



ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ & ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ & ΓΕΩΡΓΙΑΣ

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Επέκταση χρόνου ζωής των τροφίμων και διαχείριση των αποβλήτων τους

Μυρσίνη-Αικατερίνη Δ. Μητροπούλου

Επιβλέπων καθηγητής:

Παναγιώτης Σκανδάμης, Αναπληρωτής Καθηγητής ΓΠΑ

ΑΘΗΝΑ
2020

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ & ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Επέκταση χρόνου ζωής των τροφίμων και διαχείριση των αποβλήτων τους

Extending shelf life of food and their waste management

Μυρσίνη-Αικατερίνη Δ. Μητροπούλου

Εξεταστική Επιτροπή:

Παναγιώτης Σκανδάμης, Αναπληρωτής Καθηγητής ΓΠΑ (επιβλέπων)

Γεώργιος Γεωργακόπουλος, Αναπληρωτής Καθηγητής ΓΠΑ

Σεραφείμ Παπανικολάου, Αναπληρωτής Καθηγητής ΓΠΑ

Επέκταση χρόνου ζωής των τροφίμων και διαχείριση των αποβλήτων τους

*ΠΜΣ Οργάνωση και διοίκηση επιχειρήσεων τροφίμων & γεωργίας
Τμήμα αγροτικής οικονομίας και ανάπτυξης
Τμήμα επιστήμης τροφίμων & διατροφής του ανθρώπου*

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η βιομηχανία τροφίμων αντιμετωπίζει το καθήκον να ικανοποιεί τις πολλές και διάφορες απαιτήσεις ενός ολοένα και πιο απαιτητικού πληθυσμού καταναλωτών. Τα τρόφιμα πρέπει να είναι ασφαλή, σταθερά καλής ποιότητας, υγιεινά και φθηνά. Τα τρόφιμα πρέπει να φαίνονται φυσικά και φρέσκα ενώ το φαγητό πρέπει να διατηρείται όσο το δυνατόν περισσότερο διατηρώντας ταυτόχρονα τις απαιτούμενες οργανοληπτικές ιδιότητες. Είναι εύκολο να προσδιοριστούν οι πιθανές συγκρούσεις σε αυτές τις απαιτήσεις, αλλά λιγότερο εύκολο να καταλάβουμε πώς να εφαρμόσουμε αποτελεσματικές εμπορικές επιστημονικές και εμπορικές στρατηγικές. Η προσπάθεια διατήρησης και επέκτασης του χρόνου ζωής (shelf life) των τροφίμων είναι αυτή που επιδιώκεται με τόσο ενθουσιασμό σήμερα, όπως και τα τελευταία εκατοντάδες χρόνια. Μια σειρά από μεθόδους επέκτασης της συντηρησιμότητας των τροφίμων αναλύονται στην παρούσα μεταπτυχιακή εργασία από τις οποίες κάποιες έχουν χρησιμοποιηθεί εκτενώς όπως η διατήρηση σε συγκεκριμένες θερμοκρασίες (π.χ. ψύξη, κατάψυξη) αλλά και ορισμένες οι οποίες κινούν το ενδιαφέρον των βιομηχανιών αλλά και των καταναλωτών όπως η συσκευασία σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα (MAP), η βιοσυντήρηση, η εδώδιμη επικάλυψη και η ακτινοβολία.

Καθώς η επεξεργασία τροφίμων εξελίσσεται, δημιουργούνται νέοι προβληματισμοί όπως αυτό των αποβλήτων των τροφίμων. Τα τελευταία χρόνια το πρόβλημα των αποβλήτων τροφίμων έχει απασχολήσει διάφορους φορείς οι οποίοι προσπαθούν να βρουν συνεχώς λύσεις ώστε να μην διαιωνιστεί η κατάσταση αυτή. Το πρόβλημα αυτό μπορεί να βελτιωθεί είτε μειώνοντας την σπατάλη των τροφίμων είτε εκμεταλλεύοντας τις απώλειες των τροφίμων. Από την μια πλευρά, όλοι οι παράγοντες της τροφικής αλυσίδας πρέπει να παίξουν σημαντικό ρόλο στην πρόληψη και τη μείωση της σπατάλης τροφίμων, από εκείνους που παράγουν και επεξεργάζονται τρόφιμα (π.χ. αγρότες, παραγωγοί τροφίμων και μεταποιητές) έως εκείνους που διαθέτουν τρόφιμα για κατανάλωση (π.χ. λιανοπωλητές) και τελικά τους καταναλωτές. Από την άλλη πλευρά, τελευταία έχει αρχίσει και γίνεται εκμετάλλευση των απωλειών των τροφίμων ως πρώτες ύλες για νέα προϊόντα όπως βιοκαύσιμα, βιομηχανικά ένζυμα, βιοαποικοδομήσιμα πλαστικά καθώς και σε καλλυντικές και φαρμακευτικές εφαρμογές (π.χ. κολλαγόνο, χρωστικές ουσίες, αρωματικά συστατικά).

Με την επίτευξη των παραπάνω, η οικονομία των επιχειρήσεων τροφίμων μπορεί να αυξηθεί σε μεγάλο βαθμό. Η επέκταση του χρόνου ζωής των τροφίμων μειώνει την σπατάλη των τροφίμων και άρα το κόστος παραγωγής του δεν θα μείνει ανεκμετάλλευτο. Παρ' όλα αυτά, αν δεν είναι εφικτό ένα τρόφιμο να μην γίνει απόβλητο, μπορεί να γίνει εκμεταλλεύσιμο κερδίζοντας έτσι μέρος του κόστους παραγωγής του.

Επιστημονική περιοχή: Επέκταση χρόνου ζωής τροφίμων

Λέξεις-Κλειδιά: Συντηρησιμότητα, Απόβλητα Τροφίμων, Βιοσυντήρηση, Συσκευασία, MAP, Εδώδιμη Επικάλυψη, Ακτινοβολία, Βιοκαύσιμα, Βιομηχανικά Ένζυμα, Βιοαποικοδομήσιμα Πλαστικά, Κυκλική Οικονομία.

Extending shelf life of food and their waste management

MBA Food & Agribusiness

Department of Agricultural Economy

Department of Food Science & Human Nutrition

ABSTRACT

The food industry is facing the task of meeting the many and varied demands of an increasingly demanding consumer population. Food must be safe, consistently of good quality, healthy and cheap. Food should look natural and fresh while food should be preserved as much as possible whilst maintaining the required organoleptic properties. It is easy to identify potential conflicts in these requirements, but less easy to understand how to implement effective commercial scientific and commercial strategies. The effort to preserve and extend the shelf life of food is what is pursued with as much enthusiasm today as it has been for hundreds of years. A number of methods for extending the shelf life of food are analyzed in the present postgraduate thesis, some of which have been used extensively such as preservation at specific temperatures (e.g. refrigeration, freezing) but also some which are of interest to both industry and consumers such as modified atmosphere packaging (MAP), biopreservation, edible coating and irradiation.

As food processing develops, new concerns arise such as that of food waste. In recent years, the problem of food waste has been in the spotlight of various actors who are constantly trying to find solutions so as not to perpetuate this situation. This problem can be improved either by reducing food waste or by exploiting of food losses. On the one hand, all actors in the food chain have a role to play in preventing and reducing food waste, from those who produce and process foods (farmers, food manufacturers and processors) to those who make foods available for consumption (retailers) and ultimately consumers themselves. On the other hand, food losses have recently begun to be exploited as raw materials for new products such as biofuels, industrial enzymes, biodegradable plastics as well as in cosmetic and pharmaceutical applications (e.g. collagen, dyes, fragrances).

By achieving the above, the food business economy can grow greatly. Extending the shelf life of food reduces food waste and therefore its production cost will not be left unexploited. However, if it is not possible for a food to become a waste, it can be exploited, thus saving part of its production costs.

Scientific area: Extending shelf life of food

Keywords: Preservation, Food Waste, Biopreservation, Packaging, MAP, Edible Coating, Irradiation, Biofuels, Industrial Enzymes, Biodegradable Plastics, Circular Economy.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

1.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	8
1.1	Συντηρησιμότητα Τροφίμων	8
1.1.1	Ιστορική Αναδρομή.....	8
1.1.2	Ανάγκη για Συντήρηση Τροφίμων	12
1.2	Απόβλητα Τροφίμων.....	12
1.2.1	Ανάγκη Αξιοποίησης Αποβλήτων Τροφίμων	13
2.	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	14
3.	ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ.....	17
3.1	Φυσική Επεξεργασία.....	17
3.1.1	Ζεμάτισμα	17
3.1.2	Παστερίωση	17
3.1.3	Αποστείρωση	18
3.1.4	Ψύξη.....	19
3.1.5	Κατάψυξη.....	19
3.2	Χημική Επεξεργασία	20
3.2.1	Υπεροξειδίο του Υδρογόνου	20
3.2.2	Διαλύματα με βάση το Χλώριο	21
3.2.3	Οργανικά Οξέα.....	21
3.2.4	Νιτρώδη-Νιτρικά.....	22
3.2.5	Διοξειδίο του Θείου	22
3.3	Βιοσυντήρηση.....	22
3.3.1	Βιοπροστατευτικές καλλιέργειες.....	23
3.3.2	Αντιμικροβιακά προϊόντα οξυγαλακτικών βακτηρίων	24
3.3.3	Βακτηριοσίνες.....	26
3.3.4	Βακτηριοφάγοι.....	30
3.4	Συσκευασία	31
3.4.1	Συσκευασία σε Τροποποιημένη Ατμόσφαιρα (MAP)	35
3.4.2	Συσκευασία σε Ελεγχόμενη Ατμόσφαιρα (CAP)	39
3.4.3	Συσκευασία υπό Κενό (VP)	40
3.5	Εδώδιμη επικάλυψη	41
3.5.1	Πολυσακχαρίτες.....	44
3.5.2	Λιπίδια	46
3.5.3	Πρωτεΐνες	47
3.5.4	Νανοσύνθετα Υλικά Συσκευασίας	47
3.5.5	Τεχνολογία Κρύου Πλάσματος	49
3.6	Ακτινοβολία.....	50
4.	ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ	53
4.1	Βιοκαύσιμα.....	57
4.2	Βιομηχανικά Ένζυμα	58
4.3	Βιοαποικοδομήσιμα Πλαστικά	59

4.4	Φαρμακευτικές και Καλλυντικές Εφαρμογές	59
4.4.1	Κολλαγόνο.....	59
4.4.2	Χρωστικές Ουσίες	62
4.4.3	Αρωματικά Συστατικά.....	64
5.	ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΣ ΑΝΤΙΚΤΥΠΟΣ	65
5.1	Κυκλική Οικονομία	65
6.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	69
7.	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	70

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1.1 Ποσοστό % απωλειών τροφίμων μετά την συγκομιδή παγκοσμίως το 2016	13
Εικόνα 3.1 Βακτηριακοί μεταβολίτες.....	25
Εικόνα 3.2 Σχηματική αναπαράσταση του κυτταρικού φακέλου των Gram+ και Gram- βακτηρίων	26
Εικόνα 3.3 Βακτηριοσίνες που παράγονται από το γένος <i>Lactobacillus</i> spp.	28
Εικόνα 3.4 Βακτηριοσίνες που παράγονται από το γένος <i>Lactococcus</i> spp.....	29
Εικόνα 3.5 Απεικόνιση ροών αερίου για συσκευασίες τροποποιημένης ατμόσφαιρας	39
Εικόνα 3.6 Απεικόνιση των διαφορετικών τύπων νανοσύνθεσης. a) Διαχωρισμένη φάση, b) Intercalated και c) exfoliated.	48
Εικόνα 3.7 Πρόσφατα ευρήματα μικροβιακής απενεργοποίησης με την χρήση του κρύου πλάσματος.....	50
Εικόνα 3.8 Φάσμα Ηλεκτρομαγνητικής Ακτινοβολίας.....	51
Εικόνα 4.1 Απώλεια και σπατάλη τροφίμων στα διάφορα στάδια της εφοδιαστικής αλυσίδας σε διάφορες περιοχές	54
Εικόνα 4.2 Ιεράρχηση Διαχείρισης Αποβλήτων (Waste Framework Directive, WFD)	56
Εικόνα 5.1 Κυκλικό σύστημα τροφίμων.....	67

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 3.1 Ελάχιστες, βέλτιστες και μέγιστες θερμοκρασίες (°C) ανάπτυξης ορισμένων παθογόνων μικροοργανισμών	20
Πίνακας 3.2 Κατάλογος ομάδων υλικών και αντικειμένων που μπορούν να ρυθμιστούν με ειδικά μέτρα.....	33
Πίνακας 3.3 Εκτιμώμενη διάρκεια ζωής τροφίμων σε MAP.....	36
Πίνακας 3.4 Τυπικές τροποποιημένες ατμόσφαιρες ανάλογα με το προϊόν	39
Πίνακας 3.5 Παραδείγματα εδώδιμων επικαλύψεων από πολυσακχαρίτες, πρωτεΐνες και λιπίδια	43
Πίνακας 3.6 Ορόσημα στην ακτινοβόληση των τροφίμων.....	51
Πίνακας 4.1 Τύποι του κολλαγόνου και οι χρήσεις τους στην βιομηχανία.....	60
Πίνακας 4.2 Φρούτα, λαχανικά και ξηροί καρποί και τα αντίστοιχα χρώματα που παράγουν.....	63

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Συντηρησιμότητα Τροφίμων

Η συντηρησιμότητα των τροφίμων αποτελεί μια από τις σημαντικότερες, αν όχι η σπουδαιότερη, διαδικασία στην παραγωγή ενός τροφίμου. Είναι η διαδικασία κατά την οποία επεμβαίνουμε στον τρόφιμο με σκοπό την παράταση του χρόνου ζωής του αλλά και την διατήρηση στον μέγιστο βαθμό των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών του. Η επεξεργασία τροφίμων δεν είναι τόσο απλή και εύκολη διαδικασία όσο ήταν το παρελθόν. Πλέον μετατρέπεται από μια τέχνη, σε μια υψηλά διεπιστημονική επιστήμη (Rahman, 2007).

Υπάρχουν τρεις βασικές αρχές στις οποίες βασίζεται η συντηρησιμότητα των τροφίμων (Juneja, Dwivedi, & Sofos, 2017):

- 1) Ελέγχοντας του μικροοργανισμούς. Η μικροβιακή επιμόλυνση μπορεί να προκαλέσει αλλοίωση του τροφίμου με αποτέλεσμα να μην μπορεί να καταναλωθεί. Κύριες πηγές επιμόλυνσης είναι το νερό, το χώμα, τα ζώα, οι τροφές τους, ο εξοπλισμός επεξεργασίας των τροφίμων, ακόμα και ο αέρας. Έτσι, τα τρόφιμα μπορούν να επιμολυνθούν από ζύμες ή μύκητες σε οποιοδήποτε στάδιο πριν και μετά την συγκομιδή.
- 2) Ελέγχοντας τα ένζυμα. Τα ένζυμα παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο σε ζωντανούς ιστούς των τροφίμων όπως φρούτα, λαχανικά και κρέατα. Κύρια λειτουργία τους είναι η κατάλυση ανεπιθύμητων αντιδράσεων.
- 3) Ελέγχοντας έντομα, τρωκτικά, πτηνά και άλλες φυσικές αιτίες που προκαλούν αλλοίωση του τροφίμου. Τα έντομα μεγαλώνουν σε ζεστό, υψηλής υγρασίας, περιβάλλον και προκαλούν μείωση της θρεπτικής αξίας του τροφίμου, ανάπτυξη δυσάρεστων οσμών και άρα οικονομικές απώλειες της εταιρείας.

Μαζί με την εξέλιξη του πολιτισμού έχουν αναπτυχθεί και αρκετές μέθοδοι για την αύξηση της διατηρησιμότητας των τροφίμων και κατ' επέκταση την εξέλιξη των βιομηχανιών των τροφίμων. Η συντηρησιμότητα των τροφίμων βοηθάει στην αναστολή της ανάπτυξης των μικροοργανισμών, την διατήρηση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών, την επιβράδυνση των χημικών αντιδράσεων και άρα την καθυστέρηση της αλλοίωσης του προϊόντος. Οι πλέον σημαντικότερες μέθοδοι επεξεργασίας είναι σε υψηλή και χαμηλή θερμοκρασία, χημική, βιοσυντήρηση και ακτινοβολήση. Παρ' όλα αυτά χρησιμοποιούνται ως μέσα επέκτασης του χρόνου ζωής του προϊόντος οι τροποποιημένες ατμόσφαιρες και οι βρώσιμες επικαλύψεις. Η διατήρηση των τροφίμων έχει γίνει σημαντικό μέρος της βιομηχανίας τροφίμων και της καθημερινής ζωής.

1.1.1 Ιστορική Αναδρομή

Η συντηρησιμότητα των τροφίμων έχει αρχίσει να υπάρχει πολλά χρόνια πίσω. Η ανάγκη της εμφανίστηκε από τότε που, προϊστορικά, ο άνθρωπος έπρεπε μετά το κυνήγι να φυλάξει την τροφή του ώστε να διαφυλάξει την πείνα του. Έτσι, έπρεπε να βρει διάφορους τρόπους ώστε να αποφύγει την αλλοίωση του τροφίμου όπως να μαγειρεύεται στην φωτιά ή να συντηρείται το φρέσκο κρέας στις κρύες και ξηρές καλύβες ή να αφυδατώνεται στον ήλιο. Το 12.000 π.Χ. η ξήρανση του ήλιου ήταν μια κυρίαρχη μέθοδος συντήρησης τροφίμων

κατά την προϊστορική περίοδο στις άγονες και ημίξηρες περιοχές. Με απλά λόγια, τα τρόφιμα έμεναν στον ήλιο με αποτέλεσμα να απομακρύνεται το μεγαλύτερο μέρος του νερού και άρα να δυσκολεύεται η ανάπτυξη των μικροοργανισμών. Οι λαοί, εκείνη την εποχή χρησιμοποιούσαν την ξήρανση ως μέθοδο διατήρησης των τροφίμων, αλλά δεν εγγυώνται μεγάλη διάρκεια ζωής.

Το κύριο πλεονέκτημα αυτού του τρόπου διατήρησης των τροφίμων είναι ότι απαιτεί μόνο ήλιος, πράγμα που το καθιστά ανέξοδο. Ορισμένα από τα μειονεκτήματα είναι ότι απαιτεί πολύ χρόνο για να στεγνώσει επαρκώς το τρόφιμο και καθίσταται σχεδόν αδύνατο να χρησιμοποιηθεί κατά τη διάρκεια κακοκαιρίας ή ακατάλληλων κλιματικών συνθηκών μεταξύ άλλων παραγόντων. Δεδομένου ότι η μέθοδος αφαιρεί μεγάλη ποσότητα ύδατος, το τρόφιμο αποκτά μια σκληρή και δυσάρεστη υφή.

Η τεχνική εξακολουθεί να χρησιμοποιείται σε ορισμένα μέρη του κόσμου, ενώ άλλοι έχουν προχωρήσει σε άλλες σύγχρονες μεθόδους που είναι πιο εύκολες στη χρήση, όπως η μέθοδος αφυδάτωσης.

Το 500 π.Χ. οι μαρμελάδες και τα ζελέ είχαν γίνει δημοφιλείς στη διατήρηση των τροφίμων και των φρούτων. Οι αρχαίοι Έλληνες και οι Ρωμαίοι ανακάλυψαν ότι η βύθιση των τροφίμων μέσα στο μέλι θα τα διατηρούσε για μεγάλο χρονικό διάστημα. Χρησιμοποιήθηκε από τους εμπόρους ώστε να μετατρέψουν τα αλλοιωμένα φρούτα τους σε κάτι χρήσιμο αντί να τα πετάξουν.

Στο πρώτο γνωστό βιβλίο μαγειρικής: De Re Coquinaria (Η τέχνη του μαγειρέματος) που χρονολογείται από τον 1^ο αιώνα μ.Χ., υπάρχει και η πρώτη συνταγή για μαρμελάδα στην απλούστερη της μορφή, θερμαίνοντας, δηλαδή, φρούτα με ζάχαρη.

Το 1400 μ.Χ. αναλύθηκε ότι η αποθήκευση τροφίμων σε διάλυμα αλατιού (άλμη) αυξάνει τη διάρκεια ζωής του. Η διαδικασία αυτή χρησιμοποιούταν κυρίως για την συντήρηση του κρέατος. Κατ' αυτή προκαλείται το φαινόμενο της ώσμωσης στην οποία σκοπός είναι να εξισωθεί η πίεση στο τρόφιμο και στο διάλυμα μεταφέροντας το νερό του κρέατος στο διάλυμα άλατος. Με αυτόν τον τρόπο επιβραδύνονται οι οξειδώσεις του κρέατος οι οποίες καθιστούν το κρέας με δυσάρεστο χρώμα, υφή και οσμή. Η προσθήκη του κρέατος κρίθηκε απαραίτητη ώστε να εντείνει την αναστολή αυτών των αντιδράσεων.

Οι αρχαίοι πολιτισμοί, όπως οι Αιγύπτιοι και οι Ρωμαίοι, χρησιμοποιούσαν τη μέθοδο αυτή αλλά ύστερα αποδείχθηκε αναποτελεσματική ειδικά στην αποθήκευση των κρεάτων.

Το 1784 μ.Χ. με την εφεύρεση τεχνολογιών όπως η κατάψυξη και η ψύξη, οι άνθρωποι άρχισαν να συντηρούν τα τρόφιμά τους. Η ψύξη ως μέθοδος διατήρησης της τροφής ξεκίνησε από την αρχαιότητα. Οι άνθρωποι δημιουργούσαν στο έδαφος μικρούς λάκκους που τους γέμιζαν κρέας και τους κάλυπταν με χιόνι ή πάγο. Ως αποτέλεσμα, το κρέας μείωνε την ενζυμική και τη βακτηριακή δραστηριότητα στο ελάχιστο, διατηρώντας έτσι τα οργανοληπτικά του χαρακτηριστικά αναλλοίωτα.

Μέχρι το 1842 μ.Χ., όπου και χρησιμοποιήθηκε σε εμπορικό επίπεδο η μηχανική ψύξη, δεν είχε εξελιχθεί περεταίρω.

Το 1804 μ.Χ. με τις ανακαλύψεις του Γάλλου εφευρέτη Nicolas Appert εισήχθη μια νέα μέθοδος αποθήκευσης τροφίμων μέσα σε μπουκάλια. Το 1810 μ.Χ. ο Άγγλος επιστήμονας Peter Durand ανακάλυψε τα δοχεία από κασσίτερο. Το 1812 μ.Χ. η πατέντα των

δοχείων από κασσίτερο αγοράστηκε για πρώτη φορά από τον επιχειρηματία Bryan Donkin από τον Γάλλο εφευρέτη Philippe Girard με κόστος χίλια δολάρια. Στη συνέχεια το επεξεργάστηκε για δύο χρόνια ώστε να δημιουργήσει μαζική παραγωγή και συνεργάστηκε με τους Donkin και Gamble με σκοπό να τελειοποιηθεί η ιδέα του και να αρχίσει να παράγει κονσέρβες βόειου κρέατος, όπως και έκανε.

Η κονσερβοποίηση περιλαμβάνει την διατήρηση των τροφίμων σε αποστειρωμένα δοχεία που έχουν αρνητική πίεση στο εσωτερικό. Αρχικά, τα τρόφιμα τοποθετούνται μέσα στο δοχείο και θερμαίνονται σε υψηλότερες θερμοκρασίες. Ύστερα τοποθετείται το καπάκι καλά στο δοχείο όταν οι θερμοκρασίες είναι ακόμα υψηλές. Λόγω απουσίας οξυγόνου εμποδίζεται η ανάπτυξη μικροοργανισμών οι οποίοι αποτελούν την κύρια αιτία για την αλλοίωση του τροφίμου.

Το 1864 μ.Χ. ανακαλύφθηκε η παστερίωση από τον Γάλλο επιστήμονα Louis Pasteur, απ' όπου πήρε και το όνομα της. Προσδιόρισε τη σχέση μεταξύ των μικροοργανισμών και την αλλοίωση των τροφίμων αν και δεν χρησιμοποιήθηκε μέχρι την αρχή του εικοστού αιώνα διότι δεν γνώριζαν τις ακριβείς συνθήκες που πρέπει να χρησιμοποιήσουν προκειμένου να απομακρύνουν όλους τους παθογόνους μικροοργανισμούς.

Το 1918 μ.Χ. την μέθοδο αυτή ανέλαβαν οι ΗΠΑ και συγκεκριμένα ο επιστήμονας Alice Catherine Evans μετά την περίοδο της βρουκέλλωσης και την ανακάλυψη ότι η ασθένεια προκαλείται από ένα βακτήριο γνωστό ως Brucella που βρίσκεται στο αγελαδινό γάλα. Αυτά προκάλεσαν ενδιαφέρον και ανακαλύφθηκε ότι εκτός από τη βρουκέλλωση, το γάλα προκάλεσε άλλες ασθένειες από τα Salmonella, E.coli και Listeria, τα οποία προκαλούσαν λοιμώξεις απειλητικές για τη ζωή. Ως εκ τούτου, η παστερίωση κατέστη υποχρεωτική στον αμερικανικό νόμο τη δεκαετία του 1930 μ.Χ., αφού υποστηρίχθηκε από τον Evans.

Προκλήσεις όπως οι συνεχώς μεταβαλλόμενες καιρικές συνθήκες και η έλλειψη επαρκούς ποσότητας τροφίμων συνέβαλαν σημαντικά στην εφεύρεση της μεθόδου αφυδάτωσης τροφίμων το 1940 μ.Χ.. Η αφυδάτωση των τροφίμων είναι μια βελτίωση της μεθόδου ξήρανσης του ήλιου. Και οι δύο περιλαμβάνουν την απομάκρυνση της υγρασίας από το φαγητό. Η κύρια διαφορά είναι ότι στην πρώτη χρησιμοποιείται ηλεκτρική ενέργεια και απαιτείται ειδικός εξοπλισμός όπως οι αφυγραντήρες τροφίμων. Αυτή η μέθοδος τέθηκε σε χρήση κατά τη διάρκεια του Δευτέρου Παγκοσμίου Πολέμου και ανακαλύφθηκε από δύο εφευρέτες της Γαλλίας που είναι γνωστοί ως Masson και Chollet. Πραγματοποιούσαν την μέθοδο της αφύγρανσης με επιτυχία στα λαχανικά σε θερμοκρασία 105°F (41°C). Ήταν ιδιαίτερα χρήσιμη μέθοδος συντήρησης για τους στρατιώτες κατά τη διάρκεια του Δευτέρου Παγκοσμίου Πολέμου, αφού μπορούσαν να μεταφέρουν ελαφριές αποξηραμένες τροφές στην μάχη για τη διατροφή τους.

Μετά από αυτό, έγιναν περισσότερες επιστημονικές έρευνες και καινοτομίες που οδηγούσαν στον σχηματισμό περίπλοκων μοντέλων που θα μπορούσαν να στεγνώσουν οτιδήποτε με περισσότερη ευκολία και μικρότερο χρονικό διάστημα.

Κατά τη διάρκεια αυτής της εποχής, ανακαλύφθηκε η αποθήκευση του φαγητού σας σε δοχεία με σφραγισμένο κενό που παρατείνει τη διάρκεια ζωής του τροφίμου. Στη δεκαετία του 1940 μ.Χ. ένας Γερμανός εφευρέτης με το όνομα Karl Busch κατέληξε σε αυτό που είναι γνωστό ως συσκευασία κενού που προορίζεται για την αποθήκευση τροφίμων. Αυτή η συσκευασία είχε τεράστια απήχηση κατά τη διάρκεια του Δευτέρου Παγκοσμίου Πολέμου. Περιλαμβάνει την διατήρηση του τροφίμου μέσα σε ειδικές εύκαμπτες σακούλες

χρησιμοποιώντας στεγανωτικό κενού. Το πρώτο στεγανωτικό κενού εισήλθε στην αγορά το 1963 μ.Χ όπου αρχικά αφαιρούταν το οξυγόνο από την σακούλα που περιέχει το τρόφιμο και στη συνέχεια σφραγιζόταν. Χωρίς την παρουσία οξυγόνου δεν μπορούν να αναπτυχθούν μικροοργανισμοί, διατηρώντας έτσι το τρόφιμο αναλλοίωτο. Τα νέα στεγανωτικά κενού είναι μια βελτιωμένη έκδοση των παλαιών τύπων.

Η ανακάλυψη της ακτινοβολίας το 1895 μ.Χ. από το Γερμανό φυσικό Wilhelm von Roentgen σηματοδότησε ένα νέο ορόσημο στον τομέα της διατήρησης των τροφίμων. Την ίδια περίοδο, ένας άλλος φυσικός γνωστός ως Antoine Henri Becquerel ήρθε με την έννοια της ραδιενέργειας. Αυτή η ιδέα χρησιμοποιήθηκε στη διατήρηση των τροφίμων με μια διαδικασία γνωστή ως ακτινοβόληση τροφίμων. Κατά το έτος 1905 μ.Χ., οι ΗΠΑ και οι Βρετανοί υπέβαλαν τις πρώτες πατέντες τους σχετικά με τη χρήση της ραδιενέργειας που είναι γνωστή ως ιονισμός, για τη θανάτωση βακτηρίων.

Στη δεκαετία του 1950 μ.Χ., ο αμερικανικός στρατός ξεκίνησε μια σειρά πειραμάτων για να προσδιορίσει εάν η μέθοδος θα μπορούσε να εφαρμοστεί σε τρόφιμα όπως κρέατα, λαχανικά, γαλακτοκομικά προϊόντα και φρούτα ενώ το 1958 μ.Χ. ο οργανισμός FDA που ασχολείται με την αξιολόγηση των τροφίμων ενέκρινε τη διαδικασία ακτινοβόλησης σε τρόφιμα όπως χοιρινό, πουλερικά, μπαχαρικά, φρούτα και κόκκινο κρέας.

Το 1980 μ.Χ. διαπιστώθηκε ότι η ακτινοβόληση των τροφίμων στα 10 kilo grays δεν δημιουργούσε μικροβιολογικά ή διατροφικά προβλήματα. Επιπλέον, το 1999 μ.Χ., η παγκόσμια οργάνωση υγείας (WHO) διαπίστωσε ότι στο μόνο που μπορεί να επηρεάσει η υψηλή δόση ακτινοβόλησης είναι στη γεύση και όχι στην ασφάλεια του τελικού προϊόντος, καθιστώντας έτσι μια παρόμοια μέθοδο με το μαγείρεμα. Το 1986 μ.Χ., ο FDA «έδωσε το πράσινο φως» στη μαζική χρήση της ακτινοβολίας ως μέθοδο συντήρησης τροφίμων.

Στις αρχές τις δεκαετίας του '90 έγιναν οι πρώτες εμπορικές εφαρμογές χρησιμοποιώντας συσκευασίες με τροποποιημένη ατμόσφαιρα αφορούσαν φρούτα και λαχανικά. Οι πρώτες εξελίξεις ήταν γενικά για την αποθήκευση και τη μεταφορά χύδην τροφίμων. Οι επιστημονικές έρευνες για την επίδραση των αερίων στην παράταση της διάρκειας ζωής των τροφίμων διεξήχθησαν το 1930 μ.Χ. σε νωπά κρέατα. Ο Killefer ανέφερε τον διπλασιασμό της διάρκειας ζωής του κατεψυγμένου χοιρινού και αρνιού όταν αυτά τα κρέατα αποθηκεύτηκαν σε ατμόσφαιρα 100% CO₂.

Μετά το 2000 μ.Χ. η μέθοδος του περιλαμβάνει τη χρήση προσθέτων, φυσικών ή μη, είναι εξαιρετικά διαδεδομένη. Αναστέλλονται οι λειτουργίες των ενζύμων, απενεργοποιούνται τα βακτήρια εξασφαλίζοντας έτσι εκτεταμένη ζωή τροφίμων.

Ένα σημαντικό ορόσημο στην ιστορία της διατήρησης των τροφίμων ήταν ο 19^{ος} αιώνας. Μέχρι τότε, οι στρατιώτες ζούσαν από κακώς συντηρημένα κρέατα και υποκείμενα σε αλλοίωση. Το αλάτι ήταν ένα βασικό συντηρητικό που χρησιμοποιήθηκε αυτήν την εποχή. Ο Γάλλος Napoleon ξεκίνησε την αναζήτηση καλύτερων μεθόδων διατήρησης των τροφίμων, προσφέροντας ένα τεράστιο χρηματικό ποσό σε όσους σχεδίαζαν ασφαλέστερες και αξιόπιστες μεθόδους. Ο Γάλλος χημικός Nicolas Appert βρήκε την λύση στο πρόβλημα. Διαπίστωσε ότι η σφράγιση τροφίμων σε ένα δοχείο που ήταν αεροστεγές θα μπορούσε να «σώσει» τα τρόφιμα από την αλλοίωση. Πέντε δεκαετίες αργότερα, ο Γάλλος Louis Pasteur ανακάλυψε τη σχέση μεταξύ της παρουσίας μικροοργανισμών και της αλλοίωσης των τροφίμων. Η ανακάλυψη οδήγησε σε ανάπτυξη νέων τεχνικών συντήρησης τροφίμων, όπως η κονσερβοποίηση. Οι επιστήμονες συνέχισαν να αναζητούν πιο αποτελεσματικές μεθόδους

διατήρησης, με αποκορύφωμα τη σύγχρονη μέθοδο αφυδάτωσης των τροφίμων, η οποία είναι πολύ πιο προχωρημένη από την αρχαία πρακτική της φυσικής ηλιακής ξήρανσης.

1.1.2 Ανάγκη για Συντήρηση Τροφίμων

Η διατήρηση, η επεξεργασία και η αποθήκευση των τροφίμων είναι ζωτικής σημασίας για την συνεχή παροχή τροφίμων. Η μικροβιακή δράση είναι η κύρια αιτία υποβάθμισης και αλλοίωσης των τροφίμων (Desai, 2000)

Η συντηρησιμότητα των τροφίμων έχει ως σκοπό τα εξής (Juneja, Dwivedi, & Sofos, 2017):

- Να διατηρηθεί η ποιότητα
- Να εξαλειφθούν οι παθογόνοι μικροοργανισμοί
- Να εξαλειφθούν ή να μειωθούν οι μικροοργανισμοί που προκαλούν αλλοιώσεις
- Να αυξηθεί η διάρκεια ζωής (shelf-life) του μικροοργανισμού

Μια αποτελεσματική συντηρησιμότητα (Juneja, Dwivedi, & Sofos, 2017):

- Αντιμετωπίζει τους περιορισμούς του χρόνου και της περιοχής (π.χ. εποχικότητα)
- Βελτιώνει την γεύση του τροφίμου (π.χ. άρωμα, εμφάνιση, υφή)
- Βελτιώνει την θρεπτική αξία του τροφίμου (π.χ. πρωτεΐνη)

1.2 Απόβλητα Τροφίμων

Η ολοένα αυξανόμενη παραγωγή και κατανάλωση τροφίμων συνεπάγεται την μεγαλύτερη ποσότητα σε απώλειες τροφίμων (food loss) και σε σπατάλη τροφίμων (food waste).

Ο όρος “food loss” αναφέρεται σε κάθε τρόφιμο που απορρίπτεται, καίγεται ή αλλιώς διατίθεται κατά μήκος της εφοδιαστικής αλυσίδας των τροφίμων από τη συγκομιδή/σφαγή/αλίευση μέχρι και, χωρίς να συμπεριλαμβάνεται, το επίπεδο λιανικής και δεν χρησιμοποιείται για καμία άλλη παραγωγική δραστηριότητα, όπως ζωτοτροφή ή σπόρους. Το food loss μετριέται με τον δείκτη FLI (Food Loss Index) ο οποίος μετρά τις μεταβολές των ποσοστιαίων απωλειών για 10 βασικά προϊόντα ανά χώρα σε σύγκριση με μια περίοδο που χρησιμοποιείται ως βάση (FAO, 2015).

Ο όρος “food waste” αναφέρεται στα τρόφιμα τα οποία απορρίπτονται ύστερα από απόφαση και ενέργεια των λιανοπωλητών, των προμηθευτών υπηρεσιών τροφίμων και των καταναλωτών. Τα τρόφιμα απορρίπτονται με διάφορους τρόπους (FAO, 2015):

- Τα φρέσκα προϊόντα που αποκλίνουν από αυτό που θεωρείται βέλτιστο, όπως για παράδειγμα όσον αφορά το σχήμα, το μέγεθος και το χρώμα, αφαιρούνται συχνά από την εφοδιαστική αλυσίδα κατά τη διάρκεια της διαλογής.

- Τα τρόφιμα που βρίσκονται κοντά, σε ή πέρα από την ημερομηνία "best-before" απορρίπτονται συχνά από τους λιανοπωλητές και τους καταναλωτές.
- Οι μεγάλες ποσότητες υγιεινών βρώσιμων τροφίμων συχνά δεν χρησιμοποιούνται και απορρίπτονται από οικιακές κουζίνες και εστιατόρια.

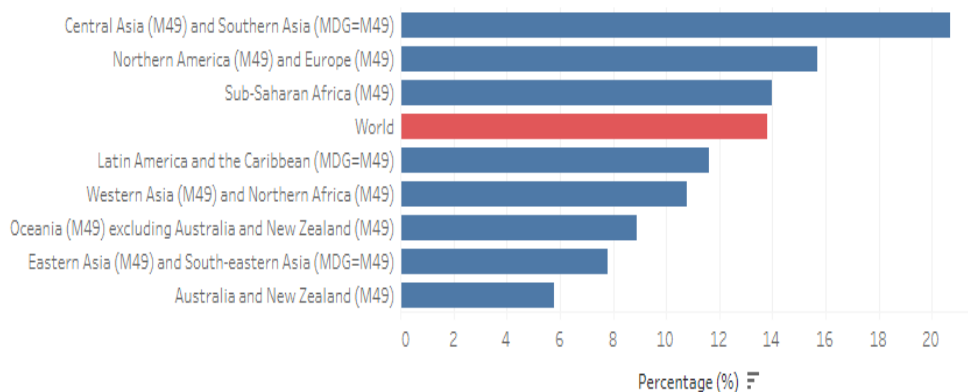
Ο όρος FLW (Food Waste and Loss) αναφέρεται στην ποσότητα των αποβλήτων τροφίμων κατά μήκος της εφοδιαστικής αλυσίδας.

