

Τ. Ε. Ι. ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

Βιολογία
Ν. Σ.

ΥΛΙΚΑ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΤΡΟΦΙΜΑ
ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ – ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ

Μόνιας Ανδρέας
Α. Μ. 2000170

Τ. Ε. Ι. ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

ΥΛΙΚΑ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΤΡΟΦΙΜΑ
ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ – ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ

Μόνιας Γ. Ανδρέας
Α. Μ. 2000170

Εισηγητής: Καπόλος Δ. Ιωάννης.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	σελ. 1
1.	ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ	σελ. 2
1.1.	Ευσκευασία Τροφίμων στο Χρόνο	σελ. 2
1.2.	Ευσκευασία Τροφίμων – Ορισμός	σελ. 4
1.3.	Συμβολή της Συσκευασίας στη Συντήρηση των Τροφίμων	σελ. 5
1.3.1.	Μηχανικά Αίτια	σελ. 5
1.3.2.	Φυσιολογικοί Παράγοντες	σελ. 6
1.3.3.	Βιολογικοί Παράγοντες	σελ. 9
1.4.	Πληροφορίες που Αναγράφονται στη Συσκευασία Τροφίμων	σελ. 9
1.5.	Είδη Συσκευασιών	σελ. 11
2.	ΧΑΡΤΙΝΗ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ	σελ. 12
2.1.	Γενικά	σελ. 12
2.2.	Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Χαρτιού – Χαρτονιού	σελ. 12
2.3.	Τύποι Χαρτιού στη Συσκευασία	σελ. 13
2.4.	Χαρτί και Συσκευασία	σελ. 14
3.	ΓΥΑΛΙΝΗ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ	σελ. 16
3.1.	Γενικά	σελ. 16
3.2.	Χημική Σύσταση Γυαλιού	σελ. 17
3.3.	Παραγωγή Γυαλιού	σελ. 17
3.4.	Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Γυαλιού	σελ. 18
3.5.	Γυάλινη Συσκευασία και Τρόφιμα	σελ. 19
3.6.	Γυαλί και Ανακύκλωση	σελ. 20

4. ΜΕΤΑΛΛΙΚΗ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ	σελ. 21
4.1. Γενικά	σελ. 21
4.2. Αλουμίνιο	σελ. 22
4.2.1. Αλουμίνιο και Τρόφιμα	σελ. 22
4.2.2. Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Αλουμινίου	σελ. 22
4.3. Λευκοσίδηρος	σελ. 23
4.3.1. Λευκοσίδηρος και Τρόφιμα.....	σελ. 23
4.3.2. Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Λευκοσιδήρου	σελ. 24
4.4. Επιχρωμιωμένος Χάλυβας	σελ. 24
4.4.1. Επιχρωμιωμένος Χάλυβας και Τρόφιμα	σελ. 25
4.4.2. Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα του Επιχρωμιωμένου Χάλυβα	σελ. 25
5. ΠΛΑΣΤΙΚΗ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ	σελ. 26
5.1. Γενικά	σελ. 26
5.2. Ιδιότητες Πλαστικών	σελ. 27
5.3. Πλαστικά και Συσκευασία Τροφίμων	σελ. 29
5.4. Πλαστικά και Περιβάλλον	σελ. 29
6. ΑΣΗΠΤΙΚΗ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ	σελ. 31
6.1. Εισαγωγή	σελ. 31
6.2. Ασηπτική Συσκευασία και Τρόφιμα	σελ. 32
6.3. Είδη Ασηπτικής Συσκευασίας	σελ. 32
6.3.1. Χάρτινη Ασηπτική Συσκευασία	σελ. 33
6.3.2. Πλαστικά Κύπελλα.....	σελ. 33
6.3.3. Μεταλλικά Βαρέλια.....	σελ. 34
6.3.4. Συσκευασία Bag-in-Box.....	σελ. 34
II. ΣΚΟΠΟΣ	σελ. 35
III. ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΥΛΙΚΩΝ ΣΥΣ/ΣΙΑΣ ΚΑΙ ΤΡΟΦΙΜΩΝ	σελ. 37
7. ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΥΛΙΚΩΝ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ	σελ. 38
7.1. Βασικές Έννοιες	σελ. 38
7.2. Τύποι Μετανάστευσης	σελ. 39
7.3. Παράγοντες που Επηρεάζουν τη Μετανάστευση	σελ. 39

7.4. Νομοθεσία και Μετανάστευση Υλικών Συσκευασίας στα Τρόφιμα	σελ. 40
8. ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ – ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ.....	σελ. 42
8.1. Γενικά.....	σελ. 42
8.2. Μετανάστευση Βαρέων Μετάλλων στα Τρόφιμα.....	σελ. 42
8.3. Ανίχνευση Μεταλλικών Στοιχείων.....	σελ. 43
8.3.1. Θεωρία Φλογοφωτομετρίας - Φασματομετρίας Ατομικής Απορρόφησης	σελ. 44
8.4. Μετανάστευση Αλουμινίου.....	σελ. 46
8.4.1. Μέθοδος, Υλικά και Διαδικασία	σελ. 47
8.4.2. Αποτελέσματα και συζήτηση	σελ. 47
8.4.3. Συμπεράσματα	σελ. 50
8.5. Μετανάστευση Μονομερών στα Τρόφιμα.....	σελ. 51
8.6. Ανίχνευση Μονομερών - Φασματοσκοπία και Χρωματογραφία	σελ. 52
8.6.1. Φασματοσκοπία Ορατού~Υπεριώδους	σελ. 52
8.6.2. Χρωματογραφία.....	σελ. 52
8.7. Επαναχρησιμοποίηση και Ανακύκλωση Φιαλών ΡΕΤ	σελ. 54
8.7.1. Υλικά και μέθοδοι	σελ. 56
8.7.2. Αποτελέσματα και συζήτηση	σελ. 57
8.7.3. Συμπεράσματα	σελ. 62
8.8. Μετανάστευση Πρόσθετων Ουσιών και Ακεταλδεϋδης.....	σελ. 63
8.9. Μετανάστευση και Χαρτί	σελ. 64
8.10. Μετανάστευση και Γυαλί.....	σελ. 64
9. ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ	σελ. 65
9.1. Εισαγωγή.....	σελ. 65
9.2. Συσκευασία Τροποποιημένης Ατμόσφαιρας – Ορισμός	σελ. 65
9.3. Τα Αέρια	σελ. 66
9.3.1. Οξυγόνο (O ₂).....	σελ. 66
9.3.2. Το Άζωτο (N ₂)	σελ. 67
9.3.3. Διοξείδιο του Άνθρακα (CO ₂)	σελ. 67
9.3.4. Άλλα Αέρια.....	σελ. 68
9.4. Μίγματα Αερίων	σελ. 68

9.5. Πλεον/ματα – Μειον/ματα Συσκευασίας Τροποποιημένης Ατμόσφαιρας...	σελ. 69
10. ΕΝΕΡΓΟΣ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ	σελ. 70
10.1. Εισαγωγή	σελ. 70
10.2. Συστήματα Ενεργού Συσκευασίας	σελ. 70
10.2.1. Σύστημα Δέσμευσης Οξυγόνου.....	σελ. 70
10.2.2. Σύστημα Δέσμευσης – Εκπομπής Διοξειδίου του Άνθρακα	σελ. 71
10.2.3. Σύστημα Δέσμευσης Αιθυλενίου.....	σελ. 72
10.2.4. Σύστημα Απορρόφησης Υγρασίας	σελ. 72
10.2.5. Σύστημα Απορρόφησης Ουσιών με Ανεπιθύμητη Οσμή και Γεύση	σελ. 72
10.2.6. Σύστημα Ρυθμιζόμενης Θερμοκρασίας.....	σελ. 73
10.2.7. Ενζυμική Αποικοδόμηση Λακτόζης και Χοληστερόλης.....	σελ. 73
11. ΕΞΥΠΝΗ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ	σελ. 74
11.1. Εισαγωγή	σελ. 74
11.2. Χρονοθερμοκρασιακοί Δείκτες	σελ. 74
11.3. Δείκτες Φρεσκότητας.....	σελ. 75
11.4. Αναγνώριση με Ραδιοσυχνότητες.....	σελ. 75
IV. ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	σελ. 76
V. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	σελ. 79
VI. ΠΕΡΙΛΗΨΗ	σελ. 92
VII. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	σελ. 94

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1. ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

1.1. Συσκευασία Τροφίμων στο Χρόνο

Η διατροφή αποτελεί μία από τις βιολογικές ανάγκες του ανθρώπου και ουσιαστική προϋπόθεση για την επιβίωσή του, για το λόγο αυτό και η εξασφάλισή της προέχει για τον καθένα από την πρώτη κιόλας στιγμή που ο άνθρωπος εμφανίστηκε στη Γη.

Οι πρωτόγονοι άνθρωποι για να καλύψουν τις διατροφικές τους ανάγκες άρχισαν να συλλέγουν ρίζες, βολβούς, καρπούς και γενικά φυτικά και ζωικά προϊόντα από το άμεσο περιβάλλον τους. Ο τρόπος αυτός με τον οποίο κέρδιζε το φαγητό και οι τότε συνθήκες διαβίωσής του δεν του καθιστούσαν απαραίτητη την αποθήκευση και τη συντήρηση της τροφής. Οι συνθήκες διαβίωσης άλλαζαν όμως γρήγορα και ο άνθρωπος πλέον δημιουργεί οικογένεια και σχηματίζει μικρές κοινωνίες. Η αλλαγή αυτή τον κάνει να αναζητήσει τρόπους αποθήκευσης των τροφίμων με σκοπό τη συντήρησή τους για την περαιτέρω χρησιμοποίησή τους.

Σε αυτή τη χρονική στιγμή, ο άνθρωπος χρησιμοποιεί φυσικά υλικά για να φτιάξει τους πρώτους περιέκτες του όπως ξύλο, φύλλα δέντρων, πέτρες, δέρμα κ.ά. Την ίδια εποχή ανακαλύπτει και τις πρώτες φυσικές μεθόδους συντήρησης των ειδών διατροφής του όπως η αφυδάτωση στον ήλιο, το αλάτισμα, η ζύμωση και ο καπνισμός [1]. Με το πέρασμα του χρόνου οι απαιτήσεις για αποθήκευση και για μεγαλύτερη διάρκεια συντήρησης μεγάλωναν και ο άνθρωπος έπρεπε να βρει λύσεις σε αυτό το πρόβλημα. Έτσι ξεκίνησε η αναζήτηση νέων υλικών από τα οποία θα φτιάχνονταν νέοι περιέκτες με καλύτερες ιδιότητες και δυνατότητα ασφαλέστερης συντήρησης. Οι πρώτοι περιέκτες που κατασκευάστηκαν από τον άνθρωπο ήταν τα αγγεία και μας πηγαίνουν 8000 χρόνια πίσω. Με αυτά γίνονταν όλες οι τότε μεταφορές και κάθε μορφή εμπορίου τροφίμων. Μετά τα αγγεία ακολούθησαν οι μεταλλικοί περιέκτες, κατασκευές από χρυσό άργυρο και μολύβι, μέταλλα τα οποία βρισκόνταν άφθονα στη φύση. Το γυαλί θα κάνει την εμφάνισή του πολύ αργότερα περίπου το 4000 π.Χ. [1a] και θα φέρει την επανάσταση στον τομέα της συσκευασίας μαζί με το χαρτί. Η μεγαλύτερη επανάσταση όμως έγινε τα τελευταία 200 χρόνια με την ανακάλυψη του λευκοσιδήρου και την κατασκευή αεροστεγών κουτιών.

Συνοπτικά τα σπουδαιότερα γεγονότα στην εξέλιξη της Συσκευασίας Τροφίμων (Food Packaging) έχουν ως εξής:

Το 1795 ο Μέγας Ναπολέων προκήρυξε διαγωνισμό για την εξεύρεση μεθόδου συντήρησης των τροφίμων. Το 1809 ο Nicolas Appert στη Γαλλία κέρδισε το έπαθλο

προτείνοντας ως μέθοδο τη συντήρηση των τροφίμων με θέρμανση μέσα σε ερμητικά κλειστούς περιέκτες, γι' αυτό και θεωρείται ο εφευρέτης της κονσερβοποίησης. Ένα χρόνο αργότερα ο Peter Durand σχεδίασε το πρώτο κουτί λευκοσιδήρου και το 1812 ο Brian Donkin με τους συνεργάτες του ίδρυσε στην Αγγλία το πρώτο εργοστάσιο κατασκευής κονσερβών λευκοσιδήρου. Το 1850 ο Francis Wolle στην Πενσυλβάνια των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής ανέπτυξε την πρώτη μηχανή για την κατασκευή χαρτοσακούλας και είκοσι χρόνια αργότερα άρχισε να χρησιμοποιείται στη συσκευασία το κυματοειδές χαρτόνι. Το 1903 ο Michael J. Owens στο Οχάιο των Η.Π.Α. εγκατέστησε το πρώτο αυτοματοποιημένο εργοστάσιο παραγωγής γυάλινων φιαλών. Το 1912 ανακαλύφθηκε η μεμβράνη αναγεννημένης κυτταρίνης (σελοφάν) από το Σουηδό Brandenburger, ενώ 10 χρόνια αργότερα ο Clarence Birdseye στη Νέα Υόρκη ανακάλυψε τη συντήρηση τροφίμων με κατάψυξη, τοποθετημένα σε χαρτοκιβώτια [1β].

Στο Β' παγκόσμιο πόλεμο ανακαλύφθηκαν τα πλαστικά και σημειώθηκε αλματώδη αύξηση στη χρησιμοποίησή τους ως υλικά συσκευασίας. Ειδικότερα, το 1939 έγινε η πρώτη εμπορική παραγωγή του πολυαιθυλενίου (PE) και ακολούθησε το 1946 η παραγωγή του πολυβινυλιδενοχλωριδίου (PVDC). Λίγα χρόνια αργότερα αναπτύχθηκαν τα πρώτα πλαστικά σακίδια (retort pouches) για τη συσκευασία προϊόντων θερμικής επεξεργασίας. Το 1956 εισήλθαν στην αγορά οι πρώτοι δίσκοι αλουμινίου για καταψυγμένα τρόφιμα και οι κονσέρβες αλουμινίου δύο τεμαχίων*, ενώ στη δεκαετία του 1960 κατασκευάστηκαν στις Η.Π.Α. οι πρώτες κονσέρβες δύο τεμαχίων για μπίρα και ανθρακούχα αναψυκτικά, όπου και χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά σε αυτές, μηχανισμός με δακτύλιο έλξης για εύκολο άνοιγμα. Το 1956 η Tetra Pak παρουσίασε την πρώτη χάρτινη συσκευασία γάλακτος αποτελούμενη από χαρτόνι καλυμμένο με πολυαιθυλένιο χαμηλής πυκνότητας. Δέκα περίπου χρόνια αργότερα η ίδια εταιρεία παρουσίασε τη χάρτινη ασηπτική συσκευασία (Tetra Brik) για τη συσκευασία γάλακτος μακράς διάρκειας. Το 1973 η Du Pont κατασκεύασε την πρώτη πλαστική φιάλη από πολυτερεφθαλικό αιθυλεστέρα (PET) για ανθρακούχα αναψυκτικά, η οποία από το 2000 χρησιμοποιείται επίσης στη συσκευασία μπίρας, μεταλλικών νερών, γάλακτος και άλλων προϊόντων. Τελευταία εξέλιξη στη συσκευασία τροφίμων αποτελούν οι πολύφυλλες μεμβράνες† (laminates) και οι μεμβράνες συνεξώθησης‡ (co extruded films) [1γ]. Ίσως η κατασκευή τους αποτελεί τη σημαντικότερη εξέλιξη των τελευταίων χρόνων.

Από όλα τα παραπάνω προκύπτει ότι ο άνθρωπος, από τα προϊστορικά ακόμα χρόνια, έκανε συνεχή προσπάθεια για την εύρεση και επεξεργασία υλικών με τα οποία επιδίωκε να διατηρήσει τα προϊόντα διατροφής του από τις αλλοιώσεις που φέρει ο χρόνος και οι αντίξοες συνθήκες του περιβάλλοντος. Τα τελευταία 50-60 χρόνια έχουν σημειωθεί σημαντικές καινοτομίες που οδήγησαν στη βελτίωση και στην τελειοποίηση της συσκευασίας τροφίμων. Το επίπεδο ζωής του ανθρώπου έχει σημαντικά βελτιωθεί, ενώ παράλληλα έχουν αλλάξει οι διατροφικές συνήθειες και γενικότερα ο τρόπος που τρέφεται. Τα υλικά εκείνα που χρησιμοποιούνται σήμερα για την κατασκευή περιεκτών τροφίμων είναι το χαρτί, το γυαλί, το μέταλλο, το πλαστικό και τα κεραμικά, όπου και για να χρησιμοποιηθούν σαν υλικά συσκευασίας θα πρέπει πρώτα να χαρακτηριστούν ως "Κατάλληλα για Τρόφιμα".

* Οι κονσέρβες δύο τεμαχίων δε φέρουν πλάγια ραφή και ο κορμός με το κάτω άκρο αποτελούν ένα σώμα.

† Οι πολύφυλλες μεμβράνες αποτελούνται από αλληπάλληλα στρώματα πλαστικών μεμβρανών σε συνδυασμό ή και όχι με άλλα εύκαμπτα υλικά, κολλημένα με ειδικές κόλλες.

‡ Οι μεμβράνες συνεξώθησης αποτελούνται από δύο ή και περισσότερα στρώματα πλαστικών μεμβρανών τα οποία εξέρχονται ταυτόχρονα από κοινή μήτρα εξωθητή [1δ].

1.2. Συσκευασία Τροφίμων – Ορισμός

Οι δύο πιο συνηθισμένοι ορισμοί της συσκευασίας τροφίμων (food packaging) είναι οι εξής:

1. Η συσκευασία, ως διαδικασία, είναι ένα συντονισμένο σύστημα κατά το οποίο τα αγαθά προετοιμάζονται ώστε να διευκολύνεται η μεταφορά, η διανομή, η αποθήκευση, η λιανική πώληση και η τελική χρήση τους [2].
2. Η συσκευασία, ως μέσο, είναι κάθε προϊόν κατασκευασμένο από οποιοδήποτε υλικό, από πρώτες ύλες μέχρι επεξεργασμένα υλικά και προοριζόμενο να χρησιμοποιείται για να περιέχει αγαθά. Σκοπός της είναι η προστασία των αγαθών, η διευκόλυνση της διακίνησης και της διάθεσής τους, καθώς και η ελκυστική παρουσίασή τους από τον παραγωγό μέχρι το χρήστη ή τον καταναλωτή [2α].

Πέρα από τους ορισμούς που δόθηκαν ανωτέρω, η συσκευασία τροφίμων αποτελεί μία ευρύτερη έννοια, η οποία εξυπηρετεί πολλούς στόχους όπως:

Η προστασία του προϊόντος. Η συσκευασία παρέχει στο προϊόν προστασία από μηχανικές βλάβες (μηχανικές κακώσεις, μωλωπισμούς), φυσικές βλάβες (απορρόφηση ή απώλεια υγρασίας, διαρροή ή διείσδυση αερίων, προστασία από ακτινοβολίες, φως, μετακίνηση πτητικών ουσιών), από βιοχημικές - χημικές επιδράσεις (μεταναστεύσεις υλικών κ.ά.) καθώς και από την ανάπτυξη μικροοργανισμών (προστασία από εξωτερικό περιβάλλον, δυσμενείς συνθήκες για μικροβιακή ανάπτυξη στο εσωτερικό). Σε καμία περίπτωση δε βελτιώνει την ποιότητα του συσκευασμένου προϊόντος. Σκοπό έχει να τη διατηρήσει σε επιθυμητά επίπεδα και να επιβραδύνει την υποβάθμισή της, μέχρι τη στιγμή κατά την οποία το προϊόν θα φτάσει στον καταναλωτή. Η συσκευασία επίσης παρέχει στο προϊόν την ασφάλεια από νοθείες και υποκλοπές χάρη σε ειδικούς μηχανισμούς που φέρει, όπως ταινίες ασφαλείας, ειδικά πόματα κ.ά.

Η λειτουργία ως περιέκτης. Με τη χρήση των συσκευασιών έχουμε τη δυνατότητα επιμερισμού του προϊόντος σε μικρότερες μερίδες. Ο τρόπος αυτό μας δίνει τη δυνατότητα ευκολότερης μεταφοράς και εμπορίας χωρίς να επέρχονται στο προϊόν ποσοτικές και ποιοτικές αλλαγές. Ο περιέκτης θα πρέπει να είναι ανθεκτικός και κατάλληλα κατασκευασμένος ώστε να αντέχει στις καταπονήσεις κατά την παραγωγή και διακίνηση του προϊόντος καθώς και στις επιδράσεις του περιβάλλοντος κατά τη συντήρησή του, ώστε να διατηρεί την ακεραιότητά του. Οποιαδήποτε αλλοίωση επέλθει στον περιέκτη αποτελεί άμεσο κίνδυνο και για το ίδιο το προϊόν. Η συσκευασία περιέκτης δε θα πρέπει να αντιδρά με το συσκευασμένο προϊόν διότι τα προϊόντα από τέτοιου είδους αντιδράσεις αλλοιώνουν τη σύσταση και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του προϊόντος. Τα ίδια προϊόντα είναι ικανά να φθείρουν και τον περιέκτη εις βάρος και πάλι του καταναλωτή.

Η πληροφόρηση του καταναλωτή. Κάθε συσκευασία τροφίμου φέρει πάνω της σειρές από πληροφορίες και στοιχεία που σκοπό έχουν να πληροφορούν το καταναλωτικό κοινό σχετικά με το προϊόν που πρόκειται να αγοράσει και στη συνέχεια να καταναλώσει. Ορισμένες από τις πληροφορίες που αναγράφονται στη συσκευασία του τροφίμου απαιτούνται από τη νομοθεσία, ενώ άλλες αποτελούν ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και μέσο εμπορίας του προϊόντος και ορίζονται από την αρμόδια εταιρία παραγωγής του. Παρακάτω θα αναφερθούμε αναλυτικότερα στα στοιχεία που πρέπει να αναγράφονται στις συσκευασίες τροφίμων και τον τρόπο που αυτά πρέπει να παρουσιάζονται στο καταναλωτικό κοινό.

Η διευκόλυνση εμπορίας του προϊόντος. Είναι σίγουρο ότι χάρη στη συσκευασία, τα τρόφιμα μπορούν να ταξιδέψουν σε μακρινές χώρες διευρύνοντας τη φήμη τους και τις πωλήσεις τους. Τρόφιμα που είναι αδύνατο να παραχθούν σε ορισμένες χώρες έχουν τη δυνατότητα να φτάσουν μέχρι εκεί χάρη στη συσκευασία. Συνεπώς η συσκευασία αποτελεί το μέσο εκείνο που εξασφαλίζει τη διάθεση των προϊόντων στον καταναλωτή από όλα τα μέρη του κόσμου, στο σωστό χρόνο και στην καλύτερη δυνατή κατάσταση.

Η διευκόλυνση του καταναλωτή. Εξίσου σημαντική είναι η προσφορά της συσκευασίας, σε ότι αφορά τον καταναλωτή και την διευκόλυνσή του, από το στάδιο της αγοράς του προϊόντος μέχρι και την κατανάλωσή του. Πολλές συσκευασίες προϊόντων διαθέτουν μηχανισμούς που μοναδικό σκοπό έχουν τη διευκόλυνση του καταναλωτή. Οι εύκολες λαβές για τη μεταφορά των προϊόντων, ο μηχανισμός εύκολου ανοίγματος του περιέκτη, η δυνατότητα σταδιακής χρησιμοποίησης του προϊόντος χωρίς τον κίνδυνο αλλοίωσής του, η δυνατότητα επαναθέρμανσης του προϊόντος στον ίδιο τον περιέκτη, η χρήση της συσκευασίας ως μέσου σερβιρίσματος του προϊόντος (πιάτο), η ύπαρξη "παραθύρου" σε μια αδιαφανή συσκευασία για να δίνει τη δυνατότητα στον καταναλωτή να βλέπει το προϊόν και να αξιολογεί την ποιότητά του [1ε], είναι μερικά από τα μέσα εκείνα που χρησιμοποιούνται για τη διευκόλυνση του καταναλωτικού κοινού.

1.3. Συμβολή της Συσκευασίας στη Συντήρηση των Τροφίμων

Κύριος σκοπός της συσκευασίας τροφίμων όπως και προαναφέρθηκε είναι να διατηρήσει αναλλοίωτο και ποσοτικά αμετάβλητο, το συσκευασμένο προϊόν μέχρι τη στιγμή που αυτό θα φτάσει στα χέρια του καταναλωτή. Η αλλοίωση και η υποβάθμιση του προϊόντος επιφέρουν σημαντικές μεταβολές στα οργανοληπτικά του χαρακτηριστικά, στη θρεπτική του αξία καθώς και στο μικροβιακό του φορτίο.

Με τη συσκευασία των τροφίμων, έχει μειωθεί κατά πολύ η υποβάθμιση των προϊόντων και ο ρυθμός με τον οποίο αυτή εξελίσσεται. Συγκεκριμένα η συσκευασία αποτελεί το μέσο εκείνο που απομονώνει το προϊόν από το περιβάλλον και τις αρνητικές επιπτώσεις του. Η αποτελεσματικότητά της αναφορικά με την προστασία των συσκευασμένων προϊόντων εξαρτάται από το πόσο αυτή (συσκευασία) μπορεί να κρατήσει το προϊόν μακριά από τις δυσμενείς συνθήκες του περιβάλλοντος και τους παράγοντες που επιδρούν σε αυτό και στον περιέκτη κατά τη διάρκεια της συσκευασίας, μεταφοράς, αποθήκευσης και εμπορίας τους.

Οι παράγοντες του περιβάλλοντος, οι οποίοι είναι δυνατόν να επιδράσουν αρνητικά στο τρόφιμο ή και στον περιέκτη και να υποβαθμίσουν την ποιότητά τους είναι οι εξής:

1.3.1. Μηχανικά Αίτια

Τα αίτια αυτά μπορούν να προκαλέσουν μηχανική βλάβη στο συσκευασμένο προϊόν ή και στον περιέκτη. Το σπάσιμο μέρους του προϊόντος, ο μωλωπισμός των φρούτων από απρόσεκτους χειρισμούς, ο θρυμματισμός, η συμπίεση κ.ά. είναι μερικά από τα σπουδαιότερα και πιο συνηθισμένα φαινόμενα βλαβών στα προϊόντα.

Κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας και των διάφορων χειρισμών τους, τα τρόφιμα υπόκεινται σε, δόνηση (vibration) κατά τη μεταφορά τους με τα διάφορα μέσα, σε συμπίεση (compression) και σύνθλιψη (crushing) κατά την τοποθέτηση των συσκευασμένων προϊόντων

σε στοίβες (ντάνες), σε απόξεση της επιφάνειας (abrasion) από την επαφή του προϊόντος με τα μέσα εξοπλισμού κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας του, σε τρύπημα (puncturing) και σπάσιμο (fracturing) από προσκρούσεις και χτυπήματα κατά το χειρισμό τους, καθώς και άλλες μηχανικές καταπονήσεις.

Οι προερχόμενες από μηχανικά αίτια βλάβες που προαναφέρθηκαν μπορεί να επιφέρουν φυσικές μόνο μεταβολές στο προϊόν, οι οποίες μειώνουν μόνο την εμπορική του αξία, όπως π.χ. στην περίπτωση θρυμματισμένου προϊόντος ή τη διαφοροποίηση του αρχικού σχεδίου της συσκευασίας. Η κατάσταση στην οποία βρίσκεται το προϊόν λειτουργεί αποτρεπτικά στην αγορά του και απωθεί τον καταναλωτή. Πέρα από αυτό, η ζημιά από μηχανικά αίτια μπορεί επίσης να αποτελέσει την αρχή για παραπέρα υποβάθμιση του προϊόντος από μικροοργανισμούς και ένζυμα, όπως για παράδειγμα στην περίπτωση ενός χτυπημένου καρπού. Εξίσου σημαντικές βλάβες μπορεί να προκληθούν και στον περιέκτη, όπου οι απώλειες του προϊόντος θα επιφέρουν οικονομικές συνέπειες.

Σύμφωνα με τα ανωτέρω, προκειμένου να επλεγεί η καταλληλότερη συσκευασία για ένα προϊόν, με σκοπό την προστασία αυτού από μηχανικές ζημιές, θα πρέπει να λαμβάνουμε υπόψη:

1. Το πόσο ευαίσθητο στις μηχανικές βλάβες είναι το προϊόν που μας ενδιαφέρει. Αυτό γίνεται γνωστό ύστερα από μια σειρά μηχανικών δοκιμών [1στ].
2. Τη διαδικασία επεξεργασίας την οποία θα ακολουθήσει το προϊόν και τις πιθανές βλάβες που είναι δυνατόν να υποστεί στη διάρκειά της.
3. Τις μηχανικές ιδιότητες των υλικών συσκευασίας, των προϊόντων, υποβάλλοντας αυτές σε μια σειρά μηχανικών δοκιμών. Οι ιδιότητες των υλικών είναι άρρηκτα συνδεδεμένες με την επεξεργασία που πρόκειται να υποβληθεί το προϊόν.

1.3.2. Φυσιολογικοί Παράγοντες

Υγρασία

Το ποσό της υγρασίας ενός προϊόντος είναι άρρηκτα συνδεδεμένο με το ποσό της σχετικής υγρασίας του περιβάλλοντος με το οποίο βρίσκεται σε άμεση επαφή. Συγκεκριμένα το προϊόν θα απορροφήσει ή θα αποβάλει ποσότητα υγρασίας μέχρι ότου επέλθει ισορροπία μεταξύ της σχετικής υγρασίας του περιβάλλοντος και της υγρασίας που περιέχεται στο προϊόν. Η περιεκτικότητα του προϊόντος σε υγρασία μετά την εξισορρόπηση καλείται ισοδύναμη υγρασία ή υγρασία εξισορρόπησης (equilibrium moisture content) [1ζ]. Ένα προϊόν απορροφά υγρασία όταν υπό συγκεκριμένες συνθήκες θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας περιβάλλοντα χώρου, έχει περιεκτικότητα υγρασίας μικρότερη από την ισοδύναμη. Αντίθετα όταν το ποσό της περιεχόμενης υγρασίας είναι μεγαλύτερο από την ισοδύναμη τότε το προϊόν θα αποβάλει υγρασία. Για ένα συσκευασμένο προϊόν η απορρόφηση ή η αποβολή υγρασίας δεν εξαρτάται μόνο από την σχετική υγρασία του περιβάλλοντος στο οποίο βρίσκεται, αλλά και από τη διαπερατότητα του υλικού από το οποίο είναι φτιαγμένη η συσκευασία αυτού.

Υποβάθμιση οργανοληπτικών και λειτουργικών ιδιοτήτων, ανάπτυξη μικροοργανισμών, απώλεια βάρους και μεταβολή στην εμφάνιση είναι μερικές από τις συνέπειες που επέρχονται με την αποβολή ή απορρόφηση ποσού υγρασίας από ένα προϊόν.

Φως

Το φως αποτελεί και αυτό πηγή ανεπιθύμητων μεταβολών για τα τρόφιμα. Συγκεκριμένα η παρατεταμένη έκθεση των τροφίμων στο φως μειώνει την ποιότητά τους και αλλοιώνει τα οργανοληπτικά τους χαρακτηριστικά, για το λόγο ότι δρα καταλυτικά για πολλές οξειδωτικές αντιδράσεις. Η καταλυτική δράση του φωτός εξαρτάται από το μήκος κύματος, την έντασή του, καθώς και από τη διάρκεια έκθεσης του προϊόντος στο φως. Εντονότερη καταλυτική δράση στις χημικές αντιδράσεις ασκεί το φως με το μικρότερο μήκος κύματος στο ορατό και υπεριώδες φάσμα [3].

Πρέπει να σημειωθεί ότι το φως έχει την ικανότητα διείσδυσης στο εσωτερικό του τροφίμου, με συνέπεια οι δυσμενείς του συνέπειες να μην περιορίζονται μόνο στην επιφάνεια. Για τους λόγους αυτούς θα πρέπει να αποφεύγουμε την έκθεση τροφίμων στο φως, όταν αυτά δε διαθέτουν συσκευασία ή διαθέτουν συσκευασίες κατασκευασμένες από διάφανα υλικά.

Η ένταση του φωτός που απορροφάται από ένα συσκευασμένο τρόφιμο υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο:

$$I_a = I_o \times T_p \times 1 - R_f / 1 - R_f \times R_p \quad [1\eta]$$

Όπου:

I_o : η ένταση του φωτός που προσπίπτει στο συσκευασμένο προϊόν

T_p : το κλάσμα του φωτός που διαπερνά το υλικό συσκευασίας

R_p : το κλάσμα του φωτός που αντανακλάται από το υλικό συσκευασίας

R_f : το κλάσμα του φωτός που αντανακλάται από το προϊόν

Οξυγόνο

Το οξυγόνο αν και θεωρείται πηγή ζωής για όλους σχεδόν τους οργανισμούς, για τα τρόφιμα αποτελεί αιτία ανεπιθύμητων μεταβολών. Συγκεκριμένα είναι υπεύθυνο για όλες τις αντιδράσεις οξείδωσης που προκαλούνται στο τρόφιμο και επηρεάζουν τη γεύση του, το άρωμά του, το χρώμα του καθώς και τη θρεπτική του αξία. Η οξείδωση των λιπών και ελαίων που οδηγεί στην τάγγιση, η οξείδωση των χρωστικών που επιφέρει τον αποχρωματισμό των προϊόντων, η οξείδωση των βιταμινών καθώς και ορισμένων αμινοξέων η οποία μειώνει τη θρεπτική αξία των τροφίμων, είναι μερικές από τις αρνητικές συνέπειες του οξυγόνου και των οξειδωτικών αντιδράσεων στο τρόφιμο. Οι αρνητικές αυτές επιδράσεις μπορούν να περιορισθούν ή και να αποφευχθούν με τη χρησιμοποίηση κατάλληλων αντιοξειδωτικών ουσιών καθώς και με την επιλογή κατάλληλης συσκευασίας.

Συγκεκριμένα, με την ύπαρξη στο τρόφιμο φυσικών αντιοξειδωτικών ουσιών, όπως οι τοκοφερόλες, αυξάνεται ο χρόνος που απαιτείται για την έναρξη της οξείδωσης ή μειώνεται ο ρυθμός αυτής [1θ]. Επίσης με τη χρήση κατάλληλης συσκευασίας τροφίμων, είναι δυνατόν το υπάρχον οξυγόνο, να απομακρυνθεί, να ελαττωθεί ή και να διατηρηθεί σε επιθυμητά για το προϊόν επίπεδα. Οι απαιτήσεις των διαφόρων τροφίμων σε οξυγόνο ποικίλουν και για το λόγο αυτό θα πρέπει να είμαστε πολύ προσεκτικοί σε ότι αφορά τη συσκευασία που θα επιλέξουμε.

Θερμοκρασία

Η αύξηση της θερμοκρασίας ενός συσκευασμένου προϊόντος είναι επίσης υπεύθυνη για την αύξηση του ρυθμού των χημικών και βιολογικών διαδικασιών σε αυτό, με συνέπεια την υποβάθμιση της ποιότητάς του. Στην περίπτωση αυτή η συσκευασία διαδραματίζει κατά κανόνα περιορισμένο ρόλο σε ότι αφορά την προστασία του προϊόντος και οι δυνατότητές της είναι το ίδιο περιορισμένες.

Πολλοί είναι σήμερα οι περιέκτες οι οποίοι εξασφαλίζουν κάποια, αλλά περιορισμένη προστασία από τις ανεπιθύμητες μεταβολές της θερμοκρασίας. Οι περιέκτες που αντανακλούν τη θερμότητα πριν φτάσει στα τρόφιμα με τη μορφή ακτινοβολίας, όπως τα φύλλα αλουμινίου καθώς και οι περιέκτες από αφρώδες πλαστικό οι οποίοι διατηρούν την τιμή της θερμοκρασίας σε όσο το δυνατόν σταθερά επίπεδα, είναι μέχρι τώρα από τους πιο διαδεδομένους. Έκτος από το να προστατεύουν το προϊόν από μεταβολές της θερμοκρασίας, όσο αυτό είναι δυνατό, θα πρέπει και οι ίδιοι οι περιέκτες να είναι κατασκευασμένοι με τρόπο τέτοιο που να αντέχουν και να αντιστέκονται στις ακραίες τιμές της, που είναι δυνατόν να επέλθουν κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας και της συντήρησης του προϊόντος (παστερίωση, κατάψυξη κ.ά.).

Στην επιλογή της κατάλληλης συσκευασίας, για προϊόντα τα οποία θα υποστούν θερμική επεξεργασία ή κατάψυξη, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και η θερμοαγωγιμότητα του υλικού συσκευασίας.

Πτητικές Ουσίες

Το άρωμα αποτελεί ιδιαίτερο χαρακτηριστικό όλων των τροφίμων. Οι χημικές ουσίες που συμμετέχουν στη δημιουργία του χαρακτηριστικού αρώματος των τροφίμων είναι πάρα πολλές και η περιεκτικότητα σε αυτές πολύ μικρή, κάνοντας την ανίχνευσή τους πολύ δύσκολη χωρίς τη χρήση εξειδικευμένου εργαστηριακού εξοπλισμού. Η έλλειψη του χαρακτηριστικού αρώματος για κάθε τρόφιμο, το οποίο ο καταναλωτής επιθυμεί να διατηρηθεί μέχρι την πλήρη κατανάλωση του προϊόντος, είναι συνδεδεμένη άρρηκτα με την ποιοτική του υποβάθμιση. Ως ποιοτική υποβάθμιση μπορεί επίσης να θεωρηθεί και το μη φυσιολογικό άρωμα κάποιου τροφίμου. Αυτό οφείλεται στην ιδιότητα που έχουν μερικές τροφές, κυρίως οι πλούσιες σε λιπαρές ουσίες, να απορροφούν ανεπιθύμητες οσμές από το άμεσο περιβάλλον τους.

Λύση για το διπλό αυτό πρόβλημα, της διατήρησης του αρώματος και την αποφυγή πρόσληψης ανεπιθύμητων οσμών από το περιβάλλον αποτελούν οι στεγανές, στις πτητικές ουσίες, συσκευασίες. Η διείσδυση των πτητικών ουσιών στο εσωτερικό της συσκευασίας εξαρτάται από τη διαλυτότητα της πτητικής ουσίας στο υλικό συσκευασίας και τη θερμοκρασία, ενώ ο χρόνος που απαιτείται για τη διείσδυση είναι ανάλογος προς το τετράγωνο του πάχους του υλικού συσκευασίας [1]. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι, ανεπιθύμητες οσμές μπορεί να προσλάβει ένα συσκευασμένο τρόφιμο και από το ίδιο το υλικό συσκευασίας ή τις ουσίες που πιθανόν υπάρχουν στα σημεία ραφής και κλεισίματος του περιέκτη.

Στους φυσικούς παράγοντες περιλαμβάνονται επίσης η σκόνη και τα καυσαέρια τα οποία μπορούν να προκαλέσουν μόλυνση του προϊόντος και φθορές στον περιέκτη.

