



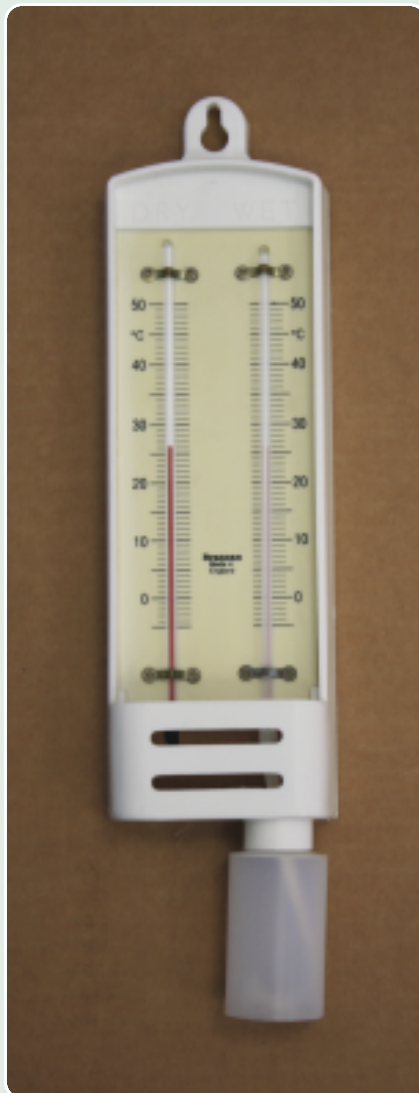
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ, ΦΥΣΙΚΩΝ
ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΡΓΙΑΣ

Μετασυλλεκτική διαχείριση μήλων



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Εισαγωγή.....	1
2. Κλιμακτηρική ωρίμανση	2
3. Κριτήρια συλλεκτικής ωριμότητας	3
4. Συγκομιδή και διαχείριση παραγωγής	6
5. Φυσιολογικές ανωμαλίες	11
5.1 Πικρή Στιγμάτωση	11
5.2 Επιφανειακό έγκαυμα	11
5.3 Υάλωση ή Υδαρής Πυρήνας	12



Δρ ΜΑΡΙΟΣ ΚΥΡΙΑΚΟΥ

Ανώτερος Λειτουργός Γεωργικών Ερευνών
Εργαστήριο Μετασυλλεκτικής Τεχνολογίας
Ινστιτούτο Γεωργικών Ερευνών

ΧΡΥΣΤΑΛΛΑ ΚΩΣΤΑ

Λειτουργός Γεωργίας Α΄
Κλάδος Οπωροκηπευτικών
Τμήμα Γεωργίας

Επιμέλεια Έκδοσης

Κλάδος Γεωργικών Εφαρμογών -
Δημοσιότητα
Τμήμα Γεωργίας

Φωτογραφικό υλικό

- Εργαστήριο Μετασυλλεκτικής Τεχνολογίας, ΙΓΕ
- Αρχείο Τμήματος Γεωργίας
- Διαδίκτυο

Γλωσσική και

Καλλιτεχνική Επιμέλεια

Γραφείο Τύπου και Πληροφοριών

1. Εισαγωγή

Τα νωπά οπωροκηπευτικά προϊόντα συνεχίζουν και μετά την αποκοπή τους από το μητρικό φυτό να αποτελούν ζώντες οργανισμούς που αναπνέουν. Η αναπνοή τους τροφοδοτείται από τα αποθέματα των προϊόντων σε υδατάνθρακες και οξέα και χαρακτηρίζεται από έκλυση διοξειδίου του άνθρακα, υγρασίας και σημαντικής θερμότητας. Ο ρυθμός ωρίμανσης και γήρανσης των προϊόντων εξαρτάται άμεσα από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Η διάρκεια της μετασυλλεκτικής τους ζωής (διατηρησιμότητα) αυξάνεται με τη μείωση του ρυθμού αναπνοής, η οποία επιτυγχάνεται πρώτιστα με τη γρήγορη αφαίρεση θερμότητας και τη διατήρησή τους σε χαμηλή θερμοκρασία.

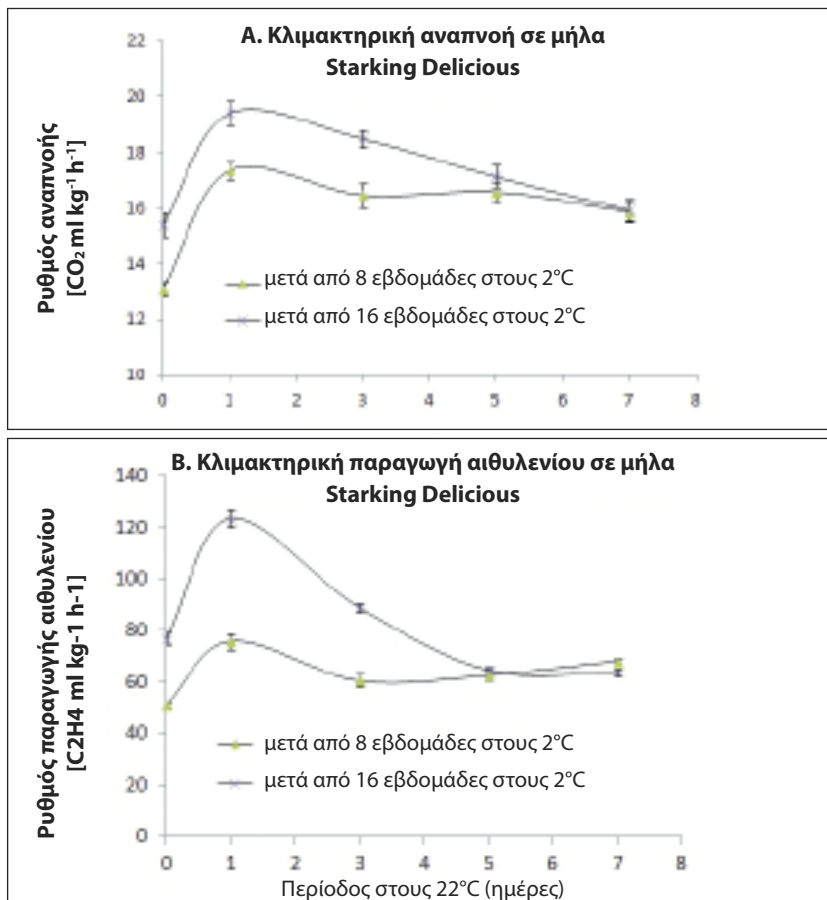
Τα μήλα ανήκουν στην κατηγορία των φρούτων με σχετικά χαμηλό ρυθμό αναπνοής που επιτρέπει τη διατήρησή τους για μακρό χρονικό διάστημα. Ανήκουν παράλληλα στην κατηγορία των προϊόντων που χαρακτηρίζονται από κλιμακτηρική ωρίμανση. Μπορούν δηλαδή να συνεχίσουν την ωρίμανσή τους μετά την αποκοπή τους από το μητρικό φυτό, εφόσον αυτή πραγματοποιηθεί σε στάδιο φυσιολογικής ωριμότητας, προτού διαμορφωθούν πλήρως τα ποιοτικά χαρακτηριστικά που τα καθιστούν εμπορικά ώριμα. Η ιδιότητα αυτή συνδέει την τελική ποιότητα και διατηρησιμότητα των μήλων με τη φυσιολογική ωριμότητα στον χρόνο συγκομιδής και τις συνθήκες διατήρησής τους.

