



ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ & ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ & ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Ανάπτυξη και ποιοτική αξιολόγηση ζυμαρικών ολικής άλεσης
από ελληνικές τοπικές ποικιλίες σίτου

Δημήτριος Η. Γάτσιος

Επιβλέπουσα καθηγήτρια:

Μαντάλα Ιωάννα, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Γ.Π.Α.

ΑΘΗΝΑ
2022

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ & ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ & ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Ανάπτυξη και ποιοτική αξιολόγηση ζυμαρικών ολικής άλεσης
από ελληνικές τοπικές ποικιλίες σίτου

Development and evaluation of wholewheat pasta made
of Greek local traditional varieties

Δημήτριος Η. Γάτσιος

Εξεταστική Επιτροπή:

Μαντάλα Ιωάννα, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Γ.Π.Α. (επιβλέπουσα)

Μπεμπέλη Πηνελόπη, Καθηγήτρια Γ.Π.Α.

Τσιρώνη Θεοφανία, Επίκουρη Καθηγήτρια Γ.Π.Α.

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν η παραγωγή ζυμαρικών από τοπικές ποικιλίες σίτου (Μαυραγάκι Αρκαδίας, Μαυραγάκι Λήμνου, Μαυραγάκι Σκύρου και Δίκοκκου), οι οποίες δεν χρησιμοποιούνται εμπορικά για την παρασκευή ζυμαρικών. Η έρευνα ξεκίνησε από την πρώτη ύλη, τους σπόρους, και έφτασε μέχρι την αξιολόγηση των αντίστοιχων παραγόμενων τελικών προϊόντων-ζυμαρικών.

Αρχικά, αξιολογήθηκαν οι σπόροι, αλέστηκαν και ακολούθως διερευνήθηκαν οι φυσικές ιδιότητες των παραγόμενων αλεύρων. Στη συνέχεια, παρασκευάστηκαν ζυμαρικά ολικής αλέσεως τύπου «λινγκουίνι» και διερευνήθηκαν οι ιδιότητες των μακαρονιών, σε επίπεδο φρέσκου, ξηρού και βρασμένου ζυμαρικού. Τα αποτελέσματα σε όλα τα επίπεδα (σπόρος, αλεύρι, ζυμαρικό) συγκρίθηκαν με τα αποτελέσματα δύο εμπορικών ποικιλιών, από τις οποίες παρασκευάζονται μακαρόνια στην Ελλάδα, Ελπίδα και Μεξικάλι 81. Τέλος, έγινε προσπάθεια συσχέτισης της ποιότητας του τελικού προϊόντος (ζυμαρικό) με τις φυσικές ιδιότητες των σπόρων.

Πιο συγκεκριμένα, κατά τη διάρκεια της μελέτης οι σπόροι ελέγχθηκαν ως προς τα μορφολογικά τους χαρακτηριστικά, τη δύναμη σπασίματος, καθώς και το βάρος, τον όγκο και την πυκνότητα τους. Οι σπόροι αλέστηκαν με σφυρόμυλο και στο αλεύρι έλαβαν χώρα μετρήσεις ενεργότητας νερού (a_w), υγρασίας, γλουτένης, πρωτεΐνης και χρώματος. Επιπλέον, έλαβε χώρα κατανομή των κόκκων αλεύρου με κόσκινα. Στη συνέχεια, το αλεύρι, με νερό και αυγό τροφοδοτήθηκαν σε παρασκευαστή ζυμαρικών (Fresh Pasta Maker TR50 Model της KMP SRL), από όπου παρασκευάστηκαν ζυμαρικά τύπου λινγκουίνι. Τα λινγκουίνι ακολούθησαν τη διαδικασία της ξήρανσης και του βρασμού. Στα φρέσκα ζυμαρικά διερευνήθηκε η ενεργότητα νερού (a_w), η υγρασία, καθώς και η δύναμη κοπής με τη χρήση μηχανής μέτρησης αντοχής υλικών (Instron). Στα ξηρά ζυμαρικά διερευνήθηκε ενεργότητα νερού και η υγρασία. Τα μαγειρεμένα λινγκουίνι ολικής άλεσης συγκρίθηκαν ως προς την απώλεια βάρους κατά το μαγείρεμα (Cooking Loss), τη διόγκωση (Swelling Index), την απορρόφηση νερού (Water Uptake)

και τη δύναμη κοπής ζυμαρικού (Pasta Cutting Force). Σε όλα τα στάδια ζυμαρικών αξιολογήθηκε το χρώμα.

Βάσει των αποτελεσμάτων, συμπεραίνουμε πως οι ποικιλίες Μαυραγάρι Λήμνου και Μαυραγάρι Σκύρου έχουν παρόμοια χαρακτηριστικά με τις εμπορικές και καταλήγουν σε τελικά προϊόντα αντίστοιχης ποιότητας με τα ζυμαρικά εμπορίου. Χρειάζεται εμβάθυνση και διερεύνηση της πιθανότητας οι δύο αυτές ποικιλίες, λόγω της ομοιότητάς τους με τις εμπορικές, να είναι στην πραγματικότητα εμπορικές των οποίων η προέλευση έχει χαθεί σε βάθος χρόνου. Ενδιαφέρουσα είναι η εμφανώς αυξημένη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη και γλουτένη που εμφανίζει η τοπική ποικιλία Μαυραγάρι Αρκαδίας. Στη δίκοκκη ποικιλία εμφανίστηκαν μεγάλες διαφορές με όλες τις υπόλοιπες, επιβεβαιώνοντας τις διαφορές μεταξύ των ειδών σκληρού σίτου (*Triticum durum*) και δίκοκκου σίτου (*Triticum dicoccum*). Δεν βρέθηκε κάποια συσχέτιση μεταξύ των σπόρων και των τελικών ποιοτικών χαρακτηριστικών των ζυμαρικών.

Επιστημονική περιοχή: Τεχνολογία τροφίμων

Λέξεις κλειδιά: τοπικές ποικιλίες, σπόρος, αλεύρι, ζυμαρικό, ξήρανση, βρασμός

Development and evaluation of wholewheat pasta made of Greek local traditional varieties

MSc Food Processing and Preservation

Department of Food Science and Human Nutrition

Laboratory of Food Engineering and Food Processing

Abstract

The aim of this research was the production of pasta from Durum wheat landraces (Mavragani Arkadias, Mavragani Limnou, Mavragani Skyrou and Dicocum) which are not commercially used for pasta manufacture. The research began from the seeds and ended up at the evaluation of the final product-pasta.

First, the seeds' physical properties were evaluated, ground and the properties of the produced flours were investigated as well. Subsequently, wholewheat pasta with "linguine" shape were manufactured and their properties when fresh, dry and cooked were investigated. The results in all stages mentioned (seed, flour, pasta) were compared with the results of two commercial varieties, from which pasta is manufactured in Greece. These varieties were Elpida and Mexikali 81. Lastly, an attempt was made to correlate the quality of the final product (pasta) with the physical properties of the seeds.

More specifically, the seeds were tested for their morphological characteristics, breaking strength, as well as their weight, volume and density. The seeds were ground with a hammer mill and measurements of water activity (a_w), humidity, gluten, protein and colour took place in the flour. In addition, distribution of the flour granules took place using sieves. The flour, alongside water and egg were fed to a pasta maker (Fresh Pasta Maker TR50 Model της KMP SRL) from which linguine-type pasta was prepared. The linguine followed the process of drying and boiling. Fresh pasta was tested for water activity (a_w), moisture content and firmness using a Universal Testing Machine (Instron). In dry pasta, a_w and moisture content were measured. The cooked wholemeal linguine were compared in terms of Cooking Loss, Swelling Index, Water Uptake and cutting force. The colour was evaluated at all different stages of pasta production, i.e. in dry, fresh and boiled condition.

Based on the results, we conclude that the landraces Mavragani Limnou and Mavragani Skyrou have similar characteristics with the commercial varieties and end up in pasta products of corresponding quality with the commercial ones. It is necessary to deeply investigate the possibility that these two varieties, due to the forementioned similarities, are in fact commercial ones whose origin has been lost over time. The increased content of protein and gluten of the landrace Mavragani Arkadias is an interesting asset. The dicoccum variety showed very different results compared to all other varieties, confirming the differences between *Triticum durum* and *Triticum dicoccum* species.

Scientific field: Food technology

Keywords: local traditional varieties, seed, flour, pasta, drying, boiling

Ευχαριστίες

Η παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματοποιήθηκε στο Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, στο τμήμα Επιστήμης και Διατροφής του ανθρώπου και συγκεκριμένα στο Εργαστήριο Μηχανικής Τροφίμων, κατά τα έτη 2021-2022.

Η ολοκλήρωσή της μεταπτυχιακής εργασίας αυτής δεν θα ήταν δυνατή χωρίς την πολύτιμη υποστήριξη της καθηγήτριάς μου, Κας Ιωάννας Μαντάλα. Απευθύνω, επίσης, ένα μεγάλο ευχαριστώ στην μεταδιδάκτορα Στέλλα Πρωτονοταρίου, όχι μόνο για την πρόταση της εκπόνησης του συγκεκριμένου, αρκετά ενδιαφέροντος, θέματος πτυχιακής, αλλά και για την άριστη συνεργασία που είχαμε κατά τη διάρκεια των πειραματικών μετρήσεων και για την προθυμία, το χρόνο και τη βοήθεια που μου προσέφερε, όποτε χρειάστηκε. Ένα μεγάλο ευχαριστώ και στο υπόλοιπο προσωπικό του Εργαστηρίου, το οποίο ήταν διατεθειμένο και πρόθυμο να με βοηθήσει και να με υποστηρίξει όποτε ήταν αναγκαίο, και ιδιαίτερα τους Παναγιώτη Χαλούλο και Ευτύχη Αποστολίδη. Αδύνατη θα ήταν και η διεκπεραίωση της συγκεκριμένης πτυχιακής έρευνας χωρίς την παροχή επαρκούς ποσότητας σπόρων από τους Δρ. Ροίκο Θανόπολο και Δρ. Πηνελόπη Μπεμπέλη.

Θέλω επίσης να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τους φίλους μου Βάσια Μουστάκα, Νίκο Πατραμάνη, Τάσο Παπαδόπουλο, Δημήτρη Ζαφειρόπουλο, Χρυσάνθη Καρακώστα και φυσικά τους εγκάρδιους παιδικούς μου φίλους Σπύρο Κοκκάλη και Νίκο Παπαναστασίου για τη συνεχή συμπαράσταση και επικοινωνία που είχαμε καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας.

Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον πατέρα μου Ηλία, ο οποίος ήταν ένα ανεκτίμητο στήριγμα για εμένα καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής μου και μου έδωσε τη δυνατότητα να ολοκληρώσω το Μεταπτυχιακό αυτό πρόγραμμα. Ευχαριστώ, επίσης, τη μητέρα μου Κάκια και την αδερφή μου Βάλια, που είναι πάντα εκεί.

Αθήνα, Φεβρουάριος 2022

Περιεχόμενα

Ευρετήριο Σχημάτων – Πινάκων	σελ. 10
Θεωρητικό Μέρος	σελ. 13
1. Εισαγωγή	σελ. 13
1.1 Σιτάρι	σελ. 13
1.1.1 Σκληρό Σιτάρι-Triticum Durum	σελ. 15
1.1.2 Αγρονομία σκληρού σίτου	σελ. 15
1.2 Δίκοκκο Σιτάρι	σελ. 17
1.2.1 Σύγχρονη καλλιέργεια δίκοκκου σίτου	σελ. 17
1.3 Τεχνολογικά και θρεπτικά χαρακτηριστικά σκληρού σίτου	σελ. 18
1.3.1 Πρωτεΐνες	σελ. 19
1.3.2 Άμυλο	σελ. 19
1.3.3 Καροτενοειδή	σελ. 20
1.3.4 Βιταμίνες	σελ. 21
1.3.5 Μέταλλα-Ιχνοστοιχεία	σελ. 22
1.3.6 Διαιτητικές ίνες	σελ. 22
1.3.7 Φυτοχημικές ουσίες και αντιοξειδωτικά	σελ. 23
1.4 Τεχνολογικά και θρεπτικά χαρακτηριστικά δίκοκκου σίτου	σελ. 24
1.4.1 Πρωτεΐνες	σελ. 24
1.4.2 Υδατάνθρακες	σελ. 24
1.4.3 Διαιτητικές ίνες	σελ. 25
1.4.4 Λιπίδια	σελ. 25
1.4.5 Φυτοχημικές ουσίες, βιταμίνες και αντιοξειδωτικά	σελ. 25
1.4.6 Μέταλλα-Ιχνοστοιχεία	σελ. 26
1.5 Ιστορική αναδρομή ζυμαρικών	σελ. 26
1.6 Διαδικασία παραγωγής ζυμαρικών από σκληρό σιτάρι	σελ. 28
1.6.1 Άλεση σιταριού	σελ. 28
1.6.2 Παρασκευή μακαρονιών	σελ. 30
1.7 Τεχνολογικά χαρακτηριστικά μακαρονιών	σελ. 31
1.8 Ανάγκη για διερεύνηση τοπικών ποικιλιών	σελ. 32
Πειραματικό Μέρος	σελ. 34
2. Υλικά και μέθοδοι	σελ. 34
2.1 Σιτάρια	σελ. 34
2.2 Ανάλυση σπόρων	σελ. 34
2.2.1 Μορφολογικά χαρακτηριστικά	σελ. 35
2.2.2 Βάρος, όγκος και πυκνότητα σπόρων	σελ. 36
2.2.3 Σκληρότητα σπόρου	σελ. 36
2.2.4 Άλεση	σελ. 38
2.3 Ανάλυση αλεύρων	σελ. 38
2.3.1 Υγρασία αλεύρου	σελ. 38
2.3.2 Ενεργότητα νερού (a_w)	σελ. 39
2.3.3 Ικανότητα συγκράτησης νερού	σελ. 39
2.3.4 Χρωματομετρία	σελ. 40

2.3.5	Κατανομή με κόσκινα	σελ. 40
2.3.6	Προσδιορισμός πρωτεΐνης	σελ. 41
2.3.7	Προσδιορισμός γλουτένης	σελ. 42
2.4	Παρασκευή ζυμαρικών	σελ. 43
2.5	Ανάλυση ζυμαρικών	σελ. 44
2.5.1	Υγρασία ζυμαρικών	σελ. 44
2.5.2	Ενεργότητα νερού (a_w) ζυμαρικών	σελ. 44
2.5.3	Δύναμη κοπής ζυμαρικών	σελ. 44
2.5.4	Χρωματομετρία ζυμαρικών	σελ. 45
2.6	Βράσιμο-μαγείρεμα ζυμαρικών	σελ. 45
2.6.1	Απώλειες κατά το βράσιμο (Cooking Loss – C.L.)	σελ. 46
2.6.2	Δείκτης διόγκωσης κατά το βράσιμο (Swelling Index – S.I.)	σελ. 46
2.6.3	Πρόσληψη νερού (Water Uptake – W.U.)	σελ. 46
3.	Αποτελέσματα – Συζήτηση	σελ. 47
3.1	Αποτελέσματα μετρήσεων σε σπόρους	σελ. 47
3.1.1	Μορφολογικά χαρακτηριστικά	σελ. 47
3.1.2	Βάρος, Όγκος, Πυκνότητα	σελ. 49
3.1.3	Σκληρότητα	σελ. 50
3.2	Αποτελέσματα μετρήσεων σε αλεύρι	σελ. 51
3.2.1	Ενεργότητα νερού-Υγρασία-Συγκράτηση νερού-Πρωτεΐνη-Γλουτένη	σελ. 51
3.2.2	Χρωματομετρία	σελ. 54
3.2.3	Κατανομή με κόσκινα	σελ. 56
3.3	Αποτελέσματα μετρήσεων σε ζυμαρικά	σελ. 57
3.3.1	Φρέσκα ζυμαρικά	σελ. 57
3.3.1.1	Ενεργότητα νερού – Υγρασία	σελ. 57
3.3.1.2	Δύναμη κοπής ζυμαρικού	σελ. 58
3.3.1.3	Χρωματομετρία	σελ. 59
3.3.2	Ξηρά ζυμαρικά	σελ. 61
3.3.2.1	Ενεργότητα νερού – Υγρασία	σελ. 61
3.3.2.2	Χρωματομετρία	σελ. 62
3.3.3	Βρασμένα ζυμαρικά	σελ. 64
3.3.3.1	Cooking Loss(C.L.)-Water Uptake(W.U.)-Swelling Index(S.I.)	σελ. 64
3.3.3.2	Δύναμη κοπής ζυμαρικού	σελ. 66
3.3.3.3	Χρωματομετρία	σελ. 66
3.4	Συσχέτιση Μεταβλητών	σελ. 69
4.	Συμπεράσματα	σελ. 73
5.	Μελλοντική έρευνα	σελ. 75
6.	Βιβλιογραφία – Πηγές	σελ. 77

Ευρετήριο Σχημάτων, Πινάκων και Εικόνων

Σχήματα:

Σχήμα 1: Δύναμη σπασίματος σπόρου ποικιλίας ELP (πάνω) και DIK (κάτω) με τη χρήση Instron - σελ. 37

Σχήμα 2: Κατανομή μεγέθους μέσης διαμέτρου σπόρων - σελ. 48

Σχήμα 3: Μέγεθος κόκκων αλεύρου - σελ. 56

Σχήμα 4: Ανάλυση κύριων συνιστωσών με βάση τις τιμές των δειγμάτων και τα παραγοντικά φορτία και με απεικόνιση των δειγμάτων - σελ. 71

Σχήμα 5: Δενδρόγραμμα Συστάδων των προς ανάλυση ποικιλιών - σελ. 72

Πίνακες:

Πίνακας 1: Σύσταση βιταμινών σε σιτάρι και ποσοστό που παραμένει σε σιμιγδάλι και ζυμαρικό - σελ. 21

Πίνακας 2: Διάμεσος και εύρος (μg/g, dw) συγκέντρωσης μεταλλικών στοιχείων σε σπόρους σκληρού σίτου από διάφορες περιοχές καλλιέργειας - σελ. 22

Πίνακας 3: Συντομογραφίες προς ανάλυση ποικιλιών - σελ. 34

Πίνακας 4: Μορφολογικά χαρακτηριστικά σπόρων - σελ. 47

Πίνακας 5: Βάρος, Όγκος και Πυκνότητα σπόρων - σελ. 49

Πίνακας 6: Δύναμη σπασίματος σπόρων με τη χρήση Instron - σελ. 50

Πίνακας 7: Τιμές aw, υγρασίας (%), συγκράτησης νερού (%), πρωτεΐνης (% σε υγρή βάση) και γλουτένης (% σε υγρή βάση) - σελ. 51

Πίνακας 8: Παράμετροι χρώματος στο αλεύρι - σελ. 54

Πίνακας 9: Τιμές ΔΕ αλευριού μεταξύ των έξι προς ανάλυση ποικιλιών - σελ. 55

Πίνακας 10: a_w και υγρασία (%) φρέσκων ζυμαρικών - σελ. 57

Πίνακας 11: Δύναμη κοπής φρέσκου ζυμαρικού με τη χρήση Instron - σελ. 58

Πίνακας 12: Παράμετροι χρώματος σε φρέσκα ζυμαρικά - σελ. 59

Πίνακας 13: Τιμές ΔΕ φρέσκων ζυμαρικών μεταξύ των έξι προς ανάλυση ποικιλιών - σελ. 60

Πίνακας 14: a_w και υγρασία (%) ξηρών ζυμαρικών - σελ. 61

Πίνακας 15: Παράμετροι χρώματος σε ξηρά ζυμαρικά - σελ. 62

Πίνακας 16: Τιμές ΔΕ ξηρών ζυμαρικών μεταξύ των έξι προς ανάλυση ποικιλιών - σελ. 63

Πίνακας 17: Αποτελέσματα Cooking Loss (%), Water Uptake (%), Swelling Index (%) μαγειρεμένων ζυμαρικών - σελ. 64

Πίνακας 18: Δύναμη κοπής βρασμένου ζυμαρικού με τη χρήση Instron - σελ. 66

Πίνακας 19: Παράμετροι χρώματος σε βρασμένα ζυμαρικά - σελ. 67

Πίνακας 20: Τιμές ΔΕ βρασμένων ζυμαρικών μεταξύ των έξι προς ανάλυση ποικιλιών - σελ.68

Εικόνες:

Εικόνα 1: Η περιοχή της Μεσοποταμίας - σελ. 13

Εικόνα 2: Ετήσια Παγκόσμια καλλιέργεια σιταριού - σελ. 14

Εικόνα 3: Διαδικασία άλεσης ενός σπόρου σιταριού - σελ. 29

Εικόνα 4: Αποτύπωση 100 σπόρων της ποικιλίας Ελπίδα - σελ. 35

Εικόνα 5: Έμβολο σπασίματος σπόρου και σημείο τοποθέτησης δείγματος στο μηχάνημα Instron - σελ. 36

Εικόνα 6: Μύλος Άλεσης USA grain mill – σελ. 38

Εικόνα 7: Water Activity Indicator (Hygrolab C1, Rotronic AG, Switzerland) - σελ. 39

Εικόνα 8: Το σπεκτροφωτόμετρο που χρησιμοποιήθηκε για τη λήψη μετρήσεων χρώματος - σελ.40

Εικόνα 9: Συσκευή Κοσκινίσματος - σελ. 41

Εικόνα 10: Παρασκευαστής Ζυμαρικών Fresh Pasta Maker TR50 Model της KMP SRL - σελ. 43

Εικόνα 11: Κεφαλή Σχήματος «Linguini» - σελ. 43

Εικόνα 12: Φούρνος Memmert BE 400, ο οποίος χρησιμοποιήθηκε κατά την πειραματική διαδικασία για ξήρανση - σελ. 44

Εικόνα 13: Ξύλινη Πλατφόρμα για σταθεροποίηση του ζυμαρικού-δείγματος - σελ. 44

Εικόνα 14: Διαδικασία και οργανολογία κοπής ζυμαρικών - σελ. 45

Εικόνα 15: Ξερές Γλουτένες - σελ. 54

Εικόνα 16: Φωτογραφίες αλεύρων - σελ. 55

Εικόνα 17: Φρέσκα ζυμαρικά - σελ. 60

Εικόνα 18: Ξηρά ζυμαρικά - σελ. 63

Εικόνα 19: Βρασμένα ζυμαρικά MEX - αριστερά, βρασμένα ζυμαρικά DIK– δεξιά - σελ. 67

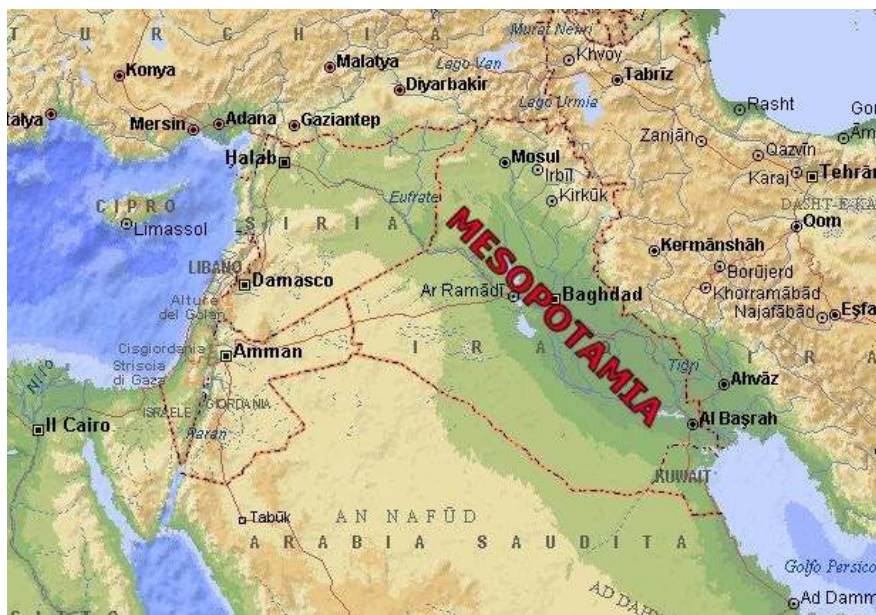
Εικόνα 20: Νερό μετά το βράσιμο ζυμαρικών - σελ. 67

Θεωρητικό Μέρος

1. Εισαγωγή

1.1 Σιτάρι

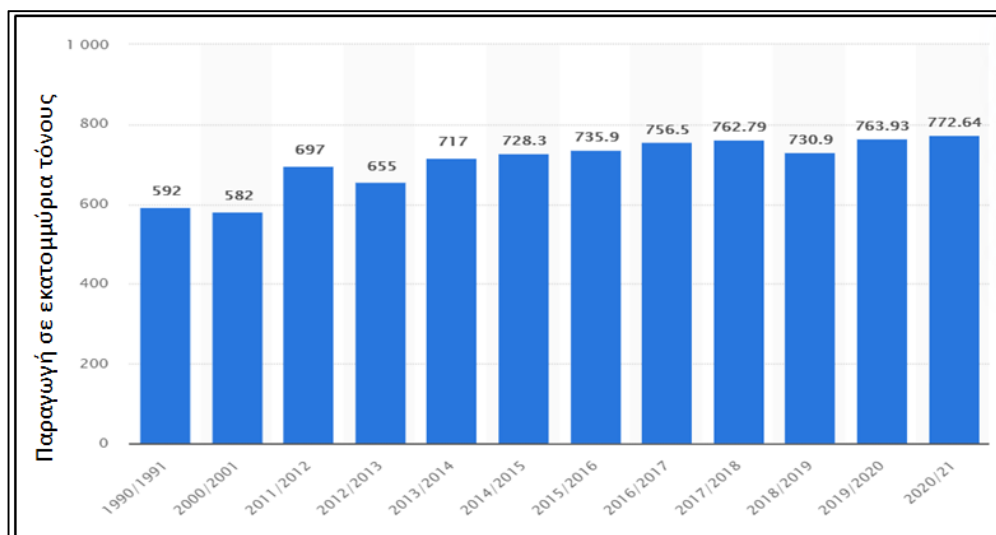
Η ανθρωπότητα καλλιεργεί δημητριακά από την αρχαιότητα. Τα σιτηρά είναι τα πρώτα φυτά που καλλιεργήσε ο άνθρωπος. Σύμφωνα με τον Friedman (1976) το σιτάρι πρωτοκαλλιεργείται την περίοδο 7500-6500 π. Χ., σε περιοχές της Μεσοποταμίας, της Συρίας, της Ανατολίας και των Βαλκανίων.¹ Η μίξη των ειδών, εμφάνισε πολυάριθμες ποικιλίες σιταριού. Στα τέλη της Νεολιθικής εποχής (6400 π.Χ.) και κατά τη διάρκεια της Εποχής του Χαλκού (3100 π.Χ.) έκανε την εμφάνισή του ο μαλακός σίτος στην νοτιοανατολική Ευρώπη.⁸⁹ Ο σκληρός σίτος πρωτοεμφανίστηκε και αυτός την περίοδο 6000-8000 π.Χ. στην περιοχή της Φοινίκης, στην ανατολική παραθαλάσσια περιοχή της Μεσογείου (Fertile Crescent – Μεσοποταμία – Εικόνα 1.).² Οι Φοίνικες εμπορεύονταν τον σκληρό σίτο σε όλες τις Μεσογειακές περιοχές, κάτι που συνέβαλε στην παγκόσμια εξάπλωσή του για μεγάλο διάστημα της ανθρώπινης ιστορίας, μέχρι και σήμερα. Πέρα από τη Μεσοποταμία, αρχαιολογικά στοιχεία καταλήγουν στην ύπαρξη καλλιέργειας σκληρού σίτου (durum) 5000 χρόνια πίσω.²



Εικόνα 1: Η περιοχή της Μεσοποταμίας¹⁰⁰

Τα σιτάρια ανήκουν στο γένος *Triticum*, το οποίο ανήκει στην οικογένεια φυτών των αγραωστωδών (*Graminae* and *Poaceae*). Η ανάπτυξή τους ευνοείται σε στέπες ή σε περιοχές με ημίξηρο κλίμα, κυρίως στο Βόρειο Ημισφαίριο, όπου χαρακτηρίζονται από χειμώνες με αρκετές βροχοπτώσεις που εναλλάσσονται από ξηρά καλοκαίρια. Τα περισσότερα είδη σιταριού ευδοκιμούν στην Ανατολική Μεσόγειο, την Εγγύς Ανατολή και τη Νοτιοδυτική Ασία.⁴

Τα σιτάρια, κατηγοριοποιούνται ανάλογα με την πολυπλοειδία τους. Δηλαδή, ανάλογα με το πόσα αντίγραφα χρωμοσωμάτων διαθέτουν τα κύτταρα του φυτικού οργανισμού. Στον κόσμο εμφανίζονται μερικά διπλοειδή σιτάρια, ενώ τα περισσότερα είναι τετραπλοειδή ή εξαπλοειδή. Τα τελευταία, σύμφωνα με γενετική ανάλυση, είναι αποτέλεσμα διασταύρωσης ειδών. Τα σιτάρια που ταξινομούνται στην ίδια κατηγορία πολυπλοειδίας εμφανίζουν κοινές φυσικές και μορφολογικές τους ιδιότητες. Το σιτάρι *Durum* του γένους *Triticum* (*Triticum Durum*) είναι το πιο ευρέως καλλιεργούμενο τετραπλοειδές σιτάρι και το δεύτερο ποσοτικά καλλιεργούμενο σιτάρι, πίσω από το μαλακό σιτάρι (common wheat, bread wheat – *Triticum Aestivum*). Αντιπροσωπεύει ένα ποσοστό της τάξεως του 5-8% της παγκόσμιας καλλιέργειας σιταριού (2018).³ Το έτος 2019-20 η παγκόσμια παραγωγή σιταριού ανήλθε στους 772,6 τόνους, ενώ την τελευταία εικοσαετία παρατηρείται μια σταδιακή αύξηση της ετήσιας παραγωγής του.⁵



(Εικόνα 2.)

Εικόνα 2: Ετήσια Παγκόσμια καλλιέργεια σιταριού³

1.1.1 Σκληρό Σιτάρι – Triticum Durum

Το σκληρό Σιτάρι, ταξινομείται ως τετραπλοειδής (4N) σίτος. Στα κύτταρά του περιέχεται κάθε χρωμόσωμα σε τέσσερα αντίγραφα. Παρότι καλλιεργείται σε ποσοστό ~8% του συνολικού σιταριού, το Durum είναι σημαντικό καθώς αποσκοπεί σε ανθρώπινη κατανάλωση. Το μεγάλο μέγεθος πυρήνα (kernel), η κίτρινη απόχρωση και η σκληράδα του το καθιστούν κατάλληλο για την παραγωγή ευρείας ποικιλίας φαγώσιμων, όπως τα μακαρόνια.⁴ Για το λόγο αυτό, το σκληρό σιτάρι είναι και ευρέως γνωστό ως σιτάρι μακαρονιών (pasta wheat, macaroni wheat).