1.2.1 Ανάγκη Αξιοποίησης Αποβλήτων Τροφίμων

Η σπατάλη και οι απώλειες των τροφίμων έχουν περιβαλλοντικό και οικονομικό αντίκτυπο. Όσο αναφορά το περιβάλλον, οι επιπτώσεις είναι είτε άμεσες, απορρίπτοντας το ανεπιθύμητο τρόφιμο, είτε έμμεσες, λαμβάνοντας υπ' όψη την ενέργεια που καταναλώνεται για να επεξεργαστεί το τρόφιμο το οποίο τελικά απορρίπτεται (Blakeney, 2019). Αυτά προκαλούν αύξηση στην παραγωγή αερίων του θερμοκηπίου όπως μεθάνιο, διοξείδιο του άνθρακα και οξείδιο του αζώτου και μόλυνση των αποθεμάτων νερού. Μεγαλύτερος περιβαλλοντικός αντίκτυπος προκαλείται από τα δημητριακά (34%), το κρέας (21%) και τα λαχανικά (21%) (FAO, 2013).

Όσο αναφορά τον οικονομικό αντίκτυπο, τα κύρια οικονομικά κόσθη προέρχονται από τα λαχανικά (23%), το κρέας (21%), τα φρούτα (19%) και τα δημητριακά (18%) (FAO, 2013). Μειώνοντας τα FWL είναι ένας τρόπος να βελτιωθεί η εφοδιαστική αλυσίδα μειώνοντας τις τιμές των παραγωγών και άρα και τον καταναλωτών καθώς και μετριάζοντας τον περιβαλλοντικό αντίκτυπο.

Το 2015 ο παγκόσμιος οργανισμός τροφίμων και γεωργίας έθεσε σαν στόχο ότι μέχρι το 2030, θα μειωθούν κατά το ήμισυ τα απόβλητα τροφίμων παγκοσμίως σε επίπεδο λιανικής πώλησης αλλά και σε επίπεδο καταναλωτή καθώς και θα μειωθούν οι απώλειες των τροφίμων κατά μήκος της εφοδιαστικής και παραγωγικής αλυσίδας, συμπεριλαμβανομένου και των απωλειών μετά την συγκομιδή (FAO, 2015). Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται το ποσοστό % απωλειών τροφίμων μετά την συγκομιδή το 2016 παγκοσμίως (FAO, 2017):



Εικόνα 1.1 Ποσοστό % απωλειών τροφίμων μετά την συγκομιδή παγκοσμίως το 2016

Η μικρότερη ποσότητα food loss και food waste θα οδηγήσουν σε αποτελεσματικότερη χρήση της γης και καλύτερη διαχείριση των υδάτινων πόρων με θετικές επιπτώσεις στην κλιματική αλλαγή και στα μέσα διαβίωσης (FAO, 2015).

2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Οι αντιμικροβιακές ουσίες που προέρχονται από φυτικές, ζωικές και μικροβιακές πηγές εξετάζονται τις τελευταίες δεκαετίες ως πιθανές εφαρμογές στα τρόφιμα. Λαμβάνουν χώρα χημικές και βιοχημικές αντιμικροβιακές αντιδράσεις που προέρχονται από αυτές τις φυσικές πηγές και η δραστικότητα των προϊόντων τους προς τους παθογόνους μικροοργανισμούς και τα σπόριά τους, μαζί με τις επιδράσεις τους στους οργανοληπτικούς δεσμούς τροφίμων λαμβάνεται σοβαρά υπόψη. Η αντιμικροβιακή δραστικότητα εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως η πηγή προέλευσης, η περίοδος της συγκομιδής, το στάδιο της ανάπτυξης, το μοριακό βάρος και η μέθοδος εκχύλισης. Τα φυσικά αντιμικροβιακά μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνα τους ή σε συνδυασμό με άλλες νέες τεχνολογίες συντήρησης ώστε να διευκολύνουν την αντικατάσταση των παραδοσιακών μεθόδων (Tiwari, et al., 2009).

Σε επιστημονική μελέτη έγινε προσπάθεια προσομοίωσης των πιο κοινών μεθόδων επεξεργασίας (π.χ. κατάψυξη, απόψυξη, μαγείρεμα) κατά την αποθήκευση βόειου κρέατος και μπιφτέκι βόειου κρέατος, προκειμένου να αξιολογηθεί η επίδρασή τους στους δύο κύριους παθογόνους μικροοργανισμούς (*Salmonella* spp., *Escherichia coli* O157:H7). Τελικά, διαπιστώθηκε ότι η συνδυασμένη επίδραση των διαδοχικά εφαρμοσμένων μεθόδων όπως η κατάψυξη, η απόψυξη και το μαγείρεμα μπορεί να έχουν σημαντικά διαφορετική επίδραση στην αντοχή στη θερμότητα των παθογόνων, σε σύγκριση με την εφαρμογή μιας μόνο μεθόδου (Manios & Skandamis, 2015).

Ένας μεγάλος αριθμός βακτηριοσινών από τα LAB βακτήρια έχουν ταυτοποιηθεί μέχρι σήμερα, ενώ πολλές διαφορετικές μελέτες έχουν δείξει την πιθανή χρησιμότητα των βακτηριοσινών στη συντήρηση των τροφίμων. Δεδομένου ότι η αποτελεσματικότητα των βακτηριοσινών στα τρόφιμα εξαρτάται από περιβαλλοντικούς παράγοντες, υπάρχει ανάγκη να προσδιοριστούν με μεγαλύτερη ακρίβεια οι πιο αποτελεσματικές συνθήκες για την εφαρμογή κάθε συγκεκριμένης βακτηριοσίνης. Ωστόσο, η συνδυασμένη εφαρμογή πολλών άλλων τεχνολογιών (όπως υπερήχων, ακτινοβολία, μικροκύματα και ωμική θέρμανση ή παλμικό φως) παραμένει ανεξερεύνητη. Οι αντιμικροβιακές επιδράσεις των βακτηριοσινών και των βακτηριοσिनογόνων καλλιεργειών στα οικοσυστήματα τροφίμων πρέπει να γίνουν κατανοητές ως προς τις μικροβιακές αλληλεπιδράσεις (Amenu Delesa, 2017).

Αν και αυτή τη στιγμή είναι ανεκμετάλλευτη η εφαρμογή τους, οι βακτηριοσίνες αναμένεται να γίνουν πιο εμφανείς στη βιοσυντήρηση των τροφίμων. Η κύρια κινητήρια δύναμη αυτής της «αναμονής-για-επανάσταση» («waiting to happen revolution») θα είναι οι αυξανόμενες απαιτήσεις για «πιο φυσικά» και «λιγότερο χημικά» προϊόντα διατροφής από σύγχρονες και καλύτερα διογκούμενες αγορές του 21ου αιώνα. Οι πρόσφατες εξελίξεις των καταναλωτών ως προς τον τρόπο αντίληψης των βακτηριοσινών είναι η ολοένα και αυξανόμενη αποδοχή καθώς και η άρση των ρυθμιστικών περιορισμών κατά της χρήσης βακτηριοσινών (Bagenda & Yamazaki, 2007).

Σε απάντηση στις δυναμικές αλλαγές στην τρέχουσα ζήτηση των καταναλωτών και στις τάσεις της αγοράς, ο τομέας της Ενεργούς Συσκευασίας (Active Packaging, AP) γίνεται όλο και πιο σημαντικός. Τα κύρια συστήματα AP περιλαμβάνουν εκείνα που γίνεται έλεγχος του οξυγόνου, υγρασίας, παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα και αιθανόλης, και συστήματα αντιμικροβιακής μετανάστευσης (antimicrobial migrating, AM) και μη μετανάστευσης. Από

αυτά τα ενεργά συστήματα συσκευασίας, το σύστημα αντιμικροβιακής μετανάστευσης έχει την μεγαλύτερη σημασία (Suppakul, Miltz, Sonneveld, & Bigger, 2003).

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων χρόνων, πραγματοποιήθηκε σημαντική αναζήτηση για την ανάπτυξη και εφαρμογή εδωδιμων μεμβρανών και επικαλύψεων από μια ποικιλία γεωργικών προϊόντων και απόβλητα βιομηχανικής παραγωγής προϊόντων διατροφής. Τέτοια βιοπολυμερή περιλαμβάνουν πολυσακχαρίτες, πρωτεΐνες και μίγματα αυτών. Αυτά τα υλικά παρουσιάζουν τη δυνατότητα να είναι φορείς διαφορετικών προσθέτων, όπως αντιμικροβιακών, αντιοξειδωτικών και αρωματικών παραγόντων. Ειδικότερα, η χρήση μεμβρανών που έχουν αντιμικροβιακές ιδιότητες έχει αποδειχθεί ότι είναι χρήσιμο εργαλείο για την προστασία των τροφίμων από την αλλοίωση τους και τη μείωση του κινδύνου ανάπτυξης παθογόνων. Οι συνηθέστερες αντιμικροβιακές ουσίες που χρησιμοποιούνται είναι οργανικά οξέα, χιτοζάνη, νισίνη, το σύστημα γαλακτοϋπεροξειδάσης και κάποια φυτικά εκχυλίσματα και τα αιθέρια έλαιά τους. Για την επιλογή ενός αντιμικροβιακού παράγοντα, πρέπει να εξεταστεί η αποτελεσματικότητα έναντι του μικροοργανισμού-στόχου και επίσης οι πιθανές αλληλεπιδράσεις μεταξύ του αντιμικροβιακού, του βιοπολυμερούς και των άλλων συστατικών των τροφίμων. Αυτές οι αλληλεπιδράσεις μπορούν να τροποποιήσουν την αντιμικροβιακή δραστηριότητα (Campos, Gersehenson, & Flores, 2010).

Οι λόγοι για τους οποίους σχεδόν το ένα τρίτο όλων των τροφίμων που παράγονται για ανθρώπινη κατανάλωση είναι σπατάλη είναι εμφανείς σε όλη την αλυσίδα εφοδιασμού τροφίμων, από την παραγωγή έως την κατανάλωση. Ενώ υπάρχουν πολλές πρακτικές στρατηγικές που έχουν συζητηθεί για τη μείωση της απώλειας και της σπατάλης τροφίμων, αυτές δεν επιλύουν τις υποκείμενες αιτίες για τους οποίους τα απόβλητα εξακολουθούν να υπάρχουν σε τόσο μεγάλο βαθμό. Το μεγαλύτερο εμπόδιο στην εξάλειψη της απώλειας και της σπατάλης τροφίμων είναι οι ανεξέλεγκτες διαδικασίες στις εταιρείες του παγκόσμιου συστήματος τροφίμων. Μέσα σε αυτήν την παγκοσμιοποιημένη, νεοφιλελεύθερη πολιτική οικονομία, τα απόβλητα φέρνουν κέρδος και δύναμη. Είτε από εταιρείες που ενθαρρύνουν την περιττή και ανθυγιεινή υπερκατανάλωση μέσω εκστρατειών μάρκετινγκ, είτε από τις κυβερνήσεις του ανεπτυγμένου κόσμου που ενθαρρύνουν την υπερπαραγωγή προϊόντων διατροφής να χρησιμοποιούν ως μηχανισμό ελέγχου μέσω της επισιτιστικής βοήθειας, το παγκόσμιο σύστημα τροφίμων βασίζεται στη δημιουργία και την αξιοποίηση των αποβλήτων. Έτσι, για να σταματήσει πραγματικά το πρόβλημα των αποβλήτων τροφίμων, οι πολίτες του κόσμου πρέπει να οργανωθούν για να αναδιαμορφώσουν και να ανοικοδομήσουν τοπικά και παγκόσμια συστήματα τροφίμων με τρόπο που οικοδομεί την τροφική κυριαρχία, σέβεται τη φύση, καλλιεργεί την υγεία και την ευημερία των ανθρώπων και διασφαλίζει το δικαίωμα στην τροφή για όλους τους ανθρώπους με βιώσιμο και ανθεκτικό τρόπο (Kennard, 2019).

Σύμφωνα με δημοσίευση το 2013 οι συγγραφείς εκτιμούν ότι μέχρι το έτος 2050, ο κόσμος θα χρειαζόταν περίπου 1314 τρισεκατομμύρια θερμίδες (kcal) λιγότερες ετησίως από ό,τι είχε υπολογιστεί να παράγουν οι επιχειρήσεις, για τις παγκόσμιες απαιτήσεις τροφίμων που περιγράφεται στο «The Great Balancing Act». Έτσι, η μείωση των αποβλήτων των τροφίμων θα μπορούσε να είναι μια από τις κορυφαίες παγκόσμιες στρατηγικές για την επίτευξη ενός βιώσιμου μέλλοντος τροφίμων. Πολλές προσεγγίσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μείωση των αποβλήτων των τροφίμων. Οι συγγραφείς προγραμματίζουν ένα υποσύνολο προσεγγίσεων που οι ειδικοί προτείνουν ότι είναι ιδιαίτερα πρακτικές και οικονομικά αποδοτικές, θα μπορούσαν να εφαρμοστούν σχετικά γρήγορα και θα μπορούσαν να επιτύχουν γρήγορα κέρδη. Αυτές οι προσεγγίσεις

περιλαμβάνουν: τη διευκόλυνση της αναδιανομής ή της δωρεάς τροφίμων, τη χρήση εξατμιστικών ψυκτών σε μέρη όπου η ψύξη δεν είναι διαθέσιμη, την εισαγωγή ερμητικά σφραγισμένων πλαστικών σακουλών αποθήκευσης, χρήση μικρών μεταλλικών σιλό, τη χρήση πλαστικών κιβωτίων αντί σακουλών για καλλιέργειες, την αλλαγή ετικετών ημερομηνίας για τη μείωση της σύγχυσης των καταναλωτών σχετικά με το πότε το φαγητό δεν είναι ασφαλές, την ευαισθητοποίηση των καταναλωτών σχετικά με τον τρόπο μείωσης των οικιακών αποβλήτων τροφίμων καθώς και τη μείωση της ποσότητας των μερίδων σε εστιατόρια και καφετέριες (Lipinski, et al., 2013).

Η βιομηχανία επεξεργασίας τροφίμων παράγει σημαντικά υψηλά οργανικά απόβλητα και άρα υψηλές ενεργειακές χρήσεις. Η ανάκτηση των αποβλήτων επεξεργασίας τροφίμων ως ανανεώσιμων πηγών ενέργειας αποτελεί μια βιώσιμη επιλογή για την αντικατάσταση της ορυκτής ενέργειας, συμβάλλοντας στη μετάβαση του τομέα των τροφίμων προς μια οικονομία χαμηλών εκπομπών άνθρακα. Οι συγγραφείς εξετάζουν την τελευταία πρόοδο της έρευνας σχετικά με τα ιόντα βιοκαυσίμων χρησιμοποιώντας απόβλητα επεξεργασίας τροφίμων. Μπορούν να παραχθούν αέρια βιοκαύσιμα όπως μεθάνιο, υδρογόνο και υθάνιο (μίγμα μεθανίου και υδρογόνου) καθώς και υγρά βιοκαύσιμα όπως αιθανόλη, βουτανόλη και βιοντίζελ (Zhang, et al., 2016).

Τα απόβλητα τροφίμων, ένα υποπροϊόν διαφόρων βιομηχανικών, γεωργικών, οικιακών και άλλων δραστηριοτήτων του τομέα των τροφίμων, αυξάνονται συνεχώς λόγω της αύξησης αυτών των δραστηριοτήτων. Διάφορες μελέτες έχουν δείξει ότι διαφορετικά είδη απορριμμάτων τροφίμων που λαμβάνονται από φρούτα, λαχανικά, δημητριακά και άλλες βιομηχανίες επεξεργασίας τροφίμων μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πιθανή πηγή βιοδραστικών συστατικών και θρεπτικών φαρμακευτικών προϊόντων που έχει σημαντική εφαρμογή στη θεραπεία διαφόρων παθήσεων. Διαφορετικοί δευτερεύοντες μεταβολίτες, μέταλλα και βιταμίνες έχουν εξαχθεί από απόβλητα τροφίμων, χρησιμοποιώντας διάφορες μεθόδους εκχύλισης. Τα επόμενα χρόνια αυτές οι προσεγγίσεις θα μπορούσαν να προσφέρουν μια καινοτόμο προσέγγιση για την αύξηση της παραγωγής συγκεκριμένων ενώσεων για χρήση σε θρεπτικά φαρμακευτικά προϊόντα ή ως συστατικά προς σχεδιασμό λειτουργικών τροφίμων (Kumar, Yadav, Kumar, Vyas, & Dhaliwal, 2017).

3. ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

Σύμφωνα με τους Lück και Jager (1997) οι μέθοδοι συντηρησιμότητας των τροφίμων ομαδοποιούνται σε τρεις κατηγορίες: φυσικές τεχνικές (π.χ. ξήρανση, παστερίωση, ψύξη), χημικές τεχνικές (π.χ. προσθήκη άλατος ή ζάχαρης) και βιολογικές τεχνικές (π.χ. μικροβιακές ζυμώσεις) (Lück & Jager, 1997). Στην παρούσα εργασία προστίθενται και άλλες τρεις τεχνικές ως μέθοδοι συντηρησιμότητας τροφίμων, η συσκευασία, οι εδώδιμες επικαλύψεις και η ακτινοβολία όπως περιγράφονται και παρακάτω.

3.1 Φυσική Επεξεργασία

3.1.1 Ζεμάτισμα

Το ζεμάτισμα (blanching ή scalding) θεωρείται μια ήπια θερμική επεξεργασία (περίπου 65°C), η οποία εφαρμόζεται κυρίως πριν από την κύρια θερμική επεξεργασία όπως κονσερβοποίηση, κατάψυξη ή αφυδάτωση. Ο στόχος του ζεματίσματος διαφέρει ανάλογα με την επεξεργασία που θα ακολουθήσει. Αν πρόκειται να γίνει αφυδάτωση ή κατάψυξη τότε βασικός σκοπός του ζεματίσματος είναι η αδρανοποίηση των ενζύμων όπως η υπεροξειδάση και η καταλάση, ώστε να διατηρηθούν κάποια από τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του τροφίμου. Αν πρόκειται να γίνει κονσερβοποίηση κύριοι στόχοι του ζεματίσματος είναι η αύξηση της θερμοκρασίας, ο καθαρισμός του ιστού, η εκδίωξη του αέρα ή αερίων του ιστού, η συρρίκνωση του προϊόντος, η σταθεροποίηση του χρώματος και το προμαγείρεμα. (Λάζος, 2014).

Η θέρμανση κατά το ζεμάτισμα γίνεται με θερμό νερό ή ατμό, ενώ ο χρόνος επεξεργασίας εξαρτάται από το είδος και το μέγεθος του προϊόντος, τη μέθοδο θερμάνσεως και τη θερμοκρασία του μέσου θέρμανσης.

3.1.2 Παστερίωση

Η παστερίωση είναι μια από τις σημαντικότερες μεθόδους ασφάλειας και συντήρησης τροφίμων. Παρ' όλο που διατηρούνται σε μεγάλο βαθμό αναλλοίωτα τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του προϊόντος, καταστρέφονται και τα περισσότερα παθογόνα βακτήρια. Η παστερίωση είναι μια θερμική επεξεργασία (<100°C) κατά την οποία αδρανοποιούνται τα ένζυμα και θανατώνονται οι θερμοευαίσθητοι μικροοργανισμοί οι οποίοι προκαλούν αλλοίωση στο τρόφιμο. Απώτερος σκοπός της παστερίωσης είναι να εξαιρεθούν όλοι οι μικροοργανισμοί οι οποίοι πρόκειται να προκαλέσουν κίνδυνο στην υγεία του καταναλωτή.

Ο στόχος της παστερίωσης για κάθε τρόφιμο διαφέρει ανάλογα με το pH του. Δηλαδή, για ελαφρώς όξινα τρόφιμα (pH<4,5) κύριος στόχος της παστερίωσης είναι η καταστροφή των παθογόνων μικροοργανισμών, ενώ για τρόφιμα με pH μικρότερο του 4,5, εκτός από το να καταστραφούν οι μικροοργανισμοί, στόχος είναι να απενεργοποιηθούν τα ένζυμα (Rahman, 2007).

Για την επιτυγχάνεται με περισσότερους από έναν συνδυασμούς χρόνου και θερμοκρασίας ανάλογα με το προϊόν. Κατά την παστερίωση δεν θανατώνονται οι

σπορογόνοι μικροοργανισμοί όπως ο *Bacillus subtilis*, αλλά αυτοί οι μικροοργανισμοί δεν αναπτύσσονται σε όξινους χυμούς φρούτων. Παρ' όλα αυτά η παστερίωση γίνεται προκειμένου να απομακρυνθούν ζύμες και μύκητες (περίπου 65°C) καθώς και τα σπόρια των μυκήτων (περίπου 80°) (Rahman, 2007).

Υπάρχουν δύο κύριοι τρόποι διαχωρισμού της παστερίωσης. Ανάλογα με την στιγμή που παστεριώνεται το προϊόν ή ανάλογα με την σχέση θερμοκρασίας-χρόνου. Όσον αφορά την πρώτη κατηγορία, η παστερίωση μπορεί να πραγματοποιηθεί όταν το προϊόν έχει ήδη σφραγιστεί στον περιέκτη του και ύστερα υπόκειται σε σταθερή ή κλιμακώμενη θερμοκρασία, ανάλογα με τον περιέκτη και το προϊόν, είτε στο τρόφιμο πριν την συσκευασία σου. Όσον αφορά την δεύτερη κατηγορία, ο παστερίωση μπορεί να γίνει είτε σε χαμηλή θερμοκρασία για παρατεταμένο διάστημα (Low Temperature Long Time, LTLT), όπως 63°C για 30', είτε σε υψηλή θερμοκρασία για μικρό χρονικό διάστημα (High Temperature Short Time, HTST), όπως 72°C για 15''.

3.1.3 Αποστείρωση

Η αποστείρωση είναι μια θερμική επεξεργασία (>100°C) κατά την οποία καταστρέφονται όλοι οι ζωντανοί μικροοργανισμοί. Μια τέτοια διαδικασία από την μια πλευρά θα έκανε το τρόφιμο απόλυτα ασφαλές για τον καταναλωτή, από την άλλη πλευρά όμως, θα προκαλούσε ανεπιθύμητες μεταβολές στο τρόφιμο τέτοια έκτασης ώστε να προκαλέσει σημαντική υποβάθμιση του προϊόντος. Γι' αυτόν τον λόγο, εφαρμόζεται η διαδικασία της «εμπορικής αποστείρωσης» κατά την οποία αν και υπάρχουν ζωντανοί μικροοργανισμοί στο τρόφιμο, απαλλάσσεται από μικροοργανισμούς και σπόρια που μπορούν να προκαλέσουν κίνδυνο στην υγεία του καταναλωτή ή να αλλοιώσουν σε μεγάλο βαθμό το τρόφιμο. Η εμπορική αποστείρωση εφαρμόζεται στα τρόφιμα ώστε διατηρούνται σε θερμοκρασία περιβάλλοντος για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα (Rahman, 2007). Κύριο μειονέκτημα της εμπορικής αποστείρωσης είναι η υποβάθμιση της ποιότητας του τροφίμου καθώς και των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών του.

Η διαδικασία της αποστείρωσης αποτελείται από τέσσερα στάδια (Rahman, 2007). Πρώτον, το τρόφιμο πρέπει να θερμανθεί σε υψηλές θερμοκρασίες (110°C -125°C) προκειμένου να εξασφαλιστεί η αποστείρωση. Δεύτερον θα πρέπει το προϊόν να μείνει σε αυτήν την κατάσταση έως ότου το ψυχρό σημείο φτάσει αυτήν την θερμοκρασία και άρα η επιφάνεια του προϊόντος έχει μεγαλύτερη. Τρίτον, όταν πλέον το ψυχρότερο σημείο έχει φτάσει στην επιθυμητή θερμοκρασία, τότε αφήνεται σε αυτήν τόση ώρα ώστε να καταστραφούν όλοι οι μικροοργανισμοί στόχος. Τέλος, το προϊόν θα πρέπει να ψυχθεί άμεσα ώστε να μην υποστεί επιπλέον αλλοίωση. Οι κύριες αρχές της αποστείρωσης είναι (Ramesh, 1995):

- Το θερμικά επεξεργασμένο προϊόν θα πρέπει να έχει απουσία μικροοργανισμών ικανών να παράγουν τοξίνες τροφικής δηλητηρίασης και να αλλοιώσουν το τρόφιμο κατά την διάρκεια ζωής του, μέχρι να καταναλωθεί.
- Τα σπόρια του *Clostridium botulinum*, τα οποία έχουν δυνατότητα ανάπτυξης σε τρόφιμα ελαφρώς όξινα (pH>4,6), θα πρέπει να υπόκεινται σε θερμική επεξεργασία των 121°C για 3 λεπτά ώστε να επιτευχθεί μείωση των μικροοργανισμών 12 δεκαδικών.

- Οι συνθήκες θερμοκρασίας-χρόνου της αποστείρωσης θα πρέπει να εφαρμοστούν στο σημείο όπου αργεί να φτάσει η θερμοκρασία, το ψυχρό σημείο. Έτσι υποθέτουμε ότι αν στο ψυχρότερο σημείο εφαρμοστούν οι συνθήκες θερμοκρασίας-χρόνου, τότε όλο το υπόλοιπο προϊόν θα έχει αποστειρωθεί.

Το προϊόν που προκύπτει μετά την αποστείρωση θεωρείται εμπορικά στείρο εφ' όσον δεν υπάρχει παρουσία μικροοργανισμών ικανών να αναπαραχθούν και να θέσουν σε κίνδυνο την υγεία του καταναλωτή κατά την έκθεσή τους σε συνθήκες συνήθους αποθήκευσης (Lund, 1975).

Οι κατάλληλες συνθήκες για την παραγωγή εμπορικά αποστειρωμένων τροφίμων εξαρτώνται από τους παρακάτω παράγοντες (Λάζος, 2014):

- Την φύση του τροφίμου,
- οι συνθήκες αποθήκευσης μετά την θερμική επεξεργασία,
- η θερμική αντίσταση των μικροοργανισμών και των σπόριων τους,
- τα χαρακτηριστικά μετάδοσης θερμότητας του τροφίμου, του περιέκτη και του θερμαίνοντος μέσου, και
- το αρχικό φορτίο των μικροοργανισμών.

3.1.4 Ψύξη

Η αποθήκευση των τροφίμων σε θερμοκρασίες μεταξύ 15°C και σημείου καταψύξεως ονομάζεται αποθήκευση υπό ψύξη (refrigerated ή chilling ή cooling storage). Η συντήρηση υπό ψύξη χρησιμοποιείται ώστε να αδρανοποιηθούν τα παρακάτω (Λάζος, 2014):

- Ανάπτυξη μικροοργανισμών
- Μετασυλλεκτικές μεταβολικές δραστηριότητες των άθικτων φυτικών ιστών και των μετά την σφαγή μεταβολικών δραστηριοτήτων των ζωικών ιστών
- Χημικών αντιδράσεων αλλοίωσης, συμπεριλαμβανομένων και της ενζυμικά καταλυόμενης οξειδωτικής αμαύρωσης ή της οξείδωσης των λιπιδίων και των χημικών μεταβολών, οι οποίες συνδέονται με την υποβάθμιση του χρώματος, την αυτόλυση των ψαριών και γενικώς της απώλειας της θρεπτικής αξίας των τροφίμων.

3.1.5 Κατάψυξη

Η αποθήκευση με κατάψυξη (freezing) χρησιμοποιείται ως μέθοδος συντήρησης των τροφίμων και γίνεται σε θερμοκρασίες από το σημείο κατάψυξης και κάτω. Συνήθως γίνεται στους -18C και περιλαμβάνει την κρυστάλλωση μέρους του νερού και ορισμένων διαλυτών συστατικών. Έτσι μειώνεται η ενεργότητα ύδατος και αναστέλλεται η ανάπτυξη των μικροοργανισμών. Η κατάψυξη είναι μια από τις πιο αποτελεσματικές μεθόδους ώστε να διατηρηθούν τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του τροφίμου. Κατά την διαδικασία αυτή γίνεται αναστολή ή μείωση της ανάπτυξης των σχετιζόμενων με τα τρόφιμα μικροοργανισμών (Batt, 2014). Επίσης, είναι σημαντικά επιβραδυνόμενες οι φυσικές και χημικές αντιδράσεις του τροφίμου οι οποίες προκαλούν την αλλοίωσή του.

Όταν οι μικροοργανισμοί εκτίθενται σε χαμηλές θερμοκρασίες τείνουν να καταστραφούν. Το μέγεθος της καταστροφής αυτών εξαρτάται από την διαφορά θερμοκρασίας συντήρησης με την ελάχιστη θερμοκρασία ανάπτυξης των μικροοργανισμών και από τον χρόνο παραμονής τους σε αυτήν. Στον παρακάτω πίνακα αναφέρονται ενδεικτικά κάποιοι μικροοργανισμοί με τις ελάχιστες, βέλτιστες και μέγιστες θερμοκρασίες ανάπτυξης.

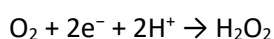
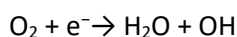
Πίνακας 3.1 Ελάχιστες, βέλτιστες και μέγιστες θερμοκρασίες (°C) ανάπτυξης ορισμένων παθογόνων μικροοργανισμών

Μικροοργανισμός	Ελάχιστη	Βέλτιστη	Μέγιστη
Aeromonas	1	28-30	44
Bacillus cereus	4	30-40	55
Brucella	6	37	42
Campylobacter	32	42-43	45
Clostridium botulinum	3	33-40	45
Clostridium perfringens	12	43-47	50
Pathogenic Escherichia coli	7	35-40	46
Listeria monocytogenes	0	37	45
Plesiomonas	8	30	45
Salmonella	5	35-43	46
Shigella	6	30-40	47
Staphylococcus aureus	4	37	45
Streptococcus	10	37	44
Toxigenic fungi: Aspergillus	10	33	43
Toxigenic fungi: Penicillium	<5	20-24	37
Vibrio parahaemolyticus	5	37	45
Yersinia enterocolitica	-1	25-37	42

3.2 Χημική Επεξεργασία

3.2.1 Υπεροξείδιο του Υδρογόνου

Το υπεροξείδιο του υδρογόνου (H₂O₂) βρίσκεται στον βλεννογόνο και στα φαγοκύτταρα (κύτταρα του ανοσοποιητικού συστήματος) του ανθρώπινου οργανισμού και ο ρόλος του είναι κυρίως αμυντικός. Το υπεροξείδιο του υδρογόνου βοηθάει στον σχηματισμό ελεύθερων ριζών οι οποίες καταστρέφουν τα νουκλεϊκά οξέα, τις πρωτεΐνες, τα λιπίδια και έτσι προκαλούν αντιβακτηριακή και βακτηριοστατική δράση. Ο μηχανισμός δράσης του υπεροξειδίου του υδρογόνου είναι:



Δεδομένου ότι το H₂O₂ είναι ικανό να βλάψει τις βακτηριακές κυτταρικές μεμβράνες και παράγεται φυσικά σε ανθρώπινα κύτταρα, πρέπει να αποτοξινωθεί αμέσως από τα ίδια κύτταρα προκειμένου να αποφευχθεί η παραγωγή υπερβολικά υψηλής συγκέντρωσης που θα μπορούσε να προκαλέσει βλάβη (McElhatton & Marshall, 2007).

Υπεροξείδιο του υδρογόνου σε ένα επίπεδο 0,8% κατά βάρος σε συνδυασμό με θερμοκρασία 49°C - 55°C για 30 λεπτά μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υποκατάστατο της

παστερίωσης (Lewis & Heppell, 2000). Τα θετικά κατά Gram βακτήρια δεν απενεργοποιούνται από το υπεροξειδίο του υδρογόνου στον ίδιο βαθμό με τα αρνητικά κατά Gram βακτήρια (Swart, 1993).

3.2.2 Διαλύματα με βάση το Χλώριο

Οι ενώσεις χλωρίου χρησιμοποιούνται κυρίως για την απολύμανση του νερού που χρησιμοποιείται για τον καθαρισμό πρώτων υλών ή εξοπλισμού επεξεργασίας τροφίμων λόγω των πολύ ισχυρών οξειδωτικών ιδιοτήτων και του χαμηλού κόστους. Το χλώριο όμως έχει συσχετιστεί με το σχηματισμό καρκινογόνων ενώσεων (Sandarani, Dasanayaka, & Jayasinghe, 2018). Το χλώριο είναι πολύ αποτελεσματικό λόγω της αντιμικροβιακής του δράσης έναντι βακτηριακών κυττάρων και σπορίων, της μείωσης του σχηματισμού βιοφίλμ στην επιφάνεια του εξοπλισμού χειρισμού και της χαμηλής υπολειμματικής επίδρασης. Το χλώριο χρησιμοποιείται με την μορφή αερίου ή ως υποχλωριώδη άλατα νατρίου και ασβεστίου.

Ωστόσο, όταν χρησιμοποιείται το χλώριο στα τρόφιμα, θα πρέπει να ξεπλένεται. Η έκπλυση μειώνει την συγκέντρωση του χλωρίου στο επίπεδο του πόσιμου νερού και άρα δεν επηρεάζεται η οργανοληπτική κατάσταση του τροφίμου σημαντικά (Hurme, Ahvenainen, Kinnunen, Luoma, & Skytta, 1994).

3.2.3 Οργανικά Οξέα

Μερικά από τα οργανικά οξέα και οι εστέρες τους βρίσκονται φυσικά σε πολλά τρόφιμα ή σαν προϊόν μικροβιακού μεταβολισμού σε προϊόντα που έχουν υποστεί ζύμωση. Πολλά τρόφιμα διατηρούνται με την προσθήκη σχετικά χαμηλών συγκεντρώσεων τέτοιων ενώσεων, οι οποίες είναι σημαντικά εξαρτώμενες από το pH του προϊόντος. Αυτές οι ενώσεις είναι κυρίως δραστικές έναντι των ζυμών και των μυκήτων, αλλά επηρεάζονται επίσης και τα βακτήρια. Η μείωση του pH αυξάνει την αναλογία των μη διαχωρισμένων μορίων οξέος, γεγονός που αυξάνει την αντιμικροβιακή αποτελεσματικότητα όλων αυτών των οργανικών οξέων. Ως εκ τούτου, γενικά θεωρείται ότι η αντιμικροβιακή δραστηριότητα αυτών των οξέων σχετίζεται άμεσα με τη συγκέντρωση των μη διαχωρισμένων μορίων τους.

Η ευαισθησία των μικροοργανισμών στα ασθενή οργανικά οξέα είναι μια σημαντική παράμετρος που εξαρτάται από το είδος. Τα οργανικά οξέα και εστέρες καλύπτουν μια μεγάλη ομάδα ουσιών, αλλά μόνο ένας περιορισμένος αριθμός χρησιμοποιείται ως τροφή.

Τα συντηρητικά όπως το βενζοϊκό οξύ και οι εστέρες του είναι πιο αποτελεσματικά σε pH 2,5-4,0 με την όξινη μορφή του να είναι πιο αποτελεσματική, καθιστώντας αυτό το συντηρητικό αναποτελεσματικό παραπάνω pH 4,5 (Davidson & Juneja, Food Additives, 1990).

Το κιτρικό, το ηλεκτρικό, το μηλικό και το τρυγικό οξύ προστίθενται συνήθως σε φρούτα (π.χ. εσπεριδοειδή, σταφύλια και ανανά) και λαχανικά (π.χ. μπρόκολο και καρότα). Μέσω της χρήσης τους ως αντιοξειδωτικά στα τρόφιμα, οι αντιμικροβιακές τους ιδιότητες παρέχουν πρόσθετο όφελος. Τα γαλακτικά και προπιονικά οξέα δεν εμφανίζονται φυσικά σε τρόφιμα, αν και σχηματίζονται εύκολα κατά τη διάρκεια της φυσικής ζύμωσης (Rahman, 2007).

Στοχεύουν κυρίως στα κυτταρικά τοιχώματα, στις κυτταρικές μεμβράνες, στα μεταβολικά ένζυμα, στα συστήματα πρωτεϊνικής σύνθεσης και στο γενετικό υλικό. Έτσι,

δρουν αποτελεσματικά έναντι ενός ευρέος φάσματος μικροοργανισμών. Τα οργανικά οξέα που περιέχονται στα τρόφιμα μπορεί να συμβάλλουν στην φυσική αντοχή αυτών. Πολλά οργανικά οξέα ή τα παράγωγά τους εφαρμόζονται ήδη ως συντηρητικά τροφίμων (Eklund & Kabara, Food Preservatives, 1991).

3.2.4 Νιτρώδη-Νιτρικά

Τα νιτρώδη και τα νιτρικά χρησιμοποιούνται σε πολλά τρόφιμα ως συντηρητικά και λειτουργικά συστατικά. Τα νιτρώδη και νιτρικά άλατα, όπως τα άλατα νατρίου και καλίου, χρησιμοποιούνται ευρέως στη ζύμωση προϊόντων κρέατος και στη πάσωση του χοιρινού κρέατος κατά την παραγωγή ζαμπόν και μπέικον. Συνήθως οι ενώσεις αυτές προστίθενται μαζί με χλωριούχο νάτριο, και έχουν την ιδιότητα να σταθεροποιούν το χρώμα του κόκκινου κρέατος και να αναστέλλουν την ανάπτυξη μικροοργανισμών που προκαλούν αλλοίωση και παθογένεια. Πολλά βακτήρια ανάγουν τα νιτρικά σε νιτρώδη και είναι το τελευταίο που βοηθά στην πρόληψη της μικροβιακής αλλοίωσης. Η αντιβακτηριακή αποτελεσματικότητα του νιτρώδους άλατος αυξάνεται καθώς μειώνεται το pH (Davidson & Juneja, 1990). Τα νιτρώδη αναστέλλουν την ανάπτυξη του *Cl. botulinum*, το οποίο θα αποτελούσε μεγάλο κίνδυνο σε τέτοια προϊόντα. Τα νιτρώδη βοηθούν επίσης στην πρόληψη της τάγγισης στα αλλαντικά (Rozum, 1995).