Μη ορθοί μετασυλλεκτικοί χειρισμοί και ακατάλληλες συνθήκες συντήρησης των καρπών στα ψυγεία δυνατό να περιορίσουν τη μετασυλλεκτική διάρκεια ζωής τους και να οδηγήσουν σε ανάπτυξη διαφόρων φυσιολογικών ανωμαλιών με συνέπεια την υποβάθμιση της ποιότητας και κατ' επέκταση της αξίας τους. Η γνώση και η εφαρμογή εκ μέρους των παραγωγών και των εμπόρων ορθών πρακτικών μετασυλλεκτικής διαχείρισης αναμφίβολα συμβάλλει στη διατήρηση της ποιότητας και κατ' επέκταση στην εξασφάλιση καλύτερης τιμής για τα μήλα.

Το έντυπο αυτό ετοιμάστηκε από το Τμήμα Γεωργίας σε συνεργασία με το Ινστιτούτο Γεωργικών Ερευνών με σκοπό να δώσει τις στοιχειώδεις αναγκαίες πληροφορίες στους καλλιεργητές, στις οργανώσεις παραγωγών αλλά και σε όλους όσοι εμπορεύονται μήλα για την ορθή μετασυλλεκτική διαχείριση των μήλων έτσι ώστε να διατηρήσουν την ποιότητά τους σε υψηλά επίπεδα μειώνοντας τις απώλειες της παραγωγής στο ελάχιστο δυνατό.

2. Κλιμακτηρική ωρίμανση

Η κλιμακτηρική ωρίμανση χαρακτηρίζεται από την κορύφωση της αναπνευστικής δραστηριότητας μετά την οποία τα φρούτα εισέρχονται στο τελικό στάδιο γήρανσης και απώλειας της εμπορευσιμότητάς τους (Σχήμα 1). Η κορύφωση της αναπνευστικής δραστηριότητας σηματοδοτείται από αντίστοιχη κορύφωση της παραγωγής αιθυλενίου που αποτελεί την κύρια φυσική ορμόνη ωρίμανσης των καρπών. Όλα τα κλιμακτηρικά προϊόντα οδηγούνται σε αύξηση της αναπνοής τους στην παρουσία αιθυλενίου είτε αυτό είναι εξωγενές ή παράγεται από τα ίδια τα φρούτα (ενδογενές). Η παραγωγή αιθυλενίου σε κλιμακτηρικά φρούτα όπως τα μήλα δρα αυτοκαταλυτικά, δηλαδή, η έκθεση των φρούτων στο αιθυλένιο που τα ίδια παράγουν επιταχύνει τον ρυθμό αναπνοής και, ταυτόχρονα, την ίδια την παρα-



Σχήμα 1: Κλιμακτηρική κορύφωση των ρυθμών αναπνοής και παραγωγής αιθυλενίου σε μήλα Starking Delicious της περιοχής Αγρού μετά την επαναφορά τους σε θερμοκρασία δωματίου (22 °C) έπειτα από διατήρηση στους 2 °C για 8 και 16 εβδομάδες. (Εργαστήριο Μετασυλλεκτικής Τεχνολογίας, Ινστιτούτο Γεωργικών Ερευνών)

γωγή αιθυλενίου. Αποτέλεσμα του φαινομένου αυτού είναι η ραγδαία υποβάθμιση της ποιότητας, η γήρανση και η σήψη των φρούτων. Ο έλεγχος της θερμοκρασίας και η παρεμπόδιση της παραγωγής αιθυλενίου, η μείωση του ρυθμού παραγωγής του και η απομάκρυνσή του από το περιβάλλον διατήρησης των φρούτων αποτελούν τα σημαντικότερα εργαλεία επιμήκυνσης της διατηρησιμότητας των μήλων.

