



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΤΡΟΦΙΜΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

## Πτυχιακή Εργασία

### «Η ΧΡΗΣΗ ΕΛΩΔΙΜΩΝ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΩΝ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ»



ΑΡΦΑΝΗ ΑΛΕΞΑΝΔΡΑ 17127

ΚΑΜΑΤΕΡΟΥ ΜΑΡΙΝΑ 17030

Επιβλέπουσα καθηγήτρια: ΚΡΙΤΣΗ ΕΥΤΥΧΙΑ

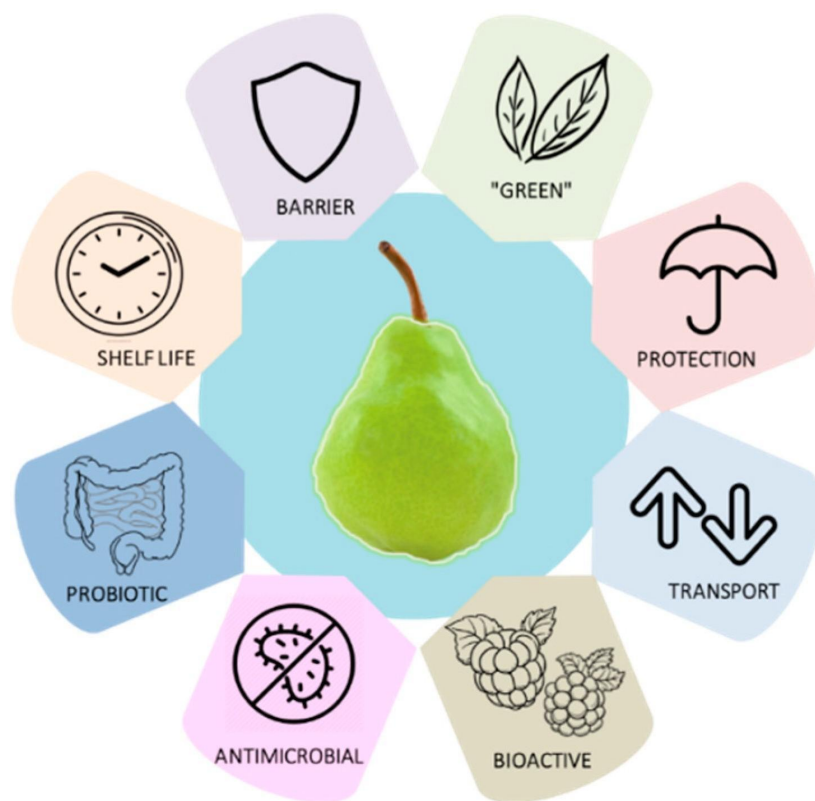
Αθήνα, Μάρτιος 2022



UNIVERSITY OF WEST ATTICA SCHOOL OF FOOD SCIENCE  
DEPARTMENT OF FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY

## Diploma Thesis

### «THE USE OF EDIBLE PACKAGING IN FOOD TECHNOLOGY»



**ARFANI ALEXANDRA 17127**

**KAMATEROU MARINA 17030**

Supervisor name and surname: KRITSI EFTICHIA

Athens, March 2022



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΤΡΟΦΙΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

«Η χρήση εδώδιμων συσκευασιών στην τεχνολογία τροφίμων»

**Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής συμπεριλαμβανομένου και του Εισηγητή**

Η πτυχιακή εργασία εξετάστηκε επιτυχώς από την κάτωθι Εξεταστική Επιτροπή:

<b>A/a</b>	<b>ΟΝΟΜΑ ΕΠΩΝΥΜΟ</b>	<b>ΒΑΘΜΙΔΑ/ ΙΔΙΟΤΗΤΑ</b>	<b>ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ</b>
1.	ΚΡΙΤΣΗ ΕΥΤΥΧΙΑ	Ακαδημαϊκή Υπότροφος	
2.	ΤΣΙΑΚΑ ΘΑΛΕΙΑ	Ακαδημαϊκή Υπότροφος	
3.	ΚΟΛΩΝΙΑ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑ	Ακαδημαϊκή Υπότροφος	

## ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ/ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

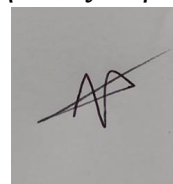
Οι κάτωθι υπογεγραμμένες Αρφάνη Αλεξάνδρα του Παναγιώτη με αριθμό μητρώου 17127 και Καματερού Μαρίνα του Ηλία με αριθμό μητρώου 17030 φοιτήτριες του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Επιστήμης Τροφίμων του Τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων, δηλώνουμε υπεύθυνα ότι:

«Είμαστε συγγραφείς αυτής της πτυχιακής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχαμε για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες κάναμε χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνουμε ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από εμάς αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μας, όσο και του Ιδρύματος.

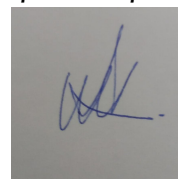
Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μας ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μας».

Οι Δηλούσες

Αρφάνη Αλεξάνδρα



Καματερού Μαρίνα



## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Με την περάτωση της παρούσας πτυχιακής εργασίας, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά την επιβλέπουσα καθηγήτρια Κρίση Ευτυχία, Ακαδημαϊκή Υπότροφο, για τη συνεχή καθοδήγησή της, την υποστήριξή της και τον χρόνο που διέθεσε δίνοντας μας χρήσιμες συμβουλές και βοήθεια για την ολοκλήρωση της εργασίας μας. Θα θέλαμε επιπλέον, να ευχαριστήσουμε τους καθηγητές του τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων για την συμβολή τους στην επιστημονική μας συγκρότηση όλα αυτά τα χρόνια φοίτησής μας στο Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής. Επίσης, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τα υπόλοιπα μέλη της εξεταστικής επιτροπής, την Δρ. Τσιάκα Θάλεια, Ακαδημαϊκή Υπότροφο και την Δρ. Κολώνια Κωνσταντίνα, Ακαδημαϊκή Υπότροφο.

Τέλος, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τις οικογένειες μας για την υπομονή και τη συνεχή υποστήριξή τους σε όλη τη διάρκεια της προσπάθειάς μας καθώς και για τη βοήθεια που μας έχουν προσφέρει αυτά τα χρόνια φοίτησής μας.

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

<b>ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ</b>	<b>9</b>
<b>ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ</b>	<b>10</b>
<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b>	<b>12</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>13</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ</b>	<b>14</b>
1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	14
1.2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ	15
1.3 Ο ΡΟΛΟΣ ΤΗΣ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ	18
1.4 Η ΣΗΜΕΡΙΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ	20
1.4.1 Η ΣΥΜΒΑΤΙΚΗ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ	20
1.4.2. ΑΝΑΓΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΝΕΩΝ ΕΙΔΩΝ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ ΣΤΗΝ ΑΓΟΡΑ	23
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΕΔΩΔΙΜΕΣ ΜΕΜΒΡΑΝΕΣ ΚΑΙ ΕΠΙΚΑΛΥΨΕΙΣ</b>	<b>24</b>
2.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΕΔΩΔΙΜΗΣ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ	24
2.1.1 ΠΩΣ ΟΡΙΖΕΤΑΙ Η ΕΔΩΔΙΜΗ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ	24
2.1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΤΗΣ ΕΔΩΔΙΜΗΣ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ	27
2.2 ΤΑ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΕΔΩΔΙΜΩΝ ΜΕΜΒΡΑΝΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΚΑΛΥΨΕΩΝ	27
2.3 ΧΡΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΚΑΙΝΟΤΟΜΩΝ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΩΝ	30
2.3.1 ΜΕΜΒΡΑΝΕΣ	30
2.3.2 ΕΠΙΚΑΛΥΨΕΙΣ	30
2.4 ΤΑ ΕΙΔΗ ΤΩΝ ΕΔΩΔΙΜΩΝ ΜΕΜΒΡΑΝΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΚΑΛΥΨΕΩΝ	31
2.4.1 ΜΕΜΒΡΑΝΕΣ ΠΟΛΥΣΑΚΧΑΡΙΤΩΝ	33
2.4.1.1 ΖΩΙΚΗΣ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ	34
ΧΙΤΟΖΑΝΗ	34
2.4.1.2 ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ	35
ΚΥΤΤΑΡΙΝΗ	35
ΑΜΥΛΟ	37
ΠΗΚΤΙΝΕΣ	39
2.4.1.3 ΥΔΑΤΙΝΗΣ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ	40
ΑΛΓΙΝΙΚΑ ΑΛΑΤΑ	40
ΚΑΡΑΓΕΝΑΝΕΣ	41
ΑΓΑΡ	41
2.4.1.4 ΜΙΚΡΟΒΙΑΚΟΙ ΠΟΛΥΣΑΚΧΑΡΙΤΕΣ	42
ΚΟΜΜΙ ΤΖΕΛΑΝ (GELLAN GUM)	42
ΠΟΥΛΟΥΛΑΝΗ	42
ΞΑΝΘΑΝΙΚΟ ΚΟΜΜΙ-ΞΑΝΘΑΝΗ (XANTHAN GUM)	43
2.4.2 ΜΕΜΒΡΑΝΕΣ ΠΡΩΤΕΪΝΩΝ	43
ΚΟΛΛΑΓΟΝΟ	44

ΖΕΛΑΤΙΝΗ	44
ΠΡΩΤΕΪΝΕΣ ΓΑΛΑΚΤΟΣ	45
ΖΕΪΝΗ	46
ΣΟΓΙΑ	46
2.4.3 ΕΠΙΚΑΛΥΨΕΙΣ ΜΕ ΛΙΠΙΔΙΑ	47
ΛΙΠΗ ΚΑΙ ΕΛΑΙΑ	47
ΛΙΘΕΡΙΑ ΕΛΑΙΑ	48
ΚΗΡΟΙ	48
ΡΗΤΙΝΕΣ (ΡΕΤΣΙΝΙ)	49
2.4.4 ΠΟΥΡΕΣ ΦΡΟΥΤΩΝ	49
2.4.5 ΜΕΜΒΡΑΝΕΣ ΣΥΝΘΕΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ	49
2.5 ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗ ΠΡΟΣΘΕΤΩΝ ΟΥΣΙΩΝ ΣΤΙΣ ΜΕΜΒΡΑΝΕΣ ΚΑΙ ΤΙΣ ΕΠΙΚΑΛΥΨΕΙΣ	50
2.5.1 ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΜΙΚΡΟΒΙΑΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ	50
ΤΥΠΟΙ ΑΝΤΙΜΙΚΡΟΒΙΑΚΩΝ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΩΝ	52
ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ	53
2.5.2 ΠΛΑΣΤΙΚΟΠΟΙΗΤΕΣ	55
2.5.3 ΓΑΛΑΚΤΩΜΑΤΟΠΟΙΗΤΕΣ	56
2.5.4 ΔΙΑΤΡΟΦΟΔΡΑΣΤΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ (NUTRACEUTICALS)	56
2.5.5 ΦΥΣΙΚΕΣ ΑΡΩΜΑΤΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ	56
2.6 Η ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΗΣ ΕΔΩΔΙΜΗΣ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ	57
2.7 ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ-ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ	61
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΕΔΩΔΙΜΩΝ ΜΕΜΒΡΑΝΩΝ ΣΤΗ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ</b>	<b>63</b>
3.1 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΕΔΩΔΙΜΩΝ ΜΕΜΒΡΑΝΩΝ ΣΤΗ ΣΗΜΕΡΙΝΗ ΑΓΟΡΑ	63
3.1.1 ΤΡΟΦΙΜΑ ΣΤΑ ΟΠΟΙΑ ΕΦΑΡΜΟΖΕΤΑΙ Η ΕΔΩΔΙΜΗ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ	63
Α. ΚΡΕΑΣ, ΠΟΥΛΕΡΙΚΑ	63
Β. ΨΑΡΙΑ- ΘΑΛΑΣΣΙΝΑ	65
Γ. ΓΑΛΑΚΤΟΚΟΜΙΚΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ	66
Δ. ΦΡΟΥΤΑ ΚΑΙ ΛΑΧΑΝΙΚΑ	68
3.1.2 ΜΕΡΙΚΑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΣΤΗ ΣΗΜΕΡΙΝΗ ΑΓΟΡΑ	70
5 ΚΟΡΥΦΑΙΕΣ ΕΤΑΙΡΙΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΔΩΔΙΜΩΝ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΩΝ	70
Skipping Rocks Lab – Βιοδιασπώμενη Συσκευασία	70
Enoware – Συσκευασία με βάση τα φύκη	71
Do Eat – Συσκευασία με βάση πατάτας	71
Lactips – Συσκευασία από καζεΐνη	71
Candy Cutlery – Υλικά με βάση το ζαχαροκάλαμο	71
3.2 ΚΑΙΝΟΤΟΜΕΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΕΔΩΔΙΜΩΝ ΜΕΜΒΡΑΝΩΝ	73
3.3 Η ΑΝΤΙΛΗΨΗ ΚΑΙ Η ΑΠΟΔΟΧΗ ΤΟΥ ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΙΚΟΥ ΚΟΙΝΟΥ	74
3.4 ΚΑΙΝΟΤΟΜΕΣ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΤΗΣ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ	75
3.4.1 ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΣ ΕΔΩΔΙΜΩΝ ΜΕΜΒΡΑΝΩΝ ΜΕ ΕΛΑΙΟ ΚΑΝΝΑΒΗΣ	75
3.4.2 ΕΔΩΔΙΜΕΣ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΕΣ ΑΠΟ ΠΥΡΗΝΕΣ ΦΡΟΥΤΩΝ	78

**ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

**80**

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

**81**



## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

**Πίνακας 1:** Συσκευασίες τροφίμων και τύποι περιεχομένου

**Πίνακας 2:** Γενικές κατηγορίες εδώδιμων μεμβρανών

**Πίνακας 3.1:** Συνοπτικός πίνακας διαφόρων εφαρμογών βρώσιμης επικάλυψης και μεμβρανών σε κρέας και πουλερικά: συστατικά και πρωταρχικά ευρήματα

**Πίνακας 3.2:** Συνοπτικός πίνακας διαφόρων εφαρμογών βρώσιμης επικάλυψης και μεμβρανών σε ψάρια και θαλασσινά: συστατικά και πρωταρχικά ευρήματα.

**Πίνακας 3.3:** Περίληψη των διαφόρων εφαρμογών βρώσιμων επικαλύψεων και μεμβρανών σε γαλακτοκομικά προϊόντα: συστατικά και πρωταρχικά ευρήματα.

**Πίνακας 3.4:** Σύνοψη διαφόρων εφαρμογών βρώσιμων επικαλύψεων και μεμβρανών σε φρέσκα φρούτα και λαχανικά: συστατικά και πρωταρχικά ευρήματα.

**Πίνακας 3.5:** Συνοπτικός πίνακας εταιρειών και παραδειγμάτων εμπορικά διαθέσιμων βρώσιμων συσκευασιών τροφίμων

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

**Εικόνα 1.1:** Τομείς χρήσης πλαστικού στην Ινδία

**Εικόνα 1.2:** «Μετανάστευση» ουσιών μεταξύ πολυμερούς συσκευασίας και προϊόντος

**Εικόνα 2.1:** Υλικά βιολογικής προέλευσης σε συσκευασίες τροφίμων

**Εικόνα 2.2:** Πλεονεκτήματα των εδώδιμων συσκευασιών

**Εικόνα 2.3:** Αντίδραση αποακετυλίωσης χιτίνης σε χιτοζάνη

**Εικόνα 2.4:** Δομικός σκελετός κυτταρίνης

**Εικόνα 2.5:** Εδώδιμες συσκευασίες. A–G: συσκευασία μεθυλοκυτταρίνης που περιέχουν σογιέλαιο, αλάτι, πρωτεΐνη ορού γάλακτος, καφέ σε σκόνη, χυμό σε σκόνη, ρύζι και κρακερ, αντίστοιχα. H: συσκευασία πρωτεΐνης ορού γάλακτος-μεθυλοκυτταρίνης που περιέχει λάδι. I: συσκευασία πρωτεΐνης ορού γάλακτος για την κάψουλα καφέ.

**Εικόνα 2.6:** Δομικός σκελετός αμυλόζης σε αμυλοπηκτίνη

**Εικόνα 2.7:** Δομικός σκελετός του D-γαλακτουρονικού οξέος

**Εικόνα 2.8:** Δομικός σκελετός αλγινικού άλατος

**Εικόνα 2.9:** Δομικός σκελετός πουλουλάνης

**Εικόνα 2.10:** Δομικά επίπεδα κολλαγόνου

**Εικόνα 2.11:** Στάδιο παραγωγής ζελατίνης

**Εικόνα 2.12:** Καζεϊνικό μικκύλιο

**Εικόνα 2.13:** Απαραίτητα λιπαρά οξέα φυτικής προέλευσης

**Εικόνα 2.14:** Οι μικροβιολογικές αλλοιώσεις του τυριού Karish

**Εικόνα 3.1:** Συσκευασμένο κρέας σε εδώδιμη μεμβράνη

**Εικόνα 3.2:** Συσκευασμένο τυρί με εδώδιμη μεμβράνη

**Εικόνα 3.3:** Δομικά συστατικά της κάνναβης

**Εικόνα 3.4:** Εμπορικά διαθέσιμα προϊόντα εμπλουτισμένα με κάνναβη

**Εικόνα 3.5:** Βερίκοκο με τον πυρήνα του

**Εικόνα 3.6:** Η δομή της αμυγδαλίνης

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η συσκευασία των τροφίμων είναι απαραίτητη από αρχαιοτάτων χρόνων για την αποθήκευση των προϊόντων διατροφής, την προστασία τους από περιβαλλοντικές συνθήκες καθώς και τη διατήρηση της ποιότητας τους σε όλα τα στάδια από την αποθήκευση έως την κατανάλωση. Η συμβατική συσκευασία διακρίνεται σε τρία επίπεδα. Την πρωτογενή, τη δευτερογενή ή αλλιώς τη συσκευασία διακίνησης και τέλος την τριτογενή συσκευασία. Τα πετροχημικά πολυμερή, γνωστά ως πλαστικά, είναι τα πολυμερή που χρησιμοποιούνται ευρέως λόγω ορισμένων πλεονεκτημάτων τους, όπως είναι η υψηλή απόδοση και το χαμηλό κόστος. Σημαντικά, όμως, μειονεκτήματα είναι η ικανότητα μετανάστευσης ουσιών και η μη βιοδιασπασιμότητά τους καθώς δεν αποσυντίθενται εύκολα και κατά συνέπεια παραμένουν ως απόβλητα για μεγάλο χρονικό διάστημα, επιβαρύνοντας την ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον.

Η ζήτηση του καταναλωτικού κοινού για συσκευασίες πιο υγιεινές και φιλικές προς το περιβάλλον έφερε στο προσκήνιο την παραγωγή των εδώδιμων μεμβρανών και επικαλύψεων. Είναι πρωτογενείς συσκευασίες, οι οποίες παρασκευάζονται από φυσικές πρώτες ύλες και η χρήση τους ενδείκνυται για τη συσκευασία φρέσκων και επεξεργασμένων τροφίμων όπως φρούτα, λαχανικά, ιχθυηρά και κρέας. Ως κύρια λειτουργία καθίσταται η προστατευτική δράση που προσφέρουν παρεμποδίζοντας την απώλεια της υγρασίας, τη μεταφορά οξυγόνου, την οξειδωση των λιπιδίων και την απώλεια του αρώματος. Επιπλέον, δύναται να διασφαλίσουν την ακεραιότητα του προϊόντος ενισχύοντας τις μηχανικές του ιδιότητες. Τα συστατικά από τα οποία παρασκευάζονται οι εδώδιμες επικαλύψεις και μεμβράνες είναι οι πολυσακχαρίτες, οι πρωτεΐνες και τα λιπίδια. Η επιλογή του συστατικού που θα χρησιμοποιηθεί εξαρτάται κυρίως από την εκάστοτε επιθυμητή ιδιότητα που πρόκειται να προσδώσει στο προϊόν. Συγκεκριμένα, οι πρωτεΐνες και οι πολυσακχαρίτες παρεμποδίζουν τη μεταφορά του οξυγόνου. Σε αντίθεση, η χρήση των λιπιδίων ενδείκνυται για περιπτώσεις που επιθυμητό χαρακτηριστικό είναι ο περιορισμός της απώλειας υγρασίας. Η προστατευτική λειτουργία των εδώδιμων επικαλύψεων και μεμβρανών δύναται να ενισχυθεί περαιτέρω με την προσθήκη πρόσθετων κατά την παρασκευή τους, όπως αντιοξειδωτικές ουσίες, πλαστικοποιητές και ενισχυτές αρώματος και χρώματος. Η νομοθεσία τους είναι συγκεκριμένη, καθώς θα πρέπει να τηρούνται τα απαραίτητα μέτρα για την ασφάλεια των καταναλωτών.

Τα τελευταία χρόνια, πραγματώνονται μελέτες για την παραγωγή όσο το δυνατόν πιο αποδεκτών από το καταναλωτικό κοινό εδώδιμων συσκευασιών. Παρακάτω, αναφέρονται ορισμένες προσπάθειες ανάπτυξης των συσκευασιών αυτών. Συνοψίζοντας τα αποτελέσματα των προσπαθειών, η έρευνα αφενός πρέπει να συνεχιστεί ως προς τη μελέτη ποικίλων εδώδιμων επικαλύψεων και μεμβρανών με ή χωρίς πρόσθετες ουσίες και αφετέρου να προσανατολιστεί στη διερεύνηση και βελτιστοποίηση της πρακτικής τους εφαρμογής σε εμπορικό επίπεδο καθώς και στην αποδοχή από το καταναλωτικό κοινό, διασφαλίζοντας ταυτόχρονα την ασφάλεια και την ποιότητα.

**Λέξεις κλειδιά:** συμβατική συσκευασία, εδώδιμες μεμβράνες, εδώδιμες επικαλύψεις, βιοπολυμερή, διάρκεια ζωής, νανοτεχνολογία, καινοτομία, νομοθεσία, καταναλωτικό κοινό

## ABSTRACT

Food packaging has been necessary since ancient years for the storage of food products, their protection from the environment conditions as well as the maintenance of food quality at all stages from packaging to consumption. Conventional packaging is divided into three levels. The primary, the secondary or otherwise the handling package and finally the tertiary package. Petrochemical polymers, known as plastics, are polymers that are widely used due their advantages, such as high efficiency and low cost. Important disadvantages, however, are the ability of substances to migrate and their non-biodegradability as they do not decompose easily and therefore remain as waste for a very long time, burdering human and the environment.

Consumers' demand for healthier and environmentally friendly packaging has brought to the fore the production of edible films and coatings. They are primary packaging, made from natural materials and their use is suitable for the packaging of fresh and processed foods such as fruits, vegetables, fish and meat. The main function is the protective activity that they offer by preventing moisture loss, oxygen transport, lipid oxidation and aroma loss. In addition, they can ensure the integrity of the product by enhancing its mechanical properties. The ingredients from which edible coatings and films are consisted are polysaccharides, proteins and lipids. The selection of ingredient to be used depends mainly on the desired property that it is going to give to the product. In particular, proteins and polysaccharides inhibit oxygen transport. In contrast, the use of lipids is appropriate for cases that the desired feature is to limit moisture loss. The protective function of edible coatings and membranes can be further enhanced by the addition of additives in their preparation such as antioxidants, plasticizers, aroma and color enhancers. Their legislation is specific, as the necessary measures must be observed for consumer safety.

In recent years, studies have been carried out to produce food packaging that is as acceptable from the consumer public. In the present study, the efforts of the development of these packages are described. Summarizing the results, the research should be continued in the study of various edible coatings and membranes with or without additives and on the other hand to focus on the investigation and optimization of their practical application at commercial level and acceptance by the consumer public, ensuring safety and quality at the same time.

**Keywords:** conventional packaging, edible films, edible coatings, biopolymers, shelf life, nanotechnology, innovation, legislation, consumer audience

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

### 1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Η συσκευασία των τροφίμων αποτελεί μια από τις σπουδαιότερες ανακαλύψεις με σημαντική συνεισφορά στην αποθήκευση, τη διακίνηση αλλά και την τελική χρήση των προϊόντων τροφίμων. Τα πρώτα καταγεγραμμένα στοιχεία μαρτυρούν ότι οι άνθρωποι κατανάλωναν άμεσα τα τρόφιμα που οι ίδιοι έβρισκαν, με αποτέλεσμα η ανάγκη εύρεσης συσκευασίας να είναι περιττή δεδομένου ότι δεν χρειαζόταν να αποθηκευτούν και να διατηρηθούν για μεγάλο χρονικό διάστημα. Με την πάροδο των χρόνων οι άνθρωποι χρησιμοποίησαν ως μέσα αποθήκευσης και διακίνησης των τροφίμων κολοκύθες, δέρματα ζώων καθώς επίσης και κούφιους κορμούς δέντρων («A Brief History of Packaging » Berger). Στη συνέχεια, καλάθια από υλικά όπως καλάμια, ξύλινα κιβώτια, βαρέλια και υφασμάτινες τσάντες άρχισαν να κατασκευάζονται προκειμένου να καλυφθεί η ανάγκη αποθήκευσης τροφίμων. Επίσης, για τη μεταφορά νερού άρχισαν να κατασκευάζονται κεραμικά αγγεία. Έπειτα από έρευνες που πραγματοποιήθηκαν, ανακαλύφθηκαν γυάλινα δοχεία τα οποία χρονολογούνται από το 3000 π.Χ. μαζί με αγγεία που χρονολογούνται ακόμη παλαιότερα. Η χρήση τους αφορούσε την αποθήκευση των τροφίμων και η συντήρησή τους γινόταν μέσω σφράγισης τους με κερί μέλισσας, πίσσα και φελλό. Τον 1<sup>ο</sup> αιώνα μ.Χ, υγρά, όπως κρασί και γάλα, αποθηκεύονταν σε δερμάτινες τσάντες και ξύλινα βαρέλια τα οποία ήταν εσωτερικά επικαλυμμένα με ρητίνη από πεύκο (Robertson 2019).

Έπειτα από την εισαγωγή της μικροβιολογίας των τροφίμων από τον Luis Pasteur και τους συνεργάτες του, ο Samuel C.Prescott και ο William L. Underwood ασχολήθηκαν με τον καθορισμό της βακτηριολογίας, όπως απαιτείται στην κονσερβοποίηση. Παράλληλα, πραγματοποιήθηκαν επιπλέον εφευρέσεις σχετικές με τη συσκευασία, όπως για παράδειγμα οι μήτρες κοπής χάρτινων κουτιών από τον Robert Gair και η δημιουργία γυάλινων δοχείων από τον Michael Owens. Με αφορμή τη Βιομηχανική Επανάσταση, υλικά όπως ξύλο, χαρτί, μέταλλο και γυαλί χρησιμοποιήθηκαν ευρύτερα στη συσκευασία των τροφίμων. Με το πέρας των χρόνων, στις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα, ξεκίνησε η εκτενέστερη χρήση συσκευασιών αποτελούμενων από 3 κομμάτια επικασιτερωμένου χάλυβα, γυάλινες φιάλες και ξύλινα κουτιά για τη μεταφορά των τροφίμων και των ποτών. Την ίδια περίοδο ο Jacques E. Brandenberger εφηύρε το σελοφάν έπειτα από μία αποτυχημένη προσπάθεια να κατασκευάσει διαφανή τραπεζομάντηλα. Στα μέσα του 20<sup>ου</sup> αιώνα ένα νέο καινοτόμο υλικό έκανε την εμφάνισή του στη συσκευασία τροφίμων. Το υλικό αυτό ήταν το πλαστικό από το οποίο κατασκευάστηκε η μεμβράνη συσκευασίας. Με την πάροδο του χρόνου υπήρξαν εξελίξεις οι οποίες συνέβαλαν στη σύγχρονη συσκευασία, όπως για παράδειγμα η ασηπτική επεξεργασία, η συσκευασία σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα και η συσκευασία σε φούρνο μικροκυμάτων. Κατά την διάρκεια του Β΄ Παγκοσμίου Πολέμου, η ανάγκη συσκευασιών ανθεκτικών στις συνθήκες που επικρατούσαν κρίθηκε αναγκαία. Ως αποτέλεσμα ένα νέο υλικό χρησιμοποιήθηκε, το πολυβινυλοχλωρίδιο το οποίο έχει χαμηλή διαπερατότητα στο οξυγόνο, τις γεύσεις και τους υδρατμούς αλλά θεωρήθηκε αρκετά τοξικό για την υγεία των ανθρώπων. Πολλές εφευρέσεις σχετικές με τη συσκευασία, πραγματοποιήθηκαν μεταξύ του Α΄ και του Β΄ Παγκοσμίου Πολέμου. Οι εν λόγω καινοτομίες αφορούσαν υλικά, όπως φύλλα αλουμινίου, ηλεκτρικά μηχανήματα συσκευασίας, πλαστικά και συγκεκριμένα το πολυαιθυλένιο, το πολυβινυλοχλωρίδιο

ασηπτικές συσκευασίες, μεταλλικά δοχεία μύρας και φλεξογραφική εκτύπωση. Οι καινοτομίες αυτές βοήθησαν τους στρατιώτες στη συντήρηση και την προστασία των τροφίμων από τις ακραίες συνθήκες που επικρατούσαν κατά την διάρκεια του πολέμου (Robertson 2019; R. K. Gupta and Dudeja 2017).

Κατά τις δεκαετίες του 1960-1970, έκαναν την εμφάνισή τους δοχεία αναψυκτικών κατασκευασμένα από αλουμίνιο δύο κομματιών με καπάκια εύκολα στο άνοιγμα και χωρίς πίεση με αποτέλεσμα την αύξηση της παραγωγής ανθρακούχων αναψυκτικών και μύρας. Η ανάπτυξη υλικών όπως για παράδειγμα το πολυπροπυλένιο, ο πολυεστέρας και τα πολυμερή αιθυλενο-βινυλικής αλκοόλης είχαν ως αποτέλεσμα την αντικατάσταση του μετάλλου, του γυαλιού και του χαρτονιού από υλικά πλαστικά και πιο εύκολα στη χρήση. Στη συνέχεια του 20<sup>ου</sup> αιώνα υπήρξαν καινοτόμες εφευρέσεις που αφορούσαν τη συσκευασία των τροφίμων, όπως είναι η ενεργή συσκευασία, δηλαδή ελεγκτές οξυγόνου, μικροβιακού φορτίου, μεσολαβητές αναπνοής και ελεγκτές οσμών και αρωμάτων. Σήμερα, πλήθος καινόντων συσκευασιών σχετίζονται με την ολοένα αναπτυσσόμενη νανοτεχνολογία. Βασικοί λόγοι ανάπτυξης καινοτόμων συσκευασιών θεωρείται η διακίνηση τροφίμων παγκοσμίως. Πλέον, η συσκευασία τροφίμων θεωρείται ως εξειδικευμένη βιοτεχνία (Brody et al. 2008).

## 1.2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ

Η συσκευασία τροφίμων πρέπει να διέπεται από κανόνες που συνιστώνται από τον Αμερικανικό Οργανισμό Τροφίμων και Φαρμάκων (FDA). Υπάρχουν διάφορα επίπεδα στο σχεδιασμό της, εξίσου σημαντικά, δεδομένου ότι το καθένα διαδραματίζει διακριτό ρόλο. Τα 3 επίπεδα είναι:

### *1. Πρωτογενής συσκευασία*

Γνωστή και ως συσκευασία προς πώληση. Περιβάλλει και συγκρατεί το περιεχόμενο τρόφιμο καθώς έρχεται σε άμεση επαφή με το τρόφιμο ή το ποτό. Ο κύριος σκοπός της πρωτογενούς συσκευασίας είναι να περιέχει, να προστατεύει και να διατηρεί το προϊόν («Primary, Secondary & Tertiary Packaging» 2020). Είναι σχεδιασμένη κατά τρόπο που να αποτελεί, στο σημείο αγοράς, χωριστή μονάδα προς πώληση στον τελικό χρήστη ή καταναλωτή. Αυτό που θεωρείται ως κύρια συσκευασία εξαρτάται από το προϊόν («Συσκευασία – EOAN»). Παράδειγμα πρωτογενούς συσκευασίας αποτελεί το μπουκάλι ενός αναψυκτικού. Στατιστικά της χρονιάς 2018, έδειξαν την αύξηση της ζήτησης για πιο βιώσιμες πρωτογενείς συσκευασίες και τη χρήση λιγότερου πλαστικού («Primary, Secondary, and Tertiary Packaging»).

### *2. Δευτερογενής συσκευασία*

Γνωστή και ως ομαδοποιημένη συσκευασία. Προστίθεται ενδιάμεσα, καλύπτει εξωτερικά την πρωτογενή και περιέχει ή συγκεντρώνει τις αρχικές συσκευασίες. Οι κύριοι στόχοι της είναι η προστασία των προϊόντων και η παροχή επωνυμίας. Χρησιμοποιείται επίσης ως συσκευασία προβολής σε χώρους λιανικής, όπως παντοπωλεία εφόσον είναι σχεδιασμένη κατά τρόπο που να αποτελεί, στο σημείο αγοράς, σύνολο ορισμένου αριθμού μονάδων προς πώληση. Παράδειγμα τέτοιου είδους συσκευασίας αποτελεί ένα κουτί από κυματοειδές χαρτόνι που περιέχει σύνολο από μπουκάλια αναψυκτικών (Benjamin 2018).

### 3. Τριτογενής συσκευασία

Γνωστή και ως συσκευασία μεταφοράς. Διευκολύνει την προστασία, το χειρισμό και τη μεταφορά μιας σειράς μονάδων πωλήσεων ή δευτερευόντων συσκευασιών, προκειμένου να ομαδοποιηθούν σε μοναδιαία φορτία κατά τη μεταφορά. Οι τριτογενείς συσκευασίες συνήθως δεν είναι προσβάσιμες από τους καταναλωτές («Συσκευασία – ΕΟΑΝ»).

**Πίνακας 1:** Συσκευασίες τροφίμων και τύποι περιεχομένου (Robertson 2019)

<b>ΤΥΠΟΣ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ</b>	<b>ΤΥΠΟΣ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ</b>	<b>ΕΦΑΡΜΟΓΗ</b>
<b>ΑΣΗΠΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ</b>	ΑΥΓΟ (ΥΓΡΟ/ΟΛΟΚΛΗΡΟ) ΚΑΙ ΓΑΛΑΚΤΟΚΟΜΙΚΑ	ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ
<b>ΤΣΑΝΤΕΣ</b>	ΤΣΙΠΕΣ ΠΑΤΑΤΑΣ,ΜΗΛΑ ΚΑΙ ΡΥΖΙ	ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ
<b>ΜΕΤΑΛΛΙΚΑ ΚΟΥΤΙΑ</b>	ΣΟΥΠΕΣ	ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ
<b>ΧΑΡΤΙ(ΧΑΡΤΟΚΙΒΩΤΙΑ)</b>	ΑΥΤΑ,ΓΑΛΛΑ/ΧΥΜΟΙ	ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ
<b>ΕΥΕΛΙΚΤΗ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ</b>	ΣΑΛΑΤΑ ΣΕ ΣΑΚΟΥΛΑΚΙ	ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ
<b>ΔΙΣΚΟΙ</b>	ΚΟΜΜΑΤΙΑ ΚΡΕΑΤΟΣ/ΨΑΡΙΟΥ	ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ
<b>ΚΥΜΑΤΟΕΙΔΗΣ ΚΟΥΤΙΑ</b>	ΚΟΥΤΙΑ ΔΗΜΗΤΡΙΑΚΩΝ, ΚΑΤΕΨΥΓΜΕΝΗ ΠΙΤΣΑ	ΔΕΥΤΕΡΟΓΕΝΗΣ
<b>ΠΑΛΕΤΕΣ</b>	ΣΕΙΡΑ ΚΟΥΤΙΩΝ ΣΕ ΜΙΑ ΠΑΛΕΤΑ ΓΙΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΑΠΟ ΤΟ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΣΤΟ ΣΤΑΘΜΟ ΔΙΑΝΟΜΗΣ	ΤΡΙΤΟΓΕΝΗΣ
<b>ΠΕΡΙΤΥΛΙΓΜΑΤΑ</b>	ΓΙΑ ΤΟ ΤΥΛΙΓΜΑ ΚΟΥΤΙΩΝ ΓΙΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑ	ΤΡΙΤΟΓΕΝΗΣ



Ο παραπάνω διαχωρισμός υποδεικνύει ότι η συσκευασία αποτελεί ένα σύστημα με επίπεδα ιεραρχίας. Η προσέγγιση αυτή δίνει έμφαση στη φυσική διάκριση ανάμεσα στα διαφορετικά επίπεδα της συσκευασίας και τις λειτουργίες τους καθώς και στην αλληλεξάρτηση τους. Το σύστημα της συσκευασίας ωστόσο επηρεάζεται από τα χαρακτηριστικά κάθε επιπέδου και από την αλληλεπίδραση μεταξύ των επιπέδων αυτών.

Ένα πλήθος άλλων ορισμών χρησιμοποιείται τόσο από τη βιομηχανία όσο και από καταναλωτικό κοινό, σε θέματα που αφορούν τη συσκευασία. Διάφοροι όροι χρησιμοποιούνται συχνά για να περιγράψουν τον ίδιο τύπο συσκευασίας όταν αυτή εξετάζεται για διαφορετικούς λόγους, ή αντιμετωπίζεται με έμφαση σε μία συγκεκριμένη περιοχή, όπως το marketing. Το γεγονός αυτό περιπλέκει την προσέγγιση του συστήματος συσκευασίας. Η πρωτογενής συσκευασία συχνά αναφέρεται ως καταναλωτική ή εμπορική συσκευασία και η δευτερογενής συσκευασία μπορεί να αναφερθεί ως ομαδική, συγκεντρωτική, μεταφορική, βιομηχανική ή συσκευασία διανομής, ανάλογα με το εξεταζόμενο χαρακτηριστικό της. Άλλοι όροι που χρησιμοποιούνται για την περιγραφή της συσκευασίας είναι λιανική συσκευασία (retail packaging) και συσκευασία χρήσης (use packaging). Για το λόγο αυτό, σε κάποιες χώρες ο διαχωρισμός της συσκευασίας στη βιομηχανία πραγματοποιείται μόνο με τους όρους πρωτογενής ή καταναλωτική (primary, consumer), δευτερογενής ή εξωτερική (secondary, outer), και τριτογενής ή ομαδοποιημένη (tertiary, group) («Η ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΚΑΙ Ο ΠΟΣΟΤΙΚΟΣ ΠΟΙΟΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΝΟΣ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ ΩΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΟΥ»).

Ανάλογα με το σκοπό που εξυπηρετεί, η συσκευασία μπορεί ακόμα να ταξινομηθεί σε τεχνολογική και καταναλωτική. Τεχνολογική είναι η συσκευασία η οποία ως κύριο σκοπό έχει την προστασία του προϊόντος κατά τη μεταφορά και αποθήκευσή του. Καταναλωτική είναι η συσκευασία η οποία ως κύριο σκοπό έχει την προώθηση και αύξηση των πωλήσεων του προϊόντος («Η ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΚΑΙ Ο ΠΟΣΟΤΙΚΟΣ ΠΟΙΟΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΝΟΣ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ ΩΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΟΥ»).

Η καταναλωτική συσκευασία ακολουθεί τις παρακάτω διακρίσεις:

- Άμεση συσκευασία ονομάζεται η συσκευασία που έρχεται σε επαφή με το περιεχόμενο, προστατεύει το προϊόν από ξένα σώματα, διατηρεί (συντηρεί) το προϊόν και προστατεύει τον καταναλωτή. Η άμεση συσκευασία διέπεται από νομικές διατάξεις.
- Έμμεση συσκευασία ονομάζεται η συσκευασία που δεν έρχεται σε επαφή με το περιεχόμενο. Διευκολύνει τη διάθεση του προϊόντος και ενδιαφέρει κυρίως τους παραγωγούς και τους εμπόρους εξυπηρετώντας την αποθήκευση και μεταφορά των προϊόντων, προστατεύοντας την άμεση συσκευασία.
- Διπλή, τριπλή, πολλαπλή συσκευασία, η οποία μπορεί να εξυπηρετεί τόσο εμπορικούς σκοπούς όσο και μεταφορικούς ή αποθηκευτικούς.

→ Συσκευασία Επικίνδυνων Υλικών.

→ Ομαδοποιημένη Συσκευασία (Η ομαδοποιημένη συσκευασία προσφέρει καλύτερη αξιοποίηση των αποθηκευτικών χώρων).

### 1.3 Ο ΡΟΛΟΣ ΤΗΣ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

Πριν από μερικές δεκαετίες η συσκευασία τροφίμων αποτελούσε μια απλή αναγκαιότητα, ενώ πλέον έχει μετατραπεί σε επιστήμη αν αναλογιστεί κανείς ότι λειτουργούν ολόκληρα ακαδημαϊκά τμήματα καθώς και εργαστήρια που ασχολούνται αποκλειστικά με τη συσκευασία τροφίμων. Παλαιότερα, σε μια συσκευασία αρκούσε το κλείσιμο του προϊόντος με σκοπό την αποθήκευση και διανομή, την πώληση και τη χρήση του. Σήμερα, σημαντικό ρόλο διαδραματίζει επιπλέον η εμφάνισή της δεδομένου ότι οφείλει να προσελκύει το καταναλωτικό κοινό (Goswami 2019).

