

Μετασυλλεκτική μεταχείριση καρπών και λαχανικών

Χάρολντ-Κρίστοφερ Πάσσαμ
Ελένη Τσαντίλη
Μιλτιάδης Χριστόπουλος
Μίνα Καυκαλέτου
Αλέξιος Αλεξόπουλος
Ιωάννης Καραπάνος



Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά
Συγγράμματα και Βοηθήματα
www.kallipos.gr

HEALLINK
Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
ΠΡΟΣΧΕΔΙΟ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΗΣ ΚΑΡΔΙΑΣ
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



Η παρ. 11 της σύμβασης ανάθεσης της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

ΧΑΡΟΛΑΝΤ – ΚΡΙΣΤΟΦΕΡ ΠΑΣΣΑΜ
Ομότιμος Καθηγητής
Εργαστήριο Κηπευτικών Καλλιεργειών
Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών

ΕΛΕΝΗ ΤΣΑΝΤΙΛΗ
Καθηγήτρια
Εργαστήριο Δενδροκομίας, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών

ΜΙΛΤΙΑΔΗΣ ΧΡΙΣΤΟΠΟΥΛΟΣ
Διδάκτορας Γεωπονικών Επιστημών
Εργαστήριο Δενδροκομίας, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών

ΜΙΝΑ ΚΑΥΚΑΛΕΤΟΥ
Διδάκτορας Γεωπονικών Επιστημών
Εργαστήριο Δενδροκομίας, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών

ΑΛΕΞΙΟΣ ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΣ
Επίκουρος Καθηγητής
Εργαστήριο Γεωργίας και Φυτών Μεγάλης Καλλιέργειας
ΑΤΕΙ Πελοποννήσου

ΙΩΑΝΝΗΣ ΚΑΡΑΠΑΝΟΣ
Επίκουρος Καθηγητής
Εργαστήριο Κηπευτικών Καλλιεργειών
Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Μετασυλλεκτική Μεταχείριση Καρπών και Λαχανικών



Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά
Συγγράμματα και Βοηθήματα
www.kallipos.gr

Μετασυλλεκτική Μεταχείριση Καρπών και Λαχανικών

Συγγραφή

Πάσσαμ Χάρολντ-Κρίστοφερ (Κύριος Συγγραφέας)

Τσαντίλη Ελένη

Χριστόπουλος Μιλτιάδης

Καυκαλέτου Μίνα

Αλεξόπουλος Αλέξιος

Καραπάνος Ιωάννης

Κριτικός αναγνώστης

Πετρόπουλος Σπυρίδων

ISBN: 978-960-603-261-5

Copyright © ΣΕΑΒ, 2015



Το παρόν έργο αδειοδοτείται υπό τους όρους της άδειας Creative Commons Αναφορά Δημιουργού - Μη Εμπορική Χρήση - Όχι Παράγωγα Έργα 3.0. Για να δείτε ένα αντίγραφο της άδειας αυτής επισκεφτείτε τον ιστότοπο <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/gr/>

ΣΥΝΔΕΣΜΟΣ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΩΝ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΩΝ

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Ηρώων Πολυτεχνείου 9, 15780 Ζωγράφου

www.kallipos.gr

Πίνακας περιεχομένων

Πίνακας περιεχομένων	4
Πίνακας συντομεύσεων-ακρωνύμια	13
Πρόλογος	15
Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή στη μετασυλλεκτική φυσιολογία και τεχνολογία: Η σημασία των οπωροκηπευτικών για τον άνθρωπο, η παραγωγή, η κατανάλωση και οι απώλειες μετασυλλεκτικά.....	16
1.1 Εισαγωγή	16
1.2 Η σημασία των οπωροκηπευτικών σε παγκόσμια κλίμακα, το εύρος των προϊόντων και η θρεπτική τους αξία	16
1.3 Η παραγωγή, κατανάλωση και εμπορία των οπωροκηπευτικών στην Ελλάδα.....	20
1.4 Οι απώλειες των οπωροκηπευτικών μετά τη συγκομιδή.....	21
1.5 Παράγοντες που προκαλούν απώλειες μετά τη συγκομιδή.....	21
1.6 Η σημασία των μετασυλλεκτικών απωλειών	22
Βιβλιογραφία	24
Κεφάλαιο 2. Η ποιότητα των οπωροκηπευτικών	26
2.1 Ταξινόμηση των οπωροκηπευτικών.....	26
2.1.1 Καρποί.....	26
2.1.2 Ακέραια φυτά	27
2.1.3 Φυλλώδη λαχανικά	27
2.1.4 Υπόγεια όργανα.....	28
2.2. Ορισμός της ποιότητας.....	29
2.3 Κριτήρια ποιότητας	30
2.4 Η αξιολόγηση της ποιότητας.....	31
2.4.1 Μέγεθος	31
2.4.2 Σχήμα	31
2.4.3 Χρώμα και στιλπνότητα.....	31
2.4.4 Γεύση	32
2.4.5 Άρωμα.....	32
2.4.6 Υφή.....	33
2.4.7 Αλλά ιδιαίτερα ποιοτικά χαρακτηριστικά	33
2.4.8 Θρεπτική αξία	33
2.4.9 Προστασία της υγείας του καταναλωτή.....	34
2.5 Σύσταση των οπωροκηπευτικών.....	34
2.5.1 Υδατάνθρακες	34
2.5.2 Πρωτεΐνες και αμινοξέα.....	35

2.5.3 Χρωστικές.....	35
2.5.4 Λιπίδια	36
2.5.5 Οργανικά οξέα.....	37
2.5.6 Αρωματικές ουσίες.....	38
2.5.7 Βιταμίνες.....	40
2.5.8 Αντιοξειδωτικές ουσίες	41
2.5.9 Ανόργανα στοιχεία	42
2.6 Παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα των οπωροκηπευτικών.....	42
2.6.1 Προσυλλεκτικοί παράγοντες: γονότυπος, περιβαλλοντικοί παράγοντες και καλλιεργητική τεχνική	42
2.6.2 Μετασυλλεκτικοί παράγοντες	46
Βιβλιογραφία	46
Κεφάλαιο 3. Αλλαγές στη φυσιολογία των οπωροκηπευτικών μετά τη συγκομιδή ...	49
3.1 Αναπνοή.....	49
3.1.1 Η φυσιολογία της αναπνοής και η επίδρασή της στη μετασυλλεκτική ζωή των οπωροκηπευτικών	49
3.1.2 Παράγοντες που επηρεάζουν το ρυθμό αναπνοής.....	53
3.1.2.1 Θερμοκρασία	53
3.1.2.2 Σύνθεση της ατμόσφαιρας στην αποθήκη.....	54
3.1.2.3 Περιεκτικότητα του ιστού σε νερό	57
3.1.2.4 Τραυματισμοί	57
3.1.2.5 Φυσιολογικός χαρακτήρας του φυτικού ιστού.....	58
3.2 Απώλεια νερού	59
3.2.1 Δομή και φυσική κατάσταση του προϊόντος.....	61
3.2.2 Θερμοκρασία και σχετική υγρασία της ατμόσφαιρας	62
3.2.3 Κίνηση του αέρα	65
3.2.4 Ατμοσφαιρική πίεση	65
3.3 Αιθυλένιο	65
3.3.1 Ιδιότητες και δράση του αιθυλενίου στους φυτικούς ιστούς	66
3.3.2 Βιοσύνθεση αιθυλενίου και η δράση του ως ορμόνη.....	67
3.4 Ωρίμανση και γήρανση	70
3.5 Ωρίμανση καρπών	71
3.5.1 Η ωρίμανση ως στάδιο εξέλιξης του καρπού.....	71
3.5.2 Ωριμότητα και ωρίμανση	72
3.5.3 Κλιμακτηριακοί και μη κλιμακτηριακοί καρποί	73
3.5.4 Ορμόνες και ωρίμανση	75
3.5.4.1 Αυξίνες	75
3.5.4.2 Γιββερελλίνες	75

3.5.4.3 Κυτοκινίνες.....	76
3.5.4.4 Αμπισισικό οξύ (ABA).....	76
3.5.4.5 Αιθυλένιο	76
3.5.5 Υφή και μαλάκωμα των καρπών	78
3.5.5.1 Γενικά για το κυτταρικό τοίχωμα	78
3.5.5.2 Πολυσακχαρίτες του κυτταρικού τοιχώματος	79
3.5.5.3 Μεταβολές στο κυτταρικό τοίχωμα και επίδραση στην υφή	81
3.6 Άλλοι μεταβολικοί μηχανισμοί που επηρεάζουν την ποιότητα και τη μετασυλλεκτική συμπεριφορά των οπωροκηπευτικών	83
3.6.1 Αλλαγές σε χρωστικές ουσίες.....	83
3.6.2 Αλλαγές στην υφή	84
3.6.3 Ποσοτικές και ποιοτικές μεταβολές στο περιεχόμενο σε υδατάνθρακες	84
3.6.4 Μεταβολές πρωτεϊνών και αμινοξέων.....	86
3.6.5 Μεταβολές λιπιδίων	86
3.6.6 Μεταβολές οργανικών οξέων	87
3.6.7 Μεταβολές αρωματικών ουσιών.....	87
3.6.8 Μεταβολές βιταμινών	88
3.6.9 Μεταβολές αντιοξειδωτικών	88
Βιβλιογραφία	89
Κεφάλαιο 4. Αρχές προ- και μετα- συλλεκτικών χειρισμών που επηρεάζουν τη μετασυλλεκτική ζωή των οπωροκηπευτικών	93
4.1 Σκοπός των μετασυλλεκτικών χειρισμών	93
4.2 Προσυλλεκτικοί χειρισμοί.....	93
4.2.1 Ουσίες που σχετίζονται άμεσα με τη σύνθεση και τη δράση του αιθυλενίου.....	94
4.2.2 Αυξίνες	95
4.2.3 Γιββερελλίνες.....	95
4.2.4 Αμπισισικό οξύ	95
4.2.5 Daminozide.....	96
4.2.6 Χλωριούχο ασβέστιο.....	96
4.3 Συγκομιδή.....	96
4.3.1 Κριτήρια συγκομιδής	97
4.3.2 Μέθοδοι συγκομιδής	98
4.4. Μετασυλλεκτικοί χειρισμοί	99
4.4.1 Ταχεία απομάκρυνση της θερμότητας - Πρόψυξη	101
4.4.2 Καθαρισμός και διαλογή.....	101
4.5 Κλασικοί μετασυλλεκτικοί χειρισμοί	101
4.5.1 Ψύξη	101
4.5.2 Οξυγόνο	102

4.5.3 Διοξείδιο του άνθρακα	103
4.5.4 Αιθυλένιο	104
4.6 Εφαρμογή φυσικών και χημικών μετασυλλεκτικών χειρισμών	105
4.6.1 Θερμικοί χειρισμοί.....	105
4.6.2 Ακτινοβολία-Ραδιοσυχνότητες-Υπέρηχοι.....	106
4.6.3 Αντιμικροβιακοί παράγοντες και παράγοντες παρεμπόδισης καφετιάσματος και μαλακώματος	106
4.6.4 Μονοξείδιο του αζώτου (NO)	107
4.6.5 Διοξείδιο του θείου (SO ₂).....	107
4.6.6 Όζον	107
4.6.7 1-MCP.....	107
4.6.8 Επικάλυψη καρπών και λαχανικών - Εδώδιμες μεμβράνες.....	108
4.6.9 Ασβέστιο.....	108
4.7. Συσκευασία	108
4.8 Αποθήκευση.....	108
4.9 Μεταφορά	110
Βιβλιογραφία	110
Κεφάλαιο 5. Μετασυλλεκτική φυσιολογία και μετασυλλεκτικοί χειρισμοί καρπών ..	113
5.1 Εισαγωγή	113
5.2 Μηλοειδή	115
5.2.1 Κριτήρια ποιότητας και ωριμότητας	115
5.1.2 Φυσιολογία ωρίμανσης και μετασυλλεκτική ζωή	117
5.1.3 Συντήρηση και μετασυλλεκτικοί χειρισμοί	119
5.1.4 Φυσιολογικές διαταραχές και μετασυλλεκτικές ασθένειες.....	120
5.2 Πυρηνόκαρπα	120
5.2.1 Κριτήρια ποιότητας και ωριμότητας	120
5.2.2 Φυσιολογία ωρίμανσης και μετασυλλεκτική ζωή	121
5.2.3 Συντήρηση και μετασυλλεκτικοί χειρισμοί	122
5.2.4 Φυσιολογικές διαταραχές και μετασυλλεκτικές ασθένειες.....	123
5.3 Εσπεριδοειδή.....	123
5.3.1 Κριτήρια ποιότητας και ωριμότητας	123
5.3.2 Φυσιολογία ωρίμανσης και μετασυλλεκτική ζωή	124
5.3.3 Συντήρηση και μετασυλλεκτικοί χειρισμοί	124
5.3.4 Φυσιολογικές διαταραχές και μετασυλλεκτικές ασθένειες.....	125
5.4 Σταφύλι	125
5.4.1 Κριτήρια ποιότητας και ωριμότητας	125
5.4.2 Φυσιολογία ωρίμανσης, μετασυλλεκτική ζωή, συντήρηση, προ- και μετασυλλεκτικοί χειρισμοί	125

5.4.3 Φυσιολογικές διαταραχές και μετασυσλλεκτικές ασθένειες.....	127
5.5 Ξηροί καρποί και νωποί καρποί ακροδρύων	127
5.5.1 Ξηροί καρποί	127
5.5.2 Νωποί καρποί ακροδρύων	130
5.6 Φράουλα	130
5.6.1 Κριτήρια ποιότητας και ωριμότητας	130
5.6.2 Φυσιολογία ωρίμανσης και μετασυσλλεκτική ζωή	130
5.6.3 Συντήρηση και μετασυσλλεκτικοί χειρισμοί	131
5.6.4 Φυσιολογικές διαταραχές και μετασυσλλεκτικές ασθένειες.....	131
5.7 Ελιά	131
5.7.1 Κριτήρια ποιότητας και ωριμότητας	131
5.7.2 Φυσιολογία ωρίμανσης, μετασυσλλεκτικοί χειρισμοί και συντήρηση	132
5.9 Ακτινίδιο	133
5.9.1 Κριτήρια ποιότητας και ωριμότητας	133
5.9.2 Φυσιολογία ωρίμανσης και μετασυσλλεκτική ζωή	133
5.9.3 Συντήρηση και μετασυσλλεκτικοί χειρισμοί	133
5.9.4 Φυσιολογικές διαταραχές και μετασυσλλεκτικές ασθένειες.....	134
5.10 Σύκο	134
5.10.1 Κριτήρια ποιότητας και ωριμότητας	134
5.10.2 Φυσιολογία ωρίμανσης και μετασυσλλεκτική ζωή	134
5.10.3 Συντήρηση και μετασυσλλεκτικοί χειρισμοί	135
5.11 Ρόδι	135
5.12 Λωτός.....	136
5.13 Μπανάνα	137
5.13.1 Κριτήρια ποιότητας και ωριμότητας	137
5.13.2 Φυσιολογία ωρίμανσης και μετασυσλλεκτική ζωή	137
5.13.3 Συντήρηση και μετασυσλλεκτικοί χειρισμοί	139
5.13.4 Φυσιολογικές διαταραχές και μετασυσλλεκτικές ασθένειες.....	139
5.14 Τροπικά και υποτροπικά είδη πλην της μπανάνας	139
5.14.1 Αβοκάντο.....	140
5.14.2 Μάνγκο	141
5.14.3 Ανανάς.....	141
5.14.4 Λίτσι	141
5.14.5 Παπάγια	142
5.14.6 Χουρμάς.....	142
5.15 Μικροί καρποί-Berries	142
Βιβλιογραφία	143

Κεφάλαιο 6. Μετασυλλεκτική φυσιολογία και χειρισμοί των καρπών κηπευτικών ειδών.....	148
6.1 Εισαγωγή	148
6.2 Κλιμακτηριακοί καρποί κηπευτικών	149
6.2.1 Τομάτα	149
6.2.1.1 Στάδια ωριμότητας των καρπών της τομάτας	150
6.2.1.2 Φυσιολογικές και βιοχημικές μεταβολές κατά την ωρίμανση της τομάτας.....	151
I. Κυτταρικές αλλαγές.....	151
II. Μεταβολές στη σύσταση	151
III. Αναπνοή και αιθυλένιο – κλιμακτηριακή αιχμή.....	155
6.2.1.3 Ποιότητα της τομάτας	157
6.2.1.4 Συνιστώμενες συνθήκες αποθήκευσης.....	159
I. Πράσινες-φυσιολογικά ώριμες τομάτες	159
II. Τομάτες στο στάδιο του "σπασίματος" του χρώματος.....	160
III. Τομάτες στο στάδιο του "γυρίσματος" ή ωριμότερες	160
IV. Ροζ καρποί.....	160
V. Ελαφρά κόκκινοι ή κόκκινοι καρποί	160
VI. Σχετική υγρασία και σύνθεση ατμόσφαιρας στην αποθήκη	161
6.2.1.5 Γενετικός έλεγχος της ωρίμανσης των καρπών της τομάτας	162
6.2.2. Πεπόνι.....	164
6.2.3. Καρπούζι	166
6.3 Μη κλιμακτηριακοί καρποί κηπευτικών.....	167
6.3.1 Αγγούρι.....	167
6.3.2 Γλυκές πιπεριές	169
6.3.3 Άλλοι μη κλιμακτηριακοί καρποί	171
Βιβλιογραφία	177
Κεφάλαιο 7. Μετασυλλεκτική φυσιολογία και χειρισμοί ακέραιων φυτών, φυλλωδών λαχανικών και σαλατικών	179
7.1 Ακέραια φυτά και φύτρα	179
7.2 Φυλλώδη/σαλατικά είδη, ανώριμες ταξιανθίες, βλαστοί.....	179
7.3 Συνιστώμενες συνθήκες αποθήκευσης.....	182
7.3.1 Θερμοκρασία	182
7.3.2 Σχετική υγρασία.....	182
7.3.3 Σύσταση ατμόσφαιρας.....	182
7.4 Σπαράγγι	185
7.5 Φυτά γένους Brassica	187
7.6 Αγκινάρα.....	192
7.7 Μαρούλι	193

7.8 Άλλα είδη φυλλωδών λαχανικών	197
Βιβλιογραφία	199
Κεφάλαιο 8. Αποθήκευση των υπόγειων οργάνων	203
8.1. Βολβοί.....	203
8.1.1 Ποικιλία	206
8.1.2 Παράγοντες πριν τη συγκομιδή.....	206
8.1.3 Μετασυλλεκτικοί παράγοντες	207
8.2 Γογγυλίζεις.....	209
8.3 Κόνδυλοι.....	210
8.3.1 Η αποθήκευση της πατάτας	210
8.3.1.1 Λήθαργος και εκβλάστηση	211
8.3.1.2 Παράγοντες πριν την αποθήκευση που επηρεάζουν τη μετασυλλεκτική συμπεριφορά της πατάτας	212
8.3.1.3 Συνθήκες κατά την αποθήκευση που επηρεάζουν τη μετασυλλεκτική συμπεριφορά της πατάτας	215
8.3.1.4 Τεχνικές αποθήκευσης της πατάτας	217
8.3.2 Αποθήκευση της γλυκοπατάτας.....	219
8.4 Ριζώματα και κόρμοι	220
8.4.1 Αποθήκευση της πιπερόριζας (τζίντζερ)	220
8.4.2 Αποθήκευση του κολοκάσι	220
Βιβλιογραφία	221
Κεφάλαιο 9. Τραυματισμοί από χαμηλές θερμοκρασίες (κρυοτραυματισμοί), πάγωμα, φυσιολογικές διαταραχές και παθολογικές ασθένειες	224
9.1 Καταπονήσεις κατά τη μετασυλλεκτική περίοδο.....	224
9.2 Φυσιολογικές διαταραχές.....	225
9.2.1 Διαταραχές από χαμηλές θερμοκρασίες (κρυοτραυματισμοί).....	225
9.2.1.2 Αντιμετώπιση-πρόληψη	231
9.2.2 Τραυματισμοί από πάγωμα	231
9.2.3 Διαταραχές σχετιζόμενες με υψηλές θερμοκρασίες	233
9.2.4 Διαταραχές σχετιζόμενες με τη σύσταση της ατμόσφαιρας αποθήκευσης.....	234
9.2.4.1 Χαμηλές ή υψηλές συγκεντρώσεις O ₂	234
9.2.4.2 Υψηλές συγκεντρώσεις CO ₂	234
9.2.4.3 Παρουσία αιθυλενίου	234
9.2.5 Φυσιολογικές <u>ανωμαλίες διαταραχές</u> σχετιζόμενες με τη γήρανση	235
9.2.6 Διαταραχές σχετιζόμενες με διάφορα αίτια	235
9.3 Καταπονήσεις από βιοτικούς παράγοντες (ασθένειες και εχθροί)	236
9.3.1 Επίδραση της θερμοκρασίας	237
9.3.2 Επίδραση χαμηλού O ₂	237

9.3.3 Επίδραση υψηλού CO ₂	237
9.3.4 Επιδράσεις άλλων μετασυλλεκτικών χειρισμών	237
9.3.5 Πληροφορίες για ειδικά προβλήματα από βιοτικούς παράγοντες	239
Βιβλιογραφία	240
Κεφάλαιο 10. Εφαρμογή της μετασυλλεκτικής τεχνολογίας	242
10.1 Επικοινωνία συγκομισμένου ιστού με το περιβάλλον του- Ανταλλαγές	242
10.1.1 Ενέργειες που ρυθμίζουν την κίνηση αερίων, διαλυτών και διαλυμένων ουσιών.....	242
10.1.2 Αρχές της κίνησης και ανταλλαγής αερίων μεταξύ ιστού και περιβάλλοντος	243
10.1.3 Αντιστάσεις στη διάχυση των αερίων.....	244
10.1.4 Μορφολογία του ιστού σε σχέση με τη διάχυση.....	244
10.1.5 Αντίσταση από τη συντομική στρώση του ιστού στις ανταλλαγές του με το περιβάλλον	245
10.1.6 Υπολογισμός της αντίστασης του καρπού στη διάχυση αερίων – Εφαρμογές	245
10.1.6 Αρχές της κίνησης και ανταλλαγής αερίων μεταξύ ιστού και περιβάλλοντος	246
10.2 Τεχνολογία στη μετασυλλεκτική.....	247
10.2.1 Γραμμή συσκευαστηρίου.....	247
10.2.1.1 Καθαρισμός.....	248
10.2.1.2 Διαλογή.....	249
10.2.1.3 Ταξινόμηση (calibration).....	250
10.2.1.4 Συσκευασία	250
10.2.2 Πρόψυξη και ψύξη	254
10.2.3 Θάλαμοι ελεγχόμενης ατμόσφαιρας (CA).....	256
10.2.4 Τροποποιημένη ατμόσφαιρα (MA).....	258
10.2.5 Εδώδιμες μεμβράνες.....	262
10.2.6 Έλεγχος και χρήση αιθυλενίου στη μετασυλλεκτική τεχνολογία.....	263
10.2.6.1 Απομάκρυνση αιθυλενίου	263
10.2.6.2 Έλεγχος δράσης αιθυλενίου	264
10.2.6.3 Έλεγχος δράσης αιθυλενίου	265
10.2.7 Εφαρμογή διαφόρων μετασυλλεκτικών χειρισμών	266
10.2.7.1 Θερμικοί χειρισμοί.....	266
10.2.7.2 Χρήση ασβεστίου (Ca)	267
10.2.7.3 Ακτινοβολία-Ραδιοσυχνότητες-Υπέρηχοι.....	267
10.2.7.4 Όζον (O ₃)	268
10.2.7.5 Διοξείδιο του θείου (SO ₂).....	269
10.2.7.6 Οξείδιο του αζώτου (NO).....	269
10.2.8 Μεταφορά.....	269
Βιβλιογραφία	270
Κεφάλαιο 11. Τα ελάχιστα μεταποιημένα οπωροκηπευτικά	273

11.1 Εισαγωγή	273
11.2 Τα υπέρ και κατά της κατανάλωσης ελάχιστα μεταποιημένων οπωροκηπευτικών	275
11.3 Φυσιολογικές και βιοχημικές αλλαγές κατά την επεξεργασία και συντήρηση των ελάχιστα μεταποιημένων οπωροκηπευτικών – διαφορές σε σχέση με τα ακέραια οπωροκηπευτικά	276
11.3.1 Απομάκρυνση προστατευτικών ιστών	276
11.3.2 Φυσιολογικές και βιοχημικές μεταβολές	276
11.3.3 Μεταβολές σε ποιοτικά χαρακτηριστικά	277
11.4 Παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα των ελάχιστα μεταποιημένων οπωροκηπευτικών	278
11.5 Προετοιμασία, συσκευασία, συντήρηση και διανομή των ελάχιστα μεταποιημένων καρπών και λαχανικών	279
11.5.1 Χειρισμοί των προϊόντων πριν την ελαφρά μεταποίηση	281
11.5.1.1 Συγκομιδή	281
11.5.1.2 Καθαρισμός και διαλογή στο χώρο παραγωγής - Πρόψυξη	281
11.5.1.3 Μεταφορά	282
11.5.1.4 Παραλαβή στο χώρο μεταποίησης	282
11.5.2 Προετοιμασία/μεταποίηση των προϊόντων	282
11.5.2.1 Διαχωρισμός, διαλογή και καθαρισμός	283
11.5.2.2 Μείωση του μεγέθους των προϊόντων	283
11.5.2.3 Ανάμιξη των προϊόντων - Συσκευασία	283
11.5.2.4 Διανομή και χρήση των ελάχιστα μεταποιημένων οπωροκηπευτικών	284
11.6 Χειρισμοί για τη διατήρηση της ποιότητας και την διασφάλιση της ασφάλειας των ελάχιστα μεταποιημένων οπωροκηπευτικών	285
11.6.1 Περιορισμός του μικροβιακού φορτίου	285
11.6.2 Περιορισμός της οξείδωσης και του καφετιάσματος των κομμένων ιστών	286
11.6.3 Διατήρηση της υφής των ελάχιστα μεταποιημένων οπωροκηπευτικών	287
11.6.4 Συντήρηση των ελάχιστα μεταποιημένων φρούτων και λαχανικών	288
Βιβλιογραφία	289
Γλωσσάριο όρων	293

Πίνακας συντομεύσεων-ακρωνύμια

1-MCP	1-Methylcyclopropene
4-HR	4-hexylresocinol
6-BA	6-Benzylaminopurine
2,4,5-T	2,4,5-Trichlorophenoxyacetic acid
2,4-D	2,4-Dichlorophenoxyacetic acid
ABA	Absciscic acid
ACO	ACC oxidase
ACS	ACC synthase
AFase	α -L-arabinofuranosidase
ATP	Adenosine triphosphate
AVG	Aminoethoxyvinylglycine
b-Gal	β -galactosidase
CA	Controlled atmosphere storage
CIPC	Isopropyl-N (3-chlorophenyl) carbamate
DCA	Dynamic controlled atmosphere
DPA	Diphenylamine
EDTA	Ethylenediaminetetraacetic acid
EGase	endo-1,4- β -glucanase
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
GA	Gibberellins
GC	Gas chromatograph
<i>gf</i>	Greenflesh
GRAS	Generally recognised as safe
HDPE	High density polyethylene
HSP	Heat shock proteins
IAA	Indoleacetic acid
IFPA	International Fresh-cut Produce Association
LDPE	Low density polyethylene
MA	Modified atmosphere storage
MACC	Malonyl-1-ACC
MAP	Modified atmosphere packaging
MI	Maturity index
MUFA	Mono-unsaturated fatty acids
NAA	Naphthaleneacetic acid
<i>nor</i>	Non-ripening
<i>nr</i>	Never-ripe
PAL	Phenylalanine-ammonia lyase

PG	Polygalacturonases
PL	Pectin lyase
PME	Pectin methylesterase
PPO	Polyphenol oxidase
PUFA	Poly-unsaturated fatty acids
<i>r</i>	Yellow flesh
<i>rin</i>	Ripening inhibitor
ROS	Reactive oxygen species
SAM	S-adenosylmethionine
SFA	Saturated fatty acids
SOPP	Sodium orthophenyl phenol
SS	Superficial scald
$t_{1/2}$	Half-cooling time
<i>u</i>	Uniform ripening
UFGT	UDP-γλυκοζ-φλαβονοϊδ-3-O-γλυκοζυλοτρανφεράση
VPD	Water vapor pressure deficit
WHO	World Health Organization
XET	xyloglucan endotransglycosylase
ACC	1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid
ακετυλο-CoA	Acetyl coenzyme A
ΔΠΥ	Διαφορά πίεσης υδρατμών
ενδο- PG	Endo-polygalacturonase
εξω-PG	Exo-polygalacturonase
ΟΔΣ	Ολικά διαλυτά στερεά
ΣΥ	Σχετική υγρασία
ΤΟ	Τιτλοδοτούμενη οξύτητα

Πρόλογος

Η συγκομιδή αποτελεί το πιο σημαντικό γεγονός στη ζωή του φυτού ή γενικότερα των φυτικών μερών, μετά τη σπορά. Σηματοδοτεί το τέλος της ανάπτυξης και την έναρξη της μη αναστρέψιμης φθοράς/γήρανσης του συγκομισμένου προϊόντος. Το φυτό ή μέρος αυτού, απομονώνεται από ένα περιβάλλον που βρίσκεται σε ισορροπία και μεταφέρεται σε ένα καινούργιο περιβάλλον στο οποίο πρέπει να προσαρμοστεί απότομα, με αποτέλεσμα την αλλαγή του μεταβολισμού του, ακόμη και της ανατομικής και μορφολογικής του κατάστασης. Παράλληλα, (με εξαίρεση ίσως τους καρπούς που ωριμάζουν μετά τη συγκομιδή), τη στιγμή της συγκομιδής το προϊόν παρουσιάζει την υψηλότερη ποιότητα και οικονομική αξία, η οποία, για να διατηρηθεί έως το στάδιο της κατανάλωσης απαιτεί την εφαρμογή της πιο κατάλληλης μετασυλλεκτικής τεχνολογίας.

Η μετασυλλεκτική φυσιολογία και τεχνολογία αποτελεί μια σύγχρονη επιστήμη η οποία μελετά τις φυσιολογικές αλλαγές που συμβαίνουν στα συγκομισμένα προϊόντα κατά τη διάρκεια της μετασυλλεκτικής τους ζωής, από τη στιγμή της συγκομιδής έως το στάδιο της κατανάλωσης ή μεταποίησης, ενώ, η μετασυλλεκτική τεχνολογία αφορά στους χειρισμούς των προϊόντων στο ίδιο διάστημα.

Οι μετασυλλεκτικοί χειρισμοί των οπωροκηπευτικών στοχεύουν στην καλύτερη διατήρηση της ποιότητας των προϊόντων μέχρι την κατανάλωση ή/και στην επιμήκυνση του χρόνου συντήρησής τους. Κατά συνέπεια, με τους μετασυλλεκτικούς χειρισμούς παρέχεται η δυνατότητα στον καταναλωτή να προμηθεύεται κάποια είδη καρπών και λαχανικών σχεδόν όλο το χρόνο, ακόμα και σε εποχές διαφορετικές από εκείνες που τα προϊόντα παράγονται, καθώς και με προϊόντα που παράγονται μακριά από τον τόπο κατανάλωσής τους. Συγχρόνως, μειώνεται το ποσοστό της απώλειας των καρπών και λαχανικών κατά τη μετασυλλεκτική τους ζωή, γεγονός που αποτελεί σημαντικό πρόβλημα σε θερμές περιοχές, όπως στις χώρες της μεσογειακής λεκάνης, καθώς και σε αναπτυσσόμενες και υπανάπτυκτες χώρες.

Τα παραπάνω, με τη σειρά τους, προϋποθέτουν καλή γνώση της συμπεριφοράς των οπωροκηπευτικών, τόσο κατά τη συγκομιδή όσο και στη μετασυλλεκτική περίοδο, κατά τη διάρκεια της οποίας εξακολουθούν να "ζούν". Το βιβλίο αυτό έχει ως στόχο την παροχή των βασικών πληροφοριών που αφορούν στα παραπάνω, με σκοπό τη σωστή εφαρμογή των μετασυλλεκτικών χειρισμών για την εξασφάλιση καρπών και λαχανικών καλής ποιότητας.

Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή στη μετασυλλεκτική φυσιολογία και τεχνολογία: Η σημασία των οπωροκηπευτικών για τον άνθρωπο, η παραγωγή, η κατανάλωση και οι απώλειες μετασυλλεκτικά

Σύνοψη

Διάκριση της μετασυλλεκτικής φυσιολογίας και τεχνολογίας. Η οικονομική και κοινωνική σημασία της καλλιέργειας των οπωροκηπευτικών, υφιστάμενη κατάσταση και προοπτικές. Η σημασία των μετασυλλεκτικών απωλειών, για τον άνθρωπο, την οικονομία και το περιβάλλον και ο ρόλος της επιστήμης της μετασυλλεκτικής φυσιολογίας και τεχνολογίας στον έλεγχο των απωλειών αυτών

Προαπαιτούμενη γνώση

Αρχές φυτικής παραγωγής, με έμφαση στη δένδροκομία και τη λαχανοκομία.

1.1 Εισαγωγή

Με τη συγκομιδή ενός φυτού, είτε ολόκληρου ή μέρους του, ολοκληρώνεται ο κύκλος της ανάπτυξής του και ξεκινάει η μετασυλλεκτική ζωή του τελικού προϊόντος. Τη στιγμή της συγκομιδής το προϊόν διαθέτει, συνήθως, τη μεγαλύτερη οικονομική αξία, η οποία στις περισσότερες περιπτώσεις μειώνεται σταδιακά κατά τη διάρκεια της μετασυλλεκτικής του ζωής και μέχρι την κατανάλωσή του, είτε ως νωπό προϊόν ή ως μεταποιημένο.

Η μετασυλλεκτική τεχνολογία αφορά τις τεχνικές και τους χειρισμούς που εφαρμόζονται κυρίως κατά τη μεταφορά, την τυποποίηση, τη συσκευασία, την αποθήκευση και την εμπορία των νωπών, ελάχιστα μεταποιημένων (π.χ. κομμένες σαλάτες και κομμένα φρούτα) φυτικών προϊόντων, καθώς και των ξηρών καρπών. Η μετασυλλεκτική φυσιολογία αποτελεί κλάδο της φυσιολογίας φυτών που μελετά τις μεταβολές φυτικών ιστών, οργάνων ή και ολόκληρων φυτών αμέσως μετά τη συλλογή τους.

Επειδή τα περισσότερα προϊόντα των οπωροκηπευτικών είναι πολύ ευαίσθητα-φθαρτά (perishable), είναι απαραίτητη η εφαρμογή των πιο κατάλληλων χειρισμών, με σκοπό να διατηρηθεί η ποιότητά τους και η εμπορική αξία τους για όσο το δυνατό μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Οι χειρισμοί διαφέρουν ανάλογα με το είδος του προϊόντος και τη μετασυλλεκτική του συμπεριφορά, καθώς επίσης και ανάλογα με τις απαιτήσεις της αγοράς για την οποία προορίζεται. Η γήρανση ενός φυτού ή φυτικού οργάνου ξεκινά από τη στιγμή της συγκομιδής, ή και ακόμα πριν από αυτήν. Στα περισσότερα νωπά οπωροκηπευτικά ο ρυθμός γήρανσης μετά τη συγκομιδή είναι ραγδαίος και εξαρτάται από τη φύση του προϊόντος και το περιβάλλον στο οποίο διατηρείται. Επιπλέον, πρέπει να λαμβάνεται πάντα υπόψη ότι η μετασυλλεκτική τεχνολογία αφορά στο χειρισμό ζωντανού υλικού, η φύση του οποίου οδηγεί σε αυξανόμενη φυσιολογική γήρανση του προϊόντος και τελικά στο θάνατό του. Γι' αυτό το λόγο, η "φυσική" τάση του προϊόντος είναι η φθορά, η οποία οδηγεί σε σταδιακή υποβάθμιση της ποιότητας και τελικά σε αδυναμία χρήσης του ως ανθρώπινη τροφή. Σε κάθε περίπτωση, ο βασικός σκοπός της μετασυλλεκτικής τεχνικής είναι να καθυστερήσει αυτήν τη γήρανση-φθορά, ώστε το προϊόν να διατεθεί στον καταναλωτή στην καλύτερη δυνατή κατάσταση.

1.2 Η σημασία των οπωροκηπευτικών σε παγκόσμια κλίμακα, το εύρος των προϊόντων και η θρεπτική τους αξία

Συνολικά, παγκόσμια καλλιεργούνται περίπου 400 είδη κηπευτικών, τα οποία ανήκουν σε 225 γένη από 70 οικογένειες, για την παραγωγή: (α) φύλλων ή νεαρών βλαστών που αποτελούν την κυριότερη κατηγορία κηπευτικών (αντιπροσωπεύουν το 53% της συνολικής κατανάλωσης κηπευτικών), (β) υπόγειων αποθησαυριστικών οργάνων (ρίζες, κόνδυλοι, ριζώματα, κόρμοι και στόλωνες - 17%) και (γ) καρπών (καρποδοτικά λαχανικά - 15%) (Kays & Dias, 1995). Αντίστοιχα, καλλιεργούνται περίπου 100 είδη δένδροκομικών ειδών για παραγωγή καρπών, τα οποία σε σχέση με την περιοχή καλλιέργειας μπορούν να ταξινομηθούν σε φυτά εύκρατων (κυρίως μηλοειδή,

πυρηνόκαρπα, σταφύλια και μικροί καρποί), υποτροπικών (π.χ. εσπεριδοειδή, σύκο, ακτινίδιο, ελιά, ροδιά) και τροπικών (π.χ. μπανάνα, μάνγκο, παπάγια, ανανάς) κλιμάτων (Kader, 2002).

Σύμφωνα με τα στοιχεία του FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations, Οργανισμός Τροφίμων και Γεωργίας των Ηνωμένων Εθνών), το 2011 η παγκόσμια παραγωγή των κηπευτικών ξεπέρασε το 1 δις τόνους και η αντίστοιχη των καρπών τους 640 εκ. τόνους (FAO, 2013). Σε αυτό τον αριθμό μπορούν να προστεθούν και καλλιέργειες για υπόγεια αποθησαυριστικά όργανα οι οποίες ταξινομούνται ως κηπευτικά, όπως για παράδειγμα είναι η πατάτα, η γλυκοπατάτα, το κολοκάσι και το γιαμ ή διοσκορέα, η παραγωγή των οποίων ανήλθε στους 750 εκατ. τόνους περίπου, καθώς και πολλά εξωτικά ή λιγότερα γνωστά σε μας δένδροκομικά είδη, όπως είναι το λίτσι, το μάνγκο, η γκουάβα, το αβοκάντο κ.ά. Τα στοιχεία της διεθνούς στατιστικής υπηρεσίας σχετικά με το ύψος της παραγωγής συχνά δεν περιλαμβάνουν όλα τα είδη οπωροκηπευτικών ή την παραγωγή για ατομική χρήση (δηλ. καλλιέργειες σε οικιακό επίπεδο και μικρούς κήπους). Κατά συνέπεια, αναμφισβήτητα η συνολική παραγωγή των οπωροκηπευτικών σε παγκόσμια κλίμακα αναμένεται να είναι πολύ υψηλότερη.

Η οικονομική σημασία της παραγωγής καρπών και λαχανικών είναι ιδιαίτερα υψηλή, αν και μόνο το 5-10 % της συνολικής παραγωγής οπωροκηπευτικών διακινείται σε άλλες χώρες, ενώ αποτελούν μόνο το 17 % επί του συνόλου των αγροτικών προϊόντων που εξάγονται παγκόσμια. Η Ευρωπαϊκή Ένωση αποτελεί παγκόσμια το κυριότερο εισαγωγέα φρούτων (με κύριο προϊόν τη μπανάνα), κυρίως από χώρες του νότιου ημισφαιρίου (π.χ. Ν. Αφρική, Αργεντινή, Χιλή, κ.ά.), για κάλυψη της ζήτησης την περίοδο που δεν παράγονται τα είδη αυτά στην Ευρώπη. Παράλληλα όμως αποτελεί το δεύτερο σημαντικότερο εξαγωγέα φρούτων, κυρίως όμως σε άλλες χώρες της Ευρώπης εκτός Ε.Ε. Γενικότερα, η παγκόσμια παραγωγή οπωροκηπευτικών παρουσιάζει τα τελευταία χρόνια μια αξιοσημείωτη αύξηση, κατά 3 % κατά μέσο όρο την τελευταία δεκαετία. Η αύξηση στην παραγωγή οπωροκηπευτικών συνδέεται με τη βελτίωση του βιοτικού επιπέδου σε πολλές αναπτυσσόμενες χώρες και αποδίδεται αφενός μεν στην αύξηση των στρεμματικών αποδόσεων, αφετέρου δε κατά κύριο λόγο στην ραγδαία αύξηση των εκτάσεων που καλλιεργούνται με οπωροφόρα δένδρα και κηπευτικά. Το 1970 τα οπωροκηπευτικά κατελάμβαναν μόνο το 3,9 % των συνολικών καλλιεργούμενων εκτάσεων σε παγκόσμια κλίμακα, όταν το 2005 έφτασαν στο 8,5 %. Σύμφωνα με έρευνα της Ε.Ε., ο τομέας των οπωροκηπευτικών αποτελεί έναν από τους ταχύτερα αναπτυσσόμενους τομείς της αγροτικής παραγωγής, με την παγκόσμια παραγωγή να έχει αυξηθεί κατά 94 % στην εικοσαετία 1984-2004. Από στοιχεία της ίδιας έρευνας παρουσιάζεται τα τελευταία χρόνια και μία στροφή στην κατανάλωση περισσότερων ειδών οπωροκηπευτικών. Για παράδειγμα, τα πέντε είδη καρπών με την υψηλότερη κατανάλωση (μπανάνα, τομάτα, μήλα, σταφύλια και πορτοκάλια) το 1984 αντιστοιχούσαν σε πάνω από το 50 % της συνολικής κατανάλωσης και εμπορίας καρπών, ενώ το 2004 το ποσοστό αυτό μειώθηκε περίπου στο 40 %, όταν παράλληλα, παρατηρήθηκε μια συνολική αύξηση κατά 52 % στην κατά κεφαλήν κατανάλωση οπωροκηπευτικών για την ίδια περίοδο (Ε.Ε., 2007).

Η σημασία των οπωροκηπευτικών για τη διατροφή του ανθρώπου είναι μεγάλη διότι δεν αποτελούν απλώς μια πηγή ενέργειας, αλλά προσφέρουν απαραίτητες βιταμίνες, ανόργανα στοιχεία, ίνες και πολλές ουσίες με αντιοξειδωτική και φαρμακευτική δράση. Οι WHO (World Health Organization, Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας) και FAO συστήνουν την ημερήσια κατανάλωση τουλάχιστον 400 g καρπών και λαχανικών (εκτός από λαχανικά όπως η πατάτα των οποίων καταναλώνονται τα αμυλούχα υπόγεια όργανα), για την προστασία από χρόνιες παθήσεις (π.χ. καρδιοπάθειες, καρκίνος, διαβήτης), καθώς και για την αντιμετώπιση ελλείψεων σε ιχνοστοιχεία απαραίτητα για την ανθρώπινη υγεία.

Από την άλλη πλευρά, καλλιέργειες όπως η πατάτα έχουν ιδιαίτερη σημασία για την προμήθεια υδατανθράκων στον πληθυσμό της Ευρώπης και της Αμερικής, ενώ αντίστοιχα, φυτά τροπικής προέλευσης που καλλιεργούνται για τα υπόγεια αποθησαυριστικά όργανά τους, όπως η μανιόκα (ή ταπιόκα ή κασσάβα), η γλυκοπατάτα κ.ά., αποτελούν βασική τροφή για 500 εκατομμύρια ανθρώπους, ιδιαίτερα στον αναπτυσσόμενο κόσμο. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι το 2013 παρήχθησαν παγκοσμίως 376.452.524 τόνοι πατάτας, 103.109.367 τόνοι γλυκοπατάτας, 63.050.634 τόνοι γιαμ και 21.40.451 τόνοι τζίντζερ (ή πιπερόριζα). Η παραγωγή διαφόρων σημαντικών οπωροκηπευτικών ειδών που καλλιεργούνται σε μεγάλη κλίμακα, παρουσιάζεται στον Πίνακα 1.1.

Είδος	Παραγωγή (Χ 1000 τον.)					
	Αφρική	Αμερική	Ασία	Ευρώπη	Ωκεανία	Σύνολο
Δενδροκομικά είδη*						
Ακτινίδιο	-	267	112	654	379	1.412
Ανανάς	3.653	8.676	10.877	3	124	23.333
Αχλάδι	711	1.766	18.370	2.584	149	23.580
Βερύκοκο	604	93	2.367	876	16	3.956
Γκρέιπφρουτ	727	2.056	5.155	89	11	8.038
Ελιά	3.370	523	3.367	9.337	85	16.682
Καρύδι	28	593	2.468	326	3	3.418
Κάστανο	-	58	1.813	127	-	1.998
Κεράσι	20	497	988	738	13	2.256
Λεμόνι και λιμεττία	1.124	6.288	6.620	1.048	38	15.118
Μάνγκο, γκουάβα	7.136	4.785	30.170	-	49	42.140
Μανταρίνι	2.238	3.252	18.604	2.874	92	27.060
Μήλο	2.366	9.264	49.041	14.970	737	76.378
Μπανάνα	15.863	27.112	57.095	400	1.523	101.993
Παπάγια	1.330	4.131	6.937	-	13	12.411
Πορτοκάλι	7.928	34.199	20.000	5.699	400	68.226
Ροδάκινα και νεκταρίνια	867	2.302	14.412	3.395	109	21.085
Σταφύλι	4.313	15.257	21.875	23.625	1.997	67.067
Σύκο	421	75	498	100	0,09	1.094
Φιστίκι	2	231	758	13	2	1.006
Φουντούκι	0,2	30	766	118	-	914,2
Φράουλα	399	1.934	829	1.317	37	4.516
Χουρμάδες	3.242	35	4.255	17	-	7.532
Σύνολο κυριότερων καρπών	56.342	123.424	277.377	68.310	5.777	531.213
Κηπευτικά είδη						
Αγγούρι	1.228	2.011	62.756	5.354	17	71.366
Αγκινάρα	555	277	145	815	-	1.792
Αρακάς	621	735	14.964	1.042	69	17.431
Καρότα και ρέβα	1.944	3.319	23.167	8.437	358	37.225

Καρπούζι	6.121	6.286	91.201	5.502	168	109.278
Κολοκυθάκι και κολοκύθες	1.990	2.872	16.178	3.369	271	22.889
Κουνουπίδι και μπρόκολο	426	1.032	18.419	2.298	104	22.279
Κρεμμύδι (ξηρό)	9.650	9.306	57.313	9.225	302	77.111
Κρεμμύδι (χλωρό) και ασκαλώνιο	648	284	2.705	384	260	4.281
Λάχανο και λάχανο Βρυξελλών	4.114	2.444	53.186	11.570	123	61.024
Μαρούλι και ραδίκι	321	4.485	16.721	3.173	197	24.897
Μελιτζάνα	1.697	256	46.615	847	4.031	53.446
Μπάμια	1839	41	6800	8	1	8.689
Πεπόνι	2.068	3.996	21.297	2.007	95	29.463
Πιπεριά (γλυκιά και καυτερή)	2.874	3.948	21.376	2.893	40	31.131
Πράσο και σχοινόπρασο	16	33	1.174	897	3	2.123
Σκόρδο	611	647	22.181	815	2	24.256
Σπανάκι	110	420	22.113	579	10	23.232
Σπαράγγι	4	575	7.116	251	13	7.959
Τομάτα	18.649	24.589	99.205	20.965	555	163.963
Φασολάκι (νωπό)	672	280	19.527	841	45	21.365
Σύνολο κυριότερων κηπευτικών	45.682	67.836	624.159	70.859	6.664	815.200

*Συμπεριλαμβάνονται οι πολυετείς θάμνοι και το αμπέλι

Πίνακας 1.1 Η παγκόσμια παραγωγή των κυριότερων καρπών, λαχανικών και ξηρών καρπών για το έτος 2013 (Από: F.A.O. Statistical Yearbook, Production, 2013).

Πέρα από τη σημασία τους για τη διατροφή του ανθρώπου, τα οπωροκηπευτικά προσφέρουν επίσης ποικιλία και ενδιαφέρον στη διαίτα. Επιπλέον, υπάρχουν πολλά είδη για τα οποία δεν υπάρχουν καταγεγραμμένα στοιχεία διεθνώς, παρόλο που έχουν μεγάλη σημασία στη διατροφή των ανθρώπων σε κάποιες περιοχές, όπως για παράδειγμα το παντζάρι, το μαρούλι και το αντίδι στις εύκρατες περιοχές.

Υπολογίζεται ότι στην Κίνα παράγεται περισσότερο από το 50% των κηπευτικών και το 20% των καρπών που παράγονται παγκοσμίως, με ετήσια αύξηση μεταξύ των ετών 1965-2005 της τάξης του 8,3% για τους καρπούς και 5,6% για τα κηπευτικά τα οποία αποτελούν το 35% της κατά κεφαλήν κατανάλωσης τροφής στη χώρα αυτή. Στην Κίνα η καλλιέργεια οπωροκηπευτικών καταλαμβάνει σχεδόν το 20% των συνολικών καλλιεργούμενων εκτάσεων (έναντι 8,5% παγκόσμια κατά μέσο όρο), με συνέπεια να παράγει περισσότερο από το 40% των μήλων και 70% των σκόρδων της παγκόσμιας παραγωγής. Η ετήσια κατά κεφαλήν κατανάλωση κηπευτικών στις χώρες της Ασίας αυξήθηκε από τα 41 στα 141 kg μεταξύ των ετών 1975 και 2003, αλλά στις αφρικανικές χώρες η ημερήσια κατανάλωση λαχανικών είναι κατά πολύ μικρότερη από την ενδεικνυόμενη (200 g ημέρα⁻¹), σύμφωνα με την Παγκόσμια Οργάνωση Τροφίμων του FAO (Dias & Ryder, 2011). Το γεγονός αυτό, πέρα από την εφαρμογή τεχνικών που επιτρέπουν την αύξηση της παραγωγής, καθιστά επιτακτική την ανάγκη για ανάπτυξη και εφαρμογή πιο αποδοτικών μετασυλλεκτικών τεχνικών, ώστε οι μειωμένες μετασυλλεκτικές απώλειες να συμβάλλουν στην κάλυψη των αυξανόμενων αναγκών των αναπτυσσόμενων χωρών σε οπωροκηπευτικά.

1.3 Η παραγωγή, κατανάλωση και εμπορία των οπωροκηπευτικών στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα όπως και σε άλλες χώρες της Λεκάνης της Μεσογείου καταναλώνονται σημαντικές ποσότητες φρούτων και λαχανικών, τα οποία βρίσκονται σε υψηλή διαθεσιμότητα στις χώρες αυτές και αποτελούν αναπόσπαστο συστατικό της μεσογειακής διαίτας. Για παράδειγμα, το 2003 στη χώρα μας η μέση ετήσια κατά κεφαλήν διαθεσιμότητα σε φρούτα ανήλθε σε 147 kg (δεύτερη στην Ευρώπη μετά την Ολλανδία) και σε λαχανικά (εξαιρούνται πατάτες και όσπρια) σε 276 Kg (πρώτη στην Ευρώπη). Η κατά κεφαλήν μέση κατανάλωση οπωροκηπευτικών στην Ελλάδα ξεπερνά το 1 Kg ημέρα⁻¹ και είναι κατά πολύ υψηλότερη της σύστασης του W.H.O. για 400 g ημέρα⁻¹, τη στιγμή που σε χώρες της Βόρειας Ευρώπης με υψηλότερο βιοτικό επίπεδο είναι κατώτερη και από τα 100 Kg ανά άτομο ετησίως. Στη χώρα μας για την αγορά φρούτων και λαχανικών δαπανάται το 20% του συνολικού ποσού για αγορά τροφίμων (Elmadfa et al., 2009).

Τα τελευταία 50 χρόνια στην Ελλάδα έχει παρατηρηθεί μια έντονη αύξηση στην κατανάλωση λαχανικών και δευτερευόντως στην κατανάλωση φρούτων. Πιο συγκεκριμένα, ως προς τα λαχανικά εκτός από την κατανάλωση των γνωστών και παγκοσμίως εξαπλωμένων λαχανικών – κηπευτικών, παρατηρείται και σημαντική συλλογή και κατανάλωση αυτοφυών φυτικών ειδών (π.χ. άγριο σπαράγγι, οβρυές, ζωχός, σταμναγκάθι κ.ά.), ορισμένα από τα οποία είναι ενδημικά της χώρας μας. Μάλιστα σε ορισμένες περιοχές η συλλογή και κατανάλωση αυτοφυών λαχανικών, τα οποία είναι γνωστά ως και λαχανευόμενα, είναι τόσο διαδεδομένη με αποτέλεσμα να δημιουργείται η ανάγκη για την καλλιέργειά τους σε εμπορική κλίμακα. Αντίστοιχα, με τη βελτίωση των μετασυλλεκτικών χειρισμών και των μεταφορών και τη διεθνοποίηση του εμπορίου των αγροτικών προϊόντων, είναι πια διαθέσιμοι στη χώρα μας σε προσιτές τιμές αγοράς, νωποί καρποί κυρίως τροπικής προέλευσης (π.χ. μπανάνα, ανανάς, αβοκάντο κ.ά.), συμβάλλοντας στην αύξηση της ποικιλότητας των φρούτων που καταναλώνονται στην Ελλάδα.

Από τη συνολική ποσότητα των 7.762.000 τόνων οπωροκηπευτικών που παρήχθησαν στη χώρα μας το 2012, περίπου 3.917.500 τόνοι αντιστοιχούν στους καρπούς των δένδροκομικών ειδών και 3.844.500 τόνοι αποτελούν τη συνολική παραγωγή κηπευτικών, συμπεριλαμβανομένων 829.400 τόνων πατάτας. Η τομάτα είναι το σημαντικότερο από τα κηπευτικά καθώς οι παραγόμενες ποσότητες ανήλθαν σε 1.039.700 τόνους (περίπου το 1/3 της συνολικής ποσότητας κηπευτικών που παρήχθη στην Ελλάδα). Ωστόσο, παράγονται επίσης σημαντικές ποσότητες καρπουζιού (620.600 τόνοι), κρεμμυδιού (231.200 τόνοι), πιπεριών (205.900 τόνοι), αγγουριού (151.800 τόνοι), λάχανου και λάχανου Βρυξελλών (187.900 τόνοι), μαρουλιών και ραδικιών (131.700 τόνοι), πεπονιών (109.900 τόνοι) κ.ά. Αντίστοιχα, τα εσπεριδοειδή αποτελούν τη σημαντικότερη κατηγορία καρπών (πάνω από το 23% της συνολικής παραγωγής καρπών με κυριότερα τα πορτοκάλια με παραγωγή 922.000 τόνων, ακολουθούμενα από τα μανταρίνια με 110.000 τόνους και τα λεμόνια με 46.000 τόνους), ακολουθούν τα πυρηνόκαρπα (περίπου 22%, με κυριότερα τα ροδάκινα, με παραγωγή 711.000 τόνων), τα μηλοειδή (περίπου 8%, με παραγωγή 263.000 τόνων μήλων και 50.000 τόνων αχλαδιών), τα επιτραπέζια σταφύλια (246.000 τόνοι), την επιτραπέζια ελιά (175.000 τόνοι) και το ακτινίδιο (121.000 τόνοι).

Εκτιμάται ότι περίπου το 50-60 % των ποσοτήτων οπωροκηπευτικών που παράγονται στην Ελλάδα χρησιμοποιούνται για εσωτερική κατανάλωση, περίπου το 15% των φρούτων και το 25 % των λαχανικών δίδονται για μεταποίηση, ενώ σημαντικές ποσότητες εξάγονται στο εξωτερικό. Οι εξαγωγές αφορούν κυρίως τους καρπούς (δένδροκομικών και λαχανικών), όπου η χώρα μας αποτελεί έναν μεσαίου μεγέθους εξαγωγέα, με αύξηση των εξαγωγών τα τελευταία χρόνια (2009-2012, κατά 29,6 % στις ποσότητες και 26,5 % στην αξία τους). Τα κυριότερα εξαγωγίμα είδη είναι τα πορτοκάλια (περίπου το 1/3 της συνολικής παραγωγής εξήχθη το 2012-13), τα ροδάκινα και νεκταρίνια (149.459 τόνοι το 2012-13), τα καρπούζια και πεπόνια (157.019 τόνοι το 2012-13), τα ακτινίδια, οι φράουλες και τα σταφύλια. Αντίθετα, η Ελλάδα αποτελεί από τους μικρότερους εξαγωγείς λαχανικών στην Ε.Ε., με τα κυριότερα είδη να είναι τα σπαράγγια, τα αγγούρια, οι γλυκιές πιπεριές και οι τομάτες.

Παράλληλα, η χώρα μας αποτελεί έναν από τους μικρότερους εισαγωγείς νωπών οπωροκηπευτικών στην Ε.Ε. Οι κυριότερες εισαγωγές καρπών εστιάζονται στις μπανάνες (134.316 τόνοι με αξία 79.926.396 € το 2013), δευτερευόντως στα εσπεριδοειδή (κυρίως λεμόνια, αξίας 21.845.502 € το 2013) και τα μηλοειδή. Τα κυριότερα είδη λαχανικών που εισάγονται είναι πατάτες

(147.742 τόνοι κυρίως από Αίγυπτο, Γαλλία και Κύπρο), τομάτες (8.232 τόνοι κυρίως από Γερμανία, Ιταλία και Βέλγιο), κρεμμύδια και σκόρδα. Κατά συνέπεια, το εμπορικό ισοζύγιο των οπωροκηπευτικών είναι θετικό, με εξαγωγές αξίας 1,853 δις € και εισαγωγές αξίας 642 εκ. € για το 2013 (Πολυχρονάκης, 2014, Στατιστική Υπηρεσία ΥΠΑΑΤ, 2015).

Από τα παραπάνω στοιχεία είναι ξεκάθαρη η δυναμική της καλλιέργειας και εμπορίας των οπωροκηπευτικών, με έμφαση στην παραγωγή προϊόντων υψηλής ποιότητας και στη διατήρηση της ποιότητας κατά την μεταφορά των προϊόντων αυτών σε χώρες του εξωτερικού. Σε ορισμένες μάλιστα περιπτώσεις η εξαγωγή αφορά προϊόντα με υψηλή αξία αλλά και μικρή μετασυλλεκτική ζωή (π.χ. φράουλες). Επιπρόσθετα, η παραγωγή κάποιων προϊόντων σε αρκετές περιπτώσεις συγκεντρώνεται σε συγκεκριμένες περιόδους του έτους και είναι σημαντικό να εφαρμόζονται οι κατάλληλοι μετασυλλεκτικοί χειρισμοί που θα εξασφαλίζουν τη διατήρηση των προϊόντων για σχετικά μεγάλο χρονικό διάστημα ώστε να αυξηθεί η διάρκεια της διαθεσιμότητάς τους είτε στην εσωτερική αγορά είτε στο εξωτερικό.

1.4 Οι απώλειες των οπωροκηπευτικών μετά τη συγκομιδή

Τα περισσότερα οπωροκηπευτικά φθείρονται γρήγορα μετά τη συγκομιδή και καθ' όλα τα στάδια της μετασυλλεκτικής τους πορείας. Συνήθως, η φθορά παρουσιάζεται πρώτα στην εμφάνιση, όπως η απώλεια του χρώματος, της στιλπνότητας και τη συρρίκνωση (μάρανση) του προϊόντος με αποτέλεσμα τη μείωση της ποιότητας και της οικονομικής αξίας του. Παράλληλα μπορεί να αναπτυχθούν μετασυλλεκτικές ασθένειες που οδηγούν στη μερική ή ολική απώλεια.

Οι απώλειες των οπωροκηπευτικών που προκύπτουν κατά το χειρισμό, τη μεταφορά, την αποθήκευση και την εμπορία των κηπευτικών, κυμαίνονται ευρέως, από μηδαμινές, αλλά μπορεί να φτάσουν έως και το σύνολο της παραγωγής. Κατά την εκτίμηση μιας ομάδας εμπειρογνομόνων του FAO, οι απώλειες των οπωροκηπευτικών σε παγκόσμια κλίμακα ανέρχονται κατά μέσο όρο σε 20-25%, ενώ στις αναπτυσσόμενες χώρες μπορεί να ξεπερνούν το 50% της παραγωγής (FAO, 1989). Ωστόσο, ο προσδιορισμός των μετασυλλεκτικών απωλειών δεν είναι απλός. Τα περισσότερα οπωροκηπευτικά κατά τη συγκομιδή τους έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε νερό και παρουσιάζουν απώλειες σε βάρος κυρίως γιατί χάνουν γρήγορα ένα σημαντικό μέρος του νερού αυτού, οδηγώντας σε μείωση του βάρους του προς πώληση προϊόντος ή/και σε αφυδάτωση που οδηγεί συγχρόνως και σε υποβαθμισμένη ποιότητα, και τέλος σε προχωρημένη μάρανση ή συρρίκνωση, καθιστώντας το προϊόν μη εμπορεύσιμο αν και δεν προκύπτει σημαντική απώλεια πραγματικής τροφής (ξηράς ουσίας). Ταυτόχρονα, παρατηρούνται φυσιολογικές μεταβολές που υποβαθμίζουν την ποιότητα των προϊόντων και περιορίζουν τη μετασυλλεκτική τους ζωή, όπως για παράδειγμα το μαλάκωμα των καρπών (π.χ. τομάτα, φράουλα) ή η εκβλάστηση των υπόγειων αποθησαυριστικών οργάνων (π.χ. πατάτα, κρεμμύδι). Επιπλέον, τα ποιοτικά χαρακτηριστικά που καθορίζουν την εμπορευσιμότητα ενός προϊόντος διαφέρουν, ανάλογα με την κοινωνία και το βιοτικό επίπεδο. Κατά συνέπεια, η απώλεια της εμπορικής αξίας ενός προϊόντος, μπορεί και να διαφέρει εντελώς από την πραγματική του απώλεια ως τροφή. Σύμφωνα με τους εμπειρογνώμονες του FAO, η απώλεια κατά τη διάρκεια της μετασυλλεκτικής περιόδου ορίζεται ως:

"οποιαδήποτε αλλαγή στη διαθεσιμότητα, καταλληλότητα για κατανάλωση ή ποιότητα του προϊόντος, η οποία εμποδίζει την κατανάλωσή του από ανθρώπους" (FAO, 1981).

Ο ορισμός αυτός ισχύει για το σύνολο των οπωροκηπευτικών προϊόντων.

1.5 Παράγοντες που προκαλούν απώλειες μετά τη συγκομιδή

Τα ευπαθή-φθαρτά προϊόντα όπως είναι τα περισσότερα οπωροκηπευτικά, διαφέρουν από τα ανθεκτικά, όπως τα δημητριακά και τα όσπρια, ως προς τα φυσικά και βιοχημικά χαρακτηριστικά τους και κατά συνέπεια, οι παράγοντες που προκαλούν απώλειες μετά τη συγκομιδή διαφέρουν πολύ, όπως φαίνεται στον Πίνακα 1.2.

	Δημητριακά (ανθεκτικά προϊόντα)	Οπωροκηπευτικά (φθαρτά προϊόντα)
--	------------------------------------	-------------------------------------

Περιεκτικότητα σε νερό	Χαμηλή (10-15% ή λιγότερο)	Υψηλή (συνήθως 50-90%)
Μέγεθος - Βάρος ανά μονάδα	Μικρό (συνήθως κάτω από 1 g)	Μεγάλο (5 g – 5 kg ή και μεγαλύτερο)
Ρυθμός αναπνοής	Χαμηλός	Υψηλός ή πολύ υψηλός
Παραγωγή θερμότητας	Μικρή	Υψηλή
Δομή	Σκληρή	Μαλακή
Ευκολία τραυματισμού	Μικρή	Μεγάλη
Ανθεκτικότητα - Διάρκεια διατήρησης	Μεγάλη Διατηρούνται για πολλά χρόνια μετά τη συγκομιδή	Μικρή Διατηρούνται για λίγες ημέρες έως μερικούς μήνες, ανάλογα με το προϊόν
Αίτια απωλειών	Κυρίως εξωγενείς παράγοντες, π.χ. μύκητες, έντομα και τρωκτικά	Εξωγενείς (π.χ. σήψεις) και ενδογενείς παράγοντες (π.χ. απώλεια νερού, αναπνοή, βλάστηση, γήρανση)

Πίνακας 1.2 Τα χαρακτηριστικά που επηρεάζουν τη μετασυλλεκτική ζωή των οπωροκηπευτικών και δημητριακών (Στοιχεία επεξεργασμένα από FAO, 1981).

Ο μεταβολισμός των ανθεκτικών προϊόντων (π.χ. δημητριακά) πέφτει σε χαμηλό επίπεδο μετά τη συγκομιδή τους και κατά συνέπεια, οι απώλειες στα προϊόντα αυτά προκαλούνται κυρίως από μύκητες, έντομα και τρωκτικά. Οι ενδογενείς παράγοντες (π.χ. μεταβολική δραστηριότητα) επηρεάζουν σε μικρότερο βαθμό την αποθηκευτική ζωή των προϊόντων αυτών, επομένως όταν το προϊόν έχει καλή αρχική ποιότητα και προστατεύεται από επιβλαβείς εξωτερικούς παράγοντες (π.χ. υγρασία), μπορεί να αποθηκευτεί για μεγάλο χρονικό διάστημα. Αντίθετα, τα φθαρτά προϊόντα, όπως τα οπωροκηπευτικά, συνεχίζουν μετά τη συγκομιδή τους να έχουν έντονη μεταβολική δραστηριότητα, η οποία προκαλεί πρόσθετες απώλειες, πέρα από αυτές που προκαλούνται από τους εξωγενείς παράγοντες (ασθένειες, έντομα κ.ά.).

Είναι φανερό λοιπόν ότι τα οπωροκηπευτικά προϊόντα χαρακτηρίζονται από περιορισμένη μετασυλλεκτική ζωή. Ενώ με την εφαρμογή της κατάλληλης μετασυλλεκτικής τεχνολογίας μπορούν να αποθηκευτούν ικανοποιητικά για κάποιο χρονικό διάστημα, υπάρχει ένα όριο πέρα από το οποίο δεν μπορούν να διατηρηθούν, γιατί η μάρανση/συρρίκνωση (απώλεια της σπαργής των κυττάρων) λόγω απώλειας νερού, η κατανάλωση αποθηκευμένων ουσιών (υδατάνθρακες κ.λπ.) και οι αλλαγές στη δομή λόγω μεταβολικών διεργασιών (π.χ. αποδόμηση πηκτινών), αναπνοής ή εκβλάστησης είναι τόσο μεγάλες, ώστε τα προϊόντα να καθίστανται ακατάλληλα για κατανάλωση. Αυτή η ενδογενώς καθορισμένη μετασυλλεκτική ζωή των νωπών οπωροκηπευτικών σχετίζεται στενά με τη φυσιολογική λειτουργία του φυτικού οργάνου και μπορεί να διαρκεί από λίγες ημέρες έως μερικούς μήνες ανάλογα με το είδος.

Έτσι, για την ελαχιστοποίηση των απωλειών των οπωροκηπευτικών απαιτείται η χρήση της κατάλληλης μετασυλλεκτικής τεχνολογίας, που στοχεύει στη διατήρηση της φυσικής και φυσιολογικής κατάστασης του προϊόντος, μέσω της διαμόρφωσης του κατάλληλου περιβάλλοντος αποθήκευσης, μεταφοράς και εμπορίας για το προϊόν. Προϋπόθεση για την εφαρμογή της, όμως, αποτελεί η επιλογή των προϊόντων που θα αποθηκευτούν, ανάλογα με την ωριμότητα και την ποιότητά τους, καθώς και προϊόντων απαλλαγμένων από ασθένειες και εχθρούς.

1.6 Η σημασία των μετασυλλεκτικών απωλειών

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, ο ορισμός της απώλειας δεν είναι απλός, αλλά εξαρτάται από το βαθμό κατά τον οποίο επηρεάζει το προϊόν και μπορεί να είναι απόλυτη (δηλ. το προϊόν δεν

καταναλώνεται και δεν χρησιμοποιείται πλέον) ή ποιοτική (δηλ. η απώλεια είναι οικονομική). Μολονότι υπάρχουν πολλές αναφορές στο μέγεθος των απωλειών κατά τη μετασυλλεκτική περίοδο, οι περισσότερες από αυτές βασίζονται σε απλές παρατηρήσεις και όχι σε επεξεργασμένα στοιχεία.

Το συμπέρασμα όμως που βγαίνει από τη μελέτη της βιβλιογραφίας είναι ότι οι απώλειες των οπωροκηπευτικών μετά τη συγκομιδή διαφέρουν πάρα πολύ και εξαρτώνται τόσο από προ- όσο και από μετα- συλλεκτικούς παράγοντες, όπως:

- την περιοχή της καλλιέργειας (π.χ. υψόμετρο, έδαφος κ.ά.),
- τις κλιματικές συνθήκες,
- την τεχνική της καλλιέργειας και την ποιότητα των προϊόντων κατά τη συγκομιδή,
- την εμπειρία του παραγωγού και του προσωπικού που πραγματοποιεί τους μετασυλλεκτικούς χειρισμούς,
- τη μετασυλλεκτική τεχνολογία που εφαρμόζεται (εγκαταστάσεις, εξοπλισμός, χειρισμοί),
- την απόσταση από την αγορά, και
- τη διάρκεια αποθήκευσης και εμπορίας του προϊόντος.

Σύμφωνα με έκθεση του Ο.Η.Ε. (FAO, 2012) οι ετήσιες απώλειες των παραγόμενων τροφίμων ανέρχονται σε 1,3 δις τόνους με οικονομική αξία 570 δις Ευρώ, δηλ. το 1/3 της παγκόσμιας παραγωγής και ποσό που αντιστοιχεί στο Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν της Ελβετίας. Πέρα από την οικονομική ζημιά, υπολογίζεται ότι η απώλεια των προϊόντων αυτών εκλύει 3,3 δις τόνους αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα του πλανήτη, ενώ ο όγκος νερού που χρησιμοποιείται για την καλλιέργεια προϊόντων που δεν καταναλώνονται είναι ίση με την ετήσια ροή του ποταμού Βόλγα στη Ρωσία.

Σε γενικές γραμμές, οι απώλειες των ευπαθών προϊόντων, όπως είναι τα οπωροκηπευτικά, είναι κατά πολύ υψηλότερες στις αναπτυσσόμενες, παρά στις ανεπτυγμένες χώρες (FAO, 1977, Kader, 2005). Το γεγονός αυτό είναι ιδιαίτερα ανησυχητικό για την ανθρωπότητα, γιατί σήμερα εκτιμάται ότι περίπου 870 εκατομμύρια άνθρωποι που αντιστοιχούν στο 12,5 % του συνολικού πληθυσμού της γης, έχουν ανεπαρκή θρέψη ή διατροφή, εκ των οποίων η συντριπτική πλειοψηφία (98 %) ζει σε αναπτυσσόμενες χώρες (FAO, 2012). Ακόμη όμως και στις ανεπτυγμένες χώρες, οι μετασυλλεκτικές απώλειες των οπωροκηπευτικών είναι υψηλές. Για παράδειγμα, σύμφωνα με τον Harvey (1978), στις Η.Π.Α. οι μετασυλλεκτικές απώλειες των οπωροκηπευτικών, από τη συγκομιδή ως τη μεταφορά στα σημεία λιανικής πώλησης, υπολογίστηκαν κατά μέσο όρο σε 12 %, όταν κατά τα στάδια της μεταφοράς, της εκφόρτωσης, της λιανικής πώλησης και της διαλογής από τον καταναλωτή για το έτος 1995 εκτιμήθηκαν σε 23 % για τα φρούτα και 25 % για τα λαχανικά (Kantor et al., 1997). Οι απώλειες διάφορων οπωροκηπευτικών στα διάφορα στάδια της εμπορίας τους στη Ν. Υόρκη των Η.Π.Α., παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.3 (Harvey, 1978).

Είδος	Απώλεια:			
	Χονδρική αγορά (%)	Λιανική αγορά (%)	Κατά την κατανάλωση (%)	Συνολικά (%)
Αγγούρια	-	5,0	2,9	7,9
Τομάτες (συσκευασμένες)	-	6,3	7,9	14,2
Μαρούλια (Iceberg)	4,1	4,6	7,1	15,8
Πιπεριές (τύπου φλάσκα)	7,1	9,2	1,4	17,7
Πατάτες	1,3	-	3,6	4,9
Γλυκοπατάτες	-	5,7	9,4	15,1
Φράουλες	5,9	4,9	18,0	22,9

Μήλα (Red Delicious)	0,2	0,2	1,5	1,7
Πορτοκάλια (Valencia)	1,3	1,2	2,0	3,2

Πίνακας 1.3 Οι απώλειες διαφόρων οπωροκηπευτικών συνολικά και στα διάφορα σημεία της μετασυλλεκτικής αλυσίδας στη Νέα Υόρκη (Από: Harvey, 1978).

Για την Ελλάδα δεν υπάρχουν επίσημα στοιχεία, αλλά εξαιτίας των κλιματικών συνθηκών, οι μετασυλλεκτικές απώλειες των οπωροκηπευτικών αναμένεται να είναι σημαντικές, ιδιαίτερα κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Ωστόσο, στη χώρα μας, όπως και σε πολλές περιοχές της γης, όπου η παραγωγή των οπωροκηπευτικών είναι σημαντική απασχόληση των αγροτών, είναι απαραίτητη η καταβολή προσπάθειών για τη βελτίωση της μετασυλλεκτικής τεχνολογίας, ώστε η ποιότητα του προϊόντος στο σημείο της συγκομιδής να διατηρείται σε όσο το δυνατό μεγαλύτερο βαθμό έως την κατανάλωση.

Βιβλιογραφία

- Dias, J. S. & Ryder, E. J. (2011). World vegetable industry: production, breeding, trends. *Hort. Rev.*, 38, 299-356.
- E.E. (2007). *European Commission Directorate-General for Agriculture and Rural Development*. [Διαθέσιμο στο διαδίκτυο]
http://ec.europa.eu/agriculture/analysis/tradepol/worldmarkets/fruitveg/072007_en.pdf.
- Elmadfa, L., Meyer, A., Nowak, V. et al. (2009). European Nutrition and Health Report 2009. *Forum Nutr.*, 62, 1-405.
- FAO [Food and Agriculture Organization of the United Nations] (1977). *Analysis of an FAO survey of post-harvest crop losses in developing countries*. Rome: AGPP Misc/27, FAO.
- FAO (1981). *Food loss prevention in perishable crops. Report of the FAO/U.N.E.P. expert consultation on the reduction of food losses in perishables of plant origin*. Rome: FAO.
- FAO (1989). *Prevention of post-harvest food losses: fruits, vegetables and root crops*. Rome: FAO Training Series: No. 17/2.
- FAO (2012). *The state of food insecurity in the world, 2012. Economic growth is necessary but not sufficient to accelerate reduction of hunger and malnutrition*. Rome: FAO.
- FAO (2013). *FAO Statistical Yearbook, 2013*. Rome: World Food and Agriculture, FAO.
- Harvey, J. M. (1978). Reduction of losses in fresh market fruits and vegetables. *Ann. Rev. Phytopathol.*, 16, 321-341.
- Kader, A. A. (2002). Fruits in the global market. In: Knee, M. (ed.) *Fruit quality and its biological basis*. Boca Raton, U.S.A.: CRC Press, pp. 1-16.
- Kader, A. A. (2005). Increasing food availability by reducing postharvest losses of fresh produce. *Acta Hort.*, 682, 2169-2176.
- Kantor, L. S., Lipton, K., Manchester, A. & Oliveira, V. (1997). Estimating and addressing America's food losses. *Food Rev.*, 20, 3-11.
- Kays, S. J. & Dias, J. S. (1995). Common names of commercially cultivated vegetables in 15 languages. *Econ. Bot.*, 49, 115-152.

- Πολυχρονάκης, Γ. (2014). *Η αφορά φρούτων και λαχανικών στην Ελλάδα. Παραγωγή, εισαγωγές, εξαγωγές, δομή*. Αθήνα: Incofruit (Hellas) – Σύνδεσμος Ελληνικών Επιχειρήσεων Εξαγωγής, Διακίνησης Φρούτων, Λαχανικών και Χυμών, 15 σελ.
- Στατιστική Υπηρεσία Υ.Π.Α.Α.Τ. (2015). *Στατιστικά δεδομένα. Χρονολογικές σειρές*. Διεύθυνση Αγροτικής Πολιτικής και Τεκμηρίωσης, Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων. [Διαθέσιμο στο διαδίκτυο] http://www.minagric.gr/greek/agro_pol/3.htm

Κεφάλαιο 2. Η ποιότητα των οπωροκηπευτικών

Σύνοψη

Στο κεφάλαιο αυτό αρχικά παρουσιάζεται η ταξινόμηση των οπωροκηπευτικών σε κατηγορίες, με βάση το φυτικό μέρος που συγκομίζεται και καταναλώνεται, οι οποίες σε μεγάλο βαθμό καθορίζουν τη μετασυλλεκτική φυσιολογία του προϊόντος και τους ενδεικνυόμενους χειρισμούς μετά τη συγκομιδή. Ακολούθως, δίνεται ο ορισμός της ποιότητας των οπωροκηπευτικών και παρουσιάζονται τα κριτήρια βάσει των οποίων αξιολογείται η ποιότητα των νωπών καρπών και κηπευτικών. Στο τρίτο μέρος γίνεται αναφορά στη χημική σύσταση των οπωροκηπευτικών και στο ρόλο του κάθε κύριου συστατικού στη διαμόρφωση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των προϊόντων αυτών.

Προαπαιτούμενη γνώση

Γνώσεις συστηματικής βοτανικής, δένδροκομίας, λαχανοκομίας, φυσιολογίας φυτών και βιοχημείας.

2.1 Ταξινόμηση των οπωροκηπευτικών

Η μετασυλλεκτική τεχνολογία των οπωροκηπευτικών συμπεριλαμβάνει χειρισμούς, μεθόδους και τεχνικές που πραγματοποιούνται μετά τη συλλογή του εμπορεύσιμου (εδώδιμου) μέρους του φυτού με σκοπό τη διατήρηση ή ακόμη, σε μερικές περιπτώσεις, και τη βελτίωση των χαρακτηριστικών εκείνων που προσδιορίζουν την ποιότητά του, σύμφωνα με τις προτιμήσεις των καταναλωτών. Ωστόσο, τα χαρακτηριστικά της ποιότητας των οπωροκηπευτικών και οι αλλαγές που συμβαίνουν σε αυτά κατά την περίοδο μετά τη συγκομιδή εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τη δομή και τη φύση του προϊόντος.

Για παράδειγμα, η μετασυλλεκτική συμπεριφορά των μερών των φυτών που λειτουργούν ως αποθηκευτικά όργανα (π.χ. βολβοί ή κόνδυλοι) είναι διαφορετική από άλλων οργάνων, όπως τα φύλλα ή οι καρποί. Συνεπώς, η μελέτη της μετασυλλεκτικής φυσιολογίας των οπωροκηπευτικών προϋποθέτει τη γνώση της ανατομίας και μορφολογίας τους. Πρέπει, επίσης, να ληφθεί υπόψη ότι όλα αυτά τα όργανα βρίσκονται σε δυναμική κατάσταση αλλαγής σε κυτταρικό και υποκυτταρικό επίπεδο, γεγονός που γίνεται πιο εμφανές μακροσκοπικά καθώς προχωρά η ωρίμανση ή γήρανση των οργάνων αυτών (π.χ. η αλλαγή του χρώματος και το μαλάκωμα που σχετίζεται με την ωρίμανση των καρπών).

Εφόσον το εύρος των φυτικών προϊόντων είναι τόσο μεγάλο, είναι απαραίτητο να υιοθετηθεί ένα σύστημα ταξινόμησης, προκειμένου να αναφερθούν με λεπτομέρειες οι φυσιολογικές αλλαγές που συμβαίνουν κατά τη διάρκεια της μετασυλλεκτικής περιόδου. Κριτήριο ταξινόμησης μπορεί να αποτελεί η φύση του φυτού ή οργάνου και η κατάταξη περιλαμβάνει τους καρπούς (δενδροκομικών και κηπευτικών ειδών), τα ακέραια φυτά, τα φυλλώδη λαχανικά και τα υπόγεια αποθησαυριστικά όργανα.

2.1.1 Καρποί

Σε αυτή την κατηγορία των οπωροκηπευτικών, το εδώδιμο μέρος του φυτού αποτελεί ο καρπός. Η δομή των καρπών διαφέρει ανάλογα με το είδος (βλέπε Κεφάλαιο 5). Ωστόσο, το σημαντικότερο χαρακτηριστικό τους, σε ότι αφορά τη μετασυλλεκτική τους συμπεριφορά, είναι ο τρόπος ωρίμανσης ο οποίος διαφέρει ανάλογα με το είδος ως εξής:

1. Νωποί καρποί που έχουν τη δυνατότητα να ωριμάζουν και μετά τη συγκομιδή τους, συνεπώς μπορούν να συγκομιστούν σε στάδιο πριν την πλήρη ωρίμανσή τους. Οι καρποί αυτοί ονομάζονται κλιμακτηριακοί και η περαιτέρω ωρίμανσή τους μπορεί να γίνει και κατά τη μετασυλλεκτική περίοδο (π.χ. μήλο, αχλάδι, ροδάκινο, βερίκοκο, αβοκάντο, τομάτα, μπανάνα).
2. Νωποί καρποί που δεν ολοκληρώνουν την ωρίμανσή τους μετά τη συγκομιδή, επομένως, πρέπει να συγκομιστούν σε στάδιο κατά το οποίο κάποια κρίσιμα χαρακτηριστικά τους θα

έχουν αποκτήσει ένα ελάχιστο επίπεδο τιμών (π.χ. περιεκτικότητα χυμού σε λεμόνι). Οι καρποί αυτοί ονομάζονται μη-κλιμακτηριακοί. Περισσότερες λεπτομέρειες για την κατάταξη αυτή των καρπών και την εμπορική σημασία της κατάταξης αυτής δίνονται στα κεφάλαια 3, 5 και 6.

3. Ξηροί καρποί (π.χ. φιστίκια, καρύδια, αμύγδαλα), το εδώδιμο μέρος των οποίων είναι τα σπέρματα (σπόροι), τα οποία συνήθως περιέχονται σε μη εδώδιμο ξυλώδες περίβλημα.

2.1.2 Ακέραια φυτά

Αφορά στη συλλογή ολόκληρων φυτών στα οποία διατηρούνται ο βλαστός και η ρίζα. Τυπικό παράδειγμα στην κατηγορία αυτή αποτελούν τα φύτρα (προβλαστημένοι σπόροι) της μηδικής και της βίγνας (mung bean) (Εικόνα 2.1Α). Υπάρχουν επίσης και περιπτώσεις στις οποίες, αν και συγκομίζονται ολόκληρα φυτά, καταναλώνεται μόνο ένα μέρος τους. Για παράδειγμα, μπορεί να συγκομίζονται ολόκληρα φυτά καρότων ή παντζαριών (Εικόνα 2.1Β) και να διανέμονται σε δεμάτια, αλλά να μην καταναλώνεται ως τροφή το φυλλώδες μέρος του φυτού, ειδικά του καρότου, παρά να χρησιμεύει για διακοσμητικούς σκοπούς. Παρόλα αυτά, οι μετασυλλεκτικοί χειρισμοί αφορούν ολόκληρα τα φυτά και όχι μόνο το μέρος του φυτού που καταναλώνεται.



Εικόνα 2.1 Φύτρα (προβλαστημένοι σπόροι) φασολιού (Α) και συγκομισμένα ολόκληρα φυτά παντζαριού (Β)

2.1.3 Φυλλώδη λαχανικά

Σε αυτή την κατηγορία υπάγονται λαχανικά των οποίων συγκομίζονται υπέργεια βλαστητικά μέρη, όπως:

- φύλλα: σπανάκι, ρόκα, κινέζικο λάχανο
- μίσχοι φύλλων: σέλινο
- βλαστοί-στελέχη: σπαράγγι
- ψευδοστελέχη με φύλλα: πράσο, χλωρό κρεμμυδάκι
- διογκωμένοι οφθαλμοί: λάχανο Βρυξελλών
- ανώριμες ταξιανθίες: κουνουπίδι, μπρόκολο, αγκινάρα
- βλαστοί με φύλλα: λάχανο, μαρούλι

Ταξινομούνται ως φυλλώδη διότι έχουν πολλά κοινά σε ότι αφορά τα τη μετασυλλεκτική τους συμπεριφορά και σε μεγάλο βαθμό απαιτούν όμοιους χειρισμούς μετά τη συγκομιδή.

2.1.4 Υπόγεια όργανα

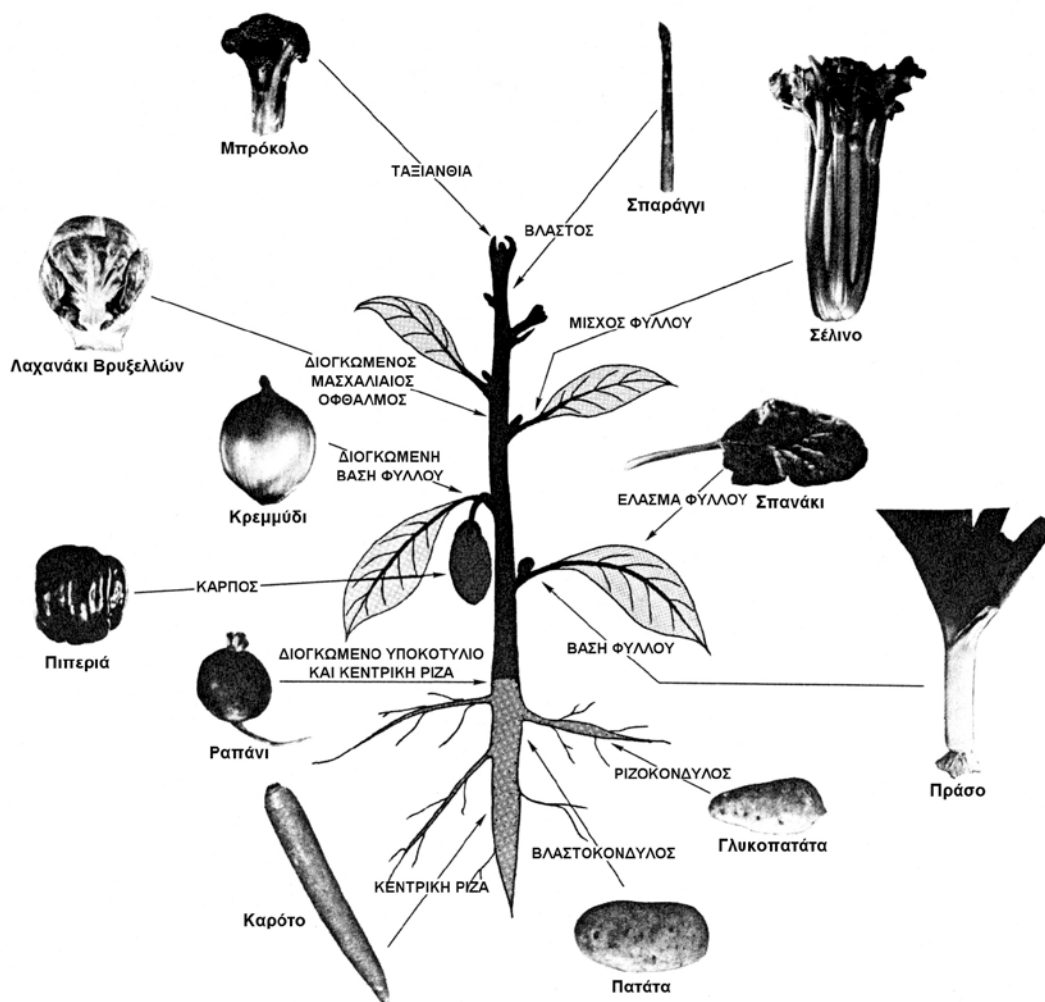
Μερικά από τα είδη των κηπευτικών, που καλλιεργούνται για τη διατροφή του ανθρώπου, σχηματίζουν υπόγεια αποθηκευτικά όργανα. Τα όργανα αυτά παρέχουν στο φυτό τη δυνατότητα να επιβιώνει όταν επικρατούν αντίξοες συνθήκες για την ανάπτυξή του και να συνεχίζει το βιολογικό του κύκλο, συνήθως αναβλαστάνοντας, όταν οι συνθήκες καθίστανται ευνοϊκές. Ενίοτε επίσης, λειτουργούν ως όργανα αγενούς πολλαπλασιασμού των φυτών. Συνήθως, τα αποθηκευτικά αυτά όργανα δεν έχουν χλωροφύλλη και οι υδατάνθρακες που παράγονται στο υπέργειο μέρος του φυτού κατά τη φωτοσύνθεση μεταφέρονται και συσσωρεύονται στο συγκεκριμένο όργανο κατά την ανάπτυξή του.

Τα εδώδιμα υπόγεια αποθηκευτικά όργανα των κηπευτικών μπορούν να ταξινομηθούν ως εξής:

- γογγυλόριζες (tap roots): καρότο, ραπάνι, παντζάρι, ρέβα, ριζοσέλινο, ριζώδης μαϊντανός
- ριζοκόνδυλοι (tuberous roots): γλυκοπατάτα
- βλαστοκόνδυλοι (tubers): πατάτα
- ριζώματα (rhizomes): πιπερόριζα (τζίντζερ)
- βολβοί (bulbs): κρεμμύδι, σκόρδο
- κόρμοι (corms): κολοκάσι

Σημειώνεται ότι η ταξινόμηση αυτή γίνεται με βάση το βοτανικό χαρακτήρα του υπόγειου οργάνου, αλλά δεν είναι απόλυτη. Για παράδειγμα, στο καρότο και στο ραπάνι, οι αποθηκευτικές ρίζες σχηματίζονται, όχι μόνο από τη ρίζα του φυτού, αλλά και από το υποκοτύλιο. Αντίστοιχα, οι βολβοί ουσιαστικά σχηματίζονται από τις διογκωμένες βάσεις των φύλλων (κολεοί) που αποτελούν τους αποθηκευτικούς ιστούς, τα οποία περιβάλλουν ένα μικρό δίσκο ή κώνο στη βάση τους που αποτελεί το υπανάπτυκτο στέλεχος του φυτού. Ο ριζοκόνδυλος της γλυκοπατάτας προέρχεται από την ανάπτυξη δευτερεύουσας ρίζας, ενώ τα ριζώματα, οι βλαστοκόνδυλοι (που αναπτύσσονται στις άκρες των στολώνων) και οι κόρμοι είναι υπόγειοι βλαστοί.

Όλα τα αποθηκευτικά όργανα που αναφέρθηκαν έχουν ένα χαρακτηριστικό κύκλο ανάπτυξης που περιλαμβάνει το στάδιο του λήθαργου και το στάδιο της αναβλάστησης (Passam & Alexopoulos, 2011). Η διάρκεια του λήθαργου των οργάνων αυτών καθορίζει σε μεγάλο βαθμό τη μετασυλλεκτική συμπεριφορά τους.



Εικόνα 2.2 Ταξινόμηση οπωροκηπευτικών σε σχέση με τα μέρη του φυτού από τα οποία προέρχονται (Βασισμένα στον Kays, 1991).

2.2. Ορισμός της ποιότητας

Η ποιότητα μπορεί να οριστεί ως:

το σύνολο των χαρακτηριστικών ενός προϊόντος που το ξεχωρίζει από ένα άλλο του ίδιου είδους και το οποίο καθορίζει τη ζήτηση και την αποδοχή του από τον καταναλωτή.

Τα κριτήρια της ποιότητας διαφέρουν πολύ ανάλογα με το είδος του προϊόντος, τον τρόπο κατανάλωσης και τις απαιτήσεις της αγοράς. Επιπρόσθετα, η αντίληψη για την ποιότητα διαφέρει μεταξύ ερευνητών, παραγωγών, πωλητών και καταναλωτών και εξαρτάται από τα κριτήρια που χρησιμοποιούνται κάθε φορά και από τους τρόπους εκτίμησης των κριτηρίων. Σήμερα, ο ορισμός της καλής ποιότητας ενός νωπού προϊόντος θα πρέπει να συνοδεύεται όχι μόνο από καλό βαθμό αποδοχής από τον καταναλωτή, αλλά και από κριτήρια που δεν είναι άμεσα αντιληπτά από τον καταναλωτή, όπως η εμφάνιση και η υφή και σχετίζονται με την υψηλή διαιτητική αξία του προϊόντος, καθώς και την απουσία ουσιών ή μικροοργανισμών επιβλαβών για την υγεία του καταναλωτή.

Υποβάθμιση της ποιότητας ενός προϊόντος μπορεί να προκληθεί από οποιοδήποτε συμβάν κατά τη διάρκεια της παραγωγής, της συγκομιδής, των χειρισμών, της αποθήκευσης και της εμπορίας του προϊόντος, το οποίο οδηγεί σε χαμηλότερη αποδοχή του από τον καταναλωτή ή μειώνει την προστιθέμενη αξία του. Η υποβάθμιση της ποιότητας συνεχίζεται ως το σημείο όπου πλέον το προϊόν δεν είναι κατάλληλο για ανθρώπινη κατανάλωση, παρόλο που μπορεί να έχει κάποια αξία για άλλη χρήση.

Ωστόσο, σε ορισμένες περιπτώσεις οι μετασυλλεκτικοί χειρισμοί μπορεί να έχουν ως σκοπό τη βελτίωση των ποιοτικών χαρακτηριστικών ενός προϊόντος, όπως μπορεί να συμβαίνει με τους καρπούς που ωριμάζουν μετά τη συγκομιδή (κλιμακτηριακοί καρποί), η συλλογή των οποίων μπορεί να γίνει σε στάδιο ανάπτυξης κατά το οποίο δεν έχουν συμβεί όλες εκείνες οι μεταβολές που τους καθιστούν αποδεκτούς από τους καταναλωτές. Για παράδειγμα, η μπανάνα και η τομάτα πολλές φορές συλλέγονται σε στάδιο ανάπτυξης κατά το οποίο δεν έχει αναπτυχθεί πλήρως το χρώμα (κίτρινο και κόκκινο, αντίστοιχα), που αποτελεί σημαντικό ποιοτικό κριτήριο για την αποδοχή τους από τους καταναλωτές. Παρόλα αυτά, πρέπει να σημειωθεί ότι η βελτίωση της ποιότητας ενός προϊόντος μετά τη συγκομιδή του με την εφαρμογή κατάλληλων μετασυλλεκτικών χειρισμών υπολείπεται συνήθως της ποιότητας που θα είχε το προϊόν εάν είχε ωριμάσει πριν τη συγκομιδή του.

2.3 Κριτήρια ποιότητας

Στην Ευρώπη και τη Β. Αμερική σχεδόν όλα τα αγροτικά προϊόντα διακινούνται με βάση επίσημα κριτήρια ποιότητας, που έχουν καθιερωθεί από την κοινή αγροτική πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης ή από την ομοσπονδιακή ή πολιτειακή νομοθεσία των Η.Π.Α. Οι κύριοι λόγοι για τη θέσπιση αυτών των κριτηρίων είναι:

1. Η διευκόλυνση της εμπορίας των προϊόντων με την υιοθέτηση κοινής ορολογίας από τον παραγωγό, τον συσκευαστή, τον πωλητή χονδρικής, τον πωλητή λιανικής και τον καταναλωτή.
2. Η παροχή βάσης για διαπραγμάτευση μεταξύ πωλητή και αγοραστή.
3. Η κοστολόγηση με βάση σταθερά κριτήρια στην αγορά.
4. Η διευκόλυνση διατίμησης των προϊόντων, η οποία γίνεται με βάση καθορισμένες κατηγορίες ποιότητας και συσκευασίας.
5. Η παροχή μιας βάσης για τη χρηματοδότηση της βιομηχανίας. Εδώ τα σταθερά κριτήρια είναι απαραίτητα για τον καθορισμό της αξίας.

Η επιθυμία για την ύπαρξη επίσημων ποιοτικών κριτηρίων για τα αγροτικά προϊόντα προήλθε πολύ καιρό πριν την εισαγωγή των επίσημων κανόνων της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Από τα ρωμαϊκά χρόνια μάλιστα, ο αυτοκράτορας Διοκλητιανός (284-305 μ.Χ.) καθιέρωσε κριτήρια ποιότητας για ορισμένα αγαθά διατροφής. Αργότερα, παραγωγοί και έμποροι προσπάθησαν να διαμορφώσουν μια μορφή κώδικα κριτηρίων συμπεριλαμβανομένης της χρήσης εμπορικών σημάτων (σήματα κατατεθέντα) ή ειδικών ετικετών, ώστε να προάγουν τη φήμη των προϊόντων τους. Στις ημέρες μας, με τη ραγδαία επέκταση και εξέλιξη του εμπορίου και των μέσων τηλεπικοινωνίας και μεταφοράς παγκοσμίως, η ανάγκη για καθιέρωση διεθνών κριτηρίων είναι επιβεβλημένη έτσι ώστε, για παράδειγμα, ένας εξαγωγέας από την Αφρική ή την Ασία να γνωρίζει και να ακολουθεί τα ποιοτικά κριτήρια, τις συσκευασίες και το διαχωρισμό σε μεγέθη που απαιτούνται από την ευρωπαϊκή αγορά, με σκοπό, εφόσον έχουν τηρηθεί τα κριτήρια αυτά, να μην απαιτείται από τον αγοραστή να επιθεωρήσει το εμπόρευμα πριν την αγορά του.

Η συμμόρφωση με τα κριτήρια ποιότητας μπορεί να είναι προαιρετική ή υποχρεωτική, ανάλογα με τον οργανισμό που τα καθιερώνει και το επίσημο καθεστώς του οργανισμού αυτού. Γενικά, τα περισσότερα κριτήρια ποιότητας που έχουν καθιερωθεί και υιοθετούνται από κυβερνητικούς οργανισμούς είναι υποχρεωτικά. Η συμμόρφωση με αυτά έχει καθοριστική σημασία στην περίπτωση αγαθών που εξάγονται από μια χώρα ή μια πολιτεία σε άλλη.

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, τα οπωροκηπευτικά αξιολογούνται και κατηγοριοποιούνται ανάλογα με τα κριτήρια που πληρούν. Σύμφωνα με τον κανονισμό 543/2011 της Ευρωπαϊκής Επιτροπής της 7ης Ιουνίου 2011 (Ε.Ε., 2011), θεσπίζονται οι κανόνες εφαρμογής του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 1234/2007 του Ευρωπαϊκού Συμβουλίου που αφορά τη διακίνηση των νωπών και μεταποιημένων οπωροκηπευτικών και τίθενται τα κριτήρια για την ταξινόμησή τους σε κατηγορίες ποιότητας. Κάθε κατηγορία καθορίζεται από διάφορες απαιτήσεις που αφορούν το μέγεθος, την καθαριότητα και την απουσία ξένων προσμίξεων. Η ομοιομορφία στο μέγεθος έχει μεγάλη σημασία. Επιπρόσθετα, υπάρχουν και άλλοι κανόνες που σχετίζονται με τη συσκευασία και την εμφάνιση του προϊόντος. Η κατηγορία (κλάση) του προϊόντος υποδεικνύει τη συνολική του ποιότητα και κατά

συνέπεια την αξία του. Η πρώτη κλάση, ή "Εξτρα" κλάση, αντιστοιχεί στην καλύτερη ποιότητα και υπαγορεύει την υψηλότερη κοστολόγηση.

Ωστόσο, θα πρέπει να σημειωθεί ότι, σύμφωνα με τον κανονισμό 543/2011 της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, η κατάταξη των οπωροκηπευτικών σε κατηγορίες ποιότητας δεν συμπεριλαμβάνει σημαντικά ποιοτικά χαρακτηριστικά αυτών, όπως είναι η θρεπτική αξία, η γεύση και το άρωμα.

2.4 Η αξιολόγηση της ποιότητας

Η εκτίμηση της ποιότητας ενός προϊόντος από τον καταναλωτή αποτελεί μια πολύ υποκειμενική διαδικασία. Συνήθως γίνεται με βάση την εμφάνιση (το προϊόν εμφανίζεται υγιές, έχει καλή εμφάνιση και κατάλληλο μέγεθος, σχήμα), την επαφή ή/και την πίεση (προσδιορίζεται η υφή και ο βαθμός ωρίμανσης) και το άρωμα (ιδιαίτερα στα φρούτα). Η γεύση συνήθως δεν παίζει ρόλο στην εκτίμηση της ποιότητας των προϊόντων κατά την αγορά τους, αλλά πιθανά επηρεάζει μετά την κατανάλωσή τους την μετέπειτα συμπεριφορά του καταναλωτή, δηλ. αν θα αγοράσει πάλι ή όχι το ίδιο προϊόν ή προϊόντα με την ίδια ετικέτα. Όλα αυτά τα χαρακτηριστικά αξιολογούνται από τον καταναλωτή σε σχέση με την τιμή και το σκοπό για τον οποίο αγοράζεται το προϊόν, π.χ. οι τομάτες για νωπή χρήση σε σαλάτες πρέπει να είναι συμπαγείς, ενώ οι τομάτες που καταναλώνονται μαγειρεμένες μπορούν να είναι πιο ώριμες και μαλακές, αλλά σε αυτή τη περίπτωση η τιμή αναμένεται να είναι χαμηλότερη.

Συνήθως, η ποιότητα και η αποδοχή ενός συγκεκριμένου προϊόντος από τον καταναλωτή δεν καθορίζονται από όλα τα χαρακτηριστικά του, αλλά προσδιορίζονται από ένα ή δύο χαρακτηριστικά, όπως είναι το μέγεθος, το σχήμα, το χρώμα και η στιλπνότητα, η γεύση, το άρωμα, η υφή κ.ά.

2.4.1 Μέγεθος

Το μέγεθος του προϊόντος μπορεί να επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό την αποδοχή του από τους καταναλωτές. Για τα περισσότερα προϊόντα υπάρχουν καθορισμένες κατηγορίες, στις οποίες γίνεται διαχωρισμός με βάση το μέγεθός τους. Η προτίμηση για κάποιο μέγεθος ποικίλλει ανάλογα με την αγορά και τον τρόπο κατανάλωσης του προϊόντος. Για παράδειγμα, υπάρχει μια παραδοσιακή προτίμηση για τομάτες μικρών μεγεθών (100-150 g) στη Βρετανία, ενώ στην Ελλάδα προτιμώνται μεγαλύτερα μεγέθη (>200 g), ο μικρός αρακάς θεωρείται υψηλότερης ποιότητας από το μεγάλο κ.ά.

2.4.2 Σχήμα

Για τα περισσότερα προϊόντα προτιμάται ένα συγκεκριμένο χαρακτηριστικό σχήμα, το οποίο επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από την ποικιλία και από τις συνθήκες της καλλιέργειας. Η εμπορική αξία του προϊόντος μπορεί να επηρεαστεί από το σχήμα του, π.χ. οι καρποί των ποικιλιών μελιτζάνας με επίμηκες σχήμα μπορούν να πουληθούν σε υψηλότερη τιμή σε σχέση τους καρπούς με σφαιρικό σχήμα. Οι παραμορφωμένοι καρποί συνήθως κατατάσσονται ως μη εμπορεύσιμοι. Αντίστοιχα, οι ρίζες, όπως τα καρότα, η παστινάκα και τα παντζάρια δεν πρέπει να είναι παραμορφωμένες, κάτι που μπορεί να οφείλεται σε ανώμαλη ανάπτυξη λόγω δυσμενών συνθηκών κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου.

2.4.3 Χρώμα και στιλπνότητα

Το χρώμα έχει μεγάλη σημασία για τον καθορισμό της ποιότητας του προϊόντος και σε πολλές περιπτώσεις αποτελεί το πιο σημαντικό ποιοτικό κριτήριο. Στα περισσότερα φρούτα (π.χ. πορτοκάλια, ροδάκινα, μήλα) καθώς και σε καρποδοτικά λαχανικά (π.χ. τομάτα, πιπεριά, μελιτζάνα), το χρώμα έχει κυρίαρχη σημασία στον προσδιορισμό της ποιότητας από τον καταναλωτή, ενώ οι εξαιρέσεις είναι ελάχιστες (π.χ. ακτινίδια, ανανάς). Αποτελεί επίσης σημαντικό ποιοτικό κριτήριο για τα φυλλώδη λαχανικά (π.χ. λάχανο, μαρούλι), στα οποία το πράσινο χρώμα αντανάκλα τη φρεσκάδα του προϊόντος, όπως επίσης και για τις ρίζες (π.χ. παντζάρι, καρότο). Πέρα από τη γενική αποδοχή των καταναλωτών, η προτίμηση ως προς το χρώμα και την στιλπνότητα μπορεί να διαφέρει ανάλογα με την αγορά προορισμού του προϊόντος. Για παράδειγμα στην Ευρώπη προτιμώνται καρποί αβοκάντο με πράσινο χρώμα και λείο, στιλπνό φλοιό (π.χ. των ποικιλιών Fuerte, Pinkerton), ενώ στην αμερικανική αγορά προτιμώνται καρποί με ιώδες χρώμα και τραχύ φλοιό (π.χ. της ποικιλίας Hass).

Η απουσία του χρώματος μπορεί να είναι και αυτή σημαντική. Για παράδειγμα, οι μίσχοι του σέλινου και τα φύλλα του ραδικιού witloof (*Cichorium intybus* L.) πρέπει να είναι άχρωμα (για το λόγο αυτό ακολουθούνται τεχνικές για τη «λεύκανσή» τους), ενώ στην πατάτα το πρασίνισμα των κονδύλων αποτελεί αρνητικό ποιοτικό χαρακτηριστικό. Εκτός από το χαρακτηριστικό χρώμα τους, πολλοί καρποί (π.χ. πιπεριά, μελιτζάνα) αποκτούν μια χαρακτηριστική στιλπνότητα στο στάδιο της εμπορικής ωριμότητάς τους, η οποία μπορεί να συμβάλει σημαντικά στην αύξηση της ζήτησής τους, καθώς και στον προσδιορισμό του πιο κατάλληλου σταδίου για συγκομιδή, γιατί στα είδη αυτά των καρπών δεν παρατηρείται κάποια ιδιαίτερη αλλαγή στο χρώμα κατά την ωρίμανσή τους μετά τη συγκομιδή.

Το χρώμα του προϊόντος συχνά αντανακλά την υγιεινή κατάστασή του. Γενικότερα, διαταραχές της φυσιολογίας του προϊόντος (π.χ. ανισόρροπη θρέψη), περιβαλλοντικοί παράγοντες (συνθήκες ανάπτυξης), καθώς και η παρουσία χρώματος, χημικών υπολειμμάτων, μετασυσσλεκτικών τραυματισμών (κρουοτραυματισμοί, μηχανικοί τραυματισμοί) και μολύνσεων, αποτελούν στο σύνολό τους παράγοντες που προκαλούν ανεπιθύμητες αλλαγές στο χρώμα και, συνεπώς, οδηγούν σε υποβάθμιση της ποιότητας του προϊόντος και μείωση της εμπορικής του αξίας.

2.4.4 Γεύση

Κάθε προϊόν έχει τη δική του χαρακτηριστική γεύση που συντελεί στη διαμόρφωση της προτίμησης του καταναλωτή. Η απαιτούμενη γεύση ποικίλλει ανάλογα με την καταναλωτική αγορά και, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, επηρεάζει τη στάση του καταναλωτή απέναντι στο προϊόν μετά την πρώτη φορά που θα καταναλωθεί. Στη διαμόρφωση της γεύσης ενός προϊόντος μπορούν να συμβάλλουν προσυλλεκτικοί και μετασυσσλεκτικοί παράγοντες. Για παράδειγμα, οι περιβαλλοντικές συνθήκες που επικράτησαν, η λίπανση και η άρδευση που εφαρμόστηκαν πριν τη συγκομιδή, καθώς και η ωριμότητα κατά τη συγκομιδή επηρεάζουν τη γεύση του προϊόντος (π.χ. οι καρποί της μελιτζάνας και του αγγουριού αποκτούν πικρή γεύση σε συνθήκες έλλειψης νερού). Επιπρόσθετα, η γεύση μπορεί να επηρεαστεί και από τραυματισμούς ή μη ευνοϊκές συνθήκες αποθήκευσης, π.χ. κρουοτραυματισμοί ή ανεπαρκής συγκέντρωση οξυγόνου στην ατμόσφαιρα της αποθήκευσης μπορεί να οδηγήσουν σε αλλοίωση της γεύσης.

Για το λόγο αυτό, η συγκέντρωση των ολικών διαλυτών στερεών, που παρουσιάζουν καλή συσχέτιση με το περιεχόμενο σε σάκχαρα, και η τιτλοδοτούμενη οξύτητα αποτελούν βασικά κριτήρια για την ποιοτική κατάταξη πολλών καρπών (π.χ. τομάτα, μήλο, αχλάδι) ως προς τα οργανοληπτικά τους χαρακτηριστικά. Στον Πίνακα 2.1 παρουσιάζεται η σχέση της αναλογίας σακχάρων-οξέων με τη γεύση των ώριμων καρπών τομάτας.

Τιτλοδοτούμενη οξύτητα	Σάκχαρα (ολικά διαλυτά στερεά)	
	Υψηλά	Χαμηλά
Υψηλή	Γευστικά καλοί	Με όξινη γεύση
Χαμηλή	Γλυκοί αλλά άνοστοι	Άγευστοι

Πίνακας 2.1 Η γεύση των καρπών της τομάτας σε σχέση με την αναλογία των περιεχόμενων σακχάρων - οξέων (Από: Kader et al., 1978).

2.4.5 Άρωμα

Το άρωμα είναι ένα ποιοτικό χαρακτηριστικό που σχετίζεται κυρίως με τους καρπούς. Ιδιαίτερη σημασία αποδίδεται από τους καταναλωτές στο άρωμα όταν πρόκειται για την επιλογή φρούτων (π.χ. μήλα, πεπόνια κ.ά.). Από την άλλη μεριά, τα λαχανικά συχνά έχουν μια τυπική οσμή, η ένταση της οποίας αποτελεί μια ένδειξη για τη φρεσκάδα και την ποιότητα του προϊόντος. Όμως, μετά τη συγκομιδή είναι πιθανό να αναπτυχθούν ανεπιθύμητες οσμές (off odours) οι οποίες σχετίζονται με υποβάθμιση της ποιότητας. Για παράδειγμα, το λάχανο, το κουνουπίδι και το μπρόκολο παράγουν

ιδιαίτερα δυσάρεστες οσμές όταν εκτεθούν σε υψηλή θερμοκρασία ή όταν αποθηκευτούν σε συνθήκες έλλειψης O_2 . Τα ριζώδη (π.χ. πατάτες, καρότα κ.ά.) τείνουν να αναπτύσσουν χαρακτηριστικά δυσάρεστες οσμές ως αντίδραση σε ακατάλληλες συνθήκες αποθήκευσης ή όταν σαπίζουν λόγω εκτεταμένης προσβολής από παθογόνα. Η συντήρηση των καρπών σε ακατάλληλη ατμόσφαιρα (υψηλά επίπεδα CO_2 και χαμηλά επίπεδα O_2) μπορεί να οδηγήσει σε αναερόβια αναπνοή με αποτέλεσμα την έκλυση πτητικών ουσιών που προσδίδουν δυσάρεστη οσμή στους καρπούς ή την μη καλή ανάπτυξη του αρώματος μετά τη συντήρησή τους. Η συντήρηση ελαιωδών καρπών (αβοκάντο, ελιές, ξηροί καρποί) σε συνθήκες που ευνοούν την οξείδωση των λιπιδίων, όπως είναι υψηλά επίπεδα θερμοκρασίας, υγρασίας και O_2 , οδηγεί σε ανεπιθύμητες οσμές που χαρακτηρίζονται ως τάγγισμα.

2.4.6 Υφή

Η εξωτερική υφή του προϊόντος εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως είναι ο γονότυπος (ποικιλία), ο βαθμός ωριμότητας (κυρίως σε καρπούς), η φρεσκάδα και η περιεκτικότητα σε νερό (φυλλώδη λαχανικά, ρίζες, βολβοί και κόνδυλοι). Η εσωτερική υφή χαρακτηρίζεται από τη σκληρότητα, το κολλώδες, την ελαστικότητα, το χυμώδες κ.ά. Σε γενικές γραμμές, η απώλεια νερού επιδρά καθοριστικά στην υποβάθμιση της ποιότητας των φυλλωδών λαχανικών λόγω της αλλαγής της εξωτερικής υφής τους, κάτι που είναι αποτέλεσμα της απώλειας της σπαργής των κυττάρων (μαρασμός). Το μαλάκωμα των καρπών, των ριζών, των κονδύλων και των βολβών που προκαλεί υποβάθμιση της ποιότητάς τους επηρεάζεται τόσο από την απώλεια νερού όσο και από μεταβολικές αλλαγές που συμβαίνουν στα κυτταρικά τοιχώματα των ιστών. Ο καθορισμός της ποιότητας ενός προϊόντος με βάση την υφή του εξαρτάται από πολλούς παράγοντες και ποικίλλει ανάλογα με το προϊόν. Για παράδειγμα, η ποιότητα των πράσινων λοβών του φασολιού και των σπαραγγιών επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από την παρουσία ινών.

2.4.7 Άλλα ιδιαίτερα ποιοτικά χαρακτηριστικά

Η εμπορική αξία κάποιων οπωροκηπευτικών προϊόντων επηρεάζεται σημαντικά από ιδιαίτερες απαιτήσεις των καταναλωτών, όπως για παράδειγμα είναι η απουσία σπερμάτων στους καρπούς. Έτσι, προϊόντα όπως τα σταφύλια (π.χ. ποικιλία Σουλτανίνα) ή τα μανταρίνια (π.χ. ποικιλία Κλημεντίνη) τυγχάνουν ιδιαίτερης προτίμησης από κάποιους καταναλωτές λόγω της απουσίας σπερμάτων. Αυτό το ποιοτικό χαρακτηριστικό συνήθως καθορίζεται από την ποικιλία, αλλά σε κάποιες περιπτώσεις μπορεί να επηρεαστεί και από την εφαρμοζόμενη καλλιεργητική τεχνική, όπως για παράδειγμα την επιλογή κατάλληλης επικονιάστριας ποικιλίας για την παραγωγή καρπουζιών με λίγα ή και χωρίς σπέρματα. Άλλα παραδείγματα αποτελούν η ευκολία απομάκρυνσης της φλούδας στα μανταρίνια, η ευκολία αποχωρισμού του πυρήνα από τη σάρκα (π.χ. ελιές, πυρηνόκαρπα) και το ποσοστό ανοιχτών καρπών στα φιστίκια. Αυτές οι ιδιαιτερότητες όμως σχετίζονται συνήθως με ποικιλίες οι οποίες και προτιμώνται για συγκεκριμένη χρήση (π.χ. τα ροδάκινα πλακέ ή ντόνατς προτιμώνται για κατανάλωση από μικρά παιδιά στα σχολεία στις Η.Π.Α. σε σχέση με τα ροδάκινα σφαιρικού σχήματος).

2.4.8 Θρεπτική αξία

Τα οπωροκηπευτικά είναι γνωστά για την ιδιαίτερη διαιτητική τους αξία λόγω της χημικής τους σύστασης, η οποία χαρακτηρίζεται σε γενικές γραμμές από χαμηλή συγκέντρωση υδατανθράκων, με εξαίρεση υπόγεια αποθησαυριστικά όργανα (π.χ. κόνδυλοι πατάτας, ριζοκόνδυλοι γλυκοπατάτας). Αντίθετα, αποτελούν καλή πηγή φυτικών ινών, βιταμινών, ανόργανων αλάτων (π.χ. καλίου, σιδήρου, μαγνησίου) και ουσιών με φαρμακευτικές και αντιοξειδωτικές ιδιότητες (π.χ. φαινολικές ενώσεις). Αν και αυτό το ποιοτικό χαρακτηριστικό είναι σημαντικό, οι καταναλωτές δεν είναι σε θέση να το εκτιμήσουν και μέχρι σήμερα δεν απέδιδαν σε αυτό ιδιαίτερη σημασία κατά την επιλογή των προϊόντων. Σήμερα όμως, με την αυξανόμενη τάση ενημέρωσης των καταναλωτών, η αναγραφή της διαιτητικής αξίας του προϊόντος στη συσκευασία του, προσδίδει μεγαλύτερη αξία στο προϊόν. Επιπρόσθετα, τα τελευταία χρόνια συντάσσονται κανονισμοί που επιτρέπουν την αναγραφή στις ετικέτες των συσκευασμένων οπωροκηπευτικών «ειδικών ισχυρισμών» σχετικά με την υγεία των καταναλωτών, για συγκεκριμένα συστατικά, ανάλογα με τη συγκέντρωσή τους σε διάφορα

οπωροκηπευτικά. Για παράδειγμα, ο ισχυρισμός ότι το λινελαϊκό οξύ συμβάλλει στη διατήρηση των φυσιολογικών επιπέδων χοληστερόλης στο αίμα, μπορεί να αναγράφεται μόνο σε οπωροκηπευτικά (π.χ. καρύδια, ελιές) που περιέχουν τουλάχιστον 1,5 g λινελαϊκού οξέος ανά 100 g (Ε.Ε., 2012).

