



Συσκευασία Τροφίμων

Ενότητα 14:

Συσκευασία Μικροκυμάτων (Microwaves Packaging), 2ΔΩ

Τμήμα: Επιστήμης Τροφίμων και Διατροφής Του Ανθρώπου

Διδάσκων: Αντώνιος Καναβούρας



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ





Μαθησιακοί Στόχοι

- Εξοικείωση με το θεωρητικό και πρακτικό μέρος της εφαρμογής των μικροκυμάτων στα τρόφιμα και ο ρόλος της συσκευασίας.

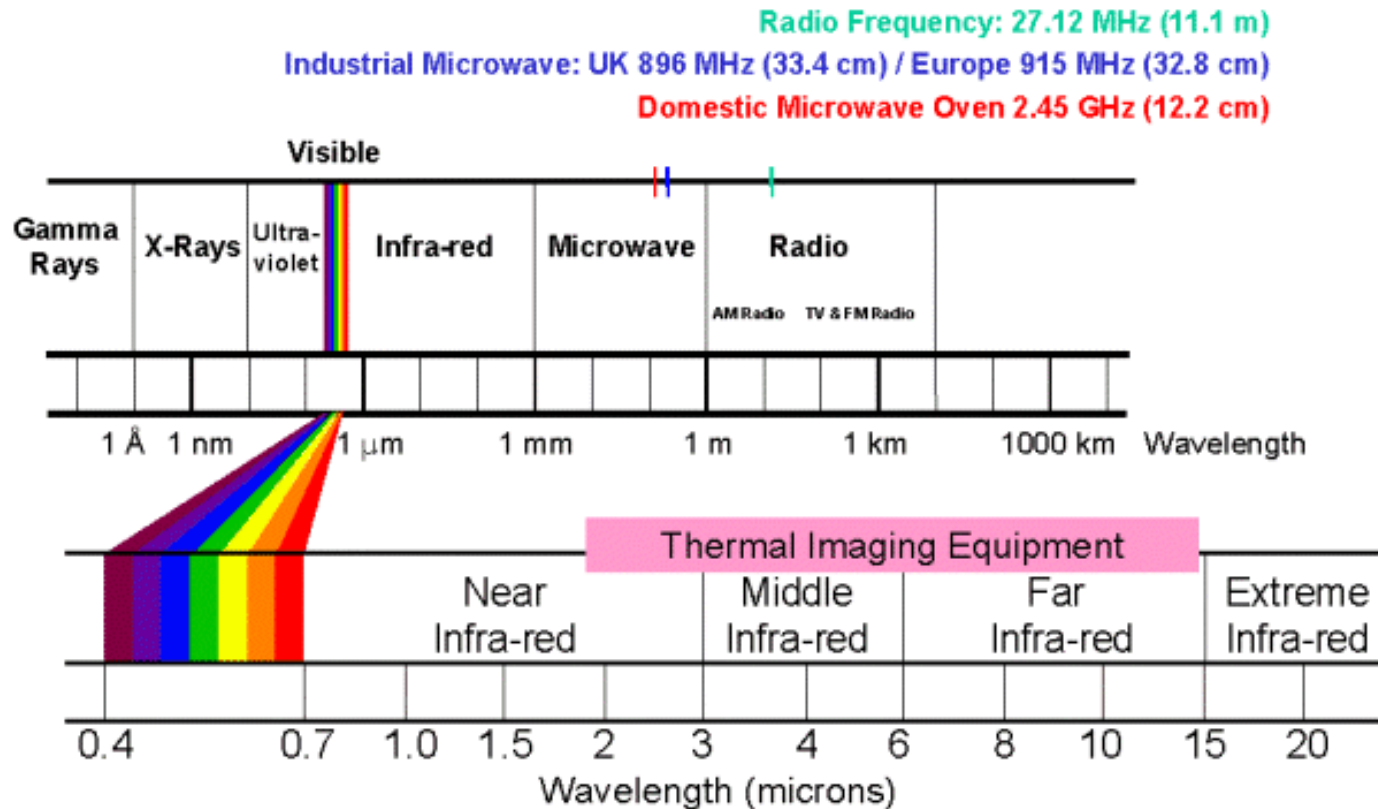


Λέξεις Κλειδιά

- μικροκύματα,
- φούρνοι,
- ανακλαστήρες,
- ενέργεια.



Το Ηλεκτρομαγνητικό Φάσμα





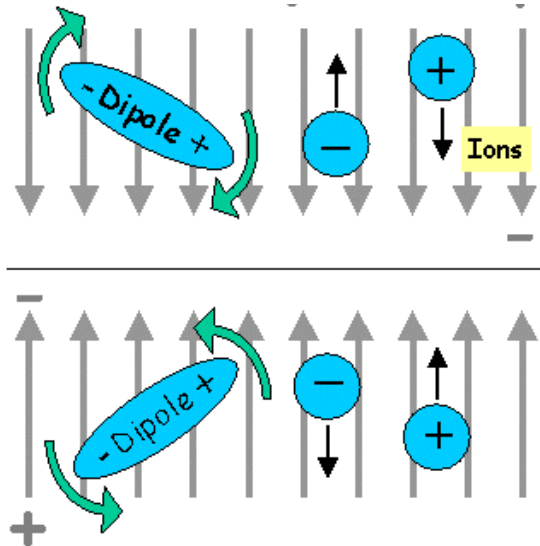
Τι είναι Θέρμανση σε Μικροκύματα;

- Η ικανότητα του τροφίμου να ζεσταίνεται στα μικροκύματα ορίζεται από το dielectric loss factor (ϵ''), :

$$\epsilon'' = \epsilon''_D + 0.0556 \sigma_{DC} / f$$

where ϵ''_D is the dipolar contribution (1) to the loss factor

and $(0.0556 \sigma_{DC} / f)$ is the ionic contribution (2) to the loss factor: σ_{DC} is the DC electrical conductivity and f is the frequency of the electromagnetic field.



