

ΑΣΗΠΤΙΚΗ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ

3.1. 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».

Ο όρος «ασηπτική», προέρχεται από το ελληνικό ρήμα σήπω και υπονοεί την απουσία ή την παρεμπόδιση εισόδου βακτηρίων στο προϊόν που συσκευάζεται κάτω από ασηπτικές συνθήκες μέσα σε ένα προαποστειρωμένο περιέκτη. Η ολοκληρωμένη διεργασία συχνά αναφέρεται ως ασηπτική επεξεργασία ή ασηπτική τεχνολογία. Είναι μία μέθοδος διατήρησης προϊόντων τροφίμων για μεγάλο χρονικό διάστημα και χρησιμοποιείται εναλλακτικά της συμβατικής κονσερβοποίησης, όπου οι περιέκτες πληρώνονται με το προϊόν, αποστειρώνονται και ψύχονται. Ο όρος «ερμητικά» χρησιμοποιείται για να αποσαφηνίσει ότι οι συγκεκριμένες φυσικές ιδιότητες δεν επιτρέπουν την είσοδο των βακτηρίων εντός της συσκευασίας και αποτρέπουν την είσοδο ή έξοδο μικροοργανισμών, αερίων και υδρατμών στην ή από την συσκευασία (FDA, 1980)¹.

Η ασηπτική συσκευασία έχει βρει ευρεία εφαρμογή σε φαρμακευτικά και ιατρικά προϊόντα, καθώς και σε τρόφιμα όπως τα γαλακτοκομικά προϊόντα και οι χυμοί φρούτων. Πολλές φορές εμπορικά αποστειρωμένα προϊόντα συμ-

βαίνει να παραμείνουν στην αγορά για αρκετά μεγάλο διάστημα. Η χρήση αυτών των προϊόντων μπορεί να εντοπιστεί σε τρεις διαφορετικούς τομείς της αγοράς: I) **άμεση κατανάλωση**: πολλές άκαμπτες και εύκαμπτες συσκευασίες έως 1 lt. II) **αγορά οργανώσεων / φορέων** (ενδιάμεσα μεγέθη): άκαμπτοι περιέκτες και bag-in-box σε μεγέθη έως 5 lt και III) **βιομηχανική αγορά**: βυτία και δεξαμενές σε μεγέθη που ποικίλουν από 100-1000lt.

Η εμπορική αποστείρωση, προϋποθέτει την αποστείρωση τόσο του προϊόντος όσο και του περιέκτη. Αυτό είναι εφικτό με τους ακόλουθους δύο τρόπους: α) με ταυτόχρονη αποστείρωση του προϊόντος και του περιέκτη (επεξεργασία σε αυτόκαυστο ή αποστειρωτήρα) και β) με ξεχωριστή αποστείρωση του περιέκτη και του προϊόντος.

Σήμερα υπάρχει σε βιομηχανική κλίμακα μια μεγάλη ποικιλία συστημάτων συσκευασίας που περιλαμβάνουν: άκαμπτους, εύκαμπτους και ημιάκαμπτους περιέκτες. Σε ένα προτεινόμενο προσχέδιο στον Καναδικό κώδικα πρακτικής για χαμηλής οξύτητας κονσερβοποιημένα τρόφιμα (Canadian Health Protection Department), δόθηκαν οι παρακάτω ορισμοί:

Άκαμπτος (rigid): Τόσο το σχήμα όσο και η περιφέρεια ενός στεγανοποιημένου περιέκτη δεν επηρεάζονται ούτε από το περιεχόμενο προϊόν ούτε παραμορφώνονται από εξωτερικές μηχανικές πιέσεις τάξης μεγαλύτερης των 70kPa.

Ημιάκαμπτος (semirigid): Το σχήμα ή η περιφέρεια του πληρούμενου ή στεγανοποιημένου

περιέκτη δεν επηρεάζεται από το περιεχόμενο προϊόν κάτω από φυσιολογική ατμοσφαιρική θερμοκρασία και πίεση αλλά μπορεί να παραμορφωθεί από εξωτερική πίεση μικρότερη από 70 kPa.

Εύκαμπτος (flexible): Το σχήμα και η περιφέρεια / διάμετρος του πληρωμένου και στεγανοποιημένου περιέκτη επηρεάζονται από το συσκευασμένο προϊόν.

3.2. Ιστορική αναδρομή

Το κλασικό σχέδιο της συνεχούς αποστείρωσης των τροφίμων υιοθετήθηκε από την ασηπτική συσκευασία η οποία αναπτύχθηκε κατά τις δύο πρώτες δεκαετίες του αιώνα. Η ανάπτυξη αυτή συνέβαλε στην τροποποίηση και εξέλιξη του σχεδιασμού των εναλλακτών θερμότητας και υλικών συσκευασίας. Παρά την πληθώρα προβλημάτων που συνάντησε η μέθοδος στα αρχικά στάδια, εκτιμήθηκαν τα πλεονεκτήματά της με αποτέλεσμα να εφαρμόζεται με επιτυχία σε μεγάλο αριθμό τροφίμων. Μια σύντομη σύνοψη των κυριοτέρων εξελίξεων δίνεται στον πίνακα 3.1.

Η νεότερη ιστορία της αποστείρωσης τροφίμων μέσα σε ένα περιέκτη έχει καταγραφεί από τον *Bitting* (1973) και πιο πρόσφατα από τον *Horne* (1986). Η ανάπτυξη της συσκευασίας με χρήση αρχικά φιαλών άρχισε με την πρωτοπο-

ριακή εργασία του *Nicholas Appert* (1749-1841), ο οποίος παρήγαγε αυτοδιατηρούμενο τρόφιμο σε γυάλινα δοχεία θερμαίνοντας το τρόφιμο και σφραγίζοντας τον περιέκτη με νερό. Ο *Louis Pasteur* (1822-1895) έδειξε ότι η ευεργετική δράση της θέρμανσης στη παράταση διάρκειας ζωής των τροφίμων οφείλονταν στην καταστροφή των μικροοργανισμών που προκαλούσαν τη σήψη.

Μια από τις πρώτες πατέντες για σύστημα αποστείρωσης περιέκτων με ατμό, το οποίο ακολουθείται από ασηπτική πλήρωση και συσκευασία των προ-αποστειρωμένων τροφίμων, επινοήθηκε από τον *Dunkley* (1918).

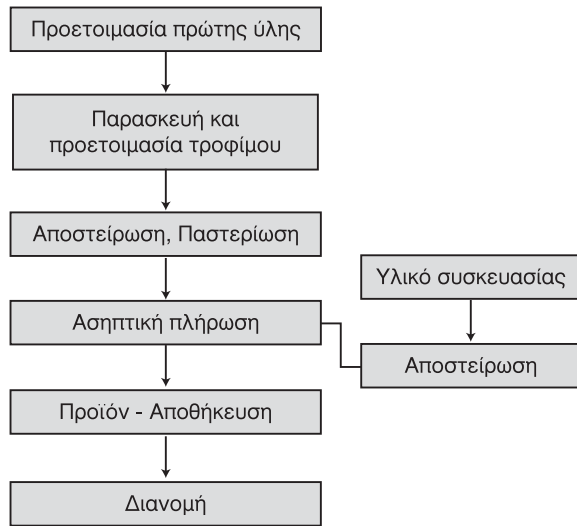
Επίσης παρουσιάστηκαν και άλλες πατέντες από τις οποίες η πιο σημαντική ήταν η εξέλιξη του σωληνωτού αποστειρωτή γάλακτος από τον *Nielsen* στη Δανία το 1908 και η οποία ακολουθήθηκε από σύστημα ασηπτικής συσκευασίας το 1921. Σήμερα, η ασηπτική συσκευασία χρησιμοποιείται κυρίως σε υγρά τρόφιμα παρουσιάζοντας πλήθος πλεονεκτημάτων όσον αφορά την ποιότητα των προϊόντων καθώς και το κόστος παραγωγής.

3.3. Σύντομη περιγραφή της μεθόδου

Η πιο συνήθης μορφή της επεξεργασίας παρουσιάζεται στα σχήματα 3.1 και 3.2. Τα διάφορα στάδια της επεξεργασίας συνοψίζονται στα

Πίνακας 3.1. Συνοπτική παρουσίαση των εξελίξεων στην ασηπτική τεχνολογία (Holdsworth, 1992)

Περίοδος	Συστήματα θέρμανσης / ψύξης	Συσκευασία / Προϊόντα
1920s	G.Grinnod - Διοχέτευση ατμού	C.O.Ball. Πρωτοποριακή μελέτη στην τεχνική HCF από την American Can.
1930s	R.Seligman - Επίπεδοι εναλλάκτες θερμότητας	Υποδοχείς για κονσερβοποίηση φρούτων & λαχανικών
1940s	Stork - Σωληνοειδής εναλλάκτης θερμότητας	G. Grinnod Avoset τεχνική. Νεότερες εξελίξεις με την εταιρεία Continental Can.
1950s	Χρήση εναλλακτών με τραχείες επιφάνειες	Mc. Martin αναπτύσσει το σύστημα Dole Canning. Τεχνική Smith - Ball Flash 18. Πλήρωση μεγάλου υποδοχέα (δεξαμενής) περιεκτικότητας 55 γαλονιών (1958).
1960s		R. Rausing ανάπτυξη της Tetra Pak (1961) και της ασηπτικής Tetra Brik (1968). Σακκίδιο σε κουτί (bag-in-box)(1968). Scholle (1990) ατομικές μερίδες πουτίγκας (1969).
1970s		Επέκταση της τεχνολογίας στην ασηπτική πλήρωση υποδοχέων (μικρής και μεγάλης χωρητικότητας).