2.4.9 Προστασία της υγείας του καταναλωτή

Η προστασία της υγείας του καταναλωτή αποτελεί ένα πολύ σημαντικό ποιοτικό χαρακτηριστικό και για τα οπωροκηπευτικά. Ουσίες που μπορεί να προκαλέσουν προβλήματα στην υγεία των καταναλωτών και μπορεί να είναι παρούσες σε οπωροκηπευτικά είναι υπολείμματα φυτοφαρμάκων που χρησιμοποιούνται κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου ή κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης, μυκοτοξίνες (τοξικές ουσίες που παράγονται από κάποιους μύκητες), άλλες ουσίες με τοξική δράση στον ανθρώπινο οργανισμό (π.χ. σολανίνη στην πατάτα), νιτρικά (συνήθως σε φυλλώδη λαχανικά) και βαρέα μέταλλα. Επιπρόσθετα, μεγάλη σημασία δίνεται στην απουσία μικροβίων που μπορεί να προκαλέσουν ασθένειες στον άνθρωπο (ιδιαίτερα στα ελάχιστα μεταποιημένα οπωροκηπευτικά, όπως οι κομμένες σαλάτες και φρουτοσαλάτες), η παρουσία των οποίων οφείλεται στην μη τήρηση των κανόνων υγιεινής τόσο κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου όσο και κατά τη διάρκεια της μεταποίησης και της αποθήκευσης.

Πρόκειται για ένα ποιοτικό χαρακτηριστικό στο οποίο αποδίδεται μεγάλη σημασία όταν πρόκειται για προϊόντα που πρόκειται να εξαχθούν, αλλά η εκτίμησή του από τους καταναλωτές, πριν από την επιλογή του προϊόντος, μπορεί να γίνει με μεγάλη δυσκολία. Ωστόσο, η μεγάλη σημασία που αποδίδουν σε αυτό όλο και περισσότεροι καταναλωτές, έχει οδηγήσει στην πραγματοποίηση συστηματικών ελέγχων από αρμόδιους φορείς. Επιπρόσθετα, πολλοί καταναλωτές για να αποφύγουν ή να περιορίσουν την έκθεσή τους σε αυτό τον κίνδυνο επιλέγουν την κατανάλωση προϊόντων πιστοποιημένης ή ακόμη και οργανικής (βιολογικής) γεωργίας.

2.5 Σύσταση των οπωροκηπευτικών

Η αξιολόγηση της ποιότητας των προϊόντων με βάση τη χημική σύσταση δειγμάτων τους χρησιμοποιείται ευρέως. Κύριο συστατικό των περισσότερων καρπών και κηπευτικών είναι το νερό που κυμαίνεται συνήθως σε επίπεδα υψηλότερα από 80% του νωπού βάρους τους (με εξαίρεση τους ξηρούς καρπούς). Το υπόλοιπο ποσοστό της σύστασής τους αποτελείται από διάφορες ομάδες ουσιών, των οποίων η ύπαρξη και η συγκέντρωσή διαφέρει σημαντικά μεταξύ των διαφόρων ειδών. Τα συστατικά αυτά επηρεάζουν τόσο τα προαναφερθέντα χαρακτηριστικά ποιότητας του προϊόντος (π.χ. η γεύση των περισσότερων οπωροκηπευτικών καθορίζεται από το περιεχόμενό τους σε υδατάνθρακες και οργανικά οξέα) όσο και τη μετασυλλεκτική συμπεριφορά του.

2.5.1 Υδατάνθρακες

Οι περισσότεροι από τους φυτικούς ιστούς έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες που ανέρχεται στο 50-80% της συνολικής ξηράς ουσίας τους. Οι υδατάνθρακες αποτελούν σημαντική πηγή ενέργειας για τους φυτικούς ιστούς (τα σάκχαρα αποτελούν βασικά αναπνευστικά υποστρώματα) καθώς και τη βάση της δομής των κυττάρων (τα κυτταρικά τοιχώματα αποτελούνται από πολυσακχαρίτες - πηκτίνες, ημικυτταρίνες και κυτταρίνες). Επιπρόσθετα, οι υδατάνθρακες, και ιδιαίτερα τα διαλυτά σάκχαρα με τη γλυκιά τους γεύση, συμβάλλουν σημαντικά στη γεύση των οπωροκηπευτικών. Με βάση το βαθμό του πολυμερισμού τους, οι υδατάνθρακες διακρίνονται σε μονοσακχαρίτες (δεν μπορούν να διασπαστούν σε απλούστερα σάκχαρα και περιέχουν από 3 ως 8 άτομα άνθρακα π.χ. ξυλόζη, αραβινόζη, γλυκόζη, φρουκτόζη, γαλακτόζη κ.ά.), ολιγοσακχαρίτες (περιέχουν δύο ως έξι μόρια μονοσακχαριτών, π.χ. δισακχαρίτες – σακχαρόζη, μαλτόζη, τρισακχαρίτες – ραφφινόζη κ.ά.) και πολυσακχαρίτες (π.χ. κυτταρίνη, άμυλο, ημικυτταρίνες, πηκτινικές ενώσεις). Οι μονοσακχαρίτες και οι ολιγοσακχαρίτες είναι υδατοδιαλυτοί και συνιστούν τα ολικά διαλυτά σάκχαρα ενός προϊόντος.

Οι κύριοι υδατάνθρακες στα οπωροκηπευτικά κατατάσσονται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες: στους διαλυτούς, στους αποθησαυριστικούς και στους δομικούς. Οι διαλυτοί (υδατοδιαλυτοί ή απλοί) υδατάνθρακες αποτελούνται από μονοσακχαρίτες και ολιγοσακχαρίτες και επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό την γεύση και την συντηρησιμότητα των προϊόντων. Από αυτούς, η σακχαρόζη

αποτελεί την κυριότερη μορφή μεταφοράς των υδατανθράκων εντός του φυτού. Ο κυριότερος αποθησαυριστικός υδατάνθρακας είναι το άμυλο. Στους φωτοσυνθετικούς ιστούς το άμυλο αποθηκεύεται παροδικά εντός των χλωροπλάστων, λειτουργώντας ως προσωρινή αποθήκη υδατανθράκων όταν η παραγωγή σακχάρων από τη φωτοσύνθεση ξεπερνά τις ανάγκες του φυτού. Σε περιόδους μειωμένης φωτοσυνθετικής δραστηριότητας ή υψηλών αναγκών των φυτών σε σάκχαρα, πραγματοποιείται αποδόμηση του αμύλου σε διαλυτά σάκχαρα. Αντίθετα, στους αποθησαυριστικούς ιστούς το άμυλο απαντάται εντός των αμυλοπλάστων. Οι δομικοί υδατάνθρακες (π.χ. ημικυτταρίνη, κυτταρίνη, πηκτίνες) συμβάλλουν στη σύνθεση των φυτικών ινών και ο ρόλος τους σχετίζεται με τη δομή και λειτουργία των κυτταρικών τοιχωμάτων (περιγράφεται αναλυτικά στο Κεφάλαιο 3).

2.5.2 Πρωτεΐνες και αμινοξέα

Το περιεχόμενο των καρπών και λαχανικών σε πρωτεΐνες είναι συνήθως μικρότερο του 1% του νωπού βάρους τους. Αντίθετα, η περιεκτικότητα των ανώριμων λοβών των ψυχανθών (π.χ. κουκί, φασολάκι, βίγνα-αμπελοφάσουλο, δόλιχος) σε πρωτεΐνες είναι υψηλότερη, λόγω της παρουσίας των ανώριμων σπερμάτων (σπόρων), τα οποία αποτελούν σημαντικές πηγές πρωτεϊνών (οι ώριμοι σπόροι των ψυχανθών - όσπρια - περιέχουν 15-30% πρωτεΐνες επί του νωπού βάρους τους). Οι ξηροί καρποί αποτελούν πηγή πρωτεϊνών υψηλής διατροφικής αξίας. Επιπρόσθετα, υψηλής διατροφικής αξίας θεωρούνται και οι πρωτεΐνες που περιέχονται σε υπόγεια αποθησαυριστικά όργανα (π.χ. πατάτα).

Στους καρπούς και τα λαχανικά υπάρχουν επίσης ελεύθερα αμινοξέα (π.χ. ασπαρτικό οξύ, ασπαράγινη, προλίνη, κυστεΐνη, λυσίνη, α- και β-αλανίνη), με τη συγκέντρωσή τους να αλλάζει κατά την ανάπτυξη και ωρίμανσή τους, ανάλογα με το φυτικό είδος. Η προλίνη αποτελεί περισσότερο από το 50% των ελεύθερων αμινοξέων στα πορτοκάλια (π.χ. ποικιλία Βαλέντσια), ενώ υψηλή είναι η συγκέντρωσή της και στα αχλάδια. Στα σταφύλια επικρατούν το γλουταμινικό οξύ και η αργινίνη, με τη σύνθεση των αμινοξέων να παρατηρείται κατά τις τελευταίες 6-8 εβδομάδες της ωρίμανσής τους.

2.5.3 Χρωστικές

Οι κυριότερες χρωστικές ουσίες που δίνουν το χαρακτηριστικό χρώμα των διαφόρων καρπών και λαχανικών είναι οι χλωροφύλλες, τα καροτενοειδή και οι ανθοκυανίνες.

Οι χλωροφύλλες συντίθενται στους χλωροπλάστες. Κατά την ωρίμανση των καρπών ή τη μετασυλλεκτική ζωή των πράσινων λαχανικών πραγματοποιείται μετασχηματισμός των χλωροπλάστων σε χρωμοπλάστες που περιέχουν καροτενοειδή με κίτρινο και κόκκινο χρώμα. Αν και ο μηχανισμός της αποδόμησης της χλωροφύλλης δεν είναι πλήρως γνωστό, θεωρείται ότι πραγματοποιείται μέσω διαφόρων διεργασιών, όπως από τη δράση του ενζύμου χλωροφυλλάση (η δραστηριότητα του ενζύμου βρέθηκε ότι αυξάνεται κατά την ωρίμανση κάποιων καρπών), την ενζυματική οξειδωση (παρουσία O_2) ή τη φωτοαποδόμηση.

Στα καροτενοειδή περιλαμβάνονται τα καροτένια (πορτοκαλί χρώματος), οι ξανθοφύλλες (πολυάριθμες χρωστικές κίτρινου χρώματος π.χ. λουτεΐνη, ζεαξανθίνη, φυτοένιο, κ.ά.) και το λυκοπένιο (που δίνει το κόκκινο χρώμα στην τομάτα και το καρπούζι). Τα καροτενοειδή συντίθενται ή σε χρωμοπλάστες που παίρνουν τη θέση των χλωροπλάστων κατά την αποδόμηση της χλωροφύλλης ή/και σε νεοσχηματισθέντες χρωμοπλάστες. Η σύνθεση των καροτενοειδών δεν απαιτεί την παρουσία φωτός αλλά οξυγόνο. Τα καροτενοειδή, όπως και οι χλωροφύλλες δεν είναι υδατοδιαλυτές.

Οι ανθοκυανίνες (υδατοδιαλυτές χρωστικές) είναι φαιολικές ενώσεις που συντίθενται κυρίως στις επιδερμικές στρώσεις καρπών και λαχανικών και συσσωρεύονται στα κενοτόπια των κυττάρων. Σε πολλούς όμως καρπούς απαντώνται και στη σάρκα. Είναι υπεύθυνες για το μπλε (π.χ. μύρτιλο), κόκκινο (π.χ. λάχανο, ραπανάκι, κεράσι, φράουλα), ιώδες (π.χ. μελιτζάνα), έως και ιώδες-μαύρο (π.χ. βατόμουρο) χρώμα των καρπών και λαχανικών. Αποτελούνται από ανθοκυανιδίνες και σάκχαρο και για το λόγο αυτό οι συνθήκες που εννοούν τη περίσσεια σακχάρων μέσω της φωτοσύνθεσης, ευνοούν και τη σύνθεση των ανθοκυανινών. Η κυανιδίνη είναι η κυριότερη ανθοκυανιδίνη και απαντάται στους περισσότερους ώριμους καρπούς, ενώ η πελαργονιδίνη είναι η κυριότερη ανθοκυανιδίνη που απαντάται στην φράουλα. Η σύνθεση των ανθοκυανινών εξαρτάται συνήθως από το φως (περισσότερο ενεργός περιοχή το φως μήκους κύματος 655 nm), αλλά στα

κεράσια η ύπαρξη φωτός δεν είναι απαραίτητη για την ανάπτυξη του κόκκινου χρώματος. Οι ανθοκυάνες ανήκουν στα φλαβονοειδή, τα οποία αποτελούν κλάσμα των φαινολικών ουσιών και περιλαμβάνουν και άλλες υδατοδιαλυτές χρωστικές, όπως για παράδειγμα οι φλαβόνες (κίτρινου χρώματος, απαντώνται κυρίως στα μήλα), οι χαλκόνες, οι κατεχίνες κ.ά. (Artés et al., 2002).

2.5.4 Λιπίδια

Τα λιπίδια αποτελούνται από λιπαρά οξέα μακράς αλυσίδας τα οποία μπορεί να είναι κορεσμένα (π.χ. μυριστικό, παλμιτικό, στεαρικό οξύ), μονοακόρεστα (παλμιτολεϊκό, ολεϊκό οξύ) ή πολυακόρεστα (π.χ. αραχιδονικό, λινολεϊκό οξύ) ή υδροξυοξέα. Τα τερπενοειδή αποτελούν επίσης είδη λιπιδίων, στα οποία συμπεριλαμβάνονται τα στεροειδή, τα αιθέρια έλαια και τα κόμμεα (π.χ. καουτσούκ). Τα λιπίδια συντίθενται στο κυτταρόπλασμα καθώς και σε ορισμένα πλαστίδια, όπως οι χρωμοπλάστες και οι χλωροπλάστες. Αν και στα περισσότερα οπωροκηπευτικά η περιεκτικότητα σε λιπίδια είναι χαμηλή (λιγότερο από 1% του νωπού βάρους), κάποια είδη καρπών (ελαιώδεις καρποί, όπως η ελιά και το αβοκάντο) και κυρίως οι ξηροί καρποί (σπέρματα) περιέχουν σημαντικά ποσά λιπιδίων (Πίνακας 2.2).

Είδος	Μέρος του φυτού	Περιεκτικότητα σε λιπίδια	
		% ξηρού βάρους	% νωπού βάρους
Αβοκάντο	νωπός καρπός	63,0	16,4
Μπανάνα	νωπός καρπός	0,8	0,2
Ελιά	νωπός καρπός	69,0	13,8
Αραχίδα	ξηρός καρπός	50,3	47,5
Καρύδι	ξηρός καρπός	61,2	59,3
Μαρούλι	φύλλο	2,2	0,1
Λάχανο	φύλλο	2,6	0,2
Παστινάκα	ρίζα	2,4	0,5
Πατάτα	κόνδυλος	0,4	0,1
Ραπάνι	γογγυλόριζα	1,8	0,1

Πίνακας 2.2 Η περιεκτικότητα διαφόρων οπωροκηπευτικών σε λιπίδια (Από: Watt & Merrill, 1963).

Ο ρόλος και η σημασία των λιπαρών συστατικών ποικίλλει στα διάφορα οπωροκηπευτικά . Έτσι τα λιπαρά συστατικά μπορεί να:

- Λειτουργούν ως αποθησαυριστικές ουσίες στους "ελαιώδεις" καρπούς, σχηματίζοντας ελαιώδη εγκλωβίσματα στα κύτταρα, με τα αποθηκευτικά λιπίδια να είναι κυρίως τριγλυκερίδια.
- Συμμετέχουν στο σχηματισμό των λιπο-πρωτεϊνικών μεμβρανών του κυττάρου και των οργανιδίων του, κυρίως υπό τη μορφή φωσφολιπιδίων και γλυκολιπιδίων (σε μερικές περιπτώσεις μπορεί και τα φωσφολιπίδια να απαντώνται υπό μορφή μικρών εγκλωβισμάτων στο κύτταρο).
- Συμμετέχουν στο σχηματισμό των εξωτερικών επιδερμικών μεμβρανών που καλύπτουν την επιδερμίδα ή εφυμενίδα, ως προστατευτικό μέσο, σε πολλούς καρπούς και λαχανικά, περιορίζοντας τη διαπνοή και προστατεύοντας τα φυτικά όργανα από προσβολές εντόμων, μηχανικούς τραυματισμούς κ.ά. Τα επιφανειακά λιπίδια είναι 2 ειδών, οι κηροί και

η κουτίνη. Οι κηροί αποτελούνται από εστέρες λιπαρού οξέος μακράς αλυσίδας με μονο-αλκοόλη. Οι φυσικοί κηροί περιέχουν επίσης υδρογονάνθρακες, αλδεΐδες, κετόνες κ.ά. (το μήκος της αλυσίδας τους ποικίλλει από 20 έως 35 άτομα άνθρακα), ενώ η κουτίνη σχηματίζεται κυρίως από υδροξυοξέα.

- Αποτελούν πρόδρομες ουσίες αρκετών αρωματικών ενώσεων ευθείας αλυσίδας, όπως τα αιθέρια έλαια στα οποία είναι πλούσια κάποια φυλλώδη λαχανικά (π.χ. μαϊντανός, άνηθος, μάραθος).

2.5.5 Οργανικά οξέα

Οι καρποί περιέχουν σημαντικές ποσότητες οργανικών οξέων (Πίνακας 2.3), τα οποία συμμετέχουν στη μεταβολική δραστηριότητά τους. Για παράδειγμα, το μηλικό οξύ αποτελεί το κυριότερο οργανικό οξύ που χρησιμοποιείται ως υπόστρωμα κατά την αναπνευστική λειτουργία. Επιπρόσθετα, τα οργανικά οξέα αποτελούν πηγή ενέργειας για τα φυτικά όργανα μετά τη συγκομιδή τους και συμβάλλουν στη δημιουργία του αρώματος και της γεύσης η οποία, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από την αναλογία υδατανθράκων και οργανικών οξέων. Στους καρπούς απαντάται μεγάλος αριθμός οργανικών οξέων και μάλιστα σε όλα τα μέρη τους, αλλά είναι λίγα αυτά τα οποία επηρεάζουν την οξύτητα. Συχνά, σε κάθε είδος καρπού κυριαρχεί ποσοτικά ένα οργανικό οξύ. Για παράδειγμα, το μηλικό οξύ είναι το κύριο οργανικό οξύ στο μήλο, το βερίκοκο, τη μπανάνα, το κεράσι, το δαμάσκηνο και την πιπεριά, ενώ το κιτρικό κυριαρχεί στα εσπεριδοειδή, το σύκο, τον ανανά, τη φράουλα και την τομάτα. Στα αχλάδια και τα ροδάκινα, το κιτρικό και μηλικό οξύ απαντώνται περίπου σε ίδιες συγκεντρώσεις, ενώ στα σταφύλια υπερέχουν το τρυγικό και το μηλικό οξύ.

Είδος καρπού	Κυριότερο οργανικό οξύ	Συγκέντρωση (χιλιοστοίσοδύναμα ανά 100 g)	Άλλο οργανικό οξύ (συγκέντρωση σε χιλιοστοίσοδύναμα ανά 100 g)
Μήλο	Μηλικό	3-19	
Βερίκοκο	«	12	κιτρικό (12)
Μπανάνα	«	4	
Κεράσι	«	5-9	
Ροδάκινο	«	4	σε κάποιες περιπτώσεις κιτρικό και μηλικό σε ίδια συγκέντρωση
Αχλάδι	«	1-2	σε κάποιες ποικιλίες μπορεί κιτρικό περισσότερο από μηλικό
Δαμάσκηνο	«	6-11	
Λεμόνι	Κιτρικό	73	μηλικό (4)
Πορτοκάλι	«	15	μηλικό (3)
Ανανάς	«	6-20	μηλικό (1,5-7)
Φράουλα	«	10-18	μηλικό (1-3)
Ρόδι	«	7-30	
Σταφύλι	Τρυγικό	1,5-2	μηλικό (1,5-2)

Πίνακας 2.3 Περιεκτικότητα οργανικών οξέων σε ώριμους καρπούς (Από: Ulrich, 1970).

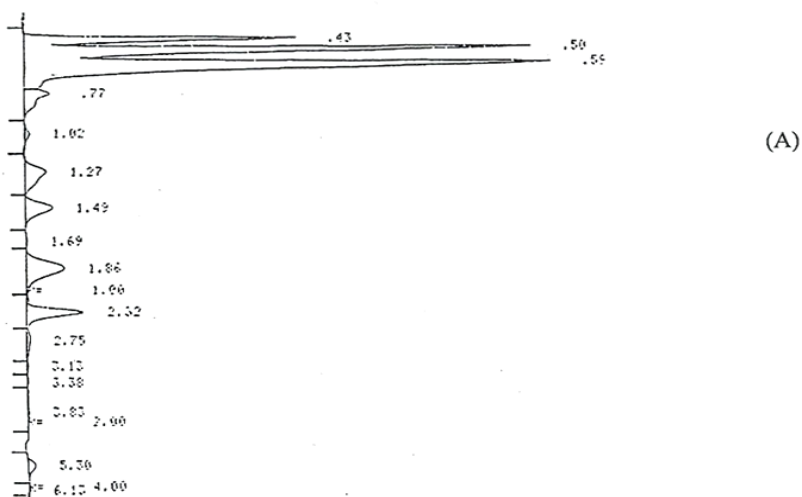
2.5.6 Αρωματικές ουσίες

Το άρωμα των καρπών (κυρίως) και των λαχανικών (ιδιαίτερα των αρωματικών φυλλωδών) γίνεται αντιληπτό με την όσφρηση, γεγονός που σημαίνει ότι οι αρωματικές ουσίες πρέπει να είναι σε μορφή αερίου ή να έχουν μεγάλη πτητικότητα. Υπάρχουν πολυάριθμες πτητικές ουσίες που συμμετέχουν στη δημιουργία του αρώματος των φυτικών προϊόντων, οι οποίες κατατάσσονται χημικά σε πολλές κατηγορίες, όπως είναι οι εστέρες, οι αλδεΐδες, οι αλκοόλες, οι λακτόνες, τα οργανικά οξέα, οι κετόνες, οι ακετάλες και οι τερπενοειδείς υδρογονάνθρακες. Για παράδειγμα, στην τομάτα, το μήλο και το πορτοκάλι υπάρχουν περισσότερες από 200, 230 και 330 διαφορετικές πτητικές ενώσεις αντίστοιχα, οι οποίες συμμετέχουν στον καθορισμό του αρώματος και της γεύσης του προϊόντος.

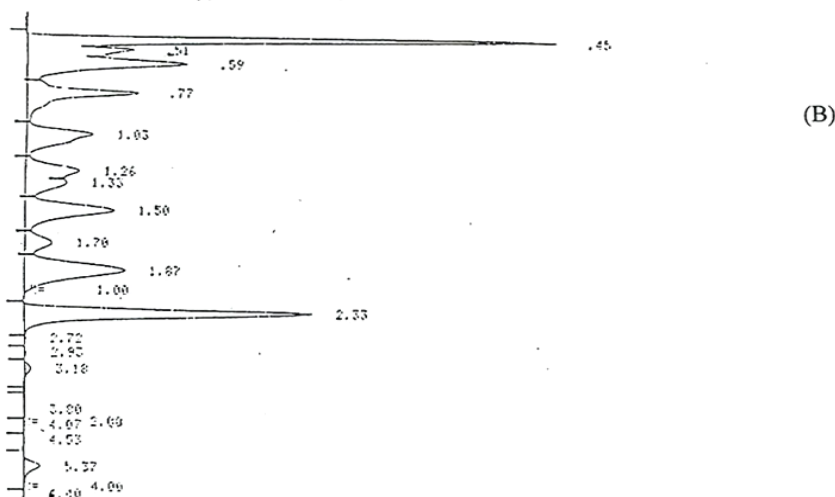
Η ανάπτυξη του χαρακτηριστικού αρώματος των ώριμων καρπών και λαχανικών είναι αποτέλεσμα κατά κύριο λόγο της σύνθεσης νέων αρωματικών ουσιών, καθώς και της αύξησης επιμέρους ουσιών που υπήρχαν και πριν την ωρίμανση, και δευτερευόντως, της μείωσης κάποιων αρωματικών ουσιών που προϋπήρχαν κατά τα στάδια της ανάπτυξης και ωρίμανσης (Πίνακας 2.4, Σχήμα 2.1). Σε κάθε περίπτωση, παρά το ότι η αύξηση των αρωματικών ουσιών κατά την ανάπτυξη και την ωρίμανση των καρπών και λαχανικών είναι συνήθως λογαριθμική, οι τελικές συγκεντρώσεις των επιμέρους αυτών ουσιών είναι μικρές, της τάξης των $\mu\text{L/L}$ και nL/L .

Ένωση	Συγκέντρωση ($\mu\text{L/L}$) στον καρπό		
	Με τεχνητή ωρίμανση	Ωρίμανση πάνω στο φυτό	Υπερώριμος καρπός
3-methylbutanal	7,16	2,22	2,38
1-hexanal	5,93	2,51	2,68
2-methyl-3-hexanol	7,94	2,51	2,68
1-nonanal	0,45	1,46	0,92
benzaldehyde	0,22	1,17	1,40
1-dodecanal	2,24	7,71	2,68
geranyl acetate	2,78	2,92	2,38
geranyl butyrate	1,68	2,80	4,02

Πίνακας 2.4 Η επίδραση του σταδίου της φυσιολογικής ωρίμανσης και της τεχνητής ωρίμανσης στη συγκέντρωση διάφορων οργανικών αρωματικών ουσιών σε καρπό τομάτας (Από: Shah et al., 1969).



(A)



(B)

Σχήμα 2.1 Χρωματογραφήματα από αέριο χρωματογράφο (gas chromatograph - GC) αρωματικών ενώσεων σε ανώριμα (A) και σε ώριμα (B) μήλα ποικιλίας "Gloster 69". Οι αριθμοί δείχνουν το χρόνο κατακράτησης (retention time) στην κολώνα μέτρησης. Ο προέχον εστέρας (οξικός εστέρας της 2/3 βουτανόλης) αντιστοιχεί στο χρόνο 2,32-2,33 (Από: Tsantili, 1988).

Πολλές από τις αρωματικές ουσίες σχηματίζονται μετά από μεταβολικές αντιδράσεις μέσα στα κύτταρα, ενώ άλλες σχηματίζονται μετά από χημικές αντιδράσεις ή μεταβολικές αλλαγές που συμβαίνουν μετά από τον τραυματισμό του φυτικού ιστού, όπως για παράδειγμα συμβαίνει μετά την κοπή καρπών αγγουριού ή βολβών και φύλλων κρεμμυδιού οπότε και παράγονται τα *cis*-3-nonenal και hexanal στους καρπούς αγγουριού και τα μεθυλ- και προπυλ- δισουλφίδια στο κρεμμύδι. Για το λόγο αυτό, η γεύση ή το άρωμα των καρπών ή λαχανικών μετά την κοπή, το μάσημα, ή τη μέτρια θέρμανση διαφέρει από αυτή του ακέραιου φυτικού προϊόντος (Passam et al., 2011).

Το χαρακτηριστικό άρωμα ενός καρπού εξαρτάται από την παρουσία και τα επίπεδα των επί μέρους ουσιών, καθώς και από την αναλογία των ουσιών αυτών μεταξύ τους. Ωστόσο, για κάθε μία από τις αρωματικές ουσίες υπάρχει μία ελάχιστη τιμή συγκέντρωσης (διαφορετική για κάθε αρωματική ουσία) στο φυτικό όργανο πάνω από την οποία η ουσία αυτή γίνεται αισθητή στην όσφρηση (threshold concentration). Έτσι, κάποιες ουσίες συμμετέχουν σε μεγαλύτερο βαθμό στην ανάπτυξη του τυπικού αρώματος ενός καρπού και κατά συνέπεια είναι περισσότερο σημαντικές για την οργανοληπτική αξιολόγηση του προϊόντος. Για παράδειγμα, στα εσπεριδοειδή τα αιθέρια έλαια αποτελούνται βασικά από τερπένια, με κυρίαρχη ουσία το λιμονένιο. Ωστόσο, τα οξυγονωμένα τερπένια που αντιπροσωπεύουν μόνο το 5% των συνολικών αιθέριων ελαίων των εσπεριδοειδών

(κιτράλη, τερπινεόλη, γερανιάλη, γερανιόλη, λιμεττίνη κ.ά.) προσδίδουν το τυπικό άρωμα του κάθε είδους, όπως η λιμεττίνη στις λιμεττίες κ.λπ. Το τυπικό άρωμα της μπανάνας οφείλεται κυρίως στον οξικό εστέρα της ισο-αμυλικής αλκοόλης. Σε μήλα ποικιλίας Cox's Orange Pippin το τυπικό άρωμα οφείλεται στους οξικούς εστέρες της βουτανόλης και εξανόλης. Αντίστοιχα, ουσίες που προσδίδουν το χαρακτηριστικό άρωμα σε διάφορα κηπευτικά είναι το thiopropanal S-oxide στο κρεμμύδι, το 2-propenyl isothiocyanate στο λάχανο, η 2-methoxy-3-isobutyl pyrazine στις πράσινες πιπεριές, η 3-hexenal και άλλες στην τομάτα και το 2,6-nonadienal στο αγγούρι (Whitfield & Last, 1991).

2.5.7 Βιταμίνες

Τα οπωροκηπευτικά αποτελούν πλούσιες πηγές βιταμινών οι οποίες έχουν ευεργετική επίδραση στην ανθρώπινη υγεία. Από τις συνολικά 14 βιταμίνες που απαντώνται στα φυτικά είδη, οι 9 είναι υδατοδιαλυτές (βιταμίνες του συμπλέγματος Β: θειαμίνη-Β₁, ριβοφλαβίνη-Β₂, νιασίνη-Β₃, παντοθενικό οξύ-Β₅, πυριδοξίνη-Β₆, φολικό οξύ-Β₉, κυανοκοβαλαμίνη-Β₁₂, χολίνη, βιοτίνη, και το ασκορβικό οξύ-С) και οι 4 λιποδιαλυτές (ρετινόλη-Α, D, τοκοφερόλη-Ε και К). Η βιταμίνη Β₁₂ δεν περιέχεται σε καρπούς και λαχανικά.

Το περιεχόμενο των οπωροκηπευτικών σε βιταμίνες διαφέρει ανάλογα με το είδος και το φυτικό όργανο που καταναλώνεται (π.χ. τομάτα, Πίνακας 2.5) και εξαρτάται από πολλούς προ- και μετασυλλεκτικούς παράγοντες. Για παράδειγμα, οι πιπεριές έχουν υψηλό περιεχόμενο σε βιταμίνη C και ριβοφλαβίνη, το σπανάκι είναι πλούσιο σε βιταμίνη Β₆ και το καρότο σε φολικό οξύ και βιταμίνη Α. Αντίστοιχα, οι καρποί είναι πλούσιοι στις βιταμίνες Α, C, Ε και στο σύμπλεγμα βιταμινών Β. Τα καροτενοειδή αποτελούν πρόδρομες ουσίες της βιταμίνης Α, επομένως οπωροκηπευτικά πλούσια σε καροτενοειδή αποτελούν πολύ καλές πηγές βιταμίνης Α. Η βιταμίνη Α περιέχεται κυρίως στα λαχανικά, αλλά υπάρχουν και αρκετοί καρποί με υψηλό περιεχόμενο σε καροτενοειδή (π.χ. πεπόνι, βερίκοκο, εσπεριδοειδή, παπάγια, μάνγκο, καρπούζι). Η βιταμίνη C (L-ασκορβικό οξύ) αποτελεί σημαντικό αντιοξειδωτικό και η βιολογική της δράση στον άνθρωπο είναι πολλαπλή. Απαντάται σε υψηλές συγκεντρώσεις στο φραγκοστάφυλο (155–215 mg 100 g⁻¹), στην πιπεριά (134–155 mg 100 g⁻¹), στο ακτινίδιο (65–100 mg 100 g⁻¹), και στα εσπεριδοειδή (65–85 mg 100 g⁻¹), ενώ θεωρείται ότι οι πράσινοι ιστοί περιέχουν περισσότερη βιταμίνη C σε σχέση με μη φωτοσυνθετικούς ιστούς. Η συγκέντρωση της βιταμίνης C στα οπωροκηπευτικά αυξάνεται σε συνθήκες αυξημένης ηλιοφάνειας κατά την ανάπτυξη του φυτικού οργάνου στο μητρικό φυτό, αποδεικνύοντας τη σημασία της ηλιοφάνειας στην παραγωγή ποιοτικών καρπών και λαχανικών, γεγονός πολύ σημαντικό για τη χώρα μας που ευνοείται από τον ήλιο σε σχέση με χώρες της κεντρικής και βόρειας Ευρώπης.

Βιταμίνη	Συγκέντρωση ανά 100g καρπού
Βιταμίνη Α (β-καροτένιο)	900-1271 δ.μ.*
Βιταμίνη Β ₁ (θειαμίνη)	50-60 μg
Βιταμίνη Β ₂ (ριβοφλαβίνη)	20-50 μg
Βιταμίνη Β ₃ (παντοθενικό οξύ)	50-750 μg
Βιταμίνη Β ₆ (σύμπλεγμα)	80-110 μg
Νικοτινικό οξύ (νιασίνη)	500-700 μg
Φολικό οξύ	6,4-20 μg
Βιοτίνη	1,2-4,0 μg
Βιταμίνη C (ασκορβικό οξύ)	15.000-23.000 μg
Βιταμίνη Ε (α-τοκοφερόλη)	40-1.200 μg

* 1 δ.μ. (διεθνής μονάδα) = 0,6 μg β-καροτενίου

Πίνακας 2.5 Περιεκτικότητα σε βιταμίνες εμπορικά ώριμου καρπού τομάτας (εύρος τιμών ανά 100 g καρπού)
(Από: Davies & Hobson, 1981).

2.5.8 Αντιοξειδωτικές ουσίες

Η κατανάλωση των οπωροκηπευτικών, εκτός των βασικών θρεπτικών συστατικών που περιέχουν (υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, οργανικά οξέα, φυτικά λίπη, βιταμίνες, ανόργανα άλατα κ.ά.), συμβάλλει και στην παροχή στον ανθρώπινο οργανισμό σημαντικών ποσοτήτων διαφόρων βιολογικά ενεργών συστατικών, των φυτοχημικών, εκ των οποίων σημαντικό μέρος αποτελούν οι αντιοξειδωτικές ουσίες. Στις ουσίες αυτές συμπεριλαμβάνονται διάφορες κατηγορίες ουσιών όπως είναι οι φαινολικές ενώσεις, τα φλαβονοειδή, οι ανθοκυανίνες, τα καροτενοειδή, οι βιταμίνες Α, Β, C και Ε (τοκοφερόλες) και τα σουλφίδια. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως για τα επιμέρους αντιοξειδωτικά (π.χ. βιταμίνες, χρωστικές που δρουν ως αντιοξειδωτικά), το περιεχόμενο των καρπών και λαχανικών σε αντιοξειδωτικές ουσίες εξαρτάται από το είδος (Πίνακας 2.6) και την ποικιλία, τις εφαρμοζόμενες τεχνικές και τις εδαφοκλιματικές συνθήκες κατά την καλλιέργεια, το στάδιο ωριμότητας κατά τη συγκομιδή, τους μετασυλλεκτικούς χειρισμούς, τις συνθήκες αποθήκευσης (θερμοκρασία, Σ.Υ., σύσταση ατμόσφαιρας), την εφαρμογή ή όχι ελάχιστης μεταποίησης, καθώς και την ύπαρξη ή όχι αβιοτικών και βιοτικών καταπονήσεων προ- και μετασυλλεκτικά. Όπως προαναφέρθηκε στη περίπτωση της βιταμίνης C, υπάρχουν ενδείξεις ότι το περιεχόμενο ορισμένων οπωροκηπευτικών (π.χ. σταφύλι, μήλο) σε ανθοκυανίνες, φλαβονοειδή ή ολικές φαινολικές ουσίες αυξάνεται με έκθεσή τους σε αυξημένη ηλιακή ή υπεριώδη ακτινοβολία.

Είδος	Περιεχόμενο σε ολικά αντιοξειδωτικά (mmol ισοδύναμα Trolox /100 g)		
	Μέσος όρος	Ελάχιστο	Μέγιστο
Καρύδι	20,97	17,98	25,25
Ρόδι	11,33	-	-
Μπλούμπερυ	8,23	8,86	7,57
Βύσσινο	5,53	3,39	7,14
Φράουλα (άγρια)	6,88	6,67	7,01
Κόκκινο λάχανο	1,88	2,09	1,79
Κόκκινη πιπεριά	1,85	1,94	1,77
Αγκινάρα	1,67	2,08	1,34
Σταφύλι	1,45	2,42	0,90
Πορτοκάλι	1,14	1,50	0,83
Δαμάσκηνο	1,06	1,42	0,73

Πίνακας 2.6 Η περιεκτικότητα διαφόρων οπωροκηπευτικών σε αντιοξειδωτικές ουσίες (Από: Halvorsen et al., 2002).

Η κύρια βιολογική δράση των αντιοξειδωτικών ουσιών στα φυτά αλλά και στον ανθρώπινο οργανισμό αφορά την απορρόφηση των ελεύθερων ριζών οξυγόνου (reactive oxygen species – ROS), οι οποίες επιδρούν στην αποδόμηση των κυτταρικών μεμβρανών με συνέπεια την πρόωγη γήρανση των κυττάρων και των ιστών. Η βιολογική δράση των διαφόρων κατηγοριών αντιοξειδωτικών ουσιών δεν είναι όμοια. Για παράδειγμα, έχει παρατηρηθεί ότι οι φαινολικές ουσίες και τα φλαβονοειδή συμβάλλουν περισσότερο από τη βιταμίνη C και τα καροτενοειδή στη συνολική αντιοξειδωτική ικανότητα των καρπών και λαχανικών. Διαφορές παρατηρούνται και μεταξύ ουσιών

της ίδιας κατηγορίας, όπως για παράδειγμα στις βιταμίνες, στις οποίες έχει παρατηρηθεί ότι συγκεκριμένη ποσότητα βιταμίνης E έχει υψηλότερη αντιοξειδωτική ικανότητα σε σχέση με ίση ποσότητα βιταμίνης C.

2.5.9 Ανόργανα στοιχεία

Οι καρποί και τα λαχανικά περιέχουν ανόργανα στοιχεία υπό μορφή ανόργανων αλάτων. Η περιεκτικότητα των καρπών και των λαχανικών σε ανόργανα στοιχεία μπορεί να ποικίλλει σημαντικά μεταξύ των διαφόρων φυτικών οργάνων (π.χ. φύλλα, καρποί, ταξιανθίες). Για παράδειγμα, η περιεκτικότητα σε νάτριο είναι μεγαλύτερη σε ταξιανθίες αγκινάρας από ότι σε καρπούς τομάτας. Οι καρποί (π.χ. αβοκάντο, βερίκοκο, μπανάνα, τομάτα, ακτινίδιο, πεπόνι, ρόδι) θεωρούνται πλούσια πηγή καλίου για τον ανθρώπινο οργανισμό, αλλά έχουν μικρότερη περιεκτικότητα σε κάλιο σε σύγκριση με ριζώδη λαχανικά (π.χ. βολβός κρεμμυδιού, πατάτα). Αντίστοιχα, κάποια φυλλώδη λαχανικά (π.χ. μαϊντανός, σπανάκι) έχουν μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε σίδηρο και ασβέστιο από ότι οι ταξιανθίες (π.χ. κουνουπίδι).

Σημαντικές διαφορές υπάρχουν και μεταξύ των διαφόρων φυτικών ειδών. Για παράδειγμα, οι ανώριμοι καρποί του κολοκυθιού (κολοκυθάκι) έχουν μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε κάλιο από ότι οι καρποί του καρπουζιού, ενώ τα φύλλα του σπανακιού έχουν μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε ασβέστιο από ότι τα φύλλα μαρουλιού. Ωστόσο, η συγκέντρωση των ανόργανων στοιχείων στα οπωροκηπευτικά μπορεί να επηρεάζεται σε πολλές περιπτώσεις και από την καλλιεργητική τεχνική (π.χ. εφαρμοζόμενη λίπανση). Επιπρόσθετα, η επάρκεια ανόργανων θρεπτικών στοιχείων μπορεί να συνδέεται με τη διατηρησιμότητα κάποιων προϊόντων (π.χ. συγκέντρωση ασβεστίου στους καρπούς και στα φύλλα) ή με άλλα ποιοτικά χαρακτηριστικά. Για παράδειγμα, τα χαμηλά επίπεδα καλίου συνδέονται με χαμηλές συγκεντρώσεις λυκοπενίου και β-καροτένιου στους καρπούς της τομάτας (Trudel & Ozbum, 1971) ή με περιορισμό στην ανάπτυξη του κόκκινου χρωματισμού στους καρπούς των μήλων (Neilsen & Neilsen, 2003).

2.6 Παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα των οπωροκηπευτικών

Η ποιότητα των οπωροκηπευτικών επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες τόσο πριν όσο και μετά τη συγκομιδή. Σε γενικές γραμμές, οι σημαντικότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα των οπωροκηπευτικών είναι:

- ο γονότυπος (ποικιλία),
- οι περιβαλλοντικοί παράγοντες (π.χ. φωτισμός, θερμοκρασία, άνεμος) κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου,
- η καλλιεργητική τεχνική (π.χ. λίπανση, άρδευση, χρήση φυτορρυθμιστικών ουσιών, στάδιο και τρόπος συγκομιδής),
- οι μετασυλλεκτικοί παράγοντες (π.χ. χειρισμοί, συνθήκες μεταφοράς και αποθήκευσης).

2.6.1 Προσυλλεκτικοί παράγοντες: γονότυπος, περιβαλλοντικοί παράγοντες και καλλιεργητική τεχνική

Ο γονότυπος καθορίζει σε σημαντικό βαθμό τα ποιοτικά χαρακτηριστικά (π.χ. χρώμα, μέγεθος) σε όλα τα οπωροκηπευτικά. Για παράδειγμα, υπάρχουν σημαντικές διαφορές στο χρώμα και το μέγεθος των διαφόρων τύπων-ποικιλιών μαρουλιού. Επιπρόσθετα, ο γονότυπος επηρεάζει σημαντικά και άλλα ποιοτικά χαρακτηριστικά των οπωροκηπευτικών, όπως για παράδειγμα είναι η διάρκεια του λήθαργου των κονδύλων της πατάτας. Παρόμοια, υπάρχουν μεγάλες διαφορές μεταξύ των διαφόρων γονότυπων του ίδιου είδους σχετικά με τη σύσταση των καρπών και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά τους όπως το χρώμα, η υφή, η οξύτητα, η γλυκύτητα και το συνολικό άρωμα (Πίνακες 2.7 και 2.8).

Ποικιλία	Ποσότητα οξέος (meq. 10 ⁻¹ g v. βάρους)	Ποσοστό ολικής οξύτητας (%)	Λόγος μηλικό:κιτρικό
----------	---	--------------------------------	-------------------------

	μηλικό	κιτρικό	μηλικό	κιτρικό	
Moneymaker	239	458	26	51	0,52
Radio	313	502	28	45	0,62
Ailsa Craig	288	612	24	51	0,47
Potentate	254	463	26	48	0,55
E.S.5	304	526	26	45	0,58
Ware Cross	313	696	24	54	0,45
L.M.R.I.	192	736	16	60	0,26
Delicious	146	649	13	60	0,23
Immuna	90	878	7	66	0,11
<i>Lycopersicon pimpinellifolium</i>	158	978	10	64	0,16
Never ripe	124	1367	6	66	0,09

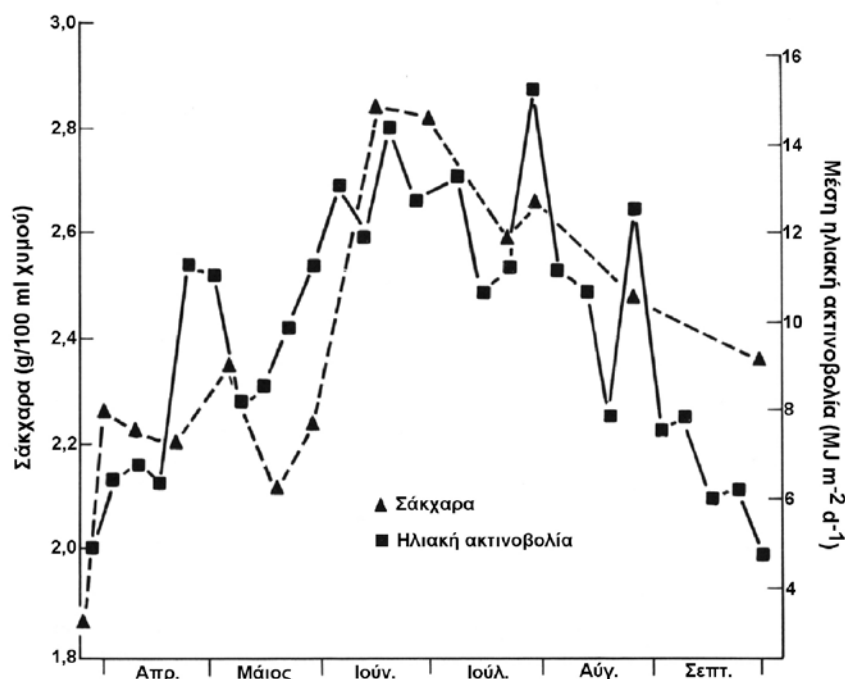
Πίνακας 2.7 Περιεκτικότητα σε μηλικό και κιτρικό οξύ και η σχετική αναλογία τους σε καρπούς διαφόρων ποικιλιών τομάτας (Από: Davies, 1965).

Ποικιλία	Κορεσμένα λιπαρά οξέα (%)	Μονοακόρεστα λιπαρά οξέα (%)	Πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (%)	Λόγος μονο- : πολυ- ακόρεστα λιπαρά οξέα
Αιγίνης	11,1	65,8	16,6	3,93
Ποντίκης	11,1	70,9	11,9	5,88
Bronte	11,4	63,6	18,9	3,27
Cerasola	10,8	70,5	12,2	5,68
Joley	10,9	62,5	20,2	3,01
Kerman	11,3	55,4	27,5	1,93
Mumtaz	10,6	63,7	19,5	3,22
Sirora	11,2	65,7	16,6	3,88

Πίνακας 2.8 Περιεκτικότητα σε κορεσμένα (Saturated), μονοακόρεστα (MUFA - Mono-unsaturated fatty acids) και πολυακόρεστα (PUFA - Poly-unsaturated fatty acids) λιπαρά οξέα σε σπέρματα διαφόρων ποικιλιών φιστικιάς (Από: Tsantili et al., 2010).

Η ένταση του φωτός κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου επιδρά σημαντικά στη συσσώρευση διαφόρων συστατικών στους καρπούς (σάκχαρα, οξέα, χρωστικές, αρωματικές ουσίες κ.ά.), επηρεάζοντας ουσιαστικά τη γεύση και την εμφάνισή τους. Παρόλο που η ωρίμανση ορισμένων καρπών μπορεί να συμβεί απουσία φωτός, το φως επιταχύνει την ωρίμανση, ενώ, όπως έχει παρατηρηθεί στη τομάτα, τα επίπεδα της ηλιακής ακτινοβολίας κατά την ανάπτυξη των καρπών σχετίζονται στενά με την περιεκτικότητά τους σε σάκχαρα, με τα υψηλότερα επίπεδα ακτινοβολίας

να επιφέρουν υψηλότερες συγκεντρώσεις σακχάρων στους καρπούς (Σχήμα 2.2) με αποτέλεσμα την πιο γλυκιά γεύση. Επίσης, υψηλή ένταση ηλιακής ακτινοβολίας αυξάνει τα επίπεδα των ανθοκυανινών, με αποτέλεσμα τον εντονότερο χρωματισμό στους κόκκινους-ιώδεις καρπούς (π.χ. φράουλα).

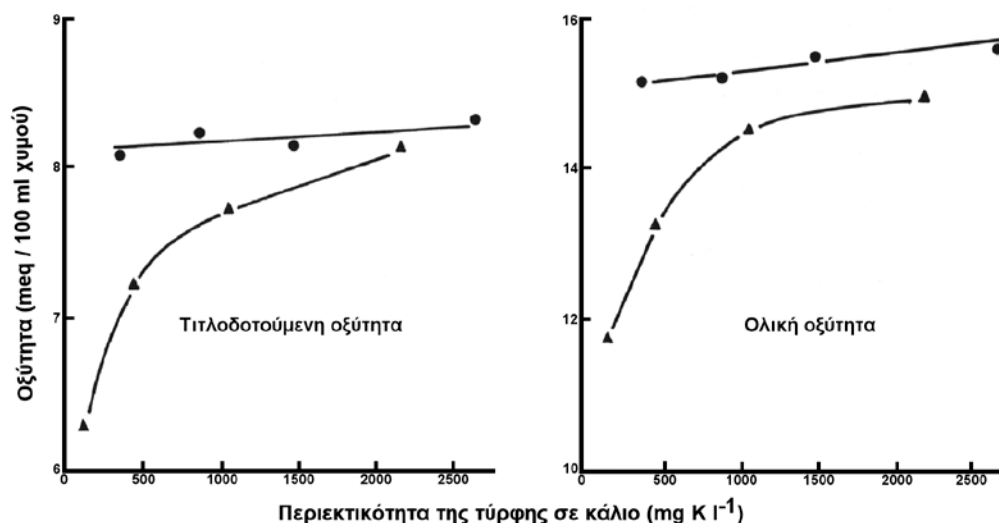


Σχήμα 2.2 Εποχιακή μεταβολή της συγκέντρωσης των διαλυτών σακχάρων στους καρπούς τομάτας (ποικιλία Grenadier), σε σχέση με την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας (Από: Winsor & Adams, 1976).

Η θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου μπορεί να επηρεάσει τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των οπωροκηπευτικών. Για παράδειγμα, πολύ υψηλές θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου μπορεί να οδηγήσουν στην παραγωγή κονδύλων πατάτας με μικρή διάρκεια λήθαργου, κάτι που έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση της αποθηκευσιμότητας (Alexopoulos et al., 2006).

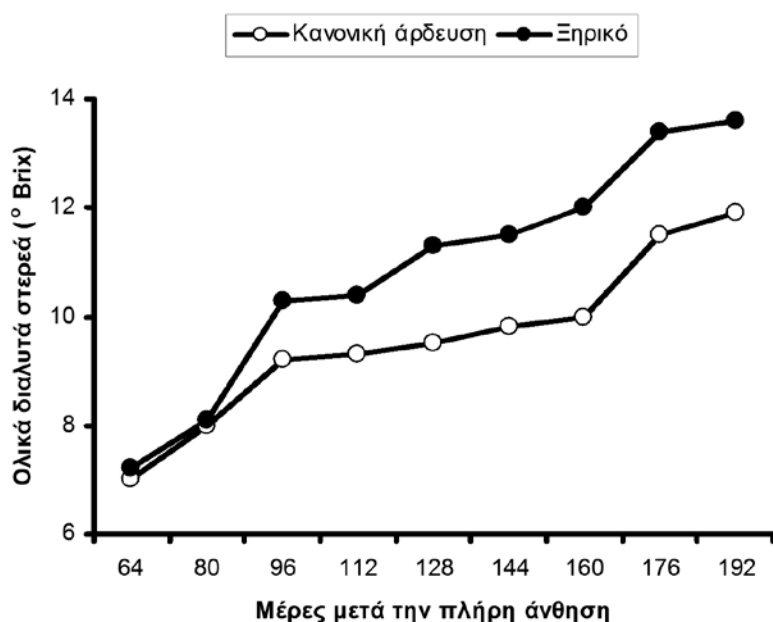
Η διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων κατά την καλλιεργητική περίοδο επιδρά επίσης στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των οπωροκηπευτικών προϊόντων. Για παράδειγμα επάρκεια σε κάλιο αυξάνει τη συγκέντρωση των οξέων στους καρπούς της τομάτας (Σχήμα 2.3), το ποσοστό ανοικτών καρπών στα φιστίκια και επιταχύνει την ανάπτυξη του κόκκινου-πορτοκαλί χρωματισμού σε διάφορα είδη καρπών. Σε αντίθεση, η παροχή υψηλών δόσεων αζωτούχου λίπανσης μειώνει τη συνεκτικότητα των καρπών της τομάτας και τη περιεκτικότητά τους σε ξηρά ουσία και σε διαλυτά σάκχαρα.

Το άζωτο επηρεάζει πολλά χαρακτηριστικά ποιότητας των καρπών, όπως είναι το χρώμα, το άρωμα, η υφή κ.ά. (Passam et al., 2011). Σε φυλλώδη λαχανικά, όπως για παράδειγμα στα μαρούλια, οι υπερβολικές αζωτούχες λιπάνσεις μπορεί να οδηγήσουν σε υψηλή συγκέντρωση νιτρικών στα φύλλα, γεγονός που θεωρείται αρνητικό για την ανθρώπινη υγεία. Εκτός από την επάρκεια σε μακροστοιχεία, σημαντικός είναι ο ρόλος της επάρκειας των ιχνοστοιχείων στην ποιότητα των οπωροκηπευτικών. Για παράδειγμα, ο σίδηρος εμπλέκεται στο μεταβολισμό των καροτενοειδών (Bouvier et al., 1998) και ο χαλκός επηρεάζει την ποιότητα των καρπών επειδή είναι απαραίτητος για τη δραστηριότητα των υποδοχέων του αιθυλενίου (Rodriguez et al., 1999).



Σχήμα 2.3 Σχέση ανάμεσα στη συγκέντρωση του καλίου στο υπόστρωμα ανάπτυξης (μείγμα με τύρφη) φυτών τομάτας και στην τιτλοδοτούμενη και ολική οξύτητα του χυμών των καρπών. Υδρολίπανση με 100 mg κάλιο ανά L (—▲—) ή 300 mg κάλιο ανά L (—●—) (Από: Adams et al., 1978).

Τα χαμηλά επίπεδα εδαφικής υγρασίας και η υψηλή αλατότητα αυξάνουν τη συγκέντρωση (%) της ξηράς ουσίας στους καρπούς καθώς και την περιεκτικότητά τους σε διαλυτά σάκχαρα (Σχήμα 2.4). Οι χαμηλές θερμοκρασίες περιορίζουν τη σύνθεση των χρωστικών ουσιών στους καρπούς, καθυστερώντας την ανάπτυξη του χρώματος. Για παράδειγμα, σε καρπούς τομάτας, θερμοκρασίες χαμηλότερες των 15 °C επιδρούν αρνητικά στη σύνθεση του λυκοπενίου (χρωστική που ευθύνεται για το κόκκινο χρώμα των καρπών) και μεγαλύτερες από 30 °C μπορούν να παρεμποδίσουν εντελώς το σχηματισμό του, με συνέπεια την συχνή εμφάνιση ανομοιόμορφης ωρίμανσης (παραυσία πρασινωπών-κίτρινων περιοχών πάνω σε κόκκινους ώριμους καρπούς). Επιπρόσθετα, η παραγωγή αιθυλενίου και η σύνθεση των πολυγαλακτουρονασών (ένζυμα που συμβάλλουν στην αποδόμηση των κυτταρικών τοιχωμάτων κατά την ωρίμανση) παρεμποδίζονται στις υψηλές θερμοκρασίες, παρεμβαίνοντας έτσι στο φυσικό μαλάκωμα του καρπού κατά την ωρίμανση.



Σχήμα 2.4 Η πορεία μεταβολής της συγκέντρωσης ολικών διαλυτών στερεών σε καρπούς μηλιάς σε κανονικά αρδευόμενο και σε ξηρικό οπωρώνα (Από: Kilili et al., 1996).

Η ποιότητα των καρπών υποβαθμίζεται από την εμφάνιση φυσιολογικών ανωμαλιών (physiological disorders) που οφείλονται σε αβιοτικούς παράγοντες, δηλαδή στο περιβάλλον και στην καλλιεργητική τεχνική. Κάποιες από τις πιο συνηθισμένες φυσιολογικές διαταραχές των καρπών που οφείλονται σε προσυλλεκτικούς αβιοτικούς παράγοντες είναι:

- Ανεπαρκής συγκέντρωση ασβεστίου που προκαλεί την ξηρή σήψη της τομάτας και της πιπεριάς (blossom-end rot), την πικρή κηλίδωση στα μηλοειδή (bitter pit) κ.ά.
- Ηλιοκαυμα (sunscald) που προκαλείται από την έκθεση του καρπού σε άμεσο ηλιακό φως κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης του στο φυτό με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας σε σημεία του καρπού ακόμα και πάνω από τους 40 °C. Το φαινόμενο αυτό παρατηρείται σε τομάτες, βερίκοκα (καφέτιασμα γύρω από τον πυρήνα ή sunburn), μήλα, καρύδια (καφέτιασμα της μεμβράνης του σπέρματος) κ.ά.
- Διακυμάνσεις στον εφοδιασμό του φυτού με νερό προκαλούν σχίσσιμο (cracking) του καρπού σε τομάτες και κεράσια, ελαιοκυττάρωση σε εσπεριδοειδή κ.ά.
- Στικτή (ή ανομοιόμορφη) ωρίμανση (blotchy ripening) καρπού, που εμφανίζεται κυρίως στις τομάτες και σχετίζεται με θρεπτική ανισορροπία, προκαλούμενη από υψηλό N και χαμηλό K.
- Διόγκωση-παραμόρφωση του καρπού ως αποτέλεσμα της μη κανονικής επικοινωνίας και γονιμοποίησης ή της μη κανονικής ανάπτυξης του σπόρου (π.χ. τομάτες, αγγούρια, κολοκυθάκια, λοβοί φασολιού, φιστίκια κ.ά.). Η χρήση ορμονών μπορεί να προάγει τη διόγκωση-παραμόρφωση των καρπών. Η σοβαρότητα του προβλήματος εξαρτάται από τις περιβαλλοντικές συνθήκες, τη συγκέντρωση της χορηγούμενης φυτορρυθμιστικής ουσίας και την ποικιλία. Για παράδειγμα, η χρήση μεγάλων συγκεντρώσεων γιββερελλίνης σε σταφύλια και εσπεριδοειδή οδηγεί σε επιμήκεις καρπούς μη τυπικού σχήματος για τα είδη αυτά.

2.6.2 Μετασυλλεκτικοί παράγοντες

Οι μετασυλλεκτικοί παράγοντες που επιδρούν στην ποιότητα των καρπών και λαχανικών συμπεριλαμβάνουν:

- Τις συνθήκες αποθήκευσης, δηλ. τη διατήρηση των άριστων συνθηκών θερμοκρασίας και σύστασης της ατμόσφαιρας (συγκέντρωση O₂, CO₂, C₂H₄), ανάλογα με το είδος, κατά την αποθήκευση.
- Τους μηχανικούς τραυματισμούς (κοψίματα, χτυπήματα και τριβές) που συμβαίνουν κατά τους μετασυλλεκτικούς χειρισμούς.
- Τις βλάβες από εχθρούς και φυτοπαθογόνους μικροοργανισμούς. Η ανάπτυξη των μετασυλλεκτικών ασθενειών ευνοείται από την εφαρμογή λανθασμένων χειρισμών κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης (π.χ. εσφαλμένες συνθήκες αποθήκευσης).
- Τη ζημιά από το ψύχος (κρυοτραυματισμός), αν ο έλεγχος της θερμοκρασίας δεν είναι σωστός.

Οι ενδεικνυόμενες διαδικασίες και συνθήκες για την αριστοποίηση της αποθήκευσης των οπωροκηπευτικών και κατά συνέπεια της ποιότητας, αναλύονται στα επιμέρους κεφάλαια σχετικά με την αποθήκευση των καρπών και των λαχανικών.

Βιβλιογραφία

- Alexopoulos, A. A., Akoumianakis, K. A. & Passam, H. C. (2006). Effect of plant growth regulators on the tuberisation and physiological age of potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers grown from true potato seed. *Can. J. Plant Sci.*, 86, 1217-1225.
- Artés, F., Mínguez, M. I. & Hornero, D. (2002). Analyzing changes in fruit pigments. In: MacDougall, D. B.(ed.), *Colour in food: Improving quality*. Cambridge, U.K.: Woodhead Publishing Limited, pp. 248–282.
- Adams, P., Davies, J. N. & Winsor, G. W. (1978). Effects of nitrogen, potassium and magnesium on the quality and chemical composition of tomatoes grown in peat. *J. Hortic. Sci.*, 53, 115-122.
- Bouvier, F., Keller, Y., d'Harlingue, A. & Camara, B. (1998). Xanthophyll biosynthesis: molecular and functional characterisation of carotenoid hydroxylases from pepper fruits (*Capsicum annuum* L.). *Biochim. Biophys. Acta*, 1391, 320-328.
- Davies, J. N. (1965). The effect of variety on the malic and citric acid content of tomato fruit. *Ann. Rept. Glasshouse Crops Res. Inst.*, 1964, 139.
- Davies, J. N. & Hobson, G. E. (1981). The constituents of tomato fruit - the influence of environment, nutrition, and genotype. *CRC Cr. Rev. Food Sci.*, 15, 205-280.
- E. E. (2011). Εκτελεστικός κανονισμός (ΕΕ) αριθ. 543/2011 της Επιτροπής, της 7ης Ιουνίου 2011, για τη θέσπιση λεπτομερών κανόνων εφαρμογής του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 1234/2007 του Συμβουλίου όσον αφορά τους τομείς των οπωροκηπευτικών και των μεταποιημένων οπωροκηπευτικών. *Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης* L157, Κανονισμός 543/2011/ΕΕ.
- E. E. (2012). Κανονισμός (ΕΕ) αριθ. 432/2012 της Επιτροπής της 16ης Μαΐου 2012 σχετικά με τη θέσπιση καταλόγου επιτρεπόμενων ισχυρισμών υγείας που διατυπώνονται για τα τρόφιμα, εξαιρουμένων όσων αφορούν τη μείωση του κινδύνου εκδήλωσης ασθένειας και την ανάπτυξη και υγεία των παιδιών. L136/1-L136/40.
- Halvorsen, B. L., Holte, K., Myhrstad, M. C. W., Barikmo, I., et al. (2002). A systematic screening of total antioxidants in dietary plants. *J. Nutr.*, 132, 461–471.
- Kader, A. A., Morris, L. L., Stevens, M. A. & Albright-Holton, M. (1978). Composition and flavour quality of fresh market tomatoes as influenced by some postharvest handling procedures. *J. Amer. Soc. Hortic. Sci.*, 103, 6-13.
- Kays, S. J. (1991) *Post-harvest physiology of perishable plant products*. New York, U.S.A.: Van Nostrand Reinhold, 532 pp.
- Kilili, A. W., Behboudian, M. H. & Mills, T. M., (1996). Composition and quality of 'Braeburn' apples under reduced irrigation. *Sci. Hortic.*, 67, 1-11.
- Neilsen, G. H. & Neilsen, D. (2003). Nutritional requirements of apple. In: Ferree, D. C., & Warrington I. J. (eds.), *Apples: Botany, production and uses*. Wallingford, Oxon, U.K.: CABI Publishing, pp. 267-302.
- Passam, H. C. & Alexopoulos, A. A. (2010). Physiology of dormancy. In: Peter, K. V. (ed), *The Science of Horticulture-vol 2*. New Delhi, India: New India Publishing Agency, pp. 89-117.
- Passam, H. C., Karapanos, I. C. & Alexopoulos, A. A. (2011). The biological basis of fruit quality. In: Jenks, M. A., Bebeli, P. J. (eds.) *Breeding for Fruit Quality*. New York, U.S.A.: Wiley-Blackwell., pp. 5-38.
- Rodriguez, F.I., Esch, J. J., Hall, A. E., Binder, B. M., Schaller, G. E. & Bleecker, A. B. (1999). A copper cofactor for the ethylene receptor ETR1 from *Arabidopsis*. *Science*, 283, 996-998.
- Shah, B. M., Salunkhe, D. K. & Olson, L. E. (1969). Effects of ripening processes on chemistry of tomato volatiles. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 94, 171-176.
- Trudel, M. J. & Ozbun, J. L. (1971). Influence of potassium on carotenoid content of tomato fruit. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 96, 763-765.

- Tsantili, E. (1988). *Ethylene action and its effect on Gloster 69 apples during ripening and storage*. PhD. Thesis, Wye College, University of London, U.K., 201p.
- Tsantili, E., Takidelli, C., Christopoulos, M., Lambrinea, E., Rouskas, D. & Roussos, P. (2010). Physical, compositional and sensory differences in nuts among pistachio (*Pistacia vera* L.) varieties. *Sci. Hortic.*, 125, 562-568.
- Ulrich, R. (1970). Organic acids. In: Hulme, A. C. (ed.), *The biochemistry of fruits and their products*, Vol 1. London, U.K.: Academic Press Inc., pp. 89–118.
- Watt, B. K., & Merrill, A. L. (1963). Composition of foods: Raw, processed, prepared. *Agriculture Handbook 8*, U.S. Department of Agriculture.
- Whitfield, F. B. & Last, J. H. (1991). Vegetables. In: Maarse, H. (ed.), *Volatile compounds in foods and beverages*. New York, U.S.A.: Marcel Dekker Inc., pp. 203-281.
- Winsor, G. W. & Adams, P. (1976). Changes in the composition and quality of tomato fruit throughout the season. *Ann. Rept. Glasshouse Crops Res. Inst.* 1975, 134.

Κεφάλαιο 3. Αλλαγές στη φυσιολογία των οπωροκηπευτικών μετά τη συγκομιδή

Σύνοψη

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται οι βασικές αρχές της μετασυλλεκτικής φυσιολογίας των καρπών και λαχανικών σε σχέση με τις κυριότερες αιτίες των απωλειών μετά τη συγκομιδή τους και τους προσυλλεκτικούς και μετασυλλεκτικούς παράγοντες που επιδρούν στις απώλειες αυτές. Περιγράφονται οι διεργασίες της ωρίμανσης και γήρανσης των καρπών και λαχανικών, η βιοσύνθεση και ο ρόλος του αιθυλενίου στη μετασυλλεκτική συμπεριφορά των οπωροκηπευτικών και παρουσιάζονται οι κυριότερες φυσιολογικές και μεταβολικές αλλαγές που υφίστανται οι καρποί και τα λαχανικά μετά τη συγκομιδή τους.

Προαπαιτούμενη γνώση

Βασικές αρχές φυσιολογίας και ανατομίας φυτών. Γνώσεις οργανικής χημείας και βιοχημείας φυτών. Γνώση των κυριότερων ποιοτικών χαρακτηριστικών των καρπών και λαχανικών (κεφάλαιο 2 παρόντος συγγράμματος).

Πριν γίνει αναφορά στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά κάθε κατηγορίας οπωροκηπευτικών που συνδέονται με τη μετασυλλεκτική συμπεριφορά τους και καθορίζουν την επιλογή του κατάλληλου μετασυλλεκτικού χειρισμού, περιγράφονται οι κοινές για τα είδη αυτά βασικές μεταβολικές αλλαγές. Κυρίαρχο ρόλο στη μετασυλλεκτική συμπεριφορά όλων των νωπών οπωροκηπευτικών παίζει η αναπνοή η οποία αποτελεί ένδειξη της μεταβολικής δραστηριότητας του προϊόντος μετά τη συγκομιδή του, καθώς και η απώλεια νερού η οποία ευθύνεται σε μεγάλο βαθμό για την απώλεια βάρους και επηρεάζει άμεσα ή έμμεσα τη μεταβολή και άλλων ποιοτικών χαρακτηριστικών (π.χ. εμφάνιση, υφή της εξωτερικής επιφάνειας, συνεκτικότητα κ.ά.).

3.1 Αναπνοή

3.1.1 Η φυσιολογία της αναπνοής και η επίδρασή της στη μετασυλλεκτική ζωή των οπωροκηπευτικών

Η αναπνοή είναι μια βασική λειτουργία όλων των ζωντανών κυττάρων και ιστών κατά την οποία, κάτω από αερόβιες συνθήκες, πραγματοποιείται ελεγχόμενη οξειδωση των σακχάρων σε CO_2 και νερό, με ταυτόχρονη έκλυση ενέργειας σε θερμική ή χημική μορφή. Ο ρυθμός της αναπνοής ελέγχει τη λειτουργία άλλων μεταβολικών διεργασιών και κατά συνέπεια επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την αποθηκευτική ζωή και την ποιότητα του προϊόντος.

Όσο το φυτό αναπτύσσεται στον αγρό ή στη φύση, η αναπνοή όλων των ιστών του υποστηρίζεται από τα προϊόντα της φωτοσύνθεσης ή από τη μεταφορά αναπνευστικών υποστρωμάτων από άλλα μέρη του ίδιου φυτού (ή ακόμη από άλλα φυτά στην περίπτωση παρασίτων όπως η κουσκούτα). Με τη συγκομιδή του φυτού ή του φυτικού οργάνου η διαδικασία αυτή διακόπτεται και στη συνέχεια η αναπνοή βασίζεται στα ήδη συσσωρευμένα υποστρώματα (υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, λίπη κ.ά.) στο συγκομισμένο μέρος. Όμως, ενώ από τη μια πλευρά η αναπνοή προκαλεί μείωση των αποθηκευμένων θρεπτικών στοιχείων του προϊόντος μετά τη συγκομιδή (ιδιαίτερα στα φύλλα και τους βλαστούς όπου τα θρεπτικά αποθέματα είναι περιορισμένα), από την άλλη πλευρά, είναι απαραίτητη για την ολοκλήρωση της ωρίμανσης ορισμένων κλιμακτηριακών καρπών μετά τη συγκομιδή τους.

Η αερόβια αναπνοή χαρακτηρίζεται από μια σειρά βιοχημικών αντιδράσεων και συνοπτικά περιλαμβάνει τις ακόλουθες διαδικασίες:

- Τη διάσπαση πολύπλοκων οργανικών ενώσεων σε ακετυλοσυνένζυμο-A (ακετυλο- CoA , 2 άτομα C). Στην πιο συνηθισμένη περίπτωση που το αναπνευστικό υπόστρωμα είναι υδατάνθρακες, η διάσπαση αυτή επιτυγχάνεται με την πορεία της γλυκόλυσης και την οξειδωτική αποκαρβοξυλίωση του πυροσταφυλικού οξέος, ώστε για παράδειγμα από ένα

μόριο γλυκόζης να παραχθούν 2 μόρια πυροσταφυλικού οξέος και τελικά 2 μόρια CO₂ και δύο μόρια ακετυλο-CoA.

- Στη συνέχεια, η διάσπαση του ακετυλο-CoA γίνεται κατά τη διάρκεια των διαφόρων αντιδράσεων του κύκλου των τρικαρβοξυλικών οξέων (γνωστός επίσης ως κύκλος του Krebs), όπου ανά κύκλο παράγονται δύο μόρια CO₂ και ενέργεια, η οποία είτε αποθηκεύεται σε δεσμούς υψηλής ενέργειας (παράγεται ένα μόριο τριφωσφορικής αδενοσίνης - ATP), είτε μαζί με ηλεκτρόνια και πρωτόνια από την οξειδωση του άνθρακα χρησιμοποιείται για την αναγωγή των φορέων ηλεκτρονίων NAD και FAD σε τρία μόρια NADH₂ και ένα μόριο FADH₂.
- Το ένα από τα τελικά προϊόντα του κύκλου των τρικαρβοξυλικών οξέων, το CO₂, απομακρύνεται χωρίς σημαντική απελευθέρωση ενέργειας. Σε αντίθεση, το δεύτερο προϊόν, τα ηλεκτρόνια που έχουν παραληφθεί από τους φορείς ηλεκτρονίων NADH₂ και FADH₂ και βρίσκονται σε ένα υψηλό ενεργειακό επίπεδο, μεταφέρονται σταδιακά μέσω των συνενζύμων της αλυσίδας της οξειδωτικής φωσφορυλίωσης σε χαμηλότερα ενεργειακά επίπεδα, με ταυτόχρονη σταδιακή απελευθέρωση ενέργειας η οποία αποθηκεύεται στο δεσμό υψηλής ενέργειας του ATP και παραγωγή H₂O μέσω της κατανάλωσης οξυγόνου.

Συνοπτικά, οι αντιδράσεις της αναπνοής με υπόστρωμα τη γλυκόζη, εκφράζονται με τον γενικό τύπο:



Παράλληλα, με τη μεσολάβηση της αναπνοής γίνονται διάφορες αντιδράσεις, όπως η φωσφορυλίωση των σακχάρων και η σύνθεση πηκτινών, αμινοξέων κ.ά., που οδηγούν στη διαμόρφωση της συνεκτικότητας του οργάνου, καθώς και στην απόκτηση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών του.

Ο ρυθμός της αναπνοής (δηλ. το βάρος ή ο όγκος του παραγομένου CO₂ ανά μονάδα βάρους φυτικού ιστού και ώρα) είναι ένα χρήσιμο στοιχείο που συνδέεται στενά με το στάδιο της ωρίμανσης των καρπών και γενικότερα με τη συντήρηση των καρπών και κηπευτικών. Για παράδειγμα, ο ρυθμός της αναπνοής μπορεί να αντανakλά το βαθμό αποδόμησης του αμύλου σε σάκχαρα στον αρακά και στο γλυκοκαλάμποκο, καθώς επίσης και την απώλεια βιταμινών ή τις αλλοιώσεις που οφείλονται σε φυσιολογικές διαταραχές ή μηχανικούς τραυματισμούς, τραυματισμούς από χαμηλές θερμοκρασίες (κρυοτραυματισμούς) και σήψεις κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης.

Σε περίπτωση έλλειψης οξυγόνου, οι οξειδωτικές αντιδράσεις της αναπνευστικής αλυσίδας σταματούν, με αποτέλεσμα την αναστολή της διάσπασης του πυροσταφυλικού οξέος (του τελικού προϊόντος της γλυκόλυσης) σε ακετυλοσυνένζυμο-A. Σε συνθήκες αναερόβιας, γίνεται αποκαρβοξυλίωση του πυροσταφυλικού οξέος σε ακεταλδεΐδη και αναγωγή της ακεταλδεΐδης σε αιθανόλη (αλκοολική ζύμωση). Παράλληλα, συνεχίζεται η παραγωγή CO₂ παρά την αναστολή κατανάλωσης O₂, επομένως το αναπνευστικό πηλίκο (respiratory quotient – RQ), το οποίο αποτελεί το πηλίκο της παραγωγής CO₂ προς την κατανάλωση O₂, αυξάνεται κατακόρυφα λαμβάνοντας τιμές μεγαλύτερες της μονάδας, ενώ κατά την αερόβια αναπνοή με χρήση γλυκόζης ως υπόστρωμα ισούται με 1. Η αλκοολική ζύμωση οδηγεί στην ανάπτυξη ανεπιθύμητων οσμών, σε απώλεια του χαρακτηριστικού αρώματος του καρπού ή του λαχανικού, καθώς και σε καταστροφή του προϊόντος σε σύντομο χρονικό διάστημα, λόγω συσσώρευσης των προϊόντων της αλκοολικής ζύμωσης σε επίπεδα τοξικά για τα κύτταρα (Kader & Saltveit, 2003).

Στην πράξη, η αναερόβια αναπνοή συμβαίνει μόνον όταν η συγκέντρωση του οξυγόνου είναι πολύ χαμηλή (συνήθως 1-3%, ανάλογα με το είδος του φυτικού ιστού), οπότε, με τη λήψη κατάλληλων μέτρων για το σωστό αερισμό του προϊόντος κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης, το πρόβλημα αποφεύγεται. Από την άλλη πλευρά, μερικά προϊόντα (π.χ. αχλάδι, μαρούλι) είναι ευαίσθητα σε υψηλές συγκεντρώσεις του CO₂ στην ατμόσφαιρα, επομένως, κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης των προϊόντων αυτών πρέπει να αποφεύγεται συγκέντρωση CO₂ μεγαλύτερη από

1%, κάτι το οποίο επιτυγχάνεται με την επαρκή ανανέωση του αέρα στην αποθήκη (Thompson, 1998).

Η ένταση της αναπνευστικής δραστηριότητας των φυτικών προϊόντων σχετίζεται σε μεγάλο βαθμό με την ένταση του μεταβολισμού και τις αλλαγές που προκαλούνται μετασυλλεκτικά στα συγκομισμένα φυτικά όργανα. Από την άλλη πλευρά, η αναπνοή παρέχει υποστρώματα και ενέργεια, ελέγχοντας τη λειτουργία πολλών μεταβολικών διεργασιών (π.χ. μεταβολισμός υδατανθράκων, σύνθεση αρωματικών ενώσεων, μεταβολή υφής κ.ά.) που σχετίζονται άμεσα με αλλαγές στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των προϊόντων. Κατά συνέπεια, η σημασία της αναπνοής στη μετασυλλεκτική ζωή των φυτικών οργάνων είναι πολύ μεγάλη και ο ρυθμός της αναπνοής μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως δείκτης του δυνατού χρόνου συντήρησης των νωπών οπωροκηπευτικών. Κατά κανόνα, ο υψηλός ρυθμός αναπνοής συνεπάγεται ότι το προϊόν οδηγείται σε ταχεία γήρανση και μικρή αποθηκευτική ζωή, ενώ, αντίθετα, χαμηλοί ρυθμοί αναπνοής συνεπάγονται χρονικά εκτεταμένη συντήρηση.

Ένταση αναπνοής	Ρυθμός αναπνοής (mL CO ₂ kg ⁻¹ h ⁻¹) στους 5 °C	Είδος προϊόντος			
		Καρποί δένδροκομικών		Κηπευτικά	
		Κλιμακτηριακοί	Μη κλιμακτηριακοί	Ακέραια	Φρεσκοκομμένα
Πολύ χαμηλή	<5	-	Ανανάς, Σταφύλι, Ξηροί καρποί, Χουρμάδες	Γλυκοπατάτα, Πατάτα (ώριμη), Κολοκάσι, Κολοκύθες, Κρεμμύδι, Πεπόνι (Honeydew)*, Ραπανάκι (χωρίς φύλλωμα), Σκόρδο	-
Χαμηλή	5-10	Ακτινίδιο, Αχλάδι, Δαμάσκηνο, Λωτός, Μήλο, Παπάγια	Γκρέιπφρουτ, Ελιά, Κεράσι, Κράνμπερι, Λεμόνι, Μοσχολέμονο, Μανταρίνι, Πορτοκάλι, Ρόδι	Αγγούρι, Καρότο (χωρίς φύλλωμα), Κολοκυθάκι, Λάχανο, Μαρούλι (κεφαλωτό), Παντζάρι, Πατάτα (ανώριμη), Πεπόνι (κανταλούπα)*, Πιπεριά, Ραδίκι (με φύλλωμα), Σέλινο, Τομάτα*	Πιπεριά κομμένη σε κύβους, Παντζάρι (κεφαλές) τεμαχισμένο, Πατάτα κομμένη
Μέση	11-20	Βερίκοκο, Μάνγκο, Μπανάνα, Μύρτιλο, Νεκταρίνι, Ροδάκινο, Σύκο	Λίτσι, Ταμαρίλο, Μούσμουλο, Γκούζμπερι, Καράμπολα	Καρότο (με φύλλωμα), Κουνουπίδι, Μελιτζάνα, Μαρούλι (φυλλώδες), Μπάμια, Πράσο, Φασολάκι (πράσινοι λοβοί)	Πεπόνι σε κύβους, Καρότο σε φέτες, Αγγούρι σε φέτες, Κρεμμύδι σε ροδέλες, Σκόρδο ξεφλουδισμένο, Κομμένο λάχανο και κεφαλωτό μαρούλι
Υψηλή	21-30	Αβοκάντο, Αρτόκαρπος, Πάσσιον φρουτ	Βατόμουρο, Φράουλα, Σμέουρο	Αγκινάρα, Αντίδι, Κρεμμυδάκι (πράσινο), Λάχανο Βρυξελλών, Σπανάκι, Φύτρα φασολιού	Κουνουπίδι σε ανθίδια (florets), Πράσο σε ροδέλες, Ανάμικτες σαλάτες με φυλλώδες μαρούλι, αντίδι, ραδίκι, ρόκα και/ή ραντίτσιο
Πολύ υψηλή	> 30	Τσεριμόγια, Τζάκ φρουτ	-	Γλυκοκαλάμπροκο, Μαϊντανός, Μπιζέλι, Μπρόκολο, Ρόκα, Σπαράγγι	Μπρόκολο σε ανθίδια (florets), Αποφλοιωμένος αρακάς

Πίνακας 3.1 Κατάταξη οπωροκηπευτικών ανάλογα με το ρυθμό αναπνοής τους. Σημειώνεται ότι για τους κλιμακτηριακούς καρπούς δένδροκομικών και κηπευτικών (σημειώνονται με *) ειδών οι τιμές αναφέρονται στο ρυθμό αναπνοής πριν και μετά την κλιμακτήριο και όχι κατά την κλιμακτηριακή αιχμή. (Από: Kader, 2002, Kader & Saltveit, 2003).

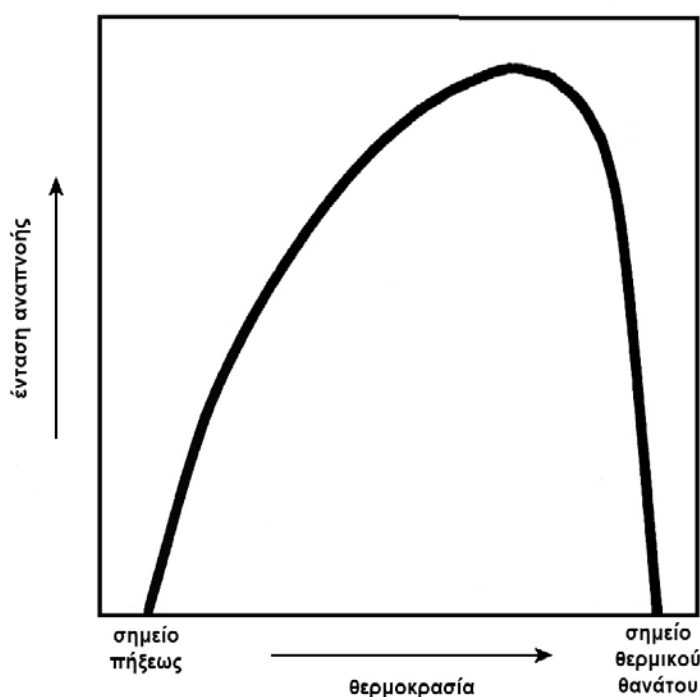
3.1.2 Παράγοντες που επηρεάζουν το ρυθμό αναπνοής

Ο ρυθμός της αναπνοής των φυτικών ιστών μετά τη συγκομιδή επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες, οι κυριότεροι εκ των οποίων είναι οι εξής:

- θερμοκρασία,
- σύνθεση της ατμόσφαιρας στην αποθήκη,
- περιεκτικότητα του ιστού σε νερό,
- τραυματισμοί και
- φυσιολογικός χαρακτήρας του προϊόντος.

3.1.2.1 Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία αποτελεί ρυθμιστικό παράγοντα για όλες τις μεταβολικές διαδικασίες, καθώς και για χημικές και φυσικές αντιδράσεις. Γενικά, ο ρυθμός της αναπνοής αυξάνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας, από το σημείο του παγώματος του συγκεκριμένου ιστού έως το σημείο που προκαλείται θερμικός τραυματισμός. Από αυτή την υψηλή θερμοκρασία και πάνω, ο ρυθμός της αναπνοής μειώνεται απότομα μέχρι του σημείου του θερμικού θανάτου του προϊόντος (Σχήμα 3.1).



Σχήμα 3.1 Η σχέση μεταξύ του ρυθμού αναπνοής και της θερμοκρασίας από το σημείο παγώματος του ιστού έως το σημείο θερμικού θανάτου (Από: Ryall & Lipton, 1979).

Ωστόσο, για ορισμένα προϊόντα (π.χ. μπανάνα, πατάτα) που υφίστανται τραυματισμό από χαμηλές θερμοκρασίες (κρυοτραυματισμός), οι οποίες είναι υψηλότερες από αυτές στις οποίες παγώνει ο ιστός, η μείωση της θερμοκρασίας μπορεί να προκαλέσει αύξηση του ρυθμού αναπνοής όταν αυτή κυμαίνεται σε επίπεδα χαμηλότερα από το όριο εμφάνισης του κρυοτραυματισμού. Για παράδειγμα, στην πατάτα, ο ρυθμός αναπνοής των κονδύλων είναι υψηλότερος στους 0-2 °C από ότι στους 5-7 °C (Hooker, 1986).

Οι αλλαγές στο ρυθμό αναπνοής σε σχέση με τη θερμοκρασία, συχνά εκφράζονται με την τιμή Q_{10} , η οποία αναφέρεται στο λόγο του ρυθμού αναπνοής (mL ή $\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$) σε

συγκεκριμένη θερμοκρασία (T_1) και του αντίστοιχου ρυθμού σε θερμοκρασία κατά $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ υψηλότερη (T_1+10).

$$Q_{10} = \frac{\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ (Θερμοκρασία } T_1+10\text{)}}{\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ (Θερμοκρασία } T_1\text{)}}$$

Για τα περισσότερα οπωροκηπευτικά η τιμή Q_{10} κυμαίνεται μεταξύ 4-5 στις χαμηλές θερμοκρασίες ($0-10\text{ }^{\circ}\text{C}$), 2-3 σε θερμοκρασίες $10-32\text{ }^{\circ}\text{C}$, ενώ σε υψηλότερες θερμοκρασίες λαμβάνει τιμές κοντά στο 1, λόγω αλλοιώσεων των ενζύμων. Η επίδραση της θερμοκρασίας μεταξύ $0-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ στην αναπνευστική δραστηριότητα διαφόρων καρπών και λαχανικών παρουσιάζεται στον Πίνακα 3.2. Εφόσον, για παράδειγμα, είναι γνωστός ο ρυθμός της αναπνοής ενός προϊόντος ανά $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ στο διάστημα $0-40\text{ }^{\circ}\text{C}$, είναι εύκολο να προσδιοριστούν με αρκετή ακρίβεια οι ενδιάμεσοι ρυθμοί αναπνοής και το στοιχείο αυτό βοηθά στον προσδιορισμό των αναγκών ψύξης ή αερισμού που απαιτούνται για την αποθήκευση του προϊόντος. Σε ένα πρόσφατο παράδειγμα σε κεράσια επιβεβαιώνονται τα παραπάνω με βάση το RQ και Q_{10} (Kafkaletou et al., 2015).

Για πρακτικούς λόγους είναι συνήθως επιθυμητό να μειώνεται η θερμοκρασία στην αποθήκη, ώστε να ελαττώνεται ο ρυθμός της αναπνοής. Όπως όμως αναφέρθηκε, θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ότι ορισμένοι καρποί και λαχανικά είναι ευαίσθητα σε χαμηλές θερμοκρασίες (βλέπε Κεφάλαιο 9) και σε αυτές τις περιπτώσεις η θερμοκρασία στην αποθήκη δεν πρέπει να μειώνεται κάτω από ένα συγκεκριμένο όριο, π.χ. $10-12\text{ }^{\circ}\text{C}$, ανάλογα με τον ιστό.

Είδος	Θερμοκρασία ($^{\circ}\text{C}$)			
	0	5	10	20
Μήλο	3	6	9	15
Μπανάνα	13	18	23	100
Μάνγκο	-	16	35	113
Λεμόνι	3	6	11	21
Πορτοκάλι	3	7	12	28
Σταφύλι	3	7	13	27
Φράουλα	15	28	52	127
Ροδάκινο	5	-	20	87
Αγκινάρα	30	43	71	193
Ακτινίδιο	3	6	12	19
Σύκο	6	13	21	50
Κρεμμύδι	3	5	7	8
Μπρόκολο	21	34	81	300
Σπανάκι	21	45	110	230
Σπαράγγι	60	105	215	270

Πίνακας 3.2 Αναπνευστική δραστηριότητα ($\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$) διαφόρων καρπών και λαχανικών σε θερμοκρασίες μεταξύ $0-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Από: Burton, 1982; Gross et al., 2004).

3.1.2.2 Σύνθεση της ατμόσφαιρας στην αποθήκη

Κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης, τα διάφορα όργανα του φυτού και το άμεσο περιβάλλον τους βρίσκονται σε ισορροπία και έτσι δεν υπάρχουν μεγάλες αλλαγές στη σύνθεση της ατμόσφαιρας γύρω από τους φυτικούς ιστούς. Αντιθέτως, μετά τη συγκομιδή, τα συγκομισμένα όργανα ή μέρη

του φυτού συγκεντρώνονται για αποθήκευση ή μεταφορά και, κατά συνέπεια, η κίνηση του αέρα και των υδρατμών περιορίζεται, προκαλώντας έτσι σημαντικές αλλαγές στη σύνθεση της ατμόσφαιρας. Στα περισσότερα οπωροκηπευτικά, κατά την αποθήκευση παρατηρείται μια τάση για αύξηση της συγκέντρωσης του CO₂ και της υγρασίας και μείωση της συγκέντρωσης του O₂ στην ατμόσφαιρα της αποθήκης, γεγονός που επηρεάζει το μεταβολισμό του προϊόντος.

Γενικά, ο ρυθμός της αναπνοής μειώνεται όταν η συγκέντρωση του O₂ πέφτει κάτω από 10%, με τις άριστες τιμές συγκέντρωσης O₂ για πολλούς καρπούς και κηπευτικά κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης σε χαμηλές θερμοκρασίες να είναι 1-3%. Υπάρχουν όμως εξαιρέσεις, όπως για παράδειγμα οι γλυκοπατάτες που παρουσιάζουν αναερόβια αναπνοή όταν η συγκέντρωση του O₂ στην ατμόσφαιρα πέφτει κάτω από 5-7%, ενώ τα εσπεριδοειδή δεν πρέπει να αποθηκεύονται σε ατμόσφαιρα με συγκέντρωση O₂ μικρότερη από 5% (Chang & Kays, 1981; Thompson, 1998). Όπως διαπιστώνεται από τον Πίνακα 3.3, η επίδραση της συγκέντρωσης του O₂ στο ρυθμό της αναπνοής εξαρτάται από το φυτικό είδος, την ποικιλία (π.χ. λάχανο και μαρούλι), την ωριμότητα του φυτικού οργάνου (π.χ. πατάτα) και από την παρουσία ή όχι των φύλλων (π.χ. παντζάρι και καρότο).

Σε χαμηλές συγκεντρώσεις O₂ παρατηρείται: (α) μείωση του ρυθμού αποδόμησης των αναπνευστικών υποστρωμάτων, καθώς και μείωση του ρυθμού παραγωγής θερμότητας, και (β) επιβράδυνση της ωρίμανσης και γήρανσης των καρπών. Η συγκέντρωση του CO₂ στην ατμόσφαιρα της αποθήκης επηρεάζει, επίσης, τον ρυθμό της αναπνοής. Γενικά, αύξηση της συγκέντρωσης του CO₂ προκαλεί μείωση του ρυθμού της αναπνοής, αλλά σε μερικά είδη (π.χ. στους κονδύλους της πατάτας, στις γογγυλόριζες του παντζαριού και στους βολβούς του κρεμμυδιού) προκαλεί αύξηση. Η επίδραση του CO₂ σχετίζεται με την ποσότητα των αναπνευστικών υποστρωμάτων που βρίσκονται στους φυτικούς ιστούς. Έτσι, όταν υπάρχει επάρκεια αναπνευστικών υποστρωμάτων, η αναπνοή παρεμποδίζεται από υψηλές συγκεντρώσεις CO₂, ενώ σε περίπτωση ανεπάρκειας αναπνευστικών υποστρωμάτων η αύξηση του CO₂ δεν προκαλεί καμία επίδραση.

Ο έλεγχος της συγκέντρωσης του O₂ και του CO₂ χρησιμοποιείται κατά την αποθήκευση καρπών (κυρίως σε μήλα και αχλάδια και δευτερευόντως σε ακτινίδια, αβοκάντο, λωτούς και ρόδια) σε ελεγχόμενες ατμόσφαιρες (controlled atmosphere storage - CA), αλλά δεν εφαρμόζεται στα κηπευτικά εξαιτίας του υψηλού κόστους και της μικρής, συνήθως, διάρκειας αποθήκευσης των κηπευτικών. Κατ' εξαίρεση, μπορεί να γίνει αποθήκευση σε ελεγχόμενες ατμόσφαιρες για κηπευτικά όπως είναι το λάχανο ή το κρεμμύδι τα οποία μπορούν να αποθηκευτούν για μεγάλο χρονικό διάστημα, που μπορεί να ξεπερνά τους 6 μήνες (Yahia, 2009).

Θερμοκρασία (°C)	Ρυθμός παραγωγής CO ₂ (mg.kg ⁻¹ .h ⁻¹)					
	στον αέρα			σε 3% O ₂		
	0	10	20	0	10	20
Αγγούρι	6	13	15	5	8	10
Μπιζέλι (λοβός)	40	130	255	29	84	160
Βατόμουρο	22	62	155	15	50	125
Γλυκοκαλάμποκο	31	90	210	27	60	120
Καρότο (ρίζα) (+ φύλλα)	13 35	19 74	33 121	7 28	11 54	25 85
Κουνουπίδι	20	45	126	14	45	60
Κρεμμύδι	3	7	8	2	4	4

Λάχανο (cv. Primo) (cv. January King) (cv. Decema)	11 6 3	30 26 8	40 57 20	8 6 2	15 18 6	30 28 12
Μαρούλι (cv. Unrivalled) (cv. Kordaat) (cv. Klock)	18 9 16	26 17 31	85 37 80	15 7 15	20 12 25	55 25 45
Παντζάρι (ρίζα) (ρίζα + φύλλα)	4 11	11 22	19 40	6 7	7 14	10 32
Πατάτα (ώριμη) (ανώριμη)	6 10	4 20	6 40	5 10	3 18	4 30
Πιπεριά (πράσινη)	8	20	35	9	14	17
Πράσο	20	50	110	10	30	57
Μπρόκολο	77	170	425	65	115	215
Σέλινο (λευκό)	7	12	33	5	9	22
Σμέουρα	24	92	200	22	56	130
Σπανάκι	50	80	150	51	87	137
Σπαράγγι	28	63	127	25	45	75
Τομάτα	6	15	30	4	6	12
Φασόλι	21	36	90	15	25	46
Φράουλα	15	52	127	12	45	86
Φραγκοστάφυλο	16	39	130	12	30	74

Πίνακας 3.3 Η επίδραση της θερμοκρασίας και της συγκέντρωσης οξυγόνου στο ρυθμό αναπνοής διαφόρων κηπευτικών και μαλακών καρπών (Από: Robinson et al., 1975).

Η παρουσία του αιθυλενίου στο χώρο της αποθήκευσης μπορεί να έχει καθοριστική επίδραση στην αναπνοή του προϊόντος, ανάλογα με το είδος. Όλοι οι φυτικοί ιστοί συμπεριλαμβανομένων των οπωροκηπευτικών προϊόντων παράγουν αιθυλένιο σε μικρές ποσότητες μετά από τη συγκομιδή και η παρουσία του έχει ιδιαίτερη σημασία για την ωρίμανση των κλιμακτηριακών καρπών (βλέπε Κεφάλαιο 5) ενώ προκαλεί αύξηση του ρυθμού αναπνοής σε όλα τα είδη των καρπών και λαχανικών, σε διαφορετικό όμως βαθμό ανάλογα με το φυτικό είδος, όπως φαίνεται στον Πίνακα 3.4.

Ιστός	Κατανάλωση O ₂ (μL O ₂ g ⁻¹ h ⁻¹)	
	- C ₂ H ₄	+ C ₂ H ₄
Αβοκάντο	35	150
Γκρέιπφρουτ	11	30
Γλυκοπατάτα	18	22
Καρότο	12	20
Λεμόνι	7	16

Μήλο	6	16
Παντζάρι	11	22
Πατάτα (κόνδυλος)	3	14

Πίνακας 3.4 Η επίδραση του αιθυλενίου στο ρυθμό της απορρόφησης του οξυγόνου σε διάφορα οπωροκηπευτικά (Από: Solomos & Biale, 1975).

Άλλα είδη αερίων που επηρεάζουν το ρυθμό αναπνοής κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης είναι το SO₂, το όζον, το προπυλένιο κ.ά., τα οποία αποτελούν ατμοσφαιρικούς ρύπους, αλλά επιδρούν στη μετασυλλεκτική φυσιολογία και διατήρηση των οπωροκηπευτικών (βλέπε Κεφάλαια 4 και 10).

3.1.2.3 Περιεκτικότητα του ιστού σε νερό

Η περιεκτικότητα των φυτικών ιστών σε νερό/υγρασία μετά τη συγκομιδή επηρεάζει το ρυθμό της αναπνοής, ανάλογα με το είδος του φυτού, το είδος του ιστού και τη φυσιολογική κατάσταση του φυτού ή οργάνου.

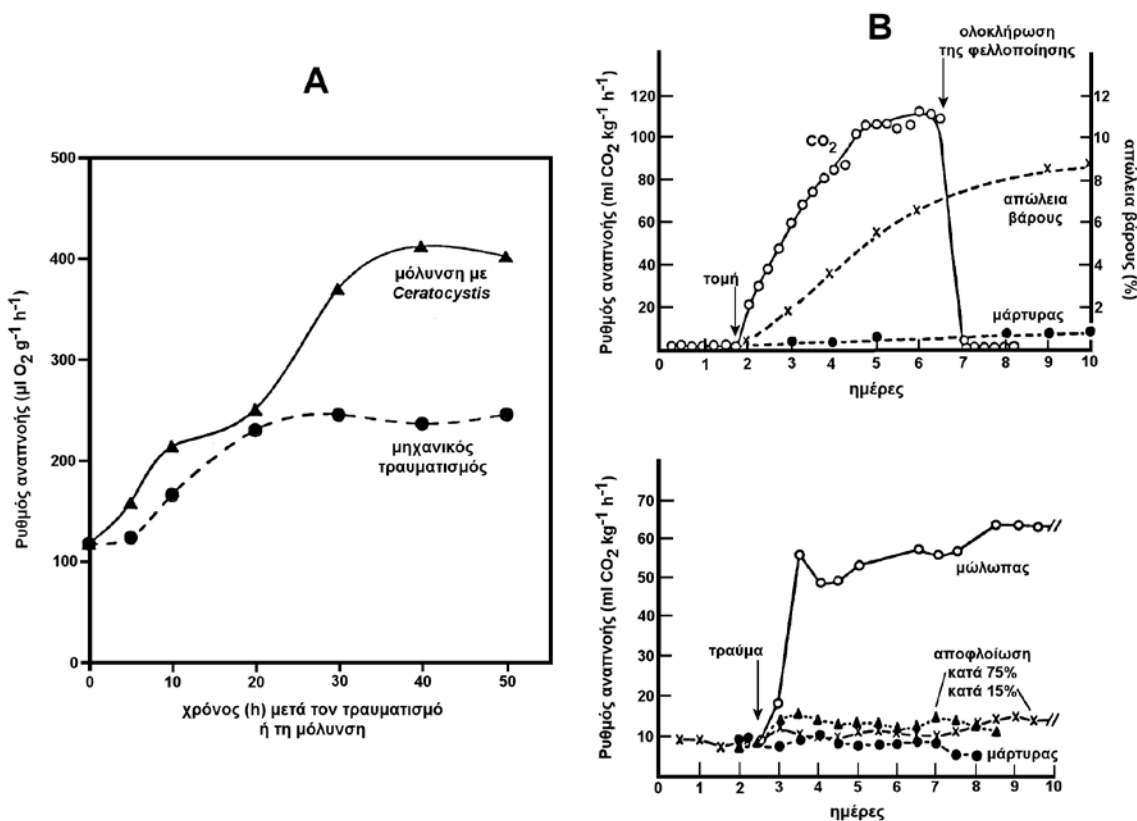
Ενώ η μείωση της υγρασίας των σπόρων έχει ιδιαίτερη σημασία για τη μείωση της αναπνοής τους και τη διάρκεια αποθήκευσής τους (π.χ. στους ξηρούς καρπούς), το φαινόμενο αυτό δεν έχει πρακτική αξία στα νωπά οπωροκηπευτικά, διότι η ποιότητά τους συνήθως συνδέεται με την υψηλή περιεκτικότητά τους σε νερό.

3.1.2.4 Τραυματισμοί

Όταν φυτά ή φυτικά όργανα τραυματίζονται, παρατηρείται αύξηση στο ρυθμό της αναπνοής τους, η οποία εξαρτάται από τη φύση και το μέγεθος του τραύματος και το περιβάλλον στο οποίο βρίσκεται ο ιστός. Τα κοψίματα και οι μωλωπισμοί αποτελούν τους συνηθέστερους μηχανικούς τραυματισμούς των νωπών οπωροκηπευτικών. Όσο εντονότερος είναι ο τραυματισμός, τόσο μεγαλύτερη είναι η αύξηση στο ρυθμό της αναπνοής και τόσο περισσότερος χρόνος απαιτείται για την επούλωση του τραύματος. Γι' αυτό το λόγο, είναι πάντοτε απαραίτητη η προσοχή κατά τους μετασυλλεκτικούς χειρισμούς των προϊόντων και πρέπει να αποθηκεύονται, κατά το δυνατόν, μόνο άθικτα προϊόντα με ελάχιστες μηχανικές ζημιές.

Η αύξηση της αναπνοής μετά τον τραυματισμό σχετίζεται με την αύξηση της μεταβολικής δραστηριότητας των τραυματισμένων κυττάρων και των γειτονικών ιστών. Πραγματοποιείται ενεργοποίηση ενζύμων και αποθηκευμένων θρεπτικών στοιχείων, ακολουθεί η σύνθεση της σουβερίνης και της λιγνίνης, ενώ σε μερικούς ιστούς σχηματίζεται κάλλος ή περίδερμα. Μετά την επούλωση του τραύματος, ο ρυθμός της αναπνοής ελαττώνεται. Εάν όμως η διαταραχή είναι πολύ μεγάλη, όπως για παράδειγμα στη περίπτωση εσωτερικών τραυμάτων ή το τραύμα μολυνθεί από μικροοργανισμούς, ο ρυθμός αναπνοής παραμένει υψηλός και δεν ελαττώνεται (Σχήμα 3.2), εκτός και αν η μόλυνση περιοριστεί.

Η επούλωση των τραυμάτων των φυτικών προϊόντων έχει μεγάλη σημασία για την επιτυχία της αποθήκευσης, ιδιαίτερα όσον αφορά τους κονδύλους και τις ρίζες (βλέπε Κεφάλαιο 8), όπου εφαρμόζεται η διαδικασία της μεθωρίμανσης (curing) για την προώθηση της φελλοποίησης.



Σχήμα 3.2 (Α) Η επίδραση μηχανικών τραυματισμών ή μόλυνσης με *Ceratocystis fimbriata* στην αναπνοή των κονδύλων γλυκοπατάτας (Από: Asahi et al., 1966), (Β) Η επίδραση διαφόρων μηχανικών τραυμάτων (τομή, μώλωπας, αποφλοιώση) στην αναπνοή και την απώλεια βάρους ριζωμάτων του *Dioscorea rotundata* (γιαμ) (Από: Passam et al., 1976).

3.1.2.5 Φυσιολογικός χαρακτήρας του φυτικού ιστού

Όπως προκύπτει από τα στοιχεία των Πινάκων 3.1 και 3.3, ο ρυθμός της αναπνοής των διαφόρων οπωροκηπευτικών διαφέρει σημαντικά ανάλογα με την ποικιλία (μαρούλι, λάχανο), την ωρίμανση του ιστού (πατάτα), καθώς επίσης και με το φυσιολογικό χαρακτήρα του ιστού ή οργάνου. Πιο συγκεκριμένα, φαίνεται ότι η αναπνοή των νεαρών σε ηλικία ιστών (π.χ. τα φύτρα του φασολιού, οι νεαροί βλαστοί του σπαραγγιού και οι καταβολές των ταξιανθιών του κουνουπιδιού και μπρόκολου) καθώς και των μαλακών-μικρών καρπών (φράουλα, βατόμουρο, σμέουρο, φραγκοστάφυλο) είναι γενικά υψηλότερη από αυτή των σαρκωδών καρπών (πιπεριά, τομάτα) και πολύ υψηλότερη από αυτή των γογγυλόμενων, κονδύλων και ριζοκονδύλων (παντζάρι, καρότο, πατάτα κ.ά.). Διαφορές στο ρυθμό της αναπνοής παρατηρούνται και μεταξύ διαφορετικών ιστών ενός οργάνου, για παράδειγμα οι περιοχές κοντά στους οφθαλμούς των κονδύλων της πατάτας έχουν μεγαλύτερο ρυθμό αναπνοής από περιοχές απομακρυσμένες από αυτούς (π.χ. παρέγχυμα) (Αλεξόπουλος, 2006). Ιδιαίτερη σημασία έχει και το στάδιο της ωρίμανσης του καρπού (π.χ. στη μπανάνα, τομάτα) (βλέπε Κεφάλαια 5 και 6).

Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν το ρυθμό της αναπνοής και, κατά συνέπεια, τη μετασυλλεκτική συμπεριφορά του προϊόντος, είναι:

- οι συνθήκες της καλλιέργειας πριν από τη συγκομιδή, που επηρεάζουν σημαντικά τη θρεπτική και υδατική κατάσταση του φυτού,
- η παρουσία φυτοφαρμάκων,
- η διαπερατότητα της επιφάνειας του προϊόντος σε O_2 και CO_2 που σχετίζεται με τη φύση της επιδερμίδας και την εφαρμογή ή όχι επικάλυψης του προϊόντος με κερί, εδωδιμες μεμβράνες, πλαστικά φιλμ κ.ά.

Εκτός από την ρυθμό αναπνοής του φυτικού ιστού, η αποθηκευτική ζωή των οπωροκηπευτικών εξαρτάται και από άλλους παράγοντες, όπως οι μετασυλλεκτικές προσβολές, οι κρουοτραυματισμοί κ.ά.

3.2 Απώλεια νερού

Όσο το φυτό αναπτύσσεται στον αγρό ή στη φύση υπάρχει μια συνεχής ροή νερού από τις ρίζες προς τα εναέρια μέρη του φυτού μέσω της διαδικασίας της διαπνοής. Έτσι, το νερό που εξατμίζεται από την επιφάνεια του φυτού, αντικαθίσταται από το νερό του εδάφους που λαμβάνεται από τις ρίζες. Η εξατμηση του νερού, κυρίως από τα στομάτια αλλά και από την επιδερμίδα των εναέριων οργάνων, ρυθμίζει τη θερμοκρασία του φυτού και επίσης προωθεί τη μεταφορά θρεπτικών στοιχείων και ανόργανων ιόντων (π.χ. ασβέστιο) στα σημεία αφομοίωσής τους. Ωστόσο, με τη συγκομιδή, είτε ολόκληρου φυτού ή φυτικού οργάνου, η αντικατάσταση του νερού αυτού δεν είναι πια δυνατή, με συνέπεια, εάν ο ρυθμός απώλειας νερού δεν επιβραδυνθεί, το προϊόν να χάσει σημαντικό ποσοστό του βάρους του, να αφυδατωθεί, να μαραθεί και να χάσει γρήγορα τη συνεκτικότητα και την υφή του, επομένως, να υποβαθμιστεί η ποιότητά του. Σε αντίθεση με τα δημητριακά, τα όσπρια και τους ξηρούς καρπούς, στα νωπά οπωροκηπευτικά η απώλεια νερού μετά τη συγκομιδή καθορίζει σε μεγάλο βαθμό τη μετασυλλεκτική ζωή τους, γιατί τα προϊόντα αυτά παραμένουν φρέσκα για όσο διάστημα διατηρούν το περιεχόμενό τους σε νερό (Kays, 1991; Ben-Yehoshua & Rodon, 2003).

Η περιεκτικότητα σε νερό των περισσότερων καρπών και κηπευτικών κυμαίνεται μεταξύ 80 και 95% του νωπού βάρους τους. Απώλεια υγρασίας μέχρι 3-6% προκαλεί την εμφάνιση συμπτωμάτων αφυδάτωσης στα περισσότερα οπωροκηπευτικά, ενώ αύξηση της απώλειας σε επίπεδα υψηλότερα από 10% καθιστά τα περισσότερα από αυτά τα είδη ακατάλληλα για την αγορά (Πίνακας 3.5). Κατά συνέπεια, ο περιορισμός της απώλειας της υγρασίας μετά τη συγκομιδή, αποτελεί βασικό παράγοντα για την επιτυχία της αποθήκευσης των νωπών οπωροκηπευτικών και η ανάγκη για έγκαιρη αντιμετώπιση του προβλήματος διαπιστώνεται εύκολα, εάν υπολογιστεί η ταχύτητα με την οποία πραγματοποιείται η απώλεια νερού (Πίνακας 3.6).

Είδος	Μέγιστη αποδεκτή απώλεια νερού (%)
Αγγούρι	7
Αρακάς (λοβός)	5
Αχλάδι	6
Βατόμουρο	6
Γλυκοκαλάμποκο	7
Καρότο	8
Καρότο (με φύλλα)	4
Κουνουπίδι	7
Κρεμμύδι	10
Λάχανο	7-10
Λάχανο Βρυξελλών	8
Λωτός	13
Μαρούλι	3-5
Μήλο	7,5
Μπρόκολο	4
Παντζάρι	7
Παντζάρι (με φύλλα)	5
Πατάτα	7
Πιπεριά (πράσινη)	7

Πράσο	7
Ροδάκινο	6
Σέλινο	10
Σμέουρο	6
Σπαράγγι	8
Σπανάκι	3
Τομάτα	7
Φασόλι	5

Πίνακας 3.5 Η μέγιστη απώλεια νερού από διάφορα οπωροκηπευτικά, πριν την εμφάνιση ορατών συμπτωμάτων μάρανσης, οπότε και θεωρούνται ακατάλληλα για εμπορία (Από: Robinson et al., 1975, Hruschka, 1977).

Είδος οπωροκηπευτικού	Συνθήκες μετά τη συγκομιδή		Απώλεια νερού (% βάρους προϊόντος ημέρα ⁻¹ Ρα wnpd ⁻¹)*
	Θερμοκρασία (°C)	Σ.Υ. (%)	
Αγγούρι	15	45-65	40
Γλυκοκαλάμπικο (στο σπάδικα)	15	45-65	140
Κουνουπίδι	15	45-65	190
Καρότο (με φύλλα)	15	45-65	280
Λάχανο Βρυξελλών	15	45-65	280
Μαρούλι	15	45-65	750
Μπρόκολο (Calabrese)	15	45-65	240
(Sprouting)	15	45-65	750
Νεροκάρδαμο	15	45-65	3500
Παντζάρι (με φύλλα)	15	45-65	160
Σπανάκι	15	45-65	1100
Πράσο	15	45-65	90
Σέλινο (με λευκούς μίσχους)	15	45-65	280
Φασολάκι (λοβός)	15	45-65	180
Φράουλα	15	45-65	70
Βατόμουρο	10	60-75	50
Γογγύλι	10	60-75	110
Κρεμμύδι (βολβός)	10	60-75	2
Λάχανο (χαλαρή κεφαλή)	10	60-75	100
(συνεκτική κεφαλή)	10	60-75	10
Πιπεριά	10	60-75	6
Πατάτα (ώριμη)	10	83	1
(ανώριμη)	10	83	10-30
Σπαράγγι	10	60-75	360
Σμέουρο	10	60-75	250
Τομάτα	10	60-75	10
Αχλάδι	0	85-92	5
Μήλο (cv. Boskoop)	0	85-90	9
(cv. Bramley's Seedling)	0	90	3
(cv. Golden Delicious)	0	85-90	7
(cv. Worcester Pearmain)	0	85-92	9-12
Μπανάνα (ώριμη)	12,5	90	6
(πράσινη)	11-13	85-90	30

Πορτοκάλι (cv. Valencia)	3,3	52-92	6
Ροδάκινο (ώριμο)	5	80	10
(ανώριμο)	5	80	20

* wv_{vpd} (water vapour pressure deficit) = έλλειμμα της τάσης των υδρατμών (σε Pa) μεταξύ προϊόντος και περιβάλλοντος (βλέπε Παράγραφο 3.2.2)

Πίνακας 3.6 Επίδραση του είδους του οπωροκηπευτικού και των συνθηκών συντήρησης στο ρυθμό απώλειας νερού (Από: Robinson et al., 1975, Burton, 1982).

Η απώλεια του νερού πραγματοποιείται κυρίως μέσω των στοματίων (στα φυλλώδη είδη), αλλά και από άλλες περιοχές, όπως τα φακίδια (π.χ. καρποί και κόνδυλοι), τις ουλές των μίσχων και τους κάλυκες των καρπών, καθώς και από τις τομές και άλλους μηχανικούς τραυματισμούς που προκύπτουν κατά τη συγκομιδή και τους διάφορους μετασυλλεκτικούς χειρισμούς. Η σχετική συνεισφορά των διαφόρων περιοχών ανταλλαγής υδρατμών μεταξύ προϊόντος και περιβάλλοντος στη συνολική απώλεια νερού εξαρτάται από τη φύση του προϊόντος.

Στην επιφάνεια του φυτικού οργάνου σχηματίζεται μία συνοριακή στρώση (boundary layer) αέρα, από όπου πρέπει να διέλθουν οι υδρατμοί και τα αέρια (O_2 , CO_2 κ.ά.) για την επικοινωνία οργάνου-περιβάλλοντος. Στην περιοχή αυτή ο αέρας είναι στατικός και η κίνηση των μορίων του νερού και των αερίων γίνεται μόνο με διάχυση, παρουσιάζοντας εμπόδιο στη μετακίνησή τους από και προς το φυτικό όργανο. Η μεταφορά των υδρατμών από το προϊόν προς το περιβάλλον, επομένως και η απώλεια νερού ενός νωπού προϊόντος μετά τη συγκομιδή του, εξαρτάται από το πάχος της συνοριακής στρώσης. Οι παράγοντες που επηρεάζουν τα δύο αυτά χαρακτηριστικά, είναι:

- η δομή και η φυσική κατάσταση του προϊόντος
- η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία της ατμόσφαιρας στην αποθήκη
- η κίνηση του αέρα, και
- η ατμοσφαιρική πίεση.

3.2.1 Δομή και φυσική κατάσταση του προϊόντος

Η απώλεια νερού αποτελεί την κυριότερη αιτία απώλειας βάρους και υποβάθμισης της ποιότητας μετά τη συγκομιδή στα φυλλώδη λαχανικά (π.χ. μαρούλι, σπανάκι, πράσινο κρεμμυδάκι κ.ά.) και τη δεύτερη σημαντικότερη (μετά την υπερωρίμανση και τη σήψη) στους ανώριμους καρπούς των κηπευτικών και τους μικρούς καρπούς (π.χ. αγγούρι, κολοκυθάκι, πιπεριά, μπάμια, φασολάκι, φράουλα, σμέουρα κ.ά.). Μικρότερη είναι η σημασία της στους ώριμους καρπούς (π.χ. τομάτες, μήλα, πεπόνια, καρπούζια) και ακόμα μικρότερη στα υπόγεια αποθησαυριστικά όργανα (Kader, 1983). Η αφυδάτωση των φυλλωδών λαχανικών μετά τη συγκομιδή μπορεί να γίνει πολύ γρήγορα, κυρίως λόγω της υψηλής ταχύτητας της εξάτμισης νερού διαμέσου των στοματίων των φύλλων. Αντίθετα, στους καρπούς (κυρίως τους ώριμους) και τα υπόγεια όργανα, το πάχος του φλοιού, η παρουσία κηρώδους ή φελλοποιημένης (π.χ. πατάτα) ή με χνούδι ή τρίχες επιδερμίδας (π.χ. ροδάκινο, ακτινίδιο) ή η παρουσία ξηρών φύλλων (π.χ. στο εξωτερικό του βολβού του κρεμμυδιού και του σκόρδου) περιορίζουν το ρυθμό της απώλειας νερού.

Στον Πίνακα 3.6 παρουσιάζονται οι έντονες διαφορές στο ρυθμό απώλειας νερού μεταξύ των διαφόρων ειδών οπωροκηπευτικών, μεταξύ διαφορετικών ποικιλιών του ίδιου είδους (π.χ. λάχανο, μήλο), ακόμα και μεταξύ διαφορετικών σταδίων ωριμότητας του ίδιου προϊόντος (π.χ. μπανάνα, ροδάκινο, πατάτα). Σε ένα μεγάλο βαθμό, όσο μεγαλύτερη είναι η αναλογία της επιφάνειας προς τον όγκο του προϊόντος, τόσο μεγαλύτερη είναι η απώλειά του σε νερό (Πίνακας 3.7), ιδιαίτερα στα είδη που χάνουν εύκολα νερό. Επιπρόσθετα, το σχήμα και η δομή ενός καρπού ή λαχανικού επηρεάζει σημαντικά την απώλεια νερού από αυτό μετασυλλεκτικά. Το σπανάκι και το μαρούλι με χαλαρό-ανοικτό φύλλωμα (looseleaf lettuce) χάνουν πολύ περισσότερη υγρασία από το κεφαλωτό μαρούλι (butterhead lettuce) και το κλειστό λάχανο στον ίδιο χρόνο αποθήκευσης, ενώ η στενόμακρη μελιτζάνα μαραίνεται πιο γρήγορα από τη μελιτζάνα τύπου φλάσκας.