3.2.5 Διοξειδίο του Θείου

Το διοξειδίο του θείου και τα θειώδη άλατα χρησιμοποιούνται ως συντηρητικά σε κρασί, χυμούς φρούτων, λουκάνικα και άλλα τρόφιμα (Tarja de Daza, Alzamora,, & Chanes, 1996). Ως αντιοξειδωτικά χρησιμοποιούνται για την αναστολή διαφόρων ενζυμικών καταλυόμενων αντιδράσεων, ιδίως της ενζυματικής και της μη ενζυματικής αμαύρωσης. Οι ακριβείς μηχανισμοί δράσης δεν είναι γνωστοί. Το διθειώδες άλας έχει αποδειχθεί ότι συσσωρεύεται σε ζύμη σε συγκεντρώσεις 50 φορές μεγαλύτερες σε pH = 3,6 από ότι σε υψηλότερο pH. Το όξινο θειώδες άλας ιόν έχει μεγαλύτερη ανασταλτική δράση έναντι των βακτηρίων και των μυκήτων από το θειώδες άλας (McElhatton & Marshall, 2007).

3.3 Βιοσυντήρηση

Τα τελευταία χρόνια ο καταναλωτής έχει την τάση να ακολουθεί το υγιεινό και το φρέσκο φαγητό. Βασικός λόγος που συμβαίνει αυτό είναι η γνωστοποίηση από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (WHO), τον Οργανισμό Τροφίμων και Γεωργίας (FAO), το Υπουργείο Γεωργίας των ΗΠΑ (USDA) και την Ευρωπαϊκή Αρχή για την Ασφάλεια Τροφίμων (EFSA) ότι η αύξηση της κατανάλωσης των φρούτων και των λαχανικών μειώνει το ρίσκο καρδιοαγγειακών παθήσεων, καρκίνου και γήρανσης (Allende & Gil, 2006) (Corbo, Campaniello, & Speranza, 2015).

Έτσι, η βιοσυντήρηση των τροφίμων μπορεί να οριστεί ως η αύξηση του χρόνου συντήρησης των τροφίμων, καθώς και στην καλύτερη υγιεινή των τροφίμων από μικροβιολογική άποψη, χρησιμοποιώντας είτε οξυγαλακτικά βακτήρια, τα οποία είναι ικανά να παράγουν βακτηριοσίνες ή άλλες αντιμικροβιακές ουσίες, είτε τα μεταβολικά τους προϊόντα (Μεταξόπουλος, Ματαράγκας, & Δροσινός, 2003).

Η βιοσυντήρηση είναι μια οικολογική προσέγγιση για τη βελτίωση της ασφάλειας και της διάρκειας ζωής των τροφίμων. Έχει αναδειχθεί ως ένα ισχυρό και φυσικό εργαλείο για την επέκταση της διάρκειας ζωής και την ενίσχυση της ασφάλειας των τροφίμων με την εφαρμογή φυσικών μικροοργανισμών ή/και των εγγενών αντιβακτηριακών ενώσεων τους καθορισμένης ποιότητας και ποσότητας (John, 2006).

3.3.1 Βιοπροστατευτικές καλλιέργειες

Μία από τις πιο κοινές μορφές βιοσυντήρησης των τροφίμων είναι η ζύμωση, μια διαδικασία που βασίζεται στην ανάπτυξη μικροοργανισμών στα τρόφιμα. Αυτοί οι οργανισμοί περιλαμβάνουν κυρίως βακτήρια γαλακτικού οξέος (LAB), τα οποία παράγουν οργανικά οξέα και άλλες ενώσεις, οι οποίες εκτός από τις αντιμικροβιακές ιδιότητες, παρέχουν επίσης χαρακτηριστικές γεύσεις και υφές στα τρόφιμα. Επί του παρόντος, τα ζυμωμένα τρόφιμα έχουν αρχίσει να αυξάνουν την ζήτηση τους (το 60 % της διατροφής στις βιομηχανικές χώρες) (Holzapfel, Geisen, & Schillinger, 1995).

Επιπλέον, λόγω των βελτιωμένων οργανοληπτικών ιδιοτήτων των ζυμωμένων τροφίμων, διεξήχθη εκτεταμένη έρευνα σχετικά με τη μικροβιακή βιοποικιλότητά της με στόχο την αναπαραγωγή αυτών των ιδιοτήτων, οι οποίες αποδίδονται σε εγγενή μικροοργανισμούς, σε ελεγχόμενο περιβάλλον (Kelvin, Brockbank, & Taylor, 2006). Οι σύγχρονες τεχνολογίες που εφαρμόζονται στην επεξεργασία τροφίμων και στα μικροβιολογικά πρότυπα ασφάλειας των τροφίμων έχουν μειωθεί, αλλά δεν έχουν εξαλειφθεί εντελώς, γεγονός που οδηγεί στην αυξημένη πιθανότητα αλλοίωσης των προϊόντων στις βιομηχανικές χώρες. Για παράδειγμα, η αυξανόμενη κατανάλωση προμαγειρεμένων τροφίμων, τα οποία είναι ευαίσθητα σε υψηλές θερμοκρασίες και η εισαγωγή ωμών τροφίμων από αναπτυσσόμενες χώρες είναι από τις κύριες αιτίες ανάγκης ανάπτυξης σύγχρονων μεθόδων συντηρησιμότητας.

Ο όρος «βιοπροστατευτικές καλλιέργειες» εισήχθη για να διαχωρίσει τις χρησιμοποιούμενες καλλιέργειες, κυρίως οξυγαλακτικά βακτήρια (LAB), από χημικές-μη φυσικές τεχνικές συντήρησης τροφίμων. Οι μικροοργανισμοί θεωρούνται μονάδες βιοσυντήρησης. Μερικοί ζωντανοί μικροοργανισμοί προστίθενται στα τρόφιμα για να εξυπηρετήσουν μια βιοπροστατευτική λειτουργία προστατεύοντας τα τρόφιμα από ανεπιθύμητους μικροοργανισμούς. Αυτές οι βακτηριακές καλλιέργειες ονομάζονται εκκινητές ή προστατευτικές καλλιέργειες (Ananou, Maqueda, Martínez-Bueno, & et al., 2007). Οι καλλιέργειες εκκίνησης των ζυμωμένων τροφίμων μπορούν να οριστούν ως παρασκευάσματα ενός ή περισσότερων συστημάτων μικροοργανισμών που προστίθενται για την έναρξη της διαδικασίας ζύμωσης κατά την παρασκευή τροφίμων (Wigley, 1999). Τα βακτήρια που χρησιμοποιούνται επιλέγονται ανάλογα με την κατηγορία του τροφίμου με σκοπό να επηρεάσουν θετικά τη φυσική, χημική και βιολογική σύνθεση του, παρέχοντας ελκυστικές ιδιότητες για τον καταναλωτή. Για να χρησιμοποιηθούν ως καλλιέργειες εκκίνησης, οι μικροοργανισμοί πρέπει να πληρούν τα πρότυπα GRAS (γενικά αναγνωρίζονται ως ασφαλή) και να μη παρουσιάζουν παθογόνο ή τοξικογόνο δράση. Επιπλέον, η χρήση πρέπει να είναι τυποποιημένη και αναπαραγωγίμη (Dass, 1999).

Η χρήση των βιοπροστατευτικών καλλιεργείων εξυπηρετούν τους εξής τέσσερις διαφορετικούς σκοπούς (Lucke, 2000):

- Τη βελτίωση της ασφάλειας που σχετίζεται με την μείωση ή και την εξάλειψη του πληθυσμού των παθογόνων μικροοργανισμών.
- Τη βελτίωση της σταθερότητας παρατείνοντας την διάρκεια ζωής τους τροφίμου μέσω της παρεμπόδισης των ανεπιθύμητων μεταβολών που προκαλούνται από αλλοιογόνους μικροοργανισμούς ή από αβιοτικές αντιδράσεις.
- Την επεξεργασία της πρώτης ύλης ώστε να αποκτήσει νέες οργανοληπτικές ιδιότητες.
- Την απόκτηση ωφέλιμων για την υγεία δράσεων διαμέσου θετικών επιδράσεων στη μικροβιακή χλωρίδα του εντέρου.

Μερικές βασικές επιθυμητές ιδιότητες των προστατευτικών καλλιιεργειών είναι (Holzapfel, Geisen, & Schillinger, 1995):

- Να είναι ακίνδυνες για την υγεία (να μην παράγουν τοξίνες, βιογενείς αμίνες, μεταβολίτες που είναι επιβλαβείς για την υγεία, παθογόνες ουσίες).
- Να επιφέρουν ευεργετικές επιδράσεις στα προϊόντα.
- Να μην προσδίδουν αρνητικά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά στο προϊόν κάτω από συνθήκες ορθής υγιεινής πρακτικής.
- Να λειτουργούν ως «δείκτες» κάτω από ανώμαλες συνθήκες.

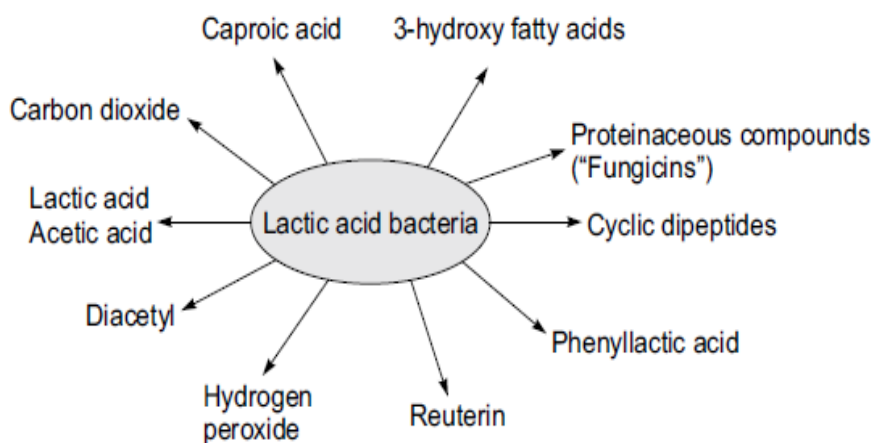
3.3.2 Αντιμικροβιακά προϊόντα οξυγαλακτικών βακτηρίων

Τα αντιμικροβιακά προϊόντα των οξυγαλακτικών βακτηρίων, στα οποία βασίζεται η βιοπροστασία, χωρίζονται σε δύο κατηγορίες (Geisen, Lucke, & Krockel, 1992):

- Μεταβολικά προϊόντα του οξυγόνου και τελικά προϊόντα του καταβολισμού:
 - i. Οργανικά οξέα:* Κύρια παραγόμενα οξέα των οξυγαλακτικών βακτηρίων είναι το γαλακτικό και το οξικό οξύ, τα οποία έχουν άμεση αντιμικροβιακή δράση προσβάλλοντας την κυτταρική μεμβράνη και παρεμποδίζοντας έτσι την ενεργητική μεταφορά των θρεπτικών ουσιών. Η αντιμικροβιακή αυτή δράση οφείλεται εξίσου στα αδιάστατα και μη μόρια των οξέων (Caplice & Fitzgerald, 1999) και αφορά Gram-θετικά και Gram-αρνητικά βακτήρια καθώς και ζύμες και μύκητες (Ross, Morgan, & Hill, 2002). Το γαλακτικό οξύ μπορεί μειώσει το pH σε τέτοια επίπεδα που σηψιγόνα, παθογόνα, και τοξικογόνα βακτήρια δεν αναπτύσσονται πλέον ή καταστρέφονται.
 - ii. Υπεροξειδίου του υδρογόνου:* Μερικά από τα οξυγαλακτικά βακτήρια παρουσία μοριακού οξυγόνου, γαλακτικού οξέος, πυροσταφυλικού οξέος και NADH παράγουν υπεροξειδίου του υδρογόνου (Kandler, 1983). Η έντονη οξειδωτική του δράση στα λιπίδια της μεμβράνης και στις πρωτεΐνες των μικροβιακών κυττάρων προκαλούν την αντιμικροβιακή δράση (Lindgren & Dobrogosz, 1990).
 - iii. Διακετύλιο:* Κατά την αποικοδόμηση του κιτρικού οξέος από τα γένη *Lactococcus*, *Leuconostoc* και *Pediococcus* παράγεται το διακέτυλο το οποίο αν και έχει ευρύ αντιμικροβιακό φάσμα, έχει αρκετά έντονη βουτυρώδη οσμή και γεύση σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις και γι' αυτόν τον λόγο δεν χρησιμοποιείται συχνά ως συντηρητικό στα τρόφιμα (Holzapfel, Geisen, & Schillinger, 1995).

- iv. *Διοξείδιο του άνθρακα*: Τα ετεροζυμωτικά βακτήρια παράγουν διοξείδιο του άνθρακα το οποίο δημιουργεί άμεσα αναερόβιο περιβάλλον και μείωση του οξειδοαναγωγικού δυναμικού. Αυτό, είναι τοξικό για ορισμένα αερόβια και σιψιγόνα βακτήρια δρώντας στην μεμβράνη του κυττάρου και μειώνοντας το εσωτερικό και εξωτερικό pH (Eklund, 1984) (Caplice & Fitzgerald, 1999). Σε μικρές συγκεντρώσεις μπορεί να ευνοείται η ανάπτυξη ορισμένων βακτηρίων (Lindgren & Dobrogosz, 1990).
- Άλλες αντιμικροβιακές ουσίες:
 - i. *Ρεουτερίνη*: Η β-υδροξυ-προπιονική-αλδεΐδη ή ρεουτερίνη παράγεται στην φάση στασιμότητας κατά την αναερόβια ανάπτυξη του *Lb. reuteri* και παρουσιάζει ευρέος φάσματος αντιμικροβιακή δράση, τόσο σε ιούς, μύκητες και πρωτόζωα όσο και σε βακτήρια, αρνητικά και θετικά κατά Gram (Chung, Dickson, & Crouse, 1989).
 - ii. *Μεταβολίτες μικρού μοριακού βάρους χωρίς πρωτεϊνική δομή*: Τα *Lb. diacetylactis*, *Streptococcus thermophilus*, *Lb. bulgaricus*, *Lb. plantarum* κλπ παράγουν μεταβολίτες μικρού μοριακού βάρους οι οποίοι έχουν αντιμικροβιακό φάσμα που καλύπτει τόσο τους θετικούς όσο και τους αρνητικούς κατά Gram μικροοργανισμούς (Niku-Paavola, Laitila, Mattila-Sandholm, & Haikara, 1999).
 - iii. *Μεταβολίτες πρωτεϊνικής φύσεως*: Οι βακτηριοσίνες είναι το κύριο μεταβολικό προϊόν των οξυγαλακτικών βακτηρίων και η δράση τους θα αναλυθεί παρακάτω.

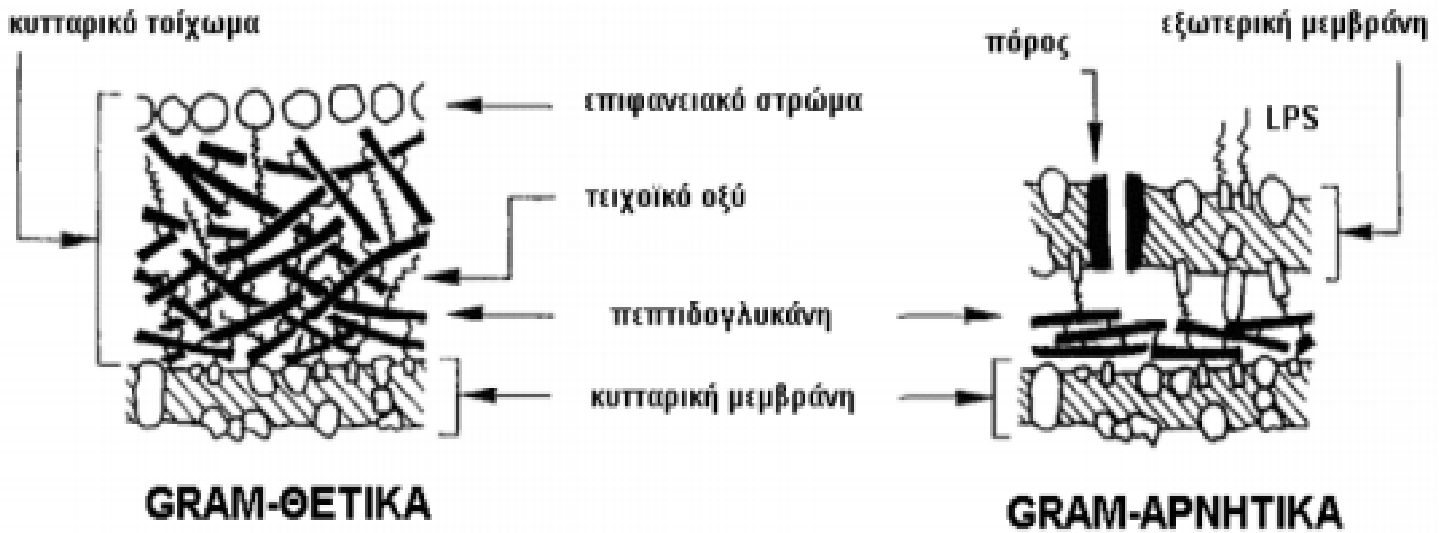
Στο παρακάτω σχήμα φαίνονται συνοπτικά οι μεταβολίτες των οξυγαλακτικών βακτηρίων (Πηγή: <http://www.biotechnologyforums.com/thread-2306.html>):



Εικόνα 3.1 Βακτηριακοί μεταβολίτες

3.3.3 Βακτηριοσίνες

Οι βακτηριοσίνες είναι φυσικές ενώσεις που παράγονται από τα ριβοσώματα των οξυγαλακτικών βακτηρίων και εκλύονται στον εξωκυτταρικό χώρο, αυτούσιες ή τροποποιημένες (Jack, Tagg, & Ray, 1995). Είναι ενώσεις πρωτεϊνικής φύσεως (πολυπεπτίδια ή πρωτεΐνες) και το δρουν ενάντια της κυτταρικής μεμβράνης των βακτηρίων. Η παρεμποδιστική δράση των βακτηριοσινών περιορίζεται γενικά, λόγω της διαφοροποιημένης σύνθεσης του κυτταρικού τοιχώματος, στα Gram θετικά βακτήρια ενώ τα Gram αρνητικά θεωρούνται πιο ανθεκτικά, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα (Abee, Krockel, & Hill, 1995).



Εικόνα 3.2 Σχηματική αναπαράσταση του κυτταρικού φακέλου των Gram+ και Gram- βακτηρίων

Συχνά οι βακτηριοσίνες στη βιβλιογραφία συγχέονται με τα αντιβιοτικά, κάτι που πολλές φορές περιορίζει νομικά την εφαρμογή τους στα τρόφιμα (Hansen, Karslake, Woods, Read, & Wood, 1993). Είναι σημαντικό να γίνεται διάκριση μεταξύ βακτηριοσινών και αντιβιοτικών. Οι βακτηριοσίνες που διαχωρίζονται σαφώς από τα κλινικά αντιβιοτικά, πρέπει να είναι ασφαλείς και αποτελεσματικές όταν χρησιμοποιούνται στα τρόφιμα για τον έλεγχο της ανάπτυξης των παθογόνων μικροοργανισμών. Έτσι ο Hurst και οι συνεργάτες του (1986), αναγνωρίζοντας τη διαφορετικότητα των βακτηριοσινών από τα αντιβιοτικά, πρότειναν τον όρο "βιολογικά συντηρητικά τροφίμων", καθώς οι βακτηριοσίνες σε αντίθεση με τα αντιβιοτικά δεν χρησιμοποιούνται για κλινικούς σκοπούς (Cleveland, Montville, Nes, & Chikindas, 2001).

Παρακάτω αναγράφονται τα χαρακτηριστικά των βακτηριοσινών των οξυγαλακτικών βακτηρίων που τα κάνουν κατάλληλα για την συντήρηση των τροφίμων (Vinita & Amit, 2018):

- Γενικά αναγνωρίζονται ως ασφαλείς ουσίες.
- Δεν είναι δραστικά και μη τοξικά στα ευκαρυωτικά κύτταρα.
- Αδρανοποιούνται από πεπτικές πρωτεάσες, που έχουν μικρή επίδραση στα εντερικά μικρόβια.
- Συνήθως είναι ανθεκτικά στο pH και στη θερμότητα.

- Έχουν ένα σχετικά ευρύ αντιμικροβιακό φάσμα, έναντι πολλών τροφιμογενών παθογόνων και αλλοιογόνων βακτηρίων.
- Έχουν βακτηριοκτόνο τρόπο δράσης, συνήθως δρώντας στην βακτηριακή κυτταρική μεμβράνη.

Οι βακτηριοσίνες στην βιοσυντήρηση παρουσιάζουν κάποια πλεονεκτήματα, όπως (Thomas, Clarkson, & Delves-Broughton, 2000):

- Παρατείνεται η διάρκεια ζωής των τροφίμων.
- Παρέχεται επιπλέον προστασία σε συνθήκες ακατάλληλης θερμοκρασίας.
- Μειώνεται ο κίνδυνος μετάδοσης παθογόνων μικροοργανισμών κατά την εφοδιαστική αλυσίδα.
- Βελτιώνονται οι οικονομικές απώλειες λόγω αλλοίωσης των τροφίμων.
- Μειώνεται η χρήση χημικών συντηρητικών.
- Επιτρέπεται η εφαρμογή λιγότερο έντονων θερμικών επεξεργασιών χωρίς να τίθεται σε κίνδυνο η ασφάλεια των τροφίμων: καλύτερη διατήρηση θρεπτικών συστατικών και βιταμινών, καθώς και οργανοληπτικών ιδιοτήτων των τροφίμων.
- Μπορεί να χρησιμεύσει στην ικανοποίηση των βιομηχανικών και καταναλωτικών απαιτήσεων.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη των οξυγαλακτικών βακτηρίων που παράγουν βακτηριοσίνες είναι (Schillinger, Geisen, & Holzapfel, 1996):

- Οι ανεπαρκείς συνθήκες περιβάλλοντος, όπως η θερμοκρασία, το pH και τα θρεπτικά συστατικά, για την παραγωγή των βακτηριοσινών.
- Η ξαφνική απώλεια της ικανότητας παραγωγής των βακτηριοσινών.
- Η μόλυνση από βακτηριοφάγους.
- Ο ανταγωνισμός από άλλους μικροοργανισμούς που βρίσκονται στα τρόφιμα.

Οι βακτηριοσίνες που παράγονται από τα οξυγαλακτικά βακτήρια διακρίνονται σε τέσσερις κλάσεις (Klaenhammer, 1993) (Nes, et al., 1996). Οι βακτηριοσίνες των οξυγαλακτικών βακτηρίων που σχετίζονται με τα τρόφιμα ζωικής προέλευσης ανήκουν κυρίως στις κλάσεις I και II και έχουν τις μεγαλύτερες προοπτικές για εφαρμογή στην συντήρηση των τροφίμων (Caplice & Fitzgerald, 1999) (Cleveland, Montville, Nes, & Chikindas, 2001).

Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζονται οι βακτηριοσίνες που παράγονται από το γένος *Lactobacillus* spp. (Nettles & SF., 1993).

Βακτηριοσίνη	Παραγωγό στέλεχος	MB (Da) Σταθερότητα Ευαισθησία	Τρόπος δράσης	Αντιμικροβιακό φάσμα δράσης	Παραγωγή	Γονίδιο
Fermentacin Φερμεντασίνη	<i>Lactobacillus fermenti</i>	Ανθεκτική στους 96 °C για 30 min, ουρία, λυσοζύμη, ευαίσθητη στην τρυψίνη, πεψίνη	Δεν έχει καθοριστεί	Lactobacilli		Δεν έχει καθοριστεί
Plantaricin A ΠλανταρισίνηA	<i>L.plantarum</i> C-11	>8000, ανθεκτική στους 100 °C για 30 min, σε pH 4-6,5, ευαίσθητη στην πρωτεάση	Δεν έχει καθοριστεί	Lactobacilli, pediococci, leuconostocs, lactococci	Στη λογαριθμική φάση αύξησης	Δεν έχει καθοριστεί
Plantaricin B ΠλανταρισίνηB	<i>L.plantarum</i> NCDO1103	ευαίσθητη στην λιπάση, αμιλάση, προνάση, πεψίνη, τρυψίνη, χυμοτρυψίνη	Δεν έχει καθοριστεί	<i>Lb.plantarum</i> , <i>Leuconostoc mesenteroides</i> , <i>P.damnus</i>		Δεν έχει καθοριστεί
Sakacin A Σακακίνη A	<i>L.sakei</i> 706	ανθεκτική στους 100 °C για 20 min, ευαίσθητη στην τρυψίνη, πεψίνη	Δεν έχει καθοριστεί	Leuconostocs, lactobacilli, enterococci, <i>L.monocytogenes</i>	Στη λογαριθμική φάση αύξησης	Πλασμίδιο 27,7 kb
Sakacin M Σακακίνη M	<i>L.sakei</i> 148	4640, ανθεκτική στους 80 °C για 60 min, σε pH 4-6,5, ευαίσθητη στην τρυψίνη, πεψίνη, παπαΐνη, πρωτεάσες	Βακτηριοστατική	Lactobacilli, leuconostocs, carnobacteria, <i>L.monocytogenes</i> , <i>S.aureus</i>		Δεν έχει καθοριστεί
Sakacin P Σακακίνη P	<i>L.sakei</i> LTH673	3000-5000, ανθεκτική στους 100 °C για 7 min, στην πεψίνη, ευαίσθητη στην πρωτεΐνάση K, τρυψίνη	Δεν έχει καθοριστεί	Lactobacilli, leuconostocs, carnobacteria, enterococci, <i>Brochothrix thermosphacta</i>		Δεν έχει καθοριστεί
Lactocin S Λακτοσίνη S	<i>L.sakei</i> L45	>13700, ανθεκτική στους 100 °C για 60 min, ευαίσθητη στην πρωτεάση, τρυψίνη	Δεν έχει καθοριστεί	Pediococci, leuconostocs, lactobacilli	Στο τέλος της λογαριθμικής φάσης αύξησης	Πλασμίδιο 50 kb
Curvacin A Κουρβασίνη A	<i>L.curvatus</i> LTH1174	3000-5000, ανθεκτική στους 100 °C για 3 min, στην πεψίνη, ευαίσθητη στην πρωτεΐνάση K και τρυψίνη	Δεν έχει καθοριστεί	Lactobacilli, leuconostocs, carnobacteria, micrococci, staphylococci, <i>L.monocytogenes</i>		Δεν έχει καθοριστεί
Brevicin Μπρεβισίνη	<i>L.brevis</i> 37	>10000, ανθεκτική στους 121 °C για 60 min, σε pH 1-11, ευαίσθητη στην προνάση E, τρυψίνη, χλωροφόρμιο και σε pH > 12	Δεν έχει καθοριστεί	Pediococci, leuconostocs, lactobacilli		Δεν έχει καθοριστεί
Caseicin 80 Κασεΐσίνη 80	<i>L.casei</i> B80	40000-42000, ανθεκτική σε pH < 5,0, ευαίσθητη στην προνάση E, τρυψίνη, σε θ > 60 °C και σε pH > 5,0	Δεν έχει καθοριστεί	<i>Lb.casei</i>		Δεν έχει καθοριστεί
Plantaricin BN Πλανταρισίνη BN	<i>L.plantarum</i> BN	10000, ανθεκτική στους 100 °C για 5 min	Βακτηριοκτόνος	<i>Lb.sakei</i>		Δεν έχει καθοριστεί
Bavaracin MN Μπαβαρισίνη MN	<i>L.bavaricus</i> MN	22600, ανθεκτική στους 100 °C για 5 min	Βακτηριοκτόνος	<i>Lb.sakei</i>		Δεν έχει καθοριστεί
Lactocin 27 Λακτοσίνη 27	<i>L.helveticus</i> LΓ27	12400, ανθεκτική στους 100 °C για 60 min, φικίνη, χλωροφόρμιο, ευαίσθητη στην τρυψίνη, προνάση	Εκροή ιόντων από τα κύτταρα	<i>Lb.acidophilus</i> , <i>Lb.helveticus</i>		χρωμόσωμα
Helveticin J Ελβετισίνη J	<i>L.helveticus</i> 481	37000, ανθεκτική στη λιπάση και λυσοζύμη, ευαίσθητη στη θέρμανση, προνάση, τρυψίνη, πεψίνη, πρωτεΐνάση	Δεν έχει καθοριστεί	<i>Lb.bulgarius</i> , <i>Lb.lactis</i> , <i>Lb.helveticus</i>	Στο τέλος της λογαριθμικής φάσης και στην αρχή της στατικής φάσης υξίμησης	χρωμόσωμα
Helveticin V-1829 Ελβετισίνη V-1829	<i>L.helveticus</i> V-1829	ανθεκτική στους 45 °C για 120 min, σε pH 2,5-6,5, ευαίσθητη στην πρωτεΐνάση K, προνάση, τρυψίνη, φικίνη, σε pH > 7 και σε θ = 50 °C για 30 min	Δεν έχει καθοριστεί	Lactobacilli	Κατά τη λογαριθμική φάση αύξησης	χρωμόσωμα
Lactacin F Λακτασίνη F	<i>L.acidophilus</i> 11088	2500, ανθεκτική στους 121 °C για 15 min, ευαίσθητη στην φικίνη, τρυψίνη και πρωτεΐνάση K	Δεν έχει καθοριστεί	Lactobacilli, <i>E.faecalis</i>		χρωμόσωμα
Lactacin B Λακτασίνη B	<i>L.acidophilus</i> N2	8100, ανθεκτική στους 121 °C για 3 min, στη β-μερκαπτοαιθανόλη και στην ουρία, ευαίσθητη στην πρωτεΐνάση K και στην προνάση	Δεν έχει καθοριστεί	Lactobacilli	Στα αρχικά στάδια της στατικής φάσης ανάπτυξης	χρωμόσωμα

Εικόνα 3.3 Βακτηριοσίνες που παράγονται από το γένος *Lactobacillus* spp.

Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζονται οι βακτηριοσίνες που παράγονται από το γένος *Lactococcus* spp. (Nettles & SF., 1993).

Βακτηριοσίνη	Παραγωγό στέλεχος	ΜΒ (Da) Σταθερότητα Ευαισθησία	Τρόπος δράσης	Αντιμικροβιακό φάσμα δράσης	Παραγωγή	Γονίδιο
Diploococcin Διπλοκοκκίνη	<i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>cremoris</i> 346	5300, ευαίσθητη στη χυμοτροψίνη, πρυνάση, πεψίνη και θερμοκρασία > 4 °C	αναστολή σύνθεσης DNA, RNA, μείωση της πρωτεϊνικής σύνθεσης	<i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>lactis</i> και <i>cremoris</i>	Στα αρχικά στάδια της στατικής φάσης αύξησης	Πλασμιδίο 83 kb
Lactostrepcins Λακτοστρεπτοκίνες	Στελέχη του <i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>lactis</i> , <i>cremoris</i> , <i>diacetylactis</i> που δεν παράγουν νισίνη	>10000, ανθεκτικές στους 121 °C για 10 min, σε pH < 5,0, ευαίσθητες στην τρυψίνη, πρυνάση, χυμοτροψίνη, λιπάσες και pH > 7,0	Δεν έχει καθοριστεί	Lactococci, Group A, C, G των streptococci, <i>Bacillus cereus</i> , <i>Lactobacillus helveticus</i> , <i>Lb. citrovorum</i> , <i>Lb. paracitrovorum</i>	Στα αρχικά στάδια της λογαριθμικής φάσης αύξησης	Δεν έχει καθοριστεί
Lactostrepcin 5 Λακτοστρεπτοκίνη 5	<i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>cremoris</i> 202	> 20000, ανθεκτική στους 121 °C για 10 min, σε pH < 5,0, ευαίσθητες στην τρυψίνη, πρυνάση, λυτάση Α	απόλυση ιόντων, διακοπή της μεταφοράς ουριδίνης, αναστολή σύνθεσης DNA, RNA και πρωτεϊνικής σύνθεσης	Lactococci	Στα αρχικά στάδια της λογαριθμικής φάσης αύξησης	Δεν έχει καθοριστεί
Lactococcin I Λακτοκοκκίνη I	<i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>cremoris</i> AC1	6000, ανθεκτική στους 100 °C για 30 min, σε pH 4,5-7,0, ευαίσθητη στα πρωτεολυτικά ένζυμα	Δεν έχει καθοριστεί	Lactococci, κλωστηρίδια	Στη λογαριθμική φάση αύξησης	Πλασμιδίο 60 kb
Lactococcin A Λακτοκοκκίνη A	<i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>cremoris</i> LMG2130, 9B4 <i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>diacetylactis</i> WM4	3400, ανθεκτική στους 20 °C σε 60 % αθανόλη, σε pH 7,3 σε 2,5 mM φωσφορικό νάτριο, στους 100 °C για 30 min, στην χυμοτροψίνη, ευαίσθητη στην πρωτεάση και τρυψίνη	απόλυση των ενδοκυτταρικών συστατικών	<i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>cremoris</i> και <i>diacetylactis</i> , κλωστηρίδια	Στο τέλος της λογαριθμικής φάσης αύξησης και στα αρχικά στάδια της στατικής φάσης αύξησης	Πλασμιδίο 55 kb, 60 kb, και 131,1 kb
Lactococcins M και N Λακτοκοκκίνες M και N	<i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>cremoris</i> 9B4	αποτελείται από 69 αμινοξέα	Δεν έχει καθοριστεί	Δεν έχει καθοριστεί	Δεν έχει καθοριστεί	Πλασμιδίο 60 kb
Lactococcin B Λακτοκοκκίνη B	<i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>cremoris</i> 9B4	5300	Δεν έχει καθοριστεί	Δεν έχει καθοριστεί	Δεν έχει καθοριστεί	Πλασμιδίο 60 kb
Nisin Νισίνη	Διάφορα στελέχη <i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>lactis</i>	3500, ανθεκτική στους 100 °C για 10 min, στην πρυνάση, στην τρυψίνη, στην πεψίνη κάτω από όξινες συνθήκες, ευαίσθητη στη χυμοτροψίνη	εκροή των αμινοξέων και των κατιόντων, διαταραχή του δυναμικού της μεμβράνης	Lactococci, bacilli, micrococci, <i>S. aureus</i> και κλωστηρίδια	Στη λογαριθμική φάση αύξησης	Πλασμιδίο
Lactacin 481 Λακτισίνη 481	<i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>lactis</i> CNR2 481	1300-2700, ανθεκτική στους 100 °C για 1 ώρα, ευαίσθητη στα πρωτεολυτικά ένζυμα	Δεν έχει καθοριστεί	Lactococci, lactobacilli, leuconostocs, <i>Cl.tyrobutyricum</i>	Στα αρχικά στάδια της στατικής φάσης αύξησης	Πλασμιδίο

Εικόνα 3.4 Βακτηριοσίνες που παράγονται από το γένος *Lactococcus* spp.

Οι βακτηριοσίνες της κατηγορίας I ή τα «λαντιβιοτικά» είναι μικρού μοριακού βάρους, ριβοσωμικά συνθετικά πεπτιδία που υφίστανται εκτεταμένη τροποποίηση. Περιέχουν στο μόριο τους ασυνήθιστα αμινοξέα όπως λανθειονίνη, β-μεθυλο-λανθειονίνη, καθώς και άλλα αφυδατωμένα αμινοξέα (Cleveland, Montville, Nes, & Chikindas, 2001). Είναι θερμοάντοχες, έχουν μεσαίο προς ευρύ αντιμικροβιακό φάσμα και το κύριο αμινοξύ είναι η νισίνη, η οποία είναι εγκεκριμένη για χρήση σε ορισμένα τρόφιμα τόσο από το Food and Drug Administration (FDA, 1988) όσο και από την Ευρωπαϊκή Ένωση.

Η πρώτη κατηγορία των βακτηριοσινών διαιρείται στις Ia και Ib. Η Ia, η οποία περιλαμβάνει την νισίνη, αποτελείται από κατιονικά και υδρόφοβα πεπτιδία που στόχος τους είναι ο σχηματισμός πόρων στις κυτταρικές μεμβράνες και έχουν ελικοειδή μορφή (Abee, Krockel, & Hill, 1995). Η Ib περιλαμβάνει περισσότερο ουδέτερα ή αρνητικά φορτισμένα σφαιρικά πεπτιδία με κύρια τη mersacidin (Altena, Guder, Cramer, & Bierbaum, 2000) (Cleveland, Montville, Nes, & Chikindas, 2001).

Οι βακτηριοσίνες της κατηγορίας II είναι μικρού μοριακού βάρους, θερμικά σταθερά, ριβοσωμικά συνθετικά πεπτίδια που διαφοροποιούνται από τα αντιβιοτικά επειδή δεν υφίστανται εκτεταμένη τροποποίηση, εκτός από τη διάσπαση ενός πεπτιδίου (όταν υπάρχει) κατά τη μεταφορά του εκτός του κυττάρου. Δρα έναντι της κυτταρικής μεμβράνης του μικρόβιου στόχου και χωρίζεται στις ομάδες IIα, IIβ και IIγ ανάλογα με την χαρακτηριστική αμινο-τελική σειρά αμινοξέων του πεπτιδίου (Abee, Krockel, & Hill, 1995) (Hugas, Pages, Garriga, & Monfort, 1998).

Η IIα είναι η πιο κοινή κατηγορία και περιλαμβάνει πεπτίδια τα οποία είναι δραστικά του γένους *Listeria*. Οι βακτηριοσίνες αυτές δεν είναι αρκετά δραστικές έναντι των σπορίων αλλά παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον ως βιοσυντηρητικά λόγω του ότι δρουν εναντίων πολλών καλλιεργειών εκκίνησης όπως η νισίνη (Ennahar, Sonomoto, & Ishizaki, 1999). Η IIβ είναι η κατηγορία των βακτηριοσινών που σχηματίζονται από δυο διαφορετικά πεπτίδια, τα οποία είναι υπεύθυνα για την δράση τους δημιουργώντας πόρους. Η IIγ κατηγορία περιλαμβάνει πεπτίδια τα οποία για την δράση τους απαιτούν αναχθέντα υπολείμματα κυστεΐνης (Abee, Krockel, & Hill, 1995).

