

Ηλεκτρονικά Μηχανήματα Ελέγχου Ποιότητας & Επεξεργασίας Τροφίμων



Created By Koutsopoulos Fotis
Supervision Antonidakis Manolis

November 2006

Πρόλογος

Τα ηλεκτρονικά μηχανήματα έχουν γίνει πλέον αναπόσπαστο κομμάτι στη ζωή του ανθρώπου. Όλο και περισσότερη χρήση τους γίνεται σε όλους τους τομείς όσο περνούν τα χρόνια. Όπως ήταν φυσικό θα εισέβαλλαν και στη βιομηχανία των τροφίμων. Βέβαια δεν έχει αποδειχθεί μέχρι σήμερα αν όλες αυτές οι ηλεκτρομαγνητικές μέθοδοι έχουν κάποιες αρνητικές επιδράσεις στον ανθρώπινο οργανισμό. Τα επόμενα χρόνια θα είναι πολύ σημαντικά και αποκαλυπτικά.

Κύριος σκοπός της πτυχιακής αυτής είναι ανάλυση της χρήσης των ηλεκτρονικών μηχανημάτων στην επεξεργασία και στον ποιοτικό έλεγχο των τροφίμων. Το βιβλίο βιβλίο αυτό περιλαμβάνει τα ακόλουθα :

- Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια εισαγωγή για τα τρόφιμα, την ποιότητα και την ανάγκη για έλεγχο.
- Στο δεύτερο κεφάλαιο αναφέρουμε τις κατηγορίες των τροφίμων και τις θρεπτικές ύλες.
- Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται ανάλυση των μεθόδων επεξεργασίας με ηλεκτρονικά μέσα.
- Στο τέταρτο κεφάλαιο δίνουμε βαρύτητα στην ποιότητα και τον έλεγχο με ηλεκτρονικά μέσα.

Preface

Electronic instruments have become an integral piece in the life of person. We have their increasingly use in all sectors as long as pass the years. As it is natural they would break in the industry of foods. Of course it has not been proved up today if all these electromagnetic methods have certain negative effects in the human organism. The next years will be very important and revealing.

Main aim of this work is the analysis of electronic instruments' use in the treatment and in the food's quality control. This book includes the following :

- In the first chapter we have an import about foods, quality and the need for control.
- In the second chapter we report food's categories and the nutritious matters.
- In the third chapter we have the analysis of treatment's method with electronic means.
- In the fourth chapter we give gravity in the quality and the control with electronic means.

Ηλεκτρονικά Μηχανήματα Ελέγχου Ποιότητας & Επεξεργασίας Τροφίμων

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή

1.1. Ενεργειακές Ανάγκες & Τρόφιμα	3
1.2. Ποιότητα Τροφίμων & Ανάγκη Ελέγχου	3

2. Κατηγορίες Τροφίμων & Θρεπτικές Ύλες

2.1. Κατηγορίες Τροφίμων	5
2.1.1. Το κρέας	5
2.1.2. Τα ψάρια	6
2.1.3. Το ψωμί	7
2.1.4. Τα αυγά	8
2.1.5. Το γάλα	9
2.1.6. Τα φρούτα	11
2.1.7. Τα λαχανικά	12
2.1.8. Το ελαιόλαδο	13
2.1.9. Το νερό	14
2.2. Θρεπτικές Ύλες	16
2.2.1. Πρωτεΐνες	16
2.2.2. Υδατάνθρακες	16
2.2.3. Λίπη	17
2.2.4. Ανόργανα Άλατα(Μέταλλα)	17
2.2.5. Βιταμίνες	19

3. Μέθοδοι Επεξεργασίας Τροφίμων

3.1. Γενικά	20
3.2. Θερμική Επεξεργασία Με Ηλεκτρική Ενέργεια	22
3.2.1. Θέρμανση με Ηλεκτρικές Αντιστάσεις	23
3.2.2. Θέρμανση με Ηλεκτρομαγνητική Ακτινοβολία	23
3.2.2.1. Θέρμανση με Υπέρυθρη Ακτινοβολία	24
3.2.2.2. Θέρμανση με Μικροκύματα	25
3.2.2.3. Διηλεκτρική Θέρμανση	29
3.2.3. Ωμική Θέρμανση	30
3.3. Θερμική Εξώθηση	31
3.4. Ακτινοβολίες Ιονισμού	33
3.5. Νεότερες Μη Θερμικές Μέθοδοι Επεξεργασίας	37
3.5.1. Παλμικά Ηλεκτρικά Πεδία Υψηλής Τάσης	37
3.5.2. Παλμικό Φως Υψηλής Έντασης	39

3.5.3. Παλλόμενα Μαγνητικά Πεδία	42
3.5.4. Υπέρηχοι	44

4. Ποιότητα & Έλεγχος Τροφίμων

4.1. Γενικά	47
4.2. Οργάνωση & Μέθοδοι του Ποιοτικού Ελέγχου	50
4.3. Συντήρηση & Αλλοίωση Τροφίμων	54
4.3.1. Το pH και η Συντήρηση των Τροφίμων	58
4.3.2. Το νερό και η Συντήρηση των Τροφίμων	60
4.3.3. Επιμόλυνση τροφίμων	63
4.3.4. Αλλοίωση & Αίτια Αλλοίωσης Τροφίμων	64
4.3.5. Πρόληψη	67
4.4. Ηλεκτρονικός Έλεγχος Ποιότητας Τροφίμων	68
4.4.1. Χρωματομετρικός Αισθητήρας	68
4.4.2. Φασματομετρία	72
4.4.3. E-noses (Ηλεκτρονικές Μύτες)	79
4.4.4. Νανοτεχνολογία	85

Βιβλιογραφία

1. Εισαγωγή

1.1. Ενεργειακές Ανάγκες & Τρόφιμα

Θα μπορούσε κανείς να παρομοιάσει τον οργανισμό μας με μια μηχανή που εργάζεται συνεχώς και χρειάζεται καύσιμα για να μη σταματήσει. Αυτά τα καύσιμα είναι οι θρεπτικές ύλες που δίνουν ενέργεια καθώς οξειδώνονται στους ιστούς (υδατάνθρακες - πρωτεΐνες - λίπη) και φορείς της ενέργειας, είναι οι τροφές. Η ενέργεια αυτή είναι απαραίτητη για κάθε κίνηση αλλά και για θερμότητα.

Οι ύλες που παρέχουν στον οργανισμό του ανθρώπου τα απαραίτητα συστατικά για την διατήρησή του στη ζωή και μπορούν να προφυλάξουν και να ελαττώσουν την κατανάλωση των δικών του υλών, λέγονται θρεπτικές ύλες ή θρεπτικά συστατικά. Πηγή αυτών των θρεπτικών συστατικών είναι τα τρόφιμα.

Οι θρεπτικές ύλες που περιέχονται στα τρόφιμα και θα αναφερθούμε σε επόμενο κεφάλαιο, είναι οι εξής:

- Πρωτεΐνες ή Λευκώματα
- Υδατάνθρακες (& Φυτικές ίνες)
- Λίπη και Έλαια
- Ανόργανα άλατα
- Βιταμίνες
- Νερό

Και οι 6 κατηγορίες είναι εξίσου σημαντικές για την σωστή λειτουργία του οργανισμού. Ο καλύτερος τρόπος για να καλύψουμε τις ανάγκες αυτές είναι η χρησιμοποίηση όσο το δυνατόν μεγαλύτερης ποικιλίας τροφίμων. Βέβαια σημασία έχει να χρησιμοποιούμε τα τρόφιμα αυτά και στις κατάλληλες ποσότητες.

1.2. Ποιότητα Τροφίμων & Ανάγκη Ελέγχου

Ο άνθρωπος λοιπόν για να ζήσει πρέπει να τρέφεται και να αναπνέει σωστά. Στη εποχή μας δυστυχώς οι δύο αυτές βασικές λειτουργίες μπορεί να διασφαλίζουν τη διαβίωση μας αλλά όχι απαραίτητα και την υγεία μας. Η επιμόλυνση και η νοθεία των τροφίμων, του νερού και του αέρα έχουν κυριολεκτικά δηλητηριάσει τη τροφική αλυσίδα με άγνωστες προς το παρόν συνέπειες.

Οι προβλέψεις των επιστημόνων για το περιβάλλον μας είναι αντικρουόμενες και ασαφείς. Γνωρίζουμε όμως από την Ιστορία ότι σε αντίθεση με τις δυσκολίες των επιστημόνων που προσπαθούν μόνο με το μυαλό τους να αντιληφθούν το σχήμα των πραγμάτων που έρχεται, οι διανοητές και καλλιτέχνες λειτουργώντας με τη καρδιά τους πετύχαιναν και να προβλέψουν και να προειδοποιήσουν.

Τα συχνά επεισόδια νόθευσης και μόλυνσης των τροφίμων που βλέπουν τελευταία το φως της δημοσιότητας επαναφέρουν το μέγιστο θέμα της υγιεινής διατροφής κυριολεκτικά στο τραπέζι των συζητήσεων μας. Το πρόβλημα είναι παλιό όσο και ο κόσμος. Στη μελέτη του «Περί διαίτης υγιεινής» ο Ιπποκράτης δίνει σαφείς οδηγίες για τη κατανάλωση τροφίμων ανάλογα με την εποχή του έτους, το φύλο και την ηλικία. Η επιμόλυνση των τροφών από μικρόβια στο Μεσαίωνα προκάλεσε επιδημίες τυφοειδούς και χολέρας που αφάνισαν εκατομμύρια ανθρώπους.

Η πρόσληψη υψηλών ποσοτήτων μόλυβδου, κυρίως από σωλήνες ύδρευσης, αποτέλεσε τυπικό παράδειγμα νόσου από τη κατανάλωση νερού σε αστικό περιβάλλον. Η αλόγιστη χρήση εντομοκτόνων και λιπασμάτων στα φυτά και φρούτα, η χορήγηση ορμονών στα ζώα, οι βελτιωτικές ουσίες και χρωστικές σε συντηρημένα προϊόντα αποτελούν λίγα μόνο σύγχρονα παραδείγματα της συστηματικής και ανεξέλεγκτης αλλοίωσης της σύνθεσης των τροφίμων με αποκλειστικό σκοπό την υπερπαραγωγή και την βελτίωση της εξωτερικής τους εμφάνισης με στόχο το υπερκέρδος.

Ο καταναλωτής κυριολεκτικά αγνοεί τι καταναλίσκει. Δεν γνωρίζει για παράδειγμα ότι η σύνθεση σε λίπος ενός «βιομηχανικού αυγού» δεν έχει καμία σχέση με αυτήν της κότας που βόσκει στην εξοχή. Ότι το μαύρο ψωμί με μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε φυτικές ίνες έχει υψηλότερη διατροφική αξία από το λευκό. Επιπρόσθετα δεν γνωρίζει και τα συστατικά με τα οποία παρασκευάζονται τα φαγητά που καταναλίσκει ακόμη και στα λεγόμενα εστιατόρια πολυτελείας. Η εμφάνιση των γενετικά τροποποιημένων τροφίμων έδωσε το τελειωτικό κτύπημα στην «αθωότητα» της τροφής μας. Η ποσότητα, η εμφάνιση, η γεύση και το άρωμα δεν εξαρτώνται πια από το σπόρο, το έδαφος, τον καιρό, το πότισμα αλλά από τις παρεμβάσεις στο γενετικό κώδικα του φυτού ή του φρούτου.

Τα τρόφιμα, το νερό, τα ποτά ακόμη και ο αέρας δεν έχουν πλέον το τεκμήριο της καθαρότητας. Η αστικοποίηση του πληθυσμού και η αδυναμία του να καλλιεργεί ή να προμηθεύεται τη τροφή του από δικές του πηγές οδήγησε τις τελευταίες δεκαετίες στη βιομηχανική παραγωγή και επεξεργασία των τροφίμων. Οι προσπάθειες για τυποποίηση και ποιοτικό έλεγχο δεν φαίνεται να επιτυγχάνουν πάντα το σκοπό τους και οι μακροπρόθεσμες επιπτώσεις από τη «βιομηχανική μόλυνση» του περιβάλλοντος μας δεν είναι δυνατόν ακόμη να αξιολογηθούν.

Μπροστά στη παγκόσμια αυτή απειλή αποτέλεσμα της κοινωνικής, οικονομικής και κυρίως τεχνολογικής ανάπτυξης εμείς οι καταναλωτές θα πρέπει να επιλέγουμε με προσοχή τη ποσότητα αλλά κυρίως τη ποιότητα των τροφίμων που επιλέγουμε. Η επαρκής ενημέρωση μας για τα τρόφιμα που αγοράζουμε είναι καθήκον της Πολιτείας, των βιομηχανιών, των παραγωγών, των μέσων ενημέρωσης και των ενώσεων των καταναλωτών.

Τελικά όμως η ευθύνη της επιλογής βαρύνει εμάς. Εμείς οι ίδιοι πρέπει να φροντίζουμε την υγεία μας τρώγοντας σωστά. Ο Ιπποκράτης το είχε άλλωστε καταγράψει πριν 2.500 χρόνια υποστηρίζοντας ότι «Άνδρα δε χρή, ός έστι συνετός, λογισάμενον ότι τοισιν ανθρώποισι πλείστου άξιον εστίν η υγιείη, επίστασθαι εκ της εωυτού γνώμης εν τήσι νούσοισιν ωφελέεσθαι.» δηλαδή «Ο συνετός άνθρωπος πρέπει να έχει πάντα κατά νου ότι η υγεία είναι το πιο σημαντικό αγαθό και να μάθει, όταν αρρωσταίνει, να γίνεται ο ίδιος γιατρός του εαυτού του».

Βλέπουμε λοιπόν τη σημασία του ελέγχου των τροφίμων και ότι αυτός θα πρέπει να γίνει πλέον βίωμα στην καθημερινότητα του κάθε ανθρώπου. Να πούμε εδώ ότι στα κεφάλαια που ακολουθούν μπορεί κανείς να μάθει πληροφορίες για τις θρεπτικές ύλες, τα τρόφιμα και τις κατηγορίες στις οποίες χωρίζονται αυτά. Επίσης, γίνεται εκτενής αναφορά στην επίδραση των ηλεκτρονικών μέσων σε όλες τις μέχρι σήμερα γνωστές μεθόδους επεξεργασίας των τροφίμων. Ακόμα αναλύουμε τον ηλεκτρονικό έλεγχο της ποιότητάς τους, δηλαδή τον έλεγχο τον οποίο πραγματοποιούμε με ηλεκτρονικά μέσα. Τέλος, θα παρουσιάσουμε τις κατηγορίες στις οποίες χωρίζονται τα ηλεκτρονικά μηχανήματα με τα οποία πραγματοποιείται η επεξεργασία και ο έλεγχος.

2. Κατηγορίες Τροφίμων & Θρεπτικές Ύλες

2.1. Κατηγορίες Τροφίμων

2.1.1. Το κρέας

Το κρέας είναι πλέον το τρόφιμο που έρχεται πιο συχνά στο τραπέζι μας, σε αντίθεση με παλιότερα χρόνια που καταναλωνόταν μόνο σε εξαιρετικές περιπτώσεις.

Είναι τόσο μεγάλη η κατανάλωσή του, που θα έλεγε κανείς ότι ο άνθρωπος είναι σαρκοφάγο ζώο.

Όμως αν ρίξουμε μια ματιά στα ανατομικά χαρακτηριστικά του ανθρώπου βλέπουμε ότι αρχικά δημιουργήθηκε για να τρέφεται με φυτικές τροφές.

Πράγματι η ανθρώπινη οδοντοστοιχία με τους λίγο αναπτυγμένους κυνόδοντες και η χαρακτηριστική πλευρική κίνηση της ανθρώπινης γνάθου αποκαλύπτουν ότι ο άνθρωπος δεν ήταν εξ'αρχής σαρκοφάγο ον.

Από την άλλη μεριά το μήκος του ανθρώπινου εντέρου είναι πολύ μεγαλύτερο από ότι των σαρκοφάγων. Ο λόγος είναι ότι αν τα κατάλοιπα του κρέατος δεν αποβληθούν γρήγορα από τον οργανισμό μας, αποσυντίθεται από την εντερική βακτηριακή χλωρίδα και δια μέσου σηπτικών διαδικασιών παράγουν τοξικές ουσίες όπως αμμωνία και ινδόλη.

Το κρέας ανήκει στην κατηγορία των πρωτεϊνικών τροφίμων και αποτελείται από νερό, πρωτεΐνες, λίπη και μεταλλικά άλατα. Η περιεκτικότητά του σε νερό είναι μεγαλύτερη στο κρέας μικρής ηλικίας ζώων και σε ζώα εκτροφής. Οι πρωτεΐνες του είναι αφομοιώσιμες από τον οργανισμό μας στον ίδιο βαθμό με τις πρωτεΐνες του σιταριού και της βρώμης. Η περιεκτικότητα του κρέατος σε αυτές κυμαίνεται από 16-22% ανάλογα με την ηλικία του ζώου και το λίπος του. Η περιεκτικότητα του σε λίπος εξαρτάται από το είδος του ζώου, αλλά και από το μέρος του σώματος του ζώου, από το οποίο προέρχεται το κρέας. Το ελάχιστο ποσοστό λίπους το παίρνουμε από το κοτόπουλο και το κουνέλι(ξεκινάει από 3-5%), ενώ το μέγιστο ποσοστό λίπους προέρχεται από το χοιρινό αλλά και το μοσχάρι(περίπου 35-40%).Αξιόλογη είναι η περιεκτικότητα του κρέατος σε σίδηρο και φώσφορο και από τις βιταμίνες συναντάμε κυρίως τις βιταμίνες του συμπλέγματος Β.

Η κατανάλωση κρέατος στις δυτικές βιομηχανικά αναπτυγμένες χώρες έχει αυξηθεί σε σημαντικό βαθμό τα τελευταία χρόνια και έχει φθάσει σε τιμές πρωτοφανείς για τα ανθρώπινα ιστορικά δεδομένα.

Μια τόσο μεγάλη αύξηση στην κατανάλωση είναι προφανές ότι προκαλεί πολλές αρνητικές επιπτώσεις στον οργανισμό μας.

Εξάλλου από την στιγμή που αυξήθηκε η ζήτησή του, άρχισε παράλληλα να υποβαθμίζεται και η ποιότητά του. Οι κτηνοτρόφοι για να μπορέσουν να ανταπεξέλθουν στην ζήτηση, εφαρμόζουν πλέον κάποιες ανορθόδοξους μεθόδους στην εκτροφή των ζώων.

Στον πίνακα που ακολουθεί αναφέρονται οι σημαντικότερες αλλαγές στην εκτροφή των ζώων με τα αποτελέσματά τους:

ΑΛΛΑΓΕΣ ΣΤΗΝ ΕΚΤΡΟΦΗ	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ
Περιορισμός των ζώων σε μικρό χώρο	Λιπαρό κρέας
Χρήση ορμονών για γρηγορότερη ανάπτυξη	Μαλακό κρέας αλλά με κατάλοιπα ορμονών, τα οποία ίσως ευθύνονται και στην αύξηση εμφάνισης καρκινοπαθειών
Χρήση φαρμακευτικών ουσιών για την συντήρηση των ζωοτροφών και την καλή υγεία των ζώων	Μεταφορά των ουσιών στον καταναλωτή, με αποτέλεσμα την αύξηση εμφάνισης καρκινοπαθειών, αποδυνάμωση της εντερικής βακτηριακής χλωρίδας, υπερβολικό φόρτος για τα νεφρά και το συκώτι μας
Εμπλουτισμός της τροφής των ζώων με διάφορα θρεπτικά συστατικά	Νόσος των τρελλών αγελάδων(προκλήθηκε επειδή για τον εμπλουτισμό των τροφών χορτοφάγων ζώων χρησιμοποιήθηκαν ασθενικά ή και θανατωμένα ζώα)
Χρήση φυτοφαρμάκων	Περνούν μέσω της τροφικής αλυσίδας στον άνθρωπο

Όλα τα παραπάνω απογοητεύουν ανά καιρούς τον καταναλωτή και τον οδηγούν στην προσωρινή διακοπή του κρέατος.

Η λύση όμως δεν είναι αυτή. Πρέπει να μετριαστεί η κατανάλωση κρέατος σύμφωνα με τις οδηγίες της Μεσογειακής Διατροφής και να προσέχουμε λίγο περισσότερο στην αγορά του κρέατος.

Το φρέσκο κρέας έχει χρώμα ελαφρώς καστανοκόκκινο με λευκό συμπαγές και όχι γλοιώδες λίπος.

Αν κάποια στιγμή όμως τίθεται το θέμα διακοπής του κρέατος, θα πρέπει να ξέρουμε ότι πάρα πολλές υγιεινές και παράλληλα εξίσου θρεπτικές τροφές μπορούν να το αντικαταστήσουν, χωρίς ο οργανισμός να στερηθεί κάποια απαραίτητα για την ανάπτυξή του συστατικά. Αναφέρουμε ενδεικτικά την σόγια που είναι παράλληλα και φτωχή σε χοληστερόλη, τα αυγά που έχουν και υψηλότερο ποσοστό πρωτεϊνών και φυσικά το γάλα και τα παράγωγά του.

Εκτός αυτών όμως αντικατάσταση του κρέατος μπορούμε να πετύχουμε και με τον συνδυασμό δημητριακών και οσπρίων(π.χ. ρύζι με αρακά ή ζυμαρικά σούπα με κόκκινα φασόλια).

2.1.2. Τα ψάρια

Ανάμεσα στις νοστιμιές της θάλασσας, που φτάνουν στο τραπέζι μας είναι και τα ψάρια. Τα ψάρια ανήκουν στην κατηγορία των πρωτεϊνικών τροφών και μάλιστα κατέχουν τον τίτλο της καλύτερης πηγής ζωικών πρωτεϊνών .

Η περιεκτικότητά τους σε πρωτεΐνες κυμαίνεται από 14-30% και η βιολογική αξία αυτών είναι παρόμοια με του κρέατος.

Οι βιταμίνες που περιέχονται στα ψάρια είναι κυρίως οι Α, D και Β3.

Είναι πλούσια σε απαραίτητα αμινοξέα και όσον αφορά τα μέταλλα, περιέχουν κυρίως νάτριο, ασβέστιο, ιώδιο και φώσφορο . Η περιεκτικότητά σε σίδηρο είναι αξιολογήσιμη μόνο σε

κάποια μαλάκια. Δεν περιέχουν κεκορεσμένα λιπαρά, ενώ αντιθέτως είναι πλούσια σε ω-3 λιπαρά, που βοηθούν στην πρόληψη της στεφανιαίας νόσου.

Τα ψάρια με βάση την περιεκτικότητά τους σε λίπη, χωρίζονται σε :

ΛΙΠΑΡΑ ΨΑΡΙΑ	Χέλι, Ρέγκα, Σολομός, Σκουμπρί, Ζαργάνα, Μπαρμπούνη, Παλαμίδα, Πέστροφα, Τσιπούρα
ΗΜΙΠΑΧΑ ΨΑΡΙΑ	Κυπρίνος, Γατόψαρο, Ξιφίας Κέφαλος, Τόνος, Σαρδέλα
ΑΠΑΧΑ ΨΑΡΙΑ	Πέρκα, Γλώσσα, Μπακαλιάρος, Γαλέος, Λούτσος, Χριστόψαρο

Τα λιπαρά ψάρια, καλό είναι να τρώγονται φρέσκα επειδή οξειδώνονται και το λίπος τους ταγγίζει εύκολα.

"Κάθε ψάρι στον καιρό του και ο κολιός τον Αύγουστο" Το παλιό αυτό ρητό δηλώνει ότι κάθε ψάρι πρέπει να τρώγεται στην εποχή του. Ως εποχή του κάθε ψαριού θεωρούμε την περίοδο που η ανάπτυξη του έχει ολοκληρωθεί.

Έτσι παρατηρούμε ότι η τσιπούρα είναι στην εποχή της το φθινόπωρο, η κουτσονούρα και το μελανούρι το καλοκαίρι, τα μπαρμπούνια και η γόπα τον χειμώνα ενώ ο σπάρος και το χέλι την άνοιξη. Επίσης παρατηρούμε ότι κάποια ψάρια, όπως η πέρκα, δεν επηρεάζονται από τις εποχές.

Δυστυχώς όλοι θέλουμε φρέσκα ψάρια στο τραπέζι μας, αλλά λίγοι ξέρουμε να τα ξεχωρίζουμε. Κάποια μικρά μυστικά για να καταλάβουμε αν το ψάρι που μόλις αγοράσαμε είναι φρέσκο είναι τα εξής:

- Τα μάτια του πρέπει να είναι λαμπερά.
- Τα βράγχια του να έχουν σκούρο κόκκινο χρώμα και να είναι υγρά.
- Το κεντρικό κόκαλο του να είναι λευκό.
- Να είναι άοσμο.
- Να είναι σκληρό και άκαμπτο.

Πρέπει να ξέρουμε επίσης ότι το φρέσκο ψάρι αν καταψυχθεί αμέσως μένει φρέσκο, αρκεί να καταναλωθεί τους επόμενους 2-3 μήνες.

Αν κάποια στιγμή έμπαινε το δίλλημα επιλογής μεταξύ ψαριού και κρέατος, το ψάρι θα υπερετερούσε. Ο βασικός λόγος, είναι η περιεκτικότητά του σε ακόρεστα λιπαρά οξέα της οικογένειας του λινολενικού οξέος και ο ρόλος αυτών στην υγεία μας. Εξάλλου, τα ψάρια μειώνουν και τον κίνδυνο εμφάνισης κατάθλιψης.

Εκτός αυτού όμως τα ψάρια είναι πιο εύπεπτα από το κρέας και τα περισσότερα και πιο νόστιμα.

2.1.3. Το ψωμί

Είναι η πηγή από την οποία ο άνθρωπος αντλεί τα βασικότερα θρεπτικά συστατικά. Είναι άρρηκτα δεμένο με την καθημερινή, τη γιορταστική και τη θρησκευτική ζωή του "παραδοσιακού" Έλληνα. Βρίσκετε στο καθημερινό τραπέζι ως απλό καρβέλι, στο γιορτινό ως χριστουγεννιάτικη κουλούρα ή ως λαμπριάτικο έδεσμα αλλά και σε εξαιρετικές περιπτώσεις, όπως η νυφιάτικη κουλούρα, ή το "αντίδωρο" ως το σύμβολο του σώματος του Χριστού.

Είναι καθημερινή τροφή τόσο για τον άνθρωπο όσο και για τα ζώα.

Το ψωμί είναι πλούσιο σε:

- γλουτένη (πρωτεΐνη) η οποία βοηθάει στην ανάπτυξη και συντήρηση του μυϊκού συστήματος
- άμυλο (υδατάνθρακας) το οποίο παρέχει ενέργεια στον οργανισμό για να μπορεί να ανταπεξέλθει στις διάφορες δραστηριότητες.
- κυτταρίνη (υδατάνθρακας) η οποία είναι απαραίτητη για την καλή πέψη και καλή λειτουργία του εντέρου
- βιταμίνες Έχει αντιοξειδωτική δράση & βοηθάει στην αναπαραγωγή.
- Β(B1, B2, νιασίνη). Είναι υπεύθυνες για την καλή κατάσταση του νευρικού και πεπτικού συστήματος καθώς και για την καλή κατάσταση του δέρματος.

Σήμερα όμως με την χρησιμοποίηση όλο και περισσότερων βελτιωτικών για τα άλευρα, το ψωμί φαίνεται να περιέχει και τα εξής (ασφαλή για την υγεία μας) πρόσθετα: L-ασκορβικό οξύ(E300), λεκιθίνη(E322), κιτρικό οξύ(E330), τρυγικό οξύ(E334) και το ένζυμο α- αμυλάση.

Παρακάτω αναφέρουμε ενδεικτικά κάποια είδη ψωμιού :

Καθάριο ή άσπρο ψωμί	Φτιαγμένο μόνο από καλά κοσκινισμένο σιτάρι
Σταρένιο ή ολικής αλέσεως ψωμί	Προέρχεται από την άλεση ολόκληρου του σταριού (και είναι πλούσιο σε φυτικές ίνες). Το σταρένιο ψωμί που γίνεται με προζύμι, είναι το παραδοσιακό ελληνικό ψωμί
Μπομπότα	Ψωμί από καλαμπόκι
Πολύσπορο ψωμί	Γίνεται από το σύνολο των δημητριακών (σιτάρι, κριθάρι, σίκαλη, βρώμη, καλαμπόκι, ρύζι και κεχρί)
Ψωμί σίκαλης	Είναι καλό για τους διαβητικούς γιατί έχει μικρή ποσότητα αμύλου και περισσότερη πρωτεΐνη από το σταρένιο
Γερμανικό ψωμί	Γίνεται από μείγμα δημητριακών με κυρίαρχη: την σίκαλη

2.1.4. Τα αυγά

Τα αυγά είναι μια πλήρης και υγιεινή διατροφή, που παλιότερα καταναλωνόταν συχνά καλύπτοντας την ανάγκη για παρασκευή γρήγορων και οικονομικών γευμάτων.

Μέσα από το κέλυφος των αυγών διακρίνουμε δύο διαφορετικές ουσίες: το ασπράδι και τον κρόκο.

Το ασπράδι αποτελείται από νερό και πρωτεΐνες(την αλβουμίνη και την γλοβουλίνη), ενώ ο κρόκος είναι πλούσιος σε πρωτεΐνες(την βιτελίνη) αλλά ακόμη περισσότερο σε λιπαρά(κυρίως λινολεϊκό οξύ, λεκιθίνη, κεφαλίνη και φυσικά χοληστερίνη). Μάλιστα έχει βρεθεί ότι τα αυγά από κότες ελευθέρως βοσκής περιέχουν λιγότερη χοληστερίνη σε σχέση με τα άλλα.

Οι πρωτεΐνες του κρόκου είναι υψηλής βιολογικής αξίας και μάλιστα πολύ εύκολα αφομοιώσιμες.

Το αυγό, παράλληλα, περιέχει και πολλά μεταλλικά άλατα , κυρίως: ασβέστιο, φώσφορο, κάλιο, χαλκό, κοβάλτιο και σίδηρο. Η απορρόφηση του σιδήρου εξαρτάται και από τα άλλα συστατικά του γεύματος(π.χ. ο χυμός πορτοκαλιού βοηθά στην μεγαλύτερη απορρόφηση του σιδήρου του αυγού).

Όσον αφορά τις βιταμίνες συναντάμε την A,B1,B2,B12 αλλά και την βιοτίνη. Μάλιστα έχει βρεθεί ότι τα αυγά από κότες ελευθέρως βοσκής περιέχουν περισσότερη βιταμίνη B12, ενώ στις υπόλοιπες βιταμίνες οι διαφορές περιεκτικότητας είναι μικρές.

Το αυγό είναι πιο εύπεπτο όταν είναι φρέσκο. Για να είναι ακόμη πιο εύπεπτο ένα φρέσκο αυγό πρέπει να μαγειρεύεται σε τέτοιο χρόνο βρασμού ώστε να πήζει το ασπράδι αφήνοντας τον κρόκο λίγο πιο ρευστό(αυγό "μελάτο"). Αντίθετα όταν τα αυγά βράζουν πολύ ή τηγανίζονται με λίπη, επιβραδύνεται η πέψη τους κατά πολύ.

Το γεγονός ότι το αυγό είναι πολύ εύπεπτο, σε συνδυασμό με το ότι περιέχει μόνο 80 θερμίδες και παράλληλα είναι πλούσιο σε απαραίτητα θρεπτικά συστατικά, θα περίμενε κανείς να το κατατάσσουν στις ωφέλιμες τροφές.

Σήμερα όμως, που η χοληστερίνη θεωρείται απειλή, πολλοί αποφεύγουν την κατανάλωση των αυγών και τα κατατάσσουν στις απαγορευμένες και βλαβερές τροφές.

Όμως αν λάβουμε υπόψη μας ότι το αυγό περιέχει 250mg χοληστερίνης και το επίπεδο ασφαλούς χορήγησης χοληστερίνης για τα υπερχοληστεριναιμικά άτομα είναι 300mg/ημέρα καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η κατανάλωση 2 αυγών την εβδομάδα είναι ασφαλής.

Μάλιστα η αρτηριοσκληρυντική δράση της χοληστερίνης του κρόκου, εξισοροπείται από την παρουσία άφθονης λεκιθίνης. Παράλληλα ο κρόκος του αυγού περιέχει μια ουσία την χολίνη, που διευκολύνει την λειτουργία του ήπατος και προλαμβάνει την λιποειδική εκφύλιση του.

Όσοι όμως πάσχουν από χολολιθίαση δεν πρέπει να το καταναλώνουν καθώς η πρόσληψή του μπορεί να προκαλέσει έντονη και επώδυνη σύσπαση στην χοληδόχο κύστη.

2.1.5. Το γάλα

Το γάλα είναι ένα βιολογικό προϊόν που αποτελεί βασική τροφή για τον άνθρωπο σε όλες τις ηλικίες του και ιδίως για το αναπτυσσόμενο παιδί. Εξάλλου μήπως το γάλα δεν είναι η πρώτη και μοναδική (για το πρώτο 6μηνο) τροφή των βρεφών;

Το γάλα θεωρείται μια πλήρης τροφή γιατί:

- Οι πρωτεΐνες του είναι από τις καλύτερες που υπάρχουν, διότι έχουν όλα τα απαραίτητα αμινοξέα και μάλιστα στην σωστή αναλογία ώστε να επιτρέπουν στον οργανισμό να φτιάξει τις δικές του πρωτεΐνες(σάρκα, αίμα, πεπτικά υγρά, ορμόνες, ένζυμα, κ.τ.λ.)
- Η ενέργεια που προσδίδει προέρχεται κυρίως από το λίπος του, που είναι εύπεπτο και περιέχει και την βιταμίνη A που προφυλάσσει από την ξηροφθαλμία και διατηρεί τους βλενογόνους και την επιδερμίδα σε καλή κατάσταση.
- Μισό κιλό γάλα δίνει πάνω από το 60% των θερμιδικών αναγκών του παιδιού σε ασβέστιο και καλύπτει το 75% από τις ημερήσιες ανάγκες του ενήλικα.
- Παράλληλα, το μισό κιλό γάλα, δίνει το 80% των αναγκών του παιδιού σε βιταμίνη B2 που ρυθμίζει την καλή λειτουργία θρέψεως του οργανισμού και το 30% της βιταμίνης B1 που τονώνει τα νεύρα και την ζωηρότητα του οργανισμού. Στον ενήλικα δίνει τις μισές ποσότητες από εκείνες που δίνει στο παιδί.
- Είναι πλούσιο σε ασβέστιο.

Αντιθέτως, δεν περιέχει πολύ σίδηρο αλλά ούτε και αρκετή βιταμίνη C.Είναι ανεπαρκές στην βιταμίνη D που ρυθμίζει την πρόσληψη του ασβεστίου και επομένως δεν μπορεί να αξιοποιηθεί το ασβέστιο του γάλακτος.

Το γάλα είναι τροφή που μολύνεται εύκολα από παθογόνους μικροοργανισμούς που το προσβάλλουν είτε πριν είτε μετά το άρμεγμα. Γι'αυτό για να είναι δυνατή η διάθεσή του στο εμπόριο πρέπει να υποστεί κατάλληλες κατεργασίες, ώστε να εξασφαλίζεται η συντήρησή του. Αυτές οι κατεργασίες είναι κυρίως:

- Η παστερίωση που συνιστάται στη θέρμανση του γάλακτος και ακολούθως στην ταχύτατη ψύξη του. Με αυτή τη διαδικασία καταστρέφονται όλα τα παθογόνα μικρόβια, αλλά παραμένουν ενεργά όλα τα σημαντικά μη παθογόνα βακτηρίδια και έχουμε και μια απώλεια βιταμίνης C, B1 και B12. Το παστεριωμένο γάλα διατηρείται στο ψυγείο και καταναλώνεται χλιαρό ή σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, ενώ πρέπει να αποφεύγεται το βράσιμό του γιατί χάνεται και ένα ποσοστό λιπών, πρωτεϊνών αλλά και ασβεστίου.
- Η αποστείρωση που είναι εντονότερη θερμική κατεργασία και καταστρέφει όλη την βακτηριακή χλωρίδα του γάλακτος. Κατά αυτή την κατεργασία η περιεκτικότητα του γάλακτος σε βιταμίνες A, B1, B6, B12 και C μειώνεται κατά 30-100%, οι πρωτεΐνες πήζουν, λακτόζη καραμελοποιείται εν μέρει και τα ένζυμα και τα αντισώματα εξαφανίζονται.
- Η ομογενοποίηση που στηρίζεται στο πέρασμα του γάλακτος υπό πίεση, ώστε τα λιποσφαιρίδια μεγαλύτερου μεγέθους να διασπώνται σε μικρότερα και να γίνεται έτσι το γάλα πιο εύπεπτο.
- Η αποβουτύρωση που συνιστάται στην αφαίρεση των λιπαρών που υπερβαίνουν το νόμιμο ποσοστό. Κατά αυτήν την κατεργασία όμως χάνεται σημαντικό ποσοστό απώλειας των βιταμινών A, D, E και K.

Γαλακτοτυροκομικά προϊόντα θεωρούνται όσα έχουν ως βάση το γάλα, δηλαδή το γιαούρτι και το τυρί. Είναι όλα προϊόντα που αποτελούν βασικό στοιχείο της καθημερινής διατροφής μας και μπορούν να δώσουν στον οργανισμό το ασβέστιο που χάνει μη καταναλώνοντας γάλα.

Από αυτά το γιαούρτι παράγεται από γάλα εμπλουτισμένο με ειδικά βακτηρίδια που προκαλούν μια αρχική πέψη των σημαντικότερων συστατικών του γάλακτος. Έτσι η λακτόζη μετατρέπεται σε γαλακτικό οξύ, οι πρωτεΐνες υφίστανται μερική πήξη και τα λίπη γίνονται πιο εύπεπτα. Έχει μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε βιταμίνες από το γάλα και πετυχαίνει μεγαλύτερη εντερική απορρόφηση ασβεστίου, μαγνησίου και φωσφόρου.

Σήμερα κυκλοφορούν πολλά είδη γιαουρτιού στο εμπόριο. Το πραγματικό γιαούρτι είναι αυτό που αναγράφει στην ετικέτα του "καλλιέργεια γιαούρτης". Πρέπει, εξάλλου, να προτιμάμε το απλό, φυσικό και χωρίς καμία προσθήκη γιαούρτι, γιατί τα διάφορα γιαούρτια με προσθήκη φρούτων, χυμών, κ.τ.λ. περιέχουν πολλά αντιοξειδωτικά καθώς και αρωματικές και γλυκαντικές ουσίες που για να σταθεροποιηθεί το γιαούρτι κάνουν αναγκαία την παρέμβαση θερμότητας οπότε και χάνεται σε μεγάλο βαθμό η ζωτικότητα του προϊόντος. Εκτός αυτού πρέπει να γνωρίζουμε ότι η καλύτερη αφομοίωση του γιαουρτιού πετυχαίνεται όταν το γιαούρτι καταναλώνεται σκέτο, χωριστά από άλλες τροφές.

Το τυρί είναι προϊόν που παράγεται από μερικώς ή εντελώς αποβουτυρωμένο γάλα ή από την κρέμα γάλακτος κατόπιν όξινης ζύμωσης και πήξης ή με την χρήση πιτιάς. Η παρασκευή του τυριού απαιτεί πολλά διαδοχικά στάδια. Οι πρωτεΐνες των τυριών είναι καλής ποιότητας και ανώτερες από αυτές του κρέατος. Τα κυριότερα άλατα που περιέχουν είναι ασβεστίου και φωσφόρου. Μπορούμε να τα διακρίνουμε σε παχειά, ημίπαχα και άπαχα τυριά, ανάλογα με την περιεκτικότητά του ξηρού προϊόντος σε λίπη. Παράλληλα λαμβάνοντας υπόψη την θρεπτικότητα κάνουμε διάκριση μεταξύ του φρέσκου και του ωριμασμένου(ψημένου) τυριού.

Συγκεκριμένα τα φρέσκα τυριά έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε νερό και μειωμένη σε άλατα, λίπη και πρωτεΐνες, γεγονός που τα κάνει λιγότερο επιβαρυντικά για το συκώτι και τα νεφρά.

Στην Ελλάδα καταναλώνονται ευρέως τα λευκά τυριά άλμης, από τα οποία 100gr μπορούν να ικανοποιήσουν τις ανάγκες ενός ενήλικα κατά το 1/3 ως προς τις πρωτεΐνες, την βιταμίνη Α και την ριβοφλαβίνη και κατά το 1/2 τις ανάγκες του σε ασβέστιο. Ανάλογα δε με την λιποδιαλυτότητά τους καλύπτουν και σημαντικό μέρος των ημερήσιων αναγκών σε ενέργεια.

2.1.6. Τα φρούτα

Τα φρούτα είναι το αναντικατάστατο δώρο της φύσης. Το άρωμα τους κεντρίζει την όσφρηση, τα χρώματά τους ευχαριστούν την όραση και η φρεσκάδα τους είναι σύμβολο ζωής. Είναι τροφή σημαντική για την διατήρηση της οξεοβασικής ισορροπίας του αίματος αλλά και για τον ρόλο του καταλύτη που παίζουν σε όλες τις μεταβολικές αντιδράσεις. Προμηθεύουν τον οργανισμό συνεχώς με τις αναγκαίες βιταμίνες ενώ περιέχουν και φυτικές ίνες που τον βοηθούν στην καταπολέμηση των λιπών άρα και στην μείωση του σωματικού βάρους, αλλά και στην φυσιολογική λειτουργία του πεπτικού σωλήνα και στην πρόληψη από καρκινοπάθειες.

Τα φρούτα είναι πλούσια σε νερό(περιεκτικότητα που μπορεί να αγγίζει και το 95%),πρωτεΐνες(χαμηλό ως μηδενικό ποσοστό περιεκτικότητας με μόνη εξαίρεση τους ελαιώδη ξηρούς καρπούς),λίπη(μόνο στους ελαιώδη ξηρούς καρπούς), σάκχαρα (μονοσακχαρίτες, δισακχαρίτες, άμυλα, κυτταρίνη και πηκτίνη),βιταμίνες(κυρίως βιταμίνη Α και C), μεταλλικά άλατα(κυρίως κάλιο αλλά μπορεί να έχουν κάποια και ασβέστιο, θείο, μαγνήσιο, φωσφόρο) και οργανικά οξέα(κυρίως κιτρικό, μηλικό και τρυγικό οξύ).

Ανάλογα με την περιεκτικότητά τους στα παραπάνω συστατικά, τα φρούτα χωρίζονται σε :

Όξινα φρούτα
Είναι πλούσια σε οργανικά οξέα.Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα εσπεριδοειδή, τα κεράσια, οι φράουλες, τα μήλα,τα αχλάδια,κτλ. Ανάλογα με την ωριμότητά τους διακρίνονται και σε ημιόξινα.
Γλυκά φρούτα
Είναι πλούσια σε σάκχαρα.Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι μπανάνες, τα σύκα, τα καρπούζια. το πεπόνι,κτλ.
Ελαιώδης ξηροί καρποί
Είναι πλούσια σε λιπαρά.Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα καρύδια,τα φυστίκια,τα φουντούκια,τα αμύγδαλα,κτλ.
Αμυλώδη καρποί
Είναι πλούσια σε άμυλα.Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα κάστανα

Ο νέος κανόνας για την πρόσληψη φρούτων είναι 4-6 ανά ημέρα. Δεν είναι δύσκολο να τις καταναλώσει κανείς. Το πρωινό θα μπορούσε να περιλαμβάνει ένα χυμό εσπεριδοειδών, άλλωστε το πρωί αφομοιώνονται καλύτερα οι θρεπτικές του ουσίες. Το πρόγευμα και το απογευματινό δύο διαφορετικά φρούτα και φυσικά τι καλύτερο από ένα μήλο πριν τον βραδινό ύπνο!

Είναι γεγονός εξάλλου ότι τα φρέσκα φρούτα διατηρούν καλύτερα τους χυμούς τους. Γι'αυτό καλό είναι να αγοράζουμε λίγα φρούτα και συχνά ώστε να είναι πάντα φρέσκα. Επίσης καλό είναι τα φρούτα να τρώγονται με την φλούδα για να μην χάνουμε θρεπτικές ουσίες.

Απαραίτητη προϋπόθεση είναι το να πλένονται καλά. Θα πρέπει μάλιστα να καταναλώνονται σκέτα και σε απόσταση από τα γεύματα ώστε να μην καθυστερούμε την πέψη τους. Μόνη εξαίρεση η βιταμίνη Α που η καλύτερη απορρόφησή της γίνεται όταν τα φρούτα που την περιέχουν καταναλώνονται σε γεύμα που περιέχει λίπη(π.χ. πεπόνι με τυρί).

Τα φρούτα όπως και τα λαχανικά έχουν ευεργετικές επιδράσεις για κάποιες παθήσεις αν και υπάρχουν και παθήσεις που απαγορεύουν κάποια από αυτά. Έτσι τα κυδώνια, τα μήλα και τα μούσμουλα συνιστώνται στις ευκοιλιότητες ενώ τα ροδάκινα είναι καλά για δυσκοιλιότητες. Το καρπούζι και τα κεράσια είναι διουρητικά και καθαρίζουν τα νεφρά και την κύστη. Τα σταφύλια, τα σύκα και το πεπόνι πρέπει να αποφεύγονται από τους διαβητικούς, ενώ οι φράουλες πρέπει να αποφεύγονται από άτομα με αναφυλαξίες.

2.1.7. Τα λαχανικά

Τα λαχανικά αν και περιέχουν 80-95% νερό, συνεισφέρουν στο διαιτολόγιο σημαντικές ποσότητες θρεπτικών ουσιών. Αποτελούν και αυτά, όπως και τα φρούτα, τροφή βασική για την διατήρηση της οξεοβασικής ισορροπίας του αίματος.

Η θρεπτικότητα των λαχανικών εξαρτάται από την ποικιλία, την ωριμότητα, την έκθεση στον ήλιο, το έδαφος, κ.τ.λ.

Τα κυριότερα συστατικά τους είναι :

- Νερό. Όπως ήδη αναφέραμε περιέχουν 80-95% νερό. Το νερό που περιέχεται στα φυτά είναι "βιολογικό" μιας και υπάρχει στο εσωτερικό ζωντανών οργανισμών.
- Πρωτεΐνες. Οι πρωτεΐνες των λαχανικών είναι υψηλής βιολογικής αξίας και παίζουν σημαντικό ρόλο στην πρόληψη καρκίνου αλλά και στην αντιμετώπιση της υπερχοληστεριναιμίας.
- Σάκχαρα. Θεωρούνται η κύρια πηγή κυτταρινών (κυρίως σελουλόζη-κυτταρίνη). Περιέχουν επίσης σάκχαρα με την μορφή πηκτίνης.
- Μεταλλικά άλατα. Οι καρποί των κηπευτικών(π.χ. ντομάτες) είναι πλούσιοι σε κάλιο ενώ τα πράσινα λαχανικά(π.χ. σπανάκι) περιέχουν σε υψηλό ποσοστό σίδηρο. Επίσης περιέχονται και μέταλλα όπως το ασβέστιο και το μαγνήσιο αλλά σε μικρότερες ποσότητες.
- Βιταμίνες. Η περιεκτικότητά τους σε βιταμίνες εξαρτάται από την σύσταση του εδάφους, τις μεθόδους καλλιέργειας, το χρονικό διάστημα μεταξύ συγκομιδής και κατανάλωσης, κ.τ.λ. Η υψηλότερη περιεκτικότητα βιταμινών συναντάται στα βιολογικά λαχανικά, αμέσως μετά την συγκομιδή. Γενικότερα θα πρέπει να ξέρουμε ότι τα πράσινα λαχανικά(π.χ. μαρούλι, κουνουπίδι) είναι πλούσια σε βιταμίνη C, σε β-καροτίνη αλλά και σε φολλικό οξύ ενώ τα ριζώδη λαχανικά(π.χ. καρότα, πατζάρια) είναι πλούσια κυρίως σε βιταμίνη Α.