Αναλογία επιφάνειας προς όγκο (cm ² cm ⁻³)	Είδος προϊόντος
50-100	Φυλλώδη είδη, πολύ μικροί σπόροι
10-15	Σπόροι δημητριακών
5-10	Σπόροι ψυχανθών (όσπρια), μικροί μαλακοί καρποί (σμέουρο, βατόμουρο, μύρτιλο κ.ά.)
2-5	Καρποί ψυχανθών, κελυφωτοί καρποί, μεγαλύτεροι μαλακοί καρποί (π.χ. φράουλα), πράσινο κρεμμυδάκι
0,5-1,5	Κόνδυλοι (βλαστοκόνδυλοι και ριζοκόνδυλοι), γογγυλίζες (εκτός από μεγάλα γογγύλια), μηλοειδή, πυρηνόκαρπα, εσπεριδοειδή, καρποί κολοκυνθοειδών, μπανάνα, κρεμμύδι (βολβός)
0,2-0,5	Λάχανο (με συνεκτική κεφαλή), γιαμ, μεγάλο γογγύλι, ινδική καρύδα

Πίνακας 3.7 Αναλογίες επιφάνειας/όγκου σε διάφορα οπωροκηπευτικά και δημητριακά (Από: Burton, 1982).

3.2.2 Θερμοκρασία και σχετική υγρασία της ατμόσφαιρας

Η εξάτμιση του νερού από την επιφάνεια του φυτικού προϊόντος κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης εξαρτάται, σε πολύ μεγάλο βαθμό, από τη σχετική υγρασία και τη θερμοκρασία που επικρατούν στην αποθήκη (Πίνακας 3.8). Γενικότερα, αύξηση της θερμοκρασίας αποθήκευσης οδηγεί σε υψηλότερη απώλεια νερού, όχι μόνο λόγω αύξησης της κινητικότητας των μορίων του νερού, αλλά και λόγω φυσιολογικής επίδρασης στο άνοιγμα των στοματίων. Η σημαντικότερη επίδραση της θερμοκρασίας στην απώλεια νερού των οπωροκηπευτικών σχετίζεται με τη σχέση θερμοκρασίας και περιεχομένου σε υδρατμούς της ατμόσφαιρας.

Σχετική υγρασία (%)	90	80	70	40
Θερμοκρασία 0 °C Απώλεια νερού (% αρχικού βάρους ανά ημέρα)	0,0195	0,0387	0,5560	0,0966
Θερμοκρασία 10 °C Απώλεια νερού (% αρχικού βάρους ανά ημέρα)	0,0503	0,0853	0,1154	0,1898
Θερμοκρασία 20 °C Απώλεια νερού (% αρχικού βάρους ανά ημέρα)	0,1089	0,1616	0,2220	0,3540

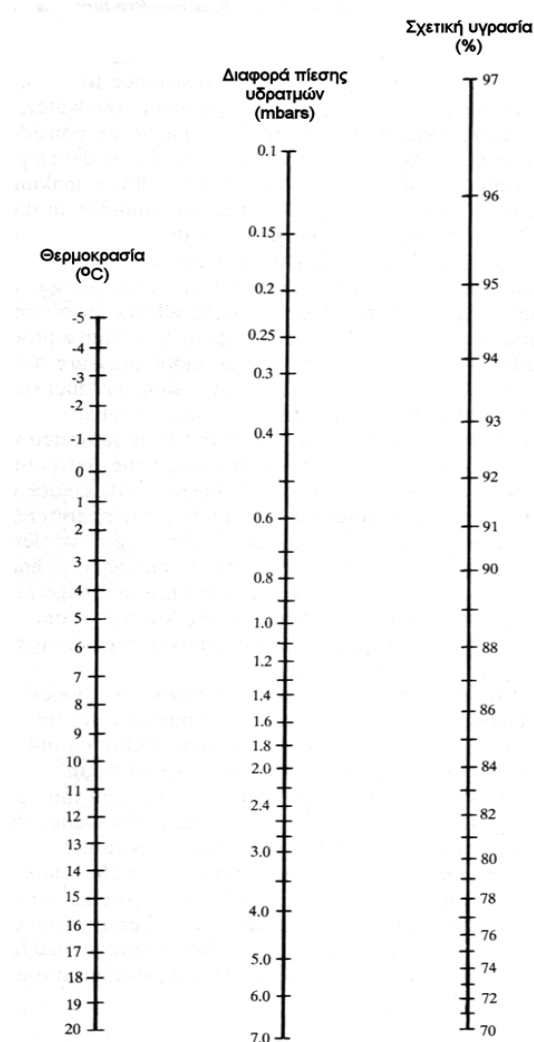
Πίνακας 3.8 Απώλεια νερού από μήλα (cv. Bramley's Seedling) σε σχέση με τη θερμοκρασία και τη σχετική υγρασία της ατμόσφαιρας (Από: Burton, 1982).

Το περιεχόμενο σε υδρατμούς της ατμόσφαιρας της αποθήκης παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην απώλεια νερού από το προϊόν. Υπάρχει μια δυναμική σχέση μεταξύ της περιεκτικότητας του προϊόντος σε νερό και της υγρασίας της ατμόσφαιρας, ώστε το νερό να μετακινείται, με τη μορφή υδρατμών, από το εσωτερικό του προϊόντος (υψηλότερο υδατικό δυναμικό) προς τον σχετικά πιο ξηρό αέρα του περιβάλλοντος. Το περιεχόμενο της ατμόσφαιρας σε υδρατμούς αποδίδεται από τις έννοιες της σχετικής υγρασίας (relative humidity), της απόλυτης υγρασίας (absolute humidity), της πίεσης των υδρατμών (water vapour pressure) και του σημείου δρόσου-κορεσμού ατμόσφαιρας

(dew point). Συνήθως, χρησιμοποιείται η έννοια της σχετικής υγρασίας (Σ.Υ.) που είναι ο λόγος (%) της ποσότητας των υδρατμών που περιέχονται σε μια ατμόσφαιρα προς την ποσότητα των υδρατμών που απαιτούνται για τον κορεσμό της ατμόσφαιρας αυτής σε συγκεκριμένη θερμοκρασία και βαρομετρική πίεση. Όπως είναι φανερό, η σχετική υγρασία μιας ατμόσφαιρας συνδέεται στενά με τη θερμοκρασία. Έτσι, για το ίδιο ποσοστό σχετικής υγρασίας (π.χ. 40%) 1 kg ξηρού αέρα περιέχει στους 20 °C περίπου 9 g υδρατμών, ενώ στους 30 °C περίπου 11 g υδρατμών. Αντίθετα, η έννοια της απόλυτης υγρασίας (g υδρατμών ανά kg ξηρού αέρα) είναι ανεξάρτητη από τη θερμοκρασία και τη βαρομετρική πίεση.

Γενικότερα, όσο χαμηλότερη είναι η θερμοκρασία του αέρα, τόσο μικρότερο ποσό υδρατμών μπορεί να συγκρατήσει, επομένως όσο η θερμοκρασία μειώνεται, μειώνεται και η απόλυτη υγρασία για δεδομένη σχετική υγρασία. Για παράδειγμα, περισσότεροι υδρατμοί απαιτούνται για να κορεστεί ο αέρας σε θερμοκρασία 15 °C απ' ό,τι στους 5 °C. Η σχέση της θερμοκρασίας με τη σχετική και την απόλυτη υγρασία μπορεί να υπολογιστεί από ψυχομετρικούς χάρτες.

Μεγάλη σημασία για τη διατήρηση των νωπών προϊόντων μετά τη συγκομιδή τους έχει η διαφορά πίεσης υδρατμών (ΔΠΥ) (water vapor pressure deficit - VPD) μεταξύ του προϊόντος και του περιβάλλοντος. Αύξηση της διαφοράς αυτής οδηγεί σε εντονότερη απώλεια νερού από τα νωπά προϊόντα και επηρεάζεται σημαντικά από τη θερμοκρασία (Θ) και τη σχετική υγρασία (Σ.Υ.), όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.3. και στον Πίνακα 3.9. Από το νομόγραμμα (Σχήμα 3.3) μπορεί να υπολογιστεί η διαφορά πίεσης υδρατμών γνωρίζοντας τη θερμοκρασία και τη Σ.Υ. του περιβάλλοντος, με δεδομένο ότι η θερμοκρασία του προϊόντος και του περιβάλλοντος ταυτίζονται και η Σ.Υ. στο εσωτερικό του προϊόντος είναι 100%. Η ένωση μιας γραμμής μεταξύ της θερμοκρασίας και της Σ.Υ. τέμνει την κεντρική στήλη στο σημείο της διαφοράς πίεσης υδρατμών (Kays, 1991).



Σχήμα 3.3 Νομόγραμμα για τον υπολογισμό της ΔΠΥ μεταξύ του προϊόντος και του περιβάλλοντος αποθήκευσής του, δεδομένης της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος και της σχετικής υγρασίας (Τροποποιημένο από Kays, 1991).

Θερμοκρασία (°C)	Σ.Υ. (%)	Πίεση Υδρατμών (mm Hg)	Διαφορά Πίεσεως των Υδρατμών (mm Hg)
0	100	4,58	0
	90	4,12	0,46
	70	3,21	1,37
	50	2,29	2,29
2,2	100	5,37	0
	90	4,83	0,54
	70	3,76	1,61
	50	2,68	2,69
4,4	100	6,27	0
	90	5,64	0,63
	70	4,39	1,88
	50	3,13	3,14
10,0	100	9,21	0
	90	8,29	0,92
	70	6,45	2,76
	50	4,60	4,61
21,1	100	18,76	0
	90	16,88	1,88
	70	13,13	5,63
	50	9,38	9,38

Πίνακας 3.9 Η σχέση της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας με την πίεση των υδρατμών και τη διαφορά πίεσεως των υδρατμών σε σχέση με την κορεσμένη ατμόσφαιρα (σε βαρομετρική πίεση 1 Atm) (Από: Lutz & Hardenburg, 1968).

Κατά συνέπεια, ένας χώρος με δεδομένο επίπεδο Σ.Υ. (ακόμη και 100%) παρουσιάζει διαφορετική απόλυτη υγρασία (δηλαδή περιεχόμενο σε υδρατμούς), από έναν παρόμοιο χώρο με την ίδια Σ.Υ., αλλά διαφορετική θερμοκρασία. Η επίδραση της Δ.Π.Υ. έχει ιδιαίτερη σημασία κατά τα πρώτα στάδια της αποθήκευσης των οπωροκηπευτικών, όταν τα προϊόντα ακόμη εκλύουν θερμότητα. Για παράδειγμα, όταν καρότα με θερμοκρασία 21,1 °C και Σ.Υ. 100% τοποθετούνται σε αποθήκη θερμοκρασίας 0 °C και Σ.Υ. επίσης 100%, παρόλη την εξίσωση της τιμής της Σ.Υ. του χώρου και του προϊόντος, νερό εξατμίζεται από την επιφάνεια των καρότων κατά τα αρχικά στάδια της παραμονής τους στις χαμηλές θερμοκρασίες, γιατί δεν έχει μειωθεί ακόμα η θερμοκρασία τους και υπάρχει σημαντική Δ.Π.Υ. Στην περίπτωση αυτή μάλιστα, η απώλεια νερού από τα καρότα είναι μεγαλύτερη σε σύγκριση με την περίπτωση που η θερμοκρασία των καρότων είναι 0 °C και η Σ.Υ. της αποθήκης βρίσκεται στο 50%, όπως φαίνεται στον Πίνακα 3.10, γιατί η Δ.Π.Υ. στην πρώτη περίπτωση είναι μεγαλύτερη.

Το παράδειγμα αυτό δείχνει τη μεγάλη σημασία που έχει η ταχεία ψύξη (πρόψυξη) των οπωροκηπευτικών μετά τη συγκομιδή, ώστε να αφαιρεθεί η θερμότητα που έχουν τα προϊόντα στον αγρό ("field heat") πριν τοποθετηθούν στην αποθήκη (Kader, 2002).

	Θερμοκρασία (°C)	Σ.Υ. (%)	Πίεση υδρατμών (mm Hg)
--	------------------	----------	------------------------

Καρότα Ατμόσφαιρα στην αποθήκη	21,1 0	100 100	18,76 4,58
Διαφορά Πίεσεως Υδρατμών			14,18
Καρότα Ατμόσφαιρα στην αποθήκη	0 0	100 50	4,58 2,29
Διαφορά Πίεσεως Υδρατμών			2,29

Πίνακας 3.10 Η διαφορά της πίεσεως των υδρατμών σε σχέση με τη θερμοκρασία της ατμόσφαιρας της αποθήκης και του προϊόντος και τη σχετική υγρασία της ατμόσφαιρας κατά την αποθήκευση του καρότου (Από: Lutz & Hardenburg, 1968).

3.2.3 Κίνηση του αέρα

Η κυκλοφορία του αέρα μέσα στην αποθήκη είναι απαραίτητη για τη διατήρηση ομοιόμορφης θερμοκρασίας, καθώς και για την απομάκρυνση του αιθυλενίου και του CO₂ και την ανανέωση του O₂. Η ταχύτητα του αέρα πρέπει να ρυθμιστεί έτσι ώστε να απομακρύνεται η θερμότητα που παράγεται από την αναπνοή των προϊόντων, καθώς και η θερμότητα που εισέρχεται στην αποθήκη από το περιβάλλον. Χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή στη ρύθμιση της ταχύτητας του αέρα στην αποθήκη. Εάν η ταχύτητα είναι πολύ χαμηλή, το προϊόν μπορεί να θερμανθεί λόγω μη αποτελεσματικής απομάκρυνσης της θερμότητας της αναπνοής, γεγονός που οδηγεί σε αύξηση της απώλειας του νερού, γιατί η διαφορά πίεσεως υδρατμών μεταξύ προϊόντος και αέρα αυξάνεται.

Συνήθως, ο αέρας στους μεσοκυττάριους χώρους, στο εσωτερικό των ιστών καθώς και στην επιφάνεια του προϊόντος είναι κορεσμένος με υδρατμούς. Η ταχεία κίνηση του αέρα στην αποθήκη δημιουργεί μια τάση που ωθεί τους υδρατμούς από την επιφάνεια και από το εσωτερικό των ιστών προς τη συγκριτικά πιο ξηρή ατμόσφαιρα της αποθήκης, επομένως προκαλεί απώλεια νερού, της οποίας η ένταση εξαρτάται από τη Σ.Υ. του αέρα. Όμως, η απώλεια υγρασίας δεν αυξάνεται γραμμικά με την αύξηση της ταχύτητας του αέρα. Παρατηρείται υψηλή απώλεια στις σχετικά μικρές ταχύτητες αέρα, ενώ στις υψηλές ταχύτητες η αύξηση της ταχύτητας επιφέρει μικρή αύξηση στην απώλεια υγρασίας. Γενικότερα, ταχύτητα αέρα μεγαλύτερη του 0,84 m sec⁻¹ επηρεάζει τη συντομία στρώση μειώνοντας τη σχετική της υγρασία και αυξάνει την απώλεια νερού σε φυλλώδη λαχανικά και καρπούς (Gaffney et al., 1985).

3.2.4 Ατμοσφαιρική πίεση

Ο ρυθμός εξάτμισης του νερού (όπως και κάθε υγρού) είναι αντιστρόφως ανάλογος προς την ατμοσφαιρική πίεση, κάτι που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά την αποθήκευση οπωροκηπευτικών σε υποβαρείς συνθήκες καθώς και τη μεταφορά τους με αεροπλάνα. Κατά την πτήση σε μεγάλα ύψη (π.χ. > 1500 m), η ατμοσφαιρική πίεση είναι σημαντικά χαμηλότερη (630 mm Hg) σε σχέση με αυτή στην επιφάνεια της θάλασσας (760 mm Hg). Έτσι, ο ρυθμός απώλειας νερού μπορεί να αυξηθεί σημαντικά εξαιτίας της διαφορετικής ατμοσφαιρικής πίεσης. Για κάθε μείωση της ατμοσφαιρικής πίεσης κατά 10% παρατηρείται κατά 10% αύξηση της απώλειας νερού στα νωπά οπωροκηπευτικά (Burg, 2004).

Η αποθήκευση των καρπών και κηπευτικών σε υποβαρείς συνθήκες (μερικού κενού) επιτρέπει την απομάκρυνση του αιθυλενίου και τη ρύθμιση της συγκέντρωσης του O₂ και του CO₂ στο περιβάλλον της αποθήκης. Ωστόσο, κατά την αποθήκευση των προϊόντων σε τέτοιες συνθήκες αυξάνεται σημαντικά η απώλεια νερού λόγω αύξησης της διαφοράς πίεσης υδρατμών, επομένως η Σ.Υ. θα πρέπει να ρυθμίζεται σε επίπεδα κορεσμού. Αντίστοιχα, η ψύξη των νωπών οπωροκηπευτικών υπό κενό αποτελεί αποτελεσματική μέθοδο πρόψυξης για οπωροκηπευτικά με μεγάλο λόγο επιφάνειας/όγκου (βλέπε Κεφάλαιο 10).

3.3 Αιθυλένιο

3.3.1 Ιδιότητες και δράση του αιθυλενίου στους φυτικούς ιστούς

Η επίδραση της σύνθεσης της ατμόσφαιρας της αποθήκης στη μετασυσπαστική συμπεριφορά των φυτικών προϊόντων ήταν γνωστή από την αρχαιότητα. Έτσι, ήταν γνωστό ότι η παρουσία σάπινων καρπών στο χώρο αποθήκευσης προωθούσε την ωρίμανση άλλων καρπών. Οι αρχαίοι Αιγύπτιοι χάραζαν τα σύκα για να προωθήσουν την ωρίμανσή τους. Οι αρχαίοι Κινέζοι γνώριζαν επίσης ότι η καύση θυμιαμάτων στο χώρο αποθήκευσης κάποιων καρπών οδηγούσε σε ταχύτερη ωρίμανσή τους. Αργότερα, κατά την περίοδο της βιομηχανικής επανάστασης, παρατηρήθηκε ότι οι καρποί καλλιεργειών που γειτνιάζαν με βιομηχανικές μονάδες ωρίμαζαν νωρίτερα από το συνηθισμένο χρόνο. Η επίσπευση της ωρίμανσης σε όλες αυτές τις περιπτώσεις προκαλείται από την παρουσία του αιθυλενίου (C_2H_4) στην ατμόσφαιρα, λόγω καύσης, τραυματισμού των φυτικών ιστών, προσβολής τους από παθογόνα κ.ά.

Το αιθυλένιο (CH_2CH_2) είναι ένα απλό οργανικό μόριο το οποίο είναι βιολογικά ενεργό σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις, της τάξης των $\mu L L^{-1}$ (ppm) ή $nL L^{-1}$ (ppb) (έως $0,1 \mu L L^{-1}$) και δρα ως φυτορρυθμιστική ουσία ή φυτορμόνη, ελέγχοντας πολλές φυσιολογικές λειτουργίες σε όλα τα στάδια ανάπτυξης των φυτικών οργάνων (π.χ. γήρανση φυτικών ιστών, ωρίμανση καρπών). Το αιθυλένιο σε σχέση με τις άλλες φυτορρυθμιστικές ουσίες έχει την ιδιαιτερότητα ότι στις συνηθισμένες θερμοκρασίες απαντάται σε αέρια μορφή και για το λόγο αυτό διαχέεται εύκολα μεταξύ των φυτικών ιστών. Το αιθυλένιο παράγεται από όλους τους φυτικούς ιστούς, αλλά τα επίπεδα παραγωγής του διαφέρουν ανάλογα με το φυτικό είδος και τον φυτικό ιστό (Πίνακας 3.11).

Κατηγορία	Ρυθμός παραγωγής αιθυλενίου στους $20^\circ C$ ($\mu L kg^{-1} h^{-1}$)	Είδος
Πολύ μικρός	< 0,1	εσπεριδοειδή, κεράσι, φράουλα, ρόδι, σταφύλι, φυλλώδη λαχανικά, ριζώδη λαχανικά, κουνουπίδι, σπαράγγι, αγκινάρα
Χαμηλός	0,1-1	ανανάς, καρπούζι, πεπόνι, berries, ελιά, λωτός, αγγούρι, μελιτζάνα, πιπεριά, μπάμια, κολοκύθα
Μεσαίος	1-10	μπανάνα, σύκο, μάνγκο, τομάτα, γκουάβα, λίτσι
Υψηλός	10-100	μήλο, βερίκοκο, αβοκάντο, ακτινίδιο, νεκταρίνι, ροδάκινο, αχλάδι, δαμάσκηνο, παπάγια
Πολύ υψηλός	> 100	τσεριμόγια, πασιφλόρα

Πίνακας 3.11 Ταξινόμηση των οπωροκηπευτικών προϊόντων με βάση τον ρυθμό παραγωγής αιθυλενίου στους $20^\circ C$ (Από: Kader, 2002).

Το αιθυλένιο επηρεάζει τις φυσιολογικές λειτουργίες των φυτικών ιστών και αυτό μπορεί να έχει σαν αποτέλεσμα θετικές ή αρνητικές επιδράσεις στην ποιότητα των οπωροκηπευτικών (Πίνακας 3.12), και στη μετασυσπαστική τους ζωή, ιδιαίτερα των καρπών (λεπτομέρειες στα Κεφάλαια 5 και 6). Επιπρόσθετα, διαφορές παρατηρούνται μεταξύ των φυτικών ειδών και στην ένταση της ανταπόκρισης (ευαισθησία) του ιστού στην έκθεσή του στο αιθυλένιο (Knee & Tsantili, 1988). Επομένως, η χρήση του ή η απομάκρυνσή του από τους αποθηκευτικούς χώρους παίζει σημαντικό ρόλο στην ρύθμιση της ωρίμανσης και την επιμήκυνση της μετασυσπαστικής ζωής των καρπών και λαχανικών.

A. Το Αιθυλένιο προωθεί:	Θετική επίδραση	Αρνητική επίδραση
--------------------------	-----------------	-------------------

Σύνθεση αιθυλενίου σε κλιμακτηριακούς καρπούς	Ωρίμανση ανώριμων καρπών	Υπερωρίμανση ήδη ώριμων καρπών
Ωρίμανση καρπών	Ωρίμανση ανώριμων καρπών (π.χ. μετασυλλεκτική ωρίμανση μπανάνας, τομάτας και αβοκάντο)	Ωρίμανση καρπών όταν το επιθυμητό στάδιο είναι το ανώριμο (π.χ. μπανάνα κατά τη μεταφορά)
Σύνθεση χρωστικών	Βελτίωση χρώματος σε προϊόντα που είναι επιθυμητό (π.χ. μήλο, κέρασι, τομάτα, σταφύλια, μαύρες ελιές, καυτερές πιπεριές)	Εμφάνιση χρωματισμού σε προϊόντα που δεν είναι επιθυμητό (π.χ. πράσινες ελιές)
Επαγωγή της αποσύνθεσης της χλωροφύλλης και κιτρίνισμα	Ανάπτυξη κόκκινου χρώματος στην τομάτα, αποπρασινισμός εσπεριδοειδών	Κιτρίνισμα ανώριμων ταξιανθιών (π.χ. μπρόκολο), ανώριμων λοβών (π.χ. φασολάκι, μπάμια), φυλλωδών λαχανικών (π.χ. σπανάκι, μαρούλι), πράσινων καρπών (π.χ. αγγούρι)
Αναπνοή	Επιτάχυνση ωρίμανσης καρπών	Μειωμένος χρόνος συντήρησης
Εκβλάστηση-φύτρωμα και βλάστηση σπόρων	Επιτάχυνση εκβλάστησης (π.χ. πατατόσπορος)	Επιτάχυνση εκβλάστησης (π.χ. πατάτα για νωπή κατανάλωση)
Μεταβολισμός φαινυλπροπανοειδών	Ενεργοποίηση μηχανισμών άμυνας των φυτικών ιστών σε παθογόνα, τραυματισμούς (π.χ. βιοσύνθεση φυτοαλεξινών, αντιοξειδωτικών)	Καφέτιασμα (π.χ. μήλα, μαρούλι) και πικρή γεύση (π.χ. καρότο)
Αποκοπή ιστών	Βελτίωση και διευκόλυνση συγκομιδής καρπών (π.χ. κέρασια, καρύδια)	Αποκοπή φύλλων (π.χ. μαρούλι)
B. Το Αιθυλένιο παρεμποδίζει:		
Σύνθεση αιθυλενίου σε μη-κλιμακτηριακούς καρπούς και βλαστικά όργανα		
Μεταφορά αυξινών στους ιστούς		
Επιμήκυνση βλαστών και ριζών		
Κανονικό προσανατολισμό μικροϊνιδίων στα κυτταρικά τοιχώματα		

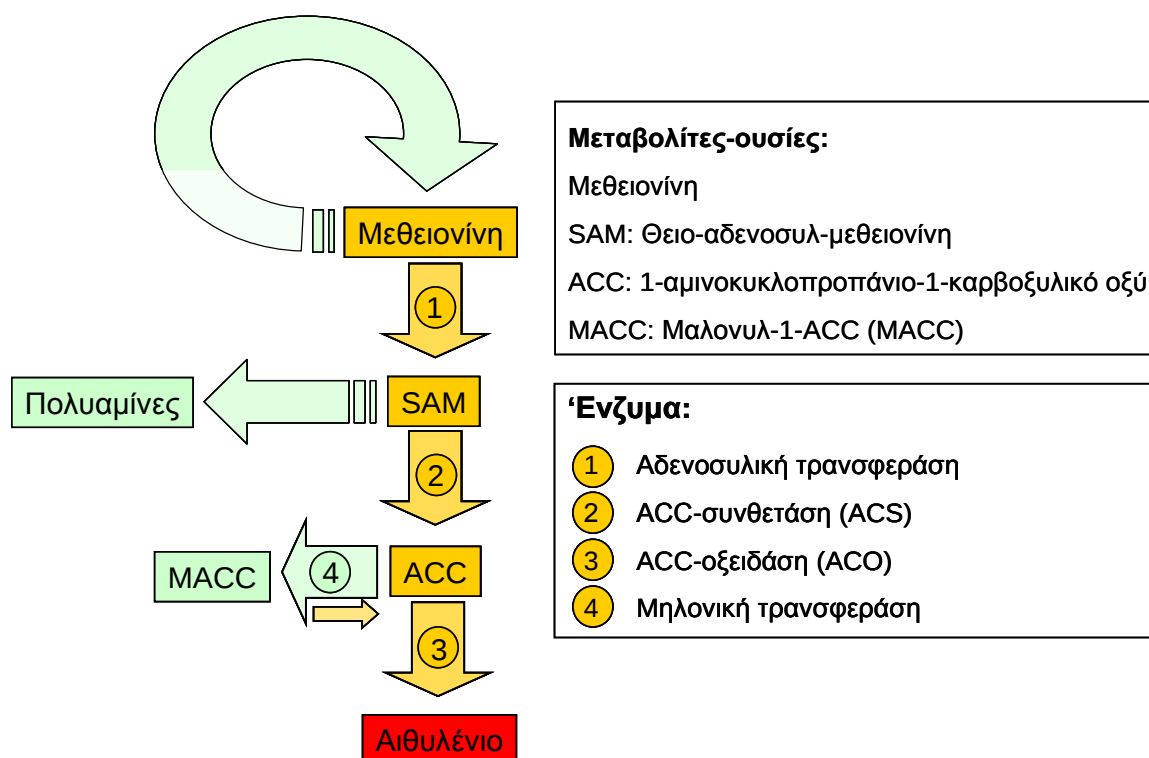
Πίνακας 3.12 Επιδράσεις του αιθυλενίου σε φυσιολογικές λειτουργίες των φυτικών ιστών και θετικές ή αρνητικές επιπτώσεις στα διάφορα φυτικά προϊόντα (Από: Saltveit, 1999).

3.3.2 Βιοσύνθεση αιθυλενίου και η δράση του ως ορμόνη

Η βιοσύνθεση του αιθυλενίου στους φυτικούς ιστούς (Σχήμα 3.4) ξεκινά από το αμινοξύ μεθειονίνη το οποίο μετατρέπεται, με τη δράση του ενζύμου αδενοσυλική τρανσφεράση, σε θειο-αδενοσυλ-μεθειονίνη (SAM). Το SAM μετατρέπεται σε 1-αμινοκυκλοπροπάνιο-1-καρβοξυλικό οξύ (ACC) με τη δράση του ενζύμου ACC-συνθετάση (ACS), το οποίο δρα με φωσφορική πυριδοξάλη σαν προσθετική ομάδα. Το ACC αποτελεί το άμεσο πρόδρομο μόριο του αιθυλενίου και αποτελεί συχνά το στάδιο ελέγχου της βιοσύνθεσής του. Στο τελικό στάδιο της σύνθεσης, το ACC οξειδώνεται από το ένζυμο ACC-οξειδάση (ACO) και παράγεται το αιθυλένιο. Αυτή η αντίδραση οξειδωσης απαιτεί την παρουσία O_2 .

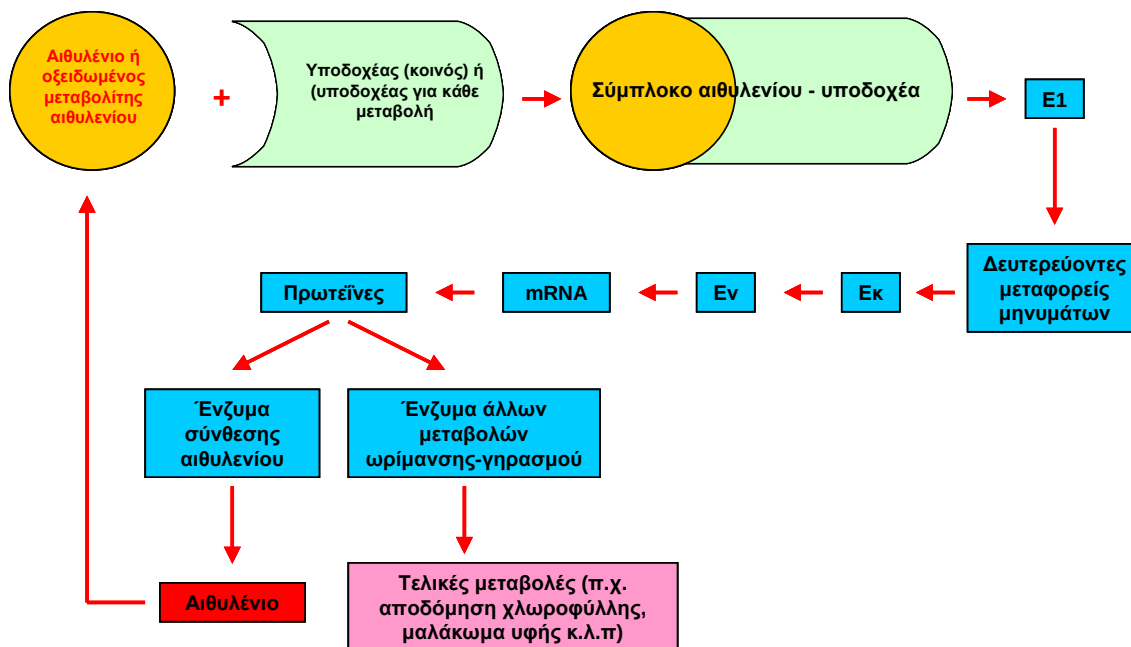
Από τις ενδιάμεσες πρόδρομες ουσίες που παράγονται στην αλληλουχία των αντιδράσεων βιοσύνθεσης του αιθυλενίου, ξεκινούν και άλλες παράπλευρες αντιδράσεις οι οποίες οδηγούν στη σύνθεση ουσιών με διαφορετική δράση από το αιθυλένιο. Μια τέτοια αντίδραση οδηγεί στην

παραγωγή του σχετικά αδρανούς βιολογικά μαλονυλ-1-ACC (MACC) από το ACC με τη δράση του ενζύμου μηλονική τρανσφεράση. Η αντίστροφη πορεία της αντίδρασης και η παραγωγή ACC από MACC μέσω υδρόλυσης, συμβαίνει σε πολύ περιορισμένο βαθμό με αποτέλεσμα το παραγόμενο αιθυλένιο μέσω MACC κατά την ωρίμανση των καρπών να είναι αμελητέο. Επιπρόσθετα, από τη SAM ξεκινά το μονοπάτι σύνθεσης πολυαμινών καθώς και ο «κύκλος της μεθειονίνης» με αποτέλεσμα να παράγεται και πάλι μεθειονίνη και να μην εξαντλείται από την παραγωγή αιθυλενίου.



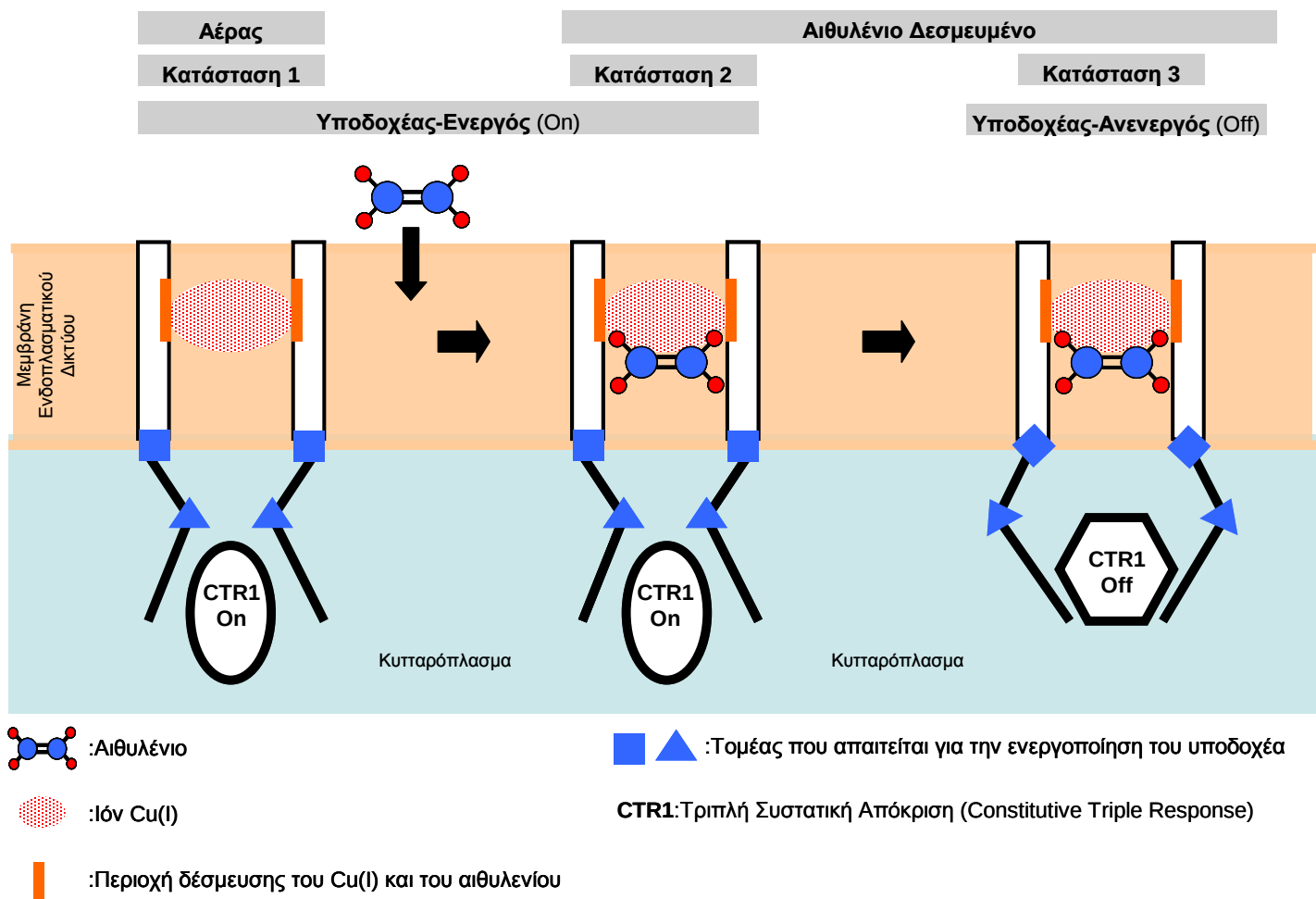
Σχήμα 3.4 Σχηματική απεικόνιση της βιοσύνθεσης του αιθυλενίου.

Λόγω της πολυπλοκότητας της δράσης του αιθυλενίου δεν είναι εύκολο να προταθεί ένα κοινό μοντέλο της επίδρασής του στα ποιοτικά χαρακτηριστικά όλων των οπωροκηπευτικών. Έτσι, οι συγκεντρώσεις αιθυλενίου στις οποίες οι φυτικοί ιστοί είναι ευαίσθητοι μπορεί να διαφέρουν σημαντικά μεταξύ διαφορετικών φυτικών οργάνων και ειδών καθώς και μεταξύ των διάφορων σταδίων ανάπτυξης ενός φυτικού οργάνου. Ωστόσο, ένα γενικευμένο μοντέλο του μηχανισμού δράσης του αιθυλενίου στα οπωροκηπευτικά παρατίθεται στο Σχήμα 3.5.



Σχήμα 3.5 Σχηματική απεικόνιση του μηχανισμού δράσης του αιθυλενίου και των επιδράσεων του στα οπωροκηπευτικά (E1, Eκ, Ev: μεταφορείς μηνυμάτων) (Από: Τσαντίλη, 2004).

Η δράση του αιθυλενίου στους φυτικούς ιστούς συνδέεται σε πρώτη φάση με την ένωση του αιθυλενίου ή του οξειδωμένου μεταβολίτη του, είτε με ένα ειδικό αποδέκτη (υποδοχέα) αιθυλενίου (Tsantili, 1988) που είναι κοινός για όλες τις αλλαγές που συμβαίνουν κατά την ωρίμανση των καρπών ή εν γένει, τη γήρανση των ιστών των οπωροκηπευτικών, είτε με αποδέκτες ειδικούς μεν, αλλά διαφορετικούς για κάθε αλλαγή ή για ομάδες αλλαγών που συμβαίνουν στους φυτικούς ιστούς. Το σύμπλοκο αιθυλενίου-αποδέκτη μεταφέρει την πληροφορία στο γενετικό υλικό. Επειδή οι έρευνες μέχρι τώρα δείχνουν ότι οι αποδέκτες είναι πρωτεΐνες μεμβρανών (μεταλλοπρωτεΐνες, πιθανόν με Cu^{2+}), η πληροφορία πιθανόν μεταφέρεται έμμεσα στο γενετικό υλικό, με δευτερεύοντες μεταφορείς μηνυμάτων, όπως είναι το Ca^{2+} , κάτι το οποίο έχει παρατηρηθεί και με τη δράση των ορμονών σε ζώα (Σχήμα 3.6). Ιδιαίτερη σημασία έχει δοθεί στη μελέτη της δράσης του αιθυλενίου στην ωρίμανση των καρπών (βλέπε Παράγραφος 3.5.4.5).



Σχήμα 3.6 Προτεινόμενο μοντέλο τριών καταστάσεων για τη μεταγωγή του σήματος του αιθυλενίου από τον υποδοχέα ETR1 (Τροποποιημένο από Lacey & Binder, 2014).

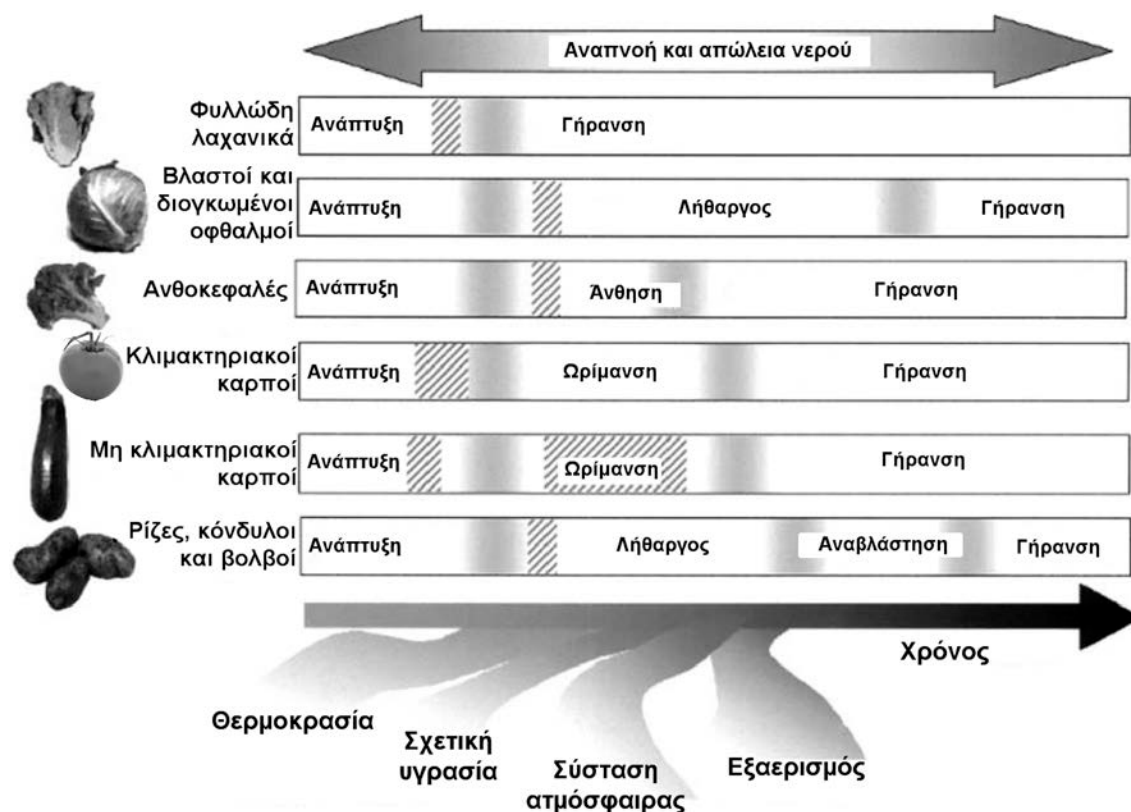
Ο έλεγχος του ρυθμού παραγωγής αιθυλενίου από τους φυτικούς ιστούς αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την επιμήκυνση της διάρκειας αποθήκευσης των οπωροκηπευτικών και μπορεί να επιτευχθεί με χειρισμούς-παρεμβάσεις στα διάφορα στάδια της βιοσύνθεσης (π.χ. παρεμποδιστές της ACC-συνθετάσης, μείωση του O_2) ή/και της δράσης του αιθυλενίου. Λεπτομέρειες για τους τρόπους ελέγχου της παραγωγής και δράσης του αιθυλενίου στους φυτικούς ιστούς αναφέρονται στα Κεφάλαια 4 και 10.

3.4 Ωρίμανση και γήρανση

Όπως αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 2, το εύρος των οπωροκηπευτικών είναι πολύ μεγάλο (φυλλώδη λαχανικά, υπόγεια αποθησαυριστικά όργανα, καρποί κ.ά.) και αυτά ταξινομούνται με βάση τη φύση του φυτού ή οργάνου που προορίζεται για κατανάλωση. Οι φυσιολογικές αλλαγές που συμβαίνουν μέχρι τη συγκομιδή και κατά τη διάρκεια της μετασυλλεκτικής περιόδου επηρεάζουν την ποιότητα και θα πρέπει να μελετώνται λαμβάνοντας υπόψη το είδος του οπωροκηπευτικού (Εικόνα 3.1). Μετά τη συγκομιδή, οι διεργασίες που συμβαίνουν, επιθυμητές (λήθαργος, ωρίμανση) ή μη (άνθηση, αναβλάστηση), οδηγούν τελικά στη γήρανση του προϊόντος.

Η γήρανση αποτελεί κοινή κατάληξη για όλα τα οπωροκηπευτικά, χαρακτηρίζεται από έντονη καταβολική δραστηριότητα που οδηγεί στην κατάρρευση του προϊόντος, την υποβάθμιση της ποιότητάς του και τελικά στην ακαταλληλότητά του για κατανάλωση. Στην πορεία προς τη γήρανση, εκτός από την αναπνοή και την απώλεια νερού, επιδρά και το αιθυλένιο. Ο ρόλος του αιθυλενίου είναι εξαιρετικά σημαντικός για τους καρπούς (εμπλοκή στη διαδικασία της ωρίμανσης) και

δευτερεύουσας σημασίας για τις άλλες κατηγορίες οπωροκηπευτικών (επαγωγή γήρανσης και υποβάθμισης ποιότητας).



Εικόνα 3.1 Σχηματική παράσταση των κυριότερων φυσιολογικών και αναπτυξιακών διεργασιών σε πέντε κατηγορίες νωπών οπωροκηπευτικών πριν και μετά τη συγκομιδή τους. Οι διαγραμμισμένες περιοχές υποδεικνύουν την περίοδο της συγκομιδής, η οποία διαφέρει ανάλογα με το είδος του προϊόντος (Τροποποιημένο από Maguire et al., 2004).

3.5 Ωρίμανση καρπών

3.5.1 Η ωρίμανση ως στάδιο εξέλιξης του καρπού

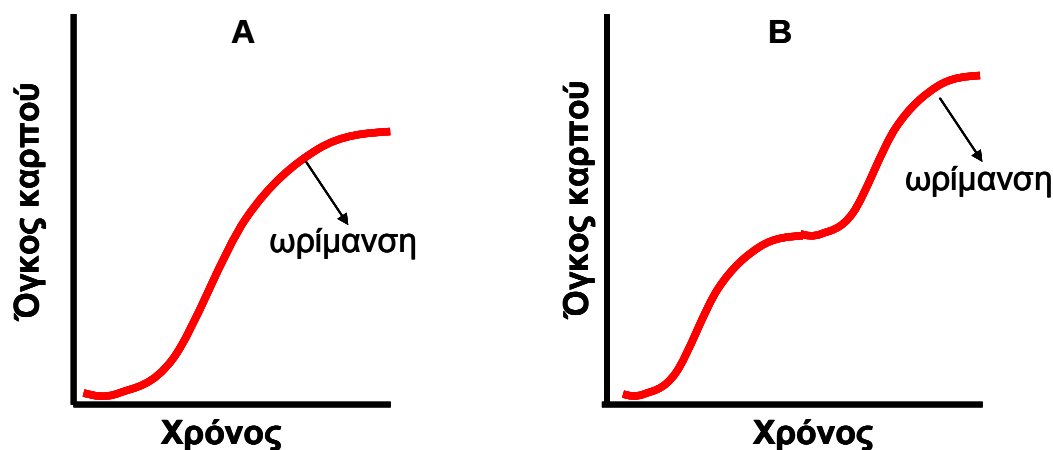
Η εξέλιξη του καρπού πάνω στο φυτό διέρχεται από διάφορα στάδια και το καθένα απ' αυτά χαρακτηρίζεται από φυσικές, φυσιολογικές και βιοχημικές μεταβολές. Η εξέλιξη του καρπού υπόκειται σε γενετικό έλεγχο. Ωστόσο, εξωτερικές συνθήκες (π.χ. θρέψη του μητρικού φυτού, περιβαλλοντικές συνθήκες) μπορούν να επιταχύνουν ή να επιβραδύνουν κάποιες φυσιολογικές λειτουργίες και να επηρεάσουν την εξέλιξη του καρπού.

Τα στάδια της εξέλιξης του καρπού είναι κατά σειρά τα επόμενα:

- της διαίρεσης των κυττάρων,
- της αύξησης των κυττάρων,
- της ωρίμανσης και
- της γήρανσης.

Σε κάποιους καρπούς, όπως για παράδειγμα στη φράουλα και το αβοκάντο, οι κυτταροδιαιρέσεις συνεχίζονται μέχρι και την ωρίμανσή τους. Οι κυτταροδιαιρέσεις και η αύξηση του μεγέθους των κυττάρων οδηγούν στην αύξηση του καρπού κατ' όγκο, καθώς και κατά βάρος, νωπό και ξηρό. Η αύξηση του όγκου σε σχέση με το χρόνο, δηλαδή από την καρπόδεση μέχρι την ωρίμανση, μπορεί να είναι απλή σιγμοειδής (π.χ. σε μήλα, αχλάδια, εσπεριδοειδή, καρύδια, φουντούκια, αμύγδαλα, αβοκάντο και φράουλα - Σχήμα 3.7Α) ή διπλή σιγμοειδής (π.χ. σε ελιά, σύκα και πυρηνόκαρπα,

εκτός από τα αμύγδαλα - Σχήμα 3.7B). Στο ακτινίδιο η αύξηση του όγκου του καρπού παρουσιάζει τριπλή σιγμοειδή καμπύλη.



Σχήμα 3.7 Η καμπύλη ανάπτυξης των καρπών, Α: απλή σιγμοειδής και Β: διπλή σιγμοειδής.

3.5.2 Ωριμότητα και ωρίμανση

Ο όρος ωριμότητα (maturity) χρησιμοποιείται στους καρπούς για να δηλώσει το στάδιο εκείνο της ανάπτυξής τους κατά το οποίο είναι κατάλληλοι για να χρησιμοποιηθούν (κατανάλωση, αποθήκευση, επεξεργασία κ.ά.) και συνεπώς να αποκοπούν από το μητρικό φυτό. Επειδή, όμως, οι καρποί διαφέρουν ως προς τη συμπεριφορά τους μετά τη συγκομιδή, ο ορισμός αυτός επιδέχεται διάφορες ερμηνείες. Γι' αυτό και η ωριμότητα των καρπών διακρίνεται σε φυσιολογική και σε εμπορική ωριμότητα:

Φυσιολογική ωριμότητα. Είναι το στάδιο εξέλιξης του καρπού κατά το οποίο αν ο καρπός αποκοπεί από το φυτό είναι σε θέση να αποκτήσει τα ποιοτικά χαρακτηριστικά για τα οποία γίνεται αποδεκτός από τους καταναλωτές και, συνεπώς, να φτάσει στο στάδιο της εμπορικής του ωριμότητας.

Εμπορική ωριμότητα. Αναφέρεται στο στάδιο εξέλιξης του καρπού κατά το οποίο αυτός αποκτά όλα τα επιθυμητά χαρακτηριστικά ποιότητας (χρώμα, άρωμα, γεύση, υφή, χημική σύνθεση, θρεπτική αξία κ.ά.) που τον καθιστούν αποδεκτό από τους καταναλωτές για μια συγκεκριμένη χρήση, και συνεπώς ο καρπός είναι κατάλληλος για εμπορία (διάθεση στον καταναλωτή).

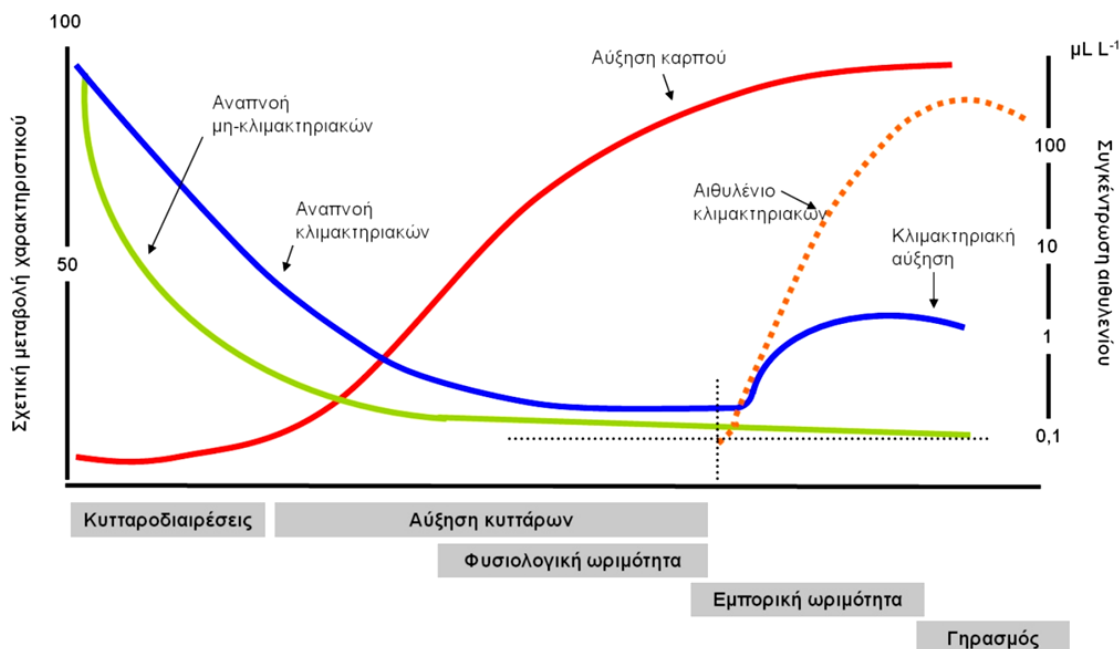
Σύμφωνα με τα παραπάνω, η φυσιολογική και η εμπορική ωριμότητα μπορεί να συμπίπτουν χρονικά (π.χ. κεράσι, πράσινη πιπεριά, κόκκινη πιπεριά) ή η φυσιολογική ωριμότητα να προηγείται της εμπορικής (π.χ. τομάτα, μπανάνα, μήλο). Κάποιοι καρποί (π.χ. νωπά φασολάκια, αγγούρι, κολοκυθάκι) φτάνουν στο στάδιο της εμπορικής ωριμότητας ενώ ακόμη δεν έχουν ολοκληρώσει πλήρως την ανάπτυξή τους (καταναλώνονται ανώριμοι).

Η **ωρίμανση** των καρπών (fruit ripening) αποτελεί ένα σύνολο διεργασιών το οποίο, συνήθως, ξεκινά κατά τα τελευταία στάδια της αύξησης και ανάπτυξης των καρπών και τελειώνει κατά τα πρώτα στάδια της γήρανσης. Οι φυσιολογικές διεργασίες που συμβαίνουν κατά την ωρίμανση οδηγούν σε αλλαγές στο χρώμα, τη σύσταση, την υφή και άλλα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των καρπών με αποτέλεσμα, οι καρποί να αποκτούν τα επιθυμητά από τους καταναλωτές χαρακτηριστικά (Kader, 2002). Κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης των καρπών συμβαίνουν καταβολικές και αναβολικές διεργασίες. Οι κύριες αλλαγές που συμβαίνουν κατά την ωρίμανση είναι η αποδόμηση της χλωροφύλλης και η ανάπτυξη των καροτενοειδών και ανθοκυανινών, η ελάττωση της συνεκτικότητας και η αύξηση των διαλυτών πηκτινών, η σύνθεση αρωματικών ουσιών, η μείωση

του περιεχόμενου αμύλου, της οξύτητας και των ταννινών και η αύξηση των διαλυτών σακχάρων (κυρίως των αναγωγικών).

3.5.3 Κλιμακτηριακοί και μη κλιμακτηριακοί καρποί

Γενικά, η αναπνευστική δραστηριότητα των καρπών μειώνεται πριν την ωρίμανση. Σε κάποιους καρπούς όμως, η μείωση αυτή ακολουθείται από μία απότομη αύξηση του ρυθμού της αναπνοής κατά την ωρίμανση. Με βάση τις **απότομες αλλαγές στο ρυθμό της αναπνοής κατά την ωρίμανση** οι καρποί διακρίνονται σε κλιμακτηριακούς (απότομη αύξηση του ρυθμού της αναπνοής = κλιμακτηριακή αιχμή της αναπνοής) και σε μη κλιμακτηριακούς (χωρίς απότομη αύξηση του ρυθμού της αναπνοής) (Σχήμα 3.8).

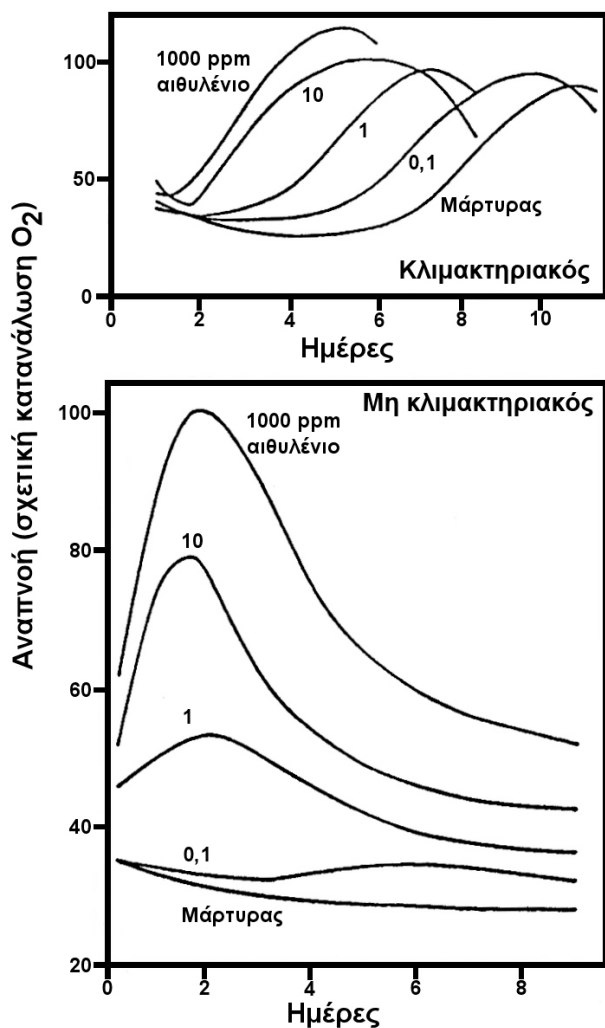


Σχήμα 3.8 Αλλαγές στο ρυθμό της αναπνοής και στο ρυθμό έκλυσης αιθυλενίου σε κλιμακτηριακούς και μη κλιμακτηριακούς καρπούς.

Η απότομη αύξηση του ρυθμού της αναπνοής κατά την ωρίμανση των κλιμακτηριακών καρπών σχετίζεται με μία απότομη αύξηση στην παραγωγή ενέργειας η οποία απαιτείται για να καλυφθούν οι αυξημένες ανάγκες των φυσιολογικών λειτουργιών της ωρίμανσης. Σε αντίθεση, στους μη κλιμακτηριακούς καρπούς οι απαιτήσεις σε ενέργεια κατά την ωρίμανση καλύπτονται χωρίς να απαιτείται απότομη αύξηση της παραγωγής ενέργειας και συνεπώς απότομη αύξηση της αναπνοής. Περισσότερες μελέτες στις δύο αυτές κατηγορίες καρπών έδειξαν ότι οι κλιμακτηριακοί καρποί εμφανίζουν μία απότομη αύξηση παραγωγής αιθυλενίου που συμβαίνει περισσότερο ή λιγότερο σύγχρονα με την απότομη αύξηση του ρυθμού της αναπνοής. Σε αντίθεση, οι μη κλιμακτηριακοί εκλύουν μικρά ποσά αιθυλενίου καθ' όλη τη διάρκεια της ανάπτυξης και ωρίμανσής τους (Σχήμα 3.8).

Η μεταβολή της αναπνευστικής δραστηριότητας και της έκλυσης αιθυλενίου από τους καρπούς με την εφαρμογή εξωγενούς αιθυλενίου, αποτελεί ένα ακόμα κριτήριο διάκρισής τους σε κλιμακτηριακούς και μη. Η εφαρμογή εξωγενούς αιθυλενίου σε κλιμακτηριακούς καρπούς πριν την κλιμακτήριο προκαλεί μη αντιστρεπτή αύξηση της αναπνευστικής δραστηριότητας, με την αύξηση του ρυθμού της αναπνοής, όμως, να μην εξαρτάται από τη συγκέντρωση του αιθυλενίου. Στους μη κλιμακτηριακούς καρπούς, η εφαρμογή εξωγενούς αιθυλενίου οδηγεί σε αύξηση της αναπνευστικής δραστηριότητας, με την αύξηση του ρυθμού αναπνοής να είναι ανάλογη της συγκέντρωσης του αιθυλενίου. Επιπλέον, στους μη κλιμακτηριακούς καρπούς η διακοπή της εφαρμογής εξωγενούς αιθυλενίου έχει σαν αποτέλεσμα την επαναφορά του ρυθμού αναπνοής των καρπών σε επίπεδα όμοια με αυτά είχαν πριν από την εφαρμογή. Οι μη κλιμακτηριακοί καρποί εκλύουν αιθυλένιο, αλλά

δεν εμφανίζουν απότομη αύξηση της έκλυσης κατά την ωρίμανση, μολονότι αντιδρούν με αύξηση του ρυθμού της αναπνοής τους στο εξωγενές αιθυλένιο (Σχήμα 3.9).



Σχήμα 3.9 Επίδραση εφαρμογής εξωγενούς αιθυλενίου στην αναπνευστική δραστηριότητα κλιμακτηριακών και μη-κλιμακτηριακών καρπών (Από: Biale, 1964).

Πρέπει να επισημανθεί ότι η ταξινόμηση των καρπών σε κλιμακτηριακούς και μη κλιμακτηριακούς (Πίνακας 3.13) δεν εξαρτάται από τις απόλυτες τιμές του ρυθμού της αναπνοής τους, αλλά μόνο από τις απότομες αλλαγές στο ρυθμό αναπνοής κατά την ωρίμανση. Για παράδειγμα, η φράουλα εμφανίζει πολύ υψηλές τιμές ρυθμού αναπνοής ($127 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ στους 20°C) αλλά ανήκει στους μη κλιμακτηριακούς καρπούς (Πίνακας 3.13).

Κλιμακτηριακοί καρποί		Μη κλιμακτηριακοί καρποί	
Δενδροκομικών	Κηπευτικών	Δενδροκομικών	Κηπευτικών
Μήλο	Τομάτα	Ελιά	Πράσινο φασολάκι
Αχλάδι	Καρπούζι	Κεράσι	Αρακάς
Κυδώνι	Πεπόνι (<i>Cucumis melo</i> var. <i>cantaloupensis</i> <i>C. melo</i> L. var. <i>inodorus</i>)	Βύσσινο	Πεπόνι (<i>C. melo</i> L. var. <i>inodorus</i> - τύπος Casaba)
Ροδάκινο	Πιπεριά τσίλι (<i>Capsicum annuum</i> var. <i>longum</i>)	Σταφύλι	Πιπεριά γλυκιά (<i>Capsicum annuum</i> var. <i>glossum</i>)

Νεκταρίνι		Πορτοκάλι	Αγγούρι
Βερίκοκο		Λεμόνι	Κολοκυθάκι
Δαμάσκηνο		Μανταρίνι	Μελιτζάνα
Ακτινίδιο		Γκρέιπ-φρουτ	Μπάμια
Αβοκάντο		Φράουλα	
Μπανάνα		Ανανάς	
Μάνγκο		Berries	
Σύκο			
Λωτός			

Πίνακας 3.13 Κατάταξη των καρπών των οπωροκηπευτικών σε κλιμακτηριακούς και μη κλιμακτηριακούς (Από: Kader & Saltveit 2003; Grierson, 2013).

Επιπρόσθετα, οι απόλυτες τιμές έκλυσης αιθυλενίου κατά την ωρίμανση των καρπών δεν αποτελούν κριτήριο για την κατάταξή τους σε κλιμακτηριακούς ή μη κλιμακτηριακούς. Ωστόσο, κατά γενική θεώρηση οι μη κλιμακτηριακοί καρποί εκλύουν συνήθως λιγότερο από $1 \mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$, ενώ οι κλιμακτηριακοί κατά την κλιμακτήριό τους από 1 μέχρι $100 \mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ (στους 20°C), ανάλογα με το είδος του καρπού (Πίνακας 3.11).

3.5.4 Ορμόνες και ωρίμανση

3.5.4.1 Αυξίνες

Οι εξωγενείς αυξίνες (IAA από φυτικά εκχυλίσματα, συνθετικές αυξίνες όπως το NAA, 2,4D κ.ά.) δύνανται να επηρεάσουν την ανάπτυξη των καρπών. Ωστόσο, τα δεδομένα για τα επίπεδα των ενδογενών αυξινών είναι περιορισμένα και αυτό οφείλεται, έως ένα βαθμό, σε δυσκολίες στη μέτρηση της συγκέντρωσης των αυξινών στους φυτικούς ιστούς.

Οι αυξίνες παράγονται κυρίως στα σπέρματα και η συγκέντρωσή τους στους καρπούς είναι υψηλότερη στα αρχικά στάδια της εξέλιξής τους, εκτός από την τομάτα, όπου η συγκέντρωση των όξινων αυξινών αυξάνεται μέχρι την ωρίμανση. Η μεταχείριση των καρπών με αυξίνες έχει δώσει αντίθετα αποτελέσματα σε διαφορετικούς καρπούς. Για παράδειγμα, προάγει την ωρίμανση σε βερίκοκα και μήλα, ενώ σε σταφύλια παρεμποδίζει την ωρίμανση. Επιπρόσθετα, έχει παρατηρηθεί ότι η αποτελεσματικότερη απορρόφηση των αυξινών εντός του καρπού με την εφαρμογή τους υπό συνθήκες κενού αέρος, δίνει καλύτερα αποτελέσματα από την απλή εμβάπτιση του καρπού στο ίδιο ορμονικό διάλυμα.

Οι αυξίνες θεωρείται ότι επιβραδύνουν τη γήρανση των καρπών. Ωστόσο, στους κλιμακτηριακούς καρπούς, θεωρείται ότι επιταχύνουν την ωρίμανση, επειδή ευνοούν τη βιοσύνθεση του αιθυλενίου. Η αύξηση της συγκέντρωσης του αιθυλενίου συντελεί στην αύξηση της δραστηριότητας της οξειδάσης (υπεροξειδάσης) των αυξινών που μπορεί να οδηγήσει στην παραγωγή λιγότερο ενεργών αυξινικών ενώσεων. Έτσι, περιορίζεται η επιβραδυντική δράση των αυξινών στην ωρίμανση των κλιμακτηριακών καρπών.

Σε αντίθεση, η εφαρμογή εξωγενών αυξινών σε μη κλιμακτηριακούς καρπούς δεν επηρεάζει σημαντικά τη βιοσύνθεση αιθυλενίου με αποτέλεσμα να διατηρείται η επιβραδυντική τους δράση στην ωρίμανση. Για παράδειγμα, στη φράουλα η μεταχείριση των καρπών, από τους οποίους είχαν αφαιρεθεί τα αχάινια, με IAA και 2,4-D παρεμπόδιζε την ωρίμανσή τους. Έτσι, είναι πιθανό οι αυξίνες να παίζουν σημαντικό ρόλο στην ωρίμανση των μη κλιμακτηριακών καρπών.

3.5.4.2 Γιββερελλίνες

Ο ρόλος των γιββερελλινών στην ωρίμανση δεν έχει πλήρως τεκμηριωθεί. Όμως, η εφαρμογή εξωγενών γιββερελλινών επιβραδύνει την αποδόμηση της χλωροφύλλης και τη σύνθεση των καροτενοειδών. Η μετασυσλεκτική εμβάπτιση καρπών λιμετίας (*Citrus aurantifolia*) σε διάλυμα γιββερελλίνης (GA_3) διατήρησε τον πράσινο χρωματισμό του φλοιού των καρπών για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα σε σχέση με το μάρτυρα (εμβάπτιση σε νερό), γεγονός θετικό για την ποιότητα των καρπών αυτών που καταναλώνονται πράσινοι (Passam & Blunden, 1982). Επίσης, έχει παρατηρηθεί ότι η μετασυσλεκτική εφαρμογή γιββερελλινών παρεμποδίζει τη δράση ενζύμων που

σχετίζονται την υποβάθμιση της υψής σε κάποιους καρπούς. Ωστόσο, δεν έχει αποδειχθεί ότι οι γιββερελλίνες καθυστερούν όλες τις διεργασίες της ωρίμανσης.

3.5.4.3 Κυτοκινίνες

Ο ρόλος των κυτοκινινών είναι σημαντικός κατά την περίοδο των κυτταροδιαιρέσεων και συνεπώς κατά τα αρχικά στάδια της εξέλιξης του καρπού. Ο ρόλος τους στην ωρίμανση των καρπών δεν είναι σαφής (Dilley, 1969). Τα επίπεδα των ενδογενών κυτοκινινών μειώνονται κατά την ωρίμανση, εκτός από τις ελιές όπου αυξάνονται. Εφαρμογή κυτοκινινών έχει προκαλέσει ελάττωση της ταχύτητας αποπρασινισμού και της ανάπτυξης κίτρινων χρωστικών σε κάποιους καρπούς (π.χ. εφαρμογή της συνθετικής κυτοκινίνης βενζυλαδενίνης σε καρπούς λιμετίας, Blunden et al, 1979). Αντίθετα, σε ελιές η εφαρμογή κυτοκινινών προκάλεσε αύξηση στην ταχύτητα σύνθεσης ανθοκυανινών (Tsantili & Pontikis, 2004). Σε κάποιους καρπούς η εφαρμογή τους προκάλεσε αύξηση αιθυλενίου, αλλά αυτό μπορεί να οφείλεται στην έμμεση δράση τους για διατήρηση υψηλών επιπέδων ελεύθερων αυξινών, οι οποίες με τη σειρά τους προκάλεσαν την αύξηση του αιθυλενίου.

3.5.4.4 Αμπισισικό οξύ (ABA)

Η συγκέντρωση του ABA μεταβάλλεται με διαφορετικό τρόπο κατά την ωρίμανση των διαφόρων καρπών. Πιο συγκεκριμένα, το ABA:

- παραμένει σε χαμηλά και σταθερά επίπεδα κατά την ωρίμανση, ενώ το αιθυλένιο αυξάνεται (αβοκάντο)
- αυξάνεται, χωρίς να αυξάνεται το αιθυλένιο (φράουλα)
- αρχίζει να αυξάνεται πριν από την ωρίμανση και συνεχίζει να αυξάνεται παράλληλα με την αύξηση του αιθυλενίου (ροδάκινο)
- αρχίζει να αυξάνεται και φθάνει σε ένα μέγιστο πριν από την ωρίμανση σε κάποιους κλιμακτηριακούς καρπούς (τομάτα)

Η εφαρμογή εξωγενούς ABA προάγει την ωρίμανση τόσο των κλιμακτηριακών όσο και των μη κλιμακτηριακών καρπών. Ωστόσο, υποστηρίζεται ότι το ABA προκαλεί αύξηση της παραγωγής αιθυλενίου, καθώς και το αντίστροφο. Κατά συνέπεια, το ABA μπορεί να προάγει την ωρίμανση έμμεσα ή/και άμεσα. Οι παραπάνω λόγοι δεν επιτρέπουν την παραδοχή ή και την απόρριψη του ορμονικού του ρόλου του ABA στην ωρίμανση, και απαιτούνται περισσότερες μελέτες για να διασαφηνισθεί ο ρόλος του και, ιδιαίτερα, εάν το ABA προάγει την παραγωγή αιθυλενίου ή συμβαίνει το αντίθετο (Dilley, 1969).

3.5.4.5 Αιθυλένιο

Το αιθυλένιο εκλύεται καθ' όλη τη διάρκεια της εξέλιξης του καρπού και είναι η μόνη ορμόνη που έχει αποδειχθεί ότι παίζει κρίσιμο ρόλο στην ωρίμανση. Για την απόδειξη της δράσης του ως ορμόνη, ίσως, βοήθησε η αέρια φύση του που καθιστά δυνατή τη μέτρηση του χωρίς να καταστραφεί ο καρπός, καθώς και η μέτρηση του με ακρίβεια, γρήγορα, σχετικά εύκολα και με δυνατότητα μέτρησής του και πριν τη αποκοπή του καρπού με φορητά όργανα.

Η παρεμπόδιση της σύνθεσης ή/και της δράσης του αιθυλενίου καθυστερεί την ωρίμανση των καρπών, ενώ η εφαρμογή εξωγενούς αιθυλενίου σε καρπούς επιταχύνει την ωρίμανσή τους. Ωστόσο, θα πρέπει να επισημανθεί ότι η επίδραση του εξωγενούς αιθυλενίου στις διεργασίες της ωρίμανσης διαφέρει μεταξύ των κλιμακτηριακών και των μη κλιμακτηριακών καρπών, όπως για παράδειγμα στην αναπνευστική δραστηριότητα, στην οποία το εξωγενές αιθυλένιο έχει διαφορετική επίδραση σε κλιμακτηριακούς και μη κλιμακτηριακούς καρπούς (Σχήμα 3.9).

Στους κλιμακτηριακούς καρπούς, το παραγόμενο αιθυλένιο πριν και κατά την κλιμακτήριο παράγεται με τον ίδιο βιοσυνθετικό τρόπο. Έχει όμως βρεθεί ότι η εφαρμογή εξωγενούς αιθυλενίου προκαλεί αύξηση της δραστηριότητας της ACC συνθετάσης και της ACO, κάτι που δικαιολογεί, εν μέρει, τα υψηλά επίπεδα παραγόμενου αιθυλενίου κατά την ωρίμανση των κλιμακτηριακών καρπών.

Σύμφωνα με μία άλλη θεωρία, η οποία συμπληρώνει τις παραπάνω, οι μικρές ποσότητες αιθυλενίου παράγονται από ένα σύστημα (Σύστημα I), ενώ οι μεγάλες ποσότητες από άλλο σύστημα (Σύστημα II), και οι μη κλιμακτηριακοί καρποί έχουν έλλειψη του Συστήματος II. Τα δυο

αυτά συστήματα διαφέρουν υποχρεωτικά ως προς την ικανότητα της ποσότητας αιθυλενίου που μπορούν να παράγουν, αλλά δεν διαφέρουν υποχρεωτικά όσον αφορά τον τρόπο της βιοσύνθεσης αιθυλενίου.

Στους κλιμακτηριακούς καρπούς, η έναρξη της απότομης αύξησης του αιθυλενίου συμβαίνει συγχρόνως ή μετά την έναρξη της αύξησης της αναπνοής, με εξαίρεση την τομάτα και το πεπόνι όπου το αιθυλένιο προηγείται της αναπνοής. Έτσι, η απότομη αύξηση του αιθυλενίου δεν θα μπορούσε να είναι το αίτιο ωρίμανσης των κλιμακτηριακών καρπών. Με την παραδοχή όμως ότι το αιθυλένιο είναι ορμόνη ωρίμανσης, τότε η δράση του θα συμβαίνει πριν την ωρίμανση όταν η ποσότητα αιθυλενίου που εκλύεται είναι ακόμη μικρή, αλλά ο καρπός θα έχει αποκτήσει 'ευαισθησία' ώστε να αντιληφθεί την ύπαρξη του αιθυλενίου, αλλά και να ανταποκριθεί σε αυτό (Knee & Tsantili, 1988).

Επιπρόσθετα, η εφαρμογή εξωγενούς αιθυλενίου πριν την ωρίμανση των κλιμακτηριακών καρπών δεν προκαλεί αύξηση του ενδογενώς παραγομένου αιθυλενίου αμέσως, αλλά συντομεύει το διάστημα που ο καρπός χρειάζεται για να εισέλθει στη κλιμακτήριο. Η συντόμευση τον χρόνου είναι μεγαλύτερη όταν η εφαρμογή του αιθυλενίου πλησιάζει χρονικά την φυσική ωρίμανση τον καρπού. Σε αντίθεση, η εφαρμογή αιθυλενίου σε πολύ άγουρους καρπούς (μεγάλο χρονικό διάστημα μέχρι τη φυσική τους ωρίμανση) δεν επιταχύνει την ωρίμανσή τους (βλέπε Κεφάλαιο 6 για την τεχνητή ωρίμανση της τομάτας).

Σύμφωνα με τα παραπάνω, έχουν υιοθετηθεί δύο θεωρίες για τη δράση του αιθυλενίου στην ωρίμανση των καρπών:

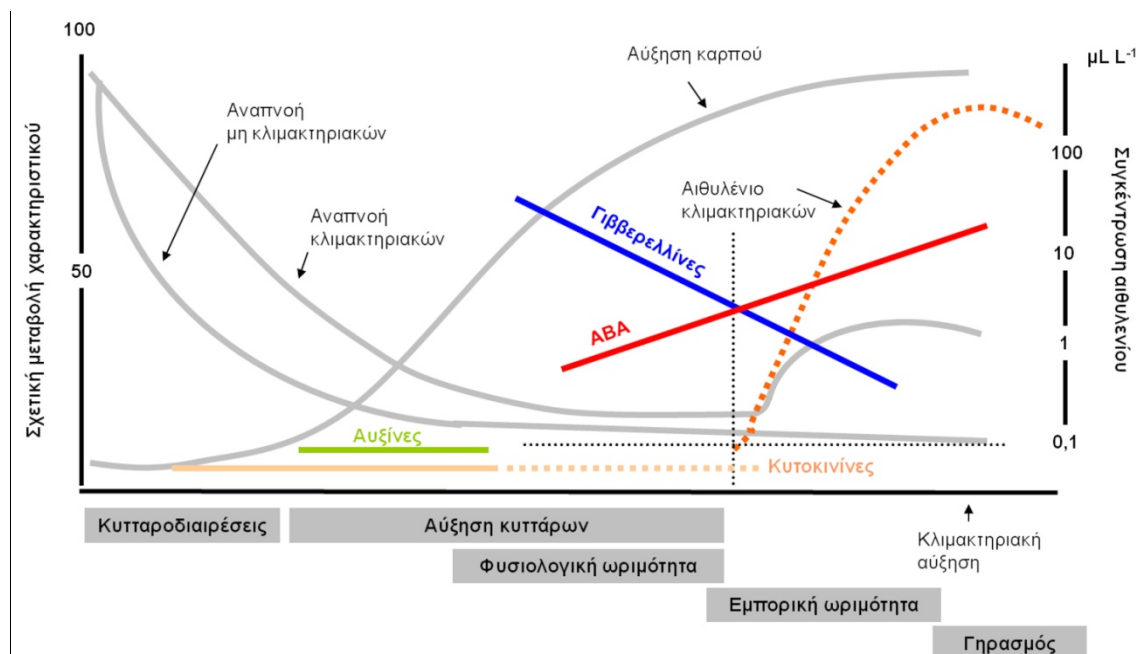
- τα αίτια της ωρίμανσης αποδίδονται αφενός στο αιθυλένιο, αφετέρου στην απόκτηση του «ευαίσθητου» σταδίου στον καρπό κατά το οποίο ακόμη και τα μικρά ποσά αιθυλενίου που παράγονται ενδογενώς να μπορούν να δράσουν και να προκαλέσουν την ωρίμανση, και
- η απότομη αύξηση αιθυλενίου σε υψηλά ποσά αποτελεί μέρος της όλης διεργασίας της ωρίμανσης στους κλιμακτηριακούς καρπούς.

Ωστόσο, υπάρχουν διαφορές μεταξύ των κλιμακτηριακών και των μη κλιμακτηριακών καρπών σε ότι αφορά τη βιοσύνθεση του αιθυλενίου και την ανταπόκρισή τους στην εφαρμογή εξωγενούς αιθυλενίου, οι οποίες συνοψίζονται γενικευμένα στον Πίνακα 3.14.

	Κλιμακτηριακοί	Μη κλιμακτηριακοί
Ανταπόκριση σε εξωγενή εφαρμογή αιθυλενίου	Προάγει τη αναπνοή μόνο πριν την κλιμακτηριακή αιχμή	Προάγει την αναπνοή σε όλη την μετασυλλεκτική ζωή
Ο βαθμός της αναπνευστικής αντίδρασης	Ανεξάρτητη της συγκέντρωσης του αιθυλενίου	Εξαρτάται από τη συγκέντρωση του αιθυλενίου
Επαναφορά της αναπνευστικής αύξησης λόγω επίδρασης του αιθυλενίου	Μη αναστρέψιμη	Αναστρέψιμη, εξαρτώμενη από συνεχή έκθεση
Αυτοκαταλυτική παραγωγή αιθυλενίου	Παρούσα	Απούσα
Συγκέντρωση ενδογενούς αιθυλενίου	Με μεγάλες διαφορές, κυμαίνεται από χαμηλή έως πολύ υψηλή	Χαμηλή

Πίνακας 3.14 Διαφορές μεταξύ των κλιμακτηριακών και μη κλιμακτηριακών καρπών στη σύνθεση του αιθυλενίου και στην ανταπόκρισή τους σε εξωγενές αιθυλένιο (Από: Kays, 1991).

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι απαιτείται περισσότερη έρευνα για την παραδοχή ή απόρριψη του ρόλου των άλλων ορμονών στην ωρίμανση, επειδή σημασία μπορεί να έχουν οι σχέσεις μεταξύ των ορμονών και όχι μόνο οι απόλυτες τιμές τους. Ένα γενικό σχήμα αλλαγής της συγκέντρωσης των ενδογενών ορμονών κατά την εξέλιξη του καρπού παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.10.



Σχήμα 3.10 Πιθανές αλλαγές ενδογενών ορμονών κατά την εξέλιξη του καρπού (Από: Dille, 1969).

3.5.5 Υφή και μαλάκωμα των καρπών

Η υποβάθμιση της υφής και το μαλάκωμα των καρπών επηρεάζονται από την απώλεια νερού και, κυρίως, από μεταβολικές αλλαγές στα κυτταρικά τοιχώματα, οι οποίες σχετίζονται κυρίως με τη δομή του κυτταρικού τοιχώματος και τους δεσμούς μεταξύ των κυττάρων.

3.5.5.1 Γενικά για το κυτταρικό τοίχωμα

Τα φυτικά κύτταρα, στην πλειοψηφία τους, εξωτερικά του πλασμαλήμματος περικλείονται από ένα σκληρό περίβλημα γνωστό ως κυτταρικό τοίχωμα. Το κυτταρικό τοίχωμα προσδίδει σχήμα και μηχανική σταθερότητα στα κύτταρα που περικλείει, ενισχύει την πρόσφυση των γειτονικών κυττάρων, ελέγχει σε ένα βαθμό την ανάπτυξή τους και τα προστατεύει από την είσοδο παθογόνων καθώς και από περιβαλλοντικές αλλαγές (Cosgrove, 1997).

Στα ανώτερα φυτά, εξωτερικά του πλασμαλήμματος διακρίνονται:

- το δευτερογενές τοίχωμα (secondary cell wall),
- το πρωτογενές τοίχωμα (primary cell wall), και
- ο μεσοκυττάριος χώρος ή μέση πλάκα (middle lamella)

Συνήθως, όταν αναφερόμαστε σε εδώδιμα φυτικά μέρη το στρώμα του κυτταρικού τοιχώματος με τη μεγαλύτερη σημασία είναι το πρωτογενές τοίχωμα. Το δευτερογενές τοίχωμα σχεδόν απουσιάζει από τα κύτταρα των ώριμων καρπών (Nelmes & Preston, 1968) ενώ η παρουσία του σε υπολογίσιμο ποσοστό σε λαχανικά τα καθιστά πολύ σκληρά και ινώδη για κατανάλωση.

Συνοπτικά, το κυτταρικό τοίχωμα αποτελείται από πολυσακχαρίτες, λιγνίνη, πρωτεΐνες, νερό και ουσίες που σχηματίζουν κρούστα.

Οι πολυσακχαρίτες διακρίνονται σε:

- μικροϊνδιακούς πολυσακχαρίτες (microfibrillar polysaccharides), στους οποίους ανήκει η κυτταρίνη και
- πολυσακχαρίτες του πλέγματος (matrix polysaccharides), στους οποίους ανήκουν οι ημικυτταρίνες και οι πηκτίνες.

Οι πολυσακχαρίτες του κυτταρικού τοιχώματος συμβάλλουν σε μεγάλο ποσοστό στο περιεχόμενο των φρούτων και των λαχανικών σε φυτικές ίνες (dietary fiber), οι οποίες έχουν σημαντικό ρόλο στη διατροφή του ανθρώπου. Οι φυτικές ίνες δεν συνιστούν μία σαφώς οριζόμενη χημική ομάδα, αλλά περιλαμβάνουν ένα συνδυασμό από χημικά ετερογενείς ουσίες. Συγκεκριμένα, οι φυτικές ίνες

περιλαμβάνουν πολυμερή υδατανθράκων με 10 ή παραπάνω μονάδες μονομερών, οι οποίες δεν μπορούν να υδρολυθούν από τα ένζυμα που βρίσκονται στο λεπτό έντερο του ανθρώπου (FAO/WHO, 2009).

Η λιγνίνη αποτελείται από πολυμερισμένες φαινολικές αλκοόλες, οι οποίες συνδέονται ομοιοπολικά με τους πολυσακχαρίτες του δευτερογενούς κυτταρικού τοιχώματος (Moore & Jung, 2001).

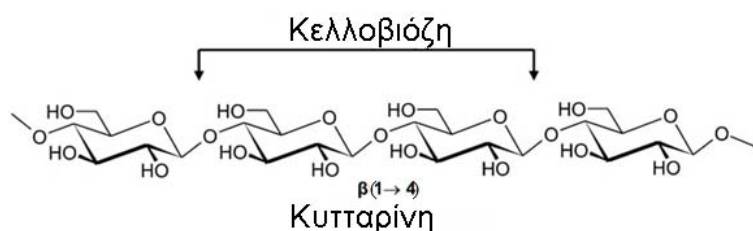
Οι πρωτεΐνες διακρίνονται, ανάλογα με το ρόλο τους, σε ένζυμα και σε δομικές πρωτεΐνες, μερικές εκ των οποίων είναι γλυκοζυλιωμένες σε μεγάλο βαθμό (Brummell & Harpster, 2001).

Οι ουσίες που σχηματίζουν κρούστα είναι η κουτίνη και η σουβερίνη καθώς και άλλες ανόργανες ουσίες.

Συνοψίζοντας, το κυτταρικό τοίχωμα είναι ένα πολύπλοκο και ετερογενές στρώμα, πάχους μεταξύ 0,1 και 1 μm , που αποτελείται από μικροϊνίδια κυτταρίνης ενσωματωμένα σε ένα σε υψηλό βαθμό ενυδατωμένο πλέγμα από πηκτίνες και ημικυτταρίνες και ένα μικρό ποσοστό από δομικές πρωτεΐνες παρένθετες στο πλέγμα (Cosgrove & Jarvis, 2012).

3.5.5.2 Πολυσακχαρίτες του κυτταρικού τοιχώματος

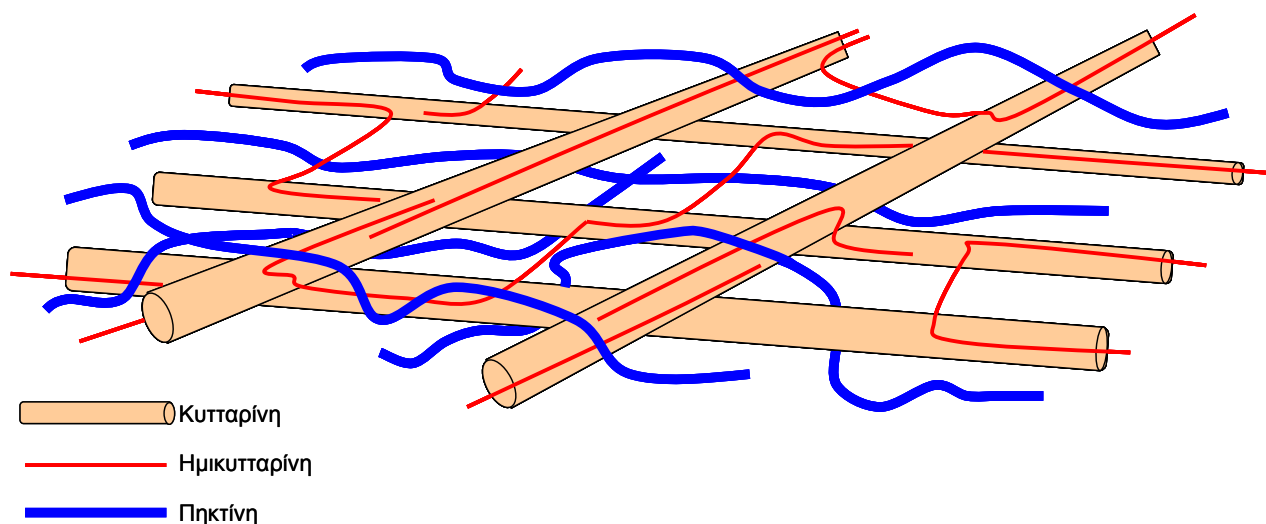
Μικροϊνιδιακοί πολυσακχαρίτες: κυτταρίνη. Το μόριο της κυτταρίνης είναι μη διακλαδιζόμενη αλυσίδα αποτελούμενη από μόρια D-γλυκοπυρανόζης (D-glucopyranose) ενωμένα με $\beta(1\rightarrow4)$ -γλυκοζιδικούς δεσμούς. Η δομική μονάδα της κυτταρίνης είναι η κελλοβιόζη (cellobiose), ένας δισακχαρίτης που αποτελείται από 2 μόρια γλυκόζης ενωμένα με $\beta(1\rightarrow4)$ -γλυκοζιδικούς δεσμούς (Σχήμα 3.11). Κάθε μόριο κυτταρίνης αποτελείται από ~8000 – ~12000 μόρια γλυκόζης (Van Buren, 1979; Goodwin & Mercer, 1983; Γαλάτης, 2003).



Σχήμα 3.11 Το μόριο της κυτταρίνης και η δομική του μονάδα, η κελλοβιόζη (Τροποποιημένο από Goodwin & Mercer, 1983).

Στο κυτταρικό τοίχωμα, τα μόρια της κυτταρίνης είναι οργανωμένα σε βιολογικές μονάδες συγκεκριμένης δομής οι οποίες αναφέρονται ως μικροϊνίδια κυτταρίνης. Ένα μικροϊνίδιο κυτταρίνης αποτελείται από μία δέσμη μορίων κυτταρίνης, καθένα εκ των οποίων είναι κατανομημένο με τον επιμήκη άξονά του παράλληλα με τον επιμήκη άξονα των υπολοίπων μορίων. Το πάχος και το ποσοστό της κρυσταλλικής δομής του μικροϊνιδίου είναι χαρακτηριστικά του είδους του φυτού, καθώς και των λειτουργιών που επιτελεί το φυτικό όργανο.

Πολυσακχαρίτες του πλέγματος: ημικυτταρίνες, πηκτίνες. Ο ρόλος των ημικυτταρινών στο τοίχωμα είναι να συγκρατούν τα μικροϊνίδια της κυτταρίνης στο πλέγμα των πολυσακχαριτών, είτε με το να σχηματίζουν μη-ομοιοπολικούς δεσμούς στην επιφάνεια του μικροϊνιδίου, είτε, με το να παγιδεύονται στο μικροϊνίδιο κατά το σχηματισμό του (Cosgrove, 1997). Μόνο η μία μεριά της αλυσίδας της ημικυτταρίνης μπορεί να προσδεθεί στην επιφάνεια του μικροϊνιδίου της κυτταρίνης, ενώ η άλλη μεριά είναι ελεύθερη στο πλέγμα (Carpita & Gibeaut, 1993) (Σχήμα 3.12).



Σχήμα 3.12 Σχηματική απεικόνιση της διάταξης των συστατικών του κυτταρικού τοιχώματος (Τροποποιημένο από Smith, 2001).

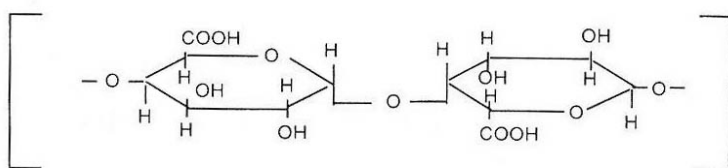
Στο πρωτογενές τοίχωμα των φυτών η πιο διαδεδομένη ημικυτταρίνη είναι η ξυλογλυκάνη (xyloglucan), η οποία είναι ο βασικός πολυσακχαρίτης σύμπλεξης του τοιχώματος (Carpita & Gibeaut, 1993). Ωστόσο, άλλες λιγότερο διαδεδομένες ημικυτταρίνες μπορεί να βρεθούν στενά συνδεδεμένες με την κυτταρίνη και πιθανά να συμμετέχουν στη συγκράτηση των μικροϊνιδίων στο πλέγμα (Cosgrove, 1997).

Επειδή το πρωτογενές κυτταρικό τοίχωμα αποτελείται από παρόμοιες ποσότητες ημικυτταρινών και κυτταρίνης (20-30% επί του ξηρού βάρους του τοιχώματος, για κάθε κατηγορία), είναι λογικό να μην συμμετέχουν όλες οι ημικυτταρίνες στη στήριξη των μικροϊνιδίων της κυτταρίνης, αλλά ένα ποσοστό αυτών να γεμίζει το χώρο μεταξύ των μικροϊνιδίων (Carpita & Gibeaut, 1993).

Οι πηκτίνες είναι μία ετερογενής ομάδα πολυσακχαριτών που, εκτός από συστατικό του πλέγματος του κυτταρικού τοιχώματος, είναι συστατικό των φυτικών χυμών (Goodwin & Mercer, 1983). Οι πηκτίνες αποτελούν περίπου το 30-50% του ξηρού βάρους του πρωτογενούς κυτταρικού τοιχώματος και ένα αρκετά μεγάλο ποσοστό του ξηρού βάρους του μεσοκυττάρου χώρου. Συνεισφέρουν στη μηχανική σταθερότητα του κυττάρου και στην πρόσφυση των κυττάρων μεταξύ τους (Van Buren, 1979). Οι πηκτίνες συνθέτουν μία υδρόφιλη φάση με ζελατινοειδείς ιδιότητες, η οποία καλύπτει απόλυτα όλο το χώρο μεταξύ των μικροϊνιδίων της κυτταρίνης και των ημικυτταρινών (Σχήμα 3.12), παρεμποδίζοντας την κατάρρευση του δικτύου της κυτταρίνης (Cosgrove, 1997).

Οι πηκτίνες στο κυτταρικό τοίχωμα και τη μεσοκυτταρική περιοχή είναι πολυγαλακτουρονίδια με βασικό σκελετό μία ευθεία αλυσίδα αποτελούμενη από μονάδες 1→4 α-D-γαλακτουρονικού οξέος (Σχήμα 3.13).

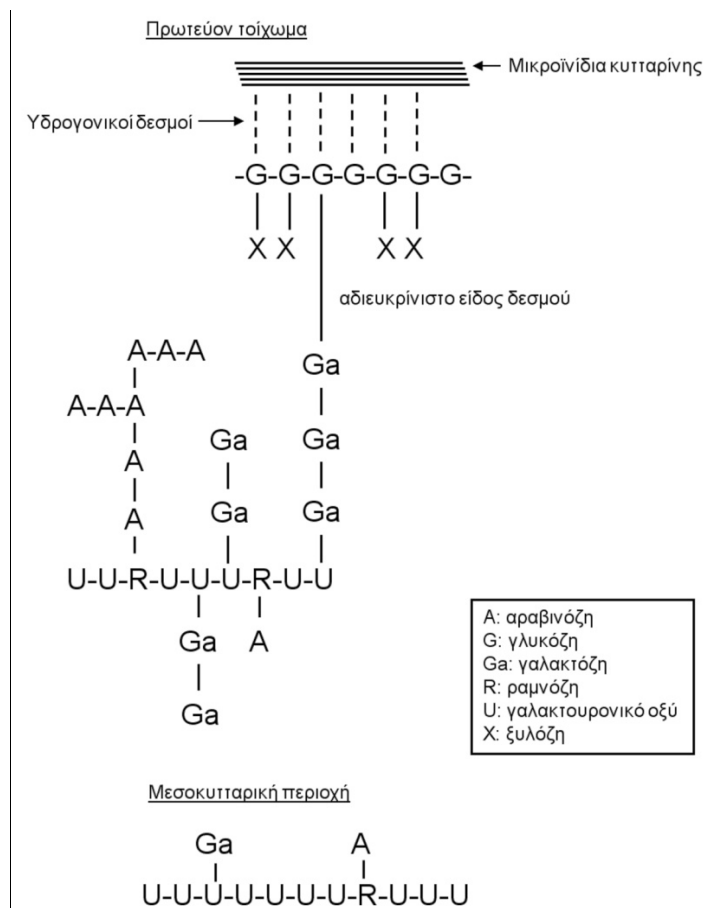
α-D1 → 4 γαλακτουρονικό οξύ



Σχήμα 3.13 Μακρομόριο πηκτίνης (Τροποποιημένο από Heldt & Heldt, 2005).

Οι καρβοξυλικές ομάδες του γαλακτουρονικού οξέος μπορεί να είναι εστεροποιημένες με μεθανόλη ή εξουδετερωμένες με βάσεις. Κάποιες από τις υδροξυλικές ομάδες μπορεί να είναι ακετυλιωμένες. Επίσης, σάκχαρα και πρωτεΐνες συνυπάρχουν με την αλυσίδα του πολυγαλακτουρονικού οξέος. Η

ραμνόζη μπορεί να παρεμβάλλεται στην ευθεία αλυσίδα, ενώ άλλα σάκχαρα (κυρίως αραβινόζη, γαλακτόζη και ξυλόζη) ενώνονται πλευρικά. Από τις πρωτεΐνες, κύρια η υδροξυπρωτεΐνη μπορεί να ενώνεται έμμεσα, μέσω των σακχάρων, με την αλυσίδα του πολυγαλακτουρονικού οξέος. Τέλος, η παρουσία του Ca^{2+} συνεισφέρει κατά πολύ στη σταθερή δομή του τοιχώματος, σχηματίζοντας ζώνες που ενώνουν ελεύθερες καρβοξυλικές ομάδες μορίων πηκτίνης (egg zone bonds). Κατά μέσο όρο, η περιεκτικότητα των καρπών σε πηκτίνες είναι 0,5%. Το μοριακό βάρος τους εκτιμάται από 30.000 μέχρι 300.000, αλλά υπάρχουν δυσκολίες στον ακριβή υπολογισμό του, λόγω των διαφόρων βαθμών εστεροποίησης, ακετυλίωσης, του ποσοστού και του είδους των σακχάρων κ.ά. Μοντέλο της δομής του πρωτεύοντος τοιχώματος και του μεσοκυττάριου χώρου για τα κύτταρα της σάρκας των μήλων παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.14.



Σχήμα 3.14 Μοντέλο δομής και σύστασης των κυτταρικών τοιχωμάτων σε κύτταρα σάρκας μήλων (Τροποποιημένο από Knee, 1975).

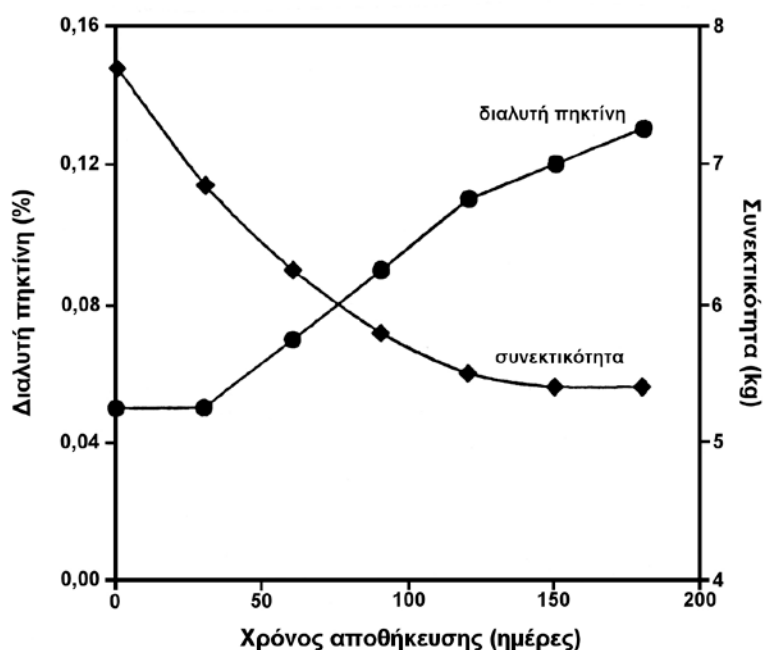
3.5.5.3 Μεταβολές στο κυτταρικό τοίχωμα και επίδραση στην υφή

Το μαλάκωμα των καρπών κατά την ωρίμανση εμπεριέχει μία σειρά από προγραμματισμένες μεταβολές των πολυσακχαριτών του πρωτογενούς κυτταρικού τοιχώματος και του μεσοκυττάριου χώρου, οι οποίες έχουν σαν αποτέλεσμα την αποδυνάμωση της όλης κατασκευής. Οι μεταβολές αυτές αφορούν στην αποδόμηση των πολυσακχαριτών και σε αλλαγές των δεσμών που τους συνδέουν και έχουν ως αποτέλεσμα τη διόγκωση των συστατικών του τοιχώματος και τη μείωση της μεταξύ τους πρόσφυσης (Brummell, 2006). Συνήθως, τα παραπάνω συνδυάζονται με μείωση της επιφάνειας επαφής των κυττάρων μεταξύ τους και με την επακόλουθη αύξηση των περιοχών με αέρα ανάμεσα στα κύτταρα (Hallett et al., 1992). Αποτέλεσμα αυτών των μεταβολών είναι ότι το κυτταρικό τοίχωμα αποκτά ένα πιο «ανοικτό» και ενυδατωμένο πλέγμα, ο καρπός γίνεται πιο μαλακός και όταν ο ιστός διογκώνεται τείνει να σπάσει και να ελευθερωθούν οι χυμοί από το εσωτερικό του (Brummell, 2006).

Η διαταραχή της δομής του κυτταρικού τοιχώματος και της μεσοκυτταρικής περιοχής, που μπορεί να γίνει ενζυμικά ή μη ενζυμικά (π.χ. με αντικατάσταση του Ca^{2+} με H^+ κ.ά.), συντελεί στη μείωση της συνεκτικότητας. Μεταξύ των ενζύμων που μπορούν να προσβάλλουν το τοίχωμα είναι οι σελλουλάσες, ημισελλουλάσες (γαλακτοσιδάσες, γλυκοσιδάσες κ.ά.), καθώς και τα πηκτινολυτικά ένζυμα. Ο ρόλος των σελλουλασών έχει αμφισβητηθεί καθότι έχουν προσδιορισθεί μόνο σελλουλάσες του τύπου των καρβοξυλ-μεθυσελλουλασών που μόνες τους δεν διασπούν την αδιάλυτη ή κρυσταλλική κυτταρίνη. Το ποσοστό επίσης της κυτταρίνης δεν μειώνεται σημαντικά κατά τη μείωση της συνεκτικότητας. Μόνο στο αβοκάντο ο ρόλος των σελλουλασών έχει συνδεθεί με τη μείωση της συνεκτικότητας. Από τις ημισελλουλάσες, η δράση της γαλακτοσιδάσης αυξάνεται κατά την ωρίμανση, αλλά η εκτεταμένη μείωση της συνεκτικότητας δεν μπορεί να δικαιολογηθεί με τη δράση του ενζύμου αυτού. Ωστόσο, πιστεύεται ότι η δράση της διευκολύνει τη μετέπειτα δράση των πηκτινολυτικών ενζύμων.

Η αποσύνθεση (διαλυτοποίηση) των πηκτινικών ουσιών μέσω των πηκτινολυτικών ενζύμων συνδέεται με την ωρίμανση και το μαλάκωμα των καρπών (Σχήμα 3.15). Τα πηκτινολυτικά ένζυμα διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

- σαπωνοποίησης της μεθυλεστερικής ομάδας του πολυγαλακτουρονικού οξέος, όπως είναι η πηκτινομεθυλεστεράση (pectin methylesterase - PME). Η δράση της μπορεί να αυξηθεί, να μειωθεί, ή να παραμείνει σταθερή κατά την ωρίμανση και δεν σχετίζεται άμεσα με τη μείωση της συνεκτικότητας. Ωστόσο, μπορεί να διευκολύνει τη δράση ενζύμων της επόμενης κατηγορίας.
- αποπολυμερισμού - η κατηγορία αυτή αποτελείται από ομάδα ενζύμων (κυρίως των πολυγαλακτουρονάσων, polygalacturonases - PG) που διακρίνονται με βάση το βαθμό εστεροποίησης του υποστρώματος, καθώς και με βάση τη θέση δράσης τους στο υπόστρωμα (ακραία ή τυχαία). Από τα ένζυμα αυτά, τα σημαντικότερα είναι η εξωπολυγαλακτουρονάση ή εξω-PG, που δρα από το μη αναγωγικό άκρο, και κύρια η ενδοπολυγαλακτουρονάση ή ενδο-PG, που δρα σε τυχαίες θέσεις. Έχει βρεθεί ότι η δράση της PG αυξάνεται κατά την ωρίμανση και μάλιστα παράλληλα με τη μείωση της συνεκτικότητας και με την αύξηση των διαλυτών πηκτινών, που είναι προϊόντα δράσης του ενζύμου. Πρέπει όμως να σημειωθεί ότι το ποσό των διαλυτών πηκτινών που αυξάνεται παράλληλα με τη μείωση της συνεκτικότητας, δεν προέρχεται αποκλειστικά από τη δράση της PG, αλλά και από τη σύνθεση νέων διαλυτών πηκτινών, τις αλλαγές του pH στο κυτταρικό τοίχωμα κ.ά.



Σχήμα 3.15 Μεταβολή της περιεκτικότητας του μήλου σε πηκτίνες σε σχέση με τη συνεκτικότητα του καρπού (Από: Kays, 1991).

Η ύπαρξη και η δραστηριότητα των ενζύμων που είναι υπεύθυνα για το μαλάκωμα διαφέρει μεταξύ των διαφόρων οπωροκηπευτικών και αποτελεί αντικείμενο συνεχούς έρευνας. Για παράδειγμα, δεν έχει βρεθεί η ύπαρξη της ενδο-PG στα μήλα (παρά μόνο η εξω-PG), στις φράουλες και στα κεράσια, μολονότι η συνεκτικότητα μειώνεται κατά την ωρίμανση στους καρπούς αυτούς. Ωστόσο, η ενδο-PG θεωρείται το πλέον υπεύθυνο ένζυμο για την εκτεταμένη μείωση της συνεκτικότητας (υδαρή υφή), τουλάχιστον στις περιπτώσεις των καρπών που έχει προσδιορισθεί, όπως είναι τα αχλάδια.

3.6 Άλλοι μεταβολικοί μηχανισμοί που επηρεάζουν την ποιότητα και τη μετασυλλεκτική συμπεριφορά των οπωροκηπευτικών

3.6.1 Αλλαγές σε χρωστικές ουσίες

Οι μεταβολές στο χρωματισμό των οπωροκηπευτικών μετά τη συγκομιδή μπορεί να είναι ωφέλιμες ή επιζήμιες. Ωφέλιμες είναι οι αλλαγές που συνδυάζονται με την ωρίμανση των καρπών (π.χ. μπανάνα, τομάτα, μήλο, πεπόνι), στους οποίους η ανάπτυξη του χρώματος μπορεί να οφείλεται:

- σε αποδόμηση της χλωροφύλλης, που αποκαλύπτει τα χρώματα προϋπαρχόντων χρωστικών ουσιών (π.χ. μπανάνα, λεμόνι), ή
- σε *de novo* σύνθεση καροτενοειδών (π.χ. τομάτα, κόκκινη πιπεριά, πορτοκάλι, λωτός) ή ανθοκυανινών (π.χ. σταφύλι, μήλο, ελιά, ρόδι, κεράσι, φιστίκι) παράλληλα με την αποδόμηση της χλωροφύλλης

Οι αλλαγές στο χρώμα του προϊόντος που σχετίζονται με τη *de novo* σύνθεση καροτενοειδών και ανθοκυανινών, εκτός από τη βελτίωση της οπτικά εκτιμώμενης ποιότητας του προϊόντος, βελτιώνουν την ποιότητά του και από τη μεριά της θρεπτικής αξίας.

Επιζήμιες είναι οι αλλαγές του χρώματος που συνδέονται με τη γήρανση ή την υπερωρίμανση, όπως για παράδειγμα το κιτρίνισμα των φυλλωδών λαχανικών, ο αποχρωματισμός της ταξιανθίας του μπρόκολου, ο αποχρωματισμός καρπών που συγκομίζονται ανώριμοι (π.χ. κολοκυθάκια, λοβοί μπάμις και φασολιού), η ανάπτυξη σκούρου κόκκινου χρώματος στη φράουλα και το πρασίνισμα των κονδύλων της πατάτας που σχετίζεται με το σχηματισμό της σολανίνης.

Κατά την ανάπτυξη των φυτών η κυριότερη λειτουργία των φύλλων είναι η μετατροπή του CO₂ σε υδατάνθρακες με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης. Με τη συγκομιδή των φυτών, των βλαστών ή των φύλλων, η φωτοσυνθετική τους ικανότητα διακόπτεται και αρχίζει η πορεία της γήρανσης. Το πιο εμφανές χαρακτηριστικό της γήρανσης των φυλλωδών κηπευτικών και αυτό που στην ουσία επηρεάζει την ποιότητα του προϊόντος, είναι η αποδόμηση της χλωροφύλλης και το κιτρίνισμα λόγω αποκάλυψης των υπαρχόντων καροτενοειδών, μέσω της μετατροπής των χλωροπλάστων σε χρωμοπλάστες, χωρίς όμως συνήθως να συσσωρεύεται κάποια άλλη χρωστική ουσία.

Σημαντική ποιοτική υποβάθμιση αποτελεί το καφέτiasμα των προϊόντων, το οποίο οφείλεται στην ενζυμική (μέσω των πολυφαινολοξειδασών) ή/και μη ενζυμική οξείδωση των φαινολικών συστατικών που οδηγεί στο σχηματισμό σκουρόχρωμων χρωστικών (π.χ. μελανίνες). Το καφέτiasμα συμβαίνει κυρίως κατά την αποθήκευση σε προϊόντα που έχουν υψηλές συγκεντρώσεις ενδογενών φαινολικών (π.χ. ξηροί καρποί) ή διατίθενται τεμαχισμένα (π.χ. φρεσκοκομμένες σαλάτες λαχανικών και φρουτοσαλάτες).

Το βαθμό των αλλαγών των χρωστικών ουσιών κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης επηρεάζουν διάφοροι παράγοντες. Για παράδειγμα, το φως καθυστερεί την αποσύνθεση της χλωροφύλλης σε κομμένα φύλλα και προωθεί τη σύνθεση ανθοκυανινών, καροτενοειδών και λυκοπενίου (συντίθεται και στο σκοτάδι) στους καρπούς. Η θερμοκρασία επίσης παίζει ρόλο, π.χ. σε θερμοκρασίες πάνω από 30 °C αναστέλλεται η σύνθεση λυκοπενίου αλλά και β-καροτενίου στην τομάτα (Thomas & Jan, 1975), αν και στο καρπούζι σύνθεση λυκοπενίου έχει παρατηρηθεί σε θερμοκρασίες έως και 37 °C. Η σύνθεση και αποδόμηση των ανθοκυανινών μετά τη συγκομιδή

εξαρτώνται σημαντικά από το pH, με τιμές μικρότερες από 4,5 να δίνουν πιο έντονο και πιο σταθερό χρώμα.

Οι φυτικές ορμόνες, όπως το αιθυλένιο και οι κυτοκινίνες, επηρεάζουν τη σύνθεση και αποσύνθεση των χρωστικών ουσιών, με το αιθυλένιο να προωθεί την αποδόμηση της χλωροφύλλης και τις κυτοκινίνες (π.χ. 6-βενζυλαμινοπουρίνη – 6-BA) να συμβάλλει στη διατήρηση του πράσινου χρωματισμού. Η αποθήκευση σε χαμηλές θερμοκρασίες καθώς και σε συνθήκες χαμηλού O₂ και υψηλού CO₂ συμβάλλουν στη καθυστέρηση της αποδόμησης της χλωροφύλλης στα πράσινα λαχανικά. Το καφέτισμα ευνοείται από την αύξηση της θερμοκρασίας, της συγκέντρωσης του O₂, το φως και την αυξημένη υγρασία, παράγοντες που επιταχύνουν τις αντιδράσεις οξειδωσης. Επίσης, ο τραυματισμός του προϊόντος προωθεί το καφέτισμα των ιστών, κυρίως όταν με τον τραυματισμό καταστρέφονται επιδερμικά κύτταρα με αποτέλεσμα να ευνοείται η έκθεση των συστατικών που μπορούν να οξειδωθούν (π.χ. φαινολικά) στο O₂ και το φως.

3.6.2 Αλλαγές στην υφή

Όπως αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 2, η υφή των οπωροκηπευτικών αποτελεί σημαντικό ποιοτικό χαρακτηριστικό και ανάλογα με το είδος του προϊόντος η υφή χαρακτηρίζεται από ιδιότητες όπως είναι η συνεκτικότητα, η τραγανότητα, η σκληρότητα, το χυμώδες κ.ά. Η υποβάθμιση της υφής του προϊόντος επηρεάζεται από την απώλεια νερού αλλά και από μεταβολικές αλλαγές στα κυτταρικά τοιχώματα των ιστών. Σε πολλά λαχανικά η υποβάθμιση της υφής τους σχετίζεται περισσότερο με την απώλεια νερού, που επιφέρει μαρανση και μαλάκωμα. Ωστόσο, οι μεταβολικές αλλαγές στα κυτταρικά τοιχώματα επηρεάζουν σημαντικά την υφή κάποιων λαχανικών, όπως για παράδειγμα το σπαράγγι, στο οποίο η λιγνιτοποίηση των βλαστών οδηγεί σε σκλήρυνση του βλαστού και υποβάθμιση της ποιότητάς του. Στους καρπούς, οι μεταβολικές αλλαγές στα κυτταρικά τοιχώματα έχουν ιδιαίτερη σημασία για την υποβάθμιση της υφής τους (βλέπε Παράγραφο 3.5.5).

3.6.3 Ποσοτικές και ποιοτικές μεταβολές στο περιεχόμενο σε υδατάνθρακες

Οι αλλαγές στη σύνθεση των υδατανθράκων κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης έχουν ουσιαστικές συνέπειες για την ποιότητα του προϊόντος. Ο ρόλος και οι μεταβολές των διαλυτών και αποθησαυριστικών υδατανθράκων σχετίζονται με ποιοτικά χαρακτηριστικά, όπως η γεύση, η συμπεριφορά κατά τη συντήρηση κ.ά. Για παράδειγμα, σε πολλούς καρπούς κηπευτικών και δένδροκομικών ειδών, η διάσπαση του αμύλου σε διαλυτά σάκχαρα σχετίζεται με την ωρίμανση και την απόκτηση γλυκιάς γεύσης. Αντίθετα, στους κονδύλους της πατάτας η αποσύνθεση του αμύλου είναι ανεπιθύμητη, γιατί η αύξηση των αναγωγικών σακχάρων μπορεί να προκαλέσει μαύρισμα (καραμελοποίηση) όταν η πατάτα τηγανίζεται. Σε άλλες περιπτώσεις, όπως στο γλυκοκαλάμπρο και τον αρακά, η ανάπτυξη των σπερμάτων συνοδεύεται από συσσώρευση αμύλου, γεγονός που υποβαθμίζει την ποιότητα γιατί μειώνει τη γλυκιά γεύση των προϊόντων αυτών.

Γενικά, η σύνθεση και η αποδόμηση του αμύλου συμβαίνουν ταυτόχρονα σε φυτικούς ιστούς, όπως για παράδειγμα στους κονδύλους της πατάτας (Claassens, 2002, Alexopoulos et al., 2007) και στους καρπούς της τομάτας ιδιαίτερα κατά την ανάπτυξή τους (Luengwilai & Beckles, 2009). Όμως, ο ρυθμός της σύνθεσης και της αποδόμησης του αμύλου μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης, ωρίμανσης και αποθήκευσης των φυτικών ιστών. Όταν ο ρυθμός σύνθεσης αμύλου είναι μεγαλύτερος από τον αντίστοιχο της αποδόμησης, παρατηρείται συσσώρευσή του, ενώ αντίθετα, όταν υπερτερεί ο ρυθμός αποδόμησης εμφανίζεται μείωση του περιεχόμενου αμύλου. Σε κάποιους καρπούς η συγκέντρωση του αμύλου αυξάνεται μόνο κατά τα αρχικά στάδια της ανάπτυξής τους, ενώ σε άλλους (π.χ. μπανάνα, τομάτα) αυξάνεται μέχρι το στάδιο της φυσιολογικής ωριμότητας. Στους πολλούς καρπούς (ιδιαίτερα σε κλιμακτηριακούς), κατά τα τελικά στάδια της ωρίμανσης όλο το άμυλο έχει υδρολυθεί ή έχει παραμείνει μικρό ποσοστό του. Από τα ένζυμα αποδόμησης του αμύλου θεωρείται ότι η α-αμυλάση όπως και άλλα ένζυμα (debranching enzymes) είναι υπεύθυνα για την αρχική διάσπαση του αμυλόκοκκου, ενώ οι δεξτρινάσες, η β-αμυλάση και α-γλυκοσιδάση για την παραπέρα αποδόμηση του αμύλου.

Οι κλιμακτηριακοί καρποί εμφανίζουν σημαντικές αλλαγές στην περιεκτικότητα των σακχάρων κατά την ωρίμανση. Το συνολικό ποσοστό σακχάρων κατά την ωρίμανση φθάνει στο 5-10% (κατά μέσο όρο) επί του νωπού βάρους. Κατά την εξέλιξη των καρπών η συνολική αύξηση της περιεκτικότητας σε σάκχαρα δεν αντιστοιχεί αναλογικά σε αυξήσεις των επιμέρους σακχάρων.