Οι βακτηριοσίνες της κατηγορίας III έχουν μεγάλο μοριακό βάρος, είναι θερμοευαίσθητες (λόγω της τεταρτοταγούς δομής τους), αδρανοποιούνται σε υψηλές θερμοκρασίες και έχουν μικρό αντιμικροβιακό φάσμα. Η δράση ορισμένων ενζύμων της κατηγορίας αυτής παρουσιάζουν δράση παρόμοια με τη φυσιολογική δραστηριότητα των βακτηριοσινών (Hugas, Pages, Garriga, & Monfort, 1998).

Οι βακτηριοσίνες της κατηγορίας IV περιλαμβάνουν σύνθετες μοριακές δομές που αποτελούνται από ένα πρωτεϊνικό τμήμα για την δράση του οποίου απαιτείται η συμμετοχή υδατανθράκων ή λιπιδίων. Έχουν μεσαίου εύρους αντιμικροβιακό φάσμα και είναι ανθεκτικές στην θερμότητα.

Οι παράγοντες που δρουν άμεσα στο μόριο της βακτηριοσίνης είναι (Schillinger, Geisen, & Holzaphel, 1996):

- Η εμφάνιση ανθεκτικών στελεχών παθογόνων μικροοργανισμών ή μικροοργανισμών που προκαλούν αλλοιώσεις στις βακτηριοσίνες.
- Η ύπαρξη διαφόρων παραγόντων, όπως ένζυμων (πρωτεάσες), αλλά και φυσιολογικών μηχανισμών, όπως η οξειδωση των λιπών, που αποσταθεροποιούν τη βιολογική δραστηριότητα των βακτηριοσινών.
- Η δέσμευση των βακτηριοσινών από διάφορα συστατικά του τροφίμου, όπως είναι τα σωματίδια του λίπους.
- Η απενεργοποίηση των βακτηριοσινών από διάφορα άλλα πρόσθετα των τροφίμων.
- Η χαμηλή διαλυτότητα, η ανεπαρκής και άνιση διάχυση των βακτηριοσινών μέσα στη μάζα του τροφίμου.
- Η επίδραση του pH στη σταθερότητα και δραστηριότητα των βακτηριοσινών.

3.3.4 Βακτηριοφάγοι

Οι βακτηριοφάγοι είναι υποχρεωτικά παράσιτα βακτηρίων. Οι λυτικοί βακτηριοφάγοι προσφέρουν ένα μεγάλο δυναμικό ως φυσικοί βιοσυντηρητικοί παράγοντες, λόγω της ικανότητάς τους να ελέγχουν επιλεκτικά τους βακτηριακούς πληθυσμούς. Αυτό το φαινόμενο εμφανίζεται αυθόρμητα στη φύση, αλλά μπορεί επίσης να εφαρμοστεί σκόπιμα

σε συστήματα τροφίμων. Ένα χαρακτηριστικό των βακτηριοφάγων είναι η υψηλή εκλεκτικότητα του ξενιστή τους. Παρ' όλα αυτά, αρκετές μελέτες έχουν δείξει την αποτελεσματικότητα στα συστήματα τροφίμων που περιέχουν διαφορετικούς βακτηριοφάγους και επίσης βακτηριοφάγους ευρέος φάσματος ξενιστών που μπορούν να επιτεθούν σε μεγάλο αριθμό βακτηριακών στελεχών, συμπεριλαμβανομένων των πιο μολυσματικών στελεχών που βρέθηκαν σε τρόφιμα (Hagens & Loessner, 2007) (Sulakvelidze, 2013). Ο έλεγχος του *L. monocytogenes* από βακτηριοφάγους έχει αντιμετωπιστεί σε πολλές διαφορετικές "έτοιμες για κατανάλωση" τροφές ζωικής και φυτικής προέλευσης. Βακτηριοφάγοι ειδικοί για ορότυπους σαλμονέλας έχουν επίσης χρησιμοποιηθεί σε διάφορα υποστρώματα τροφίμων, όπως φυτρωμένοι σπόροι και δέρματα ζώων και σφάγια. Βακτηριοφάγοι ειδικοί για *E. Coli* (συμπεριλαμβανομένων μολυσματικών στελεχών) έχουν επίσης δείξει αποτελεσματικότητα σε διαφορετικά υποστρώματα τροφής.

Ένα άλλο αναδυόμενο πεδίο ενδιαφέροντος είναι η εφαρμογή βακτηριοφάγων για τη μείωση της μεταφοράς ζωνοσογόνων παραγόντων σε ζώα και πουλερικά, καθώς και για την προφύλαξη και θεραπεία σε άρρωστα ζώα. Η θεραπεία με φάγο είναι δυνητικά χρήσιμη σε μολυσματικές μολύνσεις *Salmonella* και *E. coli* σε κοτόπουλα, μοσχάρια και χοίρους και στον έλεγχο των τροφιμογενών παθογόνων *Salmonella* και *C. jejuni* σε κοτόπουλα και *E. coli* O157: H7 σε βοοειδή (Sulakvelidze, 2013). Η εκλεκτική εφαρμογή βακτηριοφάγων θα μπορούσε να βελτιώσει την υγεία των ζώων και προϊόντων ζωικής προέλευσης και να μειώσει τους κινδύνους μετάδοσης ζωνοσογόνων παραγόντων στον άνθρωπο.

3.4 Συσκευασία

Η συσκευασία των τροφίμων αποτελεί μια από τις σημαντικότερες μεθόδους συντήρησης καθώς προστατεύει από μικροβιακή αλλοίωση, επιμόλυνση των τροφίμων και διατήρηση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών του. Σύμφωνα με τους Cachon, Girardon και Voilley η συσκευασία τροφίμων ορίζεται ως το κλείσιμο των τροφίμων για την προστασία από αλλοίωση ή μόλυνση από φυσικές, χημικές και βιολογικές πηγές, με την ενεργή συσκευασία να είναι το πιο κοινό σύστημα συσκευασίας που χρησιμοποιείται για τη συντήρηση τροφίμων (Cachon, Girardon, & Voilley, 2019). Ενεργά υλικά και αντικείμενα, σύμφωνα με τον κανονισμό 1935/2004 αρ.2, που έρχονται σε επαφή με τρόφιμα είναι τα υλικά και αντικείμενα που προορίζονται να παρατείνουν τη διάρκεια ζωής ή να διατηρήσουν ή να βελτιώσουν την κατάσταση του συσκευασμένου τροφίμου. Είναι σχεδιασμένα έτσι, ώστε σκοπίμως να περιέχουν συστατικά τα οποία ελευθερώνουν ή απορροφούν ουσίες από τα συσκευασμένα τρόφιμα ή το περιβάλλον τους.

Σύμφωνα με το άρθρο 2 του νόμου 2939/2001 συσκευασμένο είναι κάθε προϊόν, κατασκευασμένο από οποιοδήποτε είδος υλικού από πρώτες ύλες μέχρι επεξεργασμένα υλικά και προοριζόμενο να χρησιμοποιείται για να περιέχει αγαθά με σκοπό την προστασία, διακίνηση, τη διάθεση και την παρουσίασή τους από τον παραγωγό μέχρι τον χρήστη ή τον καταναλωτή. Ως συσκευασίες θεωρούνται όλα τα είδη μίας ή πολλαπλής χρήσης που χρησιμοποιούνται για τον ίδιο σκοπό. Νοήμονα υλικά και αντικείμενα που έρχονται σε επαφή με τρόφιμα είναι τα υλικά και αντικείμενα που ελέγχουν την κατάσταση του συσκευασμένου τροφίμου ή του περιβάλλοντος του. Ως «συσκευασία» νοείται μόνο:

α) Η συσκευασία προς πώληση ή πρωτογενής συσκευασία, δηλαδή η συσκευασία η σχεδιασμένη κατά τρόπο που να αποτελεί, στο σημείο αγοράς, χωριστή μονάδα προς πώληση στον τελικό χρήστη ή καταναλωτή.

β) Η ομαδοποιημένη συσκευασία ή δευτερογενής συσκευασία, δηλαδή η συσκευασία η σχεδιασμένη κατά τρόπο που να αποτελεί στο σημείο αγοράς σύνολο ορισμένου αριθμού μονάδων προς πώληση, είτε αυτές πωλούνται ως έχουν στον τελικό χρήστη ή καταναλωτή είτε χρησιμεύουν μόνο για την πλήρωση των εκθετηρίων στο σημείο πώλησης. Η εν λόγω συσκευασία μπορεί να αφαιρεθεί από το προϊόν χωρίς να επηρεάζονται τα χαρακτηριστικά του και να παραδίδεται από τον τελικό χρήστη ή καταναλωτή στον πωλητή.

γ) Η συσκευασία μεταφοράς ή τριτογενής συσκευασία, δηλαδή η συσκευασία η σχεδιασμένη κατά τρόπο που να διευκολύνει τη διακίνηση και μεταφορά αριθμού μονάδων προς πώληση ή ομαδοποιημένων συσκευασιών, προκειμένου να αποφεύγεται η δια χειρός διακίνηση και οι ζημιές κατά τη μεταφορά. Στις συσκευασίες μεταφοράς δεν περιλαμβάνονται τα εμπορευματοκιβώτια των οδικών, σιδηροδρομικών, θαλάσσιων και αεροπορικών μεταφορών.

Ο ορισμός της «συσκευασίας» βασίζεται περαιτέρω στα ακόλουθα κριτήρια:

- i. Τα αντικείμενα που πληρούν τον ανωτέρω ορισμό, με την επιφύλαξη άλλων λειτουργιών τις οποίες μπορεί επίσης να επιτελεί η συσκευασία, εκτός αν το αντικείμενο αποτελεί αναπόσπαστο μέρος προϊόντος, και είναι αναγκαίο για να περιέχει, υποστηρίζει ή διαφυλάσσει το προϊόν αυτό σε όλη τη διάρκεια της ζωής του και όλα τα στοιχεία προορίζονται να χρησιμοποιηθούν, να καταναλωθούν ή να διατεθούν από κοινού.
- ii. Τα αντικείμενα που έχουν σχεδιασθεί και προορίζονται για να γεμίζονται στο σημείο πώλησης, καθώς και τα αντικείμενα μιας χρήσης που πωλούνται γεμάτα ή έχουν σχεδιασθεί και προορίζονται για να γεμίζονται στο σημείο πώλησης, θεωρούνται συσκευασία, εφόσον επιτελούν λειτουργία συσκευασίας.
- iii. Τα συστατικά μέρη της συσκευασίας και τα ενσωματωμένα στη συσκευασία βοηθητικά στοιχεία θεωρούνται μέρος της συσκευασίας στην οποία είναι ενσωματωμένα. Τα βοηθητικά στοιχεία που είναι απευθείας αναρτημένα ή προσδεμένα σε ένα προϊόν και τα οποία επιτελούν λειτουργία συσκευασίας, θεωρούνται συσκευασία, εκτός αν αποτελούν αναπόσπαστο μέρος του προϊόντος αυτού και όλα τα στοιχεία προορίζονται να καταναλωθούν ή να διατεθούν από κοινού.

Γενικά, τα υλικά που χρησιμοποιούνται ως συσκευασίες τροφίμων θα πρέπει να κατασκευάζονται σύμφωνα με τις ορθές πρακτικές κατασκευής ώστε, υπό τις κανονικές ή προβλεπόμενες συνθήκες χρησιμοποίησής τους, να μην μεταφέρουν στα τρόφιμα συστατικά σε ποσότητα που είναι δυνατόν: α) να θέσει σε κίνδυνο την ανθρώπινη υγεία ή β) να επιφέρει απαράδεκτη τροποποίηση στη σύσταση των τροφίμων ή γ) να επιφέρει αλλοίωση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών τους.

Τα ενεργά και νοήμονα υλικά και αντικείμενα θα πρέπει να ακολουθούν συγκεκριμένες απαιτήσεις (άρθρο 4, Κανονισμός 1935/2004) όπως: α) δεν πρέπει να επιφέρουν τροποποιήσεις στη σύσταση ή τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των τροφίμων,

παραδείγματος χάριν συγκαλύπτοντας την αλλοίωση των τροφίμων, οι οποίες θα μπορούσαν να παραπλανήσουν τους καταναλωτές και β) τα ενεργά και νοήμονα υλικά και αντικείμενα που έχουν ήδη έλθει σε επαφή με τρόφιμα επισημαίνονται καταλλήλως ούτως ώστε οι καταναλωτές να μπορούν να αναγνωρίζουν τα μη εδώδιμα μέρη.

Οι ομάδες των υλικών του παρακάτω πίνακα ή για συνδυασμούς αυτών ή για τα ανακυκλωμένα υλικά που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή αυτών, μπορούν να θεσπίζονται ή να τροποποιούνται τα παρακάτω ειδικά μέτρα, όπου χρειάζεται.

Πίνακας 3.2 Κατάλογος ομάδων υλικών και αντικειμένων που μπορούν να ρυθμιστούν με ειδικά μέτρα

Ομάδες υλικών και αντικειμένων συσκευασίας
Ενεργά και νοήμονα υλικά και αντικείμενα
Συνδετικά (κόλλες)
Κεραμικά
Φελλός
Καουτσούκ
Γυαλί
Ιοντοανταλλακτικές ρητίνες
Μέταλλα και κράματα
Χαρτί και χαρτόνι
Πλαστικές ύλες
Τυπογραφικές μελάνες
Αναγεννημένη κυτταρίνη
Σιλικόνες
Κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα
Βερνίκια και επιστρώσεις
Κηροί
Ξύλο

Τα ειδικά μέτρα περιλαμβάνουν:

- α) κατάλογο των επιτρεπόμενων ουσιών προς χρήση στην παραγωγή υλικών και αντικειμένων
- β) καταλόγους των επιτρεπόμενων ουσιών που ενσωματώνονται στα υλικά και αντικείμενα που έρχονται σε επαφή με τα τρόφιμα, ή κατάλογο(-ους) των ενεργών ή νοσημόνων υλικών και αντικειμένων και, εφόσον απαιτείται, ειδικές προϋποθέσεις για τη χρήση των εν λόγω ουσιών ή/και υλικών και αντικειμένων στα οποία ενσωματώνονται
- γ) τα κριτήρια καθαρότητας των ουσιών που αναφέρονται στο στοιχείο α)

δ) τους ιδιαίτερους όρους χρήσης των ουσιών που αναφέρονται στο στοιχείο α) ή/και των υλικών και αντικειμένων στα οποία έχουν χρησιμοποιηθεί αυτές οι ουσίες

ε) ειδικά όρια μετανάστευσης, για ορισμένα συστατικά ή ομάδες συστατικών, εντός ή επί του τροφίμου, λαμβάνοντας υπόψη τυχόν άλλες πηγές έκθεσης στα συστατικά αυτά

στ) καθολικό όριο μετανάστευσης των συστατικών εντός ή επί του τροφίμου

ζ) διατάξεις που αποβλέπουν στην προστασία της ανθρώπινης υγείας έναντι κινδύνων που απορρέουν από την επαφή διά του στόματος με τα υλικά και αντικείμενα

η) άλλοι κανόνες που εξασφαλίζουν τη συμμόρφωση με τα άρθρα 3 και 4

θ) βασικούς κανόνες για την επαλήθευση της συμμόρφωσης με τα στοιχεία α) έως η)

ι) κανόνες που αφορούν τη δειγματοληψία καθώς και τις αναλυτικές μεθόδους που απαιτούνται για να ελέγχεται η συμμόρφωση με τα στοιχεία α) έως η)

ια) ειδικές διατάξεις που εξασφαλίζουν την ιχνηλασιμότητα υλικών και αντικειμένων, στις οποίες περιλαμβάνονται διατάξεις για τη διάρκεια διατήρησης των αρχείων ή διατάξεις που επιτρέπουν, εφόσον απαιτείται, παρεκκλίσεις από τις απαιτήσεις του άρθρου 17

ιβ) συμπληρωματικές διατάξεις για την επισήμανση των ενεργών και νοημόνων υλικών και αντικειμένων

ιγ) διατάξεις που απαιτούν την κατάρτιση και διατήρηση από την Επιτροπή προσιτού στο κοινό μητρώου («μητρώο») επιτρεπόμενων ουσιών, διεργασιών ή υλικών ή αντικειμένων

ιδ) ειδικούς διαδικαστικούς κανόνες με τους οποίους προσαρμόζεται, κατά περίπτωση, η διαδικασία των άρθρων 8 έως 12, ή καθίσταται κατάλληλη για τη χορήγηση αδείας για ορισμένα υλικά και αντικείμενα ή/και διεργασίες που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή τους, συμπεριλαμβανομένης, οσάκις απαιτείται, της διαδικασίας για τη μεμονωμένη χορήγηση αδείας για ουσία, διεργασία ή υλικό ή αντικείμενο μέσω απόφασης που απευθύνεται στον αιτούντα.

Οι όροι ενεργή συσκευασία (active packaging), ευφυής συσκευασία (intelligent packaging) και έξυπνη συσκευασία (smart packaging) αναφέρονται σε συστήματα συσκευασίας που χρησιμοποιούνται με τρόφιμα, φαρμακευτικά προϊόντα και πολλούς άλλους τύπους προϊόντων. Συμβάλλουν στην παράταση της διάρκειας ζωής, στην παρακολούθηση της φρεσκάδας, στην λήψη πληροφοριών σχετικά με την ποιότητα, στη βελτίωση της ασφάλειας και στη βελτίωση της ευκολίας (Dainelli, Gontard, Spygroulos, Zondervan-van den Beuken, & Tobback, 2008).

Οι όροι είναι στενά συνδεδεμένοι. Η ενεργή συσκευασία σημαίνει συνήθως ότι έχει ενεργές λειτουργίες πέρα από τον αδρανή παθητικό περιορισμό και την προστασία του προϊόντος (Sogoka, 2008) καθώς αλλάζει η κατάσταση του προϊόντος κατά κάποιο τρόπο. Η ευφυής και έξυπνη συσκευασία συνήθως περιλαμβάνει την ικανότητα να αισθανθεί ή να μετρήσει ένα χαρακτηριστικό του προϊόντος, την εσωτερική ατμόσφαιρα του πακέτου ή το

περιβάλλον που περικλείεται. Αυτές οι πληροφορίες μπορούν να κοινοποιηθούν στους χρήστες ή να ενεργοποιήσουν λειτουργίες της συσκευασίας.

3.4.1 Συσκευασία σε Τροποποιημένη Ατμόσφαιρα (MAP)

Η συσκευασία σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα (MAP) θεωρείται μια ενεργή συσκευασία επέκτασης της διάρκειας ζωής των τροφίμων. Η MAP έχει αυξήσει τη φυσική διάρκεια ζωής του τροφίμου κατά 2 έως 10 φορές και είναι αναμφίβολα μια σημαντική μέθοδος διατήρησης τροφίμων σήμερα και για το μέλλον. Τα οφέλη περιλαμβάνουν μειωμένη αλλοίωση που οδηγεί σε λιγότερα απόβλητα τροφίμων και σε παρατεταμένη διάρκεια ζωής που επιτρέπει στα προϊόντα να διανέμονται εύκολα σε μεγάλες αποστάσεις, αυξάνοντας έτσι την ποικιλία των διαθέσιμων τροφίμων ανά πάσα στιγμή. Τα τρόφιμα σε MAP φαίνονται ελκυστικά στο μάτι του καταναλωτή, ενισχύοντας έτσι την πώληση τους καθώς φαίνονται πιο φρέσκα χωρίς μεγάλες προσθήκες χημικών συντηρητικών. Ωστόσο, τα τρόφιμα που συνήθως απαιτούν ψύξη για τη διατήρηση της φρεσκάδας πρέπει να μεταφέρονται και να αποθηκεύονται υπό συνθήκες ψύξης, ακόμη και όταν συσκευάζονται σε τροποποιημένες ατμόσφαιρες. Το κόστος επεξεργασίας μπορεί να είναι υψηλό και, μαζί με αυτήν την απαίτηση για έλεγχο θερμοκρασίας, σημαίνει ότι η MAP είναι μια ακριβή μέθοδος συντήρησης αλλά θα πρέπει να ζυγιστεί η παράμετρος του κόστους με τα οφέλη που προσδίδει η MAP.

Ο ατμοσφαιρικός αέρας περιέχει 78,08% άζωτο, 20,95% οξυγόνο, 0,93% αργό, 0,03% διοξείδιο του άνθρακα και εννέα άλλα αέρια σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις. Κάθε τροποποίηση αυτής της ατμόσφαιρας σε έναν κλειστό χώρο μπορεί να θεωρηθεί ως μια κατάσταση τροποποιημένης ατμόσφαιρας. Συχνά αντί του όρου «τροποποιημένη ατμόσφαιρα» χρησιμοποιείται ο όρος «προστατευτική ατμόσφαιρα» που είναι πιο αποδεκτός από τους καταναλωτές και είναι επιτρεπτό από τον Κώδικα Τροφίμων και Ποτών (Άρθρο 11, Παράρτημα 4).

Κάποια από τα πλεονεκτήματα της MAP ατμόσφαιρας είναι (Παπαδάκης, 2010):

- Παράταση ζωής του τροφίμου κατά 50 έως 400% και όσα προκύπτουν απευθείας από αυτό, όπως παραγωγή προϊόντων υψηλής ποιότητας, περιορισμός της φύρας στην λιανική πώληση, μείωση του κόστους διανομής, δυνατότητας διανομής σε μεγαλύτερες αποστάσεις και περιορισμός της συχνότητας των διαδρομών,
- βελτίωση της παρουσίασης του προϊόντος,
- περιορισμός ή και κατάργηση των χημικών συντηρητικών ως προσθέτων στο τρόφιμο,
- η συσκευασία και ο έλεγχος ποιότητας και ποσότητας γίνεται σ' ένα κεντρικό σημείο,
- οι συσκευασίες είναι πιο χρηστικές και υγιεινές χωρίς δυσάρεστες οσμές και διαρρέοντα υγρά.

Κάποια από τα μειονεκτήματα της MAP ατμόσφαιρας είναι (Παπαδάκης, 2010):

- Υψηλό κόστος που καταμερίζεται στο αρχικό κόστος για το νέο εξοπλισμό, το κόστος των υλικών συσκευασίας και των αερίων και το κόστος του ποιοτικού ελέγχου των συσκευασιών σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα,

- η απαίτηση για πολύ καλό έλεγχο και ρύθμιση της θερμοκρασίας στην ψυκτική αλυσίδα,
- ο κίνδυνος ανάπτυξης παθογόνων μικροοργανισμών,
- η απαίτηση μεγαλύτερου χώρου αποθήκευσης και προβολής στα τελικά σημεία πώλησης (π.χ. supermarket),
- τα πλεονεκτήματα της MAP αυτομάτως χάνονται μόλις η συσκευασία ανοιχτεί ή αν υπάρχει κάποια διαρροή.

Οι απαιτήσεις συσκευασίας, οι οποίες επηρεάζουν επίσης αυτήν την οικονομική εξίσωση, μπορούν να συνοψιστούν ως εξής (Kilcast & Subramaniam, 2000):

- Απαιτείται συσκευασία φραγής αερίου, για τη διατήρηση των τροποποιημένων συνθηκών εντός της συσκευασίας.
- Η ακεραιότητα της σφραγίδας συσκευασίας είναι κρίσιμη, λόγω της παρατεταμένης διάρκειας ζωής που αναμένεται και εμφανίζεται στη συσκευασία. Υπάρχει ανάγκη για υψηλό επίπεδο ευαισθητοποίησης μεταξύ των χειριστών, με συχνή παρακολούθηση των σφραγίδων στη γραμμή συσκευασίας. Η προπόνηση, πάντα σημαντική σε οποιαδήποτε επεξεργασία και συσκευασία τροφίμων, είναι ίσως ακόμη πιο ζωτικής σημασίας κατά τη χρήση του MAP.
- Λόγω του χώρου που καταλαμβάνουν τα τροποποιητικά αέρια, οι συσκευασίες είναι συχνά σημαντικά μεγαλύτερες σε όγκο από το προϊόν, πράγμα που σημαίνει μικρότερο βάρος προϊόντος ανά παλετοποιημένο φορτίο. Επίσης, η ορατή επίδραση του προϊόντος έναντι του μεγέθους της συσκευασίας μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την αντίληψη των χρηστών για την αξία του χρήματος.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται μερικές ενδεικτικές διαφορές στην διάρκεια ζωής ορισμένων τροφίμων (Blakistone, 1998).

Πίνακας 3.3 Εκτιμώμενη διάρκεια ζωής τροφίμων σε MAP

Προϊόν	Χώρος Αποθήκευσης	Διάρκεια Ζωής σε Ατμοσφαιρικό αέρα (μέρες)	Διάρκεια Ζωής σε MAP Ατμόσφαιρα (μέρες)
Μοσχάρι	Ψύξη	4	12
Χοιρινό	Ψύξη	4	9
Κοτόπουλο	Ψύξη	6	18
Μαγειρεμένα Κρέατα	Ψύξη	7	28
Ψάρι	Ψύξη	2	10
Ψωμί	Θερμοκρασία Περιβάλλοντος	7	21
Καφές	Θερμοκρασία Περιβάλλοντος	3	548

Τα αέρια που χρησιμοποιούνται συνηθέστερα στην τροποποιημένη ατμόσφαιρα είναι το οξυγόνο, το διοξείδιο του άνθρακα και το άζωτο είτε μόνα τους είτε σε μεταξύ τους συνδυασμό. Επίσης, σε μερικές περιπτώσεις χρησιμοποιούνται και τα ευγενή αέρια όπως το αργό ενώ σε άλλες χρησιμοποιούνται τα μονοξείδιο του άνθρακα και διοξείδιο του θείου.

Οξυγόνο

Το οξυγόνο είναι απαραίτητο για την ανάπτυξη των αερόβιων μικροοργανισμών και προκαλεί διάφορες αντιδράσεις ποιοτικής υποβάθμισης στα τρόφιμα, όπως τάγγιση των λιπών σε κρέατα, ψάρια, προϊόντα αρτοποιίας, ενζυματική αμαύρωση των φρούτων και λαχανικών, οξείδωση βιταμινών και χρωστικών. Για τα παραπάνω, αποφεύγεται το οξυγόνο στις συσκευασίες MAP είτε εντελώς είτε χρησιμοποιείται σε μικρή περιεκτικότητα. Εξαιρέση αφορούν τα νωπά φρούτα και λαχανικά, όπου το οξυγόνο είναι απαραίτητο για την αναπνοή, τα κόκκινα κρέατα όπου είναι απαραίτητο για την διατήρηση του χρώματος και τα λευκά ψάρια όπου η δημιουργία αναερόβιων συνθηκών μπορεί να ευνοήσει την ανάπτυξη των παθογόνων μικροοργανισμών, όπως το *Clostridium botulinum*. Αντίθετα, το οξυγόνο σε υψηλές συγκεντρώσεις της τροποποιημένης ατμόσφαιρας μπορεί να είναι τοξικό ακόμα και για τους αναερόβιους μικροοργανισμούς (Boskou, 1998).

Διοξείδιο του άνθρακα

Το διοξείδιο του άνθρακα είναι το σημαντικότερο αέριο στην τροποποιημένη ατμόσφαιρα λόγω της αντιμικροβιακής του δράσης, της μεγάλης διαλυτότητας του στο νερό και της σημαντικής μείωσης που επιφέρει στο pH του τροφίμου μέσω της διάστασης του ανθρακικού οξέος. Όσο μεγαλύτερη είναι η συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα τόσο μεγαλύτερη είναι η ανασταλτική ικανότητα βακτηρίων. Τρόφιμα με υψηλή περιεκτικότητα σε υγρασία και λίπος, όπως τα νωπά κρέατα, πουλκερικά και ψάρια, απορροφούν τόσο πολύ διοξείδιο του άνθρακα ώστε μπορεί να επέλθει «κατάρρευση» προς τα μέσα της εύκαμπτης συσκευασίας MAP λόγω μείωσης της εσωτερικής πίεσης και στη συνέχεια μείωσης του όγκου του ελεύθερου χώρου μέσα στην εύκαμπτη συσκευασία, ώστε να εξισωθεί η πίεση με την εξωτερική. Το προϊόν δίνει την εντύπωση ότι συσκευάστηκε υπό κενό. Το φαινόμενο ονομάζεται «κατάρρευση προς τα μέσα» ή «χαλαρό κενό» και χρησιμοποιείται από επωφελώς στη συσκευασία MAP σαλαμιού και άλλων αλλαντικών και σκληρών τυριών. Για παράδειγμα, τα σκληρά τυριά συσκευάζονται συνήθως σε ατμόσφαιρα 100% διοξείδιο του άνθρακα με το οξυγόνο που απομένει μέσα στη συσκευασία να είναι συνήθως λιγότερο από 2% (Παπαδάκης, 2010).

Άζωτο

Το άζωτο είναι αδρανές αέριο και χρησιμοποιείται ως διαλύτης των άλλων αερίων αλλά και ως αέριο συμπλήρωσης. Αποτρέπει την κατάρρευση της συσκευασίας λόγω της χαμηλής διαλυτότητας του στην υδατική και τη λιπαρή φάση των τροφίμων (Παπαδάκης, 2010).

Ευγενή αέρια

Σε αρκετές περιπτώσεις στην τροποποιημένη ατμόσφαιρα το άζωτο έχει αντικατασταθεί από το αργό. Το αργό είναι βαρύτερο από το άζωτο και επομένως αποτελεσματικότερο στην εκτόπιση του οξυγόνου. Για το αργό έχει προταθεί ο ισχυρισμός ότι επιβραδύνει την παραγωγή πτητικών αμινών στα ιχθυηρά, αναστέλλει ενζυμικούς απόχρωματισμούς και την ανάπτυξη ορισμένων μικροοργανισμών και ότι αυξάνει την αποτελεσματικότητα του διοξειδίου του άνθρακα εξασθενώντας τα μικρόβια και επιτρέποντας τη χρήση μικρότερων

συγκεντρώσεων διοξειδίου του άνθρακα στην MAP. Αν και δεν έχει υπάρξει επιστημονικά αποδεκτή απόδειξη αυτών των ισχυρισμών μέσω δημοσιεύσεων στην ανοιχτή επιστημονική βιβλιογραφία, το αργό συνεχίζει και χρησιμοποιείται εφόσον εκτιμάται ότι προσφέρει επιπλέον παράταση στη διάρκεια ζωής του τροφίμου κατά 25% κατά μέσο όρο. Το αργό χρησιμοποιείται συνήθως στα πατατάκια, στα αλλαντικά, στους ξηρούς καρπούς, στα αναψυκτικά, στα φρέσκα μακαρόνια, στα έτοιμα γεύματα υπό ψύξη κλπ (Παπαδάκης, 2010).

Μονοξείδιο του άνθρακα

Το μονοξείδιο του άνθρακα είναι αέριο πολύ τοξικό και εκρηκτικό σε συγκεντρώσεις 12,5 με 74,2% στον αέρα και ως εκ τούτου δεν επιτρέπεται η χρήση του λόγω πιθανών κινδύνων για τους χειριστές των μηχανημάτων συσκευασίας (Παπαδάκης, 2010). Η χρήση του αερίου αυτού στην τροποποιημένη ατμόσφαιρα κόκκινων κρεάτων επιβραδύνει το σχηματισμό της μεταμυοσφαιρίνης, η οποία δίνει το καστανό χρώμα στο κρέας, και την οξειδωτική τάγγιση των λιπαρών. Συγκέντρωση μονοξειδίου του άνθρακα 0,4% στον αέρα είναι αρκετή για να προσδώσει στο συσκευασμένο κρέας κόκκινο χρώμα (Robertson, 2006). Στην Ευρωπαϊκή Ένωση δεν επιτρέπεται η χρήση του, εν τούτοις επιτρέπεται στη Νορβηγία στις λιανικές συσκευασίες κόκκινων κρεάτων και στις ΗΠΑ για την αποφυγή της αμαύρωσης συσκευασμένου μαρουλιού και την προεπεξεργασία του κρέατος (Robertson, 2006).

Διοξείδιο του θείου

Το διοξείδιο του θείου έχει αντιμικροβιακές ιδιότητες και είναι πιο αποτελεσματικό εναντίον των ζυμών και των μυκήτων και λιγότερο εναντίον των βακτηρίων. Στα τρόφιμα χρησιμοποιείται ως αντιοξειδωτικό και ως αναστολέας της ενζυμικής και μη ενζυμικής αμαύρωσης. Το διοξείδιο του θείου αν και δεν έχει εφαρμοστεί σε βιομηχανική κλίμακα σε MAP έχει μελετηθεί για σταφύλια, αφυδατωμένα φρούτα, χυμούς φρούτων κλπ (Παπαδάκης, 2010).

Συνδυασμός αερίων

Η σύσταση των μιγμάτων αερίων που χρησιμοποιούνται στην MAP των διαφόρων τροφίμων διαφοροποιείται κάθε φορά ανάλογα με το τρόφιμο που πρόκειται να συσκευαστεί. Για αυτό τον λόγο, πρέπει πάντα να γίνεται ειδική μελέτη ώστε να αποφευχθούν οι κίνδυνοι και να διατηρηθεί η ποιότητα του τροφίμου για το μεγαλύτερο δυνατό χρονικό διάστημα. Για παράδειγμα, τρόφιμα των οποίων η αλλοίωση είναι μικροβιακής προέλευσης, η συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα στο μείγμα των αερίων πρέπει να είναι όσο το δυνατόν υψηλότερη. Για τρόφιμα που είναι ευαίσθητα στο οξυγόνο και για τα οποία η αλλοίωση οφείλεται κυρίως σε οξειδωτική τάγγιση χρησιμοποιείται 100% άζωτο ή μίγμα αζώτου και διοξειδίου του άνθρακα ενώ για προϊόντα που αναπνέουν πρέπει να αποφεύγονται υψηλές συγκεντρώσεις διοξειδίου του άνθρακα και χαμηλές συγκεντρώσεις οξυγόνου.

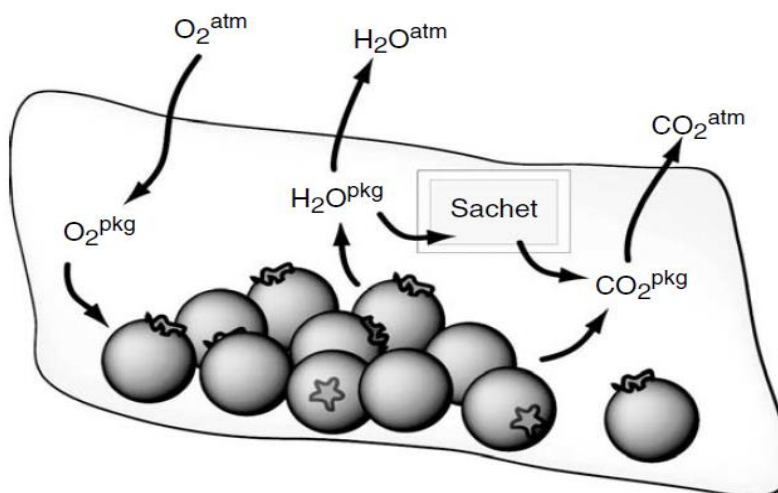
Μερικές τυπικές τροποποιημένες ατμόσφαιρες ανάλογα με το προϊόν είναι (Blakistone, 1998):

Πίνακας 3.4 Τυπικές τροποποιημένες ατμόσφαιρες ανάλογα με το προϊόν

Προϊόν	Οξυγόνο (%)	Διοξείδιο του Άνθρακα (%)	Άζωτο (%)
Κόκκινο κρέας	60-85	15-40	-
Κοτόπουλα	-	25	75
Ψάρια (λευκά)	30	40	30
Ψάρια (λιπαρά)	-	60	40
Σολομός	20	60	20
Τυριά (σκληρά)	-	100	-
Τυριά (μαλακά)	-	30	70
Ψωμί	-	60-70	30-40
Ζυμαρικά (φρέσκα)	-	-	100
Φρέσκα φρούτα & λαχανικά	3-5	3-5	90-94
Αφυδατωμένα τρόφιμα	-	-	100

3.4.2 Συσσκευασία σε Ελεγχόμενη Ατμόσφαιρα (CAP)

Τα τρόφιμα σε ελεγχόμενη ατμόσφαιρα θεωρείται ότι είναι συσκευασμένα σε αδιαπέραστη από αέριο συσκευασία εντός της οποίας το αέριο περιβάλλον που περιλαμβάνει CO₂, O₂, N₂, υδρατμούς και ίχνη αερίων, αλλάζει και ελέγχεται επιλεκτικά ώστε να αυξήσει τη διάρκεια ζωής του τροφίμου. Χρησιμοποιώντας αυτόν τον ορισμό, είναι προφανές ότι δεν μπορούν να υπάρχουν συστήματα CAP σε εμπορική χρήση. Σύμφωνα με τον Brody η συσκευασία σε ελεγχόμενη ατμόσφαιρα είναι η εσκεμμένη αλλαγή του αερίου του περιβάλλοντος και η διατήρηση αυτής της ατμόσφαιρας σε καθορισμένη κατάσταση καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου διανομής, ανεξάρτητα από τη θερμοκρασία ή άλλες περιβαλλοντικές διακυμάνσεις (Brody, 1989).



Εικόνα 3.5 Απεικόνιση ροών αερίου για συσκευασίες τροποποιημένης ατμόσφαιρας

Στην παραπάνω εικόνα απεικονίζονται οι ροές των αερίων στην τροποποιημένη ατμόσφαιρα, με το βατόμυρο να λαμβάνεται ως παράδειγμα (Ben-Yehoshua, Beaudry, Fishman, & Jayanty, 2005). Η ροή κάθε αερίου κατά μήκος της μεμβράνης είναι συναρτημένη της διαπερατότητας της μεμβράνης. Συσκευές για την ενεργή τροποποίηση της ατμόσφαιρας της συσκευασίας μπορούν επίσης να περιληφθούν, όπως υποδεικνύεται στην παρακάτω εικόνα (sachet) για την απορρόφηση του H₂O και την απελευθέρωση του CO₂.