Τα λαχανικά υπήρξαν πάντα όχι μόνο η σημαντικότερη πηγή θρεπτικών συστατικών για τους ανθρώπους, αλλά και η κύρια πηγή φαρμακευτικών ουσιών για την αντιμετώπιση ασθενειών. Σήμερα όλοι οι επιστήμονες που ασχολούνται με την υγεία του ανθρώπου αναγνωρίζοντας τις θεραπευτικές ιδιότητές τους, εμπλουτίζουν τα διαιτολόγια με άφθονα λαχανικά. Παράλληλα κάποιες στιγμές κρίνεται απαραίτητη η αποφυγή κάποιων από αυτά.

Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι το σπανάκι είναι πλούσιο σε σίδηρο και για τον λόγο αυτό συνιστάται σε παιδιά και αναιμικούς. Περιέχει όμως και άλατα, οπότε πρέπει να αποφεύγεται από υπέρτασικούς και άτομα με αρθριτικά. Το σπαράγγι, το πράσο και το κρεμμύδι ωφελούν στα νεφρά και την καρδιά, το λάχανο είναι καλό για το άσθμα και τις δερματικές παθήσεις αλλά δεν κάνει για το συκώτι. Η αγγινάρα, το μαρούλι και το ραδίκι τονώνουν την καρδιακή

και αναπνευστική λειτουργία. Τέλος το καρότο είναι καλό για την όραση αλλά δεν πρέπει να καταναλώνεται συχνά από διαβητικούς.

2.1.8. Το ελαιόλαδο

Ο καρπός της ελιάς αποτελεί βασικό στοιχείο του μεσογειακού πολιτισμού από την αρχαιότητα. Παλαιότερα πίστευαν ότι το χρίσμα με λάδι ελιάς παρείχε εξουσία, ισχύ και δόξα.

Η καλλιέργεια της ελιάς στην χώρα μας, έχει ιδιαίτερο οικονομικό και κοινωνικό ενδιαφέρον. Μάλιστα η Ελλάδα είναι τρίτη στην παραγωγή ελαιολάδου και δεύτερη στην παραγωγή βρώσιμης ελιάς.

Το ελαιόλαδο καλύπτει το 17-35% του βάρους της νωπής σάρκας της ελιάς και επηρεάζει με την παρουσία του την συνεκτικότητά της.

Τα συστατικά του ελαιολάδου χωρίζονται στα ασαπωνοποίητα (υδρογονάνθρακες και λιπαρές αλκοόλες) και στα σαπωνοποίησιμα (τριγλυκερίδια, ελεύθερα λιπαρά οξέα και φωσφατίδια). Στο παρθένο ελαιόλαδο τα ασαπωνοποίητα συστατικά κυμαίνονται από 0,5-1%. Έχει επίσης ιδιαίτερα ισορροπημένη σύνθεση σε λιπαρά οξέα:

- 18% κορεσμένα (κυρίως παλμιτικό)
- 6-9% πολυακόρεστα
- 60-80% ελαϊκό οξύ (μονοακόρεστο) το οποίο είναι ανθεκτικό στο φως, την θερμότητα και το οξυγόνο που μπορούν να προσβάλλουν το λάδι.

Περιέχει επίσης βιταμίνη Α και Ε που είναι ισχυρός αντιοξειδωτικός παράγοντας και συμβάλλει σημαντικά στην σταθερότητα και την ανθεκτικότητα του λαδιού στο τάγγισμα. Το αγνό παρθένο ελαιόλαδο έχει οξύτητα που δεν ξεπερνάει το 1%, γεγονός που εγγυημένα του προσδίδει άριστα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά.

Το ελαιόλαδο χρησιμοποιήθηκε από την αρχαιότητα, σαν θρεπτικό συστατικό, σαν φάρμακο και σαν καλλυντικό.

Μελέτες πάνω στις θεραπευτικές ιδιότητες του ελαιολάδου έχουν δείξει την ευεργετική δράση του στον περιορισμό των παθήσεων του καρδιαγγειακού συστήματος, στην μείωση της υπερχλωρυδρίας, στην θεραπεία του 12δακτυλικού έλκους και της γαστρίτιδας, στην αντιμετώπιση της δυσκοιλιότητας αλλά και στον περιορισμό δημιουργίας χολολίθων.

Επίσης δεν αμφισβητείται η χρησιμότητά του στην αντιμετώπιση δερματικών παθήσεων, ηπατικών ανεπαρειών αλλά και στην προστασία από την δημιουργία θρομβώσεων. Τέλος επιδρά ευνοϊκά στην ανάπτυξη του κεντρικού νευρικού συστήματος και στην δομή του εγκεφάλου.

Η διαμόρφωση της ποιότητας του ελαιολάδου αρχίζει από τον χρόνο που αυτό σχηματίζεται στον ελαιόκαρπο και επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες, όπως:

- η ποικιλία ελαιόκαρπου
- οι κλιματολογικές συνθήκες
- το έδαφος
- η προσβολή του ελαιόκαρπου από έντομα ή μύκητες
- η ωριμότητα του ελαιόκαρπου
- ο τρόπος συγκομιδής

- ο χρόνος αποθήκευσης του ελαιόκαρπου μέχρι την εξαγωγή του ελαιολάδου και
- ο τύπος του ελαιουργείου και οι συνθήκες που τηρούνται κατά την λειτουργία του.

Οι κατηγορίες του ελαιολάδου σύμφωνα με το Διεθνές Συμβούλιο Ελαιολάδου είναι οι εξής:

Ελαιόλαδο	Είναι το λάδι που παραλαμβάνεται αποκλειστικά και μόνο από τον καρπό της ελιάς.
Παρθένο ελαιόλαδο	Είναι το ελαιόλαδο που παραλαμβάνεται από τον καρπό της ελιάς με μηχανικά ή φυσικά μέσα και κατά την παραλαβή του δεν προκαλούνται αλλοιώσεις στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του.
Ραφινρισμένο ελαιόλαδο	Είναι το ελαιόλαδο που παραλαμβάνεται από παρθένο ελαιόλαδο με ραφινάρισμα που δεν προκαλεί αλλαγές στην αρχική δομή των γλυκεριδίων.
Γνήσιο ελαιόλαδο	Είναι μείγμα παρθένου ελαιόλαδου κατάλληλου προς κατανάλωση και ραφινρισμένου ελαιόλαδου.
Πυρηνέλαιο	Είναι το λάδι που παραλαμβάνεται από τον ελαιοπυρήνα με διαλύτη.

2.1.9. Το νερό

Θα μπορούσε κάποιος να πει πως δύο άτομα υδρογόνου και ένα άτομο οξυγόνου συνεισφέρουν στη δομή μιας απλής χημικής ένωσης. Πόσο απλή όμως μπορεί να θεωρηθεί μία ένωση που αποτελεί το βασικότερο στοιχείο για την ανθρώπινη βιωσιμότητα ? Μια ένωση που βρίσκεται σε κάθε ανθρώπινο κύτταρο, ιστό, όργανο και συμμετέχει σε χιλιάδες μεταβολικές δραστηριότητες του οργανισμού μας ?

Μέσω αυτής της "απλής" χημικής ένωσης ο οργανισμός μας ρυθμίζει την θερμοκρασία του, αποβάλλει άχρηστα μεταβολικά παραπροϊόντα ενώ παράλληλα μεταφέρει θρεπτικά συστατικά και οξυγόνο στα κύτταρα.

Το νερό λοιπόν αποτελεί το Α και το Ω για την ανθρώπινη υγεία και δικαίως πριν από μερικά χρόνια καθιερώθηκε διεθνώς η Παγκόσμια Ημέρα Νερού που γιορτάζεται κάθε χρόνο στις 22 Μαρτίου με πολλές ενημερωτικές ημερίδες ανά τον κόσμο, που ουσιαστικό σκοπό έχουν να αναδείξουν την αξία που έχει το νερό στη ζωή μας και να καταρρίψουν μύθους που το αφορούν.

Το σώμα ενός μέσου ενήλικα εμπεριέχει τουλάχιστο 65% νερό ενώ τα παιδιά μπορεί να φθάσουν και το 75%. Νερό στον οργανισμό μας βρίσκεται παντού ακόμα και στα δόντια! Ο ανθρώπινος εγκέφαλος αποτελείται σχεδόν από 75% νερό και αυτό το στοιχείο μας δίνει να καταλάβουμε πόσο απαραίτητη είναι η σωστή ενυδάτωση και για τις εγκεφαλικές λειτουργίες.

Πώς όμως επιτυγχάνεται αυτή η ενυδάτωση? Ο άνθρωπος ενυδατώνεται μέσω των τροφών που καταναλώνει (μια και όλες οι τροφές εμπεριέχουν από μικρά έως μεγάλα ποσοστά υγρασίας), μέσω του νερού που πίνει, ενώ ένα μικρό ποσοστό νερού παράγεται ως αποτέλεσμα οξειδώσεων του οργανισμού. Οι ανάγκες ενός οργανισμού για πόση νερού διαφοροποιούνται στον θηλασμό, στην εγκυμοσύνη, στην έντονη σωματική δραστηριότητα και καθορίζονται σε μεγάλο βαθμό από το σωματικό μας βάρος και την θερμιδική απόδοση της τροφής που καθημερινά καταναλώνουμε (όσο περισσότερο τρώμε τόσο περισσότερο νερό χρειαζόμαστε). Σαν γενική όμως οδηγία θα μπορούσαμε να πούμε ότι η ελάχιστη ποσότητα νερού που πρέπει

να καταναλώνουμε είναι 6 μεγάλα ποτήρια καθημερινά (περίπου 1½ λίτρο). Ως μέσο ενυδάτωσης δεν είναι σωστό να εκλαμβάνουμε τον καφέ μια και έχει διουρητική δράση.

Σε αυτό το σημείο να τονιστεί πως δεν πρέπει να περιμένουμε για να διψάσουμε προκειμένου να πούμε νερό αφού τότε ο οργανισμός έχει ήδη (έστω και σε μικρό ποσοστό) αφυδατωθεί. Είναι πολύ σημαντικό λοιπόν να πίνουμε νερό προτού ο οργανισμός μας το ζητήσει μέσω της δίψας.

Ένας από τους μύθους που κυκλοφορούν για την κατανάλωση του νερού είναι πως σε περιπτώσεις που εμφανίζεται κατακράτηση υγρών στο σώμα, δεν πρέπει να πίνουμε πολύ νερό γιατί έτσι επιτείνεται το πρόβλημα. Στην πραγματικότητα ισχύει το ακριβώς αντίθετο : Όσο λιγότερο νερό πίνουμε σε τέτοιες περιπτώσεις, τόσο μεγαλύτερη άμυνα προβάλλει ο οργανισμός μας με αποτέλεσμα να "κατακρατά" μεγαλύτερο ποσοστό υγρών. Ναι λοιπόν στο νερό ακόμα και σε περιπτώσεις έντονης "κατακράτησης" υγρών.

Συνειδητοποιώντας την θέση που κατέχει το νερό στην ανθρώπινη υγεία, πολλές εταιρείες τα τελευταία χρόνια εκμεταλλεύθηκαν διάφορες φυσικές πηγές νερού, προσφέροντας στον καταναλωτή νερό με ιδιαίτερα ευεργετική σύσταση σε ιχνοστοιχεία. Το πλούσιο σε μαγνήσιο και φτωχό σε νάτριο φυσικό νερό, συνεισφέρει μέγιστα στην καρδιαγγειακή υγεία καθώς τα τελευταία χρόνια, πλειάδα επιστημονικά τεκμηριωμένων ερευνών, επισφραγίζει την δράση του μαγνησίου ως αντιυπερτασικό και αντιαθηρωγόνο στοιχείο.

Δεν είμαστε μακριά από τη στιγμή εκείνη που θα πλασαριστούν στην αγορά εμφιαλωμένα νερά, εμπλουτισμένα με υδατοδιαλυτές βιταμίνες (σύμπλεγμα βιταμινών Β και βιταμίνη C) ή με εξτρά ποσότητες σε ασβέστιο και μαγνήσιο προσδίδοντας έτσι μια νέα διάσταση στην σύγχρονη διατροφική αντίληψη.

Το νερό είναι απαραίτητο στη διατροφή μας, αν και δεν έχει θρεπτική αξία, γιατί κάνει δυνατή την απορρόφηση των λοιπών θρεπτικών υλών. Όλες οι χημικές λειτουργίες και ο μεταβολισμός στον οργανισμό γίνονται σε υδάτινο περιβάλλον. Συντελεί στην διατήρηση της φυσιολογικής θερμοκρασίας του σώματος. Είναι απαραίτητο για να αντικαταστήσει τις απώλειες υγρών του σώματος μέσω του δέρματος, των πνευμόνων, ούρων, κοπράνων και δακρύων.

Ο ενήλικας παίρνει καθημερινά 1,5-2 lt νερού από τις τροφές, το πόσιμο νερό και τα ποτά. Εκτός αυτού, στον οργανισμό δημιουργείται το νερό της οξειδωσης που προέρχεται από τον μεταβολισμό των στοιχείων της τροφής, οπότε προσλαμβάνει άλλα 400-500 ml νερού τι 24ωρο. Τα 2/3 του σώματος είναι νερό. Αν το νερό ελαττωθεί κατά 20% κινδυνεύουμε να πεθάνουμε.

Η απαραίτητη ποσότητα νερού, ποικίλλει ανάλογα με:

- την εντατικότητα του μεταβολισμού,
- την έντονη σωματική άσκηση,
- την θερμοκρασία του σώματος,
- την θερμοκρασία περιβάλλοντος,
- το κλίμα και
- την ποσότητα και ποιότητα τροφής.

2.2. Θρεπτικές Ύλες

2.2.1. Πρωτεΐνες

Η ονομασία πρωτεΐνες προέρχεται από το ρήμα "πρωτεύω" και σημαίνει την εξαιρετική σημασία που έχουν οι πρωτεΐνες για την υγεία του ανθρώπινου σώματος.

Οι πρωτεΐνες :

- Πλάθουν νέους ιστούς και αναπλάθουν τους φθαρμένους
- Είναι απαραίτητες για τον σχηματισμό νυχιών, τριχών και της επιδερμίδας, ενώ συμμετέχουν σε όλες σχεδόν τις εκκρίσεις του οργανισμού.
- Χρησιμοποιούνται για την παραγωγή θερμότητας
- Βοηθούν τον οργανισμό να αμύνεται στις ασθένειες.
- Δεν αποθηκεύονται

Ανάλογα με την προέλευσή τους χωρίζονται σε φυτικής προέλευσης και ζωικής προέλευσης. Σε μία ισοζυγισμένη δίαιτα οι πρωτεΐνες πρέπει να καλύπτουν το 12-15% της ολικής θερμιδικής ημερήσιας πρόσληψης, ενώ σε επιλεγμένες καταστάσεις μπορεί να φτάσει το 20%.

1gr πρωτεϊνών όταν καίγεται, αποδίδει 4,1 kcal

Τις συναντάμε στα κρεατικά, στα πουλερικά, στα γαλακτοτυροκομικά, στο αυγό και στα όσπρια

2.2.2. Υδατάνθρακες

Οι υδατάνθρακες δίνουν στον οργανισμό του ανθρώπου την ενέργεια εκείνη, που έχει ανάγκη για να εκτελέσει τις εσωτερικές του εργασίες αλλά και τις εξωτερικές. Επίσης παρέχουν γλυκόζη για τη σωστή λειτουργία του εγκεφάλου. Παράλληλα, συντελούν και στη διατήρηση της θερμότητας του σώματος. Εάν παίρνουμε περισσότερους υδατάνθρακες από όσους χρειάζεται ο οργανισμός μας, η περίσσεια αποθηκεύεται στον οργανισμό, κυρίως σαν λίπος, ενώ μία μικρή ποσότητα αποθηκεύεται στον οργανισμό ως γλυκογόνο στο συκώτι και στους μυς (αναλογία 4 μέρη στο συκώτι 1 μέρος στους μυς). Όταν όμως η ποσότητα των υδατανθράκων είναι ανεπαρκής, ο οργανισμός χρησιμοποιεί για τις ανάγκες τα λίπη που δίνουν λιπαρά οξέα και γλυκερόλη, η οποία μετά μετατρέπεται σε γλυκόζη.

Οι φυτικές ίνες βρίσκονται στα τοιχώματα του φυτικού κυττάρου και δεν πέπτονται από τα εντερικά ένζυμα του ανθρώπου. Αν και δεν έχουν θρεπτική αξία, παίζουν σημαντικό ρόλο, γιατί προσδίδουν όγκο στη δίαιτα, απορροφούν νερό μέσα στο έντερο με αποτέλεσμα να μην τίθεται θέμα δυσκοιλιότητας αλλά και σημαντικών ασθενειών (αθηροσκλήρωση, παχυσαρκία, καρκίνος παχέος εντέρου κ.α.)

Μειώνουν σημαντικά τα επίπεδα σακχάρου και ινσουλίνης στο αίμα ασθενών με Σακχαρώδη Διαβήτη αλλά και τα επίπεδα χοληστερόλης.

Σε μία ιδανική δίαιτα οι υδατάνθρακες πρέπει να καλύπτουν το 50-60% της ολικής θερμιδικής ημερήσιας πρόσληψης. 1gr υδατανθράκων όταν καίγεται, αποδίδει 4,1 kcal

Τους συναντάμε στα φρούτα, στα λαχανικά, στα δημητριακά, στις πατάτες, στο ρύζι και στα όσπρια

2.2.3. Λίπη

Τα λίπη που λαμβάνονται με την τροφή διασπώνται στο πεπτικό σύστημα του ανθρώπου, σε γλυκερόλη και λιπαρά οξέα. Τα λιπαρά οξέα ταξινομούνται σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

- Τα κορεσμένα λιπαρά οξέα (βούτυρο γάλακτος και ζωικά λίπη)
- Τα ακόρεστα λιπαρά οξέα (φυτικά λίπη)

Τα ακόρεστα λιπαρά οξέα διακρίνονται σε

- πολυακόρεστα (σπορέλαια κτλ) &
- μονοακόρεστα (ελαιόλαδο)

Μερικά από τα οξέα που περιέχονται στις λιπαρές ουσίες, είναι απαραίτητα όχι μόνο στη θρέψη για τις καύσεις, αλλά και για την ανάπτυξη και τον μεταβολισμό. Τα αποθηκευμένα λίπη χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις ανάγκης (ασθένειες, ελλιπής διατροφή), προστατεύουν από χτυπήματα, συγκρατούν τα σπλάγχνα, ρυθμίζουν την σχέση μεταξύ θερμοκρασίας σώματος και περιβάλλοντος και τέλος εφοδιάζουν τον οργανισμό με τις βιταμίνες A, D, E, K.

Επιβραδύνουν την πέψη των τροφών και προκαλούν παράταση της αίσθησης κορεσμού, ενώ προσδίδουν γευστικότητα και νοστιμιά στα φαγητά

Με τις περισσότερες σύγχρονες δίαιτες, για αποφυγή παχυσαρκίας, συνιστάται ενεργειακή κάλυψη από την κατανάλωση λίπους, μικρότερη του 30% των συνολικών ημερήσιων θερμίδων.

1gr λίπους όταν καίγεται, αποδίδει 9 kcal

2.2.4. Ανόργανα Άλατα (Μέταλλα)

Τα ανόργανα άλατα αποτελούν μόνο το 4% των ιστών του ανθρώπινου σώματος, αλλά είναι απαραίτητα για την κανονική ανάπτυξη και λειτουργία του οργανισμού. Βρίσκονται, στις τροφές αλλά και στο νερό. Δεν προσφέρουν στον οργανισμό ενέργεια αλλά είναι απαραίτητα γιατί:

- Χρησιμοποιούνται σαν οικοδομικά υλικά και
- Ρυθμίζουν πολλές εσωτερικές λειτουργίες του οργανισμού (πηκτικότητα αίματος, ρύθμιση των καύσεων, συμμετοχή στην δημιουργία κατάλληλης οσμωτικής πίεσης στα κύτταρα και τους ιστούς) Είναι απαραίτητα για τη διατήρηση της σύστασης των υγρών του σώματος και αποτελούν τμήμα των ενζύμων και πρωτεϊνών του σώματος.
- Αποτελούν βασικά συστατικά των οστών και δοντιών.

Χωρίζονται σε: Ανόργανα στοιχεία (mg) και Ιχνοστοιχεία

Για να καλύψουμε τις ανάγκες μας σε μέταλλα πρέπει να καταναλώνουμε τρόφιμα από όλες τις ομάδες τροφίμων.

Στον παρακάτω πίνακα δίνονται τα κυριότερα μέταλλα, οι πηγές προέλευσής τους και η κύρια χρησιμότητά τους:

ΜΕΤΑΛΛΑ	ΠΗΓΗ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ	ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ
Ασβέστιο	Γαλακτοτυροκομικά προϊόντα, κουνουπίδι, λάχανο, φακές, κρόκος αυγού, θαλασσινά, ραδίκια και το χαμομήλι	Κύριο συστατικό των οστών. Ομαλοποιεί την καρδιακή λειτουργία και ηρεμεί τα νεύρα
Φώσφορος	Ξηροί καρποί και ιδίως οι ηλιόσποροι και τα πασατέμπος, τυρί, κρέας και σαρδέλες.	Τονωτικό του εγκεφάλου, βοηθά στον μεταβολισμό των λιπών, στην λειτουργία των αδένων και στην ορμονική ρύθμιση.
Μαγνήσιο	Μπανάνες, φιστίκια, γάλα, γιαούρτι και κρέας.	Βοηθά τους μύς και τα νεύρα. Συμμετέχει στην σύνθεση πρωτεΐνης και ενεργοποιεί τα ένζυμα.
Κάλιο	Ελιές, φρούτα και ιδίως μπανάνες, σαλάτες, σταφίδες, ξερά δαμάσκηνα, στιγμιαίος καφές και πατάτες	Απαραίτητο για την καλή λειτουργία της καρδιάς, των μυών, των νεφρών και της υγείας των οστών
Νάτριο	Ελιές, φρούτα και ιδίως μπανάνες, σαλάτες, σταφίδες, ξερά δαμάσκηνα, στιγμιαίος καφές και πατάτες	Απαραίτητο για την καλή λειτουργία της καρδιάς, των μυών και των νεφρών
Σίδηρος	Το συκώτι, το πορτοκάλι, οι σαρδέλες, οι ηλιόσποροι, η μαγιά μπύρας, το κρέας, τα ξερά δαμάσκηνα, οι ελιές, οι σταφίδες, οι φακές, το σπανάκι και το κουάκερ	Συστατικό της αιμοσφαιρίνης. Βοηθά την αναπνοή και διευκολύνει την λειτουργία των αδένων και του εγκεφάλου
Χλώριο	Αλάτι	Παίζει ρόλο στην ρύθμιση οσμωτικής πίεσης, στο ισοζύγιο του ύδατος και στην οξεοβασική ισορροπία. Βοηθά στην απορρόφηση της Β-12 και του σιδήρου
Μαγγάνιο	Ρύζι, καρυκεύματα, σιτάρι, μαρούλι, φασόλια, φυστίκια, πατάτες, ηλιόσποροι, δημητριακά.	Προσφέρεται για τον σχηματισμό των οστών, για την πήξη του αίματος, δράση της ινσουλίνης και την σύνθεση της χοληστερίνης. Συμμετέχει σαν διεγέρτης στον μεταβολισμό λιπών, υδατανθράκων και πρωτεϊνών.

2.2.5. Βιταμίνες

Οι βιταμίνες είναι οργανικές ουσίες απαραίτητες για την ομαλή διεξαγωγή του μεταβολισμού του οργανισμού. Συντελούν ακόμη στην ανάπτυξη του σώματος, στη θρέψη, στην υγεία των ιστών. Αυξάνουν την οργανική άμυνα(άμυνα στις λοιμώξεις). Βοηθάνε στην αναπαραγωγή, στην ισορροπία του νευρικού συστήματος. Είναι απαραίτητες, ως συνένζυμα, στον μεταβολισμό θρεπτικών συστατικών. Όπως και τα ανόργανα άλατα έτσι και οι βιταμίνες, δεν προμηθεύουν ενέργεια στον οργανισμό.

Δεν συντίθενται στον οργανισμό ή συντίθενται σε μικρές ποσότητες. Χωρίζονται σε λιποδιαλυτές και υδατοδιαλυτές .

Στον παρακάτω πίνακα δίνονται οι κυριότερες βιταμίνες, οι πηγές προέλευσής τους και η κύρια χρησιμότητά τους:

ΒΙΤΑΜΙΝΗ	ΠΗΓΗ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ	ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ
ΒΙΤΑΜΙΝΗ Α	Πράσινα λαχανικά, καρότα, αυγά, γάλα και φρούτα(κυρίως κίτρινου και πορτοκαλί χρώματος).	Αναζωογονητική - αντιρυτιδική, για παθήσεις ματιών, πρόληψη καρκίνου και καρδιαγγειακών παθήσεων.
ΒΙΤΑΜΙΝΗ D	Ψάρια, αυγά, γάλα και μωρουνόλαδο	Για τον ραχιτισμό, οστεοπόρωση, τετηδόνα και πρόωρο γήρας.
ΒΙΤΑΜΙΝΗ E	Σιτέλαιο, σογιέλαιο, καρύδια, δημητριακά, ελαιόλαδο.	Αναιμία, στειρότητα, αντιγηραντική και για μείωση του κινδύνου καρδιακής προσβολής.
ΒΙΤΑΜΙΝΗ K	Αυγά, γάλα, συκώτι, πράσινα λαχανικά και σογιέλαιο.	Συμβάλει στην πρόληψη αιμορραγιών μιας και σχετίζεται με τον χρόνο πήξης του αίματος.
ΒΙΤΑΜΙΝΗ C	Φρέσκα φρούτα και λαχανικά (κυρίως στις φράουλες, ακτινίδια και εσπεριδοειδή).	Προστατεύει από σκορβούτο, κρυολόγημα, καρδιοπάθειες, καρκίνο και αιμορραγίες.
ΒΙΤΑΜΙΝΗ B6	Καρύδια, σογιέλαιο, λαχανικά, φρούτα (κυρίως μπανάνες), δημητριακά και μαγιά μύρας.	Πρόληψη αναιμίας, για παθήσεις του δέρματος και του νευρικού συστήματος.
ΒΙΤΑΜΙΝΗ B12	Αυγά, γάλα, κρέας, ψάρια και μαγιά μύρας.	Αναιμία, παθήσεις της καρδιάς και του νευρικού συστήματος.
ΦΟΛΙΚΟ ΟΞΥ	Σπανάκι πράσινα λαχανικά και συκώτι.	Αναιμία εγκύου και πρόληψη καρκίνου του τραχήλου της μήτρας.

3. Μέθοδοι Επεξεργασίας Τροφίμων

3.1. Γενικά

Τα τρόφιμα είναι προϊόντα πρωτογενούς παραγωγής ή προϊόντα που προέρχονται από αυτά με κατάλληλη επεξεργασία, τα οποία προσλαμβάνει ο άνθρωπος από το στόμα. Τα τρόφιμα προσφέρουν στον άνθρωπο ικανοποίηση κατά τη μάσηση, ενώ, όταν μεταβολισθούν στον οργανισμό του, παρέχουν σε αυτόν ένα ή περισσότερα θρεπτικά στοιχεία, τα οποία αποδίδουν ενέργεια και προάγουν την ανάπτυξη και την υγεία του.

Τα θρεπτικά στοιχεία (nutrients) των τροφίμων αποτελούν οι πρωτεΐνες, τα λίπη, οι υδατάνθρακες, οι βιταμίνες και τα ανόργανα στοιχεία ή άλατα. Με τα θρεπτικά τους στοιχεία τα τρόφιμα: α) παρέχουν ενέργεια στον οργανισμό με τη διάσπαση των υδατανθράκων, των λιπών και των πρωτεϊνών, β) προάγουν την ανάπτυξη και τη συντήρηση του οργανισμού με τη συμμετοχή των πρωτεϊνών και των αλάτων και γ) ρυθμίζουν βασικές λειτουργίες του οργανισμού με τη συμβολή των πρωτεϊνών, των αλάτων και των βιταμινών. Ορισμένοι συγγραφείς θεωρούν επίσης ως θρεπτικό στοιχείο το νερό, το οποίο συμβάλλει στην ανάπτυξη και στην ομαλή διεξαγωγή βασικών λειτουργιών του οργανισμού. Ωστόσο, κατ' άλλους, το νερό, όπως και το οξυγόνο του αέρα, είναι απαραίτητα για τη ζωή, χωρίς να θεωρούνται θρεπτικά στοιχεία. Εκτός από τα θρεπτικά στοιχεία τα τρόφιμα είναι δυνατόν να περιέχουν ένζυμα, φυτικές ίνες, οργανικά οξέα, χρωστικές, αρωματικές και άλλες ουσίες. Με βάση τον παραπάνω ορισμό το επιτραπέζιο αλάτι που περιέχει χλωριούχο νάτριο είναι τρόφιμο, ενώ ο φυσιολογικός ορός που περιέχει επίσης χλωριούχο νάτριο και χορηγείται ενδοφλέβια στους ασθενείς είναι φάρμακο. Όμως, το πιπέρι, το οποίο προστίθεται στα τρόφιμα και προσλαμβάνεται με αυτά από το στόμα, δεν είναι τρόφιμο, επειδή δεν προσφέρει θρεπτικά στοιχεία στον οργανισμό, αλλά απλώς λειτουργεί ως ενισχυτικό της γεύσης των τροφίμων.

Μέχρι σήμερα η συνήθης πηγή τροφίμων είναι η πρωτογενής παραγωγή, δηλαδή η γεωργία που δίνει τα φυτικά προϊόντα, η κτηνοτροφία που δίνει τα ζωικά προϊόντα και η αλιεία που δίνει τα διάφορα αλιεύματα. Νέες πηγές παραγωγής τροφίμων αποτελούν τα φύκια της θάλασσας.

Τα προϊόντα της πρωτογενούς παραγωγής αμέσως μετά τη συγκομιδή τους ή τη σφαγή των ζώων και των πτηνών, όταν δεν έχουν υποβληθεί σε καμία διεργασία εκτός από τον καθαρισμό και πιθανόν τη διαλογή τους κατά μέγεθος, χαρακτηρίζονται ως ωμά τρόφιμα (raw foods). Ως νωπά ή φρέσκα τρόφιμα (fresh foods) χαρακτηρίζονται τα προϊόντα της πρωτογενούς παραγωγής που διατηρούνται με ψύξη ή σε συνθήκες περιβάλλοντος, χωρίς να παρουσιάζουν οποιαδήποτε αισθητή μεταβολή στα οργανοληπτικά τους χαρακτηριστικά, και τα οποία δεν έχουν δεχθεί άλλη διεργασία εκτός από τεμαχισμό, καθαρισμό και πιθανόν διαλογή.

Στα νωπά φυτικά προϊόντα ανήκουν τα δημητριακά, όπως ο σίτος, ο αραβόσιτος κ.ά., τα όσπρια, όπως τα φασόλια, τα ρεβίθια κ.ά., τα φρούτα, τα λαχανικά, οι πατάτες, οι καρποί, όπως τα αμύγδαλα, τα καρύδια, τα κάστανα κ.ά., οι ελαιούχοι καρποί και σπόροι, όπως οι ελιές, η σόγια κ.ά., τα μανιτάρια, που ανήκουν στους μύκητες, και το μέλι, το οποίο θεωρείται ως συμπυκνωμένος φυτικός πολτός που παράγεται από τις μέλισσες. Στα νωπά ζωικά προϊόντα ανήκουν το γάλα, το κρέας των θερμόαιμων ζώων και πουλερικών, τα αυγά, τα ψάρια, τα μαλάκια, όπως το χταπόδι, τα καλαμάρια, η σουπιά, τα μύδια κ.ά., και τα μαλακόστρακα, όπως οι γαρίδες, ο αστακός, τα καβούρια και άλλα.

Ως επεξεργασία τροφίμων (food processing) εννοούμε με απλά λόγια τη μετατροπή της πρωτογενούς παραγωγής, σε συνδυασμό ή όχι με άλλα συστατικά, σε προϊόντα κατάλληλα για ανθρώπινη κατανάλωση. Ακριβέστερα, ωστόσο, ως επεξεργασία τροφίμων ορίζεται το σύνολο των διεργασιών με τις οποίες η πρωτογενής παραγωγή, σε συνδυασμό ή όχι με άλλα συστατικά, και με τη βοήθεια εργασίας, κατάλληλου εξοπλισμού, επιστημονικής γνώσης και δαπάνη ενέργειας, μετατρέπεται σε νέα προϊόντα για άμεση ανθρώπινη κατανάλωση ή σε πρώτες ύλες για την παραγωγή άλλων προϊόντων.

Έτσι, με κατάλληλη επεξεργασία τα λαχανικά, τα φρούτα, το κρέας και τα αλιεύματα μετατρέπονται σε κονσέρβες που μπορούν να καταναλωθούν άμεσα από τον άνθρωπο, ενώ το σιτάρι μετατρέπεται σε αλεύρι που χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη για την παραγωγή πλήθους αρτοσκευασμάτων και άλλων προϊόντων.

Τα προϊόντα που προκύπτουν από την επεξεργασία των προϊόντων της πρωτογενούς παραγωγής χαρακτηρίζονται ως επεξεργασμένα τρόφιμα (processed foods) και έχουν χαρακτηριστικές ιδιότητες τελείως διαφορετικές από εκείνες της πρώτης ύλης που χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή τους. Τα επεξεργασμένα τρόφιμα είναι πολυάριθμα. Ορισμένα αντιπροσωπευτικά προϊόντα αποτελούν τα κονσερβοποιημένα, τα καταψυγμένα και τα αφυδατωμένα τρόφιμα, τα προϊόντα γάλακτος, όπως τα τυριά, το γιαούρτι, το παγωτό κ.ά., τα αλλαντικά και άλλα προϊόντα κρέατος, τα καπνιστά ψάρια και άλλα προϊόντα αλιευμάτων, τα προϊόντα αρτοποιίας και ζαχαροπλαστικής, το άμυλο, η ζάχαρη, τα λίπη και έλαια, οι χυμοί φρούτων, ο τοματοπολτός, οι μαρμελάδες, το κρασί, η μπίρα, τα αναψυκτικά και πολλά άλλα.

Κατά την επεξεργασία των τροφίμων είναι δυνατόν να επέλθουν μεταβολές που υποβαθμίζουν τα οργανοληπτικά τους χαρακτηριστικά και τη θρεπτική τους αξία. Τα τελευταία όμως χρόνια έχουν αυξηθεί σημαντικά οι απαιτήσεις των καταναλωτών για επεξεργασμένα τρόφιμα τα οποία θα έχουν οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, όπως χρώμα και άρωμα, παρόμοια με τα νωπά τρόφιμα. Το γεγονός αυτό οδήγησε στην ανάπτυξη μεθόδων για την παραγωγή τροφίμων τα οποία είναι γνωστά ως ελάχιστα επεξεργασμένα τρόφιμα (minimal processed foods). Στα τρόφιμα αυτά ανήκουν διάφορες σαλάτες λαχανικών, φρούτα κομμένα σε φέτες, κρεμμύδι τεμαχισμένο, αποφλοιωμένες πατάτες, μαγειρεμένα φαγητά υπό κενό Κ.ά. Τα τρόφιμα αυτά εκτός από τα χαρακτηριστικά του «φρέσκου προϊόντος» έχουν δεχθεί κατάλληλη επεξεργασία με την οποία μπορούν να διατηρηθούν για εύλογο χρονικό διάστημα σημαντικά μεγαλύτερο από το αντίστοιχο των νωπών προϊόντων.

Τέλος, μια νέα κατηγορία τροφίμων, τα οποία είναι γνωστά ως βιολειτουργικά ή απλώς λειτουργικά τρόφιμα (functional foods), έχει αρχίσει να αναπτύσσεται τα τελευταία χρόνια. Τα τρόφιμα αυτά, εκτός από την παροχή θρεπτικών στοιχείων, έχουν την ιδιότητα, με τα συστατικά που περιέχουν, να ασκούν ευεργετική επίδραση στην υγεία του καταναλωτή. Η παραγωγή των τροφίμων αυτών άρχισε στην Ιαπωνία στις αρχές της δεκαετίας του 1980 και σήμερα κυκλοφορούν στην αγορά περισσότερα από 200 προϊόντα ως «τρόφιμα για συγκεκριμένη υγιεινή χρήση». Στα βιολειτουργικά τρόφιμα ανήκουν τα γαλακτοκομικά προϊόντα με προβιοτικά, τα τρόφιμα και ποτά που είναι εμπλουτισμένα με διαιτητικές ίνες, ωλιπαρά οξέα, ανόργανα άλατα και βιταμίνες, φυσικά αντιοξειδωτικά Κ.ά. Τα τρόφιμα αυτά υπόσχονται ότι προσφέρουν στον καταναλωτή καλύτερη πέψη και εντερική λειτουργία, βελτίωση του μεταβολικού ρυθμού, μείωση της χοληστερίνης και των τριγλυκεριδίων στο πλάσμα του αίματος, πρόληψη από χρόνιες παθήσεις Κ.ά.

Στο κεφάλαιο αυτό θα δούμε τις μεθόδους επεξεργασίας των τροφίμων. Υπάρχουν μέθοδοι οι οποίες πραγματοποιούνται με διάφορα μέσα. Αναφέρουμε ενδεικτικά όλες τις μεθόδους: θέρμανση τροφίμων με ηλεκτρική ενέργεια, ζεμάτισμα, παστερίωση-αποστείρωση, κονσερβοποίηση, ασηπτική επεξεργασία, θερμική εξώθηση, μαγείρεμα, ψύξη, κατάψυξη, συμπύκνωση, αφυδάτωση, ακτινοβολίες ιονισμού, υψηλές υδροστατικές πιέσεις, νεότερες μη θερμικές μέθοδοι επεξεργασίας, ζυμώσεις, συντηρητικά, τεχνολογία πολλαπλών εμποδίων. Εμείς εδώ θα ασχοληθούμε μόνο με αυτές που πραγματοποιούνται με ηλεκτρονικά μηχανήματα.

3.2. Θερμική Επεξεργασία Με Ηλεκτρική Ενέργεια

Ως θερμική επεξεργασία (thermal processing) ορίζεται η θέρμανση που εφαρμόζεται στα τρόφιμα, σε ορισμένη θερμοκρασία και για ορισμένο χρόνο, με στόχο να επιτύχει έναν ή περισσότερους από τους παρακάτω αντικειμενικούς σκοπούς:

- Να επιφέρει μεταβολές στα τρόφιμα που βελτιώνουν την πεπτικότητα και τα οργανοληπτικά τους χαρακτηριστικά, ώστε αυτά να γίνουν εδώδιμα και ελκυστικά στον καταναλωτή.
- Να καταστρέφει τα ενδογενή ένζυμα, τους μικροοργανισμούς, τα έντομα και τα παράσιτα που απαντούν στα τρόφιμα και τα οποία θα μπορούσαν, κάτω από τις συγκεκριμένες συνθήκες, να τα αλλοιώσουν ή να θέσουν σε κίνδυνο την υγεία του καταναλωτή.
- Να απομακρύνει από το προϊόν υγρασία με εξάτμιση, έτσι ώστε να δημιουργηθούν συνθήκες μέσα στα τρόφιμα που θα παρεμποδίζουν την ανάπτυξη των μικροοργανισμών και τη δραστηριότητα των ενζύμων.
- Να απομακρύνει από το προϊόν άλλα πτητικά συστατικά, όπως αλκοόλη ή αρωματικές ουσίες, προκειμένου να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή νέων προϊόντων.

Η θερμική επεξεργασία αποτελεί μια από τις σπουδαιότερες μεθόδους επεξεργασίας και συντήρησης των τροφίμων. Είναι οικονομική και ασφαλής μέθοδος με την οποία μπορούν να παραχθούν τρόφιμα χωρίς χημικά συντηρητικά. Τα προϊόντα θερμικής επεξεργασίας, όταν συσκευασθούν κατάλληλα σε αποστειρωμένους περιέκτες, μπορούν να διατηρηθούν για μεγάλο χρονικό διάστημα. Πέραν από τους παραπάνω αντικειμενικούς στόχους που επιτυγχάνονται με τη θέρμανση των τροφίμων, σε ορισμένες περιπτώσεις, αυτή επηρεάζει θετικά τις ιδιότητές τους. Βελτιώνει την πεπτικότητα των τροφίμων με τη μετουσίωση που προκαλεί στις πρωτεΐνες και τη ζελατινοποίηση του αμύλου. Καταστρέφει διάφορους παρεμποδιστές που απαντούν στις φυτικές πρωτεΐνες, όπως τον αναστολέα τρυψίνης στα όσπρια. Επίσης, καταστρέφει διάφορες τοξίνες παθογόνων μικροοργανισμών που είναι επικίνδυνες για την υγεία του ανθρώπου. Η τοξίνη του *C. botulinum*, που είναι η πλέον επικίνδυνη για τον άνθρωπο, καταστρέφεται με τη θέρμανση στους 100°C για 1 0 λεπτά.

Αναφέρεται επίσης ότι το λυκοπένιο της τομάτας, που μειώνει τον κίνδυνο πρόκλησης καρκίνου στον άνθρωπο, είναι 2.5 φορές περισσότερο ενεργό στον τοματοπολτό που δέχθηκε ήπια θέρμανση σε σύγκριση με το λυκοπένιο της νωπής τομάτας. Τέλος, οι ανθοκυανίνες που απαντούν σε διάφορα φρούτα και δρουν ως αντιοξειδωτικά έχουν μεγαλύτερη αντιοξειδωτική δράση μετά από ήπια θέρμανση του προϊόντος.

Όμως, η θέρμανση μεταβάλλει ή καταστρέφει συστατικά των τροφίμων που προσδίδουν ιδιαίτερο χρώμα, οσμή, γεύση και υφή στα τρόφιμα, καθώς επίσης καταστρέφει ορισμένα θρεπτικά στοιχεία, μειώνοντας έτσι τη θρεπτική αξία των τροφίμων. Κατά συνέπεια, η εφαρμογή της θέρμανσης στα τρόφιμα πρέπει να γίνεται με την ελάχιστη δυνατή αρνητική επίδρασή της στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά και τη θρεπτική αξία των τροφίμων, ώστε να διατηρηθεί καλύτερα η ποιότητά τους.

Η θέρμανση εφαρμόζεται κατά το μαγείρεμα των τροφίμων με σκοπό την παραγωγή φαγητών για άμεση κατανάλωση. Επίσης, εφαρμόζεται σε πολλές μεθόδους επεξεργασίας και συντήρησης τροφίμων, όπως το ζεμάτισμα, την παστερίωση και την εμπορική αποστείρωση, την κονσερβοποίηση, την ασηπτική επεξεργασία, τη θερμική εξώθηση, το μαγείρεμα υπό κενό (προϊόντα sous vide), τη συμπύκνωση με εξάτμιση, την αφυδάτωση, το ψήσιμο, το τηγάνισμα και την απόσταξη.

Η θέρμανση των τροφίμων με ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να γίνει με τους εξής τρόπους:

- με τη χρήση ηλεκτρικών αντιστάσεων (electrical resistance heating),
- με ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία και
- με ωμική θέρμανση (ohmic heating).

3.2.1. Θέρμανση με ηλεκτρικές αντιστάσεις

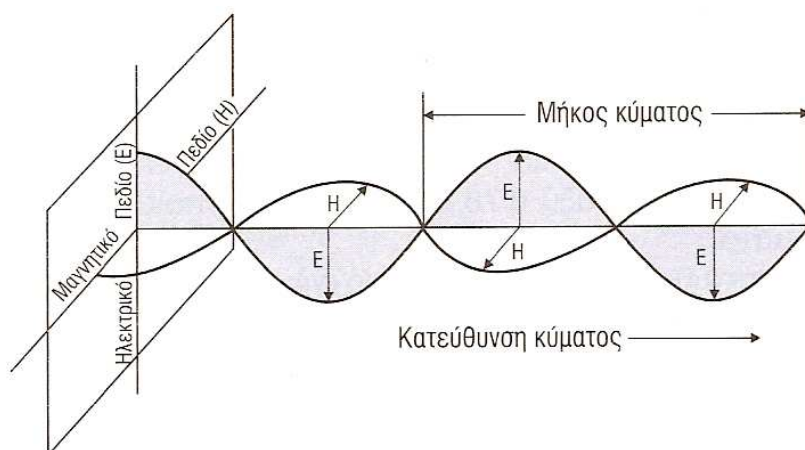
Στη θέρμανση με ηλεκτρικές αντιστάσεις η θερμότητα παράγεται κατά τη διάρκεια ροής ηλεκτρικού ρεύματος μέσα από μια ηλεκτρική αντίσταση αποτελούμενη από σύρμα νικελίου-χρωμίου. Η θέρμανση του τροφίμου στην περίπτωση αυτή μπορεί να είναι άμεση ή έμμεση.

Κατά την άμεση θέρμανση η ηλεκτρική αντίσταση, προστατευόμενη κατάλληλα, βυθίζεται απευθείας μέσα στο προϊόν το οποίο θερμαίνεται.

Στην έμμεση θέρμανση η ηλεκτρική αντίσταση προσαρμόζεται στα τοιχώματα του δοχείου στο οποίο βρίσκεται το προϊόν, τα οποία θερμαίνονται και μεταδίδουν τη θερμότητα με αγωγιμότητα στο προϊόν. Είναι επίσης δυνατό η ηλεκτρική αντίσταση, προστατευόμενη κατάλληλα, να βυθισθεί σε νερό, το οποίο θερμαινόμενο παράγει ατμό για τη θέρμανση του τροφίμου. Τέλος, η ηλεκτρική αντίσταση μπορεί να τοποθετηθεί μέσα σε φούρνο, όπου η θερμότητα μεταδίδεται στο προϊόν με ακτινοβολία.

3.2.2. Θέρμανση με ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία

Στη θέρμανση με ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία το τρόφιμο βρίσκεται υπό την επίδραση ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων (Σχήμα 3.1.), με αποτέλεσμα τη μετατροπή της ενέργειας που αυτά μεταφέρουν σε θερμότητα, η οποία προκαλεί αύξηση της θερμοκρασίας του τροφίμου.