3. Κριτήρια συλλεκτικής ωριμότητας

Τα κριτήρια συλλεκτικής ωριμότητας είναι μετρήσιμοι δείκτες που παρέχουν τη δυνατότητα για αντικειμενικό καθορισμό της βέλτιστης ημερομηνίας συγκομιδής. Σε κλιμακτηρικούς καρπούς όπως στα μήλα η ωριμότητα διακρίνεται σε φυσιολογική (συλλεκτική) και εμπορική. **Φυσιολογική ωριμότητα** επιτυγχάνεται όταν τα μήλα δύνανται ακόμα και μετά την αποκοπή τους από το δέντρο να ολοκληρώσουν την ωρίμανσή τους. **Εμπορική ωριμότητα** χαρακτηρίζει τον καρπό που έχει αναπτύξει εκείνα τα ποιοτικά χαρακτηριστικά που τον καθιστούν επιθυμητό στον καταναλωτή. Τα μήλα συγκομίζονται όταν είναι φυσιολογικά ώριμα. Η εμπορική ωρίμανσή τους ολοκληρώνεται κατά τη διατήρησή τους. Η πραγματοποίηση της συγκομιδής στο κατάλληλο στάδιο ωριμότητας (συλλεκτική ωριμότητα) αποτελεί βασική προϋπόθεση για τη φυσιολογική εξέλιξη της ωρίμανσης και την πλήρη διαμόρφωση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των μήλων, τον περιορισμό της παρουσίας φυσιολογικών ανωμαλιών μετασυλλεκτικά και τη μεγιστοποίηση της διατηρησιμότητάς τους. Η πρόωρη συγκομιδή αποφέρει γενικά καρπούς ανώριμους που υστερούν σε ποιοτικά χαρακτηριστικά (μέγεθος, σάκχαρα, άρωμα, γεύση, χρώμα) και εμφανίζουν συχνότερα φυσιολογικές ανωμαλίες (π.χ. επιφανειακό έγκαυμα, πικρή στιγμάτωση) και αυξημένη αφυδάτωση κατά την αποθήκευση. Η καθυστερημένη συγκομιδή αποδίδει καρπούς υπερώριμους με μειωμένη διατηρησιμότητα, με τάση γρήγορης υποβάθμισης της ποιότητας (απώλεια συνεκτικότητας, αλευρώδης υφή σάρκας) κατά τη διατήρηση, και με αυξημένη εμφάνιση σήψης και φυσιολογικών ανωμαλιών (π.χ. εσωτερικός αποχρωματισμός σάρκας).

Τα κύρια κριτήρια συλλεκτικής ωριμότητας που μπορούν εύκολα να εφαρμοστούν από τον παραγωγό περιγράφονται στο κείμενο που ακολουθεί. Η εφαρμογή τους γίνεται κατά κανόνα σε αντιπροσωπευτικό δείγμα 30 καρπών ανά οπωρώνα.

α) Καρπική περίοδος: Ο αριθμός των ημερών από την πλήρη άνθηση μέχρι τη συλλεκτική ωριμότητα παραμένει σχετικά σταθερός για κάθε ποικιλία, ειδικά αν υπολογιστεί στη βάση του αθροίσματος των βαθμών που υπερβαίνουν ημερήσια τη θερμοκρασία των 7°C. Εξωγενείς παράγοντες (θερμοκρασία, υγρασία εδάφους, θρέψη) κατά τα πρώτα στάδια της βλαστικής περιόδου μπορούν να μεταβάλουν την καρπική περίοδο. Η σχετική χρησιμότητά της είναι προγνωστική και πρέπει πάντα να συνδυάζεται με φυσικοχημικά κριτήρια ωριμότητας κυρίως με τη συνεκτικότητα σάρκας και το τεστ αμύλου-ιωδίου.

β) Περιεκτικότητα σε άμυλο (τεστ αμύλου-ιωδίου):

Η ωρίμανση των μήλων χαρακτηρίζεται από προοδευτική αποδόμηση του αμύλου σε σάκχαρα από το κέντρο του καρπού προς τον φλοιό. Η παρουσία αμύλου στιγματίζεται με εμφάνιση εγκάρσια τεμαχισμένου καρπού σε

διάλυμα ιωδίου-ιωδιούχου καλίου (2,2 g προς 8,8 g σε 1000 ml νερό). Η παρουσία αμύλου βαθμολογείται σύμφωνα με τις πιο πάνω διαγραμματικές διαβαθμίσεις (Σχήμα 2). Η παρουσία αμύλου θεωρείται ιδιαίτερα αξιόπιστο κριτήριο συγκομιδής και μπορεί να προβλέψει την περίοδο συλλεκτικής ωριμότητας καθώς μεταβάλλεται αναλογικά (γραμμικά) στον χρόνο κατά την ανάπτυξη και την ωρίμανση των μήλων (Εικόνες 1, 2).



Σχήμα 2



Εικόνα 1: Εξελικτική αποδόμηση αμύλου κατά την ωρίμανση μήλων. (0=τομή πλήρους αμύλου, 6=τομή πλήρως ελεύθερη αμύλου)



Εικόνα 2: Δοκιμή αμύλου-ιωδίου σε μήλο Granny Smith που βρίσκεται στο στάδιο 6, πλήρως ελεύθερο αμύλου. (Εργαστήριο Μετασυλλεκτικής Τεχνολογίας, ΙΓΕ)

γ) Συνεκτικότητα σάρκας: Η συνεκτικότητα (σκληρότητα) της σάρκας των μήλων μειώνεται προοδευτικά με την ωρίμανση. Αξιολογείται με τη χρήση πιεσόμετρων αφού πρώτα αφαιρεθεί τοπικά ο φλοιός σε δύο αντίθετα σημεία κάθε φρούτου. Διάφοροι τύποι φορητών πιεσόμετρων χειρός έχουν αναπτυχθεί ειδικά για τα μήλα. Μονάδες μέτρησης αποτελούν τα χιλιόγραμμα (Kg), τα νιούτον (N) και οι λίβρες (lb) με αντιστοιχία $1 \text{ Kg} = 9,807 \text{ N} = 2,21 \text{ lb}$. Ο προσδιορισμός της συνεκτικότητας της σάρκας αποτελεί το σημαντικότερο κριτήριο συλλεκτικής ωριμότητας για τα μήλα (Εικόνα 3).



