



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Μέθοδοι και Διεργασίες για την αύξηση της διατηρησιμότητας  
Φρούτων και Λαχανικών  
Methods and processes for increasing the shelf life of fruits  
and vegetables**



ΑΛΙΜΠΕΡΤΗ ΜΑΡΙΑ /  
ALIMPERTI MARIA

ΣΤΥΛΙΑΝΑΚΗΣ ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ /  
STILIANAKIS EMMANOYIL

Εισηγητής καθηγητής  
ΜΠΡΑΤΑΚΟΣ ΣΩΤΗΡΙΟΣ / BRATAKOS SOTIRIOS  
ΑΙΓΑΛΕΩ / AIGALEO 2024

Έγινε δεκτή

Οι υπογράφοντες δηλώνουμε ότι έχουμε εξετάσει τη πτυχιακή εργασία με τίτλο **‘Μέθοδοι και Διεργασίες για την αύξηση της διατηρησιμότητας Φρούτων και Λαχανικών’** που παρουσιάστηκε από τους Αλιμπέρτη Μαρία και Στυλιανάκη Εμμανουήλ και βεβαιώνουμε ότι γίνεται δεκτή.

<b>Όνομα καθηγητή</b>	<b>Τίτλος</b>	<b>Υπογραφή</b>
<b>Μπρατάκος Σωτήριος</b>	<b>Μέλος Εργαστηριακού Διδακτικού Προσωπικού (ΕΔΙΠ)</b>	
<b>Τσιάκα Θάλεια</b>	<b>Επίκουρη Καθηγήτρια</b>	
<b>Κρίση Ευτυχία</b>	<b>Επίκουρη Καθηγήτρια</b>	

## Δήλωση περί λογοκλοπής / Copyright

Οι κάτωθι υπογράφωντες Αλιμπέρτη Μαρία του Ευθυμίου, με αριθμό μητρώου 17192 και Στυλιανάκη Εμμανουήλ του Γεωργίου, με αριθμό μητρώου 17100, φοιτητές του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Επιστήμης Τροφίμων του Τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων, δηλώνουμε υπεύθυνα ότι: «Είμαστε συγγραφείς αυτής της διπλωματικής 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 δηλούντες

Αλιμπέρτη Μαρία και Στυλιανάκης Εμμανουήλ



## Ευχαριστίες

Ευχαριστούμε θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή της πτυχιακής μας εργασίας κ. Μπρατάκο Σωτήριο, μέλος του Εργαστηριακού Διδακτικού Προσωπικού (ΕΔΙΠ), για την εμπιστοσύνη που μας έδειξε στην ανάθεση του θέματος, την επιστημονική καθοδήγησή του, τις πολύτιμες συμβουλές και τις ουσιαστικές παρατηρήσεις που μας παρείχε σε όλα τα στάδια. Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλουμε στην κ. Τσιάκα Θάλεια, επίκουρη καθηγήτρια και στην κ. Κρίση Ευτυχία, επίκουρη καθηγήτρια.

## Περίληψη

Αντικείμενο της παρούσας βιβλιογραφικής εργασίας αποτέλεσε αφενός η ανασκόπηση της βιβλιογραφίας σχετικά με τα είδη των αλλοιώσεων στις οποίες υπόκεινται τα φρούτα και τα λαχανικά, με βάση τις ιδιομορφίες τους ως μήτρες. Έγινε αναλυτική αναφορά κατά σειρά στις αλλοιώσεις φυσικής, μικροβιολογικής και χημικής προέλευσης. Στο δεύτερο σκέλος της εργασίας έγινε μια παρουσίαση με συστηματοποιημένο τρόπο των μεθόδων με τη χρήση των οποίων, είτε μεμονωμένοι καταναλωτές, είτε η βιομηχανία έχουν τη δυνατότητα να καταστείλουν τις αιτίες που προκαλούν τις προηγουμένως αναφερόμενες αλλοιώσεις κατά περίπτωση. Οι μέθοδοι παράτασης της ζωής των φρούτων και λαχανικών στο ράφι ομαδοποιήθηκαν ως: α) μέθοδοι εφαρμογής ή απαλοιφής θερμότητας, β) μέθοδοι απαλοιφής υγρασίας, γ) χρήση πρόσθετων, δ) ζυμώσεις, ε) χρήση ακτινοβολιών, στ) τεχνολογίες συσκευασίας, ενώ επίσης έγινε αναφορά στη σημασία των εφαρμογών της βιοτεχνολογίας. Στο τελευταίο σκέλος της εργασίας συζητήθηκαν παραδείγματα αλλοιώσεων και περιπτώσιακές εφαρμογές μεθόδων διατήρησης αντιπροσωπευτικών παραδειγμάτων φρούτων και λαχανικών, με στόχο την επιμήκυνση του χρόνου ζωής.

**Λέξεις κλειδιά:** διατήρηση φρούτων και λαχανικών, χρόνος ζωής φρούτων λαχανικών, αλλοιώσεις τροφίμων, επεξεργασία τροφίμων, μέθοδοι συντήρησης τροφίμων, θερμική επεξεργασία, συσκευασία τροφίμων, βιοτεχνολογία

## **Abstract**

The subject of this bibliographic work was, on the one hand, a literature review on the types of spoilage to which fruits and vegetables are subject, based on their characteristics as matrices. Spoilage types of physical, microbiological and chemical origin were presented in a systemized order. In the second part of the work, a systematic presentation was made of the methods by which either individual consumers or industry have the opportunity to suppress the sources that cause the previously mentioned spoilage on a case-by-case basis. The methods of extending the shelf life of fruits and vegetables were grouped as: a) methods of applying or removing heat, b) methods of moisture removal, c) use of additives, d) fermentation, e) use of radiation, f) packaging technologies; while reference was also made to the importance of biotechnology applications. In the last part of the work, spoilage cases and preservation methods applying to representative examples of fruits and vegetables were discussed, with the aim of prolonging fruits and vegetables shelf life.

**Keywords:** preservation of fruits and vegetables, shelf life of fruit and vegetables, food spoilage, food processing, food preservation methods, heat treatment, food packaging, biotechnology

# Περιεχόμενα

Περιεχόμενα.....	7
Κατάλογος εικόνων .....	11
Εισαγωγή.....	12
1. Αλλοιώσεις Φρούτων και Λαχανικών .....	14
1.1. Φυσική αλλοίωση.....	14
1.1.1. Υγρασία.....	14
1.1.2. Θερμοκρασία.....	15
1.1.3. Ανάπτυξη κρυστάλλων και κρυστάλλωση .....	16
1.2. Μικροβιακή αλλοίωση.....	16
1.2.1. Μικροοργανισμοί που εμπλέκονται στην αλλοίωση των φρούτων και λαχανικών .	17
1.2.2. Παράγοντες που επηρεάζουν τη μικροβιακή αλλοίωση .....	17
1.3. Χημική αλλοίωση.....	18
1.3.1. Οξείδωση.....	18
1.3.2. Πρωτεόλυση.....	19
1.3.3. Αντίδραση Maillard.....	19
1.3.4. Υδρόλυση πηκτινών .....	20
2. Μέθοδοι αύξησης διατηρησιμότητας .....	22
2.1. Μέθοδοι Εφαρμογής Θερμότητας .....	22
2.1.1. Τρόφιμα και υπολογισμοί διαδικασιών θέρμανσης.....	22
2.1.2. Κατηγορίες μεθόδων εφαρμογής θερμότητας .....	23
2.1.2.1. Εφαρμογές θερμότητας ως προκατεργασία άλλων μεθόδων .....	23
2.1.2.1.1. Ζεμάτισμα .....	23
2.1.2.1.2. Μαγείρεμα.....	25
2.1.2.1.2.1. Βράσιμο .....	25
2.1.2.1.2.2. Ατμοβράσιμο .....	26
2.1.2.1.2.3. Ψήσιμο σε φούρνο.....	26
2.1.2.1.2.4. Ψήσιμο στη σχάρα.....	27
2.1.2.1.2.5. Σοτάρισμα.....	28
2.1.2.1.2.6. Τηγάνισμα.....	28
2.1.2.3. Βιομηχανικές μέθοδοι εφαρμογής θερμότητας.....	29

2.1.2.3.1. Παστερίωση.....	29
2.1.2.3.2. UHT .....	33
2.2. Μέθοδοι Απαλοιφής Θερμότητας .....	35
2.2.1 Ψύξη .....	36
2.2.1.1. Ρυθμός ψύξης στο χρόνο.....	38
2.2.1.2. Μέσα και συστήματα ψύξης .....	39
2.2.1.2.1. Ψύξη σε ρεύμα αέρα (Forced Air Cooling).....	39
2.2.1.2.2. Υδροψύξη (Hydrocooling) .....	42
2.2.1.2.3. Ψύξη σε κενό (Vacuum Cooling) .....	43
2.2.1.2.4. Ψύξη με πάγο (Ice Cooling) ή με πολτό πάγου (ice-slush cooling).....	43
2.2.1.2.5. Ψύξη με εξάτμιση (Evaporative Cooling) .....	44
2.2.1.3. Τρόποι απομάκρυνσης αιθυλενίου από τους ψυκτικούς θαλάμους .....	45
2.2.1.3.1. Χρήση καυστήρων αιθυλενίου .....	46
2.2.1.3.2. Χρήση απορροφητών αιθυλενίου .....	46
2.2.1.3.3. Οξειδωση με όζον .....	46
2.2.2. Κατάψυξη .....	47
2.2.2.1. Καμπύλες Καταψύξεως (Λάζος & Λάζου, 2017) .....	48
2.2.2.2. Υπολογισμός Χρόνου Καταψύξεως (Λάζος & Λάζου, 2017).....	50
2.2.2.3. Θερμοκρασίες Καταψύξεως.....	51
2.2.2.3.1. Κοινή κατάψυξη.....	51
2.2.2.3.2. Βαθεία κατάψυξη.....	51
2.2.2.4. Ταχύτητες Καταψύξεως.....	51
2.2.2.4.1. Υπερταχεία κατάψυξη.....	52
2.2.2.4.2. Ταχεία κατάψυξη .....	52
2.2.2.4.3. Βραδεία Κατάψυξη.....	53
2.2.2.5. Μέθοδοι Καταψύξεως (Starheim et al, 2022) .....	53
2.2.2.5.1. Κατάψυξη με ρεύμα αέρα .....	53
2.2.2.5.2. Κατάψυξη με χρήση πλακών .....	55
2.2.2.5.3. Κατάψυξη με κρυογονικά υγρά .....	55
2.2.2.6. Αποθήκευση υπό κατάψυξη.....	56
2.2.2.7. Βλάβες Καταψύξεως.....	56
2.3. Μέθοδοι Απαλοιφής Υγρασίας.....	58
2.3.1. Ξήρανση – Αφυδάτωση (Miletić & Nićetin, 2023).....	58



2.3.1.1. Υπολογισμός Χρόνου Αφυδάτωσης (Λάζος & Λάζου, 2017) .....	59
2.3.1.2. Μέθοδοι ξηράνσεως .....	61
2.3.1.2.1. Ξήρανση στον ήλιο (Sun drying).....	61
2.3.1.2.2. Αφυδάτωση με ρεύμα αέρα (Air Drying) .....	64
2.3.1.2.3. Αφυδάτωση με ξηραντήρες θερμαινόμενης επιφάνειας (Heated – surface dryers).....	66
2.3.1.2.4. Λυοφιλίωση (Nowak & Jakubczyk, 2020) .....	68
2.3.1.2.5. Ξήρανση με ψεκασμό (Spray drying) (Λάζος & Λάζου, 2017) .....	71
2.3.2. Συμπύκνωση (concentration) .....	74
2.3.2.1. Συμπύκνωση με εξάτμιση .....	75
2.3.2.2. Συμπύκνωση με κατάψυξη.....	76
2.3.2.3.1. Συμπύκνωση με χρήση μεμβρανών.....	78
2.4. Πρόσθετα (Συντηρητικά) .....	79
2.4.1. Αντιμικροβιακά Συντηρητικά.....	80
2.4.1.1. Σορβικό Οξύ και Σορβικά Άλατα .....	80
2.4.1.2. Οξικό Οξύ και Οξικά Άλατα .....	81
2.4.2. Αντιαμαυρωτικά Συντηρητικά.....	82
2.4.2.1. Ασκορβικό Οξύ (Βιταμίνη C).....	83
2.4.2.2. Μεταδιθειώδες Νάτριο .....	83
2.4.2.3. Κιτρικό Οξύ.....	84
2.4.3. Αντιοξειδωτικά Συντηρητικά .....	85
2.4.3.1. Τοκοφερόλες (Βιταμίνη E).....	85
2.4.3.2. Βουτυλιωμένη Υδροξυανισόλη (BHA) και Βουτυλιωμένη Υδροξυτολουόλη (BHT) .....	86
2.5. Ζυμώσεις .....	87
2.5.1. Ζυμούμενα λαχανικά (τουρσί- πίκλες).....	88
2.6. Χρήση ακτινοβολίας.....	89
2.6.1. Είδη ακτινοβολιών για την επεξεργασία των τροφίμων .....	89
2.6.2. Τρόπος δράσης των ακτινοβολιών.....	90
2.7. Συσσκευασία.....	91
2.7.1 Συσσκευασία Τροποποιημένης Ατμόσφαιρας (MAP) .....	92
2.7.2. Βρώσιμα Φιλμ και Εδώδιμες Μεμβράνες.....	95
2.8. Βιοτεχνολογία .....	95

2.8.1. Γενετική Τροποποίηση (GM).....	97
2.8.2. Εφαρμογή Βιολογικών Παραγόντων .....	97
2.8.3. Βελτιστοποίηση Μεταβολικών Διαδικασιών.....	97
3. Περιπτώσιακές εφαρμογές μεθόδων αύξησης της διατηρησιμότητας ανά τύπο φρούτων και λαχανικών .....	99
3.1. Κατηγοριοποίηση των Φρούτων και Λαχανικών .....	99
3.2. Διαφορές μεταξύ φρούτων και λαχανικών με σημασία στις μεθόδους επεξεργασίας.	100
3.3. Παραδείγματα εφαρμογών των μεθόδων συντήρησης φρούτων και λαχανικών .....	101
3.3.1 Εφαρμογές μεθόδων εφαρμογής θερμότητας .....	101
3.3.2 Εφαρμογές μεθόδων απαλοιφής θερμοκρασίας .....	101
3.3.3. Εφαρμογές μεθόδων αφαίρεσης υγρασίας.....	102
3.3.4. Εφαρμογές χρήσης προσθέτων .....	102
3.3.5. Εφαρμογές ζυμώσεων.....	102
3.3.6. Εφαρμογές κονσερβοποίησης.....	103
3.3.7. Εδώδιμες μεμβράνες .....	103
Συζήτηση.....	104
Βιβλιογραφικές Αναφορές .....	106
Παράρτημα .....	129

## Κατάλογος εικόνων

Εικόνα 1: Μήλο πριν και μετά την απώλεια υγρασίας .....	14
Εικόνα 2: Αλλοιώσεις σε μάνγκο που υπόκεινται σε διαφορετικές θερμοκρασίες μεταφοράς και αποθήκευσης .....	15
Εικόνα 3: Φράουλες που υφίστανται επίδραση μούχλας .....	16
Εικόνα 4: Μικροσκοπική παρατήρηση διαφόρων μικροοργανισμών που πλήττουν φρούτα και λαχανικά ..	17
Εικόνα 5: Ενζυματική αμαύρωση σε μήλο λόγω της δράσης σε PPO.....	18
Εικόνα 6: Περιγραφική παρουσίαση της αντίδρασης Maillard.....	20
Εικόνα 7: Αντίδραση υδρόλυσης πηκτίνης με μεθυλεστερασάση πηκτίνης.....	21
Εικόνα 8: Διάγραμμα παστερίωσης χυμού από συμπυκνωμένη πρώτη ύλη .....	32
Εικόνα 9: Διάγραμμα παστερίωσης χυμού από μη συμπυκνωμένη πρώτη ύλη .....	33
Εικόνα 10: Γραμμή παραγωγής στην οποία εντάσσεται κατεργασία UHT.....	34
Εικόνα 11: Διαγραμματική απεικόνιση ενός UHT αποστειρωτή .....	35
Εικόνα 12: Σύστημα ψύξης .....	35
Εικόνα 13: Σήραγγα ρεύματος αέρα.....	40
Εικόνα 14: Τοίχος ψύξης.....	40
Εικόνα 15: Ψύξη με σερπαντίνα ρεύματος αέρα .....	41
Εικόνα 16: Υδρόψυξη σε μεταφορική ταινία .....	42
Εικόνα 17: Στατικός τύπος υδρόψυξης .....	42
Εικόνα 18: Ψύξη με εξάτμιση .....	45
Εικόνα 19: Στάδια φυσικής ωρίμανσης της μπανάνας.....	46
Εικόνα 20: Μεταφορά νερού σε φυτικό κύτταρο κατά τη διάρκεια της κατάψυξης .....	48
Εικόνα 21: Καμπύλες καταψύξεως νερού και καθαρού υγρού.....	49
Εικόνα 22: Καμπύλες καταψύξεως αρακά σε διαφορετικές ταχύτητες αέρα .....	50
Εικόνα 23: Καταψύκτης υγρού αζώτου.....	52
Εικόνα 24: Ταχέως κατεψυγμένες φράουλες .....	52
Εικόνα 25: Τυπικός καταψύκτης βραδείας κατάψυξης οικιακής χρήσης.....	53
Εικόνα 26: Κατάψυξη φρούτων με ρεύμα αέρα .....	53
Εικόνα 27: Καταψύκτης πλακών.....	55
Εικόνα 28: Κρουγονική ψύξη φράουλας .....	55
Εικόνα 29: Ανοιχτό σύστημα ξήρανσης στον ήλιο .....	62
Εικόνα 30: Απλό ηλιακό κιβώτιο (Solar Box).....	62
Εικόνα 31: Έμμεση ηλιακή ξήρανση.....	63
Εικόνα 32: Συνεχής και ασυνεχής αφυδάτωση σε ξηραντήρα ρευστοποιημένης κλίνης .....	64
Εικόνα 33: Κατεύθυνση ροής θερμού αέρα σε ξηραντήρα σήραγγος.....	65
Εικόνα 34: Ξηραντήρας μονού τυμπάνου .....	66
Εικόνα 35: Ξηραντήρας διπλού τυμπάνου .....	67
Εικόνα 36: Ξήρανση υπό κενό .....	68
Εικόνα 37: Ξηραντήρας λυοφιλίωσης.....	68
Εικόνα 38: Κύκλος λυοφιλίωσης.....	70
Εικόνα 39: Αφυδάτωση τροφίμων με ψεκασμό .....	74
Εικόνα 40: Εξοπλισμός συμπύκνωσης με εξάτμιση.....	75
Εικόνα 41: Σχηματικό διάγραμμα συμπύκνωσης εναιωρήματος με κατάψυξη (Niro Process Technology) ....	77

## Εισαγωγή

Τα φρούτα και τα λαχανικά κατέχουν ιδιαίτερα σημαντική θέση στο ανθρώπινο διαιτολόγιο, καθώς συνιστούν σημαντικό σκέλος μιας ολοκληρωμένης υγιεινής διατροφής. Τα φρούτα χαρακτηρίζονται από την ευχάριστη γεύση τους, και μαζί με τα λαχανικά συγκροτούν τις δυο κυριότερες πηγές φυτικών ινών, βιταμινών και ιχνοστοιχείων. Όπως και τα υπόλοιπα τρόφιμα, είναι σημαντική η ικανότητα συντήρησης των φρούτων και των λαχανικών για το μέγιστο δυνατό χρονικό διάστημα. Η εξοικείωση με τη συντήρηση των τροφίμων έδωσε στον άνθρωπο τη δυνατότητα της μόνιμης εγκατάστασης σε σταθερή βάση, εφόσον πλέον υπήρχε η ικανότητα διατήρησης τροφίμων για μελλοντική χρήση. Διαφορετικοί πολιτισμοί αξιοποίησαν τις ίδιες βασικές μεθόδους συντήρησης των τοπικών πηγών τροφίμων τους (Knoorr & Augustin, 2023).

Στο χώρο της βιομηχανίας τροφίμων, προς ικανοποίηση της ζήτησης καθ' όλης της διάρκειας του έτους, όσον αφορά τα φρούτα και λαχανικά – κατά βάση εποχικά προϊόντα – έχει δημιουργηθεί ένα περιβάλλον ανάγκης βελτιστοποίησης της διατηρησιμότητας τροφίμων, με ταυτόχρονη ελαχιστοποίηση απωλειών. Ως αποτέλεσμα, δημιουργούνται νέες απαιτήσεις στο πεδίο της συντήρησης των τροφίμων, οι οποίες θα μεγιστοποιούν το χρόνο ζωής, θα ελαχιστοποιούν τις διαθρεπτικές και οργανοληπτικές μεταβολές, απαιτώντας το δυνατό ελάχιστους πόρους.

Τα φρούτα και τα λαχανικά αποτελούν τρόφιμα με ιδιαίτερο τεχνολογικό ενδιαφέρον ως προς τη συντήρησή τους, λόγω των ιδιοτεροτήτων τους. Χαρακτηριστικό των φυτικών προϊόντων είναι η συνέχιση της αερόβιας αναπνοής και μετά τη συγκομιδή τους και τη διάρκεια της αποθήκευσης. Κατά τη διάρκεια της αερόβιας αναπνοής μεταβολίζονται υδατάνθρακες, σάκχαρα και οργανικά οξέα με αντίστοιχη κατανάλωση οξυγόνου, ενώ παράγεται διοξείδιο του άνθρακα, νερό, θερμότητα και μικρές ποσότητες πτητικών ενώσεων.

Τα παραπάνω σε συνδυασμό με την παρουσία μικροοργανισμών επηρεάζουν τη δομή και την σύσταση των φυτικών προϊόντων, έχοντας δυσμενή αποτελέσματα τόσο στην ασφάλεια των τροφίμων, όσο και σε οργανοληπτικά χαρακτηριστικά. Τα τελευταία επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό λόγω μεταβολών σε διάφορες φυσικοχημικές

παραμέτρους που συμβαίνουν στα φρούτα και λαχανικά στο στάδιο της αποθήκευσης, όπως για παράδειγμα η ενεργότητα νερού, τα ολικά διαλυτά στερεά (Brix), η ογκομετρούμενη οξύτητα, καθορίζοντας το χρονικό διάστημα κατά το οποίο διατηρείται ένα αποδεκτό γευστικό προφίλ (Ladika *et al.*, 2024).

Υπάρχουν διάφοροι χειρισμοί όταν πρόκειται για διατήρηση φρέσκων φρούτων και λαχανικών ως τελικών προϊόντων, ή των παραγόμενων προϊόντων τους.

Ένας τρόπος αναίρεσης των δυσμενών μεταβολών στα φρέσκα φρούτα και λαχανικά είναι η μείωση (αλλά όχι πλήρης διακοπή) του αναπνευστικού ρυθμού, η οποία επιτυγχάνεται σε δυο στάδια:

- Στη συγκομιδή: τα κλιμακτηριακά φρούτα πρέπει να συλλέγονται στην αρχή της κλιμακτηριακής περιόδου και να ωριμάζουν αργά υπό συνθήκες ψύξης, ενώ τα μη κλιμακτηριακά να έχουν ωριμάσει πριν τη συγκομιδή τους (Paul *et al.*, 2011).
- Στις μεθόδους διατήρησης: για παράδειγμα ψύξη ή τροποποιημένες ατμόσφαιρες.

Αντίστοιχα για τα προϊόντα επεξεργασίας φρούτων και λαχανικών υφίστανται πληθώρα μεθόδων συντήρησης, οι οποίες δρώντας είτε αυτούσια είτε συνδυαστικά, είναι δυνατόν να αυξήσουν τη ζωή των προϊόντων στο ράφι.

Η πλέον σύγχρονη προσέγγιση μετουσιώνεται στην τεχνολογία εμποδίων, η οποία προκρίνει τη συνδυαστική χρήση προσθέτων, μέσω συσκευασίας, θερμικών κατεργασιών ή/και ελέγχου παραμέτρων όπως η υγρασία και το pH, με σκοπό την συνολική αδρανοποίηση των αιτιών που προκαλούν αλλοιώσεις στα φρούτα και λαχανικά (Ahmad *et al.*, 2021).

# 1. Αλλοιώσεις Φρούτων και Λαχανικών

Όπως συμβαίνει με τα περισσότερα είδη τροφίμων που έχουν υψηλά ποσοστά υγρασίας, από τα στάδια παραγωγής μέχρι αυτά της αποθήκευσης, τα φρούτα και τα λαχανικά αντιμετωπίζουν αυξημένους βιολογικούς κινδύνους, οι οποίοι αν δεν αντιμετωπιστούν επιτυχώς, επιφέρουν αντίστοιχες αλλοιώσεις.

## 1.1. Φυσική αλλοίωση

Αλλοιώσεις που λαμβάνουν χώρα λόγω μεταβολών των φυσικών συνθηκών, ή λόγω ελαττωμένης σταθερότητας του τροφίμου, ορίζονται ως φυσικές αλλοιώσεις. Σε αυτές περιλαμβάνονται η απώλεια ή η αύξηση υγρασίας, η μετανάστευση υγρασίας μεταξύ διαφορετικών συστατικών και ο φυσικός διαχωρισμός συστατικών ή φάσεων (M. Shafiur Rahman, 2009). Οι βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη φυσική αλλοίωση είναι η περιεκτικότητα σε υγρασία, η θερμοκρασία, η ανάπτυξη κρυστάλλων και η κρυστάλλωση.

### 1.1.1. Υγρασία

Η ποσοστιαία περιεκτικότητα των φρούτων και λαχανικών σε νερό, ή μεταβολή αυτής, σχετίζεται ευθέως με την πιθανότητα αλλοίωσής τους. Μεταβολές δύνανται να συμβούν με τη μορφή απώλειας, πρόσληψης ή μετανάστευσης νερού (Fabunmi *et al.*, 2015).

**Fresh**

**Shriveling**



Εικόνα 1: Μήλο πριν και μετά την απώλεια υγρασίας
















Η μεταφορά υγρασίας στα τρόφιμα σχετίζεται άμεσα με την ενεργότητα του νερού ( $a_w$ ) τροφίμου (Balasubramanian & Viswanathan, 2010). Ενεργότητα νερού ( $a_w$ ) είναι μια

θερμοδυναμική ιδιότητα η οποία συνιστά τον λόγο της τάσης ατμών του νερού σε ένα σύστημα προς την τάση ατμών καθαρού νερού στην ίδια θερμοκρασία (Barnwal *et al.*, 2010). Η σχετική υγρασία ισορροπίας στην ίδια θερμοκρασία μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί αντί της πίεσης καθαρών υδρατμών. Η ενεργότητα του νερού στα τρόφιμα μειώνεται με μείωση θερμοκρασίας. Γενικά, η ενεργότητα του νερού σε συνήθεις θερμοκρασίες είναι 1,0, ενώ σε θερμοκρασίες, και όσο η θερμοκρασία μειώνεται η  $a_w$  θα μειώνεται όλο και περισσότερο από την τιμή 1,0 (Barbosa *et al.*, 2005).

### 1.1.2. Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία επηρεάζει τους χρόνους ωρίμανσης, και κατ' επέκταση τη διάρκεια ζωής. Υπάρχει ένα βέλτιστο εύρος θερμοκρασιών ανά είδος το οποίο θα έχει ως αποτέλεσμα μια πιο αργή ωρίμανση, το οποίο με τη σειρά του μεταφράζεται σε μεγιστοποίηση της διάρκειας ζωής μετά τη συγκομιδή (Paul & Pandey, 2009). Άλλοι παράγοντες που επιφέρουν πιο αργή ωρίμανση είναι η βέλτιστη σχετική υγρασία μαζί

με τη βέλτιστη κίνηση του αέρα γύρω από τα φρούτα και τα λαχανικά. Αυτές οι βέλτιστες συνθήκες είναι γνωστές και ως τροποποιημένες ατμόσφαιρες (MA). Η θερμοκρασία συνήθως επηρεάζει τους μεταβολικούς ρυθμούς των φρούτων και λαχανικών. Η χαμηλή θερμοκρασία μπορεί επίσης να έχει αρνητική επίδραση στα τρόφιμα που είναι ευαίσθητα σε βλάβες λόγω ψύξης. Κατά τη διάρκεια της μερικής ψύξης των συγκεκριμένων φρούτων και λαχανικών συμβαίνει θραύση στα κύτταρα που βλάπτει το τρόφιμο. Τα περισσότερα τροπικά φρούτα και λαχανικά είναι ευαίσθητα σε αλλοιώσεις ψύξης, που συμβαίνουν γενικά πριν το τρόφιμο

visual assessment/rating scale	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5
(a) Peel Colour					
(b) Shriveling					
(c) Decay					

Εικόνα 2: Αλλοιώσεις σε μάνγκο που υπόκεινται σε διαφορετικές θερμοκρασίες μεταφοράς και αποθήκευσης

βλάβες λόγω ψύξης. Κατά τη διάρκεια της μερικής ψύξης των συγκεκριμένων φρούτων και λαχανικών συμβαίνει θραύση στα κύτταρα που βλάπτει το τρόφιμο. Τα περισσότερα τροπικά φρούτα και λαχανικά είναι ευαίσθητα σε αλλοιώσεις ψύξης, που συμβαίνουν γενικά πριν το τρόφιμο

αρχίσει να καταψύχεται σε θερμοκρασία μεταξύ 5 °C και 15 °C (Steele, 2004).

### 1.1.3. Ανάπτυξη κρυστάλλων και κρυστάλλωση

Φρούτα και λαχανικά που υπόκεινται σε αργή κατάψυξη ή πολλαπλή κατάψυξη, είναι πολύ επιρρεπή σε αυξημένη εξωκυτταρική ανάπτυξη κρυστάλλων. Αντίθετα, η ταχεία κατάψυξη σχηματίζει μικρούς κρυστάλλους εντός των κυττάρων, έχοντας ως αποτέλεσμα σταθερότερα φρούτα και λαχανικά σε σύγκριση με εκείνα που υπόκεινται σε αργή κατάψυξη (Jha *et al.*, 2018). Για να ελαχιστοποιηθεί η μεγάλη ανάπτυξη κρυστάλλων πάγου, μπορούν να προστεθούν γαλακτωματοποιητές και άλλοι παράγοντες δέσμευσης νερού κατά τη διάρκεια κύκλων κατάψυξης (Amit *et al.*, 2017).

### 1.2. Μικροβιακή αλλοίωση

Σε τρόφιμα με μεγάλο ποσοστό υγρασίας, υπάρχει πάντα ο κίνδυνος αλλοιώσεων μικροβιολογικής προέλευσης. Οι συγκεκριμένοι μικροοργανισμοί (π.χ. βακτήρια ή μύκητες), εκτός των αναφερόμενων αλλοιώσεων, είναι πιθανόν είτε οι ίδιοι, είτε μέσω δευτερογενών μεταβολιτών που παράγουν να προκαλούν και τροφογενείς ασθένειες. Γνωστοί αλλοιογόνοι μύκητες που προσβάλλουν τρόφιμα φυτικής προέλευσης, είναι οι *Aspergillus flavus* και *Aspergillus parasiticus*, υπεύθυνοι κυρίως για τη παραγωγή αφλατοξίνης B<sub>1</sub> (Koutsias *et al.*, 2020). Στις περισσότερες περιπτώσεις, η ανάπτυξη επιβλαβών μικροοργανισμών μπορεί να προληφθεί ή να παραταθεί ρυθμίζοντας μια σειρά παραμέτρων, όπως η θερμοκρασία αποθήκευσης, η ενεργότητα νερού ( $a_w$ ), το pH, και χρησιμοποιώντας συντηρητικά και κατάλληλη συσκευασία (Qadri *et al.*, 2015).

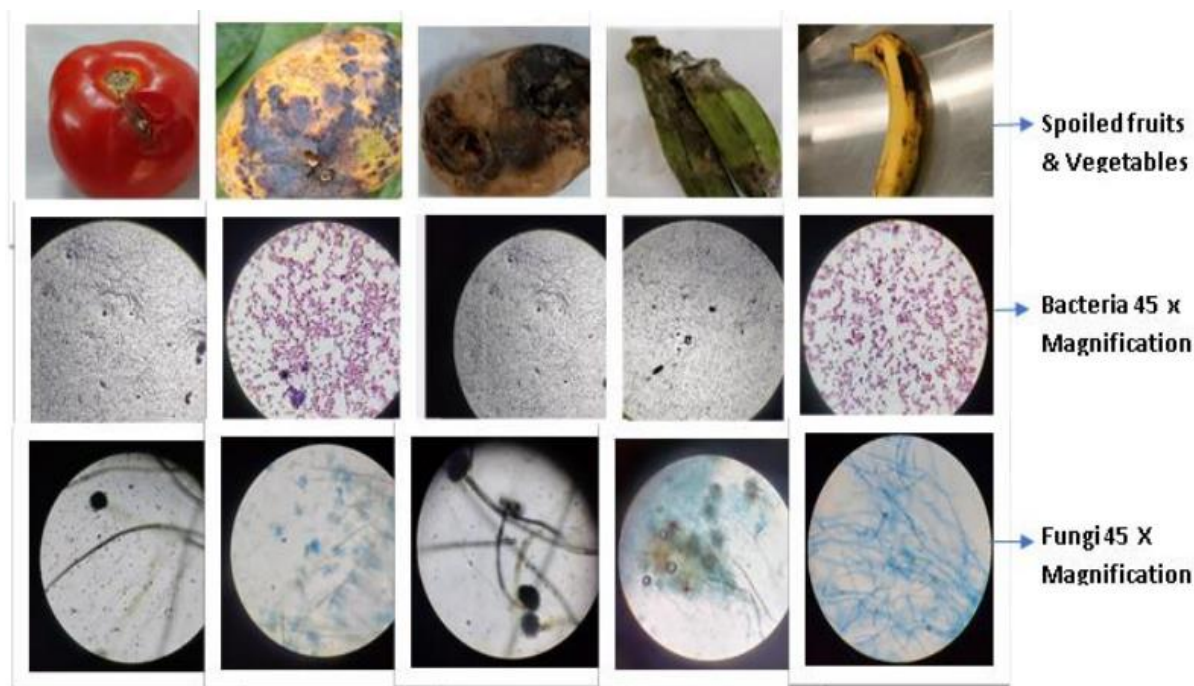


Εικόνα 3: Φράουλες που υφίστανται επίδραση μούχλας



### 1.2.1. Μικροοργανισμοί που εμπλέκονται στην αλλοίωση των φρούτων και λαχανικών

Στον Πίνακα 1 παρατίθενται οι συνηθέστεροι μικροοργανισμοί που προσβάλλουν τα φρούτα και λαχανικά σε συνδυασμό τα είδη αλλοιώσεων που προκαλούν και ποια τρόφιμα προσβάλλουν.



Εικόνα 4: Μικροσκοπική παρατήρηση διαφόρων μικροοργανισμών που πλήττουν φρούτα και λαχανικά

### 1.2.2. Παράγοντες που επηρεάζουν τη μικροβιακή αλλοίωση

Η μικροβιακή αλλοίωση στα τρόφιμα δύναται να υποβοηθηθεί τόσο από ενδογενείς και εξωγενείς παράγοντες. Η διάρκεια ζωής ενός τροφίμου μειώνεται από μικροβιακές αλλοιώσεις συγκεκριμένων τύπων και ρυθμού, οι οποίες με τη σειρά τους καθορίζονται από τις εγγενείς ιδιότητες κάθε μεμονωμένου φρούτου ή λαχανικού. Όπου εγγενείς ιδιότητες, νοούνται τα ενδογενή ένζυμα, τα υποστρώματα, η ευαισθησία στο φως και το οξυγόνο, το pH, η ενεργότητα νερού, το δυναμικό οξειδοαναγωγής και η περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά (Chihon et al., 2000). Οι εξωγενείς παράγοντες αλλοίωσης των τροφίμων περιλαμβάνουν τη σχετική υγρασία, τη θερμοκρασία, την παρουσία και συνύπαρξη άλλων μικροβίων (Baumrucker, 2004). Ο συνεχής και αποτελεσματικός έλεγχος των συγκεκριμένων εγγενών και εξωτερικών παραγόντων,

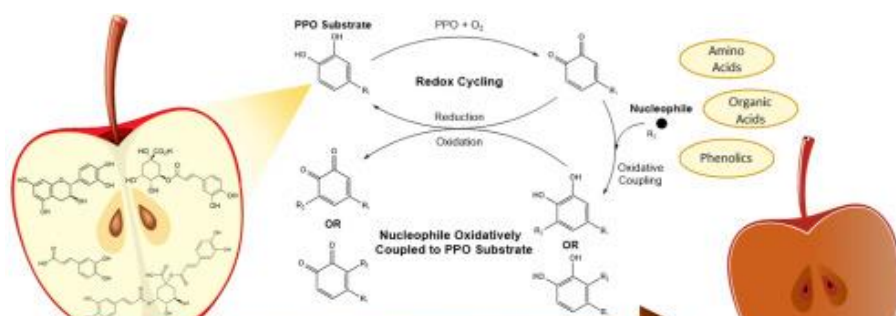
τόσο στα στάδια της παραγωγής, όσο και της διανομής και αποθήκευσης, συμβάλλει στην επίτευξη της απαιτούμενης ποιότητας και της ασφάλειας των φρούτων και λαχανικών που διατιθενται στην αγορά.

### 1.3. Χημική αλλοίωση

Χημικές αλλοιώσεις λαμβάνουν χώρα κατά κύριο λόγο σε συνδυασμό ή/και ως αποτέλεσμα δράσης μικροοργανισμών – αν και όχι αποκλειστικά. Συνηθέστερες αλλοιώσεις χημικής φύσεως προκαλούνται λόγω: (α) παρουσίας και μεταβολισμού μικροοργανισμών, ο οποίος επιφέρει αλλαγές στο pH των φυτικών ιστών, (β) ξένα χημικά στοιχεία ή ενώσεις και (γ) ανεπιθύμητες μεταβολές σε εγγενή συστατικά των φρούτων και λαχανικών λόγω συνθηκών διατήρησης και αποθήκευσης. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτής της περίπτωσης αποτελούν οξειδώσεις διαφόρων λιπιδίων και χρωστικών ουσιών, οι οποίες ως οργανοληπτικό αποτέλεσμα έχουν ανεπιθύμητες γεύσεις ή/και αποχρωματισμό (Van Boekel, 2008). Τα φαινόμενα οξείδωσης δεν οφείλονται σε δράση μικροοργανισμών. Αντίθετα, είναι καθαρά χημικής φύσεως και εξαρτώνται από τις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας (Huis in't Veld, 1996).

#### 1.3.1. Οξείδωση

Η ενζυματική αμαύρωση των φρούτων και λαχανικών λαμβάνει χώρα κατά την έκθεση ιστών στον αέρα, μετά το κόψιμο και τεμαχισμό, όπως και κατά την πολτοποίηση, αλλά και σε καταστάσεις που δεν προέκυψαν από εσκεμμένη παρέμβαση στους ιστούς, όπως μηχανικές βλάβες κατά τη μεταφορά και απόψυξη κατεψυγμένων ή ψυχθέντων τροφίμων (Mi Moon *et al.*, 2020). Η οξειδάση της πολυφαινόλης (PPO) και η υπεροξειδάση (POD) αποτελούν τα κύρια ένζυμα τα οποία καταλύουν την αμαύρωση. Το PPO ταξινομείται ως οξειδοαναγωγή με τέσσερα άτομα χαλκού ως προσθετική



Εικόνα 5: Ενζυματική αμαύρωση σε μήλο λόγω της δράσης σε PPO

ομάδα. Καταλύει την οξειδωση υδροξυλίων που συνδέονται με άτομο βενζολικού άνθρακα στα μόρια των μονοϋδροξυφαινόλων (φαινόλη, τυροσίνη, π-κρεσόλη), σε ο-διυδροξυ φαινόλες (κατεχόλη, ντοπαμίνη, αδρεναλίνη) και αφυδρογόνωση ο - διυδροξυ φαινόλες σε ο -κινόνες (Shevkani *et al.*, 2018). Οξειδώσεις των φαινολικών ενώσεων σε κινόνες, και παραγωγή μελανίνης έχουν ως αποτέλεσμα ένα σκούρο χρώμα στα τρόφιμα (Belitz *et al.*, 2011). Το POD είναι θερμοσταθερό ένζυμο που ανήκει σε μια ομάδα οξειδασών που χρησιμοποιούν  $H_2O_2$  ως καταλύτη για την οξειδωση των φαινολικών ενώσεων. Το POD σχετίζεται με ανεπιθύμητες αλλαγές στη γεύση, την υφή, το χρώμα και τη διατροφική αξία των τροφίμων. Τα επίπεδα PPO και POD ποικίλουν στα φρούτα και τα λαχανικά και η συγκέντρωσή τους μεταβάλλεται ανάλογα με την ωριμότητα. Η αμαύρωση των φρούτων και των λαχανικών ως αποτέλεσμα των παραπάνω ενζυμικών αντιδράσεων συνιστά σημαντικό πρόβλημα κατά τη συγκομιδή, τη μεταφορά, την αποθήκευση και την επεξεργασία καθώς αποθαρρύνει τους καταναλωτές από την επιλογή των συγκεκριμένων προϊόντων.

### 1.3.2. Πρωτεόλυση

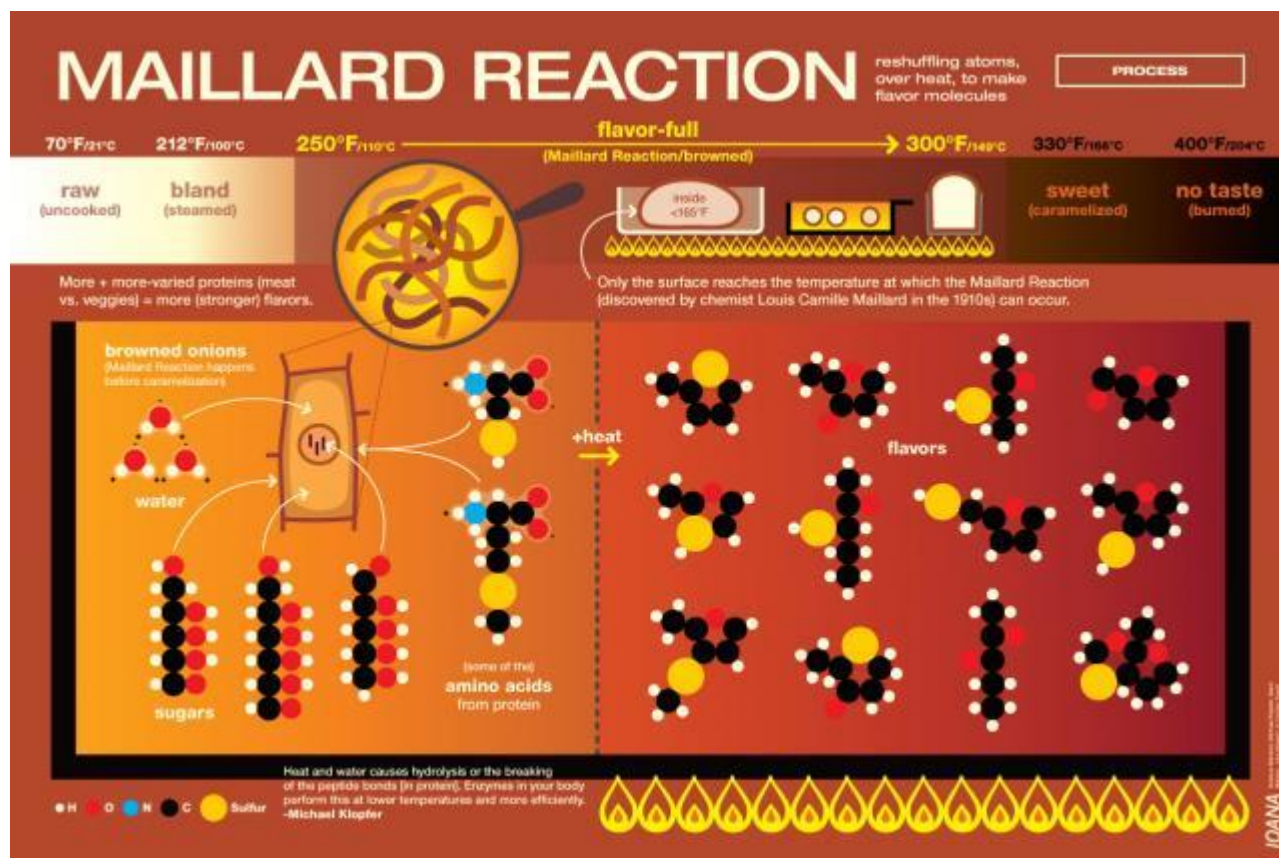
Πρόκειται για μια πολύ συχνή και μη αναστρέψιμη μεταμεταφραστική πρωτεϊνική τροποποίηση, η οποία περιλαμβάνει περιορισμένη και πολύ ειδική υδρόλυση πεπτιδικών και ισοπεπτιδικών δεσμών. Η διεκπεραίωση των υδρολύσεων αυτών λαμβάνει χώρα παρουσία πρωτεασών (Rogers & Overall, 2013). Συγκεκριμένες πρωτεάσες διαδραματίζουν βασικό ρόλο σε διάφορες ρυθμιστικές διαδικασίες. Η συχνότητα των συγκεκριμένων υδρολύσεων αυξάνεται για τρόφιμα πλούσια σε ενώσεις που περιέχουν άζωτο. Οι πρωτεΐνες που υφίστανται πρωτεόλυση διασπώνται εν τέλει σε απλά αμινοξέα. Η υδρόλυση συνοπτικά παρουσιάζεται ως εξής:



### 1.3.3. Αντίδραση Maillard

Η μη ενζυματική αμαύρωση, περιλαμβάνει ένα σύνολο εκατοντάδων αντιδράσεων, γνωστών συλλογικά και ως αντίδραση Maillard, και συνήθως λαμβάνει χώρα σκόπιμα προς δημιουργία επιθυμητών αποτελεσμάτων στα τρόφιμα, όσον αφορά το χρώμα, την

υφή και τη γεύση. Παρ' όλα αυτά, υπό άλλες συνθήκες, η αντίδραση Maillard είναι δυνατόν να θεωρηθεί αιτία αλλοίωσης. Πρόκειται για αντιδράσεις που συμβαίνουν μεταξύ αμινοξέων και σακχάρων τροφίμων που θερμαίνονται σε υψηλές θερμοκρασίες (αυτός είναι και ο λόγος όπου οι συγκεκριμένες μεταβολές παρατηρούνται στο ψήσιμο και όχι στο βράσιμο).

