

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ & ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Παράγοντες που επηρεάζουν τη Συσκευασία Τροφίμων

Factors affecting Food Packaging

ΧΡΗΣΤΟΣ ΚΟΚΑΣ

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

Βασίλης Μουστάκης

Αριστομένης Αντωνιάδης

Νικόλαος Μπιλάλης

ΧΑΝΙΑ 2014

Στη μάνα μου, την “Καπετάνισσα” Βασίλω Κόκα,
και στη μνήμη του πατέρα μου, Βασίλη Κόκα.

... Όταν δεν υπάρχουν έτοιμοι δρόμοι να διαβείς,
χάραξε νέα μονοπάτια για να πορευτείς...

Ευχαριστίες

Δεδομένου ότι η ολοκλήρωση και η παράδοση μιας διπλωματικής εργασίας συνεπάγεται με το κλείσιμο ενός σπουδαίου κύκλο ζωής, αυτού των Φοιτητικών Χρόνων, αισθάνομαι την βαθύτατη ανάγκη να ευχαριστήσω όλους εκείνους τους ανθρώπους που συνέβαλαν στην επιτυχή ολοκλήρωση αυτού.

Πρώτα απ' όλα θα ήθελα να ευχαριστήσω ολόψυχα την οικογένεια μου για την -μετά κόπων και βασάνων- μακροχρόνια και καθημερινή στήριξή της. Είναι σίγουρο ότι χωρίς τη στήριξη αυτή θα ήταν αδύνατο να ζήσω όλο αυτό το ταξίδι. Τους είμαι πραγματικά ευγνώμων.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους εκείνους τους ανθρώπους -φίλους και εχθρούς- η συναναστροφή με τους οποίους μου δίδαξε, μεταξύ άλλων, πως αξίζει να πορεύεται κανείς με το κεφάλι ψηλά. Όχι από ειρωνεία ή εγωισμό, αλλά από περηφάνια και πάθος για ζωή.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Βασίλη Μουστάκη για την άψογη συνεργασία μας καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής, καθώς και τα άλλα δύο μέλη της τριμελούς εξεταστικής επιτροπής, τους καθηγητές Αριστομένη Αντωνιάδη και Νικόλαο Μπιλάλη.

Περιεχόμενα

Πρόλογος.....	13
---------------	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : Εισαγωγή

1.1 Ιστορική αναδρομή.....	15
1.2 Γενικός ορισμός της Συσκευασίας	18
1.3 Ορισμός-Λειτουργίες της Συσκευασίας Τροφίμων.....	19
1.3.1 Η συσκευασία ως περιέκτης.....	19
1.3.2 Η προστασία του προϊόντος.....	20
1.3.2.1 Μηχανικά αίτια.....	22
1.3.2.2 Φυσικοί παράγοντες.....	22
1.3.2.3 Βιολογικοί παράγοντες.....	27
1.3.3 Η διευκόλυνση του καταναλωτή και της εμπορίας του προϊόντος... ..	29
1.3.4 Η πληροφόρηση του καταναλωτή.....	31
1.3.5 Η προσέλκυση του καταναλωτή.....	33
1.3.6 Συσκευασία φιλική στο περιβάλλον.....	34
1.4 Αρνητικές επιπτώσεις από τη χρήση της Συσκευασίας Τροφίμων.....	34
1.4.1 Η αύξηση του κόστους.....	34
1.4.2 Μετανάστευση επικίνδυνων ουσιών στα τρόφιμα.....	36
1.4.3 Μόλυνση του περιβάλλοντος.....	37

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Χάρτινη Συσκευασία

2.1 Εισαγωγή.....	39
2.2 Παραγωγή και Ιδιότητες χαρτιού & χαρτονιού.....	40
2.3 Τύποι χαρτιού & χαρτονιού για συσκευασία τροφίμων.....	41
2.4 Είδη χάρτινης συσκευασίας.....	43
2.4.1 Χαρτοκιβώτια.....	44
2.4.2 Χάρτινα κουτιά.....	45
2.4.3 Σύνθετες κονσέρβες και κυλινδρικά δοχεία.....	46
2.4.4 Χάρτινοι χυτοί περιέκτες.....	47
2.5 Μετανάστευση ουσιών από τη χάρτινη συσκευασία.....	48
2.6 Ανακύκλωση χαρτιού & χαρτονιού.....	48

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Γυάλινη Συσκευασία

3.1 Εισαγωγή.....	49
3.2 Σύσταση, δομή και σύνθεση του γυαλιού.....	49
3.3 Ιδιότητες και χαρακτηριστικά της γυάλινης συσκευασίας.....	51
3.4 Γυάλινοι περιέκτες.....	53
3.4.1 Κατασκευή γυάλινων περιεκτών.....	54
3.4.2 Ποιοτικός έλεγχος γυάλινων περιεκτών.....	56
3.5 Πώματα γυάλινων περιεκτών.....	57
3.6 Σύγχρονες τάσεις στη γυάλινη συσκευασία.....	57

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Μεταλλική Συσκευασία

4.1 Εισαγωγή.....	59
4.2 Κύρια υλικά της μεταλλικής συσκευασίας.....	59
4.2.1 Λευκοσίδηρος.....	59
4.2.2 Επιχρωμιωμένος Χάλυβας.....	61
4.2.3 Αλουμίνιο.....	63
4.3 Κονσερβοκύττα.....	64
4.3.1 Κονσέρβες τριών τεμαχίων.....	65
4.3.2 Κονσέρβες δύο τεμαχίων.....	67
4.3.3 Άλλα μεταλλικά κουτιά.....	69
4.3.4 Βερνίκωμα κονσερβοκυτίων.....	70
4.4 Διάβρωση Μεταλλικής Συσκευασίας.....	71
4.4.1 Διαβρωτική ικανότητα τροφίμων.....	71
4.4.2 Εσωτερική διάβρωση κονσερβοκυτίων λευκοσιδήρου.....	72
4.4.3 Εξωτερική διάβρωση κονσερβοκυτίων λευκοσιδήρου.....	76
4.4.4 Διάβρωση κονσερβοκυτίων αλουμινίου.....	76
4.5 Ανακύκλωση μεταλλικής συσκευασίας.....	76

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Πλαστική Συσκευασία

5.1 Εισαγωγή.....	79
5.2 Βασικές διακρίσεις και ιδιότητες των πλαστικών.....	79
5.3 Τα πλαστικά ως υλικά συσκευασίας.....	80
5.4 Κύρια πλαστικά που χρησιμοποιούνται στη συσκευασία τροφίμων.....	82
5.5 Είδη πλαστικής συσκευασίας.....	85
5.5.1 Πλαστικές μεμβράνες.....	85
5.5.2 Εύκαμπτες πλαστικές συσκευασίες.....	87
5.5.2.1 Σάκοι και σακίδια.....	87
5.5.2.2 Σακούλα σε κουτί (bag-in-box).....	90
5.5.2.3 Συρρικνωμένη συσκευασία.....	90
5.5.2.4 Επιδερμική συσκευασία.....	91
5.5.3 Άκαμπτοι πλαστικοί περιέκτες.....	92
5.6 Μετανάστευση ουσιών από την πλαστική συσκευασία.....	92
5.7 Ανακύκλωση πλαστικής συσκευασίας.....	93

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: Συσκευασία Τροφίμων & Νέες Τεχνολογίες

6.1 Εισαγωγή.....	97
6.2 Ασηπτική συσκευασία.....	97
6.2.1 Χάρτινη ασηπτική συσκευασία.....	98
6.2.2 Πλαστική ασηπτική συσκευασία.....	101
6.2.3 Μεταλλική ασηπτική συσκευασία.....	101
6.2.4 Ποιοτικός έλεγχος ασηπτικής συσκευασίας.....	102

6.3 Συσκευασία Τροποποιημένης Ατμόσφαιρας (MAP).....	102
6.3.1 Υλικά που χρησιμοποιούνται στη MAP.....	104
6.3.2 Συσκευασία υπό κενό.....	106
6.3.3 Ποιοτικός έλεγχος της MAP.....	106
6.4 Ενεργός Συσκευασία.....	107
6.5 Έξυπνη συσκευασία.....	108

Πρόλογος

Η εξασφάλιση της τροφής αποτελεί μια από τις βασικότερες ανάγκες του ανθρώπου καθώς η ικανοποίηση της ανάγκης αυτής συνιστά απαραίτητη προϋπόθεση για την επιβίωσή του. Σε αυτό το καθημερινό και μακροχρόνιο αγώνα που η ιστορία του ξεκινάει από την εμφάνιση του ανθρωπίνου είδους και συνεχίζει δια μέσω των αιώνων μέχρι και σήμερα, η Συσσκευασία των Τροφίμων υπήρξε ένας πιστός σύμμαχος του ανθρώπου στην προσπάθειά του για την προστασία, την αποθήκευση, τη συντήρηση και τη διανομή των προϊόντων προς κατανάλωση.

Στην εποχή μας η Συσσκευασία των Τροφίμων είναι ένας ταχύτατα αναπτυσσόμενος διεπιστημονικός κλάδος της Επιστήμης και της Τεχνολογίας που απαρτίζεται από επιμέρους επιστήμες όπως είναι η Χημεία, η Μικροβιολογία και η Μηχανική των Τροφίμων. Κι αν αναλογιστεί κανείς ότι ο ρόλος της συσκευασίας δεν είναι μόνο η προστασία του συσκευασμένου προϊόντος αλλά είναι και η διευκόλυνση της εμπορίας του –ισχύει ένα παλιό ρητό που λέει ότι «η συσκευασία πρέπει να προστατεύει αυτό που πουλάει και να πουλάει αυτό που προστατεύει»- δε θα ήταν υπερβολή αν λέγαμε ότι και οι Μηχανικοί Παραγωγής & Διοίκησης μπορούν να παίξουν πρωταγωνιστικό ρόλο στον τομέα αυτό κατασκευάζοντας ποιοτικές συσκευασίες με χαμηλό κόστος που να διευκολύνουν την αποθήκευση και διανομή των προϊόντων, να προσελκύουν τους καταναλωτές και να είναι φιλικά στο περιβάλλον.

Στην παρούσα διπλωματική -η οποία βασίζεται κυρίως στα βιβλία των Ιωάννη Γ. Μπλούκα και Σπυρίδων Ε. Παπαδάκη με κοινό τίτλο «Συσσκευασία Τροφίμων, αλλά και την υπόλοιπη ελληνική και ξένη βιβλιογραφία όπως αυτή αναφέρεται στο τέλος κάθε κεφαλαίου- ο αναγνώστης θα βρει χρήσιμες πληροφορίες για όλες τις σύγχρονες λειτουργίες μιας συσκευασίας τροφίμων καθώς και για τις βασικές αρχές που πρέπει να τηρηθούν για την επιλογή της συσκευασίας που ενδείκνυται για ένα συγκεκριμένο προϊόν. Θα ενημερωθεί επίσης για όλα τα σύγχρονα υλικά που χρησιμοποιούνται στη συσκευασία των τροφίμων και συγκεκριμένα για το χαρτί/χαρτόνι, το γυαλί, τα μέταλλα και τα πλαστικά, για τις βασικές ιδιότητες αυτών, καθώς και για τους βασικούς τρόπους και μεθόδους επεξεργασίας τους για την κατασκευή των διαφόρων μέσων συσκευασίας. Τέλος, θα ενημερωθεί για πρόσφατες εξελίξεις και καινοτομίες που αφορούν τη δημιουργία συσκευασιών με τη χρήση νέων τεχνολογιών όπως είναι η ασηπτική επεξεργασία και συσκευασία, η συσκευασία σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα καθώς και η ενεργός και έξυπνη συσκευασία.

Χανιά, Φεβρουάριος 2014

Χρήστος Κόκας

1.1 Ιστορική Αναδρομή

Η ιστορία της συσκευασίας των τροφίμων χάνεται στα βάθη των αιώνων. Σαν μια πρώτη μορφή συσκευασίας μπορούμε να πούμε ότι ήταν οι **κορμοί**, οι **φλοιοί**, τα **φύλλα των δέντρων**, οι **πέτρες**, τα **κοχύλια**, τα **δέρματα**, τα **κέρατα ζώων** κ.α. Τα αντικείμενα αυτά χρησιμοποιήθηκαν ως υλικά συσκευασίας στις πρώτες κοινότητες και χρησίμευαν στην αποθήκευση αλλά και τη διατήρηση των τροφίμων τα οποία προέρχονταν κυρίως από το κυνήγι και την καλλιέργεια της γης. Ταυτόχρονα, στις πρώτες κοινότητες εφαρμόστηκαν και οι πρώτες μέθοδοι συντήρησης των προϊόντων διατροφής όπως το αλάτισμα, η ζύμωση, ο καπνισμός και η αφυδάτωση στον ήλιο.

Με την πάροδο του χρόνου, όταν ο άνθρωπος είχε πλέον κατακτήσει τα εργαλεία και τη γνώση για την επεξεργασία διάφορων υλικών τα οποία τα έβρισκε στη φύση σε καθαρή μορφή, άρχισε να τα χρησιμοποιεί για την κατασκευή τεχνητών περιεκτών οι οποίοι αποτέλεσαν την αρχή μιας στοιχειώδους συσκευασίας. Οι πρώτοι από αυτούς τους περιέκτες ήταν τα διάφορα **αγγεία** που κατασκευάστηκαν πριν από 8.000 χρόνια περίπου. Αργότερα κατασκευάστηκαν και άλλοι περιέκτες από υλικά όπως ο **μόλυβδος**, ο **χρυσός**, ο **άργυρος**, και τα διάφορα **υλικά ύφανσης**. Σημαντική προσθήκη στα διάφορα υλικά συσκευασίας υπήρξε το **γυαλί** και το **χαρτί** που χρονολογούνται μεταξύ του 4.000 και 2.000 π.Χ. Τέλος, η ανακάλυψη του φελλού περίπου το 600 π.Χ. συντέλεσε καθοριστικά στο κλείσιμο των περιεκτών και τη μείωση της επαφής των προϊόντων με το εξωτερικό περιβάλλον.

Από εκείνη την εποχή μέχρι και το τέλος της φεουδαρχικής κοινωνίας δεν υπήρξε κάποια αξιοσημείωτη εξέλιξη στην συσκευασία καθώς οι τρόποι και τα μέσα της συλλογής τροφίμων και γενικότερα οι τεχνικές και τεχνολογικές εφαρμογές σε όλους τους τομείς παρουσίαζαν μια «στασιμότητα». Παρόλα αυτά, κατά τη διάρκεια αυτών των αιώνων η συσκευασία των τροφίμων ήταν παρούσα σε κάθε μάχη της ανθρωπότητας εναντίον της πείνας.

Το πέρασμα της ανθρωπότητας στην καπιταλιστική κοινωνία σηματοδότησε μια νέα εποχή για την παραγωγή προϊόντων διατροφής και κατά συνέπεια και στην συσκευασία των προϊόντων αυτών. Η άνευ προηγουμένου ανάπτυξη της επιστήμης, των τεχνολογικών εφαρμογών και της παραγωγικότητας της εργασίας σε συνδυασμό με τις ανάγκες της νέας κοινωνίας οδήγησαν σε μια σειρά από καινοτομίες που άλλαξαν άρδην τους τρόπους, τις μεθόδους και τα μέσα συντήρησης, αποθήκευσης και διανομής των τροφίμων.

Από τότε, βασικοί σταθμοί για τη συσκευασία τροφίμων αποτέλεσαν [1]:

- Η ανακάλυψη του **λευκοσιδήρου** και η κατασκευή ερμητικά κλειστών κονσερβών στις αρχές του 19^{ου} αιώνα.
- Η κατασκευή **χαρτοσακούλας, κυματοειδούς χαρτονιού** και γενικότερα η μαζική χρήση **κουτιών από χαρτόνι**.
- Η ανακάλυψη των **πλαστικών** κατά τον Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο.
- Η κατασκευή των πρώτων **δίσκων αλουμινίου** για καταψυγμένα τρόφιμα τη δεκαετία του 60.
- Η κατασκευή **κονσερβών δύο τεμαχίων** για μύρα και ανθρακούχα αναψυκτικά.
- Η ανακάλυψη του **επιχρωμιωμένου χάλυβα** στην Ιαπωνία.
- Η **χάρτινη ασηπτική συσκευασία** της *Tetra Pak* για συσκευασία γάλακτος μακράς διάρκειας.
- Η κατασκευή των **πολύφυλλων μεμβρανών** (laminates) και των **μεμβρανών συνεξώθησης** (co extruded films), όπου πιθανότατα αποτελούν τη σημαντικότερη εξέλιξη των τελευταίων ετών.

Στην εποχή μας, όπου η παραγωγική διαδικασία είναι συντονισμένη και λειτουργεί σε παγκόσμια και πλανητική κλίμακα και χαρακτηρίζεται από την παραγωγή δεκάδων χιλιάδων τόνων τροφίμων -τα οποία τις περισσότερες φορές καταλήγουν πέρα από τα σύνορα της χώρας παραγωγής τους-, γίνεται φανερό η σπουδαιότητα της συσκευασίας αν αναλογιστεί κανείς όλο αυτό το «μακρύ ταξίδι» μέχρι το τελικό προϊόν να καταλήξει στο ράφι κάποιου super market και από εκεί στο τελικό προορισμό του, δηλαδή τον καταναλωτή. Και επειδή πολλές φορές η συσκευασία θεωρείται -λανθασμένα- ως αναγκαίο κακό ή ως άχρηστο κόστος, αρκεί κανείς να μελετήσει μια ενδιαφέρουσα έρευνα του *Ινστιτούτου Συσκευασίας* [2], [3]. Συγκεκριμένα, η έρευνα αναφέρει ότι στις υποανάπτυκτες χώρες -παρότι το επισιτιστικό πρόβλημα του πληθυσμού είναι αρκετά μεγάλο- εξαιτίας της έλλειψης κατάλληλων μέσων και υλικών συσκευασίας, της αδυναμίας εισαγωγής κατάλληλης τεχνολογίας, αλλά και της ανεπάρκειας του οδικού δικτύου, το 30-50% των παραγόμενων τροφίμων καταστρέφεται στους τόπους παραγωγής και δε φτάνει ποτέ στον καταναλωτή. Αντίθετα στην Ευρώπη, εξαιτίας και της συσκευασίας, το αντίστοιχο ποσοστό είναι μόνο 2-3%.

Πλέον, τα βασικά υλικά της συσκευασίας τροφίμων είναι το χαρτί/χαρτόνι (**χάρτινη συσκευασία**), το γυαλί (**γυάλινη συσκευασία**), τα μέταλλα (**μεταλλική συσκευασία**), τα πλαστικά (**πλαστική συσκευασία**), καθώς και διάφοροι συνδυασμοί εύκαμπτων υλικών (*laminates*). Στον Πίνακα 1.1 παρουσιάζονται συνοπτικά τα βασικότερα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των υλικών αυτών.

Υλικό	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Γυαλί	Διαφανές, δύσκαμπτο, αδρανές, αδιαπέραστο από υγρασία και αέρια	Εύθραυστο, βαρύ, περιορισμένα τα δυνατά σχήματα δοχείων
Μέταλλα	Ανθεκτικά, δύσκαμπτα, αδιαπέραστα από αέρια, υγρασία και φως. Αποστειρώνονται με ατμό υπό πίεση.	Περιορισμένα τα δυνατά σχήματα δοχείων. Δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε φούρνο μικροκυμάτων. Διαβρώνονται.
Πλαστικά	Ελαφριά, εύκολη μορφοποίηση, μεγάλη ποικιλία ιδιοτήτων.	Διαπερατά από αέρια, υγρασία και φως. Μικρή αντοχή σε θέρμανση.
Χαρτί & Χαρτόνι	Μορφοποιείται, διπλώνεται, συγκολλάται και τυπώνεται εύκολα.	Πολύ διαπερατό από υγρασία και αέρια
Laminates (συνδυασμοί εύκαμπτων υλικών)	Χρήσιμα όταν οι επιθυμητές ιδιότητες και το χαμηλό κόστος δεν μπορούν να επιτευχθούν με ένα και μόνο υλικό.	Δεν ανακυκλώνονται εύκολα.

Πίνακας 1.1 Τα βασικά υλικά συσκευασίας τροφίμων με τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους (Παπαδάκης 2010).

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται κάποια στατιστικά στοιχεία για την κατανάλωση υλικών συσκευασίας σε Ελλάδα και Ευρωπαϊκή Ένωση (Ε.Ε.). Στον Πίνακα 1.2 παρατηρούμε ότι η κατανάλωση σε χιλιάδες τόνους αν έτος στην Ελλάδα ήταν 838 το έτος 1998 και αυξήθηκε σε 974 το έτος 2002, ενώ αντίστοιχα στην Ε.Ε από 60.884 το έτος 1998 αυξήθηκε σε 64.876 το 2002. Όσον αφορά την κατανάλωση υλικών συσκευασίας ανά κάτοικο και έτος τη μεγαλύτερη είχε η Γαλλία (198 kg το 1998 και 206 kg το 2002) και τη μικρότερη η Ελλάδα (80 kg το 1998 και 94 το 2002).

	Σε χιλιάδες τόνους ανά έτος		Σε kg/κάτοικο/έτος	
	1998	2002	1998	2002
Ελλάδα	838	974	80	94
Ολικό για Ε.Ε των 15	60.884	64.876	170	176
Εύρος για Ε.Ε. των 15			80 - 198	94 - 206

Πίνακας 1.2 Κατανάλωση υλικών συσκευασίας σε Ελλάδα & Ε.Ε. (Παπαδάκης 2010).

Στον Πίνακα 1.3 παρουσιάζεται η κατανάλωση ανά είδος υλικού για την Ελλάδα το έτος 1998. Όπως είναι φανερό το υλικό με την μεγαλύτερη κατανάλωση από την

άποψη της μάζας είναι το χαρτί και το χαρτόνι. Ακολουθούν σε σειρά τα πλαστικά, το γυαλί, τα μέταλλα (λευκοσίδηρος και αλουμίνιο) και τέλος το ξύλο.

Υλικό	Μάζα σε χιλιάδες τόνους	Ποσοστό μάζας
Χαρτί & Χαρτόνι	340	40%
Πλαστικά	223,3	27%
Γυαλί	159	19%
Λευκοσίδηρος	56	7%
Αλουμίνιο	15,8	2%
Ξύλο	44	5%
Σύνολο	838,1	100%

Πίνακας 1.3 Καταναλωθέντα υλικά συσκευασίας στην Ελλάδα το 1998 (Παπαδάκης 2010).

1.2 Γενικός ορισμός της Συσκευασίας

Στην εγχώρια και διεθνή βιβλιογραφία υπάρχει πληθώρα ορισμών του όρου «συσκευασία». Οι ορισμοί αυτοί στην συντριπτική τους πλειοψηφία χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν και να προσδιορίσουν τόσο τη διαδικασία όσο και τα μέσα. Για παράδειγμα το Βρετανικό Ινστιτούτο Συσκευασίας ορίζει τη **συσκευασία ως διαδικασία** σαν [2], [4]:

- «Ένα συντονισμένο σύστημα προετοιμασίας των αγαθών για τη μεταφορά, διανομή, αποθήκευση, πώληση και χρήση τους».
- «Ένας τρόπος (και μέσον) διασφάλισης ασφαλούς διανομής των αγαθών σε καλή κατάσταση στον τελικό καταναλωτή με το ελάχιστο ολικό κόστος».
- «Μια τεχνοοικονομική διαδικασία που σκοπό έχει να ελαχιστοποιήσει το κόστος διανομής των αγαθών και να μεγιστοποιήσει τις πωλήσεις (και συνεπώς και τα κέρδη)».

Η **συσκευασία ως μέσο** ορίζεται βάσει του Νόμου 2939/01 [5] ως «κάθε προϊόν κατασκευασμένο από οποιοδήποτε είδος υλικού και προοριζόμενο να χρησιμοποιείται για να παρέχει αγαθά. Σκοπός της είναι η προστασία, διακίνηση, διάθεση και η παρουσίαση των αγαθών από τον παραγωγό μέχρι το χρήστη ή τον καταναλωτή».

Όπως εύκολα γίνεται αντιληπτό, οι παραπάνω ορισμοί δεν αφορούν αποκλειστικά τη συσκευασία τροφίμων αλλά αναφέρονται γενικά στη συσκευασία οποιουδήποτε εμπορικού προϊόντος, όπως για παράδειγμα τη συσκευασία μιας οικιακής

συσκευής. Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να τονιστεί ότι η συσκευασία των τροφίμων να μεν αποτελεί μια «συσκευασία» όπως όλων των άλλων εμπορικών προϊόντων, αλλά παράλληλα αποτελεί και μια «ιδιαιτέρη» συσκευασία λόγω ακριβώς της ιδιαιτερότητας των προϊόντων που συσκευάζουν, δηλαδή των τροφίμων.

1.3 Ορισμός – Λειτουργίες της Συσκευασίας Τροφίμων

Σαν **συσκευασία τροφίμων** (*food packaging*) μπορούμε να ορίσουμε «το σύνολο των δραστηριοτήτων που περιλαμβάνουν το σχεδιασμό, την κατασκευή, και την τοποθέτηση του προϊόντος σε κατάλληλο περιέκτη, ο οποίος: **α)** περιέχει το προϊόν σε πωλήσιμες ποσότητες, αποτρέπει τη νοθεία και διασφαλίζει τη γνησιότητά του, **β)** προστατεύει το προϊόν από εξωτερικούς παράγοντες και δεν αλληλεπιδρά αρνητικά μαζί του, **γ)** προσελκύει και ενημερώνει τον καταναλωτή με αποτέλεσμα να προωθηί τις πωλήσεις και να μεγιστοποιεί το κέρδος, **δ)** διευκολύνει την εμπορία του προϊόντος και **ε)** παρέχει άνεση στον καταναλωτή και συμβάλει στη διαχείριση των στερεών αποβλήτων με τη μικρότερη δυνατή επιβάρυνση του περιβάλλοντος» [1].

Ο παραπάνω ορισμός μας δείχνει ανάγλυφα πως το αντικείμενο της συσκευασίας τροφίμων είναι πολύ ευρύ καθώς σκοπός της δεν είναι μόνο η συσκευασία του προϊόντος και η προστασία του από τους εξωτερικούς παράγοντες, αλλά ταυτόχρονα αποτελεί μια τέχνη και επιστήμη με πολλαπλούς σκοπούς και στόχους. Όλα αυτά κάνουν το αντικείμενο της συσκευασίας τροφίμων να αποτελεί ένα πολύ δυναμικό κλάδο της βιομηχανίας με ταχύτατη εξέλιξη.

Στο σημείο αυτό, ας δούμε πιο αναλυτικά τις λειτουργίες που επιτελεί το αντικείμενο της συσκευασίας τροφίμων.

1.3.1 Η συσκευασία ως περιέκτης

Μια από τις πιο προφανής λειτουργίες της συσκευασίας -που τις περισσότερες φορές παραβλέπεται- είναι το γεγονός ότι συμβάλει στη **συγκράτηση** (*containment*) του περιεχόμενου προϊόντος. Δεν χρειάζεται να αναφέρουμε ότι χωρίς αυτή τη προφανή λειτουργία της συσκευασίας θα ήταν αδύνατη η μεταφορά υγρών τροφίμων όπως για παράδειγμα το λάδι, το γάλα, τα αναψυκτικά, τα αλκοολούχα ποτά κ.α. Κατά συνέπεια θα ήταν πολύ περιορισμένη έως και αδύνατη η δυνατότητα των ανθρώπων να συνάψουν εσωτερικές και διεθνής εμπορικές σχέσεις.

Η συσκευασία για να είναι κατάλληλη ως περιέκτης θα πρέπει να ικανοποιεί κάποια κριτήρια έτσι ώστε να εξασφαλίζει και την ακεραιότητα του συσκευασμένου προϊόντος αλλά και την «επιβίωση» του ίδιου. Για παράδειγμα θα πρέπει να είναι ανθεκτική στις καταπονήσεις, να μην αντιδρά με το συσκευασμένο προϊόν και μην δημιουργεί συνθήκες που να ευνοούν την ανάπτυξη μικροοργανισμών που θα έθεταν σε κίνδυνο την υγεία του καταναλωτή.

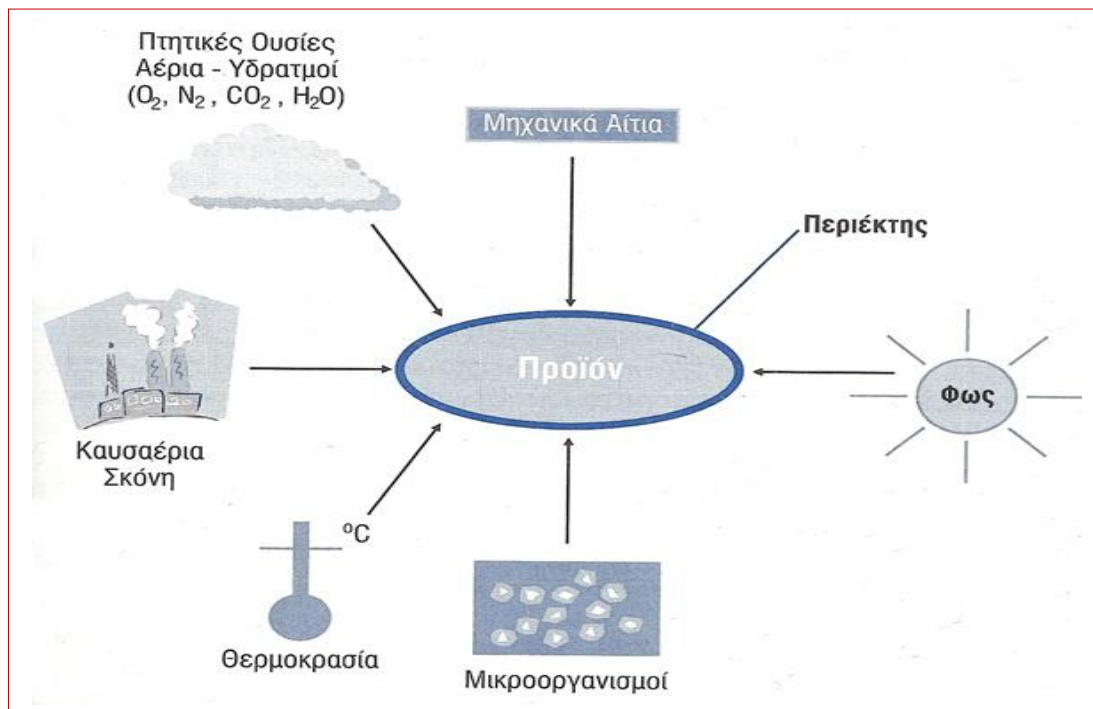
Τέλος, αξίζει να αναφέρουμε ότι η συσκευασία μοιράζει το προϊόν σε ομοιόμορφες πωλήσιμες μερίδες και εξασφαλίζει ότι αυτό δε θα αλλοιωθεί ποσοτικά μέχρι τη στιγμή που θα φτάσει στα χέρια του τελικού καταναλωτή.

1.3.2 Η προστασία του προϊόντος

Βασική λειτουργία της συσκευασίας των τροφίμων είναι να προστατεύει το συσκευασμένο προϊόν από πάσης φύσεως εξωτερικούς παράγοντες που μπορεί να το επηρεάσουν αρνητικά και να διατηρήσει την αρχική του ποιότητα -στο βαθμό που αυτό είναι δυνατό- μέχρι την κατανάλωσή του. Θα πρέπει να τονιστεί εδώ ότι η συσκευασία δε βελτιώνει ποιοτικά το συσκευασμένο προϊόν αλλά συμβάλει καθοριστικά στην επιβράδυνση της ποιοτικής του αλλοίωσης (εμφάνιση, υφή, άρωμα, χρώμα κ.α.) από τη στιγμή που θα συσκευαστεί μέχρι να φτάσει στα χέρια του καταναλωτή και καταναλωθεί.

Η προστασία που παρέχεται από τη συσκευασία στο συσκευασμένο τρόφιμο λέγεται **παθητική προστασία** καθώς αυτό λειτουργεί ως φράγμα (*barrier*) που σκεπάζει το προϊόν και το απομονώνει από το εξωτερικό του περιβάλλον (Σχήμα 1.1). Εκτός από παθητική, η συσκευασία μπορεί να παρέχει και **ενεργητική προστασία**. Αυτό συμβαίνει στις περιπτώσεις όπου η συσκευασία έχει άμεση σχέση με την τεχνολογία παραγωγής και συντήρησης των τροφίμων (π.χ. κονσερβοποίηση), ή παίζει ενεργό ρόλο στη συντήρησή τους. Ταυτόχρονα και οι δύο παραπάνω μορφές προστασίας συναντούνται στην ασηπτική συσκευασία (Ενότητα 6.2), στη μέθοδο της συσκευασίας σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα και της συσκευασίας υπό κενό (Ενότητα 6.3), καθώς και στην ενεργό συσκευασία (Ενότητα 6.4).

Επίσης, η συσκευασία παίζει σπουδαίο ρόλο στη προστασία του προϊόντος σε περιπτώσεις υποκλοπής και αλλοίωσης της ποσότητάς τους σε όλα τα στάδια της μακράς πορείας του. Για το σκοπό αυτό υπάρχουν ειδική μηχανισμοί που εγγυούνται στον καταναλωτή ότι τα προϊόντα είναι ακέραια και άθικτα, όπως ακριβώς συσκευάστηκαν στη μονάδα παραγωγής τους.



Σχήμα 1.1 Σχηματική απεικόνιση της παθητικής προστασίας που προσφέρει η συσκευασία στο συσκευασμένο προϊόν (Μπλούκας 2004).

Όσον αφορά τη προστασία του προϊόντος, για να επιλεγθεί η κατάλληλη συσκευασία θα πρέπει να ληφθούν υπ όψιν κάποιοι παράγοντες που έχουν να κάνουν τόσο με τη φυσική σύσταση του ίδιου του προϊόντος, όσο και με τους κινδύνους που μπορεί να προκαλέσουν την αλλοίωση της ποιότητάς ή ακόμη και την καταστροφή του περιέκτη. Οι παράγοντες που μπορεί να επηρεάσουν αρνητικά το συσκευασμένο προϊόν αλλά και τον ίδιο τον περιέκτη διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες και παρουσιάζονται συνοπτικά στον Πίνακα 1.4 [1].

Μηχανικά Αίτια	Φυσικοί παράγοντες	Βιολογικοί παράγοντες
Εφελκυσμός	Υγρασία	Μικροοργανισμοί
Συμπίεση	Οξυγόνο	- Βακτήρια
Σύνθλιψη	Φως	- Ζύμες
Ρήξη	Θερμοκρασία	- Μύκητες
Σπάσιμο	Πτητικές ουσίες	Έντομα
Σχίσσιμο	Καυσαέρια	Τρωκτικά
Πρόσκρουση	Σκόνη	

Πίνακας 1.4 Παράγοντες του περιβάλλοντος που μπορεί να επηρεάσουν αρνητικά το συσκευασμένο προϊόν καθώς και τον περιέκτη (Μπλούκας 2004).

1.3.2.1 Μηχανικά αίτια

Τα μηχανικά αίτια μπορεί να προκαλέσουν ανεπανόρθωτες μηχανικές φθορές, όπως για παράδειγμα το σπάσιμο του κελύφους των αυγών, ο θρυμματισμός των μπισκότων, το χτύπημα των φρούτων κ.α., και να μειώσουν την ποιοτική αλλά και εμπορική αξία του προϊόντος. Οι ζημιές αυτές μπορεί να προέλθουν από δονήσεις, προσκρούσεις, κραδασμούς, χτυπήματα καθώς και άλλες μηχανικές καταπονήσεις κατά τη διάρκεια της μεταφοράς των προϊόντων με τα διάφορα μέσα, κατά τη διάρκεια των φορτώσεων και εκφορτώσεων αλλά και κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης όπου συνήθως τα προϊόντα είναι τοποθετημένα το ένα πάνω στο άλλο.

Για το λόγο αυτό, η επιλογή κατάλληλης συσκευασίας μπορεί να λειτουργήσει σαν ασπίδα προστασίας και να μειώσει σημαντικά την πιθανότητα αλλοίωσης του τροφίμου από μηχανικές καταπονήσεις. Προφανώς, για να γίνει αυτό θα πρέπει να έχουμε γνώση της ευαισθησίας του προϊόντος στις διάφορες μηχανικές καταπονήσεις αλλά και το είδος των καταπονήσεων που πιθανόν θα υποστεί κατά τη διάρκεια της παραγωγής, μετακίνησης και αποθήκευσης του.

Τέλος, θα πρέπει να έχουμε γνώση των μηχανικών ιδιοτήτων του υλικού της συσκευασίας και με βάση τις ιδιότητες αυτές να ληφθούν οι βέλτιστες αποφάσεις. Για παράδειγμα η φθορές από τη συμπίεση μπορούν να αποφευχθούν αν επιλέξουμε για συσκευασία υλικά τα οποία είναι ισχυρά και άκαμπτα όπως το γυαλί, τα μέταλλα και το ξύλο. Επίσης, οι φθορές από τα χτυπήματα και τους κραδασμούς μπορούν να αποφευχθούν με την επιλογή μια «σφικτής» συσκευασίας που να παρεμποδίζει την ελεύθερη κίνηση του προϊόντος, καθώς και με την επιπλέον προσθήκη στη συσκευασία υλικών όπως τα αφρώδη πλαστικά, το κυματοειδές χαρτόνι και το μαλακό χαρτί.

1.3.2.2 Φυσικοί παράγοντες

Εδώ αναφερόμαστε σε παράγοντες όπως είναι η υγρασία, το οξυγόνο, το φως, η θερμοκρασία καθώς και σε διάφορα αέρια του περιβάλλοντος που μπορεί να προκαλέσουν σημαντική φθορά στον περιέκτη και κυρίως να μεταβάλλουν τη σύνθεση καθώς και τα φυσικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του ίδιου του συσκευασμένου προϊόντος σε βαθμό που να θέτει σε κίνδυνο την υγεία των καταναλωτών. Η επίδραση των παραγόντων αυτών καθώς και οι πιθανοί τρόποι αντιμετώπισής τους αναλυτικά έχουν ως εξής:

A. Υγρασία

Όσον αφορά την **υγρασία**, η βέλτιστη συσκευασία είναι αυτή που παρεμποδίζει τη πρόσληψη και αποβολή της υγρασίας από και προς το περιβάλλον αντίστοιχα. Φυσικά αυτό δεν αποτελεί γενικά κανόνα αλλά σχετίζεται άμεσα με τις ιδιότητες του συσκευασμένου προϊόντος.

Έτσι, υπάρχουν τρόφιμα -όπως είναι για παράδειγμα το κρέας και το τυρί- τα οποία έχουν υψηλές περιεκτικότητες ύδατος και αποβάλλουν υγρασία στο περιβάλλον, με αποτέλεσμα την απώλεια βάρους και την αλλοίωση της ποιότητας τους όσον αφορά τη γεύση, την υφή και την εμφάνιση. Αντίστοιχα, υπάρχουν τρόφιμα -όπως είναι τα μπισκότα, τα πατατάκια, τα γαριδάκια κ.λ.π.- τα οποία έχουν χαμηλές περιεκτικότητες ύδατος και προσλαμβάνουν υγρασία από περιβάλλον, με αποτέλεσμα να χάσουν την τραγανότητά τους. Και στις δύο αυτές περιπτώσεις απαιτούνται συσκευασίες που να παρεμποδίζουν την αποβολή και πρόσληψη της υγρασίας, δηλαδή να είναι αδιαπέραστες από υδρατμούς και προφανώς να είναι ερμητικά κλειστές.

Αντίθετα, υπάρχουν τρόφιμα που πρέπει να συσκευάζονται σε συσκευασίες οι οποίες να επιτρέπουν την ελεγχόμενη διέλευση των υδρατμών. Κλασικό παράδειγμα σε αυτό αποτελούν αρκετά φρούτα και λαχανικά τα οποία συνεχίζουν την αναπνευστική τους λειτουργία για αρκετό καιρό μετά τη συγκομιδή τους και επιβάλλεται να συσκευάζονται σε τέτοιες συσκευασίες καθώς σε αντίθετη περίπτωση οι υδρατμοί θα «εγκλωβιστούν» στο εσωτερικό της συσκευασίας με αποτέλεσμα την εμφάνιση και ανάπτυξη ανεπιθύμητων μυκήτων (μούχλας κ.λ.π).

Τέλος, μπορούμε να πούμε ότι όταν η διέλευση ατμών και αερίων δεν είναι επιθυμητή, κατά κανόνα χρησιμοποιούνται συσκευασίες από μέταλλα, γυαλί, αλλά και ειδικές εύκαμπτες πλαστικές μεμβράνες. Στην αντίθετη περίπτωση, σαν υλικά συσκευασίας χρησιμοποιούνται ημι-διαπερατές πλαστικές μεμβράνες.

B. Οξυγόνο

Η παρουσία του οξυγόνου επιδρά αρνητικά στην ποιότητα των τροφίμων λόγω των αντιδράσεων οξείδωσης που προκαλεί και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία ανεπιθύμητων μεταβολών στη γεύση, το χρώμα, την οσμή, τη θρεπτική αξία και πολλές φορές στα ίδια τα φυσικά χαρακτηριστικά τους.

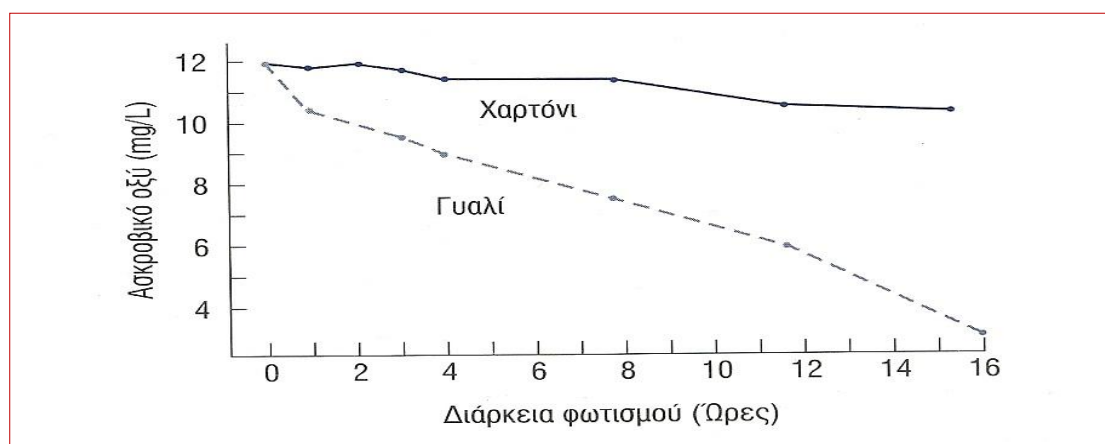
Σημαντική ευαισθησία στην οξείδωση παρουσιάζουν τα τρόφιμα τα οποία είναι πλούσια σε ακόρεστα λιπαρά οξέα καθώς και τα αφυδατωμένα και λυοφιλιωμένα [6] προϊόντα. Με την επιλογή της κατάλληλης συσκευασίας μπορούμε να μειώσουμε σε σημαντικό βαθμό τις αρνητικές επιδράσεις του οξυγόνου στην ποιότητα των τροφίμων και να πετύχουμε τη μέγιστη δυνατή διάρκεια συντήρησής τους. Όπως είναι φυσικό, για να το πετύχουμε αυτό απαιτείται να έχουμε καλή γνώση της συμπεριφοράς του εκάστοτε προϊόντος στην επίδραση του οξυγόνου.