Η συσκευασία αποτελεί μια βιομηχανία εξελιγμένη καθώς ελάχιστα τρόφιμα πλέον πωλούνται χωρίς συσκευασία. Μια «καλή» συσκευασία, είναι απαραίτητο να μη μολύνει το περιβάλλον και να διατηρεί τα τρόφιμα ασφαλή και ποιοτικά. Ωστόσο, αρκετές φορές έχει θεωρηθεί μια συσκευασία ρυπογόνα καθώς επίσης και περιττή, διότι μόλις το προϊόν φτάσει στα χέρια του καταναλωτή η συσκευασία απομακρύνεται από αυτό και απορρίπτεται (R. K. Gupta and Dudeja 2017).

Η συσκευασία έχει τέσσερις βασικές λειτουργίες και κάθε μία από αυτές περιλαμβάνει έναν αριθμό διαφορετικών τεχνολογικών, μηχανικών και εμπορικών στόχων. Οι λειτουργίες αυτές είναι:

#### *1. Συγκράτηση του προϊόντος*

Εξαρτάται από τη φυσική μορφή και το είδος του προϊόντος, όπως είναι για παράδειγμα, μια υγροσκοπική, ρέουσα σκόνη και ένα παχύρευστο και όξινο συμπύκνωμα ντομάτας. Αποτελεί απαραίτητη λειτουργία για την αποτελεσματική μεταφορά και διανομή του. Επιπλέον, επιτρέπει την ανακατανομή του προϊόντος σε μερίδες συγκεκριμένου βάρους ή όγκου και διευκολύνει τη διατήρησή του.

#### *2. Προστασία και συντήρηση*

Θεωρούνται οι πιο σημαντικές λειτουργίες της συσκευασίας, καθώς επιδρούν καθοριστικά στη διάρκεια ζωής του προϊόντος. Σκοπός της συσκευασίας είναι να προστατεύει τα τρόφιμα από φυσική και χημική αλλοίωση, όπως επίσης και από μικροβιακές επιμολύνσεις με προέλευση από το εξωτερικό περιβάλλον. Την ίδια στιγμή, η συσκευασία προστατεύει το περιβάλλον, αποτρέποντας τη διαρροή και την απελευθέρωση οσμής και σκόνη. Συγκεκριμένα, προσφέρει προστασία από:

- A. Μηχανικές απώλειες
- B. Αέρια και υγρασία του περιβάλλοντος
- Γ. Φως
- Δ. Θερμοκρασιακές αλλαγές του περιβάλλοντος

- E. Μικροβιακή επιμόλυνση
- ΣΤ. Ξένες ύλες, ακαθαρσίες, σκόνη
- Z. Τρωκτικά και έντομα και τρωκτικά
- H. Αλληλεπιδράσεις προϊόντος και συσκευασίας

#### *4. Διευκόλυνση στην προμήθεια και χρήση από τον καταναλωτή*

Η συσκευασία διευκολύνει τους φορτωτές των συσκευασιών και τους χρήστες σε όλη την αλυσίδα συσκευασίας. Επιπλέον, το μέγεθος και το σχήμα της προσαρμόζονται με ευκολία σύμφωνα με τις ανάγκες της κάθε ομάδας καταναλωτών, όπως είναι για παράδειγμα το οικογενειακό και ατομικό πακέτο.

#### *3. Επικοινωνία με τον καταναλωτή*

Τέλος, ο όγκος πληροφορίας που αναγράφεται σε μια συσκευασία τροφίμων αυξάνεται συνεχώς. Εκτός από το σκοπό του προϊόντος και την ταυτότητα της εμπορικής ονομασίας, η ετικέτα περιλαμβάνει βασικά δεδομένα όπως λίστα συστατικών, πίνακα με τα διατροφικά δεδομένα, ημερομηνία παραγωγής και/ή ημερομηνία λήξης του προϊόντος, τιμή, κωδικό και πληροφορίες που απαιτούνται για τον εντοπισμό του προϊόντος σε περίπτωση ανάκλησης ως μη ασφαλούς προϊόντος. Στα τέλη του 20<sup>ου</sup> αιώνα, την εμφάνισή τους έκαναν συσκευασίες που φέρουν ορατό χρονοθερμοκρασιακό δείκτη, ο οποίος πληροφορεί τον καταναλωτή ή τον προμηθευτή, αν το τρόφιμο διατηρεί τη φρεσκότητά του, εάν η συσκευασία έχει υποστεί κάποιου είδους αλλοίωση (π.χ. σχίσιμο, τρύπημα), αν κατά την αλυσίδα τροφοδοσίας το τρόφιμο εκτέθηκε σε καταστροφικές συνθήκες για την ποιότητα ή την ασφάλειά του και αν υπάρχει οποιασδήποτε μορφή αλλοίωσης σε αυτό. Οι συσκευασίες αυτές είναι γνωστές ως «έξυπνες» και «ενεργές» και έχουν, επίσης, τη δυνατότητα να παρατείνουν τη διάρκεια ζωής των τροφίμων ή να «αντιδρούν» όταν το περιεχόμενο τρόφιμο έχει αλλοιωθεί, αλλάζοντας για παράδειγμα χρώμα και ενημερώνοντας έτσι τον καταναλωτή.

Σε γενικές γραμμές, η συσκευασία παίζει πρωταρχικό ρόλο στην επιλογή του καταναλωτή κατά την πρώτη του επαφή με το προϊόν στο ράφι και στη σχέση, που θα αναπτύξει ο πελάτης με αυτό, η οποία και θα τον οδηγήσει στην αγορά του, ενώ το ίδιο το προϊόν είναι εκείνο το οποίο θα πρέπει να ικανοποιήσει τον πελάτη, ώστε να τον οδηγήσει στη συνέχιση της αγοράς του για παρατεταμένο διάστημα. Η σχέση μεταξύ συσκευασίας και προϊόντος είναι άρρηκτη και μοναδική. Αυτή η σχέση θα πρέπει να αναγνωρίζεται τόσο από τους σχεδιαστές και το marketing όσο και από τους τεχνικούς και ειδικούς της παραγωγής, της συσκευασίας και της διακίνησης, ώστε να διατεθεί το επιθυμητό προϊόν στον καταναλωτή (Berk 2009).

## 1.4 Η ΣΗΜΕΡΙΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

### 1.4.1 Η ΣΥΜΒΑΤΙΚΗ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

Οι συσκευασίες τροφίμων βρίσκονται στην κορυφή της σύγχρονης βιομηχανίας καθώς μικρός αριθμός τροφίμων πωλούνται μη συσκευασμένα. Τις τελευταίες δεκαετίες έχει αναπτυχθεί πλήθος διαφορετικών ειδών συσκευασίας που ανήκουν σε διάφορες κατηγορίες. Για κάθε προϊόν τροφίμου η συσκευασία πρέπει να είναι η βέλτιστη, ώστε να διατηρηθεί όσο το δυνατόν πιο φρέσκο και κατάλληλο για κατανάλωση το περιεχόμενο τρόφιμο. Μια κατηγορία ταξινόμησης των συσκευασιών είναι η κατάταξη τους σε εύκαμπτα, ημι-εύκαμπτα και άκαμπτα. Στην εύκαμπτη συσκευασία ανήκει για παράδειγμα η χάρτινη σακούλα, οι σακούλες που περιέχουν αλμυρά σνακ, όπως πατατάκια, και οι σακούλες μεταφοράς. Η ημι-εύκαμπτη συσκευασία περιλαμβάνει τα κουτιά των δημητριακών και πολλών ακόμα προϊόντων τροφίμων, οικιακής χρήσης και παιχνιδιών. Στις άκαμπτες συσκευασίες κατατάσσονται κιβώτια, γυάλινα μπουκάλια και μεταλλικά δοχεία (Berk 2009).

Τα περισσότερα υλικά που χρησιμοποιούνται ανήκουν στις ακόλουθες κατηγορίες: μέταλλο, γυαλί, χαρτί και πολυμερή. Ορισμένα μέσα συσκευασίας αποτελούνται από συνδυασμό δύο ή περισσότερων υλικών που αναφέρονται παραπάνω. Τα λακαρισμένα μέταλλα και τα ελάσματα που σχηματίζονται με τη σύνδεση στρώσεων πολυμερούς, χαρτιού και φύλλου αλουμινίου είναι κοινά παραδείγματα τέτοιων σύνθετων υλικών. Γενικά, τα υλικά συσκευασίας οφείλουν να μην αντιδρούν με το οξυγόνο, το διοξείδιο του άνθρακα, την υγρασία και, επίσης, να είναι ικανά να διατηρούν τα θρεπτικά συστατικά του περιεχομένου τους (R. K. Gupta and Dudeja 2017).

Το χαρτί προέρχεται από φύλλο κυτταρίνης. Τα κύρια πλεονεκτήματά του ως υλικό συσκευασίας είναι το χαμηλό κόστος, η ευρεία διαθεσιμότητα, το χαμηλό βάρος και η μηχανική αντοχή. Επίσης, τα απορρίμματα του χαρτιού είναι εφικτό να ανακυκλωθούν, να καούν ή και να κομποστοποιηθούν. Χρησιμοποιείται ως κύρια συσκευασία (κουτιά, περιτυλίγματα, θήκες), αλλά αποτελεί και το κύριο υλικό που χρησιμοποιείται για τη δευτερεύουσα συσκευασία (κουτιά από κυματοειδές χαρτόνι ή χαρτοκιβώτια) (Παπαδάκης σελ. 262).

Ως γυαλί ή ύαλος θεωρείται το υλικό το οποίο είναι άμορφο και ανόργανο, κατασκευασμένο από φυσικά υλικά. Αν και συχνά θεωρείται σύνθετο, είναι άκαμπτο και δεν κρυσταλλώνεται. Το γυαλί που χρησιμοποιείται για την κατασκευή δοχείων (μπουκάλια, βάζα) για τη συσκευασία τροφίμων είναι το γνωστό γυαλί νατρασβέστου ή πυριτικό γυαλί νατρασβέστου, που περιέχει συνήθως 68–73% SiO<sub>2</sub>, 12–15% Na<sub>2</sub>O, 10–13% CaO και άλλα οξείδια σε μικρότερη αναλογία. Σαν υλικό είναι μη τοξικό και δεν αντιδρά με τα τρόφιμα και χημικές ουσίες, μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί, καθαρίζεται εύκολα και είναι φυσικό προς το περιβάλλον (Σφλώμος, Βαρζάκας 2017 σελ. 234).

Εκτός των προαναφερθέντων υλικών, στη συσκευασία χρησιμοποιούνται τέσσερα βασικά μέταλλα, χάλυβας, αλουμίνιο, κασσίτερος και χρώμιο. Τα μεταλλικά δοχεία προσφέρουν το πλεονέκτημα της ανώτερης μηχανικής αντοχής, καθώς και της «καλής» θερμικής αγωγιμότητας και αντίστασης σε

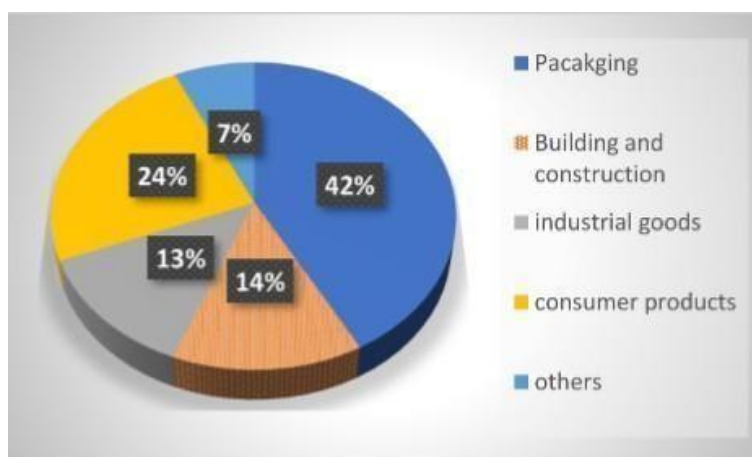
σχετικά υψηλή θερμοκρασία. Η τελευταία ιδιότητα καθιστά ιδιαίτερα κατάλληλες τις μεταλλικές συσκευασίες για θερμική επεξεργασία εντός της συσκευασίας.

Τέλος, το πολυμερές ή πλαστικό θεωρείται ίσως το σημαντικότερο υλικό συσκευασίας. Τα πολυμερή υλικά μπορούν να είναι εύκαμπτα ή άκαμπτα, διαφανή ή αδιαφανή, θερμοσκληρυνόμενα ή θερμοπλαστικά (σφραγίζονται με θερμότητα). Κατά κανόνα, είναι οικονομικότερα από το μέταλλο ή το γυαλί. ενώ είναι αξιοσημείωτα κατάλληλα για την εφαρμογή προηγμένων τεχνολογιών συσκευασίας, όπως είναι η τροποποιημένη ατμόσφαιρα (MAP) και οι «έξυπνες» συσκευασίες. Ορισμένα από τα σημαντικότερα πολυμερή είναι:

1. Το πολυαιθυλένιο (PE) με τέσσερα είδη (LDPE, HDPE, MDPE, LLDPE) για συσκευασίες όπως μπουκάλια χυμών και λαδιών.
2. Το πολυπροπυλένιο (PP) που χρησιμοποιείται, κυρίως, για γιαούρτι και χυμούς, καλαμάκια και καπάκια δοχείων.
3. Το πολυστυρένιο ή πολυστυρόλιο (PS) που χρησιμοποιείται κυρίως στην παραγωγή δίσκων και δοχείων μορφοποιημένων εν θερμώ, ποτηριών μιας χρήσης και πιάτων, αυγοθηκών, συσκευασίες κρέατος κλπ.
4. Το τереφθαλικό πολυαιθυλένιο (PET ή PETE).
5. Το συμπολυμερές του αιθυλενίου με τη βινυλική αλκοόλη (EVOH ή EVAL).

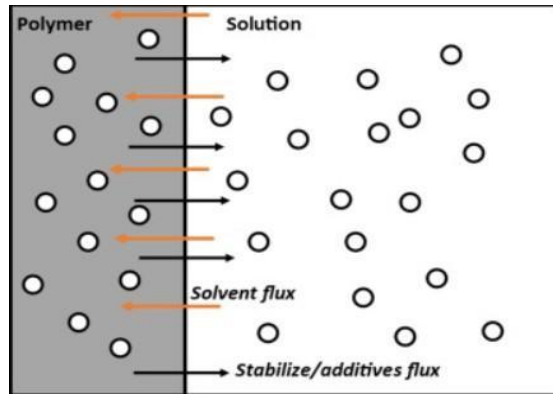
Η χρήση του πλαστικού υλικού παρουσιάζει ποικιλία στη Συσκευασία Τροφίμων προσφέροντας ευκολία στους καταναλωτές. Για παράδειγμα, οι πλαστικές σακούλες αυξάνουν τη διάρκεια ζωής και διατηρούν τη φρεσκότητα του προϊόντος. Όπως προαναφέρθηκε, μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή πολλών τύπων υλικών συσκευασίας όπως σακούλες, περιτυλίγματα, μπουκάλια, δοχεία, επανασφραγιζόμενες θήκες και πόματα.

Σύμφωνα με στατιστικά στοιχεία, η παγκόσμια παραγωγή πλαστικών (θερμοπλαστικά, κόλλες, επιστρώσεις) κυμαινόταν ~ 348 εκατομμύρια τόνοι το 2017 και με αύξηση τους 359 εκατομμύρια τόνους το επόμενο έτος. Κύρια έθνη που παράγουν πλαστικό είναι η Ασία (51 %), η Κίνα (30%), η Ευρώπη (17%), η Μέση Ανατολή και η Αφρική (7%) με την Ινδία να αποτελεί ένα από τα κορυφαία έθνη στην παραγωγή και χρήση πλαστικού. Την περίοδο 2018–2019, το πολυαιθυλένιο (PE) αποτέλεσε το ευρύτερα χρησιμοποιούμενο πλαστικό στην Ινδία, με τη μορφή μεμβρανών και φύλλων, με περισσότερα από 15 εκατομμύρια τόνους συνολικής παραγωγής. Περίπου το 95–99% του πλαστικού υλικού κατασκευάζεται από μη ανανεώσιμες πηγές, τα συνθετικά πλαστικά, τα οποία έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως, όπως για παράδειγμα στις ιατρικές συσκευές, τα οικοδομικά υλικά και τη συσκευασία (**Εικόνα 1.1**). Το 43% των συνθετικών πολυμερών που παράγονται ετησίως στην Ινδία χρησιμοποιείται στον τομέα της συσκευασίας (Shaikh, Yaqoob, and Aggarwal 2021).



**Εικόνα 1.1:** Τομείς χρήσης πλαστικού στην Ινδία

Είναι, όμως, πλέον γνωστό ότι ουσίες από τα τοιχώματα του πλαστικού μπορούν να μεταναστεύουν στο τρόφιμο. Η μετανάστευση τοξικών ουσιών αποτελεί σοβαρό μειονέκτημα και αυξάνεται με τη θερμοκρασία, το χρόνο και την επιφάνεια επαφής. Η φύση και η σύσταση του τροφίμου, σε συνδυασμό με το είδος του πλαστικού, καθορίζει τη διαλυτότητα της μεταναστεύουσας ουσίας. Το φαινόμενο αυτό μπορεί να συμβεί προς δύο κατευθύνσεις ταυτόχρονα, δηλαδή από το υλικό συσκευασίας στο προϊόν τροφίμου και αντίστροφα (**Εικόνα 1.2**). Στην πρώτη περίπτωση, οι μοριακά διάχυτες ουσίες χαμηλού μοριακού βάρους, όπως πρόσθετα, μεταφέρονται στα τρόφιμα από τις μεμβράνες συσκευασίας. Ενώ στη δεύτερη περίπτωση, η μαζική μεταφορά του χρώματος, του αρώματος, της γεύσης και των θρεπτικών συστατικών των τροφίμων πραγματοποιείται από το προϊόν στη συσκευασία προκαλώντας σοβαρό αντίκτυπο στις οργανοληπτικές ιδιότητες των τροφίμων. Εκτός αυτών, οι ουσίες αυτές μεταφέρονται στον ανθρώπινο οργανισμό, συσσωρεύονται και δημιουργούν προβλήματα υγείας λόγω της τοξικής δράσης τους. Για την αποφυγή της επαφής μεταξύ της συσκευασίας και του τροφίμου και της πιθανής μετανάστευσης, οι ενώσεις αυτές πρέπει να εξαλειφθούν. Ανάμεσα σε αυτές βρίσκονται τα βαρέα μέταλλα και οι επιμολυντες τα οποία μπορούν να εισέλθουν στα προϊόντα τροφίμων από το έδαφος, το νερό που χρησιμοποιείται στην επεξεργασία τροφίμων, τον εξοπλισμό επεξεργασίας τροφίμων και τα σκεύη της συσκευασίας. Ο κίνδυνος που σχετίζεται με την παρουσία ιχθών βαρέων μετάλλων στα τρόφιμα έχει προκαλέσει ευρεία ανησυχία στην ανθρώπινη υγεία. Ναυτία, έμετος, διαταραχές ύπνου, μειωμένα ποσοστά αντίληψης, καρδιαγγειακές παθήσεις, διαταραχές του ανοσοποιητικού συστήματος, μειωμένη γονιμότητα, αυξημένες αποβολές και ο θάνατος αποτελούν ορισμένους από τους κινδύνους που προκαλεί η μετανάστευση των στοιχείων αυτών.



**Εικόνα 1.2:** Μετανάστευση ουσιών μεταξύ πολυμερούς συσκευασίας και προϊόντος

Μειονέκτημα επίσης του πλαστικού υλικού αποτελεί η μη βιοαποικοδόμηση, καθώς μετά τη χρήση του δεν μπορεί να υποβαθμιστεί σε φιλικές προς το περιβάλλον ουσίες υπό φυσικές περιβαλλοντικές συνθήκες. Η μη βιοαποικοδόμηση έχει δημιουργήσει σοβαρά οικολογικά προβλήματα, όπως απειλή για την υδρόβια ζωή και υποβάθμιση της ποιότητας του αέρα (Alamri et al. 2021). Μια μεγάλη ποσότητα πλαστικών απορριμμάτων καταλήγει στους ωκεανούς και τα ποτάμια με αποτέλεσμα να βλάψει την υδρόβια ζωή. Η αποτέφρωση αποτελεί έναν τρόπο λύσης των παραπάνω, όμως οδηγεί στην απελευθέρωση επιβλαβών αερίων, όπως είναι το διοξείδιο και μονοξείδιο του άνθρακα, το χλώριο και το 1,3-βουταδιένιο. Η αύξηση των συνεπειών των απορριμμάτων και οι επιβλαβείς επιπτώσεις τους ως προς το περιβάλλον και τη δημόσια υγεία, που προκαλούνται από τη μη αποικοδόμηση πολλών συνθετικών πολυμερών, έχουν εντείνει το ανθρώπινο ενδιαφέρον για την εύρεση ενός εναλλακτικού υλικού, φιλικού προς το περιβάλλον (Mangaraj et al. 2019).

#### 1.4.2. ΑΝΑΓΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΝΕΩΝ ΕΙΔΩΝ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ ΣΤΗΝ ΑΓΟΡΑ

Εξαιτίας, λοιπόν, των σοβαρών μειονεκτημάτων του πλαστικού υλικού, οι επιστήμονες και οι βιομηχανίες τροφίμων έστρεψαν την προσοχή τους στην ανάπτυξη νέων υλικών συσκευασίας με σκοπό την παράταση της διάρκειας ζωής των τροφίμων διατηρώντας, κατά αυτόν τον τρόπο, την ποιότητα και τις γεύσεις τους. Οι νέες τεχνικές συσκευασίας τροφίμων αποτελούν σημαντικό τομέα έρευνας για την προώθηση της ποιότητας και της ασφάλειάς τους. Παρατηρείται, επίσης, η τάση του καταναλωτικού κοινού προς περιβαλλοντικά εδωδιμες μορφές συσκευασίας από βιοαποικοδομήσιμο υλικό. Η εδωδιμη συσκευασία θεωρείται μια ανεκτική και βιοδιασπώμενη εναλλακτική προσέγγιση στην Τεχνολογία Συσκευασίας Τροφίμων, καθώς παρέχει βελτιωμένη ποιότητα τροφίμων σε σύγκριση με την παραδοσιακή συσκευασία, παρατείνει τη διάρκεια ζωής, μειώνει τα απόβλητα από τις χωματερές και αυτό οδηγεί στη μείωση της ρύπανσης του περιβάλλοντος και κατ' επέκταση στην κλιματική αλλαγή. Επιπλέον, συμβάλλει στην οικονομική απόδοση των υλικών συσκευασίας (Trajkovska Petkoska et al. 2021).

Μια υποσχόμενη μέθοδος στην παραγωγή εδώδιμων συσκευασιών είναι η νανοτεχνολογία στην οποία χρησιμοποιούνται βιταμίνες, βιοδραστικά, αντιοξειδωτικά και θρεπτικά συστατικά κάνοντας λειτουργικότερες τις συσκευασίες αυτές. Η εδώδιμη συσκευασία, αποτελεί το διαμεσολαβητή στη μεταφορά θρεπτικών συστατικών στα τρόφιμα και δρα ως ενεργή μορφή συσκευασίας, καθώς αποτελεί εξαιρετική πηγή θρεπτικών συστατικών. Πολλές έρευνες έχουν πραγματοποιηθεί σχετικές με την εισαγωγή αντιμικροβιακών, αντιοξειδωτικών και άλλων θρεπτικών ουσιών στις μεμβράνες. Φυσικά έχουν πραγματοποιηθεί και έρευνες για την προσθήκη επιπλέον αρωματικών ουσιών και ενισχυτικών γεύσης (Trajkovska Petkoska et al. 2021).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΕΔΩΔΙΜΕΣ ΜΕΜΒΡΑΝΕΣ ΚΑΙ ΕΠΙΚΑΛΥΨΕΙΣ

### 2.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΕΔΩΔΙΜΗΣ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ

#### 2.1.1 ΠΩΣ ΟΡΙΖΕΤΑΙ Η ΕΔΩΔΙΜΗ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η συσκευασία τροφίμων αναπτύσσεται ραγδαία προκειμένου να καλύψει τις ανάγκες των καταναλωτών. Έχει δημιουργηθεί η ανάγκη αντικατάστασης της κοινής συσκευασίας από υλικά τα οποία διατηρούν το περιεχόμενο τρόφιμο φρέσκο. Ένα τέτοιο είδος συσκευασίας, το οποίο αναπτύσσεται ραγδαία τις τελευταίες δεκαετίες, είναι η εδώδιμη συσκευασία ή εναλλακτικά εδώδιμες μεμβράνες και επικαλύψεις.

Ως εδώδιμες μεμβράνες, χαρακτηρίζονται πρωτογενείς συσκευασίες παρασκευασμένες από βρώσιμα πολυμερή ή βιοπολυμερή, όπως για παράδειγμα είναι οι πρωτεΐνες, οι πολυσακχαρίτες και τα λιπίδια ή από το συνδυασμό αυτών (**Εικόνα 2.1**). Στη σύγχρονη κοινωνία, εμφανίστηκαν τα βιοαποικοδομήσιμα πολυμερή ή βιοπολυμερή ως εναλλακτική προσέγγιση για πολλές βιομηχανικές εφαρμογές για τον έλεγχο του κινδύνου που προκαλείται από το μη βιοαποικοδομήσιμο πλαστικό. Βιοαποικοδομησιμότητα είναι η αποσύνθεση ορισμένων προϊόντων και ουσιών λόγω της δράσης συγκεκριμένων βιολογικών οργανισμών. Κάποιοι από αυτούς τους βιολογικούς οργανισμούς είναι τα βακτήρια, οι μύκητες, τα φύκια και τα έντομα. Η ποιότητα των βιοπολυμερών εξαρτάται από τις φυσικές, μηχανικές και θερμικές ιδιότητες και ανάλογα με τον τύπο της πρώτης ύλης έχουν κατηγοριοποιηθεί ως εξής:

#### *1. Πολυμερή που εξάγονται από βιομάζα*

Είναι για παράδειγμα το άμυλο, η κυτταρίνη και οι πρωτεΐνες (όπως η καζεΐνη και η γλουτένη) τα οποία είναι υδρόφιλα και κρυσταλλικά, με αποτέλεσμα να δημιουργούν προβλήματα κατά την επεξεργασία.

#### *2. Πολυμερή που συντίθεται με κλασική διαδικασία πολυμερισμού*

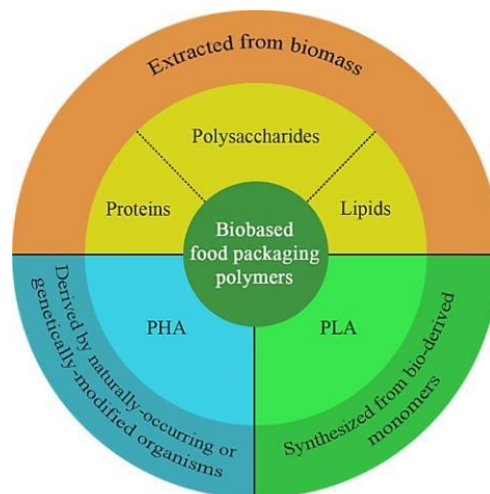
Είναι τα αλειφατικά αρωματικά συμπολυμερή, οι αλειφατικοί πολυεστέρες και το αλειφατικό συμπολυμερές (CPLA), χρησιμοποιώντας μονομερή από ανανεώσιμες πηγές, όπως πολυμερή (γαλακτικό οξύ) και μονομερή με βάση το έλαιο (πολυκαπρολακτόνες). Το πολυγαλακτικό οξύ



(PLA) είναι ένας βιοδιασπάσιμος και βιοδραστικός θερμοπλαστικός αλειφατικός πολυεστέρας που προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές, όπως το άμυλο καλαμποκιού. Το πολυγαλακτικό οξύ διαθέτει «καλές» μηχανικές ιδιότητες και ιδιότητες επεξεργασίας και δεν προκαλεί ρύπανση στο περιβάλλον. Για το λόγο αυτό, τα προϊόντα μπορούν να αποδομηθούν ταχέως με διάφορους τρόπους μετά την απόρριψή τους, παράγοντας διοξείδιο του άνθρακα και νερό. Επομένως, το πολυγαλακτικό οξύ θεωρείται «πράσινο» πλαστικό με καλή χρηστικότητα. Αποτελεί πολυμερές που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ευρέως στη βιομηχανία συσκευασίας, στην κλωστοϋφαντουργία, στη γεωργική βιομηχανία καθώς και στην αγορά καταναλωτικών αγαθών. Το πολυγαλακτικό οξύ είναι κατάλληλο για διάφορες μεθόδους επεξεργασίας, όπως χύτευση με εμφύσηση. Είναι εύκολο να επεξεργαστεί και διαθέτει ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών, όπως είναι η επεξεργασία διαφόρων πλαστικών προϊόντων, συσκευασμένων τροφίμων και κουτιών φαγητού. Μειονέκτημά του αποτελεί το φιλμ πολυγαλακτικού οξέος, καθώς έχει καλή διαπερατότητα του αέρα, του οξυγόνου και του διοξειδίου του άνθρακα. Οι ιοί συνδέονται εύκολα στην επιφάνεια των βιοαποικοδομήσιμων πλαστικών, οπότε υπάρχουν ανησυχίες για την ασφάλεια και την υγιεινή. Ωστόσο, το πολυγαλακτικό οξύ είναι το μόνο βιοαποικοδομήσιμο πλαστικό με εξαιρετικές αντιβακτηριακές και αντιμυκητιακές ιδιότητες.

### 3. Τα πολυμερή που παράγονται από μικροοργανισμούς ή γενετικά τροποποιημένα βακτήρια

Τα βιοπολυμερή διαθέτουν πολλαπλούς μηχανισμούς για το σχηματισμό μεμβράνης, συμπεριλαμβανομένων των διαμοριακών δυνάμεων, όπως οι ομοιοπολικοί δεσμοί και ηλεκτροστατικές, υδρόφοβες ή ιοντικές αλληλεπιδράσεις. Για να είναι μια μεμβράνη ή μια επικάλυψη εδωδιμη, ο μηχανισμός που εμπλέκεται στην παραγωγή θα πρέπει να αποτελείται από την κατάλληλη επεξεργασία τροφίμων. Πιο συγκεκριμένα, θα πρέπει να γίνει σωστή τροποποίηση pH, προσθήκη αλατιού, θέρμανση, ενζυμική τροποποίηση, ξήρανση κλπ. Τα υλικά που σχηματίζουν φιλμ μπορεί να είναι είτε υδρόφιλα είτε υδρόφοβα, ή και τα δύο. Ωστόσο, για να διατηρηθεί η εδωδιμότητα, οι διαλύτες που χρησιμοποιούνται περιορίζονται στο νερό ή την αιθανόλη (Han and Aristippos 2005).



**Εικόνα 2.1:** Υλικά βιολογικής προέλευσης σε συσκευασίες τροφίμων

Έχει αποδειχθεί ότι οι εδώδιμες μεμβράνες και επικαλύψεις ενισχύουν την ποιότητα των προϊόντων τροφίμων, προστατεύοντάς τα από φυσική, χημική και βιολογική φθορά. Η εφαρμογή εδώδιμων μεμβρανών και επικαλύψεων μπορεί να βελτιώσει τη φυσική αντοχή των προϊόντων τροφίμων, να μειώσει τη συσσώρευση σωματιδίων και να βελτιώσει τα εξωτερικά χαρακτηριστικά του προϊόντος. Μπορεί, επίσης, να προστατεύσει τα τρόφιμα από τη μετανάστευση της υγρασίας, τη μικροβιακή ανάπτυξη στην επιφάνεια του τροφίμου, τις χημικές αλλαγές που προκαλούνται από το φως και την οξειδωση των θρεπτικών ουσιών. Η εφαρμογή τους γίνεται είτε σε μορφή λεπτής μεμβράνης ή ως επίστρωση η οποία είναι ένα λεπτό στρώμα το οποίο εφαρμόζεται απευθείας στην επιφάνεια του τροφίμου. Συνηθέστερα, λειτουργούν ως φράγματα έναντι των ελαίων, των αερίων των ατμών και ως φορείς δραστικών ουσιών, όπως είναι οι αντιοξειδωτικές, αντιμικροβιακές, χρωστικές και οι αρωματικές. Αυτές οι προστατευτικές λειτουργίες στοχεύουν στη βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων τροφίμων, με αποτέλεσμα την παράταση ζωής και βελτίωση της ασφάλειας. Πολλές λειτουργίες των εδώδιμων συσκευασιών είναι παρόμοιες με εκείνες των συνθετικών συσκευασιών. Ωστόσο, πρέπει να επιλέγονται τα υλικά σύμφωνα με την εκάστοτε εφαρμογή, το είδος του τροφίμου καθώς και τους κύριους μηχανισμούς υποβάθμισης της ποιότητας του προϊόντος. Η χρήση των εδώδιμων μεμβρανών και επικαλύψεων ως κύρια συσκευασία μπορεί ενδεχομένως να αντικαταστήσει τα συμβατικά υλικά συσκευασίας, εν μέρει ή πλήρως, με αποτέλεσμα να μειώσει τη χρήση των συνθετικών πλαστικών. Λόγω των προστατευτικών τους ιδιοτήτων μπορούν να απλοποιήσουν τη συνολική δομή συσκευασίας, δηλαδή για παράδειγμα μια συσκευασία μπισκότων με πλαστική σακούλα ως κύρια συσκευασία και με χαρτόνι ως δευτερεύουσα μπορεί να απλοποιηθεί σε επικαλυμμένα με χαρτόνι μπισκότα (Han and Aristippos 2005).

Όσον αφορά στις φυσικές και μηχανικές ιδιότητες, οι εδώδιμες μεμβράνες έχουν γενικά χαμηλότερη αντοχή σε εφελκυσμό από τη συμβατική μεμβράνη, ενώ η επιμήκυνση στη θραύση ποικίλλει ευρέως. Πολλά εδώδιμα φιλμ όπως και τα υλικά τους είναι πολύ ευαίσθητα στην υγρασία. Η θερμοκρασία αποτελεί, επίσης, μια σημαντική μεταβλητή που επηρεάζει τις φυσικές και μηχανικές ιδιότητες των βρώσιμων μεμβρανών και επικαλύψεων. Γενικά, η ποιότητα των περισσότερων προϊόντων τροφίμων υποβαθμίζεται λόγω των φαινομένων της μαζικής μεταφοράς, δηλαδή της απορρόφησης υγρασίας, της απορρόφησης ελαίου, της εισόδου οξυγόνου, της απώλειας γεύσης, της απορρόφησης ανεπιθύμητων οσμών και της μετανάστευσης των συστατικών της συσκευασίας στο τρόφιμο. Αυτά τα φαινόμενα είναι δυνατόν να πραγματοποιηθούν μεταξύ του τροφίμου και του περιβάλλοντος, του τροφίμου και του υλικού συσκευασίας ή μεταξύ των συστατικών. Για παράδειγμα, η απορρόφηση του ατμοσφαιρικού οξυγόνου στο τρόφιμο μπορεί να προκαλέσει την οξείδωση των συστατικών του, τα μονομερή πρόσθετα υλικά μπορούν να μεταναστεύσουν στο προϊόν ή αν υπάρχει κρούστα και απορροφηθεί υγρασία να οδηγηθεί σε απώλεια της τραγανότητας. Είναι γεγονός ότι οι περισσότερες έρευνες έχουν ασχοληθεί με τη διαπερατότητα υδρατμών, οξυγόνου, διοξειδίου του άνθρακα, της γεύσης και του ελαίου των εδώδιμων μεμβρανών και επικαλύψεων. Τα εδώδιμα φιλμ διαθέτουν ένα ευρύ φάσμα τιμών διαπερατότητας οξυγόνου. Ορισμένες εδώδιμες μεμβράνες χαρακτηρίζονται ως εξαιρετικά φράγματα οξυγόνου. Εκτός από εκείνες που έχουν ως βάση τα λιπίδια, η τιμή των υδρατμών των περισσότερων μεμβρανών είναι γενικά υψηλότερη από εκείνη της κοινής συσκευασίας. Γενικά, όλες οι ιδιότητες φραγμού επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό από τη σύνθεση του φιλμ και τις

εκάστοτε περιβαλλοντικές συνθήκες, δηλαδή σχετική υγρασία, θερμοκρασία κλπ. Σε συνθήκες υψηλής σχετικής υγρασίας, η διαπερατότητα στο οξυγόνο αυξάνεται σημαντικά. Ως εκ τούτου, είναι πολύ σημαντικό να διατηρείται χαμηλή σχετική υγρασία για τη μεγιστοποίηση της αποτελεσματικότητας των βρώσιμων μεμβρανών. Επίσης, η αύξηση της θερμοκρασίας παρέχει περισσότερη ενέργεια στις ουσίες, ώστε να μεταναστεύσουν (Han and Aristippos 2005).

### 2.1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΤΗΣ ΕΔΩΔΙΜΗΣ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ

Η εδώδιμη συσκευασία αποτελεί μια αρχαία τεχνική συντήρησης των τροφίμων. Έχει συνδεθεί στενά με την παρασκευή λουκάνικων που ξεκίνησε από την Μεσοποταμία, το σημερινό Ιράκ, το 3000 π. Χ. και αργότερα στην Κίνα το 580 π. Χ. Στην αρχή, η τεχνολογία αυτή άρχισε να χρησιμοποιείται για τη διατήρηση κρέατος μέσα σε έντερα. Από τον 20<sup>ο</sup> αιώνα και μετά, οι εδώδιμες επικαλύψεις άρχισαν να χρησιμοποιούνται για την πρόληψη της απώλειας νερού και για την προσθήκη λάμψης στα φρούτα και τα λαχανικά (Mkandawire and Aryee 2018).

Κατά τον 12<sup>ο</sup> και 13<sup>ο</sup> αιώνα, οι Κινέζοι ήταν οι πρώτοι που χρησιμοποίησαν το κερί σαν επίστρωση σε λεμόνια και πορτοκάλια με σκοπό την πρόληψη της μικροβιακής αλλοίωσης. Κατά τη διάρκεια του 15<sup>ου</sup> αιώνα, στην Ιαπωνία, εμφανίστηκε μια νέα επικάλυψη παρασκευασμένη από βρασμένη σόγια, η οποία ονομάζεται Yuba, με σκοπό τη βελτίωση της εμφάνισης του τροφίμου. Από τη δεκαετία κιάλας του 1930, το κερί και συγκεκριμένα το κερί καρναούμπα, χρησιμοποιήθηκε προκειμένου να καλύψει εξωτερικά κάποια φρούτα, ώστε να αποφευχθεί η απώλεια της υγρασίας και να προσδώσει στα φρούτα στιλπνότητα.

Ήδη από τη δεκαετία του 1950, έχει ξεκινήσει η βιομηχανική παραγωγή εδώδιμων συσκευασιών. Το γεγονός ότι τα παραδοσιακά υλικά συσκευασίας έχουν αρχίσει να μειώνονται, οι εδώδιμες συσκευασίες έχουν επιστρέψει δυναμικά στη βιομηχανία της συσκευασίας τροφίμων. Το πρώτο προϊόν που κυκλοφόρησε στο εμπόριο ήταν λεμόνια με επίστρωση κεριού το 1992. Παρά το γεγονός ότι είναι γνωστά τα οφέλη και οι ιδιότητές τους, φτάνοντας στον 21<sup>ο</sup> αιώνα, η χρήση των εδώδιμων συσκευασιών είναι ακόμη περιορισμένη, καθώς οι οικονομικότερες συσκευασίες, κυρίως τα πλαστικά προερχόμενα από ορυκτά καύσιμα, ήταν προτιμότερες, παρά τη μόλυνση που προκαλούν στο περιβάλλον. Η εμπορική τους κυκλοφορία καθώς και η επαφή με το καταναλωτικό κοινό είναι ακόμα ελεγχόμενη. Όσο περισσότερο γνωστοποιείται ο θετικός αντίκτυπος των καινοτόμων αυτών συσκευασιών απέναντι στο ίδιο το προϊόν, την ανθρώπινη υγεία, τους υδρόβιους οργανισμούς και γενικά στο περιβάλλον, τόσο αυξάνεται η ζήτηση, επομένως και η έρευνα πάνω στον τομέα αυτόν (Suhag et al. 2020).