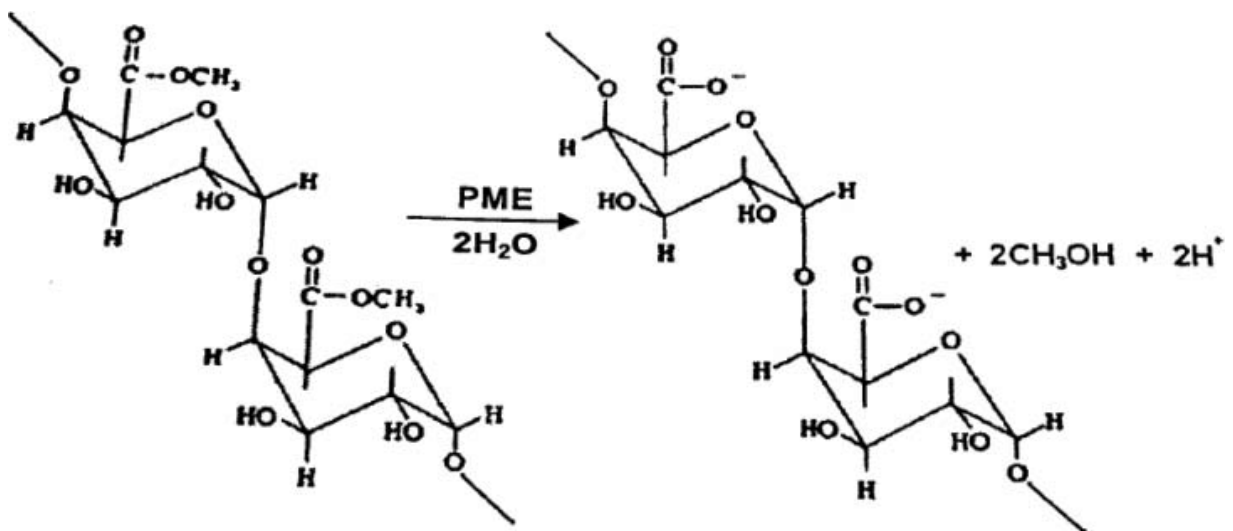


Εικόνα 6: Περιγραφική παρουσίαση της αντίδρασης Maillard

### 1.3.4. Υδρόλυση πηκτινών

Οι πηκτίνες είναι πολύπλοκα μείγματα πολυσακχαριτών που αποτελούν μεγάλο ποσοστό του κυτταρικού τοιχώματος δικοτυλήδων και ορισμένων μονοκοτυλήδων φυτών (Patova *et al.*, 2015). Οι εγγενείς πηκτινάσες συντίθενται ή ενεργοποιούνται κατά την ωρίμανση, και προκαλούν υδρόλυση πηκτίνης, γεγονός που ως αποτέλεσμα έχει μια πιο μαλακή υφή στα φρούτα και λαχανικά. Βλάβες που συμβαίνουν στα φρούτα

και λαχανικά με μηχανικό τρόπο, μπορούν επίσης να ενεργοποιήσουν τις πηκτινάσες και παράλληλα να υποβοηθήσουν μικροβιακή μόλυνση (Γιαβάσης, 2023). Οι ενώσεις πηκτίνης μπορούν επίσης να αποεστεροποιηθούν με τη δράση της πηκτίνης μεθυλοεστεράσης. Αυτή η διαδικασία εστεροποίησης ξεκινά *in situ* σε κατεστραμμένους ιστούς, σταθερά φρούτα και λαχανικά ενισχύοντας τα κυτταρικά τοιχώματα και ενισχύοντας τη διακυτταρική συνοχή μέσω ενός μηχανισμού που περιλαμβάνει ασβέστιο. Τα μεταλλικά ιόντα καταλύουν την αποσύνθεση των θερμο-ασταθών χρωστικών φρούτων, οι οποίες αποτελούνται και από πηκτίνες. Αυτή η διαδικασία προκαλεί την αλλαγή χρώματος σε μαρμελάδες φρούτων ή ζελέ (Thakur *et al.*, 1997). Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο οι μαρμελάδες και τα ζελέ διατηρούνται σε γυάλινους περιέκτες και όχι σε μεταλλικούς.



Εικόνα 7: Αντίδραση υδρόλυσης πηκτίνης με μεθυλεστερασάση πηκτίνης

## **2. Μέθοδοι αύξησης διατηρησιμότητας**

Ανεξάρτητα της ποικιλομορφίας και του τρόπου δράσης τους, οι διάφορες μέθοδοι συντήρησης τροφίμων έχουν ως κοινό στόχο την επεξεργασία, χειρισμό και αποθήκευση των τροφίμων υπό συγκεκριμένες συνθήκες, που αποσκοπούν στον τερματισμό ή τη σημαντική επιβράδυνση των φυσικών, μικροβιολογικών και χημικών αλλοιώσεων, ώστε αφενός να αυξηθεί ο χρόνος ζωής των τροφίμων στο ράφι, και ταυτόχρονα να προληφθούν τροφιμογενείς ασθένειες, διατηρώντας παράλληλα τη θρεπτική αξία, την υφή και τη γεύση των τροφίμων (Blackburn, 2006). Ακολουθεί αναλυτική παρουσίαση των μεθόδων αύξησης της διατηρησιμότητας των φρούτων και λαχανικών, ομαδοποιημένων βάσει του μηχανισμού δράσης αυτών, ή των μέσων που χρησιμοποιούνται.

### **2.1. Μέθοδοι Εφαρμογής Θερμότητας**

Οι συγκεκριμένες διεργασίες χρησιμοποιούν θερμότητα για να καταστήσουν τα τρόφιμα ασφαλή για κατανάλωση ή/και να παρατείνουν τη διάρκεια ζωής, μειώνοντας ή εξαλείφοντας τα αποτελέσματα των μικροβιολογικών μολύνσεων (μικροοργανισμοί ή αλλοιώσεις) και την ενεργότητα των ενζύμων των τροφίμων. Ανεξάρτητα της χρήσης των μεθόδων αυτών προς αύξηση της διατηρησιμότητας και της ασφάλειας των τροφίμων, υπάρχουν και περεταίρω λόγοι εφαρμογής τους, οι οποίοι σχετίζονται με την επιθυμητή υφή και γεύση των τροφίμων (IFT).

#### **2.1.1. Τρόφιμα και υπολογισμοί διαδικασιών θέρμανσης**

Τρόφιμα που βρίσκονται σε περιέκτες και υφίστανται θέρμανση δεν φτάνουν άμεσα τις τελικές θερμοκρασίες των μεθόδων θέρμανσης. Παρ' όλα αυτά και οι ενδιάμεσες θερμοκρασίες συνεισφέρουν σε μικροβιακή αδρανοποίηση. Στην πραγματικότητα, διαφορετικοί συνδυασμοί θερμοκρασιών – χρόνων κατεργασίας δύνανται να εξασφαλίσουν την ίδια αποτελεσματικότητα. Για παράδειγμα 36 δευτερόλεπτα κατεργασίας στους 131,1 °C έχουν το ίδιο αποτέλεσμα με κατεργασία 6 λεπτών στους 121 °C. Ως γενική τιμή αναφοράς χρησιμοποιείται η τιμή F, η οποία συνιστά το χρόνο που απαιτείται ώστε σε μια συγκεκριμένη θερμοκρασία να θανατωθεί ο ίδιος αριθμός κυττάρων που θα θανατώνονταν στους 121 °C. Υπάρχει η τιμή D που δηλώνει το χρόνο ώστε να θανατωθεί ένας αριθμός κυττάρων κατά 90 % όπως και η τιμή z η οποία δείχνει

τους βαθμούς κατά τους οποίους πρέπει να αλλάξει η θερμοκρασία ώστε να μεταβληθεί η τιμή D (Matthews *et al.*, 2017).

Για παράδειγμα αν αναγνωρίσουμε τον χρόνο που χρειάζεται για να θανατωθεί ένα αριθμός κυττάρων με μια τιμή  $z=10$  °C στους 121 °C (θερμοκρασία αναφοράς) μπορούμε να βρούμε πως θα έχουμε το ίδιο αποτέλεσμα σε οποιονδήποτε άλλο συνδυασμό χρόνων και θερμοκρασιών με μια απλή εξίσωση:

$$\text{Χρόνος}_{\text{Νέα θερμοκρασία}} = F_0 (\text{λεπτά στους } 121 \text{ } ^\circ\text{C}) / 10^{(\text{Νέα θερμοκρασία} - 121)/z}$$

## **2.1.2. Κατηγορίες μεθόδων εφαρμογής θερμότητας**

### **2.1.2.1. Εφαρμογές θερμότητας ως προκατεργασία άλλων μεθόδων**

#### **2.1.2.1.1. Ζεμάτισμα**

Το ζεμάτισμα (blanching, scalding) αποτελεί μια ήπια θερμική διεργασία, στην οποία υποβάλλονται τα φρούτα και τα λαχανικά κατά την προετοιμασία τους για κονσερβοποίηση, κατάψυξη ή αφυδάτωση.

Ο κύριος σκοπός του ζεματίσματος είναι η αδρανοποίηση ενζύμων που δύνανται να αλλοιώνουν τη γεύση και την υφή των προϊόντων. Συγκεκριμένα το ζεμάτισμα στοχεύει στα οξειδωτικά ένζυμα καταλάση, υπεροξειδάση, πολυφαινολοξειδάση, οξειδάση του ασκορβικού οξέος και λιποξυγενάση. Όταν ο ιστός των καρπών έρχεται σε επαφή με τον ατμοσφαιρικό αέρα μετά από τραυματισμό, αποτελεί το κατάλληλο υπόστρωμα για τη δράση των οξειδωτικών ενζύμων, τα οποία προκαλούν μαλακή υφή, αποχρωματισμό και παραγωγή δυσάρεστης οσμής και γεύσης. Τα παραπάνω είναι δυνατόν να συμβούν σε οποιοδήποτε στάδιο επεξεργασίας, και το ζεμάτισμα λειτουργεί αποτρεπτικά, παρεμποδίζοντας την ποιοτική υποβάθμιση του προϊόντος.

Η διαδικασία του ζεματίσματος γίνεται συνηθέστερα σε νερό. Τα προϊόντα βυθίζονται σε ζεστό νερό (88 – 99 °C) ή ψεκάζονται με ζεστό νερό, καθώς κινούνται πάνω σε ταινία μεταφοράς. Η επίδραση ατμού είναι ένας ακόμα τρόπος ζεματίσματος, καθώς τα προϊόντα κινούνται πάνω σε ταινία, περνώντας από θάλαμο στον οποίο διοχετεύεται



ζωντανός ατμός (Αναγνωστοπούλου & Ταλλέλη, 2008). Εκτός από τις παραπάνω μεθόδους στο ζεμάτισμα των φρούτων και λαχανικών έχουν χρησιμοποιηθεί και τα μικροκύματα, όπου είναι αποτελεσματικά σε προϊόντα όπως ροδάκινα, αρακάς, πράσινα φασολάκια και καρότα. Περαιτέρω, έχει μελετηθεί και το ζεμάτισμα υπό υψηλή πίεση, το οποίο ωστόσο οδηγεί σε μαλάκωμα της υφής και παρουσιάζει μεγάλο κόστος. Τέλος, το ξηρό ζεμάτισμα είναι ενεργειακά πολύ λιγότερο απαιτητικό και γίνεται με χρήση ακτινοβολίας υπέρυθρου (Λάζος & Λάζου, 2017).

Πλεονεκτήματα του ζεματίσματος:

- Αδρανοποίηση ενζύμων
- Διατήρηση χρώματος, γεύσης και υφής
- Απομάκρυνση επιφανειακών ξένων υλών
- Μείωση μικροβιακού φορτίου
- Διευκόλυνση αποφλοιώσης
- Απομάκρυνση αερίων
- Διευκόλυνση κοπής ή σχηματοποίησης
- Προθέρμανση του προϊόντος πριν από την επεξεργασία

Μειονεκτήματα της διεργασίας:

- Σημαντική απώλεια θρεπτικών συστατικών: Σάκχαρα, αμινοξέα και βιταμίνες (κυρίως υδατοδιαλυτές βιταμίνες, όπως η βιταμίνη C) διαλύονται στο νερό του ζεματίσματος.
- Ανάγκη για άμεση επεξεργασία: Τα ζεματισμένα προϊόντα πρέπει να επεξεργαστούν ή να καταψυχθούν αμέσως για να αποτραπεί η ταχεία υποβάθμισή τους.
- Αυξημένες ανάγκες σε ενέργεια και νερό (Wang *et al.*, 2024).

Το ζεμάτισμα αποτελεί μια μέθοδο που συμβάλλει συνδυαστικά στην αύξηση της διατηρησιμότητας των φρούτων και λαχανικών, ωστόσο απαιτείται προσοχή στη διαχείριση ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι απώλειες των θρεπτικών συστατικών και η



κατανάλωση των πόρων.

### **2.1.2.2. Μαγείρεμα**

Το μαγείρεμα συνιστά τη διαδικασία κατεργασίας τροφίμων με εφαρμογή θερμότητας, είτε μέσω χρήσης διαφόρων τεχνικών όπως βράσιμο, ψήσιμο στη σχάρα, τον ατμό ή τηγάνισμα, με σκοπό τη μετατροπή των πρώτων υλών σε βρώσιμα και εύγευστα προϊόντα. Περιλαμβάνει χειρισμό και συνδυασμό πρώτων υλών, συχνά με την προσθήκη καρυκευμάτων.

Πλεονεκτήματα:

- Καταστροφή μικροοργανισμών: Η θερμότητα καταστρέφει μικροοργανισμούς που μπορεί να προκαλέσουν αλλοίωση ή ασθένειες.
- Απενεργοποίηση ενζύμων: Αποτρέπει την υποβάθμιση των λαχανικών μέσω της απενεργοποίησης των ενζύμων.
- Ενίσχυση γεύσης και υφής.

Μειονεκτήματα:

- Απώλεια θρεπτικών συστατικών – κλιμακούμενη ανά μέθοδο.
- Απαιτήσεις σε χρόνο, χώρο, πόρους και ενέργεια.

#### **2.1.2.2.1. Βράσιμο**

Το μαγείρεμα των τροφίμων με βύθιση σε νερό που έχει θερμανθεί κοντά ή στο σημείο βρασμού: 100 °C στο επίπεδο της θάλασσας. Προσθήκη υδατοδιαλυτών ουσιών, όπως η ζάχαρη και το αλάτι, αυξάνουν το σημείο βρασμού του νερού.

Το βράσιμο χρησιμοποιείται κυρίως για το μαγείρεμα κρέατος και λαχανικών.

Πλεονεκτήματα:

- Εύκολη και γρήγορη μέθοδος.
- Αποτελεσματικό για τη θανάτωση των μικροοργανισμών.
- Πολύ χαμηλές απαιτήσεις σε κόστη και εξοπλισμό.

Μειονεκτήματα:

- Απώλεια υδατοδιαλυτών βιταμινών όπως η βιταμίνη C (Giannakourou & Taoukís, 2021).

#### **2.1.2.2.2. Ατμοβράσιμο**

Το ατμοβράσιμο είναι μια μέθοδος μαγειρέματος, που αντί για βύθιση των τροφίμων σε βραστό νερό, κάνει χρήση των ατμών ύδατος που έχει εισέλθει στο σημείο βρασμού του. Το μαγείρεμα στον ατμό θεωρείται μια υγιεινή τεχνική μαγειρέματος που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για πληθώρα τροφίμων.

Λόγω των θερμοδυναμικών ιδιοτήτων του ατμού, το ατμοβράσιμο μπορεί να είναι εξίσου γρήγορο ή και ταχύτερο από το βράσιμο, καθώς και πιο ενεργειακά αποδοτικό, καθώς απαιτεί τη θέρμανση σημαντικά μικρότερης ποσότητας νερού από το τελευταίο.

Πλεονεκτήματα:

- Διατηρεί περισσότερα θρεπτικά συστατικά σε σχέση με το βράσιμο.
- Εξίσου βελτίωση της υφής και του χρώματος των λαχανικών.

Μειονεκτήματα:

- Δυνητικά μικρότερο αποτέλεσμα στην καταστροφή όλων των μικροοργανισμών σε σύγκριση με το βράσιμο.

#### **2.1.2.2.3. Ψήσιμο σε φούρνο**

Το ψήσιμο συνιστά μαγείρεμα κατά τη διάρκεια του οποίου το τρόφιμο εκτίθεται σε ξηρή θερμότητα από το σύνολο του περιβάλλοντος γύρω του όπως σε φούρνο ή πάνω από φωτιά) ή σε καυτή χόβολη, άμμο ή πέτρες

Πλεονεκτήματα:

- Διατηρεί τη γεύση και τα θρεπτικά συστατικά.
- Μειώνει την ανάγκη για πρόσθετα λιπαρά.

Μειονεκτήματα:

- Χρειάζεται περισσότερο χρόνο σε σχέση με άλλες μεθόδους.
- Μπορεί να προκαλέσει απώλεια κάποιων βιταμινών λόγω υψηλής θερμοκρασίας.

#### 2.1.2.2.4. Ψήσιμο στη σχάρα

Το ψήσιμο στη σχάρα είναι μια μορφή εφαρμογής θερμότητας στην επιφάνεια τροφίμων, από κάποια ή κάποιες από τις πλευρές αυτών. Το ψήσιμο στη σχάρα συνήθως περιλαμβάνει σημαντική ποσότητα άμεσης, ακτινοβολούμενης θερμότητας και τείνει να χρησιμοποιείται για το γρήγορο μαγείρεμα κρέατος και λαχανικών.

Η μεταφορά θερμότητας στα τρόφιμα που ψήνονται σε σχάρα λαμβάνει χώρα κυρίως μέσω θερμικής ακτινοβολίας. Ωστόσο σε περίπτωση που χρησιμοποιηθεί ενδιάμεσα κάποιο σκεύος πάνω στη σχάρα όπως για παράδειγμα τηγάνι ή ταψί, τότε σε αυτή τη περίπτωση η μετάδοση της θερμότητας γίνεται με αγωγή.

Το ψήσιμο απευθείας από τη θερμότητα της σχάρας μπορεί να εκθέσει τα τρόφιμα σε θερμοκρασίες που συχνά υπερβαίνουν τους 260 °C, θερμοκρασία όπου μπορούν να συμβούν οι αντιδράσεις Maillard.

Πλεονεκτήματα:

- Ενίσχυση της γεύσης μέσω του καπνίσματος και της καραμελοποίησης.
- Σχετικά χαμηλή απώλεια θρεπτικών συστατικών.
- Το ψήσιμο στη σχάρα παρουσιάζεται συχνά ως μια υγιεινή εναλλακτική για το μαγείρεμα με χρήση λιπαρών υλών.

Μειονεκτήματα:

- Μέθοδος κατάλληλη μόνο για συγκεκριμένα τρόφιμα. Ακατάλληλη εναλλακτική για μεγάλα, σκληρά κομμάτια τροφίμων.
- Κίνδυνος δημιουργίας καρκινογόνων ουσιών λόγω καύσης.
- Μπορεί να απαιτεί προσθήκη λιπαρών ουσιών, αν και περιορισμένης ποσότητας.

#### **2.1.2.2.5. Σοτάρισμα**

Το σοτάρισμα αναφέρεται σε μια μορφή μαγειρέματος με χρήση κυρίως ξηρής θερμότητας, η οποία λαμβάνει χώρα σε καυτό σκεύος, με προσθήκη και μιας μικρής ποσότητας λίπους. Το σοτάρισμα χρησιμεύει ως μια τεχνική κατά κύριο λόγο γρήγορου μαγειρέματος. Όπως και άλλες μέθοδοι μαγειρέματος σε ξηρή θερμότητα, το σοτάρισμα ροδίζει την επιφάνεια του φαγητού καθώς αυτό μαγειρεύεται, και αναπτύσσει περίπλοκες γεύσεις και αρώματα (αντιδράσεις Maillard και καραμελοποίησης).

Στο σοτάρισμα το λίπος χρησιμεύει τόσο στο να μην κολλήσει το τρόφιμο στο σκεύος, όσο και στην προσθήκη γεύσης. Σε κάθε περίπτωση όμως, όσον αφορά το σοτάρισμα, η ενέργεια του θερμού σκεύους αποτελεί την κύρια πηγή μαγειρέματος των τροφίμων.

Σε αντίθεση με το ψήσιμο σε φούρνο, στο σοτάρισμα η ξηρή θερμότητα μόνο από το καυτό σκεύος στο οποίο βρίσκεται πάνω το τρόφιμο και όχι από το συνολικό περιβάλλον. Σε αντίθεση δε με το τηγάνισμα η χρήση προστιθέμενου λίπους είναι περιορισμένη.

Πλεονεκτήματα:

- Γρήγορη μέθοδος που διατηρεί τη γεύση και τα θρεπτικά συστατικά.
- Μικρή απώλεια θρεπτικών συστατικών.

Μειονεκτήματα:

- Κίνδυνος να καούν τα τρόφιμα.
- Οξειδωση των λιπαρών ουσιών που προστίθενται λόγω υψηλών θερμοκρασιών.

#### **2.1.2.2.6. Τηγάνισμα**

Το τηγάνισμα αποτελεί μέθοδο μαγειρέματος τροφίμων σε θερμό λίπος ή λάδι, που συνήθως λαμβάνει χώρα με χρήση μιας σχετικά λεπτής στιβάδας ελαίου σε σκεύος το οποίο βρίσκεται σε φωτιά ή επαγωγική εστία. Εναλλακτικά, υφίσταται και το λεγόμενο βαθύ τηγάνισμα σε λίπος, στην οποία περίπτωση τα τρόφιμα βυθίζονται εντελώς σε ένα δοχείο το οποίο έχει πληρωθεί με θερμό λίπος.

Πλεονεκτήματα:

- Ενίσχυση αρωματικού προφίλ και επίτευξη επιθυμητής υφής.
- Μεγάλη ταχύτητα μαγειρέματος.

Μειονεκτήματα:

- Χρήση μεγάλης ποσότητας ελαίων σε υψηλές θερμοκρασίες με αποτέλεσμα εκτεταμένη οξειδωση και παραγωγή trans λιπαρών.
- Υψηλές ενεργειακές απαιτήσεις.
- Υψηλό κόστος ελαίων.

### **2.1.2.3. Βιομηχανικές μέθοδοι εφαρμογής θερμότητας**

#### **2.1.2.3.1. Παστερίωση**

Η διαδικασία της παστερίωσης πήρε το όνομά της από τον Γάλλο μικροβιολόγο Louis Pasteur, η έρευνα του οποίου στη δεκαετία του 1860 έδειξε ότι συγκεκριμένη θερμική επεξεργασία αδρανοποιούσε ανεπιθύμητους μικροοργανισμούς σε δείγματα οίνου.

Η παστερίωση συνιστά μια διαδικασία, κατά τη διάρκεια της οποίας, κατά κύριο λόγο υγρά, συσκευασμένα ή μη τρόφιμα (π.χ. γάλα και χυμοί φρούτων) υποβάλλονται σε επεξεργασία με ήπια θερμότητα, συνήθως σε θερμοκρασία μικρότερη από 100 °C.

Σκοπό της παστερίωσης χυμών φρούτων αποτελεί η θανάτωση αλλοιογόνων και παθογόνων μικροοργανισμών, όπως και η απενεργοποίηση ενζύμων του χυμού ούτως ώστε η ποιότητα του χυμού να μην επηρεαστεί κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης (Aamir *et al.*, 2013). Ο χυμός μπορεί να κατεργαστεί είτε με παστερίωση είτε με UHT, με τη διάκριση να αποτελεί ότι η πρώτη χρησιμοποιεί θερμοκρασίες μικρότερες των 100 °C και η δεύτερη μεγαλύτερες.

Κοινοί μικροοργανισμοί που απαντώνται στους χυμούς είναι οι ζύμες, οι μούχλες, και τα βακτήρια Coliforms, που αντέχουν σε χαμηλά pH. Όσον αφορά τους χυμούς, η παστερίωση συνήθως λαμβάνει χώρα στους 95 - 98 °C για περίπου 10 - 30 δευτερόλεπτα, αναλόγως το είδος του χυμού.

Λόγω χαμηλών θερμοκρασιών, τα περισσότερα βακτηριακά ενδοσπόρια, όπως και τυχόντες θερμοανθεκτικοί βάκιλοι, επιβιώνουν κατά τη διαδικασία. Για αυτόν τον λόγο τρόφιμα που έχουν υποβληθεί σε παστερίωση στη συνέχεια διατηρούνται υπό ψύξη. Ακολουθούν τα στάδια παστερίωσης υγρών τροφίμων (National Food Institute RTO 3821, 2021):

### 1. Ψύξη

Αν και τεχνικά δεν αποτελεί βήμα της παστερίωσης, η ψύξη των προς παστερίωση τροφίμων συνιστά μια απαραίτητη κατεργασία πριν την εκκίνηση της διαδικασίας. Τα προς παστερίωση τρόφιμα θα πρέπει να διατηρηθούν σε θερμοκρασίες οι οποίες δε θα ευνοούν την ανάπτυξη αλλοιογόνων και παθογόνων μικροοργανισμών.

### 2. Προθέρμανση

Στο αρχικό στάδιο, τα τρόφιμα προθερμαίνονται σε μια σχετικά χαμηλή θερμοκρασία, η οποία συχνά εξασφαλίζεται από την θερμότητα των ήδη παστεριωμένων τροφίμων. Σε απλοποιημένη περιγραφή, υγρό τρόφιμο (χυμός φρούτου), το οποίο έχει ήδη παστεριωθεί και βρίσκεται σε υψηλή θερμοκρασία, μέσω κατάλληλων σωληνώσεων του παστεριωτή, διαθέτει θερμότητα προς το ψυχρό υγρό τρόφιμο το οποίο προέρχεται από δεξαμενή υπό ψύξη, και δεν έχει παστεριωθεί ακόμη. Αυτή η διαδικασία αποσκοπεί τόσο στην ψύχρανση του τροφίμου που έχει παστεριωθεί, όσο και στην προθέρμανση εκείνου που δεν έχει παστεριωθεί ακόμη. Κατά μια έννοια, η θερμότητα συνεπίως ανακυκλώνεται.

### 3. Διαύγαση

Η διαδικασία της διαύγασης χρησιμοποιείται για την απομάκρυνση όλων των στερεών σωματιδίων από το τρόφιμο προς παστερίωση. Στο παρελθόν, τυχόντα στερεά κατάλοιπα των υγρών τροφίμων, αφαιρούνταν κατά τη διάρκεια της παστερίωσης, περνώντας το τρόφιμο δια μέσου μεταλλικών φίλτρων. Σήμερα στην πλειοψηφία των

βιομηχανιών τροφίμων, χρησιμοποιείται ένας διαυγαστής για τον ίδιο σκοπό. Οι διαυγαστές χρησιμοποιούν φυγόκεντρο δύναμη, στο στάδιο που το τρόφιμο εισέρχεται σε μια δομή που περιστρέφεται με υψηλή ταχύτητα, λόγω της οποίας τα στερεά σωματίδια διαχωρίζονται από το υγρό τρόφιμο, καταλήγοντας προς το εξωτερικό του διαυγαστή, από όπου αποβάλλονται, ενώ το υγρό τρόφιμο συνεχίζει τη ροή του στον παστεριωτή.

#### 4. Τμήμα θέρμανσης

Το πιο σημαντικό μέρος της διαδικασίας παστερίωσης είναι το τμήμα θέρμανσης. Ο προθερμασμένος χυμός θερμαίνεται σε θερμοκρασίες λίγο χαμηλότερες των 100 ° C, με σκοπό τη θανάτωση των επιβλαβών μικροοργανισμών. Νερό που έχει θερμανθεί με ατμό χρησιμοποιείται για την επίτευξη αυτής της θερμοκρασίας ενώ ο χυμός κινείται με αντίστροφη κίνηση από αυτή του νερού στις σωληνώσεις του παστεριωτή. Στο τέλος του τμήματος θέρμανσης ο χυμός εισέρχεται στο σωλήνα συγκράτησης.

#### 5. Τμήμα συγκράτησης

Στην αρχή αυτής της διαδικασίας, ο χυμός ρέει μέσα από τους σωλήνες συγκράτησης με ρυθμό ροής που εξασφαλίζει ότι παραμένουν στους σωλήνες για κάποιο απαραίτητο χρονικό διάστημα. Με αυτόν τον τρόπο διασφαλίζεται ότι οι επιβλαβείς μικροοργανισμοί-στόχοι της παστερίωσης θανατώνονται. Σε περίπτωση που γίνει αντιληπτό ότι χυμός έφτασε στο τέλος της διαδικασίας σε χαμηλότερη της επιθυμητής θερμοκρασίας, θα εκτραπεί αυτόματα πίσω στη δεξαμενή συγκράτησης στην αρχή του παστεριωτή. Χυμός που φτάνει στο τέλος της διαδικασίας σε επιθυμητή θερμοκρασία, ρέει σε ένα τμήμα αναγέννησης όπου ψύχεται, όπως αναφέρθηκε στο στάδιο της προθέρμανσης, χρησιμοποιώντας την ψυκτική δράση του κρύου εισερχόμενου χυμού.

## 8. Τμήμα ψύξης

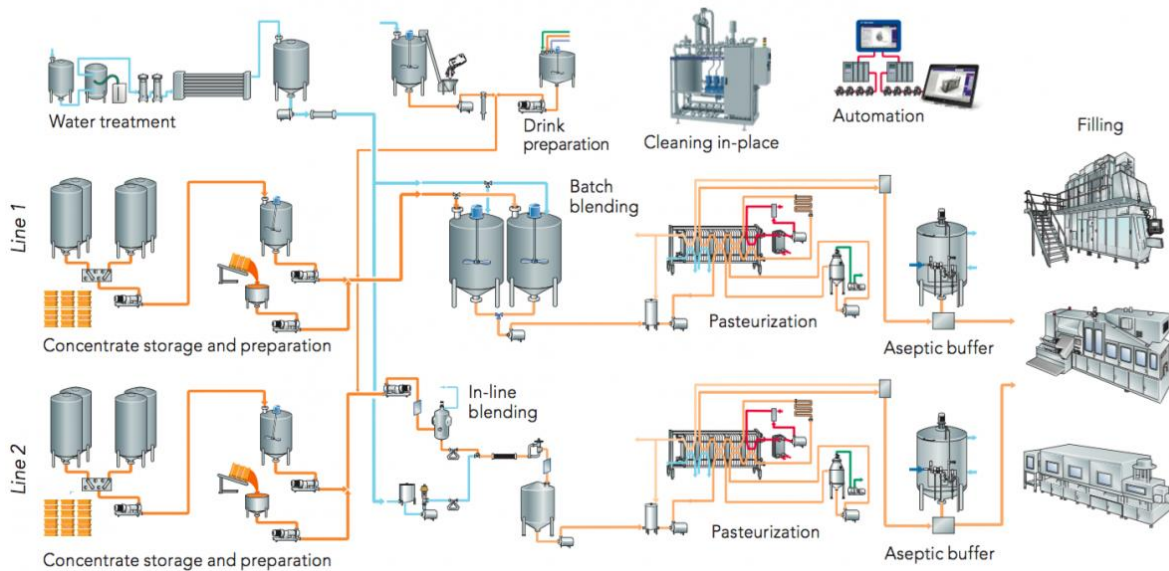
Μετά το αρχικό στάδιο ψύξης, ο παστεριωμένος χυμός ψύχεται περαιτέρω σε θερμοκρασία 4° C. Στη συνέχεια αντλείται σε μηχανές συσκευασίας για συσκευασία και αποθήκευση υπό ψύξη.

Πλεονεκτήματα μεθόδου:

- Διατήρηση οργανοληπτικών χαρακτηριστικών και διατροφικής αξίας.
- Ικανότητα προσαρμογής σταδίων, θερμοκρασιών και χρόνων ανά τρόφιμο.

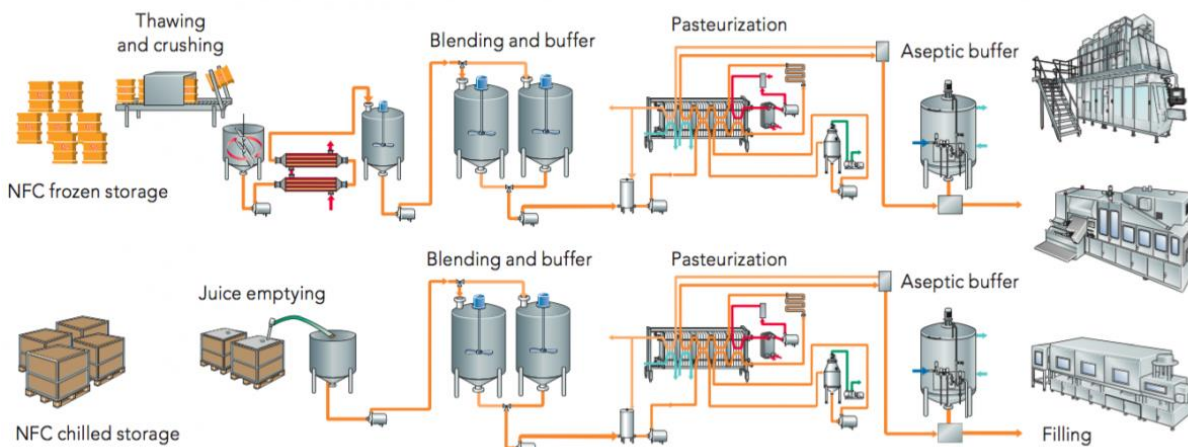
Μειονεκτήματα μεθόδου:

- Υψηλές απαιτήσεις σε κόστος αγοράς, συντήρησης και χειρισμό εξοπλισμού.
- Μη εξάλειψη επιβλαβών μικροοργανισμών λόγω χαμηλών θερμοκρασιών.



Εικόνα 8: Διάγραμμα παστερίωσης χυμού από συμπυκνωμένη πρώτη ύλη





Εικόνα 9: Διάγραμμα παστερίωσης χυμού από μη συμπυκνωμένη πρώτη ύλη

### 2.1.2.3.2. UHT

Αποτελεί ακρωνύμιο του Ultra High Temperature process (FDA, 2024). Η επεξεργασία εξαιρετικά υψηλής θερμοκρασίας συνιστά μια τεχνολογία θερμικής αποστείρωσης υγρών τροφίμων, σε θερμοκρασίες ανώτερες των 135 °C (θερμοκρασία που απαιτείται για τη θανάτωση των ενδοσπορίων) για χρονικό διάστημα 2 έως 5 δευτερολέπτων. [2] Συχνότερη εφαρμογή της UHT λαμβάνει χώρα στην επεξεργασία γάλακτος, ωστόσο η συγκεκριμένη κατεργασία, εκτός των γαλακτομικών, βρίσκει εφαρμογές και στην παραγωγή χυμών φρούτων, σούπας, και συσκευασμένων μαγειρεμένων τροφίμων (Goff *et al.*, 2021).

Στάδια της κατεργασίας UHT (New Food, 2012):

1. Προθέρμανση, με ή χωρίς χρόνο συγκράτησης
2. Ομογενοποίηση
3. Θέρμανση σε θερμοκρασία αποστείρωσης
4. Διατήρηση σε θερμοκρασία αποστείρωσης
5. Αρχική ψύξη
6. Περαιτέρω ομογενοποίηση
7. Τελική ψύξη
8. Ασηπτική συσκευασία

Εναλλακτική διαδικασία της UHT είναι η παστερίωση υψηλής θερμοκρασίας σύντομου

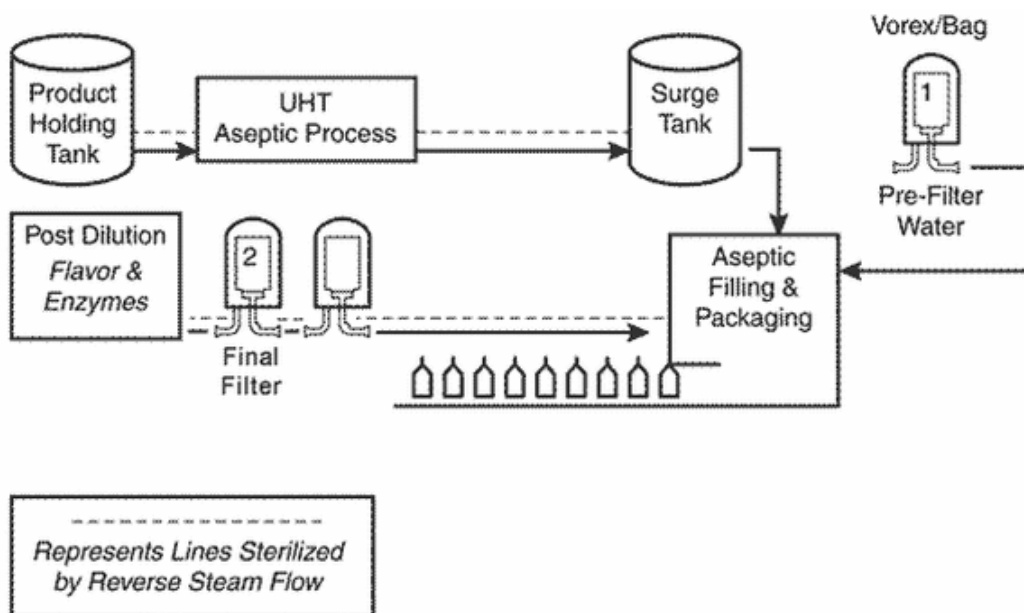
χρόνου (HTST ή flash pasteurization), κατά την οποία το γάλα θερμαίνεται στους 72 °C για τουλάχιστον 15 δευτερόλεπτα, όπου συγκριτικά με την αποστείρωση υπάρχουν χαμηλότερες θερμοκρασίες για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Τρόφιμα που έχουν υποστεί UHT και βρίσκονται συσκευασμένα σε αποστειρωμένους περιέκτες, έχουν τυπική διάρκεια ζωής εκτός ψυγείου, από έξι έως εννέα μήνες. Συγκριτικά, τρόφιμα HTST έχουν διάρκεια ζωής περίπου δύο εβδομάδες από την επεξεργασία ή περίπου μία εβδομάδα από τη διάθεσή του στην αγορά (Scientific American, 2008).

Πλεονεκτήματα μεθόδου:

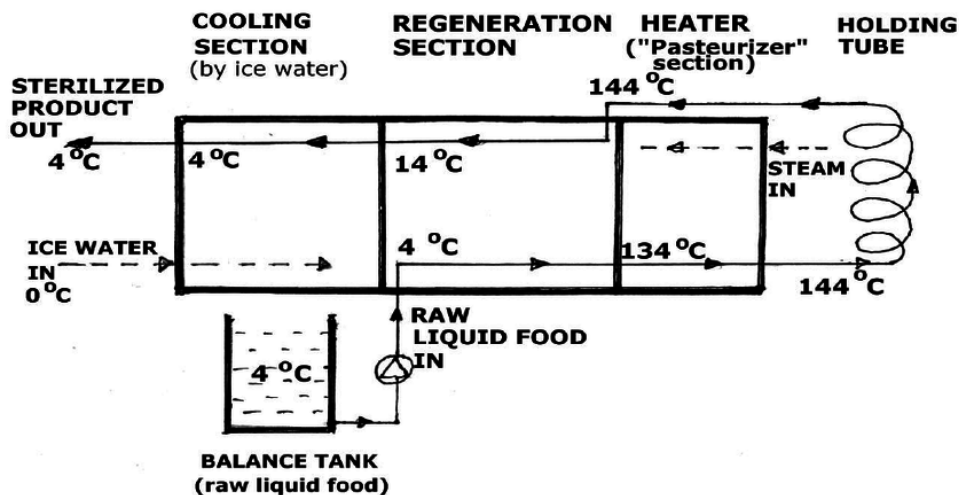
- Ταχεία μέθοδος.
- Πλήρης θανάτωση μικροοργανισμών, ενδοσπορίων και αδρανοποίηση ενζύμων.
- Διατήρηση τελικών προϊόντων εκτός ψύξης για μεγάλο χρονικό διάστημα.

Μειονεκτήματα μεθόδου:

- Υποβάθμιση διατροφικής αξίας λόγω υψηλών θερμοκρασιών.
- Πιθανή παρατήρηση ανεπιθύμητων οργανοληπτικών μεταβολών, όπως για παράδειγμα αμαύρωση λόγω αντιδράσεων Maillard, ή μεταβολών στη γεύση και το άρωμα (Journal of Dairy Science, 2005).



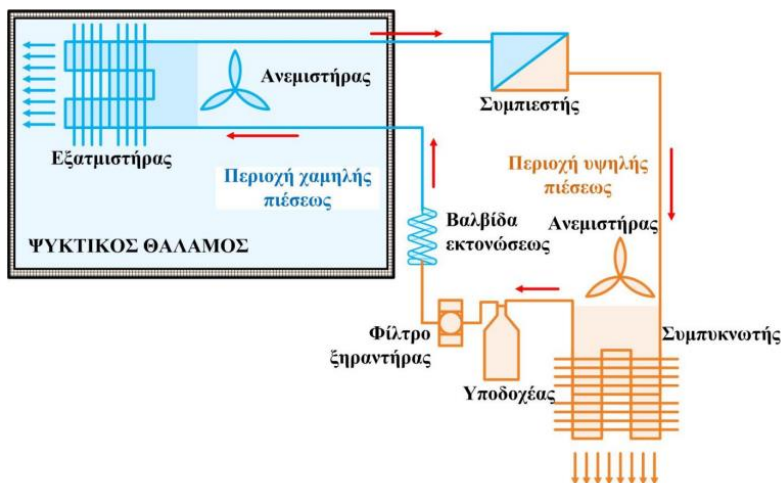
Εικόνα 10: Γραμμή παραγωγής στην οποία εντάσσεται κατεργασία UHT



Εικόνα 11: Διαγραμματική απεικόνιση ενός UHT αποστειρωτή

## 2.2. Μέθοδοι Απαλοιφής Θερμότητας

Οι μέθοδοι αύξησης της διατηρησιμότητας τροφίμων μέσω απαλοιφής θερμότητας είναι εφαρμογή των φυσικοχημικών αρχών σύμφωνα με τους οποίους μείωση της θερμοκρασίας των τροφίμων στην ουσία συνιστά ελάττωση της κινητικότητας των μορίων που τα απαρτίζουν. Κατά συνέπεια καταστέλλονται φυσικές, χημικές και βιολογικές αλλοιογόνες διεργασίες. Καθυστερήσεις στην ψύξη φρούτων και λαχανικών έχουν ως αποτέλεσμα προϊόντα μειωμένης ποιότητας λόγω τριών κύριων αιτιών: α) συνέχιση της αναπνοής και των συσχετιζόμενων μεταβολικών δραστηριοτήτων – οι οποίες καταναλώνουν σάκχαρα, οξέα και βιταμίνες – σε αυξημένους ρυθμούς, β) εντατικοποίηση των απωλειών νερού και γ) αύξηση του ρυθμού αποσύνθεσης. Οι συγκεκριμένες καθυστερήσεις δύνανται επίσης να επιτρέψουν αυξημένες ευαισθησίες σε αλλοιώσεις λόγω αιθυλενίου. Ωστόσο οι συγκεντρώσεις αιθυλενίου συνήθως παραμένουν μικρές κοντά σε εγκαταστάσεις ψύξης,



Εικόνα 12: Σύστημα ψύξης

με αποτέλεσμα στις συγκεκριμένες περιπτώσεις το αιθυλένιο να μην προκαλεί την έκταση των αλλοιώσεων που προκαλούν οι παραπάνω τρεις παράμετροι (Thompson *et al.*, 2001). Σε αντίθεση με τη θερμική επεξεργασία, η συντήρηση με απαλοιφή θερμότητας στην ουσία δεν καταστρέφει μικροοργανισμούς ή ένζυμα, αλλά απλώς καταστέλλει τη δραστηριότητά τους (Kuna, 2018). Ανάλογα με τις θερμοκρασίες διατήρησης των τροφίμων, οι συγκεκριμένες μέθοδοι διαχωρίζονται σε μεθόδους ψύξης και μεθόδους κατάψυξης. Η διάρκεια αποθήκευσης των φρέσκων ευπαθών τροφίμων, όπως τα κρέατα, τα ψάρια, τα φρούτα και τα λαχανικά, μπορεί να παραταθεί κατά αρκετές ημέρες με ψύξη και κατά αρκετές εβδομάδες ή μήνες με κατάψυξη (Fellows, 2009).

### **2.2.1 Ψύξη**

Ως ψύξη των τροφίμων ορίζεται η διατήρησή τους σε θερμοκρασίες μεταξύ των 15 °C και του σημείου κατάψυξης του νερού του τροφίμου (Λάζου, 2023).