Εικόνα 3: Μέτρηση συνεκτικότητας μήλου με πιεσόμετρο τύπου Effegi. (Εργαστήριο Μετασυλλεκτικής Τεχνολογίας, ΙΓΕ)

δ) Βασικό χρώμα και επίχρωμα φλοιού: Η εξασθένιση του βασικού χρώματος του φλοιού από βαθύ σε ανοικτό πράσινο προς κίτρινο και η εμφάνιση του κόκκινου επιχρώματος αποτελεί ένδειξη φυσιολογικής ωρίμανσης. Ο χρωματισμός του φλοιού μπορεί ωστόσο να επηρεαστεί και από καλλιεργητικούς παράγοντες όπως η λίπανση και η άρδευση. Αντικειμενική εκτίμηση του χρώματος μπορεί να διενεργηθεί με φορητά ηλεκτρονικά χρωματόμετρα το κόστος των οποίων όμως είναι συνήθως απαγορευτικό για τον παραγωγό (Εικόνα 4).



Εικόνα 4: Προσδιορισμός χρώματος επιδερμίδας μήλου με χρωματόμετρο Minolta. (Εργαστήριο Μετασυλλεκτικής Τεχνολογίας, ΙΓΕ)

ε) Χρώμα σπερμάτων: Μεταβολή από λευκό σε καφέ χρώμα σηματοδοτεί γενικά τη φυσιολογική ωρίμανση. Παρουσιάζει ωστόσο σημαντική παραλλακτικότητα ακόμα και στην ίδια ποικιλία.

στ) Διαλυτά Στερεά Συστατικά

(ΔΣΣ): Τα σάκχαρα αποτελούν το μεγαλύτερο μέρος των διαλυτών στερεών συστατικών (ΔΣΣ) του χυμού των μήλων. Η συγκέντρωση των ΔΣΣ αυξάνεται με την ωρίμανση των μήλων καθώς διασπάζεται προοδευτικά το άμυλό τους σε σάκχαρα. Προσδιορίζεται σε μικρό όγκο χυμού στους 20°C με χρήση διαθλασίμετρου (Εικόνα 5) και εκφράζεται σε βαθμούς στην κλίμακα Brix που αντιστοιχεί σε ποσοστιαία συγκέντρωση σακχαρόζης (% ή g ανά 100 ml).



Εικόνα 5: Φορητό διαθλασίμετρο για προσδιορισμό στον οπωρώνα της συγκέντρωσης διαλυτών στερεών συστατικών σε χυμό μήλων. (Εργαστήριο Μετασυλλεκτικής Τεχνολογίας, ΙΓΕ)

ζ) Ολική οξύτητα: Προσδιορίζεται παρουσία δείκτη φαινολοφθαλεΐνης με εξουδετέρωση (pH 8,2) των ελεύθερων οξέων σε συγκεκριμένο όγκο (περίπου 20 ml) χυμού με υδροξείδιο του νατρίου γνωστής συγκέντρωσης. Εκφράζεται σε ισοδύναμα ποσοστιαίας συγκέντρωσης μαλικού οξέος (% ή g ανά 100 ml).

Όπως φαίνεται στα ακόλουθα παραδείγματα για τον ακριβέστερο προσδιορισμό της συλλεκτικής ωριμότητας συνδυάζονται κατά ποικιλία συνήθως δύο ή περισσότερα κριτήρια.

Red/ Starking Delicious (Πεντ/ Στάρκινγκ Ντελίσιους)

- Ελάχιστη συνεκτικότητα σάρκας 8,2 kg
- Κέντρο καρπού ελεύθερο αμύλου (στάδιο 2-3)
- Συνεκτικότητα(kg) Χ ΔΣΣ (%) Χ Τεστ Αμύλου (κλίμακα1-6) > 112 στην έναρξη της συγκομιδής

Golden Delicious (Γκόλντεν Ντελίσιους)

- Μεταβολή χρώματος από βαθύ σε ανοικτό πράσινο ή κιτρινοπράσινο
- Ελάχιστη συνεκτικότητα σάρκας 7,7 kg
- 30% τομής ελεύθερο αμύλου (στάδιο 3)
- Ημέρες από πλήρη άνθηση (135-150 με προσαρμογή)

Gala (Γκάλα)

- Μεταβολή βασικού χρώματος από πράσινο προς ελαφρύ πράσινο ως λευκό
- Έναρξη αποδόμησης αμύλου

Granny Smith (Γκράνυ Σμιθ)

- Συλλεκτική ωριμότητα: Τεστ αμύλου > 2,5
- Εμπορική ωριμότητα: ΔΣΣ > 12% και Οξέα < 0.75%

4. Συγκομιδή και διαχείριση παραγωγής

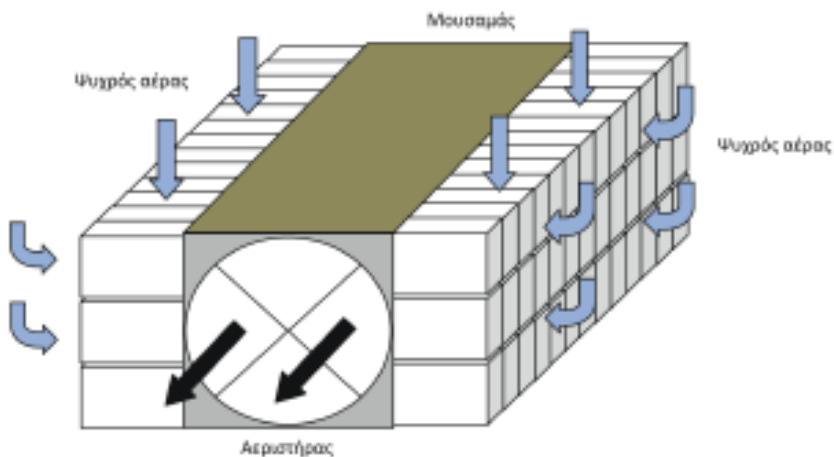
Πέραν από την εφαρμογή των κατάλληλων κριτηρίων για τον προσδιορισμό του χρόνου συγκομιδής, η διαδικασία της συγκομιδής και μεταφοράς της παραγωγής στους χώρους αποθήκευσης επιδρά σημαντικά στη διατηρησιμότητα των μήλων. Είναι γενικά παραδεκτό ότι πρέπει να αποφεύγεται η συγκομιδή νωπών οπωροκηπευτικών προϊόντων κατά τις θερμότερες ώρες της ημέρας (10 π.μ. - 4 μ.μ.) οπότε τα προϊόντα αναπτύσσουν υψηλές θερμοκρασίες. Η μεταφορά μήλων με υψηλό φορτίο θερμότητας (γνωστό ως θερμότητα αγρού) συνεπάγεται τη διατήρηση υψηλού ρυθμού αναπνοής που μειώνει τη μετασυλλεκτική ζωή των φρούτων αλλά και αυξημένο κόστος ψύξης για την αφαίρεσή του. Επιπρόσθετα το υψηλό φορτίο θερμότητας αυξάνει τον ρυθμό αφυδάτωσης μέχρι την ολοκλήρωση της ψύξης.