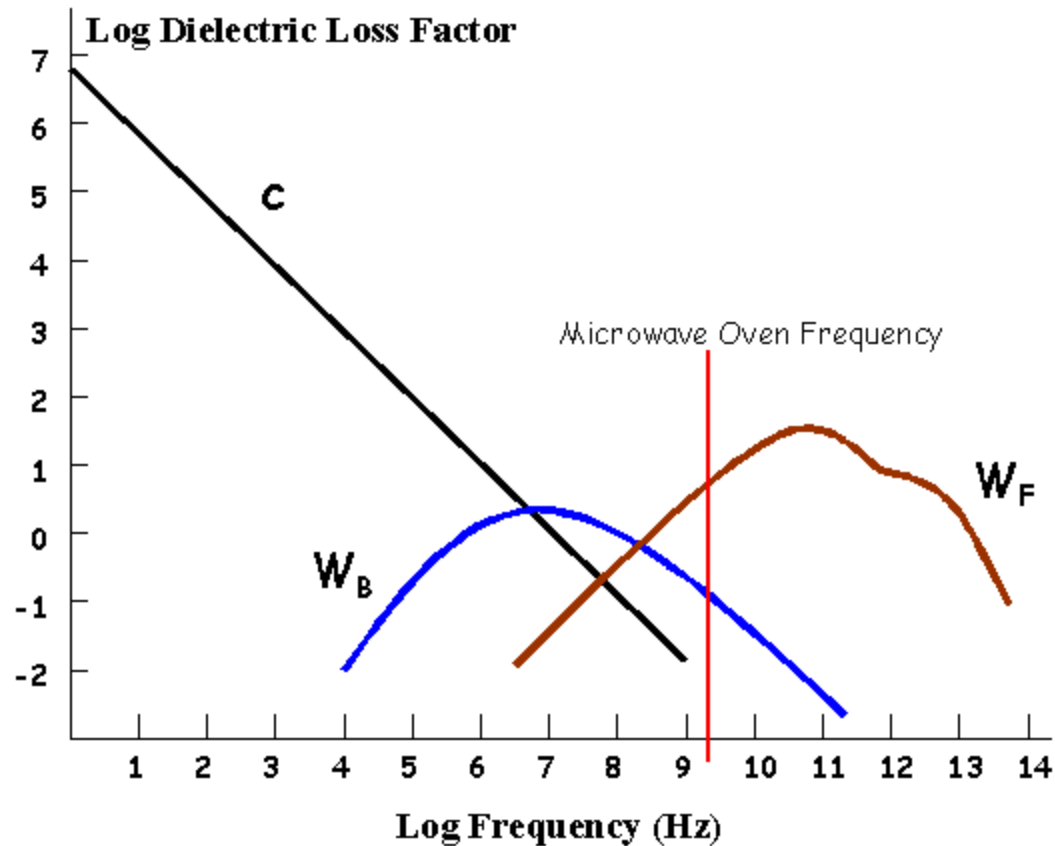


How Microwaves Interact With Food 1/2

Variable	Physical Interpretation	Equation	
Complex permittivity, ϵ^*	Suitability for microwave heating	$\epsilon^* = \epsilon' - j \epsilon''$ $\epsilon'' = \epsilon''_D + 0.0556 \sigma_{DC} / f$	
Reflections between two different materials 1 and 2, eg air and food, R	Efficiency of heating	$R = (\epsilon_1' - \epsilon_2') / (\epsilon_1' + \epsilon_2')$	
Penetration Depth, D_P [m]	Maximum product dimensions	$D_P = 0.0337 / \{(\epsilon'^2 + \epsilon''^2)^{0.5} - \epsilon'\}^{0.5} f$	
Electric Field in Material, E_{RMS} [V/m]	Risk of uneven heating	$E_{RMS} = E_{max} e^{-(1/2 D_P z)} / \sqrt{2}$	
Heating Rate, $\delta T / \delta t$ [$^{\circ}C/s$]	Total heating time guide	$\delta T / \delta t = 0.0556 f E_{RMS}^2 \epsilon'' / \rho C_p$	
Wavelength in Material, λ_m [m]	Hot & cold spot separation, resonance and focussing effects	$\lambda_m = \lambda_0 / \sqrt{\epsilon'}$	
C_p	specific heat capacity (J/Kg-K)	E_{max}	peak electric field strength (V/m)
ρ	density (Kg/m ³)	E_{RMS}	rms electric field (V/m) in material
f	frequency (Hz)	σ_{DC}	d.c. electrical conductivity (S/m)
c	speed of light (m/s)	λ_0	free space wavelength (m) = c / f
j	$\sqrt{-1}$	ϵ''_D	dielectric loss factor from dipoles
z	depth (m)	$D_P = (4.9 / f) (\epsilon'^{0.5} / \epsilon'')$	[approx. with f in GHz]



How Microwaves Interact With Food 2/2



Components of dielectric loss for a moist material



Μοντέλα Βελτιστοποίησης της Συμπεριφοράς της Συσκευασίας

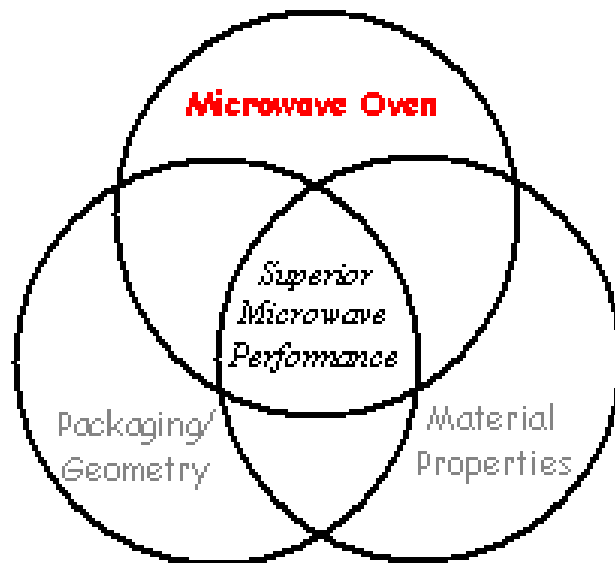
σε Φούρνο Μικροκυμάτων.

- Συσχέτιση με εξίσωση $\epsilon^* = \epsilon' - j \epsilon''$:

Microwave Oven	Electric Field squared term	\underline{E}^2
Material Properties	Dielectric constant & loss factor Thermal properties	ϵ', ϵ'' C_p, ρ
Geometry	Penetration Depth Wavelength	D_p λ_m
Active Packaging	primarily effects $\underline{E}^2, D_p, \lambda_m$ and is most appropriately located with Geometry	
<i>Superior Microwave Performance</i>	Heating Rate Uniformity of Heating "Quality" factors (sensory, texture, flavour, etc.)	$\delta T / \delta t$ ∇T $\delta T / \delta t, \nabla T$