Σχίμα 3.1. Ασηπτική επεξεργασία

ακόλουθα:

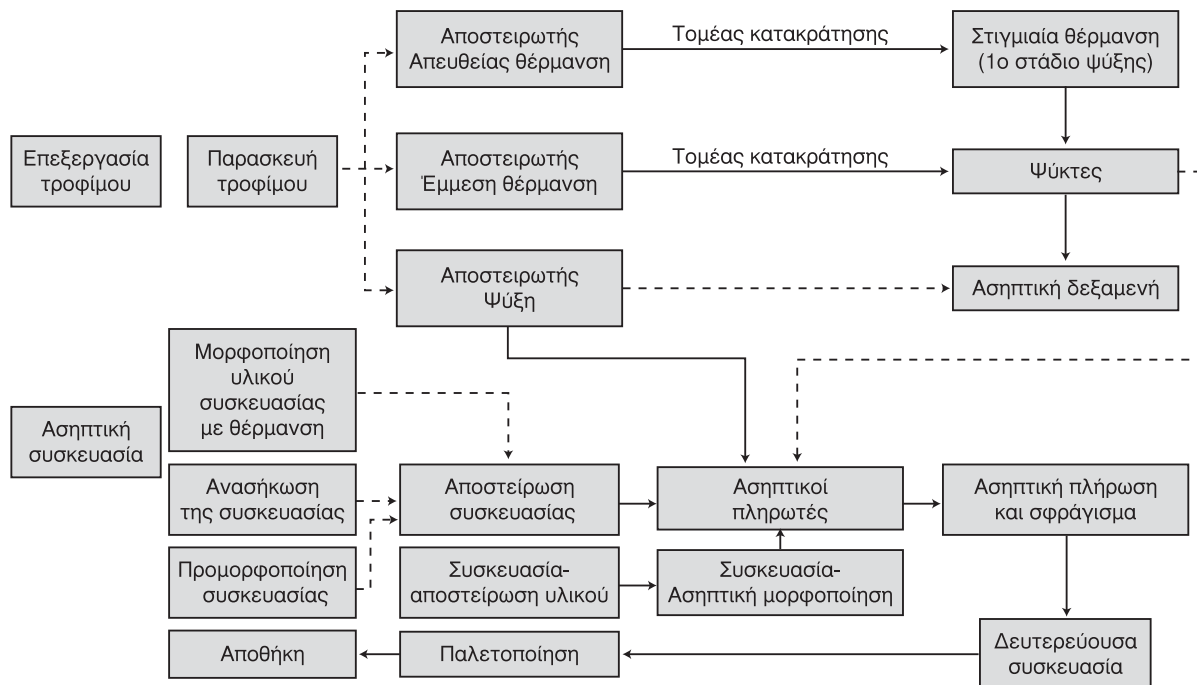
1. Αποστείρωση ή παστερίωση του προϊόντος. Αυτή επιτυγχάνεται με άμεση θέρμανση (εκτόξευση ατμού) ή έμμεση (χρήση θερμικών εναλλακτών-σωληνοειδών, πλακοειδών, τραχέων επιφανειών). Εναλλακτικά, σε ορισμένα ρευστά προϊόντα τροφίμων είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί και η τεχνική της μικροδιήθησης.
2. Αποστείρωση του υλικού συσκευασίας. Η α-

ποστείρωση μεταλλικών περιεκτών γίνεται με υπέρθερμο ατμό, ενώ στα υλικά με βάση συνθετικά πολυμερή χρησιμοποιούνται χημικά μέσα αποστείρωσης όπως H_2O_2 ή ακτινοβολία.

3. Πλήρωση των προαποστειρωμένων περιεκτών με προϊόν κάτω από ασηπτικές συνθήκες και τέλος στεγανοποίηση.

Υπάρχει ιδιαίτερα μεγάλο εύρος όσον αφορά τα υλικά συσκευασίας και σχήματα των περιεκτών και περιλαμβάνει μεταλλικούς περιέκτες και δεξαμενές, χάρτινα κουτιά (ενισχυμένα, προσχηματισμένα), πλαστικές φιάλες (θερμοσχηματιζόμενα ή σχηματιζόμενα με εμφύσηση) και σακούλα σε κουτί (bag-in-box) (Εικ. 3.1α και β).

Οι διεργασίες ασηπτικής συσκευασίας αποσκοπούν στην διατήρηση υψηλού επιπέδου μικροβιολογικής ποιότητας του αποστειρωμένου προϊόντος. Μη αποστειρωμένες συσκευασίες σε μια ασηπτική λειτουργία, ωστόσο δεν προέρχονται μόνο από την διαδικασία συσκευασίας αλλά και από τις διεργασίες αποστείρωσης του προϊόντος (π.χ. επιμόλυνση προϊόντος από τον αποστειρωτήρα στη συσκευασία). Το επίπεδο εμπορικής αποστείρωσης έχει οριστεί ως «η α-



Σχίμα 3.2. Διαγραμματική αναπαράσταση της ασηπτικής συσκευασίας

πουσία μικροοργανισμών ικανών να αναπαράχθουν στο τρόφιμο κάτω από φυσιολογικές συνθήκες αποθήκευσης και διανομής (FDA, 1980).

Επειδή η πλήρης απουσία όλων των μικροοργανισμών είναι ανέφικτη, θα πρέπει να αποφεύγονται οι δηλώσεις του τύπου επιβάλλεται «η καταστροφή όλων των μικροοργανισμών». Ένα επίπεδο μέγιστης απόρριψης των ασηπτικά συσκευασμένων προϊόντων έχει υπολογιστεί να είναι 1:10000 (0.01%), τιμή που ταυτίζεται με την εγγύηση αποστείρωσης που προσφέρεται για ένα σύστημα ασηπτικής συσκευασίας. Ο πραγματικός ρυθμός επιμόλυνσης καθορίζεται από την αποτελεσματικότητα αποστείρωσης του αποστειρωτήρα, το μικροβιολογικό φορτίο της πρώτης ύλης που τροφοδοτείται στον αποστειρωτήρα, την καθαριότητα και τις εφαρμοζόμενες διεργασίες αποστείρωσης του εργοστασίου, την αποτελεσματικότητα των εφαρμοζόμενων διεργασιών αποστείρωσης για τα υλικά συσκευασίας, το μικροβιολογικό φορτίο των επιφανειών επαφής του υλικού συσκευασίας και του προϊόντος, την καθαριότητα και την αποστείρωση των μηχανημάτων πλήρωσης και την συντήρηση του εργοστασίου.

Είναι απαραίτητη η αποστείρωση του μηχανισμού πλήρωσης πριν από την έναρξη της λειτουργίας της ασηπτικής συσκευασίας. Η αποστείρωση του εξοπλισμού συσκευασίας περιλαμβάνει αποστείρωση επιφανειών με θέρμανση, χρήση χημικών ή συνεργειακή δράση. Η διεργασία αποστείρωσης μπορεί να περιγραφεί από τον ακόλουθο τύπο:

$$\text{Log}(N_0/N) = \text{χρόνος επαφής} \\ \text{με το αποστειρωτικό} / D$$

όπου N_0 : ο αρχικός αριθμός των μικροοργανισμών,

N : ο αριθμός μικροοργανισμών μετά από καθορισμένο χρόνο επαφής με το μέσο αποστείρωσης και,

D : ο χρόνος δεκαδικής μείωσης των μικροοργανισμών.

Στην ασηπτική συσκευασία τα μηχανήματα, οι βαλβίδες, οι σωληνώσεις συνήθως αποστειρώνονται με ατμό σε θερμοκρασία 120-140°C. Οι θάλαμοι, τα τούνελ κ.λ.π., συνήθως αποστειρώνονται με ψεκασμό ενός κατάλληλου απολυ-

μαντικού (π.χ. H_2O_2).

Αφού τα εμπορικά αποστειρωμένα προϊόντα έχουν μακρά διάρκεια ζωής σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος, οι παρακάτω προϋποθέσεις πρέπει να πληρούνται για το υλικό συσκευασίας και/ή για τον περιέκτη:

1. Να είναι αποτελεσματικό στην παρεμπόδιση διέλευσης του φωτός, αερίων και υδρατμών
2. Να είναι ουδέτερο όσον αφορά την γεύση του συσκευασμένου προϊόντος και να μη εμπεριέχει ενώσεις που είναι τοξικές και επικίνδυνες για την υγεία.
3. Να έχει ικανοποιητική αντοχή σε κάθε χημική και / ή θερμική επεξεργασία προετοιμασίας πλήρωσης και να είναι κατάλληλο για ερμητική στεγανοποίηση.
4. Να είναι ανθεκτικό σε πιθανές αλλαγές συνθηκών κατά την αποθήκευση.
5. Να είναι σύμφωνο με τις προδιαγραφές της Ευρωπαϊκής Ένωσης.
6. Να προκύπτουν τα ελάχιστα απόβλητα κατά την διάρκεια της προετοιμασίας και να είναι αποικοδομήσιμο.
7. Να είναι ελαφρύ, σχετικά φθηνό και γενικά αποδεκτό από τους καταναλωτές.

