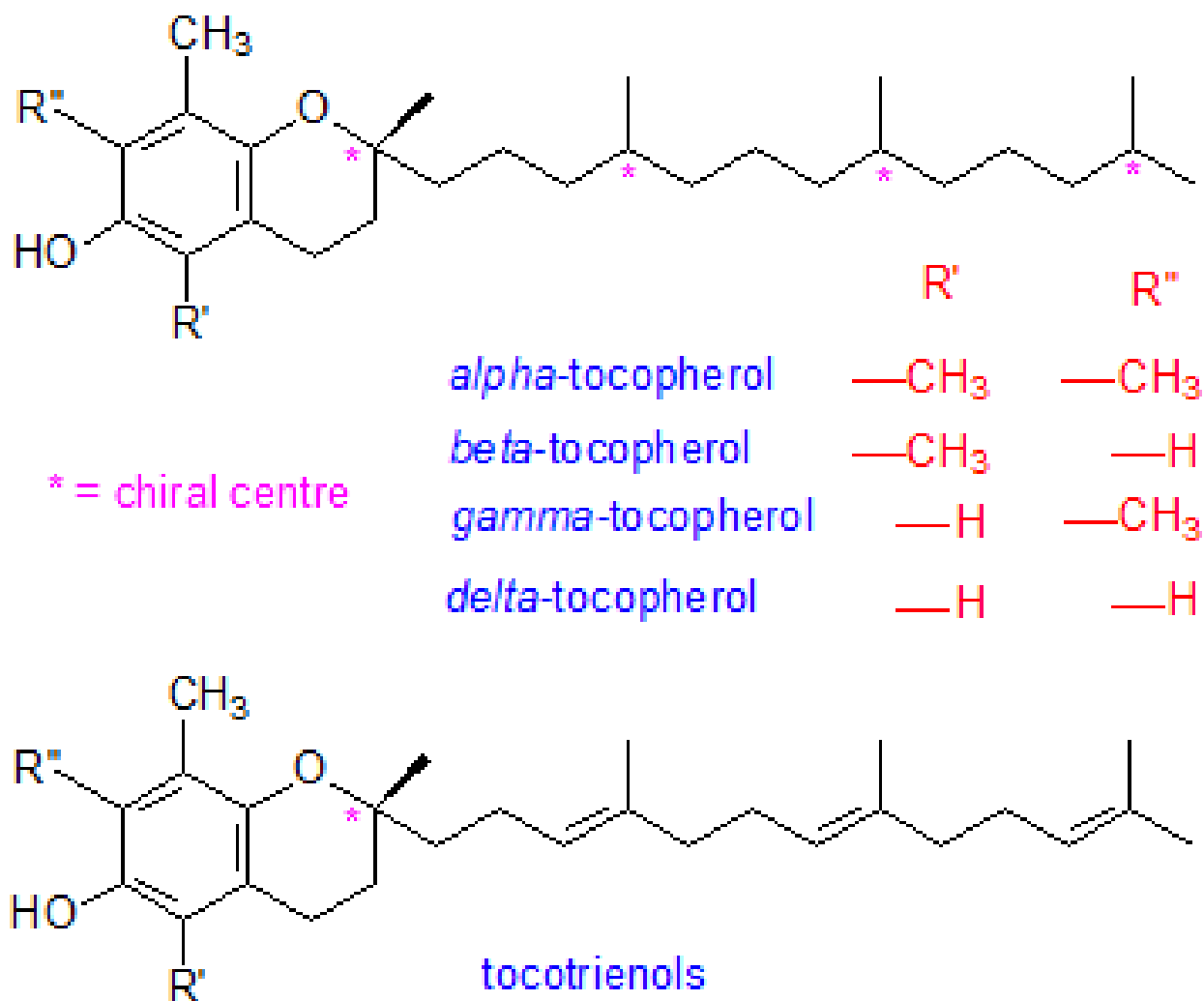
Lupeol

Actually, Lupeol is a triterpenoid, not strictly a sterol; it is not a gonane.

Εικόνα 10: Phytosterols, which encompass plant sterols and stanols, are phytosteroids similar to cholesterol which occur in plants and vary only in carbon side chains and/or presence or absence of a double bond. Stanols are saturated sterols, having no double bonds in the sterol ring structure.

Πηγή: Akhisa, T.; Kokke, W. (1991).

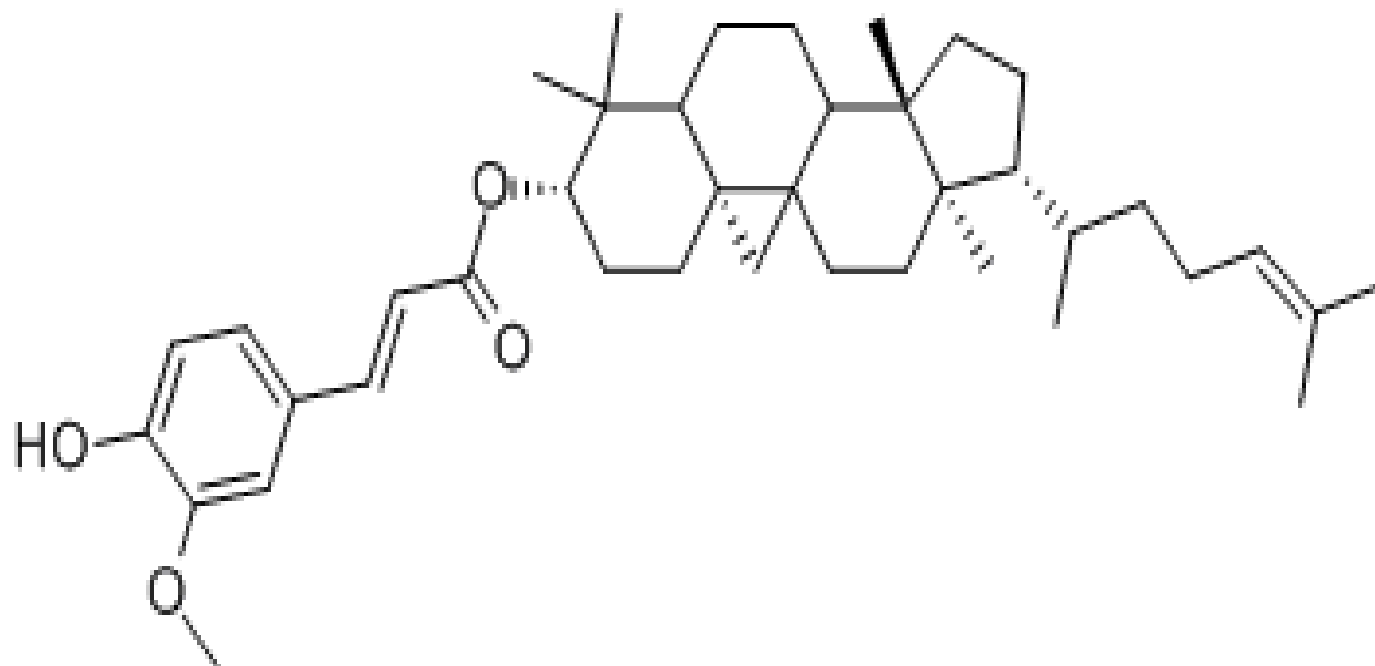
10) TOCOLS: TOCOPHEROLS & TOCOTRIENOLS



Εικόνα 11: Typically, tocols contain a polar chromanol ring linked to an isoprenoid-derived hydrocarbon chain differing only in the saturation state of the iso-prenoid sidechain. The general structure of tocopherols consists of 2-methyl-2-(4, 8, 12-trimethyl tridecyl) chroman-6-ol. Whereas, tocotrienols consist of 2 methyl-2-(4, 8, 12-trimethyltrideca-3, 7, 11-tri enyl) chroman-6ol. The phenolic hydroxyl group of the chromanol ring is present to free radicals in order to stabilize them and stop the propagation phase of the oxidation chain reaction.

Πηγή: Christie, W. (2014). Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 2/4/2017:
<http://lipidlibrary.aocs.org/Primer/content.cfm?ItemNumber=39368>

11) GAMA-ORYZANOL

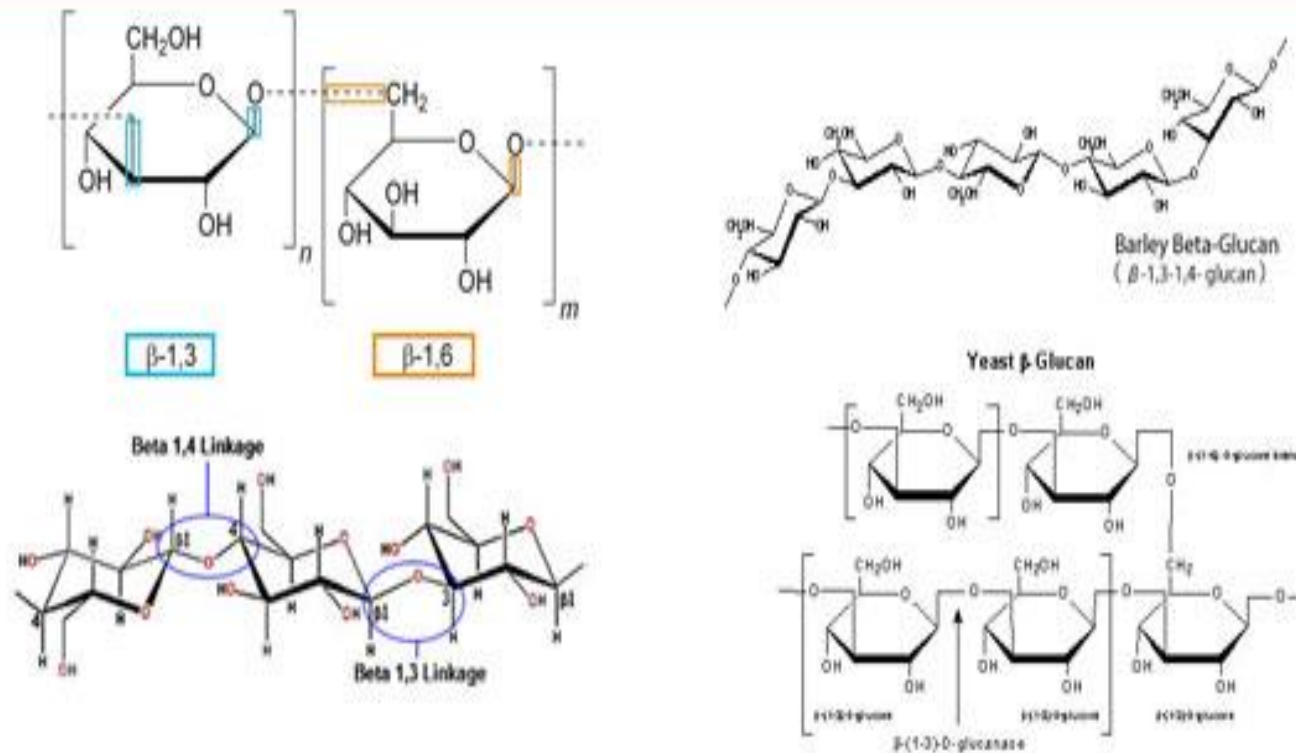


Εικόνα 12: it is a mixture of substances including sterols and Ferulic acid, and at least 10 Pytosteryl ferulates (e.g, methyl sterols esterified to ferulic acid).