Η ψύξη επιβραδύνει τις χημικές και βιολογικές διεργασίες στα τρόφιμα που επιφέρουν αλλοιώσεις, με ελάχιστες αλλαγές στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά και τη θρεπτική αξία. Συντήρηση σε θερμοκρασίες στην περιοχή των 0 – 5 °C επιβραδύνει τον μικροβιακό πολλαπλασιασμό, αλλά ορισμένα ψυχρόφιλα παθογόνα είναι δυνατόν να αυξηθούν σε αρκετά μεγάλους αριθμούς και σε αυτό το εύρος θερμοκρασιών, ώστε να μπορούν να προκαλέσουν λοιμώξεις και υπό αυτές τις συνθήκες. Σε αυτές τις περιπτώσεις, όταν απαιτείται μεγαλύτερη περίοδος συντήρησης, η κατάψυξη πρέπει να χρησιμοποιείται για την ελαχιστοποίηση τυχόντων αλλοιώσεων. Κατά την κατάψυξη, το μεγαλύτερο μέρος της περιεκτικότητας των τροφίμων σε νερό, περίπου 80%, στερεοποιείται σε καθαρούς κρυστάλλους πάγου, συνοδευόμενο από διαχωρισμό διαλυμένων στερεών (Sun, 2006). Τα παγωμένα τρόφιμα ομαδοποιούνται συνήθως σε τρεις κατηγορίες, ανάλογα με τη θερμοκρασία αποθήκευσης εύρος:

- Εύρος: -1 – +1°C: φρέσκα ψάρια, κρέατα, λουκάνικα και κιμάδες, καπνιστά κρέατα
- Εύρος: 0 – +5 °C: παστεριωμένα κρέατα, γάλα, κρέμες, γιαούρτια, έτοιμες σαλάτες, σάντουιτς ,ψητά προϊόντα, φρέσκα ζυμαρικά, φρέσκες σούπες και σάλτσες, πίτσες, αρτοσκευάσματα και άψητη ζύμη

- Εύρος: 0 – +8 °C: πλήρως μαγειρεμένα κρέατα, μαγειρευτά ή άψητα αλλαντικά, βούτυρο, μαργαρίνη, σκληρό τυρί, μαγειρεμένο ρύζι, χυμοί φρούτων και μαλακά φρούτα

Ως προς τον χρόνο, τον τόπο εφαρμογής και τους χειρισμούς, η ψύξη μπορεί να διαχωριστεί σε δυο σκέλη: α) την πρόψυξη και β) τη μακροχρόνια ψύξη. Το στάδιο της πρόψυξης, συνήθως αναφέρεται στα φρέσκα φρούτα και λαχανικά τα οποία μπορεί να αποτελούν τελικά προϊόντα ή πρώτες ύλες, και λαμβάνει χώρα στον τόπο της συγκομιδής, αμέσως μετά από αυτήν (Garrido *et al.*, 2015). Τα περισσότερα φρούτα και ορισμένα λαχανικά συλλέγονται σε σχετικά υψηλές θερμοκρασίες και συνήθως περιέχουν μεγάλες ποσότητες θερμότητας πεδίου, οι οποίες επιταχύνουν τις μεταβολικές διεργασίες και αυξάνουν την ανάπτυξη μικροοργανισμών (Ambaw *et al.*, 2017). Σκοπός της πρόψυξης, είναι ανάλογα με το είδος του φρούτου ή λαχανικού, η σταδιακή μείωση της θερμοκρασίας, με επιλογή της βέλτιστης μεθόδου (για παράδειγμα ψύξη με ροή αέρα), όπως επίσης και με βελτιστοποίηση τρίτων παραμέτρων, όπως για παράδειγμα η απόσταση των παλετών. Από τη στιγμή που ο ψυκτικός θάλαμος θα βρεθεί στην επιθυμητή θερμοκρασία ψύξης του συγκεκριμένου τροφίμου, τότε ξεκινά το στάδιο της μακροχρόνιας ψύξης, κατά το οποίο οι μέθοδοι ψύξης οφείλουν να βελτιστοποιηθούν καταλλήλως (για παράδειγμα μείωση της ροής του αέρα). Τα τελευταία χρόνια έχει σημειωθεί σημαντική πρόοδος στις διαθέσιμες μεθόδους προψύξης, συμπεριλαμβανομένων νέων στρατηγικών και έρευνας όσον αφορά τους μηχανισμούς με χρήση αριθμητικών προσομοιώσεων για τη βελτίωση της απόδοσης της προψύξης (Duan *et al.*, 2020).

Πλεονεκτήματα της μεθόδου:

- Συντήρηση των τροφίμων με ελάχιστες απώλειες σε διαθρεπτικά και οργανοληπτικές μεταβολές.

Μειονεκτήματα της μεθόδου:

- Επιβράδυνση αλλά όχι πλήρη διακοπή της δραστηριότητας των παθογόνων μικροοργανισμών. Συνεπώς, μπορεί τελικά να προκαλέσει λοιμώξεις.

### 2.2.1.1. Ρυθμός ψύξης στο χρόνο

Ο ρυθμός ψύξης  $w$  ορίζεται από την εξίσωση  $w = \frac{dt}{dt} [^{\circ}\text{C}/\text{s}]$  (1), όπου  $dt$  είναι η μεταβολή της θερμοκρασίας κατά το χρονικό διάστημα  $dt$ , υπό την προϋπόθεση πως ισχύουν:

- το τρόφιμο είναι ομοιογενές
- το τρόφιμο βρίσκεται στην ίδια θερμοκρασία σε κάθε σημείο του κάθε χρονική στιγμή
- η θερμοκρασία του μέσου ψύξης διατηρείται σταθερή
- δεν υπάρχει μεταφορά μάζας από το μέσο ψύξης προς το τρόφιμο

Η υπόθεση πως το σύνολο της θερμότητας που απαλείφεται από το τρόφιμο, ταυτίζεται με τη συνολική θερμότητα που απορροφά το μέσο ψύξης, οδηγεί στην εξίσωση:

$$m \cdot c \cdot dt = - S \cdot h \cdot (t - t_0) \cdot dt. (2)$$

όπου:

$m$ : μάζα του τροφίμου

$c$ : η θερμοχωρητικότητα του τροφίμου

$S$ : η επιφάνεια του τροφίμου

$h$ : η σταθερά μεταφοράς θερμότητας  $\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$ ,

$t$ : η θερμοκρασία του τροφίμου

$t_0$ : η θερμοκρασία του μέσου ψύξης

Ενώ η (2) μετατρέπεται στην εξίσωση θερμοκρασίας – χρόνου:

$$t = t_0 + (t_i - t_0) \cdot e^{-\frac{h \cdot S}{m \cdot c} t} (3)$$

όπου:

$t_i$ : η αρχική θερμότητα του τροφίμου

Και τέλος, η χρονική διάρκεια ψύξης του τροφίμου, ορίζεται ως

$$\tau_r = \frac{m \cdot c}{h \cdot S} \cdot \ln \frac{t_i - t_0}{t_f - t_0} (4)$$

όπου:

$t_f$ : η τελική θερμότητα του τροφίμου

### **2.2.1.2. Μέσα και συστήματα ψύξης**

Η ψύξη των τροφίμων πραγματοποιείται με μηχανικά συστήματα ψύξης ή με πάγο. Η θερμοκρασία των προϊόντων θα πρέπει να μειωθεί όσο το δυνατόν ταχύτερα χαμηλότερα της κρίσιμης θερμοκρασιακής ζώνης (5 – 10°C), όπου λαμβάνει χώρα η μέγιστη ανάπτυξη μικροοργανισμών. Είναι δυνατή η συνεχής ή ασυνεχής λειτουργία στα μηχανικά συστήματα ψύξης, ενώ μόνο ασυνεχής στα συστήματα ψύξης που κάνουν χρήση πάγου. Το ψυκτικό μέσο σε μηχανικά ψυχόμενους ψύκτες μπορεί να είναι αέρας, νερό ή μεταλλικές επιφάνειες.

#### **2.2.1.2.1. Ψύξη σε ρεύμα αέρα (Forced Air Cooling)**

Στην ψύξη με ρεύμα αέρα η εξάλειψη ποσών θερμότητας από τα προϊόντα επιτυγχάνεται με χρήση ψυχρού αέρα, διερχόμενο μέσω αυτών, με υψηλή ταχύτητα. Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι ψύξης ρεύματος αέρα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ψύξη φρούτων και λαχανικών. Η κατεύθυνση της πορείας του εφαρμοζόμενου αέρα μπορεί να είναι κάθετη ή οριζόντια. Όταν χρησιμοποιείται σύστημα οριζόντιας ροής αέρα, ο πεπιεσμένος αέρας μεταφέρεται από τη μία πλευρά του θαλάμου έως στην άλλη πλευρά, μέσω οπών που έχουν διανοιχθεί μέσα στα κυτία των προϊόντων (Mukama *et al.*, 2020). Αντίθετα, σε χρήση συστήματος κατακόρυφης ροής αέρα, προβλέπονται διατρήσεις στους πυθμένες των κυτίων των προϊόντων, μέσω των οποίων το ρεύμα αέρα διέρχεται κατακόρυφα από κάτω προς τα επάνω του θαλάμου.

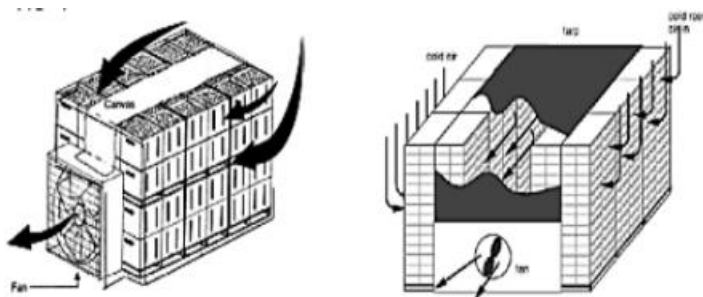
Επειδή ο αέρας ψύξης έρχεται σε άμεση επαφή με τα προϊόντα, η ψύξη με χρήση σερπαντίνας είναι πολύ πιο γρήγορη από ό,τι με συμβατικές μεθόδους. Η ψύξη με τη μέθοδο του ρεύματος αέρα ήταν συνήθως 4 έως 10 φορές ταχύτερη από την ψύξη θαλάμου, αλλά η υδρόψυξη και η ψύξη υπό κενό ήταν 2 έως 23 φορές ταχύτερη από την εξαναγκασμένη ψύξη με αέρα. Ένα άλλο πλεονέκτημα της ψύξης ρεύματος αέρα είναι ότι η μετατροπή των υφιστάμενων εγκαταστάσεων είναι συχνά απλή και φθηνή, υπό την προϋπόθεση ότι υπάρχουν διαθέσιμες επαρκείς ψυκτικές επιφάνειες. Όταν απαιτείται πολύ γρήγορη ψύξη, η ψύξη με ρεύμα αέρα είναι πιο δαπανηρή από άλλες μεθόδους ψύξης, και επομένως αυτό μπορεί να περιορίσει την εφαρμογή της σε ορισμένα προϊόντα που πρέπει να ψύχονται εξαιρετικά γρήγορα. Άλλη πρόκληση της

ψύξης με ρεύμα αέρα συνιστά η απαίτηση ενός συστηματικού πλάνου στοίβαξης των προϊόντων εντός του θαλάμου. Συνεπώς, η συγκεκριμένη τεχνική απαιτεί ειδικευμένους χειριστές ώστε να επιτευχθεί το απαιτούμενο σχέδιο φόρτωσης, για να διασφαλιστούν ικανοποιητικοί ρυθμοί ψύξης.

Συστήματα εξοπλισμού χρήσης ρεύματος αέρα είναι τα παρακάτω:

#### α) Σήραγγα ρεύματος αέρα (Forced-air Tunnel)

Στο τέλος του διαδρόμου ανάμεσα σε δύο σειρές κυτίων προϊόντων, υπάρχει ένας ανεμιστήρας. Δημιουργείται ένα είδος τούνελ με κάλυψη από πλαστικό ή παρεμφερή υλικά, που φράζει την άνω πλευρά και τα άκρα του διαδρόμου. Ψυχρός αέρας κυκλοφορεί μέσω αεραγωγών στην άνω πλευρά των κυτίων με

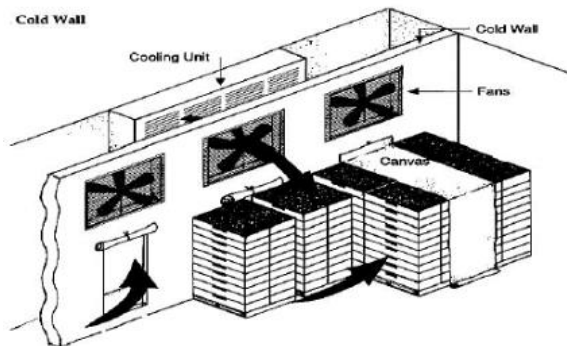


Εικόνα 13: Σήραγγα ρεύματος αέρα

τη βοήθεια ενός ανεμιστήρα (Rao, 2015). Ο συγκεκριμένος ανεμιστήρας μπορεί να είναι μετακινούμενος, προσαρμόζοντας την σήραγγα ρεύματος αέρα ανάλογα με τις εκάστοτε ανάγκες, ή μπορεί να στερεωθεί σε έναν τοίχο δίπλα στην επιφάνεια ψύξης, με πολλούς ανεμιστήρες να σχηματίζουν πολλαπλές σήραγγες.

#### β) Τοίχος ψύξης (Cold Wall)

Γίνεται εγκατάσταση ενός ανεμιστήρα σε τοίχο ή σε γυψοσανίδα, από όπου αναρροφά αέρα του χώρου του θαλάμου, τον οποίο και προωθεί προς την επιφάνεια ψύξης. Ο τοίχος και η επιφάνεια ψύξης βρίσκονται στο ίδιο άκρο του ψυχρού θαλάμου. Στον τοίχο



Εικόνα 14: Τοίχος ψύξης

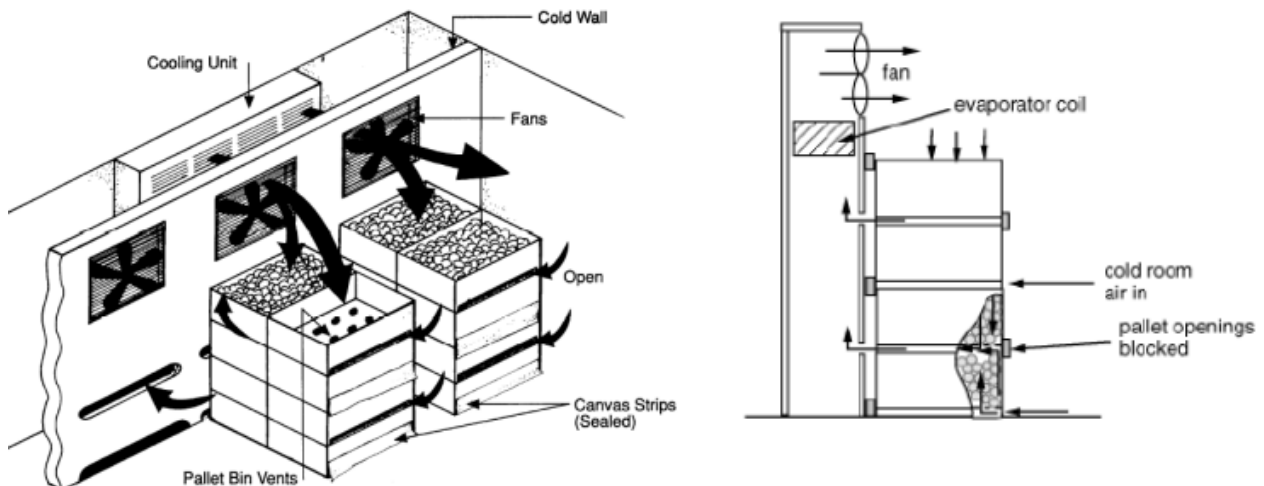
ψύξης εγκαθίστανται σύστημα ρύθμισης ροής το οποίο μπορεί να επιτρέπει ροή αέρα



μόνο όταν βρίσκονται τοποθετημένα μπροστά του κυτία προϊόντων με κατάλληλα ανοίγματα. Τα φρούτα και λαχανικά ψύχονται από τον ανεμιστήρα ο οποίος προωθεί ψυχρό αέρα διαμέσου των κυτίων.

### γ) Ψύξη με σερπαντίνια ρεύματος αέρα (Serpentine Cooling)

Συστήματα σερπαντίνιας σχεδιάζονται για ψύξη κυτίων χύδην προϊόντων. Αποτελούν εξέλιξη της μεθόδου ψυχρού τοίχου. Τα κυτία χύδην προϊόντων έχουν αεριζόμενο πάτο με ή χωρίς πλευρικό εξαερισμό. Τα κυτία στοιβάζονται σε μεγάλο ύψος και βάθος, με τα ανοίγματα των παλετών που προορίζονται για τα ανυψωτικά μηχανήματα να τοποθετούνται εφαπτόμενα στον ψυχρό τοίχο. Κάθε δεύτερο άνοιγμα στις παλέτες σφραγίζεται με πλαστικό και επικοινωνεί με μια οπή του ψυχρού τοίχου ώστε να κυκλοφορεί ο αέρας, ενώ τα υπόλοιπα ανοίγματα παραμένουν ανοιχτά ώστε ο αέρας να κυκλοφορεί διαμέσου των κυτίων. Ο αέρας του ψυχρού θαλάμου κυκλοφορεί στα κυτία προϊόντων μέσω των εναλλάξ ασφράγιστων ανοιγμάτων της στοιβάς κυτίων, και της κορυφής της (Tamil Nadu Agricultural University).



Εικόνα 15: Ψύξη με σερπαντίνια ρεύματος αέρα

### 2.2.1.2.2. Υδροψυξη (Hydrocooling)

Η υδροψυξη είναι μια ταχεία μέθοδος ψύξης, η οποία περιβρέχει τα φρούτα και λαχανικά με ψυχρό νερό. Το νερό απάγει ευκολότερα τα ποσά θερμότητας λόγω της μεγάλης θερμοχωρητικότητας που δημιουργείται από τον όγκο του νερού, σε σύγκριση με τον ψυχρό αέρα καθώς έρχεται σε άμεση επαφή με τα προϊόντα (Manganaris *et al.*, 2013). Η ποιότητα του νερού



Εικόνα 17: Στατικός τύπος υδροψυξης

και η ανακύκλωσή του απαιτούν την προσήκουσα προσοχή, καθώς το νερό είναι ο φορέας που έρχεται σε επαφή με τα προς ψύξη προϊόντα και μπορεί να τα επηρεάσει δυσμενώς. Για αυτό το λόγο γίνεται χρήση κατάλληλων και εγκεκριμένων χημικών με μικρή υπολειμματικότητα, τα οποία προστατεύουν εκτός από το νερό χρήσης και τα



Εικόνα 16: Υδροψυξη σε μεταφορική ταινία

προϊόντα από μύκητες και βακτηρίδια. Ο εξοπλισμός της υδροψυξης διακρίνεται σε δυο τύπους: α) εκείνος όπου τοποθετούνται σταθερά οι παλέτες των φρούτων και λαχανικών στο θάλαμο ψύξης και περιβρέχονται με ψυχρό νερό και β) εκείνος όπου τα προϊόντα κινούνται πάνω σε μεταφορικές ταινίες και είτε περιβρέχονται κινούμενα είτε βυθίζονται σε ψυχρό νερό.

Πλεονεκτήματα της ψύξης με υδρόψυξη:

- Τα προϊόντα δεν ζαρώνουν, διατηρούν την υγρασία και το βάρος τους.
- Βελτιώνεται η εμφάνιση των λίγο μαραμένων προϊόντων.
- Διατηρείται το άρωμα και η γεύση των φρούτων και λαχανικών.
- Δίνεται η δυνατότητα με τη χρήση κατάλληλων χημικών, εκτός από το μέσο ψύξης, να προστατεύονται τα προϊόντα από διάφορους μικροοργανισμούς.

Η μέθοδος ενδείκνυται για προϊόντα που έχουν μεγάλη μάζα σε σχέση με την επιφάνειά τους, όπως καρότα, σπαράγγια και φασολάκια. Δεν προτείνεται για προϊόντα που υφίστανται ενδόσμωση και σχίζονται, όπως π.χ. δαμάσκηνα και σταφύλια.

#### **2.2.1.2.3. Ψύξη σε κενό (Vacuum Cooling)**

Στη μέθοδο ψύξης σε κενό, τα προϊόντα τοποθετούνται σε έναν αεροστεγή θάλαμο, όπου δύναται να δημιουργηθεί υψηλό κενό με την αναρρόφηση του υπάρχοντος αέρα μέσω ισχυρών αντλιών. Αυτή η μέθοδος βασίζεται στην πτώση του σημείου βρασμού του νερού που περιέχεται στο ίδιο το προϊόν, μειώνοντας την πίεση του χώρου. Ποσότητες νερού που περιέχονται στα προϊόντα εξατμίζονται αφαιρώντας ποσά θερμότητας (Zhu *et al.*, 2019). Η απώλεια αυτή υγρασίας χάνεται ομοιόμορφα απ' όλη τη μάζα και όχι μόνο από την επιφάνεια με αποτέλεσμα να μην προκαλείται μάρανση των φρούτων και λαχανικών. Η ενέργεια που χρειάζεται για την εξάτμιση προέρχεται από τα ίδια τα προϊόντα με συνέπεια την μείωση της θερμοκρασίας τους. Η μέθοδος ψύξης σε κενό εφαρμόζεται κυρίως σε φυλλώδη λαχανικά, τα οποία έχουν μεγαλύτερη επιφάνεια σε σχέση με τον όγκο τους.

#### **2.2.1.2.4. Ψύξη με πάγο (Ice Cooling) ή με πολτό πάγου (ice-slush cooling)**

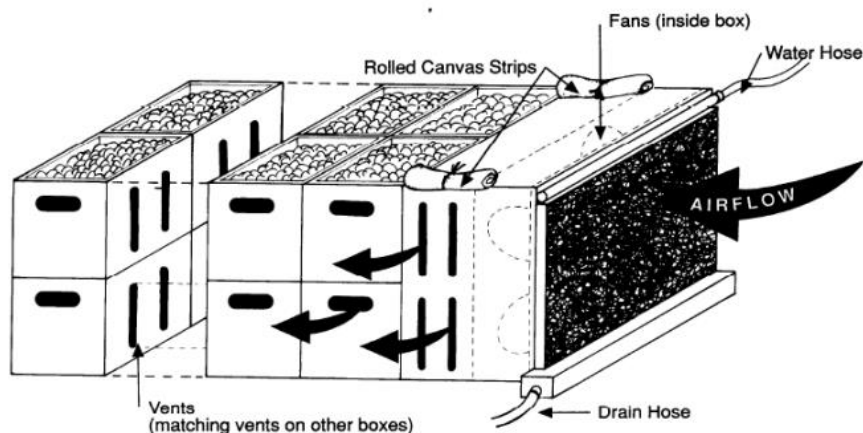
Στη ψύξη με πάγο, τα φρούτα και τα λαχανικά ψύχονται με χρήση θρυμματισμένου πάγου, ο οποίος είτε συσκευάζεται γύρω από τα προϊόντα, σε χαρτοκιβώτια, είτε μετατρέπεται σε εναιώρημα με νερό και εγχέεται σε κερωμένα κυτία προϊόντων. Με αυτό τον τρόπο ο πάγος πληρώνει τα κενά γύρω από τα φρούτα και τα λαχανικά. Πριν

από την εμφάνιση των σύγχρονων τεχνικών ψύξης, ο πάγος χρησιμοποιήθηκε κυρίως για τη διατήρηση της θερμοκρασίας κατά τη μεταφορά. Αν και, σε αντίθεση με άλλες μεθόδους ψύξης, ο πάγος όχι μόνο αφαιρεί θερμότητα με αυξημένο ρυθμό από τη στιγμή της εφαρμογής του, αλλά συνεχίζει να απορροφά θερμότητα κι όσο λιώνει. Η τοποθέτηση πάγου σε μορφή "πακέτων" περιλαμβάνει την άμεση εφαρμογή εν μέρει λιωμένου πάγου, πάγου σε νιφάδες, η τριμμένου πάγου σε κυτία αποστολής. Αυτή η μέθοδος είναι επαρκής στις περιπτώσεις στις οποίες χρησιμοποιείται, ωστόσο μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα ανομοιογενή ψύξη, καθώς ο πάγος έχει την τάση να παραμένει εκεί που τοποθετήθηκε εξ αρχής, έως ότου λιώσει. Στη ψύξη με παγόνερο, ημι-λιωμένος πάγος χρησιμοποιείται σε σχέση με τριμμένο πάγο, καθώς εκπληρώνει καλύτερα τις απαιτήσεις ψύξης. Η ψύξη με παγόνερο μπορεί να θεωρηθεί μια ενδιαμέση μέθοδος της κατάψυξης με τεμαχισμένο πάγο, και της υδρόψυξης. Κύριο πλεονέκτημα της μεθόδου είναι ότι τα προϊόντα δεν χάνουν υγρασία καθώς ψύχονται.

Η ψύξη με πάγο είναι ταχύτερη από την υδρόψυξη, καθώς ο πάγος έχει μεγαλύτερη ικανότητα απομάκρυνσης θερμότητας σε σχέση με το νερό. Όπως και στην υδρόψυξη, η ποιότητα του μέσου ψύξης απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή προκειμένου να αποφευχθούν μικροβιολογικές μολύνσεις (Subedi *et al.*, 2022).

#### **2.2.1.2.5. Ψύξη με εξάτμιση (Evaporative Cooling)**

Η ψύξη με εξάτμιση είναι μια οικονομική και αποτελεσματική μέθοδος μείωσης της θερμοκρασίας των προϊόντων. Σε περιοχές όπου η υγρασία είναι χαμηλή, ο ξηρός αέρας μεταφέρεται δια μέσου υγρής επένδυσης, ή μιας λεπτής ομίχλης νερού, και στη συνέχεια δια μέσου εξαεριζόμενων κυτίων προϊόντος. Κατά τη διάρκεια μετατροπής φάσης του νερού από υγρό σε υδρατμό, απορροφά θερμότητα από τον αέρα, μειώνοντας έτσι την θερμοκρασία του προϊόντος (Shilpa *et al.*, 2022). Ο εισερχόμενος αέρας πρέπει να έχει σχετική υγρασία μικρότερη από 65% για αποτελεσματική ψύξη με εξάτμιση. Αυτή η μέθοδος ενδείκνυται για καλλιέργειες θερμής περιόδου όπου απαιτούνται θερμότερες θερμοκρασίες αποθήκευσης.



Εικόνα 18: Ψύξη με εξάτμιση

Στο παράρτημα διατίθενται πίνακες βέλτιστης αποθήκευσης υπό ψύξη ανά φρούτο και λαχανικό.

### 2.2.1.3. Τρόποι απομάκρυνσης αιθυλενίου από τους ψυκτικούς θαλάμους

Το αιθυλένιο παράγεται φυσιολογικά από τα φρούτα και τα λαχανικά, αυξάνοντας τον ρυθμό ωρίμανσης τους (Ebrahimi *et al.*, 2021). Οι μεγάλες ποσότητες αιθυλενίου που παράγουν τα κλιμακτηρικά φρούτα, στους ψυκτικούς θαλάμους, προκαλούν ταχεία ωρίμανση σε φρέσκα προϊόντα.

Πίνακας 1: Κατάταξη φρούτων ανάλογα με το ρυθμό παραγωγής αιθυλενίου στους 20 °C

Κατηγορία	Διακύμανση σε ml $C_2H_4 / kg \cdot h$	Είδος φρούτου
Πολύ χαμηλή	< 0.1	Κεράσια, εσπεριδοειδή, σταφύλια, φράουλες
Χαμηλή	0.1 – 1.0	Καρπούζια, αρώνια, βατόμουρα, λωτοί, μούσμουλα, μύρτιλα, οξύκοκκος (cranberrys), ρόδια, φραγκόσυκα
Μέση	– 10.0	Μπανάνα, σύκα, πεπόνι, μάνγκο, βερίκοκα
Υψηλή	10.0 – 100.0	Μήλα, ακτινίδια, αχλάδια, δαμάσκηνα, κυδώνια
Πολύ υψηλή	> 100.0	Αβοκάντο, νεκταρίνια, ροδάκινα

Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι για τη μείωση της παραγωγής αιθυλενίου ή την αναστολή

της δράσης του για τη διατήρηση της ποιότητας των φρούτων και των λαχανικών κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης στους ψυκτικούς θαλάμους:

#### **2.2.1.3.1. Χρήση καυστήρων αιθυλενίου**

Οι καυστήρες αιθυλενίου που χρησιμοποιούνται κυρίως σε μεγάλες εγκαταστάσεις. Είναι συσκευές που τοποθετούνται εκτός των ψυκτικών θαλάμων. Μέσω του δικτύου αεραγωγών, των ψυκτικών θαλάμων, αντλείται ο αέρας που περιέχει αιθυλένιο και διοχετεύεται στον καυστήρα αιθυλενίου, όπου διέρχεται μέσα από ένα καταλυτικό αντιδραστήρα. Στη συνέχεια, το αιθυλένιο, οξειδώνεται και τα παράγωγα κατακρατούνται ώστε ο αέρας να επιστραφεί στον ψυκτικό θάλαμο απαλλαγμένος από αυτό (ISO FRUIT, 2016).

#### **2.2.1.3.2. Χρήση απορροφητών αιθυλενίου**

Οι απορροφητές αιθυλενίου είναι συσκευές, οι οποίες προτιμώνται σε μικρότερες εγκαταστάσεις. Σε αντίθεση με την παραπάνω μέθοδο, τοποθετούνται εντός των ψυκτικών θαλάμων. Η αρχή λειτουργίας τους είναι η χημική δέσμευση του αιθυλενίου που περνά μέσα από στρώματα χημικής ουσίας σε κόκκους, συνήθως υπερμαγγανικού καλίου (More *et al.*, 2024). Το μειονέκτημα τους είναι η αντικατάσταση της χημικής ουσίας, όταν αυτή κορεστεί λόγω της κατακράτησης του αιθυλενίου.

#### **2.2.1.3.3. Οξείδωση με όζον**

Το όζον είναι αέριο που παράγεται από συσκευές εκτός των ψυκτικών θαλάμων και διοχετεύεται μέσα σε αυτόν. Το όζον διασπάται σε μοριακό οξυγόνο και ενεργό οξυγόνο, το οποίο οξειδώνει το αιθυλένιο παράγοντας διοξείδιο του άνθρακα και νερό (Ορφανίδης, 2012).



Εικόνα 19: Στάδια φυσικής ωρίμανσης της μπανάνας

### 2.2.2. Κατάψυξη

Η κατάψυξη συνιστά μέθοδο συντήρησης, που αφορά μείωση της θερμοκρασίας τροφίμου σε επίπεδα πολύ χαμηλότερα από τη θερμοκρασία στην οποία αρχίζουν να σχηματίζονται κρύσταλλοι πάγου εντός του. Μειώνοντας τη θερμοκρασία του τροφίμου στους  $-10$  έως  $-20^{\circ}\text{C}$ , ή και περισσότερο αναλόγως τη μέθοδο, οι φυσιολογικές αντιδράσεις που προκαλούν αλλοιώσεις μειώνονται σε αμελητέους ρυθμούς. Τα συγκεκριμένα επίπεδα θερμοκρασίας περιορίζουν την ανάπτυξη των περισσότερων μικροβιακών στελεχών. Όπως θα ήταν αναμενόμενο, η διάρκεια ζωής ενός κατεψυγμένου τροφίμου είναι συνάρτηση της θερμοκρασίας, με χαμηλότερες θερμοκρασίες να οδηγούν σε μεγαλύτερη διάρκεια ζωής.

Πολλά διαφορετικά τρόφιμα συντηρούνται με κατάψυξη. Πολλά είδη φρούτων και λαχανικών καταψύχονται και διατηρούνται σε κατεψυγμένη κατάσταση μέχρι λίγο πριν την προετοιμασία για κατανάλωση (Heldman & Hartel, 1997). Τα φρούτα και τα λαχανικά απαιτούν συντήρηση με ψύξη ή κατάψυξη, λόγω της περιορισμένης διάρκειας ζωής τους όσο είναι φρέσκα (Çubukcu *et al.*, 2019). Κατά την κατάψυξη, το προϊόν υποβάλλεται σε θερμοκρασία  $-18^{\circ}\text{C}$  ή χαμηλότερη με αποτέλεσμα μειωμένο ρυθμό φθοράς των φρούτων και των λαχανικών (Jha *et al.*, 2017).

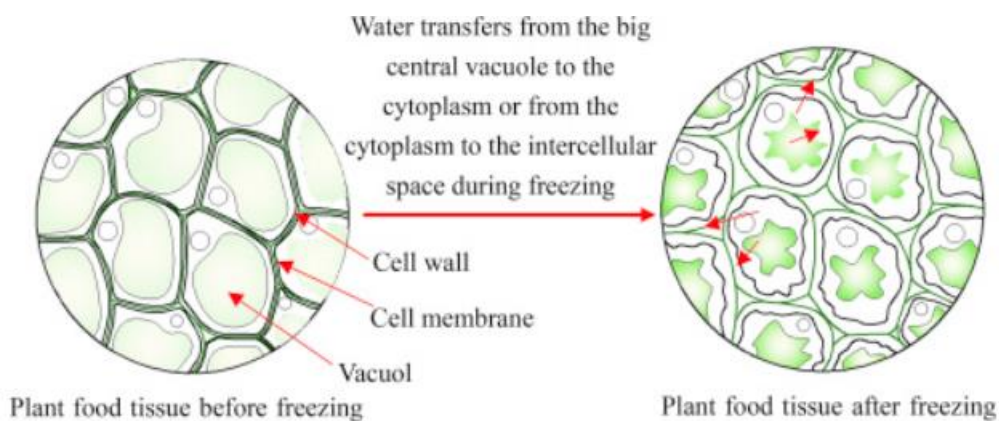
Στου περιορισμούς της κατάψυξης περιλαμβάνονται τόσο θέματα ποιότητας όσο και ενεργειακές απαιτήσεις. Ο σχηματισμός κρυστάλλων πάγου στη δομή των περισσότερων τροφίμων δημιουργεί αλλαγές στη δομή που είναι μη αναστρέψιμες και τις περισσότερες φορές προκαλούν αρνητικές αλλαγές στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του προϊόντος.

Η κατάψυξη τροφίμων αποτελεί τυπικό παράδειγμα θερμοδυναμικής διαδικασίας που περιλαμβάνει μεταφορά θερμότητας και μάζας (Li *et al.*, 2018). Η κατάψυξη περιλαμβάνει α) κρυστάλλωση τόσο του ενδοκυτταρικού όσο και του εξωκυτταρίου νερού, β) μεταφορά νερού μέσω της κυτταρικής μεμβράνης και του συστήματος ενδομεμβράνης στα κύτταρα και γ) πυρήνωση πάγου και ανάπτυξη κρυστάλλων πάγου στους ιστούς του τροφίμου (Delgado & Sun, 2001). Στις περισσότερες από τις μελέτες για τη μεταφορά θερμότητας και μάζας κατά την κατάψυξη τροφίμων, τα κυτταρικά υλικά τροφίμων θεωρούνται ως τριχοειδή πορώδη υλικά (Datta, 2007), επομένως, η



μεταφορά νερού και θερμότητας στη διαδικασία κατάψυξης συνιστούν με περίπλοκη διαδικασία. Τα συστατικά της κυτταρικής δομής των ιστών των τροφίμων συνδέονται μεταξύ τους για να σχηματίσουν τη σύνθετη μήτρα του τροφικού ιστού και περικλείουν το μεγαλύτερο μέρος του νερού στη μήτρα, λειτουργώντας έτσι ως εμπόδια στη μεταφορά νερού και θερμότητας.

Στη διαδικασία κατάψυξης, η μεταφορά του νερού λαμβάνει λόγω της κρυστάλλωσης ποσότητας νερού στα κύτταρα ή στο εξωτερικό των κυττάρων, η οποία οδηγεί στη δημιουργία ορισμένων τοπικών υψηλών συγκεντρώσεων, επομένως, το μη παγωμένο νερό δίπλα στα κατεψυγμένα κύτταρα θα απορροφηθεί έντονα από τα κατεψυγμένα κύτταρα, λόγω διαφορών στην ωσμωτική πίεση. Ο κύριος μηχανισμός μεταφοράς νερού περιγράφεται στην Εικόνα 20. Το νερό μετακινείται από το εξωκυτταρικό υγρό δια μέσω των κυτταρικών μεμβρανών και των κυτταρικών τοιχωμάτων στον μεσοκυττάριο χώρο ή από το εσωτερικό του κενοτόπιου μέσω του τονοπλάστη στο κυτταρόπλασμα και στη συνέχεια στον διακυτταρικό χώρο κατά μήκος τις κυτταρικές μεμβράνες και τα κυτταρικά τοιχώματα για τα φυτικά κυτταρικά τρόφιμα.



Εικόνα 20: Μεταφορά νερού σε φυτικό κύτταρο κατά τη διάρκεια της κατάψυξης

### 2.2.2.1. Καμπύλες Καταψύξεως (Λάζος & Λάζου, 2017)

Στην εικόνα X φαίνονται οι καμπύλες καταψύξεως του καθαρού νερού κι ενός απλού διαλύματος. Η καμπύλη καταψύξεως του διαλύματος χωρίζεται σε 6 διακριτά τμήματα:

- Υπέρψυξη του τροφίμου (κατάψυξη υπό του σημείου καταψύξεως  $T_f$ , χωρίς μετατροπή υγρού σε στερεό) και κρυστάλλωση του νερού.



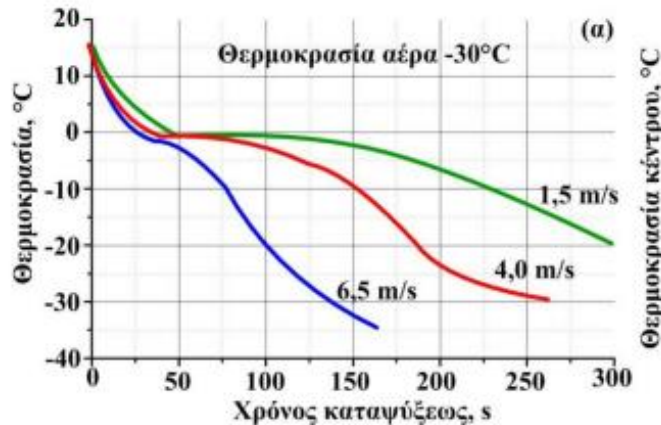
- Ανύψωση της θερμοκρασίας στο φαινομενικό αρχικό σημείο καταψύξεως  $T_f$ , λόγω απελευθέρωσης θερμότητας κρυσταλλώσεως.
- Απομάκρυνση λανθάνουσας θερμότητας και σχηματισμός πάγου. Η θερμοκρασία δεν παραμένει σταθερή. Καθώς απομακρύνονται κρύσταλλοι από το διάλυμα, παρατηρείται συνεχώς μεγαλύτερη συγκέντρωση διαλυτών στερεών, με αποτέλεσμα συνεχή ταπείνωση του σημείου καταψύξεως.
- Η αύξηση της συγκέντρωσης διαλυτών, συνεχίζεται μέχρι το σημείο 1, στο οποίο η υγρή φάση καθίσταται κορεσμένη ως προς τα διαλυτά στερεά. Μόλις το διάλυμα καταστεί υπέρκορο αρχίζει η κρυστάλλωση, απελευθερώνεται λανθάνουσα θερμότητα κρυσταλλώσεως και η θερμοκρασία ανυψώνεται στο ευτηκτικό σημείο 2. Ευτηκτικό σημείο καλείται η θερμοκρασία κατά την οποία δεν συμβαίνει περαιτέρω συμπύκνωση διαλυτών ουσιών λόγω καταψύξεως και το διάλυμα καταψύχεται. Κρύσταλλοι των διαλυτών στερεών βρίσκονται σε ισορροπία με μη κατεψυγμένο υγρό και πάγο.
- Η κρυστάλλωση του νερού, και των διαλυτών ουσιών συνεχίζεται, σχηματίζοντας ένα πλατώ (σημεία 2 – 3), η διάρκεια του οποίου εξαρτάται από την ταχύτητα με την οποία απομακρύνεται η θερμότητα (ταχύτητα καταψύξεως).
- Η θερμοκρασία του μίγματος πάγου – νερού πέφτει στη θερμοκρασία του καταψύκτη. Ένα μέρος του νερού μένει ακατάψυκτο στην εμπορική κατάψυξη.



Εικόνα 21: Καμπύλες καταψύξεως νερού και καθαρού υγρού

Όμοιες καμπύλες καταψύξεως υπάρχουν και για διαφορετικές κατηγορίες τροφίμων,

όπως τα φρούτα και τα λαχανικά. Στην εικόνα X φαίνονται οι καμπύλες καταψύξεως αρακά στον χρόνο, σε τρεις διαφορετικές ταχύτητες αέρα (και άρα προκύπτουν τρεις διαφορετικές ταχύτητες καταψύξεως).



Εικόνα 22: Καμπύλες καταψύξεως αρακά σε διαφορετικές ταχύτητες αέρα

### 2.2.2.2. Υπολογισμός Χρόνου Καταψύξεως (Λάζος & Λάζου, 2017)

Ορίζεται ως ο χρόνος που απαιτείται για να καταψυχθεί ένα τρόφιμο, ανάλογα με τις ιδιότητές του, και τη θερμοκρασία του ψυκτικού μέσου. Ο χρόνος καταψύξεως υπολογίζεται μέσω της εξίσωσης Plank:

$$t = \frac{\Delta H_f \rho}{\Delta T} + \left[ P \frac{d}{h} + R \frac{d^2}{k} \right]$$

όπου:

t: χρόνος καταψύξεως τροφίμου από την στιγμή που βρίσκεται στο σημείο πήξεώς του

$\Delta H_f$ : λανθάνουσα θερμοκρασία πήξεως ( $\Delta H_{\text{πτάγου}}$  X ποσοστό υγρασίας τροφίμου)

$\rho$ : πυκνότητα τροφίμου

$\Delta T$ : διαφορά θερμοκρασίας σημείου πήξεως – ψυκτικού μέσου

d: διάμετρος σφαίρας/ μικρότερη πλευρά παραλληλογράμου

h: συντελεστής μετάδοσης θερμότητας

P: 1/6 για σφαίρα/κύβο, 1/4 κύλινδρος, 1/2 ορθογώνιο

R: 1/24 για σφαίρα/κύβο, 1/16 κύλινδρος, 1/8 ορθογώνιο

### **2.2.2.3. Θερμοκρασίες Καταψύξεως**

Υπάρχουν δυο προσεγγίσεις για την επίτευξη μιας σταθερής τελικής θερμοκρασίας αποθήκευσης (για παράδειγμα  $-18^{\circ}\text{C}$ ) υπό κατάψυξη:

#### **2.2.2.3.1. Κοινή κατάψυξη**

Συνήθης σε καταψύκτες οικιακής χρήσης. Η διάρκειά της ανέρχεται μεταξύ 1 και 24 ωρών, μέχρι το εσωτερικό του τροφίμου να αποκτήσει θερμοκρασία  $-18^{\circ}\text{C}$  (Hammell, 2023).

#### **2.2.2.3.2. Βαθεία κατάψυξη**

Έκθεση του τροφίμου σε θερμοκρασίες που κυμαίνονται από  $-30^{\circ}\text{C}$  έως  $-60^{\circ}\text{C}$  συνήθως για μικρότερο διάστημα της ώρας. Τα τρόφιμα φτάνουν στην επιθυμητή θερμοκρασία των  $-18^{\circ}\text{C}$  πολύ ταχύτερα, προτού αφεθούν σε κατάψυξη μακράς διάρκειας (Lee *et al.*, 2021).

Οι θερμοκρασίες καταψύξεως, έχουν άμεση επίπτωση στην ταχύτητα καταψύξεως.

### **2.2.2.4. Ταχύτητες Καταψύξεως**

Ο ρυθμός κατάψυξης έχει σημαντική επίδραση στο μέγεθος και την κατανομή των κρυστάλλων πάγου που σχηματίζονται (Delgado *et al.*, 2009). Ταχεία κατάψυξη σχηματίζει κανονικού μεγέθους ενδοκυτταρικούς κρυστάλλους πάγου, ενώ στη βραδεία κατάψυξη, το ενδοκυτταρικό νερό εξέρχεται του κυττάρου και σχηματίζει εξωκυτταρικούς κρυστάλλους πάγου που συμβάλλουν σε κυτταρική αφυδάτωση (Kaale *et al.*, 2013). Η ταχύτητα ψύξης εξαρτάται από το είδος του μέσου ψύξης, όσο και τη θερμοκρασία του (θερμοκρασίες καταψύξεως). Με βάση την ταχύτητα, οι μέθοδοι κατάψυξης διακρίνονται ως εξής (Remusgo, 2020):

#### 2.2.2.4.1. Υπερταχεία κατάψυξη

Έχει συνήθη διάρκεια από 5 έως 60 λεπτά, ενώ είναι απαραίτητη η χρήση κρυογονικών υγρών που ψεκάζονται απευθείας στα τρόφιμα μέσα σε ένα θάλαμο ή τούνελ ειδικά προορισμένα για αυτήν τις διαδικασία. Χρησιμοποιείται υγρό άζωτο στους  $-196^{\circ}\text{C}$  και επίσης υγρό διοξείδιο του άνθρακα στους  $-80^{\circ}\text{C}$ .



Εικόνα 23: Καταψύκτης υγρού αζώτου

#### 2.2.2.4.2. Ταχεία κατάψυξη

Έχει συνήθη διάρκεια από 60 λεπτά έως 360 λεπτά. Γίνεται με τρεις τρόπους:

α) Με κρυογονικά υγρά που ψεκάζονται απευθείας σε τρόφιμα

β) Με ψυκτικό εξοπλισμό που εκτελεί έμμεση ψύξη, καθώς το κυκλοφορούν ψυκτικό υγρό δεν έρχεται σε επαφή με τρόφιμα αλλά ψύχει τα μεταλλικά τοιχώματα του εξαμιστή, και τα προϊόντα κολλάνε σε αυτά τα μεταλλικά τοιχώματα (καταψύκτες πλακών).

γ) Με ψυκτικό εξοπλισμό που επίσης εκτελεί έμμεση ψύξη, καθώς το κυκλοφορούν ψυκτικό υγρό δεν έρχεται σε επαφή με τρόφιμα, αλλά ψύχει αέρα ο οποίος, προωθούμενος από ανεμιστήρες με μεγάλη ταχύτητα που, είναι εκείνος που ψύχει τα τρόφιμα (σήραγγα κατάψυξης) .