Οι διάφορες μέθοδοι και τεχνικές συσκευασίας που χρησιμοποιούνται προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί η αρνητική επίδραση του οξυγόνου στα τρόφιμα είναι η **συσκευασία σακούλας σε κουτί** (*bag-in-box*) (Ενότητα 5.5.2), τα **σωληνάκια αλουμινίου** τύπου οδοντόπαστας (Ενότητα 6.3), η **συσκευασία υπό κενό**, η **συσκευασία σε τροποποιημένη ατμόσφαιρά**, καθώς και η **ενεργός συσκευασία** (Κεφάλαιο 6) [1].

Γ. Φως

Ένας επιπλέον παράγοντας ο οποίος αλλιώνει και υποβαθμίζει την ποιότητα των τροφίμων είναι το ηλιακό φως, ιδιαίτερα όταν αυτό βρίσκεται στο φάσμα του ορατού μπλε (440-500nm) και της υπεριώδους ακτινοβολίας (UV, 60-380 nm). Πιο συγκεκριμένα η παρατεταμένη έκθεσή των τροφίμων στο φως μπορεί να προκαλέσει αλλοίωση του χρώματος, ανάπτυξη δυσάρεστων οσμών, καταστροφή των βιταμινών και αμινοξέων άρα μείωση της θρεπτικής τους αξίας, καθώς και τάγγιση (οξειδωση των λιπών και των ελαίων) [7]. Φυσικά, ο βαθμός της ποιοτικής υποβάθμισης του τροφίμου από την επίδραση του φωτός εξαρτάται άμεσα από το χρόνο της έκθεσης του σε αυτό αλλά και από την ίδια τη φύση του προϊόντος.

Θα πρέπει, επίσης, να τονιστεί ότι η παρατεταμένη έκθεση στο φως δεν επιδρά αρνητικά μόνο στο συσκευασμένο προϊόν αλλά επηρεάζει αρνητικά και την ίδια τη συσκευασία. Το πρώτο στάδιο της αλλοίωσης της συσκευασίας από την επίδραση του φωτός είναι το ξεθώριασμα και ο αποχρωματισμός της, και στη συνέχεια η υποβάθμισή του κλιμακώνεται με τελικό αποτέλεσμα την απώλεια της ικανότητάς του να προστατεύσει το συσκευασμένο προϊόν. Τα υλικά συσκευασίας που είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα στο φως είναι κυρίως το χαρτί και οι διαφανείς μεμβράνες. Στο Σχήμα 1.2 παρουσιάζεται ένα γράφημα που δείχνει την επίδραση του φωτός στην περιεκτικότητα του παστεριωμένου γάλακτος σε ασκορβικό οξύ (βιταμίνη C) στην περίπτωση που η συσκευασία είναι από χαρτόνι και στην περίπτωση που είναι από γυαλί.



Σχήμα 1.2 Επίδραση του φωτός και της συσκευασίας στην περιεκτικότητα του παστεριωμένου γάλακτος σε ασκορβικό οξύ (Μπλούκας 2004).

Η ένταση του φωτός που διαπερνά το υλικό συσκευασίας (T_p) δίνεται από το νόμο του *Beer-Lambert* από τη σχέση:

$$T_p = I_0 * e^{-kx} \quad (1.1)$$

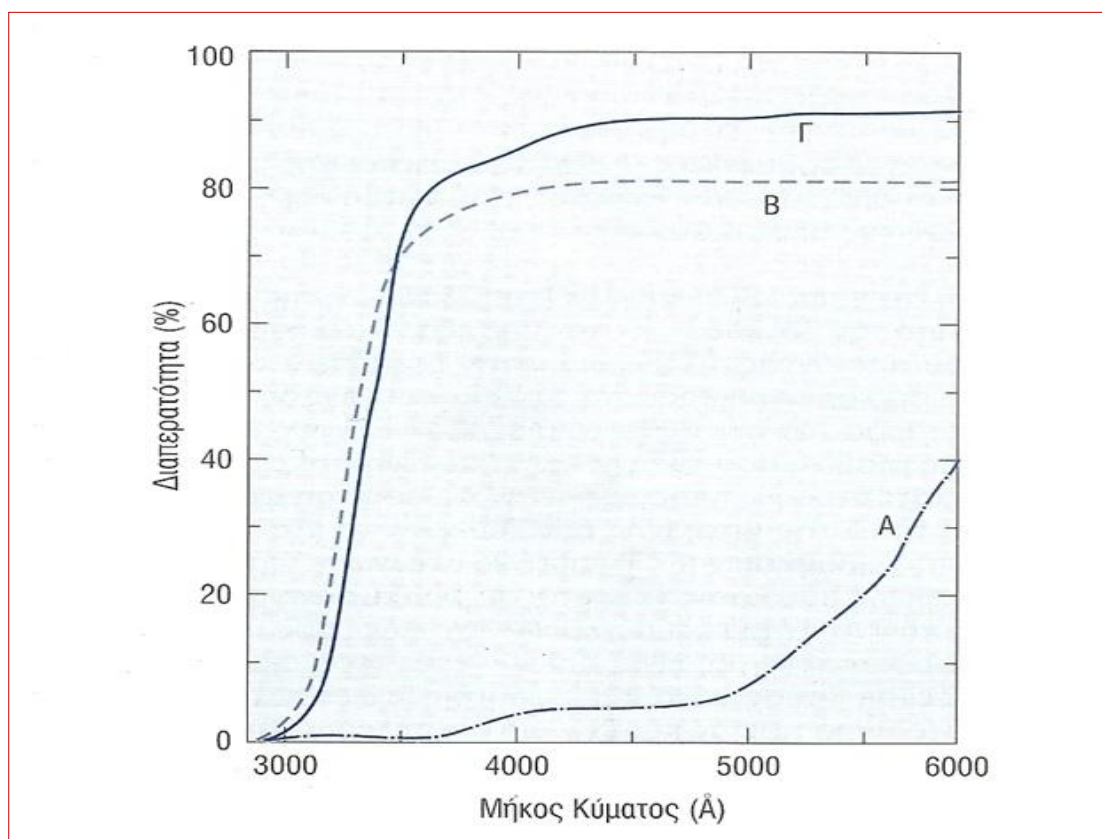
Όπου:

I_0 = η ένταση του φωτός που προσπίπτει στο συσκευασμένο προϊόν,

k = η σταθερά απορρόφησης, η οποία εξαρτάται από το υλικό συσκευασίας και από το μήκος κύματος του φωτός και

x = το πάχος του υλικού συσκευασίας.

Για να προστατευτούν τα συσκευασμένα τρόφιμα από τις αρνητικές επιδράσεις του φωτός χρησιμοποιούνται συσκευασίες οι οποίες είναι είτε αδιαφανείς, είτε έγχρωμες, είτε επικαλυμμένες με υλικά και ουσίες που εμποδίζουν την διέλευση φωτός μικρού μήκους κύματος (π.χ. φιάλες μπύρας). Στο Σχήμα 1.3 φαίνεται η διαπερατότητα του φωτός σε τρεις διαφορετικούς τύπους γυαλιού σε διαφορετικά μήκη κύματος.



Σχήμα 1.3 Διαπερατότητα του φωτός μέσα από τρεις τύπους γυαλιού. Α= Φιάλη μπύρας χρώματος amber, Β= Διαφανής φιάλη γάλακτος, Γ= Γυαλί παραθύρου, (Μπλούκας 2004).

Δ. Θερμοκρασία

Κατά κανόνα η θερμοκρασία είναι ένας παράγοντας η επίδραση της οποίας επηρεάζει τους διάφορους φυσικούς και βιολογικούς παράγοντες και επιταχύνει τις αντίστοιχες διαδικασίες αλλοίωσης της ποιότητας του προϊόντος. Όσον αφορά τον παράγοντα αυτό, για την επιλογή της κατάλληλης συσκευασίας θα πρέπει να γνωρίζουμε μια σειρά από ενέργειες που σχετίζονται με τον τρόπο παραγωγής των τροφίμων μέχρι τις ειδικές συνθήκες διατήρησής τους.

Για παράδειγμα υπάρχουν τρόφιμα τα οποία κατά το στάδιο παραγωγής τους είναι ήδη συσκευασμένα αλλά απαιτείται να υποστούν επιπλέον θερμική επεξεργασία ή ψύξη. Σε αυτή τη περίπτωση, για να διατηρηθεί ακέραιος ο περιέκτης θα πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη η θερμική του αγωγιμότητα και η αντοχή του στις μεταβολές της θερμοκρασίας. Η ιδιότητα αυτή αποκτά ιδιαίτερη σημασία στην περίπτωση των γυάλινων υλικών, τα οποία ναί μεν έχουν μεγάλη αντοχή στις υψηλές θερμοκρασίες όχι όμως και στις απότομες μεταβολές της.

Αντίστοιχη θα πρέπει να είναι και η γνώση μας για τις ιδιαίτερες συνθήκες διατήρησης των προϊόντων. Για παράδειγμα τα τρόφιμα τα οποία επιβάλλεται να διατηρούνται υπό κατάψυξη, θα πρέπει να είναι συσκευασμένα σε περιέκτες που είναι ανθεκτικοί στις χαμηλές θερμοκρασίες. Σε αυτή τη περίπτωση σημαντική προστασία παρέχουν οι περιέκτες από αφρώδες πλαστικό.

Γενικά, η θερμική μόνωση που παρέχει ο περιέκτης στο συσκευασμένο τρόφιμο εξαρτάται από το πάχος του, από τη δυνατότητά του να αντιστακτά τη θερμότητα, και από τη θερμική του αγωγιμότητα.

Ε. Πτητικές Ουσίες

Οι πτητικές ουσίες είναι συνθετικές και φυσικές ουσίες οι οποίες εκλύονται -κυρίως λόγω εξάτμισης σε κανονικές συνθήκες- από προϊόντα και υλικά καθημερινής χρήσης αλλά ακόμη και από την ίδια τη συσκευασία.

Πολλά τρόφιμα τα οποία είναι πλούσια σε λίπη, όπως είναι το κρέας, τα αυγά, το βούτυρο κ.α. έχουν την τάση να απορροφούν δυσάρεστες οσμές από το περιβάλλον. Οι οσμές αυτές προσλαμβάνονται από καύσιμα, χρώματα, βερνίκια και διάφορα άλλα υλικά που βρίσκονται στο περιβάλλον αυτών των τροφίμων με αποτέλεσμα την ποιοτική τους.

Επιπλέον, υπάρχουν τρόφιμα τα οποία έχουν ένα χαρακτηριστικό φυσικό άρωμα (π.χ. καφές, φυσικοί χυμοί φρούτων, μπαχαρικά κ.α.) το οποίο αν δε το διατηρήσουν υποβαθμίζονται ποιοτικά. Για την συσκευασία αυτών των τροφίμων απαιτούνται συσκευασίες οι οποίες να είναι ερμητικά κλειστές και στεγανές στις πτητικές ουσίες έτσι ώστε να κατορθώσουν να διατηρήσουν το άρωμά τους.

Και για τις δύο παραπάνω περιπτώσεις, όταν δηλαδή η διέλευση αερίων από και προς το περιβάλλον είναι ανεπιθύμητη, ως κατάλληλα υλικά συσκευασίας θεωρούνται κυρίως τα γυάλινα και τα μεταλλικά δοχεία τα οποία είναι κατάλληλα σφραγισμένα, καθώς και ειδικές εύκαμπτες πλαστικές μεμβράνες.

1.3.2.3 Βιολογικοί παράγοντες

Οι κύριοι βιολογικοί παράγοντες που μπορεί να προκαλέσουν αλλοίωση της συσκευασίας και υποβάθμιση της ποιότητας των τροφίμων με οδυνηρές, πολλές φορές, συνέπειες για τους καταναλωτές, είναι κυρίως οι διάφοροι μικροοργανισμοί (βακτήρια, ζύμες, μύκητες κ.α.), τα έντομα και τα τρωκτικά. Αναλυτικότερα:

A. Μικροοργανισμοί

Η προστασία από τη δράση και ανάπτυξη των μικροοργανισμών που προσφέρει η συσκευασία στο συσκευασμένο τρόφιμο είναι μια από τις σημαντικότερες λειτουργίες της καθώς σχεδόν όλα τα τρόφιμα μπορούν προσβληθούν από τους μικροοργανισμούς με αποτέλεσμα να τίθεται σε κίνδυνο η υγεία των καταναλωτών από τροφικές δηλητηριάσεις κ.λ.π.

Κατά κανόνα οι μικροοργανισμοί όταν εμφανιστούν στα τρόφιμα αρχίζουν να καταναλώνουν τα θρεπτικά του συστατικά και παράγουν διάφορες επικίνδυνες ουσίες μεταβολισμού τα οποία μπορούν να αλλοιώσουν την ποιότητα των τροφίμων. Βέβαια, υπάρχουν περιπτώσεις όπου η δραστηριότητα των μικροοργανισμών μπορεί να είναι και επωφελής για τα τρόφιμα (π.χ. τα προϊόντα ζύμωσης). Γενικά, η πιθανότητα εμφάνισης και ανάπτυξης των μικροοργανισμών στα τρόφιμα αλλά και η ευαισθησία των τροφίμων σε αυτούς εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τα φυσικά τους χαρακτηριστικά καθώς και από τις ιδιαίτερες συνθήκες συντήρησής τους.

Στις περιπτώσεις όπου τα τρόφιμα έχουν αποστειρωθεί με διάφορες μεθόδους (π.χ. θερμική επεξεργασία), όπως τα κονσερβοποιημένα τρόφιμα, η συσκευασία παίζει σπουδαίο ρόλο καθώς θα πρέπει να αποφευχθεί οπωσδήποτε η μετέπειτα μικροβιακή τους επιμόλυνση. Σε αυτές τις περιπτώσεις ως κατάλληλα υλικά συσκευασίας είναι τα μέταλλα, το γυαλί, τα πλαστικά σακίδια (*plastic pouches*), καθώς και τα *laminates* (συνδυασμοί εύκαμπτων υλικών). Φυσικά, οποιαδήποτε από τις παραπάνω συσκευασίες επιλεχτεί θα πρέπει να εξασφαλίζει το ερμητικό της κλείσιμο.

Αντίθετα, στις περιπτώσεις όπου τα τρόφιμα συντηρούνται με συντηρητικά, με κατάψυξη, με ξήρανση ή κάπνισμα, ο ρόλος της συσκευασίας δεν είναι τόσο

σημαντικός. Αυτό, βέβαια, δε σημαίνει ότι δεν πρέπει να παρέχει μια στοιχειώδη προστασία από τους παράγοντες αυτούς.

Τέλος, ιδιαίτερος είναι ο ρόλος της συσκευασίας ενάντια στη δράση των μικροοργανισμών στις περιπτώσεις όπου εφαρμόζεται ασηπτική επεξεργασία (Ενότητα 6.2), συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας και συντήρηση υπό κενό (Ενότητα 6.3).

B. Έντομα

Τα έντομα αποτελούν κάποιους επιπλέον βιολογικούς παράγοντες οι οποίοι ενδέχεται την υποβαθμίσουν τα προϊόντα. Η υποβάθμιση των τροφίμων από τα έντομα είναι πολλαπλή και σε κάθε περίπτωση αποτελούν έναν παράγοντα ο οποίος είναι ανεπιθύμητος και για τους καταναλωτές αλλά και για τους παραγωγούς.

Η επαφή των εντόμων με το συσκευασμένο τρόφιμο ενδέχεται να επιφέρει αρνητικές επιπτώσεις στην ποιότητα του καθώς του μεταφέρουν διάφορες ακαθαρσίες, οσμές αλλά και παθογόνους μικροοργανισμούς. Σημειώνεται ότι κάθε χρόνο έχουμε μεγάλες απώλειες τροφίμων λόγω της προσβολής τους από τα έντομα. Εκτός, όμως, από την ποιοτική υποβάθμιση των προϊόντων τα έντομα προκαλούν και εμπορική υποβάθμιση καθώς στην πλειοψηφία των καταναλωτών η εμφάνισή τους δεν αποτελεί και τόσο ευχάριστη είδηση.

Τα έντομα μπορούν να έρθουν σε επαφή με το συσκευασμένο προϊόν με ποικίλους τρόπους, οι οποίοι όμως μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε τρεις κατηγορίες. Έτσι, υπάρχουν έντομα τα οποία βρίσκονται στα τρόφιμα με τη μορφή αυγών, νυμφών κ.λ.π. πριν αυτά συσκευαστούν. Επίσης, υπάρχουν έντομα τα οποία εισέρχονται στο συσκευασμένο τρόφιμο από υπάρχουσες σχισμές, οπές, ατέλειες κλεισίματος κ.τ.λ. Τέλος, υπάρχουν έντομα τα οποία για να έρθουν σε επαφή με το προϊόν τρυπάνε την συσκευασία του και εισέρχονται στο εσωτερικό του.

Για την αποφυγή της επαφής των τροφίμων με τα έντομα, και στις τρεις παραπάνω περιπτώσεις, πρέπει το προϊόν να συσκευάζεται απαλλαγμένο από τα αυγά τους σε συσκευασίες οι οποίες να είναι ερμητικά κλειστές και να πληρούν τις απαιτήσεις του ποιοτικού τους ελέγχου. Κατά κανόνα πλήρη προστασία από τα έντομα παρέχουν οι συσκευασίες που το υλικό κατασκευής τους είναι από μέταλλο, γυαλί και κεραμικά. Όλα τα άλλα υλικά, αργά ή γρήγορα, είναι επιρρεπή στην παρουσία τους. Στον Πίνακα 1.5 παρουσιάζεται η μέση διάρκεια ζωής σε εβδομάδες διαφόρων υλικών συσκευασίας, όταν αυτά διατηρηθούν σε ακατάλληλους χώρους και προσβληθούν από έντομα.

Πίνακας 1.5

Ανθεκτικότητα των μέσων συσκευασίας στις προσβολές των εντόμων (Μπλούκας 2004)

Είδος Συσκευασίας	Διάρκεια Ζωής*
Χαρτί	<1
Πολυαιθυλένιο	3-4
Πολυεστέρας (Mylar)	6-8
Πολύφυλλη μεμβράνη από πλαστικό και χαρτί	6-8
Πολύφυλλη μεμβράνη με φύλλο αλουμινίου	>12

*Σε εβδομάδες μέχρι την καταστροφή του περιέκτη από τα έντομα

Επιπλέον, έχει ιδιαίτερη σημασία να αναφέρουμε ότι για την αποφυγή της επαφής των τροφίμων με τα έντομα, εκτός από τη συσκευασία, σπουδαίο ρόλο παίζει και ο χώρος διατήρησης και αποθήκευσης των προϊόντων γιατί κατά κανόνα εκεί είναι που προσβάλλονται. Έτσι, οι χώροι αυτοί θα πρέπει είναι μονίμως καθαροί και να πληρούν της απαραίτητες συνθήκες υγιεινής.

Γ. Τρωκτικά

Αντίστοιχη περίπτωση με τα έντομα είναι και τα τρωκτικά. Τα τρωκτικά προσβάλλουν τα συσκευασμένα τρόφιμα κυρίως επειδή καταφέρνουν να τρυπήσουν την συσκευασία τους με τα ισχυρά τους δόντια. Πλήρη προστασία από τα τρωκτικά μπορούν να εξασφαλίσουν μόνο οι μεταλλικές και οι γυάλινες συσκευασίες. Φυσικά, και σε αυτή την περίπτωση οι συνθήκες υγιεινής στους χώρους αποθήκευσης παίζουν καθοριστικό ρόλο στη προστασία των προϊόντων.

1.3.3 Η διευκόλυνση του καταναλωτή και της εμπορίας του προϊόντος

Δύο, επίσης, πολύ βασικές λειτουργίες της συσκευασίας τροφίμων είναι η διευκόλυνση του καταναλωτή και η διευκόλυνση της εμπορίας του προϊόντος. Οι δύο αυτές λειτουργίες ουσιαστικά είναι ενιαίες και πρέπει να λαμβάνονται σοβαρά υπόψη κατά το στάδιο της μελέτης και του σχεδιασμού των συσκευασιών έτσι ώστε να προκύψει μια συσκευασία που να ικανοποιεί στο βέλτιστο της ανάγκες αυτές με το χαμηλότερο δυνατό κόστος.

Στην εποχή μας όπου κυριαρχεί η παγκοσμιοποιημένη παραγωγή και το εμπόριο έχει λάβει διεθνής διαστάσεις, για τη διευκόλυνση της εμπορίας του θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη όλα τα στάδια που περνάει το προϊόν μέχρι να φτάσει στον τελικό καταναλωτή σε όποιο σημείο του κόσμου κι αν βρίσκεται αυτός. Έτσι η συσκευασία θα πρέπει να είναι σχεδιασμένη ώστε να διευκολύνει όλη τη

διαδικασία της παραγωγής του προϊόντος, τη διακίνησή του με αυτοκίνητα, τρένα, αεροπλάνα, κοντέινερ σε πλοία κ.λ.π., την αποθήκευσή του στους διάφορους αποθηκευτικούς χώρους, και τέλος την τελική του πώληση στα διάφορα καταστήματα.

Όταν η συσκευασία τελειώσει την πρώτη της «αποστολή», θα πρέπει να είναι έτοιμη για το επόμενο και πιο κρίσιμο βήμα, δηλαδή τη διευκόλυνση του καταναλωτή κατά τη διάρκεια της αγοράς, της μεταφοράς, της αποθήκευσης, της προετοιμασίας και της τελικής χρήσης του προϊόντος για κατανάλωση, λαμβάνοντας βέβαια υπόψη τις οικονομικές δυνατότητες των καταναλωτών που απευθύνονται. Ήδη κατά τη διάρκεια της αγοράς η συσκευασία εξοικονομεί πολύτιμο χρόνο στον πελάτη καθώς το προϊόν δε χρειάζεται ούτε να ζυγιστεί ούτε να τυλιχτεί. Άλλα στοιχεία της συσκευασίας που διευκολύνουν τον καταναλωτή είναι οι λαβές μεταφοράς για ευκολότερη μετακίνηση, τα κατάλληλα μεγέθη και σχήματα για ευκολότερη αποθήκευση στο ψυγείο, στα ράφια κ.λ.π., οι μηχανισμοί εύκολου ανοίγματος και κλεισίματος, η δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης του περιέκτη, η δυνατότητα θέρμανσης σε φούρνο μικροκυμάτων κ.α.

Για μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα στις παραπάνω λειτουργίες και για βέλτιστη ικανοποίηση των αναγκών αυτών, υπάρχουν διάφορες κατηγορίες συσκευασιών. Έτσι, ανάλογα με το «επίπεδο» της συσκευασίας έχουμε τις εξής κατηγορίες:

- Πρωτογενής συσκευασία
- Δευτερογενής συσκευασία
- Τριτογενής συσκευασία

Με βάση το Νόμο 2939/01 [5], «**πρωτογενής** (*primary package* ή συσκευασία προς πώληση) είναι η συσκευασία που αποτελεί, στο σημείο αγοράς, χωριστή μονάδα προς πώληση στον τελικό χρήστη ή καταναλωτή. **Δευτερογενής** (*secondary package* ή ομαδοποιημένη συσκευασία) είναι η συσκευασία που αποτελεί, στο σημείο αγοράς, σύνολο ορισμένου αριθμού μονάδων προς πώληση, είτε αυτές πωλούνται ως έχουν στον τελικό χρήστη ή καταναλωτή, είτε χρησιμεύουν μόνο για την πλήρωση των εκθετηρίων στο σημείο πώλησης. **Τριτογενής** (*tertiary package* ή συσκευασία μεταφοράς) είναι η συσκευασία που διευκολύνει τη διακίνηση και μεταφορά αριθμού μονάδων προς πώληση ή ομαδοποιημένων συσκευασιών, προκειμένου να αποφεύγεται η δια χειρός μετακίνηση και οι ζημιές κατά την μεταφορά» [2].

Επιπλέον, από την άποψη της διευκόλυνσης του καταναλωτή, μπορούμε να διακρίνουμε την πρωτογενή συσκευασία σε:

- Ατομική
- Οικογενειακή

- Οικονομική
- Συσκευασία απλής χρήσεως
- Συσκευασία πολλαπλής χρήσεως

Ατομική συσκευασία ονομάζεται η συσκευασία που απευθύνεται αποκλειστικά σε ένα άτομο και περιέχει μια μικρή ποσότητα προϊόντος (π.χ. τα φακελάκια ζάχαρης για το καφέ). Ως **οικογενειακή συσκευασία** ονομάζεται η συσκευασία που δεν απευθύνεται αποκλειστικά σε ένα άτομο αλλά στο σύνολο των μελών μιας οικογένειας και μπορεί να περιέχει περισσότερα από ένα προϊόντα. **Οικονομική συσκευασία** λέγεται η συσκευασία που περιέχει μια μεγάλη ποσότητα προϊόντος σε οικονομικά συμφέρουσα τιμή (π.χ. μαγιονέζα σε συσκευασία των 5 ή 10 kg). Τέλος ως **συσκευασία απλής χρήσης** χαρακτηρίζεται η συσκευασία που μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο μια φορά, ενώ αντίθετα **η συσκευασία πολλαπλής χρήσεως** μπορεί να χρησιμοποιηθεί πολλές φορές (π.χ. γυάλινα μπουκάλια νερού, μπύρας κ.α.).

1.3.4 Η πληροφόρηση του καταναλωτή

Μια επιπλέον βασική λειτουργία της συσκευασίας είναι η πληροφόρηση του καταναλωτή σχετικά με το προϊόν που πρόκειται να αγοράσει. Έτσι, πάνω στη συσκευασία των τροφίμων αναγράφονται -είτε επειδή το επιτάσσει η νομοθεσία είτε για διαφημιστικούς λόγους- μια σειρά από πληροφορίες που ενημερώνουν τον καταναλωτή για τη φύση του προϊόντος (ποσότητα, ποιότητα, σύσταση, θρεπτική αξία κ.α.) αλλά και για τον εκάστοτε παρασκευαστή. Όλες οι πληροφορίες που αναγράφονται στη συσκευασία θα πρέπει να είναι σαφής, ευδιάκριτες και κατανοητές και σε καμία περίπτωση να μην παραπλανούν τους καταναλωτές.

Αναλυτικότερα, με βάση την ισχύουσα νομοθεσία οι πληροφορίες που πρέπει να αναγράφονται στη συσκευασία των τροφίμων είναι οι εξής [1]:

- Η επίσημη ονομασία του προϊόντος.
- Η σύστασή του και η περιεκτικότητά του σε βασικά συστατικά.
- Η καθαρή ποσότητά του σε L, ml, kg ή g.
- Η διατροφική τους αξία.
- Η χρονολογία ελάχιστης και μέγιστης διατηρησιμότητας.
- Οι ιδιαίτερες συνθήκες διατήρησής του.
- Οι οδηγίες χρήσεως.
- Ο τόπος παραγωγής ή προέλευσης.
- Το όνομα και η διεύθυνση του παρασκευαστή ή συσκευαστή.

Επιπλέον, μια νέα πηγή πληροφόρησης που αρχικά χρησιμοποιήθηκε στις Η.Π.Α τη δεκαετία του 1970 και πλέον υπάρχει σχεδόν σε κάθε συσκευασία είναι ο **γραμμωτός κώδικας** (*bar code*) (Σχήμα 1.4). Ο γραμμωτός κώδικας συμβάλει στην αναγνώριση του προϊόντος από ηλεκτρονικούς υπολογιστές μέσω του συστήματος scanning και η χρήση του έχει πολλαπλά πλεονεκτήματα σε μια σειρά από διαδικασίες όπως είναι ο έλεγχος διανομής, αποθήκευσης, διαχείρισης αποθεμάτων κ.α. Ο γραμμωτός κώδικας αποτελείται από μια σειρά παράλληλων και ανισοπαχών γραμμών και 13 αριθμούς. Οι τρεις πρώτοι αριθμοί δηλώνουν τη χώρα παραγωγής του προϊόντος, οι επόμενοι 4 τη βιομηχανία παραγωγής, οι μεθεπόμενοι 5 τον κωδικό αριθμό του προϊόντος και τέλος ο 13^{ος} αριθμός αποτελεί ψηφίο ελέγχου. Μια σύγχρονη εξέλιξη του γραμμωτού κώδικα που πιθανόν να αλλάξει ριζικά τον τρόπο διαχείρισης της αλυσίδας εφοδιασμού των καταστημάτων είναι η χρήση της τεχνολογίας «*ταυτοποίηση μέσω ραδιοσυχνότητας*» (**RFID – Radio Frequency Identification**) [8]. Προς το παρόν, λόγω του μεγάλου κόστους τους, οι RFID ετικέτες (tags) χρησιμοποιούνται μόνο στις δευτερογενής και τριτογενής συσκευασίες.



Σχήμα 1.4 Γραμμωτός κώδικας ελληνικού προϊόντος.

Τέλος, με βάση τον Κώδικα Τροφίμων κάθε υλικό ή αντικείμενο που πρόκειται να έρθει σε επαφή με τρόφιμα, είτε πρέπει να αναγράφει την ένδειξη «κατάλληλο για τρόφιμα», είτε να φέρει τυπωμένο το Σχήμα 1.5.



Σχήμα 1.5 Σχήμα καταλληλότητας για τρόφιμα

1.3.5 Η προσέλκυση του καταναλωτή

Στην εποχή μας όπου βασικός σκοπός κάθε μικρού και μεγάλου επιχειρηματικού ομίλου είναι η αύξηση του κέρδους σε ένα ανταγωνιστικό περιβάλλον, μια επιπλέον βασική λειτουργία της συσκευασίας των τροφίμων είναι η προσέλκυση του καταναλωτή. Η λειτουργία αυτή θα πρέπει να πραγματοποιείται με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να συνδυάζεται αρμονικά με όλες της προηγούμενες λειτουργίες της συσκευασίας για υψηλής ποιότητας προϊόντα που θα προσελκύουν τον καταναλωτή και θα τον πείθουν να τα αγοράσει.

Στα σύγχρονα πολυκαταστήματα και super market τα οποία στηρίζονται στην αυτοεξυπηρέτηση των καταναλωτών οι οποίοι έχουν τη δυνατότητα να επιλέξουν ανάμεσα σε μια πληθώρα ομοειδών ανταγωνιστικών προϊόντων, η συσκευασία αποτελεί τον «σιωπηρό πωλητή» του προϊόντος καθώς ισχύει ένα ρητό που λέει ότι «η συσκευασία πρέπει να προστατεύει αυτό που πουλάει και να πουλάει αυτό που προστατεύει». Έτσι, η συσκευασία θα πρέπει να αποτελεί εκείνο το ιδιαίτερο γνώρισμα όπου επικοινωνεί με τον καταναλωτή και τον κάνει να επιλέξει το συγκεκριμένο προϊόν ανάμεσα στην πληθώρα των ομοειδών προϊόντων και μάλιστα σε μικρό χρονικό διάστημα. Για αυτό το λόγο η συσκευασία θα πρέπει να είναι καλαίσθητη, ελκυστική και μοναδική έτσι ώστε να μπορεί να αποτυπώνει την ιδιαίτερη «ταυτότητα» και «φιλοσοφία» του προϊόντος με το βέλτιστο δυνατό τρόπο.

Ο τρόπος με τον οποίο η λειτουργία της προσέλκυσης των καταναλωτών γίνεται αποτελεσματικότερη απαντάται με τις σύγχρονες μεθόδους του μάρκετινγκ που εφαρμόζονται σε μαζική πλέον κλίμακα. Έτσι, το πρώτο πράγμα το οποίο πρέπει να γίνει είναι να μελετηθεί το καταναλωτικό κοινό (ηλικία, φύλλο, αγοραστική δύναμη κ.λ.π.) στο οποίο απευθύνεται το προϊόν. Έπειτα, θα πρέπει να δοθεί μεγάλη προσοχή σε εκείνους τους συνδυασμούς σχήματος, μεγέθους, εικόνων και χρωμάτων που θα διεγείρουν την φαντασία του καταναλωτή στον οποίο απευθύνονται και θα του κινήσουν την περιέργεια να αγγίξει το προϊόν. Μεγάλη βαρύτητα σε αυτό παίζει η ορθή χρήση των χρωμάτων καθώς έχει αποδειχτεί ότι τα χρώματα ασκούν μια ιδιαίτερη γοητεία και αποτυπώνονται καλύτερα στη μνήμη [9]. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι τα χρώματα με τη μεγαλύτερη ελκτική δύναμη θεωρούνται τα ζωηρά και θερμά, δηλαδή το κόκκινο, το πορτοκαλί και το κίτρινο. Τέλος, ιδιαίτερη σημασία έχει ο περιέκτης να είναι διαφανής έτσι ώστε ο καταναλωτής να μπορεί να αξιολογεί μόνος του το συσκευασμένο προϊόν αλλά αυτό δεν είναι πάντα εύκολο καθώς μπορεί να υπονομεύονται άλλες λειτουργίες της συσκευασίας, όπως για παράδειγμα η προστασία από το ηλιακό φως.

1.3.6 Συσκευασία φιλική στο περιβάλλον

Όταν η συσκευασία των τροφίμων τελειώσει την πολύπλευρη αποστολή της θα πρέπει να συμβάλλει με το βέλτιστο δυνατό τρόπο στη διαχείριση των στερεών αποβλήτων και στη μικρότερη δυνατή επιβάρυνση του περιβάλλοντος. Στην εποχή μας η ανάγκη για συσκευασίες που να είναι φιλικές προς το περιβάλλον επιβάλλεται από μια σειρά από παράγοντες που έχουν να κάνουν με τη Νομοθεσία, την κατακόρυφη αύξηση σε μάζα και ποσότητα της κατανάλωσης των διάφορων υλικών συσκευασίας αλλά και από την ολοένα και αυξανόμενη οικολογική συνείδηση των καταναλωτών.

«Ως φιλικές προς το περιβάλλον χαρακτηρίζονται οι συσκευασίες που κατασκευάζονται από υλικά τα οποία είναι **ανακυκλώσιμα**, δηλαδή μπορεί να γίνει ανάκτηση εμπορεύσιμου υλικού από τα απορρίμματά τους και είναι **βιο-διασπώμενα** ή **φωτο-διασπώμενα**, δηλαδή αποσυντίθενται με τη δράση των μικρο-οργανισμών ή του φωτός, αν βρεθούν στο περιβάλλον. Φιλική στο περιβάλλον χαρακτηρίζεται ακόμη και κάθε άλλη καινοτομία η οποία αποβλέπει: **α)** στην οικονομία των φυσικών πόρων και της ενέργεια για την κατασκευή της συσκευασίας, όπως π.χ. η δυνατότητα πολλαπλής χρησιμοποίησης της ίδια συσκευασίας, **β)** στην ελαχιστοποίηση και καλύτερη διαχείριση των στερεών αποβλήτων, όπως η αποφυγή της περισυσσκευασίας -όπου αυτή δεν είναι απαραίτητη- και η συμπίεση του περιέκτη μετά τη χρήση του προϊόντος ώστε να μειωθεί ο όγκος του και κατ' επέκταση ο όγκος των απορριμμάτων και **γ)** στην αποφυγή της μόλυνσης του περιβάλλοντος με τοξικές ουσίες, όπως οι διοξίνες» [1].

1.4 Αρνητικές επιπτώσεις από τη χρήση της Συσκευασία Τροφίμων

Εκτός από τα πολλά πλεονεκτήματα που προσφέρει η συσκευασία των τροφίμων, υπάρχουν και κάποιες αρνητικές επιπτώσεις οι οποίες θα πρέπει να ληφθούν οπωσδήποτε υπόψη κατά το στάδιο της επινόησης, ανάπτυξης και επιλογής μια συσκευασίας. Οι επιπτώσεις αυτές είναι, κυρίως, τριών ειδών και έχουν να κάνουν με:

- Την αύξηση του κόστους.
- Την μετανάστευση επικίνδυνων ουσιών στο τρόφιμο.
- Και την μόλυνση του περιβάλλοντος.

1.4.1 Η αύξηση του κόστους

Είναι γεγονός ότι η χρήση της συσκευασίας για τα τρόφιμα επιφέρει μια σημαντική αύξηση στο τελικό κόστος του προϊόντος. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η

βιομηχανία τροφίμων των Η.Π.Α., όπου το κόστος της συσκευασίας αντιστοιχεί, κατά μέσο όρο, στο 15% του κόστους των τροφίμων στο στάδιο της εξόδου τους από το εργοστάσιο (*ex factory cost*) [10].

Στον Πίνακα 1.6 φαίνεται η συμβολή της συσκευασίας, εκφρασμένη ως ποσοστό επί της αξίας του συσκευασμένου προϊόντος, στη διαμόρφωση των τιμών διαφόρων Ελληνικών προϊόντων το έτος 1987. Όπως μπορεί να διαπιστώσει κανείς, το κόστος της συσκευασίας για προϊόντα που συσκευάζονται σε συσκευασίες από σχετικά φθηνά υλικά (ζυμαρικά, τομάτα, φυσικός χυμός πορτοκαλιού κ.α.) αντιστοιχεί στο 10-20% της τιμής του προϊόντος, ενώ το κόστος της συσκευασίας για προϊόντα που συσκευάζονται σε συσκευασίες από ακριβά υλικά (σαρδέλα, κρασιά) ξεπερνά το 40% της τιμής του προϊόντος. Η κατά μέσο όρο αύξηση του κόστους σε ποσοστό επί της αξίας του συσκευασμένου προϊόντος υπολογίζεται στο 20% του κόστους του τελικού προϊόντος [11].

Πίνακας 1.6

Συμβολή της συσκευασίας στη διαμόρφωση της τιμής διαφόρων Ελληνικών προϊόντων το 1987 (Μπλούκας 2004).

Είδος Προϊόντος	Κόστος Συσκευασίας*
Συμπυκνωμένος χυμός	9.5
Ζυμαρικά	10.0
Γιαούρτι στραγγιστό	12.0
Τομάτα	16.8
Γιαούρτι αγελαδινό	19.1
Φυσικός χυμός πορτοκαλιού	19.1
Παγωτά (μέχρι και)	30.0
Κομπόστες διάφορες	23.9
Κονσέρβες αχλάδι	28.9
Κονσέρβες ροδάκινο	31.2
Κονσέρβες βερίκοκο	34.5
Σαρδέλα	45.0
Κρασιά	46.7

*Εκφρασμένο ως ποσοστό % της τιμής του προϊόντος.

Σε κάθε περίπτωση η αύξηση της τιμής των τροφίμων λόγω της χρήσης της συσκευασίας είναι ένα γεγονός που επηρεάζει και τους παραγωγούς-συσκευαστές, αλλά και τους καταναλωτές καθώς τις περισσότερες φορές η αύξηση αυτή μεταφέρεται σε αύξηση της τελικής τιμής πώλησης του προϊόντος. Έτσι, για την επιλογή της κατάλληλης συσκευασίας για ένα προϊόν θα πρέπει να γίνει μια

μελέτη του κόστους της συσκευασίας καθώς και των υπόλοιπων εξόδων (μεταφορά, μετακίνηση κ.λ.π.) και σε συνδυασμό με την αγοραστική δύναμη του καταναλωτικού κοινού που απευθύνεται, να υπολογιστούν τα πιθανά περιθώρια κέρδους. Το γεγονός αυτό αποτελεί μια σημαντική πρόκληση για όσους ασχολούνται με τη συσκευασία των τροφίμων για μείωση του κόστους της συσκευασίας χωρίς όμως να θιγεί η προστασία που αυτή προσφέρει στο τρόφιμο.

1.4.2 Μετανάστευση επικίνδυνων ουσιών στα τρόφιμα

Ως **μετανάστευση** (*migration*) ορίζεται «η μεταφορά ουσιών χαμηλού μοριακού βάρους από την επιφάνεια της συσκευασίας (περιέκτη) στο συσκευασμένο προϊόν, ως αποτέλεσμα φυσικών ή χημικών διεργασιών. Το σύνολο των ουσιών που μεταναστεύουν από το περιέκτη στο συσκευασμένο τρόφιμο ορίζεται ως **ολική μετανάστευση** (*overall, total or global migration*), ενώ η μετανάστευση κάθε ουσίας χωριστά ως **ειδική μετανάστευση** (*specific migration*)» [1].

Η μετανάστευση οφείλεται στην αλληλεπίδραση της συσκευασίας με το συσκευασμένο προϊόν και είναι μια επίπτωση με ιδιαίτερα αρνητικά αποτελέσματα καθώς υπάρχει κίνδυνος να υποβαθμίσει την ποιότητα του τροφίμου και να επηρεάσει την υγεία των καταναλωτών. Φυσικά, υπάρχουν περιπτώσεις όπου η μεταφορά ουσιών από τον περιέκτη στο συσκευασμένο προϊόν είναι όχι μόνο επιθυμητή αλλά και απαραίτητη (κρασί, ούισκι κ.α.).

Ο βαθμός και η επικινδυνότητα της μετανάστευσης εξαρτάται **α)** από το υλικό της συσκευασίας και **β)** από τα φυσικά χαρακτηριστικά του συσκευασμένου προϊόντος. Με βάση τον Κώδικα Τροφίμων και Ποτών «τα υλικά και αντικείμενα που έρχονται σε επαφή με τα τρόφιμα πρέπει να κατασκευάζονται με τις ορθές πρακτικές κατασκευής, ώστε, κάτω από κανονικές ή προβλεπόμενες συνθήκες χρησιμοποίησης τους, να μη μεταφέρουν στα τρόφιμα τα συστατικά τους σε ποσότητα που θα ήταν δυνατόν να θέσει σε κίνδυνο την ανθρώπινη υγεία και να επιφέρει απaráδεκτη μεταβολή στην σύσταση των τροφίμων ή αλλοίωση των οργανοληπτικών τους χαρακτηριστικών» [12].