### 2.2 ΤΑ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΕΔΩΔΙΜΩΝ ΜΕΜΒΡΑΝΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΚΑΛΥΨΕΩΝ

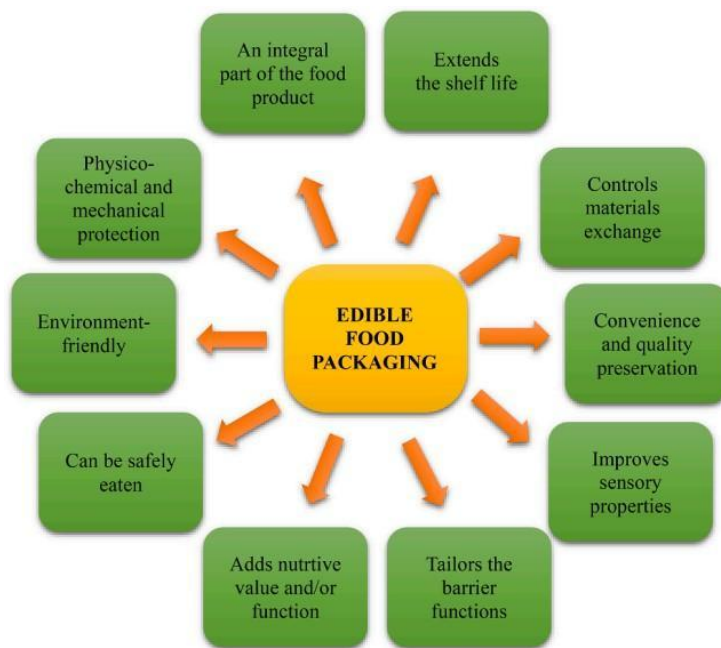
Για την ασφαλή ένταξη των εδώδιμων συσκευασιών, απαραίτητη προϋπόθεση είναι η ύπαρξη μιας συνεχούς δράσης, ώστε να γίνει πιο συχνή και η χρήση των βιολογικών και βιοδιασπώμενων υλικών. Συγκεκριμένα, η χρήση βιομηχανικών πολυμερών υλικών για συσκευασίες τροφίμων αποτελεί μια ελκυστική λύση συσκευασίας για πολλούς λόγους και μια σημαντική πρόκληση για

την Τεχνολογία Τροφίμων. Όπως έχει προαναφερθεί, τα βιοπολυμερή που χρησιμοποιούνται ως βρώσιμα υλικά είναι οι πολυσακχαρίτες, οι φυτικής και ζωικής προέλευσης πρωτεΐνες, τα λιπίδια και ο συνδυασμός αυτών.

Σκοπός, όμως των εδώδιμων μεμβρανών και επικαλύψεων δεν είναι η εξ' ολοκλήρου αντικατάσταση των μη εδώδιμων υλικών συσκευασίας της πετροχημικής βιομηχανίας. Ρόλο τους αποτελεί η ικανότητα να λειτουργήσουν συμπληρωματικά ως προς τα συμβατικά υλικά βελτιώνοντας τη συνολική ποιότητα των περιεχομένων τροφίμων και παρατείνοντας τη διάρκεια ζωής τους. Ειδικότερα, ενισχυτικά με τις μη εδώδιμες μεμβράνες, χρησιμοποιούνται σε πολυστρωματικά υλικά συσκευασίας και αποτελούν το εσωτερικό στρώμα που έρχεται σε επαφή με το προϊόν, αντικαθιστώντας κάποιο συνθετικό πολυμερές. Παράλληλα, το εδώδιμο υλικό προσφέρει προστασία στο τρόφιμο. Η ποσότητα και η πολυπλοκότητα του μη εδώδιμου κλασσικού υλικού συσκευασίας μπορεί να μειωθεί, ώστε να βελτιωθεί η ανακυκλωσιμότητά του και να ελαττωθεί η χρήση των μη ανανεώσιμων πρώτων υλών. Παραδείγματος χάριν, εάν στα αρτοποιεία χρησιμοποιηθούν εδώδιμα σακίδια με προζυγισμένη ποσότητα προϊόντος για τη συσκευασία αφυδατωμένου γάλακτος σε σκόνη, η δευτερεύουσα συσκευασία μπορεί να είναι μόνο ένα ανακυκλώσιμο χαρτοκιβώτιο. Είναι απαραίτητο να τονιστεί ότι η εδώδιμη επικάλυψη θα συνεχίσει να προστατεύει το προϊόν από το οξυγόνο και μετά το άνοιγμα του σακιδίου. Γενικά, έχει παρατηρηθεί ότι διαθέτουν την ικανότητα να διαχωρίζονται πιο εύκολα από το πλαστικό ή το χαρτί καθιστώντας ευκολότερη την ανακύκλωση. Βασικό προτέρημα, επίσης, αποτελεί ο οικονομικός και φιλικός προς το περιβάλλον χαρακτήρας τους. (Παπαδάκης σελ. 220-221).

Οι εδώδιμες μεμβράνες πλεονεκτούν σε ποικίλους τομείς, συγκριτικά με τα παραγόμενα από την πετροχημική βιομηχανία παραδοσιακά πολυμερή υλικά συσκευασίας. Αρχικά, παρέχουν τη δυνατότητα να καταναλωθούν μαζί με το περιεχόμενο τρόφιμο χωρίς να αφήνουν υπόλειμμα το οποίο στη συνέχεια θα απορριφθεί. Ακόμη και αν δεν καταναλωθούν, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις τους είναι μικρότερες, επειδή βιοαποικοδομούνται ευκολότερα σε σύγκριση με τα συνθετικά πολυμερή και παράγονται αποκλειστικά από ανανεώσιμες και εδώδιμες πρώτες ύλες. Η εδώδιμη συσκευασία στην περίπτωση ετερογενών τροφίμων που αποτελούνται από στρώματα διαφορετικών συστατικών, όπως πίτσα, πίτα και γλυκά, μπορεί να αντικαταστήσει και πιθανώς να ενισχύσει τα στρώματα στην εξωτερική επιφάνεια των συσκευασμένων προϊόντων για την αποφυγή απώλειας της υγρασίας και των οσμών. Ταυτόχρονα, διευκολύνει την ελεγχόμενη ανταλλαγή των βασικών αερίων που συμμετέχουν στην αναπνοή των προϊόντων τροφίμων, δηλαδή του διοξειδίου του άνθρακα, του οξυγόνου και του αιθυλενίου. Χρησιμοποιείται, επίσης, για την μικροενθυλάκωση καρυκευμάτων και καλλιεργειών εκκίνησης, ώστε να ελέγχεται ο ρυθμός απελευθέρωσής τους στο εσωτερικό τρόφιμο. Πλεονέκτημα αποτελεί και η ενίσχυση των οργανοληπτικών ιδιοτήτων των συσκευασμένων τροφίμων, ενσωματώνοντας εντός τους διάφορες αρωματικές, χρωστικές και γλυκαντικές ενώσεις, καθώς και ιδιότητες όπως υδροφοβικότητα και υδροφιλικότητα. Επιπλέον, η εδώδιμη συσκευασία χρησιμοποιείται ως φορέας ωφέλιμων συστατικών για την ανθρώπινη υγεία και ευεξία. Ιδιαίτερα οι μεμβράνες που παράγονται από πρωτεΐνες αυξάνουν τη θρεπτική αξία των τροφίμων. Φέρει, επίσης, αντιμικροβιακές και αντιοξειδωτικές ενώσεις και ελέγχει το ρυθμό διάχυσής τους από την επιφάνεια προς το εσωτερικό του τροφίμου. Είναι κατάλληλη για ατομικές συσκευασίες μικρών ποσοτήτων τροφίμων, ιδιαίτερα

προϊόντων, όπως αρακάς, φασόλια, που για πρακτικούς λόγους δεν μπορούν να κατασκευαστούν ατομικά. Τα βρώσιμα υλικά έχουν, επίσης, πολλά πλεονεκτήματα έναντι των συνθετικών υλικών, αλλά τα οφέλη ορισμένων από τα χαρακτηριστικά τους παραμένουν σχετικά ασαφή. Οι πολυσακχαρίτες είναι κατάλληλοι φραγμοί οξυγόνου και οι πρωτεΐνες παρουσιάζουν σχετικά καλή μηχανική αντοχή. Για το λόγο αυτό, οι πρωτεΐνες προτείνεται να χρησιμοποιούνται στην εδώδιμη συσκευασία φρούτων και λαχανικών, δεδομένου ότι τα προστατεύουν κατά τη διάρκεια της μεταφοράς τους. Τα λιπίδια παρουσιάζουν χαμηλή διαπερατότητα υδατμών και σχετικά καλές ιδιότητες φραγμού υγρασίας (Trajkovska Petkoska et al. 2021).



**Εικόνα 2.2:** Πλεονεκτήματα των εδώδιμων συσκευασιών

Όμως, η υδρόφιλη φύση των πολυσακχαριτών και των πρωτεϊνών συμβάλλει στη χαμηλότερη αντοχή στις ιδιότητες φραγμού της υγρασίας. Πολύ συχνά οι ιδιότητες φραγμού στους υδατμούς αποτελούν το σημαντικότερο μειονέκτημα. Εδώδιμη συσκευασία με βάση τα λιπίδια είναι συχνά αδιαφανής και ολισθηρή, έχει κηρώδη γεύση και συνήθως διατηρεί το χρώμα, τη γεύση και τις συγκεντρώσεις των γλυκαντικών ουσιών και του αλατιού. Ωστόσο, τα λιπίδια έχουν φτωχές μηχανικές και οπτικές ιδιότητες, καθώς είναι σχετικά παχύρρευστα και εύθραυστα. Γενικά, σε ορισμένες περιπτώσεις, υπάρχει κακή πρόσφυση αυτών των εδώδιμων υλικών σε υδρόφιλες επιφάνειες τροφίμων.

Σε επόμενη ενότητα, περιγράφονται ουσίες οι οποίες ενσωματώνονται στη δομή των μεμβρανών και των επικαλύψεων προσδίδοντας ανάλογες ιδιότητες. Τα περισσότερα φιλμ είναι αρκετά εύθραυστα λόγω των διαμοριακών δεσμών, όπως οι δεσμοί υδρογόνου, οι ηλεκτροστατικές δυνάμεις και οι υδρόφοβοι δεσμοί. Συγκεκριμένα, οι πλαστικοποιητές απαιτούνται για να διακόπτουν τις διαμοριακές δυνάμεις με αποτέλεσμα τη μεγαλύτερη ευελιξία και σκληρότητα. Δυστυχώς, όμως, οι πλαστικοποιητές αυξάνουν τη διαπερατότητα στην υγρασία, το οξυγόνο, το

άρωμα και στα έλαια. Επομένως, υπάρχουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα στη χρήση αυτών. Οι πλαστικοποιητές δεν προκαλούν μόνο πλαστικοποίηση. Μπορούν, επίσης, να προκαλέσουν αντιπλαστικοποίηση, η οποία μπορεί να συμβεί λόγω χαμηλότερων συγκεντρώσεων της ουσίας, θερμοκρασιών διεργασίας και ανάλογα με τον τύπο της ουσίας. Η αντιπλαστικοποίηση σε μεμβράνες έχει αποδοθεί σε διάφορους μηχανισμούς, όπως είναι για παράδειγμα η μείωση του όγκου του χρησιμοποιημένου βιοπολυμερούς, η αλληλεπίδραση μεταξύ του πολυμερούς και του πλαστικοποιητή ή η ακαμψία της μεμβράνης λόγω της παρουσίας άκαμπτων μορίων του πλαστικοποιητή δίπλα στις πολικές ομάδες του βιοπολυμερούς. Έχει αποδειχθεί ότι το νερό διαθέτει και τις δύο ιδιότητες σε μεμβράνη από άμυλο ταπιόκας και η τριακετίνη σε φιλμ από οξική κυτταρίνη, αναλόγως την προστιθέμενη προσότητα. Άλλες ανησυχίες είναι ότι οι πλαστικοποιητές ενδεχομένως να υπόκεινται σε γήρανση, μετανάστευση, αστάθεια και εξίδρωση. Τα φαινόμενα αυτά περιορίζουν την αποτελεσματικότητα της ουσίας που μπορεί να είναι επιζήμια στις ιδιότητες του φιλμ (Sothornvit and Krochta 2005).

## 2.3 ΧΡΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΚΑΙΝΟΤΟΜΩΝ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΩΝ

### 2.3.1 MEMBRANES

Αν και υπάρχουν πολλές επιστημονικές δημοσιεύσεις όσον αφορά στις εδώδιμες μεμβράνες τα τελευταία 25 χρόνια, η παραγωγή τους περιορίζεται στα εργαστήρια. Οι κυριότεροι λόγοι είναι η απόδοση και το κόστος συγκριτικά με τις συμβατές συσκευασίες. Επομένως, η μείωση του κόστους και η παραγωγή τους χρήζει περαιτέρω έρευνας.

Στα λουκάνικα χρησιμοποιούνται θήκες κολλαγόνου με σκοπό τον περιορισμό της απώλειας υγρασίας και της μεταφοράς του οξυγόνου, με αποτέλεσμα την ακεραιότητα του προϊόντος. Σακίδια από υδροξυπροπυλομεθυλο-κυτταρίνη χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση και τη χρήση διαφόρων συστατικών προϊόντων διατροφής. Στον τομέα των φαρμάκων, υπάρχουν κάψουλες με βάση τη ζελατίνη, οι οποίες συνεισφέρουν στη βελτίωση της εμφάνισης του προϊόντος, στην ακεραιότητά του καθώς και στη διευκόλυνση της κατάποσης.

Έχουν αναπτυχθεί εδώδιμες μεμβράνες από φρούτα και λαχανικά με σκοπό την αντικατάσταση των φύλλων από φύκια. Επίσης, μπορούν να προστεθούν στα φιλμ καρυκεύματα, χρωστικές και αρωματικές ύλες, βιταμίνες καθώς και άλλες ωφέλιμες ουσίες φυτικής προέλευσης. Τέτοια φιλμ κυκλοφορούν στις ΗΠΑ για περιτυλίγματα τροφίμων, όπως είναι τα μπισκότα τυλιγμένα με μεμβράνη από φρούτα και μήλα σε κομμάτια τυλιγμένα σε φιλμ από ροδάκινο (Παπαδάκης σελ. 234-235)

### 2.3.2 ΕΠΙΚΑΛΥΨΕΙΣ

Οι επικαλύψεις τροφίμων παράγονται με τη διαδικασία της χύτευση αιωρήματος, διαλύματος ή γαλακτώματος στην επιφάνεια του προϊόντος, η οποία πραγματοποιείται με εμβάπτιση ή ψεκασμό σταγόνων (Παπαδάκης σελ. 235).

Οι εδώδιμες επικαλύψεις εφαρμόζονται στα φρέσκα και ανεπαρκώς επεξεργασμένα φρούτα και λαχανικά, με σκοπό την αύξηση της διάρκειας ζωής τους. Ορισμένα από τα πλεονεκτήματα των επικαλύψεων αποτελούν η μείωση της απώλειας της υγρασίας, η βελτίωση της εμφάνισης του τροφίμου καθώς και ο έλεγχος της ανταλλαγής οξυγόνου και διοξειδίου του άνθρακα. Μειονέκτημα αποτελεί η ανεπαρκής συγκόλληση της επικάλυψης πάνω στην υγρή επιφάνεια του κομμένου φρούτου, με αποτέλεσμα την επιβράδυνση της αφυδάτωσης της επικάλυψης και κατά συνέπεια την αποφλοιώση του φρούτου. Συνήθως, χρησιμοποιούνται το κεριά μέλισσας, το κεριά καρνάουμπα και το κεριά candelilla καθώς και ρητίνη shellac. Έχουν, επίσης, παραχθεί επικαλύψεις από βιοπολυμερή, όπως κυτταρίνη, χιτοζάνη και πρωτεΐνες, που μειώνουν την ανταλλαγή οξυγόνου και διοξειδίου του άνθρακα συμβάλλοντας στην επιβράδυνση της ωρίμανσης των φρούτων και λαχανικών (Παπαδάκης σελ. 235).

Σε παναρισμένα τρόφιμα χρησιμοποιούνται επικαλύψεις από μεθυλο-κυτταρίνη και υδροξυπροπυλομεθυλο-κυτταρίνη με στόχο τη μείωση της απορρόφησης ελαίου κατά το τηγάνισμα. Σε προϊόντα όπως γλυκίσματα και ξηροί καρποί τα επικαλύμματα αυτά συμβάλλουν στη μείωση της απορρόφησης της υγρασίας και του οξυγόνου, τη βελτίωση της ακεραιότητας και της ποιότητας της γεύσης του τροφίμου. Επιπλέον, εφαρμόζονται στο κρέας, τα πουλερικά και τα ιχθυηρά όπου και αποτρέπουν την απώλεια της υγρασίας και την οξειδωτική βελτιώνοντας το χρώμα και τη μικροβιακή σταθερότητα (Παπαδάκης σελ. 236).

#### 2.4 ΤΑ ΕΙΔΗ ΤΩΝ ΕΔΩΔΙΜΩΝ ΜΕΜΒΡΑΝΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΚΑΛΥΨΕΩΝ

Τα ανανεώσιμα υλικά, για τα οποία γίνεται λόγος, παράγονται με διάφορες μεθόδους. Η χύτευση διαλύματος (solution casting), η χύτευση τήγματος και η εξώθηση αποτελούν τις μεθόδους παραγωγής αυτών των υλικών. Κατά τη διαδικασία της χύτευσης διαλύματος, υδατικό, υδατικό-αιθανολικό, αιθανολικό διάλυμα ή αιώρημα της εδώδιμης ουσίας απλώνεται πάνω στην επιφάνεια. Μετά την εξάτμιση του διαλύτη, η περίσσεια μεμβράνη αφαιρείται από την επιφάνεια. Οι κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν τη διεργασία είναι η σύσταση του διαλύματος, το ιξώδες του, η περιεκτικότητά του σε στερεά, η θερμοκρασία ξήρανσης και το πάχος του υγρού φιλμ. Στην παραγωγή εδώδιμων μεμβρανών χρησιμοποιούνται βιοπολυμερή (πολυσακχαρίτες και πρωτεΐνες) τα οποία σε μεγάλο ποσοστό είναι υδατοδιαλυτά. Εξαιρεση αποτελούν το κολλαγόνο, η ζεΐνη του αραβοσίτου και η γλουτένη σίτου. Οι μεμβράνες με βάση τη ζεΐνη αραβοσίτου και τη γλουτένη σίτου παράγονται από υδατικά-αιθανολικά διαλύματα ή υδατικά αιωρήματα. Μεμβράνες και επικαλύψεις με βάση τους κηρούς παράγονται από αιθανολικά διαλύματα. Τη δεύτερη μέθοδο αποτελεί η εξώθηση με κύρια παραδείγματα τις θήκες και τα περιτυλίγματα από κολλαγόνο. Τέλος, υπάρχει και η χύτευση τήγματος (molten casting) κατά την οποία μεμβράνες και επικαλύψεις λιπιδίων μπορούν να παραχθούν με ψύξη τήγματος, ώστε να παραχθεί μια ακέραιη δομή (Παπαδάκης σελ. 231-233).

Τα βρώσιμα πολυμερή χρησιμοποιούνται για την παραγωγή βρώσιμων μεμβρανών και επικαλύψεων. Δεν υπάρχει συγκεκριμένη διαφορά μεταξύ τους όσον αφορά στη σύνθεση του υλικού, παρά μόνο το πάχος τους. Οι μεμβράνες γενικά χρησιμοποιούνται στην παραγωγή

περιτυλίγματος, σακούλας και θήκης, ενώ οι επικαλύψεις εφαρμόζονται απευθείας στην επιφάνεια του τροφίμου, οι οποίες θεωρούνται μέρος του προϊόντος τροφίμου και είναι συνήθως σχεδιασμένες να μην αφαιρούνται από το τρόφιμο.

Αυτά τα εδώδιμα πολυμερή κατηγοριοποιούνται σε τρεις ομάδες:

1. υδροκολλοειδή (είναι υδρόφιλα μακράς αλυσίδας πολυμερή που περιέχουν είτε πολυσακχαρίτες είτε πρωτεΐνες)
2. λιπίδια
3. τα σύνθετά τους

Η παρουσία υδροξυλομάδων αυξάνει την ικανότητα των υδροκολλοειδών να δεσμεύουν μόρια νερού, ώστε να δώσουν το πηκτικό αποτέλεσμα (αύξηση ιξώδους χωρίς την μεταβολή άλλων ιδιοτήτων). Τέτοια πολυμερή σχηματίζουν ένα τρισδιάστατο δίκτυο (ιξώδοελαστικό) που μπορεί να παγιδεύει ή να ακινητοποιεί μόρια νερού. Οι ιδιότητες υφής καθώς και οι οργανοληπτικές ιδιότητες ενός πηκτώματος εξαρτώνται από τον τύπο του υδροκολλοειδούς. Οι μεμβράνες που βασίζονται σε υδροκολλοειδή είναι πιο ουδέτερες από εκείνες των λιπιδίων, τα οποία βοηθούν στη διατήρηση του χρώματος, της γεύσης και των συγκεντρώσεων γλυκαντικών ουσιών και αλατιού. Τα υδροκολλοειδή παρουσιάζουν ιδιότητες χαμηλού φραγμού στους υδρατμούς λόγω της υδρόφιλης φύσης τους. Εν αντιθέσει, τα λιπίδια παρουσιάζουν χαμηλή διαπερατότητα υδρατμών λόγω τους υδρόφοβη φύση. Ωστόσο, η διαπερατότητα υδρατμών των υδροκολλοειδών μπορεί να βελτιωθεί με προσθήκη λιπιδίων, σχηματίζοντας βρώσιμα σύνθετα υλικά με υδρόφιλες και υδρόφοβες ιδιότητες. Οι πρωτεΐνες έχουν καλή μηχανική αντοχή και μπορούν να χρησιμοποιούνται αποτελεσματικά σε φρούτα και λαχανικά για την αποφυγή ζημιών κατά τη μεταφορά του. Παρατίθεται πίνακας με τις γενικές κατηγορίες εδώδιμων μεμβρανών (Jeevahan et al. 2017).

**Πίνακας 2:** Γενικές κατηγορίες εδώδιμων μεμβρανών

MEMBRANES ΠΟΛΥΣΑΚΧΑΡΙΤΩΝ	MEMBRANES ΠΡΩΤΕΪΝΩΝ	ΕΠΙΚΑΛΥΨΕΙΣ ΜΕ ΛΙΠΙΔΙΑ
ΖΩΙΚΗΣ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ	ΚΟΛΛΑΓΟΝΟ, ΖΕΛΑΤΙΝΗ	ΚΗΡΟΙ
ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ	ΠΡΩΤΕΪΝΗ ΓΑΛΑΚΤΟΣ	ΛΙΠΗ-ΕΛΑΙΑ
ΥΔΑΤΙΝΗΣ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ	ΖΕΪΝΗ	ΑΙΘΕΡΙΑ ΕΛΑΙΑ
ΜΙΚΡΟΒΙΑΚΟΙ ΠΟΛΥΣΑΚΧΑΡΙΤΕΣ	ΣΟΓΙΑ	ΡΗΤΙΝΗ



#### 2.4.1 MEMBRANES ΠΟΛΥΣΑΚΧΑΡΙΤΩΝ

Οι πολυσακχαρίτες είναι τα πιο άφθονα φυσικά πολυμερή και έχουν χρησιμοποιηθεί σε διάφορους τομείς, όπως ξύλα για καταφύγια και φωτιά, φρούτα, λαχανικά και σπόροι για φαγητό, θεραπεία ασθενειών και σε ίνες για την κατασκευή χαρτιών και ενδυμάτων. Οι πολυσακχαρίτες χρησιμοποιούνται γενικά ως πηκτικές ουσίες, καθώς παρατηρείται αύξηση του ιξώδους με προσθήκη νερού. Τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιούνται επίσης για το σχηματισμό βρώσιμων μεμβρανών.

Σε σύγκριση με τα υλικά συσκευασίας με βάση την πρωτεΐνη και τα λιπίδια, οι πολυσακχαρίτες έχουν καλύτερη χημική σταθερότητα και ικανότητα προσαρμογής κατά των διαφόρων επεξεργασιών, μεγαλύτερο εύρος πηγών και χαμηλότερο κόστος. Περιλαμβάνουν παράγωγα κυτταρίνης, άμυλο, χιτοζάνη, αλγινικό οξύ, πηκτίνη, καραγενάνης κ.λ.π. Δεδομένου ότι η κυτταρίνη και η χιτίνη είναι αδιάλυτες στο νερό σε φυσική κατάσταση, υποβάλλονται σε χημική επεξεργασία πρώτα για να αυξηθεί η διαλυτότητά τους. Από την άλλη, στο αλγινικό και την πηκτίνη χρειάζεται να προστεθούν ιόντα ασβεστίου έτσι ώστε να σχηματιστούν πηκτώματα. Ορισμένοι πολυσακχαρίτες και τα παράγωγά τους έχουν αντιοξειδωτικές και αντιμικροβιακές δράσεις, οι οποίες μπορούν να προστατεύσουν αποτελεσματικά τα τρόφιμα (π.χ. φρούτα, λαχανικά, κρέας, ξηρούς καρπούς) παρατείνοντας τη διάρκεια ζωής τους. Έχουν χαμηλή διαπερατότητα στο οξυγόνο και το διοξείδιο του άνθρακα, λόγω της δομής τους, και χαρακτηρίζονται από χαμηλό φραγμό στους υδρατμούς. Οι μεμβράνες πολυσακχαρίτη είναι καλοί φραγμοί αερίων μόνο όταν δεν είναι πλαστικοποιημένοι. Επομένως, το φράγμα αερίων μειώνεται σημαντικά με την αύξηση της περιεκτικότητας σε πλαστικοποιητή. Αυτά περιορίζουν την εφαρμογή τους στη συσκευασία τροφίμων. Η κυτταρίνη, η χιτοζάνη, το άμυλο και τα κόμμεα χρησιμοποιούνται για την παραγωγή βρώσιμων συσκευασιών. Αν και οι αναφερόμενοι πολυσακχαρίτες διαφέρουν ως προς την πηγή, τη σύνθεση, τη δομή και τα χαρακτηριστικά, έχουν γενικά καλή ζελατινοποίηση, σχηματισμό μεμβράνης, ιδιότητες φραγμού και μηχανικές, και είναι άφθονα, ανανεώσιμα, βρώσιμα και βιοδιασπώμενα. Συγκεκριμένα, υπάρχουν πολλά είδη κόμμεων ημικυτταρίνης και πολυσακχαριτών, αλλά αυτά που χρησιμοποιούνται συνήθως στη συσκευασία είναι η ξυλάνη, η γλυκομαννάνη, η πηκτίνη, το αλγινικό άλας, η καραγενάνη και το άγαρ. Αυτοί οι πολυσακχαρίτες μπορούν να υποστούν επεξεργασία σε διάφορες μορφές συσκευασίας, συμπεριλαμβανομένων μεμβρανών, επικαλύψεων, δοχεία, σφουγγάρια και τζελ, μέσω διαφόρων τεχνολογιών υλικών, και έχουν τεράστιες δυνατότητες ανάπτυξης και εφαρμογής εδωδιμων συσκευασιών στο μέλλον (Mohamed, El-Sakhawy, and El-Sakhawy 2020).

Ωστόσο, σε σύγκριση με τα συμβατικά πολυμερή και πλαστικά με βάση το πετρέλαιο, τα υλικά που βασίζονται σε πολυσακχαρίτες εξακολουθούν να έχουν αρκετά μειονεκτήματα, τα οποία περιλαμβάνουν κυρίως τα ακόλουθα:

- Δεν έχουν υψηλή χημική και θερμική σταθερότητα, γεγονός που δεν ευνοεί την επακόλουθη χύτευση τους. Ειδικότερα, τα υλικά που σχηματίζονται από ένα μόνο είδος πολυσακχαρίτη είναι συχνά εύθραυστα με κακές μηχανικές ιδιότητες.

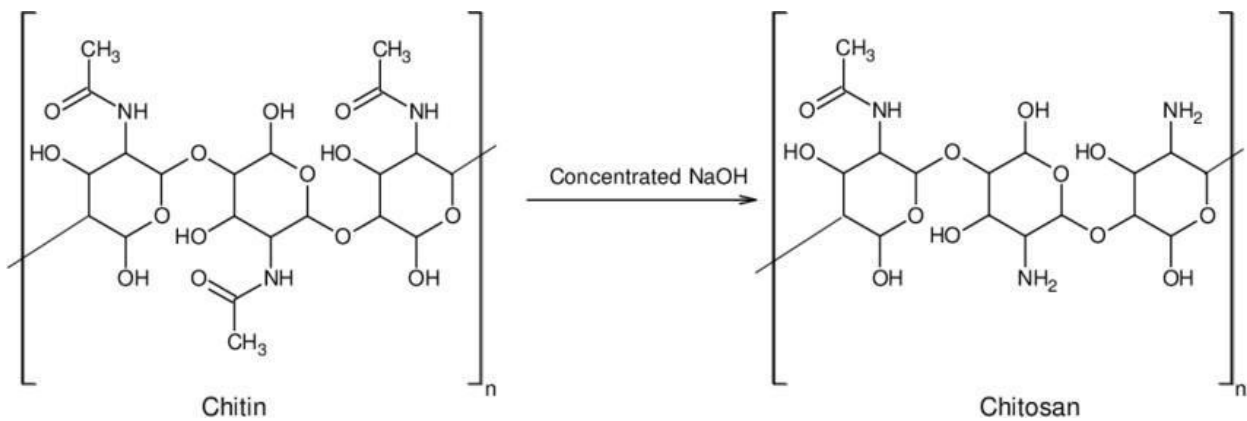
- Περιέχουν πλήθος από υδροξυλικές, καρβοξυλικές ή αμινομάδες με αποτέλεσμα την υψηλή υδροφιλία, την εύκολη διόγκωση από την υγρασία και το φτωχό φράγμα υδρατμών και υγρασίας
- Η κυτταρίνη, η ημικυτταρίνη, το άμυλο, το άγαρ και άλλοι πολυσακχαρίτες (εκτός από τη χιτοζάνη, την πηκτίνη και τα παράγωγά τους) παρέχουν θρεπτικά συστατικά τα οποία ευνοούν την ανάπτυξη και αναπαραγωγή μικροοργανισμών παρεμποδίζοντας την αποθήκευση τροφίμων.

#### 2.4.1.1 ΖΩΙΚΗΣ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ

##### ➤ ΧΙΤΟΖΑΝΗ

Η χιτίνη είναι ο δεύτερος πιο άφθονος πολυσακχαρίτης που βρίσκεται στον εξωσκελετό (κέλυφος) των ασπόνδυλων. Αποτελείται από ομάδες N-ακετυλ-D-γλουκοζαμίνης ενωμένες με β-(1,4) **(Εικόνα 2.3)**. Η χιτοζάνη προέρχεται από χιτίνη, η οποία είναι κατά 85% αποακετυλιωμένη, έτσι ώστε να είναι διαλυτή σε υδατικό όξινο διάλυμα. Η λειτουργική της ικανότητα στηρίζεται σε παράγοντες όπως το μοριακό της βάρος, το pH, η συγκέντρωση και η πηγή προέλευσης. Η αντιμικροβιακή της ιδιότητα αυξάνεται με τον βαθμό αποακετυλίωσης και τη συγκέντρωσή της. Επιπλέον, αυξάνεται με την προσθήκη φυτικών εκχυλισμάτων, αιθέριων ελαίων, ακτινοβολία γ και υδροστατική πίεση (Nair et al. 2020). Είναι γνωστή για την αντιμικροβιακή της ιδιότητα έναντι αρκετών Gram-αρνητικών και Gram-θετικών βακτηρίων και μυκήτων. Λόγω των χαρακτηριστικών της χιτοζάνης, όπως η μη τοξικότητα, η βιοσυμβατότητα και η βιοαποικοδομησιμότητα, έχει χρησιμοποιηθεί στη βιοϊατρική, τη βιομηχανία τροφίμων και τη χημική βιομηχανία. Η επικάλυψη τροφίμων με μεμβράνες χιτοζάνης μειώνει τη μερική πίεση του οξυγόνου στη συσκευασία, διατηρεί τη θερμοκρασία μέσω μεταφοράς της υγρασίας μεταξύ των τροφίμων και του περιβάλλοντος, καθυστερεί το ενζυμική αμαύρωση των φρούτων, ελέγχει την αναπνοή και μειώνει την αφυδάτωση του προϊόντος τροφίμου. Επιπλέον, η χιτοζάνη χρησιμοποιείται για την ενίσχυση της αίσθησης του γαλακτώματος, την αύξηση της φυσικής γεύσης, την πήξη της υφής, τη μείωση της οξύτητας καθώς και τη σταθεροποίηση του χρώματος. Οι μεμβράνες με βάση τη χιτοζάνη είναι ευέλικτες και σκληρές, δείχνουν καλή αντοχή στο λίπος, στο έλαιο και το οξυγόνο, αλλά είναι πολύ ευαίσθητες στην υγρασία. Για όλα τα πλεονεκτήματα αυτά η χιτοζάνη αποτελεί σύνηθες υλικό για τις εδώδιμες συσκευασίες (Παπαδάκης σελ. 224).

Επιπλέον, η χιτοζάνη δεσμεύει επιλεκτικά συμπαράγοντες μετάλλων ζωικών μεταβολικών ενζύμων που παράγουν τοξίνες μικροβίων. Με αυτόν τον τρόπο εμποδίζεται ο πολλαπλασιασμός τους. Οι μεμβράνες που περιέχουν μόνο χιτοζάνη, χωρίς την προσθήκη κάποιου άλλου συστατικού, διατηρούν τα θρεπτικά συστατικά των προϊόντων στα οποία εφαρμόζονται, προσφέρουν αντιοξειδωτική δράση και παρατείνουν τη διάρκεια ζωής των φρούτων και των λαχανικών. Τέλος, η χιτοζάνη είναι εφικτό να αναμειχθεί με άλλα βιοϋλικά, όπως είναι οι πολυσακχαρίτες και οι πρωτεΐνες για παραγωγή μεμβρανών.



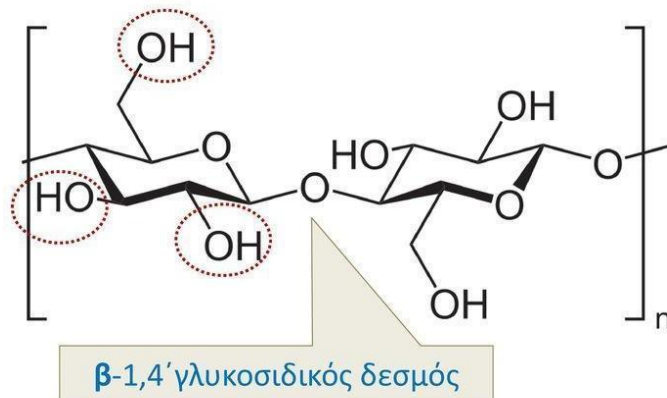
**Εικόνα 2.3:** Αντίδραση αποακετυλίωσης χιτίνης σε χιτοζάνη

#### 2.4.1.2 ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ

##### ➤ ΚΥΤΤΑΡΙΝΗ

Η κυτταρίνη είναι ο πιο άφθονος πολυσακχαρίτης που συναντάται στη φύση και αποτελείται από μόρια D-γλυκόζης ενωμένα μεταξύ τους με β-D(1-4) γλυκοζιτικό δεσμό (**Εικόνα 2.4**). Σε φυσική μορφή, είναι αδιάλυτη στο νερό λόγω ισχυρών δεσμών υδρογόνου και για αυτό το λόγο τα παράγωγα κυτταρίνης μπορούν να σχηματίζουν βρώσιμες μεμβράνες. Ωστόσο, όταν η κυτταρίνη υποβάλλεται σε επεξεργασία με αλκάλι (για διόγκωση) και, ακολουθούμενη από χημική αντίδραση (με οξείδιο του προπυλενίου, μεθυλοχλωρίδιο ή χλωροξικό οξύ), σχηματίζει υδατοδιαλυτές μεμβράνες (καρβοξυμεθυλοκυτταρίνη, μεθυλοκυτταρίνη ή υδροξυπροπυλοκυτταρίνη). Από αυτά, μόνο η υδροξυπροπυλοκυτταρίνη είναι το μόνο βρώσιμο πολυμερές που είναι θερμοπλαστικό, και ως εκ τούτου, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε χύτευση με έγχυση και εξώθηση. Η μεμβράνη καρβοξυμεθυλοκυτταρίνης παρουσιάζει καλή αντοχή στο οξυγόνο, το διοξείδιο του άνθρακα και τα λιπίδια, αλλά παρουσιάζει κακή αντοχή στους υδρατμούς. Γενικά, οι μεμβράνες που βασίζονται σε παράγωγα κυτταρίνης είναι εντελώς άοσμες, διαφανείς, σκληρές, εύκαμπτες, ανεπαρκώς ανθεκτικές στο νερό, αλλά έχουν υψηλή αντοχή σε λίπη και έλαια.

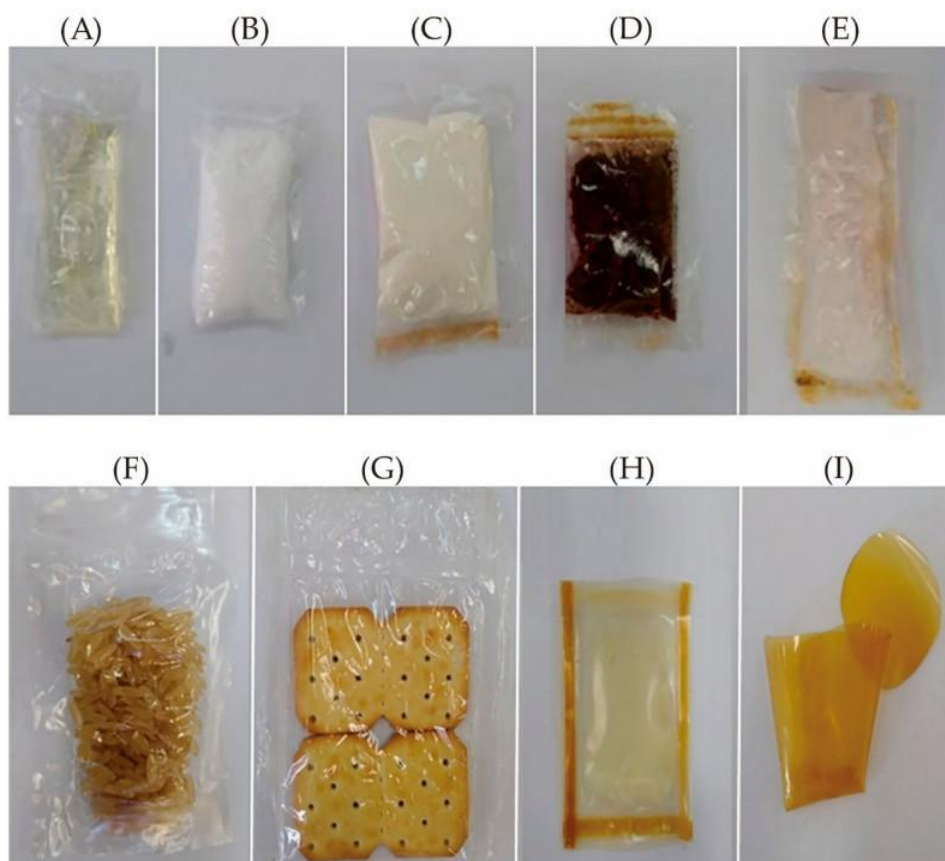
# Η κυτταρίνη



- Η κυτταρίνη είναι το πιο διαδεδομένο πολυμερές στη γη.
- Σχηματίζει, μαζί με τη λινίνη, τα κυτταρικά τοιχώματα στα φυτά
- Σε κάθε δομική μονάδα υπάρχουν τρία ελεύθερα υδροξύλια. Όσον όμως αφορά στις ακραίες δομικές μονάδες του μορίου, η μία φέρει τέσσερα ελεύθερα υδροξύλια και η άλλη μια ομάδα ημιακετάλης.

**Εικόνα 2.4:** Δομικός σκελετός κυτταρίνης

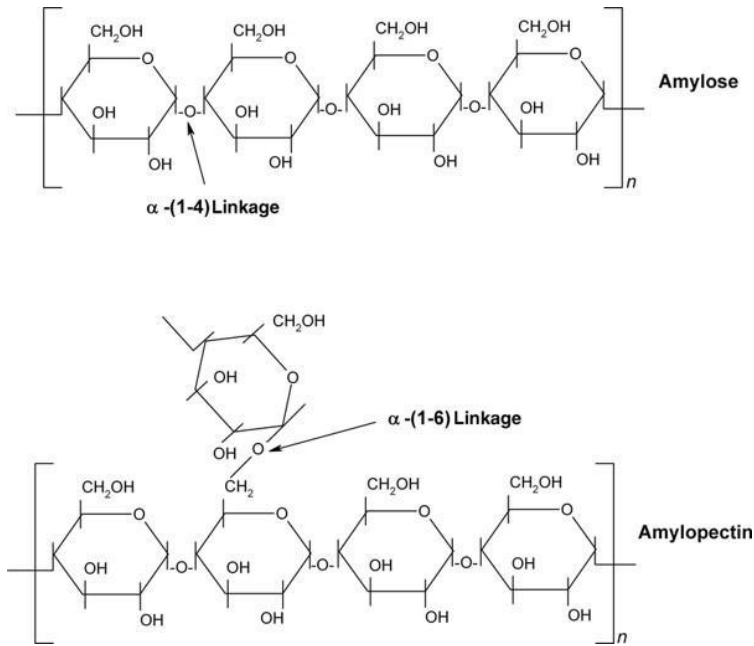
Πραγματοποιήθηκε πείραμα κατά το οποίο παρασκευάστηκαν μεμβράνες από υπρομελλόζη (υδροξυπροπυλομεθυλοκυτταρίνη) στις οποίες ενσωματώθηκε εκχύλισμα σπόρων κυπαρισσιού χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της χύτευσης και στη συνέχεια τις εφάρμοσε σε συσκευασία ελαιολάδου. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι σε σύγκριση με τη μεμβράνη χωρίς εκχύλισμα, η αντοχή σε εφελκυσμό των σύνθετων μεμβρανών βελτιώθηκε σημαντικά και η διαπερατότητα σε υδρατμούς μειώθηκε, γεγονός που επιβραδύνει την οξείδωση του ελαιολάδου για καιρό αποθήκευσης 23 ημερών. Επομένως, ο αριθμός υπεροξειδίου του ελαιολάδου με σύνθετες μεμβράνες (που περιείχαν 2% w/v εκχύλισμα) μετά από ταχεία αποθήκευση για 11 ημέρες ήταν 10 φορές χαμηλότερη από ό,τι όταν σφραγίστηκε με εκείνες χωρίς εκχύλισμα. Επίσης, αποδείχθηκε ότι η εδώδιμη συσκευασία έχει τεράστιες δυνατότητες εφαρμογής σε διαλυτά φακελάκια για τρόφιμα σε σκόνη, καθώς και σε δοχεία λαδιού και κάψουλες για στιγμιαία τροφή. **(Εικόνα 2.5)** Με την προσθήκη νανοκρυστάλλων κυτταρίνης στην πρωτεΐνη σόγιας θα μπορούσε να βελτιωθεί η αντοχή σε εφελκυσμό και οι ιδιότητες φραγμού της εδώδιμης σύνθετης μεμβράνης και να επιτραπεί η προστασία από το υπεριώδες φως έχοντας βέβαια την κατάλληλη διαφάνεια (Zhao et al. 2021).



