

ΤΕΙ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ

ΤΜΗΜΑ: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ



Μέθοδοι Κατάψυξης και Τυποποίησης Χοιρινού και Βοδινού Κρέατος

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ: ΤΣΟΥΠΑΚΗΣ ΑΝΔΡΕΑΣ, Α.Μ. 2003259

Διδάσκων: κος Θεόδωρος Βαρζάκας

Μέθοδοι Κατάψυξης και Τυποποίησης

Καλαμάτα, 2012

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

1.1. Εισαγωγή

1.2. Στόχος – Σκοπός

1.3. Δομή, Περιεχόμενο και Μεθόδευση της έρευνας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

Κατάψυξη χοιρινού και βοδινού

2.1. Εισαγωγή

2.2. Επίδραση της κατάψυξης στους μικροοργανισμούς και στα ένζυμα

2.3. Κρυσταλλοποίηση της υγρής φάσης

2.3.1. Σχηματισμός πυρήνων κρυστάλλωσης

2.3.2. Ανάπτυξη των κρυστάλλων σε μέγεθος

2.3.3. Τελικό μέγεθος κρυστάλλων

2.4. Καμπύλες κατάψυξης

2.5. Ταχύτητα κατάψυξης

2.6. Μέθοδοι κατάψυξης

2.6.1. Καταψύκτες με πρόσφυση αέρα / ρεύμα αέρα

2.6.2. Καταψύκτες επαφής με στερεές / ψυχρές επιφάνειες

2.6.3. Καταψύκτες επαφής με υγρά (με ψεκασμό ή εμβάπτιση σε ψυκτικό μέσο)

2.6.4. Κατάψυξη με κρυογενή μέσα

2.7. Υπολογισμός χρόνου κατάψυξης

2.8. Συντήρηση υπό κατάψυξη

2.9. Τήξη

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

Τυποποίηση χοιρινού και βοδινού ή

Τεχνολογία κατεψυγμένου χοιρινού και βοδινού κρέατος και προϊόντων αυτού

3.1. Σφάγια και μικρά κομμάτια κρέατος

3.2. Κατεργασία κρέατος

3.3. Ωμά και ψημένα, όχι παστά, προϊόντα κρέατος

3.3.1. Κατεψυγμένα ισοδύναμα φρέσκων προϊόντων

3.3.2. Προϊόντας που η μηχανική σταθερότητά τους εξαρτάται από τον τρόπο κατάψυξης

3.4. Εξασφάλιση ποιότητας και έλεγχος

- 3.5. Σχηματισμός πάγου και οι συνέπειες του
- 3.5.1. Μεταβολές κατά την φύλαξη των κατεψυγμένων προϊόντων
- 3.5.2. Μεταβολές κατά την τήξη
- 3.6. Το χρώμα του κατεψυγμένου κρέατος
- 3.7. Αλλοιώσεις του λίπους
- 3.7.1. Οξειδωτική τάγγιση
- 3.7.2. Λιπόλυση
- 3.8. Χημική ανάλυση
- 3.9. Μικροβιολογία

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

Συσκευασία του κατεψυγμένου χοιρινού και βοδινού κρέατος και των προϊόντων αυτών

- 4.1. Η συμβολή της συσκευασίας στη συντήρηση των τροφίμων
- 4.1.1. Μηχανικά αίτια
- 4.1.2. Υγρασία
- 4.1.3. Οξυγόνο
- 4.1.4. Φως
- 4.1.5. Θερμοκρασία
- 4.1.6. Πτητικές ουσίες
- 4.1.7. Μικροοργανισμοί
- 4.1.8. Έντομα
- 4.1.9. Τρωκτικά
- 4.2. Πληροφορίες που αναγράφονται στην συσκευασία
- 4.3. Πρωτογενής, δευτερογενής και τριτογενής συσκευασία
- 4.4. Βασικές αρχές για την επιλογή της ενδεικνυόμενης συσκευασίας
- 4.5. Συσκευασία κατεψυγμένου χοιρινού και βοδινού κρέατος
- 4.6. Εύκαμπτη συρρικνωμένη συσκευασία

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

Συμπεράσματα και Διαπιστώσεις

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΝΤΥΠΟΣ ΠΕΡΙΟΔΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ

ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΟΙ ΤΟΠΟΙ

Αντί προλόγου

Η παρούσα εργασία με τίτλο «**Μέθοδοι Κατάψυξης και Τυποποίησης Χοιρινού και Βοδινού Κρέατος**» εκπονείται από τον προπτυχιακό φοιτητή **Τσουπάκη Ανδρέα** με επιβλέπων καθηγητή τον κος **Βαρζάκας Θεόδωρος** στα πλαίσια προγράμματος σπουδών του τμήματος **Τεχνολογίας Γεωργικών Προϊόντων** του Α.Τ.Ε.Ι Καλαμάτας.

(ευχαριστίες)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

1.1. Εισαγωγή

Η ασφάλεια και η ποιότητα των τροφίμων είναι ένα θέμα που τα τελευταία χρόνια έχει αρχίσει να απασχολεί ιδιαίτερος το καταναλωτικό κοινό. Οι καταναλωτές επιθυμούν τα τρόφιμα που προμηθεύονται από τα καταστήματα να είναι ασφαλή, θρεπτικά, υγιεινά και πάνω από όλα επεξεργασμένα με βάση τα διεθνή πρότυπα. Το κρέας αποτελεί, σε υψηλό ποσοστό, μέρος της διατροφής του σύγχρονου ανθρώπου, οπότε χρήζει ιδιαίτερης σημασίας αναφορικά με την υγιεινή και την ασφάλειά του.

Οι κίνδυνοι που εγκυμονούν είναι πολλοί, είτε πρόκειται για νωπό κρέας, είτε για κατεψυγμένο. Για το λόγο αυτό η συντήρησή του πρέπει να γίνεται βάση των ειδικών προδιαγραφών. Ένας από τους βασικούς τρόπους συντήρησης του κρέατος, τόσο του χοιρινού, όσο και του βοδινού, είναι και η **κατάψυξη**, μια που μόνο με τις πολύ χαμηλές θερμοκρασίες επιτυγχάνεται η διατήρηση όλων των ιδιοτήτων του κρέατος στη φυσική τους κατάσταση. Με την κατάψυξη του κρέατος σε χαμηλές θερμοκρασίες επιτυγχάνεται σημαντική επιβράδυνση των μικροβιακών εξεργασιών και των χημικών αντιδράσεων ή η ολοκληρωτική επιβράδυνση αυτών.

1.2. Στόχος – Σκοπός

Σκοπός και σκοπός της παρούσης εργασίας αποτελεί η καταγραφή όλων των σχετικών με την κατάψυξη χοιρινού και βοδινού κρέατος όρων, ορολογίων, μεθόδων και μεθοδολογιών.

Ταυτόχρονα παρουσιάζεται και η τεχνολογία του κατεψυγμένου κρέατος και προϊόντων αυτού.

1.3. Δομή, Περιεχόμενο και Μεθόδευση της έρευνας

Η εργασία αυτή μέσα από βιβλιογραφική διερεύνηση, διαδουκτική αναζήτηση, αλλά και αρχειακό υλικό προσπαθεί να καταγράψει τους τρόπους κατάψυξης και τυποποίησης τόσο του βοδινού όσο και του χοιρινού κρέατος. Αναλυτικότερα, η παρούσα εργασία διακρίνεται σε πέντε κεφάλαια.

Στο **πρώτο κεφάλαιο**, διασαφηνίζεται ο σκοπός και ο στόχος της πτυχιακής αυτής εργασίας, καθώς και πραγματοποιείται αναφορά κάποιων πολύ βασικών εννοιών.

Το **δεύτερο κεφάλαιο** αναφέρεται στην κατάψυξη ως βασικός τρόπος συντήρησης του βοδινού και του χοιρινού κρέατος. Αναλυτικότερα, καταγράφεται η επίδραση της έντονα χαμηλής θερμοκρασίας στους μικροοργανισμούς και στα ένζυμα, αλλά και έννοιες, όπως η κρυσταλλοποίηση της υγρής φάσης, οι καμπύλες κατάψυξης και η ταχύτητα της κατάψυξης. Αναλύονται, επίσης, όλες οι μέθοδοι κατάψυξης, που πραγματοποιούνται με την επαφή με υγρά υλικά, με ψυκτικό υγρό, με ψυχρό αέρα, αλλά και με συστήματα κατάψυξης δύο φάσεων. Τέλος, ιδιαίτερη σημασία δίνεται στον υπολογισμό του χρόνου της κατάψυξης, αλλά και του χρόνου παραμονής του κρέατος σε αυτήν.

Στο **τρίτο κεφάλαιο**, καταγράφεται η τεχνολογία κατεψυγμένου κρέατος και προϊόντων αυτού. Αναλυτικότερα, αποσαφηνίζονται έννοιες που σχετίζονται με την κατεργασία του κρέατος γενικά και ειδικότερα με τη συσκευασία κατεψυγμένων βοδινών και χοιρινών κρεάτων, αλλά και προϊόντων αυτών. Επίσης, επισημαίνονται οι τρόποι εξασφάλισης ποιότητας και ελέγχου των κατεψυγμένων κρεάτων, προβλήματα που σχετίζονται με τη διατήρησης των κρεάτων στην κατάψυξη, όπως ο σχηματισμός πάγου, αλλοιώσεις στο λίπος και αλλοιώσεις στο χρώμα. Τέλος, γίνεται αναφορά στη χημική ανάλυση του κατεψυγμένου κρέατος και στη μικροβιολογία αυτού.

Το **τέταρτο κεφάλαιο**, αναφέρεται στην συσκευασία του χοιρινού και του βοδινού κατεψυγμένου κρέατος. Καταγράφονται όλα τα απαραίτητα στοιχεία που αφορούν στην συσκευασία του κατεψυγμένου κρέατος, όπως τα πλεονεκτήματα της συσκευασίας, οι αρχές επιλογής της κατάλληλης συσκευασίας, αλλά και οι απαραίτητες πληροφορίες που απαιτούνται να αναγράφονται στη συσκευασία, οι τύποι της συσκευασίας και τέλος ο ενδεικτικός τρόπος συσκευασίας του χοιρινού και βοδινού κατεψυγμένου κρέατος.

Στο πέμπτο κεφάλαιο, παρουσιάζονται οι διαπιστώσεις και καταγράφονται όλα τα συμπεράσματα που προέκυψαν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

Κατάψυξη χοιρινού και βοδινού

Τα τρόφιμα είναι προϊόντα πρωτογενούς παραγωγής ή προϊόντα που προέρχονται από αυτά με την κατάλληλη επεξεργασία, τα οποία και προσλαμβάνει ο άνθρωπος από το στόμα. Τα τρόφιμα προσφέρουν ικανοποίηση κατά την μάσηση στον άνθρωπο, ενώ όταν μεταβολιστούν από τον οργανισμό του, προσφέρουν σε αυτόν ένα ή περισσότερα θρεπτικά στοιχεία, τα οποία αποδίδουν ενέργεια και προάγουν την ανάπτυξη και την υγεία του.

Μέχρι σήμερα η συνήθης πηγή τροφίμων είναι η πρωτογενής παραγωγή, δηλαδή, η γεωργία που δίνει τα φυτικά προϊόντα, η κτηνοτροφία που δίνει τα ζωικά προϊόντα και η αλιεία που δίνει τα διάφορα αλιεύματα. Τα προϊόντα της πρωτογενούς παραγωγής αμέσως μετά τη συγκομιδή τους ή τη σφαγή των ζώων και πτηνών, είτε δεν υποβάλλονται σε κάποια διεργασία (εκτός από τον καθαρισμό και τη διαλογή με βάση το μέγεθος) και χαρακτηρίζονται ως νωπά, είτε υπόκεινται κάποιου είδους επεξεργασία και χαρακτηρίζονται ως επεξεργασμένα τρόφιμα. Με τον όρο επεξεργασία τροφίμων νοείται η μετατροπή της πρωτογενούς παραγωγής, σε συνδυασμό ή όχι με άλλα συστατικά, με προϊόντα κατάλληλα για ανθρώπινη κατανάλωση. Τα επεξεργασμένα τρόφιμα είναι πολυάριθμα. Ορισμένα αντιπροσωπευτικά προϊόντα είναι τα κονσερβοποιημένα, τα αφυδατωμένα και τα κατεψυγμένα. Στην παρούσα εργασία θα ακολουθεί μια εκτενή αναφορά στα κατεψυγμένα χοιρινά και βοδινά κρέατα και την τεχνολογία αυτών.

2.1. Εισαγωγή

Η κατάψυξη ως μέθοδος συντήρησης συνίσταται στην απομάκρυνση θερμότητας από τα προϊόντα με αποτέλεσμα τη μείωση της θερμοκρασίας τους και στη συνέχεια τη διατήρησή τους σε θερμοκρασίες χαμηλότερες από το σημείο πήξης, γεγονός που επιφέρει τη μετατροπή του νερού σε παγοκρυστάλλους (Μπλούκας, 2004). Για το κρέας η περιοχή αυτή βρίσκεται μεταξύ $-0,6^{\circ}\text{C}$ και $-1,2^{\circ}\text{C}$. Είναι η

θερμοκρασίες του κρυστατικού σημείου στο οποίο θεωρητικά αρχίζει η κρυστάλλωση του νερού (Γεωργάκης, 2000).

Η μετατροπή του νερού σε παγοκρυστάλλους κατά την κατάψυξη προκαλεί αύξηση στη συγκέντρωση των διαλυτών στερεών στην υπόλοιπη ποσότητα νερού, γεγονός που επιφέρει μείωση στη δραστηριότητα του νερού στου τροφίμου. Αξίζει να αναφερθεί ότι ενώ στους -5°C η δραστηριότητα του νερού είναι 0,956, στους -10°C μειώνεται σε 0,907 και στους -20°C σε 0,82.

Προκύπτει, λοιπόν, ότι η κατάψυξη ως μέθοδος συντήρησης τροφίμων στηρίζεται στο γεγονός ότι: α) προκαλεί την πλήρη αναστολή της δράσης των μικροοργανισμών και β) επιβραδύνει τη δράση των ενζύμων και το ρυθμό των χημικών αντιδράσεων. Τα παραπάνω αποτελούν αποτέλεσμα: α) των χαμηλών θερμοκρασιών στις οποίες συντηρείται το τρόφιμο υπό κατάψυξη, κατά κανόνα σε θερμοκρασίες μικρότερες από -18°C και β) των χαμηλών τιμών της δραστηριότητας του νερού, ως συνέπεια της μετατροπής του νερού σε παγοκρυστάλλους. Στην καλύτερη συντήρηση των κατεψυγμένων τροφίμων συμβάλλουν και οι προκαταρκτικές εργασίες που γίνονται πριν την κατάψυξη σε ορισμένα προϊόντα και κυρίως στην αδρανοποίηση των ενζύμων με ζεμάτισμα ή χημικά μέσα. Όλες οι προκαταρκτικές εργασίες που λαμβάνουν χώρα πριν την κατάψυξη του χοιρινού και βοδινού κρέατος θα αναφερθούν αναλυτικά σε κεφάλαιο που ακολουθεί παρακάτω.

Η συντήρηση των τροφίμων με κατάψυξη πραγματοποιείται σε τρεις φάσεις:

α) **Φάση κατάψυξης**, στην οποία απομακρύνεται από το προϊόν θερμότητα, το νερό μετατρέπεται σε παγοκρυστάλλους και μειώνεται η θερμοκρασία του προϊόντος στη θερμοκρασία συντήρησης του υπό κατάψυξη.

β) **Φάση συντήρησης του προϊόντος υπό κατάψυξη**, στην οποία τα προϊόντα διατηρούνται στην κατάψυξη σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες, μικρότερες από -18°C .

γ) **Φάση απόψυξης**, στην οποία το προϊόν προσλαμβάνει θερμότητα με την οποία επέρχεται η τήξη των παγοκρυστάλλων και επαναφορά του προϊόντος στην αρχική του κατάσταση.

Αξίζει να σημειωθεί ότι αν οι τρεις παραπάνω φάσεις πραγματοποιηθούν με τον ενδεδειγμένο τρόπο, τότε οι μεταβολές στη θρεπτική αξία και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των κρεάτων είναι ελάχιστες και η ποιότητα των κατεψυγμένων χοιρινών και βοδινών κρεάτων θα μπορούσε να είναι κατά το δυνατόν εφάμιλλη με την ποιότητα των νωπών κρεάτων. Η ιδιότητα αυτή είναι που δίνει στη μέθοδο της

κατάψυξης, ως μέθοδο συντήρησης τροφίμων μεγάλο προβάδισμα σε σύγκριση με τις άλλες μεθόδους συντήρησης τροφίμων, όπως η κονσερβοποίηση ή η αφυδάτωση.

Μία, όμως, από τις αρνητικές επιδράσεις της κατάψυξης στην υφή των κρεάτων είναι ο σχηματισμός των παγοκρυστάλλων. Επίσης, η δραστηριότητα των ενζύμων και οι χημικές αντιδράσεις συνεχίζονται και μετά την κατάψυξη του κρέατος, τόσο του χοιρινού, όσο και του βοδινού, με μειωμένους ρυθμούς, όχι όμως τόσο μειωμένους ώστε να αποφευχθεί η υποβάθμιση της ποιότητας των κατεψυγμένων κρεάτων σε σχέση με τα νωπά.

Ένα ακόμα αρνητικό της συντήρησης των κρεάτων μέσα από τη μέθοδο της κατάψυξης είναι και η δαπάνη ενέργειας που πραγματοποιείται, τόσο κατά τη φάση της μείωσης της θερμοκρασίας του κρέατος μέχρι τα επιθυμητά όρια, όσο και κατά της φάσεις της συντήρησης, της διακίνησης και της εμπορίας των κρεάτων, όπου η θερμοκρασία τους πρέπει να διατηρείται σταθερή και αμετάβλητη (Μπλούκας, 2004).

2.2. Επίδραση της κατάψυξης στους μικροοργανισμούς και στα ένζυμα

Όταν η θερμοκρασία περιβάλλοντος στο οποίο βρίσκονται οι μικροοργανισμοί μειωθεί κάτω από το ελάχιστο όριο ανάπτυξής τους, αυτοί τότε, είτε παραμένουν σε λήθαργο, είτε πεθαίνουν με βραδύ ρυθμό. Οι μικροοργανισμοί που παραμένουν σε λήθαργο αναπαράγονται και πολλαπλασιάζονται γρήγορα, όταν βρεθούν σε ευνοϊκό περιβάλλον, μετά το τέλος της περιόδου διατήρησης του κρέατος στην κατάψυξη.

Η καταστροφή των μικροοργανισμών με τη μείωση της θερμοκρασίας σε χαμηλότερες τιμές από τους 0°C δεν είναι πάντοτε σταθερή. Ο ρυθμός καταστροφής των μικροοργανισμών είναι ιδιαίτερα μεγάλος, όταν η θερμοκρασία μειώνεται στην κρίσιμη περιοχή θερμοκρασιών μεταξύ του σημείου πήξης του κρέατος, τόσο του χοιρινού, όσο και του βοδινού, και 5° C κάτω από αυτό. Όσο πιο σιγά διέρχεται η θερμοκρασία του προϊόντος από την κρίσιμη αυτή περιοχή, τόσο πιο μεγάλος είναι ο ρυθμός καταστροφής των μικροοργανισμών του κρέατος. Αυτό λαμβάνει χώρα γιατί στην περιοχή των θερμοκρασιών το 90% του νερού που περιέχει το τρόφιμο μετατρέπεται σε παγοκρυστάλλους.

Σε θερμοκρασίες μικρότερες από τους -5°C, όσο μικρότερη είναι η θερμοκρασία, τόσο βραδύτερος είναι ο ρυθμός καταστροφής των μικροοργανισμών.

Είναι γενικά αποδεκτό, ότι σε θερμοκρασίες χαμηλότερες από του -10°C αναστέλλεται η ανάπτυξη των ζυμών και μυκήτων, ενώ σε θερμοκρασίες χαμηλότερες από τους -18°C αναστέλλεται και η ανάπτυξη των βακτηρίων που επέζησαν κατά τη φάση της κατάψυξης.

Προκύπτει, λοιπόν, ότι από μικροβιολογικής άποψης, η συντήρηση του κρέατος υπό κατάψυξη πρέπει να πραγματοποιείται σε θερμοκρασίες μικρότερες των -18°C . Με την κατάψυξη καταστρέφεται το 10-60% των ζώντων οργανισμών. Επειδή, όμως, με την κατάψυξη δεν είναι δυνατός να επέλθει πλήρης καταστροφή των μικροοργανισμών, τα κατεψυγμένα κρέατα είναι μικροβιολογικά σταθερά, όχι όμως και αποστειρωμένα. Αν οι συνθήκες κατάψυξης διαταραχθούν και το προϊόν βρεθεί σε περιοχή θερμοκρασιών ευνοϊκή για την ανάπτυξη, τότε οι μικροοργανισμοί που υπάρχουν στο τρόφιμο σε κατάσταση λήθαργου θα πολλαπλασιάσουν και πιθανότητα να αλλοιώσουν το κρέας (Μπλούκας, 2004).

2.3. Κρυσταλλοποίηση της υγρής φάσης

Με τον όρο κρυσταλλοποίηση νοείται ο σχηματισμός συστηματικά οργανωμένης στερεάς φάσης μέσα σε ένα διάλυμα. Η διαδικασία της κρυσταλλοποίησης περιλαμβάνει δύο φάσεις: α) τη φάση σχηματισμού των πυρήνων κρυστάλλωσης και β) τη φάση ανάπτυξης κρυστάλλων σε μέγεθος.

2.3.1. Σχηματισμός πυρήνων κρυστάλλωσης

Ως πυρήνας κρυστάλλωσης ορίζεται το μικροσκοπικό εκείνο σωματίδιο της ύλης το οποίο αποτελεί τη βάση για τον σχηματισμό του κρυστάλλου. Για να σχηματισθούν πυρήνες κρυστάλλωσης στο καθαρό νερό πρέπει, για ένα σύντομο χρονικό διάστημα, να μειωθεί η θερμοκρασία του τιμές σημαντικά χαμηλότερες από το σημείο πήξης. Η μείωση της θερμοκρασίας σε τιμές χαμηλότερες από το σημείο πήξης, χωρίς να σχηματίζονται παγοκρύσταλλοι, είναι γνωστή ως υπέρψυξη.

Ο τρόπος σχηματισμού των πυρήνων κρυστάλλωσης εξαρτάται από το αν το σύστημα που επικρατεί στο προϊόν στη διάρκεια της κατάψυξης του είναι ομοιογενές ή ετερογενές (Μπλούκας, 2004).

Η πρώτη περίπτωση συμβαίνει σπανιότερα, σε συστήματα όπως το πολύ καθαρό νερό, όπου οι πυρήνες αποτελούνται από τυχαίες συναθροίσεις ικανών μορίων νερού. Η ομογενής πυρηνογένεση στο νερό δεν ξεκινά στους 0°C, αλλά σε αρκετά χαμηλότερη θερμοκρασία.

Στην ετερογενή πυρηνογένεση μικρότατα σωματίδια που υπάρχουν μέσα στο υγρό δρουν σαν πυρήνες για την εκκίνηση του σχηματισμού των κρυστάλλων. Στα διαλύματα ετερογενής πυρηνογένεση δημιουργείται επίσης από τοπικές διακυμάνσεις της συγκέντρωσης της διαλυμένης ουσίας αλλά και από μηχανικά αίτια (δυνάμεις κρούσης). Και η ετερογενής πυρηνογένεση συνήθως συμβαίνει αφού η θερμοκρασία του υγρού μειωθεί κάτω από το σημείο πήξης, αλλά είναι πιο πιθανή από την ομογενή πυρηνογένεση. Προσωρινή υπέρψηση μέχρι και 10 °C έχει παρατηρηθεί σε μεγάλα βιολογικά δείγματα (Μπλούκας, 2004).

