



ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών  
**ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ, ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Η τεχνολογία εμποδίων ως εναλλακτικό εργαλείο συντήρησης και  
βελτίωσης της ποιότητας των τροφίμων»**

---

ΟΝΟΜΑ ΦΟΙΤΗΤΗ/NAME OF STUDENT:

Γκίνη Γεωργία Βικτώρια

Gkini Georgia Victoria

ΟΝΟΜΑ ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑΣ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑΣ/NAME OF SUPERVISOR:

Γιαννακούρου Μαρία

Giannakourou Maria

ΑΙΓΑΛΕΩ/AIGALEO, 2022



FACULTY OF FOOD SCIENCES

DEPARTMENT OF FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY

Master of Science  
**FOOD INNOVATION, QUALITY AND SAFETY**

MSc THESIS

**«Hurdle technology as an alternative tool for preservation and  
improvement of food quality»**

---

Name of student:

Gkini Georgia Victoria

victoria.gkini@gmail.com

Supervisor

Giannakourou Maria

AIGALEO, 2022

## **Επιτροπή Αξιολόγησης Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας**

Οι υπογράφωντες δηλώνουμε ότι έχουμε εξετάσει τη μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία (master thesis) με τίτλο **‘Η τεχνολογία εμποδίων ως εναλλακτικό εργαλείο συντήρησης και βελτίωσης της ποιότητας των τροφίμων’** που παρουσιάστηκε από τον ή την **Γκίνη Γεωργία Βικτώρια**, υποψηφίου για τον μεταπτυχιακό τίτλο σπουδών στην **ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ, ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ** και βεβαιώνουμε ότι γίνεται δεκτή.

Ημερομηνία

Όνομα επιβλέποντος

Ημερομηνία

Όνομα μέλους επιτροπής

Ημερομηνία

Όνομα μέλους επιτροπής

## Δήλωση συγγραφέα μεταπτυχιακής εργασίας

Η κάτωθι υπογεγραμμένη Γκίνη Γεωργία Βικτώρια του Βίκτωρ Ιωσήφ Κωνσταντίνου, με αριθμό μητρώου 21007 φοιτήτρια του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών Καινοτομία, Ποιότητα και Ασφάλεια Τροφίμων του Τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων της Σχολής Επιστημών Τροφίμων του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της μεταπτυχιακής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της, είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα 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, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

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

Επιθυμώ την απαγόρευση πρόσβασης στο πλήρες κείμενο της εργασίας μου μέχρι ..... και έπειτα από αίτηση μου στη Βιβλιοθήκη και έγκριση του επιβλέποντα καθηγητή.

Η δηλούσα



Γκίνη Γεωργία Βικτώρια

## Δήλωση περί λογοκλοπής/Copyright

Έχοντας πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικής ιδιοκτησίας, δηλώνω ότι είμαι αποκλειστική συγγραφέας της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Δηλώνω επίσης, ότι αναλαμβάνω όλες τις συνέπειες, όπως αυτές νομίμως ορίζονται, στην περίπτωση που διαπιστωθεί διαχρονικά ότι η εργασία μου αυτή ή τμήμα αυτής αποτελεί προϊόν λογοκλοπής.

Η δηλούσα



Γκίνη Γεωργία Βικτώρια

## **Ευχαριστίες**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την καθηγήτρια μου Γιαννακούρου Μαρία για την πολύτιμη βοήθεια της και την επίβλεψη της εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας όλο αυτό το χρονικό διάστημα. Ακόμα, ευχαριστώ όλους εκείνους τους καθηγητές του Μεταπτυχιακού Προγράμματος «Καινοτομία, Ποιότητα & Ασφάλεια» που μετέφεραν σε όλους τους φοιτητές τις γνώσεις τους και μας βοήθησαν μέσω αυτών να εξελιχθούμε.

## Περιεχόμενα

1. Περίληψη.....	9
2. Abstract.....	10
3. Εισαγωγή.....	11
4. Αλλοίωση Τροφίμων.....	13
4.1. Μικροβιακή αλλοίωση.....	13
4.2. Ενζυμική δραστηριότητα.....	15
4.3. Μηχανικά αίτια.....	17
4.4. Φυσικοί παράγοντες.....	18
4.5. Χημικές αντιδράσεις.....	18
4.6. Παράσιτα, Έντομα, Τρωκτικά.....	20
5. Επεξεργασία και συντήρηση τροφίμων.....	21
6. Τεχνολογία Εμποδίων.....	23
6.1 Γενικά.....	23
6.2 Αρχή Τεχνολογίας Εμποδίων.....	24
6.3 Επιλογή και Εφαρμογή Εμποδίων.....	27
6.4 Μηχανισμοί.....	27
6.4.1 Ομοιόσταση.....	28
6.4.2 Μεταβολική Εξάντληση.....	30
6.4.3 Stress Reaction.....	31
6.4.4 Συντήρηση πολλαπλών στόχων (Multitarget preservation).....	32
6.5 Εμπόδια που χρησιμοποιούνται στην τεχνολογία εμποδίων.....	33
6.5.1 Φυσικά εμπόδια.....	33
6.5.1.1 Θερμική επεξεργασία.....	33
6.5.1.1.1 Εμπορική Αποστείρωση (Commercial Sterilization).....	33
6.5.1.1.2 Παστερίωση (Pasteurization).....	35
6.5.1.1.3 Ζεμάτισμα (Blanching).....	36
6.5.1.2 Θερμοκρασία κατά την αποθήκευση.....	37
6.5.1.2.1 Αποθήκευση σε Θερμοκρασίες Ψύξης.....	37
6.5.1.2.2 Αποθήκευση σε Θερμοκρασίες Κατάψυξης.....	37
6.5.1.3 Ακτινοβόληση.....	38
6.5.1.4 Ηλεκτρομαγνητική ενέργεια.....	41
6.5.1.4.1 Επεξεργασία με μικροκύματα.....	41
6.5.1.4.2 Ραδιοσυχνότητα (Radio frequency, RF).....	43
6.5.1.4.3 Παλμικό ηλεκτρικό πεδίο (Pulsed Electric Fields, PEF).....	44

6.5.1.5	Εφαρμογή Υπερψηλής πίεσης (High Hydrostatic Pressure, HHP) .....	47
6.5.1.6	Υπέρηχοι (Ultrasound) .....	52
6.5.1.7	Συσκευασία.....	54
6.5.1.7.1	Συσκευασία υπό κενό (Vacuum Packaging, VP) .....	54
6.5.1.7.2	Ενεργή συσκευασία .....	54
6.5.1.7.3	Βρώσιμες μεμβράνες .....	55
6.5.1.7.4	Συσκευασία σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα (Modified Atmosphere Packaging, MAP) .....	56
6.5.1.8	Αποθήκευση .....	59
6.5.1.8.1	Αποθήκευση σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα.....	59
6.5.1.8.2	Αποθήκευση σε ελεγχόμενη ατμόσφαιρα.....	59
6.5.2	Φυσικοχημικά εμπόδια .....	60
6.5.2.1	Ενεργότητα ύδατος ( $a_w$ ).....	60
6.5.2.2	pH .....	60
6.5.2.3	Οξειδοαναγωγικό δυναμικό.....	60
6.5.2.4	Χλωριούχο νάτριο .....	60
6.5.2.5	Οργανικά οξέα.....	61
6.5.3	Εμπόδια από μικροοργανισμούς.....	62
6.5.3.1	Ανταγωνιστική χλωρίδα .....	62
6.5.3.2	Καλλιέργειες εκκίνησης .....	62
6.5.3.3	Βακτηριοσίνες .....	62
6.5.4	Διάφορα άλλα εμπόδια .....	63
6.5.4.1	Ψυχρό πλάσμα (Cold Plasma, CP) .....	63
6.5.4.2	Παλμικό φως (Pulsed light).....	64
6.5.4.3	Επεξεργασία με όζον .....	65
6.6	Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα της Τεχνολογίας Εμποδίων .....	67
7.	Εφαρμογή της Τεχνολογίας Εμποδίων ανά κατηγορία τροφίμων.....	68
7.1	Φρούτα και Λαχανικά .....	68
7.2	Κρέατα και κρεατοσκευάσματα.....	80
7.3	Ιχθυηρά και προϊόντα ιχθυηρών.....	86
7.4	Γάλα και γαλακτοκομικά προϊόντα.....	93
7.5	Άλλα τρόφιμα.....	97
8.	Το μέλλον της τεχνολογίας εμποδίων στη συντήρηση των τροφίμων.....	99
9.	Συμπεράσματα.....	100
10.	Βιβλιογραφία .....	102



## **Κατάλογος Εικόνων**

Εικόνα 1 – Μικροβιακή αλλοίωση σε φράουλες.....	14
Εικόνα 2 – Σχηματική παρουσίαση δράσης πολυφαινολοξειδάσης στην αμαύρωση τροφίμων.....	15
Εικόνα 3 – Βήματα αντίδρασης Maillard.....	18
Εικόνα 4 – Εφαρμογή πολλαπλών εμποδίων.....	24
Εικόνα 5 – Η επίδραση της αποστείρωσης στην ποιότητα των προϊόντων.....	34
Εικόνα 6 – Σχεδιάγραμμα παστερίωσης γάλακτος.....	35
Εικόνα 7 – Σχηματική αναπαράσταση συστήματος UV-ακτινοβολήσης σε υγρά τρόφιμα.....	38
Εικόνα 8 – Λίστα ορισμένων βακτηρίων με τυπικές αντιστάσεις τους στην εφαρμογή ακτινοβολίας σε τρόφιμα ζωϊκής προέλευσης, μη κατεψυγμένα.....	39
Εικόνα 9 – Διάγραμμα ροής ενός συστήματος επεξεργασίας παλμικού ηλεκτρικού πεδίου .....	44
Εικόνα 10 – Ημισυνεχές σύστημα εφαρμογής υψηλής πίεσης.....	48
Εικόνα 11 – Το τρόφιμο ως σύστημα, υπό την εφαρμογή υψηλής πίεσης.....	48
Εικόνα 12 – Παραδείγματα συστημάτων ενεργής συσκευασίας.....	55
Εικόνα 13 – Βασικές χρήσεις όζοντος στη βιομηχανία τροφίμων.....	66

## **Κατάλογος Πινάκων**

Πίνακας 1 – Μελέτες σε φρούτα και λαχανικά.....	77
Πίνακας 2 – Μελέτες σε κρέατα και κρεατοσκευάσματα.....	84
Πίνακας 3 – Μελέτες σε ιχθυηρά και προϊόντα ιχθυηρών.....	90
Πίνακας 4 – Μελέτες σε γαλακτοκομικά προϊόντα.....	94

## 1. Περίληψη

Η παρούσα εργασία αποτελεί μια ανασκόπηση των διαφορετικών επεξεργασιών που εφαρμόζονται στη βιομηχανία τροφίμων, καθώς και της συνδυασμένης εφαρμογής τους, που αποτελεί τον πυρήνα της μεθόδου της τεχνολογίας εμποδίων. Αναλύονται τα είδη των αλλοιώσεων που περιλαμβάνουν αλλοιώσεις μικροβιολογικής φύσεως, ενζυμικής δραστηριότητας, μηχανικών αιτίων, φυσικών παραγόντων, διαφόρων χημικών αντιδράσεων που μπορούν να λάβουν χώρα αλλά και παρουσίας ξένων σωμάτων όπως τα έντομα και τα τρωκτικά. Οι μέθοδοι επεξεργασίας που χρησιμοποιούνται συχνά δε μπορούν να εφαρμοσθούν μόνες τους, και ο συνδυασμός τους ενδέχεται να οδηγεί σε ικανοποιητικά αποτελέσματα και πιο ποιοτικά τελικά προϊόντα. Τα αδύνατα σημεία των συμβατικών μεθόδων και οι απαιτήσεις των καταναλωτών, οδηγούν τελικά στην εφαρμογή της τεχνολογίας εμποδίων. Η μέθοδος αυτή βασίζεται σε τρεις μηχανισμούς, της ομοιόστασης, της αντίδρασης σε συνθήκες στρες αλλά και της μεταβολικής εξάντλησης. Βασικότερος μηχανισμός είναι εκείνος της ομοιόστασης, αν και γενικά η βέλτιστη συντήρηση επιτυγχάνεται με συντήρηση πολλαπλών στόχων. Επιπροσθέτως, στην παρούσα εργασία παρατίθενται όλα εκείνα τα εμπόδια που επιλέγονται σε μεγαλύτερο βαθμό για την επεξεργασία και συντήρηση των τροφίμων. Αυτά μπορεί να είναι φυσικά εμπόδια μέσω της εφαρμογής θερμικής επεξεργασίας, ακτινοβολήσης, θερμοκρασίας συντήρησης, πίεσης και είδους συσκευασίας. Επιπλέον, τα εμπόδια μπορούν να είναι και φυσικοχημικά, για παράδειγμα αλλαγές στην ενεργότητα νερού, το pH, το οξειδοαναγωγικό δυναμικό, το χλωριούχο νάτριο αλλά και με τη χρήση οργανικών οξέων. Εκτός από τα ανωτέρω, που είναι τα πιο χρησιμοποιούμενα εμπόδια, συχνά επιλέγεται η χρήση μικροοργανισμών ως εμπόδια στην τεχνολογία τροφίμων, αλλά και νέες μέθοδοι όπως είναι η επεξεργασία με όζον και ψυχρό πλάσμα. Στη συνέχεια, αναλύονται οι χρήσεις της τεχνολογίας τροφίμων, ως μεθόδου επεξεργασίας στις εξής κατηγορίες τροφίμων: των φρούτων και λαχανικών, των κρεάτων και κρεατοσκευασμάτων, των ιχθυηρών και προϊόντων τους και των γαλακτοκομικών προϊόντων. Τέλος, μέσω της εν λόγω ανασκόπησης, γίνεται αντιληπτό πως η τεχνολογία εμποδίων είναι μια μέθοδος που συνεχώς εξελίσσεται μέσω της χρήσης νέων μεθόδων και νέων συνδυασμών εμποδίων, και μπορεί να δράσει θετικά προς όφελος της βιομηχανίας προϊόντων για την παραγωγή ασφαλών και ποιοτικών τροφίμων.

## **2. Abstract**

This thesis is a review of the different processes applied in the food industry, and the method of hurdle technology, which is becoming increasingly interesting. The types of alterations are being analyzed, including microbiological spoilage, enzymatic reactions, mechanical damage, physical factors, various chemical reactions, and foreign bodies such as insects and rodents. The processing methods often used, cannot be applied individually, and their combination leads to satisfactory results and higher quality products. The weakness of conventional methods and consumer needs lead to the introduction of 'hurdle technology', as an alternative preservation methodology. This method is mainly based on three mechanisms: homeostasis, stress reaction and metabolic exhaustion. The most basic mechanism is homeostasis, although the optimal preservation is achieved by multitarget preservation. Additionally, the most popular and frequently implemented hurdles are analyzed. These can be physical hurdles through the application of heat treatment, irradiation, preservation temperature, pressure and packaging. On the other hand, hurdles can also be physicochemical, for example changes in water activity, pH, redox potential, sodium chloride and the use of organic acids. Next to the abovementioned hurdles, which are the most used ones, the use of microorganisms as hurdles in food technology, is often chosen, but also new methods such as ozone processing and cold plasma treatment. The use of hurdle technology is described with indicative examples for the following food categories: fruits and vegetables, meat and meat products, fish products and dairy products. Finally, through this review, it is realized that hurdle technology is a method that is constantly evolving through the use of new methods and new hurdle combinations and can act positively to the food industry and the production of safe and high quality foods.

### 3. Εισαγωγή

Τα τρόφιμα είναι αναπόσπαστο κομμάτι της ζωής του ανθρώπου, αφού δίχως την τροφή δεν καλύπτονται οι ζωτικές ανάγκες του. Η επιλογή και αγορά των προϊόντων διατροφής από τον καταναλωτή, προκύπτει κυρίως βάσει των οργανοληπτικών τους χαρακτηριστικών όπως είναι η γεύση και η εμφάνιση τους, αλλά και για τα πλεονεκτήματα που αυτά προσφέρουν στην διατροφή του.

Με την πάροδο των χρόνων, το καταναλωτικό κοινό στρέφεται στην επιλογή τροφίμων, τα οποία έχουν υποστεί σε ελάχιστο βαθμό ή και καθόλου, κάποια μορφή επεξεργασίας, τα γνωστά ως Minimally Processed Foods (Byrd-Bredbenner et al., 2015; Khan et al., 2016, 2017; Khan & Oh, 2016).

Όμως τα περισσότερα τρόφιμα, λόγω της φύσης τους, είναι ευαλλοιώτα και συνεπώς έχουν μικρή διάρκεια ζωής, γεγονός που δεν ωφελεί ούτε τον καταναλωτή αλλά ούτε και την ίδια τη βιομηχανία τροφίμων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, ορισμένες κατηγορίες τροφίμων να είναι ιδιαίτερα περιορισμένες ως προς τη διαθεσιμότητα τους (Chen, 2022).

Τα τρόφιμα κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες μπορούν να υποστούν αλλοίωση και παράλληλα να υποβαθμιστεί η ποιότητα τους. Η μεταβολή της ποιότητας ενός τροφίμου περιλαμβάνει τις μεταβολές που λαμβάνουν χώρα στα χαρακτηριστικά του όπως για παράδειγμα η υφή, η οσμή, το χρώμα, καθιστώντας το μη αποδεκτό από τον καταναλωτή. Αντίθετα, η αλλοίωση αναφέρεται στην κατάσταση του τροφίμου όταν αυτό δεν καθίσταται πια κατάλληλο για κατανάλωση από τον άνθρωπο, αλλά και όταν ενέχει πιθανό κίνδυνο για την υγεία του, μέσω μιας πιθανής τροφικής δηλητηρίασης (Ιωάννη Γ. Μπλούκα, 2004).

Σημαντική αιτία αλλοίωσης των τροφίμων είναι η ανάπτυξη μικροοργανισμών, η οποία ανησυχεί σε μεγάλο βαθμό τη βιομηχανία τροφίμων. Οι θερμικές επεξεργασίες μπορούν να μειώσουν ή να εξαλείψουν τον κίνδυνο αυτό, όμως μπορούν να επηρεάσουν αρνητικά τα οργανοληπτικά και διατροφικά χαρακτηριστικά των τροφίμων, όπως είναι οι βιταμίνες, το χρώμα, η υφή. Τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει προσπάθειες για αντικατάσταση των παραδοσιακών θερμικών επεξεργασιών με άλλες μη θερμικές τεχνολογίες, οι οποίες μπορούν σε ορισμένες περιπτώσεις είτε να αντικαταστήσουν τελείως τις θερμικές επεξεργασίες, είτε να δράσουν συμπληρωματικά (Chen, 2022).

Υπάρχουν τρεις βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν τα τρόφιμα, οι οποίοι μπορεί να ταξινομηθούν σε φυσικούς, χημικούς και βιολογικούς, με κυριότερο παράγοντα τους μικροοργανισμούς, που μπορούν να αλλοιώσουν τα τρόφιμα (αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί) ή ακόμα και να προκαλέσουν προβλήματα στην υγεία των καταναλωτών (παθογόνοι μικροοργανισμοί). Εκτός από τους μικροοργανισμούς, τα ένζυμα μπορούν να προκαλέσουν και αυτά μεταβολές στα χαρακτηριστικά του τροφίμου, δηλαδή στο χρώμα και την υφή των προϊόντων και σε αρκετές περιπτώσεις είναι δύσκολη η πλήρης αδρανοποίησή τους (Ιωάννη Γ. Μπλούκα, 2004).

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η αναφορά και η μελέτη νέων προσεγγίσεων στην επεξεργασία των τροφίμων, ο συνδυασμός των κατάλληλων τεχνικών, δηλαδή εμποδίων, που μπορούν να επιφέρουν το ίδιο αποτέλεσμα στην ασφάλεια και ηπιότερη επίδραση στην ποιότητα του τροφίμου, σε σύγκριση με τις συμβατικές μεθόδους. Αυτή η ανάγκη για λιγότερο επεξεργασμένα τρόφιμα, ασφαλή και σταθερά κατά την συντήρησή τους, έχει οδηγήσει σε μια εναλλακτική προσέγγιση επεξεργασίας, αυτή που στηρίζεται στην τεχνολογία εμποδίων (hurdle technology). Αναφορικά με τη δομή της παρούσας κριτικής βιβλιογραφικής επισκόπησης, αναλύεται η αρχή της μεθόδου, ο τρόπος δράσης των επιλεγόμενων εμποδίων και οι σημαντικότερες κατηγορίες τροφίμων όπου χρησιμοποιείται η μέθοδος αυτή, με χαρακτηριστικά παραδείγματα σε κάθε περίπτωση.

## 4. Αλλοίωση Τροφίμων

Οι αλλοιώσεις των τροφίμων, είναι πολύ σημαντικές για τη βιομηχανία τροφίμων, λόγω των δυσμενών επιδράσεων που μπορούν αυτές να προκαλέσουν, αλλά και του μεγάλου κόστους που αυτές επιφέρουν. Κύρια αίτια αλλοίωσης είναι τυχόν μηχανικά αίτια, η ανάπτυξη μικροοργανισμών, η ενζυμική δραστηριότητα, διάφοροι φυσικοί παράγοντες, και χημικές αντιδράσεις που μπορεί να λάβουν χώρα. Ακόμα, τα παράσιτα, τα έντομα και τα τρωκτικά μπορούν και αυτά να αλλοιώσουν ένα τρόφιμο και να το καταστήσουν ακατάλληλο προς κατανάλωση (Ιωάννη Γ. Μπλούκα, 2004). Στις επόμενες ενότητες, συνοψίζονται οι κυριότερες κατηγορίες αλλοίωσης των τροφίμων.

### 4.1. Μικροβιακή αλλοίωση

Βασική προϋπόθεση για τη βιομηχανία τροφίμων αποτελεί η ασφάλεια των παραγόμενων προϊόντων. (Morya et al., 2020). Σημαντικότερη απειλή αποτελούν οι παθογόνοι μικροοργανισμοί, καθώς αν αυτοί αναπτυχθούν, δύναται να προκαλέσουν τροφικές δηλητηριάσεις, επηρεάζοντας σημαντικά τη δημόσια υγεία.

Υπάρχει πλήθος διαφορετικών μικροοργανισμών που μπορούν να προκαλέσουν μια τροφική ασθένεια (Morya et al., 2020). Η μικροβιολογική ανάπτυξη μπορεί να σχετίζεται με μικροοργανισμούς, όπως τα βακτήρια, οι ζύμες, οι μύκητες, οι ιοί ή τα πρωτόζωα που δύναται να υπάρχουν στα τρόφιμα, και καθώς η παραγωγική διαδικασία, αποτελείται από πολλά διαφορετικά στάδια, υπάρχει η πιθανότητα σε κάποιο από αυτά, το παραγόμενο προϊόν να επιμολυνθεί από κάποιον μικροοργανισμό (Sakudo, 2017). Συνεπώς ο έλεγχος της μικροβιακής ανάπτυξης κρίνεται ως αναγκαίος στη βιομηχανία τροφίμων για την εξασφάλιση της υγείας των καταναλωτών (Aaliya et al., 2021a; Sakudo, 2017).

Οι παθογόνοι μικροοργανισμοί μπορεί συχνά να προκύπτουν από το ίδιο το τρόφιμο και τις πρώτες ύλες που έχουν χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή του. Σε ορισμένες περιπτώσεις, η επιμόλυνση προκαλείται από τον εξοπλισμό παραγωγής και συσκευασίας αλλά και από τυχόν επιμόλυνση προερχόμενη από πλημμελή υγιεινή του χώρου ή του προσωπικού.

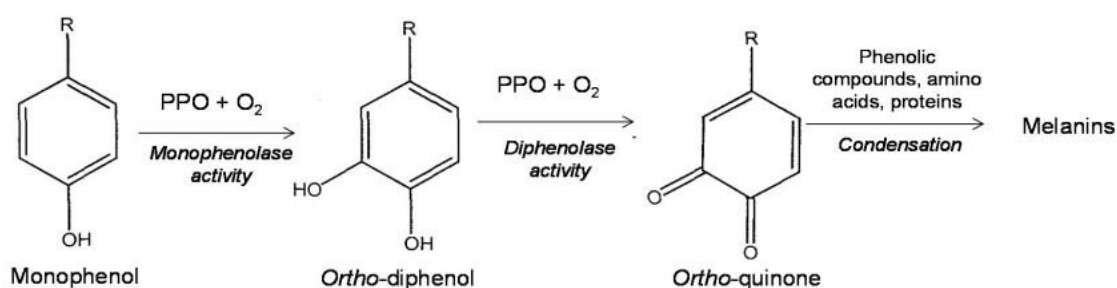


Εικόνα 1- Μικροβιακή αλλοίωση σε φράουλες (Sperber & Doyle, n.d.)

Αρκετοί παράγοντες μπορεί να επηρεάσουν την ανάπτυξη των μικροοργανισμών σε ένα τρόφιμο. Διακρίνονται σε ενδογενείς και εξωγενείς. Οι ενδογενείς παράγοντες περιλαμβάνουν την υγρασία του τροφίμου, το pH, την περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά, αφού τα τρόφιμα αποτελούν ιδανικό υπόστρωμα για την ανάπτυξη των μικροοργανισμών και το οξειδοαναγωγικό δυναμικό. Για την ανάπτυξη των παθογόνων μικροοργανισμών είναι απαραίτητη η ύπαρξη διαθέσιμου νερού, η οποία περιγράφεται ως ενεργότητα νερού ( $a_w$ ). Ακόμα, βασικά θρεπτικά συστατικά για την ανάπτυξη τους μπορεί να είναι το άζωτο, οι βιταμίνες και διάφορα μέταλλα (Morya et al., 2020). Τα τρόφιμα περιέχουν διαφορετικά θρεπτικά συστατικά, γι' αυτό και προσβάλλονται από διαφορετικές κατηγορίες μικροοργανισμών, αντίστοιχα κάθε φορά με τη φύση του τροφίμου και τις συνθήκες που επικρατούν (Morya et al., 2020). Οι εξωγενείς παράγοντες σχετίζονται κυρίως με τις εξωτερικές συνθήκες που επικρατούν, και περιλαμβάνουν τη θερμοκρασία, τη σχετική υγρασία του περιβάλλοντος, τα αέρια που περιέχονται στο περιβάλλον του τροφίμου και την παρουσία άλλων μικροοργανισμών. Η θερμοκρασία σχετίζεται αρκετά με την ανάπτυξη των μικροοργανισμών, αφού οι παθογόνοι μικροοργανισμοί αναπτύσσονται σε ένα μεγάλο εύρος θερμοκρασιών, ανάλογα με το είδος τους. Η σχετική υγρασία, συχνά συνδέεται με την ενεργότητα νερού του τροφίμου και κρίνεται αναγκαίος ο έλεγχος της. Ακόμα, τα αέρια στο περιβάλλον του τροφίμου, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν κατά την επεξεργασία του, διότι διαφορετικοί οργανισμοί αναπτύσσονται παρουσία οξυγόνου ή απουσία, και ο παράγοντας αυτός συνδέεται στενά με το οξειδοαναγωγικό δυναμικό που απαιτούν οι μικροοργανισμοί για την ανάπτυξη τους. Τέλος, σχετικά με την ύπαρξη άλλων μικροοργανισμών, αξίζει να αναφερθεί, πως υπάρχουν μικροοργανισμοί οι οποίοι μπορούν να δράσουν ανταγωνιστικά έναντι άλλων, καταναλώνοντας τα θρεπτικά συστατικά ενός τροφίμου αλλά και να παράγουν τοξικά παράγωγα, τα οποία ως αποτέλεσμα μπορούν να επηρεάζουν την ανάπτυξη άλλων μικροοργανισμών (Barbosa-Cánovas et al., 2015).

## 4.2 Ενζυμική δραστηριότητα

Τα ένζυμα είναι βιολογικοί καταλύτες, που έχουν ως βασική δράση τους την επιτάχυνση χημικών αντιδράσεων. Προέρχονται από φυσικές πηγές και χρησιμοποιούνται σε μεγάλο βαθμό στη βιομηχανία τροφίμων. Οι ενζυμικές αντιδράσεις που πραγματοποιούνται μπορούν να βελτιώσουν ή αντιθέτως να υποβαθμίσουν την ποιότητα του προϊόντος. Για παράδειγμα το ένζυμο πολυφαινολοξειδάση (PPO) είναι απαραίτητο για το οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του τσαγιού και του καφέ, η δραστηριότητα του όμως σε μεταποιημένα φρούτα και λαχανικά, μπορεί να προκαλέσει το φαινόμενο της ενζυμικής αμαύρωσης και συνεπώς τον αποχρωματισμό των προϊόντων.



Εικόνα 2- Σχηματική παρουσίαση δράσης πολυφαινολοξειδάσης PPO στην αμαύρωση τροφίμων (Taranto et al., 2017)

Γενικά, τα ένζυμα στα οποία θα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη σημασία, είναι τα ενδογενή ένζυμα, τα οποία προϋπάρχουν στα τρόφιμα, τα ένζυμα που αποτελούν παράγωγα ανάπτυξης μικροοργανισμών και τα ένζυμα που προστίθεται στα προϊόντα σκόπιμα.

Για την αδρανοποίηση των ενζύμων, όταν αυτά είναι θερμοευαίσθητα, απαιτείται η εφαρμογή θερμικής επεξεργασίας στις ελάχιστες θερμοκρασίες, οι οποίες δεν έχουν μεγάλη επίδραση στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του τροφίμου. Αυτό, παράλληλα μειώνει το ενεργειακό κόστος και διατηρεί τα θερμοευαίσθητα χαρακτηριστικά του προϊόντος. Η μείωση της ενζυμικής δραστηριότητας ή η μετουσίωση των ενζύμων μπορεί να επέλθει με εφαρμογή θερμοκρασίας υψηλότερης ή χαμηλότερης από τη βέλτιστη θερμοκρασία δράσης τους. Παρόλα αυτά η εφαρμογή θερμοκρασίας σχετίζεται με τη θερμοανθεκτικότητα του ενζύμου αλλά και από τις ιδιότητες του τροφίμου ενδιαφέροντος. Συχνά όμως είναι δύσκολη η εφαρμογή του ζεματίσματος 'blanching' ώστε να επιτευχθεί παράλληλα η επιθυμητή ενζυμική αδρανοποίηση διατηρώντας την ποιότητα των προϊόντων (Ashie et al., 1996).



Επιπλέον, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και η διαδικασία της ψύξης και της κατάψυξης. Η ψύξη χρησιμοποιείται κυρίως γιατί καθυστερεί τυχόν αλλοιώσεις που μπορούν να προκύψουν από την ανεπιθύμητη ενζυμική δραστηριότητα, χωρίς να επηρεάζεται η ποιότητα των προϊόντων. Στην κατάψυξη, σε θερμοκρασίες κάτω των  $-18^{\circ}\text{C}$ , το περιεχόμενο στα τρόφιμα νερό, μετατρέπεται σε κρυστάλλους πάγου, και η ενζυμική δραστηριότητα πραγματοποιείται με μειωμένο ρυθμό. Ένας άλλος παράγοντας που συνδέεται με την δράση των περιεχόμενων στο τρόφιμο ενζύμων είναι η περιεκτικότητα σε νερό και συγκεκριμένα η ενεργότητα νερού (Ashie et al., 1996).

Η περιεκτικότητα σε νερό αλλά κυρίως η διαθεσιμότητα του νερού σε κάθε ιστό, σχετίζεται με την δράση των περιεχόμενων στο τρόφιμο ενζύμων. Η πλειοψηφία των χημικών αντιδράσεων επιβραδύνεται σε τιμές ενεργότητας νερού μικρότερες από 0,80. Παρ'όλα αυτά, μπορούν να λάβουν χώρα αντιδράσεις σε αρκετά χαμηλές τιμές  $a_w$ . Η ενζυμική δραστηριότητα έχει βρεθεί αυξημένη, σε περιπτώσεις που αυξάνεται και η περιεκτικότητα σε νερό (Barbosa-Canovas et al., 2020).

Συχνά γίνεται χρήση χημικών αναστολέων, οι οποίοι επιτυγχάνουν την ενζυμική αδρανοποίηση μέσω αλληλεπίδρασης με το ίδιο το ένζυμο ή μέσω αντίδρασης με το υπόστρωμα, ώστε να μην είναι διαθέσιμο για το ένζυμο. Παρά τις επιθυμητές δράσεις των χημικών ουσιών, ορισμένες φορές αποφεύγεται η χρήση τους, λόγω του υψηλού κόστους και της τοξικότητάς τους (Ashie et al., 1996).

Μερικές κατηγορίες χημικών αναστολέων που χρησιμοποιούνται είναι οι παράγοντες θείου, οι αντιοξειδωτικές ουσίες και οι χηλικοί παράγοντες. Οι παράγοντες θείου, περιλαμβάνουν κυρίως το διοξείδιο του θείου και ανόργανα θειώδη άλατα, και είναι ευρέως γνωστοί για τη χρήση τους στη βιομηχανία τροφίμων. Ακόμα, ουσίες που επιλέγονται για την αντιοξειδωτική τους δράση, είναι διάφορες φαινολικές ενώσεις, φλαβονοειδή και το ασκορβικό οξύ. Σημαντικοί αναστολείς θεωρούνται οι χηλικοί παράγοντες, λόγω του γεγονότος ότι ορισμένα ένζυμα, όπως η πολυφαινολοξειδάση, δρουν συσχετιζόμενα με την παρουσία μεταλλικών ιόντων. Συνεπώς, μέσω της χρήσης χηλικών παραγόντων, προάγεται η αφαίρεση των ιόντων αυτών, αδρανοποιώντας τα περιεχόμενα ένζυμα. Ορισμένα παραδείγματα χηλικών ενώσεων είναι πολυκαρβοξυλικά οξέα όπως το κιτρικό και το τρυγικό, μακρομόρια όπως οι πρωτεΐνες, πολυφωσφορικά και το EDTA (Ashie et al., 1996).

Έχει αποδεχθεί ότι οι χρησιμοποιούμενες μέθοδοι έχουν κριθεί συχνά ως ανεπαρκείς, και έχουν γίνει μελέτες για την εφαρμογή άλλων μεθόδων σχετικά με τον έλεγχο της ενζυμικής δράσης σε προϊόντα τροφίμων, εκείνων της υψηλής πίεσης, μιας μεθόδου περιορισμένης εφαρμογής παρά τα ικανοποιητικά αποτελέσματα που μπορεί να έχει, αφού μπορεί να προκαλέσει αλλαγές στο ίδιο το τρόφιμο. Μια άλλη μέθοδος είναι η χρήση ιοντίζουσας ακτινοβολίας. Πολλά ένζυμα δεν αδρανοποιούνται στα επίπεδα ακτινοβολίας τα οποία εφαρμόζονται σε προϊόντα τροφίμων και γι'αυτό δεν χρησιμοποιείται μόνη της ως μέθοδος, αλλά σε συνδυασμό με άλλες ώστε να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα. Αξίζει να αναφερθεί και η χημική τροποποίηση των ενζύμων, όπου μπορούν να προκύψουν ένζυμα με τις επιθυμητές ιδιότητες ανά περίπτωση. Υπάρχουν ορισμένες πρωτεΐνες, οι οποίες έχουν ανασταλτική δράση σχετικά με την ενζυμική δραστηριότητα. (Ashie et al., 1996).

### **4.3 Μηχανικά αίτια**

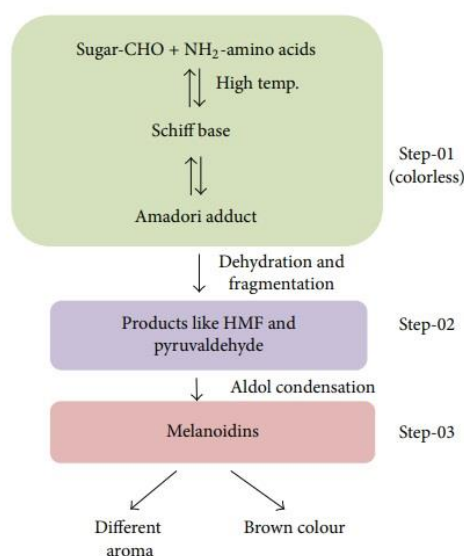
Στα μηχανικά αίτια που μπορούν να υποβαθμίσουν ένα προϊόν, ή και να το αλλοιώσουν, περιλαμβάνονται ενέργειες όπως το χτύπημα ενός τροφίμου, η πίεση του, ο μηχανικός τραυματισμός του και άλλες. Παράδειγμα αποτελούν τα φρούτα και τα λαχανικά, που μπορούν να έχουν κάποιο χτύπημα στην επιφάνεια τους, το οποίο να έχει προκληθεί κατά τη μεταφορά ή διανομή τους, ή μέσω της πτώσης τους. Ανάλογη βλάβη μπορεί να συμβεί και με τη θραύση προϊόντων εύθραυστων, τα οποία μετά τη θραύση τους, να καθίστανται μη αποδεκτά από τον καταναλωτή. Με το χτύπημα και τη θραύση τροφίμων αυτά μπορούν να γίνουν πιο επιρρεπή στη μικροβιακή αλλοίωση, επιτρέποντας την ταχεία μικροβιακή ανάπτυξη. Κρίνεται λοιπόν σημαντική, η ύπαρξη συσκευασίας, ώστε να προστατεύονται σε έναν ικανοποιητικό βαθμό τα προϊόντα, κατά τη μεταφορά και αποθήκευση τους (R.P. Singh, 2000).

#### 4.4 Φυσικοί παράγοντες

Στους φυσικούς παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν ένα προϊόν, περιλαμβάνονται η υγρασία, το οξυγόνο και η θερμοκρασία. Η θερμοκρασία έχει μεγάλη επίδραση στην ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων, όπως για παράδειγμα των φρούτων και των λαχανικών. Συγκεκριμένα, υπάρχουν καρποί, οι οποίοι έχουν συγκεκριμένο θερμοκρασιακό εύρος ανάπτυξης και ωρίμανσης και συνεπώς, σχετίζεται και με τη διάρκεια ζωής τους. Ακόμα, ορισμένοι καρποί είναι ευαίσθητοι σε χαμηλές θερμοκρασίες, δηλαδή θερμοκρασίες ψύξης, όπου είναι δυνατό να προκληθεί το λεγόμενο «έγκωμα ψύξης» (chilling injury). Οι σημαντικότερες επιπτώσεις αυτού του φαινομένου είναι το σκάσιμο στην επιφάνεια, ο αποχρωματισμός και η επιταχυνόμενη γήρανση του ιστού ή η υπερωρίμανσή του (R.P. Singh, 2000).

#### 4.5 Χημικές αντιδράσεις

Μια από τις βασικές χημικές αντιδράσεις που μπορούν να λάβουν χώρα είναι η αντίδραση Maillard. Προκύπτει από την εν θερμώ αντίδραση ενός αναγωγικού σακχάρου με μια αζωτούχα ένωση. Κατά την αντίδραση αυτή, σχηματίζεται υδροξυμεθυλοφορφοϋράλη (HMF), κοινό χαρακτηριστικό με την καραμελοποίηση των σακχάρων (Σφλώμος Κωνσταντίνος, 2011).



Εικόνα 3- Βήματα αντίδρασης Maillard (Tamanna & Mahmood, 2015)

Η αντίδραση αυτή επηρεάζει τα συστατικά των τροφίμων και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, με πιο γνωστή μεταβολή τον καφέ χρωματισμό των τροφίμων στα οποία λαμβάνει χώρα. Μερικά παραδείγματα τροφίμων, στα οποία η αντίδραση Maillard είναι επιθυμητή, είναι το ψωμί, ο καφές και το κρέας, όπου σε αυτές τις περιπτώσεις οι επιθυμητές αλλαγές περιλαμβάνουν την εμφάνιση ξεχωριστών γεύσεων. Υπάρχουν όμως και περιπτώσεις στις οποίες προκαλούνται ανεπιθύμητες μεταβολές στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του τροφίμου, όπως είναι ο καφέ χρωματισμός κατά την παραγωγή σκόνης γάλακτος ή αφυδατωμένων λαχανικών (Σφλώμος Κωνσταντίνος, 2011).

Επηρεάζονται τα θρεπτικά χαρακτηριστικά των τροφίμων μέσω της δέσμευσης και της καταστροφής απαραίτητων αμινοξέων, εμφανίζονται συχνά ανεπιθύμητες γεύσεις και αρώματα και είναι πιθανό να παραχθούν τοξικές ουσίες. Για τον περιορισμό του φαινομένου, κρίνεται απαραίτητος ο έλεγχος της θερμοκρασίας και η μείωση της, η διαθεσιμότητα των αντιδρώντων ουσιών με την απομάκρυνση κάποιων από αυτά αλλά και μέσω του ελέγχου της ενεργότητας νερού, αφού η ταχύτητα της αντίδρασης είναι μεγάλη σε τιμές  $a_w=0,8$  (Σφλώμος Κωνσταντίνος, 2011).

Τα σάκχαρα γενικά, μέσω της θέρμανσης σε θερμοκρασίες υψηλότερες των  $100^{\circ}\text{C}$ , θερμαίνονται και προκύπτουν ουσίες με χαρακτηριστικό άρωμα και χρώμα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το ψωμί του τοστ με το χαρακτηριστικό καφετί χρώμα. Οι εν λόγω φυσικοχημικές μεταβολές αποτελούν την καραμελοποίηση, και μπορούν να πραγματοποιηθούν και σε χαμηλότερες θερμοκρασίες, υπό την παρουσία οξέων ή βάσεων (Σφλώμος Κωνσταντίνος, 2011).

Μια άλλη χημική αντίδραση, που αξίζει να αναφερθεί, είναι εκείνη της οξειδωτικής τάγγισης. Η τάγγιση, που είναι έντονη σε τροφές όπως είναι τα έλαια και τα λιπαρά τρόφιμα, αποτελεί πιθανή αιτία αλλοίωσης πολλών κατηγοριών τροφίμων. Η αιτία της οξειδωτικής τάγγισης, είναι η απορρόφηση του οξυγόνου από τη λιπαρή ύλη. Υπεύθυνες ενώσεις για την οξειδωτική τάγγιση είναι οι ελεύθερες ρίζες, προσφέροντας οξυγόνο σε άλλα μόρια, τα οποία στη συνέχεια οξειδώνονται. Το φαινόμενο της οξειδωτικής τάγγισης επηρεάζεται από το είδος και τη σύσταση των λιπαρών οξέων, την παρουσία τυχόν αντιοξειδωτικών ενώσεων, τη θερμοκρασία, το φως και την υγρασία κατά την αποθήκευση του τροφίμου (Σφλώμος Κωνσταντίνος, 2011).

