

# .....Πρόλογος.....

Η ψύξη είναι σήμερα η πιο διαδομένη μέθοδος διατήρησης των ευπαθών προϊόντων, όπως είναι τα τρόφιμα. Η επιστήμη της Βιομηχανικής Ψύξης έχει σήμερα ξεχωριστή θέση και παίζει σημαντικό ρόλο στην αποτελεσματικότητα της Εφοδιαστικής Αλυσίδας των τροφίμων. Οι συνήθειες και απαιτήσεις των καταναλωτών είναι σήμερα πολύ διαφορετικές από ότι ήταν 20 – 30 χρόνια πριν : Απαιτούν άριστα προϊόντα, σε καλές τιμές και σε διαθεσιμότητα παντού. Με τη λογική αυτή, καθιερώθηκε η λογική της «Ψυκτικής Αλυσίδας», που νοείται σαν η αδιάκοπη τήρηση των ορθών συνθηκών περιβάλλοντος, σε όλη τη διάρκεια της ροής ενός προϊόντος, από τη πρωτογενή του παραγωγή, μέχρι τη τελική κατανάλωση. Έχει γίνει συνήθεια, σαν συνθήκη περιβάλλοντος για τη διατήρηση (ψυχρή αποθήκευση), να νοείται η θερμοκρασία. Δεν αρκεί όμως μόνο ο έλεγχος της θερμοκρασίας, για τη διασφάλιση άριστης ποιότητας σε ένα προϊόν. Άλλες συνθήκες, όπως η υγρασία και οι συνθήκες συναποθήκευσης, καθώς και η αλληλεπίδρασή τους με τη θερμοκρασία, έχουν πρωταρχικό ρόλο, ειδικά για τα προϊόντα συντήρησης (προϊόντα που διατηρούνται σε θερμοκρασίες άνω των 0<sup>0</sup> C). Ο ρόλος επίσης της συσκευασίας είναι σημαντικός και συμπληρωματικός, δεδομένου ότι δρα προστατευτικά στο προϊόν.

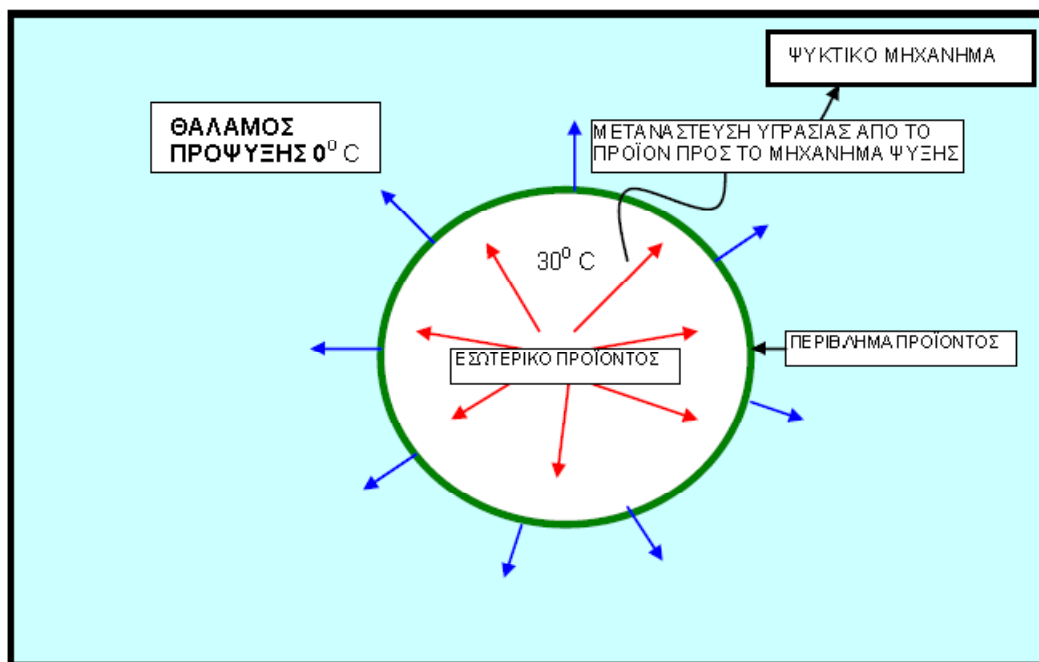
Τα τελευταία χρόνια υπάρχει μια στροφή των καταναλωτών προς τα «φρέσκα» προϊόντα. Οι απαιτήσεις σε γεύση και διατροφική αξία είναι πλέον αυξημένες, Παράλληλα, ο καταναλωτής απαιτεί άριστα προϊόντα, χωρίς να είναι διατεθειμένος να πληρώσει περισσότερα. Η σύγχρονη τεχνολογία και ο παγκόσμιος ανταγωνισμός μπορούν σήμερα να προσφέρουν άριστα και φθηνά προϊόντα, που διατηρούν τη φρεσκάδα τους, ακόμα και σε σημεία κατανάλωσης απομακρυσμένα από τους τόπους παραγωγής. Οι κανόνες Ψυκτικής Αλυσίδας και οι προηγμένες συσκευασίες είναι τα εργαλεία, που θα προσφέρουν αυτό το επίτευγμα. Οι απαιτήσεις αυτές ακούγονται δύσκολες, στη πραγματικότητα όμως είναι μάλλον αρκετά εύκολες, αν αναλογιστεί κανείς ότι τις περισσότερες φορές η υποβάθμιση οφείλεται σε άγνοια και όχι σε θελημένη ενέργεια. Με άλλα λόγια, σε καθεστώς γνώσης, με τους ίδιους πόρους μπορούμε να πετύχουμε πολύ περισσότερα, φθάνει να «γνωρίζουμε». Το εγχειρίδιο αυτό έχει σκοπό να δώσει ένα «οδοιπορικό» σε όλο το μήκος της Ψυκτικής Αλυσίδας νωπών προϊόντων, με περιεκτικό τρόπο, απευθυνόμενο σε στελέχη, επιχειρηματίες, εργαζόμενους και σπουδαστές, που θέλουν να πάρουν μια «γρήγορη εικόνα». Διαπραγματεύεται τη τεχνολογία της