Πηγή: http://www.chemicalbook.com/ChemicalProductProperty_EN_CB5758140.htm

12) BETA-GLUCAN

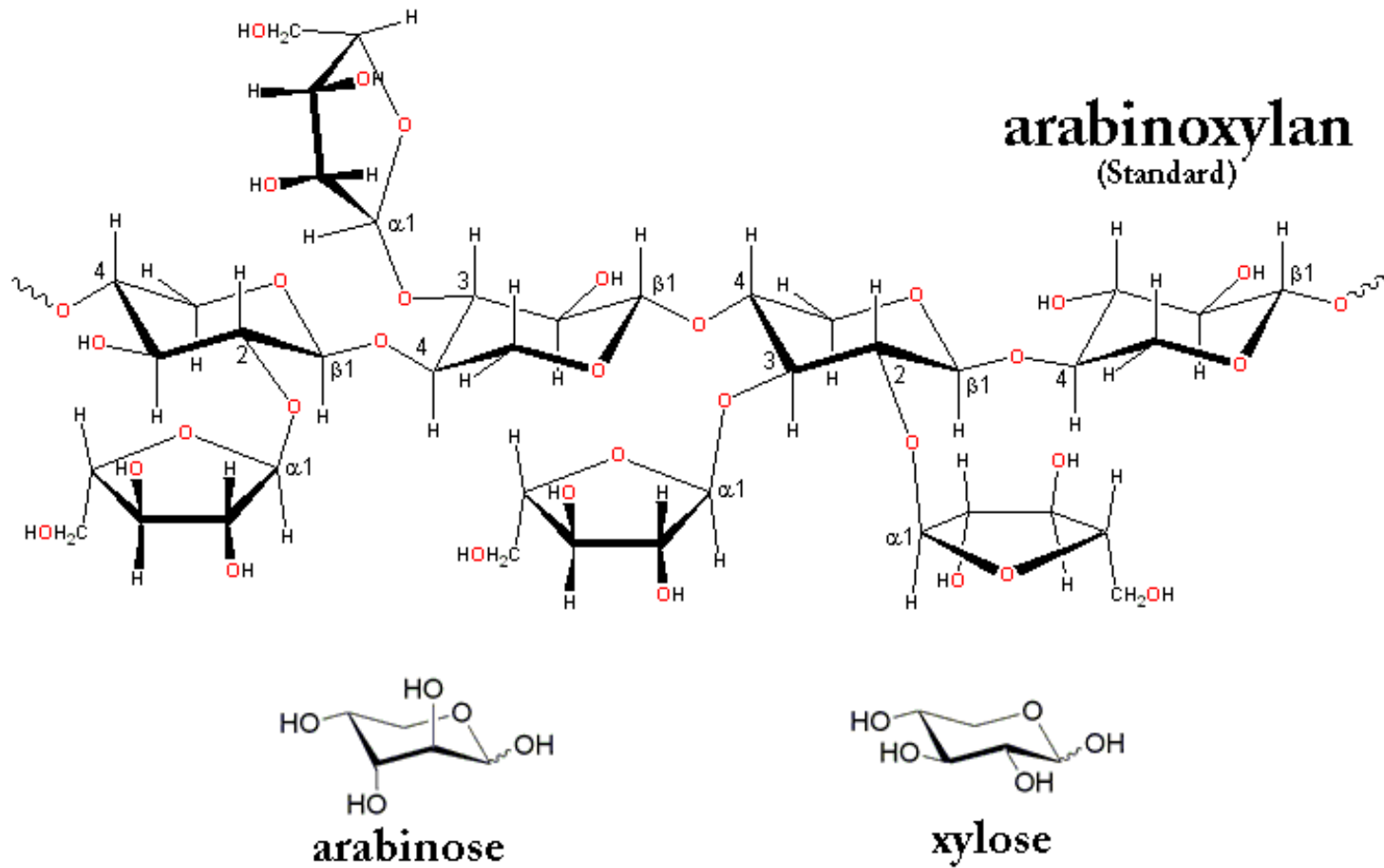
Beta Glucan & Beta Glucan Structure



Εικόνα 13: linear polymers of glucose molecules connected by 70% of β -(1 \rightarrow 4) and 30% of β -(1 \rightarrow 3) - linkages

Πηγή: <http://lottiehellingman.tk/fukop/what-is-beta-glucan-616.php>.

13) ARABINOXYLANS



Εικόνα 14: Arabinoxylans consist of α -L-arabinofuranose residues attached as branch-points to β -(1 \rightarrow 4)-linked D-xylopyranose polymeric backbone chains. These may be 2- or 3-substituted or 2- and 3- di-substituted

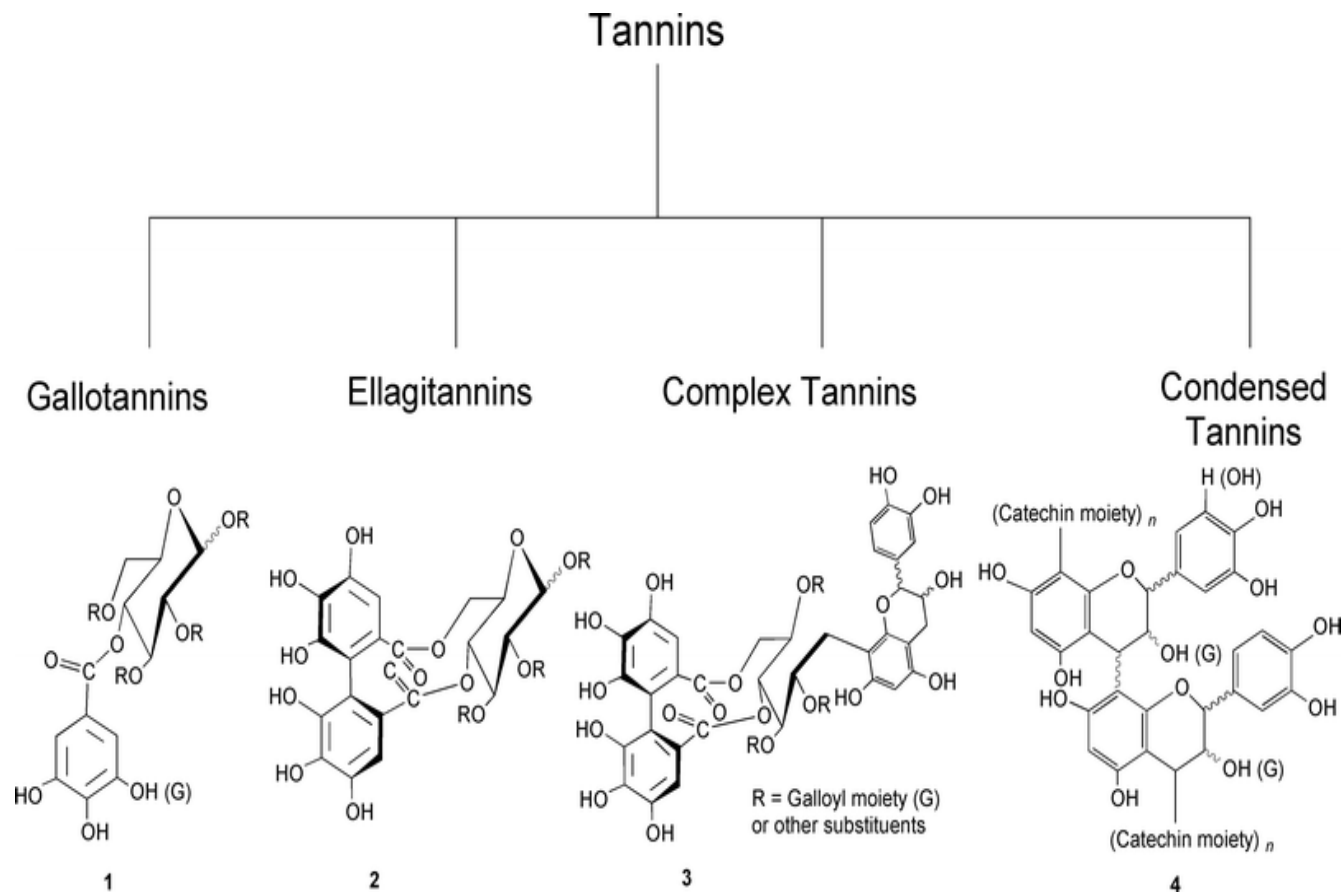
Πηγή: Chaplin, M., (2016). <http://www1.lsbu.ac.uk/water/arabinoxylan.html>. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 2/4/2017

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΟΣ Ι:

- Akhisa, T.; Kokke, W. (1991). "Naturally occurring sterols and related compounds from plants". In Patterson, G. W.; Nes, W. D. *Physiology and Biochemistry of Sterols*. Champaign, IL: American Oil Chemists' Society. pp. 172–228.
- Bravo, H.R., Copaja, S.V., and Lamborot M. (2013). Phytotoxicity of Phenolic Acids From Cereals. Chapter 3 pp 953-978. Price A.J. and Kelton, In "Herbicides - Advances in Research", Published under CC BY 3.0 license. ©
- Chaplin, M., (2016). Arabinoxylan. Water structure and science. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 2/4/2017: <http://www1.lsbu.ac.uk/water/arabinoxylan.html>
- Chemical book. CAS Database List. gamma-Oryzanol. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 2/4/2017: http://www.chemicalbook.com/ChemicalProductProperty_EN_CB5758140.htm
- Chen, C.-Y. O., Milbury, P.E., Collins, William, F. and Blumberg J.B. (2007). Avenanthramides Are Bioavailable and Have Antioxidant Activity in Humans after Acute Consumption of an Enriched Mixture from Oats. *J. Nutr.* vol. 137 no. 6 1375-1382
- Christie, W. (2014). Tocopherols and Tocotrienols. AOCS Lipid Library. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 2/4/2017:
<http://lipidlibrary.aocs.org/Primer/content.cfm?ItemNumber=39368>
- Collins FW (1989) Oats Phenolics: Avenanthramides, Novel Substituted N Cinnamoylanthranilate Alkaloids from Oats Groats and Hull. *J Agric Food Chem* 37: 60-66.
- Gani, A., Wani, S.M., Masoodi, F.A., and Hameed, G. (2012). Whole Grain Cereal Bioactive Compounds and Their Health Benefits: A Review. *J Food Process Technol*, 3:146, doi:10.4172/2157-7110.1000146;
- Higdon, J. (2004) (a). α -Carotene, β -Carotene, β -Cryptoxanthin, Lycopene, Lutein, and Zeaxanthin. Linus Pauling Institute of Oregon State University. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο στις 2/4/2017:
<http://lpi.oregonstate.edu/mic/dietary-factors/phytochemicals/carotenoids#authors-reviewers>
- Higdon, J.(2004) (b). Lignans. Linus Pauling Institute of Oregon State University. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο στις 2/4/2017:
<http://lpi.oregonstate.edu/mic/dietary-factors/phytochemicals/lignans>
- Lakhanpal, P. and Kumar Rai, D. (2007). Quercetin: A Versatile Flavonoid. *Internet Journal of Medical*. Update 2007 Jul-Dec;2(2):22-37. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 1/4/2017: http://www.akspublication.com/paper05_jul-dec2007.htm
- Life Cycle Swine Nutrition 17th Edition - Iowa Pork Industry Center. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο στις 2/4/2017:
http://www.ansc.purdue.edu/courses/ansc443/Class_notes/Nutrition.html
- Kurtz, E.S., Wallo, W. (2007). "Colloidal oatmeal: history, chemistry and clinical properties". *Journal Drugs Dermatol.* 6,167-170.
- Peterson DM (2001) Oat antioxidants. *J Cereal Sci* 33: 115-129.
- Satake, H., Koyama, T., Bahabadi, S.E., Matsumoto, E., Ono, E. and Murata, J., (2015). Essences in Metabolic Engineering of Lignan Biosynthesis. *Metabolites*, 5(2), 270-290.
- Tu, J., Chen, J., Zhu, S. and Liu, Y. (2013). Inhibition of wheat bran and its active components on α -glucosidase in vitro. in *Pharmacognosy Magazine* 9(36):309-314.

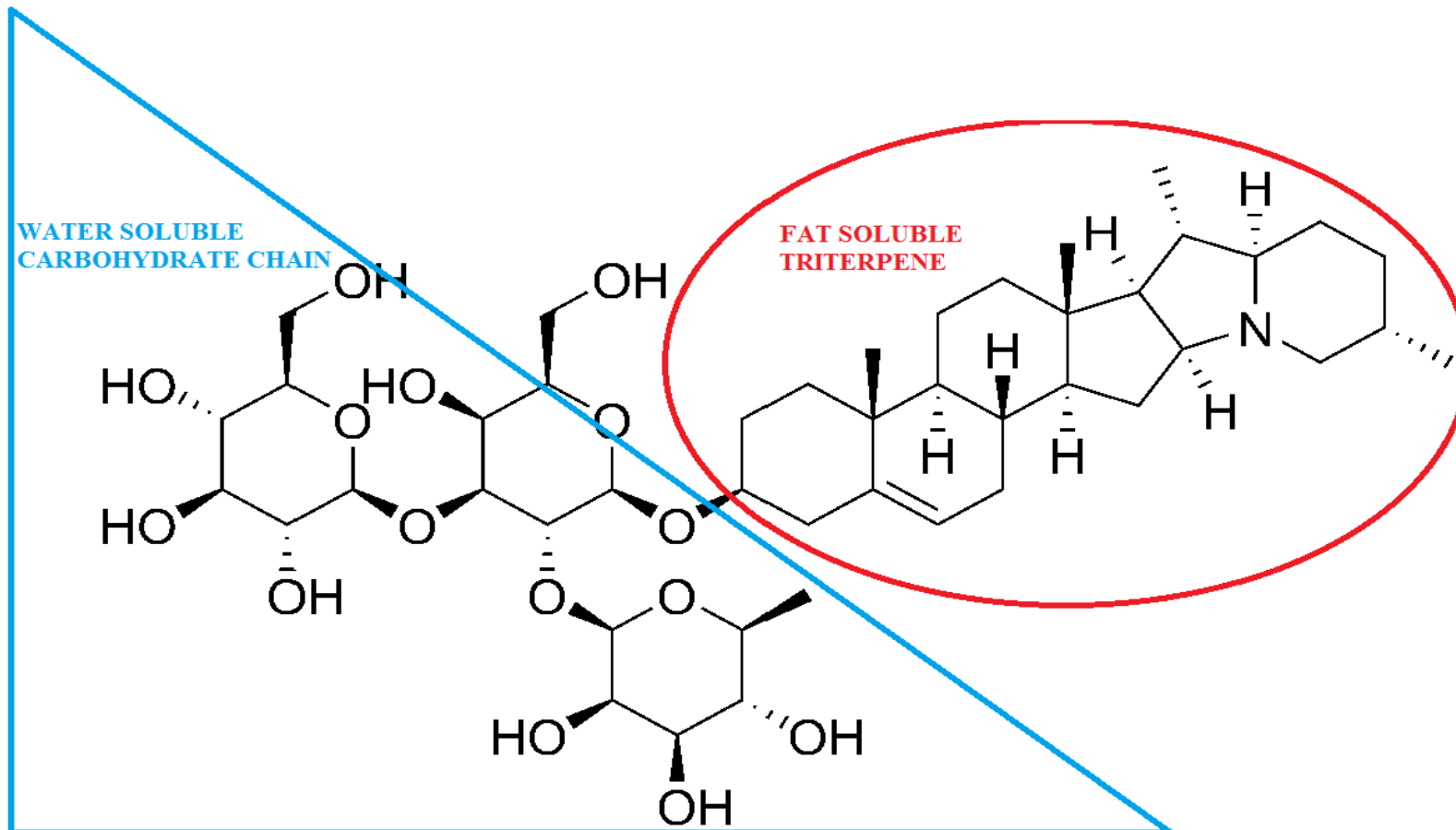
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ.
ANTI-NUTRIENTS (CHEMICAL STRUCTURE)

1) TANNINS



Εικόνα 1: Oligomers of flavan-3-ols and flavan-3,4-diols, called condensed tannins. Πηγή: Khanbabaee, K., and van Reeb, T. (2001).

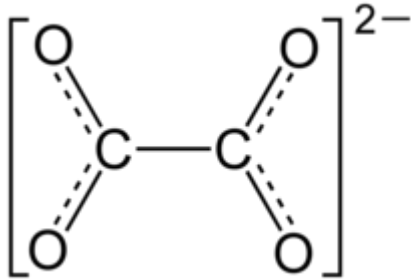
2) SAPONINS



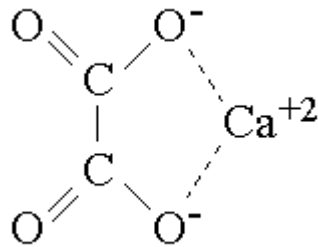
Εικόνα 2: Chemical structure of solanine. Saponins are amphipathic glycosides grouped phenomenologically by the soap-like foaming they produce when shaken in aqueous solutions, and structurally by having one or more hydrophilic glycoside moieties combined with a lipophilic triterpene derivative.

Πηγή: <http://www.wikiwand.com/en/Saponin>. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 4/4/2017.

3) OXALATES



Εικόνα 3



Εικόνα 4

Πηγές: Oxalates. <https://en.wikipedia.org/wiki/Oxalate> Ανακτήθηκε 15/4/2017; Ossalato di calcio e formazione dei calcoli renali. <http://www.inran.it/ossalato-di-calcio/15051> Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 15/4/2017



Εικόνα 5

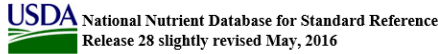
Πηγές: Ossalato di calcio e formazione dei calcoli renali. <http://www.inran.it/ossalato-di-calcio/15051> Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 15/4/2017

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΟΣ ΙΙ:

- Oxalates.<https://en.wikipedia.org/wiki/Oxalate> Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 15/4/2017
- Ossalato di calcio e formazione dei calcoli renali. <http://www.inran.it/ossalato-di-calcio/15051> Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 15/4/2017
- Saponins.<http://www.wikiwand.com/en/Saponin>. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 4/4/2017.
- Khanbabaee, K., and van Reeb, T. (2001). Tannins: Classification and Definition. Nat. Prod. Rep., 18, 641-649.

IIAPAPTHMA III.
CHEMICAL COMPOSITION OF VARIOUS TYPES OF COMMERCIAL RICE
GRAINS Source: United States Department of Agriculture USDA(Nutrient Database)

1) Wild Rice (report: 20088)



Full Report (All Nutrients) 20088, Wild rice, raw

Report Date: February 02, 2017 10:22 EST

Nutrient values and weights are for edible portion.