3.4.3 Συσκευασία υπό Κενό (VP)

Η συσκευασία υπό κενό αποτελεί την παλαιότερη μέθοδο MAP που είχε εμπορική εφαρμογή. Κατά την συσκευασία υπό κενό δημιουργείται εκκένωση του αέρα και κλείσιμο του περιτυλίγματος του τροφίμου, αφήνοντας πολύ μικρή ποσότητα αέρα, ειδικά οξυγόνου, να έρθει σε επαφή με το τρόφιμο. Λόγω της διαφοράς πίεσης του εσωτερικού με το εξωτερικό, η εύκαμπτη συσκευασία «αγκαλιάζει» το τρόφιμο. Γι' αυτό, η μέθοδος αυτή δεν είναι κατάλληλη για μαλακά τρόφιμα διότι μπορούν να επιφέρουν μη αντιστρεπτές παραμορφώσεις στο προϊόν (Παπαδάκης, 2010). Η περιβαλλοντική ατμόσφαιρα εκκενώνεται και η ατμόσφαιρα, η οποία αναπτύσσεται κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης, είναι κυρίως αποτέλεσμα βιολογικών αντιδράσεων των ίδιων των προϊόντων. Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται κυρίως για συσκευασίες λιανικής πώλησης (McElhatton & Marshall, 2007).

Ενώ οι MAP και CAP λειτουργούν ως επί το πλείστον σε πίεση περιβάλλοντος (101 kPa), η αποθήκευση σε μικρότερες ατμοσφαιρικές πιέσεις έχει πειραματιστεί και, σε ορισμένες περιπτώσεις, έχει χρησιμοποιηθεί για αποθήκευση χύμα προϊόντων. Θα μπορούσαν επίσης να περιλαμβάνονται εγκαταστάσεις για συνεχή απομάκρυνση διοξειδίου του άνθρακα και αιθυλενίου για να αποφευχθούν ακόμα περισσότερο οι αλλοιώσεις των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών (Rahman, 2007).

Η συσκευασία κενού (VP) μπορεί να θεωρηθεί ως ειδικός τύπος MAP, καθώς αφαιρείται μέρος του ατμοσφαιρικού αέρα, αφήνοντας μια τροποποιημένη ατμόσφαιρα που δεν ελέγχεται μετά τη συσκευασία. Η VP ασκεί αρκετή πίεση στην παραγωγή και είναι κατάλληλη μόνο όταν το προϊόν είναι αρκετά ανθεκτικό (Rahman, 2007).

Σε αυτό το σύστημα, λόγω της μειωμένης πίεσης αερίου, η ποσότητα του οξυγόνου που είναι διαθέσιμη κατά την έναρξη της αποθήκευσης είναι περίπου το ένα τρίτο της ποσότητας του ατμοσφαιρικού αέρα. Όπως με τη MAP, η χαμηλότερη περιεκτικότητα σε οξυγόνο σταθεροποιεί την ποιότητα του προϊόντος επιβραδύνοντας τον μεταβολισμό του προϊόντος και την ανάπτυξη αλλοιογόνων μικροοργανισμών. Συγκριτικά με την συντήρηση με ψύξη, η ψυκτική αποθήκευση υπό κενό φάνηκε να βελτιώνει την μικροβιακή ποιότητα (π.χ., κόκκινη πιπεριά, ραδίκια, φέτες μήλου, φέτες ντομάτας), την οργανοληπτική ποιότητα (π.χ. βερίκοκο, αγγούρι) ή και τα δύο (π.χ. λαχανάκια φασολιών και μείγμα κομμένων λαχανικών). Σε ορισμένες περιπτώσεις, δεν παρατηρήθηκε δραματική βελτίωση (μανιτάρι, πράσινη πιπεριά και ένα μείγμα κομμένων φρούτων) ή παρεμποδισμένη μείωση της οργανοληπτικής ποιότητας. Στα κομμένα προϊόντα (μείγματα σαλάτας λαχανικών και φρούτων, ραδίκι, μήλο), η VP καθυστερεί έντονα την ενζυμική αμαύρωση των κομμένων επιφανειών (Rahman, 2007).

3.5 Εδώδιμη επικάλυψη

Οι εδώδιμες επικαλύψεις (edible films ή edible coatings) μπορεί να θεωρηθεί ως ακόμα μια τεχνική τροποποιημένης ατμόσφαιρας κυρίως σε φρούτα και λαχανικά, ρυθμίζοντας την μεταφορά της υγρασίας, του οξυγόνου, του διοξειδίου του άνθρακα, του αρώματος και των διάφορων γευστικών ενώσεων στο τρόφιμο με στόχο την βελτίωση της ποιότητας και την επέκταση του χρόνου ζωής του (Lin & Zhao, 2007). Οι εδώδιμες επικαλύψεις μπορούν να λειτουργήσουν ως φραγμοί υγρασίας, φραγμοί αερίου (μείωση της αναπνοής και καθυστέρηση της αλλοίωσης, επιβράδυνση της ενζυματικής οξείδωσης και αμαύρωσης και της υφής), ελεγκτές στην ανταλλαγή πτητικών ενώσεων (αποτρέπει την απώλεια φυσικών πτητικών συστατικών γεύσης και χρώματος) και φορείς λειτουργικών συστατικών (αντιμικροβιακά, αντιοξειδωτικά, θρεπτικά συστατικά, χρώματα και συστατικά γεύσης) που θα μπορούσαν να μειώσουν τα μικροβιακά φορτία, να καθυστερήσουν την οξείδωση και τον αποχρωματισμό και να βελτιώσουν την ποιότητα (Lin & Zhao, 2007).

Η χρήση εδώδιμων επικαλύψεων σε φρούτα και λαχανικά παρέχει οφέλη όπως μείωση της απώλειας υγρασίας, περιορισμός εισόδου οξυγόνου, μείωση αναπνοής και παραγωγή αιθυλενίου, σφράγιση σε πτητικές ουσίες και μέσω της ενσωμάτωσης προσθέτων, καθυστέρηση του αποχρωματισμού και μικροβιακής ανάπτυξης (Ahvenainen, 1996), το οποίο με τη σειρά του θα προκαλέσει σταθερότητα, ποιότητα, λειτουργικότητα και ασφάλεια.

Η εδώδιμη συσκευασία αποτελείται από εδώδιμα φιλμ (edible films), φύλλα (edible sheets), επιστρώσεις (edible coatings) ή σακούλες (edible pouches). Τα εδώδιμα φιλμ (πάχος <254 μm) ή τα φύλλα (πάχος > 254 μm) είναι αυτόνομες δομές που έχουν προσηματοποιηθεί ξεχωριστά από το φαγητό και στη συνέχεια τοποθετούνται πάνω ή ανάμεσα σε συστατικά τροφίμων ή σφραγίζονται σε βρώσιμα σακουλάκια, ενώ οι εδώδιμες επιστρώσεις είναι λεπτές στρώσεις βρώσιμων υλικών που σχηματίζονται απευθείας στην επιφάνεια του φαγητού (Janjarasskul & Krochta, 2010).

Πολλές από αυτές τις λειτουργίες είναι πανομοιότυπες με εκείνες των συνθετικών, μη βρώσιμων μεμβρανών συσκευασίας. Αν και τα πιο σημαντικά λειτουργικά χαρακτηριστικά για μια συγκεκριμένη εφαρμογή εξαρτώνται από το τρόφιμο προϊόν και τον πρωταρχικό τρόπο φθοράς του, η αντίσταση ενός εδώδιμου φιλμ ή επίστρωσης στη μετανάστευση υδρατμών είναι συχνά πρωταρχικό χαρακτηριστικό. Τα βρώσιμα υλικά συσκευασίας είναι εγγενώς βιοαποικοδομήσιμα, το οποίο θεωρείται ένα από τα μεγαλύτερα οφέλη τους, αλλά είναι επίσης ένας από τους μεγαλύτερους περιορισμούς τους (Robertson, 2006).

Η ιδέα της χρήσης εδώδιμου φιλμ ή επίστρωσης για την παράταση της διάρκειας ζωής των τροφίμων και την προστασία τους από επιβλαβείς περιβαλλοντικές επιπτώσεις δεν είναι καινούρια. Στην πραγματικότητα, η ιδέα προέρχεται από τη φυσική προστατευτική επίστρωση, όπως η φλούδα ορισμένων φρούτων και λαχανικών. Η κάλυψη των τροφίμων με λιπιδικές ουσίες όπως κεριά και λίπη για καθυστέρηση της αποξήρανσης τους είναι μια πολύ παλιά πρακτική. Για παράδειγμα, κεριά παραφίνης θερμής τήξης διατέθηκαν στο εμπόριο τη δεκαετία του 1930 για την επικάλυψη εσπεριδοειδών ώστε να επιβραδύνουν την απώλεια της υγρασίας ενώ το κεριό καρναούμπα ως γαλάκτωμα (λάδι σε νερό) αναπτύχθηκε στις αρχές της δεκαετίας του 1950 για την επικάλυψη φρέσκων φρούτων και λαχανικών. Τα βρώσιμα περιβλήματα κολλαγόνου για προϊόντα κρέατος όπως λουκάνικα και επικαλύψεις ζάχαρης ή

σοκολάτας για προϊόντα ζαχαροπλαστικής χρησιμοποιούνται σήμερα και στο εμπόριο (Robertson, 2006).

Οι εδώδιμες επικαλύψεις δεν προορίζονται, ούτε θα μπορούσαν ποτέ, να αντικαταστήσουν μη βρώσιμα συνθετικά υλικά συσκευασίας για παρατεταμένη αποθήκευση τροφίμων. Η χρησιμότητα των βρώσιμων μεμβρανών έγκειται στην ικανότητα τους να λειτουργούν ως συμπλήρωμα για τη βελτίωση της συνολικής ποιότητας των τροφίμων, την παράταση της διάρκειας ζωής και τη βελτίωση της οικονομικής αποτελεσματικότητας των υλικών συσκευασίας (Robertson, 2006).

Τα πλεονεκτήματα των εδώδιμων επικαλύψεων έναντι των παραδοσιακών συνθετικών υλικών συσκευασίας έχουν αναφερθεί ως εξής (Gennadios, 2002):

1. Τα τρόφιμα μπορούν να καταναλωθούν συσκευασμένα, χωρίς να απορρίπτεται καμία υπολειμματική συσκευασία.
2. Ακόμα και αν τα φιλμ δεν καταναλώνονται, θα μπορούσαν να συμβάλουν στη μείωση της περιβαλλοντικής ρύπανσης, καθώς είναι πιθανό να διασπαστούν πιο εύκολα από τα πολυμερή.
3. Μπορούν να ενισχύσουν τις οργανοληπτικές ιδιότητες των συσκευασμένων τροφίμων υπό την προϋπόθεση ότι ενσωματώνονται συστατικά όπως αρωματικές ύλες, χρωστικές και γλυκαντικές ουσίες.
4. Μπορούν να συμπληρώσουν τη θρεπτική αξία των τροφίμων (αυτό ισχύει ιδιαίτερα για μεμβράνες που παρασκευάζονται από πρωτεΐνες).
5. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μεμονωμένη συσκευασία μικρών μερίδων τροφίμων, ιδίως προϊόντων που επί του παρόντος δεν συσκευάζονται μεμονωμένα για πρακτικούς λόγους, όπως μπιζέλια, φασόλια, ξηρούς καρπούς και φράουλες.
6. Μπορούν να εφαρμοστούν σε ετερογενή τρόφιμα μεταξύ διαφορετικών στρωμάτων συστατικών, προσαρμοσμένα ώστε να αποτρέπουν την αύξηση της υγρασίας μεταξύ των συστατικών και τη μετανάστευση σε τρόφιμα όπως πίτσες, πίτες και караμέλες.
7. Μπορούν να λειτουργήσουν ως φορείς για αντιμικροβιακούς και αντιοξειδωτικούς παράγοντες και να χρησιμοποιηθούν στην επιφάνεια των τροφίμων για τον έλεγχο του ρυθμού διάχυσης των συντηρητικών ουσιών από την επιφάνεια στο εσωτερικό του τροφίμου.
8. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μικροεπικάλυψη αρωματικών τροφίμων για τον αποτελεσματικό έλεγχο της προσθήκης τους και της απελευθέρωσής τους στο εσωτερικό των τροφίμων.
9. Θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν σε υλικά πολυστρωματικής συσκευασίας τροφίμων μαζί με μη βρώσιμα φιλμ, οπότε τα βρώσιμα φιλμ θα ήταν το εσωτερικό στρώμα σε άμεση επαφή με το τρόφιμο.

Η πλειονότητα των εδώδιμων φιλμ και επικαλύψεων περιέχει τουλάχιστον ένα συστατικό που είναι ένα πολυμερές υψηλού μοριακού βάρους, ιδιαίτερα εάν επιθυμείται ένα αυτόνομο φιλμ. Απαιτούνται πολυμερείς δομές μακριάς αλυσίδας για να αποδώσουν φιλμ με κατάλληλη συνεκτική αντοχή. Η αυξημένη δομική συνοχή οδηγεί γενικά σε μειωμένη ευελιξία μεμβράνης, πορώδες και διαπερατότητα σε αέρια, ατμούς και άλλες ουσίες. Καθώς αυξάνεται το μήκος και η πολικότητα της αλυσίδας του πολυμερούς, η συνοχή ενισχύεται. Μια ομοιόμορφη κατανομή πολικών ομάδων κατά μήκος της πολυμερούς αλυσίδας αυξάνει τη συνοχή, αυξάνοντας την πιθανότητα σύνδεσης αλυσίδας υδρογόνου και ιοντικών

αλληλεπιδράσεων. Μια ποικιλία πολυσακχαριτών, πρωτεϊνών και λιπιδίων που προέρχονται από φυτά και ζώα έχουν χρησιμοποιηθεί, είτε μόνα τους είτε σε μίγματα, για την παραγωγή εδώδιμων φιλμ και επικαλύψεων τα οποία περιγράφονται παρακάτω.

Οι εδώδιμες επιστρώσεις ενισχύουν την ποιότητα των τροφίμων, προστατεύοντάς τα από φυσικές, χημικές και βιολογικές αλλοιώσεις (Rodríguez-Turiénzo, Cobos, & Diaz, 2012) (Cerqueira, et al., 2009) (Kester & Fennema, 1986). Οι επικαλύψεις μπορούν να οριστούν ως ένα διάλυμα σχηματισμού φιλμ το οποίο εφαρμόζεται απευθείας στην επιφάνεια του τροφίμου, σχηματίζοντας ένα λεπτό φιλμ κατά την ξήρανση που θα προστατεύει το προϊόν (Han & Gennadios, 2005).

Τα κύρια συστατικά των τροφίμων που καταναλώνονται καθημερινά μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως το κύριο υλικό για την παραγωγή εδώδιμων επικαλύψεων. Οι εδώδιμες επικαλύψεις παράγονται κυρίως από βιοπολυμερή και ενώσεις ειδικές για τρόφιμα (GRAS (generally recognized as safe) - γενικά αναγνωρίζονται ως ασφαλή) (Cerqueira, et al., 2011) (Han & Gennadios, 2005). Τα πλέον χρησιμοποιούμενα βιοπολυμερή παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα (Cerqueira, Costa, Rivera, Ramos, & Vicent, 2015) και είναι οι πρωτεΐνες (χρησιμοποιούνται για την παροχή μηχανικής σταθερότητας), πολυσακχαρίτες (συνήθως χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο οξυγόνου και άλλων εκπεμπόμενων αερίων), λιπίδια και ρητίνες (ακόμα και αν δεν θεωρούνται βιοπολυμερή (Fadini, et al., 2013) (Cerqueira, Souza, Teixeira, & Vicente, 2012) χρησιμοποιούνται συνήθως για τη μείωση της μετάδοσης νερού (Pavlati & Orts, 2009)).

Αυτά τα υλικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνα τους ή να αναμιχθούν ως σύνθετο μείγμα (Cerqueira, Souza, Teixeira, & Vicente, 2012). Οι χημικές δομές τους μπορεί να διαφέρουν πολύ και ως εκ τούτου τα χαρακτηριστικά κάθε συστατικού συμβάλλουν στις συνολικές ιδιότητες της επικάλυψης.

Πίνακας 3.5 Παραδείγματα εδώδιμων επικαλύψεων από πολυσακχαρίτες, πρωτεΐνες και λιπίδια

Τύπος Υλικού	Παράδειγμα
Πολυσακχαρίτες	Αλγινικό
	Χιτοζάνη
	Γαλακτομανάνες
	Κόμμι ξανθάνης
	Πηκτίνη
	Καραγενάνη
Πρωτεΐνες	Άμυλο και τροποποιημένα άμυλα
	Καζεΐνη
	Ζελατίνη
	Κολλαγόνο
	Ζεΐνη καλαμποκιού
	Πρωτεΐνη ορού γάλακτος
Λιπίδια/ρητίνες/κηροί	Πρωτεΐνη σόγιας
	Γλουτένη από σιτάρι
	Βούτυρο κακάο
	Κηρήθρα

Κερί καντελίλα
Κερί καρναούμπα
Λιπαρά οξέα
Ρητίνη Shellac
Ακετυλιωμένα μονογλυκερίδια

3.5.1 Πολυσακχαρίτες

Οι πολυσακχαρίτες είναι σύνθετοι υδατάνθρακες που αποτελούνται από μονοσακχαρίτες οι οποίοι ενώνονται μεταξύ τους με γλυκοσιδικούς δεσμούς. Είναι τα πιο άφθονα μακρομόρια στη φύση και συχνά παίζουν βασικό ρόλο στην αποθήκευση ενέργειας των φυτών (π.χ. άμυλο) ή αποτελούν ένα από τα κύρια δομικά στοιχεία φυτικών και ζωικών εξωσκελετών (π.χ. κυτταρίνη και χιτίνη).

Μια ποικιλία πολυσακχαριτών και παράγωγών τους έχουν αξιολογηθεί για πιθανή χρήση ως βρώσιμη συσκευασία αφού είναι άφθονα, χαμηλού κόστους και εύκολα στη χρήση, καθώς και με καλές ιδιότητες μορφοποίησης φιλμ. Οι μεμβράνες πολυσακχαρίτη εμφανίζουν καλές μηχανικές ιδιότητες και ιδιότητες φραγής αερίων και είναι αποτελεσματικοί φραγμοί ενάντια στο λάδι και τα λιπίδια, αν και προσφέρουν μικρή αντίσταση στη μετανάστευση νερού (Robertson, 2006). Όπως και με άλλες υδρόφιλες επικαλύψεις, οι λειτουργικές τους ιδιότητες επηρεάζονται πολύ από την υγρασία (Robertson, 2006).

Κυτταρίνη

Η κυτταρίνη είναι ο πιο άφθονος πολυσακχαρίτης στον πλανήτη, που αποτελεί σημαντικό συστατικό των κυτταρικών τοιχωμάτων των φυτών. Τα φυτικά υλικά αποτελούνται κυρίως από τρεις κύριους τύπους βιοπολυμερών: κυτταρίνη, λιγνίνη και ημικυτταρίνη. Η κυτταρίνη είναι το πιο άφθονο, φυσικά απαντώμενο πολυμερές στη γη και αποτελείται από γραμμικές αλυσίδες μονομερών β- (1 → 4) -D-γλυκοπυρανοσυλίου. Σε αντίθεση με το άμυλο, είναι ένα πολυμερές ευθείας αλυσίδας χωρίς διακλαδώσεις. Οι πολυάριθμες λειτουργίες του υδροξυλίου στην κυτταρίνη οδηγούν σε ισχυρούς δεσμούς υδρογόνου, δημιουργώντας ένα φυσικό δίκτυο που καθιστά το υλικό μη εύτηκτο. Η κυτταρίνη είναι αδιάλυτη σε υδατικό διάλυμα. Για την παραγωγή πλαστικών υλικών από κυτταρίνη, πρέπει να πραγματοποιηθεί χημική τροποποίηση. Αυτή η τροποποίηση συχνά συνεπάγεται την αντικατάσταση των λειτουργιών υδροξυλίου κυτταρίνης με λειτουργίες οξικού ή μεθυλίου, με σκοπό να μειωθεί η ένταση του δεσμού υδρογόνου. Ο βαθμός και ο τύπος αντικατάστασης και το μήκος αλυσίδας πολυμερούς επηρεάζουν τη διαπερατότητα, τις μηχανικές ιδιότητες και τη διαλυτότητα (Robertson, 2006). Οι πιο συνηθισμένοι αιθέρες κυτταρίνης είναι η μεθυλοκυτταρίνη (MC), υδροξυπροπυλοκυτταρίνη (HPC), υδροξυπροπυλομεθυλοκυτταρίνη (HPMC) και καρβοξυμεθυλοκυτταρίνη (CMC). Η MC έχει εξαιρετικές ιδιότητες δημιουργίας φιλμ, καθώς και υψηλή διαλυτότητα και αποτελεσματικότητας φραγής οξυγόνου και λιπιδίων.

Η ημιμοκυτταρίνη είναι ένας πολυσακχαρίτης που περιλαμβάνει περίπου το 20% της βιομάζας των περισσότερων φυτών. Ο όρος ημικυτταρίνη χρησιμοποιείται για να περιγράψει έναν αριθμό μη κρυσταλλικών σακχάρων εξόζης και πεντόζης συμπεριλαμβανομένων της γλυκόζης, ξυλόζης, μαννόζης, γαλακτόζης, ραμνόζης και αραβινόζης. Τέσσερις κύριες ομάδες ημικυτταρινών μπορούν να οριστούν σύμφωνα με την κύρια δομή τους: ξυλογλυκάνες (ξυλάνες), μαννογλυκάνες (μανάνες), β-γλυκάνες και ξυλογλυκάνες (Robertson, 2006).

Χιτίνη/Χιτοζάνη

Η χιτίνη είναι, μετά την κυτταρίνη, ο δεύτερος πιο άφθονος πολυσακχαρίτης που παράγεται στη φύση και υπάρχει κυρίως στον εξωσκελετό των αρθροπόδων και στα κυτταρικά τοιχώματα ορισμένων εντόμων (General news: Chitosan-derivative keeps apples fresh, 1991). Είναι ένα πολυμερές που αποτελείται από τα μονομερή της 2-ακεταμιδο-2-δεοξυ- β -γλυκάνης (Nisperos-Carriedo, 1994). Η μερική αποακετυλίωση της χιτίνης οδηγεί σε χιτοζάνη, η οποία έχει αποδειχθεί ότι προκαλεί φυτοαμυντικές ιδιότητες και αναστέλλει την ανάπτυξη μυκήτων (Walker-Simmons, Jin, West, Handwiger, & Rayan, 1984) (Stossel & Leuba, 1984). Η μεθυλίωση του πολυμερούς είχε ως αποτέλεσμα τη διπλή αντίσταση στο διοξείδιο του άνθρακα (Elson & Hayes, 1985). Ωστόσο, έχει σχετικά χαμηλή αντίσταση στη μεταφορά υδρατμών σε σύγκριση με τα λιπιδικά υλικά. Η αντιμικροβιακή ιδιότητα της χιτοζάνης βρέθηκε να αυξάνεται αλλά μειώνεται με την προσθήκη μετάλλων ιόντων. Η αποτελεσματικότητα της χιτοζάνης ποικίλλει και εξαρτάται από το είδος των μικροοργανισμών (Goy, De Britto, & Assis, 2009). Η αποτελεσματικότητα της χιτοζάνης έχει ερευνηθεί ως εδώδιμη επικάλυψη σε φρέσκα προϊόντα όπως φράουλες, καρότα, μάνγκο, πεπόνι, ανανάς και μανιτάρι (Tamer & Çorur, 2010). Σε όλες τις περιπτώσεις, η μικροβιακή ανάπτυξη παρεμποδίστηκε και η διάρκεια ζωής αυξήθηκε.

Άμυλο

Πρόκειται για ένα μείγμα αμυλόζης, ένα γραμμικό πολυμερές αποτελούμενο από α - $(1 \rightarrow 4)$ -D-γλυκοπυρανοσύλια μονομερή και αμυλοπηκτίνη, ένα πολυδιακλαδισμένο, με υψηλό μοριακό βάρος. Για να ενισχυθεί η υδατοδιαλυτότητα, μπορεί να πραγματοποιηθεί μερική αιθεροποίηση του αμύλου. Το άμυλο από αμυλόζη και το υδροξυπροπυλιωμένο άμυλο έχουν χρησιμοποιηθεί ως εδώδιμες επικαλύψεις σε τρόφιμα ενώ χρησιμοποιούνται και ως παράγοντες εγκλωβισμού του οξυγόνου ή λιπιδίων με σκοπό τη βελτίωση της εμφάνισης και της υφής. Οι δεξτρίνες (μια ομάδα υδατανθράκων χαμηλού μοριακού βάρους που παράγεται από την υδρόλυση του αμύλου) χρησιμοποιούνται συχνά για την παρασκευή διαφόρων τύπων επικαλύψεων στη ζαχαροπλαστική (Kramer, 2009). Αυτές οι μεμβράνες έχει διαπιστωθεί ότι είναι ημιπερατές στο διοξείδιο του άνθρακα αλλά είναι εξαιρετικά ανθεκτικές στο οξυγόνο (Rankin, Wolff, Davis, & Rist, 1958). Οι επικαλύψεις που κατασκευάζονται από τέτοια πολυμερή όπως οι δεξτρίνες έχουν χαμηλότερη διαπερατότητα σε υδρατμούς σε σύγκριση με τις μεμβράνες αμύλου (Kester & Fennema, Edible films and coatings: a review, 1986) (Allen, Nelson, Steinberg, & McGill, 1963).

Κόμμι

Τα αλγινικά άλατα εκχυλίζονται από φύκια της οικογένειας Phaeophyceae και είναι τα άλατα του αλγινικού οξέος, ένα γραμμικό συμπολυμερές μονομερών D-mannuronic και L-guluronic acid. Οι επιστρώσεις που παράγονται από την εξάτμιση του νερού από το λεπτό στρώμα αλγινικού διαλύματος είναι αδιαπέραστα από λίπη, έχουν υψηλό φραγμό στο οξυγόνο αλλά έχουν υψηλή διαπερατότητα υδρατμών. Τα ιόντα ασβεστίου χρησιμοποιούνται ως πηκτωματοποιητικοί παράγοντες για τη γεφύρωση αλγινικών αλυσίδων μέσω ιοντικών αλληλεπιδράσεων. Το Carrageenan είναι ένας συλλογικός όρος για πολυσακχαρίτες που εξάγονται από ορισμένα είδη φυκιών. Το Carrageenan είναι ένα πολύπλοκο μείγμα τουλάχιστον πέντε πολυμερών με βάση τη γαλακτόζη. Το Carrageenan έχει εφαρμοστεί για την αντιμικροβιακή του ιδιότητα και για τη μείωση της απώλειας υγρασίας, της οξείδωσης ή της αποσύνθεσης (Niето, 2009). Το αγάρ είναι ένα κόμμι που προέρχεται από μια ποικιλία κόκκινων φυκιών της οικογένειας Rhodophyceae και, όπως η

καραγενάνη, είναι πολυμερές γαλακτόζης. Σχηματίζει ισχυρά πήγματα που χαρακτηρίζονται από σημεία τήξης πολύ πάνω από την αρχική θερμοκρασία ζελατινοποίησης. Παρόλο που οι επικαλύψεις πηκτινικού οξέος δεν είναι επαρκείς φραγμοί υγρασίας, μπορούν να επιβραδύνουν την απώλεια νερού. Οι επικαλύψεις πηκτίνης έχουν επίσης διερευνηθεί για την ικανότητά τους να επιβραδύνουν τη μετανάστευση των λιπιδίων και να βελτιώνουν τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των τροφίμων.

Αλόε βέρα

Το τζελ της αλόε βέρα χρησιμοποιήθηκε για την επικάλυψη επιτραπέζιων σταφυλιών και επέκτεινε τη διάρκεια ζωής κατά 35 ημέρες στον 1°C. Το πήκτωμα λειτουργεί ως φράγμα για το οξυγόνο και το διοξείδιο του άνθρακα, δημιουργώντας μια τροποποιημένη ατμόσφαιρα, και δρα ως φράγμα υγρασίας, μειώνει την απώλεια βάρους, το «καφέτιασμα», το μαλάκωμα και την ανάπτυξη των ζυμών και των μυκήτων. Το τζελ αλόης περιέχει αντιμικροβιακές ενώσεις και έτσι αποτρέπει την αλλοίωση. Επίσης, χρησιμοποιείται ως λειτουργικό συστατικό στα ποτά για χρόνια (Valverde, et al., 2005).

3.5.2 Λιπίδια

Τα λιπίδια περιλαμβάνουν μια ομάδα υδρόφοβων ενώσεων, οι οποίοι είναι ουδέτεροι εστέρες γλυκερόλης και λιπαρών οξέων. Οι λιπιδικές ενώσεις έχουν χρησιμοποιηθεί ως εδώδιμες επικαλύψεις εδώ και πολλά χρόνια, αλλά επειδή δεν είναι πολυμερή, γενικά δεν σχηματίζουν συνεκτικά, αυτόνομα φιλμ. Ωστόσο, μπορούν να παρέχουν στιλπνότητα και, λόγω της σχετικά χαμηλής πολικότητάς τους, ένα φράγμα υγρασίας (Debeaufort & Voilley, 2009). Οι κηροί (εστέρες λιπαρών οξέων μακριάς αλυσίδας), έχουν χρησιμοποιηθεί στο εμπόριο από το 1930 ως εδώδιμες επικαλύψεις για φρέσκα φρούτα και λαχανικά. Γενικά, οι επικαλύψεις αυτές είναι περισσότερο ανθεκτικές στη μεταφορά υγρασίας από τις περισσότερες εδώδιμες επικαλύψεις. Οι επικαλύψεις με βάση τον κηρό, το λίπος και το λάδι μπορεί να είναι δύσκολο να εφαρμοστούν λόγω του πάχους και της λιπαρής επιφάνειάς τους, και μπορεί επίσης να προσδώσουν μια κηρώδη ή ταγγή γεύση (Baldwin, 2007). Λόγω της φύσης αυτών των ενώσεων, τα λιπίδια συχνά ενσωματώνονται σε κάποια άλλη ένωση όπως ένας πολυσακχαρίτης. Τα μονο-, δι- και τριγλυκερίδια είναι οι μονο-, δι- και τριεστέρες της γλυκερίνης με λιπαρά οξέα και έχουν χρησιμοποιηθεί ως επικαλύψεις, όπως και τα ακετυλιωμένα γλυκερίδια. Οι επικαλύψεις μονοστεατικής ακετυλιωμένης γλυκερίνης είναι ελαφρώς πιο διαπερατές σε υδρατμούς από τις μεμβράνες PA και PS και σημαντικά πιο διαπερατές από τις μεμβράνες LDPE. Είναι λιγότερο διαπερατές από το οξυγόνο συγκριτικά με τα φιλμ PS. Ορισμένα προβλήματα έχουν αναφερθεί για αυτές τις επικαλύψεις, συμπεριλαμβανομένης της τάσης να σπάσουν και να ξεφλουδίσουν κατά την αποθήκευση σε ψυγείο ή κατάψυξη, να πάρουν ξένες οσμές και να εμφανίσουν όξινη ή πικρή επίγευση (Bourlieu, Guillard, Vallè-Parmiès, Guilbert, & Gontard, 2009). Τα ακόρεστα γλυκερίδια και τα ακετυλιωμένα γλυκερίδια μπορεί να είναι ευαίσθητα στην οξειδωση. Λιπαρά οξέα, λιπαρές αλκοόλες και εστέρες λιπαρών οξέων σακχαρόζης μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν ως επικαλύψεις λιπιδίων. Οι εδώδιμες ρητίνες όπως η ρητίνη τερπενίου χρησιμοποιούνται για την παραγωγή στιλπνότητας στα τρόφιμα.

3.5.3 Πρωτεΐνες

Οι επικαλύψεις πρωτεϊνών κατασκευάζονται από ζωικές και φυτικές πρωτεΐνες συμπεριλαμβανομένων των κολλαγόνου, ζελατίνης, γλουτένης σίτου, ζελατίνης αραβοσίτου, πρωτεΐνης σόγιας, πρωτεΐνης ορού γάλακτος (WP) και καζεΐνης. Λόγω της υδροφιλικότητάς τους και των μεγάλων ποσοτήτων υδρόφιλων πλαστικοποιητών όπως η γλυκερίνη και η σορβιτόλη που ενσωματώνονται σε μεμβράνες πρωτεΐνης για να τους δώσουν ευελιξία, έχουν περιορισμένη αντίσταση στους υδρατμούς. Οι επικαλύψεις με βάση τις πρωτεΐνες έχουν γενικά καλές μηχανικές και οπτικές ιδιότητες, είναι καλοί φραγμοί έναντι της μεταφοράς οξυγόνου, διοξειδίου του άνθρακα, αρωματικών ενώσεων και λιπιδίων, αλλά έχουν υψηλό μοριακό βάρος (Robertson, 2006).

Οι πρωτεΐνες γάλακτος που χρησιμοποιούνται ως εδώδιμες επικαλύψεις κατασκευάζονται από καζεΐνη καθώς και από πρωτεΐνη ορού γάλακτος. Αυτές οι επικαλύψεις έχουν χρησιμοποιηθεί ως προστατευτικοί φραγμοί για τη μείωση της πρόσληψης οξυγόνου στα ψημένα φυτικά και τον κατεψυγμένο σολομό (Robertson, 2006). Η προσθήκη ασκορβικού οξέος (βιταμίνη C) σε μεμβράνες WP παρέχει μια λειτουργία απομάκρυνσης οξυγόνου ενώ επιβραδύνουν την οξείδωση των λιπιδίων σε φυτικά, φυτικοβούτυρο και μαγιονέζα (Janjarasskul & Krochta, 2010).

3.5.4 Νανοςύνθετα Υλικά Συσκευασίας

Το 1986, ερευνητές της Toyota στην Ιαπωνία ανακάλυψαν ότι ο πολυμερισμός της καπρολακτάμης παρουσία πηλού μοντμοριλονίτη (NMT) είχε ως αποτέλεσμα μια αξιοσημείωτη αύξηση σε αρκετές ιδιότητες. Έκτοτε, η έρευνα για τα νανοςύνθετα πολυμερούς-αργίλου (PCN) έχει πολλαπλασιαστεί και έχει γίνει εμπορευματοποίηση σε πολλούς τομείς, συμπεριλαμβανομένης της συσκευασίας τροφίμων. Σήμερα, ένας ολοένα και πιο δημοφιλής τρόπος βελτίωσης των ιδιοτήτων φραγμού της πλαστικής συσκευασίας με οικονομικό κόστος είναι η ενσωμάτωση νανοσωματιδίων στο πολυμερές για τη δημιουργία PCN. Το νανομέτρο (nm) είναι το ένα δισεκατομμυριοστό του μέτρου ($1 \times 10^{-9} \text{m}$) και η νανοτεχνολογία αναφέρεται γενικά σε υλικά με τουλάχιστον μία διάσταση στην περιοχή 1-100 nm. Ο όρος νανοςύνθετο αναφέρεται σε σύνθετα υλικά που περιέχουν συνήθως χαμηλές προσθήκες κάποιου είδους νανοσωματιδίων. Στη συσκευασία τροφίμων, τα νανοςύνθετα συνήθως αναφέρονται σε υλικά που περιέχουν, συνήθως, 1-7 %w/w τροποποιημένων νανοςύνθετων (Robertson, 2006).

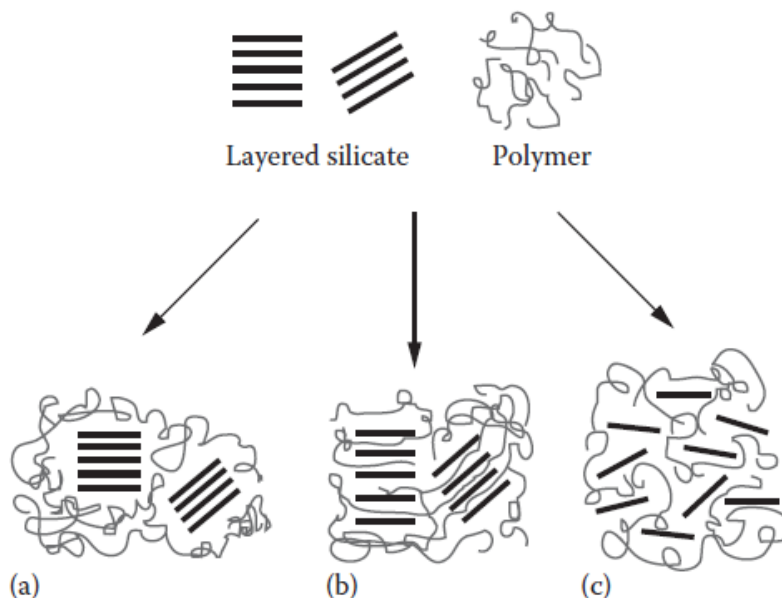
Το πυρίτιο αποτελεί τη μεγαλύτερη και πιο σημαντική κατηγορία μετάλλων που σχηματίζουν βράχους, αποτελώντας ~90% του φλοιού της Γης. Οι ενώσεις που περιέχουν πυρίτιο ταξινομούνται με βάση τη δομή της πυριτικής τους ομάδας. Όλα τα ανόργανα πυριτικά περιέχουν πυρίτιο και οξυγόνο. Τα φυλλοπυριτικά, ή τα πυριτικά φύλλα, σχηματίζουν παράλληλα πυριτικά τετραέδρα φύλλα με Si_2O_5 . Τα πυριτικά στρώματα αναφέρονται συνήθως ως άργιλοι. Ο κύριος άργιλος που χρησιμοποιείται στα νανοςύνθετα είναι το MMT, μέλος της ομάδας σηκίτη με χημικό τύπο $(\text{Na}, \text{Ca})_{0.33}(\text{Al}, \text{Mg})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Πρόκειται για μια στρώση αργιλίου-πυριτίου με στρώσεις που αποτελούνται ένα εσωτερικό στρώμα οκταεδρικού φύλλου υδροξειδίου του αργιλίου, που περικλείεται μεταξύ δύο στρώσεων τετραεδρικών φύλλων οξειδίου του πυριτίου. Αυτές οι εσωτερικές στρώσεις έχουν συνήθως πάχος 1 nm και πλάτος 70-2000 nm, δίνοντας λόγο διαστάσεων έως 2000:1. Χωρίζονται μεταξύ τους με κενά 1 nm, τα οποία συνήθως καταλαμβάνονται από κατιόντα, συνήθως αλκαλίων και αλκαλικών γαιών όπως Na^+

και K^+ (Nguyen & Baird, 2006). Ο άργιλος είναι υδρόφιλος, ενώ τα περισσότερα πολυμερή είναι υδρόφοβα και, επομένως, εκτός από μερικά υδρόφιλα πολυμερή, τα περισσότερα πολυμερή δεν είναι συμβατά (αναμίξιμα) με άργιλο. Για να σχηματιστούν PCN, το πρόβλημα της ανάμιξης μεταξύ του πολυμερούς και του υδρόφιλου αργιλίου πρέπει να λυθεί είτε τροποποιώντας το πολυμερές είτε, όπως συνήθως, τροποποιώντας τον άργιλο (Zhang, Manias, & Wilkie, 2008).