## 4.6 Παράσιτα, Έντομα, Τρωκτικά

Τα έντομα και τα τρωκτικά συνιστούν απειλή για τη βιομηχανία τροφίμων, αφού προέρχονται συχνά από μη καθαρές και μολυσμένες περιοχές και μπορούν να επιμολύνουν τα τρόφιμα και τον εξοπλισμό. Είναι απαραίτητο να λαμβάνονται προληπτικά μέτρα για την εξάλειψη και την αποτροπή εμφάνισης τέτοιων ζώντων οργανισμών. Συγκεκριμένα, θα πρέπει να προστατεύονται οι χώροι επεξεργασίας προϊόντων στην είσοδο τους, και στην περίπτωση που έντομα και τρωκτικά καταφέρουν να εισέλθουν στο χώρο, να εξαλειφθούν επιτυχώς, με κατάλληλα προγράμματα υγιεινής (GMP, Good Manufacturing Practice, GHP, Good Hygiene Practice) (Norman G. Marriott, 2018).

Μεταφέρουν μεγάλο αριθμό παθογόνων μικροοργανισμών και μπορούν να επηρεάσουν αρνητικά την υγεία των εργαζομένων αλλά και των καταναλωτών. Τα κύρια μέτρα που πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή είναι μέτρα για την προστασία κατά την κατασκευή της εγκατάστασης και προληπτικά μέτρα, τα οποία περιλαμβάνουν την καθαριότητα και την ευταξία στους χώρους τις εγκαταστάσεις. Απαραίτητη είναι η συνεργασία της επιχείρησης με εταιρεία καταπολέμησης εντόμων και τρωκτικών, για τη συχνή παρακολούθηση του χώρου και παρέμβαση όπου κρίνεται απαραίτητο (Δ. Καλογρίδου-Βασιλειάδου, 2008).

Η αντιμετώπιση τρωκτικών, περιλαμβάνει τη χρήση παγίδων και τη χρήση δολωματικών σταθμών. Από την άλλη μεριά, η αντιμετώπιση εντόμων περιλαμβάνει, χρήση εντομοκτόνων σε μορφή σκόνης, δολωμάτων ή λακκών. Για όλα τα παραπάνω, θα πρέπει να τηρείται σχετικό αρχείο παρακολούθησης, που να αναφέρονται τα αποτελέσματα των ελέγχων με τα πιθανά ευρήματα και άλλες χρήσιμες για την καταπολέμηση των ξενιστών πληροφορίες (Δ. Καλογρίδου-Βασιλειάδου, 2008).

## 5. Επεξεργασία και συντήρηση τροφίμων

Η επεξεργασία και συντήρηση των τροφίμων έχει ως βασικό σκοπό την καταστροφή τυχόν μικροοργανισμών που μπορούν να αναπτυχθούν κατά τη διάρκεια ζωής του τροφίμου, επενεργώντας στους μηχανισμούς ομοιόστασης των μικροοργανισμών και τη δημιουργία συνθηκών μη βιώσιμων, ώστε να καθίσταται ένα εχθρικό περιβάλλον γ'αυτούς. Εκτός αυτού, αποτρέπεται μέσω της επεξεργασίας, η ενζυμική δραστηριότητα, παρατείνεται η διάρκεια ζωής των προϊόντων και καταστρέφονται τυχόν τοξίνες που υπάρχουν στο τρόφιμο. Παράλληλα, βελτιώνεται η πεπτικότητα των θρεπτικών ουσιών και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά όπως είναι η υφή (van Boekel et al., 2010a).

Η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου επεξεργασίας ή συντήρησης ενός τροφίμου είναι μια πολύπλοκη διαδικασία και εξαρτάται από τη φύση και το είδος του προϊόντος, τη διάρκεια ζωής του, τη διατήρηση των οργανοληπτικών του χαρακτηριστικών χωρίς να λάβει χώρα τυχόν υποβάθμισή του, το κόστος αλλά και τη δυνατότητα εφαρμογής της μεθόδου στην πράξη σε μια βιομηχανία τροφίμων (Ιωάννη Γ. Μπλούκα, 2004).

Έχουν αναπτυχθεί πολλές τεχνικές συντήρησης τροφίμων όπως είναι ο περιορισμός του διαθέσιμου νερού, η παστερίωση, η εμπορική αποστείρωση, η προσθήκη διάφορων αντιμικροβιακών ουσιών αλλά και νέες τεχνολογίες, που συνεχώς δοκιμάζονται ώστε να προκύπτουν τρόφιμα ασφαλή και οργανοληπτικά αποδεκτά. Τέτοιες νέες τεχνολογίες μπορεί να είναι η ωμική θέρμανση και η ραδιοσυχνότητα (I. Khan et al., 2017; Negi, 2012), η επεξεργασία υψηλής πίεσης, η εφαρμογή παλμικών ηλεκτρικών πεδίων, η υπεριώδης ακτινοβολία, οι οποίες χρησιμοποιούνται πρωτίστως για τη μικροβιακή αδρανοποίηση.

Ορισμένες από τις επεξεργασίες που αναφέρθηκαν προϋποθέτουν την εφαρμογή θερμικής επεξεργασίας ενώ άλλες όχι. Μερικές από αυτές είναι η παστερίωση, η αποστείρωση, η ξήρανση και η εξάτμιση. Αυτές οι μέθοδοι περιλαμβάνουν την παραγωγή θερμότητας έξω από το προϊόν και τη μεταφορά της σε αυτό μέσω αγωγής και μεταφοράς (Pereira & Vicente, 2010).

Όσον αφορά στη θερμική επεξεργασία, αξίζει να αναφερθούν τα οφέλη που προσφέρει στη βιομηχανία τροφίμων. Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα της θερμικής επεξεργασίας είναι η αδρανοποίηση των παθογόνων μικροοργανισμών, η αδρανοποίηση

τοξινών και ενζύμων, η αύξηση της διάρκειας ζωής του τροφίμου, η βελτιωμένη πέψη και βιοδιαθεσιμότητα σημαντικών θρεπτικών συστατικών, οργανοληπτικά χαρακτηριστικά όπως η επίδραση στη γεύση και την υφή και διάφορα λειτουργικά οφέλη για την υγεία. Αν και οι μέθοδοι θερμικής συντήρησης παρέχουν ασφαλέστερα τρόφιμα, περιορίζονται λόγω των ανεπιθύμητων συνεπειών που έχουν. Τα σημαντικότερα μειονεκτήματα της θερμικής επεξεργασίας είναι οι απώλειες θρεπτικών συστατικών, ο σχηματισμός ανεπιθύμητων και βλαβερών για την υγεία ουσιών, η επίδραση στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά όπως είναι η μεταβολή της υφής, ο αποχρωματισμός και η αρνητική επίδραση στη γεύση. Η θερμική επεξεργασία, για να λειτουργεί θετικά θα πρέπει να ελέγχεται ώστε να περιορίζονται οι δυσμενείς συνέπειες από την εφαρμογή της (van Boekel et al., 2010b).

Όπως είναι γνωστό, έχουν αλλάξει σημαντικά οι προτιμήσεις και οι επιλογές των καταναλωτών σχετικά με τα τρόφιμα που καταναλώνουν. Αυτοί επιθυμούν ασφαλή προϊόντα, που να μην απέχουν από τα φρέσκα και ελάχιστα επεξεργασμένα τρόφιμα χωρίς τη χρήση συντηρητικών ουσιών. Επίσης, ορισμένοι καταναλωτές προτιμούν πιο περιβαλλοντικά φιλικές τεχνολογίες παρασκευής τροφίμων. Βασικός στόχος των νέων μεθόδων επεξεργασίας και συντήρησης χωρίς την εφαρμογή θερμικής επεξεργασίας είναι η ελαχιστοποίηση της υποβάθμισης των ποιοτικών χαρακτηριστικών τροφίμων διατηρώντας την αρχική, ανώτερη ποιότητά τους (Señorans et al., 2003). Νέες μη θερμικές τεχνολογίες (novel, non thermal technologies) όπως είναι η εφαρμογή υπερήχων, η εφαρμογή υπερυψηλής πίεσης, η εφαρμογή παλμικών ηλεκτρικών πεδίων και παλμικού φωτός, αδρανοποιούν τους μικροοργανισμούς σε θερμοκρασίες αρκετά χαμηλότερες από τις παραδοσιακές μεθόδους θερμικής επεξεργασίας. Αυτό συνεπάγεται την αποφυγή της θερμικής υποβάθμισης των τροφίμων, διατηρώντας παράλληλα τα θρεπτικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των φρέσκων προϊόντων (Pereira & Vicente, 2010).

Η αποτελεσματικότητα αυτών των τροφίμων σχετικά με την παραγωγή ήπια επεξεργασμένων τροφίμων, ασφαλών και ποιοτικά αποδεκτών, αποτέλεσε το έναυσμα για την τεχνολογία εμποδίων. Στην περίπτωση αυτή, μπορούν να συνδυαστούν παραδοσιακές μέθοδοι μαζί με νέες τεχνολογίες. Η μέθοδος αυτή και τα διαφορετικά εμπόδια που χρησιμοποιούνται σε κάθε περίπτωση αναλύονται στη συνέχεια.

## 6. Τεχνολογία Εμποδίων

### 6.1 Γενικά

Με την πάροδο των χρόνων, μελετήθηκε η εφαρμογή πολλαπλών συντηρητικών παραγόντων, που ονομάζονται αλλιώς και «εμπόδια» (hurdles) για τη μικροβιολογική σταθερότητα και την ασφάλεια ενός τροφίμου. Βρέθηκε πως η παράλληλη επίδραση αυτών των παραγόντων μπορεί να επηρεάσει σε μεγάλο βαθμό τη συντήρηση των τροφίμων και να έχει θετική επίδραση σε αυτή. Τα εμπόδια που εφαρμόζονται μπορούν να δρουν διαδοχικά, δηλαδή το ένα μετά το άλλο ή και παράλληλα. Με αυτό τον τρόπο, προέκυψε μια εναλλακτική μέθοδος επεξεργασίας, που διαφέρει από τις παραδοσιακές μεθόδους επεξεργασίας, η τεχνολογία εμποδίων, γνωστή ως “Hurdle Technology”. Η μέθοδος μπορεί να καταστήσει ένα προϊόν ασφαλές και μικροβιολογικά σταθερό κατά την αποθήκευση του αλλά και να βελτιώσει την ποιότητα του (Lothar Leistner, 2002).

Ο Leistner, ο οποίος ήταν εκείνος που μελέτησε αρχικά την εν λόγω μέθοδο το 1978, και παρουσίασε την έννοια των εμποδίων, τα οποία μπορούν να διαφέρουν ως προς τον τύπο και την ένταση τους, ανάλογα με το προϊόν που υφίσταται επεξεργασία κάθε φορά. Η αποτελεσματικότητα της προσέγγισης της εφαρμογής των πολλαπλών εμποδίων, προϋποθέτει πως οι μικροοργανισμοί που αρχικά υπάρχουν στο τρόφιμο, δεν είναι ικανοί να ξεπεράσουν τα εμπόδια και να αναπτυχθούν, γεγονός που θα προκαλούσε την αλλοίωση του τροφίμου ή κάποια πιθανή τροφική δηλητηρίαση (Lothar Leistner, 2002).

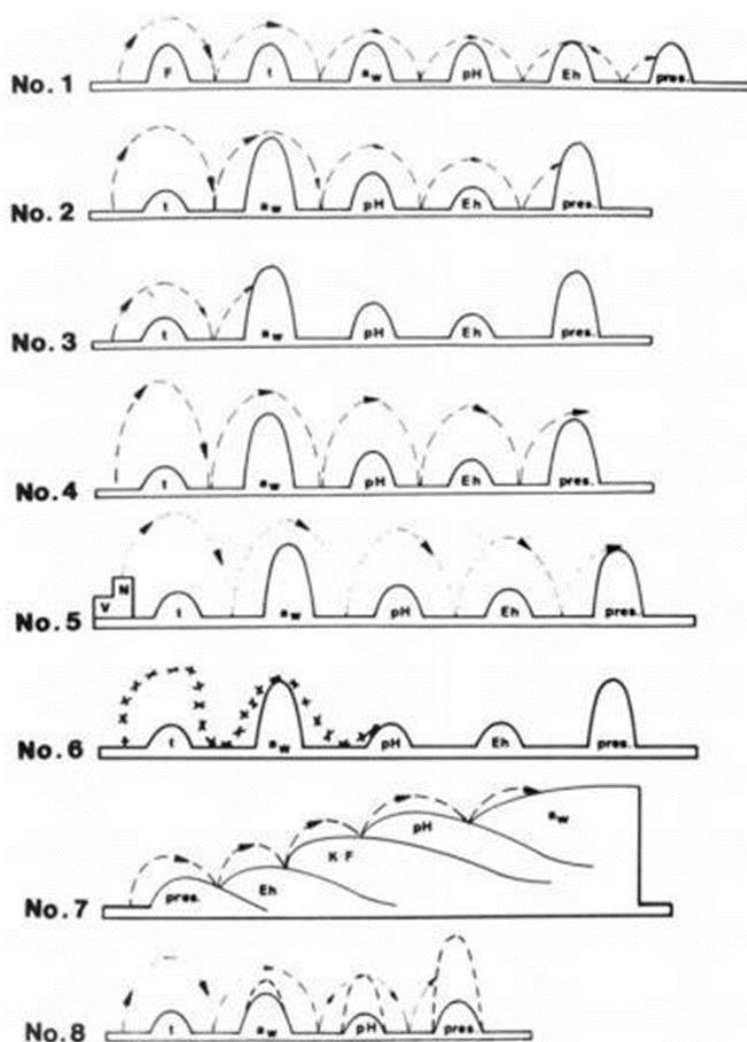
Αυτή η μέθοδος ονομάζεται τεχνολογία εμποδίων ή αλλιώς hurdle technology, barrier technology και εφαρμόζεται σε μεγάλο βαθμό στη βιομηχανία τροφίμων (Leistner, 1994b). Μπορεί να εφαρμοστεί σε πληθώρα κατηγοριών τροφίμων. Αυτά περιλαμβάνουν κρέατα και κρεατοσκευάσματα, ψάρια και ιχθυηρά, φρούτα και λαχανικά, αλλά και γαλακτοκομικά. (Leistner, 2000).

Τα τρόφιμα που προκύπτουν από τη μέθοδο αυτή, ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις των καταναλωτών, αφού τα προϊόντα υφίστανται πιο ήπια επεξεργασία και διατηρούν σε μεγάλο βαθμό τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά τους. Με την πάροδο των χρόνων, χρησιμοποιείται ολοένα και πιο πολύ στη βιομηχανία, για την ανάπτυξη νέων προϊόντων καθώς και άλλων βελτιωμένων τελικών προϊόντων. Παράγονται έτσι ελάχιστα επεξεργασμένα τρόφιμα (minimally processed foods), διάφορα ζυμούμενα προϊόντα αλλά και προϊόντα σταθερά σε συνθήκες περιβάλλοντος (Ιωάννη Γ. Μπλούκα, 2004).



## 6.2 Αρχή Τεχνολογίας Εμποδίων

Τα εμπόδια που εφαρμόζονται μπορούν να έχουν αθροιστική δράση, δηλαδή μπορούν να προσβάλλουν όλα τον ίδιο μηχανισμό ομοιόστασης των μικροοργανισμών, και η επίδραση του κάθε εμποδίου να ωφελεί αθροιστικά τη μικροβιολογική σταθερότητα του τροφίμου. Ακόμα, τα εμπόδια μπορεί να έχουν συνεργιστική δράση, όπου τα εμπόδια προσβάλλουν διαφορετικό μηχανισμό ομοιόστασης. Όμως, υπάρχει και η διαδοχική δράση των εμποδίων, με την οποία τα εμπόδια επενεργούν διαδοχικά και κάθε εμπόδιο έχει την ικανότητα να δημιουργεί τις κατάλληλες συνθήκες για την εφαρμογή του επόμενου εμποδίου.



Εικόνα 4 - Εφαρμογή πολλαπλών εμποδίων, F= υψηλές θερμοκρασίες θέρμανσης, t=χαμηλές θερμοκρασίες ψύξης,  $a_w$ = ενεργότητα ύδατος, pH= ενεργός οξύτητα, Eh = οξειδοαναγωγικό δυναμικό, pres = συντηρητικά, V= βιταμίνες, N= θρεπτικά συστατικά, (L. Leistner, 1994).

Στο παραπάνω σχήμα περιγράφονται οκτώ διαφορετικές περιπτώσεις της τεχνολογίας πολλαπλών εμποδίων, εφαρμόζοντας έξι διαφορετικά εμπόδια. Αυτά περιλαμβάνουν τη θερμική επεξεργασία σε μια τιμή F, τη χρήση συντηρητικών, το pH, την ενεργότητα νερού, το οξειδοαναγωγικό δυναμικό και τη συντήρηση υπό ψύξη.

Στην πρώτη περίπτωση, τα έξι εμπόδια είναι ίδιας έντασης, δηλαδή εφαρμόστηκε στο τρόφιμο θερμική επεξεργασία σε μία τιμή F, προστέθηκαν συντηρητικά, το pH διατηρήθηκε σε μια συγκεκριμένη τιμή, το ίδιο και η ενεργότητα νερού αλλά και το οξειδοαναγωγικό δυναμικό και στη συνέχεια διατηρήθηκε σε ψύξη. Υπάρχουν μικροοργανισμοί που μπορούν να ξεπεράσουν ορισμένα από αυτά τα εμπόδια, όμως κανένα δεν θα μπορέσει να ξεπεράσει όλα τα εμπόδια, καθιστώντας το τρόφιμο ασφαλές για κατανάλωση.

Στην δεύτερη περίπτωση, τα εμπόδια που εφαρμόζονται έχουν διαφορετική ένταση μεταξύ τους. Αυξημένης σημασίας στην περίπτωση αυτή είναι η ενεργότητα νερού και η χρήση συντηρητικών. Τα εμπόδια που περιγράφονται επαρκούν ώστε να μην επιτρέψουν στους μικροοργανισμούς να επιζήσουν και να αναπτυχθούν.

Στην τρίτη περίπτωση, είναι εμφανής η σημασία του αρχικού μικροβιολογικού φορτίου του προϊόντος. Αν ο παράγοντας αυτός κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα, θα απαιτούνται λιγότερα εμπόδια για να επιτευχθεί η μικροβιολογική σταθερότητα του τροφίμου.

Στην τέταρτη περίπτωση, φαίνεται πως το αρχικό μικροβιολογικό φορτίο, όταν είναι αρκετά αυξημένο, δεν καθιστά εφικτή την παρεμπόδιση των μικροοργανισμών από τα πέντε εφαρμοζόμενα εμπόδια. Συνεπώς, είναι σημαντικό να τηρούνται οι κατάλληλες συνθήκες υγιεινής κατά την παραγωγική διαδικασία και κατά τη χρήση των πρώτων υλών, ώστε να χρειάζονται λιγότερα εμπόδια ή τα εμπόδια να είναι χαμηλότερα σε ένταση.

Στην πέμπτη περίπτωση, διακρίνεται το πόσο σημαντικό ρόλο παίζουν τα θρεπτικά στοιχεία και οι βιταμίνες κατά την επιλογή των εμποδίων. Η ύπαρξη τους ευνοεί την ανάπτυξη και τον πολλαπλασιασμό των μικροοργανισμών, δρώντας ως ένα εξαιρετικά ευνοϊκό υπόστρωμα γι'αυτούς. Για να αποφευχθεί η ανάπτυξη τους, κρίνεται αναγκαία η δράση πολλών εμποδίων ακόμα και η αύξηση της έντασης τους.

Στην έκτη περίπτωση, περιγράφεται η σημαντικότητα της εφαρμογής μιας ήπιας επεξεργασίας, όπου οι βλαστικές μορφές που παραμένουν με την εφαρμογή ορισμένων περαιτέρω εμποδίων μπορούν να καταστραφούν.

Στην έβδομη περίπτωση, ορισμένες κατηγορίες τροφίμων απαιτούν διαδοχική εφαρμογή εμποδίων για την αποφυγή ανάπτυξης των μικροοργανισμών κατά την παραγωγή και ωρίμανση τους.

Τέλος, στην όγδοη και τελευταία περίπτωση που περιγράφει το σχήμα, φαίνεται η συνεργιστική δράση των εμποδίων. Τα εμπόδια αυτά βλάπτουν διαφορετικές ιδιότητες του κυττάρου και προκαλούν διαφορετικές αλλαγές στο μηχανισμό ομοιόστασης του μικροοργανισμού. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την καταστροφή του, δείχνοντας τη σημαντικότητα της συνεργιστικής δράσης στη μικροβιολογική σταθερότητα του τροφίμου (Ιωάννη Γ. Μπλούκα, 2004).

### 6.3 Επιλογή και Εφαρμογή Εμποδίων

Τα εμπόδια που εφαρμόζονται, έχουν θετική επίδραση, όμως σε περίπτωση που η ένταση τους δεν είναι η απαιτούμενη για κάθε περίπτωση και είδος τροφίμου, μπορούν να επηρεάσουν αρνητικά τις ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά του προϊόντος. Αυτό, εξαρτάται από την ένταση τους, όπου για παράδειγμα υπάρχουν προϊόντα τα οποία όταν ψύχονται γρήγορα σε χαμηλές θερμοκρασίες, εμφανίζουν το λεγόμενο «έγκαυμα ψύξης» (chilling injury). Για να μην υπάρχουν τέτοιες μεταβολές και τα τρόφιμα να έχουν τα κατάλληλα για την κάθε κατηγορία χαρακτηριστικά, θα πρέπει τα εμπόδια να εφαρμόζονται σε ένα συγκεκριμένο εύρος έντασης (Leistner, 1994b). Συγκεκριμένα, το εύρος της έντασης τους σχετίζεται με το είδος του τροφίμου, τις οργανοληπτικές αλλοιώσεις που μπορεί να προκληθούν αλλά και την μικροβιακή χλωρίδα που μπορεί να αναπτυχθεί, έχοντας υπόψιν την ολική ποιότητα του προϊόντος (Leistner, 1994a). Ο πληθυσμός των μικροοργανισμών χρειάζεται να είναι ελεγχόμενος και αυτοί, να μη μπορούν να ξεπεράσουν τα εμπόδια που εφαρμόζονται σε κάθε περίπτωση καθώς υπάρχει ο κίνδυνος αλλοίωσης και τροφικής δηλητηρίασης (Leistner, 1995a,b) (Leistner, 2000).

Οι μέθοδοι που επιλέγονται είναι ηπιότερης έντασης, συνεπώς λαμβάνει χώρα αρκετά λιγότερη κατανάλωση ενέργειας. Τα τρόφιμα που προκύπτουν, έχουν υποστεί μια πιο ήπια επεξεργασία, με αποδεκτά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά και είναι μικροβιολογικά ασφαλή (Ιωάννη Γ. Μπλούκα, 2004). Η τεχνολογία εμποδίων εφαρμόζεται κυρίως για τη μικροβιολογική ασφάλεια των προϊόντων. Όμως, αυτό δεν σημαίνει ότι δεν έχει ως παράλληλο στόχο την καλύτερη διατήρηση της αρχικής τους ποιότητας.

Γενικά, για τη συντήρηση των τροφίμων, είναι αναγκαίο να επικρατούν εχθρικές για τους μικροοργανισμούς συνθήκες, με σκοπό την αποφυγή της ανάπτυξης τους ή ακόμα και να προκληθεί ο θάνατος τους (Leistner, 1995a,b)(Leistner, 2000).

### 6.4 Μηχανισμοί

Βασικός στόχος της τεχνολογίας εμποδίων αποτελεί η διατάραξη της ομοιόστασης των ενδιαφερόμενων μικροοργανισμών. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω την έκθεσης τους σε ένα χημικό, φυσικό ή περιβαλλοντικό στρες (Oh et al., 2019). Όμως, τέσσερις είναι οι

μηχανισμοί που σχετίζονται με την τεχνολογία εμποδίων, και περιλαμβάνουν την ομοιόσταση, τη μεταβολική εξάντληση, την αντίδραση στην παρουσία στρες και την εφαρμογή πολλαπλών στόχων (Aaliya et al., 2021b).

#### **6.4.1 Ομοιόσταση**

Ο πιο σημαντικός μηχανισμός, που αξίζει να αναφερθεί είναι η ομοιόσταση των μικροοργανισμών (Gould, 1988) και η διατάραξή της. Γενικά ως ομοιόσταση, περιγράφεται η τάση για ομοιομορφία και σταθερότητα στο εσωτερικό περιβάλλον των οργανισμών, παρά τις αλλαγές που λαμβάνουν χώρα στο εξωτερικό περιβάλλον. Ένα παράδειγμα είναι η διατήρηση του pH, το οποίο αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα των ζώντων κυττάρων των ανώτερων οργανισμών αλλά και των μικροοργανισμών (Haussinger D. (Ed), 1988).

Στην περίπτωση που η ομοιόσταση διαταραχθεί από την εφαρμογή παραγόντων δηλαδή εμποδίων που εφαρμόζονται στα τρόφιμα, οι μικροοργανισμοί δεν θα είναι σε θέση να πολλαπλασιαστούν. Στην πράξη αυτό σημαίνει πως οι μικροοργανισμοί παραμένουν σε φάση υστέρησης ή πεθαίνουν (Aaliya et al., 2021b). Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, τα εμπόδια που εφαρμόζονται στα τρόφιμα, συνδυάζονται έτσι ώστε να βελτιώσουν τη μικροβιακή και χημική σταθερότητα, τα οργανοληπτικά και θρεπτικά χαρακτηριστικά των προϊόντων. Μέσω της εφαρμογής τους, βελτιώνεται αισθητά η συνολική ποιότητά τους, εφόσον τα εμπόδια συνδυαστούν κατάλληλα (Leistner, 2000b; Leistner L, 1985). Με την εφαρμογή των εμποδίων επιτυγχάνεται η διατήρηση των τροφίμων μέσω της διατάραξης της ομοιόστασης των μικροοργανισμών, μεταβολή η οποία μπορεί να είναι προσωρινή αλλά και μόνιμη (Leistner, 2000b).

Έχει αποδειχθεί πως διαφορετικά εμπόδια δεν έχουν απλά μια πρόσθετη επίδραση, αλλά συνεργιστική ως προς τη σταθερότητα των τροφίμων (Leistner, 1978). Αυτό, μπορεί να πραγματοποιηθεί, στην περίπτωση όπου τα εφαρμοζόμενα εμπόδια στοχεύσουν διαφορετικούς στόχους του μικροβιακού κυττάρου. Μερικά παραδείγματα τέτοιων στόχων είναι η κυτταρική μεμβράνη του κυττάρου, το DNA του, το pH και η ενεργότητα νερού (Leistner & Gorris, 1994). Συνεπώς, ο καλύτερος τρόπος είναι η εφαρμογή πολλαπλών εμποδίων, σχετικά με τη διαταραχή της ομοιόστασης (Aaliya et al., 2021b).

Σχετικά με την εφαρμογή πολλαπλών εμποδίων, είναι πιο αποτελεσματική η χρήση των διαφορετικών εμποδίων σε μικρότερη ποσότητα ή ένταση από ένα μόνο συντηρητικό

παράγοντα ώστε να λάβει χώρα η συνεργιστική τους δράση (Leistner, 1994a). Στην περίπτωση αυτή, όπου η εφαρμογή των εμποδίων μικρότερης έντασης, είναι ικανή η επίτευξη ήπιας αλλά αρκετά αποτελεσματικής συντήρησης των προϊόντων (Leistner & Gorris, 1994).

Ως ομοιοστατικοί μηχανισμοί θεωρούνται εκείνοι όπου όταν πραγματοποιείται μια μεταβολή στο περιβάλλον τους και αυτό διαταράσσεται, ενεργοποιούνται ώστε να διατηρήσουν τις συνθήκες εντός του κυττάρου σταθερές. Έτσι οι φυσιολογικές δραστηριότητες μέσα στα μικροβιακά κύτταρα δεν μεταβάλλονται. Οι περισσότεροι μηχανισμοί ενεργοποιούνται όταν το κύτταρο πρέπει να καταναλώσει ενέργεια για την αντιμετώπιση της κατάστασης υπό στρες που προκαλείται από το εχθρικό περιβάλλον γύρω από το κύτταρο (L Leistner, 2004).

Οι μικροοργανισμοί, όταν υποβάλλονται σε μια στρεσογόνα κατάσταση, συνθέτουν νέα κυτταρικά συστατικά, διορθώνουν τις μεταβολές των συστατικών που έχουν καταστραφεί, αυξάνουν τη μεταφορά μορίων κ.α. Αυτές οι διαδικασίες, δεν θα επιτευχθούν εάν το στρες στο οποίο υποβάλλονται τα κύτταρα είναι ιδιαίτερος έντονο ή αν υπάρχει περιορισμένη ενέργεια όπως συμβαίνει κατά τη συσκευασία ενός προϊόντος σε συνθήκες κενού στο περιβάλλον του τροφίμου. Στα κύτταρα των βακτηρίων, οι παθητικοί μηχανισμοί σχετικά με την ομοιόσταση βρίσκονται στα κύτταρα κατά τη διάρκεια που λαμβάνει χώρα ο μηχανισμός. Αυτό περιλαμβάνει την αντίσταση τους σε αλλαγές όπως η θέρμανση και το στρες. Σχετικά με τους πληθυσμούς των μικροοργανισμών, αξίζει να αναφερθεί η αλληλεπίδραση των μικροβίων αλλά και οι ανταγωνιστικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ της χλωρίδας. Ένα παράδειγμα είναι η σύνθεση βακτηριοσινών από τα γαλακτικά βακτήρια. Σε αρκετά διατηρημένα τρόφιμα, οι μικροοργανισμοί που μπορούν να προκαλέσουν τυχόν μόλυνση, αντιδρούν ομοιοστατικά. Κάποιες από τις ομοιοστατικές αντιδράσεις των μικροοργανισμών είναι οι αντιδράσεις τους σε χαμηλό pH, συντηρητικά οργανικών οξέων, μειωμένης δραστηριότητας νερού αλλά και χαμηλές και υψηλές θερμοκρασίες. Εφόσον οι αντιδράσεις καταφέρουν και ξεπεραστούν από τα κατάλληλα εμπόδια και το συνδυασμό τους, επέρχεται βελτίωση της συντήρησης τροφίμων (L Leistner, 2004). Αυτός είναι και ο σκοπός της συντήρησης, να διαταράσσεται η ομοιόσταση παροδικά ή και μόνιμα (Gould, 1988, 1995; Leistner, 2000).

## 6.4.2 Μεταβολική Εξάντληση

Ένας άλλος μηχανισμός που είναι αρκετά σημαντικός είναι η μεταβολική εξάντληση των μικροοργανισμών. Οι μικροοργανισμοί που δεν είναι δυνατό να αναπτυχθούν, θα πεθάνουν. Η θανάτωση τους είναι γρηγορότερη στην περίπτωση που η σταθερότητα βρίσκεται κοντά στο επίπεδο για την ανάπτυξη, η θερμοκρασία είναι αυξημένη, περιλαμβάνονται αντιμικροβιακές ουσίες και οι μικροοργανισμοί τραυματίζονται (L. Leistner, 1995a). Οι μικροοργανισμοί που περιλαμβάνονται σε τρόφιμα σταθερά παραγόμενα μέσω της τεχνολογίας εμποδίων, χρησιμοποιούν όλους τους πιθανούς μηχανισμούς για την επαναφορά της ομοιόστασης, καταναλώνοντας την ενέργεια τους, με αποτέλεσμα να πεθαίνουν μέσω της μεταβολικής εξάντλησης τους. Το γεγονός αυτό, προκαλεί τη λεγόμενη αυτό-αποστείρωση των προϊόντων (L. Leistner, 1995b).

Μέσω της αυτόματης αποστείρωσης των τροφίμων, τα τρόφιμα καθίστανται περισσότερο ασφαλή κατά την διατήρηση και αποθήκευση τους, και συγκεκριμένα σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η σαλμονέλα, η οποία επιβιώνει από την διεργασία της ωρίμανσης σε ζυμώμενα προϊόντα όπως είναι τα λουκάνικα. Συγκεκριμένα, εξαφανίζεται όταν αυτά αποθηκεύονται σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος, σε αντίθεση με προϊόντα υπό ψύξη (L. Leistner, 1995a). Ένα ακόμα παράδειγμα αποτελεί η μαγιονέζα, όπου η σαλμονέλα επιβιώνει καλύτερα υπό ψύξη παρά σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος.

Μέσα από έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί με την πάροδο των χρόνων, συμπεραίνεται πως μεταβολική εξάντληση επιταχύνεται στην περίπτωση που υπάρχουν περισσότερα εμπόδια. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι οι απαιτήσεις σε ενέργεια είναι αυξημένες στην περίπτωση αυτή με σκοπό τη διατήρηση της ομοιόστασης των μικροοργανισμών σε στρεσογόνες καταστάσεις. Από τα παραπάνω, παρατηρείται πως η συντήρηση προϊόντων υπό ψύξη δεν δρα πάντα θετικά στη συντήρηση των τροφίμων για να καταστεί ένα προϊόν ασφαλές και σταθερό. Βέβαια, αυτό αληθεύει μόνο στην περίπτωση όπου τα εμπόδια που εφαρμόζονται, αναστέλλουν τη μικροβιακή ανάπτυξη χωρίς ψύξη. Αν δεν αναστέλλεται η ανάπτυξη των μικροοργανισμών, τότε η ψύξη δρα θετικά (Leistner, 2000a).

Μέσα από μελέτες, έχει παρατηρηθεί εξαφάνιση των σπορίων *Clostridium* και *Bacillus* κατά τη διατήρηση σταθερών προϊόντων στο ράφι (shelf stable products SSP), σε

θερμοκρασία περιβάλλοντος. Τα σπόρια αυτά βλαστάνουν με αργούς ρυθμούς, υπό συνθήκες που τείνουν να αποτρέψουν τα εκβλαστημένα σπόρια από ωσμο-ρύθμιση, με σκοπό να ξεκινήσουν τη βλαστική ανάπτυξη. Η μεταβολική εξάντληση οδηγεί στο θάνατο τα σπόρια αυτά και στην αυτό-αποστείρωση των μη ψυγμένων προϊόντων (L Leistner, 2004).

### 6.4.3 Stress Reaction

Αξίζει να αναφερθεί η συμπεριφορά των μικροοργανισμών σε συνθήκες έντονου στρες. Η αντοχή στο στρες σχετίζεται με τους μικροοργανισμούς αλλοίωσης και με εκείνους που προκαλούν τροφική δηλητηρίαση. Οι αντιδράσεις των μικροοργανισμών μπορούν να κάνουν την διατήρηση τροφίμων αρκετά δύσκολη, αν αυτές δεν εκτιμηθούν και δεν αποφευχθούν (L Leistner, 2004).

Υπάρχουν βακτήρια που γίνονται ανθεκτικά ή ακόμα πιο μολυσματικά υπό συνθήκες πίεσης, μέσω της παραγωγής ειδικών πρωτεϊνών σε συνθήκες στρες. Η παραγωγή αυτών των προστατευτικών πρωτεϊνών στο στρες προκαλείται από θερμότητα, pH,  $a_w$ , αιθανόλη, οξειδωτικές ενώσεις. Οι μικροοργανισμοί έχει γίνει αντιληπτό πως γίνονται πιο ανθεκτικοί σε άλλες καταπονήσεις και αποκτούν με αυτό τον τρόπο «διασταυρούμενη ανοχή». Η ενεργοποίηση γονιδίων για τη σύνθεση των ειδικών πρωτεϊνών σε καταστάσεις έντονου στρες, οι οποίες δρουν βοηθητικά, καθίσταται δύσκολη εφόσον υπάρχουν διαφορετικές καταπονήσεις την ίδια χρονική στιγμή. Η παράλληλη έκθεση σε διαφορετικές καταστάσεις στρες απαιτεί μεγαλύτερη ενέργεια για την παραγωγή των ειδικών πρωτεϊνών, με πιθανότητα την πρόκληση μεταβολικής εξάντλησης. Με αυτόν τον τρόπο, είναι σημαντική η εφαρμογή πολλαπλών στόχων και εμποδίων, ώστε να μην είναι δυνατή η σύνθεση των βοηθητικών για τα κύτταρα πρωτεϊνών σε συνθήκες στρες, οι οποίες σε αντίθετη περίπτωση μπορούν να θέσουν σε κίνδυνο τη σταθερότητα και την ασφάλεια των τροφίμων (L. Leistner, 1995b, 2000a).

Οι μικροοργανισμοί συχνά έχουν την τάση να προσαρμόζονται και να καθίστανται ανθεκτικοί στα εφαρμοζόμενα εμπόδια. Μπορούν να προσαρμοστούν σε εκείνα που περιλαμβάνουν τη θερμότητα, το κρύο, την αυξημένη και μειωμένη ένταση οξυγόνου,



την αυξημένη ωσμωτική πίεση, το μειωμένο pH, τα βαρέα μέταλλα και άλλους χημικούς παράγοντες (Leistner, 2004).

#### **6.4.4 Συντήρηση πολλαπλών στόχων (Multitarget preservation)**

Η διατήρηση των τροφίμων μέσω πολλαπλών στόχων συμβάλει στη διατήρηση των τροφίμων πιο ήπια και αποτελεσματικά (L. Leistner, 1995b). Διαφορετικά εμπόδια, δεν έχουν απλά μια πρόσθετη επίδραση στη σταθερότητα των τροφίμων, αλλά έχουν συνεργιστική δράση στην συντήρησή τους (Leistner, 1978).

Η συνεργιστική δράση των εμποδίων, περιλαμβάνει την εφαρμογή εμποδίων παράλληλα, επενεργώντας σε διαφορετικούς στόχους. Ορισμένοι στόχοι είναι η κυτταρική μεμβράνη, το DNA, το pH, η ενεργότητα νερού και το οξειδοαναγωγικό δυναμικό των μικροβιακών κυττάρων. Με αυτό τον τρόπο διαταράσσεται η ομοιόσταση των μικροοργανισμών. Η επαναφορά της ομοιόστασης και η σύνθεση των ειδικών πρωτεϊνών σε συνθήκες στρες πραγματοποιούνται δυσκολότερα (L. Leistner, 1995a). Η χρήση διαφορετικών εμποδίων παράλληλα οδηγεί σε σταθερά υπό μικροβιολογική άποψη προϊόντα. Αυτό σημαίνει πως είναι προτιμητέα η εφαρμογή διαφορετικών εμποδίων μικρότερης έντασης και διάρκειας από έναν μόνο εμπόδιο πιο αυξημένης έντασης (Leistner, 2000a).

## **6.5 Εμπόδια που χρησιμοποιούνται στην τεχνολογία εμποδίων**

Τα εμπόδια που εφαρμόζονται μπορούν να έχουν πρόσθετη ή συνεργιστική δράση. Για να διατηρηθούν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του προϊόντος, θα πρέπει τα εμπόδια που έχουν επιλεγθεί να είναι χαμηλής έντασης, μέσω του συνδυασμού μερικών από αυτά. Παρακάτω παρουσιάζονται τα κυριότερα εμπόδια που εφαρμόζονται στην τεχνολογία εμποδίων.

### **6.5.1 Φυσικά εμπόδια**

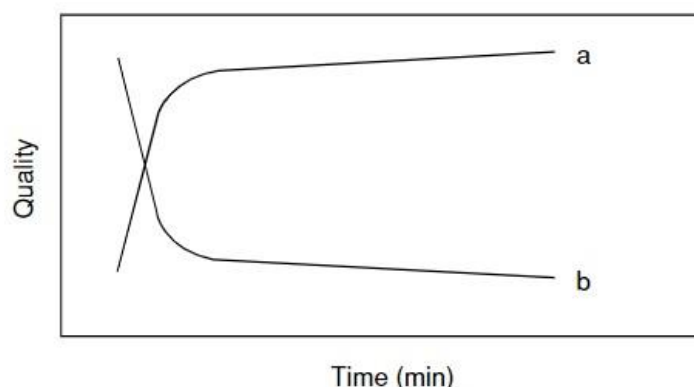
Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται διαδικασίες που χρησιμοποιούνται στην επεξεργασία τροφίμων.

#### **6.5.1.1 Θερμική επεξεργασία**

Βασικός στόχος είναι η καταστροφή των μικροοργανισμών και η αδρανοποίηση των περιεχόμενων στο τρόφιμο ενζύμων. Τα τρία βασικά είδη θερμικών επεξεργασιών είναι η εμπορική αποστείρωση, η παστερίωση και το ζεμάτισμα (Leif Bogh-Sorensen, 2020).

##### **6.5.1.1.1 Εμπορική Αποστείρωση (Commercial Sterilization)**

Η αποστείρωση αποτελεί θερμική επεξεργασία, υψηλότερης έντασης από την παστερίωση, λαμβάνει δηλαδή χώρα σε υψηλότερες θερμοκρασίες και συγκεκριμένα πάνω από τους 100°C. Μέσω αυτής καταστρέφονται όλες οι βλαστικές μορφές των μικροοργανισμών αλλά και τα σπόρια τους. Μπορεί να επιτευχθεί αποστείρωση ενός τροφίμου, καταστρέφοντας όλες τις βλαστικές μορφές και τα σπόρια, όμως αυτό έχει σημαντικό αντίκτυπο στην οργανοληπτική ποιότητα του τροφίμου (Ιωάννη Γ. Μπλούκα, 2004).



Εικόνα 5 – Η επίδραση της αποστείρωσης στην ποιότητα των προϊόντων, (καμπύλη α) βαθμός αποστείρωσης, (καμπύλη β) βαθμός απώλειας θρεπτικών συστατικών (Ramesh MN, 1995).

