

ΘΕΡΜΑΝΣΗ

- **Θερμοκρασία:** Θερμομετρική κατάσταση ενός σώματος
- **Θερμότητα:** μακροσκοπική εκδήλωση της κίνησης των μορίων, εξαρτάται από την T
- **Θερμοχωρητικότητα:** ποσό θερμότητας που απαιτείται για την αύξηση της θερμοκρασίας ενός τροφίμου κατά $1\text{ }^{\circ}\text{C}$
- **Θερμική αγωγιμότητα:** διάδοση θερμότητας από μια περιοχή σώματος σε μια άλλη γειτονική

3 τρόποι διάδοσης θερμότητας:

- **διάδοση θερμότητας με αγωγιμότητα** (γίνεται μεταφορά κινητικής ενέργειας δια μέσω της ύλης του σώματος)
- **διάδοση θερμότητας με κυκλοφορία** (μόρια με μεγαλύτερη $E_{\text{κιν}}$ αναμιγνύονται με μόρια με μικρότερη)
- **διάδοση θερμότητας με ακτινοβολία** (στηρίζεται στην ικανότητα ενός θερμού σώματος να εκπέμπει θερμότητα, η οποία μεταβιβάζεται σε ένα ψυχρότερο σώμα)

- ρυθμός μεταφοράς θερμότητας: η θερμική ενέργεια μεταφέρεται από το θερμότερο στο ψυχρότερο σώμα. Η διαφορά θερμοκρασίας των δύο σωμάτων (κινητήρια δύναμη) εκφράζεται ως ρυθμός μεταφοράς θερμότητας. Ο Ρ.Μ.Θ. είναι ανάλογος της κινητήριας δύναμης και αντιστρόφως ανάλογος της αντίστασης εισόδου θερμότητας στα τρόφιμα

- ειδική θερμότητα: ποσότητα θερμότητας που απαιτείται για να αυξηθεί η θερμοκρασία 1g ενός σώματος κατά 1 °C. Εξαρτάται από τη φύση του σώματος

ΑΠΟΣΤΕΙΡΩΣΗ ΠΑΣΤΕΡΙΩΣΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

Αποστείρωση:

- να απαλλάξει τα τρόφιμα από μικροοργανισμούς
- να τα διατηρήσει για μεγάλο χρονικό διάστημα

Παστερίωση:

Θέρμανση τροφίμων σε $T < 100$ °C, οπότε καταστρέφεται/αδρανοποιείται σύνολο ή μέρος των ενζυμικών συστημάτων και οι βλαστικές μορφές των βακτηρίων

ΣΥΓΚΡΙΣΗ:

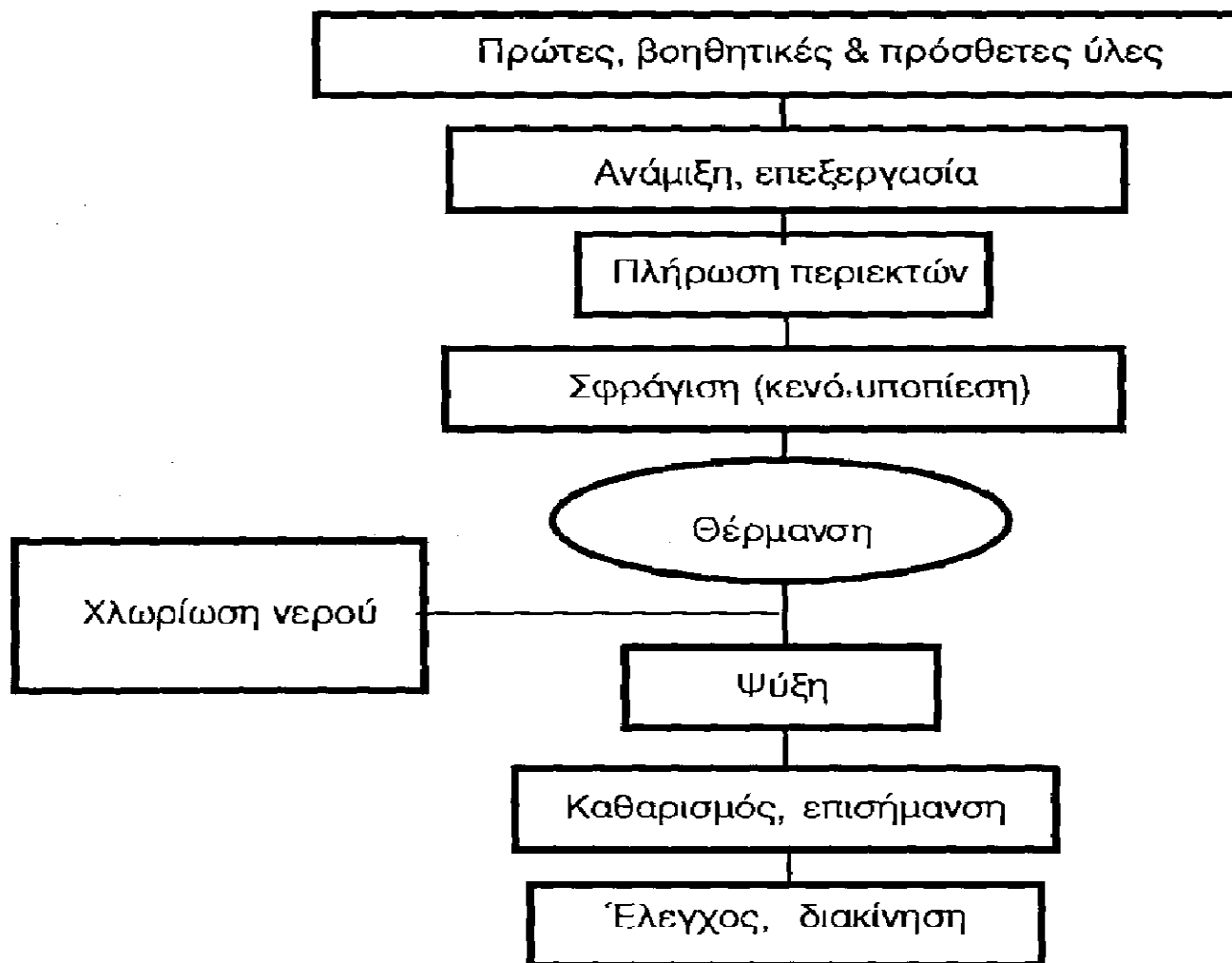
- αποστείρωση: πιο αποτελεσματική σχετικά με την καταστροφή των βακτηρίων αλλά πιο «σκληρή» έναντι των ευαίσθητων συστατικών των τροφίμων
- χρόνος συντήρησης παστεριωμένων τροφίμων είναι μικρός. Μέχρι την κατανάλωση πρέπει να συντηρούνται σε T ψυγείου για ελαχιστοποίηση της πιθανότητας ανάπτυξης μ/ων

ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΕΣ ΝΑ ΕΠΙΖΗΣΟΥΝ ΟΡΙΣΜΕΝΑ ΒΑΚΤΗΡΙΑ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΠΟΣΤΕΙΡΩΣΗ

Είναι αποδεκτό πως δεν υπάρχει ακόμα τέτοιος συνδυασμός θερμοκρασίας/χρόνου που όταν εφαρμοστεί σε άπειρο αριθμό περιεκτών να εξασφαλίζει την πλήρη καταστροφή όλων των ειδών και μορφών βακτηρίων που βρίσκονται μέσα στους περιέκτες

Στην πράξη δεν υπάρχει περίπτωση να μη βρεθεί περιέκτης που να περιέχει έστω και ένα ζωντανό σπόρο που θα μπορούσε να εκβλαστήσει και να δημιουργήσει προβλήματα

Ως «εμπορικά αποστειρωμένο προϊόν» χαρακτηρίζεται αυτό που αποστειρώθηκε με κατάλληλο συνδυασμό T/χρόνου με αποτέλεσμα την αδρανοποίηση ελάχιστων σπόρων που δεν καταστράφηκαν και το προϊόν είναι ακίνδυνο για τον καταναλωτή στην προβλεπόμενη T συντήρησης



Διάγραμμα 3.4. Διάγραμμα ροής αποστείρωσης κονσερβών.