Food Group : Cereal Grains and Pasta

Carbohydrate Factor: 3.95 Fat Factor: 8.37 Protein Factor:3.55 Nitrogen to Protein Conversion Factor:6.25

Nutrient	Unit	1 Value Per100 g	Data points	Std. Error	1 cup 160g
Proximates					
Water	g	7.76	40	0.226	12.42
Energy	kcal	357	--	--	571
Energy	kJ	1494	--	--	2390
Protein	g	14.73	43	0.258	23.57
Total lipid (fat)	g	1.08	10	0.126	1.73
Ash	g	1.53	10	0.055	2.45
Carbohydrate, by difference	g	74.90	--	--	119.84
Fiber, total dietary	g	6.2	--	--	9.9
Sugars, total	g	2.50	--	--	4.00
Sucrose	g	0.67	3	--	1.07
Minerals					
Calcium, Ca	mg	21	41	3.346	34
Iron, Fe	mg	1.96	40	0.108	3.14
Magnesium, Mg	mg	177	41	8.782	283
Phosphorus, P	mg	433	40	11.935	693
Potassium, K	mg	427	41	11.327	683
Sodium, Na	mg	7	7	1.342	11
Zinc, Zn	mg	5.96	41	0.309	9.54
Copper, Cu	mg	0.524	41	0.057	0.838
Manganese, Mn	mg	1.329	38	0.032	2.126
Selenium, Se	µg	2.8	2	--	4.5
Vitamins					

Page 3 of 4

Nutrient	Unit	1 Value Per100 g	Data points	Std. Error	1 cup 160g
14:0	g	0.000	--	--	0.000
16:0	g	0.145	1	--	0.232
18:0	g	0.011	1	--	0.018
Fatty acids, total monounsaturated	g	0.159	--	--	0.254
16:1 undifferentiated	g	0.000	--	--	0.000
18:1 undifferentiated	g	0.159	1	--	0.254
20:1	g	0.000	--	--	0.000
22:1 undifferentiated	g	0.000	--	--	0.000
Fatty acids, total polyunsaturated	g	0.676	--	--	1.082
18:2 undifferentiated	g	0.377	1	--	0.603
18:3 undifferentiated	g	0.300	1	--	0.480
18:4	g	0.000	--	--	0.000
20:4 undifferentiated	g	0.000	--	--	0.000
20:5 n-3 (EPA)	g	0.000	--	--	0.000
22:5 n-3 (DPA)	g	0.000	--	--	0.000
22:6 n-3 (DHA)	g	0.000	--	--	0.000
Cholesterol	mg	0	--	--	0
Amino Acids					
Tryptophan	g	0.179	8	--	0.286
Threonine	g	0.469	8	--	0.750
Isoleucine	g	0.618	8	--	0.989
Leucine	g	1.018	8	--	1.629
Lysine	g	0.629	8	--	1.006
Methionine	g	0.438	8	--	0.701
Cystine	g	0.174	4	--	0.278
Phenylalanine	g	0.721	8	--	1.154
Tyrosine	g	0.622	8	--	0.995
Valine	g	0.858	7	--	1.373
Arginine	g	1.136	8	--	1.818
Histidine	g	0.584	8	--	0.614
Alanine	g	0.825	8	--	1.320
Aspartic acid	g	1.419	8	--	2.270
Glutamic acid	g	2.565	8	--	4.104

¹Qin, Y., Liu, Q., and Benz, T. Antioxidant activity of commercial wild rice and identification of flavonoids compounds in active fractions, 2009 J. Agric. Food Chem. 57 pp.7543-7551

²Horn-Ross, P. L., Barnes, S., Lee, M., Coward, L., Mendaki, E., Koo, J., John, E. M., and Smith, M. Assessing phytoestrogen exposure in epidemiologic studies: development of a database (United States), 2000 Cancer Causes and Control 11 pp.289-298

Page 2 of 4

Nutrient	Unit	1 Value Per100 g	Data points	Std. Error	1 cup 160g
Vitamin C, total ascorbic acid	mg	0.0	--	--	0.0
Thiamin	mg	0.115	40	0.012	0.184
Riboflavin	mg	0.262	40	0.013	0.419
Niacin	mg	6.733	40	0.188	10.773
Pantothenic acid	mg	1.074	7	0.235	1.718
Vitamin B-6	mg	0.391	6	0.096	0.626
Folate, total	µg	95	5	11.608	152
Folic acid	µg	0	--	--	0
Folate, food	µg	95	5	11.608	152
Folate, DFE	µg	95	--	--	152
Choline, total	mg	35.0	--	--	56.0
Vitamin B-12	µg	0.00	--	--	0.00
Vitamin B-12, added	µg	0.00	--	--	0.00
Vitamin A, RAE	µg	1	1	--	2
Retinol	µg	0	--	--	0
Carotene, beta	µg	11	--	--	18
Carotene, alpha	µg	0	--	--	0
Cryptoxanthin, beta	µg	0	--	--	0
Vitamin A, IU	IU	19	1	--	30
Lycopene	µg	0	--	--	0
Lutein + zeaxanthin	µg	220	--	--	352
Vitamin E (alpha-tocopherol)	mg	0.82	--	--	1.31
Vitamin E, added	mg	0.00	--	--	0.00
Vitamin D (D2 + D3)	µg	0.0	--	--	0.0
Vitamin D	IU	0	--	--	0
Vitamin K (phylloquinone)	µg	1.9	--	--	3.0
Lipids					
Fatty acids, total saturated	g	0.156	--	--	0.250
4:0	g	0.000	--	--	0.000
6:0	g	0.000	--	--	0.000
8:0	g	0.000	--	--	0.000
10:0	g	0.000	--	--	0.000
12:0	g	0.000	--	--	0.000

Page 4 of 4

Nutrient	Unit	1 Value Per100 g	Data points	Std. Error	1 cup 160g
Glycine	g	0.672	8	--	1.075
Proline	g	0.519	8	--	0.830
Serine	g	0.778	8	--	1.245
Other					
Alcohol, ethyl	g	0.0	--	--	0.0
Caffeine	mg	0	--	--	0
Theobromine	mg	0	--	--	0
Flavonoids					
Isoflavones					
Daidzein ¹	mg	0.00	1	--	0.00
Genistein ²	mg	0.00	1	--	0.00
Total isoflavones ²	mg	0.00	1	--	0.00
Proanthocyanidin					
Proanthocyanidin dimers ¹	mg	2.1	18	780	3.4
Proanthocyanidin trimers ¹	mg	3.3	18	1.830	5.3
Proanthocyanidin 4-6mers ¹	mg	5.3	18	2.950	8.5

2) Rice, white, long-grain, regular, raw, unenriched (report: 20444)

Full Report (All Nutrients) 20444, Rice, white, long-grain, regular, raw, unenriched

Report Date: May 18, 2017 15:23 EDT

Nutrient values and weights are for edible portion.

Food Group : Cereal Grains and Pasta

Carbohydrate Factor: 4.16 Fat Factor: 8.37 Protein Factor: 3.82 Nitrogen to Protein Conversion Factor: 5.95

Nutrient	Unit	1 Value Per100 g	Data points	Std. Error	1 cup 185g
Proximates					
Water	g	11.62	58	0.332	21.50
Energy	kcal	365	--	--	675
Energy	kJ	1527	--	--	2825
Protein	g	7.13	70	0.134	13.19
Total lipid (fat)	g	0.66	23	0.053	1.22
Ash	g	0.64	60	0.022	1.18
Carbohydrate, by difference	g	79.95	--	--	147.91
Fiber, total dietary	g	1.3	--	--	2.4
Sugars, total	g	0.12	--	--	0.22
Minerals					
Calcium, Ca	mg	28	22	3.052	52
Iron, Fe	mg	0.80	1	--	1.48
Magnesium, Mg	mg	25	13	1.776	46
Phosphorus, P	mg	115	15	3.642	213
Potassium, K	mg	115	17	10.363	213
Sodium, Na	mg	5	10	1.051	9
Zinc, Zn	mg	1.09	13	0.068	2.02
Copper, Cu	mg	0.220	13	0.016	0.407
Manganese, Mn	mg	1.088	6	0.049	2.013
Selenium, Se	µg	15.1	7	5.193	27.9
Vitamins					
Vitamin C, total ascorbic acid	mg	0.0	--	--	0.0

Page 3 of 4

Nutrient	Unit	1 Value Per100 g	Data points	Std. Error	1 cup 185g
16:0	g	0.161	19	--	0.298
18:0	g	0.012	19	--	0.022
Fatty acids, total monounsaturated	g	0.206	--	--	0.381
16:1 undifferentiated	g	0.002	19	--	0.004
18:1 undifferentiated	g	0.203	19	--	0.376
20:1	g	0.000	--	--	0.000
22:1 undifferentiated	g	0.000	--	--	0.000
Fatty acids, total polyunsaturated	g	0.177	--	--	0.327
18:2 undifferentiated	g	0.146	19	--	0.270
18:3 undifferentiated	g	0.031	19	--	0.057
18:4	g	0.000	--	--	0.000
20:4 undifferentiated	g	0.000	--	--	0.000
20:5 n-3 (EPA)	g	0.000	--	--	0.000
22:5 n-3 (DPA)	g	0.000	--	--	0.000
22:6 n-3 (DHA)	g	0.000	--	--	0.000
Cholesterol	mg	0	--	--	0
Amino Acids					
Tryptophan	g	0.083	95	--	0.154
Threonine	g	0.255	127	--	0.472
Isoleucine	g	0.308	109	--	0.570
Leucine	g	0.589	125	--	1.090
Lysine	g	0.258	141	--	0.477
Methionine	g	0.168	121	--	0.311
Cystine	g	0.146	53	--	0.270
Phenylalanine	g	0.381	104	--	0.705
Tyrosine	g	0.238	173	--	0.440
Valine	g	0.435	109	--	0.805
Arginine	g	0.594	96	--	1.099
Histidine	g	0.168	96	--	0.311
Alanine	g	0.413	84	--	0.764
Aspartic acid	g	0.670	83	--	1.240
Glutamic acid	g	1.389	83	--	2.570
Glycine	g	0.325	84	--	0.601

Nutrient	Unit	1 Value Per100 g	Data points	Std. Error	1 cup 185g
Thiamin	mg	0.070	1	--	0.130
Riboflavin	mg	0.049	19	0.011	0.091
Niacin	mg	1.600	1	--	2.960
Pantothenic acid	mg	1.014	6	0.194	1.876
Vitamin B-6	mg	0.164	7	0.008	0.303
Folate, total	µg	8	5	0.962	15
Folic acid	µg	0	--	--	0
Folate, food	µg	8	5	0.962	15
Folate, DFE	µg	8	--	--	15
Choline, total	mg	5.8	--	--	10.7
Vitamin B-12	µg	0.00	--	--	0.00
Vitamin B-12, added	µg	0.00	--	--	0.00
Vitamin A, RAE	µg	0	--	--	0
Retinol	µg	0	--	--	0
Carotene, beta	µg	0	--	--	0
Carotene, alpha	µg	0	--	--	0
Cryptoxanthin, beta	µg	0	--	--	0
Vitamin A, IU	IU	0	--	--	0
Lycopene	µg	0	--	--	0
Lutein + zeaxanthin	µg	0	--	--	0
Vitamin E (alpha-tocopherol)	mg	0.11	--	--	0.20
Vitamin E, added	mg	0.00	--	--	0.00
Vitamin D (D2 + D3)	µg	0.0	--	--	0.0
Vitamin D	IU	0	--	--	0
Vitamin K (phylloquinone)	µg	0.1	--	--	0.2
Lipids					
Fatty acids, total saturated	g	0.180	--	--	0.333
4:0	g	0.000	--	--	0.000
6:0	g	0.000	--	--	0.000
8:0	g	0.000	--	--	0.000
10:0	g	0.000	--	--	0.000
12:0	g	0.000	--	--	0.000
14:0	g	0.004	19	--	0.007

Page 4 of 4

Nutrient	Unit	1 Value Per100 g	Data points	Std. Error	1 cup 185g
Proline	g	0.335	98	--	0.620
Serine	g	0.375	84	--	0.694
Other					
Alcohol, ethyl	g	0.0	--	--	0.0
Caffeine	mg	0	--	--	0
Theobromine	mg	0	--	--	0

3) Rice, white, long-grain, parboiled, unenriched, dry (report: 20446)

Full Report (All Nutrients) 20446, Rice, white, long-grain, parboiled, unenriched, dry

Report Date: February 02, 2017 10:51 EST

Nutrient values and weights are for edible portion.

