

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΖΩΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΨΥΚΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΣΤΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΩΝ ΝΩΠΩΝ
ΟΠΩΡΟΚΗΠΕΥΤΙΚΩΝ: ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗΝ
ΠΕΡΙΟΧΗ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



ΒΟΛΟΣ 1996

ΑΠΟΣΤΟΛΟΣ ΧΑΥΤΟΥΡΑΣ



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»

Αριθ. Εισ.: 48/1

Ημερ. Εισ.: 25-08-2003

Δωρεά:

Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ - ΓΦΖΠ

1996

ΧΑΥ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000070108

Ευχαριστίες

Εκφράζω θερμές ευχαριστίες στον κ. Γεώργιο Νάνο, Διδάκτορα - δένδροκόμο, για τη σημαντική βοήθειά του στο σχεδιασμό και την παροχή επιστημονικής υποστήριξης στην εκτέλεση της παρούσας διπλωματικής διατριβής, στον κ. Κων/νο Δουζένη, μηχανολόγο, και στον κ. Κων/νο Οικονόμου, ηλεκτρολόγο - ψυκτικό, για τις απαραίτητες πληροφορίες που μου παρείχαν.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Κων/νο Κίττα, Αναπληρωτή Καθηγητή του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, ο οποίος ανέλαβε την ευθύνη εκτέλεσης και εκπόνησης της διπλωματικής μου διατριβής.

Τέλος, αφιερώνω την παρούσα εργασία στους γονείς μου για την αμέριστη συμπαράστασή τους, κατά τη διάρκεια των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΣΕΛ.

Εισαγωγή	1
<u>A) Ψυκτικός εξοπλισμός - ψυκτικοί χώροι</u>	2
1. Ψυκτικός εξοπλισμός	2
1.1 Ορισμός της ψύξης - Βασική αρχή λειτουργίας μιας ψυκτικής μονάδας	2
1.2 Ψυκτικά υγρά	4
2. Μηχανολογικός εξοπλισμός	6
2.1 Συμπιεστές (compressors)	6
2.2 Συμπυκνωτές (condensers)	8
2.3 Εκτονωτική βαλβίδα (expansion valve)	9
2.4 Εξατμιστές (evaporators)	10
2.5 Συστήματα αποπάγωσης	11
3. Ηλεκτρολογικός εξοπλισμός	12
4. Ψυκτικοί χώροι	16
4.1 Γενικά κατασκευαστικά στοιχεία	16
4.2 Προκατασκευασμένα τοιχώματα (panels)	16
4.3 Θερμική μόνωση τοιχωμάτων οροφής, δαπέδου, πόρτας, μονωτικά υλικά και φράγμα υδρατμών	17
4.3.1 Θερμική μόνωση οροφής, δαπέδου και πόρτας	17
4.3.2 Φράγμα υδρατμών	25
5. Τεχνικά χαρακτηριστικά ψυγείων τροποποιημένης ή ελεγχόμενης ατμόσφαιρας	26
5.1 Γενικά ως προς τις βασικές αρχές λειτουργίας της τροποποιημένης ή ελεγχόμενης ατμόσφαιρας	26
5.2 Ψυκτικός εξοπλισμός στην τροποποιημένη ή ελεγχόμενη ατμόσφαιρα	27
5.3 Ψυκτικοί θάλαμοι τροποποιημένης ή ελεγχόμενης ατμόσφαιρας	27
5.3.1 Κατασκευαστική στεγανότητα	27
5.3.2 Πόρτες θαλάμων ελεγχόμενης ατμόσφαιρας	28
5.4 Εξοπλισμός δημιουργίας και ρύθμισης συνθηκών ελεγχόμενης ατμόσφαιρας	29
5.4.1 Ίενητρίες αζώτου - ρύθμιση συγκέντρωσης οξυγόνου	29
5.4.2 Ανακουφιστικές βαλβίδες - αναπνευστικοί σάκκοι	33
5.4.3 Ρύθμιση συγκέντρωσης CO ₂	35
5.4.4 Αναλυτές και αυτοματισμοί για τον έλεγχο των συγκεντρώσεων O ₂ και CO ₂	36
<u>B) Επίδραση της αποθήκευσης σε χαμηλή θερμοκρασία στη βιολογία των σπωροκληρευτικών</u>	37
1. Ο ρόλος της θερμοκρασίας	37
1.1 Επίδραση της θερμοκρασίας στην αναπνοή	37
1.2 Η επίδραση της θερμοκρασίας στην παραγωγή και δράση του αιθυλενίου	41
1.3 Η επίδραση της θερμοκρασίας στις απώλειες υγρασίας	44

1.4 Η επίδραση της θερμοκρασίας στην ανάπτυξη παθογόνων μικροοργανισμών και στην αντιμετώπιση προβλημάτων που οφείλονται σε ζημιές από μηχανικές βλάβες	45
1.5 Ρύθμιση θερμοκρασίας στους χώρους συντήρησης υπό ψύξη	47
2. Ο ρόλος της σχετικής υγρασίας	50
2.1 Η επίδραση της σχετικής υγρασίας στη διαπνοή	50
2.2 Η επίδραση της σχετικής υγρασίας στην ανάπτυξη των παθογόνων μικροοργανισμών	53
2.3 Ρύθμιση της σχετικής υγρασίας στους ψυκτικούς χώρους	53
3. Αερισμός	54
4. Πρόψυξη	55
5. Φυσιολογικές επιδράσεις της τροποποιημένης ή ελεγχόμενης ατμόσφαιρας στη συντήρηση με χαμηλές θερμοκρασίες	57
5.1 Επίδραση της μειωμένης συγκέντρωσης οξυγόνου	57
5.2 Επίδραση της αυξημένης συγκέντρωσης διοξειδίου του άνθρακα	59
5.3 Ευνοϊκές και βλαβερές επιδράσεις της ελεγχόμενης ή τροποποιημένης ατμόσφαιρας σε συνδυασμό με χαμηλή θερμοκρασία συντήρησης	61
5.4 Ρύθμιση συνθηκών ελεγχόμενης ή τροποποιημένης ατμόσφαιρας	63
6. Προβλήματα σήψεων κατά τη συντήρηση των σπωροκηπευτικών προϊόντων σε χαμηλές θερμοκρασίες	66
7. Φυσιολογικές ανωμαλίες των αποθηκευμένων σε χαμηλές θερμοκρασίες για μακρύ χρονικό διάστημα σπωροκηπευτικών προϊόντων	68
7.1 Επιφανειακό έγκαυμα (Superficial scald)	68
7.2 Πικρή κηλίδωση	69
7.3 Αποσύνθεση ή καφέτιασμα καρδιάς (Internal break down ή Core break down)	69
7.4 Καφέτιασμα της σάρκας πυρηνοκάρπων (Internal Browning)	70
<u>Γ) Καταγραφή παρούσας κατάστασης στη συντήρηση με χαμηλές θερμοκρασίες σπωροκηπευτικών στην περιφέρεια Θεσσαλίας</u>	73
1. Υπάρχουσες ψυκτικές εγκαταστάσεις	73
1.1 Δυναμικότητα αποθήκευσης σε θαλάμους κοινής και ελεγχόμενης ατμόσφαιρας στην περιφέρεια Θεσσαλίας	73
1.2 Κατασκευαστικά στοιχεία θαλάμων κοινής και ελεγχόμενης ατμόσφαιρας στην περιφέρεια Θεσσαλίας και κόστος συντήρησης αυτών	74
1.3 Τεχνικά χαρακτηριστικά των ψυκτικών εγκαταστάσεων των ψυγείων κοινής και ελεγχόμενης ατμόσφαιρας στην περιφέρεια Θεσσαλίας	74
2. Παρούσα κατάσταση για τα αποθηκευόμενα προϊόντα σε ψυκτικές μονάδες της περιοχής Θεσσαλίας	76
2.1 Είδη, ποσότητες και συνθήκες συντήρησης αποθηκευόμενων προϊόντων	76
2.2 Το κόστος αποθήκευσης	77
2.3 Η ποιότητα των αποθηκευόμενων προϊόντων, κυρίως μήλων και αχλαδιών στα ψυγεία κοινής και ελεγχόμενης ατμόσφαιρας της περιοχής Θεσσαλίας	78
Συμπεράσματα	80
Βιβλιογραφία	81
Θέματα συνοδευτικών slides	

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η τέχνη της συντήρησης των φρούτων και λαχανικών αρχίζει από τότε που ο άνθρωπος χρησιμοποιούσε για τη συντήρηση των τροφίμων το χιόνι, τον πάγο (από τους παγετώνες), το κρύο νερό και τα βαθειά φρέατα (πηγάδια).

Η βιομηχανία του ψύχους, εμφανίστηκε το 18ο αιώνα και τελειοποιήθηκε το 19ο (1910 εμφάνιση των πρώτων οικιακών ψυγείων). Στις μέρες μας η συντήρηση με ψύξη των πιο ευπαθών νωπών οπωροκηπευτικών προϊόντων εκτός από την εφαρμογή της σε οικιακή κλίμακα έχει αναπτυχθεί σε μεγάλο και καλά οργανωμένο βιομηχανικό κλάδο, έτσι ώστε μερικά από τα ανωτέρω προϊόντα να διατίθενται όλες τις εποχές του έτους.

Ποιοι όμως ήταν οι λόγοι που οδήγησαν στην τόσο γρήγορη και μεγάλη εξέλιξη της βιομηχανίας του ψύχους και καθιέρωσαν την συντήρηση με ψύξη σαν τον πιο σημαντικό τρόπο συντήρησης των γεωργικών προϊόντων και ειδικότερα των οπωροκηπευτικών; Ο πιο σημαντικός λόγος είναι η φύση των συντηρούμενων προϊόντων. Τα οπωροκηπευτικά προϊόντα, σαν ζωντανοί ιστοί που είναι και μετά τη συγκομιδή, τα χαρακτηρίζει έντονη εποχιακότητα και μεγάλη φθαρτότητα. Έτσι η διάθεσή τους είναι περιορισμένη και καλύπτει μόνο κοντινές αγορές και για περιορισμένο χρονικό διάστημα. Όταν μετά τη συγκομιδή τους διατηρηθούν σε κανονικές συνθήκες περιβάλλοντος, τα προϊόντα αυτά εμφανίζουν σοβαρές απώλειες που οφείλονται: α) σε φυσιολογική φθορά από καταβολικές αντιδράσεις λόγω αναπνοής και διαπνοής, β) σε ωρίμανση των καρπών και γήρασμο των ιστών, γ) σε προσβολές από παθογόνους μικροοργανισμούς και δ) σε φυσιολογικές ασθένειες (επιφανειακό έγκαυμα μήλων, πρασίνισμα της πατάτας κ.λ.π.).

Με τη διατήρηση των οπωροκηπευτικών σε ψύξη επιβραδύνουμε και περιορίζουμε την αναπνοή τους στο ελάχιστο, καθυστερούμε την φυσιολογική ωρίμανση των καρπών, περιορίζουμε τη διαπνοή και μειώνουμε τις απώλειες βάρους, αποφεύγουμε την ανάπτυξη παθογόνων μικροοργανισμών και περιορίζουμε τις φυσιολογικές ασθένειές τους.

Επίσης, οι απαιτήσεις για παράταση της εμπορικής ζωής των οπωροκηπευτικών πέρα από την περίοδο συγκομιδής με σκοπό τη διάθεσή τους σε απομακρυσμένες αγορές και σε άλλες εποχές εκτός της εποχής συγκομιδής ή την επιμήκυνση του χρόνου επεξεργασίας, όταν αυτά τα αγροτικά προϊόντα προορίζονται για μεταποίηση οδήγησαν σαν επιτακτική ανάγκη στη συντήρησή τους σε ειδικά κτήρια με ψυκτικές εγκαταστάσεις (εμπορικά ψυγεία).

Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία πραγματεύεται τη συντήρηση με ψύξη τόσο από την πλευρά του κατασκευαστικού - τεχνικού μέρους (κτίρια, ψυκτικός εξοπλισμός και εγκαταστάσεις), όσο και από την βιολογική σημασία και επίδραση της αποθήκευσης με ψύξη στα οπωροκηπευτικά. Επίσης, παρουσιάζεται και η σημερινή υπάρχουσα κατάσταση σε θέματα κατασκευαστικής υποδομής (ψυκτικές μονάδες), εφαρμοζόμενων συνθηκών συντήρησης, καθώς και συντηρούμενων ειδών οπωροκηπευτικών στην περιφέρεια της Θεσσαλίας.

Α) ΨΥΚΤΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣΣ - ΨΥΚΤΙΚΟΙ ΧΩΡΟΙ

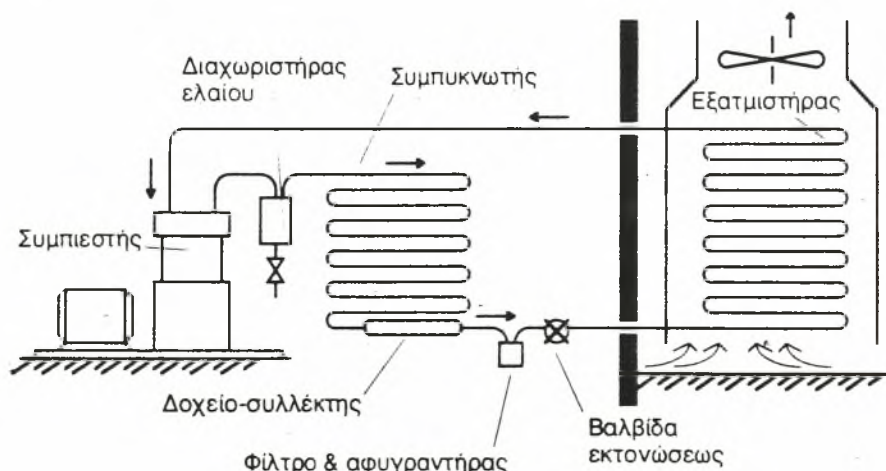
1. Ψυκτικός εξοπλισμός

1.1 Ορισμός της ψύξης - Βασική αρχή λειτουργίας μιας ψυκτικής μονάδας

Ως ψύξη εννοούμε την παραγωγή και διατήρηση της θερμοκρασίας ενός χώρου ή υλικού σε χαμηλότερη τιμή θερμοκρασίας από την τιμή του ατμοσφαιρικού αέρα που το περιβάλλει. Δηλαδή, η ψύξη επιτυγχάνεται με την αφαίρεση θερμότητας από τον ψυχόμενο χώρο χρησιμοποιώντας, για τα εμπορικά ψυγεία που εν λόγω εξετάζουμε, μηχανικά μέσα.

Μια ψυκτική μονάδα (μηχανικό σύστημα) για να καταφέρει να απομακρύνει τη θερμότητα από ένα θερμομονωμένο θάλαμο και από τα προϊόντα που αυτός περιέχει, χρησιμοποιεί τα εξής βασικά τμήματα (Σχήμα 1):

- α) Το ψυκτικό υγρό (refrigerant)
- β) Τον συμπιεστή (compressor)
- γ) Τον συμπυκνωτή (condenser)
- δ) Τη βαλβίδα εκτόνωσης (expansion valve)
- ε) Τον εξατμιστή ή ψυκτικό στοιχείο (evaporator)



Σχήμα 1: Διάγραμμα της διάταξης των μερών μιας ψυκτικής μονάδας άμεσης ψύξης του ψυκτικού υγρού.

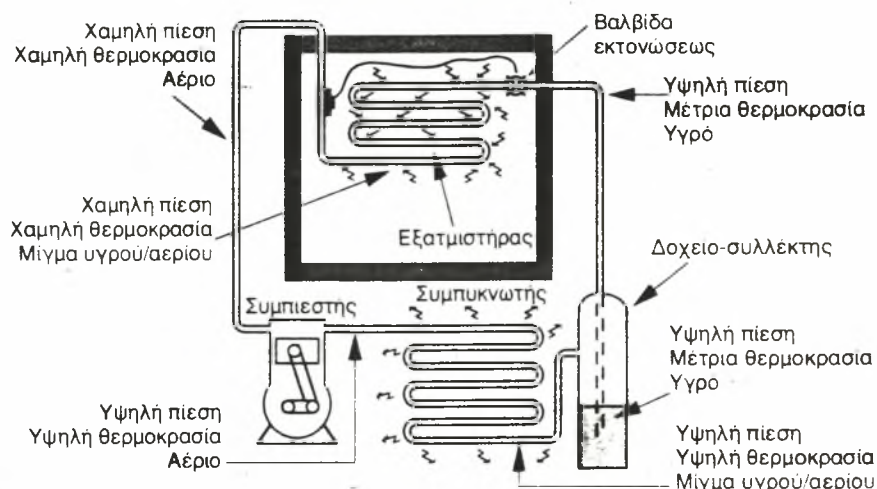
Το ψυκτικό υγρό είναι το υλικό το οποίο κυκλοφορεί, εναλλακτικά σε υγρή και αέρια φάση, εντός ενός κλειστού ψυκτικού συστήματος απομακρύνοντας την θερμότητα από τον ψυκτικό θάλαμο. Το ψυκτικό υγρό έχει ορισμένες χαρακτηριστικές ιδιότητες όπως: πολύ χαμηλό σημείο ζέσεως, υψηλή λανθάνουσα θερμότητα κ.α.

Το ψυκτικό υγρό εισέρχεται εντός του εξατμιστή σε υγρή φάση, υπό χαμηλή πίεση, προσλαμβάνει θερμότητα από τον περιβάλλοντα χώρο (ψυκτικός θάλαμος) και εξατμίζεται (αέρια φάση).

Η θερμότητα που προσέλαβε είναι η λανθάνουσα θερμότητά του, η οποία απαιτείται για την μετατροπή του από υγρή σε αέρια φάση. Έτσι ο χώρος από τον οποίο αφαιρείται αυτό το ποσό της θερμότητας ψύχεται.

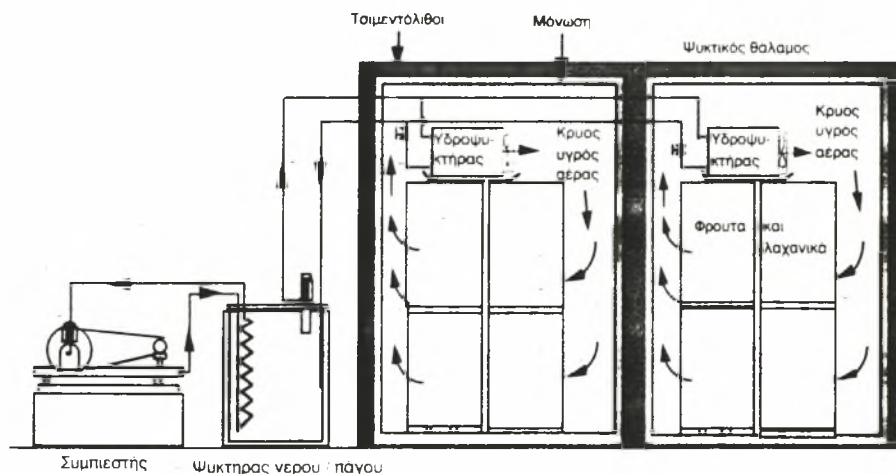
Στη συνέχεια ως αέριο με χαμηλή πίεση και θερμοκρασία το ψυκτικό υγρό εισέρχεται στο συμπιεστή, όπου εκεί με δαπάνη ενέργειας συμπιέζεται, δηλαδή αποκτά μικρότερο όγκο, αλλά υψηλότερη θερμοκρασία και πίεση.

Με υψηλή θερμοκρασία και πίεση το ψυκτικό υγρό σε αέρια φάση μετά το συμπιεστή διέρχεται από τον συμπυκνωτή, όπου ψύχεται με τη βοήθεια νερού ή αέρα και υγροποιείται. Στη συνέχεια εισέρχεται στη βαλβίδα εκτόνωσης σε υγρή φάση, υψηλή πίεση, μέτρια θερμοκρασία και από απότομα διαστέλλεται μειώνοντας έτσι την πίεση και τη θερμοκρασία του. Σε υγρή φάση εισέρχεται ξανά στον εξατμιστή για την επανάληψη του κύκλου (Σχήμα 2).



Σχήμα 2: Διάγραμμα κύκλου μηχανικής ψύξης.

Στην ψυκτική μονάδα, της οποίας η αρχή λειτουργίας περιγράφηκε πιο πάνω, η ψύξη του θαλάμου γινόταν άμεσα με τη βοήθεια του ψυκτικού υγρού. Όμως, υπάρχει η δυνατότητα η ψύξη του θαλάμου να γίνεται έμμεσα με την κυκλοφορία ψυχρού νερού ή αντιπηκτικού υγρού (διάλυμα CaCl_2 , MgCl_2) το οποίο ψύχεται από τον εξατμιστήρα του ψυκτικού υγρού. Έτσι το ψυκτικό σύστημα ψύχει το νερό σε ένα υγροψυκτήρα και με τη βοήθεια αντλίας διαβρέχει μια μεγάλη επιφάνεια υγρής κουρτίνας που αποτελεί και τον εναλλάκτη θερμότητας. Ο αέρας από το χώρο συντήρησης με τη βοήθεια ανεμιστήρων διέρχεται μέσω του εναλλάκτη, ψύχεται και υγραίνεται επιστρέφοντας στο χώρο της συντήρησης. Ο ψυχρός, υγρός αέρας έρχεται σε επαφή με το προϊόν, αφαιρεί τη θερμότητα και επιστρέφει πάλι στον υγρό εναλλάκτη. Το παραπάνω σύστημα ονομάζεται "σύστημα ψύξης του υγρού αέρα" (Σχήμα 3) και σε σχέση με το σύστημα της άμεσης ψύξης εξασφαλίζει πολύ υψηλότερη σχετική υγρασία στον ψυχόμενο χώρο, όμως, για λόγους κόστους εγκατάστασης, συντήρησης και λειτουργίας, δεν το συναντάμε συχνά.



Σχήμα 3: Σχηματική κάτοψη μιας ψυκτικής μονάδας με “σύστημα ψύξης υγρού αέρα”.

Απόψυξη

Η απόψυξη είναι μια λειτουργία που γίνεται περιοδικά με σκοπό την απομάκρυνση του πάγου, ο οποίος συγκεντρώνεται στο ψυκτικό στοιχείο (εξατμιστήρας), λόγω της συνεχούς λειτουργίας της ψυκτικής εγκατάστασης και της συμπύκνωσης των υδρατμών στην επιφάνεια του ψυκτικού στοιχείου, λόγω διαφοράς θερμοκρασίας. Η αποπάγωση του ψυκτικού στοιχείου γίνεται με διάφορους τρόπους οι οποίοι θα αναφερθούν στη συνέχεια σε σχετικό κεφάλαιο.

1.2 Ψυκτικά υγρά

Ψυκτικά υγρά καλούνται εκείνες οι ειδικές ουσίες (ρευστά) οι οποίες έχουν την ιδιότητα εξατμιζόμενες σε χαμηλές θερμοκρασίες να απορροφούν θερμότητα από το χώρο εντός του οποίου εξατμίζονται. Έτσι κάθε ψυκτικό υγρό έχει την ικανότητα να απορροφά θερμότητα (εξατμιζόμενο) όταν βρίσκεται σε χαμηλότερη θερμοκρασία από το περιβάλλον του, να μπορεί να συμπιέζεται, ώστε να αυξηθεί η θερμοκρασία και η πίεσή του, και να μπορεί να συμπυκνώνεται όταν αποβάλλει θερμότητα.

Τα χρησιμοποιούμενα ψυκτικά υγρά συγκεντρώνουν, λίγο έως πολύ, τις παρακάτω ιδιότητες:

- 1) Έχουν χαμηλό σημείο βρασμού και συμπύκνωσης.
- 2) Διαθέτουν υψηλή λανθάνουσα θερμότητα εξατμίσεως.

- 3) Έχουν μικρό όγκο.
- 4) Ανιχνεύονται εύκολα σε περίπτωση διαρροής.
- 5) Έχουν σταθερή χημική σύνθεση κατά τις συνθήκες λειτουργίας του κύκλου ψύξεως.
- 6) Είναι, όσο το δυνατόν, μη τοξικά για ανθρώπους και περιβάλλον.
- 7) Δεν διαβρώνουν και οξειδώνουν τα μέταλλα της ψυκτικής εγκατάστασης.
- 8) Δεν αναφλέγονται και δεν εκρύνονται.
- 9) Έχουν το χαμηλότερο δυνατό κόστος.

Είναι βέβαιο ότι δεν υπάρχει ψυκτικό υγρό που να συγκεντρώνει όλες αυτές τις ιδιότητες σε ικανοποιητικό βαθμό, ώστε να χαρακτηρίζεται ιδεώδες, γι' αυτό υπάρχουν αρκετά ψυκτικά υγρά με τα οποία αντιμετωπίζονται οι απαιτήσεις αυτές στην παραγωγή της ψύξης, λαμβάνοντας υπόψη ότι κάθε ψυκτικό υγρό προϋποθέτει την ύπαρξη ειδικής γι' αυτό ψυκτικής εγκατάστασης και μηχανημάτων - κάτι που συνεπάγεται διαφορετικό κόστος κατασκευής, συντήρησης και λειτουργίας.

Για παράδειγμα, η αμμωνία R 717 είναι φθηνή σαν υλικό, αποδίδει καλύτερα από το freon 12, αλλά η ψυκτική εγκατάσταση που απαιτεί έχει υψηλό κόστος κατασκευής. Αντίθετα η εγκατάσταση που απαιτεί το freon 12 έχει χαμηλότερο κόστος, όμως, το freon 12 σαν υλικό αποδίδει λιγότερο και, τυχόν διαρρέον υλικό, καταστρέφει το όζον της ατμόσφαιρας. Ήδη το freon 12 έχει σταματήσει να παράγεται ανά τον κόσμο σαν επικίνδυνο για τον πλανήτη και σε πολλά ψυγεία έχει αντικατασταθεί από το freon 22, που είναι οικολογικά συμβατότερο. Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα σημαντικότερα ψυκτικά υγρά με τις κυριότερες ιδιότητές τους.

Πίνακας 1: Σημαντικότερα ψυκτικά υγρά με τις κυριότερες ιδιότητές τους.

Όνομα	Κωδικός	Χημικός τύπος	Κωδικό χρώμα	Σημείο βρασμού υπό ατμ. Πίεση	Λανθάνουσα θερμότητα εξατμίσεως	Φυσικές ιδιότητες
Freon 12	R12	CCl ₂ F ₂	Λευκό	-29,8 °C	69 BTU/Lb	Δεν είναι τοξικό, δεν είναι διαβρωτικό, δεν είναι εκρηκτικό, όταν καίγεται γίνεται αέριο πολύ τοξικό, καταστρέφει το όζον.
Freon 22	R22	CHClF ₂	Πράσινο	-40,8 °C	93 BTU/Lb	Δεν είναι διαβρωτικό, δεν αναφλέγεται, δεν εκρύνεται, οικολογικά συμβατό
Freon 11	R11	CClF ₃	Πορτοκαλί	23,8 °C	93 BTU/Lb	Όπως Freon 22
Freon 502	R502	CHClF ₃ -CClF ₂ CF ₃	Κόκκινο-μπλε	-50,1 °C	49 BTU/Lb	Όπως Freon 22
Αμμωνία	R717	NH ₃	Λευκό	-33 °C	565 BTU/Lb	Ατμοί τοξικοί για ανθρώπους και προϊόντα, όταν είναι συμπυκνωμένοι αναφλέγονται και εκρύνονται. Διαβρώνει το χαλκό και τα κράματά του, χρησιμοποιείται σίδηρος και χάλυβας

Διοξείδιο του θείου	R744	SO ₂	Άχρωμο	14 °C	169 BTU/Lb	Ατμοί λίγο διαβρωτικοί, τοξικοί, δεν χρησιμοποιείται
Διοξείδιο του άνθρακα		CO ₂	Άχρωμο	-78,48 °C	117 BTU/Lb	Δεν είναι εύφλεκτο, εκρηκτικό. Περικεκτικότητα ατμών άνω 7% επικίνδυνη για τον άνθρωπο, δεν χρησιμοποιείται
Αιθάνιο	R170	C ₂ H ₆	Άχρωμο	-88,63 °C		Εκρηκτικό, εύφλεκτο, τοξικό, δεν χρησιμοποιείται
Βουτάνιο	R600	C ₄ H ₁₀	Άχρωμο			Εκρηκτικό, εύφλεκτο, τοξικό, δεν χρησιμοποιείται
Προπάνιο	R290	C ₃ H ₈	Άχρωμο	-44,5 °C		Εκρηκτικό, εύφλεκτο, τοξικό, δεν χρησιμοποιείται

Σημείωση: Ένα BTU (British Thermal Unit) είναι το ποσό θερμότητας που χρειάζεται για ανύψωση της θερμοκρασίας 1 λίμπρας (1lb) νερού κατά 1 βαθμό.

Fahrenheit (0,56 °C) 1kcal = 3,968 BTU = 4178 Joule

1 °C = 33,8 °F 1 lb = 453,59 gr

Για τις μετατροπές των °C σε °F	$^{\circ}\text{C} = (^{\circ}\text{F} - 32) 5,9$
και αντίστροφα	$^{\circ}\text{F} = (^{\circ}\text{C} * 5/9) + 32$

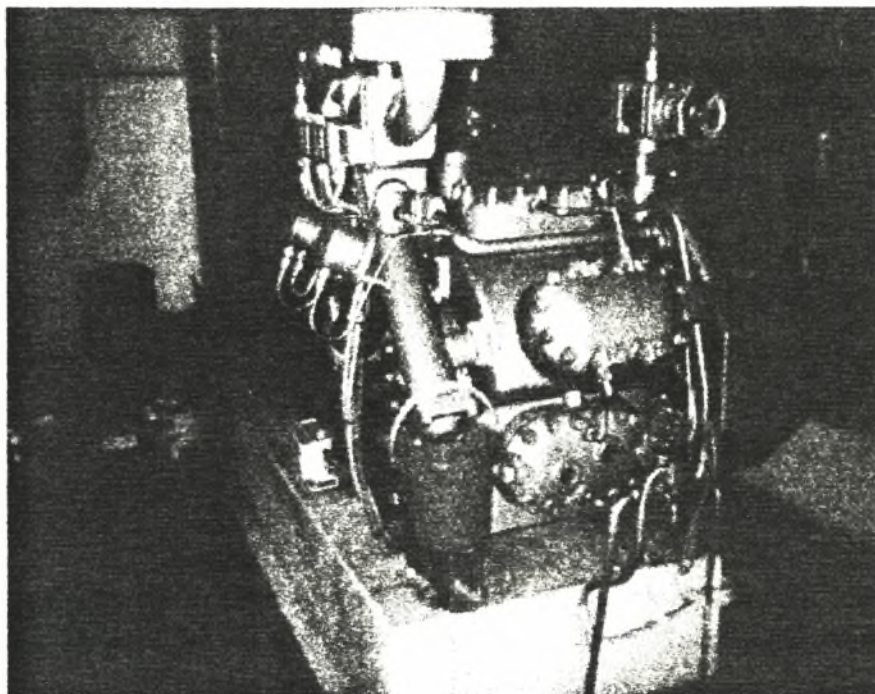
2. Μηχανολογικός εξοπλισμός

2.1 Συμπιεστές (compressors)

Οι συμπιεστές θα λέγαμε ότι είναι η καρδιά της ψυκτικής εγκατάστασης και για την λειτουργία τους δαπανάται σχεδόν το σύνολο της ενέργειας (ηλεκτρικής) που απαιτείται για την παραγωγή του ψύχους, είναι δηλαδή οι κύριοι καταναλωτές ενέργειας.

Σκοπός των συμπιεστών είναι η απορρόφηση - συγκέντρωση των ατμών του ψυκτικού υγρού που εξατμίσθηκε στους εξατμιστές, η συμπίεσή του και η αποστολή του ψυκτικού αερίου, υπό πίεση και θερμοκρασία μεγαλύτερη από εκείνη που είχε όταν επέστρεψε από τους εξατμιστές, στους συμπυκνωτές, για να γίνει δυνατή η αποβολή της θερμότητας από το ψυκτικό αέριο προς το μέσο συμπύκνωσης και η υγροποίησή του. Με την απορρόφηση και συμπίεση των ατμών του ψυκτικού υγρού οι συμπιεστές δημιουργούν τη χαμηλή και υψηλή πλευρά πίεσης του ψυκτικού συστήματος, χωρίς τις οποίες θα ήταν αδύνατος ο συνεχής κύκλος της ψύξης.

Τα είδη των συμπιεστών είναι πολλά , όπως παλινδρομικοί (εμβολοφόροι), περιστροφικοί, φυγοκεντρικοί, ανοικτού, ημίκλειστου και κλειστού τύπου. Από αυτή τη μεγάλη ποικιλία συμπιεστών χρησιμοποιούνται οι παλινδρομικοί (εμβολοφόροι) (σαν κατασκευή είναι σχεδόν όμοιοι με μηχανή αυτοκινήτου) ανοικτού τύπου (ο ηλεκτροκινητήρας βρίσκεται εκτός του συμπιεστή), με μια επικράτηση σήμερα των πολυκύλινδρων πολύστροφων (900-1500 RPM) με διάταξη των κυλίνδρων τους σε σχήμα V ή W (Εικόνα 1).



Εικόνα 1: Συμπιεστής ψυκτικής εγκατάστασης

Στην αγορά έχουν επικρατήσει οι συμπιεστές της Σουηδικής εταιρίας Sabroer ως οι καλύτεροι αλλά και οι ακριβότεροι, ακολουθούν αυτοί της εταιρίας Mykom.

Η ψυκτική ικανότητα των συμπιεστών σε ψυχομονάδες ανά ώρα αναφέρεται πάντοτε για καθορισμένες συνθήκες λειτουργίας και συνήθως $-10^{\circ}\text{C}/ +25^{\circ}\text{C}$, δηλαδή θερμοκρασία απορρόφησης -10°C και θερμοκρασία συμπύκνωσης $+25^{\circ}\text{C}$.

Οι συμπιεστές συνοδεύονται από πολλά συστήματα ασφαλείας έναντι υπερπίεσεως και ατελούς λίπανσης, κατασκευάζονται δε με διατάξεις για άφορτη εκκίνηση και αυτόματη μείωση ισχύος.

Τα μεγέθη στα οποία κατασκευάζονται είναι διάφορα και ξεκινούν σε ισχύ από 50.000 φτάνοντας ως το 1.000.000 kcal/h ανάλογα με τις απαιτήσεις. Η εκλογή της ισχύος των συμπιεστών γίνεται λαμβάνοντας υπόψη την τελευταία ημέρα πλήρώσεως του ψυκτικού χώρου με προϊόντα, η οποία βρίσκεται ακόμη στην κυρίως εποχή της συγκομιδής, υπολογίζοντας δηλαδή το ψυκτικό φορτίο εκείνης της μέρας. Αξίζει να σημειωθεί ότι από το 100% της ισχύος των συμπιεστών το 90% αυτής χρησιμοποιείται για τις πρώτες ημέρες της εισαγωγής των προϊόντων (πρόψυξη) μέχρι να κατέβει η θερμοκρασία τους στα επιθυμητά επίπεδα ενώ μόνο το 10% της ισχύος χρησιμεύει για να υπερνικηθούν οι διάφορες απώλειες σε ψύξη κατά την περίοδο της συντήρησής τους.

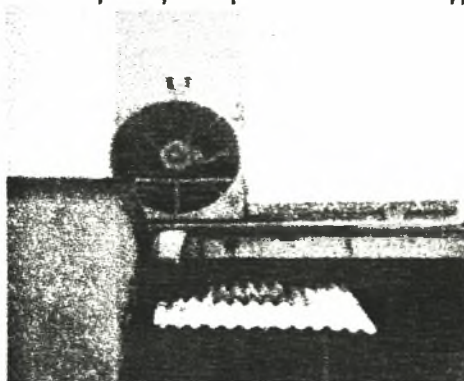
2.2 Συμπυκνωτές (condensers)

Οι συμπυκνωτές είναι εναλλάκτες θερμότητας και έχουν σκοπό την αφαίρεση θερμότητας από το θερμό και υπό πίεση (ψυκτικό) αέριο που καταθλίβεται από τους συμπιεστές, ώστε να υγροποιηθεί. Οι περισσότερο χρησιμοποιούμενοι συμπυκνωτές λειτουργούν με κυκλοφορία νερού, ενώ οι συμπυκνωτές με κυκλοφορία αέρα δεν χρησιμοποιούνται παρά σε πολύ μικρές ψυκτικές εγκαταστάσεις.

Μεγάλη εφαρμογή έχουν οι κυλινδρικοί πολυαυλωτοί συμπυκνωτές με κυκλοφορία νερού κατ' αντιστροφή. Οι συνηθέστερες διαστάσεις των κυλινδρικών πολυαυλωτών συμπυκνωτών είναι: διάμετρος 0,40 έως 1μ. και μήκος από 3 έως 5μ. Το κύριο όμως χαρακτηριστικό τους είναι η επιφάνεια θερμικής εναλλαγής σε τετραγωνικά μέτρα. Στους συμπυκνωτές αυτούς το διερχόμενο εσωτερικά νερό θερμαίνεται και για να ανακυκλωθεί διαβιβάζεται σε κατάλληλους πύργους νερού, όπου αποβάλλει τη θερμότητά του.

