



Συσκευασία Τροφίμων

Ενότητα 3:

Αλληλεπίδραση Συσκευασίας - Προϊόντος, 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

- Τα φαινόμενα μεταφοράς μάζας μεταξύ τροφίμου-συσκευασίας-περιβάλλοντος

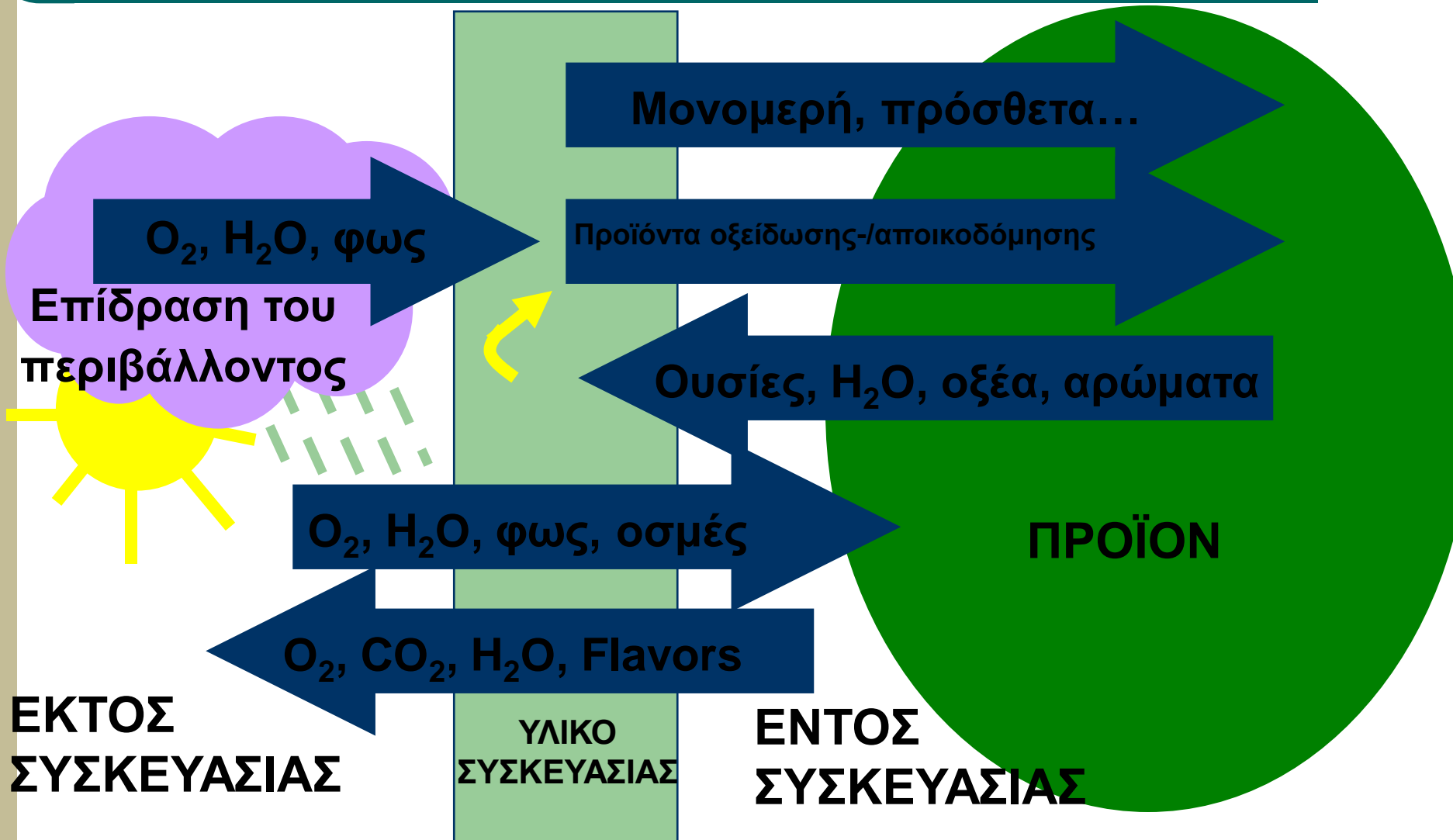


Λέξεις Κλειδιά

- Διαπερατότητα
- Συντελεστές διαπερατότητα
- Φαινόμενα μεταφοράς μάζας
- Υλικά συσκευασίας



