

26-5-17

ΤΑ ΜΥΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΤΑΨΥΞΗΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

ΓΕΝΙΚΑ

Η κατάψυξη είναι η πιο διαδομένη (και ευγενέστερη) μέθοδος διατήρησης τροφίμων για μεγάλα διαστήματα (συχνά και πάνω από χρόνο). Στα επόμενα καταγράφονται επιγραμματικά τα οφέλη της κατάψυξης :

- ❖ Η κατάψυξη επιμηκύνει σημαντικά τη ζωή πολλών ειδών τροφίμων.
- ❖ Η κατάψυξη μπορεί να συνδυαστεί με άλλες μεθοδολογίες διατήρησης, όπως η συσκευασία σε vacuum (π.χ. σολομός), το ζεμάτισμα (π.χ. λαχανικά), η προσθήκη συντηρητικών κ.α. Τα οφέλη έχουν προσθετικό χαρακτήρα.
- ❖ Ένα βασικό χαρακτηριστικό των τροφίμων, που επηρεάζει τη διαδικασία της κατάψυξης, είναι η υψηλή περιεκτικότητά τους σε νερό: Τα τρόφιμα περιέχουν νερό σε αναλογία 55 – 95%. Εξαιρεση αποτελούν τα επίτηδες αποξηραμένα τρόφιμα, όπου η αφαίρεση του νερού αποτελεί μια από μόνη της διεργασία διατήρησης.
- ❖ Κατά τη πτώση της θερμοκρασίας και σε περιοχές κάτω των 0° C, σχηματίζονται κρύσταλλοι. Αν οι κρύσταλλοι αυτοί έχουν μεγάλο μέγεθος, υπάρχουν σοβαρά ποιοτικά προβλήματα: Διαρρηγνύουν τα τοιχώματα των κυττάρων και πιθανά ενεργοποιούνται ένζυμα αποσύνθεσης.
- ❖ Η πιο αποτελεσματική μέθοδος αποφυγής σχηματισμού κρυστάλλων μεγάλου μεγέθους, είναι να γίνει η πτώση της θερμοκρασίας δια μέσου της ζώνης παγώματος (συνήθως μεταξύ -1° C και -5° C) όσο γίνεται ταχύτερα (αυξημένη ταχύτητα ψύξης).
- ❖ Η ποσότητα της θερμότητας που πρέπει να αφαιρεθεί κατά τη διάρκεια του παγώματος (λανθάνουσα θερμότητα) είναι σημαντικά μεγαλύτερη από τη θερμότητα που πρέπει να αφαιρεθεί σε θερμοκρασίες πάνω ή κάτω από τη ζώνη παγώματος (αισθητή θερμότητα).
- ❖ Τα τρόφιμα δεν παγώνουν σε συγκεκριμένη θερμοκρασία (π.χ. 0° C). Ξεκινάνε να παγώνουν συνήθως σε μια θερμοκρασία λίγο μικρότερη από 0° C. Όσο κλιμακώνεται το πάγωμα, τόσο «συμπυκνώνεται» από τα εν διαλύσει στερεά το απομένον υγρό. Η συμπύκνωση αυτή ωθεί το σημείο παγώματος ακόμα χαμηλότερα. Έτσι, έχουμε ένα συνεχώς προς τα κάτω ολισθαίνον σημείο παγώματος ή τη «ζώνη παγώματος».

Το πάγωμα σε θερμοκρασίες κατάψυξης αυξάνει τη ζωή του προϊόντος, από μέρες ή βδομάδες, σε πολλούς μήνες. Η ανακάλυψη, ότι η γρήγορη διέλευση από τη ζώνη παγώματος οδηγεί στο σχηματισμό πολύ μικρών κρυστάλλων, άρα στη διατήρηση της ποιότητας του «φρέσκου» προϊόντος, έθεσε τη κατάψυξη σαν την ευγενέστερη και αποτελεσματικότερη μέθοδο

συντήρησης επί μακρόν. Αντίθετα, αν το πάγωμα γίνεται αργά, «προλαβαίνει» το νερό να μεταναστεύσει σε κάποιο παρακείμενο πυρήνα, όπου έχει ήδη αρχίσει σχηματισμός πάγου. Έτσι σχηματίζονται λίγοι (αραιοί) και μεγάλοι κρύσταλλοι, αντί πολλοί (πυκνοί) και μικροί. Όπως είδαμε, αυτοί οι «μεγάλοι» κρύσταλλοι υποβαθμίζουν το προϊόν κατά το λιώσιμο.