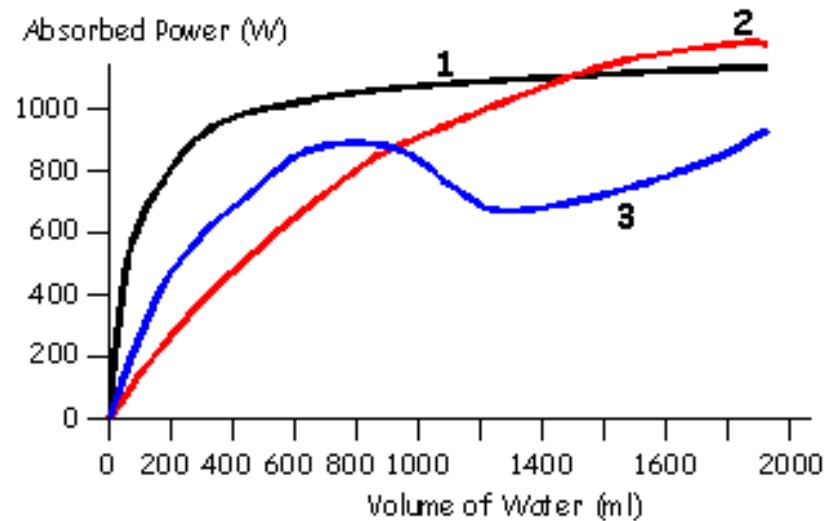


Φούρνος Μικροκυμάτων 1/5





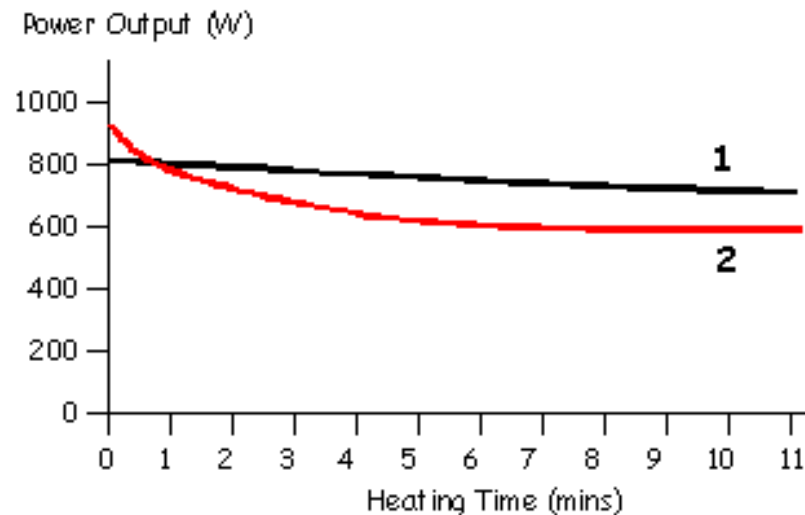
Φούρνος Μικροκυμάτων 2/5



Καμπύλες έντασης για τρεις τύπους φούρνων μικροκυμάτων



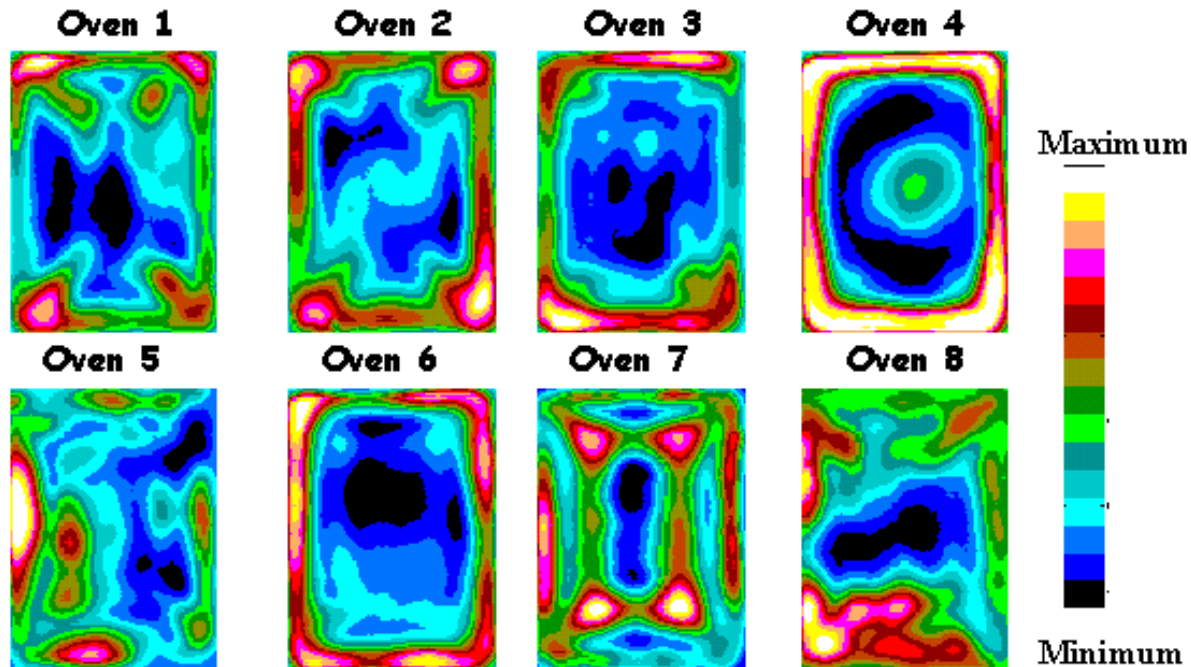
Φούρνος Μικροκυμάτων 3/5



Μείωση δύναμης με το χρόνο



Φούρνος Μικροκυμάτων 4/5



Θερμική ανάλυση θερμενόμενου τροφίμου για ένα (1) min



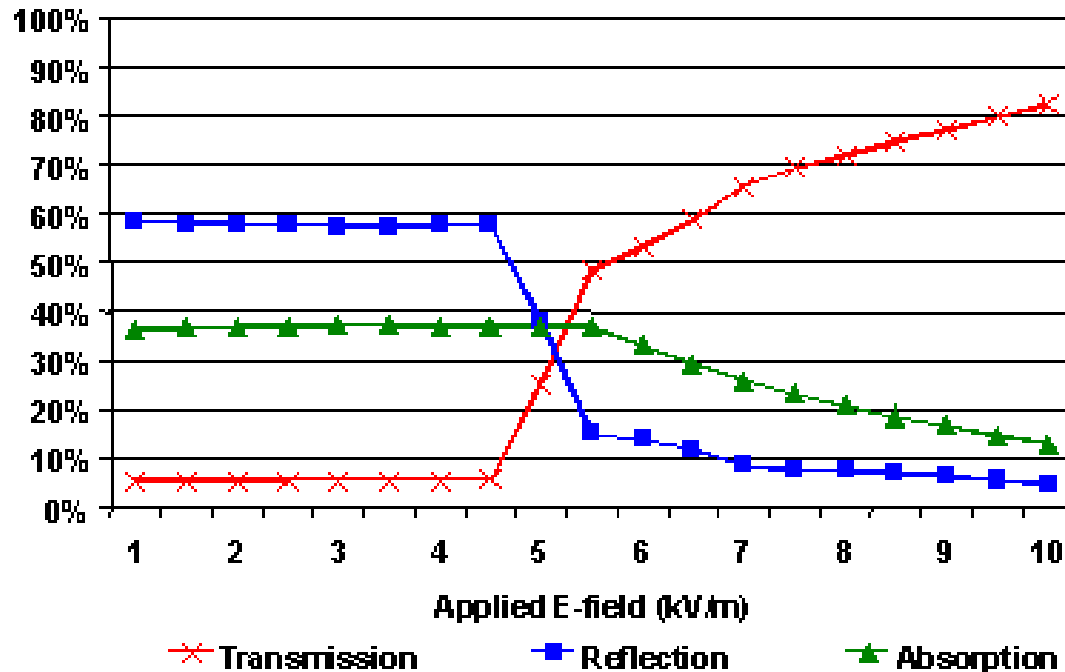
Φούρνος Μικροκυμάτων 5/5

Oven	Cavity size (litres)	Turntable (T), Mode Stirrer (MS)	Number & location of feeds	Rated power output (W)	Measured power output to 1000ml water ¹ (W)	Measured power output to 350ml water ² (W)
1	18	MS	1 – top fed	480	608	588
2 ³	30	T	1 – side fed	700	751	662
3	30	T	1 – side fed	700	820	789
4	32	T	1 – top fed	850	845	792