Απαιτήσεις των Υλικών σε Φραγμούς

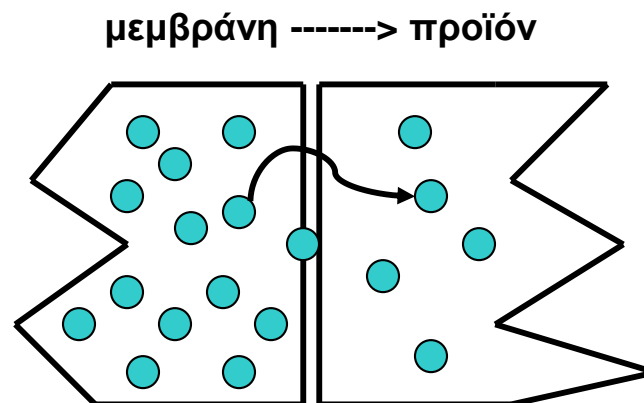
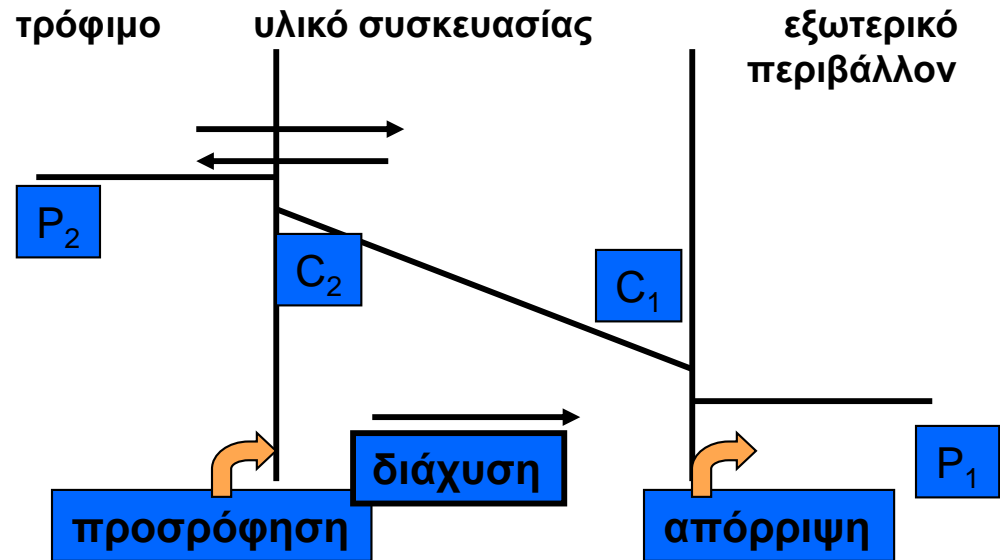




Packaging Materials

Αλληλεπιδράσεις Μεταφοράς Μάζας

- Διαπερατότητα
 - Αέρια
 - Οσμές
- Προσρόφηση
 - Αρώματα
 - Λιπαρές ουσίες
 - Υπόλοιπες ουσίες
- Μετανάστευση
 - Σταθεροποιητές
 - Αντιοξειδωτικά
 - Διαλύτες, κλπ.





Φαινόμενα Μεταφοράς Μάζας 1/2

Τα συστήματα μεταφοράς μάζας περιγράφονται με τρεις βασικές διαδικασίες:

1. την **διαπερατότητα**, δηλαδή τη μεταφορά στοιχείων δια μέσω της μεμβράνης του πολυμερούς μεταξύ τροφίμου και εξωτερικού της συσκευασίας περιβάλλοντος,
2. την **απορρόφηση**, δηλαδή την μεταφορά στοιχείων από το προϊόν μέσα στη μάζα του πολυμερούς χωρίς να διαπερνά από την άλλη πλευρά του, και
3. την **μετανάστευση** κατά την οποία στοιχεία εγκατεστημένα στη μάζα του πολυμερούς ως βοηθητικές της παραγωγής και της σταθεροποίησης του ύλες, μεταφέρονται στο τρόφιμο.



Φαινόμενα Μεταφοράς Μάζας 2/2

Οι βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν τα φαινόμενα μεταφοράς μάζας, μέσω της επίδρασης τους στους συντελεστές διάχυσης, διάλυσης και partition, είναι:

- Παράγοντες σχετικά με τη σύνθεση:
 - Χημική σύνθεση των υλικών συσκευασίας και της ουσίας
 - Μορφολογία του πολυμερούς
 - Συγκέντρωση της ουσίας
 - Παρουσία άλλης ουσίας
- Περιβαλλοντικοί και παράγοντες σχετικές με τη γεωμετρία
 - Θερμοκρασία
 - Σχετική υγρασία
 - Γεωμετρία της συσκευασίας



