

# **ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ**

**ΣΠΥΡΙΔΩΝ Ε. ΠΑΠΑΔΑΚΗΣ**

*Ομότιμος Καθηγητής  
Τμήμα Επιστήμης & Τεχνολογίας Τροφίμων  
Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής*

# ΕΙΣΑΓΩΓΗ

- Αποτελεσματική συσκευασία αναγκαία για κάθε είδος τροφίμου.
- Η συσκευασία το τελευταίο στάδιο των διεργασιών επεξεργασίας και συντήρησης του τροφίμου. Αν η συσκευασία αποτύχει όλες οι επεξεργασίες που προηγήθηκαν έγιναν εις μάτην.
- Παίζει βασικό ρόλο στη διατήρηση της ποιότητας και την αύξηση της διάρκειας ζωής του τροφίμου.

# ΟΡΙΣΜΟΣ

Κατά τον ΚΑΝΟΝΙΣΜΟ (ΕΕ) 2025/40 ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ Packaging and Packaging Waste Regulation (PPWR):

«Συσκευασία» είναι αντικείμενο, ανεξαρτήτως των υλικών από τα οποία είναι κατασκευασμένο, το οποίο προορίζεται για χρήση από οικονομικό φορέα για τη συγκράτηση, την προστασία, τον χειρισμό, την παράδοση ή την παρουσίαση προϊόντων σε άλλον οικονομικό φορέα ή σε τελικό χρήστη, και το οποίο μπορεί να διαφοροποιείται ανά μορφή συσκευασίας με βάση τη λειτουργία, το υλικό και τον σχεδιασμό του.

# ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΤΗΣ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ

- Συγκράτηση
- Προστασία από τους παράγοντες του εξωτερικού περιβάλλοντος: νερό, υδρατμούς, αέρια, οσμές, μικροοργανισμούς, σκόνες και ξένες ύλες, μηχανικές φθορές.
- Διευκόλυνση στη χρήση του τροφίμου
- Επικοινωνία με τον καταναλωτή

Η επίτευξη των λειτουργιών πρέπει να συνδυάζεται απαραίτητα με το **χαμηλότερο δυνατό κόστος**. Επειδή για τα τρόφιμα, το κόστος συσκευασίας αποτελεί σημαντικό ποσοστό του κόστους του προϊόντος, **επιδιώκεται πάντα η χρησιμοποίηση του οικονομικότερου υλικού συσκευασίας από τα κατάλληλα για το συγκεκριμένο τρόφιμο.**

# ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΥΛΙΚΩΝ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ

Το 40 % των πλαστικών υλών και 50 % του χαρτιού που χρησιμοποιούνται στην ΕΕ προορίζονται για συσκευασία.

Τα συνολικά απορρίμματα συσκευασίας που παράγουν οι Ευρωπαίοι αναμένεται να αυξηθούν από 78 εκατ. τόνους το 2018 σε 92 εκατ. τόνους το 2030 και 107 εκατ. τόνους το 2040.

Το 2022 τα απόβλητα συσκευασίας που παρήχθησαν ήταν:  
στην Ελλάδα **105 kg/κάτοικο**  
στην Ε.Ε.-27 **186 kg/κάτοικο**.

Η δε κ.β. σύσταση των αποβλήτων στην Ελλάδα ήταν 40% χαρτί, 23% πλαστικά, 14% γυαλί, 9% χάλυβας και αλουμίνιο και 14% ξύλο.

# ΣΧΕΔΙΑΖΟΝΤΑΣ ΜΙΑ ΕΠΙΤΥΧΗΜΕΝΗ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ

Τέσσερις κατηγορίες δεδομένων πρέπει να εξεταστούν:

1. Χαρακτηριστικά του τροφίμου
2. Οι κίνδυνοι κατά τη διανομή και αποθήκευση
3. Απαιτήσεις του marketing
4. Υλικά και μέσα συσκευασίας και μηχανολογικός εξοπλισμός απαραίτητος για τη συσκευασία.

# ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ

1. Η φύση του τροφίμου και ο τρόπος αλλοίωσής του.
2. Το μέγεθος και το σχήμα του τροφίμου.
3. Το βάρος και η πυκνότητα του τροφίμου.
4. Η επίδραση της υγρασίας και μεταβολών της θερμοκρασίας στο προϊόν.
5. Η μηχανική αντοχή του προϊόντος.
6. Συμβατότητα του προϊόντος με το υλικό συσκευασίας.

# ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ

- Ποιες οι επεξεργασίες του τροφίμου πριν από το στάδιο της συσκευασίας;
- Τι είδους ποιοτική υποβάθμιση υφίσταται το τρόφιμο κατά την αποθήκευση;
- Ποιοι οι δείκτες αστοχίας του τροφίμου;

# ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ ΠΟΙΟΤΙΚΗΣ ΥΠΟΒΑΘΜΙΣΗΣ

Συμβαίνουν κατά την επεξεργασία και αποθήκευση.

Είναι βιοχημικές (ενζυματικές), χημικές, φυσικές (συνήθως αποτέλεσμα απώλειας ή πρόσληψης υγρασίας) και βιολογικές (μικροβιολογικές και από έντομα και τρωκτικά).

Η συσκευασία του τροφίμου θα πρέπει να ελαχιστοποιεί τις ανεπιθύμητες αλλαγές στην ποιότητά του και να μεγιστοποιεί την ανάπτυξη και διατήρηση των επιθυμητών ιδιοτήτων του.

Το πρώτο βήμα στην ανάπτυξη της συσκευασίας είναι η γνώση των αλλαγών που επηρεάζουν την ποιότητα του τροφίμου.

Το δεύτερο βήμα είναι η γνώση των παραγόντων που επηρεάζουν τον ρυθμό αυτών των αντιδράσεων.

# ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ ΠΟΙΟΤΙΚΗΣ ΥΠΟΒΑΘΜΙΣΗΣ

Ο ρυθμός των αντιδράσεων ποιοτικής υποβάθμισης επηρεάζεται από δυο ομάδες παραγόντων:

- ενδογενείς (η φύση του τροφίμου) και
- εξωγενείς (το περιβάλλον μέσα στη συσκευασία).

**Ενδογενείς:**  $a_w$ , pH, δυναμικό οξειδοαναγωγής, περιεχόμενο οξυγόνο, σύσταση του τροφίμου (συμπεριλαμβανομένων των συντηρητικών, αντιοξειδωτικών κλπ που περιέχει).

**Εξωγενείς παράγοντες:** θερμοκρασία, σχετική υγρασία, σύσταση αερίου, φως.

Η συσκευασία μπορεί να επηρεάσει τους εξωγενείς παράγοντες.

# ΔΕΙΚΤΕΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ (Failure Indices)

Δείκτες αστοχίας = τα χαρακτηριστικά ποιότητας του τροφίμου που καθορίζουν πότε το τρόφιμο είναι πλέον μη αποδεκτό από τον καταναλωτή, π.χ. ταγγή γεύση-οσμή λόγω οξείδωσης των λιπών, σβώλιασμα στιγμιαίου καφέ από είσοδο υγρασίας κλπ.

Ποιους από τους δείκτες αστοχίας μπορεί να επηρεάσει η συσκευασία;

Προσδιορισμός του μέγιστου ορίου της συγκεκριμένης υποβάθμισης, π.χ. πόση υγρασία ή οξυγόνο μπορεί να αντιδράσει με το συγκεκριμένο τρόφιμο πριν αυτό να γίνει μη αποδεκτό.