Ένα άλλο είδος συμπυκνωτών που χρησιμοποιείται σε αρκετά μεγάλη κλίμακα είναι οι εξατμιστικοί συμπυκνωτές (water tower, Εικόνα 2). Σε αυτούς το νερό ρέει από πάνω προς τα κάτω στην εξωτερική επιφάνεια οριζόντια τοποθετημένων σωλήνων με συνολικό μήκος ανάλογα με το μέγεθος του συμπυκνωτή ακόμα και 4,5km μέσα στους οποίους κυκλοφορεί το προς ψύξη και υγροποίηση ψυκτικό υγρό. Στην κατασκευή αυτή είναι τοποθετημένοι και ανεμιστήρες (ventilator) για την ψύξη του νερού. Το νερό συγκεντρώνεται σε αβαθή δεξαμενή κάτω από τον συμπυκνωτή και με τη βοήθεια αντλίας επαναχρησιμοποιείται. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι το νερό απαιτείται να είναι καλής ποιότητας για την αποφυγή διάβρωσης των σωλήνων που φέρουν το ψυκτικό υγρό, καθώς επίσης και να αντικαθίσταται από άλλο περιοδικά. Οι εξατμιστικοί συμπυκνωτές τοποθετούνται στην οροφή των ψυκτικών θαλάμων ή του μηχανοστασίου. Η ουσιαστική διαφορά μεταξύ πολυαυλωτών και εξατμιστικών συμπυκνωτών είναι ότι οι δεύτεροι δεν χρειάζονται πύργο ψύξεως μιας και οι ίδιοι αποτελούν και πύργο ψύξεως γι' αυτό και προτιμούνται περισσότερο από τους άλλους.

Η εκλογή του κατάλληλου συμπυκνωτή για μια ψυκτική μονάδα γίνεται με βάση τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος όπου θα είναι τοποθετημένος και θα λειτουργεί σε °C, με βάση τη θερμοκρασία εξατμίσεως του ψυκτικού υγρού μέσα στον εξατμιστή σε °C και τέλος με βάση τη χωρητικότητα του συστήματος, δηλαδή το ποσό της θερμότητας σε BTU/HR, το οποίο καλείται ο συμπυκνωτής να αφαιρέσει από το ψυκτικό αέριο προκειμένου αυτό να υγροποιηθεί.



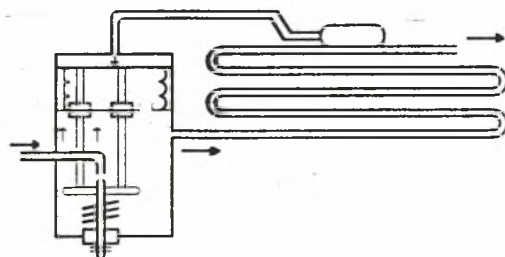
Εικόνα 2: Εξατμιστικός συμπυκνωτής (water tower)

2.3 Εκτονωτική Βαλβίδα (expansion valve)

Η εκτονωτική βαλβίδα χωρίζει τα δύο τμήματα, υψηλής και χαμηλής πίεσης, του ψυκτικού κυκλώματος. Το μεν τμήμα υψηλής πίεσης αρχίζει από την έξοδο κατάθλιψης του συμπιεστή, περιλαμβάνει τους συμπυκνωτές, την αποθήκη ψυκτικού υγρού και φθάνει μέχρι την εκτονωτική βαλβίδα, το δε τμήμα χαμηλής πίεσης αρχίζει από την έξοδο της εκτονωτικής βαλβίδας, περιλαμβάνει τους εξατμιστές (Σχήμα 4) και φθάνει μέχρι την απορρόφηση του συμπιεστή.

Η βαλβίδα εκτόνωσης είναι η συσκευή που διαθέτει μηχανισμό εκτόνωσης και διασκορπισμού του ψυκτικού υγρού σε λεπτά σταγονίδια. Το ψυκτικό υγρό με υψηλή πίεση και μέτρια θερμοκρασία περνά από ένα μικρό άνοιγμα της βαλβίδας εκτόνωσης στο σωλήνα χαμηλής πίεσης και με την εξαέρωσή του στον εξατμιστήρα απορροφά θερμότητα από τον ψυχόμενο χώρο. Η θερμότητα που απορροφάται με την εξάτμιση του ψυκτικού υγρού μεταφέρεται, αφού περάσει από το συμπιεστή, στο συμπυκνωτή ο οποίος την αποβάλλει στο περιβάλλον.

Η εκλογή της κατάλληλης εκτονωτικής βαλβίδας γίνεται με βάση το είδος του ψυκτικού υγρού της εγκατάστασης, την ψυκτική ικανότητα του συστήματος σε ψυκτικούς τόνους (RT), τη θερμοκρασία εξατμίσεως του ψυκτικού υγρού μέσα στον εξατμιστήρα, τη θερμοκρασία συμπύκνωσης του ψυκτικού αερίου μέσα στο συμπυκνωτή και την πτώση της πίεσης κατά μήκος της εκτονωτικής βαλβίδας.



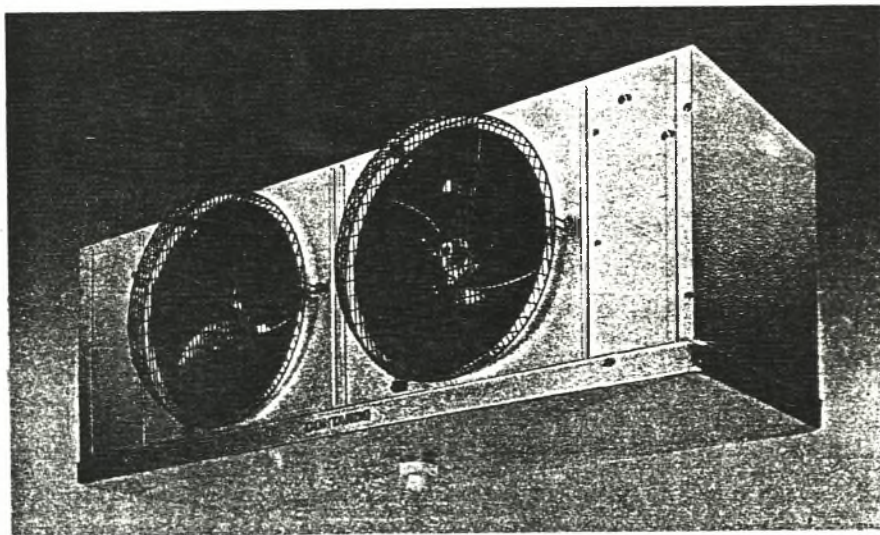
Σχήμα 4: Διάγραμμα ψυκτικού στοιχείου-εξατμιστήρα και σύνδεση με θερμοστατική βαλβίδα εκτόνωσης.

2.4 Εξατμιστές (evaporators)

Οι εξατμιστές ή ψυκτικά στοιχεία, όπως αλλιώς ονομάζονται, είναι οι συσκευές στις οποίες πραγματοποιείται η εξάτμιση του ψυκτικού υγρού. Στους εξατμιστές που βρίσκονται μέσα στους ψυχόμενους χώρους διαβιβάζεται και εξαερώνεται το ψυκτικό υγρό με συνέπεια την απορρόφηση του θερμικού φορτίου και την παραγωγή ψύχους. Ως θερμικό φορτίο εννοούμε το άθροισμα όλων των ποσών θερμότητας που εισέρχονται μέσα στο ψυκτικό θάλαμο και είναι :

- α) Φορτίο τοιχωμάτων, δαπέδου και οροφής θαλάμου
- β) Φορτίο των ψυχόμενων οπωροκηπευτικών κατά την εισαγωγή τους και φορτίο από την αναπνοή αυτών κατά τη διάρκεια της συντήρησης
- γ) Φορτίο διεισδύσεως (αλλαγών) αέρα, όταν η πόρτα του ψυκτικού θαλάμου ανοίγει ή μένει ανοικτή και αν τυχόν χρησιμοποιείται εξαερισμός.
- δ) Φορτίο προερχόμενο από τους λαμπτήρες, τους ηλεκτροκινητήρες, τους ανθρώπους, τα περονοφόρα οχήματα (clark) και από άλλες βοηθητικές συσκευές.

Από διάφορους εξατμιστές οι εξατμιστές οροφής ή τοίχων (Εικόνα 3) αποτελούνται από σωληνώσεις τοποθετημένες στην οροφή ή και τις πλευρές του ψυκτικού θαλάμου, ενώ οι εξατμιστές βεβιασμένης κυκλοφορίας αέρα ή αεροψυκτικές είναι κατάλληλα εγκιβωτισμένοι εξατμιστές με διάταξη προσφυσήσεως αέρα.



Εικόνα 3. Εξατμιστής βεβιασμένης κυκλοφορίας αέρα.

Με τα εξατμιστικά στοιχεία οροφής η ψύξη γίνεται με φυσική κυκλοφορία του αέρα από την δημιουργία καθοδικών και ανοδικών ρευμάτων, η σχετική υγρασία του χώρου διατηρείται σε υψηλά επίπεδα, όμως το κόστος κατασκευής είναι σχετικά υψηλό. Με τους αεροψυκτικές η βεβιασμένη κυκλοφορία του αέρα συντελεί στην επίτευξη μεγαλύτερων συντελεστών θερμικής εναλλαγής, πράγμα που ως ένα σημείο επιτρέπει την ελάττωση της ψυκτικής επιφάνειας με παράλληλη, βέβαια, αύξηση του αέρα που κυκλοφορεί. Όμως, πέρα από ένα όριο η προσπάθεια αυτή αποβαίνει σε

βάρος της ποιότητας των συντηρούμενων προϊόντων, εξαιτίας της συμπύκνωσης νερού στους αεροψυκτήρες και της μείωσης της σχετικής υγρασίας του χώρου (αφυδάτωση των προϊόντων).

Ένα άλλο είδος ψυκτικού στοιχείου είναι ο ψύκτης υγρού αέρα. Αυτός αποτελείται από μια μεγάλη επιφάνεια κουρτίνας την οποία διαβρέχει ψυχρό νερό ή αντιπηκτικό υγρό. Ο αέρας από το θάλαμο συντήρησης με την βοήθεια ανεμιστήρων διέρχεται μέσω της υγρής κουρτίνας, ψύχεται και υγραίνεται επιστρέφοντας στο χώρο συντήρησης και ο κύκλος επαναλαμβάνεται.

Ψυκτικά στοιχεία αυτού του είδους παρέχουν υψηλή σχετική υγρασία στο χώρο συντήρησης, όμως, το κόστος κατασκευής είναι σημαντικά υψηλό και δεν χρησιμοποιούνται.

Από τα διάφορα είδη εξατμιστών που αναφέρθηκαν την μεγαλύτερη χρήση έχουν οι εξατμιστές βεβιασμένης κυκλοφορίας αέρα διότι έχουν την καλύτερη σχέση πλεονεκτημάτων και κόστους αγοράς-εγκατάστασης. Για την καλύτερη επιλογή ένος εξατμιστή λαμβάνεται υπόψη το μέγεθος και το σχήμα του ψυκτικού θαλάμου στον οποίο θα τοποθετηθεί, ή θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ στοιχείου και ψυχόμενου χώρου, η επιθυμητή σχετική υγρασία του ψυκτικού θαλάμου και η ψυκτική ικανότητα του εξατμιστή.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ θερμοκρασίας του εξατμιστήρα και επιθυμητής θερμοκρασίας του χώρου συντήρησης δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από τους 4°C για να διατηρείται στο χώρο μια σχετική υγρασία 90-95%. Όσο πιο ισχυρός είναι ο εξατμιστής (ψυχρός), τόσο πιο πολλή πάχνη σχηματίζεται πάνω σε αυτόν, με αποτέλεσμα την μείωση της υγρασίας του χώρου και συνέπεια αυτού το ανεπανόρθωτο στέγνωμα των φρούτων και λαχανικών.

2.5 Συστήματα αποπάγωσης

Η συμπύκνωση υδρατμών και ο σχηματισμός πάγου στα πτερύγια του εξατμιστήρα είναι ένα σύνθετο φαινόμενο που συμβαίνει ακόμα και στους καλύτερους εξατμιστήρες, αφού αυτοί λειτουργούν συνήθως σε θερμοκρασίες κάτω από 0°C. Το στρώμα του χιονιού ή πάγου που δημιουργείται με τον καιρό γίνεται παχύτερο και δυσκολεύει την θερμική εναλλαγή, με συνέπεια την μείωση της απόδοσης του ψυκτικού στοιχείου, πράγμα που επιβάλλει την περιοδική απομάκρυνση του πάγου.

Η αποπάγωση γίνεται αυτόματα με χρονοδιακόπτη που διακόπτει την λειτουργία της ψυκτικής μονάδας. Παράλληλα, μπορεί να γίνεται ψεκασμός και λιώσιμο του πάγου με νερό. Στα ψυγεία σπαροκηπευτικών συναντάμε επίσης την ηλεκτρική εγκατάσταση απόψυξης την οποία διαθέτουν πολλοί τύποι εξατμιστήρων. Μια σειρά ηλεκτρικών αντιστάσεων συνδέονται με ένα χρονοδιακόπτη και μπαίνουν σε λειτουργία για μικρό χρονικό διάστημα για την τήξη του πάγου και την απελευθέρωση των πτερυγίων από αυτόν.

Ένα άλλο ευρύτατα διαδεδομένο σύστημα απόψυξης είναι το σύστημα "Hot Gas". Σε αυτό γίνεται αναστροφή του ψυκτικού κύκλου. Από τον εξατμιστήρα διέρχεται μέσα από σωλήνες για μικρό χρονικό διάστημα το ψυκτικό μέσο υπό

μορφή ατμών και σε υψηλή θερμοκρασία. Έτσι ο εξατμιστήρας λειτουργεί για λίγο ως συμπυκνωτής απορροφώντας την θερμότητα του ψυκτικού μέσου με συνέπεια την αποπάγωσή του.

3. Ηλεκτρολογικός εξοπλισμός

Στον ηλεκτρολογικό εξοπλισμό περιλαμβάνονται όλοι οι καταναλωτές ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς επίσης τα κυκλώματα αυτοματισμών, τα όργανα αυτοματισμών (πρεσοστάτες, θερμοστάτες κ.α.) και τα συστήματα ελέγχου λειτουργίας.

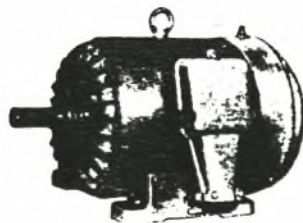
Ηλεκτροκινητήρες: Οι κύριοι καταναλωτές ηλεκτρικής ενέργειας σε μια ψυκτική μονάδα είναι οι ηλεκτροκινητήρες (Εικόνα 4) και πιο συγκεκριμένα αυτοί που λειτουργούν τους συμπιεστές (compressors). Αυτοί είναι τριφασικοί κινητήρες εναλλασσόμενου ρεύματος 380V με ισχύ από 50-200HP ανάλογα με τον τύπο του συμπιεστή. Η κίνηση μεταδίδεται στο συμπιεστή απ' ευθείας με την βοήθεια compler ή με την βοήθεια μάντων (λουριών), που είναι και η πιο διαδεδομένη μέθοδος. Η ψύξη τους γίνεται με ανεμιστήρα με εσωτερική κυκλοφορία αέρα.

Πολλοί από αυτούς διαθέτουν δύο επίπεδα στροφών λειτουργίας ανάλογα με τις απαιτήσεις σε απόδοση του συμπιεστή.

Εκτός από τους ηλεκτροκινητήρες που κινούν τους συμπιεστές έχουμε και αυτούς του συμπυκνωτή (water tower) είτε αυτοί λειτουργούν αντλίες για την διακίνηση του νερού είτε ανεμιστήρες για την άμεση και έμμεση ψύξη του νερού και του ψυκτικού υγρού αντίστοιχα. Η ισχύς αυτών των κινητήρων δεν ξεπερνά τους 10HP.

Τέλος στους ηλεκτροκινητήρες της ψυκτικής μονάδας περιλαμβάνονται και αυτοί που είναι τοποθετημένοι μέσα στους διάφορους τύπους εξατμιστήρων και παίζουν το ρόλο του ανεμιστήρα (ventilator).

Ανάλογα με τον τύπο του εξατμιστή είναι δυνατόν να περιέχει από 2-4 ηλεκτροκινητήρες των οποίων η ισχύς και οι στροφές λειτουργίας καθορίζονται με βάση τον όγκο του θαλάμου και την ταχύτητα κίνησης του αέρα που απαιτείται μέσα σε αυτόν.



Εικόνα 4: Ηλεκτροκινητήρας

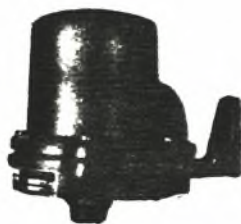
Πρεσοστάτες: Οι πρεσοστάτες είναι διακόπτες ηλεκτρικού ρεύματος και λειτουργούν με βάση την πίεση την οποία δέχονται (πίεση ψυκτικού υγρού, πίεση λαδιού) (Εικόνα 5). Έτσι ελέγχουν την πίεση την οποία δέχονται και ανάλογα με την ρύθμισή τους ανοίγουν ή κλείνουν μια επαφή. Στην επαφή αυτή συνδέεται κάποιος αυτοματισμός, ώστε να συμβαίνουν τα εξής:

α) Να σταματά η αύξηση της πίεσης, όταν φτάνει σε ένα όριο

β) Να θέτει σε λειτουργία το μηχανισμό δημιουργίας πίεσης, δηλαδή τον ηλεκτροκινητήρα-συμπιεστή

Κατ' αυτήν την έννοια τοποθετείται ένας πρεσοστάτης στο τμήμα χαμηλής πίεσης του ψυκτικού κυκλώματος και πριν το συμπιεστή για να ελέγχει την έναρξη λειτουργίας του, ένας δεύτερος πρεσοστάτης στο τμήμα υψηλής πίεσης του ψυκτικού κυκλώματος και αμέσως μετά τον συμπυκνωτή, για να ελέγχει την παύση λειτουργίας του συμπιεστή και τέλος ένας τρίτος πρεσοστάτης στο κύκλωμα λαδιού που φροντίζει την λίπανση του συμπιεστή για να ελέγχει την έναρξη ή παύση της κίνησης του λαδιού προς αυτόν.

Κάθε πρεσοστάτης ρυθμίζεται για την μικρότερη ή μεγαλύτερη πίεση που ενεργοποιείται η επαφή του και επιλέγεται με βάση το εύρος πίεσης που θα χρησιμοποιηθεί στο κύκλωμα που θα τοποθετηθεί.



Εικόνα 5: Πρεσοστάτης

Θερμοστάτες: Οι θερμοστάτες είναι σύνθετοι μηχανισμοί (διακόπτες) που ελέγχουν τη θερμοκρασία κάθε θαλάμου και μετατρέπουν τις αυξομειώσεις της σε ηλεκτρική εντολή (ενεργοποίηση ή απενεργοποίηση).

Έτσι, όταν η θερμοκρασία του θαλάμου ανέβει υψηλότερα από τη θερμοκρασία στην οποία έχουμε ρυθμίσει το θερμοστάτη, αυτός ενεργοποιείται δίνοντας εντολή στην ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα του ψυκτικού κυκλώματος του θαλάμου να ανοίξει και να αφήσει να περάσει ψυκτικό υγρό στους εξατμιστήρες αυτού.

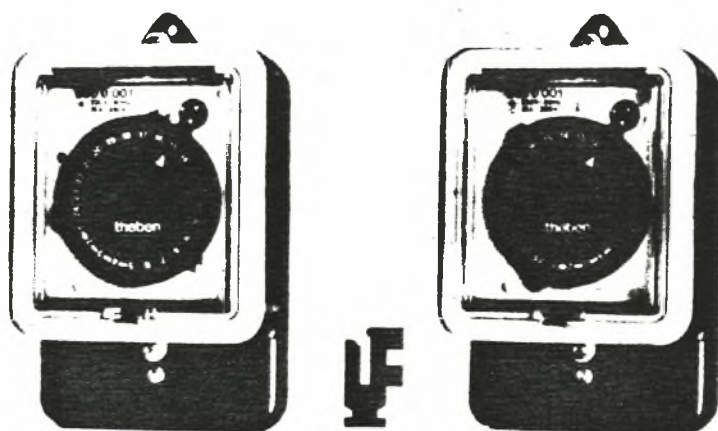
Όταν η θερμοκρασία πέσει και γίνει ίση με την ρύθμισή μας στο θερμοστάτη, αυτός απενεργοποιείται και κλείνει η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα του ψυκτικού κυκλώματος του θαλάμου.

Κάθε θάλαμος είναι αυτόνομος έχοντας το δικό του θερμοστάτη, ο οποίος βρίσκεται τοποθετημένος σε σημείο τέτοιο ώστε να λαμβάνει τη σωστότερη θερμοκρασία του χώρου, ενώ επίσης διαθέτει και την δικιά του ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα. Για λόγους ασφαλείας σε κάθε θάλαμο μαζί με τον πρώτο θερμοστάτη συνδέεται σε σειρά και ένας δεύτερος για περιπτώσεις βλάβης του πρώτου.



Εικόνα 6: Θερμοστάτες ψυκτικού θαλάμου.

Χρονοδιακόπτες: Για τη λειτουργία των συστημάτων αποπάγωσης είτε αυτά είναι τύπου “Hot Gas” ή με ηλεκτρικές αντιστάσεις ή ψεκασμό νερού χρησιμοποιούνται χρονοδιακόπτες ένας για κάθε θάλαμο (Εικόνα 7). Σκοπός αυτών είναι να θέτουν σε λειτουργία, με βάση τον χρονικό προγραμματισμό που τους έχει γίνει, το σύστημα αποπάγωσης και επίσης να αναστέλλουν την ψυκτική λειτουργία στο θάλαμο που γίνεται αποπάγωση. Οι χρονοδιακόπτες της ψυκτικής μονάδας βρίσκονται τοποθετημένοι μέσα στους πίνακες χειρισμού αυτοματισμών (τράπεζες ελέγχου).



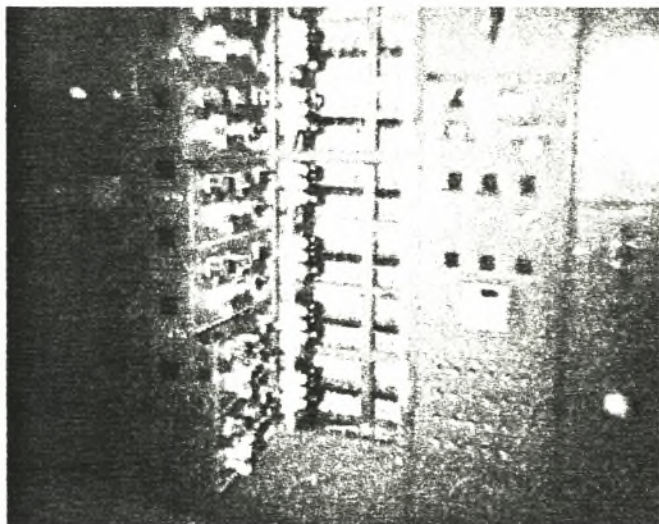
ακίδα

Εικόνα 7: Χρονοδιακόπτες.

Πίνακες αυτοματισμού ή τράπεζες ελέγχου: Για τον συνεχή έλεγχο της κανονικής λειτουργίας της ψυκτικής μονάδας, καθώς επίσης και για να βρίσκεται συγκεντρωμένο σχεδόν το σύνολο των αυτοματισμών σε ένα σημείο από όπου να γίνονται οι απαιτούμενοι χειρισμοί, χρησιμοποιούνται οι πίνακες αυτοματισμού (Εικόνα 8). Αυτοί συνήθως αποτελούνται από ένα μεταλλικό κουτί διαστάσεων ανάλογο με τον όγκο των αυτοματισμών που πρέπει να στεγάσουν και βρίσκονται συνήθως στο μηχανοστάσιο και κοντά στους ηλεκτροκινητήρες των συμπιεστών για λόγους οικονομίας καλωδίων.

Ένας πίνακας αυτοματισμού και ελέγχου λειτουργίας περιέχει τα εξής βασικά όργανα αυτοματισμού:

- 1) Τους γενικούς διακόπτες οι οποίοι ελέγχουν την παροχή ή όχι του ρεύματος για όλη την ψυκτική μονάδα. Από αυτούς τροφοδοτούνται όλα τα κυκλώματα.
- 2) Τις γενικές λυχνίες για να ελέγχεται η ύπαρξη ή όχι ηλεκτρικού ρεύματος από πλευράς παροχής.
- 3) Τις γενικές ασφάλειες για την ασφάλιση όλων των κυκλωμάτων της ηλεκτρικής εγκατάστασης από υπερένταση και καταστροφή αυτών.
- 4) Τους επιμέρους διακόπτες και ασφάλειες για κάθε ηλεκτροκινητήρα ξεχωριστά όπου αυτός και αν βρίσκεται όπως επίσης για την εγκατάσταση φωτισμού της ψυκτικής μονάδας.
- 5) Τον αυτόματο απλό διακόπτη ξεχωριστά για κάθε ηλεκτροκινητήρα που έχει ισχύ κάτω των 2,5HP και τον αυτόματο διακόπτη αστέρα-τριγώνου για τριφασικούς ηλεκτροκινητήρες που έχουν ισχύ από 2,5HP έως 200HP. Οι απλοί αυτοί αυτόματοι διακόπτες αποτελούνται ο καθένας από έναν απλό ηλεκτρονόμο (ρελαί) και ένα θερμικό, ενώ οι αυτόματοι διακόπτες αστέρα-τριγώνου αποτελούνται από τρεις ηλεκτρονόμους (ρελαί) και ένα θερμικό. Σκοπός κάθε αυτόματου διακόπτη είναι το αυτόματο ξεκίνημα του ηλεκτροκινητήρα (με την βοήθεια του ηλεκτρονόμου (ρελαί)), όταν αυτός πάρει εντολή από κάποιο όργανο αυτοματισμού π.χ. πρεσοστάτης ή χρονοδιακόπτης ή θερμοστάτης, καθώς επίσης και να προστατεύει τον ηλεκτροκινητήρα από μεγάλα φορτία (υπερεντάσεις) (με τη βοήθεια του θερμικού). Έτσι, όπως ήδη έχει αναφερθεί, απαραίτητο συμπλήρωμα κάθε αυτόματου διακόπτη είναι το όργανο ελέγχου (θερμοστάτης, πρεσοστάτης κ.λ.π.) ή τα μπουτόνς start-stop για απευθείας εντολή λειτουργίας ή παύσης αντίστοιχα. Μεταξύ των ηλεκτρονόμων (ρελαί), θερμικών οργάνων ελέγχου και μπουτόνς υπάρχουν ειδικά κυκλώματα που τα συνδέουν.
- 6) Εκτός από τους αυτόματους διακόπτες (ρελαί-θερμικό) στον πίνακα αυτοματισμού υπάρχουν οι χρονοδιακόπτες που ελέγχουν τη έναρξη και παύση της αποπάγωσης.
- 7) Τέλος πάνω στο καπάκι του πίνακα αυτοματισμού βρίσκονται τοποθετημένα αμπερόμετρα και βολτόμετρα για κάθε μεγάλο ηλεκτροκινητήρα, π.χ. των συμπιεστών, ενδεικτικές λυχνίες και διακόπτες control (μπουτόνς start-stop).



Εικόνα 8: Πίνακες αυτοματισμού ψυκτικής εγκατάστασης

4. Ψυκτικοί χώροι

4.1 Γενικά κατασκευαστικά στοιχεία

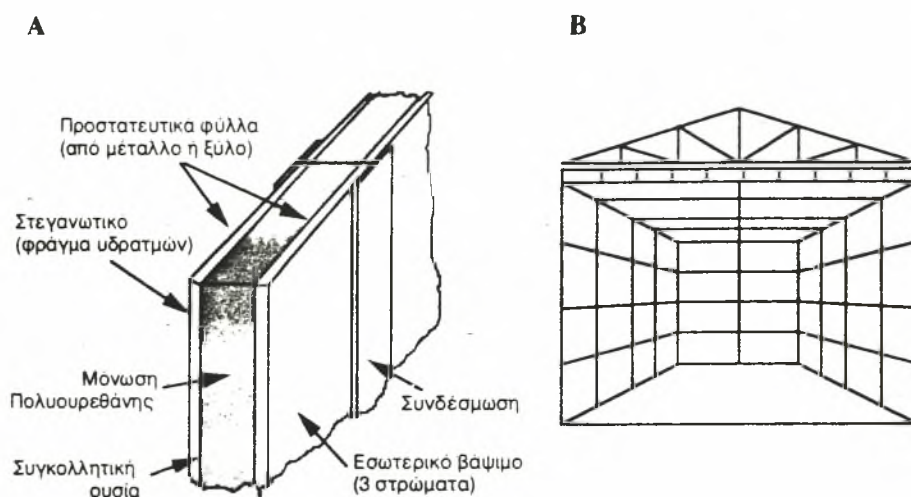
Για την κατασκευή των ψυκτικών θαλάμων κατά καιρούς έχουν χρησιμοποιηθεί διάφορες μέθοδοι. Οι πρώτοι ψυκτικοί θάλαμοι που κατασκευάστηκαν ήταν φτιαγμένοι από πέτρα, διέθεταν τοίχους πλάτους 70-90cm και ως μόνωση είχαν πλάκες φελλού και πίσσα. Αργότερα με την εμφάνιση του σκυροδέματος κυριάρχησαν οι ψυκτικοί θάλαμοι, των οποίων ο σκελετός ήταν φτιαγμένος από σπλισμένο σκυρόδεμα. Αυτός ο τρόπος κατασκευής, πέρα των όποιων πλεονεκτημάτων του, είχε και κάποια βασικά μειονεκτήματα, όπως το ότι η κατασκευή έπερνε μεγάλο χρονικό διάστημα, ιδιαίτερα αν βρισκόταν μακριά από αστικά κέντρα, και επίσης το υψηλό κόστος κατασκευής. Σήμερα υπάρχουν πολλά υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των ψυκτικών θαλάμων καθένα από τα οποία έχει το δικό του κόστος και συγκεντρώνει τα δικά του πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα.

4.2 Προκατασκευασμένα τοιχώματα (panels)

Με την εμφάνιση των προκατασκευασμένων τοιχωμάτων (panels) θα λέγαμε ότι συντελέστηκε μια επανάσταση στον τρόπο κατασκευής των εμπορικών ψυγείων έτσι ώστε τα τελευταία χρόνια να χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο στην κατασκευή των ψυκτικών μονάδων. Τα προκατασκευασμένα τοιχώματα είναι σύνθετα αυτοφερόμενα δομικά στοιχεία διαστάσεων συνήθως 1,20m*6m ή 1,20m*2m και αποτελούνται από δύο διαμορφωμένα ελασματόφυλλα μεταξύ των οποίων υπάρχει σκληρός αφρός πολυουρεθάνης ή πολυστερόλη. Ο τύπος και το πάχος του διογκωτικού υλικού παίζει καθοριστικό ρόλο στις τελικές τιμές φυσικών και μηχανικών ιδιοτήτων. Τα ελασματόφυλλα ενδιάμεσα των οποίων υπάρχει η μόνωση είναι από χάλυβα, γαλβανισμένα εν θερμώ με πάχος 0,50 ή 0,60mm και με οργανική επίστρωση super polyester 25/E. Στην κατασκευή των εμπορικών ψυγείων τα πάνελ που χρησιμοποιούνται έχουν πάχος από 80 έως 120mm ανάλογα με τις θερμομονωτικές ανάγκες που καθορίζονται κυρίως από τη θερμοκρασία συντήρησης ή κατάψυξης που απαιτείται εντός του θαλάμου, ενώ ο συντελεστής θερμοπερατότητας για πάνελ πάχους 80mm είναι $\lambda=0,28\text{W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$ για πάχους 100mm $\lambda=0,23\text{W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$ και για πάχους 120mm $\lambda=0,18\text{W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$.

Τα πάνελ διαθέτουν ειδικούς μηχανισμούς ώστε να είναι ταχεία η σύνδεσή τους και να εξασφαλίζουν ικανοποιητική στεγανότητα. Στα παλαιά των τοιχωμάτων πάνελ τοποθετείται στεγανωτική ταινία μίγματος πολυαιθυλενίου για την κάλυψη της πολυουρεθάνης, ενώ η στεγάνωση στις ενώσεις επιτυγχάνεται με ειδικό παρέμβυσμα και ειδικές κόλλες (σύλικόνες). Η ταχύτητα συναρμολόγησης, η ευκολία μεταφοράς

τους και η οικονομία (10.000 δρχ./m² για πάνελ πάχους 100mm) είναι τα βασικά πλεονεκτήματα που συνετέλεσαν στην ευρεία διάδοση των προκατασκευασμένων τοιχωμάτων τα τελευταία χρόνια για κατασκευή ψυκτικών μονάδων.



Σχήμα 5: Προκατασκευασμένα τοιχώματα (panels), κατασκευαστικές λεπτομέρειες (A) και διάταξη των panels στο εσωτερικό ενός ψυγείου (B).

4.3 Θερμική μόνωση τοιχωμάτων οροφής, δαπέδου, πόρτας, μονωτικά υλικά και φράγμα υδρατμών

4.3.1 Θερμική μόνωση οροφής, δαπέδου και πόρτας

Εξίσου σημαντική με την παραγωγή του ψύχους είναι και η διατήρησή του, τόσο για λόγους ενεργειακής οικονομίας όσο και για λόγους αποφυγής θερμοκρασιακών διακυμάνσεων στο συντηρούμενο προϊόν. Για το σκοπό αυτό οι ψυκτικοί θάλαμοι επενδύονται με κατάλληλη μόνωση ώστε να δημιουργείται φράγμα στη μετακίνηση θερμότητας και υδρατμών (Σχήμα 6).

Το είδος και το πάχος της χρησιμοποιούμενης μόνωσης εξαρτάται από τρεις κυρίως παράγοντες:

α) Από τη διαφορά θερμοκρασίας (ΔT) μεταξύ της επιθυμητής εσωτερικής θερμοκρασίας και εποχιακά αναμενόμενης εξωτερικής θερμοκρασίας. Ως βάση για τον υπολογισμό του πάχους της μόνωσης λαμβάνεται η ημέρα της μέγιστης θερμικής φόρτισης. Αυτή είναι η ημέρα κατά την οποία έχουμε την συμπλήρωση του θαλάμου με την τελευταία ποσότητα των υπό συντήρηση φρούτων ή λαχανικών και άρα και το μέγιστο θερμικό φορτίο, λαμβάνοντας υπόψη ότι η εξωτερική θερμοκρασία είναι 15-25°C υψηλότερη από το χώρο συντήρησης.

β) Το κόστος του υλικού μόνωσης με δεδομένη την εποχιακή μόνο χρήση των ψυκτικών θαλάμων και την αξία των υπό συντήρηση προϊόντων.

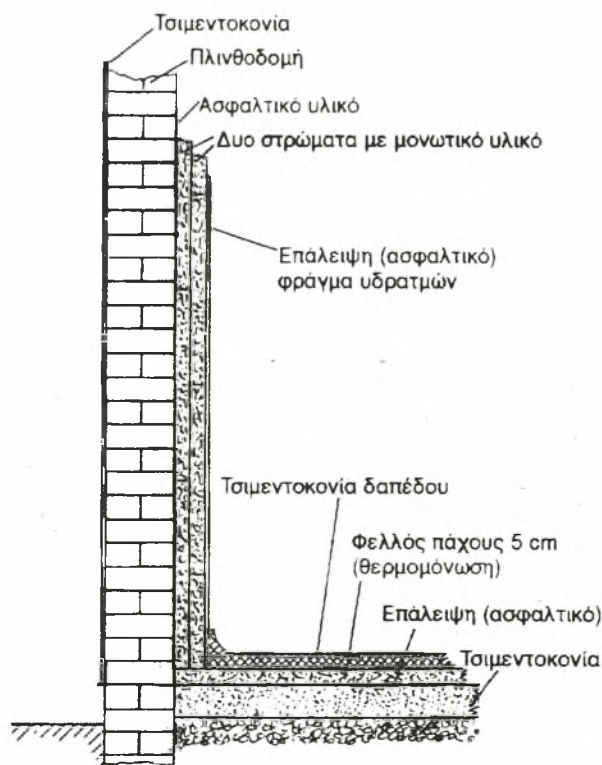
γ) Το κόστος για την αφαίρεση της θερμότητας από τους ψυκτικούς χώρους, δηλαδή το κόστος του ηλεκτρικού ρεύματος (βιομηχανικό τιμολόγιο).

Επιθυμητή βέβαια είναι η όσο το δυνατόν μεγαλύτερου πάχους μόνωση, αλλά γενικά καταβάλλεται προσπάθεια ώστε να εξασφαλίζεται μια ισορροπία μεταξύ παραδεκτού ποσοστού θερμικών απωλειών και ανεκτού ύψους των δαπανών μόνωσης. Έτσι το πάχος της μόνωσης όταν χρησιμοποιείται η αφρώδης πολυστερίνη είναι για τα τοιχώματα 8-10cm, για την οροφή που οι απαιτήσεις είναι μεγαλύτερες 10-12cm και για το δάπεδο 6-8cm. Επίσης όταν χρησιμοποιείται η διογκωμένη πολουρεθάνη το πάχος της για τα τοιχώματα, την οροφή και το δάπεδο κυμαίνεται από 8-10cm, ενώ μόνωση με διογκωμένη πολυστερίνη (felizol) έχει πάχος από 10-15cm για τοιχώματα, οροφή και δάπεδο.