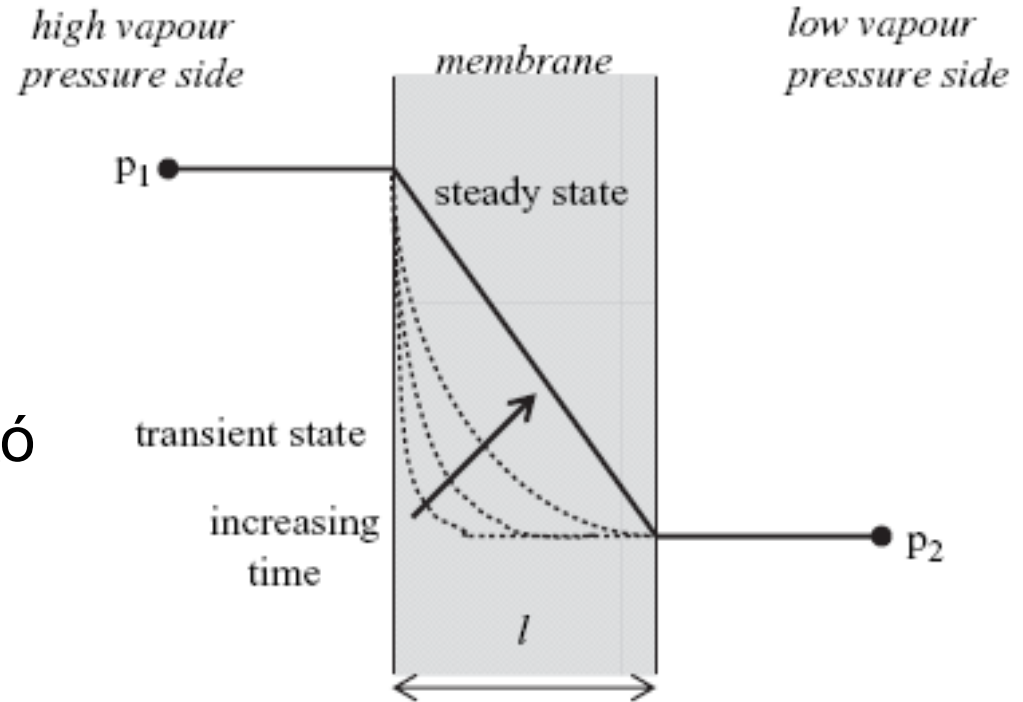
Διαπερατότητα

● ΔΙΑΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑ (permeability)

$$\bar{P} = D \times S$$

D = συντελεστής
διάχυσης της ουσίας
που διαπερνά το υλικό

S = συντελεστής
διαλυτότητας της
ουσίας που διαπερνά
το υλικό



$$P = \frac{kg * m}{m^2 * sec * Pa}$$

$$D = \frac{cm^2}{sec}$$

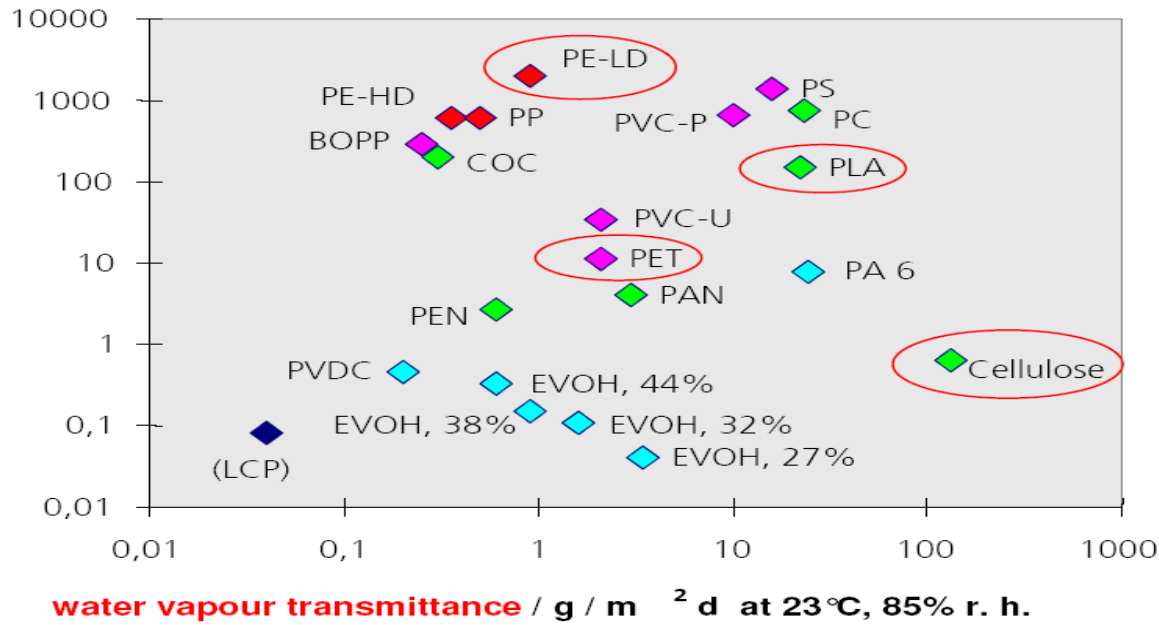
$$S = \frac{Kg}{Kg * Pa}$$



Διαπερατότητα (permeability)