Σχήμα 3.1. Σχηματική απεικόνιση ηλεκτρομαγνητικού κύματος (Coles 1993)

Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα που χρησιμοποιούνται στην επεξεργασία των τροφίμων δίνονται στον Πίνακα 3.1. Αυτά διαφέρουν μεταξύ τους ως προς το μήκος κύματος και τη συχνότητα. Κατά συνέπεια, προκαλούν διαφορετικά αποτελέσματα στα προϊόντα που εφαρμόζονται.

Η θέρμανση των τροφίμων με ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία γίνεται με τις εξής μεθόδους:

- με υπέρυθρη ακτινοβολία (radiant or infra red heating),
- με μικροκύματα (microwave heating) και
- με διηλεκτρική θέρμανση (dielectric heating).

Πίνακας 3.1.
Ηλεκτρομαγνητικές ακτινοβολίες (Reuter , 1993)

Ζώνη κυμάτων	Μήκος κύματος	Συχνότητα	Αποτέλεσμα
Ηλεκτρικά κύματα Βραχεία Υπερβραχεία Δεκατομετρικά Εκατοστομετρικά	100...10 m 10...1 m 100...10 cm 10...1 cm	3...30MHz 30...300MHz 300...3000MHz 3000...30000MHz	Τηλεπικοινωνίες Διηλεκτρική θέρμανση Μικροκύματα
Κύματα φωτός Υπερυθρες ακτίνες Ορατό φως Υπεριώδης ακτίνες	1000...760 nm 760...400 nm 400...3 nm		Θερμικό αποτέλεσμα Θερμικό αποτέλεσμα Χημικές μεταβολές
Ακτινοβολίες Ακτίνες – X Ακτίνες – Y			Ακτινοβολία ιονισμού Ακτινοβολία ιονισμού

3.2.2.1. Θέρμανση με υπέρυθρη ακτινοβολία

Η υπέρυθρη ακτινοβολία είναι μια ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία με μήκος κύματος μεταξύ 0.75 και 350 μm, η οποία εκπέμπεται από θερμά σώματα.

Η θερμότητα που εκπέμπει το θερμό σώμα δίνεται από την εξίσωση των Stefan-Boltzmann:

$$Q = \varepsilon \sigma A T^4 \quad (3.1)$$

Όπου $O = \varepsilon$ ο ρυθμός της ακτινοβολούμενης θερμότητας, $\sigma = \eta$ σταθερά των Stefan-Boltzmann, $A = \eta$ επιφάνεια του σώματος, $T = \eta$ θερμοκρασία σε βαθμούς Κέλβιν και $\varepsilon =$ συντελεστής ακτινοβολίας του σώματος που παίρνει τιμές από 0 έως 1, εφόσον το σώμα διαφέρει από το απολύτως μέλαν σώμα.

Η ακτινοβολούμενη ενέργεια που εκπέμπει ένα σώμα μετατρέπεται σε θερμότητα μόνο αν απορροφηθεί από το σώμα στο οποίο προσπίπτει. Η ποσότητα της ακτινοβολίας (I), η οποία απορροφάται σε ορισμένο βάθος X , δίνεται από τον νόμο του Beer:

$$I = I_0 e^{-\alpha x} \quad (3.2)$$

Όπου $I_0 = \eta$ ένταση της ακτινοβολίας που προσπίπτει στο θερμαινόμενο προϊόν και $\alpha = \eta$ συντελεστής απορρόφησης του θερμαινόμενου προϊόντος.

Το βάθος διείσδυσης X της υπέρυθρης ακτινοβολίας στα τρόφιμα είναι κατά κανόνα μικρό με αποτέλεσμα αυτή να προκαλεί γρήγορη θέρμανση και ροδοκοκκίνισμα της επιφάνειας του προϊόντος λόγω των αντιδράσεων Maillard και της καραμελοποίησης των σακχάρων. Επίσης, λόγω της έντονης εξάτμισης του νερού, στην επιφάνεια του προϊόντος δημιουργείται σκληρό στρώμα (κρούστα) που εμποδίζει την απομάκρυνση της υγρασίας και των πτητικών ουσιών από το εσωτερικό του τροφίμου με αποτέλεσμα αυτό να παραμένει χυμώδες και να διατηρεί το άρωμά του. Η διείσδυση της θερμότητας από τα επιφανειακά στρώματα στο εσωτερικό του τροφίμου γίνεται κυρίως με αγωγιμότητα και συνεπώς η θερμοκρασία μεταβάλλεται με βραδύ ρυθμό.

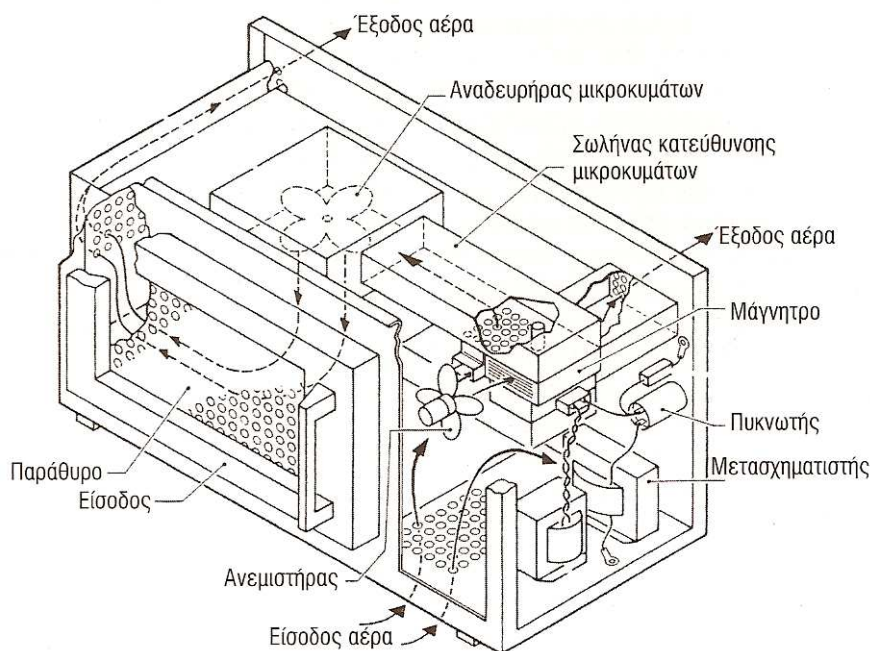
Η θέρμανση με υπέρυθρη ακτινοβολία εφαρμόζεται στα τρόφιμα, όταν επιδιώκεται να μεταβληθούν τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του προϊόντος, κυρίως το επιφανειακό του χρώμα και το άρωμα, καθώς επίσης η πεπτικότητά του, ώστε αυτό να γίνει ελκυστικό στον καταναλωτή και κατάλληλο προς βρώση. Παραδείγματα θέρμανσης τροφίμων με υπέρυθρη ακτινοβολία αποτελούν το ψήσιμο του γύρου, το φρυγάνισμα του ψωμιού Κ.ά.

3.2.2.2. Θέρμανση με μικροκύματα

Στη θέρμανση με μικροκύματα χρησιμοποιείται ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία με συχνότητα μεταξύ 3000 και 30000 MHz. Για οικιακή χρήση έχει παραχωρηθεί η συχνότητα 2450 MHz, στην οποία αντιστοιχεί μήκος κύματος 12.24 cm. Αντίθετα, για βιομηχανική χρήση στην Ευρώπη χρησιμοποιείται η συχνότητα 895 MHz και στις ΗΠΑ η συχνότητα 915 MHz.

Φούρνος μικροκυμάτων. Η θέρμανση των τροφίμων με μικροκύματα γίνεται μέσα σε ειδικούς φούρνους μικροκυμάτων. Οι φούρνοι μικροκυμάτων έχουν είτε τη μορφή θαλάμου μέσα στον οποίο τοποθετείται το προϊόν (Σχήμα 3.2.), είτε τη μορφή τούνελ μέσα από το οποίο διέρχεται το προϊόν σε λεπτό στρώμα με τη βοήθεια μεταφορικής ταινίας. Τόσο οι θάλαμοι όσο και τα τούνελ μικροκυμάτων έχουν πολύ καλή μόνωση, ώστε να αποφευχθεί τυχόν διαρροή μικροκυμάτων, η οποία θα μπορούσε να προκαλέσει βλάβη στο χειριστή, και τοιχώματα που αντανακλούν τα μικροκύματα και τα κατευθύνουν στο μέρος που τοποθετείται το προϊόν.

Επίσης, είναι εφοδιασμένοι με συσκευή παραγωγής των μικροκυμάτων, το μάγνητρο (magnetron), με σωλήνες αλουμινίου που κατευθύνουν τα μικροκύματα στο θάλαμο ή το τούνελ, με σύστημα ανάδευσης των μικροκυμάτων (ανεμιστήρα) για ομοιόμορφη κατανομή τους στο χώρο και τέλος με σύστημα περιστροφής του τροφίμου, ώστε να δέχεται την επίδραση των μικροκυμάτων από όλες τις πλευρές του.



Σχήμα 3.2. Φούρνος μικροκυμάτων

Αύξηση θερμοκρασίας τροφίμων κατά τη θέρμανση με μικροκύματα. Καθώς τα μικροκύματα, που προσπίπτουν στην επιφάνεια, διεισδύουν στο εσωτερικό ενός προϊόντος, χάνουν ηλεκτρική ενέργεια η οποία μετατρέπεται σε θερμότητα στο συγκεκριμένο σημείο διείσδυσης των μικροκυμάτων. Η θερμότητα που παράγεται διαχέεται στον γύρω περιβάλλοντα χώρο με αγωγιμότητα ή επαγωγή, επειδή δημιουργείται μια διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του σημείου παραγωγής της θερμότητας και του περιβάλλοντος χώρου. Η ταχύτητα διάχυσης της θερμότητας εξαρτάται από τη θερμική αγωγιμότητα του τροφίμου. Αν το προϊόν δεν έχει καλή θερμική αγωγιμότητα, υπάρχει κίνδυνος να υπερθερμανθεί στην επιφάνειά του, ενώ το εσωτερικό του θα παραμένει κρύο.

Η ισχύς της ενέργειας μικροκυμάτων (P_v) που απορροφάται ως θερμότητα από το προϊόν, ορισμένου όγκου v , στη μονάδα του χρόνου δίνεται από την εξίσωση:

$$P_v = k \cdot E^2 \cdot f \cdot \varepsilon'' \quad (3.3.)$$

Όπου k = σταθερά που εξαρτάται από τις μονάδες ισχύος και όγκου, E = η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου σε Volt/cm, f = η συχνότητα των μικροκυμάτων σε Hz και ε'' = ο συντελεστής διηλεκτρικών τριβών.

Η αύξηση της θερμοκρασίας στη μονάδα του χρόνου, την οποία θα προκαλέσει στο προϊόν η απορρόφηση της ενέργειας των μικροκυμάτων δίνεται από τη σχέση:

$$\frac{d\theta}{dt} = k' \cdot E^2 \cdot f \cdot \frac{\varepsilon''}{\rho \cdot c} \quad (3.4.)$$

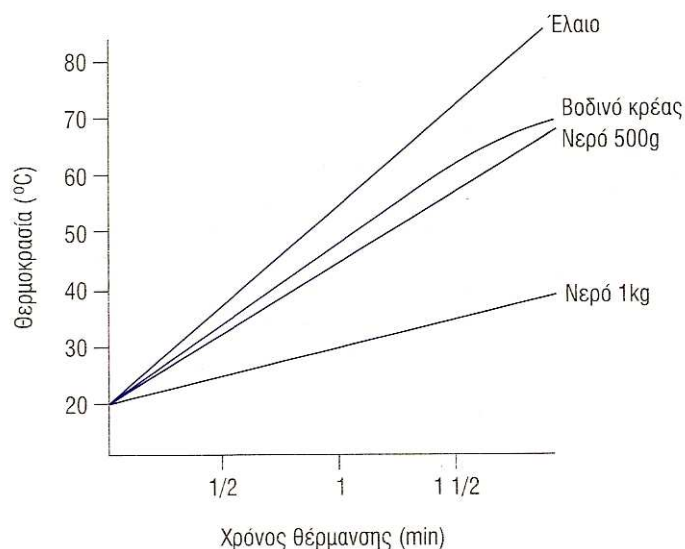
Όπου k' = σταθερά που εκφράζει τις μονάδες θερμοκρασίας και χρόνου, P = η πυκνότητα και c = η ειδική θερμότητα του προϊόντος

Η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου E και η συχνότητα των μικροκυμάτων είναι σταθερές και δεδομένες για μια συγκεκριμένη συσκευή μικροκυμάτων. Ο συντελεστής διηλεκτρικών τριβών ε'' , η πυκνότητα P και η ειδική θερμότητα c είναι ιδιότητες που εξαρτώνται από το προϊόν. Κατά συνέπεια, ο ρυθμός αύξησης της θερμοκρασίας ενός προϊόντος κατά τη θέρμανσή του με μικροκύματα σε δεδομένη συσκευή μικροκυμάτων είναι ανάλογος προς το συντελεστή διηλεκτρικών τριβών ε'' και αντιστρόφως ανάλογος προς την πυκνότητα και την ειδική θερμότητα του προϊόντος που προσδιορίζουν τη θερμοχωρητικότητά του (Σχήμα 3.3.).

Βάθος διείσδυσης μικροκυμάτων. Όταν τα μικροκύματα προσπίπτουν στην επιφάνεια ενός προϊόντος, έχουν μια ορισμένη ενέργεια. Καθώς όμως τα μικροκύματα διεισδύουν στο εσωτερικό του προϊόντος ένα μέρος της ενέργειας που μεταφέρουν απορροφάται ως θερμότητα.

Το βάθος στο οποίο η ενέργεια των μικροκυμάτων κατά τη διείσδυσή τους στο προϊόν μειώνεται στο $1/e$ ($e = 2.718282$), δηλαδή περίπου στο 37%, ορίζεται ως βάθος διείσδυσης (penetration depth). Το βάθος διείσδυσης (d) είναι ανάλογο προς το μήκος κύματος (λ) των μικροκυμάτων και εξαρτάται από τις διηλεκτρικές ιδιότητες ε' και ε'' του προϊόντος.

$$d = \frac{\lambda}{2\pi(\varepsilon' \cdot \varepsilon'' \delta)^{1/2}} \quad (3.5.)$$



Σχήμα 3.3.

Επίδραση της θερμοχωρητικότητας στο ρυθμό θέρμανσης των τροφίμων με μικροκύματα (Coles, 1993)

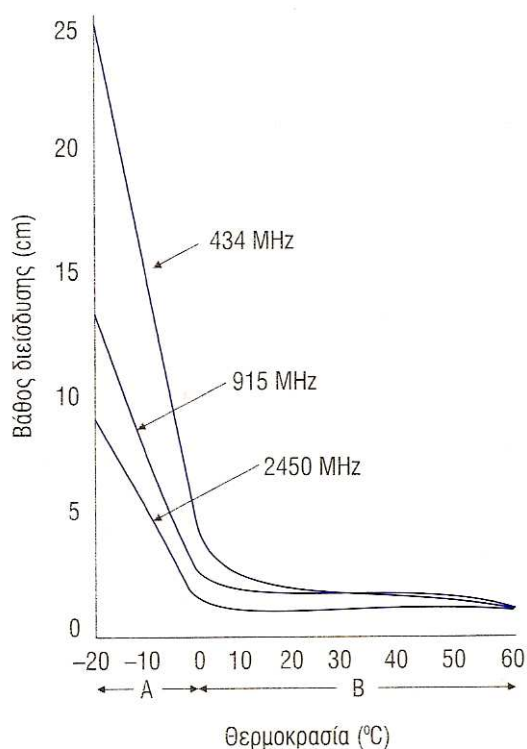
Το βάθος διείσδυσης μας επιτρέπει να αντιληφθούμε τη συμπεριφορά των προϊόντων στη θέρμανση με μικροκύματα. Αφού σε βάθος d απορροφάται το 63% της ενέργειας των μικροκυμάτων ως θερμότητα, σε βάθος $2d$ θα απορροφηθεί το 13.7% και σε $3d$ μόλις το 5%. Αν θεωρήσουμε ότι το προϊόν είναι ομοιογενές και το βάθος διείσδυσης είναι ομοιόμορφο, τότε τα εξωτερικά στρώματα του προϊόντος θα θερμανθούν γρηγορότερα από το κέντρο, αν το πάχος του προϊόντος είναι πολύ μεγαλύτερο από το βάθος διείσδυσης d . Ωστόσο, επικρατεί η εντύπωση ότι με τα μικροκύματα θερμαίνεται το εσωτερικό του προϊόντος, ενώ η επιφάνειά του είναι ψυχρή. Αυτό συμβαίνει, γιατί στην επιφάνεια του προϊόντος με τη θέρμανση επέρχεται εξάτμιση νερού η οποία απορροφά από τα επιφανειακά στρώματα τη λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης του νερού και προκαλεί την επιφανειακή ψύξη του προϊόντος.

Το βάθος διείσδυσης των μικροκυμάτων είναι αντιστρόφως ανάλογο της περιεκτικότητας του προϊόντος σε υγρασία (Πίνακας 3.2.) και της συχνότητας των μικροκυμάτων και εξαρτάται από τη θερμοκρασία (Σχήμα 3.4.). Στα καταψυγμένα τρόφιμα το βάθος διείσδυσης των μικροκυμάτων είναι πάρα πολύ μεγάλο. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ο πάγος έχει πολύ χαμηλό συντελεστή διηλεκτρικών τριβών, επειδή τα μόρια του νερού είναι δεσμευμένα και δεν μπορούν να μετακινηθούν ή να απορροφήσουν την ενέργεια των μικροκυμάτων.

Πίνακας 3.2.

Βάθος διείσδυσης μικροκυμάτων στα τρόφιμα (Reuter, 1993)

Περιεκτικότητα σε νερό	ϵ''	Βάθος διείσδυσης (cm)	
		915MHz	2450MHz
Υψηλή	15	8.4	3.1
Μέτρια	4	11.7	4.4
Χαμηλή	1.5	22.1	8.2



Σχήμα 3.4.

Βάθος διείσδυσης των μικροκυμάτων σε βοδινό κρέας σε σχέση με τη θερμοκρασία και τη συχνότητα.
A:κατεψυγμένο, B:αποψυγμένο (Reuter, 1993)

Εφαρμογές μικροκυμάτων στα τρόφιμα. Σε οικιακή χρήση η θέρμανση με μικροκύματα εφαρμόζεται στην απόψυξη καταψυγμένων τροφίμων καθώς και στο γρήγορο ζέσταμα και μαγείρεμα τροφίμων σε χώρους μαζικής εστίασης, όπως καντίνες, ξενοδοχεία, νοσοκομεία Κ.ά. Οι δυνατές εφαρμογές των μικροκυμάτων στη βιομηχανία τροφίμων συνοψίζονται στον Πίνακα 3.3. Ωστόσο, το υψηλό κόστος επένδυσης περιορίζει πολλές από τις εφαρμογές της μεθόδου σε βιομηχανική κλίμακα. Η πλέον συχνή εφαρμογή των μικροκυμάτων στη βιομηχανία είναι στο μαλάκωμα (tempering) καταψυγμένων προϊόντων που απαντούν σε μεγάλα τεμάχια (μπάλες), όπως κρέας και ψάρια, βούτυρο και άλλα εδώδιμα λίπη. Στην περίπτωση αυτή, με την εφαρμογή μικροκυμάτων σε συχνότητα 895 και 915 MHz, επιτυγχάνεται μέσα σε 10 min ταχεία και οικονομικά συμφέρουσα αύξηση της θερμοκρασίας των καταψυγμένων προϊόντων από τους -20°C στους -3°C . Στην κατάσταση αυτή το προϊόν, ενώ δεν έχει αποψυχθεί, έχει γίνει αρκετά μαλακό, ώστε μπορεί να τεμαχισθεί και να υποστεί παραπέρα επεξεργασία.

Πίνακας 3.3.

Δυνατές εφαρμογές των μικροκυμάτων στην επεξεργασία τροφίμων σε βιομηχανική κλίμακα (Reuter, 1993)

1. Θέρμανση χωρίς μεταβολή των ιδιοτήτων του προϊόντος

- α. Απόψυξη καταψυγμένων προϊόντων
- β. Μαλάκωμα (tempering) καταψυγμένων προϊόντων
- γ. Λιώσιμο βουτύρου και άλλων ενδώδιμων λιπών
- δ. Επαναθέρμανση τροφίμων

2. Θέρμανση με σκοπό τη μεταβολή των ιδιοτήτων του προϊόντος

- α. Διόγκωση αρτόμαζας
- β. Ζεμάτισμα λαχανικών (περιορισμένη εφαρμογή)
- γ. Μαγείρεμα όλων των τροφίμων
- δ. Ψήσιμο αρτοσκευασμάτων
- ε. Τηγάνισμα τροφίμων σε αβαθή δοχεία

3. Αφυδάτωση

- α. Αφυδάτωση σε ατμοσφαιρικές συνθήκες
- β. Αφυδάτωση υπό κενό

4. Καταστροφή μικροοργανισμών**α. Παστερίωση**

- i. Προϊόντων με υψηλή περιεκτικότητα σε υγρασία (έτοιμα φαγητά με κρέας, λαχανικά, κοκτέιλ φρούτων κ.ά.)
- ii. Προϊόντων με ενδιάμεση περιεκτικότητα σε υγρασία (π.χ. συσκευασμένο ψωμί, ζυμαρικά)
- iii. Αφυδατωμένων προϊόντων (π.χ. καρκεύματα)

β. Αποστείρωση τροφίμων σε υψηλές πιέσεις (περιορισμένη εφαρμογή)**γ. Ασηπτική επεξεργασία τροφίμων****3.2.2.3. Διηλεκτρική θέρμανση**

Η διηλεκτρική θέρμανση γίνεται επίσης με ηλεκτρομαγνητικά κύματα, στηρίζεται στην ίδια αρχή με τη θέρμανση μικροκυμάτων αλλά χρησιμοποιεί πολύ χαμηλότερες συχνότητες, συνήθως μεταξύ 60 και 100 MHz. Η πλέον ευρύτερα χρησιμοποιούμενη συχνότητα είναι αυτή των 40 MHz.

Στις συσκευές διηλεκτρικής θέρμανσης το τρόφιμο τοποθετείται ή διέρχεται μεταξύ δυο πλακών (πυκνωτών), υπό μορφή σάντουιτς, στις οποίες εφαρμόζεται εναλλασσόμενο ηλεκτρικό πεδίο υψηλής συχνότητας. Το εναλλασσόμενο αυτό πεδίο αλλάζει με μεγάλη συχνότητα τη φορά κίνησης των διπόλων του νερού και των ιόντων που απαντούν στο τρόφιμο. Το γεγονός αυτό προκαλεί τριβές μεταξύ των διπόλων του νερού και μεταξύ των ιόντων, με αποτέλεσμα να παράγεται θερμότητα, η οποία προκαλεί τη γρήγορη θέρμανση του προϊόντος.

Η ενέργεια (E, kW) που πρέπει να δαπανηθεί για να προκαλέσει μια ορισμένη αύξηση της θερμοκρασίας ενός προϊόντος κατά τη διέλευσή του μεταξύ των πυκνωτών μιας διηλεκτρικής συσκευής δίνεται από τη σχέση:

$$E = \frac{m \cdot c \cdot (\Theta_1 - \Theta_2)}{863} \quad (3.6.)$$

Όπου m = η ταχύτητα ροής του προϊόντος (kg/h), c = η ειδική θερμότητα και 61,62 = η αρχική και η τελική θερμοκρασία του προϊόντος

Η διηλεκτρική θέρμανση έχει τα ίδια χαρακτηριστικά με τη θέρμανση μικροκυμάτων. Διαφέρει όμως από τη θέρμανση με τα μικροκύματα στα εξής:

- Χρησιμοποιεί πολύ χαμηλές συχνότητες.
- Εξασφαλίζει καλύτερο έλεγχο των συνθηκών και της διάρκειας θέρμανσης του προϊόντος.
- Προκαλεί μικρότερη καταπόνηση στο προϊόν
- Το προϊόν πρέπει να έχει σταθερό σχήμα και διαστάσεις και το πάχος του περιορίζεται από την απόσταση μεταξύ των πυκνωτών.

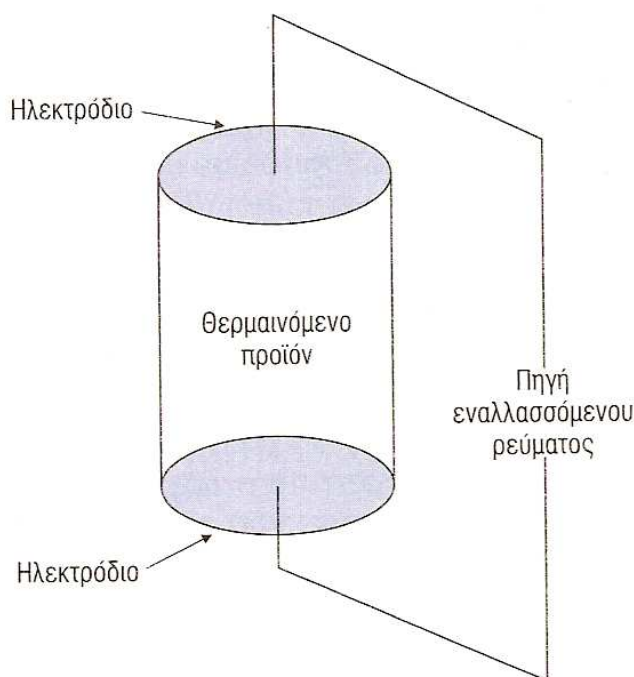
Η διηλεκτρική θέρμανση εφαρμόζεται στην τελική θέρμανση προϊόντων, όπως τα μπισκότα και οι φρυγανιές, την απόψυξη καταψυγμένων τροφίμων, όπως το κρέας, τα ψάρια και οι χυμοί φρούτων, και στην τήξη λιπών και σοκολάτας.

3.2.3. Ωμική θέρμανση

Όταν ένας αγωγός διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα, θερμαίνεται, επειδή η ενέργεια του ρεύματος μετατρέπεται σε θερμότητα. Το φαινόμενο αυτό είναι γνωστό στη φυσική ως φαινόμενο Joule. Η θερμότητα Q που αναπτύσσεται στον αγωγό είναι ανάλογη προς το τετράγωνο της έντασης του ρεύματος (I), την αντίσταση του αγωγού (R) και το χρόνο (t) που το ρεύμα διαρρέει τον αγωγό.

$$Q = I^2 R t \quad (3.7.)$$

Μηχανισμός της ωμικής θέρμανσης των τροφίμων. Τα τρόφιμα, τα οποία περιέχουν νερό και άλατα που μπορούν να ιονισθούν, έχουν την ικανότητα να επιτρέπουν τη διέλευση του ηλεκτρικού ρεύματος μέσα από αυτά, αλλά ταυτόχρονα προβάλλουν και ορισμένη αντίσταση στη διέλευσή του. Στην ωμική θέρμανση (ohmic heating, Joule heating, resistance heating, electroheating) ηλεκτρικό ρεύμα εντάσεως I διαπερνά στιγμιαία το τρόφιμο, το οποίο συμπεριφέρεται ως αγωγός με αντίσταση R (Σχήμα 3.5.). Λόγω του φαινομένου του Joule στο τρόφιμο αναπτύσσεται θερμότητα, η οποία προκαλεί την αύξηση της θερμοκρασίας του. Κατά συνέπεια, στην ωμική θέρμανση λαμβάνει χώρα απευθείας μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας σε θερμότητα. Επειδή η θερμότητα κατά την ωμική θέρμανση σχηματίζεται μέσα στο τρόφιμο, η ωμική θέρμανση είναι μια άμεση μέθοδος θέρμανσης.



Σχήμα 3.5. Αρχή ωμικής θέρμανσης των τροφίμων (Skudder, 1993)

Εφαρμογές της ωμικής θέρμανσης στα τρόφιμα. Αν και η ωμική θέρμανση εφαρμόστηκε στα τρόφιμα για πρώτη φορά το 1917, ωστόσο, άρχισε να παρουσιάζει ενδιαφέρον για τη βιομηχανία τροφίμων στις αρχές της δεκαετίας του 1990 και σήμερα εφαρμόζεται στις εξής περιπτώσεις:

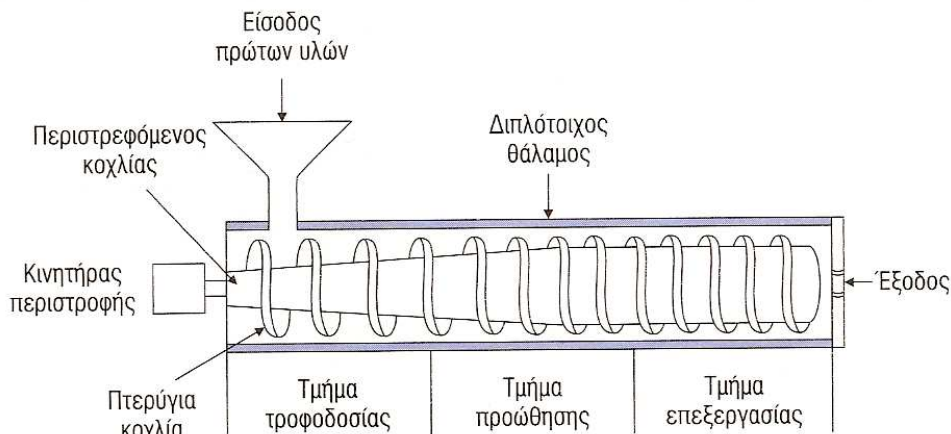
- στην ασηπτική επεξεργασία τροφίμων χαμηλής οξύτητας τα οποία αποτελούνται από υγρή φάση και αυτοτελή τεμάχια σε ποσοστό μέχρι 60% και μεγέθους μέχρι και 2.5 cm, όπως οι κύβοι φρούτων στις κομπόστες, ολόκληρες φράουλες σε σιρόπι, μπιζέλια σε άλμη Κ.ά ..
- στη θέρμανση ρευστών προϊόντων, όπως τα προϊόντα αυγού και ο. σάλτσες τομάτας, τα οποία είναι δύσκολο να θερμανθούν με άλλους τρόπους χωρίς τον κίνδυνο υποβάθμισης της ποιότητάς τους και γ) στην προθέρμανση προϊόντων πριν από την κονσερβοποίησή τους.

3.3. Θερμική Εξώθηση

Ως εξώθηση (extrusion) ορίζεται η μέθοδος παραγωγής προϊόντων με τη βοήθεια ειδικού μηχανήματος, του εξωθητή (extruder), η οποία γίνεται σε μια μόνο επεξεργασία που περιλαμβάνει πολλές διεργασίες, όπως την ανάμειξη ρευστών και στερεών πρώτων υλών, σε μορφή σκόνης ή κόκκων, το ζύμωμα, τη συμπίεση και πιθανόν την πρόσθετη θέρμανση της μάζας που προκύπτει και στη συνέχεια τη βίαιη έξοδό της από μικρό άνοιγμα κατάλληλου σχήματος (die), το οποίο προσδίδει και το σχήμα στο παραγόμενο προϊόν.

Με την εξώθηση μπορεί, από τις ίδιες πρώτες ύλες, να παραχθεί μια μεγάλη ποικιλία προϊόντων με διαφορετική μορφή (σχήμα) και δομή. Οι ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά των παραγόμενων τροφίμων εξαρτώνται από τον τύπο του χρησιμοποιούμενου εξωθητή και τις συνθήκες που επικρατούν κατά την εξώθηση, καθώς επίσης από τη σύνθεση των πρώτων υλών.

Ο εξωθητής αποτελείται από ένα ατέρμονα κοχλία, ο οποίος περιστρέφεται μέσα σε ένα κυλινδρικό θάλαμο (Σχήμα 3.6.). Η διάμετρος του κοχλία και το μέγεθος των προεξοχών του μεταβάλλονται στα διάφορα τμήματα του εξωθητή. Ο εξωθητής χωρίζεται στο τμήμα τροφοδοσίας, το τμήμα προώθησης και το τμήμα τελικής επεξεργασίας. Στο καθένα από τα τμήματα αυτά τα πτερύγια του κοχλία έχουν ορισμένο βάθος και ειδική κατασκευή, ώστε να προκαλούν ορισμένη κατεργασία στο προϊόν. Στο άκρο του θαλάμου υπάρχει η έξοδος, η οποία ανάλογα με το σχήμα της (οπή, σχισμή, ή άλλη σύνθετη διαμόρφωση) θα προσδώσει και το αντίστοιχο σχήμα στο προϊόν. Ο θάλαμος μέσα στον οποίο περιστρέφεται ο κοχλίας είναι διπλότοιχος και χωρισμένος επίσης σε τμήματα, στα οποία κυκλοφορεί ατμός υπό πίεση ή ψυχρό νερό, και φέρει θερμοστοιχεία και μανόμετρα για τον έλεγχο της θερμοκρασίας και της πίεσης κατά την εξώθηση. Χαρακτηριστικά μεγέθη του εξωθητή αποτελούν ο λόγος L/D (μήκος/διάμετρος) του κοχλία, το διάκενο μεταξύ του κοχλία και των τοιχωμάτων του θαλάμου, το μέγεθος και το σχήμα της εξόδου.



Σχήμα 3.6. Σχηματική απεικόνιση απλού μονοκόχλιου εξωθητή (Heldman and Hartel, 1997)

Η εξώθηση διακρίνεται, με βάση τη μέθοδο λειτουργίας του εξωθητή, σε θερμική εξώθηση και σε ψυχρή εξώθηση.

Στη θερμική εξώθηση (extrusion cooking ή hot extrusion) το προϊόν θερμαίνεται στη διάρκεια της παραγωγής του. Η θέρμανση του προϊόντος γίνεται: α) με τη θερμότητα που παράγεται από τις τριβές που αναπτύσσονται κατά το ζύμωμα και τη συμπίεση της μάζας του προϊόντος, β) με την κυκλοφορία ατμού στα διπλά τοιχώματα του θαλάμου, και γ) την εκτόξευση ατμού στο εσωτερικό του θαλάμου και την ανάμειξή του με το προϊόν,

Στην ψυχρή εξώθηση (cold extrusion) το προϊόν διατηρεί σε όλη τη διάρκεια της παραγωγής του τη θερμοκρασία περιβάλλοντος. Στην περίπτωση αυτή ο κοχλίας περιστρέφεται με μικρή ταχύτητα μέσα σε λείο θάλαμο, χωρίς να αναπτύσσονται τριβές και σημαντικές πιέσεις,

με αποτέλεσμα το προϊόν να μην υφίσταται μεταβολές στη δομή του. Ένας τέτοιος εξωθητής χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά στις αρχές της δεκαετίας του 1930 για την παραγωγή ζυμαρικών. Σήμερα η ψυχρή εξώθηση χρησιμοποιείται στην παραγωγή βουτύρου, σοκολάτας και ορισμένων προϊόντων ζαχαροπλαστικής, καθώς και στην ενθήκευση αλλαντικών προκειμένου να προσδώσει χαρακτηριστικά σχήματα στην εγκάρσια τομή των προϊόντων.

Διαδικασία Παραγωγής Προϊόντων Θερμικής Εξώθησης. Η εξώθηση είναι μια συνεχής παραγωγική διαδικασία κατά την οποία επιτελούνται συγκεκριμένες διεργασίες κατά την προώθηση του προϊόντος στα διάφορα τμήματα του εξωθητή.

Οι πρώτες ύλες επακριβώς ζυγισμένες και κατάλληλα προετοιμασμένες εισέρχονται αρχικά μέσα από χοάνη στο τμήμα τροφοδοσίας στις καθορισμένες για το κάθε προϊόν αναλογίες,

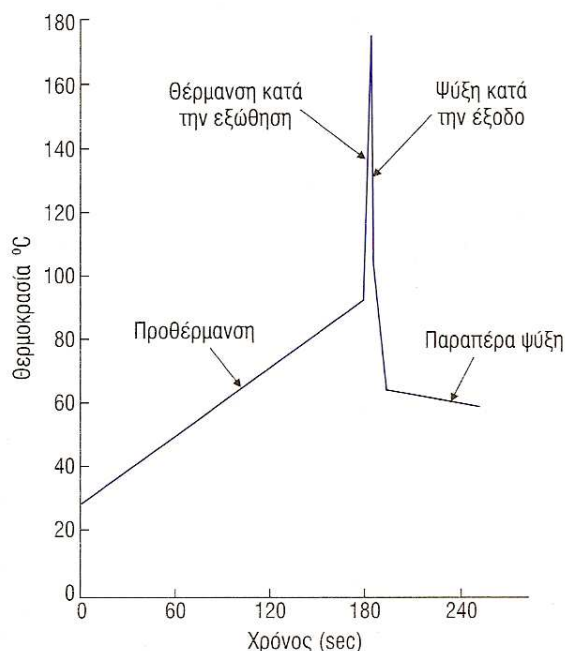
Στο τμήμα τροφοδοσίας (feeding section) τα πτερύγια του κοχλία έχουν μεγάλο βάθος που διευκολύνουν τη γρήγορη και εύκολη είσοδο των πρώτων υλών στον εξωθητή.

Στο τμήμα προώθησης (transition section) ή συμπίεσης (compression section) τα πτερύγια του κοχλία έχουν μικρότερο βάθος και ειδική κατασκευή που προκαλεί την ανάμειξη των πρώτων υλών και το ζύωμα της μάζας που προκύπτει. Η μάζα του προϊόντος γίνεται προοδευτικά πολτώδης και προωθούμενη προς τα εμπρός υφίσταται συνεχώς εντονότερο ζύωμα και συμπίεση με αποτέλεσμα να απομακρύνεται από αυτή ο εγκλωβισμένος αέρας και να αναπτύσσεται θερμότητα από τις τριβές. Το προϊόν σταδιακά θερμαίνεται και επέρχονται οι πρώτες μεταβολές στη δομή του. Τα μεγαλομόρια του αμύλου και των πρωτεϊνών αρχίζουν σταδιακά να ευθυγραμμίζονται και να διασπώνται σε μικρότερα τμήματα,

Στο τμήμα τελικής επεξεργασίας (metering section) τα πτερύγια του έλικα έχουν πολύ μικρό βάθος. Όταν η πολτώδης μάζα εισέλθει στο τμήμα αυτό, αναπτύσσονται πολύ μεγαλύτερες τριβές και διατμητικές τάσεις με αποτέλεσμα τη γρήγορη αύξηση της θερμοκρασίας. Επιπλέον, στο τμήμα αυτό η πολτώδης μάζα προσλαμβάνει και πρόσθετη θερμότητα από τα τοιχώματα του εξωθητή στα οποία κυκλοφορεί ατμός υπό πίεση. Αποτέλεσμα των έντονων τριβών και της πρόσθετης θερμότητας είναι η ακαριαία αύξηση της θερμοκρασίας της πολτώδους μάζας στους 150°C περίπου. Παρά την τόσο υψηλή θερμοκρασία που αποκτά η πολτώδης μάζα αποφεύγεται το βράσιμο και συνεπώς η απομάκρυνση της υγρασίας από αυτή, επειδή διατηρείται σε συνθήκες υψηλής πίεσης που φθάνει τις 40 έως 60 ατμόσφαιρες. Κάτω από αυτές τις συνθήκες της υψηλής θερμοκρασίας, των υψηλών πιέσεων και των μεγάλων διατμητικών τάσεων επέρχονται εντονότερες μεταβολές στη δομή των μακρομορίων που απαντούν στην πολτώδη μάζα του προϊόντος, όπως των πρωτεϊνών και του αμύλου.

Με την έξοδο του προϊόντος από τον εξωθητή, η υψηλή πίεση που επικρατεί στο τελευταίο τμήμα της τελικής επεξεργασίας ξαφνικά εξισώνεται με την ατμοσφαιρική πίεση. Η ξαφνική αυτή μείωση της πίεσης προκαλεί απότομη διαστολή της μάζας του προϊόντος, επειδή το νερό που υπάρχει σε αυτή ξαφνικά εξατμίζεται. Οι υδρατμοί που παράγονται προκαλούν τη στιγμιαία διόγκωση του προϊόντος, δηλαδή την αύξηση του όγκου του, ενώ η μάζα του παραμένει σχεδόν σταθερή, με αποτέλεσμα τη σημαντική μείωση της πυκνότητας του τελικού προϊόντος. Η ταχύτατη εξάτμιση της υγρασίας προκαλεί ταυτόχρονα τη γρήγορη μείωση της θερμοκρασίας του προϊόντος, γύρω στους 80°C σε χρόνο λίγων δευτερολέπτων, με αποτέλεσμα το προϊόν ψυχόμενο να γίνεται συμπαγές και στερεό και να αποκτά το σχήμα της εξόδου από τον εξωθητή. Στη συνέχεια το προϊόν κόβεται σε τεμάχια ομοιόμορφου μεγέθους με ειδικά περιστρεφόμενα μαχαίρια, υφίσταται πιθανόν παραπέρα αφυδάτωση και στη συνέχεια προωθείται στο τμήμα συσκευασίας,

Από τα παραπάνω γίνεται σαφές ότι κατά τη θερμική εξώθηση εφαρμόζεται HTST θερμική επεξεργασία (Σχήμα 3.7.), αφού η θερμοκρασία του προϊόντος ανέρχεται πολύ γρήγορα σε τιμές πάνω από 150°C και στη συνέχεια μειώνεται επίσης γρήγορα στους 80°C ή και χαμηλότερα.



Σχήμα 3.7.

Εξέλιξη της θερμοκρασίας του προϊόντος κατά τη θερμική εξώθηση

3.4. Ακτινοβολίες Ιονισμού

Η ακτινοβολία των τροφίμων (food irradiation) είναι μια φυσική μέθοδος συντήρησης η οποία συνίσταται σε έκθεση των τροφίμων, προσυσκευασμένων ή όχι, στην επίδραση ακτινοβολιών ιονισμού κάτω από προκαθορισμένες συνθήκες.

Η ακτινοβολία των τροφίμων ως μέθοδος συντήρησης έχει μελετηθεί περισσότερο από κάθε άλλη μέθοδο για περισσότερο από 50 χρόνια.

Η πρώτη έρευνα για την ακτινοβολία φράουλας έγινε το 1914 στη Σουηδία. Το 1921 εφαρμόστηκε για πρώτη φορά η ακτινοβολία του χοιρινού κρέατος στις ΗΠΑ για την καταστροφή του παρασίτου *Trichinella spiralis*. Το 1930 εκδόθηκε στη Γαλλία η πρώτη άδεια ευρεσιτεχνίας για τη συντήρηση τροφίμων με τη χρήση ακτινοβολιών ιονισμού. Το 1963 εγκρίθηκε στις ΗΠΑ η χρήση των ακτινοβολιών ιονισμού για τον έλεγχο εντόμων στα σιτηρά και τα άλευρα και το 1972 στην ακτινοβολία τροφίμων, όπως το χοιρομέρι κ.ά., για τη διατροφή των αστροναυτών.

Σήμερα, σε περισσότερες από 40 χώρες (Πίνακας 3.4.) έχει εγκριθεί η χρήση των ακτινοβολιών ιονισμού στην ακτινοβολία περισσότερων από 100 διαφορετικών προϊόντων για κατανάλωση. Από τις χώρες αυτές οι 25 περίπου έχουν εγκρίνει την εμπορική παραγωγή ορισμένων τροφίμων με τη χρήση ακτινοβολιών ιονισμού.

Πίνακας 3.4.

Χώρες που έχουν εγκρίνει την ακτινοβολία τροφίμων
(Barbosa – Canowaw και συν. , 1998)

Αλγερία	Γερμανία	Ισπανία	Κροατία	Ουγγαρία	Συρία
Αργεντινή	Γιουγκοσλαβία	Ισραήλ	Μεξικό	Ουκρανία	Τσεχία
Βέλγιο	Δανία	Ιταλία	Μπαγκλαντές	Ουρουγουάη	Ταϊλάνδη
Βιετνάμ	Η.Π.Α.	Καναδάς	Ν.Ζηλανδία	Πακιστάν	Φιλανδία
Βρετανία	Ιαπωνία	Κίνα	Νορβηγία	Περσία	Φιλιππίνες
Βραζιλία	Ινδία	Κορέα	Ν.Αφρική	Πολωνία	Χιλή
Γαλλία	Ινδονησία	Κούβα	Ολλανδία	Ρωσία	

Ακτινοβολίες Ιονισμού. Καθοδικές ακτίνες και ακτίνες X. Οι αόρατες ακτίνες που εκπέμπονται από την κάθοδο μέσα σε ένα γυάλινο σωλήνα κενού, στα άκρα του οποίου υπάρχει μεγάλη διαφορά τάσεως, είναι γνωστές ως καθοδικές ακτίνες και αποτελούνται από ηλεκτρόνια. Το 1895 ο Roentgen ανακάλυψε ότι, όταν οι καθοδικές ακτίνες προσπέσουν επάνω σε μεταλλική πλάκα τοποθετημένη απέναντι από την κάθοδο, εκπέμπουν μια αόρατη και πολύ διεισδυτική ακτινοβολία, γνωστή ως ακτίνες X (x-rays) ή ακτίνες Roentgen. Οι ακτίνες X είναι αόρατη ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία με μήκος κύματος από 0.05 έως 20 Å, δηλαδή πολύ μικρότερο από το μήκος κύματος της ορατής ακτινοβολίας που είναι 4000-7500Å.

Ραδιενέργεια. Το 1896 ο Becquerel ανακάλυψε ότι τα ορυκτά που περιέχουν ουράνιο ή ενώσεις του ουρανίου εκπέμπουν αδιάκοπα μια αόρατη ακτινοβολία. Τα στοιχεία που εκπέμπουν αυτές τις ακτινοβολίες είναι γνωστά ως ραδιενεργά στοιχεία και η ιδιότητά τους ως ραδιενέργεια. Η ραδιενέργεια οφείλεται σε αυτόματη έκρηξη του ατομικού πυρήνα κάθε ραδιενεργού στοιχείου. Μονάδα της ραδιενέργειας είναι το Becquerel (Bq). Μια ποσότητα ύλης εκπέμπει ραδιενέργεια ενός Becquerel, όταν στην ύλη αυτή γίνεται 1 πυρηνική έκρηξη ανά δευτερόλεπτο. Όλα τα τρόφιμα εκπέμπουν μια ορισμένη ποσότητα ραδιενέργειας. Η φυσική ραδιενέργεια των τροφίμων οφείλεται στα ραδιοϊσότοπα ^{40}K , ^{14}C και ^3H , που απαντούν στη φύση και πιθανόν στη μόλυνσή τους με τα ραδιοϊσότοπα ^{141}I , ^{144}CS και ^{147}Cs , που προέρχονται από τις δοκιμές των πυρηνικών όπλων και τα πυρηνικά ατυχήματα. Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει καθορίσει ως ανώτερο όριο ραδιενέργειας των τροφίμων τα 600 Bq/kg.

Η ακτινοβολία των ραδιενεργών στοιχείων αποτελείται από τις ακτίνες α (α radiation), που είναι ατομικοί πυρήνες ηλίου, από τις ακτίνες β (β radiation), που είναι ηλεκτρόνια, και από τις ακτίνες γ (γ radiation), που είναι ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία με πολύ μικρό μήκος κύματος.