Αλλαγές (αύξηση ή μείωση) στην περιεκτικότητα της σακχαρόζης εξαρτώνται βασικά από το είδος του καρπού. Τα αναγωγικά σάκχαρα αυξάνονται, αλλά όχι με την ίδια ταχύτητα. Για παράδειγμα, σε μήλα και αχλάδια, η γλυκόζη υπερέρχει της φρουκτόζης στα αρχικά στάδια εξέλιξης, ενώ αργότερα η μεν γλυκόζη παραμένει σταθερή αλλά η φρουκτόζη συνεχίζει να αυξάνεται, με αποτέλεσμα η φρουκτόζη να υπερέρχει ποσοτικά της γλυκόζης στους καρπούς αυτούς κατά την ωρίμανση. Στον Πίνακα 3.11 παρουσιάζονται παραδείγματα αλλαγών στο περιεχόμενο διαφόρων ειδών κηπευτικών σε γλυκόζη, φρουκτόζη και σακχαρόζη, σε σχέση με διάφορους μετασυλλεκτικούς χειρισμούς. Λόγω της σημασίας του μεταβολισμού των υδατανθράκων στον καθορισμό του κατάλληλου σταδίου για συγκομιδή, στη μετασυλλεκτική συμπεριφορά και τη μεταβολή της ποιότητας των καρπών των δένδροκομικών και κηπευτικών ειδών, γίνεται εκτενέστερη αναφορά για τις μεταβολές των σακχάρων και των αποθησαυριστικών υδατανθράκων κατά την ωρίμανση και μετά τη συγκομιδή των καρπών, στα Κεφάλαια 5 και 6.

Μετασυλ/κός χειρισμός	Είδος κηπευτικού	Συνθήκες χειρισμού	Επίδραση στο περιεχόμενο σε διαλυτά σάκχαρα
Διάρκεια αποθήκευσης	Σπαράγγι	72 ώρες στους 16 °C	μείωση Φ, Σ κατά 27% Γ κατά 50%
	Κρεμμύδι (βολβός)	2 μήνες στους 10 °C μετά 3 μήνες στους 4 °C	Φ διπλασιάζεται Σ αυξάνεται ελαφρά Γ μειώνεται ελαφρά
	Πιπεριά	21 ημέρες στους 7 °C	μείωση Φ, Γ κατά 35-50% όχι επίδραση στη Σ
	Γλυκοκαλάμποκο	5 ημέρες στους 6 °C	μείωση Φ, Γ, Σ κατά 9-30%
	Αγγούρι	21 ημέρες στους 7 °C	όχι επίδραση
Θερμοκρασία αποθήκευσης χαμηλή (0-10 °C)	Πατάτα	6 μήνες στους 4 °C	αύξηση Γ, Φ, Σ
	Κρεμμύδι (βολβός)	20 εβδ. στους 0 °C	μείωση Γ, Σ κατά 9-38% αύξηση Φ κατά 125%
	Καρπούζι	14 ημέρες στους 0 °C	μείωση Φ, Γ, Σ κατά 20%
	Γογγύλι	4 εβδ. στους 0 °C	μείωση Γ, Φ, αύξηση Σ
	Γλυκοπατάτα	3 εβδ. στους 7 °C	αύξηση Γ, Φ, Σ
Θερμοκρασία αποθήκευσης υψηλή (20-30 °C)	Καρπούζι	14 ημέρες στους 23 °C	μείωση Φ, Γ, Σ κατά 20%
	Κρεμμύδι (βολβός)	20 εβδ. στους 30 °C	μείωση Γ, Φ κατά 25% αύξηση Σ κατά 38%
Αποθήκευση σε ελεγχόμενες ατμόσφαιρες	Μπάμια	5% O ₂ + 10%CO ₂ 12 ημέρες στους 11°C	Φ διπλασιάζεται Σ μειώνεται κατά 50%
	Σπαράγγι	5% O ₂ + 10%CO ₂ 4 εβδομάδες στους 2 °C	μείωση Φ, Γ, Σ
	Λάχανο	2,5% O ₂ + 5%CO ₂ 6 μήνες	όμοια Φ, Γ αύξηση Σ κατά 27%
	Κινέζικο λάχανο	1% O ₂ + 0%CO ₂ 5 μήνες	μείωση Φ, Γ, ανάλογα με τη θέση στη κεφαλή

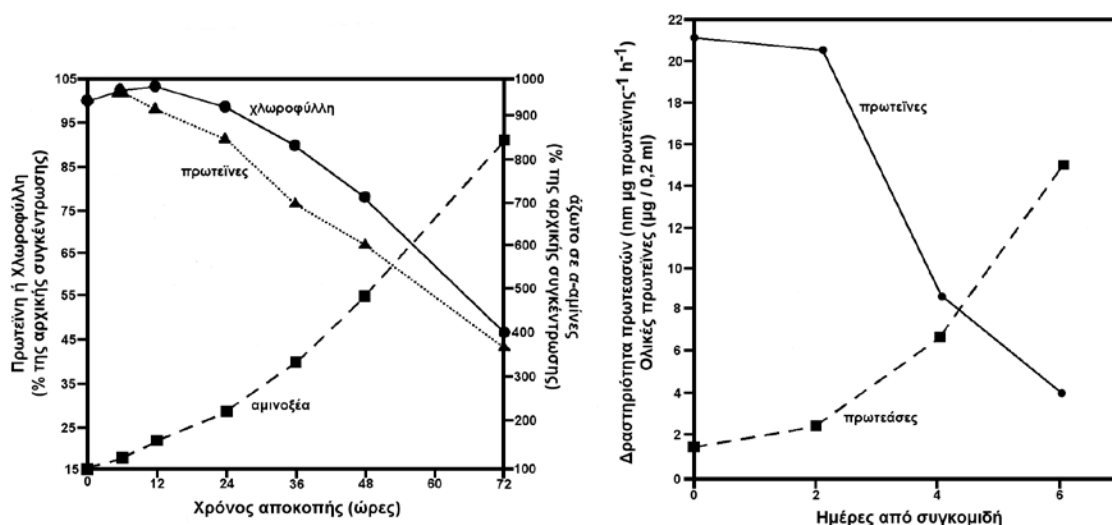
Πίνακας 3.11 Παραδείγματα επίδρασης μετασυλλεκτικών χειρισμών στο περιεχόμενο διαφόρων κηπευτικών στα διαλυτά σάκχαρα γλυκόζη (Γ), φρουκτόζη (Φ) και σακχαρόζη (Σ) (Από: Maness & Perkins-Veazie, 2003).

3.6.4 Μεταβολές πρωτεϊνών και αμινοξέων

Οι πρωτεΐνες, μολονότι υπάρχουν σε μικρές συγκεντρώσεις στους καρπούς, είναι ιδιαίτερης σημασίας, όχι μόνο ως συστατικά του κυττάρου, αλλά και επειδή συμπεριλαμβάνουν τα ένζυμα που επηρεάζουν τη μεταβολική δραστηριότητα του καρπού. Η πρωτεϊνοσύνθεση είναι σημαντική για την ωρίμανση των καρπών και η αναστολή της προκαλεί παρεμπόδιση της ωρίμανσης. Εξάλλου, έχει παρατηρηθεί αύξηση της συγκέντρωσης των πρωτεϊνών κατά τα πρώτα στάδια της ωρίμανσης των κλιμακτηριακών καρπών (π.χ. μήλο, αβοκάντο). Αξιοσημείωτο είναι ότι οι αλλαγές στην ταχύτητα σύνθεσης πρωτεϊνών δεν είναι οι ίδιες για όλες τις πρωτεΐνες. Στη τομάτα, η ταχύτητα σύνθεσης μιτοχονδριακών και διαλυτών πρωτεϊνών επταπλασιάσθηκε κατά την κλιμακτήριο, ενώ των πρωτεϊνών του χλωροπλάστη παρέμεινε στα ίδια επίπεδα.

Γενικότερα, η γήρανση και η ωρίμανση των φυτικών ιστών σχετίζεται με αλλαγές στην περιεκτικότητά τους σε αμινοξέα. Στην τομάτα για παράδειγμα, το γλουταμινικό και το ασπαρτικό οξύ αυξάνονται κατά την ωρίμανση, ιδιαίτερα μετά την συγκομιδή του καρπού, ενώ άλλα αμινοξέα (π.χ. αργινίνη και αλανίνη) μειώνονται (Passam et al., 2011). Στα κεράσια από τα 16 προσδιοριζόμενα αμινοξέα τα περισσότερα μειώνονται και μόνο η ασπαραγίνη και η προλίνη αυξάνονται κατά την ωρίμανση. Στα μήλα και τα αχλάδια η ασπαραγίνη και το ασπαρτικό οξύ υπερέχουν ποσοτικά. Σε πορτοκάλια Valencia η ασπαραγίνη, η σερίνη και το ασπαρτικό οξύ μένουν σταθερά, αλλά η προλίνη, η αργινίνη και το γ-αμινοβουτυρικό οξύ αυξάνονται κατά την ωρίμανση. Στην ώριμη μπανάνα το κύριο, ποσοτικά, αμινοξύ είναι η ασπαραγίνη ή η ιστιδίνη. Οι αλλαγές στο «προφίλ» των αμινοξέων της μπανάνας κατά την ωρίμανση εξαρτώνται όχι μόνο από την ποικιλία αλλά και από τις κλιματικές συνθήκες.

Στα φυλλώδη λαχανικά, μετά τη συγκομιδή, η γήρανση των φύλλων πραγματοποιείται με ταχείς ρυθμούς και συνδέεται άμεσα με την αύξηση της συγκέντρωσης των πρωτεϊνών και την αποσύνθεση των πρωτεϊνών, φαινόμενα που συμβαίνουν φυσιολογικά κατά τη γήρανση των φύλλων πάνω στο φυτό, ώστε να αποδομηθούν οι πρωτεΐνες στα αμινοξέα γλουταμίνη και ασπαραγίνη, τα οποία μπορούν εύκολα να εξαχθούν από τα γερασμένα φύλλα και να μεταφερθούν στους αναπτυσσόμενους φυτικούς ιστούς (Σχήμα 3.16). Για παράδειγμα, κατά την αποθήκευση των φύλλων του σπανακιού σε σκοτάδι, παρατηρήθηκε αύξηση μέχρι και 400% της δραστηριότητας της αφυδρογονάσης του γλουταμινικού οξέος και ταυτόχρονη απαμίνωση των αμινοξέων. Επειδή τα αμινοξέα αυτά δεν μπορούν να αποβληθούν από τα συγκομισμένα φύλλα, συσσωρεύονται μέσα στους ιστούς δημιουργώντας τοξικότητα (κιτρίνισμα και αλλοιώσεις).



Σχήμα 3.16 Αλλαγές στη συγκέντρωση της χλωροφύλλης, των πρωτεϊνών και των αμινοξέων (αριστερά) και αλλαγές της δραστηριότητας των πρωτεασών και της συγκέντρωσης των πρωτεϊνών (δεξιά) στα φύλλα της βρώμης (*Avena sativa*) μετά τη συγκομιδή (Από: Martin & Thimann, 1972).

3.6.5 Μεταβολές λιπιδίων

Στα περισσότερα οπωροκηπευτικά κατά τη διάρκεια της μετασυλλεκτικής τους ζωής λαμβάνει χώρα αποδόμηση των λιπιδίων, ο βαθμός της οποίας εξαρτάται από το είδος του οπωροκηπευτικού. Η αποδόμηση των λιπιδίων πραγματοποιείται με διάφορους μηχανισμούς, ανάλογα με το είδος των λιπιδίων, είτε ενζυμικά [με τη μεσολάβηση των λιποξυγενασών (lipoxygenases)] είτε μέσω χημικών ή φωτοχημικών αντιδράσεων (απευθείας αυτοκαταλυτική αντίδραση με οξυγόνο ή μη αυτοκαταλυτική αντίδραση επαγόμενη από το φως). Για παράδειγμα, τα ελεύθερα λιπαρά οξέα μεταβολίζονται μέσω διαφόρων μηχανισμών, με τη β-οξειδωση να αποτελεί τον κυριότερο, οδηγώντας στην παραγωγή ακετυλο-CoA. Αντίθετα, η αποδόμησή τους μέσω της α-οξειδωσης έχει μικρή σημασία στα νωπά οπωροκηπευτικά και μόνο στη περίπτωση της επούλωσης των τραυμάτων η ενέργεια που απαιτείται κατά την αύξηση της αναπνοής προέρχεται κατά κύριο λόγο από την α-οξειδωση των λιπαρών οξέων.

Στις ενζυμικά ελεγχόμενες οξειδώσεις των λιπιδίων τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα παράγουν υδροϋπεροξειδία τα οποία διασπώνται περαιτέρω σχηματίζοντας ουσίες που προσδίδουν χαρακτηριστικά αρώματα και γεύσεις στα προϊόντα, που άλλοτε είναι επιθυμητά και άλλοτε όχι. Για παράδειγμα, στο αγγούρι το λιπαρό οξύ λινολενικό οξύ (linolenic acid) μετατρέπεται σε 9-υδροϋπεροξειδίο και 13-υδροϋπεροξειδίο, από τα οποία προκύπτουν αντίστοιχα οι πτητικές ουσίες *cis*-3-nonenal και hexenal, οι οποίες συμμετέχουν στη δημιουργία της γεύσης και του αρώματος του καρπού. Στους ελαιώδεις και ιδιαίτερα στους ξηρούς καρπούς, λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς τους σε λιπίδια, η ενζυμική και μη ενζυμική οξείδωση των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων οδηγεί σε συσσώρευση πτητικών ουσιών που προσδίδουν τη χαρακτηριστική αρνητική οσμή του ταγγίσματος.

Η δραστηριότητα των λιποξυγενασών είναι ιδιαίτερα υψηλή στους σπόρους του φασολιού, στους κονδύλους της πατάτας, στους καρπούς της μελιτζάνας και στις ανώριμες ανθοκεφαλές της αγκινάρας (Pinsky et al., 1971). Όμως, οι σημαντικότερες αλλαγές στη δομή και λειτουργία των λιπιδίων κατά τη μετασυλλεκτική περίοδο πραγματοποιούνται σε κυτταρικό επίπεδο, στα γλυκολιπίδια και τα φωσfolιπίδια των κυτταρικών μεμβρανών, που συμβάλλουν σε αλλαγές στη δομή των μεμβρανών και οδηγούν στη μη κανονική περατότητά τους και σε μειωμένη δραστηριότητα των ενζύμων που εδράζονται στις κυτταρικές μεμβράνες (Kays, 1991).

3.6.6 Μεταβολές οργανικών οξέων

Οι μεταβολές και ο μεταβολισμός των οργανικών οξέων καθώς και η σχέση τους με τα διαλυτά σάκχαρα στη διαμόρφωση της γεύσης των καρπών περιγράφονται στα Κεφάλαια 2, 5 και 6. Γενικότερα, τα οργανικά οξέα δεν παίζουν σημαντικό ρόλο στη μετασυλλεκτική συμπεριφορά των οπωροκηπευτικών - εκτός βέβαια από τους καρπούς - αλλά μπορούν να προκύψουν ανεπιθύμητες αντιδράσεις (π.χ. σε κονδύλους και ριζοκονδύλους), κατά την έκθεσή τους σε χαμηλές θερμοκρασίες που προκαλούν κρουτραυματισμούς, ή σε συνθήκες χαμηλής περιεκτικότητας οξυγόνου στην ατμόσφαιρα, με αποτέλεσμα την αναερόβια αναπνοή.

3.6.7 Μεταβολές αρωματικών ουσιών

Η παραγωγή των αρωματικών ουσιών στα οπωροκηπευτικά μετά τη συγκομιδή επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες, π.χ. την ποικιλία, την ωριμότητα, τους μετασυλλεκτικούς χειρισμούς, τις συνθήκες αποθήκευσης κ.ά. Επειδή οι ουσίες αυτές παίζουν σημαντικό ρόλο στην ποιότητα του προϊόντος απαιτείται προσοχή, ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι ανεπιθύμητες αλλαγές. Σε καρπούς οι οποίοι συγκομίζονται σε πρώιμο στάδιο της ωρίμανσής τους, αποθηκεύονται για αρκετό χρονικό διάστημα και επάγεται η ωρίμανσή τους μετασυλλεκτικά (π.χ. τομάτα, μπανάνα), το άρωμα συνήθως καθυστερεί να αναπτυχθεί και μπορεί τελικά να υστερεί σε σύγκριση με καρπούς που ωριμάζουν επάνω στο φυτό. Επιπρόσθετα, αν η συντήρηση γίνει σε ατμόσφαιρα μειωμένου οξυγόνου, ο μεταβολισμός των λιπαρών συστατικών, συνήθως, επηρεάζεται αρνητικά και αυτό μπορεί να έχει σαν συνέπεια ακόμη μεγαλύτερη υποβάθμιση του αρώματος, ιδιαίτερα σε καρπούς που το τυπικό τους άρωμα βασίζεται σε αλκοόλες ή εστέρες αλκοολών που προκύπτουν από το μεταβολισμό των λιπιδίων και χρειάζονται O_2 .

Στις τομάτες που συγκομίζονται πριν την πλήρη ωριμότητά τους, η σύσταση σε οργανικές αρωματικές ενώσεις διαφέρει πολύ από αυτή των καρπών που ωριμάζουν πάνω στο φυτό. Επίσης, η αποθήκευση των καρπών και λαχανικών σε μη ενδεικνυόμενες συνθήκες (π.χ. χαμηλές

θερμοκρασίες που οδηγούν σε κρουοτραυματισμούς, συνθήκες χαμηλού O₂ ή υψηλού CO₂ σε ευαίσθητα οπωροκηπευτικά) οδηγεί στην ανάπτυξη ανεπιθύμητων οσμών (off odors). Για παράδειγμα, αποθήκευση του μπρόκολου σε χαμηλό O₂ προκαλεί την ανάπτυξη ανεπιθύμητων οσμών λόγω παραγωγής της ουσίας mentaethiol ως αποτέλεσμα της αποδόμησης των μεμβρανών και της απώλειας διαμερισματοποίησης, με συνέπεια την αντίδραση του υποστρώματος S-methyl-L-cysteine sulfoxide με το ένζυμο S-methyl-L-cysteine sulfoxide lyase (Dan et al., 1998).

3.6.8 Μεταβολές βιταμινών

Είναι γνωστό ότι η συγκέντρωση των βιταμινών, και ιδιαίτερα της βιταμίνης C, σε πολλές περιπτώσεις μειώνεται μετά τη συγκομιδή. Η μείωση, ιδιαίτερα της βιταμίνης C, σχετίζεται άμεσα με την απώλεια της φρεσκάδας των νωπών οπωροκηπευτικών μετά τη συγκομιδή τους, καθώς το ασκορβικό οξύ πολύ εύκολα οξειδώνεται παρουσία οξυγόνου και μέσω της δράσης της οξειδάσης του ασκορβικού οξέος μετατρέπεται σε L-διϋδροασκορβικό οξύ, το οποίο επίσης παρουσιάζει αντιοξειδωτική δράση, αλλά οξειδώνεται περαιτέρω σε ουσίες χωρίς αντίστοιχη βιολογική δράση. Οι απώλειες του ασκορβικού οξέος μετά τη συγκομιδή εντείνονται από μηχανικούς τραυματισμούς και κρουοτραυματισμούς, εκτεταμένη αποθήκευση, υψηλές θερμοκρασίες αποθήκευσης και χαμηλή Σ.Υ.. Για παράδειγμα, οι πατάτες μπορεί να χάσουν το 75-80% του αρχικού περιεχομένου τους σε βιταμίνη C μετά από 9 μήνες αποθήκευσης, ενώ το μπρόκολο χάνει το 50% της βιταμίνης C μέσα σε 4 ημέρες εάν παραμείνει στον αέρα σε θερμοκρασία δωματίου.

Αντίθετα, επέμβαση με χλωριούχο ασβέστιο αυξάνει το περιεχόμενο σε βιταμίνη C σε τομάτες και μήλα, ενώ η αποθήκευση των μήλων σε ελεγχόμενες ατμόσφαιρες περιορίζει την απώλεια σε βιταμίνη C κατά την αποθήκευση. Η ελάχιστη (π.χ. φρεσκοκομμένες σαλάτες) ή η πλήρης μεταποίηση καθώς και το μαγείρεμα των καρπών και λαχανικών οδηγούν επίσης σε σημαντική απώλεια βιταμίνης C. Αντίστοιχα, οι λιποδιαλυτές τοκοφερόλες (βιταμίνη E) είναι ιδιαίτερα ευαίσθητες σε οξείδωση κατά την αποθήκευση και μεταποίηση των νωπών οπωροκηπευτικών. Οι βιταμίνες του συμπλέγματος B, επειδή είναι υδατοδιαλυτές, εμφανίζουν απώλειες κατά την μερική μεταποίηση (π.χ. κόψιμο και πλύσιμο των λαχανικών και καρπών) ή κατά το μαγείρεμα (Lee & Kader, 2000; Vicente et al., 2009).

3.6.9 Μεταβολές αντιοξειδωτικών

Οι αντιοξειδωτικές ουσίες των οπωροκηπευτικών μεταβάλλονται μετά τη συγκομιδή του προϊόντος ανάλογα με το φυτικό είδος, τη φύση του αντιοξειδωτικού και τους μετασυλλεκτικούς χειρισμούς. Οι μεταβολές των αντιοξειδωτικών μπορεί να είναι αυξητικές λόγω της de novo συνθεσής τους ή μειούμενες λόγω της καταστροφής-αποδόμησής τους μέσω διάφορων μηχανισμών (π.χ. οξείδωση). Τα δυο αυτά φαινόμενα μπορεί να συμβαίνουν ταυτόχρονα και η τελική μεταβολή εξαρτάται από το πιο φαινόμενο συμβαίνει σε μεγαλύτερη ένταση. Σημαντικοί μετασυλλεκτικοί παράγοντες που επηρεάζουν τις αλλαγές στα αντιοξειδωτικά είναι η θερμοκρασία, ο χρόνος και η ατμόσφαιρα συντήρησης. Για παράδειγμα, οι χαμηλές θερμοκρασίες (0-1 °C για 4-6 μήνες αποθήκευσης) δεν επηρεάζουν το περιεχόμενο του καρότου σε καροτενοειδή, αλλά η λουτεΐνη (που απαντάται στο καρότο σε μικρές ποσότητες) μειώνεται κατά 88%. Αντίθετα, σε καρότο που είναι κομμένο σε φέτες παρατηρείται μείωση του περιεχομένου σε καροτενοειδή όταν αποθηκεύεται στις ίδιες θερμοκρασίες.

Αντίστοιχα, η συγκέντρωση των ανθοκυανινών στη φράουλα μειώνεται κατά τις 5 πρώτες ημέρες αποθήκευσης στους 0 °C και στους 5 °C, αλλά αυξάνεται σταδιακά στους 10 °C, ενώ το περιεχόμενο σε ολικά φαινολικά δεν επηρεάζεται στους 0 °C και αυξάνεται στους 5 °C και στους 10 °C (Ayala-Zavala et al., 2004). Σε μήλα, μετά 4 μήνες αποθήκευσης στους 0 °C παρατηρείται αύξηση των ολικών φαινολικών ουσιών, η οποία, πιθανά, σχετίζεται με την επίδραση του παραγόμενου αιθυλενίου στην αύξηση της δράσης του ενζύμου αμμωνιακή λυάση της φαινυλαλανίνης (phenylalanine-ammonia lyase – PAL) που παίζει βασικό ρόλο στη βιοσύνθεση των φαινολικών ουσιών.

Αν και οι υψηλότερες θερμοκρασίες αποθήκευσης επιδρούν σε αύξηση των ανθοκυανινών, των ολικών φαινολικών και της συνολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας στη φράουλα, επηρεάζουν αρνητικά άλλα αντιοξειδωτικά, όπως τη βιταμίνη C, ενώ υποβαθμίζουν σημαντικά τη συνολική ποιότητα των οπωροκηπευτικών που ανέχονται χαμηλές θερμοκρασίες αποθήκευσης (Gonzalez-

Aguilar et al., 2010). Στους ξηρούς καρπούς η συντήρηση σε χαμηλές θερμοκρασίες και σε ατμόσφαιρα με χαμηλό O₂ περιορίζει τη μείωση των αντιοξειδωτικών που προκαλείται από αντιδράσεις οξείδωσης.

Βιβλιογραφία

- Αλεξόπουλος, Α. Α. (2006). *Διερεύνηση των μηχανισμών δράσεως φυτορρυθμιστικών ουσιών στη φυσιολογική ενηλικίωση κονδύλων πατάτας που παράγονται από βοτανικό σπόρο (TPS)*. Διδακτορική Διατριβή, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, 294 σελ.
- Alexopoulos, A. A., Akoumianakis, K. A., Vemmos, S. N. & Passam, H. C. (2007). The effect of post-harvest application of gibberellic acid and benzyl adenine on the duration of dormancy of potatoes produced by plants grown from TPS. *Postharv. Biol. Technol.*, 46, 54-62.
- Asahi, T. Honda, Y. & Uritani, I. (1966). Increase in mitochondrial fraction in sweet potato root tissue after wounding or infection with *Ceratomyces fimbriata*. *Plant Physiol.*, 41, 1179-1184.
- Ayala-Zavala, J. F., Wang, S. Y., Wang, C. Y. & Gonzalez-Aguilar, G. A. (2004). Effect of storage temperatures on antioxidant capacity and aroma compounds in strawberry fruit. *LWT Food Sci. Technol.*, 37, 687-695.
- Ben-Yehoshua, S. & Rodov, V. (2003). Transpiration and water stress. In: Bartz, J. A. & Brecht, J. K. (eds.) *Postharvest Physiology and Pathology of Vegetables*. 2nd ed. New York, U.S.A.: Marcel Dekker Inc., pp. 119-173.
- Biale, J. B. (1964). Growth, maturation and senescence in fruits. *Science*, 46, 880-888.
- Blunden, G., Jones, E. M., Passam, H. C. & Metkalf, E. (1979). Increases in chlorophyll retention times of limes after postharvest immersion in N₆-benzyladenine and gibberellic acid. *Trop. Agric.*, 56, 311-319.
- Brummell, D. A. & Harpster, M. H. (2001). Cell wall metabolism in fruit softening and quality and its manipulation in transgenic plants. *Plant Mol. Biol.*, 47, 311-340.
- Brummell, D. A. (2006). Cell wall disassembly in ripening fruit. *Funct. Plant Biol.*, 33, 103-119.
- Burg, S. P. (2004). *Postharvest physiology and hypobaric storage of fresh produce*. Oxfordshire, U.K.: CABI Publishing, 654 p.
- Burton, W. G. (1982). *Postharvest physiology of food crops*. Essex, U.K.: Longman House, 339 p.
- Γαλάτης, Β. (2003). Το Φυτικό Κύτταρο, In: Ρουμπελάκη - Αγγελάκη, Κ.Α. (ed.), *Φυσιολογία Φυτών από το μόριο στο περιβάλλον*. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο, σελ. 1-40.
- Carpita, N. C. & Gibeaut, D. M. (1988). Biosynthesis and secretion of plant cell wall polysaccharides. In: Randall, D. D., Blevins, D. B. & Campbell, W. H. (eds.), *Current Topics in Plant Biochemistry and Physiology, Volume 7*. Columbia, U.S.A.: University of Missouri-Columbia, pp. 112-133.
- Chang, L. A. & Kays, S. J. (1981). Effect of low oxygen on sweet potato roots during storage. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 106, 481-483.
- Claassens, M. M. J. (2002). *Carbohydrate metabolism during potato tuber dormancy and sprouting*. PhD. Thesis, Wageningen University, Wageningen, The Netherlands, 138p.
- Cosgrove, D. J. & Jarvis, M.C. (2012). Comparative structure and biomechanics of plant primary and secondary cell walls. *Front. Plant Sci.*, 3, 204.

- Cosgrove, D. J. (1997). Relaxation in a high-stress environment: The molecular bases of extensible cell walls and cell enlargement. *Plant Cell*, 9, 1031–1041.
- Dan, K., Nagata, M. & Yamashita, I. (1998). Mechanism of off-flavor production in Brassica vegetables under anaerobic conditions. *Jpn. Agr. Res. Quart.*, 33, 109–114.
- Dilley, D. R. (1969). Hormonal control of fruit ripening. *Hort. Sci.*, 4, 111-114.
- FAO/WHO, (2009) ALINORM 09/32/26. Report of the 30th Session of the Codex Committee on Nutrition and Foods for Special Dietary Uses. Codex Alimentarius Commission.
- Gaffney, J. J., Baird, C. D. & Chau, K. V. (1985). Influence of airflow rate, respiration, evaporative cooling, and other factors affecting weight loss calculations for fruits and vegetables. *Trans. ASHRAE*, 91, 690–707.
- Goodwin, T. W. & Mercer, E. I. (1983). *Introduction to plant biochemistry*, 2nd ed. Oxford, U.K.: Pergamon Press.
- Gonzalez-Aguilar, G. A., Ayala-Zavala, J. F., De La Rosa, L. A. & Alvarez-Parilla, E. (2010). Phytochemical changes in the postharvest and minimal processing of fresh fruits and vegetables. In: de la Rosa, L. A., Alvarez-Parrilla, E. & Gonzalez-Aguilar G. A. (eds.), *Fruit and vegetable phytochemicals. Chemistry, nutritional value, and stability*. Iowa, U.S.A.: Wiley-Blackwell, pp. 309-339.
- Grierson, D. (2013). Ethylene and the control of fruit ripening. In: Seymour, G. B., Poole, M., Giovannoni, J. J. & Tucker, G. A. (eds.), *The Molecular Biology and Biochemistry of Fruit Ripening*. Ames, U.S.A.: Wiley-Blackwell, pp. 43-73.
- Gross, K. C., Wang, C. Y. & Saltveit, M. (2004). *The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks*. Agricultural Handbook Number 66, USDA, ARS.
- Hallett, I. C., Mac Rae, E. A. & Wegrzyn, T. F. (1992). Cell packing and cell wall ultrastructure during ripening in kiwi fruit. *Int. J. Plant Sci.*, 153, 49-60.
- Heldt, H.-W. & Heldt, F. (2005). Polysaccharides are storage and transport forms of carbohydrates produced by photosynthesis. In: Heldt H.-W. H. (ed.), *Plant Biochemistry (Third Edition)*, Burlington, U.S.A.: Academic Press, pp. 243-273.
- Hooker, W. J. (1986). *Compendium of potato diseases*. Orlando, U.S.A.: American Phytopathological Society, pp. 1-6.
- Hruschka, H. W. (1977). Postharvest weight loss and shrivel in five fruits and five vegetables. *USDA-ARS Mark. Res. Rep.*, 1059, 23p.
- Kader, A. A. (1983). Post harvest quality maintenance of fruits and vegetables in developing countries. In: Lieberman, M. (ed.), *Post harvest physiology and crop preservation*. New York, U.S.A.: Plenum Press, pp. 455–470.
- Kader, A. A. (2002). Fruits in the global market. In: Knee, M. (ed.), *Fruit quality and its biological Basis*. Boca Raton, U.S.A.: CRC Press Inc., pp. 1-16.
- Kader, A. A. & Saltveit, M. E. (2003). Respiration and gas exchange. In: Bartz, J. A. & Brecht, J. K. (eds.), *Postharvest physiology and pathology of vegetables*, 2nd ed. New York, U.S.A.: Marcel Dekker Inc., pp. 7-29.
- Kafkaletou, M., Christopoulos, M. V., Ktistaki, M.-E., Sotiropoulos, T. & Tsantili, E. (2015). Influence of rain cover on respiration, quality attributes and storage of cherries. *J. Appl. Bot. Food Qual.*, 88, 87-96.
- Kays, S. J. (1991). *Post-harvest physiology of perishable plant products*. New York, U.S.A.: Van Nostrand Reinhold, 532 pp.

- Knee, M. & Tsantili, E. (1988). Changes during low-oxygen storage in the effects of ethylene on induction of ethylene synthesis and stimulation of respiration of 'Gloster 69' apples. *Physiol. Plant.*, 74, 504-508.
- Lacey, R. F. & Binder, B. M. (2014). How plants sense ethylene gas — The ethylene receptors. *J. Inorgan. Biochem.*, 133, 58-62.
- Lee, S. K. & Kader, A. A. (2000). Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharv. Biol. Technol.*, 20, 207–220.
- Luengwilai, K. & Beckles, M. D. (2009). Starch granules in tomato fruit show a complex pattern of degradation. *J. Agric. Food Chem.*, 57, 8480-8487.
- Lutz, J. M. & Hardenburg, R. E. (1968). *The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks*. Agricultural Handbook Number 66, USDA, ARS.
- Maguire, K. M., Sabarez, H. T. & Tanner, D. J. (2004). Postharvest preservation and storage. In: Hui, Y. H., Chazala, S., Graham, D. M., Murrell, K. D. & Nip, W.-K. (eds.), *Handbook of vegetable preservation and processing*. New York, U.S.A.: Marcel Dekker Inc., pp. 37-68.
- Maness, N. & Perkins-Veazie, P. (2003). Soluble and storage carbohydrates. In: Bartz, J. A. & Brecht, J. K. (eds.), *Postharvest physiology and pathology of vegetables*, 2nd ed. New York, U.S.A.: Marcel Dekker Inc., pp. 361-382.
- Martin, C. & Thimann, K. V. (1972). The role of protein synthesis in the senescence of leaves. I. The formation of protease. *Plant Physiol.*, 49, 64-71.
- Moore, K. J. & Jung, H.-J. G. (2001). Lignin and fiber digestion. *J. Range Manage.*, 54, 420–430.
- Nelmes, B. J. & Preston, R. D. (1968). Wall development in apple fruits: a study of the life history of a parenchyma cell. *J. Exp. Bot.*, 19, 496-518.
- Passam, H. C. & Blunden, G. (1982). Experiments on the storage of limes at tropical ambient temperatures. *Trop. Agric.*, 59, 20-24.
- Passam, H. C., Karapanos, I. C. & Alexopoulos, A. A. (2011). The biological basis of fruit quality. In: Jenks, M. A. & Bebeli, P. J. (eds.), *Breeding for fruit quality*. New York, U.S.A.: Wiley-Blackwell., pp. 5-38.
- Passam, H. C., Read, S. J. & Rickard, J. E. (1976). Wound repair in yam tubers: Physiological processes during repair. *New Phytol.*, 77, 325-331.
- Pinsky, A., Grossman, S. & Trop, M. (1971). Lipoxygenase content and antioxidant activity of some fruits and vegetables. *J. Food Sci.*, 36, 571-572.
- Robinson, J. E., Browne, K. M. & Burton, W. G. (1975). Storage characteristics of some vegetables and soft fruits. *Ann. Appl. Biol.*, 81, 399-408.
- Ryall, A. L. & Lipton, W. J. (1979). *Handling, transportation and storage of fruits and vegetables. Volume I, 2nd edition*. Westport, U.S.A.: Avi Publishing Company Inc., 587 pp.
- Saltveit, M. E. (1999). Effect of ethylene on quality of fresh fruits and vegetables. *Postharv. Biol. Technol.*, 15, 279-292.
- Smith, L.G. (2001). Plant cell division: building walls in the right places. *Nat. Rev. Mol. Cell Biol.*, 2, 33-39.
- Solomos, T. & Biale, J. G. (1975). Respiration and fruit ripening. *Colloq. Int. CNRS*, 238, 221-228.
- Τσαντίλη, Ε. (2004) *Μετασυλλεκτική Μεταχείριση Καρπών*. Πανεπιστημιακές Παραδόσεις. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, 99 σελ.
- Thomas, R. L. & Jen, J. J. (1975). Phytochrome-mediated carotenoids biosynthesis in ripening tomatoes. *Plant Physiol.*, 56, 452-453.

- Thompson, A.K. (1998). *Controlled atmosphere storage of fruits and vegetables*. Wallingford, U.K.: CAB International, 288 p.
- Tsantili, E. (1988). *Ethylene action and its effect on Gloster 69 apples during ripening and storage*. PhD. Thesis, Wye College, University of London, U.K., 201p.
- Tsantili, E. & Pontikis, C. (2004). Response to ethylene and its interactive effects with N6-benzyladenine (BA) in harvested green olives during ripening. *Postharv. Biol. Technol.*, 33, 153-162.
- Ulrich, R. (1970). Organic acids. In: Hulme A. C. (ed.), *The biochemistry of fruits and their products*. London, U.K.: Academic Press Inc., pp. 89-118.
- Van Buren, J.P. (1979). The chemistry of texture in fruits and vegetables. *J. Texture Stud.*, 10, 1-23.
- Vicente, A. R., Manganaris, G. A., Sozzi, G. O. & Crisosto, C. H. (2009). Nutritional quality of fruits and vegetables. In: Florkowski, W. J., Shewfelt, R. L. & Brueckner, B. (eds.), *Postharvest handling: A systems approach (Food Science and Technology) 2nd ed.* London, U.K.: Academic Press, pp. 58–106.
- Yahia, E. M. (2009). Introduction. In: Yahia, E.M. (ed.), *Modified and controlled atmospheres for the storage, transportation, and packaging of horticultural commodities*. Boca Raton, U.S.A.: CRC Press, pp. 1-16.

Κεφάλαιο 4. Αρχές προ- και μετα- συλλεκτικών χειρισμών που επηρεάζουν τη μετασυλλεκτική ζωή των οπωροκηπευτικών

Σύνοψη

Σκοπός και κατηγορίες μετασυλλεκτικών χειρισμών των νωπών καρπών και λαχανικών. Κριτήρια συγκομιδής και η επίδραση του κατάλληλου σταδίου συγκομιδής στην ποιότητα και τη μετασυλλεκτική συμπεριφορά των νωπών οπωροκηπευτικών. Οι αρχές και η φυσιολογική βάση των χειρισμών μετά τη συγκομιδή για τη διατήρηση της ποιότητας και της ασφάλειας για κατανάλωση των προϊόντων αυτών.

Προαπαιτούμενη γνώση

Απαραίτητη είναι η γνώση της φυσιολογικής βάσης των μετασυλλεκτικών αλλαγών (κεφάλαιο 3 του παρόντος συγγράμματος, καθώς και αρχών φυσιολογίας και βιοχημείας) για την κατανόηση της επίδρασης των κυριότερων μετασυλλεκτικών χειρισμών στη συμπεριφορά των οπωροκηπευτικών μετά τη συγκομιδή.

4.1 Σκοπός των μετασυλλεκτικών χειρισμών

Όπως αναφέρθηκε προηγούμενα, όλα τα οπωροκηπευτικά και ιδιαίτερα τα φρέσκα (νωπά) φρούτα και λαχανικά, είναι ευαίσθητα φυτικά προϊόντα στα οποία απαιτείται να εφαρμόζονται τεχνικές για τον περιορισμό των απωλειών (ποσοτικών ή/και ποιοτικών) μετά τη συγκομιδή και μέχρι την κατανάλωσή τους. Στις τεχνικές αυτές συμπεριλαμβάνονται χειρισμοί οι οποίοι μπορούν να εφαρμοστούν σε διάφορα στάδια της παραγωγής του προϊόντος πριν τη συγκομιδή, έως και την τελική διάθεσή του στον καταναλωτή. Οι χειρισμοί και οι ενέργειες αυτές πρέπει να είναι συντονισμένες μεταξύ παραγωγών, συσκευαστηρίων και εμπόρων ώστε να επιτυγχάνεται:

- μείωση των ποσοτικών απωλειών του προϊόντος,
- αύξηση του χρόνου συντήρησης του προϊόντος,
- διατήρηση ή/και βελτίωση της ποιότητας του προϊόντος τόσο ως προς τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του (εμφάνιση, υφή, γεύση, άρωμα) όσο και με βάση τη θρεπτική αξία του (βιταμίνες, αντιοξειδωτικά και άλλα ουσιώδη συστατικά),
- διατήρηση της υγιεινής των προϊόντων (περιορισμός-καταπολέμηση των προσβολών από παθογόνα και εχθρούς), και
- προστασία της υγείας του καταναλωτή.

Οι περισσότεροι χειρισμοί που εφαρμόζονται στα οπωροκηπευτικά με σκοπό τη διατήρηση ή/και τη βελτίωση της ποιότητάς τους κατά την αποθήκευση καθώς και την αύξηση του χρόνου αποθήκευσης αφορούν, κυρίως, μετασυλλεκτικούς χειρισμούς. Ωστόσο, μπορούν να εφαρμοστούν και χειρισμοί πριν από τη συγκομιδή κάποιων οπωροκηπευτικών (προσυλλεκτικοί), οι οποίοι έχουν θετική επίδραση στη μετασυλλεκτική ζωή τους.

4.2 Προσυλλεκτικοί χειρισμοί

Οι καλλιεργητικές τεχνικές και φροντίδες που πραγματοποιούνται κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου (π.χ. πυκνότητα φύτευσης, άρδευση, λίπανση, φυτοπροστασία) επηρεάζουν την ποιότητα του παραγόμενου προϊόντος, αλλά πολλές από αυτές τις φροντίδες μπορεί να επηρεάσουν και τη μετασυλλεκτική του συμπεριφορά, είτε θετικά, είτε αρνητικά.

Επιπλέον, υπάρχουν προσυλλεκτικοί χειρισμοί που έχουν σαν στόχο την επιτάχυνση ή επιβράδυνση της ωρίμανσης, τη βελτίωση ποιοτικών χαρακτηριστικών και την ομοιομορφία της ωρίμανσης των καρπών, τόσο επάνω στο φυτό όσο και μετασυλλεκτικά. Η εφαρμογή των χειρισμών αυτών έχει ιδιαίτερη σημασία για τους καρπούς και πιο συγκεκριμένα για τους καρπούς των δενδροκομικών ειδών, αλλά και διαφόρων κηπευτικών, όπως της τομάτας (βλέπε Κεφάλαιο 6). Ωστόσο, στα κηπευτικά ο έλεγχος της ωρίμανσης και η ρύθμιση της εποχής συγκομιδής μπορούν να επιτευχθούν και με την καλλιεργητική τεχνική, όπως για παράδειγμα με την εποχή φύτευσης, τον έλεγχο των συνθηκών της καλλιέργειας (π.χ. καλλιέργεια σε θερμοκήπιο, σε υδροπονικά

συστήματα) κ.ά. Επιπρόσθετα, σε ριζώδη λαχανικά (π.χ. κρεμμύδι), η εφαρμογή παρεμποδιστών της αναβλάστησης (π.χ. μαλεϊκή υδραζίδη) πριν από τη συγκομιδή καθυστερεί την αναβλάστηση των υπόγειων οργάνων (π.χ. βολβοί) κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης επιμηκύνοντας επομένως τη μετασυλλεκτική ζωή τους. Συνήθως, οι προσυλλεκτικοί χειρισμοί πραγματοποιούνται κοντά στη συγκομιδή των καρπών και εφαρμόζονται με τη χρήση ουσιών ορμονικής δράσης ή άλλων ουσιών που επηρεάζουν φυσιολογικές και βιοχημικές διεργασίες που συμβαίνουν κατά την ωρίμανσή τους.

4.2.1 Ουσίες που σχετίζονται άμεσα με τη σύνθεση και τη δράση του αιθυλενίου

Ethephon: Στους φυτικούς ιστούς, η ουσία ethephon (ενώσεις φωσφονικού οξέος) διασπάται και παράγεται αιθυλένιο. Ο ρυθμός της διάσπασής της αυξάνεται με την αύξηση του pH του διαλύματος και με την αύξηση της θερμοκρασίας. Το ethephon σαν αιθυλενοπαράγωγο, χρησιμοποιείται για την πρωίμηση της παραγωγής και το συγχρονισμό της ωρίμανσης σε κλιμακτηριακούς καρπούς. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε μη κλιμακτηριακούς καρπούς δένδροκομικών ειδών για την προώθηση ορισμένων μόνο διεργασιών της ωρίμανσης. Για παράδειγμα, στα φιστίκια ευνοεί το άνοιγμα των περιβλημάτων, ενώ στα καρύδια επιταχύνει τη σχάση των περικαρπίων και διευκολύνει τη συγκομιδή.

Γενικά, απαιτείται προσοχή κατά την εφαρμογή του ethephon, επειδή μικρές συγκεντρώσεις δεν είναι, συνήθως, αποτελεσματικές, ενώ μεγάλες συγκεντρώσεις μπορεί να δημιουργήσουν προβλήματα σε άλλα φυτικά όργανα (π.χ. αποδόμηση χλωροφύλλης, γήρανση και αποκοπή φύλλων κ.ά.). Ωστόσο, λόγω του ότι η εφαρμογή γίνεται στον αγρό (π.χ. οπωρώνας), δεν είναι εύκολο να υπολογισθεί η ακριβής συγκέντρωση του αιθυλενίου που θα δράσει στους ιστούς κάθε φυτού. Για το λόγο αυτό, το ethephon εφαρμόζεται κυρίως σε περιπτώσεις που επιθυμείται προώθηση της ομοιόμορφης ωρίμανσης των καρπών στο δένδρο, ιδιαίτερα όταν η συλλογή γίνεται με μηχανικά μέσα, όπως για παράδειγμα σε ξηρούς καρπούς ή καρπούς που προορίζονται για μεταποίηση. Σε κάθε περίπτωση, οι προσυλλεκτικές εφαρμογές του ethephon θα πρέπει να γίνονται με προσοχή, λαμβάνοντας υπόψη ότι η δράση του αιθυλενίου στους καρπούς (βλέπε Κεφάλαιο 3) μπορεί να οδηγήσει σε αρνητικά αποτελέσματα (π.χ. μαλάκωμα).

Το ethephon χρησιμοποιείται ευρέως σε κόκκινες ποικιλίες σταφυλιού με στόχο την πρωίμηση και την ομοιομορφία της ωρίμανσης. Συνήθως, γίνεται εντοπισμένος ψεκασμός στο βότρυ (τσαμπί) με υδατικό διάλυμα ethephon σε συγκέντρωση $0,48 \text{ g L}^{-1}$, ένα μήνα περίπου πριν τη συγκομιδή. Το ethephon χρησιμοποιείται σε μηλίες και επιτραπέζιες ποικιλίες ελιάς σε δόσεις $0,30-0,36 \text{ g L}^{-1}$ και $0,48-0,68 \text{ g L}^{-1}$, αντίστοιχα, με ψεκασμό που πραγματοποιείται 15-20 μέρες (περίπου) πριν τη συγκομιδή.

Aminoethoxyvinylglycine (AVG): Η ουσία αμινο-εθοξυ-βινυλ-γλυσίνη (aminoethoxyvinylglycine) είναι ένας παρεμποδιστής της βιοσύνθεσης του αιθυλενίου στους φυτικούς ιστούς. Το AVG παρεμποδίζει τη δράση όλων των ενζύμων που έχουν σαν προσθετική ομάδα τη φωσφορική πυριδοξάλη και σε αυτή την κατηγορία ενζύμων ανήκει και η συνθετάση του ACC (ACS). Η εμπορική χρήση του AVG στα φρούτα είναι εγκεκριμένη στις Η.Π.Α., την Αυστραλία και άλλες χώρες, αλλά στην Ευρώπη είναι ακόμα υπό αξιολόγηση. Χρησιμοποιείται κυρίως σε μήλα, αχλάδια, ροδάκινα, βερίκοκα και δαμάσκηνα με προσυλλεκτικούς ψεκασμούς για τον έλεγχο της ομοιομορφίας της ωρίμανσης. Οι προσυλλεκτικοί ψεκασμοί αυξάνουν το χρόνο συντήρησης μετασυλλεκτικά μέσω της καθυστέρησης των διεργασιών ωρίμανσης και κυρίως του μαλακώματος. Επίσης, βοηθούν στη μείωση κάποιων φυσιολογικών ανωμαλιών κατά τη συντήρηση, όπως είναι η λιπαρότητα των μήλων και το εσωτερικό καφέτισμα των ροδάκινων. Σε ελιές ποικιλίας Κονσερβολιά, προσυλλεκτική εφαρμογή του AVG στο στάδιο του γαλακτώματος παρεμποδίζει την εμφάνιση του κόκκινου χρώματος και τη μείωση της συνεκτικότητας κατά τη συγκομιδή, κάτι το οποίο είναι επιθυμητό όταν ο καρπός προορίζεται για την παραγωγή πράσινων επιτραπέζιων ελιών Ισπανικού τύπου (Tsantili et al., 2012).

1-μέθυλο-κυκλοπροπένιο (1-MCP): Το 1-μέθυλο-κυκλοπροπένιο (1-MCP) είναι παρεμποδιστής δράσης του αιθυλενίου που χρησιμοποιείται μετασυλλεκτικά. Όσο μικρότερος είναι ο χρόνος μεταξύ συγκομιδής και εφαρμογής του 1-MCP τόσο μεγαλύτερη είναι η αποτελεσματικότητα του χειρισμού.

Προς αυτή την κατεύθυνση, αλλά και για τον έλεγχο των επιδράσεων του αιθυλενίου στους καρπούς λίγο πριν τη συγκομιδή, έχουν αναπτυχθεί τεχνολογίες για την προσυλλεκτική εφαρμογή του 1-MCP. Η προσυλλεκτική εφαρμογή πέρα από τις επιδιωκόμενες επιδράσεις στη μετασυλλεκτική ζωή των καρπών, έχει και άλλα οφέλη, όπως καθυστέρηση της καρπόπτωσης, επιβράδυνση της ωρίμανσης, επιμήκυνση της περιόδου συγκομιδής και ομοιομορφία του σταδίου ωρίμανσης των καρπών κατά τη συγκομιδή.

4.2.2 Αυξίνες

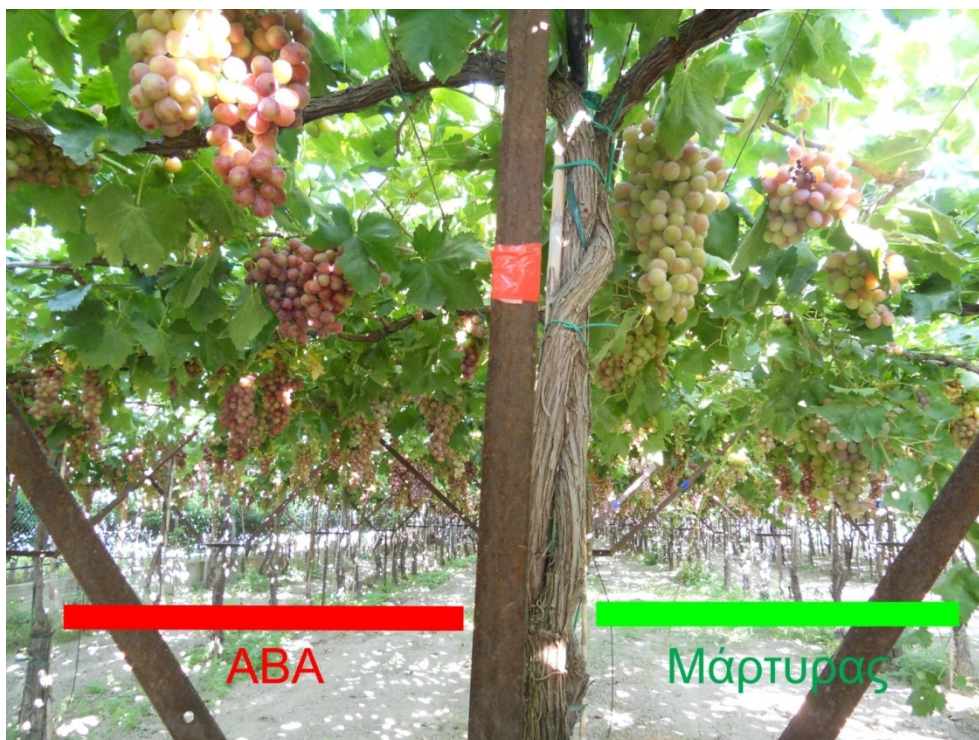
Η συνθετική αυξίνη NAA ή ουσίες με αυξινική δράση, όπως 2,4-D και 2,4,5-T, μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν αντικαρποπρωκτικές και για διατήρηση της νεανικότητας σε μη κλιμακτηριακούς καρπούς, όπως για παράδειγμα στα εσπεριδοειδή. Κατά τη χρήση ουσιών με αυξινική δράση σε κλιμακτηριακούς καρπούς, επειδή αυτές προκαλούν, συνήθως, επιτάχυνση της παραγωγής αιθυλενίου, θα πρέπει οι ψεκασμένοι καρποί να συγκομίζονται εγκαίρως και να ακολουθούνται οι κατάλληλοι μετασυλλεκτικοί χειρισμοί για να αποφευχθεί η υποβάθμιση της ποιότητάς τους κατά την αποθήκευση.

4.2.3 Γιββερελλίνες

Οι γιββερελλίνες, ως φυτικές ορμόνες, έχουν, συνήθως, παρεμποδιστική δράση σε διεργασίες της ωρίμανσης των καρπών. Προσυλλεκτικοί χειρισμοί με γιββερελλίνες γίνονται στα εσπεριδοειδή με στόχο τη διατήρηση του πράσινου χρώματος των καρπών και παράταση του χρόνου συγκομιδής. Παράλληλα, επιτυγχάνεται και καλύτερη διατήρηση του κάλυκα των καρπών, που αποτελεί επιθυμητό ποιοτικό χαρακτηριστικό. Πλεονέκτημα της χρήσης των γιββερελλινών είναι η δυνατότητα εφαρμογής τους σε χρόνους που βρίσκονται κοντά στη συγκομιδή των καρπών. Η συνδυασμένη εφαρμογή γιββερελλινών και αυξινών δίνει ακόμη καλύτερα αποτελέσματα, ωστόσο, οι αυξίνες δεν είναι ακόμα εγκεκριμένες για χρήση στα εσπεριδοειδή.

4.2.4 Αμπισισικό οξύ

Το αμπισισικό οξύ (abscisic acid, ABA) είναι μια φυτική ορμόνη που συμμετέχει στον έλεγχο-ρύθμιση διαφόρων φυσιολογικών ή/και βιοχημικών διεργασιών. Το ABA απαντάται στους φυτικούς ιστούς σαν ένα μίγμα δυο ισομερών, του S-ABA και του R-ABA σε αναλογία 1:1. Η δραστηριότητα του S-ABA επί των διαφόρων διεργασιών έχει βρεθεί ότι είναι πολύ υψηλότερη από αυτή του R-ABA. Λόγω της δράσης του S-ABA στην προώθηση διαφόρων μηχανισμών ωρίμανσης των φρούτων, το ισομερές αυτό έχει απομονωθεί και τυποποιηθεί σε μορφή σκευάσματος, έτσι ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε προσυλλεκτικές εφαρμογές με στόχο τη βελτίωση της ποιότητας και την πρωίμηση της ωρίμανσης. Σε καρπούς που ο χρωματισμός του φλοιού τους οφείλεται σε ανθοκυανίνες έχει βρεθεί ότι το S-ABA ενισχύει τον κόκκινο χρωματισμό (Peppi et al., 2006, 2007) μέσω της αύξησης της δραστηριότητας του ενζύμου UDP-γλυκοζ-φλαβονοΐδ-3-O-γλυκοζυλοτρανφεράση (UFGT) (Boss et al., 1996a,b), το οποίο ελέγχει τη μετατροπή των ανθοκυανιδινών σε ανθοκυανίνες (ερυθρές χρωστικές). Σε εμπορική κλίμακα, εφαρμόζεται με προσυλλεκτικούς ψεκασμούς υδατικών διαλυμάτων S-ABA συγκέντρωσης 50-200 mg L⁻¹ σε έγχρωμες ποικιλίες επιτραπέζιων σταφυλιών με στόχο την ενίσχυση της έντασης του κόκκινου χρώματος των ραγών και την αύξηση της ομοιομορφίας τους. Η εφαρμογή γίνεται από το στάδιο του περκασμού (έναρξη μαλακώματος των ραγών) έως και περίπου 10 ημέρες αργότερα, ανάλογα με την ποικιλία (Εικόνα 4.1). Το S-ABA πλεονεκτεί έναντι του ethephon γιατί δεν επηρεάζει όλες τις διεργασίες ωρίμανσης. Η μετασυλλεκτική εφαρμογή του ABA σε ελιές προωθεί την ανάπτυξη του χρώματος (Tsantili et al., 2005). Επιπρόσθετα, έχει βρεθεί ότι, παρ' όλο που προωθεί το χρώμα των καρπών, δεν προκαλεί μείωση της συνεκτικότητας ή/και μεταβολές στη συγκέντρωση των διαλυτών στερεών. Ωστόσο, για την εμπορική εφαρμογή του στις ελιές, απαιτούνται περισσότερες μελέτες για τη διευκρίνιση του ρόλου του στο είδος αυτό.



Εικόνα 4.1 Επίδραση προσυλλεκτικού ψεκασμού με αμπισικό οξύ (ABA) στην προώθηση της ανάπτυξης του κόκκινου χρώματος σε σταφύλια επιτραπέζιας χρήσης.

4.2.5 Daminozide

Η ουσία daminozide παρεμποδίζει τη βιοσύνθεση των γιββερελλινών και έχει χρησιμοποιηθεί για την προώθηση της ανάπτυξης του κόκκινου χρώματος στους καρπούς. Η ουσία αυτή επιβραδύνει την ωρίμανση στα μήλα (αν και προωθεί το κόκκινο χρώμα), ενώ επιταχύνει την ωρίμανση σε κεράσια και ροδάκινα. Παλαιότερα, αποτελούσε ιδανική λύση για τη συντήρηση κόκκινων μήλων (Delicious). Το ερευνητικό ενδιαφέρον για τη δράση της ουσίας αυτής συνεχίζεται, αλλά η εφαρμογή της σε εμπορική κλίμακα έχει απαγορευθεί, επειδή θεωρείται καρκινογόνος (Τσαντίλη, 2004).

4.2.6 Χλωριούχο ασβέστιο

Ο ρόλος του Ca και η εφαρμογή του μετασυλλεκτικά με σκοπό τη διατήρηση ή/και τη βελτίωση της υφής των καρπών μέσω της δράσης του στα κυτταρικά τοιχώματα αναλύεται στα Κεφάλαια 3 και 4. Προς την κατεύθυνση αυτή, προσυλλεκτικές εφαρμογές με CaCl_2 έχουν δοκιμαστεί και εφαρμόζονται σε πολλά είδη καρπών, όπως σε μήλα (Recasens et al., 2004), κεράσια (Tsantili et al., 2007), ροδάκινα (Manganaris et al., 2005) και ελιές (Tsantili et al., 2008). Συνήθως, εφαρμόζονται ένας οι περισσότεροι ψεκασμοί με διαλύματα CaCl_2 σε συγκεντρώσεις μέχρι 1%, ανάλογα με το φυτικό είδος και την ποικιλία. Εκτός από την αύξηση της συνεκτικότητας των καρπών και την καθυστέρηση του μαλακώματος κατά τη συντήρηση, οι ψεκασμοί με CaCl_2 μπορεί να συμβάλλουν στην αύξηση της μηχανικής αντοχής των καρπών με συνέπεια τον περιορισμό των τραυματισμών τους, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις που γίνεται μηχανική συγκομιδή. Στα κεράσια, οι ψεκασμοί με διαλύματα CaCl_2 οδηγούν σε αύξηση της δύναμης απόσπασης του ποδίσκου και μειώνουν το ποσοστό σχισίματος των καρπών που οφείλεται σε βροχοπτώσεις κοντά στην περίοδο συγκομιδής.

4.3 Συγκομιδή

Η συγκομιδή είναι μια καλλιεργητική φροντίδα απαραίτητη για τη λήψη του προϊόντος, είτε αυτό πρόκειται να καταναλωθεί άμεσα, είτε πρόκειται να αποθηκευτεί για μικρό ή μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Αποτελεί τη χρονική στιγμή κατά την οποία οι χειρισμοί διαχωρίζονται σε προσυλλεκτικούς και μετασυλλεκτικούς. Η επίδρασή της στην ποιότητα και τη μετασυλλεκτική ζωή

ενός προϊόντος είναι κρίσιμης σημασίας και κατά πολλούς αποτελεί το πρώτο στάδιο της μετασυλλεκτικής ζωής των οπωροκηπευτικών (Wang, 2003).

Εάν η ποιότητα του προϊόντος κατά τη συγκομιδή είναι υποβαθμισμένη δεν είναι δυνατή η βελτίωσή της κατά τη μετασυλλεκτική περίοδο. Επιπρόσθετα, η συγκομιδή ενός οπωροκηπευτικού σε λάθος χρόνο και με λάθος τρόπο οδηγεί σε ταχύτερη υποβάθμιση της ποιότητάς του κατά τη συντήρηση, με αποτέλεσμα να μειώνεται η χρονική διάρκεια αποθήκευσης και να φτάνει τελικά στον καταναλωτή με υποβαθμισμένη ποιότητα.

Λόγω της μεγάλης ποικιλομορφίας των ειδών των οπωροκηπευτικών, είναι απαραίτητη η γνώση του ποιοί από τους παράγοντες που προκαλούν τις μετασυλλεκτικές απώλειες είναι σημαντικότεροι σε κάθε είδος οπωροκηπευτικού. Για παράδειγμα, η αφυδάτωση των νωπών οπωροκηπευτικών μετά τη συγκομιδή, ιδιαίτερα των φυλλωδών λαχανικών, μπορεί να είναι ταχύτερη σε θερμές περιοχές όπως στη χώρα μας κατά το καλοκαίρι. Γι' αυτό, συνιστάται η συγκομιδή των ευαίσθητων ειδών (π.χ. σπανάκι, μαρούλι) να γίνεται νωρίς το πρωί και άμεσα να μεταφέρονται σε κάποιο προστατευμένο από τον ήλιο χώρο για περαιτέρω επεξεργασία. Για τους καρπούς των δένδροκομικών ειδών είναι σημαντικό να επιλέγεται σωστά ο κατάλληλος χρόνος και τρόπος συγκομιδής δεδομένου ότι σε αυτά τα είδη μπορεί να γίνει μόνο μια συγκομιδή ανά έτος ή συγκομιδή σε 2-3 χέρια το πολύ με μικρά μεσοδιαστήματα μεταξύ τους. Για τον λόγο αυτό, σε αυτά τα είδη έχει ιδιαίτερη σημασία η εφαρμογή προσυλλεκτικών χειρισμών που διευκολύνουν τη συγκομιδή ή/και επιδρούν στην αύξηση του χρόνου συντήρησης, π.χ. στα μήλα απαιτείται πολλές φορές συντήρηση για περισσότερο από έξι μήνες (βλέπε Παράγραφο 4.2).

4.3.1 Κριτήρια συγκομιδής

Τα κριτήρια συγκομιδής διαφέρουν σημαντικά μεταξύ των διαφόρων οπωροκηπευτικών ειδών. Ιδιαίτερα για τα κηπευτικά στα οποία υπάρχει μεγάλη ποικιλομορφία όσον αφορά το παραγόμενο προϊόν (π.χ. λαχανικά στα οποία καταναλώνονται τα φύλλα, οι ταξιανθίες, οι κόνδυλοι, οι βολβοί, οι ανώριμοι καρποί ή οι ώριμοι καρποί) τα κριτήρια συγκομιδής διαφέρουν σημαντικά. Για το λόγο αυτό, συγκεκριμένες πληροφορίες για τα κριτήρια συγκομιδής των κηπευτικών δίνονται στα αντίστοιχα κεφάλαια (βλέπε Κεφάλαια 6, 7 και 8).

Σε αντίθεση, στα δένδροκομικά είδη χρησιμοποιούνται ορισμένα κριτήρια συγκομιδής τα οποία μπορούν να εφαρμοστούν σε πολλούς καρπούς. Όπως έχει αναφερθεί, ο κατάλληλος χρόνος συγκομιδής παίζει σημαντικό ρόλο στην ποιότητα του καρπού και εξαρτάται, κυρίως, από το είδος, την ποικιλία, τις καλλιεργητικές τεχνικές και τη μετέπειτα χρήση του καρπού. Τα κριτήρια του χρόνου συγκομιδής πρέπει να είναι αντικειμενικά, να μην απαιτούν πολυδάπανο εξοπλισμό και να εκτιμούνται με ευκολία, ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τους παραγωγούς. Για να εξασφαλίζεται, όσο το δυνατό περισσότερο, η λήψη σωστής απόφασης για τον χρόνο συγκομιδής, είναι σκόπιμο να χρησιμοποιούνται από τους παραγωγούς περισσότερα του ενός κριτήρια συγκομιδής. Μερικά, τουλάχιστον, από τα κριτήρια που λαμβάνονται υπόψη για τη συγκομιδή θα πρέπει να έχουν επαληθευτεί ως προς την αποτελεσματικότητά τους στον καθορισμό του χρόνου συγκομιδής μετά από μετρήσεις 3 περίπου ετών σε μια συγκεκριμένη περιοχή και για μια συγκεκριμένη καλλιέργεια.

Τα κριτήρια που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη συγκομιδή των καρπών των δένδροκομικών ειδών καθώς και ορισμένων κηπευτικών, είναι:

- **Αριθμός ημερών από την πλήρη άνθηση.** Είναι ο αριθμός ημερών από την πλήρη άνθηση μέχρις ότου ο καρπός φτάσει στο επιθυμητό στάδιο ωριμότητας και υπολογίζεται με βάση μετρήσεις που έχουν γίνει τα προηγούμενα έτη. Ο αριθμός αυτός διαφέρει σημαντικά μεταξύ των ειδών (π.χ. 120 ημέρες για τα μήλα, 70 ημέρες για τα κεράσια), αλλά και μεταξύ των ποικιλιών ενός είδους. Ο αριθμός αυτός είναι σταθερός για κάθε ποικιλία και για συγκεκριμένες καλλιεργητικές και κλιματικές συνθήκες. Επειδή όμως πρακτικά είναι αδύνατο να διατηρούνται κάθε χρόνο σταθεροί όλοι αυτοί οι παράγοντες, δεν συνιστάται να χρησιμοποιείται ως μοναδικό κριτήριο συγκομιδής. Ιδιαίτερη χρησιμότητα έχει ο αριθμός αυτός στη περίπτωση συγκομιδής λοβών ψυχανθών (π.χ. φασολάκι, αρακάς, κουκί, βίγνα-αμπελοφάσουλο) και άλλων ειδών όπως η μπάμια, στους οποίους οι λοβοί για κατανάλωση ως λαχανικά συγκομίζονται σε πολύ αρχικό στάδιο ανάπτυξης (από 3-4, έως το αργότερο 10-12 ημέρες από την άνθηση ανάλογα με το είδος

και την ποικιλία). Αν και η συγκομιδή σε αυτά τα είδη γίνεται πρακτικά με βάση το μέγεθος του λοβού, ο παραγωγός θα πρέπει να ξέρει σε πόσες ημέρες από την άνθηση οι λοβοί βρίσκονται στο κατάλληλο στάδιο για συγκομιδή, ώστε να ρυθμίζει τη συχνότητα της συγκομιδής (μπορεί να απαιτείται συγκομιδή κάθε δύο ημέρες).

- **Αριθμός μονάδων θερμότητας από την πλήρη άνθηση μέχρι τη συγκομιδή (Βαθμοημέρες).** Ως μονάδα, θεωρείται ο 1 °C για κάθε ημέρα πάνω από μία βασική θερμοκρασία. Ο αριθμός αυτός διαφέρει μεταξύ των ειδών, αλλά και μεταξύ των ποικιλιών. Θεωρείται πιο αξιόπιστο κριτήριο σε σύγκριση με τον αριθμό ημερών από την πλήρη άνθηση, επειδή κατά τον υπολογισμό του λαμβάνεται υπόψη η θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Ωστόσο, λόγω της επίδρασης και άλλων κλιματικών παραγόντων (π.χ. υγρασία, ηλιοφάνεια) καθώς και των καλλιεργητικών τεχνικών, ο προσδιορισμός του χρόνου συγκομιδής μόνο με τη χρήση των βαθμοημερών ενέχει τον κίνδυνο της συγκομιδής των καρπών σε ακατάλληλο στάδιο ωριμότητας.
- **Μέτρηση της αναπνοής και της εσωτερικής συγκέντρωσης αιθυλενίου.** Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως κριτήριο συγκομιδής σε καρπούς, π.χ. μήλα, αχλάδια. Η αναπνευστική δραστηριότητα σχετίζεται και με την «ωριμότητα» άλλων οργάνων, για παράδειγμα, οι ανώριμοι κόνδυλοι πατάτας έχουν εντονότερη αναπνοή σε σχέση με τους πιο ώριμους (Αλεξόπουλος, 2006).
- **Ευκολία κοπής (απόσπαση) του καρπού από τον ποδίσκο.** Χρησιμοποιείται ως κριτήριο συγκομιδής για πολλούς καρπούς δενδροκομικών και κηπευτικών ειδών.
- **Μέγεθος και σχήμα καρπού.** Λαμβάνεται υπόψη το χαρακτηριστικό μέγεθος και σχήμα του καρπού για κάθε ποικιλία.
- **Μορφολογία της επιφάνειας.** Για παράδειγμα, η ανάπτυξη των δικτυώσεων σε πεπόνια ή η γυαλιστερή επιφάνεια σε μερικούς καρπούς (π.χ. πράσινη πιπεριά, μελιτζάνα).
- **Ειδικό βάρος.** Λαμβάνεται υπόψη το ειδικό βάρος του καρπού που είναι πολλές φορές χαρακτηριστικό για κάθε ποικιλία, π.χ. στα κεράσια. Ωστόσο, το χαρακτηριστικό αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε άλλους φυτικούς ιστούς, όπως για παράδειγμα στους κόνδυλους της πατάτας.
- **Συνεκτικότητα.** Λαμβάνεται υπόψη σε πολλούς καρπούς, π.χ. μήλα, αχλάδια, πυρηνόκαρπα, τομάτα. Επιπρόσθετα, η συνεκτικότητα του προϊόντος χρησιμοποιείται σαν κριτήριο συγκομιδής και σε άλλους φυτικούς ιστούς, όπως για παράδειγμα στην ανθοκεφαλή της αγκινάρας και την ταξιανθία του μπρόκολου.
- **Χρώμα της επιφάνειας του καρπού.** Χρησιμοποιείται σαν κριτήριο συγκομιδής σε όλους, σχεδόν, τους καρπούς.
- **Χρώμα σάρκας.** Χρησιμοποιείται σαν κριτήριο συγκομιδής σε μερικούς καρπούς.
- **Περιεκτικότητα (%) ολικά διαλυτά στερεά.** Αυτό το κριτήριο συγκομιδής μπορεί να εφαρμοστεί στους περισσότερους καρπούς.
- **Μέτρηση τιμών συγκεκριμένων χαρακτηριστικών.** Τέτοια χαρακτηριστικά είναι το περιεχόμενο του καρπού σε:
 1. άμυλο (π.χ. μήλα),
 2. σάκχαρα (π.χ. μήλα, αχλάδια, πυρηνόκαρπα, σταφύλια, πεπόνι, τομάτα),
 3. οξέα ή σχέση ολικών διαλυτών στερεών/τιτλοδοτούμενη οξύτητα (π.χ. εσπεριδοειδή, τομάτα),
 4. χυμό (εσπεριδοειδή),
 5. λιπαρά (αβοκάντο),
 6. ταννίνες (λωτός).

Στα Κεφάλαιο 5, 6, 7 και 8 παρουσιάζονται τα κριτήρια που είναι κατάλληλα για κάθε φρούτο και λαχανικό.

4.3.2 Μέθοδοι συγκομιδής

Η συγκομιδή πραγματοποιείται είτε με τα χέρια είτε μηχανικά, ανάλογα με την ευαισθησία του προϊόντος σε τραυματισμούς και την έκταση της καλλιέργειας. Η μηχανική συγκομιδή των καρπών συμβάλλει στη μείωση του κόστους παραγωγής και την ανεξαρτητοποίηση της παραγωγικής

διαδικασίας από την ύπαρξη εργατικού δυναμικού. Ωστόσο, είναι δύσκολο να εφαρμοστεί σε πολλά κηπευτικά αλλά και σε ορισμένους καρπούς δένδροκομικών ειδών.

Οι καρποί των περισσότερων κηπευτικών συλλέγονται με το χέρι, είτε επάνω από το φυτό (π.χ. τομάτα, μελιτζάνα, πιπεριά, φασόλι, μπάμια), είτε από την επιφάνεια του εδάφους στην οποία μπορεί να ακουμπούν (π.χ. καρπούζι, πεπόνι). Τα φυλλώδη λαχανικά συλλέγονται με το χέρι (π.χ. μαρούλι, ραδίκι) ή πολλές φορές αποκόπτονται από το φυτό με τη βοήθεια ψαλίδας ή μαχαιριού (π.χ. μπρόκολο, αγκινάρα).

Ωστόσο, σε ορισμένες περιπτώσεις, όπως για παράδειγμα στην καλλιέργεια του μαρουλιού σε υδροπονικό σύστημα επίπλευσης (τα φυτά αναπτύσσονται σε πλάκες από φελιζόλ) είναι δυνατή η εφαρμογή μηχανικής συγκομιδής όπου ολόκληρη η πλάκα του φελιζόλ μαζί με τα φυτά απομακρύνονται μηχανικά από το χώρο ανάπτυξης των φυτών και αποκόπτονται στη βάση τους ακριβώς επάνω από το φελιζόλ. Επιπρόσθετα, σε ορισμένα ριζώδη είδη, η αποκάλυψη του εδωδίου τμήματος του φυτού (π.χ. κόνδυλος, ρίζωμα) μπορεί να γίνει με τη χρήση εργαλείων (π.χ. τσάπα) ή άλλων μηχανημάτων (π.χ. πατατοεξαγωγέας) και στη συνέχεια να γίνει η συλλογή τους με το χέρι. Στην πατάτα και την γλυκοπατάτα, η συγκομιδή των κονδύλων μπορεί να πραγματοποιηθεί από ειδικά μηχανήματα που αποκαλύπτουν τους κονδύλους, τους συλλέγουν και τους διαχωρίζουν από το έδαφος και το υπέργειο μέρος του φυτού.

Στα δένδροκομικά είδη, η πρόοδος της τεχνολογίας τα τελευταία χρόνια, επιτρέπει όλο και περισσότερο την χρήση μηχανών για την εφαρμογή της κοπής και γενικότερα της συγκομιδής των καρπών. Ωστόσο, σε αρκετές περιπτώσεις, αν και η μηχανική συγκομιδή εφαρμόζεται στην πράξη, το παραγόμενο προϊόν έχει υποβαθμισμένη ποιότητα κυρίως λόγω μηχανικών τραυματισμών.

Κοπή καρπών: Η κοπή του καρπού μπορεί να γίνει με το χέρι ή με βοηθητικά μέσα ή με μηχανήματα. Σε μερικές περιπτώσεις η κοπή του καρπού γίνεται φυσιολογικά (πτώση καρπού) κατά την υπερωρίμανση (π.χ. στους ξηρούς καρπούς). Στην περίπτωση της κοπής με το χέρι ο καρπός πρέπει να πιάνεται προσεκτικά, να ανασκώνεται λίγο, να περιστρέφεται, και αφού «τσακίσει» στη ζώνη αποχωρισμού (abscission zone), να κόβεται και να τοποθετείται στα δοχεία συλλογής προσεκτικά, ώστε να αποφεύγονται οι τραυματισμοί στο καρπό και η κοπή φύλλων και κλάδων του δένδρου. Για το προσωπικό μπορούν να χρησιμοποιηθούν βοηθητικές σκάλες σε περιπτώσεις μεγάλων δένδρων (ή κηπευτικών όπως η τομάτα και το αγγούρι σε θερμοκήπια, όπου τα φυτά αναπτύσσονται σε ύψος) ή μηχανήματα με σταθερές ή κινητές τις θέσεις του προσωπικού. Στα βοηθητικά μέσα συγκαταλέγονται οι ράβδοι, τα χτένια (ελιά) και τα ψαλίδια (εσπεριδοειδή, σταφύλι). Τα μηχανήματα αποκοπής (πτώσης) των καρπών από τα δένδρα είναι κυρίως οι δονητές. Ανάλογα με το σημείο του δένδρου στο οποίο προσαρμόζονται, για να εφαρμοστεί η δόνηση, διακρίνονται σε δονητές κορμού, κλάδων και βραχιόνων. Το τμήμα του δονητή στο σημείο προσαρμογής του στο δένδρο μπορεί να έχει σχήμα C ή τσιμπιδας και στην εσωτερική του επιφάνεια φέρει ειδικές επιστρώσεις ώστε να προφυλάσσονται οι φυτικοί ιστοί (π.χ. κορμός) από τραυματισμούς. Η μηχανική αποκοπή εφαρμόζεται συνήθως σε καλλιέργειες διαμορφωμένες σε ειδικό σχήμα (π.χ. τύπου φράκτη). Επειδή όμως η ποιότητα των καρπών που συλλέγονται με αυτή τη μέθοδο είναι υποβαθμισμένη σε σύγκριση με αυτή των καρπών που συλλέγονται με το χέρι, η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται σε ξηρούς καρπούς ή καρπούς που προορίζονται για μεταποίηση.

Συλλογή καρπών: Όταν οι καρποί βρίσκονται στο έδαφος, μετά από ραβδισμό ή φυσική καρπόπτωση ή μετά από απομάκρυνσή τους από το φυτό με μηχανικά μέσα, η συλλογή τους μπορεί να γίνει είτε με το χέρι είτε μηχανικά. Στα μηχανικά μέσα συγκαταλέγονται οι απορροφητήρες που λειτουργούν με δημιουργία κενού καθώς και άλλοι μηχανικοί συλλέκτες. Σε αυτό τον τρόπο συλλογής των καρπών μπορούν να χρησιμοποιηθούν δίκτυα ή τάπητες συλλογής, ώστε να αποφευχθεί η επαφή του καρπού με το έδαφος. Όταν η πτώση γίνει με δονητή μπορούν να χρησιμοποιηθούν μηχανικά πλαίσια υποδοχής που τοποθετούνται κάτω από τη κόμη του δένδρου και μπορεί να είναι επίπεδα, επικλινή, σε σχήμα V ή ανεστραμμένης ομπρέλας.

4.4. Μετασυλλεκτικοί χειρισμοί

Οι περισσότεροι συνήθεις χειρισμοί των οπωροκηπευτικών μετά τη συγκομιδή τους συμπεριλαμβάνουν τα ακόλουθα (Wang, 2003):

- Πρόψυξη, με εμβάπτιση σε νερό (π.χ. μήλα), καταιονισμό νερού ή/και υγρό πάγο (π.χ. αγκινάρα, σέλινο, πράσινο κρεμμυδάκι, φυλλώδες μαρούλι, πράσο, σπανάκι), ψύξη υπό κενό (π.χ. φυλλώδη λαχανικά) ή έκθεση σε ψυχρό ρεύμα αέρα (π.χ. φράουλα). Αυτός ο χειρισμός δεν εφαρμόζεται πάντοτε και είναι προαιρετικός.
- Μεταφορά στο συσκευαστήριο αν δεν συσκευαστούν στον αγρό.
- Αρχικό καθαρισμό του προϊόντος με κόψιμο και απομάκρυνση των προσβεβλημένων, τραυματισμένων ή και βρώμικων φύλλων και βλαστών (είτε στον αγρό είτε στο συσκευαστήριο, π.χ. επιτραπέζια σταφύλια, φυλλώδη λαχανικά).
- Διαλογή και ταξινόμηση σε μεγέθη.
- Πλύσιμο και ξέπλυμα.
- Συσκευασία σε πλαστικές μεμβράνες ή σακούλες (π.χ. κουνουπίδι, κεφαλωτό μαρούλι, σέλινο κ.ά.).
- Ψύξη κατά τη συντήρηση ή αποθήκευση του προϊόντος (ή κυρίως ψύξη μετά την πρόψυξη).
- Τοποθέτηση σε συσκευασίες για μεταφορά.
- Παλετοποίηση των κιβωτίων για μεταφορά.
- Μεταφορά υπό ψύξη, με συνιστώμενη μέθοδο ψύξης ανάλογα με το φυτικό είδος, για παράδειγμα: ψύξη με αέρα (καρποί, πατάτα, κρεμμύδι, λάχανο), ψύξη σε συνθήκες χαμηλής ατμοσφαιρικής πίεσης (μαρούλι), ψύξη σε συνθήκες χαμηλής ατμοσφαιρικής πίεσης με νερό (κουνουπίδι, σέλινο), τοποθέτηση πάγου στα κιβώτια (μπρόκολο, μαϊντανός, σπανάκι).
- Μεταφορά και χειρισμοί στα σημεία χονδρικής και λιανικής πώλησης των προϊόντων.

Φυσικά, οι λεπτομέρειες των μετασυλλεκτικών χειρισμών διαφέρουν ανάλογα με το είδος και τον προορισμό του. Για παράδειγμα, οι κόνδυλοι της πατάτας και οι βολβοί του κρεμμυδιού μετά τη συγκομιδή τους οδηγούνται για μεθωρίμανση (curing) με σκοπό την επούλωση των τραυμάτων και την ανάπτυξη του εξωτερικού προστατευτικού ιστού, περίδερμα στους κονδύλους και ξηροί χιτώνες στους βολβούς (βλέπε Κεφάλαιο 8). Στις μπανάνες και τις πράσινες φυσιολογικά ώριμες τομάτες, μπορεί να γίνει «αιθυλενισμός» για προκαθορισμένη ωρίμανση όταν οι καρποί θα φθάσουν στον καταναλωτή, ή στα πορτοκάλια γίνεται πρώτα αποπρασινισμός με «αιθυλενισμό» και μετά τα φρούτα περνούν από τη γραμμή συσκευασίας.

Στο νερό πλυσίματος μπορεί να προστεθεί απορρυπαντικό (sodium orthophenyl phenol, SOPP) ή μυκητοκτόνο (imazalil) ή/και ορμόνες (π.χ. γιββερελλίνες σε λεμόνια, κυτοκινίνες σε λιμεττίες κ.ά.). Η εφαρμογή κηρού (ως γαλάκτωμα στο νερό ή/και διαλυμένου σε οργανικούς διαλύτες) είναι μία συνήθης εφαρμογή σε πολλούς καρπούς (μηλοειδή, εσπεριδοειδή, πιπεριά). Σε καρπούς που ο καταναλωτής συνηθίζει να καταναλώνει τη φλούδα ή καταναλώνονται ολόκληροι, ο κηρός πρέπει να είναι εδώδιμος (π.χ. μήλα, πιπεριά), ενώ όταν δεν καταναλώνεται η φλούδα του καρπού (π.χ. εσπεριδοειδή) επιτρέπεται η εφαρμογή μη εδώδιμου κηρού.

Κατά τη διάρκεια της μετασυλλεκτικής ζωής ενός προϊόντος, ένα ή περισσότερα από τα στάδια αυτά μπορούν να παραλειφθούν. Για παράδειγμα, λαχανικά ή φρούτα που προορίζονται για πώληση στα σουπερμάρκετ συνήθως συσκευάζονται σε πλαστικό ή/και χαρτοκιβώτια, ενώ προϊόντα που πωλούνται στις λαϊκές αγορές συχνά μεταφέρονται από το χώρο παραγωγής τους χύμα, σε πλαστικά ή και ξύλινα τελάρα, χωρίς ιδιαίτερη διαλογή ή καθαρισμό.

Μερικές διαδικασίες επαναλαμβάνονται, π.χ. πρώτη διαλογή και συσκευασία για τη μεταφορά από τον αγρό στο συσκευαστήριο και δεύτερη διαλογή και συσκευασία πριν διατεθεί το προϊόν στη αγορά. Σε περίπτωση που το προϊόν πρόκειται να συντηρηθεί για μεγάλο χρονικό διάστημα (π.χ. μήλα ή ακτινίδια για 6 μήνες), τότε η διαλογή, ταξινόμηση και συσκευασία γίνεται μετά το πέρας της μακρόχρονης συντήρησης. Ωστόσο, η διπλή διαλογή (πριν και μετά τη μακρόχρονη συντήρηση) επιφέρει τραυματισμούς στο προϊόν και εφαρμόζεται μόνο όταν η πρώτη ύλη που συγκομίζεται είναι κακής ποιότητας και χρειάζεται και αρχική διαλογή.

Επιπρόσθετα, η σειρά των διαδικασιών μπορεί να αλλάξει, π.χ. η συσκευασία να γίνει μετά την αποθήκευση, ενώ η μεταφορά επαναλαμβάνεται πολλές φορές, π.χ. από τον αγρό στο

συσκευαστήριο, από το συσκευαστήριο στη χονδρική αγορά, από εκεί στο σημείο της λιανικής πώλησης και τέλος από εκεί στο χώρο του καταναλωτή.

4.4.1 Ταχεία απομάκρυνση της θερμότητας - Πρόψυξη

Η άμεση μετά τη συγκομιδή και ταχεία απομάκρυνση της θερμότητας του αγρού (field heat) από τα νωπά οπωροκηπευτικά πριν την αποθήκευσή τους υπό ψύξη, μπορεί να γίνει με πρόψυξη, με τη χρήση ψυχρού αέρα, κρύου νερού ή υγρού πάγου, ή ψύξης υπό κενό. Με τη μείωση της θερμοκρασίας των φυτικών ιστών επιτυγχάνεται περιορισμός των απωλειών σε νερό, κάτι που έχει ιδιαίτερη σημασία για τα φυλλώδη λαχανικά, όπως το μαρούλι, καθώς και τα ευαίσθητα φυτικά όργανα (σπαράγγι, μπρόκολο κ.ά.), στα οποία σχετικά μικρές απώλειες (%) σε νερό περιορίζουν σημαντικά την αποδοχή τους από τους καταναλωτές.

Επιπρόσθετα, με την πρόψυξη επιτυγχάνεται μείωση του ρυθμού αναπνοής και του ρυθμού παραγωγής αιθυλενίου των φυτικών ιστών μετά τη συγκομιδή, κάτι που έχει ιδιαίτερη σημασία για τη μετέπειτα συντήρηση ορισμένων καρπών, ιδιαίτερα αυτών με ευαίσθητη δομή και υψηλό ρυθμό αναπνοής/μεταβολισμού, όπως η φράουλα, το ροδάκινο κ.ά. Η πρόψυξη μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους, όπως είναι η υδρόψυξη, η ψύξη σε συνθήκες χαμηλής ατμοσφαιρικής πίεσης, η ψύξη με τη διοχεύευση ρεύματος κρύου αέρα. Λεπτομέρειες για την τεχνολογία εφαρμογής της πρόψυξης δίνονται στο Κεφάλαιο 10.

4.4.2 Καθαρισμός και διαλογή

Μετά τη συγκομιδή και πριν διατεθούν στην αγορά, τα φρούτα και τα λαχανικά πρέπει να καθαρίζονται (εφόσον απαιτείται), να υποβάλλονται σε διαλογή, να διαχωρίζονται λαμβάνοντας υπόψη το βάρος, το μέγεθος, το στάδιο ωριμότητας ή/και τις ποιοτικές τους προδιαγραφές και να συσκευάζονται. Επιπρόσθετα, για μερικά είδη μπορεί να γίνει επάλειψη με κερί ή άλλο προστατευτικό υλικό για τη μείωση της απώλειας νερού.

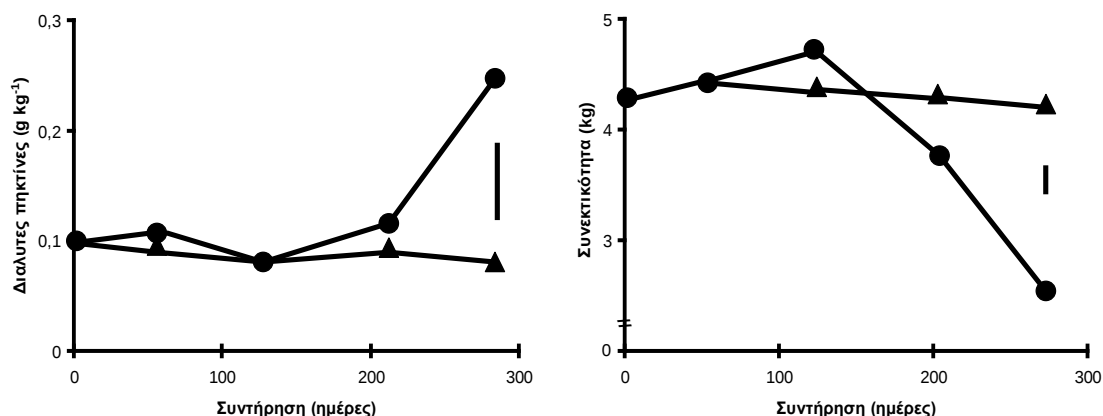
Λόγω της μεγάλης ποικιλομορφίας των οπωροκηπευτικών έχουν αναπτυχθεί διάφορες τεχνολογίες για τον καθαρισμό και τη διαλογή τους, ανάλογα με το είδος (βλέπε Κεφάλαιο 10). Ανεξάρτητα από την τεχνολογία που χρησιμοποιείται, πρέπει να τονιστεί η ανάγκη για προσεκτικό χειρισμό των προϊόντων κατά τα στάδια καθαρισμού και διαλογής, δεδομένου ότι τα περισσότερα νωπά οπωροκηπευτικά είναι πολύ ευαίσθητα σε μηχανικούς τραυματισμούς που υποβαθμίζουν την ποιότητα και μειώνουν τη συντηρησιμότητα.

4.5 Κλασικοί μετασυλλεκτικοί χειρισμοί

Στους κλασικούς μετασυλλεκτικούς χειρισμούς συγκαταλέγονται η ψύξη και η ρύθμιση της συγκέντρωσης των αερίων (O_2 , CO_2 , αιθυλένιο) στην ατμόσφαιρα συντήρησης, που έχουν σημαντική επίδραση σε φυσιολογικές και βιοχημικές διεργασίες των οπωροκηπευτικών. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα επίπεδα του O_2 , του CO_2 και του αιθυλενίου στην ατμόσφαιρα γύρω από τους φυτικούς ιστούς δεν είναι τα ίδια ακριβώς με τα επίπεδα σε όλο το εσωτερικό των ιστών. Ως αέρια, υπόκεινται στο νόμο διάχυσης, με αντίσταση στη διάχυση από τα διάφορα μέρη του καρπού. Αυτό θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη για κάποιες οριακές τιμές ρύθμισης ή για τον υπολογισμό τους με ακρίβεια. Οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο των αερίων (ελεγχόμενες συνθήκες, τροποποιημένες ατμόσφαιρες κ.ά.) αναπτύσσονται στο Κεφάλαιο 10.

4.5.1 Ψύξη

Η ψύξη αποβλέπει στην επιβράδυνση πολλών φυσιολογικών και βιοχημικών διεργασιών και κυρίως της αναπνοής. Για την επιλογή της θερμοκρασίας συντήρησης πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι ιδιαιτερότητες του είδους και της ποικιλίας, ώστε να αποφευχθούν τραυματισμοί από χαμηλές θερμοκρασίες (κρυοτραυματισμοί). Ακόμα και οι μικρές θερμοκρασιακές διαφορές μπορεί να αποβούν σημαντικές για το χρόνο συντήρησης ή την ποιότητα του συντηρούμενου προϊόντος, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.1. Οι συνιστώμενες θερμοκρασίες συντήρησης για το κάθε είδος παρουσιάζονται αναλυτικά στα Κεφάλαια 5, 6, 7 και 8.



Σχήμα 4.1 Επίδραση της θερμοκρασίας στη συνεκτικότητα και τη συγκέντρωση διαλυτών πτηκτινών κατά τη συντήρηση μήλων της ποικιλίας Gloster 69 που βρίσκονται σε προκλιμακτηριακό στάδιο σε 2 % O₂ για 280 ημέρες σε θερμοκρασία 3,5 °C (●) και 1,5 °C (▲) (Από: Knee & Tsantili, 1988).

4.5.2 Οξυγόνο

Η μείωση της συγκέντρωσης του οξυγόνου στην ατμόσφαιρα επιβραδύνει την ωρίμανση, γιατί στις περισσότερες διεργασίες της ωρίμανσης απαιτείται O₂, συμπεριλαμβανομένης της αναπνοής και της βιοσύνθεσης αιθυλενίου και, πιθανόν, της δράσης του αιθυλενίου. Παράλληλα, η χαμηλή συγκέντρωση οξυγόνου θεωρείται ότι περιορίζει και τη γήρανση, γιατί προκαλεί άμεσα μείωση του ρυθμού της αναπνοής. Ωστόσο, τα πειραματικά αποτελέσματα από τη συντήρηση μήλων σε ατμόσφαιρες μειωμένης συγκέντρωσης O₂, οδήγησαν στη διατύπωση της άποψης ότι η μείωση του ρυθμού της αναπνοής δεν επηρεάζεται άμεσα από τη χαμηλή συγκέντρωση του O₂, αλλά αντανakλά τις μικρότερες απαιτήσεις των καρπών σε ενέργεια, εξαιτίας άλλων επιβραδυνόμενων φυσιολογικών και βιοχημικών διεργασιών που είναι πιο ευαίσθητες από την αναπνοή στα χαμηλά επίπεδα του O₂. Επιπρόσθετα, η χαμηλή συγκέντρωση O₂ στην ατμόσφαιρα συντήρησης παρεμποδίζει την αποδόμηση της χλωροφύλλης, τη σύνθεση καροτενοειδών και αρωματικών ενώσεων, το μαλάκωμα των καρπών, την οξείδωση φαινολικών ουσιών, την εμφάνιση φυσιολογικών διαταραχών [π.χ. επιφανειακού εγκαύματος (superficial scald) σε μήλα, βλέπε Κεφάλαιο 9] και την ανάπτυξη παθογόνων.

Για την εφαρμογή χαμηλών συγκεντρώσεων O₂ στην ατμόσφαιρα συντήρησης των οπωροκηπευτικών θα πρέπει να μην επιλέγεται συγκέντρωση O₂ σε πολύ χαμηλά επίπεδα (συνήθως πρέπει να είναι ≥ 2%) ώστε να αποφεύγεται η έκθεση των νωπών φυτικών ιστών σε συνθήκες αναεροβίωσης, κάτι που οδηγεί σε παραγωγή πτηκτικών ουσιών με δυσάρεστη οσμή (off odors). Από την άλλη πλευρά, κάποια είδη ανέχονται και κάποια όχι, χαμηλές συγκεντρώσεις O₂ στην ατμόσφαιρα συντήρησης (Πίνακας 4.1). Το πράσινο σπαράγγι παρουσιάζει αποχρωματισμό σε O₂ < 10%, οι γλυκοπατάτες εμφανίζουν αναεροβίωση σε O₂ < 5-7% και στα εσπεριδοειδή κατά την αποθήκευση σε O₂ < 5% εμφανίζονται δυσάρεστες οσμές. Η επιλογή της βέλτιστης συγκέντρωσης O₂ εξαρτάται όχι μόνο από το είδος του οπωροκηπευτικού αλλά και από την ποικιλία. Για παράδειγμα, μερικές ποικιλίες μήλων μπορούν να αντέξουν χωρίς αναεροβίωση σε συγκεντρώσεις O₂ < 2 % (ακόμη και 0,25%), ενώ άλλες όχι. Αυτό μπορεί να δικαιολογηθεί, εν μέρει, από τη διαφορετική ανατομική δομή των διαφόρων ειδών, αλλά δεν εξηγεί επαρκώς τη διαφορετική συμπεριφορά των ποικιλιών του ίδιου είδους.

Ελάχιστη ανεκτή συγκέντρωση O ₂ (%)	Είδος
0,5	Ακρόδρυα, αποξηραμένοι καρποί
1	Ποικιλίες μήλων & αχλαδιών, κομμένα φρούτα

2	Οι περισσότερες ποικιλίες μήλων και αχλαδιών, ακτινίδιο, βερίκοκο, κεράσι, νεκταρίνι, ροδάκινο, δαμάσκηνο, φράουλα, παπάγια, ανανάς, ελιά, πεπόνι (κανταλούπα)
3	Αβοκάντο, τομάτα, αγγούρι, πιπεριά
5	Εσπεριδοειδή, αρακάς

Πίνακας 4.1 Κατάταξη καρπών ανάλογα με την ανεκτικότητα τους σε χαμηλές συγκεντρώσεις O_2 . (Από: Kader, 2002, Kader & Saltveit, 2003)

4.5.3 Διοξείδιο του άνθρακα

Το διοξείδιο του άνθρακα θεωρείται παρεμποδιστής της δράσης του αιθυλενίου, ως ανταγωνιστής του στη δημιουργία συμπλόκου με τον υποδοχέα (αποδέκτη). Τα υψηλά επίπεδα CO_2 μπορεί να παρεμποδίσουν διάφορες διεργασίες της ωρίμανσης των καρπών άμεσα, όπως την αποδόμηση της χλωροφύλλης, τη σύνθεση αρωματικών ενώσεων, το μαλάκωμα της υφής ή/και έμμεσα, μέσω του αιθυλενίου. Ωστόσο, ορισμένες από τις επιδράσεις της υψηλής συγκέντρωσης CO_2 στην ατμόσφαιρα συντήρησης, π.χ. καθυστέρηση στην αποδόμηση της χλωροφύλλης, είναι σημαντικές και για τη διατήρηση της ποιότητας φυλλωδών (π.χ. μπρόκολο) και άλλων κηπευτικών (βλέπε κεφάλαια 6, 7 και 8). Επιπρόσθετα, η υψηλή συγκέντρωση CO_2 στην ατμόσφαιρα συντήρησης των οπωροκηπευτικών περιορίζει την ανάπτυξη παθογόνων (π.χ. περιορισμός σήψεων στη φράουλα κατά τη συντήρηση σε συγκεντρώσεις $CO_2 > 15\%$).

Αυξημένες συγκεντρώσεις CO_2 (2-8%) στην ατμόσφαιρα συντήρησης των οπωροκηπευτικών εφαρμόζονται σε είδη και ποικιλίες καρπών στους οποίους δεν παρουσιάζονται προβλήματα τοξικότητας, ενώ οι μικροί καρποί (berries) μπορούν να συντηρηθούν σε ακόμη υψηλότερες συγκεντρώσεις CO_2 (>10% και συνήθως 10-20 %) (Πίνακας 4.2).

Όσον αφορά την αναπνοή, η αύξηση του CO_2 στην ατμόσφαιρα συντήρησης συντελεί στην αύξηση της μερικής πίεσης του CO_2 στη μεσοκυττάρια περιοχή και τον κυτταρικό χυμό των καρπών, ώστε τελικά να διαταράσσεται η ισορροπία μεταξύ καρβοξυλιώσεων και αποκαρβοξυλιώσεων. Αν και υψηλά επίπεδα CO_2 επηρεάζουν-μεταβάλλουν τις συγκεντρώσεις ενδιάμεσων προϊόντων της αναπνοής, το τελικό αποτέλεσμα στο ρυθμό της αναπνοής δεν μπορεί πάντοτε να προβλεφθεί. Στις περισσότερες πειραματικές μελέτες, η επίδραση της σταδιακής αύξησης του CO_2 συνοδεύεται από μείωση του O_2 της ατμόσφαιρας, με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατό να διακριθεί αν η μείωση του ρυθμού της αναπνοής οφείλεται στη χαμηλή συγκέντρωση CO_2 ή/και στη χαμηλή συγκέντρωση O_2 . Στις περισσότερες περιπτώσεις, τα αυξημένα επίπεδα CO_2 (έως 5%) προκαλούν μείωση του ρυθμού της αναπνοής, αλλά σε υψηλότερες συγκεντρώσεις CO_2 μπορεί να παρατηρηθεί αύξηση του ρυθμού της αναπνοής.

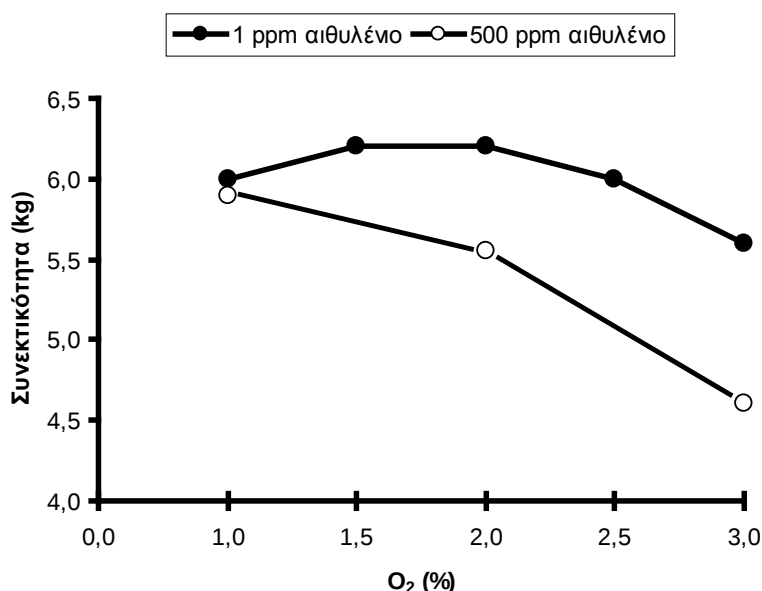
Μέγιστη ανεκτή συγκέντρωση CO_2 (%)	Είδος
2	Μερικές ποικιλίες μήλων (Golden Delicious), ασιατικό αχλάδι, ευρωπαϊκό αχλάδι, βερίκοκο, ελιά, σταφύλι, τομάτα.
5	Περισσότερες ποικιλίες μήλων, ροδάκινο, νεκταρίνι, δαμάσκηνο, πορτοκάλι, αβοκάντο, μπανάνα, μάνγκο, παπάγια, ακτινίδιο, κράνμπερι, μελιτζάνα, αρακάς.
10	Γκρέιπ-φρούτ, λεμόνι, ανανάς, μπάμια, αγγούρι, κολοκύθες.
15	Φράουλα, ράσμπερι, μπλάκμπερι, μπλούμπερι, κεράσι, σύκο, γλυκοκαλάμποκο.

Πίνακας 4.2 Κατάταξη καρπών ανάλογα με την ανεκτικότητα τους σε υψηλές συγκεντρώσεις CO_2 (Από: Kader, 2002, Kader & Saltveit, 2003).

4.5.4 Αιθυλένιο

Η ενδογενής παραγωγή αιθυλενίου καθώς και η εφαρμογή εξωγενούς αιθυλενίου έχουν θετικές αλλά και αρνητικές επιδράσεις στα νωπά φρούτα και τα λαχανικά. Στις θετικές επιδράσεις της εφαρμογής εξωγενούς αιθυλενίου συγκαταλέγονται η ενεργοποίηση των μηχανισμών ωρίμανσης, η βελτίωση του χρώματος και της ποιότητας σε ορισμένους καρπούς (π.χ. μπανάνα, αβοκάντο, ακτινίδιο, λωτός, μάνγκο και τομάτα), καθώς επίσης και του αποπρασινισμού των εσπεριδοειδών (Wills et al., 2007; Singh & Singh, 2012). Η εφαρμογή του εξωγενούς αιθυλενίου (αιθυλενισμός) σε καρπούς εξαρτάται από το αν πρόκειται για κλιμακτηριακούς ή μη κλιμακτηριακούς καρπούς. Για παράδειγμα, σε κλιμακτηριακούς καρπούς (π.χ. μπανάνα, τομάτα), ο αιθυλενισμός μπορεί να γίνει σε πρώιμο στάδιο ωρίμανσης, όταν οι καρποί δεν έχουν αναπτύξει πλήρως τα ποιοτικά τους χαρακτηριστικά (π.χ. πράσινοι φυσιολογικά ώριμοι καρποί), ενώ σε μη κλιμακτηριακούς (π.χ. εσπεριδοειδή) ο αιθυλενισμός πρέπει να εφαρμοστεί μόνο όταν οι καρποί έχουν αποκτήσει την χαρακτηριστική τους γεύση (ως ποιοτικό χαρακτηριστικό).

Ως αρνητικές επιδράσεις του αιθυλενίου σε πολλά είδη οπωροκηπευτικών συμπεριλαμβανομένων των κλιμακτηριακών και μη κλιμακτηριακών καρπών που συγκομίζονται στο εμπορικά ώριμο στάδιο, των φυλλωδών λαχανικών και των υπόγειων οργάνων, αναφέρονται ο περιορισμός του χρόνου συντήρησης, η προώθηση του γηρασμού, το μαλάκωμα, οι μεταχρωματισμοί (καφέτιασμα, κηλίδωση κ.ά.) και η ευαισθησία των φρούτων και των λαχανικών σε σήψεις (Saltveit, 1999). Ως εκ τούτου, η διαχείριση του αιθυλενίου διαδραματίζει καίριο ρόλο στον έλεγχο της μετάσυλλεκτικής ζωής και στην ποιότητα των οπωροκηπευτικών. Είναι πιθανό το αιθυλένιο να μπορεί να δράσει ως ορμόνη ωρίμανσης ακόμη και σε συνθήκες συντήρησης (χαμηλές θερμοκρασίες, χαμηλές συγκεντρώσεις O_2 και υψηλές συγκεντρώσεις CO_2), αλλά με αρκετά μικρότερη αποτελεσματικότητα. Σε κλιμακτηριακούς καρπούς, η απομάκρυνσή του καθυστερεί την έναρξη της κλιμακτηριακής αιχμής και παρεμποδίζει άλλες διεργασίες ωρίμανσης, όπως το μαλάκωμα (π.χ. μήλα, Σχήμα 4.2). Ωστόσο, ακόμα και σε είδη που το αιθυλένιο έχει περιορισμένη φυσιολογική δράση (π.χ. φυλλώδη λαχανικά), η απομάκρυνση του από το χώρο συντήρησης ή αποθήκευσης είναι απαραίτητη για την παρεμπόδιση ανάπτυξης φυσιολογικών διαταραχών (physiological disorders, βλέπε Κεφάλαιο 9).



Σχήμα 4.2 Επίδραση της συγκέντρωσης οξυγόνου και αιθυλενίου στη συνεκτικότητα μήλων κατά τη συντήρησή τους (Liu et al., 1986).

Οι περισσότερες στρατηγικές ελέγχου των επιπέδων του αιθυλενίου σε εμπορική κλίμακα περιλαμβάνουν τη συντήρηση σε χαμηλή θερμοκρασία, την παρεμπόδιση δράσης ή/και

βιοσύνθεσης του αιθυλενίου και τον περιορισμό της έκθεσης των προϊόντων σε αιθυλένιο κατά την ωρίμανση, συγκομιδή, συντήρηση και μεταφορά τους, μέσω ελέγχου της θερμοκρασίας και της σύστασης της ατμόσφαιρας συντήρησης (Watkins, 2002).

4.6 Εφαρμογή φυσικών και χημικών μετασυλλεκτικών χειρισμών

Πέρα από τους κλασικούς μετασυλλεκτικούς χειρισμούς τα τελευταία χρόνια αναπτύσσονται τεχνολογίες για την εφαρμογή φυσικών και χημικών χειρισμών που μπορούν να ενσωματωθούν, ανάλογα με το είδος, στη μετασυλλεκτική αλυσίδα διαχείρισης των προϊόντων, με στόχο τη διατήρηση της ποιότητας για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα.

4.6.1 Θερμικοί χειρισμοί

Οι θερμικοί χειρισμοί βασίζονται στην έκθεση των προϊόντων σε σχετικά υψηλές θερμοκρασίες μετά τη συγκομιδή τους. Οι χειρισμοί αυτοί ξεκίνησαν πειραματικά με σκοπό την καταπολέμηση μικροοργανισμών και εντόμων σε καρπούς τροπικών/υποτροπικών ειδών που αντέχουν τις υψηλές θερμοκρασίες, ώστε να είναι δυνατή η αντικατάσταση του βρωμιούχου μεθυλίου, το οποίο έχει απαγορευτεί λόγω της τοξικότητάς του για τον ανθρώπινο οργανισμό και το περιβάλλον.

Μελετώντας τα είδη που έδειξαν αντοχή σε θερμικούς χειρισμούς, παρατηρήθηκε ότι συντίθενται πρωτεΐνες σε επίπεδα που δεν υπάρχουν πριν την εφαρμογή του θερμικού χειρισμού. Οι πρωτεΐνες αυτές είναι γνωστές ως πρωτεΐνες θερμικής καταπόνησης (heat shock proteins, HSP). Έτσι, σε θερμοκρασίες υψηλότερες από 42 °C τα mRNA πολλών γονιδίων που σχετίζονται με την ωρίμανση μειώνονται. Αυξάνονται, όμως, τα mRNA των πρωτεϊνών θερμικής καταπόνησης που συντελούν στην άμυνα του φυτικού ιστού έναντι της θερμικής καταπόνησής του.

Επιπρόσθετα, παρατηρήθηκε ότι κάποιοι θερμικοί χειρισμοί είχαν, σε ορισμένες περιπτώσεις, θετικές επιδράσεις σε ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών κατά τη συντήρησή τους σε χαμηλή θερμοκρασία και κατά τη ζωή τους στο ράφι (shelf-life), μετά τη συντήρησή τους. Οι θετικές επιδράσεις των θερμικών χειρισμών συνδέονται με αλλαγές σε φυσιολογικές διεργασίες, μέσω της μείωσης της έκφρασης γονιδίων ή/και της δραστηριότητας ενζύμων, που μπορούν να οδηγήσουν σε περιορισμό των κρουοτραυματισμών, καθυστέρηση του μαλακώματος και, γενικότερα, της ωρίμανσης (Lurie, 1998). Στις θετικές επιδράσεις των θερμικών χειρισμών στη μετασυλλεκτική ζωή των οπωροκηπευτικών συμπεριλαμβάνεται ο περιορισμός των εντομολογικών και μυκητολογικών προσβολών που οδηγούν στη σήψη των προϊόντων κατά τη συντήρηση (Schirra et al., 2000).

Πιο αναλυτικά, η επίδραση του θερμικού χειρισμού των οπωροκηπευτικών σε φυσιολογικές και βιοχημικές διεργασίες τους είναι η εξής:

- **Αιθυλένιο.** Σε θερμοκρασίες 35-46 °C παρεμποδίζεται, με αντιστρεπτό τρόπο, η έκλυση αιθυλενίου. Έτσι, μετά το θερμικό χειρισμό η έκλυση αιθυλενίου μπορεί να είναι υψηλότερη από ότι πριν το χειρισμό. Αυτό εξηγείται από το ότι τα mRNAs της ACO μειώνονται ή εξαφανίζονται κατά το χειρισμό (είναι το πλέον ευαίσθητο αιθυλενο-ένζυμο κατά το θερμικό χειρισμό) και έτσι δημιουργείται συσσώρευση του ACC.
- **Αναπνοή.** Αρχικά, ο ρυθμός αναπνοής αυξάνεται κατά το θερμικό χειρισμό, αλλά τις τελευταίες ώρες ή ημέρες του χειρισμού μειώνεται. Μετά το χειρισμό, ο ρυθμός αναπνοής είναι συνήθως μικρότερος από εκείνον που αναμένεται να έχει το προϊόν εάν δεν έχει υποστεί θερμικό χειρισμό. Οι συνθήκες χειρισμού, το φυτικό είδος, η ποικιλία κ.ά. επιφέρουν αύξηση ή ελάττωση του μέγιστου ρυθμού αναπνοής και του χρόνου εμφάνισής του.
- **Συνεκτικότητα.** Διάφοροι καρποί (π.χ. μήλα, δαμάσκηνα, αχλάδια, αβοκάντο) παρουσιάζουν βραδύτερο ρυθμό μείωσης της συνεκτικότητάς τους τόσο κατά τη διάρκεια του θερμικού χειρισμού όσο και μετέπειτα, όταν, μετά από συντήρηση μεταφέρονται σε θερμοκρασία 20 °C. Επιπρόσθετα, έχει παρατηρηθεί ότι, ο θερμικός χειρισμός οδηγεί σε: (α) μεγαλύτερο ποσοστό αδιάλυτων πηκτινών και μικρότερο ποσοστό διαλυτών πηκτινών, (β) υψηλότερο ποσοστό Ca^{2+} που παραμένει στα κυτταρικά τοιχώματα και (γ) μείωση του mRNA της πολυγαλακτουρονάσης (PG).

- **Γεύση – Άρωμα – Χρώμα.** Από ομάδα δοκιμαστών παρατηρήθηκε ότι ο θερμικός χειρισμός (38 °C για 4 ημέρες) προκαλεί μείωση της οξύτητας σε μήλα της ποικιλίας Golden Delicious. Το άρωμα μπορεί να επηρεασθεί θετικά ή αρνητικά από το θερμικό χειρισμό. Για παράδειγμα, σε μήλα παρατηρήθηκε αύξηση του αρώματος κατά τη διάρκεια του θερμικού χειρισμού, αλλά μετά από το θερμικό χειρισμό το άρωμα αρχικά μειώθηκε και αργότερα επανήλθε στα προ χειρισμού επίπεδα. Σε αντίθεση, στην τομάτα παρατηρήθηκε αύξηση του αρώματος μετά από θερμικό χειρισμό των καρπών. Αξίζει να σημειωθεί ότι, σε μερικά είδη και ποικιλίες κάποιοι εστέρες αυξάνονται και κάποιοι μειώνονται. Ωστόσο, λόγω της πολυπλοκότητας της ανάπτυξης του αρώματος και της σχετικής δυσκολίας μέτρησής του, έχουν γίνει περιορισμένες έρευνες στο πεδίο αυτό. Η επίδραση του θερμικού χειρισμού δεν είναι σταθερή στο χρώμα. Πάντως, αν οι αλλαγές στο χρώμα απαιτούν νέα σύνθεση ενζυμικών μονάδων, τότε ο θερμικός χειρισμός παρεμποδίζει τις αλλαγές χρώματος.
- **Επιφανειακό ζεμάτισμα ή έγκαυμα (Superficial scald; SS).** Ο θερμικός χειρισμός μειώνει αυτή τη φυσιολογική διαταραχή, επειδή εμποδίζει τη συγκέντρωση της α-farnesene και συνεπώς και των οξειδωμένων προϊόντων της. Συνεπώς, μαζί με άλλους χειρισμούς, όπως με απομάκρυνση του αιθυλενίου από το χώρο συντήρησης, ο θερμικός χειρισμός μπορεί να αντικαταστήσει τη χρήση αντιοξειδωτικών ουσιών (π.χ. διφαινυλαμίνης ή DPA) που είναι βλαβερές και χρησιμοποιούνται για να περιορίσουν αυτό το σύμπτωμα.
- **Κρουοτραυματισμός.** Οι θερμικοί χειρισμοί, σε συγκεκριμένες συνθήκες για την κάθε περίπτωση, συμβάλλουν στην αποφυγή της εμφάνισης ελαττωμάτων που εμφανίζονται από την μετέπειτα έκθεση των καρπών σε χαμηλές θερμοκρασίες (κρουοτραυματισμός).

Η θερμοκρασία και η διάρκεια του θερμικού χειρισμού συνδέονται μεταξύ τους και εξαρτώνται από το είδος του οπωροκηπευτικού που δέχεται το χειρισμό καθώς και από την τεχνική που εφαρμόζεται. Ωστόσο, υπάρχουν και αρνητικές επιδράσεις στην ποιότητα των καρπών που έχουν δεχθεί θερμικούς χειρισμούς, γι' αυτό και χρειάζεται προσοχή ως προς την εφαρμογή τους. Στα Κεφάλαια 5-8 αναφέρονται περιπτώσεις εφαρμογής θερμικών χειρισμών στα διάφορα οπωροκηπευτικά, με θετική επίδραση στην επιμήκυνση της μετασυλλεκτικής ζωής και τη διατήρηση της ποιότητάς τους. Οι τεχνικές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εφαρμογή των θερμικών χειρισμών αναφέρονται στο Κεφάλαιο 10.

4.6.2 Ακτινοβολία-Ραδιοσυχνότητες-Υπέρηχοι

Οι μετασυλλεκτικοί χειρισμοί καρπών και λαχανικών με ακτινοβολία εφαρμόζονται με σκοπό την καταπολέμηση επιβλαβών οργανισμών που υποβαθμίζουν την ποιότητα των προϊόντων (π.χ. εμφάνιση σήψεων στη φράουλα) και αυξάνουν τη διάρκεια συντήρησης των προϊόντων (π.χ. λόγω παρεμπόδισης της εκβλάστησης των βολβών του κρεμμυδιού και των κονδύλων της πατάτας) (Ferrier, 2010). Αποτελεί επίσης μία μέθοδο με ιδιαίτερη σημασία για τον περιορισμό του μικροβιακού φορτίου στις φρεσκοκομμένες σαλάτες λαχανικών και φρούτων (βλέπε Κεφάλαιο 11). Οι επιδράσεις τις ακτινοβολίας εξαρτώνται από τη δόση που εφαρμόζεται. Η χρήση ραδιοσυχνοτήτων στη μετασυλλεκτική τεχνολογία, ιδιαίτερα των καρπών (π.χ. ξηροί καρποί και ιδίως καρύδια), αποσκοπεί στη θανάτωση προνυμφών και άλλων σταδίων των εντόμων που προκαλούν απώλειες κατά την αποθήκευσή τους (Wang et al., 2007). Η μετασυλλεκτική μεταχείριση καρπών (π.χ. μήλα, φράουλα) με υπέρηχους εφαρμόζεται για τον περιορισμό των προβλημάτων από παθογόνα που οδηγούν σε σήψη των καρπών κατά τη συντήρηση, ενώ σε κάποιες περιπτώσεις μπορεί να οδηγήσει σε βελτίωση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των καρπών, όπως για παράδειγμα είναι η συνεκτικότητα, η γλυκύτητα κ.ά. (Cao et al., 2010).

4.6.3 Αντιμικροβιακοί παράγοντες και παράγοντες παρεμπόδισης καφετιάσματος και μαλακώματος

Τα τελευταία χρόνια υπάρχει αύξηση του αριθμού των καταγεγραμμένων κρουσμάτων των ασθενειών από κατανάλωση τροφίμων, με αποτέλεσμα να έχει αυξηθεί το ενδιαφέρον των οργανισμών δημόσιας υγείας, των παραγωγών και των καταναλωτών σχετικά με τη μικροβιακή ασφάλεια των φρούτων και των λαχανικών. Προς την κατεύθυνση αυτή, η χρήση αντιμικροβιακών

παραγόντων και παραγόντων παρεμπόδισης του καφετιάσματος μελετάται με σκοπό τη μείωση των προβλημάτων. Οι παράγοντες αυτοί είναι χημικής ή φυσικής προέλευσης. Στην ομάδα των χημικών ανήκουν διαλύματα με βάση τη χλωρίνη, τα οργανικά οξέα, το υπεροξείδιο του υδρογόνου (H_2O_2) και το νερό με ηλεκτρολύτες (Baskaran et al., 2013). Ιδιαίτερη είναι η σημασία των παραγόντων αυτών για τη διατήρηση της ποιότητας και την διασφάλιση της υγιεινής κατάστασης των ελάχιστα μεταποιημένων οπωροκηπευτικών (βλέπε Κεφάλαιο 11).