1.1.2 Αγρονομία σκληρού σίτου

Το σιτάρι Durum χρειάζεται βροχερό περιβάλλον. Η παραγωγή ευνοείται σε σχετικά ξηρά οικοσυστήματα, σε γεωγραφικά μέρη όπου παρατηρούνται ζεστές ημέρες και δροσερές νύχτες.⁴ Περισσότερη από τη μισή ποσότητα που παράγεται ετησίως προέρχεται από τις περιοχές της Μεσογείου, πιο συγκεκριμένα της Δυτικής Ασίας, της Βόρειας Αφρικής και της Νότιας Ευρώπης.⁴ Η καταλληλότερη εποχή για το φύτεμα σκληρού σιταριού είναι τα τέλη φθινοπώρου με αρχές χειμώνα, ενώ η συγκομιδή λαμβάνει χώρα αρχές καλοκαιριού. Η περίοδος αυτή (από το φύτεμα έως τη συγκομιδή) χαρακτηρίζεται από μειωμένη βροχόπτωση (και τον χειμώνα) και υψηλές θερμοκρασίες.⁴ Σε άλλες περιοχές όπου καλλιεργείται μεγάλη ποσότητα σιταριού, όπως ο Καναδάς και η Αιθιοπία, η περίοδος σποράς και η περίοδος συγκομιδής διαφέρει, ανάλογα με τα καιρικά δεδομένα της εκάστοτε περιοχής.

Όσον αφορά το όργωμα των εκτάσεων πριν τη φύτεψη, η τάση των τελευταίων χρόνων είναι στο να θεωρείται προαιρετική, ανάλογα με τις ανάγκες του εδάφους και τις καιρικές συνθήκες της περιοχής. Ελάχιστο, έως καθόλου όργωμα, επιφέρει πολλά θετικά για το σιτάρι. Αρχικά, η περίσσεια χώματος μπορεί να προστατέψει τον καρπό, ενώ δυσκολεύουν την εξάτμιση του νερού, αυξάνοντας έτσι την διαθεσιμότητα νερού και την υγρασία για το φυτό. Επιπλέον, μειώνονται πιθανοί κίνδυνοι από ισχυρούς ανέμους και από βροχοπτώσεις, ενώ αυξάνεται η περιεκτικότητα του εδάφους σε οργανική ύλη, ενώ ευνοείται και η αύξηση θεμιτής βιομάζας. Πέρα από τα πλεονεκτήματα που έχει η

έλλειψη του οργώματος από τη διαδικασία παραγωγής για το έδαφος και τον καρπό, πρέπει να συνυπολογιστεί η σημαντική μείωση κόστους που επιφέρει.⁴

Μια σχετικά μεγάλη πυκνότητα φυτών είναι απαραίτητη ώστε να προκύψει καλή σοδιά. Γενικά, το φυτό αυτορυθμίζεται ανάλογα με τη πυκνότητα φύτευσης, καθώς είναι ικανό να ρυθμίσει τον αριθμό των αδελφιών (tillers), των στάχων καθώς και το μέγεθος του στάχου και το βάρος της καρύωσης, σε περίπτωση που η φύτεψη είναι αραιή. Όμως, σε μια αραιή καλλιέργεια, τα σιτάρια δυσκολεύονται να ανταγωνιστούν και να υπερσχύσουν με τα υπόλοιπα χόρτα, που κάνουν την εμφάνισή τους κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας, για το νερό, το φως και τα θρεπτικά συστατικά της έκτασης. Για το λόγο αυτό, προτιμάται μια σχετικά πυκνή φύτεψη σπόρων σιταριού, της τάξεως των 35-154 φυτών ανά τετραγωνικό μέτρο. Πέρα από την πυκνότητα φύτευσης, υπάρχουν αρκετά ζιζανιοκτόνα στην αγορά με σκοπό την αποδυνάμωση και εξάλειψη των αγριόχορτων που φυτρώνουν ανάμεσα στις καλλιέργειες σιταριού.⁴

Ιδιαίτερη προσοχή χρειάζεται κατά το πότισμα του σιταριού. Ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα που αντιμετωπίζει ένας καλλιεργητής σιταριού είναι η διαθεσιμότητα και η επάρκεια νερού. Η ποσότητα παραγωγής είναι άμεσα συνδεδεμένη με την πρόσβαση του φυτού σε νερό. Πρέπει, όμως, να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στην συχνότητα των συμπληρωματικών ποτισμάτων. Η επιπλέον ποσότητα νερού αυξάνει το άζωτο (N) που είναι διαθέσιμο για την ανάπτυξη του φυτού, όμως δείχνει να μειώνει την περιεκτικότητα του σιταριού σε πρωτεΐνη.⁴ Υπό τις συνθήκες στις οποίες ευδοκιμούν τα σιτάρια, ημίξηρο και βροχερό περιβάλλον, η υγρασία που είναι απαραίτητη για το φυτό είναι παραπάνω από επαρκής. Όμως, πέρα από το νερό, προσοχή χρειάζεται και στην τροφοδότηση του φυτού με την απαραίτητη ποσότητα θρεπτικών συστατικών. Το σιτάρι χρειάζεται συνολικά δεκαέξι απαραίτητα στοιχεία για την σωστή του ανάπτυξη.⁴ Ενώ τα περισσότερα από αυτά είναι διαθέσιμα σε επαρκείς ποσότητες μέσω του εδάφους, του αέρα και του νερού, το άζωτο (N) και ο φώσφορος (P) είναι τα θρεπτικά συστατικά που πιθανώς να περιορίσουν, σε περίπτωση ανεπάρκειας την απόδοση της σοδειάς. Σε μικρότερο βαθμό, το κάλιο (K), το θείο (S) και τα ιχνοστοιχεία ψευδάργυρος (Zn) και χαλκός (Cu) εμφανίζουν έλλειψη σε μερικές περιοχές. Η χρήση λιπασμάτων για να αποφεύγονται τέτοιοι περιορισμοί είναι συνηθισμένη πρακτική για τις καλλιέργειες σιταριού.⁴

Τέλος, είναι θεμιτή, στις εκτάσεις αυτές, η εναλλαγή καλλιεργειών (crop rotation) τους μήνες τους οποίους δεν φυτεύεται σιτάρι. Η εναλλαγή φυτών, ευνοεί τον έλεγχο εντόμων της περιοχής, την καταπολέμηση ασθενειών και αγριόχορτων. Επιπλέον, επηρεάζει θετικά, τόσο τα επίπεδα υγρασίας όσο και τα θρεπτικά συστατικά. Εκτός αυτού, ενισχύει τον παραγωγό καθώς αποφέρει κέρδος από εκτάσεις οι οποίες, σε άλλη περίπτωση, θα έμεναν κενές και ανενεργές.⁴

1.2 Δίκοκκο Σιτάρι

Το καλλιεργούμενο δίκοκκο σιτάρι είναι ένα τετραπλοειδές είδος που ανήκει στο γένος *Triticum* της οικογένειας *Poaceae*. Πρόκειται για ένα φυτό με πολλές διαφορετικές ονομασίες με μια από τις πιο επικρατέστερες τη *T. aestivum* L. var. *Dicoccon*. Είναι ενδεδυμένος σπόρος που περικλείεται από σκληρά λέπυρα με ράχη, η οποία αποκόπτεται από το στάχυ στο στάδιο της ωρίμανσης³². Ο βλαστός του φυτού είναι συχνά νευρώδης στο εσωτερικό του και τα φύλλα έχουν μια χνουδωτή υφή. Το φυτό έχει πυκνά, πεπιεσμένα, τεντωμένα και στενά στάχυα, καθώς και έναν στενό, μυτερό και σχετικά κοντό μίσχο. Τα στάχυα συνήθως διαθέτουν δύο άνθη, των οποίων οι σπόροι έχουν κόκκινη ή λευκή απόχρωση και είναι αιχμηρά στα δύο άκρα. Έχει, όπως και τα υπόλοιπα ενδεδυμένα σιτηρά, λεπτότερο περικάρπιο (Kuster 1985).

1.2.1 Σύγχρονη καλλιέργεια δίκοκκου σίτου

Το δίκοκκο σιτάρι προέρχεται από τη Μέση Ανατολή, όπου είναι αυτοφυές και καλλιεργείται στη Μεσόγειο. Στην Ιταλία αποκαλείται "farro", ενώ σε άλλες χώρες είναι γνωστό ως "emmer". Λόγω της υψηλής του περιεκτικότητας σε ανθεκτικό άμυλο (μη απορροφήσιμο από το λεπτό έντερο), τις ίνες, τις αντιοξειδωτικές ουσίες,³³ την ικανότητα να φυτεύεται σε έδαφος με χαμηλή γονιμότητα με τεχνικές χαμηλής εισροής,³⁴ την πιθανότητα να χρησιμοποιηθεί γονιδιακή πηγή σε υβριδισμό σιτηρών, αλλά και κάποια οφέλη που πιθανώς επιφέρει για την υγεία και τη θεραπεία ασθενειών, όπως η υψηλή χοληστερόλη, οι αλλεργίες, η κοιλιοκάκη και η κολίτιδα,³³ τα καλλιεργούμενα εδάφη με δίκοκκο αυξάνονται συνεχώς. Καλύπτει σχεδόν το 1% των παγκόσμιων εκτάσεων καλλιεργούμενων σιτηρών και βρίσκεται κυρίως σε Αιθιοπία, Ιράν, Ανατολική Τουρκία, σε κεντρική Ευρώπη, Ιταλία, την Ινδία και την Ισπανία

(Stallknecht et al., 1996).³⁵ Η καλλιέργεια του είναι αντίστοιχη με άλλων χειμερινών σιτηρών. Η ποσότητα σπόρου που απαιτείται για σπορά είναι περίπου στα 13 κιλά/στρέμμα. Γενικά, δεν εμφανίζονται διαφορές με λίπανση με άζωτο και για εφαρμογή της συγκεκριμένης λίπανσης πρέπει να λαμβάνονται υπόψη η γονιμότητα του εδάφους καθώς και ο κίνδυνος πλαγιάσματος. Το δίκοκκο χαρακτηρίζεται από ευρεία προσαρμοστικότητα σε διαφορετικής σύστασης εδάφη. Η μεγάλη επιφάνεια φύλλου το καθιστά ανταγωνιστικό προς τα ζιζάνια. Έτσι, η χρήση ζιζανιοκτόνου απαιτείται σε ελάχιστες περιπτώσεις. Ο θερισμός γίνεται αντίστοιχες περιόδους και με τον ίδιο τρόπο με τα υπόλοιπα σιτηρά, με τη διαφορά ότι πρόκειται για συγκομιδή σταχυιδίων και όχι σπερμάτων. Για τον διαχωρισμό των τελευταίων απαιτείται ειδικός μύλος. Η παραγωγή σπόρων εμφανίζει μια απόδοση της τάξεως των 180 κιλά/στρέμμα.

1.3 Σύσταση, τεχνολογικά και θρεπτικά χαρακτηριστικά σκληρού σιταριού

Σιτάρι που προορίζεται για παραγωγή ζυμαρικών πρέπει να έχει χαρακτηριστικά υψηλής ποιότητας, όπως ένα σκληρό και υαλώδες ενδοσπέρμιο, ένα υψηλό ποσοστό πρωτεΐνης, κίτρινη απόχρωση και καλή ποσότητα γλουτένης.

Το σιμιγδάλι από το οποίο θα παραχθούν ζυμαρικά απαιτείται να τηρεί κάποιες προδιαγραφές, όσων αφορά τη χημική του σύσταση και το μέγεθός του. Σύμφωνα με τον κώδικα τροφίμων και ποτών (Άρθρο 105 και 108 του Κ.Τ.Π)¹¹, αυτά είναι:

- (1) Υγρασία: Κατ' ανώτατο όριο 13,5%.
- (2) Γλουτένη υγρή: Τουλάχιστον 26%.
- (3) Τέφρα: Ανώτατο όριο 0,8%.
- (4) Πίτουρα: Ανώτατο όριο 0,8%.
- (5) Οξύτητα σε θειικό οξύ: Ανώτατο όριο 0,07%.
- (6) Υπόλειμμα σε τετραχλωράνθρακα: Ανώτατο όριο 0,015%.
- (7) Κοσκινιζόμενο με κόσκινο από ύφασμα μεταξωτό, Γερμανικού αριθμού 72 ή Ελβετικού αριθμού 8, δηλ. από βρογχίδες 1156/cm², πρέπει να μη διέρχεται από αυτό σε ποσοστό ανώτερο του 8%.
- (8) Το χρησιμοποιούμενο κατά τα στάδια παραγωγής νερό, που χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη, πρέπει να είναι πόσιμο.

Ο παγκόσμιος πληθυσμός αυξάνεται ραγδαία, πράγμα που σημαίνει πως η ανάγκη για τροφή μεγαλώνει συνεχώς. Το σκληρό σιτάρι είναι κύρια θρεπτική ύλη, όχι μόνο όσον αφορά τη θερμιδική του αξία, αλλά και αναφορικά με τη θρεπτική αξία των προϊόντων του.⁴ Συγκεκριμένα, πρόκειται για μια καλή πηγή ενέργειας, υδατανθράκων, πρωτεϊνών αλλά και φυτικών ινών. Το ενδοσπέρμιο που αποτελείται κυρίως από άμυλο αποτελεί το 75-80% του συνολικού βάρους του σπόρου, ενώ ένα ποσοστό 8-20% του βάρους είναι πρωτεΐνες.⁴ Όσον αφορά τα μικροθρεπτικά συστατικά, το σκληρό σιτάρι έχει μια ευρεία ποικιλία βιταμινών, ιχνοστοιχείων και άλλων ουσιών αναγκαίων για την σωστή λειτουργία του ανθρώπινου οργανισμού.⁴

1.3.1 Πρωτεΐνες

Η ποσότητα πρωτεΐνης στο σκληρό σιτάρι μπορεί να επηρεάσει την ποιότητα μαγειρεμένου μακαρονιού σε ποσοστό 30-40%.⁹⁰ Η σύσταση του σιταριού σε πρωτεΐνη έχει άμεση συσχέτιση με μεταβλητές όπως η αντοχή του ζυμαρικού σε πολύ βράσιμο, η σταθερότητα του και το πόσο κολλώδες είναι μετά το μαγείρεμα. Το σιμιγδάλι, έχει περιεκτικότητα 10-15% σε πρωτεΐνη. Οι πρωτεΐνες που συναντώνται στο σιμιγδάλι είναι κατά κύριο λόγο αλβουμίνες, γλοβουλίνες, προλαμίνες και πρωτεΐνες γλουτελίνες. Οι πρωτεΐνες που δεν ανήκουν στη γλουτένη απαρτίζουν το ~20% των συνολικών πρωτεϊνών του σιταριού, ενώ το υπόλοιπο ~80% αφορά πρωτεΐνες γλουτένης.⁴

1.3.2 Άμυλο

Το άμυλο είναι ένας πολυσακχαρίτης. Αποτελείται από μονομερή γλυκόζης τα οποία συνδέονται με γλυκοζιτικό δεσμό, σχηματίζοντας μια διακλαδισμένη σπειροειδής αλυσίδα. Οι αμυλόκοκκοι περιλαμβάνουν αμυλόζη (μόρια γλυκόζης τα οποία συνδέονται γραμμικά) σε ποσοστό 20-25% και την αμυλοπηκτίνη (μόρια γλυκόζης συνδεδεμένα σε διακλάδωση) σε ποσοστό 75-80%. Το άμυλο συναντάται κυρίως ως πηγή σακχάρων σε τρόφιμα φυτικής προέλευσης.⁴ Το άμυλο του σκληρού σιταριού θεωρείται πως έχει χαμηλότερη θερμοκρασία ζελατινοποίησης από το μαλακό σιτάρι.⁴ Επίσης, το εύρος θερμοκρασιών στις οποίες παρατηρείται ζελατινοποίηση είναι μεγαλύτερο στο άμυλο των σκληρών σιταριών, σε σύγκριση με τα μαλακά.⁴

Αλλαγές στο ποσοστό αμυλόζης και αμυλοπηκτίνης (οι δυο πολυσακχαρίτες που αποτελούν το άμυλο) μπορούν να επηρεάσουν τις λειτουργικές και φυσικές ιδιότητες του αμύλου στα τελικά προϊόντα τροφίμων, όπως π.χ. τα μακαρόνια. Σε έρευνα 665 ποικιλιών T. Durum ως προς το ποσοστό αμυλόζης τα ποσοστά αμυλόζης στα σιτάρια durum, βρέθηκαν ερευνητικά σε ένα μεγάλο εύρος 15-45%, με την συντριπτική πλειοψηφία (517) να έχει ένα εύρος αμυλόζης 25-28%.⁴ Το χαμηλότερο ποσοστό αμυλόζης στο σιτάρι λειτουργεί αρνητικά στο μαγείρεμα των μακαρονιών.⁷ Συγκεκριμένα, μακαρόνια που παρασκευάστηκαν από σιτάρια με ελάχιστο ποσοστό αμυλόζης (Waxy Durum – γενετικά τροποποιημένο σιτάρι στο οποίο λείπουν τα γονίδια για σύσταση αμυλόζης) χαρακτηρίζονται από πολύ μικρούς χρόνους μαγειρέματος, είναι πολύ πιο μαλακά, θρυμματίζονται εύκολα και έχουν ελάχιστη έως καθόλου κίτρινη απόχρωση μετά το μαγείρεμα.⁴

Άλλο ένα χαρακτηριστικό του αμύλου που επηρεάζει το τελικό προϊόν μακαρονιού είναι το μέγεθος των κόκκων αμύλου που συναντάται στο σιτάρι. Το άμυλο σιταριού έχει δύο τύπους κόκκων. Ο τύπος Α είναι αποτελείται από μεγαλύτερους κόκκους, οι οποίοι διογκώνονται πιο εύκολα και καταλαμβάνουν μεγαλύτερο χώρο κατά τη διόγκωση.⁴ Ο τύπος κόκκων αμύλου Β είναι μικρότερος σε μέγεθος, με μεγαλύτερη επιφάνεια ανά όγκο, πράγμα που συμβάλλει στην καλύτερη απορρόφηση του νερού και επηρεάζει κατά τη διαδικασία της ανάμειξης του αλευριού με το νερό, κατά τη διαδικασία παραγωγής ζυμαρικών.⁴ Έρευνες πάνω στη σύσταση του αμύλου σε μεγάλους και μικρούς κόκκους έδειξαν πως σχετικά υψηλό ποσοστό Β κόκκων (32-40% του συνολικού αμύλου) έχει ως αποτέλεσμα μειωμένη συρρίκνωση κατά το μαγείρεμα,⁴ πιο σταθερά και λιγότερο κολλώδη μακαρόνια, στοιχεία επιθυμητά για το τελικό προϊόν. Μια αναλογία μεγάλοι/μικροί κόκκοι 7:3 (w/w) είναι το βέλτιστο, για άμυλο σκληρού σιταριού που προορίζεται για παρασκευή ζυμαρικών.⁴

1.3.3 Καροτενοειδή

Τέλος, άλλο ένα χαρακτηριστικό του σκληρού σιταριού που αφορά την ποιότητα του τελικού προϊόντος ζυμαρικών είναι τα καροτενοειδή. Η κιτρινωπή απόχρωση που έχει το σιμιγδάλι durum, προέρχεται κυρίως από την ύπαρξη καροτενοειδών στο ενδοσπέρμιο.⁴ Το χρώμα των μακαρονιών είναι ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά που

προσέχει ο καταναλωτής και είναι άμεσα συνδεδεμένο με την αποδοχή του προϊόντος. Άλλοι ερευνητές έχουν καταλήξει πως τα καροτενοειδή στον πυρήνα είναι μερικώς υπεύθυνα για το χρώμα των ζυμαρικών, και πως το χρώμα είναι συνδυασμός τόσο των καροτενοειδών αλλά και άλλων χρωστικών που προκύπτουν από οξείδωση των καροτενοειδών από λιποξυγενάσες, κυρίως κατά την επεξεργασία της πρώτης ύλης.⁴ Κατά την παρασκευή μακαρονιών, μειώσεις λουτεΐνης και β-καροτένιου έχουν παρατηρηθεί σε ποσοστό μέχρι και 48%.⁴

1.3.4 Βιταμίνες

Οι βιταμίνες του σιταριού εντοπίζονται κυρίως στο περικάρπιο, τη φύτρα και την αλευρώνη. Λόγω αυτού, η μεγαλύτερη ποσότητα των βιταμινών χάνεται αν τα προϊόντα δεν είναι ολικής αλέσεως.⁴ Το σκληρό σιτάρι είναι καλή πηγή βιταμίνης B₁ (θειαμίνη), βιταμίνης B₂ (ριβοφλαμίνη), βιταμίνης B₃ (νιασίνη) και βιταμίνης B₆ (πυριδοξίνη). Επιπλέον, είναι πλούσιο σε βιταμίνη E, η οποία δρα ως αντιοξειδωτικό και περιέχει καροτενοειδή, τα οποία δρουν ως πρόδρομα της βιταμίνης A.⁴ Η σύσταση του σιταριού σε βιταμίνες μπορεί να διαφέρει αρκετά, ανάλογα με τις συνθήκες και την περιοχή της καλλιέργειας. Η σύσταση σκληρού σίτου σε βιταμίνες μπορεί να παρατηρηθεί στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 1).

Πίνακας 1: Σύσταση βιταμινών σε σιτάρι και ποσοστό που παραμένει σε σιμιγδάλι και ζυμαρικό Πηγή: Toepfer et al (1972)⁹¹

Σύσταση Βιταμινών σε Σιτάρι και Ποσοστό που παραμένει σε Σιμιγδάλι και Ζυμαρικό				
Θρεπτικό Συστατικό		Σιτάρι Durum (μg/g)	Σιμιγδάλι (%)	Ζυμαρικό (%)
Θειαμίνη		6,7	48	48
Ριβοφλαβίνη		1,1	88	86
Νιασίνη	Συνολική	111	35	40
	Ελεύθερη	47	47	45
Βιταμίνη B6		4,3	28	25
Πυροξιδίνη		3,3	24	20
Πυριδοξάλη		0,6	31	31
Πυριδοξαμίνη		0,4	53	58
Τοκοφερόλες		58	43	5

1.3.5 Μέταλλα-Ιχνοστοιχεία

Το σκληρό σιτάρι είναι μια σημαντική πηγή μαγνησίου (Mg), μαγκανίου (Mn), σιδήρου (Fe), ψευδαργύρου (Zn), χαλκού (Cu) και μολυβδενίου (Mo). Επιπλέον, το T. Durum είναι πλούσιο σε βιοδιαθέσιμο σελήνιο (Se). Η ποσότητα των χημικών στοιχείων αυτών διαφέρει αισθητά ανάλογα με την περιοχή, λόγω του υπεδάφους, και την ποικιλία, ενώ η σύγχρονη μαζική παραγωγή έχει προκαλέσει αισθητή ανεπάρκεια μετάλλων και ιχνοστοιχείων.⁴ Η περιεκτικότητα των μεταλλικών στοιχείων σε σπόρους σκληρού σίτου αναγράφεται στον παρακάτω Πίνακα (Πίνακας 2).

Πίνακας 2: Διάμεσος και εύρος (μg/g, dw) συγκέντρωσης μεταλλικών στοιχείων σε σπόρους σκληρού σίτου από διάφορες περιοχές καλλιέργειας

Διάμεσος και Εύρος (μg/g, dw) συγκέντρωσης μεταλλικών στοιχείων σε σπόρους σκληρού σίτου από διάφορες περιοχές καλλιέργειας							
n	Cu	Fe	Mn	Mo	Se	Zn	Πηγή
7	5,3(4,7-5,6)	...	...	0,49(0,36-0,57)	0,16(0,15-0,2)	31(29-34)	Erdman and Moul (1982) ⁹²
10	6,2(3,7-7,8)	...	...	1,72(0,48-3,2)	3,7(1,8-6,9)	24(17-40)	Mermut et al (1996) ⁹³
84	7,4(5,8-14)	44(34-66)	48(41-60)	...	...	34(29-46)	Ficco et al (2009) ⁹⁴
45	4,9(3,7-8,2)	33(25-57)	17(12-29)	0,8(0,53-1,64)	...	24(11-85)	Spiegel et al (2009) ⁹⁵
10	...	33(30-36)	...	...	0,08(0,05-0,15)	21(14-27)	Zhao et al (2009) ⁹⁶
6	6,2(5,8-7,2)	41(37-45)	38(34-43)	0,93(0,48-1,49)	0,35(0,05-1,14)	37(29-46)	Cubadda et al (2009,2012b) ^{97,98}
60	6,4(4,5-8,1)	38(25-67)	...	...	0,07(0,01-0,38)	40(26-52)	Cubadda et al (2012b) ⁹⁸

1.3.6 Διαιτητικές Ίνες

Όλα τα δημητριακά, συμπεριλαμβανομένου και του σιταριού αποτελούν σημαντική πηγή διαιτητικών ινών. Οι διαιτητικές ίνες, είναι ουσιαστικά ένα μέρος των φυτικών κυττάρων τα οποία δεν δύναται να διασπάσει και να πέψει ο ανθρώπινος οργανισμός, όπως λιγνίνη, κυτταρίνη, ημικυτταρίνη και ανθεκτικό άμυλο.⁸ Οι τροφές ολικής άλεσης διατηρούν υψηλά το επίπεδο διαιτητικών ινών, οι οποίες έχουν συνδεθεί με μειωμένο

κίνδυνο αρκετών χρόνιων ασθενειών όπως καρκίνος, διαβήτης και στεφανιαία νόσος. Επιπλέον, μειώνουν τα επίπεδα χοληστερίνης, ενισχύουν το ανοσοποιητικό σύστημα, εξουδετερώνουν τις τοξίνες και τις ελεύθερες ρίζες, οι οποίες είναι καρκινογόνες και μειώνουν αισθητά τον γλυκαιμικό δείκτη των τροφών.⁴ Τα πιο αξιοσημείωτα είδη διαιτητικών ινών που εμφανίζονται στο σιτάρι είναι αρβινοξυλάνες, β-γλυκάνες, κυτταρίνη και λιγνίνη.⁴

1.3.7 Φυτοχημικές ουσίες και αντιοξειδωτικά

Οι τροφές ολικής αλέσεως, συμπεριλαμβανομένου και των προϊόντων του σκληρού σιταριού περιέχουν ποικιλία φαινολικών ενώσεων, όπως φαινολικό οξύ, φλαβόνες, ανθοκυανίνες και αμινοφαινολικές ενώσεις. Οι ουσίες αυτές, χωνεύονται και απορροφούνται στο παχύ έντερο, λειτουργώντας ευεργετικά για την μικροχλωρίδα της περιοχής και ως εκ τούτου και για την ανθρώπινη υγεία. Οι φαινολικές ουσίες έχουν τη δυνατότητα να απορροφούν ελεύθερες ρίζες, προστατεύοντας έτσι βιομόρια υψηλής βιολογικής σημασίας από οξείδωση. Στο σκληρό σιτάρι, παρατηρούνται κυρίως φερουλικό οξύ, p-κουμαρικό οξύ και καφεϊκό οξύ, όμως εμφανίζονται διαφορές από ποικιλία σε ποικιλία.⁴

Όπως προαναφέρθηκε, το σιτάρι περιέχει ποσότητα καροτενοειδών, τα οποία όχι μόνο είναι υπαίτια για την κίτρινη απόχρωση των μακαρονιών, αλλά δρουν και ως πρόδρομα βιταμίνης Α και ως αντιοξειδωτικά. Τα καροτενοειδή μπορούν να αντιδράσουν και να εξουδετερώσουν τις ελεύθερες ρίζες. Αυξημένη κατανάλωση καροτενοειδών έχει συσχετισθεί με μειωμένο κίνδυνο καρκίνου και καρδιαγγειακών παθήσεων.⁴ Στο σιτάρι, συναντώνται σε σημαντική ποσότητα λουτεΐνη (lutein) και ζεαξανθίνη (zeaxanthin), οι οποίες όμως δεν παρουσιάζουν δράση προβιταμίνης Α.⁴

Οι λιγνάνες, είναι φυτοοιστρογόνα τα οποία μετατρέπονται σε εντεροδιόλη (enterodiol) και εντερολακτόνη (enterolactone) από τη μικροχλωρίδα που εμφανίζεται στο ανθρώπινο έντερο. Τα προϊόντα της μετατροπής αυτά έχουν αντιοξειδωτική δράση και προστατεύουν από καρδιοπάθειες και τύπους καρκίνου που σχετίζονται με τα ορμονικά επίπεδα.⁴ Οι λιγνάνες εμφανίζονται στον εξωτερικό φλοιό του φυτού (πίτουρο) οπότε υπάρχουν στα ολικής αλέσεως προϊόντα σιταριού.