Πρωταρχικού ενδιαφέροντος και μεγάλης σημασίας είναι η αντοχή της συσκευασίας και διατήρηση της ακεραιότητας της, όπως και η ικανοποιητική της απόδοση σε διάφορες πιέσεις / εναέρια μεταφορά, διαφορετικά εδαφικά επίπεδα κ.λ.π.

3.4. Πλεονεκτήματα ασηπτικής επεξεργασίας

Η βασική επεξεργασία «θέρμανση-διατήρηση-ψύξη-πλήρωση» αρχικά αναπτύχθηκε για επιμήκυνση της διάρκειας ζωής των γαλακτοκομικών προϊόντων. Βασική προϋπόθεση ήταν η ραγδαία παστερίωση του προϊόντος σε ένα σύστημα συνεχούς ροής με άμεση ή έμμεση θέρμανση με χρήση εκτοξευτή ατμού ή με θερμικό εναλλάκτη, αντίστοιχα.

Το κύριο πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι απαιτείται η χρήση υψηλής θερμοκρασίας (130°C) μόνο για λίγα δευτερόλεπτα επιτρέποντας έτσι την διατήρηση των πτητικών συστατικών (αρώματος) και των θρεπτικών στοιχείων των προϊόντων. Η επεξεργασία, όπως εφαρμό-

στηκε στο γάλα είναι γνωστή ως UHT επεξεργασία, ενώ για άλλα προϊόντα είναι γενικότερα γνωστή ως HTST επεξεργασία, δηλαδή High Temperature Short Time Process. Παρόλο που η ανάπτυξη της ασηπτικής τεχνολογίας ήταν στενά συνδεδεμένη με αυτή την εφαρμογή, μεταγενέστερες εξελίξεις με τεμαχισμένα τρόφιμα, όπως για παράδειγμα κρέας και κοτόπουλο, έδειξαν ότι επεξεργασία με χαμηλότερες θερμοκρασίες για μεγαλύτερο χρόνο ήταν πιο κατάλληλη.

Ένα δεύτερο πλεονέκτημα της ασηπτικής τεχνολογίας είναι η δυνατότητα επεξεργασίας προϊόντων μεγάλου όγκου. Η αποστείρωση με συνεχή ροή επέτρεψε την πλήρωση μεγάλων περιεκτών, βυτιών, δεξαμενών και την στεγανοποίηση τους κάτω από ασηπτικές συνθήκες, διότι μέχρι τότε ήταν ανέφικτη η κονσερβοποίηση λόγω προβλημάτων της θερμικής μεταφοράς μέσα στη μεγάλη μάζα του προϊόντος. Ακόμη όμως και στην ακραία περίπτωση που οι απαραίτητες θερμοκρασίες για αποστείρωση θα μπορούσαν να επιτευχθούν, τα προϊόντα δεν θα ήταν πλέον βρώσιμα λόγω έντονης υποβάθμισης των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών εξαιτίας της υπερθέρμανσής τους.

Η ασηπτική επεξεργασία έχει ακόμη ένα ουσιαστικό πλεονέκτημα που συνίσταται στη χρήση πλαστικών / χάρτινων ελασματοειδών υλικών με την μορφή των ημιάκαμπτων συσκευασιών, π.χ. σακουλών, δοχείων και φιαλών. Η συνεχής επεξεργασία αποστείρωσης καταλήγει τελικά σε ένα ψυχρό προϊόν και έτσι το υλικό συσκευασίας δεν χρειάζεται να εκτεθεί στις υψηλές θερμοκρασίες της συμβατικής θερμικής επεξεργασίας. Η ασηπτική επεξεργασία έχει υιοθετήσει τη χρήση λεπτών πλαστικών μεμβρανών που τοποθετούνται σε ένα κουτί με σκοπό την ενίσχυση του περιεχομένου, γνωστών ως συσκευασίες τύπου bag-in-box.

Η κύρια τρέχουσα επιδίωξη της τεχνολογίας αυτής είναι η επέκταση της σε συσκευασίες προϊόντων με παρατεταμένη διάρκεια ζωής. Τα τρόφιμα που συσκευάζονται κατ' αυτόν τον τρόπο έχουν σημαντικά ποιοτικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τα συμβατικά κονσερβοποιημένα προϊόντα διότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα μεγάλο εύρος υλικών για τη συσκευασία καθώς και μεγάλα μέγεθη περιεκτών.

3.5. Ασηπτική τεχνολογία

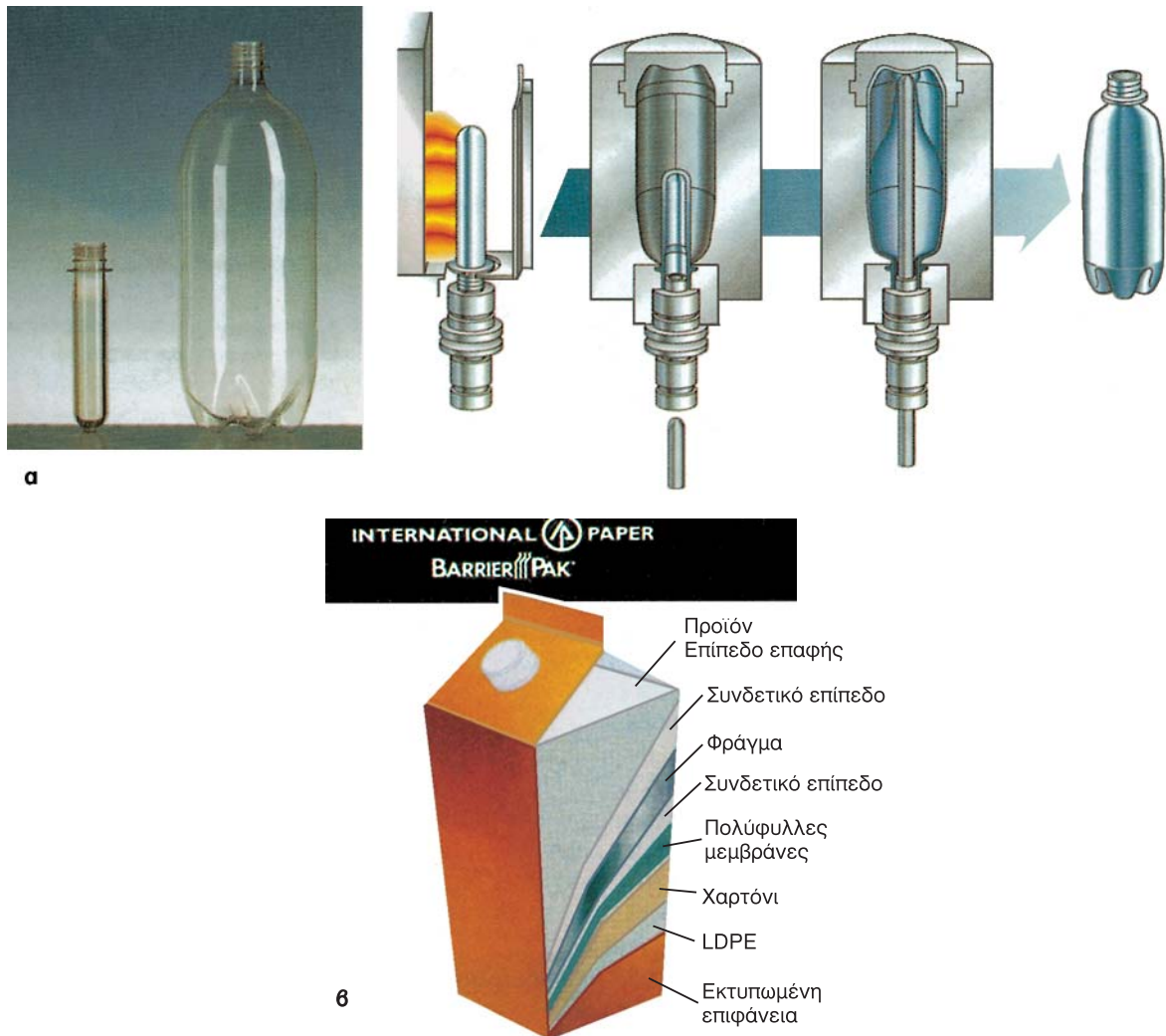
Ο κύριος σχεδιασμός της ασηπτικής συσκευασίας έγινε λαμβάνοντας υπόψη τη διαδρομή του τροφίμου από το εργοστάσιο επεξεργασίας στον καταναλωτή. Στο πρώτο τμήμα της επεξεργασίας, δηλαδή της αποστείρωσης των τροφίμων, ο κύριος στόχος είναι η θανάτωση των μικροοργανισμών. Κατά τη διάρκεια αυτού του τμήματος της επεξεργασίας πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ότι πιθανή καταστροφή των θρεπτικών συστατικών και ενζύμων πιθανώς να επιφέρει τροποποίηση στη δομή του προϊόντος (μαλάκωμα). Η κινητική αυτών των διεργασιών πρέπει να είναι γνωστή έτσι ώστε να επιλεγεί η ιδανική επεξεργασία που αφενός θα ελαχιστοποιήσει τον κίνδυνο τροφικής δηλητηρίασης των καταναλωτών και αφετέρου θα επιτρέψει την παραγωγή της καλύτερης δυνατής ποιότητας προϊόντος.