1.3.3. Βιολογικοί Παράγοντες

Μικροοργανισμοί

Ένας κλασικός ορισμός των μικροοργανισμών είναι ότι αποτελούν οντότητες τόσο μικρές σε μέγεθος ώστε να είναι αόρατες με γυμνό μάτι. Οι μικροοργανισμοί παίζουν σημαντικό ρόλο στη βιομηχανία τροφίμων. Είναι γνωστό ότι μεγάλες ποσότητες προϊόντων διατροφής, φθείρονται από τους μικροοργανισμούς και αυτό συνεπάγεται οικονομικές απώλειες. Οι μικροοργανισμοί με την είσοδό τους στα τρόφιμα και λόγω του δικού τους μεταβολισμού καταναλώνουν θρεπτικά συστατικά και παράγουν διάφορα άλλα προϊόντα, με την ταυτόχρονη απελευθέρωση ενζύμων. Τα προϊόντα αυτά επηρεάζουν την υφή, το άρωμα και την εμφάνιση του προϊόντος σε βαθμό που είναι δυνατόν να θέσουν σε κίνδυνο την υγεία του καταναλωτή. Η επεξεργασία των τροφίμων μαζί με τη συσκευασία, προετοιμάζουν και προστατεύουν το τρόφιμο ώστε να μην αλλοιωθεί και φθαρεί από τους μικροοργανισμούς. Η συσκευασία επηρεάζει τη μικροβιολογική σταθερότητα των τροφίμων με δυο τρόπους. Είτε με την αποφυγή της μόλυνσης του συσκευασμένου τροφίμου από μικροοργανισμούς, προσδίδοντας πλήρη στεγανότητα στο τρόφιμο, είτε με τη δημιουργία κατάλληλων συνθηκών στο εσωτερικό του περιέκτη, σε ό,τι αφορά τα αέρια και την υγρασία, δημιουργώντας αντίξοες συνθήκες για τους μικροοργανισμούς.

Ωστόσο, πολλά προϊόντα όπως τα γαλακτοκομικά γιαούρτι, τυρί και βούτυρο δημιουργούνται χάρη στην ωφέλιμη δραστηριότητα των μικροοργανισμών. Είδη τουρσιού, κρασιά, μπύρα και άλλα τρόφιμα, οφείλουν την ύπαρξή τους στη μικροβιακή δραστηριότητα. Πρέπει επίσης να αναφερθεί, ότι εξίσου σημαντικούς βιολογικούς παράγοντες αλλοίωσης των προϊόντων αποτελούν τα έντομα και τα τρωκτικά.

1.4. Πληροφορίες που Αναγράφονται στη Συσκευασία Τροφίμων

Τα τρόφιμα που θα φθάσουν στον καταναλωτή πρέπει να ακολουθούν κάποιους κανόνες σήμανσης, κυρίως δε αυτά που είναι προσυσκευασμένα. Πρέπει δηλαδή πάνω στη συσκευασία να αναγράφονται κάποιες πληροφορίες, που είναι απαραίτητες για την ασφάλεια, την υγεία και για τη σωστή χρήση του τροφίμου από τον καταναλωτή. Οι ενδείξεις και οι πληροφορίες που πρέπει υποχρεωτικά να περιλαμβάνονται στην σήμανση των τροφίμων είναι οι εξής:

- Η ονομασία πώλησης του προϊόντος και η φυσική του κατάσταση. (π.χ. γάλα συμπυκνωμένο, αποβουτυρωμένο).
- Η σύσταση του προϊόντος συμπεριλαμβανομένων όλων εκείνων των ουσιών που προστέθηκαν κατά την επεξεργασία του τροφίμου και παραμένουν ακόμα στο προϊόν.
- Η χρονολογία ελάχιστης διατηρησιμότητας που μπορεί να δίνεται ως ημερομηνία παραγωγής ή ημερομηνία λήξης. "Ανάλωση κατά προτίμηση πριν το τέλος..." η οποία προσδιορίζει το χρόνο όπου το προϊόν διατηρεί αμετάβλητη την ποιότητα του, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι αν καταναλωθεί λίγο αργότερα θα προκαλέσει προβλήματα στον καταναλωτή. "Ανάλωση μέχρι και..." που απαγορεύει την κατανάλωση μετά την ημερομηνία που ορίζει.
- Η ακριβής ποσότητα (Καθαρό βάρος, Μικτό βάρος) εκφρασμένο σε L, ml, cm³, kg, g, όπου και ακολουθείται από το γράμμα, e αν το προϊόν πληρεί τις προϋποθέσεις τις Ε.Ε. για τα μέτρα και τα σταθμά.

- Οι ιδιαίτερες συνθήκες συντήρησης και χρήσης (π.χ. διατηρείται στο ψυγείο).
- Το όνομα ή η εμπορική επωνυμία και η διεύθυνση του παρασκευαστή ή του συσκευαστή (Friesland Hellas A.E.B.E., Λεωφόρος Κηφισίας 44, Μαρούσι).
- Ο τόπος παραγωγής ή προέλευσης κυρίως σε περίπτωση που η παράλειψη μπορεί να οδηγήσει σε πλάνη τον καταναλωτή (παρασκευάζεται στην Γερμανία).
- Οδηγίες χρήσης στην περίπτωση που η παράλειψή τους δεν επιτρέπει τη σωστή χρήση του τροφίμου.

Εκτός από τα παραπάνω στοιχεία σε ορισμένες συσκευασίες προϊόντων αναγράφονται και κάποια άλλα όπως:

- Η τιμή του κατ' όγκο αλκοολικού τίτλου (για ποτά με περιεκτικότητα σε αιθυλική αλκοόλη μεγαλύτερη από 1,2% κατ' όγκο).
- Ο πίνακας διατροφικής αξίας ο οποίος δίνει τις απαραίτητες πληροφορίες στο καταναλωτικό κοινό για την περιεκτικότητα του τροφίμου σε θρεπτικά στοιχεία όπως πρωτεΐνες, υδατάνθρακες, λίπη καθώς και τη θερμιδική απόδοση.
- Ο γραμμωτός κώδικας (bar code) ένας συνδυασμός γραμμών διαφορετικού πάχους και σε διαφορετικά διαστήματα μαζί με μια σειρά αριθμών αποτελεί το δακτυλικό αποτύπωμα του προϊόντος (ονομασία, περιεκτικότητα, παραγωγός, χώρα προέλευσης). Ο κώδικας αυτός τυπώνεται πάνω στην ετικέτα του προϊόντος και μπορεί να διαβαστεί από ένα ειδικό μηχάνημα στο σημείο αποθήκευσης ή πώλησης, με δυνατότητα ανάγνωσης 3000 σημείων /min⁻¹ [4]. Η πληροφορία μεταφέρεται με το σύστημα μηχανογράφησης για να ενημερωθεί αυτόματα η αποθήκη, το λογιστήριο, η κοστολόγηση κ.λπ.

Καθιερωμένα συστήματα γραμμωτών κωδικών είναι ο δεκατριψήφιος EAN-13 και ο δωδεκαψήφιος UPC-A. Ο πρώτος χρησιμοποιείται ευρύτατα στην Ευρώπη και στις περισσότερες χώρες του κόσμου ενώ ο δεύτερος έχει καθιερωθεί στις Η.Π.Α. [5]. Στην Ελλάδα έχει καθιερωθεί ο EAN του οποίου τη διαχείριση έχει το Ελληνικό Κέντρο Σημάσεως Προϊόντων (ΕΛ.ΚΕ.ΣΗ.Π.). Για τον EAN-13, οι τρεις πρώτοι αριθμοί δηλώνουν τη χώρα στην οποία παράγεται το προϊόν. Για την Ελλάδα έχει ορισθεί ο αριθμός 520 [2β]. Οι επόμενοι τέσσερις αριθμοί δηλώνουν τον κωδικό αριθμό της βιομηχανίας που παράγει το προϊόν. Οι αμέσως επόμενοι πέντε αριθμοί δηλώνουν τον κωδικό αριθμό του προϊόντος της συγκεκριμένης βιομηχανίας και τέλος ο δέκατος τρίτος αριθμός αποτελεί αριθμό ελέγχου και προκύπτει από μια μαθηματική σχέση από τα πρώτα δώδεκα ψηφία. Υπάρχουν διάφορες παραλλαγές του EAN (π.χ. EAN-128) που χρησιμοποιούνται σε ειδικές εφαρμογές όπου απαιτούνται περισσότερες από τις πληροφορίες που μπορούν να δώσουν τα 13 ψηφία του EAN-13.



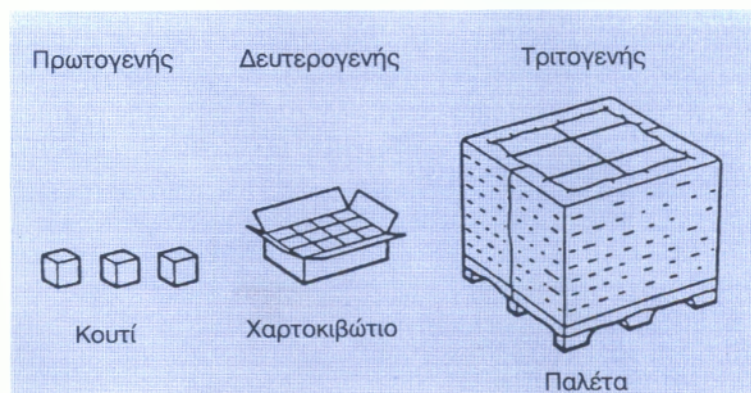
Εικόνα 1. Γραμμωτός Κώδικας EAN-13

1.5. Είδη Συσκευασιών

Με τον όρο πρωτογενή συσκευασία ή συσκευασία πώλησης (retail containers) εννοούμε τη συσκευασία εκείνη η οποία έρχεται σε άμεση επαφή με το προϊόν και η οποία είναι κατασκευασμένη κατά τέτοιο τρόπο ώστε στο σημείο αγοράς να αποτελεί ξεχωριστή μονάδα πώλησης στον τελικό χρήστη ή καταναλωτή του προϊόντος. Η συσκευασία πώλησης μπορεί να είναι ένα απλό περιτύλιγμα, ή να έχει τη μορφή περιέκτη. Τα υλικά κατασκευής της πρωτογενούς συσκευασίας παρουσιάζουν μεγάλο ενδιαφέρον για το προϊόν και τον καταναλωτή. Για το λόγο ότι η επαφή είναι άμεση, η συσκευασία μπορεί να επηρεάσει τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του προϊόντος. Εξίσου σημαντική είναι και η μετανάστευση ουσιών που είναι πιθανόν να μεταφερθούν από το προϊόν στον περιέκτη και μπορεί να έχουν αρνητική επίδραση στην υγεία του καταναλωτή.

Με τον όρο δευτερογενή συσκευασία ή περισυσκευασία εννοούμε τη συσκευασία εκείνη η οποία χρησιμοποιείται ως δευτερεύουσα και περιβάλλει την πρωτογενή συσκευασία ή και περισσότερες μονάδες αυτής. Με τη χρησιμοποίηση της καταφέρνουμε ευκολότερη προβολή και διάθεση των προϊόντων. Σε ορισμένες περιπτώσεις όμως μπορεί να αντικαταστήσει ή να συμπληρώσει ορισμένες ιδιότητες της πρωτογενούς συσκευασίας. Έτσι, προστατεύει την πρωτογενή συσκευασία από τυχόν μηχανικές καταπονήσεις και από την επαφή της με άλλα σώματα. Η δευτερογενής συσκευασία δεν έρχεται σε άμεση επαφή με το προϊόν, συνεπώς δεν παρουσιάζεται κανένα είδος αλληλεπίδρασης μεταξύ τους.

Με τον όρο τριτογενή συσκευασία ή συσκευασία μεταφοράς εννοούμε τη συσκευασία εκείνη η οποία σχεδιάστηκε για να διευκολύνει τη διακίνηση και μεταφορά ενός αριθμού πρωτογενών ή δευτερογενών συσκευασιών με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ασφάλεια.



Εικόνα 2. Είδη συσκευασίας

Τέλος με τον όρο τεταρτογενής συσκευασία εννοούμε τα μεταλλικά κοντέινερ, μήκους μέχρι και 12 μέτρων, που περιέχουν μονάδες πρωτογενούς ή δευτερογενούς συσκευασίας. Η μεταφορά τους γίνεται με αυτοκίνητα, τρένα και πλοία. Ορισμένα από αυτά είναι εξοπλισμένα με ψυκτικό σύστημα που διατηρεί σταθερή τη θερμοκρασία, τη σχετική υγρασία και ρυθμίζει την κυκλοφορία του αέρα στο εσωτερικό τους

2. ΧΑΡΤΙΝΗ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ

2.1. Γενικά

Ο Κινέζος Τσάιν Λουέν, κατασκεύασε πρώτος χαρτί το 105 μ.Χ. από φυτικές ίνες μουριάς, μπαμπού και λιναριού, αφού πρώτα τις μούσκεψε για να διαχωριστούν και στη συνέχεια τις χτύπησε με κόπανο [6]. Η μέθοδος αυτή δεν άργησε να γίνει γνωστή και σε άλλα μέρη του τότε γνωστού κόσμου, με αποτέλεσμα η χρήση του παπύρου και της περγαμηνής να παραμεριστεί κατά πολύ. Συγκεκριμένα από τους Κινέζους έγινε γνωστή η μέθοδος στους Γιαπωνέζους και στους Μογγόλους τον 8^ο αιώνα, οι οποίοι τη μεταβίβασαν στους Πέρσες της Σαμαρκάνδης, οι οποίοι με τη σειρά τους τη δίδαξαν στους Άραβες εμπόρους. Οι τελευταίοι εισήγαγαν το χαρτί στην Ισπανία και τη Σικελία. Το 13ο αιώνα σημαντικά εργοστάσια χαρτιού ήταν εγκατεστημένα στην Ευρώπη.

Σήμερα εκτός από τη μεγάλη του προσφορά στο χώρο της επικοινωνίας, του βιβλίου κ.ά., το χαρτί και το χαρτόνι έχουν κερδίσει αξία μια θέση στο τομέα της συσκευασίας τροφίμων με πολλαπλές και σύνθετες χρήσεις. Λόγο της ευρείας χρησιμοποίησής τους αναζητήθηκαν νέοι πόροι πρώτης ύλης οι οποίοι παράλληλα με την προοδευτική πορεία του χαρτιού και του χαρτονιού, βρήκαν λύση και σε άλλα φυτά, όπως το άχυρο, το ζαχαροκάλαμο και το καλάμι.

2.2. Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Χαρτιού - Χαρτονιού

Το χαρτί και το χαρτόνι σαν υλικά συσκευασίας τροφίμων παρουσιάζουν πολλά και σημαντικά πλεονεκτήματα, όπως:

1. Έχουν χαμηλό κόστος παραγωγής συνεπώς και χαμηλό κόστος αγοράς.
2. Προστατεύουν τα προϊόντα που περιέχουν, είναι εύκολα στη χρήση και ελαφρά.
3. Διατηρούν τις ιδιότητές τους σε μεγάλο εύρος θερμοκρασιών, από τη βαθιά κατάψυξη έως τη υψηλή θέρμανση σε φούρνους.
4. Χρησιμοποιούνται για την κατασκευή μεγάλου εύρους και ποικιλίας περιεκτών.
5. Δέχονται την προσθήκη λεπτού στρώματος αλουμινίου, πλαστικής μεμβράνης καθώς και επάλειψη με διάφορα υλικά, που τους προσθέτουν ορισμένες ιδιότητες (αντοχή στα λίπη, στο νερό, στην υγρασία κ.λπ).
6. Αποδίδουν άριστα αποτελέσματα στις περισσότερες τεχνικές εκτύπωσης.

7. Είναι φιλικά στο περιβάλλον (εύκολη αποσύνθεση) και ανακυκλώνονται εύκολα.

Εκτός από τα πλεονεκτήματα που αναφέραμε παραπάνω, το χαρτί και το χαρτόνι παρουσιάζουν και μειονεκτήματα, όπως:

1. Χάνουν την αντοχή τους και καταστρέφονται όταν διαβρεχτούν.
2. Παρουσιάζουν μεγάλη διαπερατότητα στους υδρατμούς, τις πτητικές ουσίες και τα λιπαρά σώματα.
3. Είναι ευαίσθητα στις μεγάλες μεταβολές της υγρασίας του περιβάλλοντος.

2.3. Τύποι Χαρτιού στη Συσκευασία

Τα είδη του χαρτιού που χρησιμοποιούνται στη συσκευασία τροφίμων παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1. Περιέχονται οι διάφοροι τύποι χαρτιού, η πρώτη ύλη κατασκευής τους, η αντοχή τους καθώς επίσης οι ιδιότητες και οι χρήσεις τους [7].

Υλικό	Πρώτη ύλη	Αντοχή (Kg/m)	Ιδιότητες / Χρήσεις
Χαρτί τύπου Kraft	Θειωμένη πούλπα από μαλακό ξύλο	70-300	Χαρτί με μεγάλη μηχανική αντοχή, φυσικό ή χρωματισμένο, μπορεί να υποστεί περαιτέρω επεξεργασία. Χρησιμοποιείται για σακούλες, σάκους και ως πρώτη ύλη για την παραγωγή χαρτονιού με αναδιπλώσεις.
Θειωμένο χαρτί	Παρασκευάζεται από μίγμα μαλακού και σκληρού ξύλου	ποικίλει	Καθαρό, με άριστες εκτυπωτικές ιδιότητες και λάμψη. Χρησιμοποιείται για σακούλες, κουτιά, φακέλους, χαρτί με επικάλυψη κεριού, ετικέτες και πολύφυλλες μεμβράνες.
Λαδόχαρτο	Από πούλπα που έχει υποστεί μηχανική καταπόνηση	180-450	Ανθεκτικό σε λίπη και έλαια. Χρησιμοποιείται για ψημένα προϊόντα με υψηλή περιεκτικότητα σε λίπος.
Χαρτί γλασσέ	Επεξεργασία παρόμοια με του λαδόχαρτου	140-535	Αντοχή σε λίπη και έλαια. Χρησιμοποιείται για την παρεμπόδιση διέλευσης οσμών από και προς το τρόφιμο.
Περγαμινόχαρτο	Επεξεργασία με συμπυκνωμένο θειικό οξύ	215-1450	Μη τοξικό, υψηλής αντοχής όταν είναι βρεγμένο, αντοχή σε λίπη και έλαια.
Λεπτό χαρτί	Ελαφρύ χαρτί	χαμηλή	Ελαφρύ, μαλακό χαρτί επικάλυψης.

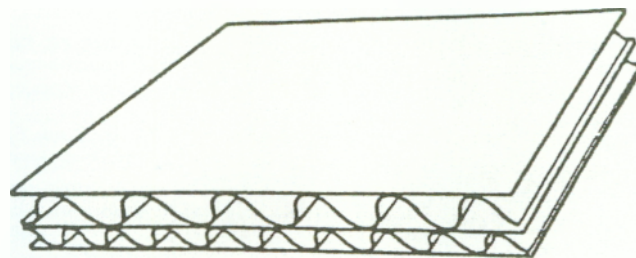
2.4. Χαρτί και Συσκευασία

Οι κύριες πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή προϊόντων χαρτιού είναι ο χαρτοπολτός (χημικός, μηχανικός) καθώς και τα αποκόμματα χαρτιού. Από τις παραπάνω πρώτες ύλες μπορούν να παραχθούν τρεις κατηγορίες χαρτιού - χαρτονιού, οι οποίες είναι οι ενδιάμεσες ύλες για την παραγωγή των τελικών ειδών χάρτινης συσκευασίας. Συγκεκριμένα, τα ενδιάμεσα προϊόντα χαρτιού - χαρτονιού είναι:

1. Το "Χαρτί Χαρτοκιβωτίων" για κυματοειδή χαρτοκιβώτια, τα οποία διακρίνονται σε απλά χαρτιά (liner) και κυματοειδή (fluting).
2. Τα "Χαρτόνια" για συμπαγή κουτιά - κιβώτια (επιχρισμένα ή μη).
3. Τα "Χαρτιά Περιτυλίξεως και Συσκευασίας" για χαρτοσακούλες, τσάντες, χαρτόσακους και τελικά χαρτιά περιτυλίξεως.

Κατόπιν επεξεργασίας των ενδιάμεσων χαρτιών - χαρτονιών παράγονται τα τελικά είδη χάρτινης συσκευασίας, τα οποία ταξινομούνται στις παρακάτω κατηγορίες:

Χαρτοκιβώτια. Τα χαρτοκιβώτια κατασκευάζονται από κυματοειδή χαρτόνια (γνωστά και σαν Ondule) τα οποία μπορεί να είναι τρίφυλλα, πεντάφυλλα ή επτάφυλλα. Τα ενδιάμεσα φύλλα είναι κυματοειδή χαρτιά ενώ στις εξωτερικές επιφάνειες έχουν επικολληθεί επίπεδα. Περισσότερο από 90% των παραγόμενων χαρτοκιβωτίων κατασκευάζονται από τρίφυλλο χαρτόνι. Διατίθενται σε ποικίλες διαστάσεις και χρησιμοποιούνται για τη συσκευασία και μεταφορά διαφόρων προϊόντων όπως αγροτικά προϊόντα, φιάλες ποτών και εμφιαλωμένων νερών κ.ά.



Εικόνα 3. Πεντάφυλλο κυματοειδές χαρτόνι

Χάρτινα Κουτιά. Τα χάρτινα κουτιά κατασκευάζονται από χαρτόνια, επιχρισμένα ή μη και διακρίνονται σε διπλωτά και σε στητά κουτιά. Τα διπλωτά κουτιά (folding cartons), χρησιμοποιούνται για τη συσκευασία προϊόντων όπως απορρυπαντικών, φαρμάκων, καλλυντικών, προϊόντων ζαχαροπλαστικής, πίτσας, υποδημάτων, ενδυμάτων κ.ά., ενώ τα στητά κουτιά (rigid paperboard boxes), για τη συσκευασία παιχνιδιών, καλλυντικών κ.ά. Στην κατηγορία των διπλωτών κουτιών υπάγονται και τα σύνθετα χαρτόκουτα ασηπτικής συσκευασίας που θα αναφερθούμε παρακάτω.

Χάρτινες Σακούλες και Τσάντες. Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται σακούλες και τσάντες που χρησιμοποιούνται από καταστήματα μαναβικής, αρτοποιίας, μπακάλικα κ.ά. για τη συσκευασία ειδών διατροφής, ξηρών καρπών, καφέ, ζάχαρης, αλεύρων κ.ά. σε μικρές ποσότητες, τα οποία διατίθενται χύμα και όχι τυποποιημένα. Εδώ συγκαταλέγονται και οι

σακούλες - τσάντες που χρησιμοποιούνται από εμπορικά καταστήματα υποδημάτων, ετοιμών ενδυμάτων κ.ά. Η διαφοροποίηση των προϊόντων αυτής της κατηγορίας είναι μεγάλη, καθώς η ποιότητα και το είδος της σακούλας που θα χρησιμοποιηθεί εξαρτάται από την συγκεκριμένη εφαρμογή.

Χαρτόσακοι. Για την παραγωγή των χαρτόσακων, ως πρώτη ύλη χρησιμοποιείται αποκλειστικά το χαρτί sack kraft, το οποίο εισάγεται εξ' ολοκλήρου από το εξωτερικό. Στους χαρτόσακους συσκευάζονται μεγάλες ποσότητες προϊόντων και για το λόγο αυτό απαιτείται χαρτί υψηλών προδιαγραφών. Κατασκευάζονται με την συγκόλληση φύλλων χαρτιού ο αριθμός των οποίων εξαρτάται από το βάρος του προϊόντος που θα συσκευασθεί και χρησιμοποιούνται για τη συσκευασία (σε μεγάλες ποσότητες) ζάχαρης, αλεύρων, ζωοτροφών τσιμέντου και άλλων ορυκτών.

Χαρτιά Περιτυλίξεως και Συσκευασίας. Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται τα αδιαφανή χαρτιά για την εσωτερική ένδυση κουτιών συσκευασίας, τα χαρτιά αφής για την περιτύλιξη φρούτων και λαχανικών, τα χαρτιά κρεοπωλών - ιχθυοπωλών, τα αδιάβροχα χαρτιά όπως λαδόχαρτα, περγαμνηνοειδή κ.ά. Στα χαρτιά περιτυλίξεως πραγματοποιούνται εκτυλώσεις αναλόγως των προτιμήσεων των πελατών και της εφαρμογής που αυτά προορίζονται.

Στην Ελλάδα δεν υπάρχει η δυνατότητα παραγωγής χαρτοπολτού, επομένως η παραγωγή χαρτιών που έχουν ως πρώτη ύλη το χαρτοπολτό είναι εξαρτημένη σε σημαντικό βαθμό από τις αγορές του εξωτερικού. Αυτή η εξάρτηση θα συνεχίσει να υπάρχει εφόσον για ορισμένα προϊόντα χάρτινης συσκευασίας είναι απαραίτητη η χρησιμοποίηση συγκεκριμένου τύπου χαρτιού, το οποίο δεν παράγεται εντός της επικράτειας.

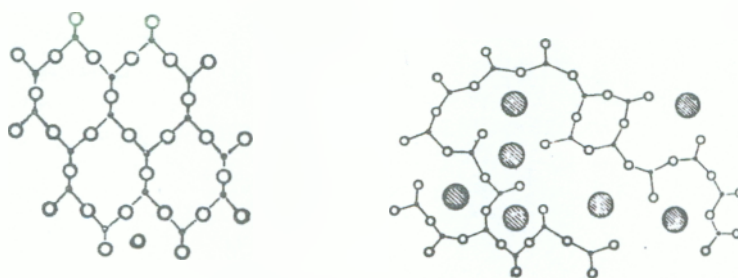


Εικόνα 4. Διάφορα είδη χαρτοκιβωτίων

3. ΓΥΑΛΙΝΗ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ

3.1. Γενικά

Με τον όρο γυαλί εννοούμε μια ιδιαίτερη κατάσταση της ύλης, η οποία δημιουργείται από την ψύξη ενός υγρού, εφόσον αυτό πρώτα έχει γίνει τόσο παχύρρευστο, ώστε φαινομενικά να μοιάζει με στερεό. Το υλικό πρέπει να βρίσκεται σε αυτή τη φάση (παχύρρευστη) πριν την ψύξη του προκειμένου να μη δημιουργηθεί κρυσταλλική διάταξη, αλλά ένα είδος πηγμένου υγρού με ακανόνιστη κατανομή των δομικών λίθων του στο χώρο [8].



Σχήμα 1. Απεικόνιση στο επίπεδο κρυσταλλικού μορίου

Απεικόνιση στο επίπεδο του μορίου του γυαλιού (έλλειψη κρυσταλλικής μορφής)

Το γυαλί είναι από τα πρώτα υλικά συσκευασίας και έχει μακροχρόνια θέση στο χώρο της συσκευασίας. Η υαλουργία έχει δραστηριότητα 3.500 ετών, χρησιμοποιεί πρώτες ύλες που είναι ανεξάντλητες, όπως άμμο, σόδα, μαρμαρόσκονη και ελπίζεται να διατηρήσει τη θέση της στη συσκευασία για πολλά χρόνια. Η αρχαιολογική έρευνα τοποθετεί την εφεύρεση του γυαλιού στην τρίτη χιλιετία π.Χ. στην περιοχή της Μεσοποταμίας όπου και βρέθηκε μια συνταγή μίγματος υλικών που τηκόμενα έδιναν υαλόμαζα. Η υαλουργία, με τα προϊόντα της, καλύπτει τις ανάγκες συσκευασίας τροφίμων και ποτών, ώστε να κάνει τη ζωή μας πιο άνετη.

Η βιομηχανική παραγωγή του γυαλιού και κυρίως για την κατασκευή υάλινων περιεκτών, αρχίζει από το 1886 με την ημιαυτόματη μηχανή του Ashley και τη βελτίωσή της από τον Schiller το 1904, με παραγωγές 4.500 τεμαχίων/ 24h. Η καθαρή βιομηχανική

παραγωγή αρχίζει το 1905 με την αυτόματη μηχανή του Michael J. Owens. Η μηχανή αυτή είχε μία παραγωγή της τάξης των 50.000 τεμαχίων/ 24h και το κόστος φιάλης ήταν το 1/12 αυτής του Schiller. Η μηχανή αυτή μέχρι το 1978 έδινε φιάλες αρίστης ποιότητας. Ήρθε όμως η μηχανή IS και με την ανακάλυψη του τροφοδότη γυαλιού (feeder) εκτόπισαν τη μηχανή του Owens. Η μηχανή αυτή είναι σε θέση να κατασκευάζει φιάλες αρίστης ποιότητας μέχρι και 1 εκ. τεμαχίων/ 24h. Στην ελεύθερη Ελλάδα το πρώτο υαλουργείο κατασκευάστηκε στο τέλος του 18ου αιώνα στην Ερμούπολη της Σύρου. Είναι γεγονός ότι στη χώρα μας έχουμε μεγάλη παράδοση στην κατασκευή υάλινων αντικειμένων και πρέπει να τονίσουμε ότι το γυαλί ήταν το κύριο υλικό για τη συσκευασία τροφίμων και ποτών.

3.2. Χημική Σύσταση Γυαλιού

Το κοινό γυαλί είναι μια σύνθετη πυριτική ένωση που αποτελείται κατά κύριο λόγο από διοξείδιο του πυριτίου (SiO_2), οξείδιο του νατρίου (Na_2O) και οξείδιο του ασβεστίου (CaO). Από τα παραπάνω το διοξείδιο του πυριτίου (SiO_2) σχηματίζει το πλέγμα που αποτελεί το σκελετό του γυαλιού και μέσα σε αυτό τοποθετούνται τα διάφορα άλλα συστατικά, σταθεροποιητές, χρωστικές κ.ά. [2γ]. Η συνήθης σύσταση του γυαλιού παρουσιάζεται στον Πίνακα 2.

Πίνακας 2. Περιέχονται τα δομικά συστατικά του γυαλιού και οι περιεκτικότητές τους επί τις εκατό [7α].

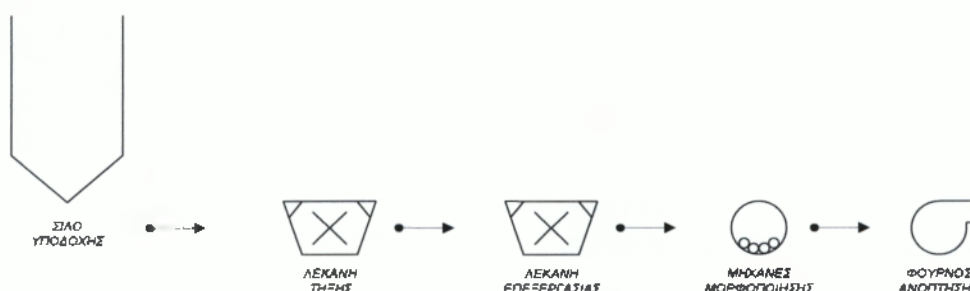
Δομικά Συστατικά	Περιεκτικότητα %
SiO_2 (άμμος)	68-73
Al_2O_3 (άστριος ή νεφελίνης)	1,5-2
Na_2O	12-15
Fe_2O_3	0,05-0,25
MgO (δολομίτης)	0,3-3
CaO (μάρμαρο ή δολομίτης)	10-13
SO_3	0,05-0,2

3.3. Παραγωγή Γυαλιού

Για την παραγωγή του γυαλιού, αρχικά αναμειγνύονται οι πρώτες ύλες, λιώνουν στη λεκάνη τήξης σε θερμοκρασία 1.500°C , η οποία στη συνέχεια μειώνεται στους 1.200°C . Κατόπιν το μίγμα διαμορφώνεται σε γυάλινα δοχεία στις μηχανές μορφοποίησης, που αποτελούνται από καλούπια, σε θερμοκρασία 700°C - 900°C . Η διαμόρφωση των γυάλινων δοχείων γίνεται με διάφορες τεχνικές, ανάλογα με το επιθυμητό αποτέλεσμα.

Τα γυάλινα δοχεία στη συνέχεια οδηγούνται στο φούρνο ανόπτησης. Στο τέλος των προηγούμενων κατεργασιών το γυαλί έχει θερμοκρασία περίπου 600°C και παρουσιάζει μεγάλες εσωτερικές τάσεις, που αν παρέμεναν θα το έκαναν πολύ ευαίσθητο σε κρούσεις ή ακόμα θα προκαλούσαν την αυτόματη θραύση του. Για το λόγο αυτό, οι γυάλινοι περιέκτες

υποβάλλονται σε μία επεξεργασία που ονομάζεται ανόπτηση κατά την οποία, οι περιέκτες παραμένουν για 30 - 45 λεπτά στη θερμοκρασία των 600 °C και μετά ψύχονται σταδιακά με αποτέλεσμα να βελτιώνεται κατά πολύ η αντοχή τους.



Σχήμα 2. Γραμμή παραγωγής κοινού γυαλιού

Πριν οι γυάλινοι περιέκτες περάσουν στο εμπόριο, μπορεί να υποστούν επιφανειακή κατεργασία, χρωματισμό και ετικετάρισμα, για αισθητικούς και νομοθετικούς λόγους.

3.4. Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Γυαλιού

Το γυαλί σαν υλικό συσκευασίας τροφίμων παρουσιάζει πολλά και σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι των άλλων υλικών συσκευασίας. Συγκεκριμένα, αυτά είναι:

1. Η χημική αδράνεια του γυαλιού που το καθιστά κατάλληλο για οποιοδήποτε τρόφιμο, ακόμα και για τα περισσότερα διαβρωτικά.
2. Η διαφάνεια του γυαλιού που δίνει την ικανότητα στον καταναλωτή να βλέπει το προϊόν χωρίς να ανοίξει τη συσκευασία.
3. Η ικανότητα χρωματισμού του γυαλιού για προστατευτικούς και αισθητικούς λόγους.
4. Η πλήρης στεγανότητα του υλικού σε υγρασία, πτητικές ουσίες, μικροοργανισμούς κ.ά. μπορεί να προσφέρει μεγάλη προστασία στο προϊόν.
5. Οι μηχανικές ιδιότητες του γυαλιού, όπως η αντοχή στη πρόσκρουση και τη συμπίεση είναι αρκετά σημαντικές για τη συσκευασία.
6. Η μεγάλη αντοχή του γυαλιού στις υψηλές θερμοκρασίες, του δίνει και τη δυνατότητα θερμικής επεξεργασίας (παστερίωση, αποστείρωση) καθώς και θέρμανσης με μικροκύματα.
7. Η εύκολη μορφοποίηση του υλικού, δίνει τη δυνατότητα πολλαπλών περιεκτών και διάφορων ειδών συσκευασιών (μπουκάλια, βάζα, δοχεία κ.ά.).
8. Η αισθητική του υλικού ενδείκνυται για την κατασκευή συσκευασιών τροφίμων, τα οποία ο καταναλωτής έχει και τη δυνατότητα να τα καταναλώσει σταδιακά (επαναλαμβανόμενο κλείσιμο).
9. Ένας γυάλινος περιέκτης έχει τη δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης για το ίδιο ή κάποιο παρόμοιο προϊόν. Συγκεκριμένα η γυάλινη συσκευασία των αναψυκτικών μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί τουλάχιστον τριάντα πέντε φορές.

10. Και τέλος, όταν πλέον δεν υπάρχει δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης, το γυαλί αποτελεί υλικό φιλικό προς το περιβάλλον και ανακυκλώνεται εύκολα.

Εκτός από τα παραπάνω πλεονεκτήματα, το γυαλί σαν υλικό συσκευασίας παρουσιάζει και κάποια μειονεκτήματα που είναι:

1. Η ευθραυστότητα των γυάλινων συσκευασιών λόγω της δομής του γυαλιού.
2. Η μικρή αντοχή στις ξαφνικές μεταβολές της θερμοκρασίας.
3. Το μεγάλο βάρος τους, το οποίο και επιβαρύνει το κόστος μεταφοράς.
4. Τα μεγάλα ποσά ενέργειας που καταναλώνονται κατά την παραγωγή του.
5. Η ύπαρξη θραυσμάτων στο τρόφιμο, που μπορεί να προκαλέσει σοβαρά προβλήματα στην υγεία των καταναλωτών.
6. Η μείωση της αντοχής του και η φθορά των περιεκτών ύστερα από τη συνεχή χρήση και επαναχρησιμοποίηση.

3.5. Γυάλινη Συσκευασία και Τρόφιμα

Ενώ το γυαλί αποτελούσε κυρίαρχο υλικό για τη συσκευασία τροφίμων και ειδικότερα των υγρών για μεγάλο χρονικό διάστημα, είναι η εμφάνιση των νέων υλικών συσκευασίας για αναψυκτικά στις αρχές της δεκαετίας του '90, που οδήγησε σε σοβαρή συρρίκνωση του μεριδίου αγοράς του γυαλιού στο συγκεκριμένο χώρο. Παρόλο αυτό, χάρη στις επενδύσεις που πραγματοποιήθηκαν και στην ευαισθητοποίηση των καταναλωτών σε θέματα ανακύκλωσης, το γυαλί ως υλικό συσκευασίας κατάφερε να ξεπεράσει την κρίση. Έτσι σήμερα το γυαλί έχει ανακτήσει το μερίδιο αγοράς που είχε στο παρελθόν στο χώρο της συσκευασίας τροφίμων.

Συγκεκριμένα από γυαλί κατασκευάζονται διάφορα μπουκάλια, βάζα, δοχεία σε διάφορα μεγέθη και σχήματα για κάθε απαίτηση και πολλά από αυτά πληρούν χαρακτηριστικά όπως, λεπτότητα, μικρό βάρος κ.ά. τα οποία χαρακτηριστικά μέχρι τώρα ήταν άγνωστα για το γυαλί.



Εικόνα 5. Γυάλινες φιάλες και βάζα προϊόντων

3.6. Γυαλί και Ανακύκλωση

Το γυαλί όπως αναφέρθηκε είναι ένα μίγμα ανόργανων οξειδίων. Η ανακύκλωσή του αποτελεί μια απλή διαδικασία. Το γυαλί που συλλέγεται θραύεται σε μέγεθος φουντουκιού, καθαρίζεται από ξένες ουσίες που πιθανόν να έχουν ευρεθεί τυχαίως μέσα του. Τα μαγνητιζόμενα υλικά, κυρίως καπάκια σιδηρά που χρησιμοποιούνται για την πωμάτωση των φιαλών, απομακρύνονται με ισχυρούς μαγνήτες. Τα ελαφρά αντικείμενα π.χ. χαρτιά, ορισμένα ελαστικά προϊόντα απομακρύνονται με αέρα που φυσάει στην επιφάνεια της μεταφορικής ταινίας που μεταφέρει το υαλόθραυσμα. Η απομάκρυνση άλλων υλικών π.χ. καπάκια αλουμινίου, πορσελάνες, χαλίκια και άλλα στερεά υλικά γίνεται με χειροδιαλογή. Εν συνεχεία το γυαλί πλένεται με νερό για να απομακρυνθούν οργανικές ενώσεις, κυρίως σάκχαρα. Είναι δυνατόν μετά το στέγνωμα του γυαλιού, να ακολουθήσει διαχωρισμός στα διαφορά χρώματά του. Στη χώρα μας ανακυκλώνονται περίπου 45.000 τόνοι ετησίως υαλοθραύσματος. Οι συνολικές ανάγκες της χώρας είναι της τάξεως των 170.000 τόνων ετησίως. Επομένως το ποσοστό της ανακύκλωσης της γυάλινης συσκευασίας προς το παρόν είναι αρκετά χαμηλό και απογοητευτικό.