Τέλος, τα δημητριακά αποτελούν καλή πηγή φυτοστερολών.⁴ Οι φυτοστερόλες είναι φυτικές στερόλες και στανόλες (stanols), μόρια με αντίστοιχη χημική δομή με τη χοληστερόλη. Πρόσληψη υψηλών ποσοτήτων φυτοστερολών έχει συσχετισθεί με μειωμένη συγκέντρωση λιποπρωτεϊνών στο αίμα και παρεμπόδιση της απορρόφησης της χοληστερόλης από το έντερο. Παρότι η συγκέντρωσή τους στα δημητριακά δεν είναι ιδιαίτερα υψηλή, λόγω της αυξημένης κατανάλωσής τους από τη σύγχρονη διατροφή συνεισφέρουν στο 30% των συνολικών απαραίτητων φυτοστερολών. Το σκληρό σιτάρι έχει μεγαλύτερη συγκέντρωση φυτοστερολών από τα εξαπλοειδή σιτάρια.⁴

1.4 Τεχνολογικά και θρεπτικά χαρακτηριστικά Δίκοκκου Σίτου

1.4.1 Πρωτεΐνες

Οι πρωτεΐνες στο δίκοκκο βρίσκονται κυρίως στα κύτταρα της αλευρώνης, το περικάρπιο, το έμβρυο και χαμηλότερη συγκέντρωση υπάρχει στο ενδοσπέρμιο.¹⁰ Οι πρωτεΐνες του σιταριού κατηγοριοποιούνται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, αυτή της γλουτένης [γλουτενίνες (29%) και γλιαδίνες (37%)] και αυτή των υπόλοιπων πρωτεϊνών [γλοβουλίνες και αλβουμίνες (30 – 39%)].⁷ Οι γλουτενίνες επηρεάζουν τη σκληρότητα και την ελαστικότητα της ζύμης. Γλιαδίνες και μονομερικές πρωτεΐνες είναι υπεύθυνες για το ιξώδες.⁹ Τα χαρακτηριστικά ποιότητας στους σπόρους, όπως και της σύστασης σε πρωτεΐνη, διαφέρουν μεταξύ των ποικιλιών και των ειδών και επηρεάζονται από περιβαλλοντικούς παράγοντες κατά την καλλιέργεια.¹⁴ Σε μελέτες που έχουν γίνει το ποσοστό της πρωτεΐνης κυμαίνεται από 8,7 έως 21,9 επί ξηρού βάρους.⁶ Το μεγάλο εύρος πιθανώς οφείλεται στην περιοχή καλλιέργειας, τις πρακτικές καλλιέργειας, την εποχή και τη χρήση ή μη λιπασμάτων.^{15,16}

1.4.2 Υδατάνθρακες

Οι υδατάνθρακες αποτελούν μεγάλο ποσοστό του δίκοκκου σπόρου, με το άμυλο να έχει την υψηλότερη συγκέντρωση (60-70%).¹⁷ Το άμυλο αποτελείται από αμυλόζη και αμυλοπηκτίνη, πολυμερή α-D γλυκόζης. Η αμυλόζη έχει μεγαλύτερη αντίσταση στα υδρολυτικά ένζυμα από την αμυλοπηκτίνη, εξαιτίας των μικρότερων και πιο πακεταρισμένων αλυσίδων της. Έτσι, η γλυκαιμική και ινσουλινική απόκριση είναι πιο

χαμηλή στην αμυλόζη και ο κορεσμός πιο μακροχρόνιος. Τα σάκχαρα βρίσκονται σε πολύ χαμηλότερο ποσοστό στο δίκοκκο σιτάρι (2-3%).⁶

1.4.3 Διαιτητικές ίνες

Απο θρεπτικής άποψης, είναι σημαντικό να διαχωριστούν οι διαλυτές και οι αδιάλυτες ίνες, καθώς οι δύο αυτές κατηγορίες έχουν διαφορετικά οφέλη για την ανθρώπινη υγεία. Οι διαλυτές μειώνουν τη χοληστερόλη¹⁸. Οι Galterio et al., (1994)⁸ διαπίστωσαν χαμηλότερα ποσοστά φυτικών ινών σε τρεις διαφορετικές ποικιλίες δίκοκκου σίτου της τάξης του 7,11% (επί ξηρού) κατά μέσο όρο και σε άλλες 7 ποικιλίες από 8,04% έως 8,94% επί ξηρού, με τις διαλυτές φυτικές ίνες να καταλαμβάνουν το 20% των συνολικών.⁷ Το δίκοκκο σιτάρι περιέχει χαμηλότερη συγκέντρωση ινών από το μαλακό σιτάρι αν και υπάρχουν μεγάλες αποκλίσεις μεταξύ μελετών.¹³ Η αλευρώνη (το εξωτερικό στρώμα του ενδοσπέρμιου) είναι πλούσια σε ίνες (35% – 40%)¹⁹, οι οποίες συνίστανται από 29% β-γλυκάνη, 65% αραβινοξυλάνη, 2% κυτταρίνη και 2% γλυκομαννάνη επί ξηρού.¹³

1.4.4 Λιπίδια

Το σιτάρι περιέχει χαμηλά ποσοστά λιπιδίων. Η περιεκτικότητα σε λιπίδια δεν έχει μελετηθεί ιδιαίτερα στο δίκοκκο, το οποίο κατά μέσο όρο περιέχει 2,8% σε ξηρή βάση. Οι Piergiovanni et al. (1996)³⁰ βρήκαν σε 50 ποικιλίες δίκοκκου χαμηλότερα ποσοστά της τάξης 2% κατά μέσο όρο, με διακύμανση από 1.4% έως 2.8% επί ξηρού. Το κυρίαρχο λιπαρό οξύ είναι το λινολεϊκό (C18:2) σε ποσοστό 60%, ακολουθούν το ολεϊκό (C18:1) σε ποσοστό 19%, το παλμιτικό (C16:0) 16%, το λινολενικό (C18:3) 4% και το στεατικό οξύ (C18:0) 1% επί το συνολικών λιπιδίων. Οι φυτοστερόλες θεωρείται πως ενισχύουν την πρόληψη του καρκίνου του εντέρου και τη μείωση των επιπέδων χοληστερόλης στο αίμα.²¹

1.4.5 Φυτοχημικές ουσίες, βιταμίνες και αντιοξειδωτικά

Τα δίκοκκα σιτηρά και τα προϊόντα τους, πέρα από πηγή μακροθρεπτικών (πρωτεΐνες, υδατάνθρακες, λιπίδια) είναι επίσης, πηγή ευεργετικών ουσιών για την υγεία, όπως φυτοχημικές ουσίες, βιταμίνες αλλά και αντιοξειδωτικά.²² Τα αρχαία σιτηρά έχουν

αυξημένες συγκεντρώσεις φυτοχημικών, όπως τα καροτενοειδή, τα φλαβονοειδή, οι φυτοστερόλες και οι φαινόλες.^{23,24} Τα δίκokka σιτηρά περιλαμβάνουν μεγάλο αριθμό στοιχείων που θεωρούνται ευεργετικά για την υγεία του ανθρώπου, όπως για παράδειγμα οι πολυφαινόλες. Οι πολυφαινόλες βρίσκονται στο επίκεντρο της επιστημονικής προσοχής, λόγω των προληπτικών τους ιδιοτήτων κατά του καρκίνου, των εγκεφαλικών επεισοδίων και της στεφανιαίας νόσου, αλλά κυρίως λόγω της πιθανής αντιοξειδωτικής τους δράσης.²⁵ Τα σιτάρια ολικής αλέσεως είναι πλούσια σε βιταμίνες B1, B2, B6, B9.¹³ Η B9 συναντάται σε αρκετά υψηλές συγκεντρώσεις στο σκληρό σιτάρι (0.74 μg/g ξηρού δείγματος) και στο δίκocco (0.69 μg/g ξηρού δείγματος).²⁰ Είναι αναγκαίο να διερευνηθούν περαιτέρω οι πιθανές θετικές επιδράσεις του δίκockου για την υγεία του ανθρώπινου οργανισμού. Τα καροτενοειδή είναι ομάδα βιταμινών ύψιστης διατροφικής, αλλά και τεχνολογικής σημασίας, καθώς επηρεάζουν το χρώμα του τελικού προϊόντος. Στο δίκocco (και στην πλειοψηφία των σιτηρών) η λουτεΐνη έχει υψηλή συγκέντρωση σε ποσοστό 90% των συνολικών καροτενοειδών συγκριτικά με το μαλακό σιτάρι.⁴ Τα συνολικά καροτενοειδή βρίσκονται σε χαμηλότερα ποσοστά στο δίκocco (2.34 mg/kg επί ξηρού) σε σχέση με το σκληρό σιτάρι (3.05 mg/kg επί ξηρού)^{26,27}.

1.4.6 Μέταλλα-Ιχνοστοιχεία

Τα ιχνοστοιχεία είναι απαραίτητα στη διατροφή του ανθρώπου επί καθημερινής βάσης.²⁸ Στο δίκocco ποικίλει η συγκέντρωση των ιχνοστοιχείων από 1.14% έως 2.46%²⁸ και είναι χαμηλότερη από αυτή του σκληρού σίτου. Το δίκocco περιέχει υψηλότερες συγκεντρώσεις σιδήρου (34.1 mg/kg), ψευδαργύρου (22.8 mg/kg) και σεληνίου (150.6 - 325.8 μg/kg) συγκριτικά με τα σκληρά και μαλακά σιτηρά.²⁹ Επιπλέον, διαπιστώθηκε ότι τα δίκokka περιέχουν αυξημένα ποσοστά λιθίου, μαγνησίου και φωσφόρου σε σύγκριση με σκληρά και μαλακά σιτάρια^{30,31}.

1.5 Ιστορική αναδρομή ζυμαρικών¹²

Η καταγωγή των μακαρονιών είναι γεμάτη μύθους και αντιφάσεις. Από τον ευρύτατα διαδεδομένο θρύλο, ότι τα μακαρόνια τα έφερε στην Ιταλία στον 13ο αιώνα ο Μάρκο Πόλο από την Απω Ανατολή, έως την αναφορά για ύπαρξη ζυμαρικών στα 1000 π.Χ.,

στην αρχαία Ελλάδα. Σύμφωνα με την τελευταία, η λέξη "λάγανον" περιέγραφε μία φαρδιά πλακωτή ζύμη από νερό και αλεύρι, την οποία οι Έλληνες έκοβαν σε λωρίδες. Αυτή η μέθοδος φαίνεται πως μεταφέρθηκε στην Ιταλία στον 8ο αιώνα π.χ. και στα λατινικά έγινε "laganum". Εικάζεται ότι η λέξη "λαζάνια" έχει τη ρίζα της σε αυτή την λέξη. Αυτή η ιστορία πιστοποιείται από Λατίνους συγγραφείς όπως ο Κικέρων, ο Οράτιος και ο Απίκιος.

Ένας άλλος μύθος με ενδείξεις για την ύπαρξη των ζυμαρικών αναφέρεται σε ευρήματα που ανακαλύφθηκαν σε τοιχογραφίες του 4ου αιώνα π.Χ., σε οικισμό των Ετρούσκων βόρεια της Ρώμης, όπου αναπαριστώνται διάφορα σκεύη για το βράσιμο νερού, μία επιφάνεια για την ανάμιξη νερού με αλεύρι, ένας κυλινδρικός πλάστης και ένα εργαλείο κοπής.

Τα ζυμαρικά υπήρχαν χωρίς αμφιβολία και στην αρχαία Κίνα, καθώς και στον Αραβικό κόσμο, αφού υπάρχουν γραπτές αναφορές σε μεσαιωνικά κείμενα του Ισλάμ για κάποια ζυμαρικά με την ονομασία "ρίστα". Αυτό που παραμένει άγνωστο είναι το κατά πόσον αυτά προϋπήρχαν της Ελληνικής εκδοχής, ότι οι Αρχαίοι Έλληνες έφτιαχναν ένα είδος ζυμαρικού με μεγάλο μήκος για να μακαρίζουν τους νεκρούς τους - από εκεί προήλθε το όνομα μακαρόνι.

Οι ιστορίες για τα μακαρόνια συνεχίζονται στη Σικελία και τους Σαρακηνούς, στο Παλέρμο, στο βιβλίο του μάγιστρα Μαρτίνο ντα Κόμο, στα κείμενα του Μπαρτολομέο Σάκι, στα κείμενα του Βοκκάκιου. Από τον 15ο αιώνα και μετά τα μακαρόνια αρχίζουν να κατασκευάζονται και σε εμπορική βάση αλλά είναι τον 18ο αιώνα που τα μακαρόνια γνώρισαν την μεγάλη τους άνθηση. Το 1700 υπήρχαν στην Νάπολη κάπου 60 καταστήματα που πουλούσαν ζυμαρικά, τα οποία έφτασαν τα 280 το 1785. Το κλίμα της Νάπολης ήταν ιδανικό για την σωστή αποξήρανση των μακαρονιών τα οποία άπλωναν σε ξύλινες βέργες στον ήλιο να στεγνώσουν σε κάθε γωνιά της πόλης.

Η ανάμιξη της ζύμης μέχρι τότε γινόταν με τα πόδια, όπως το πάτημα των σταφυλιών, μέχρι που ο Βασιλιάς Φερδινάνδος ο 2ος ανάθεσε στον Τσεζάρε Σπαντατσίνι να κατασκευάσει τον πρώτο μηχανικό πατητήρι από χαλκό. Σύντομα αρχίζουν να λειτουργούν και τα πρώτα εργοστάσια μακαρονιών.

Τα μακαρόνια μέχρι τότε συνδυάζονταν κυρίως με πιπέρι και τυρί και τρώγονταν με τα δάχτυλα. Με την εισαγωγή της ντομάτας από τον «Νέο Κόσμο» αρχίζουν γύρω στο

1800 να εμφανίζονται και οι πρώτες σάλτσες ντομάτας για μακαρόνια, που ήταν κυρίως ντομάτες που έβραζαν με αλάτι και βασιλικό και σύντομα αρχίζει να χρησιμοποιείται το πιρούνι με τα τέσσερα δόντια το οποίο μπορεί να μεταφέρει με λιγότερες απώλειες τα σπαγγέτι από το πιάτο στο στόμα.

1.6 Διαδικασία παραγωγής ζυμαρικών από σκληρό σιτάρι

1.6.1 Άλεση σιταριού

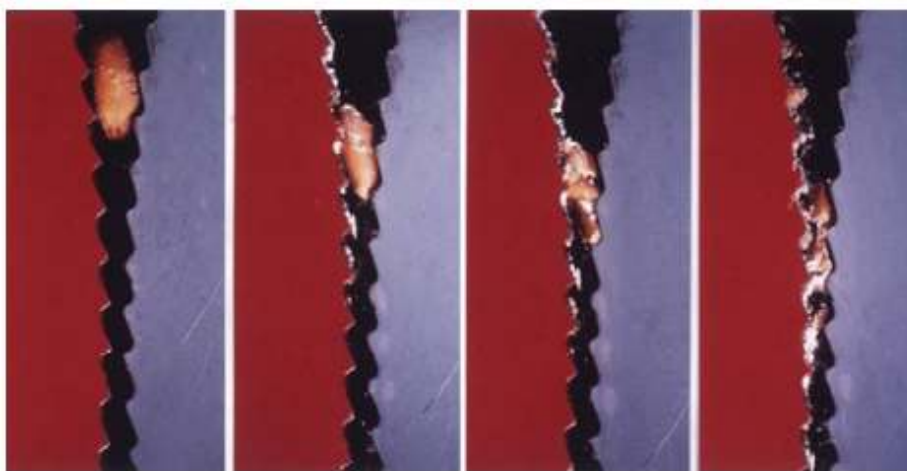
Το μεγαλύτερο ποσοστό του T. Dugum που θερίζεται καταλήγει να χρησιμοποιείται για παρασκευή ζυμαρικών ή κουσκούς. Η πρώτη ύλη για τα προϊόντα αυτά είναι το σιμιγδάλι, δηλαδή κόκκοι του ενδοσπερμίου, απαλλαγμένο από πίτουρο (ελαφριά άλεση). Το σιτάρι φτάνει στις εγκαταστάσεις άλεσης (μύλος) συνήθως με φορτηγό, τραίνο ή και πλοίο και εκφορτώνεται ταχέως. Στην αρχή γίνεται έλεγχος της ποσότητας, του βάρους και της ποιότητας του σιταριού που κατέφτασε, πριν αυτό κατευθυνθεί προς χώρους αποθήκευσης. Οι σύγχρονοι μύλοι έχουν την ικανότητα να αναμειγνύουν ποικιλίες σιταριού κατάλληλα, ώστε το μείγμα να μειώνεται το κόστος και να επιτυγχάνεται η θεμιτή ποιότητα. Επιπλέον, σε αυτό το στάδιο το σιτάρι καθαρίζεται μερικώς από «ξένα» αντικείμενα, τα οποία μπορούν να βλάψουν και τον εξοπλισμό στην συνέχεια της επεξεργασίας. Σε αυτό το στάδιο γίνεται έλεγχος και της αρχικής υγρασίας, η οποία εάν είναι πάνω από 14% χρειάζεται προσοχή, ενώ εάν ξεπερνά και το 14,5% το σιτάρι χρειάζεται συχνό γύρισμα ή/και ξήρανση.⁴

Μετά το σύστημα εισαγωγής ακολουθεί το καθάρισμα. Οι ξένες ύλες δημιουργούν στίγματα στο αλεύρι και είναι αρκετά σημαντικό να απομακρύνονται, ειδικά όταν το σκληρό σιτάρι προορίζεται για χρήση στη μακαρονοποιία. Το σιμιγδάλι, έχει κόκκους μεγαλύτερους από το απλό αλεύρι, 250-300 μm έναντι 80-100 μm. Σε όλη τη διαδικασία καθαρίσματος χρησιμοποιούνται αρκετά μηχανήματα ευαίσθητα στη διακύμανση βάρους, χρώματος και μεγέθους, που αποσκοπούν σ' αυτή τη διαδικασία. Εκτός αυτού, έχουν τοποθετηθεί μαγνήτες για να απομακρύνουν διάφορα μέταλλα που μπορεί να έχουν αναμειχθεί με το σιτάρι.

Το σιτάρι, εν συνεχεία περνάει από την διαδικασία της ύγρανσης (dampening) και της σκλήρυνσης (tempering). Ο χρόνος σκλήρυνσης είναι ουσιαστικά χρόνος όπου το

προϊόν αφήνεται να ηρεμήσει. Το σκληρό σιτάρι χρειάζεται 6-12 ώρες tempering.⁴ Η ενυδάτωση αυτή σκληραίνει τα στρώματα πίτουρου με αποτέλεσμα αυτά να απομακρύνονται από το ενδοσπέρμιο ευκολότερα δίχως να θρυμματίζονται. Ακολουθεί ένα δεύτερο καθάρισμα το οποίο αποσκοπεί στην μείωση του μικροβιακού περιεχομένου στο τελικό σιμιγδάλι. Ένα καλό σύστημα φιλτραρίσματος και καθαρισμού είναι απαραίτητο για να βεβαιωθούμε πως το προϊόν θα καθαρίσει πλήρως, αλλά και για να μειωθεί η πιθανότητα καταστροφής του εξοπλισμού. Ένας εξυγιαντής (purifier) χρησιμοποιείται για να ξεχωρίσει το πίτουρο από ίδιου μεγέθους αλλά διαφορετικού βάρους και πυκνότητας σιμιγδάλι. Ο διαχωρισμός γίνεται με τη δύναμη του αέρα και τη χρήση κοσκίων κατάλληλων μεγεθών. Ο αέρας ρέει αντίθετα από τη ροή του σιταριού. Το σιμιγδάλι περνάει από τα κόσκινα παρά τον αέρα, λόγω βάρους, ενώ το πίτουρο κατακρατείται από το κόσκινο.⁴

Τέλος, ακολουθεί η άλεση, η οποία πραγματοποιείται σε πολλαπλά στάδια στους σύγχρονους μύλους. Αρχικά, χρησιμοποιείται εξοπλισμός για να «ανοίξει» και να «σπάσει» τον πυρήνα του σιταριού, όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.



Εικόνα 3: Διαδικασία άλεσης ενός σπόρου σιταριού⁴

Στη συνέχεια, το σιμιγδάλι περνάει μέσα από κυλίνδρους (detaching rolls), στους οποίους τρίβεται ήπια ώστε να απομακρυνθεί το τελευταίο μέρος πίτουρου που δεν έχει απομακρυνθεί κατά τη διάρκεια του κοσκινίσματος. Επιπλέον, αλέθεται ήπια (reduction rolls), με σκοπό τη μείωση του εύρους των μεγεθών των κόκκων. Το μέγεθος τους μπορεί να διαφέρει ανάλογα με τη χρήση και τις απαιτήσεις του τελικού προϊόντος. Γενικά, το μέγεθος κόκκων που συνηθίζεται να χρησιμοποιείται για την παρασκευή

μακαρονιών και ζυμαρικών είναι σχετικά μεγάλο, της τάξεως των 600-125 μm .⁴ Το αλεύρι, έχει κόκκους με μέγεθος < 125 μm .

1.6.2 Παρασκευή μακαρονιών

Η παρασκευή ζυμαρικών περιλαμβάνει τρία κύρια στάδια. Το πρώτο είναι η ανάμειξη νερού με σιμιγδάλι καταλήγοντας σε ζύμη. Το δεύτερο είναι το φορμάρισμα της ζύμης στο επιθυμητό σχήμα ζυμαρικού, ενώ το τρίτο στάδιο αφορά τη ξήρανση των ζυμαρικών για σταθεροποίηση του σχήματός τους.

Οι βασικές πρώτες ύλες για παραγωγή κλασσικών μακαρονιών είναι σιμιγδάλι και νερό. Οι πρωτεΐνες του σιταριού ισχυροποιούν τη δομή των μακαρονιών μέσω ενός πλέγματος συσσωμάτωσης (entangled aggregation).⁴ Το άμυλο, το συστατικό που συναντάται σε μεγαλύτερη ποσότητα στο σιμιγδάλι, εμφανίζεται ως κόκκοι διασκορπισμένο στο πρωτεϊνικό πλέγμα. Πέρα από τα συνηθισμένα συστατικά για παραγωγή ζυμαρικών, μια ευρεία ποικιλία επιπλέον συστατικών μπορεί να χρησιμοποιηθεί, καταλήγοντας σε ένα διαφορετικό τελικό προϊόν. Αυγά και ξερά λαχανικά, όπως τομάτες και σπανάκι, διαφοροποιούν το χρώμα και τη γεύση του τελικού προϊόντος και δίνουν επιπλέον θρεπτική αξία. Εκτός αυτού, οι πρωτεΐνες του αυγού βελτιστοποιούν τη δομή του ζυμαρικού.⁴ Η αναλογία και δοσολογία των πρώτων υλών είναι υψίστης σημασίας για τα επόμενα στάδια και την ποιότητα του τελικού προϊόντος. Η αναλογία νερό/σιμιγδάλι εξαρτάται από τη σύσταση του σιμιγδαλι (πρωτεΐνη, άμυλο, φυτικές ίνες) και πρέπει η ζύμη να έχει υγρασία 28-30%. Το νερό που αναμειγνύεται με σιμιγδάλι έχει θερμοκρασία από 20 έως 50 °C.⁴

Το νερό και το σιμιγδάλι περνάνε μέσα από μηχανήματα τα οποία αποσκοπούν στο να παρασκευάσουν ένα ομογενές μείγμα, δηλαδή μια ζύμη στην οποία η υγρασία εμφανίζεται ομοιόμορφα. Μετά την ενυδάτωση και την ανάμειξη δημιουργείται και σχηματίζεται η ζύμη. Η θερμοκρασία της ζύμης σε αυτό το στάδιο δεν πρέπει να ανέβει πάνω από τους 45 °C. Ύστερα, ακολουθεί το στάδιο της σχηματοποίησης (φορμάρισμα) της ζύμης, στο σχήμα το οποίο επιθυμούμε να έχει το ζυμαρικό – τελικό προϊόν. Το σχήμα, σταθεροποιείται από ένα συνεχές πλέγμα γλουταμίνης, η οποία περιβάλλει κόκκους αμύλου. Ουσιαστικά, το τελικό σχήμα (φορμάρισμα) των ζυμαρικών πραγματοποιείται όταν η ζύμη εξωθείται με υψηλή πίεση μέσα από μικρές οπές

διαφόρων σχημάτων και κόβεται τμηματικά, ανάλογα με το μέγεθος προϊόντος που μας ενδιαφέρει. Τα φρέσκα μακαρόνια, συνηθίζεται να λαμβάνουν το τελικό τους σχήμα «φύλλου» με φυλλοποίηση (lamination). Τέλος, για την παρασκευή ξηρών μακαρονιών, ακολουθεί το στάδιο της ξήρανσης. Πρόκειται για το πιο χρονοβόρο στάδιο της παραγωγής. Η μέθοδος που ακολουθείται είναι η χρήση ρεύματος καυτού ή ζεστού αέρα κατευθυνόμενου προς φρέσκα ζυμαρικά, με αποτέλεσμα να μειώνεται σταδιακά το ποσοστό υγρασίας του ζυμαρικού. Οι συνήθεις θερμοκρασίες του θερμαντικού μέσου στις σύγχρονες μεθόδους ξήρανσης ζυμαρικών είναι από 70 έως 100 °C, ενώ το ζυμαρικό φτάνει σε θερμοκρασίες 60-90 °C. Η διαφορά αυτή οφείλεται στην εξάτμιση του νερού, η οποία κρατά τη θερμοκρασία του ζυμαρικού σε χαμηλότερα επίπεδα. Τα ζυμαρικά θεωρούνται ξηρά, όταν το ποσοστό υγρασίας στο εσωτερικό τους φτάνει σε επίπεδα κάτω από 12,5%.⁴ Η διεξαγωγή και οι συνθήκες ξήρανσης χρειάζονται ιδιαίτερη προσοχή, καθώς μπορούν να έχουν δυσμενείς επιπτώσεις στο χρώμα, την υφή, τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά και τη θρεπτική αξία του προϊόντος.

1.7 Τεχνολογικά Χαρακτηριστικά Μακαρονιών

Σύμφωνα με τον Κώδικα Τροφίμων και Ποτών¹¹, τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των μαγειρεμένων (βρασμένων) μακαρονιών πρέπει να είναι άμεμπτα και να μην έχουν ένδειξης χρήσης ελλαττωματικών πρώτων υλών ή ατελούς επεξεργασίας. Συγκεκριμένα, τα ζυμαρικά πρέπει να έχουν τα ακόλουθα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά κατά το βρασμό με νερό:

- (1) Να διογκώνονται τουλάχιστον κατά το διπλάσιο του όγκου τους.
- (2) Να μη διασπώνται σε ποσοστό ανώτερο του 5%.
- (3) Να μην εμφανίζουν πολτώδη μορφή (χυλώνουν).
- (4) Το υγρό μετά το βρασμό (ζωμός), πρέπει να είναι διαυγές, χωρίς δυσάρεστη οσμή ή δυνατή όξινη γεύση. Ο θολός ζωμός είναι ένδειξη κατώτερης ποιότητας ζυμαρικών ή πεπαλαιωμένων.
- (5) Το χρώμα και γενικά η εμφάνιση των ζυμαρικών να είναι φυσική χωρίς τεχνική χρώση ή προσθήκη συντηρητικών. Απαγορεύεται η τεχνητή χρώση των ζυμαρικών, η προσθήκη συντηρητικών μέσων και η παρουσία γενικά κάθε ανόργανης ή οργανικής ουσίας.

(6) Η Υγρασία και πτητικές ουσίες στους 105° C πρέπει να είναι (κατά την παραλαβή του προϊόντος) όπως παρακάτω: Από 16 Ιουνίου έως και 15 Σεπτεμβρίου κάθε έτους, κατ' ανώτατο όριο 12,5%. Από 16 Σεπτεμβρίου μέχρι και 15 Ιουνίου κατ' ανώτατο όριο 13,5%.

(7) Η Οξύτητα όχι πάνω των 10 βαθμών, ή 0,9% σε γαλακτικό οξύ.

(8) Η Τέφρα: Ανώτατο όριο 0,9%.

(9) Απαγορεύεται η προσθήκη κάθε άλλης αμυλώδους ουσίας, εκτός από σιμιγδάλι προερχόμενο από σκληρό σιτάρι.

(10) Απαγορεύεται η χρησιμοποίηση θρυμμάτων ζυμαρικών.

(11) Πρέπει να είναι απαλλαγμένα από ζώντα ή νεκρά παράσιτα (προνύμφες, νυμφικές μορφές ή τέλεια έντομα) και γενικά να μην φέρουν ίχνη προσβολής από αυτά.

1.8 Ανάγκη για διερεύνηση τοπικών ποικιλιών

Πολλοί ερευνητές έχουν προσπαθήσει να ορίσουν τη σημασία των τοπικών ποικιλιών σίτου. Σύμφωνα με τον Von Rummel (1908)³⁶ οι τοπικές ποικιλίες είναι ποικιλίες οι οποίες καλλιεργούνται σε συγκεκριμένες γεωγραφικές περιοχές, και παίρνουν το όνομά τους από αυτές. Πρόσφατα, ο Casanovas έδωσε έναν πιο γενικό ορισμό για τις τοπικές ποικιλίες ως «μια καλλιεργούμενη, ετερογενής ποικιλία, η οποία έχει εξελιχθεί στο οικοσύστημα μιας συγκεκριμένης γεωγραφικής περιοχής και ως εκ τούτου είναι προσαρμοσμένη στις συνθήκες εδάφους, κλίματος και τρόπου καλλιέργειας, αλλά και χρησιμοποιείται για τις εφαρμογές και τις ανάγκες της περιοχής αυτής».³⁷ Με το πέρασμα του χρόνου πολλές ποικιλίες σιταριού αντικαταστάθηκαν από ποικιλίες βελτιωμένης απόδοσης ή/και βελτιωμένων ιδιοτήτων, με αποτέλεσμα οι πρώτες να εγκαταλειφθούν και να χαθούν, τόσο οι ποικιλίες, όσο και η γενετική ιδιομορφία τους. Έχει εκτιμηθεί ότι η βιοποικιλότητα του σκληρού σίτου έχει μειωθεί κατά 84% παγκοσμίως, ενώ η βιοποικιλότητα του μαλακού σίτου έχει μειωθεί κατά 69%.³⁸ Στην Ελλάδα, το 97% της ποσότητας των καλλιεργούμενων τοπικών ποικιλιών σκληρού σίτου έχουν αντικατασταθεί από άλλες σοδιές (π.χ. Ιταλικές).³⁹

Οι εμπορικές ποικιλίες δεν έχουν ανθεκτικότητα σε φυτικές αρρώστιες. Έχουν αυξημένη σοδιά, αλλά μένουν πίσω στην δυνατότητα προσαρμοστικότητας στα εδάφη και τις συνθήκες των περιοχών όπου, αρχικά, αναπτυσσόταν κάποια τοπική ποικιλία,

την οποία και αντικατέστησαν.⁴⁰ Επιπλέον, υπάρχουν στοιχεία που υποδηλώνουν πως οι «αρχαίες» ποικιλίες έχουν περισσότερα θρεπτικά και υγιεινά οφέλη σε σύγκριση με τις εμπορικές ποικιλίες.⁴⁰ Οι τοπικές ποικιλίες είναι μια πιθανώς καλή πηγή αντιοξειδωτικών, καροτενοειδών και φαινολικών.⁴⁰

Καθίσταται λοιπόν φανερό πως λόγω της παρούσας κλιματικής αλλαγής, των απωλειών στη γενετική ποικιλότητα, της μεγαλύτερης ανθεκτικότητας στις φυτικές αρρώστιες η οποία καθιστά μη αναγκαία τη χρήση αντιβιοτικών, αλλά και τη στροφή του ενδιαφέροντος των καταναλωτών προς εναλλακτικές ποικιλίες, η διερεύνηση των τοπικών «αρχαίων» ποικιλιών ως πρώτες ύλες για πληθώρα εφαρμογών, είναι απαραίτητη.

Εκτός αυτού, η συνεχής ανάγκη των καταναλωτών για ανανέωση των διατροφικών τους συνηθειών και κατ' επέκταση των επιλογών τους, καθιστά απαραίτητη την εύρεση εναλλακτικών πρώτων υλών οι οποίες θα τους χαρίσουν νέες γευστικές εμπειρίες ή/και επιπλέον θρεπτικά οφέλη. Για το λόγο αυτό η βιομηχανία ζυμαρικών έχει πλέον στραφεί και σε εναλλακτικές ποικιλίες σιταριού και «παραδοσιακά» σιτάρια τα οποία καλλιεργούνται σε μικρότερη κλίμακα. Οι δυσκολίες που προκύπτουν στα στάδια ενός τέτοιου επιχειρήματος είναι αρκετές. Χρειάζεται λεπτομερής έλεγχος και καταγραφή των φυσικών χαρακτηριστικών του σιμιγδαλιού και της σύστασής του από αυτές τις ποικιλίες σιταριού, για να διαπιστωθεί εάν συμφωνεί με τον Κώδικα Τροφίμων και Ποτών. Επιπλέον, χρειάζεται η πειραματική διερεύνηση των συνθηκών μαγειρέματος του προκύπτοντος μακαρονιού, για να διαπιστωθεί εάν είναι εφικτή η παρασκευή του με οργανοληπτικά χαρακτηριστικά και φυσικές ή/και χημικές ιδιότητες που είναι, όχι μόνο σύμφωνες με τον Κ.Τ.Π., αλλά και με τις προτιμήσεις των καταναλωτών. Τέλος, αρκετές φορές ποικιλίες σκληρού σιταριού οι οποίες θεωρούνται και κατατάσσονται στις παραδοσιακές/μη εμπορικές είναι ουσιαστικά εμπορικές ποικιλίες των οποίων η προέλευση έχει χαθεί στο βάθος του χρόνου, με μικρές ή και καθόλου διαφορές λόγω διαφορετικών καιρικών συνθηκών, διαφορετικής σύστασης εδάφους στις περιοχές καλλιέργειας. Επιπλέον, η καθιέρωση τοπικών ποικιλιών σε ένα ευρέως καταναλισκόμενο προϊόν όπως είναι τα ζυμαρικά θα επιφέρει οικονομικά οφέλη για τις τοπικές κοινωνίες, στις οποίες καλλιεργούνται και ευδοκιμούν οι ποικιλίες αυτές.