Για τον ακριβή προσδιορισμό της ολικής και ειδικής μετανάστευσης έχουν αναπτυχθεί διάφορα μαθηματικά μοντέλα [1], αλλά ο αντικειμενικός προσδιορισμός της αποτελεί μια πολύπλευρη και δύσκολη διαδικασία. Στην πράξη επιλέγονται κάποιοι **προσομοιωτές** (*simulators*) που έχουν ανάλογες ιδιότητες με τα τρόφιμα που προσομοιώνουν και γίνεται απευθείας μέτρηση της συγκέντρωσης των ουσιών που μεταναστεύουν σε αυτούς, σε κανονικές συνθήκες διατήρησης. Με βάση την οδηγία 82/711 της Ε.Ε και τον Κώδικα Τροφίμων, υπάρχουν συγκεκριμένοι προσομοιωτές για συγκεκριμένα τρόφιμα που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό της μετανάστευσης (Πινάκας 1.7).

Προσομοιωτής	Προϊόν
A: Αποσταγμένο νερό ή νερό ισοδύναμης ποιότητας	Για υγρά τρόφιμα
B: Υδατικό διάλυμα 3 % οξικού οξέος (w/v)	Για όξινα τρόφιμα
Γ: Υδατικό διάλυμα 15 % αιθανόλης (v/v)	Για αλκοολούχα τρόφιμα
Δ: Εξευγενισμένο ελαιόλαδο ή μίγμα συνθετικών τριγλυκεριδίων ή ηλιέλαιο	Για λιπαρά τρόφιμα

Πίνακας 1.7 Προσομοιωτές που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό της μετανάστευσης (Μπλούκας 2004).

Από την άποψη της επικινδυνότητας λόγω της μετανάστευσης, τα υλικά που έχουν ενοχοποιηθεί περισσότερο είναι τα βαρέα μέταλλα λόγω της τοξικότητάς τους και τα μονομερή των πλαστικών (ακεταλδεΐδη και διοξίνες).

1.4.3 Μόλυνση του περιβάλλοντος

Μια τελευταία, αλλά διόλου αμελητέα, αρνητική επίπτωση της συσκευασίας των τροφίμων με βλαβερά αποτελέσματα για το σύνολο της φυσικής και βιολογικής ζωής του πλανήτη μας, είναι η μόλυνση του περιβάλλοντος. Η μόλυνση του περιβάλλοντος προκαλείται κυρίως από εκείνα τα υλικά συσκευασίας τα οποία δεν ανακυκλώνονται και δεν βιο-αποσυντίθενται εύκολα. Στα επόμενα κεφάλαια που θα μελετήσουμε ξεχωριστά τα διάφορα υλικά συσκευασίας θα αναφερθούμε αναλυτικότερα στο ζήτημα αυτό καθώς θα έχουμε τη δυνατότητα να κάνουμε ειδική αναφορά στα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των διάφορων υλικών ως προς της επιπτώσεις τους στο περιβάλλον.

Αξίζει, όμως, να αναφέρουμε ότι έχει εκδοθεί αντίστοιχη οδηγία της Ε.Ε που προβλέπει τη λήψη κατάλληλων μέτρων που αποσκοπούν στον περιορισμό της μόλυνσης του περιβάλλοντος από τα περιττά απορρίμματα της συσκευασίας.

Ειδικότερα προβλέπεται: **«α) η εκμετάλλευση του 90% των στερεών αποβλήτων που προέρχονται από συσκευασίες με ανακύκλωση, αναμόρφωση και επαναχρησιμοποίηση και β) η ανακύκλωση του 60% της κάθε πρώτης ύλης που βρίσκεται στα υλικά συσκευασίας. Με την ανακύκλωση, δηλαδή την ανάκτηση εμπορεύσιμων υλικών από τα απορρίμματα, εξασφαλίζεται η προστασία του περιβάλλοντος και επιτυγχάνεται σημαντική εξοικονόμηση πρώτων υλών, ενέργειας και κεφαλαίων»** [1].

Στον Πίνακα 1.8 φαίνονται αναλυτικά οι ποσότητες των αποβλήτων που δημιουργούνται στη χώρα μας από τη χρήση του κάθε υλικού συσκευασίας καθώς και το αντίστοιχο ποσοστό ανακύκλωσης.

Είδος	Απόβλητα		Ανακύκλωση	
	Σε τόνους/έτος	Ποσοστό (%)	Σε τόνους/έτος	Ποσοστό (%)
Λευκοσίδηρος	56.000	6.8	2.000	3.5
Αλουμίνιο	15.800	1.8	4.800	30.4
Χαρτί/Χαρτόνι	340.000	40.5	218.000	64.3
Πλαστικό	223.300	26.6	8.000	3.4
Γυαλί	159.000	19.0	34.000	21.3
Ξύλο	44.000	5.3	10.000	22.7
Σύνολο	838.000	100.0	276.800	33.0

Πίνακας 1.8 Απόβλητα και ανακύκλωση συσκευασίας στη χώρα μας (Μπλούκας 2004)

Βιβλιογραφία

1. Μπλούκας, Ι.Γ. (2004). *Συσκευασία Τροφίμων*, Εκδόσεις Σταμούλη Α.Ε, Αθήνα, σσ. 17-66.
2. Παπαδάκης, Σ.Ε. (2010). *Συσκευασία Τροφίμων*, Εκδόσεις Τζιόλα, Αθήνα, σσ. 19-30
3. Anonymous, (1996). *Packaging The Facts*, The Institute of Packaging, Melton Mowbray, Leicestershire, UK, pp. 4.
4. Paine, F.A. and Paine, H.Y. (1992). *A Handbook of Food Packaging*, Blackie Academic & Professional, London, pp. 1-32, 2nd ed.
5. Νόμος 2939/01, «Συσκευασίες και εναλλακτική διαχείριση των συσκευασιών και άλλων προϊόντων – Ίδρυση Εθνικού Οργανισμού Εναλλακτικής Διαχείρισης Συσκευασιών και Άλλων Προϊόντων Ε.Ο.Ε.Δ.Σ.Α.Π.», ΦΕΚ 179/2001.
6. Η κρυοξήρανση προσθέτει αξία σε προϊόντα υψηλής ποιότητας, <http://www.eufic.org/article/el/food-technology/food-processing/artid/Freeze-drying-value-quality-products-greek/>, 07/2009.
7. Τάγγιση, <http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A4%CE%AC%CE%B3%CE%B3%CE%B9%CF%83%CE%B7>, 24/04/2013.
8. RFID – Radio Frequency Identification, http://en.wikipedia.org/wiki/Radio-frequency_identification , 06/08/2013.
9. Καρακασίδης, Ν.Γ. (1995). Οι δυνατότητες και η σημασία του χρώματος στη συσκευασία. *Τρόφιμα και Ποτά*, (4), σσ.83-95.
10. Brody, A.L., Bugusu, B., Han, J.H., Sand, C.K. and McHugh, T.H. (2008). Innovative Food Packaging Solutions, *Journal of Food Science*, 73 (8), R107-R116.
11. Σκλαβούνος, Τ. (1989). *Συσκευασία – Βασικές έννοιες*. Οργανισμός Προώθησης Εξαγωγών. Αθήνα.
12. Κώδικας Τροφίμων και Ποτών. (1998). Κεφάλαιο II – Υλικά και αντικείμενα που προορίζονται να έρθουν σε επαφή με τα τρόφιμα.

2.1 Εισαγωγή

Όταν μιλάμε για χάρτινη συσκευασία τροφίμων μιλάμε για μια συσκευασία η οποία σαν πρώτο υλικό παρασκευής της έχει το **χαρτί** και το **χαρτόνι**. «Το **χαρτί** (*paper*) και το **χαρτόνι** (*board*) είναι υλικά σε μορφή φύλλου που παράγονται από ίνες ή τμήματα ινών κυτταρίνης, οι οποίες διαπλέκονται και συνδέονται μεταξύ τους κατά τέτοιο τρόπο ώστε να αποτελούν ένα συνεκτικό και ενιαίο σύνολο. Όταν το βάρος του φύλλου είναι μικρότερο από 300 g/m^2 , το υλικό χαρακτηρίζεται ως χαρτί, ενώ, όταν ξεπερνά το όριο αυτό, χαρακτηρίζεται ως χαρτόνι. Σύμφωνα με τον ISO (*International Standards Organization*) ως όριο διάκρισης μεταξύ χαρτιού και χαρτονιού είναι τα 200 g/m^2 » [1].

Η εφεύρεση του χαρτιού χρονολογείται περίπου το 105 μ.Χ. από τον Κινέζο Τσάι Λουν, ενώ από το 751 μ.Χ. η μέθοδος της παραγωγής του διαδόθηκε σταδιακά σε όλο τον κόσμο. Στην εποχή μας το χαρτί και το χαρτόνι έχουν πολλαπλές χρήσεις και όπως αναφέραμε και στο Κεφάλαιο 1 αποτελεί το υλικό συσκευασίας τροφίμων με τη μεγαλύτερη κατανάλωση στην ελληνική αγορά. Ο λόγος που πολλά τρόφιμα συσκευάζονται σε συσκευασίες με πρώτο υλικό το χαρτί/χαρτόνι είναι τα **πλεονεκτήματα** που προσφέρει:

- Έχει μικρό κόστος.
- Είναι ελαφρύ.
- Είναι εύκολα διαθέσιμο.
- Παράγεται από ανανεώσιμες πρώτες ύλες.
- Παρουσιάζει πολλές δυνατότητες εφαρμογής.
- Διατηρεί τις ιδιότητές του σε διάφορες συνθήκες.
- Συνδυάζεται με άλλα υλικά συσκευασίας.
- Είναι εύκολα ανακυκλώσιμο.

Εκτός, όμως, από τα παραπάνω πλεονεκτήματα η χάρτινη συσκευασία παρουσιάζει και κάποια **μειονεκτήματα**. Τα κύρια μειονεκτήματά της είναι:

- Η διαπερατότητα από τους υδρατμούς, τα αέρια, τις πτητικές ουσίες και τα λίπη.
- Η απώλεια της μηχανικής της αντοχής από τη διάβρωση και την υγρασία.

Η μεγάλη πλειοψηφία των διάφορων ειδών χαρτιού και χαρτονιού που χρησιμοποιούνται στη συσκευασία των τροφίμων παράγονται από το ξύλο, ενώ χρησιμοποιούνται επίσης και διάφορα χαρτόνια που παράγονται από

ανακυκλωμένο χαρτί αλλά ποτέ ως πρωτογενής συσκευασία. Τα περισσότερα είδη χαρτιού που χρησιμοποιούνται στη πρωτογενή συσκευασία υπόκεινται σε ειδική κατεργασία ή επικαλύπτονται με διάφορες ουσίες, όπως για παράδειγμα το κερί, τα βερνίκια, οι ρητίνες κ.α., για τη βελτίωση των φυσικών και χημικών τους ιδιοτήτων και της εμφάνισής τους [2].

2.2 Παραγωγή και ιδιότητες του χαρτιού & χαρτονιού

Για την παραγωγή του χαρτιού/χαρτονιού για πολλούς αιώνες χρησιμοποιούνταν ως πρώτες ύλες το βαμβάκι, το άχυρο, το λινάρι κ.α. μέχρι που έγινε δυνατή η επεξεργασία του ξύλου για την παραγωγή πολτού (*pulp*). Πλέον το 97% της παγκόσμιας παραγωγής χαρτιού/χαρτονιού προέρχεται από τον χαρτοπολτό του ξύλου και το 85% αυτού παράγεται από τα κωνοφόρα δέντρα (έλατα και πεύκα), καθώς διαθέτουν μεγάλες ίνες κυτταρίνης, γεγονός που με τη σειρά του συνεπάγεται μεγαλύτερη αντοχή [1].

Ο χαρτοπολτός του ξύλου λαμβάνεται είτε με μηχανική επεξεργασία από την άλεση του ξύλου (*mechanical or ground wood pulp*) είτε με χημική επεξεργασία (*chemical pulp*). Το χαρτί που χρησιμοποιείται για την συσκευασία των τροφίμων προέρχεται κυρίως από χημική επεξεργασία καθώς με αυτές τις μεθόδους παράγεται χαρτί υψηλής αντοχής.

Η παραγωγή του πολτού μέσω χημικής επεξεργασίας γίνεται με δύο βασικές μεθόδους. **α)** Με την **επεξεργασία σε θειικά άλατα** (*sulfate process or Kraft process*) που γίνεται σε αλκαλικό περιβάλλον με τη χρήση καυστικού νατρίου και θειικού νατρίου και **β)** με την **επεξεργασία σε θειώδη άλατα** (*sulfite process*) σε όξινο περιβάλλον με τη χρήση διοξειδίου του θείου και θειώδες ασβέστιο. Μετά την χημική επεξεργασία ο πολτός υπόκειται σε **λεύκανση** με διάλυμα υπεροξειδίου του υδρογόνου (H_2O_2) και συνεχές «**κτύπημα**» (*beating*) [2].

Το χαρτί και το χαρτόνι για να χρησιμοποιηθούν σαν υλικά συσκευασίας τροφίμων θα πρέπει να διαθέτουν ορισμένες φυσικές και χημικές ιδιότητες έτσι ώστε να μπορούν να ικανοποιηθούν στο βέλτιστο όλες οι λειτουργίες της συσκευασίας όπως αυτές αναλύθηκαν στο Κεφάλαιο 1.

Πιο συγκεκριμένα, οι **φυσικές ιδιότητες** του χαρτιού/χαρτονιού έχουν να κάνουν με: **α)** τα διάφορα φυσικά χαρακτηριστικά του (όπως ο τύπος, το πάχος, το βάρος, το χρώμα κ.α.), **β)** τις μηχανικές του ιδιότητες (όπως είναι η αντοχή στο σχίσιμο, στο τρύπημα, στην έλξη κ.α.) και **γ)** τις στεγανοποιητικές του ιδιότητες (όπως είναι η διαπερατότητα στους υδρατμούς, τα αέρια, τα λίπη κ.α.).

Οι **χημικές ιδιότητες** αναφέρονται στην ύπαρξη ή όχι διαφόρων ουσιών στο χαρτί που θα μπορούσαν να αλλοιώσουν τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των τροφίμων και κατά συνέπεια να υποβαθμίσουν την ποιότητά του και να θέσουν σε κίνδυνο την υγεία των καταναλωτών. Έτσι, το χαρτί -ειδικά αυτό που έρχεται σε επαφή με λιπαρές ουσίες- δε θα πρέπει να περιέχει βαρέα μέταλλα και άλλες τοξικές ουσίες καθώς αυτά μπορεί να προκαλέσουν τάγγιση του τροφίμου.

Τέλος, για να μπορέσει η χάρτινη συσκευασία να ανταποκριθεί επάξια στις πολλαπλές απαιτήσεις της συσκευασίας των τροφίμων, είναι δυνατόν να υποστεί κάποιες επιπλέον επεξεργασίες που σκοπό έχουν τη βελτίωση των ιδιοτήτων της. Οι κύριες **μέθοδοι βελτίωσης των ιδιοτήτων** της χάρτινης επεξεργασίας είναι [1]:

- Το **κολλάρισμα** (*sizing*), δηλαδή η προσθήκη διάφορων χημικών ουσιών όταν το χαρτί βρίσκεται στο στάδιο της μηχανικής του επεξεργασίας και πριν τη μορφοποίηση του σε φύλλο. Το κολλάρισμα επιβραδύνει την απορρόφηση του χαρτιού και γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιείται κυρίως στη συσκευασία υγρών τροφίμων ή τροφίμων που θα συντηρηθούν σε υγρό περιβάλλον (π.χ. ψύξη).
- Η **επίστρωση με συγκολλητική ουσία και κάλυψη με εύκαμπτο υλικό** (*lamination*) για να εξασφαλιστεί πλήρης στεγανότητα από την υγρασία, το οξυγόνο, τις λιπαρές ουσίες κ.λ.π. Ως κύρια υλικά κάλυψης είναι τα φύλλα αλουμινίου, το λαδόχαρτο και το χαρτί γλασέ.
- **Κάλυψη με πλαστικές μεμβράνες** για να εξασφαλιστεί πλήρης στεγανότητα από την υγρασία και τα λίπη, αλλά και αντοχή στη θέρμανση. Οι κύριες πλαστικές μεμβράνες που χρησιμοποιούνται για τους λόγους αυτούς είναι πολυαιθυλένιο (PE), το πολυπροπυλένιο (PP), ο πολυτερεφθαλικός αιθυλεστέρας (PET), και η αιθυλενο-βινυλική αλκοόλη (EVOH) με τα πολυαμίδια (Nylon).

2.3 Τύποι χαρτιού & χαρτονιού για συσκευασία τροφίμων

Οι κύριοι **τύποι χαρτιού** που χρησιμοποιούνται στη συσκευασία τροφίμων είναι:

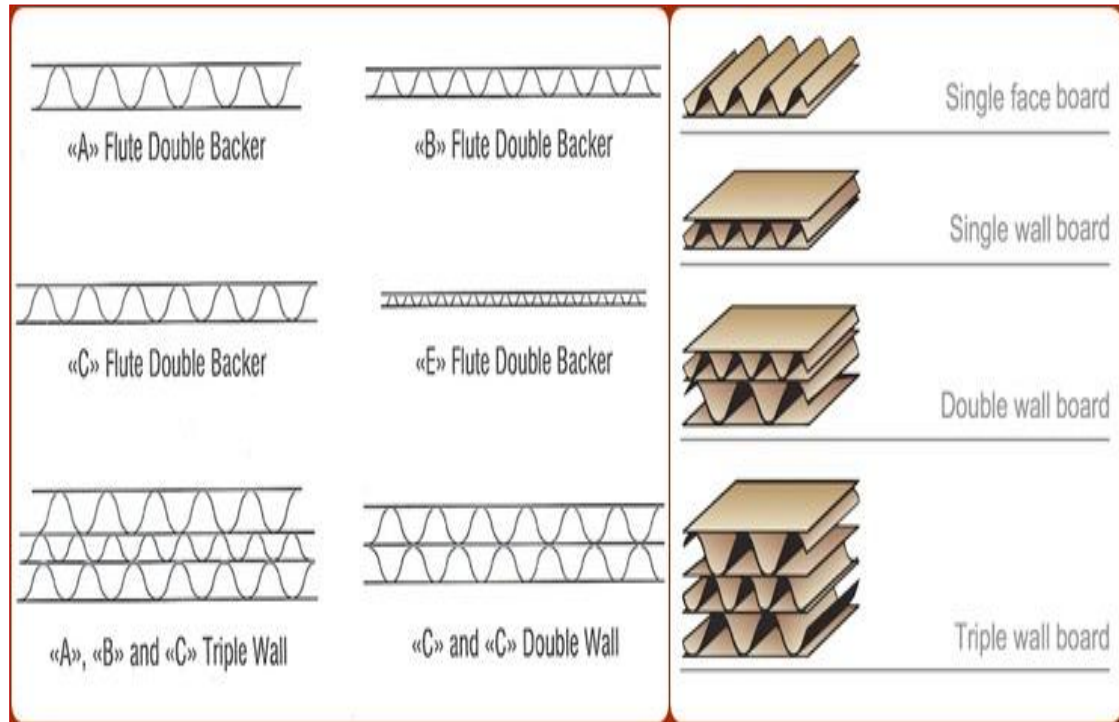
1. Το **χαρτί τύπου kraft** (*kraft paper*), το οποίο παράγεται υπό επεξεργασία σε θεικά άλατα χωρίς λεύκανση και έχει βάρος 70-300 g/m^2 . Το χαρτί τύπου kraft έχει μεγάλη αντοχή και γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιείται στη κατασκευή σάκων και σακιδίων μεγάλης χωρητικότητας (25-50 kg) για προϊόντα που πωλούνται σε χονδρική συσκευασία (ζάχαρη, αλεύρι κ.α.).
2. Το **λαδόχαρτο** (*greaseproof paper*), το οποίο είναι αδιαπέραστο από τις λιπαρές ουσίες εφόσον δεν είναι βρεγμένο και γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιείται για την περιτύλιξη λιπαρών τροφίμων, όπως είναι το κρέας, τα ψάρια, τα γαλακτοκομικά κ.α. Το λαδόχαρτο χαρακτηρίζεται για την παρεμπόδιση της διείσδυσης των λιπαρών ουσιών λόγω της αυξημένης μηχανικής επεξεργασίας που δέχεται στο στάδιο του «κτυπήματος».

3. Το **χαρτί γλασέ** (*glassine paper*), το οποίο δέχεται την ίδια επεξεργασία με το λαδόχαρτο, όμως θερμαίνεται επιπλέον όταν είναι βρεγμένο και συμπιέζεται έτσι ώστε να γίνει στιλπνό, διαφανές και με λεία επιφάνεια. Χαρακτηρίζεται για τη μεγάλη αντίστασή του στη διείσδυση λιπαρών ουσιών, όμως είναι πολύ εύθραυστο και επιπλέον διαπερατή από την υγρασία και γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιείται για την περιτύλιξη προϊόντων που πρέπει να διατηρήσουν το φυσικό τους άρωμα χωρίς να χρειάζονται προστασία από την υγρασία.
4. Το **περγαμενόχαρτο** (*vegetable parchment*), το οποίο χαρακτηρίζεται για τη μεγάλη μηχανική του αντοχή όταν είναι βρεγμένο και παρουσιάζει μεγάλη αντίσταση στη διείσδυση λιπαρών ουσιών. Χρησιμοποιείται ως περιτύλιγμα για προϊόντα όπως το βούτυρο, η μαργαρίνη, τα μαλακά τυριά κ.α.
5. **Χαρτιά που αντέχουν όταν είναι υγρά** (*wet strength papers*), τα οποία χαρακτηρίζονται για τη διατήρηση της μηχανικής τους αντοχής ακόμα και όταν είναι βρεγμένα και γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιούνται στη συσκευασία υγρών τροφίμων ή τροφίμων που διατηρούνται σε υγρό περιβάλλον.
6. **Χαρτιά που επικαλύπτονται με διάφορες ουσίες** (*coated papers*). Τα χαρτιά αυτά επικαλύπτονται με κήρους ή με διάφορα πολυμερή και χαρακτηρίζονται για την αντίστασή τους στη διείσδυση υγρασίας, υδρατμών, λιπαρών ουσιών κ.λ.π., ανάλογα με τις ιδιότητες του υλικού με το οποίο επικαλύπτονται.

Αντίστοιχα με τους διάφορους τύπους χαρτιού, υπάρχουν και διάφοροι τύποι χαρτονιού. Οι πιο συνηθισμένοι **τύποι χαρτονιού** που χρησιμοποιούνται στη συσκευασία τροφίμων είναι:

1. Το **Chipboard**, το οποίο παράγεται από ανακυκλωμένο πολτό και χαρακτηρίζεται για τη μικρή μηχανική του αντοχή και το γκριζο χρώμα. Το χαρτόνι αυτό χρησιμοποιείται σαν συσκευασία σε προϊόντα τα οποία διαθέτουν ήδη μια «άμεση» πρωτογενή συσκευασία, όπως για παράδειγμα τα δημητριακά και τα διάφορα προϊόντα ζαχαροπλαστικής.
2. Το **Solid white board**, το οποίο παράγεται από πολτό που έχει υποστεί χημική λεύκανση και χαρακτηρίζεται για την εξαιρετική ικανότητα εκτύπωσης. Το χαρτόνι αυτό χρησιμοποιείται κυρίως σαν συσκευασία τροφίμων που θα διατηρηθούν με ψύξη καθώς και σε τρόφιμα τα οποία απαιτούν ειδική προστασία (π.χ. σοκολάτα).
3. Το **Duplex board**, το οποίο παράγεται από μίγμα μηχανικού πολτού και χημικού ημι-λευκασμένου πολτού και χαρακτηρίζεται για τη μεγάλη μηχανική του αντοχή. Το χαρτόνι αυτό χρησιμοποιείται για την κατασκευή κουτιών σε προϊόντα τα οποία απαιτούν διατήρηση σε κατάψυξη, αλλά και σε προϊόντα όπως είναι τα μπισκότα, τα κέικ κ.α.
4. Το **κυματοειδές χαρτόνι** (*corrugated board*), το οποίο αποτελείται από ένα από ένα ή περισσότερα στρώματα κυματοειδούς χαρτονιού (*flute*) στα εξωτερικά τοιχώματα των οποίων είναι επικολημένα επίπεδα χαρτόνια που ονομάζονται

liner ή *linerboard*. Υπάρχουν πολλοί τύποι χαρτονιού οι οποίοι προσδιορίζονται ανάλογα με τον τύπο των κυματώσεων (flute) και των αριθμό των «φύλλων» (Σχήμα 2.1). Το κυματοειδές χαρτόνι χαρακτηρίζεται για τη μεγάλη του μηχανική αντοχή σε διάφορες μηχανικές φθορές (Κεφάλαιο 1.3.2.1) και συναντάται σε συσκευασία ποικίλων προϊόντων, ανάλογα με τον τύπο του.



Σχήμα 2.1 Διάφοροι τύποι κυματοειδούς χαρτονιού (Αριστερά, Μπλούκας 2004).

2.4 Είδη χάρτινης συσκευασίας

Τα σπουδαιότερα είδη χάρτινης συσκευασίας είναι [1], [2]:

- Τα χαρτοκιβώτια
- Τα χάρτινα κουτιά
- Οι χαρτόσακοι
- Οι χαρτοσακούλες
- Οι φάκελοι
- Τα χαρτιά περιτύλιξης
- Οι σύνθετες κονσέρβες
- Τα κυλινδρικά δοχεία χονδρικής συσκευασίας και
- Οι χάρτινοι χυτοί περιέκτες

2.4.1 Χαρτοκιβώτια

Τα χαρτοκιβώτια (Σχήμα 2.2) κατασκευάζονται είτε από **συμπαγή χαρτόνια** (*solid fiberboard*), είτε από **κυματοειδές χαρτόνι** (*corrugated board*) και χρησιμοποιούνται κυρίως σαν τριτογενής συσκευασίες τροφίμων που είναι ήδη συσκευασμένα για να διευκολύνουν την διακίνησή και μεταφορά τους σε όλα τα στάδια της εφοδιαστικής αλυσίδας.



Σχήμα 2.2 Χαρτοκιβώτιο

Τα χαρτοκιβώτια από κυματοειδές χαρτόνι παρουσιάζουν μεγάλη ζήτηση τα τελευταία χρόνια λόγω του μικρού κόστους τους, του μικρού βάρους τους, αλλά και της μεγάλης αντίστασής τους κραδασμούς και τα κτυπήματα. Χρησιμοποιούνται αποτελεσματικά κυρίως στη διακίνηση των διάφορων αγροτικών τροφίμων και σχεδόν έχουν αντικαταστήσει τα ξύλινα καφάσια που χρησιμοποιούνταν ευρέως στο παρελθόν.

Τα χαρτοκιβώτια από συμπαγή χαρτόνια χαρακτηρίζονται για την αντίστασή τους στο τρύπημα και το σχίσιμο, όμως επειδή είναι αρκετά ακριβότερα και βαρύτερα από τα αντίστοιχα χαρτοκιβώτια από κυματοειδές χαρτόνι χρησιμοποιούνται κυρίως σε περιπτώσεις όπου η επαναχρησιμοποίηση τους είναι δυνατή. Υπολογίζεται ότι μπορούν επαναχρησιμοποιηθούν αποτελεσματικά 10 με 15 φορές.

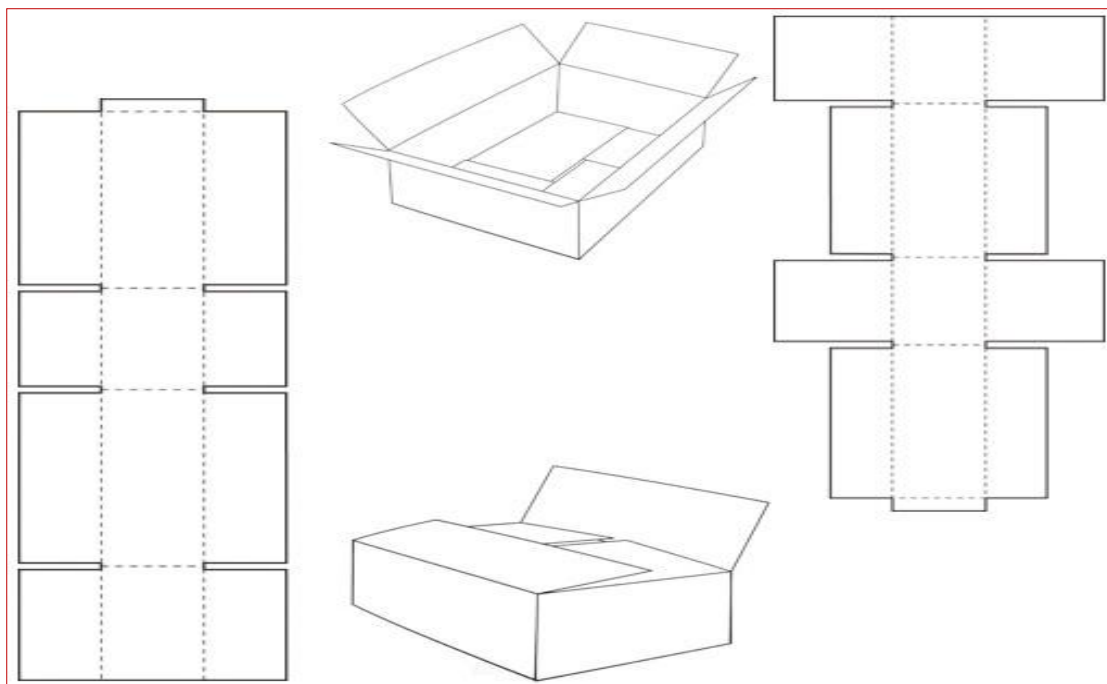
Τέλος, θα πρέπει να αναφέρουμε ότι λόγω της μεγάλης οικονομικής σημασίας των χαρτοκιβωτίων οι υπεύθυνοι κατασκευαστές πραγματοποιούν στο στάδιο της κατασκευής διάφορους ποιοτικούς ελέγχους για μια σειρά από ζητήματα. Ο ποιοτικός έλεγχος στα χαρτοκιβώτια έχει να κάνει κυρίως την αντοχή τους σε διάφορες μηχανικές φθορές και περιλαμβάνει [2], [3]:

- Δοκιμασία αντοχής σε διάρρηξη ή *Mullen Test*
- Δοκιμασία αντοχής σε διάτρηση ή *Puncture Strength Test*
- Δοκιμασία αντοχής σε επίπεδη σύνθλιψη ή *Flat Crush Strength Test*
- Δοκιμασία αντοχής σε κατακόρυφη σύνθλιψη ή *Edge Crush Strength Test*

2.4.2 Χάρτινα Κουτιά

Τα χάρτινα κουτιά ή χαρτόκουτα (*cartons*) κατασκευάζονται από ημίσκληρο χαρτόνι, διακρίνονται σε πτυσσόμενα και σταθερά κουτιά και χρησιμοποιούνται κυρίως σαν εξωτερικές συσκευασίες διαφόρων προϊόντων. Πολλές φορές το χαρτόνι από τα χάρτινα κουτιά μπορεί να επικαλύπτεται με κηρούς ή διάφορα πλαστικά (π.χ. πολυαιθυλένιο) για να αυξηθεί η αντοχή τους και να προστατεύουν αποτελεσματικότερα από διάφορους φυσικούς και βιολογικούς παράγοντες. Για το λόγο αυτό όταν βρίσκονται στο στάδιο της κατασκευής τους γίνεται οπτικός και μηχανικός έλεγχος ποιότητας έτσι ώστε να πληρούν τις προϋποθέσεις της συσκευασίας τροφίμων [4].

Τα **πτυσσόμενα χάρτινα κουτιά** (*folding cartons*) (Σχήμα 2.3) έχουν το πλεονέκτημα ότι μεταφέρονται ευκολότερα και οικονομικότερα καθώς μορφοποιούνται στο τελικό τους σχήμα την ώρα που θα χρησιμοποιηθούν σαν υλικό συσκευασίας. Χρησιμοποιούνται κυρίως για τη μεταφορά προϊόντων όπως είναι τα δημητριακά, τα αφυδατωμένα προϊόντα κ.α.



Σχήμα 2.3 Πτυσσόμενα χάρτινα κουτιά

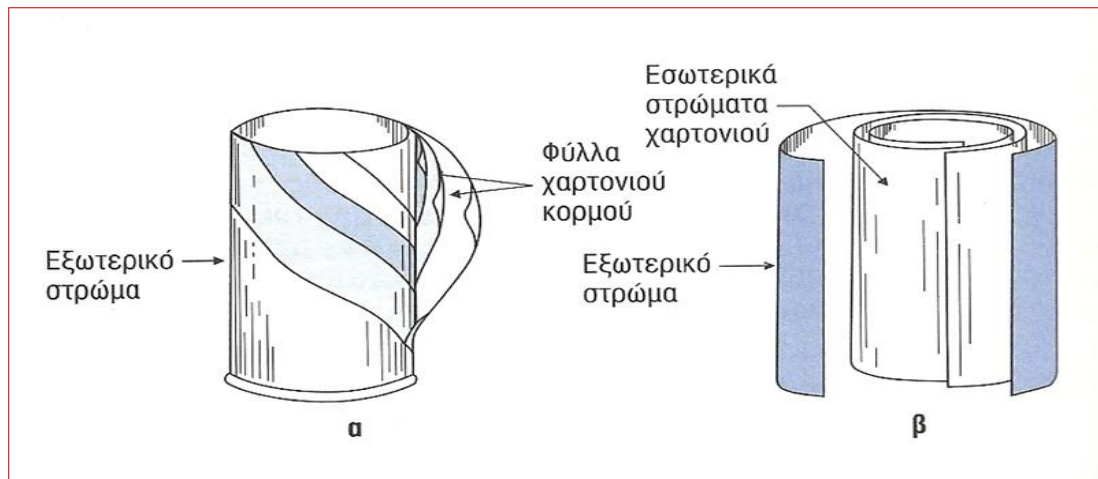
Τα **σταθερά χάρτινα κουτιά** (*rigid cartons* ή *boxes*), είναι είδη σχηματισμένα και αυτό πολλές φορές συνεπάγεται με κερδισμένο χρόνο σε σχέση με τα πτυσσόμενα. Όμως, μειονεκτούν στο γεγονός ότι είναι ακριβότερα και απαιτούν μεγαλύτερο χώρο αποθήκευσης. Χρησιμοποιούνται στη περισκευασία προϊόντων σοκολάτας, ζαχαροπλαστικής, εμφιαλωμένων ποτών κ.α.

2.4.3 Σύνθετες κονσέρβες και κυλινδρικά δοχεία

Οι **σύνθετες κονσέρβες** (*composite cans*) και τα **κυλινδρικά δοχεία** (*drums*) (Σχήμα 2.4) κατασκευάζονται από συμπαγές χαρτόνι το οποίο πολλές φορές μπορεί να είναι επικαλυμμένο με αλουμινόχαρτο και φύλλο πολυαιθυλενίου (LDPE) χαμηλής πυκνότητας. Το συμπαγές χαρτόνι μπορεί να περιστρέφεται ελικοειδώς ή απλώς να περιτυλίσσεται γύρω από το κύριο σώμα της συσκευασίας που είναι ένας χάρτινος κύλινδρος ή κάποιο άλλο σήμα (Σχήμα 2.5). Οι συσκευασίες των σύνθετων κονσερβών και των κυλινδρικών δοχείων πολλές φορές διαθέτουν ένα μηχανισμό εύκολου ανοίγματος το οποίο μπορεί να είναι από πλαστικό ή μέταλλο και χρησιμοποιούνται κυρίως για προϊόντα όπως συμπυκνωμένοι χυμοί, διάφορες σάλτσες, ξυρούς καρπούς, τσιπς κ.α.



Σχήμα 2.4 Διάφορα είδη χάρτινων σύνθετων κονσερβών και κυλινδρικών δοχείων



Σχήμα 2.5 Σύνθετες χάρτινες κονσέρβες. α) Ελικοειδής κατασκευή, β) Κατασκευή με περιτύλιξη (Μπλούκας 2004).

2.4.4 Χάρτινοι χυτοί περιέκτες

Οι **χάρτινοι χυτοί περιέκτες** (*molded paper containers*) κατασκευάζονται από χαρτοπολλτό που τοποθετείται σε ειδικά διαμορφωμένα καλούπια τα οποία διαθέτουν το σχήμα των προϊόντων που θέλουμε να συσκευάσουμε ακολουθώντας μια ειδική διαδικασία. Κλασικό παράδειγμα χάρτινου χυτού περιέκτη είναι οι αυγοθήκες (Σχήμα 2.6). Οι χάρτινοι χυτοί περιέκτες χαρακτηρίζονται για το ελαφρύ τους βάρος, την δυνατότητα αντίστασης σε διάφορα μηχανικά αίτια (Κεφάλαιο 1.3.2.1), και το γεγονός ότι μπορούν να διαμορφωθούν σε όποιο σχήμα επιθυμούμε. Επίσης, σε αντίθεση με τα πλαστικά, δεν παρουσιάζουν προβλήματα στατικού ηλεκτρισμού. Για τους παραπάνω λόγους οι χάρτινοι χυτοί περιέκτες χρησιμοποιούνται ευρέως στη συσκευασία ευαίσθητων και ευπαθών προϊόντων όπως είναι τα αυγά και τα νωπά φρούτα, αλλά και σε προϊόντα που συσκευάζονται σε γυάλινες φιάλες.



Σχήμα 2.6 Χάρτινος χυτός περιέκτης για αυγά

2.5 Μετανάστευση ουσιών από τη χάρτινη συσκευασία

Μετανάστευση επικίνδυνων ουσιών από τη χάρτινη συσκευασία συμβαίνει κυρίως στην περίπτωση που το συσκευασμένο προϊόν είναι σε υγρή μορφή, δηλαδή στην περίπτωση που περιέχει μεγάλες ποσότητες νερού, οξέων, λιπαρών ουσιών κ.α. και εξαρτάται από τη φύση του προϊόντος. Συνήθως, οι ουσίες αυτές προέρχονται από τους διαλύτες, τις διάφορες συγκολλητικές ουσίες, καθώς και τα χρώματα που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή της χάρτινης συσκευασίας.

Έτσι, για την αποφυγή της μετανάστευσης επικίνδυνων ουσιών στα τρόφιμα από τη χάρτινη συσκευασία, θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη βαρύτητα στη μελέτη των φυσικών και χημικών ιδιοτήτων των τροφίμων που θα συσκευαστούν αλλά και στον τρόπο παρασκευής της χάρτινης συσκευασίας, έτσι ώστε να αποφευχθούν ανεπιθύμητες καταστάσεις που μπορεί να επηρεάσουν την υγεία των καταναλωτών αλλά και τους ίδιους τους παραγωγούς-συσκευαστές.

2.6 Ανακύκλωση χαρτιού & χαρτονιού

Ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα του χαρτιού και του χαρτονιού για την χρησιμοποίηση του σαν υλικό συσκευασίας τροφίμων είναι το γεγονός ότι ανακυκλώνεται σχετικά εύκολα και μπορεί να χρησιμοποιηθεί εκ νέου για την παραγωγή νέου χαρτιού και χαρτονιού. Φυσικά η διαδικασία της ανακύκλωσης του χαρτιού δεν μπορεί σε καμία περίπτωση να είναι απεριόριστη καθώς σε κάθε νέα επεξεργασία οι ίνες κυτταρίνης υφίστανται φθορές, γεγονός που σημαίνει απώλεια των συνδετικών τους ιδιοτήτων, με αποτέλεσμα την αδυναμία σχηματισμού νέου χαρτιού.

Σε κάθε περίπτωση «η ανακύκλωση του χαρτιού/χαρτονιού εξοικονομεί το 90% του νερού και το 50% της ενέργειας που απαιτείται για την παραγωγή του από την πρωτογενή πρώτη ύλη και περιορίζει την μόλυνση του περιβάλλοντος κατά 75%»[1].

Βιβλιογραφία

1. Μπλούκας, Ι.Γ. (2004). *Συσκευασία Τροφίμων*, Εκδόσεις Σταμούλη Α.Ε, Αθήνα, σσ. 237-255.
2. Παπαδάκης, Σ.Ε. (2010). *Συσκευασία Τροφίμων*, Εκδόσεις Τζιόλα, Αθήνα, σσ. 220-229.
3. Καρακασίδης, Ν.Γ. (1992). *Κυτιοποιία*, Εκδόσεις ΙΩΝ, Αθήνα.
4. Δημουλάς, Κ.Α. (1990). *Συσκευασία Τροφίμων*, Έκδοση ΥΠΕΠΘ, Αθήνα.

3.1 Εισαγωγή

Το **γυαλί** (*glass*) είναι ένα άμορφο στερεό υλικό το οποίο δεν παρουσιάζει κρυσταλλική δομή και η ιστορία του χάνεται στα βάθη των αιώνων. Ως πρώτοι υαλουργοί θεωρούνται οι Αιγύπτιοι, οι οποίοι επεξεργάζονταν το γυαλί και κατασκεύαζαν γυάλινα αντικείμενα περίπου το 1.500 π.Χ., ενώ μέχρι περίπου το 1.200 μ.Χ. η τεχνική κατασκευής του γυαλιού είχε εξαπλωθεί σε όλη την Ευρώπη. Η βιομηχανική παραγωγή γυάλινων δοχείων άρχισε στα τέλη του 19^{ου} αρχές του 20^{ου} αιώνα. Εκείνη την εποχή (1903) χρονολογείται και η πρώτη αυτόματη μηχανή παραγωγής γυάλινων φιαλών η οποία κατασκευάστηκε από τον *M.J. Owens*. Η μηχανή του Owens σιγά σιγά αντικαταστάθηκε από την *IS blow-and-blow* μηχανή της εταιρίας *Hartford-Empire*. Στην Ελλάδα το πρώτο υαλοπωλείο κατασκευάστηκε και λειτούργησε στην Ερμούπολη της Σύρου στις αρχές του 20^{ου} αιώνα [1], [2],[3].