2.3.2. Ανάπτυξη των κρυστάλλων σε μέγεθος

Η ανάπτυξη των κρυστάλλων σε μέγεθος αποτελεί τη δεύτερη φάση της κρυσταλλοποίησης. Στην περιοχή των θερμοκρασιών μεταξύ 0°C και -80 °C, όσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ της επιφάνειας του παγοκρυστάλλου και του περιβάλλοντος, τόσο μεγαλύτερος είναι ο ρυθμός αύξησης των παγοκρυστάλλων σε μέγεθος. Όμως, σε θερμοκρασίες μικρότερες από τους -80 °C, όσο χαμηλότερη είναι η θερμοκρασία κατάψυξης, τόσο βραδύτερη είναι η ανάπτυξη των κρυστάλλων σε μέγεθος, επειδή η αύξηση του ιξώδους που δημιουργείται παρεμποδίζει την ελεύθερη μετακίνηση του νερού για την ανάπτυξη των κρυστάλλων σε μέγεθος, επειδή η αύξηση του ιξώδους που δημιουργείται παρεμποδίζει την ελεύθερη μετακίνηση του νερού για την αύξηση των παγοκρυστάλλων. Έτσι, κατά την κατάψυξη ενός τροφίμου στους -160°C δεν σχηματίζονται παγοκρύσταλλοι, αλλά το νερό σχηματίζει μια μη μορφοποιημένη γυάλινη κρυσταλλική μάζα (Μπλούκας, 2004).

2.3.3. Τελικό μέγεθος κρυστάλλων

Το τελικό μέγεθος των κρυστάλλων που σχηματίζονται κάτω από ορισμένες συνθήκες εξαρτάται: α) από το ρυθμό σχηματισμού των πυρήνων κρυστάλλωσης και β) το ρυθμό αύξησης των κρυστάλλων σε μέγεθος. Όταν κάτω από τις συγκεκριμένες

συνθήκες κατάψυξης ενός συστήματος ευνοείται ο γρήγορος σχηματισμός πυρήνων κρυστάλλωσης, τότε οι σχηματισμένοι παγοκρύσταλλοι θα είναι μικροί σε μέγεθος και αντίστροφα. Έτσι, η ταχεία απομάκρυνση της θερμότητας από το τρόφιμο, ώστε να δημιουργηθούν συνθήκες υπέρψυξης και η ανακίνηση του τροφίμου ή η προσθήκη ξένης ύλης, που θα βοηθήσουν στο σχηματισμό μεγάλου αριθμού πυρήνων κρυστάλλωσης, έχει ως αποτέλεσμα το σχηματισμό μεγάλου αριθμού παγοκρυστάλλων με μικρό μέγεθος (Μπλούκας, 2004).

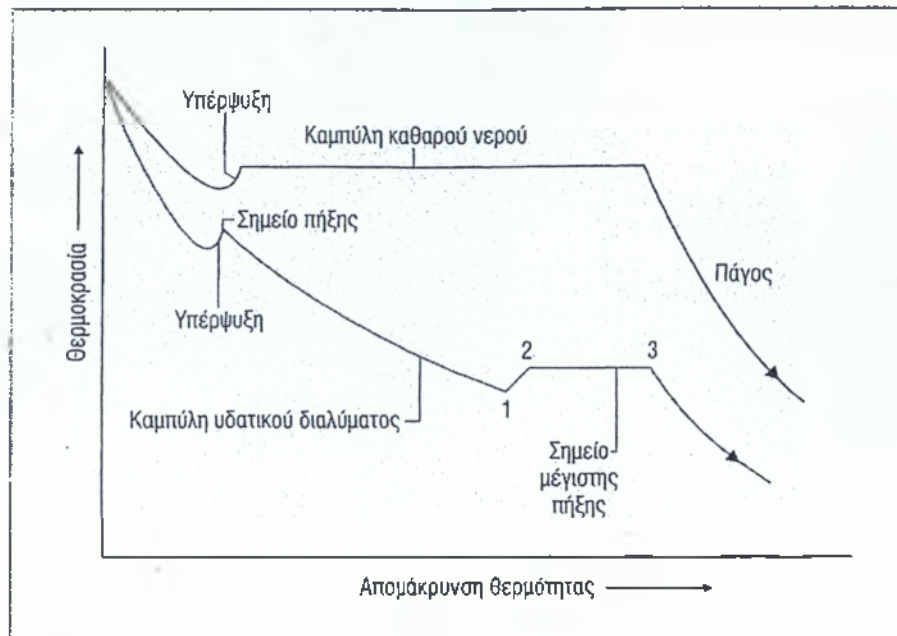
Αναλυτικότερα για το κρέας, ταχεία απαγωγή της θερμότητας από το προς κατάψυξη κρέας οδηγεί στη δημιουργία πολλών κρυστάλλων μικρού μεγέθους μέσα στα μυϊκά κύτταρα, ενώ βραδεία απαγωγή της θερμότητας συνεπάγεται σχηματισμό λιγότερων πλην όμως ογκωδών κρυστάλλων και μάλιστα μεταξύ των κυττάρων διαστήματα.

2.4. Καμπύλες κατάψυξης

Κατά την κατάψυξη του κρέατος, αρχικά απομακρύνεται από αυτά η αισθητή θερμότητα, ώστε να μειωθεί η θερμοκρασία τους στο σημείο πήξης.

Τα κρέατα περιέχουν μεγάλη ποσότητα νερού. Το νερό έχει υψηλή λανθάνουσα θερμότητα κρυσταλλοποίησης, κατά συνέπεια πρέπει από αυτά να απομακρυνθεί σημαντική ποσότητα θερμότητας, ώστε το νερό να μετατραπεί σε παγοκρυστάλλους. Μεγαλύτερη απομάκρυνση θερμότητας από το προϊόν έχει ως αποτέλεσμα την κρυσταλλοποίηση των διαλυμένων σε αυτό στερεών διαλυτών ουσιών και τη μείωση της θερμοκρασίας του κατεψυγμένου κρέατος.

Η μεταβολή της θερμοκρασίας του κρέατος κατά την πορεία της κατάψυξης, συναρτήσει του χρόνου ή του ποσού της θερμότητας που απομακρύνεται από το προϊόν ονομάζεται καμπύλη κατάψυξης. Η καμπύλη κατάψυξης του καθαρού νερού και ενός απλού υδατικού διαλύματος ακολουθούν στο Σχήμα 1.



Σχήμα 1. Καμπύλες κατάψυξης καθαρού νερού και υδατικού διαλύματος (Μπλούκας, 2004, σελ. 253)

Ψύξη καθαρού νερού σε θερμοκρασίες χαμηλότερες από το σημείο πήξης των 0°C έχει ως αποτέλεσμα το σχηματισμό μεγάλου αριθμού πυρήνων κρυστάλλωσης οι οποίοι αναπτύσσονται σε μέγεθος και σχηματίζουν παγοκρυστάλλους. Κατά το σχηματισμό των παγοκρυστάλλων ελευθερώνεται θερμότητα, η λανθάνουσα θερμότητα κρυσταλλοποίησης, η οποία και προκαλεί ανύψωση της θερμοκρασίας του νερού στο σημείο πήξης, δηλαδή στους 0°C . Στη συνέχεια η θερμοκρασία διατηρείται σταθερή στους 0°C , επειδή συνεχίζεται η ανάπτυξη των παγοκρυστάλλων σε μέγεθος μέχρις ότου ολόκληρη η ποσότητα του νερού μετατραπεί σε παγοκρυστάλλους. Περαιτέρω απομάκρυνση της θερμότητας έχει ως αποτέλεσμα τη γρήγορη πτώση της θερμοκρασίας του πάγου.

Η καμπύλη κατάψυξης του υδατικού διαλύματος διαφέρει από την αντίστοιχη καμπύλη κατάψυξης του καθαρού νερού σε τρία σημεία.

- Η πρώτη διαφορά είναι ότι το σημείο πήξης του υδατικού διαλύματος είναι χαμηλότερο από το σημείο πήξης (0°C) του καθαρού νερού .
- Η δεύτερη διαφορά είναι η συνεχής μείωση της θερμοκρασίας του υδατικού διαλύματος με την απομάκρυνση της θερμότητας. Η μείωση της θερμοκρασίας του υδατικού διαλύματος κάτω από το σημείο πήξης συνεπάγεται και πάλι το σχηματισμό μεγάλου αριθμού πυρήνων

κρυστάλλωσης, με αποτέλεσμα την ανύψωση της θερμοκρασίας του υδατικού διαλύματος στο πραγματικό σημείο πήξης. Όμως, από τη στιγμή κατά την οποία θα σχηματιστούν οι πρώτοι παγοκρύσταλλοι, το σημείο πήξης του διαλύματος που παραμένει μειώνεται ακόμα περισσότερο, γιατί αυξάνει η συγκέντρωση της διαλυμένης ουσίας στην υγρή φάση που δεν έχει κρυσταλλοποιηθεί. Όσο περισσότερο προχωρεί η κρυσταλλοποίηση και η απομάκρυνση νερού από το υδατικό διάλυμα υπό μορφή πάγου, τόσο περισσότερο αυξάνει η συγκέντρωση του υπόλοιπου διαλύματος στη διαλυμένη ουσία.

- Η τρίτη διαφορά είναι η κρυσταλλοποίηση της διαλυμένης ουσίας. Κοντά στο σημείο 1 το διάλυμα γίνεται κορεσμένο, ενώ ακριβώς στο σημείο 1 αυτό γίνεται ελαφρώς υποκορεσμένο. Μεταξύ των σημείων 1 και 2 αρχίζει η κρυσταλλοποίηση της διαλυμένης ουσίας. Το σημείο 2 καλείται σημείο μέγιστης πήξης ή εύτηκτο σημείο και ορίζεται ως η υψηλότερη θερμοκρασία στην οποία λαμβάνει χώρα η μέγιστη κρυσταλλοποίηση του νερού και της διαλυμένης ουσίας. Κατά την κρυσταλλοποίηση της διαλυμένης ουσίας απελευθερώνεται η λανθάνουσα θερμότητα κρυσταλλοποίησης, η οποία γίνεται φανερή με τη μικρή ανύψωση της θερμοκρασίας. Με την παραπέρα απομάκρυνση της θερμότητας συνεχίζεται η κρυσταλλοποίηση και το νερό μαζί με τη διαλυμένη ουσία κρυσταλλοποιούνται ταυτόχρονα στην ίδια θερμοκρασία και με τον ίδιο ρυθμό. Κατά το στάδιο αυτό η συγκέντρωση του διαλύματος παραμένει σταθερή. Στο σημείο 3 έχει επιτευχθεί η πλήρης κρυσταλλοποίηση του υδατικού διαλύματος και παραπέρα απομάκρυνση της θερμότητας έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της θερμοκρασίας του κατεψυγμένου διαλύματος.

Στο κρέας, όπως και σε όλα τα τρόφιμα, η καμπύλη κατάψυξης δεν είναι τόσο απλή, όπως στο υδατικό διάλυμα, με αποτέλεσμα να μην μπορούν να παρατηρηθούν τα σημεία υπέρψυξης και μέγιστης πήξης. Αυτό οφείλεται στους παρακάτω λόγους: α) Η υγρή φάση των κρεάτων είναι ένα σύνθετο διάλυμα με πολλές διαλυμένες ουσίες, οι οποίες έχουν και διαφορετικές μεταξύ τους ιδιότητες, β) το νερό δεν απαντάται μόνο ως ελεύθερο νερό, αλλά και ένα μέρος αυτού είναι δεσμευμένο, γ) οι θερμοκρασίες που συνήθως χρησιμοποιούνται στην κατάψυξη των κρεάτων είναι υψηλότερες από τη θερμοκρασία του ευτήκτου σημείου των διαλυμένων ουσιών που απαντούν στα κρέατα (Μπλούκας, 2004).

Ειδικότερα, ο σχηματισμός των κρυστάλλων, στα εξωκυτταρικά διαστήματα του μυϊκού ιστού αρχίζει γύρω στους $-1,2^{\circ}\text{C}$ και στα ενδοκυτταρικά στους $-1,6^{\circ}\text{C}$. Στους -20°C το νερό του μυϊκού ιστού εξακολουθεί να κρυσταλλώνεται με συνεχώς επιβραδυνόμενο ρυθμό, ενώ ένα μέρος του νερού δεν κρυσταλλώνεται ούτε στη θερμοκρασία του απόλυτου μηδενός (Γεωργάκης, 2000).

Κατά συνέπεια, κάτω από τις συνθήκες αυτές που εφαρμόζεται η κατάψυξη στο κρέας, αλλά και στα λοιπά γεωργικά προϊόντα και τρόφιμα, δεν επέρχεται πλήρης μετατροπή της υγρής φάσης σε στερεή, δηλαδή, μια μικρή ποσότητα νερού δεν μετατρέπεται σε παγοκρυστάλλους ακόμα και στην περίπτωση που η κατάψυξη γίνει σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες.

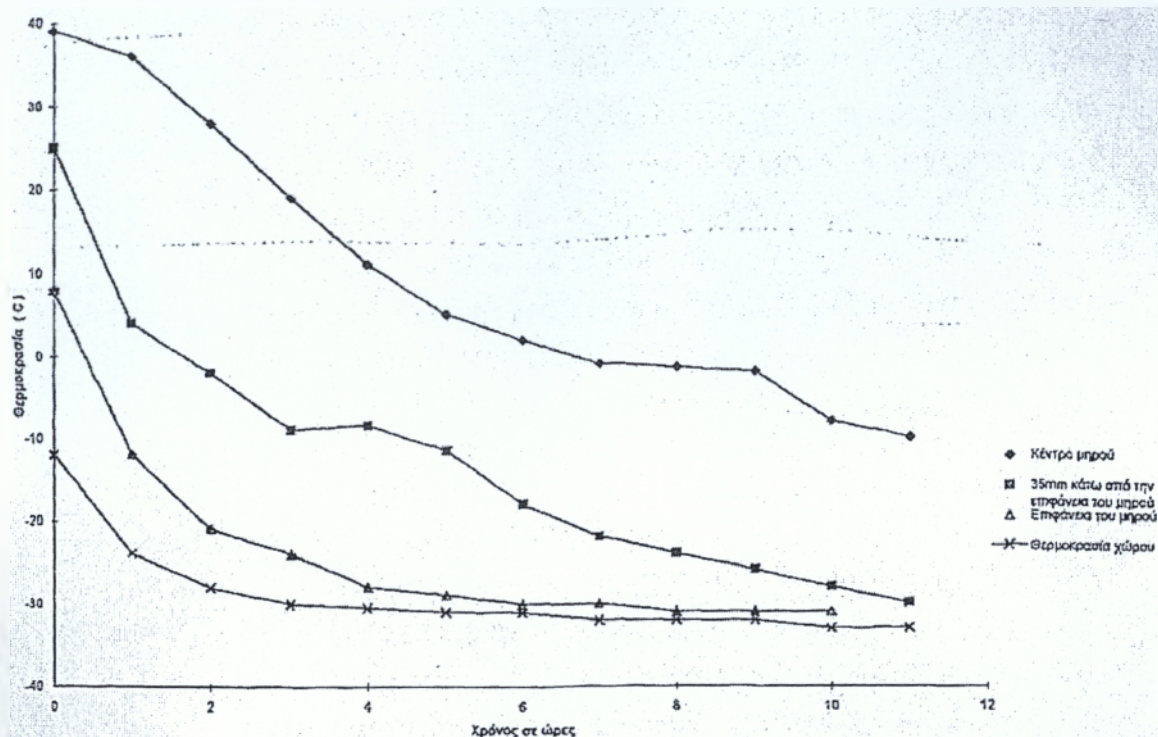
Το νερό που δεν καταψύχεται είναι η αιτία της υποβάθμισης των προϊόντων στη διάρκεια της συντήρησης τους υπό κατάψυξη. Το νερό αυτό συμμετέχει στις ενζυμικές και χημικές αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα με βραδύ ρυθμό στα κατεψυγμένα κρέατα, με αποτέλεσμα να περιορίζεται η διάρκεια συντήρησης τους (Μπλούκας, 2004).

2.5. Ταχύτητα κατάψυξης

Ως ταχύτητα κατάψυξης ορίζεται ο ρυθμός απομάκρυνσης της θερμότητας από το προϊόν (Μπλούκας, 2004).

Αναλυτικότερα, η θερμοκρασία εντός της μάζας του κρέατος, κατά τη διάρκεια της κατάψυξης ακολουθεί μια συγκεκριμένη πορεία η οποία ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν μειώνεται γρηγορότερα ή βραδύτερα, για να φτάσει τελικά στο κέντρο ψύξης στα προβλεπόμενα χρονιά όρια.

Για να διατηρηθεί η ποιότητα και η υφή του κρέατος πρέπει η κατάψυξη να ολοκληρωθεί στο συντομότερο δυνατό χρόνο, δηλαδή, με τη μεγαλύτερη δυνατή ταχύτητα κατάψυξης. Η ταχύτητα κατάψυξης είναι αποφασιστικής σημασίας για το μέγεθος (και τον αριθμό) των κρυστάλλων. Όσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα κατάψυξης, τόσο μικρότερο είναι το μέγεθος των κρυστάλλων που σχηματίζονται και αντίθετα.



Σχήμα 2. Πορεία θερμοκρασίας κατάψυξης σε διαφορετική απόσταση από το κέντρο ψύξης σφαγίου χοίρου (Γεωργάκης, 2000, σελ. 178)

Ο χώρος στον οποίο θα σχηματιστούν οι κρύσταλλοι αποτελεί σημαντικό στοιχείο για τη διαμόρφωση της ποιότητας του κρέατος. Στο μυϊκό ιστό η πυκνότητα των διαλυμάτων είναι μικρότερη στον έξω-κυτταρικό χώρο από ότι στον έσω. Έτσι, κατά τη βραδεία κατάψυξη, ο σχηματισμός κρυστάλλων αρχίζει από τον έξω κυτταρικό χώρο, με κρυστάλλους ογκώδους και ακολουθεί η αύξηση της συγκέντρωσης των συστατικών που βρίσκονται στο χώρο αυτό μαζί με την αύξηση της ωσμωτικής πίεσης. Κάτω από αυτές τις συνθήκες, το ενδοκυτταρικό νερό βρίσκεται σε σχετικά χαμηλότερη υψηλότερη θερμοκρασία, οπότε η ενδοκυτταρική πίεση των υδρατμών είναι υψηλότερη της εξωκυτταρικής. Τότε, όμως προκαλείται μεταφορά ρευστών υλικών, λόγω οσμωτικών φαινομένων, στο εξωτερικό των κυττάρων. Το μέγεθος των κρυστάλλων αυξάνει περισσότερο, οπότε έρχεται και η ρήξη των κυτταρικών τοιχωμάτων.

Η ταχύτητα κατάψυξης υπολογίζεται με βάση την κίνηση του μετώπου κατάψυξης. Ως μέτωπο κατάψυξης χαρακτηρίζεται η περιοχή (επιφάνεια) της μάζας

του κρέατος η οποία διαχωρίζει το τμήμα που έχει καταψυχθεί από αυτό που δεν έχει καταψυχθεί (Γεωργάκης, 2000).

Ο προσδιορισμός της ταχύτητας κατάψυξης δεν είναι καθόλου εύκολος, γιατί το κρέας δεν έχει συγκεκριμένες γεωμετρικές διαστάσεις. Επιπλέον, είναι μια μάζα ανομοιόμορφη, από πλευράς συστατικών (μυϊκός ιστός, κόκαλα, λιπώδης ιστός), και συνεχώς μεταβαλλόμενη. Έτσι, ο προσδιορισμός της κλασσικής ευθύγραμμης ταχύτητας δεν έχει κάποια αξία, ενώ η γραμμική ταχύτητα προσδιορίζεται δύσκολα. Για να καλυφθεί το πρόβλημα αυτό προτάθηκε από τον Plank το 1944, όπως αναφέρει και ο Γεωργάκης (Γεωργάκης, 2000), ο υπολογισμός της μέσης γραμμικής ταχύτητας, η οποία επιτρέπει μια ικανοποιητική και σχετικά εύκολη προσέγγιση του προβλήματος. Η μέση γραμμική ταχύτητα προσδιορίζεται από τον τύπο:

$$vm = \frac{D}{t} \quad [\text{cm h}^{-1}]$$

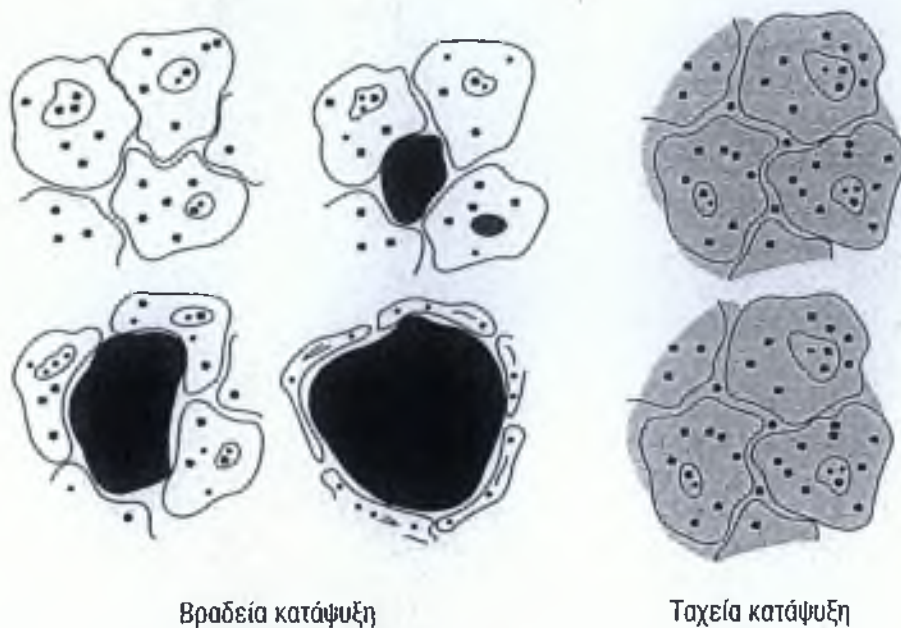
Όπου t ο χρόνος κατάψυξης και

D η μικρότερη απόσταση μεταξύ της επιφάνειας και του γεωμετρικού κέντρου του υπό κατάψυξη κρέατος.

Ως **μέση γραμμική ταχύτητα κατάψυξης** ορίζεται η απόσταση την οποία διανύει το μέτωπο κατάψυξης σε δοθέντα χρόνο και ως **διανυθείσα απόσταση** ορίζεται, σε εκατοστά του μέτρου, η ελάχιστη απόσταση από την επιφάνεια που καταψύχθηκε προς το κέντρο ψύξεως του κρέατος (γεωμετρικό κέντρο), το οποίο και λαμβάνει τελευταίο την επιθυμητή και προβλεπόμενη θερμοκρασία (Γεωργάκης, 2000). Με την παραδοχή ότι η κίνηση του μετώπου κατάψυξης είναι ομαλή και ομοιόμορφη από όλες τις πλευρές, παρατηρείται ότι η μέση γραμμική ταχύτητα κατάψυξης (θεωρητικά) είναι ομαλή και ομοιόμορφη.

