

Αρχές Επεξεργασίας Τροφίμων

Ψύξη

Γενικά

- Ως ψύξη εννοούμε τη διατήρηση των τροφίμων σε περιβάλλον με θερμοκρασίες κατά κανόνα χαμηλότερες των 5-8°C αλλά και υψηλότερες από το σημείο πήξης του κάθε τροφίμου.
- Η εφαρμογή της ψύξης σαν μέθοδο συντήρησης ήταν γνωστή από τους αρχαίους χρόνους αφού πάντα οι άνθρωποι συνήθιζαν να αποθηκεύουν τρόφιμα σε ψυχρά μέρη ή να χρησιμοποιούν τον πάγο, το χιόνι ή την εξάτμιση του νερού για την συντήρησή τους.



Αθηναϊκός ψυκτήρας
κρασιού (500-480 π.Χ.)



Διανομή πάγου στην
Μ.Β. (1800 μ.Χ.)

Επιβράδυνση μεταβολικών διεργασιών

- Η αρχή στην οποία στηρίζεται η ψύξη για την συντήρηση των τροφίμων είναι η επιβράδυνση των μεταβολικών διεργασιών τόσο στο ίδιο το προϊόν αλλά και στους αλλοιογόνους μικροοργανισμούς.
- Ειδικότερα επιτυγχάνεται:
 - Επιβράδυνση πολλαπλασιασμού μικροοργανισμών
 - Επιβράδυνση μετασυλλεκτικών ή/και μεταθανάτιων μεταβολών στους ιστούς
 - Επιβράδυνση χημικών αντιδράσεων
 - Επιβράδυνση φυσικών μεταβολών (μεταβολή υγρασίας)
- Ακριβώς επειδή επέρχεται επιβράδυνση και όχι αναστολή ο χρόνος συντήρησης στην ψύξη είναι πεπερασμένος και εξαρτάται από τις συνθήκες ψύξης και το είδος του τροφίμου.

Σχέση ψύχους - μικροοργανισμών

- Σε χαμηλές θερμοκρασίες αναστέλλεται η αναπαραγωγή και η δράση των περισσότερων παθογόνων μικροοργανισμών. Οι ψυχρόφιλοι ή ψυχρότροφοι μικροοργανισμοί (ζύμες, μύκητες) παρουσιάζουν ενεργή δράση μέχρι και τους -10°C .
- Η ψύξη από μόνη της δεν αποτελεί άριστο μέσο συντήρησης αλλά συνδυάζεται και με άλλες αντιμικροβιακές μεθόδους (υγιεινή, μεταβολή ατμόσφαιρας, βακτηριοκτόνα, αναστολείς εκβλάστησης κλπ)
- Γενικά σε θερμοκρασίες κάτω από -7°C τα προϊόντα είναι μικροβιολογικά σταθερά, ούτε στείρα ούτε παστεριωμένα. Σε περίπτωση σχηματισμού τοξίνης από κάποιον μικροοργανισμό, αυτή θα παραμείνει στο προϊόν.

Μικροοργανισμοί αλλοίωσης

- Υποβαθμίζουν τα τρόφιμα κατά την ψύξη
 - Gram (-)
 - *Pseudomonas, Acinetobacter, Aeromonas, Vibrio*
 - Αναπτύσσονται σε όλα τα είδη τροφίμων. Προκαλούν δυσάρεστες οσμές, άσχημη γεύση, γλοιώδη ιμάνια κ.λ.π.
 - Ελάχιστη θερμοκρασία ανάπτυξης $-3 - 0^{\circ}\text{C}$
 - Περιοριστικοί παράγοντες: $<O_2$, $<pH$, $<a_w$, NaCl, Συντηρητικά
 - Εντεροβακτήρια
 - *Citrobacter, Escherichia, Enterobacter, Klebsiella, Proteus, Serratia*
 - Ένδειξη κακής υγιεινής στον χειρισμό των τροφίμων
 - Παράγουν οξέα, αέρια και προκαλούν δυσάρεστες οσμές και αλλοίωση της γεύσης
 - Ελάχιστη θερμοκρασία ανάπτυξης $0 - 5^{\circ}\text{C}$
 - Gram (+) σπορογόνα
 - *Bacillus, Clostridium*
 - Παράγουν σπόρια και τοξίνες
 - Περιορίζονται από το pH