Όσον αφορά τη χρησιμοποίηση του γυαλιού ως υλικό συσκευασίας τα ιστορικά στοιχεία δείχνουν ότι συνέβη στους αρχαίους χρόνους στην Αίγυπτο αλλά και σε άλλες Μεσογειακές χώρες και αρχικά οι διάφοροι γυάλινοι περιέκτες χρησίμευαν ως μέσα διατήρησης υγρών, κυρίως, προϊόντων. Στην εποχή μας οι γυάλινοι περιέκτες θεωρούνται από τα σπουδαιότερα μέσα συσκευασίας τροφίμων λόγω των πολλών πλεονεκτημάτων που διαθέτουν, ωστόσο πολλά είδη γυάλινων συσκευασιών έχουν αντικατασταθεί από άλλα μέσα συσκευασίας όπως οι πλαστικές φιάλες PET, οι κονσέρβες αλουμινίου κ.α. λόγω κυρίως του χαμηλότερου βάρους τους. Παρ' όλα αυτά υπάρχει η αίσθηση ότι λόγω της αυξανόμενης ευαισθητοποίησης των καταναλωτών για το περιβάλλον, η γυάλινη συσκευασία θα παρουσιάσει ανάκαμψη τα επόμενα χρόνια. Το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής της γυάλινης συσκευασίας το καταλαμβάνει η οινοποιία (30%), η ζυθοποιία (25%) και η ποτοποιία (20%) [1].

3.2 Σύσταση, δομή και σύνθεση του γυαλιού

Από φυσική άποψη το γυαλί θα μπορούσε να οριστεί «ως ένα υπόψυκτο υγρό που έχει ψυχθεί ώστε να γίνει δύσκαμπτο χωρίς όμως να κρυσταλλωθεί, δεν έχει καθορισμένο σημείο τήξης και χαρακτηρίζεται από πολύ υψηλό ιξώδες (μεγαλύτερο των 10^{12} Pa s) σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. (...) Από χημική άποψη το γυαλί είναι ένα μίγμα οξειδίων του Si, Na, Ca, και Al που είναι ενωμένα μεταξύ τους σε τυχαίες αναλογίες» [2].

Για την κατασκευή του γυαλιού ως πρώτες ύλες χρησιμοποιούνται η χαλαζιακή άμμος, η ανθρακική σόδα, η μαρμαρόσκονη, ο δολομίτης και διάφορα άλλα υλικά, όπως για παράδειγμα τα υαλοθραύσματα από σπασμένο γυαλί (gullet).

Η **χαλαζιακή άμμος** που περιέχει πάνω από 99% οξείδιο του πυριτίου (SiO_2), είναι η πρώτη κύρια ύλη για την κατασκευή του γυαλιού αφού αποτελεί περίπου το 70-73% του συνόλου των πρώτων υλών. Αντίθετα, η **ανθρακική σόδα** (NaCO_3), η **μαρμαρόσκονη** (CaCO_3) και ο **δολομίτης** (MgCO_3) αποτελούν περίπου το 12-13% του μίγματος των πρώτων υλών. Ο δολομίτης και η μαρμαρόσκονη ενεργούν ως σταθεροποιητές ενώ η σόδα συμβάλλει στη μείωση της θερμοκρασίας τήξης της άμμου και του ιξώδους του τήγματος. Επιπλέον, σχεδόν σε όλους τους τύπους γυαλιού προστίθεται **αλουμίνα** (Al_2O_3) η οποία συμβάλλει στη βελτίωση της μηχανικής αντοχής. Τέλος, προτίθενται διάφορες άλλες ουσίες για την βελτίωση των συνθηκών τήξης, την απομάκρυνση των αερίων, για να προσδώσουν χρώμα κ.α. Στον Πίνακα 3.1 φαίνεται μια τυπική χημική σύσταση διαφανούς γυαλιού που χρησιμοποιείται για την κατασκευή γυάλινων περιεκτών.

Συστατικό	Σύσταση % (w/w)
SiO_2	73.0
Na_2O	13.0
CaO	11.7
Al_2O_3	1.4
Άλλα οξείδια	0.9

Πίνακας 3.1 Τυπική χημική σύσταση διαφανούς γυαλιού (Παπαδάκης 2010).

Στη συσκευασία τροφίμων οι πιο συνηθισμένοι τύποι γυαλιού είναι:

- Το γυαλί τύπου **νατρίου-ασβεστίου** (*soda-lime glass*)
- Το γυαλί τύπου **αλουμινίου** (*aluminosilicate*)
- Το γυαλί τύπου **βορίου** (*borosilicate*) π.χ. **Pyrex**

Το γυαλί νατρίου-ασβεστίου το οποίο παράγεται από σύντηξη άμμου, σόδας, και μαρμαρόσκονης αποτελεί περίπου το 90% της παραγωγής γυαλιού και προσφέρεται ιδιαίτερα όταν δεν απαιτείται μεγάλη αντοχή στη θερμοκρασία. Οι δύο άλλοι τύποι χαρακτηρίζονται για την μεγάλη αντοχή τους και χρησιμεύουν κυρίως ως γυάλινα οικιακά σκεύη και εξοπλισμό χημικών μονάδων.

3.3 Ιδιότητες και χαρακτηριστικά της γυάλινης συσκευασίας

Η γυάλινη συσκευασία διαθέτει μια σειρά από ιδιότητες και χαρακτηριστικά που την καθιστούν ιδιαίτερα ελκυστική για την συσκευασία των τροφίμων. Μεταξύ άλλων, τα **πλεονεκτήματα** που διαθέτει είναι τα εξής:

- 1. Χημική αδράνεια:** Το γυαλί είναι άοσμο και χημικά αδρανές υλικό και κατά συνέπεια δεν αλλοιώνει την σύσταση και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του συσκευασμένου προϊόντος. Έτσι, η μετανάστευση επικίνδυνων ουσιών στο τρόφιμο περιορίζεται μόνο στην περιοχή του πλαστικού ή μεταλλικού πώματος. Επιπλέον, λόγω της μεγάλης αντοχής του στη διάβρωση καθίσταται κατάλληλο υλικό συσκευασίας για προϊόντα με μεγάλη διαβρωτική ικανότητα όπως για παράδειγμα τα τουρσιά, η μαγιονέζα, τα αναψυκτικά, η μύρα, το κρασί κ.α.
- 2. Διαφάνεια:** Το γυαλί είναι διαφανές υλικό και η ιδιότητα αυτή επιτρέπει τόσο στον συσκευαστή όσο και στον καταναλωτή την πλήρη ορατότητα του περιεχομένου τροφίμου. Όπως έχουμε ήδη επισημάνει, είναι ιδιαίτερα σημαντικό ο καταναλωτής να μπορεί να βλέπει το συσκευασμένο προϊόν καθώς του δίνεται η δυνατότητα να αξιολογήσει μόνος του το περιεχόμενό του και να το αγοράσει εάν αυτό ικανοποιεί τα κριτήριά του. Το διαφανές γυαλί δεν είναι κατάλληλο υλικό συσκευασίας στην περίπτωση όπου τα περιεχόμενα τρόφιμα είναι ευαίσθητα στην επίδραση του φωτός.
- 3. Χρωματισμός:** Το γυαλί μπορεί να χρωματιστεί έτσι ώστε να προστατεύσει τα συσκευασμένα τρόφιμα από το υπεριώδες φως αν στις πρώτες ύλες προστεθούν διάφορα οξείδια μετάλλων. Οι τρεις κύριες κατηγορίες γυαλιού, από την άποψη του χρώματος, είναι: Το **διαφανές και άχροο γυαλί** (*flint glass*), το **γυαλί καστανού χρώματος** (*amber*) και το **πράσινο** (*green*). Το γυαλί καστανού χρώματος είναι το μόνο που εμποδίζει τη διαπερατότητα του υπεριώδους φωτός με μήκος κύματος 300 με 400 nm και χρησιμοποιείται στη συσκευασία ιδιαίτερα ευαίσθητων προϊόντων όπως είναι η μύρα και κάποια φάρμακα. Το γυαλί πράσινου χρώματος χρησιμοποιείται κυρίως στη συσκευασία αναψυκτικών και αλκοολούχων ποτών [4].
- 4. Αδιαπερατότητα και στεγανότητα:** Το γυαλί είναι κατάλληλο μέσο για την αποφυγή εισχώρησης διαφόρων αερίων, υγρών και στερεών στο συσκευασμένο προϊόν και αν συνδυαστεί με κατάλληλο καπάκι προσφέρει πλήρη στεγανότητα. Οι ιδιότητες αυτές το καθιστούν κατάλληλο μέσο συσκευασίας για οιοπνευματώδη ποτά, διάφορα αιθέρια έλαια, καρυκεύματα κ.α.
- 5. Εύκολη μορφοποίηση:** Το γυαλί είναι ένα υλικό το οποίο μορφοποιείται πολύ εύκολα και προσφέρει τη δυνατότητα να κατασκευαστούν γυάλινοι περιέκτες οποιουδήποτε σχήματος. Το σχήμα, το μέγεθος κ.λ.π. που θα επιλεχθούν εξαρτώνται κάθε φορά από τις ανάγκες και το μάρκετινγκ. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι οι γυάλινες φιάλες της Coca-Cola που αναπροσαρμόζονται ανά τακτά χρονικά διαστήματα.

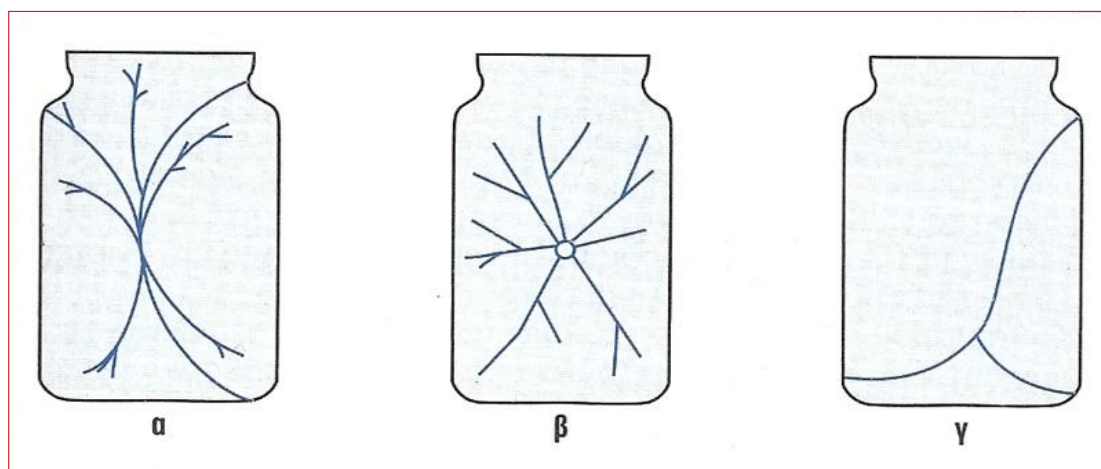
- 6. Πολλαπλή χρήση:** Οι γυάλινοι περιέκτες προσφέρουν τη δυνατότητα στους καταναλωτές να τους χρησιμοποιήσουν για διάφορες χρήσεις σε σπίτια, καταστήματα κ.α. Επιπλέον, επειδή μετά το αρχικό τους άνοιγμα μπορούν εύκολα να ξανακλείσουν ικανοποιητικά, προσφέρονται για προϊόντα τα οποία οι καταναλωτές τα χρησιμοποιούν σε καθημερινή βάση, π.χ. καφές.
- 7. Ποιότητα:** Σε γενικές γραμμές θα μπορούσαμε να πούμε ότι το καταναλωτικό κοινό έχει συνδέσει το γυαλί με την υψηλή ποιότητα. Η επιφάνειά του είναι λεία και αστραφτερή και μπορεί εύκολα να καθαριστεί και να πλυθεί δίνοντας στο προϊόν μια εικόνα ικανή να κερδίσει την πρώτη εντύπωση των καταναλωτών.
- 8. Φιλική στο περιβάλλον:** Τέλος, και πολύ σημαντικό, η γυάλινη συσκευασία είναι φιλική στο περιβάλλον καθώς το γυαλί είναι ένα υλικό το οποίο αποτελεί ένα κοινό υλικό που υπάρχει στον πλανήτη και αποσυντίθενται εύκολα όταν εκτεθεί στο περιβάλλον. Επίσης, η δυνατότητά του γυαλιού να ξαναχρησιμοποιηθεί και να ανακυκλωθεί συμβάλει ακόμη περισσότερο στον ισχυρισμό αυτόν. Αναφέρεται ότι η **ανακύκλωση** του γυαλιού είναι ιδιαίτερα σημαντική καθώς **α) μειώνει το κόστος των αστικών απορριμμάτων, β) εξοικονομεί ενέργεια, γ) προστατεύει το περιβάλλον και δ) εξασφαλίζει την εξοικονόμηση των πρώτων υλών.** Υπολογίζεται ότι για κάθε τόνο ανακυκλωμένου γυαλιού μειώνεται η απαιτούμενη ενέργεια κατά 25% και επιπλέον επιτυγχάνεται μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης κατά 20% και εξοικονόμηση πρώτων υλών και νερού κατά 80% και 50% αντίστοιχα. Για την χώρα μας η ανακύκλωση του γυαλιού έχει ιδιαίτερη σημασία αφού το 80% των πρώτων υλών για την παραγωγή του γυαλιού εισάγονται. Κατά συνέπεια, η ανακύκλωση του γυαλιού στη χώρα μας συμβάλει στην εξοικονόμηση συναλλάγματος. Αναφέρεται ότι η ανακύκλωση του γυαλιού στη χώρα μας ως ποσοστό της εγχώριας παραγωγής αυξήθηκε από 21.2% το 1989 σε 37% το 1995» [1].

Μειονεκτήματα της γυάλινης συσκευασίας. Εκτός των παραπάνω πλεονεκτημάτων οι γυάλινοι περιέκτες διαθέτουν τα εξής μειονεκτήματα:

- Είναι εύθραστοι
- Έχουν μικρή αντίσταση στα θερμικά σοκ
- Έχουν μεγάλο βάρος
- Η επιφάνειά τους υπόκειται σε φθορές
- Πιθανή παρουσία θραυσμάτων γυαλιού στο συσκευασμένο τρόφιμο είναι επικίνδυνη για την υγεία των καταναλωτών

Από τα παραπάνω μειονεκτήματα το βασικότερο είναι η **ευθραυστότητα**. Η ευθραυστότητα των γυάλινων περιεκτών μπορεί να οφείλεται είτε σε αύξηση της εσωτερικής πίεσης, είτε σε μηχανικά χτυπήματα, είτε σε απότομες μεταβολές της

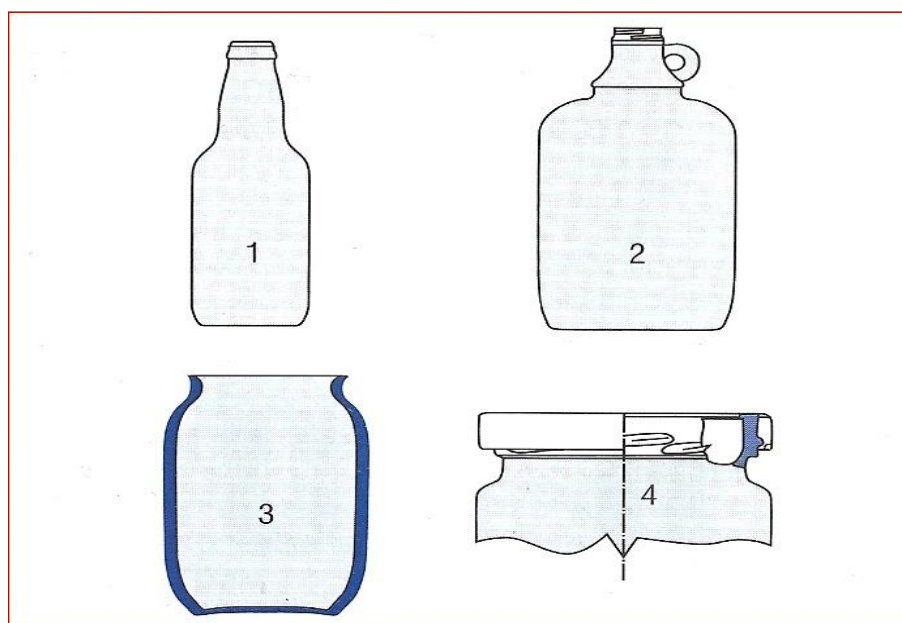
θερμοκρασίας (θερμικό σοκ). Στο Σχήμα 3.1 φαίνεται ο τρόπος θραύσης της επιφάνειας των γυάλινων περιεκτών για κάθε μια περίπτωση.



Σχήμα 3.1 Θραύση γυάλινων περιεκτών οφειλόμενη σε: α) Εσωτερική πίεση, β) Μηχανικό κτύπημα και γ) Θερμικό σοκ (Μπλούκας 2004).

3.4 Γυάλινοι περιέκτες

Κατά κανόνα οι γυάλινοι περιέκτες που χρησιμοποιούνται στη συσκευασία τροφίμων διακρίνονται σε **φιάλες** (*bottles*) και σε **βάζα** (*jars*) (Σχήμα 3.2).



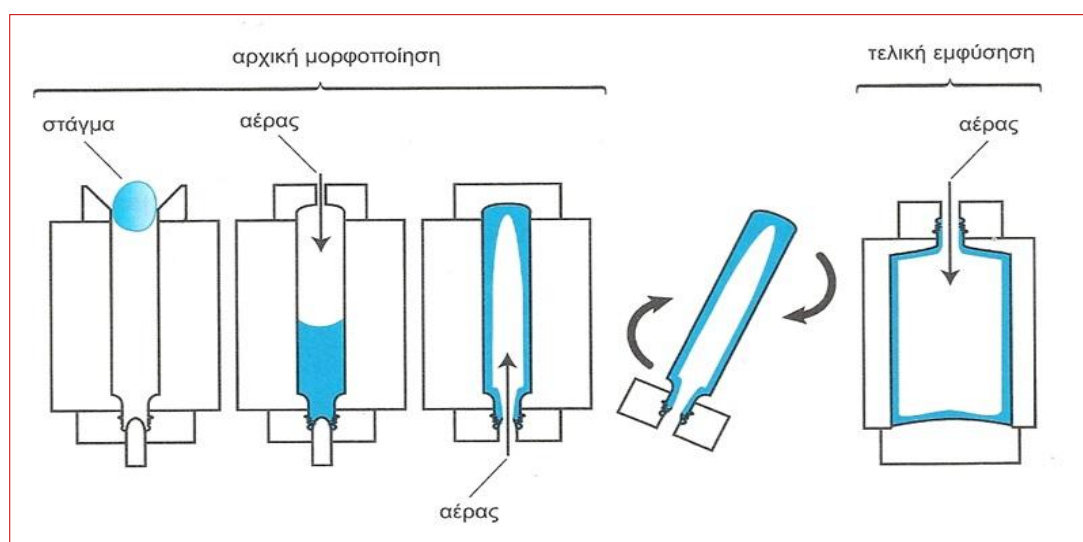
Σχήμα 3.2 Γυάλινοι περιέκτες: 1) Φιάλη, 2) Φιάλη με χειρολαβή, 3) Βάζο, 4) Λεπτομέρεια λαιμού σε βάζο (Μπλούκας 2004).

Οι γυάλινες φιάλες είναι στενόλαιμα δοχεία που χρησιμοποιούνται κυρίως για την συσκευασία υγρών τροφίμων και αποτελούν το πιο διαδεδομένο είδος της γυάλινης συσκευασίας. Αντίθετα, τα γυάλινα βάζα διαθέτουν μικρό λαιμό και ευρύ στόμιο και είναι κατάλληλα για την συσκευασία τόσο υγρών όσο και στερεών τροφίμων. Πρακτικά το διαχωριστικό όριο ανάμεσα στις φιάλες και τα βάζα είναι η διάμετρος πώματος 35 mm [5].

3.4.1 Κατασκευή γυάλινων περιεκτών

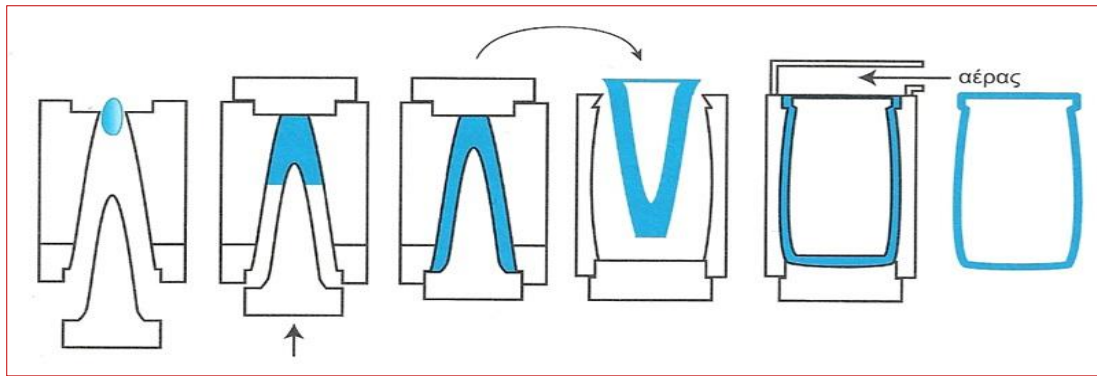
Για την κατασκευή των γυάλινων περιεκτών θα πρέπει αρχικά να ζυγισθεί με ακρίβεια η ποσότητα των πρώτων υλών που απαιτείται και στη συνέχεια θα πρέπει να αναμιχτούν καλά και να τοποθετηθούν σε ειδικό φούρνο σε θερμοκρασία 1500° C περίπου έτσι ώστε να προκύψει το λιωμένο παχύρευστο γυαλί. Το λιωμένο παχύρευστο γυαλί τοποθετείται στη συνέχεια σε ειδικό θάλαμο έτσι ώστε να προκύψουν οι ακριβείς ποσότητες που απαιτούνται για την κατασκευή των διαφόρων γυάλινων αντικειμένων.

Η κατασκευή των γυάλινων φιαλών πραγματοποιείται με το φύσημα αέρα υπό πίεση στη λιωμένη γυάλινη μάζα η οποία βρίσκεται μέσα σε ειδικό καλούπι με μια διαδικασία η οποία είναι γνωστή ως **blow and blow process** (Σχήμα 3.3)



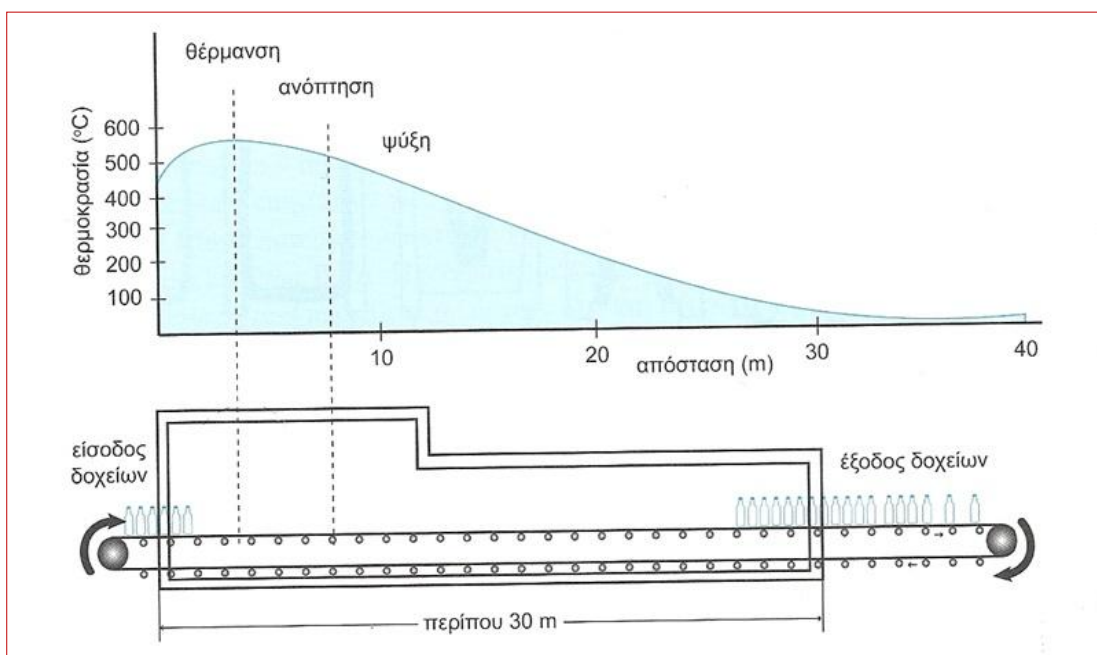
Σχήμα 3.3 Διεργασία παραγωγής φιαλών Blow and Blow (Παπαδάκης 2010).

Η κατασκευή των γυάλινων βάζων πραγματοποιείται με εφαρμογή πίεσης και φύσημα αέρα στη λιωμένη γυάλινη μάζα η οποία βρίσκεται σε ειδικά διαδοχικά καλούπια με μια διαδικασία η οποία είναι γνωστή ως **press and blow process** (Σχήμα 3.4)



Σχήμα 3.4 Διεργασία παραγωγής βάζων Press and Blow (Παπαδάκης 2010).

Ανόπτηση. Όταν τα γυάλινα δοχεία βγουν από το καλούπι έχουν θερμοκρασία 450 °C περίπου. Η ψύξη και η τελική τους μορφοποίηση σε συνθήκες περιβάλλοντος είναι δυνατόν να προκαλέσει παραμένουσες τάσεις (εφελκυσμό και θλίψη) σε διάφορα σημεία της μάζας τους λόγω του διαφορετικού ρυθμού ψύξης τους (π.χ. η εξωτερική επιφάνεια ψύχεται γρηγορότερα από την εσωτερική) με αποτέλεσμα τη σημαντική μείωση της αντοχής τους σε απότομες μεταβολές της θερμοκρασίας. Προκειμένου, λοιπόν, να απομακρυνθούν αυτές οι εσωτερικές τάσεις και να αυξηθεί η μηχανική αντοχή τους, τα γυάλινα δοχεία υποβάλλονται στη διαδικασία της ανόπτησης (*annealing process*). Κατά τη διαδικασία της ανόπτησης τα γυάλινα δοχεία τοποθετούνται πάνω σε μεταφορικό ιμάντα και μεταφέρονται σε ειδικό θάλαμο όπου επαναθερμαίνονται στους 550 °C περίπου και στη συνέχεια ψύχονται υπό ελεγχόμενες συνθήκες (Σχήμα 3.5).



Σχήμα 3.5 Ανόπτηση γυάλινων δοχείων (Παπαδάκης 2010).

Επεξεργασία εσωτερικής και εξωτερικής επιφάνειας. Κατά το στάδιο της κατασκευής των γυάλινων περιεκτών σημαντικό ρόλο παίζει η επεξεργασία της εσωτερικής και εξωτερικής επιφάνειας έτσι ώστε να μην υπάρχουν φθορές στις επιφάνειες αυτές που είναι δυνατόν να μειώσουν την μηχανική τους αντοχή.

Η κατεργασία της εσωτερικής επιφάνειας γίνεται πριν από την ανόπτηση και περιλαμβάνει το φύσημα στο εσωτερικό του περιέκτη αεριούχου φθοριούχου άνθρακα το οποίο διεισδύει στη δομή του γυαλιού και αντιδρά με τα οξείδια του νατρίου με αποτέλεσμα την αύξηση της αντοχής της.

Η κατεργασία της εξωτερικής επιφάνειας γίνεται σε δύο στάδια: Πριν και μετά την ανόπτηση. Αυτή η οποία γίνεται πριν την ανόπτηση περιλαμβάνει τον ψεκασμό της επιφάνειας με οξείδια κασσιτέρου ή τιτανίου υπό μορφή ατμού με αποτέλεσμα τη δημιουργία μια λεπτής στρώσης οξειδίων που βελτιώνει την προσκόλληση των υλικών που θα εφαρμοστούν μετά την ανόπτηση. Μετά την ανόπτηση η εξωτερική επιφάνεια ψεκάζεται με ουσίες όπως κηρούς, ελαϊκό οξύ, σιλικόνη, πολυαιθυλένιο κ.α. που συμβάλουν στην αύξηση της μηχανικής αντοχής και της λείανσης της.

3.4.2 Ποιοτικός έλεγχος γυάλινων περιεκτών

Αφού ολοκληρωθούν όλα τα στάδια της κατασκευής των γυάλινων περιεκτών ακολουθεί ο ποιοτικός τους έλεγχος έτσι ώστε το τελικό προϊόν να μην έχει ατέλειες και να ανταποκρίνεται στα διεθνή πρότυπα. Ο ποιοτικός έλεγχος -ο οποίος πλέον στις μεγάλες βιομηχανικές μονάδες είναι μια αυτοματοποιημένη διαδικασία- πραγματοποιείται σε ειδικές γραμμές παραγωγής και αφορά τόσο τις μηχανικές όσο και της οπτικές ιδιότητες του τελικού προϊόντος. Αναλυτικότερα οι σημαντικότεροι έλεγχοι περιλαμβάνουν:

- Δοκιμές θλίψης.
- Δοκιμές αντοχής σε υψηλή εσωτερική πίεση.
- Μέτρηση όλων των διαστάσεων.
- Μέτρηση πάχους τοιχωμάτων.
- Ανίχνευση διαφόρων ελαττωμάτων.
- Απομάκρυνση τυχόν εναπομεινουσών κομματιών γυαλιού στο εσωτερικό.

Πέραν των παραπάνω μορφών ελέγχου πραγματοποιούνται και πρόσθετοι έλεγχοι που κυρίως αφορούν την ποιότητα εμφάνισης των περιεκτών έτσι ώστε να πληροί τις προδιαγραφές του πελάτη και να αποτελεί ένα άρτιο αισθητικά προϊόν ικανό να ανταποκριθεί με επάρκεια σε όλες τις απαιτητικές λειτουργίες μιας συσκευασίας.

3.5 Πώματα γυάλινων περιεκτών

Οι γυάλινοι περιέκτες τις περισσότερες φορές κλείνονται με ειδικά διαμορφωμένα πώματα τα οποία συγκρατούν το περιεχόμενο προϊόν και συνεισφέρουν στο ερμητικό κλείσιμο των δοχείων έτσι ώστε να μειώνεται στο ελάχιστο η είσοδος και η έξοδος στερεών, υγρών και αερίων. Επίσης, τα πώματα συμβάλουν στην ευκολία ανοίγματος και κλεισίματος του δοχείου ιδιαίτερα στις περιπτώσεις όπου μια συσκευασία χρησιμοποιείται παραπάνω από μια φορά. Τέλος, αποτελούν μια εγγύηση στον καταναλωτή ότι το προϊόν το οποίο έχει αγοράσει είναι απαραβίαστο και δεν έχει ξαναχρησιμοποιηθεί. Τα πώματα των γυάλινων περιεκτών συνήθως κατασκευάζονται είτε από διάφορα μέταλλα είτε από διάφορα πλαστικά.

Τα πώματα που χρησιμοποιούνται για το κλείσιμο των γυάλινων περιεκτών ταξινομούνται σε τρεις κύριες κατηγορίες [6], [7]:

- Πώματα πίεσεως.
- Πώματα κενού, και
- Κοινά πώματα.

Τα **πώματα πίεσεως** είναι πώματα γυάλινων φιαλών και χρησιμοποιούνται στις περιπτώσεις όπου η πίεση στο εσωτερικό του δοχείου είναι μεγαλύτερη της ατμοσφαιρικής (π.χ. γυάλινη συσκευασία αναψυκτικών με ανθρακικό) και μπορεί να κυμαίνεται από 2 μέχρι 8 atm. Τα πώματα αυτά κατασκευάζονται από λευκοσίδηρο σε συνδυασμό με liner από φελλό ή plastisol και αφαιρούνται από το γυάλινο δοχείο με ειδικό εργαλείο (ανοιχτήρι) που ενεργεί σαν μοχλός.

Τα **πώματα κενού** είναι πώματα γυάλινων βάζων και χρησιμοποιούνται στις περιπτώσεις όπου η πίεση στο εσωτερικό του δοχείου είναι μικρότερη από την ατμοσφαιρική (π.χ. γυάλινη συσκευασία που περιέχει τρόφιμα που έχουν υποστεί θερμική επεξεργασία). Υπάρχουν διάφοροι τύποι πωμάτων κενού που χρησιμοποιούνται σε κάθε περίπτωση και μπορεί να είναι είτε παραβιαζόμενα (*pry-off cap*) είτε βιδωτό με προεξοχές (*lug-type twist cap*).

Τέλος, τα **κοινά πώματα** είναι συνήθως βιδωτά πώματα που χρησιμοποιούνται και για φιάλες και για βάζα, είναι σχεδιασμένα απλά και ο μοναδικός τους ρόλος είναι να συγκρατούν το περιεχόμενο τρόφιμο μέσα στο γυάλινο περιέκτη.

3.6 Σύγχρονες τάσεις στη γυάλινη συσκευασία

Οι σύγχρονες τάσεις στη γυάλινη συσκευασία έχουν στόχο την δημιουργία γυάλινων περιεκτών οι οποίοι θα περιορίζουν στο ελάχιστο την επίδραση των παραπάνω μειονεκτημάτων. Πιο συγκεκριμένα γίνεται προσπάθεια να αυξηθεί η

μηχανική αντοχή τους, να μειωθεί το βάρος τους, καθώς και να μειωθεί η κατανάλωση ενέργειας και κατά συνέπεια το κόστος κατασκευής τους.

Αυτό επιτυγχάνεται σε σημαντικό βαθμό με την παραγωγή γυάλινων περιεκτών οι οποίοι διαθέτουν λεπτά τοιχώματα τα οποία επικαλύπτονται εξωτερικά με διάφορα πλαστικά υλικά ή ειδικούς κηρούς. Οι γυάλινοι περιέκτες που κατασκευάζονται με αυτόν τον τρόπο παρουσιάζουν μεγαλύτερη μηχανική αντοχή από τους κλασικούς γυάλινους περιέκτες, ενώ το βάρος τους μπορεί να είναι μειωμένο μέχρι και 20% γεγονός που, εκτός των άλλων, μειώνει και το κόστος μεταφοράς τους [1].

Βιβλιογραφία

1. Μπλούκας, Ι.Γ. (2004). *Συσκευασία Τροφίμων*, Εκδόσεις Σταμούλη Α.Ε, Αθήνα, σσ. 215-235.
2. Παπαδάκης, Σ.Ε. (2010). *Συσκευασία Τροφίμων*, Εκδόσεις Τζιόλα, Αθήνα, σσ. 31-56.
3. Robertson, G.L. (1993). *Food Packaging: Principles and Practice*, Marcel Dekker Inc., New York, pp. 232-251.
4. Soroka, W. (1996). *Fundamentals of Packaging Technology*, revised UK edition, The Institute of Packaging, Melton Mowbray, Leicestershire, UK, pp. 153-170.
5. Cavanagh, J., (1997). Glass container design and Glass container manufacturing. *In The Encyclopedia of Packaging Technology*, A.L. Brody and K.S. Marsh (eds.), 2nd edition, John Wiley & Sons Inc., New York, pp. 471-484.
6. Osborne, D.G. (1980). *Glass, In Developments in Food Packaging-1*, ed. S.J. Palling, Applied Science Publishers Ltd, London, pp. 81-115.
7. Gavin, A. and Weddig, L.M. (1995). *Canned Foods: Principles of Thermal Process Control, Acidification and Container Closure Evaluation*, 6th edition, The Food Processors Institute, Washington D.C., pp. 141-150.

Επιπλέον βιβλιογραφία

- Αρβανιτογιάννης, Ι.Σ. και Μποσνέα, Λ. (2001). Στοιχεία Τεχνολογίας, μεταποίηση και συσκευασίες τροφίμων. University studio press. Θεσσαλονίκη. σσ. 353-360.
- Fellows, P.J. (2000). *Food Processing Technology – Principles and Practice*. 2nd Ed. Woodhead Publishing Limited. Cambridge England. pp. 462-507.
- Girling, P.J. (2003). Packaging of Food in glass containers. In “Food Packaging Technology”. R. Coles, D. McDowell and M.J Kirwan (Edrs). Blackwell Publishing, CRC Press. London, pp. 152-173.
- Hugel, R. and Pajean, G. (1996). Glass used for packaging. In “Food Packaging Technology”. G. Bureau and J.-L. Multon (Ed). VCV Publishers, Inc. N. York, pp. 183-202.
- Moody, B. (1977). *Packaging in glass*. Hutchinson Benham, London

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 Μεταλλική Συσκευασία

4.1 Εισαγωγή

Αν και η χρήση των μετάλλων ως υλικού συσκευασίας χρονολογείται από τα αρχαία χρόνια, υπήρξε μια στασιμότητα μέχρι περίπου τον 18^ο αιώνα. Από τότε μέχρι και σήμερα η μεταλλική συσκευασία, λόγω των πολλών πλεονεκτημάτων που διαθέτει, έχει γνωρίσει τεράστια ανάπτυξη. Το έναυσμα για την πορεία αυτή υπήρξαν οι πολεμικές επιχειρήσεις του Ναπολέοντα Ι στα τέλη του 1700. Στις επιχειρήσεις αυτές έγινε φανερή η ανάγκη για μια συσκευασία η οποία θα μπορούσε να προσφέρει αποτελεσματική συντήρηση και προστασία των τροφίμων για πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα. Από τις αρχές του 1800 και μετά, οι πάμπολλες εφευρέσεις που αφορούσαν μια σειρά από ζητήματα όπως για παράδειγμα τα διάφορα υλικά μεταλλικής συσκευασίας, οι τεχνικές κατασκευής τους, οι τεχνικές κονσερβοποίησης κ.α., μετέτρεψαν τη μεταλλική συσκευασία σε ένα από τα βασικότερα υλικά συσκευασίας για τις διεθνείς εμπορικές ανάγκες.

Η μεταλλική συσκευασία διαθέτει μια ποικιλία πλεονεκτημάτων που της επιτρέπουν να ανταποκρίνεται αποτελεσματικά σχεδόν σε κάθε ανάγκη που θα πρέπει να ικανοποιεί μια συσκευασία τροφίμων. Έτσι, η μεταλλική συσκευασία προσφέρει μεγάλη προστασία στα συσκευασμένα προϊόντα από μια σειρά βλαπτικών παραγόντων όπως είναι το φως, τα διάφορα αέρια, οι μικροοργανισμοί, τα έντομα, τα τρωκτικά κ.α. Διαθέτει, όμως, και ορισμένα μειονεκτήματα όπως για παράδειγμα το μεγάλο βάρος τους και τη δυσκολία επενακλεισίματός τους.

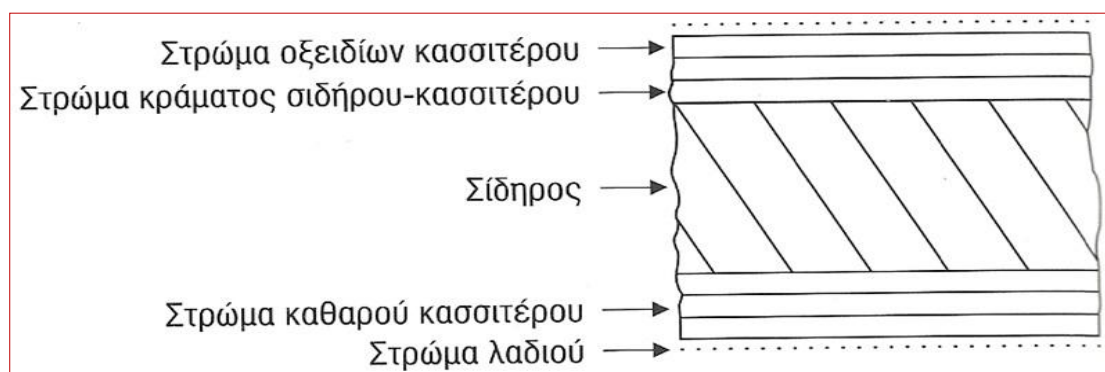
Τα υλικά που χρησιμοποιούνται ευρέως για την κατασκευή μεταλλικών κονσερβοκυτίων είναι ο **λευκοσίδηρος**, ο **επιχρωμιωμένος χάλυβας**, και από τις αρχές της δεκαετίας του 60' και το **αλουμίνιο**.

4.2 Κύρια υλικά της μεταλλικής συσκευασίας

4.2.1 Λευκοσίδηρος

Ο **λευκοσίδηρος**, κοινώς **τενεκές** (*tinplate*), «είναι επικασιτερωμένο φύλλο μαλακού σιδήρου, πάχους 0.15 έως 0.5 mm, με χαμηλή περιεκτικότητα σε άνθρακα (0.03-0.13%), το οποίο είναι καλυμμένο και από τις δύο πλευρές του με λεπτό στρώμα κασιτέρου, πάχους 0.4-2.5 μm» [1].

Στο Σχήμα 4.1 παρουσιάζεται η εγκάρσια τομή ενός τυπικού λευκοσιδήρου στην οποία παρατηρούμε τα εξής στρώματα: **α)** το κύριο στρώμα σιδήρου, **β)** το στρώμα του κράματος σιδήρου-κασσιτέρου, **γ)** το στρώμα του κασσιτέρου, **δ)** το στρώμα των οξειδίων κασσιτέρου (στρώμα παθητικοποίησης) και τέλος **ε)** το στρώμα λαδιού.



Σχήμα 4.1 Εγκάρσια τομή λευκοσιδήρου (Μπλούκας 2004).

Η κατασκευή του λευκοσιδήρου που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί ως υλικό μεταλλικής συσκευασίας τροφίμων περιλαμβάνει τα εξής στάδια [1]:

- Την επιλογή του σιδήρου με κατάλληλη σύνθεση.
- Την εξέλαση και τη διαμόρφωσή του σε φύλλο ορισμένου πάχους.
- Την επικασσιτέρωση.
- Την παθητικοποίηση, και
- Τη λίπανση.

Η επιλογή του σιδήρου με την κατάλληλη σύνθεση είναι μια πολύ σημαντική διαδικασία καθώς επηρεάζει άμεσα την αντοχή του λευκοσιδήρου στην διάβρωση η οποία, μεταξύ άλλων, εξαρτάται και από την χημική του σύνθεση. Έτσι, για την κατασκευή κονσερβών και δοχείων λευκοσιδήρου χρησιμοποιούνται τρεις τύποι σιδήρου [2]: ο **τύπος L**, ο **τύπος MR** και ο **τύπος MC**.