Εικόνα 24: Ταχέως κατεψυγμένες φράουλες

Σε κάθε περίπτωση, χρησιμοποιούνται

είτε τα υδροποιημένα κρυογονικά υγρά που αναφέρονται παραπάνω, ή ψυκτικά υγρά όπως τα R-22 (Chlorodifluoromethane), R-404A [μίγμα των R-125 (Pentafluoroethane), R-134a (1,1,1,2-Tetrafluoroethane) , και R-143a (1,1,1-Trifluoroethane)] , R-507 [Freon<sup>TM</sup>, μίγμα των R-125 (Pentafluoroethane) και R-134a (1,1,1,2-Tetrafluoroethane)], R717 (αμμωνία) ή άλλα που κυκλοφορούν μέσα στο

κύκλωμα μιας ψυκτικής μηχανής (συνήθως μηχανική συμπίεση ατμού) για την ψύξη των πλακών ή του αέρα.

#### **2.2.2.4.3. Βραδεία Κατάψυξη**

Έχει πιθανή διάρκεια από 6 έως 24 ώρες, και λαμβάνει χώρα στα σε τούνελ ή θαλάμους κατάψυξης. Ο αέρας ψύχεται μέσω των ψυκτικών R-22, R-404A, R-507 και R-717 που κυκλοφορούν στο κύκλωμα ψύξης με μηχανική συμπίεση ατμού. Ο εξαμιστής της ψυκτικής μηχανής έχει ανεμιστήρες που οδηγούν τον ψυχρό αέρα πάνω από τα τρόφιμα. Όσο λιγότερος χρόνος χρησιμοποιείται στην κατάψυξη, τόσο πιο κοντά προσομοιώνονται τα οφέλη της ταχείας κατάψυξης.

Λόγο προτίμησης της αργή κατάψυξης επειδή συνιστά το μικρότερο κόστος, τόσο όσον αφορά τον εξοπλισμό, όσο και της απαιτούμενης ενέργειας. Όσο πιο γρήγορη η κατάψυξη, τόσο υψηλότερο το κόστος του ψυκτικού εξοπλισμού και της κατανάλωσης ενέργειας. Σε κάθε περίπτωση ωστόσο, είναι αποδεκτό πως η γρήγορη κατάψυξη παρέχει κατεψυγμένα προϊόντα υψηλής ποιότητας.



*Εικόνα 25: Τυπικός καταψύκτης βραδείας κατάψυξης οικιακής χρήσης*

#### **2.2.2.5. Μέθοδοι Καταψύξεως (Starheim et al, 2022)**

##### **2.2.2.5.1. Κατάψυξη με ρεύμα αέρα**

Η κατάψυξη με ρεύμα ψυχρού αέρα για την κατάψυξη τροφίμων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κατάψυξη μεγάλων ποσοτήτων τροφίμων. Βασική αρχή λειτουργίας ενός καταψύκτη ρεύματος αέρα αποτελεί η διοχέτευση κρύου αέρα πάνω στο προϊόν, το οποίο βρίσκεται είτε στοιβαγμένο σε παρτίδες είτε κινείται συνεχώς μέσα σε έναν μονωμένο θάλαμο. Οι θερμοκρασίες



*Εικόνα 26: Κατάψυξη φρούτων με ρεύμα αέρα*

των ψυκτικών μέσων που χρησιμοποιούνται είναι συνήθως μεταξύ  $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$  και  $-52\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Dempsey & Bansal, 2012). Ο χρόνος κατάψυξης του προϊόντος εξαρτάται από τη θερμοκρασία και την ταχύτητα του αέρα, καθώς και από τον τρόπο στοίβαξης των προϊόντων και τον βαθμό στον οποίο ο σχεδιασμός του χώρου επιτρέπει τη σωστή και ομοιόμορφη κατανομή του αέρα.

Ένα σημαντικό πλεονέκτημα της κατάψυξης με χρήση ρεύματος αέρα είναι ο εύκολος χειρισμός των προϊόντων, σε συνδυασμό με το γεγονός ότι τα ψυκτικά μέσα δεν έχουν καμία επίδραση στο σχήμα του προϊόντος και δεν αφήνουν επιφανειακά υπολείμματα. Τα μειονεκτήματα της μεθόδου είναι ότι η υγρασία μπορεί να χαθεί εάν τα προϊόντα δεν είναι συσκευασμένα, και ότι οι ανεμιστήρες αέρα μέσα στη σήραγγα κατάψυξης παράγουν θερμότητα που προσθέτει στο συνολικό θερμικό φορτίο, το οποίο με τη σειρά του αυξάνει την κατανάλωση ενέργειας (Widell, 2012). Η κατανάλωση ενέργειας που συνδέεται με τις διεργασίες κατάψυξης είναι μεγαλύτερη από ό, τι για τις διεργασίες ψύξης, κυρίως επειδή οι συμπιεστές στο σύστημα ψύξης λειτουργούν σε υψηλότερο εύρος πίεσης. Η επιστημονική βιβλιογραφία περιέχει παραδείγματα μελετών στις οποίες έχουν καταβληθεί προσπάθειες για την ενίσχυση της ενεργειακής απόδοσης τέτοιων συστημάτων, όπως η βελτιστοποίηση της λειτουργίας του συμπιεστή με τη χρήση μετάδοσης κίνησης μεταβλητής συχνότητας και όχι ρύθμισης ολίσθησης (Widell & Eikevik, 2010), η βελτιστοποίηση της κατανομής ροής αέρα (Alonso *et al.*, 2011), και η χρήση μεταβλητής ροής αέρα (Kristófersson *et al.*, 2018).

Οι Dempsey και Bansal (2012) χώρισαν τα διάφορα σχέδια καταψυκτών αέρα σε τέσσερις κατηγορίες:

- Καταψύκτες ασυνεχούς λειτουργίας/καταψύκτες θαλάμου ροής: ψυκτικοί θάλαμοι με χαμηλή ταχύτητα αέρα
- Καταψύκτες σήραγγας: μονωμένοι χώροι εξοπλισμένοι με ανεμιστήρες που κυκλοφορούν αέρα με υψηλή ταχύτητα
- Καταψύκτες ρευστοποιημένης κλίνης: όπου μικρότερα προϊόντα ομοιόμορφου μεγέθους τοποθετούνται σε πλέγμα και ο αέρας κατευθύνεται προς τα πάνω μέσω του πλέγματος, το οποίο ανυψώνει τα προϊόντα
- Μεμονωμένοι γρήγοροι καταψύκτες (IQF): όπου τα προϊόντα τοποθετούνται σε ιμάντα και ο αέρας κατευθύνεται στα προϊόντα με πολύ υψηλή ταχύτητα.



#### 2.2.2.5.2. Κατάψυξη με χρήση πλακών

Η κατάψυξη με χρήση πλακών επιτυγχάνεται τοποθετώντας τρόφιμα μεταξύ δύο πλακών που στη συνέχεια ενώνονται σε προκαθορισμένη απόσταση απόστασης. Το ψυκτικό μέσο στη συνέχεια διοχετεύεται ανάμεσα στις πλάκες, αφαιρώντας



Εικόνα 27: Καταψύκτης πλακών

θερμότητα από το προϊόν με αγωγή, κι έχοντας αποτέλεσμα την παραγωγή κατεψυγμένων προϊόντων κανονικού σχήματος (James & James, 2014). Μπορεί να γίνει διάκριση μεταξύ οριζόντιων και κάθετων καταψυκτών πλάκας. Ανάλογα με το ψυκτικό μέσο, οι πλάκες μπορούν να διατηρήσουν πολύ χαμηλές θερμοκρασίες και έτσι να προωθήσουν την εξαιρετική μεταφορά θερμότητας, υπό την προϋπόθεση ότι η θερμική αγωγιμότητα του προϊόντος είναι υψηλή. Ωστόσο, η αποτελεσματική μεταφορά θερμότητας μπορεί να παρεμποδιστεί εάν η επαφή μεταξύ του προϊόντος και των πλακών δεν είναι πλήρης, γεγονός που μπορεί να προκληθεί τόσο από την υποπλήρωση όσο και από την υπερπλήρωση των κενών μεταξύ των πλακών (Kolbe & Kramer, 2007).

Η κατάψυξη με χρήση πλακών είναι ιδανική για επίπεδα τρόφιμα, χρησιμοποιείται κυρίως στην κατάψυξη κρεάτων και ψαριών. Ωστόσο, βρίσκει και εφαρμογές σε κάποια τρόφιμα ακανόνιστου σχήματος, στα οποία περιλαμβάνονται λαχανικά όπως το μπρόκολο, το κουνουπίδι και ακόμη πιο ευαίσθητα λαχανικά όπως το σπανάκι και τα σπαράγγια. (E. J. M., 2020)

#### 2.2.2.5.3. Κατάψυξη με κρυογονικά υγρά

Η κατάψυξη με κρυογονικά υγρά περιλαμβάνει τη χρήση υγρού  $N_2$  (στους  $-195,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) ή υγρού  $CO_2$  (στους  $-78,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), τα οποία είτε εφαρμόζονται στα προϊόντα, είτε χρησιμοποιούνται ως μέσα εμβάπτισης. Η κατάψυξη χρησιμοποιώντας αυτή τη μέθοδο



Εικόνα 28: Κρυογονική ψύξη φράουλας

είναι πολύ γρήγορη, αλλά συνεπάγεται πολύ υψηλότερο λειτουργικό κόστος από την καθιερωμένη μηχανική κατάψυξη. Η κρουγονική κατάψυξη μπορεί να επιφέρει εγκαύματα ψύξης, αν και αυτό μπορεί να μειωθεί με προψύξη ή με μείωση της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ του προϊόντος και των μέσων κατάψυξης (Dalvi-Isfahan *et al.*, 2019).

#### **2.2.2.6. Αποθήκευση υπό κατάψυξη**

Η υποβάθμιση της οργανοληπτικής ποιότητας των τροφίμων κατά την αποθήκευση υπό κατάψυξη είναι αναπόφευκτη, αλλά ο σωστός χειρισμός και επεξεργασία έχει αποδειχθεί ότι διατηρεί υψηλά επίπεδα τελικής ποιότητας. Η κύρια παράμετρος που απαιτεί ρύθμιση κατά την αποθήκευση υπό κατάψυξη είναι η θερμοκρασία. Οι κύριες φυσικές αλλαγές που λαμβάνουν χώρα στα τρόφιμα οφείλονται στη μετανάστευση υγρασίας και την ανακρυστάλλωση του πάγου, οι οποίες εξαρτώνται από τη σταθερότητα του παγωμένου νερού που συγκρατείται τόσο μέσα στο προϊόν όσο και στην επιφάνειά του (Zaritzky, 2008). Η αποθήκευση υπό κατάψυξη καθυστερεί τις διαδικασίες υποβάθμισης της ποιότητας, αλλά δεν τις σταματά εντελώς, με αποτέλεσμα η ποιότητα των προϊόντων να μεταβάλλεται με την πάροδο του χρόνου.

Γενικά, όσο χαμηλότερη είναι η θερμοκρασία, τόσο βραδύτερος είναι ο ρυθμός υποβάθμισης, αν και η συνολική αξιολόγηση των επιπτώσεων της θερμοκρασίας αποθήκευσης είναι πολύπλοκη και εξαρτάται από την υπό διερεύνηση παράμετρο ποιότητας (Tolstorebrov *et al.*, 2016).

#### **2.2.2.7. Βλάβες Καταψύξεως**

Κατά τη διάρκεια της κατάψυξης, τα κύτταρα τροφίμων εκτίθενται σε ένα ευρύ φάσμα παραγόντων επιρροής, συμπεριλαμβανομένης της ωσμωτικής πίεσης, μηχανικών βλαβών και των θερμικών καταπονήσεων, που οδηγούν σε τραυματισμό ή ακόμα και θάνατο των κυττάρων. Βλάβες κατά την κατάψυξη των κυττάρων συμβαίνουν γενικά λόγω δύο κατηγοριών αιτιών:



α) φυσικές και χημικές βλάβες που προκαλούνται από τον σχηματισμό κρυστάλλων πάγου, ο οποίος σχετίζεται σε μεγάλο βαθμό με το μέγεθος, το σχήμα και την κατανομή των κρυστάλλων πάγου στα κύτταρα.

Ως φυσικές βλάβες, νοούνται οι βλάβες που δημιουργούνται κατά την κατάψυξη και περιλαμβάνουν διαστολές που προκύπτουν από την κρυστάλλωση του νερού. Οι φυσικές και θρεπτικές ιδιότητες, και η υφή των κατεψυγμένων προϊόντων εξαρτώνται από το μέγεθος και την κατανομή των κρυστάλλων πάγου (Petzold & Aguilera, 2009). Η ταχεία ή γρήγορη κατάψυξη έχει ως αποτέλεσμα κρυστάλλων πάγου μικρού μεγέθους, οι κατανέμονται ομοιόμορφα στο εξωτερικό και στο εσωτερικό των κυττάρων, εξασφαλίζοντας έτσι ελάχιστες αλλοιώσεις στην υφή, και τις ποιοτικές παραμέτρους των προϊόντων διατροφής (Zhao et al., 2020) . Αντίθετα, η αργή κατάψυξη σχηματίζει μεγάλους κρυστάλλους πάγου που κατανέμονται άνισα στα κύτταρα και τους ιστούς, προκαλώντας αξιοσημείωτη βλάβη στην υφή και την ποιότητα του προϊόντος (Kobayashi & Suzuki, 2019). Η αργή κατάψυξη μπορεί να οδηγήσει σε διάτρηση και παραμόρφωση των κυτταρικών τοιχωμάτων στα φρούτα και τα λαχανικά, γεγονός που κατά την απόψυξη οδηγεί σε μεγάλη απώλεια σταγόνων (Sorcia et al., 2019). Λόγω της κυτταρικής δομής των φρούτων και των λαχανικών, είναι επιθυμητοί οι λεπτοί κρύσταλλοι πάγου που κατανέμονται ομοιόμορφα τόσο στην ενδοκυτταρική όσο και στην εξωκυτταρική περιοχή, καθώς οδηγούν σε ελάχιστη βλάβη στα κύτταρα και διατηρούν τη συνολική ποιότητα του προϊόντος κατά την απόψυξη (Islam et al., 2017).

Χημικές βλάβες υφίστανται, λόγω εμφάνισης μιας σειράς ανεπιθύμητων βιοχημικών αντιδράσεων που ακολουθούνται από τη ρήξη του συστήματος ενδομεμβράνης (Gacitua, Rozenboim & Arav, 2009).

β) η έκθεση των κυττάρων σε διαλύματα υψηλής συγκέντρωσης για μεγάλο χρονικό διάστημα, η οποία προκαλεί τη μετανάστευση του ενδοκυτταρικού νερού προς τα διαλύματα και οδηγεί στην αφυδάτωση του εσωτερικού του κυττάρου λόγω ωσμωτικής πίεσης. Επομένως, η έκταση της κυτταρικής βλάβης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την έκταση της κυτταρικής αφυδάτωσης καθώς τα κύτταρα έχουν κάποια ανοχή στην αφυδάτωση (Moore et al., 2008).

## **2.3. Μέθοδοι Απαλοιφής Υγρασίας**

Πρόκειται για ένα σύνολο μεθόδων επεξεργασίας τροφίμων, οι οποίες επεκτείνουν τη ζωή των φρούτων και λαχανικών, μέσω διεργασιών οι οποίες ελαττώνουν την περιεκτικότητα υγρασίας σε αυτά (Jayas, 2016). Η απομάκρυνση υγρασίας έχει ως αποτέλεσμα την μείωση της ενεργότητας νερού ( $a_w$ ), παραμέτρου που έχει άμεσο αντίκτυπο στην ανάπτυξη των μικροοργανισμών. Ωστόσο, εκτός της αύξησης της διατηρησιμότητας των φρούτων και λαχανικών, η επερχόμενη ελάττωση βάρους και όγκου των προϊόντων τείνει να μειώνει το κόστος αποθήκευσης, διανομής και μεταφοράς (Petrotos & Lazarides, 2001).

### **2.3.1. Ξήρανση – Αφυδάτωση (Miletić & Nicetin, 2023)**

Η ξήρανση είναι μια από τις παλαιότερες μεθόδους συντήρησης φυτικών προϊόντων. Μέσω αυτής της διαδικασίας αφαιρείται νερό από το τρόφιμο – μήτρα, με αποτέλεσμα ένα προϊόν μικροβιολογικά σταθερό, με παρατεταμένη διάρκεια ζωής και μειωμένο όγκο και μάζα, γεγονός που διευκολύνει και την αποθήκευση και συσκευασία του. Η ξήρανση συμβαίνει λόγω εξάτμισης του νερού από το τρόφιμο και μεταφοράς υγρασίας στο περιβάλλον. Η εξάτμιση του εσωτερικού νερού μέσω μεταφοράς θερμότητας είναι η παλαιότερη μορφή ξήρανσης των τροφίμων και εξακολουθεί να είναι η κυρίαρχη μέθοδος, αν και έχει ορισμένα μειονεκτήματα. Ωστόσο, υπάρχουν πολλές άλλες μέθοδοι για την ξήρανση του φυτικού υλικού, όπως η ηλιακή ξήρανση, η ξήρανση με αγωγή, η ξήρανση με μεταφορά μάζας και θερμότητας, η ξήρανση υπό κενό, η ξήρανση με ψύξη, η ξήρανση με μικροκύματα, η ξήρανση υπερύθρων, η ξήρανση σε ρευστοποιημένη κλίση κ.λπ. (Calín-Sánchez *et al.*, 2020). Υπάρχουν επίσης συνδυασμοί ξήρανσης, με προεπεξεργασία πρώτης ύλης. Ωστόσο, κάθε μέθοδος ξήρανσης προκαλεί ορισμένους φυσικές, χημικές και βιοχημικές αλλοιώσεις, και μείωση βιοδραστικών ουσιών (όπως αντιοξειδωτικά, βιταμίνες και αρώματα) που έχουν θετική επίδραση στην ανθρώπινη υγεία. Κατά την ανάπτυξη τεχνολογιών ξήρανσης τροφίμων, πρέπει να λαμβάνεται η απόδοση και να μειώνεται η ενεργειακή κατανάλωση, χωρίς να γίνεται σε βάρος της ποιότητας του προϊόντος (Khaing Hnin *et al.*, 2019).

Τα τελευταία χρόνια, έχει αναπτυχθεί μια ζήτηση για προϊόντα υψηλής ποιότητας και με εκτεταμένη διάρκεια ζωής, ιδανικά χωρίς πρόσθετα. Τέτοια τρόφιμα μπορούν να

θεωρηθούν ακόμη και λειτουργικά τρόφιμα. Ως εκ τούτου, οι μεταποιητές τροφίμων φυτικής προέλευσης αναζητούν συνεχώς μεθόδους ξήρανσης, οι οποίες θα είναι είτε βελτιστοποιημένες παραδοσιακές τεχνικές, εντελώς νέες προσεγγίσεις ή συνεργιστικοί συνδυασμοί πολλών γνωστών μεθόδων.

### 2.3.1.1. Υπολογισμός Χρόνου Αφυδατώσεως (Λάζος & Λάζου, 2017)

Ορίζεται ως ο χρόνος που απαιτείται για να αφυδατωθεί ένα τρόφιμο, ανάλογα με τις ιδιότητές του, τον τύπο και τη θερμοκρασία του μέσου αφυδατώσεως. Ο ρυθμός αφυδατώσεως περιγράφεται με μια σχέση ως προς τη μείωση της περιεκτικότητας υγρασίας:

$$-\frac{dX}{dt} = R_c$$

Όπου:

X: περιεκτικότητα υγρασίας kg H<sub>2</sub>O/kg ξ. σ.

t: χρόνος s

R<sub>c</sub>: ρυθμός εξατμίσεως του νερού

Οπότε ο χρόνος αφυδατώσεως κατά τη περίοδο αυτή είναι:

$$t_c = \frac{X_0 - X_c}{R_c}$$

Όπου:

t<sub>c</sub>: χρόνος αφυδατώσεως s

X<sub>0</sub>: αρχική περιεκτικότητα υγρασίας kg H<sub>2</sub>O/kg ξ.σ.

X<sub>c</sub>: κρίσιμη περιεκτικότητα υγρασίας kg H<sub>2</sub>O/kg ξ.σ.

Αν το τρόφιμο αφυδατώνεται με διοχέτευση θερμού αέρα, υπεράνω της επιφάνειάς του, ενώ X είναι η περιεκτικότητα υγρασίας (επί ξηρής βάσεως), A η επιφάνεια και W<sub>0</sub> το

βάρος των ξηρών στερεών, τότε ο ρυθμός εξατμίσεως του νερού  $R_C$ , είναι:

$$R = -\frac{W_o}{A} \frac{dX}{dt}$$

Για τρόφιμα στα οποία η κίνηση της υγρασίας ελέγχεται από την τριχοειδή ροή, ο χρόνος αφυδατώσεως είναι:

$$t_F = \frac{(X_C - X_e) \rho_s h_{fg} L}{h_c (T_\alpha - T_s)} \cdot \ln \left( \frac{X_C - X_e}{X - X_e} \right)$$

Όπου:

$\rho_s$ : πυκνότητα των ξερών στερεών kg ξ.σ./m<sup>3</sup>

L: πάχος του στρώματος του τροφίμου m

$h_{fg}$ : λανθάνουσα θερμότητα εξατμίσεως στη θερμοκρασία της επιφανείας J/kg

$h_c$ : συντελεστής μεταδόσεως θερμότητας W/m<sup>2</sup> °C

$T_\alpha$ : θερμοκρασία ξηρού βολβού του αέρα °C

$T_s$ : θερμοκρασία της επιφανείας °C

Για υλικά στα οποία η κίνηση της υγρασίας ελέγχεται από τη διάχυση, ο χρόνος αφυδατώσεως είναι:

$$t_F = \frac{4L^2}{D\pi^2} \cdot \ln \left( \frac{X_C - X_e}{X - X_e} \right)$$

Ο συνολικός χρόνος αφυδατώσεως θα είναι:  $t_{ολ} = t_C + t_F$

$$t_{ολ} = \frac{(X_o - X_e) \rho_s h_{fg} L}{h_c (T_\alpha - T_s)_m} + \frac{(X_C - X_e) \rho_s h_{fg} L}{h_c (T_\alpha - T_s)_m} \cdot \ln \left( \frac{X_C - X_e}{X - X_e} \right)$$

### 2.3.1.2. Μέθοδοι ξηράνσεως

#### 2.3.1.2.1. Ξήρανση στον ήλιο (Sun drying)

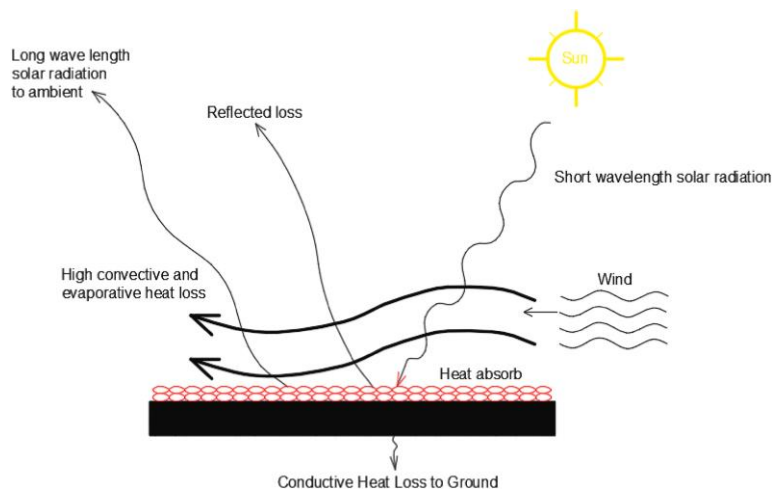
Η ξήρανση στον ήλιο με απευθείας έκθεση ή διάχυση του ηλιακού φωτός, αποτελεί την παλαιότερη παραδοσιακή μέθοδο συντηρήσεως των τροφίμων η οποία χρησιμοποιείται ευρέως μέχρι σήμερα. Η μέθοδος αυτή συνιστάται να λαμβάνει χώρα σε τόπους με σχετικά υψηλές θερμοκρασίες, χαμηλές υγρασίες και σπανιότητα βροχοπτώσεων. Η μετάδοση θερμότητας είναι ένας συνδυασμός άμεσης ακτινοβολήσεως από τον ήλιο και μεταφοράς από την περιβάλλουσα ατμόσφαιρα. Δεδομένου ότι η ηλιακή ενέργεια είναι ένας τύπος, φιλικής προς το περιβάλλον, ανανεώσιμης ενέργειας η ξήρανση στον ήλιο θεωρείται η πιο αποτελεσματική, οικονομική, πράσινη και βιώσιμη τεχνολογία που διατίθεται για τη διατήρηση των φρούτων και λαχανικών (Suresh et al., 2023).

Τα φρούτα και τα λαχανικά, πριν εκτεθούν για ξήρανση υφίστανται μερικές προεπεξεργασίες όπως είναι ο τεμαχισμός, ο έλεγχος με καυτό νερό ή αραιό αλάλι, επεξεργασία με γαλάκτωμα ελαίου, θείωση και ζεμάτισμα (Λάζος & Λάζου, 2017). Τα προϊόντα απλώνονται σε δίσκους και περιοδικά αναδεύονται προκειμένου να επιτευχθεί όσο το δυνατόν ομοιόμορφη ξήρανση. Έπειτα από την έκθεση στον ήλιο, τα προϊόντα στοιβάζονται σε ξηρό μέρος στη σκιά. Η ξήρανση στον ήλιο επιτρέπει την παραγωγή προϊόντων με εξαιρετικά αποδεκτά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά αλλά τα καθιστά και μικροβιολογικά ασφαλή λόγω χαμηλής ενεργότητας νερού ( $a_w$ ) (Marinoni et al., 2022).

Οι διαδικασίες ξήρανσης στον ήλιο έχουν εξελιχθεί ως εξής (Ndukwu et al., 2022):

α) Φυσική ή άμεση ξήρανση στον ήλιο

Το ανοικτό σύστημα στον ήλιο είναι η διαδικασία ξήρανσης, στην οποία τα τρόφιμα τοποθετούνται σε λεπτές στρώσεις πάνω σε δίσκους. Η διαδικασία έκθεσης των υλικών ξήρανσης στον ανοιχτό άνεμο και τον ήλιο είναι η καλύτερη παραδοσιακή και

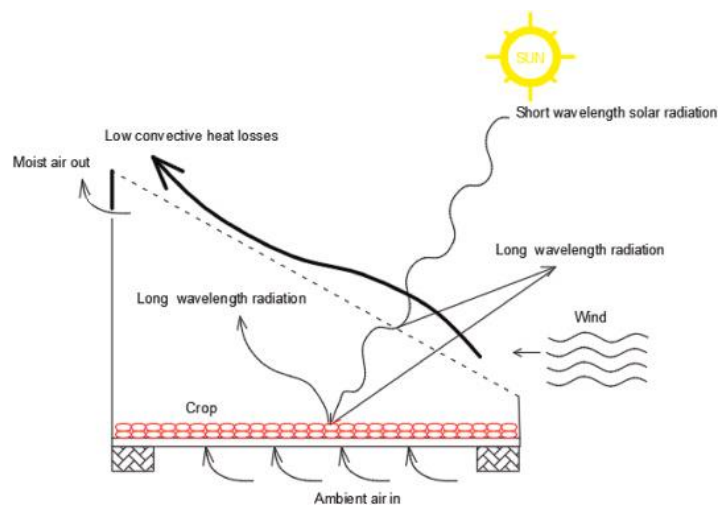


Εικόνα 29: Ανοικτό σύστημα ξήρανσης στον ήλιο

ευνοϊκή μέθοδος καθώς δεν εξαρτάται από άλλες πηγές ενέργειας, δεν απαιτούνται πρόσθετες διατάξεις για την ξήρανση προϊόντων, είναι η πιο οικονομικά αποδοτική διαδικασία και δεν απαιτείται επίσης επιδέξια εργασία. Ωστόσο, έχει αρκετά μειονεκτήματα όπως η πιθανότητα βλάβης των προϊόντων από πουλιά, έντομα και ζώα. Η βροχή, η υγρασία του αέρα και η δροσιά δύνανται να προκαλέσουν υποβάθμιση του προϊόντος. Μπορεί επίσης να υπάρξει απώλεια ως αποτέλεσμα υπερβολικής ξήρανσης, αλλοίωσης λόγω πολλαπλασιασμού μικροοργανισμών κ.λπ.

## β) Άμεση ξήρανση στον ήλιο με απλό ηλιακό κιβώτιο

Η μέθοδος αυτής αποτελεί μια μικρή εξέλιξη της παραπάνω μεθόδου. Η ξήρανση επιτυγχάνεται με χρήση απλού ηλιακού κιβώτιου, το οποίο αποτελείται από ένα ημιδιαφανές κάλυμμα, που αποσκοπεί στη μείωση των απωλειών της θερμοκρασίας και προστατεύσει το τρόφιμο από τη βροχή και τη



Εικόνα 30: Απλό ηλιακό κιβώτιο (Solar Box)

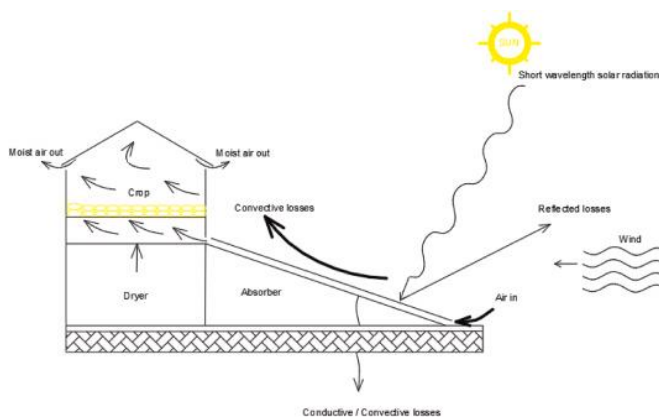
σκόνη (Chaouch *et al.*, 2018). Ένα μέρος της ηλιακής ενέργειας απορροφάται στο

χώρο του ηλιακού κουτιού από το διαφανές κάλυμμα και μεταδίδεται στα προς ξήρανση τρόφιμα, ενώ η υπόλοιπη αντανακλάται. Η θερμοκρασία του τροφίμου αυξάνεται και αφυδατώνεται. Ο αέρας που διέρχεται στο ηλιακό κουτί απομακρύνει την υγρασία στα προϊόντα (Yao *et al.*, 2022). Ωστόσο, ο ρυθμός ροής του αέρα είναι μικρός και κατ' επέκταση η ταχύτητα ξηράνσεως είναι μικρή.

#### γ) Ηλιακή ξήρανση με αποθήκευση θερμικής ενέργειας

Η διατήρηση της διαθέσιμης ηλιακής ενέργειας είναι απαραίτητη για τη βελτίωση της απόδοσης του ξηραντήρα και την παραγωγή προϊόντων υψηλότερης ποιότητας. Η ηλιακή ενέργεια αποθηκεύεται κατά τη διάρκεια της ημέρας για μεταγενέστερη χρήση κατά τη διάρκεια της νύχτας. Η αποθήκευση ενέργειας οδηγεί σε ένα οικονομικά αποδοτικότερο σύστημα που μειώνει τη σπατάλη ενέργειας και το κόστος κεφαλαίου (Sharma *et al.*, 2009). Ο ηλιακός ξηραντήρας χωρίζεται σε τέσσερα μέρη: τον επίπεδο συλλέκτη, πληρωμένο δοχείο κατακράτησης θερμότητας, τον θάλαμο ξήρανσης και το

σύστημα φυσικής ροής αέρα. Η άνω πλευρά του θαλάμου ξήρανσης έχει μια πόρτα που επιτρέπει την φόρτωση. Η έμμεση μέθοδος ξήρανσης από τον ήλιο είναι πιο αποτελεσματική από τη μέθοδο άμεσης ξήρανσης καθώς η ηλιακή ακτινοβολία δεν πλήττει απευθείας τα



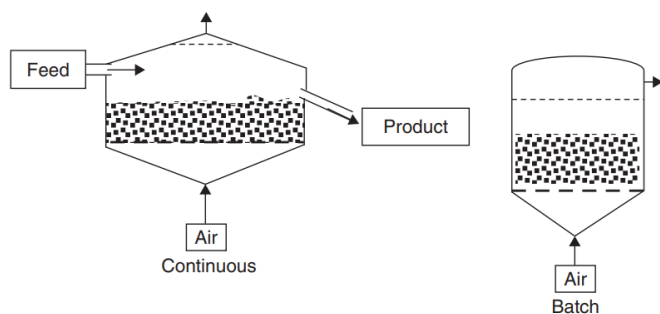
Εικόνα 31: Έμμεση ηλιακή ξήρανση

φρούτα και τα λαχανικά, με αποτέλεσμα να αποτρέπονται οι θερμικές βλάβες σε αυτά. Ο χαμηλός ρυθμός ξήρανσης που παρατηρείται στην ξήρανση με αποθήκευση θερμικής ενέργειας έχει ως αποτέλεσμα τα αποξηραμένα δείγματα να εμφανίζουν καλύτερη υφή και καλύτερο χρώμα. Επίσης, το φαινόμενο συρρίκνωσης στα προϊόντα είναι λιγότερο έντονο στη μέθοδο αυτή από ότι για εκείνα στους ανοικτούς ξηραντήρες (Radhakrishnan *et al.*, 2024).

### 2.3.1.2.2. Αφυδάτωση με ρεύμα αέρα (Air Drying)

Κατά τις διεργασίες αφυδατώσεως, ως μέσο απομάκρυνσης υγρασίας χρησιμοποιείται ένα ρεύμα αέρα, το οποίο αρχικά βρίσκεται σε συνθήκες περιβάλλοντος, στη συνέχεια θερμαίνεται σε υψηλή θερμοκρασία και κατόπιν έρχεται σε επαφή με το προς αφυδάτωση τρόφιμο. Κατά την ξήρανση με θερμό αέρα, η μεταφορά θερμότητας και η μεταφορά μάζας συμβαίνουν ταυτόχρονα. Η εσωτερική υγρασία των φρούτων και λαχανικών εξέρχεται προς την επιφάνεια και στη συνέχεια διαχέεται στην αέρια φάση. Έχουν κατασκευαστεί διάφοροι τύποι ξηραντήρων θερμού αέρα, μερικούς από τους οποίους είναι (Λάζος & Λάζου, 2017):

#### α) Ξηραντήρες Ρευστοποιημένου Στρώματος (Fluidized-bed Dryers)



Εικόνα 32: Συνεχής και ασυνεχής αφυδάτωση σε ξηραντήρα ρευστοποιημένης κλίνης

Κατά τη διάρκεια της ξήρανσης σε ρευστοποιημένη κλίνη, το προϊόν σε μορφή σωματιδίων αιωρείται ελεύθερα στο ρεύμα θερμού αέρα και αφυδατώνεται, ταυτόχρονα με ταχεία ανταλλαγή θερμότητας και μάζας με αέρα, σε συστήματα συνεχούς ή ασυνεχούς λειτουργίας.

Στη διαδικασία ρευστοποίησης, ο θερμός αέρας εισάγεται σε υψηλή πίεση. Τα υγρά στερεά ανυψώνονται από την πλάκα κλίνης και αιωρούνται σε ρεύμα αέρα (ρευστοποιημένη κατάσταση) (Berk, 2009). Τα πλεονεκτήματα της ξήρανσης σε ρευστοποιημένη κλίνη έναντι άλλων μεθόδων ξήρανσης περιλαμβάνουν τη συνεχή παραγωγή μεγάλης κλίμακας, τον εύκολο χειρισμό της τροφοδοσίας του προϊόντος, την ταχεία ανταλλαγή θερμότητας και μάζας μεταξύ αερίου και σωματιδίων.

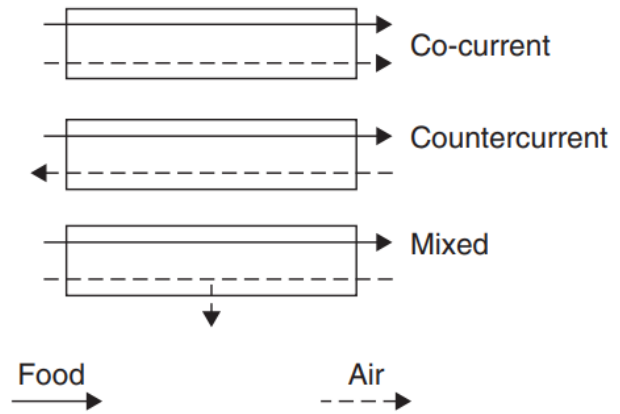
#### β) Ξηραντήρες Σήραγγος (Tunnel dryers)

Οι ξηραντήρες σήραγγος αποτελούνται από μεγάλες σήραγγες μέσω των οποίων τα βαγονέτα που μεταφέρουν στοίβες δίσκων προχωρούν με ή ενάντια σε ένα ρεύμα αέρα



ξήρανσης.

Στην περίπτωση της σήραγγας συντρέχοντος, ο αέρας με την υψηλότερη θερμοκρασία και τη χαμηλότερη υγρασία συναντά τα τρόφιμα με την υψηλότερη υγρασία και τη χαμηλότερη θερμοκρασία. Αυτό παρέχει την υψηλότερη «κινητήρια δύναμη» για ξήρανση και επομένως τον ταχύτερο ρυθμό μεταφοράς νερού στην είσοδο της σήραγγας. Εάν το υλικό τροφοδοσίας είναι επαρκώς υγρό, η θερμοκρασία του παραμένει χαμηλή παρά την επαφή με τον ζεστό αέρα. Η «κινητήρια δύναμη», ωστόσο, μειώνεται καθώς το φαγητό ταξιδεύει προς την έξοδο. Ο αέρας στο άκρο της εξόδου του τούνελ είναι ο πιο υγρός και ο πιο δροσερός. Κατά συνέπεια, η τελική υπολειμματική υγρασία του προϊόντος μπορεί να μην είναι τόσο χαμηλή όσο επιθυμείτε. Το αντίθετο συμβαίνει στην περίπτωση των σηράγγων αντίθετου ρεύματος. Ο ρυθμός έναρξης ξήρανσης είναι χαμηλότερος, αλλά είναι δυνατό να αφυδατωθεί το προϊόν μέχρι τη χαμηλότερη τελική περιεκτικότητα σε υγρασία. Η μικτής ροής, κεντρική σήραγγα εξάτμισης λειτουργεί ως δύο σήραγγες σε σειρά. Το πρώτο του τμήμα είναι ομορεύμα και παρέχει τον επιθυμητό υψηλό αρχικό ρυθμό στεγνώματος. Το τελευταίο του τμήμα είναι αντίθετο ρεύμα και δίνει το επιθυμητό αποτέλεσμα φινιρίσματος. Σε αντίθεση με το στέγνωμα ντουλαπιού, το στέγνωμα τούνελ παρέχει τη δυνατότητα έκθεσης του προϊόντος σε μεταβαλλόμενο προφίλ εξωτερικών συνθηκών. Εκτός από τη θερμοκρασία και την υγρασία του αέρα, είναι δυνατή η μεταβολή της ταχύτητας του αέρα.



Εικόνα 33: Κατεύθυνση ροής θερμού αέρα σε ξηραντήρα σήραγγος

Σε ένα μοντέλο που χρησιμοποιείται για την ξήρανση φρούτων, η σήραγγα έχει σχεδιαστεί ως δύο μονάδες σε σειρά, με μικρότερη διατομή, με αποτέλεσμα υψηλότερη ταχύτητα αέρα στην πρώτη μονάδα

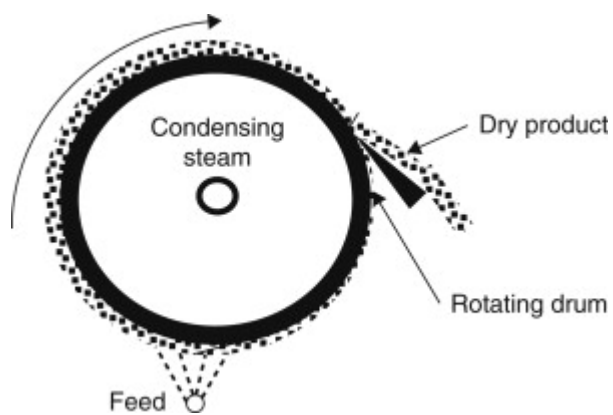
### 2.3.1.2.3. Αφυδάτωση με ξηραντήρες θερμαινόμενης επιφάνειας (Heated – surface dryers)

Ο τρόπος αφυδατώσεως με θερμαινόμενη επιφάνεια δεν διαφέρει σημαντικά από την αφυδάτωση με θερμό αέρα. Στους ξηραντήρες θερμαινόμενης επιφάνειας, η θερμότητα μεταδίδεται στο προς αφυδάτωση προϊόν με αγωγή από μια θερμαινόμενη επιφάνεια.

#### α) Ξηραντήρες Τυμπάνου (Drum dryers)

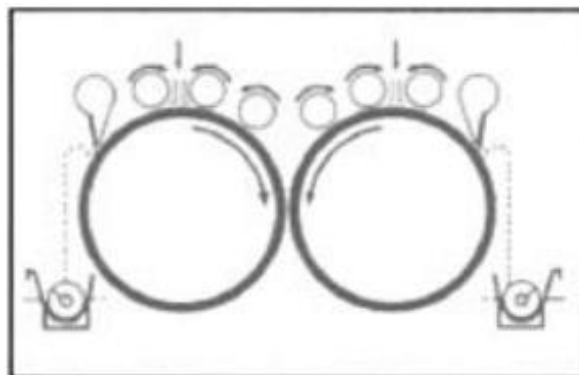
Η ξήρανση τυμπάνων χρησιμοποιείται στη βιομηχανία τροφίμων για την ξήρανση πολτών, πουρέδων και υγρών με υψηλό ιξώδες αλλά και στην παρασκευή αφυδατωμένων σκονών και νιφάδων. Οι ξηραντήρες τυμπάνων χρησιμοποιούνται για την απόκτηση πορώδους και εύκολα ενυδατωμένου αποξηραμένου προϊόντος, έτοιμο προς χρήση. Αυτός ο τύπος ξήρανσης είναι κατάλληλος για ιξώδη προϊόντα, τόσο στη φυσική τους κατάσταση όσο και μετά την αφυδάτωσή τους (Domínguez, 2011).

Οι ξηραντήρες μονού και διπλού τυμπάνου χρησιμοποιούνται σε μεγάλο βαθμό για την ξήρανση φρούτων και λαχανικών. Ο ξηραντήρας μονού τυμπάνου αποτελείται από κοίλους μεταλλικούς κυλίνδρους τοποθετημένους σε οριζόντιο άξονα και μηχανικά περιστρεφόμενους με έλεγχο μεταβλητής ταχύτητας. Το τύμπανο θερμαίνεται με ατμό, ζεστό νερό ή άλλο θερμαντικό μέσο στην εσωτερική του επιφάνεια. Η ξήρανση των προϊόντων επιτυγχάνεται με τη μεταφορά θερμότητας από το εσωτερικό του τυμπάνου μέσω του μεταλλικού τοιχώματός του σε ένα φιλμ υλικού που απλώνεται στην εξωτερική του επιφάνεια (Pua *et al.*, 2010). Σημαντικές παράμετροι που λαμβάνονται υπόψη κατά τη χρήση ξηραντήρων μονού τυμπάνου είναι το ομοιόμορφο πάχος της μεμβράνης που εφαρμόζεται στην επιφάνεια του τυμπάνου, η ταχύτητα περιστροφής και η θερμοκρασία θέρμανσης. Όλοι αυτοί οι παράγοντες επηρεάζουν τον ρυθμό αφυδάτωσης των προϊόντων.



Εικόνα 34: Ξηραντήρας μονού τυμπάνου

Ένας ξηραντήρας διπλού τυμπάνου αποτελείται από δύο κυλίνδρους (τύμπανα) ίσης διαμέτρου που περιστρέφονται πολύ κοντά μεταξύ τους σε αντίθετες κατευθύνσεις. Το προς ξήρανση υλικό τροφοδοτείται στον σφηνοειδή χώρο μεταξύ των τυμπάνων χρησιμοποιώντας ένα σωλήνα διανομής. Η θερμότητα μεταφέρεται



Εικόνα 35: Ξηραντήρας διπλού τυμπάνου

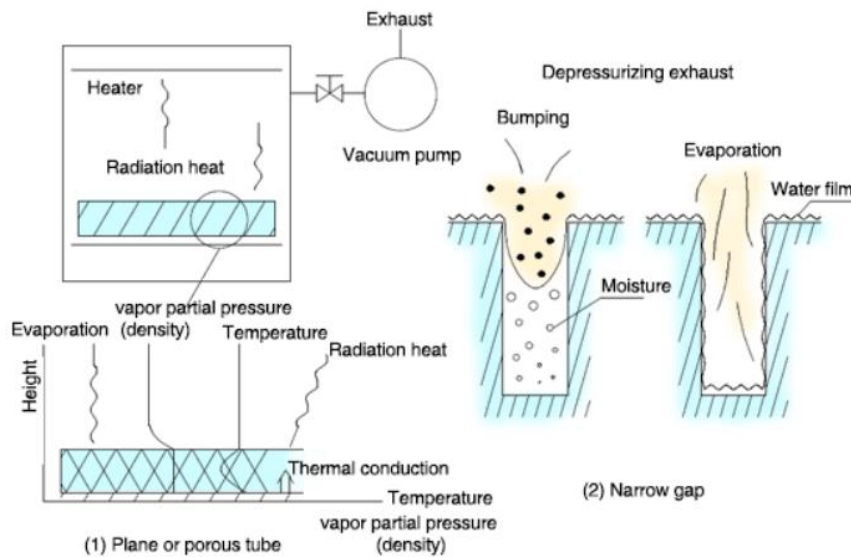
από τις επιφάνειες των θερμών τυμπάνων στο υγρό υλικό. Η περιστροφή των κυλίνδρων αναγκάζει το υλικό να περάσει μέσα από το στενό χώρο μεταξύ τους, διαιρώντας το υλικό σε δύο μεμβράνες, οι οποίες μετά την ξήρανση απομακρύνονται με τη μορφή λεπτών φύλλων με λεπίδες ξύστρας που εκτείνονται σε όλο το πλάτος των τυμπάνων. Οι ξηραντήρες διπλού τυμπάνου μπορούν να χειριστούν ένα ευρύτερο φάσμα προϊόντων και συνήθως προσφέρουν καλύτερη οικονομία, μεγαλύτερη απόδοση, υψηλότερη παραγωγή και λιγότερες απαιτήσεις εργασίας λειτουργίας από άλλους εξοπλισμούς.