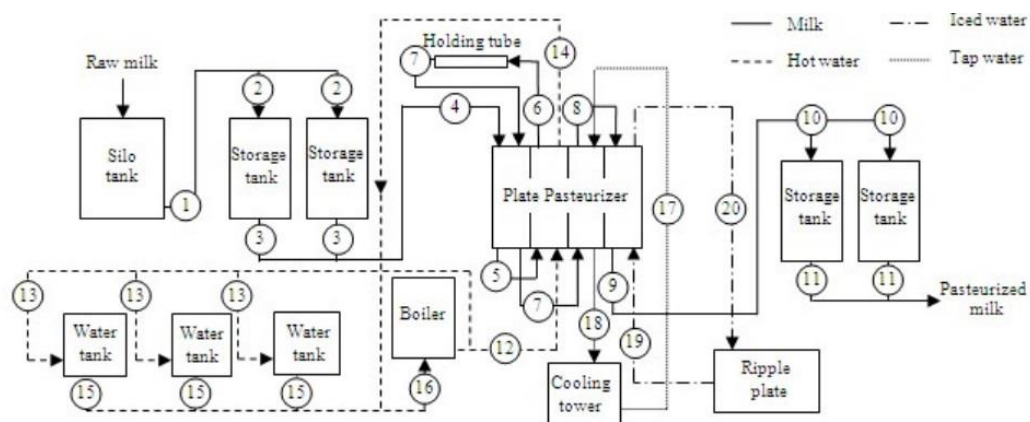
Στη βιομηχανία τροφίμων εφαρμόζεται συνήθως η εμπορική αποστείρωση. Κατά την εφαρμογή αυτής, καταστρέφονται τα σπόρια των βακτηρίων, τα οποία θα μπορούσαν υπό κατάλληλες συνθήκες να εκβλαστήσουν και να πολλαπλασιασθούν προκαλώντας αλλοίωση του τροφίμου. Υπάρχουν και σπόρια που δεν καταστρέφονται, τα οποία όμως δεν είναι ικανά να αναπτυχθούν και να πολλαπλασιαστούν κατά τη συντήρηση του τροφίμου (Ιωάννη Γ. Μπλούκα, 2004).

Η εμπορική αποστείρωση μπορεί να λάβει χώρα σε τρόφιμα όπου το προϊόν τοποθετείται σε καθαρούς περιέκτες, που κλείνουν ερμητικά και υφίσταται εμπορική αποστείρωση γνωστή ως κονσερβοποίηση. Είναι οικονομική και ασφαλής μέθοδος, όπου προκύπτουν προϊόντα ασφαλή τα οποία αποθηκεύονται για αρκετό καιρό σε συνθήκες περιβάλλοντος. Παρόλα αυτά μεταβάλλονται τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του τροφίμου στο οποίο εφαρμόζεται καθώς και η θρεπτική του αξία. Ακόμα, η εμπορική αποστείρωση μπορεί να εφαρμοσθεί σε περιπτώσεις όπου αυτή εφαρμόζεται αρχικά και το προϊόν στη συνέχεια τοποθετείται σε αποστειρωμένους περιέκτες, που κλείνουν ερμητικά, γνωστή ως ασηπτική επεξεργασία. Το βασικό πλεονέκτημα της, έναντι της κονσερβοποίησης είναι η μείωση κόστους συσκευασίας και η καλύτερη αξιοποίηση της ενέργειας. Ακόμα, οι απώλειες των θρεπτικών συστατικών είναι περιορισμένες, ο χρόνος θερμικής επεξεργασίας αρκετά σύντομος, και μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορα υλικά συσκευασίας, εκτός από τους μεταλλικούς περιέκτες, όπως είναι το γυαλί και το πλαστικό. Όμως, το κόστος της εγκατάστασης είναι αρκετά υψηλό και κατά τη συσκευασία του προϊόντος, μπορεί να επέλθει οξειδωση ορισμένων συστατικών λόγω της μη ύπαρξης κενού. (Ιωάννη Γ. Μπλούκα, 2004).

### 6.5.1.1.2 Παστερίωση (Pasteurization)

Η παστερίωση εφαρμόζεται στα τρόφιμα, ώστε να προκαλέσει την καταστροφή των ενδογενών ενζύμων και των βλαστικών μορφών των μικροοργανισμών, οι οποίες κάτω από ευνοϊκές συνθήκες θα προκαλούσαν την αλλοίωση του τροφίμου και πιθανά κάποιο πρόβλημα στην υγεία του καταναλωτή. Η μέθοδος έχει επίδραση στα θερμοευαίσθητα βακτήρια, τις ζύμες και τους μύκητες, αλλά όχι στα σπόρια που δύναται να υπάρχουν στο προϊόν. Γενικά, χαρακτηρίζεται ως ήπια θερμική επεξεργασία, αφού οι θερμοκρασίες που εφαρμόζονται δεν είναι ιδιαίτερα υψηλές. Γι' αυτό το λόγο και δεν επηρεάζει δραστικά τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του τροφίμου που εφαρμόζεται κατά την επεξεργασία και συντήρηση του και αρκετά συχνά συνδυάζεται με άλλες μεθόδους συντήρησης. Μπορεί να λάβει χώρα σε τρόφιμα μη συσκευασμένα, όπως είναι το γάλα, αλλά και σε τρόφιμα τα οποία πρώτα έχουν συσκευασθεί, όπως είναι οι κομπόστες (Ιωάννη Γ. Μπλούκα, 2004).

Η συγκεκριμένη μέθοδος θερμικής επεξεργασίας κρίνεται επαρκής όταν έχουν καταστραφεί τα ένζυμα και οι μικροοργανισμοί που ενδιαφέρουν σε κάθε περίπτωση, για να αποτραπεί η αλλοίωση του τροφίμου, συνεπώς να μην προκληθεί κάποιο πρόβλημα στην υγεία του καταναλωτή. Η επάρκεια της μεθόδου γίνεται αντιληπτή από την ανίχνευση τυχόν ενζύμων μετά το πέρας της εφαρμογής της, τα οποία έχουν παρόμοια ανθεκτικότητα με τους μικροοργανισμούς (Ιωάννη Γ. Μπλούκα, 2004). Δεν χρησιμοποιείται ως μοναδικό εμπόδιο, αφού συνδυάζεται με άλλα εμπόδια όπως η ψύξη. Ακόμα, είναι αναγκαία η συσκευασία σε ερμητικά κλειστούς περιέκτες (Leif Bogh-Sorensen, 2020).



Εικόνα 6 - Σχεδιάγραμμα παστερίωσης γάλατος (Kittisupakorn et al., 2011).

### 6.5.1.1.3 Ζεμάτισμα (Blanching)

Το ζεμάτισμα αποτελεί ένα είδος προεπεξεργασίας, πριν τις διαδικασίες της κατάψυξης, κονσερβοποίησης ή ξήρανσης με κύριο στόχο την απενεργοποίηση των ενζύμων, τη διατήρηση του χρώματος των τροφίμων, της γεύσης και της υφής καθώς και την αφαίρεση του παγιδευμένου αέρα. Εφαρμόζεται συνήθως στη βιομηχανία μέσω ζεστού νερού ή ατμού ως μέσα θέρμανσης. Η χρήση του ζεματίσματος βοηθάει την μετέπειτα επεξεργασία ενός προϊόντος, διατηρώντας σε κάθε περίπτωση τη θερμοκρασία σε ένα απαιτούμενο σημείο (Reyes-De-Corcuera et al., 2004). Δεν χρησιμοποιείται ως μοναδικό εμπόδιο, και χρειάζεται η συνδυαστική εφαρμογή κατάψυξης ή ξήρανσης (Leif Bogh-Sorensen, 2020).

Στην περίπτωση των φρούτων και λαχανικών, που εφαρμόζεται σε μεγάλη κλίμακα, το ζεμάτισμα βοηθάει στην αφαίρεση της φλούδας, τον τεμαχισμό και τη μείωση του μικροβιακού πληθυσμού των προϊόντων. Τα φρούτα δεν μπορούν να υποστούν ζεμάτισμα πριν την κατάψυξη τους, διότι έτσι θα επηρεαστεί αρνητικά η υφή τους. Όμως, πριν την ξήρανση, συχνά μπορεί να λάβει χώρα η εν λόγω μέθοδος. Μετά το ζεμάτισμα, τα λαχανικά θα πρέπει να ψεκαστούν με κρύο νερό, ώστε να ψυχθούν σε ταχύ ρυθμό, ώστε να επεξεργασθούν περαιτέρω (Reyes-De-Corcuera et al., 2004).

Το ζεμάτισμα που γίνεται με χρήση ζεστού νερού, κυμαίνεται σε θερμοκρασίες από 70-100°C και προσφέρει ένα ομοιόμορφο ζεμάτισμα του προϊόντος. Όμως, απαιτείται μεγαλύτερος χρόνος επεξεργασίας, έχοντας μεγάλο αντίκτυπο στα θρεπτικά χαρακτηριστικά του προϊόντος. Αντιθέτως, το ζεμάτισμα όπου γίνεται χρήση ατμού, είναι γύρω στους 100°C, με άμεση έγχυση. Εφαρμόζεται κυρίως σε κομμένα και σχετικά μικρά σε μέγεθος τεμάχια προϊόντος και απαιτεί μικρότερο χρόνο επεξεργασίας. Συγκρινόμενη με τη χρήση ζεστού νερού, η χρήση ατμού είναι ενεργειακά πιο αποδοτική και η απώλεια θρεπτικών ουσιών είναι μειωμένη στην περίπτωση αυτή (Reyes-De-Corcuera et al., 2004).

## **6.5.1.2 Θερμοκρασία κατά την αποθήκευση**

### **6.5.1.2.1 Αποθήκευση σε Θερμοκρασίες Ψύξης**

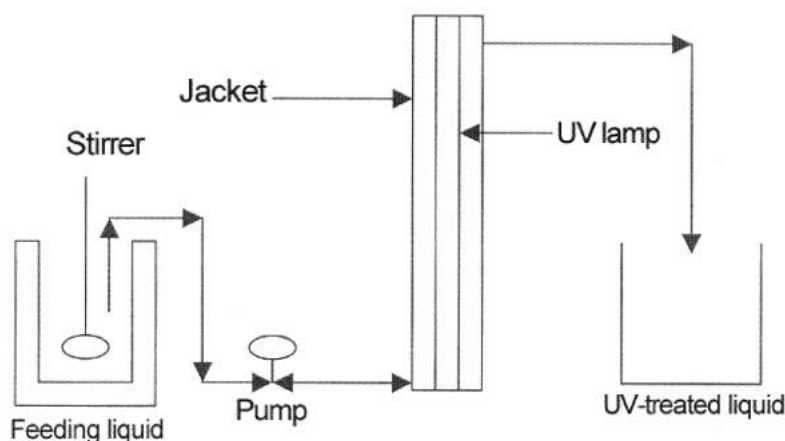
Η αποθήκευση υπό ψύξη πραγματοποιείται σε θερμοκρασίες  $-1-15^{\circ}\text{C}$ . Για ευπαθή τρόφιμα, η μέγιστη θερμοκρασία θεωρείται εκείνη των  $7^{\circ}\text{C}$ . Η θερμοκρασία κάτω των  $0^{\circ}\text{C}$  μπορεί να είναι κατά περιπτώσεις επιθυμητή για την αύξηση της διάρκειας ζωής, ωστόσο ορισμένα φρούτα και λαχανικά μπορούν να επηρεαστούν αρνητικά κατά την αποθήκευσή τους, και να υποστούν «έγκαυμα κατάψυξης» (chilling injury). Η ψύξη μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μοναδικό εμπόδιο, αλλά και συνδυαστικά με άλλα όπως η συσκευασία, η παστερίωση και άλλες (Leif Bogh-Sorensen, 2020).

### **6.5.1.2.2 Αποθήκευση σε Θερμοκρασίες Κατάψυξης**

Η κατάψυξη περιλαμβάνει την τοποθέτηση τροφίμων σε θερμοκρασίες μικρότερες των  $-18^{\circ}\text{C}$ . Συχνά, η ενζυμική δραστηριότητα μπορεί να συνεχιστεί σε αρκετά χαμηλές θερμοκρασίες, και το προϊόν να υποβαθμίζεται κατά την αποθήκευσή του. Ως μέθοδος, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μοναδικό εμπόδιο, όμως συνηθίζεται να χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με ζεμάτισμα (ως προκατεργασία) και συσκευασία, που έπεται της διεργασίας της κατάψυξης, ενώ απαιτείται και ιδιαίτερα ενεργειακό αποθήκευση υπό κατάψυξη σε όλη την ψυκτική αλυσίδα (Leif Bogh-Sorensen, 2020).

### 6.5.1.3 Ακτινοβολήση

Η εφαρμογή ακτινοβολήσης των τροφίμων αναφέρεται στην έκθεση τους σε ακτινοβολίες ιονισμού. Η ακτινοβολία, δηλαδή το υπεριώδες φως χρησιμοποιείται συνήθως για την αδρανοποίηση μικροοργανισμών, επηρεάζοντας το DNA τους οδηγώντας στη θανάτωση των κυττάρων τους. Συγκεκριμένα, επιτυγχάνεται η καταστροφή των μικροοργανισμών, προσβάλλοντας το DNA τους και παράγοντας ελεύθερες ρίζες και ιόντα, που προσβάλλουν το DNA. Οι μικροοργανισμοί έχουν διαφορετική ανθεκτικότητα απέναντι στην εφαρμογή ακτινοβολίας και αυτή διαφέρει ανάμεσα στους ιούς, στα βακτήρια, τις ζύμες και τους μύκητες (Ιωάννη Γ. Μπλούκα, 2004). Δεν χρησιμοποιείται ως το μοναδικό εμπόδιο και συνδυάζεται με ψύξη, συσκευασία και εφαρμογή θερμότητας (Leif Bogh-Sorensen, 2020).



Εικόνα 7- Σχηματική αναπαράσταση συστήματος UV-ακτινοβολήσης σε υγρά τρόφιμα (Guerrero-Beltrán & Barbosa-Cánovas, 2004a)

Η αποτελεσματικότητα της υπεριώδους ακτινοβολίας διαφέρει ανάμεσα στα διαφορετικά είδη μικροοργανισμών, και ανάμεσα στο ίδιο είδος, ποικίλει ανάλογα με το στέλεχος, το στάδιο ανάπτυξης του (Chang J.C.H, 1985; Wright J.R., 2000), και από τα υπάρχοντα χαρακτηριστικά του τροφίμου. Έχει βρεθεί πως κατά τη μέθοδο αυτή, ιδιαίτερα ανθεκτικοί κρίνονται οι μύκητες και οι ζύμες (Guerrero-Beltrán & Barbosa-Cánovas, 2004b). Με την εφαρμογή ακτινοβολίας, αυτή απορροφάται από το DNA του κυττάρου του μικροοργανισμού, διακόπτεται η ανάπτυξη του και επέρχεται μετέπειτα ο θάνατος (Liltved H. and Landfald B., 2000). Τα μήκη κύματος που έχουν μικροβιοκτόνο δράση κυμαίνονται μεταξύ 250 και 280 nm (Csapó et al., 2019).

<b>Bacteria</b>	<b>D<sub>10</sub> value (kGy)</b>
Vegetative cells	
<i>Aeromonas hydrophila</i>	0.14–0.19
<i>Bacillus cereus</i>	0.17
<i>Brucella abortus</i>	0.34
<i>Campylobacter jejuni</i>	0.08–0.20
<i>Clostridium perfringens</i>	0.59–0.83
<i>Escherichia coli</i> (incl. O157:H7)	0.23–0.35
<i>Lactobacillus</i> spp.	0.3–0.9
<i>Listeria monocytogenes</i>	0.27–1.0
<i>Moraxella phenylpyruvica</i>	0.63–0.83
<i>Pseudomonas putida</i>	0.06–0.11
<i>Salmonella</i> spp.	0.3–0.8
<i>Streptococcus faecalis</i>	0.65–1.0
<i>Staphylococcus aureus</i>	0.26–0.6
<i>Vibrio</i> spp.	0.03–0.12
<i>Yersinia enterocolitica</i>	0.04–0.21
Bacterial spores	
<i>Bacillus cereus</i>	1.6
<i>Clostridium botulinum</i> types A and B	1.0–3.6
<i>Clostridium botulinum</i> type E	1.25–1.40
<i>Clostridium sporogenes</i>	1.5–2.2

Εικόνα 8- Λίστα ορισμένων βακτηρίων με τυπικές αντιστάσεις τους στην εφαρμογή ακτινοβολίας σε τρόφιμα ζωϊκής προέλευσης, μη κατεψυγμένα (Farkas, 2001).

Τα ένζυμα έχει βρεθεί ότι είναι πιο ανθεκτικά από τους μικροοργανισμούς στην εφαρμογή ακτινοβολίας. Αυτό σημαίνει ότι στην δόση ακτινοβολίας που εκτίθεται οι τροφές, δεν επηρεάζονται τα ένζυμα και έτσι απαιτείται συχνά ζεμάτισμα πριν την εφαρμογή της μεθόδου αυτής (Ιωάννη Γ. Μπλούκα, 2004).

Όσον αφορά στην επίδραση της μεθόδου στα συστατικά των τροφίμων, πρέπει να αναφερθεί ότι σε δόσεις που εφαρμόζονται συχνά στα τρόφιμα, επηρεάζονται ελάχιστα η πεπτικότητα των πρωτεϊνών και η σύνθεση των αμινοξέων. Ακόμα, προκαλούνται συχνά μεταβολές στα χαρακτηριστικά των τροφίμων όπως είναι το ιξώδες. Με την εφαρμογή ακτινοβολίας, μπορεί να προκληθεί αυτοξείδωση των λιπών, γεγονός που επηρεάζει αρνητικά τη γεύση και την οσμή. Οι βιταμίνες, σε συνήθεις δόσεις ακτινοβολίας για τα τρόφιμα δεν επηρεάζονται αισθητά (Ιωάννη Γ. Μπλούκα, 2004).

Τα τελευταία χρόνια, η εφαρμογή ακτινοβολίας θεωρείται μια ασφαλής επεξεργασία στη βιομηχανία τροφίμων. Βασικό χαρακτηριστικό της είναι ότι καθιστά τα τρόφιμα στα οποία εφαρμόζεται ασφαλή από μικροβιολογική άποψη. Δεν υποβαθμίζονται τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά τους, αφού δεν λαμβάνει χώρα θέρμανση, ή όταν αυτή εφαρμόζεται είναι χαμηλής έντασης, είναι μια συμφέρουσα μέθοδος και μπορεί να εφαρμοστεί σε πληθώρα τροφίμων. Ένα άλλο βασικό πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου, είναι η μείωση απωλειών σε νωπά προϊόντα, παρεμποδίζοντας διαδικασίες όπως το φύτρωμα και την ωρίμανση τους, αυξάνοντας τη διάρκεια συντήρησής τους. Η



θέρμανση κατά την ακτινοβόληση είναι ελάχιστη, έχοντας δηλαδή χαμηλό κόστος λειτουργίας, εξοικονομώντας μεγάλα ποσά ενέργειας, καθιστώντας τη μέθοδο αυτή ιδιαίτερα συμφέρουσα από άποψη κόστους στη βιομηχανία τροφίμων (Ιωάννη Γ. Μπλούκα, 2004).

Παρά τα πλεονεκτήματα της ακτινοβόλησης τροφίμων, ως μέθοδος συντήρησης μπορεί να έχει και αρκετά μειονεκτήματα. Δεν είναι δυνατό να εφαρμοσθεί σε όλες τις κατηγορίες τροφίμων, αφού ορισμένες τροφές επηρεάζονται αρνητικά κατά την εφαρμογή της και οδηγούν σε τρόφιμα με δυσάρεστα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά. Αν η δόση ακτινοβολίας είναι χαμηλή, μπορεί να μην είναι επαρκής η καταστροφή των ενζύμων και των μικροοργανισμών. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μην είναι ασφαλές το τρόφιμο και να είναι αναγκαία η εφαρμογή κάποιας συνδυαστικής μεθόδου. Ένα άλλο σημαντικό πρόβλημα είναι το κόστος εγκατάστασης των μονάδων ακτινοβόλησης, το οποίο είναι αρκετά υψηλό (Ιωάννη Γ. Μπλούκα, 2004).

Διάφορες ανεπιθύμητες αντιδράσεις δύναται να προκύψουν, περιλαμβάνοντας την μείωση της περιεκτικότητας σε βιταμίνες, της πεπτικότητας των πρωτεϊνών, της καταστροφής των αντιοξειδωτικών ουσιών, αλλαγές στο χρώμα και την οσμή των τροφίμων (Csaró et al., 2019). Γι' αυτό θα πρέπει να δίνεται αυξημένη προσοχή στην ένταση που επιλέγεται κάθε φορά, με σκοπό να μην προκαλείται μείωση της θρεπτικής αξίας και αλλαγές στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των τροφίμων (F.Noci et al., 2008). Αρκετές βιταμίνες είναι φωτοευαίσθητες, και υπάρχει πιθανότητα να επηρεάζονται αρνητικά από την υπερϊώδη ακτινοβολία. Τέτοιες είναι η βιταμίνη C, ορισμένες βιταμίνες του συμπλέγματος B, βιταμίνες A, K και E (Csaró et al., 2019).

Γενικά, υπάρχει η πεποίθηση ότι τα προϊόντα που έχουν υποστεί επίδραση ακτινοβολίας είναι μη αποδεκτά από τους καταναλωτές και έχουν αρνητικές συνέπειες για την υγεία τους. Υπάρχουν όμως ορισμένες χώρες, όπου η μέθοδος αυτή χαρακτηρίζεται ως αποδεκτή και εφαρμόζεται σε ορισμένες περιπτώσεις (Ιωάννη Γ. Μπλούκα, 2004). Αυτός ο τρόπος επεξεργασίας συχνά σχετίζεται από παρανόηση με την απώλεια θρεπτικών συστατικών και μεταβολές στην εμφάνιση των τροφίμων. Αυτό μπορεί να συμβεί στην περίπτωση που εφαρμόζονται υψηλές δόσεις ακτινοβολίας (Gardner D.W.M and Shama G., 2000).

Η χρησιμοποιούμενη δόση ακτινοβολίας, θεωρείται ως η ελάχιστη για να επιτευχθεί ο επιθυμητός στόχος και να είναι μέσα στα πλαίσια που ορίζονται από τους σχετικούς κανονισμούς ανάλογα την κατηγορία του τροφίμου. Σύμφωνα με την Οδηγία 1999/2/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 22ας Φεβρουαρίου 1999 σχετικά με τα τρόφιμα και τα συστατικά τροφίμων που έχουν υποστεί επεξεργασία με ιοντίζουσα ακτινοβολία, η ακτινοβόληση επιτρέπεται όταν αυτή πραγματοποιείται υπό προϋποθέσεις και όταν παρουσιάζει πλεονεκτήματα για τον καταναλωτή, χωρίς να επηρεάζει την υγεία του. Ακόμα, δε χρησιμοποιείται ως υποκατάστατο των ορθών κανόνων υγιεινής και ορθής βιομηχανικής ή γεωργικής πρακτικής. Θα πρέπει να τονίζεται ότι στόχοι είναι η θανάτωση των παθογόνων μικροοργανισμών, η επιβράδυνση της αλλοίωσης των τροφίμων, η μείωση των απωλειών λόγω ωρίμανσης και ανάπτυξης αλλά και η αποφυγή αλλοιώσεων λόγω επιβλαβών οργανισμών για τα φυτικά προϊόντα. Οι μόνες επιτρεπόμενες πηγές ιοντίζουσας ακτινοβολίας είναι οι ακτίνες γ, οι ακτίνες X και ηλεκτρόνια το πολύ 10 MeV.

Η υπερϊώδης ακτινοβολία χρησιμοποιείται για αποστείρωση αέρα και επιφανειών (εξυγίανση, sanitation). Όσον αφορά στα τρόφιμα, χρησιμοποιείται για την αύξηση του χρόνου ζωής τους, μέσω της θανάτωσης παθογόνων μικροοργανισμών. Έχουν πραγματοποιηθεί δοκιμές σε χυμούς φρούτων και λαχανικών, κρέας, θαλασσινά με ικανοποιητικά αποτελέσματα σχετικά με τους μικροοργανισμούς που περιέχονται σε αυτά, όμως δεν έχουν μελετηθεί πλήρως οι αλλαγές που υφίστανται τα προϊόντα κατά τη διεργασία αυτή (Csapó et al., 2019). Κύριες εφαρμογές της μεθόδου είναι η ακτινοβόληση νωπών προϊόντων, όπως είναι τα φρούτα και τα λαχανικά και η αποστείρωση προϊόντων κρέατος και καρυκευμάτων (Ιωάννη Γ. Μπλούκα, 2004).

#### **6.5.1.4 Ηλεκτρομαγνητική ενέργεια**

##### **6.5.1.4.1 Επεξεργασία με μικροκύματα**

Η επεξεργασία με μικροκύματα αποτελεί μια μέθοδο η οποία απαιτεί την εφαρμογή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και πραγματοποιείται σε ειδικούς φούρνους μικροκυμάτων. Η συχνότητα εφαρμογής διαφέρει ανάμεσα στην οικιακή και βιομηχανική κλίμακα. Η θέρμανση των τροφίμων μέσω των μικροκυμάτων, βασίζεται

στην ικανότητα ενός υλικού να απορροφάει την ενέργεια, μετατρέποντας τη στη συνέχεια σε θερμότητα. Απαραίτητο στοιχείο αποτελεί το νερό που περιέχεται στο τρόφιμο, δρώντας ως δίπολο το οποίο προκαλεί τη διηλεκτρική θέρμανση. Για το σχεδιασμό μιας εγκατάστασης δηλαδή ενός φούρνου μικροκυμάτων, είναι προαπαιτούμενη η γνώση των διηλεκτρικών ιδιοτήτων του τροφίμου (Chandrasekaran et al., 2013).

Η μέθοδος αυτή έχει πολλές εφαρμογές, που περιλαμβάνουν ξήρανση, παστερίωση, αποστείρωση, απόψυξη και άλλες μεθόδους (Gupta & Wong, 2007; Metaxas & Meredith, 1983). Η βασική ιδιαιτερότητα των φούρνων μικροκυμάτων είναι ο υψηλός ρυθμός θέρμανσης, ο μειωμένος χρόνος επεξεργασίας, η ασφάλεια που προσφέρει και η ευκολία στην χρήση τους (Chandrasekaran et al., 2013; Salazar-Gonzalez et al., 2012; M. Zhang et al., 2006).

Ως μέθοδος έχει αρκετά πλεονεκτήματα αλλά και μειονεκτήματα. Αρχικά, είναι γρήγορη και απαιτεί μικρή κατανάλωση ενέργειας. Όμως, η θέρμανση συχνά είναι ανομοιόμορφη, τα προϊόντα δεν πρέπει να είναι συσκευασμένα σε μεταλλικούς περιέκτες και η εγκατάσταση για την εφαρμογή της είναι αρκετά δαπανηρή. Κατά τη θέρμανση με μικροκύματα, μπορεί να πραγματοποιηθεί μετουσίωση των πρωτεϊνών και απώλεια θρεπτικών συστατικών, τα οποία αυξάνονται με την αύξηση του χρόνου θέρμανσης ή της θερμοκρασίας (Guo et al., 2017). Μπορεί να επιδράσει στην οργανοληπτική ποιότητα των τροφίμων και να επηρεάσει τη γεύση και τη θρεπτική τους αξία, όμως πολύ λιγότερο από την κλασσική θερμική επεξεργασία που θα εφαρμοζόταν (Chandrasekaran et al., 2013; Vadivambal & Jayas, 2010). Ως μέθοδος, θεωρείται ασφαλής για χρήση στη βιομηχανία τροφίμων και δεν επηρεάζει την υγεία του καταναλωτή (Ιωάννη Γ. Μπλούκα, 2004). Για να μην λάβει χώρα ανομοιόμορφη θέρμανση του τροφίμου, είναι απαραίτητο να ελέγχεται το σχήμα, το μέγεθος αλλά και η θέση του προϊόντος. Η μέθοδος αυτή επηρεάζεται από την παρουσία της υγρασίας και του λίπους. Αποτελεί μια αποτελεσματική μέθοδο επεξεργασίας τροφίμων, και μπορεί να ερευνηθεί λεπτομερώς, ώστε να κατανοηθούν καλύτερα οι δυνατότητες της (Chandrasekaran et al., 2013).

Κυριότερες εφαρμογές της επεξεργασίας με μικροκύματα είναι στις διαδικασίες απόψυξης, ξήρανσης, προμαγειρέματος, παστερίωσης ή αποστείρωσης και ψησίματος. Συγκεκριμένα, για την εφαρμογή απόψυξης, γίνεται χρήση συνήθως σε κατεψυγμένα

κρέατα και ιχθυηρά, για την ξήρανση σε μακαρόνια και σνακ, σε ψήσιμο για διάφορα αρτοσκευάσματα και για παστερίωση, γίνεται χρήση σε έτοιμα γεύματα και ψωμί (Σπυρίδων Ε. Παπαδάκης, 2018). Δεν χρησιμοποιείται μόνη της ως εμπόδιο, και απαιτεί επακόλουθη ψύξη, κατάψυξη και συσκευασία (Leif Bogh-Sorensen, 2020).

#### **6.5.1.4.2 Ραδιοσυχνότητα (Radio frequency, RF)**

Η ραδιοσυχνότητα (RF) αποτελεί μια μέθοδο διηλεκτρικής θέρμανσης η οποία είναι γνωστή λόγω της γρήγορης και ομοιόμορφης θέρμανσης που προσφέρει. Βασίζεται σε ηλεκτρομαγνητικά κύματα, προσφέροντας μια εναλλακτική λύση επεξεργασίας σε σχέση με τη συμβατική θερμική μέθοδο. Οι συχνότητες που εφαρμόζονται είναι 1-500MHz. Μπορεί να συμβάλλει στην αδρανοποίηση των μικροοργανισμών, επηρεάζοντας σε μικρό βαθμό τα ποιοτικά του χαρακτηριστικά. Η μέθοδος αυτή δεν χρησιμοποιείται ως μοναδικό εμπόδιο (Leif Bogh-Sorensen, 2020).

Με την πάροδο των χρόνων, η ραδιοσυχνότητα έχει εφαρμοστεί στην ξήρανση, την παστερίωση και την απόψυξη (Hou et al., 2016; Llave & Erdogdu, 2022; Mao & Wang, 2021; Zhang et al., 2021). Συγκεκριμένα, μπορεί να εφαρμοστεί για την ξήρανση τροφίμων, αφού τα αποξηραμένα προϊόντα είναι ιδιαίτερα δημοφιλή για την τραγανή τους υφή, και τη σταθερότητα κατά την αποθήκευσή τους. Η ραδιοσυχνότητα για την ξήρανση προτιμάται από τη συμβατική ξήρανση σε ρεύμα αέρα, λόγω της γρηγορότερης και της ογκομετρικής θέρμανσης. Έχουν γίνει δοκιμές σε φρέσκα φρούτα και λαχανικά (Özbek, 2021), σε μπαχαρικά (Liu et al., 2021) και προϊόντα σε σκόνη (Ran et al., 2019). Από τις μελέτες που έχουν γίνει, έχει προκύψει το συμπέρασμα ότι η μέθοδος έχει υψηλή απόδοση και παράγει προϊόντα υψηλής ποιότητας (Y. Zhang et al., 2022). Ακόμα, αποτελεί μια αποτελεσματική μέθοδο παστερίωσης για την καταστροφή παθογόνων μικροοργανισμών, κυρίως σε προϊόντα χαμηλής υγρασίας. Η δράση της έχει μικρή διάρκεια και δεν επηρεάζει την ποιότητα των προϊόντων που παστεριώνονται, αφού μέσω αυτής, μειώνεται η θερμοκρασία παστερίωσης (Y. Zhang et al., 2022).

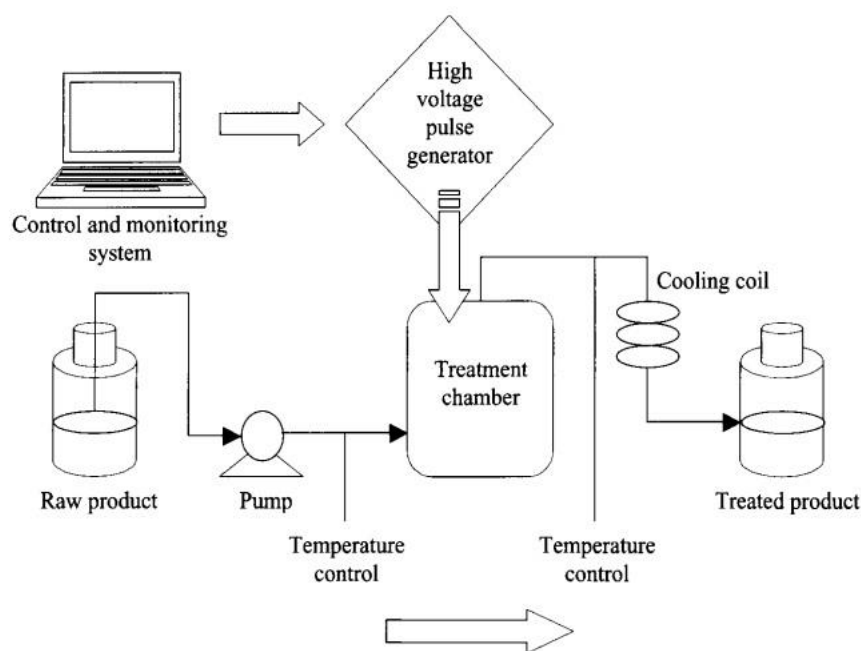
Το ζεμάτισμα είναι σημαντικό κατά την μεταποίηση φρούτων και λαχανικών και συχνά βοηθάει στην περαιτέρω επεξεργασία τους (C. Zhang et al., 2021). Ο βασικός λόγος που πραγματοποιείται είναι η αδρανοποίηση των ενζύμων των φυτικών ιστών, τα οποία μπορούν να υποβαθμίσουν την ποιότητα τους, να προκαλέσουν αλλοίωση στην υφή και τη γεύση αλλά και απώλεια βασικών θρεπτικών συστατικών. Συνήθως γίνεται με χρήση

ζεστού νερού ή ατμού, αλλά η μεταφορά της θερμότητας έχει αναφερθεί ότι είναι σχετικά αργή και προκαλείται απώλεια θρεπτικών ουσιών (Gong et al., 2019). Το ζεμάτισμα με ραδιοσυχνότητα μπορεί να προσφέρει ταχύτερη μεταφορά θερμότητας, χαμηλότερη θερμοκρασία ζεματίσματος συγκριτικά με το ζεμάτισμα με ατμό ή θερμό νερό, και συνεπώς πιο αποδεκτά τελικά προϊόντα (Y. Zhang et al., 2022).

Στην περίπτωση που ο χρόνος επεξεργασίας με ραδιοσυχνότητα είναι αυξημένος, μπορεί να προκληθεί μεταβολή στην δομή του ιστού του τροφίμου αλλά και την υφή του (Y. Zhang et al., 2022).

#### 6.5.1.4.3 Παλμικό ηλεκτρικό πεδίο (Pulsed Electric Fields, PEF)

Η τεχνολογία παλμικού ηλεκτρικού πεδίου (ΠΗΠ) είναι μια μέθοδος που χρησιμοποιείται στην βιομηχανία τροφίμων τα τελευταία χρόνια, για την παραγωγή τροφίμων με υψηλές ποιοτικές προδιαγραφές, υψηλής θρεπτικής αξίας, ενώ κατατάσσεται στις μεθόδους που είναι φιλικότερες προς το περιβάλλον (Evans G. & Cox DN, 2006; Nowosad et al., 2021; Soliva-Fortuny R. et al., 2009). Δεν χρησιμοποιείται ως μοναδικό εμπόδιο, αλλά απαιτεί το συνδυασμό της με άλλα εμπόδια (Leif Bogh-Sorensen, 2020).



Εικόνα 9- Διάγραμμα ροής ενός συστήματος επεξεργασίας παλμικού ηλεκτρικού πεδίου (Gustavo V.Barbosa-Canovas & Bilge Altunakar, 2006).

Ο κύριος στόχος της επεξεργασίας με παλμικό ηλεκτρικό πεδίο είναι η παστερίωση τροφίμων, κυρίως υγρών. Η αρχή της μεθόδου περιλαμβάνει ηλεκτρικούς παλμούς, μικρού χρόνου, υψηλής τάσης, που προσφέρονται στο προϊόν ενδιαφέροντος, το οποίο έχει προηγουμένως τοποθετηθεί μεταξύ ηλεκτροδίων σε ένα θάλαμο (Deeth HC. et al., 2008; Nowosad et al., 2021). Τέτοια ηλεκτροδιάτρηση προκαλεί αντιδράσεις οι οποίες μπορούν να διεγείρουν το βιολογικό κύτταρο και έχει ως αποτέλεσμα να παραχθούν δευτερογενείς μεταβολίτες. Στην περίπτωση που η ηλεκτροδιάτρηση είναι μη αναστρέψιμη, το κύτταρο δεν είναι σε θέση να επιστρέψει στην αρχική του κατάσταση (Arshad et al., 2021). Κατά τη διάρκεια αυτής της επεξεργασίας, η ηλεκτροδιάτρηση προκύπτει τη στιγμή που τα βιολογικά κύτταρα υφίστανται την εφαρμοζόμενη τάση με το σχετικό ηλεκτρικό πεδίο πάνω από ένα απαιτούμενο διαμεμβρανικό δυναμικό (Barba et al., 2015). Η επεξεργασία αυτή περιλαμβάνει μη θερμική μικροβιακή αδρανοποίηση, και μπορεί να λειτουργήσει και ως μια προεπεξεργασία πριν τη διαδικασία της κατάψυξης ή της ξήρανσης ενός τροφίμου (Arshad et al., 2020).

Έχει βρεθεί από τις βιβλιογραφικές μελέτες ότι η εφαρμογή του παλμικού ηλεκτρικού πεδίου έχει θετικές συνέπειες στη διάρκεια ζωής τροφίμων, όπως είναι τα υγρά τρόφιμα. Εκτός από τα υγρά τρόφιμα, έχει εφαρμοσθεί και σε στερεά, κυρίως για βελτίωση στη δομή, στην ποιότητα και τη συντήρηση. Το παλμικό ηλεκτρικό πεδίο μειώνει τη θερμοκρασία που απαιτείται για επεξεργασία και το χρόνο στην ξήρανση (R. Ostermeier et al., 2018). Συγκαταλέγεται στις βιώσιμες μεθόδους επεξεργασίας, αφού μπορεί να έχει μικρότερη κατανάλωση ενέργειας και νερού (R.,H.K.,T.S.,&J.H. Ostermeier, 2020). Δεν επηρεάζει αρνητικά την ασφάλεια των τροφίμων, ούτε και την ποιότητά τους, αντιθέτως λειτουργεί ως πλεονέκτημα για τη βιομηχανία τροφίμων (Arshad et al., 2021).

Η ευαισθησία ενός μικροοργανισμού στην εφαρμογή PEF είναι σε άμεση συσχέτιση με παραμέτρους όπως είναι το μέγεθος, το σχήμα, το είδος και η κατάσταση. Τα Gram θετικά βακτήρια είναι ανθεκτικότερα στο παλμικό ηλεκτρικό πεδίο συγκριτικά με τα Gram αρνητικά. Από την άλλη πλευρά, οι ζύμες έχουν βρεθεί ότι είναι πιο ευαίσθητες στην επεξεργασία από τα βακτήρια (Raso et al., 2022).

Παράλληλα, έχουν γίνει έρευνες αντίστοιχες για την αδρανοποίηση ενζύμων από την επεξεργασία αυτή (Yeom, 1999). Τα ένζυμα είναι γνωστό πως χρησιμοποιούνται για

διάφορους τεχνολογικούς σκοπούς. Ορισμένα όμως από αυτά, μπορούν να υποβαθμίσουν την ποιότητα των τροφίμων και θα πρέπει η παρουσία τους να ελέγχεται με σκοπό να μην επηρεάζεται η διάρκεια ζωής του και να διατηρούν όσο το δυνατό περισσότερο τα επιθυμητά χαρακτηριστικά. Η επίδραση στα ένζυμα εξαρτάται από το ίδιο το ένζυμο, τη διάταξη PEF και τις συνθήκες εφαρμογής (Raso et al., 2022). Μέσα από αυτές, έχει εξαχθεί η άποψη ότι το παλμικό ηλεκτρικό πεδίο επηρεάζει τη διαμόρφωση των πρωτεϊνών και συνεπώς τη μετουσίωση του ενζύμου (Tsong, 1986). Παρ'όλα αυτά η αναφερόμενη μέθοδος δεν έχει μελετηθεί λεπτομερώς ως προς την αδρανοποίηση των ενζύμων.

Υπάρχουν κατηγορίες τροφών, όπως για παράδειγμα το γάλα, και οι χυμοί φρούτων, οι οποίοι είναι επιρρεπείς στη μικροβιολογική ανάπτυξη, λόγω της πληθώρας θρεπτικών συστατικών που περιέχουν. Το παλμικό ηλεκτρικό πεδίο, συγκρινόμενο με θερμικά και μη θερμικά συστήματα παστερίωσης, είναι εκείνο που μπορεί να προστεθεί σε γραμμές συνεχούς επεξεργασίας που ήδη υπάρχουν στην εγκατάσταση (Arshad et al., 2021). Τα τελευταία χρόνια, γίνονται προσπάθειες για αξιοποίηση των αποβλήτων, όπως των φρούτων και των λαχανικών. Τα απόβλητα αυτά είναι πλούσια σε θρεπτικά συστατικά και έχει αποδειχτεί πως η επεξεργασία με PEF μπορεί να βελτιώσει την εκχύλιση ουσιών (Arshad et al., 2021). Τα αποτελέσματα της μεθόδου έχουν παρατηρηθεί και σε τρόφιμα όπως είναι το κρέας, όπου η κύρια χρήση της αποσκοπεί στη βελτίωση της τρυφερότητας του (Bekhit et al., 2014). Βέβαια, υπάρχουν και μελέτες οι οποίες θεωρούν το PEF ακατάλληλο για τρυφεροποίηση του κρέατος, είτε λόγω των αρνητικών επιδράσεων του είτε γιατί δεν έχει καμία επίδραση στην ιδιότητα αυτή (Faridnia et al., 2014; O'Dowd et al., 2013).