ΤΡΟΠΟΙ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΤΩΝ ΠΡΟΣ ΑΠΟΣΤΕΙΡΩΣΗ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

Έμμεσο τρόπο: η θερμότητα μεταφέρεται στο τρόφιμο μέσω ενός τοιχώματος (περιέκτης, τοίχωμα δεξαμενής)

Άμεσο τρόπο: γίνεται σε ρευστά τρόφιμα με έγχυση ατμού ή ανάμιξη θερμού και ψυχρού προϊόντος

ΣΤΑΔΙΑ ΑΠΟΣΤΕΙΡΩΣΗΣ ΤΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΠΕΡΙΕΚΤΩΝ

επιβάλλεται σχολαστικός καθαρισμός πριν τη χρήση τους
οι μεταλλικοί περιέκτες καθαρίζονται με πολύ ζεστό νερό και υψηλή πίεση
οι γυάλινοι περιέκτες με ζεστό νερό
οι περιέκτες από χαρτί με χρήση χημικών ουσιών που δεν αφήνουν κατάλοιπα

ΠΛΗΡΩΣΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΕΚΤΩΝ

αμέσως μετά τον καθαρισμό πληρούνται και κλείνονται
η πλήρωση γίνεται είτε με το χέρι είτε με μηχανικά μέσα

ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΑΕΡΑ - ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΥΠΟΠΙΕΣΗΣ / ΚΕΝΟΥ ΧΩΡΟΥ

Υποπίεση: μειωμένη σε σχέση με την ατμοσφαιρική πίεση που δημιουργείται στο εσωτερικό του περιέκτη

Κενός χώρος: ο χώρος που δεν πληρούται με τρόφιμο

Και τα δύο μεγέθη προσδιορίζονται από τους κατασκευαστές των περιεκτών και πρέπει να τηρούνται

π.χ. αν ο κενός χώρος είναι μεγαλύτερος και η υποπίεση μικρότερη παραμένει αέρας που μπορεί να προκαλέσει οξείδωση του τοιχώματος και αλλοίωση του τροφίμου αν ο κενός χώρος είναι μικρός επέρχεται ρήξη περιεκτών

ΣΦΡΑΓΙΣΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΕΚΤΩΝ

Αμέσως μετά την πλήρωση ακολουθεί το αεροστεγές κλείσιμο

ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΕΚΤΩΝ

Απαιτούνται κατάλληλοι συνδυασμοί θερμοκρασίας και χρόνου

Γενικά οι θερμοκρασίες που χρησιμοποιούνται κυμαίνονται μεταξύ 100 και 130 °C

Μέθοδοι θέρμανσης που χρησιμοποιούνται:

- βρασμός: δεν καταστρέφει όλα τα βακτήρια, χρησιμοποιείται για τρόφιμα ευαίσθητα σε υψηλές T
- υγρή αποστείρωση ή αυτόκαυστο: πετυχαίνεται καταστροφή των σπόρων των βακτηρίων, πετυχαίνονται $T > 100$ °C με αύξηση της πίεσης
- υψηλή θερμοκρασία για μικρό χρονικό διάστημα: ορισμένα τρόφιμα εμφανίζουν καλύτερα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά όταν θερμανθούν σε υψηλή T για μικρό χρονικό διάστημα, η μέθοδος βρίσκει εφαρμογές σε ρευστά προϊόντα

ΠΕΡΙΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΕΚΤΩΝ

Καθαρισμός, τοποθέτηση ετικετών και συσκευασία σε χαρτοκιβώτια

Διατήρηση σε περιβάλλον ξηρό, με σχετική υγρασία < 60% και T μεταξύ 10-15 °C

Διαδικασία αποστείρωσης των ήδη συσκευασμένων τροφίμων:

- **πλήρωση κλιβάνων:** οι περιέκτες τοποθετούνται έτσι ώστε να εξασφαλίζεται άψογη κυκλοφορία του ατμού
- **άνοδος T:** θέρμανση του περιεχόμενου του κλιβάνου μέχρι την προβλεπόμενη T, η άνοδος T στους περιέκτες είναι κατά πολύ βραδύτερη από ότι στον κλίβανο
- **στάδιο διατήρησης σταθερής T:** εξισορρόπηση T κλίβανου και περιεκτών, διατήρηση της T σταθερή για τον προβλεπόμενο χρόνο
- **στάδιο πτώσης T:** εκδίωξη ατμού με ταυτόχρονη είσοδο ψυχρού νερού, μείωση της πίεσης μέχρι να εξισωθεί με την ατμοσφαιρική

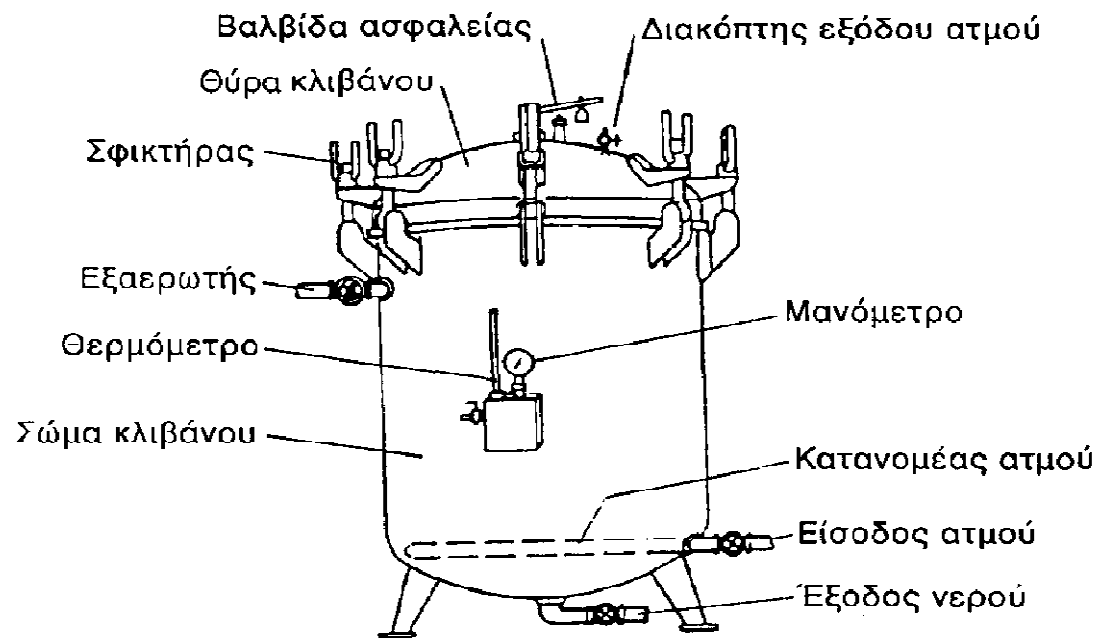
Η ψύξη των περιεκτών γίνεται με νερό «ποιότητας πόσιμου» ή στείρου

ΓΙΑΤΙ: κατά τη θέρμανση αναπτύσσεται υψηλή πίεση και υπάρχει η πιθανότητα δημιουργίας οπών στις πλευρές του περιέκτη. Κατά την ψύξη αν οι οπές δεν έχουν κλείσει είναι πιθανό να εισέλθει μικρή ποσότητα νερού στο εσωτερικό με προφανή τον κίνδυνο μόλυνσης

Για τη λύση του προβλήματος το νερό μετά την έξοδο από τους κλιβάνους οδηγείται σε πύργους ψύξης, χλωριώνεται και αποθηκεύεται για να επαναχρησιμοποιηθεί

ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΠΟΣΤΕΙΡΩΣΗ ΚΑΙ ΠΑΣΤΕΡΙΩΣΗ

- κλίβανοι υγρής αποστείρωσης ή αυτόκαυστα
στους κλίβανους τοποθετείται νερό μέχρι μια συγκεκριμένη στάθμη
οι περιέκτες τοποθετούνται σε μεταλλικά δοχεία
θέρμανση στους 121 έως 135 °C και πίεση 1.2 έως 1.5 Atm
η ψύξη γίνεται μέσα στον κλίβανο



Διάγραμμα 3.7. Κάθετος κλίβανος αποστείρωσης.