**Εικόνα 2.5:** Εδώδιμες συσκευασίες. Α–Γ: συσκευασία μεθυλοκυτταρίνης που περιέχουν σογιέλαιο, αλάτι, πρωτεΐνη ορού γάλακτος, καφέ σε σκόνη, χυμό σε σκόνη, ρύζι και κρακερ, αντίστοιχα. Η: συσκευασία πρωτεΐνης ορού γάλακτος-μεθυλοκυτταρίνης που περιέχει λάδι. Ι: συσκευασία πρωτεΐνης ορού γάλακτος για την κάψουλα καφέ.

## ➤ ΑΜΥΛΟ

Το άμυλο είναι ένα φυσικά παραγόμενο πολυμερές υπό τη μορφή κόκκων. Είναι βρώσιμο, άχρωμο και άγευστο στο οποίο προστίθεται εύκολα χρώμα ή άρωμα. Βρίσκεται σε φυτά, όπως είναι οι κόνδυλοι, οι σπόροι και οι ρίζες. Λόγω της υδρόφιλης φύσης του, το νερό απορροφάται από κόκκους αμύλου. Τα μόρια του νερού σπάνε τους δεσμούς υδρογόνου ελευθερώνοντας έτσι ομάδες υδροξυλίου. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία γέλης ή πηκτώματος. Για τη βελτίωση της διαλυτότητάς του στο νερό, το πλούσιο σε αμυλόζη άμυλο υποβάλλεται σε μερική αιθεροποίηση με προπυλενοξείδιο ώστε να ληφθούν υδροξυπροπυλιωμένα παράγωγα. Το εμπορικό άμυλο προέρχεται γενικά από πατάτα, καλαμπόκι, σιτάρι και κινόα. Αποτελεί μίγμα αμυλόζης (20-25%) και αμυλοπηκτίνης (75-80%) (**Εικόνα 2.6**). Η πρώτη είναι ένα γραμμικό πολυμερές 200-2000 μονάδων D-γλυκόζης συνδεδεμένων με  $\alpha$ -(1-4) γλυκοζιτικούς δεσμούς σε γραμμική διάταξη. Η δεύτερη είναι ένα πολύ διακλαδωμένο μακρομόριο που αποτελείται από κύριο σκελετό αμυλόζης με πλευρικές αλυσίδες D-γλυκόζης ενωμένες με τον κύριο κορμό του μορίου με  $\alpha$ -(1-6) γλυκοζιτικούς δεσμούς.



**Εικόνα 2.6:** Δομικός σκελετός αμυλόζης και αμυλοπηκτίνης

Η αμυλόζη λόγω της γραμμικής δομής της σχηματίζει συνεκτικά, σχετικά ανθεκτικά φιλμ, ενώ τα φιλμ της αμυλοπηκτίνης είναι εύθραυστα και ασυνεχή. Γενικά, το άμυλο συχνά αναμιγνύεται με άλλα βρώσιμα υλικά για την παραγωγή εδώδιμων μεμβρανών ή επικαλύψεων, που χρησιμοποιούνται ευρέως σε διάφορες συσκευασίες τροφίμων, όπως φρούτα, λαχανικά, κρέας, θαλασσινά, προϊόντα ζαχαροπλαστικής και αρτοσκευάσματα με σκοπό να εμποδίσουν τη μετανάστευση οξυγόνου και λίπους και να βοηθούν στη βελτίωση της εμφάνισης, της υφής και της απόδοσης εκάστοτε επεξεργασίας των τροφίμων. Πιο συγκεκριμένα, η αμυλόζη, το πλούσιο σε αμυλόζη άμυλο και το υδροξυπροπυλιωμένο πλούσιο σε αμυλόζη άμυλο έχουν χρησιμοποιηθεί ως εδώδιμες επικαλύψεις σε τρόφιμα, όπως προϊόντα αρτοποιίας και ζαχαροπλαστικής, και παναρίσματα για κρεατοσκευάσματα για να προσφέρουν φραγμό στο οξυγόνο και τα λίπη, καθώς και για να βελτιώσουν την εμφάνιση, την υφή και την ευχρηστία τους. Οι δεξτρίνες που είναι μικρού μοριακού βάρους υδατάνθρακες και παράγονται από την υδρόλυση του αμύλου έχουν, επίσης, χρησιμοποιηθεί ως επικαλύψεις σε γλυκίσματα και ως βρώσιμες κόλλες και συγκολλητικά.

Στο παρόν, οι τάσεις έρευνας και εφαρμογής εδώδιμων συσκευασιών με βάση τους πολυσακχαρίτες θα επικεντρωθούν κυρίως στις ακόλουθες τέσσερις πτυχές:

#### 1. Ανάπτυξη περισσότερων εδώδιμων υλικών

Έως σήμερα, οι κύριες πηγές εδώδιμων συσκευασιών με βάση τους πολυσακχαρίτες αποτελούνται από φυτά και ζώα. Οι μικροοργανισμοί, όπως τα βακτήρια και οι μύκητες αποτελούν επίσης μια μεγάλη πιθανή πηγή, ειδικά οι θαλάσσιοι μικροοργανισμοί.

## *2. Πολυλειτουργική τροποποίηση υλικών*

Η τροποποίηση των υλικών που βασίζονται σε υποχρεωτικές πρακτικές εφαρμογές αποτελεί φλέγον ζήτημα. Ο σχεδιασμός του τρόπου σύνδεσης μεταξύ των αλυσίδων πολυμερούς, ο σχεδιασμός των μονομερών μοριακών δομών και η πραγματοποίηση πιο λειτουργικών επιδράσεων σύμφωνα με τις διαφορετικές απαιτήσεις του εκάστοτε τροφίμου, για παράδειγμα ρύθμιση γεύσης, αντοχή σε οξέα και αλκάλια και ελεγχόμενη απελευθέρωση λειτουργικών παραγόντων, αποτελούν την αναπτυξιακή τάση τροποποίησης υλικών με βάση πολυσακχαρίτες.

## *3. Επέκταση εφαρμογών και ολοκληρωμένη αξιολόγηση βρώσιμων συσκευασιών*

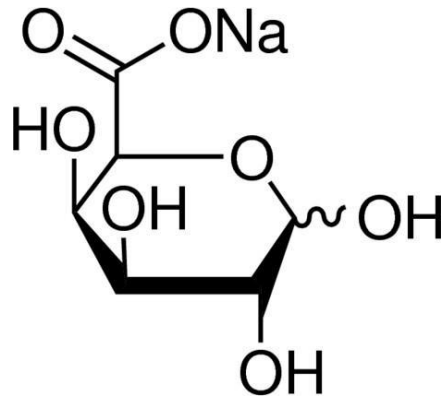
Πρέπει να διεξαχθεί μηχανική έρευνα για τη μείωση του κόστους και της μεγάλης κλίμακας της παραγωγής και να αξιολογηθούν τα οικονομικά, περιβαλλοντικά και κοινωνικά οφέλη των εδωδιμων συσκευασιών με βάση τους πολυσακχαρίτες.

## *4. Μια βαθύτερη γνώση και πρακτική αξιολόγησης κινδύνου ασφάλειας*

Οφείλεται να κατανοηθεί πλήρως η πιθανή έκθεση του πολυσακχαρίτη στη μετανάστευση των ουσιών και η αλληλεπίδρασή τους με το συστατικό του τροφίμου και το αποτέλεσμα κατά την κατάποση. Η κατανόηση της αλληλεπίδρασης θα μπορούσε να επαληθεύσει την ασφάλεια των εδωδιμων συσκευασιών με βάση τους πολυσακχαρίτες με σκοπό την εμπορική χρήση.

## ➤ ΠΗΚΤΙΝΕΣ

Οι πηκτίνες αποτελούν πολυσακχαρίτες που λαμβάνονται κυρίως από εσπεριδοειδή. Συμβάλλουν στην ακεραιότητα και την ακαμψία των ιστών και θεωρούνται ένα από τα πιο πολύπλοκα μακρομόρια στη φύση. Είναι υδατοδιαλυτά ανιονικά πολυμερή στα οποία ο δομικός σκελετός τους αποτελείται από μερικώς μεθυλιωμένο πολυ-α-(1-4)-D-γαλακτουρονικό οξύ (**Εικόνα 2.7**). Για την παραγωγή μεμβρανών χρησιμοποιούνται πηκτίνες χαμηλού αριθμού μεθοξυλίων. Παρ' όλο που η διαπερατότητα των μεμβρανών πηκτίνης στους υδρατμούς είναι αρκετά μεγάλη, χρησιμοποιούνται για την επιβράδυνση της απώλειας της υγρασίας από παναρισμένα τρόφιμα λειτουργώντας όπως και οι μεμβράνες από αλγινικά άλατα. Δηλαδή, αρχικά η υγρασία εξατμίζεται από την πηκτή παρά από το τρόφιμο. Επιπλέον, έχει διερευνηθεί η δυνατότητα αυτών των μεμβρανών να μειώσουν το ρυθμό μετανάστευσης των λιπιδίων και να βελτιώσουν την εμφάνιση αλλά και να προσδώσουν ευκολία στη χρήση των τροφίμων. Συνήθως χρησιμοποιούνται στη συσκευασία φρέσκων και ελάχιστα επεξεργασμένων φρούτων και λαχανικών, όπως μήλο, αβοκάντο, βερίκοκο, ντομάτα και καρότο. (Mohamed, El-Sakhawy, and El-Sakhawy 2020, Espitia et al. 2014)

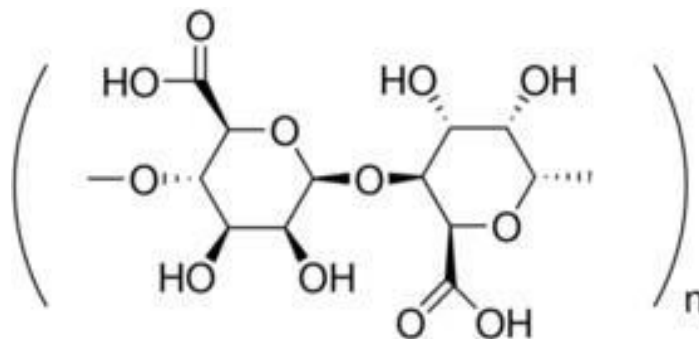


**Εικόνα 2.7:** Δομικός σκελετός του D-γαλακτουρονικού οξέος

### 2.4.1.3 ΥΔΑΤΙΝΗΣ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ

#### ➤ ΑΛΓΙΝΙΚΑ ΑΛΑΤΑ

Το αλγινικό άλας είναι ένα άλας του αλγινικού οξέος που σχηματίζεται από β-D-μανουρονικό οξύ και α-L-γουλουρονικό οξύ, συνδεδεμένα μεταξύ τους με (1-4) γλυκοζιτικούς δεσμούς (**Εικόνα 2.8**). Λαμβάνεται από τις καφέ άλγες της οικογένειας *Phaeophyceae*. Οι μεμβράνες αλγινικών αλάτων παρασκευάζονται με εξάτμιση νερού από λεπτό στρώμα υδατικού διαλύματος αλγινικών αλάτων, ενώ προστίθενται και ιόντα ασβεστίου τα οποία δημιουργούν γέφυρες ιόντων ανάμεσα στα μακρομόρια. Οι μεμβράνες είναι αδιαπέραστες από λίπη και έλαια, έχουν καλές ιδιότητες φραγμού στο οξυγόνο, αλλά έχουν μεγάλη διαπερατότητα στους υδρατμούς. Μπορούν όμως να περιορίσουν την απώλεια υγρασίας από το τρόφιμο. Ιδίως από τα παναρισμένα κρεατοσκευάσματα, διότι αρχικά παρατηρείται απώλεια υγρασίας από την ίδια τη μεμβράνη, ενώ παράλληλα προστατεύουν το τρόφιμο από την οξείδωση του λίπους (Mohamed, El-Sakhawy, and El-Sakhawy 2020).

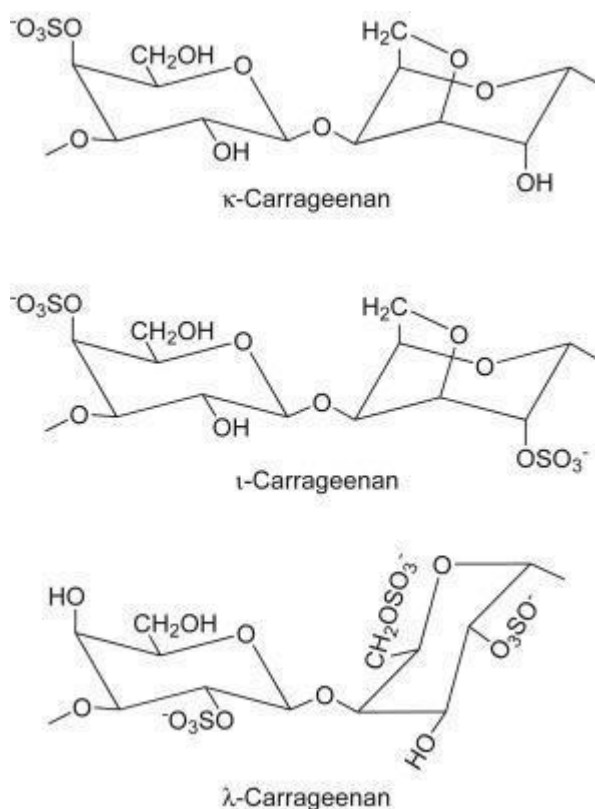


**Εικόνα 2.8:** Δομικός σκελετός αλγινικού άλατος



## ➤ ΚΑΡΑΓΕΝΑΝΕΣ

Καραγενάνες χαρακτηρίζονται οι πολυσακχαρίτες που εκχυλίζονται από διάφορα είδη θαλάσσιων ροδοφυκών της οικογένειας των *Rhodophyceae*. Είναι μίγμα τουλάχιστον πέντε διαφορετικών πολυμερών που βασίζονται στη γαλακτόζη. Οι μεμβράνες τους έχουν χρησιμοποιηθεί σε ποικιλία τροφίμων ως φορείς αντιμικροβιακών ουσιών, για να περιορίσουν την απώλεια της υγρασίας, την οξείδωση καθώς και για να βελτιώσουν τη δομή και τη συνεκτικότητα του προϊόντος. Συνήθως χρησιμοποιούνται σε προϊόντα όπως το κρέας, τα πουλερικά και τα ψάρια για την πρόληψη της επιφανειακής αφυδάτωσης, σε συσκευασίες λουκάνικων, σε ξηρές στερεές τροφές, καθώς και λιπαρές τροφές. (Mohamed, El-Sakhawy, and El-Sakhawy 2020)



**Εικόνα 2.7:** Δομικός σκελετός των 3 πιο γνωστών καραγενανών

## ➤ ΑΓΑΡ

Το άγαρ είναι πολυσακχαρίτης που λαμβάνεται, όπως και οι καραγενάνες, από διάφορα είδη θαλάσσιων ροδοφυκών της οικογένειας *Rhodophyceae*. Αποτελείται από ένα μίγμα αγαροπηκτίνης (μη-κλάσμα πηκτωματοποίησης) και αγαρόζη (κλάσμα πηκτωματοποίησης). Στο εμπόριο κυκλοφορούν διάφοροι τύποι άγαρ οι οποίοι έχουν συγκεκριμένες ιδιότητες και εφαρμογές, οι οποίες διαφέρουν στην προέλευση των φυκιών και στις τεχνολογίες κατά τις οποίες παράγονται. Είναι αδιάλυτο σε κρύο νερό και είναι διαλυτό σε ζεστό νερό. Βιολογικά είναι αδρανές και μπορεί να αλληλεπιδράσει με διαφορετικές βιοδραστικές ουσίες. Η ικανότητα του άγαρ να σχηματίζει μεμβράνες, οφείλεται στις πηκτικές του ιδιότητες. Επικαλύψεις που περιείχαν

υδατοδιαλυτά αντιβιοτικά και την βακτηριοσίνη νισίνη έχουν χρησιμοποιηθεί σε κρέατα και ιχθυηρά. Λόγω της χαμηλής ελαστικότητας, της χαμηλής θερμικής σταθερότητας, της υψηλής ευαισθησίας στο νερό καθώς και της υψηλής διαπερατότητας στους υδρατμούς, η εφαρμογή του καθαρού φιλμ από άγαρ εμπεριέχει δυσκολίες. Για το λόγο αυτό, συνδυάζεται με άλλες ουσίες, όπως βιοπολυμερή, υδρόφοβα υλικά, πλαστικοποιητές, νανοβιοσύνθετα και αντιμικροβιακούς παράγοντες (Mostafavi and Zaeim 2020).

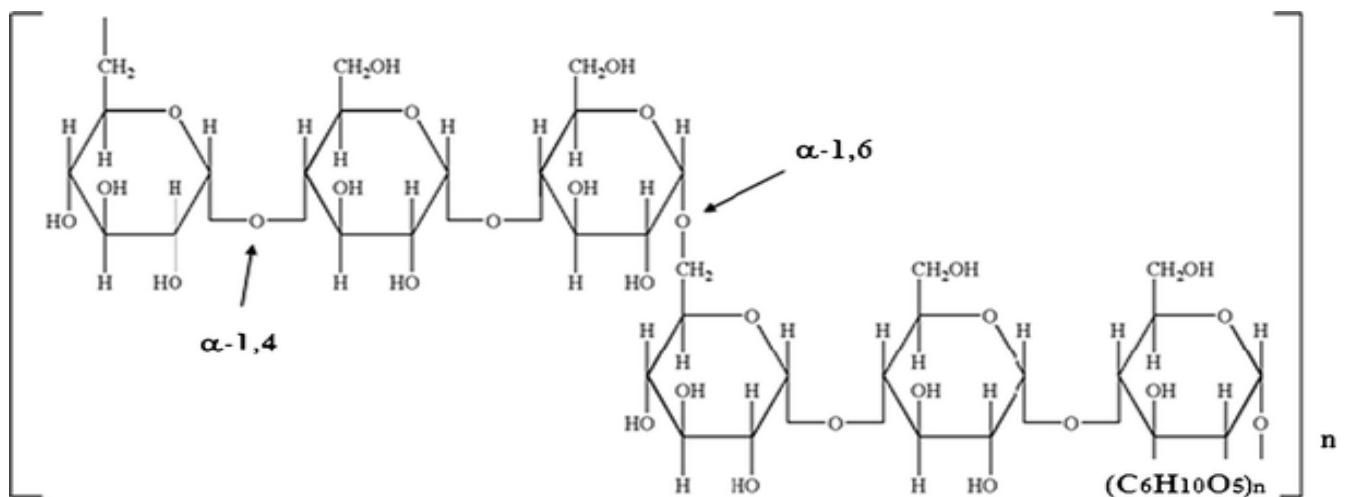
#### 2.4.1.4 ΜΙΚΡΟΒΙΑΚΟΙ ΠΟΛΥΣΑΚΧΑΡΙΤΕΣ

##### ➤ KOMMI TZEAN (GELLAN GUM)

Αποτελεί μια κατηγορία πολυσακχαριτών που παράγεται από το βακτήριο *Sphingomonas elodea*, επίσης γνωστή ως *Pseudomonas elodea*, και παρουσιάζει καλή ικανότητα σχηματισμού επικαλύψεων και πηκτικών και κολλοειδών ιδιοτήτων. Η χρήση του Gellan στη βιομηχανία τροφίμων αυξάνεται καθώς χρησιμοποιείται ως παράγοντας πήξης και υφής. Χρησιμοποιείται, επίσης, ως φορέας πρόσθετων τροφίμων, δηλαδή ως αντιμικροβιακός παράγοντας, ενισχυτικού χρώματος και γεύσης. Οι μεμβράνες με βάση τον Gellan είναι σκληρές και εύθραυστες και έχουν εφαρμοστεί αποτελεσματικά στη συσκευασία φρέσκων λαχανικών για τη βελτίωση της ποιότητας και της διάρκειας ζωής τους. (Mohamed, El-Sakhawy, and El-Sakhawy 2020)

##### ➤ ΠΟΥΛΟΥΛΑΝΗ

Η πουλουλάνη είναι ένας μικροβιακός πολυσακχαρίτης που συντίθεται από άμυλο από τον μύκητα *Aureobasidium pullulans* και αποτελείται από μονάδες μαλτοτριόζης. Τρεις μονάδες μαλτοτριόζης συνδέονται με  $\alpha$ -1,4 γλυκοζιτικό δεσμό, ενώ οι διαδοχικές μονάδες μαλτοτριόζης συνδέονται μεταξύ τους με  $\alpha$ -1,6 γλυκοζιτικό δεσμό (**Εικόνα 2.9**). Για την παραγωγή της απαιτείται πηγή άνθρακα, αζώτου και άλλων απαραίτητων θρεπτικών συστατικών για την ανάπτυξη *A. pullulans*. Είναι ένα βιοπολυμερές μη ιοντικό, μη υγροσκοπικό, μη τοξικό, μη καρκινογόνο και μη μεταλλαξιογόνο. Χρησιμοποιείται ως σταθεροποιητής και βελτιωτικό υφής, συνδετικό και ενισχυτικό ποτών (Pacheco et al. 2021). Η πουλουλάνη είναι εξαιρετικά υδατοδιαλυτή και μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην παραγωγή εδώδιμων μεμβρανών. Αυτές οι μεμβράνες είναι άοσμες, άγευστες, άχρωμες, θερμοκολλούμενες, διαφανείς, διαπερατές στο νερό και χαμηλής διαπερατότητας στο οξυγόνο και το έλαιο (Mohamed, El-Sakhawy, and El-Sakhawy 2020).



**Εικόνα 2.9:** Δομικός σκελετός πουλουλάνης

### ➤ ΞΑΝΘΑΝΙΚΟ ΚΟΜΜΙ-ΞΑΝΘΑΝΗ (XANTHAN GUM)

Το κόμμα ξανθάνης είναι ένας πολυσακχαρίτης που συντίθεται από το βακτήριο *Xanthomonas campestris* μέσω της αερόβιας ζύμωσης. Γενικά, αναγνωρίζεται ως ασφαλές υλικό όταν χρησιμοποιείται ως πηκτικός παράγοντας, σταθεροποιητής και γαλακτωματοποιητής σε τρόφιμα. Σχηματίζει ένα σταθερό ιξώδες διάλυμα σε ζεστό ή κρύο νερό σε υψηλό εύρος θερμοκρασίας και pH. Είναι μη τοξικό, διαθέτει ανοσολογικό παράγοντα, είναι θερμικά σταθερό και σταθερό έναντι των όξινων και αλκαλικών συνθηκών. Έχει χρώμα κρεμ και είναι άοσμο. Χρειάζεται 2 μέρες για να βιοδιασπαστεί πλήρως και είναι ικανό να αντισταθεί σε τυχόν επίθεση των κυτταρινών, παρά το γεγονός πως η δομή του μοιάζει με της κυτταρίνης. Η τρισακχαριτική πλευρική αλυσίδα του είναι σταθερή έναντι της ενζυμικής αποικοδόμησης (Abu Elella et al. 2021). Πρόσφατα έχει χρησιμοποιηθεί εδώδιμη επίστρωση με βάση το κόμμα ξανθάνης για τη βελτίωση της διάρκειας ζωής και της ποιότητας των φρέσκων φρούτων καθώς και ως φορέας βιοδραστικών υλικών (Mohamed, El-Sakhawy, and El-Sakhawy 2020).

### 2.4.2 MEMBRANES ΠΡΩΤΕΪΝΩΝ

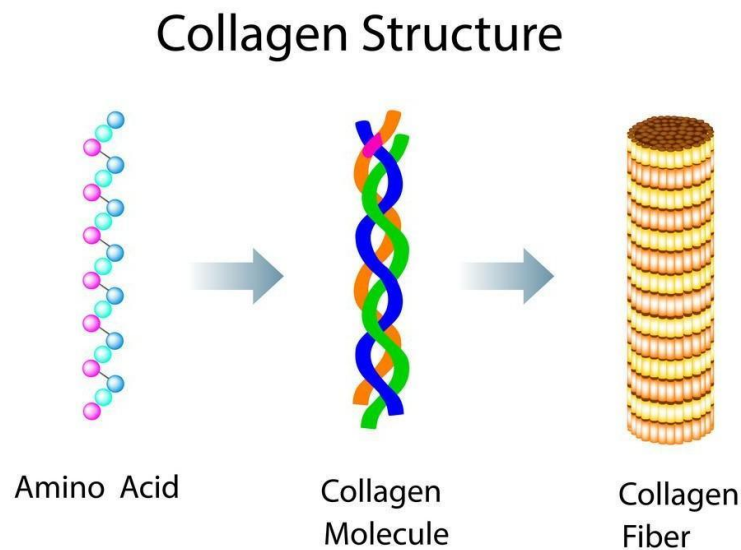
Χρησιμοποιούνται μεμβράνες και επικαλύψεις από πρωτεΐνες ζωικής προέλευσης, όπως κολλαγόνο, ζελατίνη, πρωτεΐνες τυρογάλακτος, καζεΐνη, και φυτικής προέλευσης, όπως γλουτένη σίτου, ζεΐνη αραβοσίτου και πρωτεΐνες σόγιας. Οι μηχανικές ιδιότητες των μεμβρανών πρωτεΐνης είναι καλύτερες συγκριτικά με εκείνες των πολυσακχαριτών λόγω της μοναδικής δομής των πρωτεϊνών. (Mohamed, El-Sakhawy, and El-Sakhawy 2020) Επίσης, έχουν ικανοποιητικές οπτικές ιδιότητες και αδιαπερατότητα στο οξυγόνο, το διοξείδιο του άνθρακα, τα αρώματα και τα λίπη. Ωστόσο, έχουν μικρή αντοχή και μεγάλη διαπερατότητα στους υδατικούς καθώς είναι εγγενώς υδρόφιλες, αλλά και περιέχουν σημαντικές ποσότητες υδρόφιλων πλαστικοποιητών όπως είναι η γλυκερίνη και η σορβιτόλη οι οποίες προστίθενται με αποτέλεσμα να προσδώσουν ευκαμψία στις μεμβράνες. Όταν χρησιμοποιούνται ως επικαλύψεις σε νωπά κρέατα είναι ευάλωτες από πρωτεολυτικά ένζυμα που υπάρχουν σε αυτά τα τρόφιμα. Βασικό είναι ότι πρέπει να αναφέρεται η

χρήση πρωτεϊνικών μεμβρανών και επικαλύψεων στη συσκευασία του προϊόντος, λόγω αλλεργιών σε διάφορες πρωτεΐνες γάλακτος, αυγού, σόγιας, φιστικιών κλπ.

Οι πρωτεΐνες υπάρχουν σε δύο μορφές, τις ινώδεις, όπως είναι το κολλαγόνο, και τις σφαιρικές, όπως είναι η σόγια και η αλβουμίνη.

#### ➤ ΚΟΛΛΑΓΟΝΟ

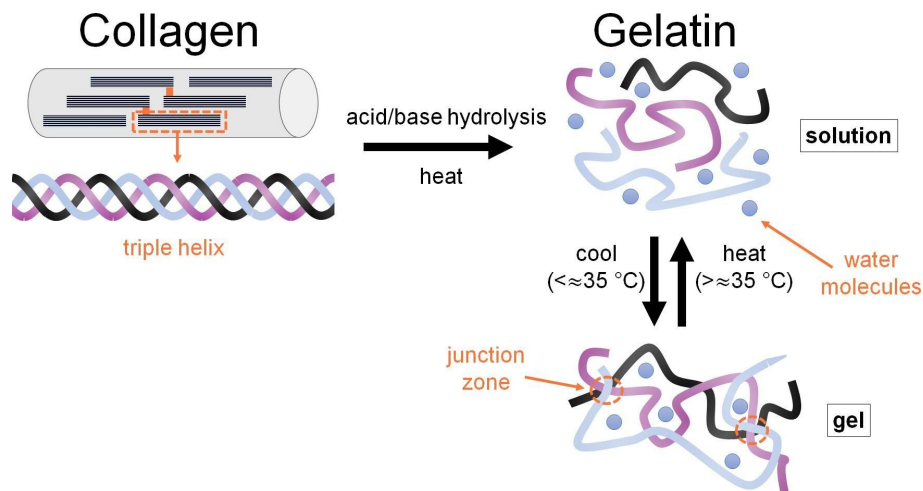
Το κολλαγόνο αποτελείται από αμινοξέα συνδεδεμένα μεταξύ τους για να σχηματίσουν μια τριπλή έλικα γνωστή ως έλικα κολλαγόνου (**Εικόνα 2.10**). Είναι, δηλαδή, μια ομάδα ινωδών πρωτεϊνών του ζωικού ιστού που βρίσκονται στα οστά, τους τένοντες και το δέρμα. Για την παραγωγή μεμβρανών παραλαμβάνονται από δέρμα βοοειδών ζώων. Έχουν προταθεί μεμβράνες κολλαγόνου για επεξεργασμένα προϊόντα κρέατος, ώστε να μειώνουν την απώλεια υγρών, ενώ χρησιμοποιούνται ήδη για την περιτύλιξη κατεψυγμένης μοσχαρίσιας μπριζόλας, ώστε να αποφεύγεται η έγχυση υγρών κατά την απόψυξη, η οξείδωση του προϊόντος υπό κατάψυξη και να διατηρείται το χρώμα του.



**Εικόνα 2.10:** Δομικά επίπεδα κολλαγόνου

#### ➤ ΖΕΛΑΤΙΝΗ

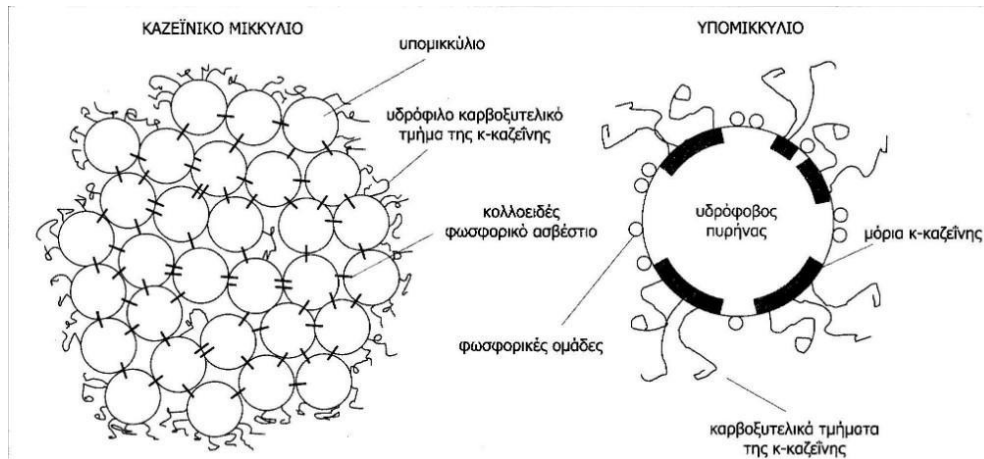
Η ζελατίνη παράγεται με μερική υδρόλυση του κολλαγόνου (**Εικόνα 2.11**). Οι εδώδιμες μεμβράνες προστατεύουν το τρόφιμο από μεταφορά οξυγόνου, υγρασίας και λιπών και δρουν ως φορείς βιοδραστικών ουσιών, όπως αντιοξειδωτικών και αντιμικροβιακών ενώσεων.



**Εικόνα 2.11:** Στάδιο παραγωγής ζελατίνης

### > ΠΡΩΤΕΪΝΕΣ ΓΑΛΑΚΤΟΣ

Οι πρωτεΐνες γάλακτος χωρίζονται στην πρωτεΐνη της καζεΐνης και την πρωτεΐνη του ορού του γάλακτος. Η πρωτεΐνη της καζεΐνης περιλαμβάνει το 80% της πρωτεΐνης γάλακτος και περιέχει ως συστατικά  $\alpha$ ,  $\beta$  και  $\kappa$ -καζεΐνη, ενώ οι πρωτεΐνες του ορού γάλακτος περιέχουν διάφορα συστατικά, όπως  $\alpha$ -λακταλβουμίνη,  $\beta$ -λακτοσφαιρίνη, αλβουμίνη ορού βοοειδών και ανοσοσφαιρίνες. Οι μεμβράνες με βάση την καζεΐνη παραμένουν αμετάβλητες για ένα εύρος pH, συγκεντρώσεις αλάτων και θερμοκρασίες. Γενικά, οι πρωτεΐνες γάλακτος σχηματίζουν διαφανείς, άοσμες και εύκαμπτες μεμβράνες και χρησιμοποιούνται ως φορείς πρόσθετων τροφίμων, όπως αντιμικροβιακούς παράγοντες, αντιοξειδωτικά και χρωστικές. Η πρωτεΐνη ορού γάλακτος παράγει διαφανείς βρώσιμες μεμβράνες με εξαιρετικές ιδιότητες φραγμού στο οξυγόνο και αρώματος. Ωστόσο οι μεμβράνες αυτές είναι εύθραυστες, χρίζοντας απαραίτητη την προσθήκη πλαστικοποιητών για να δημιουργηθεί ευκαμψία. Η χρήση πλαστικοποιητών βελτιώνει τις μηχανικές ιδιότητες των μεμβρανών μειώνοντας τις διαμοριακές δυνάμεις, αλλά αυξάνει τη διαπερατότητα των υδρατμών, κάτι που είναι ανεπιθύμητο για την ποιότητα των τροφίμων. Μια άλλη προσέγγιση είναι η μείωση του μοριακού βάρους του πολυμερούς με υδρόλυση της πρωτεΐνης ορού γάλακτος. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση της απαιτούμενης ποσότητας του πλαστικοποιητή και κατά συνέπεια την ελαχιστοποίηση της διαπερατότητας των υδρατμών, ενώ παράλληλα παρέχει την απαιτούμενη ευκαμψία της μεμβράνης. Μεμβράνες και επικαλύψεις από πρωτεΐνες του ορού γάλακτος έχουν χρησιμοποιηθεί για την προστασία από το οξυγόνο και την οξείδωση ψημένων φιστικιών και κατεψυγμένων σολομών (Jeevahan et al. 2017).



**Εικόνα 2.12:** Καζεϊνικό μικκύλιο

### ➤ ΖΕΪΝΗ

Η ζεΐνη είναι πρωτεΐνη του αραβοσίτου, η οποία είναι αδιάλυτη στο νερό και σε αλκοόλη, αλλά διαλυτή σε πυκνά διαλύματα βάσεων και οξέων, καθώς και σε υδατικά διαλύματα 70-80% αλκοόλης. Μπορεί να διαλυθεί σε πολλούς οργανικούς διαλύτες για την παραγωγή μεμβρανών, όπως για παράδειγμα σε ακετόνη (30% νερό) ή αιθανόλη (20% νερό). Οι μεμβράνες που σχηματίζονται από ακετόνη ή αιθανόλη είναι διαφανείς και εύκαμπτες. Οι μεμβράνες ζεΐνης, λόγω της υψηλής περιεκτικότητας της ζεΐνης σε μη πολικά αμινοξέα, έχουν σχετικά καλή αδιαπερατότητα στους υδρατμούς. Είναι από τις πρωτεΐνες που έχουν χρησιμοποιηθεί με επιτυχία εμπορικά σαν επικαλυπτικό υλικό σε ξηρούς καρπούς και καραμέλες προσφέροντάς τους προστασία από λίπη, υγρασία και οξυγόνο (Παπαδάκης σελ. 228-229).

### ➤ ΣΟΓΙΑ

Η πρωτεΐνη σόγιας εξάγεται από σπόρους σόγιας και διατίθεται στο εμπόριο σε τρεις μορφές: αλεύρι σόγιας (56% πρωτεΐνη και 34% υδατάνθρακες), συμπύκνωμα σόγιας (πάνω από 65% πρωτεΐνη και 18% υδατάνθρακες) και απομονωμένη πρωτεΐνη σόγιας (πάνω από 90% πρωτεΐνες και 2% υδατάνθρακες). Συνήθως, παράγεται μεμβράνη από απομονωμένη πρωτεΐνη σόγιας, και όχι συμπύκνωμα πρωτεΐνης σόγιας, διότι η ποσότητα υδατανθράκων στο συμπύκνωμα επηρεάζει αρνητικά τη μορφοποίηση της μεμβράνης. Γενικά, οι μεμβράνες πρωτεΐνης σόγιας είναι εύκαμπτες, διαυγείς και λείες, σε σύγκριση με μεμβράνες που σχηματίζονται από άλλες πηγές φυτικών πρωτεϊνών, καθώς και εξαιρετικού φραγμού αερίων (Mohamed, El-Sakhawy, and El-Sakhawy 2020).

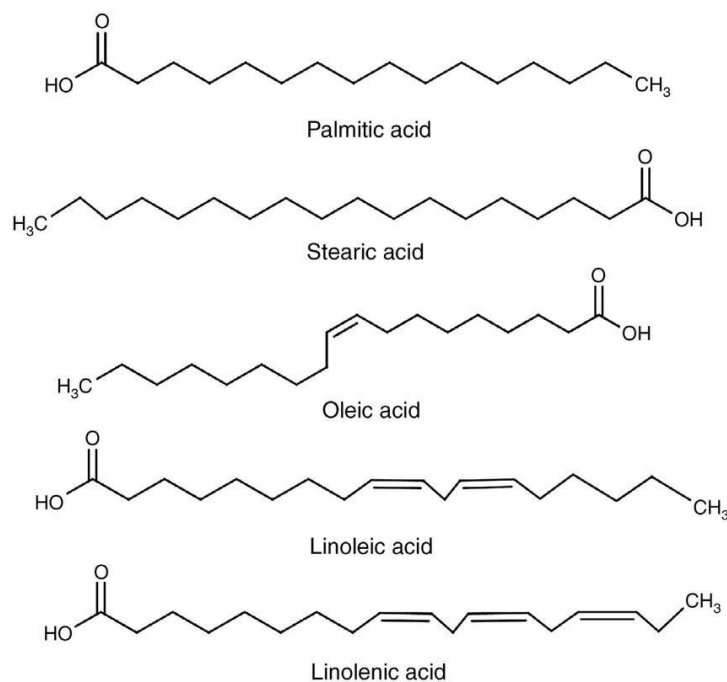
### 2.4.3 ΕΠΙΚΑΛΥΨΕΙΣ ΜΕ ΛΙΠΙΔΙΑ

Πολλά χρόνια τώρα, τα λιπίδια χρησιμοποιούνται ως προστατευτικές επικαλύψεις τροφίμων. Τα λιπίδια είναι ενώσεις που προέρχονται από φυσικές πηγές, όπως ζώα, έντομα, και φυτά. Η ποικιλομορφία των λιπιδικών λειτουργικών ομάδων αποτελείται κυρίως από φωσφολιπίδια, φωσφατίδια, μονο-, δι- και τριγλυκερίδια και λιπαρά οξέα. Βασικό μειονέκτημά τους αποτελεί η δυσκολία παραγωγής μη συνεκτικών μεμβρανών με την απαιτούμενη μηχανική αντοχή, επειδή δεν είναι πολυμερή. Οι επικαλύψεις αυτές έχουν κηρώδη γεύση και υφή, ταγγίζουν εύκολα και διαθέτουν λιπαρή επιφάνεια. Είναι, επίσης, πολύ εύθραυστες, αδιαφανές και ευαίσθητες στην οξείδωση. Παρόλα αυτά, προσφέρουν στιλπνότητα και ικανοποιητικό φραγμό στην υγρασία, λόγω της σχετικά μικρής πολικότητάς τους (Jeevahan et al. 2017).