Η επιλογή του υλικού μόνωσης του δαπέδου μπορεί να είναι διαφορετική και δυσκολότερη από την θερμομόνωση των τοιχωμάτων και της οροφής. Αυτό συμβαίνει είτε γιατί σε ορισμένες περιπτώσεις η μόνωση του δαπέδου δεν είναι απαραίτητη είτε γιατί την αναγκαιότητα για μόνωση καθορίζουν οι ακόλουθοι παράγοντες:

1. Η μηχανική σύσταση του εδάφους.
2. Το βάθος της υπεδάφιας στάθμης του νερού.
3. Η κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας.
4. Το μέγεθος του θαλάμου.
5. Η θερμοκρασία συντήρησης.

Γενικά η μόνωση του δαπέδου δεν είναι απαραίτητη σε καλοστραγγιζόμενα εδάφη στα οποία η υπόγεια στάθμη νερού βρίσκεται για όλη την περίοδο συντήρησης σε βάθος μεγαλύτερο από 6m και σε αυτές τις περιπτώσεις η πιο συνηθισμένη μόνωση είναι η περιμετρική κατακόρυφη που γίνεται κατ'επέκταση της μόνωσης των πλευρικών τοιχωμάτων των θαλάμων. Σε περιπτώσεις που η υπόγεια στάθμη νερού είναι μικρότερη των 3m τότε εκτός της περιμετρικής μόνωσης γίνεται και επιπρόσθετη μόνωση με διάφορα υλικά κάλυψης κάτω από το δάπεδο και επίσης με χρήση υλικών ανόργανης σύστασης που δεν υποχωρούν στην μεγάλη πίεση που ασκείται από το φορτίο στο δάπεδο (2,5-4 τόνοι/m²).



Σχήμα 6. Κατασκευαστικές λεπτομέρειες ενός πατώματος και τοίχου ψυγείου απλής ή ελεγχόμενης ατμόσφαιρας.

Για τις λιγότερες δυνατές απώλειες σε ψύξη από την οροφή εκτός από την ενισχυμένη μόνωση αυτής φροντίζεται έτσι ώστε να μην είναι άμεσα εκτεθειμένη στις εξωτερικές κλιματολογικές συνθήκες.

Για το λόγο αυτό υπάρχει συνήθως ένα είδος στέγης από γαλβανισμένα φύλλα χάλυβα ή πάνελ το οποίο φροντίζει στο να παρεμβάλεται ένα στρώμα αέρα (κακός αγωγός της θερμότητας) μεταξύ στέγης και οροφής του θαλάμου.

Όσον αφορά τις πόρτες των ψυκτικών θαλάμων αυτές είναι συνήθως συρόμενες κατασκευασμένες από ισχυρό μεταλλικό σκελετό που είναι επενδυμένος με μόνωση διογκωμένης πολυουρεθάνης, ενώ στα άκρα τους διαθέτουν ειδικό ελαστικό μάντα που έρχεται σε στενή επαφή με το πλαίσιο στήριξης της πόρτας με την βοήθεια σφικτήρων.

Μετά από όλα αυτά γίνεται σαφές ότι μια αρκετά ισχυρή μόνωση είναι η πρώτη προϋπόθεση για την ομαλή λειτουργία της ψυκτικής εγκατάστασης. Έτσι η ποσότητα της εξωτερικής θερμότητας που εισέρχεται στον ψυκτικό χώρο και η οποία πρέπει να αφαιρεθεί παραμένει μικρή. Στην αντίθετη περίπτωση, όταν δηλαδή η εξωτερική θερμοκρασία είναι πολύ χαμηλή και ο ψυκτικός χώρος μισογεμάτος η ισχυρή μόνωση θα προστατέψει τα προϊόντα από το εξωτερικό ψύχος και την καταστροφή τους από πάγωμα. Για τη θερμική μόνωση των ψυκτικών χώρων χρησιμοποιούνται διάφορα μονωτικά υλικά και η επιλογή του καταλληλότερου γίνεται με βάση τις απαιτήσεις για θερμομόνωση και το κόστος του.

Κάθε μονωτικό υλικό χαρακτηρίζεται κυρίως από το συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ . Έτσι, αν ένα μονωτικό υλικό έχει μικρό συντελεστή λ , τότε αυτό θα είναι σχετικά κακός αγωγός της θερμότητας και άρα καλός μονωτής. Επίσης, όσο

ελαφρύτερο είναι ένα μονωτικό υλικό, τόσο μεγαλύτερη είναι η αντίσταση που προβάλλει στη ροή της θερμότητας. Ο αέρας είναι το καλύτερο μονωτικό σώμα, όταν βρίσκεται σε ακινησία και σε στρώμα πάχους 3-5mm.

Το πρώτο υλικό που χρησιμοποιήθηκε ως μόνωση ήταν ο φελλός ο οποίος βρισκόταν αναμεμιγμένος με άσφαλτο και υπό μορφή πλακών διαστάσεων 1m μήκος και 0,50m πλάτος και πάχους από 3-15cm. Τα δύο βασικά του μειονεκτήματα ήταν ότι, αν ερχόταν σε επαφή με αμμωνία (διαρροή ψυκτικού υγρού), κατόπιν με την ελαφρύτερη άσκηση πίεσεως πάνω του γινόταν σκόνη και ότι, ως εισαγόμενο προϊόν, παρουσίαζε υψηλό κόστος.

Αργότερα χρησιμοποιήθηκε η διογκωμένη πολυστερίνη (felizol), ο υαλοβάμβακας (mopyal), η αφρώδης πολυστερίνη (styroform), η αφρώδης και η διογκωμένη πολυουρεθάνη.

Σήμερα ευρεία χρήση έχουν η διογκωμένη πολυεστερίνη λόγω του χαμηλού κόστους αγοράς και σε συνδυασμό με την πολυουρεθάνη που προσφέρεται για επένδυση με έγχυση ή ψεκασμό των εσωτερικών επιφανειών και εξασφαλίζει καλή στεγανότητα.

Ακόμα και αν δεν χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη (felizol) αλλά κάποιο άλλο υλικό π.χ. υαλοβάμβακας (mopyal) σχεδόν πάντα γίνεται επικάλυψη εσωτερικά με στρώμα διογκωμένης πολυουρεθάνης που εξασφαλίζει φράγμα στη διάχυση αερίων (για θαλάμους ελεγχόμενης ατμόσφαιρας) και των υδρατμών.

Επιπρόσθετη μόνωση γίνεται με διάφορες ουσίες για καλή εμφάνιση ή για πυρασφάλεια. Στην περίπτωση αυτή η θερμική μόνωση αυξάνεται προσθετικά (αγωγιμότητα $c=1/\lambda_{\Sigma}$ όπου $\lambda_{\Sigma}=\lambda_0+\lambda_1+\lambda_2+\lambda_3+\lambda_4$).

Πέρα από όλα αυτά που αναφέρθηκαν τα μονωτικά υλικά που σήμερα χρησιμοποιούνται διαθέτουν όλες ή σχεδόν όλες τις ακόλουθες ιδιότητες:

- α) Έχουν μεγάλη θερμομονωτική ικανότητα.
- β) Δεν απορροφούν υγρασία και προβάλλουν μεγάλη αντίσταση στην διάχυση των υδρατμών.
- γ) Παρουσιάζουν αρκετά μεγάλη μηχανική αντοχή.
- δ) Είναι ελαφρά και ευκολόχρηστα.
- ε) Συνδυάζουν ορισμένους όρους ασφάλειας, κυρίως είναι άφλεκτα, δεν προσβάλλονται από τρωκτικά ή έντομα, δεν είναι τοξικά.
- στ) Δεν είναι σηπτικά και δεν υποβοηθούν την ανάπτυξη μικροβίων.
- ζ) Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής.

Παρακάτω παρατίθεται ο πίνακας 2 με τον συντελεστή αγωγιμότητας διαφόρων υλικών.

Πίνακας 2: Τιμές συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας διαφόρων υλικών.

Υ Λ Ι Κ Ο	Ειδικό βάρος (πυκνότητα) Kg/cm ³	Συντ/τής θερμ. αγωγ.	
		λ Kcal/mh ^o C	λ w/mk
Θερμομονωτικά υλικά			
- Πλάκες από ύαλοβάμβακα λιθοβάμβακα		0,035	0,041
- Υαλοβάμβακας μή μορφω- ποιημένος	50	0,035	0,041
- Πλάκες ελαφρών κατασκευ- ών εκ ξυλουάλου με άνόρ- γανο συνθετ. κόνη πάχους 15 mm	570	0,12	0,14
" 25-35 mm	460-415	0,08	0,093
" 50 και άνω mm	390	0,07	0,081
- Πλάκες διογκωμένου φελλού	120	0,035	0,041
	160	0,038	0,044
	200	0,040	0,046
- Πλακίδια εκ φελλού	450	0,055	0,064
- Πολυστερίνη		0,035	0,041
Κατακόρυφο στρώμα αέρος			
πάχους 10 mm		0,16	0,14
" 20 mm		0,19	0,16
" 50 mm		0,21	0,18
" 100 mm		0,20	0,17
" 150 mm		0,19	0,16
α. Ροή θερμότητας εκ των κάτω προς τα άνω			
β. Ροή θερμότητας εκ των άνω προς τα κάτω			
πάχους 10 mm		α. 0,16 β. 0,17	α. 0,14 β. 0,15
20 mm		α. 0,17 β. 0,21	α. 0,15 β. 0,18
50 και άνω mm		α. 0,19 β. 0,24	α. 0,16 β. 0,21

ΣΥΝΕΧΕΙΑ ΠΙΑΝΑΚΑ 9

Υ Λ Ι Κ Ο	Είδικό Βάρος (πυκνότητα) Kg/cm ³	Συνι/τής θερμ.άγωγ.	
		λ Kcal/mh ⁰ C	λ w/mk
1. Συμπαγείς λίθοι (άσβεστόλιθος, μάρμαρον, γρανίτης, βασάλτης, κλπ)		3,00	3,49
2. Πορώδεις λίθοι:			
- Ψαμμίτης		2,00	2,33
- Πλάκες τύπου Μάλτας		0,90	1,05
3. Άμμος φυσικής προελεύ- σεως με φυσική υγρασία		1,20	1,40
4. Άργιλλος			
- Πλίνθοι συμπαγείς ώμοί		0,80	0,93
- Πλίνθοι μετ'άχυρου ώμοί		0,60	0,70
5. Ξηρά ύλικά τοποθετημένα χύδην σε διάκενα όροφων, τοιχών, κλπ.			
- Άμμος διαμέτρου κόκκου < 5 mm		0,50	0,50
- Ψηφίδες διαμέτρου 5 ÷ 10 mm		0,70	0,81
- Χονδρόκοκκος κίσηρης		0,16	0,19
- Θραύσματα όπτοπλίνθων καί κεράμμων		0,35	0,41
- Περλίτης διογκωμένος		0,055	0,064
6. Επιχρίσματα (έσωτερικά - έξωτερικά):			
- Άσβεστοτσιμεντοκονιά- ματα και άσβεστοκονιά- ματα		0,75	0,87
- Τσιμεντοκονιάματα		1,20	1,39
7. Σκυρο έματα άνω άρμών και σε μεγάλες πλάκες			
- Κατηγορία σκυροδέματος < B 120		1,30	1,51
- Κατηγορία σκυροδέματος > B 160		1,75	2,03
8. Γαυμπιλοσκυρόδεμα	1500	0,55	0,64
	1700	0,70	0,81
	1900	0,95	1,06

ΣΥΝΕΧΕΙΑ ΠΙΝΑΚΑ 9

Υ Λ Ι Κ Ο	Είδικό βάρος (πυκνότητα) Kg/cm ³	Συντ/τής θερμ.άγωγ. λ		
		Kcal/mh ^o C	w/mk	
9. Κισσηρόδεμα	800	0,25	0,29	
	1000	0,30	0,35	
10. Κυψελωτό σκυρόδεμα σκληρυνθέν δι' ατμού	1200	0,40	0,46	
	400	0,12	0,14	
	500	0,16	0,19	
	600	0,20	0,23	
	800	0,25	0,29	
	1000	0,30	0,35	
11. Περγλιτόδεμα Τσιμέντο : Περγλίτης	1 : 4	0,170	0,198	
	1 : 5	0,140	0,163	
	1 : 6	0,125	0,145	
	1 : 7	0,115	0,134	
	1 : 8	0,110	0,128	
	1 : 20	0,070	0,081	
	12. Πλάκες σκυροδέματος, γύψου και άμιατοτσι- μέντου			
- Πλάκες κισσηροδέματος	800	0,25	0,29	
- Πλάκες έλαφρού σκυρο- δέματος με ανάμικτα άδρανή	1400	0,50	0,58	
- Γυψοσανίδες	1200	0,50	0,58	
- Πλάκες άμιατοτσιμέντου	1800	0,30	0,35	
13. Τοιχοποιία έκ τσιμεντο- πλίνθων συμπεριλαμβανο- μένων του κονιάματος και άρμων				
	- Κισσηρόλιθοι με 3 δια- κενα	1400(3) 1600(3)	0,42 0,48	0,49 0,56
	- Πλίνθοι κυψελωτού σκυ- ροδέματος σκληρυμένοι με άτμό	600 800	0,30 0,35	0,35 0,41
	- Ός προηγουμένως αλλά σκληρυμένοι στον άέρα	1000 800 1000 1200	0,40 0,38 0,48 0,60	0,46 0,44 0,56 0,70

ΣΥΝΕΧΕΙΑ ΠΙΝΑΚΑ 2

Υ Λ Ι Κ Ο	Είδικό βάρος (πυκνότητα) Kg/cm ³	Συντ/τής θερμ.άγωγ.	
		λ Kcal/mh ^o C	λ w/mk
14. Τοιχοποιία από όπτοπλίνθους συμπεριλαμβανομένων άρμών-κονιάματος			
- Όπτόπλινθοι πλήρεις	1000	0,40	0,46
	1200	0,45	0,52
	1400	0,52	0,60
	1800	0,68	0,79
- Όπτόπλινθοι διάτρητοι	1000 (4)	0,40	0,46
	1200 (4)	0,45	0,52
	1400 (4)	0,52	0,60
15. Πλακίδια έπιστρώσεως	2000	0,90	1,05
16. Ξύλα			
- Δρύς		0,18	0,21
- Όξυά		0,15	0,17
- Κωνοφόρα (πεύκο, έλατο, κλπ.)		0,12	0,14
- Κόντρα-πλακέ, πλακάς, κλπ.		0,12	0,14
- Μορισσανίδες	900	0,15	0,17
17. Μέταλλα - Ύαλος			
- Ύαλος		0,70	0,81
- Χυτοσίδηρος και χάλυψ		50,00	58,15
- Χαλκός		330,00	383,79
- Όρείχαλκος		55,00	53,96
- Άλουμίνιο		175,00	203,52
18. Συνθετικά και Άσφαλτικά			
- Λινόλεουμ	1200	0,16	0,19
- Άσφαλτικό σκυρόδεμα	2100	0,60	0,70
- Άσφαλτες	1050	0,15	0,17
- Άσφαλτόχαρτο	1100	0,16	0,19

4.3.2. Φράγμα υδρατμών

Το καλό αποτέλεσμα μιας μόνωσης δεν επιτυγχάνεται απλά και μόνο με την χρησιμοποίηση υλικού με μικρό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας σε κατάλληλο πάχος. Οι προϋποθέσεις αυτές είναι αναγκαίες αλλά για να γίνουν και ικανές πρέπει η τοποθέτηση του μονωτικού υλικού να γίνει με προσοχή και ακόμα πρέπει να εξασφαλισθεί η στεγανοποίηση της μόνωσης έναντι μεταφοράς υδρατμών από τον εξωτερικό ή εσωτερικό χώρο ανάλογα με τις συνθήκες. Έτσι είναι δυνατόν λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας και κατά συνέπεια της διαφοράς των μερικών πιέσεων των υδρατμών μεταξύ του εξωτερικού και εσωτερικού χώρου του θαλάμου να έχουμε διείσδυση και εναπόθεση υδρατμών στους τοίχους και την οροφή του θαλάμου με κίνδυνο καταστροφής της μόνωσης. Συγχρόνως πολλά από τα πορώδη μονωτικά υλικά απορροφούν μ' αυτόν τον τρόπο υγρασία χάνοντας τις θερμομονωτικές τους ιδιότητες και υποβοηθώντας την ανάπτυξη μικροοργανισμών οι οποίοι τα καταστρέφουν.

Προς αποφυγή όλων αυτών των δυσάρεστων συνεπειών λαμβάνεται η πρόνοια τοποθέτησης φραγμάτων υδρατμών στην εξωτερική ή εσωτερική πλευρά των τοιχωμάτων. Η τοποθέτηση φραγμάτων και στις δυο πλευρές, εξωτερική-εσωτερική, δεν ενδείκνυται διότι παρόλο που εμποδίζει την κίνηση των υδρατμών και προς τις δυο κατευθύνσεις, εντούτοις μπορεί να παγιδεύει υδρατμούς μεταξύ των δυο επιφανειών και να μειώσει μόνιμα τις θερμομονωτικές ιδιότητες του υλικού. Για τις συνθήκες της χώρας μας προτιμάται η τοποθέτηση φραγμάτων υδρατμών στην εξωτερική πλευρά των τοιχωμάτων, μιας και κατά την περίοδο συγκομιδής η εξωτερική θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία του ψυχόμενου χώρου και υπάρχουν αρκετές πιθανότητες διείσδυσης υγρασίας από το εξωτερικό προς το εσωτερικό περιβάλλον.

Για την δημιουργία του φράγματος υδρατμών γίνονται επαλείψεις με ένα ασφαλτικό υλικό και τοποθέτηση στη συνέχεια αδιάβροχων φύλλων (vapog barrier) ή στην πιο απλή του μορφή τοποθετείται ένα φύλλο από πολυαιθυλένιο με πάχος 0.15mm.

5. Τεχνικά χαρακτηριστικά υγείων τροποποιημένης ή ελεγχόμενης ατμόσφαιρας

5.1 Γενικά ως προς τις βασικές αρχές λειτουργίας της τροποποιημένης ή ελεγχόμενης ατμόσφαιρας

Η ιστορία της συντήρησης οπωροκηπευτικών υπό ψύξη και με τροποποιημένη ή ελεγχόμενη ατμόσφαιρα ξεκινά από το 1930 στην Αγγλία όπου οι ερευνητές Kidd και West έθεσαν τις βάσεις για την εφαρμογή αυτής της μεθόδου.

Μετά από 66 χρόνια μελέτης και πειραμάτων στην συντήρηση φρούτων, λαχανικών και ανθέων με τροποποιημένη ή ελεγχόμενη ατμόσφαιρα οι αλλαγές που επήλθαν στην εφαρμογή της σύγχρονης τεχνολογίας είναι δραματικές και η συσσωρευμένη γνώση γι' αυτήν μεγάλη.

Βασική αρχή της τροποποιημένης ή ελεγχόμενης ατμόσφαιρας είναι η μεταβολή της κανονικής σύστασης του ατμοσφαιρικού αέρα ($78,08\%N_2$, $20,95\%O_2$, $0,03CO_2$) εντός του ψυκτικού θαλάμου, ανάλογα με το είδος και την ποικιλία του συντηρούμενου προϊόντος, έτσι ώστε σε συνδιασμό με την ψύξη να έχουμε ακόμη μεγαλύτερη επιβράδυνση των μεταβολικών διεργασιών του προϊόντος, κάτι που εξασφαλίζει μακρύτερο χρόνο συντήρησης από την συντήρηση σε κοινή ψύξη και με τις λιγότερες δυνατές απώλειες ποιότητας του προϊόντος.

Η μεταβολή της σύστασης του αέρα αφορά κυρίως τις κατά όγκο συγκεντρώσεις του οξυγόνου και του διοξειδίου του άνθρακα. Στην πράξη έχουμε δημιουργία ατμόσφαιρας με μείωση του περιεχομένου οξυγόνου στο 2-10% και διοξειδίου του άνθρακα στο 1-20%, ανάλογα βέβαια με το είδος και την ποικιλία του συντηρούμενου φρούτου, λαχανικού ή άνθους.

Εκτός από την μεταβολή της σύστασης του O_2 και του CO_2 η σύσταση του αέρα του ψυχόμενου χώρου είναι δυνατόν να ρυθμίζεται και ως προς την περιεκτικότητα αυτού σε CO και C_2H_4 , έτσι ώστε να επιτυγχάνονται για κάθε περίπτωση ορισμένοι χρήσιμοι συνδυασμοί.

Στην τροποποιημένη ατμόσφαιρα (ΤΑ) η μεταβολή της σύστασης του αέρα επιτυγχάνεται μόνο από την αναπνευστική δραστηριότητα του αποθηκευμένου προϊόντος παθητικά με αποτέλεσμα να μειώνεται η σύσταση του αέρα σε O_2 και να αυξάνεται σε CO_2 μέχρι ενός ορίου όπου ο μεταβολισμός του προϊόντος περιορίζεται σημαντικά. Αντίθετα στην ελεγχόμενη ή ρυθμιζόμενη ατμόσφαιρα (ΕΑ) υπάρχει περιοδική ρύθμιση με διάφορα μέσα όπως προσθήκη ή αφαίρεση O_2 , CO_2 , N_2 , C_2H_4 , CO , με αποτέλεσμα την σταθερή σύσταση του αέρα του χώρου σύμφωνα με τις απαιτήσεις μας. Κατ' αυτήν την έννοια η ελεγχόμενη ατμόσφαιρα ρυθμίζεται ενεργητικά και ανά πάσα χρονική στιγμή δύναται να μεταβληθεί σύμφωνα με τις απαιτήσεις μας.

Φυσικά το κόστος κατασκευής μιας μονάδας ελεγχόμενης ατμόσφαιρας είναι σημαντικά υψηλότερο από το κόστος κατασκευής της ίδιας μονάδας με τροποποιημένη ατμόσφαιρα ή με απλή ψύξη. Εδώ θα πρέπει να τονισθεί ότι η ελεγχόμενη ή τροποποιημένη ατμόσφαιρα χρησιμοποιείται πάντα συμπληρωματικά με την εφαρμογή ψύχους και σε καμιά περίπτωση δεν μπορεί να αντικαταστήσει τη

διατήρηση θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας στα άριστα επίπεδα. Για τη μακρά διατήρηση της ποιότητας και παράταση της ζωής κατά την συντήρηση των οπωροκηπευτικών προϊόντων.

5.2 Ψυκτικός εξοπλισμός στην τροποποιημένη ή ελεγχόμενη ατμόσφαιρα

Ο ψυκτικός εξοπλισμός για τις μονάδες ΤΑ/ΕΑ είναι ο ίδιος όπως και στα κοινά ψυγεία και σχεδιασμένος για διατήρηση της θερμοκρασίας κοντά στους 0°C και της σχετικής υγρασίας στο 95%, ενώ η κυκλοφορία του αέρα κατά την συντήρηση επιδιώκεται να είναι από 0,01-0,02m³/sec/τόννο προϊόντος. Το ψυκτικό υγρό που χρησιμοποιείται σ' αυτές τις μονάδες είναι το freon 22 και όχι η αμμωνία, διότι σε περίπτωση διαρροής η αμμωνία και σε μικρή ποσότητα ακόμα προκαλεί εγκαύματα στο προϊόν, κάτι που δεν συμβαίνει με το freon 22.

5.3 Ψυκτικοί θάλαμοι τροποποιημένης ή ελεγχόμενης ατμόσφαιρας

5.3.1 Κατασκευαστική στεγανότητα

Οι ψυκτικοί θάλαμοι για συντήρηση υπό τροποποιημένη ή ελεγχόμενη ατμόσφαιρα έχουν σαν κύριο χαρακτηριστικό τους τη στεγανότητα, σε τρόπο που να εξασφαλίζεται το αμετάβλητο της καθορισμένης σύστασης της ατμόσφαιράς τους. Η αιτία είναι προφανής, που σημαίνει ότι αν τυχόν η στεγανότητα δεν είναι ικανοποιητική, τότε η επίτευξη και η διατήρηση της επιθυμητής σύστασης ατμόσφαιρας δυσκολεύεται από τις απώλειες από σημεία με ατελές σφράγισμα αλλά και από την είσοδο αέρα από το εξωτερικό περιβάλλον του θαλάμου. Για τους λόγους αυτούς στους θαλάμους ΕΑ/ΤΑ είναι απαραίτητη η δημιουργία ενός φράγματος αερίων το οποίο έχει ως σκοπό να χωρίζει αεροστεγώς τον εσωτερικό χώρο από τον εξωτερικό αέρα. Επίσης λαμβάνεται πρόνοια έτσι ώστε να μην υπάρχουν διαρροές αερίων εκτός από τα τοιχώματα και την οροφή, και από το πάτωμα, τις πόρτες και τα σημεία εισόδου των σωληνώσεων και των καλωδίων.

Σήμερα για την κατασκευή του φράγματος αερίων χρησιμοποιούνται διάφορες μέθοδοι. Έτσι, όταν έχουμε μετατροπή θαλάμων κοινής ψύξης σε θαλάμους ΕΑ/ΤΑ, τα τοιχώματα επενδύονται με λαμαρίνα και εξασφαλίζεται η στεγανότητα με την τοποθέτηση στους αρμούς ειδικών στεγανωτικών υλικών. Επίσης, με τη χρησιμοποίηση της πολυουρεθάνης, με την οποία ψεκάζονται και καλύπτονται τα τοιχώματα του ψυγείου, εξασφαλίζεται εκτός από τη μόνωση και ικανοποιητική στεγανότητα, χρησιμεύοντας συγχρόνως και ως φράγμα υδρατμών. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η πολυουρεθάνη σαν υλικό έχει υψηλό κόστος και ότι εκτός από αυτήν

χρησιμοποιούνται ασφαλικές επιστρώσεις, πλαστικά φύλλα ή πλαστικές επιστρώσεις.

Στις σύγχρονες εγκαταστάσεις ΕΑ/ΤΑ η μέθοδος που κυριαρχεί είναι αυτή της κατασκευής θαλάμων με προκατασκευασμένα τοιχώματα (panels). Οι κατασκευές αυτές, όπως ήδη έχουν παρουσιασθεί στο κεφάλαιο 4 αποτελούνται από φύλλα χάλυβα με διαστάσεις πλάτους από 1,20 έως 2m και ύψος που καλύπτει το μήκος από το δάπεδο έως την οροφή, συνήθως 6m, και στα οποία έχει γίνει έγχυση διογκωμένης πολυουρεθάνης (έχουν την όψη σάντουιτς), ενώ η ένωση τους γίνεται με ειδικό μηχανισμό, που εξασφαλίζει την απαραίτητη μηχανική αντοχή και στεγανότητα. Με την συναρμολόγηση πολλών φύλλων (panels) κατασκευάζονται οι πλευρές και η οροφή των θαλάμων, ενώ στους αρμούς τοποθετούνται ειδικές κόλλες (σιλικόνες) για την στεγανοποίησή τους.

Ιδιαίτερη σημασία δίνεται στη στεγανοποίηση του δαπέδου, το οποίο, συνήθως, κατασκευάζεται από σκυρόδεμα με μόνωση για το σκοπό αυτό. Η περιοχή ένωσης των τοιχωμάτων με το δάπεδο είναι το πιο κρίσιμο σημείο, όπου μπορούν να υπάρξουν απώλειες, αν το δάπεδο από υπερφόρτωση υποχωρήσει. Για τον λόγο αυτό υπάρχει πάντα πρόβλεψη, έτσι ώστε, πριν την κατασκευή του δαπέδου, να γεμίζεται προσεκτικά και να συμπιέζεται κατάλληλα το υπέδαφος, ώστε να μην υποχωρεί κάτω από το βάρος του προϊόντος.

Για την στεγανοποίηση όλων των σημείων εισόδου των σωληνώσεων και καλωδίων, που διέρχονται στο θάλαμο μέσα από τα τοιχώματα, χρησιμοποιούνται ειδικές σιλικόνες. Μετά το τέλος της κατασκευής των θαλάμων ΕΑ/ΤΑ γίνεται δοκιμή στεγανότητας.

Τέλος θα πρέπει να τονισθεί ότι η κατασκευή θαλάμων ΕΑ/ΤΑ εκτός από το υψηλό κόστος σε σχέση με αυτούς της κοινής ψύξης απαιτεί και υψηλή κατασκευαστική φροντίδα, έτσι ώστε να μην δημιουργήσουν προβλήματα στη λειτουργία της μονάδας, πράγμα που αν και σε λίγες περιπτώσεις έχει συμβεί.

5.3.2 Πόρτες θαλάμων ελεγχόμενης ατμόσφαιρας

Οι πόρτες που χρησιμοποιούνται στους θαλάμους ΕΑ είναι ειδικά κατασκευασμένες, ώστε να κλείνουν τους θαλάμους στεγανά, καθώς και να εξασφαλίζουν την αναγκαία μόνωση (Εικόνα 9). Συνήθως, οι περισσότερες από αυτές είναι προκατασκευασμένες συρόμενες και ανοίγουν από έξω. Αποτελούνται από ένα ισχυρό μεταλλικό σκελετό, που είναι επενδυμένος με μόνωση διογκωμένης πολυουρεθάνης και διαθέτουν στα άκρα τους ειδικό μηχανισμό σφραγίσματος. Το σφράγισμα στην πιο απλή του μορφή επιτυγχάνεται με ειδικό ελαστικό ιμάντα (neopren), που έρχεται σε στενή επαφή με το πλαίσιο στήριξης της πόρτας κατά την διαδικασία του κλεισίματος αυτής. Για μεγαλύτερη ασφάλεια το σφράγισμα ενισχύεται με την βοήθεια βαζελίνης ή ειδικής κόλλας (σιλικόνη), που τοποθετείται μετά το κλείσιμο της πόρτας στα πιο πιθανά σημεία διαρροών (πάτωμα). Στους πιο δαπανηρούς αλλά και σπάνιους τύπους το σφράγισμα γίνεται με ελαστικό σωλήνα, που μετά το κλείσιμο του θαλάμου φουσκώνεται με την βοήθεια αεραντλίας και εξασφαλίζει τέλεια στεγανότητα.

Οι διαστάσεις στις πόρτες κυμαίνονται από 2,4 έως 3m πλάτος και ύψος όσο είναι αρκετό, ώστε να επιτρέπει την είσοδο των περνοφόρων οχημάτων για το γέμισμα και άδειασμα των θαλάμων. Επίσης, πάνω σε κάθε πόρτα υπάρχει ένα παράθυρο διαστάσεων 60x70cm, που επιτρέπει την είσοδο ανθρώπου με συσκευή οξυγόνου για παρατήρηση, για δειγματοληψία του προϊόντος και την επιδιόρθωση τυχόν βλάβης σε έκτακτα περιστατικά. Το κλείσιμο του παράθυρου γίνεται κι αυτό αεροστεγώς, ενώ σ' αυτό υπάρχει διαφανές υλικό, ώστε να επιτρέπει την παρατήρηση απ' έξω.



Εικόνα 9: Ειδικές πόρτες θαλάμων ελεγχόμενης ατμόσφαιρας.

5.4 Εξοπλισμός δημιουργίας και ρύθμισης συνθηκών ελεγχόμενης ατμόσφαιρας

5.4.1 Γεννήτριες αζώτου - ρύθμιση συγκέντρωσης οξυγόνου

Για την δημιουργία συνθηκών ελεγχόμενης ή τροποποιημένης ατμόσφαιρας χρησιμοποιούνται οι εξής μέθοδοι:

- α) τροποποίηση από την αναπνευστική δραστηριότητα του ίδιου του προϊόντος,
- β) χρησιμοποίηση συστημάτων εμπλουτισμού της ατμόσφαιρας με άζωτο,
- γ) αφαίρεση ή προσθήκη οξυγόνου,
- δ) αφαίρεση ή προσθήκη διοξειδίου του άνθρακα,
- ε) αφαίρεση αιθυλενίου και
- στ) με μείωση της ατμοσφαιρικής πίεσης του χώρου.

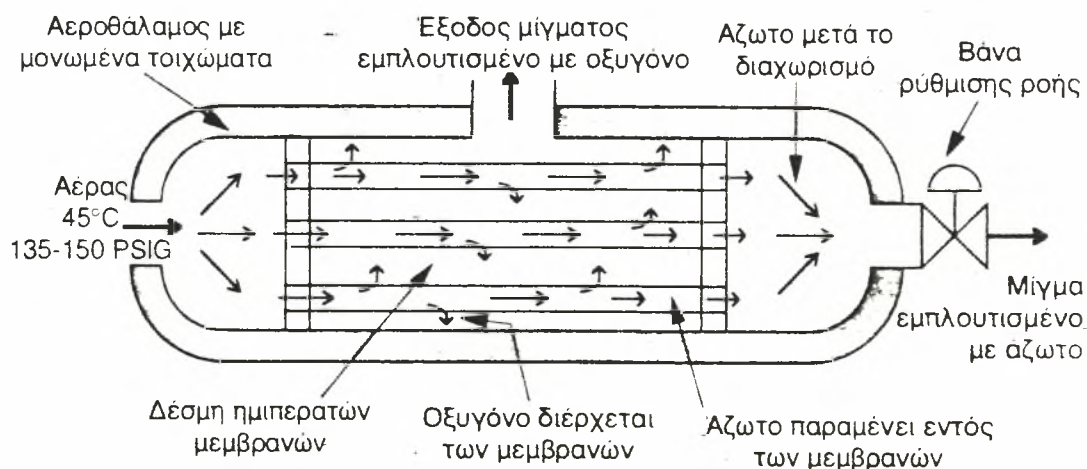
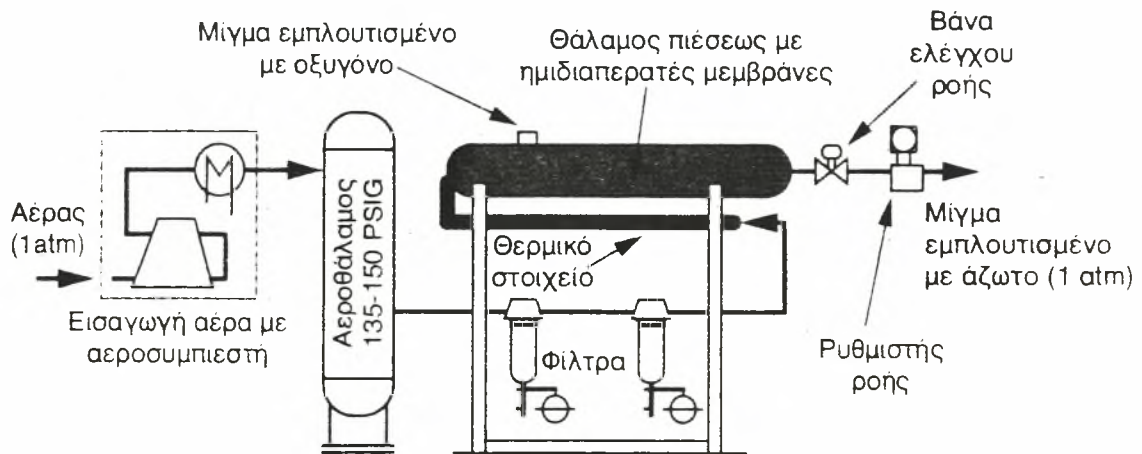
Η πρώτη μέθοδος χαρακτηρίζεται ως παθητική ρύθμιση και συμβαίνει μέσα σε λίγες μέρες από την τοποθέτηση των προϊόντων σε θαλάμους ΤΑ όταν υπάρχει άριστη στεγανότητα. Επίσης στην τελευταία μέθοδο με "χαμηλή πίεση" έχουμε μείωση της συγκέντρωσης O_2 και ταυτόχρονη αύξηση της διάχυσης του αιθυλενίου από το προϊόν, το οποίο απομακρύνεται με απορρόφηση από το χώρο του ψυγείου.

Οι υπόλοιπες τέσσερις μέθοδοι β,γ,δ,ε χαρακτηρίζονται ως συστήματα ενεργητικής ρύθμισης και αποσκοπούν στην δημιουργία συνθηκών ελεγχόμενης ατμόσφαιρας. Η τελευταία μέθοδος δεν χρησιμοποιείται σε εμπορική κλίμακα.

Γενικά στις σύγχρονες εγκαταστάσεις ΕΑ επιδιώκεται η δημιουργία μειωμένων συγκεντρώσεων οξυγόνου (2-3%) και αυτό επιτυγχάνεται με την χρησιμοποίηση της γεννήτριας αζώτου και με τρεις δυνατούς τρόπους εκ των οποίων ο πρώτος χρησιμοποιήθηκε στα πρώτα ψυγεία ΕΑ ενώ στα σημερινά σχεδόν δεν χρησιμοποιείται. Σύμφωνα με τον τρόπο αυτό ο αέρας από το θάλαμο συντήρησης ανανεωνόταν συνεχώς με αέρα που περιείχε διοξείδιο του άνθρακα (μέχρι 13%) και ελάχιστο οξυγόνο (μέχρι 1%) και που παραγόταν από την καύση ενός υδρογονάνθρακα (προπάνιο). Η καύση του προπανίου γινόταν σε στεγανό δοχείο παρουσία καταλύτη, ενώ συγχρόνως η αφαίρεση της θερμότητας που παραγόταν με την καύση γινόταν με πλυντρίδα νερού που έψυχε τον αέρα και έτσι δεν δημιουργούνταν μεγάλες διαφορές από την εισαγωγή στο θάλαμο συντήρησης.