5 ³	30	T	1 – side fed	700	733	645
6	38	MS	1 – top fed	700	730	691
7	34	T	2 – both side fed	850	900	793
8 ⁴	35	None	1 – side fed	700	-	-

Χαρακτηριστικά οικιακών φούρνων μικροκυμάτων



Φυσικά Φαινόμενα Ενεργούς Συσκευασίας Μικροκυμάτων



Συμπεριφορά υλικών υποκείμενων σε αυξανόμενο ηλεκτρικό πεδίο



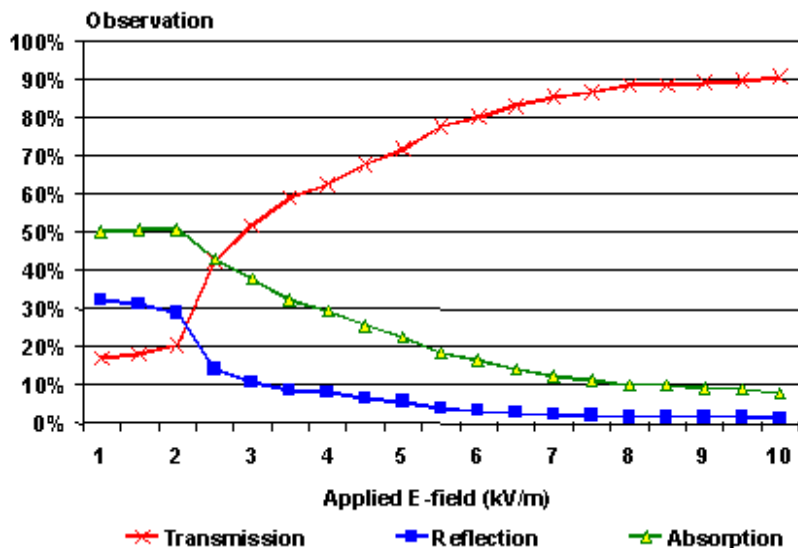
Υλικά Συσκευασίας – Αντένες Συλλέκτες/Ανακλαστές Ακτινοβολίας



Patterned susceptor (left) and fused susceptor (right)



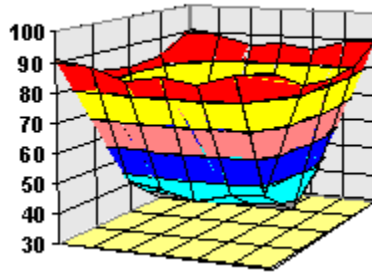
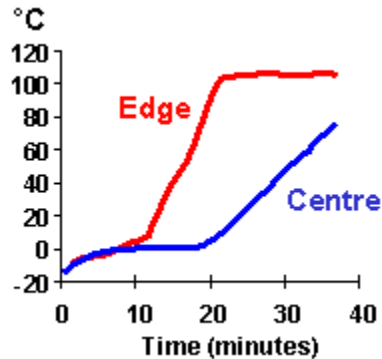
Inverted fused susceptor tray with vent slots



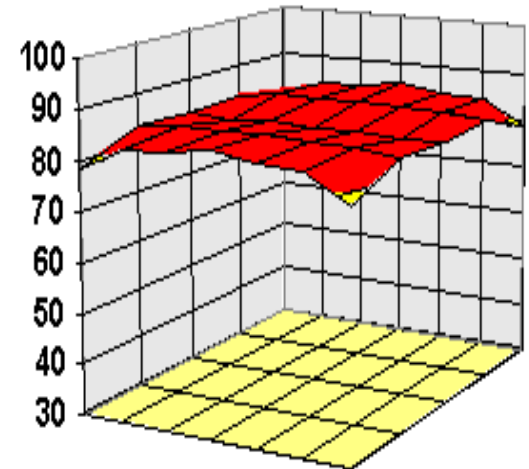
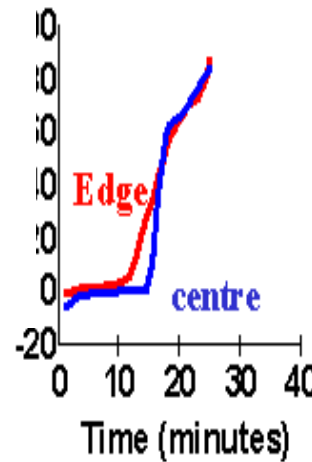
Change in power handling characteristics of a patterned susceptor subjected to increasing electric field stress