• εναλλάκτες Θερμότητας

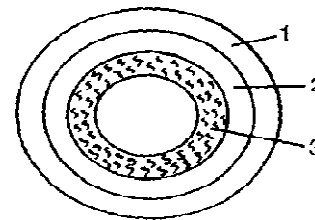
χρησιμοποιούνται για θέρμανση ρευστών τροφίμων

Η αρχή λειτουργίας στηρίζεται στην έμμεση, μέσω μεταλλικών χωρισμάτων, επαφή του θερμαντικού ρευστού με το τρόφιμο, οπότε το ρευστό που μεταφέρει τη θερμική ενέργεια τη μεταβιβάζει στο τρόφιμο

Οι εναλλάκτες διακρίνονται:

-πλακοειδείς: αποτελούνται από πολλές πλάκες που τοποθετούνται κοντά. Από τη μια πλευρά διέρχεται το θερμό ρευστό και από τη άλλη το προς θέρμανση τρόφιμο. Έτσι γίνεται έμμεση ανταλλαγή θερμότητας

-σωληνοειδείς: αποτελούνται από 2 ομόκεντρους, διαφορετικής διαμέτρου σωλήνες, στον εσωτερικό κυκλοφορεί το τρόφιμο, ενώ στον εξωτερικό το ρευστό μεταφοράς θερμότητας



Διάγραμμα 3.10. Εναλλάκτης θερμότητας σωληνοειδούς καίωσκευής.

1. Μόνωση
2. Ψυκτικό υγρό ή θερμό υγρό
3. Ρευστό τρόφιμο προς ψύξη ή θέρμανση

• βραστήρες

λέβητες κατασκευασμένοι από χάλυβα, με διπλά τοιχώματα μεταξύ των οποίων κυκλοφορεί θερμό/ψυχρό νερό

ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΤΟΥ ΚΡΕΑΤΟΣ

Ως θέρμανση του κρέατος νοείται η άμεση ή έμμεση επίδραση θερμότητας σε τεμάχιο κρέατος μη συσκευασμένο, ώστε να καταστεί κατάλληλο για κατανάλωση

Μέθοδοι Θέρμανσης

Οι μέθοδοι θέρμανσης ταξινομούνται σε δύο ομάδες:

- ξηρές:** η πίεση των υδρατμών είναι χαμηλή και η μεταφορά θερμότητας στο τρόφιμο γίνεται πάντα σε ανοιχτό δοχείο
- υγρές:** η πίεση των υδρατμών είναι υψηλή και η θέρμανση γίνεται πάντα σε κλειστό χώρο και το μέσο μεταφοράς είναι κορεσμένο σε υγρασία

Ως μέσο μεταφοράς και στις δύο ομάδες των μεθόδων χρησιμοποιούνται αέρας, νερό, υδρατμοί, λίπη και υπέρυθρες ακτίνες.

Μέθοδοι Θέρμανσης με ξηρή Θερμότητα

Η θερμοκρασία είναι υψηλή και η πίεση υδρατμών χαμηλή. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα οι εξωτερικές στιβάδες να παίρνουν έναν χρωματισμό ξανθό-καστανό και στη συνέχεια σκούρο καστανό.