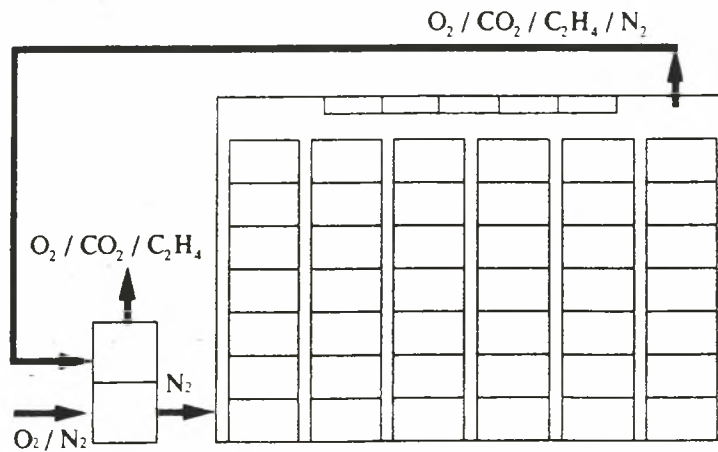
Η μέθοδος αυτή εφαρμόστηκε πρώτη φορά στις Η.Π.Α. από την εταιρεία Tectrol (Whirlpool Corporation) για συντήρηση μήλων και αχλαδιών και στη συνέχεια ανάλογο σύστημα κατασκεύασαν η Pacific Columbia Co (Washington) η E.R. Krueger, Inc. (California) και στην Ευρώπη οι εταιρείες Sulter (Switzerland), Bonomi και Isolgas (Italy).

Στο δεύτερο τρόπο της συνεχούς ανανέωσης, καθαρό N_2 παράγεται με τον διαχωρισμό διαμέσου ημιδιαπερατών μεμβρανών κοίλης ίνας και εισάγεται στο θάλαμο ανανεώνοντας συνεχώς τον αέρα του ψυγείου μέχρι να φτάσει την επιθυμητή συγκέντρωση O_2 . Αυτός ο τύπος γεννήτριας αζώτου έχει την επωνυμία "Permea" (Σχήμα 7) και διατίθεται από την εταιρεία Monsando και αρκετές άλλες εταιρίες τα τελευταία χρόνια. Στη μέθοδο αυτή εξωτερικός ατμοσφαιρικός αέρας φιλτράρεται με πίεση 9-10atm θερμαίνεται στους $43^\circ C$ και εισάγεται στο διαχωριστή. Ο διαχωριστής αποτελείται από δέσμες ημιδιαπερατών μεμβρανών που σχηματίζονται από χιλιάδες μικροσκοπικές κοίλες ίνες, έτσι ώστε να παρέχουν μεγάλη επιφάνεια διαχωρισμού σε εύχρηστες συσκευές, που καταλαμβάνουν μικρό χώρο. Μόλις εισέλθει ο αέρας με πίεση σε κάθε μια από τις χιλιάδες κοίλες ίνες, το οξυγόνο, το διοξείδιο του άνθρακα, το αιθυλένιο, οι υδρατμοί, καθώς και μικρή ποσότητα αζώτου διαπερνούν την επιφάνεια της ινώδους μεμβράνης, ενώ το περισσότερο άζωτο και μικρό μέρος οξυγόνου παραμένει μέσα στις κοίλες ίνες. Το εμπλουτισμένο με οξυγόνο αέριο εξέρχεται, ενώ το εμπλουτισμένο με άζωτο αέριο μένει στο εσωτερικό του σωλήνα συγκεντρώνεται και εισάγεται στο θάλαμο ελεγχόμενης ατμόσφαιρας. Η σχέση αζώτου/οξυγόνου στην έξοδο του συστήματος διαχωρισμού ρυθμίζεται με την βαλβίδα εξόδου σύμφωνα με τις ανάγκες.



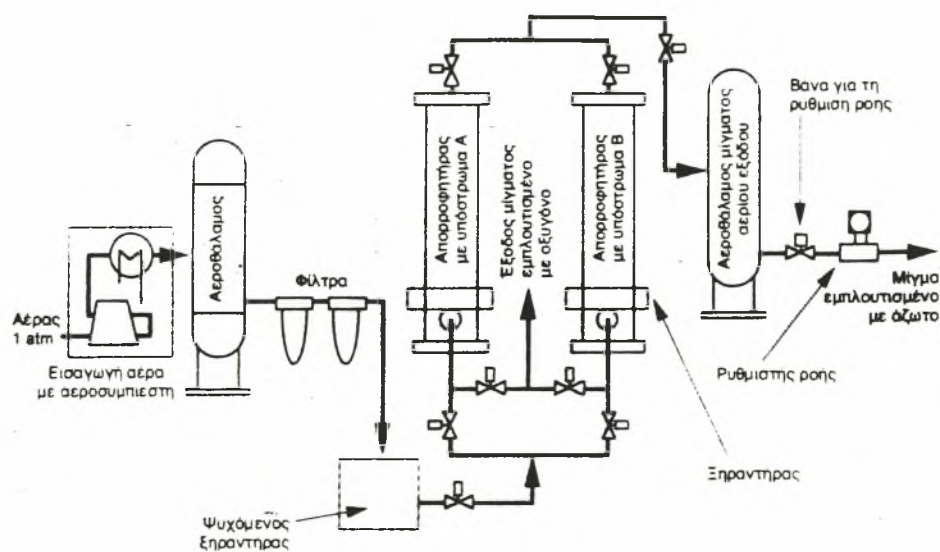
- Σχήμα 7: Διαχωρισμός αερίων με το σύστημα Permea. Η μονάδα διαχωρισμού με τα διάφορα μέρη (επάνω) και ο διαχωριστήρας με τις ημιπερατές μεμβράνες (κάτω).

Στα πιο βελτιωμένα συστήματα γίνεται διαχωρισμός και απομάκρυνση των ανεπιθύμητων αερίων (οξυγόνο, διοξείδιο του άνθρακα, αιθυλένιο και άλλα πτητικά μεταβολισμού) σε ένα κλειστό κύκλωμα, στο οποίο το ρεύμα αέρα από το θάλαμο διέρχεται μέσω του διαχωριστήρα και μετά την αφαίρεση των αερίων επιστρέφει στο θάλαμο με την επιθυμητή σύσταση (Σχήμα 8).



Σχήμα 8: Έλεγχος των συνθηκών σε μονάδα EA/TA με κλειστή κυκλοφορία του αέρα μέσω του διαχωριστήρα αερίων και του θαλάμου EA.

Στον τρίτο τρόπο δημιουργίας συνθηκών EA ο αέρας από το χώρο του θαλάμου έρχεται στο διαχωριστήρα που λειτουργεί χρησιμοποιώντας ενεργό άνθρακα και επιστρέφει σχεδόν καθαρό άζωτο στο θάλαμο ενώ η λειτουργία της γεννήτριας συνεχίζεται έως ότου το μείγμα αποκτήσει την επιθυμητή σύσταση. Αυτού του τύπου η γεννήτρια είναι γνωστή ως σύστημα διαχωρισμού πίεσης με επαναληπτική-παλινδρομική προσρόφηση (PSA Pressure Swing Absorption) (Σχήμα 9). Η λειτουργία της βασίζεται στην εκλεκτική προσρόφηση του οξυγόνου και διοξειδίου του άνθρακα σε ειδικό υπόστρωμα ενεργού άνθρακα. Έτσι αέρας από τον θάλαμο EA με πίεση 13Atm περνά από φίλτρα για την αφαίρεση της υγρασίας και ύστερα εισάγεται σε κύλινδρο ο οποίος περιέχει το υπόστρωμα ενεργού άνθρακα όπου δεσμεύεται το O_2 και το CO_2 , ενώ το εμπλουτισμένο με N_2 αέριο εξέρχεται από την γεννήτρια και επιστρέφει στο θάλαμο EA.



Σχήμα 9: Γεννήτρια αζώτου με διαχωρισμό αερίων-μέθοδος με εναλλασσόμενη προσρόφηση σε υπόστρωμα Α και Β (Pressure Swing Absorption).

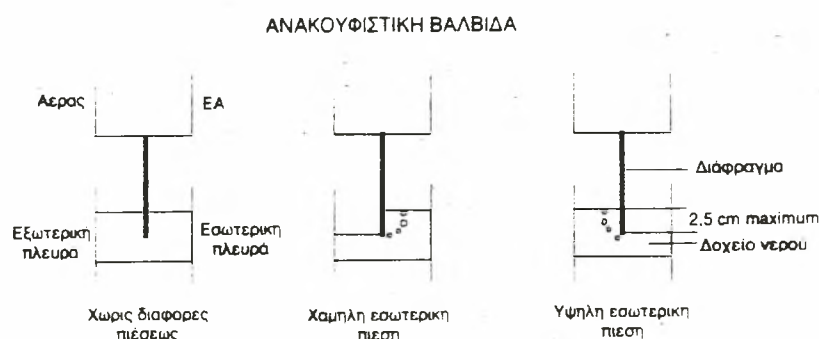
Τα προσροφημένα αέρια O_2 και CO_2 απομακρύνονται όταν μειώνεται η πίεση στους κυλίνδρους και με εξαερισμό αναγεννάται το υπόστρωμα για να χρησιμοποιηθεί για τον επόμενο διαχωρισμό. Οι δυο κύλινδροι με τα υποστρώματα προσρόφησης επιτρέπουν την ταυτόχρονη εναλλασσόμενη λειτουργία σε δυο φάσεις του διαχωρισμού και αναγέννησης του υποστρώματος.

Απαραίτητη προϋπόθεση για την απόδοση της γεννήτριας είναι η απομάκρυνση της υγρασίας από το σύστημα διαχωρισμού πριν την είσοδο του αέρα σ' αυτό είτε με ξηραντήρα ψύξεως είτε με άλλους ειδικούς ξηραντήρες που αφαιρούν όλη την υγρασία.

5.4.2 Ανακουφιστικές βαλβίδες - αναπνευστικοί σάκκοι

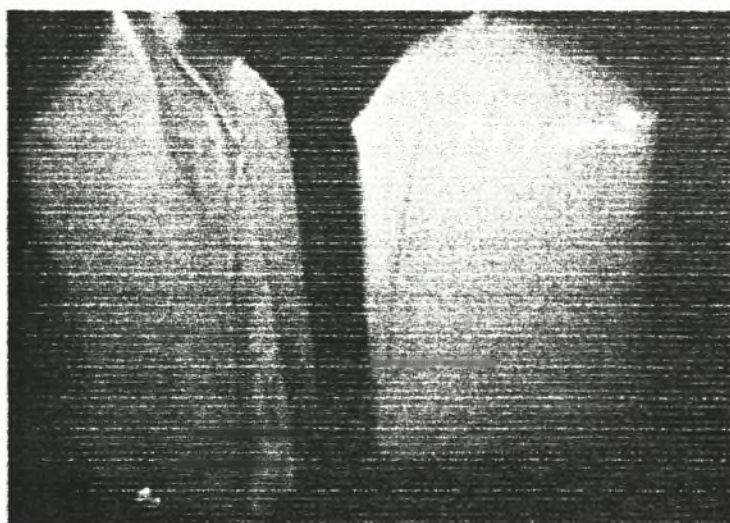
Διαφορά πίεσης μεταξύ του χώρου του ψυγείου και του εξωτερικού είναι δυνατόν να δημιουργείται λόγω καιρικών και θερμοκρασιακών μεταβολών. Οι μεταβολές της θερμοκρασίας, που προκαλούνται με την λειτουργία του συστήματος ψύξης, δημιουργούν διαστολές και συστολές του αέρα που με την σειρά τους καταλήγουν σε διαφορές πίεσεως και επιδεινώνουν το πρόβλημα της στεγανότητας

του θαλάμου. Η διαφορά αυτή πίεσης είναι δυνατόν να προκαλεί ελαφρές παραμορφώσεις του θαλάμου, αποκόλληση της μόνωσης και να καταστρέψει τους αρμούς. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται ανακουφιστικές βαλβίδες (Σχήμα 10) που συντελούν στην εξισορρόπηση των πιέσεων και αναπνευστικοί σάκκοι που απορροφούν τις διαφορές πίεσης. Ως ανακουφιστική βαλβίδα χρησιμοποιείται σύστημα υδάτινης παγίδας ύψους 2,5cm με άνοιγμα 10cm² για κάθε όγκο ψυγείου 40m³.



Σχήμα 10: Σχηματική αναπαράσταση της ανακουφιστικής βαλβίδας.

Μικρές μεταβολές πίεσης απορροφώνται από τους αναπνευστικούς σάκκους (Εικόνα 10). Αυτοί έχουν το πλεονέκτημα ότι συγκρατούν το μείγμα που περισσεύει από την θετική πίεση και το αποδίδουν όταν δημιουργείται αρνητική πίεση χωρίς να διαταράσσουν την αρχική συγκέντρωση των αερίων. Για κάθε 100m³ όγκου του ψυγείου απαιτούνται 0,35-0,40m³ χωρητικότητα αναπνευστικών σάκκων.

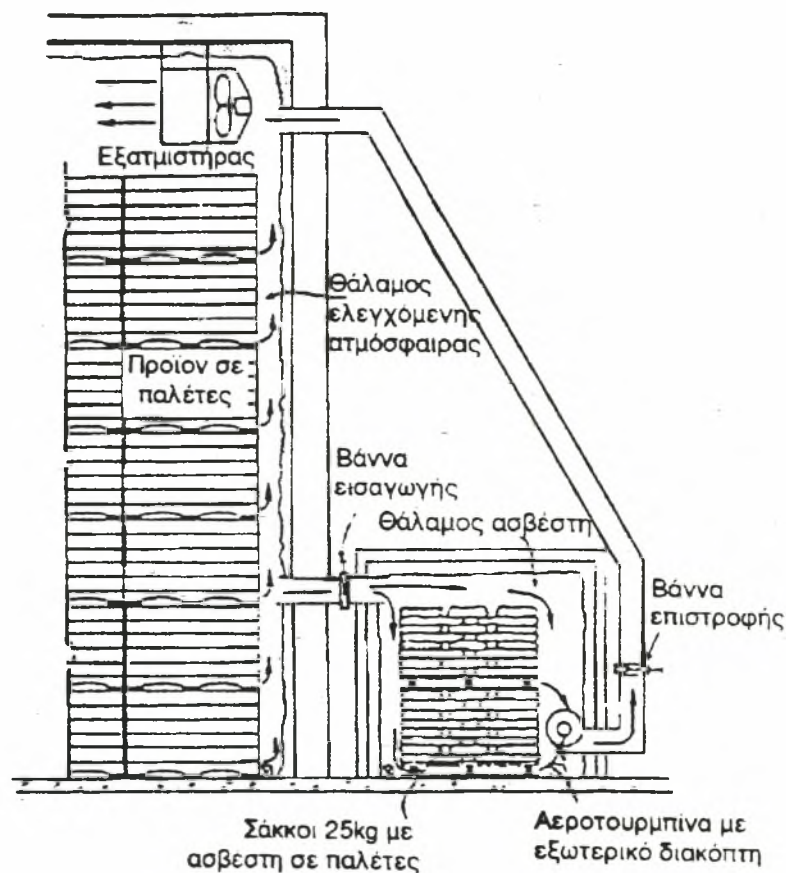


Εικόνα 10: Αναπνευστικοί σάκκοι Ε.Α.

5.4.3 Ρύθμιση συγκέντρωσης CO₂

Στις περιπτώσεις που χρειάζεται να προστεθεί CO₂ στο θάλαμο αποθήκευσης ως πηγή αυτού χρησιμοποιείται αέριο συμπιεσμένο σε κυλίνδρους. Η περίσσεια CO₂ από την αναπνοή των καρπών (ή παλαιότερα από την καύση του προπανίου στις γεννήτριες αζώτου) αφαιρείται είτε με τις γεννήτριες διαχωρισμού αερίων που προαναφέρθηκαν είτε με χημικό τρόπο όπου για την δέσμευση CO₂ χρησιμοποιείται διάλυμα NaOH ή KOH ή αιθανολαμίνης. Από τους δυο αυτούς τρόπους οι γεννήτριες διαχωρισμού αερίων και πιο συγκεκριμένα αυτή που χρησιμοποιεί ενεργό ζωικό άνθρακα ως προσροφητικό υλικό του CO₂ έχει την μεγαλύτερη εφαρμογή μιας και παρουσιάζει το χαμηλότερο λειτουργικό κόστος.

Επίσης ένα βοηθητικό μέσο για την δέσμευση του CO₂ και την διευκόλυνση της λειτουργίας της γεννήτριας διαχωρισμού είναι και η τοποθέτηση λιωμένης ασβέστου CaO σε χάρτινους σάκους στους ψυκτικούς θαλάμους ελεγχόμενης ατμόσφαιρας ή σε γειτονικό θάλαμο που συνδέεται κατάλληλα με αεραγωγό με τους θαλάμους EA (Σχήμα 11).



Σχήμα 11: Εξωτερική εγκατάσταση θαλάμου ασβέστου για την αφαίρεση CO₂ από μονάδα EA.

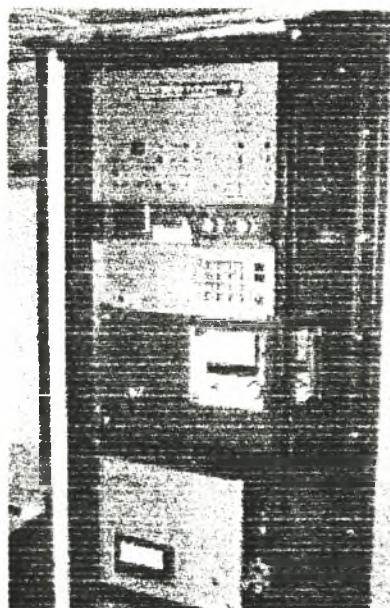
5.4.4 Αναλυτές και αυτοματισμοί για τον έλεγχο των συγκεντρώσεων O_2 και CO_2

Κατά τη μεταβολή της ατμόσφαιρας του θαλάμου και περιοδικά μετά την πλήρωσή του με το επιθυμητό μείγμα ελέγχονται οι συγκεντρώσεις του O_2 και του CO_2 ώστε τα δυο αέρια να μην ξεπεράσουν τα κρίσιμα όρια, πέρα από τα οποία η αυξημένη συγκέντρωση CO_2 και η μειωμένη συγκέντρωση O_2 είναι δυνατόν να προκαλέσουν φυσιολογικές ασθένειες στο συντηρούμενο προϊόν.

Ο έλεγχος της συγκέντρωσης των δυο αερίων διενεργείται κάθε μέρα είτε με την απλή και αξιόπιστη συσκευή "Orsat" είτε με ειδικούς αναλυτές. Για ψυγεία με 2-3 θαλαμους ελεγχόμενης ατμόσφαιρας η συσκευή "Orsat" αποτελεί την οικονομικότερη και συνάμα πιο αξιόπιστη λύση για τον έλεγχο των συγκεντρώσεων O_2 και CO_2 . Σε μεγάλες εγκαταστάσεις όμως, χρησιμοποιείται ο παραμαγνητικός αναλυτής για τις μετρήσεις της συγκέντρωσης του O_2 και ο αναλυτής υπερύθρων (Infrared analyzer) για μετρήσεις της συγκέντρωσης του CO_2 (Εικόνα 11).

Τα δυο αυτά όργανα προσφέρονται για αυτοματισμό και με μια διπλή συσκευή είναι δυνατόν να καταγράφονται οι μετρήσεις για πολλούς θαλάμους ενώ οι εντολές για μεταβολές στη σύνθεση της ατμόσφαιρας δίνονται μέσω Η/Υ. Η αξιοπιστία στις μετρήσεις των αναλυτών αυτών απαιτείται και είναι μεγάλη ενώ κατά καιρούς για το λόγο αυτό τα όργανα ελέγχονται με την χρησιμοποίηση πρότυπων αερίων standards για την βαθμονόμησή τους.

Τέλος αξίζει να σημειωθεί ότι το όλο σύστημα ελέγχου διαθέτει αυτόματους μηχανισμούς ασφαλείας και συναγερμό για περιπτώσεις βλάβης.



Εικόνα 11: Αναλυτής υπερύθρων (Infrared Analyzer) για τη μέτρηση της συγκέντρωσης του CO_2 και παραμαγνητικός αναλυτής για τη μέτρηση της συγκέντρωσης του O_2 .

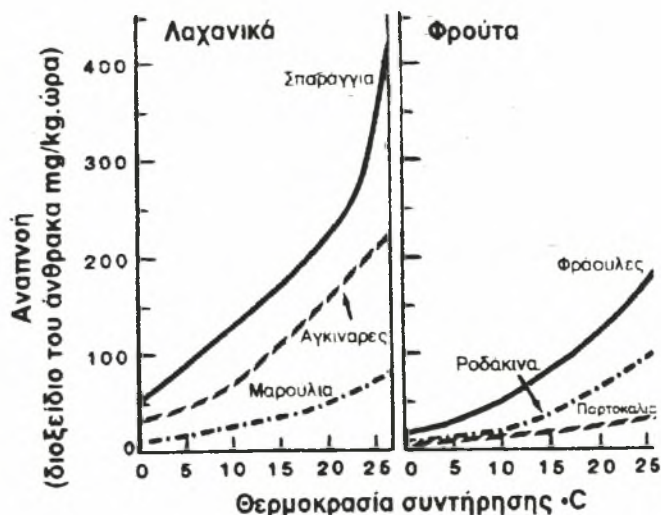
Β. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΣΕ ΧΑΜΗΛΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΣΤΗ ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΟΠΩΡΟΚΗΠΕΥΤΙΚΩΝ

1. Ο ρόλος της θερμοκρασίας

1.1 Επίδραση της θερμοκρασίας στην αναπνοή

Τα ναυπά οπωροκηπευτικά προϊόντα ως ζωντανοί φυτικοί ιστοί που είναι και μετά την συγκομιδή τους παρουσιάζουν μεταβολική δραστηριότητα, που τους είναι απαραίτητη για την διατήρηση των κυττάρων τους στη ζωή και τη μετάβαση του προϊόντος στην ωριμότητα και γήρας μέχρι να φτάσουν στον καταναλωτή ή σε κάποιο εργοστάσιο επεξεργασίας.

Η ενέργεια που χρειάζονται οι ιστοί για την μεταβολική τους δραστηριότητα παρέχεται από την αναπνοή, δηλαδή την καύση των διαφόρων αποθησαυριστικών ουσιών (άμυλο, σάκχαρο), που έχουν συσσωρευθεί προσυλλεκτικά στα φρούτα και στα λαχανικά. Όλη η ενέργεια που παράγεται με την αναπνοή χρησιμοποιείται για τις μεταβολικές αντιδράσεις (για την διατήρηση των κυττάρων στη ζωή), και απελευθερώνεται υπό μορφή θερμότητας (θερμότητα αναπνοής). Το ποσό της θερμότητας αναπνοής εξαρτάται από το είδος του προϊόντος, την ποικιλία, το στάδιο συλλεκτικής ωριμότητας, την ύπαρξη ή όχι τραυματισμένων ιστών, τη θερμοκρασία διατήρησης και άλλους παράγοντες. Ορισμένα προϊόντα έχουν υψηλό βαθμό αναπνοής και για το λόγο αυτό απαιτούν μεγαλύτερο ψυκτικό φορτίο απ' ό,τι τα προϊόντα που έχουν χαμηλό βαθμό αναπνοής. Τα σπαράγγια π.χ. αναπνέουν 10 φορές πιο έντονα απ' ό,τι τα πορτοκάλια, όπως επίσης αυξημένη αναπνοή παρουσιάζουν οι αγγινάρες και οι φράουλες (Σχήμα 12).



Σχήμα 12: Βαθμός αναπνοής τριών ειδών φρούτων και λαχανικών κατά τη συντήρηση σε διάφορες θερμοκρασίες.

Για κάθε συγκεκριμένο είδος η θερμοκρασία είναι ο σπουδαιότερος παράγοντας που επηρεάζει την αναπνοή. Για παράδειγμα ένας τόννος μήλα σε θερμοκρασία +25°C εκλύει εξαιτίας της αναπνευστικής δραστηριότητας 2.500 χλιοθερμίδες (Kcal) περίπου ανά 24ωρο, έναντι 300 χλιοθερμίδων (Kcal), που εκλύει στη θερμοκρασία +1°C (Πίνακας 3, Πίνακας 4).

Πίνακας 3: Βαθμός αναπνοής λαχανικών, όπως εκφράζεται σε παραγωγή mg CO₂/kg-ώρα, σε διάφορες θερμοκρασίες.

Προϊόν	Θερμοκρασία					
	0°C	4-5°C	10°C	15-16°C	20-21°C	25-27°C
Αγκινάρες	15-45	26-60	55-98	76-145	135-233	145-300
Αγγούρια	-	-	23-29	24-33	14-48	19-55
Αντίδια	45	52	73	100	133	200
Καλαμπόκι (γλυκό)	30-51	43-83	104-120	151-175	268-311	282-435
Καρότα (+ φύλλα)	18-35	25-51	32-62	55-106	87-121	-
Καρότα (- φύλλα)	10-20	13-26	20-42	26-54	46-95	-
Καρπούζια	-	3-4	6-9	-	17-25	-
Παντζάρια (+φύλλα)	11	14	22	25	40	-
Παντζάρια (-φύλλα)	5-7	9-10	12-14	17-23	-	-
Κολοκύθια	12-13	14-19	34-36	75-90	85-97	-
Κουνουπίδια	16-19	19-22	32-36	43-49	75-86	84-140
Κρεμμυδάκια	10-32	17-39	136-62	66-115	79-178	98-210
Κρεμμύδια (ξηρά)	3	3-4	7-8	10-11	14-19	27-29
Λαχανάκια Βρυξελ.	10-30	22-48	63-84	64-136	86-190	-
Λάχανα	4-6	9-12	17-19	20-32	28-49	49-63
Μανιτάρια	28-44	71	100	-	264-316	-
Μαρούλια κεφαλωτά	6-17	13-20	21-40	32-45	51-80	73-91
Μαρούλια κοινά	19-27	24-35	32-46	51-74	82-119	120-173
Μπάμια	-	53-59	86-95	138-153	248-274	328-362
Μπιζέλια	45-74	79-97	-	-	349-556	-
Μπρόκολο	19-21	32-37	75-87	161-186	278-320	-
Πατάτες (άωρες)	-	12	14-21	14-31	18-45	-
Πατάτες (ώριμες)	-	3-9	7-10	6-12	8-16	-
Πεπόνια κοινά	-	3-5	7-9	-	17-25	-
κανταλούπες	5-6	9-10	14-16	34-39	45-65	62-71
Πιπεριές	-	10	14	23	44	55
Πράσα	10-20	20-29	50-70	75-117	110	107-119
Σέλινο	5-7	9-11	24	30-37	64	-
Σκόρδα	4-14	9-33	9-10	14-29	13-25	-
Σπανάκι	19-22	35-58	82-138	134-223	172-287	-
Σπαράγγι	27-80	55-136	90-304	160-327	275-500	500-600
Τομάτες (κόκκινες)	-	-	13-16	24-29	24-44	30-52
Τομάτες (πράσινες)	-	5-8	12-18	16-28	28-41	35-51
Φασολάκια	10-30	20-36	-	100-125	133-179	-

Πίνακας 4: Βαθμός αναπνοής φρούτων, όπως εκφράζεται σε παραγωγή mg CO₂/kg-ώρα, σε διάφορες θερμοκρασίες.

Προϊόν	Θερμοκρασία					
	0°C	4-5°C	10°C	15-16°C	20-21°C	25-27°C
Αβοκάντο	-	-	-	62-157	74-347	118-428
Ακτινίδια	3	6	12	-	16-22	-
Ανανάς	-	2	4-7	10-16	19-29	28-43
Αχλάδια	3-7	5-10	8-21	15-60	30-70	-
Βατόμουρα	18-25	31-39	28-55	82-101	-	-
Βερίκοκα	5-6	6-9	11-19	21-34	29-52	-
Βύσσινα	6-13	13	-	27-50	39-50	53-71
Δαμάσκηνα	2-3	4-9	7-11	12	18-26	28-71
Ελιές	-	-	-	27-66	40-105	56-128
Εσπεριδοειδή						
Γρέιπ-φρουτ	-	-	7-9	10-18	13-26	19
Λεμόνια	-	-	11	10-23	19-25	20-28
Πορτοκάλια	2-5	4-7	6-9	13-24	22-34	25-40
Κεράσια	4-5	10-14	-	25-45	28-32	-
Λωτός	-	6	-	12-14	20-24	29-40
Μήλα	2-4	5-6	7-10	9-20	15-25	-
Μπανάνες πράσινες	-	-	-	21-23	33-35	-
Μπανάνες ώριμες	-	-	21-39	25-75	33-142	50-245
Ροδάκινα	4-6	6-9	16	33-42	59-102	81-122
Σταφύλια	1-2	3-6	8	10-12	-	25-30
Συκα (νωπά)	-	11-13	22-23	49-63	57-95	85-106
Φραγκοστάφυλα	18-20	31-41	62	75	155	-
Φράουλα	12-18	16-23	49-95	71-92	102-196	169-211

Αν δεν ληφθεί μέριμνα ελέγχου της θερμοκρασίας τότε το αποτέλεσμα θα είναι η αυξημένη αναπνευστική δραστηριότητα των ιστών με άμεσα επακόλουθα την ταχεία εξάντληση των αποθησαυριστικών ουσιών, την υποβάθμιση της ποιότητας του προϊόντος και τον γηρασμό του σε σύντομο χρονικό διάστημα. Συνήθως, για κάθε αύξηση της θερμοκρασίας κατά 10°C στον χώρο αποθήκευσης έχουμε διπλασιασμό ή τριπλασιασμό της αναπνοής και φθοράς του προϊόντος.

Από τα παραπάνω γίνεται κατανοητό ότι, εφόσον όλες οι μεταβολικές δραστηριότητες καταλήγουν στο γηρασμό και τη φθορά των ιστών, η μείωση της θερμοκρασίας είναι ο πλέον απαραίτητος τρόπος για να περιοριστεί στο ελάχιστο η αναπνοή χωρίς όμως να υποστεί ζημιά από την χαμηλή θερμοκρασία, να διαταραχθεί ο βασικός μεταβολισμός και να καταρρευσει το προϊόν.

Μείωση της θερμοκρασίας συντήρησης κάτω από την ελάχιστη επιτρεπτή θερμοκρασία όταν δηλαδή το φρούτο ή λαχανικό παγώσει επιφέρει διαταραχές στο μεταβολισμό και τη λειτουργία των μεμβρανών των κυττάρων καταλυτικές για την ζωή των κυττάρων. Το περισσότερο νερό παγώνει έξω από τα κύτταρα με συνέπεια την μόνιμη ξήρανση ή καταστροφή αυτών. Με το ξεπάγωμα ο ιστός δεν αναλαμβάνει κανονική δραστηριότητα λόγω μόνιμης ζημιάς των μεμβρανών, χάνεται η συνεκτικότητα της σάρκας και η ποιότητα χάνεται διά παντός. Η μέγιστη μείωση της αναπνοής και επομένως άριστη διατήρηση της ποιότητας επιτυγχάνεται σε θερμοκρασίες λίγο πιο πάνω από το σημείο πήξεως του προϊόντος όταν αυτό κατάγεται από εύκρατες περιοχές.

Για αυτά τα φρούτα και λαχανικά το σημείο πήξεως βρίσκεται μεταξύ $-0,2^{\circ}\text{C}$ έως -2°C εξαρτημένο κυρίως από την συγκέντρωση διαλυτών στερεών, και άρα οι άριστες θερμοκρασίες συντήρησης βρίσκονται λίγο πιο πάνω από το σημείο αυτό (Σχήμα 13 και Πίνακας 5).



Σχήμα 13: Εύρος άριστων θερμοκρασιών για συντήρηση ή ωρίμανση καρπών.

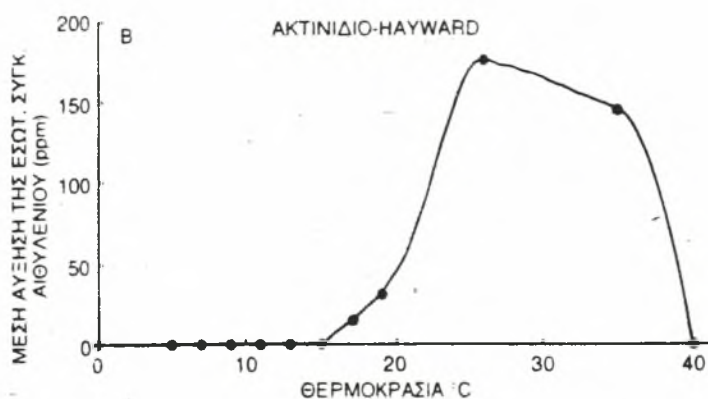
Πίνακας 5: Κατάταξη ειδών φρούτων και λαχανικών ανάλογα με την ευαισθησία τους σε ζημιές από χαμηλές θερμοκρασίες.

ΟΜΑΔΑ I Είδη ανθεκτικά στις χαμηλές θερμοκρασίες		ΟΜΑΔΑ II Είδη ευαίσθητα σε χαμηλές θερμοκρασίες	
Ακτινίδια	Αγκινάρες	Αβοκάντο	Αγγουρακία
Αχλάδια	Αντιδια	Ανανας	Γλυκοπατάτες
Βατόμουρα	Καρότα	Ελιές	Καρπούζια
Βερίκοκα	Κουνουπίδια	Εσπεριδοειδή	Κολοκυθακία
Δαμασκηνα	Κρεμμύδια	Μάνγκο	Κολοκύθια
Κεράσια	Λάχανα	Μπανάνες	Μελιτζάνες
Λωτοί	Λάχανα βρυξελλών	Παπαγία	Μπαμίες
Μήλα	Μανιτάρια	Ροδιά	Πατάτες
Νεκταρίνια	Μαρούλια		Πιπεριές
Ροδάκινα	Μπιζέλια		Τομάτες
Σταφύλια	Μπρόκολα		Φασολάκια (κοινά)
Σύκα	Ραπανάκια		
Φραγκοστάφυλα	Σέλινο		
	Σκορδα		
	Σπανάκια		
	Σπαράγγια		
	Φασολάκια (λίμες)		
	Φράουλες		

Για τα προϊόντα τροπικής-υποτροπικής προέλευσης η άριστη θερμοκρασία συντήρησης βρίσκεται μεταξύ 5°C και 14°C, ανάλογα με το είδος του προϊόντος, ενώ αν η θερμοκρασία πέσει πιο κάτω για κάποια χρονική περίοδο εξαρτώμενη από το προϊόν παρατηρούνται ζημιές.

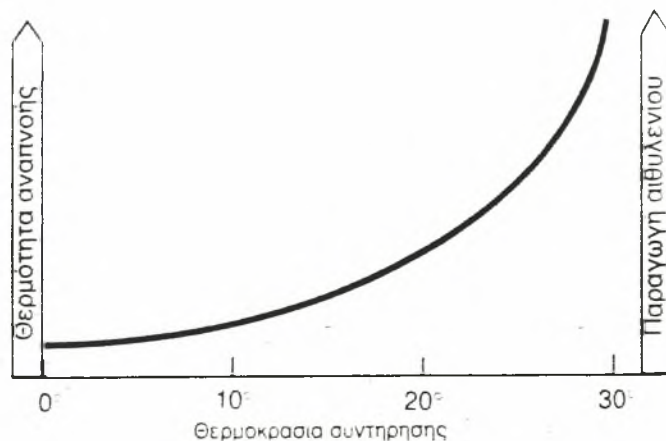
1.2 Η επίδραση της θερμοκρασίας στην παραγωγή και δράση του αιθυλενίου

Το αιθυλένιο είναι η απλούστερη οργανική ένωση, η οποία λαμβάνει μέρος στη ρύθμιση διαφόρων φυσιολογικών λειτουργιών στους φυτικούς ιστούς. Θεωρείται η ορμόνη ωρίμανσης πολλών φρούτων και ο παράγοντας του γηρασμού των φρούτων και λαχανικών ασκώντας έτσι μεγάλη επίδραση στη συντηρησιμότητα των οπωροκηπευτικών. Μεγάλη επίδραση στην παραγωγή του αιθυλενίου ασκεί η θερμοκρασία. Στα περισσότερα είδη φρούτων η παραγωγή αιθυλενίου είναι μειωμένη στις χαμηλές θερμοκρασίες συντήρησης, ενώ αυξημένη παραγωγή αιθυλενίου έχουμε σε θερμοκρασία δωματίου 18-25°C. Για παράδειγμα στο ακτινίδιο η θερμοκρασία ασκεί καθοριστικό ρόλο στην παραγωγή αιθυλενίου. Καρποί ακτινιδίου κάτω από 13-15°C βρέθηκε ότι δεν παράγουν αιθυλένιο, ενώ σε υψηλές θερμοκρασίες 20-30°C παράγονται μεγάλες ποσότητες αιθυλενίου (Stavroulakis and Sfiatiotakis 1992) (Σχήμα 14).