$$P = \frac{q \times l}{A \times t \times \Delta p}$$

oxygen transmittance / cm³ (STP) / m² d bar



q = ποσότητα ουσίας που διαπερνά το υλικό

A = συνολική επιφάνεια συσκευασίας

Δp = Διαφορά πίεσης (εξωτερική – εσωτερική)

l = πάχος του υλικού

t = χρόνος



Διαπερατότητα και Θερμοκρασία 1/2

$$\left. \begin{array}{l} 1. P = D \times S \\ 2. D = D_0 \exp(-E_D/RT) \\ 3. S = S_0 \exp(-\Delta H/RT) \end{array} \right\} \Rightarrow$$

$$\begin{aligned} P &= D_0 \exp(-E_D/RT) S_0 \exp(-\Delta H/RT) = \\ &= D_0 S_0 \exp[(-\Delta H - E_D)/RT] \\ &= P_0 \exp(-E/RT) \end{aligned}$$

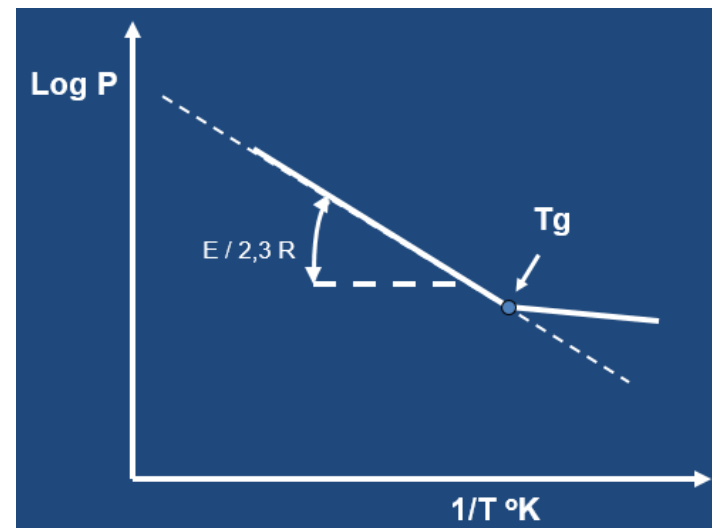
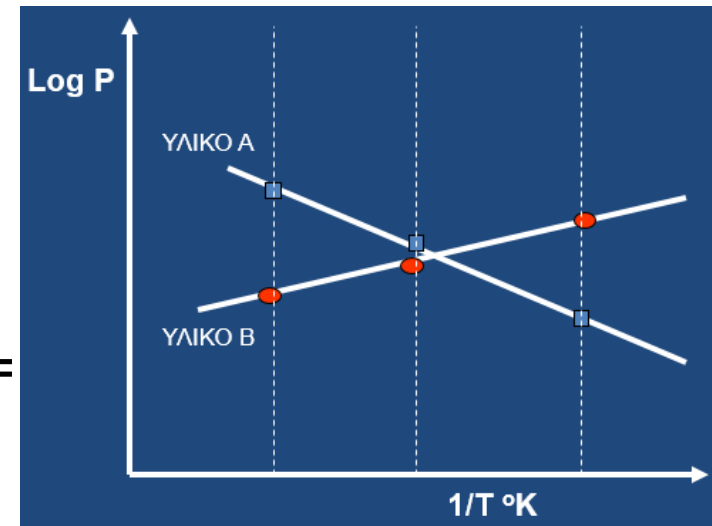
Όπου:

$$P_0 = D_0 S_0$$

$$E = \Delta H + E_D$$

Για τα κοινά πλαστικά $E = 0 - 20 \text{ kcal/mole}$

$$R = 1,98 \text{ cal } ^\circ\text{K mole}$$





Διαπερατότητα και Θερμοκρασία 2/2

- $P = P_0 \exp -E/RT \Rightarrow$

$$\text{Log } P = \text{log } P_0 - E/2.3R \times 1/T$$

($y = a-bx$), $b =$ κλίση της γωνίας

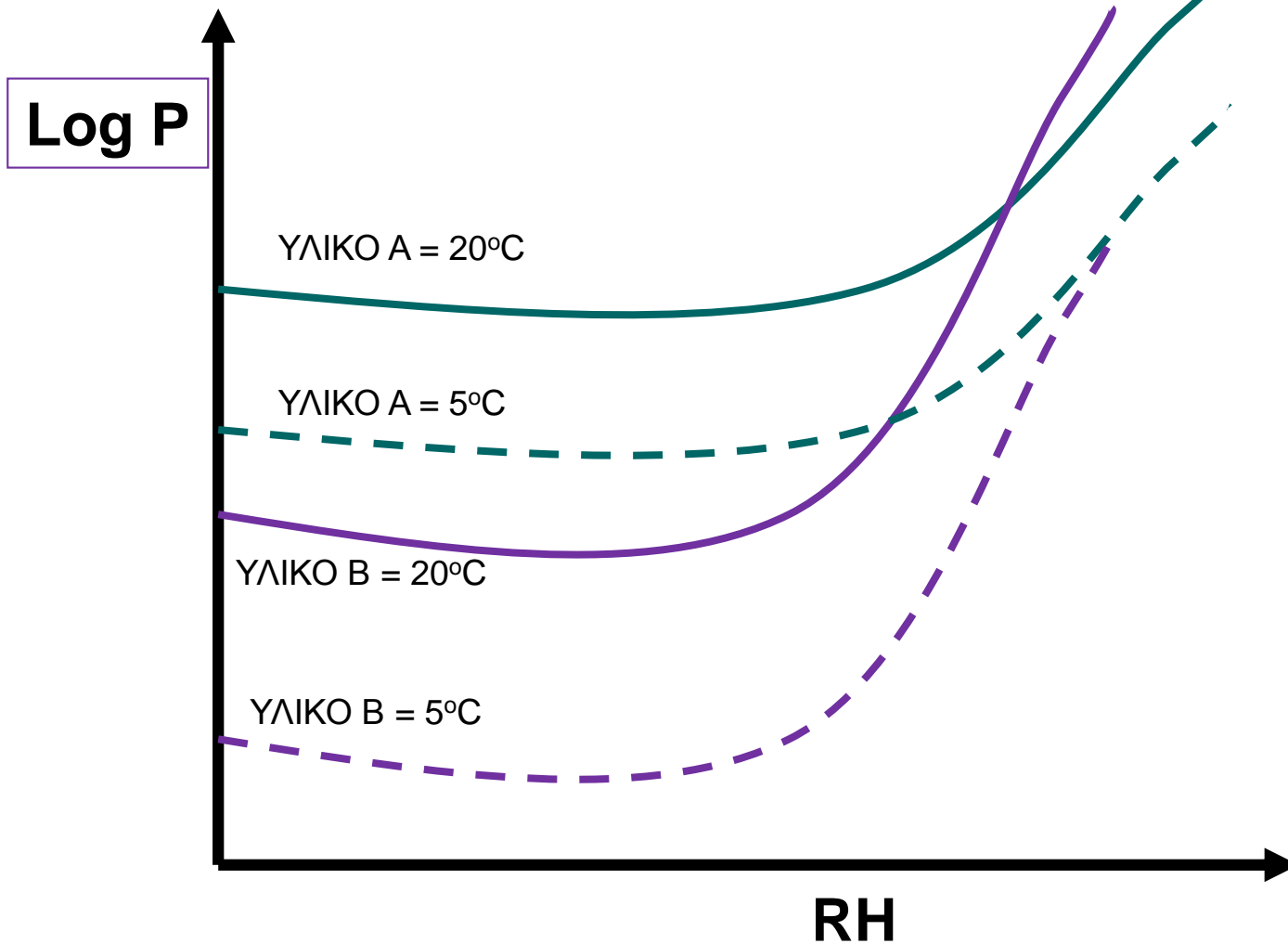
$$\text{κλίση της γωνίας} = E / 2,3 R \quad \text{ή}$$