Η μέθοδος κατάψυξης με βάση την ταχύτητα κίνησης του μετώπου κατάψυξης διακρίνεται σε:

- **Πολύ βραδεία κατάψυξη**, με ταχύτητα κίνησης του μετώπου $< 0,2 \text{ cm/h}$
- **Βραδεία κατάψυξη**, με ταχύτητα κίνησης του μετώπου $0,2 \text{ cm/h} - 1,0 \text{ cm/h}$
- **Μέση κατάψυξη**, με ταχύτητα κίνησης του μετώπου $1,0 \text{ cm/h} - 5,0 \text{ cm/h}$
- **Ταχεία κατάψυξη**, με ταχύτητα κίνησης του μετώπου $5,0 \text{ cm/h} - 20,0 \text{ cm/h}$



Σχήμα 3. Επίδραση της ταχύτητας κατάψυξης στη θέση και το μέγεθος των παγοκρυστάλλων που θα σχηματιστούν (Μπλούκας, 2004, σελ.259)

Η ταχύτητα κατάψυξης έχει αποφασιστικό ρόλο στην ποσότητα του οπού, ο οποίος εξέρχεται από το κρέας κατά την κατάψυξη του. Η καταστροφή των κυτταρικών μεμβρανών οδηγεί σε αύξηση της ΙΣΥ του κρέατος, οπότε η ποσότητα του οπού που εξέρχεται πρέπει να είναι μικρότερη και όχι μεγαλύτερη. Η ταπείνωση της ΙΣΥ, η οποία παρατηρείται κατά τη βραδεία κατάψυξη, οφείλεται σε μη αντιστρέψιμες και σημαντικές σε βάθος μεταβολές των μυϊκών λευκωμάτων.

Κατά την κατάψυξη του κρέατος επέρχεται μια μικρή μετουσίωση (αλλοδομή) των πρωτεϊνών των μυϊκών ινιδίων, η οποία είναι πολύ πιο ελαφριάς μορφής στα ταχέως καταψυχθέντα κρέατα, σε αντίθεση με τα βραδέως καταψυχθέντα. Η μετουσίωση αυτή γίνεται αντιληπτή από τη μείωση της δραστηριότητας της ΑΤΡάσης των πρωτεϊνών των μυϊκών ινιδίων. Δια του τρόπου αυτού εξηγείται η μεγαλύτερη ποσότητα του εξερχομένου οπού κατά την απόψυξη του βραδέως καταψυχθέντος κρέατος. Από ένα μεγάλο αριθμό ερευνών έχει προκύψει, όπως επισημαίνει και ο Γεωργάκης, ότι η ταχεία κατάψυξη δεν προκαλεί σημαντικού βαθμού αλλοδομή των πρωτεϊνών και δεν μειώνει την ικανότητα ενυδάτωσης τους, μια που διατήρηση της δομής των πρωτεϊνών στη φυσική τους κατάσταση προϋποθέτει την παρουσία νερού στο μόριό τους. Όμως, κατά την κατάψυξη, λόγω της δημιουργίας των κρυστάλλων στους εξωκυτταρικούς χώρους και

την μετακίνηση νερού από το εσωτερικό των κυττάρων βλάπτεται ο μανδύας νερού που υπάρχει γύρω από το μόριο των πρωτεϊνών. Η διαδικασία αυτή έχει ως αποτέλεσμα τη μεταβολή της δομής των λευκωμάτων, λόγω της καταστροφής της έλικας και κατ' επέκταση μια αλλοδομή ή και μετουσίωση των πρωτεϊνών. Η ταχεία κατάψυξη στις πολύ χαμηλές θερμοκρασίες δρα και αυτή βλαπτικά, αλλά στο εσωτερικό των κυττάρων, όπως π.χ. στα μιτοχόνδρια. Η βλαπτική αυτή όμως δράση δεν επηρεάζει την ΙΣΥ του μυϊκού ιστού.

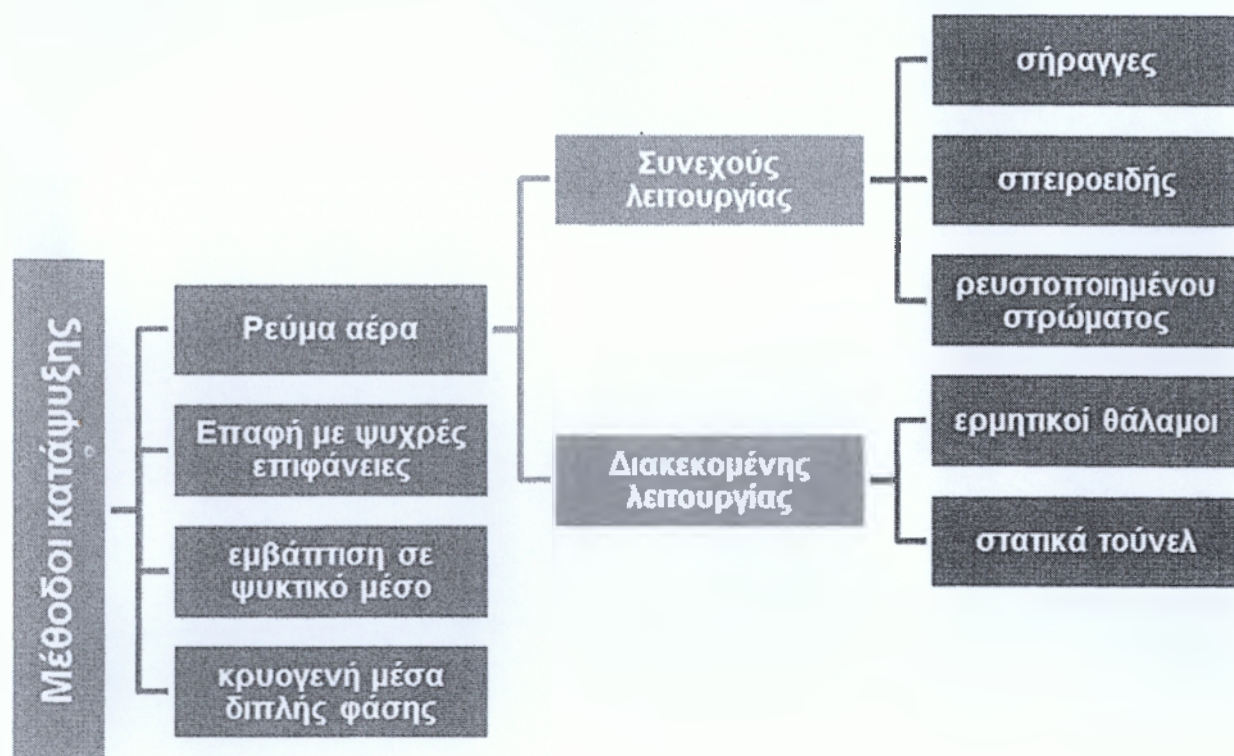
Η παρατηρούμενη μετουσίωση των λευκωμάτων κατά την βραδεία κατάψυξη με την έξοδο σημαντικής ποσότητας νερού από το εσωτερικό των κυττάρων οδηγεί σε αύξηση της συγκέντρωσης των εντός των κυττάρων υπαρχόντων αλάτων. Η συγκέντρωση αυτή φθάνει σε υψηλά επίπεδα, τόσο υψηλά που μπορούν να οδηγήσουν σε μετουσίωση ορισμένων πρωτεϊνικών κλασμάτων.

Εκτός όμως από τον σχηματισμό των κρυστάλλων νερού στο κρέας, η κατάψυξη ασκεί λιγότερο ή περισσότερο βλαπτική δράση και στα βακτήρια. Η βλαπτική αυτή δράση μπορεί να είναι οριστική μη αντιστρέψιμη, οπότε οδηγεί στην καταστροφή των βακτηρίων, άλλοτε όμως είναι ανατρέψιμη. Το κατά πόσο θα επικρατήσει η μία ή άλλη κατάσταση εξαρτάται από το είδος των βακτηρίων και κυρίως από την ταχύτητα της κατάψυξης. Γρήγορη κατάψυξη, σε σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες, κάτω από τους -20°C , δεν είναι ιδιαίτερα βλαπτικές για τα βακτηριακά κύτταρα. Αντίθετα, βραδεία κατάψυξη σε θερμοκρασίες μέχρι -10°C , συνήθως είναι καταστροφικές για τα βακτηριακά κύτταρα. Κατά τη βραδεία κατάψυξη σχηματίζονται ογκώδεις κρύσταλλοι από το νερό του κυτταροπλάσματος και του κυτταρικού τοιχώματος, που συνεπάγεται όχι μόνο την καταστροφική μηχανική δράση των κρυστάλλων στις κυτταρικές μεμβράνες, αλλά και την αύξηση της συγκέντρωσης κάποιων συστατικών του κυτταροπλάσματος, τα οποία σε πολλές περιπτώσεις μπορεί να έχουν τοξική δράση για τα βακτήρια.

Πρέπει όμως να σημειωθεί ότι σε καμία περίπτωση η κατάψυξη δεν μπορεί να εξυγιάνει το κρέας και τα τρόφιμα γενικότερα.

2.6. Μέθοδοι κατάψυξης

Οι καταψύκτες που χρησιμοποιούνται για τα κρέατα, αλλά και γενικά για τα τρόφιμα διακρίνονται σε τέσσερις τύπους: (α) τους καταψύκτες με πρόσφυση αέρα, (β) τους καταψύκτες επαφής με στερεές επιφάνειες, (γ) τους καταψύκτες εμβάπτισης σε υγρά ή ψεκασμού με υγρά και (δ) κατάψυξη με κρυογενή μέσα.¹



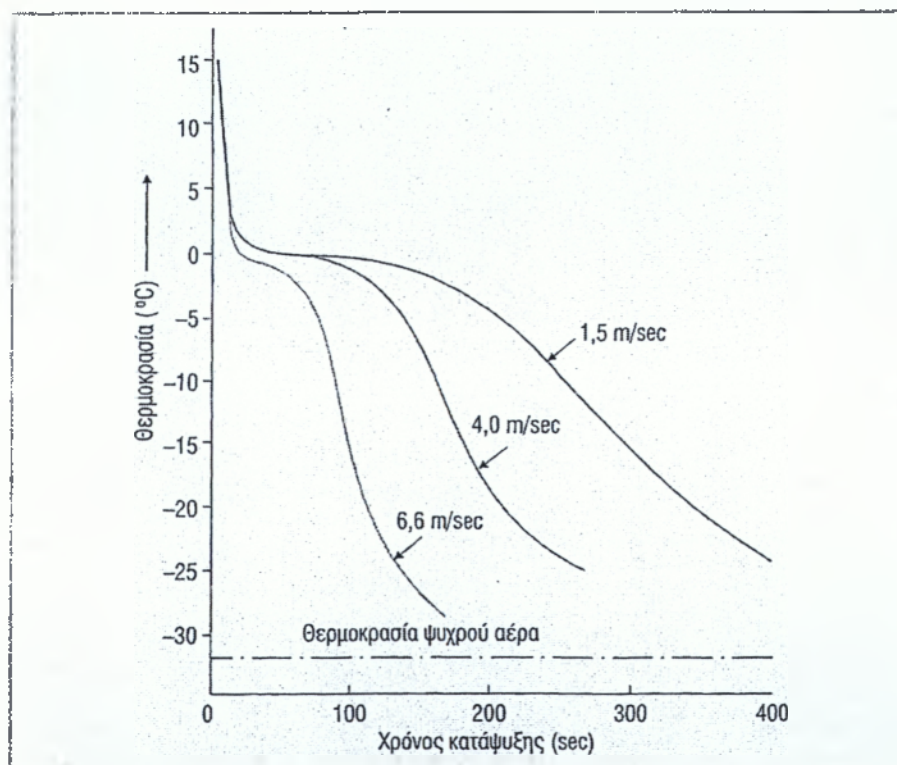
Σχήμα 4. Μέθοδοι κατάψυξης τροφίμων

(http://www.foodbites.eu/j15/index.php?option=com_content&view=article&id=825%3A2012-03-26-21-12-42&catid=119%3A2012-02-27-17-17-29&Itemid=116&lang=el)

¹ Το υποκεφάλαιο 2.6. Μέθοδοι κατάψυξης αποτελεί μια σύνθεση του γράφοντα από στοιχεία που συλλέχτηκαν από τα συγγράμματα των: Μπλούκας, 2004, Γεωργάκης, 2000, Varnam, 1999, αλλά και από άλλες πηγές διαδικτυακής αναζήτησης. (όλες οι πηγές αναφέρονται στο τέλος της εργασίας).

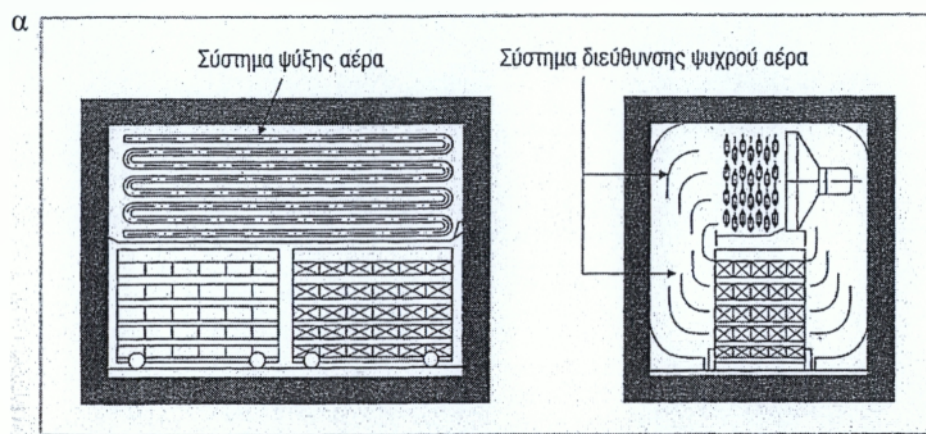
2.6.1. Καταψύκτες με πρόσφυση αέρα / ρεύμα ψυχρού αέρα

Οι καταψύκτες αυτού του τύπου χρησιμοποιούν τον ψυχρό αέρα σε διάφορες ταχύτητες και έχουν διαφορετικό σχεδιασμό ανάλογα με τα προϊόντα που πρόκειται να καταψυχθούν. Χρησιμοποιούνται ευρύτατα στη βιομηχανία λόγω της ευελιξίας χρήσης τους για διάφορα προϊόντα. Η θερμοκρασία του αέρα κυμαίνεται μεταξύ $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ και $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ και η ταχύτητά του σε ευρύτατα όρια από 0.5 έως 18 m/s. Το ρεύμα αέρα δημιουργείται από ισχυρούς ανεμιστήρες και διέρχεται από τα καταψυχόμενα προϊόντα κατ' αντιστροφή ή εγκάρσια προς αυτά. Η μεταφορά θερμότητας από την επιφάνεια του τροφίμου προς τον αέρα γίνεται με συναγωγή και ο επιφανειακός συντελεστής εξαρτάται από τη ροή και την ταχύτητα του αέρα. Η τιμή του σε κάθε περίπτωση μπορεί να υπολογισθεί από εμπειρικές εξισώσεις ή από πίνακες της βιβλιογραφίας. Γενικά στους καταψύκτες με πρόσφυσης αέρα κυμαίνεται μεταξύ 10 και 67 W/m² °C.



Σχήμα 5. Επίδραση της ταχύτητας κυκλοφορίας του ψυχρού αέρα στην ταχύτητα κατάψυξης τροφίμων (Μπλούμας, 2004, σελ. 263)

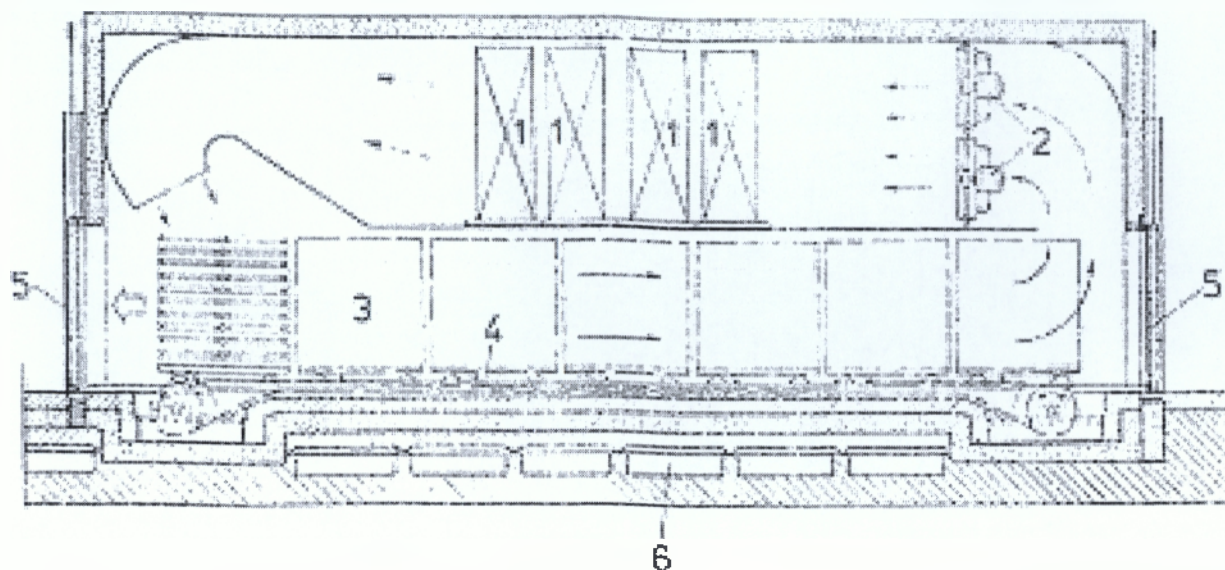
Καταψύκτες ασυνεχούς ή διακεκομμένης λειτουργίας χρησιμοποιούνται σε μονάδες μικρής δυναμικότητας. Αποτελούνται από μονωμένους θαλάμους που φέρουν τα ψυκτικά στοιχεία και τους απαραίτητους ανεμιστήρες. Τα προϊόντα φορτώνονται συνήθως χειρωνακτικά σε τελάρα ή δίσκους που είναι προσαρμοσμένα σε κυλιόμενα φορεία, τα οποία μετακινούνται μέσα στο θάλαμο πάνω σε ράγες-οδηγούς.



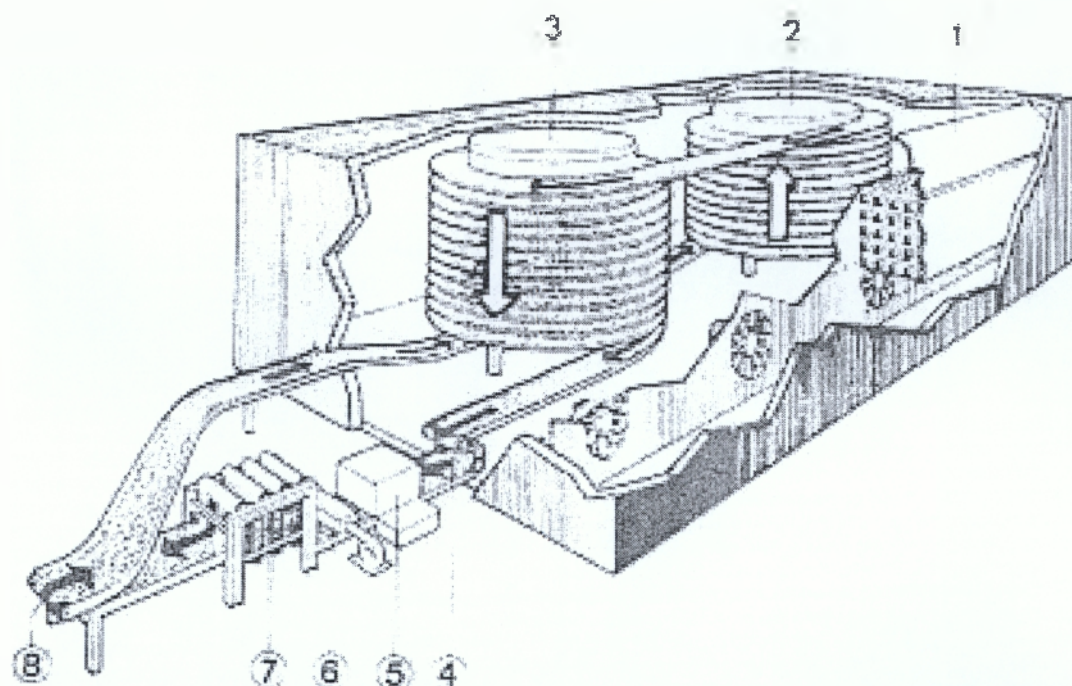
Σχήμα 6. Καταψύκτης ψυχρού αέρα διακεκομμένης λειτουργίας. (α) κατά μήκος τομή, (β) εγκάρσια τομή (Μπλούκας, 2004, σελ. 263)

Σε μεγαλύτερες μονάδες χρησιμοποιούνται συστήματα συνεχούς λειτουργίας που είτε αποτελούνται από μία σήραγγα μέσω της οποίας διακινείται το τρόφιμο με κατάλληλη διάταξη, είτε χρησιμοποιούν την αρχή της ρευστοαιώρησης. Στις σήραγγες κατάψυξης τα προϊόντα μεταφέρονται είτε σε κυλιόμενα φορεία με ράφια προωθούμενα μηχανικά, είτε πάνω σε διάτρητες μεταφορικές ταινίες, είτε, στην περίπτωση τεμαχίων κρέατος μεγάλων διαστάσεων, αναρτημένα από ράγες στην οροφή.

Μία διάταξη με κυλιόμενα φορεία απεικονίζεται σχηματικά στο Σχήμα 5. Στην περίπτωση που χρησιμοποιείται μεταφορική ταινία, αντί για κυλιόμενα φορεία με ράφια, απαιτείται μεγάλο μήκος της ταινίας μέσα στο θάλαμο. Για εξοικονόμηση χώρου χρησιμοποιείται κατάλληλη ελικοειδής διάταξη, όπως π.χ. του Σχήματος 6. Οι μεταφορικές ταινίες κατασκευάζονται συνήθως από με πλέγμα.