4. ΜΕΤΑΛΛΙΚΗ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ

4.1. Γενικά

Δεν είναι ακριβώς γνωστό πότε και που ο άνθρωπος για πρώτη φορά ανακάλυψε την ύπαρξη των μεταλλευμάτων και εν συνεχεία των μετάλλων, τα οποία και χρησιμοποίησε για την κατασκευή χρησίων αντικειμένων. Πιθανολογείται ότι αυτό συνέβη για πρώτη φορά στην Ασία και από εκεί, η μέθοδος εξαγωγής και κατεργασίας των μεταλλευμάτων έγινε γνωστή στην Ελλάδα και την υπόλοιπη Ευρώπη.

Γενικότερα η ανακάλυψη και η χρήση των μετάλλων αποτελούν σταθμό στην ιστορία του πολιτισμού διότι με αυτές μεταβαίνουμε από την πρωτόγονη λίθινη εποχή, σε ανώτερη μορφή οικονομικής και κοινωνικής οργάνωσης. Και επειδή μετά την ανακάλυψη ακολουθεί η εξέλιξη, σήμερα τα μέταλλα έχουν πολλαπλές χρήσεις, από τα πιο απλά πράγματα που χρησιμοποιούμε στην καθημερινότητά μας μέχρι και τις πιο πολύπλοκες κατασκευές. Λόγο των πολλών πλεονεκτημάτων που τα χαρακτηρίζουν, τα μέταλλα δε θα μπορούσε να μη χρησιμοποιηθούν και ως υλικά για την κατασκευή συσκευασιών τροφίμων.

Τα μεταλλικά κουτιά και οι μεταλλικοί περιέκτες γενικότερα, συγκρινόμενα με άλλους τύπους συσκευασιών, έχουν αρκετά πλεονεκτήματα, όπως:

1. Αντέχουν στις συνθήκες της αποστείρωσης και της ταχείας ψύξης που μπορεί να επιβάλει η επεξεργασία του προϊόντος.
2. Είναι ανθεκτικά και παρέχουν προστασία απέναντι στα κτυπήματα και τους διάφορους τύπους μηχανικών παραμορφώσεων.
3. Αν επεξεργαστούν κατάλληλα, δεν έχουν βλαβερή επίδραση πάνω στο περιεχόμενο.
4. Παρέχουν ασφάλεια στο συσκευασμένο προϊόν, από το ηλιακό φως, το οξυγόνο, τους διάφορους μικροοργανισμούς κ.λπ.
5. Είναι ανθεκτικά ακόμα και σε δύσκολες κλιματολογικές συνθήκες καθώς και σε δυσμενείς συνθήκες μεταφοράς.

Τα μέταλλα εκείνα τα οποία χρησιμοποιούνται ως υλικά για την κατασκευή συσκευασιών τροφίμων είναι το αλουμίνιο, ο λευκοσίδηρος και ο επιχρωμιωμένος χάλυβας (Tin Free Steel).

4.2. Αλουμίνιο

Το έχουν ονομάσει "μαγικό" μέταλλο, ή και "θαυματουργό" μέταλλο, λόγω του εξαιρετικά μεγάλου εύρους δυνατοτήτων, ιδιοτήτων, φυσικών χημικών και μηχανικών χαρακτηριστικών που επιδεικνύουν τα τόσα κράματα αλουμινίου. Υπάρχει σχεδόν παντού στη φύση, αλλά "κλειδωμένο" σε χημικές ενώσεις με μεγάλη χημική ευστάθεια. Η χρήση, ωστόσο, αρκετών από τις χημικές του ενώσεις, είναι ιστορικά αποδεδειγμένη για την Αίγυπτο και τη Βαβυλώνα. Πρώτος ο Βρετανός Davy, υποστήριξε την ύπαρξη του αλουμινίου το 1807, ενώ ο Δανός Oerstead κατάφερε να απομονώσει το μέταλλο. Το αλουμίνιο παράγεται από βωξίτη που παραλαμβάνεται με εξόρυξη από το υπέδαφος. Η εξόρυξη αυτή και η επεξεργασία του απαιτούν μεγάλες ποσότητες ηλεκτρικής ενέργειας, γεγονός που κάνει το αλουμίνιο τόσο ακριβό.

4.2.1. Αλουμίνιο και Τρόφιμα

Η βιομηχανική χρήση του αλουμινίου ξεκίνησε στις αρχές του εικοστού αιώνα. Το αλουμίνιο είναι πολύ δημοφιλές υλικό στη βιομηχανία τροφίμων επειδή είναι αδιάβροχο, αδιαπέραστο από λίπη, μη απορροφητικό, αδρανές και πολύ εύκολα διαμορφώσιμο με εξαιρετικές δυνατότητες στο δίπλωμα. Για τη συσκευασία, το αλουμίνιο χρησιμοποιείται στη φυσική ή σε τροποποιημένη μορφή του. Υπάρχουν τρεις βασικές εφαρμογές του φυσικού αλουμινίου: το αλουμινόχαρτο, τα δοχεία από αλουμίνιο και τα περιτυλίγματα (είτε με επιστρώσεις χαρτιού, είτε με πλαστικό για στεγανοποίηση) [9]. Αρχικά παρασκευάστηκαν τα φύλλα αλουμινίου τα οποία και χρησιμοποίησαν πρώτες οι βιομηχανίες παραγωγής σοκολάτας. Στη συνέχεια κάνουν την εμφάνισή τους σωληνοειδείς περιέκτες από αλουμίνιο καθώς και τα αλουμινένια πώματα. Η επανάσταση στο χώρο της συσκευασίας έγινε με την χρήση των αλουμινένιων περιεκτών σε αναψυκτικά και αεροζόλ.

Εκτός από αυτές τις εφαρμογές του αλουμινίου σε φυσική μορφή, η μεγάλη πλειοψηφία των εφαρμογών του αλουμινίου στη συσκευασία είναι σε τροποποιημένη μορφή. Αυτό σημαίνει ότι τα συσκευασμένα αγαθά δεν έρχονται σε επαφή με το αλουμίνιο καθεαυτό, αλλά περισσότερο με μία ενδιάμεση στρώση από βερνίκι (χρώμα), πλαστικό, χαρτί ή χαρτόνι που καλύπτουν το αλουμίνιο [9].

Το αλουμίνιο αντέχει καλύτερα σε ελαφρά όξινα προϊόντα, απ' ό,τι σε ελαφρά αλκαλικά. Συμπυκνωμένα ανόργανα οξέα δεν συσκευάζονται σε δοχεία αλουμινίου, εξαιτίας των πιθανών διαβρωτικών συνεπειών [9].

4.2.2. Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Αλουμινίου

Τα πλεονεκτήματα του αλουμινίου ως υλικό συσκευασίας είναι πολλά και παρουσιάζονται παρακάτω:

1. Χαμηλό ειδικό βάρος ($2,702 \text{ gr/cm}^3$). Μόλις το 1/3 εκείνου του σιδήρου.
2. Το αλουμίνιο και τα περισσότερα κράματά του είναι ανθεκτικά έως πολύ ανθεκτικά σε πολλές μορφές διάβρωσης. Λόγω της μεγάλης χημικής συνάφειας με το οξυγόνο, η φυσική επιφάνεια του μετάλλου είναι μόνιμα καλυμμένη με ένα στρώμα οξειδίου του αργιλίου, που αποτελεί ένα πολύ αποτελεσματικό εμπόδιο εξάπλωσης της διάβρωσης.

3. Διαμορφώνεται εύκολα, ελάσσεται και συγκολλάται το ίδιο, συνεπώς αποτελεί ιδανικό μέταλλο κατασκευών. Το μέτρο ελαστικότητας του (70.000 MPa) είναι τρεις φορές χαμηλότερο από εκείνο του σιδήρου, έτσι μία κατασκευή από αλουμίνιο παρουσιάζει τρεις φορές μεγαλύτερη ελαστική επιμήκυνση από μία σιδερένια.
4. Το αλουμίνιο είναι πολύ καλός αγωγός του ηλεκτρισμού και παρουσιάζει πολύ καλή θερμική αγωγιμότητα (σχεδόν διπλάσια του σιδήρου).
5. Δεν είναι τοξικό, αποτελεί αδιαπέραστο υλικό για διάφορα περιβάλλοντα μέσα όπως υγρασία, αέρια και ανεπιθύμητες οσμές και δεν αντιδρά με το συσκευασμένο τρόφιμο.
6. Τέλος, το αλουμίνιο ανακυκλώνεται εύκολα με αποτέλεσμα να έχουμε μείωση ενέργειας στην παραγωγική διαδικασία καθώς και περιορισμό και έλεγχο των εκπομπών ρύπων.

Εκτός από τα πλεονεκτήματα που αναφέρθηκαν παραπάνω, το αλουμίνιο παρουσιάζει και κάποια σημαντικά μειονεκτήματα όπως:

1. Έχει αυξημένο κόστος.
2. Δεν μπορεί να ηλεκτροκολληθεί ούτε και να συγκολληθεί παρά μόνο με ειδικές μεθόδους TIG – MIG*.
3. Λόγω της λείας του επιφάνειας και της δομής αυτής δεν ενδείκνυται για θέρμανση με μικροκύματα.
4. Δε διαθέτει την αντοχή και τη διάρκεια ζωής του σιδήρου.

4.3. Λευκοσίδηρος

Ο λευκοσίδηρος (τενεκές) είναι επικασσιτερωμένος σίδηρος και παράγεται στα χαλυβουργεία σε μορφή λεπτών φύλλων (0,14 mm-0,30 mm) ή ρολών. Ένα λεπτό στρώμα κασσίτερου τοποθετείται πάνω στο χάλυβα ηλεκτρολυτικά (αντιπροσωπεύει μόλις το 0,05 % του βάρους του) και προστατεύει το χάλυβα και το προϊόν από διάβρωση. Η διαδικασία αυτή λέγεται επικασσιτέρωση. Το βάρος της επικασσιτέρωσης μπορεί να είναι το ίδιο σε κάθε πλευρά του φύλλου ή διαφορετικό και να κυμαίνεται από 2,8 g/m² μέχρι 11,2 g/m², ανάλογα με τις απαιτήσεις του προϊόντος. (Τα διαβρωτικά προϊόντα απαιτούν μεγαλύτερο βάρος επικασσιτέρωσης σε σχέση με τα λιγότερο διαβρωτικά).

Παρόλο που η πρώτη χρήση του λευκοσιδήρου χρονολογείται από το 1812 για την κατασκευή κονσερβών, συνεχίζει ακόμα και σήμερα το ίδιο υλικό να κατέχει σημαντική θέση στη συσκευασία τροφίμων.

4.3.1. Λευκοσίδηρος και Τρόφιμα

Ο λευκοσίδηρος αποτελεί το περισσότερο διαδεδομένο υλικό για την κατασκευή κονσερβών και λιγότερο για τη συσκευασία χυμών και αναψυκτικών. Συγκεκριμένα από λευκοσίδηρο παρασκευάζονται διάφοροι τύποι κουτιών όπως τα κουτιά τριών τεμαχίων,

* TIG: Συγκόλληση με αδρανές αέριο και ηλεκτρόδιο βολφραμίου, MIG: Συγκόλληση με αδρανές ή κατάλληλο δραστικό αέριο και με ηλεκτρόδιο που καταναλώνεται). Για το λόγο αυτό δεν ενδείκνυται για την κατασκευή όλων των ειδών κονσερβας.

κουτιά δύο τεμαχίων και κουτιά γενικής χρήσης. Τα κουτιά τριών τεμαχίων έχουν κυλινδρικό σχήμα ή παραλληλεπίπεδο και αποτελούνται από τρία κομμάτια: το κυλινδρικό (ή παραλληλεπίπεδο) μέρος που λέγεται "κορμός" και τα δυο "άκρα" (καπάκια).

Το γεγονός ότι ο λευκοσίδηρος είναι από τα υλικά τα οποία μπορούν να υποστούν παραμορφώσεις χωρίς να ραγίσουν και να σπάσουν οδήγησε την τεχνολογία στην κατασκευή κουτιών δύο τεμαχίων, αποφεύγοντας την πλάγια ραφή του κορμού. Δηλαδή ο κορμός και το ένα άκρο αποτελούν ένα τεμάχιο, στο οποίο τοποθετείται, μετά την πλήρωση των κουτιών, το ανεξάρτητο άκρο (καπάκι).

Τέλος τα δοχεία γενικής χρήσης, αν και έχουν κοινές κατασκευαστικές τεχνικές με τα δοχεία των τριών τεμαχίων, διαφέρουν στο ότι συνήθως δεν μπορούν να αποστειρωθούν και επιπλέον είναι δοχεία πολλαπλής χρήσης, με την έννοια ότι το περιεχόμενό τους είναι δυνατό να καταναλωθεί τμηματικά, επειδή υπάρχει δυνατότητα αφαίρεσης και επανατοποθέτησης του καλύμματος.

4.3.2. Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Λευκοσιδήρου

Ο λευκοσίδηρος εξακολουθεί να είναι ένα σύγχρονο υλικό συσκευασίας γιατί συνδυάζει χημικά, μηχανικά και οικονομικά πλεονεκτήματα.

1. Ο λευκοσίδηρος παρέχει ασφάλεια στο προϊόν και έχει καλή μηχανική αντοχή.
2. Στο εσωτερικό του κουτιού το στρώμα της επικασιτιέρωσης παρέχει προστασία στο σίδηρο, από τη διαβρωτικότητα του προϊόντος.
3. Ο λευκοσίδηρος λακκάρεται και λιθογραφείται εύκολα και είναι πιο φτηνός σε σχέση με άλλα υλικά συσκευασίας.
4. Ο λευκοσίδηρος μπορεί να γίνει κουτί με όλες τις κατασκευαστικές μεθόδους κυτιοποιίας.
5. Έχει καλή τιμή θερμικής αγωγιμότητας και εξασφαλίζει μεγάλη στεγανότητα στο προϊόν από υγρασία, φως κ.ά.
6. Μπορεί να μορφοποιηθεί και να συγκολληθεί με κασσιτεροκόλληση ή ηλεκτροσυγκόλληση.

Εκτός από τα πλεονεκτήματα που παρουσιάστηκαν παραπάνω ο λευκοσίδηρος παρουσιάζει και μερικά μειονεκτήματα:

1. Το μεγάλο ειδικό βάρος του ($7,85 \text{ gr/cm}^3$) [10].
2. Η ευαισθησία του στη θειούχο κηλίδωση (από τρόφιμα που περιέχουν θείο, όπως κρέας, λαχανικά).
3. Η δυσκολία στο άνοιγμα των κουτιών.
4. Η δημιουργία γαλβανικών στοιχείων διάβρωσης.

4.4. Επιχρωμωμένος Χάλυβας

Η συνεχώς αυξανόμενη τιμή του κασσίτερου οδήγησε προ εικοσαετίας περίπου τη χαλυβουργία στην ανάπτυξη επιχρωμωμένων φύλλων χάλυβα. Συγκεκριμένα πρώτοι οι Ιάπωνες παρουσίασαν τον επιχρωμωμένο χάλυβα ή χάλυβα χωρίς επικασιτιέρωση (Tin Free Steel).

Ο επιχρωμιωμένος χάλυβας (TFS), είναι φύλλο χάλυβα παρόμοιο με εκείνο που χρησιμοποιείται για το λευκοσίδηρο, το οποίο όμως έχει επικαλυφθεί με ηλεκτρολυτική εναπόθεση, με ένα λεπτότατο στρώμα οξειδίου του χρωμίου (CrO_3) και μεταλλικού χρωμίου (το βάρος του στρώματος μπορεί να φτάσει τα 100 mg/m^2 , σε κάθε πλευρά της επιφάνειας του φύλλου).

4.4.1. Επιχρωμιωμένος Χάλυβας και Τρόφιμα

Η χρήση του επιχρωμιωμένου χάλυβα (TFS) τα τελευταία χρόνια επεκτείνεται αλματώδως και το μέταλλο λαμβάνει μέρος σε πολλές εφαρμογές. Συγκεκριμένα το TFS χρησιμοποιείται για την κατασκευή άκρων ή δοχείων, τα οποία είναι μονοκόμματα και στερούνται ραφών (κουτιά δύο τεμαχίων) και για πόματα κουτιών τροφίμων και γενικής χρήσεως. Πριν από τη χρήση του στην κονσερβοποιία πρέπει οπωσδήποτε να λακαριστεί.

4.4.2. Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Επιχρωμιωμένου Χάλυβα (TFS)

Ο επιχρωμιωμένος χάλυβας παρουσιάζει τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

1. Ο TFS χαρακτηρίζεται από τη μεγάλη αντοχή του στη διάβρωση και την οξείδωση.
2. Αντέχει στη φωτιά και τις υψηλές θερμοκρασίες (αποστείρωση).
3. Θεωρείται σε μεγάλο βαθμό αδρανές υλικό το οποίο δεν αλληλεπιδρά με το τρόφιμο.
4. Έχει εύκολη κατασκευή και μεγάλη διάρκεια ζωής.
5. Ο TFS λακκάρεται και τυπώνεται όπως ακριβώς και ο λευκοσίδηρος.
6. Ο TFS είναι επίσης πιο φτηνό υλικό από το λευκοσίδηρο.

Ένα αρνητικό χαρακτηριστικό μειονέκτημα του TFS είναι ότι δεν μπορεί να συγκολληθεί στη ραφή του κουτιού με τις τεχνικές που χρησιμοποιούνται σήμερα (κασσιτεροκόλληση ή ηλεκτροσυγκόλληση). Έτσι, το υλικό αυτό χρησιμοποιείται είτε για κουτί δύο τεμαχίων (με χαμηλό ύψος) εξ' ολοκλήρου από TFS, είτε μόνο για καπάκια από TFS, τα οποία προσαρμόζονται σε κορμούς από λευκοσίδηρο. Πρέπει να αναφερθεί επίσης ότι το TFS παρουσιάζει πιο θαμπή εμφάνιση από το λευκοσίδηρο.



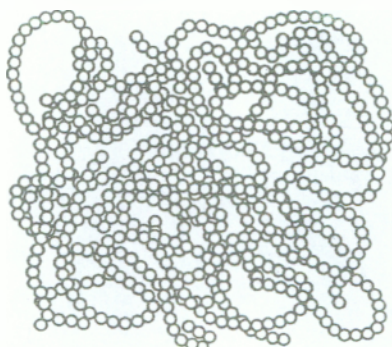
Εικόνα 6. Διάφορα είδη και μεγέθη μεταλλικών κουτιών

5. ΠΛΑΣΤΙΚΗ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ

5.1. Γενικά

Πριν από εκατό χρόνια δεν υπήρχαν. Σήμερα, μόνο στην Ευρώπη, παράγονται κάθε χρόνο πάνω από ογδόντα κιλιά πλαστικά ανά κάτοικο. Προκύπτουν από τη χημική επεξεργασία του πετρελαίου και αποτελούνται από μακριά μόρια, τα πολυμερή.

Η λέξη πολυμερές είναι σύνθετη: πολύς + μέρος. Πράγματι τα πολυμερή (polymers) είναι οργανικές ενώσεις, το μόριο των οποίων σχηματίζεται από την επανάληψη μιας ή περισσοτέρων 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) και ο αριθμός τους ποικίλει από 100 έως 100000 ανά αλυσίδα. 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.



Σχήμα 3. Αλυσίδα πολυμερούς, όπου οι δομικές μονάδες παρίστανται σε σφαίρες

Ο όρος πλαστικό (plastic) προέρχεται και αυτός από την ελληνική λέξη "πλαστικός" που σημαίνει "οτιδήποτε έχει την ικανότητα να πλάθεται", δηλαδή να μορφοποιείται εύκολα σε οποιοδήποτε σχήμα. Πριν χρόνια τα πλαστικά είχαν περιορισμένες ιδιότητες. Παραμορ-

φώνονταν εύκολα, ήταν αδιαφανή και κακοί αγωγοί τόσο της θερμότητας όσο και του ηλεκτρισμού. Σήμερα κατασκευάζονται πλαστικά ανθεκτικά, φωσφορίζοντα και αγωγιμα, οι εφαρμογές των οποίων είναι αμέτρητες, από τα κυκλώματα και τις τηλεοράσεις, έως τους πυραύλους και τα έργα τέχνης.

Μπορούμε να θεωρήσουμε ότι η επιστήμη των πολυμερών "γεννήθηκε" πραγματικά τη δεκαετία του '20, όταν ο γερμανός χημικός Hermann Staudinger (1881-1965) εισήγαγε για πρώτη φορά την έννοια του μακρομορίου. Μια θεώρηση που ερχόταν σε αντίθεση με την προγενέστερη εκδοχή του Naegeli περί "μεγαλομορίου" διαστάσεων κolloειδούς, το οποίο αποτελούσε άθροισμα μικρότερων μορίων συνδεδεμένων με ασθενείς δεσμούς ακαθόριστης φύσεως. Η θεωρία του Staudinger άρχισε να αποκτά υποστηρικτές στη δεκαετία του '30 και ο ίδιος βραβεύτηκε με το βραβείο Nobel για τη Χημεία το 1953 [1κ]. Ωστόσο, δε θα πρέπει να υποτιμηθεί η συμβολή κι άλλων μελετητών, όπως του Ανρί-Βικτόρ Ρενό, ο οποίος πολύ νωρίτερα και μόλις το 1838 ανακάλυψε το χλωριούχο βινύλιο, το οποίο τελειοποίησε ο Φριτς Κλάτε κατασκευάζοντας το 1912 το PVC, υλικό ανθεκτικό στο νερό και στη φωτιά. Την ίδια εποχή ο Τσαρλς Γκουντγιάρ ανακάλυψε τη μέθοδο επεξεργασίας του καουτσούκ με θείο.

5.2. Ιδιότητες Πλαστικών

Κάθε δευτερόλεπτο παράγονται σ' ολόκληρη την Ευρώπη δεκάδες τόνοι πλαστικών υλών. Οι τομείς στους οποίους χρησιμοποιούνται είναι απεριόριστοι, συσκευάζουν τα κάθε λογής προϊόντα, προφυλάσσουν τα τρόφιμα, ντύνουν τον άνθρωπο και γενικότερα είναι το υλικό από το οποίο κατασκευάζονται αντικείμενα πολύτιμα στην καθημερινή μας ζωή τα οποία όταν εκπληρώσουν το σκοπό τους πετιούνται.

Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις της A.P.M.E., Association of Plastic Manufacturers in Europe (Ενώσης Κατασκευαστών Πλαστικών Ευρώπης), το 1999 παρήχθησαν από τις βιομηχανίες της 33.575.000 τόνοι πλαστικές ύλες, δηλαδή 83,9 κιλά ανά κάτοικο. Στην Ευρώπη η βιομηχανία πλαστικών απασχολεί στο σύνολό της περισσότερους από ένα εκατομμύριο εργαζομένους, έχει τζίρο που ξεπερνά τα 100 δις ευρώ και είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την παραγωγή υλικών συσκευασίας τροφίμων. Αναφέρεται ότι στη χώρα μας στον τομέα της συσκευασίας τα πλαστικά συμμετέχουν σε ποσοστό μεγαλύτερο από 20% στο σύνολο των υλικών συσκευασίας. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο σχετικά χαμηλό κόστος παραγωγής τους σε σχέση με άλλα υλικά συσκευασίας και στις πολλαπλές ιδιότητες που έχουν.

Τα παραπάνω νούμερα είναι αρκετά για να δικαιολογήσουν την αύξηση στη ζήτηση των πλαστικών με αποτέλεσμα αυτά σήμερα να έχουν διεισδύσει σε πολλούς τομείς της συσκευασίας τροφίμων, εκτοπίζοντας τα μέχρι τώρα παραδοσιακά υλικά συσκευασίας όπως το γυαλί και το χαρτί. Οι σπουδαιότερες ιδιότητες - πλεονεκτήματα των πλαστικών είναι οι εξής:

Πυκνότητα πλαστικών. Τα πλαστικά υλικά είναι ελαφρά, δηλαδή έχουν χαμηλή πυκνότητα, γεγονός που οφείλεται κατά κύριο λόγο στα μικρά ατομικά βάρη των στοιχείων H_2 και C , που συνθέτουν κυρίως τις μακρομοριακές αλυσίδες τους. Η ιδιότητά τους αυτή εκτιμάται σε μεγάλο βαθμό από το καταναλωτικό κοινό, το οποίο δείχνει να προτιμά τις πλαστικές συσκευασίες όταν κριτήριο αποτελεί το βάρος. Π.χ. η προτίμηση του καταναλωτικού κοινού στις πλαστικές συσκευασίες αναψυκτικών αντί των γυάλινων. Ως συνέπεια του χαμηλού βάρους των περιεκτών είναι το χαμηλό κόστος μεταφοράς άρα και εμπορίας τους.

Ευκολία μορφοποίησης. Τα πλαστικά είναι εξαιρετικά εύπλαστα. Μορφοποιούνται πολύ εύκολα και δίνουν τη δυνατότητα παραγωγής προϊόντων πολύπλοκης γεωμετρίας και διαφόρων σχημάτων με μικρή κατανάλωση ενέργειας. Το κοινό στοιχείο όλων αυτών των κατασκευών είναι η μικροσκοπική τους δομή, το ότι δηλαδή αποτελούνται από τα πολυμερή.

Τα πολυμερή αλληλοδιαπλέκονται όπως τα "μακαρόνια". Αν το υλικό παραμορφωθεί, τα πολυμερή ρέουν και στοιβάζονται το ένα πάνω στο άλλο για να προσαρμοστούν στη νέα κατάσταση. Έτσι εξηγείται και το ότι είναι εύπλαστα. Το υλικό παραμένει παραμορφωμένο ακόμα κι όταν πάψει να ασκείται η εξωτερική παραμορφωτική δύναμη. Το αντικείμενο δε σπάει όπως ένας κρύσταλλος και δεν επανέρχεται στο αρχικό του σχήμα όπως ένα ελαστικό. Η ιδιότητα αυτή των πλαστικών, αποτελεί έναν από τους κύριους λόγους της μεγάλης αύξησης της χρήσης αυτών ως υλικά για τη συσκευασία τροφίμων.

Ικανότητα θερμοσυγκόλλησης. Με τον όρο θερμοσυγκόλληση εννοούμε την ιδιότητα που έχουν τα πλαστικά σώματα, ύστερα από θέρμανση και εν συνεχεία τήξη αυτών, συμπιέζοντάς τα μέχρις ότου συνενωθούν σε ενιαίο σώμα, να στερεοποιούνται μετά από την ψύξη τους δημιουργώντας ένα νέο. Η ιδιότητα αυτή των πλαστικών έδωσε λύση στο πρόβλημα κλεισίματος ενός περιέκτη. Εφαρμόζοντας τη θερμοσυγκόλληση στα δύο άκρα του πλαστικού και εύκαμπτου περιέκτη εξασφαλίζουμε ένα πολύ καλό κλείσιμο της συσκευασίας που μας ενδιαφέρει. Αντίθετα υλικά συσκευασίας τα οποία δεν μαλακώνουν με τη θέρμανση, όπως το χαρτί ή μαλακώνουν σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες, όπως το αλουμινόχαρτο, θα πρέπει να επικαλυφθούν με συγκολλητική ουσία προκειμένου να εξασφαλιστεί επαρκής θερμοσυγκόλληση.

Θερμική αγωγιμότητα. Η θερμική αγωγιμότητα των πολυμερών είναι πολύ μικρή λόγω της απουσίας διεγερμένων ηλεκτρονίων στη δομή τους. Για το λόγο αυτό, τα πολυμερή βρίσκουν εφαρμογές και ως θερμομονωτικά υλικά όταν η θερμοκρασία αποτελεί παράγοντα υποβάθμισης της ποιότητας του προϊόντος.

Απουσία θραυσμάτων κατά τη θραύση τους. Το γεγονός ότι μια γυάλινη συσκευασία ύστερα από μια ισχυρή πίεση – καταπόνηση, σπάζοντας θα θρυμματιστεί σε μικρά και αιχμηρά κομμάτια, καθιστά ασφαλέστερη λύση τα πλαστικά υλικά (εξετάζοντας αυτή την περίπτωση μεμονωμένα). Τα αιχμηρά θραύσματα του γυαλιού είναι άκρως επικίνδυνα για την υγεία του καταναλωτή ειδικά εάν αυτά εισέλθουν στο πεπτικό σύστημα.

Εξίσου επικίνδυνες μπορούν να γίνουν επίσης και οι μεταλλικές συσκευασίες μετά τη θραύση τους ή το άνοιγμά τους και εύκολα μπορούν να προκαλέσουν τραυματισμό στον καταναλωτή. Αντίθετα οι πλαστικοί περιέκτες και οι δύσκαμπτες πλαστικές συσκευασίες ακόμα και μετά την θραύση τους δεν προκαλούν τραυματισμό στον καταναλωτή.

Εύρος θερμοκρασιών επεξεργασίας. Η μεγάλη ποικιλία των πλαστικών υλικών μας δίνει τη δυνατότητα εφαρμογής ενός εξίσου μεγάλου εύρους θερμοκρασιών, όπου τα πλαστικά υλικά μπορούν να ανταποκριθούν. Συγκεκριμένα, τα πλαστικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τη συντήρηση στην κατάψυξη (-20°C) ή και στη βαθιά κατάψυξη (-40°C) μέχρι και τη θέρμανση σε φούρνο μικροκυμάτων (100°C) ή και αποστείρωση (121°C).

Συνδυασμός πλαστικού και μετάλλου. Είναι συνηθισμένη πλέον η εικόνα μιας πλαστικής μεμβράνης συνδυασμένης με λεπτό στρώμα αλουμινίου. Το αποτέλεσμα ονομάζεται "μεταλλιζέ μεμβράνη" και χαρακτηρίζεται για την εμφάνιση της και τις στεγανοποιητικές της ιδιότητες.

Αντοχή πλαστικών στις περιβαλλοντικές συνθήκες. Ένα ακόμα προτέρημα των πλαστικών υλικών είναι και η δυνατότητά τους να αντιστέκονται στις μεταβολές των συνθηκών του περιβάλλοντος. Το πλαστικό όπως και το γυαλί, δε μουχλιάζει όταν παραμείνει για μεγάλο χρονικό διάστημα σε περιβάλλον σχετικά μεγάλης υγρασίας, δε διαβρέχεται και δεν καταστρέφεται από την επαφή του με το νερό. Επίσης δεν οξειδώνεται και δε διαβρώνεται όπως τα μεταλλικά υλικά μετά την επαφή τους με τρόφιμα όπως το τουρσί, το ξύδι και τα παστά προϊόντα.

Ικανότητα χρωματισμού και εκτόπωσης. Σχετικά με τη δυνατότητα χρωματισμού ή διαφάνειας, το εύρος των δυνατοτήτων επιλογής είναι αρκετά μεγάλο. Συγκεκριμένα τα πλαστικά υλικά μπορούν να είναι τελείως διαυγή έως και έντονα χρωματισμένα. Το γεγονός αυτό δίνει τη δυνατότητα κατασκευής συσκευασιών στις οποίες ο καταναλωτής θα μπορεί να δει το προϊόν χωρίς να ανοίξει τη συσκευασία και να γνωρίζει για την εμφάνιση και την ποιότητά του πριν το αγοράσει. Στην άλλη περίπτωση με την προσθήκη διάφορων χρωστικών ουσιών κατά την επεξεργασία των υλικών παράγονται συσκευασίες σε διάφορα χρώματα, οι οποίες προστατεύουν το ευαίσθητο προϊόν από το φως και την υπεριώδη ακτινοβολία αλλά και λειτουργούν σαν μέσα έλξης για τον καταναλωτή. Τέλος, τα πλαστικά ύστερα από κατάλληλη επεξεργασία μπορούν να εκτυπωθούν όπως ακριβώς και το χαρτί.

Δυνατότητα τεντώματος και διόγκωσης. Πολλές πλαστικές μεμβράνες έχουν την ικανότητα να τεντώνουν, αυξάνοντας αρκετά το μέγεθός τους και να χρησιμοποιούνται στην περιτύλιξη τροφίμων ή και συσκευασιών που περιέχουν τρόφιμα. Εξίσου σημαντική είναι και η ικανότητα διόγκωσης και μετατροπής σε αφρώδες υλικό μερικών πλαστικών, η οποία τους δίνει τη δυνατότητα να μονώσουν και να προστατέψουν το προϊόν.

5.3. Πλαστικά και Συσκευασία Τροφίμων:

Τα πλαστικά χρησιμοποιούνται σε μεγάλο βαθμό στη συσκευασία τροφίμων όπως προαναφέραμε και μάλιστα επεκτείνονται συνεχώς. Χρησιμοποιούνται για την κατασκευή δίσκων, καλυμμάτων καθώς και φιαλών ή βάζων.

Δίσκοι: Οι δίσκοι από PVC χρησιμοποιούνται στη συσκευασία φρέσκου κρέατος, κρεατοσκευασμάτων καθώς και σοκολάτας.

Καλύμματα: Οι δίσκοι, οι οποίοι συνήθως περιέχουν κρέας, φρούτα ή λαχανικά, καλύπτονται με ένα κατάλληλο πλαστικό κάλυμμα, το φιλμ. Οι κάδοι και τα κύπελλα επίσης καλύπτονται με ένα θερμοσυγκολλούμενο πλαστικό κάλυμμα ή με ένα κουμπωτό καπάκι ή συνδυασμό των δύο (θερμοσυγκολλούμενο φιλμ και κουμπωτό καπάκι).

Φιάλες και βάζα: Οι πλαστικές φιάλες χρησιμοποιούνται στη συσκευασία βρώσιμων λαδιών, ανθρακούχων αναψυκτικών και αρωματικών υλών (κέτσαπ, μουστάρδα, αλάτι, ξύδι, μαγιονέζα κ.λπ.). Τα πλαστικά βάζα γενικά δεν χρησιμοποιούνται τόσο πολύ στη συσκευασία τροφίμων όσο οι φιάλες που προαναφέραμε.

5.4. Πλαστικά και Περιβάλλον

Το βασικό μειονέκτημα των πλαστικών υλικών ξεκινάει από την εκτεταμένη χρήση τους σε προϊόντα μιας χρήσης και της πολύ αργής αποδόμησής τους, με αποτέλεσμα να αποτελούν ένα από τα βασικά συστατικά ρύπανσης του φυσικού περιβάλλοντος. Βέβαια δεν είναι όλα τα πλαστικά το ίδιο επιβλαβή για το περιβάλλον. Κάποια από αυτά, λόγω του τρόπου

παραγωγής τους, είναι ιδιαίτερα επιβλαβή για τη φύση και τον άνθρωπο και συνεπώς θα πρέπει να τα αποφεύγουμε στις αγορές μας. Το PVC είναι αναμφίβολα το πιο επικίνδυνο, πλαστικό. Πολλές από τις ενώσεις που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή του PVC είναι τοξικές. Τα μπουκάλια από PVC που καίγονται ανεξέλεγκτα στις χωματερές αποτελούν τη σημαντικότερη αιτία για την έκλυση στο περιβάλλον διοξινών που είναι πολύ επικίνδυνα αέρια για την ανθρώπινη υγεία.

Το μεγαλύτερο πρόβλημα στην ανακύκλωση των πλαστικών είναι η ποικιλία τους και η δυσκολία αξιοποίησή τους, αν δεν προηγηθεί ένα δαπανηρό στάδιο διαχωρισμού. Μετά το διαχωρισμό τους μπορούν να αξιοποιηθούν:

1. Για την κατασκευή προϊόντων με παραπλήσιες ιδιότητες με τα παρθένα υλικά.
2. Για την κατασκευή προϊόντων με ιδιότητες κατώτερες των παρθένων υλικών.
3. Ως καύσιμο για την παραγωγή θερμότητας.
4. Για την παραγωγή οργανικών ενώσεων με πυρόλυση και χημική ανακύκλωση.
5. Ως εδαφοβελτιωτικά σε γεωργικές εκμεταλλεύσεις.

Από όλα τα πλαστικά το φιλικότερο στο περιβάλλον είναι ο θερμοπλαστικός πολυεστέρας (PET) λόγω της καθαρότητας του υλικού του, της μηδενικής διαπίδυσης ουσιών από το περιεχόμενο στον περιέκτη και αντίστροφα, του ενεργειακού κέρδους και της μεγαλύτερης ευκολίας ανακύκλωσης. Σήμερα υπάρχει η τεχνολογία παραγωγής PET πολλαπλών χρήσεων για μπουκάλια. Οι συσκευασίες μπορούν μετά την πρώτη τους χρήση να γίνουν ξανά μπουκάλια, αφού η καθαρότητα του υλικού εγγυάται ένα προϊόν που θα έχει την ίδια και όχι υποβαθμισμένη χρήση. Η λειτουργία μιας μονάδας ανακύκλωσης πλαστικών PET απαιτεί μια ελάχιστη ποσότητα 6.000 τόνων PET το χρόνο.

6. ΑΣΗΠΤΙΚΗ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ

6.1. Εισαγωγή

Ως ασηπτική συσκευασία έχει οριστεί η αποστείρωση του υλικού συσκευασίας ή περιέκτη, η πλήρωση του εμπορικά αποστειρωμένου προϊόντος σε αποστειρωμένο περιβάλλον και η παραγωγή περιεκτών, οι οποίοι είναι αρκετά στεγανοί για να αποτρέψουν πιθανή επιμόλυνση, δηλαδή είναι ερμητικά κλεισμένοι [7β]. Ο όρος "ασηπτική" προέρχεται από το ελληνικό ρήμα "σήπω" και εννοεί την απουσία ή την παρεμπόδιση εισόδου βακτηρίων στο προϊόν που συσκευάζεται κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες μέσα σε ένα προαποστειρωμένο περιέκτη.

Κατά συνέπεια τα στάδια για ένα ασηπτικό προϊόν είναι:

1. Αποστείρωση του προϊόντος πριν το γέμισμα.
2. Αποστείρωση των υλικών συσκευασίας ή των περιεκτών καθώς και των πωμάτων πριν το γέμισμα.
3. Αποστείρωση του εξοπλισμού πλήρωσης.
4. Αποστείρωση όλων των μέσων που εμπλέκονται στο σύστημα, όπως αέρια, νερό κ.ά.
5. Παραγωγή ερμητικά κλεισμένων πακέτων.

Η ολοκληρωμένη διεργασία συχνά αναφέρεται ως ασηπτική επεξεργασία ή ασηπτική τεχνολογία. Αποτελεί μία μέθοδο διατήρησης προϊόντων - τροφίμων για μεγάλο χρονικό διάστημα και μπορεί να χρησιμοποιηθεί εναλλακτικά της συμβατικής κονσερβοποίησης, κατά την οποία οι περιέκτες γεμίζουν με προϊόν και μετά αποστειρώνονται και ψύχονται. Η ασηπτική συσκευασία έχει βρει σήμερα ευρεία εφαρμογή σε τρόφιμα, όπως στα γαλακτοκομικά προϊόντα και στους χυμούς φρούτων και έχει μεγάλη απήχηση στο καταναλωτικό κοινό, λόγω των πλεονεκτημάτων που συγκεντρώνει.

Συγκεκριμένα τα πλεονεκτήματα της ασηπτικής συσκευασίας είναι:

1. Η υψηλή ποιότητα των προϊόντων μέσω της ελάχιστης θερμικής επιβάρυνσης των τροφίμων (συγκριτικά με την αποστείρωση της κονσερβοποίησης).
2. Η υψηλή ποιότητα φρέσκων και παστεριωμένων προϊόντων, χωρίς ψύξη.
3. Το χαμηλό ενεργειακό κόστος.
4. Η μείωση κόστους μεταφοράς και αποθήκευσης προϊόντων.
5. Η μείωση κόστους παραγωγής και υλικών συσκευασίας.

