

Φιλμ συρρίκνωσης: υλικά και εφαρμογές

Του Γιώργου Τσίτση,

M.Sc. Βιολογίας, MBA,

Τμ. ανάπτυξης έργων της Kapelis Packaging

Η θερμοσυρρίκνωση (shrink wrapping) συνιστά μια ευέλικτη, οικονομική και διαδεδομένη στην εφοδιαστική αλυσίδα μέθοδος συσκευασίας καταναλωτικών αγαθών.

Ξεκίνησε να εφαρμόζεται σε εμπορική κλίμακα τη δεκαετία του 1960, ενώ κατά τη δεκαετία του 1950 είχε προηγηθεί η ανάπτυξη της βιομηχανικής παραγωγής Πολυαιθυλενίου και Πολυπροπυλενίου. Η μέθοδος της συρρίκνωσης υιοθετήθηκε σύντομα (και σε μεγάλο βαθμό αντικατέστησε την προγενέστερη Σελλοφάνη) καθώς εξασφάλιζε:

- Οικονομία,
- Ταχύτητα,
- Ενίσχυση της συσκευασίας,
- Προστασία από φθορές, υγρασία, σκόνες, λερώματα, καιρικές συνθήκες, ακόμα και από την υπεριώδη ακτινοβολία με κατάλληλα πρόσθετα (UV-block films),
- Προστασία από παραβίαση, μερική κλοπή, λαθρανάγνωση, κλπ,
- Υπό προϋποθέσεις, προστασία τροφίμων από επιμολύνσεις,
- Ενοποίηση επιμέρους μονάδων σε πολυσυσκευασίες, ακόμα και παλλετοποίηση αυτών, καθώς και
- Ελκυστική παρουσίαση του προϊόντος.

Η τυπική διαδικασία διεξάγεται σε δύο στάδια: Πρώτα το φιλμ θερμοκολλάται, με ταυτόχρονη αποκοπή του ρεταλιού, ενθυλακώνοντας το προϊόν σε ένα χαλαρό φάκελο. Στη συνέχεια το φιλμ συρρικνώνεται μέσω θέρμανσης και παρακολουθεί ακριβώς το σχήμα του αντικείμενου, εκτός από τυχόν εσοχές (τις οποίες και πάλι τείνει να καλύψει).

Παραλλαγές της διαδικασίας είναι:

A) Η θερμοσυρρίκνωση **προδιαμορφωμένης σακούλας κενού**, όπου προηγείται η άντληση του αέρα σε κλασσικό θάλαμο κενού και ακολουθεί η συρρίκνωση

της σακούλας σε θερμό λουτρό ύδατος.

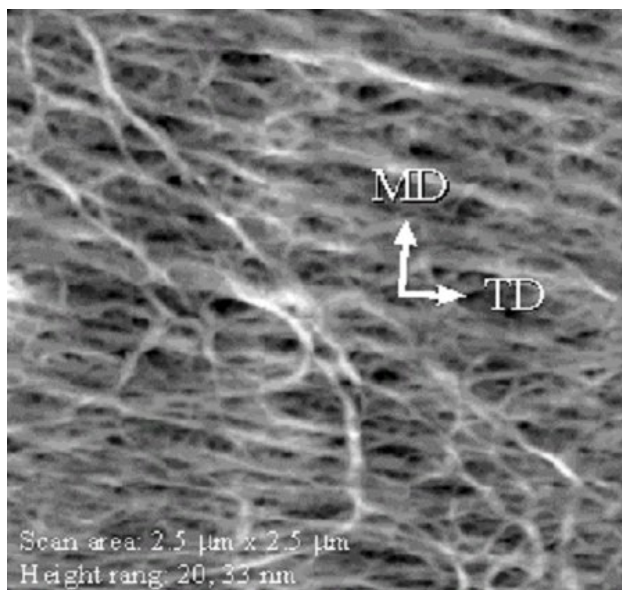
B) Η **περιμετρική συρρίκνωση** υλικού σε μορφή κυλίνδρου ή «μανικιού» γύρω από επιμήκη αντικείμενα όπως φιάλες, καλώδια, κα.