Σχήμα 7. Σήραγγα κατάψυξης με κυλιόμενα φορεία (1: ψυκτικά στοιχεία, 2: ανεμιστήρες, 3: Φορεία με προϊόντα, 4: μεταφορική διάταξη, 5: θύρες εισόδου εξόδου, 6: κενός χώρος υπό το δάπεδο)

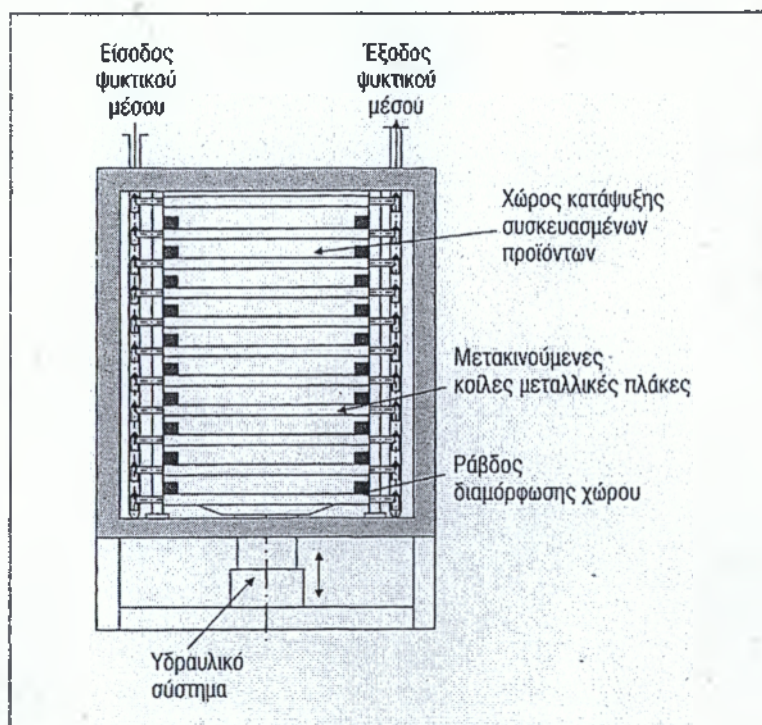


Σχήμα 8. Καταψύκτης πρόσφυσης αέρα με ελικοειδής μεταφορική ταινία (1: ψυκτικά στοιχεία, 2: πρώτος κύλινδρος με καθοδική πορεία της μεταφορικής ταινίας, 3: δεύτερος κύλινδρος με καθοδική πορεία της μεταφορικής ταινίας, 4: έξοδος, 5: διάταξη αυτόματου πλυσίματος της ταινίας, 6: στεγνωτήριο, 7: ρυθμιστής κίνησης και τάσης της ταινίας, 8: Κύλινδρος αναστροφής

(http://www.foodbites.eu/j15/index.php?option=com_content&view=article&id=825%3A2012-03-26-21-12-42&catid=119%3A2012-02-27-17-17-29&Itemid=116&lang=el)

2.6.2. Καταψύκτες επαφής με στερεές / ψυχρές επιφάνειες

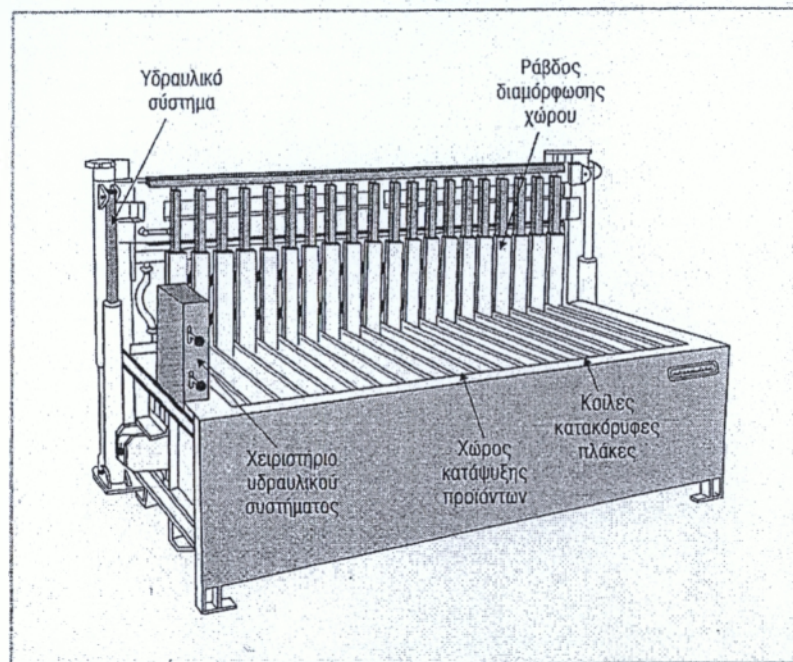
Οι καταψύκτες αυτοί αποτελούνται από κοίλες πλάκες στο εσωτερικό των οποίων κυκλοφορεί το ψυκτικό υγρό και ανάμεσα στις οποίες πιέζονται τα προς κατάψυξη τρόφιμα. Χρησιμοποιούνται κυρίως για στερεά τρόφιμα συσκευασμένα σε λεπτά χάρτινα κιβώτια. Οι καταψύκτες αυτού του τύπου έχουν μικρότερη απαίτηση σε χώρο και μικρότερη κατανάλωση ισχύος σε σύγκριση με τους καταψύκτες με πρόσφυση αέρα. Η λειτουργία τους μπορεί να είναι ασυνεχής ή συνεχής.



Σχήμα 9. Καταψύκτης επαφής με οριζόντιες ψυχρές επιφάνειες (Μπλούκας, 2004, σελ. 267)

Οι καταψύκτες με οριζόντιες πλάκες ασυνεχούς λειτουργίας φέρουν επάλληλες πλάκες και τα προϊόντα φορτώνονται σε μεταλλικούς δίσκους με διαστάσεις κατάλληλες ώστε να χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά όλη η επιφάνεια των πλακών. Μετά τη φόρτωση οι πλάκες κλείνουν με υδραυλικό έμβολο και διατηρείται μία χαμηλή πίεση (10-30 kN/m²) κατά τη διάρκεια της κατάψυξης για να εξασφαλίζει καλή επαφή των πλακών με τα προϊόντα. Η απόσταση μεταξύ των πλακών καθορίζεται με ράβδους για να αποφευχθεί η μηχανική κάκωση των προϊόντων σε περίπτωση εσφαλμένου κλεισίματος.

Καταψύκτες με κατακόρυφες πλάκες ασυνεχούς λειτουργίας είναι κατάλληλοι για ψύξη μη συσκευασμένων τροφίμων όπως ψαριών και κρέατος. Τα τρόφιμα τοποθετούνται απευθείας ανάμεσα στις πλάκες και σχηματίζουν συμπαγή στερεά κομμάτια. Μετά το πέρας της διεργασίας οι πλάκες θερμαίνονται για να αποκολληθούν τα κατεψυγμένα τρόφιμα και ταυτόχρονα να καθαριστούν οι επιφάνειες των πλακών.



Σχήμα 10. Καταψύκτης επαφής με κατακόρυφες ψυχρές επιφάνειες
(Μπλούκας, 2004, σελ. 268)

Στα συνεχή συστήματα οι πλάκες φορτώνονται και εκφορτώνονται ανά στοιβάδα με κατάλληλες διατάξεις. Τα προϊόντα τροφοδοτούνται με μεταφορικό ιμάντα ανάμεσα σε δύο πλάκες και μετά την κατάψυξη εκφορτώνονται, με άνοιγμα των δύο πλακών, σε ιμάντα απομάκρυνσης.

Ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας μεταξύ των επιφανειών των πλακών και των τροφίμων πρέπει να είναι υψηλός και ομοιόμορφος για αποτελεσματική λειτουργία. Αυτό εξασφαλίζεται με καλή επαφή μμεταξύ των επιφανειών και ανυπαρξία πάγου ή αποθεμάτων στις επιφάνειες των πλακών. Επίσης εξαρτάται από το σχεδιασμό των ίδιων των πλακών του καταψύκτη. Η χρήση πλακών από κράματα αλουμινίου έχει βελτιώσει πολύ την αποτελεσματικότητα των καταψυκτών.

2.6.3. Καταψύκτες επαφής με υγρά (με ψεκασμό ή εμβάπτιση σε ψυκτικό μέσο)

Η μέθοδος αυτή στηρίζεται στην άμεση επαφή, με βύθισμα σε αυτό ή ψέκασμα, του προϊόντος με ένα ψυκτικό υγρό χαμηλής θερμοκρασίας που συνεπάγεται την ταχύτατη κατάψυξή του. Το ψυκτικό υγρό παραμένει σε υγρή κατάσταση σε όλη τη διάρκεια της διαδικασίας της κατάψυξης.

Τα ψυκτικά υγρά που χρησιμοποιούνται στη μέθοδο αυτή είναι η προπυλενική γλυκόλη, η γλυκερόλη, το διάλυμα χλωριούχου ασβεστίου ή χλωριούχου νατρίου και το υδατικό μείγμα σακχάρων και άλατος. Τα ψυκτικά αυτά υγρά ψύχονται σε χαμηλές θερμοκρασίες, χωρίς όμως να καταψυχθούν και έτσι μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην κατάψυξη των τροφίμων.

Στην κατάψυξη ασυσκευαστων τροφίμων πρέπει το ψυκτικό υγρό να είναι συμβατό με τη γεύση του τροφίμου. Συνήθως αλατοδιαλύματα χρησιμοποιούνται για την κατάψυξη ψαριών και ζαχαροδιαλύματα για την κατάψυξη φρούτων. Τα συσκευασμένα τρόφιμα καταψύχονται σε διατάξεις συνεχούς λειτουργίας όπου τα δοχεία προωθούνται (περιστρεφόμενα για ταχύτερη μεταφορά θερμότητας) κατ'αντιρροή προς το ψυκτικό υγρό. Το κύριο πρόβλημα στους καταψύκτες εμβάπτισης είναι η διατήρηση σταθερής πυκνότητας του ψυκτικού μέσου και η σταδιακή ρύπανσή του κατά τη χρήση.

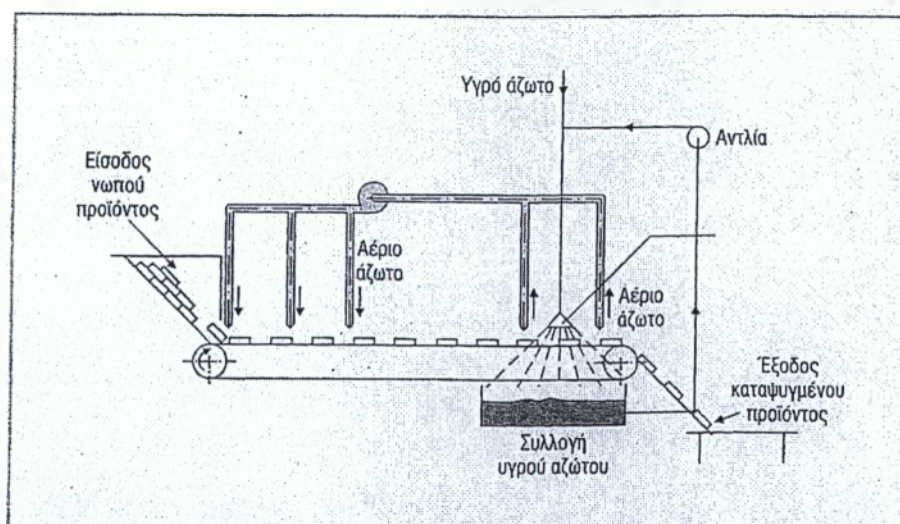
Η μεταφορά θερμότητας από την επιφάνεια του καταψυχόμενου τροφίμου σε αυτούς τους καταψύκτες γίνεται με συναγωγή και οι συντελεστές μεταφοράς θερμότητας υπολογίζονται από εμπειρικές εξισώσεις όπως και στους καταψύκτες πρόσφυσης αέρα ή από πίνακες της βιβλιογραφίας. Ενδεικτικές τιμές κυμαίνονται μεταξύ 420 και 440 W/m² °C για έντονα αναδευόμενο αλατοδιάλυμα.

2.6.4. Κατάψυξη με κρυογενή μέσα

Η κατάψυξη με κρυογενή μέσα συνίσταται στην έκθεση του τροφίμου, συσκευασμένο ή όχι, σε ψυκτικό μέσο εξαιρετικά ψυχρό, το οποίο κατά τη διάρκεια της κατάψυξης αλλάζει φάση, δηλαδή από υγρό μεταβάλλεται σε αέριο, όπως το υγρό άζωτο, ή από στερεό μεταβάλλεται σε αέριο, όπως το στερεό διοξείδιο του άνθρακα. Για την αλλαγή της φάσης το ψυκτικό μέσο απορροφά από το προϊόν με το οποίο έρχεται σε επαφή την απαιτούμενη λανθάνουσα θερμότητα με αποτέλεσμα την υπερταχεία κατάψυξή του.

Το υγρό άζωτο έχει σημείο βρασμού -196°C . Η απ' ευθείας έκθεση ενός προϊόντος στο υγρό άζωτο είναι δυνατόν να επιφέρει έντονη καταπόνηση σε αυτό στη διάρκεια της κατάψυξης, η οποία μπορεί να προκαλέσει θραύση του προϊόντος. Για τη αποφυγή αυτού του κινδύνου, το προϊόν τοποθετείται σε κινούμενο ανοξείδωτο ιμάντα και διέρχεται μέσα από σήραγγα, η οποία είναι χωρισμένη στο τμήμα πρόψυξης και στο τμήμα της κύριας ψύξης. Στο σύστημα πρόψυξης το προϊόν ψεκάζεται με το αέριο άζωτο που προέρχεται από την εξάτμιση του υγρού αζώτου, με το οποίο ψεκάζεται το προϊόν στο τμήμα κατάψυξης.

Κατά τη μέθοδο αυτή ο χρησιμοποιούμενος εξοπλισμός είναι απλός και οι απώλειες βάρους λόγω αφυδάτωσης είναι μικρότερες από 1%. Κατά την κατάψυξη απομακρύνεται το οξυγόνο από τους ιστούς του προϊόντος και περιορίζονται οι οξειδώσεις. Επίσης, ελαχιστοποιούνται τα προβλήματα πρόκλησης εγκαυμάτων κατάψυξης σε προϊόντα μικρού κυρίως μεγέθους και το κατεψυγμένο προϊόν αποκτά ομοιόμορφο χρώμα. Βασικό μειονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι το υψηλό κόστος. Έτσι, η χρήση της μεθόδου κατάψυξης με κρυογενή μέσα περιορίζεται σε πολύ ακριβά προϊόντα.



Σχήμα 11. Καταψύκτης υγρού αζώτου (Μπλούκας, 2004, σελ. 270).

Η κατάψυξη με διοξείδιο του άνθρακα πραγματοποιείται με δύο τρόπους: (α) με ανάμειξη του προϊόντος με τριμμένο στερεό διοξείδιο του άνθρακα, το οποίο κατά την εξάχνωση του καταψύχει το προϊόν και (β) με ψεκασμό του προϊόντος με υγρό διοξείδιο του άνθρακα, το οποίο εξατμιζόμενο έχει σημείο βρασμού $-78,5^{\circ}\text{C}$, δηλαδή πολύ υψηλότερο σημείο βρασμού από αυτό του υγρού αζώτου. Κατά συνέπεια, προκαλεί μικρότερη καταπόνηση στο προϊόν κατά την κατάψυξή του. Όμως, το αέριο διοξείδιο του άνθρακα είναι τοξικό. Έτσι, το αέριο που προκύπτει από την εξάχνωση τους στερεού διοξειδίου του άνθρακα πρέπει να απομακρύνεται από το χώρο κατάψυξης, προκειμένου να προφυλαχθεί η υγεία των εργαζομένων.

Ένα άλλο κρυογόνο μέσο που έχει χρησιμοποιηθεί είναι το Freon 12 ειδικής καθαρότητας με σημείο βρασμού -30°C . Λόγω της πολύ ψηλότερης τιμής του σημείου βρασμού συνήθως το προϊόν εμβαπτίζεται αρχικά σε υγρό Freon 12 για επιφανειακή κατάψυξη και στη συνέχεια ψεκάζεται με αυτό για την ολοκλήρωση της κατάψυξης. Η χρήση όμως του Freon 12 έχει πια απαγορευθεί για περιβαλλοντικούς λόγους.

Πιο πολύπλοκο είναι το φαινόμενο μεταφοράς θερμότητας στην κρυογόνο κατάψυξη όπου τα υγρά βράζουν σε επαφή με την επιφάνεια του τροφίμου. Ο ρυθμός απαγωγής θερμότητας σε αυτή την περίπτωση εξαρτάται από τη θερμοκρασία της επιφάνειας του τροφίμου. Οι συντελεστές μεταφοράς θερμότητας έχουν υπολογισθεί ως συνάρτηση της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ της επιφάνειας του τροφίμου και της θερμότητας κορεσμού του κρυογόνου μέσου, και κυμαίνονται από 200 έως 5000 $\text{W/m}^2\text{K}$ για υγρό άζωτο και από 200 έως 8000 $\text{W/m}^2\text{K}$ για Freon 12.

Αξιίζει όμως να σημειωθεί ότι οι μέθοδοι κατάψυξης του κρέατος και των προϊόντων του είναι λίγες και συγκεκριμένες σε σχέση με αυτές των άλλων των τροφίμων. Τα σφάγια των βοοειδών (ημιμόρια ή τεταρτημόρια) και των χοίρων (ημιμόρια) καταψύχονται σε ειδικούς θαλάμους, σήραγγες ή τούνελ κατάψυξης, εφοδιασμένους με εναέριο δίκτυο σιδηροδοκών στηριζόμενο στην οροφή του κτιρίου (μεταφορικές ταινίες και μεταφορικοί ιμάντες). Η ταχύτητα με την οποία κινείται ο ιμάντας ή η ταινία ρυθμίζεται έτσι ώστε ο χρόνος παραμονής του προϊόντος μέσα στη σήραγγα να συμπίπτει με το χρόνο που απαιτείται για την κατάψυξή του (Μπλούκας, 2004). Συνήθως, η ταχύτητα κίνησης του αέρα περίπου 2-3m/sec (Γεωργάκης, 2000). Ο καταψύκτης είναι χωρισμένος σε δύο μέρη, όπου στο πρώτο ο ψυχρός αέρας έχει θερμοκρασία -4° έως -10°C και προκαλεί ταχεία πρόψυξη και στο δεύτερο μέρος η

θερμοκρασία του αέρα είναι -32°C έως -40°C και προκαλεί την κατάψυξη των προϊόντων (Μπλούκας, 2004).

Ακολουθεί πίνακας με τα κυριότερα δεδομένα για την κατάψυξη και την υπό κατάψυξη συντήρηση των σφάγιων (**Πίνακας 1**).

Πίνακας 1. Κυριότερες παράμετροι που χρησιμοποιούνται για την κατάψυξη των σφάγιων και τη διάρκεια συντήρησης του χοιρινού και του βοδινού κρέατος (Γεωργάκης, 2000, σελ. 183)

Κατάψυξη με ρεύματα αέρα	Θερμοκρασία αέρα -45 ° έως - 35° C	Ταχύτητα κίνησης αέρα 2 έως 4 m/sec			
Κατάψυξη με ψυχόμενες πλάκες	Θερμοκρασία αέρα -40 ° έως - 30° C				
Θερμοκρασία αέρος -18° C έως -30° C Ταχύτητα κίνησης αέρα 0,1 έως 0,3 m/sec Σχετική υγρασία αέρα 90 έως 95 %					
Προϊόν	Διάρκεια συντήρησης υπό κατάψυξη σε μήνες και σε θερμοκρασία				
	-12	-18	-24	-30	
Σφάγια βοοειδών	8	14	18	24	
Σφάγια μόσχων	6	12	15	15	
Σφάγια χοίρων	6	10	10	15	
Συκώτια μόσχων	4	12	18	-	

Τα σφάγια ολόκληρα τεμαχισμένα σε τεταρτημόρια περιτυλίγονται με ύφασμα τύπου «stokinete» και στη συνέχεια καταψύχονται. Τεμάχια κρέατος και διάφορα προϊόντα από κρέας συνήθως καταψύχονται σε εγκαταστάσεις συνεχούς λειτουργίας. Τα προϊόντα αυτά, που έχουν ήδη συσκευαστεί σε κατάλληλα χαρτοκιβώτια τοποθετούνται στο μεταφορικό ιμάντα και οδηγούνται στη σήραγγα κατάψυξης χωρίς να έχει τοποθετηθεί το σκέπασμα στα χαρτοκιβώτια, δηλαδή παραμένουν ανοικτά. Το σκέπασμα και ενδεχομένως η περιέλιξη του χαρτοκιβωτίου με μεμβράνη πολυμερούς ύλης γίνονται αμέσως μετά την έξοδο από τη σήραγγα κατάψυξης. Σημαντικό είναι το κλείσιμο των χαρτοκιβωτίων να γίνεται πολύ γρήγορα, ώστε να αποφεύγεται ο κίνδυνος εφίδρωσης των προϊόντων. Ο χρόνος

παραμονής των διάφορων προϊόντων – συσκευασιών στη σήραγγα κατάψυξης εξαρτάται από τη γεωμετρία της συσκευασίας.

Οι μεταφορικοί ιμάντες είναι κατασκευασμένοι από ανοξείδωτο χάλυβα δικτυοειδούς μορφής, γεγονός ιδιαίτερα σημαντικό για την ελεύθερη διακίνηση του ψυχρού αέρα. Η κίνηση του ιμάντα είναι αντίθετη με τη φορά της κίνησης του ψυχρού αέρα. Σε εξαιρετικές περιπτώσεις είναι δυνατό η θερμοκρασία μέσα στο χώρο κατάψυξης να μειωθεί πολύ γρήγορα με την επιπρόσθετη εκτόνωση (μέσα στο χώρο) υγρού αζώτου ή διοξειδίου του άνθρακα.



Σχήμα 12. Σήραγγα κατάψυξης με ιμάντα (Food Technology, Περιοδικό Τεχνολογίας Τροφίμων, Διμηνιαίο Περιοδικό, Τεύχος 3, σελ. 38-40).

2.7. Υπολογισμός χρόνου κατάψυξης

Ως χρόνος κατάψυξης ενός κρέατος ορίζεται ο χρόνος που απαιτείται για την κρυσταλλοποίηση της υγρής φάσης του. Σύμφωνα με το Διεθνές Ινστιτούτο ψύξης, ως χρόνος κατάψυξης ορίζεται ο χρόνος που μεσολαβεί από τη στιγμή κατά την οποία η επιφάνεια του προϊόντος αποκτά θερμοκρασία 0°C μέχρι τη στιγμή που το βραδύτερα ψυχόμενο σημείο του, δηλαδή ο πυρήνας του, αποκτήσει θερμοκρασία κατά 10°C χαμηλότερη από τη θερμοκρασία σχηματισμού παγοκρυστάλλων στο σημείο αυτό. Όμως τη βιομηχανία κατάψυξης τροφίμων γενικά και κρέατος ειδικά ενδιαφέρει να γνωρίζει το συνολικό χρόνο που το προϊόν θα παραμείνει στον καταψύκτη (Μπλούκας, 2004). Κατά συνέπεια, για τη βιομηχανία κρέατος ως χρόνος κατάψυξης ορίζεται ο χρόνος που απαιτείται για τη μείωση της θερμοκρασίας των σφάγιων και του κρέατος από τη μέση αρχική του θερμοκρασία σε μια ορισμένη θερμοκρασία στο κέντρο του προϊόντος. Ως τελική θερμοκρασία λαμβάνεται συνήθως η θερμοκρασία των -18°C .

Ο υπολογισμός του χρόνου κατάψυξης ενός σφάγιου ή του κρέατος δίνεται από τη μαθηματική σχέση που πρότεινε ο Plank το 1941, όπως αναφέρει και ο Γεωργάκης (Γεωργάκης, 2000):

$$t = \frac{\rho}{(T_k - T_m)3,6} \frac{PD}{\alpha} + \frac{RD^2}{\lambda} [h]$$

Όπου t ο χρόνος ψύξης ώστε η θερμοκρασία του προψυχθέντος κρέατος στο κέντρο ψύξης να φτάσει στους -1°C

ρ η θερμότητα στερεοποίησης υπολογισμένη στη μονάδα του όγκου (kJ m^{-3})

T_k η θερμοκρασία κατάψυξης του κρέατος ($^{\circ}\text{C}$)

T_m η θερμοκρασία του ψυκτικού μέσου ($^{\circ}\text{C}$)

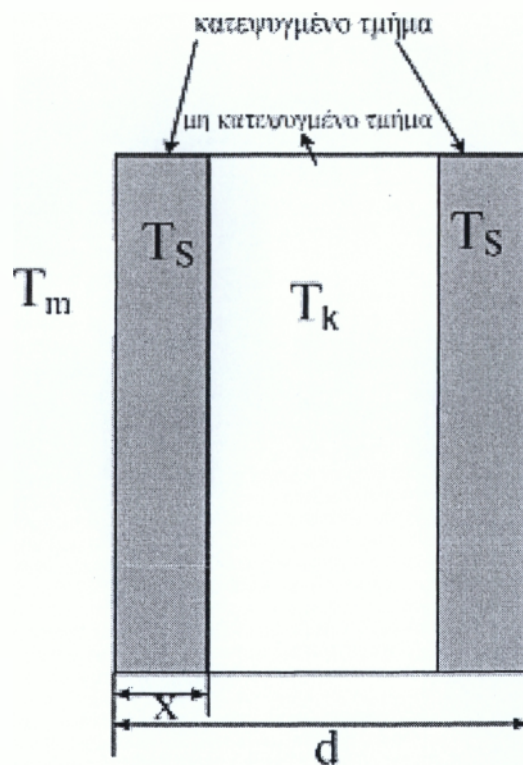
D οι ελάχιστες διαστάσεις του κύβου (m)

P, R οι ειδικοί συντελεστές του Plank

λ η ικανότητα εισόδου της θερμότητας στο κρέας ($\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$)

α ο συντελεστής διόδου της θερμότητας ($\text{Wm}^{-2} \text{K}^{-1}$). Η τιμή αυτού του συντελεστή εξαρτάται από την ταχύτητα κίνησης του αέρα. Συμβατικά γίνεται δεκτό ότι $\alpha=7,5\text{W}$, όπου W η ταχύτητα κίνησης σε ms^{-1} .