6.2. Ασηπτική Συσκευασία και Τρόφιμα

Η ασηπτική επεξεργασία και συσκευασία εφαρμόζεται σε προϊόντα υγρά, παχύρρευστα ή προϊόντα σε μικρά κομμάτια. Επίσης χρησιμοποιείται σε προϊόντα θερμοευαίσθητα γιατί η θέρμανση διαρκεί πολύ μικρό χρονικό διάστημα, με αποτέλεσμα να μην υποβαθμίζει ποιοτικά το προϊόν. Έτσι εφαρμόζεται στο γάλα και στα γαλακτοκομικά προϊόντα, στους χυμούς φρούτων και λαχανικών, στα επιδόρπια, στις σούπες, στο κρασί κ.ά.

Σήμερα σε βιομηχανική κλίμακα υπάρχει μεγάλο εύρος και ποικιλία συστημάτων συσκευασίας που περιλαμβάνουν: άκαμπτους, εύκαμπτους και ημιάκαμπτους περιέκτες. Πιο συγκεκριμένα:

Άκαμπτος (rigid), ορίζεται ο στεγανοποιημένος περιέκτης του οποίου τόσο το σχήμα όσο και η περιφέρεια δεν επηρεάζονται από το περιεχόμενο προϊόν και δεν παραμορφώνονται από εξωτερικές μηχανικές πιέσεις τάξης μεγαλύτερης των 70kPa [7γ].

Ημιάκαμπτος (semirigid), ορίζεται ο στεγανοποιημένος περιέκτης του οποίου το σχήμα και η περιφέρεια δεν επηρεάζονται από το περιεχόμενο προϊόν κάτω από φυσιολογική ατμοσφαιρική θερμοκρασία και πίεση, αλλά μπορεί να μεταβληθεί από εξωτερική πίεση μικρότερη από 70 kPa.

Εύκαμπτος (flexible), ορίζεται ο στεγανοποιημένος περιέκτης, του οποίου το σχήμα και η περιφέρεια επηρεάζονται από το συσκευασμένο προϊόν.



Εικόνα 7. Ασηπτική συσκευασία (πλήρωση εν θερμώ)

6.3. Είδη Ασηπτικής Συσκευασίας

Τα σπουδαιότερα είδη ασηπτικής συσκευασίας για προϊόντα τροφίμων είναι η χάρτινη συσκευασία και τα πλαστικά κύπελλα, για τη λιανική πώληση, καθώς επίσης τα μεταλλικά βαρέλια και η bag-in-box συσκευασία οι οποίες διατίθενται για πολύ μεγαλύτερες ποσότητες προϊόντος.

6.3.1. Χάρτινη Ασηπτική Συσκευασία

Τα χάρτινα κουτιά ασηπτικής συσκευασίας αν και υπάγονται στην κατηγορία των διπλωτών χάρτινων κουτιών, όπως και έχουμε προαναφέρει (§ 2.4.), λόγω της ιδιαίτερης σημασίας και ενδιαφέροντος που παρουσιάζουν εξετάζονται χωριστά.

Η χάρτινη ασηπτική συσκευασία αποτελείται από ένα σύνολο μεμβρανών οι οποίες σωστά συνδυασμένες και με ή χωρίς τη χρήση φύλλου αλουμινίου δίνουν μεγάλες λύσεις στη συσκευασία τροφίμων. Το φύλλο αλουμινίου είναι προαιρετικό και χρησιμοποιείται εφόσον το τρόφιμο που πρόκειται να συσκευαστεί το απαιτεί για τη σωστή του συσκευασία και συντήρηση (π.χ. φυσικοί χυμοί φρούτων).

Η δομή μιας τυπικής χάρτινης συσκευασίας όπως φαίνεται και στην Εικόνα 7. αποτελείται από αρκετά στρώματα – φύλλα, τα οποία και έχουν διαφορετικούς ρόλους. Πιο συγκεκριμένα

Το εξωτερικό στρώμα πολυαιθυλενίου προστατεύει τα μελάνια που χρησιμοποιούνται για την τύπωση της εξωτερικής χάρτινης επιφάνειας και το ίδιο το χαρτόνι από την υγρασία του περιβάλλοντος. Σε αυτό το στρώμα επίσης βασίζεται η θερμοσυγκολλητική ικανότητα της συσκευασίας.

Το εξωτερικό στρώμα χαρτονιού, το οποίο έχει λευκανθεί, εκτός του ότι χρησιμεύει για την εκτύπωση των διάφορων συμβόλων και των πληροφοριών που δίνει η συσκευασία, προσδίδει μηχανική αντοχή, στερεότητα, καθώς και ευκολία κατά τη διαμόρφωση του σχήματος.

Το ενδιάμεσο στρώμα πολυαιθυλενίου είναι υπεύθυνο για τη σύνδεση του χαρτονιού με το φύλλο αλουμίνιο.

Το φύλλο αλουμινίου που ακολουθεί εξασφαλίζει στεγανότητα στη συσκευασία και στο προϊόν από την υγρασία και το οξυγόνο, παρέχει προστασία από το φως, έχει καλή θερμική και ηλεκτρική αγωγιμότητα και διευκολύνει τη θερμοσυγκόλληση.

Τέλος τα δύο εσωτερικά στρώματα πολυαιθυλενίου παρέχουν στεγανότητα στο χαρτόνι της συσκευασίας αποτρέποντας την επαφή του με το τρόφιμο.

6.3.2. Πλαστικά Κύπελλα

Τα πλαστικά κύπελλα που χρησιμοποιούνται στην ασηπτική συσκευασία διακρίνονται σε προκατασκευασμένα κύπελλα και σε κύπελλα τύπου form-fill-seal. Τα προκατασκευασμένα κύπελλα αποτελούν πλέον το δημοφιλέστερο περιέκτη ασηπτικής συσκευασίας. Τα κύπελλα αυτά κατασκευάζονται από πολυστυρόλιο μεγάλης αντοχής στην πρόσκρουση (HIPS) και πολυπροπυλένιο (PP) ή από πολυστρωματικές μεμβράνες που αποτελούνται εξωτερικά από πολυστυρόλιο μεγάλης αντοχής (HIPS), ενδιάμεσα στρώμα από πολυβινυλοχλωρίδιο/ πολυβινυλιδενοχλωρίδιο (PVC/PVDC) ή αίθυλενο-βινυλική αλκοόλη (EVOH) και εσωτερικά στρώμα από πολυαιθυλένιο χαμηλής πυκνότητας (LDPE) [1λ].

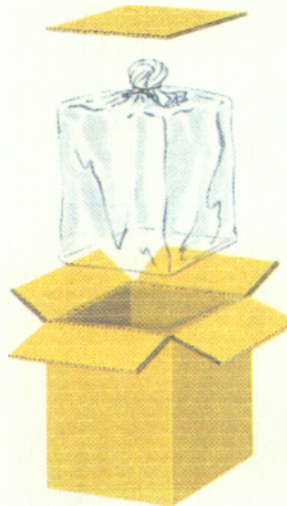
Τα κύπελλα τύπου form-fill-seal κατασκευάζονται συνήθως από πολυστυρόλιο (PS) επειδή μορφοποιείται εύκολα με θέρμανση. Κύπελλα τύπου form-fill-seal κατασκευάζονται επίσης από πολυστρωματικές μεμβράνες πολυπροπυλενίου/ πολυαιθυλενίου/ πολυβινυλοχλωρίδιο - πολυβινυλιδενοχλωρίδιο (PP/PE/PVC-PVDC), ενώ το κάλυμμα αποτελείται και αυτό από πολυστρωματική μεμβράνη [1μ].

6.3.3. Μεταλλικά Βαρέλια

Τα μεταλλικά βαρέλια (metal drums) χρησιμοποιούνται για την ασηπτική συσκευασία μεγάλων ποσοτήτων προϊόντος και είναι χωρητικότητας 200lt περίπου. Κατασκευάζονται από χάλυβα, ο οποίος εσωτερικά είναι καλυμμένος ηλεκτρολυτικά με κασσίτερο και οι ενώσεις των βαρελιών γίνονται με διπλή ραφή. Το είδος αυτό ασηπτικής συσκευασίας χρησιμοποιείται κυρίως για συμπυκνωμένους χυμούς φρούτων και για τη συσκευασία συμπυκνωμένου τοματοπολτού.

6.3.4. Συσκευασία Bag-in-Box

Η συσκευασία bag-in-box, όπως δηλώνει και το όνομά της, αποτελείται από μια "σακούλα" τοποθετημένη μέσα σε ένα "κουτί". Πιο συγκεκριμένα, το προϊόν εισάγεται μέσα σε μια προκατασκευασμένη πλαστική σακούλα (πολύφυλλες μεμβράνες PVC/PVDC), η οποία το προστατεύει από υγρασία και οξυγόνο και μετά ή και πριν το γέμισμά της τοποθετείται μέσα σε μεταλλικό βαρέλι ή κουτί από χαρτόνι. Το βαρέλι – κουτί την προστατεύει από μηχανικά αίτια, ρήξεις, φως κ.ά., διευκολύνοντας ταυτόχρονα και τη μεταφορά προϊόντος.



Εικόνα 8. Συσκευασία Bag-in-Box

II. ΣΚΟΠΟΣ

ΣΚΟΠΟΣ

Η παρούσα βιβλιογραφική εργασία ως σκοπό έχει να καταγράψει τους διάφορους τύπους υλικών συσκευασίας που χρησιμοποιούνται καθώς επίσης και τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα που παρουσιάζει ο κάθε τύπος υλικού.

Δίνονται οι διάφοροι τρόποι αλληλεπίδρασης μεταξύ των υλικών συσκευασίας και των προϊόντων (θετικές ή αρνητικές) και αναπτύσσονται σε συντομία οι μέθοδοι που εφαρμόζονται για τη μελέτη αυτών των αλληλεπιδράσεων.

Τέλος περιγράφονται δύο χαρακτηριστικά παραδείγματα από τη διεθνή βιβλιογραφία που αναφέρονται στη μετάβαση αλουμινίου σε όξινες σάλτσες και ουσιών προσροφημένων σε επαναχρησιμοποιούμενες φιάλες από PET.

III. ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΥΛΙΚΩΝ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

7. ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΥΛΙΚΩΝ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ

7.1. Βασικές Έννοιες

Είναι απόλυτα κατανοητό ότι όλα τα τρόφιμα, άλλα σε μεγάλο βαθμό και άλλα σε μικρότερο, με την πάροδο του χρόνου υποβαθμίζονται ποιοτικά και μάλιστα μετά από ένα χρονικό διάστημα γίνονται ακατάλληλα για κατανάλωση. Η διάρκεια ζωής για το κάθε προϊόν είναι ένα χαρακτηριστικό γνώρισμα μεγάλης σημασίας τόσο για τον πωλητή όσο και για τον καταναλωτή.

Ο κύριος στόχος της συσκευασίας, όπως έχει αναφερθεί, είναι να προστατεύει το προϊόν από τις ανεπιθύμητες αλληλεπιδράσεις του, με το περιβάλλον και ταυτόχρονα το ίδιο το υλικό συσκευασίας να μην αλληλεπιδρά με το προϊόν. Η ικανότητα κάθε υλικού συσκευασίας να αντεπεξέρχεται σε αυτές τις απαιτήσεις αποτελεί κριτήριο για την προτίμηση και τη χρησιμοποίησή του. Για το λόγο όμως, ότι καμιά συσκευασία δεν είναι απολύτως στεγανή και για το ότι αρκετά υλικά που χρησιμοποιούνται ακόμα και αυτή τη στιγμή, αλληλεπιδρούν με το προϊόν, θα πρέπει, παραγωγοί και καταναλωτές να είναι ιδιαίτερα προσεκτικοί με τις επιλογές τους τόσο στην επεξεργασία όσο και στην αγορά.

Με τον όρο, "αλληλεπίδραση" σε ό,τι αφορά τα υλικά συσκευασίας και το συσκευασμένο προϊόν, εννοούμε οποιαδήποτε μεταφορά ουσίας, κυρίως αερίων, ατμών, νερού και ενώσεων με χαμηλό μοριακό βάρος [1ν]:

1. Από το τρόφιμο, μέσω της συσκευασίας, στο περιβάλλον (egress permeation)
2. Από το περιβάλλον, μέσω της συσκευασίας, στο τρόφιμο (ingress permeation)
3. Από το τρόφιμο στη συσκευασία (scalping)
4. Από τη συσκευασία στο τρόφιμο (migration)

Όσον αφορά τις δύο πρώτες περιπτώσεις, όπως και προαναφέραμε συνδέονται άμεσα με τη στεγανότητα της συσκευασίας. Η τρίτη περίπτωση αλληλεπίδρασης και μετακίνησης ουσιών από το τρόφιμο προς τη συσκευασία, έχει σαν αποτέλεσμα, την απώλεια επιθυμητών συστατικών από το τρόφιμο και την ποιοτική του υποβάθμιση. Η τελευταία περίπτωση και περισσότερο σημαντική, αναφέρεται στη μεταφορά ουσιών από τη συσκευασία στο τρόφιμο, ή αλλιώς "μετανάστευση".

Πιο συγκεκριμένα με τον όρο μετανάστευση (migration), εννοούμε τη μεταφορά συστατικών, χαμηλού μοριακού βάρους, από το υλικό κατασκευής του περιέκτη στο περιεχόμενο προϊόν [5α]. Το σύνολο των ουσιών που μεταναστεύουν από τον περιέκτη στο

συσκευασμένο τρόφιμο, ανεξάρτητα από το κατά πόσο παρουσιάζουν τοξικολογικό ενδιαφέρον ή έχουν πραγματικά επίδραση στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του τροφίμου, ορίζεται ως ολική μετανάστευση (overall, total or global migration). Αντίθετα, η μετανάστευση κάθε ουσίας χωριστά ορίζεται ως ειδική μετανάστευση (specific migration) [78].

Τα συστατικά τα οποία "μεταναστεύουν" μπορεί να είναι ακίνδυνα, ή να αλλοιώσουν την ποιότητα του περιεχομένου ή ακόμη και να το καταστήσουν επικίνδυνο για την υγεία του καταναλωτή. Εξαιρέση στην όλη αρνητική πλευρά της "μετανάστευσης", αποτελεί η θετική επίδραση από τα ξύλινα βαρέλια στο κόκκινο κρασί και το ουίσκι, όπως και κάποια είδη συσκευασιών (τροποποιημένης ατμόσφαιράς και ενεργός συσκευασία), στα συσκευασμένα προϊόντα, όπου θα αναφερθούν παρακάτω.

7.2. Τύποι Μετανάστευσης

Ο τύπος της μετανάστευσης, που ακολουθεί μια ουσία για να φτάσει στο προϊόν εξαρτάται, από τη φύση του συσκευασμένου τροφίμου και έχει βρεθεί ότι μπορεί να συμβεί με τέσσερις διαφορετικούς τρόπους:

- Το τρόφιμο βρίσκεται σε στερεά/ συμπαγή μορφή και η μεταναστεύουσα ουσία αρχικά εκροφάται από την εσωτερική επιφάνεια του περιέκτη, εξατμίζεται και στη συνέχεια προσροφάται από το τρόφιμο. Πρόσφατη μελέτη, έδειξε ότι μοριακό βάρος της τάξης των 250 αποτελεί το όριο μεταξύ ενώσεων που είναι σε θέση και ενώσεων που δεν μπορούν να επιμολύνουν τα τρόφιμα με αυτόν τον μηχανισμό.
- Το τρόφιμο βρίσκεται σε υγρή μορφή και η ουσία διαχέεται σε αυτό, λόγω της διαλυτότητας που παρουσιάζει (π.χ. ακρυλονιτρίλιο στο νερό) και λόγω της ανατάραξης που υφίσταται από τις δονήσεις κατά τη μεταφορά του.
- Ο μηχανισμός του τρίτου τύπου μετανάστευσης είναι σχεδόν ίδιος με τον προηγούμενο, με τη μόνη διαφορά ότι σε αυτή την περίπτωση, προηγείται η διείσδυση του προϊόντος στο υλικό συσκευασίας (π.χ. το λιπόφιλο τρόφιμο διεισδύει στο υλικό και συμπαρασύρει τις υποψήφιες για μετανάστευση ενώσεις). Μερικές φορές παρατηρείται και ελαφρά διόγκωση του περιέκτη η οποία είναι και ανάλογη της μετανάστευσης.
- Το τρόφιμο βρίσκεται σε υγρή μορφή και η μεταναστεύουσα ουσία που είναι σχεδόν αδιάλυτη σε αυτό, συσσωρεύεται στη διεπιφάνεια τροφίμου περιέκτη (επιφάνεια πλήρωσης του προϊόντος). Η μετανάστευση σε αυτή την περίπτωση γίνεται με πολύ αργό ρυθμό με αντιπροσωπευτικό παράδειγμα τις λιπόφιλες ενώσεις που μεταναστεύουν σε υδαρή τρόφιμα ή και τις υδρόφιλες ενώσεις, που μεταναστεύουν σε λιπαρά τρόφιμα.

Φυσικά θα πρέπει να επισημανθεί ότι οι παραπάνω περιπτώσεις δεν αποτελούν στεγανούς και απόλυτους τύπους μετανάστευσης αφού μπορεί να παρατηρηθούν και άλλες ενδιάμεσες περιπτώσεις ή υποπεριπτώσεις με συνδυασμούς των παραπάνω.

7.3. Παράγοντες που Επηρεάζουν τη Μετανάστευση

Οι σπουδαιότεροι παράγοντες που επηρεάζουν τη μετανάστευση ουσιών από τα υλικά συσκευασίας στο τρόφιμο, είναι οι:

Μοριακό βάρος της μεταναστεύουσας ένωσης. Οι ενώσεις με μοριακό βάρος

μικρότερο από 250-300 στις οποίες περιλαμβάνεται η πλειοψηφία των συνήθων μονομερών καθώς και κάποια πρόσθετα, αποτελούν ενώσεις πολύ πτητικές και με πολύ υψηλές σταθερές διάχυσης στο πολυμερές. Οι ενώσεις με μοριακό βάρος 300 έως 1200 περιλαμβάνουν, ορισμένα μονομερή, συνήθη πρόσθετα καθώς και κάποια προϊόντα αποικοδόμησης. Ο βαθμός της μετανάστευσης των ενώσεων αυτών εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την φύση του τροφίμου, (υγρό, στερεό, παχύρρευστο) με το οποίο έρχονται σε επαφή [7ε]. Και τέλος οι ενώσεις με μοριακό βάρος μεγαλύτερο από 1200 όπως κάποια oligομερή και πρόσθετα, για τις οποίες η μετανάστευση θεωρείται πολύ περιορισμένη.

Χρόνος επαφής. Στα πλαίσια πειραματικών μελετών έχει βρεθεί ότι η μετανάστευση μιας ουσίας είναι ανάλογη με την τετραγωνική ρίζα του χρόνου επαφής του υλικού συσκευασίας με το τρόφιμο [1ξ].

Επιφάνεια επαφής. Η μετανάστευση είναι ανάλογη προς την επιφάνεια επαφής του υλικού συσκευασίας με το προϊόν. Για το λόγο αυτό, ο περιέκτης με τη μικρότερη επιφάνεια επαφής θα παρουσιάζει και τα μικρότερα ποσοστά μετανάστευσης ουσιών στο τρόφιμο.

Δομή του μορίου της μεταναστεύουσας ουσίας. Η μοριακή δομή της μεταναστεύουσας ουσίας, επηρεάζει την σταθερά διάχυσης. Τα ευθύγραμμα μόρια διαχέονται ταχύτερα στα πολυμερή από ότι τα σφαιρικά και αυτά με τις πλευρικές αλυσίδες και καταλαμβάνουν και τον αντίστοιχο όγκο στον χώρο.

Φύση του τροφίμου. Η μετανάστευση αυξάνεται κατά πολύ στην περίπτωση που το τρόφιμο έχει την ικανότητα να διαλυτοποιεί τις υποψήφιες για μετανάστευση ουσίες. (ειδικά για πολυμερή).

Θερμοκρασία. Η αύξηση της θερμοκρασίας προκαλεί αύξηση στο ρυθμό της μετανάστευσης. Συγκεκριμένα ο λογάριθμος της μετανάστευσης είναι ανάλογος με το αντίστροφο της απόλυτης θερμοκρασίας [7στ].

Συγκέντρωση της ουσίας. Η μετανάστευση μιας ουσίας στο συσκευασμένο προϊόν είναι ανάλογη προς την αρχική συγκέντρωσή της στο πολυμερές.

7.4. Νομοθεσία και Μετανάστευση Υλικών Συσκευασίας στα Τρόφιμα.

Πρώτες οι γερμανικές και οι ιταλικές αρχές, για την Ευρώπη, ακολούθησαν τους κανονισμούς που θέσπισε ο οργανισμός τροφίμων και φαρμάκων των Η.Π.Α. (Food and Drug Administration - FDA) [7ζ] σχετικά με τα πλαστικά και τα μέταλλα που πρόκειται να έρθουν σε άμεση επαφή με τα τρόφιμα. Οι κανονισμοί αυτοί σχεδιάστηκαν με σκοπό τη μείωση των ποσοστών των ουσιών που μεταναστεύουν από τα υλικά συσκευασίας (κυρίως πλαστικά και μέταλλα), στα τρόφιμα και για να αντιμετωπίσουν τους τυχόν κινδύνους για την υγεία των καταναλωτών. Η νομοθεσία που καθορίζει τις προϋποθέσεις για τα υλικά αυτά, ήταν διαφορετική στην κάθε ευρωπαϊκή χώρα.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση προκειμένου να ενοποιήσει όλους τους κανονισμούς που κάθε κράτος ακολουθούσε, προέβη στη θέσπιση διατάξεων, με στόχο την εναρμόνιση των εθνικών νομοθεσιών. Έτσι η Ε.Ε. εξέδωσε οδηγίες οι οποίες εκτός των άλλων περιέχουν:

1. Κατάλογο επιτρεπόμενων ουσιών.
2. Πρότυπο καθαρότητάς τους.
3. Αναφορά στις συνθήκες χρησιμοποίησής τους.

4. Επιτρεπτά όρια μετανάστευσης των επιμέρους συστατικών του πολυμερούς στο τρόφιμο.
 5. Πρόνοια για προφύλαξη της υγείας από πιθανούς κινδύνους λόγω άμεσης επαφής με τα υλικά αυτά και διατάξεις για τον έλεγχό τους.
- Έτσι κάθε συσκευασία κατάλληλη για τρόφιμα φέρει το σήμα που ακολουθεί.



Εικόνα 9. Σήμα καταλληλότητας τροφίμων

Η ύπαρξή του είναι αρκετή και δε χρειάζεται να συνοδεύεται από οποιοδήποτε ερμηνευτικό κείμενο (π.χ. "Για τρόφιμα" κ.λπ.).

8. ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ – ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ

8.1. Γενικά

Αν και δεν υπάρχει μέχρι στιγμής απόδειξη ότι προκαλείται οριστική βλάβη στην ανθρώπινη υγεία εξ' αιτίας των ουσιών της μετανάστευσης, είναι γνωστό ότι όλες οι χημικές ουσίες είναι τοξικές όταν εισαχθούν στον οργανισμό σε ποσότητες πάνω από κάποιες κρίσιμες τιμές. Και σίγουρα δεν εισάγονται στον οργανισμό μας χημικές ουσίες που οφείλονται μόνο στη "μετανάστευση".

Οι ουσίες που μπορούν να μεταναστεύουν από τα υλικά συσκευασίας στα τρόφιμα, είναι κατά κύριο λόγο:

1. Βαρέα μέταλλα (κυρίως από τις κονσέρβες).
2. Μονομερή και πρόσθετα, όπως πλαστικοποιητές, χρωστικές, αλλά και υλικά που χρησιμοποιούνται στη συγκόλληση, επίχρωση, εκτύπωση (από τα πλαστικά φιλμ και τα laminates).

8.2. Μετανάστευση Βαρέων Μετάλλων στα Τρόφιμα

Οι ουσίες που μεταναστεύουν στα τρόφιμα από τους μεταλλικούς περιέκτες, είναι τα βαρέα μέταλλα και έχουν αρνητική επίδραση στην υγεία του καταναλωτή. Λόγο της αθροιστικής τους δράσης στο ανθρώπινο σώμα και της τοξικότητά τους, παρουσιάζουν μεγάλο ενδιαφέρον και ανησυχία για τις συνέπειες που μπορούν να επιφέρουν στον ανθρώπινο οργανισμό. Στα βαρέα μέταλλα, με τη σειρά μειωμένης τοξικότητας, ανήκουν το κάδμιο (Cd), ο μόλυβδος (Pb), ο υδράργυρος (Hg), το αρσενικό (As), ο χαλκός (Cu), το χρώμιο (Cr), το νικέλιο (Ni) και ο ψευδάργυρος (Zn). Από αυτά ο υδράργυρος είναι το μοναδικό που δεν έχει ανιχνευτεί σε συσκευασίες τροφίμων, άρα δεν υπάρχει και περίπτωση μετανάστευσης.

Κάδμιο. Το κάδμιο (Cd), είναι το τοξικότερο από τα βαρέα μέταλλα, διοχετεύεται εύκολα μέσω της τροφικής αλυσίδας στα νεφρά και το σπύκι του ανθρώπου και προκαλεί προβλήματα στον ανθρώπινο οργανισμό. Η ασθένεια itai-itai* που εμφανίσθηκε για πρώτη

* Εμφανίσθηκε στην Ιαπωνία και η αιτία της αποδόθηκε στην κατανάλωση ρυζιού, το οποίο είχε μολυνθεί με κάδμιο από νερό που είχε περάσει μέσα από περιοχές ορυχείων καδμίου. Η ασθένεια είναι επώδυνη και οφείλεται στην οστεομαλακία. Παρατηρούνται πολλαπλά κατάγματα και νεφρική δυσλειτουργία.

φορά στην Ιαπωνία στα τέλη της δεκαετίας του 1960 αποδόθηκε στη συσσώρευση καδμίου στον οργανισμό. Το κάδμιο βρίσκεται στα σμάλτα και στα βερνίκια που χρησιμοποιούνται στα κεραμικά και στους μεταλλικούς περιέκτες, καθώς επίσης και στα πλαστικά ως σταθεροποιητής. Λόγω της υψηλής τοξικότητάς του, έχουν θεσπισθεί προδιαγραφές και ανεκτά όρια μετανάστευσής του στα τρόφιμα από τα διάφορα κεραμικά και μεταλλικά αντικείμενα.

Μόλυβδος. Η μετανάστευση του μολύβδου (Pb) έχει απασχολήσει αρκετά γιατί το μέταλλο αυτό μπορούσε να εισαχθεί στον οργανισμό μέσω της τροφής από δοχεία λευκοσιδήρου των οποίων η ραφή είχε συγκολληθεί με κασσιτεροκόλληση. Τα τελευταία όμως χρόνια, η συγκόλληση της ραφής γίνεται με ηλεκτροσυγκόλληση κι έτσι έχει μειωθεί η συγκέντρωση μολύβδου στο κονσερβοποιημένο τρόφιμο. Ο μόλυβδος, όταν προσλαμβάνεται σε ποσότητες μεγαλύτερες από 1 mg/ ημέρα, προκαλεί ασθένεια, γνωστή ως μολυβδίαση*.

Υδράργυρος. Ο υδράργυρος (Hg) και τα στοιχεία του είναι εξαιρετικά τοξικά για τον άνθρωπο και το περιβάλλον. Μεγάλες ποσότητες μπορεί να αποβούν μοιραίες για τον ανθρώπινο οργανισμό, αλλά και πολύ μικρότερες, μπορούν να βλάψουν σοβαρά το νευρικό σύστημα. Ωστόσο, δεν απαντάτε στα υλικά συσκευασίας και η πρόσληψή του γίνεται απευθείας με τα τρόφιμα, κυρίως τα ιχθυηρά, με τη μορφή μεθυλυδραργύρου, περισσότερο επιβλαβή ένωση. Η μέγιστη επιτρεπόμενη συγκέντρωση υδραργύρου είναι 0,5 ppm, ενώ ο ξιφίας και ο τόνος συχνά περιέχουν 0,1-0,8 ppm υδραργύρου.

Αρσενικό. Το αρσενικό (As), προκαλεί οξεία και χρόνια δηλητηρίαση. Ανιχνεύεται κυρίως στις κονσέρβες λευκοσιδήρου σε ποσοστό μικρότερο από 0,05% και συνεπώς μπορεί να μεταφερθεί στα κονσερβοποιημένα τρόφιμα σε ποσότητες που δεν ξεπερνούν τα 0,4 ppm.

Χρώμιο. Το χρώμιο (Cr), απαντά στα χρώματα και τα μελάνια που χρησιμοποιούνται στις εκτυπώσεις των υλικών συσκευασίας, καθώς επίσης και σε πολύ μικρές ποσότητες στο λευκοσίδηρο και τον επιχρωμιωμένο χάλυβα. Η εξασθενής μορφή του χρωμίου προκαλεί βλάβες στο συκώτι και διαταραχές στο δέρμα, ενώ τα χρωμικά άλατα έχουν ενοχοποιηθεί και για καρκινογενέσεις.

8.3. Ανίχνευση Μεταλλικών Στοιχείων

Οι τεχνικές, Φασματοσκοπίας Ατομικής Απορρόφησης (Atomic Absorption Spectroscopy) και η Φλογοφωτομετρία ή Φασματοσκοπίας Ατομικής Εκπομπής (Atomic Emission Spectroscopy) αποτελούν σπουδαίες τεχνικές ποσοτικού προσδιορισμού των μεταλλικών και ημιμεταλλικών στοιχείων (γύρω στα 70 συνολικά) [11], περιλαμβανομένων και των παραπάνω. Η τεχνική της ατομικής απορρόφησης αναπτύχθηκε τα τελευταία χρόνια και είναι πολύ μεταγενέστερη της μεθόδου των φασμάτων εκπομπής σε φλόγα ή φλογοφωτομετρία η οποία χρονολογείται από το 1930 [12]. Η εξέλιξη και τελειοποίηση της πρώτης οφείλεται κυρίως στις εργασίες του Walsh και των συνεργατών του στην Αυστραλία [12α]. Και οι δυο τεχνικές χαρακτηρίζονται για τη μεγάλη ευαισθησία τους, προσδιορίζοντας συγκεντρώσεις της τάξης λίγων ppm ή και μικρότερες και για την απλή διαδικασία των αναλύσεών τους. Ως εκ τούτου οι μέθοδοι αυτές βρίσκουν μεγάλη εφαρμογή στον ποσοτικό

* Ασθένεια που έκανε την εμφάνισή της πριν 100 περίπου χρόνια και συνοδεύεται από εντερικές διαταραχές, βλάβη των νεφρών και του εγκεφάλου και διανοητική καθυστέρηση των παιδιών.

προσδιορισμό των μεταλλικών κυρίως στοιχείων στα τρόφιμα, προτιμώμενες έναντι άλλων τεχνικών.

Επιπλέον, συχνά είναι δυνατό να προσδιορισθούν έμμεσα και άλλα συστατικά όπως για παράδειγμα, η πηκτίνη σε χυμούς φρούτων που μπορεί να προσδιορισθεί με φλογοφωτομετρικό προσδιορισμό του περιεχόμενου ασβεστίου στο καταβυθιζόμενο πηκτινικό ασβέστιο [11α].

8.3.1. Θεωρία Φλογοφωτομετρίας - Φασματομετρίας Ατομικής Απορρόφησης

Όταν μέσα σε μια συνηθισμένη φλόγα εισάγονται άλατα, όπως νατρίου, καλίου, ασβεστίου, κ.ά., παράγονται έγχρωμες ακτινοβολίες, χαρακτηριστικές του καθενός μετάλλου. Το σπουδαίο αυτό φαινόμενο παρατηρήθηκε και επισημάνθηκε από τους Bunsen και Kirchoff οι οποίοι και μέσω αυτού οδηγήθηκαν στην ανακάλυψη του καισίου και του ρουβιδίου (1860-1861) [11β].

Η εκπομπή αυτής της χαρακτηριστικής ακτινοβολίας και ο προσδιορισμός της έντασής της αποτελεί τη βάση της φλογοφωτομετρίας. Η φασματοσκοπία ατομικής απορρόφησης πραγματοποιείται την απορρόφηση εξωτερικής ακτινοβολίας από ένα στοιχείο μέσα σε φλόγα υπό ορισμένες συνθήκες. Συγκεκριμένα, η συνολική ποσότητα της εξωτερικής ενέργειας που απορροφάται από το δείγμα του στοιχείου, είναι ανάλογη με τη συγκέντρωση του στοιχείου στο δείγμα [11γ]. Ο ρόλος της φλόγας και στις δύο αυτές τεχνικές αναλύσεις είναι να φέρει, το υπό μελέτη στοιχείο, σε ατομική μορφή εφόσον με αυτή μόνο μπορεί να εκπέμψει ή να απορροφήσει ακτινοβολία.

α)



β)



Σχήμα 4. Σχηματική διάταξη βασικών τμημάτων α) φασματοφωτομέτρου ατομικής εκπομπής και β) φασματοφωτομέτρου ατομικής απορρόφησης

Η φλόγα που χρησιμοποιείται στην ατομοποίηση, δημιουργείται από ειδικούς καυστήρες, οι οποίοι χωρίζονται σε καυστήρες ολικής κατανάλωσης και καυστήρες προανάμειξης ομαλής ροής. Στον πρώτο τύπο, η ανάμειξη του καύσιμου αερίου, του οξειδωτικού αερίου και του δείγματος γίνεται στην κορυφή του καυστήρα και το δείγμα καταναλώνεται όλο. Αντίθετα στον δεύτερο τύπο, γίνεται προανάμειξη των παραπάνω συστατικών σε ειδικό θάλαμο πριν την ανάφλεξη. Επειδή το μέγεθος των σταγονιδίων είναι κρίσιμο στην φάση της μέτρησης, μόνο τα μικρά σταγονίδια κατευθύνονται στη φλόγα, ενώ τα μεγαλύτερα που δε διεγείρονται, επανασυλλέγονται και απομακρύνονται σε κατάλληλη αποχέτευση. Αντίθετα στον πρώτο τύπο καυστήρα δε συμβαίνει κάτι ανάλογο. Συνήθως μόνο

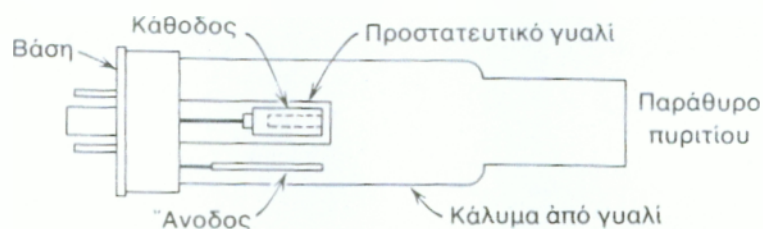
το 10-15% του αρχικού δείγματος περιέχεται στο νέφος που εισάγεται στη φλόγα. Επίσης ο τύπος καυστήρα προανάμειξης και ομαλής ροής, δίνει μεγάλου μήκους και μικρού πάχους φλόγα και προτιμάται στα φασματοφωτόμετρα ατομικής απορρόφησης γιατί η φλόγα αυτή διεγείρει περισσότερα άτομα, αυξάνοντας την εναισθησία του οργάνου. Κατά τη διάρκεια της καύσης το αέριο ατομοποιείται και μπορεί πλέον να απορροφήσει ή να εκπέμψει ακτινοβολία. Συνήθως πριν την εισαγωγή στη φλόγα και χρησιμοποιώντας τον καυστήρα προανάμειξης και ομαλής ροής, το σχηματιζόμενο νέφος διέρχεται από έναν μετατροπέα ο οποίος το διασπά σε ακόμη μικρότερα σταγονίδια.

Τα συνήθη μίγματα (καύσιμο - οξειδωτικό αέριο) που χρησιμοποιούνται στην Α.Α.Σ. δίνονται στον Πίνακα 3.

Πίνακας 3. Περιέχονται καύσιμα και οξειδωτικά τα οποία χρησιμοποιούνται στην Α.Α.Σ. και θερμοκρασίες φλόγας.

Αέριο καύσης	Οξειδωτικό αέριο	Θερμοκρασία φλόγας (K)
$C_2 H_2$	Αέρας	2400-2700
$C_2 H_2$	$N_2 O$	2900-3100
$C_2 H_2$	O_2	3300-3400
H_2	Αέρας	2300-2400
H_2	O_2	2800-3000
CN	O_2	4800

Πρέπει να σημειωθεί ότι ο ίδιος εξοπλισμός μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για την εκπομπή, τόσο και για την απορρόφηση, με τη μόνη διαφορά ότι για την δεύτερη χρειάζεται μια πρόσθετη πηγή ακτινοβολίας, όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.



Σχήμα 5. Λυχνία κοίλης καθόδου

Η κοίλη καθοδική λυχνία (hollow cathod lamp) εκπέμπει ακτινοβολία άκρως καθορισμένου μήκους κύματος, εκείνου ακριβώς που απαιτείται για τη διέγερση καθενός στοιχείου ξεχωριστά. Αυτό επιτυγχάνεται με την κατασκευή ή επένδυση της καθόδου της λυχνίας με το ίδιο στοιχείο για την ανάλυση του οποίου προορίζεται. Η λυχνία περιέχει ένα αέριο, συνήθως νέο ή αργό, υπό πίεση λίγων mmHg [11δ]. Όταν ηλεκτρικό ρεύμα διέρχεται από τη λυχνία, λαμβάνει μέρος εκτόξευση ατόμων από το μέταλλο της καθόδου. Μερικά από τα άτομα αυτά κατά τη σύγκρουσή τους με ιόντα ή και άτομα του περιεχόμενου αερίου (νέου ή αργού) διεγείρονται κι έτσι εκπέμπουν τη χαρακτηριστική ακτινοβολία τους προς το υπό εξέταση δείγμα.

Για το λόγο ότι η ανίχνευση κάθε στοιχείου με τη μέθοδο της Ατομικής Απορρόφησης προϋποθέτει και ξεχωριστή λυχνία ακτινοβολίας, υπάρχουν σήμερα λυχνίες με τις οποίες μπορούμε να προσδιορίσουμε περισσότερα από ένα μέταλλα. Αυτές είτε περιέχουν μία μόνο κάθοδο κατασκευασμένη από κράμα ή από δέσμη ταινιών των αντίστοιχων μετάλλων, είτε περιέχουν πολλές καθόδους, από διαφορετικό μέταλλο καθεμιά.

Μια ανάλογη τεχνική ποσοτικού προσδιορισμού μεταλλικών και ημιμεταλλικών στοιχείων, είναι και η φασματοσκοπία ατομικού φθορισμού. Η μέθοδος βασίζεται στη μέτρηση της έντασης της ακτινοβολίας φθορισμού, η οποία έχει διαπιστωθεί, για σχετικά μικρές συγκεντρώσεις, είναι ευθέως ανάλογη με τη συγκέντρωση της φθορίζουσας ουσίας. Αποτελεί πιο σύγχρονη τεχνική, η οποία βρίσκεται ακόμα σε στάδιο ανάπτυξης και προσφέρει την εκλεκτικότητα της ατομικής απορρόφησης και τη δυνατότητα βελτίωσης των ορίων ανίχνευσης.