$$E = \text{κλίση της γωνίας } 2,3 R$$

$E =$ ενέργεια ενεργοποίησης διαπερατότητας



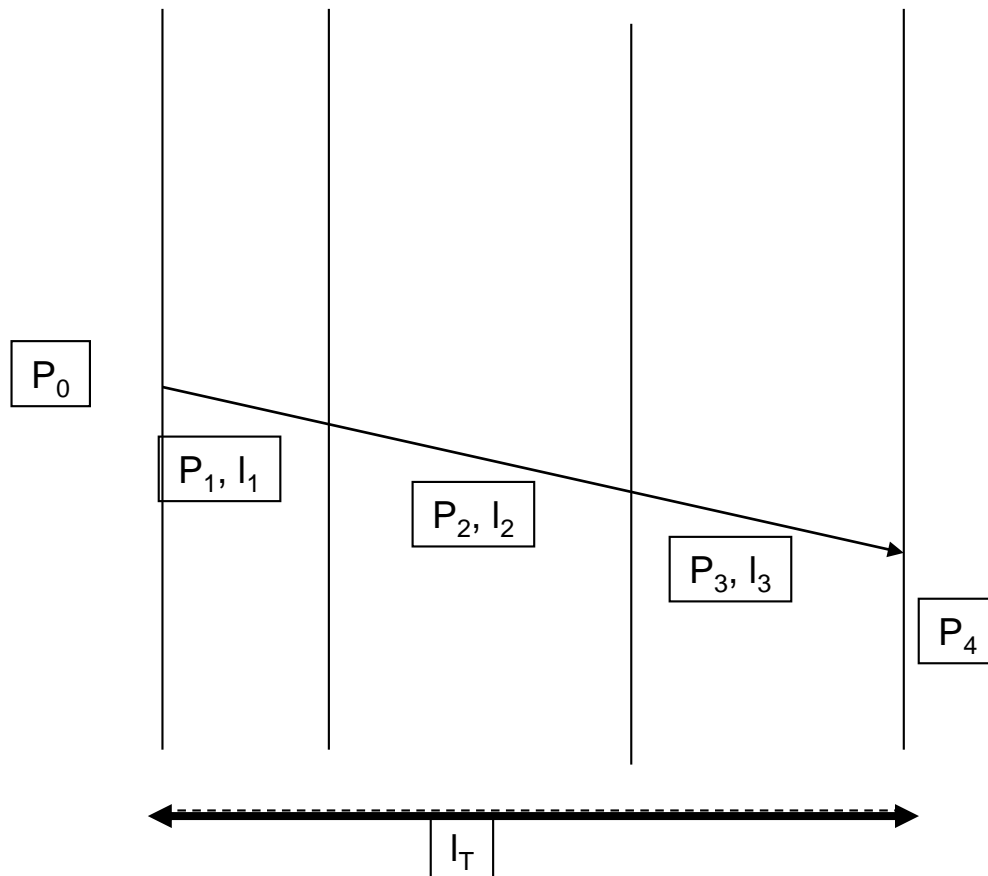
Διαπερατότητα και Σχετική Υγρασία και Θερμοκρασία





Διαπερατότητα και Πολύφυλλες Μεμβράνες

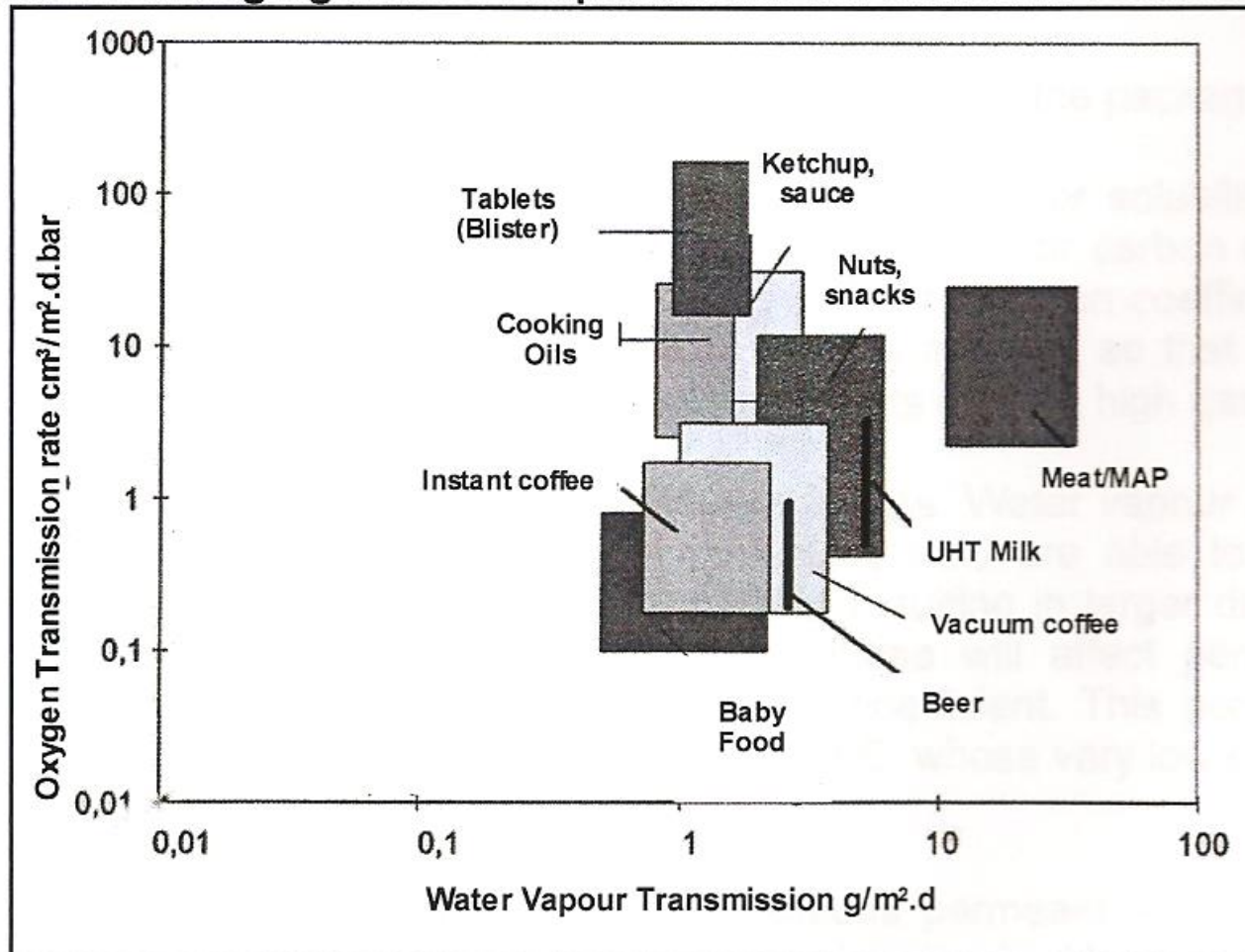
$$I_T / P_T = I_1/P_1 + I_2/P_2 + I_3/P_3$$