Γενικά θεωρείται ότι η κατάψυξη έχει ολοκληρωθεί όταν το κέντρο ψύξης του κρέατος έχει αποκτήσει θερμοκρασία χαμηλότερη από την περιοχή θερμοκρασιών στην οποία πήζει ο οπός του κρέατος, δηλαδή θερμοκρασία τουλάχιστον -1°C . Τότε, η επιφανειακή θερμοκρασία βρίσκεται σε επίπεδα σημαντικά χαμηλά.



Σχήμα 13. Σχηματική απεικόνιση κατάψυξης κρέατος (Μπλούκας, 2004, σελ. 272).

2.8. Συντήρηση υπό κατάψυξη

Την κατάψυξη των σφάγιων και του κρέατος ακολουθεί η αποθήκευση αυτών στους χώρους συντήρησης σε χαμηλές θερμοκρασίες (-18ο C έως -30ο C). Τονίζεται ότι στις τόσο χαμηλές θερμοκρασίες ένα ελάχιστο μέρος από κάποιες βιοχημικές και φυσικοχημικές αντιδράσεις εξακολουθούν να εξελίσσονται (π.χ. τάγγιση των λιπών) και συνεπώς να αποτελούν τον πιο υπολογίσιμο παράγοντα που περιορίζει το χρόνο συντήρησης του κρέατος στην κατάψυξη. Ο ρυθμός εξέλιξης των αντιδράσεων αυτών, υπό τις κατά τα άλλα ίδιες συνθήκες, εξαρτάται κατά απόλυτο τρόπο από τη θερμοκρασία του χώρου, αλλά και τη σταθερότητα της. Οι θερμοκρασίες αυτές στην πράξη προσδιορίζονται και από οικονομικούς λόγους. Δεδομένου ότι η μείωση της θερμοκρασίας πέρα από κάποια όρια είναι πανάκριβη, γίνεται αντιληπτό πως είναι ασύμφορο να επιδιώκονται θερμοκρασίες συντήρησης κάτω των -35ο C έως -45ο C.

Πολλές φορές κρέας που συντηρείται στην κατάψυξη είναι δυνατό να παρουσιάσει μεταβολές αν οι συνθήκες που επικρατούν δεν είναι ενδεδειγμένες. Φυσικά το κρέας αυτό θα κριθεί ανάλογα με τη βαρύτητα της μεταβολής και όχι με τα περιθώρια του χρόνου που έχει ακόμα. Όπως επίσης πολύ συχνά συμβαίνει το τελείως αντίθετο, να έχει, δηλαδή, εξαντληθεί ο χρόνος συντήρησης και οι εκ Νόμου προβλεπόμενες παρατάσεις, ενώ το κρέας είναι άψογο από ποιοτικής και υγιεινής πλευράς. Το κρέας αυτό για τυπικούς λόγους πρέπει να δεσμευτεί, έστω και αν είναι άριστο. Για να αποφευχθούν οι δύο αυτές ακραίες περιπτώσεις, εκτός από την αυστηρή τήρηση των συνθηκών διατήρησης στην κατάψυξη, έχει καθιερωθεί και χρησιμοποιείται ο όρος «πιθανός χρόνος συντήρησης». Ως **πιθανός χρόνος συντήρησης** ορίζεται ο χρόνος που μεσολαβεί από τη στιγμή της ολοκλήρωσης της διαδικασίας κατάψυξης μέχρι τη στιγμή κατά την οποία εγγίζονται τα όρια υποβάθμισης του κρέατος, δηλαδή, εμφανίζονται συμπτώματα μεταβολών, οπότε υπάρχουν ακόμα δυνατότητες επεμβάσεων για την αποφυγή της κατάσχεσης (π.χ. άμεση κατανάλωση, επεξεργασία κ.τ.λ.) (Γεωργάκης, 2000). Είναι φανερό πως η κρίση για την υποβάθμιση της ποιότητας και τον ακριβή προσδιορισμό των ορίων είναι πολύ δύσκολη. Σε προϊόντα με μεγάλη περιεκτικότητα σε ακόρεστα λιπαρά οξέα, η διάρκεια συντήρησης τους επηρεάζεται αρνητικά από τις οξειδωτικές επεξεργασίες οι οποίες εξελίσσονται μεν με βραδύ ρυθμό επιφέρουν όμως μεταβολές των οργανοληπτικών τους παραμέτρων (γεύση, οσμή, άρωμα κ.τ.λ.). Σημειώνεται ότι

στους χώρους συντήρησης κρεάτων ή σφάγειων δεν πρέπει να αποθηκεύονται άλλα είδη τροφίμων, όπως φυτικά ή προϊόντα που αναδίδουν οσμές.

Πίνακας 2. Πιθανή διάρκεια συντήρησης κατεψυγμένων ειδών κρεάτων (Γεωργάκης, 2000, σελ. 184).

Διάρκεια συντήρησης σε μήνες σε θερμοκρασίες (°C)			
	-18° C	- 24° C	-30° C
Τεταρτημόρια βοοειδών	14	18	24
Κρέας βοοειδών	9-12	22-24	-
Ημιμόρια χοίρων	10	12	12
Κρέας χοίρων	9-12	12-15	-
Κρέας βοοειδών μαγειρεμένο	12	12	24

2.9. Τήξη

Η τήξη είναι το αντίστροφο της κατάψυξης. Η βιομηχανία κατάψυξης τροφίμων πρέπει να λύσει προβλήματα που οδηγούν στην πρόωρη τήξη, ενώ η ελεύθερη τήξη μπορεί να προκαλέσει δυσκολίες σε άλλα μέρη της βιομηχανίας τροφίμων. Θεωρητικά, η ίδια ποσότητα θερμότητας πρέπει να προσφερθεί για να θερμανθεί το προϊόν από τους -18°C στους 5°C , όσο δηλαδή είχε αφαιρεθεί όταν ψύχονταν από τους 5°C στους -18°C . Στην πράξη, αυτό δεν είναι αποτελεσματικό όσο η τήξη. Αυτό στηρίζεται στο ότι το νερό είναι κακός αγωγός της θερμότητας σε σύγκριση με τον πάγο, πράγμα που σημαίνει ότι η τήξη είναι πιο αργή γιατί η θερμότητα πρέπει να περάσει από το νερό του οποίου το πάχος συνέχεια αυξάνεται. Η απόδοση της εργασίας είναι μικρή γιατί δεν μπορούμε να εφαρμόσουμε μεγάλη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του τροφίμου προς απόψυξη και του νερού θέρμανσής του. Αυτό συμβαίνει επειδή χρειάζεται περιορισμός στην ανάπτυξη των μικροβίων, ιδιαίτερα όταν το μέσο θέρμανσης είναι το νερό. Όμως, πολύ υψηλές θερμοκρασίες δεν είναι αποδεκτές, διότι αλλάζουν το χρώμα του κρέατος και πιθανόν και άλλες ιδιότητές του.

Είναι χαρακτηριστικό το ότι με άλλους τρόπους εργασίας, με καλή οργάνωση, η τήξη του κατεψυγμένου προϊόντος πριν από κάθε περεταίρω επεξεργασία μπορεί να

είναι μια καταστροφή. Οι συνθήκες δεν είναι συνήθως αρκετά ικανοποιητικές όταν κατεψυγμένα κρέατα χρησιμοποιούνται μόνο περιστασιακά και σε μικρές ποσότητες ιδίως σε καντίνες. Υπάρχει όμως η στάση να παραβλέπεται η τήξη σαν επεξεργασία τροφίμου και είναι γνωστές οι περιπτώσεις που αυτό το στάδιο παραλείπεται από άλλες κατανοητές επεξεργασίες.

Το νερό χρησιμοποιείται ευρύτατα σα μέσο απόψυξης κυρίως διότι είναι εύκολο στη χρήση για να επιτευχθεί η μεταφορά θερμότητας. Όμως το κρέας θα χάσει θρεπτικά υγρά και μπορεί να μολυνθεί από το νερό, εκτός και αν είναι συσκευασμένο στεγανά. Το νερό με ελεύθερη ροή είναι μια πιο ικανοποιητική λύση στο πρόβλημα. Σε κάθε περίπτωση, όσο μεγαλύτερη είναι η περιεκτικότητα του νερού στην επιφάνεια του κρέατος, τόσο μεγαλύτερος είναι ο κίνδυνος για μόλυνση του κρέατος. Η τήξη στον αέρα πραγματοποιείται με έκθεση του κατεψυγμένου κρέατος στον ελεύθερο αέρα στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Στα μεγάλα κομμάτια κρέατος αυτό μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική μικροβιακή ανάπτυξη στην εξωτερική επιφάνεια πριν η εσωτερική μάζα του κρέατος ξεπαγώσει. Οι χαμηλές θερμοκρασίες δεν εξυπηρετούν, επειδή η απόψυξη είναι αργή, ενώ συχνά θεωρείται ότι εξυπηρετεί η κυκλοφορία αέρος 5-7° C. Η γρήγορη τήξη του πάγου σε ζεστό αέρα χρησιμοποιείται συχνά και η εφαρμογή ατμού σε θαλάμους κενού έχει μεγάλη δημοτικότητα. Με το κενό, η θερμοκρασία κορεσμού του ατμού είναι 20° C, αλλά η μεταφορά θερμότητας είναι πολύ καλή και η μέθοδος αποτελεσματική.

Οι φούρνοι μικροκυμάτων χρησιμοποιούνται συχνά για την τήξη παγωμένων τροφίμων σε μικρή κλίμακα, σε καντίνες ή σε οικιακή χρήση, ενώ τα τελευταία χρόνια η χρήση εμφανίζεται και σε βιομηχανική κλίμακα. Υπάρχουν εγκαταστάσεις συνεχούς λειτουργίας που λειτουργούν με μικροκύματα ή ραδιοσυχνότητες. Ο εξοπλισμός μπορεί να ρυθμιστεί έτσι, ώστε να επιτρέπει γρήγορη και τέλεια τήξη με ελάχιστη αύξηση της θερμοκρασίας του κρέατος. Τα προϊόντα που αποψύχονται πρέπει να έχουν το σχήμα του φούρνου και το μέγεθός του, ενώ υπάρχουν προβλήματα τοπικών υπερθερμάνσεων. Στις νεώτερες εγκαταστάσεις αυτό το φαινόμενο έχει μειωθεί αισθητά. Σε μερικές μάλιστα εγκαταστάσεις η θέρμανση γίνεται με ηλεκτρικές αντιστάσεις.

Οι βιομηχανικές εγκαταστάσεις πρέπει να επιδιώκουν όσο γίνεται μικρότερο χρόνο τήξης. Στην περίπτωση ολόκληρων κομματιών σφάγιων, αναμένεται ότι ο χρόνος απόψυξης έχει σαν αόριστο όριο το χρόνο κατάψυξης. Λίγα προβλήματα, αν υπάρχουν, μπορούν να παρουσιαστούν κατά τη γρήγορη τήξη του γρήγορα

κατεψυγμένου κρέατος. Η αργή τήξη του γρήγορα κατεψυγμένου κρέατος οδηγεί σε ανάπτυξη μεγάλων κρυστάλλων πάγου με σύγχρονη ροή νερού στο διάστημα μεταξύ των κύτταρων. Ομοίως, η γρήγορη απόψυξη του αργά κατεψυγμένου κρέατος, δεν επιτρέπει την επαναρρόφιση των υγρών μεταξύ των κυττάρων και έτσι προκύπτει απώλεια ωπού κρέατος. Το αποτέλεσμα της αργής απόψυξης του αργά κατεψυγμένου κρέατος είναι η μικρή απώλεια υγρών. Δηλαδή, ο συνδυασμός ταχύτητας απόψυξης και ταχύτητα κατάψυξης απαιτεί την πλήρη γνώση των συνθηκών κατάψυξης.

Όσον αφορά στα ολόκληρα σφάγια ή μεγάλα κύρια κομμάτια, η πλήρης τήξη πριν το τεμαχισμό δεν είναι απαραίτητη, ούτε και επιθυμητή. Χρειάζεται μόνο μικρή αύξηση της θερμοκρασίας. Ο σκοπός αυτής της αύξησης είναι η ευκολία για παραπέρα τεμαχισμό. Τα προβλήματα είναι πολύ λιγότερο σοβαρά διότι χρειάζεται μικρή άνοδος της θερμοκρασίας και έτσι αρκετός πάγος μένει στα κομμάτια του κρέατος, που δίνει στο κρέας μεγάλη θερμική αγωγιμότητα (Vernam, 1999).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

Τυποποίηση χοιρινού και βοδινού ή

Τεχνολογία κατεψυγμένου χοιρινού και βοδινού κρέατος και προϊόντων αυτού

Η κατάψυξη δεν είναι μια επεξεργασία για βελτίωση της ποιότητας ή της θεμελιώδους αλλαγής των φυσικών ιδιοτήτων των τροφίμων. Η κατάψυξη αποτελεί ένα μέσο συντήρησης και για αυτό δίνεται προσοχή ώστε να μη γίνουν αλλαγές στη φύση του.

3.1. Σφάγεια και μικρά κομμάτια κρέατος

Τα τελευταία χρόνια έχει αρχίσει να αυξάνεται το εμπόριο κατεψυγμένων σφάγειων και κρέατος. Το πιο σπουδαίο στοιχείο στην κατάψυξη κόκκινου κρέατος είναι ο χρόνος κατάψυξης σε σχέση με την έναρξη της νεκρικής ακαμψίας. Αν το κρέας καταψυχθεί πριν μειωθούν οι περιεκτικότητες σε ATP και γλυκογόνο, η γλυκόλυση μετά θάνατον εκκρεμεί. Κατά τη τήξη του πάγου, κατά την απόψυξη, το κρέας υφίσταται σοβαρές μεταβολές μεταξύ των οποίων είναι η σκλήρυνση και η απώλεια του οπού. Για αυτό το λόγο, το κρέας καταψύχεται μετά την ακαμψία. Παρά ταύτα, προτιμάται η κατάψυξη αμέσως μετά τη σφαγή και/ή πριν την νεκρική ακαμψία είναι δυνατή η κατάψυξη αν ληφθούν μέτρα προς αποφυγή της ακαμψίας κατά την τήξη. Το δίκτυο του πάγου προλαμβάνει την ωρίμανση (σίτεμα) του κρέατος αν τα επίπεδα του ATP και του γλυκογόνου μειώνονται όταν ακόμη το κρέας είναι κατεψυγμένο. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με άνοδο της θερμοκρασίας από τους -20°C στους -1°C ή με διατήρηση του κρέατος στους -12°C επί 20 ημέρες ή στους -3°C επί 5 ημέρες. Πάντως, είναι απαραίτητο, τόσο το κόκκινο, όσο και το χοιρινό κρέας, να καταψυχθούν μετά την νεκρική ακαμψία, προς όφελος του καταναλωτή.

Μια ποιο ικανοποιητική λύση είναι να η ηλεκτρική διέγερση, για να αρχίζει η γλυκόλυση και η ακαμψία, ώστε να επιτραπεί η κατάψυξη αμέσως σχεδόν μετά τη σφαγή. Η χρήση ηλεκτρικής διέγερσης έχει σα συνέπεια να επιτρέπεται μεγαλύτερη ταχύτητα κατάψυξης. Με μετρήσεις του pH, με εκτίμηση της απώλειας του οπού, και

της ικανότητας συγκράτησης νερού, με τη μέτρηση της αντοχής στην κοπή, αποδείχθηκε πως η ποιότητα του κρέατος που δε διεγέρθηκε ηλεκτρικά ήταν καλύτερη με ταχύτητα κατάψυξης 2,5 cm/h, ενώ για το κρέας που διεγέρθηκε ήταν καλύτερη με 1,8 cm/h. Η κατάψυξη του κρέατος απαιτεί μεγάλη κατανάλωση ενέργειας και η αποστέωση σε θερμό περιβάλλον είναι κοινή πρακτική με την ηλεκτρική διέγερση για να αποφευχθεί το κόστος της κατάψυξης των οστών.

Η κατάψυξη του σφάγιου και των κομματιών του δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερα προβλήματα. Οι καταψύκτες με μεταλλικές πλάκες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για το αποστεωμένο κρέας, αλλά η κατάψυξη με φύσημα ψυχρού αέρα είναι πιο συχνή για τα κύρια μέρη των σφάγιων. Η μεγάλης ταχύτητας κατάψυξη είναι επιθυμητή από άποψη οικονομίας και ποιότητας ενώ η αργή κατάψυξη πρέπει να αποφεύγεται για να αποφευχθεί η ωρίμανση υπό ψύξη, πριν παγώσουν οι μύες. Όταν χρησιμοποιείται ψυχρός αέρας για κατάψυξη, συνήθως τα σφάγια τυλίγονται με πλαστικά φύλλα για αποφυγή αφυδάτωσης και μόλυνσης από τις συχνές επαφές με τα χέρια κατά τους χειρισμούς. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί συσκευασία κενού για τα κύρια , κομμάτια του σφάγιου για να ελαττωθεί η υποβάθμιση με οξείδωση.

Τα μικρά κομμάτια κόκκινου, βοδινού κρέατος για λιανική πώληση μπορούν να καταψυχθούν σε καταψύκτες αέρος. Η κρυογενική κατάψυξη όμως, οδηγεί σε προϊόντα καλύτερης ποιότητας, αν αυτά είναι μικρά σε μέγεθος. Η κατάψυξη με εμβάπτιση σε υγρή άλμη έχει εφαρμοστεί σε μεγάλα κομμάτια. Λεπτές φέτες κρέατος μπορούν να καταψυχθούν με μεταλλικές πλάκες ή καταψύκτες με αέρα. Εναλλακτικά, και καταψύκτες αιωρούμενης κλίνης μπορούν να χρησιμοποιηθούν, οπότε οι φέτες συσκευάζονται μετά την κατάψυξη (Varnam, 1999).

3.2. Κατεργασία κρέατος

Μεγάλες ποσότητες κρέατος χαμηλής ποιότητας καταψύχονται για παραγωγή προϊόντων κρέατος. Μπορεί ακόμα να καταψυχθεί και κρέας που λαμβάνεται μηχανικά από κοκάλα με ξύσιμο μετά από χονδρική πώληση. Για ευκολία το κατεψυγμένο κρέας κόβεται σε κιμά πριν καταψυχθεί, όμως υπάρχει μεγάλος κίνδυνος για μείωση της ποιότητας με τη μετουσίωση των πρωτεϊνών. Παρόμοια προβλήματα προκύπτουν κατά την λήψη κρέατος από τα οστά με μηχανικά μέσα. Η αύξηση της ταχύτητας οξείδωσης των λιπιδίων επιδρά στη μείωση της ποιότητας των

πρωτεϊνών. Αυτός ο παράγοντας περιορίζει το χρόνο φύλαξης των κατεψυγμένων κρεάτων.

Τα τελευταία χρόνια έχει εκδηλωθεί μεγάλο ενδιαφέρον για τη χρήση προσθετών που εφαρμόζονται με κρυογενική μέθοδο για την ελάττωση των αλλοιώσεων του κρέατος κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας του. Η προσθήκη ζάχαρης ή σορβιτόλης στον κιμά του χοιρινού πριν καταψυχθεί, έχει βρεθεί ότι βελτιώνει την ιδιότητα να σχηματίζει πηκτή όταν χρησιμοποιείται για την παρασκευή ψυγμένων προϊόντων κρέατος, αλλά η χρήση αυτών των ουσιών είναι περιορισμένη, επειδή αυξάνουν τη γλυκύτητα. Έχουν χρησιμοποιηθεί με επιτυχία μη γλυκαντικές ύλες, συμπεριλαμβανομένου του υδρολυμένου αμύλου και του αποβουτυρωμένου γάλακτος σε σκόνη. Το πιο αποτελεσματικό σήμερα πρόσθετο κατά την κρυογενική επεξεργασία είναι το Polydextrose, μια πολυμερές δεξτρόζη, όχι γλυκιά, η οποία είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική όταν χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με πολυφωσφορικά. Η χρήση της πολυδεξτρόζης και των πολυφωσφορικών καθιστά την κατάψυξη του αλατισμένου βοδινού πριν την ακαμψία δυνατή (Varnam, 1999).

3.3. Ωμά και ψημένα, όχι παστά, προϊόντα κρέατος

Μια μεγάλη σειρά από κατεψυγμένα προϊόντα κρέατος διατίθενται στην αγορά. Σε πολλές περιπτώσεις οι πωλήσεις γίνονται σε μεγάλα πακέτα, επειδή οι κύριοι πελάτες είναι καντίνες και εγκαταστάσεις τροφοδοσίας εταιριών και ιδρυμάτων. Τα κατεψυγμένα αυτά τρόφιμα προσφέρονται σε δύο βασικούς τύπους. Ο πρώτος τύπος είναι τα λουκάνικα, οι πίτες και τα μπιφτέκια, τα οποία είναι ανάλογα των φρέσκων προϊόντων και ο δεύτερος τύπος είναι τα ανακατασκευασμένα προϊόντα, όπου η κατάψυξη είναι προαπαιτούμενη εργασία, για να επιτευχθεί μηχανική σταθερότητα στα προϊόντα αυτά (Varnam, 1999).

3.3.1. Κατεψυγμένα ισοδύναμα φρέσκων προϊόντων

Στις περισσότερες περιπτώσεις, η τεχνολογία της βιομηχανικής επεξεργασίας φρέσκων και κατεψυγμένων προϊόντων είναι η ίδια. Σε πολλές περιπτώσεις πραγματοποιείται τροποποίηση των συνταγών για να ελαττωθούν τα αρνητικά αποτελέσματα της μεγάλης περιόδου φύλαξης. Σε άλλες περιπτώσεις αυξάνεται το

ποσοστό αρωματικών για να συμπληρωθεί η απώλεια από τη μακρόχρονη διατήρηση και να καλυφθεί η ταγγή γεύση. Τα κατεψυγμένα λουκάνικα, για παράδειγμα, συχνά περιέχουν γλουταμινικό νάτριο σαν ενισχυτικό της γεύσης και υδρολυμένες φυτικές πρωτεΐνες για την αύξηση της γεύσης. Η οξείδωση των λιπιδίων είναι ένα πρόβλημα στα κατεψυγμένα προϊόντα κρέατος και για αυτό συχνά προστίθενται αντιοξειδωτικά, όταν αυτό επιτρέπεται. Η προσθήκη των αντιοξειδωτικών απαγορεύεται σε μερικές χώρες, ενώ καταβάλλονται προσπάθειες να υπερνικήσουν αυτό το πρόβλημα με τη χρήση αρωματικών φυτών, όπως το δεντρολίβανο που έχει αντιοξειδωτικές ιδιότητες. Το χλωριούχο νάτριο είναι ένα μέσο ενίσχυσης της οξείδωσης των κατεψυγμένων προϊόντων, ενώ επιτυγχάνεται προστασία από την οξείδωση με τη χρήση άλατος εγκλωβισμένου σε καψούλια (αδιάλυτους κόκκους).