8.4. Μετανάστευση Αλουμινίου

Το αλουμίνιο θεωρείτο παλαιότερα ένα στοιχείο άνευ κινδύνου, το οποίο μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για τη συσκευασία τροφίμων χωρίς ιδιαίτερη ανησυχία μετανάστευσης και τοξικότητας του στοιχείου. Παρά την υψηλή ανθεκτικότητα κατά της διάβρωσης που παρουσιάζει το αλουμίνιο, ως προς τα περισσότερα τρόφιμα, η χρήση των αλουμινένιων δοχείων και σκευών για το μαγείρεμα και την αποθήκευση των τροφίμων μπορεί να οδηγήσει στη μεταπήδηση ιόντων ή ενώσεων αλουμινίου σε αυτά. Είναι λοιπόν σημαντικό, να καθορίσουμε τη συγκέντρωση του αλουμινίου στα συσκευασμένα τρόφιμα, αφού η λήψη τους μέσω του διατροφολογίου, αποτελεί τη βασική πηγή έκθεσης στο αλουμίνιο για τον άνθρωπο. Το ποσοστό της τοξικολογικής αξιολόγησης του στοιχείου παρουσιάστηκε το 1989 σε αναφορά του W.H.O./ F.A.O. (World Health Organization/ Food Agriculture Organization) και η προβλεπόμενη ανεκτή εβδομαδιαία ποσότητα λήψης του, έχει καθοριστεί στα 7mg/kg σωματικού βάρους [13].

Μολονότι ο ρόλος που παίζει το αλουμίνιο μέσα στο ανθρώπινο σώμα είναι αμφιλεγόμενος, η κατάποση αλουμινίου από ορισμένες πηγές, όπως φαρμακευτικά πρόσθετα και πρόσθετα τροφίμων, θα πρέπει να διατηρείται σε όσο το δυνατό χαμηλότερα επίπεδα. Πρόσφατη έρευνα αναφέρει ένα συσχετισμό μεταξύ της κατάποσης του αλουμινίου από τον άνθρωπο και της ασθένειας Alzheimer [9].

Οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ τροφίμων και συσκευασιών από αλουμίνιο μπορούν να αποτελέσουν πιθανές πηγές απελευθέρωσης αλουμινίου, συνεισφέροντας έτσι στην εισχώρηση του αλουμινίου μέσα στο ανθρώπινο σώμα. Συνεπώς, είναι σημαντικό να προσδιορίσουμε τις πιθανότητες μιας τέτοιας αλληλεπίδρασης.

Στη συνέχεια περιγράφεται αναλυτικά η μεθοδολογία και τα αποτελέσματα μιας έρευνας που αφορούσε την ανίχνευση αλουμινίου σε τρία είδη σάλτσας.

Σκοπός της μελέτης που πραγματοποιήθηκε από τους S.P. Joshi, et.al. [9] στην Καλιφόρνια των Η.Π.Α., ήταν να ανιχνευθούν τα επίπεδα της περιεκτικότητας σε αλουμίνιο σε συνάρτηση με τα επίπεδα του pH, σε τρεις διαφορετικούς τύπους όξινων σαλτσών που περιέχονται σε συσκευασία από αλουμίνιο, σε δύο διαφορετικές θερμοκρασίες και δύο διαφορετικές χρονικές περιόδους. Η περιεκτικότητα σε αλουμίνιο μετρήθηκε χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της φασματοσκοπίας ατομικής εκπομπής (atomic emission spectroscopy) σύμφωνα με τη διαδικασία που προτείνεται από την A.S.T.M. [14].

8.4.1. Μέθοδος, Υλικά και Διαδικασία

Δείγματα

Από τη γραμμή παραγωγής ενός σημαντικού κατασκευαστή στη Νότια Καλιφόρνια επιλέχθηκαν τυχαία σαράντα οκτώ δοχεία, δηλαδή δεκαέξι από κάθε ένα διαφορετικό τύπο σάλτσας. Αυτές οι συσκευασμένες σάλτσες μεταφέρθηκαν αμέσως στο χώρο δοκιμών. Η ανάλυση όλων των επιλεγμένων δειγμάτων έγινε τη μέρα 0, σε δύο διαφορετικές θερμοκρασίες, στους 22°C (θερμοκρασία περιβάλλοντος δωματίου) και στους 50°C, για δύο χρονικά διαστήματα. Οι σάλτσες που χρησιμοποιήθηκαν στις αναλύσεις ήταν:

Σάλτσα Α: Dijon Κοτόπουλου (Chicken Dijon)

Σάλτσα Β: Fajita Κοτόπουλου (Chicken Fajita)

Σάλτσα Γ: Marsala Μοσχαριού (Veal Marsala)

Διαδικασία

Από τις δεκαέξι συσκευασίες, οκτώ δοχεία από κάθε δείγμα Α, Β και Γ χρησιμοποιήθηκαν για την αρχική ανάλυση την ημέρα 0 και τα υπόλοιπα αποθηκεύτηκαν κλειστά για περαιτέρω αναλύσεις του αλουμινίου και του pH, μετά από σαράντα πέντε ημέρες αποθήκευσης. Τα μισά από αυτά τα δείγματα διατηρήθηκαν στους 22°C και τα άλλα μισά στους 50°C. Κατά τη διάρκεια της ανάλυσης, οι τέσσερις συσκευασίες από κάθε δείγμα ανοίχτηκαν με ένα καθαρό ψαλίδι και αναμείχθηκαν μέσα σε ένα γυάλινο δοχείο, ώστε να προκύψει ένα ομογενές μείγμα. Ένα αντιπροσωπευτικό τμήμα από το σύνθετο ομογενές μείγμα χρησιμοποιήθηκε δύο φορές για ανάλυση. Η τιμή του pH μετρήθηκε σύμφωνα με τη διαδικασία που προτείνεται από τον A.O.A.C. [15]. Η περιεκτικότητα σε αλουμίνιο υπολογίστηκε δύο φορές χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της φασματοσκοπίας ατομικής εκπομπής (atomic emission spectroscopy) και η συγκέντρωση του αλουμινίου στις σάλτσες εκφράστηκε σε μονάδες mg/kg.

8.4.2. Αποτελέσματα και συζήτηση

Και στους τρεις τύπους δειγμάτων σαλτσών, όταν αυτές ήταν αποθηκευμένες σε θερμοκρασία δωματίου, παρατηρήθηκαν μικρές αλλά ασήμαντες μεταβολές στην περιεκτικότητα σε αλουμίνιο, κατά τη διάρκεια της περιόδου αποθήκευσης των έξι εβδομάδων. Αυτές οι ασήμαντες μεταβολές στα επίπεδα του αλουμινίου μπορεί, εν μέρει, να οφείλονταν στη λεπτή πλαστική επένδυση της εσωτερικής επιφάνειας των δοχείων συσκευασίας, η οποία είναι δυνατό να έδρασε σαν ένα προστατευτικό στρώμα κατά της

πιθανής διάβρωσης. Η ανάλυση των αποτελεσμάτων με χρήση του στατιστικού πακέτου S.P.S.S. [16] και τα αποτελέσματα εκτιμήθηκαν με ανάλυση μεταβλητών (ANOVA) χρησιμοποιώντας ως ανεξάρτητες μεταβλητές τη θερμοκρασία, τη σάλτσα και την ημέρα. Για επίπεδο σημαντικότητας $P < 0,0001$ τα αποτελέσματα ήταν στατιστικά σημαντικά $F(11,23) = 66,87$. Η περιεκτικότητα σε αλουμίνιο επηρεάστηκε κατά 96,2% από τον τύπο της σάλτσας (βλέπε pH) ενώ η ημέρα (χρόνος αποθήκευσης) επηρεάζει τη συγκέντρωση αλουμινίου κατά 1% (Πίνακας 4).

Τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης έρχονται σε συμφωνία με εκείνα της βιβλιογραφίας [17] σχετικά με το φιλτράρισμα των ιόντων αλουμινίου από βερνικωμένα (lacquered) δοχεία αναψυκτικών, χρησιμοποιώντας απιονισμένο νερό και ρυθμιστικά διαλύματα (pH 1-13) και αποθηκεύοντάς τα για εξήντα ημέρες σε θερμοκρασία $20 \pm 2^\circ\text{C}$. Η έρευνα αυτή έδειξε ότι αναψυκτικά συσκευασμένα σε δοχεία αλουμινίου δεν περιέχουν σημαντική ποσότητα στοιχείων αλουμινίου και, επομένως, δεν αποτελούν κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία.

Πίνακας 4. Ανάλυση διασποράς με μεταβλητές τη θερμοκρασία, τη σάλτσα και το χρόνο, να επηρεάζουν την περιεκτικότητα του αλουμινίου (mg/kg) [9]

Πηγή	df	SS	MS	F
Θερμοκρασία (T)	1	1,76	1,76	0,61
Σάλτσα (S)	2	2075,65	1037,82	359,68
Ημέρα (D)	1	21,09	21,09	7,31
TxS	2	5,15	2,57	0,89
TxD	1	1,76	1,76	0,61
SxD	2	11,81	5,91	2,05
TxSxD	2	5,15	2,57	0,89
Εσωτερικά	12	34,62	2,89	
Πλήρες Μοντέλο	11	2122,36	192,94	66,87*
Σύνολο	23	2156,99	93,78	

$R^2 = 0,984$, MS = μέσο άθροισμα τετραγώνων, SS = άθροισμα τετραγώνων

* $P < 0,0001$

Στα δείγματα που ήταν αποθηκευμένα στους 50°C παρατηρήθηκε ελαφρά υψηλότερη συγκέντρωση αλουμινίου σε σχέση με τα δείγματα που φυλάσσονταν σε θερμοκρασία δωματίου, αλλά παρέμεινε στατιστικά ασήμαντη. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι υψηλότερες θερμοκρασίες μπορεί να προκαλέσουν μεγαλύτερη έκλυση αλουμινίου σε σχέση με εκείνη στις χαμηλές θερμοκρασίες. Τα αποτελέσματα της μελέτης συμβαδίζουν με εκείνα που έχουν αναφερθεί σχετικά με την μύρα [18]. Σύμφωνα με αυτά, η διάρκεια της περιόδου αποθήκευσης είναι δυνατό να έχει κάποια επίδραση στη διαδικασία διάβρωσης του αλουμινίου. Έτσι, όσο μεγαλύτερες είναι η περίοδος και η θερμοκρασία αποθήκευσης, τόσο πιο αυξημένη είναι η έκλυση αλουμινίου από τη συσκευασία. Στον Πίνακα 5 παρουσιάζονται ορισμένες διαφορές στα αποτελέσματα των μετρήσεων για τα δείγματα των σαλτσών μεταξύ των ημερών 0 και 45.

Πίνακας 5. Διαφορές στις μετρήσεις των αποτελεσμάτων για τις επιλεγμένες σάλτσες, μεταξύ της ημέρας 0 και της ημέρας 45 [9]

Σάλτσα	Ημέρα 0	Ημέρα 45	Διαφορά
	M±S.D.	M±S.D.	
Συγκέντρωση Αλουμινίου			
Dijon 22°C	0,029±0,0	0,031±1,4	n.s.
Dijon 50°C	0,029±0,0	0,0345±4,9	n.s.
Fajita 22°C	0,012±0,0	0,012±0,0	n.s.
Fajita 50°C	0,012±0,0	0,0128±2,5	n.s.
Marsala 22°C	0,095±0,7	0,0115±0,7	n.s.
Marsala 50°C	0,095±0,7	0,0105±0,7	n.s.
Επίπεδο pH			
Dijon 22°C	3,1±0,0	3,1±0,0	n.s.
Dijon 50°C	3,1±0,0	3,1±0,0	n.s.
Fajita 22°C	3,7±0,0	3,7±0,0	n.s.
Fajita 50°C	3,7±0,0	3,6±0,0	n.s.
Marsala 22°C	3,1±0,0	3,1±0,0	n.s.
Marsala 50°C	3,1±0,0	3,1±0,0	n.s.

Για καμία από τις παραπάνω συγκρίσεις, η διαφορά δεν ήταν σημαντική (n.s.) στο επίπεδο σημαντικότητας $P < 0,05$

Στο δείγμα A (σάλτσα Dijon κοτόπουλου) παρουσιάστηκε μεγαλύτερος βαθμός έκλυσης αλουμινίου απ' ό τι στα δείγματα B (Fajita κοτόπουλου) και Γ (Marsala μοσχαριού). Αυτό μπορεί να οφείλεται στο ελαφρά υψηλότερο pH της σάλτσας A σε σχέση με τα δύο άλλα δείγματα. Παρόμοια αυξανόμενη έκλυση αλουμινίου, καθώς αυξανόταν η οξύτητα ποτών που ήταν συσκευασμένα σε δοχεία αλουμινίου έχει αναφερθεί [19]. Οι Πίνακες 6 και 7 απεικονίζουν τη μέση τιμή σε mg/kg για τις τιμές της περιεκτικότητας σε αλουμίνιο και του pH, αντίστοιχα.

Πίνακας 6. Περιέχονται οι μέσες τιμές ανάλυσης αλουμινίου των δειγμάτων των σαλτσών [9]

Χρόνος	Σάλτσα A		Σάλτσα B		Σάλτσα Γ	
	22°C	50°C	22°C	50°C	22°C	50°C
Ημέρα 0	0,029	0,029	0,012	0,012	0,095	0,095
Ημέρα 45	0,031	0,034	0,012	0,013	0,0115	0,0105

Τα αποτελέσματα είναι διπλά (duplicates) σε mg/kg

Πίνακας 7. Περιέχονται οι μέσες τιμές για την ανάλυση του pH των δειγμάτων των σαλτσών [9]

Χρόνος	Σάλτσα Α		Σάλτσα Β		Σάλτσα Γ	
	22°C	50°C	22°C	50°C	22°C	50°C
Ημέρα 0	3,09	3,09	3,67	3,67	3,10	3,10
Ημέρα 45	3,09	3,12	3,66	3,58	3,10	3,10

Τα αποτελέσματα είναι διπλά (duplicates)

Η σάλτσα Α παρουσίασε μια μικρή αύξηση της περιεκτικότητας σε αλουμίνιο, παράλληλα με την αύξηση του pH κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης. Τα επίπεδα συγκέντρωσης του αλουμινίου και του pH, στις αποθηκευμένες σάλτσες, ήταν υψηλότερα στους 50°C απ' ό τι σε θερμοκρασία δωματίου. Η σάλτσα Β παρουσίασε μια αμελητέα μεταβολή στην περιεκτικότητα σε αλουμίνιο και μια μικρή μείωση του pH της κατά την περίοδο αποθήκευσης.

Παρόμοια συμπεριφορά είχε και η σάλτσα Γ, της οποίας η περιεκτικότητα σε αλουμίνιο μεταβλήθηκε ελάχιστα, ενώ το pH της παρέμεινε σταθερό κατά τη διάρκεια της μελέτης. Ωστόσο, οι μεταβολές αυτές στη συγκέντρωση και το pH είναι στατιστικά ασήμαντες. Οι αμελητέες αυτές μεταβολές είναι πιθανό να οφείλονται στην μικρή περίοδο αποθήκευσης, σε χαμηλή θερμοκρασία αποθήκευσης ή σε κάποιο άλλο παράγοντα που ξεφεύγει από το σκοπό αυτής της μελέτης.

8.4.3. Συμπεράσματα

Η εκτίμηση της έκθεσης σε αλουμίνιο είναι πολύπλοκη. Οι επιστήμονες θα πρέπει να καθορίσουν τους διατροφικούς, φυσιολογικούς και παθολογικούς παράγοντες που επηρεάζουν την απορρόφηση και κατακράτηση του αλουμινίου. Εν τέλει, αυτές οι μεταβλητές είναι περισσότερο σημαντικές από τα ακριβή ποσά του αλουμινίου στα τρόφιμα και στο περιβάλλον [20]. Αν και ο ρόλος του αλουμινίου, όταν αυτό εισέρθει στο ανθρώπινο οργανισμό, είναι αμφιλεγόμενος, η κατάποση του από συγκεκριμένες πηγές, όπως φαρμακευτικά πρόσθετα και πρόσθετα τροφίμων, θα πρέπει να ελέγχεται και να διατηρείται σε χαμηλά επίπεδα.

Από τη στιγμή που το μεγαλύτερο μέρος της έρευνας στο χώρο της διάβρωσης των αλουμινένιων δοχείων έχει επικεντρωθεί κυρίως στα αλουμινένια δοχεία (cans), περαιτέρω μελέτες απαιτούνται πάνω στις σακούλες και τα φύλλα από αλουμίνιο. Ιδιαίτερη σημασία πρέπει να δοθεί στην προσπάθεια να καθοριστεί το πλήρες εύρος των πιθανών επιβλαβών συνεπειών της συσσώρευσης αλουμινίου στο ανθρώπινο σώμα. Έμφαση θα πρέπει να δοθεί, επίσης, στο να αυξηθεί η αντίληψή μας σχετικά με τη χημεία του αλουμινίου στα βιολογικά συστήματα, καθώς και στον προσδιορισμό των κυτταρικών και μοριακών μηχανισμών της τοξικότητας του αλουμινίου. Για τους λόγους αυτούς, κρίνεται απαραίτητη η πραγματοποίηση περαιτέρω έρευνας, χρησιμοποιώντας διαφορετικές συνθήκες όσον αφορά τους παραπάνω παράγοντες.

8.5. Μετανάστευση Μονομερών στα Τρόφιμα

Εξίσου επικίνδυνη θεωρείται και η μετανάστευση των μονομερών στα τρόφιμα από τους πλαστικούς περιέκτες αυτών. Τα μονομερή, από τα οποία παράγονται τα πολυμερή, όπως το βινυλοχλωρίδιο (VC), μονομερές του πολυβινυλοχλωριδίου (PVC) και το στυρόλιο, μονομερές του πολυστυρολίου (PS), προκαλούν τοξικά φαινόμενα [21]. Λόγω της μικρής μοριακής τους μάζας, μεταναστεύουν εύκολα στα τρόφιμα και από εκεί στον ανθρώπινο οργανισμό, στον οποίο και μπορεί να δημιουργήσουν σοβαρότατα προβλήματα. Στις μεταναστεύουσες ουσίες από τους πλαστικούς περιέκτες στα τρόφιμα συγκαταλέγεται και η ακεταλδεΐδη.

Με κριτήριο την επικινδυνότητα των μονομερών τα πιο σημαντικά είναι το βινυλοχλωρίδιο, το βινυλιδενοχλωρίδιο, το ακρυλονιτρίλιο και το στυρόλιο.

Βινυλοχλωρίδιο. Το βινυλοχλωρίδιο (VC), αποτελεί το μονομερές από το οποίο παρασκευάζεται το γνωστό σε όλους πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC). Το VC θεωρείται από τα τοξικότερα μονομερή και λόγω του ότι το PVC χρησιμοποιήθηκε κατά κόρον ως υλικό πλαστικής συσκευασίας, απασχόλησε σε μεγάλο βαθμό καταναλωτές και ερευνητές. Το PVC χρησιμοποιείται σε πολλές χώρες και χρησιμοποιείται σε ακόμα περισσότερες πριν από μερικά χρόνια. Μια σειρά γεγονότων συνοδευόμενα από θανάτους ανθρώπων, λόγω συνεχούς έκθεσης στο αέριο και το μονομερές του, μείωσαν κατά πολύ τη χρήση του φτάνοντας ακόμα και στην απαγόρευση του. Είναι εξαιρετικά τοξικό και καρκινογόνο, ενώ κατά την καύση του παράγονται διοξίνες.

Σύμφωνα με την νομοθεσία της Ευρωπαϊκής Ένωσης τα πλαστικά, που αποτελούν πολυμερή ή συμπολυμερή του βινυλοχλωριδίου και πρόκειται να έρθουν σε επαφή με τρόφιμα δεν πρέπει να περιέχουν ελεύθερο μονομερές βινυλοχλωριδίου περισσότερο από 1mg/ kg πλαστικού προϊόντος (ή ppm) [10] και δεν πρέπει να έχουν όριο μετανάστευσης μεγαλύτερο από 0,01mg/ kg τροφίμου (ή ppm).

Βινυλιδενοχλωρίδιο. Το βινυλιδενοχλωρίδιο (VDC), είναι το μονομερές του οποίου ο πολυμερισμός δίνει το πολυβινυλιδενοχλωρίδιο (PVDC). Αν και δεν είναι ακόμα γνωστό κατά πόσο το μονομερές αυτό επηρεάζει τον ανθρώπινο οργανισμό και σε ποιες ποσότητες θεωρείται επικίνδυνο, είναι βέβαιο ότι προκαλεί ενζυμικές διαταραχές και προβλήματα στο σκώπτι. Πειράματα σε ζώα έδειξαν ότι το βινυλιδενοχλωρίδιο μπορεί να θεωρηθεί υπεύθυνο και για καρκινογένεση.

Στυρόλιο. Το στυρόλιο (S) αποτελεί το μονομερές από το οποίο παρασκευάζεται το πολυστυρόλιο (PS). Το δεύτερο χρησιμοποιείται ευρέως για την παραγωγή πλαστικών υλικών συσκευασίας και ο κίνδυνος μετανάστευσης του μονομερούς είναι μεγάλος. Αν και δεν έχει βρεθεί επακριβώς κατά πόσο το μονομερές επηρεάζει τον ανθρώπινο οργανισμό υπάρχουν βάσιμες υποψίες ότι προκαλεί καρκινογένεσις. Το σίγουρο είναι ότι το μονομερές του πολυστυρολίου σε συγκεντρώσεις των 0,2-0,6 ppm επηρεάζει τη γεύση των τροφίμων [1π].

Ακρυλονιτρίλιο. Το ακρυλονιτρίλιο (AN) αποτελεί το μονομερές από το οποίο παρασκευάζεται το πολυακρυλονιτρίλιο (SAN) με πολυμερισμό. Το μονομερές αυτό είναι πολύ τοξικό και έχει παρατηρηθεί να μεταναστεύει από τον περιέκτη στο τρόφιμο. Υπάρχουν ενδείξεις ότι το ακρυλονιτρίλιο προκαλεί καρκινογένεση στα ζώα και πιθανόν και στον άνθρωπο. Το ελεύθερο μονομερές στο πλαστικό του περιέκτη δεν θα πρέπει να ξεπερνά τα 20 mg/ dcm³ ενώ στα τρόφιμα η συγκέντρωσή του πρέπει να είναι μικρότερη από 30 ppm [1ρ].

8.6. Ανίχνευση Μονομερών, Φασματοσκοπία Ορατού – Υπεριώδους και Χρωματογραφία (Αέρια και Υγρή)

8.6.1. Φασματοσκοπία Ορατού ~ Υπεριώδους

Η τεχνική, Φασματοσκοπίας Ορατού ~ Υπεριώδους (UV~VIS) αποτελεί μια από τις κύριες τεχνικές ποσοτικού προσδιορισμού των μονομερών στοιχείων.

Συγκεκριμένα, η φασματοσκοπία Ορατού ~ Υπεριώδους είναι μια ευρέως χρησιμοποιούμενη τεχνική η οποία ανιχνεύει τις ηλεκτρονιακές μεταπτώσεις των μορίων καθώς απορροφούν το υπεριώδες ή το ορατό φως. Με δεδομένη την τιμή της απορρόφησης και τον κατάλληλο εξοπλισμό, η μέθοδος δίνει αποτελέσματα ποσοτικής ανάλυσης (κατέχοντας την πρώτη θέση στις επίσημες και αποδεκτές μεθόδους ανάλυσης) και πληροφορίες που αφορούν τη δομή των μορίων των συστατικών του δείγματος.

Μετρήσεις απορρόφησης μπορούν να γίνουν είτε σε επιλεγμένους κυματαριθμούς είτε σε επιλεγμένη φασματική περιοχή. Η συγκεκριμένη τεχνική χρησιμοποιείται σε ένα ευρύ φάσμα μελέτης μορίων ή ανόργανων συμπλόκων μέσα σε διαλύματα και είναι πολύ ευαίσθητη με δυνατότητα προσδιορισμού συγκέντρωσης ουσίας 10^{-7} – 10^{-6} M. Το γεγονός αυτό επιτρέπει τον προσδιορισμό ιχνοστοιχείων, τα οποία απαντούν στο δείγμα σε συγκεντρώσεις της τάξης του 10^{-4} % (ppm), ή κύριων συστατικών του δείγματος σε εξαιρετικά μικρή ποσότητα δείγματος.

8.6.2. Χρωματογραφία

Η Χρωματογραφία αποτελεί μια ταχύτατη και εύκολη μέθοδο προσδιορισμού ουσιών που μπορεί να δώσει ακριβή αποτελέσματα με σχετικά άπλες και όχι δαπανηρές συσκευές. Με τη χρωματογραφική ανάλυση επιτυγχάνεται ο διαχωρισμός ουσιών με παραπλήσια χημική σύσταση και ιδιότητες, των οποίων (ουσιών) ο διαχωρισμός με τις κλασσικές μεθόδους, όπως δηλαδή την κλασματική κρυστάλλωση, την κλασματική απόσταξη κ.λπ. είναι συνήθως αδύνατος [11ε]. Ένα άλλο βασικό πλεονέκτημα της χρωματογραφικής αναλύσεως είναι ότι απαιτεί ελάχιστα ποσά δειγμάτων. Αν και όμοιοι με τη χρωματογραφία διαχωρισμοί έγιναν πολλές φορές στο παρελθόν και κυρίως κατά το 19ο αιώνα, η πρώτη λεπτομερής περιγραφή της χρωματογραφίας έγινε το 1906 στη Βαρσοβία από το Ρώσο Βοτανολόγο Michael Tswett με μία εκχύλιση φυτών μελετώντας το διαχωρισμό της χλωροφύλλης και άλλων χρωστικών [12β].

Σήμερα η χρωματογραφία εκφράζει μία ποικιλία διεργασιών που όλες στηρίζονται στη διαφορετική κατανομή των συστατικών ενός μείγματος σε δύο φάσεις, μιας ακίνητης ή στατικής και μιας κινητής. Η κατανομή των συστατικών ενός μίγματος μεταξύ της στατικής φάσης (stationary phase) και της κινητής φάσης (mobile phase), οφείλεται κυρίως στη σχετική διαλυτότητα ή και τη σχετική προσροφητική ικανότητα των συστατικών αυτών στις δύο φάσεις. Η κινητή φάση προκαλεί μετατόπιση των συστατικών του μίγματος σε διαφορετικές θέσεις μέσα στη χρωματογραφική στήλη, με αποτέλεσμα τον διαχωρισμό τους. Αυτό συμβαίνει γιατί τα συστατικά του μίγματος (που μεταφέρονται με τον διαλύτη: κινητή φάση) μετακινούνται με διαφορετικές ταχύτητες και διανύουν άνισες αποστάσεις πάνω στη στατική φάση.

Υγρή Χρωματογραφία

Με τη μέθοδο της υγρής χρωματογραφίας είναι δυνατός ο διαχωρισμός και ο ποσοτικός προσδιορισμός πολικών, μη πτητικών ή θερμοευαίσθητων ενώσεων οι οποίες δεν μπορούν να αναλυθούν απευθείας με την αέρια χρωματογραφία. Η υγρή χρωματογραφία είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για δείγματα με μεγάλα μόρια ή ιονισμένα σωματίδια με χαμηλές τάσεις ατμών και για θερμικά ασταθείς ενώσεις που δε μπορούν να εξαερωθούν χωρίς να διασπαστούν.

Τα τελευταία 30 χρόνια η Υγρή Χρωματογραφία Υψηλής Απόδοσης (High Performance Liquid Chromatography, H.P.L.C.) έχει καθιερωθεί ως μια από τις πλέον διαδεδομένες αναλυτικές τεχνικές παγκοσμίως. Ο λόγος είναι ότι πρόκειται για μια δυναμική μέθοδο με αρκετές δυνατότητες. Έχει εφαρμοσθεί με επιτυχία σε αναλύσεις διαφορετικής κλίμακας παρέχοντας αποτελέσματα για πολύ μεγάλη ποικιλία χημικών ουσιών και δυνατότητες που έχουν πλέον αναγνωρισθεί από την πλειοψηφία των ερευνητών. Ιστορικά έχει προέλθει από τη σύμπραξη τριών ερευνητικών περιοχών, αυτών της χημικής τεχνολογίας, της τεχνολογίας ανιχνευτών και της διαχείρισης δεδομένων.

Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό της μεθόδου αποτελεί η υγρή κινητή φάση που αποτελεί μίγμα δύο ή περισσότερων διαλυτών (συνήθως μέχρι 4) με ή χωρίς προσθήκη πρόσθετων ουσιών (π.χ. ρυθμιστικά διαλύματα). Οι παράμετροι για την επιλογή των κατάλληλων διαλυτών είναι η πολικότητά τους και η εκλεκτικότητα. Η επιλογή της κινητής φάσης γίνεται έτσι ώστε να διαφέρει η πολικότητά της από αυτή της στατικής φάσης ώστε να υπάρχει ικανοποιητικός διαχωρισμός στα συστατικά του δείγματος που αναλύεται.

Μια νέα τεχνική η οποία συνδυάζει όλα τα χαρακτηριστικά της H.P.L.C. και μια σειρά βελτιώσεων είναι πλέον γνωστή ως Υγρή Χρωματογραφία Υπέρ-Υψηλής Απόδοσης (Ultra-Performance Liquid Chromatography, U.P.L.C.). Πρόσφατα παρουσιάστηκε για πρώτη φορά σε επιστημονικό συνέδριο στις Η.Π.Α. μια εμπορική συσκευή αυτού του είδους.

Αέρια Χρωματογραφία

Η μέθοδος της αέριας χρωματογραφίας ανακαλύφθηκε από τους Άγγλους A. Martin και R. Synge, οι οποίοι και τιμήθηκαν για την ανακάλυψή τους με το βραβείο Nobel Χημείας το 1952 [11στ]. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις διαχωρισμού, ταυτοποίησης και ποσοτικού προσδιορισμού ουσιών που έχουν την ικανότητα να εξαερώνονται σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες (400°C), χωρίς να αποσυντεθούν.

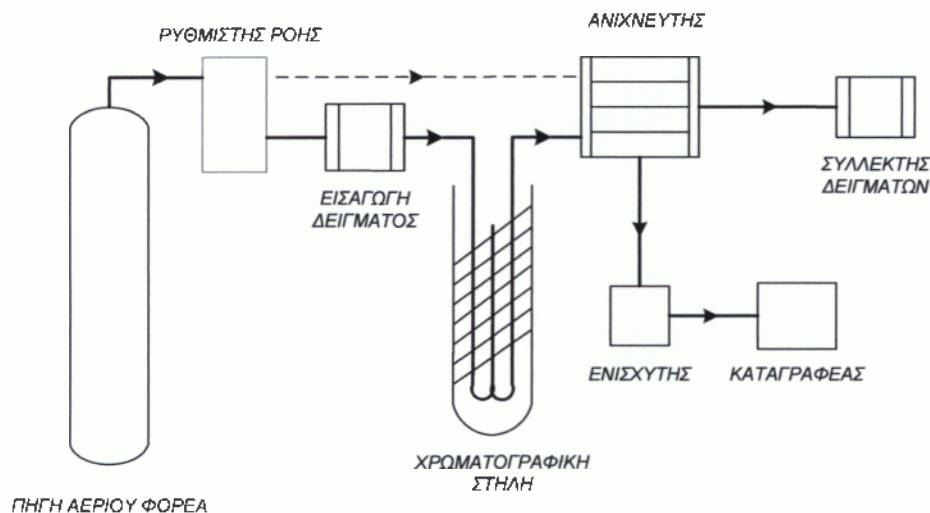
Ο διαχωρισμός των στοιχείων με τη μέθοδο της αερίου χρωματογραφίας στηρίζεται στην κατανομή των συστατικών του μίγματος, (σε αέρια κατάσταση) μεταξύ ενός αερίου φορέα, που αποτελεί την κινητή φάση και ενός υγρού αμελητέας τάσης ατμών, στη θερμοκρασία του πειράματος, που αποτελεί τη στατική φάση. Η υγρή στατική φάση βρίσκεται προσροφημένη επάνω σ' ένα αδρανές υλικό, π.χ. silica gel. Για το λόγο αυτό, η μέθοδος χαρακτηρίζεται και σαν χρωματογραφία κατανομής αερίου - υγρού (Gas liquid partition chromatography)

Μια παραλλαγή στη μέθοδο αποτελεί η αλλαγή της υγρής στατικής φάσης, με στερεάς υφής στατική φάση. Ο διαχωρισμός με τη μέθοδο αυτή βασίζεται στην διαφορετική προσρόφηση των συστατικών του μίγματος (σε αέρια κατάσταση), στη στερεή στατική φάση. Για το λόγο αυτό, η μέθοδος ονομάζεται χρωματογραφία προσροφήσεως αερίου - στερεού (Gas solid adsorption chromatography).

Η συσκευή με την οποία διεξάγονται οι διαχωρισμοί των ουσιών με τη μέθοδο της

αεριοχρωματογραφίας ονομάζεται αεριοχρωματογράφος. Τα βασικότερα μέρη της συσκευής είναι:

- Ο θάλαμος εξαέρωσης μέσα στον οποίο πραγματοποιείται η εξαέρωση των συστατικών του προς διαχωρισμού μίγματος.
- Η αεριοχρωματογραφική στήλη, η οποία αποτελεί ένα από τα βασικότερα μέρη της συσκευής αφού εκεί πραγματοποιείται ο διαχωρισμός του μίγματος. Συγκεκριμένα το αέριο πλέον μίγμα εισέρχεται στη στήλη (ανοξειδωτος σωλήνας) όπου ήδη έχει εισαχθεί και η στατική φάση και εκεί διαχωρίζεται. Το αέριο μίγμα οδηγείται προς τη αεριοχρωματο-γραφική στήλη, με τη βοήθεια κάποιου αερίου φορέα και συγκεκριμένα αδρανούς αερίου (π.χ. ήλιο).
- Ο ανιχνευτής αποτελεί μια υπερευαίσθητη συσκευή η οποία βρίσκεται δίπλα στη στήλη και διεγείρεται κάθε φορά που κάποιο από τα συστατικά του μίγματος εξέρχεται.
- Ο καταγραφέας αποτελεί τη συσκευή η οποία λαμβάνει το σήμα του ανιχνευτή και αφού πρώτα η ένδειξη ενισχυθεί από ένα είδος ενισχυτή, την επεξεργάζεται και την καταγράφει.



Σχήμα 6. Σχηματική διάταξη βασικών τμημάτων αεριοχρωματογράφου

8.7. Επαναχρησιμοποίηση και Ανακύκλωση Φιαλών από PET

Τα τελευταία χρόνια έχει επικρατήσει παγκοσμίως η τάση να μειωθούν οι επιπτώσεις των ανθρώπινων δραστηριοτήτων στο περιβάλλον. Σαν συνέπεια, έχει αυξηθεί το ενδιαφέρον για την επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση των υλικών συσκευασίας. Ένα τυπικό παράδειγμα επαναγεμιζόμενων δοχείων αναψυκτικών και όχι μόνο, στο παγκόσμιο εμπόριο αποτελούν οι φιάλες από το υλικό που παράγεται με πολυσυμπύκνωση γλυκόλης και τερεφθαλικού οξέος, το γνωστό PET ή θερμοπλαστικός πολυεστέρας. Η χρήση πλαστικών επαναγεμιζόμενων δοχείων από αυτό το υλικό είναι ευρεία. Το PET είναι κατάλληλο για το

αυτό σκοπό, επειδή διαθέτει χαρακτηριστικά τα οποία στερούνται άλλα υλικά (π.χ. πολύ καλή αντίσταση απωλειών CO₂ χάρη στον προσανατολισμό των μορίων) [22].

Η συσκευασία καθεαυτή έχει πρόσφατα βρεθεί ότι μπορεί να αποτελέσει πηγή μόλυνσης για το συσκευασμένο τρόφιμο μέσω της μετακίνησης στοιχείων της προς αυτό. Τα πλαστικά υλικά συσκευασίας είναι δυνατό να αλληλεπιδρούν με το περιεχόμενο τρόφιμο είτε απελευθερώνοντας κάποιες ουσίες προς αυτό, είτε απορροφώντας κάποιες άλλες οι οποίες είναι δυνατό να επανέλθουν στο συσκευασμένο τρόφιμο κατά τη διάρκεια της συσκευασίας του και επαναχρησιμοποίηση του υλικού συσκευασίας. Εξαιτίας της ύπαρξης και κυκλοφορίας των επαναγεμιζόμενων φιαλών, καθώς και της φυσικής αλληλεπίδρασης των πλαστικών με τα χημικά στοιχεία με τα οποία έρχονται σε επαφή, δημιουργείται μια ιδιαίτερη κατάσταση σχετικά με τη χημική αδράνεια των χρησιμοποιούμενων υλικών PET. Μέχρι σήμερα, πολλές μελέτες, μερικές από τις οποίες ήταν μεγάλης χρονικής διάρκειας, έχουν πραγματοποιηθεί με σκοπό τον καθορισμό της μεταφοράς των μολυντικών ουσιών στα τρόφιμα [23, 24, 25, 26, 27]. Οι πιθανοί κίνδυνοι για τη δημόσια υγεία σε συνδυασμό με τη χρήση επαναγεμιζόμενων φιαλών PET έχουν επίσης ερευνηθεί και συνοψισθεί πρόσφατα.

Οι καταναλωτές χρησιμοποιούν με λανθασμένο τρόπο τις φιάλες γεμίζοντάς αυτές, για παράδειγμα, με συμπυκνωμένο χυμό λεμονιού έντονου αρώματος, σπιτικά χημικά ή ακόμα και παρασιτοκτόνα. Κάποιες απορροφημένες από το μπουκάλι ουσίες δεν θα αφαιρεθούν ολοκληρωτικά κατά τη διαδικασία του βιομηχανικού πλυσίματος και καθαρισμού τους, πριν γεμιστούν και πάλι. Τα χημικά στοιχεία που έχουν απορροφηθεί μπορεί να μεταφερθούν στο συσκευασμένο προϊόν, δημιουργώντας, έτσι, ένα πιθανό κίνδυνο για την ποιότητα του προϊόντος και την ασφάλεια του καταναλωτή. Επιπλέον, η επαναχρησιμοποίηση μπορεί να προκαλέσει αλλοίωση και στις φυσικές ιδιότητες του πλαστικού.

Από τα αποτελέσματα όλων των μελετών σχετικά με τη λανθασμένες χρήσεις που έχουν γίνει μέχρι σήμερα συμπεραίνεται γενικά, ότι τα μπουκάλια PET μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν με ασφάλεια, υπό προϋποθέσεις. Προκειμένου λοιπόν να εξασφαλιστεί η ποιότητα και η ασφάλεια χρήσης των ανακυκλωμένων ή επαναχρησιμοποιούμενων πλαστικών για τη συσκευασία τροφίμων, θα πρέπει να καθοριστούν συγκεκριμένα κριτήρια υγιεινής και μία σχετικά γρήγορη διαδικασία δοκιμών, χαμηλού κόστους, η οποία θα μπορεί να χρησιμοποιείται και από εργαστήρια παρακολούθησης.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα μιας έρευνας σχετικά με την ικανότητα του PET να αλληλεπιδρά με έξι μολυσματικές ουσίες (τολουόλιο, φαινόλη, βενζοφαινόλη, φαινυλ-κυκλοεξάνιο, λεμονένιο, μενθόλη).