## β) Ξηραντήρες Κενού (Vacuum Dryers)

Στην ξήρανση υπό κενό η υγρασία μπορεί να αφαιρεθεί σε ελεγχόμενες χαμηλές θερμοκρασίες. Ο ξηραντήρας κενού αποτελείται από ένα θάλαμο που περιέχει θερμαινόμενα ράφια. Το προς ξήρανση προϊόν απλώνεται σε δίσκους, που τοποθετούνται μεταξύ των ραφιών. Η θερμότητα μεταδίδεται στο τρόφιμο με αγωγή από τη βάση κάθε δίσκου και με ακτινοβολία από την κάτω πλευρά του άνω ραφιού.

Η ξήρανση υπό κενό είναι ιδανική μέθοδος για την ξήρανση θερμικά ή/και ευαίσθητων στο οξυγόνο προϊόντων όπως τα φρούτα και λαχανικά λόγω της αφαίρεσης της υγρασίας σε χαμηλές θερμοκρασίες και της ελαχιστοποίησης της πιθανότητας αντιδράσεων οξειδωσης. Η απόδοση της ξήρανσης υπό κενό στα φρούτα και λαχανικά μπορεί να βελτιωθεί συνδυάζοντας την ισχύ μικροκυμάτων (Jiang *et al.*, 2013).

Οι ξηραντήρες συνεχούς κενού είναι πλέον διαθέσιμοι σε βιομηχανική κλίμακα για την κατασκευή πρόσθετων τροφίμων, ενζύμων αλλά και φαρμακευτικών προϊόντων.



Εικόνα 36: Ξήρανση υπό κενό

#### 2.3.1.2.4. Λυοφιλίωση (Nowak & Jakubczyk, 2020)

Η λυοφιλίωση συνιστά διαδικασία κατά την οποία νερό εξαχνώνεται, και στη συνέχεια εκροφάται από το «αποξηραμένο» τρόφιμο. (Oetjen & Haseley, 2004). Κατά τη διαδικασία, η ποιότητα του αποξηραμένου προϊόντος (βιολογικές, θρεπτικές και οργανοληπτικές ιδιότητες) διατηρείται (Ratti, 2001; Assegehegn *et al.*, 2019). Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η κατάψυξη του νερού στο υλικό στο αρχικό στάδιο της διαδικασίας αναστέλλει χημικές, βιοχημικές και μικροβιολογικές διεργασίες.



Εικόνα 37: Ξηραντήρας λυοφιλίωσης

Πλεονεκτήματα μεθόδου

Η γεύση, η οσμή και η περιεκτικότητα σε διάφορα θρεπτικά συστατικά δεν μεταβάλλονται. Οι πρώτες ύλες τροφίμων περιέχουν ποσότητες νερού που κυμαίνονται από 80% έως 95%. Η απομάκρυνση του νερού με εξάχνωση έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία μιας εξαιρετικά πορώδους δομής των λυοφιλοποιημένων προϊόντων, με αποτέλεσμα η επανυδάτωση των λυοφιλοποιημένων προϊόντων να μπορεί να συμβεί άμεσα (Meda & Ratti, 2005; Jia *et al.*, 2019).

### Προκλήσεις μεθόδου

Είναι ευρέως αποδεκτό ότι η λυοφιλίωση κατέχει μια θέση στις καλύτερες μεθόδους ξήρανσης. Ωστόσο, ακατάλληλα επιλεγμένες παράμετροι διεργασίας μπορεί να προκαλέσουν αλλοιώσεις στο τρόφιμο, όπως συρρίκνωση, αλλαγή χρώματος, αποσταθεροποίησης της δομής.

Η λυοφιλοποίηση είναι μια διαδικασία ανταλλαγής μάζας που απαιτεί μεταφορά θερμότητας. Η θερμότητα της εξάχνωσης είναι 2885 kJ/kg (Flink, 1977). Εάν παρέχεται πολύ λίγη θερμότητα, η διαδικασία θα είναι αργή, γεγονός που θα αυξήσει το κόστος της. Εάν η παρεχόμενη ροή θερμότητας είναι πολύ υψηλή, θα προκαλέσει συσσώρευση θερμότητας στο υλικό και αύξηση της θερμοκρασίας του, οδηγώντας κατά συνέπεια στην πιθανότητα εμφάνισης υγρού νερού. Ως εκ τούτου, είναι εξαιρετικά σημαντικό να διατηρηθεί μια ισορροπία μεταξύ της ποσότητας θερμότητας που παρέχεται και χρησιμοποιείται.

Το κύριο χαρακτηριστικό της λυοφιλοποίησης, και εκείνο που τη διακρίνει από την ξήρανση υπό κενό, είναι η ανάγκη διατήρησης του ελεύθερου νερού κατεψυγμένου. Αυτό είναι ένα από τα πιο δύσκολα προβλήματα στην λυοφιλίωση.

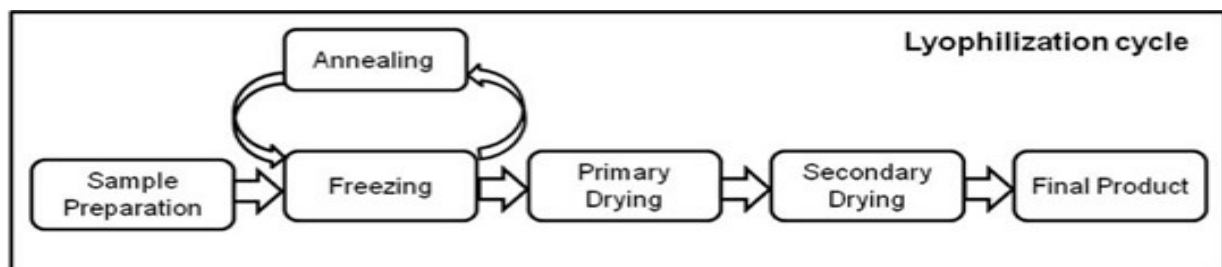
Οι συνθήκες πραγματοποίησης της διαδικασίας πρέπει να επιλέγονται με τρόπο που τέτοιο τρόπο, ώστε να μην δημιουργείται υγρό νερό, καθώς το τελευταίο συνιστά διαλύτη στον οποίο λαμβάνουν χώρα χημικές αντιδράσεις, και αλλάζει τις ρεολογικές ιδιότητες των τροφίμων. Η παρουσία υγρού νερού κατά τη διάρκεια της λυοφιλίωσης των προϊόντων διατροφής μπορεί να οδηγήσει σε πολλές αλλαγές στη σύνθεση, τη

μορφολογία και τις φυσικές ιδιότητες των τροφίμων (π.χ. συρρίκνωση). Μπορεί επίσης να μειώσει την περίοδο διασφάλισης υψηλής ποιότητας κατά την αποθήκευση (Οικονομοπούλου *et al.*, 2011) όπως και να αλλοιώσει τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά.

### Στάδια λυοφυλίωσης

Το νερό στα τρόφιμα μπορεί να είναι ελεύθερο νερό ή νερό δεσμευμένο. Το ελεύθερο νερό παγώνει, σε αντίθεση με το δεσμευμένο. Στη διαδικασία λυοφυλίωσης, όλο το παγωμένο νερό και μέρος του δεσμευμένου πρέπει να αφαιρεθούν. Επομένως, η λυοφυλίωση είναι μια εξαιρετικά περίπλοκη και πολλαπλών σταδίων διαδικασία που αποτελείται από (Ratti, 2001):

- κατάψυξη του προϊόντος, συνήθως υπό ατμοσφαιρική πίεση.
- πρωτογενή ξήρανση – εξάχνωση πάγου, συνήθως σε μειωμένη πίεση.
- δευτερογενή ξήρανση με εκρόφηση μέχρι την απαιτούμενη τελική υγρασία



Εικόνα 38: Κύκλος λυοφυλίωσης

### Φυσικές μεταβολές κατά τη λυοφυλίωση

Κατά τη διάρκεια των τριών σταδίων της διαδικασίας λυοφυλίωσης (εξάχνωση, πρωτογενής ξήρανση και δευτερογενής ξήρανση), διακρίνονται έξι κύριες φυσικές μεταβολές που έχουν σημαντικό αντίκτυπο στην πορεία της διαδικασίας, στην ποιότητα του λαμβανόμενου τροφίμου και στο συνολικό κόστος της διαδικασίας. Αυτά είναι:

- Η φάση μετάβασης του νερού που περιέχεται στο προϊόν σε πάγο.
- Η φάση μετάβασης πάγου σε ατμό.
- Η εκρόφηση μορίων νερού από το τρόφιμο
- Η επίτευξη επαρκώς χαμηλής πίεσης.
- Η εκ νέου εξάχνωση υδρατμών που απομακρύνονται από το υλικό στην επιφάνεια του συμπυκνωτή.
- Η αφαίρεση στρώματος πάγου από την επιφάνεια του πυκνωτή.

Τόσο η κινητική της διαδικασίας όσο και οι ιδιότητες του ληφθέντος προϊόντος εξαρτώνται από τις παραμέτρους στις οποίες λαμβάνουν χώρα οι συγκεκριμένες διαδικασίες.

#### **2.3.1.2.5. Ξήρανση με ψεκασμό (Spray drying) (Λάζος & Λάζου, 2017)**

Η ξήρανση με ψεκασμό είναι μία μέθοδος αφυδάτωσης για υγρά τρόφιμα και αιωρήματα (χυλοί). Στη διαδικασία αυτή το προϊόν εισέρχεται σε μορφή μικρών σταγονιδίων στο θάλαμο ξηράνσεως όπου έρχεται σε επαφή με θερμό αέρα. Λόγω του μικρού μεγέθους των σταγονιδίων επιτυγχάνεται γρήγορη αφυδάτωση σε χρονικό διάστημα μερικών δευτερολέπτων. Στη συνέχεια το προϊόν διαχωρίζεται από τον αέρα και συλλέγεται σε μορφή κόνεως.

Πλεονεκτήματα της μεθόδου:

- η ποιότητα και οι προδιαγραφές της κόνεως δεν μεταβάλλονται καθ' όλη την διάρκεια της ξήρανσης
- η λειτουργία του ξηραντήρα ψεκασμού είναι συνεχής και εύκολη
- μπορεί να εφαρμοστεί σε μία ποικιλία τροφίμων, ενώ είναι κατάλληλη και για ευαίσθητα στην θερμοκρασία τρόφιμα
- υπάρχει πληθώρα διατάξεων ξηραντήρα καθιστώντας ευκολότερη την πλήρωση των απαιτήσεων για το εξαγόμενο προϊόν

Τα κυριότερα μειονεκτήματα της μεθόδου είναι το κόστος εγκατάστασης και η χαμηλή θερμική απόδοση.

Περιγραφή του ξηραντήρα ψεκασμού

Ένας τυπικός ξηραντήρας ψεκασμού περιλαμβάνει τα παρακάτω μέρη:

#### 1. Ατομοποιητής

Ο ρόλος του ατομοποιητή είναι να λαμβάνει το υλικό από την τροφοδοσία, συνήθως αφού προηγηθεί προσυμπύκνωση, και να το διασκορπίζει στο θάλαμο ξήρανσης σε μορφή μικρών σταγονιδίων. Το μέγεθος των σταγονιδίων είναι πολύ σημαντικό καθώς η απόκλιση στο μέγεθος μπορεί να οδηγήσει σε ελλιπή αφυδάτωση (αν είναι πολύ μεγάλα) ή σε υπερθέρμανση και κάψιμο (αν είναι πολύ μικρά). Επιπλέον ο ατομοποιητής πρέπει να μετρά και να ελέγχει τον ρυθμό εισόδου από την τροφοδοσία στον ξηραντήρα. Δύο συνηθισμένα είδη ατομοποιητή είναι:

##### α) Περιστροφικός

Ο περιστροφικός ή φυγόκεντρος ατομοποιητής αποτελείται από ένα ταχέως περιστρεφόμενο δίσκο. Στο κέντρο του δίσκου εισέρχεται υλικό από την τροφοδοσία το οποίο εκσφεντονίζεται από τα άκρα με τη μορφή ομοιόμορφου ψεκάσματος σταγονιδίων διαμέτρου 50-60 μm. Οι περιστροφικοί ατομοποιητές είναι κατάλληλοι στην διαχείριση υψηλού ρυθμού τροφοδοσίας, στην αντιμετώπιση διακυμάνσεων ενώ επίσης μπορούν να υποδεχθούν σχετικώς κολλητικά υλικά.

##### β) Ακροφύσιο Πίεσεως

Ο ατομοποιητής ακροφυσίου πίεσεως οδηγεί το υλικό να διέλθει μέσα από ένα πολύ στενό άνοιγμα με μεγάλη πίεση. Ο ψεκασμός είναι λιγότερο ομοιογενές και έχει κωνικό σχήμα επιτρέποντας την χρήση όλου του όγκου στον θάλαμο ξήρανσης. Τα σταγονίδια που δημιουργούνται έχουν διάμετρο 120-300 μm. Ένα μειονέκτημα των ατομοποιητών με ακροφύσιο είναι ότι είναι ευαίσθητοι στην απόφραξη από υγρά τρόφιμα με σωματίδια ενώ το άνοιγμα του ακροφυσίου μπορεί βαθμιαίως να διευρυνθεί από λειαντικά τρόφιμα.



## 2. Θάλαμος Ξήρανσης

Στον θάλαμο ξήρανσης τα σταγονίδια που ψεκάζονται από τον ατομοποιητή έρχονται σε επαφή με θερμό αέρα και αφυδατώνονται. Υπάρχουν τρεις τρόποι επαφής του αέρα με τα σωματίδια του προϊόντος:

### α) Ομορροή

Ο αέρας κινείται στην ίδια κατεύθυνση με τα σωματίδια. Οι ξηραντήρες με ομορροή είναι κατάλληλοι για θερμικά ευαίσθητα προϊόντα.

### β) Αντιρροή

Ο αέρας κινείται αντίθετα με τα σωματίδια. Αυτός ο τρόπος είναι κατάλληλος για προϊόντα που χρειάζονται θερμική επεξεργασία.

### γ) Μεικτή ροή

Αυτός ο τρόπος συνδυάζει σε δύο φάσεις την ομορροή και την αντιρροή. Είναι κατάλληλος για προϊόντα που είναι επιθυμητό να εξαχθούν σε μορφή χονδρής κόνεως.

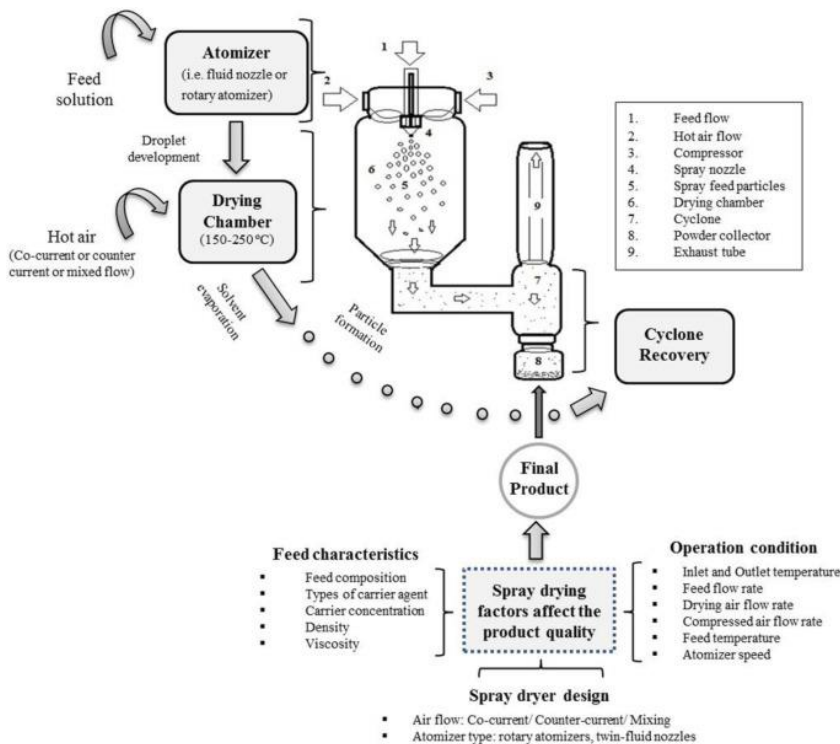
Υπάρχουν διάφορα σχήματα θαλάμων ξήρανσης όπως κυλινδρικοί, κωνικοί και ψηλοί πύργοι. Ο σχεδιασμός και οι διαστάσεις του θαλάμου εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες όπως ο ρυθμός αφυδάτωσης και η τροχιά των σωματιδίων.

### Σύστημα διαχωρισμού

Ο διαχωρισμός του ξηρού προϊόντος από τον αέρα πραγματοποιείται μερικώς στον θάλαμο ξήρανσης και μερικώς σε ένα σύστημα διαχωρισμού. Συνήθως το σύστημα διαχωρισμού που χρησιμοποιείται είναι ο κυκλώνας αντιστρόφου ροής.

## Τύποι ξηραντήρων ψεκασμού

Υπάρχουν διάφορες παραλλαγές του βασικού ξηραντήρα ψεκασμού που είδαμε παραπάνω. Πολλές από αυτές περιέχουν εκτός του θαλάμου ξηράνσεως και ρευστοποιημένα στρώματα. Ένα παράδειγμα είναι οι ξηραντήρες δύο, τριών και πολλών σταδίων, με τους οποίους μπορούν να παραχθούν κόνεις με υψηλή περιεκτικότητα λίπους και σακχάρων.



Εικόνα 39: Αφυδάτωση τροφίμων με ψεκασμό

### 2.3.2. Συμπύκνωση (concentration)

Η έννοια της συμπύκνωσης αναφέρεται στην απομάκρυνση διαλύτη από ένα διάλυμα. Έτσι έχοντας αρχικά ένα ομογενές μείγμα, το αποτέλεσμα είναι ο μερικός διαχωρισμός διαλύτη, από το διάλυμα, δηλαδή το μέρος εκείνο του διαλύτη που εξακολουθεί να φέρει διαλυμένες ουσίες. Στη βιομηχανία τροφίμων, ο προς απομάκρυνση διαλύτης είναι σχεδόν πάντα το νερό. Η συμπύκνωση εφαρμόζεται σε υγρά τρόφιμα υψηλής περιεκτικότητας νερού όπως γάλα, χυμοί φρούτων και λαχανικών, εκχυλίσματα καφέ κλπ. Η συμπύκνωση των τροφίμων μπορεί να είναι γενικά τριών τύπων: με εφαρμογή

θερμότητας, με απομάκρυνση της θερμότητας, δηλαδή συμπύκνωση κατάψυξης και χρήση μεμβρανών.

### 2.3.2.1. Συμπύκνωση με εξάτμιση

Συμπύκνωση με εφαρμογή θερμότητας επιτυγχάνεται όταν αυξάνεται η συνολική περιεκτικότητα σε στερεά, με εξάτμιση του διαλύτη. Με την αύξηση της περιεκτικότητας σε στερεά μειώνεται η ενεργότητα νερού στο τρόφιμο. Η συμπύκνωση στους 100°C ή παραπάνω έχει συντηρητική δράση καθώς σχεδόν όλοι οι παθογόνοι μικροοργανισμοί σκοτώνονται αλλά όχι όλα τα ενδοσπόρια.



Εικόνα 40: Εξοπλισμός συμπύκνωσης με εξάτμιση

Για τον υπολογισμό του βαθμού συγκέντρωσης, της κατανάλωσης ενέργειας και των χρόνων επεξεργασίας σε έναν εξατμιστή, υπολογίζονται τα ισοζύγια θερμότητας και μάζας. Το ισοζύγιο μάζας ορίζεται καθώς η μάζα τροφοδοσίας που εισέρχεται στον εξατμιστή ισούται με τη μάζα του προϊόντος και του ατμού

Για το νερό:

$$m_f (1-x_f) = m_p (1-x_p) + m_v$$

Για ολικά στερεά:

$$m_f x_f = m_p x_p$$

Το συνολικό ισοζύγιο μάζας είναι:

$$m_f = m_p + m_v$$

Όπου:

$m_f$  = ρυθμός μεταφοράς μάζας τροφοδοσίας (kg/s)

$x_f$  = κλάσμα στερεών τροφοδοσίας

$m_p$  = ρυθμός μεταφοράς μάζας προϊόντος (kg/s)

$x_p$  = κλάσμα στερεών του προϊόντος τροφοδοσίας

$m_v$  = ρυθμός μεταφοράς μάζας παραγόμενου ατμού (kg/s)

Με την υπόθεση ότι οι απώλειες θερμότητας από τον εξατμιστή είναι αμελητέες, το ισοζύγιο θερμότητας ορίζεται ως η ποσότητα θερμότητας που εκλύεται από τον ατμό συμπύκνωσης ίση με την ποσότητα θερμότητας που χρησιμοποιείται για την αύξηση της θερμοκρασίας τροφοδοσίας στο σημείο βρασμού και στη συνέχεια για την απομάκρυνση του ατμού.

$$\begin{aligned} Q &= m_s \lambda_s \\ &= m_f c_p (\theta_b - \theta_f) = m_v \lambda_v \end{aligned}$$

Όπου:

$Q$  = ρυθμός μεταφοράς θερμότητας (J/s)

$c_p$  = ειδική θερμοχωρητικότητα του υγρού τροφοδοσίας (J/kg°C),

$\lambda_s$  = λανθάνουσα θερμότητα του ατμού συμπύκνωσης (J/kg),

$\lambda_v$  = λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης νερού (J/kg)

### 2.3.2.2. Συμπύκνωση με κατάψυξη

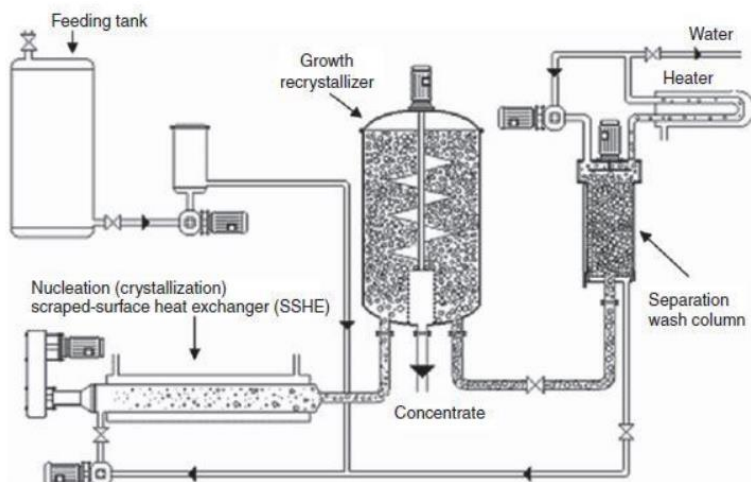
Η συμπύκνωση με κατάψυξη χρησιμοποιείται κυρίως όπου οι ποιοτικοί παράγοντες είναι σημαντικοί, καθώς αποτρέπει την απώλεια πτητικών συστατικών και την υποβάθμιση της ποιότητας του προϊόντος λόγω θερμότητας (Prestes *et al.*, 2022). Κατά τη κατάψυξη, το νερό του τροφίμου μετατρέπεται σε μεγάλους κρυστάλλους πάγου, οι οποίοι στη συνέχεια αφαιρούνται, με τεχνικές μηχανικού διαχωρισμού.

Ως αποτέλεσμα, τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά και οι θρεπτικές ιδιότητες βελτιώνονται, κάτι που δεν συμβαίνει με τα θερμικά συμπυκνωμένα τρόφιμα. Η υψηλή επένδυση εξοπλισμού σε συνδυασμό με το υψηλό κόστος λόγω ψύξης, έχει ως

αποτέλεσμα υψηλό κόστος παραγωγή. Εδώ, ο βαθμός συμπύκνωσης είναι χαμηλότερος από τη θερμική συγκέντρωση αλλά υψηλότερος από τις διαδικασίες μεμβράνης.

Υπολογίζεται ο βαθμός συγκέντρωσης διαλυμένης ουσίας που προκύπτει με μείωση της κατάψυξης, για την προετοιμασία καμπυλών σημείου πήξης. Η αποτελεσματικότητα διαχωρισμού κρυστάλλων από το υγρό συμπύκνωμα καθορίζεται από το βαθμό συσσώρευσης των κρυστάλλων και την ποσότητα του υγρού που παρασύρεται με τους κρυστάλλους.

Οι εγκαταστάσεις συμπύκνωσης με εναιώρημα χρησιμοποιούνται ευρέως στη βιομηχανία τροφίμων για τη συμπύκνωση υγρών προϊόντων διατροφής που συνίσταται στην κρυστάλλωση και στη συνέχεια στην ανάπτυξη κρυστάλλων πάγου που ακολουθείται από το διαχωρισμό τους.



Εικόνα 41: Σχηματικό διάγραμμα συμπύκνωσης εναιωρήματος με κατάψυξη (Niro Process Technology)

Αποτελείται από έναν εναλλάκτη θερμότητας απόξεσης επιφάνειας (SSHE) και έναν ανακρυσταλλωτή. Στο SSHE, οι πυρήνες πάγου σχηματίζονται στην εσωτερική επιφάνεια σε υψηλή υπερψύξη και λιγότερο χρόνο παραμονής. Αυτοί οι πυρήνες στη συνέχεια απορρίπτονται με απόσπαση λεπίδων.

### **2.3.2.3.1. Συμπύκνωση με χρήση μεμβρανών**

Η συμπύκνωση με χρήση μεμβρανών αποτελεί μέθοδο αφαίρεσης υγρασίας από φρούτα και λαχανικά, η οποία συνδυάζει την αποδοτικότητα με τη διατήρηση της ποιότητας των προϊόντων. Η τεχνική αυτή βασίζεται στη χρήση ημιπερατών μεμβρανών που επιτρέπουν τη διέλευση του νερού ενώ συγκρατούν τα διαλυμένα στερεά, επιτρέποντας τη συγκέντρωση των προϊόντων χωρίς τη χρήση υψηλών θερμοκρασιών.

#### **Βασικές Αρχές της Συμπύκνωσης με Μεμβράνες**

Η συμπύκνωση με χρήση μεμβρανών περιλαμβάνει διάφορες τεχνικές, όπως η αντίστροφη ώσμωση και η υπερδιήθηση. Στην αντίστροφη ώσμωση, μια ημιπερατή μεμβράνη χρησιμοποιείται για να διαχωρίσει το νερό από τα διαλυμένα στερεά, εφαρμόζοντας πίεση μεγαλύτερη από την ωσμωτική πίεση του διαλύματος. Αυτό επιτρέπει την απομάκρυνση του νερού και τη συμπύκνωση του προϊόντος. Στην υπερδιήθηση, μια μεμβράνη με μικρότερα πόρους χρησιμοποιείται για να διαχωρίσει μικρά μόρια, όπως άλατα και οργανικά συστατικά, από το νερό.

#### **Εφαρμογές στη Βιομηχανία Τροφίμων**

Η χρήση μεμβρανών για τη συμπύκνωση είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη στη βιομηχανία τροφίμων, κυρίως για την παραγωγή συμπυκνωμένων χυμών, γαλακτοκομικών προϊόντων και άλλων υγρών τροφίμων. Η μέθοδος αυτή επιτρέπει τη διατήρηση της θρεπτικής αξίας και της γεύσης των προϊόντων, καθώς δεν απαιτεί την εφαρμογή θερμότητας που μπορεί να προκαλέσει αλλοιώσεις. Για παράδειγμα, η συμπύκνωση χυμών φρούτων μέσω αντίστροφης ώσμωσης διατηρεί τα αρώματα και τα θρεπτικά συστατικά των φρούτων, προσφέροντας υψηλής ποιότητας τελικά προϊόντα (Pereira et al., 2014).

#### **Πλεονεκτήματα της Συμπύκνωσης με Μεμβράνες**

Τα κύρια πλεονεκτήματα της συμπύκνωσης με χρήση μεμβρανών περιλαμβάνουν τη διατήρηση της ποιότητας των προϊόντων, την ενεργειακή αποδοτικότητα και την περιβαλλοντική βιωσιμότητα. Δεδομένου ότι η μέθοδος αυτή δεν απαιτεί υψηλές

θερμοκρασίες, τα προϊόντα διατηρούν τη φυσική τους γεύση, το άρωμα και τα θρεπτικά συστατικά τους. Επιπλέον, η χρήση μεμβρανών είναι ενεργειακά αποδοτική, καθώς η διαδικασία απαιτεί λιγότερη ενέργεια σε σύγκριση με τις παραδοσιακές μεθόδους θερμικής συμπίκνωσης. Η μέθοδος αυτή είναι επίσης φιλική προς το περιβάλλον, καθώς μειώνει την ανάγκη για χημικά πρόσθετα και επιτρέπει τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Cassano et al., 2006).

#### Περιορισμοί και Προκλήσεις

Παρά τα πλεονεκτήματα, η συμπίκνωση με χρήση μεμβρανών αντιμετωπίζει και ορισμένους περιορισμούς και προκλήσεις. Ένας από τους κύριους περιορισμούς είναι η ανάγκη για υψηλή αρχική επένδυση για την εγκατάσταση και τη συντήρηση του εξοπλισμού. Επιπλέον, η απόδοση των μεμβρανών μπορεί να μειωθεί με την πάροδο του χρόνου λόγω της απόφραξης και της μόλυνσης, απαιτώντας τακτική καθαριότητα και αντικατάσταση των μεμβρανών. Οι μελλοντικές έρευνες θα μπορούσαν να επικεντρωθούν στην ανάπτυξη νέων υλικών για μεμβράνες που είναι πιο ανθεκτικά και λιγότερο επιρρεπή στην απόφραξη, καθώς και στη βελτίωση των τεχνικών καθαρισμού και συντήρησης (Baker, 2012).

#### **2.4. Πρόσθετα (Συντηρητικά)**

Τα συντηρητικά είναι χημικές ουσίες που επιβραδύνουν ή εμποδίζουν την αλλοίωση των τροφίμων από μικροοργανισμούς, οξείδωση, ένζυμα και άλλες φυσικές αντιδράσεις. Οι κυριότερες κατηγορίες συντηρητικών περιλαμβάνουν τα αντιμικροβιακά, τα αντιαμαυρωτικά και τα αντιοξειδωτικά. Τα αντιμικροβιακά, είναι υπεύθυνα για την καταπολέμηση βακτηρίων, μυκήτων και ζυμομυκήτων που προκαλούν αλλοιώσεις και τροφιμογενή νοσήματα. Τα αντιαμαυρωτικά προλαμβάνουν τη φυσική αμαύρωση των φρούτων και λαχανικών όταν εκτίθενται στον αέρα(οξυγόνο) και ως κύριο στόχο έχουν την διατήρηση το χρώματος και της οπτικής ποιότητας των φρούτων και λαχανικών. Και τέλος, έχουμε τα αντιοξειδωτικά συντηρητικά, τα οποία προστατεύουν τα τρόφιμα από την οξείδωση, που μπορεί να αλλοιώσει τη γεύση, το χρώμα και τη θρεπτική αξία. Η κάθε μια κατηγορία έχει θετικά αποτελέσματα στο κομμάτι της συντήρησης των φρούτων και των λαχανικών όμως, δεν είναι και τόσο

«αθώα» ως προς τον άνθρωπο. Ωστόσο, η επιστημονική έρευνα συνεχίζει να αναζητά νέες και ασφαλέστερες ουσίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως συντηρητικά, με έμφαση στη φυσική τους προέλευση και στην ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων στην υγεία. Η χρήση των συντηρητικών παραμένει ένα σημαντικό εργαλείο για τη διατήρηση της ποιότητας και της ασφάλειας των φρούτων και λαχανικών, εξασφαλίζοντας ότι τα τρόφιμα φτάνουν στους καταναλωτές στην καλύτερη δυνατή κατάσταση.

### **2.4.1. Αντιμικροβιακά Συντηρητικά**

Τα αντιμικροβιακά συντηρητικά είναι ουσίες που χρησιμοποιούνται για την καταπολέμηση και τον έλεγχο της ανάπτυξης παθογόνων και αλλοιωτικών μικροοργανισμών στα τρόφιμα. Η χρήση τους είναι ιδιαίτερα σημαντική για τη διατήρηση της ποιότητας, της ασφάλειας και της διάρκειας ζωής των φρούτων και λαχανικών. Η χρήση τους έχει μακρά ιστορία που ξεκινά από τις αρχαίες εποχές. Στη σύγχρονη εποχή, η επιστημονική έρευνα και η ανάπτυξη συντηρητικών έχει συμβάλει σημαντικά στη βελτίωση της ασφάλειας και της διάρκειας ζωής των τροφίμων. Μάλιστα ένας σημαντικός επιστήμονας που έχει ασχοληθεί με την έρευνα των αντιμικροβιακών συντηρητικών για φρούτα και λαχανικά είναι ο Δρ. Michael P. Doyle. Ο συγκεκριμένος άνθρωπος, εξέτασε τη δράση αιθέριων ελαίων ως φυσικών αντιμικροβιακών συντηρητικών κατά των παθογόνων *Escherichia coli* O157:H7 και *Salmonella* σε οργανικά πράσινα λαχανικά. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι τα αιθέρια έλαια μπορούν να χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικά για την καταπολέμηση αυτών των παθογόνων, αυξάνοντας την ασφάλεια και τη διατηρησιμότητα των λαχανικών (Doyle, 2010).

#### **2.4.1.1. Σορβικό Οξύ και Σορβικά Άλατα**

Η χρήση του σορβικού οξέως ( $C_6H_8O_2$ ) και των αλάτων του, όπως το σορβικό κάλιο και το σορβικό νάτριο, χρησιμοποιούνται ευρέως στη βιομηχανία τροφίμων ως αντιμικροβιακά συντηρητικά. Χρησιμοποιούνται για την πρόληψη της ανάπτυξης μούχλας και ζυμομυκήτων σε φρούτα και λαχανικά που αποθηκεύονται ή πωλούνται



σε κομμένη μορφή, καθώς και σε έτοιμες σαλάτες και κονσερβοποιημένα προϊόντα. Είναι επίσης ιδιαίτερα αποτελεσματικά σε χαμηλές συγκεντρώσεις και μπορούν να αναστείλουν την ανάπτυξη ενός ευρέος φάσματος μυκήτων και ζυμομυκήτων. Γενικά θεωρούνται ασφαλή για χρήση στα τρόφιμα, δεν έχουν σημαντικές τοξικές επιδράσεις στους ανθρώπους και δεν αλλοιώνουν τη γεύση των τροφίμων, κάτι που είναι σημαντικό για τη διατήρηση της ποιότητας των φρούτων και λαχανικών. Ωστόσο σε σπάνιες περιπτώσεις, είναι πιθανό, το σορβικό οξύ να προκαλέσει αλλεργικές αντιδράσεις σε ευαίσθητα άτομα. Επίσης είναι λιγότερο αποτελεσματικό σε περιβάλλοντα με υψηλό pH, κάτι που μπορεί να περιορίσει τη χρήση του σε ορισμένα φρούτα και λαχανικά. Επίσης η υπερβολική χρήση του σορβικού οξέος μπορεί να οδηγήσει στην ανάπτυξη ανθεκτικών στελεχών μικροοργανισμών (Nyzioł & Zawisłak, 2019).

#### **2.4.1.2. Οξικό Οξύ και Οξικά Άλατα**

Το οξικό οξύ ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) είναι το κύριο συστατικό του ξιδιού και χρησιμοποιείται ευρέως στη συντήρηση τροφίμων. Τα άλατά του, όπως το οξικό νάτριο ( $\text{CH}_3\text{COONa}$ ) και το οξικό κάλιο ( $\text{CH}_3\text{COOK}$ ), έχουν παρόμοιες ιδιότητες και εφαρμόζονται σε διάφορες διαδικασίες συντήρησης. Ποιο συγκεκριμένα το οξικό οξύ είναι ένα οργανικό οξύ με ισχυρές αντιμικροβιακές ιδιότητες. Μειώνει το pH των τροφίμων, δημιουργώντας ένα όξινο περιβάλλον που είναι δυσμενές για την ανάπτυξη μικροοργανισμών όπως τα βακτήρια και οι ζυμομύκητες. Τα οξικά άλατα απ'την άλλη, δρουν επίσης αναστέλλοντας την ανάπτυξη των μικροοργανισμών μέσω της μείωσης του pH και της αναστολής της ενζυμικής δραστηριότητας που είναι απαραίτητη για την ανάπτυξή τους. Κύρια εφαρμογή του οξικού οξέως και των οξικών αλάτων είναι για την συντήση σε προϊόντα όπως πίκλες, μαριναρισμένα λαχανικά και κονσερβοποιημένα φρούτα. Είναι επίσης δημοφιλή σε παρασκευάσματα όπως έτοιμες σαλάτες και φρέσκα κομμένα λαχανικά, όπου η διατήρηση της φρεσκάδας και η αποτροπή της μικροβιακής μόλυνσης είναι ζωτικής σημασίας (Nyzioł & Zawisłak, 2019). Επιπροσθέτως το οξικό οξύ είναι ένα φυσικό συντηρητικό και θεωρείται ασφαλές για κατανάλωση διότι αποτελεί κοινό συστατικό σε πολλές παραδοσιακές συνταγές. Η χρήση του είναι κοινά αποδεκτή από τους καταναλωτές, καθώς το ξίδι είναι ήδη γνωστό και χρησιμοποιείται ευρέως

στην καθημερινή μαγειρική. Ακόμη μπορούμε να το αποκαλέσουμε και «ενισχυτικό γεύσης» προσδίδοντας χαρακτηριστική γεύση στα μαριναρισμένα λαχανικά, κάτι που μπορεί να είναι ελκυστικό για τους καταναλωτές αλλά και το αντίθετο διότι ενδέχεται να μην είναι σε όλους αρεστή αυτή η γεύση. Ακόμη τα οξικά άλατα, σε μικρές ποσότητες, δεν αλλοιώνουν τη γεύση των τροφίμων, επιτρέποντας τη διατήρηση της φυσικής τους γεύσης αλλά σε ορισμένα ευαίσθητα φρούτα και λαχανικά μπορεί να επηρεάσει αρνητικά τη γεύση τους καθιστώντας το λιγότερο ιδανικό για χρήση. Μολονότι έχουν αρκετά θετικά σαν συντηρητικά δεν παύουν να παραμένουν οξέα. Το οξικό οξύ μπορεί να είναι διαβρωτικό σε υψηλές συγκεντρώσεις, κάτι που μπορεί να επηρεάσει τον εξοπλισμό επεξεργασίας φρούτων και λαχανικών καθώς και τους εργαζόμενους πάνω σε αυτό. Γι αυτό το λόγο, μπορεί να απαιτεί τη χρήση εξειδικευμένων υλικών και εξοπλισμού για την αποθήκευση και την επεξεργασία του, καθιστώντας το κοστοβόρο (Montville & Matthews, 2018).

#### **2.4.2. Αντιαμαυρωτικά Συντηρητικά**

Τα αντιαμαυρωτικά συντηρητικά είναι ουσίες που χρησιμοποιούνται για την αποτροπή της φυσικής αμαύρωσης που συμβαίνει σε ορισμένα φρούτα και λαχανικά όταν εκτίθενται στον αέρα (οξυγόνο). Αυτή η διαδικασία αμαύρωσης οφείλεται κυρίως στην οξείδωση των φαινολικών ενώσεων, μια αντίδραση που καταλύεται από τα ένζυμα πολυφαινολοξειδάσης (PPO). Η χρήση τους λοιπόν είναι ζωτικής σημασίας για τη διατήρηση της οπτικής και θρεπτικής ποιότητας των φρούτων και λαχανικών κατά την αποθήκευση και διανομή τους από τον άνθρωπο. Έρευνες που διεξάχθησαν ανά τον καιρό για τα συγκεκριμένα συντηρητικά είχαν επικεντρωθεί στην ανάλυση της αποτελεσματικότητάς τους και στην ανάπτυξη νέων, φυσικών αντιαμαυρωτικών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη βιομηχανία τροφίμων. Ένας σημαντικός επιστήμονας στον τομέα αυτό είναι ο Δρ. Luis Cisneros-Zevallos, ο οποίος έχει πραγματοποιήσει εκτεταμένες έρευνες για τη χρήση αυτών των συντηρητικών στα φρούτα και λαχανικά. Ο εν λόγω κύριος εξέτασε την αποτελεσματικότητα των διαλυμάτων ασκορβικού οξέος, κιτρικού οξέος και χλωριούχου ασβεστίου στην αποτροπή της αμαύρωσης και στη διατήρηση της ποιότητας των φρέσκων κομμένων

μήλων. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι αυτά τα συγκεκριμένα χημικά είναι πλήρως αποτελεσματικά στην αναστολή της ενζυμικής αμαύρωσης και στη διατήρηση της οπτικής ποιότητας και φρεσκάδας των μήλων (Cisneros-Zevallos, 2005).

#### **2.4.2.1. Ασκορβικό Οξύ (Βιταμίνη C)**

Το ασκορβικό οξύ ( $C_6H_8O_6$ ) είναι ένα φυσικό αντιοξειδωτικό που χρησιμοποιείται ευρέως ως αντιμαυρωτικό συντηρητικό. Χρησιμοποιείται σε φρέσκα κομμένα φρούτα, όπως μήλα, αχλάδια και μπανάνες, για την αποτροπή της οξειδωσης και της αμαύρωσης. Λειτουργεί αναστέλλοντας την οξειδωση των φαινολικών ενώσεων και μειώνοντας τη δραστηριότητα των ενζύμων PPO. Το ασκορβικό οξύ δρα ως δότης ηλεκτρονίων, μειώνοντας τις οξειδωμένες μορφές των φαινολικών ενώσεων πίσω στις αρχικές τους μορφές. Ένα από τα κύρια πλεονεκτήματά του είναι ότι είναι φυσικό και ασφαλές για κατανάλωση (καθώς απαντάται στα φρούτα και τα λαχανικά), ενώ διατηρεί τη φρεσκάδα και το χρώμα των φρούτων. Επίσης συμβάλλει στη διατήρηση της θρεπτικής αξίας των τροφίμων, διότι η βιταμίνη C όπως στον άνθρωπο έτσι και στα φρούτα και τα λαχανικά είναι ένα απαραίτητο θρεπτικό συστατικό και η αποτελεσματικότητά του στην πρόληψη της ενζυμικής αμαύρωσης και στη διατήρηση της οπτικής ποιότητας των τροφίμων είναι αυτή που αναζητούμε. Ωστόσο το ασκορβικό οξύ είναι αρκετά ευαίσθητο, καθιστώντας το αρκετά ευάλωτο στο φως και τη θερμότητα, κάτι που μπορεί να μειώσει την αποτελεσματικότητά του κατά την αποθήκευση. Επίσης η δράση του μπορεί να είναι προσωρινή, απαιτώντας συχνή ανανέωση ή συνδυασμό με άλλα συντηρητικά για επιτευχθεί μακροχρόνια προστασία (Erum & Zeeshan, 2019).

#### **2.4.2.2. Μεταδιθειώδες Νάτριο**

Το μεταδιθειώδες νάτριο ( $Na_2S_2O_5$ ) είναι ένα ανόργανο άλας με ισχυρή αντιμαυρωτική δράση. Χρησιμοποιείται σε φρέσκα και κατεψυγμένα φρούτα για την αποτροπή της αμαύρωσης. Η προσθήκη του αναστέλλει την ενζυμική δραστηριότητα που προκαλεί την αμαύρωση, καθώς και την οξειδωση των φαινολικών ενώσεων. Ακόμη, Μετατρέπει τα οξειδία σε μη δραστικές μορφές, διατηρώντας το χρώμα των φρούτων. Είναι πολύ αποτελεσματικό ως συντηρητικό και διατηρητής της οπτικής ποιότητας των φρούτων και

των λαχανικών. Παρέχει μακροχρόνια προστασία έναντι της αμαύρωσης, καθιστώντας το, ιδανικό για προϊόντα που αποθηκεύονται για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Όμως, θα πρέπει να αναφέρουμε πως το μεταδιθειώδες νάτριο ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ ), Μπορεί να προκαλέσει αλλεργικές αντιδράσεις σε ευαίσθητα άτομα, όπως άσθμα και δερματικά προβλήματα που μπορεί να αποβούν μοιραία. Γι αυτό και σε ορισμένες χώρες, η χρήση των θειωδών ενώσεων είναι αυστηρά ρυθμιζόμενη λόγω των πιθανών επιδράσεων στην υγεία, περιορίζοντας τη χρήση του (Bajer & Solich, 2019).

#### **2.4.2.3. Κιτρικό Οξύ**

Το κιτρικό οξύ ( $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$ ) είναι ένα οργανικό οξύ που χρησιμοποιείται ευρέως στη βιομηχανία τροφίμων ως αντιαμαυρωτικό συντηρητικό όπως και τα υπόλοιπα που έχουμε αναφέρει. Χρησιμοποιείται σε φρούτα όπως μήλα και μπανάνες για να διατηρήσει το χρώμα τους και να αποτρέψει την αμαύρωση. Η κύρια χρήση του είναι να δρα αναστέλλοντας την οξειδωση των φαινολικών ενώσεων και να μειώνει τη δραστηριότητα των ενζύμων PPO, καθώς και μειώνοντας το pH των τροφίμων. Το κιτρικό οξύ λειτουργεί ως χηλικός παράγοντας, δεσμεύοντας μεταλλικά ιόντα που μπορούν να καταλύσουν την οξειδωση. Όπως και το ασκορβικό έτσι και το κιτρικό οξύ είναι φυσικό και ασφαλές για κατανάλωση, καθώς είναι κοινό συστατικό σε πολλά τρόφιμα και ποτά. Επίσης, έχει καλή σταθερότητα κατά την αποθήκευση και δεν επηρεάζεται σημαντικά από το φως και τη θερμότητα και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με άλλα συντηρητικά για την ενίσχυση της συνολικής αντιοξειδωτικής προστασίας. Όπως σχεδόν όλα τα υπόλοιπα οξέα που χρησιμοποιούνται ως συντηρητικά συμπεριλαμβανομένων και αυτών που έχουμε ήδη αναφέρει, τα δύο κυριότερα μειονεκτήματα του είναι η γεύση και η διαβρωτικότητα. Δηλαδή, με την προσθήκη κιτρικού, θα πάρουμε μια ελαφρώς όξινη γεύση στα τρόφιμα, κάτι που δεν είναι πάντα επιθυμητό. Καθώς και σε υψηλές συγκεντρώσεις, μπορεί να είναι διαβρωτικό για τον εξοπλισμό επεξεργασίας των τροφίμων, απαιτώντας προσεκτική χρήση.