Ανάλογα με τη φυσική κατάσταση του προϊόντος, μια ποσότητα νερού, μικρή ή μεγάλη, θα ελευθερωθεί κατά την τήξη του κατεψυγμένου προϊόντος. Έτσι, κάποια προϊόντα συσκευάζονται χωρίς κάλυμμα, για αποφυγή συσσώρευσης υγρού μεταξύ κρέατος και καλύμματος. Επίσης, μπορεί να προστίθεται και κάποιο μέσο συγκράτησης του νερού σε προϊόντα, όπως τα λουκάνικα. Τέλος, είναι κατάλληλες μερικές συμπυκνωμένες πρωτεΐνες, όπως του αποβουτυρωμένου γάλακτος σε σκόνη.

3.3.2. Προϊόντα που η μηχανική σταθερότητά τους εξαρτάται από τον τρόπο κατάψυξης

Η μεγάλη ομάδα προϊόντων του τύπου αυτού είναι τα ανακατασκευασμένα κρέατα. Αυτά τα προϊόντα συνήθως γίνονται από μεγάλα κομμάτια και μορφοποιούνται σε ρολό. Η φύση αυτών των προϊόντων διαφέρει από τα αναμορφωμένα ή τους κιμάδες, αλλά καταλαμβάνουν παρόμοιοι θέση στην αγορά. Μολονότι τα ανακατασκευασμένα κρέατα είναι κατεψυγμένα προϊόντα, γενικά θεωρούνται σαν ανώτερης ποιότητας για να αλεστούν σε κιμά και να αναμορφωθούν και προτιμώνται έναντι των ολόκληρων μπιφτεκιών.

Η βιομηχανία ανακατασκευασμένων προϊόντων κρέατος κανονικά περιλαμβάνει μάλαξη κρέατος ή κτύπημα αυτού μέσα σε τύμπανα. Η αφαίρεση του συνδετικού ιστού είναι απαραίτητη στα κόκκινα κρέατα, ιδίως των βοοειδών, ενώ επιτυγχάνεται καλύτερη ποιότητα με τη χρήση ξεχωριστών μυών. Το χλωριούχο νάτριο προστίθεται για να αυξηθεί η εξαγωγή πρωτεϊνών κατά τη μάλαξη με χτυπήματα σε τύμπανα, ενώ τα πολυφωσφορικά για να αυξήσουν την ικανότητα

συγκράτησης του νερού. Η συγκόλληση μεταξύ των κομματιών του κρέατος δεν είναι αρκετά ισχυρή για να κρατήσουν τα κομμάτια ενωμένα μεταξύ τους κατά την ψύξη και έτσι η κατάψυξη γίνεται απαραίτητη. Ανακατασκευασμένα κομμάτια κρέατος μπορούν να κοπούν σε μικρότερα για τη λιανική πώληση σαν ρολά ή φέτες. Στη δεύτερη περίπτωση, οι φέτες καλύπτονται με ζύμη. Τα ανακατασκευασμένα κρέατα μπορούν ακόμα να πάρουν και διάφορα σχήματα, όπως για παράδειγμα μορφές ζώων, για παιδιά.

3.4. Εξασφάλιση ποιότητας και έλεγχος

Μια αξιολογή μερίδα της εξασφάλισης ποιότητας των κατεψυγμένων προϊόντων που θα καταψυχθούν αφορά στην ποιότητα παραγωγής των προϊόντων αυτών. Αυτά δεν είναι κάποια ιδιαίτερα κομμάτια κρέατος, αλλά βασικά ίδια με τα κομμάτια κρέατος που θα καταψυχθούν. Στην περίπτωση των ανασχηματισμένων κρεάτων που καταψύχονται σχεδόν ανεξάρτητα, η εξασφάλιση της ποιότητας και οι μέθοδοι ελέγχου δε διαφέρουν από αυτούς του ωμού κιμά.

Ειδικές εγκαταστάσεις για την εξασφάλιση της ποιότητας των κατεψυγμένων κρεάτων σχετίζονται με την ανάγκη να καταψυχθούν με σωστές συνθήκες και να μειωθούν οι αυξομειώσεις της θερμοκρασίας κατά τη φύλαξη ή μεταφορά. Σε μονάδες μεγάλης παραγωγής έχουν εγκαταστήσει υψηλού βαθμού αυτοματισμούς. Η εξασφάλιση της ποιότητας εξαρτάται από την παρακολούθηση της διαδικασίας παραγωγής, ιδιαίτερα με καταγραφή της θερμοκρασίας. Πρέπει να υπάρχει σχέδιο για συνέχιση της λειτουργίας της εγκατάστασης αν παρατηρηθεί διακοπή ρεύματος, ενώ τα τρόφιμα που αναμένουν την σειρά επεξεργασίας παραμένουν στο ψυγείο. Χρειάζεται υψηλής ποιότητας σύστημα παρακολούθησης σε μικρές μονάδες όπου η παραγωγή γίνεται σταδιακά, σε παρτίδες, σε ασυνεχή τρόπο. Μπορεί να παρατηρηθούν προβλήματα από τις καθυστερήσεις στην κατάψυξη και στην όχι σωστή φόρτωση κομματιών προς κατάψυξη, ιδιαίτερα στην κατάψυξη με αέρα. Τυπικά συστήματα λειτουργίας πρέπει να χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο αυτών των προβλημάτων, ενώ είναι απαραίτητη η υψηλού επιπέδου επίβλεψη.

Η μείωση των αυξομειώσεων θερμοκρασίας όχι μόνο κατά τη φύλαξη των κατεψυγμένων προϊόντων, όπως έχει προαναφερθεί, αλλά και κατά τη διανομή αυτών είναι θέμα δημιουργία κατάλληλων αποθηκών-ψυγείων και ψυχόμενων μεταφορικών

μέσων. Οι θερμοκρασίες πρέπει να παρακολουθούνται σε όλα τα στάδια επεξεργασίας. Τα προβλήματα σε βιομηχανική κλίμακα τείνουν να γίνουν μεγαλύτερα σε μικρότερες βιομηχανίες, ιδίως όταν αυτές λειτουργούν υπεράνω της δυναμικότητάς τους. Οι κακοί χειρισμοί των προϊόντων σε βιομηχανικό επίπεδο τείνουν να ελαχιστοποιηθούν και να γίνουν ανεπιθύμητα τα προβλήματα σε σύγκριση με αυτά που παρατηρούνται σε επίπεδο οικιακό με προϊόντα λιανικής πώλησης. Η υπερπλήρωση των βιτρινών δεν περιορίζεται σε μικρά καταστήματα μόνο, αλλά είναι κοινή πρακτική και σε μεγάλα καταστήματα.

Τα προϊόντα κατεψυγμένου κρέατος πρέπει να ελέγχονται με μικροβιολογικές και χημικές αναλύσεις, όπως τα διατηρούμενα με ψύξη. Η μικροβιολογική ανάλυση των κατεψυγμένων ακατέργαστων κεράτων αποτελεί κοινή πρακτική, ιδιαίτερα όταν το κρέας είναι εισαγωγής (Varnam, 1999).

3.5. Σχηματισμός πάγου και οι συνέπειες του

Οι μεγαλύτερες αλλαγές που επηρεάζουν την ποιότητα του κατεψυγμένου κρέατος είναι αυτές που επιδρούν στη δομή τους. Οι αλλαγές αυτές αφορούν στην κρυστάλλωση, στο μέγεθος και στη θέση των κρυστάλλων του πάγου και έχουν σχέση με τις αλλαγές στην ικανότητα του προϊόντος να συγκρατεί νερό. Η μη συγκράτηση του νερού, όπως έχει προαναφερθεί, οδηγεί στην έξοδο ωπού από το κρέας δίνοντας μια δυσάρεστη όψη, στην απώλεια χυμώδους γεύσης μετά το ψήσιμο και στην ενίσχυση της αύξησης μικροβίων στην υγρή επιφάνεια. Οι αλλαγές που επιδρούν στην ποιότητα του κατεψυγμένου κρέατος μπορούν να συμβούν σε όλα τα στάδια της ζωής του κατεψυγμένου κρέατος, από την αρχική κατάψυξη μέχρι ακόμα και την τήξη (Varnam, 1999).

3.5.1. Μεταβολές κατά την φύλαξη των κατεψυγμένων προϊόντων

Κατά την φύλαξη των κατεψυγμένων κρεάτων παρατηρούνται αλλαγές στην κρυσταλλική δομή του πάγου, που συνοδεύονται με μετουσίωση λευκωμάτων. Η έκταση των μεταβολών εξαρτάται απ' ευθείας από το χρόνο φύλαξης. Οι αλλαγές στη δομή των κρυστάλλων περιλαμβάνουν ανακρυσταλλώσεις και αύξηση του μέσου μεγέθους κρυστάλλων. Οι μεγάλοι κρύσταλλοι αυξάνονται εις βάρος των μικρών,

ενώ ο αριθμός τους ελαττώνεται. Η διαδικασία προκαλείται από τις διαφορές της ελεύθερης ενέργειας μεταξύ των κρυστάλλων διαφόρου μεγέθους και την όλη τάση του συστήματος να μειώσει την ελεύθερη ενέργεια. Η μεταφορά νερού μεταξύ των κρυστάλλων διαφορετικού μεγέθους γίνεται με την τήξη γύρω από τους μικρούς κρυστάλλους. Ανακρυσταλλώσεις πραγματοποιούνται σε κάποια έκταση σε σταθερή θερμοκρασία που οδηγεί στην τήξη των μικρών κρυστάλλων.

Η μετουσίωση των πρωτεϊνών συνεχίζεται κατά τη διάρκεια της φύλαξης που ενισχύει τα αποτελέσματα της αρχικής κατάψυξης. Μετά από 15 εβδομάδες φύλαξης κρέατος κατεψυγμένων με γρήγορη κατάψυξη, που περιέχει ενδοκυτταρικούς και εξωκυτταρικούς κρυστάλλους, η μετουσίωση των κεφαλών της μυοσίνης αυξάνεται από 19% (αμέσως μετά την κατάψυξη) σε 60%. Αυτό συμβαίνει ανεξάρτητα από τη θερμοκρασία αποθήκευσης. Η λύση των δεσμών μεταξύ ακτίνης και μυοσίνης συνεχίζεται παρότι αυτή η επίδραση είναι ανεξάρτητη από τη θερμοκρασία και παρατηρείται μετουσίωση των ουρών της μυοσίνης. Υπάρχει μια άμεση σχέση μεταξύ μετουσίωσης των ουρών της μυοσίνης και θερμοκρασίας αποθήκευσης σύμφωνα με την οποία η ταχύτητα αυξάνεται αρκετά με την αύξηση της θερμοκρασίας φύλαξης.

Στο κρέας σε αργή κατάψυξη, το μεγαλύτερο ποσοστό της μετουσίωσης των κεφαλών της μυοσίνης (40%) συμβαίνει κατά την κατάψυξη. Η μετουσίωση κατά την φύλαξη είναι αργή και μόνο το 20% πραγματοποιείται σε 40 εβδομάδες. Η μετουσίωση των ουρών της μυοσίνης και η λύση των δεσμών μεταξύ ακτίνης και μυοσίνης ακολουθούν παρόμοιο πρόγραμμα στη γρήγορη και αργή κατάψυξη, ενώ η ακτίνη και οι σαρκοπλασμικές πρωτεΐνες παραμένουν ανεπηρέαστες από τη φύλαξη στην κατάψυξη.

Ο διαχωρισμός και η μετουσίωση των κεφαλών της μυοσίνης αποτελεί μια συνεχή αντίδραση, ενώ συμβαίνει περισσότερο κατά την κατάψυξη, όπου οι ταχύτητες κατάψυξης είναι αργές. Η μετουσίωση των ουρών της μυοσίνης φαίνεται ότι είναι συνέπεια της μακράς περιόδου με μεγάλη συγκέντρωση διαλύματος και συνοδεύεται από σχηματισμό αδιάλυτων συσσωρεύσεων. Το όλο αποτέλεσμα των μεταβολών κατά τη φύλαξη είναι μια αύξηση στην έκκριση νερού όσο ο χρόνος και η θερμοκρασία φύλαξης αυξάνονται, με ανάλογη απώλεια λειτουργικών ιδιοτήτων του κρέατος.

3.5.2. Μεταβολές κατά την τήξη

Κατά την έναρξη της τήξης, η μείωση της ικανότητας συγκράτησης νερού έχει ήδη καθοριστεί από την ταχύτητα κατάψυξης και τη φύλαξη του κατεψυγμένου κρέατος. Η έκκριση νερού μετά την τήξη όμως, εξαρτάται από την ταχύτητα τήξης, ενώ η πραγματική ικανότητα συγκράτησης νερού δεν επηρεάζεται. Κάτω από συνθήκες ισορροπίας κατά τη φύλαξη, η ενεργότητα του νερού στα διαστήματα εκτός των κυττάρων και μέσα στα κύτταρα, εξαρτάται από την ταχύτητα τήξης. Κάτω από αυτές τις συνθήκες, η όλη διαδικασία ελέγχεται από την ικανότητα των αφυδατωμένων ινών στα ενδιάμεσα των κυττάρων να επαναπροσλαμβάνουν νερό. Το νερό που δεν απορροφάται συσσωρεύεται στο διάστημα εκτός των κυττάρων και τελικά αποβάλλεται (Varnam, 1999).

3.6. Το χρώμα του κατεψυγμένου κρέατος

Οι χρωστικές της αίμης του κατεψυγμένου κρέατος είναι ίδιες με αυτές του φρέσκου. Η μυοσφαιρίνη στο κατεψυγμένο κρέας είναι ευαίσθητη στην οξειδωση προς μεταμυοσφαιρίνη και υπάρχει στενή σχέση με το τάγγισμα των λιπών. Κάτω από οποιεσδήποτε συνθήκες, το κατεψυγμένο κρέας μπορεί να φαίνεται πιο σκούρο από το φρέσκο. Αυτό οφείλεται περισσότερο στη συγκέντρωση της χρωστικής κατά τη διαδικασία της κατάψυξης και αντισταθμίζεται με τη γρήγορη κατάψυξη κρέατος από την αντανάκλαση του φωτός από τους μικρούς παγοκρυστάλλους. Αυτό κάνει το κρέας να φαίνεται απαράδεκτα ανοιχτόχρωμο.

Η αφυδάτωση της επιφάνειας συγκεντρώνει χρωστικές και ευνοεί το σχηματισμό μεταμυοσφαιρίνης. Σε εξαιρετικές περιπτώσεις, αυτό οδηγεί σε «εγκαύματα κατάψυξης» που είναι συνέπεια της εξάχνωσης του πάγου από τις απροστάτευτες επιφάνειες και σοβαρές αφυδατώσεις.

Τα εγκαύματα κατάψυξης φαίνονται μετά την τήξη και επιδρούν στην εμφάνιση του κρέατος, στην ποιότητα βρώσης και στις ιδιότητες του στις επόμενες εφαρμογές. Η σοβαρή αφυδάτωση, το «καψάλισμα από ψύξη», που εμφανίζεται σε μικρά λευκά γκρι στίγματα, είναι η αρχική ένδειξη της αφυδάτωσης. Το «καψάλισμα από ψύξη» είναι φαινόμενο αντιστρεπτό και εξαφανίζεται όταν το κρέας τήκεται (Varnam, 1999).

3.7. Αλλοιώσεις του λίπους

Οι αλλοιώσεις του λίπους πραγματοποιούνται με αργό ρυθμό στο κατεψυγμένο κρέας. Δύο είναι οι βασικοί τύποι αλλοιώσεων του λίπους του κρέατος που προκαλούνται κατά την κατάψυξη του κρέατος. Ο πρώτος, και ο πιο σοβαρός, είναι η οξειδωτική τάγγιση και ο δεύτερος η λιπόλυση (Varnam, 1999).

3.7.1. Οξειδωτική τάγγιση

Η οξειδωτική τάγγιση κατά τη φύλαξη του κατεψυγμένου κρέατος είναι εξακριβωμένο φαινόμενο που μπορεί να οδηγήσει σε ουσιαστική απώλεια οργανοληπτικών χαρακτηριστικών του. Υπάρχουν δύο βασικοί συντελεστές που σχετίζονται με την κατάψυξη και αφορούν την ταχύτητα οξείδωσης. Στην πρώτη θέση, η μείωση της θερμοκρασίας, ελαττώνει την ταχύτητα των χημικών αντιδράσεων, ενώ στη δεύτερη, οι αντιδράσεις προχωρούν πιο γρήγορα με την συγκέντρωση των αντιδρώντων μέσα στο νερό που παραμένει. Η οξείδωση των λιπιδίων, στην πράξη, σταματάει στους -30°C όταν όλο το νερό έχει παγώσει, αλλά σε θερμοκρασίες -20°C περίπου, η αύξηση στην ταχύτητα αντίδρασης, που οφείλεται στην συγκέντρωση, είναι μεγαλύτερη από τη μείωση τη χαμηλή θερμοκρασία. Η οξείδωση των λιπιδίων είναι πιο γρήγορη στους -2°C μέχρι -4°C , όταν το περισσότερο από το νερό έχει παγώσει και η δράση των ενζύμων είναι πολύ έντονη. Μια γρήγορη έναρξη της τάγγισης μπορεί να αναμένεται κατά τη φύλαξη σε οικιακό ψυγείο «ενός αστέρος» (με φύλαξη περίπου στους -6°C) ή και σε οικιακό ψυγείο «δύο αστέρων» (με φύλαξη περίπου στους -12°C).

Κάτω από τυποποιημένες συνθήκες, η αντίδραση στην οξείδωση καθορίζεται από το βαθμό ακόρεστου. Επί αρκετά χρόνια πραγματοποιούνταν μεγάλη συζήτηση που αφορούσε τη σπουδαιότητα των φωσφολιπιδίων και των τριγλυκεριδίων στην ανάπτυξη των οξειδωτικής τάγγισης του κατεψυγμένου κρέατος κατά τη φύλαξη. Τα αποτελέσματα πολλών μελετών ήρθαν σε αντίθεση και μερικά από αυτά έδειχναν ότι τα τριγλυκερίδια σε αυτήν την αντίδραση δεν επιδρούσαν αλλά υπήρχε μεγάλη απώλεια φωσφολιπιδίων. Κατά ένα μεγάλο μέρος αυτές οι διαφωνίες προήλθαν από τις διαφορές στην κλιμάκωση του χρόνου και φάνηκε ότι η οξείδωση των λιπιδίων στα κατεψυγμένα κρέατα γίνεται σε δύο στάδια. Κατά το πρώτο στάδιο που διαρκεί

μόνο τρεις μήνες, γίνεται οξείδωση των φωσφολιπιδίων, ενώ τα τριγλυκερίδια οξειδώνονται στο δεύτερο στάδιο που διαρκεί 5-6 μήνες.

Η σταθερότητα των φωσφολιπιδίων στην οξείδωση, κατά ένα μέρος, είναι συνέπεια της υψηλής περιεκτικότητας σε λιπαρά οξέα ακόρεστα: ιδίως λινελαϊκού και αραχαδικού. Αυτά τα λιπαρά οξέα σχετίζονται στενά με τις κυτταρικές μεμβράνες και έτσι αυτές είναι ευπρόσβλητες σε διάφορες κατεργασίες του κρέατος, όπως π.χ. η κοπή του κιμά. Η κοπή του κιμά καταστρέφει τις μεμβράνες, οδηγώντας στην έκθεση στο οξυγόνο στα ένζυμα, στην οσμή και στα ιόντα των μετάλλων που μπορούν να οδηγήσουν σε γρήγορη τάγγιση: για το λόγο αυτό η τάγγιση μπορεί να είναι μεγάλο πρόβλημα.

Το χλωριούχο νάτριο είναι ένα ισχυρό μέσο υποβάθμισης της οξείδωσης και ισχυρό μέσο υποβάθμισης της οξείδωσης και ενισχύει την οξείδωση, σε μικρό βαθμό, των μπιφτεκιών. Υπάρχουν θεωρίες για τη καταλυτική επίδραση του NaCl, αλλά οι περισσότερες δεν μπορούν να ερμηνεύσουν όλα τα φαινόμενα που παρατηρούνται. Οι μηχανισμοί δεν έχουν ακόμα ερμηνευτεί πλήρως, αλλά φαίνεται ότι την καταλυτική επίδραση του NaCl στην οξείδωση των ιόντων μπορούν να δώσουν σύμπλοκα άλατα. Ο μηχανισμός περιλαμβάνει εκτόπιση των ιόντων του σιδήρου Fe από το NaCl από τα μακρομόρια, ενώ με απουσία NaCl περιορίζεται η ικανότητα του Fe να συμμετέχει σε οξειδωτικές αντιδράσεις. Τα πολυφωσφορικά, που περιορίζουν τις καταλυτικές για οξείδωση δράσεις του NaCl, φαίνεται ότι σταθεροποιούν τους δεσμούς του Fe με τα μικρομόρια.

3.7.2. Λιπόλυση

Η τάγγιση που οφείλεται σε ενζυμική λιπόλυση παρατηρείται στα κατεψυγμένα κρέτα, μολονότι η σημασία είναι συνήθως μικρότερη από αυτή της οξειδωτικής τάγγισης. Και οι λιπάσεις και οι φωσφολιπάσες λαμβάνουν μέρος στην αντίδραση ελευθερώνοντας λιπαρά οξέα. Τα ελεύθερα λιπαρά οξέα είναι τότε ευπαθή στην οξείδωση. Η ταχύτητα της οξείδωσης των ελεύθερων λιπαρών οξέων που προέρχονται από τα τριγλυκερίδια είναι μεγαλύτερη από αυτή των αρχικών τριγλυκεριδίων. Αυτό όμως δεν συμβαίνει όταν τα ελεύθερα λιπαρά οξέα προέρχονται από τα φωσφολιπίδια. Σε αυτήν την περίπτωση, η παρουσία ελεύθερων λιπαρών οξέων εμποδίζει την οξείδωση.

3.8. Χημική ανάλυση

Δεν υπάρχουν αναλυτικές μέθοδοι για να εφαρμοστούν στα προϊόντα κατεψυγμένου κρέατος. Οι αγοραστές κατεψυγμένων κρεάτων, τόσο βοδινών, όσο και χοιρινών, μπορεί να επιθυμούν τον προσδιορισμό του υπεροξειδίου του υδρογόνου (οξειδωτική τάγγιση) ή των ελεύθερων λιπαρών οξέων (λιπολυτική τάγγιση), μολονότι η αξία αυτών των μετρήσεων είναι αμφισβητήσιμη.

Σε κάποιες περιπτώσεις, ο καταναλωτής μπορεί να επιθυμεί να πληροφορηθεί αν το κρέας έχει καταψυχθεί σε κάποιο στάδιο της κατεργασίας του. Η καταστροφή των μεμβρανών, συμπεριλαμβανομένου και αυτών των μιτοχονδρίων, συμβαίνει κατά την κατάψυξη και έχει σαν αποτέλεσμα τη μεταφορά μερικών ενζύμων. Αυτό το φαινόμενο μπορεί να εκμεταλλευτεί και να πραγματοποιούνται έλεγχοι για τη διάκριση μεταξύ των κρεάτων που σαν κατεψυγμένα έχουν τακεί και αυτών που δεν έχουν ποτέ υποστεί κάποια μορφής κατάψυξη. Έχουν επιλεγεί διάφορα ένζυμα σαν αποδεικτικά στοιχεία, συμπεριλαμβανομένης της οξειδάσης του κυτοχρώματος του μιτοχονδρίου και της β-υδροξυακυλ-CoA δεϋδρογενάσης.