Μια από τις πιο βασικές διεργασίες της βιομηχανίας κατεψυγμένων τροφίμων είναι εκείνη της κατάψυξης (freezing). Κατά τη διεργασία αυτή, η θερμοκρασία του προϊόντος ελαττώνεται σε **όλη τη μάζα** του προϊόντος μέχρι ένα καθορισμένο επίπεδο, που είναι -18°C ή χαμηλότερα. Οι εξοπλισμοί που χρησιμοποιούνται για αυτή τη διεργασία ονομάζονται καταψύκτες (freezers). Ο κλάδος παραγωγής παγωτού παρουσιάζει επίσης το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό της απαίτησης γρήγορης πτώσης θερμοκρασίας σε εξειδικευμένους για το σκοπό αυτό εξοπλισμούς.

ΒΑΣΙΚΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΤΑΨΥΞΗΣ

Τα κατεψυγμένα προϊόντα είναι γνωστό ότι "πάσχουν" από κάποια χαρακτηριστικά υποβάθμισης ποιότητας μετά την απόψυξη. Τέτοια χαρακτηριστικά είναι κυρίως η απώλεια υγρών, η χαλάρωση της υφής του ιστού (απώλεια σταθερότητας) και οι αλλαγές σχήματος. Οι αλλοιώσεις αυτές συνδέονται με δυο "αρνητικά" φαινόμενα, που λαμβάνουν χώρα κατά την φάση της πτώσης της θερμοκρασίας, ειδικά όταν αυτή γίνεται με αργό ρυθμό: Του σχηματισμού κρυστάλλων **εντός και εκτός** κυττάρων και της μετανάστευσης νερού από το εσωτερικό των κυττάρων προς τα έξω.

Το νερό στον ιστό των τροφίμων θα αρχίσει να παγώνει σίγουρα σε μια θερμοκρασία κάτω από το σημείο παγώματος του νερού (0C σε ατμοσφαιρική πίεση). Τούτη εξαρτάται από την συγκέντρωση των διαλυτών ουσιών και είναι τόσο πιο χαμηλή, όσο αυξάνεται η ως άνω συγκέντρωση. Στα προϊόντα που έχουν κυτταρική δομή, το πάγωμα αρχίζει πρώτα στην εκτός κυττάρων περιοχή (διακυτταρική), όπου σχηματίζονται παγοκρύσταλλοι που δεν περιέχουν διαλυτά στοιχεία, άρα έχουν μικρότερη πυκνότητα (καθαρό νερό). Λίγο αργότερα αρχίζει το πάγωμα και στο εντός των κυττάρων υγρό. Η πυκνότητα των κρυστάλλων είναι μικρότερη από την πυκνότητα του απομένοντος υγρού. Με άλλα λόγια, δεδομένη μάζα που παγώνει καταλαμβάνει μεγαλύτερο όγκο μετά το πάγωμα παρά πριν¹. Αυτή η αύξηση του όγκου μπορεί να οδηγήσει σε διάρρηξη το περίβλημα του κυττάρου (κυτταρικό υμένα), οδηγώντας σε απώλεια υγρών κατά την απόψυξη. Πέραν τούτου, όσο εξελίσσεται η διαδικασία του σχηματισμού παγοκρυστάλλων, τόσο αυξάνεται η πυκνότητα του απομένοντος υγρού (αφού

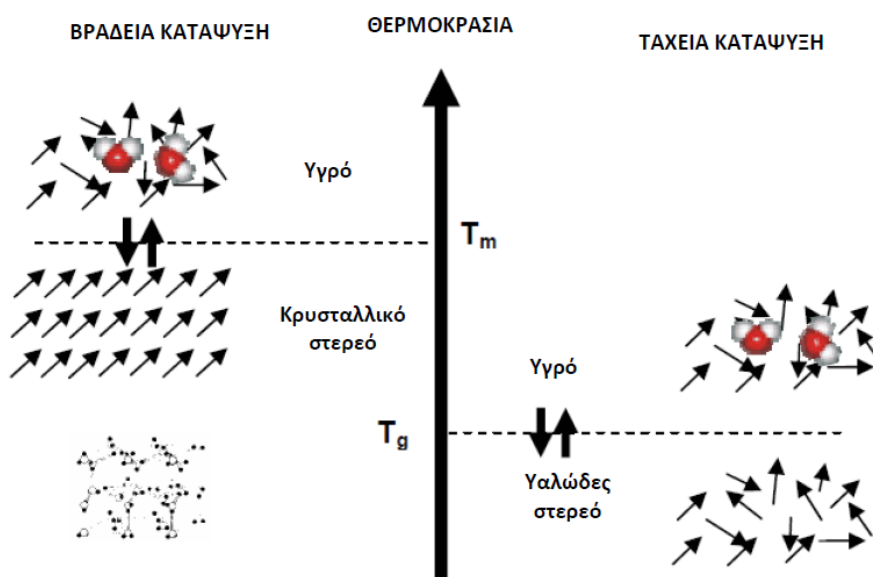
το σύνολο των διαλυτών ουσιών παραμένει στο συνεχώς μειούμενο υγρό). Η αύξηση της πυκνότητας προηγείται στο εκτός των κυττάρων υγρό. Ως εκ τούτου, δημιουργείται μια οσμωτική διαφορά πιέσεων μεταξύ του (χαμηλότερης) πυκνότητας υγρού εντός του κυττάρου και του (ψηλότερης) πυκνότητας υγρού εκτός του κυττάρου. Η πίεση είναι μεγαλύτερη στην εσωτερική πλευρά και ωθεί το κυτταρικό υγρό εκτός, δια μέσου του πορώδους του περιβλήματος. Το υγρό αυτό θα χαθεί κατά τη διεργασία της απόψυξης (απώλεια υγρών).