Σχήμα 14: Η επίδραση της θερμοκρασίας στην αυτοκαταλυτική παραγωγή αιθυλενίου σε καρπούς ακτινιδίων.

Οι πιο δραστικές θερμοκρασίες που συνήθως προκαλούν την παραγωγή αιθυλενίου είναι από 5-30°C, ενώ θερμοκρασίες κοντά στους 0°C μειώνουν σημαντικά την παραγωγή αιθυλενίου (Σχήμα 15).



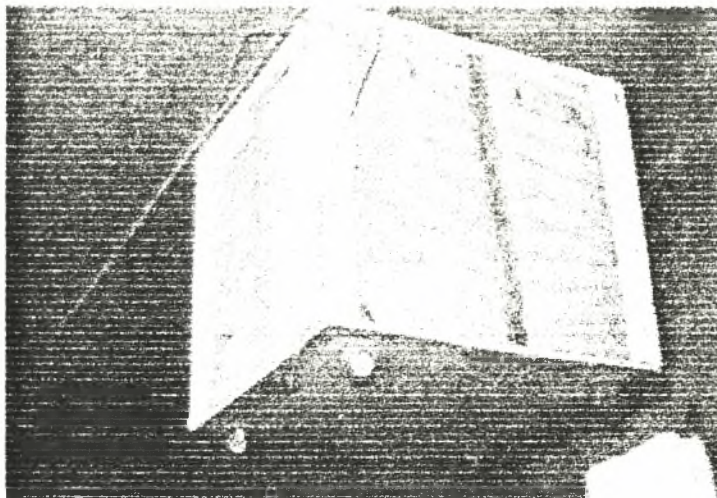
Σχήμα 15: Σχέση θερμοκρασίας με την παραγωγή θερμότητας αναπνοής και την παραγωγή αιθυλενίου.

Η διατήρηση οπωροκηπευτικών σε υψηλές θερμοκρασίες εκτός του ότι προκαλεί αύξηση της παραγωγής αιθυλενίου, διευκολύνει την δράση του στους φυτικούς ιστούς. Στους πράσινους ιστούς το αιθυλένιο συνήθως επιταχύνει το γηρασμό και αυτό φαίνεται από την απώλεια της χλωροφύλλης, την απώλεια πρωτεΐνης και από την ευπάθεια που παρουσιάζουν οι ιστοί σε ξήρανση και προσβολές από παθογόνους μικροοργανισμούς. Έτσι το αιθυλένιο ευθύνεται για το κιτρίνισμα, το μαύρισμα ή το θάνατο μέρους του φυλλώματος φυλλωδών λαχανικών (σπανάκια, μαρούλια κ.α.), το κιτρίνισμα των νωπών αρωματικών λαχανικών (μαϊντανός) και άλλων πράσινων λαχανικών (μπρόκολα) και τον γηρασμό ορισμένων ειδών ανθέων (γαρίφαλα).

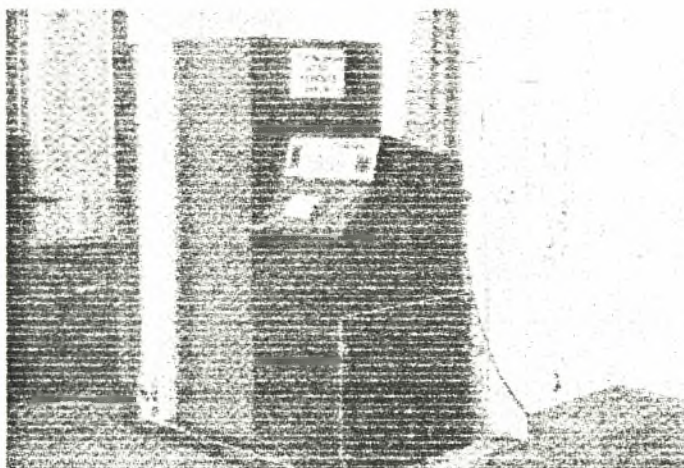
Στα ακτινίδια μικρές συγκεντρώσεις αιθυλενίου (>30ppb) προκαλούν πρόωρο μαλάκωμα της σάρκας και περιορίζουν δραστικά το χρόνο εμπορίας ακόμα και στους 0°C αποθήκευση, ενώ στα μήλα εντείνει την εμφάνιση της πικρής στιγματώσης (φυσιολογική ασθένεια από έλλειψη ασβεστίου). Στο σπαράγγι προκαλεί σκλήρυνση του πράσινου μέρους με απόθεση λιγνίνης και κυτταρίνης στα στοιχεία του ξύλου, μειώνοντας το εδώδιμο του βλαστού του, στις πατάτες που προορίζονται για μακρά διατήρηση προκαλεί προβλάστηση με απώλειες σε βάρος και ποιότητα ενώ στα καρότα ευθύνεται για την πικρή γεύση του ριζώματος.

Όλες αυτές οι ανεπιθύμητες και βλαβερές επιδράσεις του αιθυλενίου μπορούν να αντιμετωπιστούν σε μεγάλο βαθμό με την ψύξη. Σε χαμηλές θερμοκρασίες μειώνεται δραστικά η παραγωγή του αιθυλενίου, αλλά και οι ιστοί γίνονται λιγότερο ευαίσθητοι σ' αυτό με αποτέλεσμα οι καρποί να ωριμάζουν με βραδύ ρυθμό και να επιβραδύνεται ο γηρασμός των ιστών.

Τονίζεται ότι η συντήρηση ορισμένων κλιμακτηριακών καρπών (μήλα) που παράγουν μεγάλες ποσότητες αιθυλενίου σε κοινούς ψυκτικούς χώρους με άλλα είδη (ακτινίδια) που είναι εξαιρετικά ευαίσθητα στο αιθυλένιο είναι απαγορευτική. Για το λόγο αυτό στην αποθήκευση ευαίσθητων ειδών στο αιθυλένιο συμπληρωματικά με την μείωση της θερμοκρασίας συντήρησης λαμβάνεται πρόνοια έτσι ώστε να απομακρύνεται το όποιο παραγόμενο αιθυλένιο με εξαερισμό, όπου αυτό είναι δυνατό, με ειδικά φίλτρα αιθυλενίου με ethisorb ή με σύστημα καταλυτικής οξειδωσης ή ενεργού άνθρακα.



Εικόνα 12: Φίλτρο αιθυλενίου με ethisorb που χρησιμοποιείται στους χώρους συντήρησης για την αφαίρεση αιθυλενίου.



Εικόνα 13: Σύστημα καταλυτικής οξείδωσης για την αφαίρεση αιθυλενίου από το χώρο συντήρησης.

1.3 Η επίδραση της θερμοκρασίας στις απώλειες υγρασίας

Τα οπωροκηπευτικά προϊόντα και μετά την συγκομιδή εξακολουθούν να διαπνέουν και να χάνουν νερό υπό μορφή υδρατμών χωρίς να μπορούν να το επαναπροσλάβουν. Η κίνηση των υδρατμών ακολουθεί περίπου την κίνηση των αερίων της αναπνοής μέσω των διαφόρων ανοιγμάτων της επιδερμίδας, καθόσο η υπόλοιπη επιφάνεια της επιδερμίδας είναι αδιαπέραστη στους υδρατμούς λόγω της ύπαρξης κηρών. Η διαπνοή είναι αποτέλεσμα της διαφοράς της τάσης των υδρατμών μεταξύ των μεσοκυττάρων χώρων των ιστών του προϊόντος και του περιβάλλοντος χώρου, ενώ η μετακίνηση των υδρατμών γίνεται από το σημείο της υψηλότερης προς το σημείο της μικρότερης τάσης των υδρατμών. Η τάση υδρατμών του περιβάλλοντος χώρου εξαρτάται άμεσα από την θερμοκρασία και την σχετική υγρασία αυτού. Για παράδειγμα με δεδομένη σχετική υγρασία στους 30°C η τάση υδρατμών ενός χώρου είναι 31,8mmHg, ενώ στη θερμοκρασία των 0°C αυτή κατεβαίνει σε 4,58mmHg (Πίνακας 6).



Πίνακας 6: Τάση κορεσμένων υδρατμών σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία.

°C	P _{KU} Torr	°C	P _{KU} Torr	°C	P _{KU} Torr
-2	3.95	11	9.84	24	22.38
-1	4.25	12	10.51	25	23.76
0	4.58	13	11.23	26	25.21
1	4.93	14	11.98	27	26.74
2	5.29	15	12.78	28	28.35
3	5.68	16	13.63	29	30.04
4	6.10	17	14.53	30	31.83
5	6.54	18	15.47	31	33.70
6	7.07	19	16.47	32	35.67
7	7.51	20	17.53	33	37.73
8	8.04	21	18.65	34	39.90
9	8.61	22	19.82	35	42.18
10	9.20	23	21.07	36	44.57

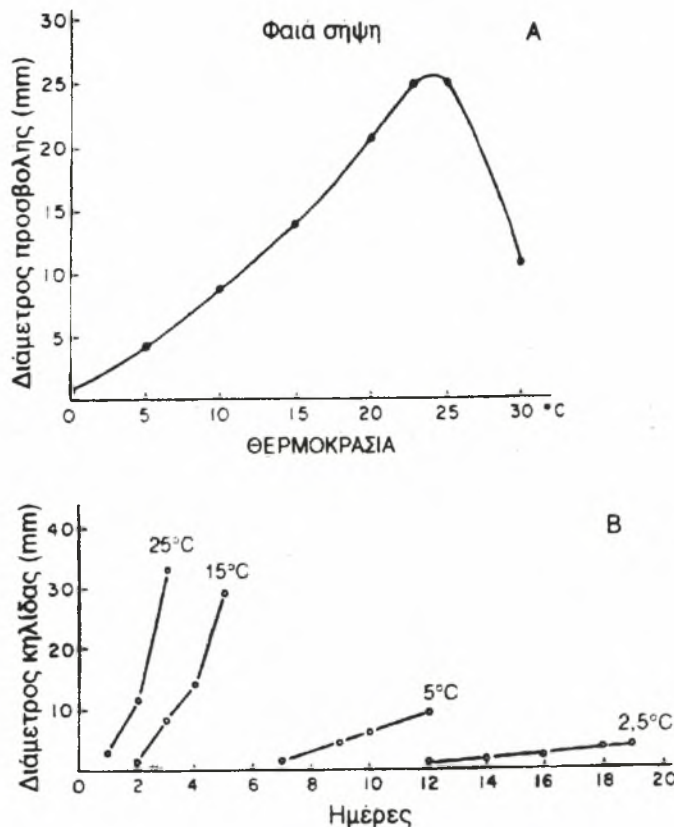
Ο θερμός αέρας για να φθάσει στο σημείο κορεσμού συγκρατεί περισσότερη υγρασία σε σύγκριση με τον ψυχρό αέρα και επομένως μπορεί να αφαιρέσει μεγαλύτερες ποσότητες νερού από το προϊόν. Σε περιβάλλον με θερμοκρασία 25°C και 30% σχετική υγρασία το προϊόν χάνει 36 φορές περισσότερο νερό από ότι σε περιβάλλον με 0°C και 90% σχετική υγρασία. Από το άλλο μέρος αυξομειώσεις της

θερμοκρασίας όταν στον ψυκτικό θάλαμο διατηρείται υψηλή σχετική υγρασία (95-98%) έχουν ως αποτέλεσμα την συμπύκνωση υδρατμών πάνω στο προϊόν με δυσμενείς γι' αυτό συνέπειες (ανάπτυξη παθογόνων μικροοργανισμών).

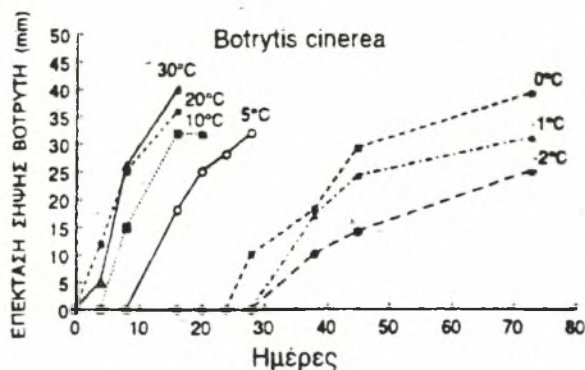
Η διατήρηση του προϊόντος σε χαμηλή θερμοκρασία και δεδομένη σχετική υγρασία περιορίζει δραστικά τις απώλειες υγρασίας και αποφεύγονται οι ανεπιθύμητες συνέπειες αυτής (ξήρανση, συρρίκνωση, μαλάκωμα κ.α.).

1.4 Η επίδραση της θερμοκρασίας στην ανάπτυξη παθογόνων μικροοργανισμών και στην αντιμετώπιση προβλημάτων που οφείλονται σε ζημιές από μηχανικές βλάβες.

Η μείωση της θερμοκρασίας κατά τους μετασυλλεκτικούς χειρισμούς θεωρείται ως ο κύριος παράγοντας στον έλεγχο των μετασυλλεκτικών ασθενειών και ο περιορισμός των προσβολών παθογόνων με εφαρμογή ψύξης είναι αναντικατάστατος. Η μείωση της θερμοκρασίας επηρεάζει τον μεταβολισμό τους με τον ίδιο τρόπο που επηρεάζει και τον μεταβολισμό των φυτικών προϊόντων. Η άριστη θερμοκρασία για ανάπτυξη μυκήτων βρίσκεται μεταξύ 20 έως 25°C. Αρκετοί από τους παθογόνους μικροοργανισμούς (μύκητες, βακτήρια) που μπορούν να προξενήσουν σοβαρές ζημιές σε υψηλές θερμοκρασίες, όταν βρεθούν σε χαμηλές θερμοκρασίες αδρανοποιούνται. Μύκητες, όπως ο *Rhizopus* διακόπτει την αύξηση του στους 5°C, ενώ τα σπόριά του θανατώνονται αν διατηρηθούν για 2 ημέρες σε 0°C. Ορισμένα είδη παθογόνων μικροοργανισμών μπορεί να παρουσιάζουν δραστηριότητα ακόμη και σε θερμοκρασίες κάτω από 0°C. Για παράδειγμα σε προσβολές από *Botrytis* σε ακτινίδια ο μύκητας αναπτυσσόταν στους καρπούς ακόμη και σε θερμοκρασία -2°C, ενώ τα σπόριά του αντέχουν και σε συντήρηση με -1°C (Niklis et al 1992) (Σχήμα 17). Όμως παρόλο που μερικοί μικροοργανισμοί εξακολουθούν να αυξάνονται και σε χαμηλές θερμοκρασίες η δραστηριότητά τους σε αυτές είναι περιορισμένη. Έτσι η χαμηλή θερμοκρασία αποθήκευσης επηρεάζει δραστικά την ανάπτυξη του μύκητα *Monilinia fruticola* ύστερα από προσβολή με σπόρια σε ροδάκινα (Sommer 1982) (Σχήμα 16). Για τον λόγο αυτό αν δεν υπάρχει κίνδυνος ζημιών από χαμηλές θερμοκρασίες, η καλύτερη θερμοκρασία συντήρησης είναι η χαμηλότερη δυνατή, λίγο πιο πάνω από το κρίσιμο σημείο παγώματος ή ζημιάς για το κάθε προϊόν. Σε θερμοκρασίες από -2 έως 0°C μόνο λίγα είδη μυκήτων παρουσιάζουν δραστηριότητα όπως οι μύκητες *Botrytis cinerea*, *Penicillium expansum*, *Alternaria spp* και *Cladosporium herbaceum*. Η καλή ρύθμιση της θερμοκρασίας ασκεί σημαντική επίδραση στον περιορισμό των ζημιών από τέτοια παθογόνα αίτια (Σχήμα 16, 17).



Σχήμα 16: Η επίδραση της θερμοκρασίας στην ανάπτυξη του μύκητα *Monilinia fructicola* σε καρπούς ροδάκινων. Ανάπτυξη της κηλίδας μετά τη μόλυνση σε σχέση με τη θερμοκρασία (A) και η ανάπτυξη της κηλίδας σε θερμοκρασίες 2,5°, 5°, 15° και 25°C (B).



Σχήμα 17: Η επίδραση της θερμοκρασίας στην ανάπτυξη του μύκητα *Botrytis cinerea* σε καρπούς ακτινιδίων.

Μηχανικές βλάβες και τραυματισμοί του προϊόντος κατά την συγκομιδή και μεταφορά στους ψυκτικούς χώρους αντιμετωπίζονται με τον έλεγχο της θερμοκρασίας. Με τον τραυματισμό σπάει το φράγμα προστασίας της επιδερμίδας

των φρούτων ή λαχανικών με αποτέλεσμα την αυξημένη παραγωγή αιθυλενίου λόγω της δράσης των παθογόνων μικροοργανισμών που εισέρχονται, την επιτάχυνση της αναπνοής, την αυξημένη διαπνοή και απώλεια υγρασίας, ενώ οι πληγωμένοι και προσβεβλημένοι καρποί αποτελούν εστία μόλυνσης για τους άλλους. Η γρήγορη μείωση της θερμοκρασίας και η διατήρησή της στο σωστό επίπεδο ελαχιστοποιεί τις βλαβερές επιδράσεις των μηχανικών βλαβών στα οπωροκηπευτικά.

1.5 Ρύθμιση θερμοκρασίας στους χώρους συντήρησης υπό ψύξη

Η αποτελεσματικότητα της ψύξης για την συντήρηση των οπωροκηπευτικών όπως έχει ξανά τονισθεί εξαρτάται άμεσα από την διατηρούμενη στον ψυκτικό θάλαμο θερμοκρασία αφού αυτή είναι ο πιο αποτελεσματικός τρόπος για επιμήκυνση της μετασυλλεκτικής ζωής των νωπών προϊόντων. Συνήθως η θερμοκρασία που επιδιώκεται να διατηρείται στους ψυκτικούς θαλάμους έχει μια διακύμανση $\pm 1^{\circ}\text{C}$ από το άριστο που συνιστάται για κάθε προϊόν (Πίνακας 7 και 8).

Πίνακας 7: Συνθήκες θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας που συνιστώνται για συντήρηση φρούτων

Είδος	Θερμοκρασία °C	Σχετική υγρασία %	Διάρκεια συντήρησης	Κρίσιμη θερμο/σία παγωμάτος °C	Περιεκτικότητα σε νερό %	Ειδική θερμότητα (Btu/lb. °F)
Αβοκάντο	4,4-13	85-90	2-8 εβδομ.	-0,3	31,5	0,81
Ακτινίδια	-0,5 - 0	90-95	3-5 μήνες	-1,6	82	0,86
Αχλάδια	-1,5- -0,5	90-95	2-7 μήνες	-1,5	83,2	0,87
Βερικοκα	-0,5- 0	90-95	1-3 εβδομ.	-0,3	76	0,88
Βυσσίνα	0	90-95	3-7 ημέρες	-1,7	83,7	0,87
Grapfruit	14-15,5	85-90	6-8 εβδομ.	-1	87,5	0,90
Δαμασκηνα	-0,5 - 0	90-95	2-5 εβδομ.	-0,8	86,6	0,89
Ελιές	5 - 10	85-90	4-6 εβδομ.	-1,4	80	0,84
Κερασία	-1 - 0,5	90-95	2-3 εβδομ.	-1,8	80,4	0,84
Κυδώνια	-0,5 - 0	90	2-3 μήνες	-2	83,8	0,87
Λεμόνια	14,3-15,6	85-90	1-6 μήνες	-1,4	87,4	0,90
Μανταρίνια	4	90-95	2-4 εβδομ.	-1	87,3	0,90
Μηλα	-1 - 4	90-95	1-12 μήνες	-1,5	84,1	0,87
Μπανανες	13 - 14	90-95		-0,7	75,7	0,81
Πορτοκάλια	3-9	85-90	3-8 εβδομ.	-1,2	85,5	0,88
Ροδάκινα	-0,5 - 0	90-95	2-4 εβδομ.	-0,9	98,1	0,91
Σταφύλια	-1 - -0,5	90-95	1-6 μήνες	-2,1	81,6	0,85
Σύκα	-0,5- 0	85-90	7-10 ημερ	-2,4	78	0,82
Φραουλες	0	95	1-2 εβδομ	-0,8		

Πίνακας 8: Συνθήκες θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας που συνιστώνται για συντήρηση λαχανικών.

Είδος	Θερμοκρασία °C	Σχετική υγρασία	Διάρκεια συντήρησης	Κρίσιμη θερμο/σία παγώματος <°C	Περιεκτικό τητα σε νερό %	Ειδική θερμότητα (Btu/lb °F)
Σπαράγγι	0-2	95-100	2-3 εβδομ.	-0,6	93	0,94
Φασόλια Ξερά	4-10	40-50	6-10 μήνες	-	15	0,32
Φασόλια πράσινα	4-7	95	7-10 ημέρ	-0,7	88,9	0,91
Παντζάρι	0	98-100	10-14 ημέρ	-0,4	-	0,91
Μπρόκολο	0	95-100	10-14 ημέρ	-0,9	87,6	0,90
Λαχανάκια Βρυξελλών	0	95-100	3-5 εβδομ	-0,8	84,9	0,92
Λάχανο	0	98-100	3-6 εβδομ	-0,9	92,4	0,94
Καρότο	0	95-100	2 εβδομ	-	-	-
Κουνουπίδι	0	95-98	3-4 εβδομ	-0,8	91,7	0,93
Σέλνο	0	98-100	2-3 μήνες	-0,5	93,7	0,95
Κεφάλια αγκινάρας	0	95-100	10-14 ημέρ	-	91,1	0,93
Ραδίκια	0	95-100	2-4 εβδομ	-	95,1	0,96
Καλαμπόκι γλυκό	0	95-98	5-8 ημέρ	-0,6	73,9	0,79
Αγγούρι	10-13	95	10-14 ημέρ	-0,5	96,1	0,97
Αντίδι	0	95-100	2-3 εβδομ	-0,1	93,1	0,95
Σκόρδο	0	65-70	6-7 μήνες	-0,8	61,3	0,69
Πράσα	0	95-100	2-3 μήνες	-0,7	85,4	0,88
Μαρσούλι	0	98-100	2-3 εβδομ	-0,2	94,8	0,96
Πεπόνι	2-5	95	15 ημέρ	-1,2	92	0,94
Μανιτάρια	0	95	3-4 ημέρ	-0,9	91,1	0,94
Μπάμια	7-10	90-95	7-10 ημέρ	-1,8	89,8	0,93
Κρεμμύδι πράσινο	0	95-100	3-4 εβδομ	-0,9	89,4	0,92
Κρεμμύδι ξηρό	0	65-70	1-4 μήνες	-0,8	87,5	0,91
Μαϊδανός	0	95-100	2-2,5 μήνες	-1,1	85,1	0,88
Πιπεράκια	0-10	60-70	6 μήνες	-	12	0,30
Πιπεριές γλυκές	7-13	90-95	2-3 εβδομ	-0,7	92,4	0,94
Πατάτες	4-12	90-95	5-10 μήνες	-0,6	81,2	0,85
Ρεπάνια	0	95-100	3-4 εβδομ	-0,7	94,5	-
Σπανάκι	0	95-100	10-14 ημέρ	-0,3	92,7	0,94
Κολοκύθια καλοκαιριού	5-10	95	1-2 εβδομ	-0,5	94	0,95
Τομάτες	13-21	90-95	1-3 εβδομ	-0,6	93	0,95
Τομάτες ώριμες	8-10	90-95	4-7 ημέρ	-0,5	94,1	0,93

Όταν η συντήρηση γίνεται κοντά στο σημείο πήξεως χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή στις αυξομειώσεις της θερμοκρασίας διότι αν αυτή πέσει κάτω από το σημείο πήξεως μπορεί να προκληθεί ζημιά από πάγωμα και καταστροφή του προϊόντος, ενώ θερμοκρασίες πάνω από το άριστο επίπεδο της πήξης έχουν ως αποτέλεσμα να συντομεύουν την διάρκεια της εμπορικής ζωής του προϊόντος. Η μεγάλη διακύμανση της θερμοκρασίας, κατά τη συντήρηση, προκαλεί απόθεση σταγονιδίων και εφίδρωση στην επιφάνεια του προϊόντος με αποτέλεσμα μολύνσεις από παθογόνα ή και μεγάλες απώλειες υγρασίας.

Οι σωστά σχεδιασμένες ψυκτικές εγκαταστάσεις εξασφαλίζουν την διατήρηση σταθερής θερμοκρασίας μέσα στα στενά επιθυμητά όρια. Η επάρκεια ψυκτικού φορτίου ικανού να ανταπεξέλθει σε περιόδους αιχμής (συγκομιδή) σε μεγάλα θερμικά φορτία είναι απαραίτητο γνώρισμα του καλού ψυκτικού συστήματος. Συνάμα το μέγεθος του εξατμιστήρα πρέπει να είναι τέτοιο ώστε το Δt μεταξύ του εξατμιστήρα και της επιθυμητής θερμοκρασίας του αέρα να μην υπερβαίνει τουλάχιστον τους 5°C , όταν λειτουργεί με ψυκτικό υγρό αμμωνία, και και τους 8°C , όταν λειτουργεί με freon 22, έτσι ώστε να αποφεύγονται οι μεγάλες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας και οι μεγάλες απώλειες υγρασίας από το προϊόν. Η διαφορά στη θερμοκρασία αέρος μεταξύ χρόνου έναρξης λειτουργίας του εξατμιστήρα και χρόνου παύσης δεν θα πρέπει να είναι ούτε μεγαλύτερη ούτε μικρότερη από $0,8$ έως 1°C . Η διατήρηση σταθερής θερμοκρασίας εξαρτάται επίσης από την αποτελεσματικότητα της μόνωσης και την σωστή κυκλοφορία του αέρα μέσα στο θάλαμο. Η σωστή κατανομή της ψύξης μέσα στο θάλαμο εξασφαλίζεται όταν η ταχύτητα του κρύου αέρα γύρω από τα κιβώτια συντήρησης είναι από $0,25$ έως $0,35\text{m/sec}$ και το ψυκτικό μηχάνημα επιτυγχάνει τουλάχιστον $7,5$ εναλλαγές αέρα ανά ώρα (με βάση την χωρητικότητα του κενού θαλάμου). Οι παλέτες με τα προϊόντα πρέπει να σιβάζονται έτσι ώστε να μένει αρκετός ελεύθερος χώρος μεταξύ των παλετών και των τοιχωμάτων του ψυγείου για την άνετη κυκλοφορία του ψυχρού αέρα και την αποφυγή δημιουργίας εστιών μέσα στο θάλαμο με υψηλότερη θερμοκρασία. Η σωστή ρύθμιση της θερμοκρασίας γίνεται με βάση την θερμοκρασία του προϊόντος και όχι με βάση τη θερμοκρασία του αέρα. Για τον σκοπό αυτό έχουν καθιερωθεί εκτός των θερμομέτρων χώρου και ειδικά θερμόμετρα που καρφώνονται στους καρπούς.

Ο θερμοστάτης χώρου είναι το κύριο όργανο ελέγχου της θερμοκρασίας όπως ήδη έχει λεχθεί σε ειδικό κεφάλαιο γι' αυτό είναι αναγκαίο να έχει ικανοποιητική ακρίβεια $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ και να είναι τοποθετημένος σε αντιπροσωπευτική θέση ($1,5\text{m}$ από το δάπεδο μακριά από πηγές θερμότητας ή κοντά σε πόρτες, μακριά από θέσεις που παρουσιάζουν ψυχρά ρεύματα όπως κοντά στον εξατμιστήρα) έτσι ώστε να είναι εύκολος ο έλεγχος, η ρύθμισή του και οι μετρήσεις του να είναι αντικειμενικές.

Για λόγους ασφαλείας τοποθετείται κοντά στον πρώτο θερμοστάτη και ένας δεύτερος καθώς επίσης και ένα ηλεγμένης αξιοπιστίας υδραργυρικό θερμόμετρο για να γίνεται έλεγχος της ακρίβειας των ενδείξεων των δυο θερμοστατών. Για να ελέγξουμε την αξιοπιστία ενός θερμομέτρου το τοποθετούμε σε μίγμα 1χλγρ. πάγου σε κύβους και $0,5$ λίτρου νερού οπότε αυτό θα πρέπει να δείχνει θερμοκρασία 0°C .

2. Ο ρόλος της σχετικής υγρασίας

2.1 Η επίδραση της σχετικής υγρασίας στη διαπνοή

Η διαπνοή είναι μια από τις σημαντικότερες φυσιολογικές λειτουργίες που επηρεάζουν την εμπορική ζωή και φυσιολογική φθορά των νωπών φρούτων και λαχανικών. Ως διαπνοή εννοούμε το σύνολο των απωλειών νερού από τους μεσοκυττάριους χώρους των φυτικών ιστών με εξάτμιση υπό μορφή υδρατμών. Τα σπυροκηπευτικά, όταν ακόμα προσυλλεκτικά βρίσκονται προσκολλημένα στο μητρικό φυτό, αναπληρώνουν τις υδατικές τους απώλειες με την μεταφορά νερού από τις ρίζες. Μετασυλλεκτικά τα προϊόντα αυτά συνεχίζουν να διαπνέουν και, αφού δεν προσλαμβάνουν νερό από τα μητρικά φυτά, οι απώλειες νερού οδηγούν, εκτός των άλλων, σε σημαντικές απώλειες βάρους. Η μικρή αφυδάτωση που προκαλείται από τις απώλειες νερού επηρεάζει την εμφάνιση, την υφή, την σύσταση και τη γεύση, παράγοντες που έχουν άμεσο αντίκτυπο στην ποιότητα και την εμπορική αξία του προϊόντος. Η διαπνοή προκαλεί επίσης συρρίκνωση, απώλεια συνεκτικότητας και τραγανότητας, χαρακτηριστικά που δηλώνουν την φρεσκάδα των φρούτων και λαχανικών. Η εμφάνιση είναι αυτή που κυρίως προσελκύει τον αγοραστή και αυτή επηρεάζεται αρνητικά, όταν οι απώλειες σε νερό είναι 3-10% του βάρους του προϊόντος. Απώλειες μεγαλύτερες από το 3-10% ανάλογα και με το είδος καθιστούν το προϊόν μη εμπορεύσιμο (Πίνακας 9).

Πίνακας 9: Απώλειες υγρασίας πάνω από τις οποίες τα προϊόντα είναι ακατάλληλα για εμπορία.

Είδος προϊόντος	Μέγιστη επιτρεπτή απώλεια βάρους (%)	Είδος προϊόντος	Μέγιστη επιτρεπτή απώλεια βάρους (%)
Αγγουριά	5	Μπιζέλια (σε λοβούς)	5
Βατομουριά	6	Μπρόκολο	4
Καρότα χωρίς φύλλα	8	Πατάτες	7
Καρότα με φύλλα	4	Παντζάρια	7
Κουνουπίδια	7	Πράσα	7
Κρεμμύδια	10	Πιπεριές (πράσινες)	7
Λαχανά βρυξελλών	8	Σπανάκι	3
Λάχανα	7	Σπαραγγιά	8
Μαρούλια κοίνα	5	Τομάτα	7
Μαρούλια κατσαρά	3	Φασολιά	5-6
Μαρούλια κεφαλωτά	4	Φραουλά	6

Για την αντιμετώπιση όλων των δυσμενών επιδράσεων εξαιτίας των απωλειών νερού καθίσταται σαφές ότι απαιτείται έλεγχος και περιορισμός της διαπνοής. Η διαπνοή των οπωροκηπευτικών επηρεάζεται κυρίως από δυο κατηγορίες παραγόντων: α) τους εσωτερικούς παράγοντες, οι οποίοι σχετίζονται κυρίως με τα μορφολογικά και ανατομικά χαρακτηριστικά κάθε προϊόντος και β) τους εξωτερικούς παράγοντες, οι οποίοι σχετίζονται με την σχετική υγρασία, την θερμοκρασία και την ταχύτητα του αέρα του περιβάλλοντος χώρου.

Οι εσωτερικοί παράγοντες, όπως έχει προλεχθεί σχετίζονται κυρίως με τα μορφολογικά και ανατομικά χαρακτηριστικά, τα οποία είναι διαφορετικά σε κάθε προϊόν. Όλα τα φρούτα και τα λαχανικά δεν χάνουν υγρασία με την ίδια ένταση, όταν συντηρούνται κάτω από τις ίδιες συνθήκες περιβάλλοντος. Η φύση και το μέγεθος της επιφάνειας κάθε προϊόντος, η ύπαρξη ανοιχτών ή όχι στοματίων, καθώς επίσης και η φύση των προστατευτικών κηρωδών ουσιών στην επιδερμίδα επηρεάζουν τον βαθμό διαπνοής. Η επίδραση των ανατομικών και μορφολογικών χαρακτηριστικών στο βαθμό διαπνοής εκφράζεται από το ισοδύναμο διαπνοής και το ισοδύναμο της τάσης υδρατμών. Το ισοδύναμο της διαπνοής είναι η ποσότητα του νερού που εξατμίζεται από την μονάδα επιφάνειας ενός προϊόντος στη μονάδα του χρόνου. Μια ελεύθερη επιφάνεια νερού έχει το μεγαλύτερο ισοδύναμο διαπνοής. Τα καρότα πλησιάζουν το ισοδύναμο διαπνοής μια ελεύθερης επιφάνειας, όταν εκτίθενται για πρώτη φορά σε ξηρό περιβάλλον, ενώ οι κόνδυλοι πατάτας με παχύ και σκληρό περιδέρμα έχουν χαμηλό ισοδύναμο διαπνοής (Πίνακας 10).

Πίνακας 10: Ισοδύναμο διαπνοής λαχανικών σε συνθήκες 0°-5°C, 80% σχετική υγρασία και με συνολική απώλεια υγρασίας λιγότερο από 10%.

Είδος	Ισοδύναμο διαπνοής (10^{-10} kg/kg.Pa.s)			
	Ταχύτητα αέρα (m/s)			
	0	0.05	0.10	0.15-0.20
Φασολακία	6.2	-	6.7	-
Παντζάρια (κόκκινα)	3	-	8	-
Λαχανακία βρυξελλών	1.3	-	24	-
Λάχανα	-	4.1	-	-
Καρότα	7.5	17.8-19.9	24	26.1-30.3
Κουνουπίδια	7.5	-	42	-
Σέλινο	11	-	38	-
Αγγούρια	2.5	-	8.7	-
Αντιδια	7.5	-	13	-
Πράσα	5.0	-	6.2	-
Μαρούλια	13	-	17	-
Μανιτάρια	24	-	57	-
Κρεμμύδια	-	0.4-1.2	-	-
Πιπεριές	2.5	-	2.4	-
Πατάτες	0.33	0.6-1.7	-	-
Ραδίκια	18	-	67	-
Σπανάκι	31	-	52	-
Τομάτες	0.3	-	-	-

Το ισοδύναμο της τάσης υδρατμών είναι η μερική πίεση των υδρατμών στους μεσοκυττάριους χώρους των ιστών του προϊόντος και εξαρτάται από την θερμοκρασία, την περιεκτικότητα των ιστών σε διαλυτά στερεά συστατικά, την σύσταση των κυτταρικών τοιχωμάτων και την παρουσία ασυνέχειας στην επιφάνεια του προϊόντος λόγω τραυματισμού ή προσβολών από παθογόνα.

Εφόσον η τροποποίηση των εσωτερικών παραγόντων δεν είναι πρακτικά εφικτή ο μόνος τρόπος για τον περιορισμό της διαπνοής και των απωλειών υγρασίας είναι ο έλεγχος των εξωτερικών παραγόντων. Από αυτούς η επίδραση της θερμοκρασίας στη διαπνοή έχει ήδη αναλυθεί προηγούμενα, ενώ για την ταχύτητα του ψυχρού αέρα τονίζεται ότι γενικά όσο πιο μεγάλη είναι αυτή τόσο πιο μεγάλες είναι και οι απώλειες νερού από το προϊόν.

Ο έλεγχος της σχετικής υγρασίας του περιβάλλοντος χώρου αποτελεί ένα σημαντικό παράγοντα περιορισμού της διαπνοής. Ως γενική αρχή ισχύει ότι η υγρασία των νωπών φρούτων και λαχανικών τείνει πάντοτε να εξισωθεί με την υγρασία του περιβάλλοντος χώρου ή αλλιώς ότι η τάση των υδρατμών των μεσοκυττάριων χώρων των ιστών των φρούτων και λαχανικών τείνει πάντοτε να έρθει σε ισορροπία με την τάση υδρατμών του περιβάλλοντος χώρου. Πάντα η μετακίνηση υδρατμών γίνεται από το σημείο της υψηλότερης προς το σημείο της χαμηλότερης τάσης υδρατμών. Όσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά τάσης υδρατμών μεταξύ των δυο σημείων τόσο μεγαλύτερη είναι και η ταχύτητα εξάτμισης (ένταση διαπνοής). Επειδή στο εσωτερικό των ιστών κάθε φρούτου ή λαχανικού επικρατεί κατάσταση που λίγο διαφέρει από την κατάσταση κορεσμού η τάση υδρατμών στο σημείο αυτό υπολογίζεται για ορισμένη θερμοκρασία και σχετική υγρασία 99-100%. Έτσι, συνήθως, αυξημένη διαπνοή προκαλείται, όταν η τάση υδρατμών του περιβάλλοντος χώρου είναι μικρότερη από αυτήν του προϊόντος σε δεδομένη θερμοκρασία. Σ' αυτές τις περιπτώσεις το έλλειμα της υγρασίας που υπάρχει στον αέρα του ψυκτικού θαλάμου συμπληρώνεται από την υγρασία που χάνει το προϊόν.