Κατά τη συγκομιδή πρέπει να λαμβάνονται πρόνοιες έτσι ώστε να αποφεύγεται ο μηχανικός τραυματισμός των μήλων ο οποίος οδηγεί σε αύξηση των ρυθμών αναπνοής και παραγωγής αιθυλενίου, ενώ ταυτόχρονα δημιουργεί εστίες μετασυλλεκτικής σήψης. Σε όλα τα στάδια διαχείρισης τα φρούτα πρέπει να εναποτίθενται σε δοχεία και να μην ρίχνονται έστω και από περιορισμένο ύψος. Το εργατικό προσωπικό πρέπει να είναι ιδιαίτερα προσεκτικό έτσι ώστε να μην προκαλεί αμυχές στα φρούτα κατά τη συγκομιδή. Στον αγρό συστήνεται η χρήση ατομικών μεταλλικών κουβάδων με υφασμάτινο πάτο που να απασφαλίζει κατά το άδειασμά τους στα κιβώτια μεταφοράς και αποθήκευσης των φρούτων. Τα κιβώτια θα πρέπει να υποβάλλονται σε ετήσια απολύμανση με εμβάπτιση σε διάλυμα 250 ml υποχλωριώδους νατρίου (χλωρίνης) ανά τόνο νερού. Το ίδιο διάλυμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την απολύμανση των χώρων αποθήκευσης. Κατά τη μεταφορά στους χώρους δια-

χείρισης και αποθήκευσης πρέπει να αποφεύγονται οι έντονες και πολλαπλές δονήσεις. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί εν μέρει με τη μείωση της πίεσης στα ελαστικά των οχημάτων μεταφοράς.

Βασικός κανόνας στη μετασυλλεκτική διαχείριση των μήλων αλλά και όλων γενικά των οπωροκηπευτικών προϊόντων είναι η επίσπευση της αφαίρεσης της θερμότητας αγρού μετά τη συγκομιδή και της ταχύτερης μείωσης της θερμοκρασίας σάρκας των μήλων στο επιθυμητό επίπεδο ($0-3^{\circ}\text{C}$). Η διαδικασία αυτή είναι γνωστή ως πρόψυξη και αποσκοπεί σε ταχεία μείωση του ρυθμού αναπνοής και μεγιστοποίησης της διατηρησιμότητας. Εκτιμάται ότι ανάλογα με την ποικιλία για κάθε 24 ώρες καθυστέρησης στην ολοκλήρωση της πρόψυξης, η διατηρησιμότητα μειώνεται κατά περίπου 7-15 ημέρες. Καθυστέρηση στην αφαίρεση της θερμότητας αγρού μπορεί επίσης να προκαλέσει φυσιολογικές ανωμαλίες σε ευαίσθητες ποικιλίες (π.χ. μαλάκωμα της σάρκας στις ποικιλίες Gala, Lord Lambourne-Λόρτικα, Καθιστά). Πρόψυξη μπορεί να επιτευχθεί με υδρόψυξη, ροή βεβιασμένου αέρα ή με στατική ψύξη. Με την υδρόψυξη η αφαίρεση της θερμότητας γίνεται με ταχεία ροή ψυχρού νερού ($0-1^{\circ}\text{C}$) ανάμεσα στα φρούτα ή με εμβάπτιση. Η υδρόψυξη είναι η ταχύτερη αλλά και η πιο ενεργοβόρα μέθοδος πρόψυξης. Η ψύξη με βεβιασμένη ροή αέρα είναι επίσης ταχύτερη από τη στατική ψύξη. Διενεργείται σε περιβάλλον ψύξης ($0-1^{\circ}\text{C}$) με στοίβασμα των κιβωτίων σε παράλληλες στοίβες αφήνοντας ανάμεσά τους ένα κενό διάδρομο που καλύπτεται από πάνω με μουσαμά (Σχήμα 3). Στη μια άκρη του διαδρόμου τοποθετείται ηλεκτροκίνητος αεριστήρας (παρόμοιος με αυτούς που χρησιμοποιούνται στο δροσίσιμο θερμοκηπίων) που δημιουργεί αναρρόφηση και βεβιασμένη ροή του ψυχρού αέρα μέσα από τα κιβώτια.

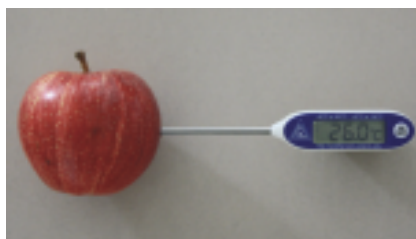
Τόσο η υδρόψυξη όσο και η ψύξη με ροή αέρα εφαρμόζονται μέχρι η θερμοκρασία σάρκας των μήλων να προσεγγίσει τους 5°C . Η τελική θερμοκρασία διατήρησης επιτυγχάνεται με στατική ψύξη για περιορισμό στην πρώτη περίπτωση του ενεργειακού κόστους και στη



Σχήμα 3: Διάταξη φορτίου σε πρόψυξη με βεβιασμένη ροή αέρα. (Εργαστήριο Μετασυλλεκτικής Τεχνολογίας, ΙΓΕ)

δεύτερη της αφυδάτωσης των μήλων. Η στατική πρόψυξη επιτυγχάνεται με το στοίβασμα των κιβωτιών σε ψυκτικούς θαλάμους αφήνοντας κενό μεταξύ του φορτίου και των τοίχων και δημιουργώντας διαδρόμους μεταξύ των στοιβών ώστε να υποβοηθείται η ροή αέρα και η αφαίρεση της θερμότητας. Με τη στατική ψύξη η αφαίρεση της θερμότητας αγρού από τα μήλα μπορεί να διαρκέσει αρκετές ημέρες. Είναι η βραδύτερη μέθοδος πρόψυξης και η διάρκειά της εξαρτάται από την ισχύ των ψυκτικών μηχανημάτων, τη μάζα και τη θερμότητα αγρού του φορτίου κατά την παραλαβή του.