Γ) Η **εξωτερική θερμοσυρρίκνωση** με ειδικό πιστολάκι ή φλόγιτρο για μεγάλα (όπως μια παλλέτα) έως πολύ μεγάλα αντικείμενα.

Κατασκευή συρρικνούμενων φιλμ

Η απαραίτητη ιδιότητα της θερμοσυρρίκνωσης δεν είναι δεδομένη στα υλικά συσκευασίας και απαιτεί **ειδικές μεθόδους κατασκευής** υψηλής τεχνολογίας: ένα φιλμ του είδους θα πρέπει ταυτόχρονα να συρρικνώνεται ομοιόμορφα, να εξασφαλίζει καλές κολλήσεις χωρίς να καίγεται εύκολα, να είναι διαυγές, ανθεκτικό και λεπτό!

Κατά την κατασκευή του φιλμ και αμέσως μετά την εξέλασή του, αυτό τεντώνεται ή τανύεται ως προς τους δύο άξονές του, τόσο κατά μήκος όσο και κατά πλάτος. Τα μακρο-μόρια που το αποτελούν (ας τα φανταστούμε σαν άτακτα κουβαριασμένες πολύ λεπτές κλωστές ή αλυσίδες) «μοιραία» τανύονται επίσης, και έτσι προσανατολίζονται προς τους ίδιους δύο άξονες. Λαμβάνει έτσι χώρα ο επονομαζόμενος **Αμφιαξονικός ή Διαξονικός Προσανατολισμός** (Biaxial Orientation, όρος που συναντάται στα BOPP, BOPET, BOPS, κλπ). Τα μακρά αυτά μόρια μοιάζουν τώρα με «τεντωμένα ελατήρια», και σε αυτήν την «άβολη» κατάσταση σταθεροποιούνται μέσω απότομης ψύξης από καταρράκτη νερού. Το φιλμ πλέον έχει την τάση να συρρικνωθεί από μόνο του, διαθέτει δηλ. μια **μοριακή συρρικνωτική μνήμη** την οποία και θα εκδηλώσει «στην πρώτη ευκαιρία». Η ευκαιρία αυτή δεν είναι άλλη από τη θέρμανση σε θάλαμο μηχανής συρρίκνωσης (ή ένα πιστολάκι) η οποία επιτρέπει στα τεντωμένα αυτά «ελατήρια» να ξαναχαλαρώσουν στην αρχική τους κατάσταση, επομένως να «μαζέψουν», να συρρικνωθούν.

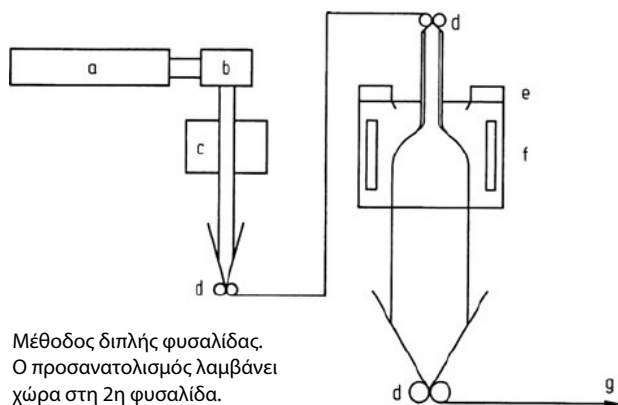


Ηλεκτρονική φωτογραφία προσανατολισμένων
μακρομοριακών αλυσίδων (οι λεπτές ίνες της φωτογραφίας)
σε μια περιοχή 2,5 X 2,5 μικρομέτρων.

Όπως γίνεται φανερό, απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή ώστε οι **θερμοκρασίες αποθήκευσης** των συρρικνούμενων φιλμ να μην είναι μεγαλύτερες των $\pm 300^\circ\text{C}$. Ένα φιλμ που θερμαίνεται πρόωρα χάνει τη συρρικνωτική του ικανότητα.