ψύξης για τα προϊόντα συντήρησης, όπως συνηθίζεται να ονομάζονται τα προϊόντα που διατηρούνται σε θερμοκρασίες  $> 0^{\circ} \text{C}$ . Ακολουθεί περιγραφή των τεχνικών μεθόδων πρόψυξης, ώστε το προϊόν να αποκτήσει γρήγορα την ενδεδειγμένη θερμοκρασία, και να διατηρηθεί για το μεγαλύτερο δυνατό διάστημα, με εξασφαλισμένη άριστη ποιότητα. Κατόπιν, εξετάζονται μια – μια οι «ελεγχόμενες» συνθήκες συντήρησης, δηλαδή η θερμοκρασία, η υγρασία, η μετάδοση οσμών και η επίδραση του αιθυλενίου και δίνονται πρακτικές συμβουλές για τη καλύτερη δυνατή τήρηση αυτών. Η λογική βασίζεται πάντα στη προσπάθεια κατανόησης από τον αναγνώστη των μηχανισμών υποβάθμισης και του τρόπου αντιμετώπισης αυτών. Το κείμενο συνοδεύεται από εποπτικά σχήματα και πίνακες για καλύτερη εμπέδωση. Ιδιαίτερη αναφορά γίνεται στις συσκευασίες, ώστε να φανεί ο σημαντικός – προστατευτικός – επικουρικός τους ρόλος στην αποστολή της ψύξης. Το οδοιπορικό συνεχίζει με τη «ψυχρή μεταφορά», τις προθήκες λιανικής και καταλήγει στο σπίτι του καταναλωτή. Η παρουσίαση κλείνει με μια αναφορά στη βασική Νομοθεσία που πρέπει να γνωρίζει, όποιος ασχολείται με τη «Ψυχρή Αποθήκευση» και αφορά όχι μόνο τα τρόφιμα, αλλά και το περιβάλλον, στο βαθμό που επηρεάζεται από μια μονάδα Βιομηχανικής Ψύξης. Συνιστάται να προηγηθεί η μελέτη του εγχειριδίου «Στοιχεία Τεχνολογίας Τροφίμων και Βιομηχανικής Ψύξης», ενώ για τους αναγνώστες που επιθυμούν πιο εξειδικευμένες γνώσεις, για συγκεκριμένες κατηγορίες τροφίμων, συνιστώνται τα εγχειρίδια που αναφέρονται σε νωπά κρέατα, πουλερικά, αυγά, φρούτα και αλιεύματα.

Ελπίζω ότι με το εγχειρίδιο αυτό θα βοηθήσω τους ανθρώπους που προσπαθούν να συμμετέχουν συνεργατικά στην Εφοδιαστική τους «Ψυχρή» Αλυσίδα, με το μακρόπνοο σύνθημα «προσφέρουμε ποιότητα – κερδίζουμε όλοι».

### ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΘΑΛΑΜΩΝ ΠΡΟΨΥΞΗΣ

Η πρόψυξη επιτυγχάνεται με τη τοποθέτηση των (θερμών) προϊόντων σε ειδικά σχεδιασμένη εγκατάσταση, για τη γρήγορη αφαίρεση του θερμικού φορτίου. Οι πιο συνήθεις εγκαταστάσεις πρόψυξης είναι οι θάλαμοι ψυχρού αέρα και οι δεξαμενές ψυχρού νερού. Η ικανότητα (capacity) του ψυκτικού συγκροτήματος σχεδιάζεται έτσι, ώστε να αντιμετωπίζεται ο δυσμενέστερος συνδυασμός **ποσότητας** (βάρος), **χρόνου** που πρέπει να ολοκληρωθεί η πρόψυξη (ώρες) και **θερμοκρασίας εισαγωγής** ( $^{\circ}\text{C}$ ). Στο σημείο αυτό, κρίνεται σκόπιμο να εξεταστεί ο μηχανισμός μεταφοράς του θερμικού φορτίου από το προϊόν προς το περιβάλλον. Αυτή ακριβώς η μεταφορά της θερμότητας είναι απαραίτητη, για να επιτευχθεί πτώση της θερμοκρασίας του προϊόντος. Κατανοώντας το μηχανισμό της μεταφοράς της θερμότητας, ο χειριστής μπορεί να πετύχει αποτελεσματική πρόψυξη.



**Σχήμα 2 : Τρόπος μεταφοράς θερμότητας από το προϊόν προς το περιβάλλον σε θάλαμο πρόψυξης**

Όπως φαίνεται στο σχήμα 2, η θερμότητα ξεκινάει να μεταφέρεται από τη περιοχή υψηλής θερμοκρασίας (εσωτερικό προϊόντος) προς τη περιοχή χαμηλής θερμοκρασίας (περιβάλλον και εξωτερικό στρώμα προϊόντος. Όσο απομακρύνεται θερμότητα από το προϊόν, τόσο αυτό «παγώνει» από έξω προς τα μέσα. Σε όλα τα προϊόντα υπάρχει κάποιο περίβλημα (εξωτερική επιφάνεια), το οποίο δρα σαν

μονωτικό στη ροή της θερμότητας, όπως τα ενδύματα. Το περίβλημα αυτό αποτελείται από τα εξής συστατικά ή συνδυασμό αυτών :

- Κάποιο είδος φλοιού του ίδιου του προϊόντος (φλούδι σε φρούτα, επιδερμίδα ή στρώμα λίπους σε ζωικά προϊόντα)
- Η εσωτερική συσκευασία, η οποία «ακουμπάει» το προϊόν.
- Η εξωτερική συσκευασία, η οποία δημιουργεί συνθήκες «ακινησίας» στο μικροπεριβάλλον του προϊόντος.

Η ταχύτητα αφαίρεσης θερμικού φορτίου κατά το στάδιο της πρόψυξης, εξαρτάται από δυο παράγοντες :

**A.** Τη ταχύτητα ροής θερμικού φορτίου από το πυρήνα του προϊόντος προς το περίβλημά του

**B.** Το βαθμό αντίστασης που προβάλλει το περίβλημα, στη δίοδο της θερμότητας, από το εσωτερικό του προϊόντος προς το περιβάλλον (αέρα ψυκτικού θαλάμου).

Ο παράγοντας A είναι συνάρτηση της μάζας (ποσότητας) του προϊόντος και της σύστασης αυτού. Είναι φανερό, ότι ένα «βαρύ» προϊόν αργεί να παγώσει, σε σχέση με ένα ελαφρύτερο, υπό τις ίδιες συνθήκες περιβάλλοντος. Τα τρόφιμα περιέχουν σε μεγάλο ποσοστό νερό, ως εκ τούτου η ειδική τους θερμότητα προσεγγίζει αυτή του νερού ( $4,18 \text{ KJ} / (\text{kg} \times ^\circ\text{C})$ ). Στα περισσότερα τρόφιμα η ειδική θερμότητα έχει τιμές από 3,6 ως 3,9  $\text{KJ} / (\text{kg} \times ^\circ\text{C})$ . Έτσι για παράδειγμα, για να γίνει μείωση της θερμοκρασίας σε ένα προϊόν από  $+30^\circ \text{C}$  σε  $0^\circ \text{C}$  απαιτείται μείωση θερμικού φορτίου της τάξης των  $120 \text{ KJ} / \text{kg}$ .