Ανακλαστές μικροκυμάτων 1/5



Typical heating profile
for frozen foods

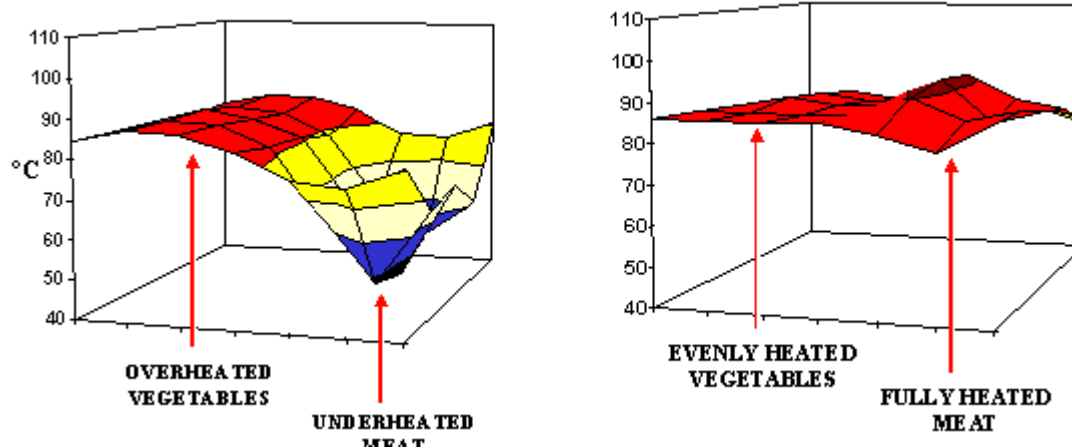


Improved heating profile
using antenna trays





Ανακλαστές μικροκυμάτων 2/5



Meal without (left) and with (right) antenna tray

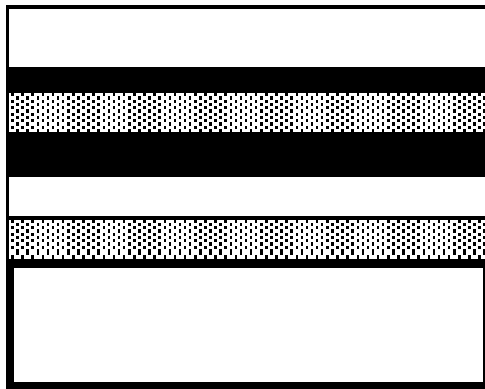
Differential heating trays.

Right. Tray has been coated to reduce the metallic appearance of the foil.





Ανακλαστές μικροκυμάτων 3/5



Polyester film

0.00048" - 12 microns

Aluminium metallized layer (Susceptor)

approx 0.01 microns

Solvent based adhesive

0.0001" - 2.5 microns

Aluminium foil (Antenna)

0.00025" - 6.3 microns

Resist coat

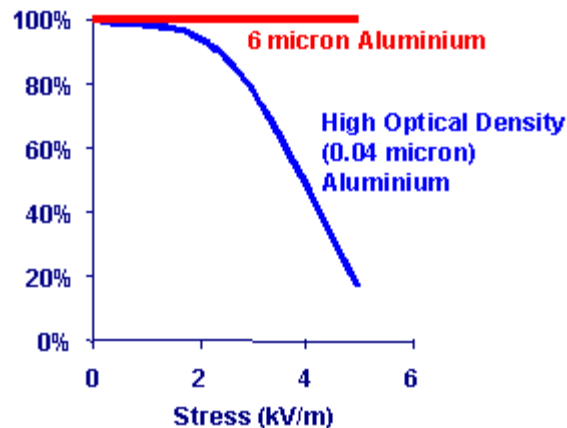
0.0001" - 2.5 microns

Water based adhesive

0.0001" - 2.5 microns

Substrate e.g. paperboard

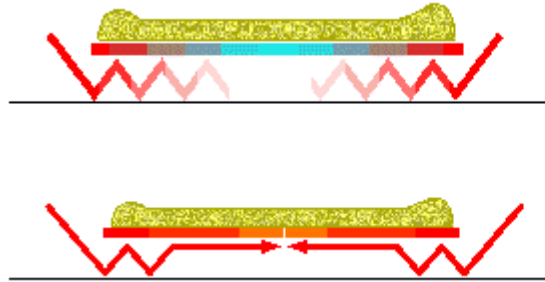
0.018" - 0.46mm



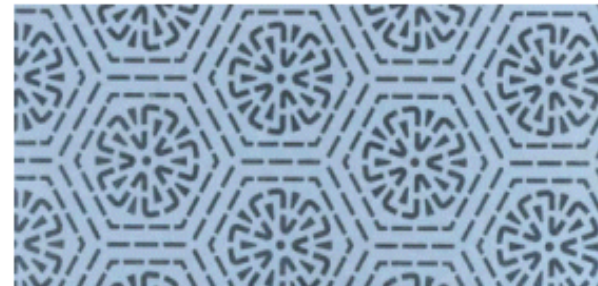
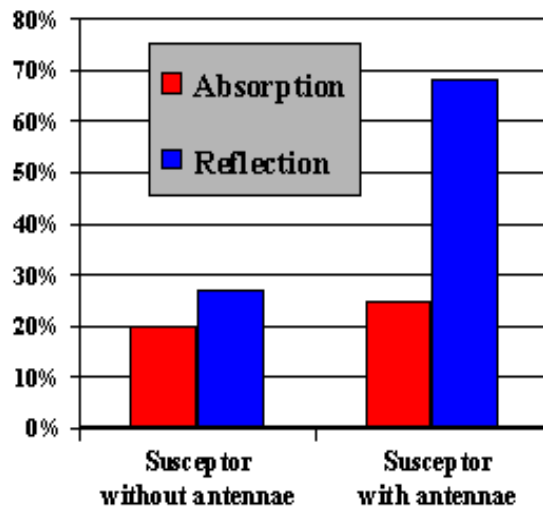
Shielding effectiveness of two thicknesses of Aluminium films



Ανακλαστές μικροκυμάτων 4/5



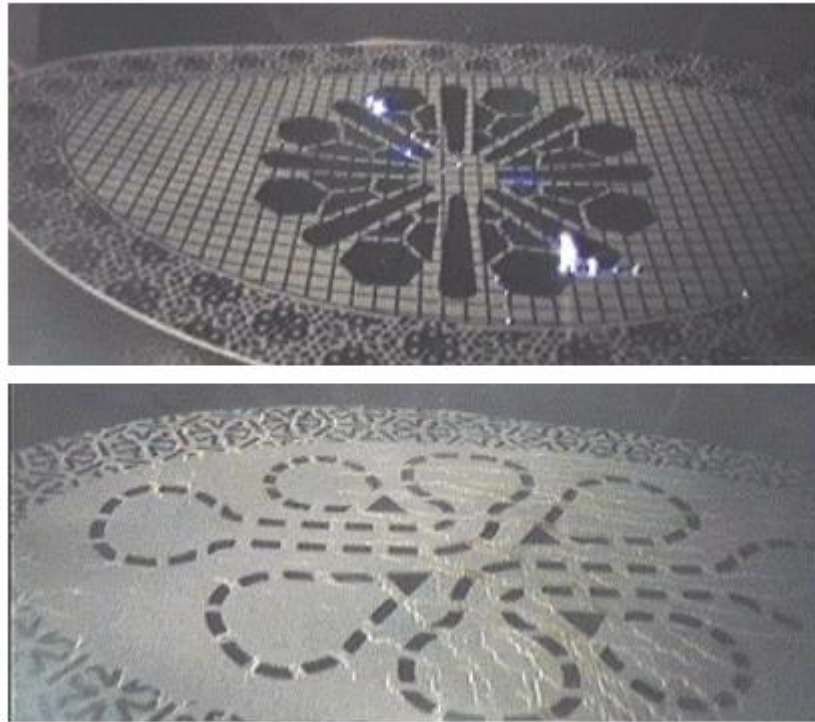
Susceptor disks can suffer variable electric field strengths across their surface. With antennae, uniform electric fields can be generated.