Η έρευνα αυτή πραγματοποιήθηκε από τους Karamani G. A. et.al. [28], με σκοπό να απλοποιηθεί περαιτέρω τη μέθοδο δοκιμών της αδράνειας με λωρίδες PET, ερευνώντας την αλληλεπίδραση των λωρίδων αυτών με μία νέα ομάδα από έξι πρότυπες μολυντικές ουσίες. Δεύτερον, για να ελέγξει εάν η απορρόφηση των λωρίδων PET που ήταν βυθισμένες σε μίγματα μολυντικών ουσιών είναι συγκρίσιμη με την απορρόφηση των ολόκληρων φιαλών που εκτίθενται ολοκληρωτικά κατά τη διαδικασία πλήρωσής τους και τρίτον, για να ερευνηθεί αν η αδρανειακή συμπεριφορά των υλικών PET επηρεάζεται από την αποθήκευση των μπουκαλιών κάτω από εξαιρετικά δυσμενείς συνθήκες. Στην περίπτωση αυτή, η αλληλεπίδραση των λωρίδων PET με το πρότυπο μίγμα των μολυντικών ουσιών εξετάστηκε μετά από αποθήκευση των φιαλών PET για αρκετές εβδομάδες σε θερμοκρασία 60°C και σε θερμοκρασία δωματίου.

8.7.1. Υλικά και Μέθοδοι

Υλικά

Στη μελέτη αυτή εξετάστηκαν επαναγεμιζόμενες φιάλες PET, χωρητικότητας 1,5lt, οι οποίες προμηθεύτηκαν από την Continental PET Europe (Γαλλία). Οι φιάλες κατασκευάζονται από καθαρό υλικό και προέρχονταν για εμπορική χρήση, χωρίς να έχουν προηγουμένως γεμιστεί ή πλυθεί. Τα τοιχώματα των μπουκαλιών, από τα οποία αφαιρέθηκαν λωρίδες 1,1cm x 6cm, είχαν ομοιογενή ή σχεδόν ομοιογενή κατανομή πάχους, η οποία επέτρεπε το συσχετισμό του βάρους των λωρίδων με την επιφάνειά τους.

Πρότυπες Μολυντικές Ουσίες (Contaminants)

Το πρότυπο μίγμα μολυντικών ουσιών που χρησιμοποιήθηκε, δημιουργήθηκε με ανάμιξη μερών ίσου βάρους και από τις έξι ουσίες. Στη συνέχεια, το μίγμα διαλύθηκε με τέσσερα μέρη πολυαιθυλικής γλυκόλης poly(ethylene glycol), PEG 400. Οι επιλεγμένες πρότυπες μολυσματικές ουσίες ήταν τολουόλιο, φαινόλη, βενζοφαινόλη, φαινυλκυκλοεξάνιο, λεμονένιο και μενθόλη). Όλα τα χημικά και τα διαλυτικά που χρησιμοποιήθηκαν είχαν καθαρότητα 99% και προέρχονταν από τις εταιρίες Aldrich Chemical Company (Gillingham, UK) και Merck (Darmstadt, Germany). Το μίγμα των προτύπων συστατικών ήρθε σε επαφή με τις λωρίδες του υλικού PET, ώστε να φορτιστεί το υλικό με τις ουσίες. Η αραιώση με διαλυτικό PEG 400 ήταν απαραίτητη προκειμένου να ελαττωθεί η ισχύς του μίγματος και να επιτευχθεί μια αλληλεπίδραση με το υλικό PET, που δεν θα οδηγούσε στη δημιουργία υπερβολικών εξογκωμάτων στο πλαστικό υλικό.

Αναλυτική Μέθοδος

Άδειες φιάλες PET αποθηκεύτηκαν για έξι εβδομάδες στους 60°C. Στη συνέχεια, αποθηκεύτηκαν για άλλες οκτώ εβδομάδες σε θερμοκρασία δωματίου και στη συνέχεια ξανά, στους 60°C για οκτώ εβδομάδες. Πρακτικά, οι φιάλες PET εκτίθενται σε αυτές τις συνθήκες θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της διαδικασίας πλυσίματός τους, αλλά για μικρότερο φυσικά, χρονικό διάστημα (μόνο για λίγα λεπτά). Η θερμοκρασία στον κλίβανο κατά τις φάσεις της απορρόφησης (sorption), της μετακίνησης (remigration) και της ρύθμισης της κατάστασης (conditioning) των λωρίδων PET διατηρήθηκε στους 60°C.

Πραγματοποιήθηκαν πειράματα μόλυνσης με ορθογώνιες λωρίδες PET των 1,1cm x 6,0cm από τα τοιχώματα του μπουκαλιού, καθώς και με ολόκληρα μπουκάλια. Τόσο τα μπουκάλια, όσο και οι λωρίδες, εκτέθηκαν στο επιλεγμένο μίγμα από πρότυπα συστατικά, για δύο ημέρες στους 60°C. Η έκλυση επιτεύχθηκε τοποθετώντας κάθε λωρίδα PET σε γυάλινα φιαλίδια των 20ml, με αρκετή ποσότητα (10ml) μολυντικών ουσιών, ώστε να καλύπτεται όλη η επιφάνεια των λωρίδων. Τα φιαλίδια αποθηκεύτηκαν στους 60°C. Προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν τα χρησιμοποιούμενα χημικά, στην περίπτωση που εκτίθονταν σε αυτά ολόκληρα τα μπουκάλια, γεμίζονταν, πρώτα, οι φιάλες με γυάλινους βόλους και στη συνέχεια προσθέτονταν το μίγμα των μολυντικών ουσιών.

Οι λωρίδες PET αποσύρονται από τα φιαλίδια και βυθίζονται για ένα σύντομο χρονικό διάστημα (για 5sec), τρεις φορές, σε 95% αιθανόλη, προκειμένου να απομακρυνθούν από την επιφάνειά τους οι μολυντικές ουσίες. Στη συνέχεια, οι λωρίδες καθαρίζονται με ειδικό χαρτί, ώστε να σκουπιστεί η αιθανόλη από την επιφάνειά τους. Οι ακμές της κάθε λωρίδας ήταν

κομμένες κατά 1mm γύρω από όλη τη λωρίδα χρησιμοποιώντας ένα κατάλληλο κοπτικό εργαλείο, ώστε να εξουδετερωθεί η αρνητική επίδραση των φαινομένων απορρόφησης των ακμών στα αποτελέσματα. Τα ολόκληρα μπουκάλια PET, μετά την έκθεσή τους στα μολυντικά χημικά, αδειάζονται και ξεπλένονται με νερό βρύσης. Έπειτα, κόβονται λωρίδες από το κάθε μπουκάλι με τη διαδικασία που περιγράφηκε παραπάνω. Η συγκέντρωση των μολυντικών ουσιών μετράτο αφού πρώτα τοποθετηθούν οι λωρίδες PET σε 95% αιθανόλη στους 60°C για 48 ώρες. Για να εξασφαλιστεί η πλήρης εξαγωγή των χημικών, τα δείγματα στεγνώνονται με ένα ειδικό πανί και η διαδικασία επαναλαμβάνεται, με τον ίδιο τρόπο, για δεύτερη φορά.

Τα δείγματα αναλύθηκαν με GC χρησιμοποιώντας π-ξυλόλιο σαν εσωτερικό πρότυπο. Η μονάδα GC που χρησιμοποιήθηκε ήταν ένας αέριος χρωματογράφος της σειράς Fisons GC 9000, εξοπλισμένος με ανιχνευτή ιονισμού φλόγας (flame ionization detector). Η στήλη διαχωρισμού είχε μήκος 30m, εσωτερική διάμετρο 0.32mm, DB-1, με πάχος φιλμ ίσο με 3μm. Η στήλη GC είχε επίσης τη δυνατότητα πλήρους διαχωρισμού των συστατικών του μοντέλου από το υλικό του εσωτερικού μέσου, καθώς και από διαλυτικές ουσίες. Οι ακόλουθες παράμετροι GC διατηρήθηκαν σταθερές: θερμοκρασία ανιχνευτή 280°C, θερμοκρασία ψεκασμού 250°C, ρυθμός ροής αερίου (He) 1,4ml/min, μέθοδος ψεκασμού, λόγος split ίσος με περίπου 35ml/min, όγκος ψεκασμού 1μl. Το πρόγραμμα θερμοκρασιών που εφαρμόστηκε ήταν 80°C για 2min και από τους 80°C στους 290°C με ρυθμό 15°C/min για 15min.

8.7.2. Αποτελέσματα και Συζήτηση

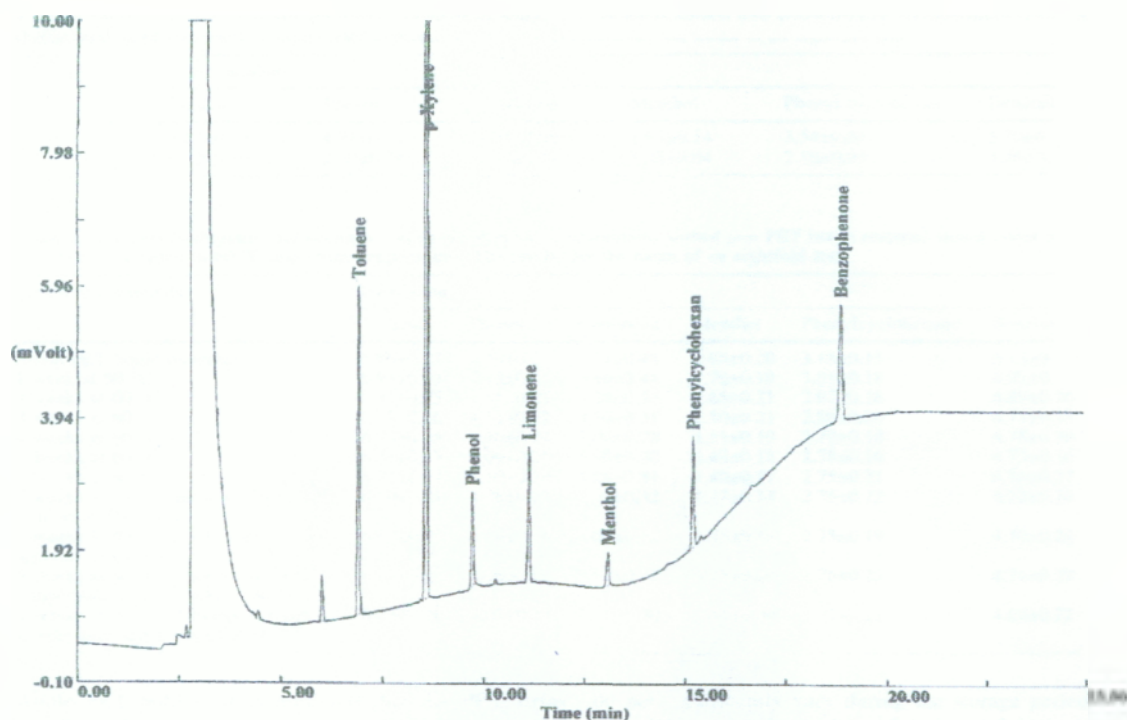
Στην περίπτωση που οι πλαστικές φιάλες και ειδικά οι επαναγεμιζόμενες, πρόκειται να επαναχρησιμοποιηθούν για τη συσκευασία τροφίμων, μπορούν να προκύψουν επιπλέον προβλήματα από άποψη ποιότητας και ασφάλειας των τροφίμων. Τα σημαντικότερα προβλήματα δημιουργούνται από τη δυνατότητα των πολυμερών υλικών να απορροφήσουν χημικές ουσίες. Ο έλεγχος ποιότητας των τροφίμων σε πλυμένα και επαναγεμισμένα μπουκάλια PET, προτού αυτά επιστρέψουν στην κατανάλωση, βρίσκεται απολύτως στα χέρια εκείνων που γεμίζουν τα μπουκάλια. Οι αρχές και τα εργαστήριά τους δεν έχουν τη δυνατότητα πραγματοποίησης δοκιμών σε επαναγεμιζόμενες φιάλες PET του εμπορίου με κάποια ορισμένη μέθοδο ελέγχου. Συνεπώς, το ζητούμενο είναι να αναπτυχθεί μια έγκυρη μέθοδος δοκιμών για επαναγεμιζόμενες φιάλες PET που να σχετίζεται με την εκτίμηση της αδρανειακής τους συμπεριφοράς, όσον αφορά την λήψη, την αποβολή χημικών ουσιών και την αποβολή των ενεργών τους συστατικών. Η μέθοδος αυτή θα πρέπει να είναι βιομηχανικά εφαρμόσιμη, λαμβάνοντας υπόψη τις πρόσφατες εξελίξεις στη συσκευασία τροφίμων, ενώ θα πρέπει, επίσης, να προσφέρει στα εργαστήρια ελέγχου μία συστηματική μέθοδο ελέγχου της ασφάλειας των τροφίμων σε φιάλες PET που υπάρχουν στην αγορά.

Σε μια προσπάθεια να απλοποιηθούν περαιτέρω οι μέθοδοι ελέγχου, που μέχρι στιγμής έχουν προταθεί, εξετάστηκε η χρησιμότητα της ύπαρξης τολουολίου και π-ξυλόλιου στο μίγμα των μολυντικών ουσιών. Το συμπέρασμα ήταν πως το π-ξυλόλιο δεν παρέχει κάποια νέα πληροφορία σε σχέση με το τολουόλιο, αφού συμπεριφέρονται με παρόμοιο τρόπο. Συζητήθηκε, επίσης, κατά πόσο θα έπρεπε να συντομευτεί η διαδικασία GC, επιλέγοντας ένα καταλληλότερο εσωτερικό μέσο. Για το σκοπό αυτό, το π-ξυλόλιο αφαιρέθηκε από το προτεινόμενο μίγμα και αντικαταστάθηκε από ένα ίσο μέρος PEG 400, το οποίο χρησιμοποιήθηκε σαν εσωτερικό πρότυπο. Εξαιτίας αναλυτικών δυσχερειών, σχετιζόμενων

με την ανίχνευση της προπυλεν- γλυκόλης, αποφασίστηκε να ελαττωθούν τα πρότυπα συστατικά του set σε έξι, αντικαθιστώντας την προπυλεν- γλυκόλη με ένα μέρος PEG 400 (βαθμός αραιώσης 1:10).

Οι συνθήκες απορρόφησης, όπως η συγκέντρωση των πρότυπων συστατικών, ο χρόνος και οι θερμοκρασιακές συνθήκες έκθεσης, επιλέχθηκαν έτσι ώστε το υλικό PET να παρουσιάζει σε μικρό βαθμό εξογκώματα (swelling), τα οποία δεν ήταν ορατά με γυμνό μάτι. Η κατάσταση αυτή θεωρείται ότι είναι η κρισιμότερη όσον αφορά τα επαναγεμιζόμενα μπουκάλια PET, λόγω του ότι τα ηλεκτρονικά και οπτικά συστήματα ελέγχου μπορεί να μην λειτουργήσουν σωστά στην περίπτωση αυτή. Οι συνθήκες χρόνου και θερμοκρασίας για τη φάση της απορρόφησης (2 ημέρες στους 60°C) φάνηκαν να συμφωνούν με τις μέχρι τώρα εφαρμοζόμενες συνθήκες των 14 ημερών στους 40°C, οι οποίες ισχύουν στους ελέγχους επιστρεφόμενων φιαλών PET [29]. Η μετρούμενη αλληλεπίδραση γίνεται κατανοητή σαν ως προέκταση της απορρόφησης των πρότυπων χημικών ουσιών από το υλικό PET και δίνεται ποσοτικά σε απορροφημένη μάζα (milligrams) ανά μονάδα επιφάνειας (cm²).

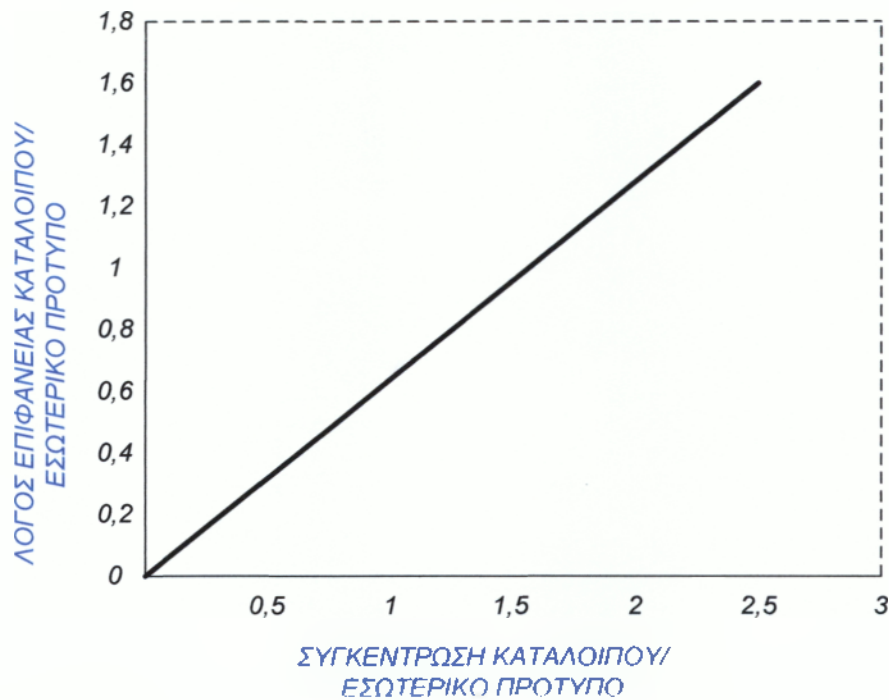
Ένα αντιπροσωπευτικό προφίλ GC από τα έξι συστατικά, συμπεριλαμβανομένου του π-ξυλολίου σαν εσωτερικό πρότυπο (περίπου 10ppm συγκέντρωση για καθένα και 247ppm για το εσωτερικό πρότυπο), φαίνεται στο Σχήμα 7.



Σχήμα 7. Αντιπροσωπευτικό Δείγμα Αποτελεσμάτων Αέριας Χρωματογραφίας

Όπως παρατηρούμε από τη μέγιστη ανάλυση, η τριχοειδής στήλη που χρησιμοποιήθηκε έχει πολύ ικανοποιητικές δυνατότητες ανάλυσης για όλες τις ουσίες που χρησιμοποιήθηκαν.

Καμπύλες βαθμονόμησης κατασκευάστηκαν σχεδιάζοντας το μέγιστο λόγο επιφάνειας (peak area ratio) για κάθε συστατικό προς το εσωτερικό πρότυπο, συναρτήσει της συγκέντρωσης της ουσίας, χρησιμοποιώντας 95% αιθανόλη σαν διαλυτικό. Σαν παράδειγμα, παραθέτουμε την καμπύλη βαθμονόμησης για τη βενζοφαινόλη στο εύρος 0-500ppm στο Σχήμα 8. Ανάλογες καμπύλες βαθμονόμησης σχεδιάστηκαν για όλες τις πρότυπες μολυντικές ουσίες. Οι καμπύλες αυτές υπεβλήθησαν σε ανάλυση γραμμικής απόκλισης και σε όλες τις περιπτώσεις βρέθηκαν συντελεστές σύγκλισης (R) μεγαλύτεροι από 0,99. Το γεγονός αυτό φανερώνει την έξοχη γραμμική σχέση μεταξύ της συγκέντρωσης της μολυντικής ουσίας και της απόκρισης του ανιχνευτή ιονισμού.



Σχήμα 8. Καμπύλη βαθμονόμησης βενζοφαινόλης [28]

Τα πειραματικά αποτελέσματα της αλληλεπίδρασης των επιλεγμένων πρότυπων συστατικών με τις λωρίδες από τα τοιχώματα των φιαλών PET είναι συγκρίσιμα με εκείνα που προέκυψαν από τα πειράματα με ολόκληρα μπουκάλια PET. Παρατηρείται ότι οι λωρίδες PET συνήθως απορροφούσαν μεγαλύτερες ποσότητες από κάθε πρότυπο συστατικό ανά μονάδα επιφάνειας (εκφρασμένη σε mg ανά cm^2) σε σχέση με την περίπτωση των ολόκληρων φιαλών. Τα αποτελέσματα αυτά βρίσκονται σε συμφωνία με εκείνα άλλων ερευνητών, οι οποίοι παρατήρησαν ότι δείγματα που εκτέθηκαν από τη μία (ολόκληρα μπουκάλια) ή και από τις δύο (λωρίδες μπουκαλιών) πλευρές, παρουσίασαν συγκρίσιμα επίπεδα απορρόφησης ανά μονάδα επιφάνειας [30]. Το γεγονός ότι οι λωρίδες PET απορρόφησαν μεγαλύτερες ποσότητες μολυντικών ουσιών οφείλεται, πιθανότατα, στο ότι όταν οι λωρίδες αυτές εκτέθηκαν στις μολυντικές ουσίες, ο λόγος μεταξύ του πλαστικού υλικού και του πρότυπου μολυντικού διαλύματος ήταν μικρότερος σε σχέση με τον αντίστοιχο των φιαλών PET. Συγκεκριμένα, ο λόγος αυτός ήταν περίπου 6:100 για την

περίπτωση των λωρίδων PET, ενώ στην περίπτωση των ολόκληρων φιαλών ήταν περίπου 36:100 (6 φορές μεγαλύτερος). Επιπλέον, εξαιτίας του αυξημένου πάχους των τοιχωμάτων των φιαλών PET (750μm), η ισορροπία στην απορρόφηση δεν επήλθε κατά τη διάρκεια της σύντομης περιόδου έκθεσης (2 ημέρες) στις μολυντικές ουσίες. Αυτό είναι, προφανώς, πιο έντονο στην περίπτωση της μονόπλευρης έκθεσης (ολόκληρα μπουκάλια). Παρατηρείται, επίσης (Πίνακας 8), ότι τα αρωματικά συστατικά (όπως τα φαινόλη, τολουόλιο και βενζοφαινόλη) απορροφούνται σε μεγαλύτερες ποσότητες εξαιτίας της επίπεδης (διδιάστατης) δομής του δακτυλίου του βενζολίου (benzene ring), η οποία επιτρέπει τον ευκολότερο διαποτισμό μέσω του πολυμερούς υλικού.

Πίνακας 8. Περιέχονται οι απορροφημένες ποσότητες των έξι πρότυπων συστατικών από τις λωρίδες PET, καθώς και από τις φιάλες PET [28]

PET	Προσομοίωση Τροφίμου					
	Τολουόλιο	Φαινόλη	Λεμονένιο	Μενθόλη	Φαινυλ-κυκλοεξάνιο	Βενζοφαινόλη
Λωρίδες	6,63±0,23	4,71±0,14	3,35±0,09	1,93±0,14	3,54±0,06	5,70±0,15
Μπουκάλι	6,72±0,10	2,40±0,24	2,22±0,01	1,38±0,04	2,10±0,03	4,46±0,21

Τα αποτελέσματα είναι εκφρασμένα σε mg/dcm²

Τα αποτελέσματα για τις ποσότητες των πρότυπων μολυντικών ουσιών που απορροφήθηκαν στο υλικό των φιαλών PET που είχαν αποθηκευτεί κάτω από δυσμενείς συνθήκες, παρουσιάζονται στον Πίνακα 9.

Είναι προφανές ότι οι απορροφημένες ποσότητες όλων των μολυντικών ουσιών δεν μεταβάλλονται σημαντικά κατά την περίοδο αποθήκευσης. Τα αποτελέσματα για τις απορροφημένες ποσότητες από τα έξι πρότυπα συστατικά μειώθηκαν λιγότερο ή περισσότερο κατά την αποθήκευση σε δυσμενείς συνθήκες, ανάλογα με το μοριακό βάρος των ουσιών. Το αποτέλεσμα των δοκιμών απορρόφησης για την βενζοφαινόλη μια ουσία με σχετικά υψηλό μοριακό βάρος μειώνονταν πιο άμεσα, σε σύγκριση με μια ουσία με χαμηλότερο μοριακό βάρος, όπως, για παράδειγμα, το τολουόλιο. Αυτή η παρατήρηση μπορεί να εξηγηθεί από τη θεωρία διάχυσης. Η μείωση στις απορροφημένες ποσότητες παρατηρήθηκε μετά από αποθήκευση μεταξύ 1 και 3 εβδομάδων στους 60°C. Κατά τη διάρκεια της έρευνας, τα αποτελέσματα των δοκιμών παρέμειναν σταθερά για τα έξι πρότυπα συστατικά μετά από την περίοδο αποθήκευσης των τριών εβδομάδων στους 60°C. Η αιτία της μείωσης των απορροφημένων ποσοτήτων βρίσκεται στη διαδικασία διαμόρφωσης ενός μπουκαλιού PET.

Στη βιομηχανία, η "χαλάρωση" μίας φιάλης PET μετά από τη διαδικασία διαμόρφωσής της (molding) είναι ένα πολύ γνωστό φαινόμενο. Μετά τη διαδικασία αυτή, ο όγκος του μπουκαλιού μεταβάλλεται εξαιτίας των φαινομένων χαλάρωσης. Οι τάσεις που αναπτύσσονται στο υλικό κατά τη διάρκεια της θερμικής του επεξεργασίας χαλαρώνουν καθώς αυτό ψύχεται και αποθηκεύεται. Συνήθως, η βασική διαδικασία της χαλάρωσης ολοκληρώνεται εντός των 72 ωρών μετά την παραγωγή της φιάλης. Οι αποκλίσεις των απορροφημένων ποσοτήτων όλων των μολυντικών ουσιών μετά την αποθήκευσή τους στους 60°C μπορούν να θεωρηθούν αποτέλεσμα των περαιτέρω διαδικασιών χαλάρωσης, καθώς και των μορφολογικών αλλαγών που υφίσταται το υλικό PET σε υψηλότερες θερμοκρασίες.

Πίνακας 9. Περιέχονται τα ποσά των πρότυπων μολυσματικών ουσιών που απορροφήθηκαν από το υλικό PET των μπουκαλιών, τα οποία αποθηκεύτηκαν σε δυσμενή συνθήκες. Τα αποτελέσματα είναι ο μέσος όρος μιας οκταπλής δοκιμής [9]

Συνθήκες Περιβάλλοντος	Προσομοίωση Τροφίμων					
	Τολουόλιο	Φαινόλη	Λεμονένιο	Μενθόλη	Φαινυλ- κυκλοεξάνιο	Βενζοφαινόλη
Αρχικά	6,96±0,27	4,36±0,21	3,51±0,48	1,88±0,20	3,18±0,15	5,13±0,23
1 εβδ. στους 60 °C	6,93±0,23	4,23±0,15	3,46±0,44	1,70±0,19	3,01±0,18	4,92±0,24
2 εβδ. στους 60 °C	6,81±0,25	4,15±0,25	3,28±0,37	1,65±0,21	2,97±0,18	4,89±0,26
3 εβδ. στους 60 °C	6,78±0,26	4,11±0,22	3,10±0,35	1,50±0,21	2,80±0,20	4,77±0,28
4 εβδ. στους 60 °C	6,73±0,28	4,10±0,24	3,09±0,28	1,51±0,19	2,79±0,18	4,75±0,26
5 εβδ. στους 60 °C	6,75±0,23	4,09±0,25	3,40±0,30	1,48±0,18	2,78±0,16	4,73±0,26
6 εβδ. στους 60 °C	6,72±0,27	4,10±0,29	3,08±0,31	1,49±0,17	2,75±0,21	4,74±0,27
6 εβδ. στους 60 °C και 4 εβδ. σε Θ °C δωματίου	6,70±0,21	4,08±0,27	3,05±0,32	1,47±0,13	2,76±0,22	4,72±0,25
6 εβδομάδα στους 60 °C και 8 εβδομάδες σε Θ °C δωματίου	6,69±0,25	4,09±0,26	3,06±0,32	1,45±0,16	2,75±0,19	4,70±0,24
6 εβδ. στους 60 °C, 8 εβδ. σε Θ °C δωματίου και 4εβδ. στους 60 °C	6,71±0,23	4,06±0,25	3,07±0,32	1,45±0,20	2,76±0,23	4,71±0,29
6 εβδ. στους 60 °C, 8 εβδ. σε Θ °C δωματίου και 8εβδ. στους 60 °C	6,73±0,20	4,07±0,20	3,05±0,30	1,44±0,091	2,77±0,21	4,69±0,22

Τα αποτελέσματα είναι εκφρασμένα σε mg/dm²

Μετά την αποθήκευση για τρεις εβδομάδες στους 60°C, αυτά τα φαινόμενα είχαν, πιθανότατα, ολοκληρωθεί, οπότε τα χημικά αποτελέσματα των δοκιμών ήταν σταθερά. Από τα παραπάνω, η επίδραση των συνθηκών αποθήκευσης στην ποσότητα των πρότυπων μολυντικών ουσιών που απορροφώνται από το υλικό PET είναι μάλλον ασήμαντη. Έτσι, η χημική αδρανειακή συμπεριφορά των φιαλών PET δεν επηρεάζεται ουσιαστικά. Μία πιθανή φάση βελτίωσης (conditioning phase) του υλικού PET προτείνεται με σκοπό την επίτευξη σταθερότητας και καλύτερης ομοιογένειας.

Συνοψίζοντας, η μέθοδος που παρουσιάστηκε περιγράφει μία διαδικασία δοκιμών για τον καθορισμό της αλληλεπίδρασης του υλικού των φιαλών PET με ένα μίγμα από έξι πρότυπα χημικά συστατικά, υπό δεδομένες συνθήκες απορρόφησης. Η μέθοδος προτείνεται να χρησιμοποιηθεί για συγκρίσεις, μεταξύ δύο ή περισσότερων διαφορετικών υλικών PET όσον αφορά την αλληλεπίδρασή τους με διάφορες ουσίες. Έτσι, η μέθοδος είναι ικανή για τον έλεγχο της χημικής αδρανειακής συμπεριφοράς διαφορετικών διαμορφώσεων και παρτίδων PET ή και για τη διερεύνηση της επίδρασης των παραμέτρων φόρτισης (stress), όπως είναι ο αριθμός πλύσεων του υλικού PET. Η μέθοδος μπορεί, επίσης, να χρησιμοποιηθεί για να αποδειχθεί η δυνατότητα ενός δοκιμαζόμενου υλικού PET να αποτελέσει υλικό συσκευασίας κάποιων τροφίμων, με την προϋπόθεση ότι οι πιστοποιημένες τιμές αλληλεπίδρασης δεν υπερβαίνουν τα δεδομένα όρια ανοχής.

8.7.3. Συμπεράσματα

Ένα άμεσο συμπέρασμα πρωταρχικής σημασίας που προκύπτει από την παραπάνω συζήτηση είναι η δυνατότητα χρησιμοποίησης ενός επιλεγμένου set πρότυπων μολυντικών ουσιών με σκοπό τη διερεύνηση της χημικής αδράνειας των επαναγεμιζόμενων φιαλών PET, με τρόπο απλό, γρήγορο και εύκολο να αναπαραχθεί. Σχετικά με τα αποτελέσματα της αλληλεπίδρασης που προέκυψαν για τα ολόκληρα μπουκάλια, παρατηρούμε ότι αυτά είναι συγκρίσιμα με εκείνα από τις δοκιμές αλληλεπίδρασης για τις λωρίδες PET και ενισχύουν την πρόταση ότι τα αποτελέσματα δοκιμών των λωρίδων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εκτίμηση της συμπεριφοράς ολόκληρων των φιαλών.

Τα οφέλη από την σύσταση μιας τέτοιας μεθόδου θα είναι κυρίως τα παρακάτω:

1. Η ασφάλεια και η προφύλαξη των καταναλωτών, με την καθιέρωση ενός μέσου για τον έλεγχο των επαναγεμιζόμενων φιαλών PET. Το σύστημα ελέγχου θα επιτρέπει στις ελεγκτικές υπηρεσίες να πραγματοποιήσουν δικές τους μετρήσεις, ώστε να εξασφαλιστεί η προστασία των καταναλωτών. Η δημιουργία ενός τέτοιου συστήματος ελέγχου θα αναπληρώσει το κενό που υπάρχει σήμερα στην νομοθεσία της Ευρωπαϊκής Κοινότητας σχετικά με τα συστήματα αναπλήρωσης (refill systems). Η προτεινόμενη μέθοδος θα βοηθήσει, επίσης, την Ευρωπαϊκή Επιτροπή Προτύπων (European Committee for Standardization, CEN) στην ανάπτυξη πρότυπων μεθόδων ελέγχου, ώστε να πληρούνται οι περιορισμοί και οι προϋποθέσεις που τίθενται από την ΕΕ.
2. Η αύξηση της κοινής αποδοχής των πλαστικών επαναγεμιζόμενων συστημάτων που ανταποκρίνονται στις σύγχρονες περιβαλλοντικές απαιτήσεις της συσκευασίας των τροφίμων [18].
3. Η προσφορά στη βιομηχανία μιας αποδοτικής (χαμηλού κόστους) μεθοδολογίας για την αύξηση της συχνότητας των ελέγχων σε ερευνητικά και αναπτυξιακά

προγράμματα σχετικά με τα υλικά συσκευασίας τροφίμων, αυξάνοντας έτσι την ασφάλεια των τελευταίων.

Τα αποτελέσματα των δοκιμών για τη χημική αδράνεια που προέκυψαν μετά την αποθήκευση των φιαλών στους 60°C για αρκετές εβδομάδες, έδειξαν πως δεν υπήρχε σημαντική επίδραση των προαναφερθέντων θερμικών κατεργασιών στη συμπεριφορά απορρόφησης του πλαστικού υλικού, μολονότι παρατηρήθηκαν ορισμένες μεταβολές στην ποσότητα των απορροφημένων μολυντικών ουσιών με το πέρασμα του χρόνου. Προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν αυτές οι μεταβολές, η πρόταση είναι ότι το υλικό PET θα έπρεπε να προετοιμαστεί κατάλληλα πριν ξαναγεμιστεί, εξαιτίας των φαινομένων χαλάρωσης. Ένα στάδιο προετοιμασίας πριν την πρώτη συσκευασία θα οδηγήσει στην σταθερότητα του υλικού.

8.8. Μετανάστευση Πρόσθετων Ουσιών και Ακεταλδεΐδης

Ημικαρβαζίδιο. Το ημικαρβαζίδιο (semicarbazide, SEM) ανήκει σε μία οικογένεια χημικών ενώσεων, τις υδραζίνες (hydrazines), η οποία φαίνεται ότι προκαλεί καρκίνο σε πειραματόζωα. Παρότι δεν έχει ολοκληρωθεί η τοξικολογική μελέτη του ημικαρβαζιδίου, είναι πιθανό να προκαλεί βλάβες στο γενετικό υλικό των κυττάρων (DNA). Το αζωδικαρβοαμίδιο έχει εγκριθεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση ως ουσία η οποία ενσωματώνεται στα πλαστικά προκειμένου να επιτευχθεί συγκεκριμένη τεχνική επίδραση στο τελικό προϊόν. Έχει εγκριθεί για χρήση ως διογκωτικό μέσο των πλαστικών υλικών που προορίζονται να είναι σε επαφή με τρόφιμα. Τα διογκωτικά μέσα προστίθενται στα πολυμερή κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας τους, ώστε να δημιουργούν μικρά μόρια αέρα σε όλο το πλαστικό. Πρόσφατα το ημικαρβαζίδιο ανιχνεύθηκε στα υλικά που έρχονται σε επαφή με τρόφιμα, που κατά την παρασκευή τους χρησιμοποιείται το αζωδικαρβοαμίδιο (azodicarbonamide, ADC). Το αζωδικαρβοαμίδιο έχει χρησιμοποιηθεί για περισσότερο από 20 χρόνια για τη δημιουργία του εσωτερικού πλαστικού πώματος στα καπάκια γυάλινων περιεκτών.

Οι εμπειρογνώμονες θεωρούν ότι ο κίνδυνος για τους ενήλικες και για τα νήπια, εάν υπάρχει, είναι πολύ μικρός. Μέχρι σήμερα δεν υπάρχουν αρκετά επιστημονικά δεδομένα ώστε να πραγματοποιηθεί μία ολοκληρωμένη και εμπεριστατωμένη εκτίμηση της επικινδυνότητας του ημικαρβαζιδίου. Λαμβάνοντας όμως υπόψη τα μέχρι τώρα στοιχεία, καθώς και την πιθανή υψηλότερη έκθεση των νηπίων στην ουσία αυτή από τις κρέμες και τις συσκευασμένες τροφές, οι εμπειρογνώμονες συμβουλεύουν ότι για προληπτικούς λόγους θα πρέπει να μειωθεί η παρουσία της ουσίας.

Εστέρες Διβασικών, Τριβαδικών Οξέων – DOP, DOA. Οι πλαστικοποιητές είναι πρόσθετες ουσίες οι οποίες χρησιμοποιούνται κατά την παραγωγή, στη συγκεκριμένη περίπτωση πλαστικών υλών και συμβάλουν στη διευκόλυνση της επεξεργασίας καθώς και στη βελτίωση του τελικού προϊόντος. Οι πλαστικοποιητές είναι χαμηλής τήξης στερεά (low-melting), ή οργανικές ενώσεις υψηλού βρασμού (high-boiling) και σχετίζονται με διαλύτες χωρίς να είναι τόσο πολύ πτητικοί [7η].

Οι πιο ευρέως χρησιμοποιούμενοι είναι οι εστέρες διβασικών ή τριβαδικών οξέων, όπως το DOP και το DOA που χρησιμοποιούνται σε μεγάλες ποσότητες στην παραγωγή υλικών συσκευασίας για τρόφιμα. Η μεγάλη τάση για μετανάστευση αυτών των συστατικών σε συνδυασμό με την υψηλή τοξικότητα τους, έχουν ανησυχήσει το καταναλωτικό κοινό όσον

αφορά τη χρήση τους στη συσκευασία τροφίμων και φαρμάκων. Πειραματόζωα τα οποία λάμβαναν καθημερινά DOP παρουσίασαν συμπτώματα απώλειας βάρους, διόγκωση του ήπατος, μυϊκές και σκελετικές ανωμαλίες και μείωση της συχνότητας εγκυμοσύνης [7θ].

Ακεταλδεΐδη. Η παρασκευή πλαστικών φιαλών από πολυτερεφθαλικό αιθυλεστέρα (PET) απαιτεί υψηλές σχετικά θερμοκρασίες για τη μερική διάσπαση του πολυμερούς και εν συνεχεία το σχηματισμό ακεταλδεΐδης. Αν το υγρό προϊόν εισέλθει στην πλαστική φιάλη PET αμέσως μετά την κατασκευή της, η ακεταλδεΐδη μεταναστεύει στο προϊόν σε συγκεντρώσεις που μπορούν να φθάσουν και τα 50 ppm, με αποτέλεσμα να προσδίδουν σε αυτό δυσάρεστη οσμή. Το πρόβλημα αυτό μπορεί να αντιμετωπισθεί, αν το γέμισμα των φιαλών με το προϊόν γίνει λίγες ημέρες μετά την κατασκευή τους.

8.9. Μετανάστευση και Χαρτί

Ο τρόπος με τον οποίο μεταναστεύουν οι διάφορες ουσίες από ένα χάρτινο περιέκτη στο τρόφιμο θυμίζει πολύ τον τρόπο μετανάστευσης των μονομερών σε υγρά τρόφιμα αφού προηγηθεί διείσδυση του υγρού προϊόντος στο υλικό συσκευασίας. Στην περίπτωση του χάρτινου περιέκτη η διείσδυση του υγρού προϊόντος στο χαρτί είναι πολύ πιο γρήγορη και τόσο η έκπλυση των ουσιών από το χαρτί όσο και η μεταφορά τους στο υγρό προϊόν ολοκληρώνεται σε σύντομο χρονικό διάστημα. Οι ουσίες που μεταναστεύουν από τη χάρτινη συσκευασία προέρχονται από τους διαλύτες και τις συγκολλητικές ουσίες που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή του χάρτινου περιέκτη ή από τα μελάνια και τα χρώματα που χρησιμοποιούνται για την εκτύπωση των παραστάσεων και των πληροφοριών που φέρει η συσκευασία.