Άλλοι παράγοντες που πρέπει επίσης να ληφθούν υπόψη σε αυτό το στάδιο είναι η υγιεινή του εργοστασίου, η κατάσταση των υλικών συσκευασίας, ο έλεγχος της επεξεργασίας καθώς και η προετοιμασία των τροφίμων.

Στο δεύτερο τμήμα της επεξεργασίας, γίνεται η πλήρωση του περιέκτη με το αποστειρωμένο προϊόν κάτω από ασηπτικές συνθήκες. Αυτό απαιτεί την αποστείρωση των μηχανημάτων πλήρωσης και στεγανοποίησης, καθώς επίσης και αποστείρωση των περιεκτών και των επιφανειών τους με θέρμανση, χρήση χημικών ή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Οι ρεολογικές ιδιότητες του τροφίμου είναι επίσης σημαντικές στον σχεδιασμό του εξοπλισμού πλήρωσης ώστε να αποφευχθεί πιθανή συσσώρευση υλικών και να μεγιστοποιηθεί η λειτουργικότητα κατά τις διεργασίες καθαρισμού. Το τελευταίο τμήμα της ασηπτικής τεχνολογίας αφορά την διασφάλιση ποιότητας, τον έλεγχο των κρίσιμων σημείων, τους κωδικούς της πρακτικής και τη πειραματική μεθοδολογία ώστε να διασφαλιστούν οι αναγραφόμενες προδιαγραφές.

3.6. Μικροβιολογική προσέγγιση

Η παραγωγή ασηπτικά συσκευασμένων τροφίμων περιλαμβάνει συνήθως τις ακόλουθες τέσσερις διεργασίες αποστείρωσης: α. του εξοπλισμού της επεξεργασίας, β. του τελικού προϊόντος.



Εικ. 3.1. α) Εμφύσηση αέρα υψηλής θερμοκρασίας με ταυτόχρονη τάνυση της φιάλης. Αν και το PET αρχικά χρησιμοποιήθηκε μόνο για «ψυχρή πλήρωση», περαιτέρω βελτίωση των ιδιοτήτων του το κατέστησε ικανό για χρήση μέχρι και σε θερμοκρασία 95°C. Ανάλογα με την επεξεργασία οι υποδοχείς PET που χρησιμοποιούνται υπάγονται στις εξής κατηγορίες: I. θερμικά σταθεροί, μέγιστη θερμοκρασία 87°C, II. ημικρυσταλλικοί, μέγιστη θερμοκρασία 92°C, III. πλήρως κρυσταλλικοί, μέγιστη θερμοκρασία 95°C. **β)** Χαρτόνι για ασηπτική συσκευασία (πλήρωση εν θερμώ) ενισχυμένο με πολύφυλλες πολυμερικές μεμβράνες για βελτίωση των στεγανοποιητικών ιδιοτήτων του (Evergreen Packaging, USA).

ντος, γ. του μηχανήματος πλήρωσης και δ. του υλικού συσκευασίας.

Κατά την ασηπτική διεργασία πλήρωσης συνήθως διοχετεύεται αποστειρωμένος αέρας. Επειδή η αποτελεσματικότητα της αποστείρωσης εύκαμπτων και ημιάκαμπτων υλικών συσκευασίας, μόνο με θέρμανση, είναι αμφισβητήσιμη, χρησιμοποιούνται και άλλα μέσα αποστείρωσης, όπως η ακτινοβολία και η χημική αποστείρωση.

Ένα τέλειο απολυμαντικό πρέπει να είναι εύκολο στη χρήση και η συγκέντρωση του να

ελαπτόνεται τάχιστα μετά την εφαρμογή. Επίσης πρέπει να έχει ικανοποιητικό βαθμό θανάτωσης των μικροοργανισμών στο μικρότερο δυνατό χρόνο, να είναι φθηνό και να μην είναι τοξικό ούτε για τον χρήστη ούτε να καταστρέφει τον εξοπλισμό.

Ο μέσος όρος μικροβίων που καθορίστηκε για πλαστικές επιφάνειες που έρχονται σε επαφή με το τρόφιμο έχει ένα εύρος από 0.3 έως 10 μικροοργανισμούς / 100cm². Παρόλο που το ολικό μικροβιολογικό φορτίο στις επιφάνειες

που έρχονται σε επαφή με το τρόφιμο που αποστειρώνεται παρουσιάζει ενδιαφέρον, το είδος των μικροοργανισμών και η μέτρηση τους αποτελούν ακόμη πιο σημαντικούς παράγοντες.

Η παρακάτω μικροχλωρίδα βρέθηκε σε επιφάνειες πολυαιθυλενίου από πολύφυλλες μεμβράνες με βάση το χαρτί: μέσος συνολικός αριθμός 2-5 μικροοργανισμοί / 100cm², με 10.6% ζύμες, 20.6% μύκητες και 68.8% βακτήρια (σπόρια, στρεπτόκοκκοι, θετικοί και αρνητικοί κατά Gram μικροοργανισμοί).

Ο αριθμός των σπορίων είναι πρωταρχικού ενδιαφέροντος εφόσον αυτοί οι μικροοργανισμοί είναι πιο δύσκολο να θανατωθούν σε αντίθεση με τις ψευδομονάδες και τις ζύμες. Η αποτελεσματικότητα της επεξεργασίας αποστείρωσης μπορεί να εκφραστεί με τον αριθμό των λογαριθμικών μειώσεων του αριθμού των σπορίων. Η αποτελεσματικότητα της αποστείρωσης κυρίως καθορίζεται από τον αριθμό των πιο ανθεκτικών μικροοργανισμών που υπάρχουν π.χ. σπόρια βακτηρίων – και όχι από τον συνολικό αριθμό.

Επειδή υπάρχει ελλειπής πληροφόρηση όσον αφορά τον αριθμό των σπορίων στις επιφάνειες επαφής του υλικού συσκευασίας, ο υπολογισμός της ελάχιστης αποστείρωσης που απαιτείται γίνεται με βάση την υπόθεση ότι όλοι οι μικροοργανισμοί στις επιφάνειες των τροφίμων είναι σπόρια βακτηρίων. Η αποστείρωση τέτοιων επιφανειών έχει οριστεί ως η μείωση του μικροβιακού φορτίου από 10⁴ σε 10⁰, δηλαδή μείωση κατά τέσσερις λογαριθμικές μονάδες.

Εάν ο κύριος στόχος είναι η ικανοποίηση των απαιτήσεων της ασηπτικής πλήρωσης τροφίμων ουδέτερου pH, τότε η μείωση κατά πέντε με έξι δεκαδικούς κύκλους στον αριθμό των βακτηριακών σπορίων θεωρείται απαραίτητη.

3.7. Αποστείρωση επιφανειών επαφής υλικών συσκευασίας τροφίμου

Η αποστείρωση της επιφάνειας επαφής υλικού συσκευασίας-τροφίμου κατά των βακτηριακών σπόρων απαιτεί μια ελάχιστη μείωση της τάξης των τεσσάρων λογαριθμικών μονάδων. Η αποστείρωση των επιφανειών αυτών μπορεί να επιτευχθεί με ακτινοβολία, θέρμανση και χημική επεξεργασία ή με συνδυασμό των τεχνολογιών αυτών.

3.7.1. Ακτινοβολία

Οι τεχνικές ακτινοβολίας που χρησιμοποιούν κοβάλτιο 60(Co⁶⁰) και παρόμοια μέσα θεωρούνται ιδιαίτερα δαπανηρές. Εναλλακτικά, χρησιμοποιείται ακτινοβολία υψηλής ενέργειας ηλεκτρονίων. Για παράδειγμα, μια δέση 2 Mrd υψηλής ταχύτητας ηλεκτρονίων βρέθηκε ότι αποστειρώνει ικανοποιητικά 0.895cm ενός φύλλου πολυαιθυλενίου που μολύνθηκε με 10⁵ σπόρους του *Bacillus stearothermophilus*.

Έκθεση ολίγων δευτερολέπτων σε υπέρυθρη ακτινοβολία (250mV / cm²) έδειξε μειώσεις της τάξης 4-6 λογαριθμικών μονάδων του μικροβιακού φορτίου (σπόρια *Bacillus subtilis*) που υπάρχει σε επίπεδες επιφάνειες ενώ για αποστείρωση προσχηματισμένων δοχείων απαιτείται περίπου πενταπλάσια δόση. Η υπεριώδης ακτινοβολία (UV) θεωρείται ότι είναι επαρκής για χρήση σε συστήματα ασηπτικής πλήρωσης, με την προϋπόθεση όμως ότι τα υλικά που ακτινοβολούνται είναι λεία, ανθεκτικά στην ακτινοβολία UV, και σχετικά απαλλαγμένα από σωματίδια σκόνης.

Παρόλο που η UV-ακτινοβολία από μόνη της δύσκολα μπορεί να διασφαλίζει την ασφάλεια της επεξεργασίας (π.χ. μόνο δύο λογαριθμικές μονάδες μείωση για *Aspergillus niger*) που χρειάζεται όταν αποστειρώνονται επιφάνειες επαφής με τρόφιμο χαμηλής οξύτητας, ένας συνδυασμός σχετικά χαμηλών συγκεντρώσεων υπεροξειδίου του υδρογόνου (H₂O₂), UV-ακτινοβολίας και ήπιας θέρμανσης (80°C) έχει συνήθως ικανοποιητικά αποτελέσματα.