Antennae loops of different sizes control reflected & transmitted power



Ανακλαστές μικροκυμάτων 5/5



Real-time photographs of antennae/susceptor disks during microwave heating

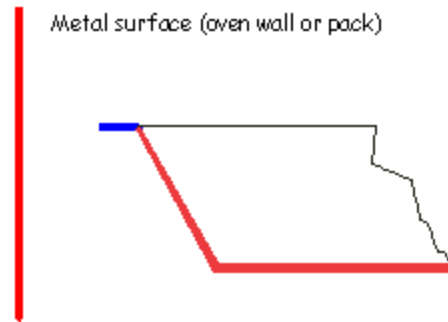
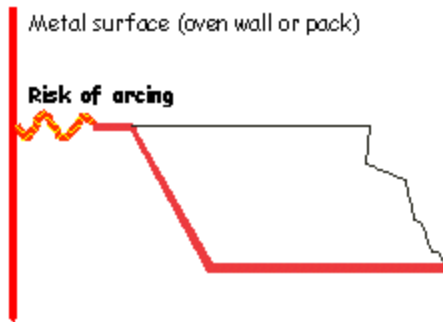
Upper. Antenna layer 0.04 microns. Arcing flashes can be seen.

Lower. Antenna layer 6 microns.

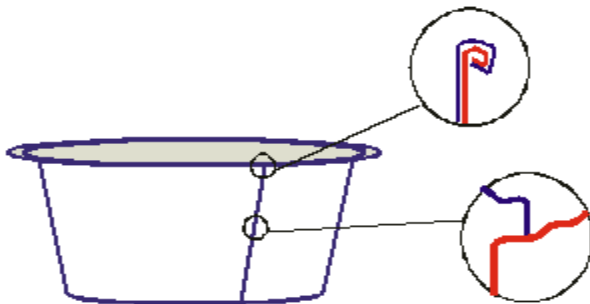


Ασφαλείς Συσκευασίες 1/3

- Καμία έκθεση Αλουμίνιου



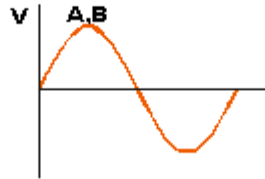
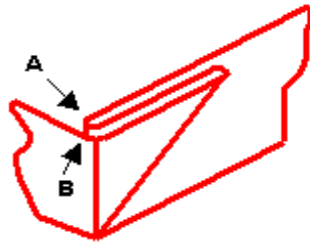
- Αποφυγή μικρών κενών σε περιέκτες



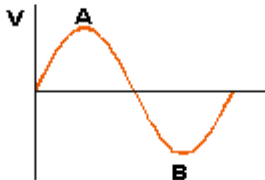
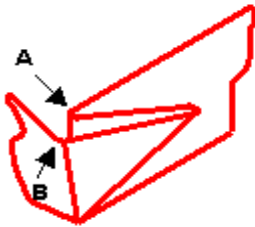


Ασφαλείς Συσκευασίες 2/3

- Αποφύγετε μεγάλα διπλώματα και πτυχές



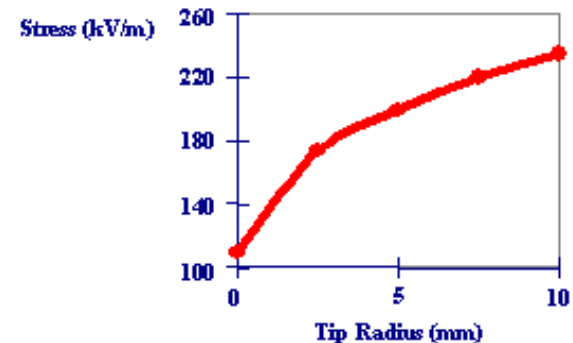
Tight, well formed folds will generally behave well



Abused, lightly loaded folds will cause problems. Arcing is caused by large Voltage gradient across small gaps.

- Αποφυγή γωνιών μικρών ακτίνων

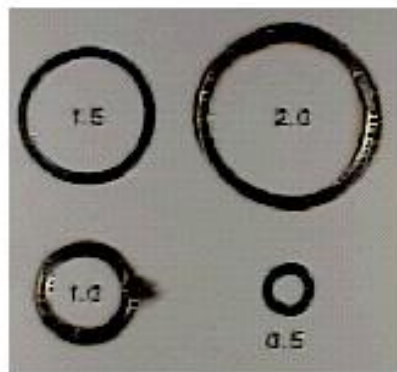
Applied stress at point of breakdown (arcing)





Ασφαλείς Συσκευασίες 3/3

- Επίδραση περιφέρειας κύκλου

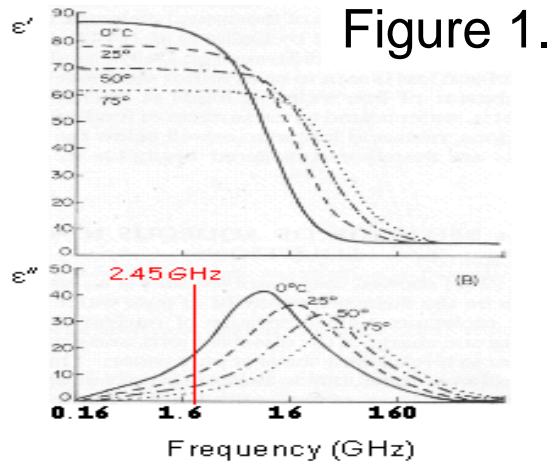


- Ακριβής και μικρή ανοχή κατά την κατασκευή



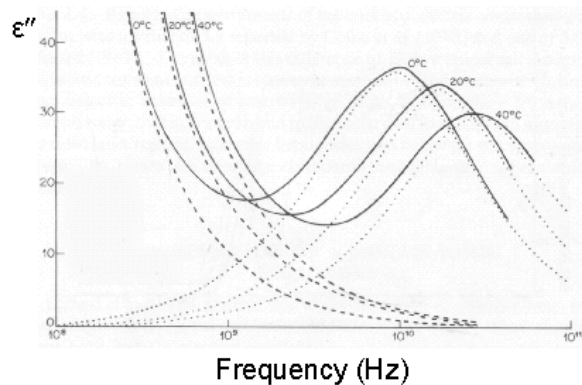


Ιδιότητες Υλικών Συσκευασίας 1/2



The dielectric properties of water change dramatically with temperature (figure 1). Dielectric properties of food rarely show such a marked dependence on temperature. Figure 2 shows why this is so with a salt solution, typical of many foods. By viewing a frequency span we see additional features:

- Dipolar loss (ϵ''_D) decreases with temperature at 2.45GHz **and** the shape of the curve changes
- Ionic loss ($0.0556 \sigma_{DC} / f$) increases with temperature
- Overall loss (ϵ'') is the addition of dipolar and ionic losses so the net change is small.

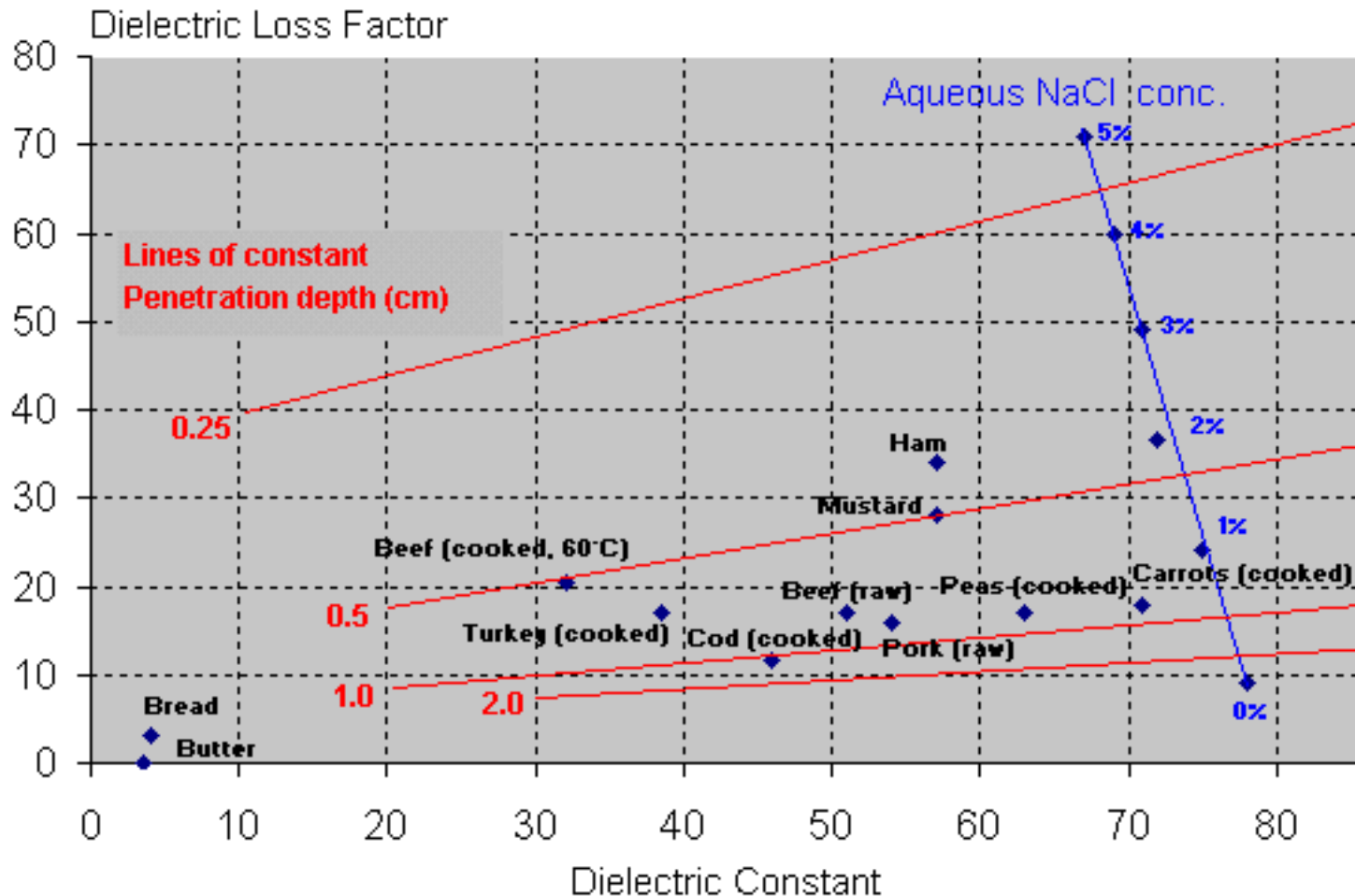


$$\epsilon'' = \epsilon''_D + 0.0556 \sigma_{DC} / f$$

Figure 2.