Πειραματικό Μέρος

2 Υλικά και Μέθοδοι

Σε πρώτο στάδιο έλαβαν χώρα μετρήσεις στους σπόρους της εκάστοτε ποικιλίας. Στη συνέχεια, ποσότητα της κάθε ποικιλίας αλέστηκε και πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις στα άλευρα που προέκυψαν. Τέλος, παρασκευάστηκαν ζυμαρικά από τα προαναφερθέντα άλευρα και μετρήθηκαν οι φυσικές τους ιδιότητες σε φρέσκο, ξερό και μαγειρεμένο (βρασμένο) ζυμαρικό.

2.1 Σιτάρια

Τα σιτάρια καλλιεργήθηκαν για λόγους μείωσης της παραλλακτικότητας τους στο ίδιο περιβάλλον, σε αγρό του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών στα Σπάτα (37°58'46.2"N 23°54'48.3"E) κατά την καλλιεργητική περίοδο 2019-2020. Οι αρχικοί εμπορικοί σπόροι Ελπίδα και Μεξικάλι 81 δωρίστηκαν από το Ινστιτούτο Γενετικής Βελτίωσης και Φυτογενετικών Πόρων του ΕΛΓΟ-ΔΗΜΗΤΡΑ. Οι τοπικές ποικιλίες Μαυραγάνι Αρκαδίας, Μαυραγάνι Λήμνου, Μαυραγάνι Σκύρου και Δίκοκκο δωρίστηκαν από τοπικούς παραγωγούς από διάφορες περιοχές της Ελλάδος. Για χάρη συντομίας, στην παρούσα έρευνα οι ποικιλίες θα αναφέρονται με τη μορφή συντομογραφίας. Οι συντομογραφίες παρατίθενται στον πίνακα 3:

Πίνακας 3: Συντομογραφίες προς ανάλυση ποικιλιών

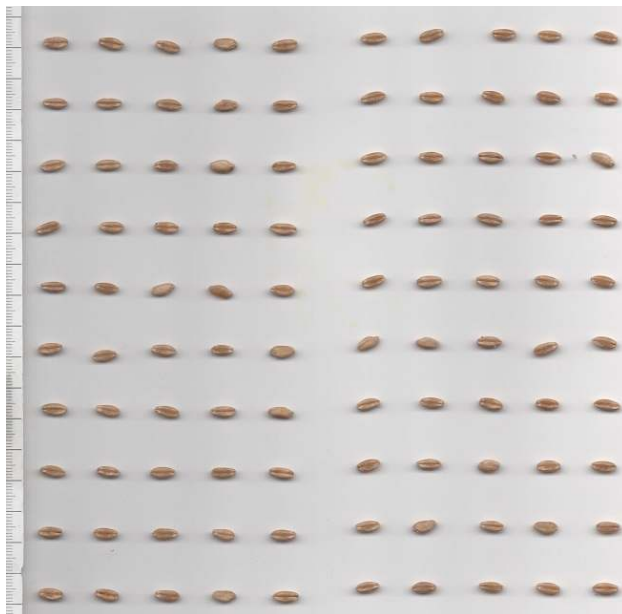
Ποικιλία	Συντομογραφία
Ελπίδα	ELP
Μεξικάλι 81	MEX
Μαυραγάνι Αρκαδίας	MA
Μαυραγάνι Λήμνου	ML
Μαυραγάνι Σκύρου	MS
Δίκοκκο	DIK

2.2 Ανάλυση σπόρων

Αρχικά, αξιολογήθηκαν τα μορφολογικά χαρακτηριστικά των σπόρων με σάρωση εικόνας και χρήση λογισμικού ανάλυσης εικόνας (Image ProPlus Media Cybernetics, USA). Στη συνέχεια, μετρήθηκε ο όγκος των σπόρων, και το βάρος συγκεκριμένου αριθμού σπόρων (100). Τέλος, προσδιορίστηκε η σκληρότητά τους.

2.2.1 Μορφολογικά χαρακτηριστικά

Σε σαρωτή εικόνας (EPSON Perfection V600 Photo Scanner) τοποθετούνται 100 σπόροι από κάθε ποικιλία και στοιχίζονται όπως φαίνεται στην εικόνα 4. Η εικόνα που λαμβάνεται από τον σαρωτή έχει ανάλυση 300 DPI. Στη συνέχεια, χρησιμοποιείται το λογισμικό ImageProPlus 7, Media Cybernetics, για την ανάλυση των μορφολογικών χαρακτηριστικών των σπόρων και συγκεκριμένα για την μέτρηση εμβαδού (Area), μήκους και πλάτους (Size length/Size width), τη μέγιστη, ελάχιστη και μέση διάμετρο (Diameter max / min / mean) και την κυκλικότητα (Roundness). Το εμβαδόν σπόρου εκφράζεται σε mm². Η μονάδα μέτρησης μήκους, πλάτους, διαμέτρων και περιμέτρου είναι



Εικόνα 4: Αποτύπωση 100 σπόρων της ποικιλίας Ελπίδα

τα mm. Η μέγιστη/ελάχιστη διάμετρος είναι η μεγαλύτερη/μικρότερη ευθεία που ενώνει δύο σημεία του περιγράμματος ενός σπόρου και περνάει από το κέντρο του. Η διάμεση διάμετρος (mean) είναι ο μέσος όρος του μήκους όλων των προαναφερθέντων ευθειών. Η περίμετρος αφορά το συνολικό μήκος του περιγράμματος του σπόρου. Η τιμή της κυκλικότητας (roundness) υπολογίζεται από τον τύπο $roundness = \frac{περίμετρος^2}{4 \times \pi \times εμβαδόν}$. Για έναν κύκλο η κυκλικότητα έχει τιμή μονάδας (περίμετρος κύκλου = $2\pi r$ και εμβαδόν κύκλου = πr^2). Έτσι, όσο πιο κοντά είναι η τιμή της κυκλικότητας στη μονάδα, τόσο «πιο στρογγυλό» τείνει να είναι το σχήμα

των σπόρων της ποικιλίας. Αντιθέτως, όσο η τιμή αυτή απομακρύνεται από τη μονάδα, τόσο «το σχήμα του σπόρου αποκλίνει από το στρογγυλό». Η όλη διαδικασία πραγματοποιήθηκε εις διπλούν. Συνολικά μετρήθηκαν 200 σπόροι κάθε, προς ανάλυση, ποικιλίας.

2.2.2 Βάρος, όγκος, και πυκνότητα σπόρων

Από κάθε ποικιλία επιλέγονται τυχαία 100 σπόροι, ζυγίζονται σε αναλυτικό ζυγό και μετράται το συνολικό τους βάρος (w).⁴¹

Οι σπόροι τοποθετούνται σε ογκομετρικό κύλινδρο με χωνί και λαμβάνεται η πρώτη τιμή του όγκου (V_b). Στη συνέχεια ο ογκομετρικός κύλινδρος κτυπάται (100 κτυπήματα) ομαλά σε επιφάνεια, ώστε οι σπόροι να συμπτυχθούν στον δεδομένο όγκο του κυλίνδρου, και λαμβάνεται μια δεύτερη μέτρηση (V_t). Τέλος, με τον τύπο $\rho = \frac{w}{v}$ υπολογίστηκαν η φαινομενική (ρ_b) και η πραγματική (ρ_T) πυκνότητα των σπόρων.⁴² Συγκεκριμένα $\rho_b = \frac{w}{v_b}$ και $\rho_T = \frac{w}{v_t}$, όπου w το μέσο βάρος ενός σπόρου και v_b και v_T οι μέσοι όγκοι ενός σπόρου της κάθε ποικιλίας.

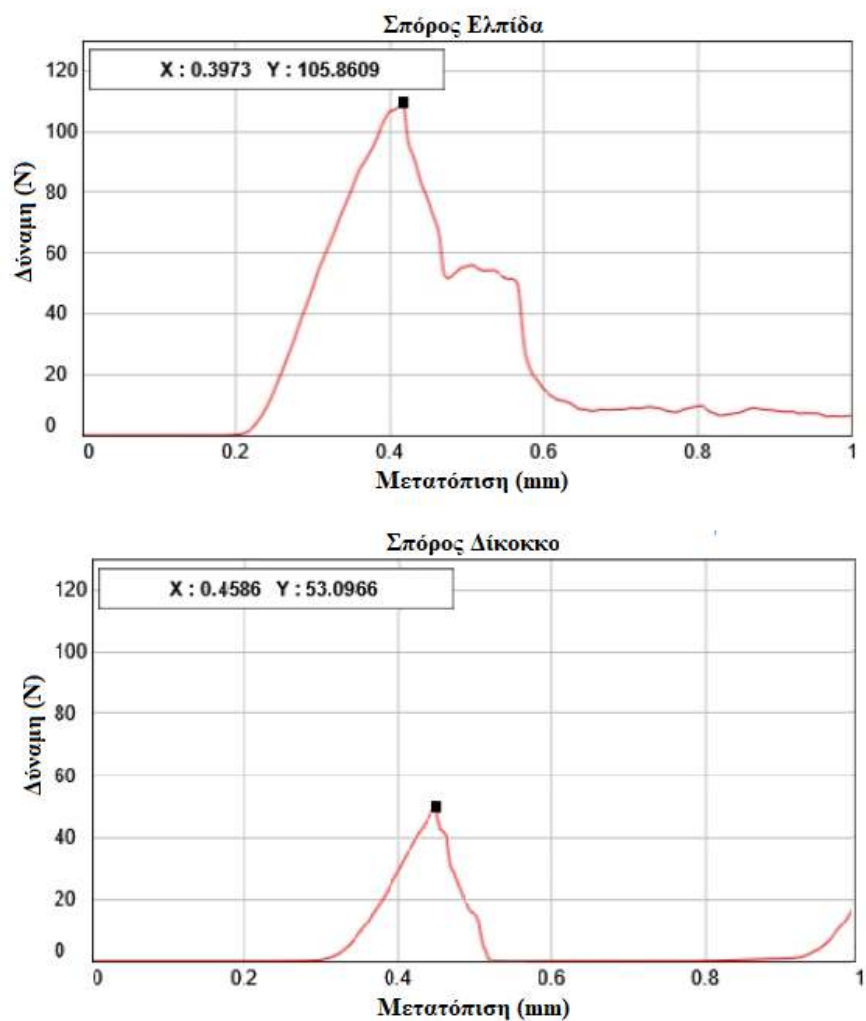
Στις παραπάνω μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν τέσσερις επαναλήψεις για τους σπόρους κάθε ποικιλίας.

2.2.3 Σκληρότητα σπόρου

Με τη χρήση του Instron model 3343 (Instron, Nordwood, MA, USA) μετράται η ελάχιστη δύναμη (F) που πρέπει να ασκηθεί σε ένα σπόρο, ώστε αυτός να σπάσει.⁴³ Οι σπόροι τοποθετούνται με τη λεία επιφάνειά τους προς τα κάτω, για μεγαλύτερη σταθερότητα του δείγματος, και την κοίλη πλευρά προς τα πάνω, από όπου «έρχεται» και πιέζει τον σπόρο το έμβολο (Εικόνα 5). Χρησιμοποιείται έμβολο συμπίεσης διαμέτρου 4 cm που κατεβαίνει με ταχύτητα 50 mm/min, και κεφαλή εύρους 0-1kN. Συνολικά για κάθε ποικιλία συμπίεστηκαν 50 υγιείς σπόροι. Στην εικόνα 5 παρατηρείται το μηχανήμα Instron, το έμβολο και το σημείο τοποθέτησης δείγματος. Στο σχήμα που ακολουθεί (σχήμα 3)



παρατίθενται ενδεικτικά διαγράμματα σπασίματος ενός σπόρου της ποικιλίας Ελπίδα (πάνω) και ενός σπόρου της ποικιλίας Δίκοκκο (κάτω). Η τιμή που λαμβάνεται είναι η πρώτη κορυφή στο διάγραμμα, και αντιπροσωπεύει τη δύναμη που απαιτείται ώστε να σπάσει ο σπόρος (μαύρο τετράγωνο στο σχήμα 1).



Σχήμα 1:

Δύναμη

σπασίματος σπόρου ποικιλίας ELP (πάνω) και DIK (κάτω) με τη χρήση Instron

2.2.4 Άλεση



Εικόνα 6: Μύλος Άλεσης USA grain mill

Οι σπόροι αλέστηκαν με τη χρήση μύλου USA grain mill (EBC mill, Casella Company, London, /2000 W, velocity 25,000 r/ min,) (Εικόνα 6).

Αλέστηκαν συνολικά 600 γραμμάρια σπόρων από κάθε ποικιλία. Οι σπόροι εισέρχονται στον μύλο τμηματικά για να αποφευχθεί θέρμανση λόγω τριβής, η οποία πιθανώς φθείρει το εξερχόμενο

αλεύρι. Το τελευταίο, αφέθηκε σε δοχείο για να ισορροπήσει η υγρασία και η θερμοκρασία του με το περιβάλλον, για μία εβδομάδα. Η διαδικασία έγινε εις διπλούν για κάθε ποικιλία.

2.3 Ανάλυση αλεύρων

Στα αλεύρια που παράχθηκαν έγινε προσδιορισμός υγρασίας, πρωτεΐνης, γλουτένης, ενεργότητας νερού (aw) και συγκράτησης νερού (WHC). Επιπλέον, έγινε κατανομή του μεγέθους των κόκκων του αλεύρου με τη χρήση κόσκινων και ανάλυση χρώματος με φασματοφωτόμετρο. Πραγματοποιήθηκαν 3 επαναλήψεις σε όλες τις αναλύσεις της ενότητας αυτής.

2.3.1 Υγρασία αλεύρου

Ο προσδιορισμός της υγρασίας πραγματοποιήθηκε με βάση την πρότυπη μέθοδο AACC 44-01.01 με μικρές διαφοροποιήσεις.⁴⁴ Ειδικά φιαλίδια με πώμα ζυγίζονται κενά, αφού έχουν πλυθεί, ξηραθεί (105°C) και παραμένει σε ξηραντήρα για μια ώρα. Δύο γραμμάρια δείγματος (αλεύρι) τοποθετούνται εντός του φιαλιδίου και ζυγίζονται μαζί με το δοχείο ($W_{αρχ}$). Τα φιαλίδια μπαίνουν ανοικτά σε φούρνο στους 105°C για 24 ώρες, ώστε να απομακρυνθεί η υγρασία του δείγματος. Μόλις περάσει το χρονικό διάστημα των 24 ωρών, επανατοποθετείται το πώμα στα φιαλίδια (εντός του φούρνου)

και αυτά μπαίνουν σε ξηραντήρα για μια ώρα, μέχρι θερμοκρασίας περιβάλλοντος. Τέλος, τα φιαλίδια ζυγίζονται ($W_{\text{τελ}}$) και υπολογίζεται το ποσοστό υγρασίας που απομακρύνθηκε σύμφωνα με τον τύπο: $\text{υγρασία (\%)} = \frac{W_{\text{αρχ}} - W_{\text{τελ}}}{W_{\text{αρχ}}} \times 100$.⁴⁴

2.3.2 Ενεργότητα Νερού (a_w)

Η ενεργότητα νερού μετράται με τη χρήση του water activity indicator (Hygrolab C1, Rotronic AG, Switzerland) (Εικόνα 7), συνδεδεμένου σε λουτρό νερού (water bath), το οποίο διατηρεί τη θερμοκρασία του δείγματος σταθερή.



Εικόνα 7: Water Activity Indicator (Hygrolab C1, Rotronic AG, Switzerland)

Σε πλαστικά δοχεία μέτρησης ενεργότητας νερού τοποθετείται επαρκής ποσότητα δείγματος (αλεύρι), ώστε να καλύπτεται όλη η επιφάνεια του πάτου του δοχείου και λαμβάνεται η μέτρηση της ενεργότητας νερού σε σταθερή θερμοκρασία δωματίου

(25°C).⁴⁵

2.3.3 Ικανότητα συγκράτησης νερού

Η ικανότητα συγκράτησης νερού (WHC) μετρήθηκε με βάση την πρότυπη μέθοδο AACC 56-11.0, με μικρές διαφοροποιήσεις.⁴⁶ Ποσότητα δείγματος, 0,5 g ($W_{\text{δείγμα}}$), τοποθετούνται σε δοκιμαστικούς σωλήνες, οι οποίοι είχαν προηγουμένως ζυγιστεί ($W_{\text{αρχ}}$). Σε κάθε δοκιμαστικό σωλήνα προστίθενται 5ml απιονισμένου νερού. Οι δοκιμαστικοί σωλήνες υφίστανται Vortex για 1 λεπτό ο καθένας, για πιο διεξοδική ενυδάτωση του αλεύρου. Οι δοκιμαστικοί σωλήνες στη συνέχεια φυγοκεντρώνονται στις 3000rpm για 30 λεπτά. Στο τέλος της φυγοκέντρωσης αποχύνεται το υπερκείμενο νερό, ζυγίζεται ο σωλήνας με το δείγμα ($W_{\text{τελ}}$) και υπολογίζεται το νερό που έχει κατακρατηθεί από το δείγμα σύμφωνα με τον τύπο $WHC = \left(\frac{W_{\text{τελ}} - W_{\text{αρχ}}}{W_{\text{δείγμα}}} \right) \times 100\%$.⁴⁶

2.3.4 Χρωματομετρία

Με τη χρήση 3nh High-Quality Spectrophotometer NS800S (SHENZHEN 3NH TECHNOLOGY CO., LTD., COLOR CONTROLLER HK LIMITED, Xili, NanshanDistrict, Shenzhen, China) (Εικόνα 8) γίνεται μέτρηση των παραμέτρων $L^* a^* b^*$ του κάθε δείγματος, οι οποίες έχουν οριστεί από την CIE



Εικόνα 8: Το σπεκτροφωτόμετρο που χρησιμοποιήθηκε για τη λήψη μετρήσεων χρώματος

(Commission Internationale de l'Eclairage) το 1976.⁴⁷ Το L^* εκφράζει τη φωτεινότητα με τιμή $L^* 0$ να αντιστοιχεί στο μαύρο και τιμή $L^* 100$ να αντιστοιχεί στο λευκό. Οι τιμές των a^* , b^* είναι οι ορθογώνιες συντεταγμένες του χρώματος πάνω στο επίπεδο διατομής του χρώματος, κάθετο στον άξονα μαύρου-άσπρου. Η θετική τιμή a^* υποδεικνύει κόκκινο χρώμα, ενώ η αρνητική τιμή πράσινο. Η θετική τιμή b^* υποδεικνύει κίτρινο χρώμα, ενώ η αρνητική τιμή μπλε.⁴⁷ Ένα μικρό πλαστικό δοχείο γεμίζεται πλήρως με δείγμα (αλεύρι). Η συσκευή εφάπτεται στο δείγμα, το δοχείο βρίσκεται πάντα στην ίδια επιφάνεια και υπό τον ίδιο φωτισμό, για καλύτερη επαναληψιμότητα της μεθόδου.

Στη συνέχεια, υπολογίζεται το ΔE (Total Color Change) για όλες τις ποικιλίες, σύμφωνα με την εξίσωση $\Delta E = \sqrt{(L^* - L_o)^2 + (a^* - a_o)^2 + (b^* - b_o)^2}$. Για τιμές ΔE κάτω από 2,00 το ανθρώπινο μάτι δεν μπορεί να αντιληφθεί χρωματικές διαφορές. Για τιμές ΔE 2,0-3,5 χρειάζεται ένας εκπαιδευμένος και έμπειρος παρατηρητής για να καταλάβει χρωματική διαφορά, ενώ για τιμές ΔE 3,5 και πάνω υπάρχει αισθητή διαφορά. Επιπλέον, αν το ΔE υπερβαίνει το 5,0 δίνεται η εντύπωση ότι πρόκειται για δύο διαφορετικά χρώματα.⁹⁹

2.3.5 Κατανομή με κόσκινα

Με τη χρήση συσκευής κοσκίνισης (Εικόνα 9) και κατάλληλων κόσκινων έγινε η κατανομή του μεγέθους των κόκκων των αλεύρων. Χρησιμοποιήθηκαν κόσκινα εύρους εσοχών 106 μ m-1600 μ m. Τα κόσκινα τοποθετούνται με σειρά από αυτά με τις μεγαλύτερες εσοχές επάνω προς αυτά με τις μικρότερες εσοχές προς το κάτω μέρος της

στοίβας. Συγκεκριμένα, το πρώτο κόσκινο διαπερνάται από σωματίδια με διάμετρο 1600 μm ή μικρότερη. Ακολουθούν τα κόσκινα των 1250, 1000, 800, 710, 600, 425, 300, 212, 150, 106 μm . Όσοι κόκκοι έχουν διάμετρο μικρότερη από 106 μm καταλήγουν στον πάτο της στοίβας. Το κοσκίνισμα διαρκεί 15 λεπτά. Με το πέρας του χρόνου, τα κόσκινα απομακρύνονται από τη συσκευή και ζυγίζονται. Η διαφορά του βάρους του κάθε κόσκινου πριν και μετά τη διαδικασία αντιπροσωπεύει την ποσότητα της ουσίας που έχει παραμείνει πάνω στο κόσκινο, δηλαδή την ποσότητα της ουσίας που έχει διάμετρο μεγαλύτερη από τις εσοχές του κόσκινου αυτού, αλλά διάμετρο μικρότερη από τις εσοχές του παραπάνω κόσκινου. Σε κάθε κοσκίνισμα χρησιμοποιήθηκαν 100 γραμμάρια αλεύρι και υπολογίστηκε η ποσοστιαία κατανομή μεγέθους των κόκκων.



Εικόνα 9: Συσκευή Κοσκινίσματος

2.3.6 Προσδιορισμός πρωτεΐνης

Η περιεκτικότητα των αλεύρων σε πρωτεΐνη προσδιορίστηκε με τη μέθοδο Kjendahl, AOAC 2001.11 με μικρές παραλλαγές.⁴⁸ Αρχικά λαμβάνει χώρα το στάδιο της ομογενοποίησης. Σε ένα γυάλινο σωλήνα, ειδικό για Kjendahl, εισέρχεται 1 γραμμάριο αλεύρου, και μια ειδική ταμπλέτα καταλυτών για την αντίδραση Kjendahl, η οποία περιέχει 3,5 g Θεϊκό Κάλιο (K_2SO_4) και 0,8 g Θεϊκό Χαλκό (CuSO_4). Στο σωλήνα προστίθενται επίσης 12 ml Θεϊκό Οξύ (H_2SO_4) 97% τα οποία χρησιμεύουν για την πέψη (digestion) του δείγματος και τη μετατροπή του αζώτου (N) σε Θεϊκό Αμμώνιο ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) και 2-3 σταγόνες αντιαφριστικού (anti-foaming liquid). Οι σωλήνες θερμαίνονται στους 430 °C για 1 ώρα και ύστερα ψύχονται φυσικά μέχρι θερμοκρασία

περιβάλλοντος. Το δείγμα σε αυτό το στάδιο έχει υγρή μορφή και μια γαλάζια/τιρκουάζ απόχρωση. Ακολουθεί το στάδιο της απόσταξης σε Distillation Unit. Πυκνό Υδροξείδιο του Νατρίου (NaOH) 40% w/w προστίθεται για εξουδετέρωση του οξέος (το θειικό οξύ προστίθεται σε περίσσεια) και για να κάνει το διάλυμα βασικό, ενώ η απελευθερωμένη αμμωνία (NH₃) καταλήγει με απόσταξη σε διάλυμα βορικού οξέος 4%, το οποίο τιτλοδοτείται με HCl 0,1 M μέχρι να αποκτήσει μια ροζ/λιλά απόχρωση. Το διάλυμα βορικού οξέος παρασκευάζεται με 40 g Βορικό οξύ (H₃BO₃), 7 ml δείκτη Methyl Red και 10ml δείκτη Bromocresol Green σε τελική ποσότητα 1L. Η ποσότητα HCl που απαιτείται για την παραπάνω τιτλοδότηση καταγράφεται και βάσει αυτής, υπολογίζεται η περιεκτικότητα του δείγματος σε άζωτο (N) σύμφωνα με τον τύπο $kN\% = \frac{V_{HCl} \times M_{HCl} \times m_N}{W_{sample} \times 10}$. Στη συνέχεια το ποσοστό αζώτου μετατρέπεται σε περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη (%), πολλαπλασιάζοντας το ποσοστό αζώτου με τη σταθερά Kjendahl για αλεύρι η οποία ισούται με 5,7: $P = kN \times 5,7$.⁴⁸

2.3.7 Προσδιορισμός γλουτένης

Για τον προσδιορισμό της γλουτένης ακολουθήθηκε η AACC 38-10.01 μέθοδος, τροποποιημένη.⁴⁹ Ζυγίζονται 12,5 γραμμάρια αλεύρου και προστίθενται 5ml νερό. Στη συνέχεια το ενυδατωμένο αλεύρι πλάθεται στο χέρι μέχρι να πάρει σχήμα σφαίρας. Η σφαίρα τοποθετήθηκε σε νερό βρύσης για 15 λεπτά. Στη συνέχεια, πλύθηκε κάτω από χαμηλής πίεσης τρεχούμενο νερό, μέχρι να σταματήσουν οι σταγόνες νερού που απομακρύνονται από αυτό να έχουν λευκή απόχρωση, η οποία οφείλεται στο υδατοδιαλυτό άμυλο που απομακρύνεται. Μόλις το πλύσιμο ολοκληρωθεί, η ποσότητα που μένει χαρακτηρίζεται από μια κολλώδη υφή σαν τσίκλα, η οποία τοποθετείται σε νερό βρύσης για 60 λεπτά. Έστερα, το δείγμα απομακρύνεται από το νερό και στεγνώνεται στα χέρια του ερευνητή. Το δείγμα σε αυτό το στάδιο ονομάζεται «υγρή γλουτένη». Η υγρή γλουτένη τοποθετείται σε γυάλινο τρυβλίο και ζυγίζεται. Το τρυβλίο στη συνέχεια τοποθετείται για ξήρανση σε φούρνο στους 105°C για 24 ώρες. Μόλις οι 24 ώρες περάσουν το τρυβλίο απομακρύνεται από το φούρνο, τοποθετείται σε ξηραντήρα για 1 ώρα και ύστερα ζυγίζεται. Η διαφορά βάρους της τελικής ζύγισης με το βάρος του άδειου τρυβλίου μας δίνει την ποσότητα της γλουτένης στην αρχική ποσότητα αλεύρου. Κάτω από το τρεχούμενο νερό τοποθετήθηκε κόσκινο 150 μm, ώστε

να μπορούν να επανασυλλεχθούν τυχόν απώλειες γλουτένης λόγω της ορμής του τρεχούμενου νερού.

2.4 Παρασκευή ζυμαρικών

Τα ζυμαρικά παρασκευάζονται με τη χρήση παρασκευαστή ζυμαρικών της KMP SRL, Fresh Pasta Maker μοντέλο TR50 (Εικόνα 10).



Εικόνα 3: Παρασκευαστής Ζυμαρικών Fresh Pasta Maker TR50 Model της KMP SRL

Η συνταγή που ακολουθήθηκε περιέχει 250 γραμμάρια αλεύρι, 72 γραμμάρια νερό και 10 γραμμάρια αυγό. Το αυγό ανακατεύεται μέχρι να ομογενοποιηθεί. Τα συστατικά αφήνονται για 15 λεπτά στη

λειτουργία ανάδευσης. Με το πέρας των 15 λεπτών, το μίγμα έχει πάρει μια συμπαγής μορφή, και ξεκινά η εξώθησή του. Το μίγμα συμπιέζεται και «σπρώχνεται» προς τις εξοχές της μηχανής, όπου έχει επιλεγθεί μια κεφαλή σχήματος «λινγκουίνι» με πάχος 0,6 x 0,1cm (Εικόνα 11).



Εικόνα 4: Κεφαλή Σχήματος "Linguini"

Για τα πρώτα 60 δευτερόλεπτα, τα ζυμαρικά συλλέγονται και απορρίπτονται. Τα ζυμαρικά που εξέρχονται για τα 2 επόμενα λεπτά συλλέγονται και τοποθετούνται σε δοχείο, με σκοπό μετρήσεις σε φρέσκα ζυμαρικά. Το δοχείο αυτό είναι κλειστό

και περιέχει ποσότητα νερού, ώστε να μην χαθεί η υγρασία των φρέσκων ζυμαρικών (τα λινγκουίνι είναι τοποθετημένα πάνω σε μια επιφάνεια ώστε να μην έρχονται σε επαφή με το νερό). Τέλος, για τα επόμενα 6 λεπτά, τα ζυμαρικά που εξέρχονται του παρασκευαστή τοποθετούνται για ξήρανση σε φούρνο Memmert BE 400, Memmert GmbH + Co. KG, Schwabach, Germany (Εικόνα 12) για ξήρανση.

Η ξήρανση έγινε στους 50 °C για 20 ώρες.⁵⁰ Με το πέρας της ξήρανσης τα ζυμαρικά απομακρύνονται από το φούρνο και τοποθετούνται σε σφραγισμένα δοχεία, όπου

αφήνονται για 1 εβδομάδα να ισορροπήσουν με το περιβάλλον τους για περαιτέρω αξιολόγηση.



Εικόνα 5: Φούρνος Memmert BE 400, ο οποίος χρησιμοποιήθηκε κατά την πειραματική διαδικασία για ξήρανση

2.5 Ανάλυση ζυμαρικών

Στα ζυμαρικά πραγματοποιήθηκε μέτρηση της υγρασίας, της ενεργότητας νερού (a_w), της δύναμης κοπής με τη χρήση Instron, καθώς και του χρώματος των ζυμαρικών.

2.5.1 Υγρασία ζυμαρικών

Για τον προσδιορισμό της υγρασίας στα ζυμαρικά (φρέσκα και ξηρά) εφαρμόστηκε η μέθοδος που περιγράφεται στην ενότητα 1.3.1. Αντί για αλεύρι, το δείγμα, σε αυτή την περίπτωση, είναι ζυμαρικά σε κομμάτια.

2.5.2 Ενεργότητα νερού (a_w) ζυμαρικών

Έλαβε χώρα η ίδια ,ακριβώς, μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για τη διερεύνηση της ενεργότητας νερού των αλεύρων. Αντί για αλεύρι, το δείγμα ,σε αυτή την περίπτωση, είναι ζυμαρικά.