Food Group : Cereal Grains and Pasta

Carbohydrate Factor: 4.16 Fat Factor: 8.37 Protein Factor:3.82 Nitrogen to Protein Conversion Factor:5.95

Nutrient	Unit	1 Value Per100 g	Data points	Std. Error	1 cup 185g
Proximates					
Water ¹²³⁴	g	9.86	7	0.197	18.24
Energy	kcal	374	--	--	692
Energy	kJ	1564	--	--	2893
Protein ¹²	g	7.51	2	--	13.89
Total lipid (fat) ¹²	g	1.03	2	--	1.91
Ash ¹²	g	0.71	2	--	1.31
Carbohydrate, by difference	g	80.89	--	--	149.65
Fiber, total dietary ¹²³	g	1.8	3	0.703	3.3
Sugars, total	g	0.33	--	--	0.61
Sucrose ¹²⁴	g	0.21	5	0.136	0.39
Glucose (dextrose) ¹⁴	g	0.11	4	0.023	0.20
Fructose ¹⁴	g	0.02	4	0.000	0.04
Lactose ¹	g	0.00	1	--	0.00
Maltose ¹	g	0.00	1	--	0.00
Galactose	g	0.00	--	--	0.00
Starch ¹²	g	68.29	2	--	126.34
Minerals					
Calcium, Ca ¹²	mg	71	2	--	131
Iron, Fe ⁵	mg	0.74	3	0.062	1.37
Magnesium, Mg ¹²	mg	27	2	--	50
Phosphorus, P ¹²	mg	153	2	--	283
Potassium, K ¹²	mg	174	2	--	322

Page 3 of 4

Nutrient	Unit	1 Value Per100 g	Data points	Std. Error	1 cup 185g
10:0 ¹	g	0.000	1	--	0.000
12:0 ¹	g	0.000	1	--	0.000
14:0 ¹	g	0.000	1	--	0.000
15:0 ¹	g	0.000	1	--	0.000
16:0 ¹	g	0.277	1	--	0.512
17:0 ¹	g	0.000	1	--	0.000
18:0 ¹	g	0.017	1	--	0.031
20:0 ¹	g	0.000	1	--	0.000
22:0 ¹	g	0.000	1	--	0.000
24:0 ¹	g	0.000	1	--	0.000
Fatty acids, total monounsaturated	g	0.258	--	--	0.477
14:1 ¹	g	0.000	1	--	0.000
16:1 undifferentiated ¹	g	0.000	1	--	0.000
18:1 undifferentiated ¹	g	0.258	1	--	0.477
20:1 ¹	g	0.000	1	--	0.000
22:1 undifferentiated ¹	g	0.000	1	--	0.000
Fatty acids, total polyunsaturated	g	0.322	--	--	0.596
18:2 undifferentiated ¹	g	0.305	1	--	0.564
18:3 undifferentiated ¹	g	0.017	1	--	0.031
18:4 ¹	g	0.000	1	--	0.000
20:4 undifferentiated ¹	g	0.000	1	--	0.000
20:5 n-3 (EPA) ¹	g	0.000	1	--	0.000
22:5 n-3 (DPA) ¹	g	0.000	1	--	0.000
22:6 n-3 (DHA) ¹	g	0.000	1	--	0.000
Cholesterol	mg	0	--	--	0
Amino Acids					
Tryptophan ¹²⁷	g	0.103	--	--	0.191
Threonine ¹²⁷	g	0.271	--	--	0.501
Isoleucine ¹²⁷	g	0.339	--	--	0.627
Leucine ¹²⁷	g	0.656	--	--	1.214
Lysine ¹²⁷	g	0.215	--	--	0.398
Methionine ¹²⁷	g	0.183	--	--	0.339

Page 2 of 4

Nutrient	Unit	1 Value Per100 g	Data points	Std. Error	1 cup 185g
Sodium, Na ¹²	mg	2	2	--	4
Zinc, Zn ¹²	mg	1.02	2	--	1.89
Copper, Cu ¹²	mg	0.284	2	--	0.525
Manganese, Mn ¹²	mg	1.035	2	--	1.915
Selenium, Se ¹²	µg	19.9	2	--	36.8
Vitamins					
Vitamin C, total ascorbic acid	mg	0.0	--	--	0.0
Thiamin ²	mg	0.224	3	0.013	0.414
Riboflavin ¹²	mg	0.050	2	--	0.092
Niacin ¹²³⁴⁶	mg	5.048	6	0.415	9.339
Pantothenic acid ²	mg	0.672	1	--	1.243
Vitamin B-6 ¹²	mg	0.452	2	--	0.836
Folate, total	µg	8	--	--	15
Folic acid	µg	0	--	--	0
Folate, food ¹	µg	8	--	--	15
Folate, DFE	µg	8	--	--	15
Vitamin B-12	µg	0.00	--	--	0.00
Vitamin B-12, added	µg	0.00	--	--	0.00
Retinol	µg	0	--	--	0
Vitamin A, IU	IU	0	--	--	0
Vitamin E (alpha-tocopherol) ¹	mg	0.03	1	--	0.06
Vitamin E, added	mg	0.00	--	--	0.00
Tocopherol, beta ¹	mg	0.02	1	--	0.04
Tocopherol, gamma ¹	mg	0.17	1	--	0.31
Tocopherol, delta ¹	mg	0.00	1	--	0.00
Vitamin D (D2 + D3)	µg	0.0	--	--	0.0
Vitamin D	IU	0	--	--	0
Vitamin K (phylloquinone)	µg	0.1	--	--	0.2
Lipids					
Fatty acids, total saturated	g	0.294	--	--	0.544
4:0 ¹	g	0.000	1	--	0.000
6:0 ¹	g	0.000	1	--	0.000
8:0 ¹	g	0.000	1	--	0.000

Page 4 of 4

Nutrient	Unit	1 Value Per100 g	Data points	Std. Error	1 cup 185g
Cystine ¹²⁷	g	0.153	--	--	0.283
Phenylalanine ¹²⁷	g	0.398	--	--	0.736
Tyrosine ¹²⁷	g	0.216	--	--	0.400
Valine ¹²⁷	g	0.470	--	--	0.869
Arginine ¹²⁷	g	0.651	--	--	1.204
Histidine ¹²⁷	g	0.185	--	--	0.342
Alanine ¹²⁷	g	0.433	--	--	0.801
Aspartic acid ¹²⁷	g	0.795	--	--	1.471
Glutamic acid ¹²⁷	g	1.395	--	--	2.581
Glycine ¹²⁷	g	0.358	--	--	0.662
Proline ¹²⁷	g	0.484	--	--	0.895
Serine ¹²⁷	g	0.366	--	--	0.677
Other					
Alcohol, ethyl	g	0.0	--	--	0.0
Sources of Data					
*Nutrient Data Laboratory, ARS, USDA National Food and Nutrient Analysis Program Wave 1b, 1999, Beltsville MD					
*Nutrient Data Laboratory, ARS, USDA National Food and Nutrient Analysis Program, Wave 9a, 2005, Beltsville MD					
*Nutrient Data Laboratory, ARS, USDA Investigation of the carbohydrate fraction of foods... raw, processed and prepared, 1995, Beltsville MD					
*Nutrient Data Laboratory, ARS, USDA Variability of the sugar content of foods, 1989, Beltsville MD					
*Nutrient Data Laboratory, ARS, USDA Analysis of iron, thiamin, and niacin in unenriched white rice, 2004, Beltsville MD					
*Chow, Sze-Y. Niacin in parboiled rice, 2005					
*Nutrient Data Laboratory, ARS, USDA National Food and Nutrient Analysis Program Wave 6a, 2002, Beltsville MD					

4) Rice, white, medium-grain, raw, unenriched (report: 20450)

Full Report (All Nutrients) 20450, Rice, white, medium-grain, raw, unenriched

Report Date: February 02, 2017 10:26 EST

Nutrient values and weights are for edible portion.