# ΟΙ ΚΙΝΔΥΝΟΙ

## ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΝΟΜΗ & ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ

**Μηχανικοί κίνδυνοι:** Κρούσεις, κραδασμοί, σύνθλιψη, τρυπήματα, σκισίματα.

**Κλιματικοί κίνδυνοι:** Υψηλή θερμοκρασία (άμεση έκθεση στον ήλιο, γεινίαση με συστήματα θέρμανσης, έμμεση έκθεση στον ήλιο, υψηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος), Χαμηλή θερμοκρασία, Χαμηλή πίεση, Φως (έκθεση στον ήλιο, σε UV, τεχνητός φωτισμός), Υγρό νερό (βροχή, συμπύκνωση υδρατμών), Υδρατμοί (υγρασία της ατμόσφαιρας), Σκόνες.

**Βιολογικοί κίνδυνοι:** Επιμόλυνση από μικροοργανισμούς, επίθεση από έντομα και τρωκτικά, επιμόλυνση από άλλα αγαθά που ευρίσκονται αποθηκευμένα κοντά στα τρόφιμα.

# ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΤΟΥ MARKETING

**Το προϊόν:** Ποιος είναι ο ανταγωνισμός (τι συσκευασία χρησιμοποιεί, ποσότητες που πουλάει, εύρος τιμής του τροφίμου), που πωλούνται τα ανταγωνιστικά προϊόντα και που θα πωλείται το δικό μας.

**Το λιανεμπόριο:** super market, πολυκατάστημα, μέσω internet, πως πωλούν οι ανταγωνιστές.

**Ο πελάτης:** ηλικία, φύλο, εισόδημα, κοινωνική τάξη, τοποθεσία (τοπικά, εθνικά, εξαγωγές).

# ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΥΛΙΚΩΝ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ

## Σύγκριση των κύριων υλικών συσκευασίας

ΥΛΙΚΟ	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
<b>Ξύλο</b>	Ανθεκτικό σε υψηλές πιέσεις και διατηρεί το σχήμα του, Προσφέρει έναν φτηνό τρόπο μεταφοράς βαριών αντικειμένων ακανόνιστου σχήματος, Χρήση σε συσκευασία δώρου τροφίμων & ποτών, Έχει καλή αντοχή στις κρούσεις	Μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνον για στερεά, Ακριβότερο από τα υπόλοιπα υλικά, Δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε αυτόματες μηχανές συσκευασίας
<b>Γυαλί</b>	Διαφανές, Δύσκαμπτο, Αδρανές, Αδιαπέραστο τελείως από υγρασία και αέρια, Προσφέρει αίσθηση πολυτέλειας	Εύθραυστο, Βαρύ, Σχετικά περιορισμένα τα δυνατά σχήματα δοχείων
<b>Μέταλλα</b> (λευκοσίδηρος, επιχρωμιωμένος χάλυβας, αλουμίνιο)	Μεγάλη μηχανική αντοχή, Δύσκαμπτα, Αδιαπέραστα από αέρια, υγρασία και φως, Αποστειρώνονται με ατμό υπό πίεση.	Διαβρώνονται. Σχετικά περιορισμένα τα δυνατά σχήματα δοχείων. Δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε φούρνο μικροκυμάτων.

# ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΥΛΙΚΩΝ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ

## Σύγκριση των κύριων υλικών συσκευασίας

ΥΛΙΚΟ	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Χαρτί & χαρτόνι	Μορφοποιείται, Διπλώνεται, <u>Συγκολλάται</u> και Τυπώνεται εύκολα, Κατάλληλο για φούρνο μικροκυμάτων.	Απώλεια μηχανικής αντοχής όταν <u>διαβραχεί</u> ή απορροφήσει υγρασία, Πολύ διαπερατό από υγρασία και αέρια.
Πλαστικά (γενικά)	Μικρό κόστος Ελαφρά, Εύκολη μορφοποίηση, Μεγάλη ποικιλία ιδιοτήτων.	Διαπερατά από αέρια, υγρασία και φως Μικρή αντοχή σε θέρμανση
<u>Laminates</u> (συνδυασμοί εύκαμπτων υλικών)	Χρήσιμα όταν οι επιθυμητές ιδιότητες και το χαμηλό κόστος δεν μπορούν να επιτευχθούν με ένα και μόνο υλικό.	Δεν ανακυκλώνονται εύκολα.

# ΠΛΑΣΤΙΚΗ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ

## ΜΟΡΦΕΣ

### Ημίσκληρες (semi-rigid)

Μορφοποίηση με έγχυση: βάζα, ταψάκια, λεκανάκια, κεσεδάκια, δίσκοι

Μορφοποίηση με εμφύσηση: φιάλες, βάζα

Από φύλλα με θερμομορφοποίηση: ταψάκια, λεκανάκια, κεσεδάκια, δίσκοι

### Εύκαμπτες (flexible)

Μεμβράνες ή φιλμ από τις οποίες κατασκευάζονται περιτυλίγματα και σακίδια διαφόρων ειδών

# ΘΕΡΜΟΠΛΑΣΤΙΚΑ ΠΟΛΥΜΕΡΗ (ρητίνες) για πλαστικές συσκευασίες

Ταξινόμηση με βάση το χημικό τύπο τους

## 1. Πολυολεφίνες

- α. Χαμηλής Πυκνότητας Πολυαιθυλένιο
- β. Γραμμικό Χαμηλής Πυκνότητας Πολυαιθυλένιο
- γ. Υψηλής Πυκνότητας Πολυαιθυλένιο
- δ. Πολυπροπυλένιο
- ε. Πολυβουτένιο
- ζ. Πολυ(μεθυλ-πεντένιο)

## 2. Πολυολεφίνες με υποκαταστάτες

- α. Πολυστυρόλιο
- β. Πολυ(βινυλική αλκοόλη)
- γ. Πολυβινυλοχλωρίδιο
- δ. Πολυβινυδενοχλωρίδιο
- ε. Πολυ(τετραφθορο-αιθυλένιο)

# ΘΕΡΜΟΠΛΑΣΤΙΚΑ ΠΟΛΥΜΕΡΗ (ρητίνες) για πλαστικές συσκευασίες

Ταξινόμηση με βάση το χημικό τύπο τους

3. Συμπολυμερή του αιθυλενίου
  - α. Αιθυλένιο-Οξικός Βινυλεστέρας
  - β. Αιθυλένιο-Βινυλική Αλκοόλη
  - γ. Ιονομερή
4. Πολυεστέρες
5. Πολυκαρβονικά
6. Πολυαμίδια
7. Ακρυλονιτρίλιο & σχετικά συμπολυμερή
8. Οξική Κυτταρίνη
9. Αναγεννημένη Κυτταρίνη

# ΚΩΔΙΚΟΙ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ΠΟΛΥΜΕΡΩΝ



PET



HDPE



PVC



LDPE



PP



PS



OTHER

# ΠΟΛΥΕΣΤΕΡΕΣ

Πολυαιθυλενοτερεφθαλικός εστέρας PET:

## Ιδιότητες:

- Άριστη διαφάνεια
- Μικρή διαπερατότητα στα αέρια
- Υψηλή θερμοκρασία ευπλαστότητας (240-270°C)
- Αντοχή σε οξέα, βάσεις και διαλύτες



## Χρήσεις:

Φιάλες για νερό, αναψυκτικά με ανθρακικό και χωρίς, χυμούς, μπίρα, λάδια, γάλα.

Βάζα.

Μεμβράνες για συσκευασία κατεψυγμένων τροφίμων (boil-in-bag).

Ταψάκια dual ovenable για συμβατικούς και φούρνους μικροκυμάτων από CPET.

# ΠΟΛΥΕΣΤΕΡΕΣ



# ΠΟΛΥΕΣΤΕΡΕΣ



# ΠΟΛΥΕΣΤΕΡΕΣ



# ΥΨΗΛΗΣ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ ΠΟΛΥΑΙΘΥΛΕΝΙΟ



## Χρήσεις:

Κατασκευή φιαλών & δοχείων. Φιάλες για το γάλα.