Τα λιπίδια προέρχονται από φυσικούς κηρούς (candelilla), κηρούς με βάση το πετρέλαιο ή αλλιώς συνθετικοί κηροί (παραφίνη), έλαια (παραφινέλαιο, ορυκτέλαιο, φυτικά έλαια), ακετογλυκερίδια και ελαϊκά οξέα. Γενικά οι επικαλύψεις από κηρούς είναι σημαντικά πιο ανθεκτικοί στη μεταφορά της υγρασίας από τις υπόλοιπες εδώδιμες επικαλύψεις, λιπαρές και μη (Παπαδακης σελ. 266). Οι επικαλύψεις από ακετυλιωμένο μονοστεατικό εστέρα της γλυκερίνης έχουν διαπερατότητα στους υδρατμούς λίγο μεγαλύτερη από εκείνη που έχουν οι μεμβράνες PA και PS και διαπερατότητα στο οξυγόνο μικρότερη από των μεμβρανών PS. Τέτοιες επικαλύψεις έχουν χρησιμοποιηθεί σε τεμάχια από κοτόπουλο και κρέας για να επιβραδύνουν την απώλεια της υγρασίας (Jeevahan et al. 2017).

#### ➤ ΛΙΠΗ ΚΑΙ ΕΛΑΙΑ

Τα λίπη και τα έλαια είναι μείγματα τα οποία αποτελούνται κυρίως από τριγλυκερίδια και προέρχονται από ζώα και φυτά, αντίστοιχα. Τα μείγματα αυτά έχουν παρόμοιο χημικό προφίλ αλλά ποικίλλουν ως προς τις φυσικές τους ιδιότητες, καθώς τα λίπη είναι στερεά και τα έλαια είναι υγρά. Στην **Εικόνα 2.13** παρουσιάζονται τα απαραίτητα λιπαρά οξέα από φυτά. Έχουν παραχθεί μεμβράνες από φοινικέλαιο φρούτων με αδιαπερατότητα στο νερό και τους υδρατμούς, διαφάνεια και επιμήκυνση και από ηλιέλαιο για τη συσκευασία κρεάτων για τη βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων καθώς ήταν σημαντικό να γίνει η ρύθμιση του οξυγόνου και των υδρατμών για την πρόληψη οποιασδήποτε πιθανής ανεπιθύμητης αντίδρασης. Επιπλέον, έχει δοκιμαστεί έλαιο από πίτουρο ρυζιού για την παράταση της διάρκειας ζωής ακτινιδίου. Τα φρούτα διατηρήθηκαν κυρίως ως προς τη γεύση, το χρώμα και τη σκληρότητα (Mohamed, El-Sakhawy, and El-Sakhawy 2020).



**Εικόνα 2.13:** Απαραίτητα λιπαρά οξέα φυτικής προέλευσης

#### ➤ ΑΙΘΕΡΙΑ ΕΛΑΙΑ

Τα αιθέρια έλαια είναι πλούσια σε υδρόφοβα και πτητικά υλικά. Διαθέτουν εξαιρετική αντιμικροβιακή δράση λόγω των συστατικών του από τερπενοειδή, τερπένια και άλλες αρωματικές ενώσεις. Έχουν δοκιμαστεί διάφορα αιθέρια έλαια σε μεμβράνες για την εκτίμηση της αντιμικροβιακής δράσης και των ιδιοτήτων τους. Πιο συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκαν αιθέρια έλαια από φλούδες εσπεριδοειδών, δηλαδή λεμόνι, μανταρίνι και πορτοκάλι σε μεθυλοκυτταρίνη και μεμβράνη χιτοζάνης. Παρατηρήθηκε ότι τα αιθέρια έλαια με μεμβράνη χιτοζάνης παρουσίασαν καλύτερη ενσωμάτωση του ελαίου. Τέλος, χρησιμοποιήθηκαν κανέλα, μπαχάρι και αιθέρια έλαια γαρύφαλλου. Οι μεμβράνες παρουσίασαν αντιβακτηριακή δράση, αλλά οι ιδιότητες εφελκυσμού και υδρατμών είχαν επηρεαστεί (Mohamed, El-Sakhawy, and El-Sakhawy 2020).

#### ➤ ΚΗΡΟΙ

Οι κηροί σχηματίζονται από αλκοόλη και/ή εστέρες ενός οξέος μακράς αλυσίδας και επομένως έχουν μεγάλο μοριακό βάρος. Η προέλευση τους είναι φυτική και ζωική και διαθέτουν προστατευτική λειτουργία. Χρησιμοποιούνται για επικαλύψεις και εδωδιμες μεμβράνες μειώνοντας αποτελεσματικά τη διαπερατότητα της υγρασίας. Είναι γνωστή η παραγωγή μεμβράνης από άμυλο μανιόκας, κεριά κερνάλου, γλυκερόλη και στεατικό οξύ. Σχεδιάστηκε, επίσης, μια εδωδιμη επίστρωση με gel Aloe Vera και



κερί Candelilla, που εφαρμόστηκε σε φρέσκα κομμένα φρούτα. Έπειτα από αυτή την εφαρμογή, οι επικαλύψεις με Candelilla αναγνωρίστηκαν ως μια εναλλακτική προσέγγιση για τη συντήρηση των φρούτων, επενέβησαν στην απώλεια βάρους και τη σκληρότητα και βελτίωσαν την ελαφρότητα καθώς και την όψη σε σύγκριση με τα φρούτα χωρίς την επικάλυψη (Mohamed, El-Sakhawy, and El-Sakhawy 2020).

#### ➤ ΡΗΤΙΝΕΣ (ΡΕΤΣΙΝΙ)

Οι ρητίνες είναι ουσίες που παράγουν τα φυτικά κύτταρα ως έκκριση έπειτα από κάποιον τραυματισμό ή μόλυνση του φυτού. Μερικά έντομα, επίσης, είναι υπεύθυνα για την παραγωγή ρητίνης, όπως είναι η περίπτωση του *Laccifer lacca* που παράγει ρητίνη shellac. Οι περισσότερες ρητίνες είναι ημιδιαφανείς, με κιτρινωπούς και καφέ τόνους, συμπαγείς ή ημιστερεές. Έχει παρασκευαστεί μεμβράνη για πράσινα τσίλι και τομάτες, οι οποίες διέθεταν φραγμό υδρατμών και αερίων και μπορούσαν να παρατείνουν τη διάρκεια ζωής των προϊόντων κατά 12 ημέρες και να αποτρέψουν τη γήρανσή τους (Mohamed, El-Sakhawy, and El-Sakhawy 2020).

#### 2.4.4 ΠΟΥΡΕΣ ΦΡΟΥΤΩΝ

Ένας ασυνήθιστος τρόπος παραγωγής βρώσιμων μεμβρανών είναι χρησιμοποιώντας πουρέ φρούτων, όπως πουρές από μήλο, μπανάνα, ντομάτα, μάνγκο, ο οποίος αποτελείται κυρίως από κυτταρίνη και πηκτίνη. Η διαπερατότητα υδρατμών των μεμβρανών ροδάκινου και βερίκοκου είναι χαμηλότερη από εκείνη των μεμβρανών αχλαδιού και μήλου. Ωστόσο, με την προσθήκη ασβεστίου αυξάνεται η διαπερατότητα υδρατμών των μεμβρανών από πουρέ ροδάκινου. Καθώς η μπανάνα περιέχει κυρίως άμυλο και πηκτίνη, παρέχει τις απαιτούμενες ιδιότητες για το σχηματισμό βιοαποικοδομήσιμων, ανανεώσιμων και φθηνών μεμβρανών και συσκευασιών. Το αλεύρι από μπανάνα μπορεί να σχηματίσει μεμβράνες που εμφανίζουν καλές ιδιότητες φραγμού οξυγόνου και μηχανικές ιδιότητες οι οποίες χρησιμοποιούνται σε αποξηραμένα προϊόντα. Επίσης, το μάνγκο είναι πλούσιο σε υδατάνθρακες και πρωτεΐνες, οι οποίες χρησιμοποιούνται για την παρασκευή βρώσιμων μεμβρανών, οι οποίες είναι διαφανείς, εύκαμπτες και χρησιμοποιούνται σε κατεψυγμένα αποξηραμένα τρόφιμα. Ένα άλλο παράδειγμα αποτελεί ο πουρές από καρότο. Οι μεμβράνες αυτές παρουσιάζουν καλή αντίσταση στο οξυγόνο, βρίσκοντας εφαρμογές σε τρόφιμα ευαίσθητα στην οξείδωση, για παράδειγμα ψημένα τρόφιμα και προϊόντα ζαχαροπλαστικής (Jeevahan et al. 2017).

#### 2.4.5 MEMBRANES ΣΥΝΘΕΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Ο βασικότερος στόχος ανάπτυξης βρώσιμων μεμβρανών από μίγμα συστατικών είναι να γίνει εκμετάλλευση των λειτουργικών ιδιοτήτων των συστατικών και η αντιμετώπιση των μειονεκτημάτων τους. Οι μεμβράνες που παράγονται από σύνθετα υλικά, αποτελούνται από ένα στρώμα λιπιδίων. Το στρώμα αυτό υποστηρίζεται από ένα άλλο στρώμα που αποτελείται από πολυσακχαρίτες ή από πρωτεΐνες ή λιπίδια τα οποία λιπίδια βρίσκονται μέσα στη μάζα των πολυσακχαριτών ή των πρωτεϊνών. Επιπλέον, οι εδώδιμες επικαλύψεις που προέρχονται από πρωτεΐνες ή πολυσακχαρίτες δρουν αποτελεσματικά έναντι των αερίων και καλές μηχανικές ιδιότητες σε χαμηλά επίπεδα υγρασίας. Από την άλλη, σε υψηλά επίπεδα υγρασίας παράγονται

υδατοευαίσθητες μεμβράνες και διαθέτουν κακή απόδοση φραγμού έναντι της υγρασίας, του αερίου καθώς επίσης και «κακές» μηχανικές ιδιότητες (Παπαδάκης σελ. 229).

## 2.5 ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗ ΠΡΟΣΘΕΤΩΝ ΟΥΣΙΩΝ ΣΤΙΣ ΜΕΜΒΡΑΝΕΣ ΚΑΙ ΤΙΣ ΕΠΙΚΑΛΥΨΕΙΣ

Πλήθος υλικών χρησιμοποιούνται ώστε να ενσωματωθούν σε βρώσιμες μεμβράνες με σκοπό την ενίσχυση των δομικών και μηχανικών ιδιοτήτων, τη βελτίωση χειρισμού τους ή την αύξηση της διάρκειας ζωής των προϊόντων. Τα πιο συχνά προστιθέμενα υλικά είναι οι αντιμικροβιακές και αντιοξειδωτικές ουσίες, οι γαλακτωματοποιητές και οι πλαστικοποιητές, ενώ χρησιμοποιούνται και τα διατροφοδραστικά συστατικά, καθώς και οι φυσικές αρωματικές ουσίες.

### 2.5.1 ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΜΙΚΡΟΒΙΑΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ

Μια από τις σπουδαιότερες νέες εφαρμογές των εδώδιμων μεμβρανών και επικαλύψεων αποτελεί η χρήση τους ως φορείς αντιμικροβιακών και αντιοξειδωτικών ουσιών με απώτερο σκοπό την αύξηση της διάρκειας ζωής των τροφίμων. Η χρήση τους στα τρόφιμα είναι σχετικά πρόσφατη ιδέα, αν και έχουν ευρέως χρησιμοποιηθεί και μελετηθεί στον τομέα των φαρμάκων.

Σύμφωνα με τον Κανονισμό 1333/2008, τα αντιοξειδωτικά είναι ουσίες που παρατείνουν τη διάρκεια ζωής των τροφίμων προστατεύοντάς τα από τη φθορά που προκαλείται από την οξείδωση. Οξείδωση μπορεί να πραγματοποιηθεί στο πολυμερές, στις προστιθέμενες ενώσεις στα τρόφιμα ή και στη συσκευασία. Εκτός από την καθυστέρηση του ρυθμού της αντίδρασης της οξείδωσης, προστίθενται ώστε να αυξήσουν την ασφάλεια και την ποιότητα των προϊόντων (Barbosa et al. 2021). Αυτές οι ενώσεις μπορούν να καταστείλουν τη δράση των ελεύθερων ριζών μέσω πολλών διαφορετικών τρόπων, όπως ενεργώντας ως παράγοντες δέσμευσης ελευθέρων ριζών. Επομένως, με τη χρήση αντιοξειδωτικών, παρέχεται η δυνατότητα, τα προϊόντα τροφίμων να προστατεύονται από τα αποτελέσματα της οξειδωτικής αντίδρασης, όπως είναι οι αλλαγές χρώματος (δηλαδή ενζυματική οξείδωση), οι αλλοιωμένες γεύσεις και οσμές (δηλαδή οξειδωτική τάγγιση), καθώς και η μείωση δομικών τροποποιήσεων (δηλαδή μαλάκωμα) σε συνάρτηση με το χρόνο και τις πιθανές θρεπτικές απώλειες. Παραδείγματα αντιοξειδωτικών ενώσεων φυτικής προέλευσης αποτελούν τα φυτικά εκχυλίσματα, τα αιθέρια έλαια, η α-τοκοφερόλη, το ασκορβικό και το κιτρικό οξύ, η γύρη μελισσών, η πρόπολη και χρησιμοποιούνται ευρέως μεμονωμένα ή συνδυαστικά. Τα φυτικά εκχυλίσματα είναι εκείνα που χρησιμοποιούνται ευρέως στη συσκευασία τροφίμων. Συγκεκριμένα, τα εκχυλίσματα φλούδας και αποξηραμένου ροδιού, σπόρων κυδωνιού και σταφυλιού, μέντας, καθώς και πράσινου τσαγιού βρίσκονται στην κορυφή της λίστας. Γενικά οι φαινολικές ενώσεις, οι οποίες παρουσιάζουν ισχυρή αντιοξειδωτική και αντιμικροβιακή δράση, ωφελούν την ανθρώπινη υγεία, δεδομένης της αντιφλεγμονώδους, αντιυπερτασική και αντικαρκινική τους δράσης. Πρόσφατα, θεωρήθηκε απαραίτητη η προσθήκη ελαίων, που απομονώνονται από φυτά, ως συστατικά της εδώδιμης μεμβράνης, καθώς αποδείχθηκε ότι τα εκχυλίσματα τους είναι πλούσια σε βιοδραστικές ενώσεις, παράγοντας μεμβράνες με συγκεκριμένα επιθυμητά χαρακτηριστικά. Η χρήση, επίσης, των αιθέριων ελαίων ως υποκατάστατα χημικών αντιμικροβιακών παραγόντων μπορεί να ενισχύσει τη μικροβιολογική διάρκεια ζωής των τροφίμων. Αρκετές μελέτες έχουν δείξει ευεργετικές αντιμικροβιακές επιδράσεις έναντι των διαφορετικών τύπων μικροοργανισμών

συμπεριλαμβανομένων των παθογόνων που προσβάλλουν τον άνθρωπο. Επομένως, η ενσωμάτωση αυτών των φυσικών ενώσεων στη σύνθεση του προϊόντος ή στα υλικά συσκευασίας όχι μόνο αναστέλλει την ανάπτυξη μυκήτων, αλλά μπορεί επίσης να ενισχύσει τη σταθερότητα της οξειδωσης. Τέλος, τα έλαια επηρεάζουν τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των τροφίμων και ενδεχομένως να μπορούν λειτουργήσουν ως γευστικό συστατικό (Trajkovska Petkoska et al. 2021).

Οι βρώσιμες μεμβράνες και επικαλύψεις μπορούν επίσης να είναι ένας αποτελεσματικός φορέας ζωντανών μικροοργανισμών. Η ενσωμάτωση προβιοτικών, όπως βακτήρια γαλακτικού οξέος ή ζυμομύκητες όπως ο *Saccharomyces cerevisiae var. boulardii* μπορεί να οδηγήσει σε θετικά αποτελέσματα κατά τη διάρκεια επεξεργασία και αποθήκευση των προϊόντων τροφίμων. Διάφορες μελέτες έχουν δείξει ότι η ενσωμάτωση μικροοργανισμών με αντιμικροβιακές ιδιότητες περιορίζει την ανάπτυξη των παθογόνων μικροοργανισμών σε περιπτώσεις χρήσης τους στη συσκευασία τροφίμων.

Σύμφωνα με τον Κανονισμό 1333/2008, τα αντιμικροβιακά ή συντηρητικά είναι ουσίες που παρατείνουν τη διάρκεια ζωής των τροφίμων, προστατεύοντάς τα από αλλοίωση που προκαλείται από μικροοργανισμούς, και/ή ουσίες που προστατεύουν τα τρόφιμα από την ανάπτυξη παθογόνων μικροοργανισμών. Πολλά πολυμερή παρουσιάζουν τα ίδια αντιμικροβιακή δράση, με αποτέλεσμα να μην είναι απαραίτητη η προσθήκη δραστικής ένωσης. Μια τέτοια περίπτωση αποτελεί η χιτοζάνη και η πρωτεΐνη ορού γάλακτος. Είναι γνωστό ότι η χιτοζάνη είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική έναντι ζυμών και μυκήτων και λιγότερο έναντι Gram-θετικών και Gram-αρνητικών βακτηρίων. Σχηματίζει, επίσης, χηλικές ενώσεις με ιόντα μετάλλων με αποτέλεσμα την αποφυγή της ανάπτυξης μικροοργανισμών καθώς και την παραγωγή τοξινών. Η αντιμικροβιακή δράση της χιτοζάνης εξαρτάται από ποικίλους παράγοντες, όπως είναι η συγκέντρωση, ο βαθμός ακετυλίωσης και το pH. Η πρωτεΐνη ορού γάλακτος είναι ένα υποπροϊόν της γαλακτοβιομηχανίας, το οποίο και διαθέτει υψηλές βιολογικές δραστηριότητες. Ο ακριβής αντιμικροβιακός μηχανισμός είναι ακόμα άγνωστος, αλλά εξαρτάται από το pH, την παρουσία λιπιδίων, καθώς και από τις προθερμικές και θερμικές επεξεργασίες (Barbosa et al. 2021).

Τα αιθέρια έλαια, όπως προαναφέρθηκε, είναι γνωστά, εκτός για την αντιοξειδωτική τους δράση, και για την αντιμικροβιακή. Άλλες αντιμικροβιακές ενώσεις που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είναι ορισμένα πεπτιδία έπειτα από υδρόλυση πρωτεϊνών. Τα αντιμικροβιακά πεπτιδία είναι πολύ αποτελεσματικά έναντι πολλών μικροοργανισμών, επομένως έχουν μεγάλες δυνατότητες ενσωμάτωσης σε ενεργή συσκευασία. Λαμβάνονται γενικά από φυσικές πηγές, όπως βακτήρια και μύκητες, ενώ άλλα μπορούν να συντεθούν χημικά. Η νισίνη είναι ένα πολυπεπτιδίο αντιβιοτικό που συντίθεται από *Lactococcus lactis subsp. Lactis* και χρησιμοποιείται ως πρόσθετο τροφίμων εδώ και δεκαετίες, κυρίως σε γαλακτοκομικά προϊόντα και κονσερβοποιημένα τρόφιμα. Η νισίνη παρουσιάζει αντιμικροβιακή δράση κυρίως έναντι των θετικών κατά Gram βακτηρίων και των ζυμομυκήτων. Επίσης, η ναταμυκίνη ή πιραμυκίνη είναι μυκητοκτόνο που παράγεται από ζύμωση του *Streptomyces natalensis*. Χρησιμοποιείται συνήθως κατά την επιφανειακή επεξεργασία τυριών και ξηρών λουκάνικων (Barbosa et al. 2021).

## ❖ ΤΥΠΟΙ ΑΝΤΙΜΙΚΡΟΒΙΑΚΩΝ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΩΝ

Ο σχεδιασμός ενός αποτελεσματικού αντιμικροβιακού συστήματος απαιτεί διεξοδική εξέταση πολλών πτυχών και το έργο μπορεί να επιτευχθεί μέσω διαφόρων προσεγγίσεων. Τα συστήματα αντιμικροβιακής συσκευασίας είναι ζωτικής σημασίας για το σχεδιασμό και επομένως απαιτούν ορισμένα βασικά στοιχεία για τον έλεγχο της μικροβιακής ανάπτυξης διατηρώντας παράλληλα ανέπαφες τις εγγενείς ιδιότητες του τροφίμου. Αποτελούνται από πέντε κύρια συστατικά, το τρόφιμο, την εσωτερική ατμόσφαιρα της συσκευασίας, το υλικό της συσκευασίας, τους αντιμικροβιακούς παράγοντες καθώς και τους μικροοργανισμούς-στόχους για τον πλήρη έλεγχο της μικροβιακής ανάπτυξης στα συσκευασμένα τρόφιμα (Chawla, Sivakumar, and Kaur 2021).

Αυτά τα συστήματα συσκευασίας μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε πέντε βασικές κατηγορίες:

1. Η πρώτη κατηγορία αποτελείται από αντιμικροβιακά φακελάκια που είναι ενσωματωμένα στη συσκευασία από την οποία εκχέεται ο δραστικός παράγοντας κατά την περίοδο αποθήκευσης. Αυτά τα συστήματα δεν απαιτούν συγκεκριμένη συσκευασία.
2. Στον δεύτερο τύπο, οι βιοδραστικοί παράγοντες προστίθενται απευθείας στη μήτρα του βιοπολυμερούς για την παραγωγή των εδωδιμων μεμβρανών συσκευασίας. Σε αυτή τη μέθοδο, η παραγωγή μεμβρανών μπορεί να περιλαμβάνει διαδικασίες εξαρτώμενες από τη θερμότητα, όπως είναι η εξώθηση.
3. Η τρίτη κατηγορία αντιμικροβιακών συσκευασιών περιλαμβάνει τη χρήση μιας επικαλυπτόμενης μήτρας στην επιφάνεια της μεμβράνης ως φορέας αντιμικροβιακών πρόσθετων.
4. Στον τέταρτο τύπο της αντιμικροβιακής συσκευασίας ακινητοποιούνται τα αντιμικροβιακά στις πολυμερείς μήτρες, μέσω σχηματισμού ομοιοπολικών ή ιοντικών δεσμών μεταξύ των λειτουργικών τους ομάδων. Αυτός ο τύπος αντιμικροβιακής συσκευασίας απαιτεί τη χρήση τόσο πολυμερών όσο και βιοδραστικών παραγόντων με κατάλληλες και συμβατές λειτουργικές ομάδες, ενώ η απελευθέρωση των δραστικών παραγόντων από τη μήτρα εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον τύπο της σύνδεσης.
5. Η εφαρμογή βιοπολυμερών με εγγενείς αντιμικροβιακές ιδιότητες αντιπροσωπεύει την πέμπτη κατηγορία συστημάτων αντιμικροβιακής συσκευασίας όπου ο πολυμερής βιοκτόνος παράγοντας απελευθερώνεται απευθείας στο προϊόν διατροφής. Ωστόσο, απαιτεί το υλικό συσκευασίας με βάση το πολυμερές να βρίσκεται σε άμεση επαφή με το προϊόν διατροφής για πιο αποτελεσματική αναστολή.

## ❖ NANOTEXNOLOGIA

Μεταξύ των διαφόρων προσεγγίσεων για τη βελτίωση των βιοπολυμερών, η χρήση της νανοτεχνολογίας αποτελεί μια πρόσφατη εξέλιξη με πολλά επιθυμητά χαρακτηριστικά. Τα βελτιωμένα στη νανοτεχνολογία συστήματα συσκευασίας τροφίμων παρέχουν οικολογικό πλεονέκτημα έναντι των συμβατικών συσκευασιών, ενώ τα λειτουργικά συστατικά τους, όπως οι αντιμικροβιακές ουσίες, επιτρέπουν την παρατεταμένη διάρκεια ζωής του προϊόντος. Επιτρέπεται, επίσης, η ανίχνευση διαφόρων δεικτών αλλοίωσης, όπως είναι η αλλοίωση του χρώματος και των επιβλαβών τοξινών τροφίμων. Η ανάπτυξη ενεργών συστημάτων συσκευασίας τροφίμων που βασίζονται στη νανοτεχνολογία παρέχει, εκτός από τη βελτίωση της διατροφικής ποιότητας των τροφίμων, και βελτιωμένη απόδοση του συστήματος καθώς επίσης και μεγαλύτερη ασφάλεια τροφίμων μέσω εντοπισμού, ανίχνευσης, αναφοράς και ελέγχου των ειδών τροφίμων. Η πλειονότητα των νανοβιοσύνθετων που διερευνώνται για την εφαρμογή αυτή είναι πιθανοί αντιμικροβιακοί παράγοντες και χρησιμεύουν ως φορείς διαφόρων βιοδραστικών παραγόντων αποτρέποντας τη μικροβιακή μόλυνση και αλλοίωση. Αυτά τα νανοβιοσύνθετα χρησιμοποιούνται για την εκχύλιση διαφόρων βιοδραστικών ενώσεων για τη διατήρηση της ποιότητας των τροφίμων και την παράταση της διάρκειας ζωής του προϊόντος ακόμη και μετά το άνοιγμα της συσκευασίας (Chawla, Sivakumar, and Kaur 2021).

Νανοβιοσύνθετα χαρακτηρίζονται τα ανόργανα νανοϋλικά και νανοβιοσύνθετα ή νανοκρύσταλλοι κατασκευασμένοι από μέταλλα, ημιαγωγούς, ή οξειδία. Ορισμένα μέταλλα και οξειδία μετάλλων όπως ο σίδηρος, ο άργυρος, τα οξειδία του ψευδαργύρου, ο άνθρακας, τα οξειδία του μαγνησίου, τα οξειδία του τιτανίου και τα νανοβιοσύνθετα διοξειδίου του πυριτίου, εφαρμόζονται εκτενώς ως αντιμικροβιακά και ως συστατικά τροφίμων υπό ορισμένες συνθήκες. Συγκεκριμένα, το διοξείδιο του τιτανίου εμφανίζει αποτελεσματική βακτηριοκτόνο και μυκητοκτόνο δράση έναντι των *Salmonella choleraesuis*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Staphylococcus aureus*. Επιπλέον, το οξειδίου ψευδαργύρου είναι αποτελεσματικό έναντι των Gram-θετικών και Gram αρνητικών-βακτηρίων. Τέλος, τα ιόντα αργύρου μπορούν να απελευθερωθούν και να αντιμετωπίσουν την αλλοίωση τροφίμων, εφόσον είναι αποτελεσματικά έναντι βακτηρίων όπως *E. Coli*, *Enterococcus faecalis*, *Staphylococcus aureus* και *Vibrio cholera* (Barbosa et al. 2021).

Παρά τα πλεονεκτήματα της χρήσης των νανοβιοσύνθετων, η μετανάστευση βαρέων σωματιδίων και νανοβιοσύνθετων που σχετίζεται με τοξικολογικούς κινδύνους δεν μπορεί απλά να αγνοηθεί. Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Αρχή για την Ασφάλεια των Τροφίμων (EFSA, 2012), το ανώτατο όριο για τη μετανάστευση αργύρου στις συσκευασίες τροφίμων δεν μπορεί να υπερβαίνει τα 0,05 mg/L στο νερό και τα 0,05 mg/kg στα τρόφιμα. Η μεγάλη έκθεση αργύρου θα μπορούσε να προκαλέσει ανοσοτοξικότητα και νευροτοξικότητα επηρεάζοντας την έκφραση γονιδίων που σχετίζονται με τα κύτταρα του ανοσοποιητικού συστήματος, τις νευροεκφυλιστικές διαταραχές και τις διαταραχές των κινητικών νευρώνων. Τα συστήματα συσκευασίας τροφίμων με βάση τα νανοϋλικά παρέχουν διάφορα οφέλη και μπορούν να ξεπεράσουν πολυάριθμες ελλείψεις των παραδοσιακών συστημάτων συσκευασίας βελτιώνοντας τα χαρακτηριστικά των υλικών, όπως τις μηχανικές ιδιότητες και τις ιδιότητες φραγμού, τη θερμική αντίσταση, τη δυνατότητα επεξεργασίας και ανθεκτικότητα. Ωστόσο, μαζί με τα πλεονεκτήματα, η νανοτεχνολογική εφαρμογή συνδέεται με συγκεκριμένες δυσμενείς επιπτώσεις, κινδύνους και ανεπιθύμητες συνέπειες για τον άνθρωπο

και το περιβάλλον. Η τοξικολογική επίδραση των νανοϋλικών συνδέεται κυρίως με τη μη αποικοδομήσιμη φύση τους. Η τοξικότητα των νανοβιοσύνθετων έχει αντιστρόφως συσχετιστεί με το μέγεθος των σωματιδίων, δηλαδή, αυξάνεται καθώς μειώνεται το μέγεθος των σωματιδίων. Για παράδειγμα, τα νανοβιοσύνθετα αργύρου με διάμετρο 20 nm παρουσιάζουν υψηλότερη τοξικότητα στον πνευμονικό ιστό σε σύγκριση με τα νανοβιοσύνθετα αργύρου 100 nm. Ο τοξικολογικός αντίκτυπος των εδώδιμων μεμβρανών και επικαλύψεων με βάση τα νανοϋλικά είναι πιο σημαντικός στην περίπτωση που το φιλμ είναι μέρος του τροφίμου που καταναλώνεται άμεσα και επομένως, η τοξικότητά του δεν εξαρτάται από τη μετανάστευση νανοβιοσύνθετων (Chawla, Sivakumar, and Kaur 2021).

Η παρασκευή ενός αντιμικροβιακού νανοβιοσύνθετου φιλμ παρέχει διπλά οφέλη, καθώς διαθέτει επιθυμητή δομική ακεραιότητα και ιδιότητες φραγμού λόγω της νανοςύνθετης μήτρας, ενώ οι εμποτισμένες αντιμικροβιακές ενώσεις προσδίδουν τις αντιμικροβιακές ιδιότητες στο παρασκευασμένο φιλμ. Επιπλέον, οι περιγραφόμενες νανοβιοσύνθετες μεμβράνες είναι φυσικής προέλευσης, γεγονός που τις καθιστά ασφαλή οικολογικά υλικά τα οποία διαθέτουν τα πλεονεκτήματα τόσο των βιοπολυμερών όσο και των νανοςύνθετων συστημάτων. Η ομοιογενής διασπορά των νανοβιοσύνθετων στη μήτρα του βιοπολυμερούς είναι ζωτικής σημασίας για την πλήρη κατανόηση των πλεονεκτημάτων των φυσικών συστημάτων βιοπολυμερούς-νανοςύνθετου υλικού. Διάφορες τεχνικές, όπως η χύτευση διαλύματος, έχουν χρησιμοποιηθεί εκτενώς για την παραγωγή νανοςύνθετων υλικών σε διαφορετικές εφαρμογές, συμπεριλαμβανομένης της παρασκευής αντιμικροβιακών εδώδιμων μεμβρανών συσκευασίας (Chawla, Sivakumar, and Kaur 2021).

Η ευρεία εφαρμογή των νανοϋλικών στα συστήματα συσκευασίας τροφίμων έχει αυξήσει τις ανησυχίες της κυβέρνησης και του κοινού σχετικά με τα ζητήματα ασφαλείας τους. Η έλλειψη αξιόπιστων και αποτελεσματικών μεθόδων ανίχνευσης από τους επιστήμονες για την αξιολόγηση και κατανόηση της νανοτοξικότητας, απαιτεί περαιτέρω ανάπτυξη. Επομένως, είναι αναγκαία η εκτίμηση των διαφορετικών νανοϋλικών και των αλληλεπιδράσεών τους με διαφορετικούς ζωντανούς οργανισμούς στο οικοσύστημα, ώστε να βελτιωθεί η γνώση και η κατανόηση των τοξικολογικών θεμάτων που σχετίζονται με αυτά τα υλικά. Ο συστηματικός και μεθοδικός χαρακτηρισμός καθώς και η εκτίμηση κινδύνου των νανοϋλικών *in vitro* και *in vivo* είναι ζωτικής σημασίας για την ασφαλή χρήση τους στη βιομηχανία συσκευασίας τροφίμων. Όμως, οι υπάρχουσες πληροφορίες που λαμβάνονται από έρευνες που αξιολογούν την τοξικολογική επίδραση των νανοϋλικών στην ανθρώπινη και περιβαλλοντική υγεία έρχονται σε αντίθεση μεταξύ τους. Ως εκ τούτου, η αξιολόγηση κινδύνου των νανοϋλικών αποτελεί πρόκληση για τη διασφάλιση της ασφαλείας των τροφίμων (Chawla, Sivakumar, and Kaur 2021).

## 2.5.2 ΠΛΑΣΤΙΚΟΠΟΙΗΤΕΣ

Οι μεμβράνες και οι επικαλύψεις που έχουν ως βάση πολυσακχαρίτες και πρωτεΐνες είναι αρκετά εύθραυστες. Για να ξεπεραστεί το συγκεκριμένο πρόβλημα, ώστε να παράγονται εύκαμπτες εδώδιμες μεμβράνες, ενσωματώνονται πλαστικοποιητές στη δομή της μεμβράνης. Επομένως, οι πλαστικοποιητές αποτελούν απαραίτητα συστατικά για τις εδώδιμες μεμβράνες και επικαλύψεις, ειδικά για εκείνες που έχουν ως βάση πολυσακχαρίτες και πρωτεΐνες.

Οι πλαστικοποιητές είναι συνήθως μικρού μοριακού βάρους υδρόφιλοι παράγοντες που προστίθενται σε παρασκευάσματα που σχηματίζουν φιλμ για τη βελτίωση των μηχανικών ιδιοτήτων. Σε αυτούς περιλαμβάνονται μονο-, δι- και ολιγοσακχαρίτες, όπως είναι η γλυκόζη και η ζάχαρη, πολυόλες, όπως είναι η γλυκερίνη και τα λιπίδια και διάφορα παράγωγά τους, όπως είναι τα φωσφολιπίδια και τα λιπαρά οξέα. Γενικά, οι πλαστικοποιητές προστίθενται συνήθως για τη βελτίωση της ευκαμψίας και της ανθεκτικότητας των μεμβρανών. Με την κατάλληλη επιλογή του πλαστικοποιητή και την ενσωμάτωσή του σε ένα δεδομένο βιοπολυμερές, εκτός από την ενίσχυση στην ευελιξία και την ελαστικότητα της μεμβράνης ή της επικάλυψης, μπορεί να επιτευχθεί βελτιστοποίηση των μηχανικών ιδιοτήτων και της διαπερατότητας (Trajkovska Petkoska et al. 2021). Οι περισσότεροι πλαστικοποιητές είναι πολύ υδρόφιλοι και υγροσκοπικοί, με αποτέλεσμα να προσελκύουν μόρια νερού και να σχηματίζουν ένα μεγάλο υδροδυναμικό σύμπλεγμα ανάμεσα στον πλαστικοποιητή και το νερό. Συγκεκριμένα, για μεμβράνες με βάση πρωτεΐνες ή/και πολυσακχαρίτες, οι πλαστικοποιητές διαταράσσουν τους μεταξύ τους δεσμούς καθώς και τους ενδομοριακούς δεσμούς αυξάνοντας την απόσταση μεταξύ των μορίων του πολυμερούς. Επίσης, ως πλαστικοποιητές μπορούν να λειτουργήσουν και τα μόρια του νερού. Το νερό αποτελεί στην πραγματικότητα έναν πολύ καλό πλαστικοποιητή, ο οποίος όμως μπορεί εύκολα να εξαφανιστεί λόγω αφυδάτωσης σε χαμηλή σχετική υγρασία (Guilbert and Gontard, 1995). Συνεπώς, η προσθήκη χημικών υδρόφιλων πλαστικοποιητών σε μεμβράνες μπορεί να μειώσει την απώλεια νερού κατά τη διαδικασία της αφυδάτωσης αυξάνοντας την ποσότητα του δεσμευμένου νερού, με αποτέλεσμα τη διατήρηση μιας υψηλής υδάτινης δραστηριότητας (Han and Aristippos 2005). Υπάρχουν δύο κύριοι τύποι πλαστικοποιητών:

1. Παράγοντες οι οποίοι είναι ικανοί να αλληλεπιδρούν με μεγάλες ποσότητες νερού συγκρατώντας περισσότερο τα μόρια του νερού και οδηγώντας σε υψηλότερη περιεκτικότητα υγρασίας και σε μεγαλύτερη υδροδυναμική ακτίνα.
2. Παράγοντες οι οποίοι είναι ικανοί να σχηματίσουν πολλούς δεσμούς υδρογόνου που αλληλεπιδρούν με πολυμερή σπάζοντας το δεσμό πολυμερούς-πολυμερούς και διατηρώντας μεγαλύτερες αποστάσεις μεταξύ των πολυμερών αλυσίδων.

Ο διαχωρισμός των παραπάνω τυπών δεν είναι ευδιάκριτος, δεδομένης της υδρόφιλης φύσης του νερού, των βιοπολυμερών και των πλαστικοποιητών και λόγω των δεσμών υδρογόνου, Επομένως, προτάθηκε η τροποποίηση παραγόντων όπως είναι το μέγεθος και το σχήμα των μορίων του πλαστικοποιητή, ο αριθμός ατόμων οξυγόνου και η απόστασή τους εντός της δομής του πλαστικοποιητή, καθώς και η ικανότητα δέσμευσης νερού (Han and Aristippos 2005).

### 2.5.3 ΓΑΛΑΚΤΩΜΑΤΟΠΟΙΗΤΕΣ

Οι γαλακτωματοποιητές είναι πολικές και μη πολικές ενώσεις που δρουν στην επιφάνεια. Είναι απαραίτητοι, ώστε να επιτευχθεί ικανοποιητική διαβρεξιμότητα και επικάλυψη της επιφάνειας, καθώς και προσκόλληση των μεμβρανών πάνω στην επιφάνεια του τροφίμου. Γενικά, αυτές οι ενώσεις χρησιμοποιούνται για το σχηματισμό και τη σταθεροποίηση καλά διασκορπισμένων σωματιδίων λιπιδίων σε σύνθετο φιλμ. Οι γαλακτωματοποιητές που χρησιμοποιούνται κυρίως είναι ακετυλιωμένα μονογλυκερίδια, η λεκιθίνη, ο μονο-παλμιτικός εστέρας της γλυκερίνης και άλλοι (Saklani et al. 2019). Εστέρες και μονοελαϊκή γλυκερόλη, για παράδειγμα, διαλυτοποιούν το αιθέριο έλαιο στην υδατική φάση με αποτέλεσμα την υψηλή αντιμικροβιακή δράση. Επιπλέον, τα άλατα ασβεστίου θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ως ενισχυτικά υφής, αφού πρώτα αλληλεπιδράσουν με καρβοξυλιωμένα πολυμερή και σχηματίσουν σταυροειδείς δικτυωτούς δεσμούς με αποτέλεσμα την αύξηση της σταθερότητας του προϊόντος. Οι γαλακτωματοποιητές είναι επίσης παράγοντες που χρησιμοποιούνται ευρέως έναντι του καφετίσματος σε εδώδιμες επικαλύψεις για τη συσκευασία φρούτων και λαχανικά και τα προϊόντα τους (Trajkovska Petkoska et al. 2021).

### 2.5.4 ΔΙΑΤΡΟΦΟΔΡΑΣΤΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ (NUTRACEUTICALS)

Η ενσωμάτωση των διατροφοδραστικών συστατικών στις επικαλύψεις και τις μεμβράνες τροφίμων μπορεί δυναμικά να αντισταθμίσει την απώλεια των θρεπτικών συστατικών που συνήθως πραγματοποιείται κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας τροφίμων, ή να αυξήσει την ποσότητα της θρεπτικής σύνθεσης του παραγόμενου επικαλυμμένου προϊόντος τροφίμων. Οι βρώσιμες μήτρες φαίνεται επίσης να είναι κατάλληλος φορέας των διατροφοδραστικών συστατικών, καθώς σε ορισμένες περιπτώσεις η άμεση χρήση θρεπτικών ουσιών στα τρόφιμα, εάν ληφθούν μεγάλες ποσότητες, δεν συνιστάται λόγω της ταχείας υποβάθμισης του προϊόντος ή της ικανότητας των ουσιών για την παραγωγή ανεπιθύμητων αντιδράσεων στα τρόφιμα. Η κύρια επιρροή των συστατικών αυτών, εκτός από πηγή θρεπτικών ουσιών και ενέργειας, είναι να παρέχει ευεργετικές ιδιότητες στην ανθρώπινη υγεία. Ορισμένα παραδείγματα διατροφοδραστικών συστατικών είναι το ασκορβικό οξύ (αντιοξειδωτική δράση), η πηκτίνη (αποτρέπει καρδιακά προβλήματα), τα φωσφοπεπτίδια καζεΐνης, τα ω-λιπαρά οξέα (αντιφλεγμονώδη δράση), οι πολυφαινόλες (αντιοξειδωτική δράση), η καψαϊκίνη και το β-καροτένιο (Trajkovska Petkoska et al. 2021).