Ο **τύπος L** χαρακτηρίζεται για την ανθεκτικότητά του στη διάβρωση και γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιείται για πολύ διαβρωτικά προϊόντα (όπως τουρσιά, μπάμιες, χυμοί μήλου, λεμονιού, σταφυλιού κ.α.). Ο **τύπος MR** είναι ο πιο κοινός τύπος σιδήρου που χρησιμοποιείται στην κατασκευή κονσερβών λευκοσιδήρου και επειδή παρουσιάζει μέτρια αντοχή στη διάβρωση χρησιμοποιείται για τρόφιμα με μέτρια διαβρωτική ικανότητα (όπως ροδάκινα, βερίκοκα, αχλάδια, εσπεριδοειδή κ.α.). Ο **τύπος MC** είναι παρόμοιος με τον MR όμως επειδή έχει λίγο μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε φώσφορο έχει μεγαλύτερη μηχανική αντοχή. Κυρίως χρησιμοποιείται για προϊόντα που έχουν χαμηλές διαβρωτικές ικανότητες (όπως

κρέας, ψάρια κ.α.) αλλά πολλές φορές χρησιμοποιείται και για προϊόντα που παρουσιάζουν υψηλές πιέσεις στο εσωτερικό τους (π.χ. μύρα) παρότι είναι αρκετά διαβρωτικά.

Εξέλαση (απλή και διπλή) (*single & double redused*) είναι η διαδικασία κατά την οποία ο σίδηρος μετατρέπεται σε πολύ λεπτά φύλλα το πάχος των οποίων εξαρτάται από το είδος της χρήσης τους. Αξίζει να τονίσουμε ότι με την εξέλαση τα φύλλα του σιδήρου αποκτούν αυξημένη αντοχή και σκληρότητα, αλλά μειώνεται η ευκολία μορφοποίησής τους.

Η **επικασσιτέρωση** (*tinning*) είναι η διαδικασία κατά την οποία κάθε φύλλο σιδήρου καλύπτεται με ένα λεπτό στρώμα κασσιτέρου καθαρότητας τουλάχιστον 99,75% με σκοπό την προστασία του σιδήρου από τη διάβρωση. Παρότι ο κασσίτερος δεν είναι τελείως ανθεκτικός στη διάβρωση, χρησιμοποιείται γιατί ο ρυθμός αντίδρασής του με πολλά τρόφιμα είναι αρκετά πιο αργός από τον ρυθμό αντίδρασης του σιδήρου.

Μετά την επικασσιτέρωση ακολουθεί η διαδικασία της παθητικοποίησης και της λίπανσης. Κατά την **διαδικασία της παθητικοποίησης** ο λευκοσίδηρος διέρχεται από διάλυμα χρωμικού οξέος ή διχρωμικού καλίου που σαν αποτέλεσμα έχει τη δημιουργία μιας πολύ λεπτής επιφάνειας που αποτελείται από μεταλλικό χρώμιο και από οξειδία του κασσιτέρου και του χρωμίου. Το στρώμα παθητικοποίησης προστατεύει το λευκοσίδηρο από την ατμοσφαιρική διάβρωση, παρεμποδίζει την εμφάνιση ανεπιθύμητου χρώματος και αποτρέπει τον σχηματισμό θειούχων κηλίδων που δημιουργούνται από την επαφή με τρόφιμα που περιέχουν θείο. Τέλος, η **λίπανση** της επιφάνειας του λευκοσιδήρου με φυτικά ή συνθετικά λάδια διευκολύνει την επαφή, το γλίστρημα και την μεταφορά των φύλλων και μειώνει τα ανεπιθύμητα αποτελέσματα αυτών, όπως π.χ. τις γρατσουνιές.

Ο λευκοσίδηρος χρησιμοποιήθηκε πρώτη φορά για την κατασκευή για την κατασκευή μεταλλικών κονσερβών και δοχείων περίπου το 1800 στην Αγγλία και λόγω των πολλών πλεονεκτημάτων του καταλαμβάνει ακόμη και σήμερα σημαντική θέση στη συσκευασία των τροφίμων. Τα σημαντικότερα **πλεονεκτήματα** του λευκοσιδήρου που το καθιστούν ένα σημαντικό υλικό στη συσκευασία των τροφίμων έχουν εξής [1]:

- Έχει αυξημένη σκληρότητα και μηχανική αντοχή.
- Παρουσιάζει μεγάλη αντοχή στις υψηλές πιέσεις της θερμικής επεξεργασίας.
- Προσφέρει πλήρη στεγανότητα από τη διείσδυση του φωτός, της υγρασίας και διαφόρων μικροοργανισμών εφόσον ο περιέκτης κλειστεί ερμητικά.
- Έχει ικανοποιητική αντίσταση στη διάβρωση.
- Έχει μεγάλη θερμική αγωγιμότητα.
- Μορφοποιείται και διακοσμείται εύκολα.
- Έχει ικανοποιητική εμφάνιση.

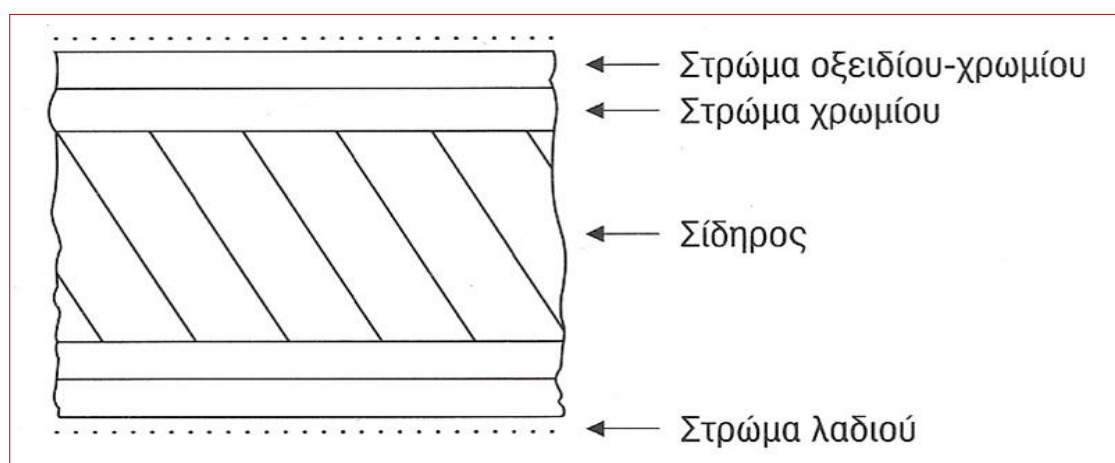
- Πολλές φορές επηρεάζει θετικά την οσμή και τη γεύση των τροφίμων.
- Έχει χαμηλό κόστος σε σχέση με άλλα υλικά συσκευασίας.

Λόγω των ιδιοτήτων του, ο λευκοσίδηρος, χρησιμοποιείται ως υλικό συσκευασίας κατά κανόνα όταν το συσκευασμένο προϊόν πρέπει να υποστεί θερμική επεξεργασία. Στην ουσία αποτελεί το πιο διαδεδομένο υλικό μεταλλικής συσκευασίας που χρησιμοποιείται σχεδόν σε κάθε περίπτωση με εξαίρεση την μπίρα, τα αναψυκτικά και κάποια άλλα τρόφιμα. Η μέση διάρκεια ζωής μια κονσέρβας λευκοσιδήρου είναι τα 2-3 χρόνια και εξαρτάται άμεσα από την έκταση της θερμικής επεξεργασία αλλά και από τις συνθήκες συντήρησης του προϊόντος.

Επιπλέον Βιβλιογραφία Ενότητας: [3, 4, 5, 6, 7, 8].

4.2.2 Επιχρωμιωμένος Χάλυβας

Ο **επιχρωμιωμένος χάλυβας** (*Electrolytic chrome-coated steel, ECCS*) γνωστός και ως **χάλυβας ελεύθερου κασσιτέρου** (*Tin-Free Steel, TFS*) είναι ένα προϊόν που αποτελείται από φύλλο χάλυβα χαμηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα που είναι καλυμμένο και από τις δυο πλευρές του με στρώμα χρωμίου. Δημιουργήθηκε και πρωτοχρησιμοποιήθηκε ως υλικό για την κατασκευή μεταλλικών κονσερβών τη δεκαετία του 60' στην Ιαπωνία επειδή η διαθέσιμες ποσότητες του κασσιτέρου ήταν πολύ μικρές και η τιμή τους αρκετά υψηλή. Στο Σχήμα 4.2 φαίνονται αναλυτικά τα στρώματα σε εγκάρσια τομή που αποτελούν τον επιχρωμιωμένο χάλυβα.



Σχήμα 4.2 Εγκάρσια τομή επιχρωμιωμένου χάλυβα (Μπλούκας 2004).

Τα φύλλα του επιχρωμιωμένου χάλυβα κατασκευάζονται σχεδόν με τον ίδιο τρόπο όπως τα φύλλα του λευκοσιδήρου όμως σε αντίθεση με τον λευκοσίδηρο τα κουτιά από TFS δεν μπορούν να ηλεκτροσυγκλληθούν εύκολα. Έτσι ο σχηματισμός της

πλάγιας ραφής του κυλινδρικού κορμού των κουτιών γίνεται με τη βοήθεια διαφόρων οργανικών κολλών.

Το κύριο πλεονέκτημά του έναντι του λευκοσιδήρου είναι το χαμηλότερο κόστος του, όμως είναι λιγότερο ανθεκτικό στη διάβρωση. Χρησιμοποιείται κυρίως για την κατασκευή κονσερβών τριών τεμαχίων για τη συσκευασία μη-διαβρωτικών τροφίμων (όπως το κρέας, τα λαχανικά κ.α.).

4.2.3 Αλουμίνιο

«Το **αλουμίνιο** (αργίλιο) (*aluminium*) αποτελεί ένα στοιχείο που απαντά ευρύτατα στη φύση υπό μορφή διαφόρων ορυκτών. Από αυτά εμπορικό ενδιαφέρον παρουσιάζει ο **βωξίτης** ($Al_2O_3 \cdot 3H_2O$) και ο **κρυόλιθος** (Na_3AlF_6)» [1]. Αναφέρεται ότι για την χώρα μας η αξιοποίηση του αλουμινίου θα μπορούσε να παίξει ιδιαίτερο ρόλο καθώς αποτελεί εθνικό προϊόν.

Ως υλικό συσκευασίας το αλουμίνιο πολλές φορές δεν χρησιμοποιείται μόνο του. Προστίθενται σε αυτό διάφορα μέταλλα (το μαγγάνιο και κυρίως το μαγνήσιο) με αποτέλεσμα να παραχθούν διάφορα **κράματα αλουμινίου** τα οποία χρησιμοποιούνται ανάλογα με την περίπτωση. Για πρώτη φορά χρησιμοποιήθηκε το 1959 για την συσκευασία μπίρας και τα τελευταία χρόνια έχει πετύχει εντυπωσιακή άνοδο στην παγκόσμια αγορά συσκευασίας. Σήμερα οι κονσέρβες και τα κουτιά αλουμινίου κατασκευάζονται σχεδόν αποκλειστικά με την τεχνική κατασκευής των κουτιών 2 τεμαχίων (Ενότητα 4.3.2).

Οι λόγοι που το αλουμίνιο έχει πετύχει εντυπωσιακή άνοδο στην παγκόσμια αγορά συσκευασίας είναι αναμφίβολα τα πολλά και ποικίλα πλεονεκτήματά του. Τα σημαντικότερα **πλεονεκτήματα** του αλουμινίου ως υλικό συσκευασίας είναι τα εξής [1], [2]:

- Είναι ελαφρύ υλικό κάτι που, μεταξύ άλλων, συνεπάγεται και τη μείωση του κόστους μεταφοράς.
- Είναι ικανοποιητική αντοχή στην ατμοσφαιρική διάβρωση.
- Προσφέρει πλήρη στεγανότητα από τη διείσδυση του φωτός, της υγρασίας, των αερίων και των λιπαρών ουσιών.
- Δεν επηρεάζει την γεύση και την οσμή των συσκευασμένων προϊόντων.
- Είναι μαλακό και εύκαμπτο και μορφοποιείται εύκολα.
- Έχει ελκυστική εμφάνιση και διακοσμείται εύκολα.
- Παρουσιάζει μεγάλη θερμική και ηλεκτρική αγωγιμότητα.
- Ανακυκλώνεται εύκολα, εξοικονομώντας μέχρι και το 95% της πρωταρχικής ενέργειας κατασκευής του.

Εκτός από τα παραπάνω πλεονεκτήματα, το αλουμίνιο έχει και τα εξής **μειονεκτήματα**:

- Έχει πολύ υψηλό κόστος.
- Έχει μικρότερη αντοχή και διάρκεια ζωής από το λευκοσίδηρο.
- Δεν μπορεί να συγκολληθεί και να χρησιμοποιηθεί για κονσέρβες 3 τεμαχίων.
- Μπορεί να προκαλέσει αποχρωματισμό σε ορισμένα προϊόντα.
- Δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε φούρνο μικροκυμάτων.

Το αλουμίνιο εξαιτίας των πλεονεκτημάτων που προσφέρει αποτελεί ένα υλικό με ιδιαίτερη εφαρμογή στη συσκευασία μπίρας και διαφόρων αναψυκτικών. Επίσης, εκτός από το κοινό αλουμινόχαρτο που πλέον υπάρχει σχεδόν σε κάθε σπίτι για την περιτύλιξη διαφόρων προϊόντων, τα φύλλα του χρησιμοποιούνται στη συσκευασία κρέατος, θαλασσινών, βουτύρου, μαργαρίνης, σε είδη σοκολατοποιίας κ.α.

Επιπλέον Βιβλιογραφία Ενότητας: [4, 8].

4.3 Κονσερβοκύτια

Τα μεταλλικά κονσερβοκύτια ή κοινώς **κονσερβοκούτια** αποτελούν ένα ευρέως γνωστό προϊόν η συνολική παγκόσμια αγορά των οποίων αγγίζει περίπου τα 410 εκατομμύρια τεμάχια ετησίως. Από τις συνολικές πωλήσεις των κονσερβοκυτίων το 78% χρησιμοποιείται στη συσκευασία μπίρας και αναψυκτικών και το 22% στη συσκευασία κονσερβοποιημένων τροφίμων [1].

Τα **πλεονεκτήματα** των μεταλλικών κονσερβοκυτίων σε σύγκριση με άλλα υλικά συσκευασίας συνοψίζονται ως εξής:

- Παρουσιάζουν μεγάλη αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες παστερίωσης αλλά και σε χαμηλές θερμοκρασίες ψύξης. Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιούνται κυρίως για τρόφιμα που δέχονται θερμική επεξεργασία.
- Προσφέρουν πλήρη στεγανότητα στο συσκευασμένο τρόφιμο από βλαπτικούς παράγοντες όπως είναι το φως, η υγρασία, τα αέρια, οι μικροοργανισμοί κ.α.
- Αποτελούν μια εγγύηση στον καταναλωτή ότι το συσκευασμένο τρόφιμο δεν έχει νοθευτεί από τη στιγμή του ερμητικού του κλεισίματος.
- Είναι ανακυκλώσιμα.

Πέρα των παραπάνω πλεονεκτημάτων, παρουσιάζουν τα εξής **μειονεκτήματα**:

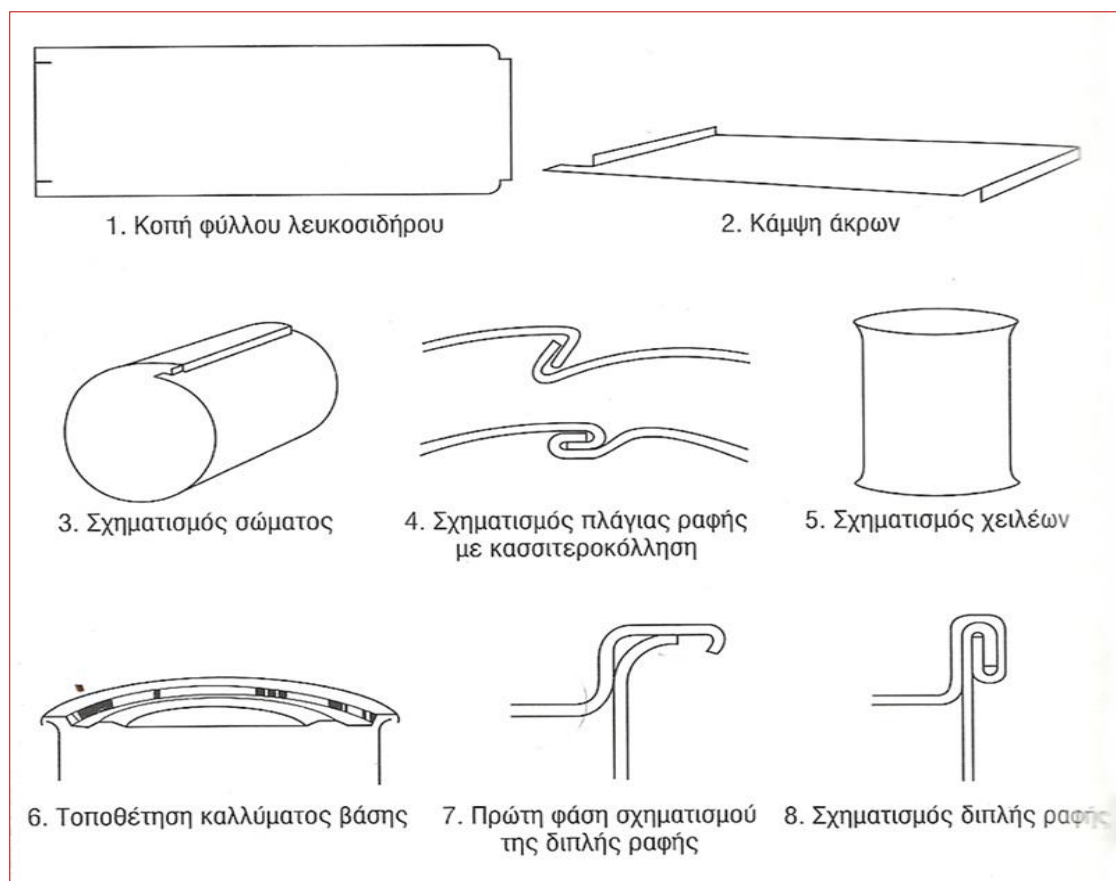
- Έχουν υψηλό κόστος υλικών και κατασκευής.
- Έχουν σχετικά μεγάλο βάρος.

4.3.1 Κονσέρβες τριών τεμαχίων

Οι **κονσέρβες τριών τεμαχίων** (*three piece welded cans*) κατασκευάζονται κυρίως από λευκοσίδηρο και σε ορισμένες περιπτώσεις από επιχρωμιωμένο χάλυβα. Στη βιβλιογραφία αναφέρεται ότι το πρώτο εργοστάσιο κατασκευής κονσερβών τριών τεμαχίων από λευκοσίδηρο ιδρύθηκε το 1812 στην Αγγλία από τον Bryan Donkin. Οι κλασικές κονσέρβες αυτού του τύπου έχουν σχήμα κυλινδρικό και αποτελούνται από τρία τεμάχια: από τον **κορμό** (*body*), τον **πάτο** και το **καπάκι**. Ο πάτος και το καπάκι, που στην ουσία είναι πανομοιότυπα, ονομάζονται εναλλακτικά και άκρα (*ends*).

A. Κορμός (body)

Ο κορμός αποτελεί το κύριο σώμα των κονσερβών τριών τεμαχίων. Για μια κλασική κυλινδρική κονσέρβα αυτού του τύπου τα στάδια κατασκευής του κορμού φαίνονται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 4.3 Στάδια κατασκευής του κορμού κονσέρβας τριών τεμαχίων και τοποθέτηση του καλύματος βάσης (Μπλούκας 2004).

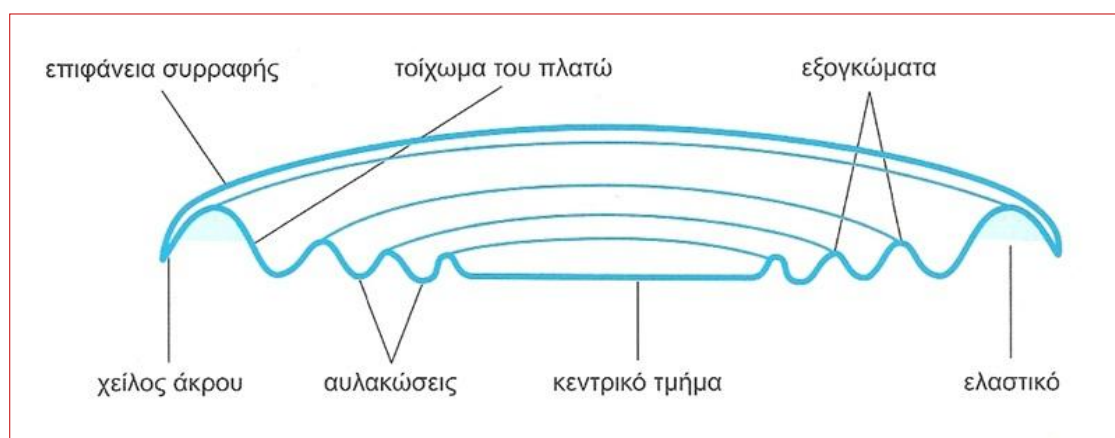
Αρχικά κόβεται το φύλλο λευκοσιδήρου στο επιθυμητό μέγεθος -αφού πρώτα έχει λιθογραφηθεί και βερνικωθεί αν χρειάζεται- και έπειτα αναδιπλώνεται σε ειδική

πρέσα ώστε να διαμορφωθεί ο κυλινδρικός κορμός. Στη συνέχεια τα άκρα συγκολλούνται με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να σχηματιστεί η **πλάγια ραφή**.

Για τον σχηματισμό της πλάγιας ραφής έχουν χρησιμοποιηθεί κατά τη διάρκεια των χρόνων διάφορες μέθοδοι. Η κλασική μέθοδος ήταν η κασσιτεροκόλληση (*soldered side seam*), δηλαδή η συγκόλληση με μείγμα κασσιτέρου-μολύβδου (καλάι) όμως λόγω της τοξικότητας του μολύβδου η μέθοδος αυτή έχει αντικατασταθεί από μεθόδους ηλεκτροσυγκόλλησης (*welded side seam*) όπως π.χ. η μέθοδος *Soudronic* ή συγκόλλησης με κονία-κολλώδης ουσίες (*cemented side seam*) όπως π.χ. η μέθοδος συγκόλλησης με κονία *Miraseam*. Τα τελευταία χρόνια σε ορισμένες περιπτώσεις χρησιμοποιείται και η συγκόλληση με ακτίνες laser (*laser welding*) όμως η τεχνική αυτή δεν έχει εφαρμοστεί ακόμη σε μεγάλη κλίμακα.

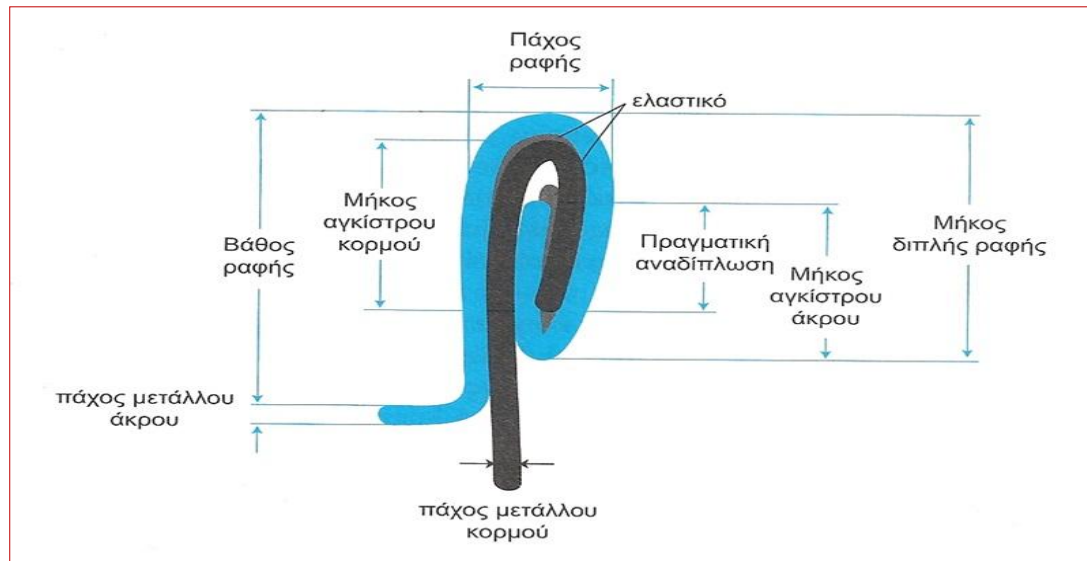
B. Άκρα

Ο σχηματισμός του κορμού γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να σχηματιστούν χείλη προκειμένου να τοποθετηθούν τα άκρα (πάτος και καπάκι). Τα άκρα μπορεί να είναι από το ίδιο ή και άλλο υλικό με τον κύριο κορμό και σχεδιάζεται με τέτοιο τρόπο ώστε να συμπεριφέρονται βέλτιστα στις διάφορες ελαστικές παραμορφώσεις που συμβαίνουν κυρίως κατά την θέρμανση και ψύξη των κονσερβών. Στο Σχήμα 4.4 φαίνεται σε εγκάρσια τομή το άκρο μιας κλασικής μεταλλικής κονσέρβας.



Σχήμα 4.4 Εγκάρσια τομή του άκρου μεταλλικής κονσέρβας (Παπαδάκης 2010).

Ο πάτος και το καπάκι ενώνονται αποτελεσματικά με το κορμό με μια τεχνική που είναι γνωστή ως **διπλή ραφή** (*double seam*). Στο Σχήμα 4.5 φαίνεται η σχηματική απεικόνιση της διπλής ραφής καθώς και τα μέρη που την απαρτίζουν. Θα πρέπει να πούμε ότι το φυσικό ή συνθετικό ελαστικό το οποίο είναι τοποθετημένο μεταξύ του φύλλου του κορμού και του φύλλου του άκρου συμβάλει στο γέμισμα των κενών χώρων που τυχόν υπάρχουν έτσι ώστε να μην υπάρχουν διαρροές. Μετά την ολοκλήρωση της διπλής ραφής τα κονσερβοκύττια ελέγχονται με πεπιεσμένο αέρα προκειμένου να διαπιστωθεί ότι όντως δεν υπάρχουν διαρροές.



Σχήμα 4.5 Τομή της διπλής ραφής (Παπαδάκης 2010).

Τέλος, αξίζει να πούμε ότι οι σύγχρονες ανάγκες και τάσεις του marketing έχουν οδηγήσει σε κονσερβοκύττα τα οποία στο πάνω μέρος του καπακιού διαθέτουν ένα μηχανισμό εύκολου ανοίγματος προκειμένου να διευκολυνθούν οι καταναλωτές. Τα καπάκια με μηχανισμό εύκολου ανοίγματος ενώνονται με τον κορμό με τον ίδιο τρόπο που ενώνονται και τα κοινά καπάκια, δηλαδή με διπλή ραφή. Επίσης, τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει εντυπωσιακές προσπάθειες για τη δημιουργία κονσερβοκυτίων διαφόρων σχημάτων καθώς έρευνες έχουν δείξει ότι οι καταναλωτές θεωρούν το κλασικό κυλινδρικό σχήμα ως «παλιομοδίτικο».

Επιπλέον Βιβλιογραφία Ενότητας: [3, 4, 5, 6, 8, 9,].

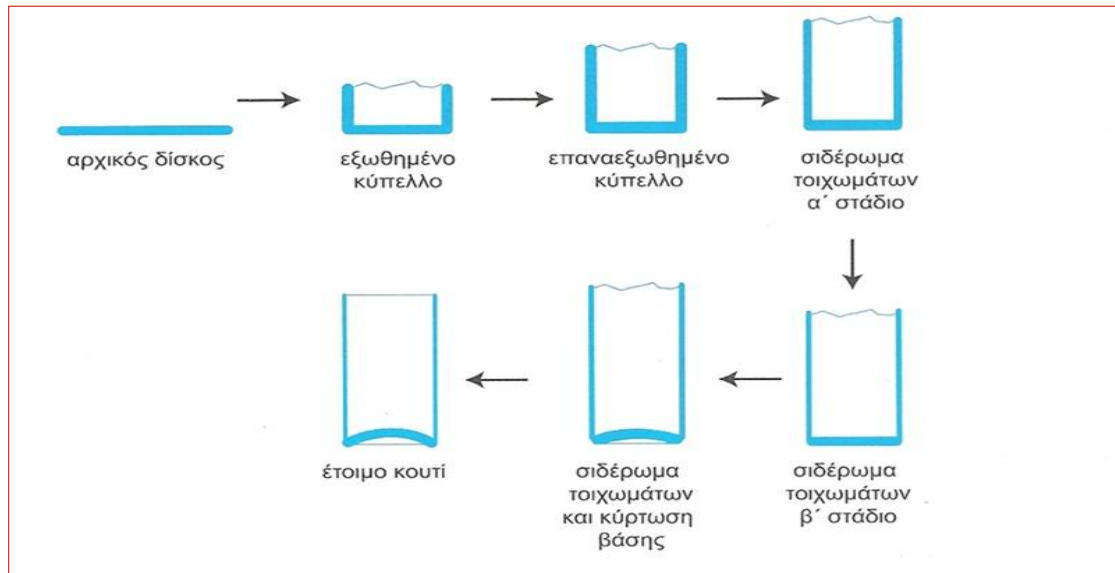
4.3.2 Κονσέρβες δύο τεμαχίων

Αντίθετα με τις κονσέρβες τριών τεμαχίων, οι κονσέρβες δύο τεμαχίων αποτελούνται από δύο ξεχωριστά μέρη καθώς ο κορμός είναι ενιαίος με τον πάτο. Το δεύτερο τεμάχιο είναι το καπάκι το οποίο ενώνεται με τον κορμό με τη γνωστή μέθοδο της διπλής ραφής. Κατασκευάζονται κυρίως από αλουμίνιο και λευκοσίδηρο αλλά είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί και ο επιχρωμιωμένος χάλυβας. Υπάρχουν δύο μέθοδοι κατασκευής κονσερβών δύο τεμαχίων:

1. Η μέθοδος εξώθησης και σιδερώματος (*Draw and Iron, D&I*) και
2. Η μέθοδος συνεχούς εξώθησης (*Draw and ReDraw, DRD*)

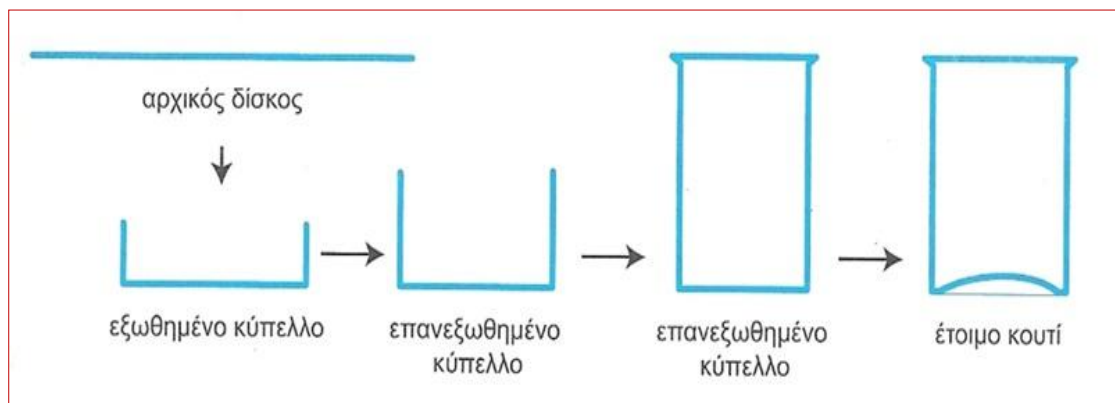
Οι **κονσέρβες D&I** χαρακτηρίζονται για τα λεπτά τους τοιχώματα και χρησιμοποιούνται για τη συσκευασία μπύρας και αναψυκτικών με ανθρακικό.

Εισήχθησαν στην αγορά τη δεκαετία το 50' και κατασκευάζονται από ένα φύλλο αλουμινίου ή λευκοσιδήρου το οποίο με τη χρήση ειδικής πρέσας παίρνει τη μορφή δοχείου. Στη συνέχεια το κύπελλο πρεσάρεται σε ειδική μηχανή η οποία ελαττώνει το πάχος του κορμού μέχρι και 70%. Στο Σχήμα 4.6 φαίνονται οι διαδοχικές φάσεις κατασκευής μιας κονσέρβας D&I.



Σχήμα 4.6 Διαδοχικά στάδια κατασκευής κουτιών D&I (Παπαδάκης 2010).

Οι **κονσέρβες DRD** έχουν μεγαλύτερο πάχος τοιχωμάτων από τις D&I κονσέρβες και χρησιμοποιούνται κυρίως για τρόφιμα που δέχονται θερμική επεξεργασία. Ο τρόπος κατασκευής τους είναι πανομοιότυπος με τη D&I με τη μόνη διαφορά ότι στο τελικό κουτί το πάχος των τοιχωμάτων και της βάσης είναι ίδιο με αυτό του αρχικού μετάλλου. Στο Σχήμα 4.7 φαίνονται οι διαδοχικές φάσεις κατασκευής μιας κονσέρβας DRD.



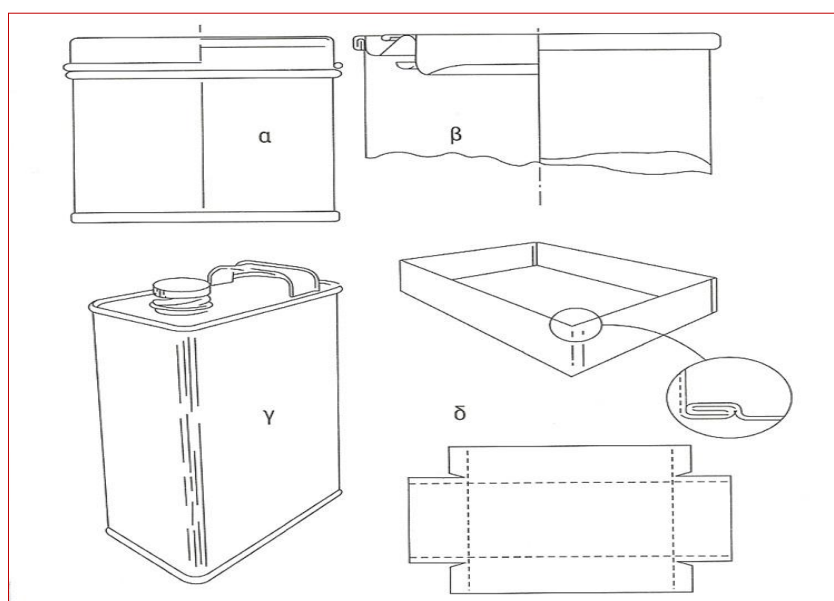
Σχήμα 4.7 Διαδοχικά στάδια κατασκευής κουτιών DRD (Παπαδάκης 2010).

Οι κονσέρβες δύο τεμαχίων πλεονεκτούν οικονομικά, τεχνικά και αισθητικά έναντι των κονσερβών τριών τεμαχίων. Τα κύρια **πλεονεκτήματά** τους έχουν ως εξής:

- Παρουσιάζουν μεγαλύτερη εξοικονόμηση μετάλλου.
- Έχουν μικρότερο βάρος και κατασκευάζονται σε συντομότερο χρόνο.
- Διαθέτουν μεγαλύτερη ευκολία διακόσμησης.
- Λόγω του ενιαίου κορμού τους απουσιάζει ο κίνδυνος ατελούς σχηματισμού της πλάγιας ραφής με αποτέλεσμα να μειώνεται ο κίνδυνος διαρροών και διάβρωσης των κονσερβών.

4.3.3 Άλλα μεταλλικά κουτιά

Εκτός από τις κονσέρβες δύο και τριών τεμαχίων υπάρχουν και διάφορα άλλα μεταλλικά κουτιά που χρησιμοποιούνται ευρέως για την συσκευασία πολλών τροφίμων που δεν υφίστανται θερμική επεξεργασία όπως για παράδειγμα το ελαιόλαδο, οι χυμοί φρούτων, ο τοματοπολτός, τα σιρόπια, οι σκόνες γάλακτος, διάφοροι καφέδες, το τσάι, το μέλι, το τυρί φέτα, τα μπισκότα κ.α. Τα κουτιά αυτά κατασκευάζονται με τις γνωστές μεθόδους έχοντας σαν κύριο υλικό το λευκοσίδηρο και προσφέρονται για την συσκευασία των τροφίμων αυτών καθώς πληρούν στο ακέραιο όλες τις λειτουργίες μιας άρτιας συσκευασίας τροφίμων, όπως αυτές παρουσιάστηκαν στο Κεφάλαιο 1. Στο Σχήμα 4.8 παρουσιάζονται τέσσερις διαφορετικοί τύποι κουτιών λευκοσιδήρου που χρησιμοποιούνται για μια σειρά από προϊόντα.



Σχήμα 4.8 Σχηματική απεικόνιση δοχείων λευκοσιδήρου. α) Δοχείο με αποσπώμενο πώμα, β) Δοχείο με κάψουλα, γ) Δοχείο υγρών και δ) Δοχείο με ορθές γωνίες για αναδίπλωση (Μπλούκας 2004).

4.3.4 Βερνίκωμα κονσερβοκυτίων

Τις περισσότερες φορές, λόγω των προβλημάτων που δημιουργεί η αλληλεπίδραση του συσκευασμένου προϊόντος με το μεταλλικό περιέκτη αλλά και του μεταλλικού περιέκτη με το εξωτερικό περιβάλλον (Κεφάλαιο 4.4), τα διάφορα κονσερβοκύτια βερνικώνονται ή λακάζονται εσωτερικά και εξωτερικά με ειδικό **βερνίκι** ή **λάκα** (*enamel or lacquer*). Η διαδικασία αυτή συνήθως γίνεται πριν ακόμη τα κονσερβοκύτια πάρουν την τελική μορφή τους και, εκτός των άλλων, συμβάλει στο να μειωθεί ο κίνδυνος αλλοίωσης του συσκευασμένου τροφίμου αλλά και του ίδιου του μεταλλικού περιέκτη από την αλληλεπίδρασή τους.

Τα βερνίκια που χρησιμοποιούνται στη συσκευασία τροφίμων είναι διαλύματα συνθετικών ρητινών σε οργανικούς διαλύτες ή σε νερό και διακρίνονται σε τρεις κύριες κατηγορίες: **α)** γενικής χρήσεως (*General Purpose, GP*), **β)** ανθεκτικά στη θειούχο κηλίδωση (*Sulfur Resistant, SR*) και **γ)** ειδικά βερνίκια. Ανάλογα με τις ιδιότητες του συσκευασμένου τροφίμου χρησιμοποιούνται διάφοροι τύποι βερνικιών όπως ελαιορητίνες, φαινολικές, εποξυφαινολικές, βινυλικές και ακρυλικές ρητίνες [2].

Ουσιαστικά τα διάφορα βερνίκια σχηματίζουν έναν πολύ λεπτό ιστό που περιβάλλει εσωτερικά και εξωτερικά τον μεταλλικό περιέκτη και τα κύρια χαρακτηριστικά τους είναι η σκληρότητα, η ελαστικότητα, η εύκολη προσκόλλησή τους στην επιφάνεια του μετάλλου καθώς και η αδιαπερατότητα τους από υγρά, αέρια και διάφορα ιόντα. Επίσης, είναι σημαντικό να μην αλληλεπιδρούν με το συσκευασμένο προϊόν έτσι ώστε να μη του μεταδώσουν οποιαδήποτε οσμή, χρώμα ή γεύση. Στη συσκευασία τροφίμων βερνικωμένα κονσερβοκύτια χρησιμοποιούνται συνήθως στις εξής περιπτώσεις [2]:

- Όταν συσκευάζονται πολύ διαβρωτικά τρόφιμα όπως π.χ. τα τουρσιά.
- Όταν συσκευάζονται τρόφιμα τα οποία κατά τη θερμική τους επεξεργασία απελευθερώνουν θείο (όπως π.χ. το κρέας και τα ψάρια) με αποτέλεσμα τη δημιουργία θειούχου κηλίδωσης (Ενότητα 4.4.2).
- Όταν ο κασσίτερος ή ο σίδηρος αντιδρά με το συσκευασμένο προϊόν και αλλοιώνει τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του όπως συμβαίνει π.χ. με τη μπύρα, τα αναψυκτικά, τις φράουλες, τα κεράσια κ.α.
- Όταν επιθυμούμε άρτιο αισθητικό αποτέλεσμα ικανό να προσελκύσει την προσοχή των καταναλωτών.

Επιπλέον Βιβλιογραφία Ενότητας: [3, 5].

4.4 Διάβρωση Μεταλλικής Συσκευασίας

Η **διάβρωση** (*corrosion*) της μεταλλικής συσκευασίας είναι ένας πολύ σημαντικός παράγοντας για τη συσκευασία τροφίμων καθώς επηρεάζει άμεσα την ποιότητα αλλά και τη διάρκεια ζωής του συσκευασμένου προϊόντος. Σύμφωνα με το ISO 8044 του 1986 [4] η διάβρωση ορίζεται ως εξής: «*Διάβρωση είναι η αλληλεπίδραση ενός μετάλλου με το περιβάλλον του, που έχει ως αποτέλεσμα την αλλαγή των ιδιοτήτων του μετάλλου και που συχνά μπορεί να καταλήξει στην υποβάθμιση της λειτουργίας του μετάλλου, του περιβάλλοντος ή του τεχνικού συστήματος του οποίου αποτελεί τμήμα*». Σύμφωνα με την ίδια πηγή, η διάβρωση είναι μια αυθόρμητη ηλεκτροχημικής κυρίως φύσεως αλλοίωση της επιφάνειας του μετάλλου η οποία αφορά την ίδια τη διεργασία και όχι τα αρνητικά αποτελέσματα αυτής, που είναι η βλάβη του μετάλλου από τη διάβρωση.