Στις εφαρμογές συσκευασίας τροφίμων, είναι επιτακτική ανάγκη οι εφαρμοζόμενες τροποποιήσεις να είναι ακίνδυνες, να συμμορφώνονται με τους κανονισμούς μετανάστευσης και να χρησιμοποιούν εγκεκριμένες ουσίες που έρχονται σε επαφή με τρόφιμα ως έγκυρους τροποποιητές.

Δυστυχώς, για πολλούς παραγωγούς, αυτό δεν ισχύει. Για παράδειγμα, τα άλατα αμμωνίου χρησιμοποιούνται συνήθως για την ενίσχυση των ιδιοτήτων των πολυμερών σε δομικές εφαρμογές ως χημικοί τροποποιητές, αλλά δεν έχουν εγκριθεί για εφαρμογές που έρχονται σε επαφή με τρόφιμα στην ΕΕ. Για εφαρμογές συσκευασίας τροφίμων, πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνο εγκεκριμένα υλικά και πρόσθετα που έρχονται σε επαφή με τρόφιμα και πρέπει να το κάνουν κάτω από τα αντίστοιχα όρια μετανάστευσης. Αυτό περιορίζει την εφαρμογή PCN στη συσκευασία τροφίμων (Sanchez-Garcia & Lagarón, 2009).

Γενικά, ο βαθμός διασποράς των αργιλικών στρωμάτων (πολυμερή) σε σχέση με τις στρώσεις πυριτίου καθορίζει τη δομή των νανοσύνθετων. Δύο βασικές έννοιες χρησιμοποιούνται σε αυτό το πλαίσιο: «intercalate», που σημαίνει εισαγωγή μεταξύ υπαρχόντων στρωμάτων, και «exfoliate», που σημαίνει διαχωρισμός σε λεπτές νιφάδες. Αυτές οι δομές παρουσιάζονται σχηματικά παρακάτω (Alexandre & Dubois, 2000).



Εικόνα 3.6 Απεικόνιση των διαφορετικών τύπων νανοσύνθεσης. a) Διαχωρισμένη φάση, b) Intercalated και c) exfoliated.

3.5.5 Τεχνολογία Κρύου Πλάσματος

Η τεχνολογία του κρύου πλάσματος είναι μια ανερχόμενη μέθοδος στην τελευταία δεκαετία. Αρκετές έρευνες έχουν γίνει σχετικά με αυτήν την τεχνολογία μετά το 2008 κυρίως στην Ιρλανδία, στην Αμερική και στην Αυστραλία (Jingdun, Donghong, & Haile, 2019). Ο όρος «πλάσμα» χρησιμοποιήθηκε για να καθορίσει αυτήν την τέταρτη κατάσταση της ύλης που είναι μερικώς ή πλήρως ιονισμένη κατάσταση του αερίου. Η αλλαγή της φάσης από στερεό σε υγρό και μετά σε αέριο συμβαίνει καθώς αυξάνουμε την εισροή ενέργειας, αυξάνοντας έτσι την ενεργειακή είσοδο πέρα από ένα ορισμένο επίπεδο στην κατάσταση αερίου κατά την οποία προκαλείται ιονισμός μορίων που αποδίδουν την κατάσταση πλάσματος. Μερικά από τα πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου είναι (Thirumdas, Sarangarani, & Annappure, 2014):

- Υψηλή αποτελεσματικότητα αναστολής μικροοργανισμών σε χαμηλές θερμοκρασίες.
- Ακριβής παραγωγή πλασμάτων κατάλληλων για την προβλεπόμενη χρήση.
- Προλαμβάνει την παραγωγή για την απομάκρυνση των μικροοργανισμών.
- Λειτουργία χωρίς νερό ή διαλύτες.
- Δεν υπάρχουν υπολείμματα.
- Αποδοτικός πόρος.
- Αφαίρεση μη πτητικών οργανικών ενώσεων (VOC) από τις βιομηχανίες τροφίμων που είναι τοξικές και επιβλαβείς οδηγεί σε σχετικά χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και γενικά σε μέτριο κόστος, σε σύγκριση με τις συμβατικές μεθόδους επεξεργασίας με αέρα.

Στον βιοϊατρικό τομέα, η τεχνολογία πλάσματος χρησιμοποιείται για ψυχρή αποστείρωση οργάνων, καθώς και πολλών θερμο-ασταθών υλικών που χρησιμοποιούνται στον τομέα της βιοϊατρικής τεχνολογίας. Συμβατικά, χρησιμοποιούνται μέθοδοι αποστείρωσης όπως θερμότητα, χημικά διαλύματα για την επιφανειακή απολύμανση φρούτων, σπόρων και μπαχαρικών κ.λπ., οι οποίες είναι συχνά χρονοβόρες και βλαβερές ή έχουν τοξικές ουσίες. Η επίδραση του ψυχρού πλάσματος στα βακτηριακά σπόρια είναι πιο αποτελεσματική μέθοδος από τις συμβατικές τεχνικές όπως η θερμότητα, τα χημικά και η υπεριώδης ακτινοβολία (Van de Veen, Xie, & Esveld, 2014).

Το κρύο πλάσμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί επιτυχώς για μικροβιακή καταστροφή σε φρέσκα προϊόντα με σκοπό την αύξηση της διάρκειας ζωής των. Σε πρόσφατη έρευνα ανέφεραν ότι η μείωση του συνολικού μεσόφιλου φορτίου ήταν 12-85%, ο αριθμός ζυμομυκήτων και μούχλας μειώθηκε κατά 44-95% σε φράουλες που είχαν υποστεί επεξεργασία με κρύο πλάσμα (Misra, et al., 2014). Η αποτελεσματικότητα της μικροβιακής αναστολής μειώθηκε με την αύξηση της υγρασίας του αέρα (Thirumdas, Sarangarani, & Annappure, 2014). Τα πρόσφατα ευρήματα στον τομέα του κρύου πλάσματος για απενεργοποίηση των μικροοργανισμών σε τρόφιμα φαίνονται στον παρακάτω πίνακα (Thirumdas, Sarangarani, & Annappure, 2014).

Microorganism	Substrate	Plasma source	Exposure time	Log reduction
<i>S. enteritidis</i> (O1)	Table Egg	RBD prototype	90 min	4-5
<i>L. monocytogenes</i>				
<i>E. coli</i> , <i>C. jejuni</i>	Chicken skin	Pulsed gas plasma discharge	24 s	up to 8
<i>Listeria innocua</i>	Chicken meat	He-O ₂ plasma	4 min	> 3.5
<i>E. coli</i> , <i>S. typhimurium</i>	Bacon	APP	90 s	2-3
<i>L. monocytogenes</i> , <i>L. monocytogenes</i>	Sliced Ham	APP	120 s	up to 1.73
	Sliced cheese	APP	120 s	> 8
<i>S. typhimurium</i>	Lettuce		15 min	up to 2.72
	Strawberry	CAP	15 min	1.76
<i>E. coli</i> , <i>S. Stanley</i>	Red apples	Gliding arc CP	3 min	up to 3.7
Yeast/moulds	Strawberries	DBD	5 min	up to 3
<i>E. coli</i>	Apple juice	Needle/plate system	-	7
<i>E. coli</i>	Almonds	Dielectric discharge	30 s	1.8-5
<i>S. aureus</i> , <i>E. coli</i> , <i>C. albicans</i>	Orange juice	DBD	25 s	>5
<i>A. parasiticus</i>	Hazelnuts, peanuts, pistachio nuts	Low pressure plasma	20 min	5
<i>G. liquefaciens</i> , <i>P. agglomerans</i> , <i>S. cerevisiae</i>	Mango & melon skin	APJ	25 s	1-3
<i>E. coli</i>	Mango & melon skin	APJ	5 s	up to 3
<i>A. parasiticus</i> , <i>Penicillium</i>	Grains and cereals	SF ₆ CP	15 min	3
<i>L. sakei</i> ,	Cold-smoked salmon	DBD	-	1-5
<i>S. typhimurium</i>	Tomatoes	DBD	300 s	3.8
<i>A. hydrophila</i>	Lettuce	COP	5 min	5
<i>A. flavus</i>	Pepper powder	microwave-CPT	20 min	2.5

DBD-Dielectric barrier discharge, APJ-Atmospheric plasma jet, CP-cold plasma, COP-Cold oxygen plasma, APP-Atmospheric pressure plasma

Εικόνα 3.7 Πρόσφατα ευρήματα μικροβιακής απενεργοποίησης με την χρήση του κρύου πλάσματος

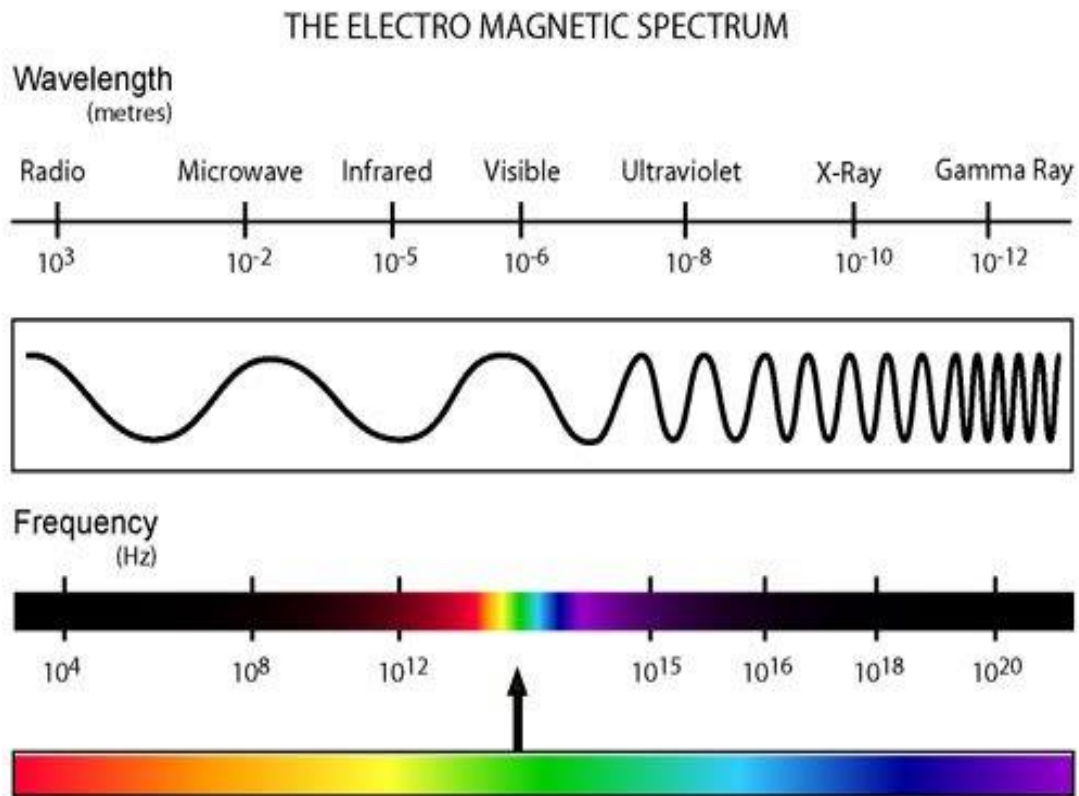
3.6 Ακτινοβολία

Ακτινοβολία είναι η εκπομπή και διάδοση ενέργειας μέσω του χώρου ή μέσω ενός υλικού με τη μορφή κυμάτων όπως για παράδειγμα η εκπομπή ηλεκτρομαγνητικών, ακουστικών ή ελαστικών κυμάτων (Λάζος, 2014). Ο όρος ακτινοβολία όταν δεν εξειδικεύεται συνήθως αναφέρεται στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Η ακτινοβολία αυτή συνήθως ταξινομείται ανάλογα με τη συχνότητα της ως ραδιοσυχνότητα (radio), μικροκύματα (microwave), υπέρυθρο (infrared), ορατό (visible), υπεριώδες (ultraviolet), ακτίνες X (X-ray) και ακτίνες γ (Gamma ray).

Όταν αναφερόμαστε στην ακτινοβολία των τροφίμων εννοείται η χρήση ιοντίζουσων ακτινοβολιών, από ραδιενεργά ισότοπα του κοβαλτίου και του καϊσίου ή από γραμμικούς επιταχυντές οι οποίοι παράγουν ακτίνες β ή ακτίνες X, στα τρόφιμα. Γενικά, η ακτινοβολία των τροφίμων μπορεί να χρησιμοποιηθεί (Λάζος, 2014):

- i. για την καταστροφή παρασίτων και εντόμων σε δημητριακά, όσπρια, ξηρά φρούτα και λαχανικά, κρέας και ψάρια,

- ii. για την αναστολή της εκβλαστήσεως προϊόντων όπως πατάτες και κρεμμύδια,
- iii. για την επιβράδυνση της ωρίμασης νωπών φρούτων και λαχανικών και
- iv. για την μείωση του αριθμού των μικροοργανισμών στα τρόφιμα.



Εικόνα 3.8 Φάσμα Ηλεκτρομαγνητικής Ακτινοβολίας

Με αυτόν τον τρόπο μειώνεται η πιθανότητα εμφάνισης κινδύνου τροφομεταφερόμενων ασθενειών και αυξάνεται ο χρόνος ζωής των τροφίμων.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται συνοπτικά κάποια ορόσημα στην ακτινοβόληση των τροφίμων από το 1895 έως το 1950 (American Council on Science and Health, 1998).

Πίνακας 3.6 Ορόσημα στην ακτινοβόληση των τροφίμων

ΕΤΟΣ	ΣΤΑΘΜΟΣ
1895	Ανακάλυψη ακτίνων Χ.
1896	Ανακάλυψη της ραδιενέργειας. Πρόταση για τη χρήση ιοντίζουσας ακτινοβολίας για τη συντήρηση των τροφίμων με σκοπό την καταστροφή των μικροοργανισμών.
1904	Δημοσίευση στο MIT πάνω στις βακτηριοκτόνες επιδράσεις της ιοντίζουσας ακτινοβολίας.

1905	Πατέντες στην Αμερική και στη Βρετανία για τη χρήση ιοντίζουσας ακτινοβολίας για τη θανάτωση βακτηρίων στα τρόφιμα.
1905-1920	Έρευνα για τις φυσικές, χημικές και βιολογικές επιδράσεις της ιοντίζουσας ακτινοβολίας.
1921	Έρευνες για τη θανατηφόρο επίδραση των ακτίνων X πάνω στην <i>Trichinella spiralis</i> σε νωπό χοιρινό.
1923	Πρώτη δημοσίευση αποτελεσμάτων μελετών πάνω στην τροφοδοσία ζώων για την εκτίμηση της ασφαλείας των ακτινοβολιών των τροφίμων.
1930	Γαλλική πατέντα για τη χρήση ιοντίζουσας ακτινοβολίας στην συντήρηση των τροφίμων.
1943	Η ομάδα του MIT Αποδεικνύει τη σκοπιμότητα της χρήσης ακτίνων X στη συντήρηση κιμά βοδινού.
1940-1950	Έναρξη της ανάπτυξης της ακτινοβόλησης των τροφίμων από την κυβέρνηση της Αμερικής που περιλάμβαναν μακροχρόνιες μελέτες διατροφής.
1950	Έναρξη προγράμματος ακτινοβόλησης στην Αγγλία και πολλές άλλες χώρες.

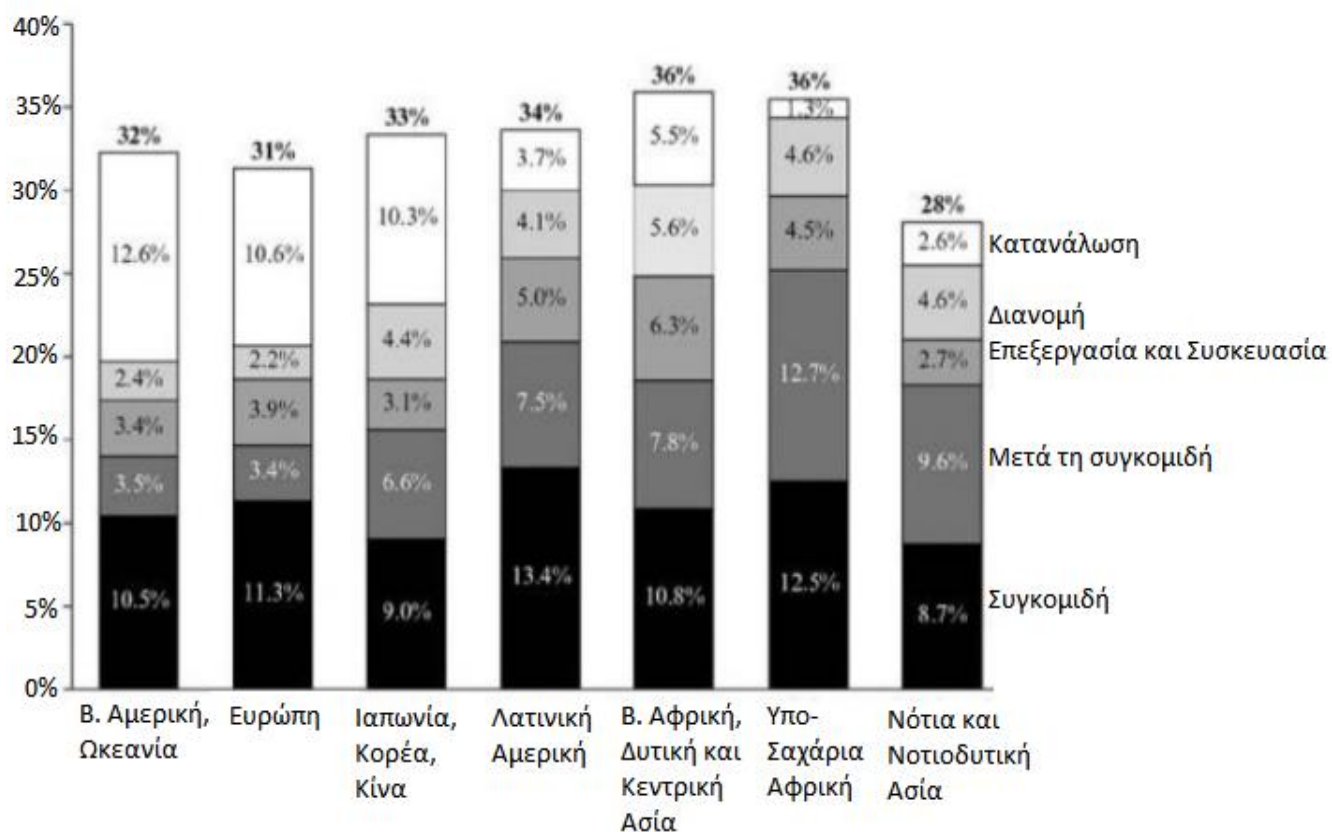
Κατά τη διαδικασία της ακτινοβόλησης τα τρόφιμα εκτίθεται σε ακτινοβόλο ενέργεια. Το τρόφιμο διέρχεται διαμέσου ενός θαλάμου, τον ακτινοβολητή, όπου εκτίθεται σε μία πηγή ιοντίζουσας ακτινοβολίας. Για την ακτινοβόληση των τροφίμων μπορούν να χρησιμοποιηθούν δύο διαφορετικές διεργασίες, με ακτίνες γ και με δέσμη ηλεκτρονίων (Chapple, 1993) (Diehl, 1995). Η ακτινοβολία γ χρησιμοποιείται για τη συντήρηση μεγάλων ποσοτήτων τροφίμου όπως κατεψυγμένου κατεψυγμένου στήθος κοτόπουλου ή κιμά βοδινού. Με τη μέθοδο αυτή το τρόφιμο υφίσταται επεξεργασία στο εργοστάσιο, συσκευάζεται με πλαστικό φιλμ διαπερατό από το οξυγόνο και μεταφέρεται στην εγκατάσταση ακτινοβόλησης. Στην εγκατάσταση ακτινοβόλησης το προϊόν με μορφή παλέτας και με τη βοήθεια ενός μεταφορέα μεταφέρεται στο θάλαμο ακτινοβόλησης. Έτσι, εκτίθεται σε ένα ελεγχόμενο πόσο ακτινοβολίας γ από μία ραδιενεργή πηγή. Οι ακτίνες γ διεισδύουν στο τρόφιμο και ταχέως θανατώνουν τα παθογόνα βακτήρια, τα επικίνδυνα παράσιτα και έντομα χωρίς να μεταβάλλουν την φύση του τροφίμου. Το ακτινοβολημένο προϊόν δεν είναι ραδιενεργό αφού οι ακτίνες δεν παραμένουν στο τρόφιμο. Κατά την ακτινοβόληση με δέσμη ηλεκτρονίων το τρόφιμο εκτίθεται σε ένα νέφος ηλεκτρονίων το οποίο αποστέλλει ηλεκτρόνια υψηλής ταχύτητας στο τρόφιμο τα οποία συγκρούονται και καταστρέφουν τα επικίνδυνα βακτήρια. Τα ηλεκτρόνια επιταχύνονται κοντά στην ταχύτητα του φωτός με γραμμικό επιταχυντή και η ενέργειά τους είναι της τάξεως των 3-10 MeV που αντιστοιχεί σε ισχύ 1-50 kW.

4. ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

Το πρόβλημα των αποβλήτων τροφίμων έχει πάρει ανησυχητικές διαστάσεις τις τελευταίες δεκαετίες καθώς έχει οικονομικές, κοινωνικές και περιβαλλοντολογικές προεκτάσεις και επιπτώσεις. Η πολυπλοκότητα του προβλήματος και οι προεκτάσεις του το καθιστούν ένα από τα σοβαρότερα προβλήματα του αιώνα μας και η αντιμετώπισή του απαιτεί την κινητοποίηση του συνόλου της κοινωνίας. Σε όλο το μήκος της αλυσίδας εφοδιασμού των τροφίμων σπαταλούνται τρόφιμα, από το αρχικό στάδιο της γεωργικής παραγωγής μέχρι και την τελική κατανάλωση από τα νοικοκυριά. Στο πρόβλημα της σπατάλης τροφίμων μεγάλο μερίδιο ευθύνης έχουν οι καταναλωτές, καθώς η αγορά τροφής σε μεγαλύτερες ποσότητες από αυτές που πραγματικά υπάρχει ανάγκη είναι πλέον μια εδραιωμένη τακτική. Επίσης, παρατηρείται μεγάλη έκταση του φαινομένου της σπατάλης τροφίμων σε χώρες μεσαίου και υψηλού επιπέδου εισοδήματος, γεγονός που μεταφράζεται ότι απορρίπτονται τρόφιμα ακόμη και αν εξακολουθούν να είναι κατάλληλα για κατανάλωση από τον άνθρωπο.

Με τους όρους σπατάλη και απώλεια τροφίμων αναφερόμαστε στο φαινόμενο κατά το οποίο μέρος των τροφίμων που παράγονται παγκοσμίως δεν καταναλώνονται με αποτέλεσμα να καταλήγεις τα σκουπίδια. Πολλά από τα προϊόντα που παράγονται ετησίως δεν φτάνουν ποτέ στον καταναλωτή καθώς δεν πληρούν τις προϋποθέσεις που θέτουν μεγάλες αλυσίδες εμπορίας τροφίμων. Στο φαινόμενο αυτό της σπατάλης τροφίμων μερίδιο ευθύνης έχουν και οι καταναλωτές καθώς η αγορά τροφής σε μεγαλύτερες ποσότητες από αυτές που πραγματικά έχουν ανάγκη είναι πλέον μια παγιωμένη, λανθασμένη τακτική. Ο όρος food loss αναφέρεται στην απώλεια που προκύπτει στα πρώτα στάδια της εφοδιαστικής αλυσίδας (συγκομιδή, παραγωγή, αποθήκευση, μεταφορά) ενώ ο όρος food waste αναφέρεται στην σπατάλη που γίνεται από την μεριά των καταναλωτών και των νοικοκυριών. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η απώλεια και η σπατάλη των τροφίμων στα διάφορα στάδια της αλυσίδα εφοδιασμού των τροφίμων σε διάφορες περιοχές (FAO, 2011).

Στις υψηλά και μέτρια ανεπτυγμένες χώρες το φαγητό αποτελεί ένα μεγάλο μέρος των αποβλήτων στο στάδιο της κατανάλωσης ενώ στις υποανάπτυκτες χώρες υπάρχουν μεγάλες απώλειες τροφίμων στα στάδια της συγκομιδής και της επεξεργασίας (FAO, 2011) (Parfitt, Barthel, & Macnaughton, 2010). Στις πρώτες χώρες ο μεγάλος αριθμός απωλειών οφείλεται στους κανονισμούς και τα πρότυπα τα οποία αναγκάζουν την βιομηχανία να απομακρύνει φαγητό το οποίο είναι ακόμα ασφαλές για κατανάλωση (FAO, 2016). Η κατά κεφαλήν σπατάλη τροφίμων στην Ευρώπη και την Βόρεια Αμερική εκτιμώνται στα 95-115 κιλά ανά χρόνο, συγκριτικά με 6-11 κιλά ανά χρόνο στην υποσαχάρια Αφρική και τη Δυτική Ασία (FAO, 2011). Στην Αφρική, εκτιμάται ότι 300 εκατομμύρια άνθρωποι θα μπορούσαν να τραφούν από τα απόβλητά τους (FAO, 2013).



Εικόνα 4.1 Απώλεια και σπατάλη τροφίμων στα διάφορα στάδια της εφοδιαστικής αλυσίδας σε διάφορες περιοχές

Η κατάρτιση του Εθνικού Σχεδίου Διαχείρισης Αποβλήτων (ΕΣΔΑ) – Ιούνιος 2015, σύμφωνα με τα άρθρα 22 και 35 του Νόμου 4042/2012 (24/τ.Α΄) προς εφαρμογή του άρθρου 28 της Οδηγίας 2008/98/ΕΚ, αποσκοπεί στο να δοθούν οι κατάλληλες στρατηγικές κατευθύνσεις ώστε μέσω ενός συνεκτικού πλέγματος σχεδίων, προγραμμάτων, δράσεων και έργων να εφαρμόζεται η εθνική πολιτική διαχείρισης αποβλήτων και να επιτυγχάνονται οι θεσμοθετημένοι στόχοι. Τελικός σκοπός είναι να περιορίζονται οι αρνητικές επιπτώσεις της παραγωγής και της διαχείρισης αποβλήτων, να μειώνεται ο συνολικός αντίκτυπος της χρήσης των πόρων και να βελτιώνεται η αποδοτικότητά τους, για μια υψηλού επιπέδου προστασία του περιβάλλοντος και της ανθρώπινης υγείας.

Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις Αποβλήτων Τροφίμων

Το περιβάλλον επηρεάζεται τόσο από την απόρριψη τροφίμων όσο και από τις εισροές ενέργειας που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή τροφίμων. Αυτές οι επιπτώσεις περιλαμβάνουν την παραγωγή αερίων θερμοκηπίου (Greenhouse Gases, GHG) από τις χωματερές και τη ρύπανση του νερού.

Για να εκτιμηθούν σωστά οι επιπτώσεις πρέπει να ληφθούν υπ' όψη τρεις δείκτες: το αποτύπωμα άνθρακα (carbon footprint), το οικολογικό αποτύπωμα (ecological footprint) και το αποτύπωμα νερού (water footprint).

Το αποτύπωμα του άνθρακα αντιπροσωπεύει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου που παράγονται κατά την διάρκεια της παραγωγής. Το διοξείδιο του άνθρακα αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα αέρια του θερμοκηπίου τα οποία παράγεται με την χρήση ορυκτών καυσίμων. Σημαντικοί, επίσης, συντελεστές στο αποτύπωμα άνθρακα της σπατάλης τροφίμων είναι τα δημητριακά (34%), το κρέας (21%) και τα λαχανικά (21%) (FAO, 2013). Η παραγωγή και εφαρμογή λιπασμάτων αζώτου συμβάλλουν σημαντικά στη συνολική κλιματική επίπτωση των σιτηρών, μαζί με τη χρήση νίζελ, συγκομιδής και ξήρανσης λόγω παραγωγής του υποξειδίου του αζώτου. Σε γενικές γραμμές, η παραγωγή φρούτων και λαχανικών που καλλιεργούνται σε χωράφια έχουν σχετικά χαμηλές εκπομπές αερίων θερμοκηπίου. Για τους σπόρους, οι εκπομπές αφορούν κυρίως τις χρήσεις λιπασμάτων νίζελ και αζώτου. Για τα μονογαστρικά ζώα, η κύρια συμβολή στα αέρια GHG είναι η διαχείριση της κοπριάς που δημιουργείται μετά την τροφή τους, λόγω των εκπομπών μεθανίου. Το μεθάνιο είναι η κύρια πηγή εκπομπών από τα μηρυκαστικά, η οποία προέρχεται από εντερική ζύμωση που συμβαίνει κατά τη διάρκεια της τροφοδοσίας (Blakeney, 2019).

Το νερό που χρησιμοποιείται για την παραγωγή των τροφίμων που σπαταλούνται αποτελεί μια άλλη περιβαλλοντική επίπτωση. Ο FAO εκτιμά ότι οι κύριοι συντελεστές στο περιβαλλοντικό αποτύπωμα νερού άρδευσης της σπατάλης τροφίμων είναι τα δημητριακά (52%) και τα φρούτα (18%) (FAO, 2013). Υπάρχουν περιφερειακές διαφορές, ανάλογα με το ποιες καλλιέργειες καλλιεργούνται. Η καλλιέργεια ρυζιού στην Ασία χρησιμοποιεί μεγάλες ποσότητες νερού, ενώ η παραγωγή καλλιεργειών στην υποσαχάρια Αφρική χρησιμοποιεί μικρές ποσότητες νερού (Blakeney, 2019).

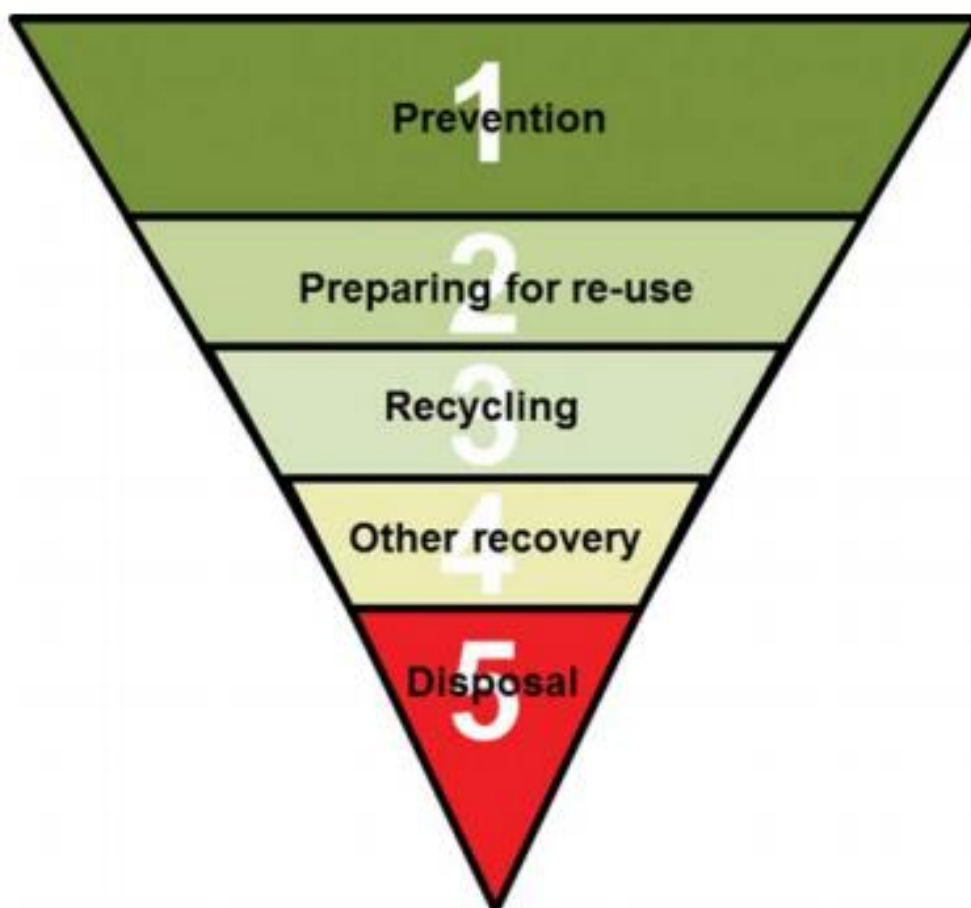
Το οικολογικό αποτύπωμα είναι ένας δείκτης που χρησιμοποιείται για να αξιολογήσει τον αντίκτυπο που έχει το σύνολο της κατανάλωσης του πληθυσμού στο περιβάλλον. Είναι ένα τυποποιημένο μέτρο της ζήτησης για το φυσικό κεφάλαιο που μπορεί να αντιπαραβληθεί με την οικολογική ικανότητα τον πλανήτη να αναγεννά πόρους (Ewing, 2001). Αντιπροσωπεύει την ποσότητα των βιολογικά παραγωγικών εκτάσεων και θαλάσσιων περιοχών που απαιτούνται για την παροχή των απαραίτητων φυσικών πόρων προς κατανάλωση από τον ανθρώπινο πληθυσμό αλλά και για την αφομοίωση των αποβλήτων που παράγονται.

Οικονομικές Επιπτώσεις Αποβλήτων Τροφίμων

Σε παγκόσμιο επίπεδο, το οικονομικό κόστος των αποβλήτων της συνολικής ποσότητας σπατάλης τροφίμων κατά το έτος 2007 εκτιμήθηκε σε περίπου 750 δισεκατομμύρια (FAO, 2013). Οι κύριοι συντελεστές στο οικονομικό κόστος των αποβλήτων ήταν τα λαχανικά (23%) το κρέας (21%) τα φρούτα (19%) και τα δημητριακά (18%) (FAO, 2013). Η συμβολή του κρέατος στο συνολικό κόστος της σπατάλης τροφίμων αντικατοπτρίζει το υψηλό κόστος παραγωγής ανά κιλό. Το κρέας αντιπροσωπεύει περίπου το 4% της συνολικής σπατάλης τροφίμων, αλλά περίπου το 20% του συνολικού οικονομικού κόστους αυτής της σπατάλης. Από τα παραπάνω επιχειρήματα, φαίνεται ότι η μείωση των αποβλήτων τροφίμων μπορεί να συμβάλει στην αντιμετώπιση του ελλείμματος στις προμήθειες τροφίμων που είναι σε έξαρση (Blakeney, 2019). Επιπλέον, η μείωση των αποβλήτων τροφίμων θα μπορούσε να θεωρηθεί ως ένας τρόπος για να αυξηθεί η αποτελεσματικότητα της αλυσίδας εφοδιασμού τροφίμων, μειώνοντας το κόστος για τους παραγωγούς και τις τιμές για τους καταναλωτές και μειώνοντας τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Ωστόσο, πρέπει επίσης να ληφθούν υπόψη οι ακούσιες συνέπειες της εξοικονόμησης τροφίμων και της διάθεσής τους σε καταναλωτικά είδη στις χώρες καταγωγής και στο εξωτερικό (Rutten, Nowicki, Bogaardt, & Aramyan, 2013). Από την πλευρά της ζήτησης, η ανακατανομή των

δαπανών για παλαιότερα σπατάλη τροφίμων προκαλεί σε ορισμένους παραγωγούς τη χειρότερη κατάσταση. Για παράδειγμα, εάν οι παραγωγοί, οι διανομείς και οι καταναλωτές έπρεπε να σπαταλήσουν λιγότερες καλλιέργειες τροφίμων, τότε οι παραγωγοί καλλιεργειών τροφίμων θα ερχόντουσαν σε χειρότερη θέση αφού αντίστοιχα λιγότερες καλλιέργειες τροφίμων θα απαιτούσε από την πλευρά της προσφοράς, χαμηλότερες απώλειες θα σήμαινε ότι θα απαιτούσαν λιγότερες γεωργικές εισροές οδηγώντας σε χαμηλότερο μοναδιαίο κόστος (Blakeney, 2019). Αυτό μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση των εξαγωγών τροφίμων στην παγκόσμια αγορά. Αυτό θα είναι επωφελές για τους καταναλωτές, αλλά μπορεί να είναι επιβλαβές για τους παραγωγούς, ιδίως στις αναπτυσσόμενες χώρες.

Στο παρακάτω σχήμα (Directive 2008/98/EC) φαίνεται η ιεράρχηση των αποβλήτων (Waste Framework Directive, WFD) η οποία έχει σαν προτεραιότητα την αποτροπή της δημιουργίας αποβλήτων σε πρώτη φάση και σαν τελευταία επιλογή την απόσυρση (δηλαδή την μεταφορά των αποβλήτων στην χωματερή). Από τις ενδιάμεσες επιλογές διαχείρισης αποβλήτων, η επαναχρησιμοποίηση και ύστερα η ανακύκλωση (για παράδειγμα σε χημικά), είναι οι πιο περιβαλλοντικά ορθές λύσεις.



Εικόνα 4.2 Ιεράρχηση Διαχείρισης Αποβλήτων (Waste Framework Directive, WFD)

Η σήψη των προϊόντων εκτιμάται ότι αναλογεί σε 3,3 δισεκατομμύρια τόνους αερίων θερμοκηπίου, δηλαδή περίπου το 14% των παγκόσμιων εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (FAO, 2011). Τα τρόφιμα που αφήνονται να σαπίσουν στις χωματερές επηρεάζουν επίσης τη

βιοποικιλότητα του εδάφους γύρω από τις χωματερές, ρυπαίνοντας υδάτινες οδούς και υδάτινα νερά. Εκτιμάται ότι το νερό που χρησιμοποιείται για άρδευση για την παραγωγή τροφίμων που σπαταλάται ετησίως θα ήταν αρκετό για την κάλυψη των εγχώριων αναγκών νερού 9 δισεκατομμυρίων ανθρώπων (FAO, 2011).