4.6.4 Μονοξείδιο του αζώτου (NO)

Το μονοξείδιο του αζώτου (NO) είναι μια ελεύθερη ρίζα, που αντιδρά έντονα και δρα ως πολύ-λειτουργικό μόριο μετάδοσης σημάτων σε διάφορες φυσιολογικές διεργασίες, όπως η ωρίμανση και η γήρανση των φρούτων και λαχανικών (Wendehenne et al., 2004). Τα επίπεδα του ενδογενούς NO μειώνονται κατά την ωρίμανση και γήρανση στα φρούτα και τα λαχανικά. Κατά συνέπεια, ρυθμίζοντας τα επίπεδα του NO με εφαρμογές εξωγενούς NO επιτυγχάνεται καθυστέρηση στις φυσιολογικές μεταβολές ωρίμανσης των ιστών (Singh et al., 2013). Σε βέλτιστα επίπεδα NO καθυστερείται η κλιμακτηριακή φάση πολλών καρπών, παρατείνοντας έτσι το χρόνο συντήρησης μέσω παρεμπόδισης της ωρίμανσης και γήρανσης. Το NO καταστέλλει τη βιοσύνθεση και παραγωγή του αιθυλενίου με αποτέλεσμα την καθυστέρηση της ωρίμανσης (Singh et al., 2013). Το NO εφαρμόζεται μετασυσπλεκτικά με υποκαπνισμό ή εκλύεται από άλλες ουσίες μετά την εμβάπτιση των καρπών σε διαλύματα αυτών, όπως είναι το sodium nitroprusside, οι S-νιτροζοθειόλες (S-nitrosothiols) και το diazeniumdiolates. Η μειωμένη παραγωγή αιθυλενίου στους καρπούς που έχουν δεχτεί υποκαπνισμό με NO προέρχεται από σύνδεση του NO με το ACC και την οξειδάση του ACC, με αποτέλεσμα να δημιουργείται ένα σταθερό τριαδικό σύμπλοκο (Zaharah and Singh, 2011). Εκτός από τη δράση του NO στον έλεγχο του αιθυλενίου, έχουν αναφερθεί και άλλοι μηχανισμοί δράσης του, όπως διασταυρούμενη επικοινωνία με άλλες φυτικές ορμόνες, ρύθμιση της έκφρασης γονιδίων και βελτίωση της οξειδωτικής μετασυσπλεκτικής καταπόνησης (Manjunatha et al., 2012; Singh et al., 2009).

4.6.5 Διοξείδιο του θείου (SO_2)

Το διοξείδιο του θείου (SO_2) έχει αντιμικροβιακές και αντιοξειδωτικές ιδιότητες (είναι ισχυρό οξειδωτικό), με αποτέλεσμα η χρήση του να έχει βρει εφαρμογή σε διάφορες μετασυσπλεκτικές μεταχειρίσεις των καρπών. Η δράση του εξαρτάται από τη δόση στην οποία εφαρμόζεται. Σε υψηλές συγκεντρώσεις εφαρμόζεται με σκοπό τον έλεγχο μικροοργανισμών και σήψεων, ενώ για παρεμπόδιση οξειδωτικών αντιδράσεων είναι αποτελεσματικό και σε χαμηλές συγκεντρώσεις. Το SO_2 χρησιμοποιείται ευρύτατα στα επιτραπέζια σταφύλια για τον έλεγχο των σήψεων κατά τη συντήρηση, καθώς και σε άλλα οπωροκηπευτικά. Ωστόσο, το SO_2 μπορεί να προκαλέσει αλλεργικές αντιδράσεις στον άνθρωπο και η χρήση του απαγορεύεται σε φρεσκοκομμένες σαλάτες λαχανικών και φρουτοσαλάτες (βλέπε Κεφάλαιο 11).

4.6.6 Όζον

Το όζον είναι ένα έντονα διεισδυτικό, φυσικό αέριο με οξειδωτικές ιδιότητες. Χρησιμοποιείται κυρίως για την αντιμικροβιακή του δράση. Ωστόσο, έχουν αναφερθεί θετικές επιδράσεις του σε διάφορα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών, μέσω της δράσης του σε φυσιολογικές και βιοχημικές διεργασίες. Το όζον χρησιμοποιείται και για την μείωση του αιθυλενίου στους χώρους συντήρησης. Επιπρόσθετα, έχουν παρατηρηθεί και άλλες θετικές επιδράσεις σε ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών, όπως ο περιορισμός της μείωσης της συνεκτικότητας, η διατήρηση της αντιοξειδωτικής ικανότητας, η βελτίωση οργανοληπτικών χαρακτηριστικών κ.ά.

4.6.7 1-MCP

Η ανακάλυψη και ανάπτυξη των κυκλοπροπενίων ως παραμποδιστές δέσμευσης και δράσης του αιθυλενίου, αντιπροσωπεύει μια από τις σημαντικότερες εξελίξεις στον έλεγχο των επιδράσεων του αιθυλενίου στα οπωροκηπευτικά (Blankenship & Dole, 2003). Ο βασικός τρόπος δράσης των κυκλοπροπενίων είναι μέσω της δέσμεισής τους στους υποδοχείς δέσμευσης του αιθυλενίου με αποτέλεσμα να παρεμποδίζουν τη δράση του αιθυλενίου και τις αντιδράσεις των φυτικών ιστών σε

αυτή. Η μελέτη της δράσης των κυκλοπρροπενίων στους φυτικούς ιστούς έχει αποκαλύψει και άλλες αντιδράσεις των φυτικών ιστών σε αυτά, όπως για παράδειγμα η παρεμπόδιση της έκλυσης αιθυλενίου (Watkins, 2008). Μεταξύ των κυκλοπρροπενίων, το αέριο 1-μέθυλο-κυκλοπρροπένιο (1-MCP), έχει αποδειχθεί εξαιρετικά αποτελεσματικό, επειδή η ένωσή του με τους υποδοχείς του αιθυλενίου είναι οριστική. Το 1-MCP χρησιμοποιείται ευρύτατα παγκοσμίως σε ένα μεγάλο εύρος φρούτων και λαχανικών όπως, μηλοειδή, πυρηνόκαρπα, υποτροπικά και τροπικά φρούτα, σολανώδη, κολοκυνθοειδή και σταυρανθή λαχανικά. Το 1-MCP επηρεάζει πολλές διαδικασίες ωρίμανσης και γήρανσης, όπως είναι αλλαγές σε χρωστικές, στο μαλάκωμα και το μεταβολισμό των κυτταρικών τοιχωμάτων, στη γεύση και στο άρωμα, καθώς και σε χαρακτηριστικά που σχετίζονται με τη θρεπτική αξία των οπωροκηπευτικών.

4.6.8 Επικάλυψη καρπών και λαχανικών - Εδώδιμες μεμβράνες

Η επικάλυψη καρπών (π.χ. μήλα, μελιτζάνες, πιπεριές, αγγούρια, τομάτες) με εδώδιμες μεμβράνες (εκτός του κηρού) ή πλαστικό, γίνεται κυρίως για τον έλεγχο της απώλειας νερού και την αποφυγή του μαρασμού του προϊόντος. Παράλληλα, με αυτό τον τρόπο δημιουργείται ένα είδος τροποποιημένης ατμόσφαιρας γύρω από το προϊόν, περιορίζοντας το ρυθμό αναπνοής του και τους μηχανικούς τραυματισμούς. Επιπρόσθετα, η εφαρμογή του εδώδιμων μεμβρανών αυξάνει τη στιλπνότητα του προϊόντος, κάτι που αυξάνει και την εμπορική αξία του (π.χ. σε πιπεριά, μήλο κ.ά.), καθώς είναι πιο επιθυμητό από τους καταναλωτές. Οι εδώδιμες μεμβράνες εφαρμόζονται ως γαλάκτωμα ή διαλυμένες σε διαλύτες ή σαν αφρός σε σχετικά υψηλές θερμοκρασίες (38 °C και υψηλότερες). Συνήθως, ακολουθεί «ρολλάρισμα σε αφρολέξ» για την ομοιόμορφη επικάλυψη του φυτικού ιστού, καθώς και ξήρανση με την εφαρμογή ρεύματος από θερμό αέρα (πιο αναλυτικά στο Κεφάλαιο 10).

Τα αγγούρια, συνήθως, καλύπτονται με πλαστικό, δηλ. τυλίγονται σε διαφανές φιλμ, ενώ πολλά λαχανικά που πωλούνται στα σουπερμάρκετ συσκευάζονται σε πλαστικές σακούλες ή σε μικροσυσκευασίες με δίσκους από πολυστερίνη τυλιγμένους με φιλμ (πιο αναλυτικά στο Κεφάλαιο 10). Στα λεμόνια, έχει δοκιμαστεί η ατομική εφαρμογή μεμβράνης σε πλήρη επαφή με τον καρπό, αλλά η μέθοδος αυτή δεν είχε καλύτερα αποτελέσματα στη συντήρησή τους σε σύγκριση με άλλες μεθόδους και για το λόγο αυτό δεν εφαρμόζεται.

4.6.9 Ασβέστιο

Το ασβέστιο (Ca) αποτελεί σημαντικό συστατικό του κυτταρικού τοιχώματος, όπως αναλύθηκε διεξοδικά στο Κεφάλαιο 3. Έχει βρεθεί ότι τα ιόντα Ca^{2+} σχηματίζουν ζώνες που ενώνουν τα μόρια της πηκτίνης. Η δέσμευση αυτή του Ca στα πηκτινικά πολυμερή έχει βρεθεί ότι οδηγεί σε αυξημένη συνεκτικότητα των ιστών. Η εξωγενής προσθήκη Ca σε καρπούς οδηγεί σε μείωση της ταχύτητας μαλακώματος, καθυστέρηση της γήρανσης και την αύξηση του χρόνου συντήρησης των καρπών.

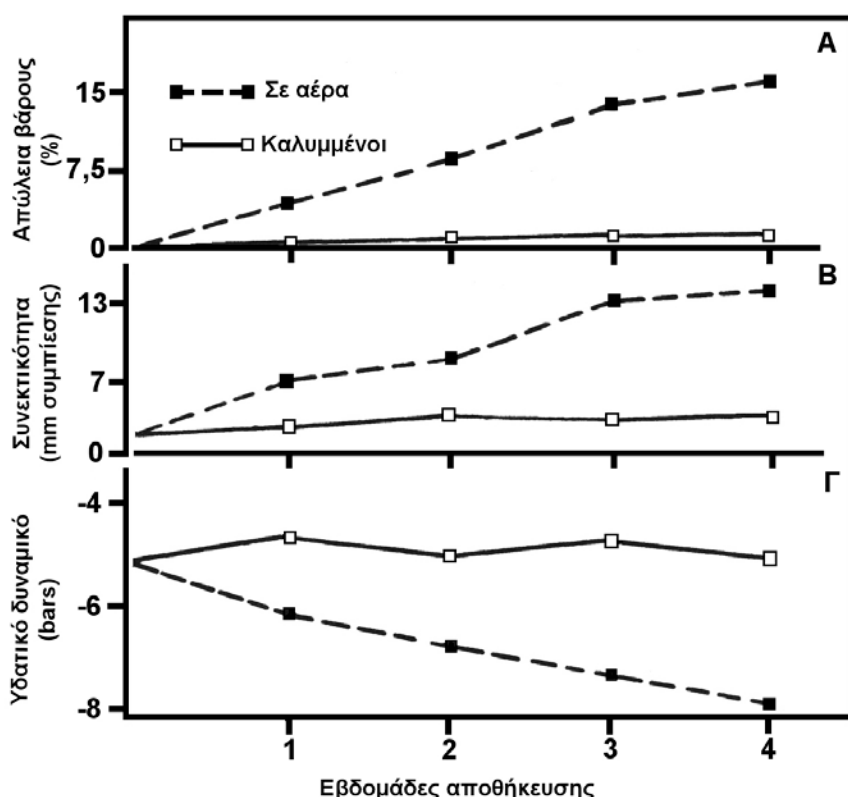
4.7. Συσκευασία

Η συσκευασία των οπωροκηπευτικών γίνεται ανάλογα με το είδος του προϊόντος, τον τρόπο μεταφοράς του και τις απαιτήσεις της αγοράς. Τα οπωροκηπευτικά, και ιδιαίτερα αυτά που παράγονται σε θερμοκήπια, είναι σημαντικό να επιτυγχάνουν σχετικά υψηλές τιμές στην αγορά (δηλ. να έχουν υψηλή προστιθέμενη αξία). Για το λόγο αυτό, δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στη συσκευασία τους, η οποία πρέπει να είναι κατάλληλη τόσο για την προστασία τους κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης και της μεταφοράς, όσο και για την, γενικότερα, ελκυστική εμφάνισή τους.

4.8 Αποθήκευση

Η αποθήκευση των νωπών οπωροκηπευτικών πρέπει να γίνεται στη χαμηλότερη ασφαλή θερμοκρασία (λαμβάνοντας υπόψη ότι πολλά είδη λαχανικών και φρούτων είναι ευαίσθητα σε κρυοτραυματισμό) και σε υψηλή σχετική υγρασία ώστε, να μειωθεί ο ρυθμός αναπνοής και να περιοριστεί η απώλεια νερού. Ο συνδυασμός των συνθηκών αυτών μειώνει τη διαφορά πίεσης υδρατμών (ΔΠΥ) και επομένως και την απώλεια νερού, ιδιαίτερα στα προϊόντα με έντονη διαπνοή (βλέπε Κεφάλαιο 3).

Μερικά προϊόντα που είναι ευαίσθητα σε απώλειες νερού προστατεύονται από την αφυδάτωση, με την επικάλυψή τους με κερί (π.χ. εσπεριδοειδή, πιπεριά), την κάλυψη με πλαστικό φιλμ (αγγούρι) ή με τη συσκευασία τους σε πλαστικές σακούλες κ.ά. (μαρούλι). Για παράδειγμα, η κάλυψη των καρπών της πιπεριάς με πλαστικό φύλλο πολυαιθυλενίου επιδρά σε σημαντικό περιορισμό της απώλειας βάρους των καρπών, στην αύξηση της συνεκτικότητάς τους και στη μείωση του υδατικού δυναμικού τους (Σχήμα 4.3). Σε άλλες περιπτώσεις, προστίθεται νερό στο προϊόν, είτε με τη χρήση πάγου (π.χ. μαρούλι) ή με υδρόψυξη για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα (π.χ. βύθιση του σπαραγγιού σε νερό πριν τη συσκευασία).



Σχήμα 4.3 Απώλεια βάρους (Α), μεταβολή της συνεκτικότητας (Β) και μεταβολή του υδατικού δυναμικού (Γ) καρπών πιπεριάς που αποθηκεύτηκαν για 4 εβδομάδες στους 17 °C με Σ.Υ. 85%, είτε σε αέρα, είτε καλυμμένοι με πλαστικό φύλλο πολυαιθυλενίου (από Ben Yehoshua et al., 1983).

Η διατήρηση της Σ.Υ. σε υψηλά επίπεδα στο χώρο αποθήκευσης των οπωροκηπευτικών ευνοεί την ανάπτυξη μετασυσλεκτικών ασθενειών, ιδιαίτερα όταν η θερμοκρασία αποθήκευσης δεν είναι χαμηλή και προκαλεί συμπύκνωση υδρατμών όταν παρατηρούνται ακόμα και μικρές μεταβολές στη θερμοκρασία αποθήκευσης (π.χ. σε φυλλώδη λαχανικά και σε μεγάλους θαλάμους συντήρησης φρούτων). Ωστόσο, παρά την εντύπωση που επικρατεί, σχετικά με το ότι η χρήση πολύ υψηλής Σ.Υ. (πάνω από 95%) μπορεί να προκαλέσει προσβολές από μικροοργανισμούς και σήψεις, στην πραγματικότητα αυτό δεν ισχύει. Αντιθέτως, πολλά οπωροκηπευτικά διατηρούνται σε άριστη κατάσταση για μεγάλο χρονικό διάστημα σε υψηλά επίπεδα Σ.Υ., εφόσον βέβαια η θερμοκρασία ρυθμίζεται κατάλληλα και παραμένει σταθερή. Για παράδειγμα, καρότα, λάχανα, σέλινα και παστινάκα που αποθηκεύτηκαν σε «jacketed stores» με Σ.Υ. 98-100% είχαν μικρότερες απώλειες βάρους και δεν προσβλήθηκαν από μικροοργανισμούς σε τόσο μεγάλο ποσοστό, σε σύγκριση με αυτά που αποθηκεύτηκαν σε κανονική αποθήκη με την ίδια θερμοκρασία και Σ.Υ. 90-95%. Σε αποθηκευμένα κρεμμύδια παρουσιάστηκε διαβάθμιση στην εμφάνιση σήψης, ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούσαν στην αποθήκη, ως εξής:

0-1°C + υψηλή Σ.Υ. < 4,5-5°C + υψηλή Σ.Υ. < 4,5-5.0°C + χαμηλή Σ.Υ.

Κατά τη χρήση πλαστικών μεμβρανών (φιλμ) και άλλων υλικών επικάλυψης ή συσκευασίας των προϊόντων, απαιτείται προσοχή στην επιλογή τους, ώστε τα πλαστικά αυτά να είναι περατά στα αέρια. Εναλλακτικά, τα προϊόντα, μπορούν να συσκευάζονται πάνω σε δίσκους από πολυμερή υλικά, τυλιγμένα με πλαστικό φιλμ (μεμβράνη). Η συσκευασία αυτή είναι πολύ αποτελεσματική, εφόσον η θερμοκρασία στην αποθήκη παραμένει σταθερή. Ωστόσο, όταν παρατηρούνται διακυμάνσεις θερμοκρασίας, το προϊόν ψύχεται πιο αργά από το φιλμ (μεμβράνη) και μπορεί να χάσει υγρασία, η οποία συμπυκνώνεται στην εσωτερική επιφάνεια της μεμβράνης, αυξάνοντας τον κίνδυνο προσβολών από μικροοργανισμούς. Αν αυτό το φαινόμενο συμβεί πολλές φορές, θα προκληθεί μάρανση του προϊόντος.

4.9 Μεταφορά

Οι συνθήκες κατά τη μεταφορά των νωπών φρούτων και λαχανικών από τον τόπο παραγωγής μέχρι το σημείο κατανάλωσης διαφέρει ανάλογα με το είδος του προϊόντος, την απόσταση που διανύεται κατά τη μεταφορά και τις απαιτήσεις της αγοράς όσον αφορά τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του προϊόντος. Γενικά, στην Ελλάδα, για τη μεταφορά των νωπών οπωροκηπευτικών από τον αγρό μέχρι το σημείο λιανικής πώλησης (λαϊκή αγορά, μανάβικα, σουπερμάρκετ) δεν χρησιμοποιούνται πάντοτε φορτηγά με ψυγεία. Ωστόσο, για μεταφορές στο εξωτερικό η χρήση φορτηγών με ψυγεία είναι απαραίτητη για τα ευαίσθητα είδη (π.χ. τομάτα, αγγούρι, πιπεριά, σπαράγγι, φράουλα κ.ά.). Σε αυτές τις περιπτώσεις, τα προϊόντα πρέπει να ψυχθούν πριν τη φόρτωση διότι η ψυκτική ικανότητα των φορτηγών αυτού του τύπου αρκεί μόνο για τη διατήρηση της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της μεταφοράς και δεν αποτελεί μέσω ψύξης μεγάλων ποσοτήτων προϊόντων.

Βιβλιογραφία

- Αλεξόπουλος, Α. Α. (2006). *Διερεύνηση των μηχανισμών δράσεως φυτορρυθμιστικών ουσιών στη φυσιολογική ενηλικίωση κονδύλων πατάτας που παράγονται από βοτανικό σπόρο (TPS)*. Διδακτορική Διατριβή, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, 294 σελ.
- Baskaran, S. A., Upadhyay, A., Kollanoor-Johny, A., Upadhyaya, I., Mooyottu, S., Roshni Amalaradjou, M. A., Schreiber, D. & Venkitanarayanan, K. (2013). Efficacy of plant-derived antimicrobials as antimicrobial wash treatments for reducing enterohemorrhagic *Escherichia coli* O157:H7 on apples. *J. Food Sci.*, 78, M1399-M1404.
- Ben-Yehoshua, S., Shapiro, B., Chen, J. E. & Lurie, S. (1983). Mode of action of plastic film in extending life of lemon and bell pepper fruits by alleviation of water stress. *Plant Physiol.*, 73, 87-93.
- Blankenship, S. M. & Dole, J. M. (2003). 1-Methylcyclopropene: a review. *Postharv. Biol. Technol.*, 28, 1-25.
- Boss, P. K., Davies, C. & Robinson, S. P. (1996a). Analysis of the expression of anthocyanin pathway genes in developing *Vitis vinifera* L. cv. Shiraz grape berries and the implications for pathway regulation. *Plant Physiol.*, 111, 1059-1066.
- Boss, P. K., Davies, C. & Robinson, S. P. (1996b). Expression of anthocyanin biosynthesis pathway genes in red and white grapes. *Plant Mol. Biol.*, 32, 565-569.
- Cao, S., Hu, Z. & Pang, B. (2010). Optimization of postharvest ultrasonic treatment of strawberry fruit. *Postharv. Biol. Technol.*, 55, 150-153.
- Ferrier, P. (2010). Irradiation as a quarantine treatment. *Food Pol.*, 35, 548-555.
- Kader, A. (2002). *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, Oakland, U.S.A., 535p.

- Kader, A. A. & Saltveit, M. E. (2003). Atmosphere modification. In: Bartz, J. A. & Brecht, J. K. (eds.), *Postharvest physiology and pathology of vegetables*, 2nd ed. New York, U.S.A.: Marcel Dekker Inc., pp. 361-382.
- Knee, M. & Tsantili, E. (1988). Changes during low-oxygen storage in the effects of ethylene on induction of ethylene synthesis and stimulation of respiration of 'Gloster 69' apples. *Physiol. Plant.*, 74, 504-508.
- Liu, F., Turk, J., Samelson, D. & Kenyon, D. (1986). Low-ethylene CA storage of «McIntosh» apples in a semi-commercial sized room. *HortSci.*, 21, 480-484.
- Lurie, S. (1998). Postharvest heat treatments. *Postharv. Biol. Technol.*, 14, 257-269.
- Manganaris, G. A., Vasilakakis, M., Mignani, I., Diamantidis, G. & Tzavella-Klonari, K. (2005). The effect of preharvest calcium sprays on quality attributes, physicochemical aspects of cell wall components and susceptibility to brown rot of peach fruits (*Prunus persica* L. cv. Andross). *Sci. Hort.*, 107, 43-50.
- Manjunatha, G., Gupta, K. J., Lokesh, V., Mur, L. A. J. & Neelwarne, B. (2012). Nitric oxide counters ethylene effects on ripening fruits. *Plant Signal. Behav.*, 7, 476-483.
- Peppi, M. C., Fidelibus, M. W. & Dokoozlian, N. (2006). Absciscic acid application timing and concentration affect firmness, pigmentation, and color of 'Flame Seedless' grapes. *Hort. Sci.*, 41, 1440-1445.
- Peppi, M. C., Fidelibus, M. W. & Dokoozlian, N. (2007). Application timing and concentration of absciscic acid affect the quality of 'Redglobe' grapes. *J. Hort. Sci. Biotechnol.*, 82, 304-310.
- Recasens, I., Benavides, A., Puy, J. & Casero, T. (2004). Pre-harvest calcium treatments in relation to the respiration rate and ethylene production of 'Golden Smoothee' apples. *J. Sci. Food Agric.*, 84, 765-771.
- Saltveit, M. E. (1999). Effect of ethylene on quality of fresh fruits and vegetables. *Postharv. Biol. Technol.*, 15, 279-292.
- Schirra, M., D'Hallewin, G., Ben-Yehoshua, S. & Fallik, E. (2000). Host-pathogen interactions modulated by heat treatment. *Postharv. Biol. Technol.*, 21, 71-85.
- Singh, S. P. & Singh, Z. (2012). Postharvest oxidative behaviour of 1-methylcyclopropene treated Japanese plums (*Prunus salicina* Lindell) during storage under controlled and modified atmospheres. *Postharv. Biol. Technol.*, 74, 26-35.
- Singh, S. P., Singh, Z. & Swinny, E. E. (2009). Postharvest nitric oxide fumigation delays fruit ripening and alleviates chilling injury during cold storage of Japanese plums (*Prunus salicina* Lindell). *Postharv. Biol. Technol.*, 53, 101-108.
- Singh, Z., Khan, A. S., Zhu, S. & Payne, A. D. (2013). Nitric oxide in the regulation of fruit ripening: challenges and thrusts. *Stewart Postharv. Rev.*, 9, 1-11.
- Τσαντίλη, Ε. (2004) *Μετασυλλεκτική Μεταχείριση Καρπών*. Πανεπιστημιακές Παραδόσεις. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, 99 σελ.
- Tsantili, E., Christopoulos, M. V. & Pontikis, C. A. (2005). Interactive effects of absciscic acid (ABA), ethylene and 1-MCP on harvested mature green olives during ripening. Poster presentation, 9th International Controlled Atmosphere Research Conference, 5-10/07/2005, Michigan State University, East Lansing, MI, U.S.A. Program and Abstracts, p.47.
- Tsantili, E., Christopoulos, M. V., Pontikis, C. A., Kaltsikes, P., Kallianou, C. & Komaitis, M. (2008). Texture and other quality attributes in olives and leaf characteristics after preharvest calcium chloride sprays. *HortSci.*, 43, 1852-1856.
- Tsantili, E., Kafkaletou, M., Roussos, P. A. & Christopoulos, M. V. (2012). Phenolic compounds, maturation and quality in fresh green olives for table use during exposure at 20 °C after preharvest ReTain treatment. *Sci. Hort.*, 140, 26-32.

- Tsantili, E., Rouskas, D., Christopoulos, M. V., Stanidis, V., Akrivos, J. & Papanikolaou, D. (2007). Effects of two pre-harvest calcium treatments on physiological and quality parameters in 'Vogue' cherries during storage. *J. Hort. Sci. Biotechnol.*, 82, 657-663.
- Wang, C. Y. (2003). Leafy, floral and succulent vegetables. In: Bartz, J. A. & Brecht, J. K. (eds.), *Postharvest physiology and pathology of vegetables*, 2nd ed. New York, U.S.A.: Marcel Dekker Inc., pp. 599-623.
- Wang, S., Monzon, M., Johnson, J. A., Mitcham, E. J. & Tang, J. (2007). Industrial-scale radio frequency treatments for insect control in walnuts: I: Heating uniformity and energy efficiency. *Postharv. Biol. Technol.*, 45, 240-246.
- Watkins, C. B. (2002). Ethylene synthesis, mode of action, consequences and control. In: Knee, M. (ed.), *Fruit quality and its biological Basis*. Boca Raton, U.S.A.: CRC Press Inc., pp. 180–222.
- Watkins, C. B. (2008). Overview of 1-Methylcyclopropene trials and uses for edible horticultural crops. *HortSci.*, 43, 86-94.
- Wendehenne, D., Durner, J., Klessig, D. F. (2004). Nitric oxide: a new player in plant signalling and defence responses. *Curr. Opin. Plant Biol.*, 7, 449-455.
- Wills, R., McGlasson, W., Graham, D. & Joyce, D. (2007). *Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals*. CABI Publishing, 252p.
- Zaharah, S. S. & Singh, Z. (2011). Mode of action of nitric oxide in inhibiting ethylene biosynthesis and fruit softening during ripening and cool storage of 'Kensington Pride' mango. *Postharv. Biol. Technol.*, 62, 258-266.

Κεφάλαιο 5. Μετασυλλεκτική φυσιολογία και μετασυλλεκτικοί χειρισμοί καρπών δένδροκομικών ειδών

Σύνοψη

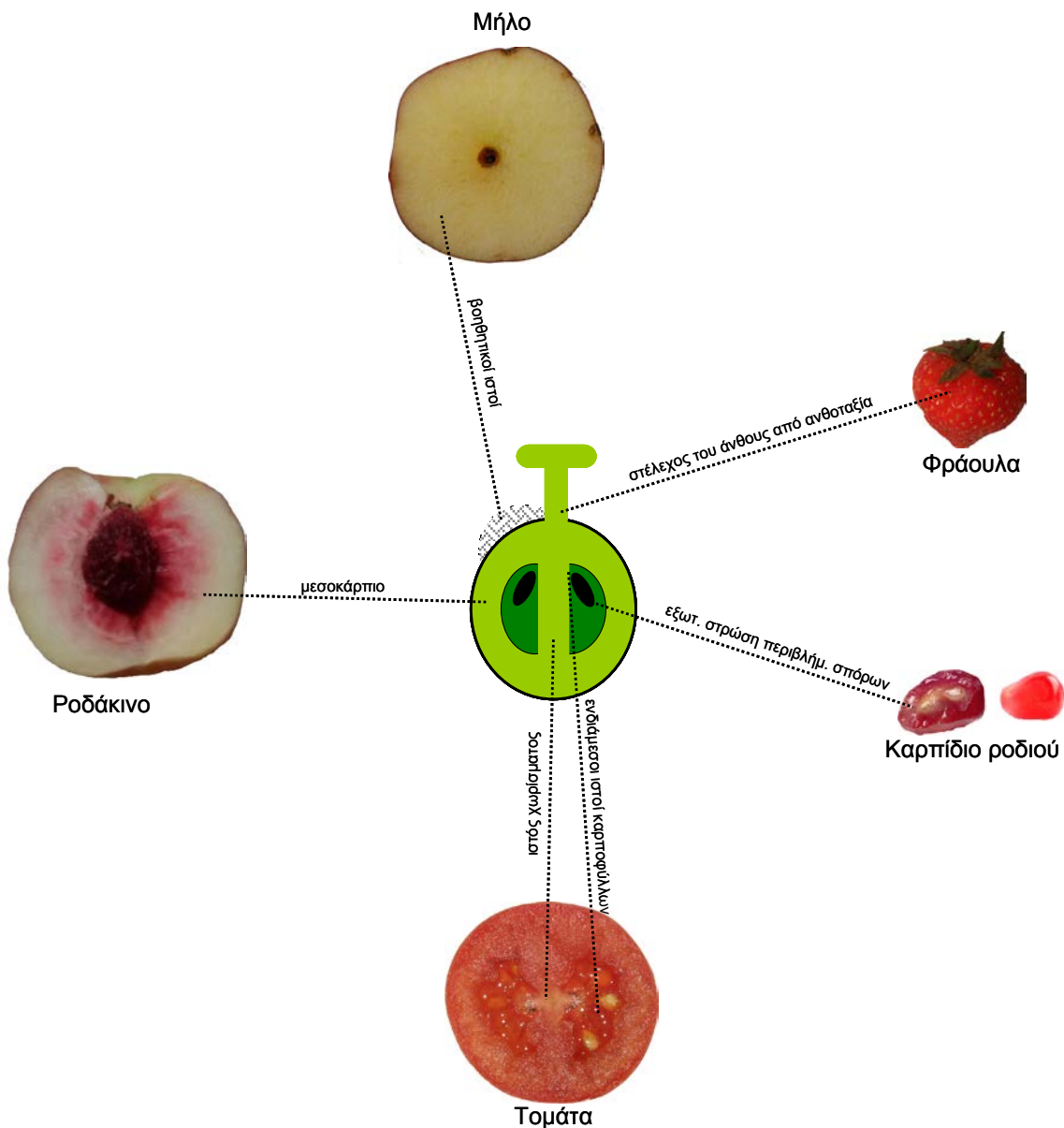
Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται ειδικά στοιχεία που αφορούν τη μετασυλλεκτική φυσιολογία και τους μετασυλλεκτικούς χειρισμούς για τους καρπούς δένδροκομικών ειδών. Συγκεκριμένα, για κάθε είδος ή/και ομάδα ειδών (π.χ. μηλοειδή, πυρηνόκαρπα κ.ά.) αναλύονται τα ειδικά κριτήρια ποιότητας και ωριμότητας, οι σημαντικότερες μεταβολές φυσιολογικών-βιοχημικών χαρακτηριστικών κατά την ωρίμανση και τη μετασυλλεκτική ζωή, οι ειδικές συνθήκες συντήρησης και οι εφαρμοζόμενοι μετασυλλεκτικοί χειρισμοί, ενώ γίνεται αναφορά στις σημαντικότερες φυσιολογικές διαταραχές και μετασυλλεκτικές ασθένειες.

Προαπαιτούμενη γνώση

Για την καλύτερη κατανόηση των ειδικών κριτηρίων ποιότητας και ωριμότητας απαιτείται η γνώση του ορισμού της ποιότητας και των χαρακτηριστικών που την καθορίζουν (Κεφάλαιο 2). Οι μεταβολές κατά την ωρίμανση και η μετασυλλεκτική ζωή κάθε κατηγορίας καρπών προϋποθέτουν τη γνώση της φυσιολογίας της ωρίμανσης και των μεταβολών των διαφόρων χαρακτηριστικών κατά την ωρίμανση που αναλύονται στο Κεφάλαιο 3. Η κατανόηση των συνιστώμενων συνθηκών συντήρησης και του είδους των μετασυλλεκτικών χειρισμών που εφαρμόζονται για κάθε είδος καρπού προαπαιτεί τη γνώση της γενικής δράσης του κάθε παράγοντα-χειρισμού (ψύξη, αιθυλένιο, CO₂ κ.ά) στις φυσιολογικές και μεταβολικές διεργασίες των φυτικών ιστών (Κεφάλαιο 4).

5.1 Εισαγωγή

Το εδώδιμο όργανο στα περισσότερα δένδροκομικά είδη είναι ο καρπός, ο οποίος συγκομίζεται είτε ώριμος ή ανώριμος. Ο καρπός τόσο στους σακχαρώδεις ή νωπούς καρπούς ή φρούτα όσο και στους ξηρούς καρπούς, αποτελεί στην ουσία το αποτέλεσμα της διόγκωσης και ωρίμανσης της ωοθήκης και των σχετικών με αυτή ιστών. Το σαρκώδες τμήμα του καρπού μπορεί να προέλθει είτε από το στύλο ή από άλλους ιστούς (βοηθητικούς). Το τοίχωμα της ωοθήκης που εξελίσσεται σε περικάρπιο μπορεί να είναι σημαντικό για μερικά φρούτα. Πρακτικά, όλα τα ανθικά μέρη μπορεί να μετατραπούν σε σαρκώδες τμήμα. Εξαιτίας της διαφορετικής μορφολογίας που έχουν οι καρποί μεταξύ τους, οι καρποί του κάθε είδους έχουν διαφορετική χημική σύνθεση, ενώ παρουσιάζουν και διαφορετικές φυσικές και βιοχημικές διεργασίες μεταξύ τους.



Εικόνα 5.1 Προέλευση σαρκώδους τμήματος διαφόρων καρπών (Τροποποιημένο από: Kays, 1991).

Οι καρποί μπορούν να διακριθούν σε γνήσιους αν έχουν προέλθει μόνο από τα μέρη-ιστούς της ωοθήκης και σε ψευδείς αν στο σχηματισμό τους συμμετέχουν και άλλοι ιστοί εκτός από την ωοθήκη. Επίσης, οι καρποί μπορούν να διακριθούν σε απλούς ή μονήρεις αν έχουν προέλθει από μια μόνο ωοθήκη (π.χ. ροδάκινο), σε συγκάρπια όταν έχουν προέλθει από πολλές ωοθήκες που βρίσκονται στο ίδιο άνθος (π.χ. φράουλα) και σε πολλαπλούς ή σύνθετους όταν προέρχονται από ωοθήκες πολλών ανθέων που βρίσκονται σε μια ταξιανθία (π.χ. σύκο).

Οι αλλαγές που συμβαίνουν στους καρπούς τόσο κατά τη φυσική τους ωρίμανση όσο και κατά τη διάρκεια διαφόρων προσυλλεκτικών και μετασυλλεκτικών χειρισμών που υφίστανται, επηρεάζονται από τη βασική τους δομή. π.χ. ύπαρξη ινών, κηρού, εφυμενίδας κ.ά. Σε κυτταρικό και υποκυτταρικό επίπεδο συμβαίνουν επίσης σημαντικές αλλαγές καθώς το προϊόν προχωρεί προς το γήρασμο. Τα αποτελέσματα των αλλαγών αυτών οδηγούν σε ποιοτικές μεταβολές με βάση την αντίληψη του καταναλωτή ή/και τη θρεπτική αξία, και καθορίζουν τη διάρκεια της μετασυλλεκτικής ζωής του καρπού. Από τα χαρακτηριστικά της εμφάνισης, το μέγεθος και το σχήμα του καρπού καθορίζονται από το είδος (γενετικά) ή/και από προσυλλεκτικούς-καλλιεργητικούς παράγοντες και δεν παρουσιάζουν μεταβολές, ούτε μπορούν να επηρεαστούν από τους μετασυλλεκτικούς

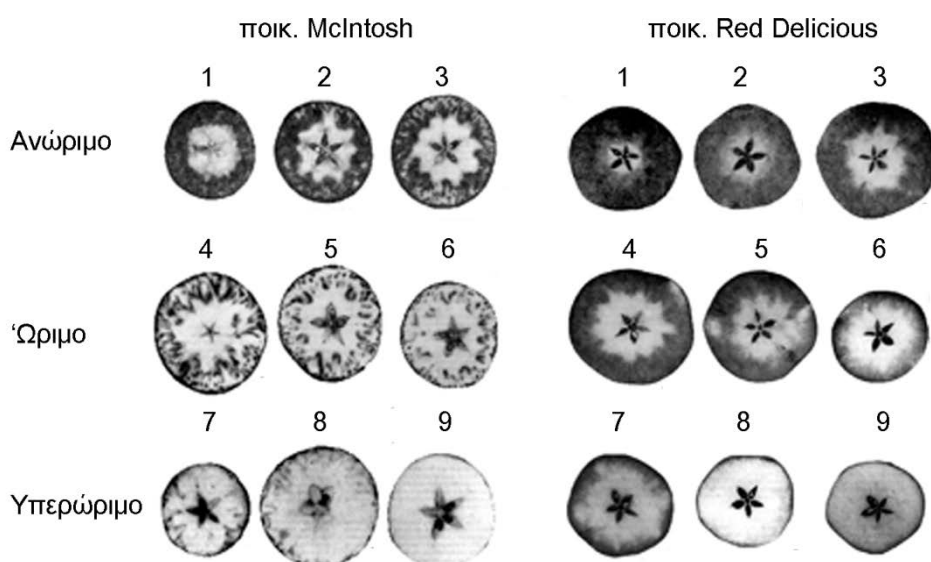
χειρισμούς. Για το λόγο αυτό, παρ' όλο που αποτελούν χαρακτηριστικά ποιότητας, δεν αναλύονται για το κάθε είδος στο παρόν κεφάλαιο.

5.2 Μηλοειδή

Στην κατηγορία των μηλοειδών ανήκουν οι καρποί που προέρχονται από τα δενδρώδη είδη μηλιά (*Malus domestica*), αχλαδιά (*Pyrus communis*), κυδωνιά (*Cydonia oblonga*), ιαπωνική μουσμουλιά (*Eriobotrya japonica*) και ασιατική αχλαδιά ή αχλαδόμηλο (*Pyrus spp.*). Από τα φρούτα αυτά, τα μήλα και τα αχλάδια παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη οικονομική σημασία, ενώ για τα υπόλοιπα είδη τόσο η καλλιέργεια όσο και η διάθεσή τους είναι σχετικά περιορισμένη. Τα μήλα και τα αχλάδια, πέρα από την κατανάλωσή τους ως νωπά φρούτα χρησιμοποιούνται και στη βιομηχανία παραγωγής χυμών.

5.2.1 Κριτήρια ποιότητας και ωριμότητας

Τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά που εξετάζονται για τον καθορισμό της ποιότητας και της ωριμότητας των μηλοειδών είναι το χρώμα, η συνεκτικότητα, το περιεχόμενο σε ολικά διαλυτά στερεά (ΟΔΣ) και η τιτλοδοτούμενη οξύτητα (ΤΟ). Επίσης, κυρίως στα μήλα, για τον καθορισμό της ωριμότητας μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ο δείκτης αμύλου, που βασίζεται στην περιεκτικότητα του καρπού σε άμυλο. Ο δείκτης αμύλου ερμηνεύεται με βάση χρωματικές απεικονίσεις που έχουν δημιουργηθεί για κάθε ποικιλία με τη χρήση χρώσης ιωδίου. Το ιώδιο αντιδρά με το άμυλο δημιουργώντας κυανό-μαύρο χρωματισμό και το στάδιο ωριμότητας εκτιμάται ανάλογα με την επιφάνεια που χρωματίζεται (Εικόνα 5.2). Όσο πιο ώριμος είναι ο καρπός, τόσο μικρότερη είναι η επιφάνεια της σάρκας που έχει χρωματιστεί.



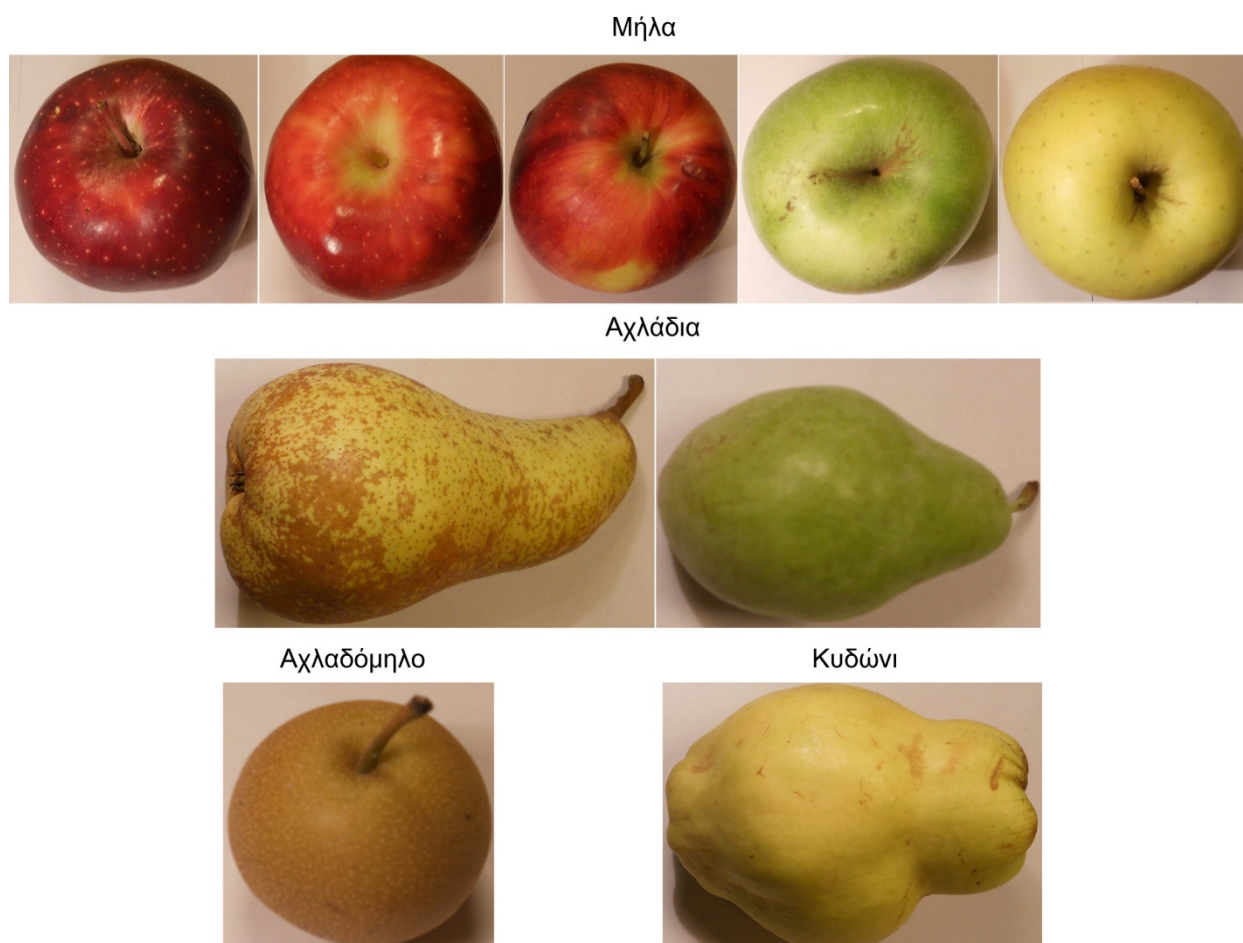
Εικόνα 5.2 Χρωματικές απεικονίσεις με τη χρήση του δείκτη αμύλου για τον προσδιορισμό του σταδίου ωριμότητας δυο ποικιλιών μήλων (Τροποποιημένο από: Ontario Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, 2009).

Άλλα ποιοτικά χαρακτηριστικά των μηλοειδών είναι το άρωμα και η περιεκτικότητα σε αντιοξειδωτικά, που εξαρτώνται κυρίως από την ποικιλία, δεν μετριοούνται με απλές μεθόδους ρουτίνας, ωστόσο, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι μεταβολές τους κατά τη μετασυλλεκτική ζωή των καρπών.

Τα μήλα πρέπει να παρουσιάζουν ικανοποιητική συνολική επιφάνεια χρωματισμού ο οποίος πρέπει να είναι αντιπροσωπευτικός της ποικιλίας. Για τις ποικιλίες με ερυθρό χρωματισμό έχουν θεσπιστεί όρια για το χρώμα του φλοιού, τα οποία καθορίζουν και την κατηγορία ποιότητας (σύμφωνα με τον Κανονισμό 543/2011 – Ε.Ε., 2011). Για μήλα ανώτατης ποιότητας (κατηγορία Extra) θα πρέπει να πληρούνται οι ακόλουθες προδιαγραφές ανάλογα με την ποικιλία:

- Χρωματική ομάδα A: 3/4 της συνολικής επιφάνειας με ερυθρό χρωματισμό (π.χ. ποικιλία Red Delicious).
- Χρωματική ομάδα B: 1/2 της συνολικής επιφάνειας με μεικτό ερυθρό χρωματισμό (π.χ. Fuji).
- Χρωματική ομάδα C: 1/3 της συνολικής επιφάνειας με ελαφρώς ερυθρωπό ή ραβδωτό χρωματισμό (π.χ. Gala, Jonagold).

Οι καρποί που δεν πληρούν τις παραπάνω προδιαγραφές κατατάσσονται σε κατώτερες κατηγορίες ποιότητας, ανάλογα με τις αποκλίσεις του χρώματος (κατηγορίες I και II). Για τις υπόλοιπες ποικιλίες μηλιάς και για τα λοιπά είδη μηλοειδών (αχλάδια, κυδώνια, μούσμουλα, αχλαδόμηλα) το χρώμα πρέπει να είναι χαρακτηριστικό της ποικιλίας (π.χ. για τα μήλα βαθύ πράσινο για την Granny Smith, πράσινο-κιτρινωπό για την Golden Delicious) (Εικόνα 5.3).



Εικόνα 5.3 Καρποί μηλοειδών και χρωματικές παραλλαγές μεταξύ των ποικιλιών σε μήλα και αχλάδια.

Για τα μήλα και τα αχλάδια το κατάλληλο στάδιο ωριμότητας για κατανάλωση (εμπορική ωριμότητα) απαιτεί ελάχιστο ΟΔΣ 11% και μέγιστο ΤΟ 0,8%. Ωστόσο, οι τιμές των χαρακτηριστικών αυτών λόγω του μεγάλου αριθμού ποικιλιών παρουσιάζουν διακυμάνσεις (Πίνακας 5.1). Για τον ίδιο λόγο, υπάρχουν διακυμάνσεις και στη συνεκτικότητα με ενδεικτικές τιμές 6-10 kg για τα αχλάδια και 7-9 kg για τα μήλα όπως προσδιορίζεται από πενετρόμετρο με έμβολο με κοίλο άκρο διαμέτρου 8 mm. Για τον ακριβέστερο προσδιορισμό του σταδίου ωριμότητας και τη ρύθμιση της συντήρησης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και μετρήσεις άλλων χαρακτηριστικών όπως η εσωτερική συγκέντρωση αιθυλενίου (Πίνακας 5.2). Τα κυδώνια συνήθως δεν προορίζονται για νωπή κατανάλωση εξαιτίας της στυφής τους γεύσης και συγκομίζονται μετά την αλλαγή του χρώματος από πράσινο σε κίτρινο, πριν μαλακώσει ο καρπός. Τα μούσμουλα και τα αχλαδόμηλα θα πρέπει να έχουν ΟΔΣ > 10% και 11-14%, αντίστοιχα.

Καρπός	Ολικά διαλυτά στερεά (%)	Τιτλοδοτούμενη οξύτητα (%)
Μήλα		
ποικ. Red Delicious	11,0	0,30
ποικ. Golden Delicious	12,0	0,50
ποικ. Granny Smith	11,0	0,75
ποικ. Fuji	13,5	0,45
Αχλάδια		
ποικ. Williams BC	11,0	0,35
ποικ. Beurre Hardy	11,0	0,45

Πίνακας 5.1 Ενδεικτικές τιμές ολικών διαλυτών στερεών και τιτλοδοτούμενης οξύτητας ώριμων καρπών διαφόρων ποικιλιών μηλοειδών (Από: UC Davis, 2015).

Αριθμός καρπών για δειγματοληψία	Συγκέντρωση αιθυλενίου (ppm)	Σχόλια
10/10	< 0,1	Η συντήρηση συνιστάται να καθυστερήσει για να αποκτήσουν οι καρποί καλύτερο χρώμα και ποιότητα
3/10	0,1-0,5	Κατάλληλοι καρποί για μακρά συντήρηση σε ελεγχόμενη ατμόσφαιρα
3/10	0,5-1	Κατάλληλοι καρποί για μέτρια συντήρηση σε ελεγχόμενη ατμόσφαιρα
3/10	1,5	Κατάλληλοι καρποί για σύντομη συντήρηση σε ελεγχόμενη ατμόσφαιρα
3/10	5-10	Κατάλληλοι καρποί για συντήρηση 4 μηνών σε κοινά ψυγεία ή σε ελεγχόμενη ατμόσφαιρα
3/10	>10	Κατάλληλοι καρποί μόνο για σύντομη συντήρηση

Πίνακας 5.2 Τιμές εσωτερικής συγκέντρωσης αιθυλενίου ως κριτήριο φυσιολογικής ωριμότητας για συντήρηση μήλων (Από: Dilley, 1983).

5.1.2 Φυσιολογία ωρίμανσης και μετασυλλεκτική ζωή

Τα μήλα, αχλάδια και κυδώνια είναι κλιμακτηριακοί καρποί με υψηλά επίπεδα ρυθμού αναπνοής και έκλυσης αιθυλενίου που διαφοροποιούνται μεταξύ των ποικιλιών (Πίνακας 5.3). Τα μούσμουλα θεωρούνται μη κλιμακτηριακοί καρποί, ωστόσο, υπάρχουν ενδείξεις ότι υπό συγκεκριμένες συνθήκες και ανάλογα με την ποικιλία μπορεί να παρουσιάζουν χαρακτηριστικά κλιμακτηριακής ωρίμανσης. Συγκεκριμένα, σε μελέτη πέντε ποικιλιών (Algerie, Cardona, Golden, Magdall και Peluche) που καλλιεργήθηκαν στη μεσογειακή λεκάνη, παρατηρήθηκε κλιμακτηριακό πρότυπο ωρίμανσης με αύξηση της έκλυσης αιθυλενίου που ακολούθησε την αύξηση της έντασης της αναπνοής (Amoros et al., 2003). Στο είδος των αχλαδόμηλων υπάρχουν ποικιλίες που χαρακτηρίζονται ως κλιμακτηριακές (π.χ. Nijisseiki, Kosui και Niitaka) και άλλες ποικιλίες που δεν παρουσιάζουν αύξηση του ρυθμού αναπνοής και χαρακτηρίζονται ως μη κλιμακτηριακές.

Καρπός	Ρυθμός αναπνοής (mL CO ₂ kg ⁻¹ h ⁻¹)	Έκλυση αιθυλενίου (μL kg ⁻¹ h ⁻¹)
Μήλα		
ποικ. Red Delicious	2-5	1-10
ποικ. Golden Delicious	3-6	1-10
ποικ. Granny Smith (0,5 °C)	2-4	1-6
ποικ. Fuji	4-6	2-4
ποικ. Gala	6.5-8	4-15
Αχλάδια	1-3	2-5
Κυδώνια	2,3-5,2	2,3-6,1

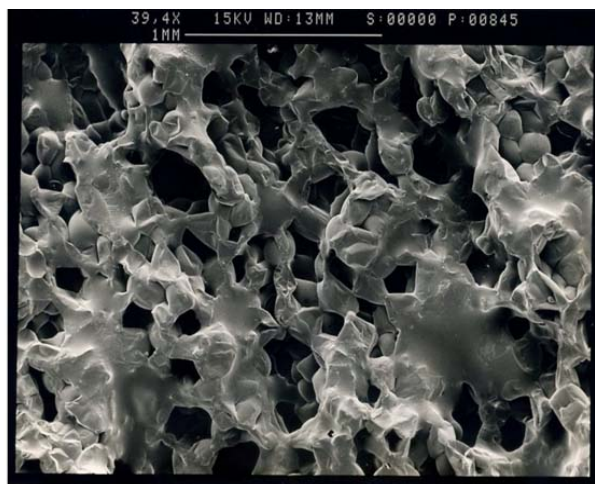
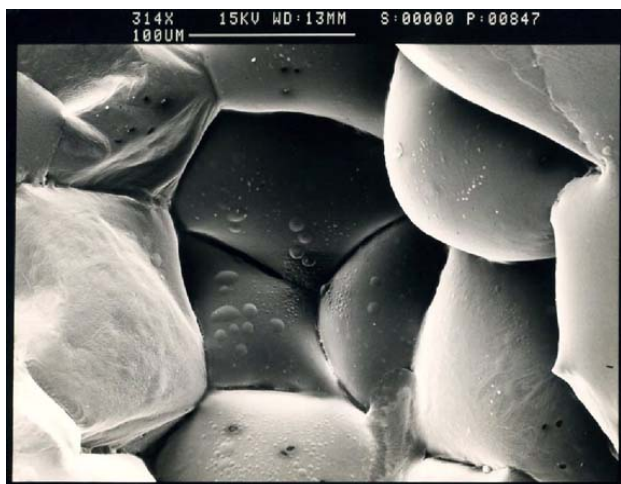
Μούσμουλα	3-5	0,1-0,3
Αχλαδόμηλα¹	1-4	0,1-14

¹ Οι κατώτερες τιμές αναφέρονται σε μη κλιμακτηριακούς καρπούς.

Πίνακας 5.3 Ενδεικτικές τιμές αναπνοής και έκλυσης αιθυλενίου διαφόρων μηλοειδών στους 0 °C (Από: UC Davis, 2015).

Επειδή πάνω στο δέντρο δεν βρίσκονται όλοι οι καρποί στο ίδιο στάδιο ωριμότητας, πρέπει να προσδιορίζονται με προσοχή τα 'παράθυρα συγκομιδής' ώστε η συλλογή για μια συγκεκριμένη χρήση (άμεση διάθεση, βραχυχρόνια συντήρηση, μακρά συντήρηση) να γίνεται σε 2-3 χέρια ή να συγκομίζονται όλοι οι καρποί σε ένα χέρι και να γίνεται διαλογή ώστε για κάθε χρήση να πηγαίνουν καρποί κατάλληλου σταδίου ωριμότητας. Για τα μήλα και τα αχλάδια που αποτελούν τα σημαντικότερα είδη των μηλοειδών, είναι ιδιαίτερα κρίσιμη η επιλογή του κατάλληλου χρόνου συγκομιδής και των μετασυλλεκτικών χειρισμών ώστε να επιτευχθεί ο επιδιωκόμενος χρόνος συντήρησης και η επιθυμητή ποιότητα των καρπών. Ωστόσο, είναι εξαιρετικά δύσκολο να καθοριστούν γενικές και συγκεκριμένες τιμές χαρακτηριστικών ωριμότητας ανάλογα με τον επιδιωκόμενο χρόνο συντήρησης, γιατί οι τιμές διαφέρουν μεταξύ των ποικιλιών. Για τα μήλα αναφέρεται η τιμή δείκτη ιωδίου 2,5 (Εικόνα 5.2) σαν ελάχιστη για την εξασφάλιση αποδεκτής τελικής ποιότητας. Πρώιμα συγκομισμένοι καρποί οδηγούν σε κατώτερη ποιότητα (λιγότερη γλυκύτητα και ασθενέστερο άρωμα) αλλά μπορούν να συντηρηθούν για μακρά διαστήματα (έως και 11 μήνες ανάλογα με το είδος και την ποικιλία), ενώ όψιμα συγκομισμένοι καρποί οδηγούν σε καλύτερη ποιότητα αλλά έχουν μικρή συντηρησιμότητα.

Το μαλάκωμα των μηλοειδών μετασυλλεκτικά αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα αίτια υποβάθμισης της ποιότητας. Για τα μήλα αναφέρεται ότι η πορεία του μαλακώματος κατά τη συντήρηση σε χαμηλή θερμοκρασία ακολουθεί τρεις φάσεις, αποτελούμενη από μια 1^η αργή φάση, ακολουθούμενη από μια 2^η ταχεία φάση μαλακώματος, ενώ στο τελευταίο στάδιο (3^η φάση) η πορεία του μαλακώματος επιβραδύνεται και πάλι (Johnston et al., 2002). Το μαλάκωμα προκαλείται λόγω μεταβολών στα κυτταρικά τοιχώματα (π.χ. διαλυτοποίηση πηκτινών, Εικόνα 5.4) μέσω της δράσης ενζύμων που δρουν στους πολυσακχαρίτες των τοιχωμάτων (βλέπε Κεφάλαιο 3). Η παρουσία ή όχι ενός συγκεκριμένου ενζύμου, η αύξηση της δραστηριότητάς του αλλά και το τελικό αποτέλεσμα της δράσης του, εξαρτάται από το είδος του μηλοειδούς και το στάδιο ωριμότητάς του. Για παράδειγμα, στα μήλα έχουν βρεθεί πηκτινολυτικά και μη πηκτινολυτικά ένζυμα όπως έξω- και ένδο-πολυγαλακτουρονάση (έξω- και ένδο-PG), πηκτινομεθυλεστεράση (PME), λύαση των πηκτινών (PL), β-γαλακτοζιδάση (b-Gal), α-L-arabinofuranosidase (AFase), endo-1,4-β-glucanase (EGase), xyloglucan endotransglycosylase (XET) και expansin με τα ένζυμα b-Gal και AFase να παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη αύξηση δραστηριότητας μετασυλλεκτικά (Goulao et al., 2007). Ωστόσο στον έλεγχο της πορείας της συνεκτικότητας φαίνεται ότι εμπλέκονται και άλλοι μηχανισμοί οι οποίοι σε ορισμένες συνθήκες μπορεί να οδηγήσουν ακόμα και σε αύξηση της συνεκτικότητας μετασυλλεκτικά, με το τελευταίο να αποτελεί εξαίρεση και όχι τον γενικό κανόνα. Στα μούσμουλα έχει παρατηρηθεί αύξηση της συνεκτικότητας κατά τη συντήρηση (στους 8 και 20 °C) η οποία προκαλείται από αύξηση της λιγνίνης μέσω της ενεργοποίησης του μονοπατιού των φαινυλπροπανοειδών (Cai et al., 2006).



Εικόνα 5.4 Εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης που παρουσιάζει πηκτινικές περιοχές σε μήλο ποικιλίας Gloster 69. Αριστερά ανώριμος καρπός, δεξιά ώριμος καρπός με μαλακή υφή που παρουσιάζει περιοχές 'ζελέ' από διαλυτοποίηση πηκτινών (Τσαντίλη, προσωπικό αρχείο).

5.1.3 Συντήρηση και μετασυλλεκτικοί χειρισμοί

Ιδανικές θερμοκρασίες συντήρησης για τα μήλα είναι 0-0,5 °C έως 4 °C, για τα αχλάδια -1 °C έως 0 °C, για τα κυδώνια 0 °C και για τα μούσμουλα 0-5 °C. Η σχετική υγρασία στην ατμόσφαιρα συντήρησης συνιστάται να ρυθμίζεται στο 90-95%. Σε συνθήκες απλής ψύξης τα μήλα συντηρούνται έως 3-8 μήνες, τα αχλάδια έως 4-6 μήνες, τα κυδώνια 2-3 μήνες και τα μούσμουλα 3-4 εβδομάδες. Ωστόσο, θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και η ποικιλία γιατί ο χρόνος συντήρησης μπορεί να διαφέρει σημαντικά (Πίνακας 5.4).

Καρπός	Ποικιλία	Θερμοκρασία (°C)	Σχετική Υγρασία(%)	Διάρκεια συντήρησης (μήνες)
Μηλο	Crispin	1,5-2	90-95	4 μήνες
	Golden Delicious	1,5-2	»	4-6 μήνες
	Granny Smith	(-1)-0	»	3-8 μήνες
	Jonathan	3-3,5	»	3-5 μήνες
	Red Delicious	0-1	»	4-6 μήνες
Αχλαδι	Passe Crassana	(-1)-0	»	5-6 μήνες

Πίνακας 5.4 Συνθήκες συντήρησης ποικιλιών μήλων και αχλαδιών σε απλή ψύξη (Από: Snowdon & Ahmed, 1981).

Η χρήση ελεγχόμενης ατμόσφαιρας (CA) βοηθάει σημαντικά στη διατήρηση της ποιότητας για μικρούς χρόνους συντήρησης (1-2 μήνες) ενώ είναι επιβεβλημένη για καρπούς ανώτερης ποιότητας που συντηρούνται για μεγάλες περιόδους (> 3 μήνες). Για τα μήλα και τα αχλάδια συνιστάται σύσταση ατμόσφαιρας 1-3% O₂ και 0,5-4% CO₂. Η επιλογή της σύστασης της ατμόσφαιρας θα πρέπει να γίνεται με προσοχή λαμβάνοντας υπόψη την ποικιλία, το στάδιο ωριμότητας και την ποιότητα κατά τη συγκομιδή γιατί μπορεί να οδηγήσει σε αρνητικά αποτελέσματα (φυσιολογικές διαταραχές). Για παράδειγμα, όψιμα συγκομισμένα μήλα ποικιλίας Fuji είναι ευαίσθητα στο CO₂ με αποτέλεσμα ακόμα και χαμηλή συγκέντρωση CO₂ (<0,5%) να προκαλεί εσωτερικό καφέτισμα (internal browning).

Κατά τη συντήρηση των μηλοειδών είναι ιδιαίτερα κρίσιμος ο έλεγχος της επίδρασης του αιθυλενίου. Για το σκοπό αυτό συνιστάται να χρησιμοποιούνται τεχνολογίες απομάκρυνσης του αιθυλενίου από τους θαλάμους συντήρησης ή/και ο χειρισμός των καρπών με 1-MCP. Η χρήση του 1-MCP πρέπει να γίνεται με προσοχή δεδομένου ότι τα αποτελέσματά του επηρεάζονται από πολλούς παράγοντες, όπως η ποικιλία (Tsantili et al., 2007). Τα μήλα είναι το είδος που έχει

μελετηθεί περισσότερο η δράση του 1-MCP και στον Πίνακα 5.5 παρουσιάζονται συνοπτικά οι παράγοντες που επηρεάζουν την αντίδραση των καρπών στο 1-MCP.

Ποικιλία
Στάδιο ωριμότητας
Τύπος συντήρησης (σε κοινό θάλαμο ή σε ελεγχόμενες ατμόσφαιρες)
Χρόνος μεταξύ συγκομιδής και εφαρμογής του 1-MCP
Επαναληπτική εφαρμογή με 1-MCP
Μεταβολισμός διφαινυλαμίνης (DPA)
Υλικό του θαλάμου έκθεσης

Πίνακας 5.4 Συνοπτική παρουσίαση των παραγόντων που έχει βρεθεί να επηρεάζουν την αντίδραση των μήλων στο 1-MCP (Από: Watkins, 2008).

Σε καρπούς μηλοειδών μετά από μακρά συντήρηση μπορεί να γίνει έκθεση σε αιθυλένιο ($100 \mu\text{L L}^{-1}$) για 24-48 h σε θερμοκρασία 20-25 °C με σκοπό την ομοιομορφία της ωρίμανσης και τη βελτίωση του αρώματος πριν οδηγηθούν στην αγορά. Από τους λοιπούς μετασυλλεκτικούς χειρισμούς, στα μηλοειδή χρησιμοποιούνται εμπορικά το κέρωμα ή/και οι εδώδιμες μεμβράνες, οι θερμικοί χειρισμοί και οι χειρισμοί με ασβέστιο ιδιαίτερα για τις ποικιλίες που είναι πολύ ευαίσθητες στην πικρή στιγμάτωση (bitter pit) (μήλα των ποικιλιών Granny Smith, Fuji).

5.1.4 Φυσιολογικές διαταραχές και μετασυλλεκτικές ασθένειες

Οι σημαντικότερες φυσιολογικές διαταραχές των μηλοειδών κατά τη συντήρηση είναι η πικρή στιγμάτωση και το επιφανειακό ζεμάτισμα για τα μήλα, ενώ για τα αχλάδια το επιφανειακό ζεμάτισμα, το καφέτσιασμα καρδιάς και η κατάρρευση καρδιάς.

Όλα τα μηλοειδή είναι ευαίσθητα σε προσβολές από *Penicillium expansum*, ενώ τα αχλάδια είναι ευαίσθητα και σε προσβολές από βοτρυτή (*Botrytis cinerea*).

5.2 Πυρηνόκαρπα

Στην κατηγορία των πυρηνοκάρπων ανήκουν οι καρποί που προέρχονται από τα δενδρώδη είδη ροδακινιά και νεκταρινιά (*Prunus persica*), βερικοκιά (*Prunus americana*), κερασιά (*Prunus avium*), βουσινιά (*Prunus cerasus*) και δαμασκηνιά ευρωπαϊκή (*Prunus domestica*) και ιαπωνική (*Prunus salicina*). Βοτανικά, στα πυρηνόκαρπα ανήκει και η αμυγδαλιά (*Prunus amygdalus*) αλλά λόγω της χρήσης του εδώδιμου προϊόντος αναφέρεται στους ξηρούς καρπούς (παράγραφος 5.5). Τα πυρηνόκαρπα εκτός από νωπή κατανάλωση χρησιμοποιούνται και ως πρώτη ύλη στη μεταποιητική βιομηχανία για παραγωγή κομπόστας (π.χ. ροδάκινα), χυμών (όλα τα είδη) ή αποξηραίνονται (π.χ. δαμάσκηνα).

5.2.1 Κριτήρια ποιότητας και ωριμότητας

Για τα πυρηνόκαρπα τα χαρακτηριστικά που εξετάζονται για τον χαρακτηρισμό της ποιότητας και της ωριμότητας είναι το χρώμα, η συνεκτικότητα, το άρωμα, τα ολικά διαλυτά στερεά (ΟΔΣ), η τιτλοδοτούμενη οξύτητα (ΤΟ) και ο λόγος ΟΔΣ/ΤΟ. Επίσης, τα τελευταία χρόνια δίνεται ιδιαίτερη έμφαση σε χαρακτηριστικά ποιότητας των πυρηνοκάρπων με βάση τη θρεπτική αξία, με έμφαση στα καροτενοειδή, τις ανθοκυανίνες και τις βιταμίνες Α και C. Από τα χαρακτηριστικά αυτά, τα καροτενοειδή και οι ανθοκυανίνες επηρεάζουν και την ποιότητα με βάση το χρώμα. Τα κεράσια και τα δαμάσκηνα είναι τα πιο πλούσια σε ανθοκυανίνες πυρηνόκαρπα.

Για τα ροδάκινα και τα νεκταρινιά έχουν θεσπιστεί ειδικές προδιαγραφές ποιότητας με βάση τον Κανονισμό 543/2011 της Ε.Ε. (βλέπε Κεφάλαιο 2). Οι καρποί πρέπει να έχουν χρώμα χαρακτηριστικό της ποικιλίας, η ελάχιστη τιμή για τα ΟΔΣ είναι το 8% και μεγέθη για την κατηγορία Extra (διάμετρος 56 mm ή 85 g βάρος) και τις κατηγορίες I και II (διάμετρος 51 mm ή 65 g βάρος). Πέρα από τις ποιοτικές προδιαγραφές της νομοθεσίας, για την αποδοχή του καταναλωτή είναι επιθυμητές υψηλές τιμές ΟΔΣ (> 10%) και ΟΔΣ/ΤΟ και συνεκτικότητα 1,5-3,5 kg (πενετρόμετρο 8 mm). Για τα βερίκοκα είναι επιθυμητές τιμές ΟΔΣ > 10%, μέτρια οξύτητα 0,7-1% και συνεκτικότητα

1,5-2 kg για καρπούς έτοιμους προς κατανάλωση. Για τα κεράσια απαιτούνται υψηλότερες τιμές ΟΔΣ 14-16% και ειδικό ποιοτικό χαρακτηριστικό αποτελεί ο ποδίσκος του καρπού. Συγκεκριμένα, για τα κεράσια είναι απαραίτητη η παρουσία του ποδίσκου και οι καρποί καλής ποιότητας πρέπει να έχουν πράσινο ποδίσκο (απουσία καφετιάσματος) που αποσπάται σχετικά δύσκολα από τον καρπό (υψηλές τιμές δύναμης απόσπασης ποδίσκου).

5.2.2 Φυσιολογία ωρίμανσης και μετασυλλεκτική ζωή

Τα πυρηνόκαρπα είναι κλιμακτηριακοί καρποί πλην των κερασιών που είναι μη κλιμακτηριακοί. Στον Πίνακα 5.6 δίνονται ενδεικτικές τιμές του ρυθμού αναπνοής και έκλυσης αιθυλενίου των πυρηνοκάρπων. Επειδή οι καρποί των πυρηνοκάρπων δεν συντηρούνται για μεγάλα διαστήματα αλλά και η ωρίμανση όλων των καρπών σε ένα δέντρο δεν είναι ταυτόχρονη (Εικόνα 5.5), συνήθως η συγκομιδή τους γίνεται σε περισσότερα του ενός χέρια ή γίνεται καθορισμός της μετασυλλεκτικής χρήσης με βάση το στάδιο ωριμότητας κατά τη συγκομιδή (Πίνακας 5.7).

Καρπός	Ρυθμός αναπνοής (mL CO ₂ kg ⁻¹ h ⁻¹)	Έκλυση αιθυλενίου (μL kg ⁻¹ h ⁻¹)
Ροδάκινα-Νεκταρίνια	2-3	< 0,01-5 ¹
Βερίκοκα	2-4	< 0,1
Κεράσια (20 °C)	3-5	<1
Δαμάσκηνα	1-1,5	< 0,01-5 ¹

¹ Οι κατώτερες τιμές αναφέρονται σε καρπούς στο στάδιο της φυσιολογικής ωριμότητας (πρώιμη συγκομιδή) και οι ανώτερες σε ώριμους καρπούς.

Πίνακας 5.6 Ενδεικτικές τιμές ρυθμού αναπνοής και έκλυσης αιθυλενίου διαφόρων πυρηνοκάρπων στους 0 °C (Από: UC Davis, 2015).



Εικόνα 5.5 Καρποί ροδάκινων σε διαφορετικά στάδια ωριμότητας πάνω στο δέντρο.

Στάδιο ωριμότητας	Μέρες για να φτάσει ο καρπός στην εμπορική ωριμότητα στους 18-21 °C	Αντίσταση στην πίεση με πενετρόμετρο 5/16'' lb	Συντηρησιμότητα (μέρες)		Σχόλια
			24-35 °C	7 °C	
Καρπός σκληρός πράσινος	6-8	15-18	7-10	-	Οι καρποί δεν ωριμάζουν ικανοποιητικά και δεν αποκτούν την άριστη ποιότητα για τον

					καταναλωτή
Καρπός με συνεκτική σάρκα	5-6	10-14	6-10	10-21	Οι καρποί ωριμάζουν ικανοποιητικά
Καρπός με συνεκτική ώριμη σάρκα	4-5	7-10	5-10	10-1	Το χρώμα του φλοιού αρχίζει να κιτρινίζει στις κιτρινόσαρκες ποικιλίες αλλά δεν έχει φτάσει σε άριστη κατάσταση για κατανάλωση
Καρπός ώριμος από το δέντρο	1-3	4-6	3-7	7-15	Ο καρπός είναι σε άριστη κατάσταση για κατανάλωση. Ο χρόνος συντήρησης είναι μόνο για 1-2 μέρες
Καρπός ώριμος	0	2-3	2-3	5-7	Ο καρπός γευστικά είναι καλός αλλά ακατάλληλος για διακίνηση

Πίνακας 5.7 Στάδια ωριμότητας ροδάκινων σε σχέση με τον τρόπο διακίνησης και διάθεσης του προϊόντος. (Από: Σφακιωτάκης, 1995).

Παρόλο που τα πυρηνόκαρπα, πλην των κερασιών, είναι κλιμακτηριακοί καρποί, στο στάδιο της φυσιολογικής ωριμότητας δεν διατηρούν μεγάλα αποθέματα αμύλου με αποτέλεσμα να μην παρατηρείται μεγάλη αύξηση των σακχάρων μετασυλλεκτικά. Κατά την ωρίμανση των πυρηνοκάρπων συσσωρεύονται καροτενοειδή και ανθοκυανίνες, βελτιώνοντας την ποιότητα με βάση το χρώμα αλλά και τη θρεπτική αξία. Ωστόσο, κατά τη συντήρηση, ενώ τα καροτενοειδή είναι σχετικά σταθερά, οι ανθοκυανίνες οξειδώνονται γρήγορα με αποτέλεσμα την υποβάθμιση της θρεπτικής αξίας αλλά και της εμφάνισης λόγω καφετιάσματος. Το μαλάκωμα στα πυρηνόκαρπα αποτελεί σημαντικό πρόβλημα κατά τη συντήρηση και συντελείται κυρίως λόγω της διαλυτοποίησης των πηκτινών (βλέπε Κεφάλαιο 3). Ο ρυθμός μαλακώματος εξαρτάται από το είδος και την ποικιλία. Γενικά, θεωρείται ότι τα βερίκοκα έχουν υψηλή ταχύτητα μαλακώματος που φτάνει το 1,5 kg ανά ημέρα στους 20° C. Στα κεράσια σημαντική ποιοτική υποβάθμιση μετασυλλεκτικά αποτελεί η μείωση της δύναμης απόσπασης του ποδίσκου (ΔΑΠ) και το καφέτιασμα του ποδίσκου.

5.2.3 Συντήρηση και μετασυλλεκτικοί χειρισμοί

Τα πυρηνόκαρπα δεν αντέχουν σε μακρά συντήρηση. Ανάλογα με την ποικιλία, τα ροδάκινα, τα νεκταρίνια, τα βερίκοκα και τα δαμάσκηνα μπορούν να συντηρηθούν για 1-8 εβδομάδες. Τα κεράσια έχουν ακόμα μικρότερη διάρκεια συντήρησης που δεν ξεπερνά τις 4 εβδομάδες. Συνιστώμενες θερμοκρασίες συντήρησης είναι από -1 έως 0 °C, αλλά θα πρέπει να δίνεται προσοχή να μην πέσουν σε τιμές που οδηγούν σε πάγωμα των καρπών (-3 έως -1 °C ανάλογα με τα ΟΔΣ του καρπού). Η σχετική υγρασία των ψυκτικών θαλάμων συνιστάται να ρυθμίζεται στο 90-95%. Η χρήση ελεγχόμενης ατμόσφαιρας (CA) βοηθά σημαντικά στη διατήρηση της ποιότητας και ανάλογα με την ποικιλία η σύσταση της ατμόσφαιρας μπορεί να ρυθμιστεί στο 1-2% O₂ και 3-5% CO₂ για ροδάκινα, νεκταρίνια και δαμάσκηνα και στο 2-3% O₂ και 2-3% CO₂ για τα βερίκοκα. Για τα κεράσια προτείνεται η χρήση τροποποιημένης ατμόσφαιρας που οδηγεί σε σύσταση αερίων 3-10% O₂ και 10-15% CO₂. Στα ροδάκινα, υπάρχει η ιδιαιτερότητα να εμφανίζουν 'μάλλινη υφή' όταν συντηρούνται σε θερμοκρασίες 2,5-7,5 °C με ταυτόχρονη απομάκρυνση αιθυλενίου για περισσότερο από 3 βδομάδες (Tsantili et al., 2010).

Η πρόψυξη θεωρείται απαραίτητη για την ικανοποιητική συντήρηση όλων των πυρηνοκάρπων. Στα πυρηνόκαρπα, πλην των κερασιών μέχρι σήμερα, η χρήση 1-MCP έχει θετικά αποτελέσματα στην μείωση των φυσιολογικών διαταραχών (μάλλινη υφή, εσωτερική κατάρρευση κ.α.) (Watkins, 2008). Το όζον έχει χρησιμοποιηθεί με επιτυχία σε όλα τα πυρηνόκαρπα (Suslow,

2004). Επίσης, έχουν δοκιμαστεί με επιτυχία η χρήση NO (Manjunatha et al., 2012) και θερμικών χειρισμών, με αποτέλεσμα την επιμήκυνση του χρόνου συντήρησης (Lurie, 1998). Σε κεράσια έχουν εφαρμοστεί με επιτυχία μετασυλλεκτικές (Wang et al., 2015) και προσυλλεκτικές (Tsantili et al., 2006) εφαρμογές με CaCl_2 για τη βελτίωση της υφής των καρπών.

5.2.4 Φυσιολογικές διαταραχές και μετασυλλεκτικές ασθένειες

Οι σημαντικότερες φυσιολογικές διαταραχές είναι η εσωτερική κατάρρευση και η μάλλινη υφή σε ροδάκινα, νεκταρίνια και δαμάσκηνα και η ζελατινώδης κατάρρευση στα βερίκοκα.

Όλα τα πυρηνόκαρπα είναι ευαίσθητα σε μετασυλλεκτικές προσβολές από μονίλια (*Monilinia fruticola*) και σε προσβολές από βοτρυτή (*Botrytis cinerea*).

5.3 Εσπεριδοειδή

Τα πορτοκάλια (*Citrus sinensis*), τα λεμόνια (*Citrus limon*) και τα μανταρίνια (*Citrus reticulata*) είναι τα σημαντικότερα είδη της κατηγορίας των εσπεριδοειδών. Επίσης, εσπεριδοειδή που παρουσιάζουν οικονομική σημασία λόγω της χρήσης των καρπών τους είναι το γκρέιπ-φρουτ (*Citrus paradisi*), η φράππα (*Citrus grandis*) και η λιμετία (lime - *Citrus aurantifolia*). Τα εσπεριδοειδή εκτός από τη κατανάλωσή τους ως νωπά, χρησιμοποιούνται ευρύτατα και για χυμοποίηση.

5.3.1 Κριτήρια ποιότητας και ωριμότητας

Τα βασικά χαρακτηριστικά ποιότητας και ωριμότητας των εσπεριδοειδών είναι το μέγεθος, το χρώμα, η περιεκτικότητα σε χυμό, τα ολικά διαλυτά στερεά (ΟΔΣ) και ο λόγος ΟΔΣ / τιτλοδοτούμενη οξύτητα (ΤΟ). Άλλα ποιοτικά χαρακτηριστικά όπως η συνεκτικότητα είναι δευτερεύουσας σημασίας, ενώ χαρακτηριστικά όπως το άρωμα και η περιεκτικότητα σε αντιοξειδωτικά (βιταμίνη C) πρέπει να λαμβάνονται υπόψη. Σημαντικός ποιοτικός χαρακτήρας είναι η απουσία γιγάρτων από τους καρπούς που εξαρτάται σχεδόν αποκλειστικά από την ποικιλία.

Για τα σημαντικότερα εσπεριδοειδή (πορτοκάλια, μανταρίνια και λεμόνια) έχουν νομοθετηθεί ελάχιστες απαιτήσεις ποιότητας και ωριμότητας για τη διάθεση τους προς κατανάλωση ή/και μεταποίηση (χυμοποίηση) με βάση τον κανονισμό 543/2011 (Ε.Ε., 2011 - Πίνακας 5.8). Τα εσπεριδοειδή που πληρούν αυτές τις απαιτήσεις ωρίμανσης μπορούν να υποβάλλονται σε αποπρασινισμό.

Καρπός	Περιεκτικότητα σε χυμό (%)	ΟΔΣ/ΤΟ	Χρωματισμός
Πορτοκάλια			
Σαγκουίνια	30	6,5:1	Πρέπει να είναι ο τυπικός της ποικιλίας. Επιτρέπονται καρποί με ανοιχτοπράσινο χρώμα, υπό τον όρο ότι ο χρωματισμός αυτός δεν υπερβαίνει το ένα πέμπτο της συνολικής επιφάνειας του καρπού και ότι πληρούν τις ελάχιστες απαιτήσεις ως προς την περιεκτικότητα σε χυμό.
Ομάδα ναβελίνων	33	6,5:1	
Λοιπές ποικιλίες	35	6,5:1	
Mosambi, Sathgudi και Pacitan με πράσινο χρώμα που υπερβαίνει το ένα πέμπτο	33		
Άλλες ποικιλίες με πράσινο χρώμα που υπερβαίνει το ένα πέμπτο	45		
Μανταρίνια			
Σατσούμα	33	6,5:1	Πρέπει να είναι ο τυπικός της ποικιλίας κατά το ένα τρίτο τουλάχιστον της επιφάνειας του καρπού.
Κλημεντίνες	40	7,0:1	
Άλλες ποικιλίες και υβρίδια	33	7,5:1	
Λεμόνια			
	20		Πρέπει να είναι ο τυπικός της ποικιλίας. Επιτρέπονται καρποί με πράσινο χρώμα (εάν δεν είναι σκούρο), υπό τον όρο ότι πληρούν τις ελάχιστες απαιτήσεις όσον αφορά

Πίνακας 5.8 Ελάχιστες απαιτήσεις ποιότητας και ωρίμανσης εσπεριδοειδών με βάση τον Καν. 543/2011 της Ε.Ε.

Για τα υπόλοιπα εσπεριδοειδή δεν υπάρχουν ακόμα νομοθετημένες απαιτήσεις ποιότητας-ωριμότητας. Για τα γκρέιπ-φρουτ απαιτείται περιεκτικότητα σε χυμό > 35%, ΟΔΣ > 7% και ΟΔΣ/ΤΟ > 5,5:1. Για τη φράπα απαιτείται περιεκτικότητα σε χυμό > 40%, ΟΔΣ > 9% και ΟΔΣ/ΤΟ > 9,0:1. Για τις λιμετίες (lime) ορίζεται περιεκτικότητα σε χυμό > 40%. Για τα είδη αυτά, αποδεκτό χρώμα για κατανάλωση είναι όταν έχει αναπτυχθεί το χαρακτηριστικό χρώμα του είδους (κίτρινο), εκτός από τη λιμετία που παρόλο που ο πλήρως ώριμος καρπός έχει κίτρινο χρωματισμό, αποδεκτό στάδιο για τον καταναλωτή είναι πριν την ανάπτυξη του κίτρινου χρώματος (πράσινος καρπός), ώστε να ξεχωρίζει από τα λεμόνια (κίτρινοι καρποί).

5.3.2 Φυσιολογία ωρίμανσης και μετασυλλεκτική ζωή

Τα εσπεριδοειδή είναι μη κλιμακτηριακοί καρποί. Ενδεικτικά επίπεδα αναπνοής και έκλυσης αιθυλενίου παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.9.

Καρπός	Ρυθμός αναπνοής (mL CO ₂ kg ⁻¹ h ⁻¹)	Έκλυση αιθυλενίου (μL kg ⁻¹ h ⁻¹)
Πορτοκάλια	11-17	< 0,1
Λεμόνια	10-14	< 0,1
Λιμετίες	6-10	< 0,1

Πίνακας 5.9 Ενδεικτικές τιμές ρυθμού αναπνοής και έκλυσης αιθυλενίου διαφόρων εσπεριδοειδών στους 20 °C (Πηγή UC Davis, 2015).

Κατά την ωρίμανση των εσπεριδοειδών πάνω στο δέντρο αυξάνονται τα ΟΔΣ (συσσώρευση σακχάρων), η περιεκτικότητα σε χυμό και σε βιταμίνη C, μειώνεται η ΤΟ και αναπτύσσεται το άρωμα. Επειδή τα χαρακτηριστικά αυτά δεν μεταβάλλονται μετασυλλεκτικά, η συγκομιδή θα πρέπει να γίνεται όταν τουλάχιστον τα ΟΔΣ, η περιεκτικότητα σε χυμό και η ΤΟ έχουν τις ελάχιστες αποδεκτές τιμές. Κατά την ωρίμανση των εσπεριδοειδών γίνεται αλλαγή του χρώματος από πράσινο σε κίτρινο-πορτοκαλί, λόγω αποδόμησης των χλωροφυλλών και της βιοσύνθεσης χρωστικών (κυρίως καροτενοειδών). Σε αντίθεση με τα άλλα ποιοτικά-βιοχημικά χαρακτηριστικά, η αλλαγή του χρώματος μπορεί να γίνει τόσο πάνω στο δέντρο όσο και μετασυλλεκτικά. Αυτό συμβαίνει γιατί στα εσπεριδοειδή έχει βρεθεί ότι το εξωγενές αιθυλένιο μπορεί να δράσει σε μεταβολικές διεργασίες που ελέγχουν το χρώμα. Συγκεκριμένα, το αιθυλένιο προωθεί την αποδόμηση των χλωροφυλλών αυξάνοντας τη *de novo* σύνθεση της χλωροφυλλάσης και προωθεί τη βιοσύνθεση καροτενοειδών (Knee et al., 1988; Fujii et al., 2007). Στην ποικιλία πορτοκαλιών Valencia παρατηρείται το φαινόμενο οι ώριμοι καρποί που έχουν αποκτήσει το χαρακτηριστικό τους χρώμα (πορτοκαλί) να επαναπρασινίζουν όταν παραμένουν πάνω στο δέντρο, λόγω μετατροπής των χρωμοπλάστων σε χλωροπλάστες. Σε τροπικές χώρες όπου οι θερμοκρασίες στον αγρό είναι υψηλές, τα πορτοκάλια παραμένουν πράσινα και η αποδόμηση της χλωροφύλλης αργεί πολύ.

5.3.3 Συντήρηση και μετασυλλεκτικοί χειρισμοί

Ο χρόνος και οι θερμοκρασίες συντήρησης των εσπεριδοειδών εξαρτώνται ιδιαίτερα από το είδος και την ποικιλία. Οι καρποί των εσπεριδοειδών είναι ευαίσθητοι σε κρουοτραυματισμούς και δύσκολα ανέχονται θερμοκρασίες κάτω από 2-3 °C, αν και ορισμένες ποικιλίες μπορούν να συντηρηθούν και κοντά στους 0 °C. Σε ένα εύρος θερμοκρασιών 0-15 °C η γενική κατάταξη των εσπεριδοειδών με βάση την ανεκτικότητα τους σε χαμηλές θερμοκρασίες συντήρησης είναι: μανταρίνια - πορτοκάλια > λεμόνια - γκρέιπ-φρουτ - φράπες > λιμετίες. Τα πορτοκάλια συντηρούνται στους 3-8 °C για διάστημα έως 3 μήνες, ωστόσο υπάρχουν ποικιλίες (π.χ. Valencia) για τις οποίες συνιστάται θερμοκρασία > 9 °C. Τα μανταρίνια συντηρούνται στους 5-8 °C για 6-8 εβδομάδες, για τα λεμόνια, τα γκρέιπ-φρουτ και τις λιμετίες συνιστάται θερμοκρασία 10-14 °C για συντήρηση 6-8 εβδομάδων. Για όλα τα

εσπεριδοειδή η σχετική υγρασία στην ατμόσφαιρα συντήρησης πρέπει να είναι 90-95%. Η χρήση ελεγχόμενης ατμόσφαιρας (CA) δεν εφαρμόζεται εμπορικά σε μεγάλη κλίμακα. Ρύθμιση της ατμόσφαιρας σε επίπεδα 5-10% O₂ και 0-10% CO₂ μπορεί να είναι χρήσιμη για την καθυστέρηση του γηρασμού και τη διατήρηση της συνεκτικότητας, αλλά θα πρέπει να επιλέγεται με προσοχή, γιατί μπορεί να οδηγήσει σε ανεπιθύμητο άρωμα των καρπών και την εκδήλωση φυσιολογικών διαταραχών.

Ευρέως χρησιμοποιούμενος μετασυλλεκτικός χειρισμός των εσπεριδοειδών είναι ο αποπρασινισμός που γίνεται με προσθήκη εξωγενούς αιθυλενίου σε δόσεις 1-10 μL L⁻¹, όπως περιγράφεται αναλυτικά στο Κεφάλαιο 10. Από τους λοιπούς μετασυλλεκτικούς χειρισμούς, στα εσπεριδοειδή χρησιμοποιούνται το κέρωμα ή/και οι εδώδιμες μεμβράνες, οι θερμικοί χειρισμοί (Fallik, 2004) και οι χειρισμοί με εγκεκριμένα μυκητοκτόνα. Για τη μείωση των προσβολών από τη μύγα της Μεσογείου έχει δοκιμαστεί με επιτυχία η μέθοδος της εφαρμογής ραδιοσυχνότητας (Birla et al., 2005).

5.3.4 Φυσιολογικές διαταραχές και μετασυλλεκτικές ασθένειες

Οι σημαντικότερες παρατηρούμενες φυσιολογικές διαταραχές των εσπεριδοειδών είναι συμπτώματα κρουτραυματισμών και η ελαιοκυττάρωση.

Τα εσπεριδοειδή είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα σε μυκητολογικές προσβολές και προβλήματα προκαλούνται από τα παθογόνα *Penicillium spp*, *Phytophthora spp*. και *Alternaria spp*.

5.4 Σταφύλι

5.4.1 Κριτήρια ποιότητας και ωριμότητας

Τα κύρια χαρακτηριστικά ποιότητας και ωριμότητας των σταφυλιών (*Vitis vinifera*) είναι το χρώμα του φλοιού, τα ολικά διαλυτά στερεά (ΟΔΣ) και ο λόγος ΟΔΣ / τιτλοδοτούμενη οξύτητα (ΤΟ). Το χρώμα του φλοιού που είναι χαρακτηριστικό της κάθε ποικιλίας μπορεί να είναι από κίτρινο-πράσινο (π.χ. Σουλτανίνα) έως και ιώδες-μαύρο (Μοσχάτο Αμβούργου). Σημαντικό ποιοτικό χαρακτηριστικό αποτελεί η εμφάνιση του βόστρυχου που απαιτείται να είναι πράσινος. Παράλληλα, επιθυμητό χαρακτηριστικό ποιότητας αποτελεί η απουσία γιγάρτων από τις ράγες, γεγονός που εξαρτάται αποκλειστικά από το γονότυπο (αγίγαρτες ποικιλίες). Άλλα σημαντικά χαρακτηριστικά είναι η συνεκτικότητα και η περιεκτικότητα σε ανθοκυανίνες στις ποικιλίες με έγχρωμο φλοιό.

Για τα σταφύλια, το κατάλληλο στάδιο ωριμότητας για κατανάλωση απαιτεί ελάχιστο ΟΔΣ 12% και λόγο ΟΔΣ/ΤΟ > 18:1. Ωστόσο, οι τιμές των χαρακτηριστικών αυτών λόγω του μεγάλου αριθμού ποικιλιών παρουσιάζουν διακυμάνσεις (Πίνακας 5.10). Για επιτραπέζια χρήση, το βάρος του βότρυ (τσαμπί) πρέπει να είναι τουλάχιστον 75 g και ο χρωματισμός των ραγών ομοιόμορφος και χαρακτηριστικός της ποικιλίας (Ε.Ε., 2011).

Ποικιλία	ΟΔΣ (%)
Alphonse Lavallée, Cardinal και Victoria	12
Όλες οι λοιπές ποικιλίες με γίγαρτα	13
Όλες οι αγίγαρτες ποικιλίες	14

Πίνακας 5.10 Ελάχιστες απαιτήσεις ωρίμανσης των σταφυλιών με βάση τον Καν. 543/2011 (Από: Ε.Ε., 2011).

5.4.2 Φυσιολογία ωρίμανσης, μετασυλλεκτική ζωή, συντήρηση, προ- και μετασυλλεκτικοί χειρισμοί

Τα σταφύλια είναι μη κλιμακτηριακοί καρποί. Ενδεικτικές τιμές ρυθμού αναπνοής στους 0 °C είναι 1-2 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ και στους 20 °C 12-15 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹. Η έκλυση αιθυλενίου είναι < 0,1 μL kg⁻¹ h⁻¹ στους 20 °C.

Πάνω στο πρέμνο συμβαίνουν οι τυπικές διεργασίες ωρίμανσης (συσσώρευση σακχάρων, μείωση οργανικών οξέων, αποδόμηση χλωροφύλλης, σύνθεση χρωστικών και μαλάκωμα της ράγας). Ωστόσο, η ωρίμανση των ραγών πάνω στο βότρυ δεν είναι ταυτόχρονη, δημιουργώντας προβλήματα ομοιομορφίας κυρίως ως προς το χρώμα του φλοιού. Στις ποικιλίες που απαιτείται

κόκκινο έως ιώδες-μαύρο χρώμα λόγω της παρουσίας ανθοκυανινών, η ανομοιομορφία των ραγών ως προς το χρώμα του φλοιού μπορεί να καταστήσει το προϊόν μη εμπορεύσιμο (Εικόνα 5.6). Για να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα αυτό, συνήθως η συγκομιδή γίνεται σε πολλά χέρια (2-3) ή/και εφαρμόζονται προσυλλεκτικοί χειρισμοί για την απόκτηση ομοιόμορφου χρωματισμού.



Εικόνα 5.6 Έντονη ανομοιομορφία χρωματισμού ραγών σε βότρυ (αριστερά) και βότρυς με ράγες ομοιόμορφου χρωματισμού (δεξιά).

Η ανταπόκριση των σταφυλιών μετασυλλεκτικά στο αιθυλένιο είναι πολύ μικρή και για το λόγο αυτό τα επιθυμητά χαρακτηριστικά ποιότητας-ωριμότητας θα πρέπει να έχουν αποκτηθεί κατά τη συγκομιδή. Μετασυλλεκτικά, τα σημαντικότερα προβλήματα είναι η ταχύτατη απώλεια βάρους των ραγών, το καφέτιασμα του βοστρύχου λόγω οξειδώσεων των φαινολικών συστατικών του (Εικόνα 5.7) και οι προσβολές από παθογόνα.



Εικόνα 5.7 Βόστρυχος με έντονα συμπτώματα καφετιάσματος μετασυλλεκτικά.

Κατάλληλες συνθήκες συντήρησης των σταφυλιών είναι θερμοκρασία -1 έως 0 °C και σχετική υγρασία 90-95%. Λόγω της ταχύτατης απώλειας υγρασίας, η πρόψυξη είναι απαραίτητη για τα σταφύλια. Η χρήση ελεγχόμενης ατμόσφαιρας (CA) δεν συνιστάται αλλά χρησιμοποιείται ευρύτατα η εφαρμογή SO_2 με στόχο την προστασία από μετασυλλεκτικές ασθένειες και τον περιορισμό του καφετιάσματος του βόστρυχου (Palou et al., 2010). Επίσης, στα σταφύλια έχουν δοκιμαστεί με επιτυχία η χρήση θερμικών χειρισμών (Romanazzi et al., 2001), O_3 (Suslow, 2004) και εδώδιμων μεμβρανών (Irkin & Guldaz, 2014) με σκοπό τον περιορισμό προβλημάτων από μετασυλλεκτικές ασθένειες. Συνήθεις προσυλλεκτικές εφαρμογές για τη βελτίωση και ομοιομορφία του χρώματος αποτελούν οι ψεκασμοί με αιθυλενοπαράγωγο (ethephon) και αμπισισικό οξύ (ABA) (Κεφάλαιο 10).

5.4.3 Φυσιολογικές διαταραχές και μετασυλλεκτικές ασθένειες

Οι σημαντικότερες φυσιολογικές διαταραχές των σταφυλιών είναι το καφέτιασμα του βόστρυχου (τσαμπιού) και η ξήρανση των ραγών που οφείλεται κυρίως σε προσυλλεκτικούς παράγοντες.

Οι προσβολές από βοτρυτή (*Botrytis cinerea*) είναι η κύρια αιτία μετασυλλεκτικών σήψεων και απωλειών.

5.5 Ξηροί καρποί και νωποί καρποί ακροδρύων

5.5.1 Ξηροί καρποί

Οι ξηροί καρποί των δένδρων καλλιέργειών αποτελούν το εδώδιμο μέρος των καρπών τους που καταναλώνεται μετά από αποξήρανση. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα αποξηραμένα σπέρματα αμυγδαλιάς (*Prunus amygdalus*), καρυδιάς (*Juglans regia*), πεκάν (*Carya illinoensis*) φιστικιάς (*Pistacia vera*) και φουντουκιάς (*Corylus avellana*). Με εξαίρεση τα φιστίκια, οι ξηροί καρποί συνήθως διατίθενται σαν αποκελυφωμένα σπέρματα. Κύρια ποιοτικά χαρακτηριστικά των σπερμάτων αποτελεί το χρώμα, η υγρασία και η απουσία ταγγίσματος. Επίσης, βασικό ποιοτικό χαρακτηριστικό για τα αμύγδαλα, καρύδια και τα φουντούκια αποτελεί η αρτιότητα των σπερμάτων

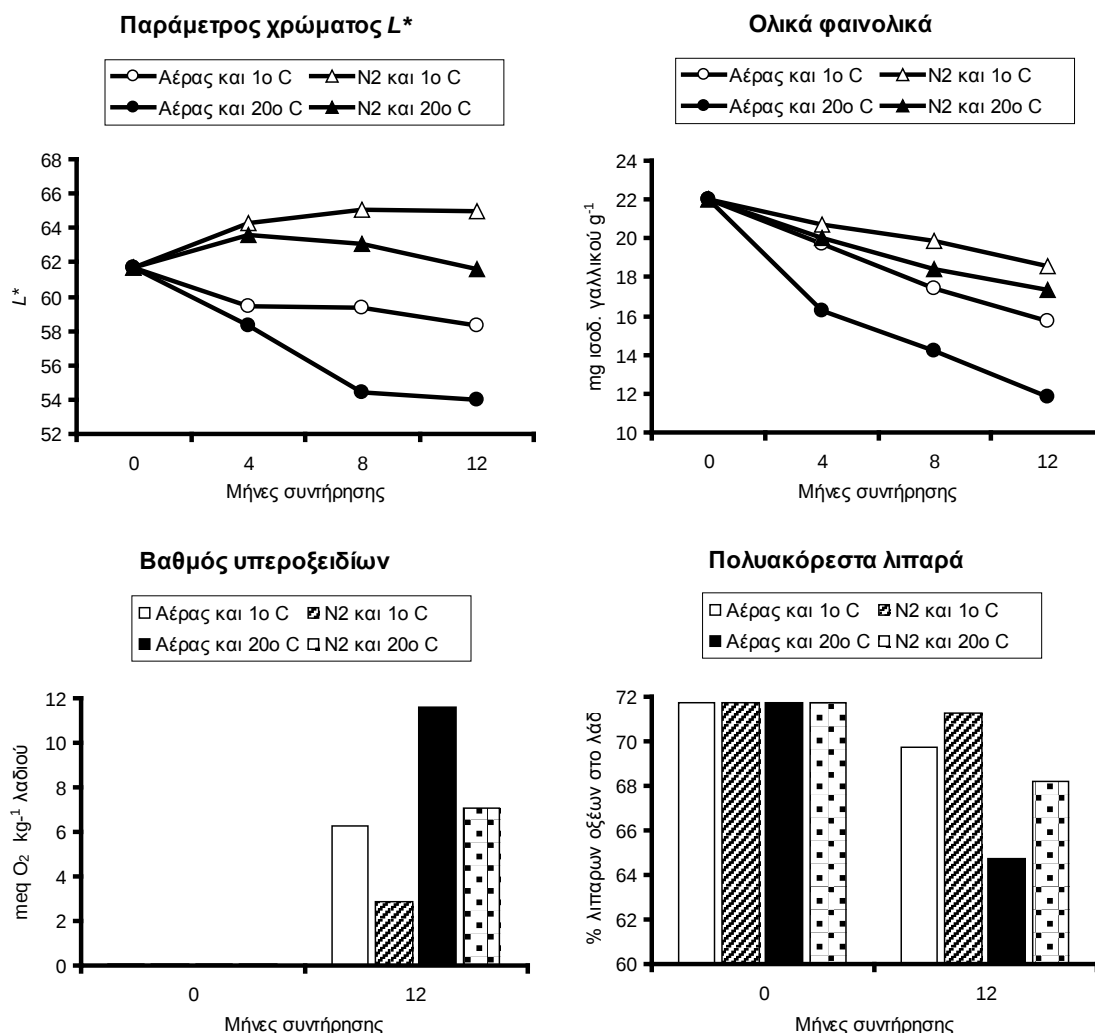
(ολόκληρα, μισά, τέταρτα, μικρά κομμάτια) και για τα φιστίκια το ποσοστό των ανοικτών καρπών. Άλλα ποιοτικά χαρακτηριστικά που δεν προσδιορίζονται μακροσκοπικά ή με αναλύσεις ρουτίνας είναι η αντιοξειδωτική ικανότητα και η περιεκτικότητα σε φαινολικά συστατικά, τοκοφερόλες και ουσιώδη λιπαρά οξέα. Τα αμύγδαλα, τα καρύδια και τα φουντούκια διατίθενται σπανιότερα και με το κέλυφος. Στην μορφή τους αυτή επιπλέον ποιοτικά χαρακτηριστικά που αξιολογούνται, είναι το χρώμα του κελύφους και η ευκολία αποχωρισμού του σπέρματος από το κέλυφος.

Σε αντίθεση με τους νωπούς καρπούς, στους ξηρούς καρπούς υπάρχει μια αλυσίδα μετασυλλεκτικών χειρισμών που εφαρμόζεται μετά τη συγκομιδή και πριν την συντήρηση και την τελική διάθεση στους καταναλωτές. Οι μετασυλλεκτικοί αυτοί χειρισμοί είναι διαδοχικά: αποφλοιώση, αποξήρανση και αφαίρεση κελύφους. Η υγρασία των ξηρών καρπών είναι μικρή κατά τη συγκομιδή, 5-10% (νωπού βάρους) για τα αμύγδαλα, 40-50% για τα φιστίκια και 10-20% για τα καρύδια. Για την αύξηση της σταθερότητας των προϊόντων θα πρέπει να γίνει παραπέρα ξήρανση, ώστε η υγρασία να μειωθεί στο 5-8%. Η αφαίρεση του κελύφους μπορεί να παραλείπεται εάν πρόκειται οι καρποί να συντηρηθούν ή/και διατεθούν με το κέλυφος. Για την επίτευξη της καλύτερης ποιότητας θα πρέπει η χρονική διάρκεια των μετασυλλεκτικών χειρισμών από τη συγκομιδή μέχρι την έναρξη της συντήρησης να είναι όσο το δυνατό μικρότερη. Επίσης, θα πρέπει να εφαρμόζονται κατάλληλες θερμοκρασίες αποξήρανσης που να οδηγούν στην επιθυμητή υγρασία για κάθε είδος. Στον Πίνακα 5.11 παρατίθενται ενδεικτικές θερμοκρασίες αποξήρανσης και τα όρια υγρασίας που θα πρέπει να έχει το τελικό αποξηραμένο σπέρμα.

Καρπός	Θερμοκρασία αποξήρανσης	Τελική υγρασία σπέρματος
Αμύγδαλα	49-54 °C	< 8%
Καρύδια-πεκάν	32-43 °	< 8%
Φιστίκια	< 49 °C	5-6%
Φουντούκια	< 45 °C	< 6%

Πίνακας 5.11 Συνθήκες αποξήρανσης και τελική επιθυμητή υγρασία των σπερμάτων ξηρών καρπών.

Οι ξηροί καρποί παρουσιάζουν εξαιρετικά χαμηλά έως μηδενικά επίπεδα φυσιολογικών λειτουργιών (π.χ. ρυθμού αναπνοής) με αποτέλεσμα να συντηρούνται ικανοποιητικά για πολύ μεγάλα χρονικά διαστήματα (> 12 μήνες). Η συντήρηση των ξηρών καρπών πρέπει να γίνεται σε χαμηλή θερμοκρασία (< 10 °C) και σχετική υγρασία (< 75%), απουσία φωτός, ώστε να αποφεύγεται η υποβάθμιση της ποιότητας λόγω καφετιάσματος (Εικόνα 5.8) και ταγγίσματος. Όσο χαμηλότερη είναι η θερμοκρασία και η υγρασία στους χώρους συντήρησης, τόσο καλύτερη διατήρηση της ποιότητας επιτυγχάνεται. Επίσης, συνιστάται η συντήρηση σε ατμόσφαιρα χαμηλού έως μηδενικού O₂ για να περιορίζεται ο ρυθμός των οξειδωτικών αντιδράσεων που οδηγούν στο καφέτιασμα λόγω οξείδωσης των φαινολικών συστατικών και το τάγγισμα λόγω οξείδωσης των λιπαρών οξέων του λαδιού. Η χαμηλή περιεκτικότητα O₂ επιτυγχάνεται συνήθως με τη χρήση συσκευασίας κενού ή πλήρωσης με N₂ ή CO₂. Παράδειγμα της επίδρασης των παραγόντων θερμοκρασία και περιεκτικότητα της ατμόσφαιρας σε O₂ σε διάφορα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρυδιών παρουσιάζονται στο Σχήμα 5.1.



Σχήμα 5.1 Μεταβολές χρώματος, ολικών φαινολικών, βαθμού υπεροξειδίων και πολυακόρεστων λιπαρών οξέων σε σπέρματα καρυδιών συντηρούμενα στον 1 °C ή 20 °C στον αέρα ή σε συσκευασία με πλήρωση N_2 (Από: Christopoulos & Tsantili, 2011; Christopoulos & Tsantili, 2014).

Βασικά προβλήματα των ξηρών καρπών είναι οι προσβολές από μύκητες που μπορεί να προκαλέσουν και την παραγωγή τοξικών μυκοτοξινών. Για το λόγο αυτό, είναι απαραίτητο η αποξήρανση να οδηγεί σε ασφαλή επίπεδα υγρασίας (Πίνακας 5.11) και η υγρασία της ατμόσφαιρας να είναι < 75% όπως αναφέρθηκε. Επίσης, σημαντική υποβάθμιση της ποιότητας συμβαίνει από εντομολογικές προσβολές (π.χ. καρπόκαψα καρυδιών) που μεταφέρονται από το χωράφι και δεν διακρίνονται κατά τη διαλογή, γιατί τα έντομα αναπτύσσονται μέσα στο κέλυφος. Για τη θανάτωση των νεαρών σταδίων των εντόμων που βρίσκονται μέσα στο κέλυφος μπορεί να χρησιμοποιηθεί υποκαπνισμός με εντομοκτόνα. Τα τελευταία χρόνια εφαρμόζονται πιο ασφαλείς μέθοδοι, όπως η χρήση ραδιοσυχνοτήτων (Wang et al., 2007) και η έκθεση για μικρό χρονικό διάστημα σε σχετικά υψηλές θερμοκρασίες (40-50 °C) ή θερμοκρασίες κατάψυξης. Η συντήρηση των καρπών σε συνθήκες χαμηλού O_2 (< 0,5%) και πολύ υψηλού CO_2 (> 40%) εκτός από τον περιορισμό της ποιοτικής υποβάθμισης βοηθούν και στη θανάτωση των εντόμων.



Εικόνα 5.8 Αποξηραμένα σπέρματα καρυδιού. Σπέρμα καλής ποιότητας ως προς το χρώμα (αριστερά) και σπέρμα με προχωρημένο βαθμό καφετιάσματος (δεξιά) (Από: Χριστόπουλος, 2012).

5.5.2 Νωποί καρποί ακροδρύων

Στην κατηγορία αυτή παραδοσιακά ανήκουν τα κάστανά (*Castanea sativa*). Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια υπάρχει η τάση να διατίθενται σε νωπή κατάσταση και τα σπέρματα άλλων ειδών, όπως καρυδιών και φουντουκιών λόγω των ιδιαίτερων οργανοληπτικών τους χαρακτήρων και της υψηλής ποιότητας με βάση τη θρεπτική αξία. Η συντηρησιμότητα αυτών των προϊόντων είναι πολύ μικρότερη των αντίστοιχων αποξηραμένων, γιατί συνήθως διατηρούν κάποια επίπεδα μεταβολικών διεργασιών. Σε νωπά καρύδια έχει βρεθεί ότι ο ρυθμός αναπνοής ολόκληρου του ενδοκαρπίου (σπέρμα με το κέλυφος) και των νωπών σπερμάτων στους 20 °C είναι περίπου 19 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ και 23 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹, αντίστοιχα (Christopoulos & Tsantili, 2012). Σε θερμοκρασία < 1 °C και σχετική υγρασία 90-95% μπορούν να συντηρηθούν κάστανά, καρύδια και φουντούκια για 1-2 μήνες. Η χαμηλή θερμοκρασία είναι απαραίτητη για τη διατήρηση της ποιότητας κυρίως για την αποφυγή του καφετιάσματος και των προσβολών από μικροοργανισμούς λόγω της περιεκτικότητας των σπερμάτων σε υγρασία. Ωστόσο, έχει παρατηρηθεί ότι η συντήρηση σε χαμηλή θερμοκρασία μπορεί να οδηγήσει και σε βελτίωση της ποιότητας με βάση τη θρεπτική αξία σε ορισμένα είδη (Χριστόπουλος, 2012). Σε νωπά καρύδια που συντηρήθηκαν στον 1 °C παρατηρήθηκε αύξηση των φαινολικών συστατικών και της αντιοξειδωτικής ικανότητας που προήλθε κυρίως από την ενεργοποίηση του μονοπατιού των φαινυλπροπανοειδών, καθώς και άλλων μεταβολικών μονοπατιών που συνδέονται με τη βιοσύνθεση των φαινολικών (Christopoulos & Tsantili, 2012; Christopoulos & Tsantili, 2015).

5.6 Φράουλα

5.6.1 Κριτήρια ποιότητας και ωριμότητας

Η ανάπτυξη του κόκκινου χρώματος στην επιφάνεια των καρπών της φράουλας (*Fragaria × ananassa*) αποτελεί το κυριότερο χαρακτηριστικό ωριμότητάς τους. Παράλληλα, η εμφάνιση των καρπών (σχήμα και μέγεθος), η απουσία προσβολών και υπολειμμάτων, η συνεκτικότητα, η γεύση, το άρωμα, καθώς και η διατροφική αξία (βιταμίνη C και αντιοξειδωτικά) αποτελούν τα σημαντικότερα ποιοτικά χαρακτηριστικά. Εμπορικά αποδεκτές είναι οι φράουλες όπου τουλάχιστον τα 2/3 της επιφάνειάς τους έχουν αποκτήσει ομοιόμορφο κόκκινο χρώμα, χαρακτηριστικό της ποικιλίας. Επιπλέον κατά τη συγκομιδή το ποσοστό των ολικών διαλυτών στερεών (ΟΔΣ) πρέπει να είναι μεγαλύτερο από 7 %, ενώ ταυτόχρονα το ποσοστό της τιτλοδοτούμενης οξύτητας (ΤΟ) μικρότερο από 0,8 %. Τέλος, οι φράουλες κατατάσσονται σε 3 κατηγορίες ποιότητας βάσει μεγέθους σύμφωνα με τον Καν. 543/2011. Συγκεκριμένα, στην κατηγορία Extra κατατάσσονται οι καρποί με διάμετρο > 25 mm και στις Κατηγορίες I και II οι φράουλες με διάμετρο > 18 mm.

5.6.2 Φυσιολογία ωρίμανσης και μετασυλλεκτική ζωή

Η φράουλα ανήκει στους μη κλιμακτηριακούς καρπούς και για το λόγο αυτό μόνο όταν συγκομιστεί σε ώριμο στάδιο έχει αποκτήσει τα επιθυμητά ποιοτικά χαρακτηριστικά για την κατανάλωσή της,

ενώ είναι αδύνατη η συγκομιδή των καρπών σε ανώριμο στάδιο και η συνέχιση κάποιων διεργασιών της ωρίμανσης μετασυλλεκτικά. Ο ρυθμός αναπνοής της φράουλας είναι υψηλός ($50-100 \text{ mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$, στους 20°C), αντίθετα με την έκλυση του αιθυλενίου που είναι χαμηλή ($< 0,1 \text{ mL C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$, στους 20°C) (Kader, 2002).

Η μετασυλλεκτική ζωή της φράουλας είναι περιορισμένη, διότι ο καρπός δεν διαθέτει περίβλημα και γι' αυτό είναι ευαίσθητος σε τραυματισμούς και προσβολές από παθογόνα, συγκομίζεται μόνο σε ώριμο στάδιο, καθώς και λόγω της υψηλής αναπνοής της που παραμένει σε υψηλά επίπεδα μετασυλλεκτικά, ακόμα και σε χαμηλές θερμοκρασίες ($6 - 10 \text{ mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$, στον 1°C). Σε ιδανικές συνθήκες θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας οι φράουλες είναι δυνατό να συντηρηθούν 7-8 ημέρες.

5.6.3 Συντήρηση και μετασυλλεκτικοί χειρισμοί

Οι ιδανικές συνθήκες θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας για τη συντήρηση της φράουλας είναι $0 \pm 0,5^\circ \text{C}$ και 90-95 %, αντίστοιχα. Επίσης, ενδείκνυται η χρήση ελεγχόμενων ατμοσφαιρών (CA) κατά τη διακίνηση των καρπών, με σύσταση της ατμόσφαιρας 10-15 % CO_2 . Σκοπός της χρήσης των CA είναι η μείωση του ρυθμού αναπνοής των καρπών και ο περιορισμός της ανάπτυξης του βοτρυτί (*Botrytis cinerea*), που είναι υπεύθυνος για την γκρίζα σήψη. Ιδιαίτερη προσοχή κατά τη χρήση των CA χρειάζεται στις σκουρόχρωμες ποικιλίες φράουλας, π.χ. Camarosa, διότι το χρώμα των καρπών γίνεται ακόμα πιο σκούρο υπό την επίδραση των υψηλών συγκεντρώσεων του CO_2 . Επιπλέον, όσο πιο γρήγορα ψυχθούν (πρόψυξη) οι καρποί, συστήνεται 1 ώρα μετά τη συγκομιδή, τόσο περισσότερο αυξάνεται η συντηρησιμότητά τους. Λόγω της μεγάλης ευπάθειας της φράουλας σε προσβολές από μετασυλλεκτικές ασθένειες έχουν δοκιμαστεί πολλοί μετασυλλεκτικοί χειρισμοί με σκοπό τον έλεγχο του προβλήματος. Θετικά αποτελέσματα έχουν δώσει οι χειρισμοί με όζον (Aday & Caner, 2014), υπέρηχους (Aday & Caner, 2014; Cao et al., 2010), εδωδιμες μεμβράνες από διάφορα υλικά (Guerreiro et al., 2015; Nadim et al., 2015; Treviño-Garza et al., 2015), NO (Manjunatha et al., 2012), ενώ συνέχεια δοκιμάζονται νέοι τύποι χειρισμών και τεχνολογιών.

5.6.4 Φυσιολογικές διαταραχές και μετασυλλεκτικές ασθένειες

Οι φράουλες δεν παρουσιάζουν φυσιολογικές διαταραχές μετασυλλεκτικά, κυρίως λόγω του μικρού διαστήματος που συντηρούνται. Η κυριότερη αιτία των μετασυλλεκτικών απωλειών στη φράουλα είναι οι μυκητολογικές προσβολές και συγκεκριμένα η σήψη από βοτρυτί (*Botrytis cinerea*) και η σήψη που προκαλείται από το μύκητα *Rhizopus stolonifer*.

5.7 Ελιά

5.7.1 Κριτήρια ποιότητας και ωριμότητας

Τα κριτήρια ωριμότητας της ελιάς (*Olea europaea*) διαφέρουν ανάλογα με τη χρήση του καρπού μετασυλλεκτικά (κονσερβοποίηση ή ελαιοποίηση). Οι ελιές που προορίζονται για ελαιοποίηση πρέπει να έχουν συσσωρεύσει όσο το δυνατό μεγαλύτερο ποσοστό σε λάδι, ανάλογα με την ποικιλία, και να είναι απαλλαγμένες από προσβολές, μηχανικούς τραυματισμούς και υπολείμματα. Ωστόσο, οι ελιές που προορίζονται για κονσερβοποίηση συγκομίζονται κυρίως σε 2 στάδια ωριμότητας, πράσινες και μαύρες, με διαφορετικά κριτήρια και ποιοτικά χαρακτηριστικά για το καθένα. Συγκεκριμένα, οι πράσινες ελιές πρέπει να έχουν ομοιόμορφο ανοικτό πράσινο και λαμπερό χρώμα φλοιού, χωρίς κόκκινες περιοχές, καθώς και ομοιόμορφο σχήμα και μέγεθος, χαρακτηριστικό της ποικιλίας. Οι μαύρες ελιές πρέπει να έχουν ομοιόμορφο ιώδη – μαύρο χρωματισμό τουλάχιστον στο φλοιό τους και να έχουν συσσωρεύσει ικανοποιητικό ποσοστό σε λάδι. Τόσο οι πράσινες όσο και οι μαύρες ελιές που προορίζονται για κονσερβοποίηση πρέπει να είναι απαλλαγμένες από μηχανικούς τραυματισμούς, μυκητολογικές και εντομολογικές προσβολές και να μην είναι αφυδατωμένες.