Ακτινοβολίες Ιονισμού. Όταν ένα ηλεκτρόνιο προσπέσει σε ένα άτομο προκαλεί ανταλλαγή ενέργειας. Αν η ανταλλαγή ενέργειας είναι χαμηλή, το ηλεκτρόνιο είναι δυνατόν να δεσμευθεί στην εξωτερική τροχιά των ηλεκτρονίων του ατόμου. Το άτομο ιονίζεται και μετατρέπεται σε ένα αρνητικό ιόν. Είναι ωστόσο δυνατόν το ηλεκτρόνιο να αποδώσει ορισμένη από την ενέργειά του στα ηλεκτρόνια του ατόμου αναγκάζοντας αυτά να μεταπηδήσουν σε μεγαλύτερες τροχιές. Στην περίπτωση αυτή το άτομο βρίσκεται σε μια κατάσταση διέγερσης.

Η κατάσταση αυτή είναι ασταθής, διαρκεί πολύ λίγο χρόνο και τα ηλεκτρόνια επανέρχονται στις αρχικές τους τροχιές αποβάλλοντας την ενέργεια με τη μορφή φωτονίων. Αν η ανταλλαγή ενέργειας είναι μεγαλύτερη, τότε τροχιακά ηλεκτρόνια του ατόμου είναι δυνατόν να αποσπασθούν από το άτομο. Το άτομο και πάλι ιονίζεται και μετατρέπεται σε θετικό ιόν. Με ακόμη μεγαλύτερη ενέργεια προκαλείται διέγερση του πυρήνα, ο οποίος για να επανέλθει στην κανονική του κατάσταση αποβάλλει το πλεόνασμα της ενέργειας με τη μορφή φωτονίων. Τα φωτόνια αλληλεπιδρούν με τα άτομα της ουσίας στην οποία προσπίπτουν περίπου κατά τρόπο όμοιο με αυτό των ηλεκτρονίων.

Με βάση τα παραπάνω η ακτινοβολία με ηλεκτρόνια ή φωτόνια παρέχει ενέργεια ικανή να προκαλέσει ιονισμό των ατόμων που προσβάλλουν και να τα μετατρέψει σε ιόντα, όχι όμως αρκετή να προκαλέσει τη διέγερση του πυρήνα τους και να καταστήσει τα άτομα ραδιενεργά. Για το λόγο αυτό οι ακτινοβολίες ηλεκτρονίων και φωτονίων χαρακτηρίζονται ως ακτινοβολίες ιονισμού (ionization irradiation).

Οι ακτινοβολίες ιονισμού που εφαρμόζονται στα τρόφιμα είναι οι ηλεκτρομαγνητικές ακτινοβολίες περιορισμένης συχνότητας, όπως οι ακτίνες χ και οι ακτίνες γ και οι δέσμες ηλεκτρονίων περιορισμένης ενέργειας, όπως οι καθοδικές ακτίνες και οι ακτίνες β. Οι ακτινοβολίες αυτές διαφέρουν σημαντικά ως προς τη διεισδυτική τους ικανότητα.

Οι δέσμες ηλεκτρονίων έχουν πολύ μικρή διεισδυτική ικανότητα, γι' αυτό και είναι κατάλληλες για την ακτινοβόληση μικρών αντικειμένων ή την ακτινοβόληση της επιφάνειας μεγάλων αντικειμένων. Για την εφαρμογή τους στα τρόφιμα θα πρέπει αυτά να σχηματίζουν ένα πολύ λεπτό στρώμα ή να υποβάλλονται σε ακτινοβόληση και από όλες τις πλευρές τους.

Οι ακτίνες X και οι ακτίνες γ έχουν πολύ μεγαλύτερη διεισδυτική ικανότητα και σταδιακά διεισδύουν μέσα από το υλικό συσκευασίας και στο ίδιο το τρόφιμο. Προκειμένου όμως να διεισδύσει ομοιόμορφα σε όλα τα σημεία του τροφίμου μια ικανοποιητική δόση ακτινοβολίας, πρέπει το προϊόν και πάλι να εκτίθεται στην ακτινοβολία από όλες τις πλευρές του.

Πηγές ακτινοβολιών ιονισμού. Οι πηγές των ακτινοβολιών ιονισμού που χρησιμοποιούνται στα τρόφιμα είναι: α) οι μηχανές επιτάχυνσης ηλεκτρονίων και β) τα ραδιοϊσότοπα.

Οι μηχανές επιτάχυνσης ηλεκτρονίων αποτελούνται από ένα σωλήνα στον οποίο επικρατεί κενό και από μια ηλεκτρική πηγή. Τα ηλεκτρόνια που παράγουν οι μηχανές αυτές κινούνται με επιταχυνόμενη ταχύτητα μέσα στο σωλήνα επιτάχυνσης. Τα επιταχυνόμενα ηλεκτρόνια μπορούν να χρησιμοποιηθούν άμεσα για την ακτινοβόληση τροφίμων ή να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ακτίνων X. Οι μηχανές επιτάχυνσης ηλεκτρονίων μπορούν να τεθούν σε λειτουργία, όταν χρειάζονται. Όμως, το κόστος εγκατάστασης των μηχανών επιτάχυνσης ηλεκτρονίων είναι πολύ υψηλό, με συνέπεια την ανάγκη συνεχούς λειτουργίας, προκειμένου να καταστούν οικονομικά συμφέρουσες.

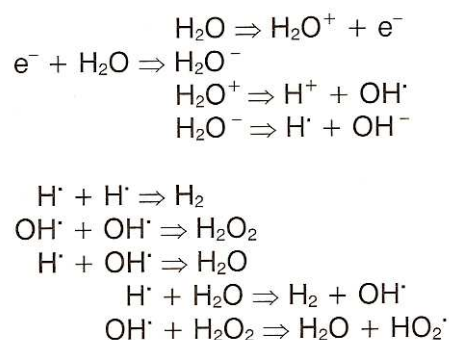
Τα ραδιοϊσότοπα (radionuclides) ως πηγή ακτινοβολιών χαρακτηρίζονται από την ιδιότητά τους να χάνουν την απόδοσή τους με το χρόνο. Η μείωση αυτή της απόδοσης των ραδιοϊσοτόπων αποδίδεται με τον όρο ημιζωή ή χρόνος υποδεκαπλασιασμού και εκφράζει το χρόνο μέσα στον οποίο διασπώνται οι μισοί από τους πυρήνες που αρχικά υπήρχαν σε ορισμένη μάζα του ραδιοϊσοτόπου. Κατά συνέπεια, για να είναι σταθερή η απόδοση των ραδιοϊσοτόπων, πρέπει αυτά να ανανεώνονται σε τακτά διαστήματα. Η συχνότητα ανανέωσης εξαρτάται από την ημιζωή των ραδιοϊσοτόπων. Το ραδιοϊσότοπο που χρησιμοποιείται συχνότερα στην ακτινοβόληση των τροφίμων είναι το κοβάλτιο-60 (^{60}Co). Το κοβάλτιο-60 έχει ημιζωή 5.3 έτη και εκπέμπει ακτίνες γ με μεγάλη διεισδυτική ικανότητα σε δυο μήκη κύματος με ενέργεια 1.17 και 1.33 MeV, αντίστοιχα. Επίσης, εκπέμπει ηλεκτρόνια με ενέργεια 0.31 MeV τα οποία όμως συγκρατούνται από το υλικό που περιβάλλει το ραδιοϊσότοπο και δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για ακτινοβόληση. Λιγότερο συχνά χρησιμοποιείται το ραδιοϊσότοπο κέσιο-147 (^{147}Cs) με ημιζωή 30 έτη, το οποίο εκπέμπει ακτίνες γ με ενέργεια 0.66 MeV και μικρότερη διεισδυτική ικανότητα από τις ακτίνες του ^{60}Co . Επειδή τα ραδιοϊσότοπα εκπέμπουν συνεχώς ακτινοβολία, για να είναι οικονομικά συμφέρουσα η ακτινοβόληση τροφίμων με αυτά πρέπει να είναι συνεχής επί 24ώρου βάσεως.

Επιδράσεις των Ακτινοβολιών στα Τρόφιμα. Η επίδραση των ακτινοβολιών ιονισμού στα τρόφιμα είναι άμεση και έμμεση. Η άμεση επίδραση συνίσταται στις μεταβολές που προκαλεί η ακτινοβόληση στα μόρια του τροφίμου. Η έμμεση επίδραση είναι αποτέλεσμα των μεταβολών που προκαλεί ο ιονισμός των μορίων του νερού που περιέχει το τρόφιμο.

Οι ακτινοβολίες ιονισμού που προσπίπτουν στα ακτινοβολούμενα τρόφιμα μεταφέρουν ενέργεια στα ηλεκτρόνια των μορίων, διασπών τους χημικούς δεσμούς και σχηματίζουν ηλεκτρικά φορτισμένα ιόντα (ions) και ουδέτερες ελεύθερες ρίζες (free radicals). Αυτά συμμετέχουν σε παραπέρα αντιδράσεις από τις οποίες παράγονται προϊόντα ικανά να Καταστρέψουν τους μικροοργανισμούς, τα έντομα και τα παράσιτα.

Οι ακτινοβολίες ιονισμού προκαλούν παράλληλα και ιονισμό των μορίων του νερού με αποτέλεσμα να σχηματίζονται αρχικά ενδιάμεσα προϊόντα, όπως διεγερμένο νερό (H_2O^*), ελεύθερες ρίζες OH^- και $\text{H}\cdot$, ιονισμένο μόριο νερού (H_2O^+) και ενυδατωμένα ηλεκτρόνια.

Τα προϊόντα αυτά αντιδρούν μεταξύ τους σύμφωνα με τις παρακάτω αντιδράσεις:



και σχηματίζουν ως τελικά προϊόντα υδρογόνο (H_2), υπεροξειδίο του υδρογόνου (H_2O_2), ρίζες υπεροξειδίου (HO_2^\cdot), ρίζες υδροξυλίου (OH^-), ρίζες υδρογόνου (H^-) και άλλα,

Το υπεροξειδίο του υδρογόνου (hydrogen peroxide) είναι ισχυρός οξειδωτικός παράγοντας που καταστρέφει κάθε βιολογικό σύστημα. Ισχυρός οξειδωτικός παράγοντας είναι επίσης οι ρίζες υδροξυλίου (hydroxyl radical), ενώ οι ρίζες υδρογόνου (hydrogen radical) είναι ισχυρός αναγωγικός παράγοντας. Και οι δυο αυτοί παράγοντες μπορούν να προκαλέσουν σοβαρές μεταβολές στη μοριακή δομή των οργανικών ουσιών,

Οι παραπάνω παράγοντες συμβάλλουν στη συντήρηση των τροφίμων, αφού Καταστρέφουν τα βακτήρια, τα έντομα και τα παράσιτα ή Καθιστούν ανενεργό το αναπαραγωγικό τους σύστημα. Ταυτόχρονα όμως είναι δυνατόν να οδηγήσουν στην Καταστροφή βιταμινών και στην ανάπτυξη δυσάρεστων οσμών ή να προκαλέσουν μεταβολές στα συστατικά των τροφίμων που επηρεάζουν θετικά τα οργανοληπτικά τους Χαρακτηριστικά.

Εφαρμογές των Ακτινοβολιών στα Τρόφιμα. Η ακτινοβόληση θεωρείται σήμερα μια ασφαλής και αποτελεσματική μέθοδος επεξεργασίας και συντήρησης των τροφίμων, η οποία, όπως και οι άλλες μέθοδοι, παρουσιάζει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα που σχετίζονται με τη φύση του προϊόντος που ακτινοβολείται. Η χρήση ακτινοβολιών θεωρείται η πλέον οικονομικός συμφέρουσα μέθοδος που καθιστά τα τρόφιμα ασφαλή από παθογόνους μικροοργανισμούς, περιορίζει τις απώλειες της γεωργικής παραγωγής μετά τη συγκομιδή από τα έντομα, το φύτρωμα και άλλες φυσιολογικές μεταβολές και διευκολύνει την εμπορία των προϊόντων αυτών.

Η τελευταία κοινή επιτροπή ειδικών εμπειρογνομόνων για την ασφάλεια των ακτινοβολημένων τροφίμων (Joint Expert Committee on the Wholesomeness of Irradiated Food-JECFI) των FAO, IAEA και WHO αποφάνθηκε το 1980 ότι «η ακτινοβόληση οποιουδήποτε τροφίμου με δόσεις ακτινοβολίας μέχρι 10 kGy δε δημιουργεί κανένα τοξικολογικό πρόβλημα ή ειδικό μικροβιολογικό πρόβλημα ή πρόβλημα θρεπτικών στοιχείων». Κατά συνέπεια τα τρόφιμα που υφίστανται ακτινοβολία μέχρι 10 kGy δε χρειάζονται καμία τοξικολογική εξέταση. Στο ίδιο συμπέρασμα κατέληξε το 1992 η επιτροπή εμπειρογνομόνων του WHO. Έτσι, η μέση δόση ακτινοβολιών που εφαρμόζεται στα τρόφιμα είναι 10 kGy, ενώ η μέγιστη συνιστώμενη δόση για τρόφιμα είναι 15 kGy. Πρόσθετες έρευνες στις ΗΠΑ έχουν δείξει ότι ακτινοβόληση τροφίμων με δόσεις ακτινοβολίας μέχρι 58 kGy δεν ασκεί καμία επικίνδυνη επίδραση στα τρόφιμα.

Η εφαρμογή των ακτινοβολιών ιονισμού στα τρόφιμα παρουσιάζει τα εξής Τεχνικο-οικονομικά πλεονεκτήματα:

- α) Αποτελεί τη μόνη εναλλακτική μέθοδο απεντόμωσης έναντι της χρήσης χημικών μέσων.
- β) Βελτιώνει την υγιεινή κατάσταση στερεών νωπών προϊόντων, όπως το κοτόπουλο, τα ιχθυηρά Κ.ά. χωρίς τη χρήση συντηρητικών.

- γ) Μειώνει τις απώλειες νωπών προϊόντων από τις προσβολές εντόμων και επιμηκύνει τη διάρκεια συντήρησής τους με την παρεμπόδιση του φυτρώματος, την επιβράδυνση της ωρίμανσης και την καταστροφή των αλλοιογόνων μικροοργανισμών.
- δ) Χρησιμοποιείται στην αποστείρωση καρυκευμάτων.
- ε) Η θέρμανση των τροφίμων κατά την ακτινοβόληση είναι ελάχιστη ή μηδαμινή, με αποτέλεσμα να μην υποβαθμίζονται τα οργανοληπτικά τους χαρακτηριστικά.
- στ) Η όλη διαδικασία ακτινοβόλησης των τροφίμων ελέγχεται αυτόματα και έχει χαμηλό κόστος λειτουργίας.
- ζ) Εξοικονομεί σημαντικά ποσά ενέργειας και είναι οικονομικά συμφέρουσα μέθοδος επεξεργασίας και συντήρησης τροφίμων.
- η) Συμβάλλει στην ανάπτυξη του διεθνούς εμπορίου.
- θ) Μπορεί να εφαρμοσθεί και σε συσκευασμένα τρόφιμα, με αποτέλεσμα να αποφεύγεται η επιμόλυνσή τους.
- ι) Μπορεί να εφαρμοσθεί και στα καταψυγμένα τρόφιμα.
- ια) Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διάφορες επεξεργασίες των τροφίμων.



Σχήμα 3.8. Διεθνές σήμα ακτινοβολημένων τροφίμων

3.5. Νεότερες Μη Θερμικές Μέθοδοι Επεξεργασίας

Στις νεότερες μεθόδους επεξεργασίας και συντήρησης των τροφίμων ανήκουν:

1. τα παλμικά ηλεκτρικά πεδία υψηλής τάσης,
2. το παλμικό φως υψηλής έντασης,
3. τα παλλόμενα μαγνητικά πεδία και
4. οι υπέρηχοι

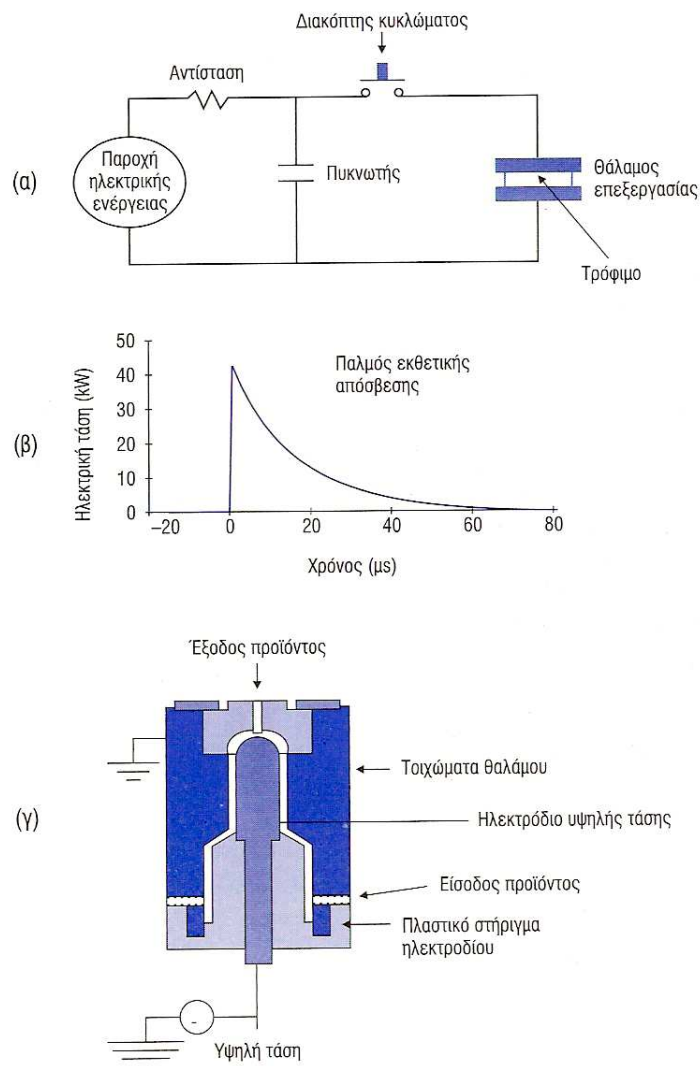
Στις μεθόδους αυτές δεν εφαρμόζεται θέρμανση κατά την επεξεργασία των τροφίμων και ο χρόνος επεξεργασίας είναι πολύ μικρός. Κατά συνέπεια οι μέθοδοι αυτές ενδείκνυνται για την παραγωγή ελάχιστα επεξεργασμένων τροφίμων. Ωστόσο, οι μέθοδοι αυτές δε βρίσκουν μέχρι σήμερα ευρεία εφαρμογή στη βιομηχανία τροφίμων, ενώ είναι πιθανή η εξέλιξή τους και η ευρύτερη εφαρμογή τους στο μέλλον.

3.5.1. Παλμικά Ηλεκτρικά Πεδία Υψηλής Τάσης

Στα παλμικά ηλεκτρικά πεδία υψηλής τάσης (high-intensity pulsed electric fields) ηλεκτρική ενέργεια χαμηλής ισχύος συλλέγεται για μεγάλο χρονικό διάστημα και αποθηκεύεται σε έναν πυκνωτή (capacitor). Η αποθηκευμένη ενέργεια διοχετεύεται με τη μορφή ηλεκτρικών εκκενώσεων (electrical discharges) σε χρόνο μόνο λίγων μικροδευτερολέπτων (μsec) μέσα σε ένα θάλαμο (treatment chamber) από τον οποίο διέρχεται το ρευστό προϊόν. Η στιγμιαία εκκένωση του πυκνωτή παράγει ηλεκτρικούς παλμούς (electric pulses) υψηλής τάσης. Η ένταση των ηλεκτρικών παλμών μειώνεται, καθώς αυτοί διέρχονται μέσα από το θάλαμο, γεγονός που μετατρέπει το θάλαμο σε ηλεκτρικό πεδίο υψηλής τάσης, ικανό να προκαλέσει την καταστροφή των μικροοργανισμών και των ενζύμων.

Ένα σύστημα παλμικού ηλεκτρικού πεδίου υψηλής τάσης περιλαμβάνει τα εξής στοιχεία (Σχήμα 3.9).

- Την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας χαμηλής ισχύος και το κύκλωμα με τις ηλεκτρικές αντιστάσεις
- Ένα ή περισσότερους πυκνωτές, χωρητικότητας 5-7 μF (microfarand), στους οποίους συλλέγεται και αποθηκεύεται η ηλεκτρική ενέργεια για μεγάλο σχετικά χρονικό διάστημα
- Ένα διακόπτη του κυκλώματος
- Το θάλαμο επεξεργασίας. Αυτός αποτελείται από δυο επίπεδα και παράλληλα ηλεκτρόδια άνθρακα στερεωμένα στο εσωτερικό ενός αγωγού. Η απόσταση μεταξύ των ηλεκτροδίων είναι πολύ μικρότερη από τις διαστάσεις της επιφάνειάς τους. Μέσα από τον αγωγό τους και συνεπώς από το κενό διάστημα των ηλεκτροδίων διέρχεται σε συνεχή ροή το ρευστό προϊόν το οποίο υφίσταται την επεξεργασία. Οι συνήθεις συνθήκες λειτουργίας ενός συστήματος παλμικού ηλεκτρικού πεδίου υψηλής τάσης με θάλαμο από παράλληλα ηλεκτρόδια είναι: όγκος θαλάμου 8 ή 20 cm^3 , απόσταση ηλεκτροδίων 0,51 ή 0,95 cm, ένταση ηλεκτρικού πεδίου 35 ή 70 kV/cm , διάρκεια παλμών 2-15 μsec , συχνότητα παλμών 1 Hz, ταχύτητα ροής του προϊόντος μέσα στον αγωγό 600 ή 1200 cm^3/min .



Σχήμα 3.9. Σύστημα παλμικού ηλεκτρικού πεδίου υψηλής τάσης. α. Ηλεκτρικό κύκλωμα, β. Παλμός εκθετικής απόσβεσης, γ. Λεπτομέρεια θαλάμου επεξεργασίας (Vega-Mercado και συν., 1999)

Εφαρμογή στα τρόφιμα. Τα παλμικά ηλεκτρικά πεδία υψηλής τάσης μπορούν να εφαρμοσθούν στην παστερίωση ρευστών προϊόντων, αφού καταστρέφουν τα βλαστικά κύτταρα των μικροοργανισμών. Ο χρόνος επεξεργασίας είναι πολύ μικρός και η θερμότητα, που παράγεται στα παλμικά ηλεκτρικά πεδία υψηλής τάσης, είναι ελάχιστη, με αποτέλεσμα να διατηρούνται σχεδόν αμετάβλητα τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά και τα θρεπτικά στοιχεία των τροφίμων, ακόμη και στην περίπτωση εφαρμογής ήπιας θέρμανσης. Επίσης, με βάση τα μέχρι σήμερα δεδομένα η μέθοδος θεωρείται ασφαλής, αφού δεν έχει αναφερθεί καμία αρνητική επίδραση στα συστατικά των τροφίμων που θα έθετε σε κίνδυνο την υγεία του καταναλωτή. Μειονέκτημα της μεθόδου αποτελεί το υψηλό κόστος εγκατάστασης.

Τα παλμικά ηλεκτρικά πεδία υψηλής τάσης εφαρμόζονται στα τρόφιμα, που έχουν χαμηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα και μπορούν να αντέξουν στις υψηλές τάσεις των ηλεκτρικών πεδίων, καθώς επίσης και στα τρόφιμα τα οποία δεν περιέχουν ή δεν έχουν την τάση να σχηματίζουν φισαλίδες. Η εφαρμογή των παλμικών ηλεκτρικών πεδίων υψηλής τάσης στα τρόφιμα διακρίνεται σε δυο συστήματα: το σύστημα Elsteril και το σύστημα Elcrack.

Το σύστημα Elsteril αναπτύχθηκε το 1990 στη Γερμανία και χρησιμοποιείται για την παστερίωση ρευστών προϊόντων, όπως το γάλα, τα ρευστά προϊόντα αυγού, οι χυμοί φρούτων και οι διάφορες σούπες. Η πρώτη ύλη, μετά την παραλαβή της και την πιθανή διατήρησή της με ψύξη, προωθείται με ειδική αντλία στο θάλαμο επεξεργασίας όπου υφίσταται την επίδραση του παλμικού ηλεκτρικού πεδίου υψηλής τάσης. Στη συνέχεια διέρχεται από εναλλάκτη θερμότητας όπου ψύχεται, συσκευάζεται κάτω από ασηπτικές συνθήκες και οδηγείται στο χώρο αποθήκευσης ή προωθείται στην αγορά.

Το σύστημα Elcrack χρησιμοποιείται στη διάρρηξη φυτικών και ζωικών κυττάρων για την πληρέστερη ανάκτηση του περιεχόμενου λίπους από φυτικούς και κυρίως ζωικούς ιστούς, όπως ψάρια και εντόσθια ζώων. Τα δυο συστήματα διαφέρουν μεταξύ τους μόνο ως προς την τάση του ηλεκτρικού πεδίου που εφαρμόζεται.

3.5.2. Παλμικό Φως Υψηλής Έντασης

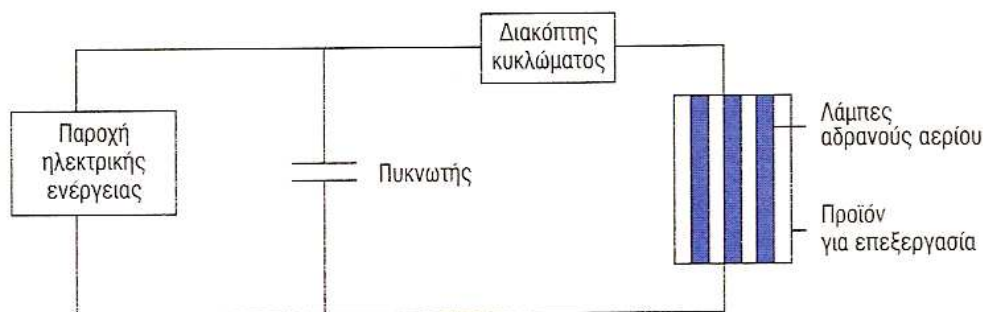
Το φως (light) είναι ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία της οποίας ένα τμήμα, που αντιστοιχεί στο ορατό φως, ερεθίζει το ανθρώπινο μάτι

Υπεριώδες φως, Το υπεριώδες φως (ultra-violet ή UV light) είναι ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία με μήκος κύματος από 3 έως 400 nm. Το υπεριώδες φως έχει μικροβιοκτόνες ιδιότητες χάρη στις οποίες βρίσκει πολλαπλές εφαρμογές σε εμπορική κλίμακα, Όμως, χαρακτηρίζεται για τη μικρή του διεισδυτική ικανότητα, με αποτέλεσμα η οποιαδήποτε δράση του έναντι των μικροοργανισμών να περιορίζεται μόνο στην επιφάνεια των προϊόντων ή των αντικειμένων στα οποία προσπίπτει.

Το υπεριώδες φως χρησιμοποιείται στην απολύμανση του αέρα και του νερού. Στην απολύμανση του νερού παρουσιάζει συγκριτικά πλεονεκτήματα έναντι της χλωρίωσης, όπως η εύκολη εγκατάσταση και το χαμηλό κόστος λειτουργίας και το γεγονός ότι δεν επηρεάζει τη γεύση του νερού, Επίσης, ειδικές λάμπες που εκπέμπουν υπεριώδη ακτινοβολία χρησιμοποιούνται στην τρυφεροποίηση του κρέατος σε συνθήκες περιβάλλοντος, επειδή καταστρέφουν την επιφανειακή μικροχλωρίδα που θα οδηγούσε στη γρήγορη αλλοίωσή του. Ίδιες λάμπες χρησιμοποιούνται για την καταστροφή μυκήτων στη επιφάνεια προϊόντων αρτοποιίας, την απολύμανση του αέρα στους χώρους εμφιάλωσης και ασηπτικής συσκευασίας, την αποστείρωση επιφανειών εργασίας και υλικών συσκευασίας και σε πολλές άλλες εφαρμογές.

Η αντιμικροβιακή δράση του υπεριώδους φωτός οφείλεται στην απορρόφηση της ενέργειας που αυτό εκπέμπει από τους διπλούς δεσμούς άνθρακα που απαντούν στα μόρια των πρωτεϊνών και των νουκλεονικών οξέων. Η ενέργεια αυτή προκαλεί μεταβολές που διαταράσσουν τον μεταβολισμό και τον πολλαπλασιασμό των κυττάρων, Το υπεριώδες φως είναι ασφαλές και φιλικό στο περιβάλλον. Όταν, όμως, χρησιμοποιείται σε μεγάλες δόσεις επηρεάζει αρνητικά το άρωμα των τροφίμων, επειδή επιταχύνει τις διάφορες αντιδράσεις οξειδωσης.

Παλμικό φως. Το παλμικό φως (pulsed light) παράγεται, όταν η ηλεκτρική ενέργεια από μια κοινή παροχή ρεύματος συσσωρεύεται σε έναν πυκνωτή για χρονικό διάστημα που ανέρχεται σε κλάσμα δευτερολέπτου και στη συνέχεια ελευθερώνεται σε ασύγκριτα μικρότερο χρόνο, σε εκατομμυριοστά ή χιλιοστά του δευτερολέπτου, με διέλευση του παραγόμενου ρεύματος με τη μορφή παλμών μέσα από λάμπα αδρανούς αερίου. Στην περίπτωση αυτή παράγονται έντονες αναλαμπές (flash) λευκού φωτός πολύ μικρής διάρκειας, συνήθως 1μsec έως 0,1sec και με συχνότητα 1-20 αναλαμπές/sec (Σχήμα 3.10.).



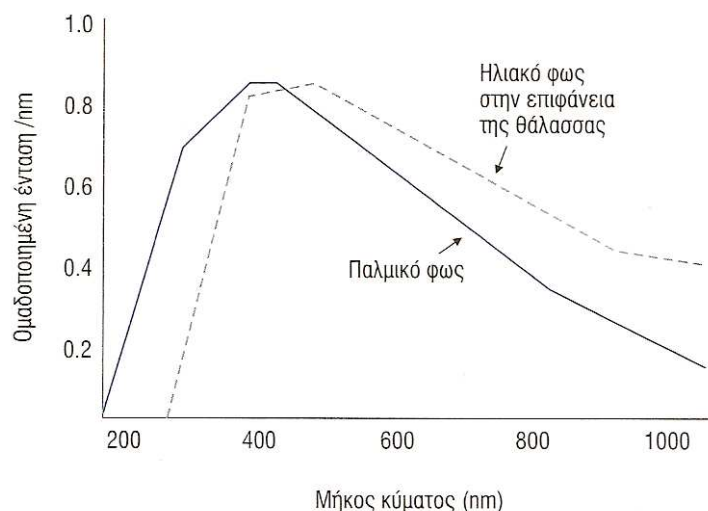
Σχήμα 3.10. Σχηματική απεικόνιση του τρόπου παραγωγής παλμικού φωτός (Barbosa Canovas και συν., 1998)

Το παλμικό φως έχει παρόμοιο φάσμα με το ηλιακό φως (Σχήμα 3.11.).

Έχει μήκος κύματος από 200 nm, που αντιστοιχεί στο υπεριώδες φως, έως τα 1000 nm (1 μm) που βρίσκεται κοντά στην υπέρυθη ακτινοβολία, με κορυφή εκπομπής τα 400 έως 500 nm, Όμως, η αναλαμπή, (flash) του παλμικού φωτός έχει ένταση περίπου 20.000 φορές εντονότερη από το ηλιακό φως στην επιφάνεια της θάλασσας. Επιπλέον περιέχει ορισμένα μήκη κύματος, που αντιστοιχούν στο υπεριώδες φως, τα οποία δεν έχει το ηλιακό φως, επειδή αυτό φιλτράρεται από την ατμόσφαιρα της γης. Τέλος, τα μήκη κύματος που χρησιμοποιούνται για το παλμικό φως ανήκουν στο τμήμα εκείνο της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας το οποίο δεν προκαλεί ιονισμό στα μικρά μόρια και επομένως είναι ασφαλές. Η ενέργεια του παλμικού φωτός που μεταφέρεται σε μια επιφάνεια εκφράζεται σε J/cm^2 .

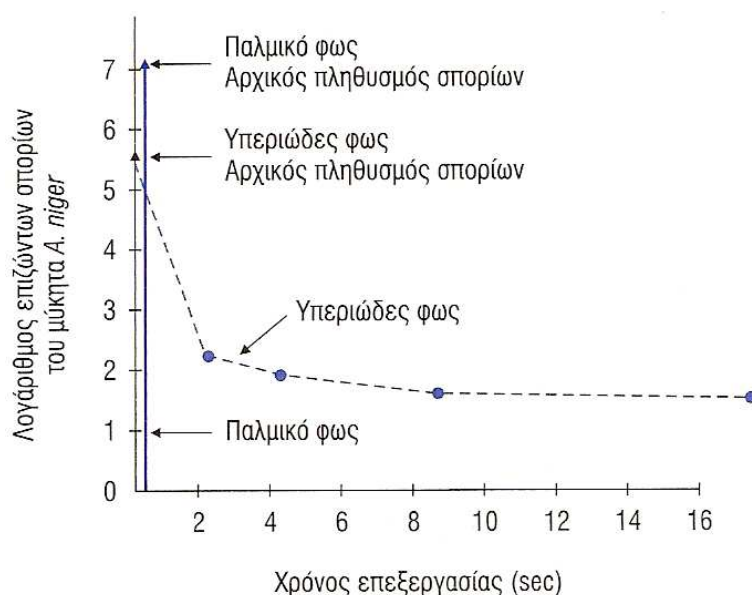
Επίδραση του παλμικού φωτός στους μικροοργανισμούς. Το παλμικό φως έχει την ιδιότητα να καταστρέφει τους μικροοργανισμούς, τόσο τα βλαστικά κύτταρα όσο και τα σπόρια των βακτηρίων και των μυκήτων. Αυτό επιτυγχάνεται με ένα συνδυασμό φωτοχημικών και φωτοθερμικών επιδράσεων που ασκεί στους μικροοργανισμούς.

Το μέρος του υπεριώδους φωτός που περιέχεται στο παλμικό φως είναι υπεύθυνο για το φωτοχημικό αποτέλεσμα, επειδή προσροφάται από τους διπλούς δεσμούς των πρωτεϊνών και των νουκλεϊνικών οξέων και διαταράσσει το μεταβολισμό των κυττάρων. Όμως, το μεγαλύτερο μέρος του παλμικού φωτός ασκεί φωτοθερμική επίδραση στους μικροοργανισμούς. Το μέρος αυτό του παλμικού φωτός μεταφέρει σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα μεγάλη ποσότητα ενέργειας στην επιφάνεια του μέσου που προσπίπτει, με αποτέλεσμα να αυξάνει τη θερμοκρασία σε ένα λεπτό στρώμα της σε τιμές αρκετά υψηλές που προκαλούν την καταστροφή των μικροοργανισμών.



Σχήμα 3.11. Σύγκριση μήκους κύματος ηλιακού και παλμικού φωτός (Dunn και συν., 1995)

Πειραματικά δεδομένα έδειξαν ότι το παλμικό φως με δύο μόνο παλμούς των 0.75 J/cm^2 προκάλεσε την πλήρη καταστροφή του *S. aureus* που είχε εμβολιασθεί σε πληθυσμούς 10^7 cfu/g σε τρυβλία με άγαρ. Τα παθογόνα βακτήρια *Escherichia coli* O157:H7 και *Listeria monocytogenes*, τα σπόρια του *Bacillus rumilus* και τα κονιδιοσπόρια του μύκητα *Aspergillus niger* που εμβολιάστηκαν σε πληθυσμούς 10^5 cfu/g καταστράφηκαν με την επίδραση παλμικού φωτός με ένα μόνο παλμό $0.5\text{-}1 \text{ J/cm}^2$, ενώ η εφαρμογή 2-4 παλμών προκάλεσε μείωση του πληθυσμού των παραπάνω μικροοργανισμών κατά 7-9 λογαριθμικούς κύκλους. Επίσης, βρέθηκε ότι η επεξεργασία του νερού με το παλμικό φως επέφερε μείωση στις ωοκύστες της *Klebsiella* και του *Cryptosporidium* κατά 6-7 λογαριθμούς/ml με την εφαρμογή δύο παλμών των 0.5 J/cm^2 ή ενός μόνο παλμού του 1 J/cm^2 , ενώ αυτές είναι ανθεκτικές τόσο στη χλωρίωση όσο και στην επίδραση του υπεριώδους φωτός. Σε σύγκριση με το υπεριώδες φως το παλμικό φως έχει ασύγκριτα μεγαλύτερη ικανότητα καταστροφής των μικροοργανισμών (Σχήμα 3.12.). Ένας πολύ μικρός αριθμός αναλαμπών παλμικού φωτός προκαλεί σχεδόν ακαριαία μείωση στον πληθυσμό των εμβολιασμένων σπορίων του μύκητα *Aspergillus niger* κατά 7 λογαριθμικούς κύκλους. Αντίθετα, το υπεριώδες φως προκαλεί μια αρχική μείωση στον πληθυσμό των σπορίων του μύκητα κατά 3-4 λογαριθμικούς κύκλους μέσα σε 2-4 sec, ενώ στη συνέχεια η δράση του παραμένει μικρή έως ασήμαντη.



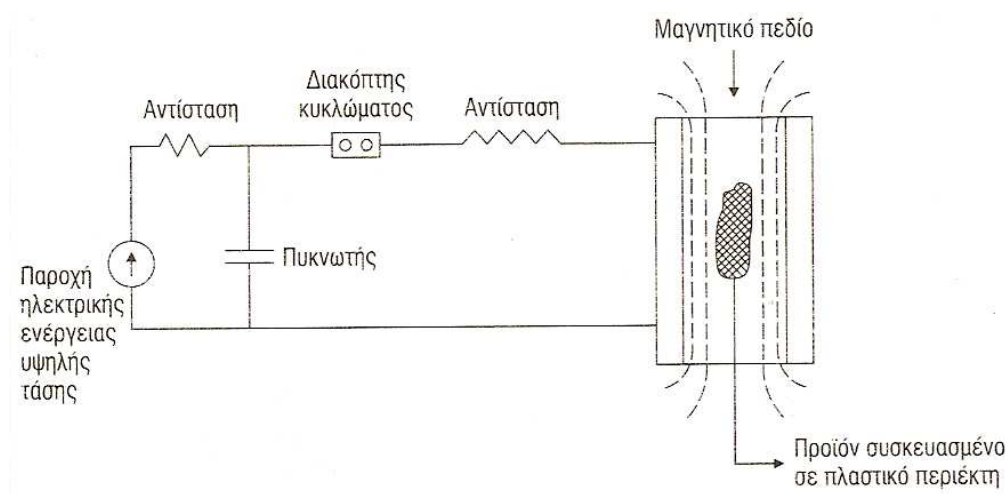
Σχήμα 3.12. Επίδραση του παλμικού και του υπεριώδους φωτός στην καταστροφή των σπορίων του μύκητα *Aspergillus niger* (Dunn και συν., 1995)

3.5.3. Παλλόμενα Μαγνητικά Πεδία

Ως μαγνητικό πεδίο (magnetic fields) ορίζεται η περιοχή στην οποία ένα μαγνητικό σώμα έχει την ικανότητα να μαγνητίζει τα σωματίδια τα οποία βρίσκονται γύρω από αυτό. Τα μαγνητικά πεδία διακρίνονται σε στατικά (static) και σε παλλόμενα (oscillating). Στα στατικά μαγνητικά πεδία η ένταση του μαγνητικού πεδίου είναι σταθερή με το χρόνο. Αντίθετα, τα παλλόμενα μαγνητικά πεδία εφαρμόζονται με τη μορφή παλμών και σε κάθε παλμό η ένταση του μαγνητικού πεδίου μειώνεται με το χρόνο κατά 10% περίπου σε σχέση με την αρχική. Τα μαγνητικά πεδία διακρίνονται επίσης σε ομοιογενή και ετερογενή, ανάλογα με το αν η έντασή τους είναι ομοιόμορφη ή όχι στην περιοχή του μαγνητικού πεδίου.

Τα μαγνητικά πεδία επηρεάζουν τους ζωντανούς οργανισμούς. Μεταξύ των βακτηρίων υπάρχουν ορισμένα, γνωστά ως μαγνητοτακτικά (magnetotactic), τα οποία έχουν την ικανότητα να συνθέτουν μαγνητικά σωματίδια, τα μαγνητόσωμα (magnetosomes). Κύριο συστατικό των σωματιδίων αυτών είναι η ουσία μαγνητίτης (magnetite), η οποία περιέχει στο μόριό της σίδηρο που προσλαμβάνουν τα βακτήρια από το περιβάλλον. Η ουσία αυτή βοηθάει τα βακτήρια να κινούνται στους ωκεανούς σε ορισμένες κατευθύνσεις, ακολουθώντας το μαγνητικό πεδίο της γης.

Παραγωγή παλλόμενου μαγνητικού πεδίου. Παλλόμενα μαγνητικά πεδία, με μαγνητική πυκνότητα 5-50 Tesla, μπορούν να παραχθούν με υπεραγωγία πηνία ή με πηνία τα οποία ενεργοποιούνται με απελευθέρωση ενέργειας. Στη δεύτερη περίπτωση ηλεκτρική ενέργεια αποθηκεύεται σε έναν πυκνωτή ο οποίος φορτίζεται. Όταν κλείνει ο διακόπτης και αποκαθίσταται ένα πλήρες κύκλωμα, τότε μεταξύ των πλακών του πυκνωτή δημιουργείται ένα παλλόμενο ηλεκτρικό ρεύμα. Το ρεύμα αυτό διέρχεται μέσα από πηνίο δημιουργεί με τη σειρά του το παλλόμενο μαγνητικό πεδίο (Σχήμα 3.13.). Η συχνότητα του μαγνητικού πεδίου καθορίζεται από τη χωρητικότητα του πυκνωτή, καθώς επίσης από την αντίσταση (resistor) και την επαγωγή (inductance) του πηνίου.



Σχήμα 3.13. Σχηματική απεικόνιση δημιουργίας παλλόμενου μαγνητικού πεδίου (Barbosa-Canovas και συν., 1998)

Εφαρμογές στα τρόφιμα. Τα παλλόμενα μαγνητικά πεδία έχουν εφαρμοσθεί στο γάλα, στη γιαούρτη, στο χυμό πορτοκαλιού, και σε ζύμη. Τα αποτελέσματα εφαρμογής των παλλόμενων μαγνητικών πεδίων στους μικροοργανισμούς-στόχους των προϊόντων αυτών συνοψίζονται στο Πίνακα 3.5. Επίσης, τα παλλόμενα μαγνητικά πεδία έχουν εφαρμοσθεί στην απολύμανση του νερού με πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα.

Πίνακας 3.5.

Επίδραση των παλλόμενων μαγνητικών πεδίων στους αλλοιογόνους μικροοργανισμούς ορισμένων τροφίμων (Barbosa-Canovas και συν., 1998)

Συνθήκες εφαρμογής Αποτελέσματα	Γάλα	Γιαούρτι	Χυμός πορτοκαλιού	Ζύμη
Ένταση μαγνητικού πεδίου(Tesla)	12	40	40	7.5
Αριθμός παλμών	1	10	1	1
Συχνότητα παλμών(kHz)	6.0	416	416	8.5
Θερμοκρασία(°C)	23	4	20	-
Μικροοργανισμός αναφοράς	A	B	Γ	Δ
Αρχικός πληθυσμός(cfu/ml)	25000	3500	25000	3000
Τελικός πληθυσμός(cfu/ml)	970	25	6	1

A= *Streptococcus thermophilus*, B= *Saccharomyces*, Γ = *Saccharomyces*, Δ= σπόρια βακτηρίων

Για την επιτυχή εφαρμογή των παλλόμενων μαγνητικών πεδίων στα τρόφιμα πρέπει αυτά να έχουν υψηλή ειδική ηλεκτρική αντίσταση, η οποία να είναι μεγαλύτερη από 10-25 Ohms-cm. Για παράδειγμα, η ειδική ηλεκτρική αντίσταση του χυμού πορτοκαλιών είναι 30 Ohms-cm. Επίσης, το πάχος του τροφίμου είναι σημαντικός παράγων. Όσο μικρότερη είναι η ειδική ηλεκτρική αντίσταση και μεγαλύτερο το πάχος του τροφίμου, τόσο μεγαλύτερη πρέπει να είναι η ένταση του μαγνητικού πεδίου.

Η επεξεργασία των τροφίμων με τα παλλόμενα μαγνητικά πεδία γίνεται ως εξής: Το προϊόν αρχικά συσκευάζεται σε πλαστικό περιέκτη. Η συσκευασία σε μεταλλικούς περιέκτες είναι ακατάλληλη. Το συσκευασμένο προϊόν εισέρχεται εντός του πηνίου και υποβάλλεται στην επίδραση του παλλόμενου μαγνητικού πεδίου με 1-100 παλμούς και σε συχνότητα 5-500 kHz, σε θερμοκρασία 0° έως 50°C, σε συνθήκες ατμοσφαιρικής πίεσης και σε χρόνο από 25 msec έως 10 msec. Κατά την επεξεργασία του τροφίμου κάτω από αυτές τις συνθήκες παρατηρείται μια μικρή αύξηση της θερμοκρασίας κατά 2-5 °C, η οποία κατά κανένα τρόπο δεν επηρεάζει τα θρεπτικά στοιχεία και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του προϊόντος.

Η εφαρμογή των παλλόμενων μαγνητικών πεδίων στα τρόφιμα θεωρείται ασφαλής μέθοδος. Η υψηλή ένταση του μαγνητικού πεδίου περιορίζεται μόνο στο χώρο που βρίσκεται μέσα στο πηνίο και στο αμέσως παρακείμενο περιβάλλον, ενώ μειώνεται γρήγορα σε μικρή απόσταση από αυτό. Για παράδειγμα, αν η ένταση του μαγνητικού πεδίου στο πηνίο είναι 7 T, σε απόσταση δυο μέτρων από αυτό η ένταση μειώνεται σε 7×10^{-5} T. Κατά συνέπεια, ο χειριστής που βρίσκεται σε λογική απόσταση από τη συσκευή του μαγνητικού πεδίου δε διατρέχει κανέναν κίνδυνο και το μαγνητικό πεδίο μπορεί να λειτουργεί χωρίς πρόσθετα προστατευτικά μέτρα.

Κατά συνέπεια τα παλλόμενα μαγνητικά πεδία μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως μια εναλλακτική μέθοδος παστερίωσης των τροφίμων. Σε σχέση με τη συμβατική παστερίωση των τροφίμων με θέρμανση αυτά παρουσιάζουν τα εξής πλεονεκτήματα: α) Ελαχιστοποιούν την καταστροφή των θρεπτικών στοιχείων και των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών, με αποτέλεσμα το προϊόν να διατηρεί την αρχική του φρεσκότητα, β)μειώνουν την απαιτούμενη ενέργεια για την επαρκή επεξεργασία του προϊόντος και γ) αποτρέπουν την επιμόλυνση του τροφίμου, αφού η επεξεργασία του γίνεται μετά τη συσκευασία του, με αποτέλεσμα να επιμηκύνεται η διάρκεια συντήρησής του.

Ωστόσο, πολλοί ισχυρίζονται ότι τα παλλόμενα μαγνητικά πεδία δεν έχουν μέχρι σήμερα μελετηθεί επαρκώς, υπάρχουν αμφιβολίες σχετικά με την ασφάλειά τους και η χρήση τους δε βρίσκει εμπορική εφαρμογή .