3.9. Μικροβιολογία

Οι μικροοργανισμοί δεν αναπτύσσονται σε θερμοκρασίες από τους -10°C και για αυτό το λόγο οι μολύνσεις λαμβάνουν χώρα κατά τους χειρισμούς πριν την κατάψυξη ή κατά την τήξη του κατεψυγμένου κρέατος. Έτσι, τα κατεψυγμένα κρέατα συμπεριφέρονται όπως τα αντίστοιχα νωπά, ενώ η ταχύτητα ανάπτυξης μικροοργανισμών είναι πιο γρήγορη μετά την τήξη. Αυτό οφείλεται στη έκκριση του ωπού. Κατά το παρελθόν, μεγάλες ποσότητες σφάιων είχαν εισαχθεί σε θερμοκρασίες από -5°C μέχρι -10°C . Σε αυτές τις θερμοκρασίες οι ψυχοτροφικές μούχλες αναπτύσσονται αργά κατά την παρατεταμένη συντήρηση και έτσι δημιουργείται αλλοίωση από την ανάπτυξη «ραβδώσεων» ή «στιγμάτων» διαφόρων χρωμάτων, ανάλογα με το είδος των μικροοργανισμών.

Πολύ λίγα κρέατα συντηρούνται σε αυτές τις συνθήκες θερμοκρασίας στο σύγχρονο εμπόριο και οι μούχλες εμφανίζονται σπάνια. Παρόλα αυτά, γίνεται λόγος για λαθραία μεταφορά φορτίων με σφάγια με πλοία, με μαύρα, πράσινα και λευκά στίγματα (ακόμα και φωσφορίζοντα). Οι μούχλες και οι μαγιές αποτελούν

προβλήματα στα αναμορφωμένα κρέατα που συντηρούνται στους -5°C , αλλά αυτά δεν μπορούν να θεωρηθούν πραγματικά κατεψυγμένα.

Κατά τη διάρκεια της κατάψυξης μπορεί να παρατηρηθεί κάποια θανάτωση των μικροοργανισμών το ίδιο συμβαίνει και κατά τη φύλαξη που ακολουθεί. Αυτό είναι συνέπεια της ενεργητικότητας του νερού που ελαττώνεται με την κατάψυξη. Οι περισσότερες κατεργασίες κατάψυξης και φύλαξης δεν μπορούν να θεωρηθούν ως μέσα μείωσης του φορτίου των παθογόνων μικροοργανισμών.

Η μικροβιολογική ανάλυση των προϊόντων του κατεψυγμένου κρέατος ομοιάζει με αυτή που εφαρμόζεται στα αντίστοιχα προϊόντα ψύξης. Η μικροβιολογική ανάλυση των εισαγομένων κατεψυγμένων κρεάτων, μπορεί να πραγματοποιηθεί για έλεγχο διατήρησης της θερμοκρασίας και εφαρμογής κανόνων υγιεινής. Μπορούν να εφαρμοστούν συνήθεις μέθοδοι. Συνήθως δεν πραγματοποιείται έλεγχος για παθογόνους μικροοργανισμούς σε κατεψυγμένα βοδινά και χοιρινά κρέατα, αν κρίνεται όμως αναγκαία ανάλυση, είναι απαραίτητος ο εμπλουτισμός (αναζωογόνηση των μικροοργανισμών).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

Συσκευασία του κατεψυγμένου χοιρινού και βοδινού κρέατος και των προϊόντων αυτών

Σύμφωνα με το ορθογραφικό και ερμηνευτικό λεξικό ο όρος συσκευασία αναφέρεται στην τακτοποίηση αντικειμένων σε κιβώτια ή δέματα για μεταφορά και στο εξωτερικό περίβλημα τυποποιημένου προϊόντος που γίνεται για την προστασία και την αυτοπροβολή του.

Αναλυτικότερα, η συσκευασία των τροφίμων εξυπηρετεί πολλαπλούς στόχους, οι σπουδαιότεροι από τους οποίους είναι οι εξής:

- I. Ενεργεί ως περιέκτης που επιμερίζει το τρόφιμο σε πωλήσιμες ποσότητες χωρίς να αλληλεπιδρά με αυτό κατά τρόπο τέτοιο ώστε να επηρεάζει αρνητικά την υγιεινή του κατάσταση και τα οργανοληπτικά του χαρακτηριστικά.
- II. Προστατεύει το τρόφιμο από παράγοντες του περιβάλλοντος, εσκεμμένη νοθεία ή υποκλοπή.
- III. Προβάλλει την ιδιαιτερότητά του προϊόντος και προσελκύει την προσοχή του καταναλωτή.
- IV. Πληροφορεί τον καταναλωτή για το προϊόν.
- V. Διευκολύνει την εμπορία του προϊόντος.
- VI. Διευκολύνει τον καταναλωτή στη χρήση του προϊόντος και στη διαχείριση των στερεών αποβλήτων.

Προκύπτει λοιπόν ότι η συσκευασία τροφίμων δεν προστατεύει μόνο το προϊόν από τους εξωτερικούς παράγοντες, ώστε να διατηρεί σταθερή την ποιότητά του για μεγάλο χρονικό διάστημα, αλλά ταυτόχρονα αποτελεί την τέχνη και την επιστήμη για την σωστή μεταχείριση και εμπορία του προϊόντος, καθώς και την ελκυστική παρουσίαση στον καταναλωτή, με απώτερο στόχο την προώθηση των πωλήσεων και τη μεγιστοποίηση των κερδών (Μπλούκας, 2004 (β)).

4.1. Η συμβολή της συσκευασίας στη συντήρηση των τροφίμων

Κύρια αποστολή της συσκευασίας οποιοδήποτε τροφίμου είναι να διατηρεί το συσκευασμένο τρόφιμο ποσοτικά και ποιοτικά αμετάβλητο μέχρι αυτό να χρησιμοποιηθεί από τον καταναλωτή. Αυτό ισχύει και για το καταψυγμένο χοιρινό και βοδινό κρέας. Η ποιότητα του συσκευασμένου κατεψυγμένου κρέατος, τόσο του χοιρινού, όσο και του βιδινού, υποβαθμίζεται, όταν επέλθουν μεταβολές στην υγιεινή του κατάσταση, τη θρεπτική του αξία και τα οργανοληπτικά του χαρακτηριστικά, όπως το άρωμα, την υφή, το χρώμα και την εμφάνιση αυτού. Η συσκευασία των τροφίμων στοχεύει έχει τη δυνατότητα να επηρεάσει ακόμα το ρυθμό και την έκταση που πραγματοποιούνται οι παραπάνω μεταβολές, οι οποίες έχουν σαν αποτέλεσμα την υποβάθμιση της ποιότητας των κατεψυγμένων τροφίμων.

Υπάρχουν βέβαια και κάποιοι παράγοντες οι οποίοι μπορούν να επιδράσουν αρνητικά και στο τρόφιμο υπό συσκευασία, αλλά και στον περιέκτη αυτού και διακρίνονται στις παρακάτω κατηγορίες (Μπλούκας, 2004 (β)).

4.1.1. Μηχανικά αίτια

Τα τρόφιμα γενικά, αλλά και το κρέας ειδικά, τόσο πριν όσο και μετά την κατάψυξή του, υπόκεινται σε δονήσεις κατά τη διακίνηση τους με τα μέσα μεταφοράς, σε συμπίεση και σύνθλιψη κατά την τοποθέτησή τους σε στοιβάδες, σε απόξυσή της επιφάνειάς τους από την επαφή τους με τον εξοπλισμό στη διάρκεια της παραγωγής και μεταφοράς, σε τρύπημα και σπάσιμο από προσκρούσεις και χτυπήματα κατά το χειρισμό των προϊόντων ή από τις δονήσεις και τους κραδασμούς κατά τη μεταφορά τους, καθώς και άλλες μηχανικές καταπονήσεις.

Η ζημιά από την επίδραση των μηχανικών αιτιών μπορεί να επιφέρει φυσικές μεταβολές στο προϊόν, οι οποίες μπορούν να μειώσουν την εμπορική αξία του προϊόντος, αλλά κάποιες φορές η ζημιά από μηχανική αιτία μπορεί να αποτελέσει την αρχή για παραπέρα υποβάθμιση του κατεψυγμένου κρέατος από μικροοργανισμούς και ένζυμα. Τέλος, μπορεί να προκληθεί και η καταστροφή του περιέκτη με οικονομικές συνέπειες.

Η δυνατότητα μιας συσκευασίας να προστατεύει τα τρόφιμα από μηχανικά αίτια εξαρτάται από την ικανότητα της να αποσβέσει ή να αντισταθεί στην επίδρασή τους. Στην περίπτωση των ζημιών από μηχανικά αίτια συμβάλλει:

1. Η επιλογή συσκευασίας με ισχυρά τοιχώματα ή με τοιχώματα τα οποία είναι ισχυρά και άκαμπτα εξωτερικά αλλά ελαστικά εσωτερικά.
2. Η σφικτή συρρικνωμένη συσκευασία που περιορίζει την κίνηση του προϊόντος κατά την μεταφορά του με αποτέλεσμα να αποφεύγονται τα κτυπήματα και άλλες μηχανικές καταπονήσεις.
3. Η χρησιμοποίηση συμπληρωματικών υλικών συσκευασίας που μπορούν και μειώνουν ή αποσβένουν τους κραδασμούς κατά την πρόσκρουση ή τη μεταφορά των προϊόντων.

Για την επιλογή της κατάλληλης συσκευασίας με σκοπό την προστασία του τροφίμου από βλάβες που προέρχονται από μηχανικά αίτια επιβάλλεται η γνώση:

1. Η ευαισθησία του υπό συσκευασία προϊόντος στις μηχανικές βλάβες υποβάλλοντας δείγματα αυτού σε μια σειρά από μηχανικές δοκιμές.
2. Τις πιθανές βλάβες που είναι δυνατόν να υποστεί το προϊόν στη διάρκεια της παραγωγής, της αποθήκευσης, της μεταφοράς και της διακίνησης του με εντοπισμό των σημείων που παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη συχνότητα.
3. Τις μηχανικές ιδιότητες του υλικού συσκευασίας, του περιέκτη και του συσκευασμένου προϊόντος μαζί με τον περιέκτη, υποβάλλοντας και πάλι το κάθε ένα από αυτά σε σειρά μηχανικών δοκιμών.

Σε όλες τις παραπάνω περιπτώσεις μετρείται η τάση ή η ενέργεια που απαιτείται για να προκαλέσει την καταστροφή ή την παραμόρφωση του υλικού ή του περιέκτη. Σε ορισμένες ειδικές περιπτώσεις γίνονται πρόσθετες μηχανικές δοκιμές που περιλαμβάνουν τη δοκιμή αναδίπλωσης χάρτινων υλικών, την αντίσταση στο σχηματισμό οπών και την απόξεση και τη αντοχή στη διαβροχή με το νερό. Επίσης, σε άλλες ειδικές περιπτώσεις πραγματοποιούνται δοκιμές επιταχυνόμενης παλαίωσης του υλικού συσκευασίας ή του περιέκτη, ειδικά στις περιπτώσεις κατεψυγμένων προϊόντων, όπως το χοιρινό και βοδινό κρέας, για να διαπιστωθεί αν η μηχανική αντοχή μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της διατήρησης του προϊόντος κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες.

4.1.2. Υγρασία

Η περιεκτικότητα σε υγρασία ενός προϊόντος, το οποίο είναι εκτεθειμένο στο περιβάλλον χώρο χωρίς συσκευασία, εξαρτάται από τη σχετική υγρασία του περιβάλλοντος με το οποίο το προϊόν βρίσκεται σε άμεση επαφή. Γενικά, αν ένα προϊόν διατηρηθεί σε επαφή με τον αέρα που έχει ορισμένη θερμοκρασία και σχετική υγρασία, θα προσβάλει ή θα αποβάλει ορισμένη ποσότητα σχετικής υγρασίας, μέχρις επέλθει εξισορρόπηση μεταξύ της περιεκτικότητας του προϊόντος και του περιβάλλοντος. Η περιεκτικότητα του προϊόντος σε υγρασία μετά την εξισορρόπηση καλείται ισοδύναμη υγρασία ή υγρασία εξισορρόπησης και ισχύει για τις συγκεκριμένες συνθήκες θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας του χώρου που περιβάλλει το προϊόν.

Στις περιπτώσεις εκείνες στις οποίες η πρόσληψη ή η αποβολή υγρασίας πρέπει να αποφευχθεί στη διάρκεια της συντήρησης των τροφίμων, θα πρέπει αυτά να συσκευαστούν σε περιέκτη με χαμηλή διαπερατότητα στους υδρατμούς. Ειδικά για την αποφυγή των εγκαυμάτων κατάψυξης δεν αρκεί η συσκευασία να είναι απόλυτα στεγανή στους υδρατμούς, αλλά ταυτόχρονα πρέπει να είναι και συρρικνωμένη, ώστε να εφάπτεται πλήρως στην επιφάνεια του προϊόντος χωρίς κενούς χώρους.

4.1.3. Οξυγόνο

Το οξυγόνο αποτελεί αιτία ανεπιθύμητων μεταβολών στα τρόφιμα λόγω των αντιδράσεων οξείδωσης που προκαλεί σε αυτά και οι οποίες επηρεάζουν την οσμή και τη γεύση, το χρώμα, τη θρεπτική αξία και σε κάποιες περιπτώσεις τα χαρακτηριστικά των τροφίμων γενικά και του κατεψυγμένου χοιρινού και βοδινού κρέατος ειδικά. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, η τάγγιση του κατεψυγμένου κρέατος είναι ένα παράδειγμα αλλοίωσης εξαιτίας του οξυγόνου, μια που αυτό επιρεάζει το είδος των μικροοργανισμών που οι οποίοι μπορούν να αναπτυχθούν και να αλλοιώσουν το αλλοιώσουν, αφού τα βακτήρια, οι μύκητες και οι ζύμες έχουν διαφορετικές απαιτήσεις σε οξυγόνο για την ανάπτυξή τους.

Ιδιαίτερα ευαίσθητα στην οξείδωση είναι τα τρόφιμα τα οποία είναι πλούσια σε λίπος με υψηλή περιεκτικότητα σε ακόρεστα λιπαρά οξέα, όπως συμβαίνει και με το χοιρινό και βοδινό κρέας προς κατάψυξη. Η οξείδωση των ακόρεστων λιπαρών οξέων ξεκινά με το σχηματισμό ελευθέρων ριζών παρουσία ιόντων σιδήρου,

θερμότητας, ή φωτός, με φωτο-οξειδωση παρουσία ουσιών που είναι ευαίσθητες στο φως, όπως η μυοσφαιρίνη (και η χλωροφύλλη) και με την καταλυτική δράση ενζύμων, όπως η λιποξυγενάση. Η αντίδραση του οξυγόνου με τα ακόρεστα λιπαρά οξέα, ανεξάρτητα με το μηχανισμό έναρξης, οδηγεί αρχικά στο σχηματισμό υδροϋπεροξειδίων (ROOH), τα οποία είναι άχρωμα και άοσμα. Τα υπεροξειδία στη συνέχεια διασπώνται σε οργανικές ενώσεις μικρού μοριακού βάρους, όπως οι αλδεΐδες, οι αλκοόλες και οι κετόνες, οι οποίες είναι υπεύθυνες για την ανάπτυξη δυσάρεστης οσμής και γεύσης, γνωστή ως τάγγιση, που υποβαθμίζει αισθητά την ποιότητα του προϊόντος.

Οι αρνητικές επιδράσεις του οξυγόνου στην ποιότητα των τροφίμων, λόγω των αντιδράσεων οξείδωσης, μπορούν να μειωθούν ή ακόμα και να αποφευχθούν με τη χρησιμοποίηση κατάλληλων αντιοξειδωτικών ουσιών ή με την επιλογή κατάλληλης συσκευασίας.

4.1.4. Φως

Η παρατεταμένη έκθεση των τροφίμων στο φως κατά κανόνα επηρεάζει αρνητικά τη ποιότητά τους, επειδή δρα το ως καταλύτης σε πολλές οξειδωτικές αντιδράσεις. Έτσι, το φως καταλύει την οξείδωση των λιπών και των ελαίων, με αποτέλεσμα την οξειδωτική τάγγιση αυτών, την οξείδωση διαφόρων χρωστικών που απαντούν τόσο στα φυτικά όσο και στα ζωικά προϊόντα, την οξείδωση διαφόρων βιταμινών και αμινοξέων με αποτέλεσμα την μείωση της θρεπτικής αξίας των τροφίμων. Επίσης, η παρατεταμένη έκθεση στο φως αλλοιώνει και κάποια από τα υλικά συσκευασίας, όπως το χαρτί και διαφανείς μεμβράνες. Η αλλοίωση που προκαλεί συνίσταται σε αποχρωματισμό αυτών ή και στην ικανότητα τους να προστατέψουν το συσκευασμένο προϊόν.

Η καταλυτική δράση του φωτός εξαρτάται από το μήκος κύματος και την ένταση του, καθώς και από τη διάρκεια έκθεσής του προϊόντος στο φως. Την πλέον καταλυτική δράση στις χημικές αντιδράσεις ασκεί το φως με το μικρότερο μήκος κύματος στο ορατό και υπεριώδες φάσμα. Υπάρχουν και κάποιες ουσίες, όπως η ριβαφλαβίνη, τι β-καροτένιο, η βιταμίνη Α και τα υπεροξειδία των λιπαρών οξέων, που καλούνται υπερευαίσθητες ουσίες και είναι αρκετά ευαίσθητες στη οξείδωση και οξειδώνονται γρήγορα κατά την έκθεσή τους στο φως.

Η δυσμενής επίδραση του φωτός δεν περιορίζεται μόνο στην επιφάνεια του προϊόντος στο οποίο προσπίπτει, αλλά διεισδύει και στο εσωτερικό. Συνεπώς, όλα τα τρόφιμα που είναι άμεσα εκτεθειμένα στο φως, καθώς και εκείνα που είναι συσκευασμένα σε διαφανείς περιέκτες κινδυνεύουν άμεσα από τη δυσμενή επίδραση του φωτός.

4.1.5. Θερμοκρασία

Κάθε περιέκτης που χρησιμοποιείται στη συσκευασία τροφίμων πρέπει να είναι σε θέση να αντισταθεί στις μεταβολές της θερμοκρασίας, οι οποίες είναι δυνατόν να επέλθουν στη διάρκεια της επεξεργασίας και της συντήρησης του προϊόντος, και να μην υποστεί καμία αλλαγή στην εμφάνισή του ή στην ικανότητα του να προστατέψει το προϊόν. Έτσι, οι περιέκτες για τα κατεψυγμένα τρόφιμα πρέπει να είναι ανθεκτικοί στις χαμηλές θερμοκρασίες συντήρησης των προϊόντων υπό κατάψυξη.

Στην επιλογή της κατάλληλης συσκευασίας, για προϊόντα τα οποία θα υποστούν κατάψυξη (ή θερμική επεξεργασία), πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και η θερμοαγωγημότητα του υλικού συσκευασίας. Αυτό είναι απαραίτητο για να προσδιοριστούν σωστά οι ανάγκες του προϊόντος σε ψύξη και να προσδιοριστεί ο χρόνος για τη θερμική επεξεργασία, την ψύξη την κατάψυξη και την απόψυξη των προϊόντων (και για θέρμανση).

4.1.6. Πτητικές ουσίες

Τρόφιμα όπως το κρέας (αλλά και το βούτυρο, η μαργαρίνη, τα αυγά κ.τ.λ.) που είναι πλούσιο σε λιπαρές ουσίες, έχουν την ιδιότητα να προσλαμβάνουν ανεπιθύμητες οσμές από το περιβάλλον. Τις οσμές αυτές τις προσλαμβάνουν τα τρόφιμα κυρίως από καύσιμα, χρώματα, άλλα οσμηρά τρόφιμα, όπως τα κρεμμύδια κ.ά., τα οποία βρίσκονται στο άμεσο περιβάλλον των τροφίμων. Βέβαια, στην περίπτωση των κατεψυγμένων προϊόντων τα γύρω τρόφιμα είναι πιο περιορισμένα σε αριθμό, αλλά και πάλι κρίνεται απαραίτητη η συσκευασία των τροφίμων σε περιέκτες οι οποίοι θα είναι στεγανοί στις πτητικές ουσίες.

4.1.7. Μικροοργανισμοί

Οι μικροοργανισμοί, κατά την ανάπτυξη τους στα τρόφιμα, καταναλώνουν θρεπτικά στοιχεία και παράγουν διάφορα προϊόντα μεταβολισμού. Επίσης, ελευθερώνουν εξωκυτταρικά ένζυμα τα οποία επηρεάζουν την υφή, το άρωμα και την εμφάνιση των προϊόντων. Μάλιστα υπάρχουν και κάποια ένζυμα τα οποία δρουν και μετά το θάνατο του μικροοργανισμού.

Η δράση των μικροοργανισμών στα τρόφιμα, με τις μεταβολές που επιφέρουν σε αυτά μπορεί να είναι επωφελής ή επιζήμια. Επωφελής είναι όταν βελτιώνουν τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των τροφίμων και τη διάρκεια συντήρησής τους, όπως συμβαίνει με τα προϊόντα ζύμωσης που παράγονται από τη δράση των μικροοργανισμών. Αντίθετα, στην περίπτωση που οι μικροοργανισμοί οδηγούν σε ανεπιθύμητες μεταβολές, προκαλούν αλλοίωση των τροφίμων και θέτουν σε κίνδυνο την υγεία των καταναλωτών.

Η συσκευασία επηρεάζει τη μικροβιολογική σταθερότητα των τροφίμων με δύο βασικούς τρόπους:

Με την αποτροπή της μόλυνσης του συσκευασμένου τροφίμου με μικροοργανισμούς που μπορούν να προκαλέσουν την αλλοίωση του ή πιθανόν να θέσουν την υγεία του καταναλωτή σε κίνδυνο, με την εξασφάλιση πλήρους στεγανότητας στη διείσδυση των μικροοργανισμών από το περιβάλλον.

Με την επικράτηση συνθηκών στο εσωτερικό του περιέκτη, κυρίως από πλευράς οξυγόνου και υγρασίας, που εμποδίζουν ή ευνοούν την ανάπτυξη και τον πολλαπλασιασμό των μικροοργανισμών που υπάρχουν στο συσκευασμένο προϊόν.

Κατά κανόνα, όλα τα τρόφιμα μπορούν να προσβληθούν από τους μικροοργανισμούς. Η ευαισθησία τους στους μικροοργανισμούς ποικίλει και εξαρτάται σημαντικά από τις συνθήκες περιβάλλοντος στο οποίο διατηρούνται. Κατά συνέπεια, και οι απαιτήσεις των τροφίμων σε συσκευασία, όσον αφορά την προστασία τους από τους μικροοργανισμούς, ποικίλουν ανάλογα με τη μέθοδο συντήρησης του προϊόντος.

Στα τρόφιμα λοιπόν που συντηρούνται σε κατάψυξη, σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες δηλαδή, η συσκευασία περιορίζει την ανάπτυξη μικροοργανισμών, αλλά ο ρόλος της δεν είναι τόσο σημαντικός. Αν όμως οι συνθήκες συντήρησης των προϊόντων μεταβληθούν, και κυρίως η θερμοκρασίας κατάψυξης, τότε τα προϊόντα αυτά θα αλλοιωθούν.

4.1.8. Έντομα

Η προσβολή των τροφίμων από έντομα είναι τελείως ανεπιθύμητη, και αυτό γιατί μολύνουν τα τρόφιμα με το σώμα τους, και τα απορρίμματα τους, αλλά και γιατί μπορεί να μεταφέρουν στα τρόφιμα παθογόνους μικροοργανισμούς. Ταυτόχρονα, μειώνεται η εμπορική αξία των προϊόντων από την παρουσία και μόνο των εντόμων.