Οι μέθοδοι θέρμανσης με ξηρή θερμότητα είναι:

- ψήσιμο σε ξηρό αέρα
- ψήσιμο σε grill
- ψήσιμο σε αβαθές δοχείο με λίγο λίπος (σωτάρισμα) ή πολύ λίπος (φριτάρισμα)

Μέθοδοι Θέρμανσης με υγρή Θερμότητα

Εφαρμόζονται σε κρέατα δυσμάσητα, πλούσια σε κολλαγόνο, στα οποία είναι απαραίτητη η υγρή θέρμανση για την υδρόλυση του κολλαγόνου, βελτιώνοντας το χυμώδες και την τρυφερότητα του κρέατος

Οι μέθοδοι θέρμανσης με υγρή θερμότητα είναι:

- Θέρμανση με ατμό
- Θέρμανση με λίγο ή πολύ νερό σε θερμοκρασίες κάτω από το σημείο βρασμού του νερού
- Θέρμανση με πολύ νερό σε θερμοκρασίες πάνω από το σημείο βρασμού του νερού

Μεταβολές του κρέατος κατά τη Θέρμανση

Η θέρμανση του κρέατος προκαλεί μεταβολές των οργανοληπτικών ιδιοτήτων και του μικροβιολογικού φορτίου που φέρει το κρέας. Διακρίνονται στις:

- **ιστολογικές και βιοχημικές μεταβολές:** οι πρωτεΐνες του κρέατος αρχίζουν να μετουσιώνονται από τους 37 °C και στους 65-70 °C έχουν επέλθει σημαντικές μεταβολές στη δομή τους. Οι μεταβολές των πρωτεϊνών είναι σημαντικές για την τρυφερότητα του κρέατος. Οι υδατάνθρακες με την επίδραση της θέρμανσης καραμελοποιούνται προκαλώντας μεταβολές στην οσμή και γεύση του κρέατος. Τα λίπη με το νερό, τον αέρα και ορισμένα μέταλλα σε υψηλές θερμοκρασίες διασπώνται προκαλώντας μεταβολές στο άρωμα και τη γεύση του κρέατος. Οι υδατοδιαλυτές βιταμίνες είναι ευαίσθητες στη θερμότητα σε αντίθεση με τις λιποδιαλυτές που είναι ανθεκτικές. Οι μεταβολές του χρώματος του κρέατος κατά τη θέρμανσή του οφείλεται στη μετουσίωση των πρωτεϊνών του μυϊκού ιστού (μυοσφαιρίνη) και του συνδετικού ιστού

•**φυσικοχημικές μεταβολές:** κατά τη θέρμανση παρατηρείται απώλεια βάρους λόγω απομάκρυνσης οπού. Κρέας πλούσιο σε λίπος έχει μεγαλύτερη απώλεια βάρους από το άπαχο. Το μέγεθος του τεμαχίου και η απώλεια βρίσκονται σε αντιστρόφως ανάλογη σχέση

•**οργανοληπτικές μεταβολές:** στους 60-65 °C αρχίζει η μετουσίωση των πρωτεϊνών του κολλαγόνου. Μέχρι τους 70-75 °C η αντίσταση του συνδετικού ιστού στην κοπή είναι ικανοποιητική, ενώ πάνω από αυτή τη θερμοκρασία ελαττώνεται πολύ. Ο χρωματισμός που αναπτύσσεται αρχικά είναι ερυθρός ενώ τείνει με αύξηση της θερμοκρασίας να γίνει καστανός

ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΕΣ

Υπεριώδεις ακτινοβολίες

- η χρήση τους περιορίζεται στην εξυγίανση νερού, φρούτων, λαχανικών και χώρων
- μια συγκεκριμένη ακτίνα που διέρχεται από εναιώρημα συναντά και καταστρέφει ένα βακτήριο
- η περιοχή ακτινοβολίας που εκδηλώνεται η βακτηριοκτόνος /βακτηριοστατική δράση συμπίπτει με το φάσμα απορρόφησης των πουρινών/ πυριμιδινών και αμινοξέων που αποτελούν συστατικά του κυττάρου
- η δράση εξαρτάται από τη δόση και τη διάρκεια της ακτινοβολίας, στάδιο εξέλιξης των βακτηρίων, το υπόστρωμα