3.5.4. Υπέρηχοι

Οι υπέρηχοι (ultrasound, ultrasonics) είναι ηχητικά κύματα με συχνότητα μεγαλύτερη από 15 kHz, με αποτέλεσμα να μη γίνονται αντιληπτά από το ανθρώπινο αυτί. Τα δελφίνια και οι νυχτερίδες χρησιμοποιούν υπερήχους χαμηλής έντασης για να εντοπίσουν την τροφή τους, ενώ ορισμένα θαλασσινά ζώα χρησιμοποιούν παλμούς υπερήχων υψηλής έντασης για να εντοπίσουν και να εξουδετερώσουν το θήραμά τους.

Υπέρηχοι χαμηλής έντασης ($<1 \text{ W/cm}^2$) χρησιμοποιούνται στην κατασκευή ανιχνευτών (sensors). Με τους ανιχνευτές αυτούς μετρείται η ταχύτητα ροής προϊόντων σε σκόνη, προσδιορίζεται η περιεκτικότητα στερεών συστατικών σε μείγματα στερεών/υγρών και ελέγχεται η ομαλή λειτουργία μηχανημάτων. Επίσης, υπέρηχοι υψηλής έντασης ($10\text{-}1000 \text{ W/cm}^2$) και συχνότητας μέχρι 2.5 MHz βρίσκουν πολλές εφαρμογές στην επεξεργασία των τροφίμων, οι σπουδαιότερες από τις οποίες είναι οι εξής:

- Καθαρισμός πρώτων υλών
- Τεμαχισμός τροφίμων
- Ομογενοποίηση τροφίμων
- Διασπορά κόκκων σε υγρά
- Αφυδάτωση τροφίμων (ultrasonic or acoustic drying)
- Καταιονισμός ρευστών για αφυδάτωση με ψεκασμό
- Συγκόλληση μεμβρανών συσκευασίας (ultrasonic sealing)
- Εκχύλιση ουσιών από πρώτες ύλες
- Επιτάχυνση διάχυσης μέσα από μεμβράνες και βιολογικά υλικά
- Απαέρωση υγρών προϊόντων
- Τρυφεροποίηση κρέατος
- Παλαίωση οίνων και λικέρ
- Καθαρισμός επιφανειών και εξοπλισμού

Όταν τα ηχητικά κύματα των υπερήχων προσπίπτουν σε ένα υγρό μέσο, δημιουργούν στο σημείο της πρόσπτωσης κύματα. Τα κύματα αυτά μεταδίδονται στο εσωτερικό τού μέσου και σχηματίζουν εναλλασσόμενες ζώνες συμπίεσης και διαστολής του υγρού. Αυτές, κάτω από ορισμένες συνθήκες, προκαλούν το σχηματισμό μόνιμων ή παροδικών κοιλιοτήτων (cavitation) που μετατρέπονται σε φυσαλίδες (bubbles). Με τη συνεχή επίδραση των υπερήχων οι φυσαλίδες αυξάνουν σε μέγεθος. Όταν όμως το μέγεθός τους υπερβεί ένα οριακό σημείο, οι φυσαλίδες καταρρέουν. Η συνεχής δημιουργία και κατάρρευση των φυσαλίδων δημιουργεί μέσα στο υγρό μικροσκοπικές περιοχές, όπου η θερμοκρασία και η πίεση αυξάνουν πολύ γρήγορα και σε πολύ υψηλές τιμές. Σήμερα πιστεύεται ότι όλες οι μεταβολές που συμβαίνουν στα υγρά και ρευστά προϊόντα με την επίδραση των υπερήχων οφείλονται στο σχηματισμό κοιλιοτήτων και τη μετατροπή τους σε φυσαλίδες, στην αύξηση σε μέγεθος και στην κατάρρευση των φυσαλίδων.

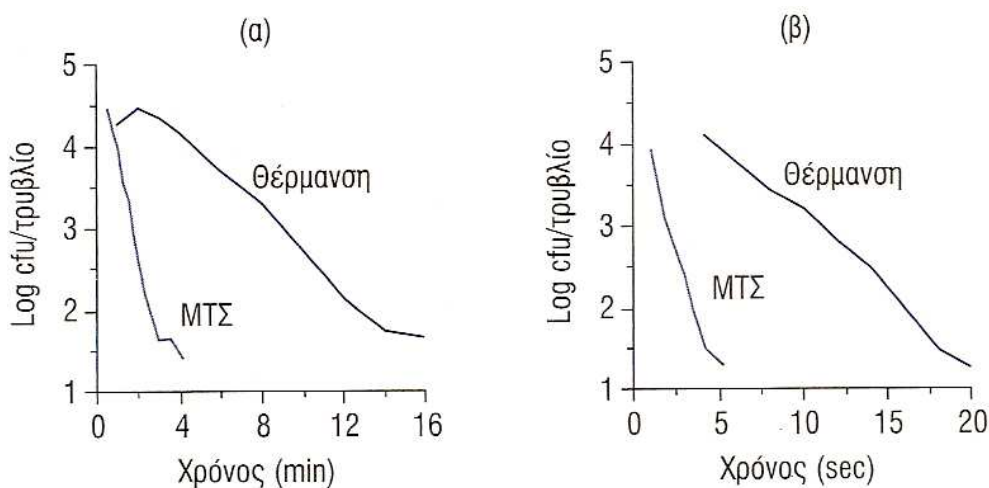
Οι υπέρηχοι μπορούν να προκαλέσουν την καταστροφή των μικροοργανισμών. Το γεγονός αυτό αναφέρθηκε για πρώτη φορά τη δεκαετία του 1920. Η καταστροφή των μικροοργανισμών αποδίδεται στο σχηματισμό και την αύξηση σε μέγεθος των φυσαλίδων και κυρίως στις εξαιρετικά μεγάλες διαφορές πίεσης που δημιουργούνται κατά την κατάρρευσή τους και έχουν ως αποτέλεσμα την καταστροφή των κυτταρικών δομών. Αναφέρεται επίσης ότι οι υπέρηχοι συμβάλλουν στο σχηματισμό ελεύθερων ριζών που επιταχύνουν διάφορες οξειδώσεις στο εσωτερικό των κυττάρων.

Όμως, μέχρι σήμερα οι υπέρηχοι μόνοι τους δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην παστερίωση των τροφίμων και πολύ περισσότερο στην αποστείρωσή τους. Η αντίσταση των περισσότερων μικροοργανισμών και των ενζύμων και ειδικότερα των σπορίων στους υπερήχους είναι τόσο μεγάλη, ώστε για την καταστροφή τους απαιτούνται υπέρηχοι σε ένταση και διάρκεια που θα υποβάθμιζαν την ποιότητα των τροφίμων.

Η καταστροφή των μικροοργανισμών με τους υπερήχους είναι εντονότερη, όταν αυτοί χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με θέρμανση, τροποποίηση του pH και χλωρίωση. Πειραματικά δεδομένα έδειξαν ότι ο *S. aureus* και τα σπόρια των βακίλων είναι περισσότερο ευαίσθητα στη συνδυασμένη επίδραση θέρμανσης και υπερήχων από ό,τι στον καθένα παράγοντα χωριστά. Ο συνδυασμός υπερήχων και χλωριωμένου νερού μείωσε τον πληθυσμό σαλμονέλας κατά 2.5-4 λογαριθμικούς κύκλους σε διάλυμα πεπτόνης, ενώ με την εφαρμογή μόνο των υπερήχων η μείωση ήταν 1 λογαριθμικός κύκλος.

Η συνδυασμένη επίδραση της θερμότητας και των υπερήχων στην καταστροφή των μικροοργανισμών είναι γνωστή ως *Thermoultrasonication* ή TU επεξεργασία. Τα πρώτα πειράματα με την επεξεργασία TU έδειξαν ότι η θερμοανθεκτικότητα των βακίλων και των στρεπτόκοκκων μειώθηκε σημαντικά, όταν μετά την εφαρμογή υπερήχων στα 20 kHz ακολούθησε θέρμανση. Όμως, διαπιστώθηκε ότι η επίδραση της επεξεργασίας TU επί των βακτηρίων μειωνόταν με την αύξηση της θερμοκρασίας. Αυτό αποδίδεται στο γεγονός ότι η αύξηση της θερμοκρασίας προκαλεί αύξηση της πίεσης υδρατμών και μείωση του ιξώδους του ρευστού μέσω στο οποίο υπάρχουν οι μικροοργανισμοί, με αποτέλεσμα τη μείωση σχηματισμού φυσαλίδων. Διαπιστώθηκε ότι η ικανότητα σχηματισμού φυσαλίδων με την εφαρμογή υπερήχων σε υψηλές θερμοκρασίες μπορεί να διατηρηθεί, όταν η όλη διεργασία γίνεται κάτω από συνθήκες υψηλής πίεσης.

Επεξεργασία MTS. Ο συνδυασμός πίεσης, θερμότητας και υπερήχων, είναι γνωστός ως *Mano-Thermo-Sonation* ή επεξεργασία MTS. Διαπιστώθηκε ότι η αντίσταση των σπορίων *Bacillus subtilis* σε pH 7 στην επίδραση της επεξεργασίας MTS μειώθηκε στο 1/10 σε σχέση με τη θέρμανση στην ίδια θερμοκρασία στους 100°C και 112°C (Σχήμα 3.14.). Ακόμη, βρέθηκε ότι η επεξεργασία MTS ήταν εξίσου αποτελεσματική και με άλλα σπορογόνα βακτήρια, με τις βλαστικές μορφές βακτηρίων και με τις ζύμες και μάλιστα ήταν 6-30 φορές περισσότερο αποτελεσματική από την αντίστοιχη θέρμανση στην ίδια θερμοκρασία. Η συνδυασμένη δράση της πίεσης, της θερμότητας και των υπερήχων στην καταστροφή των μικροοργανισμών δεν είναι αθροιστική αλλά συνεργιστική. Δηλαδή η ταυτόχρονη δράση των τριών παραγόντων προκαλεί μεγαλύτερη καταστροφή στους μικροοργανισμούς από την αντίστοιχη καταστροφή που προκαλούν και οι τρεις παράγοντες, αν εφαρμοσθούν χωριστά μεταξύ τους.



Σχήμα 3.14. Επίδραση της επεξεργασίας MTS και της θέρμανσης στους (α) 100 °C και (β) 112 °C στον πληθυσμό του *B. subtilis* στο γάλα (Sala και συν., 1996)

Η επίδραση της επεξεργασίας MTS επί των ενζύμων είναι επίσης συνεργιστική, όπως και στην περίπτωση των μικροοργανισμών. Η ικανότητα αδρανοποίησης των ενζύμων με την επεξεργασία MTS σε σχέση με τη θέρμανση στην ίδια θερμοκρασία αυξάνει κατά μια ορισμένη τιμή που εξαρτάται από τη φύση του ενζύμου (Πίνακας 3.6.).

Η επεξεργασία MTS μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κάθε τρόφιμο που δέχεται θέρμανση. Παρουσιάζει το πλεονέκτημα να καταστρέφει τα ένζυμα, τις βλαστικές μορφές και τα σπόρια των μικροοργανισμών σε σύντομο χρονικό διάστημα και σε χαμηλότερες θερμοκρασίες σε σχέση με τη θέρμανση που επιτυγχάνει το ίδιο αποτέλεσμα, με συνέπεια να διατηρεί καλύτερα την ποιότητα των τροφίμων. Οι περιορισμοί που αναφέρονται στην εφαρμογή της είναι η πιθανή μεταβολή στη δομή και την υφή των τροφίμων με τη δράση των υπερήχων. Αναφέρεται ότι οι υπερήχοι προκαλούν αποπολυμερισμό των μακρομορίων και επιφέρουν μεταβολές στις πρωτεΐνες.

Πίνακας 3.6.
Επίδραση των υπερήχων, της θέρμανσης και της επεξεργασίας MTS στο ρυθμό αδρανοποίησης ενζύμων σε ρυθμιστικό διάλυμα φωσφορικού καλίου 20mM με pH 6.5 (Sala και συν., 1996)

Επεξεργασία	Λιποξυγενάση		Υπεροξειδάση	
	(°C)	k ^(min-1)	(°C)	k ^(min-1)
Υπέρηχοι	37	0.0007*	37	0.005**
Θέρμανση	67	0.023	110.4	0.124
	70	0.105	124.5	0.475
	74	0.89	134.8	1.15
	76	3.4	140.8	2.19
Επεξεργασία MTS	67	1.15*	121.5	0.69**
	69	1.84	126.5	0.84
	75.2	8.86	136.6	2.02
	77	32.9	142.6	4.26

* Πίεση 4 kg/cm², μήκος ηχητικών κυμάτων 76 μm

** Πίεση 4.8 kg/cm², μήκος ηχητικών κυμάτων 145 μm

4. Ποιότητα & Έλεγχος Τροφίμων

4.1. Γενικά

Για την ποιότητα και την ανάγκη για έλεγχο κάναμε μια αναφορά στο κεφάλαιο 1.2. Ποιότητα Τροφίμων & Ανάγκη Ελέγχου. Εδώ τώρα θα αναλύσουμε τον έλεγχο της ποιότητας ο οποίος γίνεται με ηλεκτρονικά μέσα.

Η λέξη ποιότητα συχνά χρησιμοποιείται βέβαια και χωρίς την πραγματική της έννοια, χωρίς δηλαδή να προσδιορίζει αν το προϊόν στο οποίο αναφέρεται τοποθετείται σε υψηλό ή χαμηλό ποιοτικό επίπεδο. Συνήθως η ποιότητα συνδέεται με την υψηλή τιμή. Ο σολομός, σαν παράδειγμα, μπορεί να χαρακτηριστεί σαν προϊόν ποιότητας σε σύγκριση με το βακαλάο, ή το χαβιάρι σε σύγκριση με το κοτόπουλο. Είναι όμως δυνατό να υπάρχει σολομός ή χαβιάρι πολύ χαμηλής ποιότητας και βακαλάος ή κοτόπουλο υψηλής ποιότητας. Στις ακόλουθες παραγράφους θα δοθεί, όσο το δυνατό πιο απλά η έννοια της ποιότητας και του ποιοτικού ελέγχου. Για να γίνουν όμως κατανοητές αυτές οι έννοιες θα διευκρινιστούν πρώτα δύο βασικοί όροι, ο όρος ποιότητα και ο όρος έλεγχος.

Όταν αναφέρεται ο όρος ποιότητα (Quality) για τα τρόφιμα εννοούνται οι ιδιότητες εκείνες των τροφίμων που τα κάνουν αρεστά στον καταναλωτή. Αυτό σημαίνει την ύπαρξη θετικών συντελεστών, συντελεστών δηλαδή που η παρουσία τους είναι επιθυμητή και πρέπει να επιδιώκεται, όπως σαν παράδειγμα το καλό χρώμα, η ευχάριστη οσμή και γεύση, η καλή θρεπτική αξία, καθώς επίσης και αρνητικών ιδιοτήτων, η ύπαρξη των οποίων δεν είναι επιθυμητή όπως είναι τα διάφορα ελαττώματα και η ύπαρξη παθογόνων μικροοργανισμών.

Στη χώρα μας δημιουργείται συχνά σύγχυση σχετικά με τον όρο ποιοτικός έλεγχος (Quality Control ή QC) για το λόγο ότι η λέξη "έλεγχος" έχει διπλή σημασία. Άλλες φορές έχει την έννοια της πραγματοποίησης ενεργειών κατά βούληση (π.χ. ο οδηγός ελέγχει το αυτοκίνητο, δηλαδή την πορεία του οχήματος), άλλοτε πάλι σημαίνει την κριτική εξέταση κάποιας ενέργειας που έχει ολοκληρωθεί, προκειμένου να διαπιστωθεί αν αυτή έγινε σωστά δηλαδή η λέξη έλεγχος χρησιμοποιείται άλλοτε για να δηλώσει τις ενέργειες που γίνονται για την πρόληψη ενός ανεπιθύμητου αποτελέσματος και άλλοτε για να διαπιστωθεί αν κάποιο αποτέλεσμα είναι επιθυμητό ή όχι.

Στην περίπτωση του ποιοτικού ελέγχου των τροφίμων και οι δύο έννοιες του όρου "έλεγχος" έχουν θέση και αυτό γιατί αναφέρονται σε ενέργειες που έχουν σαν σκοπό την πρόληψη παραγωγής ανεπιθύμητων προϊόντων αλλά και τη διαπίστωση, στο τέλος της παραγωγικής διαδικασίας, αν το προϊόν που έχει παραχθεί είναι επιθυμητό ή όχι.

Μετά από τις παραπάνω διευκρινήσεις θα μπορούσαν να διατυπωθούν οι ακόλουθοι ορισμοί:

Ποιότητα είναι ο συνδυασμός των χαρακτηριστικών εκείνων του τροφίμου τα οποία θεωρούνται σημαντικά για τον προσδιορισμό του βαθμού της αποδοχής του από τον καταναλωτή.

Ποιοτικός έλεγχος είναι κάθε ενέργεια η οποία αποσκοπεί στην παραγωγή ενός τροφίμου το οποίο να ανταποκρίνεται σε ένα προκαθορισμένο και σταθερό επίπεδο ποιότητας και επί πλέον να είναι ανταγωνιστικό στην αγορά για την οποία προορίζεται.

Τα τελευταία χρόνια στην ξένη βιβλιογραφία ο όρος Ποιοτικός Έλεγχος χρησιμοποιείται και ως Διασφάλιση Ποιότητας.

Οι έλεγχοι είναι πολλών ειδών:

- Έλεγχος Ποιότητας (έλεγχος με προαιρετικές διατάξεις που δεν είναι υποχρεωτικές).
- Έλεγχος Καταλληλότητας (έλεγχος με συγκεκριμένες νομοθετημένες ελάχιστες απαιτήσεις προϊόντων). Η νοθεία ανήκει στον έλεγχο καταλληλότητας.
- Έλεγχος τιμών (Έλεγχος αισχροκέρδειας ή φαλκίδευσης της κατηγορίας που κατέχει το προϊόν με ανώτερή του).
- Κατασταλτικός έλεγχος (Έλεγχος που αποσκοπεί με δειγματοληψίες στην απόσυρση των ακατάλληλων προϊόντων από την αγορά με σύγχρονη επιβολή ποινών. Η επιβολή ποινών αποσκοπεί στον παραδειγματισμό, γιατί ο έλεγχος είναι αποσπασματικός αφού βασίζεται σε δειγματοληψία).
- Προληπτικός έλεγχος (Έλεγχος που παρακολουθεί το προϊόν από την αρχή της παραγωγής του, με την επιβολή κανόνων αυτοελέγχου ή κανόνων ορθής γεωργικής - παραγωγικής πρακτικής).

Σκοπός του ελέγχου είναι να ελεγχθεί η συμμόρφωση προς τη νομοθεσία και να διασφαλιστεί η ασφάλεια των τροφίμων με σκοπό την προστασία της υγείας και των οικονομικών συμφερόντων των καταναλωτών.

Ως έλεγχος θεωρείται:

- Ο οποιοσδήποτε έλεγχος στα τρόφιμα, στα συστατικά των τροφίμων, στα υλικά που έρχονται σε επαφή με τρόφιμα.
- Ο οποιοσδήποτε έλεγχος της επισήμανσης, της παρουσίας, της διαφήμισης, και των εμπορικών παραστατικών.
- Η δειγματοληψία, η εργαστηριακή εξέταση ή η ανάλυση ή τα άλλα μέσα διεξαγωγής ελέγχων από την αρμόδια αρχή ή από τους εντεταλμένους της.
- Η οποιαδήποτε επιθεώρηση, έλεγχος εγκατάστασης, τήρησης και επαλήθευσης των συστημάτων διασφάλισης στις επιχειρήσεις παραγωγής, επεξεργασίας, αποθήκευσης, διανομής, εμπορίας, διάθεσης και εστίασης και,
- Ο έλεγχος στα οχήματα μεταφοράς.

Για καλύτερη αποσαφήνιση, ως έλεγχοι θεωρούνται:

- Ο έλεγχος των τροφίμων και των συστατικών τους, των προσθέτων, βιταμινών, ανόργανων αλάτων, άλλων προσθέτων που προορίζονται να πωληθούν ως έχουν και των υλικών που έρχονται σε επαφή με τα τρόφιμα, καθώς και ο έλεγχος της επισήμανσης, της παρουσίας και της διαφήμισης τους,
- Η επιθεώρηση που αφορά την εφαρμογή κανόνων υγιεινής και συστημάτων διασφάλισης σε όλα τα στάδια από την παραγωγή μέχρι την κατανάλωση,
- Οι έλεγχοι που γίνονται στη βάση εθνικών προγραμμάτων, κοινοτικών προγραμμάτων, προγραμμάτων παρακολούθησης και στα πλαίσια ερευνητικών προγραμμάτων για τη δημιουργία προτύπων (τακτικοί έλεγχοι).
- Οι έλεγχοι που επιβάλλονται μετά από καταγγελίες, ειδοποίηση από το σύστημα alert ή μετά από εκδήλωση διατροφικών κρίσεων (έκτακτοι έλεγχοι).

Αναλυτικότερα ο έλεγχος των τροφίμων περιλαμβάνει:

- Ελέγχους που αφορούν τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά,
- Ελέγχους των σημάτων καταλληλότητας,
- Ελέγχους που αφορούν τις μικροβιολογικές προδιαγραφές,
- Ελέγχους που αφορούν την παρουσία χημικών, φυσικών ρυπαντών και ραδιενέργειας,
- Ελέγχους που αφορούν την ποιότητα ή/και νοθεία,
- Ελέγχους που αφορούν τη σωστή επισήμανση,
- Ελέγχους που αφορούν την παραπλανητική διαφήμιση, παρουσίαση,
- Ελέγχους υλικών που έρχονται σε επαφή με τα τρόφιμα.

Η επιθεώρηση διεξάγεται στις επιχειρήσεις τροφίμων κατά την παρασκευή, μεταποίηση, παραγωγή, συσκευασία, αποθήκευση, μεταφορά, διανομή και προσφορά προς πώληση ή διάθεση στον καταναλωτή, στα τρόφιμα που παράγονται, διακινούνται ή εισάγονται στη χώρα μας ή εξάγονται από αυτή.

Οι βασικοί στόχοι του ποιοτικού ελέγχου σε μια μονάδα παραγωγής τροφίμων είναι οι ακόλουθοι:

- Να διασφαλιστεί η παραγωγή υγιεινών προϊόντων τα οποία να ανταποκρίνονται στις προδιαγραφές που θέτει η πολιτεία ή ο αγοραστής.
- Να διατηρηθεί ή να βελτιωθεί το ποιοτικό επίπεδο των προϊόντων, έτσι ώστε να αυξηθεί η αξία τους και να διευκολυνθεί η τοποθέτησή τους στην αγορά.
- Να ελαχιστοποιηθούν οι κίνδυνοι μόλυνσεων ή επιμολύνσεων που έχουν σαν τελικό αποτέλεσμα την απόρριψη μεγάλων ποσοτήτων προϊόντων με ανάλογες οικονομικές συνέπειες.

Για την επίτευξη των παραπάνω στόχων απαιτείται η εφαρμογή ενός μεγάλου αριθμού ενεργειών που συσχετίζονται τόσο με το είδος της βιομηχανίας όσο και με την ακολουθούμενη τεχνολογία.

Τακτικοί έλεγχοι

Ο Ε.Φ.Ε.Τ. (Ενιαίος Φορέας Ελέγχου Τροφίμων) άρχισε να ασκεί την ελεγκτική δραστηριότητα από τα τέλη Μαΐου του 2001. Διενεργεί σήμερα τακτικούς ελέγχους σε πολλαπλά επίπεδα. Ασκεί ελεγκτικές δραστηριότητες στην αγορά τροφίμων με αυτοτελή δικά του κλιμάκια ή μικτά κλιμάκια με τις νομαρχιακές υπηρεσίες σε Αττική, Κεντρική Μακεδονία, Κρήτη, Δυτική Μακεδονία [Λιανικό εμπόριο, κέτεριγκ, νοσοκομεία, επιχειρήσεις επεξεργασίας (που δεν διέπονται από κάθετες διατάξεις) και κεντρικές αγορές]. Οι συστηματικοί έλεγχοι βασίζονται σε καθορισμένη αλλά εκτενή και πολύπλοκη Κοινοτική και Εθνική Νομοθεσία (Επίσημος έλεγχος τροφίμων, οδηγία 89/397/ΕΟΚ). Επίσης, έλεγχοι διεξάγονται μετά από καταγγελίες πολιτών ή μετά από συγκεκριμένο αίτημα φορέων, όπως π.χ. ο στρατός για τον έλεγχο της τήρησης των απαραίτητων προδιαγραφών ασφάλειας και υγιεινής από επιχειρήσεις τροφίμων που πρόκειται να λάβουν μέρος σε διαγωνισμούς κρατικών προμηθειών κ.λ.π.

4.2. Οργάνωση & Μέθοδοι του Ποιοτικού Ελέγχου

Ο βαθμός οργάνωσης του ποιοτικού ελέγχου σε μια βιομηχανία αποτελεί συνάρτηση ενός αριθμού παραγόντων όπως είναι το μέγεθος της παραγωγικής μονάδας, το είδος και η ποικιλία των προϊόντων που παράγονται, η εποχιακή ή μη απασχόληση και το επιθυμητό επίπεδο ποιοτικού ελέγχου.

α. Το προσωπικό

Ιδανική λύση θα αποτελούσε η δυνατότητα απασχόλησης στο τμήμα του ποιοτικού ελέγχου ενός επιστήμονος τεχνολόγου τροφίμων, πτυχιούχου Ανωτάτης Σχολής. Αυτό όμως βρίσκεται σε συνάρτηση με το μέγεθος της μονάδας.

Για μικρές μονάδες, τον ποιοτικό έλεγχο θα μπορούσε να αναλάβει κάποιος από το προσωπικό που να έχει σχετικές γνώσεις και κάποια έφεση στην εργασία αυτή. Το άτομο αυτό θα πρέπει να εκπαιδευτεί κατάλληλα. Για βιομηχανίες που λειτουργούν εποχιακά θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν επικουρικά φοιτητές που σπουδάζουν σε σχολές επιστήμης και τεχνολογίας τροφίμων.

Στις μεγάλες παραγωγικές μονάδες απαιτείται η συγκρότηση ειδικού τμήματος ποιοτικού ελέγχου και η απασχόληση περισσότερων του ενός ατόμων. Ιδιαίτερα στις περιπτώσεις που απαιτείται να γίνονται πολλές αναλύσεις ρουτίνας, χρειάζεται συγκροτημένο εργαστήριο και κατάλληλο εργαστηριακό προσωπικό.

β. Το εργαστήριο

Το εργαστήριο θα πρέπει να παρέχει άνεση χώρου για την εργασία του προσωπικού και την αποθήκευση των δειγμάτων. Απαραίτητος θεωρείται ο εφοδιασμός του με παροχή νερού και ηλεκτρικού ρεύματος και η ύπαρξη συστήματος αποχέτευσης.

Το είδος και ο αριθμός των οργάνων του εργαστηρίου αποτελεί συνάρτηση του είδους και του αριθμού των προϊόντων που ελέγχονται. Όταν το εργαστήριο εξυπηρετεί μία βιομηχανική μονάδα παραγωγής, τόσο το μέγεθος της μονάδας όσο και το πρόγραμμα παραγωγής αποτελούν καθοριστικούς παράγοντες.

γ. Οργάνωση

Το τμήμα ποιοτικού ελέγχου μιας παραγωγικής μονάδας πρέπει να βρίσκεται σε συχνή επικοινωνία και να συνεργάζεται στενά με τα άλλα τμήματα του εργοστασίου, πράγμα που αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για τη λήψη και παροχή υπηρεσιών.

Κάθε παρέμβαση στη διαδικασία της παραγωγής που θα θεωρείται απαραίτητη για τη βελτίωση της ποιότητας, θα αποδεικνύεται από τον υπεύθυνο του ποιοτικού ελέγχου και θα πραγματοποιείται από τον υπεύθυνο της παραγωγής. Ο καθορισμός και ο σαφής προσδιορισμός των αρμοδιοτήτων των διαφόρων τμημάτων αποτελεί προϋπόθεση αποφυγής προστριβών.

δ. Δειγματοληψία

Βασική ενέργεια για ένα σωστό ποιοτικό έλεγχο αποτελεί ο καθορισμός ενός προγράμματος δειγματοληψίας, Η δειγματοληψία αφορά και τα τρία στάδια ποιοτικού ελέγχου, δηλαδή τις πρώτες ύλες, τη διαδικασία της παραγωγής και τα τελικά προϊόντα.

Αντικείμενο της δειγματοληψίας αποτελεί, τόσο ω μέγεθος του δείγματος, όσο και η συχνότητα λήψης των δειγμάτων κατά τη διάρκεια της λειτουργίας μιας βιομηχανίας. Το μέγεθος του δείγματος προσδιορίζεται με τη βοήθεια κανόνων και πινάκων που βοηθούν αποτελεσματικά τον ποιοτικό ελεγκτή. Η συχνότητα της δειγματοληψίας διαφέρει πολύ από προϊόν σε προϊόν, από ημέρα σε ημέρα και συχνά αλλάζει πολλές φορές κατά τη διάρκεια της ίδιας ημέρας.

ε. Προδιαγραφές

Η ποιοτική αξιολόγηση ενός προϊόντος απαιτεί την ύπαρξη ορισμένων προδιαγραφών. Με τη διενέργεια του ποιοτικού ελέγχου διαπιστώνεται κατά πόσο το εξεταζόμενο δείγμα ανταποκρίνεται στις υπάρχουσες προδιαγραφές ή εμφανίζει κάποια απόκλιση από αυτές. Στην τελευταία περίπτωση γίνονται οι απαραίτητες ενέργειες για την πρόληψη κάθε αποκλίσεως του προϊόντος από τα πρότυπα.

στ. Μέθοδοι προσδιορισμού

Για τη διενέργεια του ποιοτικού ελέγχου θα πρέπει να επιλεγούν οι κατάλληλες μέθοδοι προσδιορισμών. Κριτήρια επιλογής των μεθόδων αποτελούν το κόστος του εξοπλισμού του εργαστηρίου, η ταχύτητα με την οποία απαιτείται να γίνονται οι προσδιορισμοί, το επίπεδο εκπαιδεύσεως του προσωπικού και η οικονομικότητα της μεθόδου.

Οι μέθοδοι προσδιορισμού κατατάσσονται σε κατηγορίες που περιγράφονται σε χωριστή παράγραφο.

Από τα αναφερόμενα ανωτέρω προκύπτει ότι η ορθολογική οργάνωση ενός προγράμματος ποιοτικού ελέγχου απαιτεί να ληφθούν υπόψη πολλοί παράγοντες. Σε γενικές γραμμές θα πρέπει να ακολουθηθούν τα κατωτέρω στάδια ενεργειών:

- Να προσδιοριστούν και να καθοριστούν οι συντελεστές ποιότητας που κρίνονται σημαντικοί για ένα ή περισσότερα συγκεκριμένα προϊόντα και για τους οποίους θεωρείται επιβεβλημένη η αξιολόγηση.
- Να επιλεγούν οι πλέον κατάλληλες και πρακτικά εφαρμόσιμες μέθοδοι αξιολογήσεως των προσδιορισμένων ποιοτικών συντελεστών.
- Να ληφθεί μέριμνα για την επιλογή και προμήθεια των καταλλήλων οργάνων και σκευών
- Να πραγματοποιηθεί διερεύνηση της παραγωγικής διαδικασίας και να εντοπιστούν τα στάδια εκείνα στα οποία θα ασκείται ποιοτικός έλεγχος.
- Να καθοριστεί ένα σύστημα αντιπροσωπευτικής και πρακτικά αποδεκτής δειγματοληψίας.

Ένας μεγάλος αριθμός μεθόδων χρησιμοποιείται για την πραγματοποίηση του ποιοτικού ελέγχου των τροφίμων. Οι διάφορες αυτές μέθοδοι χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, τις υποκειμενικές και τις αντικειμενικές.

1. Υποκειμενικές μέθοδοι

Οι υποκειμενικές μέθοδοι ποιοτικής αξιολογήσεως των τροφίμων βασίζονται στην εκτίμηση ενός ποιοτικού ελεγκτή ή ομάδας εξειδικευμένων ατόμων τα οποία επιλέγονται και εκπαιδεύονται κατάλληλα για το σκοπό αυτό.

Τα άτομα αυτά, τα οποία ονομάζονται δοκιμαστές ή κριτές χρησιμοποιούν τα αισθητήρια όργανά τους (γεύση, όσφρηση, αφή, όραση και ακοή) για τον προσδιορισμό των διαφόρων ποιοτικών συντελεστών του υπό αξιολόγηση προϊόντος.

Η περιγραφή των υποκειμενικών μεθόδων αξιολόγησης των τροφίμων περιλαμβάνεται σε χωριστό κεφάλαιο με επωνυμία Οργανοληπτική Αξιολόγηση.

2. Αντικειμενικές μέθοδοι

Οι αντικειμενικές μέθοδοι βασίζονται στις μετρήσεις ορισμένων ιδιοτήτων (φυσικών, χημικών κ.λ.π.) των τροφίμων οι οποίες πραγματοποιούνται με τη βοήθεια ανάλογων οργάνων και συσκευών. Οι μέθοδοι αυτές, ανάλογα με τη διαδικασία που ακολουθείται κατά τους προσδιορισμούς μπορούν να ταξινομηθούν στις ακόλουθες κατηγορίες:

α. Φυσικές

Με τις μεθόδους αυτές αξιολογούνται ορισμένες φυσικές ιδιότητες των τροφίμων, όπως χρώμα, μέγεθος, σκληρότητα με τη βοήθεια καταλλήλων οργάνων. Η χρήση του διαφορικού χρωματομέτρου για τη μέτρηση του χρώματος του τοματοπολτού και του ιξωδομέτρου για τη μέτρηση της ρευστότητας των υγρών τροφίμων, αποτελούν παραδείγματα φυσικών μεθόδων αξιολόγησης των ποιοτικών χαρακτηριστικών των τροφίμων.

Οι μέθοδοι αυτές χαρακτηρίζονται από την ταχύτητα με την οποία γίνονται οι μετρήσεις και από την ακρίβειά τους.

β. Αναλυτικές

Για τη χρησιμοποίηση αναλυτικών μεθόδων, προϋπόθεση αποτελεί η ύπαρξη καλά εξοπλισμένου εργαστηρίου και εξειδικευμένου προσωπικού. Οι αναλυτικές μέθοδοι εφαρμόζονται για τον προσδιορισμό διαφόρων συστατικών των τροφίμων, όπως των λιπών, των πρωτεϊνών, των υδατανθράκων, των βιταμινών κ.λ.π.

Πολλές φορές οι μέθοδοι αυτές δεν βοηθούν αποτελεσματικά για τον έλεγχο των πρώτων υλών και για τον έλεγχο των προϊόντων κατά τη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας, λόγω του σχετικά μεγάλου χρόνου που χρειάζεται για τη λήψη των αποτελεσμάτων. Οι μετρήσεις που πραγματοποιούνται με την εφαρμογή αναλυτικών μεθόδων χαρακτηρίζονται από μεγάλη ακρίβεια.

γ. Φυσικοχημικές

Οι μέθοδοι αυτές κερδίζουν συνέχεια έδαφος στον ποιοτικό έλεγχο των τροφίμων και αυτό γιατί παρουσιάζουν το πλεονέκτημα να είναι συντομότερες από τις αναλυτικές μεθόδους και παράλληλα να δίνουν αποτελέσματα με αρκετά ικανοποιητική ακρίβεια. Οι φυσικοχημικές μέθοδοι επιλέγονται στις περιπτώσεις εκείνες στις οποίες είτε δεν υπάρχουν φυσικές μέθοδοι ή η εφαρμογή τους είναι δαπανηρή ή απαιτεί ακριβά όργανα τα οποία δεν είναι διαθέσιμα στο εργαστήριο.

Σαν παράδειγμα χρησιμοποίησεως φυσικοχημικών μεθόδων αναφέρεται ο προσδιορισμός της υγρασίας με απόσταξη, η αξιολόγηση της υφής και ο προσδιορισμός οργανικών ουσιών.

δ. Μικροαναλυτικές

Οι μέθοδοι της κατηγορίας αυτής ονομάζονται και μικροσκοπικές γιατί το βασικό όργανο που χρησιμοποιείται κατά την αξιολόγηση είναι το μικροσκόπιο. Κατ' επέκταση χαρακτηρίζονται ως μικροαναλυτικές και οι μέθοδοι στις οποίες χρησιμοποιείται σαν όργανο ένας απλός μεγεθυντικός φακός.

Οι μικροαναλυτικές μέθοδοι χρησιμοποιούνται πολύ συχνά στις αναλύσεις ρουτίνας όπως για τον προσδιορισμό μυκηλιακών υφών (κατά Howard), εντόμων και τμημάτων τους, με τη μέθοδο της επιπλεύσεως, κατά τον ιστολογικό έλεγχο των κρεατοσκευασμάτων (προσδιορισμός σιελογόνων αδένων, δέρματος κ.λ.π.).

Τελευταία, με την χρήση του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου, οι μικροαναλυτικές μέθοδοι βρίσκουν όλο και περισσότερες εφαρμογές.

ε. Διάφορες άλλες μέθοδοι

Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται οι μέθοδοι που δεν μπορούν να υπαχθούν σε καμία από τις προηγούμενες κατηγορίες. Ενδεικτικά αναφέρονται οι μικροβιολογικές, οι βιοχημικές και οι ανοσολογικές μέθοδοι.

4.3. Συντήρηση & Αλλοίωση Τροφίμων

Ως συντήρηση τροφίμων (food preservation) ορίζεται η λήψη μέτρων για την αντιμετώπιση των αιτιών που προκαλούν την ποιοτική υποβάθμιση ή την αλλοίωση των τροφίμων, έτσι ώστε αυτά (τα τρόφιμα) να είναι αποδεκτά από τον καταναλωτή και ασφαλή για την υγεία του για καθορισμένο χρονικό διάστημα, όταν διατηρούνται κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες.

Αποτέλεσμα της συντήρησης των τροφίμων είναι: α) η επιμήκυνση του χρόνου διατήρησής τους, γεγονός που επιτρέπει τη διάθεση και εμπορία τους σε πλέον απομακρυσμένες περιοχές, β) η βελτίωση του γεωργικού εισοδήματος, γ) ο εφοδιασμός με τρόφιμα των αστικών περιοχών και των μεγάλων πόλεων, δ) η διάθεση τροφίμων σε όλη τη διάρκεια του έτους, παρά την εποχική παραγωγή ορισμένων από αυτά και ε) η δυνατότητα διατήρησης αποθεμάτων σε τρόφιμα για την αντιμετώπιση έκτακτων καταστάσεων.

Επειδή οι μικροοργανισμοί είναι δυνατόν να θέσουν σε κίνδυνο την υγεία του καταναλωτή και ταυτόχρονα προκαλούν τις περισσότερες αλλοιώσεις στα τρόφιμα, γι' αυτό και οι περισσότερες μέθοδοι συντήρησης στηρίζονται στη λήψη μέτρων για την αντιμετώπισή τους. Τα ένζυμα και τα άλλα αίτια που προκαλούν αλλοιώσεις στα τρόφιμα, αν δεν αντιμετωπίζονται με την εφαρμοζόμενη μέθοδο συντήρησης, τότε λαμβάνονται πρόσθετα μέτρα για το σκοπό αυτό.

Οι μικροοργανισμοί, όπως και κάθε ζωντανός οργανισμός, χαρακτηρίζονται από την ιδιότητα της ομοιόστασης (homeostasis), δηλαδή από την τάση να διατηρήσουν ομοιόμορφο και σταθερό το εσωτερικό τους περιβάλλον. Αυτό το επιτυγχάνουν με το να διατηρούν άθικτη την κυτταρική τους μεμβράνη, ανεπηρέαστο το αναπαραγωγικό (DNA) και ενζυμικό τους σύστημα, σταθερή τη διακύμανση του pH και της συγκέντρωσης ιόντων στο κυτταρόπλασμα εντός καθορισμένων ορίων, καθώς και με πολλούς άλλους μηχανισμούς. Έτσι, ενώ το pH του τροφίμου μπορεί να κυμαίνεται εντός ευρέων ορίων, το pH των μικροοργανισμών που βρίσκονται σε αυτό παραμένει περίπου σταθερό. Επίσης, χάριν του μηχανισμού της ομοιόστασης οι μικροοργανισμοί διατηρούν την ωσμωτική πίεση στο κυτταρόπλασμά τους υψηλότερη από την ωσμωτική πίεση που επικρατεί στο περιβάλλον (τρόφιμο) στο οποίο ζουν. Με την ομοιόσταση οι πολύπλοκες βιοχημικές αντιδράσεις και διεργασίες που συμβαίνουν μέσα στο κύτταρο παραμένουν άθικτες και ο μικροοργανισμός συνεχίζει να πολλαπλασιάζεται. Οποιοσδήποτε παράγων (εμπόδιο) διαταράξει έναν ή περισσότερους μηχανισμούς της ομοιόστασης των μικροοργανισμών, που απαντούν σε ένα τρόφιμο, θα προκαλέσει την αδυναμία τους για παραπέρα ανάπτυξη και πολλαπλασιασμό και πιθανόν την καταστροφή τους (θάνατο).

Η συντήρηση των τροφίμων στηρίζεται στις παρακάτω βασικές αρχές:

- Στην καταστροφή των μικροοργανισμών που προκαλούν τη συγκεκριμένη αλλοίωση ενός τροφίμου με την εφαρμογή μεθόδων που διαταράσσουν έντονα έναν ή περισσότερους μηχανισμούς ομοιόστασης σε τέτοια έκταση, ώστε να προκαλούν το θάνατό τους.
- Στη δημιουργία μέσα στο τρόφιμο ενός περιβάλλοντος που είναι εχθρικό για τους μικροοργανισμούς που απαντούν σε αυτό με αποτέλεσμα να επιβραδύνεται ή και να αναστέλλεται η ανάπτυξή τους, ανάλογα με την έκταση στην οποία διαταράσσεται ο μηχανισμός ομοιόστασης των μικροοργανισμών από το δυσμενές περιβάλλον.
- Ενδεχομένως στη λήψη πρόσθετων μέτρων για την αντιμετώπιση των άλλων αιτιών αλλοίωσης των τροφίμων,

Οι μέθοδοι συντήρησης των τροφίμων, όπως αυτές διακρίνονται με βάση την αντιμετώπιση των μικροοργανισμών, δίνονται στον Πίνακα 4.1. Οι μέθοδοι αυτές αποτελούν αντικείμενο του παρόντος βιβλίου και περιγράφονται στα επόμενα κεφάλαια.

Η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου επεξεργασίας και συντήρησης για ένα συγκεκριμένο προϊόν εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Οι σπουδαιότεροι από αυτούς είναι η φύση του προϊόντος και ο επιδιωκόμενος στόχος, ο χρόνος που μπορεί να συντηρηθεί το προϊόν με την συγκεκριμένη μέθοδο, η αποτελεσματικότητα της μεθόδου να διασφαλίζει την υγεία του καταναλωτή, να διατηρεί τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του προϊόντος και να ελαχιστοποιεί τις απώλειες σε θρεπτικά στοιχεία, οι απαιτήσεις της μεθόδου σε ενέργεια και φυσικούς πόρους (νερό), το κόστος και η δυνατότητα εφαρμογής της μεθόδου και, τέλος, οι επιπτώσεις της στο περιβάλλον.

Πίνακας 4.1.
Μέθοδοι επεξεργασίας και συντήρησης τροφίμων

I. Μέθοδοι που καταστρέφουν τους μικροοργανισμούς :
A. Με την εφαρμογή της θερμότητας
1. Παστερίωση
2. Αποστείρωση
3. Κονσερβοποίηση
4. Ασηπτική επεξεργασία
5. Θερμική εξώθηση
6. Μαγείρεμα υπό κενό (προϊόντα Sous vide)
B. Με την εφαρμογή ακτινοβολιών ιονισμού
Γ. Με την εφαρμογή υψηλών υδροστατικών πιέσεων
Δ. Με την εφαρμογή νεότερων μη θερμικών μεθόδων επεξεργασίας
1. Παλμικά ηλεκτρικά πεδία υψηλής τάσης
2. Παλμικό φως υψηλής τάσης
3. Παλλόμενα μαγνητικά πεδία
4. Υπέρηχοι
II. Μέθοδοι που επιβραδύνουν ή αναστέλλουν τη δράση μικροοργανισμών :
A. Με την εφαρμογή χαμηλών θερμοκρασιών
1. Ψύξη
2. Συντήρηση με ψύξη σε ελεγχόμενη ατμόσφαιρα
3. Συντήρηση με ψύξη σε συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας
4. Κατάψυξη
B. Με μείωση νερού και μείωση της δραστηριότητας νερού
1. Συμπύκνωση
α. Με εξάτμιση
β. Με κατάψυξη και απομάκρυνση παγοκρυστάλλων
γ. Με χρήση ημιπερατών μεμβρανών
2. Αφυδάτωση
3. Λυοφιλίωση
Γ. Με τη χρήση συντηρητικών
Δ. Με μεταβολή της φύσης του προϊόντος – Ζυμώσεις
E. Με την τεχνολογία πολλαπλών εμποδίων

Απαραίτητη, ωστόσο, προϋπόθεση για τη σωστή συντήρηση των τροφίμων, με ορισμένες τουλάχιστον μεθόδους, αποτελεί η κατάλληλη συσκευασία. Στόχος της συσκευασίας είναι να προστατεύσει τα τρόφιμα από φυσικούς παράγοντες, να διευκολύνει το χειρισμό, τη μεταφορά και την εμπορία τους με το μικρότερο δυνατό κόστος και επιπλέον να προσελκύσει τον καταναλωτή με σκοπό την προώθηση των πωλήσεων.

Πρόσθετο τροφίμων ορίζεται ως η ουσία που προστίθεται σε ένα τροφικό παρασκεύασμα με σκοπό να δώσει ένα τεχνικό αποτέλεσμα στα τρόφιμα. Το επιδιωκόμενο αποτέλεσμα είναι η συντήρηση (αύξηση του χρόνου ασφαλούς κατανάλωσης χωρίς αλλοίωση του τροφίμου), η βελτίωση της γεύσης και της εμφάνισης και η ευελιξία στην προετοιμασία και επεξεργασία των τροφίμων.

Οι άνθρωποι χρησιμοποιούν πρόσθετα τροφίμων εδώ και χιλιάδες χρόνια, σήμερα υπολογίζεται ότι οι ουσίες αυτές ξεπερνούν τις 2900.