Συγκριτική Κατανομή Υλικών Συσκευασίας στη Βάση Διαπερατότητάς τους σε O_2 και H_2O

Estimated Packaging Barrier Requirements for Sensitive Food & Pharma Products





Μονάδες Διαπερατότητας

into from	$\frac{[\text{cm}^3] [\text{cm}]}{[\text{cm}^2] [\text{s}] [\text{cm Hg}]}$	$\frac{[\text{cm}^3] [\text{cm}]}{[\text{cm}^2] [\text{s}] [\text{Pa}]}$	$\frac{[\text{cm}^3] [\text{cm}]}{[\text{m}^2] [\text{day}] [\text{atm}]}$
$\frac{[\text{cm}^3] [\text{cm}]}{[\text{cm}^2] [\text{s}] [\text{cm Hg}]}$	1	$7.5 \cdot 10^{-4}$	$6.57 \cdot 10^{10}$
$\frac{[\text{cm}^3] [\text{mm}]}{[\text{cm}^2] [\text{s}] [\text{cm Hg}]}$	10^{-1}	$7.5 \cdot 10^{-5}$	$6.57 \cdot 10^9$
$\frac{[\text{cm}^3] [\text{cm}]}{[\text{cm}^2] [\text{s}] [\text{atm}]}$	$1.32 \cdot 10^{-2}$	$9.87 \cdot 10^{-6}$	$8.64 \cdot 10^8$
$\frac{[\text{cm}^3] [\text{mil}]}{[\text{cm}^2] [\text{day}] [\text{atm}]}$	$3.87 \cdot 10^{-14}$	$2.90 \cdot 10^{-17}$	$2.54 \cdot 10^{-3}$
$\frac{[\text{in}^3] [\text{mil}]}{[100\text{in}^2] [\text{day}] [\text{atm}]}$	$9.82 \cdot 10^{-12}$	$7.37 \cdot 10^{-15}$	$6.45 \cdot 10^{-1}$
$\frac{[\text{cm}^3] [\text{cm}]}{[\text{m}^2] [\text{day}] [\text{atm}]}$	$1.52 \cdot 10^{-11}$	$1.14 \cdot 10^{-14}$	1
$\frac{[\text{cm}^3] [\text{cm}]}{[\text{m}^2] [\text{day}] [\text{bar}]}$	$1.54 \cdot 10^{-11}$	$1.16 \cdot 10^{-14}$	1.01
$\frac{[\text{cm}^3] [\text{cm}]}{[\text{cm}^2] [\text{s}] [\text{Pa}]}$	$1.33 \cdot 10^3$	1	$8.75 \cdot 10^{13}$

Table 9-2 contains values of P for oxygen, nitrogen, carbon dioxide, and water



Τιμές Διαπερατότητας Πολυμερών 1/7

Polymer	PN_2 (30°C)	PO_2 (30°C)	PCO_2 (30°C)	PSO_2 (25°C)	PH_2 (25°C)
Low-density polymer	19	55	352	200	800
High-density polyethylene	2,7	10,6	35	57	130
Polypropylene	-	23	92	7	680
Unplasticized poly(vinyl chloride)	0,4	1,2	10	1,16	1560
Cellulose acetate	2,8	7,8	68	-	75000