Η αρχική άμορφη κατάσταση στην οποία τείνουν να επανέλθουν οι μακρές μοριακές αλυσίδες μέσω θέρμανσης (δεν επανέρχονται πλήρως) είναι και το σημείο όπου σταματάει η συρρίκνωση. Επομένως, ένα φιλμ **δε μπορεί να συρρικνώνεται απεριόριστα** όσο κι αν θερμαίνεται, αλλά ενδεικτικά στο 20-60% της αρχικής του επιφάνειας, αναλόγως υλικού και μεθόδου παραγωγής. Κατά τη συρρίκνωση επίσης αυξάνεται ελαφρά και το πάχος του.

Ο αμφιαξονικός προσανατολισμός των συρρικνούμενων υλικών επιτυγχάνεται με τη μέθοδο της εξέλασης σε μορφή φυσαλίδας ή σωλήνα (bubble ή tubular extrusion) όπου η τάνυση του φιλμ γίνεται φουσκώνοντας και διαστέλλοντάς το. Ένα συρρικνούμενο φιλμ απαιτεί ωστόσο έντονη τάνυση και η μία φυσαλίδα δεν



επαρκεί, γι' αυτό τοποθετείται εν σειρά και δεύτερη ή και τρίτη (double bubble και triple bubble process).

Είδη συρρικνούμενων φιλμ και εφαρμογές

Θερμοσυρρικνούμενα φιλμ είναι δυνατόν να παραχθούν από τα περισσότερα γνωστά πολυμερή. Τέτοια είναι τα PE, PVC, PP, PET, PA και με πιο διαδεδομένες πλέον τις Πολυολεφίνες (POF), το καθένα με διαφοροποιήσεις ως προς τη συρρίκνωση, την ελαστικότητα, τις κολλήσεις, και τη διαφάνεια. Τα παραπάνω μπορούν να συνδυαστούν και με τα πολυμερή υψηλής φραγής EVOH και PVdC για εφαρμογές όπου απαιτείται χαμηλή διαπερατότητα αερίων.

Από **Πολυαιθυλένιο ή PE**, το πλέον διαδεδομένο πλαστικό, κατασκευάζονται ανθεκτικά, συνήθως μέσου ή μεγάλου πάχους, αλλά όχι αρκετά διαυγή φιλμ τα οποία χαρακτηρίζονται από μεγάλη ελαστικότητα. Είναι κατάλληλα για «αδρές» και ισχυρές συσκευασίες ή πολυσυσκευασίες, αντικαθιστώντας συχνά την ανάγκη υποστηρικτικής καρτέλας, όπως π.χ. στη συγκράτηση μιας εξάδας μπουκαλιών.

Σε αυξημένα πάχη είναι σε θέση ακόμα και να αντικαταστήσουν το stretch film στην παλλετοποίηση: μεγάλες, τετραγωνισμένες σακούλες PE με πιέτες, πάχους ± 150 μικρών, τοποθετούνται στην παλέτα από πάνω μέχρι και λίγο κάτω από αυτήν και στη συνέχεια συρρικνώνονται με ειδικό πιστόλι ή φλόγιστρο δίνοντας ένα πολύ συμπαγές αποτέλεσμα. Ακόμα μεγαλύτερα πάχη της τάξης των 300ων μικρών χρησιμοποιούνται σε εξαιρετικά βαριές εφαρμογές, μέχρι και σε συσκευασία σκαφών θαλάσσης για προστασία ή ελικοπτέρων για ασφαλή μεταφορά!



Τα φιλμ PE συρρικνώνονται λιγότερο σε σχέση με τα αντίστοιχα από PVC ή POF και γι αυτό προτιμώνται στις εκτυπώσεις. Επίσης, είναι ανθεκτικά σε μεγαλύτερο εύρος θερμοκρασιών αποθήκευσης. Λόγω ημιδιαφάνειας ωστόσο, δεν ενδείκνυνται για τη συσκευασία της πλειοψηφίας των καταναλωτικών αγαθών που πρέπει να είναι εμφανίσιμα και ελκυστικά.

Το **Πολυβινυλοχλωρίδιο ή PVC** δίνει οικονομικά, μαλακά στην υφή φιλμ, τα οποία μετά τη θερμοσυρρικνωση σκληραίνουν και γίνονται άκαμπτα. Είναι κατάλληλα για αντικείμενα έως 10-15 κιλά χωρίς οξείες γωνίες.