Food Group : Cereal Grains and Pasta

Carbohydrate Factor: 4,16 Fat Factor: 8,37 Protein Factor:3,82 Nitrogen to Protein Conversion Factor:5,95

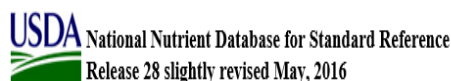
Nutrient	Unit	1 Value Per100 g	Data points	Std. Error	1 cup 195g
Proximates					
Water	g	12.89	16	0.477	25.14
Energy	kcal	360	--	--	702
Energy	kJ	1506	--	--	2937
Protein	g	6.61	18	0.197	12.89
Total lipid (fat)	g	0.58	6	0.058	1.13
Ash	g	0.58	17	0.044	1.13
Carbohydrate, by difference	g	79.34	--	--	154.71
Minerals					
Calcium, Ca	mg	9	2	--	18
Iron, Fe	mg	0.80	1	--	1.56
Magnesium, Mg	mg	35	2	--	68
Phosphorus, P	mg	108	4	5.412	211
Potassium, K	mg	86	5	5.551	168
Sodium, Na	mg	1	2	--	2
Zinc, Zn	mg	1.16	2	--	2.26
Copper, Cu	mg	0.110	2	--	0.214
Manganese, Mn	mg	1.100	2	--	2.145
Vitamins					
Vitamin C, total ascorbic acid	mg	0.0	--	--	0.0
Thiamin	mg	0.070	1	--	0.137
Riboflavin	mg	0.048	5	0.012	0.094
Niacin	mg	1.600	1	--	3.120

Nutrient	Unit	1 Value Per100 g	Data points	Std. Error	1 cup 195g
Pantothenic acid	mg	1.342	2	--	2.617
Vitamin B-6	mg	0.145	2	--	0.283
Folate, total	µg	9	2	--	18
Folic acid	µg	0	--	--	0
Folate, food	µg	9	2	--	18
Folate, DFE	µg	9	--	--	18
Vitamin B-12	µg	0.00	--	--	0.00
Vitamin D (D2 + D3)	µg	0.0	--	--	0.0
Vitamin D	IU	0	--	--	0
Lipids					
Fatty acids, total saturated	g	0.158	--	--	0.308
14:0	g	0.003	--	--	0.006
16:0	g	0.141	--	--	0.275
18:0	g	0.011	--	--	0.021
Fatty acids, total monounsaturated	g	0.181	--	--	0.353
16:1 undifferentiated	g	0.002	--	--	0.004
18:1 undifferentiated	g	0.179	--	--	0.349
Fatty acids, total polyunsaturated	g	0.155	--	--	0.302
18:2 undifferentiated	g	0.128	--	--	0.250
18:3 undifferentiated	g	0.027	--	--	0.053
Cholesterol	mg	0	--	--	0
Amino Acids					
Tryptophan	g	0.077	--	--	0.150
Threonine	g	0.236	--	--	0.460
Isoleucine	g	0.285	--	--	0.556
Leucine	g	0.546	--	--	1.065
Lysine	g	0.239	--	--	0.466
Methionine	g	0.155	--	--	0.302
Cystine	g	0.135	--	--	0.263
Phenylalanine	g	0.553	--	--	0.688
Tyrosine	g	0.221	--	--	0.431
Valine	g	0.403	--	--	0.786
Arginine	g	0.551	--	--	1.074

Nutrient	Unit	1 Value Per100 g	Data points	Std. Error	1 cup 195g
Histidine	g	0.155	--	--	0.302
Alanine	g	0.383	--	--	0.747
Aspartic acid	g	0.621	--	--	1.211
Glutamic acid	g	1.288	--	--	2.512
Glycine	g	0.301	--	--	0.587
Proline	g	0.311	--	--	0.606
Serine	g	0.347	--	--	0.677
Other					

5) Rice, white, short-grain, raw, unenriched (report: 20452)

Page 2 of 3



Full Report (All Nutrients) 20452, Rice, white, short-grain, raw, unenriched

Report Date: February 02, 2017 11:08 EST

Nutrient values and weights are for edible portion.

Food Group : Cereal Grains and Pasta

Carbohydrate Factor: 4.16 Fat Factor: 8.37 Protein Factor: 3.82 Nitrogen to Protein Conversion Factor: 5.95

Nutrient	Unit	1 Value Per100 g	Data points	Std. Error	1 cup 200g
Proximates					
Water	g	13.29	9	0.675	26.58
Energy	kcal	358	--	--	716
Energy	kJ	1498	--	--	2996
Protein	g	6.50	11	0.134	13.00
Total lipid (fat)	g	0.52	5	0.043	1.04
Ash	g	0.54	10	0.036	1.08
Carbohydrate, by difference	g	79.15	--	--	158.30
Minerals					
Calcium, Ca	mg	3	2	--	6
Iron, Fe	mg	0.80	--	--	1.60
Magnesium, Mg	mg	23	2	--	46
Phosphorus, P	mg	95	2	--	190
Potassium, K	mg	76	3	1.168	152
Sodium, Na	mg	1	2	--	2
Zinc, Zn	mg	1.10	2	--	2.20
Copper, Cu	mg	0.210	2	--	0.420
Manganese, Mn	mg	1.037	3	0.085	2.074
Vitamins					
Vitamin C, total ascorbic acid	mg	0.0	--	--	0.0
Thiamin	mg	0.070	--	--	0.140
Riboflavin	mg	0.048	--	--	0.096
Niacin	mg	1.600	--	--	3.200

Nutrient	Unit	1 Value Per100 g	Data points	Std. Error	1 cup 200g
Pantothenic acid	mg	1.287	2	--	2.574
Vitamin B-6	mg	0.171	3	0.017	0.342
Folate, total	µg	6	2	--	12
Folic acid	µg	0	--	--	0
Folate, food	µg	6	2	--	12
Folate, DFE	µg	6	--	--	12
Vitamin B-12	µg	0.00	--	--	0.00
Vitamin B-12, added	µg	0.00	--	--	0.00
Vitamin D (D2 + D3)	µg	0.0	--	--	0.0
Vitamin D	IU	0	--	--	0
Lipids					
Fatty acids, total saturated	g	0.140	--	--	0.280
14:0	g	0.003	--	--	0.006
16:0	g	0.125	--	--	0.250
18:0	g	0.010	--	--	0.020
Fatty acids, total monounsaturated	g	0.161	--	--	0.322
16:1 undifferentiated	g	0.002	--	--	0.004
18:1 undifferentiated	g	0.159	--	--	0.318
Fatty acids, total polyunsaturated	g	0.138	--	--	0.276
18:2 undifferentiated	g	0.114	--	--	0.228
18:3 undifferentiated	g	0.024	--	--	0.048
Cholesterol	mg	0	--	--	0
Amino Acids					
Tryptophan	g	0.075	--	--	0.150
Threonine	g	0.233	--	--	0.466
Isoleucine	g	0.281	--	--	0.562
Leucine	g	0.538	--	--	1.076
Lysine	g	0.235	--	--	0.470
Methionine	g	0.153	--	--	0.306
Cystine	g	0.133	--	--	0.266
Phenylalanine	g	0.348	--	--	0.696
Tyrosine	g	0.217	--	--	0.434
Valine	g	0.397	--	--	0.794

Page 3 of 3

Nutrient	Unit	1 Value Per100 g	Data points	Std. Error	1 cup 200g
Arginine	g	0.542	--	--	1.084
Histidine	g	0.153	--	--	0.306
Alanine	g	0.377	--	--	0.754
Aspartic acid	g	0.611	--	--	1.222
Glutamic acid	g	1.268	--	--	2.536
Glycine	g	0.296	--	--	0.592
Proline	g	0.306	--	--	0.612
Serine	g	0.342	--	--	0.684
Other					

6) Rice, white, glutinous, unenriched, uncooked(report: 20054)

Full Report (All Nutrients) 20054, Rice, white, glutinous, unenriched, uncooked

Report Date: February 02, 2017 10:15 EST

Nutrient values and weights are for edible portion.

Food Group : Cereal Grains and Pasta

Carbohydrate Factor: 4,16 Fat Factor: 8,37 Protein Factor:3,82 Nitrogen to Protein Conversion Factor:5,95

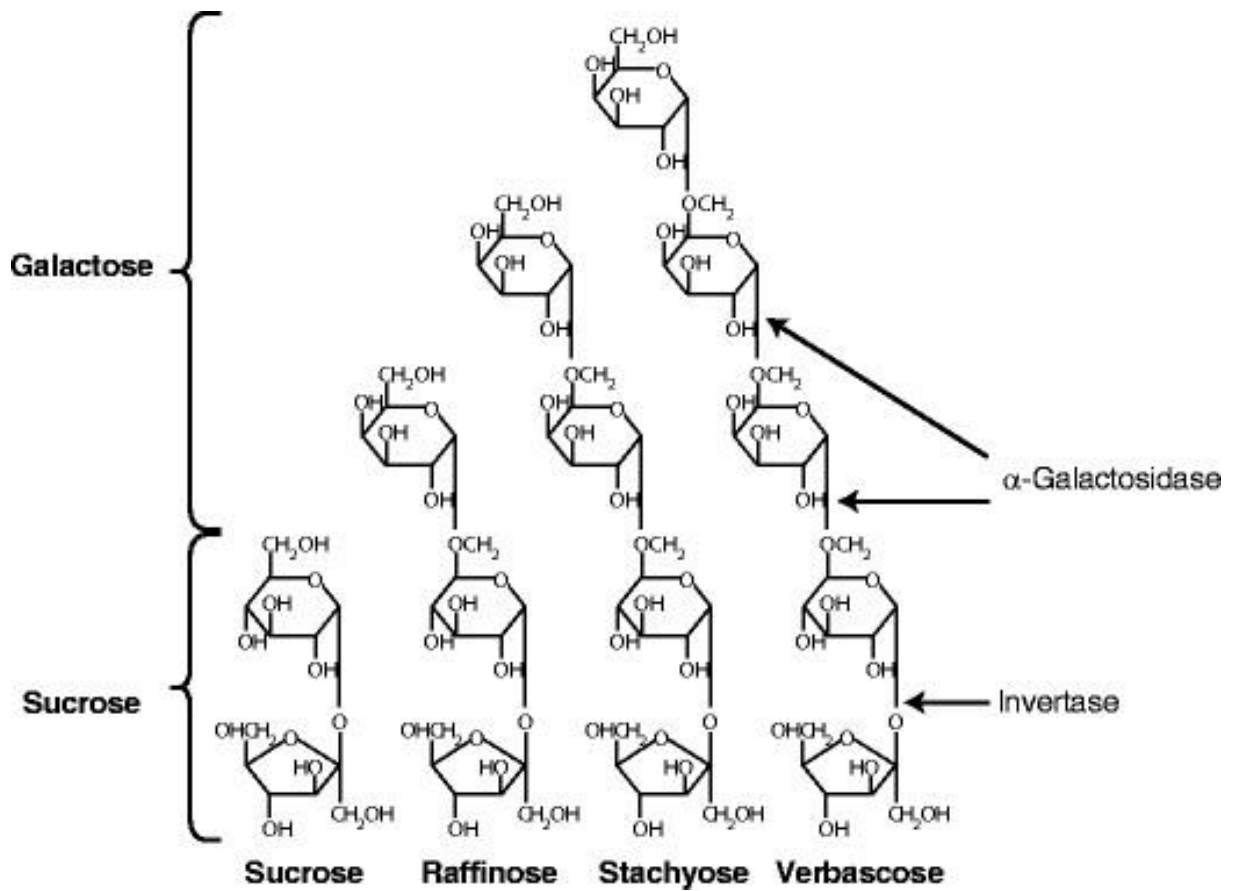
Nutrient	Unit	1 Value Per100 g	Data points	Std. Error	1 cup 185g
Proximates					
Water	g	10.46	3	0.414	19.35
Energy	kcal	370	--	--	684
Energy	kJ	1548	--	--	2864
Protein	g	6.81	3	0.931	12.60
Total lipid (fat)	g	0.55	3	0.133	1.02
Ash	g	0.49	3	0.111	0.91
Carbohydrate, by difference	g	81.68	--	--	151.11
Fiber, total dietary	g	2.8	--	--	5.2
Minerals					
Calcium, Ca	mg	11	3	1.471	20
Iron, Fe	mg	1.60	3	0.651	2.96
Magnesium, Mg	mg	23	3	1.059	43
Phosphorus, P	mg	71	3	11.635	131
Potassium, K	mg	77	3	14.821	142
Sodium, Na	mg	7	3	5.720	13
Zinc, Zn	mg	1.20	3	0.147	2.22
Copper, Cu	mg	0.171	3	0.020	0.316
Manganese, Mn	mg	0.974	3	0.026	1.802
Selenium, Se	µg	15.1	--	--	27.9
Vitamins					
Vitamin C, total ascorbic acid	mg	0.0	--	--	0.0
Thiamin	mg	0.180	2	--	0.333