Οι μεταλλικοί περιέκτες κινδυνεύουν από τη διάβρωση και εσωτερικά λόγω της αλληλεπίδρασής τους με το συσκευασμένο τρόφιμο και εξωτερικά λόγω της αλληλεπίδρασής τους με τις ατμοσφαιρικές συνθήκες διατήρησής τους. Και στις δύο περιπτώσεις οι επιπτώσεις είναι αρνητικές καθώς στην μεν πρώτη είναι δυνατόν να υπάρξει μεταφορά μετάλλων στο τρόφιμο με αποτέλεσμα την υποβάθμιση της ποιότητάς του σε σημείο που μπορεί να εγκυμονεί κινδύνους για την υγεία των καταναλωτών, και στη δεύτερη υποβαθμίζεται η εμφάνισή του, γεγονός που δυσχεραίνει την πώλησή του.

Το ζήτημα της διάβρωσης των μεταλλικών κονσερβοκυτίων αλλά και γενικότερα των μετάλλων έχει απασχολήσει και απασχολεί πολλούς τομείς της επιστήμης και της τεχνολογίας και ως εκ τούτου έχει μελετηθεί σε βάθος. Από την πλούσια και εκτενέστατη βιβλιογραφία που υπάρχει ενδεικτική είναι η [3, 4, 5, 6, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16].

4.4.1 Διαβρωτική ικανότητα τροφίμων

Η διαβρωτική ικανότητα των τροφίμων εξαρτάται από πολλούς παράγοντες και διαφέρει από προϊόν σε προϊόν. Πολλές φορές η διαβρωτική ικανότητα των τροφίμων μπορεί να διαφέρει αρκετά ακόμη και σε παρόμοια προϊόντα (π.χ. φρούτα) ανάλογα με την ποικιλία, τη γεωγραφική περιοχή καλλιέργειας κ.τ.λ. Κάποιοι βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη διαβρωτική ικανότητα των τροφίμων είναι η οξύτητά τους, η παρουσία οργανικών οξέων, φωσφορικών, καθώς και φυσικών και συνθετικών χρωμάτων. Τέλος, ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο παίζει και η ποσότητα του οξυγόνου και άλλων ουσιών που παραμένουν στο εσωτερικό των κονσερβοκυτίων με αποτέλεσμα να δρουν ως επιταχυντές διάβρωσης. Στον Πίνακα 4.1 παρουσιάζεται η διαβρωτική ικανότητα διαφόρων κονσερβοποιημένων

τροφίμων η οποία ταξινομείται σε τέσσερις κατηγορίες: έντονη, μέτρια, ήπια και ασήμαντη.

Ικανότητα Διάβρωσης	Κατηγορία προϊόντων	Αντιπροσωπευτικό Προϊόν
Έντονη	Προϊόντα -σε άλμη -σε ξίδι -με συνθετικές χρωστικές -ισχυρώς έως μετρίως όξινα Φρούτα έντονα χρωματισμένα	Τουρσιά, μπάμιες Αναψυκτικά Χυμός μήλων, λεμονιού και σταφυλιού Μούρα, κεράσια, δαμάσκηνα, φράουλες
Μέτρια	Φρούτα ήπιας οξύτητας Προϊόντα τομάτας	Ροδάκινα, βερίκοκα, μήλα, αχλάδια, εσπεριδοειδή Πολτός και χυμός τομάτας
Ήπια	Προϊόντα χαμηλής οξύτητας	Μπιζέλια, καλαμπόκι, αλιεύματα, προϊόντα κρέατος
Ασήμαντη	Αφυδατωμένα τρόφιμα Μαγειρικά λίπη	Σούπες και άλλα προϊόντα Μαργαρίνες

Πίνακας 4.1 Διαβρωτική ικανότητα κονσερβοποιημένων τροφίμων (Μπλούκας 2004)

4.4.2 Εσωτερική διάβρωση κονσερβοκυτίων λευκοσιδήρου

Η **εσωτερική διάβρωση** των κονσερβοκυτίων λευκοσιδήρου οφείλεται κυρίως στην αλληλεπίδραση τους με τα συσκευασμένα τρόφιμα, οι πλειοψηφία των οποίων είναι όξινα. Οι ουσίες που προκαλούν τη διάβρωση των μετάλλων είναι **οξειδωτικές** και ονομάζονται **επιταχυντές διάβρωσης** (*corrosion accelerators*). Οι ουσίες αυτές υπάρχουν στα τρόφιμα και είναι το κατιόν του υδρογόνου και οι καθοδικοί αποπολωτές (οξυγόνο, νιτρικά ιόντα, θείο και διοξείδιο του θείου, ορισμένες χρωστικές και οξείδιο τριμεθυλαμίνης).

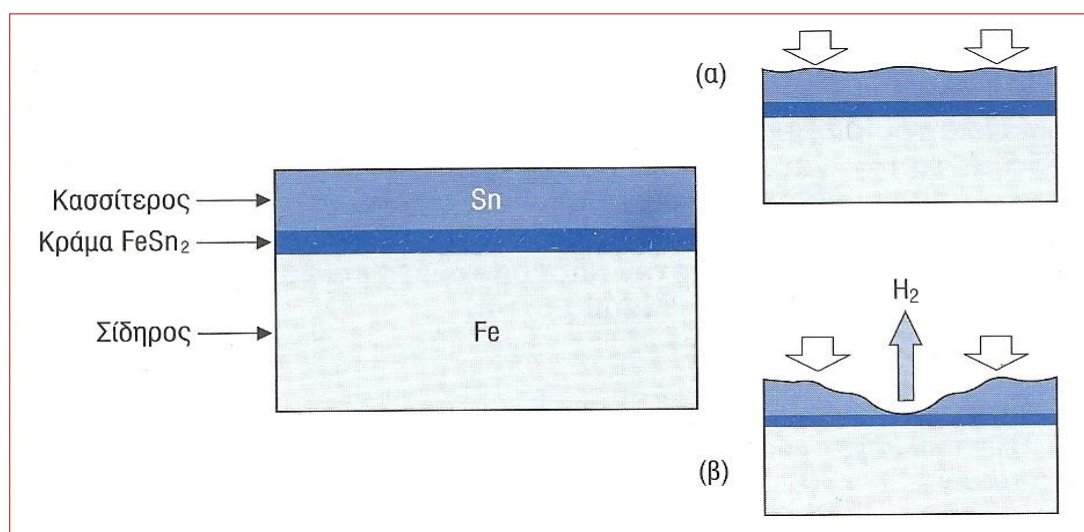
Εκτός από τη φύση του συσκευασμένου προϊόντος, η εσωτερική διάβρωση εξαρτάται και από άλλους παράγοντες όπως για παράδειγμα ο τύπος του λευκοσιδήρου, το λακάρισμα, οι συνθήκες συντήρησης και αποθήκευσης κ.α. Η επίδραση όλων αυτών των παραγόντων σε συνδυασμό με την απουσία των καθοδικών αποπολωτών ναι μεν προκαλεί βραδεία διάβρωση αλλά ο λευκοσίδηρος μπορεί να προστατεύσει το περιεχόμενο τρόφιμο για αρκετό καιρό. Στην περίπτωση όμως που το συσκευασμένο τρόφιμο περιέχει καθοδικούς αποπολωτές η διάβρωση είναι ταχεία.

Ο μηχανισμός και η πορεία της εσωτερικής διάβρωσης είναι διαφορετική στα λακαρισμένα και στα αλακάριστα κονσερβοκύτια.

A. Διάβρωση αλακάριστων κονσερβοκυτίων

Στα αλακάριστα κονσερβοκύτια συναντώνται δύο γενικές περιπτώσεις διάβρωσης: α) η **αποκασιτέρωση** (*detinning*) και β) η **διάβρωση με βελονισμό** (*pitting corrosion*).

Η **αποκασιτέρωση** (Σχήμα 4.9), η οποία διακρίνεται σε κανονική και ταχεία, προκαλείται από τη διάλυση του κασσιτέρου υπό την επίδραση των επιταχυντών διάβρωσης και έχει σαν αποτέλεσμα: α) τη μεταφορά κασσιτέρου στο συσκευασμένο προϊόν και β) τη διόγκωση του κονσερβοκυτίου από την έκλυση μεγάλης ποσότητας υδρογόνου.

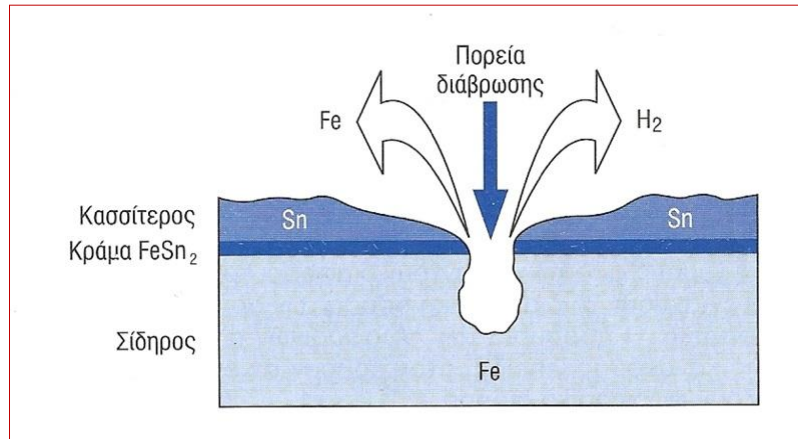


Σχήμα 4.9 Αποκασιτέρωση αλακάριστων κονσερβών. (α) Κανονική, (β) Ταχεία (Μπλούκας 2004).

Η κανονική αποκασιτέρωση, η οποία συναντάται στις περιπτώσεις όπου τα συσκευασμένα τρόφιμα περιέχουν χαμηλό pH (π.χ. φρούτα ripe apple, ροδάκινα, βερίκοκα, εσπεριδοειδή κ.α.) και όταν είναι πλούσια σε θειούχα αμινοξέα (π.χ. κρέας, ψάρια, γαλακτοκομικά κ.α.), χαρακτηρίζεται από βραδεία μεταφορά κασσιτέρου στο συσκευασμένο τρόφιμο. Αντίθετα, η ταχεία αποκασιτέρωση συναντάται στις περιπτώσεις όπου τα συσκευασμένα τρόφιμα είναι πολύ διαβρωτικά (π.χ. χυμός λεμονιού, τοματοπολτός, μούρα, φράουλες, σπανάκι κ.α.) και χαρακτηρίζεται για τη μεταφορά μεγάλης ποσότητας κασσιτέρου.

Όταν η διαλυμένη ποσότητα του κασσιτέρου είναι μικρή δεν επηρεάζει αρνητικά τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του συσκευασμένου προϊόντος, ενώ αντίθετα όταν συναντάται σε υψηλές συγκεντρώσεις υπάρχουν σοβαροί κίνδυνοι για την υγεία των καταναλωτών. Με βάση των Κώδικα Τροφίμων η ποσότητα του κασσιτέρου που μεταφέρεται από τη μεταλλική συσκευασία στο συσκευασμένο προϊόν δεν πρέπει να ξεπερνά τα 250 ppm για τα τρόφιμα και τα 150 ppm για τα αναψυκτικά.

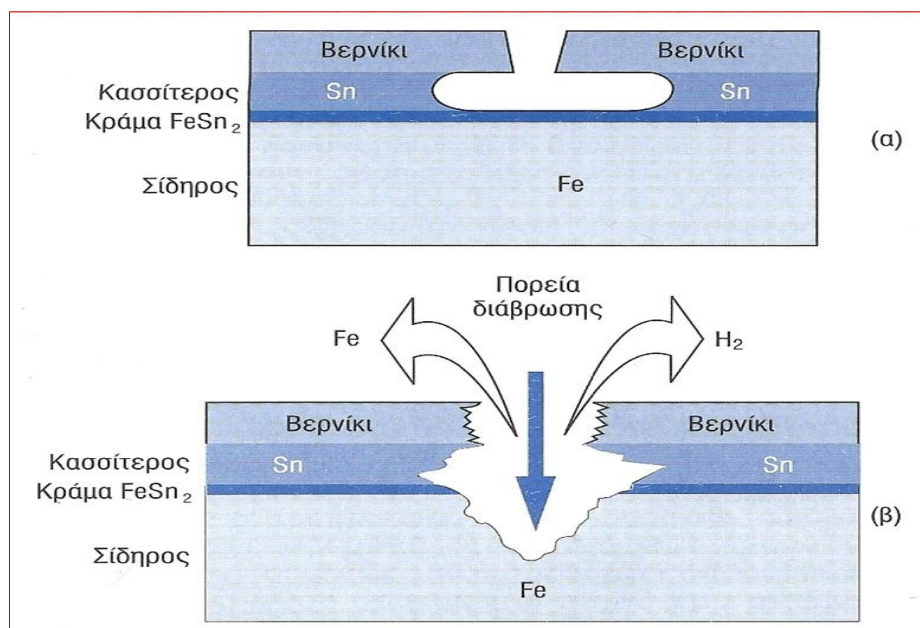
Η **διάβρωση με βελονισμό** (Σχήμα 4.10) είναι μια τοπική διάβρωση η οποία οδηγεί σε διάτρηση του κονσερβοκυτίου και συναντάται κυρίως στις περιπτώσεις όπου τα συσκευασμένα προϊόντα είναι πολύ διαβρωτικά (π.χ. τουρσιά, αχλάδια κ.α.) και στα αναψυκτικά που έχουν φωσφορικό οξύ.



Σχήμα 4.10 Διάβρωση αλακάριστης κονσέρβας με βελονισμό (Μπλούκας 2004).

Β. Διάβρωση λακαρισμένων κονσερβοκυτίων

Η διάβρωση των λακαρισμένων κονσερβοκυτίων (Σχήμα 4.11) αν και λαμβάνει χώρα με τους ίδιους τρόπους όπως στις αλακάριστες -δηλαδή με αποκασιτέρωση και με βελονισμό- είναι μια αρκετά διαφορετική και πιο πολύπλοκη διαδικασία που έχει σαν αποτέλεσμα, εκτός των άλλων, τη μεταφορά σιδήρου στο συσκευασμένο προϊόν.



Σχήμα 4.11 Διάβρωση λακαρισμένης κονσέρβας. (α) Αποκασιτέρωση, (β) Διάβρωση με βελονισμό, (Μπλούκας 2004).

Οι περιοχές στις οποίες είναι εκτεθειμένος ο κασσίτερος και το στρώμα του σιδήρου που βρίσκεται κάτω από αυτόν είναι κυρίως εκείνες οι οποίες δεν έχουν βερνικωθεί σωστά και υπάρχουν διάφοροι πόροι. Οι περιοχές αυτές είναι πιο ευάλωτες στη διάβρωση. Διάτρηση λακαρισμένων κονσερβοκυτίων συναντάμε στις περιπτώσεις όπου τα συσκευασμένα τρόφιμα είναι πολύ διαβρωτικά. Για την αποφυγή της διάβρωσης των λακαρισμένων κονσερβοκυτίων συνίσταται το πολύ καλό λακάρισμα που τις περισσότερες φορές συνεπάγεται και αύξηση του πάχους της, καθώς και η σχολαστική βαφή της πλάγιας ραφής με ιδικό βερνίκι.

Γ. Θειούχος κηλίδωση

Η **θειούχος κηλίδωση** (*sulfide staining*) σχηματίζεται στις περιπτώσεις όπου το συσκευασμένο προϊόν είναι πλούσιο σε πρωτεΐνες, όπως για παράδειγμα τα προϊόντα κρέατος, τα γαλακτοκομικά προϊόντα, οι σαρδέλες, ο αρακάς, το καλαμπόκι κ.α. Στις πρωτεΐνες των προϊόντων αυτών περιέχονται θειούχα αμινοξέα με αποτέλεσμα την απελευθέρωση θείου κατά την θερμική επεξεργασία της κονσερβοποίησης. Το θείο αντιδρά με το κασσίτερο και το σίδηρο του κονσερβοκυτίου με αποτέλεσμα τη δημιουργία κυανόμαυρων κηλίδων θειούχου κασσιτέρου (SnS_2) και μαύρων κηλίδων θειούχου σιδήρου (FeS_2) στο εσωτερικό των τοιχωμάτων του. Η θειούχος κηλίδωση αν και δεν αλλοιώνει τις οργανοληπτικές ιδιότητες των τροφίμων, δημιουργεί αρνητική εντύπωση στον καταναλωτή κατά το άνοιγμα της κονσέρβας.

Για την καταπολέμηση της θειούχου κηλίδωσης θα πρέπει να γίνει προσεκτική επιλογή των υλικών του κονσερβοκυτίου έτσι ώστε να συμμορφώνονται με τις ενδεικνυόμενες προδιαγραφές για κάθε τύπο προϊόντος, να είναι σωστή η διαδικασία της κονσερβοποίησης και, τέλος, να χρησιμοποιηθούν βερνίκια που είναι αδιαπέραστα από το θείο.

4.4.3 Εξωτερική διάβρωση κονσερβοκυτίων λευκοσιδήρου

Η **εξωτερική διάβρωση** (*external corrosion*) των κονσερβοκυτίων λευκοσιδήρου προκαλείται από την αλληλεπίδρασή τους με τις ατμοσφαιρικές συνθήκες και για το λόγο αυτό ονομάζεται αλλιώς και **ατμοσφαιρική διάβρωση**. Όταν στο στρώμα της επικασσιτέρωσης υπάρχουν πόροι τότε ο χάλυβας του λευκοσιδήρου είναι εκτεθειμένος στα σταγονίδια υγρού του ατμοσφαιρικού αέρα με αποτέλεσμα το σχηματισμό σκουριάς.

Η εξωτερική διάβρωση εμφανίζεται συχνότερα στις κονσέρβες τριών τεμαχίων, κυρίως στην περιοχή της πλάγιας ραφής, και έχει πολύ αρνητικές συνέπειες καθώς υποβαθμίζει την εμφάνιση και την εμπορική αξία του προϊόντος και, μάλιστα, είναι δυνατόν να προκαλέσει ακόμη και διάτρηση του κονσερβοκυτίου.

Για τον περιορισμό της εξωτερικής διάβρωσης των κονσερβοκυτίων λευκοσιδήρου συνιστώνται τα παρακάτω μέτρα [1]:

- Η σωστή επικασιτέρωση και το κατάλληλο βερνίκωμα.
- Η αποφυγή εξωτερικών χτυπημάτων που θα μπορούσαν να καταστρέψουν την επικασιτέρωση.
- Η απομάκρυνση του οξυγόνου από τον αποστειρωτήρα κατά τη διεργασία της θερμικής επεξεργασίας.
- Η γρήγορη ψύξη και το προσεκτικό στέγνωμα της επιφάνειας των κονσερβοκυτίων έτσι ώστε να μη μείνουν υπολείμματα άλατος.
- Τα κονσερβοκύτια να αποθηκεύονται σε μέρη με ξηρό περιβάλλον και όσο το δυνατόν μικρότερη υγρασία.

4.4.4 Διάβρωση κονσερβοκυτίων αλουμινίου

Τα κονσερβοκύτια αλουμινίου είναι πολύ ανθεκτικά στην ατμοσφαιρική διάβρωση. Στην εσωτερική, ενώ γενικά παρουσιάζουν ικανοποιητική αντίδραση, δεν προσφέρουν καμία προστασία όταν τα συσκευασμένα προϊόντα έχουν pH μικρότερο του 4 και μεγαλύτερο από 9 -αδύνατο-. Μειωμένη είναι επίσης η αντίσταση του αλουμινίου στη διάβρωση που προέρχεται από οξαλικά άλατα (π.χ. σπανάκι), τα χλωριούχα άλατα καθώς και από ορισμένα αλκοολούχα ποτά. Οι αδυναμίες αυτές αντιμετωπίζονται με το λακάρισμα των κονσερβοκυτίων, όπως συμβαίνει στην περίπτωση των κονσερβών λευκοσιδήρου.

4.5 Ανακύκλωση μεταλλικής συσκευασίας

Η ανακύκλωση της μεταλλικής συσκευασίας, κυρίως των κονσερβοκυτίων λευκοσιδήρου και αλουμινίου, είναι ιδιαίτερα σημαντική καθώς μέσω αυτής εξοικονομούνται σημαντικοί πόροι και ενέργεια, ενώ ταυτόχρονα περιορίζεται η μόλυνση του περιβάλλοντος και ο όγκος των αστικών απορριμμάτων.

Συγκεκριμένα, «η κατασκευή κονσερβοκυτίων λευκοσιδήρου από ανακυκλωμένο χάλυβα λευκοσιδήρου απαιτεί μόνο το 40% περίπου της ενέργειας που χρειάζεται για την παραγωγή τους από πρωτογενή πρώτη ύλη. Η ανακύκλωση λευκοσιδήρου στην Ευρώπη ανέρχεται περίπου στο 44%, ενώ στη χώρα μας είναι περίπου 10-15%» [1]. Θα πρέπει να πούμε ότι η ανακύκλωση των κονσερβοκυτίων λευκοσιδήρου είναι αρκετά περίπλοκη διαδικασία καθώς απαιτείται ο προσεκτικός διαχωρισμός των απορριμμάτων.

Αντίθετα με τα κονσερβοκύττα λευκοσιδήρου, **τα κονσερβοκύττα αλουμινίου θεωρούνται τα ιδανικότερα υλικά συσκευασίας για ανακύκλωση** καθώς η διαδικασία ανακύκλωσης του αλουμινίου είναι εξαιρετικά απλή και επικερδής, και ταυτόχρονα προσφέρει άριστα ποιοτικά αποτελέσματα. Για τους λόγους αυτούς η ανακύκλωση κονσερβοκυτίων αλουμινίου στις αναπτυγμένες χώρες αγγίζει και μπορεί να ξεπερνά το 50-60%, ενώ στη χώρα μας είναι περίπου 25%.

Βιβλιογραφία

1. Μπλούκας, Ι.Γ. (2004). *Συσκευασία Τροφίμων*, Εκδόσεις Σταμούλη Α.Ε, Αθήνα, σσ. 153-212.
2. Παπαδάκης, Σ.Ε. (2010). *Συσκευασία Τροφίμων*, Εκδόσεις Τζιόλα, Αθήνα, σσ. 57-103.
3. Robertson, G.L. (1993). *Food Packaging: Principles and Practice*, Marcel Dekker Inc., New York, pp. 173-231.
4. Lee, D.S., Yam, K.L. and Piergiovanni, L. (2008). *Food Packaging Science and Technology*, CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL, pp. 197-239.
5. Καρακασιδης, Ν.Γ. (1989). *Μεταλλικά Κουτιά Κονσερβών. Διάβρωση & Προστασία*, Έκδοση Τρόφιμα & Ποτά, Αθήνα, σελ. 13-115.
6. Δημουλάς, Κ.Α. (1990). *Συσκευασία Τροφίμων*, Έκδοση ΥΠΕΠΘ, Αθήνα, σελ. 24-39.
7. Malin, J.D. (1980). Metal Containers and Closures, *In Developments in Food Packaging-1*, ed. S.J. Palling, Applied Science Publishers Ltd, London, pp.1-26.
8. Matsubayashi, H. (1990). Metal Containers. *In Food Packaging*, ed. T. Kadoya, Academic Press Inc, San Diego, pp. 85-104.
9. Soroka, W. (1996). *Fundamentals of Packaging Technology*, revised UK edition, The Institute of Packaging, Melton Mowbray, UK, pp. 131-152.
10. Σκουλικίδης, Θ.Ν. και Βασιλείου, Π. (2000). *Διάβρωση και Προστασία Υλικών*. Εκδόσεις ΣΥΜΕΩΝ, Αθήνα
11. Anonymous (1984). *Corrosion Basics. An introduction*. Published by the National Association of Corrosion Engineers, Houston, Texas.
12. Wranglen, G. (1985). *An Introduction to Corrosion and Protection of Metals*, Chapman and Hall, London, New York.
13. Verink, E.D. (1994). *Corrosion Testing Made Easy. The Basics*, Vol. 3, NACE International, Houston, Texas.
14. Σκουλικίδης, Θ.Ν. (1975). *Φυσικοχημεία II 18. Θεωρητική Ηλεκτροχημεία*. Έκδοση ΕΜΠ, Αθήνα.
15. Λοΐζος, Ζ.Γ (1999). *Γενική Χημεία*, Τεύχος 2^ο, Έκδοση ΕΜΠ, Αθήνα.
16. Board, P.W. and Steele, R.J. (1975). Diagnosis of Corrosion Problems in Tinsplate Food Cans, Technical Paper No. 41, CSIRO Division of Food Research, Sydney, Australia.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 Πλαστική Συσκευασία

5.1 Εισαγωγή

«Τα **πλαστικά** (*plastics*) είναι πολυμερή και ο όρος πλαστικά αναφέρεται τόσο στα ίδια τα πολυμερή όσο και στα αντικείμενα που κατασκευάζονται από αυτά. Τα **πολυμερή** (*polymers*) είναι οργανικές ενώσεις το μόριο των οποίων σχηματίζεται με την επανάληψη μιας ή περισσότερων δομικών μονάδων που ενώνονται μεταξύ τους σε μια μακρομοριακή αλυσίδα με πολύ μεγάλο μοριακό βάρος. Οι επαναλαμβανόμενες δομικές μονάδες που απαρτίζουν το μόριο του πολυμερούς χαρακτηρίζονται ως **μονομερή** (*monomers*). Ανάλογα με τη φύση του μονομερούς, του τρόπου διάταξης των μακρομοριακών αλυσίδων και της πιθανής αλληλεξάρτησης αυτών, τα πολυμερή διαφέρουν μεταξύ τους ως προς τη χημική τους σύνθεση, τη δομή και τις φυσικές τους ιδιότητες» [1].

Η αλματώδης ανάπτυξη των πλαστικών οφείλεται εν πολλοίς στις ανακαλύψεις του Γερμανού χημικού Herman Staudinger (1881-1965), η συνεισφορά του οποίου τιμήθηκε με το βραβείο Nobel Χημείας το 1953. Στη σύγχρονη βιομηχανία παραγωγής πολυμερών οι πρώτες ύλες, δηλαδή τα μονομερή, προέρχονται κυρίως από το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο.

Από τα μέσα του 20^{ου} αιώνα τα πλαστικά διείσδυσαν εντυπωσιακά σε μια σειρά από τομείς της καθημερινότητας ένας εκ των οποίων είναι και η συσκευασία τροφίμων. Ο λόγος αυτής της ανάπτυξης ανιχνεύεται στην ποικιλία των ιδιοτήτων τους σε συνδυασμό με το μικρό κόστος κατασκευής τους, γεγονός που καθιστά τα πλαστικά ιδανικά σε πολλές εφαρμογές όπου άλλα υλικά δεν ενδείκνυνται.

5.2 Βασικές διακρίσεις και ιδιότητες των πολυμερών

Τα πλαστικά, ανάλογα με τις ιδιότητές τους και μια σειρά από κριτήρια (όπως η προέλευσή τους, το είδος του μονομερούς, η συμπεριφορά τους κατά τη θέρμανση κ.α.) μπορούν να ταξινομηθούν σε διάφορες κατηγορίες. Μια βασική διάκριση των πλαστικών, η οποία προκύπτει από τη συμπεριφορά τους κατά τη θέρμανση, είναι σε θερμοπλαστικά και σε θερμοστατικά.

Τα **θερμοπλαστικά** (*thermoplastics*) είναι πολυμερή τα οποία μαλακώνουν κάθε φορά που θερμαίνονται και σκληραίνουν μετά από ψύξη. Τα θερμοπλαστικά γνώρισαν μεγάλη ανάπτυξη τη δεκαετία του 1930-1940 με την ανακάλυψη του πολυστυρολίου (PS), του πολυβινυλοχλωριδίου (PVC), του πολυαιθυλενίου (PE) και

του πολυπροπυλενίου (PP), και σήμερα αποτελούν τα σπουδαιότερα πολυμερή που χρησιμοποιούνται. Είναι χαρακτηριστικό ότι τα 2/3 των πολυμερών που παράγονται παγκόσμια είναι θερμοπλαστικά.

Τα **θερμοστατικά** (*thermosets*) πολυμερή όταν θερμανθούν για πρώτη φορά μαλακώνουν και γίνονται ρευστά αλλά όταν ψυχθούν σκληραίνουν και δεν ξαναμαλακώνουν με νέα θέρμανση. Το πρώτο θερμοπλαστικό πολυμερές ήταν το σκληρό καουτσούκ το οποίο ανακάλυψε το 1839 ο Goodyear. Αξίζει να τονίσουμε ότι τα θερμοστατικά βρίσκουν περιορισμένη εφαρμογή στη συσκευασία τροφίμων.

Μια άλλη σημαντική διάκριση των πολυμερών, η οποία προκύπτει από την προέλευσή τους, είναι σε συνθετικά και σε φυσικά. Τα **συνθετικά** πολυμερή είναι υποπροϊόντα της βιομηχανίας του άνθρακα και του πετρελαίου, ενώ τα **φυσικά** απαντώνται στη φύση όπως για παράδειγμα η κυτταρίνη, το άμυλο, οι πρωτεΐνες και το καουτσούκ. Τα πολυμερή που χρησιμοποιούνται ως υλικά της πλαστικής συσκευασίας τροφίμων είναι κυρίως συνθετικά στα οποία προστίθενται και διάφορες πρόσθετες ουσίες προκειμένου να τους βελτιώσουν την ποιότητα, την εμφάνιση αλλά και για να μειώσουν το κόστος παραγωγής τους.

5.3 Τα πλαστικά ως υλικά συσκευασίας

Τα πλαστικά, αν και αποτελούν το νεότερο υλικό συσκευασίας, αποτελούν το μεγαλύτερο σε όγκο υλικό στη συσκευασία τροφίμων. Η αλματώδης ανάπτυξη της πλαστικής συσκευασίας οφείλεται στο σχετικά χαμηλό κόστος κατασκευής της καθώς και στις πάμπολλες ιδιότητές των πλαστικών. Οι σημαντικότερες ιδιότητες των πλαστικών είναι [1]:

1. **Η εύκολη μορφοποίηση τους.** Τα πλαστικά αποτελούν το υλικό με τη μεγαλύτερη ευκολία μορφοποίησης και ως εκ τούτου προσφέρουν μια μεγάλη ποικιλία σχημάτων και ειδών συσκευασίας. Μάλιστα η μορφοποίηση των πλαστικών επειδή γίνεται σε χαμηλές θερμοκρασίες απαιτεί πολύ μικρότερη ενέργεια κατανάλωσης σε σύγκριση με το γυαλί και τα μέταλλα. Ο συνδυασμός αυτών των γεγονότων αποτελεί έναν από τους κύριους λόγους της αλματώδης ανάπτυξης της πλαστικής συσκευασίας τροφίμων σε παγκόσμιο επίπεδο.
2. **Το χαμηλό βάρος τους.** Τα πλαστικά λόγω της χαμηλής πυκνότητάς τους έχουν πολύ μικρό βάρος γεγονός που συμβάλλει στη διευκόλυνση αλλά και στη μείωση του κόστους μεταφοράς. Το μόνο υλικό που είναι ελαφρύτερο από τα πλαστικά είναι το χαρτί. Επειδή, όμως, το χαρτί μειονεκτεί σε πολλά σημεία έναντι των πλαστικών, κρίνεται σχεδόν ακατάλληλο για τη συσκευασία πολλών προϊόντων.
3. **Η αντοχή τους στις καταπονήσεις.** Τα πλαστικά χαρακτηρίζονται ως σκληρά αλλά παράλληλα και ελαστικά υλικά. Το γεγονός αυτό τους προσφέρει μεγάλη

ανθεκτικότητα στις διάφορες μηχανικές καταπονήσεις και τα χτυπήματα που είναι δυνατόν να υποστούν.

4. **Η ευκολία θερμοσυγκόλλησης.** Τα πλαστικά -κυρίως τα εύκαμπτα- χαρακτηρίζονται για την ευκολία θερμοσυγκόλλησης, δηλαδή της συγκόλλησης των άκρων της συσκευασίας υπό την επίδραση της θερμοκρασίας έτσι ώστε να επιτυγχάνεται το ερμητικό της κλείσιμο. Το γεγονός αυτό είναι ένα σημαντικό πλεονέκτημα της πλαστικής συσκευασίας γιατί μειώνει το κόστος παραγωγής καθώς δεν χρειάζονται να αγοραστούν διάφορες συγκολλητικές ουσίες όπως συμβαίνει για παράδειγμα στη χάρτινη συσκευασία.
5. **Η ανθεκτικότητά τους στις συνθήκες του περιβάλλοντος.** Τα πλαστικά παρουσιάζουν μεγάλη ανθεκτικότητα στις διάφορες συνθήκες του περιβάλλοντος με εξαίρεση την επίδραση του υπεριώδους φωτός. Όπως και το γυαλί, δε μουχλιάζουν ούτε διαβρώνονται όπως συμβαίνει με το χαρτί και τα μέταλλα αντίστοιχα. Έτσι τα πλαστικά είναι ιδανικά για τη συσκευασία διαβρωτικών προϊόντων καθώς και προϊόντων τα οποία πρόκειται να διατηρηθούν σε αβέβαιες συνθήκες περιβάλλοντος.
6. **Η στεγανότητά τους στους υδρατμούς και το οξυγόνο.** Τα πλαστικά, αν και είναι λιγότερο στεγανά από το γυαλί και τα μέταλλα, εξασφαλίζουν όχι απόλυτη αλλά ικανοποιητική στεγανότητα στο οξυγόνο, τους υδρατμούς και στα άλλα αέρια. Είναι δε δυνατόν να συνδυαστούν και με άλλα εύκαμπτα υλικά, όπως για παράδειγμα το χαρτί και το αλουμινόχαρτο, και να δημιουργηθούν πολύφυλλες μεμβράνες (laminates) οι οποίες προσφέρουν πολύ καλή στεγανότητα.
7. **Δεν προσδίδουν ανεπιθύμητες οσμές στα τρόφιμα.** Με τη τεχνολογία που έχει αναπτυχθεί, είναι δυνατόν τα πλαστικά να μην προσδίδουν ανεπιθύμητες οσμές στα τρόφιμα ούτε να μεταβάλλουν τα οργανοληπτικά τους χαρακτηριστικά.
8. **Η δυνατότητα χρωματισμού.** Με τη προσθήκη διάφορων χρωστικών κατά την παραγωγή τους, τα πλαστικά μπορούν να αποκτήσουν οποιοδήποτε χρώμα. Έτσι, η πλαστική συσκευασία μπορεί να είναι τελείως διαυγής έως και θαμπή. Αυτό δίνει τη δυνατότητα να δημιουργηθούν πλαστικές συσκευασίες οι οποίες να προσαρμόζονται στις ανάγκες του κάθε προϊόντος από την άποψη της ευαισθησίας του στην επίδραση του φωτός. Επίσης δίνει τη δυνατότητα δημιουργίας καλαίσθητων συσκευασιών ικανών να προσελκύσουν την προσοχή του καταναλωτή.
9. **Απουσία θραυσμάτων και αιχμηρών άκρων.** Σε αντίθεση με το γυαλί και τα μέταλλα, στα πλαστικά απουσιάζει ο κίνδυνος θραυσμάτων και αιχμηρών άκρων γεγονός που, αν όχι μηδενίζει, μειώνει στο ελάχιστο τον κίνδυνο τραυματισμού του καταναλωτή.
10. **Μεγάλο εύρος θερμοκρασιών χρησιμοποίησης.** Τα πλαστικά με ειδική επεξεργασία μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ένα μεγάλο εύρος θερμοκρασιών, από θερμοκρασίες βαθιάς κατάψυξης (-40°C) έως θέρμανση σε υψηλές θερμοκρασίες (200°C).

5.4 Κύρια πλαστικά που χρησιμοποιούνται στη συσκευασία τροφίμων

Τα πλαστικά που χρησιμοποιούνται στη συσκευασία τροφίμων είναι πολλών ειδών και διακρίνονται ανάλογα με τις φυσικές και χημικές τους ιδιότητες. Στον Πίνακα 5.1 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα σπουδαιότερα πλαστικά που χρησιμοποιούνται στη συσκευασία τροφίμων καθώς και η Αγγλική τους συντομογραφία.

Πλαστικά	Αγγλική Συντομογραφία
I. Συνθετικά Πολυμερή	
1. Πολυαιθυλένιο*	PE
❖ Πολυαιθυλένιο χαμηλής πυκνότητας	LDPE
❖ Πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας	HDPE
❖ Γραμμικό πολυαιθυλένιο χαμηλής πυκνότητας	LLDPE
❖ Συμπολυμερή αιθυλενίου	
➤ Αιθυλενοξικός βινυλεστέρας	EVA
➤ Αιθυλενο-βινυλική αλκοόλη	EVOH
➤ Αιθυλενο-ακρυλικό οξύ	EAA
➤ Αιθυλενο-μεθακρυλικό οξύ	EMMA
➤ Ιονομερή	Ionomer
2. Πολυπροπυλένιο*	PP
❖ Προσανατολισμένο πολυπροπυλένιο	OPP
3. Πολυβινυλοχλωρίδιο	PVC
4. Πολυβινυλιδενοχλωρίδιο	PVDC
5. Πολυτετραφθοροαιθυλένιο	PTFE
6. Πολυστυρόλιο ή πολυστερίνη	PS
❖ Πολυστυρόλιο ανθεκτικό στη πρόσκρουση	HIPS
❖ Βουταδιενοστυρόλιο	BS
7. Πολυακρυλονιτρίλιο	PAN
8. Πολυεστέρες	
❖ Πολυτερεφθαλμικός αιθυλεστέρας	PET ή PETE
❖ Πολυναφθαλικός δικαρβοξυ-αιθυλεστέρας	PEN
9. Πολυαμίδα	PA
❖ Nylon 6, Nylon 6.6	Nylon
II. Φυσικά πολυμερή	
1. Αναγεννημένη κυταραρίνη ή σελοφάν	Cellophane
2. Οξική κυτταρίνη	CA
3. Υδροχλωριωμένο ελαστικό	Pliofilm

Πίνακας 5.1 Τα σπουδαιότερα πλαστικά που χρησιμοποιούνται στη συσκευασία τροφίμων (Μπλούκας 2004).

Παρακάτω αναλύονται σε γενικές γραμμές οι ιδιότητες και οι χρήσεις των σπουδαιότερων πλαστικών εξ αυτών:

- 1. Πολυαιθυλένιο.** Το πολυαιθυλένιο (*Polyethylene, PE*) αποτελεί το πλαστικό με τη μεγαλύτερη εφαρμογή στη συσκευασία τροφίμων. Στο εμπόριο διακρίνεται σε χαμηλής και υψηλής πυκνότητας καθώς και σε διάφορα συμπολυμερή του αιθυλενίου.

Το **πολυαιθυλένιο χαμηλής πυκνότητας (LDPE)** παρασκευάστηκε το 1933 στην Αγγλία και επειδή έχει μικρό κόστος παραγωγής χρησιμοποιείται ευρύτατα. Χαρακτηρίζεται για την ευκαμψία και την ελαστικότητα του και γι' αυτό χρησιμοποιείται σε δοχεία τα οποία συμπιέζονται για να εξέλθει το περιεχόμενό τους (π.χ. κέτσαπ, μουστάρδα κ.α.) καθώς και για πρώτη ύλη στην δημιουργία μεμβρανών και laminates. Επίσης, έχει ελάχιστη διαπερατότητα στους υδρατμούς αλλά επειδή είναι διαπερατό από άλλα αέρια δεν ενδείκνυται για τη συσκευασία τροφίμων τα οποία έχουν ευαισθησία στο οξυγόνο. Τέλος, θερμοσυγκλλάται πολύ εύκολα και δίνει ραφές υψηλής ποιότητας.

Το **πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας (HDPE)** ανακαλύφθηκε στη Γερμανία και την Ιταλία τη δεκαετία του 50' από τους καθηγητές Ziegler και Natta αντίστοιχα, οι οποίοι για την ανακάλυψη τους μοιράστηκαν το Νόμπελ Χημείας το 1963. Το HDPE είναι τελείως διαφορετικό από το LDPE καθώς είναι αρκετά σκληρό και δύσκαμπτο υλικό, θερμοσυγκλλάται πιο δύσκολα και είναι περισσότερο αδιαφανές. Χρησιμοποιείται ευρύτατα στη κατασκευή φιαλών μεγάλης περιεκτικότητας (1-5L) όπως για παράδειγμα για γάλα, για απιονισμένο νερό, για ελιές, μέλι και διάφορα τουρσιά καθώς και για τη δημιουργία των πλαστικών κιβωτίων μεταφοράς (π.χ. για αναψυκτικά κ.α.). Τέλος, μετατρέπεται σε διαφανής μεμβράνη και χρησιμοποιείται για τη συσκευασία προϊόντων όπως είναι οι καραμέλες, το αλάτι κ.α.

- 2. Πολυπροπυλένιο.** Το πολυπροπυλένιο (*Polypropylene, PP*) είναι το ελαφρύτερο πολυμερές και μοιάζει αρκετά με το πολυαιθυλένιο. Στην συσκευασία τροφίμων χρησιμοποιείται για τη δημιουργία εύκαμπτων αλλά και δύσκαμπτων περιεκτών όπως είναι τα κυπελάκια γιαουρτιού, μαργαρίνης κ.α. Εμπορικά γνωστή είναι και η **μεμβράνη από προσανατολισμένο πολυπροπυλένιο (OPP)** η οποία είναι η πρώτη μεμβράνη που αντικατέστησε επιτυχώς το σελοφάν στη συσκευασία τροφίμων όπως τα μπισκότα κ.α. Η μεμβράνη OPP χαρακτηρίζεται για τη διαύγεια, τη μικρή διαπερατότητα στους υδρατμούς και την ανθεκτικότητα της στον εφελκυσμό, το τρύπημα καθώς και στις υψηλές θερμοκρασίες (έως 140-150°C) και για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται κυρίως στη συσκευασία τροφίμων που εκτείνονται σε υψηλές θερμοκρασίες, όπως είναι τα είδη αρτοποιίας και ζαχαροπλαστικής

- 3. Πολυβινυλοχλωρίδιο.** Το πολυβινυλοχλωρίδιο (*Polyvinyl chloride, PVC*) αποτελεί ένα ευρύτατα χρησιμοποιούμενο συνθετικό πολυμερές. Είναι κυρίως

άμορφο, σκληρό και εύθραυστο όμως με τη προσθήκη διαφόρων προσθέτων μπορεί να αποκτήσει μεγάλη γκάμα ιδιοτήτων. Στη συσκευασία τροφίμων χρησιμοποιείται κυρίως η μεμβράνη PVC και το μη πλαστικοποιημένο PVC (**UPVC**). Η μεμβράνη PVC χαρακτηρίζεται για τις πολύ καλές στεγανοποιητικές της ιδιότητες και για το γεγονός ότι μπορεί να τεντώνει και να συρρικνώνεται έως και 50% και γι' αυτό χρησιμοποιείται κυρίως για τη περιτύλιξη τροφίμων αλλά και στη συρρικνωμένη συσκευασία κρέατος, τυριών κ.α. Το UPVC είναι διαυγές, σκληρό και δύσκαμπτο υλικό και χαρακτηρίζεται για την πολύ καλή αντίσταση στα λίπη. Χρησιμοποιείται για τη δημιουργία φιαλών όπου περιέχονται μαγειρικά έλαια και λίπη καθώς και για αεριούχα αναψυκτικά. Το PVC, όμως, έχει και ένα μεγάλο μειονέκτημα καθώς έχει διαπιστωθεί ότι είναι **καρκινογόνο** και υπάρχει κίνδυνος μετανάστευσης επικίνδυνων ουσιών στο περιεχόμενο τρόφιμο. Αν και από τη βιομηχανία παραγωγής PVC λαμβάνονται τα απαραίτητα μέτρα, σε αρκετές περιπτώσεις υπάρχει μεγάλη διστακτικότητα στη χρήση του ως υλικού συσκευασίας τροφίμων.