Το **Χλώριο** ωστόσο, ως συστατικό του Πολυβινυλοχλωριδίου (και που απελευθερώνεται βαθμιαία με τη φθορά του υλικού στο χρόνο), καθώς και το ίδιο **το μονομερές βινυλοχλωρίδιο ή MVC**, ελέγχονται για διάφορες αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία και στο περιβάλλον. Επιπλέον, κατά τη χρήση φιλμ PVC θα πρέπει να υπάρχει καλός εξαερισμός του χώρου παραγωγής λόγω των ατμών Υδροχλωρικού Οξέος που δημιουργούνται από τις θερμικές καταπονήσεις του υλικού. Θα πρέπει τέλος να σημειωθεί ότι πρόκειται για φιλμ ευαίσθητα στις συνθήκες αποθήκευσης που γίνονται εύθραυστα στο κρύο ή δημιουργούν ζάρες και πτυχώσεις στη ζέση.

Έτσι το PVC τείνει να αντικατασταθεί, ειδικότερα στη συσκευασία τροφίμων, όμως εξακολουθεί να χρησιμοποιείται σε ποικίλες εφαρμογές όπως στη συσκευασία CD, σαπουνιών, κεριών, βιβλίων, μη καταναλωτικών προϊόντων, κ.α., συνήθως σε πάχος 19 μικρών.

Τα συρρικνούμενα φιλμ **Πολυπροπυλενίου ή PP** παρουσιάζουν παρόμοια συμπεριφορά με το PVC αλλά χωρίς τις ίδιες «ανησυχίες». Γίνονται ακόμα πιο άκαμπτα μετά τη θέρμανσή τους, χωρίς ζάρες και είναι εξαιρετικά στιλπνά και διαυγή. Προσφέρονται για εκτύπωση και είναι κατάλληλα για τρόφιμα. Τα συναντούμε στη συσκευασία τσαγιού, γλυκών, καλλυντικών, ηλεκτρικών ειδών, CD, με ταινία ανοίγματος σε τσιγάρα, τσίχλες, κλπ.

Ο Πολυτερεφθαλικός Αιθυλεστέρας ή **Πολυεστέρας (PET)** επίσης παρέχει συρρικνούμενα φιλμ. Ως διαυγές και ισχυρό, ιδανικό για εκτύπωση υλικό, χρησιμοποιείται κυρίως σε μορφή μανικιού (shrink sleeves) που συρρικνώνεται περιμετρικά ενός δοχείου ή μιας φιάλης και προσφέρει εντυπωσιακές, 3600 μοιρών εκτυπώσεις αλλά και μια επιπλέον στρώση προστασίας από προσκρούσεις και φθορές. Χρησιμοποιείται ακόμα σαν ταινία ασφαλείας στο στόμιο φιαλών, φέροντας ειδική διάτρηση (σε τέτοιες εφαρμογές χρησιμοποιείται PVC επίσης).



Προκειμένου να συρρικνώνεται μόνο περιμετρικά και όχι κατά μήκος της φιάλης, δηλ. μόνο προς τον ένα άξονα, ένα μανίκι PET μπορεί να είναι Μονοαξονικά (αντί αμφιαξονικά) προσανατολισμένο.

Από Πολυαμίδιο ή **PA** κατασκευάζονται συρρικνούμενες σακούλες κενού (shrink-vacuum bags). Τυπική χρήση του πολυαμιδίου στη συσκευασία είναι η κατασκευή των «σύννηθων» σακουλών κενού δομής PA/PE. Οι αντίστοιχες σακούλες κενού-συρρίκνωσης έχουν δομές του τύπου PA/PA/PA/PE ή παρόμοιες, και σε μικρότερα πάχη από τις κλασσικές PA/PE (π.χ. 45-50 αντί 90 μικρών).