Μικροοργανισμοί αλλοίωσης

- Γαλακτικά βακτήρια
 - *Lactobacillus, Streptococcus, Pediococcus*
 - Αναπτύσσονται αργά σε θερμοκρασίες $< 8^{\circ}\text{C}$
 - Αντέχουν σε χαμηλές τιμές pH, απουσία O_2 και χαμηλή a_w
 - Παράγουν οξέα και ορισμένα και αέρια.
- Άλλες ομάδες
 - *Brochothrix thermosphacta* (στα κρέατα)
 - *Corynebacterium, Arthrobacter, Micrococcus*
- Ζύμες και ευρωτομύκητες
 - *Candida, Kluyveromyces, Saccharomyces, Aspergillus, Mucor, Cladosporium*
 - Αναπτύσσονται βραδύτερα και προκαλούν αλλοιώσεις εφόσον έχουν περιοριστεί άλλοι μικροοργανισμοί
 - Ελάχιστη θερμοκρασία ανάπτυξης 0°C
 - Αντέχουν σε χαμηλό pH, a_w και στα συντηρητικά
 - Προκαλούν παραγωγή αλκοόλης ή οξέων, αλλοίωση οσμής και γεύσης

Συμπεριφορά τροφίμων κατά την ψύξη

- Τόσο στους φυτικούς όσο και στους ζωικούς ιστούς μετά την συγκομιδή ή την σφαγή και την αλίευση συμβαίνουν διάφορες μεταβολικές διεργασίες οι οποίες θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν πριν την αποδοτική ψύξη.
- Στους φυτικούς ιστούς
 - Η αναπνευστική συμπεριφορά και οι
 - βλάβες λόγω ψύχους
- Στους ζωικούς ιστούς
 - Η μυϊκή ακαμψία και
 - η συστολή λόγω ψύχους
- Στα μεταβολικά αδρανή τρόφιμα
 - η παλαίωση λόγω ψύχους

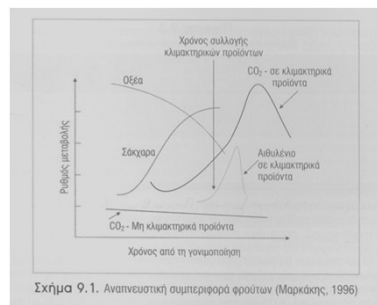
Αναπνευστική συμπεριφορά φυτικών ιστών

- Για να είναι πλέον αποδοτική η συντήρηση με ψύξη θα πρέπει:
 - Να συνεχίζεται η αερόβια αναπνοή με βραδύ ρυθμό.
 - Να λαμβάνονται υπόψη οι διαφορές κλιμακτικών και μη προϊόντων.
 - Να αποφεύγεται η ρήξη του προστατευτικού φλοιού των φρούτων και λαχανικών (προστατευτικό κερι)

Πίνακας 9.2

Σχέση μεταξύ της αναπνευστικής δραστηριότητας ορισμένων λαχανικών και του χρόνου συντήρησης (Fellows, 2000)

Είδος προϊόντος	Σχετικός ρυθμός αναπνοής	Διάρκεια συντήρησης σε εβδομάδες στους 2°C
Σπαράγγι	40	0.2-0.5
Μανιτάρια	21	
Αγκινάρα	17	
Σπανάκι	13	1-2
Μαρούλι	11	
Λαχανό	6	
Καρότα	5	5-20
Γογγύλι	4	
Παντζάρι	3	
Πατάτες	2	25-50
Σκόρδο	2	
Κρεμμυδι	1	



Σχήμα 9.1. Αναπνευστική συμπεριφορά φρούτων (Μαρκάκης, 1996)

Βλάβες λόγω ψύχους

- Ένα φαινόμενο το οποίο παρατηρείται σε φυτικούς ιστούς μετά από κακή, παρατεταμένη ή υπερβολική ψύξη και οφείλεται σε μη ισορροπημένη μεταβολική δραστηριότητα του προϊόντος.