Όσον αφορά στην επίδραση στα θρεπτικά συστατικά του τροφίμου, έχει παρατηρηθεί πως δεν επιδρά στη δομή και την ανθεκτικότητα των αμινοξέων, των λιπιδίων ή των υδατανθράκων. Όμως, έχουν παρατηρηθεί περιπτώσεις, στις οποίες μπορεί να υποστεί αλλαγή η δομή των πρωτεϊνών, να επηρεαστεί αρνητικά η περιεκτικότητα σε βιταμίνες και να προκληθεί ισομερισμός των καροτενοειδών, αν η επεξεργασία με παλμικό ηλεκτρικό πεδίο είναι εκτεταμένη (Arshad et al., 2021). Γενικά, η εφαρμογή παλμικού ηλεκτρικού πεδίου δεν επηρεάζει την περιεκτικότητα σε βιταμίνες και η περιεκτικότητά τους στα τρόφιμα είναι μεγαλύτερη από εκείνα που έχουν υποστεί θερμική επεξεργασία.

Η πιο ευαίσθητη βιταμίνη, έχει παρατηρηθεί πως είναι το ασκορβικό οξύ (Raso et al., 2022).

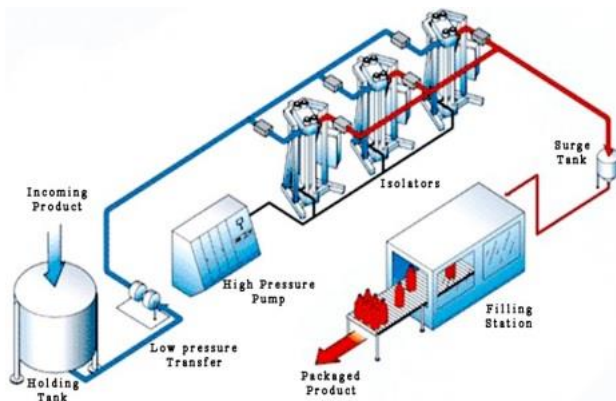
Η τεχνολογία PEF είναι μια χρήσιμη μέθοδος επεξεργασίας, παρόλο που διαθέτει αρκετούς περιορισμούς στη χρήση της, μερικοί από τους οποίους είναι διάφορες τεχνικές δυσκολίες, μειονεκτήματα που αφορούν το κόστος και κίνδυνοι τοξικότητας από την εφαρμογή της. Συγκεκριμένα, ο πιο σημαντικός περιορισμός της μεθόδου είναι η έλλειψη αξιόπιστων ηλεκτρικών συστημάτων. Επιπλέον, ο εξοπλισμός της PEF μπορεί να προκαλέσει χημικές αλλαγές και μετανάστευση του υλικού των ηλεκτροδίων (Arshad et al., 2020), και να επηρεάσει το τρόφιμο κατά την επεξεργασία του.

Συμπεραίνοντας, η επεξεργασία με παλμικό ηλεκτρικό πεδίο συνδυαζόμενη με άλλες μεθόδους επεξεργασίας, μπορεί να αδρανοποιήσει αποτελεσματικά τους μικροοργανισμούς και να προσφέρει προϊόντα που ανταποκρίνονται στις συνεχείς απαιτήσεις των καταναλωτών για τρόφιμα με υψηλά ποιοτικά χαρακτηριστικά, ιδιαίτερη γεύση, παρατεταμένη αποθήκευση και φιλική προς το περιβάλλον επεξεργασία (Arshad et al., 2021).

### **6.5.1.5 Εφαρμογή Υπερυψηλής πίεσης (High Hydrostatic Pressure, HHP)**

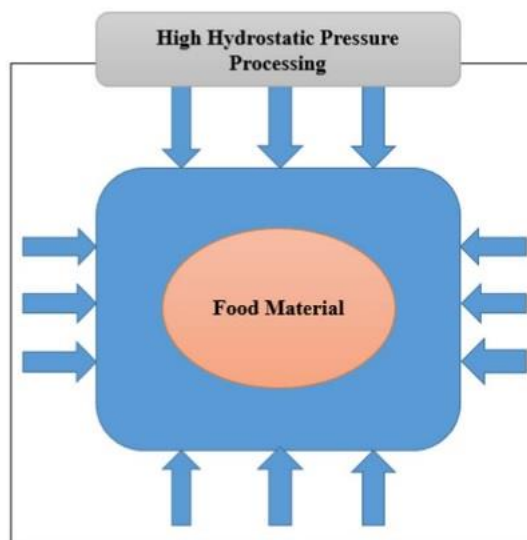
Με την πάροδο των χρόνων, οι καταναλωτές επιθυμούν την εύρεση και κατανάλωση προϊόντων με καλύτερα ποιοτικά χαρακτηριστικά. Τέτοια είναι η καλύτερη θρεπτική τους αξία, η φρεσκότητά τους και τα ανώτερα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά τους. Παράλληλα, προτιμούν προϊόντα στα οποία δεν εφαρμόζονται θερμικές επεξεργασίες, με χαρακτηριστικό παράδειγμα την εφαρμογή υπερυψηλής πίεσης, μέθοδος η οποία έχει εφαρμοσθεί με μεγάλη επιτυχία στη βιομηχανία των τροφίμων (Huang et al., 2017). Το προϊόν που πρόκειται να υποστεί εφαρμογή υπερυψηλής πίεσης συσκευάζεται σε ένα εύκαμπτο δοχείο και στη συνέχεια τοποθετείται μέσα σε ένα δοχείο πίεσης, βυθιζόμενο σε ένα υγρό, συνήθως νερό (Gopal, 2017).





Εικόνα 10- Ημισυνεχές σύστημα εφαρμογής υψηλής πίεσης (V.M. Balasubramaniam, 2007)

Η επεξεργασία αυτή έχει ως κύριο αποτέλεσμα την παραγωγή μικροβιολογικά ασφαλών τροφίμων, διατηρώντας τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά τους καθώς και τη θρεπτική τους αξία. Αδρανοποιεί τους μικροοργανισμούς και συγκεκριμένα τις βλαστικές μορφές τους, τους μύκητες, τις ζύμες και ορισμένα ένζυμα (Amsasekar et al., 2022; Daher et al., 2017).



Εικόνα 11 - Το τρόφιμο ως σύστημα, υπό την εφαρμογή υψηλής πίεσης (M. K. Khan et al., 2018)

Αποτελεί εναλλακτική λύση της θερμικής επεξεργασίας, η οποία μπορεί να είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική. Ανάλογα με το προϊόν που δέχεται την επεξεργασία, διαφέρει ο συνδυασμός θερμοκρασίας και πίεσης που εφαρμόζεται. Μπορεί να προκαλέσει δυσμενείς επιδράσεις στο προϊόν, όπως είναι η μετουσίωση των πρωτεϊνών. Γι'αυτό, είναι σημαντικό να μελετηθούν όλοι εκείνοι οι μηχανισμοί που πραγματοποιούνται, ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι ανεπιθύμητες δράσεις της μεθόδου και να επιλεγθούν συνδυαστικά με αυτή και άλλες μέθοδοι επεξεργασίας. Τα οφέλη της

υπερνικούν τις τυχόν αρνητικές επιδράσεις που μπορεί να έχει, δίνοντας θρεπτικά προϊόντα, με ιδιαίτερα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, μικροβιολογικά ασφαλή και ποιοτικά αποδεκτά. Αποτελεί μια εναλλακτική μέθοδο επεξεργασίας από τις συμβατικές μεθόδους, η οποία έχει αυξημένες δυνατότητες στη βιομηχανία τροφίμων και αποτελεί μια ιδανική λύση για πολλές περιπτώσεις επεξεργασίας (Amsasekar et al., 2022). Η μέθοδος αυτή είναι επιθυμητό να συνδυαστεί με εμπόδια όπως είναι η ρύθμιση του pH, της θερμοκρασίας και η συσκευασία (Leif Bogh-Sorensen, 2020). Η εφαρμογή υπερυψηλής πίεσης χρησιμοποιείται σε μεγάλο βαθμό στη βιομηχανία κρέατος, για προϊόντα όπως το ζαμπόν, τα παριζάκια, κ.ά. (Huang et al., 2017).

Είναι μια επεξεργασία, η οποία δεν απαιτεί εφαρμογή υψηλής θερμοκρασίας, αλλά εφαρμόζεται μέσω υψηλής πίεσης (100-1000MPa) για σύντομο χρονικό διάστημα. Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου περιλαμβάνουν την αυξημένη διάρκεια ζωής των προϊόντων, το μικρότερο χρόνο επεξεργασίας σε σύγκριση με τις συμβατικές μεθόδους επεξεργασίας και την ανάπτυξη προϊόντων με βελτιωμένες γεύσεις και λειτουργικές ιδιότητες (Abera, 2019).

Μέσω αυτής της μεθόδου επιτυγχάνεται η μικροβιολογική ασφάλεια του τροφίμου διατηρώντας τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του αλλά και τη θρεπτική του αξία. Σε σύγκριση με τη συμβατική μέθοδο της εφαρμογής θερμότητας, κατά την εφαρμογή υπερυψηλής πίεσης, εφαρμόζεται θερμοκρασία δωματίου μειώνοντας έτσι την κατανάλωση ενέργειας και τις ανεπιθύμητες επιδράσεις της υψηλής θερμοκρασίας (Huang et al., 2017). Χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με διάφορες άλλες τεχνολογίες επεξεργασίας στην τεχνολογία τροφίμων. Μπορεί να εμποδίσει την ανάπτυξη ζυμών, να μειώσει την πιθανότητα μικροβιακής μόλυνσης και ως αποτέλεσμα να μπορέσει να αντικαταστήσει ορισμένους αντιμικροβιακούς παράγοντες (Buzrul, 2012). Επεκτείνεται μέσω αυτής η διάρκεια αποθήκευσης και διατηρείται η ποιότητα του προϊόντος (Huang et al., 2017).

Υπάρχουν διάφοροι παράγοντες, οι οποίοι είναι δυνατό να επηρεάσουν τη μικροβιακή ευαισθησία της μεθόδου. Αυτοί είναι το pH, η ενεργότητα νερού και η θερμοκρασία. Τα προϊόντα που προκύπτουν μέσω αυτής είναι συνήθως όξινα, γεγονός που οφείλεται στην ανθεκτικότητα μικροοργανισμών στην υψηλή πίεση και στο ότι δεν επιζούν σε χαμηλό pH (Raso & Barbosa-Cánovas, 2003). Η αδρανοποίηση των μικροοργανισμών εξαρτάται από το είδος, τη σύνθεση και τα χαρακτηριστικά του προϊόντος, το pH και

την ενεργότητα νερού. Οι Gram θετικοί μικροοργανισμοί έχει βρεθεί ότι είναι πιο ανθεκτικοί από τους Gram αρνητικούς (Balasubramaniam & Farkas, 2008).

Σημαντικό στοιχείο είναι η συνεργιστική δράση διαφόρων αντιβακτηριακών ενώσεων με την επεξεργασία υψηλής πίεσης. Μέσα από της κατάλληλες συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης, ενώσεις όπως η χιτοζάνη ή η λυσοζύμη μπορούν να μειώσουν τον αριθμό των μικροοργανισμών (Amsasekar et al., 2022). Στην περίπτωση χρήσης αντιμικροβιακών ενώσεων, θεωρείται ως ευκολότερη και πιο αποτελεσματική η αντιμετώπιση των μικροοργανισμών που είναι ανθεκτικοί στην εφαρμογή της πίεσης (Rendueles et al., 2011).

Η μέθοδος υπερευψηλής πίεσης δεν επιδρά σε μεγάλο βαθμό στις χρωστικές ουσίες των τροφίμων, όπως είναι για παράδειγμα η χλωροφύλλη ή διάφορα καροτενοειδή. Η αλλοίωση αυτών των ενώσεων είναι δυνατή όταν η αδρανοποίηση των ενζύμων ή των μικροοργανισμών δεν είναι επαρκής (Oey et al., 2008). Έχει γίνει αντιληπτό πως η αποτελεσματική αδρανοποίηση των ενζύμων είναι πιθανό να λειτουργήσει θετικά στη σταθερότητα του χρώματος. (Amsasekar et al., 2022). Η θερμική επεξεργασία συχνά καταστρέφει τα θρεπτικά χαρακτηριστικά και αλλοιώνει τις οργανοληπτικές ιδιότητες του τροφίμου, πράγμα που δε συμβαίνει με την εφαρμογή υψηλών πιέσεων (Huang et al., 2017). Παρά τα πλεονεκτήματα της, η μέθοδος αυτή έχει ορισμένα μειονεκτήματα στη χρήση της. Αρχικά, η πλειοψηφία των προϊόντων στα οποία έχει εφαρμοσθεί υψηλή πίεση χρήζουν αποθήκευσης και διακίνησης σε συνθήκες ψύξης. Σημαντική κρίνεται η επιλογή του υλικού συσκευασίας που χρησιμοποιείται ώστε να είναι ασφαλή και αποδεκτά τα τελικά προϊόντα κατά τη μέθοδο αυτή. Εκτός από τα παραπάνω, σημαντικό είναι το κόστος της επένδυσης που απαιτείται (Huang et al., 2017). Το χρώμα και γενικά η εμφάνιση ενός προϊόντος είναι από τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά που προσέχει ο καταναλωτής. Κατά την εφαρμογή υπερευψηλής πίεσης μπορεί να λάβει χώρα μετουσίωση των πρωτεϊνών, όμως οι μεταβολές αυτές δεν είναι τόσο έντονες όσο στην περίπτωση της εφαρμογής θερμικής επεξεργασίας (Hogan E., 2005). Σημαντικό κριτήριο αποδεκτότητας για τον καταναλωτή κρίνεται και η υφή ενός προϊόντος. Τις περισσότερες φορές η δομή των προϊόντων δεν μεταβάλλεται κατά τη μέθοδο αυτή, υπάρχουν όμως περιπτώσεις όπως τα φρούτα, στα οποία μπορεί να προκληθεί τυχόν ανεπιθύμητη δράση (Considine et al., 2008; Hogan E., 2005).

Η επεξεργασία με υπερυψηλή πίεση μπορεί να συνδυαστεί με άλλα εμπόδια και τεχνικές επεξεργασίας. Ο συνδυασμός αυτός μπορεί να μειώσει αισθητά το κόστος και να κάνει εφικτή μια πιο ευρεία χρήση της μεθόδου. Μερικά παραδείγματα των μεθόδων που μπορεί να εφαρμοσθούν συνδυαστικά είναι η εφαρμογή παλμικού ηλεκτρικού πεδίου ή υπερήχων (Balasubramaniam & Farkas, 2008).

Εκτός από το κρέας, εφαρμόζεται σχεδόν σε όλες τις κατηγορίες τροφίμων. Όταν εφαρμόζεται σε φρούτα και λαχανικά διατηρεί τα θρεπτικά τους χαρακτηριστικά, τη φρεσκότητά τους, το χρώμα, τη γεύση αλλά και την υφή τους, επιμηκύνοντας παράλληλα τη διάρκεια ζωής τους. Αυτό είναι πολύ σημαντικό, διότι η συγκεκριμένη κατηγορία τροφίμων είναι αρκετά ευαίσθητη, όμως η υψηλή πίεση δεν αποκλείει τυχόν αλλαγές που μπορεί να συμβούν κατά την αποθήκευση των προϊόντων όπως είναι χημικές και βιοχημικές αντιδράσεις. Σε πολλά προϊόντα, πρέπει να σημειωθεί πως η εφαρμογή υπερυψηλής πίεσης δεν έχει καμία επίδραση στη διατροφική σύνθεση του προϊόντος ή τη γεύση του, ωστόσο η ενζυμική δραστηριότητα είναι ελεγχόμενη. Ορισμένα παραδείγματα αυτής της κατηγορίας είναι ψιλοκομμένα λαχανικά, χυμοί και προϊόντα όπως οι μαρμελάδες. Είναι εφικτό να χρησιμοποιηθεί σε προϊόντα αυγού, όπου πέρα από τη μικροβιακή αδρανοποίηση και την επέκταση της διάρκειας ζωής, μπορεί επίσης να βελτιώσει τις ιδιότητες του αυγού, όπως τη βελτίωση του αφρισμού (van der Plancken, 2007; Wang et al., 2016; Yang, 2009).

Αξίζει να αναφερθεί η χρήση της μεθόδου στα γαλακτοκομικά προϊόντα, όπου χρησιμοποιείται αρκετά συχνά. Έχει μελετηθεί πως το γάλα, μετά την εφαρμογή υπερυψηλής πίεσης έχει υψηλότερη περιεκτικότητα σε ελεύθερα αμινοξέα, συγκριτικά με τις συμβατικές μεθόδους επεξεργασίας όπου γίνεται χρήση θερμότητας. Στην πήξη, η οποία σχετίζεται κυρίως με την παραγωγή τυριού, η εφαρμογή υπερυψηλής πίεσης μπορεί να βελτιώσει τις ιδιότητες της διεργασίας, να μειώσει το χρόνο της διαδικασίας της πήξης της πυτιάς και να βελτιώσει το πήγμα (Wang et al., 2016). Ταυτόχρονα, επιτυγχάνεται μικροβιακή αδρανοποίηση, γεγονός που συμβάλει στην αποφυγή ανεπιθύμητων αντιδράσεων όπως είναι η γεύση του τυριού μετά την παστερίωση, που προκαλείται από βακτήρια (Martinez-Rodriguez, 2012; Wang et al., 2016). Τέλος, η κατηγορία των θαλασσινών και οστρακοειδών είναι αρκετά σημαντική, επειδή η κατηγορία αυτή κατηγορείται συχνά για τροφικές δηλητηριάσεις, λόγω της κατανάλωσης ωμών ή ανεπαρκώς μαγειρεμένων προϊόντων. Με την εφαρμογή πίεσης

διατηρείται η εμφάνιση τους, η γεύση και η υφή τους και αυξάνεται η ασφάλεια τους (Kaur et al., 2013; Wang et al., 2016).

Συμπερασματικά, η επεξεργασία με υπερυψηλή πίεση μπορεί να παράξει προϊόντα υψηλής ποιότητας που παρουσιάζουν την εικόνα και τα χαρακτηριστικά των φρέσκων, είναι ασφαλή ως προς τη ύπαρξη μικροοργανισμών και έχουν αυξημένη διάρκεια ζωής (Hogan E., 2005; Patterson MF, 2005).

### **6.5.1.6 Υπέρηχοι (Ultrasound)**

Πρόσφατα, έχει αυξηθεί η ανάγκη για έρευνα νέων μεθόδων επεξεργασίας, ώστε να αξιοποιούνται οι δυνατότητες και οι νέες τεχνολογίες που παρέχονται, με σκοπό να παράγονται καινοτόμα και ασφαλή προϊόντα, αποδεκτά από τους καταναλωτές. Μια τέτοια μέθοδος είναι η επεξεργασία με υπέρηχους (Bhargava et al., 2021). Κατά την επεξεργασία αυτή εφαρμόζονται ηχητικά κύματα, συχνότητας μεγαλύτερης από 20kHz. Βασική αρχή είναι η διασπορά των ηχητικών κυμάτων και η αντανάκλασή τους. Μπορεί να ταξινομηθεί σε δυο διαφορετικές κατηγορίες, χαμηλής και υψηλής έντασης, ανάλογα με την ένταση και τη συχνότητα των κυμάτων (Bhargava et al., 2021). Δεν εφαρμόζεται μόνη της ως μέθοδος, γιατί απαιτείται αυξημένη ένταση και μπορεί να έχει επιζήμια αποτελέσματα στο προϊόν (Leif Bogh-Sorensen, 2020).

Η εφαρμογή της επεξεργασίας με υπέρηχους μπορεί να εφαρμοσθεί σε διάφορες κατηγορίες τροφίμων. Οι χαμηλής έντασης υπέρηχοι συχνά χρησιμοποιούνται για να βελτιώσουν τη γεύση, την τρυφερότητα και τη γενικότερη ποιότητα του κρέατος. Η σταθερότητα στην οξείδωση και στην οργανοληπτική ποιότητα επηρεάζονται από την εφαρμογή υπέρηχων (Bhargava et al., 2021). Η μέθοδος θεωρείται ως μια μέθοδος φιλική προς το περιβάλλον. Η επεξεργασία των προϊόντων γίνεται σε χαμηλότερες θερμοκρασίες, και ο ρυθμός μεταφοράς μάζας και θερμότητας είναι βελτιωμένος. Όταν εφαρμόζεται σε υψηλές εντάσεις, μπορεί να υπάρξει αισθητή αύξηση της θερμοκρασίας, επηρεάζοντας αρνητικά την ποιότητα του προϊόντος. Σημαντική κρίνεται η συνεργιστική δράση των υπέρηχων με τη θερμοκρασία και την πίεση, που μπορούν να συμβάλλουν θετικά στην μικροβιακή και ενζυμική αδρανοποίηση (Bhargava et al., 2021).

Το χρώμα του κρέατος είναι μια σημαντική παράμετρος για την αποδοχή του από τον καταναλωτή. Αξίζει να σημειωθεί, πως μέσα από μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί, η εφαρμογή υπερήχων ενισχύει τις διακυμάνσεις του χρώματος του κρέατος, περιορίζοντας έτσι την οξυμυοσφαιρίνη και το σχηματισμό μεταμυοσφαιρίνης. Επιπλέον, η μέθοδος έχει αντιμικροβιακή δράση και μπορεί να επεκτείνει τη διάρκεια ζωής των κρεατοπαρασκευασμάτων (Bhargava et al., 2021). Η αντιμικροβιακή δράση της μεθόδου, εξαρτάται από το χρόνο επαφής με τους μικροοργανισμούς, το είδος τους, τη σύνθεση και τα χαρακτηριστικά του προϊόντος και τη θερμοκρασία που αυτή εφαρμόζεται (T.J. Mason, 1998).

Από την υπάρχουσα βιβλιογραφία, έχει φανεί ότι οι υπέρηχοι μπορούν να μειώσουν τις απώλειες πριν και μετά τη συγκομιδή των φρούτων και λαχανικών. Σε έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί, παρατηρήθηκε πως το χρώμα τους μπορεί να επηρεαστεί, γεγονός που οφείλεται στην αδρανοποίηση ενζύμων όπως είναι η πολυφαινολοξειδάση. Όσον αφορά στα γαλακτοκομικά προϊόντα, η εφαρμογή υπερήχων μπορεί να οδηγήσει σε ποιοτικά αποδεκτά προϊόντα, αυξημένης διάρκειας ζωής (Bhargava et al., 2021). Μέσω αυτής, ενισχύονται τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των ζυμωμένων γαλακτοκομικών προϊόντων, αφού αυξάνονται τα βιοδραστικά πεπτίδια και οι ολιγοσακχαρίτες, με παράλληλη μείωση της λακτόζης (D. Huang, 2019). Για την παρασκευή τυριού, απαιτείται μικρότερος χρόνος για την ωρίμανση του, βελτιώνοντας τις ιδιότητες του, όπως η υφή και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά (Bhargava et al., 2021).

### **6.5.1.7 Συσκευασία**

Πολλές φορές η συσκευασία κρίνεται αναγκαία κατά την αποθήκευση και διανομή προϊόντων. Σε αυτήν περιλαμβάνεται η συσκευασία υπό κενό, η ενεργή συσκευασία, οι εδώδιμες μεμβράνες και η συσκευασία σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα, MAP (Leif Bogh-Sorensen, 2020).

#### **6.5.1.7.1 Συσκευασία υπό κενό (Vacuum Packaging, VP)**

Υπάρχει μια άλλη τεχνική συσκευασίας, η οποία μοιάζει με τη MAP, και είναι συσκευασία υπό κενό. Η συσκευασία υπό κενό περιγράφεται ως η συσκευασία ενός τροφίμου, με ένα υλικό υψηλού φραγμού, από όπου αφαιρείται ο αέρας. Ως συνέπεια αυτού είναι η αποφυγή ανάπτυξης αερόβιων οργανισμών, της οξείδωσης και της μεταβολής του χρώματος. Χρησιμοποιείται σε μεγάλη έκταση για τη συσκευασία κρέατος. Το είδος του κρέατος, η μέθοδος συσκευασίας και οι συνθήκες αποθήκευσης σχετίζονται με τη διάρκεια ζωής και την αλλοίωση που αυτό μπορεί να υποστεί. Συγκεκριμένα, η διάρκεια ζωής του κρέατος, που συσκευάζεται υπό κενό, εξαρτάται από τη θερμοκρασία και το μικροβιολογικό φορτίο του κατά τη συσκευασία (Narasimha Rao & Sachindra, 2002).

#### **6.5.1.7.2 Ενεργή συσκευασία**

Κατά την ενεργή συσκευασία, μεταβάλλονται οι συνθήκες του περιβάλλοντος της συσκευασίας. Βασικός σκοπός είναι ο μεγαλύτερος χρόνος ζωής του προϊόντος, η βελτίωση της ασφάλειας του ή/και η βελτίωση των οργανοληπτικών του χαρακτηριστικών. Σε αυτού του είδους τη συσκευασία, το προϊόν διατηρεί την ποιότητα του συσκευασμένου τροφίμου. Οι βασικές κατηγορίες της ενεργής συσκευασίας είναι τα συστήματα απορρόφησης ανεπιθύμητων ουσιών από το εσωτερικό της συσκευασίας, τα συστήματα εκπομπής επιθυμητών συστατικών και άλλα συστήματα όπως είναι αυτοθερμαινόμενες και αυτοψυχόμενες συσκευασίες, susceptors για χρήση σε φούρνο μικροκυμάτων και τέλος μεμβράνες όπου μέσω αυτών μεταβάλλεται η διαπερατότητα των αερίων (Παπαδάκης Ε. Σπυρίδων, 2018) . Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η

περίπτωση του οξυγόνου, όπου για τη μείωση του μπορούν να τοποθετηθούν μέσα στη συσκευασία ειδικοί φάκελοι (Leif Bogh-Sorensen, 2020).



Εικόνα 12- Παραδείγματα συστημάτων ενεργής συσκευασίας (Patiño Vidal et al., 2022)

### 6.5.1.7.3 Βρώσιμες μεμβράνες

Οι βρώσιμες συσκευασίες αποτελούνται από μεμβράνες και επικαλύψεις από διάφορα εδώδιμα υλικά. Οι κύριες λειτουργίες τους περιλαμβάνουν τη φραγή στη μετανάστευση υγρασίας, λιπών, ελαίων, αερίων και διαλυτών συστατικών, από και προς το τρόφιμο που συσκευάζεται. Ακόμα, βελτιώνεται η μηχανική αντοχή, συγκρατούνται τα πτητικά συστατικά του προϊόντος και αποτελούν φορείς για την ενσωμάτωση προσθέτων τροφίμων. Μπορούν να καταναλωθούν μαζί με το τρόφιμο, βελτιώνουν τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του, αυξάνουν τη θρεπτική αξία του, μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην περίπτωση ατομικών συσκευασιών αλλά και ως φορείς αντιμικροβιακών και αντιοξειδωτικών ουσιών. Δεν μπορούν να αντικαταστήσουν τα μη βρώσιμα υλικά συσκευασίας, μπορούν όμως να χρησιμοποιηθούν βοηθητικά για τη βελτίωση της ποιότητας του περιεχόμενου τροφίμου (Παπαδάκης Ε. Σπυρίδων, 2018).



#### **6.5.1.7.4 Συσκευασία σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα (Modified Atmosphere Packaging, MAP)**

Βασική αρχή της συσκευασίας σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα είναι η αντικατάσταση του περιεχόμενου στη συσκευασία αέρα με ένα άλλο αέριο ή μίγμα αερίων. Ονομάζεται αλλιώς και συσκευασία προστατευόμενης ατμόσφαιρας και συχνά στη συσκευασία προϊόντων αναγράφεται πως αυτά είναι συσκευασμένα σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα (Sivertsik et al., 2002).

Το σημαντικότερο επίτευγμα της τεχνολογίας αυτής είναι η αύξηση της διάρκειας ζωής των τροφίμων. Η αποτελεσματικότητα της MAP στη διάρκεια ζωής εξαρτάται από τον τύπο του προϊόντος, το μίγμα αερίων που θα χρησιμοποιηθεί, τη θερμοκρασία αποθήκευσης, τις πρακτικές υγιεινής που έχουν εφαρμοσθεί πριν τη συσκευασία αλλά και τις ιδιότητες φραγμού του υλικού συσκευασίας (Sivertsik et al., 2002).

Μερικά από τα πλεονεκτήματα της MAP είναι η αύξηση της διάρκειας ζωής, η μείωση των απωλειών τροφίμων με τις συνεπαγόμενες οικονομικές επιβαρύνσεις που αυτές έχουν, υψηλή ποιότητα προϊόντων και η μη αναγκαία χρήση συντηρητικών. Όμως, σημαντική είναι η αναφορά των μειονεκτημάτων της MAP. Αυτά περιλαμβάνουν το αυξημένο κόστος εγκατάστασης, την ελεγχόμενη θερμοκρασία και τη διαφορετικότητα μεταξύ της περιεκτικότητας των αερίων ανάλογα με τη φύση και τα χαρακτηριστικά του τροφίμου. Ακόμα, συχνά η συσκευασία είναι μεγαλύτερου μεγέθους, γεγονός που δεν είναι οικονομικά συμφέρον για μια επιχείρηση καθώς και ότι μόλις ανοιχθεί η συσκευασία, χάνονται όλες οι ευεργετικές ιδιότητες της MAP (Sivertsik et al., 2002).

Τα αέρια που χρησιμοποιούνται σε μεγαλύτερο βαθμό είναι το οξυγόνο, το άζωτο και το διοξείδιο του άνθρακα. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα αέριο, αν και συχνά γίνεται χρήση μιγμάτων δύο ή και τριών αερίων ταυτόχρονα (Sivertsik et al., 2002).

##### **Διοξείδιο του άνθρακα**

Το διοξείδιο του άνθρακα δρα ως μυκητοστατικό και βακτηριοστατικό αέριο. Η αναστολή των βακτηρίων εξαρτάται από την περιεκτικότητα σε διοξείδιο του άνθρακα και ο ρυθμός αναστολής αυξάνεται με την αύξηση της περιεκτικότητας σε CO<sub>2</sub> μέσα στο περιβάλλον του τροφίμου. Η αποτελεσματικότητα της δράσης του αερίου εξαρτάται από τη θερμοκρασία στις συνθήκες αποθήκευσης, και έχει αποδειχθεί πως αυτή είναι αυξημένη, όσον αφορά στην αναστολή της μικροβιακής ανάπτυξης σε χαμηλότερες

θερμοκρασίες. Ορισμένοι μηχανισμοί για τη δράση του CO<sub>2</sub> που έχουν διατυπωθεί σχετικά με τη βακτηριοστατική του δράση, περιλαμβάνουν την αλλοίωση της λειτουργίας της κυτταρικής μεμβράνης, και συγκεκριμένα τη λήψη θρεπτικών συστατικών και την απορρόφηση τους, την ενζυμική αναστολή, τη διείσδυση στις μεμβράνες των βακτηρίων και αλλαγές στις φυσικοχημικές ιδιότητες των πρωτεϊνών (Sivertsik et al., 2002).

### **Άζωτο**

Το άζωτο ως αδρανές αέριο, επιλέγεται ως αέριο πλήρωσης. Είναι σχεδόν αδιάλυτο στο νερό και στο λίπος και δεν μπορεί να απορροφηθεί από το τρόφιμο. Αυτό συμβάλλει στο να μην εμφανίζεται το φαινόμενο της κατάρρευσης της συσκευασίας. Προστίθεται συχνά ώστε να εξουδετερώσει το οξυγόνο από περιβάλλον συσκευασίας του τροφίμου, όταν πρόκειται για τρόφιμα ευαίσθητα στο οξυγόνο (Sivertsik et al., 2002).

### **Οξυγόνο**

Το οξυγόνο χρησιμοποιείται πολλές φορές σε χαμηλές συγκεντρώσεις, ώστε να εμποδίζεται η ανάπτυξη αερόβιων βακτηρίων. Ακόμα, η παρουσία του συχνά προκαλεί ανεπιθύμητες αντιδράσεις στο τρόφιμο, όπως για παράδειγμα η οξειδωτική τάγγιση. Υπάρχουν όμως περιπτώσεις στις οποίες η παρουσία του οξυγόνου είναι αναγκαία, όπως σε αυτή του κόκκινου κρέατος, ώστε να διατηρηθεί το χαρακτηριστικό χρώμα του. Κατά καιρούς έχει γίνει χρήση του ώστε να περιοριστεί ο κίνδυνος ανάπτυξης αναερόβιων βακτηρίων (Sivertsik et al., 2002).

### **Μίγματα αερίων**

Τα μίγματα αερίων επιλέγονται σύμφωνα με το είδος αλλοίωσης που σχετίζεται με το τρόφιμο που πρόκειται να συσκευασθεί. Σε περίπτωση που η αλλοίωση είναι κυρίως μικροβιακή, η περιεκτικότητα σε διοξείδιο του άνθρακα θα είναι αρκετά υψηλή, χωρίς όμως να προκληθούν η κατάρρευση της συσκευασίας και άλλες τυχόν ανεπιθύμητες αντιδράσεις. Από την άλλη μεριά, αν η πιθανή αλλοίωση του προϊόντος είναι η οξειδωτική τάγγιση, τότε το μίγμα αερίων δεν θα πρέπει να περιέχει καθόλου οξυγόνο. Συχνά γίνεται χρήση 100% αζώτου σε τρόφιμα που μπορούν να εμφανίσουν αυτό το είδος αλλοίωσης (Sivertsik et al., 2002).

## Παραδείγματα εφαρμογής MAP

Τα ιχθυηρά είναι μια κατηγορία τροφίμων, τα οποία είναι ιδιαίτερα ευαλλοίωτα, λόγω της υψηλής ενεργότητας νερού, της τιμής pH και της παρουσίας ενζύμων, τα οποία συμβάλλουν συχνά στην παρουσία δυσάρεστων οσμών και γεύσεων. Η συσκευασία σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα έχει αποδειχθεί πως μπορεί να αυξήσει τη διάρκεια ζωής των ιχθυηρών συνδυαστικά με τις κατάλληλες συνθήκες αποθήκευσης. Από την άλλη μεριά, το κρέας και τα προϊόντα κρέατος σχετίζονται με τη μικροβιακή ανάπτυξη και τις μεταβολές στο χρώμα. Στα κόκκινα κρέατα, η περιεκτικότητα σε οξυγόνο είναι αυξημένη, ώστε να διατηρείται το έντονο πορφυρό χρώμα. Στο συγκεκριμένο είδος κρέατος, για να μην αναπτυχθούν αερόβια βακτήρια, χρειάζεται και η παρουσία του διοξειδίου του άνθρακα σε ένα αρκετά μικρότερο ποσοστό. Στα υπόλοιπα είδη κρέατος, γίνεται χρήση κυρίως μιγμάτων διοξειδίου του άνθρακα και αζώτου. Προϋπόθεση είναι οι χαμηλές θερμοκρασίες και οι σωστές πρακτικές υγιεινής, σε όλον τον κύκλο παραγωγής και διακίνησης των προϊόντων, ώστε να επεκταθεί η διάρκεια ζωής όσο το δυνατόν περισσότερο. Τα πουλερικά, σχετίζονται συνήθως με την ανάπτυξη αερόβιων βακτηρίων, τα οποία παρεμποδίζονται με το διοξείδιο του άνθρακα, και το ποσοστό του είναι αρκετό όταν κυμαίνεται γύρω στο 20%. Η κύρια αλλοίωση των γαλακτοκομικών είναι η μικροβιακή ανάπτυξη και η οξειδωτική τάγγιση. Τα σκληρά τυριά μπορούν να συσκευασθούν σε μίγματα διοξειδίου του άνθρακα και αζώτου, ώστε να περιορίζεται η ανάπτυξη μυκήτων. Και τα μαλακά τυριά μπορούν να συσκευάζονται σε μίγμα διοξειδίου του άνθρακα και αζώτου. Παρόλα αυτά δεν συνιστάται χρήση MAP σε προϊόντα που είναι επιθυμητή η ανάπτυξη μυκήτων για την ωρίμανση τους καθώς αυτό θα περιορίσει την ανάπτυξη τους. Όσον αφορά στα φρούτα και τα λαχανικά, τρόφιμα τα οποία μετά τη συγκομιδή τους συνεχίζουν και αναπνέουν (κλιμακτηριακοί καρποί), οι αλλοιώσεις που συμβαίνουν είναι η μικροβιακή ανάπτυξη, η ενζυμική δραστηριότητα και η απώλεια υγρασίας (Sivertsik et al., 2002).

Κατά την αποθήκευση τους, παράγεται διοξείδιο του άνθρακα μέσω της αναπνοής των προϊόντων, συνεπώς η μικροβιακή ανάπτυξη επιβραδύνεται με μείωση του οξυγόνου και αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα σε τιμές υψηλότερες από εκείνες της ατμόσφαιρας (Jemni M et al., 2016). Βέβαια, οι συνθήκες της τροποποιημένης ατμόσφαιρας ποικίλλουν, ανάλογα την ποικιλία του καρπού, την ωριμότητα του, τις συνθήκες επεξεργασίας, τη θερμοκρασία αλλά και με την επίδραση άλλων παραγόντων (Powrie WD & Skura BJ, 1991) (Barbosa-Cánovas et al., 2015).

Όπως έχει αποδειχθεί, η συσκευασία σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα είναι ικανή να αυξήσει τη διάρκεια ζωής ενός προϊόντος. Προαπαιτούμενο είναι να αποφεύγεται η διασταυρούμενη επιμόλυνση κατά την μεταποίηση και τη συσκευασία του προϊόντος. Θα πρέπει να εφαρμόζονται πρακτικές υγιεινής και να διασφαλίζεται η ασφάλεια των συσκευασμένων σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα προϊόντων. Η αλυσίδα ψύξης είναι ζωτικής σημασίας για τη MAP, και χρειάζεται έλεγχο κατά τις διεργασίες παραγωγής, συσκευασίας, διακίνησης και αποθήκευσης (Sivertsik et al., 2002).

### **6.5.1.8 Αποθήκευση**

#### **6.5.1.8.1 Αποθήκευση σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα**

Τα τρόφιμα αποθηκεύονται σε αεροστεγείς αποθήκες με την ατμόσφαιρα τροποποιημένη. Μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω της αναπνοής των προϊόντων που αποθηκεύονται. Η χρήση της γίνεται κυρίως υπό ψύξη, για φρούτα και λαχανικά (Leif Bogh-Sorensen, 2020).

#### **6.5.1.8.2 Αποθήκευση σε ελεγχόμενη ατμόσφαιρα**

Η αποθήκευση σε ελεγχόμενη ατμόσφαιρα, διαφέρει από την αποθήκευση σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα, αφού η ατμόσφαιρα είναι υπό συνεχή έλεγχο και ρυθμίζεται όταν απαιτείται. Χρησιμοποιείται όταν αποθηκεύονται υπό ψύξη φρούτα και λαχανικά (Leif Bogh-Sorensen, 2020).

## **6.5.2 Φυσικοχημικά εμπόδια**

### **6.5.2.1 Ενεργότητα ύδατος ( $a_w$ )**

Η ενεργότητα ύδατος χαρακτηρίζεται ως η πίεση των υδρατμών του τροφίμου προς την πίεση του καθαρού νερού, στην ίδια θερμοκρασία. Είναι βασική παράμετρος που σχετίζεται με την μικροβιακή ανάπτυξη και άλλων αντιδράσεων υποβάθμισης των προϊόντων. Η μείωση της  $a_w$  μπορεί να πραγματοποιηθεί με διαδικασίες όπως η αφυδάτωση, αλλά και μέσω της προσθήκης ουσιών όπως είναι το αλάτι ή η ζάχαρη. Ένα προϊόν χαρακτηρίζεται ως μικροβιολογικά σταθερό σε τιμές  $a_w$  μικρότερες από 0,60. Συνδυάζεται με άλλα εμπόδια, όπως είναι η ψύξη (Leif Bogh-Sorensen, 2020). Τα τρόφιμα που χαρακτηρίζονται από τιμές ενεργότητας νερού μεγαλύτερες από 0,90 χαρακτηρίζονται ως υψηλής υγρασίας, εκείνα με τιμές 0,60-0,90 ως ενδιάμεσης υγρασίας και προστατεύονται αρκετά από αλλοίωση που προκύπτει από τη μικροβιακή δραστηριότητα.

### **6.5.2.2 pH**

Το pH σαν εμπόδιο, είναι πολύ σημαντικό στην τεχνολογία εμποδίων, γιατί οι περισσότεροι παθογόνοι μικροοργανισμοί δεν αναπτύσσονται σε τιμές μικρότερες των 4,6, τιμή που έχει καθοριστεί για το βακτήριο *Cl. Botulinum*. Το εμπόδιο αυτό, συνδυάζεται με τη συσκευασία και άλλα πρόσθετα τροφίμων (Leif Bogh-Sorensen, 2020).

### **6.5.2.3 Οξειδοαναγωγικό δυναμικό**

Το οξειδοαναγωγικό δυναμικό δεν μπορεί να εφαρμοσθεί ως μοναδικό εμπόδιο. Χρησιμοποιείται με ψύξη και συσκευασία του προϊόντος (Leif Bogh-Sorensen, 2020).

### **6.5.2.4 Χλωριούχο νάτριο**

Το χλωριούχο νάτριο μπορεί να μειώσει την  $a_w$  και παράλληλα έχει αντιμικροβιακή δράση. Συνδυάζεται συχνά με τη συσκευασία, την ψύξη και το κάπνισμα (Leif Bogh-Sorensen, 2020). Αποτελεί ένα από τα πιο χρησιμοποιημένα συντηρητικά τροφίμων. Δεν μπορεί να εφαρμοσθεί μόνο του ως εμπόδιο, λόγω του γεγονότος ότι έχει σοβαρό αντίκτυπο στην ανθρώπινη υγεία και στα χαρακτηριστικά του τροφίμου. Όταν

συνδυάζεται με άλλα εμπόδια, μπορεί να έχει ικανοποιητικά αποτελέσματα (Rahman, 2015).

#### **6.5.2.5 Οργανικά οξέα**

Τα οργανικά οξέα χρησιμοποιούνται ως εμπόδιο, περιλαμβάνοντας το οξικό, το κιτρικό, το γαλακτικό, το σορβικό αλλά και άλλα οξέα και τα άλατα τους. Η δράση των οργανικών οξέων, με άλλα εμπόδια που εφαρμόζονται χαρακτηρίζεται ως συνεργιστική. Τα υπόλοιπα εμπόδια που χρησιμοποιούνται είναι το pH, το χλωριούχο νάτριο, η ψύξη και η συσκευασία (Leif Bogh-Sorensen, 2020).