### 2.5.5 ΦΥΣΙΚΕΣ ΑΡΩΜΑΤΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ

Τα συστατικά γεύσης και αρώματος των τροφίμων μπορεί να αλλοιωθούν κατά το χρόνο επεξεργασίας ή αποθήκευσης λόγω της πτητικής τους φύσης. Με την προσθήκη, όμως, αρωματικών ενώσεων στα παρασκευάσματα των φιλμ επιτυγχάνεται δημιουργία, αύξηση ή και συντήρηση του αρώματος και της γεύσης. Γενικά, οι αρωματικές ουσίες μπορούν να απομονωθούν με φυσικές, ενζυμικές ή μικροβιολογικές μεθόδους από ζωικές, υδάτινες και φυτικές πηγές. Είναι γεγονός ότι οι φυσικές αρωματικές ουσίες γίνονται ολοένα και πιο ελκυστικές στη βιομηχανία τροφίμων λόγω της αυξημένης ευαισθητοποίησης των καταναλωτών για φυσικά και υγιεινά



τρόφιμα. Μερικά παραδείγματα φυτών που χρησιμοποιούνται συνήθως περιλαμβάνουν τη ρίγανη, την κανέλα, το γαρύφαλλο και το δεντρολίβανο σε συνδυασμό με συνθετικές και χημικές ενώσεις. Ενδιαφέρον αποτελεί το γεγονός ότι ορισμένες γεύσεις προέρχονται από δευτερογενείς μεταβολίτες ανθέων και αρωματικών φυτών, όπως το γιασεμί, τα βότανα, τα φρούτα και οι ρίζες (τζίντζερ) (Trajkovska Petkoska et al. 2021).

## 2.6 Η ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΗΣ ΕΔΩΔΙΜΗΣ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ

Όπως για κάθε καινοτόμο προϊόν, έτσι και για την εδώδιμη συσκευασία, ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη απαιτούν εκτεταμένη μελέτη και χρόνο. Υπάρχουν, ανά τον κόσμο, ερευνητικές ομάδες που ασχολούνται με την ανάπτυξη των εδώδιμων μεμβρανών και επικαλύψεων, με απώτερο σκοπό την όσο το δυνατόν καλύτερη ενσωμάτωσή τους στη βιομηχανία τροφίμων καθώς και στο σύγχρονο νοικοκυριό. Έχουν πραγματοποιηθεί έρευνες για την αντικατάσταση της συμβατικής πλαστικής συσκευασίας με εδώδιμη, έχοντας ως στόχο τη μεγαλύτερη διάρκεια ζωής του προϊόντος και κυρίως το τέλος της χρήσης του πλαστικού.

Προς αυτή την κατεύθυνση, πραγματοποιήθηκε μελέτη κατά την οποία εδώδιμη μεμβράνη παραγόμενη από φυτικό έλαιο και πρωτεΐνες αυγού αξιολογήθηκε για την αντικατάσταση της πλαστικής συσκευασίας σε προϊόντα γλυκών γεμισμένα με κρέμα ζαχαροπλαστικής. Η διάρκεια ζωής αυτών των προϊόντων αξιολογήθηκε με την αποθήκευσή τους για μεγάλο χρονικό διάστημα σε θερμοκρασία δωματίου (25-28 °C) και υπό ατμοσφαιρική πίεση. Έπειτα από 85 ημέρες αποθήκευσης και χωρίς την προσθήκη συντηρητικών παρατηρήθηκε ότι η εδώδιμη μεμβράνη δεν έθετε σε κίνδυνο τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των προϊόντων και επιβράδυνε τη μετανάστευση του νερού μεταξύ των συστατικών του γλυκού αρτοσκευάσματος που είχαν διαφορετική περιεκτικότητα σε υγρασία λόγω του φραγμού που διαθέτει στους υδρατμούς. Επίσης, μειώθηκε η υγρασία στην κρούστα των προϊόντων, δεν παρατηρήθηκε αύξηση του μικροβιακού φορτίου, δεν υπήρξε σκλήρυνση των προϊόντων και δεν έγινε εύθρυπτο σε θερμοκρασία δωματίου. Επίσης, το χρώμα και η εμφάνιση του προϊόντος παρουσίασαν βελτίωση αποκτώντας φωτεινό κίτρινο χρώμα. Η περιεκτικότητα σε υγρασία και ενεργότητα νερού, καθώς και το ιξώδες της κρέμας ζαχαροπλαστικής μέσα στα δείγματα που καλύπτονται με την εδώδιμη μεμβράνη δεν μεταβλήθηκαν σημαντικά κατά τη διάρκεια της έρευνας, σε αντίθεση με τα ακάλυπτα δείγματα. Σύμφωνα με αυτά τα αποτελέσματα, η ποιότητα της γέμισης ζαχαροπλαστικής επηρεάστηκε επίσης θετικά από την επίστρωση. Αυτή η μελέτη παρουσιάζει ένα νέο υλικό συσκευασίας για τις βιομηχανίες ζαχαροπλαστικής που εξαλείφει τη χρήση συντηρητικών, ιδίως του αλκοόλ, και μειώνει την ανάγκη για πλαστική συσκευασία χωρίς, όμως, να θέτει σε κίνδυνο την ποιότητα αυτών των τροφίμων (De Pilli 2020).

Μια άλλη ερευνητική ομάδα επιχείρησε την ανάπτυξη ενός βρώσιμου, βιοδιασπώμενου, και φιλικού προς το περιβάλλον, συστήματος συσκευασίας με βάση το άμυλο καλαμποκιού και τη ζελατίνη αναμιγνύόμενα με πουρέ μάνγκο, πουρέ μάνγκο με τη φλούδα και έλαιο από ανανά. Το δείγμα ελέγχου ήταν η εδώδιμη μεμβράνη από άμυλο καλαμποκιού και ζελατίνη. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η δημιουργία μεμβράνης από άμυλο καλαμποκιού και ζελατίνη εμπλουτισμένη με μάνγκο και ανανά βελτίωσε το πάχος, το οποίο είναι απαραίτητο να βρίσκεται σε χαμηλές τιμές ώστε το περιεχόμενο τρόφιμο να μπορεί να καταναλωθεί μαζί με τη συσκευασία του, και την

περιεκτικότητα σε υγρασία, τιμή που χρειάζεται να είναι σχετικά υψηλή για να είναι οι μεμβράνες πιο ελαστικές και εύκαμπτες. Σχετικά με το δείκτη διόγκωσης, ο οποίος υποδηλώνει τη βιοαποικοδόμηση της συσκευασίας και τη διατήρηση της ποιότητας και αποθήκευσης των προϊόντων τροφίμων, παρατηρήθηκε ότι η υψηλότερη τιμή συνεπάγεται μεγαλύτερη ικανότητα ενυδάτωσης των μεμβρανών και σημαντικό χαρακτηριστικό στις συσκευασίες τροφίμων. Αναφορικά με τις οπτικές ιδιότητες, με την ενσωμάτωση των φρούτων βελτιώθηκε η ικανότητα της αδιαφάνειας της συσκευασίας. Γενικά, αδιαφανείς συσκευασίες προτιμούνται για εμπορευματοποίηση καθώς λαμβάνουν θετική απήχηση από το καταναλωτικό κοινό. Η θερμοβαρυστική ανάλυση (TGA – Thermogravimetric analysis) είναι μια συνεχής διαδικασία που χρησιμοποιείται για την καταγραφή των μεταβολών της μάζας του δείγματος σύμφωνα με την αύξηση της θερμοκρασίας. Παρουσιάστηκε παρόμοια μείωση μάζας σε όλα τα δείγματα θερμοκρασίας παρόμοια με τη θερμοκρασία αποσύνθεσης του δείγματος ελέγχου. Τέλος, η ενσωμάτωση υψηλής συγκέντρωσης αυτών των φρούτων σε συνδυασμό με πρεβιοτικά, όπως η σορβιτόλη, ενίσχυσαν τις αντιοξειδωτικές και αντιμικροβιακές ιδιότητες των μεμβρανών. Συμπερασματικά, το υλικό συσκευασίας από φρούτα καθώς και τα παραπροϊόντα τους είναι πολλά υποσχόμενα σημειώνοντας αξιοσημείωτες αλλαγές στη βιομηχανία συσκευασίας τροφίμων (Susmitha et al. 2021).

Γενικά, η μελέτη βρώσιμων υλικών συσκευασίας που προέκυψαν από την ενθυλάκωση αιθέριων ελαίων σε βιοπολυμερή αποδείχθηκε ως μια αποτελεσματική και ασφαλής προσέγγιση για τη συντήρηση των τροφίμων. Στην προσπάθεια παραγωγής εδωδιμης μεμβράνης από άμυλο κασάβας με ενθυλάκωση αιθέριου ελαίου κανέλας, παρατηρήθηκε θετική επίδραση στις φυσικές, μηχανικές, δομικές και θερμικές ιδιότητες των συγκεκριμένων μεμβρανών. Συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε ότι με την αύξηση της περιεκτικότητας του αιθέριου ελαίου κανέλας αυξήθηκε σημαντικά η αντοχή θραύσης, βελτιώθηκε η ικανότητα της μεμβράνης να επιδέχεται μορφοποίηση υπό συνθήκες πίεσης και έλξης, καθώς και οι ιδιότητες φραγμού και αντοχής νερού καθώς και της υπεριώδους ακτινοβολίας. Μειώθηκαν, όμως, η αντοχή σε εφελκυσμό και η ιδιότητα φραγμού στους υδρατμούς. Επίσης, μελέτες έδειξαν ότι το αιθέριο έλαιο κανέλας κατανεμήθηκε ομοιόμορφα ευνοώντας τη σταθερή απελευθέρωση των ενεργών συστατικών. Τέλος, παρατηρήθηκε ότι η μεμβράνη που περιείχε αιθέριο έλαιο κανέλας παρουσίασε καλή δομική και θερμική σταθερότητα. Σύμφωνα με τα παραπάνω, φαίνεται ότι η ενθυλάκωση του αιθέριου ελαίου κανέλας ενδέχεται να βελτιώσει την απόδοση του φιλμ, το οποίο θα μπορούσε δυνητικά να χρησιμοποιηθεί ως φυσικό υλικό συσκευασίας (Zhou et al. 2021).

Μια άλλη μελέτη διεξήχθη ώστε να καταγραφούν τα αποτελέσματα της αποθήκευσης τυριού Karish επικαλυμμένα με γαλακτώματα χιτοζάνης κατασκευασμένα από λιποσώματα στα οποία είναι ενθυλακωμένο αιθέριο έλαιο θυμαριού σε διαφορετικές συγκεντρώσεις. Συγκρίθηκαν προϊόντα χωρίς επικάλυψη, επικαλυμμένα με απλή χιτοζάνη και επικαλυμμένα με χιτοζάνη και λιπόσωμα-αιθέριο έλαιο θυμαριού σε συγκεντρώσεις 1% και 2% v/v. Γενικά, οι επικαλύψεις που χρησιμοποιήθηκαν δεν επηρέασαν τις χημικές ιδιότητες του τυριού. Όσον αφορά τις μικροβιολογικές ιδιότητες των επικαλύψεων, σε εκείνες που περιείχαν λιποσώματα μειώθηκε ο συνολικός αριθμός αερόβιων βακτηρίων, ψυχρότροφων βακτηρίων και η μούχλα με αποτέλεσμα η διάρκεια ζωής του τυριού Karish να αυξηθεί κατά μία εβδομάδα σε σύγκριση με εκείνη του τυριού χωρίς επικάλυψη ή επικαλυμμένο με χιτοζάνη (**Εικόνα 2.14**). Το γενικό αποτέλεσμα της

συγκεκριμένης έρευνας είναι ότι το τυρί Karish με εδώδιμες επικαλύψεις από λιποσωμικό γαλάκτωμα χιτοζάνης ενθυλακωμένο με αιθέριο έλαιο θυμαριού μπορεί να παραμείνει αποθηκευμένο για πάνω από 4 εβδομάδες, ενώ ο αρχικός χρόνος ήταν 2 εβδομάδες, αυξάνοντας τον χρόνο αποθήκευσης (Al-Moghazy et al. 2021).

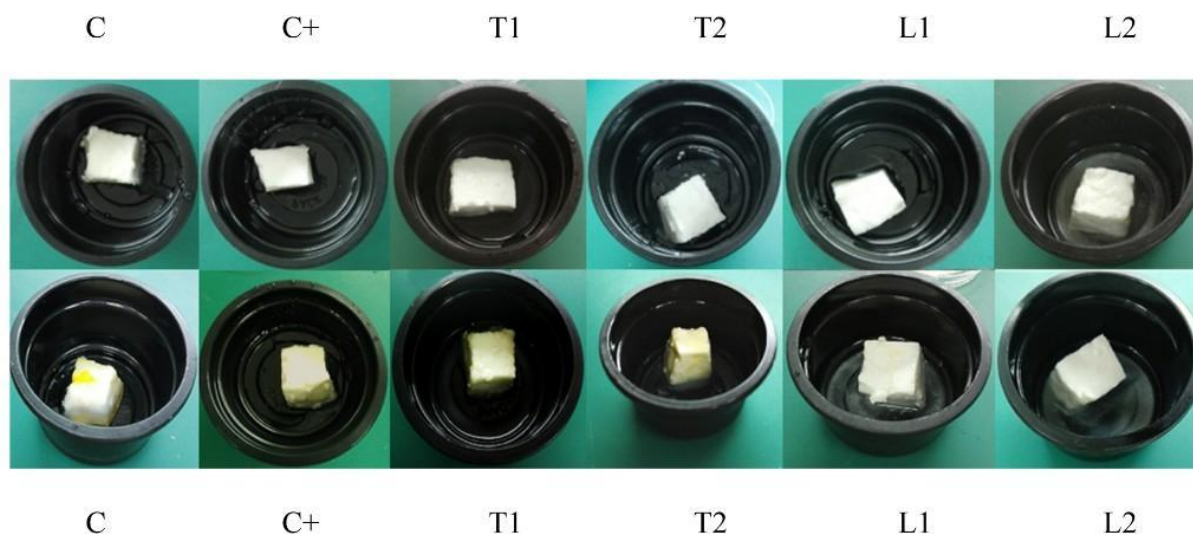


Fig. 4. Karish cheese sample at zero time (on top) and after 4 weeks of storage (on bottom) C= without coating; C+ =coated with chitosan coating; T1= chitosan coating containing 1% v/v thyme EO; T2= chitosan coating containing 2% v/v thyme EO; 1L= Chitosan-coated liposomes loaded with 1% v/v Thyme EO; 2L= Chitosan-coated liposomes loaded with 2% v/v thyme EO.

#### Εικόνα 2.14: Οι μικροβιολογικές αλλοιώσεις του τυριού Karish

Η *Aloe Vera* είναι ένα δημοφιλές φυτό, γνωστό για τις θεραπευτικές του ιδιότητες. Το gel που εξάγεται από τα φύλλα του φυτού αποτελείται από μια ποικιλία βιοδραστικών ενώσεων, μετάλλων και φαινολικών ενώσεων. Τα τελευταία χρόνια έχει διερευνηθεί εκτενώς η εφαρμογή της σε τρόφιμα, φάρμακα και καλλυντικά. Στη βιομηχανία τροφίμων, το gel της *Aloe Vera* εφαρμόζεται για την προετοιμασία λειτουργικών τροφίμων, ως φυσικό συντηρητικό ή ως υλικό για εδώδιμες μεμβράνες και επικαλύψεις. Την τελευταία δεκαετία, έχει λάβει ιδιαίτερη προσοχή ως εδώδιμο υλικό για συσκευασία τροφίμων, λόγω της αποτελεσματικής παράτασης της διάρκειας ζωής διαφόρων ευπαθών τροφίμων. Όμως, αν και η εφαρμογή του gel είναι μια απλή διαδικασία, μελέτες έδειξαν ότι το καθαρό gel *Aloe Vera* δεν οδηγεί στο σχηματισμό φιλμ με επιθυμητές ιδιότητες. Η ανάμειξη του gel *Aloe vera* με κλασσικά βιοπολυμερή (πολυσακχαρίτες και πρωτεΐνες) και λιπίδια (γαλακτώματα), χαρακτηρίζεται ως μια πολλά υποσχόμενη προσέγγιση για τον ομαλό συντονισμό των ιδιοτήτων των εδώδιμων μεμβρανών ή επικαλύψεων σχετικά με τη διαφάνεια, την ομαλότητα, την ακαμψία, την ελαστικότητα, τη διαπερατότητα των υδρατμών και τη βιολειτουργικότητα. Η ανάμειξη αποτελεί ένα εξαιρετικό παράδειγμα φυσικού και ενεργού υλικού συσκευασίας τροφίμων. Μέχρι σήμερα, τα δεδομένα δείχνουν ότι υπάρχει μεγάλη διακύμανση στη συγκέντρωση του gel (από 1 έως 100%) που χρησιμοποιείται στις διαφορετικές εφαρμογές, επηρεάζοντας το τελικό αποτέλεσμα και εξαρτάται από διάφορους παράγοντες . όπως είναι η μέθοδος εκχύλισης του gel, οποιαδήποτε άλλη επεξεργασία και η συνθήκη χειρισμού και αποθήκευσης («Aloe Vera Gel, an Excellent Base Material for Edible Films and Coatings - ScienceDirect»).

Υπάρχει, επίσης, η ανάγκη αξιοποίησης απορριμμάτων από διάφορες αγροτικές πηγές. Η αξιοποίηση αυτή, καθιστά το προϊόν οικονομικά αποδοτικό, και παράλληλα ικανό να μειώσει το

φορτίο διαχείρισης απορριμμάτων από τις βιομηχανίες τροφίμων. Οι κόκκοι Brewer's από τη βιομηχανία ζυθοποιίας αποτελούν μια πιθανή πηγή πρωτεΐνης για την ανάπτυξη εδώδιμων μεμβρανών. Οι μεμβράνες αυτές παρασκευάστηκαν με επιτυχία χρησιμοποιώντας γλυκερίνη ως πλαστικοποιητή, σε τέσσερις διαφορετικές συγκεντρώσεις πρωτεΐνης (4%, 6%, 8% και 10%) και τρεις διαφορετικές τιμές pH (11, 12 και 13). Η αύξηση του pH ενίσχυσε τη διαλυτότητα της μεμβράνης, ενώ η αυξημένη συγκέντρωση πρωτεΐνης ήταν υπεύθυνη για την υψηλότερη περιεκτικότητα σε υγρασία. Η αντοχή σε εφελκυσμό αυξήθηκε ανάλογα με τη συγκέντρωση πρωτεΐνης και το επίπεδο του pH. Η επιμήκυνση στη θραύση των μεμβρανών ήταν υψηλή σε υψηλότερη συγκέντρωση πρωτεΐνης. Η διαπερατότητα των υδρατμών μειώθηκε με την αύξηση του pH. Παρατηρήθηκε, επίσης, ότι οι μεμβράνες είχαν ελαφρώς κοκκινωπό καφέ χρώμα με χαμηλές τιμές διαφάνειας. Επομένως, βάσει των παραπάνω αποτελεσμάτων, οι μεμβράνες πρωτεΐνης με κόκκους Brewer's θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν με επιτυχία για εφαρμογή σε προϊόντα διατροφής (Shrotri and Saini 2022).

Ακατέργαστο εκχύλισμα φύλλων μουριάς και δύο βιοενεργών μορίων του, δηλαδή δεοξυνοζιριμυκίνη και χλωρογενικό οξύ, χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη αντιοξειδωτικών και αντιμικροβιακών εδώδιμων μεμβρανών με βάση την πηκτίνη για εφαρμογές συσκευασίας και επικάλυψης τροφίμων. Οι καινοτόμες συσκευασίες παρουσίασαν βελτιωμένη αντιοξειδωτική, αντιμικροβιακή δράση και καλύτερες μηχανικές ιδιότητες. Οι συγκεκριμένες συσκευασίες χρησιμοποιήθηκαν για την επικάλυψη πιπεριάς με σκοπό την παράταση της διάρκειας ζωής. Παρατηρήθηκε αύξηση στη διάρκεια ζωής έως και 12 ημέρες, ενώ τα λαχανικά ελέγχου διατηρούσαν την ποιότητά τους έως 6 ημέρες (Shivangi et al. 2021).

Για την ανάπτυξη των καινοτόμων συσκευασιών έχουν χρησιμοποιηθεί ως πρώτες ύλες και υλικά υδάτινης προέλευσης. Συγκεκριμένα, φύκη (*Himanthalia elongata* και *Palmaria palmata*) και εκχυλίσματα τους χρησιμοποιήθηκαν για τη σύνθεση ενεργών εδώδιμων μεμβρανών. Η προσθήκη τους ενίσχυσε τις θερμικές ιδιότητες των εδώδιμων μεμβρανών, γεγονός το οποίο μπορεί να θεωρηθεί πλεονέκτημα για την ενσωμάτωσή τους στη συσκευασία. Παρατηρήθηκε ότι η ενθυλάκωση των φυκιών ως εκχύλισμα δεν βελτίωσε την αντιοξειδωτική ικανότητα. Οι μεμβράνες με *H. elongata* και *P. palmata* μείωσαν την οξειδωση του προϊόντος, παρουσιάζοντας επίσης βελτίωση στη μικροβιακή αλλοίωση. Τέλος, οι μεμβράνες με *H. elongata* και *P. palmata* έδειξαν ότι υπάρχει η δυνατότητα χρήσης με σκοπό τη συντήρηση των ψαριών που έχουν υποστεί επεξεργασία, και ιδιαίτερα εκείνες με *H. elongata*. Γενικά, η χρήση των ενθυλακωμένων φυκιών στις παραπάνω μεμβράνες φαίνεται να αποτελούν μια εφικτή στρατηγική για την αύξηση της διάρκειας ζωής των μπιφτεκίων ψαριού και προϊόντων τα οποία είναι επιρρεπή σε ταχείες οξειδωτικές διεργασίες και αλλοιώσεις (Albertos et al. 2019).

Τα τελευταία 35 χρόνια, η παραγωγή εδώδιμων συσκευασιών έχει αυξηθεί σημαντικά. Κατά τη δεκαετία του 1980 μόλις 10 βιομηχανίες ασχολούνταν με την παραγωγή τους συγκριτικά με σήμερα όπου πάνω από 1000 βιομηχανίες ασχολούνται με την καινοτομία αυτή. Μέχρι σήμερα, έχουν πραγματοποιηθεί πολυάριθμα πειράματα για την ανάπτυξη συσκευασιών από ποικίλα υλικά, όπως είναι ο κρόκος αυγού και η μπανάνα (άμυλο μπανάνας και νανογαλακτώματα με κουρκουμίνη ή αλεύρι από φλούδα).

## 2.7 ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ-ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ

Απαραίτητη προϋπόθεση των υλικών που χρησιμοποιούνται στη συσκευασία είναι η συμμόρφωση τους στις διατάξεις και τους κανονισμούς που αφορούν στα τρόφιμα. Συγκεκριμένα τα συστατικά των μεμβρανών πρέπει να είναι μη τοξικά για την ανθρώπινη υγεία. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, οι ενεργές συσκευασίες οι οποίες έρχονται σε επαφή με τα τρόφιμα και μπορούν να καταναλωθούν, υπόκεινται σε κάποιους κανονισμούς. Ένα υλικό το οποίο έρχεται σε επαφή με τρόφιμα υπακούει στον **Κανονισμό 1935/2004**. Η αρχή που διέπει τον κανονισμό αυτό ορίζει πως κάθε υλικό το οποίο πρόκειται να έρθει σε επαφή με το τρόφιμο, θα πρέπει να είναι αδρανές με σκοπό να μην μεταφέρονται στο τρόφιμο ουσίες σε ποσότητες που θα καθιστούσαν το τρόφιμο επικίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία, ή θα προκαλούσαν οργανοληπτικές διαφοροποιήσεις στο τρόφιμο. Σχετικά με τα υλικά εκείνα τα οποία σχεδιάστηκαν με σκοπό να διατηρούν και να βελτιώνουν τα τρόφιμα, δεν θα πρέπει να είναι αδρανή σε αντίθεση με τα κοινά υλικά συσκευασίας τα οποία έρχονται σε επαφή με τα τρόφιμα. Τα υλικά είναι σκοπίμως κατασκευασμένα έτσι ώστε να μεταφέρουν θρεπτικές ουσίες στα τρόφιμα. Είναι εφικτό τα υλικά αυτά να τροποποιούν τις οργανοληπτικές ιδιότητες των τροφίμων με την προϋπόθεση οι τροποποιήσεις τηρούν τις διατάξεις που αφορούν τα τρόφιμα, όπως είναι η οδηγία **89/107/ΕΟΚ** που αφορά τα πρόσθετα των τροφίμων. Επιπλέον, οι ουσίες οι οποίες θα απελευθερώνονται δεν θα πρέπει να είναι για παράδειγμα αλδεΐδες ή αμίνες για να αποφευχθεί τυχόν αλλοίωση των τροφίμων. Θα πρέπει να αποφεύγονται ουσίες οι οποίες θα ήταν ικανές να αλλάξουν το χρώμα του τροφίμου και να παραπλανήσουν το καταναλωτικό κοινό. («Active and Intelligent Packaging Substances | EFSA» ) («Κανονισμός 1935/2004»).

Τα συστατικά τα οποία περιέχονται στις εδώδιμες μεμβράνες, θεωρούνται έμμεσα πρόσθετα συστατικά καθώς δεν προστίθενται απευθείας στο τρόφιμο, αλλά μεταφέρονται σε αυτό μέσω της συσκευασίας. Με βάση αυτό, οι εδώδιμες συσκευασίες υπόκεινται στον **Κανονισμό (ΕΚ) αριθ. 1333/2008** του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 16<sup>ης</sup> Δεκεμβρίου 2008 για τα πρόσθετα των τροφίμων. Τα πρόσθετα είναι ουσίες οι οποίες δεν καταναλώνονται απευθείας, αντιθέτως προστίθενται στα τρόφιμα με σκοπό την συντήρησή τους («Κανονισμός 1333/2008»).

Οι εδώδιμες επικαλύψεις θα πρέπει να υπακούν στον **Κανονισμό (ΕΚ) 1334/2008** του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 16<sup>ης</sup> Δεκεμβρίου 2008 που αφορά τις αρωματικές ύλες. Οι αρωματικές ύλες χρησιμοποιούνται με σκοπό να βελτιώσουν την οσμή ή και τη γεύση των τροφίμων. Τελικά, οι ενεργές συσκευασίες, ρυθμίζονται από τον **Κανονισμό 450/2009**. Επιπροσθέτως, είναι γνωστό ότι για να αποκτήσει η συσκευασία τις βέλτιστες μηχανικές ιδιότητες είναι αναγκαία η προσθήκη πλαστικοποιητή, όπως για παράδειγμα είναι η σορβιτόλη, η γλυκερίνη, τα πολυγλυκερίδια ή η γλυκόζη. Γνωρίζοντας ότι η συσκευασία θα χαρακτηρίζεται από εδωδιμότητα, θα πρέπει όλα τα υλικά τα οποία θα προστεθούν μέσα να είναι, επίσης, εδώδιμα καθώς και όλες οι διαδικασίες παραγωγής να επιτρέπουν την κατανάλωση χωρίς την πρόκληση κάποιας επιπλοκής. Επιπλέον, θα πρέπει να αιτιολογείται η επιλογή της τεχνολογίας που χρησιμοποιήθηκε και για ποιο λόγο δεν χρησιμοποιήθηκε κάποια άλλη τεχνολογία οικονομικότερη που θα δίνει το ίδιο αποτέλεσμα. Για να θεωρηθεί ένα πρόσθετο ασφαλές, θα πρέπει να δοθούν πληροφορίες σχετικές με την τοξικότητα και την αποδεκτή ημερήσια πρόσληψη (**ΕΕ 234/2011**). Ο FDA διαθέτει κατάλογο στον οποίο αναφέρονται τα συστατικά τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως μέρος των επικαλύψεων. Ο κατάλογος βρίσκεται στο υπόμνημα Γ «ουσίες για

χρήση ως συστατικά επικαλύψεων» στην Ενότητα «Έμμεσα πρόσθετα τροφίμων:κόλλες και συστατικά επικαλύψεων» (Aguirre-Joya et al. 2018).

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, κατά την δεκαετία του 1970, καθιερώθηκε μια ρυθμιστική πολιτική για την ανάλυση και τον ποιοτικό έλεγχο των συσκευασιών που έρχονται σε επαφή με τα τρόφιμα με σκοπό την καταλληλότητα τους προς ανθρώπινη κατανάλωση. Στις Η.Π.Α, ο Οργανισμός Τροφίμων και Φαρμάκων (FDA), ρυθμίζει τη νομοθεσία που σχετίζεται με την συσκευασία των τροφίμων. Ο Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών σε συνεργασία με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας δημιούργησαν ένα κοινό έγγραφο για όλα τα έθνη που παρέχει την νομοθεσία σχετικά με τα τρόφιμα. Ο κώδικας αυτός ονομάστηκε Codex Alimentarius και δημιουργήθηκε προκειμένου να υπάρξει μια ενιαία ρύθμιση για τα τρόφιμα και την γεωργία που να αφορά όλα τα κράτη. Σχετικά με τις εδώδιμες συσκευασίες και μεμβράνες, οφείλει να ακολουθείται η νομοθεσία της χώρας για την οποία προορίζεται το προϊόν. Αν και η συσκευασία εξαρτάται από τη χώρα στην οποία θα κυκλοφορήσει, θα πρέπει υποχρεωτικά να φέρει ετικέτα με τις πληροφορίες του προϊόντος. Οι εδώδιμες μεμβράνες ταξινομούνται στις ακόλουθες κατηγορίες, στα πρόσθετα τροφίμων, προϊόντα διατροφής, συστατικά τροφίμων, ουσίες που έρχονται σε επαφή με τρόφιμα ή υλικά συσκευασίας. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, οι εδώδιμες συσκευασίες ακολουθούν τους κανονισμούς των πρόσθετων στα τρόφιμα. Συγκεκριμένα, αναφέρεται ότι «για την προστασία της ανθρώπινης υγείας, η ασφάλεια των πρόσθετων για χρήση σε τρόφιμα που προορίζονται για κατανάλωση από τον άνθρωπο θα πρέπει να αξιολογείται πριν διατεθεί στην αγορά». Αποτέλεσμα αυτού είναι ότι για την παρασκευή βρώσιμων μεμβρανών μπορούν να χρησιμοποιηθούν υλικά που υπάρχουν στον κατάλογο εγκεκριμένων ουσιών (**EK 1331/208**) (Aguirre-Joya et al. 2018b).

Στην περίπτωση των φρούτων και των λαχανικών που φέρουν επικαλύψεις, θα πρέπει να φέρουν ετικέτα στην οποία υπάρχουν πληροφορίες που αφορούν τους καταναλωτές. Στο Μεξικό, οι καταναλωτές δεν είναι πλήρως ενημερωμένοι σχετικά με την έξυπνη, εδώδιμη, λειτουργική και βιοδραστική συσκευασία και γι'αυτό το λόγο δεν υπάρχει συγκεκριμένη νομοθεσία. Έτσι, το καταναλωτικό κοινό αποδοκιμάζει αυτή τη νέα συσκευασία και συγκεκριμένα την εφαρμογή κεριού στα φρούτα και τα λαχανικά (Aguirre-Joya et al. 2018b).

Είναι γνωστό ότι πολλά τρόφιμα θεωρούνται αλλεργιογόνα. Τα συνηθέστερα είναι το γάλα, τα ψάρια, η σόγια, τα φιστίκια, οι ξηροί καρποί και το σιτάρι. Πολλές από τις εδώδιμες μεμβράνες παρασκευάζονται από γάλα (ορός γάλακτος, καζεΐνη), σιτάρι (γλουτένη), σόγια και πρωτεΐνες φιστικιού. Συνεπώς, θα πρέπει να γίνεται γνωστό στον καταναλωτή η ύπαρξη του αλλεργιογόνου ακόμη και αν βρίσκεται σε μικρή ποσότητα (Galus et al. 2020).

Τα αιθέρια έλαια, τα οποία χρησιμοποιούνται συχνά, έχουν αντιμικροβιακή δράση, ενώ σε μεγάλες ποσότητες μπορούν να προκαλέσουν σοβαρά προβλήματα στη στοματική κοιλότητα. Θα πρέπει, επομένως, να βρίσκονται σε μια ισορροπία, ώστε να δρουν αποτελεσματικά ως αντιμικροβιακά και να μην υπάρχει ο κίνδυνος της τοξικότητάς τους. Επιπλέον, οι βιομηχανίες παρασκευής θα πρέπει να υπακούουν σε τυχόν προειδοποιήσεις από τους αρμόδιους φορείς χωρίς αντιρρήσεις (Galus et al. 2020).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΕΔΩΔΙΜΩΝ ΜΕΜΒΡΑΝΩΝ ΣΤΗ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

### 3.1 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΕΔΩΔΙΜΩΝ ΜΕΜΒΡΑΝΩΝ ΣΤΗ ΣΗΜΕΡΙΝΗ ΑΓΟΡΑ

#### 3.1.1 ΤΡΟΦΙΜΑ ΣΤΑ ΟΠΟΙΑ ΕΦΑΡΜΟΖΕΤΑΙ Η ΕΔΩΔΙΜΗ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ

##### A. ΚΡΕΑΣ, ΠΟΥΛΕΡΙΚΑ

Το κρέας αποτελεί μια σημαντική πηγή ενέργειας. Σαν τρόφιμο είναι αρκετά ευπαθές και πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή. Οι 3 μηχανισμοί που προσδιορίζονται για το κρέας και τα προϊόντα κρέατος είναι :

- Οξείδωση των λιπιδίων
- Μικροβιακή αλλοίωση
- Ενζυμική autólυση

Αποτέλεσμα αυτών των μηχανισμών είναι το γεγονός ότι υπάρχει ενδιαφέρον γύρω από την ανάπτυξη εδώδιμων επικαλύψεων για το κρέας και τα προϊόντα κρέατος με στόχο την αποφυγή την ποιοτικής υποβάθμισης και την παράταση του χρόνου ζωής.

Λόγω των αντιμικροβιακών ουσιών που περιλαμβάνονται στις βρώσιμες επικαλύψεις, προτιμάται η εφαρμογή τους στο κρέας και τα προϊόντα του με τον τρόπο αυτό παρά με απευθείας ενσωμάτωση των αντιμικροβιακών ουσιών στο κρέας πριν την συσκευασία του. Η συσκευασία κρέατος με εδώδιμες επικαλύψεις, πραγματοποιείται εδώ και πολλούς αιώνες. Στην Αγγλία τον 16<sup>ο</sup> αιώνα χρησιμοποιούσαν λαρδί ή ζωικό λίπος με σκοπό να παρατείνουν τη διάρκεια ζωής του κρέατος (Ulusoy, Kaya Yıldırım, and Hecer 2018a).



**Εικόνα 3.1:** Συσκευασμένο κρέας με εδώδιμη μεμβράνη

Τα τρόφιμα αυτά, περιέχουν υψηλό ποσοστό νερού και έτσι είναι ιδιαίτερα ευπαθή. Οι μεμβράνες αυτές αποτρέπουν τη συρρίκνωση, ελέγχουν τη μικροβιακή ανάπτυξη και επιβραδύνουν τον αποχρωματισμό του κρέατος σε συνδυασμό με την οξειδωτική δυσσομία. Υπάρχουν αρκετά βρώσιμα βιοπολυμερή που χρησιμοποιούνται για την επικάλυψη του κρέατος.

Το αλγινικό νάτριο το οποίο εξάγεται από καφέ φύκια, είναι υδρόφιλο και είναι ικανό να δημιουργήσει βρώσιμες μεμβράνες και έχει καλές ιδιότητες για τον φραγμό του οξυγόνου. Όταν προστίθενται με αντιμικροβιακούς παράγοντες, συμβάλλει στην αύξηση της διάρκειας ζωής του κρέατος. Η Γενική Αρχή για την Ασφάλεια των Τροφίμων (EFSA), ενέκρινε το αλγινικό άλας, ασφαλές για το στήθος κοτόπουλο, το φιλέτο ψαριού και το μοσχαρίσιο μυ. Ωστόσο, το αλγινικό άλας δεδομένου ότι είναι υδρόφιλο, φέρει χαμηλές ιδιότητες φραγμού έναντι στην υγρασία. Απορροφά νερό, διογκώνεται και τελικά το προϊόν τίθεται σε κίνδυνο. Το πρόβλημα αυτό λύνεται με τη βοήθεια της νανοτεχνολογίας. Με τη συμβολή του χλωριούχου ασβεστίου και τη μικροϊνιδωμένη κυτταρίνη βελτιώθηκαν οι μηχανικές ιδιότητες των βρώσιμων μεμβρανών. Προκειμένου να ανασταλεί η ανάπτυξη μικροοργανισμών όπως η *Escherichia coli*, *Enterobacteriaceae*, *Salmonella typhimurium*, προστίθενται αιθέρια έλαια όπως η ρίγανη, το θυμάρι, η κανέλα και το δεντρολίβανο αυξάνοντας τη διάρκεια ζωής του κρέατος (Kumar et al. 2021).

Η εδώδιμη μεμβράνη κατασκευασμένη από αλγινικό άλας με την προσθήκη ελαίου μαύρου κύμινου χρησιμοποιείται για τη συσκευασία στήθους κοτόπουλου. Με την συσκευασία αυτή αναστέλλεται η ανάπτυξη *Escherichia coli* και η αλλαγή χρώματος για 5 μέρες όταν αποθηκεύεται στους 40°C. Αναφορικά με το κοτόπουλο, είναι προτιμότερη η χρήση βρώσιμης επικάλυψης με απομονωμένη πρωτεΐνη ορού γάλακτος εμπλουτισμένη με αιθέριο έλαιο γαρύφαλλου προκειμένου να ενισχυθεί η ποιότητα και να παραταθεί η διάρκεια ζωής του προϊόντος (Kumar et al. 2021). Παρατίθεται συγκεντρωτικός πίνακας με εφαρμογές βρώσιμων επικαλύψεων στο κρέας.

**Πίνακας 3.1:** Συνοπτικός πίνακας διαφόρων εφαρμογών βρώσιμης επικάλυψης και μεμβρανών σε κρέας και πουλερικά: συστατικά και πρωταρχικά ευρήματα (Aguirre-Joya et al. 2018a).

ΠΡΟΪΟΝ	ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ
<b>ΜΑΓΕΙΡΕΜΕΝΑ ΧΟΙΡΙΝΑ ΛΟΥΚΑΝΙΚΑ</b>	ΧΙΤΟΖΑΝΗ(2%), ΧΙΤΟΖΑΝΗ (2% ΚΑΙ 1,5% ΓΑΡΥΦΑΛΛΕΛΑΙΟ	ΕΠΙΒΡΑΔΥΝΕΙ ΤΗΝ ΟΞΕΙΔΩΣΗ ΤΩΝ ΛΙΠΙΔΙΩΝ ΚΑΙ ΠΑΡΑΤΕΙΝΕΙ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ ΕΩΣ 20 ΜΕΡΕΣ ΣΤΗΝ ΨΥΞΗ
<b>ΧΟΙΡΙΝΟΣ ΚΙΜΑΣ</b>	ΖΕΛΑΤΙΝΗ (3 g/100 g πρωτεΐνη), 50 γρ./100 γρ ΓΛΥΚΕΡΙΝΗ (ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΠΡΩΤΕΪΝΗΣ),ΚΑΤΕΧΙΝΗ ΚΑΙ ΛΥΣΟΖΥΜΗ (1:1)	ΜΕΙΩΝΕΤΑΙ Ο ΑΠΟΧΡΩΜΑΤΙΣΜΟΣ,,ΜΕΙΩΝΕΤΑΙ ΤΟ ΒΑΡΟΣ ΚΑΙ Η ΜΙΚΡΟΒΙΑΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ.
<b>ΦΙΛΕΤΑ ΣΤΗΘΟΥΣ ΚΟΤΟΠΟΥΛΟΥ</b>	ΑΠΟΜΟΝΩΜΕΝΗ ΠΡΩΤΕΪΝΗ ΟΡΟΥ ΓΑΛΑΚΤΟΣ (100 g/kg), ΓΛΥΚΕΡΙΝΗ (50 g/kg), ΛΑΔΙ ΡΙΓΑΝΗΣ(10 γρ./ kg), ΛΑΔΙ ΓΑΡΥΦΑΛΛΟΥ (20 g/ κιλό)	Η ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΛΑΔΙΟΥ ΡΙΓΑΝΗΣ ΑΥΞΑΝΕΙ ΤΗΝ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ ΑΠΟ 6 ΕΩΣ 13 ΗΜΕΡΕΣ.
<b>ΜΠΙΦΤΕΚΙΑ ΑΠΟ ΧΟΙΡΙΝΟ ΚΙΜΑ</b>	ΤΣΑΪ ΧΙΤΟΖΑΝΗΣ, ΠΟΛΥΦΑΙΝΟΛΗ	Η ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ ΠΑΡΑΤΑΘΗΚΕ ΓΙΑ 6 ΗΜΕΡΕΣ ΣΤΟΥΣ 4°C.