Η ολοκλήρωση της πρόψυξης επιτυγχάνεται όταν η θερμοκρασία σάρκας των μήλων κατεβεί στα επιθυμητά επίπεδα. Τα θερμόμετρα σάρκας αποτελούν ως εκ τούτου απαραίτητο εργαλείο για κάθε παραγωγό και έμπορο (Εικόνα 6). Από το σημείο ολοκλήρωσης της πρόψυξης και μετά η λειτουργία των ψυκτικών μηχανημάτων αποσκοπεί κυρίως στην αφαίρεση της θερμότητας που παράγεται από την αναπνοή των μήλων (ζωτική θερμότητα) και στην αφαίρεση της θερμότητας που εισάγεται από το εξωτερικό περιβάλλον ανάλογα με τη μονωτική ικανότητα του θαλάμου. Για τη διατήρηση της επιθυμητής θερμοκρασίας των μήλων και του θαλάμου απαιτείται μικρότερη ισχύς ψυκτικών μηχανημάτων από ό,τι για μια γρήγορη πρόψυξη. Συνεπώς η στατική πρόψυξη με κατευθείαν εισαγωγή των φρούτων στους χώρους διατήρησης είναι η βραδύτερη και πιο αναποτελεσματική μέθοδος. Στην περίπτωση αυτή ο χρόνος και το κόστος για την αρχική αφαίρεση της θερμότητας αγρού μπορεί να περιοριστούν με τη χρήση μικρών θαλάμων (<25 κυβ. μέτρα) που συμπληρώνονται γρήγορα και δεν υπόκεινται σε αλληπάλληλα ανοίγματα κατά τη διάρκεια της περιόδου συγκομιδής ή με διαχωρισμό μεγαλύτερων θαλάμων με μονωτικές θερμοκουρτίνες.



Εικόνα 6: Θερμόμετρο σάρκας για παρακολούθηση της θερμοκρασίας μήλων. (Εργαστήριο Μετασυλλεκτικής Τεχνολογίας, ΙΓΕ)

Η βέλτιστη θερμοκρασία διατήρησης διαφέρει μεταξύ ποικιλιών (Πίνακας). Ο ρυθμός αναπνοής είναι υψηλότερος και η διατηρησιμότητα μικρότερη στις πρώιμες, καλοκαιρινές ποικιλίες. Μεγαλύτερη διατηρησιμότητα παρουσιάζουν οι κόκκινες ποικιλίες Delicious (Red και Starking Delicious) και μικρότερη οι ποικιλίες Gala, Καθιστά, και Lord Lambourne (Λόρτικα). Οι ποικιλίες Red και Starking Delicious, Golden Delicious, Granny Smith και Gala μπορούν να διατηρηθούν για μεγαλύτερο διάστημα σε θερμοκρασία μέχρι -1°C χωρίς να παρουσιάζουν κρουστραυματισμό ή πάγωμα, αφού η θερμοκρασία πήξης του χυμού τους μειώνεται λόγω των διαλυτών στερεών στον -1.5°C . Για τη διατήρηση ομοιόμορφης θερμοκρασίας εντός του φορτίου των ψυκτικών θαλάμων είναι σημαντικό οι στοίβες των κιβωτιών να κάθονται πάνω σε παλέτες, να υπάρχουν διάδρομοι στο κέντρο των θαλάμων και το φορτίο να μην εφάπτεται στους τοίχους έτσι ώστε να υποβοηθείται η ομαλή διακίνηση του ψυχρού αέρα από τους αεριστήρες. Η παρακολούθηση της θερμοκρασίας των θαλάμων πρέπει να γίνεται σε περισσότερα από ένα σημεία και να επιβεβαιώνεται από θερμόμετρα σάρκας.

Ποικιλία	Βέλτιστη θερμοκρασία διατήρησης (°C)	Διατηρησιμότητα μήνες		Συνθήκες ελεγχόμενης ατμόσφαιρας	
		Κανονική ατμόσφαιρα	Ελεγχόμενη ατμόσφαιρα	O ₂ (%)	CO ₂ (%)
Red Delicious	0±1	6	10	1-2	2-4
Gala	0±1	2-3	4-5	1.5-2	1-2
Golden Delicious	0±1	3-4	8-10	1-3	1.5-3
Granny Smith	0.5±0.5	3-4	10-11	1.5	1
Καθιστά	2-3	2	-	-	-
Lord Lambourne (Λόρτικα)	1-2	2-3	-	-	-

Πίνακας: Βέλτιστη θερμοκρασία διατήρησης και διατηρησιμότητα κάτω από κανονική και ελεγχόμενη ατμόσφαιρα για ποικιλίες μήλων που καλλιεργούνται στην Κύπρο.