2.5.3 Δύναμη κοπής ζυμαρικών



Εικόνα 6: Ξύλινη Πλατφόρμα για σταθεροποίηση του ζυμαρικού-δείγματος

Η δύναμη που χρειάζεται για να κοπεί ένα μακαρόνι (φρέσκο, ξηρό, βρασμένο) προσδιορίστηκε με τη χρήση Instron model 3343 (Instron, Nordwood, MA, USA) με γέφυρα 1 kN. Ακολούθησε η διαδικασία των Oh et al (1983)⁵¹ με κάποιες τροποποιήσεις. Κατασκευάστηκε μια ξύλινη πλατφόρμα (Εικόνα 13), με σκοπό να κρατείται σταθερή η θέση των μακαρονιών κατά τη πειραματική διαδικασία.

Ένα μακαρόνι τοποθετείται πάνω στην ειδική εσοχή της ξύλινης κατασκευής και ένα έμβολο-μαχαίρι το κόβει (Εικόνα 14). Η τιμή της δύναμης που χρειάστηκε για να κοπεί

το ζυμαρικό καταγράφεται. Για καλύτερη επαναληψιμότητα της μεθόδου, όλα τα μακαρόνια που υπόκεινται σε αυτή τη μέτρηση έχουν μήκος 10 cm. Αποφεύγεται η επαφή με το χέρι της περιοχής του μακαρονιού που προορίζεται για κοπή, για να μην αλλοιώνεται η αντοχή του. Για την κάθε παρασκευή αξιολογήθηκαν 10 ζυμαρικά.



Εικόνα 7: Διαδικασία και οργανολογία κοπής ζυμαρικών

2.5.4 Χρωματομετρία ζυμαρικών

Τα ζυμαρικά (φρέσκα, ξηρά και βρασμένα) τοποθετούνται κολλητά το ένα δίπλα στο άλλο μέσα σε ένα πλαστικό δοχείο και λαμβάνεται μέτρηση. Η μέτρηση του χρώματος έγινε σύμφωνα με την παράγραφο 1.3.4.

2.6 Βράσιμο-μαγείρεμα ζυμαρικών

Νερό 300 ml μπαίνει σε ποτήρι ζέσεως και θερμαίνεται μέχρι θερμοκρασία βρασμού. Μόλις ξεκινήσει ο βρασμός εισάγονται 25 γραμμάρια ζυμαρικού για τον βέλτιστο χρόνο βρασίματος, ο οποίος είναι 6 λεπτά.⁵² Όταν ο χρόνος αυτός περάσει, τα μακαρόνια συλλέγονται με ένα σουρωτήρι και τοποθετούνται σε κρύο υδατόλουτρο για 1 λεπτό για ψύξη.⁵³ Στη συνέχεια, τα ζυμαρικά στραγγίζονται επαρκώς και τοποθετούνται σε σφραγισμένο δοχείο παρουσία νερού, έτσι ώστε να διατηρηθεί η υγρασία τους και να

μην αλλοιωθούν οι φυσικές τους ιδιότητες, για το σύντομο χρονικό διάστημα μεταξύ του βρασίματος και των μετρήσεών τους.

2.6.1 Απώλειες κατά το βράσιμο (Cooking Loss – C.L.)

Με το τέλος του χρόνου βρασίματος απομακρύνεται με σουρωτήρι όλη η ποσότητα των μακαρονιών. Το νερό που παραμένει μετά το βράσιμο συλλέγεται σε ποτήρι ζέσεως (έχει πλυθεί διεξοδικά, στεγνώσει, τοποθετηθεί σε ξηραντήρα και ζυγιστεί άδειο), το οποίο μπαίνει σε φούρνο στους 105 °C για 2 ημέρες, μέχρι εξάτμισης όλης της ποσότητας του νερού. Στη συνέχεια, το ποτήρι ζέσεως μεταφέρεται από τον φούρνο σε ξηραντήρα, μέχρι θερμοκρασίας περιβάλλοντος. Η αύξηση στο βάρος του ποτηριού μετά την πειραματική διεργασία οφείλεται σε απώλειες που είχε η αρχική ποσότητα μακαρονιών κατά το μαγείρεμα και υπολογίζεται σύμφωνα με τον τύπο:

$$C.L. = \frac{\text{Βάρος Υγρού μετά τη ξήρανση}}{\text{Βάρος μακαρονιών που βράστηκαν}} \times 100\%.^{52}$$

2.6.2 Δείκτης διόγκωσης κατά το βράσιμο (Swelling Index – S.I.)

Πρόκειται για ένα δείκτη που δείχνει την ποσότητα νερού που απορροφάται από τη μάζα των μακαρονιών κατά το βράσιμο. Αφού τα ζυμαρικά βράσουν, ψυχθούν και στραγγιστούν, ζυγίζεται το βάρος τους. Η τιμή του βάρους τους συγκρίνεται με την τιμή της αρχικής ποσότητας ξηρού ζυμαρικού που βράστηκε και υπολογίζεται ο δείκτης διόγκωσης (Swelling Index) σύμφωνα με τον τύπο

$$S.I. = \frac{\text{Βάρος Βρασμένου} - \text{Βάρος Βρασμένου μετά ξήρανσης}}{\text{Βάρος Βρασμένου μετά ξήρανσης}} \times 100\%.^{54}$$

2.6.3 Πρόσληψη νερού (Water Uptake - W.U.)

Περίπου 10 γραμμάρια λινγκουίνι (τα οποία έχουν βράσει, ψυχθεί και στραγγιστεί) τοποθετούνται σε ένα ποτήρι ζέσεως απλωτά και μπαίνουν σε φούρνο στους 105 °C για 24 ώρες.⁵⁵ Η διαφορά βάρους των ζυμαρικών, πριν και μετά την είσοδό τους στο φούρνο, εκφράζει την ποσότητα νερού που απορρόφησαν τα ξηρά μακαρόνια κατά το βράσιμο

$$W.U. = \left(\frac{\text{Βάρος Βρασμένου Μακαρονιού}}{\text{Βάρος Ξηρού Μακαρονιού}} - 1 \right) * 100\%.^{55}$$

3 Αποτελέσματα - Συζήτηση

3.1 Αποτελέσματα μετρήσεων σε σπόρους

3.1.1 Μορφολογικά χαρακτηριστικά

Τα μορφολογικά χαρακτηριστικά που διερευνήθηκαν με το λογισμικό ImageProPlus 7 ακολουθούν στον πίνακα 4:

Πίνακας 4: Μορφολογικά χαρακτηριστικά σπόρων.

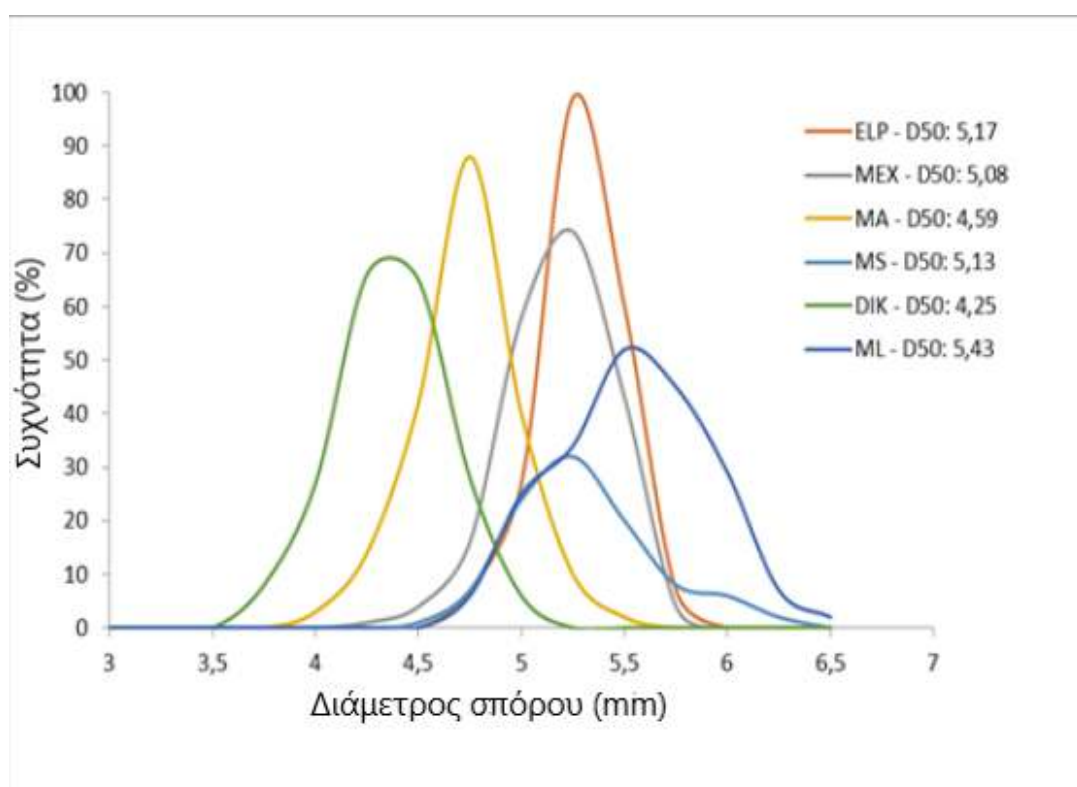
Ποικιλία	Εμβαδόν (mm ²)	Μήκος (mm)	Πλάτος (mm)	Διάμετρος (max)(mm)	Διάμετρος (min)(mm)	Διάμετρος (mean)(mm)	Περίμετρος (mm)	Κυκλικότητα
ELP	21,18±1,82 ^d	7,94±0,32 ^c	3,82±0,19 ^d	7,91±0,32 ^c	3,62±0,21 ^d	5,16±0,18 ^d	20,82±1,08 ^d	1,64±0,17 ^{bc}
MEX	19,91±2,40 ^c	7,73±0,43 ^b	3,79±0,24 ^{cd}	7,70±0,43 ^b	3,56±0,26 ^d	5,06±0,25 ^c	20,11±1,39 ^c	1,63±0,2 ^{bc}
MA	17,48±2,16 ^b	6,85±0,45 ^a	3,41±0,33 ^b	6,81±0,45 ^a	3,25±0,32 ^b	4,61±0,26 ^b	18,16±1,32 ^a	1,51±0,18 ^a
ML	23,35±3,61 ^e	8,35±0,46 ^f	3,94±0,38 ^c	8,31±0,45 ^e	3,72±0,41 ^e	5,41±0,36 ^e	21,49±1,6 ^e	1,60±0,24 ^b
MS	21,44±3,59 ^d	8,20±0,48 ^e	3,73±0,38 ^c	8,15±0,49 ^d	3,47±0,39 ^c	5,16±0,36 ^d	21,00±2,06 ^d	1,67±0,32 ^c
DIK	14,90±2,27 ^a	8,04±0,54 ^d	2,72±0,33 ^a	7,94±0,53 ^c	2,53±0,34 ^a	4,25±0,27 ^a	19,64±2,06 ^b	2,10±0,46 ^d

Η σύγκριση μεταξύ των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε ανά στήλη. Οι διαφορετικοί εκθέτες (λατινικά γράμματα) υποδεικνύουν σημαντικές στατιστικές διαφορές ($p < 0,05$).

Οι σπόροι των ELP, MEX, MA, ML και MS χαρακτηρίζονται από ένα ωοειδές/οβάλ σχήμα, όπως συνηθίζεται στις ποικιλίες σκληρού σίτου.⁵⁷ Οι ποικιλίες εμφανίζουν σημαντική στατιστική διαφορά μεταξύ τους ($p < 0,05$) ως προς τις διαστάσεις και τη κυκλικότητα. Οι σπόροι της ποικιλίας δίκοκκου σίτου DIK χαρακτηρίζονται από μικρότερη επιφάνεια. Το μήκος ($8,04 \pm 0,54$ mm), το πλάτος ($2,72 \pm 0,33$ mm), καθώς και η τιμή της κυκλικότητας που παρουσιάζουν ($2,10 \pm 0,46$ mm) δείχνει πως πρόκειται για έναν πιο “μακρόστενο σπόρο” σε σχέση με τους υπόλοιπους. Οι σπόροι της ML είναι οι μεγαλύτεροι σπόροι από τις 6 προς ανάλυση ποικιλίες (εμβαδόν επιφάνειας $23,35 \pm 3,61$ mm², μήκος $8,20 \pm 0,48$ mm, πλάτος $3,94 \pm 0,38$ mm). Τα δεδομένα συμφωνούν με άλλες έρευνες σε σπόρους σκληρού σίτου,⁵⁸ όπου το εμβαδόν επιφάνειας κυμαίνεται από 14,69 έως 33,08 mm², το μήκος 5,4-11,03 mm και το πλάτος 2,18-4,12 mm. Σε σύγκριση με άλλες μελέτες σπόρου δίκοκκου⁵⁶ ο προς ανάλυση σπόρος φαίνεται να έχει

αντίστοιχες διαστάσεις (διάμετρος $17,39 \pm 0,34$ mm, μήκος $7,44 \pm 0,07$ mm, πλάτος $3,18 \pm 0,04$ mm, μέση διάμετρος $4,57 \pm 0,04$ mm, περίμετρος $18,79 \pm 0,37$ mm).

Στο σχήμα 2 παρουσιάζονται οι καμπύλες κατανομής μεγέθους των σπόρων με βάση τη μέση διάμετρο (σε mm), ανάλογα με τη συχνότητα εμφάνισής τους (%). Οι καμπύλες κατανομής διαφέρουν μεταξύ των δειγμάτων και ως προς το πλάτος, το οποίο υποδηλώνει το εύρος της μέσης διαμέτρου και ως προς την κορυφή της καμπύλης, η οποία εντοπίζεται στην τιμή της διαμέτρου με τη μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης.



Σχήμα 2: Κατανομή μεγέθους μέσης διαμέτρου σπόρων

Συγκεκριμένα, μπορεί να παρατηρηθεί το μικρό μέγεθος των σπόρων MA (εύρος 4-5,5mm/μέγιστο 4,75mm) και DIK (εύρος 3,75-5,25mm/μέγιστο 4,25mm), καθώς και το μεγαλύτερο μέγεθος των σπόρων των ML (εύρος 4,75-6,5mm/μέγιστο 5,75mm) και MS (εύρος 4,5-6,25mm/μέγιστο 5,25mm). Οι εμπορικές ποικιλίες ELP (εύρος 4,25-5,25mm/μέγιστο 5,25mm) και MEX (εύρος 4,25-5,75mm/μέγιστο 5,25mm) εμφανίζουν επίσης μεγάλο μέγεθος. Η ELP εμφανίζει μικρότερο εύρος (1mm εύρος κατανομής) από

τις υπόλοιπες ποικιλίες (1,5-2mm εύρος κατανομής). Παρατηρούμε επίσης, πως οι τοπικές ποικιλίες ML και MS δεν εμφανίζουν κανονικές αλλά ελαφρώς διπλές κατανομές, πράγμα που παραπέμπει σε ύπαρξη δύο διαφορετικών πληθυσμών σε αυτές τις ποικιλίες. Αυτό εξηγείται από το γεγονός πως μερικές φορές οι τοπικές ποικιλίες αποτελούνται από δύο η παραπάνω πληθυσμούς με διαφορές στα μορφολογικά χαρακτηριστικά τους (Papadakis, 1929)⁵⁹.

3.1.2 Βάρος, Όγκος, Πυκνότητα

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 5) καταγράφονται οι μετρήσεις βάρους και όγκου για 100 σπόρους των έξι , προς ανάλυση, ποικιλιών. Με τον τύπο $\rho = \frac{w}{v}$ υπολογίστηκαν η φαινομενική (ρ_b) και η πραγματική (ρ_T) πυκνότητα των σπόρων.

Πίνακας 5: Βάρος, Όγκος και Πυκνότητα σπόρων

Ποικιλία	Βάρος 100 σπόρων(g)	Vb (ml)	Vt (ml)	ρ_b (g/mL)	ρ_T (g/mL)
ELP	6,23±0,021 ^d	8,85±0,19 ^d	8,45±0,19 ^d	0,71±0,02 ^{cd}	0,74±0,02 ^c
MEX	5,76±0,07 ^c	8,15±0,07 ^c	7,95±0,07 ^c	0,71±0,01 ^d	0,72±0,003 ^{bc}
MA	4,88±0,13 ^b	6,85±0,19 ^b	6,55±0,07 ^b	0,71±0,02 ^d	0,75±0,003 ^c
ML	6,72±0,13 ^e	9,95±0,19 ^e	9,3±0,05 ^a	0,68±0,002 ^{bc}	0,72±0,02 ^{bc}
MS	5,63±0,01 ^c	8,4±0,05 ^c	8,05±0,07 ^c	0,67±0,005 ^b	0,70±0,01 ^b
DIK	2,69±0,14 ^a	4,9±0,14 ^a	4,7±0,14 ^a	0,55±0,01 ^a	0,57±0,02 ^a

Η σύγκριση μεταξύ των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε ανά στήλη. Οι διαφορετικοί εκθέτες (λατινικά γράμματα) υποδεικνύουν σημαντικές στατιστικές διαφορές ($p < 0,05$).

Οι ποικιλίες εμφανίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p < 0,05$) ως προς το βάρος, τον όγκο και τη πυκνότητα. Οι ποικιλίες με μεγαλύτερες διαστάσεις (ML,ELP) τείνουν να έχουν και μεγαλύτερες μετρήσεις βάρους και όγκου, ενώ DIK, η ποικιλία με τις μικρότερες συγκριτικά μετρήσεις διαστάσεων, εμφανίζει τις χαμηλότερες μετρήσεις βάρους και όγκου. Οι ποικιλίες durum τυπικά εμφανίζουν ένα βάρος 100 σπόρων 4,16-6,57 g.⁵⁸ Μεγάλο βάρος και μέγεθος χαρακτηρίζουν έναν υγιή σπόρο (Liu, 2008).⁶⁰ Στις δικές μας μετρήσεις οι ποικιλίες σκληρού σίτου έχουν τιμές αντίστοιχες με τα βιβλιογραφικά δεδομένα. Οι ποικιλίες δίκοκκου, από την άλλη, εμφανίζουν χαμηλότερο βάρος (4,01-4,46 g)⁵⁶. Η δική μας έρευνα βρίσκει εμφανώς χαμηλότερο βάρος στην DIK (2,69±0,14 g), πολύ χαμηλότερο και από τα βιβλιογραφικά δεδομένα. Δεν εμφανίζονται

στατιστικά σημαντικές διαφορές στην πυκνότητα (ρ_b : 0,67-0,71 g/ml και ρ_T : 0,70-0,72 g/ml) με εξαίρεση την DIK, στην οποία παρατηρούνται μικρότερες τιμές (ρ_b : 0,55 g/ml και ρ_T : 0,57 g/ml). Η χαμηλότερη πυκνότητα αυτή οφείλεται στο μικρότερο σχήμα της σε σύγκριση με τις άλλες, προς μελέτη, ποικιλίες, και το πολύ χαμηλότερο βάρος της. Η υψηλή πυκνότητα σπόρου είναι ένα κριτήριο της απόδοσης παραγωγής του συγκεκριμένου σιταριού.⁶¹ Δεδομένης της ανάπτυξης των σιταριών στην ίδια γεωγραφική περιοχή, οι διαφορές στα χαρακτηριστικά αυτά παραπέμπουν σε διαφορές μεταξύ των ποικιλιών. Επιπλέον, το «γέμισμα» του σπόρου μπορεί να σχετίζεται με το βέλτιστο χρόνο σποράς της κάθε ποικιλίας. Οι σπόροι για όλες τις ποικιλίες φυτεύτηκαν και συλλέχθηκαν την ίδια περίοδο. Ωστόσο, οι ανάγκες τους μπορεί να ήταν διαφορετικές. Εκτός αυτού, η ίδια γεωγραφική περιοχή που χρησιμοποιήθηκε για την καλλιέργεια πιθανώς δεν ευνοεί στον ίδιο βαθμό και τις 6 προς ανάλυση ποικιλίες.

3.1.3 Σκληρότητα

Η δύναμη που χρειάστηκε για το σπάσιμο των σπόρων της κάθε ποικιλίας παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 6):

Πίνακας 6: Δύναμη σπασίματος σπόρων με τη χρήση Instron

Ποικιλία	Δύναμη Σπασίματος Σπόρου (N)
ELP	104,32±13,70 ^{cd}
MEX	109,49±14,36 ^d
MA	96,97±10,20 ^{bc}
ML	92,07±12,65 ^b
MS	101,52±13,94 ^{bcd}
DIK	40,04±9,65 ^a

Οι διαφορετικοί εκθέτες (λατινικά γράμματα) υποδεικνύουν σημαντικές στατιστικές διαφορές ($p < 0,05$).

Κοντινές τιμές και στατιστικά μη σημαντικές διαφορές σκληρότητας ($p < 0,05$) παρατηρούνται μεταξύ των τοπικής MS (101,52±13,94N), της τοπικής MA (96,97±10,20N) και των εμπορικών ποικιλιών ELP (104,32±13,70N) και MEX (109,49±14,36). Σημαντικά λιγότερο σκληροί ($p < 0,05$) εμφανίζονται οι σπόροι DIK (40,04±9,65N). Γενικά, οι σπόροι των δίκοκκων ποικιλιών εμφανίζουν χαμηλότερες

τιμές σκληρότητας από το σκληρό και μαλακό σιτάρι.⁶² Υψηλές τιμές σκληρότητας (hardness/firmness) σπόρου, είναι χαρακτηριστικό ενός υγιούς σπόρου.⁶⁰ Το εύρος αποτελεσμάτων είναι χαμηλότερο συγκριτικά με άλλες μελέτες σκληρότητας σπόρων σκληρού σίτου (155,3-265,8N)⁶³ (με διαφορές μεταξύ των μεθόδων: ταχύτητα εμβόλου 20mm/min έναντι 50mm/min στην παρούσα έρευνα και υπολογισμός της δύναμης σπασίματος στον άξονα του πλάτους έναντι του ύψους στην παρούσα μελέτη). Η δύναμη σπασίματος εμφανίζει τάση αντίστοιχη με το μέγεθος των σπόρων. Οι πολύ μικροί σπόροι του DIK χρειάζονται και πολύ λιγότερη δύναμη για να σπάσουν, ενώ οι μεγαλύτεροι εμπορικοί σπόροι των ELP, MEX εμφανίζουν και τη μέγιστη δύναμη σπασίματος από τις έξι ποικιλίες.

3.2 Αποτελέσματα μετρήσεων σε αλεύρι

3.2.1 Ενεργότητα νερού - Υγρασία - Συγκράτηση Νερού – Πρωτεΐνη – Γλουτένη

Οι τιμές της ενεργότητας νερού (a_w), καθώς και τα ποσοστά της υγρασίας και της συγκράτησης νερού που περιλαμβάνονται στα αλεύρια παρατίθεται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 7). Επιπλέον, παρατίθεται η περιεκτικότητα του αλευριού σε πρωτεΐνη και γλουτένη (σε υγρή βάση).

Πίνακας 7: Τιμές a_w , υγρασίας (%), συγκράτησης νερού (%), πρωτεΐνης (% σε υγρή βάση) και γλουτένης (% σε υγρή βάση)

Ποικιλία	a_w	Υγρασία (% βάρους)	Συγκράτηση Νερού (% βάρους)	Πρωτεΐνη (%)	Γλουτένη (%)
ELP	0,420±0,003 ^b	8,61±0,34 ^{bc}	136,34±7,73 ^b	12,80±0,33 ^{bc}	11,14±0,39 ^{bc}
MEX	0,420±0,012 ^b	8,90±0,33 ^c	108,23±4,42 ^a	12,59±0,12 ^{bc}	10,41±0,25 ^b
MA	0,438±0,008 ^{bc}	9,29±0,27 ^d	100,75±4,73 ^a	16,86±0,58 ^d	14,72±0,44 ^d
ML	0,426±0,002 ^{bc}	8,29±0,17 ^b	139,06±9,49 ^b	12,27±0,35 ^b	10,90±0,92 ^{bc}
MS	0,375±0,020 ^a	7,60±0,37 ^a	135,83±5,76 ^b	13,09±0,06 ^c	11,53±0,39 ^c
DIK	0,438±0,023 ^c	9,74±0,22 ^c	102,60±3,31 ^a	11,18±0,03 ^a	8,93±0,77 ^a

Η σύγκριση μεταξύ των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε ανά στήλη. Οι διαφορετικοί εκθέτες (λατινικά γράμματα) υποδεικνύουν σημαντικές στατιστικές διαφορές ($p < 0,05$).

Η ενεργότητα νερού των αλεύρων έχει μικρή διακύμανση από 0,375 έως 0,438. Η μέγιστη ενεργότητα εμφανίζεται στο αλεύρι από MA ($0,438 \pm 0,008$) και στο DIK ($0,438 \pm 0,023$), ενώ η ελάχιστη ανήκει στην ποικιλία MS ($0,375 \pm 0,020$). Οι εμπορικές ποικιλίες ELP ($0,420 \pm 0,003$), MEX ($0,420 \pm 0,012$) και οι τοπικές MA ($0,438 \pm 0,008$), ML ($0,426 \pm 0,002$) δεν εμφανίζουν σημαντικές στατιστικές διαφορές στην ενεργότητα νερού ($p < 0,05$). Η ποικιλία MS παρουσιάζει σημαντικά μικρότερη τιμή a_w σε σχέση με τα υπόλοιπα άλευρα. Όλες οι τιμές είναι αρκετά χαμηλότερες από την απαγορευτική, για το αλεύρι, τιμή a_w : 0,70 η οποία επιτρέπει την ανάπτυξη μυκητών.⁶⁴ Η χαμηλή ενεργότητα πιθανώς να οφείλεται στην καλοκαιρινή περίοδο που πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις και στις συνθήκες αποθήκευσης των δειγμάτων.

Ως προς την περιεκτικότητα των δειγμάτων σε υγρασία, τα αποτελέσματα εμφανίζουν και εδώ μικρή διακύμανση και μη σημαντικές στατιστικές διαφορές ($p < 0,05$), με ένα εύρος 7,6-9,74%. Η υψηλότερη περιεκτικότητα σε υγρασία εμφανίζεται στην ποικιλία DIK ($9,74 \pm 0,22\%$), ενώ η χαμηλότερη εμφανίζεται στην MS ($7,60 \pm 0,37\%$). Τα αποτελέσματα συνάδουν με αυτά της a_w , δηλαδή, η μικρότερη τιμή a_w μετρήθηκε στο άλευρο που έχει και την μικρότερη υγρασία (MS), ενώ οι μεγαλύτερες τιμές a_w ανήκουν στις ποικιλίες που εμφανίζουν μεγαλύτερα ποσοστά υγρασίας, MA ($9,29 \pm 0,27$) και DIK. Οι τιμές υγρασίας για αλεύρια που προορίζονται για ζυμαρικά είναι κάτω από 14%⁶⁴, ενώ σε άλλες έρευνες το ποσοστό υγρασίας σε αλεύρι σκληρού σίτου κυμαίνεται από 9,5-9,7%.⁶⁵ Πιθανώς σημαντικό ρόλο στη χαμηλή υγρασία έχει η καλοκαιρινή περίοδος κατά την οποία έλαβαν χώρα οι μετρήσεις.

Τέλος, όσον αφορά την συγκράτηση νερού, παρατηρείται σημαντική στατιστική διαφορά και μεταξύ των εμπορικών ποικιλιών ($p < 0,05$) με την ELP να κατακρατεί 136,34 $\pm$ 7,73% του βάρους της και την MEX να κατακρατεί 108,23 $\pm$ 4,42% του βάρους της. Οι MA και DIK εμφανίζουν μη σημαντικές στατιστικές διαφορές ($p < 0,05$) σε σχέση με την εμπορική MEX με ποσοστά συγκράτησης 100,75 $\pm$ 4,73% και 102,60 $\pm$ 3,31% αντίστοιχα. Οι ML και MS εμφανίζουν μη σημαντικές στατιστικές διαφορές με την εμπορική ELP ($p < 0,05$), με ποσοστά κατακράτησης 139,06 $\pm$ 9,49% και 135,83 $\pm$ 5,76% αντίστοιχα. Οι τιμές αυτές είναι αυξημένες σε σύγκριση με αντίστοιχες έρευνες όπου σκληρό σιτάρι έχει ικανότητα συγκράτησης νερού σε ποσοστό 74,2%.⁶⁶

Η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη (σε υγρή βάση) που μετρήθηκε με τη μέθοδο Kjendahl εμφανίζει ένα εύρος από 11,18-16,86%. Στο σκληρό σιτάρι υπάρχει ένα εύρος σύστασης σε πρωτεΐνη 9-18%.⁶⁷ Τα καλής ποιότητας αλεύρια από σκληρό σιτάρι περιέχουν πρωτεΐνη πάνω από 12% σε υγρή βάση.⁶⁸ Οι εμπορικές ποικιλίες δεν εμφανίζουν σημαντικές στατιστικές διαφορές μεταξύ τους ($p<0,05$), με την ELP να έχει $12,80\pm0,33\%$ και τη MEX να έχει $12,59\pm0,12\%$ πρωτεΐνη. Οι ποικιλίες ML και MS δεν εμφανίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές με τις εμπορικές ποικιλίες ($12,27\pm0,35\%$ και $13,09\pm0,06\%$ αντίστοιχα). Η MA διαφέρει στατιστικά σημαντικά ($p<0,05$) από όλες τις υπόλοιπες ποικιλίες, με πολύ πιο αυξημένο ποσοστό πρωτεΐνης ($16,86\pm0,58\%$), ενώ η DIK εμφανίζει το χαμηλότερο ποσοστό ($11,18\pm0,03\%$). Γενικά, τα δίκοκκο σιτάρια εμφανίζουν σύσταση σε πρωτεΐνη σε ένα εύρος 8,7-21,9%.⁶ Στην παρούσα μελέτη το ποσοστό τείνει προς το χαμηλό άκρο του εύρους. Άλλες μελέτες, υπολογίζουν τη πρωτεΐνη σε δίκοκκο αλεύρι σε εύρος 9,84-17,82%, ανάλογα με τη ποικιλία και τη λίπανση.⁵⁶

Ως προς τη σύσταση σε γλουτένη, οι εμπορικές ποικιλίες δεν εμφάνισαν στατιστικά σημαντική διαφορά με την ELP να εμφανίζει ένα ποσοστό γλουτένης $11,14\pm0,39\%$ και τη MEX $10,41\pm0,25\%$. Οι ML και MS δεν εμφανίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p<0,05$) σε σχέση με τις εμπορικές με ποσοστά γλουτένης $10,90\pm0,92\%$ και $11,53\pm0,39\%$ αντίστοιχα. Η MA εμφανίζει πολύ υψηλή περιεκτικότητα σε γλουτένη ($14,72\pm0,44\%$), ενώ η DIK πολύ χαμηλή ($8,93\pm0,77\%$). Η ποσότητα της γλουτένης είναι σημαντική για την παρασκευή ζυμαρικών και επηρεάζει σημαντικά την ποιότητα και την υφή του τελικού προϊόντος. Ιδιότητες όπως το Cooking Loss (απομάκρυνση στερεών στο νερό βρασίματος κατά το μαγείρεμα), η υφή (συμπαγής, κολλώδης) και η αίσθηση του μασήματος επηρεάζονται από την ποσότητα της γλουτένης (Gluten Strength).⁶⁸

Παρατηρούμε πως η σύσταση σε γλουτένη ακολουθεί ταυτόσημη τάση με την σύσταση σε πρωτεΐνη. Οι ποικιλίες με μεγαλύτερα ποσοστά πρωτεΐνης εμφανίζουν και μεγαλύτερα ποσοστά γλουτένης, και το αντίθετο. Η τάση αυτή είναι αναμενόμενη,



καθώς η γλουτένη αποτελεί περίπου το 80% της συνολικής πρωτεΐνης στα σκληρά αλεύρια.⁶⁹ Στην Εικόνα 15 παρατηρούνται οι ξηρές γλουτένες.