4. **Πολυστυρόλιο ή πολυστυρένιο.** Το πολυστυρόλιο ή πολυστυρένιο (*Polystyrene*, **PS**) είναι άμορφο, πολύ διαφανές, σκληρό και ταυτόχρονα εύθραυστο υλικό με μικρή διαπερατότητα στα αέρια αλλά υψηλή στους υδρατμούς. Στη συσκευασία τροφίμων χρησιμοποιείται κυρίως για τη δημιουργία κυπέλλων γαλακτοκομικών προϊόντων (όπως το γιαούρτι, παγωτό κ.α.), μαρμελάδας και άλλων τροφίμων. Χρησιμοποιείται επίσης σε αφρώδη μορφή (*PS foam*) για τη κατασκευή δίσκων νωπού κρέατος, λαχανικών, φρούτων, θήκες για αυγά κ.α. καθώς απορροφά με μεγάλη επιτυχία τους κραδασμούς.
5. **Πολυεστέρες.** Οι πολυεστέρες (*Polyesters*) είναι πολυμερή συμπύκνωσης και χαρακτηρίζονται για τη διαύγεια, τη μικρή διαπερατότητα στα αέρια, την αντοχή στα οξέα και τις βάσεις, και τις άριστες δυνατότητες εκτύπωσης. Οι σπουδαιότεροι τύποι πολυεστέρα που χρησιμοποιούνται στη συσκευασία τροφίμων είναι ο πολυτερεφθαλμικός αιθυλεστέρας (**PET**), ο πολυναφθαλμικός δικαρβοξυ-αιθυλεστέρας (**PEN**) και ο πολυβουτυλενο-τερεφθαλμικός εστέρας (**PBT**).

Ο **πολυτερεφθαλμικός αιθυλεστέρας (PET)** είναι ο πιο αντιπροσωπευτικός τύπος πολυεστέρα και λόγω των εξαιρετικών ιδιοτήτων του αποτελεί ένα από τα σπουδαιότερα υλικά της συσκευασίας τροφίμων. Το PET έχει πολύ καλές μηχανικές ιδιότητες, είναι εύκαμπτο και παρουσιάζει μεγάλο εύρος θερμοκρασιών (-70° έως 135° C). Επίσης -και ιδιαίτερα σημαντικό- δεν αντιδρά με τα συσκευασμένα τρόφιμα και κατά συνέπεια δε τα επηρεάζει. Στη συσκευασία τροφίμων χρησιμοποιείται ως υλικό συσκευασίας σε μια μεγάλη γκάμα προϊόντων όπως για παράδειγμα τις φιάλες νερού, γάλακτος, χυμών, ανθρακούχων αναψυκτικών, λαδιών κ.α. Χρησιμοποιείται επίσης για τη κατασκευή ταψιών και μεμβρανών που συσκευάζονται κατεψυγμένα προϊόντα τα οποία μπορούν να αποψυχθούν είτε σε συμβατικούς φούρνους είτε σε φούρνους μικροκυμάτων.

5.5 Είδη πλαστικής συσκευασίας

Δε θα ήταν υπερβολή αν λέγαμε ότι η πλαστική συσκευασία αριθμεί εκατοντάδες είδη συσκευασιών, συσκευασίες τις οποίες συναντάμε καθημερινά ως καταναλωτές. Για τη διευκόλυνση της ανάλυσης μας μπορούμε να κατηγοριοποιήσουμε τα είδη της πλαστικής συσκευασίας σε πλαστικές μεμβράνες, σε εύκαμπτες πλαστικές συσκευασίες και σε άκαμπτους -σκληρούς και ημίσκληρους- πλαστικούς περιέκτες. Η κατηγοριοποίηση αυτή περιλαμβάνει λίγο-πολύ όλα τα διαφορετικά είδη της πλαστικής συσκευασίας τροφίμων.

5.5.1 Πλαστικές μεμβράνες

Η **πλαστική μεμβράνη** ή **φιλμ** (*film*) είναι ένα λεπτό και εύκαμπτο πλαστικό φύλλο το οποίο έχει πάχος μικρότερο από 0.25 mm. Όταν το πάχος του πλαστικού είναι μεγαλύτερο από 0.25 mm τότε αυτό χαρακτηρίζεται απλώς ως **φύλλο** (*sheet*). Οι πλαστικές μεμβράνες συνήθως κατασκευάζονται με **εξώθηση** (*extrusion*) και ανάλογα με το είδος της επεξεργασίας τους διακρίνονται σε [1]:

1. **Απλές μεμβράνες** (*films*). Οι απλές μεμβράνες -όπως δηλώνει και το όνομά τους- είναι οι πιο απλές και κοινές μεμβράνες της πλαστικής συσκευασίας τροφίμων και έχουν μεγάλη γκάμα εφαρμογής.
2. **Προσανατολισμένες μεμβράνες** (*oriented films*). Οι προσανατολισμένες μεμβράνες υπόκεινται σε προσανατολισμένο τέντωμα κατά το στάδιο της κατασκευής τους προκειμένου να βελτιωθούν οι μηχανικές και στεγανωτικές ιδιότητές τους. Σε σύγκριση με τις απλές, οι προσανατολισμένες μεμβράνες είναι πιο διαφανείς, εύκαμπτες, με μεγαλύτερη μηχανική αντοχή και με μειωμένη κατά 10-50% διαπερατότητα σε υδρατμούς και αέρια. Επίσης έχουν σημαντικό βαθμό συρρίκνωσης και γι' αυτό χρησιμοποιούνται ευρέως στη συρρικνωμένη συσκευασία τροφίμων.
3. **Μεμβράνες περιτύλιξης** (*stretch films*). Οι μεμβράνες περιτύλιξης έχουν μικρότερο πάχος από τις προσανατολισμένες και επειδή χαρακτηρίζονται για την ικανότητά τους να τεντώνουν μέχρι και 600% χρησιμοποιούνται ευρέως στην περιτύλιξη διαφόρων τροφίμων. Οι μεμβράνες που συνήθως χρησιμοποιούνται στην περιτύλιξη είναι από πολυαιθυλένιο χαμηλής πυκνότητας (LDPE), από γραμμικό χαμηλής πυκνότητας πολυαιθυλένιο (LLDPE), από πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC), από πολυπροπυλένιο (PP), από το συμπολυμερές του αιθυλενοξικού βινυλεστέρα (EVA) καθώς και το σελοφάν.
4. **Επικαλυμμένες μεμβράνες** (*coated films*). Οι επικαλυμμένες μεμβράνες είναι μεμβράνες οι οποίες επικαλύπτονται με άλλα πλαστικά υλικά προκειμένου να βελτιωθούν οι ιδιότητές τους. Χαρακτηριστικό παράδειγμα επικαλυμμένης

μεμβράνης αποτελεί το σελοφάν το οποίο επικαλύπτεται με πολυβινυλιδενοχλωρίδιο (PVDC).

5. **Μεταλλιζέ μεμβράνες (metalized films).** Οι μεταλλιζέ μεμβράνες είναι μεμβράνες οι οποίες επικαλύπτονται από τη μια μεριά με ένα λεπτό στρώμα αλουμινίου. Το λεπτό στρώμα αλουμινίου συμβάλει σε μεγάλο βαθμό ώστε να βελτιωθούν οι στεγανοποιητικές ιδιότητες των απλών μεμβρανών και να αντανακλάται η προσπίπτουσα ακτινοβολία φωτός. Το φιλμ των μεταλλιζέ μεμβρανών συνήθως είναι από πολυπροπυλένιο (PP).
6. **Πολύφυλλες ή πολυστρωματικές μεμβράνες (laminates).** Τα laminates αποτελούνται από διαφορετικά στρώματα εύκαμπτων υλικών συσκευασίας (πλαστικές μεμβράνες, χαρτί, αναγεννημένη κυτταρίνη, λεπτά φύλλα μετάλλων) τα οποία συνδυάζονται μεταξύ τους έτσι ώστε το ένα φύλλο να διαθέτει τις ιδιότητες που δε διαθέτει το άλλο. Το τελικό αποτέλεσμα αυτού του πολύφυλλου συνδυασμού (laminates) έχει πολύ καλύτερες ιδιότητες από το κάθε φύλλο χωριστά και για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται για τη συσκευασία μιας μεγάλης γκάμας τροφίμων. Στον Πίνακα 5.3 παρουσιάζονται διάφοροι τύποι laminate και οι χρήσεις τους στη συσκευασία τροφίμων.

Πίνακας 5.3 Παραδείγματα laminate και οι χρήσεις τους (Παπαδάκης 2010).

Τύπος Laminate*	Τυπικές Χρήσεις
PP επικαλυμμένο με PDVC / PP επικαλυμμένο με PDVC	Τσιπς, σνακ, προϊόντα ζαχαροπλαστικής, παγωτά, μπισκότα, προϊόντα σοκολατοποιίας
PP επικαλυμμένο με PDVC / LTPD	Είδη αρτοποιίας, τυριά, προϊόντα ζαχαροπλαστικής, αφυδατωμένα φρούτα, κατεψυγμένα λαχανικά
PP / EVA πολυμερές	Συσκευασία σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα μπέικον, τυριών, μαγειρεμένων κρεάτων
BOPP / Nylon / LDPE	Σακίδια που αποστειρώνονται με ατμό (retort pouches)
Σελοφάν / LDPE / Σελοφάν	Πίττες, ψωμί, μπέικον, καφές, τυριά, μαγειρεμένα κρέατα
Οξική κυτταρίνη / Χαρτί / Φύλλο Al / LDPE	Αφυδατωμένες σούπες
Επιμεταλλωμένοι πολυεστέρες / LDPE	Καφές, γάλα σε σκόνη, bag-in-box packaging, νιφάδες πατάτας, κατεψυγμένα τρόφιμα
PET / Φύλλο Al / PP	Σακίδια που αποστειρώνονται με ατμό (retort pouches)
Nylon / LDPE	Συσκευασία υπό κενό για μεγάλα κομμάτια νωπού κρέατος, τυριά

Χαρτί / Φύλλο AI / LDPE	Αφυδατωμένες σούπες & λαχανικά, σοκολάτες
Nylon / PDVC / LDPE / Φύλλο AI / LDPE	Συσκευασία bag-in-box
Nylon / συμπολυμερές αιθυλενίου και βουτενίου	Συσκευασία boil-in-bag
HIPS / PET	Μαργαρίνη, βούτυρο
PS / PS / PDVC / PS	Χυμοί, κρέατα, γαλακτοκομικά προϊόντα
PS / PS / PDVC / LDPE	Βούτυρο, τυριά, μαργαρίνη, καφές, μαγιονέζα, σάλτσες
PP / PDVC / PP	Δίσκοι που αποστειρώνονται με ατμό (retortable trays)
PS / EVA συμπολυμερές / LDPE	Συσκευασία σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα για κρέατα & φρούτα

*Τα στρώματα των laminates αναφέρονται από έξω προς τα μέσα.

PP: Πολυπροπυλένιο

PDVC: Πολυβινυλιδενοχλωρίδιο

LDPE: Πολυαιθυλένιο χαμηλής πυκνότητας

EVA: Συμπολυμερές αιθυλενίου: Αιθυλενοξικός βινυλεστέρας

BOPP: Διαξονικά προσανατολισμένο πολυπροπυλένιο

PET: Πολυτερεφθαλμικός αιθυλεστέρας

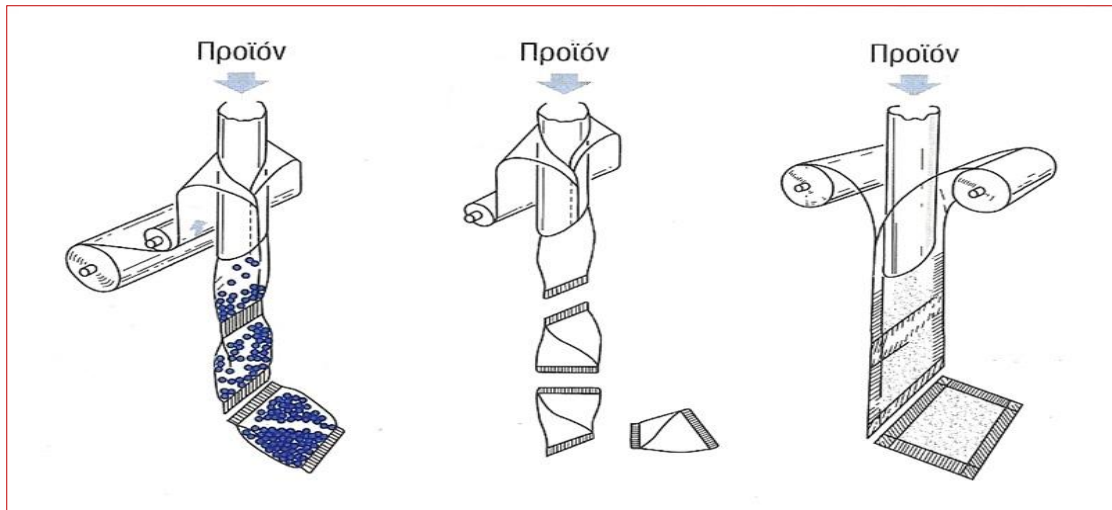
PS: Πολυστυρόλιο

HIPS: Αυξημένης αντοχής πολυστυρόλιο

5.5.2 Εύκαμπτες πλαστικές συσκευασίες

5.5.2.1 Σάκοι και σακίδια

Οι σάκοι και τα σακίδια (σακούλες) είναι ένα πολύ κοινό είδος της πλαστικής συσκευασίας τροφίμων όπου συνήθως συσκευάζονται στερεά προϊόντα ή προϊόντα σε μορφή σκόνης. Το υλικό από το οποίο αποτελούνται οι σάκοι και τα σακίδια είναι κυρίως απλές ή πολύφυλλες μεμβράνες και εξαρτάται κάθε φορά από τη φύση του συσκευασμένου προϊόντος. Το περιεχόμενο προϊόν συσκευάζεται σε αυτού του είδους τη συσκευασία σε ειδικές συσκευαστικές μηχανές τύπου form-fill-seal οι οποίες εκτελούν πολλαπλές διαδικασίες καθώς αρχικά μετατρέπουν τη μεμβράνη σε περιέκτη, μετά τοποθετούν εντός τους το προϊόν και τέλος δημιουργούν ένα αυτοτελές τεμάχιο το οποίο κλείνεται ερμητικά με θερμοσυγκόλληση των άκρων (Σχήμα 5.1).



Σχήμα 5.1 Αυτοματοποιημένη συσκευασία τροφίμων σε σακίδια (Μπλούκας 2004).

Σε αυτού του τύπου τη συσκευασία ξεχωρίζουν δύο ειδών συσκευασίες:

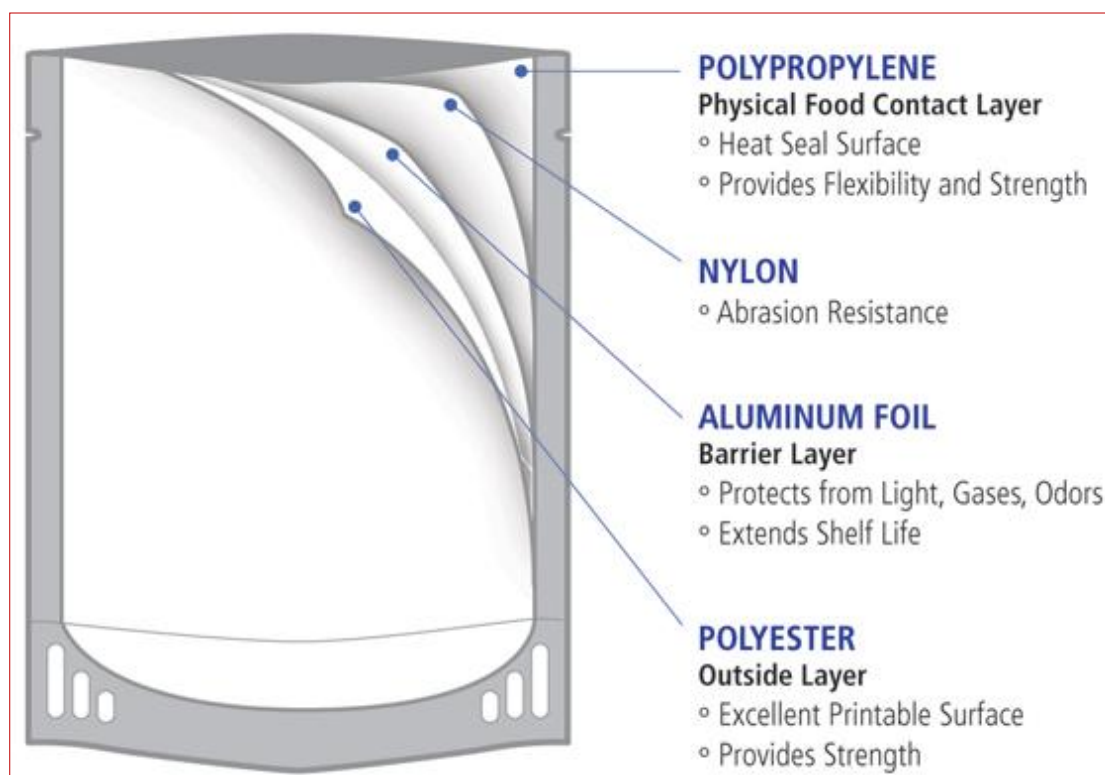
- Τα σακίδια μαγειρικής γνωστά και ως συσκευασία boil-in-bag, και
- Τα σακίδια αποστείρωσης.

Η **συσκευασία boil-in-bag** (Σχήμα 5.2) είναι διαφανής, ελαφριά, με χαμηλό κόστος και παρότι δεν είναι αεροστεγής έχει ικανοποιητική στεγανότητα στους υδρατμούς, τα αέρια και τις λιπαρές ουσίες. Χαρακτηρίζεται για το γεγονός ότι εντός της τοποθετούνται τρόφιμα τα οποία από το ψυγείο ή τη κατάψυξη τοποθετούνται για βράσιμο μαζί με τη συσκευασία. Για το λόγο αυτό το υλικό από το οποίο αποτελείται πρέπει να αντέχει στις θερμοκρασίες κατάψυξης και βρασμού καθώς και στις εσωτερικές πιέσεις που ασκούνται και στις δύο περιπτώσεις. Οι μεμβράνες οι οποίες είναι κατάλληλες για τη συσκευασία boil-in-bag είναι το PP, το PET, το PE και το Nylon.



Σχήμα 5.2 Συσκευασία boil-in-bag

Τα **σακίδια αποστείρωσης** (*retort pouches*) αποτελούν την εναλλακτική συσκευασία των κονσερβοποιημένων τροφίμων σε μεταλλικούς και γυάλινους περιέκτες. Κατασκευάζονται από πολύφυλλες μεμβράνες οι οποίες θα πρέπει να έχουν μεγάλη μηχανική αντοχή προκειμένου να αντέξουν τη διαδικασία της αποστείρωσης του προϊόντος, να παρέχουν πλήρη στεγανότητα σε υδρατμούς και αέρια και να εξασφαλίζουν το ερμητικό κλείσιμο του περιέκτη. Στο Σχήμα 5.3 παρουσιάζονται αναλυτικά τα διαφορετικά τμήματα μιας κοινής πολύφυλλης μεμβράνης που χρησιμοποιείται για την κατασκευή των σακιδίων αποστείρωσης.



Σχήμα 5.3 Διαφορετικά τμήματα μιας πολύφυλλης μεμβράνης.

Τα σακίδια αποστείρωσης διαθέτουν πολύ σημαντικά πλεονεκτήματα καθώς είναι εύχρηστα, έχουν πολύ μικρό βάρος και καταλαμβάνουν όγκο πολύ μικρότερο από τις αντίστοιχες μεταλλικές ή γυάλινες συσκευασίες. Επίσης, επειδή διαθέτουν λεπτά τοιχώματα ο χρόνος θερμικής τους επεξεργασίας μπορεί να είναι μικρότερος κατά 30-50%, γεγονός που έχει ευεργετική επίδραση στην ποιότητα του τροφίμου. Το βασικό τους μειονέκτημα είναι το γεγονός ότι έχουν πολύ μικρό μέγεθος και κατά συνέπεια χρησιμοποιούνται μόνο για πολύ μικρές συσκευασίες.

5.5.2.2 Σακούλα σε κουτί (bag-in-box)

Η συσκευασία **bag-in-box** (Σχήμα 5.4) είναι μια πλαστική σακούλα που διαθέτει μια χράνη με κάνουλα το οποίο τοποθετείται σε κάποιο κιβώτιο (χαρτόνι, άκαμπτο πλαστικό, ξύλο κ.α.) προκειμένου να προστατευτεί. Χρησιμοποιείται κυρίως για υγρά και ρευστά προϊόντα όπως είναι το κρασί, το λάδι, χυμοί φρούτων, προϊόντα γάλακτος κ.α. Η πλαστική σακούλα κατασκευάζεται από πολύφυλλες μεμβράνες οι οποίες εξασφαλίζουν πλήρη στεγανότητα στη διείσδυση του φωτός και του οξυγόνου. Η πιο χαρακτηριστική πολύφυλλη μεμβράνη που συνήθως χρησιμοποιείται είναι η PA/PVDC/Φύλλο Αλουμινίου/PE.



Σχήμα 5.4 Πλαστική συσκευασία bag-in-box

Η συσκευασία bag-in-box έχει αντικαταστήσει σε πολλές περιπτώσεις τους παραδοσιακούς περιέκτες από μέταλλο και γυαλί καθώς παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα. Χαρακτηριστικά πλεονεκτήματα της συσκευασίας bag-in-box είναι το μικρό κόστος κατασκευής, το μικρό βάρος, ο μικρός όγκος όταν είναι άδεια και η πολύ καλή προστασία που προσφέρει στα προϊόντα που είναι ευαίσθητα στην επίδραση του οξυγόνου και του φωτός όπως το κρασί.

5.5.2.3 Συρρικνωμένη συσκευασία

Στη **συρρικνωμένη συσκευασία** (*shrink package*) (Σχήμα 5.5) το προϊόν τοποθετείται σε εύκαμπτες πλαστικές προσανατολισμένες μεμβράνες το οποίο με την εφαρμογή ειδικής διαδικασίας υπό συνθήκες κενού αποκτά το σχήμα του

συσκευασμένου προϊόντος. Η συρρικνωμένη συσκευασία εφαρμόζεται κυρίως στις περιπτώσεις όπου τα προϊόντα έχουν ακανόνιστο σχήμα και συντηρούνται στη κατάψυξη (π.χ. κρέας) αλλά και σε περιπτώσεις όπου πρέπει να προστατευθούν ευπαθή οπωρολαχανικά (π.χ. μπρόκολα, τομάτες κ.α.). Εφαρμόζεται επίσης στην συγκράτηση ομαδικής συσκευασίας προϊόντων όπως το νερό, τα αναψυκτικά, οι μπίρες κ.α. τα οποία τοποθετούνται σε χάρτινες βάσεις, συμβάλλοντας έτσι στη μείωση του όγκου που καταλαμβάνουν κατά τη μεταφορά τους και συνεπώς και στο κόστος μεταφοράς.



Σχήμα 5.5 Διάφορες συρρικνωμένες συσκευασίες

5.5.2.4 Επιδερμική συσκευασία

Στην **επιδερμική συσκευασία** (*skin packaging*) (Σχήμα 5.6) το συσκευασμένο προϊόν τοποθετείται μέσα σε κύπελλο ή δίσκο από πλαστική μεμβράνη και από τη πάνω μεριά επικαλύπτεται με το υλικό της επιδερμικής συσκευασίας έτσι ώστε να σχηματίζεται ένα περίβλημα το οποίο βελτιώνει την εμφάνιση και τη διάρκεια συντήρησης του προϊόντος. Η επιδερμική συσκευασία χρησιμοποιείται ευρύτατα στη συσκευασία νωπού κρέατος σε μερίδες, ψαρικών, του παστεριωμένου ζαμπόν καθώς και σε πολλά προϊόντα τα οποία συσκευάζονται σε συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας (Ενότητα 6.3) και διαφέρει από τη συρρικνωμένη συσκευασία στο γεγονός ότι δε συνθλίβει τα ευπαθή προϊόντα.



Σχήμα 5.6 Διάφορες επιδερμικές συσκευασίες

5.5.3 Άκαμπτοι πλαστικοί περιέκτες

Οι άκαμπτοι -σκληροί και ημίσκληροι- πλαστικοί περιέκτες κατασκευάζονται από φύλλο πλαστικού και έχουν ευρεία χρήση στη συσκευασία τροφίμων (π.χ. θήκες αυγών, θήκες φρούτων, κυπελάκια παγωτού, γιαουρτιού, μαργαρίνης, φιάλες γάλατος, νερού, ανθρακούχου νερού, αναψυκτικών, φυτικών ελαίων κ.α.). Τα πλαστικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή τους είναι αυτά που παρουσιάστηκαν στην Ενότητα 5.4. Δεδομένου ότι ανάλογα με το είδος, το μέγεθος, το σχήμα κ.λ.π. υπάρχει μια τεράστια ποικιλία άκαμπτων πλαστικών περιεκτών, η κατηγοριοποίησή τους είναι σχεδόν αδύνατη. Στη βιβλιογραφία η κατηγοριοποίησή τους γίνεται με βάση τη μέθοδο κατασκευής τους, όμως επειδή στη βιομηχανία χρησιμοποιούνται αρκετές μέθοδοι μια τέτοια ανάλυση θα ξέφευγε από τα όρια της παρούσας διπλωματικής.

5.6 Μετανάστευση ουσιών από την πλαστική συσκευασία

Οι ουσίες οι οποίες μπορούν να μεταναστεύσουν από τη πλαστική συσκευασία στα συσκευασμένα τρόφιμα είναι: **α)** τα μονομερή και τα ολιγομερή από τα οποία παράγονται τα πλαστικά, όπως το αιθυλένιο, το προπυλένιο, το στυρόλιο κ.α., **β)** ουσίες που χρησιμοποιήθηκαν ως πρόσθετα στην παραγωγή των πλαστικών, όπως οι πλαστικοποιητές, τα αντιοξειδωτικά κ.α., **γ)** ουσίες που σχηματίζονται κατά την επεξεργασία και μορφοποίηση των πλαστικών σε μεμβράνες και δύσκαμπτους ή ημιδύσκαμπτους περιέκτες ως προϊόντα θερμικής αποικοδόμησης, όπως αλδεΐδες, κετόνες, ακεταλδεΐδες κ.α., και **δ)** συγκολλητικές ουσίες και μελάνες που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή των πλαστικών μέσων συσκευασίας. Οι παραπάνω ουσίες, επειδή έχουν μικρά μόρια, μπορούν να κινηθούν μέσα στο πολυμερές και να μεταφερθούν από αυτό στο τρόφιμο» [1].

Η μετανάστευση είναι πιο έντονη στις περιπτώσεις όπου το συσκευασμένο προϊόν είναι υγρό (π.χ. νερό, οξέα, λίπη κ.α.) και αυτό γιατί τα υγρά προϊόντα έχουν την τάση να προσροφώνται από τα πλαστικά και να προκαλούν τη διόγκωση της επιφάνειας στην οποία διεισδύουν με αποτέλεσμα να γίνεται ευκολότερη η διαδικασία της μετανάστευσης.

Οι σημαντικότεροι παράγοντες που επηρεάζουν τη μετανάστευση επικίνδυνων ουσιών από τα πλαστικά στα συσκευασμένα τρόφιμα είναι [1]:

- Ο χρόνος επαφής. Όσο μεγαλύτερος είναι ο χρόνος επαφής μεγαλώνει και η μετανάστευση.
- Η επιφάνεια επαφής. Η μετανάστευση είναι ανάλογη της επιφάνειας επαφής.
- Η θερμοκρασία. Αύξηση της θερμοκρασίας συνεπάγεται αύξηση της μετανάστευσης.

- Η συγκέντρωση της ουσίας στο πλαστικό. Η μετανάστευση είναι επίσης ανάλογη της συγκέντρωσης της ουσίας στο πλαστικό.
- Το μοριακό βάρος και οι ιδιότητες της ουσίας. Έντονη μετανάστευση παρατηρείται στις ουσίες με $MB < 300$.
- Η δομή του πλαστικού. Πλαστικά με χαλαρή δομή ευνοούν τη μετανάστευση.
- Η φύση του τροφίμου.

Οι ουσίες οι οποίες μεταναστεύουν από τα από την πλαστική συσκευασία στα τρόφιμα και θεωρούνται επικίνδυνα για την υγεία των καταναλωτών είναι κυρίως τα μονομερή των πλαστικών, η ακεταλδεΐδη και οι διοξίνες.

Από αυτά ιδιαίτερα τοξικά για τον ανθρώπινο οργανισμό είναι τα **μονομερή των πλαστικών** αν και οι γνώσεις μας για το πώς αυτά επηρεάζουν τον άνθρωπο δεν είναι πλήρεις. Τα μονομερή τα οποία θεωρούνται ιδιαίτερα επικίνδυνα -ακόμη και **καρκινογόνα**- είναι το βινυλοχλωρίδιο (μονομερές του PVC), το βινυλιδενοχλωρίδιο (μονομερές του PVDC), το ακρυλονιτρίλιο και το στυρόλιο. Αξίζει να τονίσουμε ότι μέχρι στιγμής έχουν διαπιστωθεί σοβαρά κρούσματα ασθένειας μόνο σε ανθρώπους που εργάζονταν σε χώρους παραγωγής μονομερών και όχι σε καταναλωτές τροφίμων που συσκευάζονται σε πλαστικές συσκευασίες.

Τέλος, θα πρέπει να τονίσουμε ότι στη βιβλιογραφία υπάρχουν αναλυτικοί τύποι οι οποίοι περιγράφουν επ' ακριβώς τη διαδικασία της μετανάστευσης επικίνδυνων ουσιών από τη πλαστική συσκευασία στα τρόφιμα καθώς και αναλυτικές οδηγίες για το πώς και σε τι ποσότητες θα πρέπει να χρησιμοποιούνται οι ουσίες αυτές στη συσκευασία τροφίμων έτσι ώστε να μην τίθεται σε κίνδυνο η υγεία των καταναλωτών (βλ. [1]).

5.7 Ανακύκλωση πλαστικής συσκευασίας

Το μεγάλο μειονέκτημα της πλαστικής συσκευασίας είναι το γεγονός ότι δεν είναι ιδιαίτερα φιλική στο περιβάλλον καθώς διασπάται με εξαιρετικά αργούς ρυθμούς. Τα πολλά πλεονεκτήματα των πλαστικών ως υλικού συσκευασίας έχουν οδηγήσει σε μια εντυπωσιακή αύξηση της παραγωγής και της κατανάλωσης αυτών των υλικών, το οποίο όμως, με τη σειρά του, συνεπάγεται και αύξηση των στερεών αποβλήτων. Όπως παρουσιάστηκε και στον Πίνακα 1.8 της Ενότητας 1.4.3, στη χώρα μας τα πλαστικά συμμετέχουν με ποσοστό 26.6% στο συνολικό όγκο αποβλήτων συσκευασίας.

Το μεγαλύτερο μέρος των αποβλήτων αυτών καταλήγει στις **χωματερές (landfill)** όμως η τακτική αυτή δεν θεωρείται ιδιαίτερα επιτυχημένη καθώς όλο και περισσότεροι κάτοικοι και περιβαλλοντικές οργανώσεις διαμαρτύρονται για τη

μόλυνση των υπόγειων υδάτων και αντιδρούν έντονα. Μια άλλη τακτική είναι η **καύση** (*incineration*) των αποβλήτων αυτών αλλά και αυτή συναντά έντονες αντιδράσεις καθώς σχετίζεται με την παραγωγή δηλητηριωδών τοξικών ουσιών που είναι επικίνδυνες για την ατμόσφαιρα και την υγεία.

Την πιο ελπιδοφόρα λύση στην αντιμετώπιση του προβλήματος των πλαστικών αποβλήτων την αποτελεί η **ανακύκλωση** (*recycling*). Για τη διευκόλυνση της ανακύκλωσης της πλαστικής συσκευασίας θεσπίστηκε το 1988 από την *Society of the Plastics Industry* (SPI) ένα εθελοντικό σύστημα κωδικοποίησης του κάθε υλικού συσκευασίας. Το σύστημα αυτό αποτελείται από το χαρακτηριστικό σύμβολο της ανακύκλωσης -το τρίγωνο με τα τρία βέλη- μέσα στο οποίο βρίσκεται ένας αριθμός από το 1 έως το 7 και στη βάση του η συντομογραφία του πλαστικού από το οποίο είναι κατασκευασμένη η συσκευασία (Σχήμα 5.7).



Σχήμα 5.7 Σύμβολα ανακύκλωσης πλαστικών συσκευασιών (Παπαδάκης 2010).

Παρόλα αυτά, επειδή η ανακύκλωση των πλαστικών είναι αρκετά πολύπλοκη και δαπανηρή διαδικασία δεν εφαρμόζεται σε μαζική κλίμακα. Είναι ενδεικτικό ότι στις ΗΠΑ το ποσοστό ανακύκλωσης των πλαστικών αποβλήτων συσκευασίας υπολογίζεται περίπου στο 5%, τη ίδια ώρα που η ανακύκλωση της χάρτινης συσκευασίας ανέρχεται στο 30% και των περιεκτών αλουμινίου αγγίζει το 50%. Στη Ελλάδα το ποσοστό ανακύκλωσης της πλαστικής συσκευασίας περιορίζεται περίπου στο 3.4%.

Τέλος, αξίζει να τονίσουμε ότι για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος οι έρευνες στρέφονται στη δημιουργία **βιοδιασπώμενων πλαστικών** (*biodegradable plastics*), δηλαδή πλαστικών τα οποία όταν εκτεθούν στο περιβάλλον διασπώνται σταδιακά από τη δράση μικροοργανισμών. Όμως, τα βιοδιασπώμενα πλαστικά δεν έχουν βρει ακόμη ευρεία εμπορική εφαρμογή καθώς οι μηχανικές και στεγανοποιητικές τους ιδιότητες είναι υποδεέστερες των αντίστοιχων συνθετικών πλαστικών και έχουν υψηλό κόστος παραγωγής.

Βιβλιογραφία

1. Μπλούκας, Ι.Γ. (2004). *Συσκευασία Τροφίμων*, Εκδόσεις Σταμούλη Α.Ε, Αθήνα, σσ. 67-149.
2. Παπαδάκης, Σ.Ε. (2010). *Συσκευασία Τροφίμων*, Εκδόσεις Τζιόλα, Αθήνα, σσ. 105-217.

Επιπλέον Βιβλιογραφία

- Arvanitoyannis, I.S. (1999). *Synthesis and physical properties of synthetic and natural biodegradable copolymers and blends for food packaging applications*. J.M.S.-Rev. Macromol. Sci. 39, 221-295.
- Ayshford, H. (1998). *Bottle coating suits beer*. Packaging Magazine, 1(12), 5-8.
- Behra, C. and Guerin, J. (1995). *Technology of food packaging under film*. In “Food Packaging Technology” Vol.1. G. Bureau and J. –L. Multon (Eds). VCH Publishers, Inc. N. York. pp 127-142.
- Bureau, G. (1996). Packaging and microbiology. In “Food Packaging Technology”. G. Bureau and J. –L. Multon (Eds). VCH Publishers, Inc. N. York. pp 47-56.
- Chretien, G. (1996). *Molded plastic containers for foodstuff packaging*. In “Food Packaging Technology” Vol.1. G. Bureau and J. –L. Multon (Eds). VCH Publishers, Inc. N. York. pp 284-296.
- Cuq, B. Goantard, N, and Guilbert, S. (1995). Edible films and coatings as active packaging. In “Active Food Packaging”. M.L. Rooney (Ed). Blackie Academic & Professional. London. pp. 111-135.
- Fellows, P.J. (2000). *Food Processing Technology – Principles and Practice*. 2nd Ed. Woodhead Publishing Limited. Cambridge England. pp. 462-507.
- Griffin, R. C, Retotrable plastic packaging. In “Modern Processing, packaging and distribution systems for food”. F. Paine (Ed). Blackie Academic & Professional. London. pp. 1-19.
- Grosby, N. T. (1981). *Food packaging materials: aspects of analysis and migration of contaminants*. Applied Science Publishers, Ltd., Essex, England.
- Jenkins, W.A. and Harrington, J. P. (1991). *Packaging foods with plastics*. Technology Publishing Co., Inc. Lancaster.
- Katan, L. L. (1996). *Migration from food contact materials*. Blackie Academic & Professional. London.
- Καρακασίδης, Ν. Κ. (1993). Μετανάστευση ουσιών από τα υλικά συσκευασίας στα τρόφιμα. Τρόφιμα και Ποτά, (4), 76-80.
- Παππά, Ι. και Αρβανιτογιάννης, Ι. (1997). Βιοαποικοδομήσιμα πολυμερή. Τρόφιμα και Ποτά. 210, 96-103.
- Robertson, G. L. (1993). *Food Packaging – Principles and practice*. Marcel Dekker, Inc. N. York. pp. 9-111.
- Τζούρος, Ν., Αρβανιτογιάννης, Ι. και Μπιλιαδέρης, Κ. (1999). Εδώδιμες μεμβράνες ως υλικά συσκευασίας τροφίμων. Τρόφιμα και Ποτά, 212, 78-86.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 Συσκευασία Τροφίμων & Νέες Τεχνολογίες

6.1 Εισαγωγή

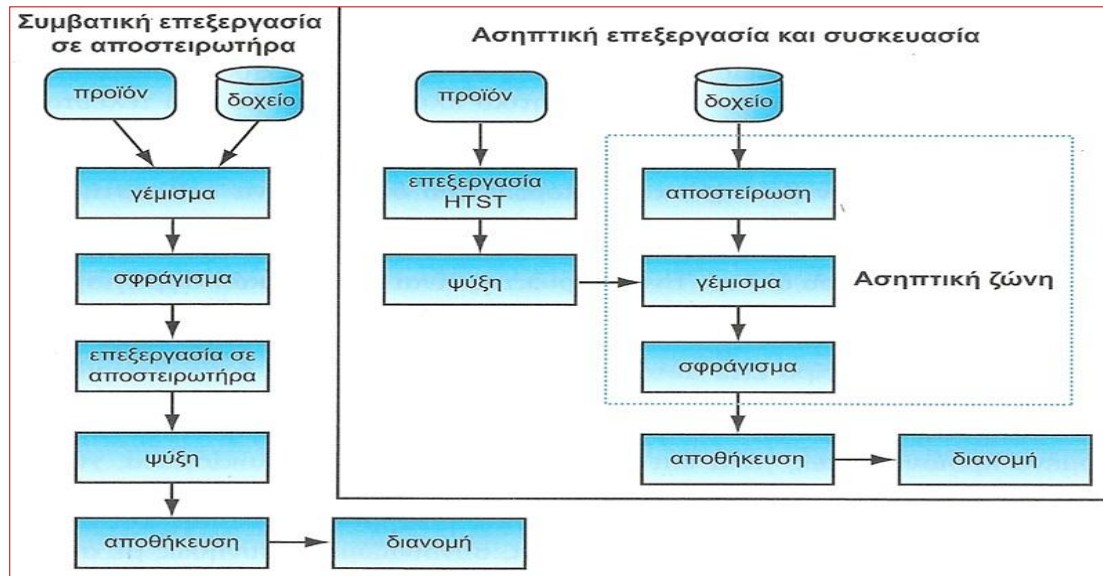
Από τα μέσα του 20^{ου} αιώνα η εντυπωσιακή ανάπτυξη της επιστήμης και των νέων τεχνολογιών οδήγησαν σε κοσμοϊστορικές αλλαγές μια σειρά από τομείς και δραστηριότητες της καθημερινότητας. Οι αλλαγές αυτές δε θα μπορούσαν να μην επηρεάσουν και τη συσκευασία τροφίμων. Έτσι, με τη χρήση των νέων τεχνολογιών αλλά και νέων μεθόδων επεξεργασίας και συντήρησης των τροφίμων, προέκυψαν συσκευασίες οι οποίες δεν πρόσφεραν απλά μια παθητική προστασία στα συσκευασμένα τρόφιμα αλλά ήταν δυνατόν να παίζουν ενεργό ρόλο στη συντήρησή τους προσφέροντας τρόφιμα ανώτερης ποιότητας και με μεγαλύτερη διάρκεια συντήρησης σε σχέση με τις κλασικές συσκευασίες.

Χαρακτηριστικά παραδείγματα συσκευασιών οι οποίες δημιουργήθηκαν με τη χρήση νέων τεχνολογιών είναι η ασηπτική συσκευασία, η συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας και η συσκευασίας υπό κενό, καθώς και η ενεργός και η έξυπνη συσκευασία.

6.2 Ασηπτική συσκευασία

«Ως **ασηπτική συσκευασία** (*aseptic packaging*) χαρακτηρίζεται η συσκευασία τροφίμων σε προ-αποστειρωμένους περιέκτες κάτω από ασηπτικές συνθήκες που αποτρέπουν τη μόλυνση του προϊόντος με μικροοργανισμούς» [1]. Στη τεχνολογία τροφίμων ο όρος «ασηπτικός» δηλώνει την πλήρη απουσία μικροοργανισμών.