Πίνακας 9.3
Βλάβες φρούτων και λαχανικών λόγω ψύχους

Προϊόν	Ελάχιστη θερμοκρασία (°C)	Είδος βλάβης
Μήλα (ορισμένες ποικιλίες)	2-3	Μαύρισμα καρδιάς, φαίες κηλίδες
Μπανάνα	12-13	Μαύρισμα φλοιού
Αγγούρι	7	Σχηματισμός υδαρών κηλίδων
Μπάμια	7	Μαυρίσμα, αποσύνθεση
Τομάτες πράσινες	13	Προβληματικό κοκκίνισμα
Τομάτες κόκκινες	8	Μαλακώνουν πολύ γρήγορα
Πατάτες	4.8	Σχηματισμός αναγωγικών σακχάρων ⇒ Μαύρισμα κατά το τηγάνισμα

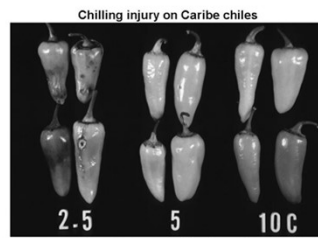
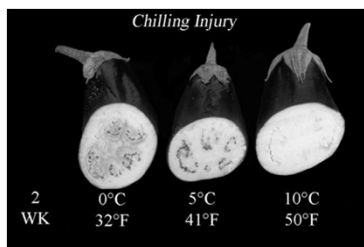
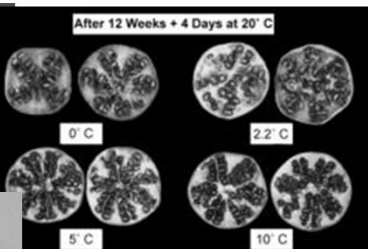
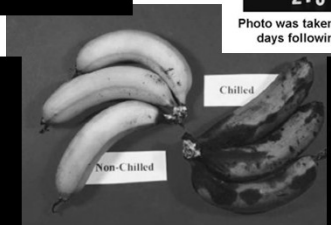
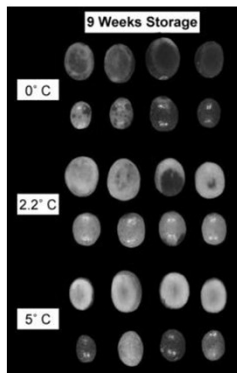


Photo was taken after transferring the chiles to 20°C for 5 days following storage at 2.5, 5, or 10°C for 30 days.



Αναπνευστική συμπεριφορά ζωικών ιστών

- Σαν αποτέλεσμα της σφαγής των ζώων:
 - Αρχική κάλυψη των αναγκών των κυττάρων από την ATP και την CP.
 - Σταδιακή μείωση και παύση της αερόβιας αναπνοής
 - Έναρξη αναερόβιας αναπνοής, πτώση του pH και έναρξη μυϊκής ακαμψίας ($\text{pH} < 5.9$, $\text{ATP} < 1 \mu\text{M}$)
- Η βέλτιστη συντήρηση απαιτεί την ψύξη του προϊόντος μετά την πτώση του $\text{pH} < 6,2$ για να αποφευχθεί το φαινόμενο της συστολής ψύξης. Εναλλακτικά μπορεί να εφαρμοστεί η τεχνική της ηλεκτροδιέγερσης ή της διατήρησης σε χαμηλές θερμοκρασίες $1,5-2^\circ\text{C}$ και κατάλληλη υγρασία για 4-5 εβδομάδες.