### **2.4.3. Αντιοξειδωτικά Συντηρητικά**

Τα αντιοξειδωτικά συντηρητικά είναι ουσίες που χρησιμοποιούνται για την προστασία των φρούτων και λαχανικών από την οξείδωση, μια χημική διαδικασία που μπορεί να προκαλέσει την αλλοίωση της γεύσης, του χρώματος και της θρεπτικής αξίας των τροφίμων. Η χρήση τους είναι κρίσιμη για τη διατήρηση της ποιότητας και της διάρκειας ζωής των φρούτων και λαχανικών. Η χρήση αντιοξειδωτικών για τη διατήρηση των φρούτων και των λαχανικών έχει ιστορία όπου προέρχεται από αρχαιοτάτων χρόνων. Οι πρώτες μορφές αντιοξειδωτικών περιλάμβαναν φυσικά συστατικά όπως το αλάτι και το ξίδι, τα οποία χρησιμοποιούνταν από τους αρχαίους πολιτισμούς για τη συντήρησή τους. Στη σύγχρονη εποχή, η επιστημονική έρευνα έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη πιο αποτελεσματικών και εξειδικευμένων αντιοξειδωτικών.

#### **2.4.3.1. Τοκοφερόλες (Βιταμίνη Ε)**

Άξιο αναφοράς είναι ένα από τα κύρια αντιοξειδωτικά συντηρητικά, οι τοκοφερόλες (Βιταμίνη Ε). Είναι φυσικές ενώσεις που περιλαμβάνουν τη βιταμίνη Ε και χρησιμοποιούνται ευρέως ως αντιοξειδωτικά. Χρησιμοποιούνται σε ελαιώδη προϊόντα και προϊόντα με ξηρούς καρπούς, καθώς και σε φρούτα και λαχανικά. Δρουν προστατεύοντας τα λιπαρά και τα έλαια των τροφίμων από την οξείδωση αλλά και ως δότες ηλεκτρονίων, σταθεροποιώντας τις ελεύθερες ρίζες και αποτρέποντας την οξειδωτική αλλοίωση. Ένα από τα πλεονεκτήματα του ως αντιοξειδωτικό συντηρητικό είναι η φυσική του προέλευση και αυτό το καθιστά ασφαλή για κατανάλωση, ενισχύοντας την θρεπτική αξία των τροφίμων. Επίσης είναι πολύ αποτελεσματικά στην πρόληψη της οξείδωσης των λιπαρών ουσιών, διατηρώντας τη φρεσκάδα και την ποιότητα, ενώ ταυτόχρονα, συμβάλλουν στη βελτίωση της θρεπτικής αξίας των τροφίμων, παρέχοντας βιταμίνη Ε, η οποία είναι απαραίτητη για την υγεία. Πέραν των θετικών στοιχείων των τοκοφερολών, η φυσική παραγωγή τους μπορεί να είναι ακριβή, αυξάνοντας το συνολικό κόστος των τελικών προϊόντων και καθιστώντας τις ασύμφορες προς χρήση. Επιπρόσθετα, όπως και το ασκορβικό (Βιταμίνη C) έτσι και αυτές είναι αρκετά ευαίσθητες στο φως και τη θερμότητα, κάτι που μπορεί να μειώσει την αποτελεσματικότητά τους κατά την αποθήκευση, τη συσκευασία ή τη μεταφορά

(Sánchez-Moreno et al., 2006).

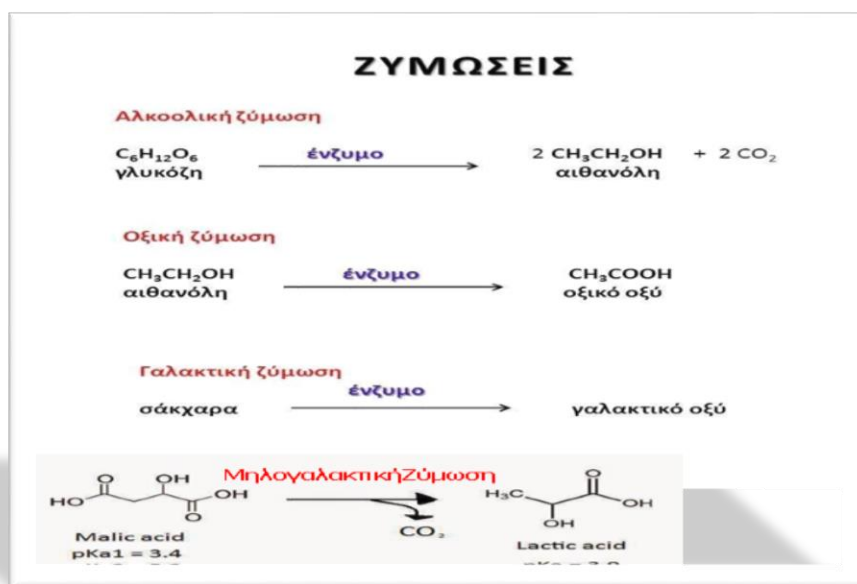
#### **2.4.3.2. Βουτυλιωμένη Υδροξυανισόλη (BHA) και Βουτυλιωμένη Υδροξυτολουόλη (BHT)**

Η BHA ( $C_{11}H_{16}O_2$ ) και η BHT ( $C_{15}H_{24}O$ ) είναι συνθετικά αντιοξειδωτικά που χρησιμοποιούνται ευρέως στη βιομηχανία τροφίμων. Χρησιμοποιούνται σε κατεψυγμένα φρούτα αλλά και λαχανικά για την αποτροπή της οξείδωσης των λιπαρών οξέων και τη διατήρηση της ποιότητας. Δρουν αναστέλλοντας την οξείδωση των λιπαρών οξέων και άλλων οργανικών συστατικών των τροφίμων. Η BHA και η BHT λειτουργούν ως δότες ηλεκτρονίων, σταθεροποιώντας τις ελεύθερες ρίζες και αποτρέποντας την οξειδωτική αλλοίωση. Εδώ θα πρέπει να κάνουμε μια αναφορά στις ελεύθερες ρίζες. Οι ελεύθερες ρίζες είναι άτομα ή μόρια που έχουν ένα ή περισσότερα μη ζευγαρωμένα ηλεκτρόνια στη δομή τους. Αυτό τις καθιστά εξαιρετικά ασταθείς και αντιδραστικές. Οι ελεύθερες ρίζες μπορούν να σχηματιστούν ως υποπροϊόντα φυσιολογικών μεταβολικών διεργασιών στο σώμα ή εξαιτίας εξωτερικών παραγόντων όπως η έκθεση σε ακτινοβολία, η ρύπανση, το κάπνισμα και ορισμένες χημικές ουσίες. αναζητούν σταθερότητα "κλέβοντας" ηλεκτρόνια από άλλα μόρια, προκαλώντας έτσι μια αλυσιδωτή αντίδραση οξείδωσης. Αυτή η διαδικασία μπορεί να οδηγήσει σε κυτταρική βλάβη, καθώς οι ελεύθερες ρίζες μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά βιολογικά μόρια όπως το DNA, τις πρωτεΐνες και τα λιπίδια. Στα τρόφιμα, η οξείδωση μπορεί να οδηγήσει σε αλλοίωση, προκαλώντας αλλαγές στη γεύση, το χρώμα και τη θρεπτική αξία. Η διαδικασία αυτή γίνεται ιδιαίτερα αντιληπτή στα λιπαρά τρόφιμα, όπου μπορεί να προκαλέσει τάγγιση. Τα αντιοξειδωτικά, όπως η BHA και η BHT, βοηθούν στην πρόληψη της οξείδωσης προσφέροντας ηλεκτρόνια στις ελεύθερες ρίζες, σταθεροποιώντας τις και αποτρέποντας την αλυσιδωτή αντίδραση οξείδωσης. Αυτό συμβάλλει αποτελεσματικά στη διατήρηση της ποιότητας και της διάρκειας ζωής. Εν συνεχεία καλό θα ήταν να αναφερθεί πως, υπάρχουν ανησυχίες σχετικά με την ασφάλεια των συνθετικών αντιοξειδωτικών, καθώς μερικές μελέτες έχουν δείξει πιθανές καρκινογόνες επιδράσεις σε ζώα. Κατά συνέπεια, σε ορισμένες χώρες, η χρήση της BHA και της BHT είναι αυστηρώς περιορισμένη λόγω των πιθανών αρνητικών

επιδράσεων στην υγεία. (Sánchez-Moreno et al., 2006).

## 2.5. Ζυμώσεις

Ως ζύμωση (fermentation), με τη γενική έννοια του όρου, χαρακτηρίζεται η διάσπαση/αποικοδόμηση των υδατανθράκων και κάποιων άλλων ουσιών σε απλούστερες ενώσεις με τη δράση των μικροοργανισμών ή ενζύμων. Στην Τεχνολογία τροφίμων, ο όρος «ζύμωση» αναφέρεται στην παραγωγή διάφορων εδώδιμων και γενικά ωφέλιμων προϊόντων με την ελεγχόμενη δράση/ανάπτυξη μικροοργανισμών. Ενδεικτικά τρόφιμα ζύμωσης, δηλαδή τρόφιμα που έχουν παραχθεί ή συντηρηθεί με τη δράση μικροοργανισμών (π.χ. Αγγουράκι Τουρσί).



Εικόνα 39: Πίνακας Ζυμώσεων

Οι μικροοργανισμοί, με τα ένζυμα που εκκρίνουν και υπό ελεγχόμενες συνθήκες, είναι υπεύθυνοι για την πρόκληση μεταβολών στα συστατικά της πρώτης ύλης με αποτέλεσμα να παράγονται νέα προϊόντα που φέρουν διαφορετικές φυσικοχημικές ιδιότητες και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά. Συνεπώς, η ζύμωση αποτελεί μέθοδο επεξεργασίας και παραγωγής νέων προϊόντων, που καλούνται ζυμούμενα προϊόντα ή τρόφιμα

(*fermented foods*). Ακόμη, η ζύμωση είναι και μέθοδος συντήρησης των προϊόντων της

πρωτογενούς παραγωγής, αφού τα ζυμούμενα προϊόντα μπορούν να διατηρηθούν για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα σε σχέση με την πρώτη ύλη παραγωγής τους. Στην πραγματικότητα, αποτελεί μία από τις αρχαιότερες μεθόδους που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος στην προσπάθεια του να παρασκευάσει και να συντηρήσει ποτά και τρόφιμα, αν λάβουμε και υπόψιν πως οτιδήποτε (τρόφιμο ή ποτό) έχει σάκχαρα και λίγα ακόμη θρεπτικά συστατικά για την ανάπτυξη μικροοργανισμών (πηγές αζώτου, θείο, διάφορα άλατα κτλ) μπορεί να ζυμωθεί εφόσον υπάρχουν και οι κατάλληλες συνθήκες, όπως αρκετή υγρασία. Μάλιστα, τα ζυμούμενα προϊόντα αποτελούν τα αρχαιότερα επεξεργασμένα τρόφιμα. Η τεχνολογία παραγωγής αρκετών τροφίμων όπως και των φρούτων και των λαχανικών, ήταν γνωστή στη Βαβυλωνία και την Αίγυπτο πριν 5.000-7.000 χρόνια. Στις μέρες μας, τα ζυμούμενα προϊόντα κατέχουν σημαντικό ρόλο στη διατροφή μας.

### **2.5.1. Ζυμούμενα λαχανικά (τουρσί- πίκλες)**

Τα τουρσιά και οι πίκλες αποτελούν παραδοσιακά ελληνικά συντηρημένα τρόφιμα με μακρά ιστορία. Πρόκειται για λαχανικά και φρούτα που έχουν υποστεί ζύμωση σε άλμη ή ξίδι, διαδικασία που αυξάνει σημαντικά τη διατηρησιμότητά τους. Η ζύμωση των λαχανικών και φρούτων γίνεται με τη βοήθεια ειδικών μικροοργανισμών, όπως βακτήρια και ζύμες, που μετατρέπουν τα σάκχαρα σε οξέα και αλκοόλες. Αυτά τα προϊόντα της ζύμωσης δρουν ως φυσικά συντηρητικά, καθιστώντας τα τουρσιά και τις πίκλες ανθεκτικά στην αλλοίωση για μεγάλο χρονικό διάστημα. Εκτός από την αυξημένη διατηρησιμότητα, τα τουρσιά και οι πίκλες προσφέρουν και άλλα οφέλη. Η ζύμωση βελτιώνει την πεπτικότητα και την απορρόφηση των θρεπτικών συστατικών, ενώ παράγει νέες γεύσεις και αρώματα που εμπλουτίζουν τη διατροφή. Επιπλέον, τα προϊόντα της ζύμωσης περιέχουν προβιοτικά που ευνοούν την ανάπτυξη ευεργετικών βακτηρίων στο έντερο. Στην Ελλάδα, τα πιο γνωστά παραδείγματα τουρσιών και πικλών περιλαμβάνουν αγγουράκια, πιπεριές, λάχανο, μελιτζάνες και ελιές. Αυτά τα παραδοσιακά ελληνικά συντηρημένα τρόφιμα συνοδεύουν συχνά το ούζο και το τσίπουρο, αλλά μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν ως ορεκτικά, συνοδευτικά ή ακόμα και ως βάση για άλλα πιάτα. Η παρασκευή τουρσιών και πικλών στο σπίτι είναι μια εύκολη και οικονομική διαδικασία που επιτρέπει στους καταναλωτές να



απολαύσουν αυθεντικά, φρέσκα και υγιεινά προϊόντα. Με τη σωστή χρήση συντηρητικών όπως το αλάτι και το ξίδι, σε συνδυασμό με κατάλληλες συνθήκες αποθήκευσης, τα σπιτικά τουρσιά και πίκλες μπορούν να διατηρηθούν για μεγάλο χρονικό διάστημα.

## **2.6. Χρήση ακτινοβολίας**

Η ακτινοβόληση τροφίμων είναι μια μέθοδος συντήρησης, η οποία συνίσταται στην έκθεση των τροφίμων στην επίδραση ακτινοβολιών ιονισμού κάτω από ελεγχόμενες και προκαθορισμένες συνθήκες. Η εφαρμογή της μεθόδου αυτής στην συντήρηση των τροφίμων δεν είναι καινούργια -μετράει ήδη παρουσία 90 ετών. Η πρώτη σχετική έρευνα εμφανίστηκε στη Σουηδία το 1914, με θέμα τις εφαρμογές της στην συντήρηση σε φρούτα και λαχανικά (κυρίως στη φράουλα). Το 1931, η μέθοδος εφαρμόστηκε στην Αμερική για τη εξυγίανση του χοιρινού κρέατος από το παράσιτο *Tricinella spiralis*, ενώ το 1930, εκδόθηκε στη Γαλλία η πρώτη άδεια ευρεσιτεχνίας για την συντήρηση των τροφίμων με την χρήση ακτινοβολιών. Έκτοτε, η εξέλιξη της μεθόδου ήταν ταχύτατη, τόσο όσον αφορά στις χώρες εφαρμογής αλλά όσο και το πεδίο εφαρμογής της.

### **2.6.1. Είδη ακτινοβολιών για την επεξεργασία των τροφίμων**

Οι ακτινοβολίες που εφαρμόζονται στα τρόφιμα χαρακτηρίζονται σαν ακτινοβολίες ιονισμού λόγω της επίδρασης που έχουν στα μόρια των τροφίμων και είναι: οι ακτίνες γ, οι ακτίνες Χ και οι δέσμες ηλεκτρονίων όπως οι καθοδικές ακτίνες και ακτίνες β.

Ένα σημαντικό στοιχείο διαφοροποίησης αυτών των ειδών ακτινοβολίας είναι η διεισδυτική τους ικανότητα. Οι δέσμες ηλεκτρονίων (ακτίνες β και καθοδικές ακτίνες) έχουν πολύ μικρή διεισδυτική ικανότητα, γι' αυτό και είναι κατάλληλες για την ακτινοβόληση μικρών αντικειμένων ή την εφαρμογή στην επιφάνεια μεγάλων αντικειμένων. Για την εφαρμογή στα τρόφιμα θα πρέπει αυτά να σχηματίζουν ένα μικρό στρώμα ή να υποβληθούν σε ακτινοβόληση από όλες τις πλευρές τους.

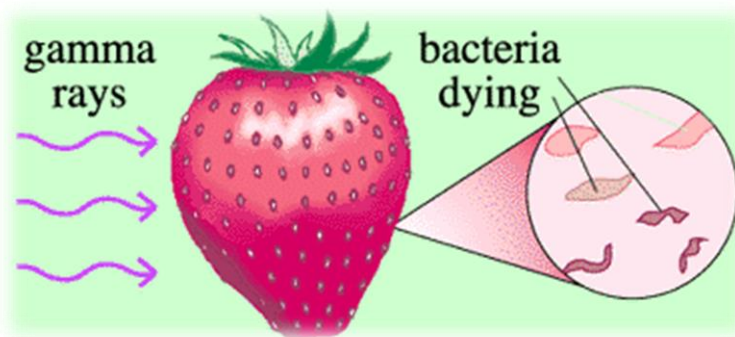
Οι ακτίνες Χ και γ έχουν πολύ μεγαλύτερη διεισδυτική ικανότητα και σταδιακά περνάνε

μέσα από το υλικό συσκευασίας στο ίδιο το τρόφιμο. Προκειμένου όμως να διεισδύσει ομοιόμορφα σε όλα τα σημεία του τροφίμου μια δόση ακτινοβολίας θα πρέπει το προϊόν και πάλι να εκτίθεται σε αυτήν από όλες τις πλευρές.

Μια από τις συνηθισμένες παρανοήσεις που έχουν επικρατήσει, σε σχέση με την ακτινοβόληση, είναι ότι τα ακτινοβλημένα τρόφιμα είναι ραδιενεργά. Αυτό φυσικά, είναι επιστημονικά ανακριβές. Όλες οι έρευνες έχουν δείξει ότι τα τρόφιμα αυτά δεν περιέχουν σε καμία περίπτωση ραδιενέργεια και δεν αποτελούν κίνδυνο για τον καταναλωτή.

### 2.6.2. Τρόπος δράσης των ακτινοβολιών

Οι ακτίνες  $\gamma$  και τα ηλεκτρόνια διακρίνονται από την διεισδυτική τους ικανότητα αλλά και από την ικανότητα τους να δημιουργούν ιονισμό, δηλαδή να σπάνε τους δεσμούς μεταξύ αλλά και εντός των μορίων, όταν απορροφώνται. Αποτέλεσμα αυτού του ιονισμού, είναι να δημιουργούνται προϊόντα τα οποία μπορεί να είναι ηλεκτρικά φορτισμένα (ιόντα) ή ουδέτερα (ελεύθερες ρίζες). Αυτά τα προϊόντα, διασπώνται στη συνέχεια ακόμα περισσότερο, με μια διαδικασία που λέγεται ραδιόλυση, δημιουργώντας μια σειρά άλλων προϊόντων. Αυτές οι αντιδράσεις είναι που χρησιμοποιούμε στην επεξεργασία των τροφίμων για την καταστροφή μικρόβιων, εντόμων και παρασίτων.



Εικόνα:40 Ακτίνες Γάμμα σε φρούτο

Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα:

*Τα κυριότερα πλεονεκτήματα από τη χρήση των ακτινοβολιών είναι τα εξής:*

- Υπάρχει μικρή ή ίσως και καθόλου χρήση υψηλών θερμοκρασιών και ως εκ τούτου, ελάχιστη μεταβολή στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του τροφίμου.
- Τα κατεψυγμένα και τα συσκευασμένα τρόφιμα μπορούν να υποστούν επεξεργασία ως έχουν.
- Τα φρέσκα τρόφιμα μπορούν να επεξεργασθούν και να συντηρηθούν χωρίς την χρήση χημικών ουσιών.
- Εξοικονομούνται σημαντικά ποσά ενέργειας.
- Η όλη διαδικασία ακτινοβόλησης ελέγχεται αυτόματα και έχει χαμηλό κόστος λειτουργίας.

Τα μειονεκτήματα επικεντρώνονται στα κάτωθι σημεία:

- Οι ακτινοβολίες ιονισμού αδυνατούν να καταστρέψουν τα ένζυμα που βρίσκονται στα τρόφιμα.
- Η μέθοδος δεν μπορεί να εφαρμοστεί σε όλα τα τρόφιμα. Τα ευαλλοιώτα τρόφιμα, όπως το γάλα και το βούτυρο, αναπτύσσουν δυσάρεστες οσμές, ενώ ορισμένα φρούτα μαλακώνουν και αποχρωματίζονται.
- Η ακτινοβόληση δεν καταστρέφει όλους τους μικροοργανισμούς και δεν επηρεάζει τα σπόρια. Αυτό αποτελεί σημαντικό μειονέκτημα, διότι τα βακτηριακά σπόρια αποτελούν μεγάλο κίνδυνο για την ασφάλεια και ποιότητα στην βιομηχανία των τροφίμων.
- Η ακτινοβόληση δεν μπορεί να καταστρέψει τις προσχηματισμένες τοξίνες από την ανάπτυξη των μικρόβιων.
- Υπάρχει πιθανότητα αύξησης της αντίστασης στην ακτινοβολία των μικροοργανισμών, λόγω γενετικής μετάλλαξης.
- Το μεγάλο κόστος εγκατάστασης των μονάδων ακτινοβόλησης.

## **2.7. Συσκευασία**

Η συσκευασία παίζει έναν κρίσιμο ρόλο στη διατήρηση της ποιότητας και της φρεσκάδας των φρούτων και λαχανικών. Μέσω της χρήσης καινοτόμων τεχνολογιών

και υλικών συσκευασίας, η διατηρησιμότητα των προϊόντων αυτών μπορεί να επεκταθεί σημαντικά, μειώνοντας τη σπατάλη τροφίμων και διασφαλίζοντας την ασφαλή μεταφορά και αποθήκευσή τους. Παρακάτω παρουσιάζονται οι κύριες πτυχές και τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται στη συσκευασία φρούτων και λαχανικών.



Εικόνα41: Συσκευασία φρούτων και λαχανικών

### **2.7.1 Συσκευασία Τροποποιημένης Ατμόσφαιρας (MAP)**

Η Συσκευασία σε Τροποποιημένη Ατμόσφαιρα (MAP) είναι μια τεχνολογία που χρησιμοποιείται για την παράταση της διάρκειας ζωής των φρέσκων τροφίμων, όπως φρούτα και λαχανικά, μέσω της αλλαγής της ατμόσφαιρας μέσα στη συσκευασία. Η διαδικασία αυτή επιτυγχάνεται με την αντικατάσταση του φυσικού αέρα με ένα ειδικό μείγμα αερίων, όπως το διοξείδιο του άνθρακα, το άζωτο και το οξυγόνο, που συμβάλλει στη μείωση της αναπνευστικής δραστηριότητας των προϊόντων και την επιβράδυνση της ανάπτυξης μικροοργανισμών.

Η αποτελεσματικότητα της MAP εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως το είδος

των προϊόντων, η αρχική τους ποιότητα, οι συνθήκες αποθήκευσης και η σύσταση της ατμόσφαιρας στη συσκευασία. Η επιλογή των σωστών αερίων και των κατάλληλων αναλογιών τους είναι κρίσιμη για την επίτευξη των επιθυμητών αποτελεσμάτων. Επιπλέον, η χρήση κατάλληλων υλικών συσκευασίας που επιτρέπουν τη διατήρηση της τροποποιημένης ατμόσφαιρας είναι ζωτικής σημασίας για την επιτυχία της MAP (Sandhya, 2010).

Η συσκευασία σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα (MAP) προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα για τη διατήρηση της φρεσκάδας και της ποιότητας των φρούτων και λαχανικών:

- **Επέκταση της διάρκειας ζωής:** Η MAP καθυστερεί την ωρίμανση, την αλλοίωση και την ανάπτυξη μικροοργανισμών, επεκτείνοντας σημαντικά τη διατηρησιμότητα των φρέσκων προϊόντων.
- **Διατήρηση της ποιότητας:** Η τροποποιημένη ατμόσφαιρα προστατεύει τα προϊόντα από τις χημικές αλλαγές που προκαλούνται από το οξυγόνο και την οξείδωση, διατηρώντας τα θρεπτικά συστατικά και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά.
- **Μείωση απωλειών:** Με την επέκταση του χρόνου ζωής, μειώνονται οι απώλειες λόγω αλλοίωσης και αποσύνθεσης των προϊόντων κατά τη μεταφορά και αποθήκευση.
- **Ευκολία στη διανομή:** Η μεγαλύτερη διατηρησιμότητα επιτρέπει τη μεταφορά των προϊόντων σε μεγαλύτερες αποστάσεις και τη διάθεσή τους σε ευρύτερη γεωγραφική περιοχή.
- **Μείωση της ανάγκης για συντηρητικά:** Η MAP μπορεί να μειώσει την ανάγκη για χρήση χημικών συντηρητικών, προσφέροντας μια πιο φυσική και υγιεινή προσέγγιση.

Συνολικά, η Τροποποιημένη Ατμόσφαιρα αποτελεί μια σημαντική τεχνολογία για τη βιομηχανία τροφίμων, καθώς προσφέρει πολλαπλά οφέλη σε ό,τι αφορά τη διατήρηση

της φρεσκάδας, της ποιότητας και της ασφάλειας των φρέσκων προϊόντων. Η χρήση της συμβάλλει στην αύξηση της αποδοτικότητας της αλυσίδας εφοδιασμού και στη μείωση των απωλειών και των αποβλήτων, καθιστώντας την μια αξιόπιστη και αποδοτική λύση για τη συσκευασία φρούτων και λαχανικών (Parry, 2012).

Παρόλο που η MAP έχει πολλά οφέλη για τη διατήρηση της φρεσκάδας και της ποιότητας των φρούτων και λαχανικών, υπάρχουν και ορισμένα αρνητικά σημεία που πρέπει να ληφθούν υπόψη:

- **Αυξημένο κόστος:** Η εφαρμογή της MAP απαιτεί ειδικό εξοπλισμό και υλικά συσκευασίας, αυξάνοντας το κόστος παραγωγής σε σύγκριση με παραδοσιακές μεθόδους.
- **Περιορισμένη διαπερατότητα:** Ορισμένα προϊόντα ενδέχεται να χρειάζονται κάποιο βαθμό διαπερατότητας σε αέρια για να διατηρήσουν την ποιότητά τους. Η MAP μπορεί να περιορίσει αυτή τη διαπερατότητα.
- **Πιθανή ανάπτυξη αναερόβιων παθογόνων:** Σε ορισμένες περιπτώσεις, η μειωμένη περιεκτικότητα σε οξυγόνο μπορεί να ευνοήσει την ανάπτυξη αναερόβιων παθογόνων, όπως το *Clostridium botulinum*.
- **Απαίτηση ειδικών συνθηκών αποθήκευσης:** Τα προϊόντα που έχουν συσκευαστεί με MAP απαιτούν ειδικές συνθήκες αποθήκευσης, όπως χαμηλές θερμοκρασίες, για να διατηρήσουν την ποιότητά τους.
- **Πιθανή δημιουργία δυσάρεστων οσμών:** Σε περίπτωση διαρροής ή ατελούς σφράγισης, μπορεί να δημιουργηθούν δυσάρεστες οσμές λόγω της ανάπτυξης μικροοργανισμών.

Παρόλα αυτά, με τον κατάλληλο σχεδιασμό και τον έλεγχο της διαδικασίας, τα αρνητικά της MAP μπορούν να ελαχιστοποιηθούν. Όπως προαναφέρθηκε, η επιλογή της κατάλληλης σύνθεσης αερίων και των υλικών συσκευασίας, σε συνδυασμό με τις σωστές συνθήκες αποθήκευσης, μπορεί να μεγιστοποιήσει τα οφέλη της μεθόδου.

### **2.7.2. Βρώσιμα Φιλμ και Εδώδιμες Μεμβράνες**

Μια καινοτόμος προσέγγιση για τη συσκευασία φρούτων και λαχανικών είναι η χρήση βρώσιμων φιλμ και εδώδιμων μεμβρανών. Αυτά τα υλικά είναι φτιαγμένα από φυσικά συστατικά, όπως πρωτεΐνες, πολυσακχαρίτες και λιπίδια, και μπορούν να βελτιώσουν την ποιότητα, την ασφάλεια και τη διατηρησιμότητα των προϊόντων. Τα βρώσιμα φιλμ και οι εδώδιμες μεμβράνες λειτουργούν ως φράγματα έναντι υγρασίας, αερίων και λιπών, προστατεύοντας τα τρόφιμα από την αλλοίωση. Επιπλέον, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως φορείς για αντιοξειδωτικά, αντιμικροβιακές ουσίες και άλλα πρόσθετα που ενισχύουν την ποιότητα και την ασφάλεια. Σε σύγκριση με τις συμβατικές μεθόδους συσκευασίας, τα βρώσιμα φιλμ και οι εδώδιμες μεμβράνες προσφέρουν επιπλέον πλεονεκτήματα, όπως μειωμένη παραγωγή αποβλήτων συσκευασίας και καλύτερη βιωσιμότητα. Η χρήση νανοτεχνολογίας έχει προοπτικές για την ενίσχυση των ιδιοτήτων των βρώσιμων μεμβρανών, καθώς επιτρέπει την ενσωμάτωση νανοσωματιδίων που βελτιώνουν τις φυσικοχημικές και μηχανικές ιδιότητες. Επιπλέον, δίνεται η ευκαιρία να αξιοποιηθούν τα απόβλητα της βιομηχανίας τροφίμων και να μειωθεί η χρήση των ολοένα ελαττούμενων πετρελαιοχημικών πόρων. Συνοψίζοντας, τα βρώσιμα φιλμ και οι εδώδιμες μεμβράνες αποτελούν μια υποσχόμενη και βιώσιμη εναλλακτική για τη συσκευασία φρούτων και λαχανικών, με δυνατότητα βελτίωσης της ποιότητας και της διατηρησιμότητας των προϊόντων.

### **2.8. Βιοτεχνολογία**

Η βιοτεχνολογία αποτελεί έναν από τους πλέον σημαντικούς τομείς έρευνας και ανάπτυξης στον αγροδιατροφικό τομέα. Με την αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού και την ανάγκη για διασφάλιση της διαθεσιμότητας ποιοτικών τροφίμων, οι βιοτεχνολογικές εφαρμογές προσφέρουν σημαντικές λύσεις για την αύξηση της διατηρησιμότητας των φρούτων και λαχανικών. Οι τεχνολογίες αυτές ενισχύουν τη θρεπτική αξία, την ανθεκτικότητα σε ασθένειες και τη μακροχρόνια συντήρηση των προϊόντων, μειώνοντας τη σπατάλη και εξασφαλίζοντας φρέσκα προϊόντα για τους καταναλωτές. Παρακάτω παρουσιάζονται οι κύριες πτυχές της βιοτεχνολογίας που συμβάλλουν στην αύξηση της διατηρησιμότητας των φρούτων και λαχανικών.

## Σημεία προς συζήτηση

Από τις αρχές ανάπτυξής της, η βιοτεχνολογία έχει προκαλέσει το ενδιαφέρον της επιστημονικής κοινότητας και της κοινωνίας γενικότερα, όσον αφορά ένα εύρος θεμάτων και πέραν του καθαρά επιστημονικού σκέλους:

### 1. Ηθικά και Κοινωνικά Ζητήματα

Η χρήση γενετικά τροποποιημένων οργανισμών (GMOs) εγείρει ηθικά ζητήματα και ανησυχίες για την ασφάλεια των τροφίμων. Κάποιοι καταναλωτές είναι αντίθετοι στη χρήση GMOs λόγω έλλειψης εμπιστοσύνης στις τεχνολογίες αυτές.

### 2. Πιθανές Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις

Η απελευθέρωση γενετικά τροποποιημένων οργανισμών στο περιβάλλον μπορεί να έχει απρόβλεπτες επιπτώσεις στην τοπική χλωρίδα και πανίδα. Υπάρχουν ανησυχίες για την απώλεια βιοποικιλότητας και την εμφάνιση ανθεκτικών παρασίτων.

### 3. Οικονομικά Ζητήματα

Οι τεχνολογίες βιοτεχνολογίας μπορεί να είναι δαπανηρές και να μην είναι προσιτές για όλους τους αγρότες, ιδιαίτερα σε αναπτυσσόμενες χώρες. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε οικονομικές ανισότητες.

### 4. Ρυθμιστικά και Νομικά Θέματα

Η νομοθεσία γύρω από τη χρήση GMOs και βιολογικών παραγόντων ποικίλλει από χώρα σε χώρα, κάτι που μπορεί να δημιουργήσει προκλήσεις για τη διακίνηση και την αποδοχή των προϊόντων αυτών στην παγκόσμια αγορά.

### 5. Ανθεκτικότητα σε Βιολογικούς Παράγοντες

Υπάρχει ο κίνδυνος τα οι μικροοργανισμοί να αναπτύξουν ανθεκτικότητα στους βιολογικούς παράγοντες, όπως ακριβώς συμβαίνει με τα αντιβιοτικά.

Η βιοτεχνολογία προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα για την αύξηση της διατηρησιμότητας των φρούτων και λαχανικών, συμβάλλοντας στη μείωση της



σπατάλης τροφίμων και στην βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων. Ωστόσο, είναι σημαντικό να ληφθούν υπόψη οι ηθικές, κοινωνικές, περιβαλλοντικές και οικονομικές προκλήσεις που συνοδεύουν τη χρήση αυτών των τεχνολογιών. Η ισορροπημένη αξιολόγηση των θετικών και αρνητικών σημείων είναι απαραίτητη για τη διαμόρφωση βιώσιμων και αποδεκτών στρατηγικών στον τομέα της αγροδιατροφής.

### **2.8.1. Γενετική Τροποποίηση (GM)**

Η γενετική τροποποίηση αποτελεί μία από τις πλέον διαδεδομένες τεχνικές βιοτεχνολογίας για τη βελτίωση των φυτικών προϊόντων. Μέσω της εισαγωγής συγκεκριμένων γονιδίων, οι επιστήμονες μπορούν να τροποποιήσουν τα φυτά ώστε να αναπτύσσουν επιθυμητά χαρακτηριστικά όπως ανθεκτικότητα σε ασθένειες, καθυστέρηση της ωρίμανσης και αυξημένη διατηρησιμότητα. Παραδείγματα τέτοιων επιτυχημένων εφαρμογών περιλαμβάνουν την ανάπτυξη γενετικά τροποποιημένων τοματών με γονίδια που καθυστερούν την ωρίμανση, διατηρώντας έτσι τη φρεσκάδα τους για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα στα ράφια των καταστημάτων (Klee & Tieman, 2013).

### **2.8.2. Εφαρμογή Βιολογικών Παραγόντων**

Η χρήση βιολογικών παραγόντων, όπως μικροοργανισμοί και ένζυμα, αποτελεί μια ακόμη καινοτόμα προσέγγιση για την προστασία των φρούτων και λαχανικών από παθογόνους οργανισμούς. Οι βιολογικοί παράγοντες μπορούν να εφαρμοστούν ως βιολογικά φυτοφάρμακα που αποτρέπουν την ανάπτυξη μούχλας και άλλων παθογόνων κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης και της μεταφοράς. Για παράδειγμα, η χρήση συγκεκριμένων μικροβιακών σκευασμάτων σε μήλα έχει αποδειχθεί αποτελεσματική στην πρόληψη της ανάπτυξης μούχλας, διατηρώντας έτσι την ποιότητα των φρούτων για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα (Janisiewicz & Korsten, 2002).

### **2.8.3. Βελτιστοποίηση Μεταβολικών Διαδικασιών**

Η μεταβολική μηχανική αποτελεί μια προσέγγιση που στοχεύει στην τροποποίηση των μεταβολικών οδών των φυτών για την αύξηση της παραγωγής φυσικών

αντιοξειδωτικών και άλλων συντηρητικών ουσιών. Μέσω της μεταβολικής μηχανικής, οι επιστήμονες μπορούν να ενισχύσουν τη φυσική άμυνα των φυτών απέναντι σε παθογόνους οργανισμούς και να επιβραδύνουν τη διαδικασία γήρανσης, βελτιώνοντας έτσι τη διατηρησιμότητα των φρούτων και λαχανικών. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η αυξημένη παραγωγή λυκοπενίου σε γενετικά τροποποιημένες τομάτες, η οποία συμβάλλει στην αύξηση της αντιοξειδωτικής ικανότητας και της διατηρησιμότητας των προϊόντων (Ronen et al., 2000).

### 3. Περιπτώσιακές εφαρμογές μεθόδων αύξησης της διατηρησιμότητας ανά τύπο φρούτων και λαχανικών

Τα φρούτα και τα λαχανικά αποτελούν μια πολύ μεγάλη και ετερόκλητη ομάδα τροφίμων, με κάθε είδος να έχει τις δικές του μοναδικές προκλήσεις συντήρησης, στην προσπάθεια επιμήκυνσης του χρόνου ζωής, της εξασφάλισης της ασφάλειας και της διατήρησης των θρεπτικών και οργανοληπτικών χαρακτηριστικών του. Η ποικιλία αυτή απαιτεί μια πληθώρα διαφορετικών μεθόδων συντήρησης, οι οποίες εξετάζονται και βελτιώνονται συνεχώς από την επιστημονική κοινότητα.

#### 3.1. Κατηγοριοποίηση των Φρούτων και Λαχανικών

Προκειμένου να ομαδοποιηθούν όσον αφορά κοινές κατεργασίες και μεθόδους συντήρησης, χρήσιμη θεωρήθηκε μια βασική βοτανική κατηγοριοποίηση των φρούτων και λαχανικών, η οποία ακολουθεί στους παρακάτω πίνακες:

##### Φρούτα

Πίνακας 2: Βοτανική κατηγοριοποίηση φρούτων

Κατηγορία	Υποκατηγορία	Παραδείγματα	Επιστημονικό Όνομα
Απλά Φρούτα	Δρύπες	Ροδάκινα, Κεράσια, Ελιές	<i>Prunus persica</i> , <i>Prunus avium</i> , <i>Olea europaea</i>
	Σαρκώδη	Μήλα, Αχλάδια, Κυδώνια	<i>Malus domestica</i> , <i>Pyrus</i> , <i>Cydonia oblonga</i>
	Μούρα	Ντομάτες, Σταφύλια, Μπανάνες	<i>Solanum lycopersicum</i> , <i>Vitis vinifera</i> , <i>Musa</i> είδη
	Κίτρα	Πορτοκάλια, Λεμόνια, Λάιμ	<i>Citrus sinensis</i> , <i>Citrus limon</i> , <i>Citrus aurantiifolia</i>
	Πεπόνια	Καρπούζια, Πεπόνια, Αγγούρια	<i>Citrullus lanatus</i> , <i>Cucumis melo</i> , <i>Cucumis sativus</i>
	Υπό μορφή συσσωματόματος	Φράουλες, Βατόμουρα, Σμέουρα	<i>Fragaria</i> είδη, <i>Rubus idaeus</i> , <i>Rubus fruticosus</i>
	Σύνθετα Φρούτα	Ανανάς, Σύκα	<i>Ananas comosus</i> , <i>Ficus carica</i>
Ξηροί Καρποί	Αποχυμένοι Καρποί	Αρακάς, Φασόλια	<i>Pisum sativum</i> , <i>Phaseolus</i> είδη
	Μη Αποχυμένοι Καρποί	Ηλιόσποροι, Ξηροί Καρποί (Φουντούκια)	<i>Helianthus annuus</i> , <i>Corylus avellana</i>

## Λαχανικά

Πίνακας 3: Βοτανική κατηγοριοποίηση λαχανικών

Κατηγορία	Υποκατηγορία	Παραδείγματα	Επιστημονικό Όνομα
Φυλλώδη Λαχανικά	Brassicaceae	Λάχανο, Σπανάκι	<i>Brassica oleracea</i> , <i>Spinacia oleracea</i>
	Asteraceae	Μαρούλι, Ραδίκια	<i>Lactuca sativa</i> , <i>Cichorium intybus</i>
Ριζώδη Λαχανικά	Apiaceae	Καρότα, Παστινάκια	<i>Daucus carota</i> , <i>Pastinaca sativa</i>
	Amaranthaceae	Παντζάρια, Σπανάκι	<i>Beta vulgaris</i> , <i>Spinacia oleracea</i>
Βλαστικά Λαχανικά	Apiaceae	Σέλινο, Μάραθο	<i>Apium graveolens</i> , <i>Foeniculum vulgare</i>
	Asparagaceae	Σπαράγγια	<i>Asparagus officinalis</i>
Λαχανικά Ανθέων	Brassicaceae	Μπρόκολο, Κουνουπίδι	<i>Brassica oleracea</i>
Λαχανικά Καρπών	Solanaceae	Ντομάτες, Μελιτζάνες	<i>Solanum lycopersicum</i> , <i>Solanum melongena</i>
	Cucurbitaceae	Αγγούρια, Κολοκύθια	<i>Cucumis sativus</i> , <i>Cucurbita</i> είδη

### 3.2. Διαφορές μεταξύ φρούτων και λαχανικών με σημασία στις μεθόδους επεξεργασίας

#### Χαρακτηριστικά των Φρούτων και Λαχανικών

Τα φρούτα και τα λαχανικά παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές στα φυσικοχημικά τους χαρακτηριστικά, όπως το περιεχόμενο σε νερό, τα επίπεδα σακχάρων, οι πρωτεΐνες, τα λίπη και οι βιταμίνες. Οι διαφορές αυτές επηρεάζουν τον τρόπο με τον οποίο κάθε προϊόν αντιδρά στις διάφορες μεθόδους συντήρησης.

Περιεκτικότητα σε νερό: Φρούτα όπως τα καρπούζια και τα αγγούρια έχουν πολύ υψηλή υδατική περιεκτικότητα, ενώ άλλοι καρποί, όπως οι ξηροί καρποί, περιέχουν ελάχιστο νερό (Brennan, 2006).

Επίπεδα Σακχάρων: Τα φρούτα γενικά περιέχουν υψηλά επίπεδα σακχάρων, τα οποία μπορούν να προκαλέσουν ταχύτερη αλλοίωση σε σύγκριση με τα περισσότερα

λαχανικά (Fellows, 2009).

Ευαισθησία στη Θερμοκρασία: Ορισμένα φρούτα και λαχανικά, όπως οι μπανάνες και οι ντομάτες, είναι ευαίσθητα στις χαμηλές θερμοκρασίες και μπορεί να υποστούν ψυχρόπληξη (Kader, 2002).

### **3.3. Παραδείγματα εφαρμογών των μεθόδων συντήρησης φρούτων και λαχανικών**

#### **3.3.1 Εφαρμογές μεθόδων εφαρμογής θερμότητας**

Καλαμπόκι: Η θερμική επεξεργασία περιλαμβάνει τη θέρμανση του καλαμποκιού σε υψηλή θερμοκρασία για να απενεργοποιηθούν τα ένζυμα και να παραταθεί η διάρκεια ζωής του (Adams, 2007).

Γλυκοπατάτα: Η θερμική επεξεργασία είναι μια κατάλληλη μέθοδος για τη συντήρηση της γλυκοπατάτας λόγω της ικανότητάς της να μειώνει την περιεκτικότητα σε υγρασία και να αναστέλλει την ανάπτυξη μικροβίων. Η θερμική επεξεργασία περιλαμβάνει τη θέρμανση των γλυκοπατάτας σε υψηλή θερμοκρασία για να μειωθεί η περιεκτικότητά τους σε υγρασία και να παραταθεί η διάρκεια ζωής τους (Ario, 2021).

#### **3.3.2 Εφαρμογές μεθόδων απαλοιφής θερμοκρασίας**

Φράουλες: Η χρήση της κρυογονικής κατάψυξης έχει αποδειχθεί ότι είναι μια αποτελεσματική μέθοδος για τη διατήρηση της ποιότητας των φραουλών. Η κρυογονική κατάψυξη περιλαμβάνει την ταχεία κατάψυξη των φραουλών σε υγρό άζωτο για να διατηρηθεί η υφή, η γεύση και το θρεπτικό τους περιεχόμενο (Sorica *et al.*, 2023)

Πράσινα φασολάκια: Η κατάψυξη είναι μια ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδος για τη συντήρηση των πράσινων φασολιών, η οποία περιλαμβάνει το ζεμάτισμα των φασολιών σε βραστό νερό ή ατμό πριν από την κατάψυξη για να απενεργοποιηθούν τα ένζυμα και να διατηρηθεί το χρώμα και η υφή. Η κατάψυξη βοηθά στη διατήρηση της τραγανότητας και του χρώματος των πράσινων φασολιών, καθιστώντας τα μια

δημοφιλή επιλογή κατεψυγμένων λαχανικών (Petzold *et al.*, 2014).

### **3.3.3. Εφαρμογές μεθόδων αφαίρεσης υγρασίας**

Βατόμουρα: Η αφυδάτωση είναι μια χαμηλού κόστους και ενεργειακά αποδοτική μέθοδος για τη συντήρηση των βατόμουρων, η οποία μπορεί να βοηθήσει στη μείωση των απωλειών μετά τη συγκομιδή. Η αφυδάτωση περιλαμβάνει την αφαίρεση της περιεκτικότητας σε νερό από τα βατόμουρα μέσω ξήρανσης ή εξάτμισης, καθιστώντας τα ένα δημοφιλές σνακ (Sun *et al.*, 2019).