Η UV-ακτινοβολία και το υπεροξείδιο του υδρογόνου δρουν συνεργειακά μόνο όταν χρησιμοποιούνται ταυτόχρονα και όχι όταν η χρήση τους γίνει κατά στάδια. Έκθεση σπορίων σε υπεριώδη ακτινοβολία παρουσία υψηλής συγκέντρωσης υπεροξειδίου του υδρογόνου περιόρισε τον αριθμό των θανατωθέντων σπορίων, γεγονός που εξηγείται από την απορρόφηση της UV-ακτινοβολίας από το H₂O₂ και δημιουργία ελευθέρων ριζών (υδροξυλίων).

3.7.2. Θέρμανση

Η αποτελεσματικότητα της θέρμανσης ως αποκλειστικού παράγοντα αποστείρωσης εξετάζεται αν και προέκταση δημοσιευθέντων τιμών,

δείχνει ότι θερμοκρασίες των 250°C για 0.01-0.02 sec θα πρέπει να είναι ικανές για να θανατωθούν 10^{10} σπόροι του *Bacillus subtilis*.

Οι κατασκευαστές των μηχανημάτων ασηπτικής πλήρωσης, πλαστικών δοχείων ή πλαστικών φιαλών, ισχυρίζονται ότι η θερμοότητα της εξώθησης επαρκεί για αποστείρωση. Για πλαστικές φιάλες που μορφοποιούνται με εμφύσηση, η θερμοκρασία που εφαρμόζεται είναι της τάξης των 230-240°C. Υπέρθερμος ή κορεσμένος ατμός που εφαρμόζεται για αποστείρωση κονσερβών θα μπορούσε επίσης να χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά για αποστείρωση των επιφανειών εύκαμπτων υλικών συσκευασίας όπως πολυστυρένιου.

3.7.3. Χημική επεξεργασία

Η χημική αποστείρωση των επιφανειών είναι η πιο συχνά εφαρμοζόμενη διεργασία στην ασηπτική συσκευασία. Αν και η δράση των αερίων όπως οξειδίου του αιθυλενίου, οξειδίου του προπυλενίου, β-προπυλολακτόνης, φορμαλδεΰδης και βρωμομεθυλίου είναι πολύ αργή για να δικαιολογεί τη χρησιμοποίησή τους σε μηχανήματα πλήρωσης, τα προαναφερόμενα αέρια μπορούν να χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικά για την προαποστείρωση των υλικών συσκευασίας. Επίσης, αν και είναι δυνατή η χρήση διαλυμάτων αλογόνων, υπεροξειδίου του υδρογόνου, υπεροξειδίων και διαλυμάτων αλδεΰδης καθώς και υποχλωριώδους νατρίου ως μέσων αποστείρωσης η παρατηρούμενη διάβρωση παρεμποδίζει την ευρύτερη χρησιμοποίησή τους.

Το H_2O_2 θεωρείται ως το πιο κατάλληλο χημικό μέσο αποστείρωσης για επιφάνειες επαφής στην ασηπτική συσκευασία χαμηλής οξύτητας τροφίμων, με την προϋπόθεση ότι θερμαίνεται σε θερμοκρασία ελάχιστης τιμής 85-90°C και για ελάχιστο χρόνο έκθεσης 3-4 sec. Με 15-29% διάλυμα H_2O_2 βρέθηκε ότι καλύπτονται οι θεωρητικές και πρακτικές προϋποθέσεις αποστείρωσης, αν ακολουθείται από θέρμανση στους 125°C. Η διαβροχή των επιφανειών δεν θεωρείται απαραίτητη εφόσον το H_2O_2 στην αέρια φάση έχει μεγαλύτερη δραστηριότητα από ότι στην υγρή φάση. Αν και ο μηχανισμός δράσης του H_2O_2 δεν έχει πλήρως κατανοηθεί αποδίδεται στον σχημα-

τισμό οξυγόνου 'εν τω γεννάσθαι' (nascent) ή στον σχηματισμό υδροξυλικών ριζών. Ορθοφοσφορικό οξύ σε συγκέντρωση 80% έχει προταθεί ως μέσο αποστείρωσης των επιφανειών στην ασηπτική συσκευασία.

3.8. Αποστείρωση των προϊόντων

Το πρώτο στάδιο στην ασηπτική επεξεργασία και συσκευασία είναι η αποστείρωση των προϊόντων με σκοπό την θανάτωση επικίνδυνων παθογόνων, δηλαδή μικροοργανισμών που προκαλούν νόσους ή τροφικές δηλητηριάσεις. Μέχρι σήμερα αυτό γινόταν με θέρμανση του προϊόντος είτε μέσα σε λουτρό ή πιο συνηθισμένα με την συνεχή χρήση έμμεσης (θερμικούς εναλλάκτες) ή άμεσης θέρμανσης (εκτόξευση ατμού ή ηλεκτρισμό). Ωστόσο, σε πολλές περιπτώσεις, μπορούν να χρησιμοποιηθούν παράλληλα θέρμανση και χημικές μέθοδοι. Στο μέλλον, η ακτινοβολία με ακτίνες-γ από ραδιενεργή πηγή ή ηλεκτρόνια από επιταχυντή μπορεί να χρησιμοποιηθούν συνεργειακά με την θέρμανση.

Η θέρμανση που αποστειρώνει το τρόφιμο παράλληλα επιφέρει αλλαγές στη δομή του προϊόντος (μαλάκωμα), απώλεια χρώματος, καταστροφή των ενζύμων, θρεπτικών και άλλων συστατικών των τροφίμων. Το πλεονέκτημα της χρήσης της υψηλής θερμοκρασίας για μικρό χρόνο επεξεργασίας (HTST) συνίσταται στην ελαχιστοποίηση των αλλαγών ποιότητας που συμβαίνουν στο τρόφιμο.

3.8.1. Αποστείρωση

Αποστειρωμένο προϊόν μπορεί να οριστεί ως το προϊόν στο οποίο απουσιάζουν μικροοργανισμοί. Η διεργασία που χρησιμοποιείται στην τεχνολογία κονσερβοποίησης θανατώνει μόνο τους παθογόνους οργανισμούς και όχι απαραίτητα τους θερμοφίλους που δεν είναι σημαντικοί για την δημόσια υγεία. Σύμφωνα με την διεργασία αυτή παράγονται εμπορικά αποστειρωμένες κονσέρβες, οι οποίες δεν θα υποβαθμιστούν κάτω από φυσιολογικές συνθήκες αποθήκευσης, ούτε θα θέσουν σε κίνδυνο την δημόσια υγεία.

Στα πλαίσια της εμπορικής αποστείρωσης είναι απαραίτητο να θανατωθούν τα σπόρια του *C. botulinum*, που είναι ο πλέον θερμοανθεκτι-

κός παθογόνος οργανισμός και ανήκει στους μεσόφιλους μικροοργανισμούς. Ωστόσο, πρέπει να τονισθεί ότι μια τέτοια επεξεργασία δεν καταστρέφει τα πιο θερμοφιλά βακτήρια, που πιθανώς να αναπτυχθούν και να προκαλέσουν αλλοιώσεις εάν η θερμοκρασία του περιεχόμενου της κονσέρβας φθάνει τις τροπικές θερμοκρασίες ($>40^{\circ}\text{C}$). Αυτός είναι ο κύριος λόγος για τον οποίο ενδείκνυται η ταχεία ψύξη των κονσερβών μετά την θερμική επεξεργασία τους.

3.8.2. Παστερίωση

Οι απαιτήσεις για αποστείρωση αφορούν όλα τα χαμηλής οξύτητας τρόφιμα με $\text{pH} < 4.5$ εκτός και αν υπάρχει άλλη μορφή ελέγχου των μικροοργανισμών όπως για παράδειγμα η ενεργότητα του νερού. Επειδή σε όξινα προϊόντα ($\text{pH} < 4.5$), όπως στα φρούτα και στους χυμούς τους και στα προϊόντα που έχουν υποστεί οξίνιση, δεν αναπτύσσονται παθογόνοι οργανισμοί, στη πλειοψηφία των περιπτώσεων ενδείκνυται μια ήπια επεξεργασία για ανενεργοποίηση των μυκήτων και ζυμών. Στην περίπτωση που θα οξινιστούν χαμηλής οξύτητας προϊόντα, όπως λαχανικά, μπορεί να επιτευχθεί καλύτερη ποιότητα με την χρήση ήπιας παστερίωσης, εφόσον το οξύ διεισδύσει στο προϊόν κατά τέτοιο τρόπο ώστε να αναστέλλεται η ανάπτυξη του *C. botulinum* καθώς και των λοιπών παθογόνων οργανισμών.