Όταν η τάση υδρατμών του περιβάλλοντος χώρου συμβεί να είναι μεγαλύτερη από αυτή του προϊόντος τότε έχουμε εναπόθεση νερού υπό μορφή σταγονιδίων από το περιβάλλον πάνω στο προϊόν (συμπύκνωση). Αυτό μπορεί να συμβεί, όταν η θερμοκρασία του προϊόντος είναι χαμηλότερη από αυτή του περιβάλλοντος αέρα και όταν αυτός βρίσκεται σε κατάσταση κορεσμού. Μια τέτοια κατάσταση γενικά δεν είναι επιθυμητή.

Για τον καλύτερο περιορισμό της διαπνοής και των επιπτώσεών της επιδιώκεται πάντα η ύπαρξη του άριστου επιπέδου σχετικής υγρασίας στο θάλαμο συντήρησης και του οποίου το εύρος είναι από 85-95% ανάλογα με τις απαιτήσεις κάθε είδους φρούτου ή λαχανικού (Πίνακας 7 και 8). Γενικά προϊόντα με χονδρό φλοιό και μικρή σχέση επιφάνειας προς όγκο απαιτούν 85-90% σχετική υγρασία στον αποθηκευτικό χώρο. Προϊόντα με μεγάλη σχέση επιφάνειας προς όγκο απαιτούν αντίστοιχα 95% σχετική υγρασία.

2.2 Η επίδραση της σχετικής υγρασίας στην ανάπτυξη των παθογόνων μικροοργανισμών

Η διατήρηση πολύ υψηλής σχετικής υγρασίας πάνω από την επιθυμητή μέσα στον ψυκτικό χώρο για τον περιορισμό της διαπνοής, συνήθως ευνοεί την ανάπτυξη παθογόνων μικροοργανισμών πάνω στη επιφάνεια του προϊόντος.

Σ' αυτές τις περιπτώσεις λόγω υψηλής σχετικής υγρασίας 95-98% στον περιβάλλοντα αέρα και επίσης λόγω αυξομειώσεων της θερμοκρασίας έχουμε υγραποίηση των υδρατμών πάνω στην επιφάνεια του προϊόντος δημιουργώντας ευνοϊκό περιβάλλον για μύκητες κυρίως και βακτήρια. Για παράδειγμα ένα τέτοιο περιβάλλον απαιτείται για το μύκητα *Monilinia fruticola* για τη βλάστηση των σπορίων του πάνω στο φλοιό των φρούτων (πυρηνόκαρπα) με καταστροφικά αποτελέσματα για το προϊόν.

Ο καλύτερος τρόπος για την αντιμετώπιση τέτοιων προβλημάτων είναι η ελάττωση της σχετικής υγρασίας σε ασφαλή επίπεδα. Σχετική υγρασία 90% περιορίζει την ανάπτυξη των περισσότερων μυκήτων και τα σπόριά τους δεν βλαστάνουν κάτω από σχετική υγρασία 85%. Ορισμένα σπωροκηπευτικά όπως τα κρεμμύδια και κάποια κολοκυνθοειδή απαιτούν χαμηλότερη σχετική υγρασία 65-70% για αποφυγή ανάπτυξης μυκήτων και σαπίσματος.

2.3 Ρύθμιση της σχετικής υγρασίας στους ψυκτικούς χώρους

Η υγρομετρική κατάσταση των ψυκτικών χώρων όπως ήδη έχει δείχθει έχει μεγάλη σημασία για την επίτευξη καλής συντήρησης σε χαμηλή θερμοκρασία και για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα.

Η ρύθμιση της σχετικής υγρασίας επιτυγχάνεται κυρίως με τους παρακάτω τρόπους:

α) Με ρύθμιση της κατάλληλης διαφοράς θερμοκρασίας Δt μεταξύ του περιβάλλοντος αέρα και του εξατμιστήρα. Αυτό επιτυγχάνεται με την επιλογή κατάλληλου μεγέθους εξατμιστήρα. Όσο μεγαλύτερη είναι η ψυκτική επιφάνεια του εξατμιστήρα τόσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία λειτουργίας του και τόσο μειώνεται η διαφορά θερμοκρασίας Δt με αποτέλεσμα αύξηση της σχετικής υγρασίας του χώρου. Για λόγους κόστους ο εξατμιστήρας επιλέγεται έτσι ώστε να διατηρεί $\Delta t=5^{\circ}\text{C}$ όταν λειτουργεί με ψυκτικό υγρό την αμμωνία και $\Delta t=8^{\circ}\text{C}$ για freon 22, ενώ το ιδανικό θα ήταν $\Delta t=4^{\circ}\text{C}$.

β) Με προσθήκη ειδικών υγραντήρων στο στόμιο των ανεμιστήρων του ψυκτικού σώματος οι οποίοι ψεκάζουν υδροσταγονίδια (mist) ή ατμό και έχουν ως αποτέλεσμα την μείωση της διαφοράς τάσης υδρατμών μεταξύ αέρα και προϊόντος.

γ) Με ρύθμιση της κυκλοφορίας του αέρα και αερισμού σε σχέση με το θερμικό φορτίο του προϊόντος στο θάλαμο ψύξης.

δ) Με διαβροχή του πατώματος του ψυκτικού θαλάμου με νερό.

ε) Και τέλος με την εξασφάλιση ικανοποιητικού φράγματος υδρατμών στη μόνωση των τοιχωμάτων του ψυγείου.

Ο έλεγχος της σχετικής υγρασίας διενεργείται με δυο μεθόδους. Στην πρώτη μέθοδο, η οποία είναι και η πιο αξιόπιστη γίνεται χρήση του ψυχομέτρου. Το ψυχομέτρο αποτελείται από δυο θερμομέτρα, το ένα με ξηρό βολβό, που μετρά την θερμοκρασία του αέρα και το άλλο με βολβό καλυμμένο με υγρό φυτίλι το οποίο μετρά την θερμοκρασία του υγρού αέρα. Με βάση τις δυο θερμοκρασίες και με την βοήθεια πινάκων ή του ψυχομετρικού διαγράμματος προκύπτει η τιμή της σχετικής υγρασίας. Παράλληλα με την ύπαρξη του ψυχομέτρου σε κάθε θάλαμο υπάρχει και ένα αυτογραφικό τριχούγγρομετρο (με ξανθές γυναικείες τρίχες ή με συνθετικές ίνες). Αυτό είναι αρκετά ανακριβές όταν η σχετική υγρασία είναι πολύ υψηλή και η θερμοκρασία βρίσκεται κοντά στο σημείο πήξεως του νερού, δείχνει όμως αν υπάρχουν ή όχι μεγάλες διακυμάνσεις στη σχετική υγρασία.

3. Αερισμός

Εκτός από την ρύθμιση της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας πολύ σημαντικό είναι και το θέμα του αερισμού τόσο από πλευράς ανακυκλοφορίας του αέρα μέσα στο θάλαμο όσο και από πλευράς εξαερισμού. Η κίνηση του αέρα πάνω από το προϊόν επιταχύνει τις απώλειες νερού, όμως, είναι “αναγκαίο κακό”, αφού είναι απαραίτητη για την αφαίρεση του θερμικού φορτίου του προϊόντος. Κύρια επιδίωξη των κατασκευαστών ψυκτικών χώρων είναι η ταχύτητα ανακυκλοφορίας του αέρα να είναι τόση όση χρειάζεται για να απομακρυνθεί η θερμότητα που παράγεται από την αναπνοή. Έτσι η επιλογή των εξατμιστήρων, όπως ήδη έχει αναφερθεί, γίνεται ώστε να εξασφαλίζουν μια ταχύτητα αέρα εντός του θαλάμου 0,25 έως 0,35m/sec και τουλάχιστον 7,5 εναλλαγές αέρα ανά ώρα (σύμφωνα με τον όγκο του κενού θαλάμου).

Εκτός από την ρύθμιση της κίνησης του αέρα εντός του θαλάμου σκόπιμη είναι η κατά διαστήματα μερική του ανανέωση με εξωτερικό αέρα. Αυτό επιβάλλεται ώστε να απομακρύνονται τα αέρια εκείνα προϊόντα (αιθυλένιο, ακεταλδεΐδη κ.λ.π.) τα οποία έχουν επίδραση στο μεταβολισμό του συντηρούμενου προϊόντος ή και να μειώνεται η σχετική υγρασία του θαλάμου, όταν αυτό απαιτείται.

Ο εξαερισμός γίνεται με τους εξής τρόπους:

α) Με την μη ελεγχόμενη διείσδυση του εξωτερικού αέρα από την ανοικτή πόρτα του θαλάμου κατά τις ώρες διακίνησης του αποθηκευμένου προϊόντος.

β) Με την κατασκευή ενός κλαπέ διαστάσεων 15cm×15cm στον τοίχο πίσω από τον εξατμιστήρα για τον συνεχή αερισμό του ψυκτικού χώρου τις νυκτερινές ώρες οπότε ο εξωτερικός αέρας έχει μειωμένη θερμοκρασία και αυξημένη σχετική υγρασία και όταν οι καιρικές συνθήκες το επιτρέπουν.

γ) Με την βοήθεια ενός ανεμιστήρα ο οποίος διαμέσου ενός πλαστικού σωλήνα αποβάλλει τον εσωτερικό αέρα του θαλάμου συντήρησης.

Σε όλες τις περιπτώσεις ο εξωτερικός αέρας δεν είναι προψυγμένος, αφού σπάνια έως καθόλου γίνεται πρόβλεψη για κατασκευή εγκαταστάσεων πρόψυξης του νεοεισερχόμενου αέρα.

Στον παρακάτω πίνακα δίνονται κατά προσέγγιση ο απαραίτητος αριθμός αλλαγών αέρα ανάλογα με τον εσωτερικό όγκο του θαλάμου.

Πίνακας 11: Αριθμός αλλαγών αέρα/24 ώρες σε συνάρτηση με τον εσωτερικό όγκο του ψυκτικού θαλάμου.

Εσωτ. Όγκος	Αλλαγές	Εσωτ. Όγκος	Αλλαγές	Εσωτ. Όγκος	Αλλαγές	Εσωτ. Όγκος	Αλλαγές
250 Ft ³	38,0	1000 Ft ³	17,5	6000 Ft ³	6,5	30000 Ft ³	2,7
300 "	34,5	1500 "	14,0	8000 "	5,5	40000 "	2,3
400 "	29,5	2000 "	12,0	10000 "	4,9	50000 "	2,0
500 "	26,0	3000 "	9,5	15000 "	3,9	75000 "	1,5
600 "	23,0	4000 "	8,2	20000 "	3,5	100000 "	1,4
800 "	20,0	5000 "	7,2	25000 "	3,0		

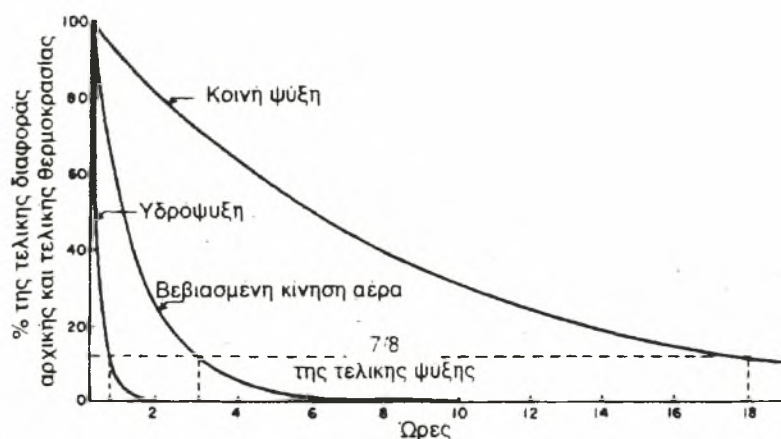
ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Για ψυκτικούς θάλαμους με προθάλαμους ψύξεως μειώνουμε τη τιμή των αλλαγών του αέρα κατά 50% επί των διδομένων τιμών. Για βαρέα φορτία προσθέτουμε 50% επί των διδομένων τιμών (του πίνακα

4. Πρόψυξη

Ως πρόψυξη εννοούμε την γρήγορη αφαίρεση της θερμότητας αγρού μετά την συγκομιδή. Όπως ήδη έχει αναφερθεί σε σχετικό κεφάλαιο όσο πιο γρήγορη είναι η μείωση της θερμοκρασίας του προϊόντος στο επιθυμητό επίπεδο θερμοκρασίας συντήρησης τόσο καλύτερα εξασφαλίζεται η μακρά συντηρησιμότητά του στο ψυγείο και με τις ελάχιστες δυνατές ποιοτικές απώλειες. Κύριος στόχος της πρόψυξης είναι να περιοριστεί στο ελάχιστο η παραμονή του προϊόντος σε υψηλές θερμοκρασίες για πολλούς λόγους, που ήδη αναφέρθηκαν, καθώς επίσης και να αποφευχθούν οι διακυμάνσεις της θερμοκρασίας στις ήδη υπάρχουσες ποσότητες προϊόντος εντός του θαλάμου με την εισαγωγή νέων ποσοτήτων.

Η γρήγορη μείωση της θερμοκρασίας γίνεται σε ειδικές εγκαταστάσεις όπως σε ειδικούς σταθμούς πρόψυξης ή σε ειδικούς προθάλαμους ψυγείων συντήρησης ή ακόμα και στους θαλάμους των ψυγείων συντήρησης κάτω από κάποιες ειδικές προϋποθέσεις (Σχήμα 18).

Σ' αυτές τις εγκαταστάσεις για την πραγματοποίηση της πρόψυξης εφαρμόζονται διάφορες μέθοδοι, ανάλογα με το προϊόν, όπως η πρόψυξη με βεβιασμένη κίνηση αέρα, υδρόψυξη, πρόψυξη με πάγο, πρόψυξη σε κενό.



Σχήμα 18: Σύγκριση ταχύτητας ψύξης καρπών (ροδάκινων) με διάφορους τρόπους ψύξης.

Από αυτές τις μεθόδους η πιο διαδεδομένη είναι η πρόψυξη με βεβιασμένη κίνηση αέρα. Στη χώρα μας για λόγους κόστους υπάρχουν πολύ λίγες ειδικές εγκαταστάσεις πρόψυξης και αυτή γίνεται στους ίδιους χώρους όπου συντηρείται το προϊόν αν και κανονικά η πρόψυξη και η συντήρηση με χαμηλές θερμοκρασίες είναι δυο διαφορετικές λειτουργίες οι οποίες απαιτούν διαφορετικές εγκαταστάσεις και γίνονται σε διαφορετικό χρόνο.

Αφού η πρόψυξη διενεργείται στους ίδιους θαλάμους, όπου γίνεται η συντήρηση συνήθως ακολουθούνται κάποιοι γενικοί κανόνες για να επιτυγχάνονται τα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα. Συνήθως η εισαγωγή του προϊόντος προς πρόψυξη είναι σταδιακή, ώστε να μην προκαλείται μεγάλη θερμοκρασιακή διακύμανση στο ήδη αποθηκευμένο στο θάλαμο προϊόν. Οι παλέτες τοποθετούνται σε μονές σειρές που απέχουν τουλάχιστον 30cm και αυτό όταν υπάρχει αρκετός διαθέσιμος χώρος.

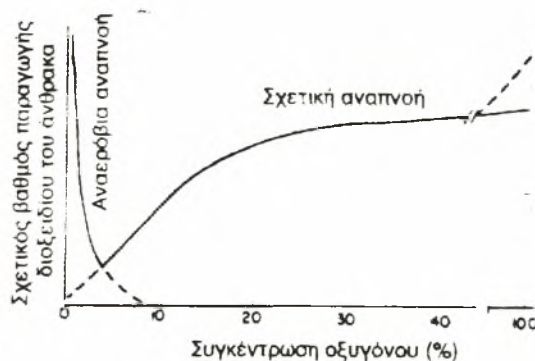
Ο αερισμός ρυθμίζεται έτσι ώστε η ταχύτητα του αέρα να είναι από 1 έως 2m/sec γύρω και ανάμεσα από το προϊόν, ώστε να εξασφαλίζεται η γρήγορη απορρόφηση της θερμότητας αγρού μέσα σε λίγες ώρες και, όταν η θερμοκρασία μειωθεί στο επιθυμητό επίπεδο, η ταχύτητα του αέρα μειώνεται σε 0,25 έως 0,35m/sec που είναι επιθυμητή κατά τη διάρκεια συντήρησης του προϊόντος.

Τέλος θα πρέπει να σημειωθεί ότι, ενώ η πρόψυξη στους ίδιους θαλάμους που γίνεται και η συντήρηση με ψύξη είναι η πιο συμφέρουσα οικονομικά λύση, εντούτοις αυτή η μέθοδος πρόψυξης είναι η πιο αργή, επιβαρύνοντας τα πιο ευαίσθητα είδη οπωροκηπευτικών, καθώς επίσης και το ήδη αποθηκευμένο και συντηρούμενο προϊόν, αφού αυτό εκτίθεται σε μεγάλες ταχύτητες αέρα και διαφορές θερμοκρασίας με συνέπεια να υπάρχουν επιπρόσθετες απώλειες νερού.

5. Φυσιολογικές επιδράσεις της τροποποιημένης ή ελεγχόμενης ατμόσφαιρας στη συντήρηση με χαμηλές θερμοκρασίες

5.1 Επίδραση της μειωμένης συγκέντρωσης οξυγόνου

Η μειωμένη συγκέντρωση ατμοσφαιρικού οξυγόνου έχει άμεση επίδραση στη μεταβολική δραστηριότητα των κυττάρων, κυρίως στην αναπνοή (Σχήμα 19) και την παραγωγή και δράση του αιθυλενίου και ανάλογα με την συγκέντρωση του οξυγόνου προκαλεί άλλοτε ωφέλιμες και άλλοτε βλαβερές επιδράσεις στη μετασυλλεκτική ζωή των οπωροκηπευτικών. Συνήθως αυτές οι μεταβολικές επιδράσεις συντελούνται, όταν το ατμοσφαιρικό οξυγόνο ελαττωθεί αισθητά (<10%) στον αποθηκευτικό χώρο.



Σχήμα 19: Η επίδραση της συγκέντρωσης του O₂ στην αερόβια και αναερόβια αναπνοή φρούτων και λαχανικών.

Όπως έχουν δείξει πολυάριθμες μελέτες σε ακτινίδια, αβοκάντο, μήλα και άλλα φρούτα η παραγωγή αιθυλενίου αναστέλλεται σημαντικά, όταν η συγκέντρωση του οξυγόνου μειωθεί, αφού απ' ότι φαίνεται η αντίδραση μετατροπής της ουσίας ACC σε αιθυλένιο εξαρτάται από την παρουσία μοριακού οξυγόνου (Adams and Kang 1979). Επομένως είναι φανερό ότι ένας τρόπος δράσης του χαμηλού οξυγόνου είναι μέσω της μείωσης της παραγωγής αιθυλενίου.

Η μειωμένη συγκέντρωση οξυγόνου προκαλεί μια συνήθως ήπιας μορφής καταπόνηση (stress) η οποία εξαρτάται από το είδος του προϊόντος, το στάδιο ανάπτυξης, το μέγεθος, το είδος της επιδερμίδας και εφυμενίδας και την πυκνότητα των ιστών του προϊόντος. Συνήθως, όμως, έχει τις ακόλουθες ευνοϊκές επιδράσεις στη διατήρηση της ποιότητας του προϊόντος:

α) Μείωση των μεταβολικών δραστηριοτήτων του προϊόντος (αναπνοή) με αποτέλεσμα τη μείωση των απωλειών σε αποθησαυριστικές ουσίες και των απωλειών ποιότητας, με αποτέλεσμα την παράταση της μετασυλλεκτικής ζωής του.

β) Επιβράδυνση της ωρίμανσης σε μεγάλο αριθμό ειδών οπωροκηπευτικών και ιδίως του μαλακώματος της σάρκας, της διάσπασης της χλωροφύλλης και των άλλων φυσιολογικών αντιδράσεων που συνοδεύουν την ωρίμανση και γηρασμό των οπωροκηπευτικών.

γ) Αισθητή μείωση στην παραγωγή αιθυλενίου στους κλιμακτηριακούς καρπούς, όπως μήλα αβοκάντο, ακτινίδια, αχλάδια κ.α.

δ) Μείωση της δράσης του αιθυλενίου, το οποίο ευθύνεται για την παραγωγή ενζύμων στα κύτταρα που προκαλούν το μαλάκωμα της σάρκας, έστω και αν η εσωτερική συγκέντρωση αιθυλενίου βρίσκεται σε επίπεδα πάνω από την συγκέντρωση που προκαλεί ανεπιθύμητες φυσιολογικές επιδράσεις.

Οι μειωμένες συγκεντρώσεις O_2 είναι αποτελεσματικότερες στην αναστολή της ωρίμανσης των κλιμακτηριακών καρπών, εφόσον δεν έχει αρχίσει η αυτοκαταλυτική παραγωγή αιθυλενίου, ενώ σε περιπτώσεις καρπών που παράγουν ήδη μεγάλες ποσότητες αιθυλενίου, η επίδραση της μειωμένης συγκέντρωσης O_2 είναι λιγότερο αποτελεσματική. Στα ακτινίδια που συντηρούνται κάτω από συνθήκες ΕΑ η αφαίρεση αιθυλενίου έχει αποδειχθεί ότι μπορεί να αυξήσει το χρόνο συντήρησης, ενώ ακτινίδια τα οποία συντηρήθηκαν υπό συνθήκες μειωμένου οξυγόνου (0,5-5%) και στα οποία έγινε προσθήκη αιθυλενίου έδειξαν ότι δεν αναστέλλεται η ωρίμανσή τους (Σταυρουλάκης 1991). Εξαιρέση αποτελούν τα μήλα που, όταν τοποθετούνται σε συγκεντρώσεις πολύ μειωμένου οξυγόνου 0,7-1% (Ultra low Oxygen) ακόμα και αν οι καρποί έχουν αρχίσει να παράγουν αιθυλένιο, συντηρούνται ικανοποιητικά, ενώ η αφαίρεσή του δεν φαίνεται να αυξάνει την συντηρησιμότητά τους.

Αν και η μειωμένη συγκέντρωση O_2 που προκαλεί ήπια καταπόνηση στο προϊόν έχει τις ήδη αναφερθείσες ευνοϊκές επιδράσεις σ' αυτό, εντούτοις κάτω από συνθήκες συντήρησης παρουσία πολύ χαμηλής συγκέντρωσης οξυγόνου είναι δυνατό να υπάρξουν διάφορου βαθμού καταπονήσεις στο προϊόν ανάλογες με την μείωση του O_2 . Έτσι, όταν η συγκέντρωση του O_2 που δέχονται οι ιστοί είναι λίγο πιο πάνω από την κρίσιμη συγκέντρωση που θα προκαλούσε αναερόβιες συνθήκες έχουμε μια μέτρια καταπόνηση του προϊόντος με αποτέλεσμα την υποβάθμιση της ποιότητάς του, και κυρίως ορισμένων χαρακτηριστικών, όπως απώλεια αρώματος και γεύσης. Στην περίπτωση που η μείωση της συγκέντρωσης O_2 είναι τέτοια που να δημιουργεί αναερόβιες συνθήκες στους ιστούς του προϊόντος τότε υπάρχει μια ισχυρή κατάπονηση που μπορεί να οδηγήσει στο θάνατο των κυττάρων. Σε αυτές τις συγκεντρώσεις οξυγόνου δημιουργούνται και συσσωρεύονται σε μεγάλες συγκεντρώσεις προϊόντα, όπως η αιθανόλη και η ακεταλδεΐδη, τα οποία με παρατεταμένη έκθεση του προϊόντος, δρουν τοξικά συντελώντας στην αποδιοργάνωση των κυτταρικών μεμβρανών (Kiyosawa 1975) και στο θάνατο των κυττάρων. Στον παρακάτω πίνακα δίνονται οι ανοχές των διαφόρων οπωροκηπευτικών στη μειωμένη συγκέντρωση O_2 και για άριστες θερμοκρασίες συντήρησης, οποιαδήποτε μεταβολή από την άριστη θερμοκρασία συντήρησης τροποποιεί ανάλογα τα όρια αυτά.

Πίνακας 12: Ταξινόμηση φρούτων και λαχανικών ανάλογα με την ανοχή τους σε μειωμένη συγκέντρωση O₂.

Ανοχή σε ελάχιστη συγκέντρωση O ₂ (%)	Είδος προϊόντος
0.5	Ακρόδρυα, αποξηραμένοι καρποί και λαχανικά
1.0	Ορισμένες ποικιλίες μήλων, αχλαδιών, μπροκολού, μανιταριών, σκόρδου, κρεμμυδιών και τεμαχισμένων φρούτων και λαχανικών
2.0	Οι περισσότερες ποικιλίες: μήλων και αχλαδιών, ακτινιδίων, βερικόκων, κερασιών, νεκταρινιών, ροδάκινων, δαμάσκηνων, φράουλας, παπάγιας, ανανά, ελιάς, πεπονιών, καλαμπόκι, φασολάκια, σέλινο, μαρούλια, λάχανα κοινά, λάχανα βρυξελλών
3.0	Αβοκάντο, λωτός, τομάτα, πιπεριά, αγγούρι, αγκινάρα
5.0	Εσπεριδοειδή, μπιζέλια, σπαράγγι, πατάτες, γλυκοπατάτες

5.2 Επίδραση της αυξημένης συγκέντρωσης διοξειδίου του άνθρακα

Η αυξημένη συγκέντρωση CO₂, όπως και η μειωμένη συγκέντρωση O₂ στον αποθηκευτικό χώρο, έχει άμεση επίδραση στη μεταβολική δραστηριότητα των κυττάρων, κυρίως στην αναπνευστική δραστηριότητα και στην παραγωγή και δράση του αιθυλενίου. Η αύξηση της συγκέντρωσης CO₂ (>2%) ανάλογα με το είδος του φρούτου ή του λαχανικού, την εσωτερική συγκέντρωση CO₂, την διάρκεια έκθεσης και την συγκέντρωση O₂ προκαλεί άλλοτε ωφέλιμες και άλλοτε βλαβερές επιδράσεις στα συντηρούμενα προϊόντα. Αυξημένη συγκέντρωση CO₂ έχει αποδειχθεί ότι παρεμποδίζει την αναπνευστική δραστηριότητα και κυρίως τη δράση του ενζύμου ηλεκτρική αφυδρογονάση στον κύκλο του κιτρικού οξέως με αποτέλεσμα την διατήρηση της ποιότητας και την αύξηση της συντηρησιμότητας σε πολλά προϊόντα, όπως μήλα, κεράσια, αχλάδια, αβοκάντο κ.λ.π. (Hulme 1956, Knee 1973, Monning 1983, Frenkel and Patterson 1973).

Επίσης η αυξημένη συγκέντρωση CO₂ έχει ευνοϊκή επίδραση στο μαλάκωμα της σάρκας και παρατείνει την ωρίμανση των σπαροκηπευτικών ανταγωνίζοντας τη δράση του αιθυλενίου (Burg and Burg 1967). Έτσι έρευνες έχουν δείξει ότι με αυξημένες συγκεντρώσεις CO₂ μειώνεται η παραγωγή αιθυλενίου σε καρπούς αβοκάντο (Metzidakis 1989) και ακτινιδίου (Σταυρουλάκης 1991).

Παρά τις όποιες ευνοϊκές επιδράσεις της αυξημένης συγκέντρωσης CO₂, όταν το επίπεδο CO₂ βρίσκεται πάνω από το επιθυμητό όριο για αρκετό χρονικό διάστημα, προκαλεί έντονη καταπόνηση (stress) στο συντηρούμενο προϊόν. Έτσι η έντονη παρεμπόδιση της αναπνοής από υψηλή συγκέντρωση CO₂ συντελεί στη συσσώρευση τοξικών ποσοτήτων ακεταλδεΐδης και αιθυλικής αλκοόλης με καταστροφικές συνέπειες για το προϊόν.

Επίσης η τοξική επίδραση υψηλών επιπέδων συγκέντρωσης CO₂ εκδηλώνεται και με την εμφάνιση διαφόρων φυσιολογικών ασθενιών. Τέτοιες σημαντικές ασθένειες είναι η καστανή καρδιά (Smock 1977), το εσωτερικό καφέτιασμα στα λάχανα (Isenberg and Sayels 1969) και η καστανή κηλίδωση στα μαρούλια (Stewart

and Nota 1971). Η αυξημένη συγκέντρωση CO₂(>5%) προκαλεί ανώμαλη ωρίμανση στις ντομάτες (Morris and Kader 1977), στα αχλάδια και στο ακτινίδιο (Harman and McDonald 1983), συνοδεύεται από δυσάρεστη οσμή στις φράουλες (Couey and Wells 1970) και στο μπρόκολο (Lipton and Haggis 1974).

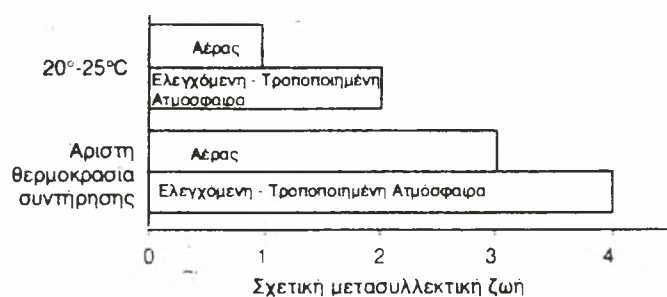
Στον παρακάτω Πίνακα παρουσιάζονται οι μέγιστες ανεκτές συγκεντρώσεις CO₂ για τα διάφορα είδη σπυροκηπευτικών και για τις άριστες θερμοκρασίες συντήρησης αυτών. Οποιαδήποτε απόκλιση από την άριστη θερμοκρασία συντήρησης τροποποιεί ανάλογα τα όρια αυτά.

Πίνακας 13: Ταξινόμηση φρούτων και λαχανικών ανάλογα με την ανοχή τους σε αυξημένη συγκέντρωση CO₂.

Ανοχή σε μέγιστη συγκέντρωση CO ₂ (%)	Είδος προϊόντος
2	Μηλα (Golden Delicious), αχλάδια, βερικοκά, σταφύλια, ελιές, τομάτες, πιπεριές (γλυκίες), μαρούλια, αντίδια, λαχανα κινεζικά, σελινόαγκιναρες, γλυκοπατάτες
5	Μηλα (περισσότερες ποικιλίες), ροδάκινα, νεκταρίνια, δαμάσκηνα, πορτοκαλία, αβοκάντο, μπανάνες, манγκο, παπάγια, ακτινίδια, φραγκοστάφυλα, μπιζέλια, πιπεριές καυτερές, μελιτζάνες, λάχανα των βρυξελων, ραδικία και καρότα
10	Γρέιπ-φρούτ, λεμόνια, λωτοί, ανανάς, αγγούρια, κολοκυθάκια, φασολάκια, μπάμιες, σπαράγγια, μπρόκολο, μαιντανός, πράσα, κρεμμυδάκια, σκόρδα, πατάτες
15	Φράουλες, φραγκοστάφυλα, κεράσια, σύκα, πεπόνια-cantaloupe, καλαμπόκι, μανιτάρια, κολοκύθια, σπανάκι

5.3 Ευνοϊκές και βλαβερές επιδράσεις της ελεγχόμενης ή τροποποιημένης ατμόσφαιρας σε συνδυασμό με χαμηλή θερμοκρασία συντήρησης

Η εφαρμογή της ελεγχόμενης ή τροποποιημένης ατμόσφαιρας, όταν αυτή γίνεται σωστά σε συνδυασμό με την ύπαρξη χαμηλών θερμοκρασιών συντελούν στην παράταση της εμπορικής ζωής των οπωροκηπευτικών με την μικρότερη ή και καθόλου υποβάθμιση της ποιότητας αυτών (Σχήμα 20).



Σχήμα 20: Σχετική μετασυλλεκτική ζωή νωπών οπωροκηπευτικών προϊόντων που συντηρούνται με αέρα ή με ελεγχόμενη ατμόσφαιρα σε συνθήκες θερμοκρασίας δωματίου (20-25°C) ή σε άριστη θερμοκρασία συντήρησης.

Αν και μερικές από τις ευνοϊκές επιδράσεις από την χρήση ΕΑ/ΤΑ έχουν ήδη αναφερθεί ως μεμονωμένες ευνοϊκές επιδράσεις της χαμηλής συγκέντρωσης O_2 και της αυξημένης συγκέντρωσης CO_2 , πιο κάτω παρουσιάζονται συνολικά σαν αποτέλεσμα του συνδυασμού αυτών και της αποθήκευσης σε χαμηλές θερμοκρασίες ως εξής:

1. Καθυστέρηση του γηρασμού (ωρίμανσης) και όλων των βιοχημικών αντιδράσεων και φυσιολογικών μεταβολών, όπως π.χ. της αναπνοής, της παραγωγής και δράσης του αιθυλενίου, του μαλακώματος και γενικά μείωση των ποσοτικών και ποιοτικών απωλειών των νωπών οπωροκηπευτικών.

2. Μείωση της ευαισθησίας των ιστών στη δράση του αιθυλενίου και ιδιαίτερα σε ατμόσφαιρες θαλάμου με περιεκτικότητα $O_2 < 8\%$ και $CO_2 > 1\%$.

3. Μείωση στην ένταση της εμφάνισης ορισμένων φυσιολογικών ανωμαλιών, όπως των ζημιών από πολύ χαμηλές θερμοκρασίες, του καφετιάσματος των μήλων κ.λ.π. και αποφυγή χρησιμοποίησης χημικών ουσιών για την καταπολέμησή τους και,

4. Άμεση ή έμμεση επίδραση στην ανάπτυξη παθογόνων μικροοργανισμών (*Botrytis* σε κέρασια, φράουλες κ.α.) που κατά την συντήρηση προκαλούν σοβαρές απώλειες και ζημιές στο προϊόν (BarKai-Golan 1990). Έμμεση επειδή η ΕΑ/ΤΑ είναι δυνατόν να συντελούν στην καλή φυσιολογική κατάσταση των ιστών και έτσι τα προϊόντα να διατηρούν την αντοχή τους σε προσβολές παθογόνων, ενώ άμεση επειδή η μειωμένη συγκέντρωση O_2 και η αυξημένη συγκέντρωση CO_2 επιδρούν δυσμενώς στην ανάπτυξη των παθογόνων μικροοργανισμών (π.χ. *Botrytis cinerea*, *Monilinia fructicola* ή *Monilinia laxa*).

Στους παρακάτω δυο πίνακες απεικονίζονται οι χρήσεις της ελεγχόμενης ή τροποποιημένης ατμόσφαιρας για σύντομη συντήρηση και η διάρκεια μακράς συντήρησης αντίστοιχα για φρούτα και λαχανικά.

Πίνακας 14: Χρήσεις ελεγχόμενης ή τροποποιημένης ατμόσφαιρας για σύντομη φρούτων και λαχανικών.

Ωφελιμότητα ΕΑ/ΤΑ	Είδος προϊόντος
Καθυστέρηση ωριμάνσης και αποφυγή ζημιών από χαμηλές θερμοκρασίες	Αβοκάντο, μπανάνα, μάνγκο, πεπόνια, νεκταρίνια, παπάγια, ροδάκινα, δαμάσκηνα, τομάτες (πράσινες ή κοκκινωπές ώριμες)
Έλεγχος προσβολών από παθογόνα	Φραγκοστάφυλα, κεράσια, σύκα, σταφύλια, φραουλες
Καθυστέρηση του γηρασμού και των ανεπιθύμητων μεταβολικών αλλαγών (ανεπιθύμητη απώλεια χρωματος)	Σπαραγγι, μπρόκολο, μαρούλια, καλαμπόκι, ελάχιστα επεξεργασμένα φρούτα και λαχανικά

Πίνακας 15: Χρήσεις ελεγχόμενης ατμόσφαιρας για μακρά συντήρηση φρούτων και λαχανικών.