Ο παράγοντας B εξαρτάται από το λόγο «επιφάνεια / όγκος» της μοναδιαίας ποσότητας. Όσο μεγαλύτερος είναι ο λόγος αυτός (δηλαδή μεγαλύτερη εκτεθειμένη επιφάνεια), τόσο γρηγορότερα «παγώνει» το προϊόν. Εξαρτάται επίσης από τη φύση του περιβλήματος (βαθμός αντίστασης στη μεταφορά θερμότητας) και τη ταχύτητα του περιβάλλοντος μέσου. Η ευκολία μεταφοράς θερμότητας μέσω του περιβλήματος εκφράζεται με τον «επιφανειακό συντελεστή θερμικής μεταφοράς», που έχει τιμές από  $5 \text{ W} / (\text{m}^2 \times ^\circ\text{C})$  για ακίνητο αέρα μέχρι  $500 \text{ W} / (\text{m}^2 \times ^\circ\text{C})$  για κινούμενο νερό (2).

Ας δούμε τώρα, για δεδομένα χαρακτηριστικά προϊόντος (είδος, σχήμα, συσκευασία), με ποιους τρόπους μπορούμε να επιταχύνουμε το ρυθμό πρόψυξης. Η ταχύτητα πτώσης της θερμοκρασίας εξαρτάται από τους εξής παράγοντες :

- Τη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ εισαγόμενου προϊόντος και περιβάλλοντος το προϊόν μέσου (π.χ. αέρα ή νερού)
- Τη ταχύτητα του περιβάλλοντος μέσου
- Τη φύση του περιβάλλοντος μέσου
- Τον τρόπο τοποθέτησης των προϊόντων στο θάλαμο πρόψυξης

**Η διαφορά θερμοκρασίας** μεταξύ προϊόντος και περιβάλλοντος μέσου είναι ο πρωταρχικός παράγοντας, που χαρακτηρίζει τη ταχύτητα παγώματος. Προσπαθούμε να επιτύχουμε τη μεγαλύτερη δυνατή διαφορά θερμοκρασίας, με ιδιαίτερη όμως προσοχή να μη παγώσουν τα εξωτερικά στρώματα του προϊόντος σε περιπτώσεις που λειτουργούμε λίγο κάτω από το σημείο παγώματος. Συνήθως η θερμοκρασία του περιβάλλοντος μέσου είναι 0 ή λίγο κάτω από το 0, πράγμα που προσφέρει σχετική ασφάλεια έναντι παγώματος (τα περισσότερα προϊόντα παγώνουν από τους  $-2^{\circ}$  C και κάτω).

**Η ταχύτητα του περιβάλλοντος μέσου** (αέρας σε συμβατικούς θαλάμους, νερό σε δεξαμενές πρόψυξης) είναι ανάλογη με τη ταχύτητα παγώματος. Στους θαλάμους πρόψυξης, η ταχύτητα του αέρα είναι μεγαλύτερη από αυτή των θαλάμων κανονικής συντήρησης. Πρέπει όμως να σημειωθεί, όπως θα εξετάσουμε παρακάτω, ότι με την αύξηση της ταχύτητας του αέρα αυξάνεται και η ταχύτητα εξάτμισης νερού από τον ιστό του προϊόντος (αφυδάτωση). Για τούτο, πρέπει να καθοριστεί η βέλτιστη ισορροπία, μεταξύ ταχύτητας πτώσης θερμοκρασίας και ταχύτητας αφυδάτωσης. Συνήθως οι θάλαμοι πρόψυξης έχουν ταχύτητες αέρα μεταξύ 1 και 2 m/s. Εδώ πρέπει να σημειωθεί, ότι συχνά είναι επιθυμητή η «αποξήρανση» της εξωτερικής επιφάνειας του προϊόντος (δημιουργία κρούστας), πράγμα που επιβραδύνει την ανάπτυξη μικροοργανισμών. Στις περιπτώσεις αυτές, αυξάνεται τη ταχύτητα του αέρα ώστε να ικανοποιούνται και οι δυο απαιτήσεις (γρήγορο πάγωμα και επιφανειακή αποξήρανση). Στη κατηγορία αυτή υπάγονται τα ασυσκεύαστα κρέατα.