Εικόνα 15: Ξηρές Γλουτένες. 1:ML,2:ELP,3:MEX,4:MA,5:DIK,6:MS

Δεδομένης της ανάπτυξης των σιταριών στην ίδια γεωγραφική περιοχή με τις ίδιες καιρικές συνθήκες καθώς και την ίδια σύσταση του εδάφους, οι διαφορές στη σύσταση των αλευριών σε πρωτεΐνη και γλουτένη αφορούν διαφορές μεταξύ των ποικιλιών σίτου.

3.2.2 Χρωματομετρία

Οι παράμετροι L^* a^* b^* που λαμβάνονται από το φασματοφωτόμετρο παρατίθενται παρακάτω στον πίνακα 8.

Πίνακας 8: Παράμετροι χρώματος στο αλεύρι

	L^*	a^*	b^*
ELP	73,61±1,00 ^{cd}	4,07±0,13 ^{bc}	18,70±0,69 ^{cd}
MEX	74,02±0,72 ^d	4,06±0,13 ^c	19,325±0,21 ^{de}
MA	79,83±0,75 ^e	3,35±0,41 ^a	10,58±0,38 ^a
ML	73,33±0,71 ^c	4,02±0,22 ^c	19,88±0,75 ^e
MS	69,76±0,42 ^a	3,71±0,19 ^b	17,96±1,15 ^c
DIK	71,55±0,55 ^b	4,97±0,19 ^d	15,50±0,39 ^b

Η σύγκριση μεταξύ των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε ανά στήλη. Οι διαφορετικοί εκθέτες (λατινικά γράμματα) υποδεικνύουν σημαντικές στατιστικές διαφορές ($p < 0,05$).

Υψηλές τιμές L^* (lightness) και b^* (yellowness) είναι θεμιτές για αλεύρι υψηλής ποιότητας.⁷⁰ Η L^* παράμετρος εξαρτάται από τη διαδικασία της άλεσης και το μέγεθος των κόκκων και το b^* εξαρτάται κυρίως από την ύπαρξη καροτενοειδών.⁴ Το σκληρό σιτάρι έχει ως προδιαγραφή υψηλής ποιότητας τιμή $b^* > 25$ στην Ευρώπη.⁴ Οι εμπορικές ποικιλίες ELP και MEX καθώς και οι τοπικές ML, MS δεν εμφανίζουν διαφορές στην τιμή των παραμέτρων L^* και b^* . Αυτές εμφανίζουν υψηλότερες τιμές b^* (ELP:18,70±0,69, MEX:19,325±0,21, ML:19,88±0,75, MS:17,96±1,15) από τις άλλες 3 τοπικές ποικιλίες, μα σχετικά χαμηλότερα από την Ευρωπαϊκή προδιαγραφή. Τα δεδομένα μας εμφανίζουν κοντινές τιμές με έρευνες αλεύρων σκληρού σίτου

($L^*:68,78\pm0,35$, $b^*:16,50\pm0,01$)⁷¹. Ταυτόχρονα, άλλες έρευνες αλεύρου ποικιλιών σκληρού σίτου εμφανίζουν πολύ υψηλότερες τιμές L^* εύρους 87,3-90,8, και τιμές b^* 22,5.⁷² Ως προς τα δίκοκκα άλευρα, χρωματική διερεύνηση για ποικιλίες δίκοκκου εμφανίζει ταυτόσημες τιμές a^* και b^* με τα δεδομένα μας ($4,34\pm0,30$ και $14,64\pm0,90$), αλλά πολύ χαμηλότερη τιμή L^* ($54,81\pm3,05$).⁵⁶ Η απόκλιση με αντίστοιχες έρευνες, πιθανώς, να οφείλεται σε αλλαγές στο φόντο (background) και το φωτισμό κατά τη μέτρηση. Οι υπολογισμοί ΔΕ ακολουθούν στον πίνακα 9:

Πίνακας 9: Τιμές ΔΕ αλευριού μεταξύ των έξι προς ανάλυση ποικιλιών

	ΔΕ ELP	ΔΕ MEX	ΔΕ MA	ΔΕ ML	ΔΕ MS	ΔΕ DIK
ELP	0	0,7	10,2	1,2	3,9	3,9
MEX	0,7	0	10,5	0,9	4,5	4,6
MA	10,2	10,5	0	11,4	12,5	9,8
ML	1,2	0,9	11,4	0	4,1	4,8
MS	3,9	4,5	12,5	4,1	0	3,3
DIK	3,9	4,6	9,8	4,8	3,3	0

Η σύγκριση μεταξύ των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε ανά στήλη. Οι διαφορετικοί εκθέτες (λατινικά γράμματα) υποδεικνύουν σημαντικές στατιστικές διαφορές ($p<0,05$).

Από τις μετρήσεις ΔΕ προκύπτει πως οι εμπορικές ποικιλίες ELP, MEX και η ML δεν εμφανίζουν χρωματικές διαφορές μεταξύ τους, με την MS να εμφανίζει ελάχιστα αισθητές διαφορές με αυτές τις τρείς. Η ποικιλία MA εμφανίζει έντονες διαφορές και με τις πέντε άλλες ποικιλίες (ΔΕ: 9,8-12,5). Τα υπόλοιπα



Εικόνα 8: Φωτογραφίες αλεύρων

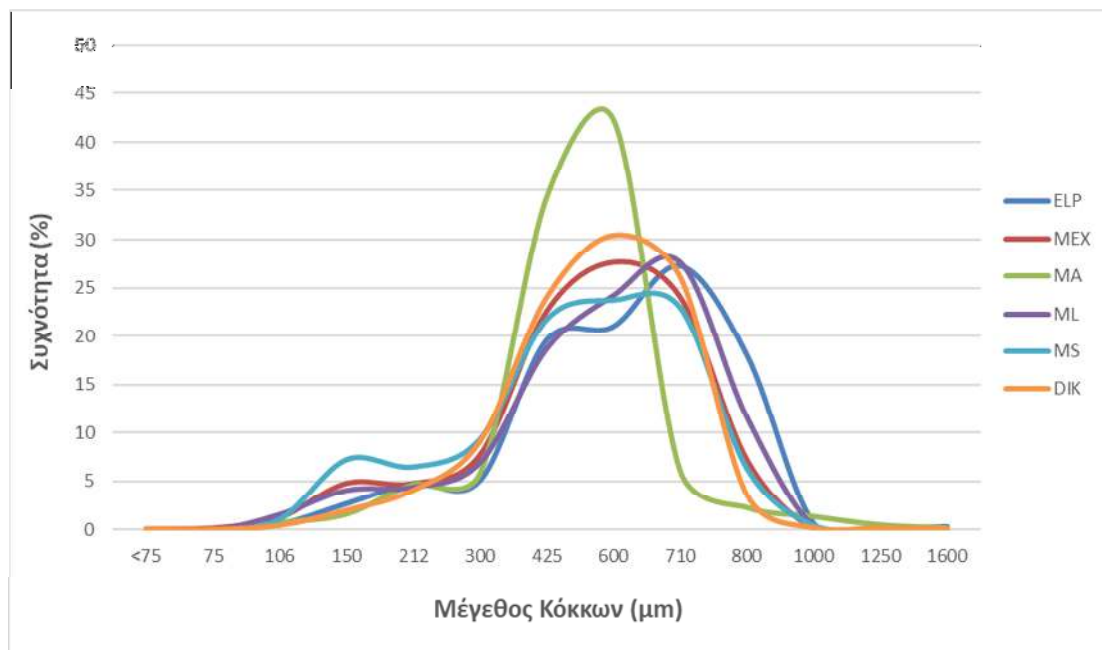
ζευγάρια ποικιλιών εμφανίζουν μικρές, αλλά οπτικά αισθητές διαφορές στην απόχρωσή τους (ΔΕ: 3,3-4,6). Στην Εικόνα 16 παρουσιάζονται φωτογραφίες των παραγόμενων αλεύρων.

Οι μη αισθητές ή μικρές χρωματικές διαφορές μεταξύ των εμπορικών ELP, MEX και των τοπικών ML, MS μπορούν να παρατηρηθούν. Οι 4 αυτές ποικιλίες εμφανίζουν την κίτρινη θεμιτή απόχρωση σε σύγκριση με τις MA και DIK που χαρακτηρίζονται από μια

μπεζ/καφετί απόχρωση. Η μεγάλη χρωματική διαφορά της MA με τις υπόλοιπες ποικιλίες είναι επίσης εμφανής, χωρίς να παρατηρείται συσχέτιση με τη σύσταση του αλευρού σε πρωτεΐνη, όπως προαναφέρθηκε.

3.2.3 Κατανομή με κόσκινα

Η ποσοστιαία κατανομή του μεγέθους των κόκκων των αλεύρων της κάθε ποικιλίας αναγράφεται στο σχήμα 3.



Σχήμα 3: Μέγεθος κόκκων αλεύρου

Η πλειοψηφία των κόκκων αλεύρου για όλες τις ποικιλίες εμφανίζεται να έχει μέγεθος μεταξύ 300-800μm. Αναλυτικά, σε αυτό το εύρος το αλεύρι ELP συναντάται σε ποσοστό 90,91%, το MEX σε 88,96%, το MA σε ποσοστό 90,8%, το ML σε ποσοστό 89,27%, το MS σε ποσοστό 84,26% και το DIK σε ποσοστό 93,14%. Η κοντινή κατανομή του μεγέθους των κόκκων είναι λογική, δεδομένου ότι για την άλεση των σπόρων και των 6 ποικιλιών χρησιμοποιήθηκε ο ίδιος μύλος άλεσης. (βλ. Μεθοδολογία 2.3 Άλεση). Σύμφωνα με ποιοτικούς ελέγχους της Barilla⁷³ καλής ποιότητας ζυμαρικά εξαρτώνται από το μέγεθος των κόκκων του αλευριού. Πολύ μεγάλοι κόκκοι δεν ενυδατώνονται επαρκώς κατά την ανάμιξη του αλευριού με το νερό, δημιουργώντας λευκά στίγματα στο τελικό προϊόν (ζυμαρικό), τα οποία δεν εξαφανίζονται κατά τη ξήρανση. Η βέλτιστη ποιότητα τελικού προϊόντος προκύπτει από αλεύρι με κόκκους

400-200 μ m σε συχνότητα 70-80%. Κόκκοι μεγέθους μικρότερου των 200 μ m και μεγαλύτεροι των 400 μ m πρέπει να αποφεύγονται. Τα αποτελέσματά μας διαφέρουν σε μεγάλο βαθμό από τις απαιτήσεις της εταιρίας Barilla, και έχουν μια τάση για μεγαλύτερους κόκκους. Όλες οι ποικιλίες μας εμφανίζουν ένα μέγιστο μέγεθος κόκκων 425-680 μ m με συχνότητα 23-30%. Χρειάζεται άλεση, η οποία θα έχει ως αποτέλεσμα κόκκους μικρότερων διαστάσεων, για να επιτευχθούν ζυμαρικά σύμφωνα με τις προδιαγραφές της εταιρίας Barilla.⁷³ Οι διαφορές στο μέγεθος των κόκκων πιθανώς να οφείλονται ,επίσης, στο ότι τα δείγματά μας είναι ολικής αλέσεως, ενώ οι βιβλιογραφικές προδιαγραφές μιλούν για μερικής άλεσης προϊόντα.

3.3 Αποτελέσματα μετρήσεων σε ζυμαρικά

3.3.1 Φρέσκα ζυμαρικά

3.3.1.1 Ενεργότητα νερού – Υγρασία

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 10) ακολουθούν η ενεργότητα νερού και η υγρασία που μετρήθηκε στα φρέσκα ζυμαρικά.

Πίνακας 10: a_w και υγρασία (%) φρέσκων ζυμαρικών

Ποικιλία	a_w	Υγρασία %
ELP	0,927 $\pm$ 0,006 ^{ab}	30,08 $\pm$ 2,15 ^b
MEX	0,937 $\pm$ 0,002 ^d	30,43 $\pm$ 1,66 ^b
MA	0,933 $\pm$ 0,006 ^{bcd}	28,2 $\pm$ 0,5 ^a
ML	0,929 $\pm$ 0,005 ^{abc}	29,37 $\pm$ 1,14 ^{ab}
MS	0,926 $\pm$ 0,004 ^a	28,29 $\pm$ 0,87 ^a
DIK	0,934 $\pm$ 0,002 ^{bc}	30,25 $\pm$ 0,87 ^b

Η σύγκριση μεταξύ των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε ανά στήλη. Οι διαφορετικοί εκθέτες (λατινικά γράμματα) υποδεικνύουν σημαντικές στατιστικές διαφορές ($p < 0,05$).

Οι τιμές a_w δεν εμφανίζουν στατιστικές διαφορές ανάμεσα στις ποικιλίες ($p < 0,05$). Παρατηρείται πολύ μικρό εύρος τιμών (0,926-0,937). Συγκεκριμένα, οι εμπορικές ποικιλίες ELP και MEX χαρακτηρίζονται από a_w 0,927 $\pm$ 0,006 και 0,937 $\pm$ 0,002 αντίστοιχα. Οι τοπικές ποικιλίες MA, ML, MS και DIK εμφανίζουν τιμές 0,933 $\pm$ 0,006, 0,929 $\pm$ 0,005, 0,926 $\pm$ 0,004 και 0,934 $\pm$ 0,002 αντίστοιχα. Η a_w των φρέσκων ζυμαρικών

είναι εμφανώς αυξημένη από αυτή του αλευριού (0,375-0,438) αναμενόμενα, καθώς προηγήθηκε ανάμιξη του αλευριού με νερό για να προκύψει ζυμάρι και εν συνεχεία φρέσκο λινγκουίνι. Η ενεργότητα νερού φρέσκων ζυμαρικών συνήθως κυμαίνεται από 0,92-0,99.⁷⁴

Σημαντικά στατιστικές διαφορές δεν εμφανίζονται ούτε στην υγρασία. Η τελευταία κυμαίνεται από (28,2-30,43%) για όλες τις ποικιλίες. Οι εμπορικές ποικιλίες ELP (30,08±2,15%), MEX (30,43±1,66%) και οι τοπικές ML (29,37±1,14%), DIK (30,25±0,87%) εμφανίζουν σχετικά υψηλότερο ποσοστό σε σύγκριση με τις MS (28,29±0,87%) και MA (28,2±0,5%). Βιβλιογραφικά, το ποσοστό της υγρασίας στα φρέσκα ζυμαρικά βρίσκεται πάνω από 24%⁷⁴, όπως συμβαίνει και με τα δείγματα της παρούσας έρευνας.

3.3.1.2 Δύναμη κοπής ζυμαρικού (pasta cutting force)

Η δύναμη που χρειάζεται ένα φρέσκο ζυμαρικό συγκεκριμένων διαστάσεων, της εκάστοτε ποικιλίας, για να κοπεί παρατίθεται στον πίνακα 11 που ακολουθεί.

Πίνακας 11: Δύναμη κοπής φρέσκου ζυμαρικού με τη χρήση Instron

Ποικιλία	Δύναμη Κοπής Ζυμαρικού (N)
ELP	9,79±0,75 ^a
MEX	9,64±0,78 ^{ab}
MA	17,42±1,34 ^d
ML	13,18±1,18 ^c
MS	12,62±0,93 ^c
DIK	10,35±0,81 ^b

Οι διαφορετικοί εκθέτες (λατινικά γράμματα) υποδεικνύουν σημαντικές στατιστικές διαφορές ($p < 0,05$).

Οι ποικιλίες εμφανίζουν σημαντικές στατιστικές διαφορές μεταξύ τους ($p < 0,05$). Οι εμπορικές ποικιλίες εμφανίζουν τις χαμηλότερες τιμές δύναμης κοπής. Συγκεκριμένα η ELP με 9,79±0,75N και η MEX με 9,64±0,78N. Η ποικιλία MA εμφανίζει πολύ αυξημένες τιμές δύναμης κοπής (17,42±1,34N), σε σύγκριση με τις υπόλοιπες τοπικές. Η DIK (10,35±0,81N) εμφανίζει μικρή διαφορά με τις εμπορικές ELP και MEX. Η δύναμη συμπίεσης και κοπής συσχετίζεται με τη σύσταση των ζυμαρικών σε πρωτεΐνη

και τη γλουτένη.⁷⁶ Και στα δικά μας αποτελέσματα, η τάση της δύναμης κοπής είναι ανάλογη της σύστασης του ζυμαρικού σε πρωτεΐνη και γλουτένη.⁴

3.3.1.3 Χρωματομετρία

Ακολουθεί ο πίνακας 12 με τις παραμέτρους χρώματος, L^* , a^* , b^* για τα φρέσκα λινγκουίνι των έξι, προς ανάλυση, ποικιλιών.

Πίνακας 12: Παράμετροι χρώματος σε φρέσκα ζυμαρικά

Ποικιλία	L^*	a^*	b^*
ELP	63,38±0,92 ^d	5,84±0,73 ^a	25,05±1,54 ^c
MEX	63,22±0,88 ^d	6,31±0,4 ^a	23,28±1,38 ^b
MA	56,03±1,03 ^a	10,24±0,57 ^d	21,79±0,92 ^a
ML	65±0,84 ^c	7,95±0,44 ^c	27,21±0,66 ^d
MS	59,32±0,76 ^c	7,11±0,31 ^b	24,2±0,79 ^{bc}
DIK	57±1,33 ^b	10,44±0,56 ^d	21,17±1,34 ^a

Η σύγκριση μεταξύ των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε ανά στήλη. Οι διαφορετικοί εκθέτες (λατινικά γράμματα) υποδεικνύουν σημαντικές στατιστικές διαφορές ($p < 0,05$).

Το χρώμα των φρέσκων ζυμαρικών φέρει στατιστικά σημαντικές διαφορές από ποικιλία σε ποικιλία ($p < 0,05$). Οι εμπορικές ποικιλίες, καθώς και οι τοπικές ML, MS εμφανίζουν κοντινές τιμές στους παράγοντες απόχρωσης L^* , a^* και b^* . Οι ποικιλίες MA και DIK, εμφανίζουν επίσης πολύ κοντινές τιμές μεταξύ τους, αλλά στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p < 0,05$) από τις υπόλοιπες τέσσερις ποικιλίες. Ο παράγοντας yellowness (b^*) που έχει μεγάλο ενδιαφέρον για τα ζυμαρικά είναι αυξημένος σε σύγκριση με τις τιμές που λήφθηκαν στο αλεύρι, για όλες τις ποικιλίες.

Οι παραπάνω μετρήσεις έχουν συγκρίσιμες τιμές με βιβλιογραφικά δεδομένα αντίστοιχων ερευνών σκληρού σίτου ($L^*:55,3$, $a^*:6,14$, $b^*:26,4$).⁶⁵ Η δίκοκκη ποικιλία, εμφανίζει το χαμηλότερο b^* παράγοντα και έχει μια σκούρα καφετί απόχρωση (Εικόνα 17), όπως παρατηρείται σε ζυμαρικά που προκύπτουν από αλεύρι τύπου Emmer (T. Dicotum).⁸³ Η ίδια καφετί απόχρωση παρατηρείται και στην MA.



Εικόνα 17: Φρέσκα ζυμαρικά

Οι υπολογισμοί ΔΕ ακολουθούν στον πίνακα 13:

Πίνακας 13: Τιμές ΔΕ φρέσκων ζυμαρικών μεταξύ των έξι προς ανάλυση ποικιλιών

	ΔΕ ELP	ΔΕ MEX	ΔΕ MA	ΔΕ ML	ΔΕ MS	ΔΕ DIK
ELP	0	1,83	9,16	3,38	4,34	8,76
MEX	1,83	0	8,32	4,59	4,08	7,75
MA	9,16	8,32	0	10,75	5,14	1,16
ML	3,38	4,59	10,74	0	6,48	10,35
MS	4,34	4,08	5,14	6,48	0	5,06
DIK	8,76	7,75	1,16	10,35	5,06	0

Η σύγκριση μεταξύ των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε ανά στήλη. Οι διαφορετικοί εκθέτες (λατινικά γράμματα) υποδεικνύουν σημαντικές στατιστικές διαφορές ($p<0,05$).

Οι εμπορικές ELP και MEX δεν εμφανίζουν αισθητή διαφορά στο χρώμα, πράγμα που παρατηρήθηκε και στα αντίστοιχα αλεύρια. Επιπλέον, η DIK με την MA δεν εμφανίζουν χρωματικές διαφορές μεταξύ τους, αλλά εμφανίζουν έντονη χρωματική διαφορά με τις υπόλοιπες τέσσερις ποικιλίες (ELP, MEX, ML, MS). Οι ML και MS εμφανίζουν ελάχιστη διαφορά απόχρωσης από τις εμπορικές ποικιλίες. Στην Εικόνα 17 μπορεί να παρατηρηθεί η ομοιότητα των ELP, MEX, ML, MS, καθώς και η ομοιότητα μεταξύ των MA και DIK. Όλες οι ποικιλίες εμφάνισαν χαμηλότερες τιμές L^* , και υψηλότερες τιμές a^* και b^* σε σύγκριση με τα αντίστοιχα αλεύρια. Οι διαφορές μεταξύ των πειραματικών και βιβλιογραφικών αποτελεσμάτων, καθώς και μεταξύ των προς ανάλυση ποικιλιών, πιθανώς να οφείλονται σε χρωματικές διαφορές μεταξύ των ποικιλιών σίτου, οι οποίες μεταφέρονται και στο φρέσκο προϊόν κατά τη διαδικασία παρασκευής του. Επιπλέον, οι διαφορές μεταξύ ερευνών ενδεχομένως να οφείλονται σε διαφορές στο φόντο (background) και στον φωτισμό, κατά τη λήψη των μετρήσεων.

3.3.2 Ξηρά Ζυμαρικά

3.3.2.1 Ενεργότητα νερού – Υγρασία

Στον πίνακα 14 ακολουθούν η ενεργότητα νερού και η Υγρασία που μετρήθηκε στα ξηρά ζυμαρικά.

Πίνακας 14: Ενεργότητα νερού (a_w) και υγρασία (%) ξηρών ζυμαρικών

Ποικιλία	a_w	Υγρασία %
ELP	0,429±0,014 ^{de}	8,76±0,32 ^c
MEX	0,424±0,006 ^d	9,01±0,25 ^d
MA	0,356±0,008 ^c	7,47±0,4 ^b
ML	0,329±0,004 ^b	7,06±0,15 ^a
MS	0,438±0,006 ^a	8,70±0,24 ^{cd}
DIK	0,317±0,008 ^a	7,73±0,28 ^b

Η σύγκριση μεταξύ των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε ανά στήλη. Οι διαφορετικοί εκθέτες (λατινικά γράμματα) υποδεικνύουν σημαντικές στατιστικές διαφορές ($p < 0,05$).

Οι τοπικές ποικιλίες εμφανίζουν στατιστικά σημαντική διαφορά ($p < 0,05$) στην ενεργότητα νερού. Οι τιμές a_w των ξηρών, όπως αναμένεται, είναι πολύ χαμηλότερες

από τις τιμές των φρέσκων ζυμαρικών, σε ένα εύρος (0,317-0,429) έναντι (0,926-0,937). Τυπικά, οι τιμές ενεργότητας νερού για ξηρά ζυμαρικά, κυμαίνονται από 0,4-0,6.⁷⁷ Σε αυτό το εύρος, συναντάμε τις εμπορικές ELP, MEX και την MS. Οι MA, ML και DIK εμφανίζουν χαμηλότερη a_w από τα βιβλιογραφικά όρια. Ως προς την υγρασία τα δείγματα εμφανίζουν στατιστική διαφορά. Η υγρασία ξηρών ζυμαρικών πρέπει να βρίσκεται σε επίπεδα <12%.⁷⁸ Από τη μέτρηση της υγρασίας είναι εμφανές πως η διαδικασία της ξήρανσης ήταν επιτυχής για όλες τις ποικιλίες. Οι ποικιλίες ELP, MEX και MS εμφανίζουν εντός ασφαλούς ορίου, αλλά συγκριτικά υψηλότερες τιμές υγρασίας από τις άλλες τρεις ποικιλίες: 8,76±0,32%, 9,01±0,25%, 8,70±0,24% αντίστοιχα.

3.3.2.2 Χρωματομετρία

Στον πίνακα 15 Ακολουθούν οι παράμετροι χρώματος, L^* a^* b^* για τα ξερά λινγκουίνι των έξι ,προς ανάλυση, ποικιλιών.

Πίνακας 15: Παράμετροι χρώματος σε ξηρά ζυμαρικά

Ποικιλία	L^*	a^*	b^*
ELP	69,88±0,76 ^d	6,78±0,35 ^a	24,48±0,41 ^c
MEX	67,54±1,77 ^c	6,73±0,4 ^a	24,31±1,08 ^c
MA	54,97±1,15 ^a	8,64±0,55 ^a	18,95±0,45 ^a
ML	61,6±1,77 ^b	7,14±0,24 ^a	23,24±0,51 ^d
MS	60,12±1,02 ^b	6,09±0,14 ^b	21,85±0,86 ^c
DIK	54,92±1,25 ^a	10,41±0,56 ^b	20,11±0,52 ^b

Η σύγκριση μεταξύ των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε ανά στήλη. Οι διαφορετικοί εκθέτες (λατινικά γράμματα) υποδεικνύουν σημαντικές στατιστικές διαφορές ($p < 0,05$).

Οι ποικιλίες εμφανίζουν μεγάλη στατιστική διαφορά ως προς τους παράγοντες χρώματος. Έρευνα σε 18 εμπορικά προϊόντα ζυμαρικών από σκληρό σίτο έδειξε τιμές b^* (yellowness) σε ένα εύρος 28,2-40,57, ενώ οι παράμετροι L^* και a^* εμφάνισαν εύρη τιμών 35,21-66,60 και 0,10-5,00 αντίστοιχα.⁷⁹ Οι 2 εμπορικές ποικιλίες ELP, MEX και οι τοπικές ML,MS εμφάνισαν υψηλότερη τιμή b^*



Εικόνα 18: Ξηρά ζυμαρικά

και L^* , a^* . Οι εμπορικές ELP, MEX εμφανίζουν υψηλότερο παράγοντα L^* σε σύγκριση με τις τοπικές. Ο σημαντικότερος, για τους καταναλωτές, παράγοντας b^* εμφανίζει συγκρίσιμες και αντίστοιχες τιμές με άλλες έρευνες ξηρών ζυμαρικών από σκληρό σίτο (19,1)⁷². Άλλες έρευνες ξηρών ζυμαρικών σκληρού σίτου εμφανίζουν χαμηλότερες, αλλά συγκρίσιμες τιμές L^* (51,52±1,41), a^* (2,11±0,15) και b^* (16,22±0,96).⁷⁹ Η DIK χαρακτηρίζεται λόγω του χαμηλότερου συγκριτικά b^* και του υψηλότερου a^* από μια πιο σκούρα, καφετί απόχρωση (Εικόνα 18), όπως προκύπτει και βιβλιογραφικά για τα ζυμαρικά από *T. dicoccum*.⁸³

Αντίστοιχη απόχρωση παρουσιάζει, όπως παρατηρείται στην Εικόνα 18 και η MA.

Οι υπολογισμοί ΔΕ βρίσκονται στον Πίνακα 16:

Πίνακας 16: Τιμές ΔΕ ξηρών ζυμαρικών μεταξύ των έξι προς ανάλυση ποικιλιών

	ΔΕ ELP	ΔΕ MEX	ΔΕ MA	ΔΕ ML	ΔΕ MS	ΔΕ DIK
ELP	0	2,35	26,40	8,39	10,13	27,80
MEX	2,35	0	25,28	6,12	7,94	26,29
MA	26,40	25,28	0	22,19	22,58	1,82
ML	8,39	6,12	22,18	0	2,28	23,35
MS	10,13	7,94	22,58	2,28	0	23,83

DIK	27,38	26,29	1,82	23,35	23,84	0
------------	-------	-------	------	-------	-------	---

Η σύγκριση μεταξύ των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε ανά στήλη. Οι διαφορετικοί εκθέτες (λατινικά γράμματα) υποδεικνύουν σημαντικές στατιστικές διαφορές ($p < 0,05$).

Οι εμπορικές ποικιλίες εμφανίζουν μη αισθητή διαφορά στην απόχρωση. Όλες οι τοπικές ποικιλίες διαφέρουν αισθητά χρωματικά από τις ELP, MEX. Από την εικόνα 18 παρατηρείται πως οι ML και MS έχουν μια πιο σκούρα απόχρωση από τις εμπορικές, παρότι αυτές οι τέσσερις εμφάνιζαν μεγάλη ομοιότητα (μη αισθητή χρωματική διαφορά) στο στάδιο του φρέσκου ζυμαρικού. Στα ξηρά μακαρόνια παρατηρούμε πως οι ΔΕ είναι πιο έντονες από τις τιμές στα φρέσκα ζυμαρικά. Και στα ξηρά (όπως και στα φρέσκα) οι MA και DIK έχουν μη αισθητή χρωματική διαφορά. Οι διαφορές μεταξύ διαφορετικών ερευνών, καθώς και μεταξύ των προς ανάλυση ποικιλιών πιθανώς να οφείλονται σε χρωματικές διαφορές μεταξύ των ποικιλιών σίτου, οι οποίες μεταφέρονται και στα ξηρά ζυμαρικά. Οι διαφορές μεταξύ των προς ανάλυση ποικιλιών ενδεχομένως να οφείλονται στη σύσταση της εκάστοτε ποικιλίας σε θερμοευαίσθητες ουσίες, οι οποίες συμβάλλουν στο χρώμα, όπως τα καροτενοειδή. Τα τελευταία είναι υπεύθυνα για την κίτρινη απόχρωση των ζυμαρικών. Τα καροτενοειδή ανάλογα με τη διαδικασία ξήρανσης (χρόνος, θέρμανση) που ακολουθείται, μπορούν να εμφανίσουν απώλεια σε ποσοστό από 54,7-80%.⁸⁰ Έτσι, είναι αναμενόμενες και οι μεγάλες χρωματικές αλλαγές μεταξύ των φρέσκων και των ξηρών ζυμαρικών.