Σε προϊόντα χαρτιού/ χαρτονιού επίσης, προσδιορίστηκαν μικρές ποσότητες διοξινών. Το γεγονός αυτό προκάλεσε πολλές ανησυχίες για τον κίνδυνο μεταφοράς των διοξινών σε τρόφιμα, όπως το γάλα και οι χυμοί φρούτων, τα οποία συσκευάζονται σε ασηπτική συσκευασία με βάση το χαρτί, καθώς και σε άλλα τρόφιμα καθ' αυτού συσκευασμένα από χαρτί. Οι ποσότητες αυτές των διοξινών που ανιχνεύθηκαν στα προϊόντα χαρτιού/ χαρτονιού προήλθαν από χλωριωμένες ενώσεις που χρησιμοποιούνται στο στάδιο της λεύκανσης κατά την επεξεργασία του. Ωστόσο, σήμερα το πρόβλημα της μεταφοράς των διοξινών φαίνεται να ξεπερνιέται αφού η λεύκανση του χαρτιού γίνεται με υπεροξείδιο του υδρογόνου (H_2O_2) [1σ].

8.10. Μετανάστευση και Γυαλί

Η μετανάστευση ουσιών από τους γυάλινους περιέκτες στα τρόφιμα περιορίζεται μόνο στο πλαστικό ή μεταλλικό πάμα που υπάρχει στο καπάκι. Οι κύριες χημικές ουσίες που μεταφέρονται από το γυαλί στο συσκευασμένο προϊόν είναι τα οξείδια του πυριτίου και τα ιόντα νατρίου (Na^+). Όμως, τόσο το πυρίτιο όσο και το νάτριο που δεν αποτελούν τοξικές ουσίες, είναι αδύνατο να ασκήσουν οποιαδήποτε επίδραση στις οργανοληπτικές ιδιότητες του προϊόντος και οποιαδήποτε επίδραση στον ανθρώπινο οργανισμό. Άλλωστε το πυρίτιο αποτελεί φυσικό συστατικό πολλών τροφίμων.

9. ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ

9.1. Εισαγωγή

Ένα από τα σημαντικότερα πεδία έρευνας και ανάπτυξης στο χώρο της συσκευασίας τροφίμων τα τελευταία 20 χρόνια, αποτελεί η τεχνολογία της συσκευασίας σε τροποποιημένες ατμόσφαιρες (modified atmosphere packaging, MAP). Παρόλο ότι η σημαντικότητά της ήταν γνωστή από τις αρχές του 20^{ου} αιώνα, άμεσο ενδιαφέρον εκδηλώθηκε με τη σταδιακή αύξηση των υπεραγορών τροφίμων.

Σήμερα παράγονται δεκάδες δισεκατομμύρια πακέτα ανά τον κόσμο, τα οποία συσκευάζουν σε τροποποιημένες ατμόσφαιρες πάνω από 5 εκατομμύρια τόνους τροφίμων [31]. Η μέθοδος αυτής της συσκευασίας βρίσκει εφαρμογή σε όλα τα είδη τροφίμων και κυρίως στα φρέσκα κρέατα, τα ψάρια, τα λαχανικά, τα φρούτα, τις έτοιμες σαλάτες, τα γαλακτοκομικά, τα ποτά κ.ά. Η μεγάλη της εμπορική επιτυχία οφείλεται στη δυνατότητα να ικανοποιεί τις απαιτήσεις των καταναλωτών για ασφάλεια, ποιότητα και ευκολία με μικρό κόστος προστιθέμενης αξίας.

9.2. Συσκευασία Τροποποιημένης Ατμόσφαιρας - Ορισμός

Είναι γνωστό ότι πολλά τρόφιμα αλλοιώνονται όταν παραμείνουν για μεγάλο χρονικό διάστημα στον ατμοσφαιρικό αέρα. Η οξειδωση διάφορων συστατικών του προϊόντος, η απορρόφηση ή και η αποβολή υγρασίας, όπως και η ανάπτυξη μικροοργανισμών είναι μερικές από τις συνέπειες οι οποίες και αποτελούν παράγοντες υποβάθμισης της ποιότητάς του. Η κανονική σύνθεση του ατμοσφαιρικού αέρα είναι 78 % N₂, 21 % O₂, 0,9% Ar και 0,1 % CO₂ σε πίεση 1atm, ενώ σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις απαντούν άλλα αέρια και υδρατμοί. Κάθε τροποποίηση και αλλαγή των συνθηκών αυτών σε κλειστό περιβάλλον μπορεί να θεωρηθεί γενικά ως μια τροποποιημένη ατμόσφαιρα.

Πιο συγκεκριμένα ως Συσκευασία Τροποποιημένης Ατμόσφαιρας (Modified Atmosphere Packaging, MAP) ορίζεται η συσκευασία ευαλλοίωτων τροφίμων σε περιβάλλον στο οποίο έχει επέλθει αλλαγή σύνθεσης της ατμόσφαιρας με την απομάκρυνση του αέρα από τον περιέκτη και την αντικατάστασή του ή όχι, από αέριο ή μίγμα αερίων [17].

Η νέα σύνθεση της ατμόσφαιρας στο περιβάλλον του τροφίμου (εντός συσκευασίας) δεν ελέγχεται ώστε να παραμένει σταθερή, όπως στην περίπτωση της συσκευασίας με ελεγχόμενη ατμόσφαιρα, αλλά μεταβάλλεται συνέχεια λόγω της διαλυτότητας των αερίων και της μικροβιακής δραστηριότητας στο τρόφιμο. Σκοπός της συσκευασίας αυτής είναι να

διατηρήσει την ποιότητα των τροφίμων και να επιμηκύνει τη διάρκεια συντήρησής τους. Πιο συγκεκριμένα, να επιβραδύνει το ρυθμό των χημικών και βιοχημικών αντιδράσεων που λαμβάνουν χώρα και παράλληλα να εμποδίσει ή τουλάχιστον να επιβραδύνει την ανάπτυξη των αλλοιωγόνων μικροοργανισμών που απαντούν σε αυτά.

Υπάρχουν δύο τύποι συσκευασίας σε τροποποιημένες ατμόσφαιρες, η συσκευασία σε κενό και η συσκευασία με αέρια.

Η συσκευασία υπό κενό (vacuum packaging, sous-vide) αποτελεί την πιο απλή μορφή συσκευασίας τροποποιημένης ατμόσφαιρας. Κατά αυτόν τον τρόπο, ο αέρας αφαιρείται σχεδόν εξολοκλήρου από τη συσκευασία πριν αυτή κλείσει ερμητικά. Λόγο της μεγάλης διαφοράς πίεσης που δημιουργείται μέσα και έξω από τη συσκευασία, αυτή κολλάει στο προϊόν. Η μερική αφαίρεση του αέρα λέγεται και υποβαρής συσκευασία. Η συσκευασία σε κενό δεν ενδείκνυται για τρόφιμα με ευαίσθητη υφή και δομή, όπως επίσης και για τρόφιμα όπου το οξυγόνο είναι απαραίτητο για τη συντήρησή τους (π.χ. νωπά κρέατα).

Η συσκευασία με αέρια (gas packaging) βασίζεται σε μια πολυπλοκότερη διαδικασία κατά την οποία ο ατμοσφαιρικός αέρας αντικαθίσταται από ένα μίγμα αερίων για να δημιουργηθεί η επιθυμητή τροποποιημένη ατμόσφαιρα. Η τροποποιημένη ατμόσφαιρα δημιουργείται κυρίως μηχανικά, είτε με ρεύμα αερίων (gas flushing) είτε με αποκατάσταση κενού (vacuum compensation) και εν' συνεχεία εναπόθεση αερίων. Κατά την πρώτη τεχνική ένα συνεχές ρεύμα αερίων εισέρχεται στον περιέκτη αντικαθιστώντας τον ατμοσφαιρικό αέρα, για να αποκατασταθεί η νέα και επιθυμητή ατμόσφαιρα, όταν αυτός κλείσει. Παρόλα αυτό, μια μικρή ποσότητα της τάξης του 2-5 % ατμοσφαιρικού αέρα εξακολουθεί να παραμένει εντός της συσκευασίας. Η τεχνική της δημιουργίας κενού και εν' συνεχεία της επιθυμητής ατμόσφαιρας, έχει μεγαλύτερη απόδοση από την προηγούμενη μέθοδο, διότι η εναπόθεση του μίγματος αερίων γίνεται με επιθυμητή πίεση και αφού πρώτα δημιουργηθεί κενό.

Εκτός από τη μηχανική μέθοδο τροποποίησης της ατμόσφαιρας υπάρχει η παθητική τροποποίηση και η ενεργός τροποποίηση. Την παθητική μέθοδο τροποποίησης τη συναντάμε κυρίως στη συσκευασία φρούτων και λαχανικών και αυτό γιατί κατά την παθητική τροποποίηση της ατμόσφαιρας τα αέρια που την συνθέτουν παράγονται από το ίδιο το προϊόν. Πιο συγκεκριμένα, από την αναπνοή των λαχανικών η οποία συνεχίζει και εντός της συσκευασίας καταναλώνεται O_2 και παράγεται CO_2 , ενώ τα κλιμακτηριακά φρούτα παράγουν και αιθυλένιο. Τη στιγμή κατά την οποία θα επέλθει ισορροπία στο υπερκείμενο χώρο έχουμε τη λεγόμενη τροποποιημένη ατμόσφαιρα ισορροπίας (equilibrium modified atmosphere).

Στην ενεργό τροποποίηση η ατμόσφαιρα δημιουργείται εντός της συσκευασίας αφού το πακέτο συσκευασίας έχει σφραγιστεί. Για να επιτευχθεί αυτό πρέπει να ενσωματωθούν στα υλικά συσκευασίας κατάλληλα αντιδραστήρια. Αυτό είναι ένα σχετικά νέο πεδίο έρευνας το οποίο υπάγεται στη ανάπτυξη υλικών έξυπνης συσκευασίας (smart packaging).

9.3. Τα Αέρια

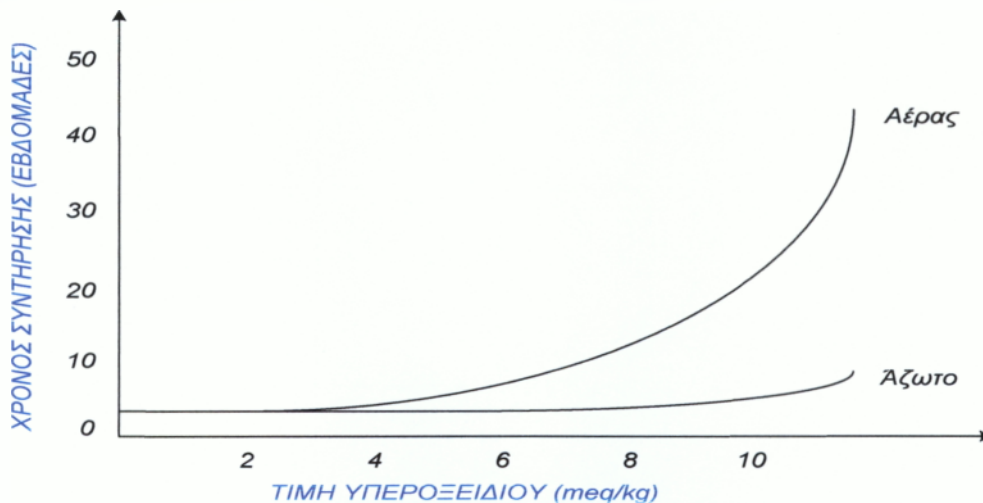
9.3.1. Οξυγόνο (O_2)

Το οξυγόνο αποτελεί αέριο ζωτικής σημασίας όχι μόνο για τον άνθρωπο αλλά και για όλους τους αερόβιους μικροοργανισμούς όπως και για τους φυτικούς ιστούς. Συμμετέχει σε ενζυμικές αντιδράσεις και επηρεάζει άμεσα το ρυθμό των βιοχημικών αντιδράσεων στους φυτικούς ιστούς μετά τη συγκομιδή τους. Λόγο της παραπάνω δράσης του, το οξυγόνο είναι

ένα από τα αέρια που χρησιμοποιείται για τη συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας και ανάλογα με το προϊόν που πρόκειται να συσκευαστεί, το οξυγόνο αφαιρείται ή προστίθεται σε κατάλληλες συγκεντρώσεις. Πιο συγκεκριμένα, η χρήση υψηλών συγκεντρώσεων οξυγόνου στις συσκευασίες τροποποιημένης ατμόσφαιρας δεν ενδείκνυται για τρόφιμα πλούσια σε πολυακόρεστα οξέα, ενώ η παρουσία του είναι απαραίτητη για τη διατήρηση του κόκκινου χρώματος στο κρέας.

9.3.2. Άζωτο (N_2)

Το άζωτο είναι ένα άοσμο, άχρωμο, άγευστο και αδρανές αέριο. Έχει πολύ χαμηλή διαλυτότητα στο νερό και δεν επηρεάζει καθόλου το τρόφιμο αλλά ούτε και τους μικροοργανισμούς. Ωστόσο παρεμποδίζει την οξείδωση των λιπαρών συστατικών και μειώνει την πιθανότητα ανάπτυξης μυκήτων αφού αντικαθιστά το οξυγόνο. Επίσης η παρουσία του αζώτου στη συσκευασία και λόγω της χαμηλής διαλυτότητάς του στο νερό εμποδίζει τη συρρίκνωση της συσκευασίας που μπορεί να επιφέρει η ύπαρξη διοξειδίου του άνθρακα λόγω της μεγάλης του διαλυτότητας, όπως και προαναφέραμε. Τέλος, λόγω του ότι το άζωτο αποτελεί διαλύτη των πτητικών ενώσεων, με το άνοιγμα της συσκευασίας ελευθερώνονται αμέσως οι οσμές του τροφίμου.



Σχήμα 9. Ρυθμός οξείδωσης τροφίμων: Παρουσία αέρα και σε ατμόσφαιρα αζώτου [1υ]

9.3.3. Διοξείδιο του Άνθρακα (CO_2)

Το διοξείδιο του άνθρακα είναι αέριο, άχρωμο, με έντονη οσμή σε υψηλές συγκεντρώσεις και χρησιμοποιείται κυρίως ως μίγμα με άλλα αέρια όπως το O_2 και το N_2 . Η μεγάλη του διαλυτική ικανότητα στο νερό σχηματίζοντας ανθρακικό οξύ, είναι υπεύθυνη για τη μείωση του pH του διαλύματος. Μια άλλη συνέπεια της διαλυτότητάς του είναι, η μείωση του εσωτερικού όγκου της συσκευασίας με συνέπεια τη συρρίκνωση αυτής.

Η κυρίως δράση του διοξειδίου του άνθρακα επικεντρώνεται στην ύπαρξη και την καταπολέμηση των βακτηριδίων και των μυκήτων, αφού δρα ως βακτηριοστατικός και

μυκητοστατικός παράγοντας αντίστοιχα. Πιο συγκεκριμένα το διοξείδιο του άνθρακα εισέρχεται στο εσωτερικό του κυττάρου διαπερνώντας την κυτταρική μεμβράνη, προκαλεί μείωση στο pH του κύτταρο και εν συνεχεία δημιουργεί μια σειρά δυσλειτουργιών σ' αυτό (π.χ. μείωση της ενζυμικής δραστηριότητας). Η άριστη συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα ποικίλλει ανάλογα το τρόφιμο, π.χ. για τα αυγά είναι 2,5% ενώ για το βοδινό κρέας είναι 10% [32].

9.3.4. Άλλα Αέρια

Εκτός από τα παραπάνω βασικά αέρια που χρησιμοποιούνται στη συσκευασία της τροποποιημένης ατμόσφαιρας μπορούν να χρησιμοποιηθούν και άλλα σε μικρότερες ασφαλώς συγκεντρώσεις όπως:

Το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) σε ποσοστό 1-5% στην τροποποιημένη ατμόσφαιρα συμβάλει στη διατήρηση του κόκκινου χρώματος στο κρέας καθώς και στην παρεμπόδιση της αμαύρωσης στα λαχανικά και ιδιαίτερα στο μαρούλι [31]. Λόγο της τοξικότητας του αερίου, η χρήση του περιορίζεται μόνο στα πλαίσια εκείνα που ο εξοπλισμός προστατεύει άμεσα το προσωπικό και τους χειριστές.

Το διοξείδιο του θείου (SO₂) που διαλύεται στο τρόφιμο ως όξινο θειώδες ιόν (HSO₃⁻) και ως θειώδες ιόν (SO₃⁼) το οποίο και έχει αντιμικροβιακή δράση βασιζόμενη στη μείωση του pH και σε αντιδράσεις με ένζυμα, συνένζυμα και διάφορα λιπίδια των κυττάρων. Η χρήση του ενδείκνυται για τη συσκευασία χυμών, φρέσκων φρούτων, ξερών φρούτων, αλλαντικών κ.ά.

Τέλος αέρια όπως το αργό (Ar), το ήλιο (He), το μονοξείδιο του αζώτου (NO) κ.ά. μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μικρές συγκεντρώσεις και σε ειδικές περιπτώσεις.



Εικόνα 10. Συσκευή δημιουργίας τροποποιημένης ατμόσφαιρας συσκευασιών
MULTIVAC A300

9.4. Μίγματα Αερίων

Τα αέρια και τα μίγματα αυτών, στην συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας λειτουργούν με τρόπο τέτοιο ώστε να δημιουργήσουν:

1. Αδρανή ατμόσφαιρα (N₂, Ar)
2. Μερικώς αδρανή ατμόσφαιρα (CO₂ / N₂, CO₂ / O₂ / N₂, O₂ / N₂)
3. Δραστική ατμόσφαιρα. (CO₂, CO₂ / O₂)

Η επιλογή του κατάλληλου μίγματος αερίων δεν είναι απλή διαδικασία, απαιτεί εξειδικευμένες γνώσεις και γίνεται πάντα λαμβάνοντας υπόψη διάφορους παράγοντες. Πιο συγκεκριμένα, παράγοντες που αφορούν το τρόφιμο (σχήμα και μέγεθος, pH, ενεργότητα νερού κ.ά.), παράγοντες που αφορούν το υλικό συσκευασίας (διαπερατότητα του υλικού, αντοχή, ικανότητα συγκόλλησης κ.ά.) καθώς και παράγοντες που αφορούν την αποθήκευση (θερμοκρασία, χρόνος, φωτισμός, υγρασία κ.ά.) θα πρέπει να αναλυθούν και να μελετηθούν πριν ένα προϊόν συσκευαστεί σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα.

9.5. Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Συσκευασίας Τροποποιημένης Ατμόσφαιρας

Η συσκευασία τροφίμων σε τροποποιημένες ατμόσφαιρες παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα για το προϊόν και τον καταναλωτή, τα οποία είναι:

1. Η βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων.
2. Η βελτίωση της εικόνας και της παρουσίασης του προϊόντος στον καταναλωτή.
3. Η αύξηση της διάρκειας συντήρησης των προϊόντων που μειώνει την ανάγκη της συχνής αντικατάστασης αυτών από τα ράφια, τις βιτρίνες και τα ψυγεία προϊόντων.
4. Η διακίνηση του προϊόντος σε μερίδες αντί σε χύμα ποσότητες.
5. Ο μεγάλος περιορισμός στις απώλειες κατά τη λιανική πώληση.
6. Η αποθήκευση του προϊόντος είναι πιο ασφαλής, χωρίς δυσάρεστες οσμές και ανεπιθύμητες συνέπειες από τη χύμα συναποθήκευση.
7. Ο χειρισμός του στα σημεία πώλησης ή κατανάλωσης είναι πιο υγιεινός.
8. Επιτρέπει τη διανομή σε μεγαλύτερες αποστάσεις ενώ περιορίζει τη συχνότητα των διαδρομών άρα και το κόστος των διανομών.
9. Περιορίζει το λειτουργικό κόστος αποθήκευσης, διανομής και πώλησης.
10. Καταργεί ή περιορίζει τη χρήση συντηρητικών ως πρόσθετα τροφίμων.
11. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε συνδυασμό με άλλες τεχνικές επεξεργασίας τροφίμων.

Εκτός από τα πλεονεκτήματα, η συσκευασία σε τροποποιημένες ατμόσφαιρες παρουσιάζει και ορισμένα μειονεκτήματα όπως:

1. Τα προϊόντα είναι προστιθέμενης αξίας.
2. Τα πλεονεκτήματα που προαναφέραμε χάνονται αν η συσκευασία έχει διαρροή ή έχει σκιστεί.
3. Το αρχικό κόστος για την εγκατάσταση ή τροποποίηση συσκευαστηρίου είναι μεγάλο.
4. Το κόστος των υλικών συσκευασίας και αερίων.
5. Το κόστος εξοπλισμού ελέγχου της ατμόσφαιρας.
6. Το κόστος ελέγχου ποιότητας για την αποφυγή διαρροών, ανεπαρκών ατμοσφαιρών και φυσικών βλαβών στα πακέτα.
7. Οι διαφορετικές συνθήκες συσκευασίας και συντήρησης για κάθε τρόφιμο.
8. Απαιτείται περισσότερος χώρος αποθήκευσης και προβολής του τελικού προϊόντος.
9. Αυξάνονται τα πλαστικά υλικά στα αστικά απορρίμματα.

10. ΕΝΕΡΓΟΣ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ

10.1. Εισαγωγή

Η ενεργός συσκευασία (active packaging) αποτελεί ένα σύνολο από διάφορα συστήματα ή τεχνικές που δρουν συμπληρωματικά 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 συμβάλλουν στην καλύτερη διατήρηση της ποιότητας και στην επιμήκυνση του χρόνου συντήρησης του συσκευασμένου προϊόντος [1φ]. Κάθε συσκευασία η οποία συμβάλλει στην καλύτερη ποιότητα του προϊόντος, στην ασφάλεια και στη μεγαλύτερη διάρκεια ζωής αυτού, χωρίς απλά να το περικλείει μπορεί να χαρακτηριστεί ως ενεργός συσκευασία.

10.2. Συστήματα Ενεργού Συσκευασίας

10.2.1. Σύστημα Δέσμευσης Οξυγόνου

Είναι γνωστή και από προηγούμενο κεφαλαίο η δράση και η αρνητική επιρροή του οξυγόνου στα τρόφιμα είτε αυτά είναι συσκευασμένα είτε όχι. Η εξάλειψη του οξυγόνου από την ατμόσφαιρα είναι αδιανόητη, η εξάλειψή του όμως από την ατμόσφαιρα της συσκευασίας είναι εφικτή και μπορεί να συμβεί με αρκετούς τρόπους. Στην ενεργό συσκευασία των τροφίμων, το οξυγόνο που βρίσκεται στον περιέκτη δεσμεύεται με διάφορα συστήματα, γνωστά ως προσροφητές οξυγόνου (oxygen absorbents), με αποτέλεσμα η υπολειμματική συγκέντρωση του αερίου να μειώνεται σε ποσοστό μικρότερο από 0,01% σε αντίθεση με τη συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας όπου η υπολειμματική συγκέντρωση οξυγόνου βρίσκεται σε μεγαλύτερα επίπεδα. Οι προσροφητές οξυγόνου είναι χημικές ουσίες ή και ένζυμα που έχουν την ικανότητα να απορροφούν και να δεσμεύουν το οξυγόνο από τον ελεύθερο χώρο (headspace) της συσκευασίας μέσω χημικών διαδικασιών και αντιδράσεων.

Τα σημαντικότερα χημικά μέσα που χρησιμοποιούνται ως προσροφητές του οξυγόνου είναι το ασκορβικό οξύ, η σκόνη σιδήρου [33], το διθειονικό νάτριο, τα ασκορβικά άλατα και η κατεχόλη, ενώ από τα ένζυμα χρησιμοποιούνται η οξειδάση της γλυκόζης και η καταλάση. Το ασκορβικό οξύ, τα ασκορβικά άλατα και η κατεχόλη είναι οργανικές ουσίες με ισχυρές αναγωγικές ιδιότητες που δεσμεύουν εύκολα το οξυγόνο και οξειδώνονται. Οι προσροφητές αυτοί χρησιμοποιούνται σε υγρά κυρίως προϊόντα στα οποία είναι αδύνατη η

χρήση σκόνης σιδήρου, λόγω του ότι χάνει την ικανότητά της να δεσμεύσει οξυγόνο αν διαβρέχει.



Εικόνα 11. Σακουλάκια απορρόφησης οξυγόνου FreshPax

Η επιλογή της κατάλληλης ουσίας προσροφήσεως του οξυγόνου, για την ενεργό συσκευασία, γίνεται με τα παρακάτω κριτήρια:

1. Τη φύση του προϊόντος, το μέγεθος, το σχήμα και το βάρος αυτού.
2. Τη δραστηριότητα νερού του τροφίμου.
3. Την ποσότητα οξυγόνου που είναι διαλυμένη στο τρόφιμο.
4. Την αρχική συγκέντρωση οξυγόνου στο ελεύθερο διάστημα της συσκευασίας (headspace).
5. Τη διαπερατότητα του υλικού συσκευασίας σε οξυγόνο.
6. Την επιδιωκόμενη διάρκεια συντήρησης του προϊόντος.

Αναφορικά με τη μορφή με την οποία χρησιμοποιούνται στη συσκευασία αυτές οι ουσίες, μπορεί να είναι τοποθετημένες σε σακουλάκια (sachets), να είναι ενσωματωμένες στο υλικό συσκευασίας ή και να έχουν προστεθεί στην εσωτερική επιφάνεια της συσκευασίας.

10.2.2. Σύστημα Δέσμευσης – Εκπομπής Διοξειδίου του Άνθρακα

Αρκετά προϊόντα κατά την επεξεργασία τους και κατ' επέκταση και συσκευασία τους παράγουν σημαντικές ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα. Για το λόγο λοιπόν που ήδη έχει αναφερθεί και σε προηγούμενο κεφάλαιο (§ 9.3.3.), ότι δηλαδή το διοξείδιο του άνθρακα, λόγω της μεγάλης του διαλυτικής ικανότητας προκαλεί μείωση του εσωτερικού όγκου της συσκευασίας, πρέπει το αέριο αυτό να απομακρύνεται από το εσωτερικό του περιέκτη.

Η ενεργός συσκευασία δίνει λύση στο πρόβλημα και φροντίζει για την απομάκρυνση του αερίου με δύο τρόπους. Ο πρώτος τρόπος βασίζεται στην καθ' αυτού απορρόφηση του διοξειδίου του άνθρακα με μίγμα οξειδίου του ασβεστίου (CaO) και ενεργού άνθρακα σε σακουλάκι από πολυαιθυλένιο. Ο δεύτερος τρόπος βασίζεται στην ταυτόχρονη δέσμευση οξυγόνου και διοξειδίου του άνθρακα με χρήση μίγματος σκόνης σιδήρου, η οποία δεσμεύει το οξυγόνο και υδροξειδίου του ασβεστίου, Ca(OH)_2 , το οποίο δεσμεύει το διοξείδιο του άνθρακα και μετατρέπεται σε ανθρακικό ασβέστιο (CaCO_3). Εξίσου σημαντική είναι η προσφορά της ενεργού συσκευασίας και στις περιπτώσεις κάποιων προϊόντων (π.χ. κρεάτων) όπου η συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα μειώνεται κατά πολύ δημιουργώντας συρρίκνωση στη συσκευασία και κίνδυνο κατάρρευσης. Με συστήματα που προκαλούν

εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα σε ποσότητα ίση με αυτή που έχει διαλυθεί στο προϊόν (δικαυβονικό νάτριο σε σακουλάκι), η ενεργός συσκευασία λύνει και πάλι το πρόβλημα.

10.2.3. Σύστημα Δέσμευσης Αιθυλενίου

Το αιθυλένιο ($\text{CH}_2=\text{CH}_2$) αναφερόμενο και ως "ορμόνη γήρατος" παράγεται κατά την αναπνευστική δραστηριότητα των φρούτων και των λαχανικών. Έχει την δυνατότητα να διεγείρει την ωρίμανση και να επισπεύδει τον κύκλο ζωής των προϊόντων ιδιαίτερα των κλημακτηριακών καρπών, ακόμα και σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις. Το αιθυλένιο χρησιμοποιείται για τον αποπρασινισμό των εσπεριδοειδών, της μπανάνας και την ωρίμανση της τομάτας σε ελεγχόμενες ποσότητες. Ωστόσο, η κύρια ιδιότητά του, το να επιταχύνει δηλαδή την ωρίμανση καθιστά την παρουσία του απαγορευτική για τα περισσότερα φρούτα και λαχανικά, ακόμα και σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις.

Με κύριο λοιπόν στόχο την απομάκρυνσή του από τους χώρους αποθήκευσης και συσκευασίας χρησιμοποιείται το υπερμαγγανικό κάλιο (KMnO_4) σε ποσοστό 4-6% ενσωματωμένο σε αδρανές υλικό, όπως η πηκτή πυριτικού οξέος και τοποθετημένο σε σακουλάκι λόγω της τοξικότητάς του. Επίσης, μεταλλικοί καταλύτες με ενεργό άνθρακα και ορισμένα ορυκτά σε σκόνη, όπως ο ζεόλιθος, η ελαφρόπετρα κ.ά., έχουν την ιδιότητα να προσροφούν το αιθυλένιο. Οι ουσίες αυτές ενσωματώνονται μέσα στο υλικό κατασκευής πλαστικών σακουλών στις οποίες θα συσκευασθούν τα νωπά φρούτα και λαχανικά.

10.2.4. Σύστημα Απορρόφησης Υγρασίας

Η συγκέντρωση υγρασίας στο εσωτερικό του περιέκτη είναι ένα σύνηθες φαινόμενο το οποίο και επηρεάζει αρνητικά την ποιότητα και την όψη του συσκευασμένου προϊόντος, ευνοώντας ταυτόχρονα την ανάπτυξη των μικροοργανισμών. Για την απορρόφηση της υγρασίας από τα διάφορα προϊόντα και τις συσκευασίες τους (π.χ. αλιεύματα, κρέας φρούτα κ.ά.) χρησιμοποιούνται αποστειρωμένες πάνες που τοποθετούνται στη βάση της συσκευασίας. Αυτές οι πάνες περιέχουν οργανικές ουσίες, όπως πολυακρυλικά άλατα, καρβοξυμεθυλο-κυτταρίνη κ.ά., που έχουν την ικανότητα να απορροφούν ποσότητα νερού 500 φορές μεγαλύτερη σε σχέση με το βάρος τους. Οι ουσίες αυτές τοποθετούνται μέσα σε πλαστικό σακουλάκι από πολυαιθυλένιο ή πολυπροπυλένιο το οποίο είναι διαπερατό στην υγρασία.

10.2.5. Σύστημα Απορρόφησης Ουσιών με Ανεπιθύμητη Οσμή και Γεύση

Σε πολλά προϊόντα παρατηρείται το φαινόμενο κάποιας ανεπιθύμητης γεύσεως ή και μυρωδιάς, οι οποίες δεν προέρχονται απαραίτητα από κάποια αλλοίωση του προϊόντος. Για παράδειγμα, αρκετές ποικιλίες πορτοκαλιών, όπως η Navel και η Valencia, παράγουν πορτοκάλια τα οποία, όταν συλλεχθούν σε ανώριμη κατάσταση και εν συνεχεία χυμοποιηθούν, προσδίδουν στο χυμό μια πικρή γεύση οφειλόμενη στην παρουσία ενός τετρατερπενοειδούς, του λεμονίνης. Το παραπάνω πρόβλημα μαζί με πολλά ακόμα του ίδιου είδους (δυσάρεστες οσμές σε ψάρια κ.ά.) βρίσκουν τη λύση τους μέσω της ενεργούς συσκευασίας. Συγκεκριμένα με διάφορα συστήματα ημιπερατών μεμβρανών και χημικών ουσιών οι οποίες προσθέτονται στη συσκευασία μπορούν και δεσμεύουν τις ανεπιθύμητες οσμές και γεύσεις.

10.2.6. Σύστημα Ρυθμιζόμενης Θερμοκρασίας

Είναι βέβαιο πως μια συσκευασία δε μπορεί να αντεπεξέλθει στις θερμοκρασιακές απαιτήσεις των προϊόντων όταν ειδικά αυτά προορίζονται για συντήρηση. Παρόλο αυτό έχουν βρεθεί και χρησιμοποιηθεί με επιτυχία διάφορα μονωτικά υλικά και ειδικοί μονωμένοι περιέκτες, οι οποίοι συμβάλουν στην παρεμπόδιση των διακυμάνσεων της θερμοκρασίας της συσκευασίας και τη διατήρηση αυτής στο ευνοϊκότερο δυνατό επίπεδο. Τα υλικά αυτά αποτελούνται κυρίως από πλαστικά με υψηλό πορώδες

Αξιόλογο παράδειγμα αυτού του είδους συσκευασίας αποτελούν οι αυτό-θερμαινόμενες και οι αυτό-ψυχόμενες κονσέρβες. Οι πρώτες έχουν τη δυνατότητα να αυξήσουν τη θερμοκρασία στο εσωτερικό τους χάρη στον πρόσθετο λεπτό περιέκτη ασβέστου και νερού. Τα δυο στοιχεία αρχικά βρίσκονται χωριστά και εν συνεχεία ερχόμενα σε επαφή λαμβάνει χώρα εξώθερμη αντίδραση. Οι αυτό-ψυχόμενες κονσέρβες περιέχουν στα τοιχώματά τους ουσίες όπως το νιτρικό αμμώνιο και το χλωριομένο νερό, τα οποία όταν έρθουν σε επαφή λαμβάνει χώρα ενδόθερμη αντίδραση και το προϊόν ψύχεται, όσο αυτό είναι δυνατόν.

10.2.7. Ενζυμική Αποικοδόμηση Λακτόζης και Χοληστερόλης

Είναι γνωστό ότι από ορισμένα άτομα απουσιάζει το ένζυμο λακτάση. Το ένζυμο αυτό διασπά τη λακτόζη του γάλακτος σε γλυκόζη και γαλακτόζη με αποτέλεσμα να συντελεί καθοριστικά στην πέψη των γαλακτοκομικών προϊόντων. Αυτό έχει ως συνέπεια η λακτόζη να μην απορροφάται κατά την πέψη και να προκαλεί δυσφορία, κράμπες, τυμπανισμό και διάρροια στα άτομα αυτά. Εδώ και μερικά χρόνια με την εξέλιξη της ενεργούς συσκευασίας, το ένζυμο λακτάση ενσωματώνεται στην εσωτερική μεμβράνη του χάρτινου περιέκτη του γάλακτος και διασπά τη λακτόζη σε ποσοστό 30-70% σε θερμοκρασία 3-4°C [71].

Κάτι αντίστοιχο συμβαίνει και με τη χοληστερόλη η οποία θεωρείται και η κύρια υπεύθυνος για την αθηρωματική πλάκα στα αγγεία του ανθρώπου και κατ' επέκταση για τις καρδιοαγγειακές παθήσεις. Με την ενσωμάτωση στα τοιχώματα της συσκευασίας, του ενζύμου ρεδουκτάση, καταφέρνουμε τη μετατροπή της χοληστερόλης σε κοπροστερόλη με αποτέλεσμα να μην απορροφάται από τον οργανισμό.

11. ΕΞΥΠΝΗ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ

11.1. Εισαγωγή

Η έξυπνη συσκευασία (intelligent packaging or smart packaging) είναι σχεδιασμένη να ενημερώνει τον καταναλωτή για την κατάσταση (ποιότητα και ασφάλεια) του τροφίμου και της συσκευασίας, καθώς και για τις συνθήκες διατήρησης του τροφίμου, μέχρι αυτό να φθάσει στον καταναλωτή. Παραδείγματα έξυπνης συσκευασίας αποτελούν οι χρονοθερμοκρασιακοί δείκτες, (TTI) που μπορούν να πληροφορήσουν τον καταναλωτή σχετικά με την ποιότητα του τροφίμου, οι δείκτες φρεσκότητας - βιοαισθητήρες που μπορούν να πληροφορήσουν τον καταναλωτή σχετικά με την ανάπτυξη των μικροοργανισμών στο τρόφιμο, η αναγνώριση με ραδιοσυχνότητες και άλλα.

11.2. Χρονοθερμοκρασιακοί Δείκτες

Οι χρονοθερμοκρασιακοί δείκτες (Time-Temperature Indicators, TTI) χρησιμοποιούνται στις συσκευασίες τροφίμων για τρόφιμα τα οποία συντηρούνται με ψύξη ή κατάψυξη. Ενημερώνουν τον καταναλωτή για την ποιοτική κατάσταση του προϊόντος καθώς και για την έναρξη αλλοίωσής του. Η λειτουργία τους βασίζεται στη καταγραφή και συσχέτιση της θερμοκρασίας με το χρόνο καταγράφοντας αλλαγή στο χρώμα ή και σε κάποιο άλλο χαρακτηριστικό του δείκτη. Ένας δεύτερος μηχανισμός για τους χρονοθερμοκρασιακούς δείκτες αποτελεί η ενεργοποίηση κάποιου προεπιλεγμένου ενζύμου που πραγματοποιείται όταν κάποιο από τα χαρακτηριστικά του προϊόντος π.χ. pH, υπερβεί μια καθορισμένη τιμή. Όταν αυτό συμβεί και πάλι ο δείκτης αλλάζει χρώμα ή κάποιο άλλο χαρακτηριστικό του και η αλλοίωση του προϊόντος είναι αναπόφευκτη.



Εικόνα 12. Χρονοθερμοκρασιακός δείκτης

11.3. Δείκτες Φρεσκότητας

Οι δείκτες φρεσκότητας (freshness indicators) προσφέρουν άμεση πληροφόρηση στο καταναλωτή για τη φρεσκότητα και την ποιότητα του συσκευασμένου προϊόντος χωρίς τη συσχέτιση θερμοκρασίας και χρόνου συντήρησης. Η λειτουργία τους στηρίζεται στην ανίχνευση ουσιών, προϊόντων του μεταβολισμού των μικροοργανισμών, όπως το διοξείδιο του άνθρακα, το διοξείδιο του θείου, η αμμωνία, το υδρόθειο, τα ένζυμα κ.ά.. Εν συνεχεία τα στοιχεία αυτά είτε προκαλούν την αλλαγή χρώματος του δείκτη είτε καταγράφονται με κάποιο άλλο σύστημα ακόμα και σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις.

11.4. Αναγνώριση με Ραδιοσυχνότητες

Η αναγνώριση με ραδιοσυχνότητες (radio frequency identification, R.F.ID.) είναι η πιο πρόσφατη και λιγότερο διαδεδομένη τεχνολογία στη συσκευασία τροφίμων. Βασίζει τη λειτουργία της στη χρήση μικροσκοπικών ηλεκτρονικών κυκλωμάτων (computer chips) τα οποία, πολύπλοκα κυκλώματα, καταγράφουν το ιστορικό του τροφίμου κωδικοποιώντας και άλλες πληροφορίες, όπως το είδος, η σύσταση, η προέλευση του τροφίμου κ.ά. Πιο συγκεκριμένα ένα τέτοιο σύστημα δίνει τη δυνατότητα για ολοκληρωτικό έλεγχο των αποθηκών, αφού είναι δυνατή η αναγνώριση πολλών R.F.ID. ταυτόχρονα, ως προς τις συνθήκες αποθήκευσης αλλά και ως προς το εναπομένον χρονικό διάστημα ζωής των προϊόντων.