Αμφότερες οι ως άνω διαδικασίες υποβάθμισης κατά την κατάψυξη μειώνονται, αν αυξάνεται η ταχύτητα πτώσης της θερμοκρασίας (2). Με μεγάλη ταχύτητα παγώματος συμβαίνουν τα εξής θετικά:

- ❖ Μειώνεται το μέγεθος και αυξάνεται το πλήθος των σχηματιζόμενων παγοκρυστάλλων. Το μέγεθός και το σχήμα τους δεν είναι ικανό να διαρρήξει το κυτταρικό περίβλημα.
- ❖ Το υγρό εντός των κυττάρων παγώνει γρήγορα και *δεν προλαβαίνει* να κάνει οσμωτική διαπήδηση μέσω του κυτταρικού περιβλήματος.

Η μεγάλη ταχύτητα παγώματος οδηγεί και σε ένα ακόμα ευεργέτημα: Τον σχηματισμό μιας ενιαίας άμορφης υαλώδους στερεοποιημένης μάζας νερού, γνωστής σαν "*υαλώδης μετάπτωση*", που δεν μπορεί να βλάψει τα κύτταρα. Η εξήγηση είναι η εξής: Σε διεργασία αργού παγώματος, όταν το προϊόν φθάσει σε μια σχετικά ψηλή θερμοκρασία T_m , τα μόρια του νερού αρχίζουν να προσανατολίζονται "με την ησυχία τους", σχηματίζοντας τη γνωστή απόλυτα γεωμετρική κρυσταλλική δομή του πάγου (σχήματος κλωβού). Όταν όμως το πάγωμα γίνεται γρήγορα, τα μόρια του νερού *δεν προλαβαίνουν* να προσανατολιστούν, μέχρι η θερμοκρασία να φτάσει ένα σχετικά πολύ χαμηλότερο της T_m επίπεδο, την θερμοκρασία T_g , που ορίζεται σαν θερμοκρασία έναρξης της υαλώδους μετάπτωσης. Από κει και κάτω σχηματίζεται "απότομα" η άμορφη υαλώδης και μη κρυσταλλική μάζα, που είναι "αβλαβής". Η T_g ποικίλει στα τρόφιμα και μπορεί να είναι από -5°C στα προϊόντα αρτοποιίας μέχρι -70°C στον τόνο (2). Η γρήγορη πτώση της θερμοκρασίας σε αυτό το επίπεδο έχει ευεργετικές επιπτώσεις στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του τροφίμου. Στο επόμενο σχήμα δίνεται μια εποπτική διαφορά μεταξύ βραδείας και ταχείας κατάψυξης (2).

¹ Ο όγκος ισούται με τη μάζα προς την πυκνότητα. Αν η πυκνότητα μειώνεται η μάζα αυξάνεται.



Ο διαφορετικός τρόπος στερεοποίησης του νερού σε βραδεία και ταχεία διεργασία κατάψυξης.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. International Institute of Refrigeration, "Recommendations for the processing and handling of frozen foods", 3rd edition.
2. R.J.F.VERMEEREN, A. JURGENS, S.M. VAN DER SLUIS "QUICK FREEZING WITH CARBON DIOXIDE TO ACHIEVE HIGHER PRODUCT QUALITY", Netherlands Organisation for Applied Scientific Research (TNO), 7th IIR Gustav Lorentzen Conference on Natural Working Fluids, Trondheim, Norway, May 28-31, 2006