3.3.3 Βρασμένα ζυμαρικά

3.3.3.1 Cooking Loss (C.L.) - Water Uptake (W.U.) - Swelling Index (S.I.)

Τα αποτελέσματα των τριών αυτών παραμέτρων καταγράφονται αναλυτικά στον πίνακα 17:

Πίνακας 17: Αποτελέσματα Cooking Loss (%), Water Uptake (%), Swelling Index (%) μαγειρεμένων ζυμαρικών

Ποικιλία	C.L. %	W.U. %	S.I. %
ELP	6,88±0,18 ^c	199,98±8,24 ^c	2,10±0,18 ^b
MEX	6,32±0,5 ^b	193,48±4,81 ^c	2,04 ±0,09 ^b
MA	6,05±1,08 ^b	167,09±5,58 ^a	1,84±0,06 ^a

ML	6,24±0,15 ^b	185,7±5,75 ^b	2,04±0,03 ^b
MS	5,69±0,42 ^a	180,98±6,81 ^b	2,05±0,07 ^b
DIK	6,24±0,29 ^b	174,57±3,44 ^b	2,00±0,08 ^b

Η σύγκριση μεταξύ των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε ανά στήλη. Οι διαφορετικοί εκθέτες (λατινικά γράμματα) υποδεικνύουν σημαντικές στατιστικές διαφορές ($p<0,05$).

Το αποδεκτό Cooking Loss για καλής ποιότητας ζυμαρικά δεν πρέπει να υπερβαίνει το ποσοστό 7-8%.⁸¹ Οι ποικιλίες δεν εμφανίζουν σημαντικές στατιστικές διαφορές ($p<0,05$) μεταξύ τους σε ένα εύρος (5,69-6,88%). Οι πιο υψηλές τιμές C.L. εμφανίστηκαν στις εμπορικές ποικιλίες με την ELP 6,88±0,18% και την MEX 6,32±0,5%. Τα δεδομένα συμφωνούν και με άλλες έρευνες βρασμένων ζυμαρικών σκληρού σίτου που εμφάνισαν ένα C.L. 5,3±0,0.⁸² Η DIK εμφανίζει αντίστοιχα αποτελέσματα C.L. με άλλες έρευνες ζυμαρικών παρασκευασμένων από T. Dicoccum (7,12%).⁸³

Ως προς το W.U., όλες οι ποικιλίες εμφανίζουν σημαντικές στατιστικά διαφορές ($p<0,05$) και απορροφούν 1,67-2 φορές το βάρος τους σε νερό κατά το βρασμό τους. Η μεγαλύτερη κατακράτηση εμφανίζεται στις εμπορικές ποικιλίες ELP και MEX με τιμές 199,98±8,24% και 193,48±4,81% αντίστοιχα. Οι τοπικές ποικιλίες ML (185,7±5,75%) και MS (180,98±6,81%) εμφανίζουν κοντινές τιμές W.U. με τις εμπορικές ποικιλίες, ενώ οι MA (167,09±5,58%) και DIK (174,57±3,44%) εμφάνισαν αρκετά χαμηλότερες τιμές W.U. Σύμφωνα με τους Dick and Youngs et. al. (2008), τα ζυμαρικά απορροφούν ~2 φορές το βάρος τους σε νερό κατά το βράσιμο. Τα μαγειρεμένα ζυμαρικά έχουν τριπλάσιο βάρος από την ποσότητα ξηρού ζυμαρικού που μαγειρεύεται.⁸⁶ Σε άλλες έρευνες υπολογίζεται ένα W.U. 1,83-2,12 φορές το βάρος του προς μαγείρεμα ζυμαρικού.^{84,85} Το Water Uptake είναι άμεσα συσχετισμένο με το σχήμα του ζυμαρικού και τη διαδικασία ξήρανσης. Ξήρανση σε ήπια θέρμανση για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, όπως αυτή που έλαβε χώρα στην παρούσα έρευνα, καταλήγει σε χαμηλότερη απορρόφηση νερού κατά το βράσιμο.⁸⁵ Άλλες έρευνες με διαφορετικές συνθήκες ξήρανσης (130 °C για 2 ώρες) φτάνουν σε τιμές W.U. ζυμαρικών σκληρού σίτου μέχρι και 266±1%.⁸² Διαφορές από έρευνα σε έρευνα οφείλονται επίσης και στην ένταση στραγγίσματος και τις συνθήκες ψύξης.

Οι ποικιλίες δεν εμφανίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στο S.I ($p < 0,05$). Το εύρος τιμών είναι 1,84-2,1%, και εμφανίζουν ομοιότητα με τις τιμές άλλων ερευνών ζυμαρικών ολικής άλεσης (2,03-2,16%).⁸² Μεταξύ των δύο τελευταίων μετρήσεων (W.U. και S.I.) εμφανίζεται μια αντίστοιχη τάση. Οι ποικιλίες με μεγαλύτερες τιμές W.U. εμφανίζουν και μεγαλύτερες τιμές S.I..

3.3.3.2 Δύναμη κοπής ζυμαρικού (pasta cutting force)

Η δύναμη που χρειάζεται ένα μαγειρεμένο λινγκουίνι συγκεκριμένων διαστάσεων, της εκάστοτε ποικιλίας, για να κοπεί παρατίθεται στον πίνακα 18 που ακολουθεί.

Πίνακας 18: Δύναμη κοπής βρασμένου ζυμαρικού με τη χρήση Instron

Ποικιλία	Δύναμη Κοπής Ζυμαρικού (N)
ELP	1,09±0,1 ^a
MEX	1,17±0,1 ^b
MA	1,75±0,13 ^c
ML	1,24±0,11 ^c
MS	1,34±0,09 ^d
DIK	1,12±0,11 ^a

Οι διαφορετικοί εκθέτες (λατινικά γράμματα) υποδεικνύουν σημαντικές στατιστικές διαφορές ($p < 0,05$).

Οι ποικιλίες εμφανίζουν σημαντική στατιστική διαφορά μεταξύ τους ως προς την δύναμη κοπής μαγειρεμένου ζυμαρικού ($p < 0,05$). Οι εμπορικές ποικιλίες ELP, MEX χαρακτηρίζονται από χαμηλότερη δύναμη (1,09±0,1 και 1,17±0,1 N, αντίστοιχα). Οι ML (1,24±0,11 N) και DIK (1,12±0,11 N) εμφανίζουν αντίστοιχες τιμές με τις εμπορικές, ενώ οι MA (1,75±0,13 N) και MS (1,34±0,09 N) χρειάζονται περισσότερη δύναμη για την κοπή ενός ζυμαρικού. Τα αποτελέσματα αυτά μπορούν να μεταφραστούν ως αίσθηση που δίνουν στον καταναλωτή τα ζυμαρικά βρασμένα κατά τη μάσησή τους. Με αύξηση του ποσοστού πρωτεΐνης, τα μαγειρεμένα ζυμαρικά γίνονται πιο σταθερά και σκληρά, μια τάση που παρατηρείται και στις δικές μας μετρήσεις.⁷⁵

3.3.3.3 Χρωματομετρία

Ακολουθούν οι παράμετροι χρώματος, L^* a^* b^* για τα βρασμένα λινγκουίνι των έξι, προς ανάλυση, ποικιλιών (Πίνακας 19).

Πίνακας 19: Παράμετροι χρώματος σε βρασμένα ζυμαρικά

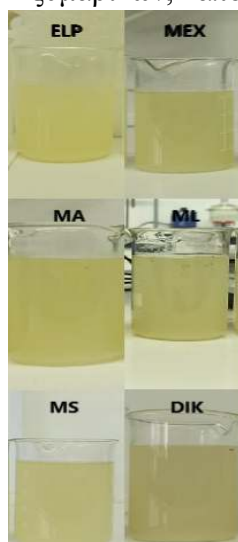
Ποικιλία	L^*	a^*	b^*
ELP	61,3±0,77 ^d	0,16±0,01 ^a	9,88±0,48 ^a
MEX	71,76±1,03 ^b	4,56±0,43 ^b	24,6±1,07 ^d
MA	61,62±0,71 ^a	9,18±0,26 ^c	20,3±0,51 ^c
ML	68,05±0,8 ^c	5,57±0,3 ^c	25,9±0,6 ^c
MS	66,89±1,1 ^b	4,76±0,3 ^d	24±0,67 ^d
DIK	61,83±0,54 ^b	10,04±0,32 ^f	19,9±0,45 ^b

Η σύγκριση μεταξύ των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε ανά στήλη. Οι διαφορετικοί εκθέτες (λατινικά γράμματα) υποδεικνύουν σημαντικές στατιστικές διαφορές ($p<0,05$).

Οι ποικιλίες εμφανίζουν μεγάλες στατιστικές διαφορές ($p<0,05$) ως προς τους παράγοντες L^* , a^* και b^* . Τα δεδομένα διαφέρουν σημαντικά σε σύγκριση με την απόχρωση των ξηρών ζυμαρικών, απόρροια της διαδικασίας του βρασμού. Άλλες έρευνες βρασμένων ζυμαρικών σκληρού σίτου ($L:56,9\pm1,4$, $a:-1,8\pm0,2$, $b:12,8\pm1,1$)⁸² εμφανίζουν διαφορές με τα πειραματικά μας δεδομένα, πλην της εμπορικής ELP, η οποία έχει συγκρίσιμες, με τα βιβλιογραφικά, τιμές. Σύμφωνα με άλλες έρευνες, τα σκληρά σιτάρια έχουν μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε καροτενοειδή και τα προκύπτοντα μαγειρεμένα μακαρόνια εμφανίζουν μεγαλύτερο δείκτη yellowness b^* από ζυμαρικά *T. Aestivium* και *T. Dicoccum*.⁸³ Αυτό παρατηρείται και



Εικόνα 19: Βρασμένα ζυμαρικά MEX - αριστερά, βρασμένα ζυμαρικά DIK - δεξιά



Εικόνα 20 Νερό μετά το βράσιμο ζυμαρικών

στις μετρήσεις που έλαβαν χώρα για την παρούσα έρευνα. Με εξαίρεση την ποικιλία ELP, ο παράγοντας b^* των ζυμαρικών DIK είναι χαμηλότερος από τον δείκτη των ποικιλιών σκληρού σίτου MEX, MA, ML, MS σε βρασμένα ζυμαρικά. Τα μακαρόνια από δίκοκκο σιτάρι εμφανίζουν μια καφέ απόχρωση (Εικόνα 19), σε αντίθεση με την κίτρινη απόχρωση που εμφανίζουν τα ζυμαρικά σκληρού σίτου (Εικόνα 19). Να σημειωθεί, επίσης, πως ποσότητα χρωστικών ουσιών παρέμεινε στο νερό βρασίματος (Εικόνα 20), μαζί με τις απώλειες Cooking Loss, γεγονός που δικαιολογεί τις μεγάλες χρωματικές αλλαγές μεταξύ ξηρών και μαγειρεμένων ζυμαρικών. Το νερό βρασίματος έχει μια κίτρινη απόχρωση, παρόλο που τα καροτενοειδή, η κύρια αιτία yellowness (b^*) προϊόντων σίτου, είναι λιποδιαλυτά και υδρόφοβα.⁸⁷ Πιθανώς η κίτρινη απόχρωση του νερού βρασίματος δεν οφείλεται σε καροτενοειδή, αλλά σε άλλες χρωστικές. Οι αποκλίσεις μεταξύ των ερευνών, ενδεχομένως, οφείλονται και σε διαφορές στο φόντο (background) και στις συνθήκες φωτισμού κατά τη μέτρηση.

Οι υπολογισμοί ΔΕ ακολουθούν παρακάτω:

Πίνακας 20: Τιμές ΔΕ βρασμένων ζυμαρικών μεταξύ των έξι προς ανάλυση ποικιλιών

	ΔΕ	ΔΕ MEX	ΔΕ MA	ΔΕ ML	ΔΕ MS	ΔΕ DIK
ELP						
ELP	0	18,59	13,80	18,17	16,04	14,11
MEX	18,59	0	11,87	4,04	12,70	12,27
MA	13,80	11,87	0	9,17	4,99	0,96
ML	18,17	4,04	9,17	0	9,02	9,69
MS	16,04	12,70	4,99	9,02	0	5,75
DIK	14,11	12,27	0,96	9,69	5,75	0

Η σύγκριση μεταξύ των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε ανά στήλη. Οι διαφορετικοί εκθέτες (λατινικά γράμματα) υποδεικνύουν σημαντικές στατιστικές διαφορές ($p < 0,05$).

Όλες οι ποικιλίες εμφανίζουν αισθητή διαφορά στην απόχρωσή τους στα μαγειρεμένα ζυμαρικά. Εξαίρεση αποτελούν οι ποικιλίες DIK και MA οι οποίες όπως και στα ξηρά και στα φρέσκα ζυμαρικά, δεν έχουν αισθητές διαφορές απόχρωσης, ενώ η χρωματική διαφορά τους στα άλευρα ήταν μικρή. Αντιθέτως, οι εμπορικές ποικιλίες ELP και MEX, οι οποίες παρουσιάζουν χρωματική ομοιότητα σε όλα τα υπόλοιπα στάδια παρασκευής (αλεύρι, φρέσκο και ξηρό ζυμαρικό) εμφανίζουν μεγάλο ΔΕ. Οι διαφορές μεταξύ των ερευνών, καθώς και μεταξύ των προς ανάλυση ποικιλιών πιθανώς να οφείλονται σε

χρωματικές διαφορές μεταξύ των ποικιλιών σίτου, οι οποίες μεταφέρονται και στα μαγειρεμένα ζυμαρικά.

3.4 Συσχέτιση Μεταβλητών

Με τη χρήση του λογισμικού Statgraphics έγινε υπολογισμός του Pearson's Product Moment Correlation για κάθε ζευγάρι μεταβλητών, για να βρεθεί συσχέτιση μεταξύ των μετρήσεων και να διερευνηθεί η πιθανότητα συσχέτισης ποιότητας τελικού προϊόντος (ζυμαρικών) με κάποια χαρακτηριστικά σπόρου. Συσχέτιση σπόρου και προκύπτον ζυμαρικού θα μπορέσει να έχει ως αποτέλεσμα την δυνατότητα πρόβλεψης της ποιότητας του τελικού προϊόντος από μετρήσεις κατά το στάδιο της συγκομιδής, μειώνοντας σημαντικά το κόστος και το χρόνο του ελέγχου της ποιοτικής διερεύνησης.

Πολλά από τα μορφολογικά χαρακτηριστικά των σπόρων συσχετίζονται μεταξύ τους, όπως είναι αναμενόμενο. Το εμβαδόν των σπόρων εμφανίζει λογικά, θετική συσχέτιση με το πλάτος σπόρου (0,9398 με $p < 0,05$) και τη μέση διάμετρο (0,9938 με $p < 0,05$), αλλά δεν παρατηρείται συσχέτιση με το μήκος σπόρου. Το εμβαδόν σπόρου συσχετίζεται, επιπλέον, θετικά και με τους όγκους V_b και V_T (0,988 και 0,9844 με $p < 0,05$, αντίστοιχα), καθώς και με το βάρος των σπόρων (0,9498 με $p < 0,05$). Όπως αναφέρθηκε και στο κομμάτι 3.1.1, είναι εμφανής η τάση μεγαλύτερων σπόρων να χαρακτηρίζονται και από μεγαλύτερο βάρος. Το βάρος συσχετίζεται θετικά, πέρα από το εμβαδόν και με άλλα χαρακτηριστικά διαστάσεων, όπως το πλάτος (0,991 με $p < 0,05$), τη μέση διάμετρο (0,961 με $p < 0,05$), τους όγκους V_b και V_T (0,9825 και 0,9874 με $p < 0,05$, αντίστοιχα), αλλά συσχετίζεται αρνητικά με τη κυκλικότητα των σπόρων (-0,8125 με $p < 0,05$). Επομένως, όσο πιο στρογγυλός είναι ένας σπόρος (μικρή τιμή παράγοντα στρογγυλότητας που τείνει στη μονάδα), τόσο μεγαλύτερο το βάρος του. Το βάρος συσχετίζεται, επίσης, θετικά και με τη δύναμη σπασίματος σπόρου (0,8574 με $p < 0,05$). Σύμφωνα με τον Liu et al (2008)⁶⁰ σπόροι μεγαλύτερου μεγέθους, βάρους και σκληρότητας θεωρούνται και πιο υγιείς, πράγμα που καθιστά φανερή τη συσχέτιση αυτών των μεγεθών. Η δύναμη σπασίματος εμφανίζει αρνητική συσχέτιση με τη κυκλικότητα (-0,9077 με $p < 0,05$), δηλαδή οι σπόροι που τείνουν προς στρογγυλό

σχήμα σπάνε δυσκολότερα. Η κυκλικότητα σπόρων εμφανίζει επίσης αρνητική συσχέτιση με τις πυκνότητες ρ_b και ρ_t (-0,9631 και -0,9815 με $p < 0,05$, αντίστοιχα), δηλαδή οι στρογγυλότεροι σπόροι έχουν μεγαλύτερη πυκνότητα. Αξιοσημείωτο είναι, επίσης, πως η δύναμη σπασίματος σπόρου δεν εμφανίζει συσχέτιση με την επιφάνεια σπόρου. Τέλος, η δύναμη σπασίματος σπόρου δεν συσχετίζεται με την απαραίτητη δύναμη κοπής ούτε των φρέσκων, ούτε των μαγειρεμένων ζυμαρικών. Επομένως, η σκληρότητα του σπόρου δεν «μεταφέρεται» σαν ιδιότητα στα προϊόντα ζυμαρικών.

Στο αλεύρι, η υγρασία εμφανίζει θετική συσχέτιση με την ενεργότητα νερού (0,8713 με $p < 0,05$), αλλά αρνητική συσχέτιση με το Water Holding Capacity (-0,844 με $p < 0,05$). Προκύπτει πως τα αλεύρια με μεγαλύτερη υγρασία κατακρατούν λιγότερη ποσότητα νερού. Πιθανώς, οι θέσεις δέσμευσης του νερού στη σύσταση του αλευρού είναι δεσμευμένες από την ήδη υπάρχουσα ποσότητα υγρασίας, με αποτέλεσμα να μην μπορεί να κατακρατηθεί μεγάλη ποσότητα.

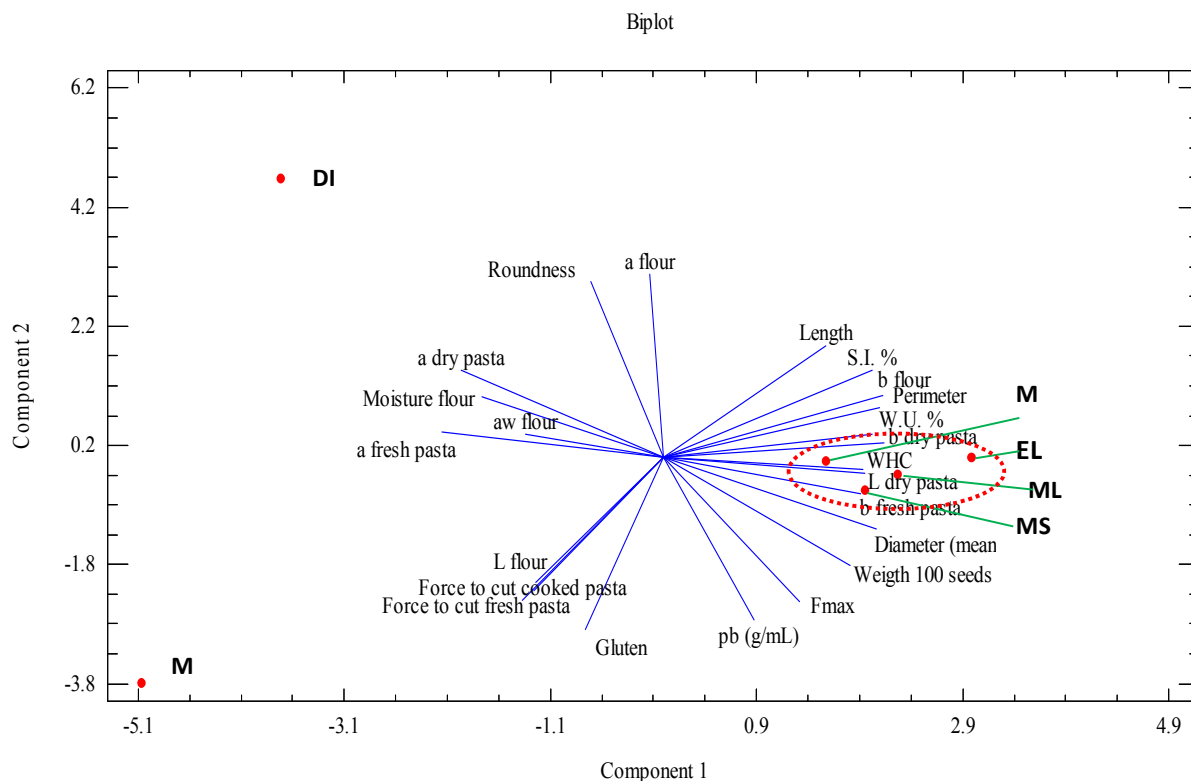
Η σύσταση του αλευριού σε πρωτεΐνη συσχετίζεται θετικά με τη σύσταση σε γλουτένη (0,9821 με $p < 0,05$). Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, η γλουτένη αποτελεί ένα ποσοστό 80% της συνολικής πρωτεΐνης του αλευρού από σκληρό σίτο.⁶⁹ Η σύσταση του αλευρού σε πρωτεΐνη συσχετίζεται επίσης, θετικά με τη δύναμη κοπής τόσο των φρέσκων όσο και των μαγειρεμένων μακαρονιών (0,8454 και 0,9334 αντίστοιχα, με $p < 0,05$). Αντίστοιχα, θετική συσχέτιση παρατηρείται και μεταξύ της σύστασης του αλευρού σε γλουτένη με τη δύναμη κοπής φρέσκων και μαγειρεμένων μακαρονιών (0,8644 και 0,9151, αντίστοιχα, με $p < 0,05$).

Η υφή και η συμπαγής δομή των μακαρονιών είναι συσχετισμένη με τη γλουτένη.⁸⁸ Βιβλιογραφικά, και το Cooking Loss επηρεάζεται από τη σύσταση σε γλουτένη⁸⁸, όμως στην παρούσα έρευνα, τα αποτελέσματα δεν κατέληξαν σε συσχέτιση.

Τόσο στα φρέσκα, όσο και στα μαγειρεμένα ζυμαρικά εμφανίζεται αρνητική συσχέτιση της δύναμης κοπής με την υγρασία των φρέσκων ζυμαρικών (-0,8556 και -0,8316 με $p < 0,05$), το Swelling Index (-0,8429 και -0,8907 με $p < 0,05$). Επομένως, η υγρασία και η κατακράτηση υγρών κατά το μαγείρεμα επιδρούν αρνητικά στη σκληρότητα και συμπαγής υφή του ζυμαρικού.

Αξιοσημείωτη είναι η μη συσχέτιση μεταξύ των παραμέτρων χρώματος σε όλα τα στάδια που έγινε δειγματοληψία (αλεύρι, φρέσκο, ξηρό, μαγειρεμένο ζυμαρικό). Οι

παράμετροι L^* , a^* του αλευριού δεν συσχετίζονται με καμία από αυτές των φρέσκων,



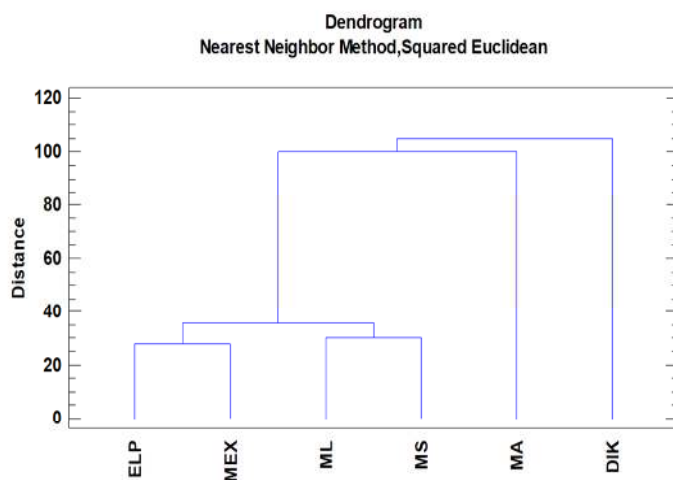
Σχήμα 4: Ανάλυση κύριων συνιστωσών με βάση τις τιμές των δειγμάτων και τα παραγοντικά φορτία και με απεικόνιση των δειγμάτων

ξηρών και μαγειρεμένων ζυμαρικών. Παρατηρείται θετική συσχέτιση των τιμών L^* στα φρέσκα και στα ξηρά ζυμαρικά (0,8162 με $p < 0,05$), χωρίς να συσχετίζεται με αυτά ο παράγοντας L^* των μαγειρεμένων, καθώς και θετική συσχέτιση των τιμών a^* των φρέσκων ζυμαρικών με τα μαγειρεμένα και τα ξηρά (0,944 και 0,875 με $p < 0,05$ αντίστοιχα), χωρίς να εμφανίζεται συσχέτιση μεταξύ του a^* των ξηρών και μαγειρεμένων. Ως προς τον παράγοντα b^* , ο οποίος έχει υψηλή σημασία για την αξιολόγηση ποιότητας ζυμαρικών, παρατηρείται μια θετική συσχέτιση μεταξύ του αλευριού-ξηρών ζυμαρικών (0,894 με $p < 0,05$), αλλά δεν εμφανίζεται κάποια συσχέτιση b^* αλευριού-φρέσκων, αλευριού-μαγειρεμένων και φρέσκων-μαγειρεμένων ζυμαρικών. Οι ελάχιστες χρωματικές συσχετίσεις μεταξύ των σταδίων του πειράματος κάνουν κατανοητό πως τα δείγματα υπόκεινται σε μεγάλες φυσικοχημικές αλλαγές κατά τα στάδια της παρασκευής, της ξήρανσης και του βρασίματος.

Καθίσταται φανερό πως η ικανότητα να προβλεφθεί η ποιότητα τελικού προϊόντος (ζυμαρικού) μέσω μετρήσεων στους σπόρους της ποικιλίας σίτου δεν επιτευχθεί με τις μετρήσεις που έλαβαν χώρα στην παρούσα έρευνα.

Δεδομένου ότι κάποιες μεταβλητές συσχετίστηκαν σημαντικά, αποφασίστηκε να πραγματοποιηθεί η ανάλυση κύριων συνιστωσών (Σχήμα 4). Από τους 41 παράγοντες που μελετήθηκαν προέκυψαν 23 ιδιοδιανύσματα με τις δύο κύριες συνιστώσες να εξηγούν το 76% της παραλλακτικότητας των αποτελεσμάτων (Component 1 και Component 2, 46.7% και 26.3%, αντίστοιχα). Οι παράμετροι που βρίσκονται κοντά η μία με την άλλη συσχετίζονται σημαντικά θετικά ενώ σε περίπτωση που βρίσκονται αντιδιαμετρικά συσχετίζονται αρνητικά. Με τον τρόπο αυτό οπτικοποιούνται και γίνονται πιο κατανοητές οι συσχετίσεις των μεταβλητών που αναφέρονται και παραπάνω. Στο σχήμα 4 για λόγους καλύτερης απεικόνισης και ταύτισης διανυσμάτων, έχουν αφαιρεθεί κάποιες μεταβλητές. Όπως γίνεται εμφανές δύο ποικιλίες, οι MA και DIK παρουσιάζουν ξεχωριστή συμπεριφορά ενώ όλα τα άλλα δείγματα φαίνεται να σχηματίζουν μία ομάδα. Τα δεδομένα αυτά επιβεβαιώνονται και από την ανάλυση συστάδων που ακολούθησε (Σχήμα 5).

Συγκρίνοντας το σύνολο των αποτελεσμάτων στους σπόρους, το αλεύρι, αλλά και τα φρέσκα, τα ξηρά και τα μαγειρεμένα ζυμαρικά προκύπτει το παρακάτω δένδrogram (Σχήμα 5) σύγκρισης διαφορετικών ποικιλιών σκληρού σίτου. Από τις 6 ποικιλίες, έχουν δημιουργηθεί 3 συστάδες. Κάθε συστάδα, είναι μια ομάδα ποικιλιών με παρόμοια χαρακτηριστικά.



Παρατηρούμε πως οι εμπορικές ELP, MEX ποικιλίες ομαδοποιούνται σε μια συστάδα με τις τοπικές ML, MS και δεν παρουσιάζουν διαφορές στα προς ανάλυση χαρακτηριστικά τους.

Σχήμα 5: Δένδrogramma Συστάδων

των προς ανάλυση ποικιλιών

Οι ποικιλίες MA και DIK δημιουργούν μια συστάδα η καθεμία, χωρίς να έχουν μεγάλες διαφορές μεταξύ τους, αλλά με μεγάλη απόσταση από τις υπόλοιπες τέσσερις ποικιλίες.

4. Συμπεράσματα

Στην παρούσα μελέτη διερευνήθηκαν φυσικές και θρεπτικές ιδιότητες σπόρων 6 ποικιλιών, εκ των οποίων 2 εμπορικές (ELP, MEX) και 4 τοπικές παραδοσιακές (MA, ML, MS, DIK). Αρχικά έγινε διερεύνηση των φυσικών ιδιοτήτων των σπόρων (διαστάσεις, βάρος, όγκος, πυκνότητα, σκληρότητα). Οι σπόροι αλέστηκαν με σφυρόμυλο και το προκύπτων αλεύρι μελετήθηκε ως προς την ενεργότητα νερού (a_w), την υγρασία, τη συγκράτηση νερού, τη σύσταση σε πρωτεΐνη και γλουτένη και το χρώμα. Το αλεύρι, εν συνεχεία, χρησιμοποιήθηκε ως πρώτη ύλη για την παρασκευή ζυμαρικών, τα οποία μελετήθηκαν σε στάδιο φρέσκου, ξηρού και μαγειρεμένου ζυμαρικού. Τέλος, έγινε συσχέτιση μεταξύ των προς μέτρηση ιδιοτήτων, σύγκριση των τοπικών ποικιλιών με τις εμπορικές και προσπάθεια πρόβλεψης των ποιοτικών χαρακτηριστικών του τελικού προϊόντος. Ακολουθούν συνοπτικά τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την παρούσα μελέτη:

Σπόροι:

1. Οι εμπορικές ποικιλίες στην πλειοψηφία των μετρήσεων δεν εμφάνισαν αξιοσημείωτες διαφορές. Οι σπόροι τους εμφανίζουν πολύ κοντινές τιμές εμβαδού, μήκους, πλάτους, διαμέτρου και ταυτόσημες τιμές στους παράγοντες στρογγυλότητας, βάρος και πυκνότητες (ρ_b και ρ_l).
2. Η διπλή κατανομή στο διάγραμμα D50 των σπόρων στις ML και MS καταλήγει στο συμπέρασμα πως αυτές οι τοπικές ποικιλίες πιθανώς να προέρχονται από ανάμιξη δύο ή περισσότερων ποικιλιών.

Αλεύρι:

3. Σε όλες τις ποικιλίες παρατηρήθηκαν παρόμοιες τιμές υγρασίας (7,60-9,74%) με ενεργότητα νερού αρκετά χαμηλή (<0.44), ώστε να εξασφαλίζεται η μικροβιολογική σταθερότητα και ασφάλεια των παραγόμενων αλεύρων.
4. Το δίκοκκο σιτάρι (DIK) είχε τη χαμηλότερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη, ενώ η τοπική ποικιλία MA είχε σημαντικά περισσότερη πρωτεΐνη (11.18 και 16.86%, αντίστοιχα).