Στο παρελθόν φιάλες για τα λάδια, αντικαταστάθηκε όμως από το PVC και το PET που έχουν χαμηλότερη διαπερατότητα στα αέρια.

Οι μεμβράνες από HDPE έχουν μια λευκή, αδιαφανή εμφάνιση και ως εκ τούτου ανταγωνίζονται στις διάφορες εφαρμογές κυρίως το χαρτί και όχι τις διαφανείς πλαστικές μεμβράνες. Επειδή δε η τιμή τους ανά μονάδα επιφάνειας πρέπει να είναι ανταγωνιστική σε σχέση μ' εκείνη του χαρτιού οι μεμβράνες από HDPE είναι πολύ λεπτές (10-12  $\mu\text{m}$ ).

# ΥΨΗΛΗΣ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ ΠΟΛΥΑΙΘΥΛΕΝΙΟ



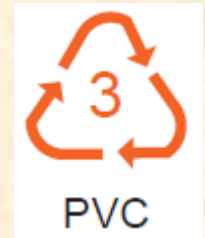
# ΠΟΛΥΒΙΝΥΛΟΧΛΩΡΙΔΙΟ



## Ιδιότητες:

- Σκληρό και εύθραυστο
- Με προσθήκη πλαστικοποιητών (φθαλικών εστέρων) γίνεται μαλακό & εύκαμπτο
- Απαραίτητη η προσθήκη σταθεροποιητών για προστασία από αποικοδόμηση (προς HCl) κατά την επεξεργασία του και για προστασία από το ηλιακό φως.
- Μεγάλη προσοχή στην επιλογή των κατάλληλων προσθέτων γιατί συνήθως μεταναστεύουν στο τρόφιμο.
- Περιεκτικότητα του PVC σε VCM μικρότερη από 1 ppm.

# ΠΟΛΥΒΙΝΥΛΟΧΛΩΡΙΔΙΟ

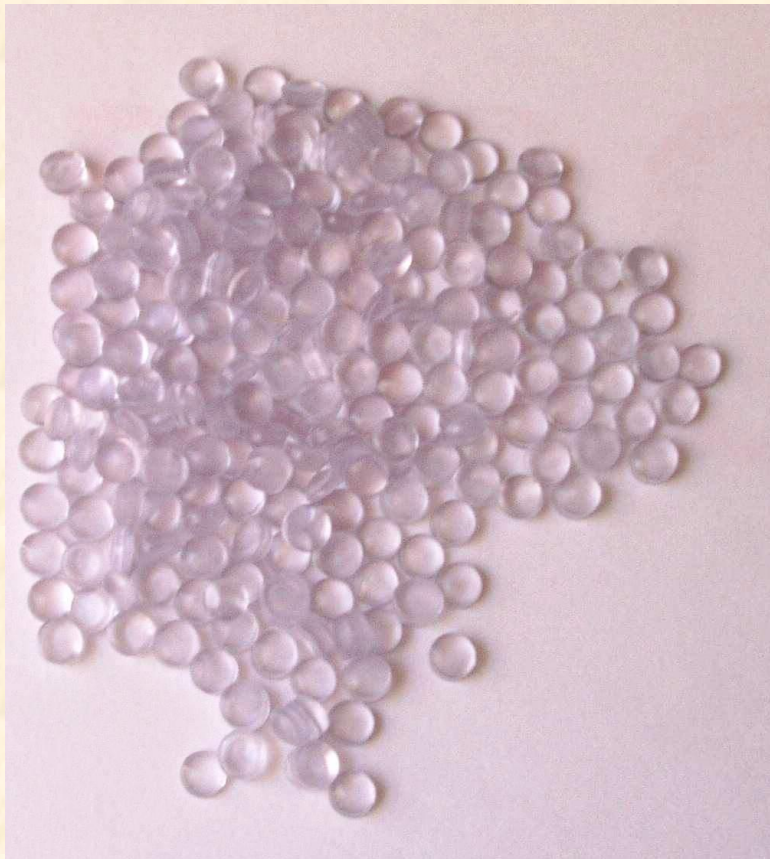


Οι ιδιότητες του πλαστικοποιημένου PVC εξαρτώνται κυρίως από τον τύπο & την ποσότητα του χρησιμοποιούμενου πλαστικοποιητή.

## Χρήσεις:

Το πλαστικοποιημένο PVC είναι πολύ εύκαμπτο, με μεγάλη διαύγεια και με μεγάλη διαπερατότητα στα αέρια και τους υδρατμούς. Λεπτές μεμβράνες από πλαστικοποιημένο PVC χρησιμοποιούνται για τη συσκευασία νωπού κρέατος και φρέσκων φρούτων και λαχανικών.

# ΠΟΛΥΒΙΝΥΛΟΧΛΩΡΙΔΙΟ



# ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ ΠΟΛΥΑΙΘΥΛΕΝΙΟ



## Χρήσεις:

Κατασκευή φιαλών & δοχείων. Κύριο πλεονέκτημα η ευκαμψία & ελαστικότητα του που επιτρέπει τη λήψη ποσότητας από το περιεχόμενο προϊόν πιέζοντας το δοχείο.

Το χαμηλής και το υψηλής πυκνότητας πολυαιθυλένιο είναι η πιο διαδεδομένη πρώτη ύλη για την κατασκευή μεμβρανών.

Συνδυάζεται άριστα με άλλα υλικά (χαρτί, αλουμινόχαρτο, άλλα πολυμερή) για τον σχηματισμό πολυστρωματικών εύκαμπτων υλικών συσκευασίας (laminates).

# ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ ΠΟΛΥΑΙΘΥΛΕΝΙΟ



# ΠΟΛΥΠΡΟΠΥΛΕΝΙΟ



## Χρήσεις:

Βάζα, κεσεδάκια, λεκανάκια, ποτήρια, δίσκοι, πώματα φιαλών με την τεχνική της μορφοποίησης με έγχυση.

Οι μεμβράνες από προσανατολισμένο PP (OPP-oriented PP) και από σε δυο κατευθύνσεις προσανατολισμένο PP (BOPP-biaxially oriented PP) βρίσκουν πολλές εφαρμογές στη συσκευασία τροφίμων (είδη αρτοποιίας και ζαχαροπλαστικής, σνακς). Αποτελεί πολύ καλό φραγμό στα λίπη και γι' αυτό χρησιμοποιείται για συσκευασία των τσιπς πατάτας.



# ΠΟΛΥΠΡΟΠΥΛΕΝΙΟ



# ΠΟΛΥΣΤΥΡΟΛΙΟ



## Χρήσεις:

Δοχεία για συσκευασία γιαουρτιού, μαργαρίνης, παγωτών, μελιού, σιροπιών.

Το μειωμένης αντοχής, διαυγές PS για κατασκευή βάζων, ποτηριών. Σε αφρώδη ή διογκωμένη μορφή για ποτήρια για ζεστά ροφήματα και για δίσκους για νωπό κρέας και φρέσκα φρούτα και λαχανικά.



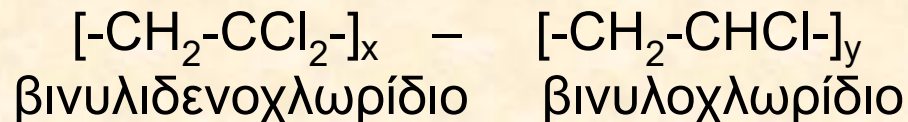
# ΠΟΛΥΒΙΝΥΛΙΔΕΝΟΧΛΩΡΙΔΙΟ (PVdC)

Βινυλιδενοχλωρίδιο:  $\text{CH}_2=\text{CCl}_2$

Το ομοπολυμερές **PVdC** έχει υψηλή πυκνότητα και μεγάλη αδιαπερατότητα σ' αέρια και ατμούς. Είναι όμως εύθραυστο, δεν προσκολλάται καλά σε άλλα υλικά και είναι πολύ δύσκολη η κατεργασία του. Γι' αυτό συμπολυμερίζεται είτε με VC ή MA.