Στα κατεψυγμένα τρόφιμα η παρουσία εντόμων είναι περιορισμένη, μια που η επεξεργασία και η συντήρηση αυτών πραγματοποιείται σε χαμηλές θερμοκρασίες, θερμοκρασίες απαγορευτικές για τα έντομα.

4.1.9. Τρωκτικά

Τα τρωκτικά αποτελούν τάξη των θηλαστικών τα οποία με τα ισχυρά τους δόντια μπορούν να κόβουν ακόμα και τις σκληρότερες ουσίες. Μόνο οι μεταλλικοί και γυάλινοι περιέκτες μπορούν να εμποδίσουν τη ζημιά από τα τρωκτικά. Η εξασφάλιση άριστων υγιεινών συνθηκών στους αποθηκευτικούς χώρους επιτυγχάνει την απουσία των τρωκτικών. Επίσης, η χρήση παγίδων και εκλεκτικών φαρμάκων, τα οποία δεν έρχονται σε επαφή με το προϊόν, βοηθούν.

4.2. Πληροφορίες που αναγράφονται στην συσκευασία

Τα στοιχεία τα οποία πρέπει να αναγράφονται υποχρεωτικά στη συσκευασία των κατεψυγμένων κρεάτων, χοιρινού και βοδινού, όπως επίσης και σε όλες τις συσκευασίες τροφίμων, είναι τα εξής:

1. Η ονομασία του προϊόντος, η φυσική του κατάσταση και η επεξεργασία που υπέστη. Στόχος των πληροφοριών αυτών είναι η αποφυγή πιθανής σύγχυσης μεταξύ νωπού και κατεψυγμένου κρέατος.
2. Η σύσταση του προϊόντος (π.χ. βοδινά ή χοιρινό κιμά μπιφτέκια) και η περιεκτικότητά του σε βασικά συστατικά και ουσίες (πρόσθετα) που χρησιμοποιήθηκαν στην παρασκευή του και είναι ακόμα στο προϊόν, με αναγραφή αυτών σε σειρά μείωσης της κατά βάρος περιεκτικότητας.
3. Η καθαρή ποσότητα του συσκευασμένου προϊόντος, εκφρασμένη σε kg ή gr, ακολουθούμενη από το γράμμα e, αν το προϊόν έχει παραχθεί και ακολουθεί τις οδηγίες της Ε.Ε. που αφορούν τα μέτρα και τα σταθμά.

4. Η χρονολογία ελάχιστης διατηρησιμότητας, η οποία προσδιορίζει το χρόνο στον οποίο το προϊόν διατηρεί αμετάβλητη την ποιότητα του. Αυτή εκφράζεται με την ένδειξη «ανάλωση κατά προτίμηση πριν από.....» ακολουθούμενη από την ημέρα και το μήνα, για προϊόντα που διατηρούνται μέχρι 3 μήνες, το μήνα και το έτος, για προϊόντα που συντηρούνται από 3-18 μήνες και το έτος, για προϊόντα που είναι ικανά να συντηρηθούν για μεγαλύτερο διάστημα από 18 μήνες.
5. Οι ιδιαίτερες συνθήκες διατήρησης του προϊόντος, όπως π.χ. «διατήρηση στη κατάψυξη».
6. Το όνομα και η διεύθυνση του παρασκευαστή, συσκευαστή ή πωλητή του προϊόντος στην Ε.Ε.
7. Ο τόπος παραγωγής ή προέλευσης του προϊόντος στην περίπτωση που υπάρχει κίνδυνος παραπλάνησης του καταναλωτή, όπως συμβαίνει πολλές φορές με τα κατεψυγμένα κρέατα, τα οποία προέρχονται από ξένες χώρες και παρουσιάζονται ως ελληνικά.
8. Οι οδηγίες χρησιμοποίησης του προϊόντος στην περίπτωση που οι παράληψή τους δεν επιτρέπει τη σωστή χρήση από τον καταναλωτή, όπως π.χ. τρόπος απόψυξης του κατεψυγμένου κρέατος.

Επίσης, στις συσκευασίες κατεψυγμένου κρέατος πρέπει να αναγράφονται και τα παρακάτω στοιχεία:

1. Η διατροφική αξία που δίνει τις απαραίτητες πληροφορίες στον καταναλωτή για την απόδοση του προϊόντος σε θερμίδες και την περιεκτικότητά του σε ορισμένα θρεπτικά στοιχεία, όπως πρωτεΐνες, υδατάνθρακες, λίπη, βιταμίνες και άλατα.
2. Το σήμα καταλληλότητας που με βάση την οδηγία 92/95 της Ε.Ε., η οποία τέθηκε σε ισχύ την 1-1-1998, τα προϊόντα με βάση το κρέας (και το γάλα) πρέπει να το φέρουν και το οποίο αναγράφει ότι οι εγκαταστάσεις παραγωγής του συγκεκριμένου προϊόντος είναι σύμφωνες με τους κανονισμούς της Ε.Ε. Το σήμα καταλληλότητας περιλαμβάνει εντός κύκλου τα αρχικά της χώρας παραγωγής του προϊόντος με κεφαλαία γράμματα, τον αριθμό έγκρισης της εγκατάστασης παραγωγής του προϊόντος από τις αρμόδιες αρχές και τα αρχικά της Ε.Ε. στην επίσημη γλώσσα της χώρας παραγωγής του προϊόντος.

3. Ο γραμμωτός κώδικας, το σύστημα επισήμανσης και κωδικοποίησης των προϊόντων το οποίο είναι κατανοητό από τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές και συμβάλλει αποτελεσματικά στην καλύτερη διακίνηση και στην εμπορία τους.

5 " 201627 " 020043 "

"5201" 2341"

520 = ΕΛΛΑΔΑ

Σχήμα 14. Γραμμωτός κώδικας σε ελληνικό προϊόν

4.3. Πρωτογενής, δευτερογενής και τριτογενής συσκευασία

Ως πρωτογενής συσκευασία ή συσκευασία πώλησης χαρακτηρίζεται η συσκευασία εκείνη η οποία έρχεται σε επαφή με το προϊόν και η οποία είναι κατασκευασμένη κατά τρόπο τέτοιο ώστε στο σημείο αναφοράς να αποτελεί ξεχωριστή μονάδα πώλησης στον τελικό χρήστη ή καταναλωτή του προϊόντος (Μπλούκας, 2004 (β)). Η συσκευασία πώλησης μπορεί να είναι ένα απλό περιτύλιγμα του κρέατος π.χ. στον κρεοπώλη ή να έχει την μορφή του περιέκτη του κατεψυγμένου κρέατος.

Ως δευτερογενής συσκευασία ή περισυσκευασία χαρακτηρίζεται η συσκευασία η οποία χρησιμοποιείται ως πρόσθετη συσκευασία που περιβάλλει την πρωτογενή συσκευασία ή ορισμένο αριθμό μονάδων της πρωτογενούς συσκευασίας (Μπλούκας, 2004 (β)). Σκοπός της είναι η διευκόλυνση της προβολής και της διάθεσης των προϊόντων με τη μέθοδο της αυτοεξυπηρέτησης, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να αντικαθιστά ή να συμπληρώνει ορισμένες ιδιότητες της πρωτογενούς συσκευασίας. Έτσι, προστατεύεται η πρωτογενής συσκευασία από τις μηχανικές καταπονήσεις και της σκόνη, χωρίς η δευτερογενής συσκευασία να έρχεται σε επαφή με το προϊόν. Συνεπώς, μπορεί να αφαιρεθεί από το προϊόν χωρίς να αλλοιωθούν τα χαρακτηριστικά του.

Ως τριτογενής συσκευασία ή συσκευασία μεταφοράς χαρακτηρίζεται η συσκευασία εκείνη η οποία είναι σχεδιασμένη κατά τρόπο ώστε να διευκολύνει τη διακίνηση και τη μεταφορά ενός αριθμού συσκευασιών πώλησης ή περισυσκευασιών, προκειμένου να γίνει αποτελεσματικότερη η μεταχείριση του προϊόντος και να αποφευχθούν ζημιές, από μηχανικά κυρίως αίτια, κατά τη μεταφορά (Μπλούκας, 2004 (β)).

4.4. Βασικές αρχές για την επιλογή της ενδεικνυόμενης συσκευασίας

Ως ιδανική συσκευασία τροφίμων θα μπορούσε να χαρακτηριστεί η συσκευασία που διαθέτει μεταξύ άλλων τα εξής χαρακτηριστικά (Μπλούκας, 2004 (β)):

1. Είναι απόλυτα ασφαλής για την υγεία του καταναλωτή.
2. Έχει μικρό βάρος και δεν καταλαμβάνει χώρο.
3. Ο καταναλωτής μπορεί να βλέπει το προϊόν που αγοράζει, μια που η συσκευασία είναι διαφανής.
4. Είναι αρκετά ελκυστική για τον καταναλωτή.
5. Είναι απόλυτα στεγανή στους υδρατμούς και τα αέρια ή επιτρέπει την ελεγχόμενη μεταφορά τους ανάλογα με τη φύση του συσκευασμένου προϊόντος.
6. Παρουσιάζει την απαιτούμενη ανθεκτικότητα στις μηχανικές καταπονήσεις και στη διατήρηση και έκθεση του προϊόντος σε ένα μεγάλο εύρος θερμοκρασιών.
7. Έχει χαμηλό κόστος κατασκευής από υλικά που είναι εύκολα διαθέσιμα.
8. Παρουσιάζει καλή προσαρμοστικότητα στα μηχανήματα συσκευασίας.
9. Εξασφαλίζει ερμητικό κλείσιμο, ευκολία στο άνοιγμα, δυνατότητα επαναλαμβανόμενου κλεισίματος και ομαλή εκκένωση του προϊόντος.
10. Παρέχει τις απαραίτητες πληροφορίες στον καταναλωτή.
11. Είναι φιλική στο περιβάλλον και διευκολύνει το χειρισμό των στερεών αποβλήτων.

Είναι προφανές ότι η ιδανική συσκευασία των τροφίμων δεν υπάρχει. Τα υλικά

και τα μηχανήματα συσκευασίας συνεχώς βελτιώνονται με συνέπεια να εξασφαλίζεται μια συσκευασία που πληροί τις περισσότερες αλλά όχι όλες τις προϋποθέσεις της ιδανικής συσκευασίας.

Για την επιλογή της πλέον κατάλληλης συσκευασίας για ένα προϊόν πρέπει να αξιολογηθούν πολύ παράγοντες, όπως η φύση του προϊόντος, η αξιολόγηση των απαιτήσεων του προϊόντος σε προστασία, η διερεύνηση των διαθέσιμων υλικών συσκευασίας, η μελέτη του καταναλωτή στον οποίο απευθύνεται το προϊόν, ο σχεδιασμός και η κατασκευή του περιέκτη, η διερεύνηση του κόστους κατασκευής της συσκευασίας σε σχέση με την τιμή του προϊόντος και τη μελέτη του τρόπου διαχείρισης των στερών αποβλήτων που θα προκύψουν από τη χρήση του προϊόντος.

4.5. Συσκευασία κατεψυγμένου χοιρινού και βοδινού κρέατος

Είναι ιδιαίτερα σημαντικό να προστατεύεται το κατεψυγμένο βοδινό και χοιρινό κρέας από την αφυδάτωση του, που μπορεί να οδηγήσει σε εγκαύματα της κατάψυξης και για αυτό το λόγο απαιτείται κάλυψη με φιλμ μικρής διαπερατότητας από υγρασία, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω. Ομοίως, απαιτείται αξιολόγηση μηχανική αντοχή, αφού η άκαμπτη μορφή του κατεψυγμένου κρέατος μπορεί να οδηγήσει σε καταστροφή του κατά τη συσκευασία.

Υπάρχουν πολύ τρόποι συσκευασίας τροφίμων, αλλά για τη συσκευασία του κατεψυγμένου κρέατος, τόσο του χοιρινού όσο και του βοδινού, οι επιλογές είναι περιορισμένες. Όσον αφορά στα χύμα μεγάλα κομμάτια κατεψυγμένων προϊόντων, όπως λουκάνικα ή κομμάτια από χοιρινό προτείνεται συσκευασία σε μεγάλους σάκους πολυαιθυλενίου, οι οποίοι και πρέπει να έχουν μεγάλη μηχανική αντοχή (Varnam, 1999). Αναφορικά με τα μικρότερα κομμάτια του χοιρινού και βοδινού κρέατος προτείνεται η εύκαμπτη συρρικνωμένη συσκευασία

4.6. Εύκαμπτη συρρικνωμένη συσκευασία

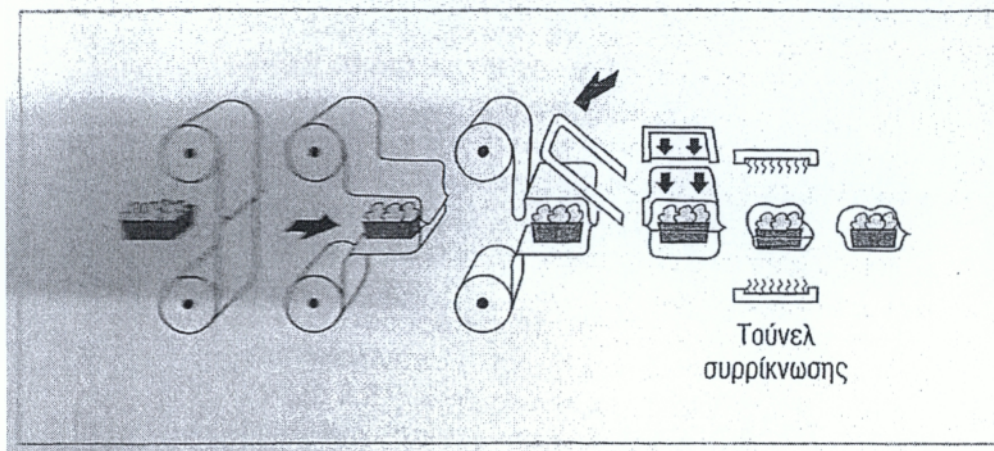
Η εύκαμπτη συρρικνωμένη συσκευασία κατατάσσεται στις πλαστικές συσκευασίες. Με τον όρο πλαστικά νοούνται όλα τα πολυμερή και αναφέρεται τόσο στα ίδια τα πλαστικά όσο και στα αντικείμενα που κατασκευάζονται από αυτά. Τα πολυμερή είναι οργανικές ενώσεις το μόριο των οποίων σχηματίζεται από την

επανάληψη μιας ή περισσότερων δομικών μονάδων που ενώνονται μεταξύ τους με μια μακρομοριακή αλυσίδα με πολύ μεγάλο μοριακό βάρος. Οι επαναλαμβανόμενες δομικές μονάδες που απαρτίζουν το μόριο του πολυμερούς χαρακτηρίζονται ως μονομερή. Ανάλογα με τη φύση του μονομερούς, του τρόπου, 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 ιδιότητες.

Οι πλαστικές συσκευασίες αποτελούν το νεότερο και το μεγαλύτερο όγκο συσκευασίας των τροφίμων, με αλματώδη αύξηση τα τελευταία χρόνια. Το χαμηλό κόστος παραγωγής και οι πολλαπλές ιδιότητες των υλικών κάνει τη χρήση του πλαστικού ιδιαίτερα ελκυστική.

Ως εύκαμπτα υλικά συσκευασίας χαρακτηρίζονται τα υλικά εκείνα τα οποία είναι ευλύγιστα και όχι άκαμπτα ή συμπαγή. Τέτοια υλικά συσκευασίας είναι και οι πλαστικές μεμβράνες (μαζί με το χαρτί και το φύλλο αλουμινίου), που χρησιμοποιούνται για την συσκευασία κατεψυγμένου βοδινού και χοιρινού κρέατος. Οι πλαστικές μεμβράνες χρησιμοποιούνται στην κατασκευή εύκαμπτης πλαστικής συσκευασίας.

Στη εύκαμπτη συρρικνωμένη πλαστική συσκευασία το προϊόν τοποθετείται μέσα σε ειδικές εύκαμπτες πλαστικές σακούλες από διαζονικά προσανατολισμένη μεμβράνη (Μπλούκας, 2004 (β)). Στη συνέχεια εφαρμόζεται κενό με αποτέλεσμα η πλαστική σακούλα να αποκτά το σχήμα του συσκευασμένου προϊόντος. Το άνοιγμα της πλαστικής σακούλας συστρέφεται και δένεται με μεταλλικό έλασμα ή κλείνει με θερμοσυγκόλληση. Το συσκευασμένο προϊόν διέρχεται μέσα από τούνελ, όπου επικρατούν ήπιες συνθήκες από πλευράς θερμοκρασίας, ή βυθίζεται σε θερμό νερό. Κάτω από τις συνθήκες αυτές το υλικό συσκευασίας συστέλλεται έντονα και έρχεται σε πλήρη επαφή με την επιφάνεια του προϊόντος ακόμη και στην περίπτωση που αυτό έχει ακανόνιστο σχήμα.



Σχήμα 15. Σχηματική απεικόνιση της συρρικνωμένης συσκευασίας (Μπλούκας (β), 2004, σελ. 128)

Η συρρικνωμένη συσκευασία είναι απαραίτητη για τα προϊόντα που συντηρούνται με κατάψυξη και έχουν ακανόνιστο σχήμα, όπως είναι το κρέας, χοιρινό και βοδινό. Με τη συσκευασία αυτή απομακρύνονται οι εγκλωβισμένες φυσαλίδες αέρα και δεν υπάρχουν κενοί χώροι μεταξύ της επιφάνειας του προϊόντος και του περιέκτη. Έτσι, περιορίζεται η εξάχνωση των παγοκρυστάλλων και η εμφάνιση εγκαυμάτων κατάψυξης στην επιφάνεια του προϊόντος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

Συμπεράσματα και Διαπιστώσεις

Η κατάψυξη του κρέατος αποτελεί μία από τις σημαντικότερες μεθόδους συντήρησης αυτού. Συνίσταται στον υποβιβασμό της θερμοκρασίας του κρέατος κάτω από σημείο τήξης του νερού σε τέτοια βαθμό μάλιστα που το μεγαλύτερο μέρος του νερού κρυσταλλοσκοπείται. Με τον τρόπο αυτό το ελεύθερο νερό δεσμεύεται και δεν μπορούν να αναπτυχθούν μικροοργανισμοί. Ταυτόχρονα δεν λαμβάνουν χώρα ενζυμικές ή χημικές αντιδράσεις ή αν δεν αδρανοποιούνται πλήρως τελούνται με εξαιρετικά αργό ρυθμό.

Στην βραδεία κατάψυξη οι μυϊκές ίνες παραμορφώνονται λόγω της μηχανικής δράσης των μεγάλων κρυστάλλου πάγου που σχηματίζονται. Στην ταχεία κατάψυξη ή υπερταχεία κατάψυξη οι μεταβολές αυτές περιορίζονται σημαντικά. Οι μεταβολές αυτές είναι τόσο αμελητέες που στο κατεψυγμένο κρέας, τόσο το χοιρινό όσο και το βοδινό, δύσκολα διακρίνεται ιστολογικά από το φρέσκο.

Το κρέας μετά την κατάψυξη του μεταφέρεται στους ειδικούς χώρους φύλαξης, τους ψυκτικούς θαλάμους. Σε αυτούς τους θαλάμους πραγματοποιείται η φάση της συντήρησης. Οι συνθήκες που επικρατούν σε αυτούς τους θαλάμους καθορίζουν την ποιότητα του κατεψυγμένου κρέατος. Έτσι, ανάλογα με τις μεταβολές που μπορεί να υπέστη το κατεψυγμένο κρέας ή δεν υπέστη προκύπτουν ή όχι αλλοιώσεις στο υπό κατάψυξη προϊόν.

Σημαντικό ρόλο παίζουν λοιπόν οι συνθήκες που επικρατούν κατά τη διάρκεια της κατάψυξης. Η σταθερότητα της θερμοκρασίας, η υγρασία και η κίνηση του αέρα που επικρατούν στον ψυκτικό θάλαμο αποτελούν του βασικούς παράγοντες διατήρησης του κατεψυγμένου βοδινού και χοιρινού κρέατος και καθορίζουν την ποιότητα αυτού όταν θα αποψυχθεί.

Επίσης, η επιλογή της κατάλληλης συσκευασίας καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την διατήρηση του κατεψυγμένου κρέατος. Η συσκευασία, εκτός από την άριστη συντήρηση του προϊόντος, πρέπει να είναι κατάλληλα σχεδιασμένη ώστε να διευκολύνει το χειρισμό του προϊόντος, να αποτρέπει την επιμόλυνση του κατά τη μεταφορά και το κόστος της να μην επιβαρύνει υπέρμετρα την τιμή του προϊόντος.

Πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι η συσκευασία των κατεψυγμένων κρεάτων πρέπει να είναι ελκυστική για τον καταναλωτή.

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Αρβανιτογιάννης, Ι., Σ., Μποσνέα, Α., 2001, *Στοιχεία τεχνολογίας, μεταποίησης και συσκευασίας τροφίμων*, University Studio Press, σελ.: 99-116, 173-222

Γεωργάκης, Σ.Α., Βαρελτζής, Κ.Π., Αμβροσιάδης, Ι.Α., 2000, *Τεχνολογία τροφίμων ζωικής προέλευσης*, Σύγχρονη παιδεία, σελ.: 32-46, 163-192

Μαρκάκης, Π., 1996, *Στοιχεία τεχνολογίας τροφίμων*, Τρίαινα, Αθήνα, σελ.: 87-97, 248-285

Μπλούκας, Ι.Γ., 2004, *Επεξεργασία και συντήρηση τροφίμων*, Σταμούλης, Αθήνα, σελ.: 22-41, 248-285

(β) Μπλούκας, Ι.Γ., 2004, *Συσκευασία τροφίμων*, Σταμούλης, Αθήνα, σελ.: 17-64, 67-149, 275-290

Ραμαντάνης, Σ.Β., 2006, *Τεχνολογία κρέατος και των προϊόντων του*, Σύγχρονη παιδεία, σελ.: 304

Ρόδης, Π., 1995, *Μέθοδοι συντήρησης τροφίμων*, Σταμούλης, Αθήνα, σελ.: 189-235, 369-449

Varnam, A. H., 1999, *Κρέας και προϊόντα κρέατος*, Ιών, σελ.: 285-308

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Arion, T., 2009, *Beef and Pork Whole Animal Buying Guide*, Small Meat Processors Working Group, Iowa State University, σελ. 40

ΕΝΤΥΠΟΣ ΠΕΡΙΟΔΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ

Ματσάγγος, Κ.Σ., *Η υγιεινή του κρέατος*, Food Technology, Περιοδικό Τεχνολογίας Τροφίμων, Διμηνιαίο Περιοδικό, Τεύχος 3, σελ. 18-21

Σεφεριάσης, Α., *Βασικά σημεία προσοχής στην υγιεινή του κρέατος*, Food Technology, Περιοδικό Τεχνολογίας Τροφίμων, Διμηνιαίο Περιοδικό, Τεύχος 3, σελ. 22

Συντήρηση του κρέατος δια του ψύχους, Food Technology, Περιοδικό Τεχνολογίας Τροφίμων, Διμηνιαίο Περιοδικό, Τεύχος 3, σελ. 38-40

ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΟΙ ΤΟΠΟΙ

http://www.foodbites.eu/j15/index.php?option=com_content&view=article&id=825%3A2012-03-26-21-12-42&catid=119%3A2012-02-27-17-17-29&Itemid=116&lang=el