Πρέπει να σημειωθεί ότι αυτού του είδους η τεχνολογία είναι άμεσα εξελισσόμενη και οι προσδοκίες των ερευνητών είναι πολύ μεγάλες. Η τεχνολογία αυτή ίσως κάποια στιγμή αντικαταστήσει το γραμμωτό κώδικα των συσκευασιών, αφού σίγουρα μπορεί να δώσει πολύ περισσότερες πληροφορίες για το συσκευασμένο προϊόν.

IV. ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η συσκευασία αρχικά αποτέλεσε ένα απλό μέσο προστασίας των αγαθών. Σήμερα λόγω της ραγδαίας εξέλιξή της, αποτελεί, μέσο πληροφόρησης, μέσο μεγάλης διάρκειας συντήρησης των προϊόντων ακόμα και μέσο βελτίωσης των οργανοληπτικών τους χαρακτηριστικών. Ο σύγχρονος τρόπος ζωής και τα σημαντικά πλεονεκτήματα που προσδίδει σε ένα προϊόν η συσκευασία, την καθιστούν μέσο ή και διαδικασία, άμεσης ανάγκης.

Το χαρτί και το γυαλί, ως υλικά συσκευασίας, αντικαταστάθηκαν από τα μέταλλα και τα πλαστικά για αρκετά είδη και προϊόντα. Παρόλο αυτό, συνεχίζουν να κατέχουν μεγάλο μέρος σε ό,τι αφορά τα υλικά συσκευασίας τροφίμων, μιας και τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν είναι πολλά και σημαντικά. Ο συνδυασμός των υλικών με την ασηπτική συσκευασία έδωσε τη δυνατότητα συντήρησης χωρίς τη χρήση ψύξης για πολλά προϊόντα.

Ωστόσο η συσκευασία και πιο συγκεκριμένα τα υλικά από τα οποία είναι κατασκευασμένη, εγκυμονούν κινδύνους για το συσκευασμένο προϊόν και κατ' επέκταση για τον ίδιο τον καταναλωτή. Η αλληλεπίδραση των υλικών συσκευασίας με το τρόφιμο και ειδικότερα η μετανάστευση, είναι ένα φαινόμενο που έχει απασχολήσει τόσο τους ερευνητές όσο και τους καταναλωτές. Οι πλαστικές και μεταλλικές συσκευασίες, αποδεδειγμένα πλέον ύστερα από ανιχνεύσεις βαρέων μετάλλων και μονομερών σε τρόφιμα, υπό συγκεκριμένες συνθήκες και κακούς χειρισμούς μπορούν να λειτουργήσουν ως μολυντές για το συσκευασμένο προϊόν.

Δυο από τα ευρέως διαδεδομένα υλικά μεταλλικής και πλαστικής συσκευασίας, αποτελούν το αλουμίνιο και ο θερμοπλαστικός πολυεστέρας PET αντίστοιχα. Αν και αρχικά πιστεύτηκε ότι τα υλικά αυτά δεν επιβαρύνουν το προϊόν με ανεπιθύμητα ιόντα και ενώσεις, έρευνες απέδειξαν ότι υπό συγκεκριμένες συνθήκες αυτό μπορεί να συμβεί.

Από τα αποτελέσματα της έρευνας των Joshi S.P., et.al. [9] συμπεραίνεται ότι η εκτίμηση της έκθεσης σε αλουμίνιο είναι πολύπλοκη. Μολονότι ο ρόλος του αλουμινίου για τον ανθρώπινο οργανισμό είναι αμφίλεκτος πρόσφατη έρευνα αναφέρει ένα συσχετισμό μεταξύ της κατάποσης του αλουμινίου από τον άνθρωπο και της ασθένειας Alzheimer.

Επίσης κρίνεται απαραίτητη η πραγματοποίηση περαιτέρω έρευνας και ο καθορισμός των παραγόντων που επηρεάζουν την μετανάστευση αλουμινίου στο τρόφιμο.

Από τα αποτελέσματα της έρευνας των Karamani, A. G. et.al. [28] συμπεραίνεται ότι το PET μπορεί να αποτελέσει άμεσο κίνδυνο και πηγή επικίνδυνων ουσιών κατά τη χρήση του σε επαναγεμιζόμενες και ανακυκλώσιμες φιάλες, όταν δεν τηρούνται οι κατάλληλες προϋποθέσεις ασφαλείας ιδίως στο στάδιο χαλάρωσης του υλικού.

Η αλληλεπίδραση της συσκευασίας και του περιεχόμενου τροφίμου, στην περίπτωση της συσκευασίας τροποποιημένης ατμόσφαιρας, της ενεργού και της έξυπνης συσκευασίας αποτελεί επιθυμητή κατάσταση. Το προϊόν αποκτά δυνατότητα διατήρησης για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, βελτίωσης των οργανοληπτικών του χαρακτηριστικών και ο καταναλωτής τη δυνατότητα πληροφόρησης για το προϊόν του από την ίδια τη συσκευασία.

V. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Παράρτημα 1. Πολυμερή και ονομασίες [34]

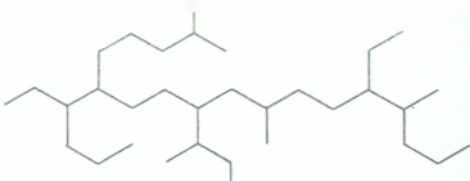
Polymers Of	ASTM
Acrylester + acrylonitrile + butadiene	ABA
Acrylester +ethylene	EEA#
Acrylic acid	PAA
Acrylonitrile	PAN
Acrylonitrile + butadiene	PBAN
Acrylonitrile + butadiene + styrene	ABS
Acrylonitrile + methyl methacrylate	AMMA
Acrylonitrile + styrene	SAN^{*)}
Adipic acid + hexamethylenediamine	PA 6.6
Allyl diglycol carbonate	ADC
Bisphenol A + phosgene	PC[#]
Butadiene + styrene (thermoplastic)	PBS
Butene-1	PB
Butylene glycol + terephthalic acid	PBT
ε-Caprolactam	PA 6
Chlorotrifluoroethylene	PCTFE
Cresol + formaldehyde	CF
Diallyl fumarate	PDAF
Diallyl chloroendate	PDAC

Polymers Of	ASTM
Diallyl isophthalate	PDAIP
Diallyl maleate	PDAM
Diallyl phthalate	PDAP
1,4-Dichlorobenzene + disodium sulfide	PPS
2,6-Dimethylphenol + oxygen	POP
ω -Dodecanolactam (laurolactam)	PA 12
Ethyl acrylate + ethylene	EEA
Ethylene	PE
- chlorinated polymer	CPE
- high density polymer	HDPE
- linear low density polymer	LLDPE
- low density polymer	LDPE
- medium density polymer	MDPE
- ultrahigh molar mass polymer	UHMW-PE
Ethylene + methacrylic acid	EMA
Ethylene + tetrafluoroethylene	ETFE
Ethylene + vinyl acetate	EVA
Ethylene glycol + maleic anhydride	UP
Ethylene glycol + terephthalic acid(ester)	PET

Polymers Of	ASTM
- ditto, with glycol comonomer	PETG
Ethylene oxide	PEO
Formaldehyde (or trioxane)	POM [#]
Formaldehyde + furan	FF
Formaldehyde + melamine	MF
Formaldehyde + phenol	PF
Formaldehyde + urea	UF
Furfural + Phenol	PFF
Hexafluoropropylene + tetrafluoroethylene	FEP
Hexamethylenediamine + sebacic acid	PA 6-10
P-Hydroxybenzoic acid	POB
Isobutene (isobutylene)	PIB
Lauro lactam (dodecanolactam)	PA 12
Maleic anhydride + styrene	SMA
Methyl α -chloromethacrylate	PMCA
Methyl methacrylate	PMMA
4-Methylpentene- 1	PMP
α -Methylstyrene + styrene	SMS
Perfluoro alkoxy alkane	PFA

Polymers Of	ASTM
Propylene	PP
Propylene oxide	PPOX
Styrene	PS
- impact resistant polymer	SRP
Tetrafluoroethylene	PTFE
Triallyl cyanurate	PTAC
Trioxane (+ comonomers)	POM#
Vinyl acetate	PVAC
Vinyl acetate + Vinyl chloride	PVCA
N-Vinylcarbazole	PVK
Vinyl chloride	PVC
Vinyl fluoride	PVF
Vinylidene chloride	PVDC
Vinylidene fluoride	PVDF
N- Vinylpyrrolidone	PVP

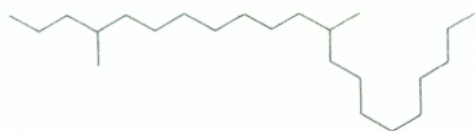
Παράρτημα 2. Οι κυριότεροι τύποι πολυμερών που χρησιμοποιούνται στον τομέα της συσκευασίας, ιδιότητες και χρήσεις τους.

ΠΟΛΥΜΕΡΗ	ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ / ΧΡΗΣΕΙΣ
<p>ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ ΠΟΛΥΑΙΘΥΛΕΝΙΟΥ</p> <p>Σ' αυτήν την οικογένεια ανήκουν τα πολυμερή που προέρχονται από τον πολυμερισμό του αιθυλενίου μόνο (ομοπολυμερή) ή με μικρή ποσότητα άλλων μονομερών (συμπολυμερή).</p> $\left[\text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 \right]$	<p>Χωρίς καμία αμφιβολία το πιο επιτυχημένο πολυμερές από αυτά που αναπτύχθηκαν τη δεκαετία του 1930 ήταν το πολυαιθυλένιο. Η ανακάλυψή του ήταν τυχαία και έγινε στα πλαίσια ενός προγράμματος βασικής έρευνας στα εργαστήρια της βιομηχανίας στην ICI Αγγλία.</p> <p>Οι ιδιότητες των πολυαιθυλενίων εξαρτώνται από τη φυσικοχημική δομή των μακρομορίων που με τη σειρά της εξαρτάται από τη μέθοδο πολυμερισμού, το είδος και το ποσοστό πολυμερισμένων μονομερών. Γενικά χαρακτηριστικά των πολυαιθυλενίων είναι η χημική αδράνεια και η ποικιλία των μεθόδων επεξεργασίας τους και των προϊόντων που παράγονται από αυτά.</p>
<p>ΠΟΛΥΑΙΘΥΛΕΝΙΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ (LDPE)</p> <p>Το LDPE παράγεται από πολυμερισμό του αιθυλενίου σε υψηλή θερμοκρασία και πίεση. Το χαρακτηριστικό της δομής τους είναι οι πολλές διακλαδώσεις των μακρομορίων και ο μικρός βαθμός κρυσταλλικότητας.</p> 	<p>Το LDPE είναι ανθεκτικό και εύκαμπτο υλικό, ελαφρώς ημιδιαφανές, το οποίο με την αφή δίνει την αίσθηση του κηρού. Έχει καλές ελαστικές ιδιότητες, είναι στεγανό στους υδρατμούς, αλλά σχετικά διαπερατό στα αέρια. Επίσης φημίζεται για τη χημική του αδράνεια και θεωρείται τελείως ακίνδυνο υπό κανονικές συνθήκες για τα τρόφιμα.</p> <p>Χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή φιλμ (απλών και σύνθετων) και προϊόντων που παράγονται από φιλμ. Σε μικρότερες ποσότητες χρησιμοποιούνται για την παραγωγή σωληνίσκων (αεροζόλ), μαλακών φιαλών, σωληναρίων και ειδικών πωμάτων.</p>

ΠΟΛΥΜΕΡΗ	ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ / ΧΡΗΣΕΙΣ
----------	---------------------

ΠΟΛΥΑΙΘΥΛΕΝΙΑ ΥΨΗΛΗΣ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ (HDPE)

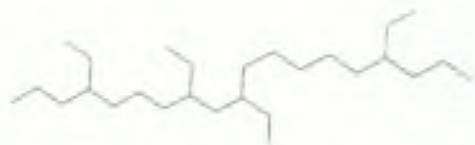
Το HDPE παράγεται από πολυμερισμό του αιθυλενίου σε χαμηλές πιέσεις. Έχουν γραμμική δομή και μεγάλο βαθμό κρυσταλλικότητας.



Το HDPE είναι αρκετά σκληρό και δύσκαμπτο υλικό, ελαφρώς διαφανές, δε δίνει την αίσθηση κηρού και μαλακώνει σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες. Χρησιμοποιείται για την παραγωγή βαρελιών, μικρών και μεγάλων φιαλών, τσαντών και πλαστικών κιβωτίων. Δίνει επίσης τη δυνατότητα αποστείρωσης των προϊόντων με ατμό λόγω της αντοχής στην θερμοκρασία.

ΓΡΑΜΜΙΚΑ ΠΟΛΥΑΙΘΥΛΕΝΙΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ (LLDPE)

Το LLDPE παράγεται από συμπολυμερισμό αιθυλενίου με μικρή ποσότητα αλκενίου όπως το βουτενίου, το εξένιο και το οκτένιο, σε χαμηλές πιέσεις με τη βοήθεια καταλυτών. Η ενσωμάτωση των αλκενίων εμποδίζει την έντονη διακλάδωση μεγάλων σε μέγεθος μακρομοριακών αλυσίδων ενώ επιτρέπει την διακλάδωση μικρών πλευρικών, με αποτέλεσμα το LLDPE να έχει την ίδια πυκνότητα με το LDPE σε συνδυασμό με τις μηχανικές ιδιότητες του και HDPE.



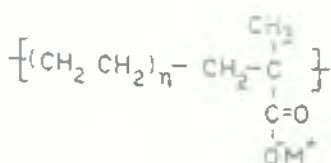
Το LLDPE είναι μαλακό, ελαστικό και με εξαιρετικές μηχανικές ιδιότητες. Χρησιμοποιείται για την παραγωγή φιλμ πολύ λεπτότερα από τα φιλμ LDPE και με τις ίδιες ή και καλύτερες ιδιότητες. Επίσης χρησιμοποιείται για την παραγωγή χυτών αντικειμένων και φιαλών με μαλακά και ταυτόχρονα σταθερά τοιχώματα.

ΠΟΛΥΜΕΡΗ	ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ / ΧΡΗΣΕΙΣ
<p>ΠΟΛΥΑΙΘΥΛΕΝΙΑ ΜΕΣΗΣ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ</p> <p>Τα πολυαιθυλένια μέσης πυκνότητας παράγονται από συμπολυμερισμό αιθυλενίου με άλλα μονομερή (π.χ. βουτένιο, πεντένιο), ή σαν κράματα σκληρού και μαλακού πολυαιθυλενίου.</p>	<p>Έχουν ιδιότητες που βρίσκονται ανάμεσα στο σκληρό και το μαλακό πολυαιθυλένιο. Χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές όπου απαιτείται αντοχή στην σχάση χωρίς το αντικείμενο να είναι ιδιαίτερα μαλακό.</p>
<p>ΠΟΛΥΑΙΘΥΛΕΝΙΟΥ ΥΨΗΛΟΥ ΜΟΡΙΑΚΟΥ ΒΑΡΟΥΣ (ΗΜWPE)</p>	<p>Χρησιμοποιείται για την παραγωγή εξαιρετικά ανθεκτικών δοχείων και λεπτού ανθεκτικού φιλμ. Διατίθεται σε μορφή σκόνης συνήθως αντίθετα με όλα τα άλλα πολυαιθυλένια που προσφέρονται σε κόκκους.</p>
<p>ΣΥΜΠΟΛΥΜΕΡΗ ΑΙΘΥΛΕΝΙΟΥ ΟΞΕΙΚΟΥ ΒΙΝΥΛΙΟΥ (EVA)</p> <p>Συμπολυμερή (copolymers) ονομάζονται τα πολυμερή όπου περιέχουν στο μακρομόριό τους δύο διαφορετικά μονομερή.</p> $\left[\text{(CH}_2\text{CH}_2)_n - \underset{\text{CH}_3\text{C=O}}{\text{C}} - \text{CH}_2 \right]$ <p>Το οξεικό βινύλιο ανάλογα με τον τύπο, υπάρχει σε ποσοστό 5-15 %.</p>	<p>Το EVA είναι ελαστικό ακόμα και σε χαμηλές θερμοκρασίες. Χρησιμοποιείται ως συγκολλητικό μέσο καθώς και σαν πρόσθετο για να βελτιώσει την ελαστικότητα και τη θερμοσυγκολλητικότητα των PP και PE. Είναι πιο εύκαμπτο από το PE αλλά πολύ περισσότερο διαπερατός στο νερό και τα αέρια.</p>

ΠΟΛΥΜΕΡΗ	ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ / ΧΡΗΣΕΙΣ
----------	---------------------

ΙΟΝΟΜΕΡΗ

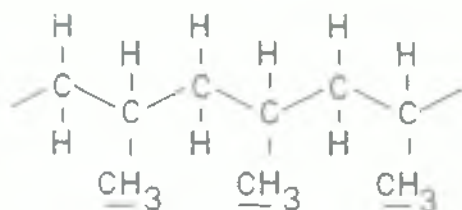
Τα ιονομερή είναι συμπολυμερή του αιθυλενίου με μεθακρυλικό οξύ εξουδετερωμένο με μεταλλικά ιόντα.



Τα ιονομερή έχουν πολύ καλή θερμοσυγκολλητικότητα, διαφάνεια, αντοχή στους διαλύτες και πολύ καλή μηχανική αντοχή ακόμα και σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες. Χρησιμοποιούνται σε σύνθετα φιλμ.

ΠΟΛΥΠΡΟΠΥΛΕΝΙΟ (PP)

Από πολυμερισμό του προπυλενίου σε ειδικές συνθήκες έτσι ώστε να παράγεται σε μεγάλο ποσοστό το χρήσιμο στερεοϊσομερές, ισοτακτικό πολυπροπυλένιο.



Το PP είναι το ελαφρότερο πολυμερές. Η μεμβράνη που παράγεται από το PP είναι διαυγής και στιλπνή, έχει χαμηλό συντελεστή τριβής και μεγάλη αντοχή στον εφελκυσμό και το τρύπημα. Χρησιμοποιείται για την παραγωγή φιαλών, φιλμ, πλεκτών σάκων, ταινιών συσκευασίας για καπάκια και πόματα, καλαμάκια και πλαστικά μαχαιροπήρουνα. Τέλος, το υψηλό σημείο τήξεως το κάνει κατάλληλο για την παραγωγή υλικών που μπορούν να αποστειρωθούν.

ΣΥΜΠΟΛΥΜΕΡΕΣ ΠΟΛΥΠΡΟΠΥΛΕΝΙΟ

Από πολυμερισμό προπυλενίου με μικρό ποσοστό αιθυλενίου.

Έχει τις ιδιότητες του ομοπολυμερούς πολυπροπυλενίου αλλά βελτιωμένη αντοχή στη γήρανση και στο σχίσιμο. Ενδείκνυται για την παραγωγή πωμάτων.

ΠΟΛΥΜΕΡΗ	ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ / ΧΡΗΣΕΙΣ
<p>ΠΟΛΥΣΤΥΡΕΝΙΟ ΑΠΛΟ (PS)</p> <p>Το PS παράγεται από τον πολυμερισμό του στυρενίου.</p> $\left[\text{CH}_2 - \underset{\text{C}_6\text{H}_5}{\text{CH}} - \text{CH}_2 - \underset{\text{C}_6\text{H}_5}{\text{CH}} \right]$	<p>Το PS είναι σκληρό αλλά εύθρυπτο είναι διαυγές και μαλακώνει σε χαμηλή θερμοκρασία. Χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή κυπέλλων γαλακτοκομικών προϊόντων κουτιών και σωληναρίων. Προσβάλλεται από πολλούς διαλύτες και η χρήση του περιορίζεται συνεχώς κυρίως λόγω της μεγάλης αύξησης στην τιμή του.</p>
<p>ΣΥΜΠΟΛΥΜΕΡΕΣ ΑΚΡΥΛΟΝΙΤΡΙΑΙΟΥ-ΒΟΥΤΑΔΙΕΝΙΟΥ-ΣΤΥΡΕΝΙΟΥ (ABS)</p>	<p>Έχει εξαιρετικές μηχανικές ιδιότητες και είναι αδιαφανές. Είναι πολύ καλό υπόστρωμα για ηλεκτρολυτική επιμετάλλωση. (π.χ. χρυσά πάματα καλλυντικών).</p>
<p>ΣΥΜΠΟΛΥΜΕΡΕΣ ΣΤΥΡΕΝΙΟΥ-ΑΚΡΥΛΟΝΙΤΡΙΑΙΟΥ (SAN)</p>	<p>Είναι ανθεκτικότερο από το PS και εξίσου διαφανές.</p>
<p>ΠΟΛΥΒΙΝΥΛΙΔΕΝΟΧΛΩΡΙΔΙΟ (PVDC)</p> <p>Το PVDC παράγεται από τον πολυμερισμό του βινυλιδενοχλωριδίου.</p> $\left[\text{CH}_2 - \underset{\text{Cl}}{\overset{\text{Cl}}{\text{C}}} \right]$	<p>Το PVDC είναι πολύ λίγο διαπερατό από υγρασία όπως και από το O₂ και το CO₂. Η υψηλή πυκνότητά του όμως καθιστά σχεδόν απαγορευτικό το κόστος του για την κατασκευή μεμβρανών. Το PVDC χρησιμοποιείται ως συμπολυμερές με το PVC σε αναλογία 1/10, καθώς και για τον περιορισμό της διαπερατότητας φιαλών PET.</p>

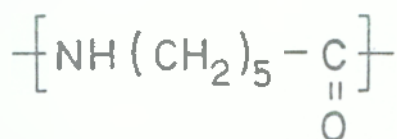
ΠΟΛΥΜΕΡΗ	ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ / ΧΡΗΣΕΙΣ
<p>ΠΟΛΥΒΙΝΥΛΟΧΛΩΡΙΔΙΟ (PVC)</p> <p>Το PVC παράγεται από τον πολυμερισμό του βινυλοχλωριδίου (VCM) σε συνθήκες χαμηλής πίεσης και θερμοκρασίες που κυμαίνονται από 40-70 °C.</p> $\left[\text{CH}_2 - \underset{\text{Cl}}{\text{CH}} \right]$ <p>Ανάλογα με τον τρόπο πολυμερισμού του VCM διακρίνουμε το PVC από μάζα, αιώρημα ή γαλάκτωμα. Για προϊόντα συσκευασίας κυρίως χρησιμοποιείται το PVC από αιώρημα.</p>	<p>Το μη πλαστικοποιημένο πολυβινυλοχλωρίδιο (UPVC) είναι σκληρό και δύσκαμπτο. Είναι διαυγές και στιλπνό υλικό με εξαιρετική στεγανότητα στην υγρασία, χαμηλή διαπερατότητα στο οξυγόνο και εξαιρετική αντίσταση στην επίδραση λιπών και ελαίων. Με τα παραπάνω χαρακτηριστικά το UPVC υλικό μπορεί να θεωρηθεί κατάλληλο για την κατασκευή φιαλών που προορίζονται για λιπαρά τρόφιμα και αεριούχα αναψυκτικά. Με την κατάλληλη προσθήκη πλαστικοποιητών το πολυμερές, μαλακώνει και μπορεί να διαμορφωθεί σε εύκαμπτη μεμβράνη. Η μεμβράνη αυτή φημίζεται για τις πολύ καλές στεγανοποιητικές της ιδιότητες. Εκτός από τα παραπάνω θετικά στοιχεία το PVC, α) κατά τη θερμοσυγκόλληση με θερμό σύρμα παράγει αέριο HCL, β) το μονομερές του είναι καρκινογόνο και σε αυτό οφείλονται πολλοί θάνατοι και γ) με την καύση του, λόγω του χλωρίου που περιέχει, σχηματίζονται διοξίνες που είναι ιδιαίτερα τοξικές. Πολλές χώρες έχουν πάρει απαγορευτικά μέτρα.</p>
<p>ΘΕΡΜΟΠΛΑΣΤΙΚΟΣ ΠΟΛΥΕΣΤΕΡΑΣ (PET)</p> <p>Το PET παράγεται από πολυσυμπύκνωση γλυκόλης και τereφθαλικού οξέος.</p> $\left[\text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{O} - \underset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}} - \text{C}_6\text{H}_4 - \underset{\parallel}{\text{C}} - \text{O} \right]$	<p>Το PET είναι χημικά αδρανές και δεν παρατηρούνται μεταναστεύσεις ουσιών στα τρόφιμα. Έχει εξαιρετικές μηχανικές ιδιότητες και είναι εύκαμπτο σε ένα μεγάλο εύρος θερμοκρασιών. Το PET χρησιμοποιείται ευρέως για την παραγωγή μεμβρανών και φιαλών για ανθρακούχα ποτά και άλλα υγρά τρόφιμα.</p>

ΠΟΛΥΜΕΡΗ	ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ / ΧΡΗΣΕΙΣ
<p data-bbox="199 555 742 593">ΠΟΛΥΑΝΘΡΑΚΙΚΗ ΡΗΤΙΝΗ (PC)</p> <p data-bbox="199 627 742 705">Το PC παράγεται από πολυσυμπύκνωση δισφαινόλης-Α και φωσγενίου.</p> <div data-bbox="207 750 670 940"> </div>	<p data-bbox="774 555 1305 952">Το PC είναι ένα άκαμπτο πλαστικό με υψηλό σημείο τήξης (αποστειρώνεται), διαφάνεια και εξαιρετικές μηχανικές ιδιότητες. Είναι σταθερό στα οξέα και τα λίπη αλλά δεν συμβαίνει το ίδιο με τις βάσεις και τους διαλύτες. Δεν ενδείκνυται για συνεχή βρασμό στο νερό. Το υλικό χρησιμοποιείται για την παραγωγή μπουκαλιών για μωρά και σαν εξωτερικό στρώμα σε δίσκους για φούρνους μικροκυμάτων.</p>
<p data-bbox="199 1048 742 1086">ΟΞΙΚΗ ΚΥΤΤΑΡΙΝΗ</p> <p data-bbox="199 1120 742 1265">Η οξική κυτταρίνη παράγεται από το χνούδι του βαμβακόσπορου με την επίδραση αρχικά του οξικού οξέος και του οξικού ανυδρίτη στη συνέχεια.</p>	<p data-bbox="774 1048 1305 1299">Η οξική κυτταρίνη είναι περατή στην υγρασία και τους υδρατμούς όπως και τις πτητικές ουσίες. Μπορούν να πραγματοποιηθούν και βελτιώσεις, σε ό,τι αφορά τις ιδιότητες της, με την προσθήκη άλλων ουσιών. Χρησιμοποιείται ευρέως στην κατασκευή δύσκαμπτων περιεκτών.</p>
<p data-bbox="199 1384 742 1444">ΑΝΑΓΕΝΝΗΜΕΝΗ ΚΥΤΤΑΡΙΝΗ-ΣΕΛΟΦΑΝ</p> <p data-bbox="199 1478 742 1601">Το σελοφάν παράγεται από πολύ καθαρή κυτταρίνη που προέρχεται από πολτό ξύλου ή βαμβακιού.</p>	<p data-bbox="774 1384 1305 1624">Η αναγεννημένη κυτταρίνη είναι το γνωστό σε όλους «σελοφάν». Προκύπτει από την επεξεργασία της κυτταρίνης η οποία αποκτά διάφορες επιθυμητές ιδιότητες όπως αδιαπερατότητα στην υγρασία, θερμοσυγκολλητικότητα και διαφάνεια.</p>
<p data-bbox="199 1720 742 1758">ΠΟΛΥΑΜΙΔΙΑ (PA)</p> <p data-bbox="199 1792 742 1937">Τα PA παράγονται με πολυμερισμό συμπύκνωσης ενός οργανικού οξέος και μιας αμίνης. Στο εμπόριο είναι γνωστά ως Nylon.</p>	<p data-bbox="774 1720 1305 1971">Τα Πολυαμίδια είναι εύκαμπτα υλικά συσκευασίας προερχόμενα κατά κύριο λόγο από αμινοξέα. Εμποδίζουν τη διέλευση του οξυγόνου και του νερού και παρουσιάζουν χαμηλό σημείο τήξης. Τα πολυαμίδια εγκρίνονται για τη χρήση ως επιστρώματα επαφής με τα τρόφιμα.</p>

ΠΟΛΥΜΕΡΗ	ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ / ΧΡΗΣΕΙΣ
----------	---------------------

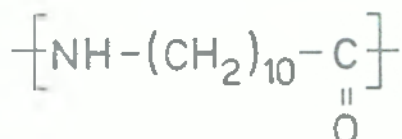
ΠΟΛΥΑΜΙΔΙΟ – 6,6 (ΡΑ-6,6)

Το ΡΑ-6,6 παράγεται από την αντίδραση συμπύκνωσης του αδιπικού οξέος με την εξαμεθυλενοδιαμίνη.



ΠΟΛΥΑΜΙΔΙΟ – 6 (ΡΑ-6)

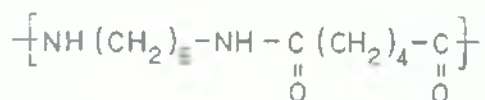
Το ΡΑ-6 παράγεται από την αντίδραση συμπύκνωσης του ε-αμινοκαπρονικού οξέος.



Τα κοινά χαρακτηριστικά των τριών αυτών πολυαμιδίων (όπως και άλλων τις οικογενείας) είναι η εξαιρετική μηχανική αντοχή τους, το υψηλό σημείο τήξης η αντοχή στους οργανικούς διαλύτες, η κρυσταλλικότητα και η χημική αδράνεια που παρουσιάζουν. Χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο για την κατασκευή μεμβρανών, δύσκαμπτων περιεκτών, φιαλών κ.ά.

ΠΟΛΥΑΜΙΔΙΟ - 11 (ΡΑ-11)

Το ΡΑ - 11 παράγεται από την αντίδραση συμπύκνωσης του αμινοδεκανοικού οξέος.



VI. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ταχεία ανάπτυξη των βιομηχανιών τροφίμων και οι διαρκώς αυξανόμενες απαιτήσεις των καταναλωτών σχετικά με την ποσότητα και την ποιότητα των προϊόντων, οδήγησαν στην εισαγωγή νέων προηγμένων τεχνολογιών και νέων μεθόδων συσκευασίας. Η συσκευασία πλέον αποτελεί κάτι παραπάνω από προστατευτικό μέσο, αφού πλέον ενημερώνει, διευκολύνει και προειδοποιεί τον καταναλωτή. Το χαρτί και το γυαλί ως υλικά συσκευασίας παραμερίστηκαν, κατά ένα μέρος από τα μέταλλα και τα σύγχρονα πλαστικά και οι συνδυασμοί των υλικών κάνουν την εμφάνισή τους με την ασηπτική συσκευασία, δίνοντας ικανοποιητικά αποτελέσματα. Όσο και αν εξελιχθεί μια συσκευασία, το βέβαιο είναι ότι κάποια χρονική στιγμή λόγω των περιβαλλοντικών συνθηκών, το τρόφιμο θα θεωρηθεί ακατάλληλο προς κατανάλωση. Ακατάλληλο προς κατανάλωση μπορεί να θεωρηθεί και το τρόφιμο στο οποίο μεταπήδησαν ουσίες από το υλικό συσκευασίας (μονομερή, βαρέα μέταλλα).

Λόγω των τεράστιων διαστάσεων που πλέον έχει λάβει ο τομέας της συσκευασίας τροφίμων και λόγω της σπουδαιότητάς του για το καταναλωτικό κοινό, πρέπει με κάθε τρόπο να ανιχνεύονται οι ουσίες οι οποίες μεταναστεύουν στο τρόφιμο από το υλικό συσκευασίας και να αποσύρονται όλα τα ακατάλληλα προς κατανάλωση προϊόντα. Η Ευρωπαϊκή Ένωση προκειμένου να ελέγξει την κατάσταση προέβη στη θέσπιση διατάξεων, με στόχο την προστασία των καταναλωτών και των αναγκών τους.

Αρκετές είναι οι έρευνες οι οποίες έχουν πραγματοποιηθεί με σκοπό τον προσδιορισμό ανεπιθύμητων ουσιών στα τρόφιμα. Σύμφωνα με τους S.P. Joshi, R.B. Toma, N. Medora και K. O'Connor (2002), η περιεκτικότητα σε αλουμίνιο, δειγμάτων από υγρές σάλτσες, η οποία μπορεί να υπολογιστεί με τη μέθοδο φασματοσκοπίας ατομικής εκπομπής, αποτελεί έρευνα που μπορεί να δώσει απαντήσεις σε σημαντικά ερωτήματα. Σύμφωνα με τους A.G. Karamani, V.I. Triantafyllou, K. Akrida-Demertzi και P.G. Demertzi (2004), το υλικό PET από το οποίο είναι κατασκευασμένες πολλών ειδών φιάλες υγρών τροφίμων, μπορεί να αποτελέσει άκρως επικίνδυνη πηγή ουσιών προς μετανάστευση, οι οποίες έχουν απορροφηθεί από το ίδιο το υλικό. Τα αποτελέσματα εξέρχονται με τη μέθοδο της αέριας χρωματογραφίας.

VII. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Μπλούκας, Ι. Γ., Συσκευασία Τροφίμων, εκδ. Σταμούλη, Αθήνα 2004, σελ. 17, [1α] σελ. 18, [1β] σελ. 18–19, [1γ] σελ. 19, [1δ] σελ. 116–117, [1ε] σελ. 26, [1στ] σελ. 31, [1ζ] σελ. 32, [1η] σελ. 38, [1θ] σελ. 35, [1ι] σελ. 42, [1κ] σελ. 67, [1λ] σελ. 266, [1μ] σελ. 267, [1ν] σελ. 55, [1ξ] σελ. 140, [1ο] σελ. 144, [1π] σελ. 145, [1ρ] σελ. 145, [1σ] σελ. 146, [1τ] σελ. 275, [1υ] σελ. 280, [1φ] σελ. 294
- [2] Καρακασίδης, Ν., & Βραχάτη, Ι., Συσκευασία Τροφίμων, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, σελ. 13, [2α] σελ. 13, [2β] σελ. 76, [2γ] σελ. 44,
- [3] Ρόδης, Π. Σ., Μέθοδοι Συντήρησης Τροφίμων, εκδ. Α. Σταμούλη, Αθήνα – Πειραιάς 1995, σελ. 400
- [4] Fellows, J. P., Food Processing Technology, W.P.L., England 1996, pp. 444
- [5] Στασινόπουλος, Α., Συσκευασία: Ερμηνευτικό Λεξικό Υλικών και Μεθόδων, Οργάνωση Προώθησης Εξαγωγών, Αθήνα 1991, σελ. 34, [5α] σελ. 8
- [6] Βιβλιοθήκη του Τεχνίτη, Υλικά, Ίδρυμα Ευγενίδου, Αθήνα 1989, σελ. 311
- [7] Αρβανιτογιάννης, Ι. Σ., & Μποσνέα, Α., Στοιχεία Τεχνολογίας, Μεταποίησης & Συσκευασίας Τροφίμων, University Studio Press, Θεσσαλονίκη 2001, σελ. 178, [7α] σελ. 182, [7β] σελ. 39, [7γ] σελ. 39, [7δ] σελ. 227, [7ε] σελ. 233, [7στ] σελ. 235, [7ζ] σελ. 251, [7η] σελ. 242, [7θ] σελ. 243, [7ι] σελ. 203
- [8] Σταυρόπουλος, Α., Βιομηχανικοί Κλάδοι, εκδ. Καραμπερόπουλος, Πειραιάς 1977, σελ. 410

- [9] Joshi, S. P., Toma, R. B., Medora, N., & O'Connor, K., *Food Chemistry*, 83, pp. 383-386, 2003
- [10] Καρακασίδης, Ν. Γ., *Κυτιοποιΐα*, εκδ. Ίων, Αθήνα 1992, σελ.148
- [11] Ηλιόπουλος, Γ. Β., & Δημόπουλος, Ι. Σ., *Ποσοτική Ανάλυση*, Ο.Ε.Δ.Β 1996, σελ. 170, [11α] σελ. 170, [11β] σελ. 171, [11γ] σελ.172, [11δ] σελ. 173, [11ε] σελ. 177, [11στ] σελ. 187
- [12] Pecson, Shields, Cairns, & McWilliam, *Σύγχρονες Μέθοδοι στη Χημική Ανάλυση*, Απόδοση στα Ελληνικά: Σταύρος Βολιώτης, εκδ. Γ. Α. Πνευματικός, Αθήνα 1980, σελ. 274, [12α] σελ. 274, [12 β] σελ. 46
- [13] World Health Organization/ Food Agricultural Organization Joint Committee on Food Additives 1989, *Toxicological evaluation of certain food additives and contaminants*, WHO/ FAO Food Additives Series, 24
- [14] American Standard Testing Materials (ASTM), D-5600, Washington 1994
- [15] Association of Official Analytical Chemists (AOAC), *Official methods of analysis* (16th ed), Arlington 1990
- [16] S.P.S.S. Incorporated, *The statistical package for the social sciences (version 7.5)*, (computer software), Chicago 1999
- [17] Sugden, J. K., & Sweet, N. C., *Pharmaceutica Acta Halvetiae*, 64, pp. 130-132, 1989
- [18] Vela, M. M., Toma, R. B., Reiboldt, W., & Pierri, A., *Food Chemistry*, 63, pp.235-239, 1998
- [19] Seruga, M., & Hasenay, D., *Zeitschrift fur Lebensmittel-Untersuchung und-Forschung*, 202, pp. 308-312, 1996

- [20] Gregor, J. L., *Ciba Foundation Symposia*, 169, pp.26-49, 1992
- [21] Castle, L., Price, D., & Dawkins, J. V., *Food Additives and Contaminant*, 13(3) pp. 307-314. 1996
- [22] Van Lune, F.S., Nijssen, L. M., & Linssen, J. P. H., *Packaging Technology Science*, 10, pp. 221-227, 1997
- [23] Landsberg, J. D., Bodyfelt, F. W., & Morgan, M. E., *Journal of Food Protection*, 40, pp. 772-777, 1977
- [24] Casaway, J. M., *Journal of Food Protection*, 41, pp.851-862, 1978
- [25] Casaway, J. M., *Journal of Food Protection*, 41, pp.9651-973, 1978
- [26] Cassiday, M. D., Streu, R. J., Wence, R. L., & Delassus, P. T. J., of *Plastic Film Sheet*, 6, pp. 268-275, 1990
- [27] Begley, T. H., & Hollified, H. C., *Food Technology*, 47, pp. 109-112, 1993
- [28] Karamani, A. G, Triantafyllou, I. V., Demertzi, K. A., & Demertzis, P. G., *European Food Research and Technology*, 219, pp.438-443, 2004
- [29] Karamani, A. G., Demertzis, P. G., & Demertzi, K. A., *European Food Research and Technology*, 10, pp. 265-270, 2002
- [30] Nielsen, T., Damant, A. P., & Castle, L., *Food Additives and Contaminants*, 14, pp. 685-693, 1997
- [31] Μπόσκος, Γ., *Χημικά Χρονικά*, 10 (64), σελ. 269
- [32] Δεληκάρης, Μ. Ν., *Μικροβιολογία Τροφίμων*, Ο.Ε.Δ.Β, Αθήνα 1998, σελ. 309

[33] Παπαδάκης, Σ., *Χημικά Χρονικά*, 10 (64), σελ. 290

[34] Hans-Georg, E., *An Introduction to Plastics*, VCH, Germany 1993, pp. 321-324