## Συμπολυμερές βινυλιδενοχλωριδίου-βινυλοχλωριδίου

P(VDC-VC) ή PVdC ή Saran



x το 85 με 90% των ολικών γραμμομορίων και y το υπόλοιπο

# ΠΟΛΥΒΙΝΥΛΙΔΕΝΟΧΛΩΡΙΔΙΟ (PVdC)

## Ιδιότητες

Το PVdC έχει **μικρή διαπερατότητα και στα αέρια, οσμές και υδρατμούς**. Η υγρασία δεν επηρεάζει την διαπερατότητά του στα αέρια. Είναι ανθεκτικό σε πλήρωση εν θερμώ και σε αποστείρωση με ατμό. Σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες αποικοδομείται παράγοντας HCl

Χρησιμοποιείται ως επίστρωμα άλλων υλικών και ως μονοστρωματικό υλικό (το φιλμ Saran).

Το συμπολυμερές βινυλιδενοχλωριδίου-βινυλοχλωριδίου και το συμπολυμερές αιθυλενίου-βινυλικής αλκοόλης είναι τα δύο **πολυμερή υψηλού φραγμού** (high barrier polymers) που χρησιμοποιούνται στη συσκευασία τροφίμων.

# ΣΥΜΠΟΛΥΜΕΡΕΣ ΑΙΘΥΛΕΝΙΟΥ – ΒΙΝΥΛΙΚΗΣ ΑΛΚΟΟΛΗΣ (ΕΝΟΗ ή EVAL)

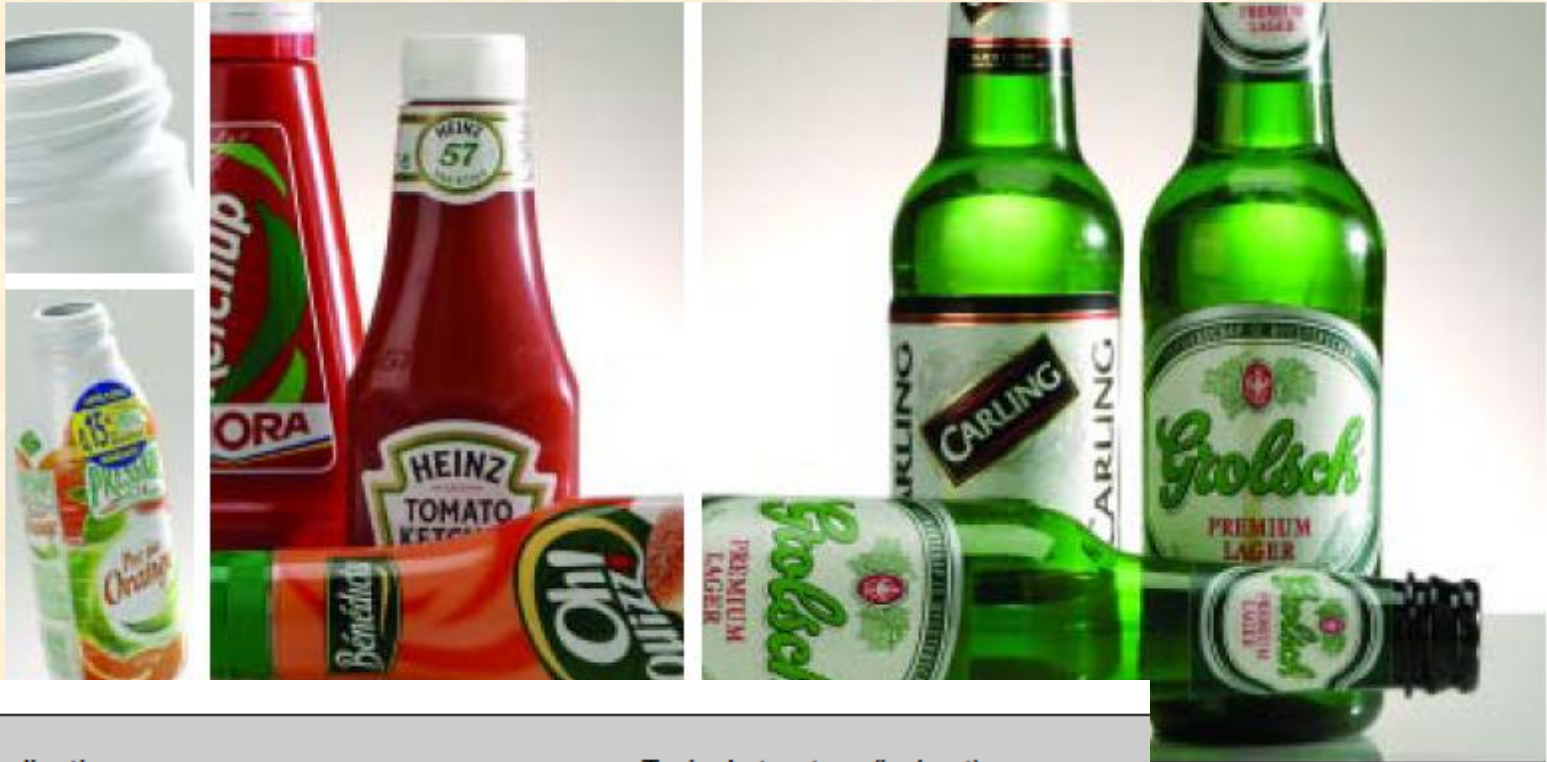
Αιθυλένιο:  $\text{CH}_2=\text{CH}_2$  Βινυλική αλκοόλη:  $\text{CH}_2=\text{CHOH}$

Το συμπολυμερές περιέχει 27 – 48% αιθυλένιο. Είναι ένα από τα δυο **πολυμερή υψηλού φραγμού**.

Το ΕΝΟΗ έχει πολύ καλές ιδιότητες φραγμού στα αέρια αλλά είναι πολύ ευαίσθητο στην υγρασία και πρέπει να προστατεύεται απ' αυτήν. Έτσι ενώ το PVdC μπορεί να τοποθετηθεί στην επιφάνεια ενός υλικού συσκευασίας το EVAL<sup>®</sup> πρέπει να βρίσκεται ανάμεσα σε δυο στρώματα από πολυολεφίνες για να το προστατεύουν από την υγρασία.

Η διαπερατότητά του στο  $\text{O}_2$  αυξάνεται περίπου 50 φορές για μια αύξηση της σχετικής υγρασίας από 65% σε 100%. Σε χαμηλές σχετικές υγρασίες είναι το υλικό με τη μικρότερη διαπερατότητα στο  $\text{O}_2$ , καλύτερο και από το Saran<sup>®</sup> HB (High Barrier).

# ΣΥΜΠΟΛΥΜΕΡΕΣ ΑΙΘΥΛΕΝΙΟΥ – ΒΙΝΥΛΙΚΗΣ ΑΛΚΟΟΛΗΣ (ΕΝΟΗ ή EVAL)



## Typical applications

Ketchup bottles, sauce bottles

Juice and milk bottles

Beer, carbonated beverages

## Typical structure (in / out)

PP/regrind/tie/**EVAL**<sup>™</sup>/tie/PP

PP/tie/**EVAL**<sup>™</sup>

PE/regrind/tie/**EVAL**<sup>™</sup>/tie/PE

PET/**EVAL**<sup>™</sup>/PET/**EVAL**<sup>™</sup>/PET

PET/**EVAL**<sup>™</sup>/PET

# ΠΟΛΥΑΜΙΔΙΑ ή ΝΑΙΛΟΝ (PA – Nylon)



Οι νάιλον μεμβράνες συσκευασίας τροφίμων είναι συνήθως στις μεν ΗΠΑ από nylon 6, ενώ στην Ευρώπη είναι συνήθως από nylon 11.