Μεταβολές ψύξης σε τρόφιμα χωρίς ιστούς (μεταβολικά αδρανή)

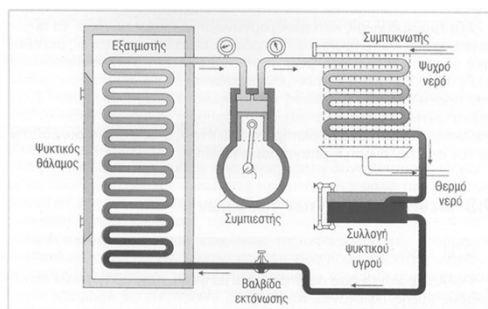
- Τρόφιμα χωρίς ιστούς είναι το γάλα, τα αυγά και τα επεξεργασμένα τρόφιμα.
- Το γάλα θα πρέπει να ψύχεται στους 5°C εντός 2 ωρών μετά το άρμεγμα και να διατηρείται συνεχώς σε θερμοκρασίες $0-5^\circ\text{C}$ (αλυσίδα ψύξης).
- Τα αυγά θα πρέπει να ελέγχονται, να καθαρίζονται και να διατηρούνται σε θερμοκρασίες $-0,5 - 0,5^\circ\text{C}$ σε ατμόσφαιρα 80-85% υγρασίας. Χρήσιμο είναι να επικαλύπτεται η επιφάνεια με κάποιον παράγοντα που εμποδίζει την αναπνοή (πχ εμβάπτιση σε αραιό ορυκτέλαιο).

Μέθοδοι ψύξης τροφίμων

- Μηχανικό σύστημα ψύξης
 - Εφαρμογή κενού
 - Με ψυχρό νερό
 - Με τριμμένο πάγο
 - Με εναλλάκτες θερμότητας
 - Με κρυογενή μέσα
- Πριν από την κύρια ψύξη συνήθως λαμβάνει χώρα η πρόψυξη για την ταχεία αφαίρεση της αισθητής θερμότητας

Μηχανική ψύξη

- Η μηχανική ψύξη εφαρμόζεται μετά το 1880 και απαιτεί την παροχή έργου για την απομάκρυνση της θερμότητας από έναν θάλαμο στον οποίο αποθηκεύονται τα προϊόντα που πρόκειται να συντηρηθούν.
- Η ίδια αρχή χρησιμοποιείται και στην περίπτωση της ψύξης του αέρα ή κάποιου υγρού.



Βασικά μέρη

- Ψυκτικό μέσο (πχ freon)
- Εξατμιστής
- Συμπιεστής
- Συμπικνωτής
- Βαλβίδα εκτόνωσης

Εφαρμογή κενού

- Η μέθοδος εφαρμόζεται σε τρόφιμα που είναι φυλλώδη (μαρούλια, σέλινο, λάχανο).
- Το προϊόν τοποθετείται σε θαλάμους κενού όπου η πίεση μειώνεται σταδιακά στα 0,5 kPa. Κάτω από τις συνθήκες αυτές λαμβάνει χώρα εξάτμιση του νερού η οποία προκαλεί μείωση της θερμοκρασίας περίπου κατά 0,5° C για κάθε μείωση της υγρασίας κατά 1%.

Χρήση ψυχρού νερού ή τριμμένου πάγου

- Το προϊόν βυθίζεται μέσα σε ψυχρό νερό θερμοκρασίας 0° C.
- Η μέθοδος εφαρμόζεται σε τρόφιμα όπως το σπαράγγι, τα μπιζέλια, τα καρότα, τα ροδάκινα, τα πεπόνια κ.λ.π.
- Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι ότι είναι απλή, υγιεινή, οικονομική ενώ επιφέρει και το πλύσιμο του προϊόντος.
- Ο τριμμένος πάγος εφαρμόζεται κυρίως στα αλιεύματα και έχει το πλεονέκτημα ότι διατηρεί σταθερή την θερμοκρασία στους 0° C ενώ διατηρεί και την υγρασία.

Κρυογενή μέσα

- Τα κρυογενή μέσα είναι ψυκτικά μέσα τα οποία όταν βρεθούν σε συνθήκες περιβάλλοντος απορροφούν την απαιτούμενη λανθάνουσα θερμότητα και αλλάζουν φάση.
- Τέτοια μέσα είναι:
 - Το στερεό διοξείδιο του άνθρακα (-78° C) ή «ξηρός πάγος»
 - Υγρό άζωτο (-196° C)
- Απαιτούν ειδικό εξοπλισμό και εκπαιδευμένο προσωπικό ενώ ενέχουν και κινδύνους.