5. Το χρώμα αλεύρου των τεσσάρων ποικιλιών ELP, MEX, ML, MS εμφάνισε μικρές διαφορές ΔΕ και μια κίτρινη απόχρωση. Οι MA και DIK χαρακτηρίζονται από μια μπεζ/καφετί απόχρωση.

Ζυμαρικά:

6. Η δύναμη κοπής των εμπορικών ποικιλιών δεν εμφάνισε διαφορές. Οι ML και MS χρειάστηκαν περισσότερη δύναμη, ενώ η ποικιλία MA εμφάνισε πολύ αυξημένη δύναμη κοπής σε σύγκριση με τις άλλες 5 προς ανάλυση ποικιλίες.

7. Η δύναμη κοπής των φρέσκων ζυμαρικών συσχετίστηκε θετικά με τη σύσταση του αλευριού σε πρωτεΐνη και γλουτένη.

8. Οι ML και MS είναι ιδανικές για παρασκευή ζυμαρικών τα οποία θα είναι σύμφωνα με τις προδιαγραφές ασφάλειας και ποιότητας ζυμαρικών. Ωστόσο, οι πολλές ομοιότητές που φέρουν οι ML, MS με τις εμπορικές ποικιλίες, ενισχύουν το ενδεχόμενο να μην είναι τοπικές ποικιλίες.

9. Λόγω της αυξημένης πρωτεΐνης που εμφανίζει το αλεύρι της MA, είναι δυνατή η προώθηση της συγκεκριμένης ποικιλίας για ζυμαρικά με αυξημένη περιεκτικότητα πρωτεΐνης. Πρέπει να ληφθούν υπόψιν οι διαφορές που εμφανίζουν τα ζυμαρικά αυτής της ποικιλίας με τα τυπικά εμπορικά ζυμαρικά.

10. Η δίκοκκη ποικιλία, εμφάνισε σημαντικές διαφορές σε όλα τα στάδια (σπόρος, αλεύρι, φρέσκο, ξηρό, μαγειρεμένο ζυμαρικό) με τις εμπορικές αλλά και τις υπόλοιπες τοπικές ποικιλίες.

Εν κατακλείδι, τα άλευρα ολικής που παράχθηκαν από τους σπόρους που αξιολογήθηκαν στην παρούσα μελέτη, δύναται να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ζυμαρικών υψηλών ποιοτικών προδιαγραφών.

5. Μελλοντική έρευνα

Τα δεδομένα και οι αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη ήταν αρκετά ώστε να δώσουν το έναυσμα για περαιτέρω μελέτη των ελληνικών τοπικών ποικιλιών στη βιομηχανία τροφίμων. Πιο συγκεκριμένα:

Απαραίτητος θεωρείται ο **οργανοληπτικός έλεγχος** και η σύγκριση των παραχθέντων ζυμαρικών ως προς τη γεύση, την υφή αλλά και τη μυρωδιά. Στο κομμάτι των ζυμαρικών χρειάζεται διερεύνηση ως προς τις συνθήκες βρασμού και ξήρανσης, ώστε να βρεθεί ο βέλτιστος χρόνος μαγειρέματος, η απαραίτητη ποσότητα νερού κατά το βράσιμο η βέλτιστη διάρκεια και θερμοκρασία ξήρανσης για τα ζυμαρικά της κάθε ποικιλίας ξεχωριστά.

Ως προς το αλεύρι, μελέτη των ποσοστών **τέφρας και πίτουρου**, η οξύτητα σε θεικό οξύ, και τα υπολείμματα σε τετραχλωράνθρακα χρειάζεται να διερευνηθούν για να επιβεβαιωθεί η ασφάλεια του για χρήση ως βρώσιμη ύλη, σύμφωνα με τον Κ.Τ.Π. Επιπλέον, επιβάλλεται η άλεση των σπόρων σε μικρότερους κόκκους και η διερεύνηση των αλλαγών που επιφέρει αυτή η διαφοροποίηση στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του αλευριού και των ζυμαρικών.

Ύστερα, είναι εύλογη η διερεύνηση των **χρωστικών ουσιών**, οι οποίες είναι υπαίτιες για την χρώση του αλευριών και των ζυμαρικών, και να εξεταστεί η αιτία των διαφορών στο χρώμα τόσο μεταξύ των ποικιλιών, όσο και μεταξύ των ζυμαρικών (και του αλεύρου) της ίδιας ποικιλίας σε διαφορετικό στάδιο (φρέσκο, ξηρό, βρασμένο).

Ως προς τους σπόρους, η καλλιέργεια τους στην ίδια γεωγραφική περιοχή, ναι μεν μειώνει την παραλλακτικότητα των συνθηκών ανάπτυξης, αλλά οι συνθήκες αυτές πιθανώς δεν είναι οι βέλτιστες για όλες τις ποικιλίες. Χρειάζεται διερεύνηση και αναζήτηση των **ιδανικών συνθηκών** για κάθε μια ξεχωριστά, όχι μόνο ως προς τις γεωλογικές-καιρικές συνθήκες, αλλά και την πιθανή χρήση λίπανσης για αύξηση της απόδοσης του φυτού, και παραλαβή πιο γεμάτων και υγιών σπόρων.

Επιπροσθέτως, λόγω της μεγάλης ομοιότητας που φέρουν οι τοπικές ποικιλίες Μαυραγάνι Λήμνου και Μαυραγάνι Σκύρου με τις εμπορικές ποικιλίες Ελπίδα και Μεξικάλι 81, καθίσταται αναγκαία η **γενετική διερεύνηση** των συγκεκριμένων

παραδοσιακών ποικιλιών, για να διαπιστωθεί αν πρόκειται για εμπορικές ποικιλίες των οποίων η προέλευση και η πραγματική ταυτότητα έχουν χαθεί σε βάθος χρόνου.

Τέλος, λόγω της μη συσχέτισης ιδιοτήτων του σπόρου με την ποιότητα των ζυμαρικών στην παρούσα έρευνα, απαραίτητη θεωρείται η διεργασία επιπλέον μετρήσεων στους σπόρους, με σκοπό την **αναζήτηση μεταβλητών**, οι οποίες θα μπορούν να προβλέπουν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του τελικού προϊόντος.

6. Βιβλιογραφία – Πηγές

1. Bell, G. D. H. (1987). The history of wheat cultivation. *Wheat Breeding*, 31–49. doi:10.1007/978-94-009-3131-2_2.
2. Amadou Tidiane Sall, Tiberio Chiari, Wasihun Legesse, Kemal Seid-Ahmed Rodomiro Ortiz, Maarten van Ginkel and Filippo Maria Bassi (2019). Durum Wheat (*Triticum durum* Desf.): Origin, Cultivation and Potential Expansion in Sub-Saharan Africa. *Agronomy* 2019, 9, 263; doi:10.3390/agronomy9050263.
3. Global Durum wheat use trending upward. *World-Grain.com*.
4. Durum Wheat Chemistry and Technology. Mike Sissons, Joel Abecassis, Brian Marchylo and Marina Carcea. Second Edition. AACC International.
5. Statista.com.
6. Curna, Veronika; Lacko-Bartosova, Magdalena (2017). Chemical Composition and Nutritional Value of Emmer Wheat (*Triticum dicoccon* Schrank): a Review. *Journal of Central European Agriculture*, 18(1), 117-134. doi:10.5513/JCEA01/18.1.1871
7. Brown, W. H.· Poon, T. (2005). Introduction to organic chemistry (3rd έκδοση). Wiley. ISBN 978-0-471-44451-0.
8. Galterio, G., Colonna, M., Mariani, G., Novembre, G. (1999) Technological and nutritional characteristics of *Triticum turgidum* ssp. *dicoccon* and *T. spelta* grown in the Molise region. *Journal of Agricultural Medicine and Community Health*, 129 (4), 227-234.
9. Galterio G, Cappelloni M, Desiderio E, Pogna NE. Genetic, technological and nutritional characteristics of three Italian populations of ‘farrum’ (*Triticum turgidum* ssp. *dicoccon*). *J Genet Breed* 1994;48:391–8.
10. D’Ovidio R, Masci S. 2004. The low-molecular-weight glutenin subunits of wheat gluten. *J Cereal Sci* 39:321–39.
11. <http://www.opengov.gr/epy/?p=6075>.
12. <https://www.aboutpasta.gr/history.html>
13. Fares, C., Codianni, P., Schiavone. M.G., Di Fonzo, N., Galterio, G. (2003) Qualitative traits and storage protein composition in selected strains and new genotypes of hulled wheat (*T. turgidum* ssp. *dicoccon*) compared with durum wheat

- (*T. turgidum* ssp. *durum*). In: D'Egidio, M.G. (ed) *Durum Wheat and Pasta Quality: Recent Achievements and New Trends*, Rome, Italy : Istituto Sperimentale per la Cerealicoltura, 193-196.
13. Shewry, R.P., Hey, S. (2015) Do “ancient” wheat species differ from modern bread wheat in their contents of bioactive components? *Journal of Cereal Science*, 65, 236-243.
 14. Arzani, A., & Ashraf, M. (2017). Cultivated ancient wheats (*Triticum* spp.): a potential source of health□beneficial food products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(3), 477-488.
 15. Marconi, E., Carcea, M., Graziano, M., Cubadda, R. (1999) Kernel Properties and Pasta-Making Quality of Five European Spelt Wheat (*Triticum spelta* L.) Cultivars. *Cereal Chemistry*, 76 (1), 25-29. DOI: 10.1094/CCHEM.1999.76.1.25.
 16. Puumalainen, T., Nykopp, H., Tuorila, H. (2002) Old product in a new context: Importance of the type of dish for the acceptance of Grünkern and speltbased traditional cereal. *LWT – Food Science and Technology*, 35 (6), 549- 553. DOI: 10.1006/fstl.2002.0910.
 17. Lineback DR, Rasper VF. 1988. Wheat carbohydrates. In: Pomeranz Y, editor. *Wheat chemistry and technology*, Vol. 1. St. Paul, Minn.: American Assn. of Cereal Chemists. p 277–372.
 18. Jenkins, D.J.A., Jenkins, A.L., Wolever, T.M.S., Vuksan, V., Venket, E.A., Thompson, L.U., Josse, R.G. (1995) Effect of reduced rate of carbohydrate absorption on carbohydrate and lipid metabolism. *European Journal of Clinical Nutrition*, 49 (3), 68-73.
 19. Barron, C., Surget, A., Rouau, X. (2007) Relative amounts of tissues in mature wheat (*Triticum aestivum* L.) grain and their carbohydrate and phenolic acid composition. *Journal of Cereal Science*. 45 (1).
 20. Piironen V, Edelmann M, Kariluoto S, Bedo Z. 2008. Folate in wheat genotypes in the HEALTHGRAIN diversity screen. *J Agric Food Chem* 56:9726–31.
 21. Piironen, V., Lindsay, D.G., Miettinen, T.A., Toivo, J., Lampi, A.M. (2000) Plant sterols: Biosynthesis, biological function and their importance to human nutrition. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80 (7), 939-966.

22. Arzani, A. 2011. Emmer (*Triticum turgidum* spp. *dicoccum*) Flour and Breads. In: Preedy, V.R., Watson, R.R., Patel, V.B., Flour and Breads and their Fortification in Health and Disease Prevention, Academic Press : Elsevier, 69-78. ISBN 978 – 0 – 12 – 380886 – 8.
23. Charmet G. 2011. Wheat domestication: lessons for the future. *CR Biol* 334:212–20.
24. Giambanelli E, Ferioli F, Kocaoglu B, Jorjadze M, Alexieva I, Darbinyan N, D’Antuono LF. 2013. A comparative study of bioactive compounds in primitive wheat populations from Italy, Turkey, Georgia, Bulgaria and Armenia. *J Sci Food Agric* 93:3490–501.
25. Quinones M, Miguel M, Aleixandre A. 2013. Beneficial effects of polyphenols on cardiovascular disease. *Pharmacol Res* 68:125–31.
26. Panfili, G., Fratianni, A., Irano, M. (2004) Improved normal-phase high-performance liquid chromatography procedure for the determination of carotenoids in cereals. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52 (21), 6373-6377.
27. Marconi, E., Cubadda, R. (2005) Emmer Wheat. In: Abdel-Aal, E.S.M., Wood, P.J., Specialty Grains for Food and Feed, St. Paul, Minnesota : American Association of Cereal Chemistry, Inc., 63-108. ISBN 1 – 891127 – 41 – 1.
28. Hanchinal RR, Yenagi NB, Bhuvaneswari G, Math KK (2005) Grain quality and value addition of emmer wheat. University of Agricultural Sciences Dharwad, Dharwad 63.
29. Zhao, F.J., Su, Y.H., Dunham, S.J., Rakszegi, M., Bedo, Z., McGrath, S.P., Shewry, P.R. (2009) Variation in mineral micronutrient 116 concentrations in grain of wheat lines of diverse origin. *Journal of Cereal Science*, 49 (2), 290-295.
30. Piergiovanni, A. R., Rizzi, R., Pannacciulli, E., & Gatta, C. D. (1997). Mineral composition in hulled wheat grains: a comparison between emmer (*Triticum dicoccon* Schrank) and spelt (*T. spelta* L.) accessions. *International journal of food sciences and nutrition*, 48(6), 381-386.
31. Abdel-Aal, E.S.M., Hucl, P. (2005) Spelt: a specialty wheat for emerging food uses. In: Abdel-Aal, E.S.M., Wood, P.J., Specialty Grains for Food and Feed, St. Paul, Minnesota : American Association of Cereal Chemistry, Inc., 1-6. ISBN 1 – 891127 – 41 – 1.

32. Humphries CJ (1980) *Triticum* L. In: Tutin TG, Heywood VH, Burgess NA, Moore DM, Valentine DH, Walters SM, Webbs DA (eds) *Flora Europea* vol. 5, *Alismataceae to Orchidaceae*. Cambridge University Press, Cambridge, pp 202–203.
33. Strehlow W., Hertzka G., Weuffen W. (1994): Aspetti nutrizionali. Le caratteristiche dietetiche del farro nel trattamento di malattie croniche. In: Perrino P., Semeraro D., Laghetti G. (eds): *Il farro, un cereale della salute*. CNR Istituto del Germoplasma, Bari: 52–66.
34. D’Antuono LF (1989) Il farro: areali di coltivazione, caratteristiche agronomiche, utilizzazione e prospettive colturali. *Informatore Agrario* 24:49–51 40. D’Ovidio R, Masci S. 2004. The low-molecular-weight glutenin subunits of wheat gluten. *J Cereal Sci* 39:321–39.
35. Stallknecht GF, Gilbertson KM, Ranney JE (1996) Alternative wheat cereals as food grains: einkorn, emmer, spelt, kamut, and triticale. In: Janick J (ed) *Progress in new crops*. ASHS Press, Alexandria, pp 156–170.
36. Von Rumner, K., 1908. Die systematische Einteilung und Benennung der Getreidesorten für praktische Zwecke. *Jahrbuch der Deutschen landwirtschafts-Gesellschaft* 23, 137–167.
37. Casañas, F., Simó, J., Casals, J., Prohens, J., 2017. Toward an Evolved Concept of Landrace. *Front. Plant Sci.* 08, 145. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00145>
38. Jaradat, A.A., 2013. Wheat landraces: A mini review. *Emirates J. Food Agric.* <https://doi.org/10.9755/ejfa.v25i1.15376>
39. Biesantz, A., Limberg, P., Kyzeridis, N., 1990. Evaluation of Greek and Turkish Durum wheat landraces [WWW Document]. *Wheat Genet. Resour. Meet. Divers. needs*. URL <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=GB9122831> (accessed 3.30.21).
40. Newton, A.C., Akar, T., Baresel, J.P., Bebeli, P.J., Bettencourt, E., Bladenopoulos, K. V., Czembor, J.H., Fasoula, D.A., Katsiotis, A., Koutis, K., Koutsika-Sotiriou, M., Kovacs, G., Larsson, H., De Carvalho, M.A.A.P., Rubiales, D., Russell, J., Dos Santos, T.M.M., Vaz Pato, M.C., 2010. Cereal landraces for sustainable agriculture. A review. *Agron. Sustain. Dev.* <https://doi.org/10.1051/agro/2009032>

41. L. Danijela Kondić, Sanja Oručević Žuljević, Đurađ Hajder, Enez Selimbegović (2020). Evaluation of grain characteristics of domestic wheat (*Triticum aestivum* L.) obsolete cultivars and landraces. *Italian Journal of Agronomy*, 15(1), 3–9. doi:10.4081/ija.2020.1345.
42. Determination of some physical properties of common Malaysian rice MR219 seeds Zubairu Usman Bashir, Aimrun Wayayok, and Amin Mohd Soom Mohd Department of Biological and Agricultural Engineering faculty of Engineering, Universiti Putra Malaysia, 43400 Serdang, Selangor Darul Ehsan, Malaysia Smart Farming Technology Research Centre, Faculty of Engineering, Universiti Putra Malaysia, 43400 Serdang, Selangor Darul Ehsan, Malaysia.
43. Shewry, P.R., Bechtel, D., Abecassis, J., Evers, A., 2009. Development, Structure, and Mechanical Properties of Wheat Grain, in: Khan, K., Shewry, P.R. (Eds.), *Wheat: Chemistry and Technology*. AACC International Press, pp. 51–95.
44. AACC International Method 44-01.01 “Calculation of Percent Moisture”.
45. Zhang, Lida; Sun, Da-Wen; Zhang, Zhihang (2015). Methods for Measuring Water Activity (aw) of Foods and Its Applications to Moisture Sorption Isotherm Studies. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 00–00. doi:10.1080/10408398.2015.1108282.
46. AACC International Method 56-11.01 “Solvent Retention Capacity Profile”.
47. Maud Petitot; Laurence Boyer; Chantal Minier; Valérie Micard (2010). Fortification of pasta with split pea and faba bean flours: Pasta processing and quality evaluation. , 43(2), 0–641. doi:10.1016/j.foodres.2009.07.020.
48. AOAC Official Method 2001.11 Protein (Crude) in Animal Feed, Forage (Plant Tissue), Grain, and Oilseeds – Block Digestion Method Using Copper Catalyst and Steam Distillation into Boric Acid.
49. AACC International Method 38-10.01 “Gluten—Hand Washing Method”
50. Piwińska, Monika; Wyrwisz, Jarosław; Kurek, Marcin Andrzej; Wierzbicka, Agnieszka (2016). Effect of drying methods on the physical properties of durum wheat pasta. *CyTA - Journal of Food*, 1–6. doi:10.1080/19476337.2016.1149226.

51. Noodles. I. Measuring the textural characteristics of cooked noodles. [1983] Oh N.H.; Seib P.A.; Deyoe C.W.; Ward A.B.; Selskostopanska Akademiya, Sofia (Bulgaria) From the journal Cereal Chemistry ISSN : 0009-0352.
52. El-Sohaimy, Sobhy A.; Brennan, Margareta; Darwish, Amira M.G.; Brennan, Charles (2020). Physicochemical, texture and sensorial evaluation of pasta enriched with chickpea flour and protein isolate. *Annals of Agricultural Sciences*, 65(1), 28–34. doi:10.1016/j.aos.2020.05.005
53. Cooked pasta texture comparison of dynamic viscoelastic properties to instrumental assessment of firmness Edwards, N.M.; Izydorczyk, M.; Dexter, J.E.; Biliaderis, C.G. *Cereal Foods World* 37(7): 542 1992 Accession: 030718005 ISSN/ISBN: 0146-6283
54. Vittal Kamble, G. Bhuvaneshwari, S.L. Jagadeesh, Vasant M. Ganiger and Deepa Terdal. 2018. Development and Evaluation of Cooking Properties of Instant Noodles Incorporated with Drumstick Leaf Powder and Defatted Soybean Flour. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci.* 7(2): 3642-3651. doi: <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.702.433>
55. Maud Petitot; Laurence Boyer; Chantal Minier; Valérie Micard (2010). Fortification of pasta with split pea and faba bean flours: Pasta processing and quality evaluation. , 43(2), 0–641. doi:10.1016/j.foodres.2009.07.020
56. ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ, ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ, ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΗΜΕΙΑΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ & ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ, ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ, ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ «ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΓΛΥΚΑΙΜΙΚΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΑΡΤΩΝ ΜΕ ΑΛΕΥΡΙ ΑΠΟ ΔΙΚΟΚΚΟ ΣΙΤΑΡΙ», ΘΩΜΑΣ ΚΑΡΑΤΑΣΟΣ, ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: ΑΙΜΙΛΙΑ ΠΑΠΑΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ.
57. A. Hare, Ray (2017). Cereal Grains || Durum Wheat: Grain-Quality Characteristics and Management of Quality Requirements. , (), 135–151. doi:10.1016/B978-0-08-100719-8.00006-1.

58. Gegas, V. C.; Nazari, A.; Griffiths, S.; Simmonds, J.; Fish, L.; Orford, S.; Sayers, L.; Doonan, J. H.; Snape, J. W. (2010). A Genetic Framework for Grain Size and Shape Variation in Wheat. *The Plant Cell*, 22(4), 1046–1056. doi:10.1105/tpc.110.074153.
59. Papadakis, I., 1929. Scientific report I, Plant Breeding Station Thessaloniki.
60. Liu, K., 2008. Measurement of Wheat Hardness by Seed Scarifier and Barley Pearler and Comparison with Single-Kernel Characterization System. *Cereal Chem.* 85, 165–173.
61. Karimizadeh, R., Sharifi, P., Mohammadi, M., 2012. Correlation and path coefficient analysis of grain yield and yield components in durum wheat under two irrigated and rainfed condition.
62. Vatsala CN, Haridas Rao P (1990) Physico-chemical and rheological characteristics of Indian *T. dicoccum* wheat in comparison with *T. aestivum* and *T. durum* wheats. *Indian Miller* 11(2):3–8.
63. Variability in the mechanical properties of Polish wheat cultivars from various regions J. Sadowska¹ *, J. Budnyl¹ , T. Jeliński¹ , J. Fornal¹ , and S. Grundas² ¹ Institute of Animal Reproduction and Food Research, Polish Academy of Sciences, Tuwima 10, 10-748 Olsztyn, Poland ² Institute of Agrophysics, Polish Academy of Sciences, Doświadczalna 4, P.O. Box 201, 20-290 Lublin 27, Poland Received November 22, 2000; accepted February 6, 2001.
64. C. B. P. Carter; M. T. Galloway; C. F. Morris; G. L. Weaver; A. H. Carter (2015). The Case for Water Activity as a Specification for Wheat Tempering and Flour Production. , (), –. doi:10.1094/CFW-60-4-0166.
65. Murray, Jessica C.; Kiszonas, Alecia M.; Morris, Craig F. (2018). Influence of Soft Kernel Texture on Fresh Durum Pasta. *Journal of Food Science*, (), –. doi:10.1111/1750-3841.14363.
66. Torbica, Aleksandra; Hadnadev, Miroslav; Hadnadev, Tamara Dapčević (2011). Possibility of using durum wheat flour as an improvement agent in bread making process. *Procedia Food Science*, 1(), 1628–1632. doi:10.1016/j.profoo.2011.09.240.
67. Pomeranz Y. (Editor) 1988. *Wheat Chemistry and Technology*. Third edition. Volume II. St Paul, Minnesota, United States of America. AACC Inc.

68. Kadkol, G.P. (2016). Reference Module in Food Science || Durum Wheat Overview. , (), -. doi:10.1016/b978-0-08-100596-5.00024-x.
69. Power, Michael L. (2012). Nonhuman Primates in Biomedical Research || Nutrient Requirements and Dietary Husbandry Principles for Captive Nonhuman Primates. , (), 269–286. doi:10.1016/B978-0-12-381365-7.00010-8.
70. <https://sensing.konicaminolta.asia/evaluating-flour-quality-with-color-measurement/>
71. Benayad, Asmaa; Taghouti, Mona; Benali, Aouatif; Aboussaleh, Youssef; Benbrahim, Nadia (2020). Nutritional and technological assessment of durum wheat-faba bean enriched flours, and sensory quality of developed composite bread. Saudi Journal of Biological Sciences, S1319562X20305398-. doi:10.1016/j.sjbs.2020.10.053.
72. ŠVeC, Ivan, et al. "Colour evaluation of different pasta samples." Czech Journal of Food Sciences 26.6 (2009): 421-427.
73. Landi A. Durum Wheat, semolina and pasta quality characteristics for an Italian food company. In : Di Fonzo N. (ed.), Kaan F. (ed.), Nachit M. (ed.). Durum wheat quality in the Mediterranean region . Zaragoza : CIHEAM, 1995. p. 33-42. (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 22). Seminar on Durum Wheat Quality in the Mediterranean Region, 17-19 Nov 1993, Zaragoza (Spain). <http://om.ciheam.org/om/pdf/a22/95605351.pdf>.
74. <http://www.bccdc.ca/resource-gallery/Documents/Educational%20Materials/EH/FPS/Food/Pastashelflifequery1.pdf>
75. Edwards, N M , et al. "Cooked Pasta Texture: Comparison of Dynamic Viscoelastic Properties to Instrumental Assessment of Firmness." Cereal Chemistry 72.2(1993).
76. J. E. DEXTER; R. R. MATSUO; B. C. MORGAN (1983). Spaghetti Stickiness: Some Factors Influencing Stickiness and Relationship to Other Cooking Quality Characteristics. , 48(5), 1545–1551. doi:10.1111/j.1365-2621.1983.tb03534.x
77. <http://www.bccdc.ca/resource-gallery/Documents/Educational%20Materials/EH/FPS/Food/Pastashelflifequery1.pdf?fbclid=IwAR3ctAOqQX12q7xDt3h0sYIbG7eMv5xAtdCY5vUSZXgCMnexLaoQKBQDpK0>

78. Sissons, Mike (2012). Durum Wheat || Methods Used to Assess and Predict Quality of Durum Wheat, Semolina, and Pasta. , 213–234. doi:10.1016/b978-1-891127-65-6.50017-9
79. Krawęcka A, Sobota A, Sykut-Domańska E. Physicochemical, Sensory, and Cooking Qualities of Pasta Enriched with Oat β -Glucans, Xanthan Gum, and Vital Gluten. *Foods*. 2020;9(10):1412. Published 2020 Oct 5. doi:10.3390/foods9101412
80. A. Cavazza, C. Corradini, M. Rinaldi, P. Salvadeo... (2013). Evaluation of Pasta Thermal Treatment By Determination of Carbohydrates, Furosine, and Color Indices. , 6(10), 2721–2731. doi:10.1007/s11947-012-0906-6
81. Sissons, Mike (2012). Durum Wheat || Methods Used to Assess and Predict Quality of Durum Wheat, Semolina, and Pasta. , 213–234. doi:10.1016/b978-1-891127-65-6.50017-9
82. MARTINEZ, C.S., RIBOTTA, P.D., LEÓN, A.E. and AÑÓN, M.C. (2007), PHYSICAL, SENSORY AND CHEMICAL EVALUATION OF COOKED SPAGHETTI. *Journal of Texture Studies*, 38: 666-683. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.2007.00119.x>
83. Fuad, Tina; Prabhasankar, Pichan (2012). Influences of India's Local Wheat Varieties and Additives on Quality of Pasta. *Food and Bioprocess Technology*, 5(5), 1743–1755. doi:10.1007/s11947-011-0679-3
84. van Dooren Corne, Mensink, Frederike; Eversteijn, Kim; Schrijnen, Marjolijn (2020). Development and Evaluation of the Eetmaatje Measuring Cup for Rice and Pasta as an Intervention to Reduce Food Waste. *Frontiers in Nutrition*, 6, 197–. doi:10.3389/fnut.2019.00197
85. Zweifel, C.; Handschin, S.; Escher, F.; Conde-Petit, B. (2003). Influence of High-Temperature Drying on Structural and Textural Properties of Durum Wheat Pasta. *Cereal Chemistry*, 80(2), 159–167. doi:10.1094/cchem.2003.80.2.159
86. DICK, J.W. and YOUNGS, V.L. 1988. Evaluation of durum wheat, semolina and pasta in the United States. In *Durum Wheat Chemistry and Technology* (G. Fabriani and C. Lintas, eds.) pp. 237–248, American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN.

87. Rivera, S.; Canela, R. Influence of Sample Processing on the Analysis of Carotenoids in Maize. *Molecules* 2012, 17, 11255-11268. <https://doi.org/10.3390/molecules170911255>
88. Kadkol, G.P. (2016). Encyclopedia of Food Grains || Durum Wheat: Overview., 117–124. doi:10.1016/b978-0-12-394437-5.00024-3
89. Wheat Breeding: Its scientific basis, By F. Lupton
90. Dexter, J.E. and Matsuo, R.R. (1980). Relationship between durum wheat protein properties and pasta dough rheology and spaghetti cooking quality. *J. Agric. Food Chem.*, 26: 899.
91. Toepfer, E. W., Polansky, M. M., Eheart, J. F., Slover, H. T., Morris, E. R., Hepburn, F. N., and Quackenbush, F. W. 1972. Nutrient composition of selected wheats and wheat products. XI. Summary. *Cereal Chem.* 49:173-186.
92. Erdman, J. A., and Moul, R. C. 1982. Mineral composition of smallgrain cultivars from a uniform test plot in South Dakota. *J. Agric. Food Chem.* 30:169- 174.
93. Mermut, A. R., Jain, J. C., Song, L., Kerrich, R., Kozak, L., and Jana, S. 1996. Trace element concentrations of selected soils and fertilizers in Saskatchewan, Canada. *J. Environ. Qual.* 25:845-853.
94. Ficco, D. B. M., Riefolo, C., Nicastro, G., De Simone, V., Di Gesu, A. M., Beleggia, R., Platani, C., Cattivelli, L., and De Vita, P. 2009. Phytate and mineral elements concentration in a collection of Italian durum wheat cultivars. *Field Crops Res.* 111:235-242.
95. Spiegel, H., Sager, M., Oberforster, M., Mechtler, K., Stuger, H. P., and Baumgarten, A. 2009. Nutritionally relevant elements in staple foods: Influence of arable site versus choice of variety. *Environ. Geochem. Health* 31:549- 560.
96. Zhao, F. J., Su, Y. H., Dunham, S. J., Rakszegi, M., Bedo, Z., McGrath, S. P., and Shewry, P. R. 2009. Variation in mineral micronutrient concentrations in grain of wheat lines of diverse origin. *J. Cereal Sci.* 49:290-295
97. Cubadda, F., Aureli, F., Raggi, A., and Carcea, M. 2009. Effect of milling, pasta making and cooking on minerals in durum wheat. *J. Cereal Sci.* 49:92-97.

98. Cubadda, F., Raggi A., Rufo G., and Marconi E. 2012b. Effect of technological processing on twenty major and trace elements in durum wheat. *J. Cereal Sci.* In press.
99. Mokrzycki, Wojciech & Tatol, Maciej. (2011). Color difference Delta E - A survey. *Machine Graphics and Vision*. 20. 383-411.
100. Sissakian, Varoujan & Adamo, Nasrat & Al-Ansari, Nadhir & Abdullah, Mukhalad & Laue, Jan. (2020). Sea Level Changes in the Mesopotamian Plain and Limits of the Arabian Gulf: A Critical Review. 10. 87-110.