Ένας αυξανόμενος παγκόσμιος πληθυσμός οδηγεί σε αυξανόμενη ζήτηση για παραγωγή τροφίμων και κατά συνέπεια τη δημιουργία μεγάλων ποσοτήτων αποβλήτων τροφίμων. Αυτό το πρόβλημα εντείνεται λόγω της αργής προόδου στην ανάπτυξη αποτελεσματικών στρατηγικών διαχείρισης αποβλήτων και μέτρων για την ορθή επεξεργασία και διάθεση των αποβλήτων. Τα απόβλητα τροφίμων είναι μια δεξαμενή σύνθετων υδατανθράκων, πρωτεϊνών, λιπιδίων και διατροφικών φαρμάκων και μπορούν να σχηματίσουν τις πρώτες ύλες για εμπορικά σημαντικούς μεταβολίτες. Πρόσφατες μελέτες αξιοποίησης για τα απόβλητα της αλυσίδας εφοδιασμού τροφίμων ανοίγουν δρόμους για την παραγωγή βιοκαυσίμων, ενζύμων, βιοδραστικών ενώσεων, βιοαποικοδομήσιμων πλαστικών και νανοσωματιδίων μεταξύ πολλών άλλων μορίων.

4.1 Βιοκαύσιμα

Η «βιοοικονομία» είναι μια νέα ιδέα που επινοήθηκε από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή το 2012 για να αντιμετωπίσει τις δυνατότητες μετατροπής των ανανεώσιμων βιολογικών πόρων σε οικονομικά βιώσιμα προϊόντα και βιοενέργεια. Η βιοοικονομία δίνει έμφαση στον εξορθολογισμό της υπάρχουσας πολιτικής στον τομέα αυτό. Βασίζεται σε τρεις βασικούς πυλώνες: (i) επενδύσεις στην έρευνα, την καινοτομία και τις δεξιότητες, (ii) ενισχυμένη αλληλεπίδραση πολιτικής και συμφωνία ενδιαφερομένων και (iii) ενίσχυση των αγορών και της ανταγωνιστικότητας. Μέσω της βιοοικονομίας, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή στοχεύει να απαντήσει σε ζητήματα όπως η αύξηση της παγκόσμιας ζήτησης για τρόφιμα, η εξάντληση των φυσικών πόρων και ο αντίκτυπος των περιβαλλοντικών πιέσεων και της κλιματικής αλλαγής (European Commission, 2009).

Η φυτική βιομάζα έχει χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή καυσίμου αιθανόλης για σχεδόν έναν αιώνα. Η βασική ιδέα της παραγωγής βιοαιθανόλης είναι ότι η ενζυματική υδρόλυση της λιγνοκυτταρίνης απελευθερώνει ζυμώσιμα σάκχαρα που μπορούν να μετατραπούν σε αιθανόλη. Ο όρος «βιοκαύσιμο» περιλαμβάνει μια ευρεία ποικιλία προϊόντων όπως βιοαιθανόλη, βιοντίζελ, βιοϋδρογόνο, βιοβουτανόλη, βιοαιθέρας, βιοαέριο και συνθετικό αέριο (Ravindran & Jaiswal, 2016). Η προεπεξεργασία είναι ένα απαραίτητο βήμα στην παραγωγή βιοαιθανόλης, δεδομένου ότι οι ανθεκτικές ουσίες στην λιγνοκυτταρίνη θα εμποδίσουν την αποτελεσματική ενζυματική υδρόλυση (Ravindran & Jaiswal, 2016). Η βιοαιθανόλη παράγεται από απόβλητα τροφίμων χρησιμοποιώντας υδατάνθρακες και *Saccharomyces cerevisiae* ως τον ζυμωτικό μικροοργανισμό.

Το βιοντίζελ είναι ένα προϊόν προστιθέμενης αξίας αποβλήτων μαγειρικού λαδιού. Το σογιέλαιο, το έλαιο canola και τα απόβλητα μαγειρικού λαδιού έχουν μετατραπεί επιτυχώς σε βιοντίζελ με διάφορες μεθόδους. Κάποια λιπολυτικά ένζυμα χρησιμοποιούνται στη διεστεροποίηση για να μετατρέψουν το μαγειρικό λάδι σε βιοντίζελ (Seong, et al., 2011) (Lee, Lee, Cho, Kim, & Park, 2013). Σε μια πρόσφατη μελέτη, χρησιμοποιήθηκε καταλύτης στερεού οξέος που προέρχεται από υδατάνθρακες για την παραγωγή βιοντίζελ από πρώτες ύλες χαμηλού κόστους, όπως το απόσταγμα λιπαρών οξέων φοινικών, το οποίο είναι

υποπροϊόν της βιομηχανίας φοινικέλαιου (Lokman, Rashid, Yunus, & Taufiq-Yap, 2013). Εκτός από τις εμπορικές λιπάσεις, μικροβιακά ένζυμα έχουν επίσης χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή βιοντίζελ.

Το βιοϋδρογόνο έχει παραχθεί χρησιμοποιώντας φοινικέλαιο, γλυκό σόργο και άχυρο σίτου. Το *Enterobacter*, το *Bacillus* και το *Clostridium* είναι οι πιο δημοφιλείς μικροοργανισμοί που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή βιοϋδρογόνου (Tan, Shang, & Zhang, 2010).

Η βιοβουτανόλη είναι αλκοολικό καύσιμο δεύτερης γενιάς με υψηλότερη ενεργειακή πυκνότητα και χαμηλότερη πτητικότητα έναντι αιθανόλης. Η βουτανόλη είναι μια αλκοόλη που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο μεταφοράς. Υπάρχει τώρα αυξανόμενο ενδιαφέρον για τη χρήση της βιοβουτανόλης ως καυσίμου μεταφοράς. Η n-βουτανόλη είναι ένα προηγμένο βιοκαύσιμο λόγω της υψηλότερης ενεργειακής του πυκνότητας, της χαμηλότερης πτητικότητας και της υδροσκοπικότητάς του (Xue, Zhao, Liu, Chen, & Bai, 2013). Σε αντίθεση με την αιθανόλη, η n-βουτανόλη μπορεί να αναμιχθεί με βενζίνη έως και 40 % ως ντίζελ (Becerra, Cerdan, & Gonzalez-Siso, 2015). Η βιοβουτανόλη μπορεί να παραχθεί από καλλιέργειες δημητριακών, ζαχαροκάλαμο και ζαχαρότευτλα κ.λπ., αλλά μπορεί επίσης να παραχθεί από κυτταρινικές πρώτες ύλες. Η βουτανόλη παράγεται συμβατικά σε μια διαδικασία ακετόνης - βουτανόλης - αιθανόλης (ABE) από το solventogenic *Clostridia* spp. Πρόκειται για μια αναερόβια διαδικασία με τη μετατροπή υδατανθράκων σε ακετόνη, βουτανόλη και αιθανόλη. Η διαδικασία ABE που χρησιμοποιεί γλυκόζη ως υπόστρωμα μπορεί να πραγματοποιηθεί από το στάδιο οξυγόνωσης που μετατρέπει τη γλυκόζη σε οξικά και βουτυρικά οξέα κατά τη διάρκεια της εκθετικής βακτηριακής φάσης ανάπτυξης και ακολουθείται από το στάδιο της διαλυτογένεσης που μετατρέπει οξικά και βουτυρικά οξέα σε ABE κατά τη φάση στατικής ανάπτυξης (Becerra, Cerdan, & Gonzalez-Siso, 2015).

4.2 Βιομηχανικά Ένζυμα

Όπως και στην παραγωγή βιοαιθανόλης, η προεπεξεργασία λιγνοκυτταρίνης που ακολουθείται από ενζυματική υδρόλυση είναι το βασικό βήμα για την παραγωγή ενζύμων από τα απόβλητα τροφίμων. Σε ορισμένες περιπτώσεις το ενζυματικό στάδιο υδρόλυσης μπορεί να παραλειφθεί για ορισμένους μυκητιακούς οργανισμούς που αναπτύσσονται φυσικά στη βιομάζα των φυτών (Ravindran & Jaiswal, 2015). Τα απόβλητα τροφίμων είναι ο ιδανικός υποψήφιος για παραγωγή ενζύμων και ως εκ τούτου πολλά απόβλητα αλυσίδας εφοδιασμού τροφίμων έχουν χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή εμπορικά βιομηχανικών ενζύμων. Οξειδωτικά ένζυμα όπως κυτταρινάση, αμυλάση, ξυλανάση, φυτάση και λιπάση ήταν το επίκεντρο της παραγωγής χρησιμοποιώντας υπολείμματα οργανικών αποβλήτων τροφίμων (Stamatakis, 2010). Το κίνητρο πίσω από τη χρήση αποβλήτων τροφίμων για την παραγωγή ενζύμων είναι το υψηλό κόστος. Η εμπορική παραγωγή ενζύμων είναι μια διαδικασία υψηλής έντασης κόστους, με σχεδόν το 28% του λειτουργικού κόστους να αφιερώνεται στην προμήθεια πρώτων υλών (Klein-Marcuschamer, Oleskowicz-Popiel, Simmons, & Blanch, 2011). Αντί της επίλυσης αυτού του προβλήματος, αρκετές μελέτες έχουν επικεντρωθεί στη χρήση των λιγνοκυτταρινικών αποβλήτων τροφίμων ως πρώτη ύλη για την παραγωγή ενζύμων. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, τα μικροβιακά στελέχη είναι ικανά να αποικοδομούν τα σύνθετα πολυμερή στη φυτική βιομάζα και να χρησιμοποιούν τα σάκχαρα που απελευθερώνονται για τη διατήρησή τους. Αυτό το γεγονός αξιοποιείται όταν

χρησιμοποιούνται απόβλητα της βιομηχανίας τροφίμων ως πρώτη ύλη για την παραγωγή ενζύμων. Επιπλέον, μπορεί να επιτευχθεί υψηλή δραστηριότητα ενζύμου χρησιμοποιώντας τεχνικές βελτιστοποίησης μέσω γενετικά ανώτερα μικρόβια που παράγουν ένζυμα (Ravindran & Jaiswal, 2015).

Τα απόβλητα τροφίμων έχουν φυσικά ετερογενή φύση και ως εκ τούτου μπορούν να προκαλέσουν προβλήματα κατά την επεξεργασία. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένο κόστος για την απομόνωση και τον καθαρισμό των ενζύμων. Ο καθαρισμός των ενζύμων είναι μια πρόσφατη καινοτομία στην ανάκτηση ενζύμων (Garcia-Galan, Berenguer-Murcia, Fernandez-Lafuente, & Rodrigues, 2011).

4.3 Βιοαποικοδομήσιμα Πλαστικά

Οι πολυ-υδροξυ-αλκανοϊκοί ή PHA είναι πολυεστέρες που παράγονται στη φύση από πολλούς μικροοργανισμούς, συμπεριλαμβανομένης της βακτηριακής ζύμωσης σακχάρων ή λιπιδίων (Lu, Tappel, & Nomura, 2009). Όταν παράγονται από βακτήρια χρησιμεύουν τόσο ως πηγή ενέργειας όσο και ως αποθήκη άνθρακα. Περισσότερα από 150 διαφορετικά μονομερή μπορούν να συνδυαστούν σε αυτήν την οικογένεια για να δώσουν υλικά με εξαιρετικά διαφορετικές ιδιότητες (Doi & Steinbuchel, 2002). Αυτά τα πλαστικά είναι βιοαποικοδομήσιμα και χρησιμοποιούνται στην παραγωγή βιοπλαστικών (Kesaven, Lee, & Kumar, 2011). Μπορούν να είναι είτε θερμοπλαστικά είτε ελαστομερή υλικά, με σημεία τήξης που κυμαίνονται από 40 έως 180 °C.

Τα PHA είναι πλαστικά υλικά που αποτελούν τέλεια αντικατάσταση πλαστικών που προέρχονται από πετρέλαιο. Παρόμοια με την παραγωγή ενζύμων, το κύριο εμπόδιο στην εμπορική χρήση των PHA είναι το υψηλό λειτουργικό κόστος που προκύπτει κατά την παραγωγή τους (Obruca, Benešová, Marsalek, & Marona, 2015). Επομένως, λιγνοκυτταρινικά υλικά, κατά προτίμηση απόβλητα τροφίμων και γεωργικά υπολείμματα (λόγω της αφθονίας τους και της χαμηλής τους αξίας), έχουν χρησιμοποιηθεί ως υποστρώματα για την παραγωγή PHA και πολυ-3-υδροξυβουτυρικού (PHB).

4.4 Φαρμακευτικές και Καλλυντικές Εφαρμογές

4.4.1 Κολλαγόνο

Το κολλαγόνο είναι ένας από τους πιο συνηθισμένους τύπους πρωτεϊνών σε πολυκύτταρους οργανισμούς. Είναι ινώδης στη φύση και παρέχει δομική ακαμψία στους συνδετικούς ιστούς καθώς και στα εσωτερικά όργανα. Το κολλαγόνο, και η μετουσιωμένη μορφή του, ζελατίνη, χρησιμοποιούνται ευρέως στις βιομηχανίες καλλυντικών, φαρμακευτικών προϊόντων και δέρματος, καθώς και για ιατρικές εφαρμογές. Τα απόβλητα ζωικών τροφών όπως τα απόβλητα ψαριών χρησιμοποιούνται ευρέως ως πρώτες ύλες για την παραγωγή κολλαγόνου (Nagai & Suzuki, 2000). Σε μια μελέτη, το διαλυτό σε οξύ, κολλαγόνο εκχυλίστηκε από οστό μπακαλιάρου χρησιμοποιώντας 0,1N καυστικό νάτριο για να απομακρυνθεί όλη η μη κολλαγόνος πρωτεΐνη (Wang, et al., 2013). Τα απόβλητα από επεξεργασία κοτόπουλου δοκιμάστηκαν να γίνουν ως πρώτη ύλη για την παραγωγή περιβλημάτων κολλαγόνου (Schwarz & Whittiker, 2015). Χρησιμοποιώντας οξικό οξύ και

πειψίνη, κατάφερε να εκχυλιστεί το κολλαγόνο με φυγοκέντρηση και επακόλουθη λυοφιλίωση (Schwarz & Whittiker, 2015). Μία από τις πιο δημοφιλείς χρήσεις του κολλαγόνου είναι στη βιομηχανία τροφίμων, όπου χρησιμοποιείται για την παραγωγή εδώδιμων επικαλύψεων.

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι, παρόλο που έχει ανακαλυφθεί ένας μεγάλος αριθμός τύπων κολλαγόνου, μόνο οι τύποι σχηματισμού ινιδίων έχουν χρησιμοποιηθεί πιο συχνά σήμερα για διορθωτικούς σκοπούς. Στη βιομηχανία καλλυντικών, το κολλαγόνο είναι μια επιλέξιμη πρώτη ύλη για καλλυντικά σκευάσματα λόγω της διαθεσιμότητας, της βιοσυμβατότητας και της βιοαποικοδομησιμότητας (Avila Rodriguez, Rodriguez Barroso, & Sanchez, 2017). Λόγοι που το καθιστούν μια εξαιρετική επιλογή κατά την διάρκεια της γήρανσης, η οποία συμβαίνει κυρίως στο δέρμα όπου το κολλαγόνο τύπου I και III συνθέτουν το 90% αυτού του στρώματος δέρματος με 60% - 80% το τύπου I και 15% - 20% τύπου II (Sikarwar, 2016). Στον παρακάτω πίνακα αναφέρονται οι τύποι του κολλαγόνου και οι χρήσεις τους στην βιομηχανία (Avila Rodriguez, Rodriguez Barroso, & Sanchez, 2017).

Πίνακας 4.1 Τύποι του κολλαγόνου και οι χρήσεις τους στην βιομηχανία

Τύπος	Κατανομή στον ιστό	Εφαρμογή/Λειτουργία
I	Τένοντες, σύνδεσμοι, οστά και κερατοειδής	Μεμβράνες για καθοδηγούμενη αναγέννηση ιστών.
II	Πνεύμονας, κερατοειδής, δικτυωτές ίνες, χόνδρος, τοίχωμα αγγείου, πυρήνας, οστό, υαλώδες σώμα και δέρμα	Επισκευή χόνδρου και θεραπεία αρθρίτιδας.
III		Αιμοστατικά και στεγανοποιητικά ιστών.
V		Πρώτη ύλη για θεραπείες κερατοειδούς.
XI	Υαλώδες σώμα και χόνδρος	Ανάπτυξη mAbs για οστεοαρθρίτιδα.
IV	Θεμελιώδεις μεμβράνες	Ενισχυτής προσάρτησης κυτταρικής καλλιέργειας (νευροβλάστωμα ποντικού) και δείκτης διαβητικής νεφροπάθειας.
VI	Δέρμα, πλακούντας, πνεύμονες, χόνδρος και μεσοσπονδύλιος δίσκος	Αιμοστάτης
VII	Στοματικός βλεννογόνος, τράχηλος, δερματικοί και επιδερμικοί κόμβοι και δέρμα	Υποδερμική ένεση ως θεραπεία για δυστροφική επιδερμόλυση (DEB).
IX	Κερατοειδής και χόνδρος	Διανέμει με κολλαγόνο τύπου II στον χόνδρο και το υαλώδες σώμα.
XII	Τένοντας, περιχόνδριο και σύνδεσμος	Συνδέεται με ινίδια που περιέχουν κολλαγόνο. Το κολλαγόνο XIV είναι επίσης ένας ρυθμιστής διαμέτρου ινιδίων σε πρώιμα στάδια ινωδογένεσης.
XIV	Τοίχωμα αγγείων, πλακούντας, συκώτι, χόριο και πνεύμονες	
XIX	Ανθρώπινο ραβδομυοσάρκωμα	Βρίσκεται στην κατώτερη ζώνη μεμβράνης και εμφανίζει

		αντιαγγειογενείς και αντικαρκινικές ιδιότητες.
XX	Εμβρυϊκό δέρμα, τένοντα, κερατοειδικό επιθήλιο και στέρνος χόνδρος	Παρόμοια με τους τύπους κολλαγόνου XII και XIV. Η λειτουργία αυτού του κολλαγόνου είναι σχετικά άγνωστη.
XXI	Τοίχωμα αιμοφόρων αγγείων	Συνδέεται στενά με κολλαγόνα XII, XIV και XX. Η έκφρασή του διεγείρεται από παράγοντα ανάπτυξης που προέρχεται από αιμοπετάλια, ο οποίος δείχνει ότι αυτό το κολλαγόνο μπορεί να συμβάλει στη συγκρότηση μήτρας του αγγειακού δικτύου κατά τον σχηματισμό αιμοφόρων αγγείων.
XIII	Θύλακας μαλλιών, έντερο, ήπαρ, δερματικές και επιδερμικές συνδέσεις, επιδερμίδα και πνεύμονες	Επηρεάζει το σχηματισμό οστών και μπορεί να έχει μια λειτουργία στη σύνδεση της ρύθμισης της οστικής μάζας με τη μηχανική χρήση. Συμμετέχει σε φλεγμονή και αγγειογένεση.
XVII	Δερματικές και επιδερμικές συνδέσεις	Η υποτιθέμενη λειτουργία του είναι να σταθεροποιεί την προσκόλληση των επιθηλιακών κυττάρων στην γύρω εξωκυτταρική μήτρα. Έχει σημαντικούς ρόλους στο σχηματισμό δοντιών.
XV	Νεφροί, κύτταρα λείου μυός, ινοβλάστες και πάγκρεας	Σχηματίζει γέφυρα που συνδέει μεγάλα, πιθανώς, ινίδια που περιέχουν κολλαγόνα I και III.
XVI	Κερατινοκύτταρα και ινοβλάστες	Καθώς έχει εμπλακεί σε διάφορες ασθένειες, μπορεί πιθανώς να χρησιμοποιηθεί ως στόχος φαρμάκου ή βιοδείκτης.
XVII	Ήπαρ και πνεύμονες	Έχει σημαντικό ρόλο στον προσδιορισμό της δομής του αμφιβληστροειδούς και στο κλείσιμο του νευρικού σωλήνα.

Οι πηγές κολλαγόνου μπορούν να ληφθούν από ζωικές και φυτικές πηγές. Από ζωικές πηγές, οι πιο συνηθισμένες είναι βοοειδή, χοίροι, ανθρώπινο κολλαγόνο και θαλάσσιοι οργανισμοί όπως λέπια και δέρμα ψαριών. Μεταξύ αυτών των ζωικών πηγών, το βοοειδές κολλαγόνο χρησιμοποιείται συνήθως ως προσωρινή κάλυψη για εξωτερικές πληγές και επίσης για τα εγκαύματα στο σώμα (Sowjanya, Rao, Satya Bhushan, & Krishnan, 2016). Έχει μεγάλες εφαρμογές λόγω της χρησιμότητάς του και της βιοσυμβατότητάς του. Πηγές κολλαγόνου από χοίρο, αντιθέτως, έχουν τη δυνατότητα να είναι χρήσιμες για μεταμόσχευση μαλακών ιστών. Οι πηγές περιλαμβάνουν από κοτόπουλο, ουρά καγκουρό, τένοντες ουράς

αρουραίου, πόδια πάπιας, τένοντα ιπποειδών, αλλιγάτορες, πόδια πουλιών, δέρμα προβάτου και δέρμα βατράχου. Οι τύποι I και II προέρχονται από δέρμα ιπποειδών. Οι τύποι I, II, III και V προέρχονται από το λαιμό του κοτόπουλου. Ο τύπος IX βρίσκεται στον χόνδρο του εμβρύου κοτόπουλου, I και III από το δέρμα και IV από μυϊκό ιστό (Gurta, et al., 2009).

Όσον αφορά το κολλαγόνο που σχηματίζει ινίδια, ο τύπος I είναι ο πιο χρησιμοποιούμενος στην κατασκευή προϊόντων σε πολλές καλλυντικές εφαρμογές καθώς θεωρείται ότι είναι το χρυσό πρότυπο λόγω της υψηλής βιοσυμβατότητάς του με το ανθρώπινο σώμα (Silvipriya, et al., 2015). Επίσης, το κολλαγόνο τύπου I χρησιμοποιείται ως συστατικό σε καλλυντικά, οδοντικά σύνθετα, πρότυπα αναγέννησης δέρματος, βιοαποικοδομήσιμα συστατικά και «ασπίδες» κολλαγόνου στον τομέα της οφθαλμολογίας. Άλλες μη καλλυντικές εφαρμογές είναι η χρήση της ως μικροεταφορέας στερεάς υποστήριξης κατά την παραγωγή ενζύμων (Meena, Mengi, & Deshpande, 1999).

Το κολλαγόνο έχει αρχίσει να χρησιμοποιείται σε πεδία που απαιτούν υψηλή απόδοση και βιοσυμβατότητα. Για παράδειγμα, στον ιατρικό τομέα, χρησιμοποιείται συχνά για εμφυτεύματα όπως τεχνητά δερματικά μοσχεύματα, επιδέσμους τραυμάτων και νευρικούς αγωγούς λόγω της χαμηλής ανοσογονικότητάς του (Sionkowska, Skrzyński, Śmiechowski, & Kołodziejczak, 2016). Σήμερα στα καλλυντικά, οι ιδιότητές του αφορούν την ανάπτυξη κρεμών και πηκτών με υψηλή ενυδατική δράση, αλλά και άλλες δραστηριότητες όπως αντιγηραντική, αντιρυτιδική, προστατευτική σε ακτινοβολία UV και θεραπεία τραυμάτων (Sionkowska, Skrzyński, Śmiechowski, & Kołodziejczak, 2016). Η ένταξή του σε καλλυντικά σκευάσματα έχει να κάνει με τις ιδιότητες σχηματισμού φιλμ στο δέρμα και μειώνει την διαδερμική απώλεια νερού, προστατεύοντας το δέρμα από διαβρωτικά στοιχεία (Parenteau-Bareil, Gauvin, & Berthod, 2010).

Το κολλαγόνο είναι η πιο άφθονη πρωτεΐνη που βρίσκεται στο ζωικό βασίλειο και υπάρχουν διάφοροι τύποι που έχουν προσδιοριστεί και έχουν συγκεκριμένες λειτουργίες στο σώμα μας. Κάθε τύπος κολλαγόνου εμφανίζει διαφορετική διακριτικότητα βάσει των δομικών χαρακτηριστικών του (Silvipriya, et al., 2015). Τα υλικά με βάση το κολλαγόνο είναι πολύ σημαντικά για τη μηχανική ιστών και την αναγεννητική ιατρική λόγω της ανώτερης βιοσυμβατότητας και της χαμηλής ανοσογονικότητάς του (Berillis, 2015).

4.4.2 Χρωστικές Ουσίες

Σήμερα, οι καταναλωτές ανησυχούν για τη χρήση των χημικών ενώσεων σε τρόφιμα και ορισμένες χημικές ουσίες που δεν αναγνωρίζονται γενικά ως ασφαλείς ενώσεις και μπορεί να είναι επιβλαβείς για την υγεία τους. Έτσι, το φυσικό εκχύλισμα είναι μια εναλλακτική πηγή δείκτη (ή χρωστικής) που μπορεί να χρησιμοποιηθεί αντί της χημικής χρωστικής. Ένα κύριο πλεονέκτημα των συνθετικά παραγόμενων χρωστικών είναι η ανθεκτικότητά τους. Για μέσο βάθος χρώματος 2%, χρησιμοποιούνται 2 g συνθετικής χρωστικής ανά 100 g βαμβακιού, ενώ για παρόμοια απόχρωση απαιτούνται 100-300 g ξηρού φυτικού υλικού (Glover, 2008) (Bechtold, Kaulfuss, Mahmud-ali, Geissler, & Ganglberger, 2004). Εκτός από τα διαφορετικά οικολογικά τους προφίλ, οι φυσικές χρωστικές έχουν επίσης να ανταγωνίζονται τις συνθετικές χρωστικές σε σχέση με το κόστος που απαιτείται για την επίτευξη ενός συγκεκριμένου βάθους χρώματος. Η παραγωγή φυτών που περιέχουν χρωστικές με άμεση καλλιέργεια οδηγεί σε πολύ υψηλό ειδικό κόστος (Waldron, 2007). Η καλλιέργεια και η συγκομιδή φυτών για χρωστικές όπως το ριζάρι, η ρεζεντά και η κρητίδα είναι δαπανηρή και χρονοβόρα (Hill, 2008), αν και πρόσφατα πραγματοποιήθηκαν

σημαντικές ερευνητικές εργασίες για την καλλιέργεια φυτών για χρωστικές από φυτά (Ganglberger & Geissler, 2001). Εκτός από την υψηλή τιμή, η απαιτούμενη γη δεν είναι διαθέσιμη (Glover, 2008).

Πιθανή πηγή φυσικών χρωστικών ενώσεων αναφέρεται ότι είναι τα μούρα, τα φρούτα, τα λαχανικά, οι φλούδες, οι ρίζες και ο φλοιός (Schwerpe, 1993). Σε μια εκτενή αξιολόγηση νέων πηγών για φυτικά υλικά που περιέχουν χρώμα, οι βιομηχανίες τροφίμων και ποτών σκέφτηκαν να συλλέξουν σημαντικές ποσότητες φθηνού φυτικού υλικού ως απόβλητα (Ganglberger & Geissler, 2003). Αυτές οι πηγές για φυσικές χρωστικές είναι λιγότερο αποτελεσματικές όσον αφορά την περιεκτικότητα σε χρωστικές σε σύγκριση με την πρώτη ύλη, παρόλα αυτά μπορούν να εξαχθούν αξιοσημείωτες ποσότητες φυσικών χρωμάτων (Bechtold, Mussak, Mahmud-Ali, Ganglberger, & Geissler, 2006).

Τα απόβλητα από την επεξεργασία φρούτων και λαχανικών παρουσιάζουν πολλά πλεονεκτήματα (Deo & Desai, 1999):

- Χαμηλή τιμή,
- διατίθενται σημαντικές ποσότητες (αν και είναι εποχιακά εξαρτώμενα),
- μη επικίνδυνο υλικό, καθορισμένα πρότυπα υγιεινής,
- υψηλά ποιοτικά πρότυπα.

Ενώ μια σειρά από αποχρώσεις καφέ έως σκούρο λαδί μπορεί να ληφθεί από φλοιούς που απελευθερώνονται ως απόβλητα από τη βιομηχανία ξυλείας, εξακολουθεί να υπάρχει ανάγκη για κόκκινα και μπλε χρώματα (Rappi, Bechtold, & Mussak, 2005). Για πράσινες, μπλε και μαύρες αποχρώσεις διατίθενται μόνο λίγες πηγές - π.χ. φυσικό λουλάκι, *privet*-μούρα, μπουμπούκια αλθαίων, εκχυλίσματα από φλοιούς (Waldron, 2007). Μια ευρεία μελέτη για την αξιολόγηση του δυναμικού των αποβλήτων που απελευθερώνονται από τις βιομηχανίες τροφίμων και ποτών οδήγησε στον εντοπισμό ορισμένων από τις σχετικές πτυχές που πρέπει να ληφθούν υπόψη:

Οι ανθοκυανίνες είναι φυσικές και υδατοδιαλυτές χρωστικές που ανήκουν στην οικογένεια των φλαβονοειδών. Αυτές οι χρωστικές ενώσεις είναι υπεύθυνες για το χρώμα (κόκκινο, μοβ και μπλε) των φύλλων, λουλουδιών, σπόρων, φρούτων και λαχανικών. Οι αλλαγές στο χρώμα των ανθοκυανινών οφείλονται κυρίως στην παρουσία φαινολικής ή συζευγμένης ένωσης. Η δομή των ανθοκυανινών αλλάζει όταν υπάρχει διαφορά στις τιμές του pH (Miguel, 2011). Έτσι, οι ανθοκυανίνες είναι ενώσεις που χρησιμοποιούνται ως επί το πλείστον ως δείκτης χρωστικής φυσικού pH επειδή δείχνει μια ευρεία αλλαγή χρώματος στη λειτουργία του pH. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται φρούτα, λαχανικά, τσάι και ξηροί καρποί και τα αντίστοιχα χρώματα που μπορούν να παράξουν (Waldron, 2007).

Πίνακας 4.2 Φρούτα, λαχανικά και ξηροί καρποί και τα αντίστοιχα χρώματα που παράγουν.

Πρώτη ύλη	Χρώμα
Αρώνια η μελανόκαρπη	Ροζ
Βατόμουρο	Μπεζ
Κεράσι	Ροζ

Βύσσινο	Μπεζ
Σμέουρο	Γκρι
Σαμπούκος	Κόκκινο, καφέ, ροζ, βιολετί
Μαύρη σταφίδα	Γκρι, ροζ
Σταφύλι	Μωβ
Κόκκινο λάχανο	Λαδί
Μπλε πατάτα	Μπεζ
Φασόλια	Μπεζ
Αρακάς	Καφέ
Κρεμμύδι	Πορτοκαλί
Σπανάκι	Κίτρινο
Καρότο	Μπεζ
Μαύρο καρότο	Βιολετί
Παντζάρι	Κόκκινο
Ραβέντι	Λαδί
Καρύδια	Καφέ, μπεζ
Αλθαία	Πράσινο
Βερβερίς	Κίτρινο
Ρόδι	Κίτρινο

4.4.3 Αρωματικά Συστατικά

Η απομόνωση των αρωματικών συστατικών από τα απόβλητα τροφίμων γίνεται ενδιαφέρον θέμα για τη βιομηχανία αρωμάτων. Ιστορικά, τα απόβλητα τροφίμων έχουν θεωρηθεί ως ένα κοστοβόρο πρόβλημα, αλλά η συνεχιζόμενη ζήτηση για αρωματικά συστατικά φυσικής προέλευσης και η προθυμία πληρωμής για μια φυσική αρωματική ουσία κάνει τη βιομηχανία να λάβει περισσότερο υπόψη της τη διαδικασία αυτή (Berger, 2007). Σε ορισμένες περιπτώσεις, τα απόβλητα τροφίμων μπορεί να παρέχουν φυσικά συστατικά (ή αρωματικά μείγματα) που δεν είναι διαθέσιμα με εναλλακτικές διεργασίες (π.χ. βιοτεχνολογία), δίνοντάς τους ακόμη μεγαλύτερη αξία (Berger, 2007). Για παράδειγμα, είναι πολύ δύσκολο να παραχθούν φυσικές μορφές πολλών από τα προϊόντα Maillard. Σχηματίζονται μόνο από θερμικά επαγόμενες αντιδράσεις και συνεπώς δεν παράγονται από φυτικές πηγές ή ενζυματικές αντιδράσεις (Berger, 2007).

5. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΣ ΑΝΤΙΚΤΥΠΟΣ

Σε παγκόσμιο επίπεδο, το οικονομικό κόστος από τα απόβλητα των τροφίμων, με βάση τις τιμές παραγωγού του 2009, της συνολικής ποσότητας σπατάλης τροφίμων κατά το έτος 2007 εκτιμήθηκε σε περίπου 750 δισεκατομμύρια δολάρια (FAO, 2013). Οι κυριότεροι συντελεστές στο οικονομικό κόστος των FLW ήταν τα λαχανικά (23%), το κρέας (21%), φρούτα (19%) και δημητριακά (18%) (FAO, 2013). Η συμβολή του κρέατος στο συνολικό κόστος της σπατάλης τροφίμων αντικατοπτρίζει το υψηλό κόστος παραγωγής ανά κιλό. Το κρέας αντιπροσωπεύει περίπου το 4% της συνολικής σπατάλης τροφίμων, αλλά περίπου το 20% του συνολικού οικονομικού κόστους αυτής της σπατάλης. Από τα παραπάνω επιχειρήματα, φαίνεται ότι η μείωση της σπατάλης τροφίμων μπορεί να συμβάλει στην αντιμετώπιση του ελλείμματος που φαίνεται να υπάρχει στο μέλλον (Blakeney, 2019).

Η μείωση της σπατάλης των τροφίμων θα μπορούσε να θεωρηθεί ως ένας τρόπος για να αυξηθεί η αποτελεσματικότητα της αλυσίδας εφοδιασμού τροφίμων, μειώνοντας το κόστος για τους παραγωγούς και τις τιμές για τους καταναλωτές και μειώνοντας τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις (Blakeney, 2019). Από την πλευρά της ζήτησης, μπορεί να προκαλέσει την επιδείνωση ορισμένων παραγωγών. Για παράδειγμα, εάν οι παραγωγοί, οι διανομείς και οι καταναλωτές σπαταλούν λιγότερες καλλιέργειες τροφίμων, τότε οι παραγωγοί καλλιεργειών τροφίμων θα βρεθούν σε δύσκολη κατάσταση, καθώς θα απαιτηθούν αντίστοιχα λιγότερες καλλιέργειες τροφίμων (Blakeney, 2019). Από την πλευρά της προσφοράς, οι χαμηλότερες απώλειες τροφίμων θα σήμαινε ότι θα απαιτούσαν λιγότερες γεωργικές εισροές, οδηγώντας σε χαμηλότερο μοναδιαίο κόστος και αυξημένη παραγωγή. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένες εξαγωγές αγροτικών τροφίμων στην παγκόσμια αγορά. Αυτό θα είναι επωφελές για τους καταναλωτές, αλλά μπορεί να είναι επιβλαβές για τους παραγωγούς, ιδίως στις αναπτυσσόμενες χώρες που θα πουλούσαν σε χαμηλότερες τιμές, δημιουργώντας εξάρτηση και έλλειψη γεωργικών επενδύσεων και οι προτιμήσεις των καταναλωτών μπορεί να απομακρυνθούν από τα εγχώρια τρόφιμα (Blakeney, 2019).

Παρόμοια επιχειρήματα έχουν εναποθετηθεί σχετικά με τις επιπτώσεις της επισιτιστικής βοήθειας στη γεωργική παραγωγή στις χώρες που γίνονται οι εξαγωγές (Schulz, 1960). Υπάρχει στενή σχέση μεταξύ της προσφοράς στις αναπτυσσόμενες χώρες τροφίμων που σώζονται από τα απόβλητα και της διανομής αυτών των τροφίμων ως επισιτιστική βοήθεια. Η κύρια αρνητική συνέπεια της επισιτιστικής βοήθειας είναι η ανάπτυξη της εξάρτησης στις χώρες που γίνονται οι εξαγωγές ρίχνοντας τις τιμές των τροφίμων (Tschirley, Donovan, & Weber, 1996), την παραγωγή και τις επενδύσεις με αποτέλεσμα την έλλειψη δημιουργίας εξάρτησης από την επισιτιστική βοήθεια (Barrett, Bell, Lentz, & Maxwell, 2009).