Μετά από μία τυπική διαδικασία συσκευασίας κενού (vacuum), μια τέτοια σακούλα βυθίζεται σε λουτρό ύδατος ελεγχόμενης θερμοκρασίας και για ορισμένο χρόνο οπότε συρρικνώνεται κάθε περίσσεια αυτής (γωνίες, κολλήσεις, κ.λπ). Η συσκευασία που δημιουργείται με τον τρόπο αυτό είναι αφ'ενός η ενδεδειγμένη από πλευράς τεχνολογίας τροφίμων λόγω αφαίρεσης του αέρα, όσο και καλαίσθητη, χωρίς «αυτάκια», λόγω της συρρίκνωσης. Χρησιμοποιείται στη συσκευασία νωπών ή επεξεργασμένων κρεάτων όπως γαλοπούλα, ζαμπόν, κ.λ.π. αλλά και κίτρινων τυριών (κεφάλι, μπαστούνι, τριγωνικές φέτες, κα)



Συσκευασία νωπού κρέατος σε συρρικνούμενη σακούλα κενού

Σήμερα, η τεχνολογία συρρίκνωσης χρησιμοποιεί ως επί το πλείστον τις **Πολυολεφίνες ή POF**.

Ας διευκρινιστεί πρώτα ότι από την άποψη της χημείας, τόσο το Πολυαιθυλένιο όσο και το Πολυπροπυλένιο που προαναφέρθηκαν είναι Πολυολεφίνες. Ως **Ολεφίνες** ορίζονται οι ακόρεστοι αλειφατικοί υδρογονάνθρακες και τα μονομερή Αιθυλένιο και Προπυλένιο είναι τέτοιοι, επομένως πολυ-ολεφίνες είναι και τα αντίστοιχα πολυ-μερή τους.

Τότε ποια η διαφορά ενός φιλμ POF με ένα PE ή PP; Στην σύγχρονη ορολογία η λέξη Πολυολεφίνες χρησιμοποιείται για να χαρακτηρίσει φιλμ, και πάλι με βάση κυρίως το Πολυαιθυλένιο PE (κυρίως στη μορφή LLDPE-Linear Low Density PE), τα οποία ωστόσο συνδυάζουν μια σειρά εξελιγμένων τεχνολογιών, όπως: ειδικές μοριακές δομές, συμπολυμερισμούς (συνήθως Αιθυλενίου με άλλες Ολεφίνες όπως Προπυλένιο ή Βουταδιένιο), πολυστρωματικές δομές, χρήση ειδικών προσθέτων, κ.α. Επίσης, εφαρμόζεται όλο και περισσότερο η τεχνική της χημικής διασύνδεσης των μορίων (cross-linking) ώστε αυτά να είναι ενωμένα με ομοιοπολικούς δεσμούς



μεταξύ τους, αυξάνοντας έτσι την ισχύ και ελαστικότητα του φιλμ καθώς και την αντίστασή του στο κάψιμο.

Τα φιλμ POF είναι μαλακά, ελαστικά (και παραμένουν τέτοια μετά τη θερμοσυρρίκνωση), πολύ διαυγή και πολύ λεπτά. Το τελευταίο σημαίνει ταχύτερη κόλληση, ταχύτερη συρρίκνωση και γενικά εξοικονόμηση. Πάνω απ' όλα είναι κατάλληλα για επαφή με τρόφιμα, κάτι που τους εξασφαλίζει ένα ιδιαίτερα ευρύ πεδίο εφαρμογών.

Συναντώνται συνήθως σε πάχη των 12, 15, 19 και 25 μικρών.

Τα λεπτότερα φιλμ αποτελούν την πρώτη προτίμηση στη συσκευασία καταναλωτικών αγαθών, σε οτιδήποτε αφορά τρόφιμα, παιχνίδια, χαρτικά, είδη οικιακής χρήσεως και ατελείωτες άλλες εφαρμογές με αντικείμενα χωρίς οξείες γωνίες.

Αν απαιτείται μεγαλύτερη αντοχή χρησιμοποιείται το πάχος των 19μ. (ανθεκτικότερο από ένα αντίστοιχο φιλμ PVC ίδιου πάχους.) ή και των 25μ. για βαριά μεταλλικά, ξύλινα, κλπ, αντικείμενα άνω των 15 κιλών.