Nutrient	Unit	1 Value Per100 g	Data points	Std. Error	1 cup 185g
Riboflavin	mg	0.055	3	0.055	0.102
Niacin	mg	2.145	2	--	3.968
Pantothenic acid	mg	0.824	4	0.179	1.524
Vitamin B-6	mg	0.107	3	0.006	0.198
Folate, total	µg	7	2	--	13
Folic acid	µg	0	--	--	0
Folate, food	µg	7	2	--	13
Folate, DFE	µg	7	--	--	13
Vitamin B-12	µg	0.00	--	--	0.00
Vitamin A, RAE	µg	0	--	--	0
Retinol	µg	0	--	--	0
Vitamin A, IU	IU	0	--	--	0
Vitamin D (D2 + D3)	µg	0.0	--	--	0.0
Vitamin D	IU	0	--	--	0
Lipids					
Fatty acids, total saturated	g	0.111	--	--	0.205
12:0	g	0.001	73	--	0.002
14:0	g	0.002	73	--	0.004
16:0	g	0.094	73	--	0.174
18:0	g	0.010	73	--	0.019
Fatty acids, total monounsaturated	g	0.200	--	--	0.370
16:1 undifferentiated	g	0.002	73	--	0.004
18:1 undifferentiated	g	0.198	73	--	0.366
Fatty acids, total polyunsaturated	g	0.198	--	--	0.366
18:2 undifferentiated	g	0.189	73	--	0.350
18:3 undifferentiated	g	0.008	73	--	0.015
Cholesterol	mg	0	--	--	0
Amino Acids					
Tryptophan	g	0.079	--	--	0.146
Threonine	g	0.244	--	--	0.451
Isoleucine	g	0.294	--	--	0.544
Leucine	g	0.563	--	--	1.042
Lysine	g	0.246	--	--	0.455

Nutrient	Unit	1 Value Per100 g	Data points	Std. Error	1 cup 185g
Methionine	g	0.160	--	--	0.296
Cystine	g	0.140	--	--	0.259
Phenylalanine	g	0.364	--	--	0.673
Tyrosine	g	0.228	--	--	0.422
Valine	g	0.416	--	--	0.770
Arginine	g	0.568	--	--	1.051
Histidine	g	0.160	--	--	0.296
Alanine	g	0.395	--	--	0.731
Aspartic acid	g	0.640	--	--	1.184
Glutamic acid	g	1.328	--	--	2.457
Glycine	g	0.310	--	--	0.574
Proline	g	0.321	--	--	0.594
Serine	g	0.358	--	--	0.662
Other					

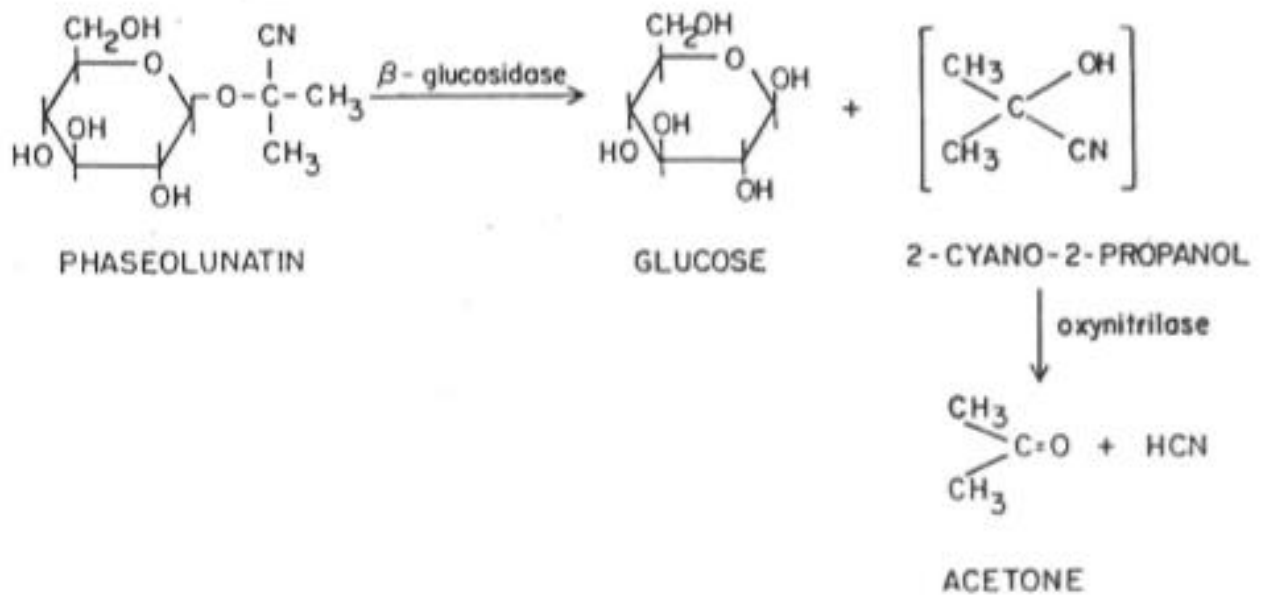
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙV.
CHEMICAL STRUCTURE OF SOME PHYTOCHEMICAL FACTORS OF
LEGUMES

1) Raffinose Family Oligosaccharides (RFOs)



Πηγή: Bewley, D., Bradford, K.J., Hilhorst, H.W.M. and Nonogaki, H. (2013). Chapter 10, In: Seeds, pp.183-246, DOI: 10.1007/978-1-4614-4693-4_5

2) Cyanogens (glycosides)

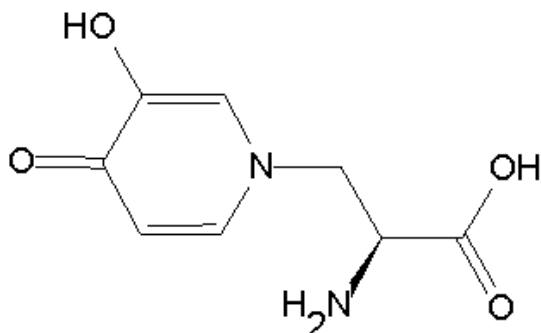


Enzymatic hydrolysis of phaseolunatin, the cyanogenic glycoside of lima beans.

Πηγή: Liener, I.E., (1989). Antinutritional Factors. Chapter 10: pp339-382. In Matthews, R.H., Legumes. Chemistry, Technology and Human nutrition. Food Science Technology (Marcel Dekker Inc), 270 Madison Avenue, New York, 10016, United States of America.

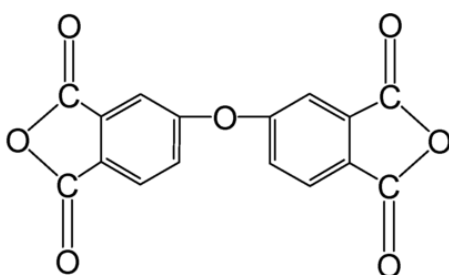
3) Toxic aminoacids:

a) mimosine ή β-[1-(3 υδροξύ-4-πυριδόνη)]-α-αμίνο-προπιονικό οξύ)



Πηγή: http://www.rdchemicals.com/chemicals.php?mode=details&mol_id=8077

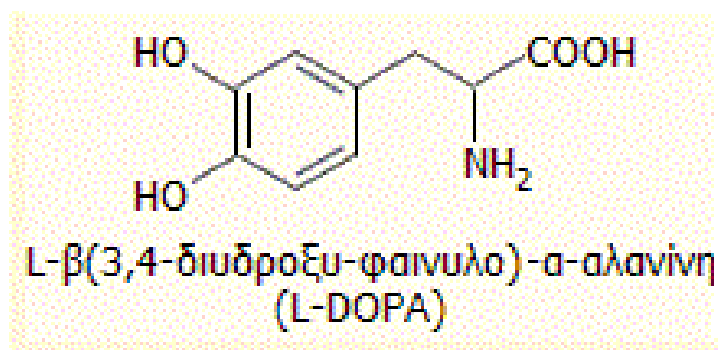
b) το 3N-οξαλικό-L-2,3 διαμίνο-προπανοϊκό οξύ (ODPA)



ODPA

Πηγή: Chen, B.K., Wong, J.M., Wu, T.Y., Chen, L.C. and Shih, I.C. (2014). Improving the Conductivity of Sulfonated Polyimides as Proton Exchange Membranes by Doping of a Protic Ionic Liquid Polymers, 6(11), 2720-2736; doi:10.3390/polym6112720