<b>ΨΗΤΗ ΓΑΛΟΠΟΥΛΑ</b>	ΑΜΥΛΟ (15% w/v), ΧΙΤΟΖΑΝΗ (2% w/v), ΑΛΓΙΝΙΚΟ (1% w/v), ΠΗΚΤΙΝΗ (1% w/v), ΓΑΛΑΚΤΙΚΟ ΝΑΤΡΙΟ (3,5 g), ΔΙΟΞΙΚΟ ΝΑΤΡΙΟ (0,44 g)	Η ΚΑΛΥΤΕΡΗ ΒΡΩΣΙΜΗ ΜΕΜΒΡΑΝΗ ΕΙΝΑΙ Η ΠΗΚΤΙΝΗ ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΗ ΜΕ ΕΜΠΟΡΙΚΟ ΑΝΤΙΜΙΚΡΟΒΙΑΚΟ L MONOCYTOGENES.
-----------------------	---	---

## B. ΨΑΡΙΑ- ΘΑΛΑΣΣΙΝΑ

Τα ψάρια και τα θαλασσινά αποτελούν πλούσια πηγή θρεπτικών συστατικών. Είναι όμως ευαλλοίωτα τρόφιμα και έχουν μικρή διάρκεια ζωής. Κατά τη μεταφορά και αποθήκευσή τους δημιουργούνται μεταβολές στην ποιότητα και τη θρεπτική τους αξία. Τα θαλασσινά περιέχουν υψηλή περιεκτικότητα σε πολυακόρεστα λιπαρά οξέα τα οποία προσβάλλονται από τις ελεύθερες ρίζες με αποτέλεσμα την υπεροξειδωση των λιπιδίων. Η ζήτηση φρέσκων ψαριών και θαλασσινών οδήγησε στην αναζήτηση νέων τρόπων διατήρησής τους (Aguirre-Joya et al. 2018b).

Η ζελατίνη κατασκευασμένη από αλγινικό άλας με την προσθήκη αιθέριου ελαίου ρίγανης, προορίζεται για την επικάλυψη φιλέτου ψαριού. Έρευνες δείχνουν ότι με τον τρόπο αυτό επιβραδύνεται η ανάπτυξη βακτηρίων για 15 μέρες. Μεμβράνες με βασικά συστατικά το αλγινικό νάτριο, την κανέλα, τη ρίγανη και το αλμυρό λάδι, επιβραδύνουν την ανάπτυξη της *Salmonella typhimurium*. Όσον αφορά στην ιριδίζουσα πέστροφα, η χρήση ζελατίνης εμπλουτισμένης με κανέλα παρατείνει τη διάρκεια ζωής του ψαριού. Το γεγονός ότι οι βρώσιμες μεμβράνες οι οποίες παράγονται από αλγινικό άλας είναι διάφανες, επηρεάζουν την απόφαση των καταναλωτών στην αγορά τροφίμων τα οποία επικαλύπτονται από αυτό το υλικό. Αυτό συμβαίνει διότι, είναι εμφανές στους καταναλωτές οποιαδήποτε αλλοίωση του χρώματος προκύψει (Kumar et al. 2021).

**Πίνακας 3.2:** Συνοπτικός πίνακας διαφόρων εφαρμογών βρώσιμης επικάλυψης και μεμβρανών σε ψάρια και θαλασσινά: συστατικά και πρωταρχικά ευρήματα (Aguirre-Joya et al. 2018a).

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ	ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ	ΠΡΩΤΑΡΧΙΚΑ ΕΥΡΗΜΑΤΑ
<b>GOLDEN POMFRET (TRACHINOTUS BLOCHII)</b>	ΖΕΛΑΤΙΝΗ ΑΠΟ ΨΑΡΙΑ ΤΙΛΑΠΙΑ, ΧΙΤΟΖΑΝΗ	ΑΝΑΣΤΟΛΗ ΑΠΩΛΕΙΑΣ ΒΑΡΟΥΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ 17 ΗΜΕΡΩΝ. ΤΟ pH ΠΑΡΕΜΕΙΝΕ ΣΤΑΘΕΡΟ ΣΤΟ 6.1.
<b>TILAPIA STEAKS</b>	ΧΑΜΗΛΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΠΟΛΥΑΙΘΥΛΕΝΙΟΥ, ΧΙΤΟΖΑΝΗ	84,83%–100% ΑΝΑΣΤΟΛΗ ΤΟΥ E. COLI ΣΤΙΣ 96 Η. ΜΕΙΩΣΗ ΤΗΣ ΑΥΞΗΣΗΣ ΕΛΕΥΘΕΡΩΝ ΛΙΠΑΡΩΝ ΟΞΕΩΝ.
<b>FILETS OF DEFROSTED HAKE (MERLUCCIOUS CAPENSIS)</b>	ΆΓΑΡ, ΓΛΥΚΕΡΙΝΗ, ΓΛΥΚΟΖΗ, ΕΚ ΧΥΛΙΣΜΑ ΠΡΑΣΙΝΟΥ ΤΣΑΓΙΟΥ (ΚΑΜΕΛΙΑ L. SINENSIS)	ΜΕΙΩΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ Η2S. Η ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΔΙΑΤΗΡΕΙΤΑΙ ΕΝΤΟΣ ΤΟΥ ΟΡΙΟΥ ΑΠΟΔΟΧΗΣ.

<b>RAINBOW TROUT(ONCORHYNCHUS MYKISS)FILLETS</b>	ΧΙΤΟΖΑΝΗ (1% w/v) ΣΕ 1% v/v ΟΞΙΚΟ ΟΞΥ, ΖΕΛΑΤΙΝΗ (3% w/v), ΓΛΥΚΕΡΙΝΗ (0,75 mL/g)	Η ΜΕΜΒΡΑΝΗ ΔΙΑΤΗΡΕΙ ΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΤΗΝ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ ΤΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΨΑΡΙΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΨΥΞΗ ΚΑΙ ΔΕΙΧΝΕΙ ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΗ ΔΡΑΣΗ.
<b>FILLET OF SARDINE(SARDINELLA LONGICEPS)</b>	ΧΙΤΟΖΑΝΗ (1–2%)	ΒΕΛΤΙΩΝΕΙ ΤΗΝ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗΣ ΝΕΡΟΥ. ΕΠΙΒΡΑΔΥΝΕΙ ΤΗΝ ΕΠΙΔΕΙΝΩΣΗ ΕΩΣ 8 ΗΜΕΡΕΣ(5 ΗΜΕΡΕΣ ΓΙΑ ΑΚΑΤΕΡΓΑΣΤΑ ΨΑΡΙΑ).
<b>BREAM (MEGALOBrama AMBLYCEPHALA)</b>	ΑΛΑΣ ΑΛΓΙΝΙΚΟΥ ΝΑΤΡΙΟΥ (1,5%), ΧΛΩΡΙΟΥΧΟ ΑΣΒΕΣΤΙΟ (2%),ΒΙΤΑΜΙΝΗ C, ΚΑΙ ΤΣΑΪ ΤΟΚΟΦΕΡΟΛΩΝ	1,5% ΑΛΓΙΝΙΚΟ ΝΑΤΡΙΟ/10% ΓΛΥΚΕΡΙΝΗ/5% ΒΙΤΑΜΙΝΗ C ΕΙΝΑΙ Η ΚΑΛΥΤΕΡΗ ΘΕΡΑΠΕΙΑ ΤΗΣ ΜΕΙΩΣΗΣ ΤΩΝ ΧΗΜΙΚΩΝ ΑΛΛΟΙΩΣΕΩΝ ΤΗΣ

#### Γ. ΓΑΛΑΚΤΟΚΟΜΙΚΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ

Τα γαλακτοκομικά προϊόντα αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινής διατροφής. Για τον λόγο αυτό χρειάζεται να παραμένουν φρέσκα και να έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής χωρίς να επηρεάζονται τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά τους. Επομένως, οι εδώδιμες επικαλύψεις που χρησιμοποιούνται για τη συσκευασία των γαλακτοκομικών προϊόντων έχουν σκοπό την παράταση της διάρκειας ζωής και την επιβράδυνση της ωρίμανσης τους. Λόγω των εξωτερικών περιβαλλοντικών συνθηκών είναι πολύ σύνηθες να παρουσιαστούν στην επιφάνειά των γαλακτοκομικών μούχλα και βακτήρια, γεγονός που υποβαθμίζει την ποιότητα τους. Έτσι, έχει αναπτυχθεί η ανάγκη συσκευασιών ικανών να διατηρεί τα προϊόντα στην αρχική τους κατάσταση και για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Οι εδώδιμες μεμβράνες παρέχουν παράταση του χρόνου ζωής και διατήρηση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των προϊόντων.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτέλεσε μια έρευνα που πραγματοποιήθηκε και τα αποτελέσματα της έδειξαν ότι σε φέτες κασεριού επικαλυμμένες με μεμβράνη μεθυλοκυτταρίνης που περιείχε εκχύλισμα φύλλων ελιάς, υπήρξε μείωση του *Staphylococcus aureus* κατά 24,5%. Στο τυρί ρικότα το οποίο ήταν επικαλυμμένο με βρώσιμη επικάλυψη με βάση την χιτοζάνη εμπλουτισμένη με ορό γάλακτος, παρατηρήθηκε παράταση της διάρκειας ζωής, αναστολή του πολλαπλασιασμού μικροβιακών μολυσματικών ουσιών, καθυστέρηση της ανεπιθύμητης οξύτητας του τυριού και τέλος διατήρηση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών (Ulusoy, Kaya Yildirim, and Hecer 2018b).



**Εικόνα 3.2:** Συσκευασμένο τυρί με εδώδιμη μεμβράνη

Οι μέθοδοι οι οποίες εφαρμόζονται για την επικάλυψη των γαλακτοκομικών προϊόντων είναι η εμβάπτιση (dipping), η χύτευση (casting), το βούρτσισμα (brushing) και ο ηλεκτροστατικός ψεκασμός (electrostatic spraying), ψεκασμός (spraying). Συγκεκριμένα:

- Για μικρού μεγέθους τυρί προτιμάται το βούρτσισμα.
- Για τυρί με ακανόνιστο σχήμα προτιμάται η εμβάπτιση, καθώς θα απλωθεί καλύτερα το υλικό επικάλυψης.
- Για λεπτή και ομοιόμορφη επίστρωση προτιμάται ο ψεκασμός.
- Ο ηλεκτροστατικός ψεκασμός, με υψηλότερη απόδοση, μειώνει την σπατάλη του διαλύματος επίστρωσης.
- Χύτευση χρησιμοποιείται για τον σχηματισμό εδώδιμων μεμβρανών με σκοπό να σκεπάζεται πλήρως το τυρί.

Έχει βρεθεί ότι οι μεμβράνες οι οποίες παρασκευάζονται από πρωτεΐνες του ορού γάλακτος, εμφανίζουν καλύτερο φραγμό στα αέρια του περιβάλλοντος (Kumar et al. 2021). Παρακάτω παρατίθεται συγκεντρωτικός πίνακας εφαρμογών βρώσιμων επικαλύψεων.

**Πίνακας 3.3:** Περίληψη των διαφόρων εφαρμογών βρώσιμων επικαλύψεων και μεμβρανών σε γαλακτοκομικά προϊόντα, συστατικά και πρωταρχικά ευρήματα (Aguirre-Joya et al. 2018a).

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ	ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ	ΠΡΩΤΑΡΧΙΚΑ ΕΥΡΗΜΑΤΑ
ΤΥΡΙ	ΓΑΛΑΚΤΟΜΑΝΝΑΝΗ, ΓΛΥΚΕΡΙΝΗ, ΚΑΛΑΜΠΟΚΕΛΑΙΟ	ΜΕΙΩΣΕ ΣΗΜΑΝΤΙΚΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ O <sub>2</sub> ΚΑΙ CO <sub>2</sub>
ΗΜΙΣΚΛΗΡΟ ΤΥΡΙ	ΧΙΤΟΖΑΝΗ, ΝΑΤΑΜΥΚΙΝΗ	ΤΑ ΠΟΣΟΣΤΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΜΕΙΩΘΗΚΑΝ ΣΕ ΚΑΛΟΥΠΙΑ/ΖΥΜΕΣ 1,1 log (CFU/g-1) ΣΕ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΓΙΑ ΕΛΕΓΧΟ ΜΕΤΑ ΑΠΟ 27 ΜΕΡΕΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ
ΤΥΡΙ ΡΙΚΟΤΑ	ΧΙΤΟΖΑΝΗ, ΟΡΟΣ ΠΡΩΤΕΪΝΗ ΓΑΛΑΚΤΟΣ	Η ΕΠΙΣΤΡΩΣΗ ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΕ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΑΝΕΠΙΘΥΜΗΤΗΣ ΟΞΥΤΗΤΑΣ, ΚΑΛΥΤΕΡΑ ΔΙΑΤΗΡΗΜΕΝΗ ΥΦΗ, ΔΕΝ ΦΑΝΗΚΕ ΝΑ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ ΤΑ ΟΡΓΑΝΟΛΗΠΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ
ΤΥΡΙ	ΑΠΟΜΟΝΩΜΕΝΗ ΠΡΩΤΕΪΝΗ ΟΡΟΥ ΓΑΛΑΚΤΟΣ, ΓΛΥΚΕΡΙΝΗ, ΚΟΜΜΙ ΓΚΟΥΑΡ, ΗΛΙΕΛΑΙΟ	ΜΕΙΩΣΗ ΤΗΣ ΑΠΩΛΕΙΑΣ ΝΕΡΟΥ, ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΑΛΛΑΓΗ ΧΡΩΜΑΤΟΣ
ΤΥΡΙ ΜΟΤΣΑΡΕΛΑ	ΧΙΤΟΖΑΝΗ, ΑΛΓΙΝΙΚΟ ΝΑΤΡΙΟ, ΑΠΟΜΟΝΩΜΕΝΗ ΠΡΩΤΕΪΝΗ ΣΟΓΙΑΣ	ΕΠΙΚΑΛΥΜΜΕΝΟ ΜΕ ΑΛΓΙΝΙΚΟ ΝΑΤΡΙΟ ΕΙΧΕ ΤΙΣ ΚΑΛΥΤΕΡΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ

#### Δ. ΦΡΟΥΤΑ ΚΑΙ ΛΑΧΑΝΙΚΑ

Τα φρούτα και τα λαχανικά αποτελούν μια πιο υγιεινή επιλογή του καθημερινού διαιτολογίου. Υπάρχει μεγάλη ποικιλία προϊόντων με μεγάλη θρεπτική αξία. Το βασικότερο πρόβλημα που έχουν να αντιμετωπίσουν οι βιομηχανίες τροφίμων, είναι ο τρόπος διατήρησης των τεμαχισμένων και επεξεργασμένων φρούτων και λαχανικών. Η αναπνοή, η απώλεια υγρασίας, η ανάπτυξη μικροβίων καθώς και η παραγωγή αιθυλενίου αποτελούν ορισμένα από τα προβλήματα που επηρεάζουν την ποιότητα και την θρεπτική αξία. Μετά τη συγκομιδή και κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας και της αποθήκευσης, μειώνεται το βάρος τους με τη διαδικασία της διαπνοής. Αυτό οδηγεί σε μεταβολές στην υφή και την επερχόμενη επιφανειακή συρρίκνωση που έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του χρόνου ζωής. Η ολοένα αυξανόμενη ζήτηση φρέσκων και μακράς διαρκείας φρούτων και λαχανικών στην αγορά, οδηγεί στη χρήση των επικαλύψεων από βιοπολυμερή (Radev and Pashova 2020). Οι εδώδιμες μεμβράνες λειτουργούν ως προστατευτικό τείχος καθυστερώντας οποιαδήποτε αλλοίωση. Μελέτες αποδεικνύουν ότι φρούτα και λαχανικά επικαλυμμένα από εδώδιμες μεμβράνες έχουν καλύτερες ποιοτικές παραμέτρους από τα μη επικαλυμμένα (Radev and Pashova 2020).

**Πίνακας 3.4:** Σύνοψη διαφόρων εφαρμογών βρώσιμων επικαλύψεων και μεμβρανών σε φρέσκα φρούτα και λαχανικά: συστατικά και πρωταρχικά ευρήματα (Aguirre-Joya et al. 2018a).

<b>ΕΦΑΡΜΟΓΗ</b>	<b>ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ</b>	<b>ΠΡΩΤΟΓΕΝΗ ΕΥΡΗΜΑΤΑ</b>
<b>ΒΑΤΟΜΟΥΡΟ</b>	ΕΚΧΥΛΙΣΜΑ ΧΙΤΟΖΑΝΗΣ ΚΑΙ A.VERA	Η ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ ΠΑΡΑΤΑΘΗΚΕ ΚΑΤΑ 5 ΗΜΕΡΕΣ
<b>ΕΣΠΕΡΙΔΟΕΙΔΗ</b>	ΧΙΤΟΖΑΝΗ ΚΑΙ ΚΑΡΒΟΞΥΜΕΘΥΛΟΚΥΤΤΑΡΙΝΗ	ΟΙ ΕΠΙΚΑΛΥΨΕΙΣ ΒΕΛΤΙΩΣΑΝ ΟΛΕΣ ΤΙΣ ΠΟΣΟΤΙΚΟΠΟΙΗΜΕΝΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥΣ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΦΡΟΥΤΩΝ
<b>ΚΟΛΟΚΥΘΑ</b>	K-CARRAGEENAN, ΑΜΥΛΟ ΤΑΠΙΟΚΑΣ	ΤΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΠΟΥ ΕΛΗΦΘΗΣΑΝ ΗΤΑΝ ΑΣΦΑΛΗ ΑΠΟ ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΑΠΟΨΗ ΚΑΙ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΑΝ ΕΝΑ ΙΚΑΝΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΧΡΩΜΑ ΚΑΙ ΥΦΗ
<b>ΜΗΛΟ</b>	ΚΕΡΙ CANDELLILA , ΕΛΛΑΓΙΚΟ ΟΞΥ, ΕΛΑΙΑ JOJOBA	ΤΟ ΒΡΩΣΙΜΟ ΦΙΛΜ ΣΤΑ ΜΗΛΑ ΑΥΞΗΣΕ ΤΗΣ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ ΤΟΥΣ ΚΑΙ ΑΝΕΒΑΣΕ ΤΟ ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΚΑΘΩΣ ΚΑΙ ΤΗΝ ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΗ ΤΟΥΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑ.
<b>ΑΒΟΚΑΝΤΟ</b>	ΕΛΛΑΓΙΚΟ ΟΞΥ, ΚΕΡΙ CANDELLILA	ΟΙ ΒΡΩΣΙΜΕΣ ΜΕΜΒΡΑΝΕΣ ΜΠΟΡΕΣΑΝ ΝΑ ΜΕΙΩΣΟΥΝ ΣΗΜΑΝΤΙΚΑ ΤΗ ΖΗΜΙΑ ΠΟΥ ΠΡΟΚΑΛΕΙΤΑΙ ΑΠΟ C.GLOESPORIOIDES, ΕΠΙΣΗΣ ΣΗΜΑΝΤΙΚΑ ΜΕΙΩΝΟΝΤΑΣ ΤΗΝ ΑΛΛΑΓΗ ΣΤΗΝ ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ ΣΤΑ ΦΡΟΥΤΑ
<b>ΝΤΟΜΑΤΑ</b>	ΧΙΤΟΖΑΝΗ, ΟΞΙΚΟ ΟΞΥ	ΟΙ ΕΠΙΚΑΛΥΨΕΙΣ ΝΤΟΜΑΤΑΣ ΜΠΟΡΟΥΝ ΝΑ ΑΠΟΤΡΕΨΟΥΝ ΤΗΝ ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ ΚΑΙ ΤΗ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗ ΦΡΕΣΚΑΔΑΣ. Η ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΗ ΑΞΙΑ ΑΥΞΗΘΗΚΕ ΜΕ ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑ ΙΩΔΙΟΥ
<b>ΠΡΑΣΙΝΕΣ ΠΙΠΕΡΙΕΣ</b>	ΠΗΚΤΙΝΗ, ΚΕΡΙ CANDELLILA, ΕΛΑΙΟ JOJOBA, ΑΚΑΤΕΡΓΑΣΤΟ ΕΚΧΥΛΙΣΜΑ ΑΠΟ ΠΟΛΥΦΑΙΝΟΛΕΣ	Η ΒΡΩΣΙΜΗ ΕΠΙΣΤΡΩΣΗ ΑΥΞΗΣΕ ΣΗΜΑΝΤΙΚΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ ΤΗΣ ΠΡΑΣΙΝΗΣ ΠΙΠΕΡΙΑΣ
<b>ΚΑΡΟΤΑ BABY</b>	ΧΙΤΟΖΑΝΗ, ΟΞΙΚΟ ΟΞΥ ΓΛΥΚΕΡΙΝΗ	ΟΙ ΕΠΙΚΑΛΥΨΕΙΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗ ΧΙΤΟΖΑΝΗ ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΑΝ ΤΗ ΜΙΚΡΟΒΙΑΚΗ ΑΛΛΟΙΩΣΗ ΣΤΑ ΚΑΡΟΤΑ ΚΑΙ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΑΝ ΘΕΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΟ ΧΡΩΜΑ ΚΑΙ ΤΗΝ ΥΦΗ ΤΩΝ ΚΑΡΟΤΩΝ

Για τη διατήρηση των επικαλύψεων στα τρόφιμα, χρησιμοποιείται gel αλόης, το οποίο αποτελείται κατά κύριο λόγο από πολυσακχαρίτες, έχει καλές αντιοξειδωτικές και αντιμικροβιακές ιδιότητες και λειτουργεί ως μια ημιπερατή μεμβράνη με σκοπό τη μεταφορά νερού και οξυγόνου μειώνοντας τον ρυθμό αναπνοής των φρούτων και των λαχανικών. Το gel αυτό αφαιρεί το απαραίτητο οξυγόνο για το μεταβολισμό των συγκεκριμένων προϊόντων με αποτέλεσμα να καθυστερεί τη διαδικασία της γήρανσης. Έτσι, η ποιότητα παραμένει αναλλοίωτη και θα μπορούν να καταναλωθούν από τον άνθρωπο χωρίς να επηρεάζεται η υγεία του.

- Έχει παρατηρηθεί ότι όταν εφαρμόζεται gel αλόης σε παπάγια αποθηκευμένη στους 28°C, μειώνεται η απώλεια βάρους και διατηρείται η σταθερότητα της.
- Επιπλέον, βρέθηκε πως επίστρωση αλόης σε συνδυασμό με κερί καρναούμπα και γλυκερίνη 1% σε μάνγκο αποθηκευμένο στους 40°C μειώνεται η απώλεια βάρους (Kumar et al. 2021).

### 3.1.2 ΜΕΡΙΚΑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΣΤΗ ΣΗΜΕΡΙΝΗ ΑΓΟΡΑ

Η εταιρία Loliware των Η.Π.Α, το 2014 κυκλοφόρησε για πρώτη φορά το βρώσιμο-βιοδιασπώμενο κύπελλο αποθήκευσης, το οποίο αν και είχε όψη γυαλιού, η γεύση του ήταν καραμέλα. Κατασκευάστηκε με άγαρ από φύκια, ζάχαρη, άμυλο ταπιόκας, vegan ζελατίνη, φυσικές γεύσεις και αρώματα με βασικό μειονέκτημα να αποτελεί το κόστος της. Πολλές διαφημίσεις έχουν κυκλοφορήσει προκειμένου να γίνει γνωστή στο ευρύ κοινό. Η συσκευασία αυτή κυκλοφορεί σε πολλές γεύσεις όπως βανίλια Μαδαγασκάρης, ροζ γκρέιπφρουτ, τσάι matcha, καθιστώντας τα ελκυστικά στο καταναλωτικό κοινό. Το 2015 η εταιρία KFC κυκλοφόρησε ένα edώδιμο φλιτζάνι φτιαγμένο από μπισκότο και λευκή σοκολάτα τυλιγμένα σε ζαχαρωτά. Αν και μειώθηκε η χρήση των χάρτινων κυπέλλων, το κόστος της κατασκευής του μπισκότου ήταν μεγάλο με αποτέλεσμα η καινοτομία αυτή να μην κρατήσει για πολύ. Στις Η.Π.Α επίσης, η εταιρία Coolhaus, κυκλοφόρησε ένα περιτύλιγμα παγωτού κατασκευασμένο από άμυλο πατάτας, το οποίο χρησιμοποιήθηκε και ως χαρτοπετσέτα. Τέλος, στη Βραζιλία, κατάστημα γρήγορου φαγητού, σερβίρει το φαγητό σε edώδιμα περιτυλίγματα προκειμένου να υπάρξει μικρότερη σπατάλη χαρτιού.

#### ❖ 5 ΚΟΡΥΦΑΙΕΣ ΕΤΑΙΡΙΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΔΩΔΙΜΩΝ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΩΝ

##### ➤ Skipping Rocks Lab – Βιοδιασπώμενη Συσκευασία

Η εταιρεία με έδρα το Λονδίνο, αναπτύσσει φυσικά, βιοδιασπώμενα υλικά συσκευασίας όπως φύκη και άλλα φυτικά υλικά προκειμένου να καταπολεμήσει τη μόλυνση του περιβάλλοντος που προκαλείται από τις συσκευασίες των τροφίμων. Το προϊόν το οποίο παράγουν, ονομάζεται Ooho. Είναι μια φυσική εύκαμπτη συσκευασία για υγρά. Η συσκευασία αυτή πέρα από το γεγονός ότι βιοδιασπάται εντός 4-6 εβδομάδων, είναι ικανή και να καταναλωθεί.

➤ Enoware – Συσκευασία με βάση τα φύκη

Η εταιρεία Enoware, από την Ινδονησία παράγει μια οικολογική, βιοδιασπώμενη και βρώσιμη συσκευασία, κατασκευασμένη κυρίως από φύκη. Τα φύκη θεωρούνται ικανά να αντικαταστήσουν τη συμβατική συσκευασία, καθώς είναι υγιεινά για τον ανθρώπινο οργανισμό και φιλικά προς το περιβάλλον, δεδομένου ότι η παρασκευή τους δεν απαιτεί τη χρήση χημικών μέσων. Επιπλέον, μπορούν να απορροφήσουν διοξείδιο του άνθρακα. Χρησιμοποιείται τόσο για τρόφιμα όσο και για περιεχόμενο που δεν σχετίζεται με τρόφιμα.

➤ Do Eat – Συσκευασία με βάση πατάτας

Μια εναλλακτική λύση για το συμβατικό πλαστικό δίνει η Βελγικής καταγωγής εταιρεία. Το βιοπλαστικό κατασκευασμένο από φλούδες πατάτας και νερό. Αρχικά, σαν συσκευασία θεωρείται βιοαποικοδομήσιμη, παρέχει αυξημένη συντήρηση στο περιεχόμενο της συγκριτικά με το παραδοσιακό πλαστικό. Τα δοχεία συσκευασίας αυτά είναι βρώσιμα και κομποστοποιήσιμα, δεδομένου ότι βασικά υλικά της είναι η πατάτα και η μύρα.

➤ Lactips – Συσκευασία από καζεΐνη

Αν η καζεΐνη συνδυαστεί με μια αλκαλική ένωση, τότε η μεμβράνη καζεΐνης έχει 500 φορές περισσότερη ανθεκτικότητα στην απορρόφηση οξυγόνου. Επιπλέον, είναι ανθεκτική στην υγρασία και την θερμοκρασία. Η εταιρεία Lactips που εδρεύει στη Γαλλία παράγει μια συσκευασία που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αποθηκευτούν ποικίλα προϊόντα, από τρόφιμα μέχρι και καλλυντικά, ιατρικά, απορρυπαντικά, αγροχημικά.

➤ Candy Cutlery – Υλικά με βάση το ζαχαροκάλαμο

Τα τελευταία χρόνια γίνεται μια προσπάθεια από τις εταιρείες παραγωγής τροφίμων να κατασκευάσουν εδώδιμα σκεύη από 100% ζάχαρη, προσπαθώντας να μειώσουν τα πλαστικά απόβλητα. Η Canadian Candy Cutlery παράγει ποτηράκια και κουταλάκια κατασκευασμένα από 100% ζάχαρη από ζαχαροκάλαμο. Είναι απαλλαγμένα από τεχνητά γλυκαντικά και είναι ανακυκλώσιμη. Παράγονται σε διάφορες γεύσεις όπως καφές, βανίλια, φράουλα και μέντα («5 Top Edible Packaging Startups Out Of 300»2019, 300).

**Πίνακας 3.5:** Συνοπτικός πίνακας εταιρειών και παραδειγμάτων εμπορικά διαθέσιμων βρώσιμων συσκευασιών τροφίμων

ΕΤΑΙΡΕΙΑ	ΠΡΟΪΟΝ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	ΧΡΗΣΗ	ΕΦΑΡΜΟΓΗ
<b>BIONGENIO S.A DE C.V</b>	ΕΠΙΚΑΛΥΨΕΙΣ ΓΙΑ ΦΡΟΥΤΑ(ΑΝΑΝΑΣ ΚΑΙ ΜΟΥΡΑ)	ΦΤΙΑΓΜΕΝΟ ΜΕ ΚΕΡΙ CANDELLILA,ΦΥΣΙΚΑ ΠΟΛΥΜΕΡΗ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΑ ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΑ	ΜΕΤΑΣΥΛΛΕΚΤΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΩΝ ΦΡΟΥΤΩΝ ΑΠΟ ΑΛΛΟΙΩΣΕΙΣ ΟΞΕΙΔΩΣΗΣ ΚΑΙ ΒΕΛΤΙΩΣΗ	ΕΜΒΑΠΤΙΣΗ Ή ΨΕΚΑΣΜΟΣ

			ΛΑΜΨΗΣ	
<b>AGRICOAT NATURESEAL LTD.</b>	SEMPERFRESH	ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΜΕΝΟ ΑΠΟ ΕΣΤΕΡΕΣ ΣΑΚΧΑΡΩΝ, ΦΥΤΙΚΑ ΕΛΑΙΑ ΚΑΙ ΚΥΤΤΑΡΙΝΗ	ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΠΡΙΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑ ΤΗ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ.ΠΑΡΑΤΕΙΝΕΙ ΤΗΝ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ	ΕΜΒΑΠΤΙΣΗ , ΜΟΥΣΚΕΜΑ Ή ΨΕΚΑΣΜΟΣ
<b>WIKI FOODS</b>	WIKI PEARL	ΕΔΩΔΙΜΟ-ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΤΙΚΗ ΗΛΕΚΤΡΟΣΤΑΤΙΚΗ ΓΕΛΗ(ΜΕ ΚΑΙ ΧΩΡΙΣ ΓΕΥΣΗ)	ΜΕΤΑΦΟΡΑ, ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΕΙΔΩΝ	N/M*
<b>BASF</b>	FRESH SEAL	ΠΑΡΑΤΕΙΝΕΙ ΤΗΝ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ ΠΑΡΑΓΕΤΑΙ ΑΠΟ ΕΓΚΕΚΡΙΜΕΝΑ ΥΛΙΚΑ ΑΠΟ ΤΟΝ FDA	ΜΕΤΑΣΥΛΛΕΚΤΙΚΗ ΣΕ: ΠΕΠΟΝΙΑ,ΜΕΛΙΤΩΜΑΤΑ,ΑΝΑΝΑΔΕΣ,ΜΑΝΓΚΟ,ΑΒΟΚΑΝΤΟ	N/M
<b>IMPROVEAT</b>	BIOCHEESECOAT	ΠΑΡΑΤΕΙΝΕΙ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ,ΑΝΑΣΤΕΛΛΕΙ ΒΑΚΤΗΡΙΑ ΚΑΙ ΜΥΚΗΤΕΣ, ΑΠΟΤΡΕΠΕΙ ΑΠΩΛΕΙΑ ΝΕΡΟΥ	ΤΥΡΙ	N/M
<b>CARAGUM INTERNATIONAL</b>	FIBRECOAT SPRAY	ΈΝΑ ΦΥΣΙΚΟ ΦΙΛΜΟΓΟΝΟ ΕΜΠΟΔΙΟ, ΕΠΙΤΡΕΠΕΙ ΤΗ ΜΕΙΩΣΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ ΛΙΠΙΔΙΩΝ	ΤΗΓΑΝΗΤΑ ΠΑΝΑΡΙΣΜΕΝΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ	ΨΕΚΑΣΜΟΣ
<b>MANTROSE HAEUSER CO.,INC.</b>	CRYSTALAC	ΦΥΣΙΚΟ ΓΛΑΣΟ ΓΙΑ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ ΖΩΗΣ ΚΑΙ ΤΟΥΣ ΛΙΠΩΔΕΙΣ ΦΡΑΓΜΟΥΣ	ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΖΑΧΑΡΟΠΛΑΣΤΙΚΗΣ	N/M
<b>FRUITSYMBOIOSE INC.</b>	PURBLOOM	ΑΧΡΩΜΗ ΚΑΙ ΑΓΕΥΣΤΗ ΒΡΩΣΙΜΗ ΜΙΚΡΟΕΠΙΚΑΛΥΨΗ ΠΟΥ ΠΕΡΙΕΧΕΙ ΕΚΧΥΛΙΣΜΑ ΦΥΚΙΩΝ ΓΙΑ ΝΑ ΠΡΟΣΦΕΡΕΙ ΠΑΡΑΤΑΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ ΖΩΗΣ	ΦΡΕΣΚΑ ΚΟΜΜΕΝΑ ΛΑΧΑΝΙΚΑ ΚΑΙ ΦΡΟΥΤΑ	N/M

\*N/M : Not mentioned



### 3.2 ΚΑΙΝΟΤΟΜΕΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΕΔΩΔΙΜΩΝ ΜΕΜΒΡΑΝΩΝ

Το γεγονός ότι η καινοτομία αυτή έχει βρεθεί πως καλύπτει αρκετές από τις απαιτήσεις του καταναλωτικού κοινού, οδήγησε τις βιομηχανίες παραγωγής βρώσιμων επικαλύψεων να ενδιαφερθούν για την ανάπτυξή τους. Το μέλλον της παραγωγής εδώδιμων συσκευασιών παρουσιάζεται πολλά υποσχόμενο. Με την πάροδο των χρόνων και με τη γνωστοποίηση των ευεργετικών τους ιδιοτήτων στο ευρύ κοινό η καινοτομία αυτή εξελίσσεται και γίνεται αποδεκτή από το καταναλωτικό κοινό και τις βιομηχανίες παραγωγής συσκευασιών τροφίμων.

Τα τελευταία 5 χρόνια, η αγορά της εδώδιμης συσκευασίας παρουσίασε μεγάλη ανάπτυξη. Πρόσφατα, το ενδιαφέρον των εταιρειών παραγωγής εδώδιμων μεμβρανών έχει στραφεί στην ανάπτυξη μεμβρανών με αντιμικροβιακές ιδιότητες. Το γεγονός ότι τα τελευταία χρόνια πολλές μικροβιακές επιδημίες έχουν ξεσπάσει, γίνεται αναζήτηση τροφίμων με αντιμικροβιακές ιδιότητες. Έτσι, το γεγονός ότι οι εδώδιμες μεμβράνες θεωρούνται μέρος της τροφής, έκανε τις βιομηχανίες παρασκευής εδώδιμων συσκευασιών να βρουν λύση στο πρόβλημα αυτό. Πραγματοποιήθηκαν σχετικές έρευνες για τις αντιμικροβιακές ιδιότητες που διαθέτουν κάποια συστατικά τα οποία είναι ικανά να χρησιμοποιηθούν στην εδώδιμη συσκευασία αναστέλλοντας τη μικροβιακή ανάπτυξη στα τρόφιμα, φροντίζοντας η φρεσκότητα να παραμένει σταθερή. Επομένως, ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει δημιουργηθεί για την ανάπτυξη νέων αποτελεσματικών και μη τοξικών αντιμικροβιακών ενώσεων για την προστασία τόσο του τροφίμου από μολύνσεις όσο και του καταναλωτή (Salgado et al. 2015).

Για την ενίσχυση της ασφάλειας τροφίμων και τη μείωση της αλλοίωσης του τροφίμου, οι αντιμικροβιακές εδώδιμες μεμβράνες μπορούν να δράσουν αποτελεσματικά στον έλεγχο των μικροοργανισμών που μεταδίδονται και αλλοιώνουν τα τρόφιμα. Είναι σύνηθες να χρησιμοποιούνται λόγω της αντιμικροβιακής τους δράσης και ως φυσικά μέσα συντήρησης των τροφίμων. Η αντιμικροβιακή δράση οφείλεται σε ένα αριθμό τερπενοειδών και φαινολικών ενώσεων που περιέχουν κάποια συστατικά που προστίθενται στις μεμβράνες. Οι φαινολικές ενώσεις σε καθαρή μορφή προσφέρουν επιπλέον αντιβακτηριακή ή αντιμυκητιακή δράση. (Du et al. 2011).

Στις περισσότερες έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί, τα αποτελέσματα ήταν θετικά για τη χρήση των εδώδιμων μεμβρανών, διότι φάνηκε η θετική τους επίδραση στην φρεσκότητα, την διατήρηση της ποιότητας και την διάρκεια ζωής των προϊόντων. Πολλά βρώσιμα πολυμερή υλικά, χρησιμοποιούνται για την παραγωγή βρώσιμων συσκευασιών όπως η πρωτεΐνη σόγιας, πρωτεΐνη του ορού γάλακτος, άμυλο ή κερί. Επιπλέον, πραγματοποιούνται έρευνες για μεμβράνες παρασκευασμένες από συνδυασμό των υλικών αυτών. Τα τελευταία χρόνια διενεργούνται πειράματα με σκοπό να αξιοποιηθούν πλήρως οι ευεργετικές ιδιότητες των συστατικών των βρώσιμων μεμβρανών (Yb and Manjula 2019).

Για τις βιομηχανίες συσκευασίας εδώδιμων μεμβρανών, αποτελεί πρόκληση ο συνδυασμός προηγμένων τεχνολογιών, όπως είναι η επεξεργασία υψηλής πίεσης, η επεξεργασία παλμικού ηλεκτρικού πεδίου, η επεξεργασία υπερήχων, η ακτινοβολία μικροκυμάτων και η ακτινοβολία γ. Κάτι ακόμη που θα πρέπει να διερευνηθεί είναι η ασφάλεια και οι αντιδράσεις σύνθετων βρώσιμων

επικαλύψεων με εγγενή ένζυμα και μεταβολίτες ορισμένων προϊόντων διατροφής που μπορεί να επηρεάσουν την ασφάλεια των τροφίμων (Yb and Manjula 2019).

Πολλές ερευνητικές μελέτες έχουν διενεργηθεί για την ενσωμάτωση βιοδραστικών και θρεπτικών ουσιών. Πρόκληση αποτελεί ο σχεδιασμός τους, η καταλληλότητα τους και η σωστή εφαρμογή τους στα τρόφιμα. Η ανάπτυξη της νανοτεχνολογίας παίζει σημαντικό ρόλο στην τεχνολογία της εδώδιμης συσκευασίας, καθώς είναι απαραίτητη για την δημιουργία ασφαλών βρώσιμων επικαλύψεων. Αν και η έρευνα σε αυτόν τον τομέα είναι ακόμη σε πρώιμο στάδιο, στο μέλλον προβλέπεται ότι η νανοτεχνολογία θα αξιοποιηθεί πλήρως για να εξελίσσοντας τη βιομηχανία εδώδιμων μεμβρανών. Κρίνεται λοιπόν, αναγκαία η έρευνα στον τομέα αυτόν, προκειμένου να υπερκεραστούν δυσκολίες στην παρασκευή βρώσιμων μεμβρανών. Η χρήση της νανοτεχνολογίας θεωρείται πολύ βοηθητική καθώς επιτρέπει τον σωστό σχεδιασμό των βρώσιμων μεμβρανών και επικαλύψεων προσφέροντας σημαντικά οφέλη στις συσκευασίες αυτές (Trajkovska Petkoska et al. 2021).

Μελλοντική έρευνα θα συμβάλει στην ανάπτυξη αυτής της καινοτομίας, στην εφαρμογή της και στην βελτιστοποίηση της. Γίνονται πολλές συζητήσεις για την ασφάλεια που παρέχουν στην ανθρώπινη υγεία μετά την κατανάλωσή τους, ιδιαίτερα όταν περιέχονται νανοβιοσύνθετα. Αυτό είναι ένα ζήτημα που θα απασχολήσει πολύ τις επόμενες έρευνες που πρόκειται να πραγματοποιηθούν με κεντρικό ζήτημα τις εδώδιμες μεμβράνες. Επιπλέον, στη μελλοντική ανάπτυξη των βρώσιμων συσκευασιών αναμένεται να είναι οι συσκευασίες έξυπνου σχεδιασμού. Η έρευνα θα πρέπει να είναι επικεντρωμένη στις ικανότητες των εδώδιμων επικαλύψεων να συγκρατούν ή να απελευθερώνουν βιολογικά, ενεργά συστατικά, τις χημικές αλλαγές που συμβαίνουν σε μοριακό επίπεδο με τη χρήση σύνθετων, βρώσιμων επικαλύψεων (Trajkovska Petkoska et al. 2021).

