

Αρχές Επεξεργασίας Τροφίμων

Θέρμανση τροφίμων με ηλεκτρική
ενέργεια

Θερμική επεξεργασία

Ως θερμική επεξεργασία ορίζεται το θερμικό έργο που εφαρμόζεται στα τρόφιμα, σε ορισμένη θερμοκρασία και για ορισμένο χρόνο, με στόχο:

- Μεταβολές στην πεπτικότητα και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά
- Την καταστροφή ενδογενών ενζύμων, μικροοργανισμών, εντόμων και παρασίτων
- Την απομάκρυνση της υγρασίας για την δημιουργία συνθηκών συντήρησης
- Την απομόνωση άλλων πτητικών συστατικών (αλκοόλη, αρωματικές ενώσεις) για να χρησιμοποιηθούν σαν πρώτες ύλες

Υπέρ & Κατά της θέρμανσης

- Μετουσίωση πρωτεϊνών, ζελατινοποίηση αμύλου
- Καταστροφή παρεμποδιστών και τοξίνες παθογόνων
- Ενισχύει την δράση των αντιοξειδωτικών
- Καταστροφή συστατικών
- Αλλοίωση οργανοληπτικών
- Μείωση θερμιδικής αξίας

Είδη θερμικών επεξεργασιών

- Ζεμάτισμα, τηγάνισμα, ψήσιμο, μαγείρεμα
- Παστερίωση, εμπορική αποστείρωση
- Κονσερβοποίηση, θερμική εξώθηση
- Ασηπτική επεξεργασία
- Μαγείρεμα υπό κενό
- Συμπύκνωση, αφυδάτωση
- Απόσταξη

Πηγές θερμότητας - Μέθοδοι θέρμανσης

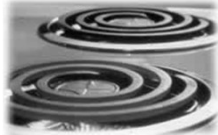
- Στερεά καύσιμα
- Υγρά καύσιμα
- Αέρια καύσιμα
- Ηλεκτρική ενέργεια
 - Υψηλή απόδοση
 - Καλλίτερος έλεγχος
 - Αποφυγή πυρκαγιάς
 - Υγιεινή-καθαριότητα
- Άμεσες μέθοδοι
 - Καύση στερεών
 - Καύση αερίων
 - Ηλεκτρική ενέργεια
- Έμμεσες μέθοδοι
 - Κορεσμένος ατμός
 - Θερμός αέρας
 - Νερό
 - Ηλεκτρική ενέργεια

Θέρμανση με ηλεκτρική ενέργεια

- Χρήση ηλεκτρικών αντιστάσεων
- Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία
 - Υπέρυθρη ακτινοβολία
 - Μικροκύματα
 - Διηλεκτρική θέρμανση
- Ωμική θέρμανση

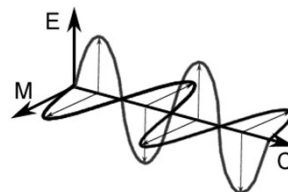
1. Θέρμανση με ηλεκτρικές αντιστάσεις

- Διέλευση ηλεκτρικού ρεύματος μέσα από ειδικά μεταλλικά ελάσματα (Ni-Cr) με συνέπεια την άμεση ή έμμεση θέρμανση του τροφίμου.



2. Θέρμανση με Η/Μ ακτινοβολία

- Στην θέρμανση με ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία το τρόφιμο βρίσκεται υπό την επίδραση ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων με αποτέλεσμα τη μετατροπή της ενέργειας που αυτά μεταφέρουν σε θερμότητα.
- Είδη Η/Μ ακτινοβολίας
 - υπέρυθρη ακτινοβολία
 - μικροκύματα
 - διηλεκτρική θέρμανση



2α. Θέρμανση με υπέρυθρη ακτινοβολία

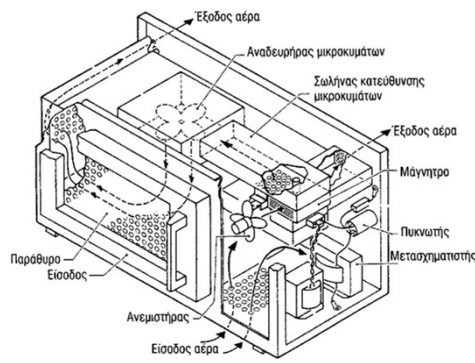
- Μήκος κύματος από 750-3500 nm η οποία εκπέμπεται από θερμά σώματα.
- Η θερμότητα αυτή (εκπεμπόμενη) δίνεται από την εξίσωση Stefan-Boltzmann: $Q = \varepsilon \cdot \sigma \cdot A \cdot T^4$
- Η ποσότητα της ακτινοβολίας (I) που απορροφάται (από κάποιο σώμα) σε ορισμένο βάθος (x) δίνεται από τον νόμο του Beer:
 $I = I_0 \cdot e^{-\alpha x}$
- Η δράση της είναι επιφανειακή αφού το βάθος διείσδυσης είναι κατά κανόνα μικρό.