Διάρκεια συντήρησης (Μήνες)	Είδος προϊόντος
Περισσότερο από 12 μήνες	Αμυγδαλα, καρυδια, macadamia, πεκάν, φουντούκια, φιστίκια, αποξηραμένα φρούτα και λαχανικά
6-12	Ορισμένες ποικιλίες μηλων, αχλαδιων
3-6	Λάχανα κοινά, κινέζικα λάχανα, ακτινίδια, ορισμένες ποικιλίες αχλαδιων ασιατικής προέλευσης
1-3	Αβοκάντο, ελιές, λωτοι, ορισμένες ποικιλίες ροδακινιάς, νεκταρινιάς και δαμασκηνιάς, ροδια

Παρά τις ευνοϊκές επιδράσεις της χρήσης ΕΑ/ΤΑ, όταν αυτή δεν εφαρμόζεται σωστά μπορεί να προκαλέσει βλάβες στο συντηρούμενο προϊόν. Στη συνέχεια παρατίθενται οι κυριότερες αρνητικές επιδράσεις της λάνθασμένης εφαρμογής ΕΑ/ΤΑ:

1. Πρόκληση ή επιδείνωση της εμφάνισης ορισμένων φυσιολογικών ασθενειών, όπως της καστανής καρδιάς στα μήλα και αχλάδια και της μαύρης καρδιάς στην πατάτα.
2. Ανώμαλη ωρίμανση καρπών, όπως της μπανάνας, αχλαδιών, αβοκάντο και ντομάτας σε ατμόσφαιρα με συγκέντρωση $O_2 < 2\%$ και πολύ υψηλού $CO_2 > 5\%$.
3. Δημιουργία δυσάρεστης γεύσης και οσμής σε ατμόσφαιρες με πολύ μειωμένη συγκέντρωση O_2 που είναι το αποτέλεσμα αναερόβιων συνθηκών και,
4. Καταστροφή του προϊόντος ως αποτέλεσμα αναερόβιων συνθηκών.

5.4 Ρύθμιση συνθηκών ελεγχόμενης ή τροποποιημένης ατμόσφαιρας

Η ρύθμιση των συνθηκών ΕΑ/ΤΑ από ότι μέχρι τώρα έχει λεχθεί, φαίνεται ότι παίζει τον σημαντικότερο ρόλο στην ύπαρξη επιθυμητών ή ανεπιθυμητών επιδράσεων πάνω στο συντηρούμενο φρούτο ή λαχανικό και εξαρτάται από το είδος του προϊόντος, την ποικιλία, το φυσιολογικό στάδιο και την θερμοκρασία συντήρησης. Η διαφορετική σύσταση των ιστών των νωπών οπωροκηπευτικών δημιουργεί διαφορές στη διάχυση των αερίων και γι' αυτό τα διάφορα είδη οπωροκηπευτικών έχουν διαφορετικές απαιτήσεις ως προς το επίπεδο της μειωμένης και αυξημένης εξωτερικής συγκέντρωσης O_2 και CO_2 αντίστοιχα για να υπάρξει η άριστη συντήρηση. Στα πιο ογκώδη και συμπαγή προϊόντα υπάρχει κίνδυνος να αναπτυχθούν στο εσωτερικό πολύ μειωμένες συγκεντρώσεις O_2 και γι' αυτό απαιτούν υψηλότερες εξωτερικές συγκεντρώσεις μειωμένου O_2 απ' ότι τα μικρού όγκου και λιγότερο συμπαγή είδη.

Συνήθως τα φρούτα δεν ανέχονται συγκεντρώσεις $O_2 < 2\%$ (ενώ προς την ανεκτή συγκέντρωση CO_2 ποικίλουν), ενώ τα λαχανικά παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές στην αντοχή τους στα δύο αέρια, λόγω διαφοροποίησης των ιστών τους (ρίζες, βλαστοί, φύλλα, άνθη και καρποί). Ακόμα σήμερα με την εφαρμογή υψηλής τεχνολογίας στη δημιουργία, ανάλυση και ρύθμιση των συνθηκών ΕΑ/ΤΑ έγινε δυνατή η χρησιμοποίηση πολύ χαμηλής συγκέντρωσης (1,0-1,5%) οξυγόνου (Ultra Low Oxygen), σε επίπεδα που ελάχιστα αποκλείουν από το επιθυμητό επίπεδο ($\pm 0,2\%$) έτσι ώστε για μερικά είδη να επιτυγχάνονται ακόμα καλύτερες συνθήκες συντήρησης.

Μετά από πολυάριθμα πειράματα αλλά και από την εμπειρία των υπεύθυνων πολλών μονάδων ΕΑ/ΤΑ έχουν καθοριστεί οι άριστες συνθήκες συντήρησης ΕΑ/ΤΑ που συνιστώνται για κάθε είδος οπωροκηπευτικού, όπως παρουσιάζονται στους πίνακες 16, 17.

Πίνακας 16: Συνιστώμενες συνθήκες συντήρησης με ελεγχόμενη ή τροποποιημένη ατμόσφαιρα των σπουδαιότερων ειδών φρούτων.

Προϊόν	Θερμοκρασία (C°)	CA#		Ωφελιμότητα**	Παρατηρήσεις
		%O ₂	%CO ₂		
<i>Φυλλοβόλα οπωροφόρα</i>					
Ακτινίδια	0-5	1-2	3-5	A	Περιορισμένη εμπορική χρήση (C ₂ H ₄ <20 ppb)
Αχλαδία (ευρωπαϊκής προελ.)	0-5	1-3	0-3	A	Μερική εμπορική χρήση
Αχλαδία (ασιατικής προελ.)	0-5	2-5	0-1	B	Περιορισμένη εμπορική χρήση
Βερίκοκα	0-5	2-3	2-3	Γ	Όχι σε εμπορική κλίμακα
Δαμάσκηνα	0-5	1-2	0-5	B	Περιορισμένη εμπορική χρήση
Κεράσια	0-5	3-10	10-15	B	Περιορισμένη εμπορική χρήση
Λωτός	0-5	3-5	5-8	B	Περιορισμένη εμπορική χρήση
Μηλα	0-5	1-3	1-5	A	Περίπου το 50% των μήλων συντηρείται με ΕΑ
Νεκταρίνια	0-5	1-2	3-5	B	Περιορισμένη εμπορική χρήση
Ροδάκινα	0-5	1-2	3-5	B	Περιορισμένη εμπορική χρήση
Σταφύλια	0-5	2-5	1-3	Γ	Ασυμβίβαστη με τη θείωση
Συκα	0-5	5-10	15-20	B	Περιορισμένη εμπορική χρήση
Φραγκοστάφυλα	0-5	5-10	15-20	A	Αυξημένη χρήση κατά τη μεταφορά
Φράουλες	0-5	5-10	15-20	A	Αυξημένη χρήση κατά τη μεταφορά
Ακροδρυα.αποξηραμένοι καρποί	0-25	0-1	0-100	A	Εφαρμογή για καταπολέμηση εντομών
<i>Υποτροπικά-τροπικά φρούτα</i>					
Αβοκάντο	5-13	2-5	3-10	B	Περιορισμένη εμπορική χρήση
Ανανάς	8-13	2-5	5-10	Γ	Όχι εμπορική χρήση
Γρέιπ-φρουτ	10-15	3-10	5-10	Γ	Όχι εμπορική χρήση
Ελιές	5-10	2-3	0-1	Γ	Όχι εμπορική χρήση
Λεμόνια	10-15	5-10	0-10	B	Όχι εμπορική χρήση
Μανγκο	10-15	3-5	5-10	Γ	Περιορισμένη εμπορική χρήση
Μπανανα	12-15	2-5	2-5	A	Μετρια χρήση κατά τη μεταφορά
Παπαγία	10-15	3-5	5-10	Γ	Όχι εμπορική χρήση
Πορτοκαλία	5-10	5-10	0-5	Γ	Όχι εμπορική χρήση

* Συνιστώμενο εύρος θερμοκρασίας

Συνιστώμενη σχετική υγρασία 90% έως 95%.

Οι άριστες συγκεντρώσεις ποικίλλουν αναλόγα με την ποικιλία, τη θερμοκρασία και τη διάρκεια συντήρησης.

** A = άριστη, B = καλή, Γ = μετρια

Πίνακας 17: Συνιστώμενες συνθήκες συντήρησης με ελεγχόμενη ή τροποποιημένη ατμόσφαιρα των κυριότερων ειδών λαχανικών.

Προϊόν	Θερμοκρασία* (C°)	CA#		Ωφελιμότητα	Παρατηρήσεις
		%O ₂	%CO ₂		
Αγκινάρες	0-5	2-3	2-3	B	Όχι εμπορική χρήση
Αγγούρια	8-12	3-5	0	Γ	Όχι εμπορική χρήση
Καλαμποκία	0-5	2-4	5-10	B	Περιορισμένη εμπορική χρήση
Καρότα	0-5	-	-	Δ	98-100% σχετική υγρασία
Κουνουπίδια	0-5	2-3	2-5	Γ	Όχι εμπορική χρήση
Κρεμμυδάκια	0-5	1-2	10-20	Γ	Περιορισμένη εμπορική χρήση
Κρεμμυδια-ξηρα	0-5	1-2	0-5	B	Όχι εμπορική χρήση
Λαχανα βρυξελων	0-5	1-2	5-7	B	Όχι εμπορική χρήση
Λαχανα κοινά	0-5	2-3	3-6	A	Μερική εμπορική χρήση για μακρά συντήρηση ορισμένων ποικιλιών
Μανιτάρια	0-5	αέρας	10-15	Γ	Περιορισμένη εμπορική χρήση
Μαρούλια	0-5	1-3	0	B	Περιορισμένη εμπορική χρήση
Μπάμια	8-12	3-5	0	Γ	Όχι εμπορική χρήση
Μπρόκολο	0-5	1-2	5-10	A	Περιορισμένη εμπορική χρήση
Παντζάρια	0-5	-	-	Δ	98-100% σχετική υγρασία
Πατάτες	4-12	-	-	Δ	Όχι εμπορική χρήση
Πεπονία	10-12	3-5	0	Γ	Όχι εμπορική χρήση
Πεπονία-cantaloupes	3-7	3-5	10-15	B	Περιορισμένη εμπορική χρήση
Πιπεριές-γλυκιές	8-12	3-5	0	Γ	Περιορισμένη εμπορική χρήση
Πιπεριές-καυτερές	8-12	3-5	0	Γ	Περιορισμένη εμπορική χρήση
Πράσα	0-5	1-2	3-5	B	Όχι εμπορική χρήση
Ραδικία	0-5	-	-	Δ	98-100% σχετική υγρασία
Σέλινο	0-5	1-4	0-5	B	Περιορισμένη εμπορική χρήση σε μικτά φορτία με μαρούλια
Σπαραγγιά	0-5	αέρας	5-10	A	Μερική εμπορική χρήση
Τομάτες ωριμες-πρασινες	12-20	3-5	0-3	B	Περιορισμένη εμπορική χρήση
Τομάτες ωριμες-κοκκινωπες	8-12	3-5	0-5	B	Περιορισμένη εμπορική χρήση
Φασολακία	5-10	2-3	4-7	Γ	Δυνατότητα για βιομηχανική χρήση

* Συνιστώμενο εύρος θερμοκρασίας. Συνιστώμενη σχετική υγρασία 90% έως 98%.

Οι άριστες συγκεντρώσεις ποικίλλουν ανάλογα με την ποικιλία, τη θερμοκρασία και τη διάρκεια συντήρησης.

** A = άριστη, B = καλή, Γ = μετρια, Δ = ελαχίστη ή καμία

6. Προβλήματα σήψεων κατά την συντήρηση των οπωροκηπευτικών προϊόντων σε χαμηλές θερμοκρασίες

Οι σήψεις των οπωροκηπευτικών είναι ένα από τα σοβαρότερα προβλήματα στους χώρους συντήρησης αυτών. Είναι συχνές οι περιπτώσεις όπου μεγάλες ποσότητες φρούτων κυρίως καταλήγουν σε χωματερή λόγω της ανάπτυξης μιας μυκητολογικής ασθένειας στο χώρο του ψυγείου. Το πρόβλημα των σήψεων αρχίζει συνήθως είτε προσυλλεκτικά στον αγρό είτε με προσβολές από τραυματισμούς που γίνονται κατά την συγκομιδή, την μεταφορά ή στο συσκευαστήριο και δυσκολότερα με προσβολές που γίνονται από μολύσματα παθογόνων που βρίσκονται στον ψυκτικό θάλαμο. Μετά την συγκομιδή τα νωπά οπωροκηπευτικά βαθμιαία χάνουν την αντίστασή τους οπότε και τα παθογόνα αναλαμβάνουν δράση, αναπτύσσονται ταχύτατα σε κανονικές συνθήκες περιβάλλοντος και προκαλούν σοβαρές ζημιές στα προϊόντα κατά την διάρκεια αποθήκευσης μέσα στους ψυκτικούς θαλάμους, εφόσον τους δοθεί η κατάλληλη ευκαιρία. Και αυτή η ευκαιρία τους δίνεται όταν κατά την συντήρηση οι συνθήκες που επικρατούν μέσα στους θαλάμους δεν είναι οι κατάλληλες. Έτσι, ενώ είναι δυνατόν να υπάρχουν προσβολές οι οποίες παρέμεναν σε λανθάνουσα κατάσταση ή εξελίσσονται με πολύ αργό ρυθμό, μόλις στο θάλαμο επικρατήσουν υψηλότερες από τις επιθυμητές θερμοκρασία και σχετική υγρασία, καθώς και μειωμένος αερισμός, οι παθογόνοι μικροοργανισμοί δραστηριοποιούνται και αναπτύσσονται ταχύτατα.

Τα μεγαλύτερα προβλήματα αντιμετωπίζουν τα προϊόντα που έχουν αρκετά υδαρείς ιστούς και συντηρούνται στο ψυγείο για μεγάλο χρονικό διάστημα, όπως για παράδειγμα τα ακτινίδια, τα αχλάδια κ.α.

Οι κυριότερες μυκητολογικές ασθένειες που συναντώνται στους ψυκτικούς χώρους είναι οι ακόλουθες:

1. Σταχτιά ή τεφρά σήψη (blossom-end rot ή gray mold rot ή botrytis fruit rot). Το παθογόνο που την προκαλεί είναι ο μύκητας *Botrytis cinerea* και προσβάλλει πολλά είδη φρούτων, όπως αχλάδια, ακτινίδια, πορτοκάλια, λιγότερο τα μήλα κ.α. Οι καρποί μολύνονται κατά την διάρκεια της ανάπτυξής τους πάνω στο δέντρο ή από πληγές που δημιουργούνται κατά την συγκομιδή ή στο συσκευαστήριο. Η μόλυνση δραστηριοποιείται συνήθως κατά την αποθήκευση, εφόσον υπάρξουν για το μύκητα ευνοϊκές συνθήκες. Οι προσβεβλημένοι καρποί έχουν ευχάριστη οσμή ζύμωσης και όταν το περιβάλλον του θαλάμου έχει πολύ υψηλή σχετική υγρασία εμφανίζεται η χαρακτηριστική σταχτιά μούχλα (κονιδιοφόροι και κονίδια του μύκητα) στις προσβεβλημένες επιφάνειες (Εικόνα 14Α). Μέσα στο ψυγείο ο μύκητας μεταδίδεται από τους προσβεβλημένους στους υγιείς γειτονικούς καρπούς και μπορεί να προκαλέσει την καθολική καταστροφή του προϊόντος λαμβανομένου υπόψη ότι ο μύκητας αναπτύσσεται σε θερμοκρασίες από 1-30°C.

2. Σήψεις από Πενικίλλια:

α) Κυανή σήψη (blue mold rot). Το παθογόνο είναι ο μύκητας *Penicillium expansum* και προσβάλλει κυρίως μήλα, αχλάδια, κυδώνια, σταφύλια, μερικά είδη λαχανικών και όχι τα εσπεριδοειδή. Το παθογόνο είναι κυρίως παράσιτο των πληγών, ευνοείται από την υψηλή σχετική υγρασία και θερμοκρασία και αναπτύσσεται στους πολύ ώριμους καρπούς. Οι προσβεβλημένοι ιστοί αποκτούν μια μαλακή υδαρή υφή,

ενώ στην επιφάνεια σε προχωρημένο στάδιο προσβολής και με υψηλή υγρασία εμφανίζονται καταθέσεις, τα “μαξιλαράκια” (κονιδιοφόροι και κονίδια του παθογόνου) το χρώμα των οποίων αρχικά είναι λευκό ή ανοιχτό μπλε και αργότερα μπλε-πράσινα κονιώδη (Εικόνα 14B). Οι προσβεβλημένοι καρποί έχουν χαρακτηριστική οσμή και γεύση μούχλας, ενώ επίσης ο μύκητας παράγει μια θερμοάντοχη τοξίνη, την πατουλίνη.

β) Πράσινη σήψη. Το παθογόνο είναι ο μύκητας *Penicillium digitatum* και προσβάλλει τα εσπεριδοειδή αλλά όχι τα μήλα και αχλάδια. Οι προσβεβλημένοι ιστοί είναι μαλακοί και σε συνθήκες υψηλής σχετικά υγρασίας στην επιφάνειά τους σχηματίζεται πολύ γρήγορα μια χαρακτηριστική εξάνθηση (κονιδιοφόροι) με χρώμα πράσινο ή πράσινο ελαιώδες (Εικόνα 15A). Οι προσβεβλημένοι καρποί αναδύουν οσμή μούχλας και έχουν πικρή δυσάρεστη γεύση. Επίσης μια πρόσθετη ζημιά προκαλείται από το αιθυλένιο που παράγει ο μύκητας, το οποίο αυξάνει την αναπνοή των καρπών και επιταχύνει την αλλαγή του χρώματος και την ωρίμανση των υγιών καρπών. Έτσι η παραγωγή αιθυλενίου μειώνει την διάρκεια ζωής των υγιών καρπών που βρίσκονται στο ίδιο κιβώτιο συσκευασίας με προσβεβλημένους καρπούς ή ακόμα στον ίδιο θάλαμο. Το παθογόνο αναπτύσσεται μόνο πάνω σε πληγές, ακόμα και αόρατες με γυμνό μάτι, στη επιφάνεια των καρπών και μπορεί να μεταδοθεί με την επαφή ασθενών καρπών με υγιείς μέσα στο κιβώτιο συσκευασίας. Η σήψη ευνοείται όταν καθυστερεί η αποθήκευση του προϊόντος σε χαμηλή θερμοκρασία και όταν διατηρείται επί πολύ χρόνο στο ψυγείο.

3. Φαιές σήψεις (brown rots). Τα παθογόνα είναι οι μύκητες *Monilinia fructicola* και *Monilinia laxa* και προσβάλλουν τα μήλα, αχλάδια, κυδώνια, μούσμουλα, βερίκοκα, δαμάσκηνα, ροδάκινα κ.α. κυρίως όμως τα πυρηνόκαρπα. Η προσβολή των καρπών γίνεται από πληγές. Η πρώτη ένδειξη μόλυνσης στον καρπό είναι η ανάπτυξη μιας μικρής, επιφανειακής, κυκλικής, καστανής κηλίδας που στη συνέχεια διευρύνεται σχηματίζοντας συγκεντρικούς κύκλους γύρω από το σημείο που άρχισε η προσβολή (Εικόνα 15B). Με υψηλή σχετική υγρασία και ώριμους καρπούς η προσβολή εξελίσσεται σε γρήγη σήψη, καταστρέφοντάς τους.

4. Σημαντικές ζημιές από σήψεις καρπών προκαλούν και οι μύκητες *Phytophthora spp*, *Alternaria spp*, *Aspergillus niger*, *Rhizopus stolonifer*, *Cladosporium herbaceum*, *Sphaeropsis malorum* (Black rot) κ.α.

Για τη αντιμετώπιση των σήψεων στα ψυγεία συντήρησης λαμβάνονται κυρίως προληπτικά μέτρα, όπως:

- α) Αποφυγή τραυματισμών κατά τους μετασυλλεκτικούς χειρισμούς.
- β) Απολύμανση των ψυκτικών χώρων, συσκευαστηρίων, ειδών συσκευασίας.
- γ) Γρήγορη πρόψυξη του προϊόντος.
- δ) Εμβάπτιση σε χημικές ουσίες, μυκητοκτόνα, όπως το benomyl ή vincorolin για *Botrytis*, benomyl ή imazalil για *Penicillium*, captan για *Phytophthora*, *Monilinia* κ.α.
- ε) Διατήρηση του προϊόντος σε άριστες συνθήκες θερμοκρασίας, σχετικής υγρασίας και αερισμού και,
- στ) Χρησιμοποίηση θαλάμων ελεγχόμενης ή τροποποιημένης ατμόσφαιρας για τα πολύ ευπαθή οπωροκηπευτικά.

7. Φυσιολογικές ανωμαλίες των αποθηκευμένων σε χαμηλές θερμοκρασίες για μακρύ χρονικό διάστημα οπωροκηπευτικών προϊόντων

7.1 Επιφανειακό έγκαυμα (Superficial scald)

Το επιφανειακό έγκαυμα είναι η πιο συνηθισμένη ασθένεια πολλών ποικιλιών των μήλων και αχλαδιών που αποθηκεύονται σε χαμηλές θερμοκρασίες και προκαλεί κάθε χρόνο σημαντικές οικονομικές ζημιές. Παρουσιάζεται σαν αλλοίωση του χρωματισμού της επιδερμίδας του καρπού η οποία χάνει το φυσιολογικό της χρώμα σε διάσπαρτες θέσεις στο πράσινο τμήμα του φλοιού και αποκτά χρώμα καφετί στις κόκκινες ποικιλίες ή καφέ-μαύρο στις πράσινες (Εικόνα 16Α).

Η ακριβής αιτιολογία της ασθένειας είναι άγνωστη και θεωρείται ότι η ανωμαλία αυτή είναι μια φυσιολογική διαταραχή στην οποία ο μηχανισμός που την προκαλεί φαίνεται ότι είναι πολύπλοκος και σχετίζεται με την συσσώρευση μια πτητικής ουσίας (α-φαρνεσένης) την οποία παράγει ο ίδιος ο καρπός. Οι πιο ευπαθείς ποικιλίες μήλων είναι η Granny Smith, η Starking Delicious, η Red Delicious κ.α. Στα αχλαδια το επιφανειακό έγκαυμα εμφανίζεται σε αρκετές ποικιλίες (Κρυστάλι, Williams κ.α.).

Τα συμπτώματα της ασθένειας δε διακρίνονται κατά το χρόνο συγκομιδής, αλλά εμφανίζονται μετά από μερικούς μήνες αποθήκευσης στο ψυγείο και επιδεινώνονται μετά την έξοδο των καρπών από το ψυγείο. Για την ανάπτυξη της ανωμαλίας είναι κρίσιμη η περίοδος 30-40 ημερών μετά τη συγκομιδή και τοποθέτηση στους θαλάμους ψύξης, ενώ μεγάλη ένταση συμπτωμάτων παρουσιάζεται στους καρπούς που έχουν συγκομισθεί πρώιμα.

Για την αντιμετώπιση της ανωμαλίας, οι καρποί συγκομίζονται στο κατάλληλο στάδιο συλλεκτικής ωριμότητας, ενώ η εφαρμογή αντιοξειδωτικών ουσιών όπως εμφάπτιση σε διάλυμα diphenylamine (DPA) πριν την αποθήκευση δίνει καλά αποτελέσματα. Προσοχή πρέπει να δοθεί στην ύπαρξη υπολειμμάτων DPA στο φλοιό των μήλων, το οποίο παραμένει σε υψηλές συγκεντρώσεις για πάνω από δύο μήνες. Σημαντική δράση έχει ο εξαερισμός των θαλάμων συντήρησης για την απομάκρυνση των πτητικών ουσιών, περιορίζοντας την ένταση της προσβολής. Έχει βρεθεί, ακόμα, ότι η συντήρηση καρπών σε συνθήκες ελεγχόμενης ατμόσφαιρας ULO (Chen et al. 1985, Sfakiotakis et al. 1981) έχουν ως συνέπεια τη δραστική μείωση της ασθένειας και τη μείωση της χρήσης χημικών ουσιών (DPA). Μήλα της περιοχής Ζαγοράς Πηλίου που συντηρήθηκαν σε ελεγχόμενη ατμόσφαιρα με μειωμένη συγκέντρωση οξυγόνου (ULO -1% O₂ ή 1% O₂ + 1% CO₂) είχαν σημαντικά μειωμένη προσβολή (Εικόνα 16B).

7.2 Πικρή κηλίδωση

Η πικρή κηλίδωση είναι μια φυσιολογική ανωμαλία που εμφανίζεται κατ'εξοχήν κατά την αποθήκευση στο ψυγείο των μήλων και κυδωνιών. Είναι πολύ διαδεδομένη και έχει μεγάλη οικονομική σημασία γιατί προκαλεί σημαντική υποβάθμιση της ποιότητας των καρπών.

Χαρακτηρίζεται από στίγματα μικρά έως μεγάλα και καθιζάνουσες κηλίδες στο φλοιό του καρπού. Κάτω από την προσβεβλημένη επιφάνεια του φλοιού ο ιστός νεκρώνεται, γίνεται σπογγώδης και έχει πικρή γεύση (Εικόνα 17Α). Η ασθένεια οφείλεται σε φυσιολογικές διαταραχές λόγω μη επαρκούς εφοδιασμού των καρπών με ασβέστιο και στη διατάραξη της ισορροπίας στη σχέση $\frac{K + Mg}{Ca}$. Η ασθένεια

είναι σοβαρότερη σε καρπούς από νεαρά δέντρα με μικρή καρποφορία και σε καρπούς που έχουν μεγάλο μέγεθος και συγκομίζονται άωροι. Οι ποικιλίες Starking Delicious και Granny Smith είναι οι πιο ευπαθείς. Η αντιμετώπιση της ασθένειας γίνεται με προληπτικά μέτρα, όπως με ψεκασμό των δέντρων με διάλυμα νιτρικού ασβεστίου ή χλωριούχου ασβεστίου τρεις φορές, αρχίζοντας δύο μήνες πριν την συγκομιδή, με συγκομιδή στο κατάλληλο στάδιο ωριμότητας και με γρήγορη αποθήκευση στην επιθυμητή χαμηλή θερμοκρασία και σχετική υγρασία.

7.3 Αποσύνθεση ή καφέτιασμα καρδιάς (Internal breakdown ή Core breakdown)

Η αποσύνθεση ή καφέτιασμα της καρδιάς είναι η πιο συνηθισμένη φυσιολογική ασθένεια των αχλαδιών κατά την συντήρησή τους σε χαμηλές θερμοκρασίες, ενώ εμφανίζεται και σε καρπούς μηλιάς.

Προξενεί σοβαρές απώλειες κατά την συντήρηση, ιδιαίτερα σε μεγάλους και υπερώριμους καρπούς. Η ασθένεια αρχίζει με περιφερειακή αποσύνθεση και καφέτιασμα της σάρκας στην περιοχή των σπερμάτων (Εικόνα 17Β). Στα αρχικά στάδια η σάρκα είναι μαλακή και υδατώδης, αργότερα γίνεται αλευρώδης και ύστερα καφετιάζει. Σε σοβαρές περιπτώσεις ολόκληρος ο καρπός συμπεριλαμβανομένου και του φλοιού γίνεται καφέ χρώματος. Στα μήλα αλλοιώνεται η πιο ώριμη-κόκκινη πλευρά περισσότερο προς την περιοχή του κάλυκα.

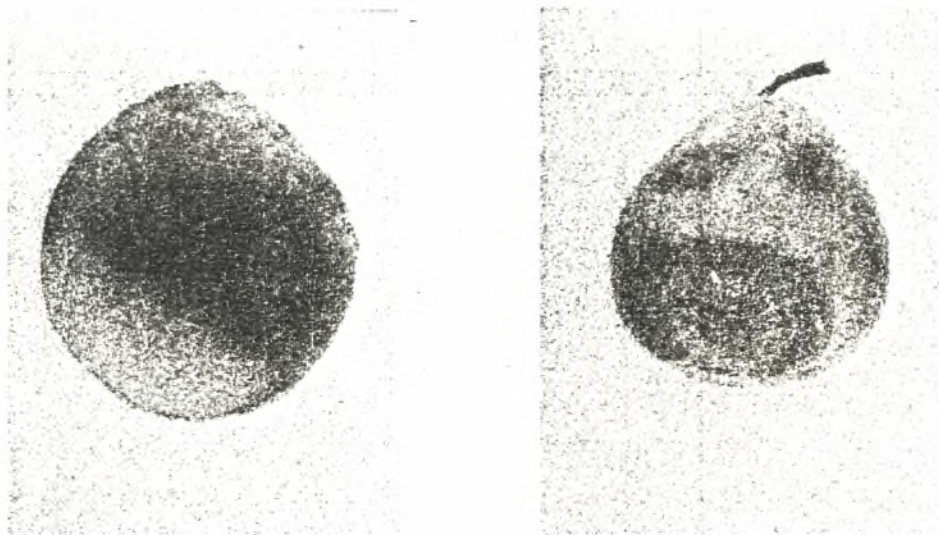
Η αποσύνθεση της καρδιάς θεωρείται ανωμαλία γηρασμού και μπορεί να συμβεί σε καρπούς όλων των ποικιλιών, όταν αυτοί συγκομισθούν υπερώριμοι και συντηρηθούν για μακρύ χρονικό διάστημα πάνω από το κανονικό. Η αντιμετώπιση της ασθένειας γίνεται με περιορισμό όλων εκείνων των παραγόντων που επισπεύδουν την γήρανση των καρπών, όπως: καθυστερημένη συγκομιδή, έλλειψη ή καθυστερημένη πρόψυξη, καθυστερημένη είσοδο του προϊόντος στο ψυγείο, υψηλή θερμοκρασία και σχετική υγρασία (>95%) συντήρησης, συντήρηση πέραν των ορίων αντοχής της συγκεκριμένης ποικιλίας και ακόμα παρατεταμένη μεθωρίμανση των καρπών.

Η εφαρμογή ελεγχόμενης ατμόσφαιρας αναστέλλει την ωρίμανση, καθυστερεί τον γηρασμό με αποτέλεσμα να περιορίζει την αποσύνθεση καρδιάς σε πολλές ποικιλίες αχλαδιών και μήλων (Porritt 1966).

7.4 Καφέτιασμα της σάρκας πυρηνοκάρπων (Internal Browning)

Το καφέτιασμα της σάρκας είναι μια σοβαρή φυσιολογική ανωμαλία των συντηρούμενων πυρηνοκάρπων (ροδάκινων, νεκταρινιών, δαμάσκηνων, βερύκοκκων, κερασιών) για πάνω από τρεις εβδομάδες στους 0°C. Μετά το πέρας των τριών εβδομάδων, ενώ οι καρποί φαίνονται υγιείς, με τη μεταφορά τους σε θερμοκρασία δωματίου εμφανίζουν τα χαρακτηριστικά συμπτώματα της ασθένειας.

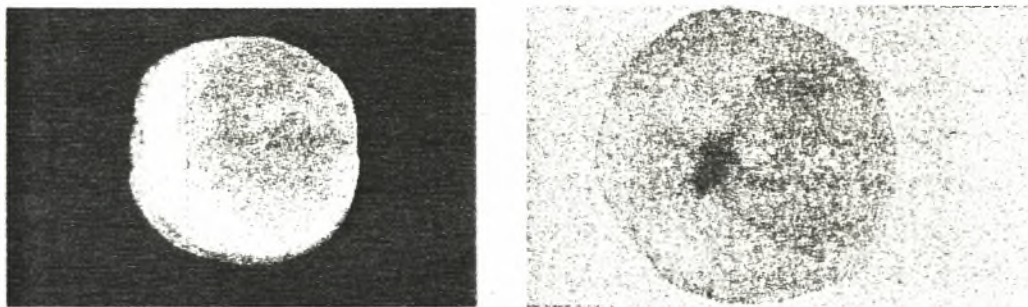
Στα ροδάκινα η σάρκα αποκτά ερυθροκαστανό μεταχρωματισμό και κοκκώδη σύσταση, ενώ το καφέτιασμα αρχίζει από την περιοχή γύρω από τον πυρήνα. Στα βερύκοκα εμφανίζεται με ελαφρό καστανό χρώμα και μαλάκωμα (λάσπωμα) των ιστών γύρω από τον πυρήνα (Εικόνα 18). Τα συμπτώματα της ασθένειας στα δαμάσκηνα είναι, όπως στα ροδάκινα. Η ανωμαλία αυτή οφείλεται σε ζημιές από χαμηλές θερμοκρασίες, από υψηλή συγκέντρωση CO₂ και από παρατεταμένη συντήρηση. Για την αντιμετώπιση αυτής της φυσιολογικής ανωμαλίας συνιστάται συγκομιδή στο κατάλληλο στάδιο, γρήγορη πρόψυξη, συντήρηση στους -0,5 έως 0°C για όχι πάνω από τρεις εβδομάδες ενώ, αν χρειάζεται οι καρποί να συντηρηθούν για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, ίσως η αποθήκευση σε ΕΑ να είναι αποτελεσματική.



A

B

Εικόνα 14: Σήψη πορτοκαλιού από *Botrytis cinerea* (A) και αχλάδι προσβεβλημένο από *Penicillium expansum* (B).



A

B

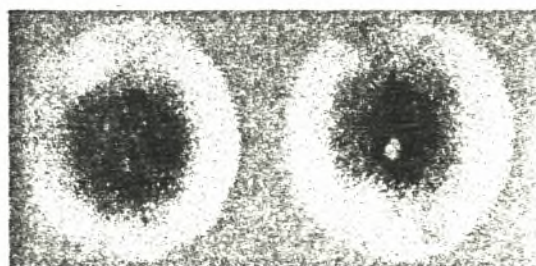
Εικόνα 15: Σήψη πορτοκαλιού από πενικίλλιο (A) και συμπτώματα φαιάς σήψης σε μήλο (B).



Εικόνα 16: Επιφανειακό έγκαυμα σε μήλα ποικιλίας Granny Smith (αριστερά), φυσιολογικοί καρποί (δεξιά) (A). Μήλα που συντηρήθηκαν σε συνθήκες ελεγχόμενης ατμόσφαιρας (ULO) (αριστερά) και μήλα που συντηρήθηκαν σε απλή ψύξη (δεξιά) (B).



Εικόνα 17: Πικρή κηλίδωση σε μήλα (A) και αποσύνθεση ή καφέτιασμα καρδιάς σε αχλάδια (B).



Εικόνα 18: Καφέτιασμα της σάρκας σε ροδάκινα.

Γ. ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΣΤΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΜΕ ΧΑΜΗΛΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ ΟΠΩΡΟΚΗΠΕΥΤΙΚΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

1. Υπάρχουσες ψυκτικές εγκαταστάσεις

1.1 Δυναμικότητα αποθήκευσης σε θαλάμους κοινής και ελεγχόμενης ατμόσφαιρας στην περιφέρεια Θεσσαλίας

Η λειτουργία ψυκτικών μονάδων στην περιφέρεια Θεσσαλίας αρχίζει από παλιά. Η πρώτη ψυκτική μονάδα που κατασκευάστηκε στην Ελλάδα και στην περιοχή των Βαλκανίων ήταν το ψυγείο της “ΕΨΑ ΑΓΡΙΑΣ” το 1924 στην περιοχή Αγριάς Βόλου, χωρητικότητας 7.895m^3 με 7 θαλάμους συντήρησης και με ψυκτικό υγρό την αμμωνία. Αυτός ο ψυκτικός χώρος λειτουργεί μέχρι και σήμερα για ιστορικούς κυρίως λόγους.

Γενικά η κατανομή των ψυκτικών μονάδων στη Θεσσαλία έχει γίνει με βάση τις περιοχές που έχουν αναπτύξει τη δενδροκομία, αφού τα φρούτα είναι τα κυρίως συντηρούμενα είδη. Έτσι ο κύριος όγκος των ψυγείων συγκεντρώνεται στις περιοχές του νομού Λάρισας και Μαγνησίας. Τα περισσότερα από τα ψυγεία αυτά είναι κατασκευασμένα στις δεκαετίες του '70 και του '80, ενώ στη δεκαετία του 90 έχουν κατασκευαστεί τα υπάρχοντα ψυγεία ελεγχόμενης ατμόσφαιρας. Το σύνολο των κατασκευασμένων ψυγείων ελεγχόμενης ατμόσφαιρας βρίσκεται στην περιοχή της Αγιάς Λάρισας, ενώ αυτόν τον καιρό ο Αγροτικός Συνεταιρισμός Ζαγοράς βρίσκεται σε διαδικασίες ανάθεσης της μετατροπής 8 θαλάμων κοινής ψύξης σε ελεγχόμενη ατμόσφαιρα για την ικανοποίηση των αναγκών του. Πολλά από τα ψυγεία του νομού Λάρισας αλλά και Μαγνησίας διαθέτουν και θαλάμους κατάψυξης (αποθήκευση στους -18°C) τους οποίους είτε δεν χρησιμοποιούν είτε σε περιόδους αιχμής λειτουργούν ως απλή συντήρηση (αποθήκευση στους -1 έως 0°C). Εξαιρεση αποτελούν τα ψυγεία της “FROZA AE” στη Λάρισα όπου τα 32.000m^3 αποθηκευτικού χώρου είναι μόνο κατάψυξη.

Στον παρακάτω πίνακα απεικονίζονται οι χωρητικότητες σε m^3 θαλάμων απλής ψύξης, κατάψυξης και ελεγχόμενης ατμόσφαιρας καθώς και ο συντελεστής αξιοποίησης του ψυκτικού χώρου κατά το πρώτο 10ήμερο του μηνός Νοεμβρίου του 1995 στα ψυγεία των νομών Λάρισας και Μαγνησίας, περίοδο κατά την οποία είχαμε τη μέγιστη ποσότητα φρούτων αποθηκευμένα στους ψυκτικούς χώρους.