Παράγοντες συντήρησης κατά την ψύξη

- Η θερμοκρασία της ψύξης
- Η σχετική υγρασία
- Η κυκλοφορία του αέρα
- Η σύνθεση της ατμόσφαιρας
- Ο χρόνος ψύξης
- Ο φωτισμός
- Η παρουσία πτητικών ουσιών
- Η υγιεινή των προϊόντων και του θαλάμου
- Η λήψη πρόσθετων μέτρων συντήρησης (χημικά μέσα)

Η θερμοκρασία της ψύξης

- Θα πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα ώστε κάθε προϊόν να ψύχεται στην κατάλληλη για αυτό θερμοκρασία προκειμένου να αποφεύγονται διάφορες αλλοιώσεις. Οι αλλοιώσεις εκφράζονται με τον συντελεστή Q10.
- Επίσης θα πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψη:
 - Οι ψυχρόφιλοι αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί
 - Οι ψυχρόφιλοι παθογόνοι μικροοργανισμοί
 - Τα ενδογενή ένζυμα
 - Η αντοχή των θρεπτικών στοιχείων
 - Η οξειδωση των λιπών

Σχετική Υγρασία και Κυκλοφορία αέρα στον ψυκτικό θάλαμο.

- Σε κάθε περίπτωση ένα προϊόν σε ψύξη θα προσλάβει υγρασία ή θα αποβάλλει υγρασία ανάλογα με την τιμή της σχετικής υγρασίας στο περιβάλλον.
- Και η πρόσληψη αλλά και η απώλεια υγρασίας οδηγούν σε αλλοίωση του προϊόντος και υποβάθμισης των οργανοληπτικών του χαρακτηριστικών.
- Τόσο η σχετική υγρασία όσο και η κυκλοφορία και η ποιότητα του αέρα στον θάλαμο ψύξης θα πρέπει να ελέγχονται με κατάλληλα μέσα και όπου απαιτείται να γίνεται αφύγρανση και απορρόφηση των οσμών ή φιλτράρισμα των αιωρούμενων σωματιδίων.

Σύνθεση ατμόσφαιρας ψυκτικού θαλάμου

- Ένας αριθμός νωπών προϊόντων, κυρίως φρούτων και λαχανικών συντηρείται με ψύξη για σημαντικά μεγαλύτερο διάστημα όταν στους ψυκτικούς χώρους η σύνθεση της ατμόσφαιρας σε οξυγόνο και CO₂ είναι διαφορετική από την κανονική (τροποποιημένη ή ελεγχόμενη ατμόσφαιρα).
- Συνήθως αυτό που τροποποιείται είναι η σύσταση του CO₂ με απελευθέρωση ή δέσμευση.
- Παράγοντες που επηρεάζουν την επιτυχία της μεθόδου είναι:
 - Ο αεροστεγής θάλαμος ψύξης
 - Η καλή ρύθμιση της συγκέντρωσης των αερίων
 - Η σταθερή θερμοκρασία
 - Η σταθερή υγρασία
 - Η ελεγχόμενη κυκλοφορία του αέρα
- Μειονέκτημα της μεθόδου αποτελεί το υψηλό κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας τέτοιων μονάδων.

Χημικά βοηθητικά ψύξης

- Έλεγχος ανάπτυξης μικροοργανισμών και εντόμων (χλώριο, όζον, διοξείδιο του θείου, μεθυλβρωμίδιο, διφαινύλιο)
- Έλεγχος ωρίμανσης φρούτων (αιθυλένιο, 2,4,5 - ΤΡΑ)
- Έλεγχος φυσιολογικών διαταραχών (διαφαινυλαμίνη ή αιθοξυκινόνη, ορυκτέλαιο)
- Αναστολείς εκβλάστησης (καρβαμιδικοί φαινυλεστέρες, ατμοί αλκοόλης)
- Αντιοξειδωτικά (ασκορβικό οξύ, βουτυλικό υδροξυτολουόλιο)
- Αποσμητικά (όζον, ενεργός άνθρακας)
- Τροποποιητές χρώματος (αιθυλένιο)
- Ιονίζουσες ακτινοβολίες (κατά περίπτωση και όπου επιτρέπεται)