Καρότα: Η αφυδάτωση μπορεί να βοηθήσει στη διατήρηση των καρότων μειώνοντας την περιεκτικότητα σε υγρασία και αναστέλλοντας την ανάπτυξη μικροβίων. Τα αφυδατωμένα καρότα μπορούν να επανενυδατωθούν με μούλιασμα σε νερό ή λάδι για να αποκατασταθεί η υφή και η γεύση τους (Qurtulane *et al.*, 2015).

### **3.3.4. Εφαρμογές χρήσης προσθέτων**

Παπάγια: Τα πρόσθετα έχουν βρεθεί ότι είναι μια αποτελεσματική μέθοδος για τη διατήρηση της παπάγιας, όπου η προσθήκη διαφορετικών σκευασμάτων είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση της περιεκτικότητας σε νερό και την πρόληψη της μικροβιακής ανάπτυξης. Πρόσθετα όπως η βιταμίνη C, το φολικό οξύ και το νιτρικό αμμώνιο χρησιμοποιούνται για τη διατήρηση της παπάγιας (Langeh *et al.*, 2024).

Μπρόκολο: Τα πρόσθετα έχουν βρεθεί ότι είναι μια αποτελεσματική μέθοδος για τη συντήρηση του μπρόκολου, όπου η προσθήκη αμύλου αραβοσίτου και βιταμινών είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση της ενζυμικής δραστηριότητας και τη διατήρηση του χρώματος και της υφής. Πρόσθετα όπως το άμυλο καλαμποκιού και η βιταμίνη C χρησιμοποιούνται για τη διατήρηση του μπρόκολου.

### **3.3.5. Εφαρμογές ζυμώσεων**

Αγγούρια: Η ζύμωση είναι μια φυσική διαδικασία που συντηρεί τα αγγούρια

δημιουργώντας ένα όξινο περιβάλλον που αναστέλλει την ανάπτυξη βακτηρίων. Τα αγγούρια που έχουν υποστεί ζύμωση είναι γνωστά ως τουρσιά (Jaafir & Al-Shawi, 2021).

Λάχανο: Η ζύμωση είναι μια δημοφιλής μέθοδος για τη συντήρηση του λάχανου λόγω της ικανότητάς του να δημιουργεί γαλακτικό οξύ και να διατηρεί τα θρεπτικά συστατικά. Το λάχανο που έχει υποστεί ζύμωση είναι γνωστό ως ξινό λάχανο (Das *et al.*, 2016).

### **3.3.6. Εφαρμογές κονσερβοποίησης**

Ροδάκινα: Η κονσερβοποίηση είναι μια δημοφιλής μέθοδος για τη συντήρηση των ροδάκινων, η οποία περιλαμβάνει τη συσκευασία των φρούτων σε ένα αποστειρωμένο δοχείο και τη θερμική επεξεργασία τους για να θανατωθούν οι αλλοιωγόνοι μικροοργανισμοί (Manganaris *et al.*, 2023).

Αρακάς: Η κονσερβοποίηση είναι μια κατάλληλη μέθοδος για τη συντήρηση του αρακά λόγω της ικανότητάς της να διατηρεί το θρεπτικό περιεχόμενο και την υφή του. Τα κονσερβοποιημένα μπιζέλια χρησιμοποιούνται συχνά σε σούπες, και μαγειρευτά (Drake & Muehlbauer, 2006).

### **3.3.7. Εδώδιμες μεμβράνες**

Μήλα: Οι βρώσιμες μεμβράνες έχουν αποδειχθεί ότι είναι μια αποτελεσματική μέθοδος για τη συντήρηση των μήλων ελέγχοντας την απώλεια υγρασίας και αποτρέποντας την ανάπτυξη μικροβίων. Οι βρώσιμες επικαλύψεις περιλαμβάνουν την εφαρμογή ενός λεπτού στρώματος βρώσιμου υλικού στην επιφάνεια των μήλων για τον έλεγχο της απώλειας υγρασίας και την πρόληψη της μικροβιακής ανάπτυξης (Singh *et al.*, 2023).

## Συζήτηση

Η σημασία των φρούτων και λαχανικών ως βασικού πυλώνα της ανθρώπινης διατροφής, σε συνδυασμό με την ποικιλότητα τους ως ομάδα τροφίμων, τα ιδιαίτερα τους χαρακτηριστικά ως μήτρες, και τις σύγχρονες ανάγκες διαθεσιμότητάς τους σε πολύ μεγάλες αποστάσεις από τον τόπο συγκομιδής, τους καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, έχουν δημιουργήσει ένα υπόβαθρο απαίτησης ανάπτυξης ολοένα και περισσότερων μεθόδων και κατεργασιών επιμήκυνσης του χρόνου ζωής των τελευταίων.

Αυτές, είτε αυτούσιες, είτε δρώντας συνεργατικά, δύνανται να αποτελούν στοχευμένες βελτιστοποιήσεις ήδη υπάρχοντων τεχνικών, είτε να αποτελούν εντελώς νέες προσεγγίσεις στον τομέα της επεξεργασίας τροφίμων ειδικότερα, και της τεχνολογίας των τροφίμων γενικότερα.

Λαμβάνοντας υπόψιν την ύπαρξη πολλαπλών παραγόντων που επηρεάζουν τη λήψη αποφάσεων σχετικά με την επιλογή της κατά περίπτωση καταλληλότερης μεθόδου, όπως για παράδειγμα το είδος του φρούτου ή λαχανικού και οι μηχανικές ιδιότητές του, το περιβάλλον παραγωγής, οι πιθανοί αλλοιωγόνοι παράγοντες, το προσδοκόμενο διαθρεπτικά και οργανοληπτικά αποτέλεσμα, η νομοθεσία, οι διαθέσιμες συνθήκες αποθήκευσης του τροφίμου μετά την παραγωγή του, ο καταναλωτής – στόχος, αλλά και το κόστος εξοπλισμού κι ενέργειας, γίνεται κατανοητό πως δεν υφίσταται η «τέλεια μέθοδος» συντήρησης τροφίμων, αντίθετα, η επιλογή της βέλτιστης αλληλουχίας κατεργασιών, έρχεται ως αποτέλεσμα μελέτης κι αξιολόγησης εκ μέρους του επιστήμονα τροφίμων, μιας πληθώρας παραγόντων, ενίοτε αλληλοσυγκρουόμενων.

Σκοπό της συγκεκριμένης βιβλιογραφικής εργασίας αποτέλεσε η άντληση δεδομένων από την επιστημονική βιβλιογραφία ώστε να παρασχεθούν:

- μια βασική κατηγοριοποίηση των φρούτων και λαχανικών με βάση της αρχές της βοτανικής
- μια ανάλυση των πιθανών φυσικών, χημικών, και βιολογικών αλλοιώσεων με τις οποίες τα τελευταία έρχονται αντιμέτωπα



- μια οργανωμένη ανά κατηγορίες παρουσίαση των μεθόδων επεξεργασίας τροφίμων που είναι διαθέσιμες για την επιμήκυνση του χρόνου ζωής των φρούτων και λαχανικών
- δειγματοληπτική αναφορά σε παραδείγματα φρούτων και λαχανικών στα οποία εφαρμόζονται οι παραπάνω αναφερόμενες μέθοδοι.

Η συγκεκριμένη εργασία φιλοδοξεί να αποτελέσει μια βάση δεδομένων σχετικά με τις προκλήσεις, αλλά και τις πιθανές λύσεις που υπάρχουν στον τομέα της συντήρησης των φρούτων και λαχανικών, όσο και την επιμήκυνση του χρόνου ζωής αυτών, γεγονός που απαιτείται για την εξασφάλιση της ασφάλειας όσον αφορά την κατανάλωσή τους, τη διατήρηση των διαθρεπτικών και οργανοληπτικών τους χαρακτηριστικών, αλλά και την αύξηση της διαθεσιμότητάς τους.

## Βιβλιογραφικές Αναφορές

- Αναγνωστοπούλου, Α., & Ταλέλλη, Αικ. (2008). *Τεχνολογία & Ποιότητα Φρούτων & Λαχανικών*.
- Γιαβάσης, Ι. (χ.χ.). *Μικροβιολογία Τροφίμων*.
- Λάζος, Ε., & Λάζου, Α. (2017). *Επεξεργασία Τροφίμων* (2η, τ. 1).
- Λάζου, Α. (2023). *Συντήρηση σε χαμηλές θερμοκρασίες: Η Ψύξη των Τροφίμων* [Πανεπιστημιακή διάλεξη].
- Μικροβιολογία Τροφίμων*. (χ.χ.).
- Ορφανίδης, Κ. (2012). *Καλλιέργεια της ακτινιδιάς και συντήρηση των καρπών της* [Engd, TEI Δυτικής Μακεδονίας]. <https://anaktisis.uowm.gr/342/>
- A, Q., Zargar, I., Mehraj, S., Bisati, & Kumar, A. (2015). Effect of different drying temperature on the quality of dehydrated carrot shreds. *Ecology, Environment and Conservation*, 21.
- Aamir, M., Ovissipour, R., Sablani, S., & Rasco, B. (2013). Predicting the Quality of Pasteurized Vegetables Using Kinetic Models: A Review. *International Journal of Food Science*, 2013. <https://doi.org/10.1155/2013/271271>
- ADAMS, J. (2007). Review: Enzyme inactivation during heat processing of food-stuffs. *International Journal of Food Science & Technology*, 26, 1–20. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1991.tb01136.x>
- Ahmad, J., Ali, M., Arif, M., Iftikhar, S., Ramzan, I., Hussain, M., Javed, S., Adnan, S., Bilal, H., & Hayat, S. (2021). *Review Article on; Traditional and Modern Techniques For Food Preservation*. 2021.

- Alegbeleye, O., Odeyemi, O. A., Strateva, M., & Stratev, D. (2022). Microbial spoilage of vegetables, fruits and cereals. *Applied Food Research*, 2(1), 100122.  
<https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100122>
- Alonso, M. J., Andresen, T., Frydenlund, F., & Widell, K. N. (2011). Improvements of air flow distribution in a freezing tunnel using Airpak. *Procedia Food Science*, 1, 1231–1238. <https://doi.org/10.1016/j.profoo.2011.09.183>
- Amit, S. K., Uddin, Md. M., Rahman, R., Islam, S. M. R., & Khan, M. S. (2017). A review on mechanisms and commercial aspects of food preservation and processing. *Agriculture & Food Security*, 6(1), 51. <https://doi.org/10.1186/s40066-017-0130-8>
- Apio, D. P. (2021). *Effect of thermal processing of Sweet potato chips on drying kinetics and quality retention* [Thesis, Makerere University].  
<http://dissertations.mak.ac.ug/handle/20.500.12281/9100>
- Assegehegn, G., Brito-de la Fuente, E., Franco, J. M., & Gallegos, C. (2019). The Importance of Understanding the Freezing Step and Its Impact on Freeze-Drying Process Performance. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 108(4), 1378–1395.  
<https://doi.org/10.1016/j.xphs.2018.11.039>
- Balasubramanian, S., & Viswanathan, R. (2010). Influence of moisture content on physical properties of minor millets. *Journal of food science and technology*, 47(3), 279–284.  
<https://doi.org/10.1007/s13197-010-0043-z>
- Barbosa-Cánovas, G. V., Altunakar, B., & Mejía-Lorío, D. J. (2005). *Freezing of Fruits and Vegetables: An Agribusiness Alternative for Rural and Semi-rural Areas*. Food & Agriculture Org.
- Barnwal, P., Singh, K. K., Mridula, D., Kumar, R., & Rehal, J. (2010). Effect of moisture

- content and residence time on dehulling of flaxseed. *Journal of food science and technology*, 47(6), 662–667. <https://doi.org/10.1007/s13197-010-0113-2>
- Baumrucker, C. (χ.χ.). Why does organic milk last so much longer than regular milk? *Scientific American*. Ανακτήθηκε 6 Ιούλιος 2024, από <https://www.scientificamerican.com/article/experts-organic-milk-lasts-longer/>
- Belitz, H. D., Grosch, W., & Schieberle, P. (2011). *Χημεία Τροφίμων* (4η Έκδοση).
- Berk, Z. (2009). Dehydration. Στο Z. Berk (Επιμ.), *Food Process Engineering and Technology* (σσ. 459–510). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-373660-4.00022-3>
- Blackburn, C. de W. (2006). Managing microbial food spoilage: An overview. Στο C. de W. Blackburn (Επιμ.), *Food Spoilage Microorganisms* (σσ. 147–170). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1533/9781845691417.2.147>
- Brennan, J. (2006). *Food Processing Handbook* | Wiley. <https://www.wiley.com/en-us/Food+Processing+Handbook-p-9783527607204>
- Calín-Sánchez, Á., Lipan, L., Cano-Lamadrid, M., Kharaghani, A., Masztalerz, K., Carbonell-Barrachina, Á. A., & Figiel, A. (2020). Comparison of Traditional and Novel Drying Techniques and Its Effect on Quality of Fruits, Vegetables and Aromatic Herbs. *Foods (Basel, Switzerland)*, 9(9), 1261. <https://doi.org/10.3390/foods9091261>
- CFR - Code of Federal Regulations Title 21. (χ.χ.). Ανακτήθηκε 6 Ιούλιος 2024, από <https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFRSearch.cfm?fr=131.3>
- Chaouch, W. B., Khellaf, A., Mediani, A., Slimani, M. E. A., Loumani, A., & Hamid, A. (2018). Experimental investigation of an active direct and indirect solar dryer with sensible heat storage for camel meat drying in Saharan environment. *Solar Energy*, 174, 328–341. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2018.09.037>

- Chihon, L. (χ.χ.). *Modern Food Microbiology Sixth Edition*. Ανακτήθηκε 9 Ιούλιος 2024, από [https://www.academia.edu/36066711/Modern\\_Food\\_Microbiology\\_Sixth\\_Edition](https://www.academia.edu/36066711/Modern_Food_Microbiology_Sixth_Edition)
- Çubukçu, H. C., Kılıçaslan, N. S. D., & Durak, İ. (2019). Different effects of heating and freezing treatments on the antioxidant properties of broccoli, cauliflower, garlic and onion. An experimental in vitro study. *Sao Paulo Medical Journal*, *137*(5), 407–413. <https://doi.org/10.1590/1516-3180.2019.004406082019>
- Dalvi-Isfahan, M., Jha, P. K., Tavakoli, J., Daraei-Garmakhany, A., Xanthakis, E., & Le-Bail, A. (2019). Review on identification, underlying mechanisms and evaluation of freezing damage. *Journal of Food Engineering*, *255*, 50–60. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.03.011>
- Das, R., Pandey, H., Das, B., & Sarkar, S. (2016). Fermentation and its application in vegetable preservation: A review. *International Journal of Food and Fermentation Technology*, *6*, 207. <https://doi.org/10.5958/2277-9396.2016.00044.1>
- Datta, A. K. (2007). Porous media approaches to studying simultaneous heat and mass transfer in food processes. II: Property data and representative results. *Journal of Food Engineering*, *80*(1), 96–110. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.05.012>
- Delgado, A. E., & Sun, D.-W. (2001). Heat and mass transfer models for predicting freezing processes – a review. *Journal of Food Engineering*, *47*(3), 157–174. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(00\)00112-6](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00112-6)
- Delgado, A. E., Zheng, L., & Sun, D.-W. (2009). Influence of Ultrasound on Freezing Rate of Immersion-frozen Apples. *Food and Bioprocess Technology*, *2*(3), 263–270. <https://doi.org/10.1007/s11947-008-0111-9>
- Dempsey, P., & Bansal, P. (2012). The art of air blast freezing: Design and efficiency

considerations. *Applied Thermal Engineering*, 41, 71–83.

<https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2011.12.013>

DRAKE, S., & Muehlbauer, F. (2006). Dry Pea (*Pisum Sativum* L.) Canning Quality as Influenced by Soak Time, Soak Solution, and Cultivar. *Journal of Food Science*, 50, 238–240. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1985.tb13318.x>

Duan, Y., Wang, G.-B., Fawole, O. A., Verboven, P., Zhang, X.-R., Wu, D., Opara, U. L., Nicolai, B., & Chen, K. (2020). Postharvest precooling of fruit and vegetables: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 100, 278–291.

<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.04.027>

E. J. M. (2020, Μάιος 22). Plate freezing—What is it? *EJM Refrigeration*.

<https://ejmrefrigeration.co.uk/plate-freezing-what-is-it/>

Ebrahimi, A., Zabihzadeh Khajavi, M., Ahmadi, S., Mortazavian, A., Abdolshahi, A., Rafiee, S., & Farhoodi, M. (2021). Novel strategies to control ethylene in fruit and vegetables for extending their shelf life: A review. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 19. <https://doi.org/10.1007/s13762-021-03485-x>

FABUNMI, O. A., OSUNDE, Z. D., ALABADAN, B. A., & JIGAM, A. A. (2015).

INFLUENCE OF MOISTURE CONTENT AND TEMPERATURE INTERACTION ON MECHANICAL PROPERTIES OF DESMA (*Novella pentadesma*) SEED. *Journal of Advances in Food Science & Technology*, 2(2), Article 2.

Fellows, P. J. (2009). *Food Processing Technology: Principles and Practice*. Elsevier.

FLINK, J. (1977). Energy analysis in dehydration processes. *ENERGY ANALYSIS IN DEHYDRATION PROCESSES*.

Floros, J. D., & Matsos, K. I. (2005). 10—Introduction to modified atmosphere packaging.

- Στο J. H. Han (Επιμ.), *Innovations in Food Packaging* (σσ. 159–172). Academic Press.  
<https://doi.org/10.1016/B978-012311632-1/50042-5>
- Food Preservation—An overview | ScienceDirect Topics*. (χ.χ.). Ανακτήθηκε 28 Ιούνιος 2024,  
από <https://www.sciencedirect.com/topics/food-science/food-preservation>
- FoodScience. (2019, Ιούνιος 22). *FOOD DEHYDRATION AND CONCENTRATION*. Food  
Science. <https://habib-ahmad.wixsite.com/foodscience/post/food-dehydration-and-concentration>
- Garrido, Y., Tudela, J. A., & Gil, M. (2015). Comparison of industrial precooling systems for  
minimally processed baby spinach. *Postharvest Biology and Technology*, 102.  
<https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2014.12.003>
- Giannakourou, M., & Taoukis, P. (2021). Effect of Alternative Preservation Steps and Storage  
on Vitamin C Stability in Fruit and Vegetable Products: Critical Review and Kinetic  
Modelling Approaches. *Foods*, 10, 2630. <https://doi.org/10.3390/foods10112630>
- Giannakourou, M., & Tsironi, T. (2021). Application of Processing and Packaging Hurdles for  
Fresh-Cut Fruits and Vegetables Preservation. *Foods*, 10, 830.  
<https://doi.org/10.3390/foods10040830>
- Goff, H. D., Hill, A., & Ferrer, M. A. (χ.χ.). *Dairy Science and Technology eBook*.  
Ανακτήθηκε 6 Ιούλιος 2024, από  
<https://books.lib.uoguelph.ca/dairyscienceandtechnologyebook/>
- Grover, Y., & Negi, P. S. (2023). Recent developments in freezing of fruits and vegetables:  
Striving for controlled ice nucleation and crystallization with enhanced freezing rates.  
*Journal of Food Science*, 88(12), 4799–4826. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.16810>
- Hammell, R. (2023, Σεπτέμβριος 13). Which Is Better: Freezing or Deep Freezing? *Extraction*

*Magazine*. <https://extractionmagazine.com/2023/09/13/which-is-better-freezing-or-deep-freezing/>

Hassoun, A., Sahar, A., Lakhali, L., & Aït-Kaddour, A. (2019). Fluorescence spectroscopy as a rapid and non-destructive method for monitoring quality and authenticity of fish and meat products: Impact of different preservation conditions. *LWT*, *103*, 279–292.

<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.01.021>

He, Q., & Luo, Y. (2007). Enzymatic browning and its control in fresh-cut produce. *Stewart Postharvest Review*, *3*, 1–7. <https://doi.org/10.2212/spr.2007.6.3>

Heldman, D. R., & Hartel, R. W. (1997). Freezing and Frozen-Food Storage. Στο D. R. Heldman & R. W. Hartel (Επιμ.), *Principles of Food Processing* (σσ. 113–137).

Springer US. [https://doi.org/10.1007/978-1-4615-6093-7\\_6](https://doi.org/10.1007/978-1-4615-6093-7_6)

Hilton, D. (χ.χ.). *UHT processing of milk*. New Food Magazine. Ανακτήθηκε 6 Ιούλιος 2024, από <https://www.newfoodmagazine.com/article/8203/uht-processing-of-milk/>

Huis in't Veld, J. H. J. (1996). Microbial and biochemical spoilage of foods: An overview.

*International Journal of Food Microbiology*, *33*(1), 1–18.

[https://doi.org/10.1016/0168-1605\(96\)01139-7](https://doi.org/10.1016/0168-1605(96)01139-7)

Ignat, A., Manzocco, L., Bartolomeoli, I., Maifreni, M., & Nicoli, M. C. (2015). Minimization of water consumption in fresh-cut salad washing by UV-C light. *Food Control*, *50*, 491–496. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.09.036>

Islam, Md. N., Zhang, M., & Adhikari, B. (2017). Ultrasound-Assisted Freezing of Fruits and Vegetables: Design, Development, and Applications. Στο G. V. Barbosa-Cánovas, G.

María Pastore, K. Candoğan, I. G. Medina Meza, S. Caetano da Silva Lannes, K.

Buckle, R. Y. Yada, & A. Rosenthal (Επιμ.), *Global Food Security and Wellness* (σσ.



- 457–487). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-1-4939-6496-3\\_22](https://doi.org/10.1007/978-1-4939-6496-3_22)
- ISO FRUIT. (2016a). *Λαχανικά: Μακροχρόνια συντήρηση τα μυστικά*. Ειδικές εκδόσεις: ISO FRUIT.
- ISO FRUIT. (2016b). *Φρούτα: Μακροχρόνια συντήρηση τα μυστικά*. Ειδικές εκδόσεις: ISO FRUIT.
- Jaafir, S., & Al-Shawi, S. (2021). *Cucumber Pickles and Fermentations* (σσ. 1–15). <https://doi.org/10.5772/intechopen.96052>
- James, S. J., & James, C. (2014). Chilling and Freezing of Foods. Στο *Food Processing* (σσ. 79–105). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781118846315.ch5>
- Janisiewicz, W. J., & Korsten, L. (2002). BIOLOGICAL CONTROL OF POSTHARVEST DISEASES OF FRUITS. *Annual Review of Phytopathology*, 40(Volume 40, 2002), 411–441. <https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.40.120401.130158>
- Jayas, D. S. (2016). Food Dehydration. Στο *Reference Module in Food Science*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.02913-9>
- Jha, P. K., Xanthakis, E., Jury, V., & Le-Bail, A. (2017). An Overview on Magnetic Field and Electric Field Interactions with Ice Crystallisation; Application in the Case of Frozen Food. *Crystals*, 7(10), Article 10. <https://doi.org/10.3390/cryst7100299>
- Jha, P., Xanthakis, E., Swyngedau Chevallier, S., Jury, V., & Le-Bail, A. (2018). Assessment of freeze damage in fruits and vegetables. *Food Research International*, 121. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.12.002>
- Jia, Y., Khalifa, I., Hu, L., Zhu, W., Li, J., Li, K., & Li, C. (2019). Influence of three different drying techniques on persimmon chips' characteristics: A comparison study among hot-air, combined hot-air-microwave, and vacuum-freeze drying techniques. *Food and*

- Bioproducts Processing*, 118, 67–76. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2019.08.018>
- Jiang, H., Zhang, M., & Adhikari, B. (2013). Fruit and vegetable powders. Στο B. Bhandari, N. Bansal, M. Zhang, & P. Schuck (Επιμ.), *Handbook of Food Powders* (σσ. 532–552). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1533/9780857098672.3.532>
- Journal of Dairy Science*. (2005). 88(12). [http://archive.org/details/sim\\_journal-of-dairy-science\\_2005-12\\_88\\_12](http://archive.org/details/sim_journal-of-dairy-science_2005-12_88_12)
- Kaale, L. D., Eikevik, T. M., Bardal, T., Kjorsvik, E., & Nordtvedt, T. S. (2013). The effect of cooling rates on the ice crystal growth in air-packed salmon fillets during superchilling and superchilled storage. *International Journal of Refrigeration*, 36(1), 110–119. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2012.09.006>
- Kader, A. A. (2002). *Postharvest Technology of Horticultural Crops—An Overview from Farm to Fork*.
- Khaing Hnin, K., Zhang, M., Mujumdar, A. S., & Zhu, Y. (2019). Emerging food drying technologies with energy-saving characteristics: A review. *Drying Technology*, 37(12), 1465–1480. <https://doi.org/10.1080/07373937.2018.1510417>
- Klee, H. J., & Tieman, D. M. (2013). Genetic challenges of flavor improvement in tomato. *Trends in Genetics: TIG*, 29(4), 257–262. <https://doi.org/10.1016/j.tig.2012.12.003>
- Knorr, D., & Augustin, M. A. (2023). Preserving the food preservation legacy. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 63(28), 9519–9538. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2065459>
- Kobayashi, R., & Suzuki, T. (2019). Effect of supercooling accompanying the freezing process on ice crystals and the quality of frozen strawberry tissue. *International Journal of Refrigeration*, 99, 94–100. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2018.11.045>

- Kolbe, E., & Kramer, D. (2007). *Planning for Seafood Freezing*. Alaska Sea Grant, University of Alaska Fairbanks. <https://doi.org/10.4027/psf.2007>
- Koutsias, I., Kollia, E., Makri, K., Markaki, P., & Proestos, C. (2020). Occurrence and Risk Assessment of Aflatoxin B1 in Spices Marketed in Greece. *Analytical Letters*, 12. <https://doi.org/10.1080/00032719.2020.1832509>
- Kristofersson, J., Reinholdt, L., & Kramer, K. (χ.χ.). *Energy optimization of batch freezing tunnel for meat*. | 2018/06/18. Ανακτήθηκε 14 Ιούλιος 2024, από <https://iifir.org/en/fridoc/energy-optimization-of-batch-freezing-tunnel-for-meat-33687>
- Kuna, A. (χ.χ.). *Low Temperature Preservation and Processing – Principles of the Food Processing & Preservation*. Ανακτήθηκε 6 Ιούλιος 2024, από <https://ebooks.inflibnet.ac.in/ftp1/chapter/low-temperature-preservation-and-processing/>
- Langeh, A., Singh, J., Bhat, A., Bandral, J., Gupta, S., & Choton, S. (2024). Chemical Science Review and Letters Role of Preservatives in Preservation of Fruits and Vegetables: A review. *Chemical Science Review and Letters*, 2023-Volume 12, 217–221. <https://doi.org/10.37273/chesci.cs205407613>
- Lee, S., Kim, E. J., Park, D. H., Ji, Y. R., Kang, G., & Choi, M.-J. (2021). *Deep freezing to maintain the freshness of pork loin during long-term storage* | *Food Science and Biotechnology*. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10068-021-00896-x>
- Levine, H., & Slade, L. (1988). Principles of Cryostabilization Technology from Structure/Property Relationships of Water-Soluble Food Carbohydrates—A Review. *Cryo letters*, 9, 21–63.

- Li, D., Zhu, Z., & Sun, D.-W. (2018). Effects of freezing on cell structure of fresh cellular food materials: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 75, 46–55.  
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.02.019>
- Manganaris, G., gradziel, T., Christofi, M., & Crisosto, C. (2023). *The peach canning industry* (σσ. 421–436). <https://doi.org/10.1079/9781789248456.0015>
- Manganaris, G., Ilias, I., & Vasilakakis, M. (2013). The effect of hydrocooling on ripening related quality attributes and cell wall physicochemical properties of sweet cherry fruit (*Prunus avium* L.). *International Journal of Refrigeration*, 30, 1386–1392.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2007.04.001>
- Marinoni, L., Stellari, A., & Cattaneo, T. M. P. (2022). A mild and innovative solar drying process to provide high quality products. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 16(1), 662–672. <https://doi.org/10.1007/s11694-021-01191-3>
- Mascheroni, R. H. (Επιμ.). (2012). Chilling and Freezing by Cryogenic Gases and Liquids (Static and Continuous Equipment). Στο *Operations in Food Refrigeration*. CRC Press.
- Matthews, K. R., Kniel, K. E., & Montville, T. J. (χ.χ.). *Μικροβιολογία Τροφίμων* (4η).
- Matthews, K. R., Kniel, K. E., & Montville, T. J. (2019). *Food Microbiology: An Introduction* (4ο έκδ.). ASM Press. <https://www.perlego.com/book/1323988/food-microbiology-an-introduction-pdf>
- Meda, L., & Ratti, C. (2005). Rehydration of Freeze-Dried Strawberries at Varying Temperatures. *Journal of Food Process Engineering*, 28(3), 233–246.  
<https://doi.org/10.1111/j.1745-4530.2005.00404.x>
- Miletić, N., & Nićetin, M. (2023). Food-Drying Applications for Plant Products: A

- Comparative Analysis. *Foods*, 12(20), 3739. <https://doi.org/10.3390/foods12203739>
- Moon, K. M., Kwon, E.-B., Lee, B., & Kim, C. Y. (2020). Recent Trends in Controlling the Enzymatic Browning of Fruit and Vegetable Products. *Molecules*, 25(12), 2754. <https://doi.org/10.3390/molecules25122754>
- Moore, J. P., Vicié-Gibouin, M., Farrant, J. M., & Driouich, A. (2008). Adaptations of higher plant cell walls to water loss: Drought vs desiccation. *Physiologia Plantarum*, 134(2), 237–245. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2008.01134.x>
- Mope, C., Adegoroye, A., Oluwalade, T., & Adeyelu, A. (2024). *Ethylene Management in Fresh Produce Transport*. 3, 60–71.
- Mukama, M., Ambaw, A., & Opara, U. L. (2020). Advances in design and performance evaluation of fresh fruit ventilated distribution packaging: A review. *Food Packaging and Shelf Life*, 24, 100472. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2020.100472>
- Muthukumarappan, K., Marella, C., & Sunkesula, V. (2019). *Food freezing technology* (σσ. 389–415).
- National Food Institute. (2021, Φεβρουάριος 10). *How Is Milk Pasteurised? | The Steps Involved | NFI*. <https://nationalfoodinstitute.com.au/nfi/how-is-milk-pasteurised/>
- Ndukwu, M. C., Ibeh, M., Ekop, I., Abada, U., Etim, P., Bennamoun, L., Abam, F., Simo-Tagne, M., & Gupta, A. (2022). Analysis of the Heat Transfer Coefficient, Thermal Effusivity and Mathematical Modelling of Drying Kinetics of a Partitioned Single Pass Low-Cost Solar Drying of Cocoyam Chips with Economic Assessments. *Energies*, 15(12). <https://doi.org/10.3390/en15124457>
- New Food Magazine*. (χ.χ.). *New Food Magazine*. Ανακτήθηκε 6 Ιούλιος 2024, από <https://www.newfoodmagazine.com>

- Nowak, D., & Jakubczyk, E. (2020). The Freeze-Drying of Foods—The Characteristic of the Process Course and the Effect of Its Parameters on the Physical Properties of Food Materials. *Foods*, 9(10), 1488. <https://doi.org/10.3390/foods9101488>
- Oetjen, G.-W., & Haseley, P. (2004). *Freeze-drying*. John Wiley & Sons.
- Oikonomopoulou, V. P., Krokida, M. K., & Karathanos, V. T. (2011). The influence of freeze drying conditions on microstructural changes of food products. *Procedia Food Science*, 1, 647–654. <https://doi.org/10.1016/j.profoo.2011.09.097>
- Patova, O., Golovchenko, V., & Ovodov, Y. (2015). Pectic polysaccharides: Structure and properties. *Russian Chemical Bulletin*, 63, 1901–1924. <https://doi.org/10.1007/s11172-014-0681-9>
- Paul, V., & Pandey, R. (2009). *Fruit ripening Regulation and manipulation*.
- Paul, V., Pandey, R., & Srivastava, G. C. (2012). The fading distinctions between classical patterns of ripening in climacteric and non-climacteric fruit and the ubiquity of ethylene—An overview. *Journal of food science and technology*, 49(1), 1–21. <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0293-4>
- Petrotos, K., & Lazarides, H. (2001). Osmotic concentration of liquid foods. *Journal of Food Engineering - J FOOD ENG*, 49, 201–206. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(00\)00222-3](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00222-3)
- Petzold, G., & Aguilera, J. M. (2009). Ice Morphology: Fundamentals and Technological Applications in Foods. *Food Biophysics*, 4(4), 378–396. <https://doi.org/10.1007/s11483-009-9136-5>
- Petzold, G., Caro, M., & Moreno, J. (2014). Επίδραση της λεύκανσης, της κατάψυξης και της αποθήκευσης κατεψυγμένων προϊόντων στις φυσικοχημικές ιδιότητες των κουκιών

- (*Vicia faba* L)Επίδραση της λεύκανσης. *International Journal of Refrigeration*, 40, 429–434. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2013.05.007>
- Post harvest management and value addition of fruits and vegetables*. (χ.χ.).  
<http://eagri.org/eagri50/HORT381/lec08.html>
- Prestes, A. A., Helm, C. V., Esmerino, E. A., Silva, R., da Cruz, A. G., & Prudencio, E. S. (2022). Freeze concentration techniques as alternative methods to thermal processing in dairy manufacturing: A review. *Journal of Food Science*, 87(2), 488–502. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.16027>
- Pua, C., Hamid, N., Tan, C., Mirhosseini, H., Rahman, R., & Rusul, G. (2010). Optimization of drum drying processing parameters for production of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) powder using response surface methodology. *LWT - Food Science and Technology*, 43, 343–349. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2009.08.011>
- Qadri, O. S., Yousuf, B., & Srivastava, A. K. (2015). Fresh-cut fruits and vegetables: Critical factors influencing microbiology and novel approaches to prevent microbial risks—A review. *Cogent Food & Agriculture*, 1(1), 1121606. <https://doi.org/10.1080/23311932.2015.1121606>
- Radhakrishnan, G., Breaz, T., Mahrouqi, A., Zakwani, N., Fahdi, M., Shuraiqi, A., Awamri, S., Aamri, R., & Karthikeyan, K. (2024). A Comparative Management Analysis on the Performance of Different Solar Drying Methods for Drying Vegetables and Fruits. *Sustainability*, 16, 775. <https://doi.org/10.3390/su16020775>
- Rahman, M. S. (Επιμ.). (2009). *Food Properties Handbook* (2ο έκδ.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420003093>
- Rao, C. G. (2015). *Engineering for Storage of Fruits and Vegetables: Cold Storage*,

*Controlled Atmosphere Storage, Modified Atmosphere Storage*. Academic Press.

Ratti, C. (2001). Hot air and freeze-drying of high-value foods: A review. *Journal of Food Engineering*, 49(4), 311–319. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(00\)00228-4](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00228-4)

Remusgo, E. E. S. R. (2020). *Fast freezing and slow freezing* | *ACR Latinoamérica*.  
<https://www.acrlatinoamerica.com/en/2020110118007/articles/commercial-and-industrial-refrigeration/fast-freezing-and-slow-freezing.html>

Rogers, L. D., & Overall, C. M. (2013). Proteolytic post-translational modification of proteins: Proteomic tools and methodology. *Molecular & Cellular Proteomics: MCP*, 12(12), 3532–3542. <https://doi.org/10.1074/mcp.M113.031310>

Ronen, G., Cohen, M., Zamir, D., & Hirschberg, J. (1999). Regulation of carotenoid biosynthesis during tomato fruit development: Expression of the gene for lycopene epsilon-cyclase is down-regulated during ripening and is elevated in the mutant Delta. *The Plant Journal: For Cell and Molecular Biology*, 17(4), 341–351.  
<https://doi.org/10.1046/j.1365-313x.1999.00381.x>

Rosca, R., Țenu, I., & Cârlescu, P. (2017). *Food Chilling Methods and CFD Analysis of a Refrigeration Cabinet as a Case Study*.

Sánchez-Moreno, C., Plaza, L., Elez-Martínez, P., De Ancos, B., Martín-Belloso, O., & Cano, M. P. (2005). Impact of High Pressure and Pulsed Electric Fields on Bioactive Compounds and Antioxidant Activity of Orange Juice in Comparison with Traditional Thermal Processing. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(11), 4403–4409.  
<https://doi.org/10.1021/jf048839b>

Saragusty, J., Gacitua, H., Rozenboim, I., & Arav, A. (2009). Do physical forces contribute to cryodamage? *Biotechnology and Bioengineering*, 104(4), 719–728.



<https://doi.org/10.1002/bit.22435>

- Shan, Y. (2016). Chapter Two—Canned Citrus Processing. Στο Y. Shan (Επιμ.), *Canned Citrus Processing* (σσ. 7–46). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804701-9.00002-2>
- Sharma, A., Chen, C. R., & Vu Lan, N. (2009). Solar-energy drying systems: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(6), 1185–1210. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2008.08.015>
- Shilpa, S., Mahajan, B. V. c, Singh, N., Bhullar, K., & Kaur, S. (2022). Effect of evaporative cooling on peel browning and quality of litchi (*Litchi chinensis*). *The Indian Journal of Agricultural Sciences*, 91. <https://doi.org/10.56093/ijas.v91i3.112531>
- Shishir, M. R. I., & Chen, W. (2017). Trends of spray drying: A critical review on drying of fruit and vegetable juices. *Trends in Food Science & Technology*, 65, 49–67. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.05.006>
- Singh, B., Suri, K., Shevkani, K., Kaur, A., Kaur, A., & Singh, N. (2018). *Enzymatic Browning of Fruit and Vegetables: A Review: Improvements and Innovations* (σσ. 63–78). [https://doi.org/10.1007/978-981-13-1933-4\\_4](https://doi.org/10.1007/978-981-13-1933-4_4)
- Singh, S., Gangwar, V., Kumar, A., Kumar, A., Kumar, M., Wamiq, M., & Dubey, A. (2023). *Edible coatings for improving the storability of fresh fruits and vegetables: A review*. 12, 3992–4002.
- Sorica, C., Vintilă, M., Pirnă, I., Grigore, I., Cristea, M., Vladuțoiu, L., Sorica, E., Bălănescu, I. N., Grosu, C., Raischi, M., & Grădilă, M. (2019). Researches on the freezing of blueberries and green bean pods using an experimental model of a fast freezing equipment. *E3S Web of Conferences*, 112, 03033.

<https://doi.org/10.1051/e3sconf/201911203033>

Sorica, C., Vladut, V., Iulia, G., Cristea, M., SORICĂ, E., Oprescu, R., IONESCU, A.,

Vlăduțoiu, L., & DUMITRESCU, L. (2023). CRYOGENIC FREEZING OF SOME BERRY SPECIES USING AN EXPERIMENTAL MODEL OF MULTI-

FUNCTIONAL QUICK-FREEZING EQUIPMENT. *INMATEH Agricultural*

*Engineering*, 451–458. <https://doi.org/10.35633/inmateh-71-39>

Soyer, A. (2023). *Food freezing methods*.

[https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/204408/mod\\_resource/content/1/FDE447](https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/204408/mod_resource/content/1/FDE447)

[%2811%29%20Food%20freezing%20methods.pdf](https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/204408/mod_resource/content/1/FDE447%2811%29%20Food%20freezing%20methods.pdf)

Subedi, S., Kattel, D., & Thokar, N. (2022). *A REVIEW ON POST-HARVEST PRECOOLING*

*METHODS OF FRUITS AND VEGETABLES*. 2, 92–95.

<https://doi.org/10.26480/faer.02.2022.89.92>

Sun, D.-W. (Επιμ.). (2006). *Handbook of frozen food processing and packaging*. Taylor &

Francis. <http://catalogue.bnf.fr/ark:/12148/cb40041202s>

Sun, Y., Zhang, M., & Mujumdar, A. (2019). Berry Drying: Mechanism, Pretreatment, Drying

Technology, Nutrient Preservation, and Mathematical Models. *Food Engineering*

*Reviews*, 11. <https://doi.org/10.1007/s12393-019-9188-3>

Suresh, B. V., Shireesha, Y., Kishore, T. S., Dwivedi, G., Haghighi, A. T., & Patro, E. R.

(2023). Natural energy materials and storage systems for solar dryers: State of the art.

*Solar Energy Materials and Solar Cells*, 255, 112276.

<https://doi.org/10.1016/j.solmat.2023.112276>

Tassou, S. A., Lewis, J. S., Ge, Y. T., Hadawey, A., & Chaer, I. (2010). A review of emerging

technologies for food refrigeration applications. *Applied Thermal Engineering*, 30(4),

263–276. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2009.09.001>

Thakur, B., Singh, R., & Handa, A. (1997). Chemistry and Uses of Pectin—A Review.

*Critical reviews in food science and nutrition*, 37, 47–73.

<https://doi.org/10.1080/10408399709527767>

*Thermal Preservation Processes*. (χ.χ.). Ανακτήθηκε 28 Ιούνιος 2024, από

<https://www.ift.org/policy-and-advocacy/advocacy-toolkits/food-processing/thermal-preservation-process>

Thompson, J., Cantwell, M., & Kader, A. A. (2001). Effect of cooling delays on fruit and vegetable quality. *Perishables Handling Quarterly*, 105, 1–4.

Tianli, Y., Jiangbo, Z., & Yahong, Y. (2014). Spoilage by Alicyclobacillus Bacteria in Juice and Beverage Products: Chemical, Physical, and Combined Control Methods.

*Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13(5), 771–797.

<https://doi.org/10.1111/1541-4337.12093>

Tolstorebrov, I., Eikevik, T. M., & Bantle, M. (2016). Effect of low and ultra-low temperature applications during freezing and frozen storage on quality parameters for fish.

*International Journal of Refrigeration*, 63, 37–47.

<https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2015.11.003>

*Understanding and Measuring the Shelf-Life of Food*. (2004).

<https://shop.elsevier.com/books/understanding-and-measuring-the-shelf-life-of-food/steele/978-1-85573-732-7>

Van Boekel, M. A. J. S. (2008). Kinetic Modeling of Food Quality: A Critical Review.

*Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 7(1), 144–158.

<https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2007.00036.x>

- Wang, Y., Zhang, L., Yu, X., Zhou, C., Yagoub, A. E., & Li, D.-J. (2024). A Catalytic Infrared System as a Hot Water Replacement Strategy: A Future Approach for Blanching Fruits and Vegetables to Save Energy and Water. *Food Reviews International*, 40, 1–17. <https://doi.org/10.1080/87559129.2023.2187060>
- Widell, K. (χ.χ.). *NTNU Open: Energy efficiency of freezing tunnels: Towards an optimal operation of compressors and air fans*. Ανακτήθηκε 14 Ιούλιος 2024, από <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/234616>
- Widell, K. N., & Eikevik, T. (2010). Reducing power consumption in multi-compressor refrigeration systems. *International Journal of Refrigeration*, 33(1), 88–94. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2009.08.006>
- Yao, Y., Pang, Y. X., Manickam, S., Lester, E., Wu, T., & Pang, C. H. (2022). A review study on recent advances in solar drying: Mechanisms, challenges and perspectives. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 248, 111979. <https://doi.org/10.1016/j.solmat.2022.111979>
- Zaritzky, N. E. (2008). Frozen Storage. Στο *Frozen Food Science and Technology* (σσ. 224–247). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781444302325.ch11>
- Zhao, Y., Ji, W., Guo, J., Chen, L., Tian, C., Wang, Y., & Wang, J. (2020). Numerical and experimental study on the quick freezing process of the bayberry. *Food and Bioproducts Processing*, 119, 98–107. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2019.10.013>
- Zhu, Z., Geng, Y., & Sun, D.-W. (2019). Effects of Operation Processes and Conditions on Enhancing Performances of Vacuum Cooling of Foods: A Review. *Trends in Food Science & Technology*, 85. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.12.011>

## Πηγές εικόνων

42697bb4453139dae60b811603e43fe1.jpg (750×663). (χ.χ.). Ανακτήθηκε 11 Ιούλιος 2024,

από

[https://www.foodstandards.gov.scot/images/ansel/\\_ansel\\_image\\_cache/42697bb4453139dae60b811603e43fe1.jpg](https://www.foodstandards.gov.scot/images/ansel/_ansel_image_cache/42697bb4453139dae60b811603e43fe1.jpg)

1464006480145.jpg (876×493). (χ.χ.). Ανακτήθηκε 27 Ιούνιος 2024, από

<https://images.squarespace-cdn.com/content/v1/5bda45dd4eddec3ca6cc9230/1544935997841-59CJ78GLYIGSOWKQDSN/1464006480145.jpg?format=1500w>

Λάζου, Α. (2023). *Συντήρηση σε χαμηλές θερμοκρασίες: Η Ψύξη των Τροφίμων* [Πανεπιστημιακή διάλεξη].

Υδροψύξη Hydrocooling σε αγροτικά προϊόντα. (2019, Φεβρουάριος 11). *Isofruit*.

<https://www.isofruit.gr/hydrocooling/>

*Aseptic Packaging: The Process and Comparison*. (χ.χ.). Food Product Development.

Ανακτήθηκε 6 Ιούλιος 2024, από <http://food-product-development-hannah.weebly.com/aseptic-packaging-the-process-and-comparison.html>

Ashwitha, K., D Souza, S., Sarda, R., Krishnaveni, K., Likhitha, B., Grace, T., & Ritvik, P.

(2022). Exploration of Microbes in Different Spoiled Fruits and Vegetables.

*International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 11(8), 8–16.

<https://doi.org/10.20546/ijcmas.2022.1108.002>

Figure 2.4 Pectin hydrolysis reaction by pectin methylesterase (Ly... (χ.χ.). ResearchGate.