3.9. Κρίσιμοι παράγοντες που επηρεάζουν την παραγωγή εμπορικά αποστειρωμένων προϊόντων

Σύμφωνα με την Διεύθυνση τροφίμων και φαρμάκων (FDA, Food and Drug Administration) κρίσιμος παράγοντας είναι οποιαδήποτε ιδιότητα, χαρακτηριστικό, κατάσταση, προϋπόθεση ή παράμετρος που μπορεί να επηρεάσει την σχεδιασμένη επεξεργασία και τα αποτελέσματα της εμπορικής αποστείρωσης (FDA, 1976). Εάν και εφόσον καθοριστούν οι κρίσιμοι παράγοντες που σχετίζονται με το προς επεξεργασία τρόφιμο είναι τότε εφικτή η επιλογή της ορθής θερμικής επεξεργασίας για την οποία θα συνυπολογιστούν όλοι οι κρίσιμοι παράγοντες (Πίν. 3.2).

Πίνακας 3.2. Κρίσιμοι παράγοντες για επιλογή ορθής θερμικής επεξεργασίας

1. Οξύτητα ή pH (συγκέντρωση H^+)
2. Ενεργότητα του νερού
3. Θερμοκρασία, χρόνος και πίεση
4. Φυσικές ιδιότητες
5. Τυποποίηση του προϊόντος
6. Αέρια στα τρόφιμα

3.10. Αποστείρωση αέρα

Η ασηπτική συσκευασία στην πλειοψηφία των διεργασιών της απαιτεί αποστειρωμένο αέρα ή άζωτο. Ο αέρας μολύνεται από μικρόκοκκους, ζύμες, μύκητες που συχνά σχηματίζουν συσσωματώματα με σωματίδια σκόνης και μικρά σταγονίδια νερού. Τα μεγέθη αυτών των οργανισμών ποικίλουν από 1-10μ για τις ζύμες και μύκητες, 0,1-5 μm για βακτήρια και $< 0,1\mu\text{m}$ για ιούς και γενικά παρουσιάζονται σε ποσότητες των 100-1000 ανά m^3 . Ο αριθμός των ζυμών και μυκήτων είναι συνήθως περίπου 200 δηλαδή δεκαπλάσιος των βακτηρίων του αέρα.

Η κύρια μέθοδος αποστείρωσης του αέρα συνίσταται στη χρήση υψηλής αποτελεσματικότητας φίλτρων αέρος από χαρτί, πορώδεις ίνες από γυαλί ή πλαστικό με γνωστή διάμετρο πόρων. Φίλτρα κατασκευάζονται επίσης από πολυμερή όπως πολυτετραφλουοροαιθυλένιο (PTFE), που έχουν δομή μικροϊνών.

Οι κύριες προϋποθέσεις που πρέπει να πληροί ένα σύστημα διήθησης είναι:

- Παροχή υψηλών ρυθμών ροής με μικρές απώλειες πιέσεως
- Ικανοποιητική απομάκρυνση του ατμού
- Εύκολος χειρισμός και αντικατάσταση
- Κατάλληλος σχεδιασμός ώστε η ροή του αέρα να είναι από μέσα προς τα έξω.

3.11. Υλικά συσκευασίας και μέθοδοι αποστείρωσής τους

Η ιστορία της ασηπτικής συσκευασίας χαρακτηρίζεται από μια σταδιακή εξέλιξη από τις μεταλλικές κονσέρβες σε σύνθετα υλικά από χαρτί και πλαστικό. Οι γυάλινες φιάλες δεν είχαν ιδιαίτερη εμπορική επιτυχία ως περιέκτες για ασηπτικές διεργασίες.

Γενικά υπάρχουν τέσσερις τρόποι με τους

οποίους μπορεί να γίνει η επιτυχής ασηπτική πλήρωση:

- Χρήση προαποστειρωμένων υλικών συσκευασίας και λειτουργία του εξοπλισμού πλήρωσης σε μικροβιολογικά καθαρούς χώρους.
- Εφαρμογή των προκατασκευασμένων, μη αποστειρωμένων συσκευασιών για αποστείρωση στο πληρωτικό μηχάνημα.
- Προκατασκευασμένες, προαποστειρωμένες συσκευασίες που πληρώνονται με μικροβιολογικά καθαρό εξοπλισμό πλήρωσης.
- Παραγωγή, πλήρωση και αποστείρωση των συσκευασιών ή του υλικού συσκευασίας στα μηχανήματα πλήρωσης.

Η πρώτη και η τρίτη περίπτωση αν κι έχουν χρησιμοποιηθεί και συνεχίζουν να χρησιμοποιούνται με επιτυχία στην φαρμακοβιομηχανία, η εφαρμογή τους στα τρόφιμα θεωρείται ιδιαίτερα δύσκολη και δαπανηρή.

Η ασηπτική συσκευασία περιλαμβάνει τρία διαφορετικά στάδια:

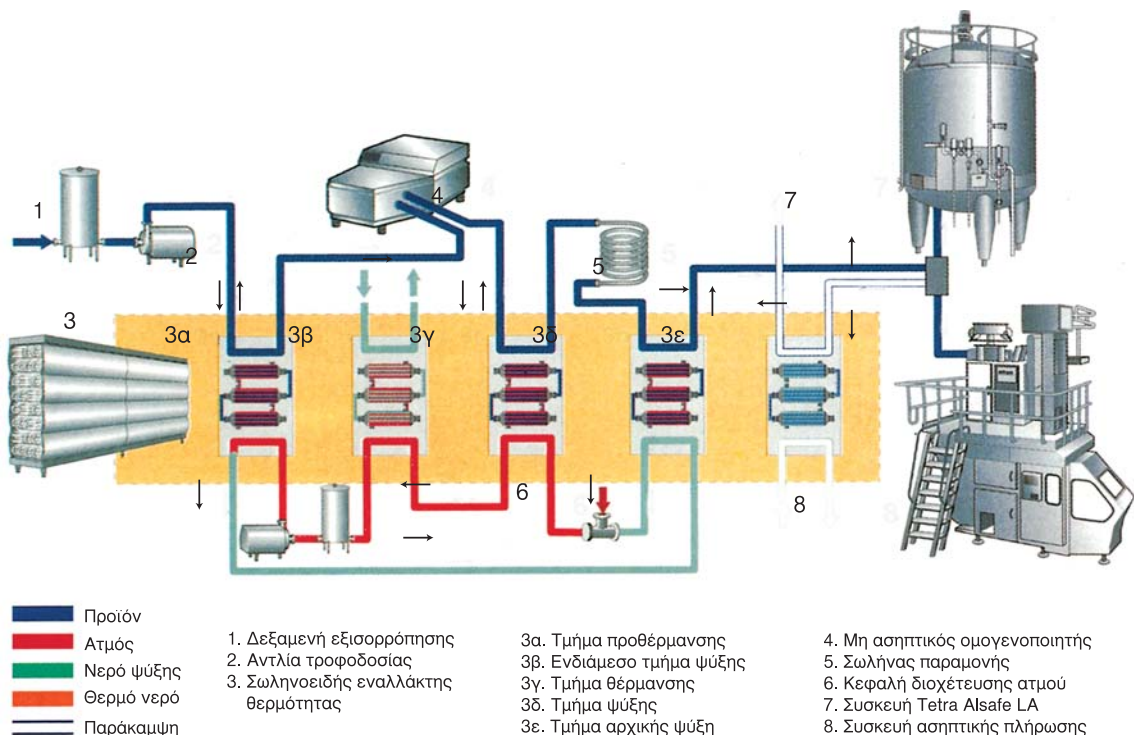
- Αποστείρωση των επιφανειών επαφής του υλικού συσκευασίας με το τρόφιμο

- Δημιουργία και διατήρηση αποστειρωμένου περιβάλλοντος όπου τα αποστειρωμένα προϊόντα και υλικά συσκευασίας έρχονται σε επαφή.

- Παραγωγή περιεκτών που εμποδίζουν την είσοδο ανεπιθύμητων μικροοργανισμών.

Δύο αντιπροσωπευτικά διαγράμματα ασηπτικής παραγωγής με έμμεση θερμική επεξεργασία σε σωληνοειδή εναλλάκτη θερμότητας (Tetra Pak Ltd) και με εναλλάκτη θερμότητας με αδρή επιφάνεια για προϊόντα με υψηλό ιξώδες (Alfa Laval Ltd) δίνονται στα σχήματα 3.3 και 3.4, αντίστοιχα.

Όσο αφορά τα εύκαμπτα και ημιάκαμπτα υλικά συσκευασίας έχουν παρουσιαστεί οι ακόλουθες μορφές συσκευασίες στην αγορά της ασηπτικής πλήρωσης: σακούλες (pouches or bags), προκατασκευασμένα δοχεία, δοχεία μορφοποίησης-πλήρωσης-στεγανοποίησης (από roll-stock υλικό), πλαστικές φιάλες, προκατασκευασμένα κουτιά από πολύφυλλες μεμβράνες με βάση το χαρτόνι, κουτιά από πολύφυλλες μεμβράνες με βάση το χαρτί, κονσέρβες και γυάλινα βάζα.



Σχήμα 3.3. Διάγραμμα ασηπτικής παραγωγής για έμμεση θερμική επεξεργασία σε σωληνοειδή εναλλάκτη θερμότητας (Tetra Pak Ltd).