Το στάδιο της ωρίμανσης της ελιάς διαρκεί για μεγάλο χρονικό διάστημα (~2 με 3 μήνες) και κατά την περίοδο αυτή παρατηρούνται μεγάλες αλλαγές στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του καρπού. Για να καθοριστεί το κατάλληλο στάδιο ωριμότητας για τις ελιές κάθε ποικιλίας, ανάλογα με τη χρήση (επιτραπέζια ή ελαιοποίησιμη) και προκειμένου να επιτευχθεί η επιθυμητή ποιότητα του

τελικού προϊόντος έχει προταθεί η χρήση του Δείκτη Ωριμότητας (MI, Maturity Index). Για τον υπολογισμό του MI σε ένα δεδομένο δείγμα οι ελιές που το αποτελούν χωρίζονται σε 8 κατηγορίες ανάλογα με το χρώμα του φλοιού και της σάρκας τους (Vossen, 2006).

- Κατηγορία 0: το χρώμα του φλοιού είναι σκούρο πράσινο και η υφή του καρπού πολύ συνεκτική.
- Κατηγορία 1: το χρώμα του φλοιού είναι ανοικτό πράσινο και ο καρπός αρχίζει να μαλακώνει. Συγκομιδή πράσινων ελιών που προορίζονται για επιτραπέζια χρήση και εμπορεύονται ως 'Ισπανικού τύπου', π.χ. πράσινες ώριμες ελιές ποικιλίας Κονσερβολιάς (Tsantili et al., 2012).
- Κατηγορία 2: < 50 % της επιφάνειας του καρπού έχει αποκτήσει κόκκινο (κερασί) ή ανοικτό ιώδες χρωματισμό.
- Κατηγορία 3: > 50 % της επιφάνειας του καρπού έχει αποκτήσει κόκκινο (κερασί) ή ανοικτό ιώδες χρωματισμό.
- Κατηγορία 4: το χρώμα του φλοιού είναι ιώδες ή μαύρο και το χρώμα της σάρκας λευκό.
- Κατηγορία 5: το χρώμα του φλοιού είναι ιώδες ή μαύρο και < 50 % της σάρκας είναι ιώδες.
- Κατηγορία 6: το χρώμα του φλοιού είναι ιώδες ή μαύρο και > 50 % της σάρκας είναι ιώδες.
- Κατηγορία 7: το χρώμα του φλοιού είναι ιώδες ή μαύρο και της σάρκας ιώδες. Στις κατηγορίες 6 και 7 συγκομίζονται οι ελιές των επιτραπέζιων ποικιλιών όπως η 'Καλαμών' που οι καρποί της εμπορεύονται ως 'Ελληνικού τύπου – Φυσικά ώριμες μαύρες ελιές' (Tsantili, 2014).

Όσον αφορά στις ελαιοποιήσιμες ποικιλίες στις Κατηγορίες 1 έως 3 συγκομίζονται οι καρποί που προορίζονται για την παραγωγή αγουρελαίων, ελαιόλαδα με δριμύτητα γεύσης, έντονο άρωμα και υψηλά αντιοξειδωτικά. Ωστόσο, το ποσοστό του λαδιού στις ελιές αυτών των κατηγοριών είναι χαμηλό και τα έσοδα των παραγωγών αναπληρώνονται από την υψηλή τιμή πώλησης. Τα υπόλοιπα εμπορικά ελαιόλαδα προέρχονται από καρπούς που ανήκουν στις Κατηγορίες 4 έως 7. Ιδιαίτερη προσοχή χρειάζεται όταν οι ελιές έχουν υπερωριμάσει, δηλαδή ανήκουν ή/και έχουν ξεπεράσει της Κατηγορία 7, διότι η ποιότητα των παραγόμενων ελαιολάδων έχει αρχίσει να υποβαθμίζεται σημαντικά.

5.7.2 Φυσιολογία ωρίμανσης, μετασυλλεκτικοί χειρισμοί και συντήρηση

Η κατάταξη του καρπού της ελιάς στους κλιμακτηριακούς ή μη καρπούς αποτελεί αντικείμενο συζήτησης στη βιβλιογραφία, ενώ παράλληλα προτείνεται ότι όταν συγκομισθεί σε πράσινο στάδιο συμπεριφέρεται ως μη κλιμακτηριακός. Ο ρυθμός αναπνοής των καρπών κυμαίνεται από 20-40 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹, στους 20 °C, ενώ η έκλυση του αιθυλενίου αναφέρεται < 0,1 μL C₂H₄ kg⁻¹ h⁻¹, στους 20 °C, για τις πράσινες ελιές και < 0,5 μL C₂H₄ kg⁻¹ h⁻¹, στους 20 °C, για τις μαύρες (Kader, 2002; Tsantili et al., 2008; Tsantili et al., 2012).

Οι μαύρες ελιές πρέπει να μεταποιοούνται το ταχύτερο δυνατό μετά τη συγκομιδή τους, διότι η ποιότητά τους υποβαθμίζεται δραματικά κατά τη συντήρησή τους. Για τις πράσινες ελιές ιδανικές θερμοκρασίες συντήρησης είναι 5 – 7,5 °C και ΣΥ 90 – 95 %. Θερμοκρασίες < 5 °C πρέπει να αποφεύγονται διότι ο καρπός είναι ευαίσθητος σε κρουτραυματισμούς. Η χρήση των ελεγχόμενων ατμοσφαιρών (CA) προτείνεται για την καθυστέρηση του γηρασμού των καρπών και την επιβράδυνση του μαλακώματος, η σύσταση της ατμόσφαιρας που προτείνεται είναι: 2 – 3 % O₂ + 0 – 1 % CO₂. Ωστόσο, η συντήρηση του ελαιόκαρπου σε χαμηλές θερμοκρασίες και η χρήση των ελεγχόμενων ατμοσφαιρών δεν χρησιμοποιούνται στην πράξη.

Η αποθήκευση των ελιών μετά τη συγκομιδή τους σε μη ευνοϊκές συνθήκες αποτελεί συχνό φαινόμενο, ιδιαίτερα στις ελαιοποιήσιμες ποικιλίες. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην αδυναμία της βιομηχανίας παραγωγής λαδιού να απορροφήσει τις μεγάλες ποσότητες των καρπών που συγκομίζονται σε περιόδους αιχμής. Στις περιοχές όπου η καλλιέργεια της ελιάς είναι εντατική ο ρυθμός της συγκομιδής υπερβαίνει αυτόν της μεταποίησης και η αποθήκευση των καρπών σε ακατάλληλες συνθήκες, για μικρό ή/ μερικές φορές και μεγάλο χρονικό διάστημα, αποτελεί αναπόφευκτη πρακτική. Οι ελιές μπορεί να παραμείνουν μέσα σε κιβώτια αποθήκευσης, πολλές φορές σε ανοικτούς ή σε μη διαμορφωμένους χώρους, σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος για αρκετές ημέρες. Οι θερμοκρασίες που επικρατούν στα σημεία της αποθήκευσης συνήθως κυμαίνονται

μεταξύ 10 και 20 °C, ανάλογα με τις περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή τη δεδομένη χρονική στιγμή (Castellano et al., 1993; Kalua et al., 2008). Οι σχετικά υψηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος και η υψηλή σχετική υγρασία, συνθήκες συνηθισμένες κατά τους φθινοπωρινούς μήνες στις μεσογειακές χώρες, αποτελούν κατάλληλες προϋποθέσεις για την συνέχιση των διαδικασιών ωρίμανσης των ελιών. Στις ποικιλίες που προορίζονται για επιτραπέζια χρήση σε πράσινο στάδιο, η αλλαγή του χρώματος του φλοιού είναι ανεπιθύμητη και η εμφάνιση κόκκινων περιοχών υποβαθμίζει την ποιότητα των καρπών. Επίσης, στις συνθήκες αυτές ευνοείται η ανάπτυξη μικροοργανισμών που οδηγούν στην περαιτέρω ποιοτική υποβάθμιση των καρπών. Όπως είναι λογικό τόσο η ποιότητα του ελαιόλαδου όσο και των βρώσιμων ελιών εξαρτάται άμεσα από τα ποιοτικά χαρακτηριστικά και τη σύσταση των καρπών τη στιγμή της μεταποίησης. Κατά συνέπεια, ο χρόνος αλλά και οι συνθήκες της αποθήκευσης των ελιών είναι δυνατόν να επηρεάσουν την ποιότητα του τελικού προϊόντος και κατ' επέκταση τα έσοδα από την εμπορεία τους.

5.9 Ακτινίδιο

5.9.1 Κριτήρια ποιότητας και ωριμότητας

Οι νομοθετημένες (Καν. 543/2011 - Ε.Ε., 2011) απαιτήσεις ωρίμανσης κατά τη συγκομιδή των ακτινιδίων (*Actinidia deliciosa*) είναι περιεκτικότητα σε ολικά διαλυτά στερεά (ΟΔΣ) > 6,2% ή μέση περιεκτικότητα σε ξηρή ουσία 15%, με σκοπό κατά την είσοδο των καρπών στην αλυσίδα διανομής τα ΟΔΣ να είναι τουλάχιστο 9,5%. Ανεξάρτητα από τις απαιτήσεις της νομοθεσίας, τα σημαντικότερα ποιοτικά χαρακτηριστικά για τον προσδιορισμό του καταλληλότερου σταδίου για κατανάλωση του ακτινιδίου αποτελούν τα ΟΔΣ, των οποίων η τιμή πρέπει να είναι > 14% για καλής ποιότητας καρπούς και η συνεκτικότητα η οποία πρέπει να είναι 1-1,5 kg (πενετρόμετρο βελόνας 8 mm). Σημαντική επίσης είναι και η τιτλοδοτούμενη οξύτητα (ΤΟ) η οποία πρέπει να είναι < 2% κατά τη συγκομιδή και όχι χαμηλότερη από 1,2% σε ώριμους καρπούς για κατανάλωση. Για το ακτινίδιο σημαντικό ποιοτικό χαρακτηριστικό με βάση τη θρεπτική αξία είναι η περιεκτικότητα σε βιταμίνη C η οποία συνεισφέρει στην υψηλή αντιοξειδωτική ικανότητα του καρπού.

5.9.2 Φυσιολογία ωρίμανσης και μετασυλλεκτική ζωή

Το ακτινίδιο είναι κλιμακτηριακός καρπός με ρυθμό αναπνοής 15-20 mL kg⁻¹ h⁻¹ στους 20 °C. Η έκλυση αιθυλενίου διαφέρει μεταξύ ανώριμων και ώριμων (συνεκτικότητα < 4 kg) κυμαινόμενη σε 0,1-0,5 μL kg⁻¹ h⁻¹ και 50-100 μL kg⁻¹ h⁻¹, αντίστοιχα.

Κατά την ωρίμανση του ακτινιδίου συμβαίνουν οι τυπικές μεταβολές των ποιοτικών χαρακτηριστικών. Συγκεκριμένα, μεγάλη αύξηση παρατηρείται σε ΟΔΣ, ολικά αναγόμενα σάκχαρα, φρουκτόζη, γλυκόζη και σακχαρόζη. Η τιτλοδοτούμενη οξύτητα μειώνεται παράλληλα με τις μειώσεις όλων των οργανικών οξέων. Οι μεταβολές αυτές βελτιώνουν τη γεύση του καρπού. Κατά την ωρίμανση και συντήρηση μειώνονται τα αντιοξειδωτικά (Βιταμίνη C και φαινολικά συστατικά). Η σημαντικότερη μεταβολή είναι η μείωση της συνεκτικότητας που υποβαθμίζει την υφή του καρπού.

Στα ακτινίδια, η συνεκτικότητα παρουσιάζει μεγάλη ευαισθησία στο αιθυλένιο, και για το λόγο αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό η συγκέντρωση αιθυλενίου στο θάλαμο συντήρησής τους να είναι < 0,02 μL L⁻¹ (20 ppb). Η σημαντική επίδραση του αιθυλενίου στο μαλάκωμα οφείλεται όχι μόνο λόγω της δράσης του στην αύξηση της δραστηριότητας των ενζύμων που δρουν επί των πηκτινών (πολυγαλακτουρονάση, PG) αλλά και στη αύξηση της δραστηριότητας ενζύμων που χρησιμοποιούν ως υποστρώματα και άλλα συστατικά των κυτταρικών τοιχωμάτων, όπως γλυκοζιδασών που χρησιμοποιούν ως υπόστρωμα πολυσακχαρίτες των κυτταρικών τοιχωμάτων (Boquete et al., 2014; Redwell & Fry, 1993). Επίσης, οι μεταβολές όλων των λοιπών χαρακτηριστικών (σάκχαρα, οργανικά οξέα, αντιοξειδωτικά) είναι άμεσα εξαρτώμενες από τη δράση του αιθυλενίου (Koukounaras & Sfakiotakis, 2007; Zhang et al., 2012).

5.9.3 Συντήρηση και μετασυλλεκτικοί χειρισμοί

Τα ακτινίδια πρέπει να συντηρούνται σε θερμοκρασία 0 °C και σχετική υγρασία 90-95%. Σε συνθήκες απλής ψύξης οι καρποί μπορούν να συντηρηθούν για 4-6 μήνες. Η χρήση ελεγχόμενης ατμόσφαιρας (CA) βοηθάει σημαντικά στη διατήρηση της ποιότητας και την επιμήκυνση του χρόνου

συντήρησης. Για το ακτινίδιο συνιστάται σύσταση ατμόσφαιρας 1-2% O₂ και 3-5% CO₂, συνθήκες στις οποίες επιβραδύνονται όλες οι διεργασίες ωρίμανσης. Ο χρόνος μεταξύ συγκομιδής και τοποθέτησης των καρπών στην CA είναι κρίσιμος για το ακτινίδιο και για να επιτευχθούν τα μεγαλύτερα δυνατά οφέλη θα πρέπει να είναι < 48 h. Λόγω της μεγάλης ευαισθησίας του ακτινιδίου στη δράση του αιθυλενίου πολύ διαδεδομένος μετασυλλεκτικός χειρισμός είναι η εφαρμογή 1-MCP. Εκτός από την τεχνολογία του 1-MCP, στο ακτινίδιο βρίσκουν έχουν δοκιμαστεί ή/και βρει εφαρμογή και άλλοι χειρισμοί. Συγκεκριμένα με τη χρήση θερμικών χειρισμών μπορεί να περιοριστεί το μαλάκωμα κατά τη συντήρηση, ο υποκαπνισμός με NO οδηγεί σε επιβράδυνση όλων των διεργασιών ωρίμανσης κυρίως μέσω της παρεμπόδισης της δράσης του αιθυλενίου. Η χρήση SO₂ και O₃ έχει δείξει ότι βοηθάει στη μείωση των μετασυλλεκτικών απωλειών από σήψεις λόγω παθολογικών αιτιών, ενώ για το O₃ αναφέρεται ότι έχει και φυσιολογική δράση καθυστερώντας τις διεργασίες ωρίμανσης.

5.9.4 Φυσιολογικές διαταραχές και μετασυλλεκτικές ασθένειες

Εκτός από προβλήματα κρουοτραυματισμών, στο ακτινίδιο δημιουργούνται προβλήματα φυσιολογικών διαταραχών όπως της εσωτερικής κατάρρευσης και της λευκής καρδιάς. Ο βοτρυτής (*Botrytis cinerea*) αποτελεί το σημαντικότερο αίτιο μετασυλλεκτικών προσβολών του ακτινιδίου, ιδιαίτερα όταν ο καρπός έχει μαλακώσει.

5.10 Σύκο

5.10.1 Κριτήρια ποιότητας και ωριμότητας

Τα σύκα (*Ficus carica*) διατίθενται στην αγορά ως νωποί-φρέσκοι καρποί και ως αποξηραμένα. Για τα νωπά σύκα τα σημαντικότερα κριτήρια ωριμότητας και ποιότητας είναι το μέγεθος, το χρώμα του φλοιού και της σάρκας, η συνεκτικότητα και η γλυκύτητα. Παρόλο που το νωπό σύκο είναι ένας εξαιρετικά φθαρτός καρπός πρέπει να συγκομίζεται σχεδόν ώριμος για να έχει αναπτυχθεί καλή γεύση. Σε ώριμο στάδιο και ανάλογα με την ποικιλία τα ολικά διαλυτά στερεά (ΟΔΣ) πρέπει να είναι > 18% και η τιτλοδοτούμενη οξύτητα (ΤΟ) < 0,4% (Crisosto et al., 2010; Tsantili, 1990). Πρέπει να αποφεύγεται η συγκομιδή υπερώριμων καρπών γιατί υποβαθμίζεται η γεύση και το άρωμα λόγω της παραγωγής συστατικών ζύμωσης των σακχάρων της σάρκας. Όταν δεν είναι δυνατή η άμεση διάθεση στην αγορά των νωπών σύκων η συγκομιδή μπορεί να γίνει σε πρωϊμότερο στάδιο ώστε να παραταθεί ο χρόνος μετασυλλεκτικής ζωής του προϊόντος. Σε αυτό το στάδιο ο καρπός πρέπει να έχει αρχίσει να μαλακώνει και τα ΟΔΣ και η ΤΟ να είναι > 14% και < 0,7%, αντίστοιχα (Crisosto et al., 2010).

Τα σύκα που προορίζονται για αποξήρανση θα πρέπει να συγκομίζονται πλήρως ώριμα και όταν έχει ξεκινήσει η αφυδάτωση πάνω στο δέντρο. Σε αρκετές περιπτώσεις οι καρποί που προορίζονται για αποξήρανση μαζεύονται από το έδαφος μετά τη φυσιολογική καρπότητα των υπερώριμων καρπών. Με τη μέθοδο αυτή μειώνεται το κόστος συγκομιδής, αλλά δε συνιστάται γιατί οδηγεί σε αποξηραμένα σύκα υποβαθμισμένης ποιότητας λόγω παρουσίας ξένων υλών και μηχανικών βλαβών. Βασικά ποιοτικά χαρακτηριστικά των ξηρών σύκων είναι ο ανοιχτός χρωματισμός και η λεπτότητα του φλοιού.

5.10.2 Φυσιολογία ωρίμανσης και μετασυλλεκτική ζωή

Τα νωπά σύκα είναι κλιμακτηριακοί καρποί και τα επίπεδα του ρυθμού αναπνοής και έκλυσης αιθυλενίου παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.12. Κατά την ωρίμανση του καρπού που συνήθως γίνεται πάνω στο δέντρο έχουμε ταχεία υδρόλυση του αμύλου και συσσώρευση σακχάρων. Σε σύκα ποικιλίας 'Τσαπέλα' κατά την ωρίμανση πάνω στο δέντρο βρέθηκε ότι η συσσώρευση των σακχάρων (φρουκτόζη, γλυκόζη και σακχαρόζη) συμπίπτει χρονικά με τη μείωση της ΤΟ, της συνεκτικότητας και των ολικών πηκτινών και την αύξηση των διαλυτών πηκτινών, ενώ η αλλαγή του χρώματος από πράσινο σε κίτρινο προηγείται χρονικά από όλες τις άλλες αλλαγές (Tsantili, 1990). Για το λόγο αυτό δεν θα πρέπει να χρησιμοποιείται μόνο το χρώμα του καρπού για τον προσδιορισμό του σταδίου ωριμότητας.

Θερμοκρασία (°C)	Ρυθμός αναπνοής (mL CO ₂ kg ⁻¹ h ⁻¹)	Έκλυση αιθυλενίου (μL kg ⁻¹ h ⁻¹)
0	2-4	0,4-0,8
5	5-8	0,8-1,5
10	9-12	1,5-3
20	20-30	4-6

Πίνακας 5.12 Ενδεικτικές τιμές ρυθμού αναπνοής και έκλυσης αιθυλενίου του νωπού σύκου σε διαφορετικές θερμοκρασίες (Πηγή UC Davis, 2015).

Σε νωπά σύκα που συγκομίζονται πιο πρώιμα (ΟΔΣ ~ 14-15%, ΤΟ ~ 0,5-0,6%) με σκοπό τη συντήρηση σε χαμηλή θερμοκρασία (1°C), η ωρίμανση εξελίσσεται μετασυλλεκτικά με αύξηση των ΟΔΣ, των αναγωγικών σακχάρων και μείωση της οξύτητας και των μη αναγωγικών σακχάρων (Irfan et al., 2013).

5.10.3 Συντήρηση και μετασυλλεκτικοί χειρισμοί

Τα νωπά σύκα είναι ανεκτικά σε χαμηλές θερμοκρασίες συντήρησης λόγω κυρίως της μεγάλης περιεκτικότητάς τους σε σάκχαρα. Σε θερμοκρασίες από -1 °C έως 0 °C συντηρούνται χωρίς προβλήματα κρουτραυματισμών για διάστημα έως 2 εβδομάδες. Κατά τη συντήρηση ακόμα και σε χαμηλή θερμοκρασία εκτός από την υποβάθμιση της ποιότητας με βάση την αντίληψη του καταναλωτή (κυρίως της εμφάνισης λόγω απώλειας βάρους και του μαλακώματος) συμβαίνει υποβάθμιση και της θρεπτικής αξίας κυρίως λόγω μείωσης της αντιοξειδωτικής ικανότητας και της περιεκτικότητας σε φαινολικά και βιταμίνη C (Irfan et al., 2013; Villalobos et al., 2015). Σε ελεγχόμενες ατμόσφαιρες (CA, 5-10% O₂ και 10-15% CO₂) ο χρόνος συντήρησης μπορεί να παραταθεί στις 3-4 εβδομάδες ανάλογα με την ποικιλία.

Επειδή τα νωπά σύκα είναι εξαιρετικά ευαίσθητοι καρποί έχει ιδιαίτερη σημασία η συσκευασία τους. Συνήθως χρησιμοποιείται μικρός αριθμός καρπών ανά συσκευασία η/και συνιστάται η χρήση συσκευασίας με χωριστές θέσεις για κάθε καρπό ώστε να αποφεύγονται οι μηχανικοί τραυματισμοί και το σχίσιμο. Επίσης οι τροποποιημένες ατμόσφαιρες με τη χρήση πλαστικών μεμβρανών συσκευασίας βοηθάει στην επιμήκυνση του χρόνου συντήρησης και τη διατήρηση της ποιότητας μειώνοντας τις απώλειες σε υγρασία, αντιοξειδωτικής ικανότητας και θρεπτικών συστατικών όπως τα φαινολικά (Irfan et al., 2013; Villalobos et al., 2015).

Η αποξήρανση των σύκων γίνεται είτε παραδοσιακά στον ήλιο ή με τη χρήση ξηραντήρων θερμού αέρα (60 °C) με στόχο τη μείωση της υγρασίας του καρπού περίπου στο 17%. Για την καλύτερη ποιότητα θα πρέπει να προτιμάται η χρήση ξηραντήρα ώστε μειώνεται ο χρόνος που απαιτείται η επίτευξη της επιθυμητής υγρασίας. Όσο μεγαλύτερος είναι ο χρόνος αποξήρανση υποβαθμίζεται η ποιότητα (καφέτιασμα και απώλειες αντιοξειδωτικών) λόγω οξειδώσεων. Επίσης κατά την αποξήρανση συνήθης χειρισμός είναι η εφαρμογή SO₂ λόγω της αντιοξειδωτικής και αντιμικροβιακής του δράσης. Τα αποξηραμένα σύκα συντηρούνται για μεγάλα διαστήματα (έως 10-12 μήνες) σε θερμοκρασίες 4-20 °C και σε σχετική υγρασία < 60-70%. Σε θερμοκρασίες > 25° C υποβαθμίζονται τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά κυρίως λόγω της παραγωγής δύσσομων προϊόντων ζύμωσης των σακχάρων του καρπού. Κρίσιμος παράγοντας ασφάλειας των ξηρών σύκων είναι η αποφυγή ανάπτυξης μυκοτοξινών από μυκητολογικές προσβολές. Προς την κατεύθυνση αυτή βοηθάει η χρήση χαμηλής θερμοκρασίας συντήρησης και η συσκευασία των καρπών υπό κενό ή με πλήρωση με αέριο N₂.

5.11 Ρόδι

Βασικό ποιοτικό χαρακτηριστικό του ροδιού (*Punica granatum*) είναι το χρώμα (εξωτερικό και των καρπιδιών) που μπορεί να είναι από κιτρινο-κόκκινο έως σκούρο κόκκινο εξαρτώμενο κυρίως από την ποικιλία. Οι καλής ποιότητας ώριμοι καρποί πρέπει να έχουν περιεκτικότητα σε ολικά διαλυτά στερεά (ΟΔΣ) > 17% και τιτλοδοτούμενη οξύτητα (ΤΟ) < 1,85%. Είναι επίσης επιθυμητό οι καρποί να έχουν περιεκτικότητα σε ταννίνες μικρότερη από 0,25% διαφορετικά η γεύση τους είναι αρκετά στυφή. Σημαντικό ποιοτικό χαρακτηριστικό με βάση τη θρεπτική αξία είναι η περιεκτικότητα σε ανθοκυανίνες στις οποίες κυρίως αποδίδεται η υψηλή αντιοξειδωτική ικανότητα του καρπού.

Το ρόδι είναι μη κλιμακτηριακός καρπός με ενδεικτικό ρυθμό αναπνοής $8-18 \text{ mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ (20°C) και έκλυση αιθυλενίου $< 0,2 \text{ }\mu\text{L kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ (20°C) (UC Davis, 2015). Συνιστώμενη θερμοκρασία συντήρησης είναι 5°C για διάστημα συντήρησης έως 2 μήνες και θερμοκρασία $7-8^\circ \text{C}$ όταν ο επιδιωκόμενος χρόνος συντήρησης είναι μεγαλύτερος των 2 μηνών για να αποφευχθούν προβλήματα κρουοτραυματισμών. Το ρόδι είναι καρπός ιδιαίτερα ευαίσθητος στην απώλεια υγρασίας και συνιστάται να ρυθμίζεται η σχετική υγρασία στο 90-95% στο θάλαμο συντήρησης ή/και να εφαρμόζεται κέρωμα ή κάλυψη με πλαστική μεμβράνη στους καρπούς. Αν και θεωρείται ότι το ρόδι δεν ωριμάζει μετά τη συγκομιδή και θα πρέπει να συλλέγεται στην πλήρη ωριμότητα, αναφέρονται αντικρουόμενα αποτελέσματα σχετικά με τις μεταβολές ορισμένων ποιοτικών χαρακτηριστικών (ΟΔΣ, ΤΟ και ανθοκυανίνων) μετασυλλεκτικά. Σε ορισμένες μελέτες έχουν βρεθεί ενδείξεις ότι κάποιες διεργασίες ωρίμανσης συνεχίζονται και μετασυλλεκτικά (μείωση ΤΟ, αυξήσεις ΟΔΣ και ανθοκυανίνων) (Gil et al., 1995; Selcuk & Erkan, 2014) ενώ σε άλλες έχουν παρατηρηθεί αντίθετες μεταβολές (μειώσεις ΟΔΣ και ανθοκυανίνων). Οι διαφοροποιήσεις αυτές μπορεί να οφείλονται σε κάποιο βαθμό στη μεγάλη ευαισθησία του ροδιού σε απώλεια υγρασίας με αποτέλεσμα να μη μπορεί να διακριθεί με ασφάλεια αν η μεταβολή της συγκέντρωσης του κάθε συστατικού είναι φαινομενική (συμπύκνωση λόγω απώλειας βάρους) ή εξαρτώμενη από κάποια μεταβολική διεργασία. Δεν υπάρχουν πολλά στοιχεία για την επίδραση της σύστασης της ατμόσφαιρας στη συντήρηση του ροδιού, ωστόσο από τα μέχρι τώρα πειραματικά δεδομένα φαίνεται ότι συντήρηση σε ατμόσφαιρα 2-3% O_2 και 6-15% CO_2 η συντήρηση μπορεί να επιμηκυνθεί στους 5-6 μήνες.

Σημαντικότερα προβλήματα από φυσιολογικές και παθολογικές ασθένειες κατά τη συντήρηση είναι οι κρουοτραυματισμοί και οι σήψεις των καρπών από βοτρυτή (*Botrytis cinerea*) και μύκητες των γενών *Aspergillus* spp. και *Alternaria* spp.

5.12 Λωτός

Ως ελάχιστο κριτήριο ωριμότητας για τους καρπούς του λωτού (*Diospyros kaki*) είναι το χρώμα του φλοιού το οποίο πρέπει να είναι πορτοκαλί-κοκκινωπό ή κίτρινο ανάλογα με την ποικιλία. Εκτός από το χαρακτήρα του χρώματος οι καλής ποιότητας λωτοί πρέπει να είναι συνεκτικοί (συνεκτικότητα $> 5 \text{ kg}$ με πνευρόμετρο βελόνας 8 mm) και να έχουν ολικά διαλυτά στερεά $> 18\%$, ανάλογα με την ποικιλία (UC Davis, 2015). Σημαντικό χαρακτηριστικό των λωτών είναι η μεγάλη περιεκτικότητα του καρπού σε ταννίνες στις οποίες οφείλεται σε μεγάλο βαθμό η υψηλή αντιοξειδωτική ικανότητα του καρπού αλλά είναι υπεύθυνες και για την εξαιρετικά στυφή γεύση που δεν είναι επιθυμητή από τους καταναλωτές.

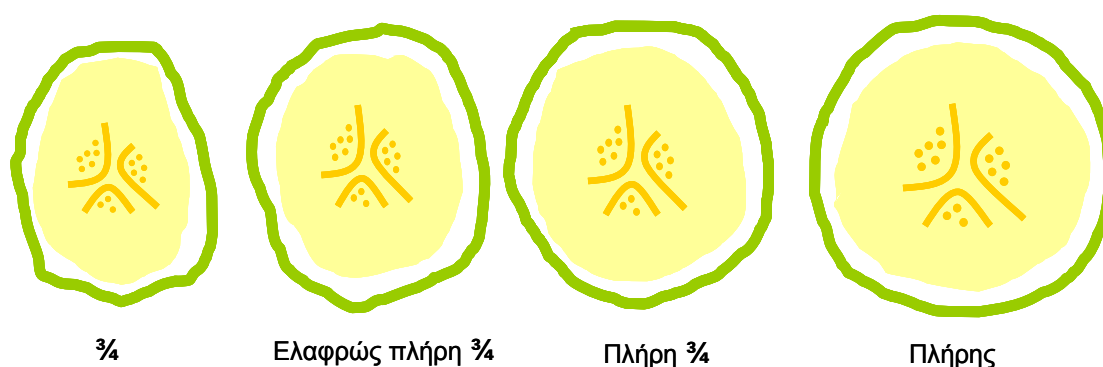
Ο λωτός είναι κλιμακτηριακός καρπός με την ιδιομορφία η έκλυση αιθυλενίου των ανώριμων καρπών να είναι υψηλότερη σε σχέση με τους ώριμους (Harima et al., 2003). Ενδεικτικές τιμές του ρυθμού αναπνοής και της έκλυσης αιθυλενίου των ώριμων καρπών στους 20°C είναι $10-12 \text{ mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ και $0,1-0,5 \text{ }\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$, αντίστοιχα (UC Davis, 2015). Συνιστώμενες συνθήκες συντήρησης για τους λωτούς είναι σε θερμοκρασία 0°C και σχετική υγρασία 90-95% όπου μπορούν να διατηρηθούν για περίπου 3 μήνες. Με τη χρήση ελεγχόμενων ατμοσφαιρών (3-5% O_2 και 5-8% CO_2) ο χρόνος συντήρησης μπορεί να επιμηκυνθεί στους 5 μήνες. Ο λωτός είναι εξαιρετικά ευαίσθητος στη δράση του αιθυλενίου που οδηγεί κυρίως σε γρήγορο μαλάκωμα του καρπού και για το λόγο αυτό θα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στην απομάκρυνση του αιθυλενίου από τους θαλάμους συντήρησης. Βασικός μετασυλλεκτικός χειρισμός για το λωτό είναι η μείωση της στυφής γεύσης. Η συνηθέστερη μέθοδος που εφαρμόζεται για την απομάκρυνση της στυφής γεύσης είναι η επώαση των καρπών σε ατμόσφαιρα $> 80\% \text{ CO}_2$ για 24 h. Η μέθοδος αυτή βασίζεται στη πρόκληση αναερόβιας αναπνοής του καρπού με αποτέλεσμα την παραγωγή ακεταλδεΐδης η οποία αντιδρά με τις διαλυτές ταννίνες και τις καθιστά αδιάλυτες οι οποίες δεν προσδίδουν στυφή γεύση (Salvador et al., 2007). Άλλες μέθοδοι που εφαρμόζονται για την απομάκρυνση της στυφής γεύσης είναι η έκθεση σε αιθυλένιο η οποία δε συνιστάται γιατί οδηγεί παράλληλα σε μαλάκωμα του καρπού, και η έκθεση σε ατμόσφαιρα ατμών αιθανόλης (50-70%) η οποία έχει αντίστοιχη δράση με την εφαρμογή CO_2 . Από τους λοιπούς μετασυλλεκτικούς χειρισμούς μπορεί να γίνει εφαρμογή 1-MCP για παρεμπόδιση της δράσης του αιθυλενίου, έχει δοκιμαστεί με επιτυχία η δράση του NO με στόχο την καθυστέρηση της ωρίμανσης (Shahkoomahally et al., 2015).

Ο λωτός δεν παρουσιάζει ιδιαίτερα προβλήματα φυσιολογικών διαταραχών και παθολογικών ασθενειών όταν ακολουθούνται οι συνιστώμενοι μετασυλλεκτικοί χειρισμοί.

5.13 Μπανάνα

5.13.1 Κριτήρια ποιότητας και ωριμότητας

Τα σημαντικότερα ποιοτικά χαρακτηριστικά της μπανάνας (*Musa* sp.) είναι το μέγεθος και σχήμα, το χρώμα και το άρωμα. Οι καρποί όταν αφήνονται να ωριμάσουν φυσιολογικά πάνω στο δέντρο σχίζονται, έχουν υποβαθμισμένη υφή και μη ομοιόμορφο χρωματισμό. Για το λόγο αυτό οι καρποί πρέπει να συγκομίζονται σε ώριμο πράσινο στάδιο και η ωρίμασή τους να γίνεται μετασυλλεκτικά. Για τον καθορισμό του σταδίου συγκομιδής χρησιμοποιείται σαν κριτήριο η πληρότητα και το γωνιώδες της διατομής του καρπού. Οι ανώριμοι καρποί έχουν γωνιώδη διατομή με διακριτές κορυφογραμμές και καθώς ο καρπός ωριμάζει οι γωνίες γίνονται πιο αμβλείες και η διατομή του γίνεται σχεδόν στρογγυλή (Εικόνα 5.9). Οι καρποί δεν πρέπει να συγκομίζονται πιο πρώιμα από το στάδιο όπου η διατομή είναι κατά τα $\frac{3}{4}$ (ή 75%) στρογγυλή. Η συγκομιδή σε οψιμότερο στάδιο οδηγεί σε καρπούς καλύτερης τελικής ποιότητας αλλά με μικρότερη διάρκεια συντήρησης.



Εικόνα 5.9 Διατομή καρπού μπανάνας κατά την πορεία της ωρίμανσης.

5.13.2 Φυσιολογία ωρίμανσης και μετασυλλεκτική ζωή

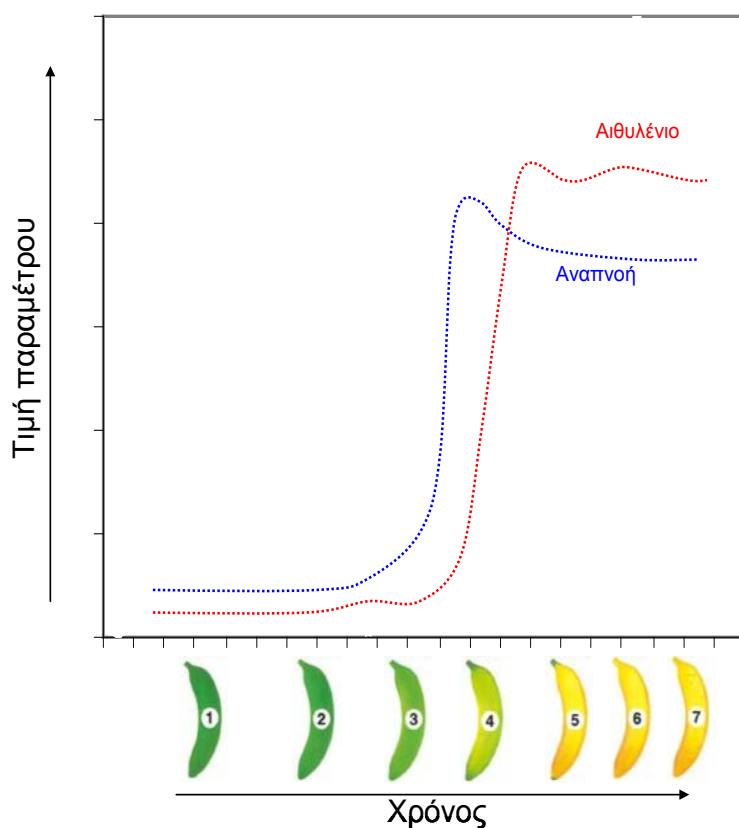
Η μπανάνα είναι ένα τυπικός κλιμακτηριακός καρπός με σχετικά υψηλά επίπεδα ρυθμού αναπνοής και έκλυσης αιθυλενίου και η ωρίμασή της είναι στενά εξαρτώμενη από το αιθυλένιο (Πίνακας 5.13).

Θερμοκρασία (°C)	Ρυθμός αναπνοής (mL CO ₂ kg ⁻¹ h ⁻¹)	Έκλυση αιθυλενίου (μL kg ⁻¹ h ⁻¹)
13	10-30 ¹	0,1-2 ¹
15	12-40	0,2-5
18	15-60	0,2-8
20	20-70	0,3-10

¹ Στο εύρος της κάθε τιμής το κατώτερο όριο αντιστοιχεί σε καρπούς στο ώριμο πράσινο στάδιο και το ανώτερο όριο αντιστοιχεί σε καρπούς στο τέλος της ωρίμανσης.

Πίνακας 5.13 Ενδεικτικές τιμές ρυθμού αναπνοής και έκλυσης αιθυλενίου της μπανάνας σε διαφορετικές θερμοκρασίες (Από: UC Davis, 2015).

Κατά την ωρίμανση της μπανάνας γίνεται αλλαγή του χρώματος από πράσινο σε κίτρινο μέσω της αποδόμησης των χλωροφυλλών και της σύνθεσης ξανθοφυλλών και καροτενοειδών. Διεθνώς έχουν κωδικοποιηθεί επτά στάδια ωριμότητας του καρπού με βάση κυρίως το χρώμα του φλοιού (Πίνακας 5.14). Σε φυσιολογικό επίπεδο οι αλλαγές αυτές συμπίπτουν με την αύξηση του ρυθμού αναπνοής και της έκλυσης αιθυλενίου (Σχήμα 5.2).



Σχήμα 5.2 Σχηματική παρουσίαση της πορείας του ρυθμού αναπνοής και της έκλυσης αιθυλενίου κατά την ωρίμανση της μπανάνας.

Εκτός από τις αλλαγές σε χρωστικές κατά την ωρίμανση γίνονται και αλλαγές σε άλλα συστατικά που επηρεάζουν την τελική ποιότητα του προϊόντος. Συγκεκριμένα, συμβαίνει ταχεία απόδόμηση του αμύλου, με δράση κυρίως της α -αμυλάσης και της φωσφορυλάσης του αμύλου, που οδηγεί στη συσσώρευση σακχάρων (κυρίως γλυκόζης και δευτερεύοντος σακχαρόζης και φρουκτόζης) και την ανάπτυξη της γλυκιάς γεύσης (Hailu et al., 2013). Η ανάπτυξη του αρώματος συνδέεται με τη σύνθεση πτητικών συστατικών κυρίως εστέρων και δευτερεύοντος αλδεϋδών και αλκοολών. Το μαλάκωμα συνδέεται με αλλαγές των συστατικών του κυτταρικού τοιχώματος μέσω των πηκτινικών ενζύμων λυάση, μεθυλεστεράση και πολυγαλακτουρονάση και της σελλουλάσης. Όλες οι μεταβολικές αυτές αλλαγές στην μπανάνα έχει βρεθεί ότι είναι άμεσα εξαρτώμενες από το αιθυλένιο (Zhu et al., 2015).

Στάδιο	Χρώμα	Φυσιολογικοί και οργανοληπτικοί χαρακτήρες	Χρήση
1	Πλήρως πράσινο		Συγκομιδή
2	Ανοιχτό πράσινο	Έναρξη αποδόμησης αμύλου και χλωροφυλλών	Συντήρηση-εφαρμογή τεχνητής ωρίμανσης
3	Περισσότερο πράσινο από κίτρινο	Απότομη αύξηση του ρυθμού αναπνοής και της έκλυσης αιθυλενίου	Ελάχιστο στάδιο για μεταφορά σε χονδρικές αγορές
4	Περισσότερο κίτρινο από πράσινο		Στάδιο χονδρικής πώλησης
5	Κίτρινο με πράσινα άκρα		Στάδιο λιανικής πώλησης

6	Πλήρως κίτρινο	Έντονο άρωμα και γλυκύτητα, καρπός συνεκτικός που ξεφλουδίζει εύκολα	Κατάλληλο στάδιο για κατανάλωση
7	Πλήρως κίτρινο με καφέ στίγματα	Έντονο άρωμα και γλυκύτητα	Τελευταίο στάδιο για κατανάλωση

Πίνακας 5.14 Κατηγορίες ωριμότητας της μπανάνας από το φυσιολογικά ώριμο πράσινο στάδιο και έπειτα.

5.13.3 Συντήρηση και μετασυλλεκτικοί χειρισμοί

Η μπανάνα είναι ευαίσθητη σε χαμηλές θερμοκρασίες και όταν συντηρείται κάτω από 13° C δημιουργούνται προβλήματα κρουοτραυματισμών. Σε θερμοκρασίες 13-14 °C και σχετική υγρασία 90-95% η διάρκεια συντήρησης είναι 2-4 εβδομάδες ανάλογα με την ποικιλία, ενώ σε θερμοκρασία δωματίου η διάρκεια συντήρησης είναι 7-10 μέρες.

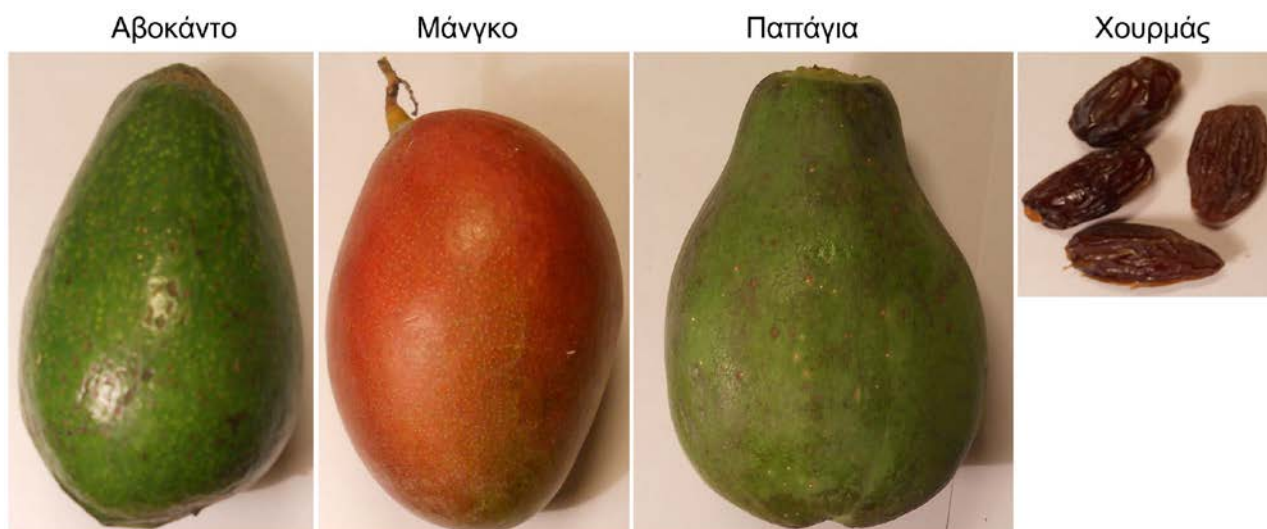
Βασικός μετασυλλεκτικός χειρισμός της μπανάνας είναι η τεχνητή ωρίμανση, που γίνεται συνήθως πριν τη τελική χονδρική διάθεση στην αγορά, με έκθεση των καρπών σε αιθυλένιο (κεφάλαιο 10). Η χρήση ελεγχόμενης ατμόσφαιρας (CA) βοηθάει σημαντικά στη διατήρηση της ποιότητας και την καθυστέρηση της ωρίμανσης. Ανάλογα με την ποικιλία, σε ατμόσφαιρα 2-5% O₂ και 2-5% CO₂ η συντήρηση μπορεί να επιμηκυνθεί στις 4-6 εβδομάδες. Από τους λοιπούς μετασυλλεκτικούς χειρισμούς έχουν δοκιμαστεί με επιτυχία η χρήση NO επιμήκυνση του χρόνου συντήρησης μέσω της μείωσης του ρυθμού αναπνοής (Manjunatha et al., 2012) και η εφαρμογή του SO₂ για περιορισμό των μετασυλλεκτικών ασθενειών (Sivakumar et al., 2010). Η εφαρμογή καταπόνησης υψηλής θερμοκρασίας (38° C για 3 ημέρες) μπορεί να βελτιώσει την αντοχή της μπανάνας στους κρουοτραυματισμούς μέσω της ενεργοποίησης του μεταβολισμού των φαινυλπροπανοειδών (αύξηση δραστηριότητας PAL και σύνθεσης φαινολικών) (Chen et al., 2008).

5.13.4 Φυσιολογικές διαταραχές και μετασυλλεκτικές ασθένειες

Το σημαντικότερο πρόβλημα που αντιμετωπίζει η μπανάνα από την άποψη των φυσιολογικών διαταραχών είναι ο κρουοταυματισμός λόγω της υψηλής ασφαλούς θερμοκρασίας συντήρησης (> 13 °C). Στη μπανάνα μπορούν να δημιουργηθούν προβλήματα από προσβολές *Colletotrichum* spp., *Lasioidiplodia* spp., *Thielaviopsis* spp. και *Fusarium* spp.

5.14 Τροπικά και υποτροπικά είδη πλην της μπανάνας

Τα σημαντικότερα τροπικά και υποτροπικά είδη είναι το αβοκάντο (*Persea americana*), το μάνγκο (*Mangifera indica*), ο ανανάς (*Ananas comosus*), το λίτσι (*Litchi chinensis*), ο χουρμάς (*Phoenix dactylifera*) και η παπάγια (*Papaya fruit*) (Εικόνα 5.10). Τα είδη αυτά καλλιεργούνται ελάχιστα στην Ελλάδα και στην Ευρώπη γενικότερα, ωστόσο αρκετά μεγάλες ποσότητες καρπών εισάγονται και συντηρούνται μέχρι την τελική τους διάθεση στην αγορά. Το αβοκάντο έχει τη μεγαλύτερη οικονομική σημασία με βάση τις ποσότητες που εισάγονται αλλά και δεδομένου ότι καλλιεργείται σε περιοχές της Ελλάδας (Κρήτη, Αργολίδα, Μεσσηνία).



Εικόνα 5.10 Ορισμένα από τα τροπικά είδη που διακινούνται στην Ελλάδα.

5.14.1 Αβοκάντο

Ο καρπός του αβοκάντο είναι ελαιώδης και η περιεκτικότητά του σε ξηρά ουσία χρησιμοποιείται ως κριτήριο ωριμότητας. Ανάλογα με την ποικιλία για τους ώριμους καρπούς η ελάχιστη περιεκτικότητα σε ξηρή ουσία, η οποία εξαρτάται κυρίως από την ελαιοπεριεκτικότητα, πρέπει να είναι 19-25%. Εκτός από την ελαιοπεριεκτικότητα, τα σημαντικότερα ποιοτικά χαρακτηριστικά είναι το σχήμα, χρώμα και η μορφή της επιφάνειας του φλοιού, και η συνεκτικότητα των καρπών. Καλής ποιότητας καρποί πρέπει να έχουν τα τυπικά χαρακτηριστικά της ποικιλίας τα οποία παρουσιάζουν μεγάλη παραλλακτικότητα μεταξύ των ποικιλιών (Πίνακας 5.15). Ανάλογα με την αγορά προορισμού επιλέγονται οι αντίστοιχες ποικιλίες. Για παράδειγμα στην Αμερική προτιμώνται ιώδεις καρποί ενώ στην Ευρώπη πράσινοι, λείοι και απιοειδής.

Ποικιλία	Σχήμα	Χρώμα	Μορφή επιφάνειας φλοιού
Hass	Ελαφρώς απιοειδής	Ιώδες	Τραχύς
Fuerte	Ωοειδής	Πράσινο	Τραχύς
Ettinger	Στενό ωοειδής	Πράσινο	Λείος
Pinkerton	Απιοειδής	Πράσινο	Με αυλακώσεις
Zutano	Ωοειδής	Πράσινο	Τραχύς

Πίνακας 5.15 Ποιοτικά χαρακτηριστικά των σημαντικότερων ποικιλιών αβοκάντο.

Το αβοκάντο είναι κλιμακτηριακός καρπός με ρυθμό αναπνοής $40-150 \text{ mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ (20°C) και έκλυση αιθυλενίου $> 100 \text{ } \mu\text{L kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ (20°C) σε ώριμο στάδιο (UC Davis, 2015). Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό του αβοκάντο είναι ο καρπός δεν παράγει αιθυλένιο πριν τη συγκομιδή με αποτέλεσμα να μην φτάνει ποτέ στο στάδιο της φυσιολογικής ωριμότητας πάνω στο δέντρο. Για το λόγο αυτό οι καρποί μπορούν να παραμένουν στο στάδιο της φυσιολογικής ωριμότητας για μεγάλα χρονικά διαστήματα (έως και 6 μήνες) χωρίς να παρατηρούνται μεγάλα ποσοστά καρπόπτωσης. Λόγω του ιδιαίτερου αυτού φυσιολογικού χαρακτηριστικού πολλές φορές οι καρποί συντηρούνται πάνω στο δέντρο, μέθοδος η οποία όμως δε συνιστάται γιατί υποβαθμίζει την ποιότητα λόγω μηχανικών τραυματισμών και ταγγίσματος από οξείδωση του ελαίου που περιέχει σε υψηλές συγκεντρώσεις. Το αβοκάντο συντηρείται στους $5-13^\circ \text{C}$ όταν είναι στο πράσινο ώριμο στάδιο και στους $2-4^\circ \text{C}$ στο φυσιολογικά ώριμο στάδιο. Στο ώριμο πράσινο στάδιο, που είναι το σύνηθες για συντήρηση, δημιουργούνται προβλήματα κρουοτραυματισμών σε θερμοκρασίες $< 5^\circ \text{C}$. Με τη χρήση ελεγχόμενων ατμοσφαιρών ($2-5\% \text{ O}_2$ και $3-10\% \text{ CO}_2$) μπορεί να γίνει συντήρηση πράσινων ώριμων αβοκάντο στους $5-7^\circ \text{C}$ χωρίς κρουοτραυματισμούς για περίπου 2 μήνες. Συνήθης μετασυλλεκτικός χειρισμός είναι η τεχνητή ωρίμανση του αβοκάντο μετά τη συντήρηση με τη χρήση αιθυλενίου (Κεφάλαιο 10).

Πλην του κρουοτραυματισμού δεν παρουσιάζονται άλλες σημαντικές φυσιολογικές διαταραχές, ενώ από παθολογικά αίτια μπορεί να παρουσιαστούν σήψεις καρπών από είδη όπως *Colletotrichum gloeosporioides* και *Botryodiplodia theobromae*.

5.14.2 Μάνγκο

Για το μάνγκο δεν υπάρχουν πολύ συγκεκριμένα χαρακτηριστικά ποιότητας και ωριμότητας λόγω του μεγάλου αριθμού και παραλλακτικότητας σε διάφορα χαρακτηριστικά των ποικιλιών. Η ποικιλία επιλέγεται ανάλογα με τις απαιτήσεις των καταναλωτών της αγοράς προορισμού και καρποί καλής ποιότητας θεωρούνται οι έχοντες καλά αναπτυγμένο το χρώμα φλοιού και σάρκας της ποικιλίας και το χαρακτηριστικό σχήμα. Στους ώριμους καρπούς, ανάλογα με την ποικιλία το χρώμα του φλοιού είναι ανοιχτό πράσινο, κίτρινο και σε ορισμένες ποικιλίες ένα μέρος της επιφάνειας έχει ερυθρό χρώμα. Το χρώμα της σάρκας είναι κίτρινο ή πορτοκαλί. Για τις περισσότερες αγορές το μάνγκο συγκομίζεται όταν τα ολικά διαλυτά στερεά (ΟΔΣ) είναι 9-10% (Sivakumar et al., 2011).

Το μάνγκο είναι κλιμακτηριακός καρπός με ρυθμό αναπνοής 35-80 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ (20 °C) και έκλυση αιθυλενίου 0,5-8 μL kg⁻¹ h⁻¹ (20 °C) (UC Davis, 2015). Λόγω του μεγάλου χρόνου μεταφοράς από τις περιοχές παραγωγής προς τις χώρες προέλευσης το μάνγκο μπορεί να συγκομιστεί και σε ώριμο πράσινο στάδιο και να προηγηθεί τεχνητή ωρίμανση με αιθυλενισμό πριν τη διάθεση στην αγορά (Κεφάλαιο 10). Σε ώριμο πράσινο στάδιο το μάνγκο συντηρείται στους 13-15 °C ενώ οι μερικώς ώριμοι και φυσιολογικά ώριμοι καρποί συντηρούνται σε χαμηλότερη θερμοκρασία (ελάχιστη ασφαλής θερμοκρασία 10 °C). Με τη χρήση ελεγχόμενων ατμοσφαιρών (3-5% O₂ και 5-8% CO₂) στους 13 °C ο χρόνος συντήρησης είναι έως 6 εβδομάδες ενώ στην ίδια θερμοκρασία στον αέρα ο αντίστοιχος χρόνος είναι 2-4 εβδομάδες. Η επικάλυψη με κερί και η μεταχείριση των καρπών με ζεστό νερό πριν την αποθήκευση (θερμικός χειρισμός) συνέβαλαν στον περιορισμό της απώλειας νερού και της ανάπτυξης παθογόνων (Passam et al., 1982).

Η κύρια φυσιολογική διαταραχή του μάνγκο είναι οι κρουοτραυματισμοί, ενώ σήψεις καρπών παρατηρούνται από παθολογικά αίτια (π.χ. *Colletotrichum gloeosporioides*, *Lasiodiplodia theobromae*).

5.14.3 Ανανάς

Ο ανανάς είναι σύνθετος καρπός αποτελούμενος από πολλά μεμονωμένα καρπίδια αναφερόμενα και ως μάτια (eyes) που χρησιμοποιούνται και σαν κριτήριο ωριμότητας και ποιότητας. Ο καρπός καλής ποιότητας και ώριμος θα πρέπει να έχει επίπεδης επιφάνειας και κίτρινα μάτια (είναι γωνιώδη και πράσινα όταν είναι ανώριμα), με τα φύλλα της στεφάνης πράσινα που δείχνουν φρέσκα, έντονο άρωμα και ολικά διαλυτά στερεά > 12% (Paull & Chen, 2014).

Ο ανανάς είναι μη κλιμακτηριακός καρπός με ρυθμό αναπνοής 19-29 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ (20 °C) και έκλυση αιθυλενίου 0,1-1 μL kg⁻¹ h⁻¹ (20 °C) (Paull & Chen, 2014). Συνιστώνται θερμοκρασίες 7-12 °C για συντήρηση 2-3 εβδομάδες (Paull, 1993). Ο χρόνος συντήρησης μπορεί να επιμηκυνθεί σε θερμοκρασίες 0-4 °C αλλά μετά την έξοδο από τη συντήρηση παρουσιάζονται συμπτώματα κρουοτραυματισμών και ελλειπούς αρώματος.

Μεγάλο ποσοστό της παραγωγής ανανά διατίθεται ελάχιστα μεταποιημένος σε φέτες, κυλίνδρους ή κύβους. Για τη συντήρηση σε αυτή τη μορφή συνιστάται η χρήση πλαστικών μεμβρανών συσκευασίας για τη δημιουργία τροποποιημένης ατμόσφαιρας (βλέπε Κεφάλαιο 11).

5.14.4 Λίτσι

Λόγω των πολλών ποικιλιών λίτσι είναι δύσκολο να καθοριστούν συγκεκριμένα κριτήρια ωριμότητας του καρπού. Επειδή το λίτσι είναι μη κλιμακτηριακός καρπός θα πρέπει να συγκομίζεται φυσιολογικά ώριμος. Προτείνεται λόγος ολικών διαλυτών στερεών / τιτλοδοτούμενη οξύτητα στο 30-40/1 για τους ώριμους καρπούς (Underhill & Wong, 1990). Σημαντικό ποιοτικό χαρακτηριστικό του λίτσι είναι η περιεκτικότητα του σε αντιοξειδωτικά (ανθοκυανίνες και βιταμίνη C).

Βασικό πρόβλημα κατά τη συντήρηση του λίτσι είναι το έντονο καφέτιασμα που παρατηρείται ταχύτατα μετά τη συγκομιδή λόγω οξειδωσης των ανθοκυανίνων και της βιταμίνης C

(Holcroft & Mitcam, 1996). Οι καρποί μπορούν να συντηρηθούν για διάστημα έως 4 εβδομάδες σε θερμοκρασία 0-7 °C. Για τον περιορισμό του καφετιάσματος συνιστάται να γίνεται πρόψυξη.

5.14.5 Παπάγια

Κατά την ωρίμανση του καρπού της παπάγια συμβαίνει αλλαγή του χρώματος του φλοιού από σκούρο πράσινο σε ανοικτό πράσινο έως κίτρινο ανάλογα με την ποικιλία. Το χρώμα της σάρκας από πράσινο γίνεται κίτρινο ή ερυθρό στους ώριμους καρπούς. Σαν κριτήριο ωριμότητας χρησιμοποιείται το χρώμα του φλοιού με βάση την έκταση του κίτρινου χρωματισμού (Πίνακας 5.16). Ελάχιστη αποδεκτή τιμή ολικών διαλυτών στερεών είναι το 11,5%.

Στάδιο	Χρώμα φλοιού	Θερμοκρασία (°C)
Ωριμο πράσινο	¼ κίτρινο	13
Μερικώς ώριμο	¼ - ½ κίτρινο	10
Ωριμο	> ½ κίτρινο	7

Πίνακας 5.16 Στάδια ωριμότητας της παπάγια με βάση το χρώμα του φλοιού και συνιστώμενες θερμοκρασίες συντήρησης.

Η παπάγια είναι κλιμακτηριακός καρπός με ρυθμό αναπνοής 15-35 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ (15 °C) και έκλυση αιθυλενίου 1-15 µL kg⁻¹ h⁻¹ (15 °C) (UC Davis, 2015). Οι θερμοκρασίες συντήρησης εξαρτώνται από το στάδιο ωριμότητας του καρπού (Πίνακας 5.16). Στους 13 °C ο χρόνος συντήρησης είναι 2-4 εβδομάδες ο οποίος μπορεί να επιμηκυνθεί κατά ένα μήνα σε ελεγχόμενη ατμόσφαιρα (3-5% O₂ και 5-8% CO₂).

5.14.6 Χουρμάς

Χουρμάς συνήθως διατίθεται σε δυο μορφές του καρπού ανάλογα με το στάδιο ωριμότητας (μερικώς ώριμοι και ώριμοι καρποί). Οι μερικώς ώριμοι καρποί είναι κίτρινοι ή κόκκινοι ανάλογα με την ποικιλία, έχουν μεγάλη περιεκτικότητα σε ταννίνες και στυφή γεύση. Οι ώριμοι καρποί έχουν πολύ μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε σάκχαρα, λιγότερες ταννίνες και υγρασία και είναι πιο μαλακοί. Η περιεκτικότητα σε ολικά διαλυτά στερεά (ΟΔΣ) στους ώριμους χουρμάδες είναι περίπου 50%. Η τελική υγρασία του καρπού θα πρέπει να είναι < 20%.

Ο χουρμάς είναι μη κλιμακτηριακός καρπός με ρυθμό αναπνοής < 25 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ (20 °C) και < 5 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ (20 °C) στο μερικώς ώριμο και ώριμο στάδιο, αντίστοιχα. Η έκλυση αιθυλενίου στους 20 °C είναι < 0,5 µL kg⁻¹ h⁻¹ στο μερικώς ώριμο στάδιο και < 0,1 µL kg⁻¹ h⁻¹ στους ώριμους καρπούς. Συνιστάται οι χουρμάδες να συντηρούνται σε 0 °C και 70-75% σχετική υγρασία και στις συνθήκες αυτές ο χρόνος συντήρησης είναι 6-12 μήνες ανάλογα με την ποικιλία. Οι ώριμοι καρποί απορροφούν γρήγορα αρώματα στο χώρο συντήρησης και θα πρέπει να αποφεύγεται η συνύπαρξή τους σε ψυκτικούς θαλάμους με άλλα προϊόντα με ισχυρό άρωμα (π.χ. σκόρδα και κρεμμύδια). Σε περιπτώσεις που η υγρασία του συγκομισμένου καρπού δεν είναι < 20% εφαρμόζεται μετασυλλεκτικά ξήρανση (στον ήλιο ή σε ξηραντήρα).

Σημαντικό πρόβλημα κατά τη συντήρηση είναι το καφέτιασμα λόγω οξειδώσεων των φαινολικών που περιέχουν οι καρποί. Επίσης παρατηρείται και ξίνισμα οφειλόμενο στην παραγωγή προϊόντος ζύμωσης των σακχάρων που περιέχουν οι καρποί. Για να αποφευχθούν τα παραπάνω προβλήματα θα πρέπει να μειωθεί όσο το δυνατό περισσότερο η συγκέντρωση του O₂ στην ατμόσφαιρα συντήρησης. Για τη μείωση του O₂ χρησιμοποιούνται ελεγχόμενη ατμόσφαιρα (CA), συσκευασία των καρπών υπό κενό ή πλήρωση της συσκευασίας με N₂.

5.15 Μικροί καρποί-Berries

Τα σημαντικότερα είδη των μικρών καρπών (berries) είναι τα μπλούμπερρυ και κράνμπερρυ (*Vaccinium* spp.) και μπλάκμπερρυ και ράσμπερρυ (*Rubus* spp.). Χαρακτηριστικό των καρπών αυτών είναι η μεγάλη αντιοξειδωτική τους ικανότητα η οποία οφείλεται κυρίως στις ανθοκυανίνες που περιέχουν και τις βιταμίνες A και C.

Από τα berries τα μπλούμπερρυ θεωρούνται κλιμακτηριακός καρπός και τα άλλα είδη μη κλιμακτηριακά. Τα μπλούμπερρυ παρόλο που είναι κλιμακτηριακά θα πρέπει να συγκομίζονται σε ώριμο στάδιο γιατί δεν αυξάνεται ιδιαίτερα η συγκέντρωση σακχάρων μετασυλλεκτικά ακόμα και υπό την επίδραση αιθυλενίου. Η έκλυση αιθυλενίου των berries είναι 0,1-1 $\mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ (5 °C) και η ένταση της αναπνοής 9-100 $\text{mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ (Πίνακας 5.17).

Θερμοκρασία (° C)	Ρυθμός αναπνοής ($\text{mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{h}^{-1}$)			
	Μπλούμπερρυ	Κράνμπερρυ	Μπλάκμπερρυ	Ρασμπερρυ
0	3	2	11	12
10	9	4	31	49
20	34	9	78	100

Πίνακας 5.17 Ενδεικτικές τιμές ρυθμού αναπνοής και έκλυσης αιθυλενίου των berries σε διαφορετικές θερμοκρασίες (Από: UC Davis, 2015).

Χαρακτηριστικό των berries είναι η μεγάλη τους μετασυλλεκτική υποβάθμιση λόγω απωλειών υγρασίας και των προσβολών από βοτρυτή (*Botrytis cinerea*) με αποτέλεσμα να συντηρούνται δύσκολα για διάστημα μεγαλύτερο της μιας εβδομάδας. Πρέπει να συντηρούνται στους 0 °C και 90-95% σχετική υγρασία. Ανέχονται υψηλές συγκεντρώσεις CO_2 (> 15%) στην ατμόσφαιρα συντήρησης οι οποίες είναι επιθυμητές για τη μείωση των σήψεων. Για την μείωση της απώλειας υγρασίας και την αύξηση της συγκέντρωσης του CO_2 χρησιμοποιούνται οι τροποποιημένες ατμόσφαιρες στη συσκευασία. Προς την ίδια κατεύθυνση χρησιμοποιείται και η μέθοδος της κάλυψης της ολόκληρης παλέτας με ειδικό πλαστικό κατά τη μεταφορά.

Βιβλιογραφία

- Aday, M. S. & Caner, C. (2014). Individual and combined effects of ultrasound, ozone and chlorine dioxide on strawberry storage life. *LWT - Food Sci. Technol.*, 57, 344-351.
- Amorós, A., Zapata, P., Pretel, M. T., Botella, M. A. & Serrano, M. (2003). Physico-chemical and physiological changes during fruit development and ripening of five loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.) cultivars. *Food Sci. Technol. Int.*, 9, 43-51.
- Birla, S. L., Wang, S., Tang, J., Fellman, J. K., Mattinson, D. S. & Lurie, S. (2005). Quality of oranges as influenced by potential radio frequency heat treatments against Mediterranean fruit flies. *Postharv. Biol. Technol.*, 38, 66-79.
- Boquete, E. J., Trinchero, G. D., Fraschina, A. A., Vilella, F. & Sozzi, G. O. (2004). Ripening of 'Hayward' kiwifruit treated with 1-methylcyclopropene after cold storage. *Postharv. Biol. Technol.*, 32, 57-65.
- Cai, C., Xu, C., Li, X., Ferguson, I. & Chen, K. (2006). Accumulation of lignin in relation to change in activities of lignification enzymes in loquat fruit flesh after harvest. *Postharv. Biol. Technol.*, 40, 163-169.
- Cao, S., Hu, Z. & Pang, B. (2010). Optimization of postharvest ultrasonic treatment of strawberry fruit. *Postharv. Biol. Technol.*, 55, 150-153.
- Castellano, J. M., García, J. M., Morilla, A., Perdiguero, S. & Gutierrez, F. (1993). Quality of picual olive fruits stored under controlled atmospheres. *J. Agric. Food Chem.*, 41, 537-539.
- Chen, J.-y., He, L.-h., Jiang, Y.-m., Wang, Y., Joyce, D. C., Ji, Z.-l. & Lu, W.-j. (2008). Role of phenylalanine ammonia-lyase in heat pretreatment-induced chilling tolerance in banana fruit. *Physiol. Plant.*, 132, 318-328.

- Christopoulos, M. V. & Tsantili, E. (2011). Effects of temperature and packaging atmosphere on total antioxidants and colour of walnut (*Juglans regia* L.) kernels during storage. *Sci. Hort.*, 131, 49-57.
- Christopoulos, M. V. & Tsantili, E. (2012). Storage of fresh walnuts (*Juglans regia* L.) – Low temperature and phenolic compounds. *Postharv. Biol. Technol.*, 73, 80-88.
- Christopoulos, M. V. & Tsantili, E. (2014). Oil composition in stored walnut cultivars – Quality and nutritional value. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, 117, 338–348.
- Christopoulos, M. V. & Tsantili, E. (2015). Participation of phenylalanine ammonia-lyase (PAL) in increased phenolic compounds in fresh cold stressed walnut (*Juglans regia* L.) kernels. *Postharv. Biol. Technol.*, 104, 17-25.
- Crisosto, C. H., Bremer, V., Ferguson, L. & Crisosto, G. M. (2010). Evaluating quality attributes of four fresh fig (*Ficus carica* L.) cultivars harvested at two maturity stages. *HortSci.*, 45, 707-710.
- Dilley, D. R. (1983). Manipulation of the postharvest atmosphere for preservation of food crops. In: Lieberman, M. (ed.), *Post-harvest physiology and crop preservation*. New York., U.S.A.: Springer, pp. 383-397.
- E. E. (2011). Εκτελεστικός κανονισμός (ΕΕ) αριθ. 543/2011 της Επιτροπής, της 7ης Ιουνίου 2011, για τη θέσπιση λεπτομερών κανόνων εφαρμογής του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 1234/2007 του Συμβουλίου όσον αφορά τους τομείς των οπωροκηπευτικών και των μεταποιημένων οπωροκηπευτικών. *Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης* L157, Κανονισμός 543/2011/ΕΕ.
- E.E. (2012). Κανονισμός (ΕΕ) αριθ. 432/2012 της Επιτροπής της 16ης Μαΐου 2012 σχετικά με τη θέσπιση καταλόγου επιτρεπόμενων ισχυρισμών υγείας που διατυπώνονται για τα τρόφιμα, εξαιρουμένων όσων αφορούν τη μείωση του κινδύνου εκδήλωσης ασθένειας και την ανάπτυξη και υγεία των παιδιών. L136/1-L136/40.
- Fallik, E. (2004). Prestorage hot water treatments (immersion, rinsing and brushing). *Postharv. Biol. Technol.*, 32, 125-134.
- Fujii, H., Shimada, T., Sugiyama, A., Nishikawa, F., Endo, T., Nakano, M., Ikoma, Y., Shimizu, T. & Omura, M. (2007). Profiling ethylene-responsive genes in mature mandarin fruit using a citrus 22K oligoarray. *Plant Sci.*, 173, 340-348.
- Gil, M. I., García-Viguera, C., Artés, F. & Tomás-Barberán, F. A. (1995). Changes in pomegranate juice pigmentation during ripening. *J. Sci. Food Agric.*, 68, 77-81.
- Goulao, L. F., Santos, J., de Sousa, I. & Oliveira, C. M. (2007). Patterns of enzymatic activity of cell wall-modifying enzymes during growth and ripening of apples. *Postharv. Biol. Technol.*, 43, 307-318.
- Guerreiro, A. C., Gago, C. M. L., Faleiro, M. L., Miguel, M. G. C. & Antunes, M. D. C. (2015). The use of polysaccharide-based edible coatings enriched with essential oils to improve shelf-life of strawberries. *Postharv. Biol. Technol.*, 110, 51-60.
- Hailu, M., Workneh, T. & Belew, D. (2013). Review on postharvest technology of banana fruit. *Afr. J. Biotechnol.*, 12, 635-647.
- Harima, S., Nakano, R., Yamauchi, S., Kitano, Y., Yamamoto, Y., Inaba, A. & Kubo, Y. (2003). Extending shelf-life of astringent persimmon (*Diospyros kaki* Thunb.) fruit by 1-MCP. *Postharv. Biol. Technol.*, 29, 319-324.
- Holcroft, D. M. & Mitcham, E. J. (1996). Postharvest physiology and handling of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.). *Postharv. Biol. Technol.*, 9, 265-281.

- Irfan, P. K., Vanjakshi, V., Prakash, M. N. K., Ravi, R. & Kudachikar, V. B. (2013). Calcium chloride extends the keeping quality of fig fruit (*Ficus carica* L.) during storage and shelf-life. *Postharv. Biol. Technol.*, 82, 70-75.
- Irkin, R. & Guldass, M. (2014). Chitosan coating of red table grapes and fresh-cut honey melons to inhibit *Fusarium oxysporum* growth. *J. Food Proces. Preserv.*, 38, 1948-1956.
- Johnston, J. W., Hewett, E. W. & Hertog, M. L. A. T. M. (2002). Postharvest softening of apple (*Malus domestica*) fruit: A review. *New Zealand J. Crop. Hort. Sci.*, 30, 145-160.
- Kader, A. (2002). *Postharvest technology of horticultural crops*. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, Oakland, 535p.
- Kalua, C. M., Bedgood Jr, D. R., Bishop, A. G. & Prenzler, P. D. (2008). Changes in virgin olive oil quality during low-temperature fruit storage. *J. Agric. Food Chem.*, 56, 2415-2422.
- Kays, S. J. (1991). *Post-harvest physiology of perishable plant products*. New York, U.S.A.: Van Nostrand Reinhold, 532 pp.
- Knee, M., Tsantili, E. & Hatfield, S. G. S. (1988). Promotion and inhibition by ethylene of chlorophyll degradation in orange fruit. *Ann. Appl. Biol.*, 113, 129-135.
- Koukounaras, A. & Sfakiotakis, E. (2007). Effect of 1-MCP prestorage treatment on ethylene and CO₂ production and quality of 'Hayward' kiwifruit during shelf-life after short, medium and long term cold storage. *Postharv. Biol. Technol.*, 46, 174-180.
- Lurie, S. (1998). Postharvest heat treatments. *Postharv. Biol. Technol.*, 14, 257-269.
- Manjunatha, G., Gupta, K. J., Lokesh, V., Mur, L. A. J. & Neelwarne, B. (2012). Nitric oxide counters ethylene effects on ripening fruits. *Plant Sign. Behavior.*, 7, 476-483.
- Nadim, Z., Ahmadi, E., Sarikhani, H. & Amiri Chayjan, R. (2015). Effect of methylcellulose-based edible coating on strawberry fruit's quality maintenance during storage. *J. Food Proces. Preserv.*, 39, 80-90.
- Ontario Ministry of Agriculture, Food & Rural Affairs (2009). *Factsheet: Evaluating Maturity of McIntosh and Red Delicious Apples*. Order#: 00-025.
- Palou, L., Serrano, M., Martínez-Romero, D. & Valero, D. (2010). New approaches for postharvest quality retention of table grapes. *Fresh Prod.*, 4, 103-110.
- Passam, H. C. (1982). Storage of some local and introduced mango cultivars grown in Trinidad. *Sci. Hort.*, 16, 171-177.
- Paull, R. E. (1993). Pineapple and papaya. In: Seymour, G. Taylor J. & Tucker G. (eds.), *Biochemistry of fruit ripening*. London, U.K.: Chapman & Hall, pp. 291-323.
- Paull, R. E. & Chen, C. C. (2014). *Pineapple: Postharvest Quality-Maintenance Guidelines*. College of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii, F_N-32 — May 2014.
- Redgwell, R. J. & Fry, S. C. (1993). Xyloglucan endotransglycosylase activity increases during kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) ripening (implications for fruit softening). *Plant Physiol.*, 103, 1399-1406.
- Romanazzi, G., Nigro, F., Ippolito, A. & Salerno, M. (2001). Effect of short hypobaric treatments on postharvest rots of sweet cherries, strawberries and table grapes. *Postharv. Biol. Technol.*, 22, 1-6.
- Σφακιωτάκης, Ε. (1995). *Μετασυλλεκτική Φυσιολογία και Τεχνολογία Νωπών Οπωροκηπευτικών Προϊόντων*. Εκδόσεις Μανουσάκης, Θεσσαλονίκη, 381 σελ.
- Salvador, A., Arnal, L., Besada, C., Larrea, V., Quiles, A. & Pérez-Munuera, I. (2007). Physiological and structural changes during ripening and deastringency treatment of persimmon fruit cv. 'Rojo Brillante'. *Postharv. Biol. Technol.*, 46, 181-188.

- Selcuk, N. & Erkan, M. (2014). Changes in antioxidant activity and postharvest quality of sweet pomegranates cv. Hicrannar under modified atmosphere packaging. *Postharv. Biol. Technol.*, 92, 29-36.
- Shahkoomahally, S., Ramezani, A. & Farahnaky, A. (2015). Postharvest nitric oxide treatment of persimmon (*Diospyros kaki* L.) improves fruit quality during storage. *Fruits*, 70, 63-68.
- Sivakumar, D., Terry, L. A. & Korsten, L. (2010). An overview on litchi fruit quality and alternative postharvest treatments to replace sulfur dioxide fumigation. *Food Rev. Int.*, 26, 162-188.
- Snowdon, A. L. & Ahmed, A. H. M. (1981). *The storage and transport of fresh fruit and vegetables*. National Institute of Fresh produce. 308 Seven Sisters Rd, Finsbury Park, UK.
- Suslow, T. (2004). *Ozone applications for postharvest disinfection of edible horticultural crops*. UCANR Publications.
- Treviño-Garza, M. Z., García, S., Flores-González, M. S. & Arévalo-Niño, K. (2015). Edible active coatings based on pectin, pullulan, and chitosan increase quality and shelf life of strawberries (*Fragaria ananassa*). *J. Food Sci.*, 80, M1823-M1830.
- Tsantili, E. (1990). Changes during development of 'Tsapela' fig fruits. *Sci. Hort.*, 44, 227-234.
- Tsantili, E. (2014). Quality attributes and their relations in fresh black ripe 'Kalamon' olives (*Olea europaea* L.) for table use - phenolic compounds and total antioxidant capacity. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 49, 657-665.
- Tsantili, E., Gapper, N. E., Apollo Arquiza, J. M. R., Whitaker, B. D. & Watkins, C. B. (2007). Ethylene and α -farnescene metabolism in green and red skin of three apple cultivars in response to 1-methylcyclopropene (1-MCP) treatment. *J. Agric. Food Chem.*, 55, 5267-5276.
- Tsantili, E., Christopoulos, M. V., Pontikis, C. A., Kaltsikes, P., Kallianou, C. & Komaitis, M. (2008). Texture and other quality attributes in olives and leaf characteristics after preharvest calcium chloride sprays. *HortSci.*, 43, 1852-1856.
- Tsantili, E., Shin, Y., Nock, J. F. & Watkins, C. B. (2010). Antioxidant concentrations during chilling injury development in peaches. *Postharv. Biol. Technol.*, 57, 27-34.
- Tsantili, E., Kafkaletou, M., Roussos, P. A. & Christopoulos, M. V. (2012). Phenolic compounds, maturation and quality in fresh green olives for table use during exposure at 20°C after preharvest ReTain treatment. *Sci. Hort.*, 140, 26-32.
- Tsantili, E., Rouskas, D., Christopoulos, M. V., Stanidis, V., Akrivos, J., & Papanikolaou, D. (2007). Effects of two pre-harvest calcium treatments on physiological and quality parameters in 'Vogue' cherries during storage. *J. Hort. Sci. Biotechnol.*, 82, 657-663.
- UC Davis (2015). Fruits & Nuts Research & Information. <http://fruitsandnuts.ucdavis.edu/>, accessed on August 2015.
- Underhill, S. J. R. & Wong, L. S. (1990). A maturity standard for lychee (*Litchi chinensis* Sonn.). *Acta Hort.*, 269, 181-187.
- Villalobos, M. C., Martín, A., Ruiz-Moyano, S., Martín, E., Córdoba, M. G. & Serradilla, M. J. (2015). Effect of modified atmosphere packaging on the antioxidant activity and total phenolic content in 'Albacor' figs. *Acta Hort.*, 1079, 573-579.
- Vossen, P. (2006). *Olive maturity index*. University of California, UC Cooperative Extension Sonoma County, Berkeley, California.
- Wang, Y. & Long, L. E. (2015). Physiological and biochemical changes relating to postharvest splitting of sweet cherries affected by calcium application in hydrocooling water. *Food Chem.*, 181, 241-247.

- Wang, S., Monzon, M., Johnson, J. A., Mitcham, E. J. & Tang, J. (2007). Industrial-scale radio frequency treatments for insect control in walnuts: I: Heating uniformity and energy efficiency. *Postharv. Biol. Technol.*, 45, 240-246.
- Watkins, C. B. (2008). Overview of 1-methylcyclopropene trials and uses for edible horticultural crops. *HortScience*, 43, 86-94.
- Χριστόπουλος, Μ., (2012). *Μοριακός χαρακτηρισμός γενετικού υλικού καρυδιάς και παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα των καρπών της*. Διδακτορική Διατριβή. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, 276 σελ.
- Zhang, L., Li, S., Liu, X., Song, C. & Liu, X. (2012). Effects of ethephon on physicochemical and quality properties of kiwifruit during ripening. *Postharv. Biol. Technol.*, 65, 69-75.
- Zhu, X., Shen, L., Fu, D., Si, Z., Wu, B., Chen, W. & Li, X. (2015). Effects of the combination treatment of 1-MCP and ethylene on the ripening of harvested banana fruit. *Postharv. Biol. Technol.*, 107, 23-32.

Κεφάλαιο 6. Μετασυλλεκτική φυσιολογία και χειρισμοί των καρπών κηπευτικών ειδών

Σύνοψη

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά της ωρίμανσης, η μετασυλλεκτική φυσιολογία και οι μετασυλλεκτικοί χειρισμοί κλιμακτηριακών και μη κλιμακτηριακών καρπών κηπευτικών ειδών. Ιδιαίτερη αναφορά γίνεται στις ποιοτικές και φυσιολογικές αλλαγές που συμβαίνουν στους καρπούς της τομάτας κατά την ωρίμανσή τους, λόγω της δυνατότητας συγκομιδής της τομάτας σε πρώιμο στάδιο ωριμότητας και της ολοκλήρωσης της ωρίμανσης μετασυλλεκτικά, ενώ γίνεται λεπτομερής αναφορά και σε άλλους κλιμακτηριακούς και μη κλιμακτηριακούς καρπούς κηπευτικών. Σε κάθε κατηγορία καρπών παρουσιάζονται οι ενδεικνυόμενοι μετασυλλεκτικοί χειρισμοί, λόγω της ποικιλότητας που παρουσιάζουν οι καρποί των κηπευτικών ως προς τα χαρακτηριστικά της ανάπτυξης και ωρίμανσης και ως προς το κατάλληλο στάδιο για συγκομιδή για νωπή κατανάλωση.

Προαπαιτούμενη γνώση

Φυσιολογία και ανατομία φυτών, Λαχανοκομία, Αρχές μετασυλλεκτικής φυσιολογίας και τεχνολογίας, ιδιαίτερα ως προς τη φυσιολογία της ωρίμανσης των καρπών, τη δράση του αιθυλενίου και τις τεχνικές συντήρησης σε ψύξη, ελεγχόμενες και τροποποιημένες ατμόσφαιρες κ.ά. (κεφάλαια 3 και 4 του παρόντος συγγράμματος)

6.1 Εισαγωγή

Η κατάταξη των καρπών των κηπευτικών σε ανώριμους και ώριμους, όπως επίσης σε κλιμακτηριακούς και μη κλιμακτηριακούς έχει μεγάλη σημασία για την μετασυλλεκτική φυσιολογία τους και κατά συνέπεια για τους ενδεικνυόμενους χειρισμούς που θα εφαρμοστούν μετά τη συγκομιδή τους.

Στον Πίνακα 6.1 παρουσιάζεται η κατάταξη των καρπών των κηπευτικών σε ανώριμους και ώριμους ανάλογα με το στάδιο της «βοτανικής ωριμότητας» (που καθορίζεται από την ωρίμανση των σπερμάτων εντός των καρπών) όταν φτάνουν στην «εμπορική ωριμότητα» και στον Πίνακα 6.2 γίνεται σύγκριση διαφόρων φυσιολογικών χαρακτηριστικών των καρπών αυτών κατά την ωρίμανση και τη μετασυλλεκτική ζωή τους.

1. Ανώριμοι καρποί
(α) Σαρκώδεις καρποί: αγγούρι, κολοκυθάκι, μελιτζάνα, πράσινη πιπεριά
(β) Μη σαρκώδεις καρποί: πράσινο φασολάκι, αρακάς, κουκιά, γλυκοκαλάμπροκο, μπάμια
2. Ωριμοι καρποί
(α) Σαρκώδεις καρποί: τομάτα, κόκκινη πιπεριά, κολοκύθα, πεπόνι, καρπούζι
(β) Μη σαρκώδεις και ξηροί καρποί: ξηρός αρακάς, ξηρά φασόλια

Πίνακας 6.1 Κατάταξη των καρπών των κηπευτικών ανάλογα με το επίπεδο της ωριμότητάς τους στο στάδιο της «εμπορικής ωριμότητας», δηλαδή κατά το στάδιο της εμπορίας τους (Από: Saltveit, 2003).

Ανώριμοι καρποί	Ωριμοι καρποί
Από φυτά θερμής εποχής, εκτός του αρακά και των κουκιών	Από φυτά θερμής εποχής

Ευαίσθητοι σε χαμηλές θερμοκρασίες, εκτός αρακά, κουκιών και γλυκοκαλάμποκου	Ευαίσθητοι σε χαμηλές θερμοκρασίες
Έχουν υψηλή αναπνευστική δραστηριότητα	Έχουν υψηλή αναπνευστική δραστηριότητα
Παρουσιάζουν ταχεία ανάπτυξη	Είτε παρουσιάζουν ταχεία ανάπτυξη ή την έχουν ολοκληρώσει
Μη κλιμακτηριακοί	Μερικοί είναι κλιμακτηριακοί
Οι μορφολογικές αλλαγές μετά την συγκομιδή είναι αρνητικές για την μετασυλλεκτική τους ζωή	Οι μορφολογικές αλλαγές μετά τη συγκομιδή μπορεί να είναι επιθυμητές
Η απώλεια χλωροφύλλης μετασυλλεκτικά αποτελεί αρνητικό φαινόμενο	Η απώλεια χλωροφύλλης και η σύνθεση χρωστικών μπορεί να είναι επιθυμητά φαινόμενα

Πίνακας 6.2 Σύγκριση φυσιολογικών χαρακτηριστικών ωρίμανσης και μετασυλλεκτικής συμπεριφοράς ανώριμων και ώριμων καρπών κηπευτικών (Από: Saltveit, 2003).

Οι περισσότεροι από τους καρπούς που καταναλώνονται ως λαχανικά, προέρχονται από φυτά θερμής εποχής και επομένως όταν αποθηκευτούν σε χαμηλές θερμοκρασίες υπόκεινται σε κρουοτραυματισμούς (chilling injury). Εξάιρεση αποτελούν τα κουκιά, ο αρακάς και το γλυκοκαλάμποκο. Κατά κανόνα, τα ποιοτικά και κυρίως τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των καρπών που συγκομίζονται ώριμοι βελτιώνονται με την πρόοδο της ωρίμανσής τους, αλλά περιορίζεται η μετασυλλεκτική ζωή τους (π.χ. οι ώριμοι καρποί τομάτας είναι πολύ πιο γευστικοί σε σχέση με τους ανώριμους). Αντίθετα, στους καρπούς που συγκομίζονται ανώριμοι, η ποιότητα υποβαθμίζεται με πρόωμη ή καθυστερημένη συγκομιδή πέρα από το στάδιο της «εμπορικής ωριμότητας» (π.χ. το αγγούρι στη βοτανική του ωριμότητα γίνεται κίτρινο και δεν είναι εμπορεύσιμο). Η δυνατότητα ολοκλήρωσης της ωρίμανσης ενός καρπού ακόμα και όταν αποκοπεί πρόωμα από το φυτό αποτελεί χαρακτηριστικό των κλιμακτηριακών καρπών, ενώ οι μη κλιμακτηριακοί δεν μπορούν να ολοκληρώσουν την ωρίμανσή τους μακριά από το μητρικό φυτό και επομένως πρέπει να συγκομιστούν στο στάδιο της εμπορικής ωριμότητας (βλέπε Παράγραφο 3.5.3, Κεφάλαιο 3). Οι μεταβολές στο χρωματισμό των καρπών κατά την ωρίμανσή τους είναι επιθυμητές στους καρπούς που συγκομίζονται ώριμοι (π.χ. αποπρασινισμός και κοκκίνισμα της τομάτας και της κόκκινης πιπεριάς), ενώ στους καρπούς που συγκομίζονται ανώριμοι είναι συνήθως ανεπιθύμητες (π.χ. αποπρασινισμός λοβών μπάμιας και φασολιού). Οι καρποί που συγκομίζονται ώριμοι συνήθως δεν έχουν υψηλή μετασυλλεκτική ζωή, εκτός από τις καλοκαιρινές κολοκύθες.

Λόγω των διαφορών στη μετασυλλεκτική φυσιολογία των ώριμων και ανώριμων, κλιμακτηριακών και μη καρπών των λαχανικών, ακολούθως γίνεται περιγραφή της φυσιολογίας της ωρίμανσης και των ενδεικνυόμενων μετασυλλεκτικών χειρισμών χωριστά για τους κλιμακτηριακούς και τους μη κλιμακτηριακούς καρπούς των κηπευτικών.

6.2 Κλιμακτηριακοί καρποί κηπευτικών

6.2.1 Τομάτα

Στο κεφάλαιο αυτό ιδιαίτερη σημασία δίνεται στην ποιότητα, τη μετασυλλεκτική συμπεριφορά και τους ενδεικνυόμενους μετασυλλεκτικούς χειρισμούς της τομάτας, σε συνάρτηση με τη φυσιολογία και τις βιοχημικές μεταβολές κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης. Η αλλαγή ενός καρπού τομάτας, από πράσινο φυσιολογικά ώριμο σε εμπορικά ώριμο, προϋποθέτει βασικές αλλαγές στη σύσταση που επηρεάζουν το χρώμα, τη γεύση, το άρωμα και την υφή, ως αποτέλεσμα ενός μεγάλου αριθμού αντιδράσεων σύνθεσης και αποδόμησης, οι οποίες σε μεγάλο βαθμό έχουν αναφερθεί στο Κεφάλαιο 3. Οι μεταβολές που σχετίζονται με την ωρίμανση φαίνεται να ελέγχονται ορμονικά, μέσω φυτορρυθμιστικών ουσιών, αλλά επίσης εμπλέκονται γενετικοί και περιβαλλοντικοί παράγοντες.

6.2.1.1 Στάδια ωριμότητας των καρπών της τομάτας

Για να φτάσει ο καρπός της τομάτας στο στάδιο της πλήρους ωριμότητας από την γονιμοποίηση του άνθους, απαιτούνται περίπου 45-55 ημέρες, ανάλογα με την ποικιλία και τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν. Οι καρποί της τομάτας αναπτυσσόμενοι πάνω στο φυτό παρουσιάζουν δύο διακριτά στάδια: της ανάπτυξης και της ωρίμανσης. Κατά το στάδιο της ανάπτυξης αυξάνονται σε μέγεθος και παραμένουν πράσινοι σε χρωματισμό, έως και το πράσινο φυσιολογικά ώριμο στάδιο, όπου έχουν αποκτήσει σχεδόν το τελικό τους μέγεθος. Από το στάδιο αυτό ξεκινά η διαδικασία της ωρίμανσης, κατά τη διάρκεια της οποίας παρουσιάζουν χαρακτηριστικές μεταβολές, με κυρίαρχη την αλλαγή του χρώματος από πράσινο σε κόκκινο. Με βάση τα ενδιάμεσα στάδια της αλλαγής του χρώματος, έχουν καθοριστεί πολυάριθμοι χάρτες για την ταξινόμηση των σταδίων ωριμότητας. Για παράδειγμα, στην Εικόνα 6.1 παρουσιάζονται οι έξι κατηγορίες ωριμότητας, όπως καθορίστηκαν από το Υπουργείο Γεωργίας των Ηνωμένων Πολιτειών (USDA, 1976) και συνήθως χρησιμοποιούνται για τον χαρακτηρισμό των σταδίων ωριμότητας της τομάτας.



Πράσινος φυσιολογικά ώριμος (mature green)

Τελείως φωτεινός έως σκούρος πράσινος καρπός, αλλά φυσιολογικά ώριμος



Σπάσιμο χρώματος (breakers)

Πρώτη εμφάνιση εξωτερικού ροζέ, κόκκινου ή σκούρου κίτρινου χρώματος σε όχι περισσότερο από το 10% της συνολικής επιφάνειας του καρπού



Γύρισμα χρώματος (turning)

Σε πάνω από 10% αλλά όχι περισσότερο από το 30% της επιφάνειας του καρπού, ανάπτυξη κόκκινου, ροζέ ή σκούρου κίτρινου χρωματισμού



Ροζ καρπός (pink)

Σε πάνω από 30% αλλά όχι περισσότερο από 60% της επιφάνειας, ανάπτυξη ροζέ ή κόκκινου χρωματισμού



Ελαφρά κόκκινος καρπός (light red)

Σε πάνω από 60% αλλά όχι περισσότερο από 90%, ανάπτυξη κόκκινου χρωματισμού



Ωριμος κόκκινος καρπός (red ripe)

Σε πάνω από 90% του καρπού ανάπτυξη κόκκινου χρώματος
Στάδιο επιθυμητής ωριμότητας για επιτραπέζια κατανάλωση

* Όλα τα ποσοστά αναφέρονται στην κατανομή και την ένταση του χρώματος.

Εικόνα 6.1 Ορισμός των σταδίων ωριμότητας της τομάτας κατά USDA.

Ο καρπός της τομάτας παρουσιάζει τα άριστα οργανοληπτικά και διατροφικά του χαρακτηριστικά στο ώριμο κόκκινο στάδιο. Μπορεί όμως να συγκομιστεί και σε προγενέστερα στάδια της ωρίμανσής του με σκοπό την επιμήκυνση της μετασυλλεκτικής ζωής και να ολοκληρώσει την ωρίμανσή του κατά τη μετασυλλεκτική περίοδο. Προϋπόθεση αποτελεί να έχει ήδη ολοκληρωθεί η ανάπτυξη του καρπού (δηλαδή η συγκομιδή του καρπού να πραγματοποιηθεί το νωρίτερο στο πράσινο φυσιολογικά ώριμο στάδιο), έτσι ώστε η ωρίμανσή του μετασυλλεκτικά να ακολουθήσει όλα τα παραπάνω στάδια έως την πλήρη ωριμότητα (στάδιο ώριμου κόκκινου καρπού).

6.2.1.2 Φυσιολογικές και βιοχημικές μεταβολές κατά την ωρίμανση της τομάτας

I. Κυτταρικές αλλαγές

Οι μετατροπές του κυτταρικού τοιχώματος που σχετίζονται με την ωρίμανση αρχίζουν στην περιοχή του μεσοκυττάριου χώρου ή μέσης πλάκας (middle lamella – βλέπε Παράγραφο 3.5.5.1, Κεφάλαιο 3) και γίνονται εμφανείς με την έναρξη της διαλυτοποίησης του κυτταρικού τοιχώματος από τη δράση των πολυγαλακτουρονασών (PGs) και την συσσώρευση υδατοδιαλυτών πηκτινών. Η υδρόλυση των πηκτινών διευκολύνεται από την προγενέστερη δράση των πηκτινομεθυλεστερασών (PMEs) που διαμορφώνουν τις πηκτίνες έτσι ώστε να αποδομηθούν ευχερέστερα από τις πολυγαλακτουρονάσες (βλέπε Παράγραφο 3.5.5.3, Κεφάλαιο 3). Υδρόλυση της κυτταρίνης από τις σελλουλάσες μπορεί επίσης να λάβει χώρα, αλλά είναι δευτερεύουσας σημασίας. Καθώς η ωρίμανση εξελίσσεται, η διαλυτοποίηση του κυτταρικού τοιχώματος προχωρά σε μεγαλύτερη έκταση, έτσι ώστε ο καρπός γίνεται με αυξανόμενο ρυθμό μαλακός και χυμώδης. Παράλληλα, οι αμυλόκοκκοι που υπάρχουν μέσα στους χλωροπλάστες προοδευτικά αποσυντίθενται, η χλωροφύλλη εξαφανίζεται, όπως και τα θυλακοειδή των χλωροπλαστών, καθώς αυτοί μετατρέπονται σε χρωμοπλάστες που περιέχουν τις χρωστικές β-καροτένιο και λυκοπένιο, οι οποίες είναι υπεύθυνες για την ανάπτυξη του χαρακτηριστικού κόκκινου χρώματος του εμπορικά ώριμου καρπού.

II. Μεταβολές στη σύσταση

Σύμφωνα με τους Davies & Hobson (1981), το ξηρό βάρος στις εμπορικά ώριμες τομάτες κυμαίνεται ανάμεσα στο 5 και 7,5% και τα 100 g ακατέργαστου καρπού περιέχουν περίπου 20 θερμίδες. Τα κύρια συστατικά του καρπού της τομάτας δίνονται στον Πίνακα 6.3.

Συστατικά	Περιεχόμενο (% του ξηρού βάρους)
Σάκχαρα	
Γλυκόζη	22
Φρουκτόζη	25
Σακχαρόζη	1
Στερεά αδιάλυτα σε αιθυλική αλκοόλη	
Πρωτεΐνες	8
Πηκτινικές ουσίες	7
Ημικυτταρίνη	4
Κυτταρίνη	6
Οργανικά οξέα	
Κιτρικό οξύ	9
Μηλικό οξύ	4
Ανόργανα στοιχεία (κυρίως K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, P)	8
Άλλα	
Λιπίδια	2
Δικαρβοξυλικά αμινοξέα	2
Χρωστικές	0,4
Ασκορβικό οξύ	0,5
Πτητικές ουσίες	0,1
Άλλα αμινοξέα, βιταμίνες και πολυφαινόλες	1,0

Πίνακας 6.3 Σύσταση εμπορικά ώριμου καρπού τομάτας (Από: Davies & Hobson, 1981).

Τα σάκχαρα (κυρίως φρουκτόζη και γλυκόζη) και τα οξέα (κιτρικό και μηλικό οξύ) αποτελούν σημαντικό μέρος της ξηρής ουσίας του καρπού της τομάτας, ενώ η αναλογία σακχάρων προς οξέα καθορίζει τα γευστικά χαρακτηριστικά των καρπών (βλέπε και Πίνακα 2.1, Κεφάλαιο 2). Για το λόγο αυτό, το περιεχόμενο σε ολικά διαλυτά στερεά (που παρουσιάζουν καλή συσχέτιση με το περιεχόμενο σε σάκχαρα) και η ογκομετρούμενη οξύτητα, καθώς και η σχέση μεταξύ των δύο αυτών χαρακτηριστικών, αποτελούν βασικά κριτήρια για την ποιοτική κατάταξη των καρπών της τομάτας ως προς τα γευστικά τους χαρακτηριστικά. Παρά το γεγονός ότι οι βιταμίνες αντιπροσωπεύουν μόνο ένα πολύ μικρό μέρος του ολικού ξηρού βάρους, έχουν σημαντική θρεπτική αξία. Επιπροσθέτως, υπάρχουν περισσότερες από 200 πτητικές ενώσεις, οι οποίες παίζουν σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση της γεύσης και του αρώματος του προϊόντος.

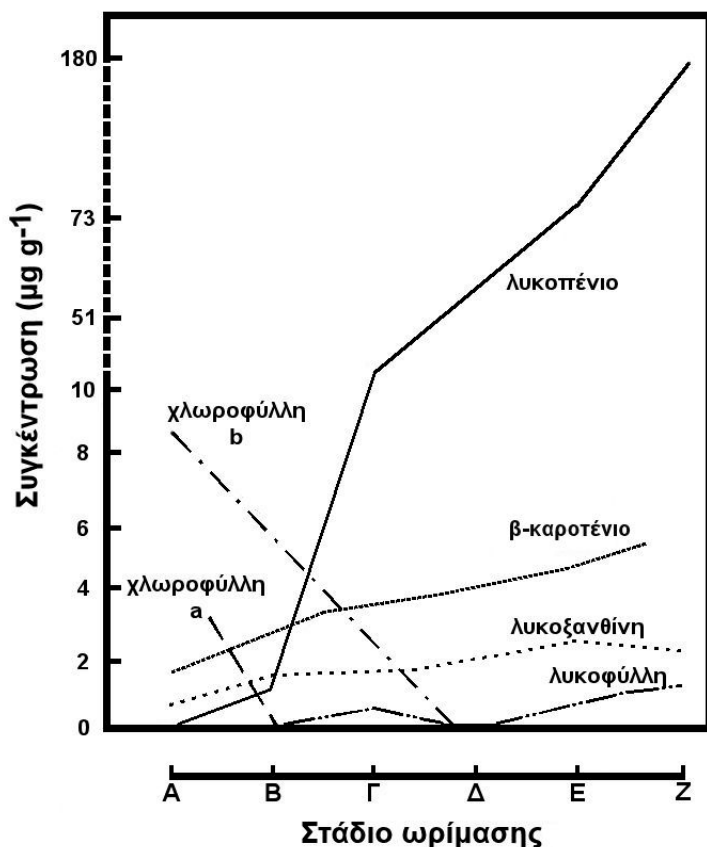
Οι κύριες μεταβολές στη χημική σύσταση του καρπού της τομάτας που συμβαίνουν κατά τη διάρκεια της ωρίμανσής του, παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.4

Αποδόμηση του αμύλου και παραγωγή γλυκόζης και φρουκτόζης
Απώλεια χλωροφύλλης
Σύνθεση χρωστικών όπως το β-καροτένιο και το λυκοπένιο
Αύξηση των διαλυτών πηκτινών, ως αποτέλεσμα του μαλακώματος και της αποδόμησης των κυτταρικών τοιχωμάτων
Παραγωγή ουσιών που συνεισφέρουν στο άρωμα και τη γεύση
Αύξηση του λόγου κιτρικό προς μηλικό οξύ
Αύξηση του γλουταμινικού οξέος
Διάσπαση του τοξικού αλκαλοειδούς α-τοματίνη

Πίνακας 6.4 Μεταβολές στη σύσταση της τομάτας κατά την ωρίμανση (Από: Grierson & Kader, 1986).

Έχουν μελετηθεί και τεκμηριωθεί επαρκώς οι μηχανισμοί και τα ενζυμικά συστήματα που εμπλέκονται στις μεταβολές της σύστασης κατά τη διάρκεια της εμπορικής ωρίμανσης της τομάτας.

Ο σχηματισμός α- και β-καροτενίου έχει ιδιαίτερη σημασία για την ποιότητα, γιατί επάγει το χαρακτηριστικό κίτρινο-πορτοκαλί χρώμα του καρπού στα στάδια του σπασίματος του χρώματος και του ελαφρού κόκκινου, που είναι ενδεικτικά της ωρίμανσης και της καταλληλότητας για συγκομιδή. Η ακόλουθη ανάπτυξη του κόκκινου χρώματος του καρπού προκαλείται από τη γρήγορη σύνθεση του λυκοπενίου που φτάνει τα 40-180 $\mu\text{g g}^{-1}$ νωπού βάρους σε ορισμένες ποικιλίες και υπολογίζεται σε 50-76% του συνόλου των χρωστικών (Σχήμα 6.1). Παρατηρούνται σημαντικές διαφοροποιήσεις στην ένταση και την ομοιομορφία του χρώματος, που εξαρτώνται από την ποικιλία. Το χρώμα υπόκειται σε γενετικό έλεγχο, αλλά επηρεάζεται επίσης από καλλιεργητικούς παράγοντες (όπως το φως, τη θερμοκρασία και τη θρέψη), το στάδιο της ωριμότητας κατά τη συγκομιδή, καθώς και το περιβάλλον ωρίμανσης.



Σχήμα 6.1 Αλλαγές στις χρωστικές ουσίες της τομάτας κατά την ωρίμανση του καρπού - τα στάδια A-Z αντιπροσωπεύουν τα στάδια ωριμότητας κατά USDA (Από: Edwards & Reuter, 1967).

Ποικίλες μεταβολές συμβαίνουν και σε άλλα συστατικά των καρπών κατά την ωρίμανση. Για παράδειγμα, η οξύτητα και η αναλογία των οξέων μηλικό / κιτρικό εξαρτάται από το στάδιο ωρίμανσης των καρπών, με τη συγκέντρωση του κιτρικού οξέος να φτάνει σε ένα μέγιστο στο πράσινο φυσιολογικά ώριμο στάδιο και να παραμένει στα επίπεδα αυτά καθ' όλη τη διάρκεια της ωρίμανσης, ενώ το μηλικό οξύ μειώνεται. Η οξύτητα εξαρτάται επίσης από την εποχή συγκομιδής των καρπών. Για παράδειγμα, οι καρποί που συγκομίζονται από τις πρώτες ταξιανθίες των φυτών τείνουν να έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε οξέα, η οποία μειώνεται με τις επόμενες συγκομιδές, αλλά αυξάνεται πάλι προς το τέλος της περιόδου συγκομιδής.

Ο μεταβολισμός των υδατανθράκων κατά την ανάπτυξη και την ωρίμανση των καρπών της τομάτας παίζει καθοριστικό ρόλο στην ανάπτυξη της γεύσης τους. Στον καρπό της τομάτας κατά την ανάπτυξή του μεταφέρεται σακχαρόζη από τα φωτοσυνθετικά ενεργά μέρη του φυτού. Η σακχαρόζη δεν συσσωρεύεται στους καρπούς και μεταξύ των διαφόρων μονοπατιών αποδόμησης και εκ νέου βιοσύνθεσής της, είτε διασπάται με τη βοήθεια της ιμβερτάσης σε απλές εξόζες (γλυκόζη και φρουκτόζη), ή οδηγείται στο μονοπάτι σύνθεσης του αμύλου, έτσι ώστε κατά την ανάπτυξη των καρπών να συσσωρεύεται άμυλο (Nguyen-Quoc & Foyer, 2001). Από το πράσινο φυσιολογικά ώριμο στάδιο και την έναρξη της ωρίμανσης, παρατηρείται έντονη διάσπαση του αμύλου και προοδευτική συσσώρευση διαλυτών σακχάρων, ώστε οι ώριμοι κόκκινοι καρποί να περιέχουν αμελητέες ποσότητες αμύλου (όπως φαίνεται στην Εικόνα 6.2) και υψηλές ποσότητες διαλυτών σακχάρων, με κυρίαρχα τη γλυκόζη και τη φρουκτόζη που συμβάλλουν στη γλυκιά γεύση των καρπών.



Εικόνα 6.2 Χρώση αμύλου με ιώδιο σε εγκάρσια τομή καρπών κερασόμορφης ("cherry") τομάτας, σε ενδιάμεσο στάδιο της ανάπτυξης και σε τρία στάδια ωριμότητας. Οι σκουρόχρωμες περιοχές υποδεικνύουν την παρουσία αμύλου.

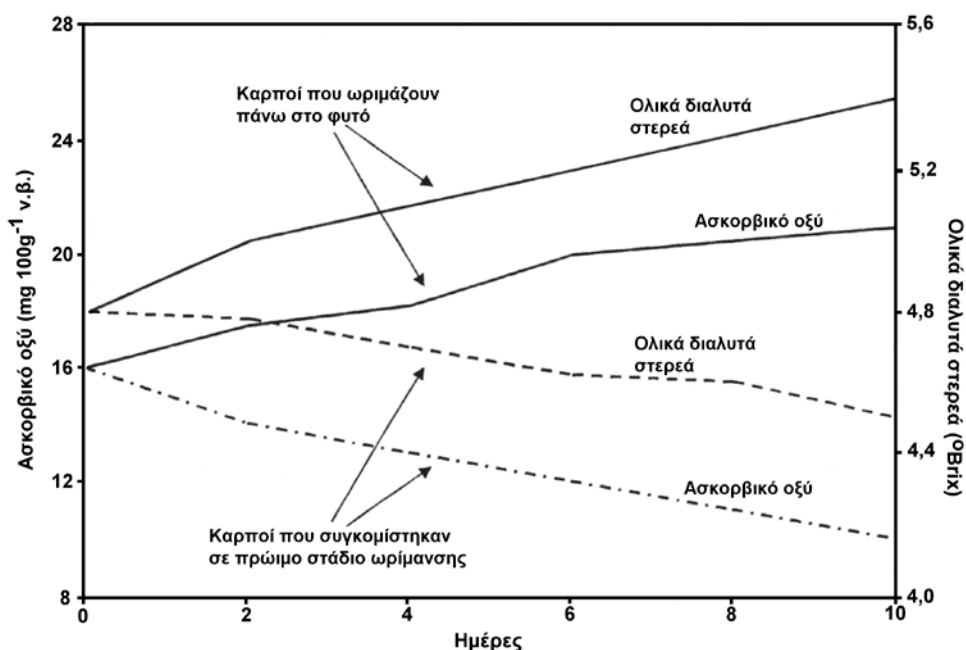
Οι περισσότερες από αυτές τις αλλαγές συμβαίνουν και όταν ο καρπός απομακρύνεται από το φυτό στο στάδιο της φυσιολογικής ωριμότητας (δηλαδή στο πράσινο φυσιολογικά ώριμο στάδιο) και αφήνεται να ωριμάσει εμπορικά. Στην περίπτωση αυτή όμως, η εμπορική ωρίμανση εξαρτάται αποκλειστικά από μεταβολές εντός του καρπού. Οι τομάτες δεν πρέπει να συγκομίζονται πριν το πράσινο φυσιολογικά ώριμο στάδιο, διαφορετικά η μεταβολική διαδικασία της εμπορικής ωρίμανσης θα είναι ελλειμματική και η ποιότητα του προϊόντος θα υποβαθμιστεί σημαντικά. Για τον ευχερή προσδιορισμό του πράσινου φυσιολογικά ώριμου σταδίου, στον Πίνακα 6.4 περιγράφονται τα χαρακτηριστικά των καρπών στα τελευταία στάδια της ανάπτυξής τους, δηλαδή μέχρι τη φυσιολογική ωριμότητα.

Βαθμός ωριμότητας	Κατηγορία	Περιγραφή βασισμένη σε εξέταση στο εσωτερικό του καρπού	Μέσος αριθμός ημερών για να φθάσει στο στάδιο "σπάσιματος του χρώματος" στους 20°C
1.	Ανώριμη πράσινη*	Όχι υλικό σαν ζελέ σε όλους τους χώρους. Οι σπόροι κόβονται με κοφτερό μαχαίρι όταν ο καρπός τεμαχίζεται σε λεπτές φέτες	>10
2.	Μερικώς πράσινη φυσιολογικά ώριμη	Υλικό σαν ζελέ σχηματισμένο σε ένα τουλάχιστον αλλά όχι σε όλα τα χωρίσματα. Οι σπόροι είναι καλά αναπτυγμένοι.	>5-10
3.	Πλήρως φυσιολογικά ώριμη	Ζελατινοειδές υλικό σε όλα τα χωρίσματα - οι σπόροι δεν κόβονται με κοφτερό μαχαίρι όταν ο καρπός τεμαχίζεται σε λεπτές φέτες	>1-5
4.	Προχωρημένη πράσινη φυσιολογικά ώριμη	Όπως στην τυπικά πράσινη φυσιολογικά ώριμη, αλλά με κάποια εσωτερική κόκκινη απόχρωση	1

* Οι καρποί στο στάδιο αυτό μπορούν να ωριμάσουν, αποκτώντας ένα αποδεκτό επίπεδο ποιότητας όταν βρεθούν σε κατάλληλες συνθήκες περιβάλλοντος, σε αντίθεση με μη φυσιολογικά ώριμους πράσινους καρπούς πρωιμότερων σταδίων, οι οποίοι δεν ωριμάζουν κανονικά και δεν αποκτούν επαρκές κόκκινο χρώμα.

Πίνακας 6.4 Κατηγορίες ωριμότητας των φυσιολογικά ώριμων πράσινων καρπών τομάτας (Από: Grierson & Kader, 1986).

Η συγκομιδή πράσινων φυσιολογικά ώριμων καρπών και η ωρίμανσή τους σε ελεγχόμενες συνθήκες αυξάνει αισθητά τη μετασυλλεκτική ζωή τους, διευκολύνει τους μετασυλλεκτικούς χειρισμούς και τη διάθεσή τους στην αγορά, ενώ μειώνει το φορτίο των καρπών πάνω στα φυτά δίνοντας τη δυνατότητα αυξημένης παραγωγής. Όμως, υποβαθμίζει τα ποιοτικά και κυρίως τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά (γεύση, άρωμα, οξύτητα) των καρπών, σε σχέση με αυτούς που ωριμάζουν πάνω στο φυτό (Betancourt et al., 1977). Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι οι καρποί που ωριμάζουν πάνω στο φυτό συνεχίζουν να συσσωρεύουν σάκχαρα, οξέα και ασκορβικό οξύ κατά την ωρίμανσή τους, σε αντίθεση με αυτούς που συγκομίζονται σε πρώιμο στάδιο της ωρίμανσης και των οποίων η ωρίμανση εκτός φυτού βασίζεται αποκλειστικά στα ενδογενή τους αποθέματα (π.χ. παραγωγή διαλυτών σακχάρων μόνο από το άμυλο που είναι συσσωρευμένο στον καρπό κατά το στάδιο της συγκομιδής) (Σχήμα 6.2). Παράλληλα, το άρωμα των καρπών της τομάτας παρουσιάζει διαφορές ανάλογα με το στάδιο της ωρίμανσης, γεγονός που σχετίζεται με αλλαγές στη σύνθεση και περιεκτικότητα του καρπού σε πτητικές ενώσεις (Πίνακας 2.4, Κεφάλαιο 2), με το χαρακτηριστικό άρωμα του καρπού να αναπτύσσεται καλύτερα στους καρπούς που ωριμάζουν πάνω στα φυτά.

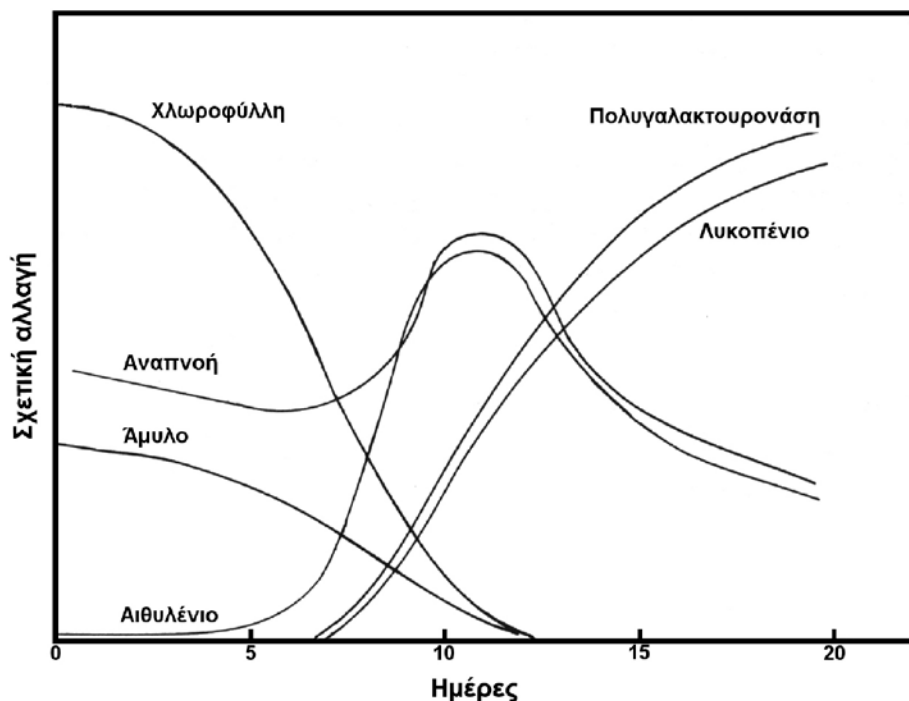


Σχήμα 6.2 Περιεχόμενο σε διαλυτά στερεά και ασκορβικό οξύ καρπών τομάτας που ωρίμασαν πάνω στο φυτό ή αποκόπηκαν από το φυτό 10 ημέρες πριν την πλήρη ωριμότητά τους (Από: Rick, 1978).

Η συγκομιδή σε μετέπειτα στάδια της ωρίμανσης, όπως στο στάδιο του σπασίματος ή του γυρίσματος του χρώματος, αν και βελτιώνει σημαντικά την ποιότητα των καρπών και κυρίως τα οργανοληπτικά τους χαρακτηριστικά (ιδιαίτερα τη γεύση και το άρωμα) σε σχέση με πιο πρώιμη συγκομιδή, περιορίζει την αποθηκευτική ζωή.

III. Αναπνοή και αιθυλένιο – κλιμακτηριακή αιχμή

Η τομάτα παρουσιάζει ένα τυπικό κλιμακτηριακό πρότυπο αναπνοής και αντίδρασης στο αιθυλένιο, όπως φαίνεται στο Σχήμα 6.3.



Σχήμα 6.3 Αλλαγές στο μεταβολισμό και τη σύσταση του καρπού της τομάτας κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης (Από: Grierson & Kader, 1986).

Κατά τη διάρκεια της προκλιμακτηριακής περιόδου, η αναπνοή μειώνεται σε ένα ελάχιστο. Με την έναρξη όμως της εμπορικής ωρίμανσης και ανταποκρινόμενη στο ερέθισμα του ενδογενώς σχηματιζόμενου αιθυλενίου (ή σε μια εξωτερική πηγή αιθυλενίου, όπως στην περίπτωση της τεχνητά επαγόμενης ωρίμανσης ή του αιθυλενισμού), η αναπνοή αυξάνεται γρήγορα σε ένα μέγιστο (κλιμακτηριακή αιχμή) και ακολούθως μειώνεται αργά. Η κλιμακτηριακή αιχμή της αναπνοής στην τομάτα δεν είναι τόσο έντονη όσο σε άλλα είδη καρπών (ο ρυθμός παραγωγής του CO_2 συνήθως διπλασιάζεται, φτάνοντας περίπου τα $20 \mu\text{L CO}_2 \text{ g}^{-1}$ καρπού h^{-1} , όταν στη μπανάνα για παράδειγμα σχεδόν δεκαπλασιάζεται). Ακολουθώντας την αύξηση της αναπνοής, ξεκινούν όλες οι άλλες μεταβολικές δραστηριότητες, οι οποίες οδηγούν στη χαρακτηριστική ωρίμανση του καρπού (σύνθεση RNA, δραστηριότητα πολυγαλακτουρονάσης, αποδιοργάνωση κυτταρικού τοιχώματος, σύνθεση λυκοπενίου κ.ά.).