Ανακτήθηκε 28 Ιούνιος 2024, από [https://www.researchgate.net/figure/Pectin-hydrolysis-reaction-by-pectin-methylesterase-Ly-Nguyen-2004\\_fig8\\_277777782](https://www.researchgate.net/figure/Pectin-hydrolysis-reaction-by-pectin-methylesterase-Ly-Nguyen-2004_fig8_277777782)

*Fruit & Vegetables*. (χ.χ.). BOConline UK. Ανακτήθηκε 15 Ιούλιος 2024, από

<https://www.boconline.co.uk/en/industries/food-and-beverage/fruits-and-vegetables.html>

Hasan, M. U., Singh, Z., Shah, H. M. S., Kaur, J., & Woodward, A. (2024). Water Loss: A Postharvest Quality Marker in Apple Storage. *Food and Bioprocess Technology*, 1–26.

<https://doi.org/10.1007/s11947-023-03305-9>

*Imgurl:https://encrypted-*

*tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSD\_L5nfMN4PNHP5B5fJiaN5f5TFCMjddA-*

*ig&s*. (χ.χ.). Bing. Ανακτήθηκε 28 Ιούνιος 2024, από

[https://www.bing.com/images/search?view=detailv2&form=SBIHVR&lightschemeovr=1&iss=sbi&q=imgurl:https%3A%2F%2Fencrypted-](https://www.bing.com/images/search?view=detailv2&form=SBIHVR&lightschemeovr=1&iss=sbi&q=imgurl:https%3A%2F%2Fencrypted-tbn0.gstatic.com%2Fimages%3Fq%3Dtbn%3AANd9GcSD_L5nfMN4PNHP5B5fJiaN5f5TFCMjddA-ig%26s&pageurl=https%3A%2F%2Fencrypted-tbn0.gstatic.com%2Fimages%3Fq%3Dtbn%3AANd9GcSD_L5nfMN4PNHP5B5fJiaN5f5TFCMjddA-ig%26s&pagetl=images+(275x183)&imgsz=274x182&selectedindex=0&id=20AE860FB57B0342977B9FE3C9D1FFECD8C3473F&ccid=fyhY3gGw&mediurl=https%3A%2F%2Fwww.lepiemusic.com%2Fwp-content%2Fuploads%2F2021%2F02%2FMaillard-Reaction-Graphic.jpg&exph=427&expw=640&vt=2&cit=bcid_qEIVRuZ2tDIH3Lu-hc8.gkQtB4PE.....ws*ccid_Qi9G5na0&simid=608027233712805090&ck=CD588E9B2850D1E7F79E734688CC8936&thid=OIP.fyhY3gGwKx-2HT49aLHeowHaE8&cdnurl=https%3A%2F%2Fth.bing.com%2Fth%2Fid%2FR.7f28)

[tbn0.gstatic.com%2Fimages%3Fq%3Dtbn%3AANd9GcSD\\_L5nfMN4PNHP5B5fJiaN](https://www.bing.com/images/search?view=detailv2&form=SBIHVR&lightschemeovr=1&iss=sbi&q=imgurl:https%3A%2F%2Fencrypted-tbn0.gstatic.com%2Fimages%3Fq%3Dtbn%3AANd9GcSD_L5nfMN4PNHP5B5fJiaN5f5TFCMjddA-ig%26s&pageurl=https%3A%2F%2Fencrypted-tbn0.gstatic.com%2Fimages%3Fq%3Dtbn%3AANd9GcSD_L5nfMN4PNHP5B5fJiaN5f5TFCMjddA-ig%26s&pagetl=images+(275x183)&imgsz=274x182&selectedindex=0&id=20AE860FB57B0342977B9FE3C9D1FFECD8C3473F&ccid=fyhY3gGw&mediurl=https%3A%2F%2Fwww.lepiemusic.com%2Fwp-content%2Fuploads%2F2021%2F02%2FMaillard-Reaction-Graphic.jpg&exph=427&expw=640&vt=2&cit=bcid_qEIVRuZ2tDIH3Lu-hc8.gkQtB4PE.....ws*ccid_Qi9G5na0&simid=608027233712805090&ck=CD588E9B2850D1E7F79E734688CC8936&thid=OIP.fyhY3gGwKx-2HT49aLHeowHaE8&cdnurl=https%3A%2F%2Fth.bing.com%2Fth%2Fid%2FR.7f28)

[5f5TFCMjddA-ig%26s&pageurl=https%3A%2F%2Fencrypted-](https://www.bing.com/images/search?view=detailv2&form=SBIHVR&lightschemeovr=1&iss=sbi&q=imgurl:https%3A%2F%2Fencrypted-tbn0.gstatic.com%2Fimages%3Fq%3Dtbn%3AANd9GcSD_L5nfMN4PNHP5B5fJiaN5f5TFCMjddA-ig%26s&pageurl=https%3A%2F%2Fencrypted-tbn0.gstatic.com%2Fimages%3Fq%3Dtbn%3AANd9GcSD_L5nfMN4PNHP5B5fJiaN5f5TFCMjddA-ig%26s&pagetl=images+(275x183)&imgsz=274x182&selectedindex=0&id=20AE860FB57B0342977B9FE3C9D1FFECD8C3473F&ccid=fyhY3gGw&mediurl=https%3A%2F%2Fwww.lepiemusic.com%2Fwp-content%2Fuploads%2F2021%2F02%2FMaillard-Reaction-Graphic.jpg&exph=427&expw=640&vt=2&cit=bcid_qEIVRuZ2tDIH3Lu-hc8.gkQtB4PE.....ws*ccid_Qi9G5na0&simid=608027233712805090&ck=CD588E9B2850D1E7F79E734688CC8936&thid=OIP.fyhY3gGwKx-2HT49aLHeowHaE8&cdnurl=https%3A%2F%2Fth.bing.com%2Fth%2Fid%2FR.7f28)

[tbn0.gstatic.com%2Fimages%3Fq%3Dtbn%3AANd9GcSD\\_L5nfMN4PNHP5B5fJiaN](https://www.bing.com/images/search?view=detailv2&form=SBIHVR&lightschemeovr=1&iss=sbi&q=imgurl:https%3A%2F%2Fencrypted-tbn0.gstatic.com%2Fimages%3Fq%3Dtbn%3AANd9GcSD_L5nfMN4PNHP5B5fJiaN5f5TFCMjddA-ig%26s&pageurl=https%3A%2F%2Fencrypted-tbn0.gstatic.com%2Fimages%3Fq%3Dtbn%3AANd9GcSD_L5nfMN4PNHP5B5fJiaN5f5TFCMjddA-ig%26s&pagetl=images+(275x183)&imgsz=274x182&selectedindex=0&id=20AE860FB57B0342977B9FE3C9D1FFECD8C3473F&ccid=fyhY3gGw&mediurl=https%3A%2F%2Fwww.lepiemusic.com%2Fwp-content%2Fuploads%2F2021%2F02%2FMaillard-Reaction-Graphic.jpg&exph=427&expw=640&vt=2&cit=bcid_qEIVRuZ2tDIH3Lu-hc8.gkQtB4PE.....ws*ccid_Qi9G5na0&simid=608027233712805090&ck=CD588E9B2850D1E7F79E734688CC8936&thid=OIP.fyhY3gGwKx-2HT49aLHeowHaE8&cdnurl=https%3A%2F%2Fth.bing.com%2Fth%2Fid%2FR.7f28)

[5f5TFCMjddA-](https://www.bing.com/images/search?view=detailv2&form=SBIHVR&lightschemeovr=1&iss=sbi&q=imgurl:https%3A%2F%2Fencrypted-tbn0.gstatic.com%2Fimages%3Fq%3Dtbn%3AANd9GcSD_L5nfMN4PNHP5B5fJiaN5f5TFCMjddA-ig%26s&pageurl=https%3A%2F%2Fencrypted-tbn0.gstatic.com%2Fimages%3Fq%3Dtbn%3AANd9GcSD_L5nfMN4PNHP5B5fJiaN5f5TFCMjddA-ig%26s&pagetl=images+(275x183)&imgsz=274x182&selectedindex=0&id=20AE860FB57B0342977B9FE3C9D1FFECD8C3473F&ccid=fyhY3gGw&mediurl=https%3A%2F%2Fwww.lepiemusic.com%2Fwp-content%2Fuploads%2F2021%2F02%2FMaillard-Reaction-Graphic.jpg&exph=427&expw=640&vt=2&cit=bcid_qEIVRuZ2tDIH3Lu-hc8.gkQtB4PE.....ws*ccid_Qi9G5na0&simid=608027233712805090&ck=CD588E9B2850D1E7F79E734688CC8936&thid=OIP.fyhY3gGwKx-2HT49aLHeowHaE8&cdnurl=https%3A%2F%2Fth.bing.com%2Fth%2Fid%2FR.7f28)

[ig%26s&pagetl=images+\(275x183\)&imgsz=274x182&selectedindex=0&id=20AE860](https://www.bing.com/images/search?view=detailv2&form=SBIHVR&lightschemeovr=1&iss=sbi&q=imgurl:https%3A%2F%2Fencrypted-tbn0.gstatic.com%2Fimages%3Fq%3Dtbn%3AANd9GcSD_L5nfMN4PNHP5B5fJiaN5f5TFCMjddA-ig%26s&pageurl=https%3A%2F%2Fencrypted-tbn0.gstatic.com%2Fimages%3Fq%3Dtbn%3AANd9GcSD_L5nfMN4PNHP5B5fJiaN5f5TFCMjddA-ig%26s&pagetl=images+(275x183)&imgsz=274x182&selectedindex=0&id=20AE860FB57B0342977B9FE3C9D1FFECD8C3473F&ccid=fyhY3gGw&mediurl=https%3A%2F%2Fwww.lepiemusic.com%2Fwp-content%2Fuploads%2F2021%2F02%2FMaillard-Reaction-Graphic.jpg&exph=427&expw=640&vt=2&cit=bcid_qEIVRuZ2tDIH3Lu-hc8.gkQtB4PE.....ws*ccid_Qi9G5na0&simid=608027233712805090&ck=CD588E9B2850D1E7F79E734688CC8936&thid=OIP.fyhY3gGwKx-2HT49aLHeowHaE8&cdnurl=https%3A%2F%2Fth.bing.com%2Fth%2Fid%2FR.7f28)

[FB57B0342977B9FE3C9D1FFECD8C3473F&ccid=fyhY3gGw&mediurl=https%3A](https://www.bing.com/images/search?view=detailv2&form=SBIHVR&lightschemeovr=1&iss=sbi&q=imgurl:https%3A%2F%2Fencrypted-tbn0.gstatic.com%2Fimages%3Fq%3Dtbn%3AANd9GcSD_L5nfMN4PNHP5B5fJiaN5f5TFCMjddA-ig%26s&pageurl=https%3A%2F%2Fencrypted-tbn0.gstatic.com%2Fimages%3Fq%3Dtbn%3AANd9GcSD_L5nfMN4PNHP5B5fJiaN5f5TFCMjddA-ig%26s&pagetl=images+(275x183)&imgsz=274x182&selectedindex=0&id=20AE860FB57B0342977B9FE3C9D1FFECD8C3473F&ccid=fyhY3gGw&mediurl=https%3A%2F%2Fwww.lepiemusic.com%2Fwp-content%2Fuploads%2F2021%2F02%2FMaillard-Reaction-Graphic.jpg&exph=427&expw=640&vt=2&cit=bcid_qEIVRuZ2tDIH3Lu-hc8.gkQtB4PE.....ws*ccid_Qi9G5na0&simid=608027233712805090&ck=CD588E9B2850D1E7F79E734688CC8936&thid=OIP.fyhY3gGwKx-2HT49aLHeowHaE8&cdnurl=https%3A%2F%2Fth.bing.com%2Fth%2Fid%2FR.7f28)

[%3A%2F%2Fwww.lepiemusic.com%2Fwp-](https://www.bing.com/images/search?view=detailv2&form=SBIHVR&lightschemeovr=1&iss=sbi&q=imgurl:https%3A%2F%2Fencrypted-tbn0.gstatic.com%2Fimages%3Fq%3Dtbn%3AANd9GcSD_L5nfMN4PNHP5B5fJiaN5f5TFCMjddA-ig%26s&pageurl=https%3A%2F%2Fencrypted-tbn0.gstatic.com%2Fimages%3Fq%3Dtbn%3AANd9GcSD_L5nfMN4PNHP5B5fJiaN5f5TFCMjddA-ig%26s&pagetl=images+(275x183)&imgsz=274x182&selectedindex=0&id=20AE860FB57B0342977B9FE3C9D1FFECD8C3473F&ccid=fyhY3gGw&mediurl=https%3A%2F%2Fwww.lepiemusic.com%2Fwp-content%2Fuploads%2F2021%2F02%2FMaillard-Reaction-Graphic.jpg&exph=427&expw=640&vt=2&cit=bcid_qEIVRuZ2tDIH3Lu-hc8.gkQtB4PE.....ws*ccid_Qi9G5na0&simid=608027233712805090&ck=CD588E9B2850D1E7F79E734688CC8936&thid=OIP.fyhY3gGwKx-2HT49aLHeowHaE8&cdnurl=https%3A%2F%2Fth.bing.com%2Fth%2Fid%2FR.7f28)

[content%2Fuploads%2F2021%2F02%2FMaillard-Reaction-](https://www.bing.com/images/search?view=detailv2&form=SBIHVR&lightschemeovr=1&iss=sbi&q=imgurl:https%3A%2F%2Fencrypted-tbn0.gstatic.com%2Fimages%3Fq%3Dtbn%3AANd9GcSD_L5nfMN4PNHP5B5fJiaN5f5TFCMjddA-ig%26s&pageurl=https%3A%2F%2Fencrypted-tbn0.gstatic.com%2Fimages%3Fq%3Dtbn%3AANd9GcSD_L5nfMN4PNHP5B5fJiaN5f5TFCMjddA-ig%26s&pagetl=images+(275x183)&imgsz=274x182&selectedindex=0&id=20AE860FB57B0342977B9FE3C9D1FFECD8C3473F&ccid=fyhY3gGw&mediurl=https%3A%2F%2Fwww.lepiemusic.com%2Fwp-content%2Fuploads%2F2021%2F02%2FMaillard-Reaction-Graphic.jpg&exph=427&expw=640&vt=2&cit=bcid_qEIVRuZ2tDIH3Lu-hc8.gkQtB4PE.....ws*ccid_Qi9G5na0&simid=608027233712805090&ck=CD588E9B2850D1E7F79E734688CC8936&thid=OIP.fyhY3gGwKx-2HT49aLHeowHaE8&cdnurl=https%3A%2F%2Fth.bing.com%2Fth%2Fid%2FR.7f28)

[Graphic.jpg&exph=427&expw=640&vt=2&cit=bcid\\_qEIVRuZ2tDIH3Lu-](https://www.bing.com/images/search?view=detailv2&form=SBIHVR&lightschemeovr=1&iss=sbi&q=imgurl:https%3A%2F%2Fencrypted-tbn0.gstatic.com%2Fimages%3Fq%3Dtbn%3AANd9GcSD_L5nfMN4PNHP5B5fJiaN5f5TFCMjddA-ig%26s&pageurl=https%3A%2F%2Fencrypted-tbn0.gstatic.com%2Fimages%3Fq%3Dtbn%3AANd9GcSD_L5nfMN4PNHP5B5fJiaN5f5TFCMjddA-ig%26s&pagetl=images+(275x183)&imgsz=274x182&selectedindex=0&id=20AE860FB57B0342977B9FE3C9D1FFECD8C3473F&ccid=fyhY3gGw&mediurl=https%3A%2F%2Fwww.lepiemusic.com%2Fwp-content%2Fuploads%2F2021%2F02%2FMaillard-Reaction-Graphic.jpg&exph=427&expw=640&vt=2&cit=bcid_qEIVRuZ2tDIH3Lu-hc8.gkQtB4PE.....ws*ccid_Qi9G5na0&simid=608027233712805090&ck=CD588E9B2850D1E7F79E734688CC8936&thid=OIP.fyhY3gGwKx-2HT49aLHeowHaE8&cdnurl=https%3A%2F%2Fth.bing.com%2Fth%2Fid%2FR.7f28)

[hc8.gkQtB4PE.....ws\\*ccid\\_Qi9G5na0&simid=608027233712805090&ck=CD588E9B](https://www.bing.com/images/search?view=detailv2&form=SBIHVR&lightschemeovr=1&iss=sbi&q=imgurl:https%3A%2F%2Fencrypted-tbn0.gstatic.com%2Fimages%3Fq%3Dtbn%3AANd9GcSD_L5nfMN4PNHP5B5fJiaN5f5TFCMjddA-ig%26s&pageurl=https%3A%2F%2Fencrypted-tbn0.gstatic.com%2Fimages%3Fq%3Dtbn%3AANd9GcSD_L5nfMN4PNHP5B5fJiaN5f5TFCMjddA-ig%26s&pagetl=images+(275x183)&imgsz=274x182&selectedindex=0&id=20AE860FB57B0342977B9FE3C9D1FFECD8C3473F&ccid=fyhY3gGw&mediurl=https%3A%2F%2Fwww.lepiemusic.com%2Fwp-content%2Fuploads%2F2021%2F02%2FMaillard-Reaction-Graphic.jpg&exph=427&expw=640&vt=2&cit=bcid_qEIVRuZ2tDIH3Lu-hc8.gkQtB4PE.....ws*ccid_Qi9G5na0&simid=608027233712805090&ck=CD588E9B2850D1E7F79E734688CC8936&thid=OIP.fyhY3gGwKx-2HT49aLHeowHaE8&cdnurl=https%3A%2F%2Fth.bing.com%2Fth%2Fid%2FR.7f28)

[2850D1E7F79E734688CC8936&thid=OIP.fyhY3gGwKx-](https://www.bing.com/images/search?view=detailv2&form=SBIHVR&lightschemeovr=1&iss=sbi&q=imgurl:https%3A%2F%2Fencrypted-tbn0.gstatic.com%2Fimages%3Fq%3Dtbn%3AANd9GcSD_L5nfMN4PNHP5B5fJiaN5f5TFCMjddA-ig%26s&pageurl=https%3A%2F%2Fencrypted-tbn0.gstatic.com%2Fimages%3Fq%3Dtbn%3AANd9GcSD_L5nfMN4PNHP5B5fJiaN5f5TFCMjddA-ig%26s&pagetl=images+(275x183)&imgsz=274x182&selectedindex=0&id=20AE860FB57B0342977B9FE3C9D1FFECD8C3473F&ccid=fyhY3gGw&mediurl=https%3A%2F%2Fwww.lepiemusic.com%2Fwp-content%2Fuploads%2F2021%2F02%2FMaillard-Reaction-Graphic.jpg&exph=427&expw=640&vt=2&cit=bcid_qEIVRuZ2tDIH3Lu-hc8.gkQtB4PE.....ws*ccid_Qi9G5na0&simid=608027233712805090&ck=CD588E9B2850D1E7F79E734688CC8936&thid=OIP.fyhY3gGwKx-2HT49aLHeowHaE8&cdnurl=https%3A%2F%2Fth.bing.com%2Fth%2Fid%2FR.7f28)

[2HT49aLHeowHaE8&cdnurl=https%3A%2F%2Fth.bing.com%2Fth%2Fid%2FR.7f28](https://www.bing.com/images/search?view=detailv2&form=SBIHVR&lightschemeovr=1&iss=sbi&q=imgurl:https%3A%2F%2Fencrypted-tbn0.gstatic.com%2Fimages%3Fq%3Dtbn%3AANd9GcSD_L5nfMN4PNHP5B5fJiaN5f5TFCMjddA-ig%26s&pageurl=https%3A%2F%2Fencrypted-tbn0.gstatic.com%2Fimages%3Fq%3Dtbn%3AANd9GcSD_L5nfMN4PNHP5B5fJiaN5f5TFCMjddA-ig%26s&pagetl=images+(275x183)&imgsz=274x182&selectedindex=0&id=20AE860FB57B0342977B9FE3C9D1FFECD8C3473F&ccid=fyhY3gGw&mediurl=https%3A%2F%2Fwww.lepiemusic.com%2Fwp-content%2Fuploads%2F2021%2F02%2FMaillard-Reaction-Graphic.jpg&exph=427&expw=640&vt=2&cit=bcid_qEIVRuZ2tDIH3Lu-hc8.gkQtB4PE.....ws*ccid_Qi9G5na0&simid=608027233712805090&ck=CD588E9B2850D1E7F79E734688CC8936&thid=OIP.fyhY3gGwKx-2HT49aLHeowHaE8&cdnurl=https%3A%2F%2Fth.bing.com%2Fth%2Fid%2FR.7f28)

58de01b02b1fb61d3e3d68b1dea3%3Frik%3DP0fD2Oz%252f0cnjnw%26pid%3DImg  
Raw%26r%3D0

Jan, 6, tip, 2021 | Green, & tip | 0 |, G. (χ.χ.). *Ethylene, the gas that rots your fruits and vegetables* | *Less Saves The Planet*. Ανακτήθηκε 8 Ιούλιος 2024, από <https://less-saves-the-planet.com/ethylene-gas-that-rots-fruits/?lang=en>

*Modular Blast Chilling*. (χ.χ.). Ανακτήθηκε 14 Ιούλιος 2024, από <https://cookchill.co.uk/modular-blast-chillers/>

*Processing at the juice packer*. (2017, Σεπτέμβριος 27). Orange Book.  
<https://orangebook.tetrapak.com/chapter/processing-juice-packer>

Rouweler, J. (2013). *Build-Heat-Exchanger: Help File with Explanations, Worked Examples, Validation, and Mathematics behind a Tool to Assess the Performance of Heat Exchangers.pdf*.

Shishir, M. R. I., & Chen, W. (2017). Trends of spray drying: A critical review on drying of fruit and vegetable juices. *Trends in Food Science & Technology*, 65, 49–67.  
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.05.006>

Srisawat, K., Sirisomboon, P., Pun, U. K., Krusong, W., Rakmae, S., Chaomuang, N., Mawilai, P., Pongsuttiyakorn, T., Chookaew, C., & Pornchaloempong, P. (2022). Temperature Difference in Loading Area (Tarmac) during Handling of Air Freight Operations and Distance of Production Area Affects Quality of Fresh Mango Fruits (*Mangifera indica* L. ‘Nam Dok Mai Si Thong’). *Horticulturae*, 8(11), Article 11.  
<https://doi.org/10.3390/horticulturae8111001>

Subedi, S., Kattel, D., & Thokar, N. (2022). *A REVIEW ON POST-HARVEST PRECOOLING METHODS OF FRUITS AND VEGETABLES*. 2, 92–95.

<https://doi.org/10.26480/faer.02.2022.89.92>

Suresh, B. V., Shireesha, Y., Kishore, T. S., Dwivedi, G., Haghghi, A. T., & Patro, E. R. (2023). Natural energy materials and storage systems for solar dryers: State of the art. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 255, 112276.

<https://doi.org/10.1016/j.solmat.2023.112276>

*Sustain food quality with our vertical plate freezer.* (χ.χ.). Ανακτήθηκε 14 Ιούλιος 2024, από <https://dsidantech.com/products/vertical-plate-freezers>

Tilley, A., McHenry, M. P., McHenry, J. A., Solah, V., & Bayliss, K. (2023). Enzymatic browning: The role of substrates in polyphenol oxidase mediated browning. *Current Research in Food Science*, 7, 100623. <https://doi.org/10.1016/j.crf.2023.100623>

*What is the use of a laboratory rotary evaporator?* (χ.χ.). Quora. Ανακτήθηκε 17 Ιούλιος 2024, από <https://www.quora.com/What-is-the-use-of-a-laboratory-rotary-evaporator>



## Παράρτημα

Πίνακας 1. Κοινοί μικροβιακοί παράγοντες αλλοίωσης φρούτων και λαχανικών.

Αιτιολογικός παράγοντας	Προκαλείται μόλυνση	Προϊόντα που επηρεάζονται
<b>Βακτήρια</b>		
<i>Erwinia carotovora</i> subsp. <i>carotovora</i>	Βακτηριακή μαλακή σήψη	Πολλά λαχανικά όπως φυλλώδεις σταυροί, μαρούλι, αντίδια, μαϊντανός, σέλινο, καρότα, κρεμμύδια, σκόρδο, ντομάτες, τεύτλα, πιπεριές, αγγούρια φρούτα
<i>Erwinia carotovora</i> subsp. <i>atrosepticum</i>	-	Πατάτες
<i>Pectobacterium carotovorum</i>	Βακτηριακή μαλακή σήψη, μαύρο πόδι (σήψη στελέχους), μαλακή σήψη κονδύλων	Τεύτλα, πατάτα
<i>Xanthomonas campestris</i>	Μαύρη σήψη	Λάχανο, κουνουπίδι, άλλα σταυρανθή λαχανικά
<i>Listeria monocytogenes</i>	-	Λάχανο, σέλινο, σταφίδες, κάρδαμο, σπαράγγια, μπρόκολο, κουνουπίδι, μαρούλι, αντίδι, πορτοκάλια Hamlin, πατάτες
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Pseudomonas fluorescens</i>	Μαλακή σήψη	Σέλινο, ντομάτες
<i>Ψευδομονάδα viridiflava</i>	Σάπισμα	Ακτινίδιο
<i>Pseudomonas gingeri</i>	Κιτριτισμένες βλάβες	Πιπερόριζα
Αντιδραστήρες ψευδομονάδας	Ήπιος αποχρωματισμός μολυσμένου μέρους	Μανιτάρια
<i>Pseudomonas chicorii</i>	Βακτηριακό ζωνικό σημείο	Λάχανο και μαρούλι
<i>Ψευδομονάδα marginalis</i>	Λαχανικά μαλακή σήψη	Μαρούλι
<i>Pseudomonas morsprunorum</i>	Μάστιγα φωτοστέφανου	Φασόλια
<i>Ψευδομονάδα tolaasii</i>	Αντιαισθητικές κηλίδες στα καρποφόρα καλύμματα σώματος και το στέλεχος του <i>Agaricus</i>	Λευκό μανιτάρι ( <i>Agaricus bisporus</i> )
<i>Leuconostoc mesenteroides</i>	Ζύμωση	Μεγάλη ποικιλία φρούτων και λαχανικών
<i>Cytophaga</i> spp.	Σάπισμα	Πιπεριά, καρπούζι
<i>Αερομονάδα υδρόφιλα</i>	-	Λαχανικά
<i>Corynebacterium</i>	-	Ντομάτες, πατάτες
<i>Corynebacterium michiganense</i>	Σαράκι και σημείο φρούτων	Ντομάτες

<b>Αιτιολογικός παράγοντας</b>	<b>Προκαλείται μόλυνση</b>	<b>Προϊόντα που επηρεάζονται</b>
<i>Corynebacterium sepedonicum</i>	Σήψη κονδύλων	Λευκές πατάτες
<i>Bacillus</i> spp.	Αλλοίωση	Ντομάτες, πατάτες, πιπέρι
<i>Αγροβακτηρίδιο</i> spp.	Όγκος	Καρότο, ντομάτα
<i>Alicyclobacillus</i> spp. π.χ. ( <i>acidoterrestris, acidocaldarius, pomorum, herbarius</i> )	Αλλοίωση	Ροδάκινα, μάνγκο, πορτοκάλια, αχλάδια, μήλα
<i>Enterobacter</i> spp.	Μάρανση	Μουριά
<b>Μύκητες, ζύμες, καλούπια</b>		
<i>Botrytis cinerea</i>	Γκριζα σήψη μούχλας	Φράουλες, σμέουρα, ακτινίδια, σταφύλια, αχλάδια, ροδάκινα, κεράσια, δαμάσκηνα, άλλα φρούτα / καρότα πλούσια σε πηκτίνη, μαρούλι, μπιζέλια, φασόλια, σπαράγγια, κολοκύθα, σκουός, άλλοι φυλλώδεις σταυροφόροι
<i>Botrytis allii</i>	Σήψη λαιμού	Κρεμμύδια, σκόρδο
<i>Aspergillus niger</i> <sup>ένιας</sup>	Μαύρη μούχλα	Σταφύλια, βερίκοκα, κρεμμύδια, φιστίκια
<i>Aspergillus alliaceus</i>	Μαύρη σήψη	Κρεμμύδια και σκόρδο
<i>Penicillium</i> spp. <sup>ένιας</sup>	Μπλε και πράσινο χρώμα	Φρούτα
<i>Penicillium italicum</i>	Μπλε σήψη	Κίτρος
<i>Penicillium digitatum</i>	Πράσινη σήψη (συνήθως ταχεία και καταστροφική)	Κίτρος
<i>Penicillium expansum</i> <sup>ένιας</sup>	Μπλε σήψη	Μήλα, αχλάδια, άλλα φρούτα πλούσια σε πηκτίνη
<i>Penicillium aurantiogriseum</i>	Μπλε/μπλε πράσινο χρώμα	Σταφύλια
<i>Penicillium chrysogenum</i>	-	Σταφύλια
<i>Penicillium funiculosum</i>	-	Κρεμμύδια
<i>Penicillium glabrum</i>	Ασθένεια/αλλοίωση	Κρεμμύδια
<i>Byssochlamys fulva</i> <sup>ένιας</sup>	Αλλοίωση	Φρούτα
<i>Colletotrichum lindemuthianum</i>	Κηλίδες φύλλων και φρούτων	Φασόλια δρομέων
<i>G. Coccodes</i>	Ανθρακνόζη/μαύρη σήψη	Ντομάτα/πατάτα
<i>Rhizopus stolonifer</i>	<i>Rhizopus</i> μαλακή σήψη	Σμέουρα, loganberries, πατάτες, λάχανο
<i>Rhizopus sexualis</i>	Σάπισμα	Φράουλες
<i>Byssochlamys nivea</i> <sup>ένιας</sup>	Σάπισμα	Φρούτα
<i>Mucor piriformis</i>	Μαλακή σήψη	Φράουλες, μήλα, ντομάτες, μήλα, αχλάδια

<b>Αιτιολογικός παράγοντας</b>	<b>Προκαλείται μόλυνση</b>	<b>Προϊόντα που επηρεάζονται</b>
<i>Alternaria</i> spp.	Στελέχους-τέλος σβήνει, Μαύρη σήψη	
<i>Alternaria tenuis</i>	<i>Alternaria</i> σήψη	Κολοκυνθοειδή, ντομάτες, πιπέρι
<i>Alternaria brassicola</i>	<i>Alternaria</i> σήψη	Φυλλώδεις σταυροφόροι
<i>Bremia lactucae</i>	Περονόσπορος	Μαρούλι
<i>Ceratocystis fimbriata</i>	Μαύρη σήψη	Γλυκοπατάτες
<i>Penicilium digitatum</i>	Μπλε σήψη μούχλας	
Σκληρωτνία σκληροτίουρουμ	Υδαρής σήψη κοσκινίσματος	Λαχανικά
<i>Phomopsis</i> spp.	Στελέχη-άκρο σήψη	Σταφύλια
Φουζάριο <sup>ένιας</sup>	Στελέχη-άκρο σήψη, καφέ σήψη	Πατάτες, εσπεριδοειδή, ανανάς
Διπλώδια	Στελέχη-άκρο σήψη	Καλαμπόκι
<i>Aspergillus niger</i> <sup>ένιας</sup>	Σήψη μάτσο / Μαύρη σήψη μούχλας	Σταφύλια, εσπεριδοειδή, μήλα, αχλάδια, φράουλες, μάνγκο, πεπόνια/κρεμμύδια
Φυσαλόσπορα	Μαύρη σήψη	Αβοκάντο
Κερατοστομέλα	Μαύρη σήψη	
<i>Trichothecium roseum</i>	Ροζ σήψη μούχλας	Μήλα, σταφύλια
Κλαδοσπόριο, <i>Trichoderma</i>	Πράσινη σήψη μούχλας	Λαχανικά
<i>Cladosporium cucumerinum</i>	Ανταπεργός	Κολοκύθα, αγγούρι
Σκληροτνία spp.	Καφέ σήψη	Φασολάκια
<i>Phomopsis</i> spp.	Βλάβες (σε βλαστοί, φύλλα και ραχές), φλούδα φρούτων, μάστιγα	Σταφύλια, μούρα αρκεύθου
Φώμα spp.	Σάπισμα	Ντομάτες
<i>Coletotrichum gloesporoides</i>	Πικρή σήψη	Εσπεριδοειδή, παπάγια, αβοκάντο, ντομάτες, πιπέρι
<i>Rhizoctonia</i> spp.	Γλοιώδης μαύρη σήψη	Διάφορα λαχανικά
Σκληροτνία σκληροτίουρος	Υδαρής μαλακή σήψη	Καρότα, φασόλια, μιζέλια
<i>Geotrichum candidum</i>	Ξινή σήψη	Σπαράγγια, κρεμμύδια, σκόρδο, καρότα, μαιντανός, παστινάκη, μαρούλι, αντίδια, ντομάτες
Ριζοκτόνια <i>solani</i>	Σήψη της κοιλιάς	Αγγούρι
<i>Phytophthora</i> , <i>Bremia</i>	Περονόσπορος	
<i>Phytophthora citricola</i>	Καρκίνος ρίζας και	Εσπεριδοειδή

<b>Αιτιολογικός παράγοντας</b>	<b>Προκαλείται μόλυνση</b>	<b>Προϊόντα που επηρεάζονται</b>
	στελέχους	
<i>Phytophthora fragariae</i>	Κόκκινη ρίζα σήψη	Φράουλες
<i>Phytophthora capsici</i>	Σήψη φρούτων	Αγγούρια, πιπέρι
<i>Phytophthora nicotianae</i>	Σήψη, μόλυνση στελέχους	Κρεμμύδια, ντομάτες, πιπεριά, εσπεριδοειδή
<b>Παράσιτο</b>		
<i>Πύθιο</i> spp.	Σήψη, απόσβεση, μαρασμός, μαλακή σήψη	Μαϊντανός, παστινάκι, καρπούζι, τζίντζερ (επηρεάζει ιδιαίτερα τα σπορόφυτα)

Πίνακας 2. Βέλτιστη αποθήκευση υπό ψύξη φρούτων και λαχανικών

ΠΡΟΪΟΝΤΑ	ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΜΕ ΣΥΜΒΑΤΙΚΗ ΨΥΞΗ			ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ			ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΓΙΑ ΚΑΛΥΤΕΡΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ			
	ΣΥΝΙΣΤΟΜΕΝΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ °C	ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ %	ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ	ΠΡΩΨΥΞΗ	ΑΠΟΜΑ-ΚΡΥΝΣΗ ΑΙΘΑΛΕΙΟΥ	ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ	ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΛΕΤΗΣ	ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΠΡΩΨΥΞΗ	ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΨΥΞΗ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΜΕ ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΨΥΞΗ
	ΑΒΟΚΑΝΤΟ	5 - 8	90-95	3-6 Εβδομ.	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ
ΑΓΓΟΥΡΙΑ	10 - 12	90-95	1-2 Εβδομ.	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	2-4 Εβδομ.
ΑΓΚΙΝΑΡΕΣ	0,5 - 1	92-96	3-5 Εβδομ.	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	4-6 Εβδομ.
ΑΪΣΜΠΕΡΓΚ	0 - 0,5	92-96	3-4 Εβδομ.	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	4-6 Εβδομ.
ΑΚΤΙΝΙΔΙΑ	-0,5 - 0	92-97	2-4 Μήνες	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	4-7 Μήνες
ΑΛΜΥΡΑ	2 - 4	90-95	9-10 Ημέρ.	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	15-20 Ημέρ.
ΑΜΥΓΔΑΛΑ	2 - 4	55-70	10 Μήνες	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	-
ΑΝΗΘΟΣ	0	90-95	2-3 Εβδομ.	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	3-4 Εβδομ.
ΑΝΤΙΔΙΑ	0	95-100	2-3 Εβδομ.	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	3-4 Εβδομ.
ΑΝΤΙΔΙΑ ΒΕΛΓΙΟΥ	2 - 3	95-98	2-4 Εβδομ.	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	3-5 Εβδομ.
ΑΡΑΚΑΣ	0	95-98	2 Εβδομ.	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	2-4 Εβδομ.
ΑΡΩΜΑΤΙΚΑ ΦΥΤΑ	0 - 10	95-98	1-4 Εβδομ.	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	2-4 Εβδομ.
ΑΡΩΝΙΑ	2 - 4	90-95	1-2 Εβδομ.	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	1-3 Εβδομ.
ΑΧΛΑΔΙΑ	-1 - 0	90-95	2-6 Μήνες	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	3-7 Μήνες
ΒΑΤΟΜΟΥΡΑ	0	90-95	2-5 Ημέρες	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	5-10 Ημέρ.
ΒΕΡΙΚΟΚΑ	-0,5 - 0	90-92	2-4 Εβδομ.	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	3-6 Εβδομ.
ΒΛΙΤΑ	0 - 2	90-95	10-14 Ημέρ.	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	10-14 Ημέρ.
ΓΚΟΤΖΙ ΜΠΕΡΙ	2 - 4	90-95	10-20 Ημέρ.	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	-
ΓΚΡΕΙΠΦΟΥΤ	12 - 14	90-95	6-8 Εβδομ.	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	-
ΓΛΥΚΟΠΑΤΑΤΕΣ	13 - 14	90-95	6-8 Μήνες	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	7-10 Μήνες
ΓΟΓΓΥΛΙΑ	0	98-100	2-3 Μήνες	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	3-5 Μήνες
ΔΑΜΑΣΚΗΝΑ	-0,2 - 0,2	85-92	2-4 Εβδομ.	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	4-8 Εβδομ.
ΕΛΙΕΣ	5 - 7,5	90-95	4-6 Εβδομ.	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	-
ΙΠΠΟΦΑΕΣ	4 - 6	90-95	2 Εβδομ.	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	2-3 Εβδομ.
ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ	0	90-94	1-3 Εβδομ.	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	3-6 Εβδομ.
ΚΑΡΟΤΑ	0	90-95	1-2 Μήνες	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	2-4 Μήνες
ΚΑΡΠΟΥΖΙΑ	10 - 15	85-90	2-3 Εβδομ.	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	-
ΚΑΡΥΔΙΑ	0	55-70	8-12 Μήνες	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	-
ΚΑΣΤΑΝΑ	0 - 1	80-85	2-5 Μήνες	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	5-6 Μήνες
ΚΕΡΑΣΙΑ	0	85-90	10-20 Ημέρ.	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	10-30 Ημέρ.
ΚΟΛΟΚΥΘΕΣ	12,5 - 15	50-75	2-6 Μήνες	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	-
ΚΟΛΟΚΥΘΙΑ	7 - 10	85-95	5-10 Ημέρ.	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	10-15 Ημέρ.
ΚΟΥΚΙΑ	5 - 7,5	90-95	1-2 Εβδομ.	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	-
ΚΟΥΜΚΟΥΑΤ	4 - 6	90-95	3-4 Εβδομ.	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	-
ΚΟΥΝΟΥΠΙΔΙΑ	0	90-95	1-2 Μήνες	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	1-3 Μήνες
ΚΡΕΜΜΥΔΙΑ ΞΕΡΑ	0	70-75	5-6 Μήνες	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	8-10 Μήνες
ΚΡΕΜΜΥΔΙΑ ΦΡΕΣΚΑ	0	>98	3-4 Εβδομ.	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	-
ΚΥΔΩΝΙΑ	0	90-95	2-3 Μήνες	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	2-4 Μήνες
ΛΑΙΜ	8 - 10	90-95	1,5-2 Μήνες	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	-
ΛΑΧΑΝ.ΒΡΥΞΕΛΛΩΝ	0	>95	3-5 Εβδομ.	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	1-2 Μήνες
ΛΑΧΑΝΑ ΑΣΠΡΑ	0	90-95	3-4 Μήνες	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	4-5 Μήνες
ΛΑΧΑΝΑ ΚΙΝΕΖΙΚΑ	0	90-95	3-4 Μήνες	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	4-6 Μήνες
ΛΕΜΟΝΙΑ	6 - 12	84-88	2-4 Μήνες	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	2-4 Μήνες
ΛΩΤΟΙ	0 - 0,5	90-95	3 Μήνες	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	3 Μήνες
ΜΑΙΝΤΑΝΟΣ	0	>95	1-2 Μήνες	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	-





## ΣΥΝΙΣΤΩΜΕΝΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ - ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ & ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

ΠΡΟΪΟΝΤΑ	ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΜΕ ΣΥΜΒΑΤΙΚΗ ΨΥΞΗ			ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ			ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΓΙΑ ΚΑΛΥΤΕΡΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ			
	ΣΥΝΙΣΤΩΜΕΝΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ °C	ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ %	ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ	ΠΡΩΨΥΞΗ	ΑΠΟΜΑ-ΚΡΥΣΗ ΑΙΘΥΛΕΝΙΟΥ	ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ	ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΛΕΤΗΣ	ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΠΡΩΨΥΞΗ	ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΨΥΞΗ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΜΕ ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΨΥΞΗ
ΜΑΝΓΚΟ	10 - 13	90-95	2-4 Εβδομ.	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	3-4 Εβδομ.
ΜΑΝΙΤΑΡΙΑ	1 - 2	90	7-10 Ημέρ.	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	10-15 Ημέρ.
ΜΑΝΤΑΡΙΝΙΑ	4 - 6	90-92	4-6 Εβδομ.	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	-
ΜΑΡΑΘΟΣ	0 - 2	90-95	3-4 Εβδομ.	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	-
ΜΑΡΟΥΛΙΑ	0 - 1	90-95	3-4 Εβδομ.	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	4-5 Εβδομ.
ΜΕΛΙΤΖΑΝΕΣ	10 - 12	90	10-12 Ημέρ.	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	10-15 Ημέρ.
ΜΗΛΑ	-0,5 - 0	90-92	3-5 Μήνες	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	4-8 Μήνες
ΜΟΥΣΜΟΥΛΑ	0	90-95	2-4 Εβδομ.	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	-
ΜΠΑΜΙΕΣ	7 - 10	90	7-10 Ημέρ.	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	-
ΜΠΑΝΑΝΕΣ	13 - 14	85-90	2-5 Εβδομ.	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	-
ΜΠΡΟΚΟΛΑ	-0,2 - 0,5	90-95	30-60 Ημέρ.	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	60-90 Ημέρ.
ΜΥΡΤΙΛΑ	0	90-95	1-2 Εβδομ.	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	2-3 Εβδομ.
ΝΕΚΤΑΡΙΝΙΑ	-0,5 - 0	88-92	2-6 Εβδομ.	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	4-8 Εβδομ.
ΠΑΝΤΖΑΡΙΑ	0	95-98	4 Μήνες	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	3-5 Μήνες
ΠΑΤΑΤΕΣ	6 - 7	92-94	3-4 Μήνες	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	4-6 Μήνες
ΠΕΠΟΝΙΑ	8 - 10	75-80	2-6 Εβδομ.	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	2-6 Μήνες
ΠΙΠΕΡΙΕΣ	8 - 10	90-95	15-40 Ημέρ.	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	15-45 Ημέρ.
ΠΟΡΤΟΚΑΛΙΑ	2 - 4	88-92	2-4 Μήνες	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	2-4 Μήνες
ΠΡΑΣΑ	0	90-95	2-3 Μήνες	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	2-4 Μήνες
ΡΑΔΙΚΙΑ	0	95-100	2-4 Εβδομ.	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	-
ΡΑΝΤΙΤΣΙΟ	0 - 0,5	92-94	4-8 Εβδομ.	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	6-10 Εβδομ.
ΡΑΠΑΝΑΚΙΑ	0	95-100	3-4 Εβδομ.	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	4-6 Εβδομ.
ΡΟΔΑΚΙΝΑ	-0,2 - 0,2	85-92	2-6 Εβδομ.	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	4-8 Εβδομ.
ΡΟΔΙΑ	6 - 7	85-90	2-3 Μήνες	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	2-4 Μήνες
ΡΟΚΑ	0	95-100	10-16 Ημέρ.	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	-
ΣΕΛΙΝΟ	0,5	90-95	2-3 Μήνες	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	-
ΣΕΛΙΝΟΡΙΖΕΣ	0	97-98	6-8 Μήνες	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	6-8 Μήνες
ΣΕΣΚΟΥΛΑ-ΛΑΧΑΝΙΔΕΣ	0	95-100	12-16 Ημέρ.	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	-
ΣΚΟΡΔΑ	-2 - -1	65	4-6 Μήνες	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	6-8 Μήνες
ΣΜΕΟΥΡΑ	0	90-95	2-5 Ημέρες	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	3-6 Ημέρες
ΣΠΑΝΑΚΙΑ	0,5	90-95	10-14 Ημέρ.	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	-
ΣΠΑΡΑΓΓΙΑ	0,2 - 0,8	95-100	2-3 Εβδομ.	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	3-4 Εβδομ.
ΣΤΑΜΝΑΓΚΑΘΙΑ	4 - 6	90-95	4-7 Ημέρες	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	-
ΣΤΑΦΥΛΙΑ	-0,5 - 0	90-92	4-6 Εβδομ.	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	4-10 Εβδομ.
ΣΥΚΑ	0	88-92	1-2 Εβδομ.	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	1-3 Εβδομ.
ΤΖΙΝΤΖΕΡ	12 - 14	85-90	3 Μήνες	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	3-4 Μήνες
ΤΟΜΑΤΕΣ	12 - 14	85	10-20 Ημέρ.	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	15-30 Ημέρ.
ΦΑΣΟΛΑΚΙΑ	6 - 7	90-95	1-2 Εβδομ.	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	-
ΦΙΝΟΚΙΟ	0	90-95	2-3 Μήνες	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	3-4 Μήνες
ΦΙΣΤΙΚΙΑ ΚΕΛΥΦΩΤΑ	0 - 5	65-75	4-8 Μήνες	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	8-12 Μήνες
ΦΡΑΓΚΟΣΥΚΑ	6 - 8	90-92	2-5 Εβδομ.	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	2-6 Εβδομ.
ΦΡΑΟΥΛΕΣ	0,5 - 2	90-95	2-5 Ημέρ.	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	7-15 Ημέρ.
ΦΥΣΑΛΙΣ	7 - 13	85-90	3 Εβδομ.	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	-
ΦΥΤΡΕΣ	0	95-100	5-9 Ημέρες	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	-
ΧΟΥΡΜΑΔΕΣ	0	82-87	8-10 Εβδομ.	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	8-12 Εβδομ.