### 3.3 Η ΑΝΤΙΛΗΨΗ ΚΑΙ Η ΑΠΟΔΟΧΗ ΤΟΥ ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΙΚΟΥ ΚΟΙΝΟΥ

Γενικά, κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού και της ανάπτυξης για εμπορευματοποίηση ενός προϊόντος, μια από τις πιο σημαντικές παραμέτρους που πρέπει να ληφθεί υπόψη, αν όχι η πιο σημαντική, είναι η οικονομική σκοπιμότητα. Στην προκειμένη περίπτωση, παρόλο που οι εδώδιμες μεμβράνες αποτελούν εξαιρετική εναλλακτική λύση έναντι της συμβατικής συσκευασίας, αυτό που έχει εν τέλει σημασία είναι η αποδοχή της τεχνολογίας αυτής από τον καταναλωτή που σχετίζεται με το οικονομικό κέρδος και της βιομηχανίες και του ίδιου του καταναλωτή. Τα τελευταία χρόνια έχουν διερευνηθεί οικονομικές πηγές βιοπολυμερών με σκοπό την παραγωγή εδώδιμων μεμβρανών ικανών να ανταγωνιστούν οικονομικά τις συμβατικές. Η αύξηση της έρευνας των βιοπολυμερών για καταναλωτικούς και βιομηχανικούς σκοπούς αποδίδεται σε τρεις λόγους: οικονομικό κέρδος, δημόσια αποδοχή και νομοθεσία (Aldred Cheek and Wansink 2017).

Τα βιοπολυμερή που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή εδώδιμων μεμβρανών μπορούν να ληφθούν από αγροτικά απόβλητα και πρώτες ύλες. Για παράδειγμα, ως πολυσακχαρίτες χρησιμοποιούνται η πηκτίνη και το άμυλο, πρωτεΐνη λαμβάνεται από ζελατίνη ιχθυηρών και χοίρου και ως λιπίδια χρησιμοποιούνται τα αιθέρια έλαια. Επομένως, η ζήτηση του καταναλωτή για πιο ασφαλή και υγιεινά τρόφιμα καλύπτεται με τη χρήση των βιοπολυμερών με σκοπό την παραγωγή

της εδώδιμης συσκευασίας.

Στις μέρες μας, η σχέση μεταξύ των διατροφικών συνηθειών και ανθρώπινης υγείας προωθεί την αγορά τροφίμων που περιέχουν προβιοτικούς μικροοργανισμούς ενθαρρύνοντας έτσι τους vegan καταναλωτές κι εκείνους που έχουν δυσανεξία στη λακτόζη να προτιμήσουν την καινοτόμο αυτή συσκευασία. Ο ρόλος της νομοθεσίας έρχεται σε αυτό το σημείο με τους Κανονισμούς που έχει θεσπίσει και αφορούν στα στάδια παραγωγής της τελικής συσκευασίας, καθώς συνδέεται στενά με την αποδοχή του καταναλωτή. Μέσω των Κανονισμών, ενημερώνεται και πληροφορείται ο καταναλωτής για τη σύνθεση και τη λειτουργία του φιλμ και καθορίζει την ανάγκη ότι τα συστατικά πρέπει να είναι βρώσιμα και βιοαποικοδομήσιμα. Η βιοαποικοδόμηση έχει θετικό αντίκτυπο, εκτός από το περιβάλλον, και στην αποδοχή του κοινού, εφόσον τα πλαστικά απορρίμματα αντιπροσωπεύουν τεράστιο πρόβλημα σε όλο τον κόσμο. Η ανακύκλωση δεν είναι μια ενιαία λύση, καθώς στην πραγματικότητα λιγότερο από το 5% των πλαστικών απορριμμάτων ανακυκλώνεται και το υπόλοιπο 95% παραμένει ως απόβλητο στο περιβάλλον, κάτι το οποίο απαιτεί χρόνια ώστε να αποσυντεθεί ολοκληρωτικά. Έτσι, οι καταναλωτές αποδέχονται ότι οι εδώδιμες μεμβράνες μπορούν να συνεισφέρουν στη μείωση αυτού του προβλήματος (Aldred Cheek and Wansink 2017).

Γενικά, είναι προφανές ότι η εμπορική επιτυχία της εδώδιμης συσκευασίας εξαρτάται από τις οργανοληπτικές ιδιότητες, την ασφάλεια και το marketing. Οι οργανοληπτικές ιδιότητες μπορεί να περιλαμβάνουν ευχάριστη γεύση, οργανοληπτική συμβατότητα με επικαλυμμένα ή συσκευασμένα τρόφιμα, υφή και εμφάνιση. Από την άλλη, τα θέματα ασφάλειας σχετίζονται με τη τοξικότητα ή αλλεργιογένεση των εδώδιμων υλικών που σχηματίζουν φιλμ και τη μικροβιακή αλλοίωση των συσκευασμένων/επικαλυμμένων τροφίμων. Τέλος, οι παράγοντες marketing περιλαμβάνουν την τιμή των τελικών προϊόντων, την απροθυμία του καταναλωτή να χρησιμοποιήσει αυτά νέα υλικά και την προθυμία του να ακολουθήσει τους Κανονισμούς, την κατανάλωση των συσκευασμένων ή επικαλυμμένων τροφίμων καθώς και την απόρριψη ή αποδοχή των υλικών που χρησιμοποιούνται ορισμένα ως απόβλητα (Han 2014).

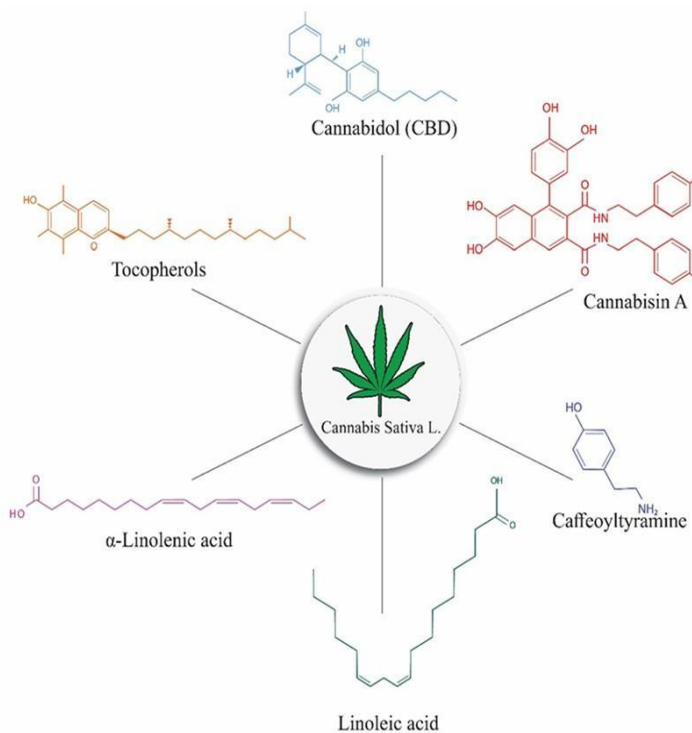
### 3.4 ΚΑΙΝΟΤΟΜΕΣ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΤΗΣ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

Ανάμεσα στις μελλοντικές μελέτες που θα πραγματοποιηθούν, προτείνεται η χρήση του σπόρου κάνναβης υπό τη μορφή ελαίου. Γενικά, ο σπόρος κάνναβης θεωρείται superfood αναφορικά με το διατροφικό προφίλ του. Επίσης, διαθέτει αντιοξειδωτική ικανότητα και δρα ως ρυθμιστής, σταθεροποιητής, ενισχυτής και προστατευτικό από αρκετές παθήσεις. Προτείνεται και η παραγωγή εδώδιμων συσκευασιών από έλαιο πυρήνα φρούτων. Συγκεκριμένα, το βερίκοκο, σε συνδυασμό με τα θρεπτικά συστατικά του, παρουσιάζει διάφορα οφέλη για τον ανθρώπινο οργανισμό. Επομένως, τα δύο αυτά υλικά αποτελούν καινοτόμες προτάσεις στην ανάπτυξη των εδώδιμων συσκευασιών.

#### 3.4.1 ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΣ ΕΔΩΔΙΜΩΝ ΜΕΜΒΡΑΝΩΝ ΜΕ ΕΛΑΙΟ ΚΑΝΝΑΒΗΣ

Ο όρος κάνναβη (*Cannabis sativa L.*) αναφέρεται στο γένος του φυτού που την παράγει και περιγράφει το ακατέργαστο φαρμακευτικό προϊόν που απομονώνεται από τα φύλλα και τα άνθη. Είναι ποώδης ανθοφόρο φυτό που ανήκει στην οικογένεια των *Cannabinaceae* και αναφέρεται

κυρίως ως «*Cannabis sativa*» και «*Cannabis indica*» ή σπάνια «*Cannabis ruderalis*». Αρχικά προοριζόταν για φάρμακο που καταναλώνεται από το στόμα. Η κάνναβη περιέχει πάνω από 100 ενεργές χημικές ενώσεις γνωστές ως «κανναβινοειδή» (Εικόνα 3.3) με το πιο ψυχοδραστικό από αυτά να είναι το D-9THC (King 2019).



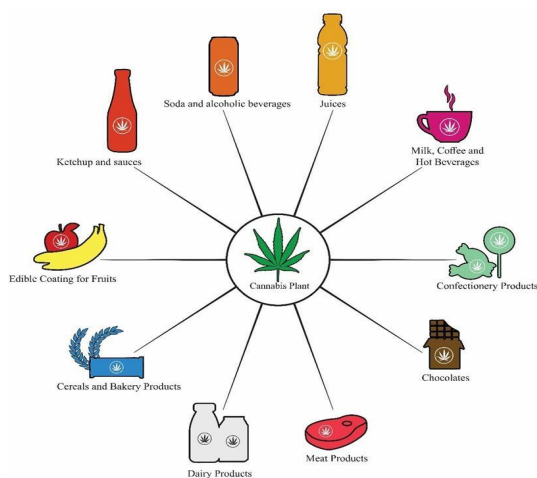
**Εικόνα 3.3:** Δομικά συστατικά της κάνναβης

Η αρχική της χρήση εφαρμόστηκε για την ποιοτική αναβάθμιση των ζωικών προϊόντων διατροφής (π.χ κρέας, αυγά), ενώ αργότερα χρησιμοποιήθηκε για τον άμεσο εμπλουτισμό τροφίμων όπως συνέβη με τα προϊόντα αρτοποιίας. Η κάνναβη, θεωρείται διατροφικά μια πλήρης πηγή θρεπτικών συστατικών. Είναι εφικτό να καταναλωθεί ως ολόκληρος αποφλοιωμένος σπόρος ή ξεφλουδισμένος πυρήνας κάνναβης. Επίσης μπορούν να καταναλωθούν και τα υποπροϊόντα της, όπως το λάδι κάνναβης, το αλεύρι κάνναβης και η σκόνη πρωτεΐνης. Συνήθως περιέχονται 25-35% λιπίδια, 20-25% εύπεπτες και πλούσιες σε βασικά αμινοξέα πρωτεΐνες και υδατάνθρακες 20-30% που μεγάλο τους μέρος αποτελείται από αδιάλυτες διαιτητικές ίνες, μέταλλα και βιταμίνες. Επιπλέον, η κάνναβη διαθέτει αντιοξειδωτικές ιδιότητες και βιοενεργά συστατικά, όπως πεπτίδια, φαινολικές ενώσεις, τοκοφερόλες, καροτενοειδή και φυτοστερόλες. Τα συστατικά αυτά σε συνδυασμό με την θρεπτική αξία που προσδίδει η κάνναβη στον ανθρώπινο οργανισμό, σχετίζονται με τις λειτουργικές της ιδιότητες. Οι περιεκτικότητες τους εξαρτώνται από περιβαλλοντικούς παράγοντες και σε μικρότερο βαθμό από τη γενετική μεταβλητότητα. Οι ενώσεις αυτές έχουν αντιφλεγμονώδεις, αντιοξειδωτικές και νευροπροστατευτικές δράσεις (Farinon et al. 2020). Επιπλέον, στις ευεργετικές της ιδιότητες συγκαταλέγονται η αντιμετώπιση των ακόλουθων προβλημάτων υγείας (Iftikhar et al. 2021):

- Καρδιαγγειακά προβλήματα
- Καρκίνο
- Διαταραχές του Κεντρικού Νευρικού Συστήματος

- Ρευματοειδή αρθρίτιδα
- Δερματίτιδα και Δερματικές Διαταραχές
- Διαταραχές Ύπνου και Ψυχική Υγεία

Λόγω όλων αυτών των πλεονεκτημάτων που έχουν ανακαλυφθεί ότι προσφέρουν στον ανθρώπινο οργανισμό, η κάνναβη έχει γίνει σημαντικό προϊόν στη βιομηχανία τροφίμων. Όλο και περισσότερα προϊόντα αυτά αναγνωρίζονται ως ευεργετικά. Έχει δημιουργηθεί μια μεγάλη ποικιλία προϊόντων εμπλουτισμένων με κάνναβη, όπως για παράδειγμα τσάι, καφές, γλειφιτζούρια, καραμέλες, μπισκότα, βοδινό κρέας και άλλα πολλά. Επιπλέον προϊόντα που πρόσφατα άρχισαν να παράγονται και περιέχουν κάνναβη είναι η μπίρα, το κρασί, το γάλα, τα αναψυκτικά με βάση το κριθάρι και το μέλι (**Εικόνα 3.4**). (Rasera, Ohara, and de Castro 2021).



**Εικόνα 3.4:** Εμπορικά διαθέσιμα προϊόντα εμπλουτισμένα με κάνναβη

Συγκεκριμένα, το έλαιο κάνναβης είναι μια επιλογή για χορτοφάγους και vegans. Περιέχει πρωτεΐνες υψηλής βιολογικής και διατροφικής αξίας μιας και περιλαμβάνει μια αλληλουχία 20 βασικών αμινοξέων. Αποτελεί την πιο πλούσια πηγή ωμέγα 3 και ωμέγα 6 λιπαρών οξέων. Η περιεκτικότητα του ελαίου κάνναβης σε κορεσμένα λιπαρά οξέα είναι λιγότερο από 5%. Έχει αναφερθεί ότι το έλαιο κάνναβης προσφέρει προστασία από φλεγμονές, προστατεύει το καρδιαγγειακό σύστημα, ενισχύει το ανοσοποιητικό σύστημα και τέλος δρα καταπραϋντικά σε ασθένειες του δέρματος, όπως έκζεμα, ακμή, ψωρίαση. Τέλος, διευκολύνει την πέψη. Η αυξημένη, όμως, χρήση της ημερησίως δεν συνιστάται, ιδιαίτερα από άτομα που έχουν ιστορικό κολίτιδας ή στεφανιαίας νόσου (Farinon et al. 2020).

Το έλαιο κάνναβης εξάγεται με τις παρακάτω μεθόδους (says 2019):

1. Η πιο οικονομική και φιλική μέθοδος προς τον χρήστη είναι η μέθοδος Soxhlet.
2. Η επόμενη μέθοδος που χρησιμοποιείται είναι η διαδικασία διήθησης που βασίζεται στην έκπλυση.
3. Άλλη μια μέθοδος είναι η Ultrasonication (ULT) η οποία βασίζεται στις συχνότητες

υπερήχων (>20kHz). Το πλεονέκτημα με τη διαδικασία αυτή είναι ο μικρός χρόνος εκχύλισης λόγω της διπλής επίδρασης του φυσικού και χημικού διαχωρισμού.

4. Η πυρόλυση είναι μια μέθοδος αποσύνθεσης για την παραγωγή βιοελαίου. Απαιτεί αδρανή ατμόσφαιρα και η εφαρμογή αυτή είναι η λιγότερο διαδεδομένη για την εξαγωγή ελαίου κάνναβης.

Όπως φαίνεται, οι ιδιότητες της κάνναβης, καθώς και του ελαίου που εξάγεται από τον σπόρο της, αποτελούν χαρακτηριστικό των εδώδιμων μεμβρανών και συσκευασιών. Η εφαρμογή αυτή στο μέλλον θα δημιουργήσει θετικό αντίκτυπο σε διάφορους τομείς. Γενικά, η χρήση του ελαίου κάνναβης αποτελεί μια πρόκληση για την βιομηχανία τροφίμων, διότι είναι ένα έλαιο με πικρή γεύση και ως προς το ιξώδες και την συνοχή του έχει όψη πίσσας. (Ciolino, Ranieri, and Taylor 2018).

#### 3.4.2 ΕΔΩΔΙΜΕΣ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΕΣ ΑΠΟ ΠΥΡΗΝΕΣ ΦΡΟΥΤΩΝ

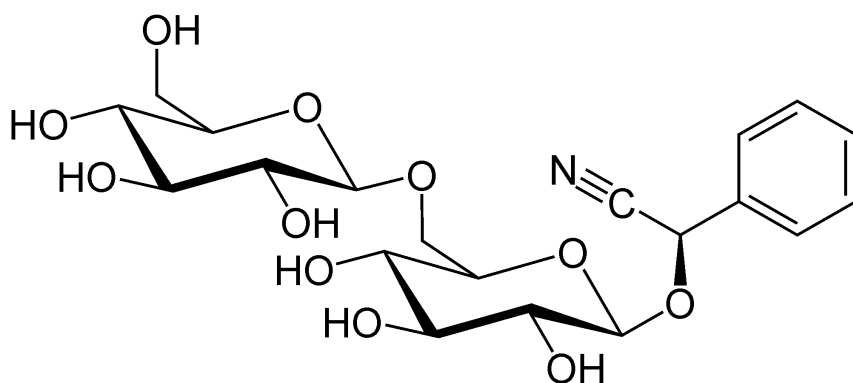
Οι πυρήνες των φρούτων είναι ιδανικοί για την παραγωγή των εδώδιμων συσκευασιών, λόγω των αντικαρκινικών, αντιοξειδωτικών και αντιγηραντικών ιδιοτήτων τους. Τα τελευταία χρόνια, έχουν παρασκευαστεί επικαλύψεις προερχόμενες από πυρήνα μάνγκο, οι οποίες φέρουν παρόμοιες ιδιότητες με των επικαλύψεων που παρασκευάζονται από άμυλο καλαμποκιού. Λόγω των ιδιοτήτων που προαναφέρθηκαν, θα ήταν επιθυμητό να γίνουν περαιτέρω έρευνες για την ανάπτυξη μεμβρανών κατασκευασμένων από εκχυλίσματα πυρήνων ποικιλίας φρούτων. Μερικά από αυτά τα φρούτα θα μπορούσαν να είναι εκχυλίσματα από πυρήνες βερίκοκου, ροδάκινου και αβοκάντο.

Ο πυρήνας που προέρχεται από το βερίκοκο (**Εικόνα 3.5**) είναι χρήσιμος στην ανθρώπινη διατροφή, καθώς συμβάλλει στην καταπολέμηση ασθενειών, όπως για παράδειγμα του καρκίνου. Στην Κινέζικη παράδοση, χρησιμοποιούσαν τους πυρήνες για την αντιμετώπιση του άσθματος, της βρογχίτιδας, της δυσκοιλιότητας, της ναυτίας και της λέπρας. Η υψηλή περιεκτικότητά τους σε πρωτεΐνες, έκανε τους πυρήνες αυτούς να αντιμετωπίζονται ως ένα ασφαλές συστατικό για την ενσωμάτωσή τους σε προϊόντα διατροφής. Ο πυρήνας του βερίκοκου είναι είτε γλυκός, είτε πικρός. Αποτελεί περίπου το 34% του σπόρου, αντιπροσωπεύει περίπου το 15% του καρπού και θεωρείται χρήσιμο υποπροϊόν. Οι γλυκοί πυρήνες καταναλώνονται απευθείας ως πηγή λαδιού, πρωτεΐνης και ινών και ως υποκατάστατο του αμυγδαλού σε αποξηραμένη κατάσταση για την πρόσδεση γεύσης. Επιπλέον, χρησιμοποιούνται για την παραγωγή καλλυντικών, βενζαλδεΰδης, ελαίων, ενεργού άνθρακα και αρωμάτων (Tareen et al. 2021). Επιπλέον, οι σπόροι του, όπως και το ίδιο το υπόλοιπο μέρος του φρούτου, εμφανίζουν πολλές ιδιότητες, όπως αντιοξειδωτικές, αντιμικροβιακές, αντικαρκινικές και αντιφλεγμονώδεις (Fратиanni et al. 2018).



**Εικόνα 3.6:** Βερίκοκο με τον πυρήνα του

Το έλαιο από τους σπόρους του γένους *Prunus* περιέχει υψηλές περιεκτικότητες μονοακόρεστου ελαϊκού οξέος (60–70,9%), μέτρια περιεκτικότητα σε λινολεϊκό οξύ (20-30%) και χαμηλές ποσότητες κορεσμένων λιπαρών οξέων, όπως για παράδειγμα, παλμιτικό οξύ (4,0-4,5%) και στεατικό οξύ (1-1,24%). Δευτερεύοντα λιπαρά οξέα που περιέχονται είναι το λινολενικό οξύ (0,08-0,13%), το αραχιδικό οξύ (0,10-0,12%) και το εικοσενοϊκό οξύ (0,11%). Το έλαιο από τον πυρήνα, καθώς και η αμυγδαλίνη (**Εικόνα 3.6**) η οποία περιέχεται από αυτόν, συνταγογραφούνται από τους γιατρούς για την πρόληψη ασθενειών, όπως είναι ο καρκίνος του παχέος εντέρου. Επιπλέον, η αμυγδαλίνη χρησιμοποιείται τόσο στην εναλλακτική όσο και στην παραδοσιακή ιατρική για την πρόληψη και θεραπεία των ημικρανιών, του άσθματος, των φλεγμονών και της βρογχίτιδας, της λέπρας, του διαβήτη, του καρκίνου του παχέος εντέρου καθώς και της λεύκης. Τέλος, έχει βρεθεί πως το έλαιο που προέρχεται από τον πυρήνα του βερίκοκου, και λαμβάνεται με ψυχρή έκθλιψη και εκχύλιση, διαθέτει υψηλή ποσότητα βιοδραστικών στοιχείων (Dimitrov et al. 2021; Pavlonić et al. 2018).



**Εικόνα 3.6:** Η δομή της αμυγδαλίνης

Μια καλή πηγή βρώσιμου ελαίου προερχόμενο από τον πυρήνα των βερίκοκων, είναι ο πυρήνας του άγριου βερίκοκου ο οποίος περιέχει υψηλά ακόρεστα λιπαρά οξέα. Επιπλέον, το βερυκοκέλαιο χρησιμοποιείται και ως υποκατάστατο του αμυγδαλέλαιου. Το έλαιο των πυρήνων εξάγεται με διάφορες μεθόδους όπως η χειροκίνητη λείανση και συμπίεση, πρέσα λαδιού, εκχύλιση διαλυτών και εξώθηση λαδιού (Bisht et al. 2015).

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σήμερα, η ανάπτυξη των εδώδιμων συσκευασιών στην Τεχνολογία της Συσκευασίας Τροφίμων αποτελεί επιτακτική ανάγκη δεδομένων των πλεονεκτημάτων που προσφέρουν σε διάφορους τομείς. Έχοντας ως γνώμονα την παραπάνω διαπίστωση, μέσω της παρούσας πτυχιακής εργασίας πραγματοποιήθηκε μελέτη που αφορά στους λόγους για τους οποίους θεωρείται σημαντική η καινοτομία αυτή.

Αρχικά, τα υλικά από τα οποία παράγονται οι εδώδιμες μεμβράνες και επικαλύψεις αποτελούν χαρακτηριστικό των εν λόγω συσκευασιών. Χρησιμοποιούνται βιοδιασπώμενα, ανακυκλώσιμα και υλικά που έχουν ήδη χρησιμοποιηθεί, όπως είναι ορισμένα απόβλητα. Επίσης, η ενσωμάτωση ουσιών (αντιοξειδωτικές ουσίες, πλαστικοποιητές) στη δομή των συσκευασιών προσφέρει ιδιότητες ωφέλιμες για τον ανθρώπινο οργανισμό καθώς και για το ίδιο το προϊόν, όπως είναι η αυξημένη διάρκεια ζωής. Για την επαλήθευση των παραπάνω, έχουν μελετηθεί από τις συγγραφείς της εργασίας, πειράματα και προσπάθειες για την ανάπτυξη εδώδιμων μεμβρανών και επικαλύψεων από ποικίλα υλικά και τα αποτελέσματα ήταν τα προαναφερθέντα. Αξίζει να σημειωθούν ιδιαίτερα η παραγωγή μεμβράνης από φυτικό έλαιο και πρωτεΐνες αυγού για την αντικατάσταση της πλαστικής συσκευασίας σε προϊόντα γλυκών η οποία αποφεύγει τη χρήση συντηρητικών δίχως να επηρεάζεται η ποιότητα των τροφίμων. Ως γνωστόν, παράγονται εδώδιμες συσκευασίες από φρούτα. Αξιοσημείωτο είναι όμως το γεγονός ότι αναπτύχθηκαν, από φύλλα μουριάς, επικαλύψεις με αυξημένη αντιοξειδωτική ικανότητα.

Η παρούσα εργασία έχει σκοπό τη σύνοψη πληροφοριών σχετικά με τις εδώδιμες συσκευασίες και τα οφέλη τους, ώστε μελλοντικά να ενημερώνει το καταναλωτικό κοινό σχετικά με τη χρήση τους. Επιπλέον, αναφέρονται προτάσεις για μελλοντική έρευνα της χρήσης κάνναβης και του πυρήνα του φρούτου βερίκοκου στις εδώδιμες μεμβράνες και επικαλύψεις.



## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Beyza Ulusoy, Fatma Kaya Yıldırım, Canan Hecer 2018b. “Edible Films and Coatings: A Good Idea From Past to Future Technology.” *Journal of Food Technology Research* 5 (January): 28–33. <https://doi.org/10.18488/journal.58.2018.51.28.33>
- “5 Top Edible Packaging Startups Out Of 300.” 2019. StartUs Insights. April 4, 2019. <https://www.startus-insights.com/innovators-guide/5-top-edible-packaging-startups-out-of-300-in-packaging/>.
- “A Brief History of Packaging. Berger | PDF | Packaging And Labeling | Paperboard.” n.d. Scribd. Accessed February 8, 2022. <https://www.scribd.com/document/495865631/A-Brief-History-of-Packaging-Berger>.
- Abu Elella, Mahmoud H., Emad S. Goda, Mohamed A. Gab-Allah, Sang Eun Hong, Bidhan Pandit, Seungho Lee, Heba Gamal, Aafaq ur Rehman, and Kuk Ro Yoon. 2021. “Xanthan Gum-Derived Materials for Applications in Environment and Eco-Friendly Materials: A Review.” *Journal of Environmental Chemical Engineering* 9 (1): 104702. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104702>.
- “Active and Intelligent Packaging Substances | EFSA.” n.d. Accessed February 8, 2022. <https://www.efsa.europa.eu/en/topics/topic/active-and-intelligent-packaging-substance>.
- Aguirre-Joya, Jorge A., Miguel A. De Leon-Zapata, Olga B. Alvarez-Perez, Cristian Torres-León, Diana E. Nieto-Oropeza, Janeth M. Ventura-Sobrevilla, Miguel A. Aguilar, et al. 2018a. “Basic and Applied Concepts of Edible Packaging for Foods.” In *Food Packaging and Preservation*, 1–61. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811516-9.00001-4>.
- Albertos, I., A. B. Martin-Diana, M. Burón, and D. Rico. 2019. “Development of Functional Bio-Based Seaweed (*Himantalia Elongata* and *Palmaria Palmata*) Edible Films for Extending the Shelflife of Fresh Fish Burgers.” *Food Packaging and Shelf Life* 22 (December): 100382. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2019.100382>.
- Aldred Cheek, Kristin, and Brian Wansink. 2017. “Making It Part of the Package: Edible Packaging Is More Acceptable to Young Consumers When It Is Integrated With Food.” *Journal of Food Products Marketing* 23 (6): 723–32. <https://doi.org/10.1080/10454446.2017.1244793>.
- Al-Moghazy, Marwa, Hoda S. El-sayed, Heba H. Salama, and Ahmed A. Nada. 2021. “Edible Packaging Coating of Encapsulated Thyme Essential Oil in Liposomal Chitosan Emulsions to Improve the Shelf Life of Karish Cheese.” *Food Bioscience* 43 (October): 101230. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101230>.
- “Aloe Vera Gel, an Excellent Base Material for Edible Films and Coatings - ScienceDirect.” n.d.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092422442100460X>.

- Barbosa, Cássia H., Mariana A. Andrade, Fernanda Vilarinho, Ana Luísa Fernando, and Ana Sanches Silva. 2021. "Active Edible Packaging." *Encyclopedia* 1 (2): 360–70. <https://doi.org/10.3390/encyclopedia1020030>.
- Berk, Zeki. 2009. "Chapter 26 - Food Packaging." In *Food Process Engineering and Technology*, edited by Zeki Berk, 545–59. Food Science and Technology. San Diego: Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-373660-4.00026-0>.
- Bisht, Tejpal Singh, Satish Kumar Sharma, Ramesh Chandra Sati, Virendra Kumar Rao, Vijay Kumar Yadav, Anil Kumar Dixit, Ashok Kumar Sharma, and Chandra Shekhar Chopra. 2015. "Improvement of Efficiency of Oil Extraction from Wild Apricot Kernels by Using Enzymes." *Journal of Food Science and Technology* 52 (3): 1543–51. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1155-z>.
- Brody, Aaron, Betty Bugusu, H.H. Jung, Claire Sand, and Tara Mchugh. 2008. "Innovative Food Packaging Solutions. Scientific Status Summary." *J. Food Sci.* 73 (January): 1750–3841.
- Chawla, Rekha, S. Sivakumar, and Harsimran Kaur. 2021. "Antimicrobial Edible Films in Food Packaging: Current Scenario and Recent Nanotechnological Advancements- a Review." *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications* 2 (December): 100024. <https://doi.org/10.1016/j.carpta.2020.100024>.
- Ciolino, Laura A., Tracy L. Ranieri, and Allison M. Taylor. 2018. "Commercial Cannabis Consumer Products Part 1: GC–MS Qualitative Analysis of Cannabis Cannabinoids." *Forensic Science International* 289 (August): 429–37. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2018.05.032>.
- De Pilli, Teresa. 2020. "Development of a Vegetable Oil and Egg Proteins Edible Film to Replace Preservatives and Primary Packaging of Sweet Baked Goods." *Food Control* 114 (August): 107273. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107273>.
- Dimitrov, Martin, Ivan Iliev, Krum Bardarov, Dimitrina Georgieva, and Teodora Todorova. 2021. "Phytochemical Characterization and Biological Activity of Apricot Kernels' Extract in Yeast-Cell Based Tests and Hepatocellular and Colorectal Carcinoma Cell Lines." *Journal of Ethnopharmacology* 279 (October): 114333. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2021.114333>.
- Du, Wen-xian, Roberto Avena-Bustillos, Sui-Sheng Hua, and Tara Mchugh. 2011. "Antimicrobial Volatile Essential Oils in Edible Films for Food Safety." *Science Against Microbial Pathogens: Communicating Current Research and Technological Advances* 2

(January).

- Espitia, Paula Judith Pérez, Wen-Xian Du, Roberto de Jesús Avena-Bustillos, Nilda de Fátima Ferreira Soares, and Tara H. McHugh. 2014. “Edible Films from Pectin: Physical-Mechanical and Antimicrobial Properties - A Review.” *Food Hydrocolloids* 35 (March): 287–96. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.06.005>.
- Farinon, Barbara, Romina Molinari, Lara Costantini, and Nicolò Merendino. 2020. “The Seed of Industrial Hemp (*Cannabis Sativa* L.): Nutritional Quality and Potential Functionality for Human Health and Nutrition.” *Nutrients* 12 (7): 1935. <https://doi.org/10.3390/nu12071935>.
- Fратиanni, Florinda, Maria Neve Ombra, Antonio d’Acierno, Luigi Cipriano, and Filomena Nazzaro. 2018. “Apricots: Biochemistry and Functional Properties.” *Current Opinion in Food Science, Food Chemistry and Biochemistry \* Food Bioprocessing*, 19 (February): 23–29. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2017.12.006>.
- Galus, Sabina, Emine Aytunga Arik Kibar, Małgorzata Gniewosz, and Karolina Kraśniewska. 2020. “Novel Materials in the Preparation of Edible Films and Coatings—A Review.” *Coatings* 10 (7): 674. <https://doi.org/10.3390/coatings10070674>.
- Goswami, Bindu. 2019. “The Role of Food Packaging.” In , ICGCISM/AP-18.
- Iftikhar, Amna, Umaima Zafar, Waqar Ahmed, Muhammad Asim Shabbir, Aysha Sameen, Amna Sahar, Zuhaib F. Bhat, Przemysław Łukasz Kowalczewski, Maciej Jarzębski, and Rana Muhammad Aadil. 2021. “Applications of *Cannabis Sativa* L. in Food and Its Therapeutic Potential: From a Prohibited Drug to a Nutritional Supplement.” *Molecules* 26 (24): 7699. <https://doi.org/10.3390/molecules26247699>.
- Jeevahan, Jeya, Dr.M. Chandrasekaran, Durairaj R B, Mageshwaran Govindaraj, and G Britto. 2017. “A Brief Review on Edible Food Packaging Materials,” June.
- Kumar, Lokesh, Dakuri Ramakanth, Konala Akhila, and Kirtiraj K. Gaikwad. 2021. “Edible Films and Coatings for Food Packaging Applications: A Review.” *Environmental Chemistry Letters*, October. <https://doi.org/10.1007/s10311-021-01339-z>.
- Radev, Radoslav, and Sabka Pashova. 2020. “APPLICATION OF EDIBLE FILMS AND COATINGS FOR FRESH FRUIT AND VEGETABLES” 21 (August): 108–12.
- Ulusoy, Beyza, Fatma Kaya Yıldırım, and Canan Hecer. 2018a. “Edible Films and Coatings: A Good Idea From Past to Future Technology.” *Journal of Food Technology Research* 5 (January): 28–33. <https://doi.org/10.18488/journal.58.2018.51.28.33>.
- Yb, Bhagath and Manjula. 2019. “Influence of Composite Edible Coating Systems on

Preservation of Fresh Meat Cuts and Products: A Brief Review on Their Trends and Applications.” *International Food Research Journal* 26 (May): 377–92.

Zhao, Yuan, Bo Li, Cuicui Li, Yangfan Xu, Yi Luo, Dongwu Liang, and Chongxing Huang. 2021. “Comprehensive Review of Polysaccharide-Based Materials in Edible Packaging: A Sustainable Approach.” *Foods* 10 (8): 1845. <https://doi.org/10.3390/foods10081845>.

Zhou, Yue, Xuehui Wu, Jiahui Chen, and Junhua He. 2021. “Effects of Cinnamon Essential Oil on the Physical, Mechanical, Structural and Thermal Properties of Cassava Starch-Based Edible Films.” *International Journal of Biological Macromolecules* 184 (August): 574–83. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.06.067>.

Trajkovska Petkoska, Anka, Davor Daniloski, Nathan M. D’Cunha, Nenad Naumovski, and Anita T. Broach. 2021. “Edible Packaging: Sustainable Solutions and Novel Trends in Food Packaging.” *Food Research International* 140 (February): 109981. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109981>.

Susmitha, Aliyath, Keerthi Sasikumar, Devi Rajan, Arun Padmakumar M, and Kesavan Madhavan Nampoothiri. 2021. “Development and Characterization of Corn Starch-Gelatin Based Edible Films Incorporated with Mango and Pineapple for Active Packaging.” *Food Bioscience* 41 (June): 100977. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.100977>.

Tareen, Ajab Khan, Muhammad Anwar Panezai, Ashif Sajjad, Jahangir Khan Achakzai, Abdul Manan Kakar, and Nazima Yousaf Khan. 2021. “Comparative Analysis of Antioxidant Activity, Toxicity, and Mineral Composition of Kernel and Pomace of Apricot (*Prunus Armeniaca* L.) Grown in Balochistan, Pakistan.” *Saudi Journal of Biological Sciences* 2 (5): 2830–39. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.02.015>.

Suhag, Rajat, Nishant Kumar, Anka Trajkovska Petkoska, and Ashutosh Upadhyay. 2020. “Film Formation and Deposition Methods of Edible Coating on Food Products: A Review.” *Food Research International* 136 (October): 109582. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109582>.

Sothornvit, Rungsinee, and John M. Krochta. 2005. “23 - Plasticizers in Edible Films and Coatings.” In *Innovations in Food Packaging*, edited by Jung H. Han, 403–33. Food Science and Technology. London: Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-012311632-1/50055-3>.

Shroti, Gireesh Kumar, and Charanjiv Singh Saini. 2022. “Development of Edible Films from Protein of Brewer’s Spent Grain: Effect of PH and Protein Concentration on Physical, Mechanical and Barrier Properties of Films.” *Applied Food Research* 2 (1): 100043. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100043>.

- Shivangi, Sharma, Darshan Dorairaj, Pradeep Singh Negi, and Nandini P. Shetty. 2021. "Development and Characterisation of a Pectin-Based Edible Film That Contains Mulberry Leaf Extract and Its Bio-Active Components." *Food Hydrocolloids* 121 (December): 107046. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.107046>.
- Rasera, Gabriela Boscariol, Andre Ohara, and Ruann Janser Soares de Castro. 2021. "Innovative and Emerging Applications of Cannabis in Food and Beverage Products: From an Illicit Drug to a Potential Ingredient for Health Promotion." *Trends in Food Science & Technology* 115 (September): 31–41. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.06.035>.
- Robertson, Gordon L. 2019. "History of Food Packaging." In *Reference Module in Food Science*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.22535-3>.
- Saklani, Pooja, Siddhnath Kumar, Sambit Das, and Shiv Singh. 2019. "A Review of Edible Packaging for Foods." *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 8 (July): 2885–95. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.807.359>.
- Salgado, Pablo R, Cristian M Ortiz, Yanina S Musso, Luciana Di Giorgio, and Adriana N Mauri. 2015. "Edible Films and Coatings Containing Bioactives." *Current Opinion in Food Science, Food Engineering and Processing • Food Mycology*, 5 (October): 86–92. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2015.09.004>.
- Shaikh, Salman, Mudasar Yaqoob, and Poonam Aggarwal. 2021. "An Overview of Biodegradable Packaging in Food Industry." *Current Research in Food Science* 4 (January): 503–20. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2021.07.005>.
- Mkandawire, Martin, and Alberta NA Aryee. 2018. "Resurfacing and Modernization of Edible Packaging Material Technology." *Current Opinion in Food Science, Food Chemistry and Biochemistry \* Food Bioprocessing*, 19 (February): 104–12. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2018.03.010>.
- Mohamed, Salah A. A., Mohamed El-Sakhawy, and Mohamed Abdel-Monem El-Sakhawy. 2020. "Polysaccharides, Protein and Lipid -Based Natural Edible Films in Food Packaging: A Review." *Carbohydrate Polymers* 238 (June): 116178. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116178>.
- Mostafavi, Fatemeh Sadat, and Davood Zaeim. 2020. "Agar-Based Edible Films for Food Packaging Applications - A Review." *International Journal of Biological Macromolecules* 159 (September): 1165–76. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.05.123>.
- Nair, M. Sneha, Maharishi Tomar, Sneh Punia, Wirginia Kukula-Koch, and Manoj Kumar. 2020. "Enhancing the Functionality of Chitosan- and Alginate-Based Active Edible Coatings/Films for the Preservation of Fruits and Vegetables: A Review." *International Journal of Biological Macromolecules* 164 (December): 304–20. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.07.083>.

- Pacheco, Murilo Santos, Douglas Barbieri, Classius Ferreira da Silva, and Mariana Agostini de Moraes. 2021. "A Review on Orally Disintegrating Films (ODFs) Made from Natural Polymers Such as Pullulan, Maltodextrin, Starch, and Others." *International Journal of Biological Macromolecules* 178 (May): 504–13. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.02.180>.
- Pavlović, Nika, Senka Vidović, Jelena Vladić, Ljiljana Popović, Tihomir Moslavac, Snježana Jakobović, and Stela Jokić. 2018. "Recovery of Tocopherols, Amygdalin, and Fatty Acids From Apricot Kernel Oil: Cold Pressing Versus Supercritical Carbon Dioxide." *European Journal of Lipid Science and Technology* 120 (11): 1800043. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201800043>.
- King, Jerry W. 2019. "The Relationship between Cannabis/Hemp Use in Foods and Processing Methodology." *Current Opinion in Food Science, Cannabis Oil Extraction, Purification, Utilization - Innovations in Food Science \* Omics approaches for food analysis & authentication*, 28 (August): 32–40. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2019.04.007>.
- Gupta, R. K., and P. Dudeja. 2017. "Chapter 46 - Food Packaging." In *Food Safety in the 21st Century*, edited by Rajul Kumar Gupta, Dudeja, and Singh Minhas, 547–53. San Diego: Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801773-9.00046-7>.
- Han, Jung H. 2014. "Chapter 9 - Edible Films and Coatings: A Review." In *Innovations in Food Packaging (Second Edition)*, edited by Jung H. Han, 213–55. Food Science and Technology. San Diego: Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394601-0.00009-6>.
- Han, Jung H., and Gennadios Aristippos. 2005. "15 - Edible Films and Coatings: A Review." In *Innovations in Food Packaging*, edited by Jung H. Han, 239–62. Food Science and Technology. London: Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-012311632-1/50047-4>.
- Παπαδάκης Σπυρίδων Ε., «Συσκευασία τροφίμων», Εκδόσεις Τζιόλα, 2018
- Σφλώμος Κωνσταντίνος, Βαρζάκας Θεόδωρος, «Εισαγωγή στην Επιστήμη & την Τεχνολογία Τροφίμων», Εκδόσεις Νότα, 2017