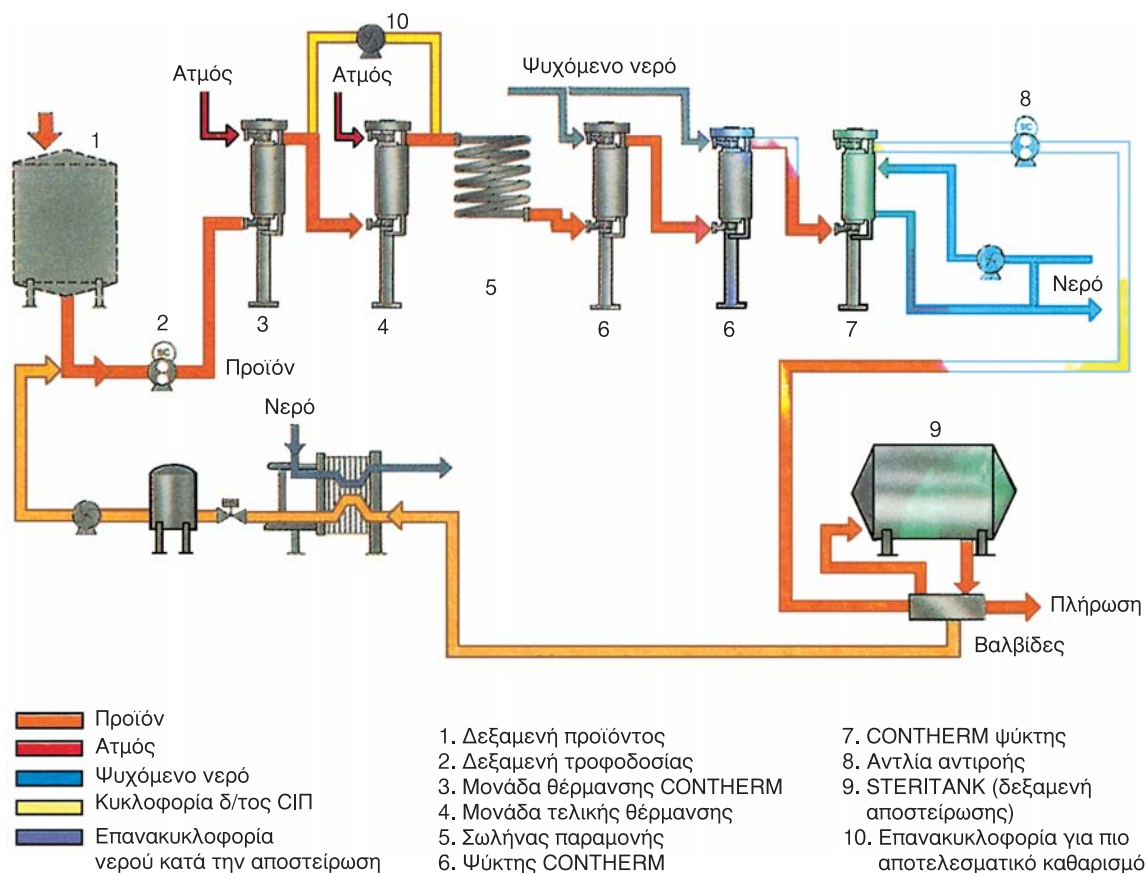
3.12. Συστήματα ασηπτικής συσκευασίας

3.12.1. Ασηπτικές σακούλες (Aseptic pouches)

Δύο διαφορετικές διεργασίες εφαρμόζονται για αποστείρωση των επιφανειών επαφής στην περίπτωση της ασηπτικής σακούλας: χημική / φυσική αποστείρωση του πληρωτή, και θέρμανση με σωληνοειδή εξώθηση εκτός του πληρωτή.

Πριν από την παραγωγή, ο χώρος του γεμιστικού μηχανήματος αποστειρώνεται με ψεκασμό H_2O_2 και / άλλων κατάλληλων απολυμαντικών όπως η φορμαλδεΰδη ή μικροβιοκτόνο σαπούνι με επακόλουθη ξήρανση με θερμό και

αποστειρωμένο αέρα. Η αποστείρωση του συστήματος που επιτεύχθηκε διατηρείται με διοχέτευση αποστειρωμένου αέρα με υπερπίεση μέσα σε εσώκλειστο κατασκευή του πληρωτή. Η αποστείρωση του υλικού συσκευασίας γίνεται με διέλευση από ένα λουτρό με H_2O_2 και ακολουθείται από έκθεση σε UV-ακτινοβολία. Το διάλυμα αποστείρωσης ξηραίνεται με ζεστό, αποστειρωμένο αέρα. Η αποστείρωση της επιφάνειας επαφής του υλικού συσκευασίας με το τρόφιμο επιτυγχάνεται ταυτόχρονα με τη σωληνοειδή εξώθηση ($230-240^\circ C$). Επομένως, στην διεργασία πλήρωσης, μόνο το μολυσμένο εξωτερικό τμήμα του σωληνοειδούς υλικού πρέπει να απο-



Σχήμα 3.4. Η ασηπτική διεργασία «Viscotherm» στηρίζεται στην «Contherm» χρησιμοποιώντας εναλλάκτες θερμότητας με αδρή επιφάνεια για θέρμανση και ψύξη προϊόντων με υψηλό ιξώδες (Alfa Laval Ltd). Το προϊόν αντλείται από την δεξαμενή (1) με μια αντλία τροφοδοσίας (2) στην πρώτη μονάδα θέρμανσης Contherm (3). Συμπληρωματικά στάδια θέρμανσης (4) εφαρμόζονται ώστε το προϊόν να φθάσει την επιθυμητή θερμοκρασία. Οι καταγραφείς είναι τοποθετημένοι στα διάφορα στάδια της διεργασίας ώστε να ελέγχονται οι θερμοκρασίες. Αν οι θερμοκρασίες είναι χαμηλότερες, τότε ανοίγει η βαλβίδα επαναροής και το προϊόν συλλέγεται σε δεξαμενή. Ο σωλήνας παραμονής (5) διατηρεί το προϊόν στην απαιτούμενη θερμοκρασία για προκαθορισμένο χρονικό διάστημα. Το προϊόν ψύχεται με νερό (6) και ψυχρό νερό (7) έως ότου φθάσει στη θερμοκρασία συσκευασίας.

στειωθεί ώστε να διατηρηθεί η αποστείρωση του εξοπλισμού πλήρωσης.

3.12.2. Ασηπτικά, προκατασκευασμένα δοχεία

Τα μηχανήματα ασηπτικής πλήρωσης που χρησιμοποιούν προκατασκευασμένα πλαστικά δοχεία εφοδιάζονται με εσωτερική υπερδομή που αποστειρώνεται με ψεκασμό με H_2O_2 σε όλες τις εσωτερικές επιφάνειες και ξηραίνεται με θερμό αποστειρωμένο αέρα.

Οι σωλήνες και οι βαλβίδες συνήθως αποστειρώνονται με ατμό. Η αποστείρωση της υπερδομής διατηρείται με αποστειρωμένο αέρα υψηλής πίεσης, ενώ η αποστείρωση του αέρα συνήθως επιτυγχάνεται με διήθηση ή με αποτέφρωση. Σχετικά με τα ασηπτικά δοχεία, οι τρόποι αποστείρωσης του υλικού συσκευασίας που έρχεται σε επαφή με το τρόφιμο είναι οι ακόλουθοι: θέρμανση, ακτινοβολία, χημική αποστείρωση, και χρήση προαποστειρωμένων περιεκτών.

3.12.2.1. Αποστείρωση με θέρμανση

Η αποστείρωση τόσο του δοχείου όσο και του πώματος γίνεται με κορεσμένο ατμό στη θερμοκρασία των $147^\circ C$ και πίεση 3.5 bar για 4-6 sec. Στα πλαίσια αυτής της επεξεργασίας, καταγράφεται μια μείωση της τάξης $5 \frac{1}{2}$ -7 δεκαδικών κύκλων εάν χρησιμοποιηθούν σπόρια βακκίλων ως οργανισμός αναφοράς. Δέκα δοχεία εισέρχονται μαζί στον θάλαμο με ταυτόχρονη εκτόξευση ατμού και τα δοχεία απομακρύνονται μετά από έκθεση για 4-6 sec. Στη συνέχεια μεταφέρονται σε ένα απομονωμένο θάλαμο αποθήκευσης η αποστείρωση του οποίου διατηρείται με χρήση υπερπυκνωμένου αποστειρωμένου αέρα. Το υλικό που χρησιμοποιείται για πωματισμό, ταυτόχρονα διέρχεται μέσω θαλάμων με ατμό διαφορετικής πίεσης όπου δέκα πώματα αποστειρώνονται με την παραπάνω διαδικασία. Παρά το γεγονός ότι η αποστείρωση των δοχείων και των πωμάτων γίνεται κατά παρτίδες, ο πληρωτής θεωρείται ότι λειτουργεί σε συνεχή βάση.

3.12.2.2. Αποστείρωση με UV-ακτινοβολία

Η χρήση της UV-ακτινοβολίας στην αποστείρωση είναι συζητήσιμη διότι υπάρχει η άποψη ότι η συγκεκριμένη τεχνική θα πρέπει να περιοριστεί στην ασηπτική συσκευασία προϊόντων

υψηλής οξύτητας. Ωστόσο, είναι γενικά αποδεκτή η αποτελεσματικότητα της UV-ακτινοβολίας (εφόσον ληφθεί πρόνοια απομάκρυνσης της υπάρχουσας σκόνης, υγρασίας και συσσωματωμένων κύτταρων) όταν χρησιμοποιείται για αποστείρωση των επιφανειών που έρχονται σε επαφή με το τρόφιμο κατά την ασηπτική συσκευασία τροφίμων χαμηλής οξύτητας.