Τιμές Διαπερατότητας Πολυμερών 2/7

Polymer	PO_2 / PN_2	PCO_2 / PO_2	PCO_2 / PN_2	Nature of polymer
Low-density polymer	2,9	6,4	18,5	Some crystallinity
High-density polyethylene	3,9	3,3	13,0	Crystalline
Polypropylene	-	4,0	-	Crystalline
Unplasticized poly(vinyl chloride)	3,0	8,3	25,0	Slightly crystalline
Cellulose acetate	28	8,7	24,3	Classy, amorphous



Τιμές Διαπερατότητας Πολυμερών 3/7

Polymer	PN ₂ (30°C)	PO ₂ (30°C)	PCO ₂ (30°C)	PSO ₂ (25°C)	PH ₂ (25°C)
Polystyrene	2,9	11	88	220	12000
Nylon 6	0,1	0,38	1,6	22	7000
Poly(ethylene terephthlate)	0,05	0,22	1,53	2	1000
Poly(vinylidene chloride)	0,0094	0,053	029	-	14
Mean					



Τιμές Διαπερατότητας Πολυμερών 4/7

Polymer	PO_2 / PN_2	PCO_2 / PO_2	PCO_2 / PN_2	Nature of polymer
Polystyrene	3,8	8,0	30,3	Glassy
Nylon 6	38	4,2	16,0	Crystalline
Poly(ethylene terephthlate)	4,4	7,0	30,6	Crystalline
Poly(vinylidene chloride)	5,6	5,5	30,9	Crystalline
Mean	3,8	6,2	23,6	



Τιμές Διαπερατότητας Πολυμερών 5/7

**Table 7.7: Oxygen Transmission Rate Comparison
(12μm PET, 15μm OPA and 50μm PE)**

Laminate	OTR (cm ³ /m ² .d.bar)
OPA-SiO _x /PE	<0.7
PET-SiO _x /PE	<0.8
PET-SiO _x /PE (special grade)	0.1
PET-Al _x O _y /PE	0.1 – 3.0
OPP-SiO _x /PE	ca. 5
PET met./PE	<1.0
PE/EVOH/PE*	0.5 – 2.0
OPA-PVdC/PE	8.0
PET-PVdC/PE	10
OPA/PE	30
PET/PE	100

*data according to relative permeability



Τιμές Διαπερατότητας Πολυμερών 6/7

Table 4.1: Barrier Packaging Ranking

	Acceptable O₂ (cc/day)*	Product Acceptability	Barrier Materials
Low barrier	> 0.1	Not acceptable for most food products	PP, PE
Medium Barrier	0.01 – 0.1	Acceptable for some food products	PVC, PET, PA Metallised BOPP
High Barrier	< 0.01	Acceptable for almost all food products	PP/EVOH/PP PVdC coated PET PVdC/PP Foil laminates SiO _x coated films

* at 20°C, with 100% r.h. inside and 50% r.h. outside the package.



Τιμές Διαπερατότητας Πολυμερών 7/7

Table 4.5: Comparison of Oriented vs Non-Oriented Film Properties

	Unoriented PP Film	3- Layer BOPP Film	7-Layer BOPP Film with EVOH Barrier
Layer Thickness (μm)	2/26/2	1/28/1	1/12.5/0.5/2/0.5/12.5/1
Overall Thickness (μm)	30	30	30
Stretch Ratio (MDxCD)	0 x 0	5 x 9	5.8 x 8.3
Elongation (%) MD	600	200	150
CD	650	80	60
E-Modulus (N/mm ²) MD	600	1800	2140
CD	700	2500	3320
Gloss (45°)	80	83	90
Oxtran @ 23°C (cm ³ /m ² .d.bar)	3000	1300	24
WVTR @ 38°C, 90% r.h.	3.2	2.0	3.7

S: Brückner Maschinenbau



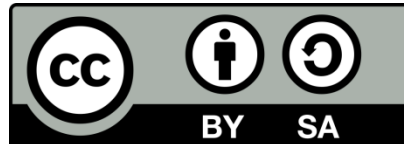
Βιβλιογραφία

- Ι.Γ. Μπλούκας. Συσκευασία Τροφίμων. Αθήνα, Εκδ. Σταμούλης, 2004.
- 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.





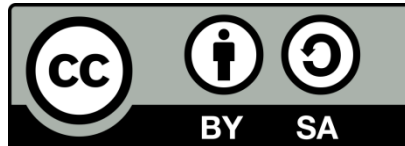
Σημείωμα Αναφοράς

- 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.