Κλασικές τεχνικές συντήρησης είναι η ξήρανση και αφυδάτωση, το κάπνισμα, το αλάτισμα, η ψύξη (τα ψυγεία έτυχαν ευρείας εφαρμογής από τη δεκαετία του 1940), η κονσερβοποίηση, η προσθήκη χημικών συντηρητικών και η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Πολλές ανησυχίες έχουν διατυπωθεί για τη χρήση των χημικών συντηρητικών τα τελευταία χρόνια και υπάρχει μία τάση περιορισμού της χρήσεως τους. Πολλές φορές για τα φρέσκα φρούτα και λαχανικά εφαρμόζεται η τεχνική της υπό κενό συσκευασίας και κατάψυξης, αν και με την τεχνική αυτή δεν αποτρέπεται απόλυτα η πιθανότητα πολλαπλασιασμού παθογόνων μικροοργανισμών στις τροφές. Η σύγχρονη βιοχημεία ερευνά τη χρήση βιολογικών ανασταλτικών παραγόντων που προέρχονται από μικροοργανισμούς, όπως είναι οι ανασταλτικές για το πολλαπλασιασμό των μικροβίων ουσίες που παράγονται από βακτηρίδια γαλακτικού οξέος.

Τα διάφορα πρόσθετα ανάλογα με το σκοπό που επιτελούν διαχωρίζονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

Συντηρητικά: Είναι πρόσθετες ουσίες που αυξάνουν το χρόνο ασφαλούς κατανάλωσης του τροφίμου, εμποδίζοντας την ανάπτυξη μικροβίων και μυκήτων (μούχλας). Για παράδειγμα, το διοξείδιο του θείου (Συντηρητικό 220) που προστίθεται σε ορισμένα παρασκευάσματα από κρέας εμποδίζει την ανάπτυξη μικροβίων, όπως και το βενζοϊκό νάτριο που προστίθεται σε χυμούς φρούτων. Φέρονται με τους κωδικούς E200 έως E299.

Αντιοξειδωτικά: Οι λιπαρές ουσίες των τροφίμων (λίπη και έλαια) όταν έρχονται σε μακρά επαφή με το οξυγόνο της ατμόσφαιρας οξειδώνονται (ταγγίζουν). Η προσθήκη ουσιών που προστατεύουν από την οξείδωση, χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι το ασκορβικό οξύ (βιταμίνη C), αναστέλλουν τη διαδικασία αυτή αποτρέποντας την αλλοίωση της γεύσης και του χρώματος του τροφίμου. Φέρονται με τους κωδικούς E300 έως E399.

Χρωστικές: Δίνουν τεχνητό χρώμα στα τρόφιμα, με πιο χαρακτηριστικό παράδειγμα με αλλεργιολογικό ενδιαφέρον την ταρτραζίνη (tartrazine). Φέρονται με τους κωδικούς E100 έως E199.

Σταθεροποιητές: (γαλακτοματοποιητές, σταθεροποιητές, πυκνωτικά, πηκτικά μέσα). Ο ρόλος των ουσιών αυτών είναι να σταθεροποιούν τη σύνθεση των τροφών συγκρατώντας το νερό στο εσωτερικό των κυττάρων. Φέρονται με τους κωδικούς E400 έως E499.

Πολλά από τα πρόσθετα τροφίμων έχουν περισσότερες από μία από τις ανωτέρω ιδιότητες, για παράδειγμα τα νιτρικά άλατα μπορεί να είναι συντηρητικά για κάποια τρόφιμα ή να χρησιμοποιηθούν για τεχνητό χρωματισμό άλλων (δίνουν έντονο ροζ χρώμα στο χοιρινό κρέας). Ορισμένα πρόσθετα π.χ. πρωτεΐνες γάλακτος ή σόγιας που προστίθενται σε τροφικά παρασκευάσματα για ενίσχυση της θρεπτικής τους αξίας μπορεί να προκαλέσουν αλλεργικές αντιδράσεις σε ευαίσθητοποιημένα άτομα στο γάλα ή στη σόγια.

Η χρήση των πρόσθετων καθορίζεται στη χώρα μας από τον Κώδικα Τροφίμων και Ποτών και τις εκάστοτε ισχύουσες διατάξεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Μπορούν άραγε να διατηρηθούν τα τρόφιμα, χωρίς τη βοήθεια συνθετικών ενώσεων; Σαφώς ναι. Παρακάτω, αναφέρονται επιγραμματικά οι κυριότερες μέθοδοι συντήρησης των τροφίμων.

Ψύξη: Διατήρηση σε θερμοκρασίες μεταξύ +4ο και +6ο C. Αυτές οι θερμοκρασίες επιτυγχάνονται με τα κοινά οικιακά ψυγεία. Μπορούν να διατηρηθούν όλα τα τρόφιμα, αλλά για πολύ μικρούς χρόνους. Οι μικροοργανισμοί παραμένουν ζωντανοί, αλλά δεν πολλαπλασιάζονται.

Κατάψυξη: Διατήρηση σε θερμοκρασίες μεταξύ -5ο και -25ο. Αυτές οι θερμοκρασίες επιτυγχάνονται τόσο σε οικιακούς όσο και σε επαγγελματικούς καταψύκτες. Μπορούν να διατηρηθούν τα περισσότερα τρόφιμα για διάστημα από 1 μήνα έως και 1 χρόνο.

Παστερίωση: Μέθοδος που χρησιμοποιείται κυρίως από τη βιομηχανία τροφίμων αλλά και σε οικοτεχνική βάση. Υπάρχει η αργή και η γρήγορη παστερίωση. Στην πρώτη χρησιμοποιούνται θερμοκρασίες μεταξύ +60ο έως + 65ο C για 20 έως 30 λεπτά, ενώ στη δεύτερη, θερμοκρασίες μεταξύ +70ο έως +85ο C για 3 έως 5 λεπτά. Με τη μέθοδο αυτή μπορούν να διατηρηθούν για αρκετό διάστημα τα τρόφιμα.

Αποστείρωση: Πολλές από τις κονσέρβες που παρασκευάζουμε στο σπίτι μας βασίζονται σε αυτήν τη μέθοδο. Βασίζεται στην ξεχωριστή αποστείρωση προϊόντος και περιέκτη. Η θερμοκρασία της αποστείρωσης μπορεί να φτάσει και τους 150ο C. Ακολουθεί ψύξη του τροφίμου, γέμισμα των περιεκτών και κλείσιμο υπό συνθήκες ασηψίας.

Επεξεργασία UHT: Βασίζεται στην άμεση εφαρμογή υψηλής θερμοκρασίας έως και 150ο C για λίγα δευτερόλεπτα και στη συνέχεια στην ψύξη του τροφίμου. Οι μικροοργανισμοί καταστρέφονται. Χρησιμοποιείται κυρίως από τη βιομηχανία γάλακτος.

Συντήρηση σε περιβάλλον ελεγχόμενης ατμόσφαιρας: Χρησιμοποιείται από τη βιομηχανία τροφίμων και την οινοποιία. Με αυτή τη μέθοδο, αντικαθίσταται το οξυγόνο εντός των κλειστών συσκευασιών, με διοξείδιο του άνθρακα ή άζωτο. Έτσι, δημιουργείται περιβάλλον ακατάλληλο για την ανάπτυξη των μικροοργανισμών.

Συντήρηση σε κενό αέρος: Με αυτή τη μέθοδο αφαιρείται το οξυγόνο από τις συσκευασίες και δημιουργούνται συνθήκες ακατάλληλες για την ανάπτυξη των μικροοργανισμών. Χρησιμοποιείται από τη βιομηχανία τροφίμων σε μεγάλη γκάμα προϊόντων.

Αποξήρανση: Μία από τις παλιότερες μεθόδους διατήρησης των τροφίμων. Με την απομάκρυνση του νερού από τα τρόφιμα δημιουργούνται συνθήκες ακατάλληλες για την ανάπτυξη των μικροοργανισμών. Χρησιμοποιείται τόσο από τη βιομηχανία τροφίμων όσο και σε οικοτεχνική βάση (κρέας, ψάρια, λαχανικά, φρούτα, κ.λπ.).

Καπνισμός: Βασίζεται σε κάποιες ουσίες που περιέχονται στο καπνό της καύσης συγκεκριμένων ξύλων. Οι ουσίες αυτές είναι φυσικά συντηρητικά των τροφίμων που έχουν αντιβακτηριακή δράση. Συνήθως συνοδεύεται με αποξήρανση και πάστωμα με αλάτι. Χρησιμοποιείται κυρίως σε αλλαντικά και ψάρια, τόσο από τη βιομηχανία τροφίμων όσο και σε οικοτεχνική βάση.

Συντήρηση σε αλάτι: Παλιά μέθοδος που χρησιμοποιείται εδώ και χιλιάδες χρόνια. Προστίθεται αλάτι σε ποσοστό 10% - 20% επί του βάρους του τροφίμου προς συντήρηση. Χρησιμοποιείται τόσο από τη βιομηχανία τροφίμων όσο και σε οικοτεχνική βάση κυρίως σε αλλαντικά, ψάρια και κάποια λαχανικά.

Συντήρηση σε ζάχαρη: Μέθοδος που χρησιμοποιείται για τη συντήρηση φρούτων (κυρίως μαρμελάδες και γλυκά κουταλιού). Βασίζεται στις μεγάλες συγκεντρώσεις της σακχαρώζης που μπορεί να φθάσει μέχρι 50% - 60% επί του βάρους.

Συντήρηση σε λάδι ή ζωικό λίπος: Παλιά μέθοδος, βάσει της οποίας τα τρόφιμα καλύπτονται από το λάδι. Με τον τρόπο αυτό δεν έρχονται σε επαφή με το οξυγόνο της ατμόσφαιρας και εμποδίζεται έτσι η ανάπτυξη των μικροοργανισμών. Χρησιμοποιείται τόσο από την βιομηχανία τροφίμων όσο και σε οικιακή βάση, κυρίως για τη συντήρηση λαχανικών αλλά και για κρέας ή ψάρι.

Συντήρηση σε αλκοόλ: Τα τρόφιμα καλύπτονται με αλκοόλ και εμποδίζεται έτσι η ανάπτυξη των μικροοργανισμών. Χρησιμοποιείται τόσο από την βιομηχανία τροφίμων όσο και σε οικιακή βάση για τη συντήρηση κάποιων φρούτων.

Συντήρηση σε ξίδι: Παλιά μέθοδος, βάσει της οποίας τα τρόφιμα καλύπτονται με ξίδι. Με τον τρόπο αυτό, δημιουργείται περιβάλλον ακατάλληλο για την ανάπτυξη των μικροοργανισμών. Συχνά χρησιμοποιείται και αλάτι. Βρίσκει χρήση τόσο στην βιομηχανία τροφίμων όσο και σε οικιακή βάση, κυρίως για λαχανικά και για ψάρια.

4.3.1. Το pH και η Συντήρηση των Τροφίμων

Ως pH ορίζεται ο αρνητικός δεκαδικός λογάριθμος της συγκέντρωσης των ιόντων υδρογόνου (H^+) που υπάρχουν σε ένα μέσο, π.χ. το τρόφιμο, και λαμβάνει τιμές από 0 έως 14. Σε pH 7.0 το μέσο χαρακτηρίζεται ως ουδέτερο, σε τιμές $pH < 7.0$ ως όξινο και σε τιμές $pH > 7.0$ ως αλκαλικό. Όμως, επειδή η κλίμακα του pH είναι λογαριθμική, ένα όξινο μέσο με pH πχ 4.0 είναι 10 φορές περισσότερο όξινο από το μέσο με pH 5.0.

Το pH αποτελεί βασικό παράγοντα επιλογής των μικροοργανισμών που αναπτύσσονται σε ένα τρόφιμο, επειδή ο κάθε μικροοργανισμός μπορεί να αναπτυχθεί μόνο σε ένα ορισμένο εύρος τιμών pH. Οι ελάχιστες τιμές ή το εύρος τιμών pH οι οποίες επιτρέπουν την ανάπτυξη των μικροοργανισμών που παρουσιάζουν ενδιαφέρον για τη συντήρηση των τροφίμων και την υγεία του καταναλωτή δίνονται στον Πίνακα 4.2. Επίσης, το pH επηρεάζει την ανθεκτικότητα των μικροοργανισμών στη θέρμανση. Συνεπώς, το pH του κάθε προϊόντος αποτελεί βασικό κριτήριο επιλογής του είδους της θερμικής επεξεργασίας που πρέπει να δεχθεί το συγκεκριμένο προϊόν, ώστε να καταστραφούν ορισμένοι μικροοργανισμοί που απαντούν σε αυτό. Τέλος, το pH αποτελεί βασικό παράγοντα που ελέγχει το ρυθμό των χημικών και βιοχημικών αντιδράσεων και επηρεάζει βασικές ιδιότητες των τροφίμων, όπως το χρώμα, το άρωμα, την υφή και άλλες.

Με βάση το pH τους τα τρόφιμα διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες, ήτοι σε τρόφιμα χαμηλής οξύτητας με $pH > 4.5$, σε όξινα τρόφιμα με τιμές pH μεταξύ 4.0 και 4.5, και σε ισχυρώς όξινα τρόφιμα με $pH < 4.0$ (Πίνακας 4.3.).

Η τιμή $pH = 4.0$, ή κατά άλλους 3.7, αποτελεί το ελάχιστο όριο pH στο οποίο μπορούν να βλαστήσουν τα σπόρια και να πολλαπλασιασθούν τα σπορογόνα βακτήρια. Η τιμή pH 4.5 επιλέχθηκε, γιατί είναι ελαφρώς χαμηλότερη από το ελάχιστο όριο pH στο οποίο μπορούν να πολλαπλασιαστούν στελέχη του *Clostridium botulinum* και να παράγουν τοξίνη.

Πίνακας 4.2.
Ελάχιστες τιμές ή εύρος τιμών pH που επιτρέπουν την ανάπτυξη μικροοργανισμών
(Rahman , 1999)

Μικροοργανισμός	pH	Μικροοργανισμός	pH
Βακτήρια	4.0-9.0	Listeria monocytogenes	4.3
Acetobacterium spp.	2.8-4.3	Lactobacillus spp.	3.0
Bacillus coagulans	3.7	Pseudomonas spp.	5.0
Cabilobacter jejuni	5.3	Salmonella spp.	3.8-4.0
Clostridium botulinum	4.5	Staphylococcus aureus(ανάπτυξη)	4.0
C.botulinum (πρωτεολιτικό)	4.6-4.7	S.aureus (παραγωγή τοξίνης)	4.5
C.botulinum (μη πρωτεολιτικό)	4.7-5.0	Vibrio parahaemolyticus	4.9
C.perfringens	4.5-5.0	Yersinia enterocolitica	4.4-4.6
C.thermoaceticum	5.0-8.0		
Enterococcus faecalis	4.4-9.1	Ζύμες	1.5-8.5
Escherichia coli	4.0-8.7	Saccharomyces cerevisiae	2.35-8.0
Lactic acid bacteria	3.5	Μύκητες	1.5-11.0

Πίνακας 4.3.
Διάκριση των τροφίμων με βάση το pH τους

Κατηγορία τροφίμου	pH	Αντιπροσωπευτικά τρόφιμα
1.Χαμηλής οξύτητας	> 4.5	Κρέας,γάλα,ιχθυρά,λαχανικά
2.Οξίνα	4.0-4.5	Τομάτες,φρούτα
3.Ισχυρώς όξινα	< 4.0 (3.7)	Φρούτα,χημοί.τουρσιά,κρασί, αναψυκτικά

Το C.botulinum, γνωστό ως κλωστρίδιο της αλλαντίασης, είναι υποχρεωτικά αναερόβιο βακτήριο, δηλαδή αναπτύσσεται σε περιβάλλον απουσία οξυγόνου. Επίσης, είναι ευρύτατα διαδεδομένο στη φύση. Απαντά εκτεταμένα στο έδαφος και συνεπώς είναι πολύ πιθανόν να βρίσκεται σε μικρούς πληθυσμούς σε όλα τα προϊόντα που έρχονται σε επαφή με το χώμα στη διάρκεια της παραγωγής ή της συλλογής τους. Έτσι, βρίσκεται ακόμη και σε φυτά, λαχανικά και φρούτα. Τέλος, το C. botulinum είναι το πλέον θερμοανθεκτικό σπορογόνο παθογόνο βακτήριο το οποίο μπορεί να αναπτυχθεί στα τρόφιμα χαμηλής οξύτητας. Στο C. botulinum υπάρχουν 7 διαφορετικοί αντιγονικοί τύποι. Από αυτούς οι A, B και E είναι οι συνηθέστεροι που προσβάλλουν τον άνθρωπο.

Η τοξίνη που παράγει το C. botulinum θεωρείται από τα ισχυρότερα γνωστά δηλητήρια. Ένα εκατομμυριαστό του γραμμαρίου της τοξίνης προκαλεί στον άνθρωπο ακαριαία το θάνατο. Η δράση της οφείλεται στο ότι αναστέλλει την απελευθέρωση της ακετυλοχολίνης στις γαγγλι-ακές και νευρομυικές συνάψεις. Η τροφική δηλητηρίαση που προκαλεί η τοξίνη του C. botulinum στον άνθρωπο είναι γνωστή ως αλλαντίαση ή βοτυλίωση. Πρόκειται για μια νευροπαραλυτική νόσο με πολύ υψηλή θνησιμότητα. Τα συμπτώματα εμφανίζονται 18-96 ώρες μετά την κατανάλωση του μολυσμένου με την τοξίνη τροφίμου, Τρόφιμα ιδιαίτερα επικίνδυνα είναι οι κονσέρβες, καθώς και προϊόντα από κρέας, ψάρια και λαχανικά. Θέρμανση όμως των τροφίμων στους 100°C για 10 λεπτά καταστρέφει την τοξίνη.

Το pH των τροφίμων μπορεί να μεταβληθεί με: α) την προσθήκη οξέων και γλυκονικής-δέλτα-λακτόνης και β) με τη δράση μικροοργανισμών. Τα οργανικά οξέα που χρησιμοποιούνται είναι το οξικό, το κιτρικό, το ασκορβικό και το γαλακτικό οξύ. Η γλυκονική-δέλτα-λακτόνη είναι ανυδρίτης της γλυκόζης και με νερό μετατρέπεται σε γλυκονικό οξύ. Οι μικροοργανισμοί οι οποίοι διασπούν τα σάκχαρα σε οργανικά οξέα προκαλούν μείωση του pH. Αντίθετα, μικροοργανισμοί που διασπούν τις πρωτεΐνες σε πεπτίδια, αμινοξέα και τελικά σε αμμωνία προκαλούν αύξηση του pH

4.3.2. Το νερό και η Συντήρηση των Τροφίμων

Το νερό αποτελεί βασικό συστατικό όλων των τροφίμων, το οποίο επηρεάζει την ικανότητα συντήρησής των. Το νερό που υπάρχει σε ένα τρόφιμο ασκεί στην επιφάνειά του ορισμένη πίεση υδρατμών. Αυτή εξαρτάται από τη συνολική περιεκτικότητα του τροφίμου σε υγρασία και σε ουσίες που είναι διαλυτές στο νερό, κυρίως άλατα και σάκχαρα, καθώς και από τη θερμοκρασία του.

Ο λόγος της μερικής πίεσης των υδρατμών (P) στην επιφάνεια του τροφίμου προς την πίεση υδρατμών του καθαρού νερού (P_w) της ίδιας θερμοκρασίας ορίζεται ως δραστηριότητα νερού (water activity, a_w), γνωστή επίσης και ως ενεργότητα νερού ή συντελεστής ενεργού ύδατος. Η δραστηριότητα νερού δίνεται από τη σχέση:

$$a_w = \frac{P}{P_w} \quad (4.1.)$$

Επειδή το νερό που απαντά στα τρόφιμα είναι δεσμευμένο με διάφορες μορφές, η δραστηριότητα νερού εκφράζει με απλά λόγια το μέρος εκείνο από τη συνολική περιεκτικότητα του τροφίμου σε υγρασία το οποίο είναι διαθέσιμο για την ανάπτυξη των μικροοργανισμών, τη δραστηριότητα των ενζύμων και τη διεξαγωγή των χημικών αντιδράσεων.

Η δραστηριότητα νερού στα τρόφιμα έχει τιμές μικρότερες από 1 και επηρεάζεται από την περιεκτικότητα του τροφίμου σε υγρασία, το είδος και τη συγκέντρωση των διαλυμένων ουσιών, τη δομή και τα φυσικά χαρακτηριστικά του τροφίμου (Πίνακας 4.4.).

Πίνακας 4.4.
Περιεκτικότητα σε υγρασία και δραστηριότητα νερού ορισμένων τροφίμων
(Fellows, 2000)

Προϊόν	Υγρασία (%)	Δραστηριότητα νερού(a _w)
Πάγος(°C)	100	1.00
Νωπό κρέας	70	0.985
Ψωμί	40	0.96
Πάγος(-10°C)	100	0.91
Μαρμελάδα	35	0.86
Πάγος(-20°C)	100	0.82
Αλεύρι άσπρο	14.5	0.72
Πάγος(-50°C)	100	0.62
Σταφίδα	27	0.60
Μακαρόνια	10	0.45
Μπισκότα	5	0.20
Γάλα σκόνη	3.5	0.11
Πατατάκια	1.5	0.08

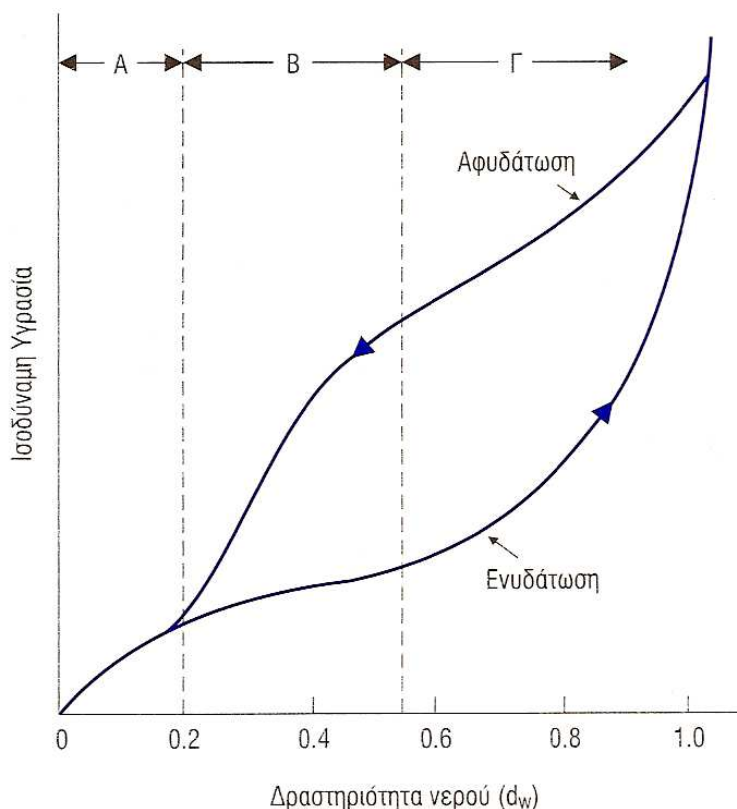
Η σχετική υγρασία (ΣΥ) (relative humidity) σε ένα χώρο ορίζεται από το λόγο της μερικής πίεσης των υδρατμών του αέρα (P') σε ορισμένη θερμοκρασία προς την πίεση υδρατμών του καθαρού νερού (P_w) της ίδιας θερμοκρασίας, εκφράζεται ως (%) και δίνεται από τη σχέση:

$$\Sigma Y = \frac{P'}{P_w} \times 100 \quad (4.2.)$$

Αν ένα τρόφιμο εκτεθεί σε συνθήκες περιβάλλοντος, χωρίς κατάλληλη συσκευασία, τότε θα προσλάβει υγρασία από ή θα αποβάλει υγρασία προς το περιβάλλον, μέχρις ότου αποκατασταθούν συνθήκες ισορροπίας μεταξύ της δραστηριότητας νερού του τροφίμου και της σχετικής υγρασίας του περιβάλλοντος. Όταν αποκατασταθούν οι συνθήκες αυτές ισορροπίας σε μια ορισμένη θερμοκρασία, τότε η σχετική υγρασία του αέρα που περιβάλλει το τρόφιμο είναι γνωστή ως ισοδύναμη σχετική υγρασία (ΙΣΥ) ή υγρασία εξισορρόπησης (equilibrium relative humidity), ενώ η περιεκτικότητα του τροφίμου σε υγρασία είναι γνωστή ως ισοδύναμη υγρασία (equilibrium moisture content). Στην περίπτωση αυτή ισχύει η σχέση:

$$a_w = \frac{I\Sigma Y}{100} \quad (4.3.)$$

Η μεταβολή της ισοδύναμης υγρασίας ενός τροφίμου, που αντιστοιχεί σε ορισμένη θερμοκρασία, σε σχέση με τη μεταβολή της δραστηριότητας νερού ή της ισοδύναμης σχετικής υγρασίας του περιβάλλοντος παριστά καμπύλη γνωστή ως ισόθερμη καμπύλη ισοδύναμης υγρασίας (water sorption isotherm) η οποία φαίνεται στο επόμενο Σχήμα.4.1.



Σχήμα 4.1. Ισόθερμη καμπύλη ισοδύναμης υγρασίας (Fellows, 2000)

Το τμήμα Α της καμπύλης αντιπροσωπεύει το νερό εκείνο που απαντά στα τρόφιμα σε μονομοριακά στρώματα (στοιβάδες). Το νερό αυτό συγκρατείται ισχυρά από διάφορους δεσμούς γι' αυτό είναι σταθερό, δεν μετατρέπεται σε παγοκρυστάλλους κατά την κατάψυξη και δεν απομακρύνεται από τα τρόφιμα με αφυδάτωση. Το τμήμα Β της καμπύλης αντιπροσωπεύει το νερό που απαντά σε πολυμοριακά στρώματα (στοιβάδες) ή μέσα σε μικρούς τριχοειδείς πόρους. Τέλος, το τμήμα Γ της καμπύλης αντιπροσωπεύει το ελεύθερο νερό το οποίο συγκρατείται χαλαρά μέσα σε μεγάλους τριχοειδείς πόρους ή μέσα στα κύτταρα των τροφίμων με κυτταρική οργάνωση. Το νερό αυτό εύκολα σχηματίζει παγοκρυστάλλους κατά την κατάψυξη και απομακρύνεται κατά την αφυδάτωση των τροφίμων. Επίσης, το νερό αυτό αντιπροσωπεύει το μέρος εκείνο από την υγρασία του τροφίμου που είναι διαθέσιμο για την ανάπτυξη των μικροοργανισμών και τη δραστηριότητα των ενζύμων.

Η δραστηριότητα νερού που επικρατεί σε ένα τρόφιμο επηρεάζει τη δυνατότητα ανάπτυξης των μικροοργανισμών. Για κάθε μικροοργανισμό υπάρχει μια ελάχιστη τιμή δραστηριότητας νερού κάτω από την οποία αυτός δεν μπορεί να αναπτυχθεί ή να παράγει τοξίνη (Πίνακας 4.5.). Μείωση της δραστηριότητας νερού στο περιβάλλον των μικροοργανισμών αυξάνει την ωσμωτική πίεση που ασκείται στην κυτταρική τους μεμβράνη, γεγονός που προκαλεί σταδιακά την καταστροφή της και τελικά το θάνατο του μικροοργανισμού.

Η δραστηριότητα νερού επηρεάζει επίσης τη δράση των ενζύμων και το ρυθμό των αντιδράσεων της μη ενζυμικής μελάνωσης και της οξειδωσης των τροφίμων καθώς και την υφή των τροφίμων. Τρόφιμα με πολύ χαμηλή δραστηριότητα νερού ($a_w < 0.25$) χαρακτηρίζονται ως ξηρά, σκληρά, εύθρυπτα και τραγανά, με a_w από 0.25 έως 0.75 ως συνεκτικά και εύκαμπτα και με a_w μεγαλύτερη από 0.75 ως υγρά, μαλακά, χαλαρά, διογκωμένα και κολλώδη.

Πίνακας 4.5.
Ελάχιστες τιμές δραστηριότητας νερού για την ανάπτυξη και την παραγωγή τοξίνης των παθογόνων βακτηρίων και μυκητών (Rahman, 1999)

Μικροοργανισμοί	Ελάχιστη δραστηριότητα νερού για		Τοξίνη
	Ανάπτυξη	Παραγωγή τοξίνης	
Βακτήρια			
<i>Bacillus cereus</i>	0.93-0.95	-	-
<i>Clostridium botulinum</i>	0.93-0.95	0.94-0.95	Τύπος Α
	0.93-0.94	0.94	Τύπος Β
	0.95-0.97	0.97	Τύπος Ε
<i>Clostridium perfringens</i>	0.93-0.95	-	-
<i>Salmonella spp.</i>	0.92-0.95	-	-
<i>Staphylococcus aureus</i>	0.86-0.87	0.87-0.90	Εντεροτοξίνη Α
	0.86-0.87	0.97	Εντεροτοξίνη Β
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	0.94	-	-
Μύκητες			
<i>Aspergillus spp.</i>	0.78-0.82	0.83-0.87	Aflatoxin
<i>Aspergillus ochraceus</i>	0.77-0.83	0.83-0.87	Ochratoxin
<i>Penicillium spp.</i>	0.81-0.85	0.83-0.90	Ochratoxin
<i>Penicillium spp.</i>	0.76-0.87	0.80-0.99	Penicillic acid
<i>Penicillium spp.</i>	0.81-0.85	0.85-0.99	Patulin
<i>Stachybotrys atra</i>	0.94	0.94	Stachybotrym
<i>Trichothecium roseum</i>	0.90	-	Trichothecine

Η δραστηριότητα νερού των τροφίμων μπορεί να μειωθεί: α) με αφαίρεση νερού, β) με προσθήκη ουσιών που δεσμεύουν το νερό και γ) με συνδυασμό των δυο μεθόδων. Η αφαίρεση νερού γίνεται με τη συμπύκνωση και την αφυδάτωση των τροφίμων, καθώς επίσης κατά το ψήσιμο και το τηγάνισμα. Η συντήρηση του κρέατος και των ψαριών με αλατισμό και των φρούτων σε σακχαρούχα σιρόπια επιτυγχάνεται με τη δέσμευση του νερού και συνεπώς τη μείωση της δραστηριότητας του νερού, από το αλάτι και τη ζάχαρη που χρησιμοποιείται στην επεξεργασία των αντίστοιχων προϊόντων. Τέλος, ο συνδυασμός αφαίρεσης νερού και προσθήκης ουσιών που δεσμεύουν το νερό εφαρμόζεται στην ωσμωτική αφυδάτωση των τροφικών.

4.3.3. Επιμόλυνση τροφίμων

Τα τρόφιμα επιμολύνονται με μικροοργανισμούς όχι μόνο από τους ανθρώπους αλλά και από:

- Μύγες, κατσαρίδες και τρωκτικά
- Μολυσμένες επιφάνειες εργασίας, σκεύη και εξοπλισμό
- Μολυσμένο αέρα
- Τρίχες
- Κομμάτια από βερνίκι νυχιών

Τα τρόφιμα επιμολύνονται επίσης με:

- Επικίνδυνα ξένα σώματα (σπασμένα γυαλιά ή πλαστικά)
- Επικίνδυνες χημικές ουσίες (εντομοκτόνα, καθαριστικά προϊόντα, κ.α)

Η επιμόλυνση προκαλείται συνήθως στα τρόφιμα που μένουν απροστάτευτα σε ένα «εχθρικό» περιβάλλον, όπως είναι οι κακές συνθήκες υγιεινής του κυλικείου, οι ακατάλληλοι χειρισμοί των τροφίμων από το προσωπικό και η παρουσία εντόμων (μυγών, κατσαριδών) και τρωκτικών (ποντικών). Η εσφαλμένη χρήση περιεκτών (δοχείων) που δεν έχουν σχεδιαστεί για τη διατήρηση τροφίμων μπορεί να είναι μια άλλη αιτία επιμόλυνσής τους, όπως είναι και η σκόνη που μεταφέρεται με τον αέρα γύρω από τα ανοικτά έτοιμα για κατανάλωση τρόφιμα.

Ο πολλαπλασιασμός των μικροοργανισμών στα τρόφιμα ευνοείται από :

- Τη σύνθεση των τροφίμων, πολλά τρόφιμα ευνοούν την ανάπτυξή τους. Όπως οι άνθρωποι, έτσι και οι μικροοργανισμοί θέλουν νερό (υγρασία στα τρόφιμα), θρεπτικές ουσίες (π.χ πηγή ενέργειας και αζώτου, βιταμίνες και ανόργανα συστατικά) και τρόφιμα με κατάλληλη οξύτητα για να αναπτυχθούν (π.χ τρόφιμα που δεν είναι τόσο όξινα ή αλκαλικά).
- Από τις συνθήκες διατήρησης των τροφίμων, ιδιαίτερα από τη θερμοκρασία και τον χρόνο που διατηρούνται σε αυτή τη θερμοκρασία. Η ευνοϊκή θερμοκρασία για την ανάπτυξη των μικροοργανισμών είναι μεταξύ 50C έως 60 0C. Έξω από την επικίνδυνη αυτή ζώνη οι παθογόνοι μικροοργανισμοί δεν μπορούν να πολλαπλασιαστούν σε πληθυσμούς ικανούς να προκαλέσουν τροφική δηλητηρίαση. Σε θερμοκρασίες όμως μεταξύ 50C έως 60 0C τα βακτήρια πολλαπλασιάζονται πιο γρήγορα, χρειάζονται δηλαδή λιγότερο χρόνο για να αυξηθεί ο αριθμός τους. Η αύξηση του αριθμού των βακτηρίων οφείλεται στη διαίρεση του κυττάρου τους. Ορισμένα βακτήρια διαιρούνται κάθε 20 λεπτά. Για παράδειγμα ένα κύτταρο σταφυλόκοκκου που βρίσκεται σε κατάλληλη θερμοκρασία, μπορεί με συνεχείς διαιρέσεις να παράγει σε 7 ώρες 1.045.576 νέους σταφυλόκοκκους.

Πέντε παράγοντες που ευνοούν την μικροβιακή ανάπτυξη στα τρόφιμα:

- Τα τρόφιμα ζωικής προέλευσης (τυριά, γάλα, γιαούρτι) ευνοούν περισσότερο την ανάπτυξη των μικροοργανισμών γι'αυτό και χρειάζονται ιδιαίτερη προσοχή στους χειρισμούς τους.
- Η υγρασία των τροφίμων
- Η θερμοκρασία που διατηρούνται τα τρόφιμα
- Η οξύτητα των τροφίμων
- Ο χρόνος διατήρησης των τροφίμων

4.3.4. Αλλοίωση & Αίτια Αλλοίωσης Τροφίμων

Τα τρόφιμα θεωρούνται γενικά ως φθαρτά προϊόντα τα οποία κατά τη διατήρησή τους κάτω από ορισμένες συνθήκες υφίστανται ποιοτική υποβάθμιση και αλλοίωση, η έκταση των οποίων εξαρτάται από τη φύση του προϊόντος και τις συνθήκες διατήρησής του.

Η αλλοίωση των τροφίμων προκαλείται από μικροοργανισμούς που βρίσκονται στα αρχικά συστατικά των τροφίμων ή μεταφέρονται στα τρόφιμα από τους ανθρώπους, τα έντομα, τις μολυσμένες επιφάνειες εργασίας, τα σκεύη, τον εξοπλισμό και τον μολυσμένο αέρα. Όταν τα τρόφιμα διατηρούνται σε συνθήκες κατάλληλες για την ανάπτυξη των μικροοργανισμών, τότε οι μικροοργανισμοί πολλαπλασιάζονται γρήγορα στο καινούριο τους «σπίτι». Αν στα τρόφιμα αναπτυχθεί μεγάλος αριθμός μικροοργανισμών τότε είναι πιθανόν να προκληθεί τροφική δηλητηρίαση. Η τροφική δηλητηρίαση στα παιδιά μπορεί να είναι ιδιαίτερα σοβαρή.

Κοιλιακοί πόνοι, διάρροια και εμετός είναι τα πιο συνηθισμένα συμπτώματα της τροφικής δηλητηρίασης τα οποία εμφανίζονται συνήθως σε 2 ως 36 ώρες αλλά και σε 72 ώρες μετά την κατανάλωση μολυσμένων τροφίμων. Μερικές φορές ακόμη και ένας στομαχόπονος που αντιπαρέρχεται της προσοχής μας, μπορεί να είναι μια ήπια μορφή τροφικής δηλητηρίασης. Τροφική δηλητηρίαση μπορεί να προκαλέσουν και τα τρόφιμα που έχουν καλή εμφάνιση, οσμή και γεύση.

Ο ενδεικτικός χρόνος διατήρησης των νωπών τροφίμων σε συνθήκες περιβάλλοντος φαίνεται στον Πίνακα 4.6.

Πίνακας 4.6.

Ενδεικτικός χρόνος διατήρησης των νωπών τροφίμων σε συνθήκες περιβάλλοντος

Νωπά προϊόντα	Χρόνος διατήρησης
Κρέας , αλιεύματα , γάλα	1-2 μέρες
Φρούτα και λαχανικά	1-2 εβδομάδες
Ριζώδη λαχανικά	3-4 εβδομάδες
Δημητριακά , όσπρια, σπόροι , καρποί	12 μήνες

Στο ποιοτικά υποβαθμισμένο τρόφιμο επέρχονται μεταβολές στα οργανοληπτικά του χαρακτηριστικά που μειώνουν την αποδοχή του από τον καταναλωτή και συνεπώς την εμπορική του αξία, χωρίς ωστόσο το τρόφιμο να θεωρείται ακατάλληλο για κατανάλωση. Όμως, μια αρχικά μικρή ποιοτική υποβάθμιση ενός τροφίμου είναι δυνατόν να αποτελέσει την απαρχή παραπέρα αλλοίωσης. Παραδείγματα ποιοτικής υποβάθμισης τροφίμων αποτελούν ο θρυμματισμός ενός συσκευασμένου μπισκότου, τα κτυπήματα στην επιφάνεια ενός μήλου, το ράγισμα του κελύφους των αυγών, η παλαιώση (μπαγιάτισμα) του ψωμιού Κ.ά.

Στο αλλοιωμένο τρόφιμο έχουν επέλθει μεταβολές οι οποίες το καθιστούν: α) ακατάλληλο για κατανάλωση ή επεξεργασία, γεγονός που προκαλεί τεράστιες οικονομικές συνέπειες και β) πιθανόν επικίνδυνο για την υγεία του ανθρώπου. Παραδείγματα αλλοιωμένων τροφίμων αποτελούν το μούχλιασμα του ψωμιού, το φούσκωμα των κονσερβών, η ανάμυξη «γλίτσας» και δυσάρεστης οσμής στην επιφάνεια του κρέατος, το μαύρισμα των συμπυκνωμένων χυμών Κ.ά.

Τα αίτια που προκαλούν ποιοτική υποβάθμιση και αλλοιώσεις στα τρόφιμα είναι:

- Τα μηχανικά αίτια, όπως κτύπημα, εφελκυσμός Κ.ά.
- Οι μικροοργανισμοί: τα βακτήρια, οι μύκητες και οι ζύμες
- Τα ενδογενή ένζυμα
- Οι φυσικοί παράγοντες: η υγρασία, το οξυγόνο, το φως, η θερμοκρασία
- Οι χημικές αντιδράσεις: η μη ενζυμική μελάνωση, οι οξειδώσεις
- Τα παράσιτα: νηματώδης τριχίνωσης, ταινία, εχινόκοκκος
- Τα έντομα
- Τα τρωκτικά

Οι μηχανισμοί με τους οποίους τα παραπάνω αίτια προκαλούν τις ανεπιθύμητες μεταβολές στα τρόφιμα συνοψίζονται στον Πίνακα 4.7.

Πίνακας 4.7.
Μηχανισμοί πρόκλησης ανεπιθύμητων μεταβολών στα τρόφιμα

<p>Μηχανικά αίτια</p> <ul style="list-style-type: none"> - Θρυμματισμός - Μώλωπες - Θραύση , παραμόρφωση , κ.ά. <p>Μικροοργανισμοί</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ανάπτυξη μικροοργανισμών - Σχηματισμός δυσάρεστων οσμών - Σχηματισμός γλίτσας - Αποχρωματισμός <p>Ενδογενή Ένζυμα</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ενζυμική μελάνωση - Μεταβολές στην οσμή - Μεταβολές στη συνεκτικότητα 	<p>Φυσικοί παράγοντες</p> <ul style="list-style-type: none"> - Μεταφορά νερού και διαλυτών ουσιών - Κρυστάλλωση και επανακρυστάλλωση - Αλλαγή φυσικής κατάστασης - Απώλεια αρωματικών ουσιών - Συρρίκνωση - Κατάρευση της δομής <p>Χημικές αντιδράσεις</p> <ul style="list-style-type: none"> - Μη ενζυμική μελάνωση - Οξείδωση συστατικών <p>Τάγκιση λιπαρών ουσιών</p> <p>Απώλεια θρεπτικών στοιχείων</p> <p>Μεταβολές στο χρώμα</p>
---	---

Άλλα Αίτια Αλλοίωσης Τροφίμων. Τα μηχανικά αίτια προκαλούν μώλωπες, θρυμματισμό, ράγιση ή και πλήρη καταστροφή ευπαθών τροφίμων, ή της συσκευασίας που τα περιβάλλει. Οι μεταβολές αυτές οδηγούν στην ποιοτική υποβάθμιση, την παραπέρα αλλοίωση ή και την πλήρη απώλεια των προϊόντων.

Τα ένζυμα προκαλούν μεταβολές στο χρώμα, την οσμή και γεύση και στη συνεκτικότητα των τροφίμων αλλά είναι δυσκολότερο να αντιμετωπισθούν σε σύγκριση με τους μικροοργανισμούς.

Οι χημικές αντιδράσεις προκαλούν τις λιγότερες αλλοιώσεις αλλά αντιμετωπίζονται δυσκολότερα από τους μικροοργανισμούς και τα ένζυμα. Οι σπουδαιότερες χημικές αντιδράσεις που υποβαθμίζουν την ποιότητα των τροφίμων είναι η μη ενζυμική μελάνωση και η οξείδωση διάφορων συστατικών.

Η μη ενζυμική μελάνωση (non enzymic browning) οφείλεται σε αντιδράσεις διάφορων συστατικών των τροφίμων, όπως: α) στις αντιδράσεις Maillard μεταξύ του καρβονυλίου των αλδεϋδών, κετονών και αναγωγικών σακχάρων με την αμινική ομάδα των αμινών, αμινοξέων, πεπτιδίων και πρωτεϊνών, β) στις αντιδράσεις καραμελοποίησης κατά τη θέρμανση σε υψηλές θερμοκρασίες των πολυυδροξυλιωμένων καρβονυλικών ενώσεων των σακχάρων και των οργανικών οξέων και γ) στις οξειδωτικές αντιδράσεις συστατικών, όπως η γλυκόζη και το ασκορβικό οξύ σε υγρά προϊόντα. Η μη ενζυμική μελάνωση προκαλεί μεταβολές στο χρώμα, την οσμή και τη γεύση και υποβάθμιση της θρεπτικής αξίας των τροφίμων. Σε ορισμένες περιπτώσεις οι μεταβολές στο χρώμα, την οσμή και τη γεύση είναι επιθυμητές, όπως στην κρούστα του ψωμιού, στον ψημένο καφέ, στο ψημένο κρέας Κ.ά. Όμως, η μη ενζυμική μελάνωση που συμβαίνει κατά τη συντήρηση κυρίως των συμπυκνωμένων και αφυδατωμένων προϊόντων είναι ανεπιθύμητη και γίνεται εντονότερη με την αύξηση του χρόνου συντήρησης.

Η οξείδωση των λιπαρών ουσιών, κυρίως των ακόρεστων λιπαρών οξέων, με την επίδραση του οξυγόνου οδηγεί στην τάγκιση των τροφίμων, η οποία εκδηλώνεται με την ανάμυξη ανεπιθύμητης οσμής και γεύσης. Η οξείδωση διάφορων θρεπτικών στοιχείων επιφέρει μείωση της θρεπτικής αξίας, ενώ η οξείδωση των χρωστικών προκαλεί μεταβολές στο χρώμα των τροφίμων.

Το φως δρα ως καταλύτης σε πολλές οξειδωτικές αντιδράσεις. Έτσι, το φως καταλύει την οξείδωση των λιπών που οδηγεί στην τάγκιση, την οξείδωση χρωστικών που οδηγεί στον αποχρωματισμό, και την οξείδωση των βιταμινών που μειώνει τη θρεπτική αξία των τροφίμων.

Η υγρασία με την απομάκρυνσή της από τα νωπά φρούτα και λαχανικά προκαλεί τη μάρανσή τους. Πρόσληψη υγρασίας από άλλα τρόφιμα επηρεάζει αρνητικά τα οργανοληπτικά τους χαρακτηριστικά και τις λειτουργικές τους ιδιότητες. Για παράδειγμα, τα μπισκότα και τα πατατάκια χάνουν την τραγανότητά τους, ενώ τα προϊόντα σε σκόνη σχηματίζουν σβώλους και χάνουν την ρευστότητά τους. Επίσης, πρόσληψη υγρασίας από αφυδατωμένα τρόφιμα δημιουργεί τις προϋποθέσεις για την ανάμυξη μικροοργανισμών που μπορούν να προκαλέσουν την αλλοίωσή τους.

Το οξυγόνο είναι υπεύθυνο για τις αντιδράσεις οξείδωσης που συμβαίνουν στα τρόφιμα και υποβαθμίζουν τα οργανοληπτικά τους χαρακτηριστικά και τη θρεπτική τους αξία. Επίσης, το οξυγόνο αποτελεί παράγοντα που καθορίζει το είδος των μικροοργανισμών που θα αναμυχθούν σε ένα τρόφιμο. Έτσι, σε αναερόβιο περιβάλλον δεν μπορούν να αναμυχθούν οι μύκητες και τα αερόβια βακτήρια, ενώ εύκολα αναπτύσσονται τα αναερόβια βακτήρια.

Η θερμοκρασία επιταχύνει ή επιβραδύνει το ρυθμό των μεταβολών που επέρχονται στο τρόφιμο, οι οποίες οφείλονται στη δράση φυσικών, χημικών και βιολογικών παραγόντων και οδηγούν στην ποιοτική υποβάθμιση ή στην αλλοίωση του τροφίμου. Διακυμάνσεις της θερμοκρασίας κατά τη συντήρηση των καταψυγμένων τροφίμων προκαλούν σημαντικές μεταβολές που υποβαθμίζουν την ποιότητά τους. Επίσης, οι μεταβολές θερμοκρασίας προκαλούν τήξη ή στερεοποίηση των λιπαρών ουσιών με αποτέλεσμα να μεταβάλλουν την υφή των τροφίμων.

Τα έντομα προκαλούν ζημιές στα τρόφιμα που υπολογίζονται στο 10% της παγκόσμιας παραγωγής τροφίμων, ενώ έμμεσα είναι δυνατόν να μεταδώσουν ασθένειες στον άνθρωπο.

Τα τρωκτικά προκαλούν επίσης σημαντικές ζημιές στα τρόφιμα και επί πλέον, κυρίως τα ποντίκια, είναι δυνατόν να μεταδώσουν στον άνθρωπο ασθένειες, όπως η σαλμονέλλωση, η λεπτοσπείρωση, ο τύφος και η πανώλη.