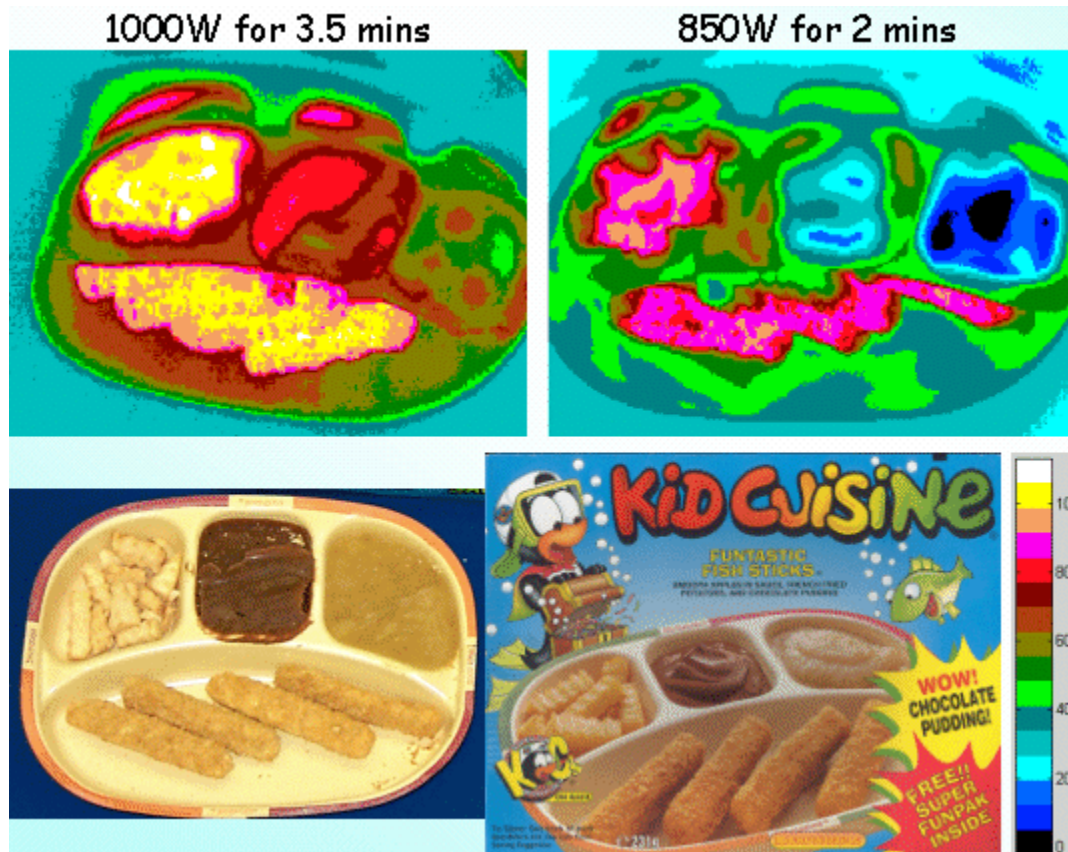
Ιδιότητες Υλικών Συσκευασίας 2/2



Διηλεκτρικές ιδιότητες στους 20°C & 2.45 GHz



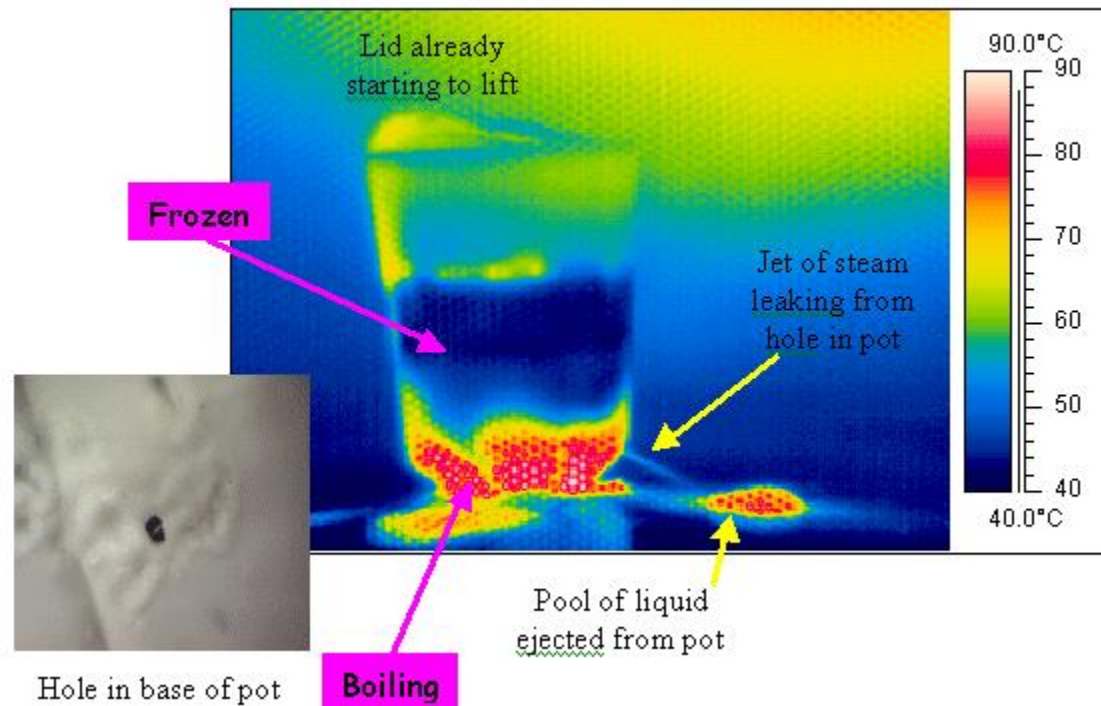
Μικροβιολογία



Θερμικές εικόνες μετά από εξαιρετικά ισχυρή έκθεση σε μικροκύματα (800W για 2 to 3.5 mins, διάρκειας 2 με 3 mins).



Φυσικά Χαρακτηριστικά



Θερμική ανάλυση κατά την έκθεση σε μικροκύματα.
Microwave Heating Rate [$^{\circ}\text{C}/\text{s}$] $\propto E^2 \epsilon''$



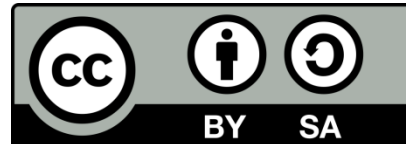
Βιβλιογραφία

- Ι.Γ. Μπλούκας. Συσκευασία Τροφίμων. Αθήνα, Εκδ. Σταμούλης, 2004.
- Ι. Σ. Αρβανιτογιάννης. Στοιχεία τεχνολογίας, μεταποίησης και συσκευασίας τροφίμων. Θεσσαλονίκη, Εκδ. University Studio Press.
- Σ. Ε. Παπαδάκης. Συσκευασία τροφίμων. Αθήνα, Εκδ. Τζιόλα.



Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδεια χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.





Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.





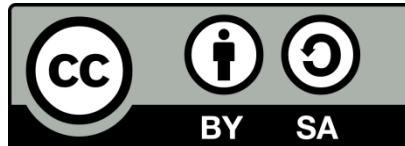
Σημείωμα Αναφοράς

- Copyright Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Επιστήμης Τροφίμων και Διατροφής του Ανθρώπου, Αντώνιος Καναβούρας, «Συσκευασία Τροφίμων». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <http://oceclass.aua.gr/>



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων, π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



Η άδεια αυτή ανήκει στις άδειες που ακολουθούν τις προδιαγραφές του Ορισμού Ανοικτής Γνώσης [2], είναι ανοικτό πολιτιστικό έργο [3] και για το λόγο αυτό αποτελεί ανοικτό περιεχόμενο [4].

[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

[2] <http://opendefinition.org/okd/ellinika/>

[3] <http://freedomdefined.org/Definition/EI>

[4] <http://opendefinition.org/buttons/>



Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει) μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.