Ένας ακόμη σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει τη διατηρησιμότητα των μήλων είναι η σχετική υγρασία του περιβάλλοντος διατήρησης. Απώλεια νωπού βάρους μεγαλύτερη από 3-5% μπορεί να προκαλέσει εμφανή ρυτίδωση στα μήλα. Χαρακτηριστική ευαισθησία στην αφυδάτωση παρουσιάζει η ποικιλία Golden Delicious λόγω της υψηλής πυκνότητας φακιδίων στην επιδερμίδα των φρούτων της. Η αφυδάτωση περιορίζεται με τη γρήγορη πρόψυξη και τη διατήρηση περιβάλλοντος υψηλής σχετικής υγρασίας 90-95% κατά την αποθήκευση. Ιδιαίτερα κρίσιμο για την αφυδάτωση των μήλων είναι το στάδιο της φόρτωσης των ψυκτικών θαλάμων. Πιο συγκεκριμένα καθώς εισάγονται σε ένα ξηρό περιβάλλον τα φρούτα τείνουν να αποδεσμεύουν υγρασία προς το περιβάλλον μέχρι να επέλθει ισορροπία ανάμεσα στην υγρασία μέσα και έξω από την επιδερμίδα τους. Για αυτό συστήνεται όπως η υγρασία των ψυκτικών θαλάμων να αυξάνεται πριν από την εισαγωγή των μήλων με χρήση υγραντήρα ή έστω με απλή διαβροχή του πατώματος. Η σχετική υγρασία των θαλάμων μπορεί να παρακολουθείται με απλά θερμομέτρα ξηρού και υγρού βολβού σε συνδυασμό με ψυχομετρικό πίνακα (Εικόνα 7).

Σημαντικός παράγοντας για τη διατηρησιμότητα των μήλων είναι η διαχείριση του αιθυλενίου που παράγεται από τα ίδια τα φρούτα. Συγκέντρωση



Εικόνα 7: Θερμόμετρο ξηρού και υγρού βολβού για προσδιορισμό της σχετικής υγρασίας σε ψυκτικούς θαλάμους διατήρησης μήλων. (Εργαστήριο Μετασυλλεκτικής Τεχνολογίας, ΙΓΕ)

ακόμα και 1 ml/m^3 στο περιβάλλον διατήρησης είναι ικανή να επιταχύνει τη γήρανση. Απλά και πρακτικά μέτρα πρόληψης συνιστούν η διατήρηση της χαμηλότερης δυνατής θερμοκρασίας έτσι ώστε ο ρυθμός παραγωγής αιθυλενίου των φρούτων να είναι χαμηλός και η απόρριψη τραυματισμένων ή προσβεβλημένων φρούτων τα οποία αποτελούν εστίες αιθυλενίου. Πέρα από την περιοδική ανανέωση της ατμόσφαιρας των θαλάμων η μείωση της συγκέντρωσης αιθυλενίου μπορεί να υποβοηθηθεί με την εγκατάσταση στηλών κοκκώδους υπερμαγγανικού καλίου στους θαλάμους κατά προτίμηση, σε συνδυασμό με εσωτερική ανακύκλωση της ατμόσφαιρας. Οι στήλες δεσμεύουν το αιθυλένιο στην ατμόσφαιρα του θαλάμου και η λήξη τους σηματοδοτείται από τον αποχρωματισμό τους οπότε και ανανεώνονται. Ωστόσο, η χρήση του υπερμαγγανικού καλίου δεν δύναται να απαλλάξει πλήρως την ατμόσφαιρα των θαλάμων από την παρουσία του αιθυλενίου και τις συνέπειές της.

Η αποτελεσματικότερη μέθοδος αναστολής της δράσης του αιθυλενίου στα μήλα είναι η χρήση της δραστικής ουσίας 1-μεθυλοκυκλοπροπένιο (1-MCP), το οποίο δεσμεύει τους υποδοχείς του αιθυλενίου στα μήλα χωρίς να αφήνει κανένα ανιχνεύσιμο υπόλειμμα. Εφαρμόζεται με υδρονέφωση, με παθητική εξάτμιση του διαλύματος στην ατμόσφαιρα των θαλάμων ενώ είναι δραστικό και με εμβάπτιση. Επιβραδύνει σημαντικά την απώλεια βάρους και συνεκτικότητας των μήλων και μειώνει την εμφάνιση φυσιολογικών ανωμαλιών όπως το επιφανειακό έγκαιμα (π.χ. στις ποικιλίες Granny Smith, Red και Starking Delicious) και τη λιπαρή υφή της επιδερμίδας (π.χ. στην ποικιλία Lord Lambourne-Λόρτικα). Με την επαναφορά των μήλων σε θερμοκρασία περιβάλλοντος οι υποδοχείς αιθυλενίου στα φρούτα ανανεώνονται και η δράση του 1-MCP αναστέλλεται. Για βέλτιστα αποτελέσματα από την εφαρμογή του σκευάσματος, ο βαθμός ωριμότητας των μήλων κατά την εφαρμογή δεν θα πρέπει να ξεπερνά το στάδιο 3 στο τεστ αμύλου-ιωδίου όπως έχει ήδη περιγραφεί.

Η διατηρησιμότητα των μήλων κάτω από βέλτιστες συνθήκες θερμοκρασίας και συμβατική ατμοσφαιρική σύνθεση –78.08% άζωτο (N_2), 20.95% οξυγόνο (O_2), 0.035% διοξείδιο του άνθρακα (CO_2)– εκτείνεται από 2 ως 6 μήνες αναλόγως της ποικιλίας. Η διατηρησιμότητα μπορεί ωστόσο να επιμηκυνθεί κάτω από ελεγχόμενη ατμόσφαιρα (CA) χαμηλού οξυγόνου και ψηλού διοξειδίου του άνθρακα. Αυτό βασίζεται στη μείωση του ρυθμού αναπνοής που παρατηρείται όταν η συγκέντρωση οξυγόνου πέφτει κάτω από 10%. Ο ρυθμός αναπνοής συνεχίζει να μειώνεται μέχρι η συγκέντρωση του οξυγόνου να φτάσει σε επίπεδα που σηματοδοτούν την έναρξη αναερόβιας ζύμωσης (1,5-0,5%), οπότε η ποιότητα υποβαθμίζεται ραγδαία. Ο ρυθμός αναπνοής μειώνεται επίσης όταν η συγκέντρωση CO_2 αυξηθεί πάνω από 0,035%. Το όριο αναερόβιας ζύμωσης και η φυσιολογική ανταπόκριση σε συνθήκες χαμηλού οξυγόνου και υψηλού CO_2 διαφέρουν ανάμεσα στις ποικιλίες. Τα βέλτιστα επίπεδα O_2 και CO_2 για ελεγχόμενη ατμόσφαιρα διατήρησης ποικιλιών μήλων κυμαίνονται μεταξύ 1-3% και 1-4%, αντίστοιχα. Η διατήρηση μήλων κάτω από συνθήκες CA επιβραδύνει την απώλεια οξύτητας και συνεκτικότητας και μειώνει το ποσοστό εμφάνισης επιφανειακού εγκαύματος και πικρής στιγματώσης. Η διατηρησιμότητα στις ποικιλίες όπου εφαρμόζονται εμπορικά συνθήκες CA δύναται να αυξηθεί κατά 2-2,5 φορές έναντι της διατήρησης σε κανονικό αέρα της ίδιας θερμοκρασίας.