4.3.5. Πρόληψη

Με την εφαρμογή μέτρων υγιεινής που εμποδίζουν την αλλοίωση ή εμποδίζουν την επιμόλυνση των τροφίμων προλαμβάνεται η αλλοίωση. Τα σπουδαιότερα μέτρα είναι :

- Η καθαριότητα του κυλικείου και του εξοπλισμού που παρασκευάζονται ή διατηρούνται τα τρόφιμα.
- Η διατήρηση των τροφίμων ανάλογα με το είδος τους, σε κατάλληλες συνθήκες ψύξης ή περιβάλλοντος. Ο περιορισμένος χρόνος διατήρησης των τροφίμων που αλλοιώνονται εύκολα σε θερμοκρασία μεταξύ 50C και 600C ώστε να μη δίνεται ο απαιτούμενος χρόνος στα βακτήρια να πολλαπλασιαστούν σε πληθυσμούς ικανούς να προκαλέσουν ασθένεια .
- Η καθαριότητα, η υγεία και οι σωστοί χειρισμοί του προσωπικού ώστε να αποφευχθούν οι επιμολύνσεις των τροφίμων που διαχειρίζονται.
- Η αγορά μη αλλοιωμένων συστατικών των τροφίμων ή τροφίμων.
- Η απόρριψη αποθηκευμένων τροφίμων που έχουν αλλοιωθεί κατά την αποθήκευση ή έχει λήξει η ημερομηνία διατηρησιμότητάς τους. Θα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στα τρόφιμα που διατηρούνται με ψύξη ή με κατάψυξη Και στις δύο περιπτώσεις θα πρέπει να ελέγχονται οι συνθήκες αποθήκευσης τους (θερμοκρασία και χρόνος αποθήκευσης, καθαριότητα ψυγείου ή καταψύκτη κ.α.).
- Η χρησιμοποίηση τροφίμων με κανονική και όχι παραβιασμένη ή παραμορφωμένη συσκευασία. Θα πρέπει να αποφεύγεται η χρησιμοποίηση συσκευασιών με σχισίματα, φουσκώματα, ατελή συγκόλληση, κ.α.

4.4. Ηλεκτρονικός Έλεγχος Τροφίμων

4.4.1. Χρωματομετρικός αισθητήρας

Σε αυτό το κεφάλαιο θα περιγράψουμε την ανάπτυξη ενός ανέξοδου "χημικού bar-code", υπό μορφή αισθητήρα-συσκευασίας που ελέγχει την αλλοίωση στα προϊόντα των ψαριών και των θαλασσινών. Ο αισθητήρας περιέχει μια χρωστική ουσία (ευαίσθητη σε pH) που δείχνει από μια ορατή αλλαγή χρώματος στην παρουσία πτητικών ενώσεων όπως η trimethylamine (TMA), η ammonia (NH₃) και η dimethylamine (DMA) γνωστή ως Total Volatile Basic Nitrogen (TVB-N).

Στο πλαίσιο της οδηγίας 95/149/ΕΟΚ της ΕΕ, η ανάλυση TVB-N πρέπει να εκτελεστεί εάν οι αισθητήριες μέθοδοι εκφράζουν τις αμφιβολίες για τη φρεσκάδα των θαλασσινών ειδών. Η απάντηση μπορεί να ελεγχθεί με ένα απλό, φορητό και ανέξοδο colorimeter που έχει αναπτυχθεί βασισμένο σε LEDs και έναν φωτοανιχνευτή. Η επιλογή των LEDs ήταν να ταιριάζουν με τη ζώνη απορρόφησης της επιλεγμένης χρωστικής ουσίας. Οι δοκιμές στο βακαλάο επέτρεψαν τον έλεγχο πραγματικού χρόνου της αλλοίωσής τους και οι απαντήσεις των αισθητήρων βρέθηκαν να συσχετίζονται με τους μεταβαλλόμενους μικροβιακούς πληθυσμούς.

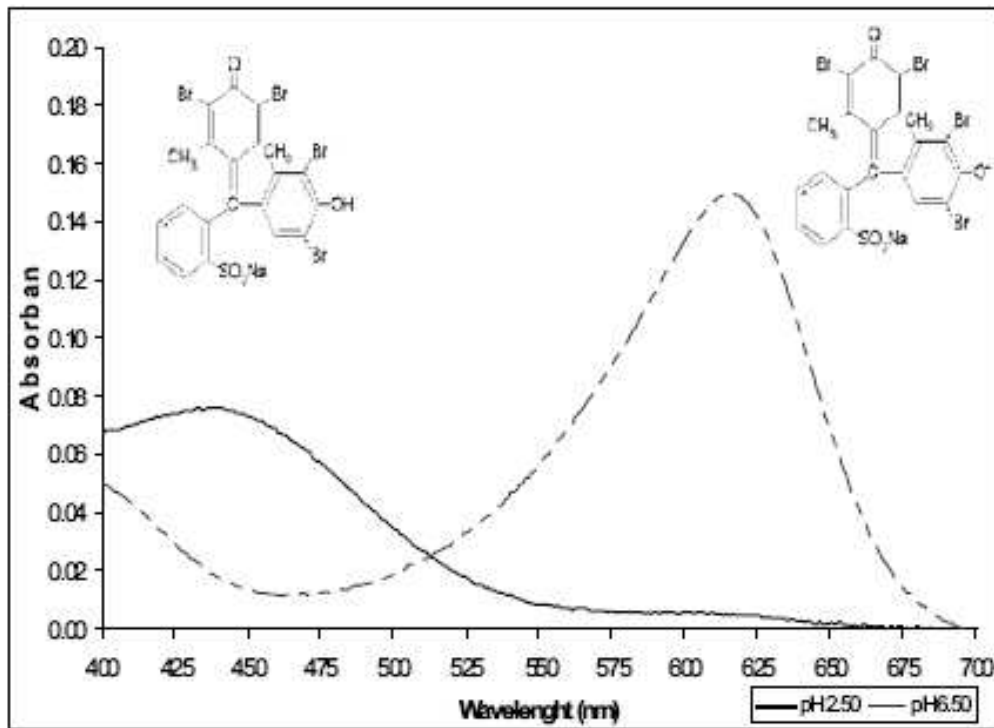
Με βάση την οδηγία 79/112/ΕΟΚ της ΕΕ, το μαρκάρισμα των προσυσκευασμένων τροφίμων, πρέπει να περιλάβει είτε την ημερομηνία της ελάχιστης διάρκειας, είτε όταν θεωρούνται ιδιαίτερα φθαρτά, μια χρήση πριν από την ημερομηνία. Εντούτοις αυτές οι ημερομηνίες διαμορφώνονται σύμφωνα με την απαίτηση ότι αυτά τα τρόφιμα πρόκειται να διατηρηθούν στη σταθερά που καταψύχονται ή στις χαμηλότερες θερμοκρασίες σε όλη τη "κρύα αλυσίδα", από την παραγωγή στην κατανάλωση. Αυτό είναι πάντα δύσκολο να επιτευχθεί.

Το 2005, η ανιχνευσιμότητα των τροφίμων ήταν μια απαίτηση της ΕΕ και υπάρχει πολύ ενδιαφέρον από τη βιομηχανία αλιείας για την ανάπτυξη των γρήγορων μεθόδων για να αξιολογήσει σε πραγματικό χρόνο τη φρεσκάδα των ψαριών και θαλασσινών. Έμφαση δίνεται στην ιστορία των προϊόντων και στους όρους αποθήκευσής τους από τη συγκομιδή στο σπίτι. Μια έννοια για να καλύψει αυτήν την απαίτηση είναι αυτή της έξυπνης συσκευασίας που ελέγχει την αλλοίωση στα προϊόντα ψαριών και θαλασσινών. Αυτό έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη των απλών ποιοτικών αισθητήρων τροφίμων υπό μορφή αισθητήρων-συσκευασίας.

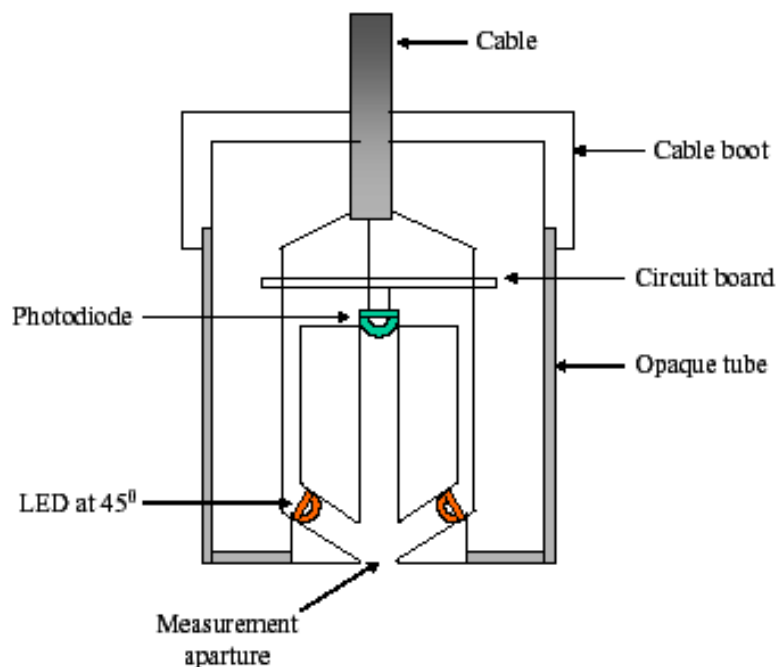
Όταν μια χρωστική ουσία ευαίσθητη στο pH τοποθετείται σε ένα περιβάλλον που είναι αρκετά βασικό έτσι ώστε το deprotonation της χρωστικής ουσίας εμφανιστεί, τότε πραγματοποιείται μια μετατόπιση στο μέγιστο φάσμα (λ_{max}) απορρόφησης του μήκους κύματός της. Παραδείγματος χάριν, μια μετατόπιση από 438nm σε 615nm παρατηρείται για πράσινο bromocresol (BCG) (σχήμα 4.2.).

Σαν έναρξη αλλοίωσης των προϊόντων ψαριών ή θαλασσινών, οι βασικές πτητικές ουσίες αλλοιώσεων παράγονται βαθμιαία στην headspace συσκευασίας με συνέπεια μια αύξηση του pH και το χρώμα των αισθητήρων να αλλάζει από κίτρινο στο μπλε. Ο αισθητήρας προετοιμάζεται μέσα σε μια πολυμερή μήτρα της επιλεγμένης χρωστικής ουσίας ευαίσθητης στο pH που αποκρίνεται μέσω των ορατών αλλαγών χρώματος, στις βασικές πτητικές ενώσεις αλλοιώσεως που συμβάλλουν σε μια ποσότητα γνωστή ως Total Volatile Basic Nitrogen (TVB-N).

Η βαθμολόγηση των αισθητήρων πραγματοποιήθηκε σχετικά με το τυποποιημένο αέριο αμμωνίας και οι εργαστηριακές δοκιμές στα δίχτυα των φρέσκων ψαριών επέτρεψαν τον έλεγχο πραγματικού χρόνου της αλλοίωσής τους. Η απάντηση ελέγχεται με απλό, ανέξοδο colorimeter βασισμένος σε LEDs και έναν φωτοανιχνευτή (σχήμα 4.3.).



Σχήμα 4.2. Φάσματα των όξινων και βασικών μορφών πράσινου bromocresol. Η αφαίρεση του ασταθούς πρωτονίου προκαλεί μια μετατόπιση στο λ_{\max} της απορρόφησης από 438nm (κίτρινη, όξινη μορφή) σε 615nm (μπλε, βασική μορφή).

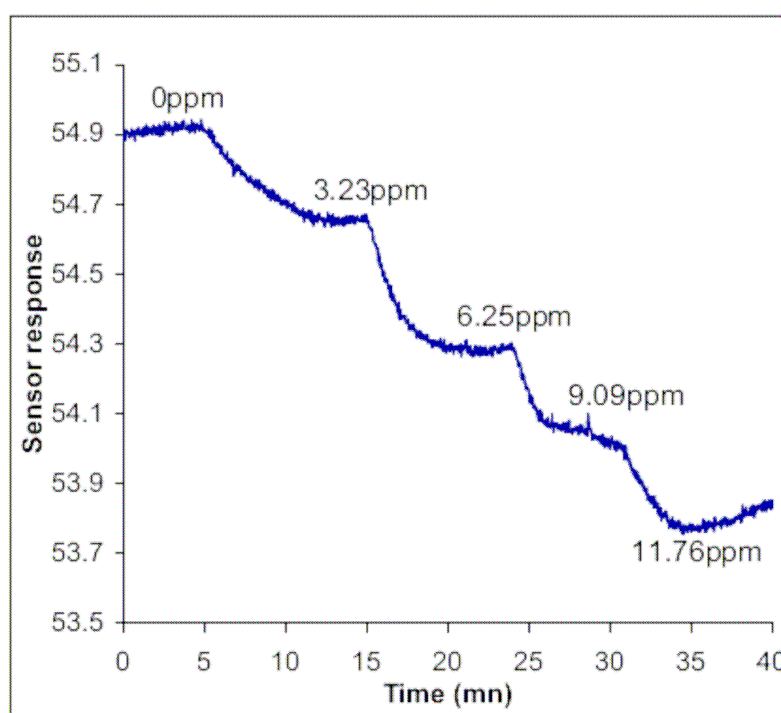


Σχήμα 4.3. Σχηματική αναπαράσταση του χρωματομετρικού ανιχνευτή.

Τα σημεία των αισθητήρων προετοιμάστηκαν με την επένδυση μιας BCG-πολυμερούς διατύπωσης επάνω σε ένα οπτικά καθαρό υπόστρωμα. Μια υδροφοβική διαπερατή μεμβράνη αερίου χρησιμοποιήθηκε για να προστατεύσει τον ντυμένο αισθητήρα επιφάνειας από την υπερβολική υγρασία επιτρέποντας στις αερίωδεις ενώσεις να περνούν από μέσα. Το συνθετικό αέριο αμμωνίας στο άζωτο χρησιμοποιήθηκε για να χαρακτηρίσει τον αισθητήρα. Η περαιτέρω διάλυση του αερίου αμμωνίας με το άζωτο επιτεύχθηκε μέσω της χρήσης των ελεγκτών μαζικής ροής. Ο αισθητήρας τοποθετήθηκε σε ένα κύτταρο ροής που εγκαταστάθηκε με τον οπτικό ανιχνευτή, ο οποίος έλεγξε στον πραγματικό χρόνο τις απαντήσεις των αισθητήρων στη μεταβαλλόμενη συγκέντρωση αμμωνίας. Ένα PC που συνδέθηκε με τον οπτικό ανιχνευτή κατέγραψε τα στοιχεία.

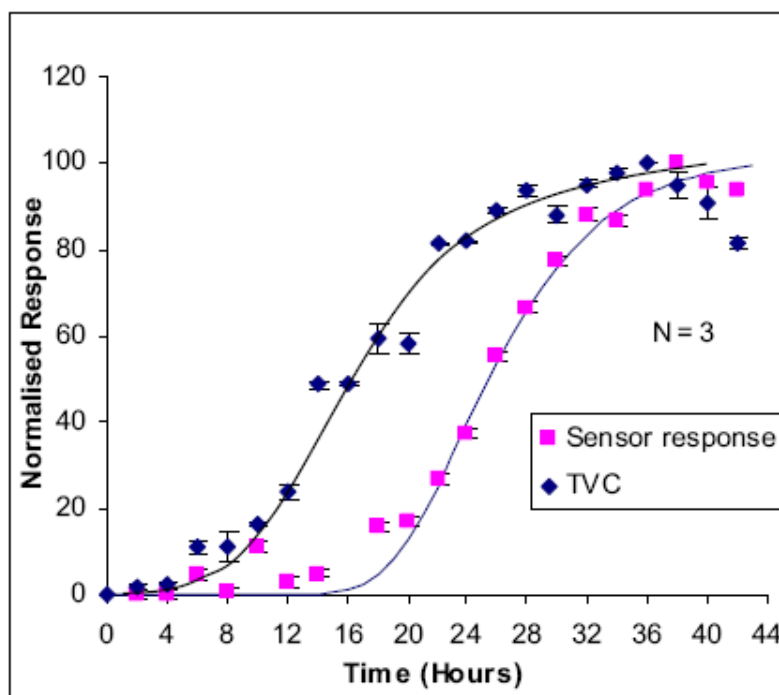
Οι αισθητήρες εγκαταστάθηκαν στο κατώτατο σημείο των φρεατίων ενός τυποποιημένου πιάτου 24-φρεατίων. Περίπου 1g δειγμάτων διχτού βυαλάων τοποθετήθηκαν στα χωριστά μεμονωμένα καλύμματα πολυπροπυλενίου (polypropylene) και παρεμβλήθηκαν στο πιάτο 24-φρεατίων. Οι άκρες σφραγίστηκαν με τη γρήγορη εποξική κόλλα θεραπείας για να δημιουργήσουν ένα σφράγισμα αερίου. Τα δείγματα δεν ήταν ποτέ σε επαφή με τους αισθητήρες. Τα φρεάτια αναφοράς δεν περιείχαν οποιοδήποτε δείγμα ψαριών και ολόκληρο το πιάτο αφέθηκε στη θερμοκρασία δωματίου (19-21.5°C) για μία περίοδο 48 ωρών. Οι απαντήσεις των αισθητήρων ελέγχονταν κάθε δύο ώρες με τον οπτικό ανιχνευτή που περιγράφηκε προηγουμένως. Η μελέτη της βακτηριακής αύξησης διεξήχθη επίσης παράλληλα (συνολική βιώσιμη αρίθμηση (TVC)) στα διπλά δείγματα διχτού βυαλάων.

Η αμμωνία είναι μια από τις ενώσεις που παράγονται στα ψάρια ή στα προϊόντα τους όταν χαλούν. Η μελέτη της απάντησης των αισθητήρων στο τυποποιημένο αέριο αμμωνίας παρείχε ένα πρότυπο της απάντησης σε TVB-N. Μια χαρακτηριστική απάντηση των αισθητήρων στην αυξανόμενη συγκέντρωση αμμωνίας παρουσιάζεται στο σχήμα 4.4. Τα στοιχεία έδειξαν ότι ο αισθητήρας ήταν ευαίσθητος στις σχετικά χαμηλές συγκεντρώσεις του αερίου αμμωνίας (< 3ppm). Όταν χαλάσει το ψάρι παράγει ένα μίγμα αμινών και αμμωνίας, επομένως η συγκέντρωση του TVB-N είναι πιθανό να είναι αρκετά υψηλή για να ανιχνευθεί από αυτόν τον προτεινόμενο αισθητήρα.



Σχήμα 4.4.Απάντηση αισθητήρων λ Typica στην αυξανόμενη συγκέντρωση αμμωνίας.

Οι αλλαγές στους βακτηριακούς πληθυσμούς και οι απαντήσεις των αισθητήρων σε ένα αλλοιωμένο δείγμα ψαριών για μια περίοδο 44ωρών παρουσιάζονται στο σχήμα 4.5. Αισθητήρες ανίχνευσαν την αρχή της αλλοίωσης στο βακαλάο περίπου στις 16-18ώρες αφού είχε αποθηκευτεί στους 20°C. Σε σύγκριση με τα βακτηριακά σχέδια αύξησης, ένας συσχετισμός παρατηρήθηκε μεταξύ της απάντησης των αισθητήρων και των αριθμήσεων του βακτηριακού πληθυσμού. Θεωρείται ότι η χρονική καθυστέρηση που παρατηρείται μεταξύ των δύο καμπυλών οφείλεται επίσης στη χρονική καθυστέρηση μεταξύ της βακτηριακής αύξησης και της απελευθέρωσης των αμινών των πτητικών ουσιών. Αυτό είναι σε συμφωνία με τα προηγουμένως προτεινόμενα πρότυπα.



Σχήμα 4.5. Ομαλοποιημένα στοιχεία για να παρουσιάσει το συσχετισμό μεταξύ της απάντησης των αισθητήρων και του βακτηριακού πληθυσμού (TVC) στα δείγματα διχτυού βακαλάων στη θερμοκρασία δωματίου. Οι φραγμαίοι λάθος είναι τιμές SEM (τυποποιημένο λάθος του μέσου όρου).

Κατά τη διάρκεια αυτής της δοκιμαστικής περιόδου, οι αισθητήρες ταίριαζαν στα φρεάτια αναφοράς, που δεν περιείχαν οποιοδήποτε δείγμα ψαριών, παραμένοντας στην κίτρινη μορφή τους.

Τα ανωτέρω αποτελέσματα παρουσιάζουν μια απλή και ανέξοδη συσκευή που επέτρεψε σε ένα προϊόν να αξιολογηθεί. Η απάντηση των αισθητήρων βρέθηκε να συσχετίζεται με τη βακτηριακή αύξηση στα δείγματα ψαριών επιτρέποντας έτσι τον "σε πραγματικό χρόνο" έλεγχο της αλλοίωσης. Πρότυπα η βαθμολόγηση παρουσίασε μια απάντηση στη συγκέντρωση αερίου αμμωνίας τόσο χαμηλή όπως 2ppm.

Η απάντηση ελέγχθηκε χρησιμοποιώντας πολύ χαμηλού κόστους colorimeter. Ο προτεινόμενος αισθητήρας παρουσιάζει δυνατότητα για την ανάπτυξη της "έξυπνης συσκευασίας". Αυτό θα είχε την εφαρμογή του καθ'όλη τη διάρκεια της αλυσίδας διανομής για να αυξήσει την ευθύνη, τη διαβεβαίωση υγείας και ασφάλειας αλλά και την αξία των προϊόντων με την αύξηση της καταναλωτικής εμπιστοσύνης.

4.4.2. Φασματομετρία

Σε αυτό το κεφάλαιο θα περιγράψουμε την επίδραση της φασματομετρίας στην αλλοίωση των τροφίμων, η οποία είναι βασισμένη πάνω σε ένα χημικό αισθητήρα.

Είναι γνωστό ότι συγκεκριμένες ενώσεις παράγονται όταν χαλούν τα τρόφιμα. Παραδείγματος χάριν, οι συνήθως αναγνωρισμένοι δείκτες αλλοιώσεως περιλαμβάνουν το διμεθυλικό σουλφίδιο για το κοτόπουλο και τα αυγά, διακετυλίνη για το χυμό από πορτοκάλι και τριμεθυλαμίνη για τα ψάρια και το γάλα. Ο βαθμός αλλοιώσεως των χαλασμένων τροφίμων είναι δυνατό να ανιχνευθεί με τη μέτρηση των δεικτών αλλοιώσεως. Ένας γρήγορος και ακριβής τρόπος είναι η τεχνική που χρησιμοποιεί τη φασματομετρία βασισμένη σε ένα χημικό αισθητήρα εξετάζοντας τα επίπεδα συγκέντρωσης των διαφορετικών δεικτών αλλοίωσης στα τρόφιμα.

Οι πολλών μεταβλητών στατιστικές χρησιμοποιήθηκαν για να δημιουργήσουν τα πρότυπα που ανιχνεύουν τους δείκτες αλλοιώσεως. Η διερευνητική ανάλυση όπως η ανάλυση κύριων τμημάτων (PCA) και η ιεραρχική ανάλυση συστάδων (HCA) έδειξαν τη βιωσιμότητα του συνόλου στοιχείων για τα πρότυπα ταξινόμησης. Το μαλακός-ανεξάρτητος-διαμορφώνω Classanalogy (SIMCA) και οι κοντινότεροι γείτονες K (KNN) χρησιμοποιήθηκαν για να δημιουργήσουν δύο πρότυπα ταξινόμησης. Τα πρότυπα οπισθοδρόμησης αναπτύχθηκαν χρησιμοποιώντας * (PLS).

SIMCA και KNN παρείχαν έναν γρήγορο και ακριβή προσδιορισμό των ανωτέρω τροφίμων και χωρίς δείκτες αλλοιώσεως. Και στις δύο περιπτώσεις, τα εξεταστικά σύνολα ταξινομήθηκαν σωστά με ποσοστά πρόβλεψης πάνω από 95%. PLS διαμορφώνει τις ανιχνευμένες συγκεντρώσεις των δεικτών αλλοιώσεως στα χαμηλά έως μέσα επίπεδα ppm. Συνολικά, ο θετικός και γρήγορος προσδιορισμός των δεικτών αλλοιώσεως καταδεικνύει τη χρησιμότητα του χημικού αισθητήρα ανιχνεύοντας τα δείγματα με τη χημική σύνθεση.

Η ανίχνευση της αλλοίωσης των τροφίμων πρέπει να είναι γρήγορη και ακριβής. Οι πρόσφατες μελέτες που χρησιμοποιούν τις ηλεκτρονικές μύτες έχουν παρουσιάσει αυτόν τον τύπο τεχνολογίας ως αποτελεσματικό στην ανίχνευση των δεικτών αλλοιώσεως σε διάφορα τρόφιμα. Οι χρόνοι ανάλυσης είναι λίγων λεπτών που κάνουν αυτόν τον τύπο τεχνολογίας ιδανικό για την ανίχνευση της αλλοίωσης τροφίμων.

Οι e-noses μαζικής φασματομετρίας χρησιμοποιούν τη τεχνολογία μαζικής φασματομετρίας που είναι απρόσβλητη από την υγρασία στο δείγμα, την περιβαλλοντική υγρασία, ή τις διακυμάνσεις στην περιβαλλοντική θερμοκρασία. Είναι επίσης άνοση στη δηλητηρίαση των αισθητήρων. Τα ιόντα συνδέθηκαν με τα κυρίαρχα τμήματα των δειγμάτων, όπως το οξικό οξύ στο ξίδι. Επίσης, τα ιόντα σε ένα ύποπτο δείγμα μπορούν να ελεγχθούν. Σε αυτήν την μελέτη, το κοτόπουλο και τα αυγά καρφώθηκαν με το διμεθυλικό σουλφίδιο και ολόκληρο headspace αναλύθηκε χρησιμοποιώντας έναν αισθητήρα μαζικής φασματομετρίας. Οι παρόμοιες μελέτες πραγματοποιήθηκαν με διακετυλίνη στο χυμό από πορτοκάλι και τριμεθυλαμίνη στο γάλα και τα ψάρια.

Οργάνωση. Ο χημικός αισθητήρας χρησιμοποίησε ένα Gerstel ChemSensor 4440 (σχήμα 4.6.) που περιλαμβάνει μια headspace μονάδα δειγματοληψίας (τεχνολογία Agilent 7694) με έναν mass selective detector (MSD) (τεχνολογία Agilent 5973). Αυτό το όργανο ενσωματώνει το λογισμικό chemometric από την Infometrix (pirouette 3,02 και Instep 2.0). Το όργανο χρησιμοποιήθηκε στον τρόπο ανίχνευσης από 35 έως 250 amu για τα πειράματα κοτόπουλου και αυγών και από 41 έως το 180 amu για το γάλα, τα ψάρια και το χυμό από πορτοκάλι.



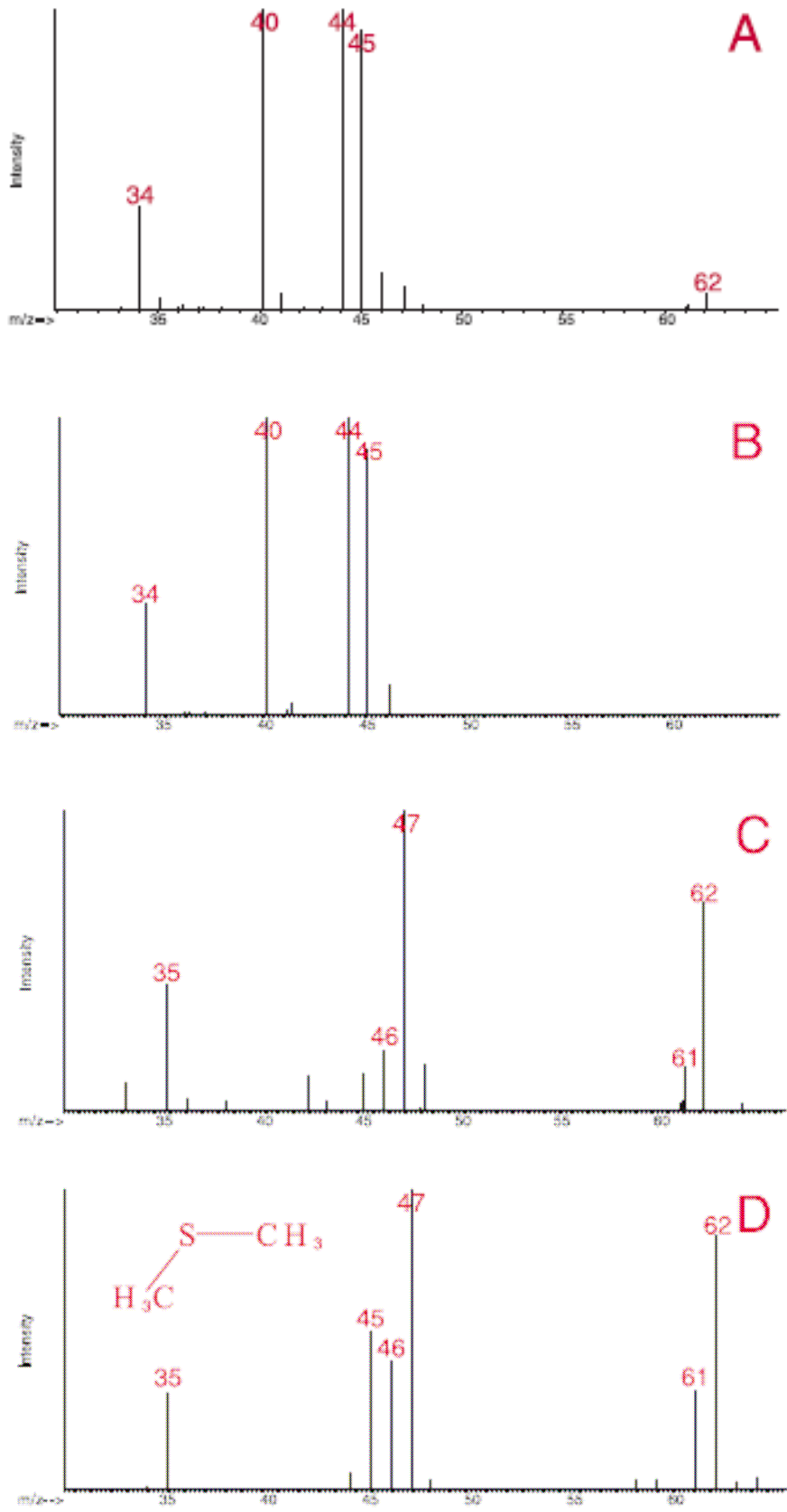
Σχήμα 4.6. Gerstel ChemSensor 4440

Προετοιμασία δειγμάτων & δειγματοληψία headspace. Τα υποπολλαπλάσια 5 ml κάθε υγρού (χυμός από πορτοκάλι, γάλα, και χτυπημένα ελαφρά αυγά) τοποθετήθηκαν σε φιαλίδια των 10 mL, τα οποία ήταν πτυχωμένα και εξισορροπημένα για 20 λεπτά στους 80 °C πριν από τη δειγματοληψία headspace. Δεδομένου ότι το Gerstel 4440 ChemSensor δεν χρησιμοποιεί μια στήλη για έναν χωρισμό πριν από τον MSD, ολόκληρο το headspace κάθε δείγματος εισάγεται στο MSD. 1 γραμμάριο στερεού υλικού, που πολτοποιήθηκε προηγουμένως σε έναν επεξεργαστή τροφίμων, χρησιμοποιήθηκε στην ανάλυση των δειγμάτων ψαριών και κοτόπουλου. Η παρουσία των δεικτών 10 PPM ανιχνεύθηκε σε όλα τα δείγματα εκτός από τα ψάρια.

Αποτελέσματα. Το πρώτο βήμα οποιασδήποτε chemometric ανάλυσης είναι να εξεταστούν τα ακατέργαστα στοιχεία. Σε αυτήν την περίπτωση, κάθε ένα από τα τρόφιμα εξετάστηκαν χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα ανάλυσης στοιχείων του λογισμικού ChemStation (τεχνολογίες Agilent). Η παρουσία και ο προσδιορισμός των δεικτών αλλοίωσης στη χαμηλότερη συγκέντρωση επιβεβαιώθηκαν με την αφαίρεση του μαζικού φάσματος ενός spiked δείγματος μείον το φάσμα του non-spiked δείγματος. Το σχήμα 4.7. επεξηγεί αυτήν την προσέγγιση για τα δείγματα αυγών στα οποία μπορούν να ανιχνευθούν 10 ppm του διμεθυλικού σουλφιδίου. Οι παρόμοιες αναλύσεις εκτελέστηκαν για τα άλλα προϊόντα επιπέδου 10 ppm. Ένα δεύτερο σύνολο ανάλυσης (πίνακας 4.8.) πραγματοποιήθηκε για τα ψάρια με τις υψηλότερες συγκεντρώσεις δεικτών δεδομένου ότι ο προσδιορισμός τριμεθυλαμίνης δεν ήταν δυνατός στα 10 PPM.

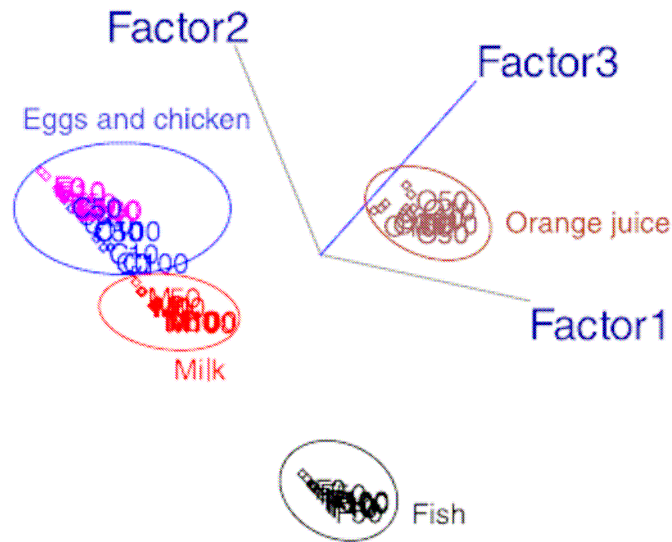
Πίνακας 4.8.
Συγκέντρωση των δεικτών αλλοιώσεως σε spiked τρόφιμα

Product	Spoilage Marker [ppm]		
	Dimethyl sulfide	Trimethylamine	Diacetyl
Egg	10,50,100		
Chicken	10,50,100		
Milk		10,50,100	
Fish		10,50,100 100,500,1000	
Orange Juice			50,500,2000 10,50,100



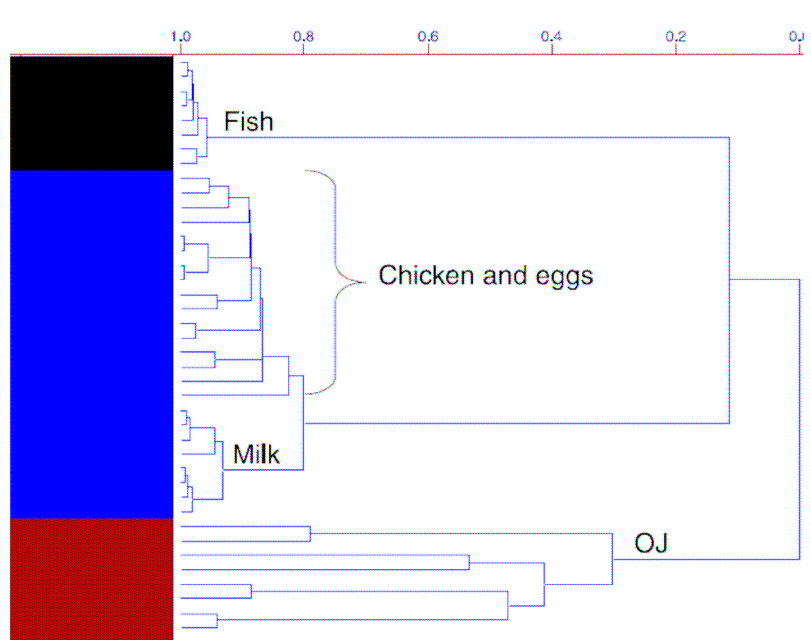
Σχήμα 4.7. Μαζικά φάσματα ανγών. Α) Αυγό με 10 ppm του διμεθυλικού σουλφιδίου Β) καθαρό αυγό Γ) αφαίρεση καθαρού αυγού από το αυγό με το διμεθυλικό σουλφίδιο Δ) διμεθυλικά πρότυπα σουλφιδίου.

Μια ανάλυση κύριων τμημάτων (PCA) που ταξινομεί τα δείγματα σύμφωνα με τα τρόφιμα δείχνει τέσσερις διακριτικές συστάδες (σχήμα 4.8.). Τα δείγματα κοτόπουλου και αυγών συγκεντρώνονται μαζί στην ένδειξη των πολύ παρόμοιων headspace πτητικών ουσιών. Η συνολική διαφορά που βρίσκεται με τα πρώτα τρία κύρια συστατικά είναι πάνω από 92% (PC1, 51,5% PC2, 36.3 PC3 9.4%) και μια καλή ένδειξη ότι η συστηματική μεταβλητότητα του συνόλου στοιχείων βρέθηκε μέσα στα πρώτα τρία PCs.



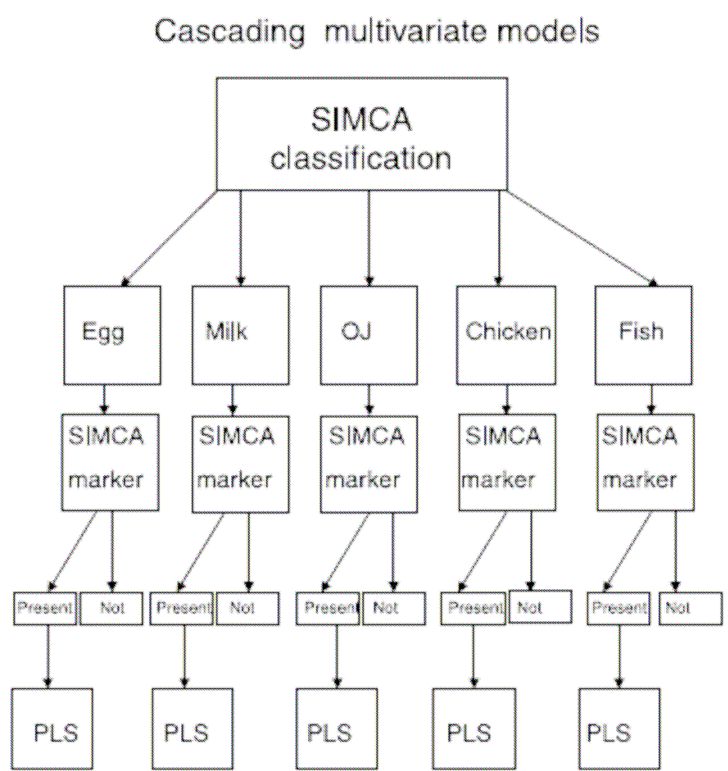
Σχήμα 4.8. Προβολές των μαζικών φασμάτων των τροφίμων στο διάστημα των πρώτων τριών κύριων συστατικών. Η διαφορά που βρέθηκε ήταν PC1, 51,5% PC2, 36.3 PC3 9,4% για συνολικά 92.2%.

Το σχήμα 4.9 είναι ένα δενδροδιάγραμμα που λαμβάνεται με την ιεραρχική ανάλυση συστάδων (HCA) που χρησιμοποιεί τη Ευκλίδεια απόσταση και τον ενιαίο αλγόριθμο συνδέσμων. Οι συστάδες χυμού από πορτοκάλι και ψαριών εμφανίζονται να είναι διαφορετικές από τα δείγματα γάλακτος, κοτόπουλου και αυγών. Αυτά τα αποτελέσματα είναι σε συμφωνία με τη PCA πλοκή (σχήμα 4.8.).



Σχήμα 4.9. Ανάλυση συστάδων που χρησιμοποιεί την Ευκλίδεια απόσταση και την ενιαία μέθοδο συνδέσμων.

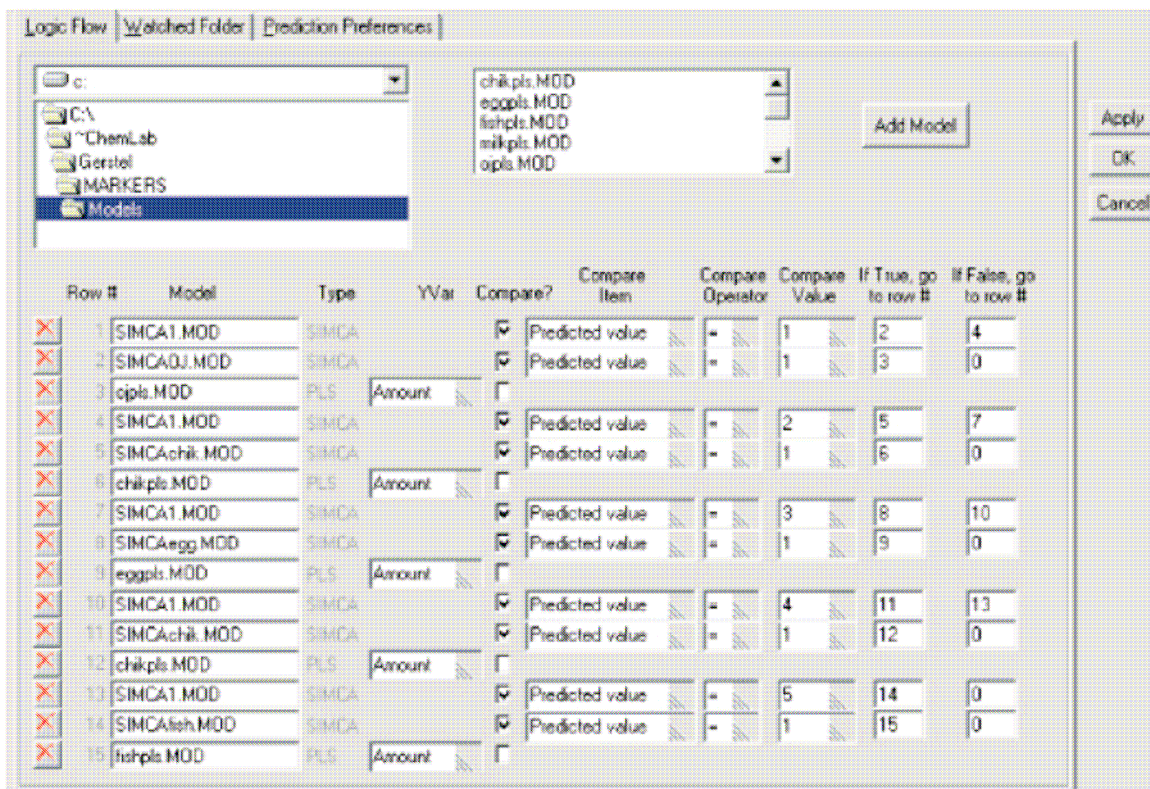
Όπως υποδεικνύεται από τα αποτελέσματα της διερευνητικής ανάλυσης (PCA, HCA), αρκετές διαφορές στα δείγματα προτείνουν τη δυνατότητα ενός καλού προτύπου ταξινόμησης. Ένα πρότυπο (σχήμα 4.10.) χρησιμοποιήθηκε για να ενσωματώσει τα πρότυπα SIMCA και PLS για την πρόβλεψη αλλοιώσεως των τροφίμων. Η ολοκλήρωση των προτύπων ολοκληρώνεται εύκολα χρησιμοποιώντας το λογισμικό InStep 2,0 (Infometrix) διαθέσιμο στο Gerstel ChemSensor. Το σχήμα 4.11. είναι μια σύλληψη οθόνης αυτού του λογισμικού στο οποίο τα πρότυπα είναι ενσωματωμένα σε ένα περιβάλλον προς το χρήστη. Τα πρότυπα KNN για όλα τα δείγματα (που δεν παρουσιάζονται) οδήγησαν σε παρόμοια ταξινόμηση για όλα τα προϊόντα.



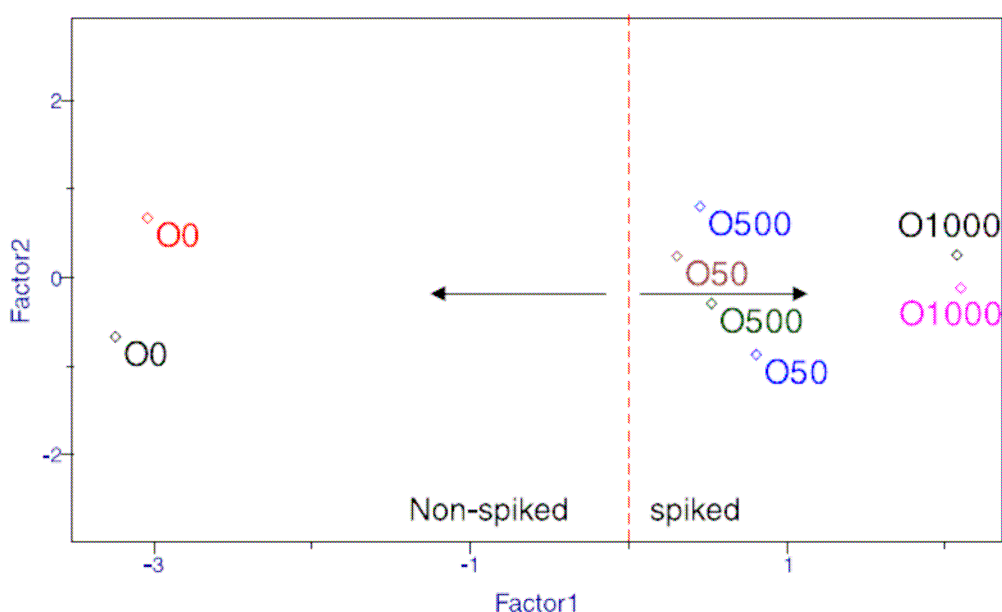
Σχήμα 4.10. Διάγραμμα αλγορίθμων ταξινόμησης ενσωμάτωσης των προτύπων (SIMCA) και οπισθοδρόμησης (PLS).

Το πρότυπο που δημιουργήθηκε χρησιμοποιήθηκε πρώτα για να προβλέψει τον τύπο δειγμάτων και έπειτα την παρουσία ενός δείκτη και τελικά το ποσό του δείκτη. Τα πρότυπα που προβλέπουν την παρουσία δεικτών εξετάστηκαν χρησιμοποιώντας τα PCA αποτελέσματα. Όπως φαίνεται στο σχήμα 4.12., τα PCA αποτελέσματα για τα δείγματα χυμού από πορτοκάλι δείχνουν ότι το πρώτο PC (ο οριζόντιος άξονας στο σχήμα 4.12.) περιγράφει τη διαφορά μεταξύ των δειγμάτων που δεν περιέχουν το δείκτη (θετικά αποτελέσματα στο πρώτο PC) και κανέναν δείκτη (αρνητικά αποτελέσματα).

Το πρότυπο (σχήμα 4.10.) επικυρώθηκε χρησιμοποιώντας ένα εξεταστικό σύνολο. Τα αποτελέσματα αυτών παρουσιάζονται στον πίνακα 4.9. Η πρώτη ταξινόμηση σε 5 κατηγορίες προϊόντων ήταν ακριβής, όπως αναμενόταν, δεδομένου ότι δεν ήταν μέρος του προτύπου. Η δεύτερη ταξινόμηση των χαλασμένων τροφίμων ή όχι ήταν 100% ακριβής. Τα πρότυπα οπισθοδρόμησης προέβλεψαν το ποσό του δείκτη ακριβέστερα για τις υψηλές συγκεντρώσεις δεικτών σε 100 ppm για όλα τα τρόφιμα με εξαίρεση τα ψάρια.