Υπέρυθρες ακτίνες

- είναι ηλεκτρομαγνητικά κύματα, η ενέργεια των οποίων μεταφέρεται στο ακτινοβολούμενο τρόφιμο και το θερμαίνει
- κύρια πηγή είναι οι λυχνίες υπερύθρων (125-1000 Watt)

Υπέρηχοι

- είναι τα ακουστικά κύματα με συχνότητα $>20\text{KHz}$
- εφαρμόζεται για τη θανάτωση βακτηρίων ορισμένων ρευστών και στην παραγωγή μαργαρίνης, σοκολάτας και αλκοολούχων ποτών

Μικροκύματα

- χρησιμοποιούνται τόσο στη βιομηχανία όσο και από τους καταναλωτές
- είναι ηλεκτρομαγνητικά κύματα με ενέργεια ακτινοβολίας που διαφέρει από τις άλλες ηλεκτρομαγνητικές ακτινοβολίες ως προς τη συχνότητα και στο ότι δεν προκαλούν ιονισμό
- όταν τα μικροκύματα διαπερνούν τα τρόφιμα τα δίπολα του νερού παίρνουν την κατεύθυνση του ηλεκτρικού πεδίου. Επειδή το ηλεκτρικό πεδίο αλλάζει συνέχεια, τα πολικά μόρια ακολουθούν την κίνηση με την ίδια συχνότητα. Ταλαντεύονται μεταξύ δύο θέσεων με αποτέλεσμα τη δημιουργία τριβής και ανάπτυξη θερμοκρασίας.
- τα τρόφιμα θερμαίνονται ομοιόμορφα σε όλη τη μάζα τους
- τα μικροκύματα χρησιμοποιούνται ευρέως για την απόψυξη κατεψυγμένων τροφίμων

Οι φούρνοι μικροκυμάτων αποτελούνται από:

- μαγνητρόνιο (πηγή παραγωγής μικροκυμάτων)
- αναμίκτη (διανέμει τα κύματα προς όλες τις κατευθύνσεις)
- περιστρεφόμενο δίσκο (τοποθετούνται τα τρόφιμα)

Η ενέργεια που εκπέμπεται δεν είναι μεγάλη για να προκαλεί χημικές αντιδράσεις που οδηγούν σε μεταβολές ιστών

Ιονίζουσες ακτινοβολίες

- ηλεκτρόνια υψηλής ενέργειας
- ακτίνες X
- ακτίνες γ

Ακατάλληλες θεωρούνται οι ακτίνες α (μικρή διεισδυτική ικανότητα) και τα νετρόνια (προκαλούν διέγερση)

Δόση ακτινοβολήσης: ποσότητα ενέργειας που απορροφάται από τη μονάδα μάζας του ακτινοβολούμενου τροφίμου και χαρακτηρίζεται ως Gray ($1\text{Gy}=1\text{J/kg}$)

Δράση ακτινοβόλησης: διακρίνονται 2 ειδών δράσεις:

άμεσες: η ακτινοβολία επιδρά σε ένα συστατικό του πυρήνα που έχει αποφασιστική σημασία για τη λειτουργία του (DNA) ή στα ενζυμικά συστήματα

έμμεσες: η ακτινοβολία δημιουργεί ελεύθερες ρίζες που σχηματίζουν υπεροξείδια που στη συνέχεια προσβάλλουν ζωτικά κέντρα λειτουργίας των ΚΥΤΤΑΡΩΝ

Πίνακας 3.2. Θανατηφόρες δόσεις ιονιζουσών ακτινοβολιών καθώς και αυτών που είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν στην τεχνολογία των τροφίμων.