The diagram shows a cross-section of a multi-layer casing. On the left, a whole orange casing is shown with two pink arrows labeled "UV" pointing away from it, indicating UV protection. On the right, a cross-section of the casing is shown with a light blue outer layer and a white inner layer. Two blue arrows labeled "O<sub>2</sub>" point away from the casing, indicating oxygen barrier properties. Two blue arrows labeled "H<sub>2</sub>O" point towards the casing, indicating water vapor barrier properties.

**® NaloBar**

The multi-layer casing  
made from oriented  
polyamide and polyolefin

**The combination of  
economy and perfect  
presentation**

# Αναγεννημένη Κυτταρίνη ή Σελοφάν



**Σελοφάν** είναι η εμπορική ονομασία της αναγεννημένης κυτταρίνης. Το όνομα δόθηκε από τον Ελβετό χημικό Brandenburger που την παρασκεύασε πρώτος. Αποτελείται δε από τις πρώτες συλλαβές της λέξης **cellulose** (=κυτταρίνη) και τις τελευταίες της λέξης **diaphane** (=διαφανής).

Η αναγεννημένη κυτταρίνη παράγεται από ειδικά επιλεγμένα κομμάτια ξύλου από τα οποία με προσθήκη κατάλληλων χημικών διαλύεται η κυτταρίνη. Στη συνέχεια, με προσθήκη άλλων χημικών επανακαταβυθίζεται (αναγεννάται) η κυτταρίνη υπό τη μορφή συνεχούς και διαφανούς μεμβράνης. Ουσιαστικά η αναγεννημένη κυτταρίνη είναι διαφανές χαρτί.

Είναι υλικό διαφανές, έχει μικρό κόστος, είναι αδιάλυτο στο νερό και σχετικά ανθεκτικό σε υψηλές θερμοκρασίες.

# LAMINATES

**Laminate** = Πολυστρωματικός συνδυασμός εύκαμπτων υλικών συσκευασίας, π.χ. χαρτιού, πλαστικών μεμβρανών, αλουμινίου, με κάθε στρώμα να έχει πάχος γενικά μεγαλύτερο των 6  $\mu\text{m}$ .

## Πλεονεκτήματα

Συνδυάζουν τα πλεονεκτήματα καθενός από τα επιμέρους υλικά από τα οποία αποτελούνται.



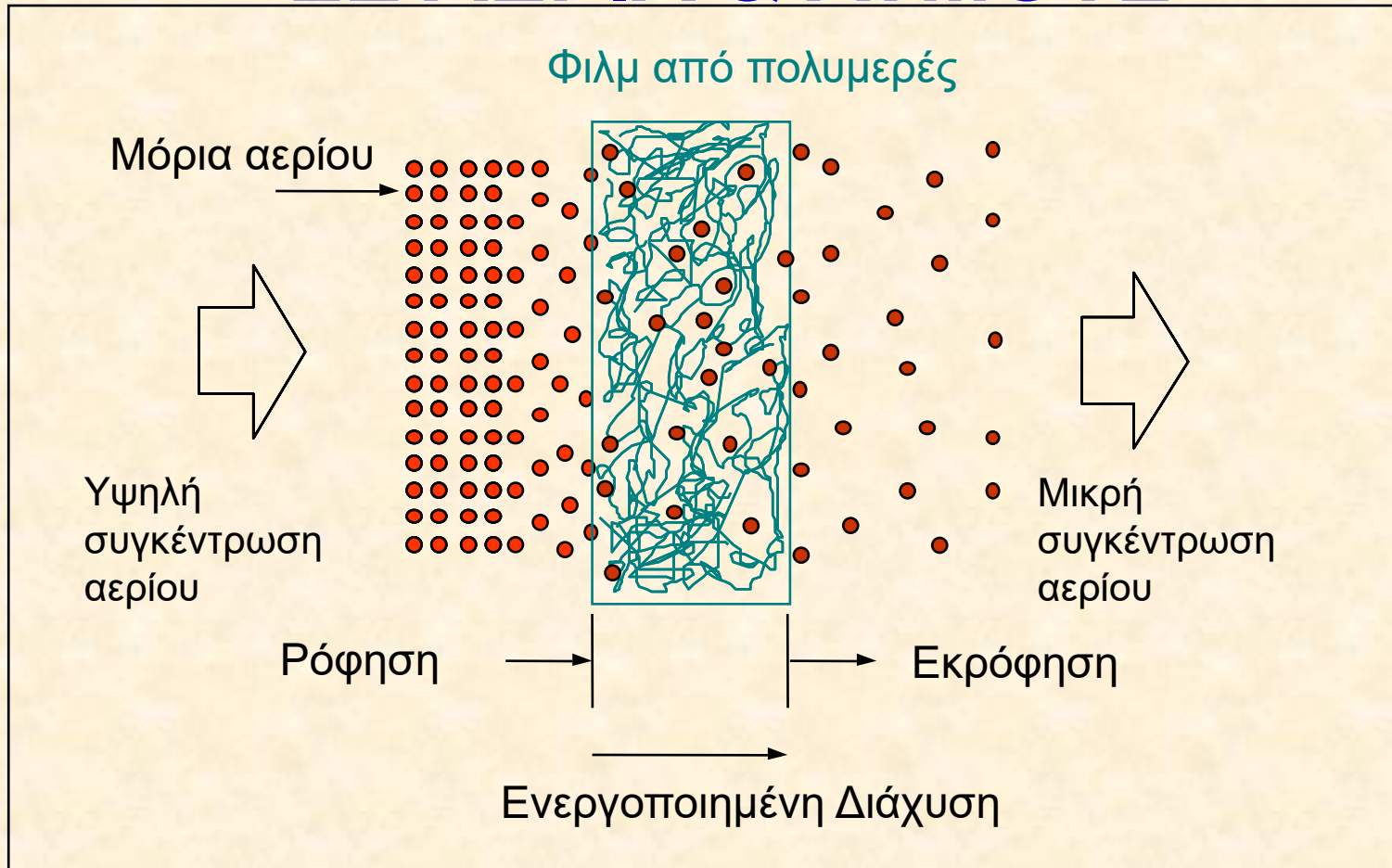
# ΔΙΑΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑ ΠΟΛΥΜΕΡΩΝ ΣΕ ΑΕΡΙΑ & ΑΤΜΟΥΣ

Όλα τα θερμοπλαστικά πολυμερή επιτρέπουν σε μικρό ή μεγάλο βαθμό τη διάδοση ουσιών μικρού μοριακού βάρους δια μέσου της μάζας τους.

Για τρόφιμα συσκευασμένα σε πλαστικές συσκευασίες, η διάδοση αυτή επηρεάζει σημαντικά τη διάρκεια ζωής και την ποιότητα τους.

Η αποτελεσματική προστασία των συσκευασμένων τροφίμων από απώλεια προς ή πρόσληψη από το περιβάλλον υγρασίας, αερίων και πτητικών ουσιών εξαρτάται αφ' ενός μεν από την ακεραιότητα της συσκευασίας, του κλεισίματος συμπεριλαμβανομένου, αφ' ετέρου δε από τη διαπερατότητα αυτού καθ' εαυτού του υλικού συσκευασίας στις ουσίες αυτές.

# ΔΙΑΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑ ΠΟΛΥΜΕΡΩΝ ΣΕ ΑΕΡΙΑ & ΑΤΜΟΥΣ



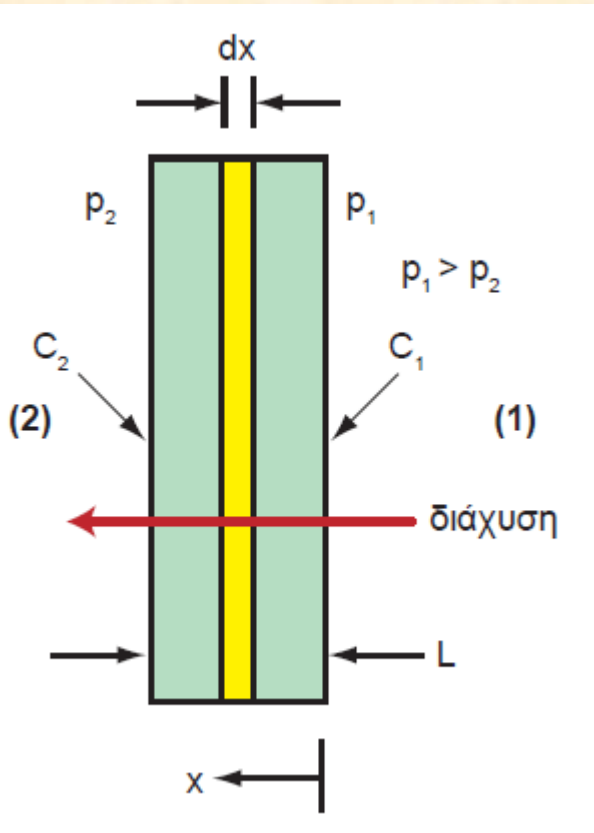
Η διαπέραση του αερίου συντελείται σε τρία στάδια: ρόφηση, διάχυση, εκρόφηση. Η ρόφηση και η εκρόφηση εξαρτώνται από την διαλυτότητα του αερίου στο πολυμερές

# ΔΙΑΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑ ΠΟΛΥΜΕΡΩΝ ΣΕ ΑΕΡΙΑ & ΑΤΜΟΥΣ

Ρυθμός μεταφοράς του αερίου:

$$\frac{dQ}{dt} = D \cdot S \cdot A \cdot \frac{[p_1 - p_2]}{L}$$

- Q = μάζα αερίου που μεταφέρεται σε χρόνο t  
D = συντελεστής διάχυσης του αερίου στο πολυμερές (cm<sup>2</sup>/s)  
S = συντελεστής διαλυτότητας του αερίου στο πολυμερές (mol/(cm<sup>3</sup> atm))  
A = επιφάνεια του φύλλου κάθετα προς την οποία γίνεται η διάχυση  
L = πάχος του φύλλου (cm)  
p<sub>1</sub>, p<sub>2</sub> = μερικές πιέσεις του αερίου στις δυο πλευρές του φύλλου.



# ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΙΑΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ

Ορισμός συντελεστή διαπερατότητας P (permeability coefficient)

$$P = D \cdot S$$

Ρυθμός μεταφοράς του αερίου:

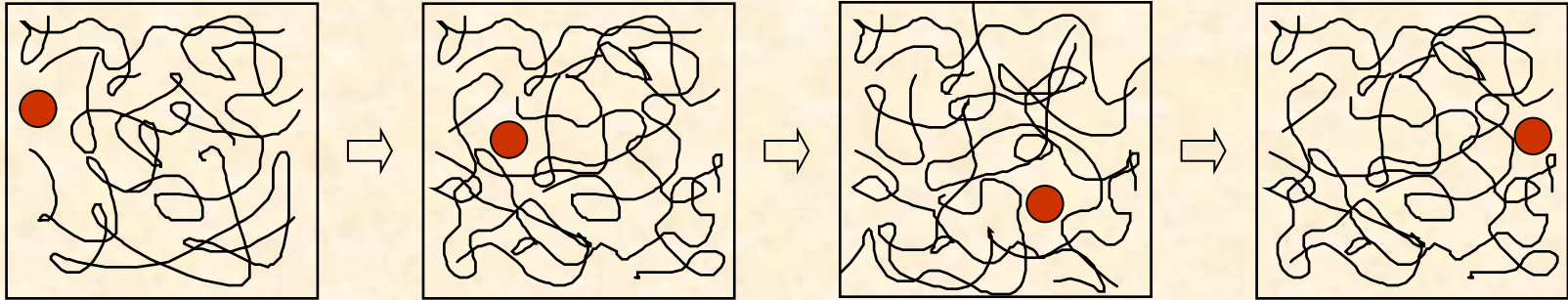
$$\frac{dQ}{dt} = \frac{P}{L} \cdot A \cdot [p_1 - p_2]$$

Για διαπέραση υδρατμών:

$$\frac{dQ}{dt} = \frac{P}{L} \cdot A \cdot p_w^0 \cdot \frac{[(RH)_1 - (RH)_2]}{100}$$

$p_w^0$  η τάση ατμών του νερού και  $(RH)_1$ ,  $(RH)_2$  οι σχετικές υγρασίες του αέρα στους δυο χώρους

# ΔΙΑΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑ & ΔΟΜΗ ΠΟΛΥΜΕΡΩΝ



Η διάχυση ενός μορίου αερίου σ' ένα πολυμερές μοιάζει με μια σειρά από άλματα από μια κοιλότητα στη μάζα του πολυμερούς σε μια άλλη.

Ό,τι αυξάνει τον αριθμό ή το μέγεθος των κοιλοτήτων ή καθιστά τις μακρομοριακές αλυσίδες του πολυμερούς πιο ευκίνητες αυξάνει τον ρυθμό διάχυσης.

# ΔΙΑΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑ ΠΟΛΥΜΕΡΩΝ ΣΕ ΑΕΡΙΑ & ΑΤΜΟΥΣ

## ΓΕΝΙΚΗ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ

Τα **υδρόφοβα** πολυμερή (π.χ. PE, PP) έχουν μικρή διαπερατότητα στους υδρατμούς, μεγάλη στα αέρια.

Τα **υδρόφιλα** πολυμερή (π.χ. PA, Σελοφάν) έχουν μεγάλη διαπερατότητα στους υδρατμούς, μικρή στα αέρια.

## Η ΣΥΝΗΘΙΣΜΕΝΗ ΛΥΣΗ

Χρήση πολυστρωματικής συσκευασίας (laminare) με ένα στρώμα από **υλικό φραγμού**.

# ΥΛΙΚΑ ΦΡΑΓΜΟΥ (Barrier materials)

Παραδοσιακό υλικό φραγμού το αλουμίνιο, αρχικά υπό τη μορφή φύλλου πάχους μερικών  $\mu\text{m}$  ( $\approx 5 - 10 \mu\text{m}$ ) και πιο πρόσφατα υπό τη μορφή πολύ λεπτού στρώματος πάχους αρκετών  $\text{nm}$  ( $\approx 50-100 \text{nm}$ ) που εναποτίθεται στην πλαστική μεμβράνη με επιμετάλλωση υπό κενό.

Λαμινάρισμα ή συνεξώθηση ενός στρώματος πολυμερούς φραγμού.