Στους κλιμακτηριακούς καρπούς η αύξηση του ρυθμού αναπνοής και παραγωγής αιθυλενίου αποτελούν τα πρώτα φαινόμενα κατά την έναρξη της ωρίμανσης πριν ακόμα γίνουν αντιληπτές άλλες αλλαγές. Στην τομάτα, κατά την ανάπτυξη του καρπού ως και το πράσινο φυσιολογικά ώριμο στάδιο η παραγωγή αιθυλενίου είναι χαμηλή και κατά την έναρξη της κλιμακτηρίου αυξάνεται έντονα (έως και 200 φορές), ενώ φαίνεται χρονικά να προηγείται ελαφρά της αύξησης στην αναπνοή. Χαρακτηριστική στην τομάτα όπως και στους άλλους κλιμακτηριακούς καρπούς είναι η «αυτοκαταλυτική» παραγωγή αιθυλενίου. Τα κύτταρα του καρπού της τομάτας παράγουν αιθυλένιο αντιδρώντας είτε στην παραγωγή αιθυλενίου από τα γειτονικά τους ή σε παροχή εξωγενούς αιθυλενίου και συνεχίζουν να παράγουν αιθυλένιο ακόμα και μετά την αναστολή της εξωγενούς παροχής του. Η αύξηση της παραγωγής του αιθυλενίου θεωρείται ότι αποτελεί το έναυσμα για τις φυσιολογικές και βιοχημικές αλλαγές στους καρπούς της τομάτας κατά την ωρίμανσή τους.

Η αναπνευστική κλιμακτήριος της τομάτας, όπως και σε άλλους κλιμακτηριακούς καρπούς, έχει πολύ μεγάλη σημασία στη μετασυλλεκτική συμπεριφορά. Η έναρξη της κλιμακτηρίου, στην πραγματικότητα, σηματοδοτεί το τέλος της αποθηκευτικής ζωής του προϊόντος και την αρχή της μη αναστρέψιμης γήρανσης, που οδηγεί ταχέως στην εμπορική ωριμότητα και, πέρα από αυτό, σε υπερωρίμανση, τελική υποβάθμιση της ποιότητας και φθορά.

Κατά συνέπεια, (όπως έχει αναφερθεί και στο Κεφάλαιο 3 για τη δράση του αιθυλενίου σε κλιμακτηριακούς καρπούς και στο Κεφάλαιο 5 στη περίπτωση της τεχνητής ωρίμανσης της

μπανάνας), η παρουσία του αιθυλενίου στο περιβάλλον αποθήκευσης μπορεί να είναι επιθυμητή, όταν επιδιώκεται η προώθηση της ωρίμανσης καρπών που έχουν συγκομιστεί σε πρώιμο στάδιο ωρίμανσης. Έτσι, μπορεί να εφαρμοστεί αιθυλένιο όποτε απαιτείται η έναρξη της ωρίμανσης καρπών τομάτας που έχουν συγκομιστεί στο πράσινο φυσιολογικά ώριμο στάδιο, είτε με τη μορφή αερίου αιθυλενίου (αιθυλενισμός – παραμονή των πράσινων φυσιολογικά ώριμων καρπών τομάτας σε περιβάλλον με 100-150 $\mu\text{L l}^{-1}$ αιθυλένιο – C_2H_4 ή προπυλένιο – C_3H_6 για 24-48 ώρες, σε θερμοκρασία 18-22 °C), είτε με μεταχείριση με ενώσεις που απελευθερώνουν αιθυλένιο στους φυτικούς ιστούς, όπως το ethephon (2- χλωροαιθυλοφωσφονικό οξύ) (Πίνακας 6.6). Όταν η συγκέντρωση του αιθυλενίου στο περιβάλλον φτάσει το κρίσιμο επίπεδο, επάγεται η κλιμακτήριος και ξεκινά η διαδικασία της ωρίμανσης.

Αντίστροφα, μεταχειρίσεις για την απομάκρυνση του αιθυλενίου από το περιβάλλον ή για την παρεμπόδιση της σύνθεσης ή της δράσης του, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την καθυστέρηση της έναρξης της ωρίμανσης και την επέκταση της αποθηκευτικής ζωής. Τέτοιες μεταχειρίσεις περιλαμβάνουν τη χρήση ουσιών που απορροφούν, οξειδώνουν ή παρεμποδίζουν τη δράση του αιθυλενίου (π.χ. KMnO_4 , ενώσεις του αργύρου, aminoethoxyvinylglycine - AVG, 1-μεθυλοκυκλοπροπένιο - 1-MCP), τις χαμηλές θερμοκρασίες και τις ελεγχόμενες ατμόσφαιρες (το CO_2 δρα ανταγωνιστικά στο αιθυλένιο). Πρέπει όμως να σημειωθεί ότι, οι τομάτες (ιδιαίτερα στα αρχικά στάδια της ωρίμανσης) είναι επιδεκτικές σε κρουτραυματισμούς σε θερμοκρασίες χαμηλότερες από 12,5 °C, οι οποίες μπορεί να παρεμποδίσουν την κανονική ωρίμανση και να προκαλέσουν υποβάθμιση του χρώματος και της γεύσης.

Διάρκεια εφαρμογής αιθυλενίου (ημέρες)	Ημέρες έως το στάδιο σπασίματος του χρώματος	Ημέρες μεταξύ σταδίων σπασίματος χρώματος και ώριμου-κόκκινου	Ημέρες από το στάδιο του ώριμου κόκκινου ως να γίνουν μη εμπορεύσιμοι	Συνολικές ημέρες
0	10,9	6,9	15,9	33,7
1	7,8	6,3	17,1	31,2
2	8,1	7,2	16,4	31,7
4	5,9	5,8	22,2	33,9
Συνεχόμενα	4,4	6,3	15,2	25,9

Πίνακας 6.6 Επίδραση της εφαρμογής αιθυλενίου είτε ως αέριο αιθυλένιο (150 $\mu\text{L L}^{-1}$) είτε με εμβάπτιση των καρπών σε διάλυμα ethephon (2000 $\mu\text{L L}^{-1}$), στο ρυθμό της ωρίμανσης πράσινων φυσιολογικά ώριμων καρπών τομάτας (Από Saltveit, 2005).

6.2.1.3 Ποιότητα της τομάτας

Η ομοιομορφία του χρώματος, η συνεκτικότητα, η συμπεριφορά στην ωρίμανση και η αποθηκευτική ζωή αποτελούν τα σημαντικότερα ποιοτικά κριτήρια για τους παραγωγούς, έμπορους και καταναλωτές. Γενικά, οι κόκκινες τομάτες προτιμώνται από τους καταναλωτές, όμως υπάρχει μεγάλη γονοτυπική διακύμανση και τα χρώματα κλιμακώνονται από κίτρινο σε πορτοκαλί, ροζ, κόκκινο ή ακόμα και βυσσινί. Συστήνεται οι τομάτες να συγκομίζονται με τον κάλυκα (στον ποδίσκο του κάλυκα υπάρχει σημείο αποκοπής για την εύκολη απόσπαση του καρπού από την ταξικαρπία), η εμφάνιση του οποίου επίσης αποτελεί κριτήριο εκτίμησης της κατάστασης του καρπού από τους καταναλωτές, με μάρανση, ξήρανση ή σαπίσματα του κάλυκα να είναι ενδεικτικά μακράς ή κακής μετασυλλεκτικής διατήρησης. Σήμερα, σύμφωνα και με τα κριτήρια ποιότητας της Ε.Ε., μεγάλη σημασία δίνεται στην εξωτερική εμφάνιση και στην ομοιομορφία των καρπών, ως προς το μέγεθος και το κόκκινο χρώμα. Οι τομάτες μεγάλου μεγέθους (π.χ. > 150-170 g) της κατηγορίας «Έξτρα» προτιμάται να τοποθετούνται σε κιβώτια από χαρτόνι σε μία σειρά (μονόσειρες), με πλαστικό στον πυθμένα του κιβωτίου που οριοθετεί ατομικές θέσεις για κάθε καρπό, ενώ οι μικρόκαρπες τομάτες (βάρους περίπου 80-120 g) μπορούν να συσκευάζονται χύμα, όπως και οι καρποί των κατηγοριών Ι και ΙΙ, μειώνοντας το κόστος συσκευασίας (Εικόνα 6.3). Αντίθετα, οι καρποί της κερασόμορφης ("cherry") τομάτας (σε σχήμα στρογγυλό ή βελανιδιού) συνήθως συσκευάζονται σε μικροσυσκευασίες («κουπάκια») από σκληρό πλαστικό πολυπροπυλενίου ή πολυαιθυλενίου (PP ή PET αντίστοιχα) με καπάκι ενσωματωμένο στη συσκευασία (τα ονομαζόμενα clamshells). Οι καρποί

μπορούν να τοποθετηθούν είτε ένας-ένας, είτε ως ολόκληρη ταξικαρπία («τσαμπί») στα υβρίδια μακράς μετασυλλεκτικής ζωής ("long shelf life"). Τα τελευταία χρόνια έχουν εμφανιστεί στην αγορά συσκευασίες cherry τομάτας σε πλαστικά ποτήρια με καπάκι, με σκοπό την κατανάλωσή τους ως snacks (Εικόνα 6.4)



Εικόνα 6.3 Συσκευασία καρπών τομάτας κατηγορίας «Έξτρα» σε μία σειρά («μόνόσειρη» συσκευασία) σε κιβώτιο από χαρτόνι με πλαστικό διαχωριστικό θέσεων και κατηγορίας «I», χύμα, σε κιβώτιο χωρίς διαχωριστικό θέσεων.



Εικόνα 6.4 Συσκευασία cherry τομάτας στρογγυλού σχήματος σε «τσαμπί» σε πλαστικές συσκευασίες με καπάκι (αριστερά) και σχήματος βελανιδιού, μεμονωμένα, σε πλαστικό ποτήρι (δεξιά).

Συνοπτικά, οι παράγοντες που είναι γνωστό ότι επιδρούν στην ποιότητα της τομάτας περιλαμβάνουν τόσο προσυλλεκτικούς παράγοντες, όπως το γονότυπο, διάφορους περιβαλλοντικούς και καλλιεργητικούς παράγοντες (π.χ. η ένταση του φωτός, η τροφοδοσία των φυτών με κάλιο κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, η αλατότητα του εδάφους ή του νερού άρδευσης, η συχνότητα και επάρκεια της άρδευσης, οι υψηλές ή χαμηλές θερμοκρασίες κατά την ανάπτυξη και ωρίμανση των καρπών - βλέπε Κεφάλαιο 2), καθώς και μετασυλλεκτικούς παράγοντες, όπως τους μετασυλλεκτικούς χειρισμούς και την τεχνολογία της αποθήκευσης (π.χ. διατήρηση ενδεικνυόμενης θερμοκρασίας και σύστασης αερίων στην ατμόσφαιρα), την αποφυγή τραυματισμών κατά τους χειρισμούς κατά και μετά τη συγκομιδή, βλαβών και προσβολών από εχθρούς και φυτοπαθογόνους μικροοργανισμούς και κρουοτραυματισμών όταν ο έλεγχος της θερμοκρασίας δεν είναι επαρκής.

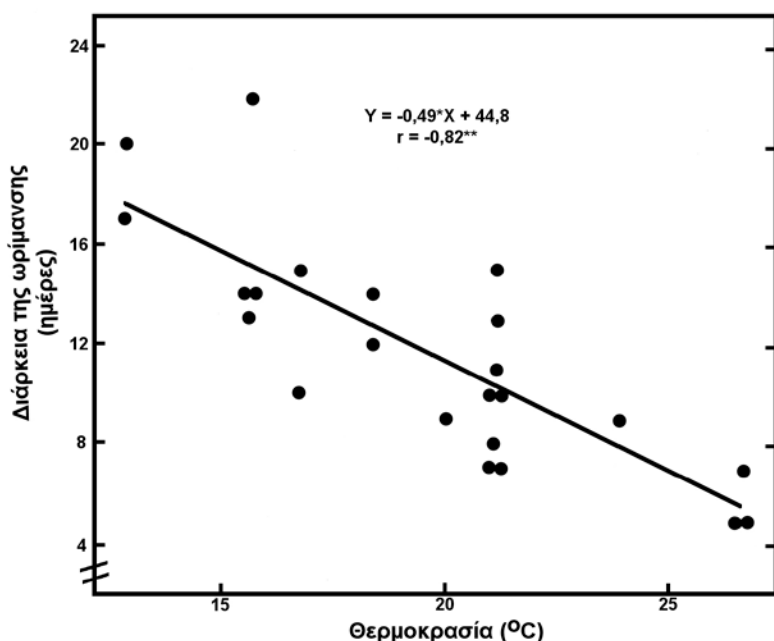
6.2.1.4 Συνιστώμενες συνθήκες αποθήκευσης

Οι απαιτήσεις της τομάτας σε θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης εξαρτώνται από το στάδιο της ωριμότητας του καρπού κατά τη συγκομιδή (Grierson & Kader, 1986, Saltveit, 2005).

I. Πράσινες-φυσιολογικά ώριμες τομάτες

Η ανάγκη για γρήγορη απομάκρυνση της θερμότητας του αγρού εξαρτάται από τη θερμοκρασία του καρπού κατά τη συγκομιδή. Αν ο καρπός έχει θερμοκρασία μεγαλύτερη από 27 °C, η πρόψυξη (κυρίως με υδρόψυξη) είναι επιθυμητή. Για παράδειγμα, με υδρόψυξη η θερμοκρασία του καρπού ελαττώνεται από τους 32 °C στους 21 °C σε 8-10 min., ή στους 15 °C σε 13-15 min., εφόσον η θερμοκρασία του νερού κυμαίνεται μεταξύ 1-5 °C. Εν τούτοις, εκτός από την περίπτωση που απαιτείται η παρατεταμένη αποθήκευση της τομάτας στο πράσινο-φυσιολογικά ώριμο στάδιο, οι τομάτες μπορούν να αφεθούν 1-2 ημέρες για να μειωθεί η θερμοκρασία τους από περίπου 27 °C, στο συνιστώμενο εύρος των 13-18 °C, χωρίς κίνδυνο υπερβολικής ωρίμανσης. Ακόμα και σε θερμοκρασίες μεταφοράς 13-15 °C, λιγότερο από το 10% μιας παρτίδας καρπών θα ωριμάσει εμπορικά μετά από 10 ημέρες και μόνο οι μισοί θα φτάσουν στο στάδιο του "γυρίσματος του χρώματος". Θερμοκρασίες μεταφοράς 10-13 °C μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την καθυστέρηση της ωρίμανσης (π.χ. κατά τη διάρκεια μεταφοράς σε μακρινές αποστάσεις), αλλά δεν πρέπει να παραταθούν πέρα από λίγες ημέρες, διαφορετικά θα υπάρξει δυσμενής επίδραση στο χρώμα και το άρωμα. Θερμοκρασίες κάτω των 10 °C πρέπει να αποφεύγονται για να μην προκληθούν

κρουοτραυματισμοί. Ο αριθμός των ημερών που απαιτούνται για την περαιτέρω εμπορική ωρίμανση της πράσινης φυσιολογικά ώριμης τομάτας σε σχέση με τη θερμοκρασία φαίνεται στο Σχήμα 6.4.



Σχήμα 6.4 Αριθμός ημερών που απαιτούνται ώστε το 75-85% των πράσινων φυσιολογικά ώριμων καρπών τομάτας να φθάσει το εμπορικά ώριμο στάδιο σε σταθερή θερμοκρασία (Από: Ryall & Lipton, 1979).

II. Τομάτες στο στάδιο του "σπασίματος" του χρώματος

Σε αυτό το στάδιο, λιγότερο από 10% της επιφάνειας έχει χρώμα κίτρινο ή ροζ. Οι καρποί σε αυτό το στάδιο είναι ελαφρά λιγότερο ευαίσθητοι σε ζημιά από το ψύχος. Οι απαιτήσεις τους σε αποθήκευση είναι περίπου οι ίδιες, όπως και για τους πράσινους-φυσιολογικά ώριμους καρπούς.

III. Τομάτες στο στάδιο του "γυρίσματος" ή ωριμότερες

Στο στάδιο του γυρίσματος ο καρπός μπορεί να αποθηκευτεί στους 10-13 °C, περίπου για μια εβδομάδα χωρίς κίνδυνο από κρουοτραυματισμούς ή υποβάθμιση της ποιότητας, εφόσον ακολουθήσει ωρίμανση σε υψηλότερες θερμοκρασίες. Η εφαρμογή χαμηλότερων θερμοκρασιών αποθήκευσης ενδεχομένως παρακωλύει την ωρίμανση και υποβαθμίζει την ποιότητα.

IV. Ροζ καρποί

Οι ροζ καρποί είναι ακόμα λιγότερο ευαίσθητοι σε κρουοτραυματισμούς σε σχέση με καρπούς στο στάδιο του "γυρίσματος". Κατά συνέπεια, μπορούν να αποθηκευτούν στους 5 °C για 4-5 ημέρες για να καθυστερήσει η ωρίμανση, χωρίς την εκδήλωση κρουοτραυματισμών. Συνήθως όμως, αποθηκεύονται στους 10-13 °C. Ροζ τομάτες που αποθηκεύτηκαν στους 13-15 °C θα ωριμάσουν πλήρως εντός 1-4 ημερών όταν μεταφερθούν σε θερμοκρασία 21 °C. Αντίθετα, αν η αποθήκευσή τους γίνει σε θερμοκρασία γύρω στους 10 °C, θα χρειαστεί μια εβδομάδα ή και περισσότερο για να ωριμάσουν πλήρως όταν μεταφερθούν στους 21 °C.

V. Ελαφρά κόκκινοι ή κόκκινοι καρποί

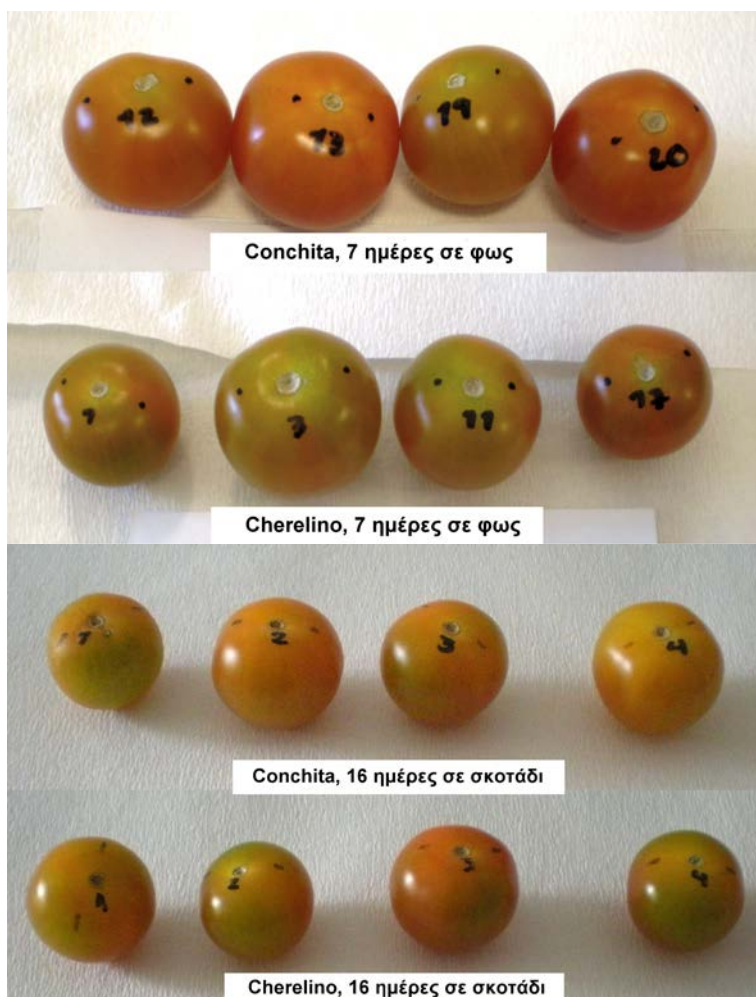
Σε αυτά τα στάδια σχεδόν όλες οι μεταβολικές αλλαγές που σχετίζονται με την εμπορική ωρίμανση του καρπού έχουν ολοκληρωθεί και οι καρποί μπορούν να αποθηκευτούν στους 2-5 °C μέχρι τη χρήση τους, χωρίς κίνδυνο κρουοτραυματισμού. Όμως, προκειμένου να εξασφαλιστεί προϊόν καλής ποιότητας, η συντήρηση των καρπών στις χαμηλές θερμοκρασίες δεν πρέπει να διαρκεί πολλές ημέρες, γιατί η γήρανση του καρπού που ακολουθεί την πλήρη ωριμότητα φέρνει ταχεία

υποβάθμιση της ποιότητας (π.χ. μαλάκωμα, μείωση της έντασης του χρώματος, απώλεια γεύσης και αρώματος).

VI. Σχετική υγρασία και σύνθεση ατμόσφαιρας στην αποθήκη

Σε όλες τις περιπτώσεις, η σχετική υγρασία της αποθήκης πρέπει να είναι υψηλή (85-90%) ώστε να μειωθεί το ζάρωμα λόγω απώλειας νερού. Αν και η περιεκτικότητα της τομάτας σε καροτενοειδή και η ανάπτυξη του χρώματος κατά την ωρίμανση (πάνω στο φυτό ή μετά τη συγκομιδή) ευνοείται με το φως (Paynter & Jen, 1976, Karapanos et al., 2015, Εικόνα 6.5), η παροχή φωτός εντός της αποθήκης έχει κόστος οικονομικό και δεν βρίσκει πρακτική εφαρμογή. Το αιθυλένιο μπορεί να εφαρμοστεί σε πράσινους φυσιολογικά ώριμους καρπούς για να προωθήσει την ομοιόμορφη ωρίμανση των καρπών, αλλά δεν εφαρμόζεται σε ωριμότερους καρπούς.

Η αποθήκευση της τομάτας σε ελεγχόμενη ατμόσφαιρα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να επιμηκύνει την αποθηκευτική ζωή. Οι άριστες ατμόσφαιρες είναι εκείνες που βασίζονται στην παρουσία χαμηλών συγκεντρώσεων οξυγόνου (4-5%) σε συνδυασμό με άζωτο. Η αποτελεσματικότητα της μειωμένης συγκέντρωσης οξυγόνου περιορίζεται σε υψηλότερα επίπεδα (7% ή παραπάνω), ενώ σε 3% O_2 -ή λιγότερο- μπορεί να λάβει χώρα αποχρωματισμός και ανάπτυξη ουσιών που δεν ευνοούν το άρωμα (off-odors). Χαμηλές συγκεντρώσεις O_2 παρατείνουν την αποθηκευτική ζωή των πράσινων φυσιολογικά ώριμων καρπών που διατηρούνται στους 13 °C σε περίπου 6 εβδομάδες, μετά τις οποίες μπορούν να ωριμάσουν ικανοποιητικά. Η προσθήκη CO_2 στην ατμόσφαιρα αποθήκευσης δεν παρουσιάζει πλεονεκτήματα, γιατί CO_2 πάνω από 1% τείνει να αυξήσει την αποσύνθεση των καρπών και περισσότερο από 5% προκαλεί αποχρωματισμούς και ανεπιθύμητη γεύση (Leshuk & Saltveit, 1990).



Εικόνα 6.5 Ανάπτυξη χρώματος σε καρπούς κερασόμορφης ("cherry") τομάτας (cv. *Conchita F₁* και *Cherelino F₁*) που συγκομίστηκαν στο πράσινο φυσιολογικά ώριμο στάδιο, δέχθηκαν επέμβαση με αιθυλένιο και αποθηκεύτηκαν για 7 ημέρες σε φως και 16 ημέρες σε σκοτάδι.

Συμπερασματικά, η αποθηκευτική ζωή των καρπών της τομάτας που παρουσιάζουν μικρή μετασυλλεκτική ζωή (παραδοσιακές ποικιλίες και παλιότερες εμπορικά καλλιεργούμενες ποικιλίες και υβρίδια), εξαρτάται από το στάδιο στο οποίο συγκομίζονται και την ποιότητα που απαιτείται. Υψηλότερη ποιότητα λαμβάνεται από καρπούς που ωριμάζουν πάνω στο φυτό και σε αυτή την περίπτωση η αποθήκευση είναι δυνατή μόνο για 2-4 ημέρες στους 2-5 °C. Οι συνεκτικές εμπορικά ώριμες τομάτες μπορούν να αποθηκευτούν για περίπου ένα μήνα στους 2 °C ή 2-3 εβδομάδες στους 10 °C, χωρίς υποβάθμιση της εμφάνισης, αν και ο ώριμος καρπός πρέπει να χρησιμοποιηθεί αμέσως μετά την έξοδο του από την αποθήκευση σε χαμηλές θερμοκρασίες. Πράσινοι φυσιολογικά ώριμοι καρποί και καρποί στο στάδιο του γυρίσματος του χρώματος μπορούν να αποθηκευτούν επιτυχώς, για χρονικές περιόδους που εξαρτώνται πρωταρχικά από την εξασφάλιση θερμοκρασιών που δεν εμποδίζουν τη διαδικασία ωρίμανσης.

6.2.1.5 Γενετικός έλεγχος της ωρίμανσης των καρπών της τομάτας

Η προσπάθεια για τη βελτίωση της ποιότητας και της μετασυλλεκτικής ζωής της τομάτας εστιάζεται στη δημιουργία γονότυπων που παράγουν συνεκτικούς καρπούς, με υψηλό περιεχόμενο σε ολικά διαλυτά στερεά και ομοιόμορφη αλλά καθυστερημένη ωρίμανση, ώστε να έχουν μακρά αποθηκευσιμότητα. Σε αυτό βοήθησε αρχικά η χρήση σε διασταυρώσεις είτε άγριων συγγενών ειδών της τομάτας με επιθυμητά μετασυλλεκτικά χαρακτηριστικά, είτε γονότυπων από τον μεγάλο αριθμό μεταλλάξεων τομάτας που εμφανίζουν τροποποιήσεις στην ωρίμανση των καρπών (μερικοί παρατίθενται στον Πίνακα 6.7). Οι μεταλλάξεις των οποίων η τροποποιημένη ωρίμανση οφείλεται σε ένα μόνο γόνο, όπως τα *rin*, *Nr* και *nor*, έχουν επίσης βοηθήσει στη μελέτη της φυσιολογίας της ωρίμανσης της τομάτας. Την τελευταία όμως εικοσαετία, μέσω της ραγδαίας προόδου στη χρήση βιοτεχνολογικών μεθόδων για τη βελτίωση της τομάτας, έχει πραγματοποιηθεί απευθείας γενετική τροποποίηση του γονιδιώματος της τομάτας με τη χρήση μεθόδων της γενετικής μηχανικής (Diez & Nuez, 2008)

Οι προσπάθειες αυτές έχουν οδηγήσει στην παραγωγή ποικιλιών και υβριδίων με μακρύτερη μετασυλλεκτική ζωή (long shelf-life) σε σχέση με τις «συμβατικές» παλαιότερες ποικιλίες. Όπως φαίνεται στον Πίνακα 6.8, οι καρποί των γονότυπων αυτών απαιτούν περισσότερο χρόνο για να φτάσουν στο ώριμο κόκκινο στάδιο από το στάδιο του σπασίματος του χρώματος σε σχέση με τους καρπούς των «συμβατικών» ποικιλιών. Όμως, η καθυστέρηση της ωρίμανσης δεν μπορεί να αποδοθεί σε περιορισμό της κλιμακτηριακής αιχμής στην αναπνοή και στην παραγωγή αιθυλενίου, ενώ οι διαφορές που εμφανίζουν στα ποιοτικά χαρακτηριστικά (συνεκτικότητα, ανάπτυξη χρώματος) σε σχέση με τους «συμβατικούς» καρπούς διαφέρουν ανάλογα με την ποικιλία και, επίσης, δεν σχετίζονται κατ' ανάγκη με τον ρυθμό της αναπνοής και της παραγωγής αιθυλενίου.

Αν και η βιοσύνθεση και ο τρόπος δράσης του αιθυλενίου στους καρπούς έχουν πλήρως διευκρινιστεί, τα αίτια του μαλακώματος σε μοριακό επίπεδο και οι διεργασίες που οδηγούν στην ωριμότητα και εξαρτώνται ή μη από το αιθυλένιο, δεν έχουν ακόμα διαλευκανθεί. Κατά συνέπεια, έχει γίνει κατορθωτή η παραγωγή γονότυπων με μειωμένη παραγωγή ή αντίδραση στο αιθυλένιο, παρεμβαίνοντας γενετικά είτε στον έλεγχο της δράσης των ενζύμων που εμπλέκονται στη βιοσύνθεσή του, είτε στις διεργασίες και στα μόρια-δέκτες μέσω των οποίων γίνεται αντιληπτό από τους φυτικούς ιστούς. Η ωρίμανση σε αυτούς τους καρπούς μπορεί να προωθηθεί με την εξωγενή τροφοδοσία τους με αιθυλένιο. Αντίθετα, ο έλεγχος του μαλακώματος των καρπών μέσω του περιορισμού της δράσης πηκτινολυτικών ενζύμων όπως η πολυγαλακτουρονάση και η πηκτινομεθυλεστεράση, δεν είναι πάντα αποτελεσματικός, αποδεικνύοντας ότι απαιτεί περισσότερα από τον έλεγχο της δράσης ενός ή δύο ενζύμων.

Όνομα μετάλλαξης	Χρωμό- σωμα	Φαινότυπος καρπών ομοζυγωτών για τη μετάλλαξη
------------------	----------------	---

Παρεμποδιστής ωρίμανσης (Ripening inhibitor, <i>rin</i>)	5	Οι καρποί δεν ωριμάζουν πλήρως: γίνονται κίτρινοι και μαλακώνουν μόνο πολύ αργά. Υπάρχει μικρή ή καθόλου σύνθεση πολυγαλακτουρονάσης και καμία αύξηση στην αναπνοή ή σύνθεση αιθυλενίου. Ο καρπός στερείται του κανονικού αρώματος τομάτας και αποθηκεύεται για μεγάλη χρονική περίοδο.
Όχι ώριμο (Non-ripening, <i>nor</i>)	10	Παρόμοιο με τα <i>rin</i> αλλά το τελικό χρώμα του καρπού είναι ωχρό πορτοκαλί.
Ποτέ ώριμο (Never-ripe, <i>nr</i>)	9	Οι ώριμοι καρποί είναι πορτοκαλί και μαλακώνουν αργά: η σύνθεση του λυκοπενίου και της πολυγαλακτουρονάσης μειώνονται κατά πολύ και ο καρπός αποθηκεύεται για μεγάλη περίοδο.
Πράσινη σάρκα (Greenflesh, <i>gf</i>)	8	Ο ώριμος καρπός εμφανίζεται καστανοκόκκινος στο χρώμα επειδή η απώλεια σε χλωροφύλλη δεν είναι πλήρης αλλά είναι κατά τα άλλα κανονικός.
Κίτρινη σάρκα (Yellow flesh, <i>r</i>)	3	Ο ώριμος καρπός είναι κίτρινος επειδή δεν σχηματίζεται λυκοπένιο, αλλά κατά τα άλλα είναι φυσιολογικός.
Alcobaca (<i>alc</i>)	10	Οι καρποί που ωριμάζουν πάνω στο φυτό είναι θαμποί κόκκινοι. Η γεύση είναι σχεδόν κανονική αλλά η αποθηκευσιμότητα αυξάνεται, λόγω μειωμένου ρυθμού μαλακώματος, που πιθανά οφείλεται σε περιορισμό της πολυγαλακτουρονάσης. Ο καρπός που συλλέγεται στο πράσινο φυσιολογικά ώριμο στάδιο εμφανίζει μειωμένη αναπνοή και παραγωγή αιθυλενίου και ωριμάζει δίνοντας μόνο κίτρινο χρωματισμό.
Longkeeper	10	Ο καρπός ωριμάζει σε ένα χρυσαφί-πορτοκαλοκόκκινο χρώμα. Η ενεργότητα της πολυγαλακτουρονάσης, το μαλάκωμα και η σύνθεση καροτινοειδών ελαττώνεται πολύ και όπως δείχνει το όνομα, ο καρπός αποθηκεύεται για μακρά περίοδο.
Μανταρίνι (Tangerine, <i>t</i>)	10	Η σάρκα του καρπού παρουσιάζει άφθονο πορτοκαλί χρώμα που οφείλεται στην αντικατάσταση του λυκοπενίου από το προ-λυκοπένιο. Ο καρπός κατά τα άλλα είναι φυσιολογικός.
Ομοιόμορφη ωρίμανση (Uniform ripening, <i>u</i>)	10	Ο γόνος αυτός προωθεί τον ομοιόμορφο χρωματισμό των καρπών περιορίζοντας την εμφάνιση των «πράσινων ώμων - greenback» στους ανώριμους καρπούς.

Πίνακας 6.7 Μεταλλάξεις που επηρεάζουν την ωριμότητα της τομάτας (Από: Grierson & Kader, 1986).

Ποικιλίες	Ημέρες από στάδιο σπασίματος του χρώματος ως εμπορική ωριμότητα	Μέγιστος ρυθμός αναπνοής ($\mu\text{L CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ h}^{-1}$)	Μέγιστος ρυθμός παραγωγής αιθυλενίου ($\text{nL C}_2\text{H}_4 \text{ g}^{-1} \text{ h}^{-1}$)	Χρώμα επιφάνειας (τιμή a^* χρωματό-μετρου) ¹	Συνεκτικότητα καρπού (mm παραμόρφωσης σε συμπίεση 20 κιλών για 20 δευτερόλεπτα)
Ποικιλίες με «κανονική» μετασυλλεκτική ζωή					
Shady Lady	6,5	20,6	5,4	26,7	1,67
Sunbelt	6,8	20,1	4,6	27,3	1,85
XPH 12109	7,3	17,4	2,3	26,6	1,28
Ποικιλίες με μακρά μετασυλλεκτική ζωή (long shelf-life)					
T 1011	11,5	21,0	1,6	24,8	0,99

FMX 209	>14	17,6	2,3	20,5	1,36
Longevity	>18	12,5	3,2	8,8	1,58

¹ Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή a^* τόσο πιο κόκκινη είναι η επιφάνεια του καρπού

Πίνακας 6.8 Χαρακτηριστικά ποιότητας και ωρίμανσης καρπών τομάτας από ποικιλίες με κανονική και μακρά (long shelf-life) μετασυλλεκτική ζωή. Οι καρποί συγκομίστηκαν στο στάδιο σπασίματος του χρώματος και αποθηκεύτηκαν στους 20 °C έως και 6 ημέρες μετά το ώριμο κόκκινο στάδιο (Από: Cantwell, 2000).

Οι μονόπλευρες προσπάθειες των τελευταίων δεκαετιών για βελτίωση της μετασυλλεκτικής ζωής και της ανθεκτικότητας των καρπών της τομάτας στους μετασυλλεκτικούς χειρισμούς και στους μηχανικούς τραυματισμούς, οδήγησαν σε σοβαρή υποβάθμιση των ποιοτικών και κυρίως των γευστικών ιδιοτήτων των καρπών (γεύση, άρωμα, υφή). Για το λόγο αυτό, τα σύγχρονα υβρίδια τομάτας και ιδίως αυτά που καλλιεργούνται στα θερμοκήπια, χαρακτηρίζονται από καλή διατηρησιμότητα των καρπών μετά τη συγκομιδή, αλλά υποβαθμισμένη γεύση και άρωμα, ιδιαίτερα εάν συγκριθούν με τις καλλιεργούμενες ποικιλίες του παρελθόντος, οι καρποί των οποίων όμως, μαλάκωναν γρήγορα και δεν διατηρούνταν καλά. Τα τελευταία χρόνια παρ' αυτά, παρατηρείται στροφή στην ανάπτυξη υβριδίων που παράγουν καρπούς με βελτιωμένη γεύση και άρωμα, πέρα από τη δεδομένη πια υψηλή διατηρησιμότητα.

6.2.2. Πεπόνια

Τα πεπόνια, όπως και τα καρπούζια, σε αντίθεση με την τομάτα, δεν γλυκαίνουν περαιτέρω μετά τη συγκομιδή γιατί δεν συσσωρεύουν άμυλο κατά την ανάπτυξή τους, επομένως θα πρέπει να συγκομίζονται μόνο όταν έχουν αποκτήσει το μέγιστο περιεχόμενο σε διαλυτά σάκχαρα. Για τους λόγους αυτούς, έχουν θεσπιστεί κριτήρια για τη συγκομιδή και εμπορία του πεπονιού, π.χ. στην Καλιφόρνια τα πεπόνια στην αγορά πρέπει να έχουν περιεχόμενο σε ολικά διαλυτά στερεά πάνω από 8% για τις κανταλούπες και 10% για τον τύπο Honeydew, αν και το επιθυμητό επίπεδο ανέρχεται σε τουλάχιστον 10% και 12% αντίστοιχα. Θα πρέπει όμως να σημειωθεί ότι δεν υπάρχει πάντα σχέση μεταξύ του περιεχομένου του πεπονιού σε σάκχαρα και διαλυτά στερεά με το άρωμά του.

Η φυσιολογία της ωρίμανσης των καρπών διαφέρει στους διάφορους βοτανικούς τύπους του πεπονιού, καθορίζοντας το κατάλληλο στάδιο συγκομιδής και τους μετασυλλεκτικούς χειρισμούς. Πιο συγκεκριμένα, στα πεπόνια που παρουσιάζουν δικτυωτή επιφάνεια (netted melons - *Cucumis melo* var. *reticulatus* - στα οποία ανήκουν οι κανταλούπες και οι καλλιεργούμενες ποικιλίες τύπου Galia) τα σάκχαρα συσσωρεύονται συνήθως κατά τις τελευταίες 10-15 ημέρες της ανάπτυξης των καρπών πριν την πλήρη ωριμότητά τους. Οι καρποί αυτοί, όταν αποκοπούν από το φυτό σε αρχικό στάδιο ωριμότητας, αν και μπορούν να ωριμάσουν μετασυλλεκτικά (κλιμακτηριακοί καρποί), θα έχουν περιορισμένο περιεχόμενο σε σάκχαρα. Επομένως, στα πεπόνια αυτά η συγκομιδή πρέπει να γίνεται μόνο όταν οι καρποί είναι πλήρως ώριμοι. Ως πλήρως ώριμοι χαρακτηρίζονται οι καρποί που έχουν σχεδόν αποκοπεί από το μίσχο τους, ενώ καρποί που συγκομίζονται όταν το μισό του μίσχου είναι κομμένο από τον καρπό, δεν είναι πλήρως ώριμοι και έχουν μειωμένη ποιότητα. Τα δικτυωτά πεπόνια και οι κανταλούπες είναι κλιμακτηριακοί καρποί και όπως στην τομάτα, η κλιμακτηριακή αιχμή στην αναπνοή είναι λιγότερο εμφανής στους καρπούς που ωριμάζουν πάνω στο φυτό σε σχέση με αυτούς που συγκομίζονται ανώριμοι, αλλά η αύξηση της παραγωγής του αιθυλενίου δεν επηρεάζεται από την παραμονή ή όχι του καρπού στο φυτό ως την πλήρη ωριμότητά του. Λόγω της συγκομιδής τους σε στάδιο πλήρους ωριμότητας, οι καρποί αυτοί είναι ευαίσθητοι σε μηχανικούς τραυματισμούς, επομένως συνιστάται η συσκευασία τους σε κιβώτια από χαρτόνι και με διαχωριστικά μεταξύ των καρπών για την αποφυγή μωλωπισμών κατά τη μεταφορά, ιδιαίτερα στους καρπούς με σφαιρικό σχήμα όπως οι καρποί του τύπου Galia (Εικόνα 6.6).

Αντίθετα, στα «χειμερινά» πεπόνια (*C. melo* cv. *inodorus* - στα οποία ανήκουν οι κυριότερες ελληνικές ποικιλίες όπως το Αργίτικο, το Αγίου Βασιλείου, το Θρακιώτικο και οι τύποι Honeydew, Casaba κ.ά. που δεν παρουσιάζουν δικτυωτή επιφάνεια), δεν παρατηρείται ζώνη αποκοπής και είναι περισσότερο δύσκολη η εκτίμηση του κατάλληλου σταδίου συγκομιδής. Στα πεπόνια τύπου Honeydew η πλήρης ωρίμανση συνοδεύεται από μαλάκωμα στην άκρη τους (σημείο απέναντι από

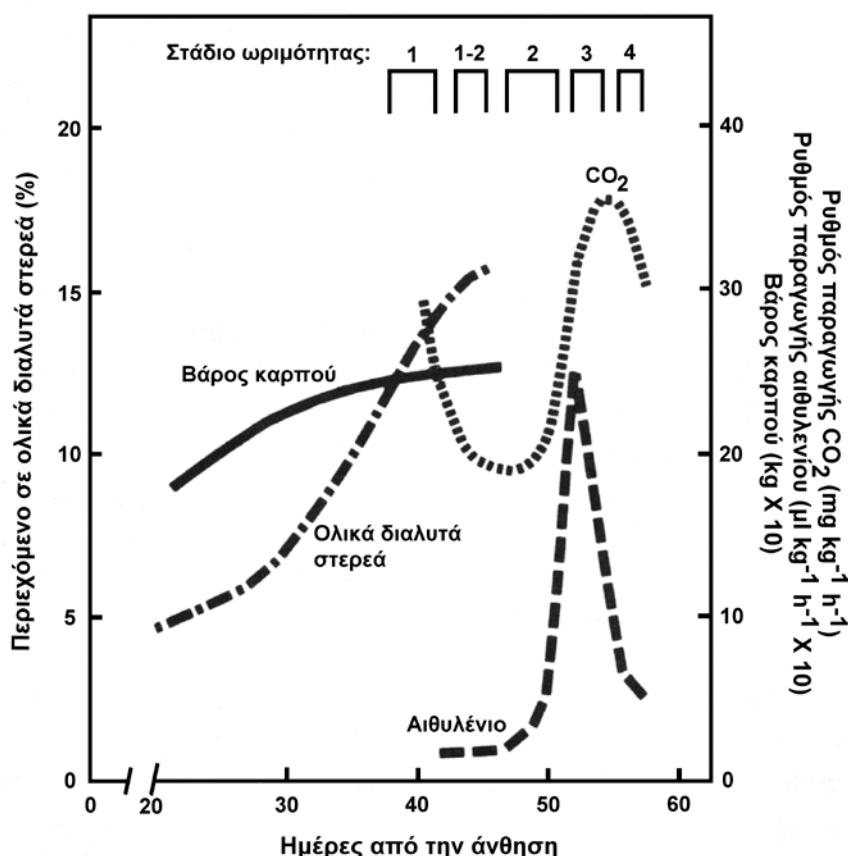
το μίσχο), χαρακτηριστικό το οποίο αποτελεί ένδειξη ποιότητας από τους καταναλωτές. Οι καρποί αυτοί ωριμάζουν πιο αργά σε σχέση με τα δικτυωτά πεπόνια και τις κανταλούπες και αν συγκομιστούν πλήρως ώριμοι δεν έχουν υψηλή διάρκεια αποθήκευσης. Λόγω της ιδιότητάς τους όμως να συσσωρεύουν ικανοποιητικά ποσά σακχάρων πριν ωριμάσουν πλήρως και αποκτήσουν το χαρακτηριστικό άρωμα και τη γεύση τους (περίπου 60 ημέρες μετά την άνθηση στα πεπόνια τύπου Honeydew, Σχήμα 6.5) μπορούν να συγκομιστούν πρώιμα (έως και 45 ημέρες μετά την άνθηση στα πεπόνια τύπου Honeydew). Με τον τρόπο αυτό αυξάνεται η μετασυλλεκτική τους ζωή, αλλά για να ωριμάσουν πλήρως εκτός του φυτού και να αποκτήσουν ομοιόμορφο χρωματισμό και καλή γεύση για να διατεθούν στην αγορά, πρέπει να δεχθούν επέμβαση με αιθυλένιο ($100 \mu\text{L L}^{-1}$ στους $12,5-25^\circ\text{C}$ για 24 ώρες – Kader, 2002). Αντίθετα, στα πεπόνια με δικτυωτή επιφάνεια και στις κανταλούπες η εφαρμογή αιθυλενίου δεν επιτρέπεται, γιατί προωθεί την υπερωρίμανση και τη γήρανση.

Λόγω της συγκομιδής των πεπονιών κατά το καλοκαίρι σε συνθήκες υψηλών θερμοκρασιών στον αγρό, είναι απαραίτητη η άμεση μεταφορά τους μετά τη συγκομιδή σε σκιά, ενώ στα πεπόνια που συγκομίζονται ώριμα, η πρόψυξη, κατά προτίμηση με υδρόψυξη στους $10-15^\circ\text{C}$ βοηθά στον περιορισμό της υπερωρίμανσης και της απώλειας σακχάρων. Αντίθετα, στα «χειμερινά» πεπόνια που έχουν συγκομιστεί ανώριμα δεν απαιτείται πρόψυξη.



Εικόνα 6.6 Συσκευασία πεπονιών τύπου *Galía* σε κιβώτιο από χαρτόνι με διαχωριστικά για αποφυγή μωλωπισμών από την επαφή των καρπών μεταξύ τους κατά τη μεταφορά (πάνω) και τύπου *Honeydew* (κάτω) που λόγω του οβάλ σχήματός τους δεν απαιτούν ενδιάμεσα διαχωριστικά.

Τα πεπόνια με δικτυωτή επιφάνεια που συγκομίζονται πλήρως ώριμα μπορούν να διατηρηθούν καλά για 2 εβδομάδες σε θερμοκρασία 3-4 °C και Σ.Υ. 85-90%, χωρίς συμπτώματα κρουοτραυματισμών. Καρποί που έχουν ωριμάσει πλήρως και έχουν υψηλό περιεχόμενο σε σάκχαρα είναι λιγότερο ευαίσθητοι σε κρουοτραυματισμούς σε σχέση με ανώριμους καρπούς με λιγότερα σάκχαρα. Τα «χειμερινά» πεπόνια που έχουν συγκομιστεί ανώριμα μπορούν να διατηρηθούν ως και 3 εβδομάδες σε θερμοκρασία 10 °C και Σ.Υ. 90-95%, ενώ αυτά που συγκομίστηκαν ώριμα ή έχουν δεχθεί επέμβαση με αιθυλένιο για να ωριμάσουν, διατηρούνται για 7-10 ημέρες στους 7 °C και Σ.Υ. 95%. Τα «χειμερινά» πεπόνια είναι ευαίσθητα σε κρουοτραυματισμούς, επομένως δεν πρέπει να αποθηκεύονται σε θερμοκρασίες χαμηλότερες των 5 °C.



Σχήμα 6.5 Μεταβολή του βάρους των καρπών, του περιεχομένου τους σε διαλυτά στερεά και του ρυθμού παραγωγής CO₂ και αιθυλενίου, κατά την ωρίμανση «χειμερινών» πεπονιών τύπου *Honeydew* στους 20 °C (Από: Kasmire et al., 1970).

6.2.3. Καρπούζι

Όμοια με τα πεπόνια, η συγκομιδή των καρπουζιών πρέπει να πραγματοποιηθεί στο πλήρως ώριμο στάδιο, αλλιώς οι καρποί περιέχουν λίγα σάκχαρα και είναι άνοστοι. Στα καρπούζια η εκτίμηση του κατάλληλου σταδίου συγκομιδής είναι δυσκολότερη από αυτή των πεπονιών, λόγω της απουσίας ζώνης αποκοπής μεταξύ του μίσχου και του καρπού. Ένα σχετικά ασφαλές κριτήριο ένδειξης της πλήρους ωριμότητας αποτελεί η μεταβολή του χρώματος από λευκό σε κιτρινωπό, στο σημείο που ακουμπά ο καρπός στο έδαφος, πάντα όμως σε συνδυασμό με δειγματοληπτική κοπή καρπών και εξέταση της κατάστασης της σάρκας, καθώς και του περιεχομένου σε ολικά διαλυτά στερεά με τη χρήση φορητού διαθλασίμετρου (refractometer – βλέπε Κεφάλαιο 10). Γενικότερα, η συγκομιδή θα πρέπει να πραγματοποιείται μόνο όταν οι καρποί αποκτήσουν περιεχόμενο σε ολικά διαλυτά στερεά

υψηλότερο του 10% (10 °Brix). Λόγω της υψηλής πίεσης σπαργής των καρπών, συνιστάται η συγκομιδή να μην πραγματοποιείται τις πρώτες πρωινές ώρες, γιατί υπάρχει υψηλός κίνδυνος σχισίματος των καρπών. Οι καρποί θα πρέπει να συγκομίζονται και να διατηρούνται με ένα μέρος του ποδίσκου μήκους 2-3 cm για να περιοριστεί η πιθανότητα σήψης στη βάση του καρπού. Τα καρπούζια μπορούν να διατηρηθούν καλά έως και 2-3 εβδομάδες στους 10-15 °C, ενώ σε θερμοκρασίες χαμηλότερες των 10 °C εμφανίζονται κρουοτραυματισμοί με ανάπτυξη καστανού χρώματος στην επιφάνεια του καρπού και απώλεια χρώματος (ξεθώριασμα) της σάρκας. Η έκθεση των καρπών στους 30 °C για 4 ημέρες πριν την αποθήκευση σε χαμηλές θερμοκρασίες έδειξε να μειώνει την ευαισθησία σε κρουοτραυματισμούς (Picha, 1986). Τα καρπούζια παράγουν μικρές ποσότητες αιθυλενίου, ενώ υπάρχουν ενδείξεις μη-κλιμακτηριακής συμπεριφοράς. Είναι επίσης πολύ ευαίσθητα στην παρουσία αιθυλενίου στο περιβάλλον συντήρησης, με συγκεντρώσεις αιθυλενίου στο επίπεδο των 5 $\mu\text{L L}^{-1}$ να προκαλούν μαλάκωμα, υπερωρίμανση, απώλεια χρώματος και κατάρρευση των ιστών της σάρκας (Elkashif et al. 1989).

6.3 Μη κλιμακτηριακοί καρποί κηπευτικών

Σε αντίθεση με τους κλιμακτηριακούς καρπούς στους οποίους η ωρίμανση (ή η υπερωρίμανση) συνεχίζεται και μετά τη συγκομιδή, ή μπορούν να συγκομιστούν στη φυσιολογική ωριμότητα και να ολοκληρωθεί η ωρίμανσή τους εκτός του φυτού με τη χρήση αιθυλενίου (όπως προαναφέρθηκε για την τομάτα και τη μπανάνα), στο σύνολο των μη κλιμακτηριακών καρπών των κηπευτικών η ποιότητα υποβαθμίζεται μετά τη συγκομιδή, γιατί δεν προωθείται η ωρίμανση, αλλά επέρχεται η γήρανση, ο αποχρωματισμός το μαλάκωμα, και η αποσύνθεσή τους. Παράλληλα, δεν είναι δυνατή η ρύθμιση της ωρίμανσης των μη κλιμακτηριακών καρπών με τη χρήση αιθυλενίου, γιατί το αιθυλένιο επάγει τη γήρανση των καρπών αυτών. Τα γεγονότα αυτά παράλληλα με τη συγκομιδή και κατανάλωση των καρπών αυτών σε ανώριμο στάδιο (Mohammed & Brecht, 2003), καθιστά ως καθοριστικό παράγοντα για την ποιότητα και τη μετασυλλεκτική διατήρηση τον προσδιορισμό του κατάλληλου σταδίου συγκομιδής. Οι μη κλιμακτηριακοί καρποί είναι απαραίτητο να συγκομίζονται μόνο όταν φτάσουν στο εμπορικά ώριμο στάδιο όπου εμφανίζουν τη μέγιστη ποιότητα και όχι νωρίτερα ή αργότερα. Ακολουθώντας, γίνεται αναφορά σε δύο αντιπροσωπευτικά παραδείγματα μη κλιμακτηριακών καρπών κηπευτικών, του αγγουριού και της γλυκιάς πιπεριάς, ενώ δίνονται πληροφορίες και για άλλα είδη.

6.3.1 Αγγούρι

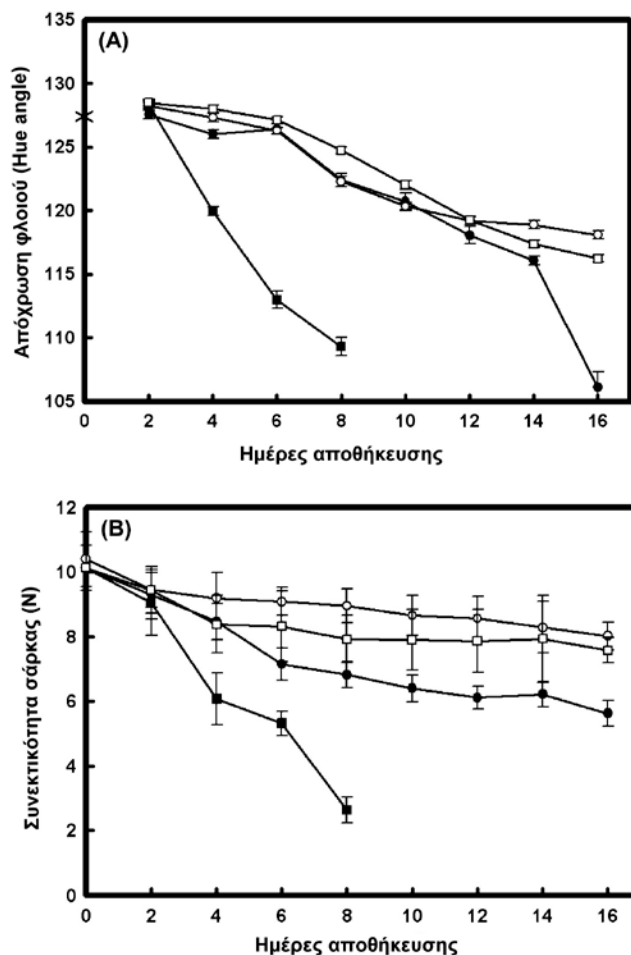
Τα αγγούρια πρέπει να συγκομιστούν το συντομότερο δυνατόν, όταν έχουν αποκτήσει το εμπορικό τους μέγεθος και εμφανίζουν ομοιόμορφη διάμετρο σε όλο το μήκος τους. Ο καρπός κόβεται από το φυτό έτσι ώστε να φέρει και μικρό μέρος του μίσχου (κοτσανιού) σε επαφή με το λαιμό του. Ο καρπός για αποθήκευση πρέπει να είναι σκούρος πράσινος, να έχει τραγανή, συνεκτική σάρκα και να πληροί τα γενικά κριτήρια ποιότητας, για παράδειγμα, ο φλοιός να είναι απαλλαγμένος από βαθουλώματα και ζαρώματα (κυρίως στα άκρα του καρπού), να φέρει κοινό σχήμα κ.ά.

Επειδή τα αγγούρια είναι επιδεκτικά σε ζημιές από το κρύο και σε κιτρίνισμα του φλοιού σε υψηλότερες θερμοκρασίες, οι συνιστώμενες θερμοκρασίες αποθήκευσης κυμαίνονται εντός μιας περιορισμένης κλίμακας. Ακόμα όμως και εντός των άριστων θερμοκρασιών, η αποθηκευτική τους ζωή περιορίζεται σε ένα μέγιστο περίπου δύο εβδομάδων. Στους 10 °C και σε χαμηλότερες θερμοκρασίες, ακόμα και για σύντομη παραμονή 2-3 ημερών παρουσιάζουν κρουοτραυματισμούς (επιφανειακές κηλιδώσεις, βαθουλώματα και κιτρινίσματα), ενώ σε θερμοκρασίες 15 °C ή υψηλότερες κιτρινίζουν γρήγορα. Έτσι, η άριστη θερμοκρασία αποθήκευσης είναι 12-13 °C, παρ' όλο που για αποθήκευση μέχρι 1-2 εβδομάδες έως τους 10 °C δεν παρουσιάζουν σημαντική ζημιά από το ψύχος. Τα νεαρά ή μικρά αγγούρια έχουν την τάση να αναπτύσσουν συμπτώματα από κρουοτραυματισμούς νωρίτερα από τα μεγάλα ή γηραιότερα, αλλά αυτό εξαρτάται επίσης από την ποικιλία, την εποχή καλλιέργειας και τις καλλιεργητικές τεχνικές (Cabrerá et al., 1992). Η αύξηση της θερμοκρασίας για 12 ώρες κάθε 2-3 ημέρες σε επίπεδα που δεν προκαλούν κρουοτραυματισμούς κατά την διατήρηση αγγουριών σε χαμηλές θερμοκρασίες, μπορεί να περιορίσει την εμφάνιση συμπτωμάτων κρουοτραυματισμού (Cabrerá & Saltveit, 1990). Η επιδεκτικότητα σε κρουοτραυματισμούς δεν εμποδίζει τη χρήση θερμοκρασιών κάτω από 10 °C, υπό την προϋπόθεση όμως τα αγγούρια να χρησιμοποιηθούν αμέσως μετά την απομάκρυνση από τους ψυκτικούς

θαλάμους, ώστε να μην υπάρχει χρόνος για την εκδήλωση των συμπτωμάτων του κρουοτραυματισμού (κυρίως βαθουλώματα). Κάτω από αυτές τις συνθήκες, οι καρποί μπορούν να εκτεθούν για 2 ημέρες στους 0 °C, 4 ημέρες στους 5 °C, ή ακόμα και 8 ημέρες στους 7 °C χωρίς ζημιά. Η γρήγορη απομάκρυνση της θερμότητας του αγρού δεν είναι συνήθως αναγκαία για αγγούρια για σαλάτα, παρόλο που μπορεί να είναι ωφέλιμη για μικρές ποικιλίες που προορίζονται για επεξεργασία (τουρσί). Η τεχνική της υδρόψυξης με νερό στους 5 °C των αγγουριών που προορίζονται για βιομηχανική επεξεργασία μειώνει τη θερμοκρασία του προϊόντος από τους 30 °C στους 13 °C σε 15-17 min.

Τα αγγούρια είναι πολύ ευαίσθητα σε αφυδάτωση, εμφανίζοντας ζαρώματα στα άκρα τους και μαλάκωμα, επομένως η αποθήκευσή τους πρέπει να γίνεται σε υψηλή Σ.Υ. (πάνω από 95%). Η υψηλή σχετική υγρασία καθυστερεί επίσης τη στιγμάτωση, που είναι αποτέλεσμα του ψύχους. Εκτός από την υψηλή Σ.Υ., η σφιχτή περιτύλιξη των καρπών με πλαστικό φιλμ ή η συσκευασία σε κενό μειώνουν την απώλεια νερού, διατηρώντας τη συνεκτικότητα και επεκτείνοντας την αποθηκευτική τους ζωή χωρίς αρνητική επίδραση στην ποιότητα. Ο σφιχτά τυλιγμένος καρπός πρέπει να αποθηκευτεί σε χαμηλή θερμοκρασία (12-13 °C) και το πλαστικό πρέπει να έχει κατάλληλη περατότητα (ημιπερατή μεμβράνη ή διάτρητο πλαστικό φύλλο), ώστε να επιτρέπει την ανταλλαγή των αερίων που προέρχονται από την αναπνοή. Επίσης, εφαρμόζεται συχνά, ιδιαίτερα στο εξωτερικό, η επικάλυψη των καρπών με εγκεκριμένα κεριά ή έλαια για τον περιορισμό της απώλειας νερού, τη βελτίωση της εμφάνισης και την προστασία από μολωπισμούς από χτυπήματα μεταξύ των καρπών κατά τη μεταφορά τους.

Οι ελεγχόμενες ατμόσφαιρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατά την αποθήκευση των αγγουριών, αν και η αποτελεσματικότητά τους αμφισβητείται (Leshuk & Saltveit, 1990). Έτσι, συγκεντρώσεις 5% O₂ και/ή 5% CO₂ αυξάνουν κατά 4-6 ημέρες τη μετασυλλεκτική ζωή, αλλά το CO₂ δεν πρέπει να υπερβεί το 10% και το O₂ δεν πρέπει να πέσει κάτω από 2%. Σύμφωνα με τους Wang & Qi (1997) η εφαρμογή 1% O₂ και 3% CO₂ περιορίζει τα συμπτώματα του κρουοτραυματισμού και διατηρεί καλύτερα την ποιότητα, επιτρέποντας την αποθήκευση του αγγουριού σε θερμοκρασίες ως 5 °C. Ως μη κλιμακτηριακός καρπός παράγει πολύ μικρές ποσότητες αιθυλενίου, ενώ η παρουσία του αιθυλενίου στο περιβάλλον συντήρησης πρέπει να αποφεύγεται, γιατί ακόμα και σε χαμηλές συγκεντρώσεις (1 μL L⁻¹) προκαλεί το κιτρίνισμα του καρπού (Σχήμα 6.6). Η αρνητική επίδραση του αιθυλενίου περιορίζεται με την εφαρμογή ελεγχόμενων ατμοσφαιρών.



Σχήμα 6.6 Μείωση του πράσινου χρώματος του φλοιού (Α) και της συνεκτικότητας της σάρκας (Β) καρπών αγγουριού που αποθηκεύτηκαν στους 15 °C σε αέρα (●), δέχθηκαν για 12 ώρες 1 $\mu\text{L L}^{-1}$ 1-MCP και αποθηκεύτηκαν σε αέρα (○), αποθηκεύτηκαν σε ατμόσφαιρα με 10 $\mu\text{L L}^{-1}$ αιθυλένιο (■), ή δέχθηκαν για 12 ώρες 1 $\mu\text{L L}^{-1}$ 1-MCP και μετά αποθηκεύτηκαν σε ατμόσφαιρα με 10 $\mu\text{L L}^{-1}$ αιθυλένιο (□) (Από: Lima et al., 2005).

6.3.2 Γλυκές πιπεριές

Οι γλυκές πιπεριές του είδους *Capsicum annuum* L. μπορούν να διακινηθούν ως πράσινοι, βοτανικά ανώριμοι αλλά εμπορικά ώριμοι καρποί καθώς και ως πλήρως (βοτανικά) ώριμοι έγχρωμοι (κόκκινοι, πορτοκαλί, κίτρινοι ως και μωβ), που οφείλουν το χρώμα τους σε καροτενοειδή (κίτρινοι έως κόκκινοι καρποί) ή και σε ανθοκυανίνες (μωβ καρποί). Ως μη κλιμακτηριακοί καρποί, οι καρποί της πιπεριάς δεν αναπτύσσουν χρωματισμό και δεν ωριμάζουν περαιτέρω, εάν συγκομιστούν στο πράσινο εμπορικά ώριμο στάδιο. Λόγω της συνεχούς συσσώρευσης σακχάρων από το μητρικό φυτό, οι έγχρωμοι ώριμοι καρποί πιπεριάς τείνουν να είναι πιο γλυκοί σε σχέση με τους πράσινους εμπορικά ώριμους. Τα βασικά κριτήρια ποιότητας γι' αυτή την καλλιέργεια ανεξαρτήτως σταδίου ωριμότητας κατά τη συγκομιδή, είναι ότι ο καρπός πρέπει να είναι συνεκτικός, πλήρως χρωματισμένος και λαμπερός με πράσινο εύρωστο κάλυκα (Εικόνα 6.7). Η μη κανονικότητα του σχήματος δεν επηρεάζει την εδωδιμη ποιότητα, αλλά μπορεί να υποβαθμίσει την οπτική εμφάνιση. Η συρρίκνωση και το μαλάκωμα αποτελούν οριστικά σημάδια υποβάθμισης της ποιότητας.



Εικόνα 6.7 Πώληση κίτρινης πιπεριάς κατηγορίας «Έξτρα» που έχει παραχθεί σε θερμοκήπια στην Ολλανδία, στην υπαίθρια αγορά “Covent Garden” της Αγγλίας. Οι καρποί συσκευάζονται «χύμα» σε κιβώτιο από χαρτόνι.

Η άριστη θερμοκρασία αποθήκευσης για τις πιπεριές είναι 8-9 °C, με σχετική υγρασία 95-98% για να παρεμποδιστεί η αφυδάτωση και ελάχιστη θερμοκρασία αποθήκευσης τους 7 °C για την αποφυγή κρουσ τραυματισμών. Σε αυτές τις συνθήκες, οι πιπεριές μπορούν να αποθηκευτούν για περίπου δύο, ή αν διατηρείται ικανοποιητικά η φωτεινότητα του χρώματος, για τρεις εβδομάδες. Η υποβάθμιση του χρώματος με την απώλεια της φωτεινότητας και της γυαλιστερής εμφάνισης, ιδιαίτερα στις πράσινες πιπεριές, επιταχύνεται με την παρουσία αιθυλενίου, ιδιαίτερα αυτού που παράγεται από τομάτες ή πεπόνια σε συνηθισμένη αποθήκη όπου μπορεί να συνυπάρχουν τα είδη αυτά. Αντίθετα, στη πιπεριά τύπου τσίλι [*Capsicum annuum* L. var. *longum* (D.C.) Sendt.] που θεωρείται κλιμακτηριακός καρπός, εφαρμόζεται ethephon με ψεκασμό στο φυτό για την ενίσχυση του κόκκινου χρώματος των καρπών.

Οι καρποί της πιπεριάς είναι ιδιαίτερα ευαίσθητοι στην απώλεια νερού, εμφανίζοντας ταχεία μάρανση, ρυτιδώσεις και συρρίκνωση. Για να μειωθεί ο ρυθμός απώλειας του νερού, οι καρποί μπορούν να καλυφθούν με εδώδιμο κερί, που όμως αυξάνει τις πιθανότητες προσβολής από βακτηριακή σήψη. Η μικροσυσκευασία (ιδιαίτερα στις έγχρωμες πιπεριές με την τοποθέτηση καρπών διαφορετικών χρωμάτων στην ίδια μικροσυσκευασία, Εικόνα 6.8) και η κάλυψη με ημιπερατές (semi-permeable) ή διάτρητες (perforated / microperforated) μεμβράνες πολυαιθυλενίου περιορίζει την απώλεια νερού και αυξάνει τη διάρκεια της συντήρησης κατά μία εβδομάδα στους 7-10 °C (Πίνακας 6.9). Όμως, η αποτελεσματικότητα της κάλυψης με πλαστικό επηρεάζεται από την περατότητά του σε υδρατμούς, με χαμηλή περατότητα να δημιουργεί συνθήκες κορεσμού στο εσωτερικό των συσκευασιών, οδηγώντας στην εμφάνιση σταγόνων νερού εσωτερικά στο πλαστικό κάλυψης και ευνοώντας την ανάπτυξη σήψεων (Rodov et al., 1995).



Εικόνα 6.8 Μικροσυσκευασία καρπών πιπεριάς διαφόρων χρωμάτων με διάτρητη πλαστική μεμβράνη.

Διάτρηση		Απώλεια βάρους (%)		Συνεκτικότητα (mm)		Καρποί με σήψεις (%)	
%	Αριθμός διατρήσεων*	7,5 °C	3.0 °C	7,5 °C	3.0 °C	7,5 °C	3.0 °C
0	0	1,7 b**	1,6 c	2,5 b	2,6 bc	5,4 a	3,0 b
0,064	13	1,8 b	1,8 c	2,6 b	2,4 c	2,4 a	3,9 b
0,230	40	2,1 b	3,0 b	2,8 b	2,9 abc	7,1 a	0,0 c
0,420	72	2,5 b	3,3 ab	2,7 b	3,0 ab	6,5 a	0,0 c
Μη καλυμμένοι καρποί		3,4 a	4,4 a	3,5 a	3,3 a	4,7 a	11,7 a

* Αριθμός διατρήσεων (διάμετρου 6mm) ανά επιφάνεια σακούλας 4800cm²

** Μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα σε στήλες διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο του Duncan σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Πίνακας 6.9 Επίδραση της συσκευασίας κόκκινων καρπών πιπεριάς (cv. Μαορί) σε διάτρητες σακούλες πολυαιθυλενίου με διαφορετική πυκνότητα διάτρησης, στην απώλεια βάρους, τη συνεκτικότητα και την ανάπτυξη σήψεων (Από: Meir et al., 1995).

Η πρόψυξη έχει πλεονεκτήματα όταν οι θερμοκρασίες του αγρού είναι υψηλές. Λόγω της ευαισθησίας των καρπών της πιπεριάς στη σήψη, η ψύξη με αέρα (forced air cooling) είναι προτιμότερη από την ψύξη με νερό (hydrocooling). Οι πράσινες πιπεριές είναι πιο ευαίσθητες σε κρουοτραυματισμούς απ' ότι οι πλήρως ώριμες έγχρωμες (Lin et al., 1993). Βλάβες από το ψύχος (κηλίδωση, σχηματισμός βυθισμένων περιοχών και ανάπτυξη δευτερογενούς σήψης από *Alternaria*) παρατηρούνται σε θερμοκρασίες κάτω των 5 °C. Σε ακόμα χαμηλότερες θερμοκρασίες (0-3 °C) οι πράσινες πιπεριές εμφανίζουν συνήθως στιγμάτωση μέσα σε λίγες ημέρες.

Η εφαρμογή ελεγχόμενων ατμοσφαιρών έχει μικρή επίδραση στη μετασυλλεκτική διατήρηση της πιπεριάς, με χαμηλό O₂ (2-5%) να καθυστερεί την ωρίμανση και να μειώνει την αναπνοή, συμβάλλοντας στη διατήρηση της ποιότητας. Όμως, η πιπεριά δεν είναι ανεκτική σε υψηλό CO₂, με συγκεντρώσεις CO₂ > 5% να προκαλούν αποχρωματισμό στον κάλυκα και τους καρπούς, βαθουλώματα της επιδερμίδας και μαλάκωμα (Wang, 1977). Οι ατμόσφαιρες με 3% O₂ + 5% CO₂ επιδρούν θετικότερα στην αποθήκευση των κόκκινων σε σχέση με τους πράσινους καρπούς πιπεριάς κατά την αποθήκευση στους 5-10 °C για 3-4 εβδομάδες.

6.3.3 Άλλοι μη κλιμακτηριακοί καρποί

Στην κατηγορία των μη κλιμακτηριακών καρπών των κηπευτικών ανήκουν και άλλοι σαρκώδεις καρποί, όπως οι μελιτζάνες και τα κολοκυθάκια, καθώς και πράσινοι-ανώριμοι λοβοί, όπως οι μπάμιες και οι λοβοί ψυχανθών (π.χ. φασολάκι, αμπελοφάσουλο-βίγνα στα οποία καταναλώνεται ο λοβός, κουκί, αρακάς στα οποία καταναλώνονται ο πράσινος λοβός και τα ανώριμα σπέρματα κ.ά.). Οι καρποί αυτοί συγκομίζονται ανώριμοι και εκτός από τον αρακά και το κουκί προέρχονται από φυτά θερμής εποχής, εμφανίζοντας επομένως κρουοτραυματισμούς κατά τη διατήρησή τους σε χαμηλές θερμοκρασίες.

Στις μελιτζάνες, το κατάλληλο στάδιο συγκομιδής δεν είναι πάντα εύκολο να προσδιοριστεί και συνήθως καθορίζεται από την ανάπτυξη γυαλιστερού χρώματος σε ολόκληρο τον καρπό και την έναρξη «ξεθωριάσματος» του άκρου του καρπού. Παρόλ' αυτά, η συγκομιδή μπορεί να καθυστερήσει έως και μία εβδομάδα μετά την έναρξη της αλλαγής αυτής, χωρίς σημαντική υποβάθμιση της ποιότητας του καρπού (Mohammed & Sealy, 1986). Αντίθετα, πρόωρα συγκομισμένοι καρποί χάνουν νερό, μαλακώνουν και ρυτιδώνονται γρήγορα. Κατά τη συγκομιδή, ιδιαίτερα κατά το καλοκαίρι στον αγρό οι καρποί πρέπει να προστατεύονται από την ηλιακή ακτινοβολία, γιατί υφίστανται εύκολα ηλιόκαυμα (sunscauld) λόγω του σκούρου χρώματός τους, ακόμα και μετά από μία ώρα σε απευθείας έκθεση στον ήλιο. Η ποιότητα στις μελιτζάνες καθορίζεται πρωταρχικά από τη φωτεινότητα-γυαλάδα και το χρώμα του καρπού (μωβ - βυσσινί, εξαρτώμενο από την ποικιλία), τη συνεκτικότητα του καρπού και τη φρεσκάδα του κάλυκα.

Οι μελιτζάνες είναι ογκώδεις καρποί που εύκολα χάνουν υγρασία, γίνονται σπογγώδεις και ρυτιδώνονται. Για το λόγο αυτό, η εφαρμογή πρόψυξης άμεσα μετά τη συγκομιδή σε ψυχρό ρεύμα αέρα ή με υδρόψυξη και η αποθήκευση σε περιβάλλον με υψηλή σχετική υγρασία (> 95%), είναι απαραίτητα μέτρα για τη διατήρηση της ποιότητας των καρπών. Η παραμονή για 10 ημέρες στους 10 °C ή μια εβδομάδα στους 7-10 °C είναι δυνατή, χωρίς την μετέπειτα ανάπτυξη σοβαρών ζημιών λόγω κρουοτραυματισμών (Ryall & Lipton, 1979). Οι μελιτζάνες έχουν υψηλότερη ευαισθησία στις χαμηλές θερμοκρασίες σε σχέση με τις τομάτες και τις πιπεριές, εμφανίζοντας επιφανειακά, ζάρωμα και κηλίδωση (τα οποία συχνά συνοδεύονται από δευτερογενείς σήψεις από *Alternaria*) και εσωτερικά, καφέτιασμα στην περιοχή των σπόρων και στη σάρκα λόγω οξείδωσης των φαινολικών ουσιών στις οποίες είναι πλούσια η μελιτζάνα, μέσω της δράσης των πολυφαινόλεξειδασών (polyphenol-oxidase – PPO). Η ευαισθησία στις χαμηλές θερμοκρασίες διαφέρει με την ποικιλία και την εποχή. Για παράδειγμα, οι μελιτζάνες που καλλιεργούνται την ψυχρή περίοδο εμφανίζονται να είναι περισσότερο ανθεκτικές στο κρύο, από εκείνες που παράγονται το καλοκαίρι.

Σε γενικές γραμμές, ο καρπός της μελιτζάνας ως μη κλιμακτηριακός, παρουσιάζει υποβάθμιση των ποιοτικών του χαρακτηριστικών μετά τη συγκομιδή (π.χ. απώλεια χρώματος, συνεκτικότητας, υφής σάρκας κ.ά.). Όμως, πειραματικά δεδομένα από το Εργαστήριο Κηπευτικών Καλλιεργειών του Γ.Π.Α. (Mahmood, 2012), εμφανίζουν αξιοσημείωτη αύξηση των διαλυτών σακχάρων των καρπών (γλυκόζης, φρουκτόζης, σακχαρόζης και ολιγοσακχαριτών) κατά τη διάρκεια της μετασυλλεκτικής περιόδου, με συνέπεια αύξηση της γλυκιάς γεύσης των καρπών, ως αποτέλεσμα της αποδόμησης μετασυλλεκτικά μέρους του αμύλου το οποίο συσσωρεύει ο καρπός κατά την ανάπτυξή του. Φαίνεται πως οι μελιτζάνες παρουσιάζουν όμοιο μεταβολισμό των υδατανθράκων κατά την ανάπτυξη και ωρίμανσή τους με των καρπών της τομάτας (βλέπε Παράγραφο 6.2.1.2), αν και στην περίπτωση της μη κλιμακτηριακής μελιτζάνας οι μεταβολικές αλλαγές πραγματοποιούνται με πολύ χαμηλότερο ρυθμό.

Η περιτύλιξη των καρπών με πλαστικές μεμβράνες (shrink-film) ή η συσκευασία τους σε ημιπερατές ή διάτρητες σακούλες πολυαιθυλενίου χαμηλής (LDPE – low density polyethylene) ή υψηλής πυκνότητας (HDPE – high density polyethylene) συμβάλλουν στη διατήρηση της ποιότητας των καρπών έως και 15-20 ημέρες στους 7 °C, γιατί περιορίζουν την απώλεια του νερού και δημιουργούν τροποποιημένες ατμόσφαιρες (modified atmosphere packaging - MAP) εντός των συσκευασιών (Mohammed & Sealy, 1986). Αντίθετα, η εφαρμογή ελεγχόμενων ατμοσφαιρών δεν έχει πρακτική αξία στους καρπούς της μελιτζάνας. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι, σε παρατεταμένη αποθήκευση καρπών καλυμμένων με πλαστικό, ο κάλυκας μαραίνεται, μαυρίζει και υποβαθμίζει τη συνολική εικόνα του καρπού, οποίος όμως κατά τα άλλα δεν παρουσιάζει σημαντική οπτική υποβάθμιση (Εικόνα 6.9). Επίσης, προσοχή πρέπει να δοθεί στα χαρακτηριστικά της μεμβράνης, καθώς η πολύ υψηλή υγρασία συμβάλλει στην ανάπτυξη σήψεων, ιδιαίτερα στον κάλυκα, ενώ η συσσώρευση αιθυλενίου μετά από παρατεταμένη αποθήκευση σε συσκευασίες μη κατάλληλης

περατότητας επιταχύνει την γήρανση, προκαλεί απώλεια της γυαλιστερής εμφάνισης και αποκοπή του κάλυκα από τον καρπό με συνέπεια την εμφάνιση σήψης.



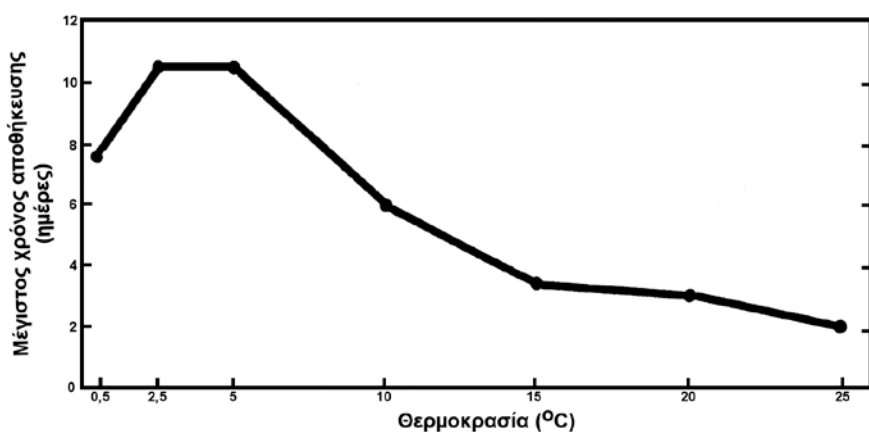
Εικόνα 6.9 Καρποί μελιτζάνας της ελληνικής ποικιλίας «Τσακώνικη» πριν (Α) και μετά την αποθήκευσή τους στους 10 °C σε ημιπερατές πλαστικές συσκευασίες για 15 (Β) και 30 (Γ) ημέρες (Φωτό: Δέσποινα Μακρογιάννη).

Παρόμοιοι μετασυλλεκτικοί χειρισμοί συστήνονται και για τα κολοκυθάκια που είναι πολύ ευαίσθητα σε κρουοτραυματισμούς, καθώς και σε μηχανικούς τραυματισμούς, λόγω της ευαίσθητης δομής και του υψηλού περιεχόμενου τους σε νερό. Και τα δύο είδη τραυματισμών αυξάνουν τη πιθανότητα εμφάνισης σήψεων, που για το είδος αυτό αποτελούν το σημαντικότερο παράγοντα απωλειών μετά τη συγκομιδή. Πολύ σημαντική είναι η εφαρμογή πρόψυξης και η προστασία των καρπών από απώλεια νερού με την διατήρηση σε υψηλή Σ.Υ. ή την κάλυψη των συσκευασιών με πλαστικές μεμβράνες, αν και σε επίπεδα κορεσμού πολύ γρήγορα εμφανίζονται σήψεις (Savvas et al., 2009 - Εικόνα 6.10). Ακόμα όμως και με την παραμονή σε άριστες συνθήκες, η μετασυλλεκτική τους ζωή δεν υπερβαίνει τις 1-2 εβδομάδες. Τα κολοκυθάκια συγκομίζονται σε πολύ πρώιμο στάδιο, εντός 3-7 ημερών μετά την άνθηση. Αν και συνηθίζεται να συγκομίζονται με το άνθος, η κατάσταση του οποίου αποτελεί ένδειξη φρεσκάδας, παρ' όλα αυτά, εμφανίζουν την άριστη ποιότητά τους όταν το άνθος πέσει από τον καρπό, γιατί τότε είναι πιο τρυφερά και ελαφρά γλυκά (Robinson & Decker-Walters, 1997). Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται κατά τη συγκομιδή ώστε να μην τραυματίζεται η επιδερμίδα των ευαίσθητων καρπών, γιατί αλλιώς υποβαθμίζεται η ποιότητα, αυξάνεται η απώλεια νερού και η πιθανότητα μετασυλλεκτικών προσβολών.



Εικόνα 6.10 Καρποί κολοκυθίου πριν (Α) και μετά (Β) την αποθήκευσή τους για 10 ημέρες στους 7 °C, σε συσκευασίες καλυμμένες με πλαστική μεμβράνη χαμηλής περατότητας στους υδατμούς. Η υψηλή Σ.Υ. κοντά στο κορεσμό οδήγησε σε σήψεις και επιφανειακές κηλιδώσεις των καρπών.

Οι νωποί λοβοί φασολιού που καταναλώνονται στο πράσινο στάδιο εμφανίζουν υψηλή φθορά μετά τη συγκομιδή τους, ανάλογη με τη θερμοκρασία της αποθήκευσής τους (Σχήμα 6.7). Η αποθηκευτική ζωή των λοβών καθορίζεται κυρίως από την ανάπτυξη ινών, το κιτρίνισμα και τη μάρανση που είναι έντονα σε θερμοκρασίες πάνω από 10 °C (Εικόνα 6.11), όπου επίσης μπορεί να παρατηρηθεί αύξηση των σπερμάτων στο εσωτερικό των λοβών. Οι λοβοί με υψηλή ποιότητα πρέπει να είναι πράσινοι, τρυφεροί, σε σπαργή και χωρίς ίνες. Ένας δείκτης ποιότητας στο εμπορικό στάδιο είναι εάν σπάνε εύκολα, με την τρυφερότητά τους να καθορίζεται από το περιεχόμενό τους σε ίνες και πηκτίνες (Gonzales et al., 1989).



Σχήμα 6.7 Επίδραση της θερμοκρασίας αποθήκευσης στον χρόνο κατά τον οποίο οι λοβοί του νωπού φασολιού μπορούν να διατηρήσουν την ποιότητά τους από τη "φρεσκάδα του αγρού" σε "καλή" κατάσταση (Από: Watada & Morris, 1966).



Εικόνα 6.11 Εμφάνιση λοβών φασολιού πριν (Α) και μετά την αποθήκευσή τους στους για 2 εβδομάδες: σε θάλαμο με Σ.Υ. 95% στους 5 °C (Β) και 10 °C (Γ) και σε συσκευασία με ημιπερατό πλαστικό στους 5 °C (Δ) και 10 °C (Ε).

Για να περιοριστεί η μάρανση, οι λοβοί πρέπει να αποθηκευτούν σε μια ελάχιστη θερμοκρασία που δεν θα επιφέρει κρουοτραυματισμούς, με τους 5 °C να αποτελούν το ελάχιστο όριο, αν και παρατηρούνται αρκετές διαφορές μεταξύ των ποικιλιών ως προς την ευαισθησία τους σε θερμοκρασίες μεταξύ 4-7 °C (Karitsimadi, 1989). Η αποθήκευση κάτω από τους 4 °C για 3 ημέρες ή περισσότερο, καταλήγει στην εμφάνιση κηλίδωσης, ενώ σε υψηλότερες θερμοκρασίες παρατηρείται καστανέρυθρη κηλίδωση (russetting – Εικόνα 6.12) που επιτείνεται από την υψηλή υγρασία στο περιβάλλον αποθήκευσης, γι' αυτό η σχετική υγρασία πρέπει να διατηρείται στο 90-95%. Η καστανέρυθρη κηλίδωση εμφανίζεται ιδιαίτερα στους λοβούς που βρίσκονται στο κέντρο των κιβωτίων μεταφοράς, όπου σχηματίζονται σταγόνες νερού στους καρπούς λόγω συμπύκνωσης.

Η πρόψυξη γρήγορα μετά τη συγκομιδή, προτιμότερα με υδρόψυξη, η οποία βοηθά στη διατήρηση της σπαργής των λοβών και στην αποφυγή απώλειας νερού και μάρανσης, αυξάνει τη διατηρησιμότητα των λοβών έως και 10 ημέρες σε χαμηλές θερμοκρασίες. Οι λοβοί του φασολιού ανέχονται συγκεντρώσεις CO₂ έως και 10% και η εφαρμογή ελεγχόμενων ατμοσφαιρών (2-5% O₂ και 3-10% CO₂) επιδρά θετικά, ιδιαίτερα στη περίπτωση που απαιτείται επιμήκυνση της αποθηκευτικής ζωής (π.χ. κατά την εξαγωγή σε χώρες του εξωτερικού), γιατί διατηρεί το πράσινο χρώμα των λοβών, περιορίζει το καφέτιασμα, το κιτρίνισμα, την ένταση της αναπνοής, τις σήψεις και την ευαισθησία στις χαμηλές θερμοκρασίες (Costa et al., 1994). Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με την ευαισθησία των λοβών σε απώλεια νερού, καθιστά ιδιαίτερα συμφέρουσα τη συσκευασία σε πλαστικές σακούλες με συγκεκριμένη περατότητα σε υδρατμούς, O₂ και CO₂ για τη δημιουργία τροποποιημένων ατμοσφαιρών. Θα πρέπει να προσεχθεί όμως το επίπεδο της υγρασίας εντός των συσκευασιών, για την αποφυγή των σήψεων και της καστανέρυθρης κηλίδωσης.



Εικόνα 6.12 Εμφάνιση καστανέρυθρης κηλίδωσης (*russetting*) σε λοβούς φασολιού που αποθηκεύτηκαν για 2 εβδομάδες σε Σ.Υ. > 95% στους 7 °C.

Σήμερα, ο αρακάς, στην Ευρώπη ή την Αμερική, διατίθεται ευρέως σε μεταποιημένη μορφή (κατεψυγμένος ή κονσερβοποιημένος). Λόγω του ότι αποτελεί λαχανικό ψυχρής εποχής, ο φρέσκος αρακάς μπορεί να αποθηκευτεί ικανοποιητικά παραμένοντας στο λοβό, σε συνθήκες χαμηλής θερμοκρασίας (0 °C) και υψηλής σχετικής υγρασίας (95-100%) για περίπου 7-10 ημέρες, ή υπό ελεγχόμενη ατμόσφαιρα (5-7% CO₂ στους 0 °C) για μέχρι και 20 ημέρες. Πέρα από αυτή την περίοδο, η υποβάθμιση της ποιότητας σχετίζεται αρχικά με την απώλεια σακχάρων και τη σκλήρυνση των σπερμάτων, ενώ παρουσιάζεται και τάση για κιτρίνισμα.

Η μπάμια, επίσης, παρουσιάζει υψηλό ρυθμό αναπνοής (86-95 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ στους 10 °C) και φθοράς μετά τη συγκομιδή και μπορεί να αποθηκευτεί μόνο για μία εβδομάδα σε θερμοκρασίες 7-10 °C. Σε υψηλότερες θερμοκρασίες εμφανίζονται γρήγορα σκλήρυνση, κιτρίνισμα και σήψη των λοβών, ενώ η βλάβη από το ψύχος εκδηλώνεται με το σχηματισμό στιγμάτων σε θερμοκρασίες κάτω από 7 °C. Λόγω της συγκομιδής της μπάμιας κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, για την απομάκρυνση της θερμότητας του αγρού και τον περιορισμό της απώλειας νερού συστήνεται η τοποθέτηση των καρπών μετά τη συγκομιδή σε δεξαμενές με νερό και το άμεσο στέγνωμα των καρπών. Η υδρόψυξη δεν προτιμάται, γιατί η παρατεταμένη επαφή κρύου νερού με τους καρπούς προκαλεί κηλιδώσεις. Αντίστοιχα, όπως και σε άλλα ευαίσθητα στη μάρανση λαχανικά, η σχετική υγρασία κατά την αποθήκευση πρέπει να είναι υψηλή (90-95%), αλλά η πολύ υψηλή σχετική υγρασία σχετίζεται με την εμφάνιση κηλιδώσεων. Στη χώρα μας καταναλώνονται συνήθως μπάμιες μικρού μεγέθους (3-7 cm σε μήκος), οι οποίες είναι πολύ τρυφερές και συγκομίζονται συνήθως 3-5 ημέρες μετά την άνθηση. Στις ελληνικές ποικιλίες, καρποί μεγαλύτερου μεγέθους παρουσιάζουν αύξηση ινών και υποβάθμιση της ποιότητας σε αντίθεση με τις αμερικάνικες ποικιλίες όπου οι καρποί με μήκος 10-12 cm είναι εμπορεύσιμοι λόγω χαμηλότερης περιεκτικότητας σε ίνες (Lamont, 1999). Ωστόσο, οι μικροί καρποί χάνουν γρήγορα νερό μετά τη συγκομιδή τους. Για το λόγο αυτό, προτείνεται να συσκευάζονται σε ημιπερατά ή διάτρητα πλαστικά φύλλα και να διατηρούνται σε σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες (6 °C). Στις συνθήκες αυτές μπορούν να διατηρηθούν άριστα έως και 10 ημέρες, αλλά η ποιότητά τους υποβαθμίζεται πολύ γρήγορα μετά την έξοδό τους από τις χαμηλές θερμοκρασίες αποθήκευσης (Rekoui et al., 2012).

Βιβλιογραφία

- Betancourt, A. L., Stevens A., M., & Kader, A. A. (1977). Accumulation and loss of sugars and reduced ascorbic acid in attached and detached tomato fruits. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 102, 721-723.
- Cabrera, R. M. & Saltveit, M. E. (1990). Physiological response to chilling temperatures of intermittently warmed cucumber fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 115, 256-261.
- Cabrera, R. M., Saltveit, M. E. & Owens, K. (1992). Cucumber cultivars differ in their response to chilling temperatures. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 117, 802-807.
- Cantwell, M. (2000). Optimum procedures for ripening tomatoes. In: *Management of Fruit Ripening*. University of California, Davies, CA, U.S.A.: Postharvest Horticultural Series No 9., pp. 80-88.
- Costa, M. A. C., Brecht, J. K., Sargent, S. A. & Huber, D. J. (1994). Tolerance of snap beans to elevated CO₂ levels. *Proc. Florida State Hort. Soc.*, 107, 271-273.
- Elkashif, M. E., Huber, D. J. & Brecht, J. K. (1989). Respiration and ethylene production in harvested watermelon fruit: evidence for non-climacteric respiratory behavior. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 114, 81-85.
- Davies, J. N. & Hobson, G. E. (1981). The constituents of tomato fruit - the influence of environment, nutrition and genotype. *CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 15, 205-280.
- Diez, M. J. & Nuez, F. (2008). Tomato. In: Prohens, J. & Nuez, F. (eds.), *Handbook of plant breeding. Vegetables II. Fabaceae, Liliaceae, Solanaceae and Umbelliferae*. New York, U.S.A., Springer Science LLC, pp. 249-323.
- Edwards, R. A. & Reuter, F. H. (1967). Pigment changes during the maturation of tomato fruit. *Food Technol. Austr.*, 19, 352.
- Gonzalez, A. R., Mays, J. & Prokakis, G. (1989). Snap bean trials, 1988. Field performance and quality evaluation of raw product, frozen and canned snap bean cultivars. *Arkansas Agr. Res. Sta. Res. Serv.*, 387, 1-16.
- Grierson, D. & Kader, A. A. (1986). Fruit ripening and quality. In: Atherton, J. G. & Rudich, J. (eds.), *The Tomato Crop*. London, U.K.: Chapman and Hall Ltd., pp 241-280.
- Kader, A. A. (2002). *Postharvest technology of horticultural crops*, 3rd ed. University of California Agriculture and Natural Resources, Publication 3529, 535p.
- Kapitsimadi, C. M. (1989). Effect of storage temperature on the post harvest behavior of four bean cultivars. *Gartenbauwis.*, 54, 16-20.
- Karapanos, I. C., Chandra, M., Akoumianakis, K. A., Passam, H. C. & Alexopoulos, A. A. (2015). The ripening and quality characteristics of cherry tomato fruit in relation to the time of harvest. *Acta Hort.*, 1079, 65.
- Kasmire, R. F., Pratt, H. K. & Chacon, F. (1970). Honew Dew melon maturity and ripening guide. *Univ. Calif. Agr. Ext. Serv.* MA-26.
- Lamont, W. J. (1999). Okra – a versatile vegetable crop. *HortTechnol.*, 9, 179-184.
- Leshuk, J. A. & Saltveit, M. E. (1990). Controlled atmospheres and modified atmospheres for preservation of vegetables. In: Calderon, M. & Barkai-Golan, R. (eds.), *Food preservation by modified atmospheres*. Boca Raton, U.S.A.: CRC Press Inc., pp. 315-352.
- Lima, L. C. O., Hurr, B. M. & Huber, D. J. (2005). Deterioration of beet alpha and slicing cucumbers (*Cucumis sativus* L.) during storage in ethylene or air: Responses to suppression of ethylene perception and parallels to natural senescence. *Postharv. Biol. Technol.*, 37, 265–276.

- Lin, W. C., Hall, J. W. & Saltveit, M. E (1993). Ripening stage affects the chilling sensitivity of greenhouse-grown peppers. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 118, 791–795.
- Meir, S., Rosenberger, Y., Aharon, Z., Grinberg, S. & Fallik, E. (1995). Improvement of the postharvest keeping quality and colour development of bell pepper (cv. “Maor”) by packaging with polyethylene bags at reduced temperature. *Postharv. Biol. Technol.*, 5, 303-309.
- Mahmood, S. (2012). *Η επίδραση της εφαρμογής καρποδετικών ορμονών στο στάδιο της άνθησης στα μορφολογικά και φυσιολογικά χαρακτηριστικά του καρπού της μελιτζάνας (Solanum melongena L.) κατά την ανάπτυξη, ωρίμανση και αποθήκευση*. Διδακτορική διατριβή, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, 162 σελ.
- Mohammed, M., & Brecht, J. K. (2003). Immature fruit vegetables. In: Bartz, J. A. & Brecht, J. K. (eds.), *Postharvest physiology & pathology of vegetables*, 2nd ed. New York, U.S.A.: Marcel Dekker Inc., pp. 671-690.
- Mohammed, M. & Sealy, L. (1986). Extending the shelf-life of melongene using polymeric films. *Trop. Agric.*, 63, 36-40.
- Nguyen-Quoc, B. & Foyer, H. C. (2001). A role for ‘futile cycles’ involving invertase and sucrose metabolism of tomato fruit. *J. Exp. Bot.*, 52, 881-889.
- Paynter, V. A. & Jen, J. J. (1976). Comparative effects of light and ethephon on the ripening of detached tomatoes. *J. Food Sci.*, 41, 1366-1369.
- Picha, D. H. (1986). Postharvest fruit conditioning reduces chilling injury in watermelons. *HortSci.*, 21, 1407-1409.
- Rekoui, K., Karapanos, I. C., Akoumianakis, K. A. & Passam, H. C. (2012). Effect of vinyl wrapping on the quality & chilling susceptibility of small grade okra (*Abelmoschus esculentus* [L.] Moench.) pods during low temperature storage. *Int. J. Postharv. Tech. Innov.*, 2, 387-399.
- Rick, C. M. (1978). The tomato. *Sci. Americ.*, 239, 76-89.
- Robinson, R. W. & Decker-Walters. D. S. (1997). *Cucurbits*. Wallingford, U.K.: CAB Intl., 226 p.
- Rodov, V., Ben-Yehoshua, S., Fierman, T. & Fang, F. (1995). Modified-humidity packaging reduces decay of harvested red bell pepper fruit. *HortSci.*, 30, 299-302.
- Ryall, A. L. & Lipton, W. J. (1979). Handling, transportation and storage of fruits and vegetables. Volume I, 2nd edition. Westport, U.S.A.: Avi Publishing Company Inc., 587 pp.
- Saltveit, M. E. (2003). Mature fruit vegetables. In: Bartz, J. A. & Brecht, J. K. (eds.), *Postharvest physiology and pathology of vegetables*, 2nd ed. New York, U.S.A.: Marcel Dekker Inc., pp. 649-669.
- Saltveit, M. E. (2005). Fruit ripening & fruit quality. In: Heuvelink, E. (ed.), *Tomatoes. Crop Production Science in Horticulture, Vol 13*. Wallingford, U.K.: CABI Publishing, pp. 145-170.
- Savvas, D., Karapanos, I., Tagaris, A. & Passam, H. C. (2009). Effects of NaCl and silicon on the quality and storage ability of zucchini squash fruit. *J. Hort. Sci. Biotechnol.*, 84, 381-386.
- USDA (1976) United States standards for grades of fresh tomatoes. *U.S.D.A. Agric. Mrkt Serv.*, 10 pp.
- Wang, C. Y. (1977). Effect of CO₂ treatment on storage and shelf-life of sweet peppers. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 102, 808-812.
- Wang, C. Y. & Qi, L. (1997). Controlled atmosphere storage affects quality and chilling susceptibility of cucumbers. *J. Food Qual.*, 20, 559-566.
- Watada, A. E. & Morris, L. L. (1966). Effect of chilling and nonchilling temperatures on snap bean fruits. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 89, 368-374.

Κεφάλαιο 7. Μετασυλλεκτική φυσιολογία και χειρισμοί ακέραιων φυτών, φυλλωδών λαχανικών και σαλατικών

Σύνοψη

Η μετασυλλεκτική φυσιολογία των ακέραιων φυτών και φύτρων, φύλλων, μίσχων, βλαστών, ταξιανθιών και διογκωμένων οφθαλμών που συγκομίζονται και καταναλώνονται ως νωπά λαχανικά, η οποία σχετίζεται με τη γήρανση, την συνεχιζόμενη ανάπτυξη, το λήθαργο και την αναβλάστηση. Συνοπτική περιγραφή των ενδεικνυόμενων μετασυγκομιστικών χειρισμών σε κάθε κατηγορία λαχανικού.

Προαπαιτούμενη γνώση

Φυσιολογία και ανατομία φυτών, Λαχανοκομία, Αρχές μετασυλλεκτικής φυσιολογίας και τεχνολογίας (κεφάλαια 3 και 4 του παρόντος συγγράμματος).

Όπως αναφέρεται στο Κεφ. 2, σε αυτή την κατηγορία προϊόντων υπάγονται λαχανικά των οποίων συγκομίζονται τα υπέργεια βλαστητικά μέρη (π.χ. φύλλα, μίσχοι, βλαστοί, οφθαλμοί και ταξιανθίες) καθώς και ακέραια φυτά και φύτρα.

7.1 Ακέραια φυτά και φύτρα

Τα ολόκληρα ή ακέραια φυτά (π.χ. καρότα και παντζάρια μαζί με το φύλλωμα) καθώς και τα φύτρα προβλαστημένων σπόρων συγκομίζονται στο στάδιο ανάπτυξης που απαιτείται στο εμπόριο.

Στην περίπτωση των φύτρων της μηδικής (*Medicago sativa* L.) και της βίγνας (*Vigna radiata* (L.) R. Wilcz. - mung bean) πραγματοποιείται βλάστηση του σπόρου και ανάπτυξη των φυταρίων σε σκοτάδι ώστε οι κοτυληδόνες να μην πρασινίσουν και να περιέχουν όλα τα συστατικά που συσσωρεύτηκαν μέσα τους κατά το σχηματισμό του σπόρου στο μητρικό φυτό. Τα φύτρα κατά τη συγκομιδή (η οποία γίνεται εντός 4-6 ημερών μετά τη βλάστηση των σπόρων στην περίπτωση της βίγνας) έχουν έντονη μεταβολική δραστηριότητα και πολύ υψηλό ρυθμό αναπνοής (π.χ. 96 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ στους 10 °C για τα φύτρα της βίγνας) που πρέπει να μειωθεί αμέσως μετά την απομάκρυνση των φύτρων από το καλλιεργητικό υπόστρωμα ώστε να περιοριστούν οι απώλειες των θρεπτικών στοιχείων τους. Για το λόγο αυτό, χρειάζεται άμεση πρόψυξη και διατήρηση σε χαμηλή θερμοκρασία (0 °C) στο σκοτάδι. Τα προϊόντα αυτά είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα και διατηρούνται για μικρό χρονικό διάστημα (5-10 ημέρες), γι' αυτό η μετασυλλεκτική διανομή και εμπορία αυτών των "λευκών φυτών" καθιστά αναγκαία τη χρήση κλειστών δοχείων ή πλαστικών συσκευασιών και ψύξης. Η συσκευασία του προϊόντος μειώνει το ρυθμό απώλειας νερού και η ψύξη ελαττώνει το ρυθμό του μεταβολισμού. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα προϊόντα αυτά δυνητικά αποτελούν φορείς παθογόνων βακτηρίων για τον άνθρωπο, όπως των *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* spp. κ.ά. Επομένως, είναι ιδιαίτερης σημασίας η τήρηση αυστηρών κανόνων υγιεινής τόσο κατά την καλλιέργεια όσο και κατά την εφαρμογή των μετασυλλεκτικών χειρισμών, τη συντήρηση και τη διανομή των προϊόντων αυτών (De Ell, 2012).

Στην περίπτωση της εμπορίας των ριζών του καρότου ή του παντζαριού μαζί με το φύλλωμα, η ποιότητα του προϊόντος μειώνεται κυρίως από την απώλεια νερού και τη μάρανση των φύλλων. Για αυτό, οι ρίζες πλένονται αμέσως μετά τη συγκομιδή ώστε να απομακρυνθεί το χώμα, ενώ στη συνέχεια τα φυτά δένονται σε δέματα, π.χ. του ενός ή δυο κιλών, και αποθηκεύονται σε συνθήκες χαμηλής θερμοκρασίας (κοντά στους 0 °C) και υψηλής Σ.Υ. (>90%). Κάτω από αυτές τις συνθήκες περιορίζεται η εξάτμιση του νερού και μειώνεται ο ρυθμός αναπνοής.

7.2 Φυλλώδη/σαλατικά είδη, ανώριμες ταξιανθίες, βλαστοί

Η φύση των προϊόντων σε αυτή την κατηγορία φυτών ποικίλλει ιδιαίτερα και περιλαμβάνει βλαστούς (σπαράγγι), φύλλα (μαρούλι, σπανάκι, αντίδι, ραδίκι, πράσινο κρεμμυδάκι, μαϊντανός, πράσο κ.ά.), διογκωμένους οφθαλμούς (λάχανο Βρυξελλών) και ανώριμες ταξιανθίες (αγκινάρα, κουνουπίδι, μπρόκολο). Γενικότερα, τα κριτήρια για την εκτίμηση της ποιότητας ενός αποθηκευμένου προϊόντος, βασίζονται αποκλειστικά στη σύγκριση των χαρακτηριστικών του με τα αντίστοιχα στο άριστο στάδιο

συγκομιδής για άμεση κατανάλωση (Dennis, 1981). Στα λαχανικά αυτά η επιλογή των κατάλληλων συνθηκών αποθήκευσης, θα πρέπει να στοχεύει είτε στη μετασυλλεκτική διατήρηση της ποιότητας ενός ήδη πλήρως αναπτυγμένου οργάνου (π.χ. διατήρηση της ποιότητας του μαρουλιού μετά τη συγκομιδή) ή στην καθυστέρηση της αναπόφευκτης συνέχισης της ανάπτυξης των οργάνων που έχουν συγκομιστεί πριν την ωρίμανση (π.χ. ή καθυστέρηση της άνθησης των ανώριμων ταξιανθιών του κουνουπιδιού και του μπρόκολου). Σχεδόν όλα τα φυλλώδη/σαλατικά λαχανικά υπόκεινται σε ραγδαία φθορά μετά τη συγκομιδή τους, που οφείλεται σε φυσικά, φυσιολογικά και παθολογικά αίτια, των οποίων η σχετική σπουδαιότητα διαφέρει, ανάλογα με το προϊόν.

Πριν τη συγκομιδή, η φωτοσύνθεση αποτελεί την πρωταρχική λειτουργία των φύλλων η οποία προμηθεύει το φυτό με ενέργεια και θρεπτικά στοιχεία. Τα φύλλα, επίσης, ρυθμίζουν σε μεγάλο βαθμό τη θερμοκρασία του φυτού, καθώς είναι τα κυρίως υπεύθυνα για τη διαπνοή. Παρόλα αυτά, τα φύλλα μόλις αφαιρεθούν από το φυτό χάνουν την ικανότητά τους για φωτοσύνθεση και παύει να αναπληρώνεται από τις ρίζες το νερό που χάνεται με την εξάτμιση, συνεπώς διακόπτεται η διαπνοή. Τα φύλλα παρουσιάζουν υψηλή τιμή επιφάνειας για δεδομένο όγκο και μεγάλη πυκνότητα στοματίων, με συνέπεια να εμφανίζουν υψηλό ρυθμό απώλειας νερού και ταχεία μάρανση, ιδιαίτερα όταν η υγρασία του περιβάλλοντος είναι χαμηλή. Επίσης, επειδή τα προϊόντα της φωτοσύνθεσης μεταφέρονται αλλού, π.χ. στις ρίζες ή στους καρπούς, τα συγκομισμένα φύλλα δεν διαθέτουν επαρκή αποθέματα υδατανθράκων ώστε να καλύψουν τις ανάγκες της αναπνοής για μεγάλο χρονικό διάστημα. Η ένταση της αναπνευστικής δραστηριότητας ποικίλλει ιδιαίτερα μεταξύ των διαφόρων ειδών των φυλλωδών λαχανικών και παρουσιάζεται στον Πίνακα 7.1. Επειδή αυτή η πηγή ενέργειας εξαντλείται γρήγορα, σε σύντομο χρονικό διάστημα γίνεται η αποσύνθεση των δομικών στοιχείων των κυττάρων και των ιστών (π.χ. κυτταρικά τοιχώματα) με αποτέλεσμα τη δημιουργία νεκρωτικών περιοχών και στιγμάτων.

Ένταση αναπνευστικής δραστηριότητας	Ρυθμός παραγωγής CO ₂ στους 10°C (mg CO ₂ kg ⁻¹ h ⁻¹)	Είδος λαχανικού
Χαμηλή	15	Ραδίκι
Μέση	15-30	Σέλινο, Μαρούλι (κεφαλωτό), Σέσκουλο, Μάραθος, Ραντίσιο
Υψηλή	30-50	Μαρούλι (σαλάτα)
Πολύ υψηλή	>70	Λάχανο Βρυξελλών, Μαϊντανός, Άνηθος, Σπανάκι, Αντίδι

Πίνακας 7.1 Κατάταξη διαφόρων ειδών φυλλωδών λαχανικών με βάση την αναπνευστική δραστηριότητά τους μετασυλλεκτικά (Από: Kader & Saltveit, 2003).

Τα φυτά που καλλιεργούνται για τους καλά ανεπτυγμένους σαρκώδεις μίσχους τους (π.χ. σέλινο), διατηρούνται καλύτερα σε σχέση με τα φύλλα, γιατί αφενός μεν φέρουν μεγαλύτερα αποθέματα υδατανθράκων, αφετέρου έχουν χαμηλότερη σχέση επιφάνειας : όγκο και επομένως χάνουν νερό με μικρότερο ρυθμό σε σχέση με τα φύλλα.

Οι ταξιανθίες, οι διογκωμένοι οφθαλμοί και ορισμένοι βλαστοί (π.χ. σπαράγγι), επίσης χάνουν νερό με γρήγορο ρυθμό και, όπως στα φύλλα, η αποθηκευτική ζωή τους είναι σχετικά μικρή, ακόμα και κάτω από ιδανικές συνθήκες, γιατί δεν υπάρχουν πολλά αποθηκευμένα σάκχαρα ή άλλες μορφές αποθηκευμένης τροφής. Οι ταξιανθίες του μπρόκολου και του κουνουπιδιού συγκομίζονται μαζί με ένα μέρος του ανθοφόρου στελέχους (το κοτσάνι), το οποίο προμηθεύει τα ανθίδια με νερό και υδατάνθρακες και συνεπώς επεκτείνει την αποθηκευτική τους ζωή.

Στον Πίνακα 7.2 παρουσιάζονται οι συντελεστές διαπνοής που καθορίζουν το ρυθμό απώλειας νερού μετασυλλεκτικά σε διάφορα λαχανικά και καρπούς. Όπως είναι αντιληπτό, τις υψηλότερες τιμές παρουσιάζουν τα φυλλώδη λαχανικά, ιδιαίτερα σε σχέση με ορισμένα υπόγεια

αποθησαυριστικά όργανα και τους καρπούς, υποδηλώνοντας το σημαντικό ρόλο που παίζει μετασυλλεκτικά η απώλεια του νερού στα είδη αυτά.

Προϊόν	Συντελεστής διαπνοής (mg H ₂ O kg ⁻¹ s ⁻¹ mPa ⁻¹)	Εύρος συντελεστών που αναφέρονται στη βιβλιογραφία
Μαρούλι	7400	680-8750
Λάχανο Βρυξελλών	6150	3250-9770
Σέλινο	1760	104-3313
Καρότο	1207	106-3250
Πράσο	790	530-1042
Λάχανο	223	40-667
Λεμόνι	186	139-229
Τομάτα	140	71-365
Σταφύλι	123	21-254
Πορτοκάλι	117	25-227
Γκρέιπφρουτ	81	-
Αχλάδι	69	10-144
Κρεμμύδι (ξηρό)	60	13-123
Μήλο	42	16-100
Πατάτα	25	15-40

Πίνακας 7.2 Συντελεστές διαπνοής μετά τη συγκομιδή διαφόρων νωπών λαχανικών και καρπών (Από: Sastry *et al.*, 1978).

Γενικά όμως, εκτεταμένη αποθήκευση των φυλλωδών κηπευτικών στη νωπή κατάσταση δεν είναι δυνατή (πλην ελάχιστων εξαιρέσεων, όπως είναι για παράδειγμα το όψιμο λάχανο) και το μόνο που μπορεί να πραγματοποιηθεί κατά τη μετασυλλεκτική περίοδο είναι:

- να μειωθεί ο ρυθμός της απώλειας νερού, με τη διατήρηση σχετικά υψηλής υγρασίας στο περιβάλλον αποθήκευσης.
- να περιοριστεί ο ρυθμός του μεταβολισμού, με τη μείωση της θερμοκρασίας σ' ένα συγκεκριμένο όριο, ανάλογα με το είδος.

Η φυσιολογική φθορά έχει περισσότερη ποικίλα αίτια, εκδηλώνεται με αλλαγές στο χρώμα, την υφή, το άρωμα, τη σύσταση και τη θρεπτική αξία και σε μερικά είδη σχετίζεται και με τη συνεχιζόμενη ανάπτυξη του οργάνου μετά τη συγκομιδή του (π.χ. στο μπρόκολο και το κουνουπίδι την επιμήκυνση των ανθοφόρων στελεχών και την άνθηση).

Τα είδη αυτά των κηπευτικών είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα σε μετασυλλεκτικές ασθένειες λόγω προσβολών από μύκητες ή βακτήρια κυρίως σε συνθήκες υψηλών θερμοκρασιών και σχετικής υγρασίας (π.χ. βοτρυτής, περονόσπορος, βακτηριακή μαλακή σήψη κ.ά.), οι οποίες, αν και αρχικά επηρεάζουν την εμφάνιση και την ποιότητα του προϊόντος, στη συνέχεια οδηγούν αναπόφευκτα σε σήψεις και απώλεια.

Συνήθως, ο πρώτος στόχος κατά την αποθήκευση αυτών των φυτικών οργάνων, είναι η ελαχιστοποίηση του κυριότερου αιτίου που προκαλεί τη φθορά τους. Εντούτοις, πετυχαίνοντας αυτό, είναι πολύ πιθανό να προωθηθεί η δράση άλλων παραγόντων που προκαλούν φθορά. Για παράδειγμα, η χρήση υψηλής σχετικής υγρασίας για την παρεμπόδιση της μάρανσης των φυλλωδών λαχανικών, μπορεί να ενθαρρύνει την ανάπτυξη των μετασυλλεκτικών ασθενειών. Έτσι, συχνά επιλέγεται μια συμβιβαστική κατάσταση.

Ακολουθώντας, γίνεται αναφορά σχετικά με τη μετασυλλεκτική φυσιολογία και τις συνιστώμενες συνθήκες αποθήκευσης οργάνων-κηπευτικών προϊόντων από τα ακόλουθα φυτά:

Κοινό Όνομα	Επιστημονικό Όνομα
Αγκινάρα	<i>Cynara scolymus</i>
Αντίδι	<i>Cichorium endivia</i>
Κουνουπίδι	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>botrytis</i>
Κρεμμύδι (πράσινο)	<i>Allium cepa</i>
Λάχανο	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i>
Λάχανο Βρυξελλών	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>gemmifera</i>
Μαϊντανός	<i>Petroselinum crispum</i>
Μάραθος	<i>Foeniculum vulgare</i>
Μαρούλι	<i>Lactuca sativa</i>
Μπρόκολο	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>italica</i>
Πράσο	<i>Allium ampeloprasum</i>
Ραδίκι	<i>Cichorium intybus</i>
Ρόκα	<i>Eruca sativa</i>
Σέλινο	<i>Apium graveolens</i>
Σπανάκι	<i>Spinacia oleracea</i>
Σπαράγγι	<i>Asparagus officinalis</i>

7.3 Συνιστώμενες συνθήκες αποθήκευσης

Οι συνιστώμενες συνθήκες αποθήκευσης για τα λαχανικά αυτού του τύπου, είναι οι εξής:

7.3.1 Θερμοκρασία

Σημαντικό παράγοντα για την επιμήκυνση της αποθηκευτικής ζωής των προϊόντων αυτών αποτελεί η ταχεία ψύξη μετά τη συγκομιδή, στη χαμηλότερη ασφαλή θερμοκρασία, η οποία διατηρείται μετέπειτα καθ' όλη τη διάρκεια της αποθήκευσης. Τα περισσότερα φυλλώδη λαχανικά μπορούν να αποθηκευτούν κοντά στους 0 °C χωρίς να παρουσιάσουν κρυοτραυματισμούς, αλλά λόγω του υψηλού περιεχομένου τους σε νερό είναι ευπαθή σε ζημιές από ψύξη σε χαμηλότερες θερμοκρασίες. Σε υψηλότερες θερμοκρασίες παρουσιάζεται γρήγορη μάρανση, απώλεια θρεπτικής αξίας, μετασυσπλεκτικές προσβολές και σήψεις καθώς και άλλες ανεπιθύμητες μεταβολές (π.χ απώλεια χρώματος). Η ταχεία απομάκρυνση της "θερμότητας του χωραφιού" (δηλ. η μείωση της θερμοκρασίας του προϊόντος που έχει στον αγρό, στη συνιστώμενη θερμοκρασία αποθήκευσης) επιτυγχάνεται με την εφαρμογή πρόψυξης, δηλαδή, με ψύξη σε κενό, ψύξη με νερό, πάγο ή με ρεύμα ψυχρού αέρα, ανάλογα με το προϊόν (Wang, 2003).

7.3.2 Σχετική υγρασία

Υψηλή σχετική υγρασία (τουλάχιστον 95%) στο χώρο αποθήκευσης είναι απαραίτητη για την παρεμπόδιση της μάρανσης των φυλλωδών λαχανικών, υπό την προϋπόθεση ότι η θερμοκρασία αποθήκευσης βρίσκεται κοντά στους 0 °C, ώστε να αποτρέπεται η ανάπτυξη μετασυσπλεκτικών ασθενειών που ευνοείται σε συνθήκες υψηλής υγρασίας. Ακόμη υψηλότερη σχετική υγρασία (98-100%) μπορεί να είναι επωφελής για τη διατήρηση της ποιότητας στα λάχανα Βρυξελλών, στο σέλινο, στο μαρούλι και στο λάχανο μόνο όμως σε θερμοκρασίες 0-1 °C (van den Berg & Lentz, 1977).

7.3.3 Σύσταση ατμόσφαιρας

Η μείωση της συγκέντρωσης του O₂ και η αύξηση του CO₂ στην ατμόσφαιρα της αποθήκης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επιβράδυνση της απώλειας της χλωροφύλλης στα πράσινα λαχανικά. Υψηλές συγκεντρώσεις CO₂ (10%) διατηρούν την τρυφερότητα του μπρόκολου (Lipton & Harris, 1974) και παρεμποδίζουν τη σκλήρυνση του σπαραγγιού (Lipton, 1965). Σε γενικές όμως

γραμμές, οι ελεγχόμενες ατμόσφαιρες (Ε.Α.) έχουν μικρότερη σημασία για την αποθήκευση των φυλλωδών λαχανικών συγκριτικά με τους καρπούς, διότι δεν έχει οικονομικό όφελος.