Δόσεις σε rad	Αποτελέσματα
$2 \cdot 10^6 - 1 \cdot 10^8$	Αδρανοποίηση ενζύμων
$2 \cdot 10^6 - 2 \cdot 10^7$	Αδρανοποίηση ιόν
$2 \cdot 10^6 - 6 \cdot 10^6$	Αποστείρωση τροφίμων
$1 \cdot 10^4 - 1 \cdot 10^5$	Παστερίωση τροφίμων
$2,5 \cdot 10^4 - 1 \cdot 10^5$	Καταστροφή παρασίτων
$1 \cdot 10^3 - 1 \cdot 10^4$	Καταστροφή φύτρων γεωμύλων
$1 \cdot 10^2 - 1 \cdot 10^3$	Θανατηφόρα δόση για τον άνθρωπο και άλλα ανώτερα θηλαστικά

Πίνακας 3.3. Χώρες στις οποίες επιτρέπεται η κυκλοφορία ακτινοβοληθέντων τροφίμων.

Αργεντινή	1,8,9	Ιαπωνία	1
Βέλγιο	1,2	Ισραήλ	1,2,3
Βραζιλία	1,2,3,8	Καναδάς	1,2,3,10
Βουλγαρία	1,2	Κορέα	1,2,7
Γαλλία	1,2,3	Κίνα	1,2,4
Δανία		Νορβηγία	2
Η.Π.Α.	1,2,3,6	Ολλανδία	1,2,3,4,7,8,9,10
Ινδία	1,2,3,9	Σοβιετική Ένωση (πρώην)	1,2,3,4
Ινδονησία	1,2	Φιλανδία	1,2,8
Ιταλία	1,2	Χιλή	1,2,3
Ισπανία	1,2		

Τρόφιμα: 1=φυτικά προϊόντα, 2=καρυκεύματα, 3=κοτόπουλα, 4=προϊόντα κρέατος, 5=κρέας (βοοειδών, χοίρων), 6=έτοιμα προϊόντα (γεύματα), 7=σκόνη αβγού, 8=ψάρια, 9=γαρίδες, 10=σκόνη πλάσματος αίματος.

ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΗΣΗ ΤΟΥ ΚΡΕΑΤΟΣ

Οι ακτίνες που χρησιμοποιούνται στην πράξη στα τρόφιμα είναι οι υπεριώδεις και οι ιονίζουσες

Ιονίζουσες ακτινοβολίες

Οι ιονίζουσες ακτινοβολίες χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία τροφίμων για:

- την επιμήκυνση του χρόνου συντήρησης ευαλλοίωτων προϊόντων
- τη μείωση του μικροβιακού φορτίου
- την καταστροφή παρασίτων και εντόμων
- την αποστείρωση των υλικών συσκευασίας

Σε κάθε περίπτωση ακτινοβολήσης πρέπει να εξασφαλίζεται ότι δεν θα υπάρχει μεταβολή της ποιότητας του προϊόντος και να είναι δεδομένη η ασφάλεια του καταναλωτή

Για την ακτινοβολήση τροφίμων χρησιμοποιούνται ως πηγές:

- ηλεκτρόνια υψηλής ενέργειας
- ακτίνες γ
- ακτίνες X

Μεταβολές του ακτινοβολημένου κρέατος

Ανάλογα με τη δόση ακτινοβολίας διακρίνονται 3 περιοχές ακτινοβόλησης:

- δόσεις μέχρι 1 kGy
- δόσεις μέσης ισχύος: από 1 έως 10 kGy
- δόσεις μεγάλης ισχύος: >10 kGy

Από τα συστατικά του κρέατος οι βιταμίνες (E,C, B₁₂) είναι ιδιαίτερα ευαίσθητες, ενώ το φολικό οξύ και η νιασίνη ανθεκτικές

Τα λίπη είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα στην ακτινοβολία. Συνήθως σχηματίζονται υπεροξειδία που επιταχύνουν την οξειδωτική τάγγιση ακόμα και σε χαμηλές θερμοκρασίες

Οι συνήθεις οργανοληπτικές μεταβολές αφορούν στην αλλαγή του χρώματος, της οσμής και γεύσης

Σε ορισμένες περιπτώσεις η μυοσφαιρίνη οξειδώνεται σε οξυμυοσφαιρίνη, με αποτέλεσμα το κρέας να αποκτά ανοιχτό ερυθρό χρωματισμό