### **6.5.3 Εμπόδια από μικροοργανισμούς**

#### **6.5.3.1 Ανταγωνιστική γλωρίδα**

Η ανταγωνιστική γλωρίδα ενός τροφίμου, είναι πολύ σημαντικό εμπόδιο στην τεχνολογία εμποδίων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι αυτό της ζύμωσης, όπου μικροοργανισμοί μπορούν να αναπτυχθούν και να εμποδίσουν την ανάπτυξη άλλων (Leif Bogh-Sorensen, 2020).

#### **6.5.3.2 Καλλιέργειες εκκίνησης**

Οι καλλιέργειες εκκίνησης είναι απαραίτητες για την παραγωγή τροφίμων, όπως το τυρί, το γιαούρτι, το κρασί και τα προϊόντα τουρσί. Γνωστά βακτήρια που χρησιμοποιούνται στην περίπτωση αυτή είναι τα γαλακτικά βακτήρια, όπου μπορούν να μειώσουν την τιμή του pH και έχουν ανταγωνιστική δράση (Leif Bogh-Sorensen, 2020).

#### **6.5.3.3 Βακτηριοσίνες**

Οι βακτηριοσίνες είναι μεταβολικά προϊόντα των γαλακτικών βακτηρίων. Γνωστή βακτηριοσίνη που χρησιμοποιείται είναι η νισίνη. Η αντιμικροβιακή πτυχή των βακτηριοσινών μπορεί να τονισθεί με χρήση χηλικών παραγόντων, όπως είναι το EDTA (Leif Bogh-Sorensen, 2020).

## 6.5.4 Διάφορα άλλα εμπόδια

### 6.5.4.1 Ψυχρό πλάσμα (Cold Plasma, CP)

Τα τελευταία χρόνια, η επεξεργασία με ψυχρό πλάσμα, έχει απασχολήσει τους επιστήμονες, ως μια μη θερμική μέθοδος επεξεργασίας τροφίμων. Έχει αποδειχθεί ιδιαίτερα αποτελεσματικό, όσον αφορά στους παθογόνους μικροοργανισμούς που σχετίζονται με τα τρόφιμα, όπως είναι η *Escherichia coli* και η *Salmonella typhimurium*. Προκύπτουν έτσι τρόφιμα ασφαλή, με αυξημένη διάρκεια ζωής, τα οποία έχουν υποστεί ελάχιστη επεξεργασία (Pankaj et al., 2018).

Το πλάσμα που χρησιμοποιείται αποτελεί μια σχεδόν ουδέτερη κατάσταση ιονισμένου αερίου, αποτελούμενο από ιόντα, ελεύθερα ηλεκτρόνια, άτομα και μόρια στις θεμελιώδεις ή διεγερμένες καταστάσεις τους, με ένα ουδέτερο φορτίο. Η παραγωγή του μπορεί να γίνει από οποιοδήποτε είδος ενέργειας, με πιο γνωστά τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία (Pankaj et al., 2018).

Οι κύριες εφαρμογές του στη βιομηχανία τροφίμων περιλαμβάνουν την εξυγίανση και την απολύμανση τροφίμων, την απενεργοποίηση ενζύμων, την αφαίρεση τοξινών, τροποποιήσεις που σχετίζονται με την συσκευασία των προϊόντων αλλά και την επεξεργασία του νερού (Pankaj et al., 2018).

Από μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί, η επεξεργασία με ψυχρό πλάσμα έχει μικρή επίδραση στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, όπως το χρώμα των τροφίμων, σε χαμηλούς χρόνους επεξεργασίας. Αυτό βέβαια εξαρτάται και από παράγοντες, όπως ο τύπος του τροφίμου, οι παράμετροι επεξεργασίας του πλάσματος αλλά και οι συνθήκες αποθήκευσης (Pankaj et al., 2018).

Συμπερασματικά, η επεξεργασία με ψυχρό πλάσμα, έχει αρκετές δυνατότητες όσον αφορά στην εξυγίανση/απολύμανση των τροφίμων. Παρόλα αυτά, έρευνες απασχολούν τη συσχέτιση της μεθόδου με τη μικροβιακή αδρανοποίηση. Επειδή είναι μια καινοτόμος μέθοδος επεξεργασίας, χρειάζεται να γίνουν εκτενείς μελέτες σχετικά με την αποφυγή τυχόν αρνητικών επιδράσεων, όπως η απώλεια βιταμινών, κρίνοντας απαραίτητη την κατανόηση των μηχανισμών της μεθόδου (Pankaj et al., 2018).



#### 6.5.4.2 Παλμικό φως (Pulsed light)

Το παλμικό φως είναι μια μέθοδος που χρησιμοποιείται στην επεξεργασία τροφίμων, κυρίως για τη μικροβιακή απενεργοποίηση αλλά και την εξυγίανση του εξοπλισμού που λειτουργεί στη μονάδα επεξεργασίας. Στη συγκεκριμένη μέθοδο, περιλαμβάνονται παλμοί μεγάλης έντασης, σχετικά μικρής διάρκειας και το παλμικό φως διαθέτει ένα ευρύ φάσμα στη χρήση του (Oms-Oliu et al., 2010).

Βασικό πλεονέκτημα της μεθόδου, είναι η ταχεία απολύμανση που μπορεί να επιτευχθεί με την εφαρμογή της. Συνίσταται σε περιπτώσεις τροφίμων όπου η μικροβιακή ανάπτυξη γίνεται εμφανής κυρίως στην επιφάνεια του προϊόντος. Τέτοια προϊόντα είναι τα φρούτα και τα λαχανικά, τα σκληρά τυριά και τα κρέατα κομμένα σε φέτες. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο τέλος μιας ήπιας επεξεργασίας (Oms-Oliu et al., 2010).

Εντούτοις, η μέθοδος του παλμικού φωτός, έχει περιορισμούς στη χρήση της, με βασικότερο την περιορισμένη αποτελεσματικότητα του όσον αφορά στη θέρμανση των προϊόντων. Έχει βρεθεί πως μπορεί να προκαλέσει ανεπιθύμητες επιδράσεις σε προϊόντα τα οποία είναι σε μορφή σκόνης και συγκεκριμένα να επηρεάσει το χρώμα τους. Η αλλοίωση αυτή μπορεί να γίνει αισθητή πριν την απενεργοποίηση των μικροοργανισμών. Τρόφιμα τα οποία δεν έχουν λείες επιφάνειες είναι ακατάλληλα για επεξεργασία με παλμικό φως, αφού μπορούν στις εγχοπές και τους πόρους, να αναπτυχθούν μικροοργανισμοί. Ωστόσο, η συγκεκριμένη μέθοδος, αποτελεί μια αρκετά ικανοποιητική για την απολύμανση των χρησιμοποιούμενων υλικών συσκευασίας (Oms-Oliu et al., 2010).

Η μέθοδος συχνά συνδυάζεται με χρήση υπερήχων, παλμικού ηλεκτρικού πεδίου και εδωδιμων επικαλύψεων σχετικά με την επίδραση στο μικροβιακό φορτίο των τροφίμων, στα πλαίσια της τεχνολογίας πολλαπλών εμποδίων (Aaliya et al., 2021b).

### 6.5.4.3 Επεξεργασία με όζον

Το όζον αποτελεί ένα σημαντικό αντιμικροβιακό παράγοντα, που θεωρείται ασφαλές στη χρήση του (GRAS) (Dilmaçınal & Kuleaşan, 2018). Σκοπός της χρήσης του είναι η παράταση της διάρκειας ζωής και η μικροβιολογική ασφάλεια των προϊόντων στα οποία εφαρμόζεται (Kim et al., 2003). Οι μηχανισμοί δράσης του περιλαμβάνουν την οξείδωση των πρωτεϊνών, αμινοξέων, ενζύμων και σουλφυδρυλικών ομάδων αλλά και την οξείδωση των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων, μετατρέποντας τα στη συνέχεια σε οξέα και υπεροξειδία (I. Khan et al., 2017). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, την οξείδωση των συστατικών (πρωτεΐνες, DNA) και τη μετέπειτα καταστροφή των μικροβιακών κυττάρων (Brodowska et al., 2018). Έχει μικροβιοκτόνο δράση απέναντι σε μικροοργανισμούς όπως τα βακτήρια, τους μύκητες και τους ιούς. Αυτή η δράση του συνδυαζόμενη με άλλες μεθόδους όπως είναι το υπεροξειδίο του υδρογόνου ή η υπεριώδης ακτινοβολία, εμφανίζεται να είναι πιο αποτελεσματική (Kim et al., 2003). Βασικό πλεονέκτημα της επεξεργασίας με όζον είναι ότι δεν αφήνει υπολείμματα στα προϊόντα. Επιπλέον, δεν απαιτείται η χρήση θερμότητας, μειώνοντας την απαίτηση ενέργειας (Khadre et al., 2001).

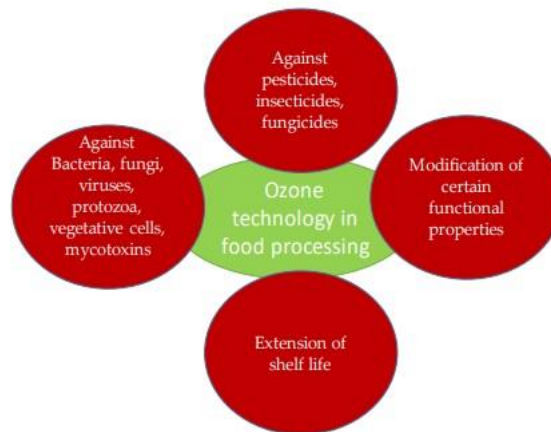
Η επεξεργασία με όζον σχετίζεται με πλήθος παραγόντων. Μερικοί από αυτούς είναι η συγκέντρωση του όζοντος, ο χρόνος έκθεσης και η ευαισθησία των μικροοργανισμών σε αυτό (Bahrami et al., 2020; Rifna et al., 2019).

Η χρήση της μεθόδου στη βιομηχανία τροφίμων, είναι σχετικά περιορισμένη. Διαθέτει υψηλό κόστος λειτουργίας, και παράλληλα έχει χαμηλή απόδοση στα σπόρια και τους ιούς. Ακόμα, μπορεί να επηρεάσει αρνητικά τα θρεπτικά συστατικά των τροφίμων όταν αυτό βρίσκεται σε μεγάλες συγκεντρώσεις (Aaliya et al., 2021b). Συνεπώς η χρήση του όζοντος δύναται να προκαλέσει υποβάθμιση της ποιότητας ενός τροφίμου μέσω της οξείδωσης τους στην επιφάνεια τους, προκαλώντας αποχρωματισμό, και οξειδωτικές αλλοιώσεις. Παράλληλα, μπορεί να μειωθεί η περιεκτικότητα σε βιταμίνες και αμινοξέα, να αυξηθεί η οξείδωση λιπιδίων και η δράση ορισμένων ενζύμων (Kim et al., 2003).

Μία από τις πιο γνωστές εφαρμογές του είναι σε νερό επεξεργασίας, για την απολύμανση του. Έχουν γίνει προσπάθειες για χρήση του όζοντος σε προϊόντα κρέατος,

αυγά, όμως έχει παρατηρηθεί να είναι προτιμότερο για χρήση σε προϊόντα όπως είναι τα φρούτα και τα λαχανικά (Kim et al., 2003).

Ορισμένες από τις επεξεργασίες με τις οποίες μπορεί να συνδυαστεί με σκοπό την αύξηση της αποτελεσματικότητας του όζοντος είναι ο συνδυασμός του με χλώριο αλλά και με την εφαρμογή παλμικού ηλεκτρικού πεδίου (Khadre et al., 2001).



Εικόνα 13- Βασικές χρήσεις όζοντος στη βιομηχανία τροφίμων (Chiozzi et al., 2022)

## 6.6 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα της Τεχνολογίας Εμποδίων

Η τεχνολογία εμποδίων, ως μέσο για την επεξεργασία και συντήρηση τροφίμων, έχει ελάχιστες απαιτήσεις όσον αφορά στην ενέργεια, και συνεπώς η παραγωγή των τροφίμων μπορεί να γίνει με χαμηλότερο κόστος, γεγονός που είναι συμφέρον για τη βιομηχανία τροφίμων. Δεν επιδρά σημαντικά στην ποιότητα του προϊόντος και τα χαρακτηριστικά του, προκαλώντας τη μικρότερη δυνατή υποβάθμιση, ώστε το προϊόν να καθίσταται αποδεκτό από τους καταναλωτές. Ικανοποιούνται έτσι οι απαιτήσεις και οι ανάγκες που ολοένα και αυξάνονται, για την κατανάλωση ήπια επεξεργασμένων τροφών (Ιωάννη Γ. Μπλούκα, 2004).

Τα προϊόντα που παράγονται μέσω της τεχνολογίας αυτής, χαρακτηρίζονται ως μικροβιολογικά σταθερά και υπάρχει η δυνατότητα να συντηρούνται και σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος για μεγάλο χρονικό διάστημα. Τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά αποδεικνύεται πως βελτιώνονται και τα προϊόντα διατηρούν βασικές ιδιότητες και χαρακτηριστικά φρέσκων προϊόντων (Ιωάννη Γ. Μπλούκα, 2004).

Από την άλλη πλευρά, απαιτείται εκτενής μελέτη για την επιλογή και τη σειρά εφαρμογής των εμποδίων ανάλογα με τις συνθήκες και το τρόφιμο που υφίσταται επεξεργασία σε κάθε περίπτωση. Χρειάζεται να αναφερθεί και το υψηλό κόστος εξοπλισμού για την εφαρμογή των επεξεργασιών, ειδικά εκείνων που δεν απαιτούν την εφαρμογή θερμικής επεξεργασίας, κάνοντας πολλές φορές δύσκολη την εφαρμογή τους σε βιομηχανικό επίπεδο (Ιωάννη Γ. Μπλούκα, 2004).

## **7. Εφαρμογή της Τεχνολογίας Εμποδίων ανά κατηγορία τροφίμων**

Οι κύριες χαρακτηριστικές κατηγορίες εφαρμογής της τεχνολογίας εμποδίων που θα αναφερθούν στη συνέχεια είναι τα φρούτα και τα λαχανικά, το κρέας και τα κρεατοσκευάσματα, ιχθυηρά και προϊόντα ιχθυηρών αλλά και τα γαλακτοκομικά. Στις ανωτέρω κατηγορίες τροφίμων, παρατίθενται σε κάθε περίπτωση ενδεικτικές χρήσεις, παραδείγματα μελετών και τα αποτελέσματα τους στο τρόφιμο που επεξεργάζεται σε κάθε περίπτωση.

### **7.1 Φρούτα και Λαχανικά**

Τα φρούτα και τα λαχανικά είναι μια ιδιαίτερη κατηγορία τροφίμων, λόγω του γεγονότος ότι περιέχουν πολλές βιταμίνες και άλλες φυτοχημικές/βιοδραστικές ουσίες. Βάσει των θετικών επιδράσεων που έχουν στην υγεία των ανθρώπων, είναι αρκετά δημοφιλή προϊόντα, και η κατανάλωση τους είναι αυξημένη. Παρ' όλα αυτά, όπως όλα τα τρόφιμα, μπορούν να προκαλέσουν τροφική δηλητηρίαση μέσω της κατανάλωσης τους, καθιστώντας σημαντικό τον παράγοντα της ασφάλειας τους (Escobedo-Avellaneda et al., 2018). Σήμερα, καθίσταται ευκολότερη η εμπορία ευπαθών φρούτων και λαχανικών από ότι στο παρελθόν, αφού για παράδειγμα πολλά φρούτα, που χαρακτηρίζονται ως εξωτικά, μπορούν να είναι διαθέσιμα στο ευρύ κοινό παρά τη μεγάλη απόσταση που απαιτείται για τη μεταφορά τους (Alzamora et al., 2018).

Τα προϊόντα μπορούν να υποστούν μικροβιολογικές, ενζυμικές αλλά και διάφορες χημικές μεταβολές κατά τη συντήρησή τους. Αυτές γίνονται εντονότερες μετά από διεργασίες όπως είναι η αφαίρεση της φλούδας τους, η κοπή τους και ο τεμαχισμός τους (Escobedo-Avellaneda et al., 2018).

Οι μικροοργανισμοί που προσβάλλουν τη συγκεκριμένη κατηγορία προϊόντων, μπορεί να είναι παθογόνοι και να αναπτύχθηκαν λόγω λανθασμένων πρακτικών παρασκευής, ενώ τα ένζυμα που μπορούν να επηρεάσουν την ποιότητα τους, μπορεί να είναι ενδογενή ή εξωγενή και να επηρεάσουν την ποιότητα και τα χαρακτηριστικά των προϊόντων. Τα πιο γνωστά βακτήρια που αναπτύσσονται σε προϊόντα όπως τα φρούτα είναι τα *Lactobacillus* spp., *Pseudomonas* spp., *Flavobacterium*, *Lueconostoc mesenteroides*, οι πιο γνωστοί μύκητες είναι οι *Alternaria*, *Penicillium*, *Fusarium* και *Aspergillus* και οι

πιο γνωστές ζύμες είναι οι *Saccharomyces* και *Candida* (Escobedo-Avellaneda et al., 2018; Ramos et al., 2013)

Για να διατηρηθεί η ποιότητα τους σε όσο το δυνατό μεγαλύτερο επίπεδο, χρειάζεται η εφαρμογή μεθόδων συντήρησης, ήπιας έντασης, όπως είναι η εφαρμογή ακτινοβολίας, η συσκευασία, η εφαρμογή υπερυψηλής πίεσης και άλλων μεθόδων. Αρχικά, ως αρχικές επεξεργασίες των φρούτων ορίζεται το πλύσιμο και η απολύμανση τους. Με αυτόν τον τρόπο, καθαρίζονται, αφαιρούνται τυχόν υπολείμματα και μειώνεται το μικροβιακό τους φορτίο. Κατά, την επεξεργασία, όπου πραγματοποιείται αφαίρεση της φλούδας και τεμαχισμός, μπορεί να προκύψει μόλυνση τους. Μέθοδοι όπως είναι η ψύξη, η ελεγχόμενη ή τροποποιημένη ατμόσφαιρα, το υπεριώδες φως, η επεξεργασία με υπερυψηλή πίεση και το παλμικό φως μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην περίπτωση αυτή, ώστε να λειτουργήσουν θετικά ως προς την παράταση της διάρκειας ζωής των προϊόντων αυτών (Artés et al., 2009; Rico et al., 2007). Η αποτελεσματικότητα αυτών των μεθόδων, εξαρτάται από το ίδιο το τρόφιμο που επεξεργάζεται, το είδος και τον αριθμό μικροοργανισμών αλλά και την ίδια τη μέθοδο σε κάθε περίπτωση (Escobedo-Avellaneda et al., 2018). Παρακάτω αναφέρονται ορισμένες από τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία φρούτων και λαχανικών.

### **Ψύξη φρούτων**

Η αλλοίωση των φρούτων και ο ρυθμός με τον οποίο αυτή πραγματοποιείται, εξαρτάται σε από τη θερμοκρασία αποθήκευσης. Κρίνεται αναγκαία η επιλογή της βέλτιστης θερμοκρασίας για την αποθήκευση τους, ώστε να μειωθούν ή και να αποτραπούν οι ανεπιθύμητες μεταβολές της ποιότητας τους. Μέσω αυτού, μειώνεται ο ρυθμός αναπνοής των φρούτων και αποφεύγονται τυχόν μεταβολές, όπως είναι το «έγκαυμα ψύχους» (Escobedo-Avellaneda et al., 2018).

Οι μέθοδοι που εφαρμόζονται για την ψύξη είναι η υδρόψυξη, η επαφή με πάγο, η ψύξη υπό κενό, η ψύξη σε ψυχόμενους χώρους και η εξαναγκασμένη ψύξη. Κατά την υδρόψυξη τα φρούτα εμβαπτίζονται σε νερό ή ψεκάζονται. Το χρησιμοποιούμενο νερό είναι υψηλής ποιότητας και να προϋποθέτει την απολύμανση του πριν τη χρήση του. Κατά τη δεύτερη μέθοδο, τα φρούτα ψύχονται μέσω της επαφής τους με πάγο, όμως η διαδικασία αυτή έχει αυξημένη διάρκεια. Όσον αφορά την ψύξη υπό κενό, η μέθοδος αυτή είναι αρκετά σύντομη, όμως η εφαρμογή της είναι περιορισμένη. Η τέταρτη μέθοδος, προϋποθέτει την τοποθέτηση των φρούτων και λαχανικών σε ψυκτικούς

θαλάμους. Χρησιμοποιείται σε μεγάλο βαθμό στη βιομηχανία τροφίμων, και μπορεί να λειτουργεί ως μέθοδος αποθήκευσης για πολλά προϊόντα. Τέλος, κατά την εξαναγκασμένη ψύξη, τα προϊόντα τοποθετούνται σε σήραγγες όπου ο αέρας εφαρμόζεται με ροή (Escobedo-Avellaneda et al., 2018).

### **Ζεμάτισμα**

Το ζεμάτισμα χρησιμοποιείται κυρίως για την ενζυμική αδρανοποίηση και τη μείωση του μικροβιακού φορτίου των προϊόντων. Εφαρμόζεται βυθίζοντας τα φρούτα και τα λαχανικά σε ζεστό νερό για λίγα λεπτά, ανάλογα με το είδος του προϊόντος. Σε μελέτες για βατόμουρα (Rossi et al., 2003) και κεράσια (SIEGEL et al., 1971), αποδεικνύεται η χρησιμότητα του ζεματίσματος, ώστε να διατηρείται το χρώμα των τροφίμων στα οποία εφαρμόζεται.

### **Ακτινοβόληση**

Η μέθοδος αυτή πραγματοποιείται μέσω της έκθεσης των φρούτων και λαχανικών σε ένα πεδίο ιονισμένης ενέργειας, όπου μέσω αυτής μειώνονται οι παθογόνοι μικροοργανισμοί και ελέγχεται η αλλοίωση τους. Ακόμα, έχει εφαρμογή για τον έλεγχο παρασίτων και για την αποφυγή της εκβλάστησης. Μερικά από τα τρόφιμα που εφαρμόζεται η ακτινοβολία είναι τα μπαχαρικά, τα αποξηραμένα λαχανικά, το σκόρδο και η πατάτα (Escobedo-Avellaneda et al., 2018; Lado & Yousef, 2002).

### **Υπέρηχοι**

Η εφαρμογή υπέρηχων περιλαμβάνει συχνότητες 20-100 kHz. Σε μελέτες που έγιναν σε φρούτα και λαχανικά, αποδείχθηκε πως η μέθοδος αυτή δρα ευεργετικά στη διατήρηση ποιότητας φρούτων, όπως είναι η φράουλα (Cao, Hu, & Pang, 2010). Ακόμα και σε μικρές σχετικά συχνότητες, η φράουλα διατηρεί την οξύτητα της, την βιταμίνη C και άλλες επιθυμητές ιδιότητες της (Cao, Hu, Pang, et al., 2010).

### **Υπερυψηλή πίεση**

Η μέθοδος εφαρμογής υπερυψηλής πίεσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί στα φρούτα, ώστε να μην αλλοιώνονται τα θρεπτικά τους χαρακτηριστικά. Τα φρούτα τοποθετούνται σε περιέκτες που συχνά γεμίζονται με νερό. Εφαρμόζεται πίεση, όπου το νερό αυξάνεται 3°C για κάθε 100MPa, λόγω του γεγονότος ότι η πίεση είναι αδιαβατική. Χρησιμοποιείται συχνά στην επεξεργασία χυμών φρούτων, επειδή αυτοί έχουν

αυξημένη οξύτητα. Σε μελέτες που έχουν γίνει σε τεμαχισμένο ανανά, βρέθηκε πως η εφαρμογή πίεσης μπορεί να επιτύχει μείωση των μικροοργανισμών (Aleman et al., n.d.). Εκτός από τις περιπτώσεις που μπορεί να λειτουργήσει θετικά, υπάρχουν και φρούτα στα οποία η πίεση μπορεί να επηρεάσει αρνητικά τα οργανοληπτικά και θρεπτικά χαρακτηριστικά του, όπως για παράδειγμα στο πεπόνι, όπου επηρεάζεται αρνητικά το χρώμα του και η περιεκτικότητα σε βιταμίνη C (Wolbang et al., 2008).

### **Ελεγχόμενη ατμόσφαιρα**

Στην περίπτωση των φρούτων και των λαχανικών, η αποθήκευση σε ελεγχόμενη ατμόσφαιρα, περιλαμβάνει χαμηλή περιεκτικότητα σε οξυγόνο, με αύξηση της περιεκτικότητας σε διοξείδιο του άνθρακα. Με αυτόν τον τρόπο, η δράση του αιθυλενίου είναι μειωμένη. Βέβαια, οι συνθήκες της ελεγχόμενης ατμόσφαιρας και οι περιεκτικότητες σε αέρια, διαφέρουν ανάμεσα στα διαφορετικά είδη φρούτων ή των λαχανικών που επεξεργάζεται. Κατά την αποθήκευση φρούτων και λαχανικών μπορεί να επηρεαστούν αρνητικά κάποια από τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά τους. Συγκεκριμένα, σε χαμηλές περιεκτικότητες οξυγόνου, μπορεί να μεταβληθεί η γεύση και το χρώμα ορισμένων καρπών, ενώ σε υψηλές περιεκτικότητες διοξειδίου του άνθρακα, μπορεί να μεταβληθεί η σκληρότητα και το χρώμα της φλούδας αλλά και του πυρήνα (Escobedo-Avellaneda et al., 2018; Kupferman, 2001).

### **Τροποποιημένη ατμόσφαιρα**

Κατά την συσκευασία σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα, επιβραδύνεται ο ρυθμός αναπνοής των φρούτων και λαχανικών, η ανάπτυξη μικροοργανισμών και η ενζυμική δραστηριότητα. Δεν χρησιμοποιούνται μεμβράνες με υψηλή διαπερατότητα σε οξυγόνο, γιατί μέσω της παραγωγής αιθυλενίου από το προϊόν, αυτό θα ωριμάσει σε σχετικά σύντομο χρονικό διάστημα. Συνήθως, τα φρούτα και λαχανικά που συσκευάζονται σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα, διατηρούνται υπό ψύξη (Escobedo-Avellaneda et al., 2018).

### **Εδώδιμες μεμβράνες και επικαλύψεις**

Οι εδώδιμες μεμβράνες που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία τροφίμων, αποτελούνται από πολυσακχαρίτες, πρωτεΐνες και λιπίδια. Όταν χρησιμοποιούνται σε φρούτα, η χρήση τους γίνεται σε μεμονωμένους καρπούς, και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επικάλυψη προϊόντων, ώστε να προληφθεί μετανάστευση γεύσης. Επιπλέον, οι



εδώδιμες μεμβράνες, λειτουργούν και ως φορείς αντιμικροβιακών και αντιοξειδωτικών ουσιών (Escobedo-Avellaneda et al., 2018). Μελέτες και χρήση τέτοιων μεμβρανών έχουν γίνει σε πεπόνια για παράταση του χρόνου ζωής, μήλα και καρότα για να βελτιωθεί η εμφάνιση τους, σε μπανάνες ώστε να επιβραδυνθεί η ωρίμανση τους (Escobedo-Avellaneda et al., 2018). Σε μελέτες που έγιναν σε μήλα επικαλυμμένα με καραγεννάνη, η οποία περιείχε ασκορβικό οξύ, κιτρικό οξύ και οξαλικό οξύ, βρέθηκε πως αυξάνει τη διάρκεια ζωής τους για αρκετές μέρες (2 εβδομάδες) όταν οι φέτες του συσκευάζονται σε δισκάκια και διατηρούνται σε θερμοκρασίες ψύξης (J. Y. Lee et al., 2003). Ακόμα, φρούτα όπως το μάνγκο, επικαλυμμένα με χιτοζάνη, έδειξαν πως αποτρέπει η μικροβιακή ανάπτυξη (Chien et al., 2007).

### **Τεχνολογία εμποδίων σε φρούτα**

Η τεχνολογία εμποδίων χρησιμοποιείται κυρίως για διασφάλιση της ασφάλειας και ποιότητας των φρούτων και λαχανικών, στη συντήρησή τους. Η χρήση της είναι επιτακτική ανάγκη, λόγω της συνεχώς αυξανόμενης ζήτησης φρέσκων και ποιοτικών προϊόντων από τους καταναλωτές, όσο το δυνατόν λιγότερο επεξεργασμένων. Οι μέθοδοι που εφαρμόζονται στη βιομηχανία και δεν περιλαμβάνουν θερμική επεξεργασία, μπορούν να μειώσουν σε μεγάλο βαθμό τις ανεπιθύμητες δράσεις που αυτή έχει με την εφαρμογή της, στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των τροφίμων. Σε πολλές περιπτώσεις βέβαια, για να διατηρηθεί η ποιότητα είναι αναγκαία η χρήση ψύξης (Alzamora et al., 2018).

Σε διάφορα φρούτα που είναι σε μορφή τεμαχίων ή πουρέ, έχουν χρησιμοποιηθεί στρεσογόνοι παράγοντες όπως είναι το ζεμάτισμα και η ήπια θερμική επεξεργασία χωρίς όμως να επηρεάζονται τα χαρακτηριστικά του τροφίμου και η θρεπτική του αξία. Η μείωση της ενεργότητας νερού ρυθμίζεται συνήθως μέσω της γλυκόζης, της φρουκτόζης, των μαλτοδεξτρινών, ενώ ο έλεγχος του pH ρυθμίζεται μέσω του κιτρικού ή του φωσφορικού οξέος. Η προσθήκη αντιμικροβιακών και η προσθήκη παραγόντων κατά της αμάρωσης των φρούτων είναι ορισμένοι από τους παράγοντες που έχουν μελετηθεί για τη συντήρηση φρούτων (Alzamora et al., 2018). Μέσα από τις μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί, φαίνεται η σημασία του ζεματίσματος με κορεσμένο ατμό, για την απολύμανση των φρούτων. Η κύρια χρήση του είναι η ενζυμική αδρανοποίηση, όμως μπορεί να συμβάλει και στην αδρανοποίηση μικροοργανισμών. Πολλές φορές έχει βρεθεί ότι η μείωση του μικροβιακού φορτίου ανέρχεται σε ποσοστά 60-99% μετά την

εφαρμογή ζεματίσματος σε φρούτα όπως είναι ο ανανάς και η φράουλα (Alzamora et al., 2018).

Σε προϊόντα όπως είναι οι χυμοί φρούτων, ο πουρές, τα γιαούρτια φρούτων, μαρμελάδες έχει εφαρμοσθεί εδώ και χρόνια η μέθοδος της υπερυψηλής πίεσης. Οι συνθήκες που έχουν εφαρμοσθεί είναι 100-800MPa, σε θερμοκρασίες μικρότερες των 0-100°C, διάρκειας από μερικά δευτερόλεπτα έως 20 λεπτά επεξεργασίας. Ο μηχανισμός της δράσης της μεθόδου περιλαμβάνει καταστροφή της μεμβράνης και μετουσίωση της πρωτεΐνης. Τα θετικά αποτελέσματα της μεθόδου, περιλαμβάνουν την αδρανοποίηση ορισμένων ενζύμων με μικρή επίδραση στις βιταμίνες, τις χρωστικές, τη γεύση και την αντιοξειδωτική δραστηριότητα των προϊόντων. Βέβαια, η επίδραση στα χαρακτηριστικά του τροφίμου, εξαρτάται από το φρούτο, την πίεση που εφαρμόζεται και τη θερμοκρασία. Από την άλλη πλευρά, τα αρνητικά αποτελέσματα της μεθόδου και οι ενδεχόμενοι περιορισμοί της, περιλαμβάνουν το υψηλό κόστος του εξοπλισμού για την εφαρμογή της, μεγάλους κύκλους διεργασίας, αλλά και η υψηλή αντίσταση ορισμένων ενζύμων υπεύθυνων για την αμάρωση των φρούτων. Ακόμα, σε υψηλές δόσεις επηρεάζονται τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των προϊόντων. Τα εμπόδια που εξετάστηκαν στις περιπτώσεις αυτές συνδυαστικά ήταν το χαμηλό pH, φυσικές και συνθετικές ουσίες με αντιμικροβιακή δράση, θερμοκρασίες πάνω και κάτω από τη θερμοκρασία δωματίου, συσκευασία κενού, αποθήκευση σε χαμηλές θερμοκρασίες και ήπια εφαρμογή θέρμανσης (Alzamora et al., 2018).

Σε εφαρμογές που έγιναν σε παστερίωση μηλίτη και χυμών, αναφέρεται πως αρχικά έγινε απολύμανση της επιφάνειας από ολόκληρες και τεμαχισμένες επιφάνειες των φρούτων. Στην περίπτωση αυτή εφαρμόστηκε υπεριώδης ακτινοβολία (200-280nm). Ο κύριος μηχανισμός ήταν η βλάβη του DNA, των μεμβρανών και η επίδραση της ενζυματικής δραστηριότητας. Η μέθοδος αυτή είχε μέτριο ή και χαμηλό κόστος εξοπλισμού, χωρίς να επηρεάζει το χρώμα, τη βιταμίνη C ή τη γεύση του χυμού. Σε χαμηλές δόσεις ακτινοβολίας, παρατηρήθηκαν μικρές αλλαγές στους ιστούς, το χρώμα και την υφή των τεμαχισμένων φρούτων. Παρόλα αυτά, η μέθοδος αυτή είχε μεγάλους χρόνους επεξεργασίας σε στερεά τρόφιμα και δεν μπορεί να εφαρμοσθεί εύκολα σε αυτά ή σε χυμούς που δεν είναι διαφανείς, λόγω της χαμηλής διείσδυσης της ακτινοβολίας. Ακόμα, έχει βρεθεί πως σε υψηλές δόσεις υπεριώδους ακτινοβολίας, παρουσιάζεται ενζυμική αμάρωση στις επιφάνειες των τεμαχισμένων φρούτων. Τα εμπόδια που μελετήθηκαν συνδυαστικά στην περίπτωση αυτή ήταν η αποθήκευση υπό ψύξη, η

συσκευασία σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα, η ήπια θερμική επεξεργασία και η εφαρμογή απολυμαντικών (Alzamora et al., 2018).

Μελέτες έχουν γίνει και σε επιφάνειες φρούτων, τα οποία είναι είτε ολόκληρα, είτε κομμένα, για τη μείωση του μικροβιακού τους φορτίου αλλά και σε διαυγείς χυμούς. Έγινε εφαρμογή έντονων παλμών, με κύριο μηχανισμό τη βλάβη στο DNA και την καταστροφή των κυτταρικών συστατικών. Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου ήταν ο μικρός χρόνος επεξεργασίας, μικρότερος του ενός λεπτού, με μικρή σχετικά επίδραση στο χρώμα και την υφή, όταν η εφαρμογή της μεθόδου του παλμικού φωτός κυμαίνεται σε χαμηλές δόσεις. Δεν είναι εύκολη η χρήση της μεθόδου σε στερεά και χυμούς αδιαφανείς, λόγω της χαμηλής διείσδυσης του φωτός. Ακόμα, έχει παρατηρηθεί αμαύρωση και αφυδάτωση των επιφανειών των φρούτων, αυξανόμενου του χρόνου αποθήκευσης και της δόσης που εφαρμόζεται (Alzamora et al., 2018).

Στην περίπτωση επεξεργασίας χυμών και smoothies φρούτων, έχει γίνει μελέτη και εφαρμογή της μεθόδου μέσω παλμικών ηλεκτρικών πεδίων. Οι παλμοί είναι της τάξης των 20-70kV/cm, με διάρκεια μερικών δευτερολέπτων. Ο βασικός μηχανισμός, είναι η επίδραση στην κυτταρική μεμβράνη, και η απώλεια της διαπερατότητας της. Στα θετικά της μεθόδου συγκαταλέγονται ο μικρός χρόνος επεξεργασίας και η μικρή επίδραση στα χαρακτηριστικά του τροφίμου. Όμως, η εφαρμογή της περιορίζεται σε προϊόντα χαμηλής ηλεκτρικής αγωγιμότητας και που δεν περιέχουν φυσαλίδες. Τα εμπόδια που έχουν μελετηθεί σε συνδυασμό είναι διάφορα βιοσυντηρητικά και αντιμικροβιακές ουσίες, η υπεριώδης ακτινοβολία, το παλμικό φως και η εφαρμογή μέτριων θερμοκρασιών (Alzamora et al., 2018).

Στην παστερίωση χυμών, χρησιμοποιήθηκε η εφαρμογή υπερήχων, με ηχητικά κύματα υψηλότερα των 20 kHz. Βασικός μηχανισμός είναι η επίδραση στην κυτταρική δομή και η κυτταρική λύση. Όταν η μέθοδος εφαρμόζεται σε συνδυασμό με θερμότητα και πίεση, επιτυγχάνεται ενζυμική αδρανοποίηση, και παράλληλα η μέθοδος αυτή έχει ως βασικό πλεονέκτημα την ελάχιστη επίδραση στο χρώμα των χυμών. Η μέθοδος των υπερήχων απαιτεί υψηλή κατανάλωση σε ενέργεια, αυξημένους χρόνους διεργασιών και θέρμανση του προϊόντος. Αυτό συνεπάγεται ότι μπορούν να παρατηρηθούν ανεπιθύμητες αλλαγές στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του προϊόντος. Τέλος, τα εμπόδια που έχουν μελετηθεί συνδυαστικά με αυτή τη μέθοδο, είναι η εφαρμογή μέτριας θερμοκρασίας, η πίεση, η χρήση απολυμαντικών ουσιών και ουσιών με αντιμικροβιακή

δράση, η χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας και η εφαρμογή παλμικών ηλεκτρικών πεδίων (Alzamora et al., 2018).

Η τεχνολογία εμποδίων στην περίπτωση των φρούτων έχει χρησιμοποιηθεί για τη διατήρηση τους μέσω δύο ή περισσότερων εμποδίων ταυτόχρονα, με σκοπό την παρεμπόδιση ανάπτυξης παθογόνων μικροοργανισμών, αλλά και μέσω ενός ή περισσότερων εμποδίων για την απενεργοποίηση και απομάκρυνση ορισμένων μικροοργανισμών. Ακόμα, μπορεί να γίνει μέσω δυο ή περισσότερων εμποδίων σε σειρά, δηλαδή εφαρμογή ενός εμποδίου μετά την εφαρμογή ενός άλλου, με σκοπό την αδρανοποίηση μικροοργανισμών. Η αποτελεσματικότητα εξαρτάται από τη σειρά εφαρμογής των εμποδίων (Alzamora et al., 2018).

Η απολύμανση με χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας έχει μελετηθεί για την εφαρμογή της μετά τη συγκομιδή φρούτων, ώστε να μειωθεί το μικροβιακό φορτίο στην επιφάνεια ολόκληρων και κομμένων καρπών (Alzamora et al., 2018). Η μέθοδος αυτή συνδυάζεται με ψύξη ή συσκευασία σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα.

### **Χυμοί Φρούτων**

Συγκεκριμένα, οι χυμοί και τα συναφή προϊόντα έχουν χαμηλό pH, υψηλό οξειδοαναγωγικό δυναμικό, και αυξημένη ενεργότητα νερού. Τα εμπόδια αυτά επηρεάζουν αρκετά βακτήρια, όχι όμως τα βακτήρια του γαλακτικού, οξικού και βουτυρικού οξέος. Ο λόγος είναι πως τα βακτήρια αυτά είναι πολύ ανθεκτικά στην οξύτητα που έχουν οι χυμοί (Leistner & Gorris, 1994).

Στην επεξεργασία χυμών φρούτων, εφαρμόζονται κυρίως οι μέθοδοι του παλμικού ηλεκτρικού πεδίου, της υπερυψηλής πίεσης, της υπεριώδους ακτινοβολίας αλλά και των υπερήχων (Bermúdez-Aguirre & Barbosa-Cánovas, 2012; Liang et al., 2006). Έχει αποδειχθεί, μέσω πειραμάτων σε χυμό μήλου, πως η μικροβιακή αδρανοποίηση που επιτυγχάνεται μέσω παλμικών ηλεκτρικών πεδίων, είναι πιο αποτελεσματική όταν συνδυάζεται με τη μέθοδο της υπεριώδους ακτινοβολίας. Για παράδειγμα σε έρευνα που έγινε σε φρούτα όπως το μήλο, έγινε αντιληπτή μείωση του *S. Aureus*, στο χυμό του φρούτου που επεξεργάστηκε η συμπυκνωμένη του μορφή με τη μέθοδο της ακτινοβολίας, έπειτα μια ήπια προθέρμανση και την εφαρμογή παλμικών ηλεκτρικών πεδίων (Walkling-Ribeiro et al., 2008). Η υπεριώδης ακτινοβολία χρησιμοποιείται για την παστερίωση χυμών, με μικρή επίδραση στα οργανοληπτικά του χαρακτηριστικά,

δηλαδή το χρώμα του χυμού, τη γεύση του αλλά και τη θρεπτική του αξία, τη βιταμίνη C (Keyser et al., 2008; Tran & Farid, 2004). Το εμπόδιο αυτό μπορεί να εφαρμοσθεί μαζί με την ψύξη, επεκτείνοντας τη διάρκεια ζωής μερικές μέρες. Άλλη έρευνα που έχει γίνει σε μικροοργανισμούς όπως το *L.monocytogenes* και *S.cerevisiae* περιλαμβάνει τη συνδυαστική δράση της εφαρμογής υπερήχων και ακτινοβολίας σε χυμό μήλου. Τα αποτελέσματα του συνδυασμού των εμποδίων, είχαν θετικά αποτελέσματα ως προς την απενεργοποίηση των μικροοργανισμών (López-Malo et al., 2005).

### **Μαρμελάδες**

Οι μαρμελάδες αποτελούν προϊόντα διατροφής, που απαιτούν μαγείρεμα φρούτων με προσθήκη συνήθως ζάχαρης. Τα φρούτα που χρησιμοποιούνται περιέχουν αυξημένη οξύτητα και πηκτίνη, που βοηθάει στην χαρακτηριστική μορφή της μαρμελάδας. Γενικά, αποτελούν προϊόντα που μπορούν να διατηρηθούν για μεγάλο χρονικό διάστημα, σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος (Shinwari & Rao, 2018) .