Τα προϊόντα τα οποία συσκευάζονται σε ασηπτικές συσκευασίες έχουν πρώτα δεχτεί **ασηπτική επεξεργασία** (*aseptic processing*) με τη χρήση HTST (*High-Temperature-Short-Time*) θερμικών επεξεργασιών, δηλαδή θερμική επεξεργασία σε υψηλές θερμοκρασίες για σύντομο χρονικό διάστημα και μετά από κατάλληλη ψύξη τοποθετούνται σε αποστειρωμένους περιέκτες κάτω από ασηπτικές συνθήκες. Στην ουσία η ασηπτική επεξεργασία και συσκευασία είναι μια νέα διεργασία εναλλακτική της συμβατής κονσερβοποίησης που προσφέρει προϊόντα ανώτερης ποιότητας και με μεγαλύτερη διάρκεια συντήρησης. Στο διάγραμμα ροής του σχήματος 6.1 φαίνεται η διαφορά μεταξύ μιας ασηπτικής επεξεργασίας και συσκευασίας και μιας συμβατής διεργασίας κονσερβοποίησης.



Σχήμα 6.1 Απλοποιημένα διαγράμματα ροής μιας συμβατικής διεργασίας κονσερβοποίησης και μιας ασηπτικής επεξεργασίας και συσκευασίας (Παπαδάκης 2010).

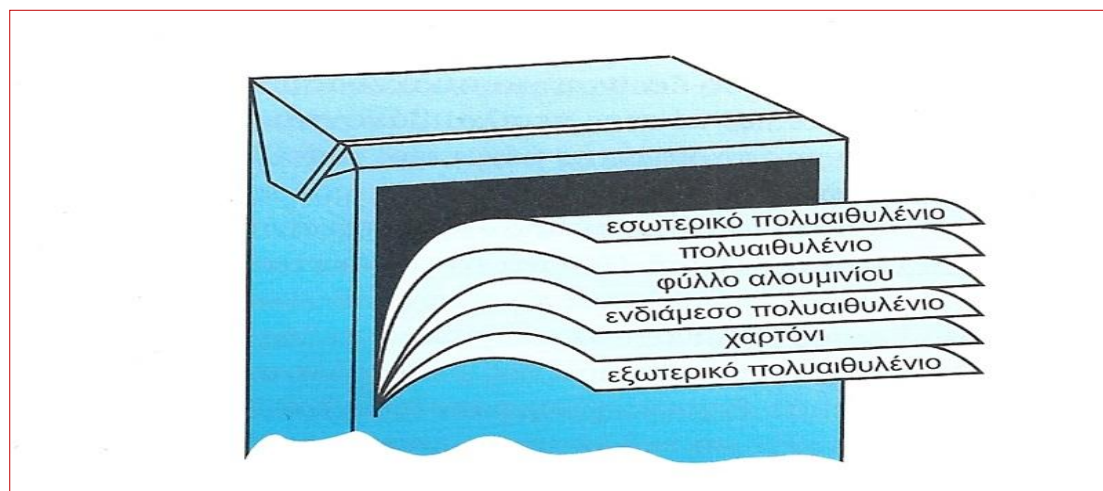
Η ασηπτική συσκευασία εφαρμόζεται κυρίως σε προϊόντα τα οποία μπορούν να παστεριωθούν και να αποστειρωθούν (π.χ. γαλακτοκομικά, κρέμες, χυμοί φρούτων, σάλτσες, σούπες κ.α.) καθώς και σε προϊόντα ζύμωσης τα οποία είναι μη παστεριωμένα (π.χ. γιαούρτι). Τα σπουδαιότερα είδη της ασηπτικής συσκευασίας είναι η χάρτινη συσκευασία, τα πλαστικά κύπελλα, τα μεταλλικά βαρέλια και η συσκευασία bag-in-box.

Η ασηπτική επεξεργασία και συσκευασία είναι μια καινοτομία η οποία έδωσε μεγάλη ώθηση σε βιομηχανία τροφίμων προσφέροντας τρόφιμα υψηλής ποιότητας. Είναι χαρακτηριστικό ότι κατά το *Institute of Food Technologists* των ΗΠΑ θεωρείται η σημαντικότερη καινοτομία στην Επιστήμη & Τεχνολογία Τροφίμων στην πεντηκονταετία 1938-1989 [2]. Τέλος, αναφέρεται ότι η πρώτη ασηπτική συσκευασία πραγματοποιήθηκε το 1913 στη Δανία και αφορούσε τη συσκευασία γάλακτος σε μεταλλικές κονσέρβες.

6.2.1 Χάρτινη ασηπτική συσκευασία

Η **χάρτινη ασηπτική συσκευασία** κατασκευάζεται από πολύφυλλες μεμβράνες (laminates) οι οποίες έχουν ως βάση το χαρτί και εντός της συσκευάζονται προϊόντα όπως είναι οι χυμοί φρούτων, το παστεριωμένο γάλα μικρής και μεγάλης διάρκειας, σούπες, σάλτσες κ.α. Τα στρώματα μιας χάρτινης ασηπτικής συσκευασίας

εξαρτώνται από τη φύση του προϊόντος που πρόκειται να συσκευαστεί όμως σε γενικές γραμμές είναι αυτές που παρουσιάζονται στο Σχήμα 6.2.



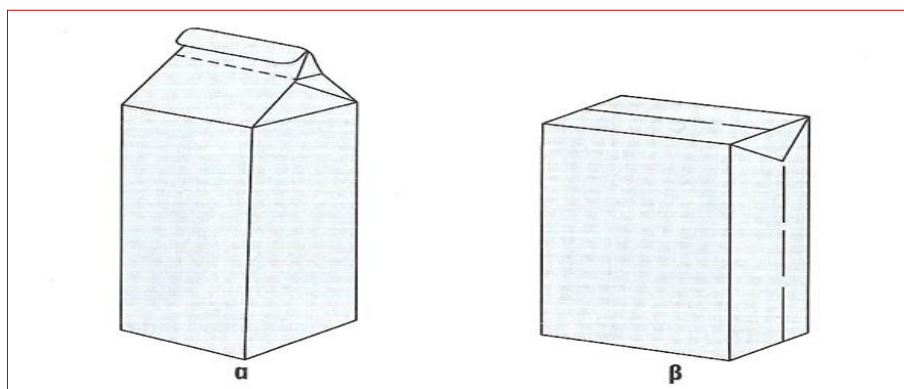
Σχήμα 6.2 Τυπική σύσταση του laminate για τα χάρτινα κουτιά ασηπτικής συσκευασίας (Παπαδάκης 2010).

Οι λειτουργίες των στρωμάτων αυτών συνοψίζονται ως εξής [1, 2, 3, 4, 5]:

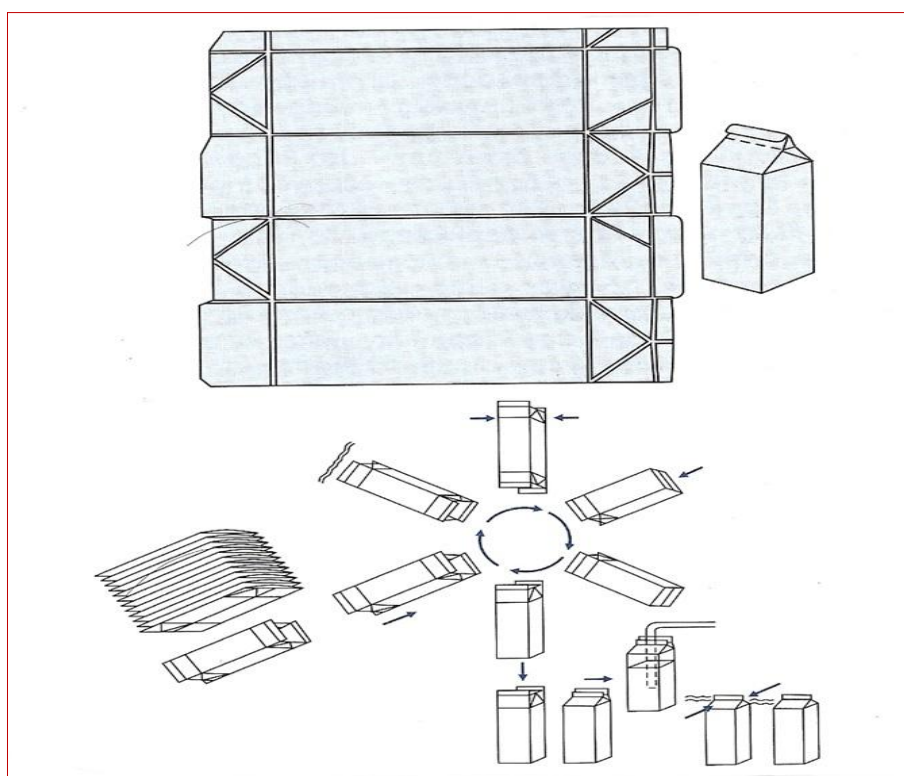
- Το εξωτερικό στρώμα πολυαιθυλενίου προστατεύει την μελάνη εκτύπωσης και το χαρτόνι από την υγρασία του περιβάλλοντος χώρου, και επίσης παρέχει τη δυνατότητα θερμοσυγκόλλησης των μερών της συσκευασίας.
- Το στρώμα του χαρτονιού αποτελείται ουσιαστικά από δύο στρώματα. Το ένα αποτελείται από χαρτόνι που έχει υποστεί λεύκανση και λειτουργεί ως υπόστρωμα της διακόσμησης και το άλλο αποτελείται από χαρτόνι χωρίς λεύκανση το οποίο εξασφαλίζει την απαραίτητη μηχανική αντοχή.
- Το ενδιάμεσο στρώμα πολυαιθυλενίου βοηθάει τη συγκόλληση του χαρτονιού με το φύλλο αλουμινίου.
- Το φύλλο αλουμινίου προστατεύει το συσκευασμένο τρόφιμο από το φως και εξασφαλίζει την απαραίτητη στεγανότητα από τα αέρια και το οξυγόνο.
- Τα δύο εσωτερικά στρώματα του πολυαιθυλενίου εμποδίζουν τη διείσδυση των υγρών στα υπόλοιπα στρώματα της συσκευασίας και παρέχουν πολύ καλές δυνατότητες θερμοσυγκόλλησης.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα χάρτινων περιεκτών ασηπτικής συσκευασίας είναι τα κουτιά με τριγωνική κορυφή (*gable top*) και εκείνα που έχουν σχήμα ορθογώνιου παραλληλεπίπεδου (τύπου *Brick*) της εταιρίας *Tetra Pak* (Σχήμα 6.3). Άλλο χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι οι προκατασκευασμένοι χάρτινοι περιέκτες (Σχήμα 6.4). Οι περιέκτες αυτοί αποστειρώνονται με ψεκασμό διαλύματος 15-35% υπεροξειδίου του υδρογόνου (H_2O_2) θερμού ατμού και η όλη διαδικασία κατασκευής και αποστείρωσής τους γίνεται σε ειδικά διαμορφωμένους θαλάμους.

Αξίζει, επίσης, να τονίσουμε ότι τα τελευταία χρόνια στους περιέκτες αυτούς έχουν ενσωματωθεί μια σειρά από πρόσθετα (καλαμάκια, βιδωτά πώματα, μηχανισμοί επανακλεισίματος κ.α.) προκειμένου να διευκολύνουν τη χρήση τους από τους καταναλωτές [5].



Σχήμα 6.3 Χάρτινοι περιέκτες σηπτικής συσκευασίας. α) Τύπου Gable top, β) Τύπου Brick (Μπλούκας 2004).



Σχήμα 6.4 Προκατασκευασμένοι χάρτινοι περιέκτες (Μπλούκας 2004).

Η χάρτινη ασηπτική συσκευασία, λόγω των πολλών πλεονεκτημάτων που διαθέτει, έχει παρουσιάσει αλματώδη ανάπτυξη τα τελευταία χρόνια και με βάση τις

εκτιμήσεις προβλέπεται ακόμη μεγαλύτερη ανάπτυξη στο μέλλον. Συνοπτικά, τα **πλεονεκτήματα** της χάρτινης ασηπτικής συσκευασίας είναι τα εξής [1], [6]:

- Παρέχει καλύτερης ποιότητας προϊόντα από την κλασική κονσερβοποίηση.
- Έχει πολύ χαμηλότερο κόστος συσκευασίας σε σύγκριση με τη μεταλλική και τη γυάλινη συσκευασία.
- Καταλαμβάνει πολύ μικρότερο όγκο από τις αντίστοιχες μεταλλικές, γυάλινες και πλαστικές συσκευασίες με αποτέλεσμα στην εξοικονόμηση χώρου στην αποθήκευση, μεταφορά και πώληση των προϊόντων.
- Παρέχει μεγαλύτερες δυνατότητες διακόσμησης και κατά συνέπεια έχει πλεονέκτημα στην ενημέρωση και την προσέλκυση των καταναλωτών.
- Είναι φιλική στο περιβάλλον.

6.2.2 Πλαστική ασηπτική συσκευασία

Στην **πλαστική ασηπτική συσκευασία** χρησιμοποιούνται προκατασκευασμένα κύπελλα και κύπελλα τύπου *form-fill-seal*. Τα **προκατασκευασμένα κύπελλα** κατασκευάζονται συνήθως από υψηλής αντοχής πολυστυρόλιο (HIPS) και από πολυπροπυλένιο (PP) ή από διάφορα laminates και χρησιμοποιούνται ευρέως στην ασηπτική συσκευασία. Η αποστείρωση των προκατασκευασμένων πλαστικών κυπέλλων γίνεται σε ειδικά διαμορφωμένους θαλάμους με διάλυμα περίπου 35% H₂O₂ το οποίο στη συνέχεια εξατμίζεται με τη χρήση θερμού πεπιεσμένου αέρα.

Τα **κύπελλα τύπου *form-fill-seal*** συνήθως κατασκευάζονται από πολυστυρόλιο (PS) επειδή έχει μεγάλη ευκολία μορφοποίησης ή από laminates όπως το PP/PE/PVC-PVDC ή EVOH/PE και η αποστείρωσή τους γίνεται ταυτόχρονα με την κατασκευή τους σε ειδικά διαμορφωμένες *form-fill-seal* μηχανές.

6.2.3 Μεταλλική ασηπτική συσκευασία

Στη μεταλλική ασηπτική συσκευασία χρησιμοποιούνται **μεταλλικά βαρέλια** (*metal drums*) μεγάλης χωρητικότητας (10-200 L) τα οποία είναι κατάλληλα για την **ογκώδη ασηπτική συσκευασία** (*bulk aseptic packaging*). Τα βαρέλια αυτά μπορεί να κατασκευαστούν απ' όλα τα είδη των μετάλλων που χρησιμοποιούνται στη συσκευασία τροφίμων (λευκοσίδηρο, χάλυβα, αλουμίνιο, TFS) και εσωτερικά είναι επικολλημένα με κασσίτερο. Χρησιμοποιούνται κυρίως για τη συσκευασία συμπυκνωμένου τοματοπολτού και χυμών φρούτων και η αποστείρωσή τους γίνεται σε ειδικούς αποστειρωτήρες με τη χρήση υπέρθερμου ατμού θερμοκρασίας μέχρι 225° C. Τα πιο γνωστά μεταλλικά βαρέλια στα οποία εφαρμόζεται η μέθοδος

της ασηπτικής επεξεργασίας είναι τα *Martin-Dole* τα οποία εφαρμόζονται εμπορικά με σημαντική επιτυχία από το 1950 [7].

6.2.4 Ποιοτικός έλεγχος ασηπτικής συσκευασίας

Η ασηπτική συσκευασία, προκειμένου να πληροί όλες τις ιδιότητες της, θα πρέπει να είναι απαλλαγμένη από πάσης φύσεως ελαττώματα τα οποία θα μπορούσαν να θέσουν σε κίνδυνο την ασφάλεια του προϊόντος και κατά συνέπεια και την υγεία των καταναλωτών. Για τη διασφάλιση της ποιότητας της ασηπτικής συσκευασίας οι οργανισμοί FDA (*Food & Drug Administration*) και USDA (*US Department of Agriculture*) των ΗΠΑ θεωρούν ότι οι ασηπτικές συσκευασίες, ιδιαίτερα εκείνες οι οποίες περιέχουν τρόφιμα χαμηλής οξύτητας, πρέπει να ελέγχονται για ελαττώματα.

Η διασφάλιση της ποιότητας των προϊόντων που συσκευάζονται σε ασηπτικές συσκευασίες προϋποθέτουν το ερμητικό κλείσιμο του περιέκτη και την απουσία μικροβιακής ανάπτυξης. Για την ακεραιότητα των περιεκτών πραγματοποιείται ποιοτικός έλεγχος ο οποίος σε γενικές γραμμές περιλαμβάνει [1, 2, 8, 9, 10]:

- Τον οπτικό μακροσκοπικό έλεγχο για τυχόν ατέλειες στα σημεία ραφής.
- Την άσκηση πίεσης για τον έλεγχο της στεγανότητας και
- Την μικροβιολογική δοκιμή μέσω διαφόρων μεθόδων.

6.3 Συσκευασία Τροποποιημένης Ατμόσφαιρας

«Ως **συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας** (*Modified Atmosphere Packaging, MAP*) ορίζεται η συσκευασία ευαλλοιώτων τροφίμων σε περιβάλλον στο οποίο έχει περιέλθει αλλαγή σύνθεσης της ατμόσφαιρας με την απομάκρυνση του αέρα από τον περιέκτη και την αντικατάστασή του από αέριο ή μίγμα αερίων» [1].

Η σύνθεση του ατμοσφαιρικού αέρα αποτελείται από 78,08% (v/v) άζωτο, 20,95% (v/v) οξυγόνο, 0,93% (v/v) αργό, 0,03% (v/v) διοξείδιο του άνθρακα καθώς και άλλα αέριο σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις. Επειδή, όμως, σε αυτές τις συνθήκες πολλά τρόφιμα αλλοιώνονται γρήγορα, υπήρξε η ανάγκη για τη δημιουργία μιας συσκευασίας η οποία θα επιμήκυνε τη διάρκεια συντήρησης τους και ταυτόχρονα θα διατηρούσε την ποιότητά τους. Έτσι, ανταλλάσσοντας τις κανονικές συνθήκες του ατμοσφαιρικού αέρα με άλλα αέρια επιβραδύνεται ο ρυθμός των χημικών και βιολογικών αντιδράσεων που λαμβάνουν χώρα μέσα στους περιέκτες και επιτυγχάνεται σημαντική παράταση στο χρόνο συντήρησης αρκετών τροφίμων (Πίνακας 6.1).

Πίνακας 6.1 Επίδραση της συσκευασίας σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα στο χρόνο συντήρησης κάποιων προϊόντων (Μπλούκας 2004).

Προϊόν	Διάρκεια συντήρησης σε ημέρες	
	Στον αέρα	Σε ΣΤΑ*
Συντήρηση με ψύξη		
Χοιρινό κρέας	4	9
Βοδινό κρέας	4	12
Κοτόπουλο	6	18
Ψάρια	2	10
Προϊόντα κρέατος παστεριωμένα	7	28
Προϊόντα κρέατος νωπά	34	11
Νωπά ζυμαρικά	2	28
Νωπή πίτσα	6	21
Σάντουιτς	2	21
Συντηρημένα χωρίς ψύξη		
Ψωμί	7	21
Κέικ	14	180
Καφές	3	548

*ΣΤΑ= Συσκευασία Τροποποιημένης Ατμόσφαιρας

Τα πιο συνηθισμένα αέρια που χρησιμοποιούνται στη MAP είναι το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), το άζωτο (N₂) και το οξυγόνο (O₂). Τα αέρια αυτά μπορεί να χρησιμοποιηθούν είτε μόνα τους είτε σε μεταξύ τους συνδυασμούς ανάλογα με τη φύση και τις αναγκαιότητες του κάθε συσκευασμένου τροφίμου. Στη MAP χρησιμοποιούνται επίσης το διοξείδιο του θείου και κάποια ευγενή αέρια (όπως το αργό (Ar), το ήλιο (He) κ.α.) όμως τα αέρια αυτά βρίσκουν περιορισμένη εφαρμογή. Στον Πίνακα 6.2 παρουσιάζονται οι αναλογίες των συγκεντρώσεων των αέριων μειγμάτων που χρησιμοποιούνται σε ορισμένα τρόφιμα τα οποία συσκευάζονται σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα [11].

Προϊόν	O ₂ (%)	CO ₂ (%)	N ₂ (%)
Κόκκινα κρέατα	60-85	15-40	-
Μαγειρεμένα κρεατοσκευάσματα	-	20-35	65-80
Κοτόπουλα	-	25	75
Ψάρια (λευκά)	30	40	30
Ψάρια (λιπαρά)	-	60	40
Σολωμός	20	60	20
Τυριά (σκληρά)	-	100	-

Τυριά (μαλακά)	-	30	70
Ψωμί	-	60-70	30-40
Κέικ που περιέχουν γαλακτοκομικά	-	-	100
Κέικ που δεν περιέχουν γαλακτοκομικά	-	60	40
Ζυμαρικά (φρέσκα)	-	-	100
Φρέσκα φρούτα & Λαχανικά	3-5	3-5	90-94
Αφυδατωμένα τρόφιμα	-	-	100

Πίνακας 6.2 Τυπικά μείγματα αερίων για συσκευασία σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα (Παπαδάκης 2010).

Η πρώτη εφαρμογή σε περιβάλλον τροποποιημένης ατμόσφαιρας έγινε τη δεκαετία του 1930 στη Ν. Ζηλανδία και την Αυστραλία και αφορούσαν τις εξαγωγές κρέατος. Μετά τις αρχές της δεκαετίας του 1970 όπου ξεκίνησε η λιανική πώληση νωπού κρέατος σε συσκευασίες τροποποιημένης ατμόσφαιρας, η μέθοδος αναπτύχθηκε και βελτιώθηκε σημαντικά με αποτέλεσμα να βρίσκεται σε συνεχόμενη ανάπτυξη. Πλέον, σε συσκευασίες τροποποιημένης ατμόσφαιρας συσκευάζεται μια ευρεία γκάμα προϊόντων όπως νωπά κρέατα και πουλερικά, ψάρια, φρέσκα φρούτα και λαχανικά, έτοιμες σάλτσες και μαγειρεμένα φαγητά, γαλακτοκομικά, φρέσκα ζυμαρικά, είδη αρτοποιίας κ.α.

Εκτός από το πολύ σημαντικό πλεονέκτημα της αύξησης της διάρκειας ζωής από 50 έως 400% και των επιπρόσθετων πλεονεκτημάτων που δημιουργεί το γεγονός αυτό, η MAP διαθέτει και ορισμένα μειονεκτήματα. Το σημαντικότερο μειονεκτήματα της MAP είναι η αύξηση του κόστους παραγωγής καθώς υπάρχει ανάγκη αγοράς ειδικού εξοπλισμού, διάφορων αερίων αλλά και αυστηρού ποιοτικού ελέγχου.

6.3.1 Υλικά που χρησιμοποιούνται στη MAP

Το υλικό από το οποίο είναι φτιαγμένο μια συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας παίζει καθοριστικό ρόλο για την επιτυχή συντήρηση των τροφίμων στη συσκευασία αυτή. Τα υλικά τα οποία κατά κανόνα χρησιμοποιούνται στη MAP είναι συνδυασμοί διάφορων πλαστικών μεμβρανών, πολύφυλλες μεμβράνες και διάφοροι δύσκαμπτοι πλαστικοί περιέκτες (βλ. Κεφάλαιο 5.5). Στον Πίνακα 6.3 παρουσιάζονται οι εφαρμογές κάποιων πολύφυλλων μεμβρανών που χρησιμοποιούνται στη συσκευασία τροφίμων σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα.

Πίνακας 6.3 Πολύφυλλες μεμβράνες που χρησιμοποιούνται στη συσκευασία τροφίμων σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα (Μπλούκας 2004).

Προϊόν	Μεμβράνη
Καφές	PET μεταλλιζέ / PE ή PA μεταλλιζέ / PE
Τυριά (σκληρά)	PET / PE / PVDC
Ψωμί-Κέικ	PET/PE επικάλυψη PVDC ή PP / PE επικάλυψη PVDC
Delicatessen κρέατα & γλυκίσματα	PET / PVDC / PE ή PET / PVDC/ Ιονομερή ή PE / PA προσανατολισμένο
Νωπά Ζυμαρικά	PE / PA προσανατολισμένο ή PE / PVC
Κρέας σε ατομικές μερίδες	PE / PA / PE ή PE / PVDC / PS

PET: Πολυτερεφθαλμικός αιθυλεστέρας

PE: Πολυαιθυλένιο

PA: Πολυαμίδα

PVDC: Πολυβινυλιδενοχλωρίδιο

PP: Πολυπροπυλένιο

PS: Πολυστυρόλιο

Η επιλογή του καταλληλότερου υλικού για τη συσκευασία ενός τροφίμου σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα γίνεται με βάση τη φύση και τις ιδιότητες του τροφίμου αυτού, όμως σε γενικές γραμμές το υλικό αυτό θα πρέπει να πληροί τις παρακάτω ιδιότητες [1], [2]:

- Να κρίνεται κατάλληλο για τη συσκευασία τροφίμων.
- Να εξασφαλίζει την απαραίτητη στεγανότητα στους υδρατμούς και στα αέρια, και ειδικά σε αυτά που έχουν χρησιμοποιηθεί για τη τροποποιημένη ατμόσφαιρα.
- Ταυτόχρονα να εξασφαλίζει και την απαραίτητη διαπερατότητα με τέτοιο τρόπο ώστε να παραμένει σταθερή η σύσταση της MAP.
- Να έχει ικανοποιητικές μηχανικές ιδιότητες.
- Να έχει καλή ικανότητα θερμοσυγκόλλησης.
- Να έχει αντιθαμπωτικές ιδιότητες και να εμποδίζει τη συμπύκνωση των υδρατμών στην επιφάνεια της συσκευασίας.
- Να έχει καλές οπτικές ιδιότητες (διαύγεια κλπ), και
- Να έχει τη δυνατότητα εκτύπωσης σε καλή ποιότητα ώστε να προσελκύει τους καταναλωτές.

6.3.2 Συσκευασία υπό κενό

Η **συσκευασία υπό κενό** (*vacuum packaging*) αποτελεί μια μορφή της συσκευασίας σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα καθώς ο αέρας που βρίσκεται στο περιβάλλον του συσκευασμένου τροφίμου εκκενώνεται πλήρως και δεν αντικαθίσταται από άλλα αέρια. Η όλη διαδικασία περιλαμβάνει την συσκευασία του προϊόντος σε σακίδιο από φιλμ χαμηλής διαπερατότητας σε οξυγόνο, την πλήρη απομάκρυνση του αέρα και τέλος το ερμητικό κλείσιμο του περιέκτη. Η συσκευασία υπό κενό αποτελεί την πιο παλιά μέθοδο MAP με εμπορική εφαρμογή και χρησιμοποιείται κυρίως για προϊόντα όπως είναι τα αλλαντικά, τα σκληρά τυριά, οι σκληροί καρποί και ο αλεσμένος καφές. Η μέθοδος, όμως, δεν ενδείκνυται για μαλακά τρόφιμα καθώς οι συνθήκες υποπίεσης που επικρατούν προκαλούν παραμορφώσεις στο τρόφιμο οι οποίες μπορεί να είναι και μη-αντιστρεπτές.

6.3.3 Ποιοτικός έλεγχος της MAP

Όπως και στην ασηπτική συσκευασία, ο ποιοτικός έλεγχος της συσκευασίας σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα είναι ιδιαίτερα σημαντικός καθώς σε περίπτωση που αυτή είναι ελαττωματική, εκτός από το γεγονός ότι χάνονται όλα τα πλεονεκτήματά της, υπάρχει σοβαρός κίνδυνος για την υγεία των καταναλωτών. Ο ποιοτικός έλεγχος ο οποίος πραγματοποιείται στη MAP αφορά κυρίως την ανίχνευση σημείων διαρροής (*leaks*) και τη διαπίστωση ότι μέσα στη συσκευασία υπάρχει το επιθυμητό αέριο μείγμα [2].

Στην περίπτωση που στη MAP υπάρχει κάποιο σημείο διαρροής, είναι προφανές ότι η ακριβής σύσταση της τροποποιημένης ατμόσφαιρας θα αλλάξει με αποτέλεσμα να χαθούν όλα τα πλεονεκτήματα που αυτή προσφέρει. Έτσι, για τον εντοπισμό σημείων διαρροής πραγματοποιούνται καταστροφικοί και μη-καταστροφικοί έλεγχοι σε τυχαία δείγματα της παρτίδας παρόμοιοι με αυτούς που εφαρμόζονται και στην ασηπτική συσκευασία. Σε γενικές γραμμές οι έλεγχοι αυτοί βασίζονται σε μεθόδους οπτικές, ακουστικές, διαφορά πίεσεως, τεστ φυσαλίδων κ.α.

Η διαπίστωση ότι στη MAP υπάρχει το επιθυμητό μείγμα αερίων πραγματοποιείται στο σημείο συσκευασίας των προϊόντων με ειδικά συστήματα ανάλυσης O₂ και CO₂ τα οποία μέσω ειδικών αισθητήρων ενημερώνουν για την ακριβή σύσταση του περιεχόμενου μείγματος. Τέλος, αξίζει να τονίσουμε ότι τα τελευταία χρόνια έχουν κατασκευαστεί ενεργές και έξυπνες συσκευασίες οι οποίες είναι δυνατόν να δράσουν με τέτοιο τρόπο ώστε να βελτιώσουν τις συνθήκες διατήρησης των τροφίμων και να ενημερώσουν τους παραγωγούς και καταναλωτές για την ακριβή κατάσταση του περιεχόμενου τροφίμου. Για την ενεργή και την έξυπνη συσκευασία θα αναφερθούμε αναλυτικότερα στις επόμενες δύο ενότητες.

6.4 Ενεργός συσκευασία

«Η **ενεργός συσκευασία** (*active packaging*) είναι ένα σύστημα από διάφορα συστήματα ή τεχνικές που δρουν συμπληρωματικά ως προς την κύρια συσκευασία ενός τροφίμου και τα οποία έχουν την ιδιότητα να αλληλεπιδρούν με το υλικό συσκευασίας, την ατμόσφαιρα στο εσωτερικό της συσκευασίας και με το ίδιο το τρόφιμο, κατά τρόπο ελεγχόμενο και επιθυμητό, με αποτέλεσμα να συμβάλουν στην καλύτερη διατήρηση της ποιότητας και στην επιμήκυνση του χρόνου συντήρησης του συσκευασμένου προϊόντος. Κατά συνέπεια, μια συσκευασία χαρακτηρίζεται ως ενεργός, όταν συμβάλει στην συντήρηση του συσκευασμένου προϊόντος με οποιονδήποτε τρόπο εκτός από το να ενεργεί ως αδρανής φράκτης (*barrier*) που απομονώνει αυτό από το περιβάλλον» [1]. Η ενεργός συσκευασία, αν και ακριβή, θεωρείται από τους πλέον δυναμικούς τομείς της συσκευασίας τροφίμων με σημαντικές προοπτικές.

Πρακτικά, μια συσκευασία θεωρείται ενεργή όταν διαθέτει ουσίες οι οποίες [1], [2]:

- Απορροφούν οξυγόνο (oxygen absorbents).
- Δεσμεύουν ή εκπέμπουν διοξείδιο του άνθρακα (carbon dioxide absorbents).
- Απορροφούν αιθυλένιο (ethylene absorbents).
- Απελευθερώνουν συντηρητικά.
- Απορροφούν την υγρασία.
- Απορροφούν ουσίες με ανεπιθύμητη οσμή και γεύση.
- Διαθέτουν σύστημα ενζυμικής αποικοδόμησης λακτόζης και χοληστερόλης.
- Διαθέτουν σύστημα ρυθμιζόμενης θερμοκρασίας.

Τα παραπάνω συστήματα ενεργού συσκευασίας καθώς και οι σημαντικότερες εφαρμογές στους στη συσκευασία τροφίμων παρουσιάζονται αναλυτικά στον Πίνακα 6.4.

Συστήματα/Σπουδαιότεροι μηχανισμοί	Εφαρμογές στα τρόφιμα
Σύστημα δέσμευσης οξυγόνου	Ψωμί, κέικ, πίτσα, ζυμαρικά, τυρί, προϊόντα κρέατος και ψαριών, καφές, αφυδατωμένα προϊόντα, αναψυκτικά κ.α.
Σύστημα δέσμευσης/εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα	Καφές, νωπά κρέατα & ψάρια, snack foods, αφράτο κέικ
Σύστημα δέσμευσης αιθυλενίου	Φρούτα, λαχανικά και λοιπά οπωροκηπευτικά προϊόντα
Σύστημα απελευθέρωσης συντηρητικών	Δημητριακά, κρέατα & ψάρια, ψωμί, τυρί, φρούτα & λαχανικά, snack foods, πίτσα, κέικ, μπισκότα κ.α.

Σύστημα απορρόφησης υγρασίας	Κρέατα & ψάρια, πουλερικά, φρούτα & λαχανικά, δημητριακά, snack foods
Σύστημα απορρόφησης ουσιών με ανεπιθύμητη οσμή & γεύση	Φρούτα, χυμοί φρούτων, προϊόντα γάλακτος, ψάρια, πουλερικά, τηγανισμένα, snack foods
Σύστημα ενζυμικής αποικοδόμησης λακτόζης & χοληστερόλης	Γάλα και ρευστά προϊόντα πλούσια σε χοληστερόλη
Σύστημα ρυθμιζόμενης θερμοκρασίας	Προϊόντα που συντηρούνται με ψύξη, κονσέρβες αυτό-θερμαινόμενες & αυτό-ψυχόμενες, έτοιμα γεύματα, κρέατα, ψάρια, αναψυκτικά

Πίνακας 6.4 Συστήματα ενεργού συσκευασίας των τροφίμων (Μπλούκας 2004).

6.5 Έξυπνη συσκευασία

«*Η έξυπνη συσκευασία (intelligent or smart packaging) είναι σχεδιασμένη να ενημερώνει τον καταναλωτή για την κατάσταση του τροφίμου και της συσκευασίας, καθώς και για τις συνθήκες διατήρησης του τροφίμου μέχρι να φτάσει στον καταναλωτή. Έτσι, μια έξυπνη συσκευασία θα μπορούσε να παρέχει ακριβείς πληροφορίες για την υπολειπόμενη διάρκεια ζωής του συγκεκριμένου τροφίμου με βάση τις πραγματικές συνθήκες διατήρησής του, όπως π.χ. τη θερμοκρασία και το χρόνο αποθήκευσής του, αν αποψύχθηκε ή πάγωσε στη διάρκεια συντήρησής του, ενώ δεν έπρεπε, ή αν τυχόν η συσκευασία έχει παραβιαστεί*» [1].

Η έξυπνη συσκευασία βρίσκει εφαρμογή σε περίπτωση που χρειάζεται να προβληθεί η αυθεντικότητα ενός προϊόντος ή όταν χρειάζεται να ανιχνευθεί και να προστατευτεί από κλοπή ή νοθεία. Ορισμένα παραδείγματα έξυπνης συσκευασίας η οποίες βρίσκονται σε ερευνητικό και αναπτυξιακό στάδιο και έχουν σημαντικές πιθανότητες εμπορικής εφαρμογής είναι οι χρονοθερμοκρασιακοί δείκτες, οι δείκτες φρεσκότητας και η αναγνώριση με ραδιοσυχνότητες.

1. **Χρονοθερμοκρασιακοί δείκτες (Time-Temperature Indicators, TTI).** Οι χρονοθερμοκρασιακοί δείκτες εφαρμόζονται κυρίως σε συσκευασίες προϊόντων που συντηρούνται με ψύξη και κατάψυξη και μέσω ενός ειδικού μηχανισμού εμφανίζουν την έναρξη αλλοίωσης του συσκευασμένου τροφίμου. Οι δείκτες TTI κατασκευάζονται από μεμβράνη η οποία είναι εμποτισμένη με ένζυμο το οποίο έχει την ικανότητα να ενεργοποιείται με αποτέλεσμα ο δείκτης να αλλάζει χρώμα όταν ένα χαρακτηριστικό του τροφίμου, όπως π.χ. η μικροχλωρίδα ή το pH, λάβει μια ορισμένη τιμή.
2. **Δείκτες φρεσκότητας (Freshness Indicators).** Οι δείκτες φρεσκότητας ενημερώνουν απευθείας τους καταναλωτές για την ποιότητα και την φρεσκότητα των συσκευασμένων τροφίμων χωρίς εκείνος να χρειάζεται να το

συμπεράνει αυτό από την εξέλιξη της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της συντήρησής του (όπως, δηλαδή, συμβαίνει με τους δείκτες ΤΠΙ). Η λειτουργία των δεικτών φρεσκότητας βασίζεται στην ανίχνευση ουσιών οι οποίες αποτελούν προϊόντα μεταβολισμού των μικροοργανισμών (όπως π.χ. το διοξείδιο του άνθρακα, το διοξείδιο του θείου, η αμμωνία, τα ένζυμα κ.α.) και με κατάλληλο μηχανισμό (συνήθως με χρωματική ένδειξη) ενημερώνουν τους καταναλωτές για τις συγκεντρώσεις των ουσιών αυτών. Έτσι, ο καταναλωτής είναι σε θέση να γνωρίζει αν πάσα στιγμή την ακριβής κατάσταση του συσκευασμένου τροφίμου.

3. **Αναγνώριση με ραδιοσυχνότητες (Radio Frequency Identification, RFID).** Η μέθοδος RFID είναι μια νέα τεχνολογία μέσω της οποίας είναι δυνατόν να καταγραφεί το πλήρες ιστορικό ενός τροφίμου από τη στιγμή που θα συσκευαστεί μέχρι να φτάσει στα χέρια του καταναλωτή. Η λειτουργία της βασίζεται στη χρήση μικροσκοπικών ηλεκτρονικών κυκλωμάτων στα οποία καταγράφεται κάθε πληροφορία που αφορά ένα συγκεκριμένο προϊόν, όπως για παράδειγμα οι συνθήκες αποθήκευσης, η εναπομένουσα διάρκεια ζωής κ.α. Η τεχνολογία RFID, αν και προς το παρόν είναι πολύ ακριβή, στο μέλλον προτείνεται ως αντικατάσταση του γραμμωτού κώδικα (bar code) καθώς διαθέτει πολλά πλεονεκτήματα και δίνει τη δυνατότητα μαζικού ελέγχου των αποθηκών με αποτέλεσμα την πιο ορθολογική χρήση και διακίνηση των προϊόντων.

Βιβλιογραφία

1. Μπλούκας, Ι.Γ. (2004). *Συσκευασία Τροφίμων*, Εκδόσεις Σταμούλη Α.Ε, Αθήνα, σσ. 257-310.
2. Παπαδάκης, Σ.Ε. (2010). *Συσκευασία Τροφίμων*, Εκδόσεις Τζιόλα, Αθήνα, σσ. 231-304.
3. Schulte, D., (1989). Aseptic filling of carton packages from the roll. In *Aseptic Packaging of Food*, ed. Reuter, pp. 109-125, Technomic Publishing Company Inc., Lancaster, Pennsylvania.
4. Strole, U., (1989). Carton laminates for aseptic packaging. In *Aseptic Packaging of Food*, ed. Reuter, pp. 221-226, Technomic Publishing Company Inc., Lancaster, Pennsylvania.
5. Robertson, G.L., (2002). The Paper Beverage Carton: Past and Future. *Food Technology*, 56 (7), pp. 47-52.
6. Καρακασίδης, Ν.Γ. (1991). Χαρτοθύλακες Ασηπτικής Συσκευασίας, σελ. 326-332, στα πρακτικά Σεμιναρίου: Έλεγχος και Διασφάλιση Ποιότητας Τροφίμων. *Συσκευασία Τροφίμων*. Ένωση Ελλήνων Χημικών, Αθήνα.

7. Lange, H.J., (1989). Aseptic Processing and Packaging (APP) of foods in cans. In *Aseptic Packaging of Food*, ed. Reuter, pp. 221-226, Technomic Publishing Company Inc., Lancaster, Pennsylvania.
8. Gavin, A. and Wedding, L., (1995). Aseptic processing and packaging systems. In *Canned Food: Principles of Thermal Process, Control, Acidification and Container Closure Evaluation*, pp. 156-166, The Food Processors Institute, Washington, D.C.
9. Anonymous, (1989a). *Flexible Package Integrity Bulletin*, NFPA Bulletin 41-L, Flexible Package Integrity Committee of the National Food Processors Association, Washington, D.C.
10. Yam, K.L., (1995). On-line, Non-destructive System Inspects Integrity of Pouches. *Packaging Technology & Engineering*, June/July 1995, 46-49.
11. Blakistone, B.A., (1998). Introduction. In *Principles and Applications of Modified Atmosphere Packaging of Foods*, ed. B.A. Blakistone, 2nd ed., pp. 1-13, Blackie, Academic & Professional, London, England.

Επιπλέον βιβλιογραφία

- Brody, A.L. and Bundy, J.A. (1995). Enzymes as active packaging. In “Active Food Packaging”. M.L. Rooney (Ed). Blackie Academic & Professional, London. pp. 174-191.
- Day, P.F. (2003). Active packaging. In “Food Packaging Technology”. R. Coles, D. McDowell and M.J. Kirwan (Eds). Blackwell Publishing. CRC Press, London, pp. 282-302.
- Drulhe-Aleman, E. (1995). Packaging under controlled atmosphere. In “Food Packaging Technology”. Vol. 2. G. Bureau and J.L. Multon (ed). VCH Publishers, Inc. N. York. pp. 85-104.
- Greengrass, J. (1993). Films for MAP of Foods. In “Principles and applications of modified atmosphere packaging of food”. R.T. Parry (Ed). Blackie Academic & Professional, London. pp. 63-100.
- Μπουντουρόπουλος, Ι. και Αρβανιτογιάννης, Ι. (1999). Χρονοθερμοκρασιακοί δείκτες για έλεγχο της διάρκειας ζωής των αποθηκευμένων τροφίμων. *Τρόφιμα & Ποτά*, 215, 112-119.
- Parry, R.T. (1993). Introduction. In “Principles and applications of modified atmosphere packaging of food”. R.T. Parry (Ed). Blackie Academic & Professional, London. pp. 1-18.
- Rooney, M.L (1995). Overview of active food packaging. In “Active Food Packaging”. M.L. Rooney (Ed). Blackie Academic & Professional, London. pp. 74-107.