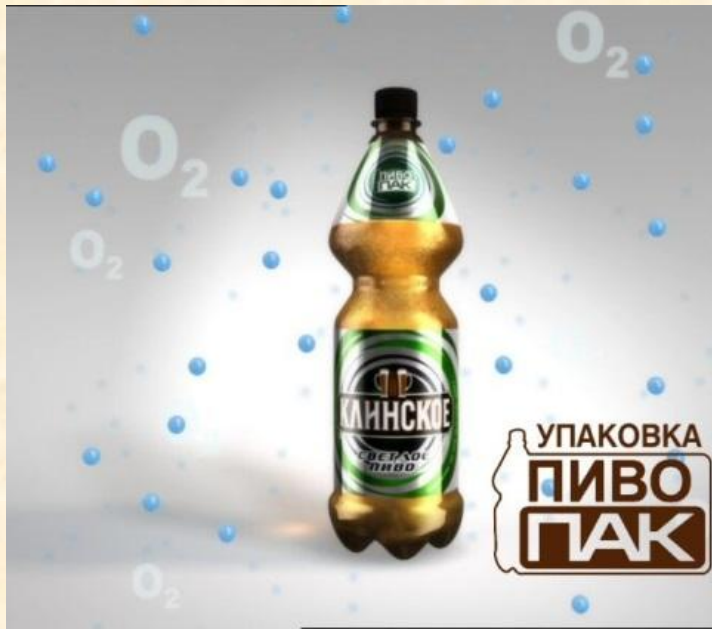
Πολυμερή φραγμού είναι τα:

- PVdC,
- EVOH,
- PVAL
- διάφορα πολυαμίδια (PA).

# ΑΛΛΑ ΥΛΙΚΑ ΦΡΑΓΜΟΥ

Λεπτές επιστρώσεις  $\text{SiO}_x$ , που μοιάζουν με γυαλί, πάνω σε PET, PP ή PA.

**Νανοσύνθετα** (nanocomposites) υλικά: μίγματα πολυμερών με μικρά ανόργανα σωματίδια σχήματος φυλλιδίου και τυπικών διαστάσεων 100-1000 nm x 1 nm. Υλικά πληρώσεως διάφοροι τύποι αργίλου Μείωση στη διαπερατότητα του καθαρού πολυμερούς από 2 έως 20 φορές και για περιεκτικότητες σε πληρωτικά υλικά 1-5%.



# LAMINATES

## Πίνακας 7.2

Επιθυμητές ιδιότητες στα συστατικά ενός laminate (Goddard 1980)

Ιδιότητα	Υλικά που προσφέρουν αυτή την ιδιότητα
Αντοχή σε εφελκυσμό	OPP, UPVC, PET, σελοφάν, προσανατολισμένο nylon
Αντοχή στο σκίσιμο (tear resistance)	PVC, PE, PVdC, PP, EVA συμπολυμερές
Δυσκαμψία	Χαρτί, UPVC, αφρώδες PS, PP με πρόσθετα, nylon 11, Barex, ABS, PS
Αντοχή σε διάτρηση (puncture resistance)	Ιονομερή, nylon, PET, Barex
Δυνατότητα εκτύπωσης	Χαρτί, σελοφάν, nylon, PET, φύλλο Al, OPP, PS, PE
Δυνατότητα διπλώματος και διατήρησής του	Φύλλο Al, χαρτί, (οξική κυτταρίνη και UPVC αφού προηγηθεί πίκμανση)
Καλή θερμοσυγκόλληση	LDPE, EVA συμπολυμερές, ιονομερή, PVdC, επιχρησμένο σελοφάν, OPP, PVC
Καλός φραγμός στο φως	Φύλλο Al, χαρτί, επιμεταλλωμένες μεμβράνες

# LAMINATES

**Πίνακας 7.2** Επιθυμητές ιδιότητες στα συστατικά ενός laminate (Goddard 1980)

Ιδιότητα	Υλικά που προσφέρουν αυτή την ιδιότητα
Καλός φραγμός στους υδρατμούς	Φύλλο Al, LDPE, HDPE, PVdC, επιχρησμένο σελοφάν, PP
Καλός φραγμός στο οξυγόνο	Φύλλο Al, σελοφάν, PVdC, nylon, PET, PVA, EVAL
Χρήση σε χαμηλές θερμοκρασίες (-40°C και χαμηλότερα)	Χαρτί, φύλλο Al, PET, PE, EVA συμπολυμερές, OPS, ιονομερή, OPP, UPVC, PVdC, nylon
Χρήση σε υψηλές θερμοκρασίες	Χαρτί (ξηρή θέρμανση), φύλλο Al, σελοφάν (ξηρή θέρμανση), nylon, πολυεστέρες

OPP: προσανατολισμένο πολυπροπυλένιο, OPS: προσανατολισμένο πολυστυρόλιο

PE: πολυαιθυλένιο, HDPE: πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας

UPVC: μη πλαστικοποιημένο πολυβινυλοχλωρίδιο

Barex: συμπολυμερές ακρυλονιτριλίου – ακρυλικού μεθυλεστέρα

ABS: συμπολυμερές ακρυλονιτριλίου – βουταδιενίου - στυρολίου

PVA: πολυ(οξικός βινυλεστέρας)

EVAL: συμπολυμερές αιθυλενίου – βινυλικής αλκοόλης

# ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ

## ΣΕ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ

Το τρόφιμο συσκευάζεται σε αέριο περιβάλλον διαφορετικής σύστασης απ' αυτήν του ατμοσφαιρικού αέρα.

Αφαιρείται από τη συσκευασία ο αέρας και αντικαθίσταται από ένα αέριο ή από μίγμα αερίων το οποίο ποικίλλει ανάλογα με το είδος του τροφίμου.

Τα αέρια που χρησιμοποιούνται συνηθέστερα στη MAP είναι το **οξυγόνο**, το **διοξείδιο του άνθρακα** και το **άζωτο** είτε μόνα τους είτε σε συνδυασμούς μεταξύ τους. Χρησιμοποιούνται επίσης ευγενή αέρια όπως το αργό και σε ειδικές περιπτώσεις μονοξείδιο του άνθρακα και διοξείδιο του θείου.

# ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ

## ΣΕ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ

### ΜΙΓΜΑΤΑ ΑΕΡΙΩΝ

Η σύσταση των μιγμάτων αερίων εξαρτάται από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του τροφίμου και τους πιθανούς μηχανισμούς αλλοίωσής του, οπότε πρέπει πάντα να γίνεται ειδική μελέτη για κάθε τρόφιμο.

#### Γενικές κατευθυντήριες οδηγίες

- Εάν η αλλοίωση είναι κυρίως μικροβιακής προελεύσεως, η συγκέντρωση του CO<sub>2</sub> στο μίγμα των αερίων πρέπει να είναι όσο το δυνατόν υψηλότερη, περιοριζόμενη μόνον από τις ενδεχόμενες επιπτώσεις του CO<sub>2</sub> (π.χ. κατάρρευση της συσκευασίας) στο συγκεκριμένο τρόφιμο. Τυπικές συστάσεις αερίων σ' αυτή την περίπτωση είναι 30-60% CO<sub>2</sub> και 40-70% N<sub>2</sub>.
- Για τρόφιμα που είναι ευαίσθητα στο οξυγόνο και για τα οποία η αλλοίωση οφείλεται κυρίως σε οξειδωτική τάγγιση, χρησιμοποιείται 100% N<sub>2</sub> ή μίγματα N<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> αν είναι πιθανή και η μικροβιακή αλλοίωση.
- Για προϊόντα που αναπνέουν πρέπει να αποφευχθούν υψηλές συγκεντρώσεις CO<sub>2</sub> και χαμηλές συγκεντρώσεις O<sub>2</sub>.

# ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΣΕ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ

## ΥΛΙΚΑ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ

Σχεδόν αποκλειστικά συνδυασμοί πλαστικών μεμβρανών. Μόνο για τη συσκευασία νωπών φρούτων και λαχανικών χρησιμοποιούνται μεμβράνες από ένα πολυμερές και αυτές είναι συνήθως διάτρητα φιλμ από PP.