Η ένταση της ακτινοβολίας συνήθως κυμαίνεται εντός ενός εύρους της τάξης 100-250mVU/cm² και η πηγή βρίσκεται σε απόσταση 40nm από το αντικείμενο που ακτινοβολείται. Γενικά είναι απαραίτητη η χρησιμοποίηση περισσότερων των τριών λυχνιών προκειμένου να καλυφθεί ολόκληρο το εσωτερικό των δοχείων.

3.12.2.3. Χημική αποστείρωση

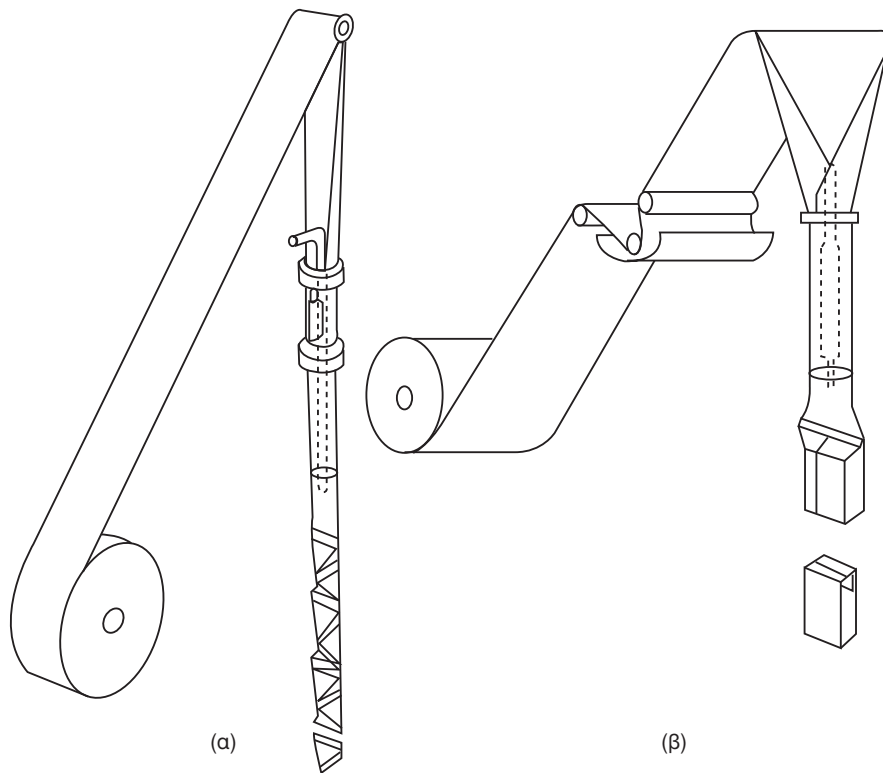
Στα περισσότερα συστήματα πλήρωσης προκατασκευασμένων πλαστικών δοχείων χρησιμοποιείται το H_2O_2 ως μέσο αποστείρωσης των επιφανειών επαφής με το τρόφιμο. Ένα διάλυμα 35% H_2O_2 ψεκάζεται εντός των περιεκτών τα οποία ταυτόχρονα ξηραίνονται με ζεστό αέρα σε θερμοκρασίες των $100^\circ C$ ή $150-200^\circ C$. Το υλικό που χρησιμοποιείται για πωματισμό αποστειρώνεται είτε μόνο με χρήση με αέρα ή με συνδυασμό H_2O_2 και θερμού αποστειρωμένου αέρα.

3.12.2.4. Προαποστειρωμένα δοχεία

Περιέκτες (10-15ml) από πολυστυρένιο προαποστειρώνονται με οξειδίο του αιθυλενίου. Μετά την μεταφορά των περιεκτών στα μηχανήματα πληρώσεως κάτω από ασηπτικές συνθήκες, οι περιέκτες πληρώνονται και στεγανοποιούνται σε αποστειρωμένο περιβάλλον (αποστειρωμένο αέρα υψηλής πίεσεως) όπως φαίνεται στα σχήματα 3.5 και 3.6.

3.12.2.5. Ασηπτικά δοχεία μορφοποίησης – πλήρωσης – στεγανοποίησης

Τα μηχανήματα πληρώσεως λειτουργούν με roll-stock υλικά τόσο για τον κορμό όσο και για τα πώματα των δοχείων. Το υλικό του πώματος και κορμού αποστειρώνεται είτε μόνο με θέρμανση ή με συνδυασμό ψεκασμού με H_2O_2 και θέρμανσης. Ο θάλαμος που λαμβάνει χώρα η διεργασία, αποστειρώνεται με ψεκασμό με H_2O_2 και με ξήρανση με θερμό αποστειρωμένο αέρα.

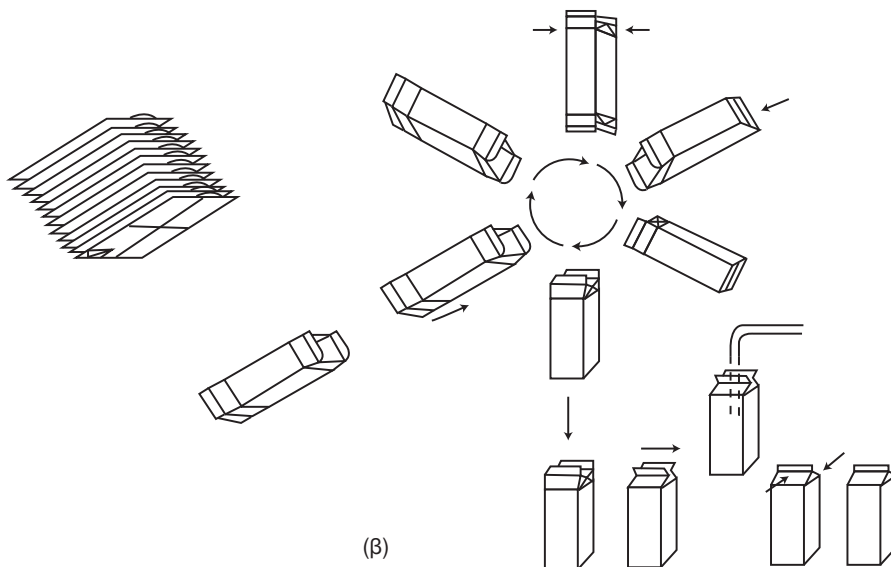


Σχήμα 3.5. Χάρτινη ασηπτική συσκευασία Tetra Pak (α) και Tetra Brik (β)

Η αποστείρωση του θαλάμου κατά την διεργασία συντηρείται με υψηλής πίεσης αποστειρωμένο αέρα, ενώ η αποστείρωση του αέρα συνήθως γίνεται με αποτέφρωση ή δίοδο μέσα από φίλτρα.

Βιβλιογραφία

1. Arthey, V.D. (1988). The role of research associations: the Campden Food and Drink B.A. *Journal Society Dairy Technology*, 41, 73-76.
2. Dunkley, W.L., Stevenson, E.K. (1987). Ultra high temperature processing and aseptic packaging of dairy products. *Journal Dairy Science*, 70, 2192-2202.



Σχήμα 3.6. Χάρτινη ασηπτική συσκευασία Pure Pak

3. Graumlich, R.T., Marchy, E.J., Adams, P.J. (1986) Aseptically packaged orange juice and concentrate: a review of the influence of processing and packaging conditions on quality. *Journal Agricultural & Food Chemistry*, 34, 402-405.
4. Holdsworth, D.S. (1992). Introduction. Aseptic processing and packaging of food products. Chapman & Hall, London, UK, pp. 1-9.
5. Καρακασίδης, Γ. Ν. (1997) Ανάκτηση πρώτων υλών και ενέργειες από χαρτοθύλακες ασηπτικής συσκευασίας. *Τρόφιμα και ποτά. Ετήσια Έκδοση Συσκευασίας*, 58-62.
6. Σκλαβούνος, Γ. (1992) Η συσκευασία καθιερώνεται ως μέσο προβολής και επικοινωνίας. *Τρόφιμα και Ποτά*, 90-91.
7. Tarr, J.G. (1986) The three legs of aseptic processing and packaging: a packager's perspective. *Prepared Food*, pp. 109-111.
8. Tillotson, E.J. (1984) Aseptic Packaging of fruit juices. *Food Technology*, 38(3) 63-66.
9. Tolrdo, T.R. (1986) Post-processing Changes in Aseptically Packed Beverages. *Journal Agricultural & Food Chemistry*, 34, 405-408.
10. von Bockelmann, H.A.B, von Bockelmann, L.I.I. (1986) Aseptic packaging of liquid food Products: a literature Review. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 34, 384-392.
11. Wang, J., Toledo, T.R. (1986) Sporicidal properties of mixtures of hydrogen peroxide vapor and hot air. *Food Technology*, 40(12), 60-67.
12. Jairus, R.D.D. (1996). Aseptic Processing and Packaging of Food: A Food Industry Approach, CRC Press, New York.
13. Willhoft, E.M.A. (1999). Aseptic Processing and Packaging of Particulate Foods, Blackie Academic & Professional, Glasgow-London-New York.
14. What is aseptic packaging by Savannah Manufacturing Company in <http://www.savmfg.com/whatis1.html>