2β. Θέρμανση με μικροκύματα

- Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία με συχνότητα 3000 – 30000 MHz.
- Για οικιακή χρήση εφαρμόζονται τα 2450 MHz ($\lambda = 12,24$ cm) και για βιομηχανική τα 895 MHz.
- Στην βιομηχανία χρησιμοποιούνται κυρίως για μαλάκωμα (tempering) κατεψυγμένων τροφίμων και πρώτων υλών.

Φούρνος μικροκυμάτων

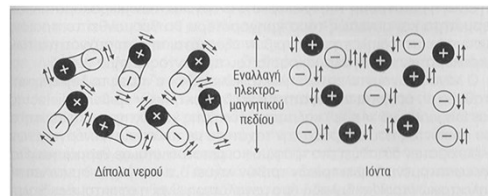
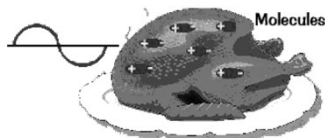
- Μικρή συσκευή για οικιακές εφαρμογές, μεγάλο μηχανικό τούνελ στην βιομηχανία.
- Πολύ καλή μεταλλική μόνωση
- Συσκευή Magnetron για την παραγωγή εναλλασσόμενου μαγνητικού πεδίου
- Σωλήνες κατεύθυνσης κυμάτων από Al
- Σύστημα ανάδευσης κυμάτων ή περιστροφής τροφίμου



Σχήμα 2.2. Φούρνος μικροκυμάτων

Μηχανισμός θέρμανσης με μικροκύματα

- Ταχύτερη παλίνδρομη αναστροφή των μορίων του νερού που απαντούν στο τρόφιμο ως δίπολα
- Ηλεκτροφόρηση ιόντων που υπάρχουν στο τρόφιμο.



Παράγοντες θέρμανσης τροφίμων με μικροκύματα

- Αρχική θερμοκρασία τροφίμου
- Μέγεθος τροφίμου
- Σχήμα τροφίμου
- Πυκνότητα τροφίμου
- Ειδική θερμότητα τροφίμου
- Θερμική αγωγιμότητα τροφίμου
- Διηλεκτρικές ιδιότητες τροφίμου
 - Διηλεκτρική σταθερά (ϵ'), Συντελεστής διηλεκτρικών τριβών (ϵ''), Εφαπτομένη διηλεκτρικών τριβών (ϵ''/ϵ')

Πίνακας 2.2

Διηλεκτρικές ιδιότητες ορισμένων προϊόντων και υλικών συσκευασίας και το βάθος διείσδυσης των μικροκυμάτων σε συχνότητα 2450 MHz και θερμοκρασία 20-25°C
(Coles, 1993; Fellows, 2000)

Προϊόντα/υλικά	Διηλεκτρική σταθερά (ϵ')	Συντελεστής διηλεκτρικών τριβών (ϵ'')	Βάθος Διείσδυσης (cm)
Αποσταγμένο νερό	77-78	9.2-12.48	1.7
Νωπό κρέας	49-51	16.17	0.87
Παστεριωμένο ζαμπόν	45	25.2	
Πατάτες ωμές	62	16.7	0.93
Πατάτες πουρέ	65	22.1	
Μπανάνα (ωμή)	62	17	0.93
Καρότα βραστά	71	18	0.93
Μπιζέλια	63	13.23	
Άλμη 5%	67	7.1	0.25
Ψάρι μαγειρεμένο	46.5	12	1.1
Έλαια μαγειρικής	2.6	0.2	19.5
Βούτυρο	3	0.1	30.5
Ψωμί	4	0.005	1170
Πλαστικά	2-4.5	0.002-0.09	195
Γυαλί	4-6	0.004-0.01	40
Χαρτί	3-4	0.1-0.4	50
Πάγος	3.2-3.3	0.0022-0.003	1162

Αύξηση θερμοκρασίας – βάθος διείσδυσης μικροκυμάτων

- Η ισχύς της ενέργειας των μικροκυμάτων που απορροφάται ως θερμότητα από το προϊόν δίνεται από την σχέση:

$$P_v = k \cdot E^2 \cdot f \cdot \varepsilon''$$

- Η αύξηση της θερμοκρασίας στην μονάδα του χρόνου που θα προκαλέσει η απορρόφηση της ενέργειας των μικροκυμάτων δίνεται από την σχέση:

$$d\theta/dt = k \cdot E^2 \cdot f \cdot \varepsilon'' / \rho \cdot c$$

- Το βάθος στο οποίο η ενέργεια των μικροκυμάτων, κατά την διείσδυση στο προϊόν, μειώνεται κατά $1/e$ (~37%) ονομάζεται βάθος διείσδυσης και δίνεται από τον τύπο:

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

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 εδώδιμων λιπών
 - δ. Επαναθέρμανση τροφίμων
2. Θέρμανση με σκοπό την 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 (Προϊόντων με υψηλή περιεκτικότητα σε υγρασία (έτοιμα φαγητά με κρέας, λαχανικά, κοκτέιλ φρούτων κ.ά.), Προϊόντων με ενδιάμεση περιεκτικότητα σε υγρασία (π.χ. συσκευασμένο ψωμί, ζυμαρικά), Αφυδατωμένων προϊόντων (π.χ. καρυκεύματα)
 - β. Αποστείρωση τροφίμων σε υψηλές πιέσεις (περιορισμένη εφαρμογή)
 - γ. Ασηπτική επεξεργασία τροφίμων

Πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα

- Ταχύτητα θέρμανσης
- Σχετικά μικρή κατανάλωση ενέργειας
- Σχετικός έλεγχος συνθηκών θέρμανσης
- Ανομοιόμορφη θέρμανση ορισμένων τροφίμων
- Εξάρτηση από την συσκευασία
- Δεν είναι δυνατή η «παραδοσιακή» θέρμανση

3. Διηλεκτρική θέρμανση

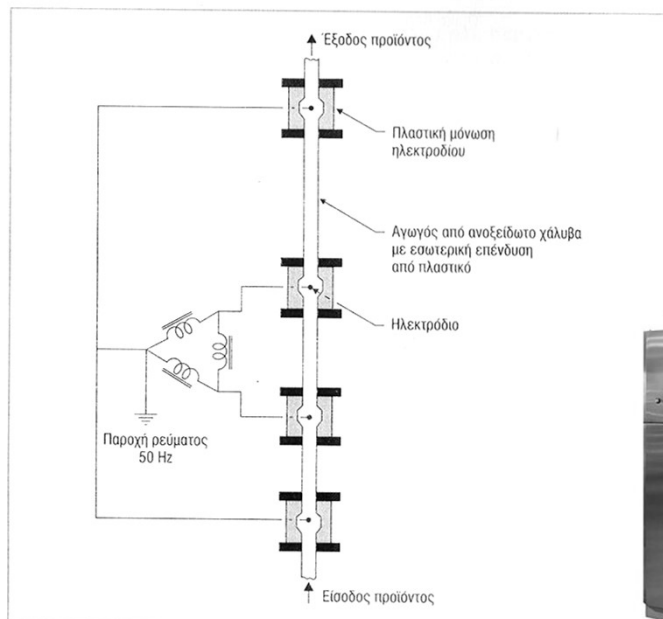
- Όμοια αρχή λειτουργίας όπως στα μικροκύματα αλλά χρησιμοποιεί πολύ μικρότερες συχνότητες (40-100 MHz).
- Το προϊόν «ακτινοβολείται» ενώ βρίσκεται ανάμεσα σε πόλους πυκνωτή.
- Εξασφαλίζει καλύτερο έλεγχο συνθηκών σε σχέση με τα μικροκύματα και προκαλεί μικρότερη καταπόνηση.
- Εφαρμόζεται στην τελική θέρμανση των μπισκότων, στις φρυγανιές, στην απόψυξη και στην τήξη πρώτων υλών.

4. Ωμική θέρμανση

- Βασίζεται στο φαινόμενο Joule ($Q=I^2 \cdot R \cdot t$)
- Απέευθείας μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας σε θερμότητα.
- Αποτελεί άμεσο τρόπο θέρμανσης μιας και η θερμότητα σχηματίζεται μέσα στο τρόφιμο.
- Αποτελεσματικότερη μέθοδος θέρμανσης αφού μετατρέπει το 90% του ηλεκτρισμού σε θερμότητα
- Ταχύτερη μέθοδος θέρμανσης
- Η μεταβολή της θερμοκρασίας του τροφίμου κατά την ωμική θέρμανση δίνεται από τον τύπο:
$$\Delta\theta = (\sigma \cdot V^2 \cdot A) / (m \cdot c \cdot L)$$

Πλεονεκτήματα Ωμικής Θέρμανσης

- Θέρμανση προϊόντος ανεξάρτητα από την αναλογία της ρευστής φάσης
- Γρήγορη και ομοιόμορφη θέρμανση του προϊόντος
- Αποφεύγεται η υπερθέρμανση
- Το προϊόν δεν αναδεύεται κατά την θέρμανση
- Αποφεύγεται ο σχηματισμός ιζήματος στις σωληνώσεις
- Αθόρυβη και φιλική προς το περιβάλλον τεχνολογία



Συνήθης ισχύ:
75-300 kW

Συνήθης παροχή:
750-3000 Kg/h



Σχήμα 2.9. Στήλη ωμικής θέρμανσης (Skudder, 1993)

Εταιρεία ΙΚΑ