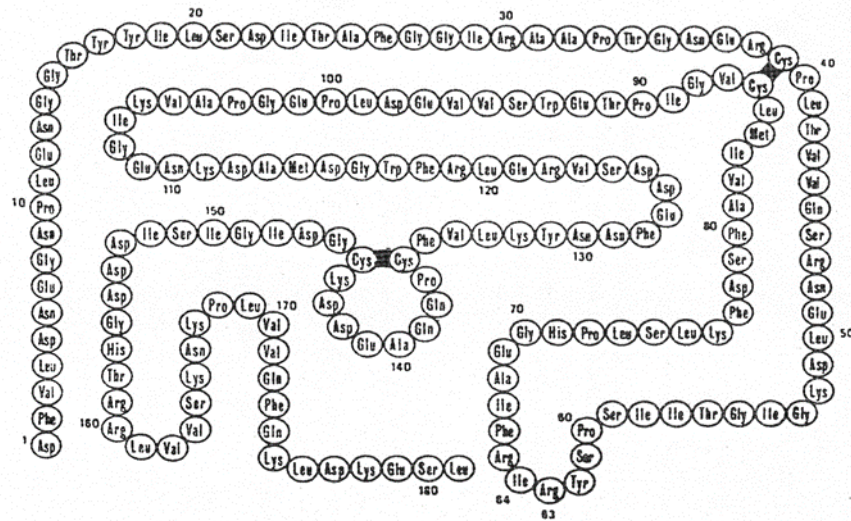
c) το αμινοξύ 3,4 διυδροξύ φαινυλαλανίνη (DOPA)



Πηγή: http://195.134.76.37/chemicals/chem_adrenaline.htm

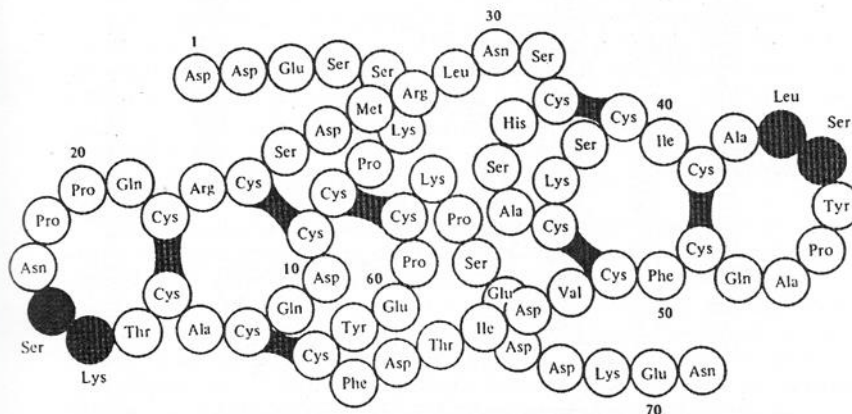
4) Protease inhibitors

a) Type Kunitz



Amino acid sequence of the Kunitz soybean trypsin inhibitor.
(From Koide et al.)

b) Type Bowman-Birk



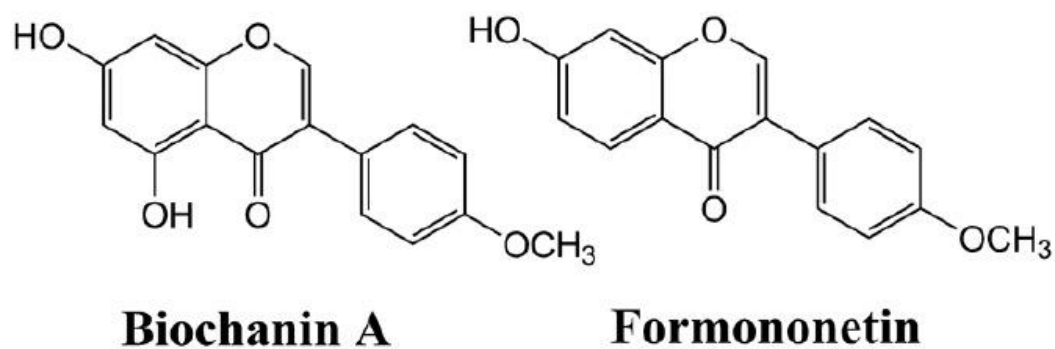
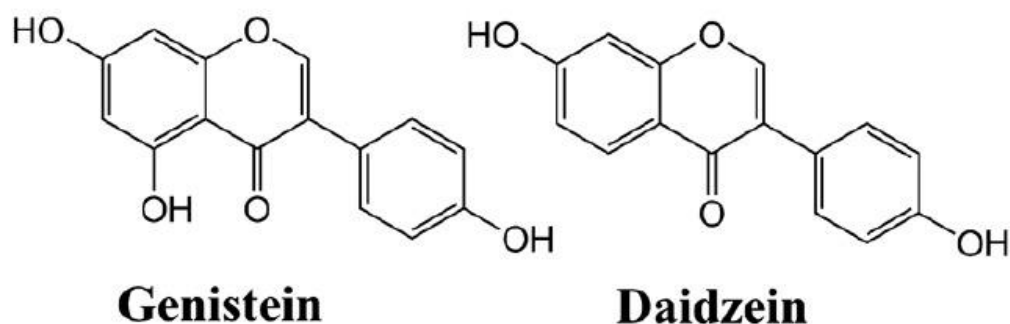
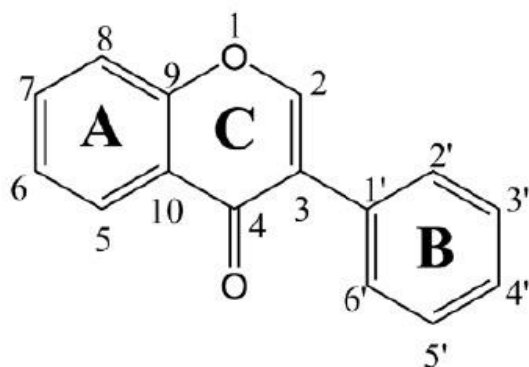
Amino acid sequence of the Bowman-Birk inhibitor. The disulfide bonds and reactive sites involved in its interaction with trypsin (Lys 16-Ser 17) and chymotrypsin (Leu 44-Ser 45) are shown in black. (From Odani and Ikenaka)

Πηγές:

Koide, T., Tsunasawa, S. and Ikenaka, T. (1973). Studies on Soybeann trypsin inhibitors. VIII. Disulfide bridges in soyabeann Bowman-Birk proteinase inhibitor. *J. Biochem.(Tokyo)* 74:697-715

Odani, S. and Ikenaka, T. (1973). Studies on Soybeann trypsin inhibitors. *Eur. J. Biochem.*32:408-416

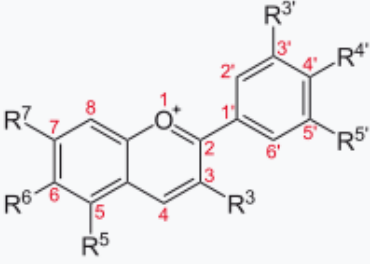
5) Isoflavonoids (Isoflavones, Isoflavonones, Isoflavans, Pterocarpans[2], Rotenoids)



Πηγή: Ramesh, P.P., Prakash, P., Niranjana, K. and Jae, K.S. (2014). Glucosylation of Isoflavonoids in Engineered Escherichia coli. *Molecular Cells* 37(2):172-7. DOI: 10.14348/molcells.2014.2348 · Source: PubMed

6) Anthocyanins-Anthocyanidins

Selected anthocyanidins and their substitutions

Anthocyanidin	Basic structure (R ^{4'} = -OH)	R ^{3'}	R ^{5'}	R ³	R ⁵	R ⁶	R ⁷
Aurantidin		-H	-H	-OH	-OH	-OH	-OH
Capensinidin		-OCH ₃	-OCH ₃	-OH	-OCH ₃	-H	-OH
Cyanidin		-OH	-H	-OH	-OH	-H	-OH
Delphinidin		-OH	-OH	-OH	-OH	-H	-OH
Europinidin		-OCH ₃	-OH	-OH	-OCH ₃	-H	-OH
Hirsutidin		-OCH ₃	-OCH ₃	-OH	-OH	-H	-OCH ₃
Malvidin		-OCH ₃	-OCH ₃	-OH	-OH	-H	-OH
Pelargonidin		-H	-H	-OH	-OH	-H	-OH
Peonidin		-OCH ₃	-H	-OH	-OH	-H	-OH
Petunidin		-OH	-OCH ₃	-OH	-OH	-H	-OH
Pulchellidin		-OH	-OH	-OH	-OCH ₃	-H	-OH
Rosinidin		-OCH ₃	-H	-OH	-OH	-H	-OCH ₃

Πηγή: Wikipedia, the free Encyclopedia. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 15/2/2017:
<https://en.wikipedia.org/wiki/Anthocyanidin>

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΟΣ IV:

- Bewley, D., Bradford, K.J., Hilhorst, H.W.M. and Nonogaki, H. (2013). Chapter 10, In: Seeds, pp.183-246, DOI: 10.1007/978-1-4614-4693-4_5
- Chen, B.K., Wong, J.M., Wu, T.Y., Chen, L.C. and Shih, I.C. (2014). Improving the Conductivity of Sulfonated Polyimides as Proton Exchange Membranes by Doping of a Protic Ionic Liquid Polymers, 6(11), 2720-2736; doi:10.3390/polym6112720
- http://195.134.76.37/chemicals/chem_adrenaline.htm
- http://www.rdchemicals.com/chemicals.php?mode=details&mol_id=8077
- Koide, T., Tsunasawa, S. and Ikenaka, T. (1973). Studies on Soybeann trypsin inhibitors. VIII. Disulfide bridges in soyabean Bowman-Birk proteinase inhibitor. J. Biochem.(Tokyo) 74:697-715
- Liener, I.E., (1989). Antinutritional Factors. Chapter 10: pp339-382. In Matthews, R.H., Legumes. Chemistry, Technology and Human nutrition. Food Science Technology (Marcel Dekker Inc), 270 Madison Avenue, New York, 10016, United States of America.
- Odani, S. and Ikenaka, T. (1973). Studies on Soybeann trypsin inhibitors. Eur. J. Biochem.32:408-416
- Ramesh, P.P., Prakash, P., Niranjana, K. and Jae, K.S. (2014). Glucosylation of Isoflavonoids in Engineered Escherichia coli. Moleculer Cells 37(2):172-7. DOI: 10.14348/molcells.2014.2348 · Source: PubMed
- Wikipedia, the free Encyclopedia. Ανακτήθηκε από το διαδίκτυο 15/2/2017: <https://en.wikipedia.org/wiki/Anthocyanidin>