5. Φυσιολογικές ανωμαλίες

5.1 Πικρή στιγματώση

Εμφανίζεται με τη μορφή σκούρων κηλίδων βυθισμένων στην επιδερμίδα, κυρίως προς τον κάλυκα (Εικόνα 8). Τα συμπτώματα εμφανίζονται πριν τη συγκομιδή ή συνήθως κατά τον πρώτο μήνα της διατήρησης. Συνδέεται με την έλλειψη ασβεστίου στους καρπούς. Ενθαρρύνεται από την υπερβολική ζωηρότητα των δέντρων (αυστηρό κλάδεμα, υπερβολικές αζωτούχες λιπάνσεις) που ευνοεί τη φυτική βλάστηση έναντι της καρποφορίας. Είναι συχνότερη σε νεαρά δέντρα



Εικόνα 8: Εμφάνιση συμπτωμάτων Πικρής Στιγματώσης στην ποικιλία *Starking Delicious* κατά τη διατήρηση σε ψυκτικό θάλαμο (Εργαστήριο Μετασυλλεκτικής Τεχνολογίας, ΙΓΕ).

και σε μεγάλα φρούτα. Ευνοείται από υπερβολικές και ακανόνιστες αρδεύσεις στο στάδιο της ωρίμανσης. Η αντιμετώπισή της γίνεται με αποφυγή αυστηρού κλαδέματος και με προσυλλεκτική εφαρμογή 2-3 επαναληπτικών ψεκασμών διαλύματος νιτρικού ασβεστίου ή χλωριούχου ασβεστίου (0,5 kg ανά 100 λίτρα νερού). Οι ψεκασμοί πρέπει να διενεργούνται αργά το απόγευμα για αποφυγή εγκαυμάτων. Πρέπει επίσης να αποφεύγεται η πολύ πρώιμη συγκομιδή καθώς τα ανώριμα φρούτα είναι πιο ευαίσθητα. Μετασυλλεκτικά αντιμετωπίζεται με προληπτική εμβάπτιση σε διάλυμα χλωριούχου ασβεστίου (2,0 kg ανά 100 λίτρα) πριν από την πρόψυξη ή σε συνδυασμό με υδρόψυξη για τις ποικιλίες που παρουσιάζουν συχνά τροφопενία ασβεστίου (π.χ. *Granny Smith*). Με την εφαρμογή προλαμβάνεται η εμφάνιση συμπτωμάτων πικρής στιγματώσης κατά ή μετά τη διατήρηση στους ψυκτικούς θαλάμους. Το διάλυμα θα πρέπει να ανανεώνεται συχνά έτσι ώστε να αποφεύγεται η συγκέντρωση άλατος και η πρόκληση εγκαυμάτων στα μήλα. Η ταχεία πρόψυξη σε συνθήκες ψηλής σχετικής υγρασίας περιορίζει επίσης την εμφάνιση συμπτωμάτων.

5.2 Επιφανειακό έγκαυμα

Εμφανίζεται ως επιφανειακός αποχρωματισμός της επιδερμίδας που μοιάζει με έγκαυμα συνήθως χωρίς να εισχωρεί σε βάθος στη σάρκα των μήλων. Τα συμπτώματα εμφανίζονται συνήθως μετά την εξαγωγή των φρούτων από τους θαλάμους και την αναθέρμανσή τους.

Σοβαρές περιπτώσεις μπορεί να εμφανιστούν μέσα στους θαλάμους και επιτείνονται μετά την εξαγωγή των φρούτων. Η εμφάνιση είναι σοβαρότερη σε πιο ανώριμα φρούτα, ωστόσο ιδιαίτερα ευαίσθητες ποικιλίες (π.χ. Granny Smith, Delicious) μπορεί να παρουσιάσουν συμπτώματα ακόμα και σε ώριμα φρούτα. Προληπτικά μέτρα συνιστούν η αποφυγή πρόωρης συγκομιδής (εφαρμογή δεικτών ωρίμανσης), η γρήγορη πρόψυξη και η διατήρηση σταθερών χαμηλών θερμοκρασιών και υψηλής υγρασίας εντός του θαλάμου.

5.3 Υάλωση ή υδαρής πυρήνας

Εμφανίζεται ως υδαρή, υαλώδης υφή της σάρκας σε περιοχές που αρχίζουν από το κέντρο του καρπού και επεκτείνονται μέχρι την περιφέρεια. Οφείλεται σε έλλειψη ασβεστίου και είναι ιδιαίτερα εμφανής σε υπερώριμα φρούτα από νεαρά, αυστηρά κλαδεμένα δέντρα. Οι ποικιλίες Granny Smith και Delicious είναι ιδιαίτερα ευαίσθητες. Τα καλλιεργητικά μέτρα πρόληψης είναι όμοια με αυτά για την πικρή στιγμάτωση. Μετασυλλεκτικά αποτελεί τη μόνη περίπτωση που συστήνεται η καθυστέρηση της ψύξης για 48 ώρες και η σύντομη/άμεση εμπορική διάθεση.