Για **τρόφιμα που δεν αναπνέουν** και επομένως η σύσταση της ατμόσφαιρας μέσα στη συσκευασία μεταβάλλεται μόνον μέσω διαπέρασης από τα τοιχώματα της συσκευασίας, είναι απαραίτητο το υλικό συσκευασίας να διαθέτει **υψηλή αδιαπερατότητα** ώστε η σύσταση της ατμόσφαιρας να παραμένει αμετάβλητη. Στη περίπτωση αυτή συχνά ένα από τα στρώματα του laminate, από το οποίο κατασκευάζεται το μέσο συσκευασίας, είναι υλικό υψηλού φραγμού (EVOH ή PVdC).

# ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΒΑΣΗΣ & ΒΙΟΑΠΟΙΚΟΔΟΜΗΣΙΜΑ ΥΛΙΚΑ

Υλικά συσκευασίας βιολογικής βάσης (biobased): παράγονται από πρώτες ύλες που ανανεώνονται ετησίως.

**Βιοαποικοδομήσιμα:** πλαστικά που διασπώνται σε κομμάτια μικρότερου M.B. μέσω δράσης **φυσικών μικροοργανισμών** όπως βακτήρια, μύκητες και φύκη. (ISO 472, ASTM D883).

Ενδεικτικά αναφέρονται στη συνέχεια τα:

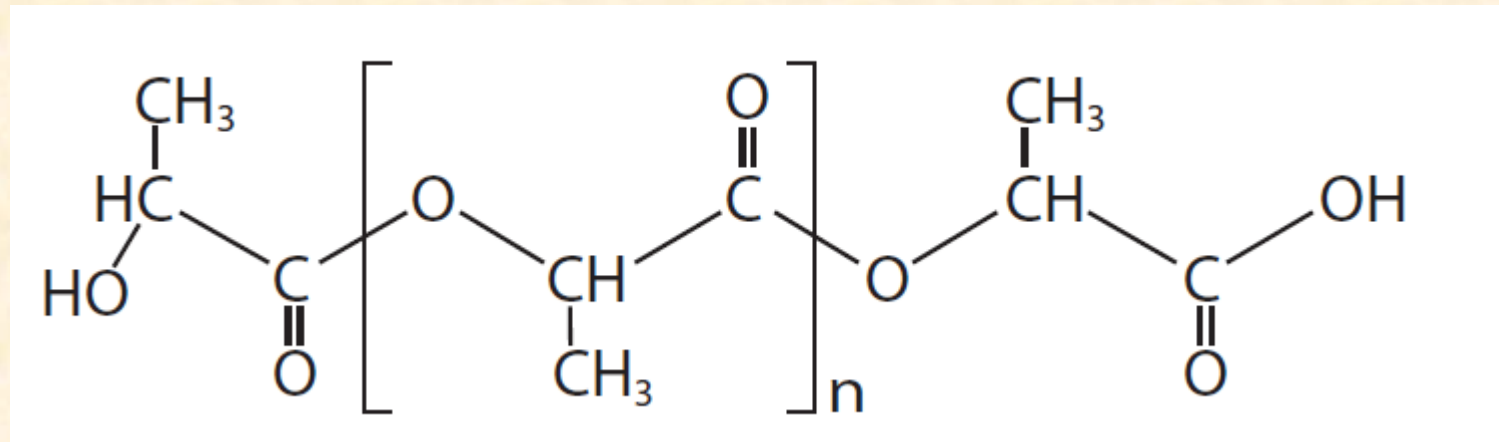
- Πολυγαλακτικό οξύ
- Πολυ(υδροξυ αλκανοϊκοί) εστέρες
- Βιοαποικοδομήσιμα πολυμερή παραγόμενα από πετροχημικές πρώτες ύλες

# ΠΟΛΥΓΑΛΑΚΤΙΚΟ ΟΞΥ - PLA

## Γραμμικός αλειφατικός πολυεστέρας

Συντίθεται με πολυμερισμό του γαλακτικού οξέος ή 2-υδροξυπροπανικού οξέος  $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}$ .

Έχει αναγνωρισθεί από το 1992 από το FDA ως ασφαλές (**GRAS**) για όλες τις εφαρμογές **συσσκευασίας τροφίμων**.



# ΠΟΛΥΓΑΛΑΚΤΙΚΟ ΟΞΥ - PLA

Σημαντικότερες εμπορικές εφαρμογές :

## ΤΡΟΦΙΜΑ:

Δίσκοι για φρέσκα φρούτα και λαχανικά και σαλάτες

Σακίδια για αρτοσκευάσματα

Κεσεδάκια για γαλακτοκομικά προϊόντα

Ποτήρια μιας χρήσης

Διαφανείς περιέκτες τροφίμων για τα ταχυφαγεία

Φιάλες για μικρής διάρκειας ζωής ποτά όπως νερό,

φρέσκοι χυμοί φρούτων και γάλα.

# ΠΟΛΥΓΑΛΑΚΤΙΚΟ ΟΞΥ - PLA



# ΠΟΛΥΓΑΛΑΚΤΙΚΟ ΟΞΥ - ΡΛΑ



# ΠΟΛΥΓΑΛΑΚΤΙΚΟ ΟΞΥ - PLA



# ΠΟΛΥΓΑΛΑΚΤΙΚΟ ΟΞΥ - PLA

**Βιοαποικοδομείται** σε θερμοκρασίες πάνω από το  $T_g$  και επομένως το κοινό PLA **δεν θεωρείται βιοαποικοδομήσιμο σύμφωνα με τα ASTM πρότυπα, αλλά κομποστοποιείται σε βιομηχανικούς κομποστοποιητές.**

Η αποικοδόμηση οφείλεται κυρίως στην υδρόλυση των εστερικών δεσμών σε τυχαίες θέσεις στην αλυσίδα του πολυμερούς.

Υδρόλυση αποτελεί **σημαντικό πρόβλημα** για τη **σταθερότητα** του PLA, δεδομένου ότι αυτό είναι **διαπερατό από το νερό** και η αντίδραση υδρόλυσης είναι **αυτοκαταλυόμενη**.

# ΠΟΛΥ(ΥΔΡΟΞΥ ΑΛΚΑΝΟΪΚΟΙ) ΕΣΤΕΡΕΣ

Πολυεστέρες μικροβιακής προέλευσης,  
βιοαποικοδομήσιμοι,  
βιοσυμβατοί και  
οπτικά ενεργοί.

Παράγονται υπό τη μορφή ενδοκυτταρικών σωματιδίων από πολλούς μικροοργανισμούς (π.χ. *Cupriavidus necator*)

Όταν αναπτύσσονται σε περιβάλλον φτωχό σε **θρεπτικά συστατικά** αλλά παρουσία **περίσσειας άνθρακα**:

**παράγουν** αυτά τα πολυμερή και  
τα **αποθηκεύουν** στα κύτταρά τους για να  
τα **χρησιμοποιήσουν** μελλοντικά ως πηγή άνθρακα και  
ενέργειας.

# Βιοαποικοδομήσιμα πολυμερή παραγόμενα από πετροχημικές πρώτες

## Αλειφατικοί πολυεστέρες ή αλειφατικοί – αρωματικοί συμπολυεστέρες

Τα μονομερή από τα οποία παράγονται είναι:

- η 1,4 βουτανοδιόλη
- το τερεφθαλικό οξύ
- το αδιπικό οξύ ( $\text{HOOC}-(\text{CH}_2)_4-\text{COOH}$ ) το
- το ηλεκτρικό οξύ ( $\text{HOOC}-(\text{CH}_2)_2-\text{COOH}$ ) (succinic acid)