Σε υψηλές θερμοκρασίες επεξεργασίας, είναι πιθανή η υποβάθμιση των χαρακτηριστικών του προϊόντος, με σημαντικότερη την απώλεια των θρεπτικών συστατικών. Για να αποτραπεί το φαινόμενο αυτό, μπορούν να χρησιμοποιηθούν μέθοδοι ήπιας επεξεργασίας, όπως είναι η εφαρμογή υψηλής πίεσης, η ωσμωτική αφυδάτωση, το παλμικό ηλεκτρικό πεδίο, και η ακτινοβολία. Σε μελέτη που πραγματοποιήθηκε σε μαρμελάδα φράουλα θερμικής επεξεργασίας συγκρινόμενη με μαρμελάδα επεξεργασμένη υπό την εφαρμογή υπερυψηλής πίεσης (200-800MPa), βρέθηκε πως η περιεκτικότητα σε ανθοκυανίνες είναι αυξημένη στην περίπτωση της εφαρμογής πίεσης (Gimenez et al., 2001) . Σε άλλη περίπτωση, η εφαρμογή υψηλής πίεσης, με θερμική επεξεργασία, συνδυάστηκε με ωσμωτική αφυδάτωση, όπου έγινε αντιληπτή η διατήρηση της αντιοξειδωτικής δράσης της μαρμελάδας αλλά και η σταθερότητα όσον αφορά στην δράση ενζύμων (Igual et al., 2013; Shinwari & Rao, 2018).

Στον παρακάτω πίνακα, παρατίθενται ορισμένα παραδείγματα μελετών που έγιναν σχετικά με την συγκεκριμένη κατηγορία τροφίμων.

**Πίνακας 1: Μελέτες σε φρούτα και λαχανικά**

<i>Προϊόν</i>	<i>Μέθοδος επεξεργασίας</i>	<i>Αποτελέσματα</i>	<i>Αναφορές</i>
Καραμπόλα φρούτο	MAP + εφαρμογή χαμηλής θερμοκρασίας (10°C)	Απώλεια της σφριγηλότητας μετά την πάροδο 21 ημερών	(Ali ZM et al., 2004)
Αχλάδι	Ακτινοβολία (1.5-1.7 kGy) + αποθήκευση υπό ψύξη (3±1 °C, RH 80%)	8 ημέρες επέκταση διάρκειας ζωής	(Wani AM et al., 2008)
Saskatoon	Χαμηλή θερμοκρασία (0.4°C) +2% O <sub>2</sub>	Διατήρηση ποιοτικών χαρακτηριστικών μετά από την πάροδο 10 ημερών	(Rogiers SY & Knowles NR, 1998)
Χυμός μήλου (μη διευγασμέν ος)	Κυκλική επεξεργασία PEF — κάθε κύκλος αποτελείται από 50 παλμούς, 30 kV cm <sup>-1</sup> Αριθμός κύκλων: 4, 6, 8 (σύνολο 200, 300, και 400 παλμοί) Αποθήκευση: 24, 48, και 72 h υπό ψύξη. T < 35 °C	Η επεξεργασία με PEF δεν επηρέασε την περιεκτικότητα σε βιταμίνη C, ούτε του συνόλου των πολυφαινόλων κατά την αποθήκευση. Η επεξεργασία με PEF και ο αριθμός των παλμών επηρέασαν την αντιοξειδωτική δράση, η οποία μειώθηκε αμέσως μετά την επεξεργασία και μετά από 24 ώρες αποθήκευσης. Αδρανοποίησε επιτυχώς τους μικροοργανισμούς αλλοίωσης. Ο αριθμός των παλμών επηρέασε θετικά τη μείωση του αριθμού των μικροοργανισμών που μελετήθηκαν.	(Dziadek et al., 2019)
Διευγασμέν ος χυμός ρόδι	Υπέρηχοι (500 W, 20 kHz;	5-log μείωση της E. coli ATCC 25,922 σαν υποκατάστατο της E.coli O157:H7 και 1.36-log μείωση του S. cerevisiae που εμβολιάστηκε σε χυμό ρόδι (100%, 30 min).	(Pala et al., 2015)

		<p>Η περιεκτικότητα σε ανθοκυανίνες μειώθηκε (75% και 100%, <math>t &gt; 18</math> min). Δυνατότητες βελτίωσης στην ασφάλεια και ποιότητα του χυμού.</p>	
Χυμός ροδάκινο	<p>Επεξεργασία με υπέρηχους 1000 W, 20 kHz, Χρόνος επεξεργασίας με υπέρηχους: 0, 3, 6, 10, 15 min Αποθήκευση: 21 μέρες στους 25 °C</p>	<p>Μείωση καθίζησης πολτού Οι υπέρηχοι θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για τη βελτίωση των φυσικών ιδιοτήτων του χυμού ροδάκινου χωρίς σημαντικές αλλαγές χρώματος κατά την αποθήκευση.</p>	(Rojas et al., 2016)
Πρεβιοτικός χυμός κράνμπερι εμπλουτισμένος με φρουκτοολιγοσακχαρίτες (FOS)	<p>Ο χυμός υποβλήθηκε σε επεξεργασία με HPP για 5 min (450 MPa) και σε επεξεργασία με υπέρηχους για 5 min (18 kHz, 500 W, 600 and 1200 <math>WL^{-1}</math>), ακολουθούμενη από HPP για 5 min (450 MPa).</p>	<p>Ο συνδυασμός των υπέρηχων (1200 <math>WL^{-1}</math>) με HPP αύξησε τις ποσότητες κυανιδίων, πεονιδίνης και των παραγώγων μαλβιδίνης στον πρεβιοτικό χυμό, αύξηση του χρώματος και μείωση της φωτεινότητας.</p>	(Gomes et al., 2017)
Χυμός ανανά ( <i>Ananas comosus</i> )	<p>Συνδυασμός πίεσης-θερμικής επεξεργασίας: 600 MPa στους 75, 85, και 95 °C για 0, 2, 5, 10, και 15 min -95 °C στα 300, 450, και 600 MPa για 0, 2, 5, 10, και 15 min. Θερμική επεξεργασία (TT): 75–95 °C για 0 έως 60 min χρόνο επεξεργασία</p>	<p>Με θερμική επεξεργασία στους 75 με 95 °C, ο χυμός ανανά είχε απώλεια περιεκτικότητας σε ασκορβικό οξύ (2% με 5%), και σημαντική απώλεια με αύξηση της θερμοκρασίας της διαδικασίας και του χρόνου επεξεργασίας, (απώλεια έως 39%). Δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά στην περιεκτικότητα σε ασκορβικό οξύ μεταξύ HPP (300–600 MPa at 30 °C) και του μάρτυρα (μη επεξεργασμένο δείγμα). Η συνδυασμένη επεξεργασία πίεσης-θερμικής επεξεργασίας αύξησε το</p>	(Dhakal et al., 2018)

		ποσοστό υποβάθμισης του ασκορβικού οξέος.	
Mango fruits ( <i>Mangifera indica</i> L.) ποικιλία “Zebda”	γ-ακτινοβολία 0.5, 0.75, 1.0, και 1.5 kGy Εμβάπτιση σε ζεστό νερό (55°C/5 min) 12 ± 1°C και 80–85% σχετική υγρασία	Τα δείγματα που ακτινοβολήθηκαν μέχρι 1.0 kGy ήταν αποδεκτά οργανοληπτικά μέχρι τις 50 ημέρες αποθήκευσης στους 12°C. Μετά από 60 μέρες ήταν υπερβολικά ώριμα με βουτυρώδη υφή	(El-Samahy et al., 2000)
Καρότα και χυμός	γ-ακτινοβολία 3 kGy 10°C για 3 μέρες	Τα συνολικά φαινολικά ποσά ήταν σημαντικά υψηλότερα στα ακτινοβολημένα δείγματα από ότι στον μη ακτινοβολημένο μάρτυρα. Η αντιοξειδωτική ικανότητα αυξήθηκε.	(Song et al., 2006)
Δείγματα καρότου ( <i>Daucus carota</i> )	γ-ακτινοβολία 1 kGy 5°C για 14 μέρες	Μείωση από $6.3 \times 10^2$ CFU/g σε 12.0 CFU/g	(Bibi et al., 2006)
Ντομάτα	Ωσμωτικές επεξεργασίες Αλάτι (NaCl: 10% w/v) και ζάχαρη (sucrose: 25% w/v) διαλύματα στους 30°C, 5 hr Ψύξη σε ρεύμα αέρα στους -18°C και αποθήκευση στους -18°C	Τα δείγματα που έχουν υποστεί επεξεργασία με διάλυμα σακχαρόζης και άλατος είναι σημαντικά πιο αποδεκτά από τα μη επεξεργασμένα δείγματα.	(Olatidoye et al., 2010)
Μπανάνα	Διάλυμα σακχαρόζης (65Bx για 4 hr) Ψύξη σε ρεύμα αέρα στους -34°C και αποθήκευση στους -18°C για 17 hr	Η διαδικασία της ωσμωτικής αφυδάτωσης και ψύξης βελτιώνει την ποιότητα των φετών μπανάνας όσον αφορά στο χρώμα και την υφή.	(Jariyawaran ugoon, 2015)



## 7.2 Κρέατα και κρεατοσκευάσματα

Το κρέας αποτελεί ένα προϊόν που έχει υψηλή περιεκτικότητα σε νερό και αρκετά θρεπτικά συστατικά, που αποτελούν το κατάλληλο υπόστρωμα για την ανάπτυξη μικροοργανισμών. Η μικροβιακή αδρανοποίηση κρίνεται απαραίτητη για τη συντήρηση προϊόντων κρέατος. Ορισμένες από τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται είναι η θέρμανση, η ψύξη, η κατάψυξη, η ξήρανση, η οξίνιση, η ζύμωση και το κάπνισμα. Η μικροβιολογική ασφάλεια των προϊόντων βασίζεται σε συνδυασμό εφαρμογής διαφόρων παραμέτρων, την τεχνολογία εμποδίων (Simatos & Multon, 1985).

Τα κρεατοσκευάσματα μπορούν να αλλοιωθούν σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα, λόγω της σύνθεσης τους, της ενεργότητας νερού και της τιμής του pH. Η μικροβιακή ανάπτυξη σχετίζεται με διάφορους παράγοντες, οι οποίοι περιλαμβάνουν διάφορους ενδογενείς παράγοντες των τροφίμων. Τέτοιοι είναι η ενεργότητα νερού και η περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά. Ένας άλλος παράγοντας είναι οι εξωγενείς παράμετροι, συμπεριλαμβάνοντας τη θερμοκρασία κατά την αποθήκευση και την ατμόσφαιρα που το περιβάλλει. Επιπλέον, διάφοροι τεχνολογικοί παράγοντες κατά την επεξεργασία ενός προϊόντος αλλά και έμμεσοι παράγοντες οι οποίοι σχετίζονται με τη συνεργιστική ή ανταγωνιστική δράση βακτηρίων, μπορούν και αυτοί να επηρεάσουν την ανάπτυξη μικροοργανισμών (Nevijo Zdolec (ed), 2017).

Η μόλυνση του κρέατος από παθογόνα βακτήρια, πραγματοποιείται κυρίως κατά το στάδιο της εκδοράς, αλλά και σε μετέπειτα στάδια, αυτά της επεξεργασίας και της αποθήκευσης. Η παντελής απουσία παθογόνων μικροοργανισμών δεν μπορεί να διασφαλιστεί, γι' αυτό το λόγο γίνονται συνεχώς προσπάθειες για την εξάλειψη του προβλήματος. Τα σημαντικότερα παθογόνα βακτήρια που εμφανίζονται σε προϊόντα κρέατος είναι η *Escherichia coli*, *Salmonella* spp και *Listeria monocytogenes*. Για τον έλεγχο του προβλήματος, έχουν μελετηθεί διεργασίες όπως το πλύσιμο με ζεστό νερό, η απολύμανση μέσω ατμού, χρήση οργανικών οξέων και άλλες μη θερμικής απολύμανσης (Ishaq et al., 2020, 2021; Mohan & Pohlman, 2016).

Πολλές από τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται μπορούν να επηρεάσουν τα οργανοληπτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά των προϊόντων, και θα πρέπει να χρησιμοποιούνται εκείνες που μπορούν να συμβάλλουν στην μείωση της μικροβιακής δραστηριότητας, με τη μικρότερη επίπτωση στις ιδιότητες τους. Η τεχνολογία

εμποδίων, έχει μελετηθεί ως προς την απολύμανση της επιφάνειας του κρέατος (Deng et al., 2020; Sohaib et al., 2016). Μελέτη που πραγματοποιήθηκε σε βόειο κρέας, έδειξε πως σε εμβολιασμένα δείγματα με *E.Coli* και την εφαρμογή όζοντος και αντιμικροβιακής συσκευασίας, δεν βοήθησε στη μείωση του μικροβιακού φορτίου, ενώ η χρήση ψυχρού πλάσματος, είχε θετικά αποτελέσματα μειώνοντας τον πληθυσμό των βακτηρίων (Stratakos & Grant, 2018).

Σε γενικό βαθμό, οι έρευνες που έχουν γίνει σε κρεατοσκευάσματα δείχνουν πως η κατάλληλη χρήση πολλαπλών εμποδίων, μπορεί να συμβάλλει στη βακτηριακή δραστηριότητα τέτοιων τροφίμων (Ishaq et al., 2021). Η εφαρμογή των εμποδίων σε προϊόντα κρέατος μπορεί να έχει θετικά ή αρνητικά αποτελέσματα. Αυτό εξαρτάται κυρίως από τον τρόπο εφαρμογής των εμποδίων, την αλληλουχία και την έντασή τους. Ο σωστός συνδυασμός εφαρμογής εμποδίων, είναι εκείνος που επεκτείνει τη διάρκεια ζωής και βελτιώνει την ποιότητα του προϊόντος στο οποίο εφαρμόζονται (Barbosa-Cánovas et al., 2015).

Για την κατηγορία των κρεατοσκευασμάτων, έχει γίνει εκτενής μελέτη της εφαρμογής υπερυψηλής πίεσης. Η θερμική επεξεργασία, έχει αποδειχθεί πως αποτελεί μια γρήγορη και εύκολη διεργασία, όμως μπορούν να συμβούν οξειδωτικές μεταβολές, αποχρωματισμός και οσμή ταγγισμένου προϊόντος. Ακόμα, μέσω αυτής, μεταβάλλεται η δομή του κρέατος και αδρανοποιούνται ένζυμα τα οποία έχουν αντιοξειδωτική δράση. Αυτές είναι μερικά από τα σημεία, τα οποία καθιστούν αναγκαία την καθιέρωση άλλων μεθόδων επεξεργασίας, μη θερμικών (Roobab, Khan, et al., 2021).

Μέσα από έρευνες, έχει βρεθεί πως η επεξεργασία με υπερυψηλή πίεση, όταν αυτή συνδυάζεται με προσθήκη φυσικών συστατικών, βελτιώνεται η ποιότητα των προϊόντων και μειώνεται η χρήση αλατιού και νιτρικών σε προϊόντα ωρίμανσης. Η υπερυψηλή πίεση έχει επίδραση στην ενζυμική δραστηριότητα και στοχεύει στην κυτταρική μεμβράνη ώστε να επέλθει μετέπειτα ο θάνατος των μικροβιακών κυττάρων (Dang et al., 2021; Roobab, Shabbir, et al., 2021). Με την εφαρμογή της, διατηρούνται σε μεγάλο βαθμό τα οργανοληπτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά των προϊόντων, συγκρινόμενη με τη συμβατική θερμική επεξεργασία (Roobab, Khan, et al., 2021).

Η εφαρμογή HHP μπορεί να βελτιώσει όπως προαναφέρθηκε, την ποιότητα των τροφίμων, όμως σχετίζεται και με την μικροβιακή δραστηριότητα ώστε να καταστεί ασφαλές ένα τρόφιμο. Οι παράμετροι της μεθόδου, διαφέρουν ανάλογα με το

μικροοργανισμό, τον πληθυσμό του, την ανθεκτικότητά του αλλά και τη μήτρα του τροφίμου (Roobab, Khan, et al., 2021).

Στήθος κοτόπουλο, το οποίο επεξεργάστηκε με τη μέθοδο της υπερυψηλής πίεσης, σε συνθήκες 100-300MPa, για διάρκειας 5-10 λεπτά, είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση των *L.monocytogenes*, *E.Coli*, *Salmonella* (Nives Marušić Radončić, 2019). Η επεξεργασία στα 500MPa για 1 λεπτό κρίνεται αποτελεσματικότερη από τα 400MPa για περισσότερα λεπτά εφαρμογής. Η αποτελεσματικότητα της κρίνεται από το γεγονός ότι διατηρήθηκε το χρώμα του προϊόντος και η υφή του (Cap et al., 2020; Roobab, Khan, et al., 2021).

Μέσω της εφαρμογής υπερήχων, μπορεί να επιτευχθεί αδρανοποίηση μικροοργανισμών, χωρίς να επηρεάζονται αρνητικά τα θρεπτικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά. Η αποτελεσματικότητα της μεθόδου για τη βελτίωση κρεατοσκευασμάτων, σχετίζεται με τη θερμοκρασία, τη συχνότητα, το χρόνο εφαρμογής και την ένταση και τον εξοπλισμό που χρησιμοποιείται (Cichoski et al., 2019). Υψηλές εντάσεις ( $>1\text{W}/\text{cm}^2$ ), συχνότητα (20-500KHz) έχουν βρεθεί να έχουν αποδεκτή επίδραση στην αναστολή της μικροβιακής ανάπτυξης των προϊόντων κρέατος (Alarcon-Rojo et al., 2019; Sbardelotto et al., 2022).

Σχετικά με την εφαρμογή της τεχνολογίας εμποδίων σε ζυμωμένα λουκάνικα, τα εμπόδια μπορούν να επιδράσουν στο χυλό του λουκάνικου ή να σχετίζονται με τις συνθήκες του εξωτερικού περιβάλλοντος. Γενικά, τα ζυμωμένα προϊόντα έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής και η αλλοίωση που αυτά μπορούν να υποστούν διαφέρει αρκετά από τα αντίστοιχα προϊόντα που δεν έχουν υποστεί ζύμωση. Το χλωριούχο νάτριο, γνωστό ως αλάτι, χρησιμοποιείται και για την αύξηση της διάρκειας ζωής των προϊόντων και η δράση του σχετίζεται με την αύξηση της ωσμωτικής πίεσης. Με τη χρήση αλατος, μειώνεται η ενεργότητα νερού και αναπτύσσονται Gram θετικά βακτήρια συγκριτικά με τα Gram αρνητικά βακτήρια (Nevijo Zdolec (ed), 2017).

Μελέτη σε νωπά προϊόντα, όπως για παράδειγμα είναι το στήθος γαλοπούλας, το οποίο εμβολιάστηκε με βακτηριακή καλλιέργεια, *L. Monocytogenes*, συσκευασμένο σε δυο είδη συσκευασίας (Lianou et al., 2007) αναφέρει πως η αποθήκευση έγινε σε αερόβιες συνθήκες στους 7°C για 12 ημέρες. Ο πληθυσμός των βακτηρίων ήταν χαμηλότερος στο στήθος γαλοπούλας που περιείχε γαλακτικό οξύ. Μια άλλη μελέτη που έγινε σε κρέας από βουβάλι, έδειξε ότι η ανάπτυξη της *L. monocytogenes* δεν πραγματοποιήθηκε σε δείγματα που περιείχαν νισίνη και σε άλλα που είχαν νισίνη και αλάτι. Όσο μεγαλύτερη

ήταν η συγκέντρωση της νισίνης και όσο μικρότερη ήταν η θερμοκρασία κατά την αποθήκευση, τόσο μεγαλύτερος βρέθηκε να είναι ο βαθμός αναστολής της ανάπτυξης του βακτηρίου (Barbosa-Cánovas et al., 2015; Pawar et al., 2000).

Σε εφαρμογή σε προϊόντα όπως είναι τα hot dog, έγινε προσπάθεια ώστε να μειωθεί η περιεκτικότητα σε νιτρώδη. Η ενεργότητα νερού κυμάνθηκε στο 0,95 και το pH του προϊόντος στην τιμή 5,4, με εσωτερική θερμοκρασία 75°C και ψύξη σε θερμοκρασίες μεταξύ 3-10 °C. Στα χοτ ντογκ παρατηρήθηκε μια μείωση του συνόλου των αερόβιων βακτηρίων μετά από την εφαρμογή των ανωτέρω εμποδίων (Jafari & Emam-Djomeh, 2007).

Τα χοιρινά λουκάνικα μελετήθηκαν και αυτά με την εφαρμογή της τεχνολογίας εμποδίων σε συντήρηση τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Τα εμπόδια που μελετήθηκαν σε αυτή την περίπτωση ήταν το χαμηλό pH, η χαμηλή ενεργότητα νερού, η συσκευασία υπό κενό αλλά και η αναθέρμανση μετά τη διαδικασία της συσκευασίας του προϊόντος. Η ποιότητα τους βρέθηκε να βελτιώθηκε σε αποθήκευση θερμοκρασίας περιβάλλοντος, αφού βελτιώθηκε το χρώμα, μειώθηκε η υγρασία τους και η σκληρότητα τους. Παράλληλα, το χαμηλό pH, και η μειωμένη ενεργότητα νερού και η αναθέρμανση προκάλεσαν αναστολή ανάπτυξης ζυμών και μυκήτων για κάποιες μέρες. Η χρήση και εμφάνιση του προϊόντος σε διάλυμα σορβικού καλίου πριν την εφαρμογή κενού, προκάλεσε αναστολή ανάπτυξης των προαναφερθέντων μικροοργανισμών σε όλη τη διάρκεια της αποθήκευσης (Thomas et al., 2008).

Η ακτινοβολία, μέθοδος που μπορεί να εφαρμοσθεί σε κρεατοσκευάσματα, μαζί με μειωμένη ενεργότητα νερού και συσκευασία υπό κενό, μελετήθηκε ως προς την ανάπτυξη βακτηρίων και συγκεκριμένα των *C. sporogenes*, *S.aureus* και *B. cereus*. Η μελέτη πραγματοποιήθηκε σε έτοιμα προς χρήση προϊόντα κρέατος, σταθερά σε θερμοκρασίες δωματίου. Η εφαρμογή υπερϊώδους ακτινοβολίας σε τιμές των 2,5kGy βρέθηκε πως ήταν αποτελεσματική έναντι των *S.aureus* και *B. Cereus*, όχι όμως έναντι του *C.sporogenes*. Η μειωμένη ενεργότητα νερού, συνδυαστικά με τη συσκευασία τους υπό κενό, συνέβαλε στην μικροβιολογική ασφάλεια, αφού απετράπη η ανάπτυξη των μικροοργανισμών, κατά την αποθήκευση των προϊόντων σε θερμοκρασία δωματίου για μεγάλο χρονικό διάστημα (Chawla & Chander, 2004) .

Στον παρακάτω πίνακα, παρατίθενται ορισμένα παραδείγματα μελετών που έγιναν σχετικά με την συγκεκριμένη κατηγορία τροφίμων.

**Πίνακας 2: Μελέτες σε κρέατα και κρεατοσκευάσματα**

<b>Προϊόν</b>	<b>Μέθοδος επεξεργασίας</b>	<b>Αποτελέσματα</b>	<b>Αναφορές</b>
Χοιρινό λουκάνικο ξηρής ζύμωσης	Υπερυψηλή πίεση 600 MPa, διάρκεια 480 s	Μείωσε την εμφάνιση δυσάρεστων οσμών κατά την αποθήκευση στους 20°C. Βελτίωση της μικροβιακής ασφάλειας.	(Trejo et al., 2021)
Ξηρή ωρίμανση ωμοπλάτης από ιβηρικούς χοίρους	Υπερυψηλή πίεση 600 MPa; 7 min Ενεργή συσκευασία εκχυλίσματος φύλλων ελιάς	HPP μείωσε τις μικροβιακές μετρήσεις, ενώ οι οξειδωτικές, χρωματικές και αισθητηριακές παράμετροι δεν επηρεάστηκαν μετά από επεξεργασία και μετά από 150 ημέρες στο ψυγείο.	(Amaro-Blanco, Delgado-Adámez, et al., 2018; Amaro-Blanco, Machado, et al., 2018)
Φιλέτο κοτόπουλο	Υπερυψηλή πίεση 500 MPa; 10 min Αποθήκευση σε 4 και 12 °C	Μείωση κάτω από το όριο ανίχνευσης (0.48 log units), αύξηση διάρκειας ζωής (6 μέρες στους 4 °C και 2 μέρες στους 12 °C) Μικροοργανισμός στόχος <i>Salmonella enteritidis</i>	(Argyri et al., 2018)
Ιταλικό σαλάμι	Υπερυψηλή πίεση 600 MPa.	Μείωση 2.41–5.84 log units Μικροοργανισμός στόχος <i>Salmonella</i>	(Bonilauri et al., 2019)
Μαγειρεμένα λουκάνικα	Υπερυψηλή πίεση 600 MPa; 3 min Παστερίωση με χρήση θερμού νερού (75 °C; 15 min) αποθήκευση	6 log units μείωση του <i>L. monocytogenes</i> . Οι πληθυσμοί των βακτηρίων του γαλακτικού οξέος μειώθηκαν και από τις δύο επεξεργασίες, ήταν σημαντικά χαμηλότεροι στο τέλος της αποθήκευσης των 35 ημερών. Μικροοργανισμός στόχος <i>L. monocytogenes</i> , LAB, <i>Pseudomonas</i> spp., Coliforms	(Balamurugan et al., 2018)

	στους 4 και 10 °C		
--	----------------------	--	--

### 7.3 Ιχθυηρά και προϊόντα ιχθυηρών

Τα ψάρια αποτελούν τρόφιμα εξαιρετικά ευπαθή με μικρή διάρκεια ζωής, αφού έχουν ουδέτερο pH και αυξημένη ενεργότητα νερού. Υπάρχουν πολλά είδη ψαριών, λίγα όμως είναι αυτά που έχουν εμπορική αξία. Είναι πλούσια σε πρωτεΐνες και ακόρεστα λίπη, συμβάλλοντας στη βελτίωση της υγείας (Speranza et al., 2021). Αποτελούν απαραίτητο στοιχείο μιας ισορροπημένης διατροφής, αφού περιλαμβάνουν πολλές βιταμίνες και μέταλλα (Giannakourou et al., 2020; Hassoun & Karoui, 2017).

Οι κύριες αλλοιώσεις των ψαριών σχετίζονται με την ενζυμική αυτόλυση μετά τη θανάτωση τους, με την οξείδωση των περιεχόμενων λιπιδίων αλλά και τη μικροβιακή ανάπτυξη. Τα ενδογενή ένζυμα, ξεκινούν την αυτόλυση τους αρκετά νωρίς μετά τη θανάτωση των ψαριών, οδηγώντας σε αποσύνθεση των πρωτεϊνών και στη μετέπειτα αλλοίωση τους (Speranza et al., 2021). Βασικός στόχος μιας επιτυχημένης μεθόδου επεξεργασίας και συντήρησης είναι εκείνη που επιβραδύνει την αλλοίωση των ψαριών, χωρίς να υποβαθμίζει τις οργανοληπτικές και θρεπτικές ιδιότητες του τροφίμου (Speranza et al., 2021).

Τα ιχθυηρά είναι προϊόντα που χρειάζεται να ψύχονται ή να καταψύχονται άμεσα μετά τη συλλογή τους, ώστε να αποφευχθεί πιθανός πολλαπλασιασμός μικροοργανισμών, που θα τα καταστήσει μη ασφαλή και ποιοτικά μη αποδεκτά. Γίνεται εφαρμογή μεθόδων όπως είναι η κατάψυξη, η κονσερβοποίηση και η αλάτιση, με σκοπό να ελεγχθεί η μικροβιακή ανάπτυξη. Παράλληλα, ενδιαφέρον παρουσιάζει και η εφαρμογή εναλλακτικών μεθόδων, όπως μη θερμικές, με την προϋπόθεση ότι δεν επηρεάζουν την ποιότητα των ψαριών (T. Tsironi et al., 2020). Ακόμα, η χρήση τροποποιημένης ατμόσφαιρας δύναται να παρατήνει το χρόνο συντήρησης συγκρινόμενη με την αποθήκευση των προϊόντων σε αέρα (Ulf Ronner, 1997).

Η τεχνολογία εμποδίων, μπορεί να προσφέρει ασφαλή προϊόντα, και αποδεκτά θρεπτικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά. Η επιλογή των εμποδίων που εφαρμόζονται είναι ζωτικής σημασίας. Όταν το εμπόδιο που χρησιμοποιείται είναι η ψύξη των προϊόντων, κρίνεται αναγκαία η έκθεση τους σε σταθερές θερμοκρασίες, χωρίς να διαταράσσεται η ψυκτική τους αλυσίδα, η οποία μπορεί να επηρεάσει δυσμενώς τα χαρακτηριστικά τους και να υποβαθμίσει την ποιότητα τους. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η ισταμίνη, η οποία προκαλεί σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία των καταναλωτών,

συνδέεται με τη θερμοκρασία αποθήκευσης των ψαριών, και συγκεκριμένα όταν αυτή είναι αυξημένη (FAO/WHO 2011, 2013; Tsironi et al., 2017, 2020). Η τεχνολογία εμποδίων είναι πολύ σημαντική σε περιπτώσεις όπως είναι προϊόντα που παρασκευάζονται με παραδοσιακούς τρόπους και σε *minimally processed* τρόφιμα, δηλαδή τρόφιμα ελάχιστης επεξεργασίας. Κατά την επεξεργασία των προαναφερθέντων προϊόντων, η παραγωγή τους περιλαμβάνει διάφορα στάδια, που καθιστούν πιθανή τη διασταυρούμενη επιμόλυνση (T. Tsironi et al., 2020).

Η ενεργότητα νερού, όπως έχει αναφερθεί, αποτελεί ένα πιθανό εμπόδιο για τη συντήρηση των τροφίμων. Για τη μείωση της  $a_w$  μπορεί να εφαρμοσθεί η ωσμωτική αφυδάτωση. Μέσω αυτής μειώνεται η μικροβιακή ανάπτυξη, επιβραδύνεται ο ρυθμός αλλοίωσης των ιστών, αυξάνοντας τη διάρκεια ζωής των ψαριών (T. N. Tsironi & Taoukis, 2012). Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε, μελετήθηκε η ωσμωτική αφυδάτωση, με και χωρίς εμποτισμό βιοδραστικών ενώσεων σε φιλέτα από χέλι. Η ωσμωτική αφυδάτωση, προσέφερε σταθερότητα στην ποιότητα και θετικά αποτελέσματα για τη μικροβιακή δραστηριότητα και την αλλοίωση που σχετίζεται με την οξείδωση του φιλέτου. Παράλληλα, σε όσα φιλέτα έγινε εμβάπτιση με βιοδραστικές ενώσεις, παρατηρήθηκε και σε αυτή την περίπτωση θετική επίδραση στην παρεμπόδιση της αλλοίωσης τους, καθιστώντας το συνδυασμό των δυο μεθόδων, αποτελεσματικό στην εφαρμογή τους σε φιλέτα χελιού (Giannakourou et al., 2020).

Μερικά άλλα παραδείγματα των εμποδίων σε προϊόντα ψαριών είναι η προσθήκη άλατος, η κάπνιση, τα οξέα, η θερμοκρασία και το δυναμικό οξειδοαναγωγής (Leroi F., 2006). Η αλάτιση αποτελεί μια αποτελεσματική μέθοδο ως προς τα βακτήρια. Παρόλα αυτά, μπακαλιάρος στον οποίο έγινε ενυδάτωση μετά την αλάτιση, αλλοιώνεται γρήγορα από μικροοργανισμούς. Συγκεκριμένα, τα βακτήρια αυτά επιβιώνουν κατά την αλάτιση, και με την ενυδάτωση του προϊόντος έχουν τη δυνατότητα να αναπτυχθούν (Bjørkevoll et al., 2003)(Bjørkevoll et al, 2003). Μια άλλη μέθοδος, είναι αυτή της βιοσυντήρησης. Μέσω αυτής, προϊόντα που συντηρούνται υπό ψύξη, εμβολιάζονται με επιθυμητά βακτήρια, για την αναστολή άλλων ανεπιθύμητων. Τέτοια βακτήρια είναι τα γαλακτικά βακτήρια (Leroi F., 2006). Η περίπτωση αυτή σχετίζεται με το εμπόδιο της ανταγωνιστικής χλωρίδας.

Όσον αφορά στη χρήση αντιμικροβιακών ουσιών ως εμπόδιο, υπάρχουν ουσίες, όπως η χιτοζάνη, προερχόμενη από τα καρκινοειδή, λειτουργώντας ως συντηρητικό τροφίμων



για την βιοαποικοδόμηση της (Coma et al., 2002) και την ικανότητα της να αναστέλλει την ανάπτυξη πολλών μικροοργανισμών (Roller & Covill, 1999).

Σχετικά με τη συσκευασία των ιχθυηρών και προϊόντων τους, η ενεργή συσκευασία, μπορεί να αυξήσει τη διάρκεια ζωής του περιεχόμενου τροφίμου και να διατηρήσει παράλληλα το προϊόν ποιοτικό και ασφαλές. Μπορεί να πραγματοποιηθεί η ενεργή συσκευασία, μέσω ενσωμάτωσης μιας αντιμικροβιακής ουσίας στην επιφάνεια μιας μεμβράνης αλλά και μέσω εδωδιμων μεμβρανών και επικαλύψεων (Leroi F., 2006).

Ορισμένες από τις εναλλακτικές μεθόδους επεξεργασίας, είναι η επεξεργασία με παλμικό ηλεκτρικό πεδίο. Μελετήθηκε λιπαρό ψάρι, σολομός, μέσω αυτής της μεθόδου, και έδειξε πως βελτιώθηκε η υφή των φιλέτων, σε ήπια επεξεργασία PEF (Gudmundsson & Matra, n.d.). Στην εφαρμογή της σε μαλάκια και μύδια, δεν παρατηρήθηκε βελτίωση της τρυφερότητας τους (Authors et al., 2006). Ο συνδυασμός της μεθόδου με άλλες μέθοδοι, συμπεριλαμβανομένης της υπερϊώδους ακτινοβολίας, της επεξεργασίας με μικροκύματα, της υψηλής υδροστατικής πίεσης, βρέθηκε πως δρουν ικανοποιητικά ως προς την αδρανοποίηση των μικροοργανισμών (Caminiti et al., 2011; Speranza et al., 2021; Stoica et al., 2013).

Αντίστοιχα, πραγματοποιήθηκε δοκιμή σε φιλέτο σολομού μέσω της εφαρμογής παλμικού φωτός, για 1 λεπτό, σε διάστημα εφαρμογής 3 και 5cm, αύξησε τη θερμοκρασία των φιλέτων στους 100 βαθμούς, επηρεάζοντας την ποιότητα των προϊόντων. Σε μεγαλύτερη απόσταση, των 8cm, για 1 λεπτό εφαρμογής, παρατηρήθηκε πως δεν επηρεάζεται η ποιότητα του σολομού. Και στις δυο εφαρμογές, μειώθηκε ικανοποιητικά η μικροβιακή ανάπτυξη (Ozer & Demirci, 2006).

### **Προϊόντα ψαριών υψηλής και ενδιάμεσης υγρασίας**

Η ενεργότητα νερού αυτών των προϊόντων κυμαίνεται μεταξύ των τιμών 0,60-0,90. Συνεπώς, κύριο εμπόδιο αποτελεί η ελάττωση της  $a_w$ , με τη συμβολή και άλλων εμποδίων όπως είναι η θερμική επεξεργασία, η χρήση συντηρητικών, το pH αλλά και η ανταγωνιστική μικροχλωρίδα (T. Tsironi et al., 2020).

Τα προϊόντα υψηλής υγρασίας προσομοιάζουν με τα φρέσκα, αφού έχουν υποστεί ελάχιστη επεξεργασία. Διατηρούνται υπό ψύξη και κατάψυξη, και η μη τήρηση της ψυκτικής αλυσίδας μπορεί να αποδειχθεί επιζήμια για την ποιότητα και την ασφάλεια τους. Η  $a_w$  των προϊόντων αυτών είναι αυξημένη, με τιμές μεγαλύτερες της 0,90. Έχουν

γίνει προσπάθειες για μείωση της  $a_w$  μέσω της διαδικασίας της ωσμωτικής αφυδάτωσης, σε φιλέτα ψαριών (T. Tsironi et al., 2009, 2020; T. N. Tsironi & Taoukis, 2014). Ένα πρόσθετο εμπόδιο των ψαριών που έχουν υποστεί ωσμωτική επεξεργασία, είναι η γλυκονο-δ-λακτόνη (T. N. Tsironi & Taoukis, 2012), έχοντας συνεργιστική δράση με τη μειωμένη  $a_w$  και τη θερμοκρασία ψύξης (T. Tsironi et al., 2020).

### **Ζυμωμένα προϊόντα ψαριών**

Τα προϊόντα ψαριών που έχουν υποστεί ζύμωση παράγονται με χρήση εμποδίων που τα καθιστούν ασφαλή σε θερμοκρασία δωματίου για μεγάλο χρονικό διάστημα. Η συντήρηση τους περιλαμβάνει την προσθήκη επιθυμητών βακτηρίων, όπου η χρήση τους αναστέλλει τους ανεπιθύμητους μικροοργανισμούς. Τα πιο γνωστά βακτήρια που χρησιμοποιούνται για τη δράση αυτή, είναι τα γαλακτικά βακτήρια και παράγουν ουσίες, οι οποίες έχουν ανασταλτική δράση. Ακόμα, έχει μελετηθεί η συνεργιστική δράση της ζύμωσης ψαριών με καλλιέργεια εκκίνησης το βακτήριο *B. polymyxa* μαζί με προσθήκη χλωριούχου νατρίου, με αποτέλεσμα τη μείωση της ισταμίνης και άλλων βιογενών αμινών (Y. C. Lee et al., 2016; T. Tsironi et al., 2020).

### **Θερμικά επεξεργασμένα προϊόντα ψαριών**

Στις περιπτώσεις που εφαρμόζεται θερμική επεξεργασία, τα προϊόντα αποκτούν αυξημένη διάρκεια ζωής. Η εφαρμογή υπερυψηλής πίεσης συνδυασμένη με κρύα κάπνιση, ως ήπια μέθοδο επεξεργασίας, αυξάνει τη διάρκεια ζωής των προϊόντων (Erkan et al., 2011; Gudbjornsdottir et al., 2010). Άλλη μελέτη έχει δείξει πως η προσθήκη άλατος, σορβικού σε pH ψαριού 5,7, συνδυαζόμενα με θερμική επεξεργασία στους 80°C για μικρό χρονικό διάστημα, αυξάνοντας και σε αυτή την περίπτωση τη διάρκεια ζωής (AGUILERA et al., 1992; T. Tsironi et al., 2020).

### **Προϊόντα υπό ψύξη**

Υπάρχουν ψάρια και προϊόντα τους, όπου το μόνο εμπόδιο που εφαρμόζεται είναι εκείνο της συντήρησης σε ψύξη. Παρόλα αυτά πολλές φορές δεν αρκεί ως μοναδικό εμπόδιο και έχει βρεθεί πως η συνεργιστική του δράση με άλλα μπορεί να προσφέρει αρκετά θετικά αποτελέσματα. Για παράδειγμα, ο συνδυασμός τροποποιημένης ατμόσφαιρας, με μειωμένη ενεργότητα νερού και προσθήκης νισίνης, μπορεί να παρατείνει το χρόνο ζωής φιλέτων (T. N. Tsironi & Taoukis, 2010a). Εκτός από αυτά, η χρήση ψύξης με την

προσθήκη κάποιας αντιμικροβιακής ουσίας, μπορεί να αποτρέψει τη μικροβιακή ανάπτυξη (T. Tsironi et al., 2020).

Στον παρακάτω πίνακα, παρατίθενται ορισμένα παραδείγματα μελετών που έγιναν σχετικά με την συγκεκριμένη κατηγορία τροφίμων.