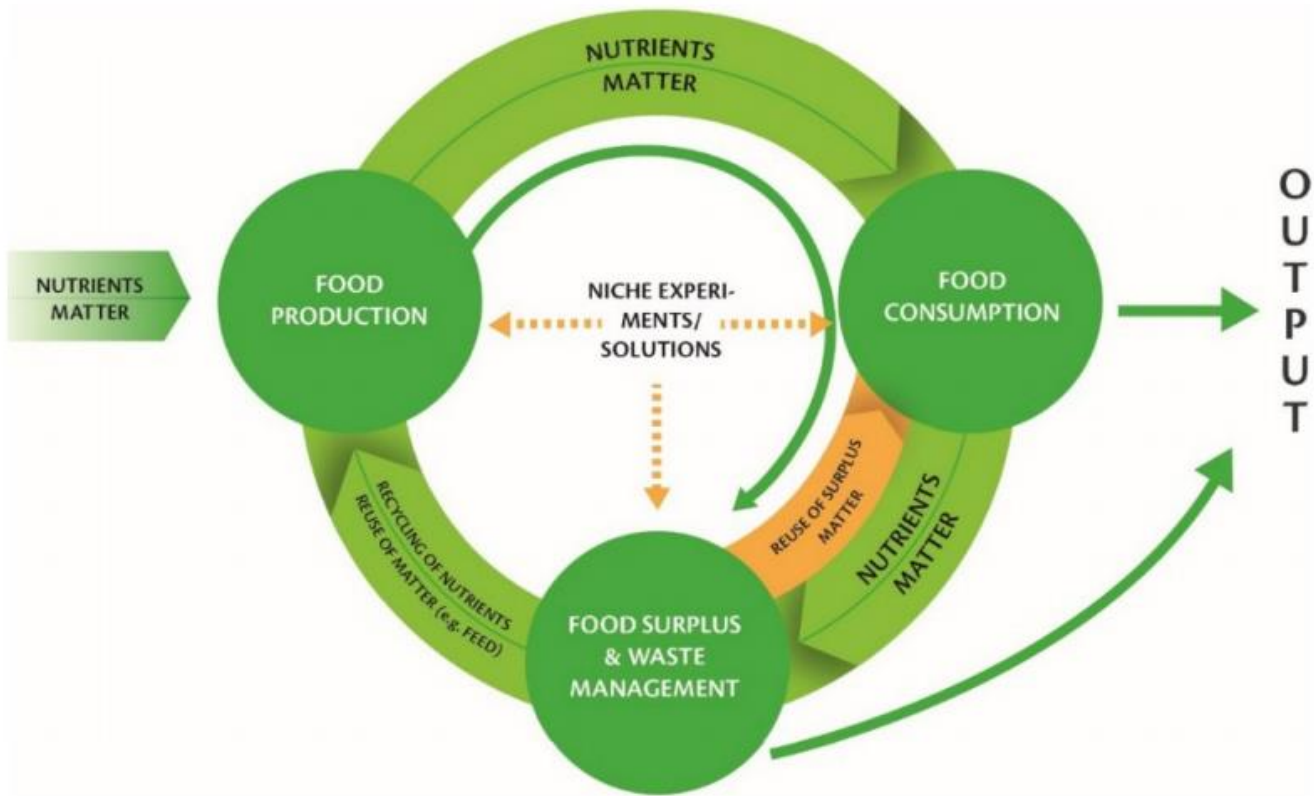
5.1 Κυκλική Οικονομία

Οι τρέχουσες συνήθειες παραγωγής και κατανάλωσης τροφίμων δεν είναι βιώσιμες (Jurgilevich, et al., 2016). Η παραγωγή τροφίμων επιφέρει διάφορες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, όπως ο ευτροφισμός και οι αυξημένες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (Baroni, Cenci, Tettamanti, & Berati, 2006). Για την οικονομία των τροφίμων σημαίνει ότι χάνεται παραγωγικότητα, ενέργεια και φυσικοί πόροι, καθώς επίσης και το κόστος

απόρριψης των τροφίμων. Σύμφωνα με τον Οργανισμό Τροφίμων και Γεωργίας των Ηνωμένων Εθνών (FAO, 2011), η αναποτελεσματικότητα της οικονομίας των τροφίμων κοστίζει, σε παγκόσμιο επίπεδο, έως και ένα τρισεκατομμύριο δολάρια ετησίως, ή ακόμη και δύο τρισεκατομμύρια δολάρια όταν περιλαμβάνονται τα κοινωνικά και περιβαλλοντικά κόστη. Η κυκλική οικονομία μπορεί να προσφέρει εργαλεία για τη βελτίωση και τη βελτιστοποίηση της βιωσιμότητας.

Η κυκλική οικονομία χρησιμοποιεί θεωρίες και αρχές από τη βιομηχανική οικολογία. Ο βιομηχανικός μεταβολισμός στη βιομηχανική οικολογία αναφέρεται ιδιαίτερα στην ιδέα των βιομηχανικών συστημάτων που λειτουργούν ως φυσικά οικοσυστήματα (Ayres, 1989). Η κυκλική οικονομία είναι μια βιομηχανική οικονομία που αποκαθιστά το σχεδιασμό και αντικατοπτρίζει τη φύση στην ενεργή ενίσχυση και βελτιστοποίηση των συστημάτων. Εφαρμόζει διάφορες αρχές από τη φύση: παραγωγή από απόβλητα, ανθεκτικότητα μέσω της ποικιλομορφίας, χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, σκέψη συστημάτων και διαδοχικές ροές υλικών και ενέργειας. Η κυκλική οικονομία σημαίνει επαναχρησιμοποίηση, επισκευή, ανακαίνιση και ανακύκλωση των υπαρχόντων υλικών και προϊόντων (Jurgilevich, et al., 2016). Το τρέχον οικονομικό μας σύστημα χρησιμοποιεί το γραμμικό οικονομικό μοντέλο "λαμβάνω-παράγω-καταναλώνω-απορρίπτω" (take -produce-consume-discard), το οποίο υποθέτει ότι η οικονομική ανάπτυξη μπορεί να βασίζεται στην αφθονία πόρων και στην απεριόριστη διάθεση αποβλήτων. Η κυκλική οικονομία σχετικά με το σύστημα τροφίμων συνεπάγεται μείωση της ποσότητας απορριμμάτων που παράγονται στο σύστημα τροφίμων, επαναχρησιμοποίηση τροφίμων, χρήση υποπροϊόντων και απορριμμάτων τροφίμων, ανακύκλωση θρεπτικών ουσιών και αλλαγές στη διατροφή προς πιο ποικίλα και πιο αποτελεσματικά πρότυπα τροφίμων (Jurgilevich, et al., 2016). Η ελαχιστοποίηση των αποβλήτων των τροφίμων μειώνει τη συνολική κατανάλωση ύλης στην οικονομία, μειώνοντας έτσι τη ροή της ύλης που σχετίζεται με τη γραμμική οικονομία. Τα μέτρα πρέπει να εφαρμοστούν τόσο σε επίπεδο παραγωγών όσο και καταναλωτών. Κατά τη μετάβαση προς την βιωσιμότητα, είναι ενδιαφέρον ότι τα πειράματα μικρής κλίμακας προσφέρουν ευκαιρίες για τοπική, αλλά και εθνική, ανάπτυξη πολιτικής.

Ένα κυκλικό σύστημα τροφίμων περιλαμβάνει τρία διασυνδεδεμένα στάδια και αναφέρεται στην εφαρμογή των αρχών της κυκλικής οικονομίας που παρουσιάζονται στην παρακάτω εικόνα (Jurgilevich, et al., 2016). Ενώ δεν αντιπροσωπεύει ολόκληρο το σύστημα τροφίμων και ρέει μέσα σε αυτό, δείχνει τα τρία στάδια στα οποία μπορούν να εφαρμοστούν οι αρχές της κυκλικής οικονομίας σχετικά με το σύστημα τροφίμων. Οι ροές που αντιπροσωπεύονται από τα βέλη αναφέρονται σε ροές θρεπτικών ουσιών και ύλης. Δεν μπορούν να ανακυκλωθούν όλα τα θρεπτικά συστατικά. Ωστόσο, υπάρχει πιθανότητα αύξησης του όγκου των κυκλοφορούντων θρεπτικών ουσιών, μείωση της πρόσληψης νέων θρεπτικών ουσιών και κλείσιμο μερικών των αποβλήτων.



Εικόνα 5.1 Κυκλικό σύστημα τροφίμων

Μια πρόσφατη μελέτη που εκπόνησε η Ευρωπαϊκή Επιτροπή, η οποία δημοσιεύθηκε τον Φεβρουάριο του 2018, εκτιμά ότι έως και το 10% των 88 εκατομμυρίων τόνων απορριμμάτων τροφίμων που παράγονται ετησίως στην ΕΕ συνδέονται με τη σήμανση ημερομηνίας.

Όταν κατανοηθεί καλύτερα η σήμανση της ημερομηνίας στα τρόφιμα, δηλ. "ανάλωση έως" (use by) και "ανάλωση κατά προτίμηση πριν από" (best before), από όλους τους ενδιαφερόμενους, μπορεί να αποτραπεί και να μειωθεί η σπατάλη τροφίμων στην ΕΕ.

Η εσφαλμένη ερμηνεία από τους καταναλωτές της έννοιας αυτών των ημερομηνιών μπορεί να συμβάλει στην αύξηση των οικιακών αποβλήτων. Ο τρόπος με τον οποίο χρησιμοποιείται η σήμανση ημερομηνίας από τους υπευθύνους επιχειρήσεων τροφίμων και τις ρυθμιστικές αρχές στη διαχείριση της αλυσίδας εφοδιασμού μπορεί επίσης να έχει αντίκτυπο στα απόβλητα τροφίμων. Για παράδειγμα, οι προσεγγίσεις που ακολουθούν οι υπεύθυνοι επιχειρήσεων τροφίμων στον καθορισμό της σήμανσης ημερομηνίας (π.χ. εάν θα χρησιμοποιήσουν ημερομηνία "ανάλωση έως" ή "ανάλωση κατά προτίμηση πριν από"), πρακτικές της αγοράς (όπως η διάρκεια ζωής που απαιτείται από τους λιανοπωλητές κατά την παράδοση προϊόντων) και οι εθνικοί κανόνες για την περαιτέρω διανομή και χρήση τροφίμων μετά την ημερομηνία «ανάλωση κατά προτίμηση πριν από» μπορούν όλοι να επηρεάσουν την παραγωγή αποβλήτων τροφίμων στην αλυσίδα εφοδιασμού.

Η Επιτροπή εξετάζει πιθανές επιλογές για την απλούστευση της σήμανσης ημερομηνίας στα τρόφιμα και την προώθηση της καλύτερης κατανόησης και χρήσης της σήμανσης ημερομηνίας από όλους τους ενδιαφερόμενους. Δημιουργήθηκε μια ειδική υποομάδα της πλατφόρμας ΕΕ για τις απώλειες τροφίμων και τα απόβλητα τροφίμων κατά τη σήμανση ημερομηνίας για να συζητηθούν πιθανές επιλογές.

Εάν στο μέλλον προταθούν αλλαγές στους κανόνες επισήμανσης των τροφίμων της ΕΕ, είναι σημαντικό να:

- καλύπτεται η ανάγκη ενημέρωσης των καταναλωτών,
- μπορεί να συμβάλει στη μείωση των αποβλήτων τροφίμων,
- μην θέτεται σε κίνδυνο η ασφάλεια των καταναλωτών.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σύμφωνα με όλα τα παραπάνω, συμπεραίνουμε ότι οι επιχειρήσεις τροφίμων μπορούν να επωφεληθούν από την επέκταση της διάρκειας ζωής των τροφίμων καθώς και από την εκμετάλλευση των αποβλήτων τους. Βασικός γνώμονας για την αύξηση της διάρκειας ζωής τους είναι να το τρόφιμο να παραμένει ασφαλές για τον καταναλωτή προστατεύοντας το καθ' όλη της διάρκεια παρασκευής και μεταφορά του. Εάν η παραγωγή τροφίμων πρέπει να συμβαδίζει με τη ζήτηση, θα απαιτηθεί η επίλυση πολλών παραλογισμών, ανεπαρκειών και προβληματικών πρακτικών στην παραγωγή και την κατανάλωση. Ο εντοπισμός και η επίλυση των οδηγιών των αποβλήτων τροφίμων και η αλλαγή των τρόπων κατανάλωσης αποτελούν κρίσιμα σημεία στη μετάβαση σε ένα δίκαιο και βιώσιμο σύστημα τροφίμων. Αν μπορέσουν τελικά και υλοποιηθούν αυτές οι οδηγίες, δημιουργώντας συνειδητούς καταναλωτές, τότε θα επιτευχθεί περιορισμός ή και εξάλειψη του περιβαλλοντικού, κοινωνικού και οικονομικού αντίκτυπου.

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Abee, T., Krockel, L., & Hill, C. (1995). Bacteriocins: modes of action and potentials in food preservation and control of food poisoning. *International Journal of Food Microbiology*.
- Ahvenainen, R. (1996). New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruits and vegetables. *Trends in Food Science and Technology*.
- Alexandre, M., & Dubois, P. (2000). Polymer-layered silicate nanocomposites: Preparation, properties and uses of a new class of materials. *Materials Science and Engineering*.
- Allen, L., Nelson, A. I., Steinberg, M. P., & McGill, J. N. (1963). Edible corn-carbohydrate food coatings. Development and physical testing of a starch-algin coating. *Food Technol.*
- Allende, T.-B. A., & Gil, M. (2006). Minimal processing for healthy. *Trends in Food Science & Technology*.
- Altena, K., Guder, A., Cramer, C., & Bierbaum, G. (2000). Biosynthesis of the lantibiotic mersacidin: organization of a type B lantibiotic gene cluster. *Applied and Environmental Microbiology*.
- Amenu Delesa, D. (2017). Bacteriocin as an advanced technology in food industry. *International Journal of Advanced Research in Biological Sciences*.
- American Council on Science and Health. (1998). Irradiated Food (Third edition). *American Council on Science and Health*.
- Ananou, S., Maqueda, M., Martínez-Bueno, M., & et al. (2007). *Biopreservation, an ecological approach to improve the safety and shelf-life of foods*. Méndez-Vilas A.
- Avila Rodriguez, M., Rodriguez Barroso, L., & Sanchez, M. (2017). Collagen: A review on its sources and potential cosmetic applications. *Journal of Cosmetic Dermatology*.
- Ayres, R. (1989). Technology and Environment. *National Academy Press: Washington*.
- Bagenda, D., & Yamazaki, K. (2007). Application of bacteriocins in food preservation and safety. *Global Science Books*.
- Baines, D., & Seal, R. (2012). *Natural food additives, ingredients and flavourings*.
- Baldwin, A. E. (2007). *Surface treatments and edible coatings in food preservation*. CRC Press.
- Baroni, L., Cenci, L., Tettamanti, M., & Berati, M. (2006). Evaluating the environmental impact of various dietary patterns combined with different food production systems. *European Journal of Clinical Nutrition*.
- Barrett, C., Bell, R., Lentz, E., & Maxwell, D. (2009). Market information and food insecurity response analysis. *Food Security*.
- Batt, C. A. (2014). *Encyclopedia of Food Microbiology, Second Edition*. Academic Press.
- Becerra, M., Cerdan, M., & Gonzalez-Siso, M. (2015). Biobutanol from cheese whey. *Microbial cell factories*.

- Ben-Yehoshua, S., Beaudry, R., Fishman, S., & Jayanty, S. S. (2005). *Modified Atmosphere Packaging and Controlled Atmosphere Storage*. Retrieved from [www.researchgate.net: https://www.researchgate.net/publication/265083714](https://www.researchgate.net/publication/265083714)
- Berger, R. (2007). *Flavours and Fragrances: Chemistry, Bioprocessing and Sustainability*.
- Berillis, P. (2015). *Research Trends in Biochemistry, Molecular Biology and Microbiology*. SM Group.
- Blakeney, M. (2019). *Food Loss and Food Waste: Causes and Solutions*. Edward Elgar Publishing Limited.
- Blakeney, M. (2019). *Food Loss and Food Waste: Causes and Solutions*. Elgar.
- Blakistone, A. B. (1998). *Principles and Applications of Modified Atmosphere Packaging of Foods*. Blackie Academic & Professional.
- Boskou, G. (1998). *Reduction of bacterial spoilage associated with trimethylamine-oxide-dependent respiration in fish fillets packed under modified atmosphere*. PhD Thesis, University of Ghent.
- Bourlieu, C., Guillard, V., Vallè-Parmiès, B., Guilbert, S., & Gontard, N. (2009). *Edible moisture barriers: how to assess their potential and limits in food products shelf-life extension?* Critical Reviews in Food Science and Nutrition.
- Brody, A. (1989). Controlled/Modified Atmosphere/Vacuum packaging of foods. *Trumbull (CT): Food & Nutrition Press*.
- Cachon, R., Girardon, P., & Voilley, A. (2019). *Gases in Agro-Food Processes*. Academic Press.
- Campos, C., Gersehenson, L., & Flores, S. (2010). Development of Edible Films and Coatings with Antimicrobial Activity. *Food Bioprocess Technology*.
- Caplice, E., & Fitzgerald, G. (1999). Food fermentations: role of microorganisms in food production and preservation. *International Journal of Food Microbiology*.
- Cerqueira, A. M., Lima, M. A., Souza, S. B., Teixeira, A. J., Moreira, A. R., & Vicente, A. A. (2009). Functional polysaccharides as edible coatings for cheese. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*.
- Cerqueira, A. M., Souza, S. B., Teixeira, A. J., & Vicente, A. A. (2012). Effect of glycerol and corn oil on physicochemical properties of polysaccharide films: a comparative study. *Food Hydrocolloids*.
- Cerqueira, A. M., Bourbon, I. A., Pinheiro, C. A., Martins, T. J., Souza, S. B., Teixeira, A. J., & Vicente, A. A. (2011). Galactomannans use in the development of edible films/coatings for food applications. *Trends in Food Science and Technology*.
- Cerqueira, M. A., Costa, M. J., Rivera, M. C., Ramos, O. L., & Vicente, A. A. (2015). *Conventional and Advanced Food Processing Technologies*.
- Chapple, A. (1993). *Nuclear Energy*.
- Chung, K. T., Dickson, S. I., & Crouse, D. I. (1989). Effects of nisin on growth of bacteria attached to meat. *Applied and Environmental Microbiology*.

- Cleveland, J., Montville, T., Nes, I., & Chikindas, M. (2001). Bacteriocins: safe, natural, antimicrobials for food preservation. *International Journal Food Microbiology*.
- Corbo, M., Campaniello, D., & Speranza, B. (2015). Non-conventional tools to preserve and prolong the quality of minimally-processed fruits and vegetables, coatings.
- Dainelli, D., Gontard, N., Spyropoulos, D., Zondervan-van den Beuken, E., & Tobback, P. (2008). Active and intelligent food packaging: legal aspects and safety concerns. *Trends in Food Science & Technology*.
- Dass, C. (1999). Starter Culture—Importance of selected genera. *Academic Press, Oxford*.
- Davidson, P. M., & Juneja, V. K. (1990). *Food Additives*. Marcel Dekker.
- Davidson, P. M., & Juneja, V. K. (1990). *Food Additives*. Marcel Dekker.
- Debeaufort, F., & Voilley, A. (2009). *Lipid-based edible films and coatings*. Springer.
- Deo, H., & Desai, B. (1999). Dyeing cotton and jute with tea as a natural dye. *Journal of the Society of Dyers and Colourists*.
- Desai, B. B. (2000). *Handbook of Nutrition and Diet*. Marcel Dekker Inc.
- Diehl, J. (1995). *Safety of Irradiated Foods*. Marcel Dekker.
- Directive 2008/98/EC. (n.d.).
- Directive 2008/98/EC on waste. (n.d.).
- Doi, Y., & Steinbuchel, A. (2002). Biopolymers. *Weinheim*.
- Eklund, T. (1984). The effect of carbon dioxide on bacterial growth and on uptake processes in the bacterial membrane vesicles. *International Letters of Food Microbiology*.
- Eklund, T., & Kabara, J. J. (1991). *Food Preservatives*.
- Elson, C. M., & Hayes, E. R. (1985). *Development of the differentially permeable fruit coating "NutriSave®" for modified atmosphere storage of fruit*. North Carolina State University.
- Ennahar, S., Sonomoto, K., & Ishizaki, A. (1999). Class IIa bacteriocins from lactic acid bacteria: antibacterial activity and food preservation. *Journal of Bioscience and Bioengineering*.
- European Commission. (2009). *What is the Bioeconomy?* Retrieved from europa.eu/research/bioeconomy/policy/bioeconomy_en.htm
- Ewing, G. (2001). *Altruistic, Egoistic, and Normative Effects on Curbside Recycling*. Retrieved from doi.org: <https://doi.org/10.1177/00139160121973223>
- Fadini, L. A., Rocha, S. F., Alvima, D. I., Sadahira, S. M., Queiroz, B. M., Alves, V. E., & Silva, B. L. (2013). Mechanical properties and water vapor permeability of hydrolysed collagen-cocoa butter edible films plasticized with sucrose. *Food Hydrocolloids*.
- FAO. (2011). Food Losses and Food Waste. *FAO*.
- FAO. (2013). Retrieved from [fao.org: fao.org/publications](http://fao.org/publications)

- FAO. (2015). *fao.org*. Retrieved from fao.org: <http://www.fao.org/sustainable-development-goals/indicators/12.3.1/en/>
- FAO. (2016). The State of Food and Agriculture 2016 – Climate Change, Agriculture and Food Security.
- FAO. (2017). Retrieved from fao.org: <http://www.fao.org/sustainable-development-goals/indicators/12.3.1/en/>
- Ganglberger, E., & Geissler, S. (2001). Produktion von farbstoffliefernden Pflanzen in Österreich und ihre Nutzung in der Textilindustrie. *Innovation und Technologie*.
- Ganglberger, E., & Geissler, S. (2003). Farb&Stoff Sustainable Development durch neue Kooperationen und Prozesse. *Innovation und Technologie*.
- Garcia-Galan, C., Berenguer-Murcia, A., Fernandez-Lafuente, R., & Rodrigues, R. (2011). Potential of Different Enzyme Immobilization Strategies to Improve Enzyme Performance. *Advanced Synthesis and Catalysis*.
- Geisen, R., Lucke, K. F., & Krockel, L. (1992). Starter and protective cultures for meat and meat products. *Fleischwirtschaft*.
- General news: Chitosan-derivative keeps apples fresh. (1991). *Postharvest News Info*.
- Gennadios, A. (2002). Protein-Based Films and Coatings. *CRC Press*.
- Glover, B. (2008). Doing what comes naturally in the dyehouse. *Coloration Technology*.
- Goy, C. R., De Britto, D., & Assis, O. (2009). *review of the antimicrobial activity of chitosan*. Polimeros.
- Gupta, R., Canerdy, T., Skaggs, P., Stocker, A., Zyrkowski, G., Burke, R., . . . Bagchi, D. (2009). Therapeutic efficacy of undenatured type-II collagen (UC-II) in comparison to glucosamine and chondroitin in arthritic horses. *Vet Pharmacol Ther*.
- Hagens, S., & Loessner, M. (2007). Application of bacteriophages for detection and control of food-borne pathogens. *Applied Microbiology & Biotechnology*.
- Han, H. J., & Gennadios, A. (2005). Edible films and coatings: a review. *Innovations in Food Packaging*.
- Hansen, E., Karlake, J., Woods, R. J., Read, A. F., & Wood, K. B. (1993). *Antibiotics can be used to contain drug-resistant bacteria by maintaining sufficiently large sensitive populations*. Retrieved from [journals.plos.org: https://journals.plos.org/plosbiology/article?id=10.1371/journal.pbio.3000713](https://journals.plos.org/plosbiology/article?id=10.1371/journal.pbio.3000713)
- Hill, D. (2008). Is there a future for natural dyes? *Society of Dyers and Colourists*.
- Holzappel, H. W., Geisen, R., & Schillinger, U. (1995). Biological preservation of foods with reference to protective cultures, bacteriocins and food-grade enzymes. *International Journal of Food Microbiology*.
- Holzappel, W., Geisen, R., & Schillinger, U. (1995). Biological preservation of foods with reference to protective cultures, bacteriocins and food-grade enzymes. *International J. of Food Microbiology*.

- Hugas, M., Pages, F., Garriga, M., & Monfort, J. (1998). Application of the bacteriocinogenic *Lactobacillus sakei* CTC494 to prevent growth of *Listeria* in fresh and cooked meat products packaged with different atmospheres. *Food Microbiology*.
- Hurme, E., Ahvenainen, R., Kinnunen, A., Luoma, T., & Skytta, E. (1994). *Factors affecting the quality retention of minimally processed carrot*.
- Jack, R., Tagg, J., & Ray, B. (1995). Bacteriocins of Gram-positive bacteria. *Microbiology Review*.
- Janjarasskul, T., & Krochta, M. J. (2010). Edible packaging materials. *Annual Review of Food Science and Technology*.
- Jingdun, J., Donghong, L., & Haile, M. (2019). *Advances in Food Processing Technology*. Springer.
- John, G. (2006). Concepts in Biopreservation. *CRC Press USA*.
- Juneja, V. K., Dwivedi, H. P., & Sofos, J. N. (2017). *Microbial Control and Food Preservation: Theory and Practice*. Springer.
- Jurgilevich, A., Birge, T., Kentala-Lehtonen, J., Korhonen-Kurki, K., Pietikäinen, J., Saikku, L., & Schösler, H. (2016). Transition towards Circular Economy in the Food System. *Sustainability*.
- Kandler, O. (1983). Carbohydrate metabolism in lactic acid and bacteria. *Antonie van Leeuwenhoek*.
- Kelvin, G., Brockbank, & Taylor, M. (2006). Retrieved from <http://citeseerx.ist.psu.edu/>.
- Kennard, N. (2019). Food Waste Management. *Zero Hunger*.
- Kesaven, B., Lee, W.-H., & Kumar, S. (2011). Polyhydroxyalkanoate. *Biodegradable Polymers in Clinical Use and Clinical Development*.
- Kester, J. J., & Fennema, O. (1986). Edible films and coatings: a review. *Food Technology*.
- Kester, J. J., & Fennema, O. R. (1986). *Edible films and coatings: a review*. Food Technol.
- Kilcast, D., & Subramaniam, P. (2000). *The stability and shelf-life of food*.
- Klaenhammer, R. T. (1993). Genetics of bacteriocins produced by lactic acid bacteria. *FEMS Microbiology Reviews*.
- Klein-Marcuschamer, D., Oleskowicz-Popiel, P., Simmons, B., & Blanch, H. (2011). The challenge of enzyme cost in the production of lignocellulosic biofuels. *Biotechnology and Bioengineering*.
- Kramer, E. M. (2009). *Structure and function of starch-based edible films and coatings*. Springer,.
- Kumar, K., Yadav, A., Kumar, V., Vyas, P., & Dhaliwal, H. S. (2017). Food waste: a potential bioresource for extraction of nutraceuticals and bioactive compounds. *Bioresources and Bioprocessing*.

- Lee, M., Lee, D., Cho, J., Kim, S., & Park, C. (2013). Enzymatic Biodiesel Synthesis in Semi-Pilot Continuous Process in Near-Critical Carbon Dioxide. *Springer*.
- Lewis, M., & Heppell, N. (2000). *Continuous Thermal Processing of Foods, Pasteurization and UHT Sterilization*. Aspen Publishers.
- Lin, D., & Zhao, Y. (2007). Innovations in the development and application of edible coatings for fresh and minimally processed fruits and vegetables. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*.
- Lindgren, E. S., & Dobrogosz, J. W. (1990). Antagonistic activities of lactic-acid Bacteria in Food and Feed Fermentations. *FEMS Microbiology Reviews*.
- Lipinski, B., Hanson, C., Lomax, J., Kitinoja, L., Waite, R., & Searchinger, T. (2013). Reducing Food Loss and Waste. *World Resources Institute*.
- Lokman, I. M., Rashid, U., Yunus, R., & Taufiq-Yap, Y. (2013). Carbohydrate-derived Solid Acid Catalysts for Biodiesel Production from Low-Cost Feedstocks: A Review. *Science and Engineering*.
- Lu, J., Tappel, R. C., & Nomura, C. T. (2009). Mini-Review: Biosynthesis of Poly(hydroxyalkanoates). *Polymer Reviews*.
- Lück, E., & Jager, M. (1997). *Antimicrobial Food Additives*. Springer.
- Lucke, K. F. (2000). Utilization of microbes to process and preserve meat. *Meat Science*.
- Lund, D. (1975). *Heat transfer in foods*. Marcel Dekker.
- Manios, S. G., & Skandamis, P. N. (2015). Effect of frozen storage, different thawing methods and cooking processes on the survival of Salmonella spp. and Escherichia coli O157:H7 in commercially shaped beef patties. *Meat Science*.
- McElhatton, A., & Marshall, R. J. (2007). *Food Safety. A Practical and Case Study Approach*. Springer.
- Meena, C., Mengi, S., & Deshpande, S. (1999). Biomedical and industrial applications of collagen. *Chemical Sciences*.
- Miguel, M. (2011). Anthocyanins: Antioxidant and/or anti-inflammatory activities. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*.
- Misra, N. N., Patil, S., Moiseev, T., Bourke, P., Mosnier, J. P., Keener, K. M., & Cullen, P. J. (2014). *Journal Food Engineering*.
- Nagai, T., & Suzuki, N. (2000). Isolation of collagen from fish waste material — skin, bone and fins. *Food Chemistry*.
- Nes, I., Diep, D., Havarstein, L., Bruberg, M., Eijsink, V., & Holo, H. (1996). *Biosynthesis of bacteriocins in lactic acid bacteria*. Antonie van Leeuwenhoek 70.
- Nettles, C., & SF., B. (1993). *Biochemical and genetic characteristics of bacteriocins of food-associated lactic acid bacteria*.
- Nguyen, T. Q., & Baird, G. D. (2006). *Preparation of polymer-clay nanocomposites and their properties*. Advances in Polymer Technology.

- Nieto, M. (2009). *Structure and function of polysaccharide gum-based edible films and coatings*. Springer Science.
- Niku-Paavola, L. M., Laitila, A., Mattila-Sandholm, T., & Haikara, A. (1999). New types of antimicrobial compounds produced by *Lactobacillus plantarum*. *Journal of Applied Microbiology*.
- Nisperos-Carriedo, M. O. (1994). *Edible coatings and films based on polysaccharides*. Technomic Publishing Company.
- Noh, B., Kim, S., Jang, P., Lee, H., Park, W., Song, G., . . . Lee, S. (2009). *Food processing & preservation*. Seoul.
- Obruca, S., Benešová, P., Marsalek, L., & Marova, I. (2015). Use of Lignocellulosic Materials for PHA Production. *Chemical and Biochemical Engineering Quarterly*.
- Parenteau-Bareil, R., Gauvin, R., & Berthod, F. (2010). Collagen-Based Biomaterials for Tissue Engineering Applications. *Materials*.
- Parfitt, J., Barthel, M., & Macnaughton, S. (2010). *Food waste within food supply chains: quantification and potential for change to 2050*. Retrieved from doi.org: <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0126>
- Pavlath, A., & Orts, W. (2009). Edible films and coatings: why, what, and how? *Edible Films and Coatings for Food Applications*.
- Rahman, M. S. (2007). *Handbook of Food Preservation*. Florida: CRC Press.
- Ramesh, N. (1995). *Optimum sterilization of foods by thermal processing-a review*. Food Sci. Technol. Today.
- Rankin, J. C., Wolff, I. A., Davis, H. A., & Rist, C. E. (1958). *Permeability of amylose film to moisture vapor, selected organic vapors, and the common gases*. Indus.
- Rappi, B., Bechtold, T., & Mussak, R. (2005). Zwiebeln auf Wolle – Pflanzenfarben für die Textilindustrie. *Textilveredlung*.
- Ravindran, R., & Jaiswal, A. (2015). Exploitation of Food Industry Waste for High-Value Products. *CellPress*.
- Ravindran, R., & Jaiswal, A. (2016). A comprehensive review on pre-treatment strategy for lignocellulosic food industry waste: challenges and opportunities. *Bioresource Technology*.
- Robertson, L. G. (2006). *Food Packaging: Principles and Practice*. CRC Press.
- Rodriguez-Turienzo, L., Cobos, A., & Diaz, O. (2012). Effects of edible coatings based on ultrasound-treated whey proteins in quality attributes of frozen Atlantic salmon. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*.
- Ross, R., Morgan, S., & Hill, C. (2002). Preservation and fermentation: past, present and future. *International Journal of Food Microbiology*.
- Rozum, J. (1995). Smoke Flavouring in Processed Meat. *Flavour of Meat, Meat Products*.

- Rutten, M., Nowicki, P., Bogaardt, M.-J., & Aramyan, L. (2013). *Reducing Food Waste by Household and in Retail in the EU: a Prioritisation Using Economic, Land Use and Food Security Impacts*. LEI Wageningen UR.
- Sanchez-Garcia, D. M., & Lagarón, M. J. (2009). *Nanocomposite packaging materials*. John Wiley & Sons.
- Sandarani, M., Dasanayaka, D., & Jayasinghe, C. (2018). Strategies Used to Prolong the Shelf Life of Fresh Commodities. *Journal of Agricultural Science and Food Research*.
- Schillinger, U., Geisen, R., & Holzaphel, W. (1996). *Potential of antagonistic microorganisms and bacteriocins for the biological preservations of foods*. Trends Food Sci Technol.
- Schulz, T. (1960). *Nutrition at different income levels*. Bulletin of the Oxford University Institute of Economics & Statistics.
- Schwarz, J., & Whittiker, M. (2015). Utilization of Chicken By-Products to Form Collagen Films. *Journal of Food Processing*.
- Schweppe, H. (1993). *Handbuch der Naturfarbstoffe: Vorkommen - Verwendung - Nachweis*. Ecomed.
- Seong, P., Byoung, W., Lee, M., Haeng Cho, D., Kim, D.-K., Jung, K., . . . Chulhwam, P. (2011). Enzymatic coproduction of biodiesel and glycerol carbonate from soybean oil and dimethyl carbonate. *Enzyme and Microbial Technology*.
- Sikarwar, A. (2016). Collagen: New Dimension in Cosmetic and Healthcare. *International Journal of Biochemistry Research & Review* .
- Silvipriya, K., Kumar, K., Bhat, A., Kumar, B., John, A., & Lakshmanan, P. (2015). Collagen: Animal Sources and Biomedical Application. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*.
- Sionkowska, A., Skrzyński, S., Śmiechowski, K., & Kołodziejczak, A. (2016). The review of versatile application of collagen. *Polymers for advanced technologies*.
- Soroka, W. (2008). *Illustrated Glossary of Packaging Terms*. Institute of Packaging Professionals.
- Sowjanya, N., Rao, N., Satya Bhushan, N., & Krishnan, G. (2016). Versatility of the use of collagen membrane in oral cavity. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*.
- Stamatakis, G. (2010). Energy and geo-environmental applications for olive mill wastes. a review. *National and Kapodistrian University of Athens*.
- Stossel, S., & Leuba, J. L. (1984). Effect of chitosan, chitin and some aminosugars on growth of various soilborne phytopathogenic fungi. *Phytopathol*.
- Sulakvelidze, A. (2013). Using lytic bacteriophages to eliminate or significantly reduce contamination of food by foodborne bacterial pathogens. *J. of the Science of Food & Agriculture*.
- Suppakul, P., Miltz, J., Sonneveld, K., & Bigger, S. (2003). Active Packaging Technologies with an Emphasis on Antimicrobial Packaging and its Applications. *Journal of Food Science*.

- Swart, G. J. (1993). *Encyclopedia of Food Science, Food Technology and Nutrition* (R. Macrae, R.K. Robinson, and M.J. Sadler, Eds.). Academic Press.
- Tamer, E. C., & Çopur, U. O. (2010). *Chitosan: An edible coating for fresh-cut fruits and vegetables*. *Acta Horticulturae*.
- Tan, T., Shang, F., & Zhang, X. (2010). Current development of biorefinery in China. *Biotechnology advances*.
- Tapia de Daza, S. M., Alzamora, M. S., & Chanes, W. J. (1996). *Combination of Preservation Factors Applied to Minimal Processing of Foods*. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*.
- Thirumdas, R., Sarangapani, C., & Annapure, U. (2014). *Cold Plasma: A novel Non-Thermal Technology for Food Processing*. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/268872943_Cold_Plasma_A_novel_Non-Thermal_Technology_for_Food_Processing: www.researchgate.net
- Thomas, L., Clarkson, M., & Delves-Broughton, J. (2000). Nisin. *Natural Food Antimicrobial Systems*.
- Tiwari, B., Valdramidis, V., O'Donnell, C., Muthukumarappan, K., Bourke, P., & Cullen, P. (2009). Application of Natural Antimicrobials for Food Preservation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry Review*.
- Tschirley, D., Donovan, C., & Weber, M. (1996). Food aid and food markets: lessons from Mozambique. *Food policy*.
- Valverde, J. M., Valero, D., Martínez-Romero, D., Guillén, F., Castillo, S., & Serrano, M. (2005). *Novel edible coating based on aloe vera gel to maintain table grape quality and safety*. *J. Agric. Food Chem.*
- Van de Veen, H. B., Xie, H., & Esveld, E. (2014). *Food Microbiol.* Retrieved from 10.1016/j.fm.2014.03.018
- Vinita, K., & Amit, J. K. (2018). *Biopreservation: Novel technique augmenting shelf life*.
- Waldron, K. (2007). *Handbook of waste management and co-product recovery in food processing*. Woodhead Publishing Limited.
- Walker-Simmons, M., Jin, D., West, C. A., Handwiger, L., & Rayan, C. A. (1984). Comparison of proteinase inhibitor-inducing activities and phytoalexin elicitor activities of a pure fungal endopolygalacturonase pectic fragments, and chitosans. *Plant Physiol*.
- Wang, S., Hou, H., Hou, J., Tao, Y., Lu, Y., Yang, X., & Li, B. (2013). Characterization of Acid-Soluble Collagen From Bone of Pacific Cod (*Gadus macrocephalus*). *Journal of Aquatic Food Product Technology*.
- waste, D. 2. (n.d.).
- Wigley, R. (1999). Starter cultures/uses in the food industry. *Academic Press, Oxford*.
- Xue, C., Zhao, X., Liu, C., Chen, L., & Bai, F. (2013). Prospective and development of butanol as an advanced biofuel. *Biotechnology Advances*.

- Zhang, J., Manias, E., & Wilkie, A. C. (2008). Polymerically modified layered silicates: An effective route to nanocomposites. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*.
- Zhang, Z., O'Hara, I., Mundree, S., Gao, B., Ball, A., Zhu, N., . . . Jin, B. (2016). Biofuels from food processing wastes. *Current opinion in Biotechnology*.
- Bechtold, T., Kaulfuss, P., Mahmud-ali, A., Geissler, S., & Ganglberger, E. (2004). Naturfarbstoffe in Mitteleuropa – Rohstoffquellen und färberische Qualität. *Melliand Textilber*.
- Bechtold, T., Mussak, R., Mahmud-Ali, Ganglberger, E., & Geissler, S. (2006). Extraction of natural dyes for textile dyeing from coloured plant wastes released from food and beverage industry. *Journal of the Science of Food and Agriculture*.
- Λάζος, Ε. Σ. (2014). *Επεξεργασία Τροφίμων*. Φαίδιμος.
- Μεταξόπουλος, Ι., Ματαράγκας, Μ., & Δροσινός, Ε. Χ. (2003). Βακτηρισίνες των οξυγαλακτικών βακτηρίων και εφαρμογή τους στα τρόφιμα ως βιοσυντηρητικών.(II). *Περιοδικό της Ελληνικής Κτηνιατρικής Εταιρείας*.
- Παπαδάκης, Σ. Ε. (2010). *Συσκευασία Τροφίμων*. Εκδόσεις Τζιόλα.