Η τεχνολογία των Πολυολεφινών μας επιτρέπει ανάλογα με τις ανάγκες της εφαρμογής να διαμορφώνουμε τα επιμέρους χαρακτηριστικά της συρρίκνωσης. Τέτοια μπορεί να είναι:

- **Η συρρικνωτική ισχύς.** Ένα φιλμ δεν είναι πάντα επιθυμητό να συρρικνώνεται δυνατά. Εύκαμπτα ή ευαίσθητα προϊόντα όπως τα αγροτικά μπορεί να παραμορφωθούν ή να πιεστούν με αποτέλεσμα την αλλοίωσή τους. Έτσι, υπάρχει η δυνατότητα κατασκευής φιλμ μεγάλης και μικρής συρρικνωτικής ισχύος.

- **Το ποσοστό συρρίκνωσης** (ως προς το αρχικό πλάτος του φιλμ). Για παρόμοιους λόγους, υπάρχουν φιλμ που συρρικνώνονται περισσότερο ή λιγότερο. Στην περίπτωση π.χ. ενός εκτυπωμένου φιλμ, δεν είναι επιθυμητή μια έντονη συρρίκνωση.

- **Η συρρικνωτική μνήμη.** Υπάρχουν προϊόντα, κυρίως νωπά τρόφιμα, τα οποία αφυδατώνονται και ο όγκος τους συνεχίζει να μειώνεται ακόμα και μετά τη στιγμή της συσκευασίας. Για τέτοιες περιπτώσεις υπάρχουν φιλμ με συρρικνωτική μνήμη τα οποία μπορούν να εξα-

κολουθούν να συρρικνώνονται μαζί με το προϊόν. Έτσι, η συσκευασία δεν γίνεται χαλαρή, δε «σακουλιάζει».

- **Οι θερμοκρασίες κόλλησης και συρρίκνωσης.** Για προϊόντα ευαίσθητα στη θερμότητα καταβάλλονται προσπάθειες για την κατασκευή φιλμ που συρρικνώνονται και κολλούν σε όσο το δυνατόν χαμηλότερες θερμοκρασίες. Αυτό βέβαια επηρεάζεται τόσο από το πάχος όσο και την ταχύτητα συρρίκνωσης του φιλμ. Παράλληλα, η ταχύτητα παραγωγής αυξάνεται.

- **Άλλες διαφοροποιήσεις** αφορούν τις **μηχανικές ιδιότητες**. Όσο αυτοματοποιείται η διαδικασία της συσκευασίας, τόσο αυξάνονται και οι καταπονήσεις του υλικού και γι' αυτό χρησιμοποιούνται φιλμ με ενισχυμένες μηχανικές αντοχές (cross-linked), αντιστατικά, και με χαμηλούς συντελεστές τριβής.

Ένα συρρικνόμενο φιλμ μπορεί επίσης να απαιτείται να διαθέτει **αντιθαμβωτικές ιδιότητες** όπως στην περίπτωση νωπών προϊόντων τα οποία μετά τη συσκευασία προορίζονται είτε για ψύξη, είτε για κατάψυξη.

Σήμερα, οι Πολυολεφίνες μπορούν να προσφέρουν ποικιλία ιδιοτήτων ενώ η καταλληλότητά τους για άμεση επαφή με τρόφιμα τους δίνει τη δυνατότητα νέων εφαρμογών. Μια τέτοια είναι η χρήση θερμοσυρρικνούμενου/θερμοδιαμορφούμενου φιλμ για στεγανή συσκευασία νωπών προϊόντων εν κενώ σε μηχανές thermoforming και στη συνέχεια συρρίκνωσή του για άρτια εμφάνιση. Μια άλλη νέα εφαρμογή είναι η ταχεία συσκευασία πουλερικών απευθείας σε συρρικνόμενο φιλμ που δε φέρει διάτρηση και εξασφαλίζει απόλυτα στεγανές κολλήσεις σε ειδικές μηχανές τύπου flowpack με παράλληλη δημιουργία υποπίεσης και ακολουθούμενες από θάλαμο συρρίκνωσης.

Η **Kapelis packaging** εκπροσωπεί στην Ελλάδα τον υψηλής τεχνολογίας οίκο Syfan με μια σειρά προηγμένων φιλμ συρρίκνωσης POF. Διαθέτει επίσης τον αντίστοιχο μηχανολογικό εξοπλισμό και την κατάλληλη τεχνογνωσία για την παροχή ολοκληρωμένων λύσεων συσκευασίας.