**Πίνακας 3: Μελέτες σε ιχθυηρά και προϊόντα ιχθυηρών**

<b>Προϊόν</b>	<b>Μέθοδος επεξεργασίας</b>	<b>Αποτελέσματα</b>	<b>Αναφορές</b>
Καρπάτσιο τόνου	Συσκευή παλμικού φωτός εξοπλισμένη με δύο λαμπτήρες ξένου. Οι λαμπτήρες εξέπεμπαν ακτινοβολία των 150 J, ισοδύναμες με ροή 0.175 J/cm <sup>2</sup> ανά παλμό. Ο χρόνος παλμού ήταν 250 μs και επίσης η φασματική έξοδος της λάμπας αντιστοιχούσε σε 30% υπεριώδες φως (12% UV-C, 10% UV-B και 8% UV-A), 30% υπέρυθρη ακτινοβολία και 40% ορατό φως	Η εφαρμογή παλμικού φωτός στις υψηλότερες ροές που δοκιμάστηκε (8.4 και 11.9 J/cm <sup>2</sup> ) βελτίωσε τη μικροβιολογική ασφάλεια του προϊόντος. Μειώσεις από 2 έως 6 log cfu/cm <sup>2</sup> Μικροοργανισμός στόχος <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Salmonella Typhimurium</i> , <i>Vibrio parahaemolyticus</i>	(Hierro et al., 2012)
Αποψυγμένα φιλέτα μπακαλιάρου	Λουτρό υπερήχων χρησιμοποιώντας τρεις διαφορετικές δυνάμεις, 29.4 W/kg (100%), 14.7 W/kg (50%) και 2.9 W/kg (10%), για 20 min	Έλεγχος μικροβιακής ανάπτυξης με διατήρηση των ιδιοτήτων ποιότητας των φιλέτων μπακαλιάρου. Μικροοργανισμός στόχος: Συνολική αερόβια χλωρίδα, Μεσόφιλα βακτήρια, Αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί	(Antunes-Rohling et al., 2020)

		(SSOs), Εντεροβακτήρια, Πρωτεολυτικά βακτήρια	
Φιλέτο από χέλι	Ωσμωτική επεξεργασία με διαλύματα γλυκερόλης (30%–40%–45%) και 5% NaCl με και χωρίς εμποτισμό πρώτα με ορό δεντρολίβανου αποθηκευμένο στους 4°C	Η μικροβιακή ανάπτυξη καθυστέρησε σημαντικά, λόγω της ωσμωτικής επεξεργασίας και της επερχόμενης μείωσης της ενεργότητας νερού. Η οξείδωση των περιεχόμενων λιπιδίων, παρεμποδίστηκε στα επεξεργασμένα φιλέτα, λόγω της συνεργιστικής δράσης των εμποδίων. Η διάρκεια ζωής αυξήθηκε παραπάνω από 10 φορές.	(Giannakourou et al., 2020)
Φρέσκο φιλέτο τσιπούρας (Sparusaurata) fillets	Ωσμωτικά επεξεργασμένο με ισοδύναμο 50% δεξτρόζης μαλτοδεξτρίνη (DE 47) και 5% NaCl. Τα μη επεξεργασμένα και ωσμωτικά προεπεξεργασμένα φιλέτα, με και χωρίς νισίνη (2×104IU/100 g osmotic solution), συσκευασμένα σε αέρα ή τροποποιημένη ατμόσφαιρα (50% CO <sub>2</sub> –50% αέρας), και αποθηκευμένα σε	Τα προεπεξεργασμένα φιλέτα, έδειξαν βελτιωμένη σταθερότητα στην ποιότητα κατά την αποθήκευση υπό ψύξη, σχετικά με τη μικροβιακή ανάπτυξη, χημικές αλλαγές, και την οργανοληπτική μεταβολή. Η ωσμωτική προεπεξεργασία, με προσθήκη νισίνης συνδυαστικά με τροποποιημένη ατμόσφαιρα, ήταν πολύ αποτελεσματική στη διάρκεια ζωής των φιλέτων (48 μέρες συγκρινόμενη με 10 μέρες για το μάρτυρα στους 0°C)	(T. N. Tsironi & Taoukis, 2010b)

	ισοθερμικές συνθήκες (0, 5, 10, και 15°C)		
Διατηρημένος τόνος υπό ψύξη	Τα φιλέτα επεξεργάστηκαν στους 15°C σε ωσμωτικό διάλυμα με 50% υψηλής δεξτρόζης ισοδύναμη μαλτοδεξτρίνη (DE 47) και 5% NaCl. Τα μη επεξεργασμένα δείγματα και εκείνα των 30 λεπτών ωσμωτικής επεξεργασίας με ή χωρίς νισίνη, συσκευασμένο υπό κενό και αποθηκευμένο σε ισοθερμικές συνθήκες (0-15° C)	Η ενεργότητα νερού μειώθηκε στην τιμή των 0.96 σε 30 min προεπεξεργασίας. Η ωσμωτική προκατεργασία οδήγησε σε αύξηση της διάρκειας ζωής σχετικά με τη μικροβιακή ανάπτυξη και την οργανοληπτική ποιότητα. Η προσθήκη νισίνης αύξησε επιπλέον τη διάρκεια ζωής. Σχετικά με τα LAB βακτήρια, η διάρκεια ζωής ήταν 10 μέρες για μη επεξεργασμένα και 27 μέρες για ωσμωτικά επεξεργασμένα υπό κενό και διατηρημένα στους 5°C δείγματα. Επίσης, η προσθήκη νισίνης αύξησε τη διάρκεια σε 51 ημέρες στους 5°C	(Sofra et al., 2018)

## 7.4 Γάλα και γαλακτοκομικά προϊόντα

Τα γαλακτοκομικά προϊόντα μπορούν να προκαλέσουν απειλή για την υγεία των καταναλωτών, όπως το γάλα, προϊόν που αποτελεί ιδανικό υπόστρωμα για την ανάπτυξη μικροοργανισμών. Η επιμόλυνση των προϊόντων αυτής της κατηγορίας μπορεί να επέλθει λόγω λανθασμένων χειρισμών κατά τη διαδικασία της παστερίωσης, από την κατανάλωση νωπών προϊόντων, από πιθανή νοθεία του γάλακτος αλλά και από διάφορες ασθένειες που μεταφέρονται στον άνθρωπο από τα ζώα (Ruegg, 2003). Η μικροβιακή ανάπτυξη σχετίζεται με τη θερμοκρασία αποθήκευσης και την ύπαρξη ανταγωνιστικών μικροοργανισμών και προϊόντων τους (Elif Ayse Anli, 2022).

Οι κύριες θερμικές επεξεργασίες που εφαρμόζονται στο γάλα είναι η παστερίωση και η επεξεργασία UHT (Ultra High Temperature). Ως ζωτικής σημασίας, θεωρείται η συνεχής παρακολούθηση της θερμοκρασίας του γάλακτος και των λοιπών γαλακτοκομικών προϊόντων, ώστε να διατηρούνται τα θρεπτικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, αλλά και η μικροβιολογική του ασφάλεια (Claeys et al., 2013; Elif Ayse Anli, 2022). Τα παστεριωμένα προϊόντα διαφέρουν από τα προϊόντα που έχουν επεξεργασθεί με UHT, όσον αφορά στη διάρκεια ζωής, αφού τα δεύτερα μπορούν να συντηρηθούν για μήνες, χωρίς να χρειάζεται η τοποθέτησή τους σε θερμοκρασίες ψύξης (Elif Ayse Anli, 2022).

Εκτός από τις θερμικές επεξεργασίες που αναφέρθηκαν, στον τομέα των γαλακτοκομικών προϊόντων εφαρμόζονται επιπλέον οι μέθοδοι της ψύξης, της συσκευασίας σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα, η ζύμωση, η ξήρανση, η προσθήκη συντηρητικών ουσιών αλλά και η προσθήκη ανταγωνιστικής μικροχλωρίδας. Λαμβάνοντας υπόψη τις απαιτήσεις για ελάχιστα επεξεργασμένα τρόφιμα, έχουν γίνει προσπάθειες για χρήση μεθόδων που δεν απαιτούν την εφαρμογή θερμικής επεξεργασίας, δηλαδή η μέθοδος παλμικού ηλεκτρικού πεδίου και της μικροδιήθησης. Στην περίπτωση του γάλακτος, έχει βρεθεί πως ο συνδυασμός αυτών των δύο εναλλακτικών μεθόδων, δρα καλύτερα από τη θερμική επεξεργασία, δηλαδή την παστερίωση του. Ακόμα, η χρήση βακτηριοσινών συνδυαστικά με άλλες μεθόδους, είτε είναι θερμικές είτε μη θερμικές, αποτελεί σημαντικό εμπόδιο (Elif Ayse Anli, 2022; Sobrino-López & Martín-Belloso, 2008).

Η ζύμωση, μέσω της ανταγωνιστικής μικροχλωρίδας, αποτελεί ένα χρήσιμο εμπόδιο, και η επερχόμενη μείωση του pH του προϊόντος, στο οποίο πραγματοποιείται ζύμωση, συνοδευόμενη από την παραγωγή οργανικών οξέων, δρα ως συντηρητικό. Στην περίπτωση των προϊόντων που έχουν προστεθεί προβιοτικά, ένα από τα εμπόδια που μπορούν να εφαρμοσθούν είναι η συσκευασία υπό κενό, όπως στην περίπτωση τυριών τέτοιας κατηγορίας, διότι τα προβιοτικά είναι αρκετά ευαίσθητα στο οξυγόνο αλλά και η προστασία των χρησιμοποιούμενων προβιοτικών μικροοργανισμών μέσω μικροενθλάκωσης, στην περίπτωση τυριών (Elif Ayse Anli, 2022).

Η ξήρανση, ως μέθοδος επεξεργασίας, παρεμποδίζει την ανάπτυξη μικροοργανισμών και ταυτόχρονα επιβραδύνονται μέσω αυτής, οι ενζυμικές και χημικές αντιδράσεις. Αυτό βέβαια, εξαρτάται από την τιμή της  $a_w$  που επιτυγχάνεται μέσω της ξήρανσης. Ορισμένα προϊόντα που παράγονται μέσω της συγκεκριμένης μεθόδου, είναι το γάλα σε σκόνη, η σκόνη γιαουρτιού, σκόνη τυριού, πρωτεΐνη ορού γάλακτος και καζεΐνη. Μελέτες που πραγματοποιήθηκαν με εφαρμογή μιας ήπιας παστερίωσης, σε πρωτόγαλα αγελάδας και βουβαλιού, συνδυαζόμενη με ξήρανση μέσω δυο διαφορετικών μεθόδων, αυτών της ξήρανσης με ψεκασμό και της λυοφιλίωσης, ως διαφορετικών εμποδίων επεξεργασίας, έδειξε πως κάποιες πρωτεΐνες που περιέχονται στο εξεταζόμενο προϊόν, μετουσιώνονται κατά την εφαρμογή ξήρανσης με ψεκασμό (Elif Ayse Anli, 2022; Salar et al., 2021).

Όταν αποξηραμένο προϊόν συσκευάζεται σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα, λαμβάνεται υπόψιν η περιεκτικότητα σε οξυγόνο, ώστε να είναι μειωμένη, για να αποφευχθεί η αυτοξειδωση του τροφίμου. Για μεγάλο χρονικό διάστημα αποθήκευσης γαλακτοκομικών, προτείνεται μίγμα διοξειδίου του άνθρακα με άζωτο ή 100% άζωτο (Elif Ayse Anli, 2022).

Στον παρακάτω πίνακα, παρατίθενται ορισμένα παραδείγματα μελετών που έγιναν σχετικά με την συγκεκριμένη κατηγορία τροφίμων.

<b>Πίνακας 4: Μελέτες σε γαλακτοκομικά προϊόντα</b>			
<b>Προϊόν</b>	<b>Μέθοδος επεξεργασίας</b>	<b>Αποτελέσματα</b>	<b>Αναφορές</b>
Γάλα UHT	Νισίνη (328 IU/ml)	Μικροοργανισμός στόχος <i>C.perfringens</i>	(Gao et al., 2011)

	Υψηλή πίεση (654MPa) Θερμότητα 74°C		
Τυρί Mozzarella	<p>Συσκευασμένο σε αέρα και τροποποιημένη ατμόσφαιρα. Η ενεργή μεμβράνη ήταν βασισμένη σε αλγινικό νάτριο (2%, wt/vol) και σορβικό κάλιο (1%, wt/vol). Η τροποποιημένη ατμόσφαιρα περιλάμβανε 75% CO<sub>2</sub> και 25% N<sub>2</sub> (MAP1), 25% CO<sub>2</sub> και 75% N<sub>2</sub> (MAP2), ή 50% CO<sub>2</sub> και 50% N<sub>2</sub> (MAP3) αποθηκευμένο σε 4, 8, και 14°C</p>	<p>Ο συνδυασμός της ενεργής συσκευασίας και της τροποποιημένης ατμόσφαιρας στη συσκευασία βελτίωσε τη συντήρηση της μοτσαρέλας χαμηλής σε υγρασία. Η διάρκεια ζωής αυξήθηκε σε 160 μέρες για δείγματα διατηρημένα στους 4°C, και 40 και 11 μέρες για εκείνα στους 8°C και 14°C αντίστοιχα. Μια πιο γρήγορη υποβάθμιση ποιότητας για μη επεξεργασμένα δείγματα αποθηκευμένα σε αέρα έγινε αντιληπτή. Η ανάπτυξη των <i>Pseudomonas spp.</i> και η εμφάνιση μούχλας σχετίζονται με την απόρριψη των προϊόντων. Ο συνδυασμός ενεργής μεμβράνης και τροποποιημένης ατμόσφαιρας στη συσκευασία, παρατείνουν τη διάρκεια ζωής της μοτσαρέλας υπό κατάχρηση της θερμοκρασίας.</p>	(Mastromatteo et al., 2014)
Τυρί Ricotta	<p>Επικάλυψη με βρώσιμη μεμβράνη χιτοζάνης/ πρωτεΐνης ορού αποθηκευμένο σε</p>	<p>Οι πληθυσμοί των βακτηρίων του γαλακτικού οξέος και των μεσόφιλων και ψυχρότροφων μικροοργανισμών ήταν μικρότεροι (<math>p &lt; 0.05</math>) συγκρινόμενοι με το μάρτυρα.</p>	(di Pierro et al., 2011)



	τροποποιημένη ατμόσφαιρα στους 4 C.		
Γάλα	Πίεση (400–600 MPa) για επεξεργασία σε χρόνους (1–5 min)	Η εφαρμογή υψηλής πίεσης αδρανοποίησε επιτυχώς την βακτηριακή συγκέντρωση σε 5 log CFU/ml. Η υψηλή πίεση (600 MPa για 3 min) μείωσε επίσης τον αριθμό Enterobacteriaceae, βακτηρίων γαλακτικού οξέος, και Pseudomonas spp., παρατείνοντας τη διάρκεια ζωής για 1 βδομάδα συγκριτικά με το παστεριωμένο γάλα. Πέρα από την εξάλειψη των παθογόνων μικροοργανισμών, διατηρούνται οι ιδιότητες σχετικές με το νωπό γάλα.	(Stratakos et al., 2019)

## 7.5 Άλλα τρόφιμα

Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει τρόφιμα όπως είναι τα δημητριακά, τα μπαχαρικά, οι ξηροί καρποί και διάφορα τρόφιμα σε μορφή σκόνης. Έχει γίνει εφαρμογή κάπνισης, ως μέθοδος για τη μείωση των μικροοργανισμών σε προϊόντα σκόνης. Όμως, η μέθοδος αυτή έχει συνδεθεί με ανεπιθύμητες δράσεις όπως η παραγωγή καρκινογόνων ουσιών (Aaliya et al., 2021c; Rifna et al., 2019).

Αξίζει να αναφερθεί και η παραγωγή φρέσκων ζυμαρικών, που αποτελεί πολύ δημοφιλές προϊόν. Η μικροβιακή ανάπτυξη συνδέεται στενά με την παρουσία οξυγόνου, δίνοντας την ευκαιρία στους αερόβιους μικροοργανισμούς να αναπτυχθούν, ενώ σε περίπτωση που υπάρχει έλλειψη, αναπτύσσονται προαιρετικά αναερόβιοι μικροοργανισμοί. Πολλές φορές η παρουσία του οξυγόνου προκύπτει λόγω πιθανών ελαττωμάτων στη συσκευασία, αναποτελεσματικής εφαρμογής κενού καθώς και χρήσης υψηλής διαπερατότητας της συσκευασίας σε οξυγόνο. Βασιζόμενοι στα ανωτέρω, μπορεί να γίνει χρήση ενεργής συσκευασίας με την προσθήκη ουσιών που απορροφούν το οξυγόνο (Souza Cruz et al., 2006).

Στα προϊόντα ζύμης, η μούχλα είναι μια σημαντική αλλοίωση των προϊόντων αυτών. Καθιστούν το προϊόν μη αποδεκτό, αλλοιώνουν την εμφάνιση του, έχοντας παράλληλα ανεπιθύμητη γεύση με πιθανή παραγωγή μεταβολιτών των μυκήτων. Έχουν γίνει μελέτες για χρήση ειδικών φακέλων που απορροφούν το οξυγόνο με σκοπό να μεταβάλλουν το χρόνο ζωής και να τον αυξήσουν. Σε προϊόντα που συσκευάστηκαν σε αέρα, άζωτο και διοξείδιο του άνθρακα με άζωτο (αναλογία 60:40) έγινε αισθητή η ανάπτυξη μυκήτων σε 9,11 και 16 μέρες αντίστοιχα. Σε εφαρμογή ίδιων συνθηκών στο περιβάλλον της συσκευασίας, με την προσθήκη απορροφητών οξυγόνου, η διάρκεια ζωής αυξήθηκε στις 25 μέρες σε θερμοκρασία περιβάλλοντος (Nakamura, 1983; Souza Cruz et al., 2006).

Τα φρέσκα ζυμαρικά γενικά, έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε υγρασία, και δεν υποβάλλονται σε διαδικασία ξήρανσης. Η αποθήκευσή τους γίνεται υπό ψύξη, για την επιβράδυνση της μικροβιακής ανάπτυξης. Συχνά προστίθενται συντηρητικές ουσίες, και η συσκευασία τέτοιων ζυμαρικών, γίνεται σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα ή σε συσκευασία κενού. Προϊόντα όπως αυτά μπορούν να επεξεργασθούν με ακτινοβολία,

όμως η μέθοδος αυτή όταν εφαρμόζεται σε προϊόντα υψηλής υγρασίας, μπορεί να επηρεάσει τα οργανοληπτικά τους χαρακτηριστικά (Cassares et al., 2020).

Έχουν γίνει έρευνες για τη συσκευασία σε κενό φρέσκων ζυμαρικών όπως είναι τα λαζάνια, με παράλληλη προσθήκη συντηρητικού, σορβικού οξέος, και σε άλλη περίπτωση απορροφητών οξυγόνου, δίνοντας ικανοποιητικά αποτελέσματα, δίνοντας την επιλογή της ενεργής συσκευασίας ως ένα αποτελεσματικό εμπόδιο στην περίπτωση τέτοιων προϊόντων (Souza Cruz et al., 2006).

Παράλληλα, σε έρευνα που έγινε σε φρέσκα ζυμαρικά – νιόκι, μελετήθηκε η επίδραση της γ-ακτινοβολίας, για τη βελτίωση της μικροβιολογικής σταθερότητάς τους. Η αποθήκευση των προϊόντων έγινε σε θερμοκρασία ψύξης και σε θερμοκρασία δωματίου. Με χρήση γ-ακτινοβολίας στην ένταση 13kGy, ήταν εφικτή η διατήρηση των νιόκι σε θερμοκρασία δωματίου, για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα, 90 ημερών, διατηρώντας την ποιότητά τους. Σε περίπτωση που η εφαρμογή ακτινοβολίας συνδυασθεί με ψύξη, αρκεί η εφαρμογή χαμηλότερης ακτινοβολίας, των 10kGy για ικανοποιητικά αποτελέσματα (Cassares et al., 2020).

Τα μπαχαρικά, είναι πιθανό να προσβληθούν από μικροοργανισμούς, όπως είναι η *Salmonella*, η *Escherichia Coli* και το *Clostridium perfringens*. Ερευνήθηκε η χρήση μικροκυμάτων συγκριτικά με την εφαρμογή ακτινοβολίας σε μαύρο πιπέρι και προέκυψε πως μέσω της ακτινοβολίας δεν παρατηρείται εκτεταμένη απώλεια στις ενώσεις που είναι υπεύθυνες για τη γεύση (Emam O.A., 1995; Sádecká, 2017). Η μέγιστη ασφαλής δόση των 10kGy, μπορεί να μειώσει το μικροβιακό πληθυσμό χωρίς καμία μεταβολή στα χαρακτηριστικά των μπαχαρικών (Sádecká, 2017).

## **8. Το μέλλον της τεχνολογίας εμποδίων στη συντήρηση των τροφίμων**

Η τεχνολογία εμποδίων, ως μέθοδος για τη συντήρηση των τροφίμων, αποτελεί σημαντικό πεδίο έρευνας. Συνεχώς, μελετάται η εφαρμογή εμποδίων και οι διαφορετικοί συνδυασμοί εμποδίων, με σκοπό την προστασία από αλλοιώσεις που οφείλονται στους μικροοργανισμούς και στην αδρανοποίηση των υπαρχόντων ενζύμων. Βασικό στοιχείο των μελετών, είναι η βελτίωση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών, η διατήρηση των θρεπτικών συστατικών και η γενικότερη βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων, χωρίς να διακυβεύεται σε καμία περίπτωση η ασφάλεια των τροφίμων (Aaliya et al., 2021c).

Για να εξελιχθεί η τεχνολογία εμποδίων, ως μέθοδος επεξεργασίας και συντήρησης, απαιτείται εκτενέστερη μελέτη για τη συμπεριφορά των διαφόρων μικροοργανισμών απέναντι στις διαδικασίες προσαρμογής στο στρες που υπόκεινται. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για την εφαρμογή ήπιων μεθόδων συντήρησης. Ακόμα, χρειάζεται να μελετηθεί η ανταγωνιστικότητα των εμποδίων, όταν εφαρμόζεται παραπάνω από ένα. Ο συνδυασμός εμποδίων, μπορεί να δρα προσθετικά ή συνεργιστικά. Θα πρέπει λοιπόν, θα ερευνηθεί ο συνδυασμός των παρεμβάσεων για τη συντήρηση των τροφίμων (Aaliya et al., 2021c).

Σημαντικό εργαλείο για την τεχνολογία εμποδίων, αποτελεί η προρρητική μικροβιολογία (predictive microbiology), όπου μέσω αυτής εξάγονται ποσοτικές προβλέψεις για την μικροβιακή ανάπτυξη (Aaliya et al., 2021c).

## 9. Συμπεράσματα

Με την πάροδο των χρόνων, οι απαιτήσεις των καταναλωτών αλλάζουν, στρέφοντας τις διατροφικές τους επιλογές σε προϊόντα ήπια ή καθόλου επεξεργασμένα.

Για να επιτευχθεί αυτό, γίνεται χρήση της τεχνολογίας εμποδίων, μιας μεθόδου στην οποία εφαρμόζονται εμπόδια που δρουν πρόσθετα ή συνεργιστικά μεταξύ τους, με βασικό σκοπό τη μικροβιολογική ασφάλεια και την καλύτερη διατήρηση της ποιότητας του προϊόντος. Η μέθοδος αυτή, μελετάται όσον αφορά στην εφαρμογή διαφορετικών εμποδίων ανάλογα με το προϊόν αλλά και την ένταση των εφαρμοζόμενων εμποδίων, γεγονός που είναι πολύ σημαντικό για τη διατήρηση των οργανοληπτικών και διατροφικών συστατικών ενός προϊόντος.

Τα εμπόδια μπορεί να είναι είτε φυσικά, περιλαμβάνοντας εμπόδια με επίδραση θερμικής επεξεργασίας, ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, ραδιοσυχνότητας, φυσικοχημικά, περιλαμβάνοντας την ενεργότητα ύδατος, το pH, το οξειδοαναγωγικό δυναμικό αλλά και εμπόδια από μικροοργανισμούς όπως είναι η ανταγωνιστική μικροχλωρίδα, και οι βακτηριοσίνες. Προτιμάται η χρήση εμποδίων που δεν περιλαμβάνουν θερμική επεξεργασία, λόγω της αρνητικής επίδρασης της στο τελικό προϊόν και στα ποιοτικά/οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του τροφίμου. Εναλλακτικά, υπάρχουν εμπόδια τα οποία μπορούν να εφαρμοσθούν έναντι της θερμικής επεξεργασίας ή και συνεργιστικά με αυτή, ώστε να περιοριστούν σε μεγάλο βαθμό οι ανεπιθύμητες ενέργειες και να προκύψει ένα ασφαλές και ποιοτικά αποδεκτό προϊόν.

Η δράση των εμποδίων, μπορεί να έχει θετικά αποτελέσματα αλλά και αρνητικά. Αυτό εξαρτάται κυρίως από την ένταση των εμποδίων, από το ίδιο το τρόφιμο αλλά και από τη διάρκεια εφαρμογής του. Αρκετά θετικά αποτελέσματα δείχνει η χρήση της τεχνολογίας εμποδίων σε φρούτα και λαχανικά, σε κρεατοσκευάσματα, σε ψάρια και προϊόντα τους αλλά και σε γαλακτοκομικά.

Τα φρούτα και τα λαχανικά, αποτελούν προϊόντα που ενδιαφέρει η συντήρησή τους για μεγάλο χρονικό διάστημα, επειδή ορισμένα από αυτά κατά τη μεταφορά τους, μπορούν να αλλοιωθούν, και γενικά οι χειρισμοί κατά τη συλλογή και επεξεργασία τους μπορούν να επηρεάσουν τη διάρκεια ζωής τους. Ορισμένα παραδείγματα που αναφέρθηκαν και στην αντίστοιχη ενότητα είναι η επεξεργασία χυμών φρούτων, smoothies, τεμαχισμένων φρούτων και λαχανικών, αλλά και προτεμαχισμένων λαχανικών.

Στη βιομηχανία κρέατος, πολλά κρεατοσκευάσματα έχουν μελετηθεί με τη χρήση τεχνολογίας εμποδίων, δίνοντας θετικά αποτελέσματα και κατά συνέπεια εφαρμόζονται και σε βιομηχανική κλίμακα. Η κατηγορία των κρεατοσκευασμάτων, έχει μεγάλο ενδιαφέρον, γιατί το κρέας είναι ευαλλοίωτο προϊόν, μεγάλης αξίας. Μέσω των επιλεγόμενων σε κάθε περίπτωση εμποδίων, προκύπτει προϊόν μεγαλύτερης διάρκειας ζωής, βελτιωμένο πολλές φορές ως προς τις ιδιότητες του όπως είναι για παράδειγμα η τρυφερότητα του κρέατος.

Τα ιχθυηρά, όπως και το κρέας, είναι επιρρεπή στην αλλοίωση λόγω του pH και των συστατικών τους. Η αυξημένη διάρκεια ζωής, καθιστά τα προϊόντα αυτά διαθέσιμα για τους καταναλωτές, για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Μερικά παραδείγματα εφαρμογής είναι σε λιπαρά ψάρια, και σε ψάρια υψηλής διατροφικής αξίας όπως είναι το φιλέτο σολομού.

## 10.Βιβλιογραφία

- Aaliya, B., Valiyapeediyekkal Sunooj, K., Navaf, M., Parambil Akhila, P., Sudheesh, C., Ahmed Mir, S., Sabu, S., Sasidharan, A., Theingi Hlaing, M., & George, J. (2021a). Recent trends in bacterial decontamination of food products by hurdle technology: A synergistic approach using thermal and non-thermal processing techniques. *Food Research International*, *147*, 110514. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2021.110514>
- Aaliya, B., Valiyapeediyekkal Sunooj, K., Navaf, M., Parambil Akhila, P., Sudheesh, C., Ahmed Mir, S., Sabu, S., Sasidharan, A., Theingi Hlaing, M., & George, J. (2021b). Recent trends in bacterial decontamination of food products by hurdle technology: A synergistic approach using thermal and non-thermal processing techniques. *Food Research International*, *147*. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110514>
- Aaliya, B., Valiyapeediyekkal Sunooj, K., Navaf, M., Parambil Akhila, P., Sudheesh, C., Ahmed Mir, S., Sabu, S., Sasidharan, A., Theingi Hlaing, M., & George, J. (2021c). Recent trends in bacterial decontamination of food products by hurdle technology: A synergistic approach using thermal and non-thermal processing techniques. *Food Research International*, *147*. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110514>
- Abera, G. (2019). Review on high-pressure processing of foods. In *Cogent Food and Agriculture* (Vol. 5, Issue 1). Informa Healthcare. <https://doi.org/10.1080/23311932.2019.1568725>
- AGUILERA, J. M., FRANCKE, A., FIGUEROA, G., BORNHARDT, C., & CIFUENTES, A. (1992). Preservation of minced pelagic fish by combined methods. *International Journal of Food Science & Technology*, *27*(2), 171–177. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1992.tb01193.x>
- Alarcon-Rojo, A. D., Carrillo-Lopez, L. M., Reyes-Villagrana, R., Huerta-Jiménez, M., & Garcia-Galicia, I. A. (2019). Ultrasound and meat quality: A review. In *Ultrasonics Sonochemistry* (Vol. 55, pp. 369–382). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2018.09.016>

- Aleman, G., Farkasl, D. F., Antonio Torres\, J., Wilhelmsen2, E., & McIntyre, S. (n.d.). Ultra-High Pressure Pasteurization of Fresh Cut Pineapple. In *Journal of Food Protection* (Vol. 57, Issue 10). [http://meridian.allenpress.com/jfp/article-pdf/57/10/931/1659259/0362-028x-57\\_10\\_931.pdf](http://meridian.allenpress.com/jfp/article-pdf/57/10/931/1659259/0362-028x-57_10_931.pdf)
- Ali ZM, Chin L-H, Marimuthu M, & Lazan H. (2004). Low temperature storage and modified atmosphere packaging of carambola fruit and their effects on ripening related texture changes, wall modification and chilling injury symptoms. . In *Postharvest Biology and Technology* (pp. 181–192).
- Alzamora, S. M., López-Malo, A., Guerrero, S. N., & Tapia, M. S. (2018). *The Hurdle Concept in Fruit Processing* (pp. 93–126). [https://doi.org/10.1007/978-1-4939-3311-2\\_5](https://doi.org/10.1007/978-1-4939-3311-2_5)
- Amaro-Blanco, G., Delgado-Adámez, J., Martín, M. J., & Ramírez, R. (2018). Active packaging using an olive leaf extract and high pressure processing for the preservation of sliced dry-cured shoulders from Iberian pigs. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 45, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2017.09.017>
- Amaro-Blanco, G., Machado, T., Pinto-Andrade, L., Proaño, F., Manzano, R., Delgado-Adámez, J., & Ramírez, R. (2018). Effect of tomato paste addition and high pressure processing to preserve pork burgers. *European Food Research and Technology*, 244(5), 827–839. <https://doi.org/10.1007/s00217-017-3002-3>
- Amsasekar, A., Mor, R. S., Kishore, A., Singh, A., & Sid, S. (2022). Impact of high pressure processing on microbiological, nutritional and sensory properties of food: a review. In *Nutrition and Food Science* (Vol. 52, Issue 6, pp. 996–1017). Emerald Group Holdings Ltd. <https://doi.org/10.1108/NFS-08-2021-0249>
- Antunes-Rohling, A., Astráin-Redín, L., Calanche-Morales, J., Marquina, P., Beltrán, J., Raso, J., Cebrián, G., & Álvarez, I. (2020). Ecoinnovative possibilities for improving the quality of thawed cod fillets using high-power ultrasound. . In *Food Control*.121, 107606.



- Argyri, A. A., Papadopoulou, O. S., Nisiotou, A., Tassou, C. C., & Chorianopoulos, N. (2018). Effect of high pressure processing on the survival of Salmonella Enteritidis and shelf-life of chicken fillets. *Food Microbiology*, *70*, 55–64. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2017.08.019>
- Arshad, R. N., Abdul-Malek, Z., Munir, A., Buntat, Z., Ahmad, M. H., Jusoh, Y. M. M., Bekhit, A. E. D., Roobab, U., Manzoor, M. F., & Aadil, R. M. (2020). Electrical systems for pulsed electric field applications in the food industry: An engineering perspective. In *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 104, pp. 1–13). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.07.008>
- Arshad, R. N., Abdul-Malek, Z., Roobab, U., Munir, M. A., Naderipour, A., Qureshi, M. I., El-Din Bekhit, A., Liu, Z. W., & Aadil, R. M. (2021). Pulsed electric field: A potential alternative towards a sustainable food processing. In *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 111, pp. 43–54). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.02.041>
- Artés, F., Gómez, P., Aguayo, E., Escalona, V., & Artés-Hernández, F. (2009). Sustainable sanitation techniques for keeping quality and safety of fresh-cut plant commodities. In *Postharvest Biology and Technology* (Vol. 51, Issue 3, pp. 287–296). <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2008.10.003>
- Ashie, I. N. A., Simpson, B. K., & Smith, J. P. (1996). Mechanisms for Controlling Enzymatic Reactions in Foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *36*(1–2), 1–30. <https://doi.org/10.1080/10408399609527716>
- Authors, H. /, Klonowski, I., Heinz, V., Toepfl, S., Gunnarsson, G., & Þorkelsson, G. (2006). *Titill / Title Applications of pulsed electric field technology for the food industry-Notkun rafpúlsa til að bæta nýtingu sjávarafurða.*
- Bahrami, A., Moaddabdoost Baboli, Z., Schimmel, K., Jafari, S. M., & Williams, L. (2020). Efficiency of novel processing technologies for the control of *Listeria monocytogenes* in food products. In *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 96, pp. 61–78). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.12.009>
- Balamurugan, S., Inmanee, P., Souza, J. de, Strange, P., Pirak, T., & Barbut, S. (2018). Effects of High Pressure Processing and Hot Water Pasteurization of

Cooked Sausages on Inactivation of Inoculated *Listeria monocytogenes*, Natural Populations of Lactic Acid Bacteria, *Pseudomonas* spp., and Coliforms and Their Recovery during Storage at 4 and 10°C. *Journal of Food Protection*, 81(8), 1245–1251. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-18-024>

Balasubramaniam, V. M., & Farkas, D. (2008). High-pressure food processing. *Food Science and Technology International*, 14(5), 413–418. <https://doi.org/10.1177/1082013208098812>

Barba, F. J., Parniakov, O., Pereira, S. A., Wiktor, A., Grimi, N., Boussetta, N., Saraiva, J. A., Raso, J., Martin-Belloso, O., Witrowa-Rajchert, D., Lebovka, N., & Vorobiev, E. (2015). Current applications and new opportunities for the use of pulsed electric fields in food science and industry. *Food Research International*, 77, 773–798. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.09.015>

Barbosa-Cánovas, G. v., Board, A., Hartel, R. W., & Mccarthy, M. (2015). *Food Engineering Series Series Editor*. <http://www.springer.com/series/5996>

Barbosa-Canovas, G. v., Fontana, A. J., Schmidt, Jr. S. J., & Labuza, T. P. (2020). *Water Activity in Foods* (G. v. Barbosa-Cánovas, A. J. Fontana, S. J. Schmidt, & T. P. Labuza, Eds.). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781118765982>

Bekhit, A. E.-D. A., van de Ven, R., Suwandy, V., Fahri, F., & Hopkins, D. L. (2014). Effect of Pulsed Electric Field Treatment on Cold-Boned Muscles of Different Potential Tenderness. *Food and Bioprocess Technology*, 7(11), 3136–3146. <https://doi.org/10.1007/s11947-014-1324-8>

Bermúdez-Aguirre, D., & Barbosa-Cánovas, G. v. (2012). Inactivation of *Saccharomyces cerevisiae* in pineapple, grape and cranberry juices under pulsed and continuous thermo-sonication treatments. *Journal of Food Engineering*, 108(3), 383–392. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.06.038>

Bhargava, N., Mor, R. S., Kumar, K., & Sharanagat, V. S. (2021). Advances in application of ultrasound in food processing: A review. In *Ultrasonics Sonochemistry* (Vol. 70). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.105293>

- Bibi, N., Khattak, M. K., A. Badshah, & Chaudry, M. A. (2006). Radiation treatment of minimally processed fruits and vegetables for ensuring hygienic quality. Use of Irradiation to Ensure the Hygienic Quality of Fresh, Pre-Cut Fruits and Vegetables and Other Minimally Processed Food of Plant Origin. In *Proceedings of a final research coordination meeting organized by the Joint FAO/IAEA Programme of Nuclear Techniques in Food and Agriculture and held in Islamabad, Pakistan, 22–30 July 2005*. December 2006, pp. 205–224.
- Bjørkevoll, I., Olsen, R. L., & Skjerdal, O. T. (2003). Origin and spoilage potential of the microbiota dominating genus *Psychrobacter* in sterile rehydrated salt-cured and dried salt-cured cod (*Gadus morhua*). *International Journal of Food Microbiology*, 84(2), 175–187. [https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(02\)00418-X](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(02)00418-X)
- Bonilauri, P., Grisenti, M. S., Daminelli, P., Merialdi, G., Ramini, M., Bardasi, L., Taddei, R., Cosciani-Cunico, E., Dalzini, E., Frustoli, M. A., Giacometti, F., Piva, S., & Serraino, A. (2019). Reduction of *Salmonella* spp. populations in Italian salami during production process and high pressure processing treatment: Validation of processes to export to the U.S. *Meat Science*, 157. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.06.005>
- Brodowska, A. J., Nowak, A., & Śmigielski, K. (2018). Ozone in the food industry: Principles of ozone treatment, mechanisms of action, and applications: An overview. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(13), 2176–2201. <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1308313>
- Buzrul, S. (2012). High hydrostatic pressure treatment of beer and wine: A review. In *Innovative Food Science and Emerging Technologies* (pp. 1–12).
- Byrd-Bredbenner, C., Cohn, M. N., Farber, J. M., Harris, L. J., Roberts, T., Salin, V., Singh, M., Jaferi, A., & Sperber, W. H. (2015). Food safety considerations for innovative nutrition solutions. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1347(1), 29–44. <https://doi.org/10.1111/nyas.12779>
- Caminiti, I. M., Palgan, I., Noci, F., Muñoz, A., Whyte, P., Cronin, D. A., Morgan, D. J., & Lyng, J. G. (2011). The effect of pulsed electric fields (PEF) in

- combination with high intensity light pulses (HILP) on *Escherichia coli* inactivation and quality attributes in apple juice. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 12(2), 118–123. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2011.01.003>
- Cao, S., Hu, Z., & Pang, B. (2010). Optimization of postharvest ultrasonic treatment of strawberry fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 55(3), 150–153. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2009.11.002>
- Cao, S., Hu, Z., Pang, B., Wang, H., Xie, H., & Wu, F. (2010). Effect of ultrasound treatment on fruit decay and quality maintenance in strawberry after harvest. *Food Control*, 21(4), 529–532. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2009.08.002>
- Cap, M., Paredes, P. F., Fernández, D., Mozgovej, M., Vaudagna, S. R., & Rodriguez, A. (2020). Effect of high hydrostatic pressure on *Salmonella* spp inactivation and meat-quality of frozen chicken breast. *LWT*, 118. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108873>
- Cassares, M., Sakotani, N. L., Kunigk, L., Vasquez, P. A. S., & Jurkiewicz, C. (2020). Effect of gamma irradiation on shelf life extension of fresh pasta. *Radiation Physics and Chemistry*, 174. <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2020.108940>
- Chandrasekaran, S., Ramanathan, S., & Basak, T. (2013). Microwave food processing-A review. In *Food Research International* (Vol. 52, Issue 1, pp. 243–261). <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.02.033>
- Chang J.C.H, O. S. F. , L. D. C. , D. M. H. , D. C. M. , Q. R. G. and J. J. D. (1985). UV inactivation of pathogenic and indicator microorganisms. In *Applied and Environmental Microbiology* (pp. 1361–1365).
- Chawla, S. P., & Chander, R. (2004). Microbiological safety of shelf-stable meat products prepared by employing hurdle technology. *Food Control*, 15(7), 559–563. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2003.09.001>
- Chen, Z. (2022). Application of chlorine dioxide-based hurdle technology to improve microbial food safety—A review. *International Journal of Food*

*Microbiology*, 379, 109848.  
<https://doi.org/10.1016/J.IJFOODMICRO.2022.109848>

- Chien, P. J., Sheu, F., & Yang, F. H. (2007). Effects of edible chitosan coating on quality and shelf life of sliced mango fruit. *Journal of Food Engineering*, 78(1), 225–229. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.09.022>
- Chiozzi, V., Agriopoulou, S., & Varzakas, T. (2022). Advances, Applications, and Comparison of Thermal (Pasteurization, Sterilization, and Aseptic Packaging) against Non-Thermal (Ultrasounds, UV Radiation, Ozonation, High Hydrostatic Pressure) Technologies in Food Processing. In *Applied Sciences (Switzerland)* (Vol. 12, Issue 4). MDPI. <https://doi.org/10.3390/app12042202>
- Cichoski, A. J., Silva, M. S., Leães, Y. S. V., Brasil, C. C. B., de Menezes, C. R., Barin, J. S., Wagner, R., & Campagnol, P. C. B. (2019). Ultrasound: A promising technology to improve the technological quality of meat emulsions. *Meat Science*, 148, 150–155. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.10.009>
- Claeys, W. L., Cardoen, S., Daube, G., de Block, J., Dewettinck, K., Dierick, K., de Zutter, L., Huyghebaert, A., Imberechts, H., Thiange, P., Vandenplas, Y., & Herman, L. (2013). Raw or heated cow milk consumption: Review of risks and benefits. In *Food Control* (Vol. 31, Issue 1, pp. 251–262). <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.09.035>
- Coma, V., Martial-Gros, A., Garreau, S., Copinet, A., Salin, F., & Deschamps, A. (2002). Edible antimicrobial films based on chitosan matrix. *Journal of Food Science*, 67(3), 1162–1169. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2002.tb09470.x>
- Considine, K. M., Kelly, A. L., Fitzgerald, G. F., Hill, C., & Sleator, R. D. (2008). High-pressure processing - Effects on microbial food safety and food quality. In *FEMS Microbiology Letters* (Vol. 281, Issue 1, pp. 1–9). <https://doi.org/10.1111/j.1574-6968.2008.01084.x>
- Csapó, J., Prokisch, J., Albert, Cs., & Sipos, P. (2019). Effect of UV light on food quality and safety. *Acta Universitatis Sapientiae, Alimentaria*, 12(1), 21–41. <https://doi.org/10.2478/ausal-2019-0002>

- D. Huang, K. M. D. L. T. W. Z. G. B. S. Z. W. (2019). Application of ultrasound technology in the drying of food products. In *Ultrason. Sonochem.*
- Daher, D., le Gourrierc, S., & Pérez-Lamela, C. (2017). Effect of high pressure processing on the microbial inactivation in fruit preparations and other vegetable based beverages. In *Agriculture (Switzerland)* (Vol. 7, Issue 9). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/agriculture7090072>
- Dang, T. T., Rode, T. M., & Skipnes, D. (2021). Independent and combined effects of high pressure, microwave, soluble gas stabilization, modified atmosphere and vacuum packaging on microbiological and physicochemical shelf life of precooked chicken breast slices. *Journal of Food Engineering*, 292. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.110352>
- Deeth HC., Datta N., Ross AIV., & Dam XT. (2008). Pulsed electric field technology: effect on milk and fruit juices. *Tewari Gaurav, Juneja VK (Eds) Advances in Thermal and Non Thermal Food Preservation. Wiley-Blackwell, Hoboken.*
- Deng, L. Z., Mujumdar, A. S., Pan, Z., Vidyarthi, S. K., Xu, J., Zielinska, M., & Xiao, H. W. (2020). Emerging chemical and physical disinfection technologies of fruits and vegetables: a comprehensive review. In *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* (Vol. 60, Issue 15, pp. 2481–2508). Taylor and Francis Inc. <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1649633>
- Dhakal, S., Balasubramaniam, V. M., Ayvaz, H., & Rodriguez-Saona, L. E. (2018). Kinetic modeling of ascorbic acid degradation of pineapple juice subjected to combined pressure-thermal treatment. In *J. Food Eng.* (pp. 62–70).
- di Pierro, P., Sorrentino, A., Mariniello, L., Giosafatto, C. V. L., & Porta, R. (2011). Chitosan/whey protein film as active coating to extend Ricotta cheese shelf-life. *LWT*, 44(10), 2324–2327. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.11.031>
- Dilmaçunal, T., & Kuleaşan, H. (2018). Novel Strategies for the Reduction of Microbial Degradation of Foods. In *Food Safety and Preservation* (pp. 481–520). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814956-0.00016-0>

- Dziadek, K., Kopec, A., Drozd, T., Kielbasa, P., Ostafin, M., Bulski, K., & Oziemblowski, M. (2019). Effect of pulsed electric field treatment on shelf life and nutritional value of apple juice. In *J. Food Sci. Technol. Mys.*
- Elif Ayse Anli (Ed.). (2022). Proceedings of Iv. International Agricultural, Biological & Life Science Conference Agbiol 2022. In *Hurdle Effect Approach In Drying Of Dairy Products.*
- El-Samahy, S. K., Youssef, B. M., Aaskar, A. A., & Swailam, H. M. M. (2000). Microbiological and chemical properties of irradiated mango. In *Journal of FoodSafety 20:139–156.*
- Emam O.A., F. S. A. , A. N. H. (1995). Comparative effects of gamma and microwave irradiation on the quality of black pepper. In *Zeitschrift für Lebensmittel Untersuchung und Forschung* (pp. 557–561).
- Erkan, N., Üretener, G., Alpas, H., Selçuk, A., Özden, Ö., & Buzrul, S. (2011). The effect of different high pressure conditions on the quality and shelf life of cold smoked fish. *Innovative Food Science and Emerging Technologies, 12*(2), 104–110. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2010.12.004>
- Escobedo-Avellaneda, Z., Guerrero-Beltrán, J. Á., Tapia, M. S., Barbosa-Cánovas, G. v., & Welti-Chanes, J. (2018). *Minimal Processing of Fruits* (pp. 67–92). [https://doi.org/10.1007/978-1-4939-3311-2\\_4](https://doi.org/10.1007/978-1-4939-3311-2_4)
- Evans G., & Cox DN. (2006). Australian consumers antecedents of attitudes towards foods produced by novel technologies. *Br Food J* , 916–930.
- FAO/WHO 2011, 2013. (n.d.). *Risk assessment of Vibrio parahaemolyticus in seafood.* <http://www.fao.org/ag/agn/agns/>
- Faridnia, F., Bekhit, A. E. D. A., Niven, B., & Oey, I. (2014). Impact of pulsed electric fields and post-mortem vacuum ageing on beef longissimus thoracis muscles. *International Journal of Food Science and Technology, 49*(11), 2339–2347. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12532>
- Farkas, J. (2001). Physical methods of food preservation. In *In M.P. Doyle, L.R. Beuchat, & T.J. Montville (Eds.) Food Microbiology Fundamentals and frontiers (2nd ed.)* (pp. 561–591). DC: ASM Press.