Περιοχή	Συνολική χωρητικότητα αποθ. Χώρου m ³	Χωρητικότητα απλής ψύξης m ³	Χωρητικότητα Κατάψυξης m ³	Χωρητικότητα Ελεγ. Ατμ. m ³	Συντ/ής αξιοποίησης χώρου απλής ψύξης	Συντ/ής αξιοποίησης Ε.Α.
Νομός Λάρισας	374.783	306.043	68.738	33.400	69,5%	100%
Νομός Μαγνησίας	197.650	197.650	-	-	92%	-

Από τις προαναφερθείσες χωρητικότητες τα μεγαλύτερα ψυγεία στο νομό Λάρισας και Μαγνησίας είναι:

Περιοχή	Επωνυμία	Χωρητικότητα m ³
Νομός Λάρισας	“ΨΥΓΕΙΑ ΑΓΡΙΑΣ Α.Ε.”	35.520
Νομός Μαγνησίας	Αγρ. Συνετ. Ζαγοράς	53.840

1.2 Κατασκευαστικά στοιχεία θαλάμων κοινής και ελεγχόμενης ατμόσφαιρας των ψυκτικών μονάδων στην περιφέρεια Θεσσαλίας και κόστος συντήρησης αυτών

Το σύνολο των θαλάμων κοινής ατμόσφαιρας στα ψυγεία της Θεσσαλίας είναι κατασκευασμένα από οπλισμένο σκυρόδεμα στον σκελετό, δάπεδο και οροφή, ενώ οι τοίχοι είναι φτιαγμένοι είτε από σκυρόδεμα είτε από τσιμεντόλιθους.

Στο μεγαλύτερο σε ηλικία ψυγείο της “ΕΨΑ ΑΓΡΙΑΣ” οι θάλαμοι είναι κατασκευασμένοι από πέτρα, όπου σαν θερμική μόνωση χρησιμοποιήθηκε φελλός και πίσσα. Στα παλαιότερης κατασκευής ψυγεία ως θερμική μόνωση χρησιμοποιήθηκε διογκωμένη πολυεστερίνη με πάχος 10-15cm για τα τοιχώματα, οροφή και δάπεδο, ενώ στα νεότερης κατασκευής χρησιμοποιήθηκε αφρώδης πολυεστερίνη ή διογκωμένη πολυουρεθάνη με πάχος 8-12cm και 8-10cm αντίστοιχα.

Οι χώροι ελεγχόμενης ατμόσφαιρας είναι στο μεγαλύτερο μέρος της συνολικής χωρητικότητας σε ΕΑ κατασκευασμένοι από προκατασκευασμένα τοιχώματα (panels), ενώ ένα μικρό μέρος θαλάμων ΕΑ δημιουργήθηκε ύστερα από αεροστεγή στεγανοποίηση υπάρχοντων θαλάμων κοινής ψύξης (Ψυγεία Παπαστεργίου Αγία Λάρισας).

1.3 Τεχνικά χαρακτηριστικά των ψυκτικών εγκαταστάσεων των ψυγείων κοινής και ελεγχόμενης ατμόσφαιρας στην περιφέρεια Θεσσαλίας

Το σύνολο σχεδόν των ψυκτικών εγκαταστάσεων των ψυγείων του νομού Μαγνησίας έχει κατασκευαστεί από την κατασκευαστική και μελετητική εταιρία “Α. Λιάπη - Γ. Μπάσση ΑΕ” η οποία επιπλέον διαθέτει σε λειτουργία πρότυπη, θα

λέγαμε, κατασκευαστικά ψυκτική μονάδα κατασκευασμένη το 1976 με 18 θαλάμους χωρητικότητας 12.600m^3 όπου αποθηκεύει φρούτα. Το ψυκτικό υγρό που χρησιμοποιείται στο ψυγείο αυτό είναι αμμωνία R 717.

Τα περισσότερα ψυγεία στο νομό Λάρισας και Μαγνησίας λειτούργησαν αρχικά με freon 12, το οποίο έχει ήδη αρχίσει να αντικαθίσταται από το οικολογικά συμβατότερο freon 22. Ελάχιστα ψυγεία παλαιάς κατασκευής χρησιμοποιούν ως ψυκτικό υγρό την αμμωνία R 717.

Η διαφορά θερμοκρασίας Δt μεταξύ θερμοκρασίας των εξατμιστήρων και του προϊόντος στα μεν ψυγεία που χρησιμοποιούν αμμωνία R 717 είναι $\Delta t=5^\circ\text{C}$, ενώ στα ψυγεία των οποίων το ψυκτικό υγρό είναι freon 22 είναι το $\Delta t=8^\circ\text{C}$.

Σε όλα τα ψυγεία χρησιμοποιούνται εξατμιστήρες τύπου βεβιασμένης κυκλοφορίας αέρα, ενώ δεν χρησιμοποιείται κάποιο ειδικό σύστημα (π.χ. υγραντήρες) για την ρύθμιση της σχετικής υγρασίας στους θαλάμους. Ο εξαερισμός εκτελείται συνήθως από τις πόρτες όταν αυτές ανοίγουν και μόνο η ψυκτική μονάδα "Α. Λιάπη - Γ. Μπάστη Α.Ε." χρησιμοποιεί ενεργητικό σύστημα εξαερισμού το οποίο αποτελείται από πλαστικό σωλήνα στο εξωτερικό άκρο του οποίου υπάρχει ανεμιστήρας έτσι ώστε να διώχνει τον αέρα του θαλάμου προς τα έξω, όταν αυτό είναι αναγκαίο. Στα ψυγεία όπου δεν υπάρχει σύστημα εξαερισμού η αυξημένη συγκέντρωση αιθυλενίου και άλλων πτητικών ουσιών προκαλεί μαλάκωμα της σάρκας σε ευαίσθητα φρούτα, π.χ. ακτινίδια, και ευνοεί την εξάπλωση του επιφανειακού εγκαύματος στα μήλα. Για το λόγο αυτό θα ήταν αναγκαίο να υιοθετηθεί τουλάχιστον το χαμηλό σε κόστος σύστημα εξαερισμού των ψυγείων "Α. Λιάπη - Γ. Μπάστη Α.Ε" και από άλλες ψυκτικές μονάδες.

Στις τρεις ψυκτικές μονάδες ελεγχόμενης ατμόσφαιρας που είναι εγκατεστημένες στην περιοχή Αγίας Λάρισας η ψύξη γίνεται με freon 22. Τα συστήματα δημιουργίας και ενεργητικής ρύθμισης της ελεγχόμενης ατμόσφαιρας που χρησιμοποιούνται είναι για την παλαιότερη ψυκτική μονάδα ΕΑ, γεννήτρια N_2 που λειτουργεί με την μέθοδο των ημιδιαπερατών μεμβρανών, ενώ στις δυο πρόσφατα κατασκευασμένες μονάδες (1993-1994) η ατμόσφαιρα ρυθμίζεται με την χρήση ενεργού άνθρακα.

Σε καμία ψυκτική μονάδα της περιφέρειας Θεσσαλίας δεν υπάρχουν ειδικές εγκαταστάσεις πρόψυξης και αυτή γίνεται στους ίδιους θαλάμους όπου γίνεται και η συντήρηση του προϊόντος, με αποτέλεσμα η ψύξη του προϊόντος να είναι σχετικά αργή, να υπάρχουν διακυμάνσεις της θερμοκρασίας στις ήδη υπάρχουσες ποσότητες προϊόντος με την εισαγωγή του νέου προϊόντος και τα συντηρούμενα προϊόντα να εκτίθενται σε μεγάλες ταχύτητες αέρα και διαφορές θερμοκρασίας. Όλα αυτά έχουν ως συνέπεια την απώλεια υγρασίας από το προϊόν και την μείωση της συντηρησιμότητάς του.

2. Παρούσα κατάσταση για τα αποθηκευόμενα προϊόντα σε ψυκτικές μονάδες της περιοχής Θεσσαλίας

2.1 Είδη, ποσότητες και συνθήκες συντήρησης αποθηκευόμενων προϊόντων

Τα είδη που αποθηκεύονται στο σύνολό τους είναι αυτά που μπορούν να συντηρηθούν αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα και αυτά είναι διάφορα είδη φρούτων. Οι μεγαλύτερες ποσότητες από τα αποθηκευόμενα είδη είναι μήλα των ποικιλιών Red Delicious, Starking Delicious, Golden Delicious και Granny Smith, τα οποία συγκομίζονται από Σεπτέμβριο έως το δεύτερο δεκαήμερο του Νοεμβρίου. Ακολουθούν τα αχλάδια της ποικιλίας Κρυστάλι (“Τσακόνικα”), τα οποία συγκομίζονται από αρχές μέχρι τέλος Αυγούστου, καθώς επίσης αποθηκεύονται και κάποιες μικρές ποσότητες από ακτινίδια, κάστανα, κυδώνια, ροδάκινα, δαμάσκηνα και φυρίκια. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται κατά προσέγγιση οι διάφορες ποσότητες μήλων και αχλαδιών κατά περιοχή αποθήκευσης και είδος ψυγείου συντήρησης.

Προϊόν	Νομός Λάρισας		Νομός Μαγνησίας	
	Απλή ψύξη	Ελεγχόμενη	Απλή ψύξη	Ελεγχόμενη
Μήλα	40-45.000 tn	7.000 tn	29.000 tn	-
Αχλάδια	7.000 tn	-	7.500 tn	-

Αξίζει να σημειωθεί ότι σε μερικά ψυγεία του νομού Λάρισας αποθηκεύονται 14-15.000 τόνοι ροδάκινων, ανάλογα με την χρονιά για μερικές ημέρες ή εβδομάδες μέχρι να τους μεταποιήσουν τα κονσερβοποιεία των εταιρειών Del Monte και ELVAC.

Οι συνθήκες συντήρησης των αποθηκευόμενων προϊόντων από πλευράς θερμοκρασίας είναι οι ίδιες που συνιστώνται στους σχετικούς πίνακες στο κεφάλαιο 1.5 του Β' μέρους. Όσον αφορά την σχετική υγρασία καταβάλλεται προσπάθεια χωρίς ειδικό εξοπλισμό (π.χ. υγραντήρα) να διατηρείται στα άριστα επίπεδα (90-95%) αν και αυτή συνήθως βρίσκεται πιο χαμηλά από ότι πρέπει στα περισσότερα ψυγεία (85-95%).

Η χαμηλή σχετική υγρασία οφείλεται στο υψηλό Δt του εξατμιστή και το φαινόμενο είναι εντονότερο στα ψυγεία που λειτουργούν με ψυκτικό υγρό freon 22, αφού το Δt σ' αυτά είναι 8°C εξαιτίας της μικρής επιφάνειας του εξατμιστή (λόγω κόστους). Τα αποτελέσματα του υψηλού Δt και της χαμηλής σχετικής υγρασίας του χώρου συντήρησης είναι το στέγνωμα των καρπών, η αλλοίωση της εμφάνισης, υφής και γεύσης του προϊόντος, με συνέπεια την μείωση της εμπορικής του αξίας μετά από μια περίοδο συντήρησης. Ως λύση του προβλήματος επιβάλλεται εκτός από την μείωση του Δt (αγορά εξατμιστών με μεγάλη επιφάνεια ή πιο συχνή λειτουργία των υπάρχοντων με μικρότερο Δt) και η χρήση ειδικών υγραντήρων που ψεκάζουν νερό και αυξάνουν έτσι την σχετική υγρασία του θαλάμου. Στα ψυγεία που λειτουργούν με αμμωνία R 717 το Δt είναι χαμηλότερο και φθάνει τους 5°C, με αποτέλεσμα η μείωση της σχετικής υγρασίας του χώρου να είναι πιο μικρή και οι απώλειες νερού από το προϊόν μικρότερες. Όμως στα ψυγεία που λειτουργούν με ψυκτικό υγρό την

αμμωνία έχουν συμβεί αρκετά μεγάλες καταστροφές φρούτων όταν υπήρξε διαρροή στο ψυκτικό κύκλωμα εντός του ψυκτικού θαλάμου ή ολόκληρου του ψυγείου, κάτι που δεν συμβαίνει με διαρροή freon 22. Χαρακτηριστικό παράδειγμα μιας τέτοιας καταστροφής αποτελεί η καταστροφή 1.000 τόννων αχλαδιών το 1994 σε θαλάμους των ψυγείων της Ένωσης Αγρ. Συν/μού Πηλίου όταν συνέβει κατά την διάρκεια της νύκτας διαρροή ατμών αμμωνίας από το ψυκτικό κύκλωμα.

Στα ψυγεία ελεγχόμενης ατμόσφαιρας αποθηκεύονται κυρίως μήλα σε συνθήκες μειωμένου οξυγόνου 2% και αυξημένης συγκέντρωσης CO₂ 3-5% σε θερμοκρασία 0°C και σχετική υγρασία 90-95%. Και εδώ απαιτείται η χρήση χαμηλότερης συγκέντρωσης O₂ και CO₂ ώστε να επιτευχθεί καλύτερη διατήρηση της ποιότητας.

2.2 Το κόστος αποθήκευσης

Το κόστος αποθήκευσης για τους παραγωγούς ή εμπόρους στα ψυγεία κοινής ψύξης είναι κατά μέσο όρο και κατά είδος το παρακάτω:

Μήλα κόστος αποθήκευσης 17 δρχ./kg

Αχλάδια κόστος αποθήκευσης 32 δρχ./kg

Κάστανα, κυδώνια, φουρίκια, δαμάσκηνα, ροδάκινα, ακτινίδια 25 δρχ/kg

Το κόστος της συντήρησης σε ψυγεία ελεγχόμενης ατμόσφαιρας αφορά κυρίως την συντήρηση μήλων και είναι συνήθως κατά 10 δρχ./kg υψηλότερο από το κόστος συντήρησης στα ψυγεία κοινής ψύξης.

Το λειτουργικό κόστος από πλευράς ιδιοκτητών των ψυγείων κοινής ψύξης και ΕΑ αφορά κυρίως την δαπάνη από την κατανάλωση του ηλεκτρικού ρεύματος και λιγότερο από την συντήρηση του μηχανολογικού εξοπλισμού και μισθοδοσία του εργαζόμενου προσωπικού σ' αυτά. Το ηλεκτρικό ρεύμα κοστολογείται με βάση το βιομηχανικό τιμολόγιο της Δ.Ε.Η. για τους ιδιώτες, ενώ οι συνεταιρισμοί το πληρώνουν φθηνότερα με βάση το αγροτικό τιμολόγιο.

Η συντήρηση του μηχανολογικού εξοπλισμού εξαρτάται από το μέγεθος και την παλαιότητα του ψυγείου. Για παράδειγμα το ψυγείο "Α. Λιάπη - Γ. Μπάστη Α.Ε." κατασκευασμένο το 1976, χωρητικότητας 12.600m³ έχει ετήσιο κόστος συντήρησης μηχανημάτων περίπου 1.500.000. Το απασχολούμενο προσωπικό στα ψυγεία της περιοχής Θεσσαλίας χωρίζεται σε μόνιμο και εποχιακό. Στο μόνιμο προσωπικό ανήκουν ο ηλεκτρολόγος, ο ψυκτικός-συντηρητής, 2-3 άτομα χειριστές των περνοφόρων, 1-2 άτομα λογιστές και 1-2 γεωπόνοι μόνο για τα ψυγεία αγροτικών συνεταιρισμών. Το εποχιακό προσωπικό αφορά κυρίως εργάτες που προσλαμβάνονται κατά την περίοδο εισαγωγής των προϊόντων.

2.3 Η ποιότητα των αποθηκευόμενων προϊόντων, κυρίως μήλων και αχλαδιών στα ψυγεία κοινής και ελεγχόμενης ατμόσφαιρας της περιοχής Θεσσαλίας

Η διάρκεια συντήρησης των μήλων στα ψυγεία κοινής ψύξης κυμαίνεται σε 6-9 μήνες για τα μήλα, 4-7 μήνες για τα αχλάδια, ενώ τα μήλα συντηρούνται συνήθως για 10-12 μήνες στα ψυγεία ελεγχόμενης ατμόσφαιρας. Βγαίνοντας από το ψυγείο τα μήλα και τα αχλάδια παρουσιάζουν συνήθως απώλειες βάρους από 3 έως 8% με μεγαλύτερες τις απώλειες βάρους στα αχλάδια και στα μήλα της ποικιλίας Golden Delicious. Αυτές οι απώλειες βάρους είναι αποτελέσματα της αυξημένης διαπνοής των καρπών μετά την συγκομιδή λόγω της έλλειψης πρόψυξης, της μειωμένης σχετικής υγρασίας στο χώρο συντήρησης λόγω του υψηλού Δt, της σχετικά υψηλής θερμοκρασίας συντήρησης σε ορισμένα ψυγεία (για τα αχλάδια 0°C, ενώ το ιδανικό θα ήταν -1°C), καθώς και της μη χρησιμοποίησης συστημάτων ύγρανσης της ατμόσφαιρας του ψυκτικού χώρου. Από τα παραπάνω γίνεται κατανοητό ότι κρίνεται αναγκαία η βελτίωση όλων αυτών των παραγόντων που επηρεάζουν άμεσα ή έμμεσα τις απώλειες υγρασίας και βάρους των συντηρούμενων φρούτων.

Οι δαπάνες αγοράς εξατμιστήρων με μεγάλη επιφάνεια ψύξης ώστε να λειτουργούν με μικρό Δt και η τοποθέτηση υγραντήρων αποσβένονται μακροπρόθεσμα από τις περιορισμένες απώλειες υγρασίας και την καλή φήμη που αποκτά στην αγορά η ψυκτική μονάδα. Στα ψυγεία ελεγχόμενης ατμόσφαιρας οι απώλειες υγρασίας είναι μικρότερες από ότι στα κοινής ψύξης και αυτό οφείλεται κυρίως στην ελαχιστοποίηση όλων των μεταβολικών δραστηριοτήτων των καρπών (αναπνοή, διαπνοή κ.τ.λ.) και την καλύτερη μόνωση των θαλάμων. Επίσης στα ψυγεία αυτά η πόρτα του θαλάμου δεν ανοίγει κατά την διάρκεια της συντήρησης παρά μόνο όταν τα φρούτα βγουν από τον θάλαμο (μετά από 8-10 μήνες) με αποτέλεσμα να μην υπάρχει δυνατότητα διαφυγής της υπάρχουσας εντός του θαλάμου υγρασίας διά μέσου της πόρτας στον εξωτερικό χώρο.

Όσον αφορά την σκληρότητα της σάρκας των συντηρούμενων φρούτων έγιναν μετρήσεις στις 15-11-1995 σε δείγματα μήλων που πήραμε από 8 ψυγεία του νομού Μαγνησίας κυρίως από την περιοχή του Πηλίου και από δείγματα που πήραμε από 5 ψυγεία κοινής ψύξης και 3 ελεγχόμενης ατμόσφαιρας του νομού Λάρισας περιοχής Αγιάς. Προέκυψε ότι τα μήλα που συντηρούνταν εκείνη την περίοδο στα ψυγεία του νομού Μαγνησίας είχαν αυξημένη σκληρότητα σάρκας και αρκετή παραλλακτικότητα στις τιμές αυτής, ενώ τα μήλα των ψυγείων της περιοχής Αγιάς συμπεριλαμβανομένων και αυτών της ελεγχόμενης ατμόσφαιρας είχαν μικρότερες τιμές σκληρότητας σάρκας και ίδια σχεδόν παραλλακτικότητα στις τιμές.

Έτσι τα μήλα της περιοχής Λάρισας (Αγιά) είχαν σκληρότητα κατά μέσο όρο $5,8\text{kg}\pm 0,59$, ενώ αυτά της περιοχής Μαγνησίας είχαν σκληρότητα $6,6\text{kg}\pm 0,56$. Τα μήλα των ψυγείων ελεγχόμενης ατμόσφαιρας εμφάνισαν σκληρότητα κατά μέσο όρο $5,25\text{kg}\pm 0,61$ με χαμηλότερη τιμή $4,2\text{kg}\pm 0,5$ από δείγμα ελεγχόμενης ατμόσφαιρας του ψυγείου του Νικολίτσα Σ. Α.Ε. Οι χαμηλές τιμές σκληρότητας στα ψυγεία κοινής και ΕΑ της περιοχής Αγιάς οφείλονται κυρίως στην έλλειψη πρόψυξης, στην όψιμη συγκομιδή, στις ποικιλίες που καλλιεργούνται και στο ότι τα μήλα που αποθηκεύονται εκεί προέρχονται κυρίως από πεδινές περιοχές με υψηλές θερμοκρασίες το καλοκαίρι. Αντίθετα τα μήλα που αποθηκεύτηκαν στα ψυγεία της περιοχής του Πηλίου και Αγριάς-Λεχωνίων εμφάνισαν υψηλότερες τιμές

σκληρότητας, αφού συγκομίστηκαν σχετικά πρώιμα και από ορεινές περιοχές όπου οι θερμοκρασίες δεν αυξάνουν πολύ το καλοκαίρι και στην εποχή συγκομιδής είναι σχετικά χαμηλές. Από τα παραπάνω προκύπτει ότι τουλάχιστον τα μήλα που προορίζονται για ελεγχόμενη ατμόσφαιρα θα πρέπει να είναι καλής ποιότητας, συγκομισμένα στο κατάλληλο στάδιο ωριμότητας έτσι ώστε η συντήρηση στην ΕΑ να εκπληρώνει το στόχο της δηλαδή την παράταση της μετασυλλεκτικής ζωής του καρπού.

Εκτός από τις μετρήσεις σκληρότητας στα δείγματα των μήλων έγιναν μετρήσεις διαλυτών στερεών (Brix) οι οποίες έδωσαν αυξημένες τιμές Brix στα δείγματα που είχαν και μειωμένη σκληρότητα καθώς επίσης υπήρχε και μεγάλη παραλλακτικότητα στις τιμές, αφού τα δείγματα μήλων που εξετάστηκαν προέρχονταν και από διαφορετικές ποικιλίες μηλιάς.

Σε ότι έχει σχέση με την εμφάνιση της φυσιολογικής ασθένειας του επιφανειακού εγκαύματος στα αποθηκευόμενα στην περιοχή Θεσσαλίας, μήλα κυρίως, θα πρέπει να τονιστεί ότι για την αντιμετώπιση του προβλήματος γίνεται χρήση αντιοξειδωτικών ουσιών (διφαινυλαμίνη) σε μερικά από τα κόκκινα μήλα της περιοχής του Πηλίου και σε λίγα της περιοχής Αγιάς, ενώ όλα τα πράσινα μήλα (Granny Smith) στην περιοχή Αγιάς εμβαπτίζονται σε διάλυμα διφαινυλαμίνης πριν την εισαγωγή τους στους ψυκτικούς χώρους.

Το πρόβλημα του επιφανειακού εγκαύματος είναι περιορισμένο στα μήλα που συντηρούνται σε συνθήκες ΕΑ και θα ήταν ακόμη μικρότερο αν χρησιμοποιούνταν χαμηλότερες συγκεντρώσεις O_2 και CO_2 χωρίς τη χρήση αντιοξειδωτικών ουσιών.

Για τα αχλάδια προκύπτει ότι τα περισσότερα από αυτά που βγαίνουν από το ψυγείο στα τέλη Ιανουαρίου εμφανίζουν την φυσιολογική ασθένεια του καφετιάσματος της καρδιάς ως αποτέλεσμα της αργοπορημένης συγκομιδής, της εφαρμογής υψηλών ποσοτήτων λιπασμάτων και καρποδεκτικών ορμονών, της έλλειψης πρόψυξης καθώς και της συντήρησης στους $0^\circ C$ (αντί για $-1^\circ C$ και 90-95% σχετική υγρασία) σε ορισμένες ψυκτικές μονάδες. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος θα πρέπει να γίνει ενημέρωση των παραγωγών για την ορθολογική χρήση των λιπασμάτων και καρποδεκτικών ορμονών, όπως επίσης να γίνει προσπάθεια έτσι ώστε τα αχλάδια μετά την συγκομιδή να εισάγονται το ταχύτερο δυνατό στους θαλάμους συντήρησης, να τοποθετούνται οι παλέτες σε μονές σειρές με απόσταση 50cm η μια από την άλλη, η ταχύτητα του αέρα ψύξης να είναι αρχικά 1-2m/sec και όταν μειωθεί η θερμοκρασία στο επιθυμητό ($-1^\circ C$) να πέφτει στα 0,25-0,35m/sec, ενώ η σχετική υγρασία να διατηρείται σε υψηλά επίπεδα 90-95%.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τη μελέτη των αποθηκευτικών χώρων συντήρησης με χαμηλές θερμοκρασίες της περιοχής Θεσσαλίας προέκυψε ότι γενικά οι ψυκτικές μονάδες είναι παλαιάς κατασκευής και στερούνται συστημάτων δημιουργίας ιδανικών συνθηκών συντήρησης όσον αφορά την πρόψυξη, τον αερισμό και εξαερισμό και τον έλεγχο της σχετικής υγρασίας.

Ο αποθηκευτικός χώρος των ψυγείων κοινής ψύξης επαρκεί και πλεονάζει μερικές χρονιές για τις ανάγκες συντήρησης των φρούτων της περιφέρειας Θεσσαλίας, ενώ αντίθετα ο αποθηκευτικός χώρος των ψυγείων ελεγχόμενης ατμόσφαιρας είναι περιορισμένος. Για τον λόγο αυτό οι πρόσφατα κατασκευασμένες ψυκτικές μονάδες είναι μονάδες ελεγχόμενης ατμόσφαιρας. Αυτές οι μονάδες κατασκευάζονται γρήγορα και με σχετικά χαμηλό κόστος θαλάμων με προκατασκευασμένα τοιχώματα και όλα δείχνουν ότι η εποχή του οπλισμένου σκυροδέματος έχει ήδη τελειώσει. Επίσης το κόστος λειτουργίας των μονάδων ΕΑ είναι χαμηλότερο (χαμηλότερη κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος) συγκριτικά με αυτό των κοινής ψύξης, όμως το αρχικό κόστος κατασκευής είναι πολύ υψηλότερο από αυτό των ψυγείων κοινής ψύξης με αποτέλεσμα και το κόστος συντήρησης ανά χιλιόγραμμο προϊόντος να είναι αυξημένο.

Όσον αφορά τα συντηρούμενα προϊόντα αυτά παρουσιάζουν σημαντικές απώλειες βάρους μετά την παραμονή του σε ψυγείο κοινής ψύξης για μακρύ χρονικό διάστημα, αυξημένη προσβολή επιφανειακού εγκαύματος και καφετιάσματος καρδιάς για ορισμένα φρούτα (π.χ. αχλάδια), ενώ η σάρκα αυτών των φρούτων είναι μαλακή, με αυξημένη περιεκτικότητα σε σάκχαρα και απουσία χυμού. Σε όλα τα μήλα της ποικιλίας Granny Smith Αγιάς και σε μερικά κόκκινα (Starking, Red Delicious) της περιοχής Πηλίου γίνεται εμβάπτιση σε διάλυμα DPA (διφαινυλαμίνης) πριν την εισαγωγή τους στο ψυγείο με τις όποιες αρνητικές επιπτώσεις για τον καταναλωτή και τις εξαγωγές, αφού ήδη η Γερμανία έχει απαγορεύσει την εισαγωγή φρούτων στα οποία έγινε χρήση DPA.

Οι ποιοτικές απώλειες για τα μήλα που συντηρούνται στα ψυγεία ΕΑ είναι μικρότερες και συμβαίνουν μετά από μεγαλύτερο διάστημα συντήρησης σ' αυτά από ότι στα κοινής ψύξης. Τα φρούτα των ψυγείων ΕΑ έχουν τραγανότητα, περιορισμένη εμφάνιση επιφανειακού εγκαύματος όμως μετά από παρατεταμένη συντήρηση δεν έχουν καθόλου άρωμα και τα οργανοληπτικά τους χαρακτηριστικά είναι μέτρια έως άσχημα.

Παρ' όλα αυτά το μέλλον στη συντήρηση βρίσκεται στην ΕΑ, αφού οι συνθήκες συντήρησης σ' αυτή συνεχώς βελτιώνονται και η ζήτηση του καταναλωτικού κοινού για φρούτα εκτός εποχής με ικανοποιητική ποιότητα όλο και μεγαλώνει.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Adams, D.O. and S.F. Yang, 1979. Ethylene biosynthesis, Proc. Natl. Acad. Sci. 76: 170
2. Αναστασιάδη Σπύρου Π., 1979. "Εφαρμογές συμπιεστές ψύξης και υπολογισμός ψυκτικών μονάδων".
3. Αναστασιάδη Σπύρου Π., 1979, "Τεχνολογία, Εργαστήρια της ψύξης".
4. ASHRAE 1981 chapter 5 "Psychrometrics"
5. ASHRAE 1981 chapter 16 "Refrigerants"
6. ASHRAE 1982 chapter 27 "Methods of precooling food"
7. ASHRAE 1982 chapter 31 "Delicious tree and vine fruits"
8. ASHRAE 1982 chapter 33 "Vegetables"
9. ASHRAE 1982 chapter 40 "Refrigerated warehouse design"
10. ASHRAE 1982 chapter 41 "Commodity storage requirements"
11. ASHRAE 1982 chapter 42 "Supplements to refrigeration"
12. ASHRAE 1982 chapter 48 "Environmental Test Facilities"
13. Barkai-Golan, R., 1990. Postharvest disease suppression by atmospheric modifications. In: Calderon, M. and R. BarKai-Golan (eds.) Food Preservation by Modified Atmospheres. CRC Press Boca Raton.
14. Βασιλακάκη Μιλτιάδη Δ., 1991 "Στοιχεία γενικής και ειδικής δεινδροκομίας"
15. Brooks, C. and J.S. Cooley 1928. "Time temperature relations in different types of peach rot infections", J. Agric, Res 37: 507-543
16. Bunemann G. Dr., "Ψυκτικοτεχνικές και Βιολογικές προϋποθέσεις για την συντήρηση των φρούτων", Διάλεξη στις 8-12-1983 στη Γεωπονική Σχολή του ΑΠΘ που διοργανώθηκε από την Ελληνική Εταιρία της Επιστήμης των Οπωροκηπευτικών.
17. Burton, W.G., 1982. "Postharvest Physiology of food Crops", Longman Publishing Co., London and New York
18. Couey, H.M. and J.M. Wells, 1970. "Low oxygen and light carbon dioxide atmospheres to control post-harvest decay of strawberries Phytopathology" 60:47-49
19. Davis, D.C. 1980. "Moisture control and storage systems for vegetable crops in drying and storage of agricultural crops", C.T: AVI Publ. Co.
20. Dossat, R.J. "Principles of refrigeration"
21. Frenkel, C. and M.E. Paterson 1969. "The effect of carbon dioxide on succinic dehydrogenase in pears during cold storage" Hortscience 4: 165
22. Harderburg, R.E., A.E. Wataba and C.Y. Wang, 1990. "The commercial storage of fruits, vegetables and florist and nursery stocks. U.S.D.A. Agr. Research Service Agr. Handbook, No 66
23. Harman, J.E. and B. McDonald, 1983. "Controlled atmosphere storage of kiwifruit: Effects on storage life and fruit quality" Acta Hort. 138:195-201
24. Hulme A.C., 1956. "Carbon dioxide injury and the presence of succinic acid in apples" Nature 178: 218-219
25. Kader, A.A., 1992. "Postharvest technology of horticultural crops" University of California Div. Of Agr. And Nat. Res Publication 3311.

26. Καραουλάνης, Γ.Δ. 1976. "Η διατήρηση με ψύξη των οπωροκηπευτικών στην Ελλάδα" Πρακτικά της Ελληνικής Επιστημονικής Εταιρείας Οπωροκηπευτικών και Αμπέλου.
27. Kiyosawa, K., 1975. "Studies on the effects of alcohols on membrane water permeability of *Nitella*" *Protoplasma* 86: 243-251
28. Σωτηράκη Ηρακλή Α. 1980. "Αυτοματισμός - υλικά - εφαρμογές - Αφοί Κωνσταντακάτου Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις."
29. Lipton, W.J. and C.M. Harris, 1974. "Controlled atmosphere effects on the market quality of stored broccoli" *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 99: 320-323
30. Lutz, J.M. and R.E. Hardenburg, 1968. "The commercial storage of fruits, vegetables and florist and nursery stocks" *USDA Agric. Handbook*
31. Metzidakis, J. and E. Sfakiotakis, 1989. "The control of autocatalytic ethylene production and ripening in avocado fruit by temperature, low oxygen and high carbon dioxide" *Kluger Academic Publishers* p.201-210
32. Monning A., 1983, "Studies on the reaction of Krebs cycle. Enzymes from apple tissue to increased levels of CO₂" *Acta. Hort.* 138: 113-119
33. Παναγιόπουλου Χ.Γ. 1993 "Ασθένειες καρποφόρων δένδρων και αμπέλου"
34. Πανέρας Ευάγγελος "Ποιότητα και μικροβιολογία στα συντηρούμενα με ψύξη και κατάψυξη προϊόντα"
35. Sommer, N.F., 1982 "Postharvest handling practices and postharvest diseases of fruit" *Plant diseases* 66
36. Smock, R.M., 1977 "Nomenclature for internal storage disorders of apples" *Hortisciene* 12: 306-306
37. Stavroulakis, G. and E. Sfakiotakis, 1993 "Regulation by temperature of the propylene induced ethylene biosynthesis and ripening in kiwifruit" In *Cellular and molecular Aspects of the plant Hormone Ethylene*, 142-143 Eds. J.C. Pech, A. Latche and C. Balanque, *Kluwer Academic Publishers*
38. Σταυρουλάκης 1991. "Η επίδραση της θερμοκρασίας, του οξυγόνου και του διοξειδίου του άνθρακα στην ενεργοποίηση με προπυλένιο της ωρίμανσης και βιοσύνθεσης του αιθυλενίου καρπών ακτινιδίου ποικιλίας "Hayward". Διδακτορική διατριβή. Επιστ. Επετ. του Τμήματος Γεωπονίας ΑΠΘ, 27: Παράρτημα 24
39. Stewart, J.K. and M. Vota, 1971 "Carbon dioxide injury and market quality of lettuce in controlled atmospheres" *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 96: 27-30
40. Σφακιωτάκης Ε., 1995, "Μετασυλλεκτική φυσιολογία και τεχνολογία νωπών οπωροκηπευτικών προϊόντων."
41. Thompson F. James "Storage systems" *University of California Div. of Agr. and Nat. Res. Publication* 3311.
42. Thompson F. James "Psychrometrics and Perishable Commodities." *University of California Div. of Agr. and Nat. Res. Publication* 3311.
43. Van den Berg, L, 1987 "Water vapor pressure." In: *Postharvest Physiology of vegetables* ed. Weichmann, Marcel, *Dekker, Inc. N.Y.*



Θέματα συνοδευτικών slides.

1. Ψυκτική μονάδα.
2. Συμπιεστής - Ηλεκτροκινητήρας.
3. Πίνακας αυτοματισμών ψυκτικής μονάδας.
4. Πόρτα θαλάμου ελεγχόμενης ατμόσφαιρας.
5. Η/Υ ρύθμισης συνθηκών E.A.
6. Πίνακας αυτοματισμών.
7. Πίνακας ελέγχου συμπιεστών - ηλεκτροκινητήρων.
8. Συμπιεστές.
9. Πίνακας αυτοματισμών E.A.
10. Εσωτερικό ψυκτικού θαλάμου.
11. Μήλα των ποικιλιών Red Delicious και Starking Delicious.
12. Μήλα της ποικιλίας Granny Smith.
13. Εξωτερική όψη θαλάμων κατασκευασμένων από panel.
14. Συμπυκνωτής (water tower) στην οροφή ψυκτικής μονάδας.
15. Πόρτα θαλάμου E.A.
16. Ηλεκτροκινητήρες συμπιεστών ψυκτικής εγκατάστασης.
17. Σύστημα χρησιμοποιούμενο από περνοφόρο όχημα για την εμφύσηση παλετών με κλούβες που περιέχουν μήλα σε διάλυμα αντιοξειδωτικών.
18. Αναπνευστικοί σάκκοι E.A.
19. Όψη ψυγείου E.A. κατασκευασμένο από panel.
20. Αριστερά συμπιεστής και δεξιά ηλεκτροκινητήρας.
21. Κέντρο ανάλυσης αερίων E.A.
22. Συσκευές απορρόφησης CO₂ σε μονάδα E.A.
23. Σάκος συγκέντρωσης αερίων για αναγέννηση υποστρώματος CO₂ σε μονάδα E.A.
24. Παραμαγνητικός αναλυτής και αναλυτής υπερύθρων σε μονάδα E.A.
25. Παραμαγνητικός αναλυτής και αναλυτής υπερύθρων καθώς και Η/Υ για ρύθμιση συγκέντρωσης CO₂, O₂ σε μονάδα E.A.
26. Γεννήτρια αζώτου που λειτουργεί με χρήση ενεργού άνθρακα σε μονάδα E.A.
27. Γεννήτρια αζώτου με χρήση ενεργού άνθρακα σε μονάδες E.A.
28. Γεννήτρια αζώτου που λειτουργεί με ημιπερατές μεμβράνες.
29. Εκτονωτικές βαλβίδες ψυκτικής εγκατάστασης.
30. Αναπνευστικοί σάκκοι E.A.
31. Πίνακες αυτοματισμού.
32. Εξατμιστήρας οροφής βεβαιωμένης κυκλοφορίας αέρα.
33. Συμπιεστής freon 22.
34. Συμπυκνωτής (water tower).