Σχήμα 4.11. Σύλληψη οθόνης του λογισμικού InStep 2,0 (Infometrix) που ενσωματώνει τα πρότυπα χρησιμοποιώντας pirouette 3,02.



Σχήμα 4.12. Προβολές των μαζικών φασμάτων χυμού από πορτοκάλι στο διάστημα των πρώτων δύο κύριων συστατικών.

Συμπεράσματα. Αυτά τα προκαταρκτικά αποτελέσματα δείχνουν ότι η δυνατότητα της φασματομετρίας που βασίστηκε στο χημικό αισθητήρα για να προβλέψει το επίπεδο αλλοίωσης στα τρόφιμα. Περισσότερη έρευνα με περισσότερους δείκτες σε περισσότερα επίπεδα είναι απαραίτητη. Επίσης, η πιθανότητα της χρησιμοποίησης του χημικού αισθητήρα στον ενιαίο ion-monitoring mode (SIM) θα μπορούσε να βελτιώσει την ευαισθησία κάτω από 10 ppm. Δεδομένου ότι οι off-flavors είναι κανονικά παρόντες στις χαμηλές συγκεντρώσεις, άλλες τεχνικές εισαγωγής δειγμάτων όπως η stir bar sorptive extraction (μείξη της προσροφητικής εξαγωγής φραγμών) (SBSE) και η solid-phase microextraction (SPME) κάνουν την ανάγκη να ερευνηθούν στις μελλοντικές μελέτες.

Πίνακας 4.9.

Η πρόβλεψη του τεστ χρησιμοποιώντας πρότυπο συνόλου.

Sample	SIMCA 1st	SIMCA 2nd	PLS
air blank	unidentified	na	na
milk-50 ppm	milk	TMA-positive	46.944
milk no-marker	milk	TMA-negative	na
air blank	unidentified	na	na
OJ-10 ppm	OJ	Diacetyl-positive	8.075
OJ-no-marker	OJ	Diacetyl-negative	na
OJ-100 ppm	OJ	Diacetyl-positive	104.585
egg-no-marker	Egg	DMS-negative	na
egg-100 ppm	Egg	DMS-positive	102.599
egg-10 ppm	Egg	DMS-positive	na
chicken-100 ppm	Chicken	DMS-positive	102.068
chicken-no marker	Chicken	DMS-negative	na
Fish-1000 ppm	Fish	TMA-positive	1485.307
Fish-no marker	Fish	TMA-negative	na
Fish-500 ppm	Fish	TMA-positive	690.812
air blank	unidentified	na	na

4.4.3. E-noses (Ηλεκτρονικές Μύτες)

Οι ερευνητές και οι κατασκευαστές έχουν προβλέψει από καιρό τις συσκευές που μπορούν "να μυρίσουν" τις μυρωδιές μέσα σε πολλές διαφορετικές εφαρμογές. Χάρη στις πρόσφατες προόδους στην οργανική χημεία, τη τεχνολογία αισθητήρων, την ηλεκτρονική, τη τεχνητή νοημοσύνη, τη μέτρηση και το χαρακτηρισμός των αρωμάτων από τις ηλεκτρονικές μύτες (e-noses), είναι στα πρόθυρα να γίνουν μια εμπορική πραγματικότητα. Περισσότερες από 100 τεχνητές μύτες που αναπτύσσονται από επιχειρήσεις λειτουργούν αυτήν την περίοδο στη βιομηχανία και κατά τη διάρκεια των επόμενων 5 έως 10 ετών, η τεχνολογία θα βρει πιθανώς ένα ευρύ φάσμα των εμπορικών εφαρμογών, συμπεριλαμβανομένων των ιατρικών διαγνωστικών, της περιβαλλοντικής παρακολούθησης, της επεξεργασίας και του ποιοτικού ελέγχου των τροφίμων.

"Ενώ οι e-noses αναπτύχθηκαν αρχικά ως εργαστηριακά όργανα, η επιστήμη κινεί τώρα την τεχνολογία από το εργαστήριο στον εργασιακό χώρο, διευκολύνοντας τις μετρήσεις βασισμένες στη μυρωδιά," λέει ο Steven Sunshine, πρόεδρος και CEO των επιστημών Cyrano (Pasadena, CA), μια από διάφορες επιχειρήσεις που επιδιώκουν να εμπορευματοποιήσουν την τεχνολογία. Αυτές οι επιχειρήσεις περιλαμβάνουν επίσης το Neotronics (Essex, Αγγλία), το Alpha MOS (Toulouse, Γαλλία), τους Bloodhood Sensors (αισθητήρες λαγωνικών) (Leeds, Αγγλία), και το AromaScan (Manchester, Αγγλία).

Μια e-nose είναι μια συσκευή "αίσθησης", ικανή να παράγει ένα ψηφιακό "δακτυλικό αποτύπωμα" των συγκεκριμένων μυρωδιών. Αποτελείται από ένα χημικό-αισθητήριο σύστημα (συνήθως μια odorreactive σειρά πολυμερών αισθητήρων) και ένα pattern-recognition σύστημα, όπως ένα Artificial Neural Network (τεχνητό νευρικό δίκτυο) (ANN). Αυτός ο συνδυασμός επιτρέπει στη συσκευή να επεξεργαστεί τις νέες μυρωδιές βασισμένες στα σχέδια των αρωμάτων που δημιουργούνται από την προηγούμενη εμπειρία, το οποίο είναι ίδιο σχεδόν με τον τρόπο που οι τα ανθρώπινα συστήματα εργάζονται στον οργανισμό. Η ανθρώπινη μύτη χρησιμοποιεί ένα σύνθετο σύστημα των διασυνδεδεμένων δεκτών και των νευρών, οι οποίοι διευθύνουν τα σήματα άμεσα στο σύστημα του εγκεφάλου.

"Όταν ένα άρωμα γίνει αντιληπτό, τα μόρια από τον ατμό αλληλεπιδρούν με τους πολυάριθμους δέκτες, αναγκάζοντάς τους να στείλουν ένα σήμα στον εγκέφαλο," λέει και συνεχίζει... "Το σχέδιο των σημάτων έπειτα αναγνωρίζεται και ερμηνεύεται από τον εγκέφαλο βασισμένο στην προγενέστερη κατάρτιση." Ομοίως, κάθε αισθητήρας σε μια τεχνητή σειρά e-nose σχεδιάζεται για να αποκριθεί στις διαφορετικές μυρωδιές.

Σύμφωνα με το φαρμακοποιό Nathan Lewis του ιδρύματος τεχνολογίας Caltech της Καλιφόρνια, η της οποίας εργασία έγινε η βάση για τη συσκευή Cyrano, η ανθρώπινη μύτη καυχάται για το 1 εκατομμύριο δέκτες μυρωδιών οι οποίοι εργάζονται διαδοχικά για να επεξεργαστούν τις μυρωδιές. Τα σκυλιά έχουν περίπου 100 εκατομμύρια δέκτες και ως εκ τούτου διακρίνουν μεταξύ των μυρωδιών 100 φορές αποτελεσματικότερα από το μέσο άνθρωπο. Αντίθετα, οι περισσότερες εμπορικές e-noses έχουν μεταξύ 8 και 32 αισθητήρων που λειτουργούν ως δέκτες.

Για την ανάλυση στοιχείων και την ερμηνεία, τα σήματα από τους αισθητήρες συνδέονται ηλεκτρονικά με έναν μικροεπεξεργαστή, ο οποίος ερμηνεύει τα στοιχεία χρησιμοποιώντας το ειδικά αναπτυγμένο pattern-recognition λογισμικό. Η ηλεκτρονική αντικαθιστά τους νευρώνες στο οσφρητικό σύστημα, και οι μικροεπεξεργαστές δρουν ως εγκέφαλος.

Οι περισσότερες εμπορικές e-noses που μπαίνουν στην αγορά υιοθετούν σήμερα κάποιο είδος ANN για την αναγνώριση. Αυτό είναι επειδή τα ANNs χρησιμοποιούν έναν μεγάλο αριθμό διασυνδεδεμένων επεξεργασμένων στοιχείων που λειτουργούν ομόφωνα για να λύσουν τα συγκεκριμένα προβλήματα, σαν τα βιολογικά νευρικά συστήματα. Τα ANNs είναι πολύ γενικά pattern-recognition συστήματα που κάποια μπορούν να διαμορφώσουν μέσω μιας διαδικασίας εκμάθησης κάποιες συγκεκριμένες εφαρμογές, όπως ο προσδιορισμός ενός χημικού ατμού, λέει ο Paul E. Keller, ένας επιστήμονας που εργάζεται με το Pacific Northwest National Laboratory (PNNL) στο Richland, της Washington.

"Γενικά, τα ANNs είναι καλοταίριασμένα στα προβλήματα τα οποία οι άνθρωποι είναι καλοί στην επίλυσή τους αλλά δεν είναι οι υπολογιστές, συμπεριλαμβανομένης της αναγνώρισης σχεδίων και της πρόβλεψης," λέει ο Keller, ο οποίος εργάστηκε μια φορά στην ανάπτυξη των αλγορίθμων e-nose. "Τα ANNs, όπως οι άνθρωποι, μαθαίνουν από τα παραδείγματα. Εντούτοις, αντίθετα από την ανθρώπινη ικανότητα στην αναγνώριση σχεδίων, η ικανότητα των ANNs δεν επηρεάζεται από τους υποκειμενικούς παράγοντες όπως για παράδειγμα οι συνθήκες εργασίας."

Κατά πολύ, η μεγαλύτερη και αμεσότερη εμπορική αγορά για τις e-noses είναι η βιομηχανία τροφίμων, όπου οι συσκευές μπορούν να αυξήσουν ή να αντικαταστήσουν τις μεθόδους του ποιοτικού ελέγχου, οι οποίες περιλαμβάνουν τη χρωματογραφία αερίου και τους ανθρώπινους εμπειρογνώμονες.

Η χρωματογραφία αερίου είναι ακριβή και χρονοβόρα και στερείται τις ενσωματωμένες ικανότητες στοιχείο-ανάλυσης. Οι άνθρωποι εμπειρογνώμονες υπόκεινται σε τέτοιες μεταβλητές όπως την κούραση, την υγεία, τις αλλεργίες, τη διάθεση, και την προσωπική προτίμηση, οι οποίες έχουν επιπτώσεις στην αξιοπιστία της αισθητήριας αξιολόγησης. "Τι δυνατότητα έχει ένας περιγραφέας της e-nose να καταγράψει για μια μυρωδιά ή μια γεύση από την άποψη των αριθμών," λέει John Hulbert, διευθυντής των αισθητήρων λαγωνικών.

Οι e-noses εξετάζονται αυτήν την περίοδο για τη βαθμολόγηση της ποιότητας των τροφίμων από τη μυρωδιά (όπως ο έλεγχος της μαγιονέζας για rancidity ή ο έλεγχος της ωρίμανσης του τυριού) και για τον έλεγχο ζύμωσης, τον αυτοματοποιημένο έλεγχο γεύσης, την επιθεώρηση των ποτό-εμπορευματο-κιβωτίων, και τον έλεγχο μαγειρέματος με μικροκύματα. Οι επιστήμονες στο πανεπιστήμιο της Florida, που λειτουργεί με Neotronics και AromaScan, έχουν αναπτύξει μια e-nose για να εξασφαλίσουν την ποιότητα των θαλασσινών. Σύμφωνα με τον Maurice Marshall, έναν από τους κύριους ερευνητές, η συσκευή έδωσε τα αποτελέσματα που ήταν σε τέλεια συμφωνία με τους επιθεωρητές FDA που συμμετείχαν σε 43 δοκιμές στις καλές και κακές γαρίδες το 1998.

Οι e-noses ενδιαφέρουν επίσης τη βιομηχανία κρασιού προτού να εμφιαλωθεί ένα κρασί για τον προσδιορισμό της φόρμας ή των βακτηριδίων. Το ETS Laboratories (St. Έλενα, CA) συνεργάζεται με το πανεπιστήμιο της Καλιφόρνια, του Davis. Οι ερευνητές και ο κυριότερος παραγωγός κρασιού έχουν αναπτύξει μια ε-μύτη για να ανιχνεύσουν και να ποσολογήσουν 2,4,6-trichloroanisole (TCA) στα κρασιά. Το TCA δείχνει rancidity στα κρασιά. Οι ε-μύτες μπορούν επίσης να παρέχουν τον ποιοτικό έλεγχο σε βιομηχανίες όπως αρωμάτων, οικιακών προϊόντων και φαρμακευτικών ειδών. Η ενσωμάτωση της τεχνολογίας με τις οικιακές συσκευές, όπως τα ψυγεία και οι φούρνοι μικροκυμάτων, θα μπορούσε να ελαχιστοποιήσει τον κίνδυνο της τροφικής δηλητηρίασης ή την λήψη χαλασμένων τροφίμων, ειδικά για τους ηλικιωμένους, οι οποίοι τείνουν να χάνουν την αίσθηση μυρωδιάς τους.

Ο Alan Gelperin του Lucent Technologies/Bell Laboratories προσάρμοσε το σύστημα ε-μύτης από μια υπάρχουσα εμπορική συσκευή για να διακρίνει μεταξύ παρόμοιων ειδών προϊόντων όπως οι διαφορετικές ποικιλίες των μήλων και των πορτοκαλιών. Η εταιρία NCR προγραμματίζει να εισαγάγει μια έξυπνη συσκευή μέσα σε ένα έτος, που χρησιμοποιεί τα φάσματα οπτικού συντελεστή ανάκλασης από την επιφάνεια των στοιχείων των προϊόντων για να τα προσδιορίσει. Το σύστημα NCR, εντούτοις, έχει δυσκολία στη διάκριση μεταξύ των ομοίως χρωματισμένων στοιχείων, όπως μια πράσινη πιπεριά και ένα αγγούρι, το οποίο είναι ένα πρόβλημα.

Ο Gelperin, ο οποίος δουλεύει στη νευροβιολογία, σκεπτόμενος την αντίληψη των μυρωδιών θα μπορούσε να επιλύσει το πρόβλημα. Επέτυχε τη διαφοροποίηση 76% μεταξύ των παρόμοιων χρωματισμένων στοιχείων των προϊόντων με τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν από ένα ενιαίο one-second sniff. Ο Gelperin βρήκε μια ευρεσιτεχνία για τη συσκευή του τον Οκτώβριο του 1997. Αν και οι πιο προηγμένοι αλγόριθμοι θα μπορούσαν περαιτέρω να βελτιώσουν την απόδοση, ο Gelperin θεωρεί ότι τα μεγαλύτερα κέρδη θα προέλθουν πιθανώς από τη βελτίωση της σύνθεσης των αισθητήρων ώστε να παρασχεθούν τα ισχυρότερα σήματα από περισσότερα κανάλια αισθητήρων ως εισαγωγή στους pattern recognition αλγόριθμους.

Ερευνά επίσης άλλες πιθανές εφαρμογές για το Lucent στην αγορά, όπως ο έλεγχος της μυρωδιάς των ηλεκτρονικών τσιπ για να αποτρέψει τα στοιχεία του κυκλώματος από την υπερθέρμανση. "Οποδήποτε είναι κάτι που εκπέμπει μια μυρωδιά θα μπορούσε να είναι ένα χρήσιμο σήμα και στην τεχνολογία θα μπορούσε να παίξει έναν ρόλο," λέει ο Gelperin.

Εντούτοις, προειδοποιεί, ότι τα πραγματικά εμπόδια υπάρχουν στη μεταφορά της συσκευής από το εργαστήριο στον πραγματικό κόσμο της αγοράς. Περαιτέρω στο μέλλον, οι e-noses μπορούν να μυρίσουν τις μυρωδιές σωμάτων (όπως από την αναπνοή, τις πληγές, ή τα ρευστά σωμάτων) για να προσδιορίσουν τα πιθανά ιατρικά προβλήματα.

Παραδείγματος χάριν, η ανάλυση της αναπνοής μπορεί να δείξει τις γαστροεντερικές αναταραχές, τα προβλήματα κόλπων, τις μολύνσεις, το διαβήτη, και την ασθένεια στο ήπαρ. Η ανάλυση αίματος και ούρων μπορεί να αποκαλύψει προβλήματα συκωτιού και κύστεων. "Ενώ η μυρωδιά χρησιμοποιείται ως ένα δευτεροβάθμιο διαγνωστικό εργαλείο σε μερικές ασθένειες, η έλλειψη ενός αξιόπιστου και αντικειμενικού αναλυτικού εργαλείου έχει αποτρέψει τη διαδεδομένη χρήση του στη σύγχρονη ιατρική,".

Προτείνει ότι η καινοτόμος φορητή e-nose του Cyrano θα μπορούσε να φέρει μια αναβίωση στη χρήση της μυρωδιάς για τη μη καταπατητική διάγνωση ασθενειών. Η επιχείρηση αναπτύσσει ένα halitosis όργανο ελέγχου από κοινού με το πανεπιστήμιο της Καλιφόρνια, του Λος Άντζελες και της σχολή της οδοντιατρικής, ως μέσο ανίχνευσης της αποσύνθεσης και των βακτηριακών μολύνσεων. Οι παρόμοιες συσκευές θα μπορούσαν τελικά να χρησιμοποιηθούν για τον έλεγχο γέννησης και να καθορίσουν το χρόνο της ωογένεσης στην επεξεργασία γονιμότητας. Το AromaScan έχει παραγάγει μια e-nose πρωτοτύπων για την εξέταση των πληγών έτσι ώστε να ανιχνεύσει τις μολύνσεις και τη γάγγραινα, η οποία έχει εξεταστεί στο πανεπιστημιακό νοσοκομείο του νοτίου Manchester στην Αγγλία.

Η επιχείρηση αναπτύσσει επίσης μια φορητή μονάδα για να επισημάνει την παρουσία κοινών μολύνσεων, όπως η πνευμονία. Σύμφωνα με το PNNL του Keller, μερικοί ερευνητές έχουν προτείνει επίσης τις e-noses για να παρέχουν μια οσφρητική εισαγωγή στα telesurgical συστήματα εικονικής πραγματικότητας, έτσι ώστε οι σπουδαστές που χρησιμοποιούν τα συστήματα να παίρνουν τη μυρωδιά καθώς επίσης και την αίσθηση της χειρουργικής επέμβασης. "Η ηλεκτρονική μύτη θα προσδιορίζει τις μυρωδιές στο μακρινό χειρουργικό περιβάλλον, που έπειτα θα διαβιβάζεται ηλεκτρονικά σε μια άλλη περιοχή όπου ένα σύστημα παραγωγής μυρωδιών θα τις αναδημιουργεί".

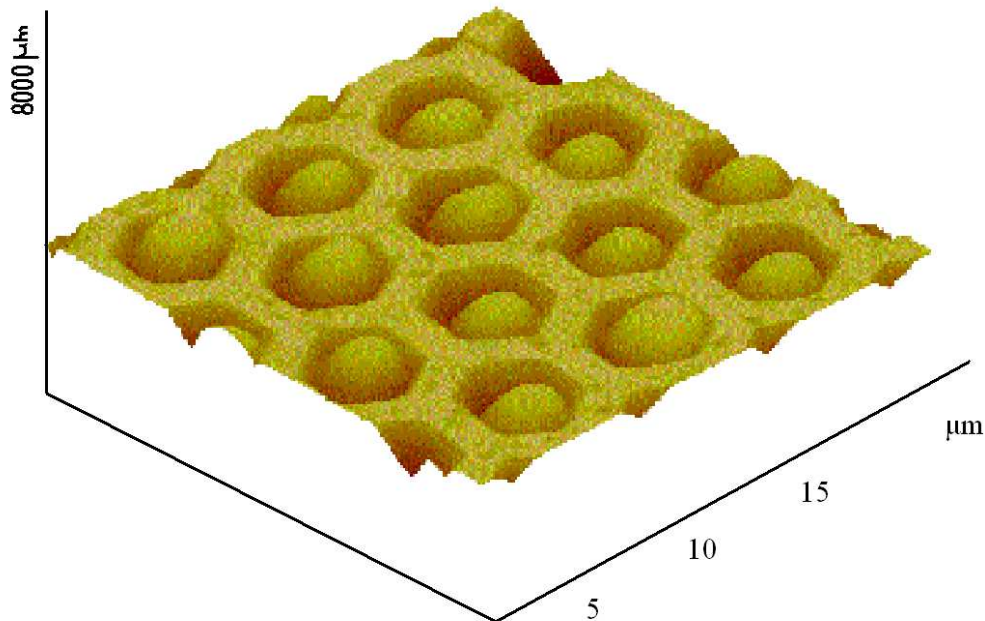
Οι περιβαλλοντικές και οι εφαρμογές ασφάλειας, όπως η ανίχνευση των εκρηκτικών υλών, είναι επίσης ένα λαμπρό άστρο στον ορίζοντα. Παραδείγματος χάριν, το σύστημα AromaScan μπορεί να ελέγξει την ανθρώπινη έκθεση στις χημικές ουσίες κινδύνου στον εργασιακό χώρο. Το Cyrano ερευνά την ανίχνευση ατμού TNT και νέων τεχνικών για την ανίχνευση ναρκών ξηράς. Αν και ο Keller έχει κινηθεί από τότε προς άλλα προγράμματα, η συμμετοχή του στην τεχνολογία e-nose προέκυψε από το ενδιαφέρον του PNNL για την εφαρμογή της συσκευής στον προσδιορισμό των τοξικών και οικιακών αποβλήτων, ανάλυση των μιγμάτων καυσίμων, ανίχνευση των διαφυγών ελαίου, έλεγχος των εκπομπών ατμοσφαιρικής ποιότητας και εργοστασίων και της δοκιμής των μυρωδιών υπόγειων νερών.

Ο David Walt του Tufts University έχει αναπτύξει μια e-nose χρησιμοποιώντας οπτικούς ανιχνευτές, στους οποίους οι περιβαλλοντικά ευαίσθητες χρωστικές ουσίες φθορισμού ενσωματώνονται στα πολυμερή σώματα. Η συσκευή περαιτέρω αναπτύσσεται για να ανιχνεύσει τις εκρηκτικές ύλες και τις παράνομες ουσίες, για το νουκλεϊνικό οξύ όσο αφορά την αλληλουχία του με το DNA και τη βιολογία κυττάρων. Οι ερευνητές στο αεριωθούμενο εργαστήριο Jet Propulsion Laboratory and Caltech της NASA εργάζονται για να εφαρμόσουν τις e-noses στις έρευνες εμπρησμού (για να εντοπίσουν την παρουσία εύφλεκτων επιταχυντικών όπως η βενζίνη) και για να τους χρησιμοποιήσουν για την ανίχνευση των επικίνδυνων καπνών και των διαρροών αερίου στις εγκαταστάσεις καθαρισμού και στις εγκαταστάσεις γεώτρησης λαδιού.

Σε μια πιο ασυνήθιστη εφαρμογή, ο Ron Lacey του πανεπιστημίου A&M του Τέξας αναπτύσσει μια ηλεκτρονική μύτη με μια σειρά 10 αισθητήρων για την πιθανή χρήση στα γουρούνια, στα βοοειδή, και στις βιομηχανίες πουλερικών για να ελέγξει και να μετρήσει τα επίπεδα μυρωδιών. Οι καταγγελίες μυρωδιών είναι μια κοινή ανησυχία για τις γεωργικές διαδικασίες, και οι περιβαλλοντικές επιτροπές στηρίζονται αυτήν την περίοδο απλώς στην υποκειμενική ανθρώπινη αίσθηση της μυρωδιάς για να κάνουν τους προσδιορισμούς τους. "Προσπαθούμε να καθορίσουμε πόσο ισχυρός και πόσο κακή είναι η μυρωδιά, μαζί με τη συχνότητα της μυρωδιάς και της διάρκειά της (πόσο καιρό διαρκεί)" λέει ο Lacey.

Μια αρχική πρόκληση στην εφαρμογή των ηλεκτρονικών μυτών στις πραγματικές τοποθετήσεις είναι η ακραία ευαισθησία των αισθητήρων στην υγρασία. "Το ύδωρ είναι μια πολύ πτητική ένωση," εξηγεί ο Hulbert. Το ύδωρ έχει πραγματικά μια ισχυρή μυρωδιά στους αισθητήρες και η παρουσία της τείνει να πνίξει τις λεπτές ιδιότητες ενός χημικού ατμού, που το καθιστά δύσκολο να ανιχνεύσει τις μυρωδιές στις χαμηλές συγκεντρώσεις. Τα εμπορικά συστήματα e-nose ξεπερνούν αυτό το εμπόδιο κοντά. Οι χωριστοί αισθητήρες στη σχετική υγρασία των οργάνων ελέγχου στο περιβάλλον και η συσκευή είναι βαθμολογημένη αναλόγως.

Μια άλλη δυσκολία είναι μια έλλειψη ευρωστίας και η σύντομη διάρκεια ζωής των αισθητήρων αερίου που χρησιμοποιούνται αυτήν την περίοδο. Δεδομένου ότι οι αισθητήρες καίγονται έξω και αντικαθίστανται, χάνουν τη μνήμη των προηγούμενων μαθημένων μυρωδιών τους και έτσι πρέπει οι αισθητήρες αντικατάστασης πρέπει να επανεκπαιδευθούν. "Εάν έχετε μια σύνθετη σειρά με ένα σύνθετο σχέδιο και δεν μπορείτε να τους αντικαταστήσετε με μια ίδια σειρά, έχετε χάσει τη δυνατότητά σας να προσδιορίσετε τις μαθημένες μυρωδιές," λέει ο Walt. Για να εξετάσει αυτό το πρόβλημα, έχει επινοήσει μια νέα μέθοδο κατασκευής αισθητήρων χρησιμοποιώντας στις οπτικές ίνες στις ηλεκτρονικές μύτες του. Έχει ιδρύσει επίσης μια επιχείρηση, αποκαλούμενη Illumina (Cambridge, MA), για να εμπορευματοποιήσει την τεχνολογία. Οι αισθητήρες του Walt είναι βασισμένοι στα μικροσκοπικά πολυμερή μικροσφαιρώματα, τα οποία γίνονται περίπου 6 δισεκατομμύρια ίδιες χάντρες ανά milliliter (σχήμα 4.13.).



Σχήμα 4.13. Ένα μικρογράφημα ατομικός-δύναμης μιας τυχαία διαταγμένης μόνος-συγκεντρωμένης σειράς χαντρών. Χρησιμοποιώντας τις χαραγμένες δέσμες ιών απεικόνισης, χιλιάδες χωριστά προσπελάσιμα αισθαμένος στοιχεία μπορούν να εξασφαλιστούν στην άκρη μιας δέσμης απεικόνισης 1-χιλ.-διαμέτρων.

Αυτό επιτρέπει στην Plumina να επιτύχει μια ισχυρή απάντηση κατά τη διάρκεια των μακρινών χρονικών περιόδων, επειδή οι αισθητήρες στη σειρά αντικαθίστανται με άλλους που γίνονται ίδια με τα πρωτότυπα. Η SMart Nose (Ζυρίχη, Ελβετία) έχει αναπτύξει μια νέα γενιά e-noses που επιτρέπει τον άμεσο χαρακτηρισμό από τη φασματομετρία των πτητικών οργανικών συστατικών από τα υγρά και στερεά δείγματα. Κατά συνέπεια, παίρνει ένα ιδιαίτερα αναπαραγωγίμο και ακριβές δακτυλικό αποτύπωμα κάθε μυρωδιάς, χωρίς τη στενή επιλεκτικότητα, την ευαισθησία υγρασίας, και τη σύντομη διάρκεια ζωής των αισθητήρων αερίου που χρησιμοποιούνται στις τρέχουσες συσκευές.

Η Hewlett-Packard εμπορεύτηκε πρόσφατα ένα τέτοιο σύστημα e-nose, και η Perkin-Elmer ενδιαφέρεται επίσης για να φέρει τις ηλεκτρονικές μύτες στην αγορά. Εντούτοις, ο Hulbert επισημαίνει ότι τέτοια συστήματα είναι ακριβά και το μεγάλο μέγεθός τους περιορίζει τη φορητότητα.

"Είναι μια μεταβατική περίοδος, και σκέφτομαι ότι θα είναι τουλάχιστον πέντε έτη προτού να δούμε την ευρεία χρήση των ηλεκτρονικών μυτών," λέει ο Hulbert. "Αλλά μόλις έχουμε τις συσκευές που οι τελικοί χρήστες μπορούν να χρησιμοποιήσουν με εμπιστοσύνη και πολύ λίγη τροποποίηση, θα δείτε μεγάλη αύξηση της βιομηχανίας." Το σύστημα Bloodhound παρουσιάζεται στο σχήμα 4.14.



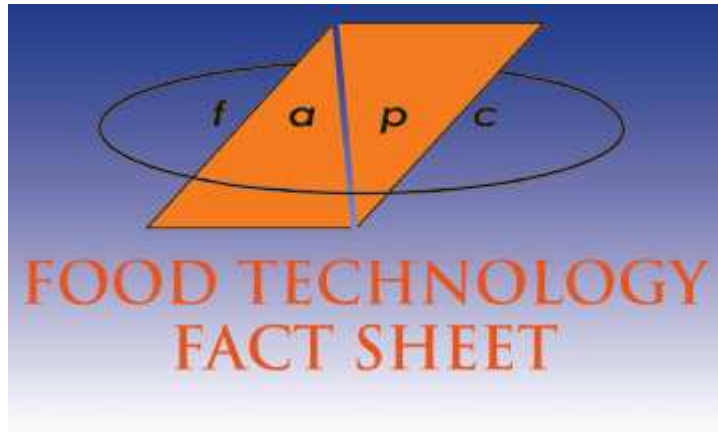
Σχήμα 4.14. Συντονισμένες χρήσεις σειρές συστημάτων του BH 114 λαγωνικού πολλαπλάσιων αισθητήρων αερίου για να μετρήσει και να καταγράψει τα fragrances, τις μυρωδιές, και τα μίγματα πτητικών ουσιών ως ψηφιακά σχέδια.

Όπως με τις περισσότερες εμπορικές αγορές, η τελική εκτίμηση κοστίζει. Τα συστήματα e-nose κοστίζουν αυτήν την περίοδο περίπου 40.000-50.000\$ ανά τεμάχιο. Εντούτοις, ο Cyrano προγραμματίζει να εισαγάγει την πρώτη φορητή e-nose στη γενική αγορά αυτό το καλοκαίρι (σχήμα 4.15.). Η επιχείρηση σκοπεύει τελικά να αναπτύξει ένα nose-chip, που καταθέτεται με το εμπορικό σήμα Nose-Chip, το οποίο αυτό θα πωλείται μεταξύ 5 και 10\$ (ένα σημαντικό βήμα στη μείωση του κόστους). "Με κίνητρο να ακολουθήσουμε αυτήν την τεχνολογία, θα μειώσουμε και το κόστος και το μέγεθος των ηλεκτρονικών αισθητήρων, επιτρέποντας κατά συνέπεια στην τεχνολογία να ενσωματωθεί σε έναν απέραντο αριθμό συσκευών,". Εάν το ενδιαφέρον συνεχιστεί στο τρέχον ποσοστό του, οι συσκευές "μυρωδιών" θα γίνουν σύντομα παρούσες στην κοινωνία μας.



Σχήμα 4.15. Πρωτότυπο της φορητής, με μπαταρίες ηλεκτρονικής μύτης Cyrano, στην οποία οι ατμοί τραβιούνται μέσω του ελέγχου και πέρα από τη σειρά αισθητήρων τα αποτελέσματα επιδεικνύονται σε μια επιτροπή LCD.

4.4.4. Νανοτεχνολογία



Η νανοτεχνολογία έχει γίνει ένας από τους πιο καινοτόμους επιστημονικούς τομείς εδώ και δεκαετίες. Η νανοτεχνολογία περιλαμβάνει χρήση υλικών εξαιρετικά μικρής κλίμακας, συνήθως 0,1 έως 200 nanometers. Ένα nanometer είναι ίσο με έναν χιλιοστό ενός micrometre ή ένα εκατομμυριοστό ενός millimetre. Για τη σύγκριση, ένα ζωντανό κύτταρο έχει τις διαστάσεις των microns (χιλιάδες nanometers).

Η νανοτεχνολογία επιτρέπει στους επιστήμονες να δημιουργήσει τα υλικά και τις δομές στο μοριακό επίπεδο. Η Εθνική Πρωτοβουλία Νανοτεχνολογίας (National Nanotechnology Initiative) (NNI), διαμορφώθηκε το 2000 και περιλαμβάνει 17 ομοσπονδιακά τμήματα και αντιπροσωπείες. Το αμερικανικό τμήμα γεωργίας U.S. Department of Agriculture (USDA) και μια αντιπροσωπεία συνεργατών στο ομοσπονδιακό NNI, διοργάνωσε ένα εθνικό εργαστήριο προγραμματισμού, "επιστήμη και μηχανική" για τη γεωργία και τα συστήματα τροφίμων, στην Ουάσιγκτον στις 18-19 Νοεμβρίου 2002. Οδηγοί ερευνητές νανοτεχνολογίας και διοικητές από τα Πανεπιστήμια Επιχορήγησης Εδάφους Land Grant Universities και ηγέτες προγραμμάτων νανοτεχνολογίας από άλλες ομοσπονδιακές αντιπροσωπείες ήταν μεταξύ των συμμετεχόντων αυτού του εργαστηρίου.

Ο στόχος του εργαστηρίου ήταν να προσδιοριστούν οι ευκαιρίες νανοτεχνολογίας με τη δυνατότητα να ξεσηκωθούν τα συστήματα γεωργίας και τροφίμων και να αναπτυχθεί ένα στρατηγικό σχέδιο με τις απαραίτητες συστάσεις για την εφαρμογή ενός νέου προγράμματος στις νανοτεχνολογίες μέσα στο USDA.

Η βιομηχανική νουκλεϊνικού οξέος, τα έξυπνα συστήματα παράδοσης επεξεργασίας, οι βιοαναλυτικοί νανοαισθητήρες, τα νανο-υλικά και οι βιοεκλεκτικές επιφάνειες προσδιορίστηκαν ως μερικοί από τους πιθανούς ερευνητικούς τομείς που θα ασκούσαν σημαντική επίδραση στη γεωργία. Το 2003, το USDA δημιούργησε ένα νέο πρόγραμμα, "επιστήμη Nanoscale και εφαρμοσμένη μηχανική" για τα συστήματα γεωργίας και τροφίμων, στο πλαίσιο του εθνικού προγράμματος ερευνητικής πρωτοβουλίας National Research Initiative Program (NRI). Από τότε, διάφορες ερευνητικές προτάσεις σχετικές με τη γεωργία και τα συστήματα τροφίμων έχουν χρηματοδοτηθεί από το πρόγραμμα NRI.

Η βιομηχανία τροφίμων ενδιαφέρεται επίσης πολύ για τη νανοτεχνολογία.

Το 2000, η εταιρία τροφίμων Craft, με την έδρα στο Σικάγο, άρχισε τη κοινοπραξία της NanoteK Consortium. Τα μέλη της κοινοπραξίας περιλάμβαναν τους ερευνητές από 15 πανεπιστήμια, τρία εθνικά εργαστήρια και τρεις νεοσύστατες εταιρείες.

Το πανεπιστήμιο του Χάρβαρντ, το πανεπιστήμιο της Νεμπράσκα, το πανεπιστήμιο του Κοννέκτικατ, τα εθνικά εργαστήρια Los Alamos και Argonne, τα πανεπιστήμια Σεβίλλης και Μάλαγας στην Ισπανία και το πανεπιστήμιο της Ουψάλα στη Σουηδία είναι μερικά από τα ιδρύματα που συμμετέχουν σε αυτήν την συνεργασία.

Μερικοί από τους ερευνητικούς τομείς που προσδιορίζονται από τα μέλη της κοινοπραξίας είναι η ανάπτυξη των αισθητήρων χαμηλότερου κόστους που ανιχνεύουν την παρουσία τροφικών παθογόνων, φίλτρα για την αφαίρεση των ανεπιθύμητων ενώσεων από τα τρόφιμα και τα ποτά και νανομόρια για να αποθηκεύσουν τις γεύσεις και τις θρεπτικές ουσίες μέσα στα τρόφιμα και να τις απελευθερώσουν όταν απαιτούνται στα συγκεκριμένα όργανα του σώματος. Το ερευνητικό κέντρο της Nestle στην Ελβετία διόρισε μια ομάδα επιστημόνων για να ερευνήσει τα πιθανά οφέλη της νανοτεχνολογίας στα συστήματα τροφίμων. Η Ευρωπαϊκή Ένωση (EU) συντονίζει ένα ερευνητικό πρόγραμμα, EE Nanoforum, έτσι ώστε οι επιχειρήσεις τροφίμων να μπορούν να αξιοποιήσουν τα πλεονεκτήματα των νέων εξελίξεων.

Το Nanoforum συγκεντρώνει τα υπάρχοντα εθνικά και περιφερειακά δίκτυα και μοιράζεται τις πληροφορίες για τον τρόπο με τον οποίο οι ερευνητές και οι επιχειρήσεις μπορούν να έχουν πρόσβαση στη χρηματοδότηση εθνικού, πανκοινοτικού και επιχειρηματικού κεφαλαίου για να ωθήσουν τη νανοτεχνολογία.

Η πιο πρόσφατη ετήσια έκθεση από την EE Nanoforum δείχνει ότι η Ελλάδα, η Ιρλανδία και οι Κάτω Χώρες οδηγούν τις ερευνητικές προσπάθειες που θα μπορούσαν τελικά να είναι εμπορικής χρήσεως στους επεξεργαστές τροφίμων στην Ευρώπη. Το NanoNed είναι ένα πρόγραμμα που υποστηρίζεται από την ολλανδική κυβέρνηση και καλύπτει επενδύσεις στις πειραματικές εγκαταστάσεις. Αυτό το πρόγραμμα περιλαμβάνει ένα εικονικό εργαστήριο αποκαλούμενο "Nanolab," αποτελούμενο από την υπάρχουσα ερευνητική υποδομή νανοτεχνολογίας στο Γκρόνινγκεν και στο Τβέντε (MESA πανεπιστήμιο του ερευνητικού κέντρου του Twente).

Τα δανοσουηδικά γαλακτοκομικά τρόφιμα του γκρουπ Arla, η δανική ομάδα συστατικών ζάχαρης και τροφίμων Danisco, η δανική Crown παραγωγός κρέατος, τα δανικά φυτικά έλαια και ο παραγωγός Aarhus λιπών ειδικότητας ένωσαν και διάφορα ακαδημαϊκά ιδρύματα στην περιοχή του Aarhus της Δανίας διαμορφώνοντας επίσης και μια συμμαχία για να ιδρύσουν ένα κέντρο αποκαλούμενο Nanofood με στόχο την ανάπτυξη των υγιέστερων, ασφαλέστερων και πιο θρεπτικών τροφίμων.

Η νανοτεχνολογία έχει τη δυνατότητα να βελτιώσει την ποιότητα και την ασφάλεια τροφίμων σημαντικά. Αυτήν την περίοδο πολλή εργασία εκτελείται στους νανοαισθητήρες απευθυνόμενοι στη βελτιωμένη ανίχνευση παθογόνων στα συστήματα τροφίμων. Πολλές ηλεκτρονικές επιχειρήσεις έχουν ερευνήσει ηλεκτρικά να διευθύνουν τα πολυμερή σώματα. Αυτά τα ίδια υλικά μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για να κατασκευάσουν τους αισθητήρες που μπορούν να ανιχνεύσουν τα πολύ χαμηλά επίπεδα στα μοριακά σήματα της αλλοίωσης και των τροφικών παθογόνων.

Οι επιστήμονες στο εργαστήριο Korelman στο πανεπιστήμιο του Μίσιγκαν εργάζονται στους μη καταπατητικούς βιοαναλυτικούς νανοαισθητήρες (bioanalytical nanosensors) που θα μπορούσαν ίσως τοποθετημένοι στον αδένα σάλιου ενός ζώου (δηλ. αγελάδας) να ανιχνεύσουν έναν ενιαίο ιό προτού να έχει μια πιθανότητα να πολλαπλασιάσει και να αναπτύξει τα συμπτώματα ασθενειών. Οι ερευνητές στο πανεπιστήμιο του Κοννέκτικατ εργάζονται πάνω σε μια electronic nose "ηλεκτρονική γλώσσα" που ανιχνεύει τα μικρά ποσά μιας τεράστιας σειράς χημικών ουσιών. Αυτός ο αισθητήρας χρησιμοποιεί τα μικροσκοπικά ηλεκτρόδια που ντύνονται με ένα αγωγίμο πολυμερές σώμα. Σύμφωνα με τους ερευνητές που συμμετέχουν στο πρόγραμμα, αυτή η συσκευή μπορεί να ανιχνεύσει μέρη ανά τρισεκατομμύριο και κοστίζει περίπου 50 cents για να παραχθεί.

Επίσης αναμένεται ότι η τεχνολογία γλωσσών θα μπορούσε ενδεχομένως να ενσωματωθεί στις συσκευασίες τροφίμων, όπως τα περιβλήματα κρέατος, και θα άλλαζε το χρώμα όταν το κρέας αρχίζει να χαλά. Σύμφωνα με την nutraingredients.com, οι επιστήμονες στο πανεπιστήμιο της Βόννης στη Γερμανία εργάζονται σε επιστρώματα ρυπών αποθητικών ουσιών επιπέδων νανοκλίμακας.

Αυτή η έννοια θα μπορούσε να έχει τις σημαντικές εφαρμογές επί των τόπων παραγωγής τροφίμων, ειδικότερα στα σφαγεία και στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας κρέατος. Τα όργανα ελέγχου νανοκλίμακας θα μπορούσαν να συνδεθούν με τις συσκευές καταγράφοντας και ακολουθώντας τις αλλαγές θερμοκρασίας των οργάνων ελέγχου και να ανιχνεύσουν τα φυτοφάρμακα και τις γενετικά τροποποιημένες συγκομιδές μέσα στο σύστημα τροφίμων. Αναμένεται ότι τέτοιες μηχανές-αισθητήρες θα εμφανιστούν στις γραμμές παραγωγής μέσα σε τέσσερα επόμενα έτη.

Μια πρόσφατη μελέτη από το Helmut Kaiser Consultancy, που εξέτασε τη νανοτεχνολογία στη βιομηχανία τροφίμων, υπολογίζει ότι η nanofood αγορά θα επεκταθεί από τα 2,6 δισεκατομμύρια \$ έως τα 20,4 δισεκατομμύρια \$ μέχρι το 2010. Σύμφωνα με την ίδια πηγή, οι παγκόσμιες πωλήσεις των προϊόντων νανοτεχνολογίας στον τομέα της συσκευασίας τροφίμων και ποτών έκαναν άλμα στα 860 εκατομμύρια \$ το 2004 από τα 150 εκατομμύρια \$ το 2002. Θεωρείται ότι περίπου 200 επιχειρήσεις σε όλο τον κόσμο είναι ενεργές στην έρευνα και την ανάπτυξη της νανοτεχνολογίας. Αναμένεται ότι η νανοτεχνολογία πρόκειται να αλλάξει ολόκληρη τη βιομηχανία συσκευασίας. Η νανοτεχνολογία επιτρέπει στους σχεδιαστές να αλλάξει τη δομή των υλικών συσκευασίας στο μοριακό επίπεδο. Παραδείγματος χάριν, τα πλαστικά μπορούν να κατασκευαστούν με διαφορετικά nanostructures για να κερδίσουν τις διάφορες διαπερατότητες αερίου και υγρασίας και να εγκαταστήσουν τις απαιτήσεις των συγκεκριμένων προϊόντων όπως τα φρούτα, τα λαχανικά, το ποτό και το κρασί. Κατά συνέπεια, η διάρκεια διατήρησης, η γεύση και η συντήρηση χρώματος των προϊόντων μπορούν να βελτιωθούν.

Οι ταινίες Nanostructure και τα υλικά συσκευασίας μπορούν να αποτρέψουν την εισβολή των παθογόνων και άλλων μικροοργανισμών και να εξασφαλίσουν την ασφάλεια των τροφίμων. Οι νανοαισθητήρες που ενσωματώνονται στις συσκευασίες τροφίμων θα επιτρέψουν τον προσδιορισμό εάν τα τρόφιμα έχουν γίνει ακατάλληλα ή παρουσιάζουν πρόβλημα στα θρεπτικά συστατικά τους. Με την προσθήκη ορισμένων νανομορίων στο υλικό συσκευασίας και των μπουκαλιών, οι συσκευασίες τροφίμων μπορούν να γίνουν περισσότερο φωτεινές και πυρίμαχες, με την ισχυρότερη μηχανική και θερμική απόδοση και ελεγχόμενη απορρόφηση αερίου. Η νανοτεχνολογία είναι ακόμα μια νέα τεχνολογία. Η εμπειρία από τη γενετικά τροποποίηση των οργανισμών σαφώς δείχνει ότι η δημόσια υποστήριξη και η καταναλωτική αποδοχή αυτής της τεχνολογίας θα εξαρτηθούν από τη συμπεριφορά των ιδρυμάτων, αρμοδίων για την ανάπτυξη και τον κανονισμό των τεχνολογικών καινοτομιών της αξιολόγησης του κινδύνου.

Ένας τρόπος να εξασφαλιστεί η δημόσια υποστήριξη για αυτήν την τεχνολογία είναι να αφιερωθούν οι πόροι στην περαιτέρω έρευνα για τους ευρέως κοινούς στόχους, όπως η επέμβαση καθαρής και ανανεώσιμης ενέργειας και δημόσιας υγείας έτσι ώστε να εξασφαλίσει την ανάπτυξη των υγείων και θρεπτικών τροφίμων. Η πείρα και η διαθεσιμότητα των επιλογών παγκοσμίως θα βοηθούσαν τη δημόσια αποδοχή των τεχνικών καινοτομιών που προέρχονται από τη νανοτεχνολογία και τη νανοεπιστήμη. Αυτήν την περίοδο, υπάρχουν διάφορες τρέχουσες μελέτες που προσπαθούν να απαριθμήσουν, να αναλύσουν και να αξιολογήσουν τα πιθανά προβλήματα και τα οφέλη, τις παγίδες, τα γνωστά και άγνωστα ζητήματα σχετικά με τις εξελίξεις στη νανοεπιστήμη και την τεχνολογία.

Εντούτοις, οι αναλύσεις υγείας, κινδύνου περιβαλλοντικής και υγείας εργαζομένων και ένα ρυθμιστικό πλαίσιο για τη νανοτεχνολογία και τη νανοεπιστήμη είναι μερικά από τα ζητήματα που πρέπει να αντιμετωπιστούν.

Βιβλιογραφία

1. Αρχές Ποιοτικού Ελέγχου Τροφίμων → Π.Ε.Αθανασόπουλος Αν. Καθηγητής
Γεωπονικού Παν. Αθηνών
2. Επεξεργασία & Συντήρηση Τροφίμων → Ι.Γ.Μπλούκας Καθηγητής
Αριστοτελείου Παν. Θεσσαλονίκης
3. Πηγές Internet