- F.Noci et al. (2008). Ultraviolet irradiation and pulsed electric field (PEF) in a hurdle strategy for the preservation of fresh apple juice. *Journal of Food Engineering* , 141–146.
- Gao, Y., Weifen, Q., Wu, D., & Fu, Q. (2011). Assessment of *Clostridium perfringens* spore response to high hydrostatic pressure and heat with nisin. In *Applied Biochemistry and Biotechnology* 164: 1083–1095.
- Gardner D.W.M and Shama G. (2000). Modeling UV-induced inactivation of microorganisms on surfaces. *Journal of Food Protection*, 63–70.
- Giannakourou, M. C., Stavropoulou, N., Tsironi, T., Lougovois, V., Kyrana, V., Konteles, S. J., & Sinanoglou, V. J. (2020). Application of hurdle technology for the shelf life extension of European eel (*Anguilla anguilla*) fillets. *Aquaculture and Fisheries*. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2020.10.003>
- Gimenez, J., Kajda, P., Margomenou, L., Piggott, J. R., & Zabetakis, I. (2001). A study on the colour and sensory attributes of high-hydrostatic-pressure jams as compared with traditional jams. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81(13), 1228–1234. <https://doi.org/10.1002/jsfa.935>
- Gomes, W. F., Tiwari, B. K., Rodriguez, Ó., de Brito, E. S., Fernandes, F. A. N., & Rodrigues, S. (2017). Effect of ultrasound followed by high pressure processing on prebiotic cranberry juice. In *Food Chem.* (pp. 261–268).
- Gong, C., Zhang, H., Yue, J., Miao, Y., & Jiao, S. (2019). Investigation of hot air-assisted radio frequency heating as a simultaneous dry-blanching and pre-drying method for carrot cubes. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 56. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2019.102181>
- Gopal, K. R. (2017). High Pressure Processing of Fruits and Vegetable Products: A Review. *International Journal of Pure & Applied Bioscience*, 5(5), 680–692. <https://doi.org/10.18782/2320-7051.2930>
- Gould, G. W. (1988). Interference with homeostasis-food. In: Whitenbury, R., Gould, G.W., Banks, J.G., Board, R.G., (Eds.), *Homeostatic Mechanisms in Micro-organisms*. Bath University Press, Bath, 220–228.



- Gould, G. W. (1995). Homeostatic mechanisms during food preservation by combined methods. In: Barbosa- Canovas, G.V., Welte-Chanes, J. (Eds.). *Food Preservation by Moisture Control: Fundamentals and Applications*, Technomics Publishing, Lancaster, Pennsylvania, 397–410.
- Gudbjornsdottir, B., Jonsson, A., Hafsteinsson, H., & Heinz, V. (2010). Effect of high-pressure processing on *Listeria* spp. and on the textural and microstructural properties of cold smoked salmon. *LWT*, 43(2), 366–374. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2009.08.015>
- Gudmundsson, M. M., & Matra, H. H. (n.d.). *Effect of electric field pulses on microstructure of muscle foods and roes*.
- Guerrero-Beltrán, J. A., & Barbosa-Cánovas, G. v. (2004a). Review: Advantages and limitations on processing foods by UV light. In *Food Science and Technology International* (Vol. 10, Issue 3, pp. 137–147). <https://doi.org/10.1177/1082013204044359>
- Guerrero-Beltrán, J. A., & Barbosa-Cánovas, G. v. (2004b). Review: Advantages and limitations on processing foods by UV light. In *Food Science and Technology International* (Vol. 10, Issue 3, pp. 137–147). <https://doi.org/10.1177/1082013204044359>
- Guo, Q., Sun, D. W., Cheng, J. H., & Han, Z. (2017). Microwave processing techniques and their recent applications in the food industry. In *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 67, pp. 236–247). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.07.007>
- Gupta, M., & Wong, W. L. E. (2007). *Microwaves and metals*. John Wiley & Sons (Asia) Pte. Ltd.
- Gustavo V.Barbosa-Canovas, & Bilge Altunakar. (2006). Pulsed Electric Fields Processing of Foods: An Overview. In Javier Raso & Volker Heinz (Eds.), *Pulsed Electric Fields Technology for the Food Industry*.
- Hassoun, A., & Karoui, R. (2017). Quality evaluation of fish and other seafood by traditional and nondestructive instrumental methods: Advantages and

- limitations. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(9), 1976–1998. <https://doi.org/10.1080/10408398.2015.1047926>
- Haussinger D. (Ed). (1988). pH Homeostasis: Mechanisms and Control. *Academic Press, London*, 479.
- Hierro, E., Ganan, M., Barroso, E., & Fernández, M. (2012). Pulsed light treatment for the inactivation of selected pathogens and the shelf-life extension of beef and tuna carpaccio. . In . *Int. J. Food Microbiol.*, 158, 42–48.
- Hogan E., K. A. & S. D.-W. (2005). High pressure processing of foods: a overview . In *Emerging Technologies for Food Processing* (pp. 3–31). Academic Press.
- Hou, L., Johnson, J. A., & Wang, S. (2016). Radio frequency heating for postharvest control of pests in agricultural products: A review. In *Postharvest Biology and Technology* (Vol. 113, pp. 106–118). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.11.011>
- Huang, H. W., Wu, S. J., Lu, J. K., Shyu, Y. T., & Wang, C. Y. (2017). Current status and future trends of high-pressure processing in food industry. In *Food Control* (Vol. 72, pp. 1–8). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.07.019>
- Igual, M., Sampedro, F., Martínez-Navarrete, N., & Fan, X. (2013). Combined osmodehydration and high pressure processing on the enzyme stability and antioxidant capacity of a grapefruit jam. *Journal of Food Engineering*, 114(4), 514–521. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.09.006>
- Ishaq, A., Ebner, P. D., Syed, Q. A., & Ubaid ur Rahman, H. (2020). Employing list-shield bacteriophage as a bio-control intervention for *Listeria monocytogenes* from raw beef surface and maintain meat quality during refrigeration storage. *LWT*, 132. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109784>
- Ishaq, A., Syed, Q. A., Ebner, P. D., & Ubaid ur Rahman, H. (2021). Multiple hurdle technology to improve microbial safety, quality and oxidative stability of refrigerated raw beef. *LWT*, 138. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110529>

- Jafari, M., & Emam-Djomeh, Z. (2007). Reducing nitrite content in hot dogs by hurdle technology. *Food Control*, 18(12), 1488–1493. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2006.11.007>
- Jariyawaranugoon, U. (2015). Effect of Freezing on Quality of Osmotically Dehydrated Banana Slices. *Advance Journal of Food Science and Technology*, 9(2), 98–105. <https://doi.org/10.19026/ajfst.9.1941>
- Jemni M, Chniti S, Harbaoui K, Ferchichi A, & Artés F. (2016). Partial vacuum and active modified atmosphere packaging for keeping overall quality of dates. In *J New Sci Agric Biotechol* (pp. 1656–1665).
- Kaur, B. P., Kaushik, N., Rao, P. S., & Chauhan, O. P. (2013). Effect of High-Pressure Processing on Physical, Biochemical, and Microbiological Characteristics of Black Tiger Shrimp (*Penaeus monodon*). *Food and Bioprocess Technology*, 6(6), 1390–1400. <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0870-1>
- Keyser, M., Muller, I. A., Cilliers, F. P., Nel, W., & Gouws, P. A. (2008). Ultraviolet radiation as a non-thermal treatment for the inactivation of microorganisms in fruit juice. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 9(3), 348–354. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2007.09.002>
- Khadre, M. A., Yousef, A. E., & Kim, J. G. (2001). Microbiological aspects of ozone applications in food: A review. In *Journal of Food Science* (Vol. 66, Issue 9, pp. 1242–1252). Institute of Food Technologists. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2001.tb15196.x>
- Khan, I., & Oh, D. H. (2016). Integration of nisin into nanoparticles for application in foods. In *Innovative Food Science and Emerging Technologies* (Vol. 34, pp. 376–384). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2015.12.013>
- Khan, I., Tango, C. N., Miskeen, S., Lee, B. H., & Oh, D. H. (2017). Hurdle technology: A novel approach for enhanced food quality and safety – A review. *Food Control*, 73, 1426–1444. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCONT.2016.11.010>

- Khan, I., Ullah, S., & Oh, D. H. (2016). Chitosan grafted monomethyl fumaric acid as a potential food preservative. *Carbohydrate Polymers*, *152*, 87–96. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.06.073>
- Khan, M. K., Ahmad, K., Hassan, S., Imran, M., Ahmad, N., & Xu, C. (2018). Effect of novel technologies on polyphenols during food processing. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, *45*, 361–381. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2017.12.006>
- Kim, J.-G., Yousef, A. E., & Khadre, M. A. (2003). *OZONE AND ITS CURRENT AND FUTURE APPLICATION IN THE FOOD INDUSTRY*.
- Kittisupakorn, P., Mujtaba, I. M., Niamsuwan, S., & Mujtaba, I. M. (2011). *Optimization Approach to Minimize Energy Consumption in Pasteurized Milk Process*. <https://www.researchgate.net/publication/266057767>
- Kupferman, E. (2001). *CONTROLLED ATMOSPHERE STORAGE OF APPLES AND PEARS DECEMBER 2001*. <http://postharvest.tfrec.wsu.edu/EMK2000C.pdf>
- L Leistner. (2004). *HURDLE TECHNOLOGY*.
- Lado, B. H., & Yousef, A. E. (2002). *Alternative food-preservation technologies: efficacy and mechanisms*. <http://ccr.ucdavis.edu/irr/inus2.shtml>
- Lee, J. Y., Park, H. J., Lee, C. Y., & Choi, W. Y. (2003). Extending shelf-life of minimally processed apples with edible coatings and antibrowning agents. *LWT*, *36*(3), 323–329. [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(03\)00014-8](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(03)00014-8)
- Lee, Y. C., Kung, H. F., Huang, C. Y., Huang, T. C., & Tsai, Y. H. (2016). Reduction of histamine and biogenic amines during salted fish fermentation by *Bacillus polymyxa* as a starter culture. *Journal of Food and Drug Analysis*, *24*(1), 157–163. <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2015.02.002>
- Leif Bogh-Sorensen. (2020). Description of Hurdles. In G. Leistner (Ed.), *Food Preservation by Combined Processes*.
- Leistner. (2004). *HURDLE TECHNOLOGY*.

- Leistner, L. (1978). *Hurdle effect and energy saving*. In: *Food quality and nutrition*, Downey, W.K. (Ed.) (pp. 553–557). Applied Science Publishers.
- Leistner L. (1985). Hurdle technology applied to meat products of the shelf stable product and intermediate moisture food types. In: Simatos D, Multon JL (eds) *Properties of water in foods in relation to quality and stability*. In *Martins Nijhoff Publishers, Dordrecht* (pp. 309–329).
- Leistner, L. (1994a). Further developments in the utilization of hurdle technology for food preservation. *Journal of Food Engineering*, 411–422.
- Leistner, L. (1994b). Further developments in the utilization of hurdle technology for food preservation. *Journal of Food Engineering*, 22(1–4), 421–432. [https://doi.org/10.1016/0260-8774\(94\)90044-2](https://doi.org/10.1016/0260-8774(94)90044-2)
- Leistner, L. (1995a). Emerging concepts for food safety . In *41st International Congress of Meat Science and Technology* (pp. 321–322).
- Leistner, L. (1995b). Principles and applications of hurdle technology. In: Gould, G.W. (Ed). In *New Methods for Food Preservation, Blackie Academic and Professional* (pp. 1–21).
- Leistner, L. (2000a). Basic aspects of food preservation by hurdle technology. In *International Journal of Food Microbiology* (Vol. 55). [www.elsevier.nl/locate/ijfoodmicro](http://www.elsevier.nl/locate/ijfoodmicro)
- Leistner, L. (2000b). Basic aspects of food preservation by hurdle technology. *International Journal of Food Microbiology*, 55(1–3), 181–186. [https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(00\)00161-6](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(00)00161-6)
- Leistner, L. (2000c). Basic aspects of food preservation by hurdle technology. *International Journal of Food Microbiology*, 55(1–3), 181–186. [https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(00\)00161-6](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(00)00161-6)
- Leistner, L., & Gorris, L. G. M. (1994). *Food preservation by combined processes : final report, FLAIR concerted action no. 7, subgroup B (Internet Word 6.0 version - 1997)*. European Commission.
- Leroi F., A. F. , A. J. C. , B. I. , C. Z. , D. X. , I. E. , J. J. J. , L. A. , L. H. L. , L. G. , M. de M. I. , M. S. , M. I. , N. M. , O. I. , O. R. , P. M. F. , P. H. , S. T. (2006).

*Hurdle technology to ensure the safety of seafood products.*  
<http://www.ifremer.fr/docelec/>

- Liang, Z., Cheng, Z., & Mittal, G. S. (2006). Inactivation of spoilage microorganisms in apple cider using a continuous flow pulsed electric field system. *LWT*, 39(4), 351–357. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2005.02.019>
- Lianou, A., Geornaras, I., Kendall, P. A., Scanga, J. A., & Sofos, J. N. (2007). Behavior of *Listeria monocytogenes* at 7 °C in commercial turkey breast, with or without antimicrobials, after simulated contamination for manufacturing, retail and consumer settings. *Food Microbiology*, 24(5), 433–443. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2006.11.002>
- Liltved H. and Landfald B. (2000). Effects of high intensity light on ultraviolet-irradiated and non-irradiated fish pathogenic bacteria. In *Water Research* (pp. 481–486).
- Liu, Y., Zhang, Y., Wei, X., Wu, D., Dai, J., Liu, S., & Qin, W. (2021). Effect of radio frequency-assisted hot-air drying on drying kinetics and quality of Sichuan pepper (*Zanthoxylum bungeanum maxim.*). *LWT*, 147. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111572>
- Llave, Y., & Erdogdu, F. (2022). Radio frequency processing and recent advances on thawing and tempering of frozen food products. In *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* (Vol. 62, Issue 3, pp. 598–618). Taylor and Francis Ltd. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1823815>
- López-Malo, A., Guerrero, S., Alzamora, S. M., López-Malo, A., Guerrero, S. N., Santiesteban, A., & Alzamora, S. M. (2005). *INACTIVATION KINETICS OF SACCHAROMYCES CEREVISIAE AND LISTERIA MONOCYTOGENES IN APPLE JUICE PROCESSED BY NOVEL TECHNOLOGIES* *Problem solving learning environments for critical thinking* [View project](#) *Natural antimicrobials* [View project](#) *INACTIVATION KINETICS OF SACCHAROMYCES CEREVISIAE AND LISTERIA MONOCYTOGENES IN APPLE JUICE PROCESSED BY NOVEL TECHNOLOGIES.* <https://www.researchgate.net/publication/242165749>

- Lothar Leistner, G. G. (2002). *Hurdle Technologies: Combination Treatments for Food Stability, Safety and Quality*.
- Mao, Y., & Wang, S. (2021). Recent developments in radio frequency drying for food and agricultural products using a multi-stage strategy: a review. In *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. Taylor and Francis Ltd. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1978925>
- Martinez-Rodriguez, Y. , A.-M. C. , O. G. I. , G.-B. J. , R.-A. D. and S. D. (2012). High hydrostatic pressure processing of cheese. In *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* (pp. 399–416).
- Mastromatteo, M., Conte, A., Faccia, M., del Nobile, M. A., & Zambrini, A. V. (2014). Combined effect of active coating and modified atmosphere packaging on prolonging the shelf life of low-moisture Mozzarella cheese. *Journal of Dairy Science*, 97(1), 36–45. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-6999>
- Metaxas, A. C., & Meredith, R. J. (1983). *Industrial microwave heating* . Peter Peregrinus Ltd.
- Mohan, A., & Pohlman, F. W. (2016). Role of organic acids and peroxyacetic acid as antimicrobial intervention for controlling Escherichia coli O157: H7 on beef trimmings. *LWT*, 65, 868–873. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.08.077>
- Morya, S., Amoah, A. E. D. D., & Snaebjornsson, S. O. (2020). Food poisoning hazards and their consequences over food safety. In *Microorganisms for Sustainable Environment and Health* (pp. 383–400). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819001-2.00019-X>
- Nakamura, H. (1983). Technique for the preservation of food employment of oxygen absorbers. In *Tokyo: Ageless Division*.
- Narasimha Rao, D., & Sachindra, N. M. (2002). Modified atmosphere and vacuum packaging of meat and poultry products. *Food Reviews International*, 18(4), 263–293. <https://doi.org/10.1081/FRI-120016206>
- Negi, P. S. (2012). Plant extracts for the control of bacterial growth: Efficacy, stability and safety issues for food application. In *International Journal of*

- Food Microbiology* (Vol. 156, Issue 1, pp. 7–17).  
<https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2012.03.006>
- Nevijo Zdolec (ed). (2017). *Fermented Meat Products: Health Aspects* (CRC Press).
- Nives Marušić Radovčić, D. J. K. M. J. F. D. Č. H. M. (2019). The effect of high pressure treatment on the quality of chicken breast meat. *Journal of Food Technology, Biotechnology and Nutrition Vol.14*.
- Norman G. Marriott, M. W. S. R. B. G. (2018). Food Contamination Sources. In *Principles of Food Sanitation* .
- Nowosad, K., Sujka, M., Pankiewicz, U., & Kowalski, R. (2021). The application of PEF technology in food processing and human nutrition. In *Journal of Food Science and Technology* (Vol. 58, Issue 2, pp. 397–411). Springer.  
<https://doi.org/10.1007/s13197-020-04512-4>
- O'Dowd, L. P., Arimi, J. M., Noci, F., Cronin, D. A., & Lyng, J. G. (2013). An assessment of the effect of pulsed electrical fields on tenderness and selected quality attributes of post rigour beef muscle. *Meat Science*, 93(2), 303–309.  
<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.09.010>
- Oey, I., van der Plancken, I., van Loey, A., & Hendrickx, M. (2008). Does high pressure processing influence nutritional aspects of plant based food systems? *Trends in Food Science and Technology*, 19(6), 300–308.  
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2007.09.002>
- Oh, D.-H., Khan, I., & Tango, C. N. (2019). Hurdle Enhancement of Electrolyzed Water with Other Techniques. In *Electrolyzed Water in Food: Fundamentals and Applications* (pp. 231–260). Springer Singapore.  
[https://doi.org/10.1007/978-981-13-3807-6\\_10](https://doi.org/10.1007/978-981-13-3807-6_10)
- Olatidoye, O. P., Sobowale, S. S., & Akinlua, O. (2010). Effect of osmodehydrofreezing on the quality attributes of frozen tomato. In *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry*, 9, 780–789. ISSN: 1579-7064.



- Oms-Oliu, G., Martín-Belloso, O., & Soliva-Fortuny, R. (2010). Pulsed light treatments for food preservation. A review. In *Food and Bioprocess Technology* (Vol. 3, Issue 1, pp. 13–23). <https://doi.org/10.1007/s11947-008-0147-x>
- Ostermeier, R. , H. K. , T. S. , & J. H. (2020). Pulsed electric field as a sustainable tool for the production of healthy snacks . In *Pulsed electric fields to obtain healthier and sustainable food for tomorrow* (pp. 103–128).
- Ostermeier, R., Giersemehl, P., Siemer, C., Töpfl, S., & Jäger, H. (2018). Influence of pulsed electric field (PEF) pre-treatment on the convective drying kinetics of onions. In *Journal of Food Engineering* (Vol. 237, pp. 110–117). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.05.010>
- Özbek, H. N. (2021). Radio frequency-assisted hot air drying of carrots for the production of carrot powder: Kinetics and product quality. *LWT*, 152. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112332>
- Ozer, N. P., & Demirci, A. (2006). Inactivation of Escherichia coli O157:H7 and Listeria monocytogenes inoculated on raw salmon fillets by pulsed UV-light treatment. *International Journal of Food Science and Technology*, 41(4), 354–360. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.01071.x>
- Pala, Ç. U., Zorba, N. N., & Özcan, G. (2015). Microbial inactivation and physicochemical properties of ultrasound processed pomegranate juice. In *J. Food Prot.*
- Pankaj, S. K., Wan, Z., & Keener, K. M. (2018). Effects of cold plasma on food quality: A review. In *Foods* (Vol. 7, Issue 1). MDPI Multidisciplinary Digital Publishing Institute. <https://doi.org/10.3390/foods7010004>
- Patiño Vidal, C., Muñoz-Shugulí, C., Patiño Vidal, M., José Galotto, M., & López de Dicastillo, C. (2022). Active Electrospun Mats: A Promising Material for Active Food Packaging. In *Electrospinning - Material Technology of the Future*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.101781>
- Patterson MF. (2005). A review: microbiology of pressure-treated foods. In *J Appl Microbiol* (pp. 1400–1409).

- Pawar, D. D., Malik, S. V. S., Bhilegaonkar, K. N., & Barbuddhe, S. B. (2000). *Effect of nisin and its combination with sodium chloride on the survival of Listeria monocytogenes added to raw buffalo meat mince.* [www.elsevier.com/locate/meatsci](http://www.elsevier.com/locate/meatsci)
- Pereira, R. N., & Vicente, A. A. (2010). Environmental impact of novel thermal and non-thermal technologies in food processing. *Food Research International*, 43(7), 1936–1943. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.09.013>
- Powrie WD, & Skura BJ. (1991). Modified atmosphere of fruits and vegetables. In: Ooraikul B, Stiles ME (eds) Modified atmosphere packaging of food. In *Ellis Horwood Limited, Chichester*.
- Rahman, M. S. (2015). Hurdle technology in food preservation. In *Food Engineering Series* (pp. 17–33). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-10677-9\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-319-10677-9_2)
- Ramesh MN. (1995). Optimum sterilization of foods by thermal processing - a review. *Food Science and Technology Today* 9(4): 217-227 with Permission.
- Ramos, B., Miller, F. A., Brandão, T. R. S., Teixeira, P., & Silva, C. L. M. (2013). Fresh fruits and vegetables - An overview on applied methodologies to improve its quality and safety. In *Innovative Food Science and Emerging Technologies* (Vol. 20, pp. 1–15). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2013.07.002>
- Ran, X. li, Zhang, M., Wang, Y., & Liu, Y. (2019). Vacuum radio frequency drying: a novel method to improve the main qualities of chicken powders. *Journal of Food Science and Technology*, 56(10), 4482–4491. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03933-0>
- Raso, J., & Barbosa-Cánovas, G. v. (2003). Nonthermal Preservation of Foods Using Combined Processing Techniques. In *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* (Vol. 43, Issue 3, pp. 265–285). <https://doi.org/10.1080/10408690390826527>

- Raso, J., Heinz, V., Alvarez, I., & Toepfl, S. (Eds.). (2022). *Pulsed Electric Fields Technology for the Food Industry*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-70586-2>
- Rendueles, E., Omer, M. K., Alvseike, O., Alonso-Calleja, C., Capita, R., & Prieto, M. (2011). Microbiological food safety assessment of high hydrostatic pressure processing: A review. In *LWT* (Vol. 44, Issue 5, pp. 1251–1260). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.11.001>
- Reyes-De-Corcuera, J., Cavalieri, R. P., Powers, J. R., Reyes, J. I., & Corcuera, D. (2004). *Blanching of Foods Postharvest physiology and biochemistry View project don't know View project Blanching of Foods*. <https://doi.org/10.1081/E-EAFE-120030417>
- Rico, D., Martín-Diana, A. B., Barat, J. M., & Barry-Ryan, C. (2007). Extending and measuring the quality of fresh-cut fruit and vegetables: a review. *Trends in Food Science and Technology*, 18(7), 373–386. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2007.03.011>
- Rifna, E. J., Singh, S. K., Chakraborty, S., & Dwivedi, M. (2019). Effect of thermal and non-thermal techniques for microbial safety in food powder: Recent advances. In *Food Research International* (Vol. 126). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108654>
- Rogiers SY, & Knowles NR. (1998). Effects of storage temperature and atmosphere on saskatoon (*Amelanchier alnifolia* Nutt.) fruit quality, respiration and ethylene production. In *Postharvest Biology and Technology*.
- Rojas, M. L., Leite, T. S., Cristianini, M., Alvim, I. D. ;, & Augusto, P. E. D. (2016). Peach juice processed by the ultrasound technology: Changes in its microstructure improve its physical properties and stability. In *Food Res. Int.*
- Roller, \* S, & Covill, N. (1999). The antifungal properties of chitosan in laboratory media and apple juice. In *International Journal of Food Microbiology* (Vol. 47).
- Roobab, U., Khan, A. W., Lorenzo, J. M., Arshad, R. N., Chen, B. R., Zeng, X. A., Bekhit, A. E. D., Suleman, R., & Aadil, R. M. (2021). A systematic review of

- clean-label alternatives to synthetic additives in raw and processed meat with a special emphasis on high-pressure processing (2018–2021). In *Food Research International* (Vol. 150). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110792>
- Roobab, U., Shabbir, M. A., Khan, A. W., Arshad, R. N., Bekhit, A. E. D., Zeng, X. A., Inam-Ur-Raheem, M., & Aadil, R. M. (2021). High-pressure treatments for better quality clean-label juices and beverages: Overview and advances. *LWT*, 149. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111828>
- Rossi, M., Giussani, E., Morelli, R., lo Scalzo, R., Nanic, R. C., & Torreggiani, D. (2003). Effect of fruit blanching on phenolics and radical scavenging activity of highbush blueberry juice. *Food Research International*, 36(9–10), 999–1005. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2003.07.002>
- R.P. Singh, B. A. A. (2000). The major types of food spoilage: an overview. In R. Steele (Ed.), *Understanding and measuring the shelf-life of food*. Woodhead Publishing Limited .
- Ruegg, P. L. (2003). Practical food safety interventions for dairy production. *Journal of Dairy Science*, 86(SUPPL. 1). [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)74034-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)74034-X)
- Sádecká, J. (2017). *Irradiation of spices-A review*. <https://www.researchgate.net/publication/285530472>
- Sakudo, A. (2017). Recent advances in gas plasma technology for decontamination of food surfaces. *Food Preservation*, 197–228. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804303-5.00006-7>
- Salar, S., Jafarian, S., Mortazavi, A., & Nasiraie, L. R. (2021). Effect of hurdle technology of gentle pasteurisation and drying process on bioactive proteins, antioxidant activity and microbial quality of cow and buffalo colostrum. *International Dairy Journal*, 121. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2021.105138>

- Salazar-Gonzalez, C., San Martin-Gonzalez, M. F., Lopez-Malo, A., & Sosa-Morales, M. E. (2012). Recent studies related to microwave processing of fluid foods. *Food Bioprocess and Technology*, 31–46.
- Sbardelotto, P. R. R., Balbinot-Alfaro, E., da Rocha, M., & Alfaro, A. T. (2022). Natural alternatives for processed meat: Legislation, markets, consumers, opportunities and challenges. In *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. Taylor and Francis Ltd. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2081664>
- Señorans, F. J., Ibáñez, E., & Cifuentes, A. (2003). New Trends in Food Processing. In *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* (Vol. 43, Issue 5, pp. 507–526). Taylor and Francis Inc. <https://doi.org/10.1080/10408690390246341>
- Shinwari, K. J., & Rao, P. S. (2018). Stability of bioactive compounds in fruit jam and jelly during processing and storage: A review. In *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 75, pp. 181–193). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.02.002>
- SIEGEL, A., MARKAKIS, P., & BEDFORD, C. L. (1971). STABILIZATION OF ANTHOCYANINS IN FROZEN TART CHERRIES BY BLANCHING. *Journal of Food Science*, 36(6), 962–963. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1971.tb15570.x>
- Simatos, D., & Multon, J. L. (1985). *Properties of Water in Foods : in Relation to Quality and Stability*. Springer Netherlands.
- Sivertsik, M., Rosnes, J. T., & Bergslien, H. (2002). Modified atmosphere packaging. In *Minimal Processing Technologies in the Food Industries* (pp. 61–86). Elsevier. <https://doi.org/10.1533/9781855736795.61>
- Sobrinho-López, A., & Martín-Belloso, O. (2008). Use of nisin and other bacteriocins for preservation of dairy products. In *International Dairy Journal* (Vol. 18, Issue 4, pp. 329–343). <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2007.11.009>
- Sofra, C., Tsironi, T., & Taoukis, P. S. (2018). Modeling the effect of pre-treatment with nisin enriched osmotic solution on the shelf life of chilled vacuum packed

- tuna. *Journal of Food Engineering*, 216, 125–131. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.08.014>
- Sohaib, M., Anjum, F. M., Arshad, M. S., & Rahman, U. U. (2016). Postharvest intervention technologies for safety enhancement of meat and meat based products; a critical review. *Journal of Food Science and Technology*, 53(1), 19–30. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-1985-y>
- Soliva-Fortuny R., Balasa A., Knorr D., & Martin-Belloso O. (2009). Effects of pulsed electric fields on bioactive compounds in foods: a review. *Trends Food Sci Technol*, 544–556.
- Song, H. P., Kim, D. H., Jo, C., Lee, C. H., Kim, K. S., & Byun, M.-W. (2006). Effect of gamma irradiation on the microbiological quality and antioxidant activity of fresh vegetable juice. In *Food Microbiology* 23(4): 372–378.
- Souza Cruz, R., de Fátima, N., Soares, F., & José De Andrade, N. (2006). *Lavras*, v. 30, n. 6.
- Speranza, B., Racioppo, A., Bevilacqua, A., Buzzo, V., Marigliano, P., Mocerino, E., Scognamiglio, R., Corbo, M. R., Scognamiglio, G., & Sinigaglia, M. (2021). Innovative preservation methods improving the quality and safety of fish products: Beneficial effects and limits. In *Foods* (Vol. 10, Issue 11). MDPI. <https://doi.org/10.3390/foods10112854>
- Sperber, W. H., & Doyle, M. P. (n.d.). *Compendium of the Microbiological Spoilage of Foods and Beverages FOOD MICROBIOLOGY AND FOOD SAFETY*. <http://www.springer.com/series/7131>
- Stoica, M., Mihalcea, L., Borda, D., & Alexe, P. (2013). *Non-thermal novel food processing technologies. An overview* (Vol. 19, Issue 2). <http://>
- Stratakos, A. C., & Grant, I. R. (2018). Evaluation of the efficacy of multiple physical, biological and natural antimicrobial interventions for control of pathogenic *Escherichia coli* on beef. *Food Microbiology*, 76, 209–218. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2018.05.011>

- Stratakos, A. C., Inguglia, E. S., Linton, M., Tollerton, J., Murphy, L., Corcionivoschi, N., Koidis, A., & Tiwari, B. K. (2019). Effect of high pressure processing on the safety, shelf life and quality of raw milk. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 52, 325–333. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2019.01.009>
- Tamanna, N., & Mahmood, N. (2015). Food processing and maillard reaction products: Effect on human health and nutrition. In *International Journal of Food Science* (Vol. 2015). Hindawi Publishing Corporation. <https://doi.org/10.1155/2015/526762>
- Taranto, F., Pasqualone, A., Mangini, G., Tripodi, P., Miazzi, M. M., Pavan, S., & Montemurro, C. (2017). Polyphenol oxidases in crops: Biochemical, physiological and genetic aspects. In *International Journal of Molecular Sciences* (Vol. 18, Issue 2). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/ijms18020377>
- Thomas, R., Anjaneyulu, A. S. R., & Kondaiah, N. (2008). Development of shelf stable pork sausages using hurdle technology and their quality at ambient temperature ( $37 \pm 1$  °C) storage. *Meat Science*, 79(1), 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.07.022>
- T.J. Mason. (1998). Power ultrasound in food processing the way forward . In *Ultrasound in food processing* (pp. 105–126).
- Tran, M. T. T., & Farid, M. (2004). Ultraviolet treatment of orange juice. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 5(4), 495–502. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2004.08.002>
- Trejo, A., Martín, M. J., Gómez-Quintana, A., Cava, R., García-Parra, J. J., & Ramírez, M. R. (2021). Effect of high-pressure treatment and storage temperature on top-quality (Montanera) Iberian dry-cured pork sausages (chorizo). *Journal of Food Science*, 86(5), 1963–1978. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15698>
- Tsironi, T., Houhoula, D., & Taoukis, P. (2020). Hurdle technology for fish preservation. In *Aquaculture and Fisheries* (Vol. 5, Issue 2, pp. 65–71). KeAi Communications Co. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2020.02.001>

- Tsironi, T. N., & Taoukis, P. S. (2010a). Modeling microbial spoilage and quality of gilthead seabream fillets: Combined effect of osmotic pretreatment, modified atmosphere packaging, and nisin on shelf life. *Journal of Food Science*, 75(4). <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2010.01574.x>
- Tsironi, T. N., & Taoukis, P. S. (2010b). Modeling microbial spoilage and quality of gilthead seabream fillets: Combined effect of osmotic pretreatment, modified atmosphere packaging, and nisin on shelf life. *Journal of Food Science*, 75(4). <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2010.01574.x>
- Tsironi, T. N., & Taoukis, P. S. (2012). Shelf-life extension of gilthead seabream fillets by osmotic treatment and antimicrobial agents. *Journal of Applied Microbiology*, 112(2), 316–328. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2011.05207.x>
- Tsironi, T. N., & Taoukis, P. S. (2014). Effect of processing parameters on water activity and shelf life of osmotically dehydrated fish filets. *Journal of Food Engineering*, 123, 188–192. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.09.020>
- Tsironi, T., Ronnow, P., Giannoglou, M., & Taoukis, P. (2017). Developing suitable smart TTI labels to match specific monitoring requirements: The case of *Vibrio* spp. growth during transportation of oysters. *Food Control*, 73, 51–56. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.06.041>
- Tsironi, T., Salapa, I., & Taoukis, P. (2009). Shelf life modelling of osmotically treated chilled gilthead seabream fillets. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 10(1), 23–31. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2008.09.004>
- Tsong, T. Y. , and A. R. D. (1986). Absorption and conversion of electric field energy by membrane bound ATPases. In *Bioelectrochem. Bioenerg* (pp. 457–474).
- Ulf Ronner. (1997). Modified Atmosphere Packaging of Non- Respiring Foods. In G. L. G. M. Leistner Lothar (Ed.), *Food Preservation by Combined Processes*.



- Vadivambal, R., & Jayas, D. S. (2010). Non-uniform temperature distribution during microwave heating of food materials-A review. *Food and Bioprocess Technology*, 161–171.
- van Boekel, M., Fogliano, V., Pellegrini, N., Stanton, C., Scholz, G., Lalljie, S., Somoza, V., Knorr, D., Jasti, P. R., & Eisenbrand, G. (2010a). A review on the beneficial aspects of food processing. In *Molecular Nutrition and Food Research* (Vol. 54, Issue 9, pp. 1215–1247). Wiley-VCH Verlag. <https://doi.org/10.1002/mnfr.200900608>
- van Boekel, M., Fogliano, V., Pellegrini, N., Stanton, C., Scholz, G., Lalljie, S., Somoza, V., Knorr, D., Jasti, P. R., & Eisenbrand, G. (2010b). A review on the beneficial aspects of food processing. In *Molecular Nutrition and Food Research* (Vol. 54, Issue 9, pp. 1215–1247). Wiley-VCH Verlag. <https://doi.org/10.1002/mnfr.200900608>
- van der Plancken, I., L. A. V. and H. M. E. (2007). Foaming properties of egg white proteins affected by heat or high pressure treatment. In *J. Food Eng.* (pp. 1410–1426).
- V.M. Balasubramaniam. (2007). High Pressure Food Preservation. In *Encyclopedia of Agricultural, Food, and Biological Engineering. vol. null, D. Heldman, Ed., ed New York, USA: Marcel Dekker Inc., Taylor & Francis* (pp. 490–496).
- Walkling-Ribeiro, M., Noci, F., Cronin, D. A., Riener, J., Lyng, J. G., & Morgan, D. J. (2008). Reduction of *Staphylococcus aureus* and quality changes in apple juice processed by ultraviolet irradiation, pre-heating and pulsed electric fields. *Journal of Food Engineering*, 89(3), 267–273. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.05.001>
- Wang, C. Y., Huang, H. W., Hsu, C. P., & Yang, B. B. (2016). Recent Advances in Food Processing Using High Hydrostatic Pressure Technology. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(4), 527–540. <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.745479>
- Wani AM, Hussain PR, Meena RS, & Dar MA. (2008). Effect of gamma-irradiation and refrigerated storage on the improvement of quality and shelf life of

- pear (*Pyrus communis* L., Cv. Bartlett/William). . In *Radiation Physics and Chemistry* (pp. 983–989).
- Wolbang, C. M., Fitos, J. L., & Treeby, M. T. (2008). The effect of high pressure processing on nutritional value and quality attributes of *Cucumis melo* L. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 9(2), 196–200. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2007.08.001>
- Wright J.R., S. S. S. , H. C. R. , P. M. D. and Z. B. W. (2000). Efficacy of ultraviolet light for reducing *Escherichia coli* O157:H7 in unpasteurized apple cider. In *Journal of Food Protection* (pp. 563–567).
- Yang, R. X. , L. W. Z. , Z. C. Q. and Z. Q. (2009). Effects of ultra-high hydrostatic pressure on foaming and physical-chemistry properties of egg white. In *J. Biomed Sci. Eng* (pp. 617–620).
- Yeom, H. W. , Z. Q. H. , and D. C. P. (1999). Inactivation of papain by pulsed electric fields in a continuous system. In *Food Chem* (pp. 53–59).
- Zamora, A. , F. V. , Q. J. M. G. B. and T. A. J. (2012). Ultrahigh pressure homogenization of milk: Technological aspects of cheesemaking and microbial shelf life of a starterfree fresh cheese. In *J. Dairy Res.* (pp. 168–175).
- Zhang, C., Hu, C., Sun, Y., Zhang, X., Wang, Y., Fu, H., Chen, X., & Wang, Y. (2021). Blanching effects of radio frequency heating on enzyme inactivation, physiochemical properties of green peas (*Pisum sativum* L.) and the underlying mechanism in relation to cellular microstructure. *Food Chemistry*, 345. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128756>
- Zhang, L., Lan, R., Zhang, B., Erdogdu, F., & Wang, S. (2021). A comprehensive review on recent developments of radio frequency treatment for pasteurizing agricultural products. In *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* (Vol. 61, Issue 3, pp. 380–394). Bellwether Publishing, Ltd. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1733929>

- Zhang, M., Tang, J., Mujumdar, A. S., & Wang, S. (2006). Trends in microwave-related drying of fruits and vegetables. *Trends in Food Science & Technology*, 524–534.
- Zhang, Y., Pandiselvam, R., Zhu, H., Su, D., Wang, H., Ai, Z., Kothakota, A., Khaneghah, A. M., & Liu, Y. (2022). Impact of radio frequency treatment on textural properties of food products: An updated review. In *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 124, pp. 154–166). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.04.014>
- Δ.Καλογρίδου-Βασιλειάδου. (2008). *Κανόνες Ορθής Υγιεινής Πρακτικής για τις Επιχειρήσεις Τροφίμων*. University Studio Press.
- Ιωάννη Γ. Μπλούκα. (2004). *Επεξεργασία & Συντήρηση Τροφίμων*. Εκδόσεις Αθ. Σταμούλης.
- Παπαδάκης Ε. Σπυρίδων. (2018). *Συσκευασία Τροφίμων* (Εκδόσεις Τζιόλα, Ed.).
- Σπυρίδων Ε. Παπαδάκης. (2018). *Συσκευασία Τροφίμων* (Εκδόσεις Τζιόλα, Ed.).
- Σφλώμος Κωνσταντίνος. (2011). *Χημεία Τροφίμων Τόμος Ι*.