Μια σύνοψη των συνιστώμενων συνθηκών αποθήκευσης για τα φυλλώδη/σαλατικά λαχανικά και τις ανώριμες ταξιανθίες δίνεται στον Πίνακα 7.3

Είδος	Θερμοκρασία (°C)	Σ.Υ. (%)	Κατά προσέγγιση διάρκεια αποθηκευτικής περιόδου	Περιεχόμενο σε νερό (%)	Ειδική θερμότητα* (Btu lb ⁻¹ °F)	Σύσταση ελεγχόμενης ατμόσφαιρας (%)	
						O ₂	CO ₂
Αγκινάρα	0	95-100	2-5 μήνες	84	0,84	3	3
Αντίδι	0	90-95	2-3 εβδομάδες	93	0,95	-	-
Γογγύλι	0	90-95	2-4 εβδομάδες	90	0,92	-	-
Κουνουπίδι	0	95+	2-4 εβδομάδες	92	0,93	2	5
Κρεμμύδι (πράσινο)	0	90-95	1 εβδομάδες	92	0,91	1	5
Λάχανο Βρυξελλών	0	95-100	3-5 εβδομάδες	85	0,88	2	10
Λάχανο (πρώιμο)	0	98-100	3-6 εβδομάδες	92	0,94	-	-
Λάχανο (όψιμο)	0	98-100	3-4 μήνες	92	0,94	2-3	3-6
Μαϊντανός	0	90-95	1-2 μήνες	88	0,88	10	11
Μαρούλι (κεφαλωτό)	0	95	2-3 εβδομάδες	95	0,96	3	2
Μαρούλι (φυλλώδες)	0	95	3-6 ημέρες	96	-	-	-
Πράσο	0	90-95	1-3 μήνες	85	0,88	2	2-5
Μπρόκολο	0	95-100	10-14 ημέρες	91	0,92	1-2	5-10
Σέλινο	0	98-100	2-3 μήνες	95	0,95	1,5	7,5
Σπανάκι	0	90-95	10-14 ημέρες	93	0,94	7-10	5-10
Σπαράγγι	0-2	95-99	2-3 εβδομάδες	93	0,94	Αέρας	10-14

* η θερμότητα που απαιτείται σε μονάδες BTU (British Thermal Units) για την αύξηση της θερμοκρασίας 1 lb (454 g) νερού, κατά 1 βαθμό Fahrenheit (0,56°C)

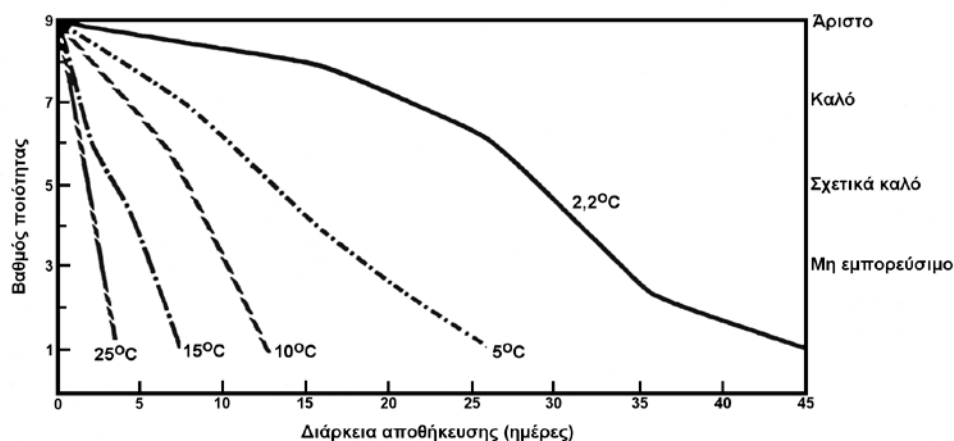
Πίνακας 7.3 Συνιστώμενη θερμοκρασία και σχετική υγρασία, κατά προσέγγιση αποθηκευτική ζωή, υδατοπεριεκτικότητα, ειδική θερμότητα και σύσταση ελεγχόμενων ατμοσφαιρών για νωπά φυλλώδη/σαλατικά λαχανικά και ανώριμες ταξιανθίες σε εμπορική αποθήκευση. [Από: Lutz & Hardenburg (1968), Ryall & Lipton (1979), Wang (2003)].

7.4 Σπαράγγι

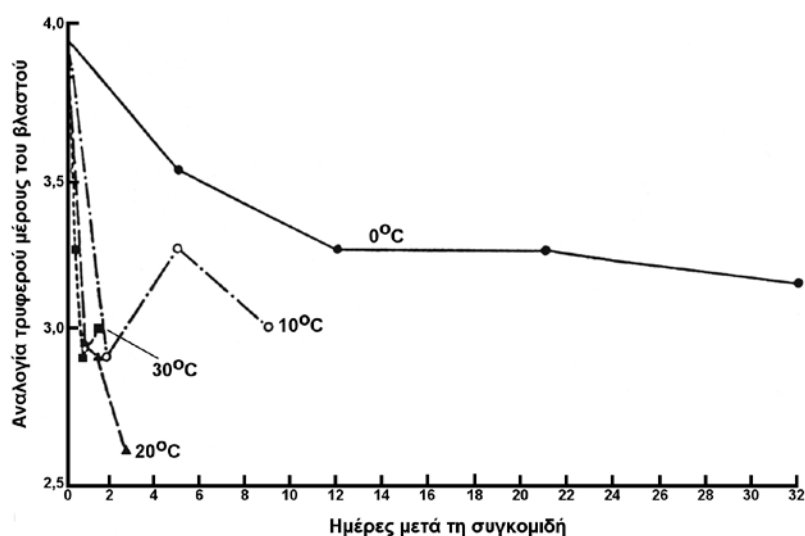
Το σπαράγγι είναι ένα προϊόν ιδιαίτερα ευαίσθητο και πρέπει να ψυχθεί κάτω από τους 4°C, όσο πιο σύντομα γίνεται μετά τη συγκομιδή. Παρουσιάζει μία από τις υψηλότερες αναπνευστικές δραστηριότητες μεταξύ των διαφόρων λαχανικών, με το άκρο του βλαστού να αναπνέει εντονότερα σε σχέση με τη βάση. Η θερμοκρασία παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στο ρυθμό αναπνοής του σπαραγγιού που 10πλασιάζεται μεταξύ 0 και 30 °C (από 80 σε 865 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹) (Lipton, 1990). Επομένως, η ταχεία απομάκρυνση της θερμότητας του αγρού είναι απαραίτητη, αλλιώς μπορεί να παρατηρηθεί μέσα σε μια ή δύο ώρες από τη συγκομιδή ορατή υποβάθμιση της ποιότητας και σκλήρυνση των βλαστών. Η υδρόψυξη αποτελεί μια αποτελεσματική μέθοδο πρόψυξης, επιτυγχάνοντας ακόμα και μέσα σε 15 λεπτά μια επιθυμητή θερμοκρασία (2 °C), αλλά μπορούν να εφαρμοστούν και άλλες μέθοδοι πρόψυξης (π.χ. σε ρεύμα ψυχρού αέρα). Για σχετικά σύντομη διάρκεια αποθήκευσης (ως 10 ημέρες), συνιστάται η θερμοκρασία των 0 °C. Όμως, η παρατεταμένη αποθήκευση στους 0 °C προκαλεί κρυοτραυματισμούς, επομένως, αν θα διατηρηθεί για περισσότερο χρόνο συνιστάται η διατήρησή του στους 2 °C. Η προσυσκευασία σε πλαστικό φύλλο αποτελεί έναν αποτελεσματικό τρόπο για τη διατήρηση της υγρασίας και τον περιορισμό της απώλειας του νερού, αλλά πρέπει να εξασφαλιστεί περατότητα για την ανταλλαγή των αερίων. Περίπου 10 τρύπες (διαμέτρου 5 mm η κάθε μια) είναι επαρκείς για 500g νεαρών βλαστών σπαραγγιού μήκους 18 cm. Για μικρότερους βλαστούς, με υψηλότερο ρυθμό αναπνοής, απαιτούνται γύρω στις 20 οπές.

Η επίδραση της θερμοκρασίας στην αποθήκευση του σπαραγγιού παρουσιάζεται στο Σχήμα 7.1. Η αποθηκευτική ζωή σύμφωνα με οπτική εκτίμηση, μειώνεται γρήγορα πάνω από τους 5°C. Στις θερμοκρασίες αυτές όμως, λαμβάνουν επίσης χώρα λιγότερο αντιληπτές εσωτερικές μεταβολές και απώλειες που σχετίζονται με το άρωμα, τη βιταμίνη C και την περιεκτικότητα σε σάκχαρα, καθώς και την αύξηση της σκληρότητας. Η σκληρότητα οφείλεται στην ανάπτυξη ινών που περιορίζουν το εδώδιμο-τρυφερό μέρος του βλαστού εξαιτίας της απώλειας νερού από την κομμένη επιφάνειά του (Σχήμα 7.2). Γι' αυτό, οι βλαστοί μπορούν να τοποθετηθούν με τις κομμένες άκρες τους σε ένα υγρό απορροφητικό υλικό, ώστε να αναπληρώνεται η απώλεια του νερού (Luo et al., 2012).

Οι ελεγχόμενες ατμόσφαιρες είναι ωφέλιμες για το σπαράγγι, επειδή καθυστερούν την ξυλοποίηση-σκλήρυνση του βλαστού. Για παράδειγμα, κατά την αποθήκευση πράσινου σπαραγγιού σε θερμοκρασία ≤ 4°C και υψηλή σχετική υγρασία, η εφαρμογή υψηλών συγκεντρώσεων CO₂ γύρω στο 12% όχι μόνο καθυστέρησε την ξυλοποίηση, αλλά διατήρησε το πράσινο χρώμα κατά το μαγείρεμα (Lipton 1960; Loughheed & Dewey, 1966). Εν τούτοις, σε θερμοκρασίες πάνω από 5 °C, συγκέντρωση 10% CO₂ προκάλεσε ζημιά σε βλαστούς που αποθηκεύτηκαν για μια εβδομάδα. Όμοια, η δημιουργία τροποποιημένων ατμοσφαιρών (1% O₂ και 7% CO₂) με την κάλυψη βλαστών λευκού σπαραγγιού με πλαστική ημιπερατή μεμβράνη, περιόρισε το άνοιγμα των βρακτίων φύλλων στις κορυφές των βλαστών, τη σκλήρυνση, την ανάπτυξη χρώματος λόγω σύνθεσης ανθοκυανινών και την απώλεια βιταμίνης C, ιδιαίτερα κατά την διατήρηση σε χαμηλές θερμοκρασίες (2,5-5 °C) για 6 ημέρες, αλλά υποβάθμισε σημαντικά την ποιότητα σε υψηλότερες θερμοκρασίες (Siomos et al., 2000). Υπάρχει επίσης ένδειξη ότι η εφαρμογή 5-10% CO₂ στην ατμόσφαιρα αποθήκευσης περιορίζει την ανάπτυξη της βακτηριακής μαλακής σήψης (Lipton, 1965).



Σχήμα 7.1 Η επίδραση της θερμοκρασίας στην ποιότητα του σπαραγγιού κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης (Από: Ryall & Lipton, 1979).



Σχήμα 7.2 Η μείωση της τρυφερότητας του σπαραγγιού κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης σε διάφορες θερμοκρασίες (Από: Ryall & Lipton, 1979).

Η εφαρμογή των κατάλληλων μετασυλλεκτικών χειρισμών και άριστων συνθηκών κατά την αποθήκευση και μεταφορά για την επιμήκυνση της μετασυλλεκτικής ζωής και τη διατήρηση της ποιότητας του λευκού σπαραγγιού που παράγεται στη χώρα μας έχει μεγάλη οικονομική σημασία, γιατί το προϊόν αυτό σχεδόν στο σύνολό του εξάγεται στις χώρες της κεντρικής Ευρώπης (π.χ. Γερμανία) και συνήθως μεταφέρεται με φορτηγά ψυγεία (Siomos et al., 1995).

Όταν το σπαράγγι συσκευάζεται, συνιστάται να αφήνεται ένα κενό στην επάνω πλευρά ώστε να μη εμποδίζεται η επιμήκυνση των βλαστών η οποία συνεχίζεται έστω σε μικρότερο βαθμό μετά τη συγκομιδή, και οι βλαστοί να τοποθετούνται κάθετα (Εικόνα 7.1), γιατί αν τοποθετηθούν οριζόντια λυγίζουν στα άκρα τους λόγω της ανάπτυξής τους προς τα πάνω (Luo et al., 2012). Η μεταχείριση των βλαστών του σπαραγγιού μετά τη συγκομιδή με θερμό νερό συμβάλλει στην αντιμετώπιση του λυγίσματος των άκρων (45-50 °C για 2-5 min - Paull & Chen, 1999) και της ανάπτυξης μωβ χρωματισμού που θεωρείται αρνητικό χαρακτηριστικό για την ποιότητα του λευκού σπαραγγιού (55 °C για 2-3 min - Siomos et al., 2005).



Εικόνα 7.1 Κάθετη τοποθέτηση και συσκευασία σε κιβώτια από χαρτόνι, πράσινου σπαραγγιού προέλευσης Μεξικού, σε αγορά στην Αγγλία.

7.5 Φυτά γένους Brassica

Τα φυτά του γένους *Brassica* παρουσιάζουν αξιοσημείωτη ποικιλία στον τύπο του προϊόντος που θα αποθηκευτεί και στη χρονική διάρκεια πάνω από την οποία μπορεί να πραγματοποιηθεί η αποθήκευση. Έτσι, το λευκό λάχανο που καλλιεργείται το χειμώνα είναι κατάλληλο για μακρά αποθήκευση, έως 6 μήνες ή και περισσότερο, ενώ το λάχανο Βρυξελλών, το μπρόκολο και το κουνουπίδι μπορούν να διατηρηθούν φρέσκα μόνο για μια σύντομη περίοδο, γύρω στις 2 με 6 εβδομάδες, ακόμα και σε χαμηλές θερμοκρασίες.

Η απώλεια νερού (π.χ. μάρανση ή συρρίκνωση), το κιτρίνισμα και η αποκοπή των βρακτίων και των φύλλων, αποτελούν τα βασικά προβλήματα που πρέπει να αντιμετωπιστούν κατά την αποθήκευση του μπρόκολου, του λάχανου και του λάχανου Βρυξελλών. Οι μορφολογικές αυτές αλλαγές στα προϊόντα αυτά σχετίζονται με υψηλούς ρυθμούς αναπνοής και μείωση του περιεχομένου των ιστών τους σε πρωτεΐνες, νουκλεϊκά οξέα και χλωροφύλλη. Σύμφωνα με τον Thomas (1977), η γήρανση (απώλεια χλωροφύλλης) των εξωτερικών φύλλων στο λάχανο Βρυξελλών κατά την αποθήκευση για 5 ημέρες σε σκοτάδι στους 25 °C, συσχετίστηκε με μεταβολές στα επίπεδα των ενδογενών ορμονών και πιο συγκεκριμένα με άμεση μείωση του επιπέδου των κυτοκινινών και των παρεμποδιστών ανάπτυξης και στη συνέχεια των αυξινών και παράλληλη αύξηση των γιββερελλινών (Πίνακας 7.4). Γενικότερα, θεωρείται ότι το κιτρίνισμα και η γήρανση των πράσινων φυτικών ιστών, σχετίζεται κυρίως με τη μείωση της περιεκτικότητάς τους σε κυτοκινίνες (Ludford, 2003).

Διάρκεια της αποθήκευσης (Ημέρες)	Περιεκτικότητα στα φύλλα				
	Χλωροφύλλη (%)*	Γιββερελλίνες (μg/kg)	Κυτοκινίνες (μg/kg)	Αυξίνες (μg/kg)	Παρεμποδιστές ανάπτυξης (%)*
1	100	0,14	4,1	100	82,4

2	51	1,24	0,2	104	67,4
4	42	2,00	0,1	118	74,4
5	25	1,00	0,2	60	60,4

* σε σχέση με τα επίπεδά τους πριν την αποθήκευση

Πίνακας 7.4 Αλλαγές στα επίπεδα διαφόρων ρυθμιστών ανάπτυξης και της χλωροφύλλης σε λάχανο Βρυξελλών κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης στο σκοτάδι στους 25°C (Από: Thomas, 1977).

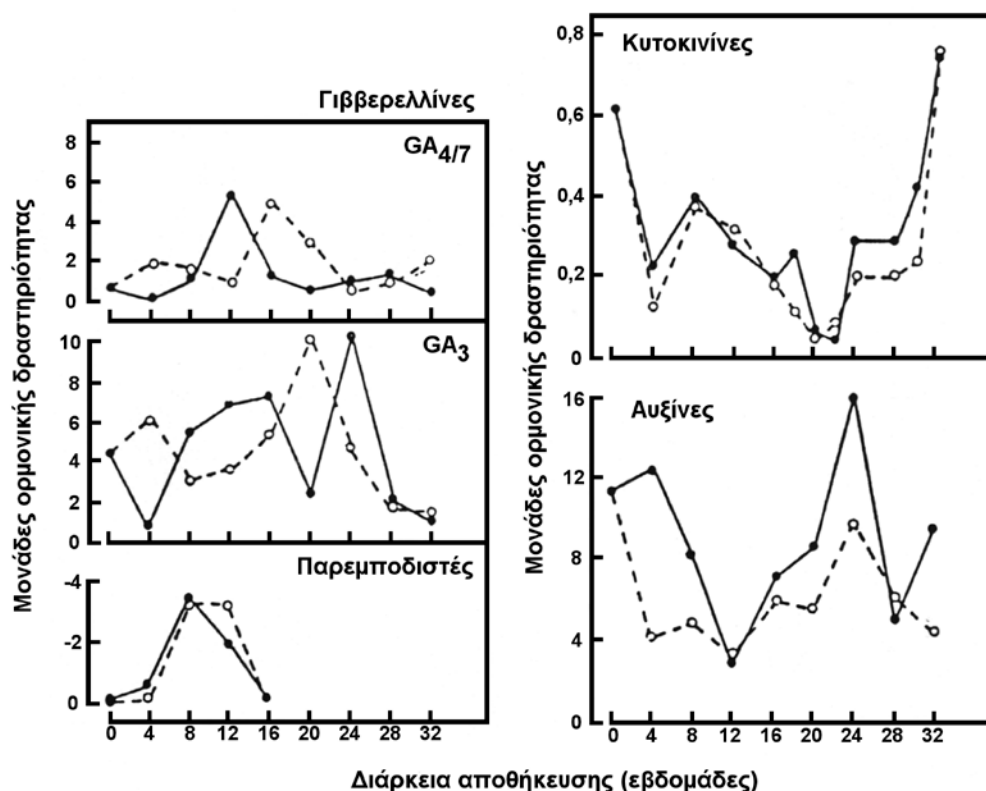
Σε πειράματα όπου ώριμοι, πράσινοι δίσκοι φύλλων από λάχανο Βρυξελλών επωάστηκαν στο σκοτάδι για τρεις ημέρες, εκείνοι οι οποίοι μεταχειρίστηκαν με 2×10^{-5} M της συνθετικής κυτοκινίνης βενζυλαδενίνης (6-benzylaminopurine - BA) έχασαν 51% λιγότερη χλωροφύλλη σε σχέση με το μάρτυρα (επώαση σε νερό), ενώ η μεταχείριση με 2×10^{-7} M γιββερελλικού οξέος επέφερε απώλεια της τάξης του 36%. Το αποτέλεσμα αυτό ενισχύει την παρατήρηση ότι η περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη των φύλλων που λαμβάνονται από διαφορετικές περιοχές του λάχανου, συσχετίζεται αρνητικά με τα επίπεδα των γιββερελλινών και θετικά με τα επίπεδα των κυτοκινινών και των παρεμποδιστών της ανάπτυξης, όπως για παράδειγμα του αμπισισικού οξέος (Πίνακας 7.5).

Αριθμός φύλλου	Περιεκτικότητα στα φύλλα				
	Χλωροφύλλη (% 1 ^{ου} φύλλου)	Γιββερελλίνες (μg/kg)	Κυτοκινίνες (μg/kg)	Αυξίνες (μg/kg)	Παρεμποδιστές ανάπτυξης (% μάρτυρα)
1	100	0,14	4,1	100	82,6
3	46	0,14	0,8	80	60,8
6	45	0,07	0,1	100	60,6
9	26	2,48	0,2	136	40,5
12	19	1,20	0,2	164	52,4

* 1 = το εξωτερικό (πιο πράσινο) φύλλο και 12 = το κεντρικό (κίτρινο) φύλλο της κεφαλής.

Πίνακας 7.5 Η περιεκτικότητα των φύλλων του λάχανου Βρυξελλών σε χλωροφύλλη και ρυθμιστές ανάπτυξης (Από: Thomas, 1977).

Τα κυριότερα φυσιολογικά αίτια υποβάθμισης της ποιότητας κατά την αποθήκευση του λευκού χειμερινού λάχανου, αποτελούν η γήρανση των εξωτερικών φύλλων και η συνεχιζόμενη ανάπτυξη της κύριας κορυφής και των πλάγιων οφθαλμών. Και τα δύο αυτά φαινόμενα ελέγχονται από τις αλληλεπιδράσεις των ενδογενών ορμονών. Κατά τη συγκομιδή, τα επίπεδα των κυτοκινινών στα φύλλα του λάχανου είναι υψηλά αλλά, με την πρόοδο της αποθήκευσης και τη μείωση της περιεκτικότητας της χλωροφύλλης, οι ενδογενείς κυτοκινίνες μειώνονται μέχρι την έναρξη νέας μεριστωματικής δραστηριότητας (Σχήμα 7.3).



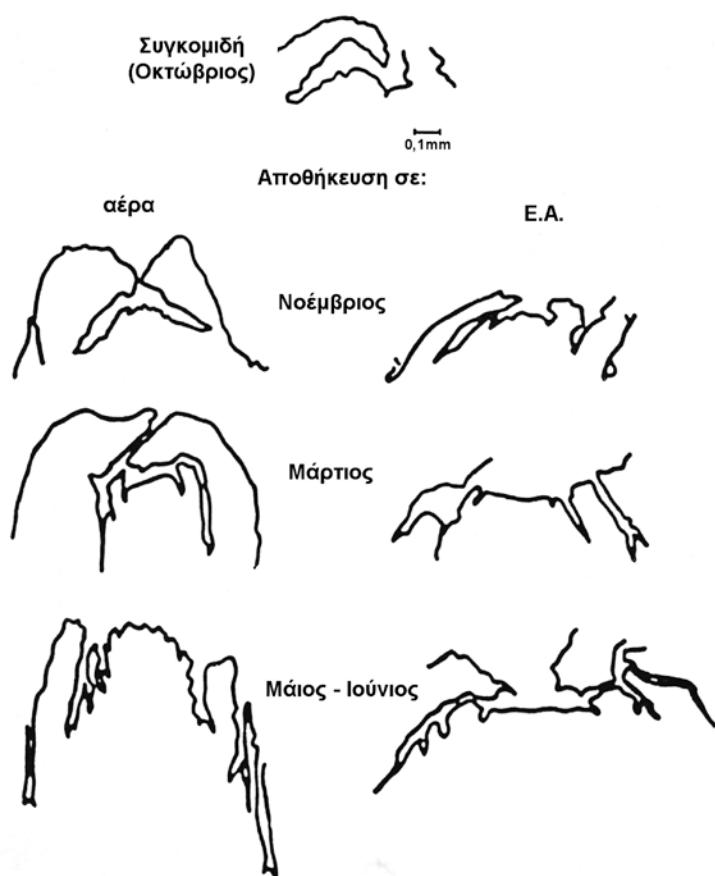
Σχήμα 7.3 Μεταβολές σε ενδογενείς ρυθμιστές ανάπτυξης σε κεφαλές λάχανου (cv. Green Winter) κατά τη διάρκεια αποθήκευσης στον αέρα (●—●) και σε ελεγχόμενη ατμόσφαιρα (○—○). (Από: Isenberg et al., 1974).

Το λάχανο δεν πρέπει ποτέ να αποθηκεύεται μαζί με άλλα προϊόντα που παράγουν αιθυλένιο, γιατί η συσσώρευση ακόμα και $10 \mu\text{l l}^{-1}$ αιθυλενίου μπορεί να επιφέρει πρόωρο κιτρίνισμα και αποκοπή φύλλων. Επίσης, για τη μακρά αποθήκευσή του συνιστάται να τοποθετούνται στην αποθήκη ουσίες που απορροφούν το αιθυλένιο (ethylene scrubbers). Οι Pendergrass et al. (1976), έδειξαν ότι η αποσύνθεση που προκαλείται στο λάχανο εξαιτίας του αιθυλενίου, κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης, συνοδεύεται με μεγάλες μεταβολές στις συγκεντρώσεις των ενδογενών αυξινών, γιββερελλινών και αμπισισικού οξέος (Πίνακας 7.6).

Μεταχείριση	Συγκέντρωση ρυθμιστών ανάπτυξης (mg/100g νωπού βάρους)		
	IAA	ABA	GA _{4/7}
Πριν την αποθήκευση	0,460	5,50	0,292
Μετά την αποθήκευση σε:			
(α) Αέρα ($0,04 \mu\text{l l}^{-1} \text{C}_2\text{H}_4$)	0,320	3,00	0,058
(β) Αέρα + $1 \mu\text{l l}^{-1} \text{C}_2\text{H}_4$	0,104	2,80	0,088
(γ) Αέρα + $10 \mu\text{l l}^{-1} \text{C}_2\text{H}_4$	0,494	-	0,046
(δ) Αέρα + $100 \mu\text{l l}^{-1} \text{C}_2\text{H}_4$	21,104	-	0,072

Πίνακας 7.6 Η συγκέντρωση ρυθμιστών ανάπτυξης στο μερίστωμα κορυφής του λάχανου πριν και μετά την αποθήκευση με διάφορες συγκεντρώσεις αιθυλενίου για 5 εβδομάδες σε 1°C (Από: Pendergrass et al., 1976).

Οι ελεγχόμενες ατμόσφαιρες (Ε.Α.) μπορούν να χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικά για να επιμηκύνουν την αποθηκευτική ζωή του λάχανου. Αν και η άριστη σύσταση Ε.Α. εξαρτάται και από την ποικιλία, οι συνιστώμενες συνθήκες είναι 3-6% CO₂ και 2-3% O₂ σε θερμοκρασία 0-1 °C (Saltveit, 1993). Οι Ε.Α. αποτρέπουν τη γήρανση, καθυστερώντας το κιτρίνισμα και τη σκλήρυνση των φύλλων, την απώλεια του αρώματος και την φθορά, ενώ συμβάλλουν και στη διατήρηση των θρεπτικών συστατικών (κυρίως των γλυκοσινολιτών) κατά τα αρχικά όμως στάδια της αποθήκευσης (Geeson & Browne, 1980; Berard & Chong, 1984). Όπως φαίνεται στο Σχήμα 7.3, η συγκέντρωση των προωθητών αύξησης τείνει να είναι υψηλότερη κατά την αποθήκευση σε αέρα σε σχέση με την αποθήκευση σε Ε.Α, και κατά συνέπεια, όπως παρουσιάζεται στην Εικόνα 7.2, ενώ στον αέρα παρατηρείται μια αργή αλλά σταθερή ανάπτυξη των μεριστωμάτων, αντίστοιχη ανάπτυξη δεν υπάρχει στις Ε.Α. Επομένως, όταν οι κεφαλές βγήκαν μετά από 7 μήνες από την αποθήκη και τοποθετήθηκαν για ριζοβολία σε εδαφική κομπόστα, εκείνες που αποθηκεύτηκαν σε αέρα άνθησαν μετά από τέσσερις εβδομάδες, ενώ εκείνες που αποθηκεύτηκαν σε Ε.Α. παρουσίασαν περιορισμένη ανάπτυξη και δεν άνθησαν.



Εικόνα 7.2 Η μορφολογία των μεριστωμάτων του λάχανου (cv. *Green Winter*) κατά τη συγκομιδή και μετά την αποθήκευση σε θερμοκρασία 1 °C, σε αέρα ή σε ελεγχόμενη ατμόσφαιρα (2,5% O₂ και 5% CO₂). (Από: Isenberg et al., 1974).

Ενώ η εμπλοκή των ενδογενών ορμονών στην αποθηκευτική ζωή του λάχανου είναι σημαντική, παρόμοια ανάμιξη στη γήρανση των ανώριμων ταξιανθιών του μπρόκολου και του κουνουπιδιού είναι λιγότερο εμφανής. Παρόλ' αυτά, έχει παρατηρηθεί ότι η εξωγενής εφαρμογή κυτοκινινών μειώνει την αναπνευστική δραστηριότητα και καθυστερεί το κιτρίνισμα των κεφαλών του μπρόκολου (Clarke et al., 1994; Tian et al., 1995), ενώ οι χαμηλές θερμοκρασίες μειώνουν το ρυθμό επιμήκυνσης των μίσχων της ταξιανθίας μετασυσλλεκτικά, μέσω προώθησης της δράσης των παρεμποδιστών βιοσύνθεσης γιββερελλίνης.

Τα μπρόκολα υψηλής ποιότητας πρέπει να είναι φρέσκα, πράσινου χρώματος (πιθανά με μια ιώδη λωρίδα) και όλοι οι ανθοφόροι οφθαλμοί πρέπει να είναι εντελώς κλειστοί. Το κιτρίνισμα ή η μάρανση είναι ανεπιθύμητα. Γενικά, το μπρόκολο είναι ιδιαίτερα ευαίσθητο προϊόν και κιτρινίζει εντός 2-3 ημερών μετά τη συγκομιδή σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος (Εικόνα 7.3). Για το λόγο αυτό, είναι απαραίτητη η ταχεία πρόψυξη στους 2 °C (με ψύξη με νερό ή τοποθέτηση πάγου στα κιβώτια μεταφοράς) και η μετέπειτα διατήρηση της θερμοκρασίας στους 0 °C. Η διατήρηση χαμηλών θερμοκρασιών σε συνδυασμό με την κάλυψη των κεφαλών με διάτρητα πλαστικά φύλλα, συντελούν στη διατήρηση της φρεσκάδας του προϊόντος ως και 4 εβδομάδες μετά τη συγκομιδή (Wang & Hruschka, 1977). Επίσης, είναι ιδιαίτερα ευαίσθητο στο αιθυλένιο, εμφανίζοντας κιτρίνισμα των ανθιδίων ακόμα και σε συγκεντρώσεις C_2H_4 μόλις 2 $\mu l\ l^{-1}$. Όπως και στο λάχανο, η εφαρμογή Ε.Α. στο μπρόκολο αυξάνει τη μετασυλλεκτική ζωή, ιδιαίτερα όταν οι θερμοκρασίες αποθήκευσης είναι πάνω από τα άριστα επίπεδα, περιορίζοντας το κιτρίνισμα, τη σκλήρυνση και την αποδόμηση των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων και των πρωτεϊνών, διατηρώντας την ακεραιότητα των κυτταρικών τοιχωμάτων και περιορίζοντας την εμφάνιση μετασυλλεκτικών σήψεων. Οι άριστες συνθήκες Ε.Α. για το μπρόκολο είναι 1-2% O_2 και 5-10% CO_2 στους 0-2 °C, ενώ σε συνθήκες < 1% O_2 και > 10% CO_2 αναπτύσσονται ανεπιθύμητες οσμές από την παραγωγή θειούχων πτητικών ενώσεων (Toivonen & Forney, 2012). Κατά τη συγκομιδή, συστήνεται να κόβονται οι κεφαλές του μπρόκολου με μέρος του ανθικού στελέχους (κοτσάνι), γιατί το μέρος αυτό αναπληρώνει το νερό και τους υδατάνθρακες που χάνουν οι ανθοκεφαλές μετασυλλεκτικά, επιμηκύνοντας τη διατηρησιμότητά τους.



Εικόνα 7.3 Επίδραση της θερμοκρασίας αποθήκευσης στη διατήρηση της οπτικής ποιότητας κεφαλών μπρόκολου. Αποθήκευση για 14 ημέρες με κάλυψη με πλαστική ημιπερατή μεμβράνη στους 0 °C (αριστερά), στους 15 °C (κέντρο) και στους 5 °C (δεξιά).

Στο κουνουπίδι, οι ομοιόμορφες, λευκές, συμπαγείς ταξιανθίες/ανθοκεφαλές που περιστοιχίζονται από εύρωστα πράσινα φύλλα, θεωρούνται ανώτερης ποιότητας. Ανοιχτές ανθοκεφαλές με στίγματα και με εκτεινόμενους ανθικούς μίσχους φανερώνουν ποιοτική υποβάθμιση. Οι συνιστώμενες συνθήκες αποθήκευσης για το κουνουπίδι είναι όμοιες με του μπρόκολου. Έτσι, στους 0°C και σε Σ.Υ. > 95% μπορεί να διατηρηθεί ικανοποιητικά για 3-4 εβδομάδες. Σε αντίθεση με το μπρόκολο όμως, το κουνουπίδι παρουσιάζει τραυματισμούς από χαμηλό O_2 (<2%) και υψηλό CO_2 (Lipton et al., 1967; Lipton & Harris, 1976). Συγκεντρώσεις $CO_2 \geq 5\%$ οδηγούν σε υπερβολικό μαλάκωμα, αποχρωματισμό και ανάπτυξη ανεπιθύμητων οσμών και γεύσης κατά το μαγείρεμα. Για το λόγο αυτό, η εφαρμογή Ε.Α. στην περίπτωση του κουνουπιδιού δεν ενδείκνυται, αλλά συνιστάται η κάλυψη των κεφαλών με διάτρητο πλαστικό φύλλο με την προϋπόθεση να υπάρχουν επαρκείς οπές στο πλαστικό για την αποφυγή συσσώρευσης CO_2 και έλλειψης O_2 . Για την προστασία των πολύ ευαίσθητων κεφαλών του κουνουπιδιού από τραυματισμούς, συστήνεται η συγκομιδή τους με μερικά φύλλα, τα οποία προστατεύουν τις κεφαλές κατά τη μεταφορά και αφαιρούνται στα σημεία πώλησης.

7.6 Αγκινάρα

Η ανθοκεφαλή της αγκινάρας θεωρείται υψηλής ποιότητας όταν κατά τη συγκομιδή της είναι κλειστή, συνεκτική όταν πιεστεί και βαριά για τον όγκο της, με εξωτερικά βράκτια φύλλα σε σπαργή, χωρίς σημάδια από μαύρα στίγματα και καφετιάσματα και με χρώμα γυαλιστερό ενδιάμεσο ως βαθύ πράσινο (αν και σε ορισμένες ποικιλίες – π.χ. στην «Ιώδη της Αττικής» οι βάσεις των βρακτίων μπορεί να είναι ιώδεις).

Στην Ελλάδα, οι ανθοκεφαλές της αγκινάρας συγκομίζονται μαζί με ένα μεγάλο μέρος του ανθικού στελέχους και μεταφέρονται στην αγορά χύμα ή σε δέματα. Ενώ από τη μια πλευρά η παρουσία του ανθικού στελέχους επιβαρύνει το κόστος μεταφοράς, από την άλλη, αποτελεί πηγή νερού και ενέργειας για την ανθοκεφαλή για ένα μικρό διάστημα μετά τη συγκομιδή. Συνήθως, στη χώρα μας οι αγκινάρες διατίθενται αμέσως στην αγορά και η αποθήκευση διαρκεί κατά μέγιστο μόνο 2-3 ημέρες, καθώς δεν αποθηκεύονται σε ρυθμιζόμενες συνθήκες θερμοκρασίας και Σ.Υ.

Σε άλλες χώρες, (π.χ. της Β. Ευρώπης και Β. Αμερικής) οι ανθοκεφαλές συγκομίζονται χωρίς, ή με πολύ μικρό μέρος του ανθικού στελέχους. Για τις ανθοκεφαλές αυτές, οι συνιστώμενες συνθήκες αποθήκευσης είναι θερμοκρασία 0 °C και Σ.Υ. 95-100%, όπου μπορούν να διατηρηθούν σε καλή κατάσταση για εμπορία για 2 περίπου εβδομάδες, ενώ στους 5° και 10 °C για 10 και 5 ημέρες αντίστοιχα (Ryall & Lipton, 1979). Η πρόψυξη των ανθοκεφαλών στους 5 °C εντός 24 ωρών από τη συγκομιδή, με υδρόψυξη, βεβαιωμένη ροή ψυχρού αέρα ή τοποθέτηση πάγου στα κιβώτια μεταφοράς, και η μετέπειτα διατήρηση των χαμηλών θερμοκρασιών καθ' όλη την περίοδο της αποθήκευσης, συμβάλλουν στην επιμήκυνση της αποθηκευτικής περιόδου, στον περιορισμό της απώλειας βάρους και της συνεκτικότητας, στην αντιμετώπιση των σήψεων και στη διατήρηση της οπτικής ποιότητας των ανθοκεφαλών.

Τα κυριότερα προβλήματα κατά την αποθήκευση της αγκινάρας αποτελούν το καφέτισμα ή μαύρισμα και το άνοιγμα των εξωτερικών βρακτίων φύλλων που οφείλονται κυρίως σε τραυματισμούς κατά τους μετασυλλεκτικούς χειρισμούς και τη μεταφορά, επιδρώντας σε οξείδωση των φαινολικών ουσιών που απαντώνται σε υψηλά ποσά στις ανθοκεφαλές της αγκινάρας, καθώς και σε ακατάλληλες συνθήκες αποθήκευσης που οδηγούν σε απώλεια νερού από τα βράκτια φύλλα (χαμηλή Σ.Υ., όχι χαμηλές θερμοκρασίες). Παράλληλα, μπορεί να παρατηρηθεί ιώδης μεταχρωματισμός των εσωτερικών βρακτίων φύλλων ιδιαίτερα σε θερμοκρασίες υψηλότερες των 10 °C, γεγονός που έχει αποδοθεί στην παραγωγή μικρών ποσοτήτων αιθυλενίου. Γενικότερα όμως, η ευαισθησία της κεφαλών της αγκινάρας στο αιθυλένιο είναι σχετικά μικρή (Wang, 2003).

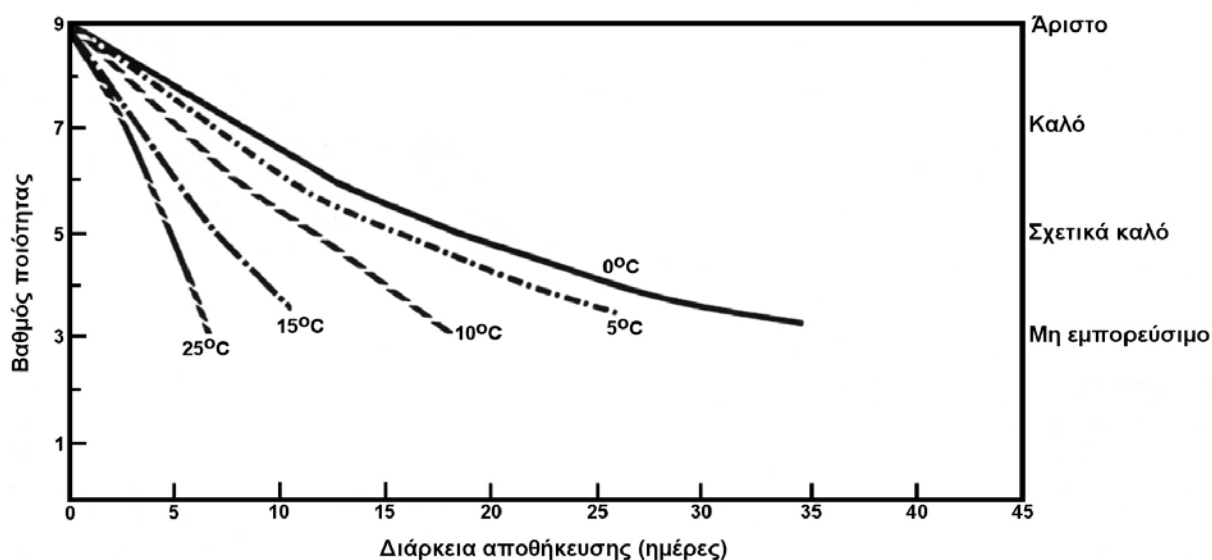
Η αποτελεσματικότητα της χρήσης Ε.Α. στην αποθήκευση της αγκινάρας εξαρτάται από την ποικιλία, τη θερμοκρασία αποθήκευσης και τα εφαρμοζόμενα επίπεδα O_2 και CO_2 (Ryder et al., 1983). Αν και η εφαρμογή Ε.Α. στην αγκινάρα περιορίζει την εμφάνιση του καφετιάσματος των εξωτερικών βρακτίων, γενικότερα η χρήση τους όταν οι θερμοκρασίες αποθήκευσης διατηρούνται κοντά στους 0°C έχουν μικρή θετική επίδραση, επομένως δεν θεωρούνται οικονομικά συμφέρουσες. Η άριστη συγκέντρωση O_2 και CO_2 διαφέρει σημαντικά μεταξύ των διαφόρων ποικιλιών, μεταξύ 1-6% για το O_2 και 2-7% για το CO_2 , αν και συγκεντρώσεις $O_2 < 2\%$ μπορεί να οδηγήσουν σε εσωτερικό μαύρισμα (Wang, 2012). Η ατομική κάλυψη των ανθοκεφαλών με πλαστικά φύλλα αύξησε τη μετασυλλεκτική ζωή τους γιατί περιορίσε την απώλεια νερού και μείωσε το καφέτισμα λόγω προστασίας από τραυματισμούς και δημιουργίας τροποποιημένων ατμοσφαιρών (Εικόνα 7.4 - Alexopoulos et al., 2003). Η αποτελεσματικότητα της κάλυψης των ανθοκεφαλών με πλαστικές μεμβράνες όμως, εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τα χαρακτηριστικά των μεμβρανών και κυρίως την περατότητά τους σε αέρια (O_2 , CO_2 , C_2H_4) και υδρατμούς, γιατί οι ανθοκεφαλές παρουσιάζουν υψηλή αναπνοή και υπάρχει κίνδυνος σε χαμηλής περατότητας μεμβράνες να συσσωρευτεί εντός των συσκευασιών CO_2 σε συγκεντρώσεις πάνω από 5-7% προκαλώντας σήψεις και μαυρίσματα (Miccolis & Saltveit, 1988).



Εικόνα 7.4 Επίδραση της κάλυψης με σκληρή πλαστική συσκευασία πολυστυρενίου (clamshell), πλαστική μεμβράνη τύπου cling και διάτρητη πλαστική μεμβράνη στην οπτική ποιότητα ανθοκεφαλών αγκινάρας μετά από αποθήκευση 14 ημερών στους 2 °C.

7.7 Μαρούλι

Το μαρούλι είναι ένα ιδιαίτερα φθαρτό προϊόν και μπορεί να αποθηκευτεί μόνο σε θερμοκρασίες κοντά στους 0 °C (Σχήμα 7.4 και Εικόνα 7.5). Ωστόσο, θα πρέπει να προσεχθεί η θερμοκρασία να μην κατέλθει από τους 0 °C γιατί στους -0,2°C παρατηρούνται ζημιές από πάγωμα. Η σχετική υγρασία στον χώρο αποθήκευσης πρέπει να είναι 95% ή περισσότερο, παρόλο που σε 100% Σ.Υ. υπάρχει ο κίνδυνος σήψεων, ιδιαίτερα αν η θερμοκρασία ανέλθει πάνω από τους 2 °C. Αντίθετα, με 100% Σ.Υ. σε θερμοκρασίες 0-2 °C προκαλούνται προβλήματα (σήψεις) μόνο στις κεφαλές που είναι κατώτερης ποιότητας ή έχουν προσβληθεί στο χωράφι.



Σχήμα 7.4 Μεταβολή της ποιότητας μαρουλιού (τύπου iceberg) που αποθηκεύτηκε σε πέντε θερμοκρασίες σε σχέση με τη διάρκεια αποθήκευσης (Από: Lutz & Hardenburg, 1968).



Εικόνα 7.5 Μεταβολή της οπτικής ποιότητας εσωτερικών και εξωτερικών φύλλων μαρουλιού τύπου «Κως» που συντηρήθηκαν για 7 και 14 ημέρες στους 2° και 7 °C σε συσκευασίες με κάλυψη με ημιπερατή πλαστική μεμβράνη.

Η μετασυλλεκτική ζωή και η αντοχή στους μετασυλλεκτικούς χειρισμούς διαφέρουν μεταξύ των τύπων του μαρουλιού [Κως ή Ρωμάνα (cos/romaine), λείο κεφαλωτό (butterhead), κατσαρό κεφαλωτό (crisphead/iceberg) και φυλλώδες (leaf/looseleaf)], ανάλογα με τη δομή των φύλλων τους. Ο τύπος «κατσαρό κεφαλωτό» έχει πολύ σφιχτή κεφαλή η οποία έχει μεγάλη αντοχή στους μετασυλλεκτικούς χειρισμούς και τυλιγμένο σε πλαστικό μπορεί να αποθηκευτεί ικανοποιητικά για ένα μήνα. Ο τύπος «Κως» έχει σχετικά παχιά και ανθεκτικά φύλλα και μπορεί να αποθηκευτεί για περίπου 10 ημέρες σε σχέση με τους τύπους «λείο κεφαλωτό» που έχει ιδιαίτερα λεπτά και εύθραυστα φύλλα και «φυλλώδες» που δεν σχηματίζει κλειστή κεφαλή και μπορούν να αποθηκευτούν μόνο για 5-7 ημέρες. Σε όλες τις περιπτώσεις πάντως, οι κεφαλές του μαρουλιού θα πρέπει να δέχονται τους ελάχιστους δυνατούς μετασυλλεκτικούς χειρισμούς λόγω της υψηλής τους ευαισθησίας σε μηχανικούς τραυματισμούς. Πολύ σημαντικός για τη μετασυλλεκτική διατήρηση του μαρουλιού αποτελεί ο περιορισμός της απώλειας νερού κατά την αποθήκευση και τη μεταφορά, με την χρήση πλαστικής ημιπερατής μεμβράνης στα τοιχώματα των συσκευασιών να συμβάλλει μαζί με την ψύξη και την υψηλή Σ.Υ. στη διατήρηση της φρεσκάδας και της υδατοπεριεκτικότητας των κεφαλών και στην αποφυγή της μάρανσης (Εικόνα 7.6).



Εικόνα 7.6 Συσκευασία κεφαλών μαρουλιού τύπου “Cos” σε χάρτινο κιβώτιο με κάλυψη με πλαστική ημιπερατή μεμβράνη.

Όταν το μαρούλι πρέπει να μεταφερθεί σε ψυχόμενο κιβώτιο, είναι απαραίτητο να μειωθεί η θερμότητα του αγρού με πρόψυξη γύρω στον $1\text{ }^{\circ}\text{C}$, επειδή η σχεδίαση των κιβωτίων εξυπηρετεί βασικά τη διατήρηση της θερμοκρασίας, παρά την ελάττωσή της. Η πρόψυξη πρέπει να γίνεται άμεσα μετά τη συγκομιδή. Καθυστέρηση της πρόψυξης για περισσότερες από 9 ώρες μετά τη συγκομιδή προώθησε το κιτρίνισμα των φύλλων και τη μάρανση (Lipton & Barger, 1965). Η πιο αποτελεσματική μέθοδος πρόψυξης για όλους τους τύπους μαρουλιού είναι η ψύξη υπό κενό (vacuum cooling), η οποία όμως εξαιτίας του υψηλού κόστους των εγκαταστάσεων χρησιμοποιείται μόνο σε μεγάλες μονάδες παραγωγής και συσκευασίας (π.χ. στην Καλιφόρνια). Όταν χρησιμοποιείται ατομική κάλυψη των κεφαλών με πλαστική μεμβράνη, η ψύξη υπό κενό προϋποθέτει τη χρήση διάτρητης μεμβράνης. Ιδιαίτερα στο μαρούλι, όταν οι κεφαλές είναι στεγνές ή η θερμοκρασία τους υπερβαίνει τους $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ συνιστάται ο ψεκασμός των κεφαλών με καθαρό νερό πριν την εφαρμογή πρόψυξης, ώστε να υποβοηθηθεί η ψύξη υπό κενό. Αν δεν υπάρχουν εγκαταστάσεις για ψύξη υπό κενό, η πρόψυξη με χρήση ψυχρού ρεύματος αέρα δεν είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική (προκαλεί σημαντική απώλεια νερού), ενώ αν και η υδρόψυξη δίνει καλά αποτελέσματα δεν πρέπει να εφαρμόζεται στους κεφαλωτούς τύπους γιατί η συγκράτηση νερού στο εσωτερικό των κεφαλών προκαλεί σήψεις. Αναποτελεσματική πρόψυξη συχνά οδηγεί σε καφέτιασμα των κεντρικών νευρώσεων των φύλλων, καθώς επίσης και σε σήψη κατά τη διάρκεια της διακίνησης του προϊόντος στην αγορά (Saltveit, 2012).

Στην Ελλάδα, όπου το μαρούλι παράγεται συνήθως σε σχετικά μικρές εκτάσεις και η εφαρμογή πρόψυξης δεν είναι οικονομικά συμφέρουσα, οι κεφαλές συγκομίζονται νωρίς το πρωί (ιδιαίτερα τις θερμές ημέρες) όταν η θερμοκρασία της ατμόσφαιρας είναι χαμηλή, μεταφέρονται αμέσως σε δροσερό μέρος για συσκευασία και προωθούνται κατευθείαν στην αγορά χωρίς να μεσολαβεί μεγάλο διάστημα αποθήκευσης.

Σε πολλές περιπτώσεις, οι κεφαλές μαρουλιού του τύπου iceberg τυλίγονται ατομικά σε φύλλο πολυαιθυλενίου πριν τη συσκευασία τους (Εικόνα 7.7). Το φύλλο εξασφαλίζει προστασία και παρεμποδίζει τη μάρανση, αλλά πρέπει να έχει κατάλληλη περατότητα σε υδατμούς και αέρια ή να είναι ανοιχτό σε μία πλευρά ή διάτρητο, για να αποφευχθεί η συσσώρευση CO_2 κατά την αποθήκευση και η δημιουργία σταγόνων νερού πάνω στα φύλλα μετά την έξοδο των κεφαλών από τους ψυκτικούς θαλάμους.



Εικόνα 7.7 Συσκευασία κεφαλών μαρουλιού τύπου iceberg ατομικά σε πλαστικό φύλλο και τοποθέτηση σε χάρτινα κιβώτια.

Σημαντικό πρόβλημα κατά την αποθήκευση του μαρουλιού αποτελεί η ανάπτυξη μικρών καστανών ή χρώματος ελιάς κηλίδων που εμφανίζονται τυχαία στο έλασμα των φύλλων (εκτός των εσωτερικών φύλλων της «καρδιάς» στους κεφαλωτούς τύπους) και όταν αυξηθούν μπορεί να συνενωθούν και να σχηματίσουν αποχρωματισμένες περιοχές ακανόνιστου σχήματος ή εμφανίζονται ως σχήματος οβάλ σκούρες καστανές βυθισμένες περιοχές στα κεντρικά νεύρα (καστανέρυθη κηλίδωση - "russet spotting"). Η φυσιολογική αυτή βλάβη εμφανίζεται ιδιαίτερα σε κεφαλές που διακινούνται στο εμπόριο και έχουν ήδη αρχίσει να γερνούν ή όταν υπάρχει αιθυλένιο στο περιβάλλον της αποθήκης, που επάγει τη δράση του ενζύμου αμμωνιακή λυάση της φαινυλαλανίνης (phenylalanine ammonia-lyase - PAL) οδηγώντας στη σύνθεση, συσσώρευση και οξείδωση φαινολικών ουσιών, ιδιαίτερα σε θερμοκρασίες γύρω στους 5 °C.

Οι παράγοντες που ευνοούν την εμφάνιση της κηλίδωσης είναι:

- Ο βαθμός γήρανσης των κεφαλών
- Αποθήκευση σε θερμοκρασία 3°C ή υψηλότερη.
- Παρατεταμένη αποθήκευση, π.χ. για περισσότερο από 10 ημέρες.

Κατά συνέπεια, οι κεφαλές του μαρουλιού δεν πρέπει ποτέ να αποθηκεύονται ή να μεταφέρονται μαζί με άλλα προϊόντα που μπορούν να παράγουν αιθυλένιο (π.χ. μήλα, πεπόνια, τομάτες, αχλάδια, ροδάκινα). Η καστανέρυθη κηλίδωση μπορεί να προκληθεί ακόμη και από πολύ χαμηλή συγκέντρωση αιθυλενίου (0,4 $\mu\text{L L}^{-1}$), και η σπουδαιότητα της βλάβης αυξάνεται όσο η συγκέντρωση του αιθυλενίου ανεβαίνει. Η ζημιά είναι πιο σοβαρή στους 5 °C, ενώ στους 0 °C είναι ελάχιστη ή και μηδαμινή, ακόμα και σε σχετικά υψηλές συγκεντρώσεις αιθυλενίου (20 $\mu\text{L L}^{-1}$).

Η αποθήκευση του μαρουλιού σε συνθήκες χαμηλού O_2 περιορίζει την εμφάνιση της καστανέρυθρης κηλίδωσης λόγω παρεμπόδισης του μεταβολισμού των φαινολικών ουσιών και της δράσης της οξειδάσης του IAA (ινδολυλ-3-οξικό οξύ) (Ke & Saltveit, 1989).

Η εφαρμογή Ε.Α. στο μαρούλι συμβάλλει στην επιμήκυνση της μετασυλλεκτικής ζωής και στη διατήρηση της φρεσκάδας του προϊόντος για περισσότερο χρόνο. Η συγκέντρωση του O_2 στις Ε.Α. κυμαίνεται μεταξύ 1-8% O_2 , με άριστο 3-5% O_2 . Το O_2 δεν πρέπει να πέσει κάτω από 1%,

ιδιαίτερα στον τύπο κατσαρό κεφαλωτό (crisphead), γιατί προκαλούνται ζημιές (Wang, 2003). Σύμφωνα όμως με τους Tataru & Weichmann (1974), οι Ε.Α. δεν επιμηκύνουν την αποθηκευτική ζωή του λείου κεφαλωτού μαρουλιού (butterhead).

Εντούτοις, το μαρούλι δεν ανέχεται το CO₂ και οι συγκεντρώσεις του CO₂ στην ελεγχόμενη ατμόσφαιρα πρέπει να κρατηθούν κάτω από 2% (κατά προτίμηση κάτω από 1%), έτσι ώστε να αποφευχθεί η ανάπτυξη της καστανής κηλίδωσης (brown stain). Αυτή ξεκινά με νέκρωση των επιδερμικών κυττάρων των φύλλων και αρχίζει συνήθως από τις κεντρικές νευρώσεις, αλλά επηρεάζει επίσης και το έλασμα. Η βλάβη μπορεί να πάρει τη μορφή ενός κιτρινοκάστανου αποχρωματισμού ή καστανοκίτρινων κηλίδων με σκοτεινότερα περιθώρια από τα κέντρα τους. Σε σοβαρές περιπτώσεις αυτές οι κηλίδες συνενώνονται και σχηματίζουν σκοτεινότερες, καστανές, βυθισμένες περιοχές. Όπως και στην περίπτωση της καστανέρυθρης κηλίδωσης και η καστανή κηλίδωση σχετίζεται με την συσσώρευση και οξείδωση φαινολικών ουσιών.

Η ευαισθησία του μαρουλιού στην καστανή κηλίδωση διαφέρει ανάλογα με τον τύπο του μαρουλιού, την ποικιλία και τις συνθήκες αποθήκευσης. Γενικότερα, τα τύπου «Κως» και «φυλλώδη» μαρούλια είναι πιο ανθεκτικά στην εμφάνιση της καστανής κηλίδωσης σε σχέση με τα «κατσαρά κεφαλωτά», σε συνθήκες αυξημένου CO₂. Μερικές ποικιλίες είναι πολύ πιο ανθεκτικές από άλλες, ενώ και οι συνθήκες ανάπτυξης των φυτών μπορούν επίσης να επηρεάσουν την ευαισθησία, όπως και η ώρα της συγκομιδής εντός της ημέρας. Έχει παρατηρηθεί ότι τα μαρούλια που συγκομίζονται νωρίς το πρωί είναι πιο ευαίσθητα στη καστανή κηλίδωση σε σχέση με αυτά που συγκομίζονται το απόγευμα (Forney & Austin, 1988). Η παρατήρηση αυτή έχει επίπτωση για την Ελλάδα όπου τα μαρούλια συνήθως συγκομίζονται νωρίς το πρωί ιδιαίτερα κατά τους θερμούς μήνες της άνοιξης και του καλοκαιριού και δεν εφαρμόζεται πρόψυξη.

7.8 Άλλα είδη φυλλωδών λαχανικών

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, οι ελεγχόμενες ατμόσφαιρες (π.χ. 10% CO₂) αυξάνουν τη δυνατότητα αποθήκευσης του σπανακιού έως και 3 εβδομάδες, ακόμα και σε σχετικά υψηλές για τα φυλλώδη λαχανικά θερμοκρασίες (5 °C). Γενικά, όμως, το σπανάκι δεν διατηρείται για πάνω από 3 εβδομάδες στους 2 °C και η ποιότητα υποβαθμίζεται αισθητά (απώλεια χλωροφύλλης, κιτρίνισμα, μάρανση και απώλεια βιταμίνης C) μετά από 7-10 ημέρες (Singhal & Kulkarni, 1998). Η γήρανση των φύλλων του σπανακιού μετά τη συγκομιδή είναι ιδιαίτερα ευαίσθητη στην παρουσία αιθυλενίου στο χώρο αποθήκευσης και χαρακτηρίζεται όχι μόνο από την απώλεια χλωροφύλλης αλλά και από την αποδόμηση των πρωτεϊνών (πρωτεόλυση), τη συσσώρευση αμινοξέων και προϊόντων του καταβολισμού των λιπιδίων. Έτσι, κατά την αποθήκευση φύλλων σπανακιού στο σκοτάδι παρατηρήθηκε αύξηση έως 4 φορές της δραστηριότητας της αφυδρογονάσης του γλουταμινικού οξέος που είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση των επιπέδων αμμωνίας στα φύλλα.

Τα χλωρά κρεμμύδια και τα πράσα επίσης χάνουν την ποιότητά τους με γρήγορο ρυθμό, αν και τα δεύτερα μπορούν υπό κατάλληλες συνθήκες να διατηρηθούν για αρκετό χρονικό διάστημα (ως και 3-4 μήνες). Η εφαρμογή χαμηλής θερμοκρασίας και υψηλής Σ.Υ. είναι απαραίτητη για αυτά τα είδη και η περιτύλιξή τους σε πλαστικό φύλλο επίσης μειώνει την ταχύτητα της μάρανσης και του αποχρωματισμού. Για παράδειγμα, σε πράσο που αποθηκεύτηκε για 4 μήνες στους 1-2 °C και σε ατμόσφαιρα με 10% CO₂ χωρίς κάλυψη με πλαστικό, η απώλεια βάρους έφτασε το 25-50%. Χλωρά κρεμμύδια τυλιγμένα σε πολυαιθυλένιο και αποθηκευμένα πάνω σε πάγο (0 °C) διατηρήθηκαν σε καλή κατάσταση για 4 εβδομάδες, αλλά χωρίς πάγο η ποιότητα μειώθηκε γρήγορα. Κατά τη συσκευασία του πράσου θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ότι, όπως και στο σπαράγγι, παρατηρείται επιμήκυνση του «καλαμιού» του πράσου μετασυλλεκτικά, η οποία περιορίζεται σε συνθήκες χαμηλής θερμοκρασίας και υψηλής Σ.Υ., ή με «θερμική επεξεργασία» στους 55 °C για 20 min (Tsouvaltzis et al., 2013). Πράσα που αποθηκεύτηκαν με κάλυψη με φύλλο πολυαιθυλενίου επιμηκύνθηκαν κατά 1% και 22% ανά εβδομάδα στους 0 °C και 10 °C αντίστοιχα (Hruschka, 1978, Tsouvaltzis et al., 2006).

Στα αρωματικά φυλλώδη λαχανικά (μαϊντανός, άνηθος και μάραθος) επιπρόσθετα στην ραγδαία απώλεια νερού, βάρους και χλωροφύλλης παρατηρείται και απώλεια του αρώματος κατά τη μετασυλλεκτική ζωή. Στον άνηθο, σε συνθήκες μέτριας Σ.Υ. στην αποθήκη, παρατηρήθηκε απώλεια βάρους κατά 12% σε 7 ημέρες και 22% σε 14 ημέρες στους 0,5 °C και εμφανής μάρανση. Η συσκευασία του άνηθου και του μαϊντανού σε μικροσυσκευασία με μη περατό πλαστικό και η

αποθήκευσή τους στους 4 °C είχε σαν αποτέλεσμα τη ελαχιστοποίηση της απώλειας νερού (1-3%), αλλά παρατηρήθηκε μείωση της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης κατά 45% και 42% αντίστοιχα και της βιταμίνης C κατά 8% και 18% αντίστοιχα, μετά από 12 ημέρες. Ενδιαφέρον παρουσιάζει στη περίπτωση του μαϊντανού και του άνηθου η δυνατότητα πώλησης του προϊόντος ως μερικώς αφυδατωμένο (απώλεια νερού ως και 80% μετά από αποθήκευση για 40 ημέρες σε χαμηλές θερμοκρασίες, π.χ. 2 °C) ή της μερικής αφυδάτωσης κατά την αποθήκευση και τη μεταφορά και επανενυδάτωσης με την τοποθέτηση των κομμένων μίσχων τους σε νερό λίγο πριν την διάθεσή τους στον καταναλωτή, η οποία επιμηκύνει τη διάρκεια της συντήρησης και παρατηρήθηκε ότι δεν επηρεάζει αρνητικά το άρωμα των ειδών αυτών (Antonopoulos et al., 2014).

Όπως αναφέρθηκε, το σέλινο, παρουσιάζει μικρότερη τάση για μάρανση σε σχέση με τα υπόλοιπα αρωματικά φυλλώδη λαχανικά και υψηλότερη μετασυλλεκτική διάρκεια, λόγω των σαρκωδών μίσχων του. Μπορεί να συντηρηθεί σε θερμοκρασίες κοντά στους 0 °C (ως 0,6 °C) και Σ.Υ. 92-95% ως και 8 εβδομάδες, αλλά στους 5 °C διατηρείται μόνο για 2 εβδομάδες. Μετασυλλεκτικά, παρατηρείται έντονη μείωση των αναγωγικών σακχάρων στα φύλλα με παράλληλη αύξηση στους μίσχους. Επειδή έχει την τάση να απορροφά πτητικές ουσίες από το περιβάλλον, συστήνεται κατά την αποθήκευσή του να μην είναι εκτεθειμένο σε οσμές από άλλα προϊόντα. Θερμοκρασίες αποθήκευσης κοντά στους 0 °C αποτρέπουν την περαιτέρω ανάπτυξη των εσωτερικών μίσχων μετασυλλεκτικά, διατηρώντας την ποιότητα του προϊόντος.

Τα διάφορα είδη ραδικιών και τα αντίδια έχουν μικρή μετασυλλεκτική ζωή, μόλις 2-3 εβδομάδες σε θερμοκρασία 0 °C και Σ.Υ. 90-95%, ενώ μπορούν αν συντηρηθούν για ελαφρά περισσότερο διάστημα με τοποθέτηση τριμμένου πάγου μέσα στα κιβώτια αποθήκευσης (όπως στο μπρόκολο). Τα αντίδια είναι πιο ευαίσθητα σε μάρανση σε σχέση με τα ραδίκια, επομένως θα πρέπει η Σ.Υ. στην αποθήκη να διατηρείται σε επίπεδα πάνω από 95%. Και στα ραδίκια και στα αντίδια, η πρόψυξη με υδρόψυξη ή ψύξη υπό κενό συμβάλλει στη διατήρηση της φρεσκάδας και της ποιότητάς τους κατά την αποθήκευση.

Η ρόκα, ένα φυλλώδες είδος με ιδιαίτερη αύξηση στην κατανάλωσή του τα τελευταία χρόνια στη χώρα μας, παρουσιάζει πολύ υψηλή αναπνευστική δραστηριότητα μετά τη συγκομιδή (113 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ στους 5 °C) και περιορισμένη μετασυλλεκτική ζωή, έως 7-10 ημέρες όταν συντηρηθεί σε χαμηλές θερμοκρασίες και υψηλή Σ.Υ., ενώ όπως και στα ραδίκια και αντίδια μπορεί να χρησιμοποιηθεί τριμμένος πάγος στα κιβώτια ή τελάρα αποθήκευσης. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι όλα αυτά τα φυλλώδη λαχανικά διατηρούνται καλύτερα όταν καλυφθούν με ημιπερατές ή διάτρητες πλαστικές μεμβράνες (π.χ. μεμβράνες πολυαιθυλενίου) για τον περιορισμό της απώλειας νερού και τοποθετηθούν σε κιβώτια από χαρτόνι (Εικόνα 7.8), ενώ είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα στην παρουσία αιθυλενίου στο περιβάλλον συντήρησης, εμφανίζοντας κιτρινίσματα.

Όπως έχει αναφερθεί στο Κεφάλαιο 1, στη χώρα μας είναι αρκετά δημοφιλής η συλλογή και κατανάλωση αυτοφυών φυλλωδών λαχανικών (άγρια χόρτα ή λαχανευόμενα άγρια είδη). Η ένταξη των ειδών αυτών σε συστήματα εμπορικής καλλιέργειας (χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η περίπτωση του σταμναγκαθιού) απαιτεί τη μελέτη της μετασυλλεκτικής τους συμπεριφοράς με σκοπό την ανάπτυξη των κατάλληλων μετασυλλεκτικών χειρισμών και τεχνολογίας για τη διατήρηση αφενός μεν της φρεσκάδας τους, αφετέρου των ιδιαίτερων διατροφικών τους χαρακτηριστικών (π.χ. υψηλό περιεχόμενο σε αντιοξειδωτικές ουσίες) που έχουν ευεργετική επίδραση στην ανθρώπινη υγεία. Μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί στο Εργαστήριο Κηπευτικών Καλλιεργειών του Γ.Π.Α. έδειξαν ότι πολλά από αυτά τα είδη (π.χ. σταμναγκάθι, αδραλίδα, γαλασιίδα, ζωχός κ.ά.) συμπεριφέρονται ως τυπικά φυλλώδη είδη, όπως αντίστοιχα συγγενικά καλλιεργούμενα είδη (π.χ. το σταμναγκάθι – *Cichorium spinosum* L. αποτελεί στην ουσία είδος ραδικιού) έχουν μικρή μετασυλλεκτική ζωή, παρουσιάζουν ταχεία μάρανση λόγω έντονης απώλειας νερού και απαιτούν χαμηλές θερμοκρασίες και υψηλή Σ.Υ. κατά την αποθήκευσή τους για τη διατήρηση της ποιότητας σε αποδεκτά επίπεδα (Ακουμιανάκης κ.ά., 2013).

Στην Ελλάδα, το μεγαλύτερο μέρος των φυλλωδών λαχανικών προωθείται κατευθείαν στην αγορά και κατά συνέπεια δεν συσκευάζεται παρά μόνο σε κιβώτια από πλαστικό ή ξύλο («κλούβες» - Εικόνα 7.8B) ή σε μεγάλες πλαστικές σακούλες για τη διευκόλυνση της μεταφοράς τους. Παράλληλα, τα προϊόντα αυτά δεν διατηρούνται σε ψυγεία για διάστημα πέρα από 2-3 ημέρες, για όσο δηλαδή χρειάζεται έως ότου πουληθούν. Εξαιρέσεις παρατηρούνται τα τελευταία χρόνια για

μερικά είδη, όπως το σταμναγκάθι, που συσκευάζονται σε μικρές σακούλες του 1 kg ή 0,5 kg περίπου, για πώληση στα σουπερμαρκετς. Τα προϊόντα αυτά διατηρούνται για 2-3 ημέρες στους 0-4 °C όπως και τα φρεσκοκομμένα προϊόντα (βλέπε Κεφάλαιο 11).



Εικόνα 7.8 Συσκευασία για τη διατήρηση και τη μεταφορά: (Α) “baby” σπανακιού σε χάρτινα κιβώτια με κάλυψη με ημιπερατό πλαστικό για περιορισμό της απώλειας νερού και (Β) ρόκας σε επαναχρησιμοποιούμενο πλαστικό τελάρο χωρίς κάλυψη. Η δεύτερη συσκευασία δεν συνιστάται για τα ευαίσθητα φυλλώδη λαχανικά όπως η ρόκα, αλλά έχει χαμηλό κόστος.

Βιβλιογραφία

- Ακουμιανάκης, Κ. Α., Καραπάνος, Ι. Χ., Αλεξόπουλος, Α. Α., Παπανδρέου, Α. & Νικολάου, Σ. (2013). Επίδραση της αλατότητας στο σταμναγκάθι (*Cichorium spinosum*) και του ασβεστίου στη γαλασιίδα (*Reichardia picroides*) στη μετασυλλεκτική συμπεριφορά τους. *Πρακτικά 26ου Συνεδρίου της Ε.Ε.Ε.Ο.*, 83-86.
- Alexopoulos, A. A., Akoumianakis, K. A. & Passam, H. C. (2003). The storage of globe artichokes under modified atmospheres. *J. Food Agric. Environ.*, 1, 130-133.
- Antonopoulos, A. I., Kannavou C., Karapanos, I. C., Petropoulos, S. A. & Passam, H. C. (2014). The effect of partial dehydration on the quality and composition of plain-leaf, curly-leaf and turnip-rooted parsley during storage. *Int. J. Postharv. Technol. Innov.*, 4, 151-163.
- Berard, L. S., & Chong, C. (1984). Influence of storage on glucosinolate fluctuations in cabbage. *Acta Hort.*, 157, 203-210.
- Clarke, S.F., Jameson, P.E., Downs, C. (1994). The influence of 6-benzylaminopurine on post-harvest senescence of floral tissues of broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*). *Plant Growth Reg.*, 14, 21-27.
- DeEll, J. R. (2012). Sprouts. In: Gross K. C., Wang C. Y. & Saltveit M. (eds.), *The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks*. USDA Agric. Handbook No 66.
- Dennis, C. (1981). The effect of storage conditions on the quality of vegetable and salad crops. In: Goodenough, P.W. & Atkin, R.K. (eds.), *Quality in stored and processed vegetables and fruit*. London, U.K.: Academic Press Inc., pp. 329-339.
- Forney, C. F. & Austin, R. K. (1988). Time of day at harvest influences carbohydrate concentration in crisphead lettuce and its sensitivity to high CO₂ levels after harvest. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 113, 581-583.
- Geeson, J. D. & Browne, K. M. (1980). Controlled atmosphere storage of winter white cabbage. *Ann. Appl. Biol.*, 95, 267-272.
- Hrushka, H. W. (1978). *Storage and shelf life of packaged leeks*. USDA Mktg. Res. Rept., 1084.
- Isenberg, F. M. R., Thomas, T. H., Abdel-Rahman, M., Pendergrass, A. M., Carroll, J. C. & Howell, L. (1974). The role of natural growth regulators in rest, dormancy and regrowth of vegetable during winter storage. *Proc. 19th Intern. Hort. Congress*, 2, 129-138.
- Kader, A. A. & Saltveit, M. E. (2003). Respiration and gas exchange. In: Bartz, J. A. & Brecht, J. K. (eds.), *Postharvest physiology and pathology of vegetables*, 2nd ed. New York, U.S.A.: Marcel Dekker Inc., pp. 7-29.
- Ke, D. & Saltveit, M. E. Jr. (1989). Regulation of russet spotting, phenolic metabolism, and IAA oxidase by low oxygen in iceberg lettuce. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 114, 638-642.
- Lipton, W. J. (1990). Postharvest biology of fresh asparagus. *Hort. Rev.*, 12, 69-155.
- Lipton, W. J. (1960). Effect of atmosphere composition on quality. In: *California asparagus: effect of transit environments on market quality*. USDA Mktg Res. Rept., 428, 17-25.
- Lipton, W. J. (1965). Post-harvest responses of asparagus spears to high carbon dioxide and low oxygen atmospheres. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 86, 347-356.
- Lipton, W. J. & Barger, W. R. (1965). *Market quality of head lettuce in relation to delays between harvest and precooling and temperature after cooling*. USDA – ARS, 51-5.
- Lipton, W. J. & Harris, C. M. (1976). Response of stored cauliflower (*Brassica oleracea* L., Botrytis group) to low-O₂ atmospheres. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 101, 208-211.
- Lipton, W. J., Harris, C. M. & Couey, H. M. (1967). Culinary quality of cauliflower stored in CO₂-enriched atmospheres. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 91, 852-859.
- Lougheed, E. C. & Dewey, D. H. (1966). Factors affecting the tenderizing effect of modified atmospheres on asparagus spears during storage. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 89, 336-345.

- Ludford, P. M. (2003). Hormonal changes during postharvest. In: Bartz, J. A. & Brecht, J. K. (eds.), *Postharvest physiology and pathology of vegetables*, 2nd ed. New York, U.S.A.: Marcel Dekker Inc., pp. 31-77.
- Luo, Y., Suslow, T., Cantwell, M. & Wallace, H. A. (2012). Asparagus. In: Gross K. C., Wang C. Y. & Saltveit M. (eds.) *The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks*. USDA Agric. Handbook No 66.
- Lutz, J. M. & Hardenburg, R. E. (1968). *The commercial storage of fruits, vegetables and florist and nursery stocks*. USDA Agric. Handbook No 66, 94 pp.
- Miccolis, V. & Saltveit, M. E. (1988). Influence of temperature and controlled atmosphere on storage of 'Green Globe' artichoke buds. *HortSci.*, 23, 736-741.
- Paull, R. E. & Chen, N. J. (1999). Heat treatment prevents postharvest geotropic curvature of asparagus spears (*Asparagus officinalis* C.). *Postharv. Biol. Technol.*, 16, 37-41.
- Pendergrass, A., Isenberg, F. M. R., Howell, L. L. & Carroll, J. E. (1976). Ethylene-induced changes in appearance and hormone content of Florida-grown cabbage. *Can. J. Plant Sci.*, 56, 319-324.
- Ryall, A. L. & Lipton, W. J. (1979). *Handling, transportation and storage of fruits and vegetables. Volume I, 2nd edition*. Westport, U.S.A.: Avi Publishing Company Inc., 587 pp.
- Ryder, E. L., DeVos N. E. & Bari, M. A. (1983). The globe artichoke (*Cynara scolymus* L.). *HortSci.*, 18, 646-653.
- Sastry, S. K., Baird, C. & Buffington, D. E. (1978). Transpiration rates of certain fruits and vegetables. *ASHRAE Trans.*, 84, 237-255.
- Saltveit, M. E. (2012). Lettuce. In: Gross K. C., Wang C. Y. & Saltveit M. (eds.), *The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks*. USDA Agric. Handbook No 66.
- Saltveit, M. E. (1993). A summary of CA and MA requirements and recommendations for the storage of harvested vegetables, *Proc. 6th Intl. Controlled Atm. Res. Conf., NRAES-71, Vol. 2*, Cornell University, Ithaca, NY, pp. 800-818.
- Singhal, R. S. & Kulkarni, P. R. (1998). Leafy vegetables. In: Salunkhe, D. K. & Kadam S. S. (eds.), *Handbook of vegetable science and technology*. New York, U.S.A.: Marcel Dekker Inc., pp. 533-588.
- Siomos, A. S., Sfakiotakis, E. M., Dogras, C. C. & Vlachonasios, C. (1995). Quality changes during handling and transportation of white asparagus shipped by refrigerated trucks from Greece to Germany. *Acta Hort.*, 379, 513-520.
- Siomos, A. S., Sfakiotakis, E. M. & Dogras, C. C. (2000). Modified atmosphere packaging of white asparagus spears: composition, color and textural quality responses to temperature and light. *Sci. Hort.*, 84, 1-13.
- Siomos, A. S., Gerasopoulos, D., & Tsouvaltzis, P. (2005). Prestorage hot water treatments inhibit postharvest anthocyanin synthesis and retain overall quality of white asparagus spears. *Postharv. Biol. Technol.*, 38, 160-168.
- Tataru, D. P. & Weichmann, J. (1974). Storage of butter-type head lettuce in controlled atmospheres. *Acta Hort.*, 38, 75-79.
- Thomas, T. H. (1977). Hormonal aspects of senescence in green vegetable crops. *Ann. Appl. Biol.*, 85, 421-424.
- Toivonen, P. M. A. & Forney, C. (2012). Broccoli. In: Gross K. C., Wang C. Y. & Saltveit M. (eds.) *The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks*. USDA Agric. Handbook No 66.

- Tian, M. S., Davies, L., Downs, C. G., Liu, X. F. & Lill, R. E. (1995). Effects of floret maturity, cytokinin and ethylene on broccoli yellowing after harvest. *Postharv. Biol. Technol.*, 6, 29–40.
- Tsouvaltzis, P., Gerasopoulos, D. & Siomos, A. S. (2006). Effect of storage temperature and size of stalks on quality of minimally processed leeks. *J. Sci. Food Agric.*, 86, 372-379.
- Tsouvaltzis, P., Siomos, A. S. & Gerasopoulos, D. (2013). Effect of heat treatment on internal atmosphere and leaf extension of minimally processed leek stalks. *Int. J. Food Sci. Tech.*, 48, 2105-2110.
- van den Berg, L. & Lentz, C. P. (1977). Effect of relative humidity on storage life of vegetables. *Acta Hort.*, 62, 197-208.
- Wang, C. Y. (2003). Leafy, floral and succulent vegetables. In: Bartz, J.A. & Brecht, J.K. (eds.) *Postharvest Physiology and Pathology of Vegetables*, 2nd ed. New York, U.S.A.: Marcel Dekker Inc., pp. 31-77.
- Wang, C. Y. (2012). Artichoke. In: Gross K. C., Wang C. Y. & Saltveit M. (eds.) *The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks*. USDA Agric. Handbook No 66.
- Wang, C. Y. & Hruschka, H. W. (1977). *Quality maintenance in polyethylene-packaged broccoli*. USDA Mktg. Res. Rept., 1085.

Κεφάλαιο 8. Αποθήκευση των υπόγειων οργάνων

Σύνοψη

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται η φυσιολογία των υπόγειων φυτικών οργάνων που καταναλώνονται ως λαχανικά, από τη στιγμή της συγκομιδής, κατά την αποθήκευσή τους και το πέρας της μετασυλλεκτικής τους ζωής που στην ουσία σηματοδοτείται από τη λήξη του λήθαργου και την αναβλάστησή τους. Αναφέρονται οι κυριότεροι μετασυλλεκτικοί χειρισμοί και η επίδρασή τους στη διάρκεια του λήθαργου, στις μεταβολές των ποιοτικών χαρακτηριστικών και στην εμφάνιση μετασυλλεκτικών φυσιολογικών διαταραχών οι οποίες υποβαθμίζουν την ποιότητα των ειδών αυτών ή τα καθιστούν με εμπορεύσιμα.

Προαπαιτούμενη γνώση

Βασικές αρχές ανατομίας και φυσιολογίας των υπόγειων αποθησαυριστικών οργάνων των φυτών (βολβοί, κόνδυλοι, ριζώματα, γογγυλόμενες κ.ά.). Αρχές μετασυλλεκτικής φυσιολογίας και μετασυλλεκτικών χειρισμών (Κεφάλαια 3 και 4 παρόντος συγγράμματος). Γνώσεις λαχανοκομίας σχετικά με τους προσυλλεκτικούς παράγοντες (π.χ. είδος, ποικιλία, εδαφοκλιματικές συνθήκες καλλιέργειας και καλλιεργητικές τεχνικές) που επηρεάζουν την ποιότητα και τη μετασυλλεκτική συμπεριφορά των υπόγειων οργάνων που καταναλώνονται ως νωπά κηπευτικά.

8.1. Βολβοί

Το κρεμμύδι (*Allium cepa* var. *cepa* L.) και το σκόρδο (*Allium sativum* var. *sativum* L.) αποτελούν τα κύρια είδη σε αυτή την κατηγορία κηπευτικών. Ο βιολογικός τους κύκλος ολοκληρώνεται σε δύο έτη (διετή φυτά). Στη διάρκεια του πρώτου έτους σχηματίζεται ο βολβός ο οποίος, μετά από μία περίοδο λήθαργου, δίνει νέα βλάστηση και ανθοφορία στο δεύτερο έτος. Η διάρκεια της αποθήκευσης του βολβού σχετίζεται με τη διάρκεια του λήθαργου, γιατί με την αναβλάστηση, μετά τη διακοπή του, υποβαθμίζεται σημαντικά η ποιότητα των βολβών.

Μετά τη συγκομιδή και κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης των βολβών του κρεμμυδιού συμβαίνουν αλλαγές σε ποιοτικά χαρακτηριστικά τους, οι οποίες είναι αποτέλεσμα του καταβολισμού θρεπτικών υποστρωμάτων, κυρίως υδατανθράκων, αλλά, πιθανόν, και οργανικών οξέων (Benkeblia, 2004). Η ποιότητα των βολβών του κρεμμυδιού σχετίζεται σε μεγάλο βαθμό με τη συγκέντρωση σακχάρων (π.χ. γλυκόζη, φρουκτόζη, σακχαρόζη) καθώς και με τη συγκέντρωση άλλων χημικών ουσιών, όπως για παράδειγμα τα οργανικά οξέα (μηλικό οξύ, κιτρικό οξύ κ.ά.), ουσίες που επηρεάζουν τη δριμύτητα της γεύσης κ.ά.

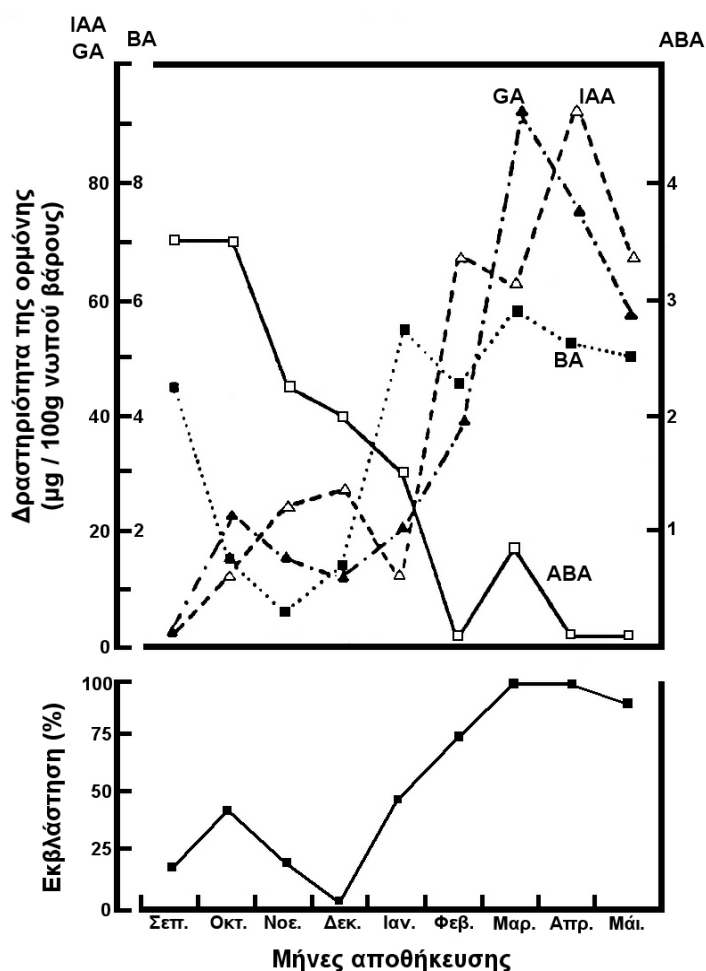
Τα υδατοδιαλυτά σάκχαρα αποτελούν το 60-80% των υδατανθράκων που περιέχονται στους βολβούς. Σε αυτά συμπεριλαμβάνονται αναγωγικά σάκχαρα (γλυκόζη, φρουκτόζη, σακχαρόζη) καθώς και άλλοι ολιγοσακχαρίτες (fructans). Οι μεταβολές που συμβαίνουν στη συγκέντρωση των υδατανθράκων διαφέρουν μεταξύ των ποικιλιών. Ωστόσο, πιο γενικευμένα, η μέγιστη συγκέντρωση των αναγωγικών σακχάρων (δηλ. αθροιστικά οι συγκεντρώσεις σακχαρόζης, γλυκόζης και φρουκτόζης) παρατηρείται μεταξύ της 5^{ης} και της 8^{ης} εβδομάδας μετά τη συγκομιδή (Salama et al, 1990, Benkeblia et al., 2002). Κατά την αποθήκευση των βολβών, η συνολική συγκέντρωση των αναγωγικών σακχάρων μειώνεται, αλλά με διακοπή του λήθαργου και την αναβλάστηση αυξάνεται (Rutherford & Whittle, 1982). Ωστόσο, η πορεία συσσώρευσης καθενός από τα υδατοδιαλυτά σάκχαρα δεν είναι ίδια κατά την αποθήκευση. Για παράδειγμα, η συγκέντρωση της φρουκτόζης στους βολβούς αυξάνεται καθ' όλη τη διάρκεια της αποθήκευσής του, κάτι το σχετίζεται με το μεταβολισμό των ολιγοσακχαριτών (fructans), η συνολική συγκέντρωση των οποίων εμφανίζει πτωτική τάση (Benkeblia et al, 2000).

Κατά την αποθήκευση των βολβών του κρεμμυδιού παρατηρούνται και άλλες αλλαγές, όπως για παράδειγμα στη συγκέντρωση μηλικού οξέος η οποία αυξάνεται.

Ο λήθαργος του βολβού, όπως και η αναβλάστηση και η ανάπτυξη του ανθικού στελέχους, ελέγχονται από τις αλληλεπιδράσεις των ρυθμιστών ανάπτυξης των φυτών. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 7.1, στο στάδιο της συγκομιδής οι βολβοί του κρεμμυδιού περιέχουν υψηλές συγκεντρώσεις γιββερελλινών (GAs) και αμπισισικού οξέος (ABA). Κατά τη διάρκεια του λήθαργου, οι συγκεντρώσεις αυτών των δύο φυτορρυθμιστικών ουσιών μειώνονται. Όμως, ενώ στη συνέχεια (με

τη διακοπή του λήθαργου) η συγκέντρωση του αμψισικού οξέος (παρεμποδιστής της ανάπτυξης) παραμένει σε χαμηλό επίπεδο, οι συγκεντρώσεις των γιββερελλινών, των κυτοκινινών (π.χ. 6-βενζυλαμινοπουρίνη ή βενζυλαδενίνη - BA) και του ινδολυλοξικού οξέος (IAA) αυξάνονται πολύ, και παράλληλα γίνεται επιμήκυνση του ανθικού στελέχους. Πιστεύεται ότι οι κυτοκινίνες προάγουν τη διακοπή του λήθαργου και την αναβλάστηση του βολβού, ενώ οι γιββερελλίνες φαίνεται να παίζουν ρόλο στη μετέπειτα πορεία της αναβλάστησης.

Κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης των φυτών και των βολβών (πριν τη συγκομιδή τους) οι παρεμποδιστές της ανάπτυξης (κυρίως αμψισικό οξύ και allyl sulphide) παράγονται στα φύλλα των φυτών και μεταφέρονται στους βολβούς κατά την ωρίμανσή τους. Με την πρόωρη αφαίρεση ή την ξήρανση των φύλλων διακόπτεται η ροή των παρεμποδιστών ανάπτυξης στο βολβό, με αποτέλεσμα τη μείωση της διάρκειας του λήθαργου και, κατά συνέπεια, τη μείωση της διάρκειας αποθήκευσης του βολβού (Thomas and Isenberg, 1972).



Σχήμα 8.1 Αλλαγές στη συγκέντρωση των ρυθμιστών ανάπτυξης σε βολβούς κρεμμυδιού κατά τη διάρκεια του λήθαργου και της αναβλάστησης (Από: Isenberg et al., 1974).

Μετά τη συγκομιδή των βολβών του κρεμμυδιού, η παραμονή τους σε θερμοκρασίες 10-15 °C, επιταχύνει τις διεργασίες που οδηγούν σε διακοπή του λήθαργου και σε αναβλάστηση. Αντίθετα, η διάρκεια του λήθαργου αυξάνεται σε χαμηλές (0-5 °C) ή υψηλές (μεγαλύτερες από 25 °C) θερμοκρασίες, ανάλογα με την ποικιλία. Έτσι, πιο κατάλληλες θερμοκρασίες για την παρεμπόδιση της αναβλάστησης είναι γύρω στους 0 °C ή 32-35 °C. Σε κάθε περίπτωση, όμως, η σχετική υγρασία της ατμόσφαιρας πρέπει να διατηρείται σε επίπεδα που δεν ενθαρρύνουν την ανάπτυξη ριζών (65-75%).

Όπως αναμένεται, σε υψηλές θερμοκρασίες η απώλεια νερού από τους βολβούς είναι υψηλή και ανέρχεται περίπου στο 20% του αρχικού βάρους τους μετά από 6 μήνες αποθήκευση. Η μεγαλύτερη απώλεια νερού συμβαίνει στα εξωτερικά φύλλα του βολβού. Κατά συνέπεια, βολβοί των οποίων τα εξωτερικά ξηρά φύλλα (χιτώνες) είναι ραγισμένα ή λείπουν, χάνουν πιο γρήγορα υγρασία. Σύμφωνα με τον Apeland (1971), η απώλεια βάρους βολβών κρεμμυδιού που δεν είχαν καθόλου ή είχαν ραγισμένα εξωτερικά ξηρά φύλλα (χιτώνες), ήταν υψηλότερη κατά 2,2 και 1,7 φορές, αντίστοιχα, σε σχέση με την απώλεια βάρους των βολβών που είχαν ολόκληρα-άθικτα εξωτερικά ξηρά φύλλα (χιτώνες), κατά την αποθήκευσή τους για 2 εβδομάδες στους 5 °C και 75% Σ.Υ.

Η αποθήκευση των βολβών σε υψηλές θερμοκρασίες αποτελεί χρήσιμη μετασυλλεκτική τεχνική σε τροπικές και υποτροπικές περιοχές ή στην περίπτωση που τα κρεμμύδια στη συνέχεια αποξηραίνονται. Όμως, στις περισσότερες περιοχές της εύκρατης ζώνης, η αποθήκευση γίνεται σε χαμηλή θερμοκρασία (0 °C) και 70-75% Σ.Υ. Η αποθήκευση σε χαμηλές θερμοκρασίες προτιμάται γιατί σε θερμοκρασία 0 °C οι βολβοί του κρεμμυδιού μπορούν να διατηρηθούν ακόμα και για περισσότερο από 6 μήνες. Σε αντίθεση, η αποθήκευση των βολβών του κρεμμυδιού σε θερμοκρασία 30 °C, αν και ευνοεί την αύξηση της διάρκειας του λήθαργου, οδηγεί σε αυξημένη απώλεια βάρους, μαλάκωμα και εμφάνιση σήψεων, με αποτέλεσμα η αποθήκευσή τους σε αυτή τη θερμοκρασία να είναι δυνατή μόνο για 1 μήνα.

Επιπρόσθετα, η κυκλοφορία του αέρα στην αποθήκη πρέπει να είναι επαρκής, ώστε να διατηρείται ομοιόμορφη θερμοκρασία σε όλη την αποθήκη και να απομακρύνεται η επιπλέον υγρασία. Ο προτεινόμενος ρυθμός ανανέωσης του αέρα στην αποθήκη, για κάθε m³ σωρού κρεμμυδιών, είναι 0,12 m³ min⁻¹. Προσοχή απαιτείται όταν τα κρεμμύδια αποθηκεύονται σε σάκους, οι οποίοι πρέπει να είναι δικτυωτοί για να διευκολύνεται η κυκλοφορία του αέρα στο εσωτερικό τους. Η ταχύτητα του αέρα πρέπει να είναι τέτοια ώστε να επιτυγχάνονται:

- η απομάκρυνση της θερμότητας που εκλύεται κατά την αναπνοή των βολβών και, κατά συνέπεια, να εμποδίζεται η τοπική αύξηση της θερμοκρασίας, και
- η διατήρηση του O₂ σε επαρκή επίπεδα για την αποτροπή συνθηκών αναερόβιας αναπνοής.

Ωστόσο, οι πολύ υψηλές ταχύτητες κίνησης του αέρα στην αποθήκη θα πρέπει να αποφεύγονται, γιατί οδηγούν σε ταχεία απομάκρυνση του νερού από τους βολβούς και, κατά συνέπεια, σε μεγάλη απώλεια βάρους τους κατά την αποθήκευση.

Εκτός από την απώλεια των βολβών σε νερό κατά την αποθήκευση, η θερμοκρασία επηρεάζει σημαντικά και το ρυθμό αναπνοής των βολβών του κρεμμυδιού. Ο ρυθμός της αναπνοής των βολβών αυξάνεται σταδιακά κατά την αποθήκευση και αυτό σχετίζεται με την επερχόμενη διακοπή του λήθαργου. Ο μετασυλλεκτικός χειρισμός των βολβών με μαλίκη υδραζίδη (εμβάπτιση σε διάλυμα μαλκικής υδραζίδης, συγκέντρωσης 2200 mg L⁻¹) καθυστερεί την αναβλάστησή τους κατά την αποθήκευση σε θερμοκρασίες 10 °C ή 20 °C, και έχει σχετιστεί με την μικρότερη αύξηση της αναπνευστικής τους δραστηριότητας (Benkeblia et al., 2002).

Η θερμοκρασία αποθήκευσης των βολβών του κρεμμυδιού επηρεάζει σημαντικά και τη συγκέντρωση των υδατανθράκων. Για παράδειγμα, η συγκέντρωση τρισακχαριτών (1-kestose, neokestose) δεν μεταβάλλεται σημαντικά μετά από αποθήκευση των βολβών της ποικιλίας Rouge Amposta για 6 μήνες στους 4 °C, ενώ η συγκέντρωση της neokestose και της 1-kestose αυξάνεται μετά από αποθήκευση στους 10 °C και στους 20 °C, αντίστοιχα. Παρόμοια, μετά από 6 μήνες αποθήκευσης των βολβών, η συγκέντρωση τετρασακχαριτών (π.χ. nystose) είναι μικρότερη στους 4 °C από ότι στους 20 °C.

Η θερμοκρασία αποθήκευσης επηρεάζει και τη συγκέντρωση των οργανικών οξέων. Για παράδειγμα, η συγκέντρωση του μηλικού οξέος, η οποία αυξάνεται κατά την αποθήκευση, είναι μεγαλύτερη μετά από αποθήκευση των βολβών στους 0 °C ή 15 °C από ότι στους 30 °C. Σε αντίθεση, η συγκέντρωση του κιτρικού οξέος αυξάνεται μετά από αποθήκευση των βολβών για 20 εβδομάδες στους 30 °C και είναι μεγαλύτερη από ότι σε βολβούς που αποθηκεύονται στους 0 °C ή 15 °C, θερμοκρασίες στις οποίες η συγκέντρωση του κιτρικού οξέος δεν μεταβάλλεται σημαντικά (Salama et al., 1990).

Η αποθήκευση των κρεμμυδιών είναι επηρεάζεται από το γονότυπο (ποικιλία), προσυλλεκτικούς και μετασυλλεκτικούς παράγοντες.

8.1.1 Ποικιλία

Οι ποικιλίες κρεμμυδιού διαφέρουν πολύ όσον αφορά την καταλληλότητά τους για αποθήκευση. Οι γενετικοί παράγοντες που επηρεάζουν την αποθηκευσιμότητα περιλαμβάνουν την περιεκτικότητα του βολβού σε ξηρά ουσία, τη δριμύτητα της γεύσης, τον αριθμό και το χρώμα των εξωτερικών ξηρών φύλλων (χιτώνων) και τη διάρκεια του λήθαργου.

Οι βολβοί που έχουν χαμηλή περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία (μικρότερη από 10%), όπως αυτοί που παράγονται από υβρίδια μικρής ημέρας, δεν έχουν μεγάλη μετασυλλεκτική ζωή. Για παράδειγμα, το υβρίδιο Granex είναι κρεμμύδι μικρής ημέρας, με βολβό χαμηλής περιεκτικότητας σε ξηρά ουσία και καλλιεργείται, ιδιαίτερα, στις ΗΠΑ, γιατί δίνει μεγάλη παραγωγή και έχει οργανοληπτικά χαρακτηριστικά (υψηλή περιεκτικότητα σε σάκχαρα και χαμηλό βαθμό δριμύτητας γεύσης) που το καθιστούν αποδεκτό από τους καταναλωτές. Η διάρκεια αποθήκευσης αυτού του υβριδίου είναι μικρή, και μετά από 3-4 μήνες σε θερμοκρασία δωματίου λιγότερο από το 50% των βολβών είναι εμπορεύσιμοι, κυρίως λόγω προσβολής από το μύκητα *Aspergillus niger* (Smittle, 1988). Ωστόσο, υπάρχουν διαφορές στην αποθηκευσιμότητα (ως και 100 ημέρες) μεταξύ των διαφόρων υβριδίων μικρής ημέρας, καθώς επίσης και διαφορετική ευαισθησία των υβριδίων αυτών στην απώλεια νερού, στην αναβλάστηση και στην εμφάνιση σήψεων κατά την αποθήκευσή τους (Rajapakse et al., 1991), όπως φαίνεται στον Πίνακα 7.1.

Υβρίδιο	28 ημέρες						100 ημέρες					
	Σήψεις		Αναβλάστηση		Απώλεια νερού		Σήψεις		Αναβλάστηση		Απώλεια νερού	
Burgundy	0	(0)*	0	(0)	6,5	(100)	5,0	(15)	1,3	(4)	27,7	(81)
EEWSS	5,0	(55)	0	(0)	4,0	(45)	30,0	(52)	3,0	(5)	25,2	(43)
TG 502	3,0	(33)	0	(0)	6,0	(67)	22,0	(42)	7,2	(14)	22,7	(44)
TG 1015Y	5,0	(45)	0	(0)	6,1	(55)	32,0	(53)	10,0	(17)	18,1	(30)
TG 1020Y	6,2	(49)	0	(0)	6,5	(51)	25,5	(49)	1,0	(2)	24,9	(49)
TG 1025Y	7,2	(63)	0	(0)	4,2	(37)	15,0	(50)	0	(0)	15,0	(50)
TG 1030Y	1,0	(17)	0	(0)	5,0	(83)	17,5	(44)	0	(0)	22,1	(56)
TG 1105Y	12,1	(61)	0	(0)	7,8	(39)	41,0	(64)	0	(0)	23,1	(36)
91438	3,0	(43)	0	(0)	4,0	(57)	13,6	(42)	0	(0)	19,0	(58)
91554	7,8	(55)	0	(0)	6,5	(45)	23,5	(48)	1,4	(3)	24,1	(49)
Ε.Σ.Δ. ($P \leq 0,05$)	4,9		0		1,9		15,0		5,2		4,1	

*Το ποσοστό της συνεισφοράς κάθε παράγοντα στη συνολική απώλεια βάρους παρουσιάζεται μέσα σε παρένθεση.

Πίνακας 8.1 Σχετική συνεισφορά της απώλειας νερού, της αναβλάστησης και της εμφάνισης σήψεων στη συνολική απώλεια βάρους των βολβών 10 υβριδίων κρεμμυδιού μικρής ημέρας, κατά την αποθήκευσή τους για 28 και 100 ημέρες (Από: Rajapakse et al., 1991).

Οι διαφορές μεταξύ των ποικιλιών σε ότι αφορά τη μετασυλλεκτική τους ζωή σχετίζεται σημαντικά με τη διάρκεια του λήθαργου των βολβών. Οι Abdalla & Mann (1963) μελέτησαν την αποθηκευσιμότητα των ποικιλιών Excel (μικρή διάρκεια ληθαργικής περιόδου) και Australian Brown (μεγάλη διάρκεια ληθαργικής περιόδου) και παρατήρησαν ότι η αναβλάστηση των βολβών της ποικιλίας Excel ξεκίνησε μετά από 2 εβδομάδες αποθήκευσης στους 15 °C, ενώ στους 0 °C ή 30 °C οι βολβοί δεν αναβλάστησαν για τουλάχιστον 10 εβδομάδες. Η επίδραση της θερμοκρασίας ήταν παρόμοια στην ποικιλία Australian Brown, αλλά ο χρόνος που χρειάστηκε για αναβλάστηση στους 0 °C ή 30 °C ήταν μεγαλύτερος (περισσότερες από 16 εβδομάδες).

Οι εγχρωμες ποικιλίες κρεμμυδιού (π.χ. με έντονο κόκκινο χρώμα) διατηρούνται καλύτερα σε σχέση με τις λευκές ποικιλίες, εξαιτίας της υψηλότερης περιεκτικότητάς τους σε φαινολικές ενώσεις, οι οποίες έχουν αντιμικροβιακές ιδιότητες. Επιπρόσθετα, οι κόκκινες ποικιλίες συνήθως έχουν μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία και αυξημένη δριμύτητα σε σύγκριση με τις λευκές ποικιλίες.

8.1.2 Παράγοντες πριν τη συγκομιδή

Η άρδευση και λίπανση των φυτών πριν τη συγκομιδή, καθώς και η χρήση παρεμποδιστών της αναβλάστησης (π.χ. μαλεϊκή υδραζίδη) επιδρούν στην διάρκεια του λήθαργου και στην αποθηκευσιμότητα των βολβών. Για παράδειγμα, υψηλές συγκεντρώσεις αζώτου και άρδευση προς το τέλος της καλλιεργητικής περιόδου προκαλούν πάχυνση του λαιμού του βολβού, η οποία ενθαρρύνει την ανάπτυξη ασθενειών μετασυλλεκτικά, περιορίζοντας τη διάρκεια αποθήκευσης.

Η μαλεϊκή υδραζίδη παρεμποδίζει την αναβλάστηση του κρεμμυδιού, όμως η χρήση της απαγορεύεται σε μερικές χώρες λόγω της πιθανής δράσης της ως μεταλλαξιογόνο. Η εφαρμογή της μαλεϊκής υδραζίδης χρειάζεται προσοχή. Όταν εφαρμόζεται πρόωρα δρα αρνητικά στην υφή του βολβού, ενώ καθυστερημένη εφαρμογή δεν έχει επίδραση στην αναβλάστηση. Έτσι, ο ψεκασμός του φυλλώματος των φυτών με μαλεϊκή υδραζίδη, περίπου, 2 εβδομάδες πριν τη συγκομιδή των βολβών, όταν οι βολβοί είναι πλήρως ώριμοι και υπάρχουν ακόμη πράσινα φύλλα, καθυστερεί την εκβλάστηση των βολβών στην αποθήκη και αυξάνει τη διάρκεια της αποθήκευσης.

Σύμφωνα με τους Mathur et al. (1958), ο ψεκασμός φυτών κρεμμυδιού της ποικιλίας Mysora Pinto με διάλυμα μαλεϊκής υδραζίδης (σε συγκέντρωση 600 mg L^{-1}) 18 ημέρες πριν τη συγκομιδή, παρεμπόδιζε εντελώς την αναβλάστηση των βολβών κατά την αποθήκευσή του για 130 ημέρες στους $15-30,5^\circ\text{C}$ και σε $45-78\%$ Σ.Υ., ενώ ο μάρτυρας (βολβοί από φυτά που δεν ψεκάστηκαν με διάλυμα μαλεϊκής υδραζίδης) βλάστησε σε ποσοστό 21%. Μετά από 240 ημέρες αποθήκευσης σε χαμηλές θερμοκρασίες ($0-1,5^\circ\text{C}$) και $80-90\%$ Σ.Υ., η ανάπτυξη βλαστών και ριζών ήταν ελάχιστη σε βολβούς που παρήχθησαν από φυτά που είχαν δεχθεί ψεκασμό με διάλυμα μαλεϊκής υδραζίδης, ενώ στο μάρτυρα το ποσοστό των βολβών που αναβλάστησαν ήταν 87% και το ποσοστό των βολβών στους οποίους αναπτύχθηκαν ρίζες ήταν 74% . Συνήθως, η μεταχείριση με μαλεϊκή υδραζίδη είναι πιο αποτελεσματική σε χαμηλές παρά σε υψηλές θερμοκρασίες, αλλά πριν εφαρμοστεί η τεχνική αυτή ο παραγωγός/συσκευαστής πρέπει να ελέγξει αν η χρήση της επιτρέπεται στην αγορά για την οποία προορίζονται τα κρεμμύδια. Στην Ελλάδα, η χρήση της μαλεϊκής υδραζίδης επιτρέπεται σε πλήρως ώριμους βολβούς κρεμμυδιού μέχρι 15 ημέρες πριν τη συγκομιδή.

8.1.3 Μετασυλλεκτικοί παράγοντες

Κακή μεταχείριση των βολβών μετά τη συγκομιδή μπορεί να τραυματίσει τα εξωτερικά ξηρά φύλλα (χιτώνες) ή να προκαλέσει μώλωπες στο εσωτερικό τους και να οδηγήσει σε απώλειες κατά την αποθήκευση. Ποικιλίες με 2-3 ξηρά εξωτερικά φύλλα (χιτώνες) έχουν περισσότερη αντοχή σε μηχανικούς τραυματισμούς και σε προσβολές από παθογόνα σε σχέση με ποικιλίες που έχουν μόνο ένα ξηρό φύλλο (χιτώννα). Η μεθωρίμανση των βολβών (curing) πριν την αποθήκευση συντελεί σε μεγάλο βαθμό στην επιμήκυνση της μετασυλλεκτικής τους ζωής. Η επιτυχία της αποθήκευσης εξαρτάται και από τη θερμοκρασία, τη Σ.Υ. και τη σύνθεση της ατμόσφαιρας μέσα στην αποθήκη.

Για την επιμήκυνση της μετασυλλεκτικής ζωής βολβών που έχουν χαμηλή περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία ή βολβών που προέρχονται από υβρίδια μικρής ημέρας, προτείνεται η αποθήκευση σε ελεγχόμενες ατμόσφαιρες σε συνδυασμό με χαμηλές θερμοκρασίες στην αποθήκη. Σύμφωνα με τον Smittle (1988), που μελέτησε την αποθήκευση βολβών κρεμμυδιού του υβριδίου Granex (μικρής ημέρας) σε συνθήκες ελεγχόμενης ατμόσφαιρας, το ποσοστό των εμπορεύσιμων βολβών μειώθηκε κατά $12-25\%$ ανά μήνα σε θερμοκρασία δωματίου ($27\pm 2^\circ\text{C}$) και $70-85\%$ Σ.Υ., ενώ οι βολβοί που αποθηκεύτηκαν σε ελεγχόμενη ατμόσφαιρα ($5\% \text{ CO}_2$ - $3\% \text{ O}_2$) και σε θερμοκρασία 1°C διατηρήθηκαν σε καλή κατάσταση για περισσότερους από 7 μήνες. Ωστόσο, στους 5°C με την ίδια σύνθεση ατμόσφαιρας ($5\% \text{ CO}_2$ - $3\% \text{ O}_2$) ή με αυξημένη συγκέντρωση CO_2 ($10\% \text{ CO}_2$ - $3\% \text{ O}_2$) παρατηρήθηκε εσωτερική αποσύνθεση των βολβών στο τέλος της αποθήκευσης.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η υγρασία στην αποθήκη πρέπει να ελέγχεται αυστηρά. Αφενός, η χαμηλή υγρασία εμποδίζει την ανάπτυξη ριζών και τις σήψεις λόγω μικροοργανισμών, αφετέρου, η υψηλή υγρασία εμποδίζει το ράγισμα των εξωτερικών φύλλων και περιορίζει την απώλεια του βάρους. Συνεπώς, απαιτείται μια μέση λύση και για αυτόν το λόγο, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, συστήνεται η αποθήκευση σε $65-75\%$ Σ.Υ.

Οι βολβοί του κρεμμυδιού, μετά τη συγκομιδή τους και πριν την αποθήκευση, θα πρέπει να υποστούν μεθωρίμανση (curing). Για αυτόν τον λόγο εκτίθενται σε συνθήκες που επιτρέπουν τη μερική αφυδάτωση του βολβού (κατά, περίπου, 5% του αρχικού τους βάρους), η οποία προωθεί την ανάπτυξη των προστατευτικών εξωτερικών ξηρών φύλλων (χιτώνων) και το κλείσιμο του λαιμού. Το

κλείσιμο του λαιμού συμβάλλει στην προστασία του βολβού από περαιτέρω απώλεια νερού και από την είσοδο παθογόνων τα οποία προκαλούν σήψεις στο βολβό. Η ανάπτυξη των εξωτερικών ξηρών φύλλων (χιτώνων) προστατεύει τον βολβό από μηχανικούς τραυματισμούς και παρεμποδίζει την απώλεια νερού και την είσοδο παθογόνων. Η μεθωρίμανση επίσης προωθεί την ανάπτυξη του χρώματος και τη σύνθεση φαινολικών και άλλων ουσιών που έχουν αντιμικροβιακές ιδιότητες και συμβάλλουν στην προστασία των βολβών από μετασυλλεκτικές ασθένειες. Έτσι, συνήθως, οι βολβοί που έχουν υποστεί μεθωρίμανση είναι πιο σκούροι σε χρώμα και πιο ανθεκτικοί σε μηχανικούς και άλλους τραυματισμούς από αυτούς που δεν έχουν υποστεί τη μεταχείριση αυτή. Στον Πίνακα 7.2 παρουσιάζεται η επίδραση της μεθωρίμανσης των βολβών κρεμμυδιού, είτε στον αγρό είτε τεχνητά, στην απώλεια βάρους και στο ποσοστό εμφάνισης σήψεων κατά την αποθήκευση.

Στην Αγγλία, εφαρμόζεται μια διαδικασία τεχνητής μεθωρίμανσης πριν από την αποθήκευση, η οποία πραγματοποιείται σε τρία στάδια:

- Τα κρεμμύδια συγκομίζονται μαζί με τα φύλλα (7,5 cm σε μήκος περίπου) και μεταφέρονται την ίδια ημέρα μέσα στην αποθήκη. Για 2-3 ημέρες οι βολβοί ξηραίνονται σε ρεύμα αέρα υψηλής ταχύτητας (τουλάχιστον $425 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1} \text{ t}^{-1}$) και θερμοκρασίας 30°C .
- Στη συνέχεια, η αφυδάτωση συνεχίζεται με χαμηλότερη ροή αέρα ($170 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1} \text{ t}^{-1}$) και με θερμοκρασία 27°C και Σ.Υ. 65-75%, ώστε οι λαιμοί των βολβών να κλείσουν καλά και τα εξωτερικά φύλλα να αποκτήσουν το χαρακτηριστικό χρώμα της ποικιλίας.
- Στο τελευταίο στάδιο, η θερμοκρασία μειώνεται σταδιακά κατά $0,5^\circ \text{C}$ ανά ημέρα, μέχρις ότου φτάσει στη θερμοκρασία αποθήκευσης ($3-5^\circ \text{C}$). Από το σημείο αυτό και μετά, οι βολβοί διατηρούνται στην αποθήκη σε σταθερή θερμοκρασία ($3-5^\circ \text{C}$) και σε Σ.Υ. 60-65%.

Μέθοδος μεθωρίμανσης	Αποθήκευση για:					
	31 ημέρες		63 ημέρες		87 ημέρες	
	Απώλεια βάρους (%)	Ποσοστό σήψεων (%)	Απώλεια βάρους (%)	Ποσοστό σήψεων (%)	Απώλεια βάρους (%)	Ποσοστό σήψεων (%)
Όχι μεθωρίμανση	11,8	76,7	~*	-	-	-
Τεχνητή μεθωρίμανση (16 ώρες - 46°C)	6,3	12,3	10,8	16,3	13,2	24,8
Μεθωρίμανση στον αγρό	6,1	20,0	11,2	23,3	14,5	36,5
Ε.Σ.Δ. ($P \leq 0,05$)	3,3	14,9	ns	ns	ns	ns

* Όλοι οι βολβοί σάπισαν μετά από ένα μήνα αποθήκευσης
n.s.: μη στατιστικά σημαντικές διαφορές

Πίνακας 8.2 Επίδραση της μεθωρίμανσης στην απώλεια βάρους και στο ποσοστό των βολβών που εμφάνισαν σήψη κατά την αποθήκευσή τους (Από: Hoyle, 1948).

Αντίθετα, σε θερμές περιοχές, όπως στην Ελλάδα, η μεθωρίμανση μπορεί να πραγματοποιηθεί στον αγρό. Σε αυτή την περίπτωση, οι βολβοί παραμένουν στον αγρό σε γραμμές («windrows»), με τα φύλλα να καλύπτουν τους βολβούς, ώστε να προστατεύονται από την άμεση έκθεσή τους στην ηλιακή ακτινοβολία. Οι πολύ υψηλές θερμοκρασίες από την άμεση έκθεση των βολβών στον ήλιο μπορεί να προκαλέσουν νέκρωση των επιφανειακών ιστών (ηλιοεγκαύματα), με αποτέλεσμα την υποβάθμιση της ποιότητας. Σε πειράματα που πραγματοποιήθηκαν στην Αίγυπτο, οι Atwa et al. (1974) παρατήρησαν ότι οι βολβοί που μεθωρίμασαν στον αγρό για 9 ημέρες χωρίς να αφαιρεθούν

τα φύλλα τους διατηρήθηκαν καλύτερα στην αποθήκη σε σχέση με βολβούς που μεθωρίμασαν για τον ίδιο χρόνο χωρίς φύλλα. Ωστόσο, το πλεονέκτημα της μεθωρίμανσης των βολβών στον αγρό αφορούσε μόνο τους ώριμους βολβούς. Η αποθηκευσιμότητα των βολβών που συγκομίστηκαν πρόωρα, πριν ολοκληρωθεί η ωρίμανσή τους, δεν βελτιώθηκε με την μεθωρίμανσή τους.

Μετά από την ολοκλήρωση της μεθωρίμανσης, οι χειρισμοί των βολβών απαιτείται να είναι προσεκτικοί, έτσι ώστε να αποφευχθεί ο τραυματισμός των επιφανειακών ξηρών φύλλων (χιτώνων). Τα ξηρά εξωτερικά φύλλα των βολβών σχίζονται και απομακρύνονται από τους βολβούς εύκολα κατά τη διάρκεια της συλλογής και της συσκευασίας. Στο τέλος της αποθήκευσης σε χαμηλές θερμοκρασίες, η θερμοκρασία των βολβών πρέπει να αυξάνεται σταδιακά, με τη βαθμιαία αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα. Επιπρόσθετα, πρέπει να ρυθμίζεται κατάλληλα και η Σ.Υ. του αέρα, ώστε τα φύλλα να διατηρήσουν κάποια ελαστικότητα και να αποφευχθεί ο σχηματισμός σταγόνων νερού στην αποθήκη.

Οι συνθήκες της αποθήκευσης και οι άλλοι παράγοντες που περιγράφονται για το κρεμμύδι ισχύουν και για το σκόρδο. Συγκεκριμένα, οι άριστες συνθήκες για την αποθήκευση του σκόρδου είναι σε θερμοκρασία $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ και Σ.Υ. 70% ή μικρότερη. Η διακοπή του λήθαργου των βολβών του σκόρδου γίνεται γρήγορα στους $5\text{ }^{\circ}\text{C}$, ενώ στους $27-32\text{ }^{\circ}\text{C}$ το σκόρδο διατηρείται ικανοποιητικά για μέχρι ένα μήνα. Σε χαμηλή θερμοκρασία (δηλ. $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$) ή σε αποθήκες με εξαερισμό, το σκόρδο αποθηκεύεται χωρίς πρόβλημα για 6-7 μήνες και 3-4 μήνες, αντίστοιχα.

8.2 Γογγυλорιζες

Σε αυτή την κατηγορία κηπευτικών ανήκουν το καρότο (*Daucus carota*), το παντζάρι (*Beta vulgaris* L.), το ρεπάνι (*Raphanus sativus* L.), η ρέβα (*Brassica rapa* var. *rapa* L.) και η παστινάκα (*Pastinaca sativa* L.). Σε γενικές γραμμές, οι συνθήκες αποθήκευσης για τα είδη αυτά είναι όμοιες, δηλαδή θερμοκρασία γύρω στους $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ και υψηλή Σ.Υ. (95% και υψηλότερη). Η πρόψυξη των ριζών δεν είναι τόσο απαραίτητη όσο στα φυλλώδη κηπευτικά και στους καρπούς. Όμως, όταν η θερμοκρασία κατά τη συγκομιδή ξεπερνά τους $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, είναι επιθυμητό να γίνει πρόψυξη με υδρόψυξη εντός 3-4 ωρών από τη συγκομιδή, ώστε να μειωθεί ο ρυθμός της αναπνοής και η απώλεια υδατανθράκων. Επιπρόσθετα, η πρόψυξη περιορίζει την απώλεια νερού και τη συρρίκνωση (αφυδάτωση) των ριζών, καθώς και την εγκατάσταση παθογόνων που οδηγούν σε μετασυσπληκτικές σήψεις.

Στα καρότα, συχνά, γίνεται προσυσκευασία με χρήση πλαστικού φύλλου, το οποίο πρέπει να έχει τρύπες, ώστε να επιτρέπεται η κίνηση του αέρα μέσα στο σάκο. Προϋπόθεση για επιτυχημένη αποθήκευση αποτελεί η επαρκής κυκλοφορία του αέρα μέσα στην αποθήκη, ώστε να απομακρύνονται η θερμότητα και το CO_2 (παράγονται κατά την αναπνοή) και ανανεώνεται η παρουσία O_2 πλησίον των φυτικών ιστών (καταναλώνεται κατά την αναπνοή).

Ο έλεγχος της θερμοκρασίας παίζει σημαντικό ρόλο στην επιτυχία της μακροπρόθεσμης αποθήκευσης των ριζών, καθώς η θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της συντήρησής τους επηρεάζει την ανάπτυξη μικροοργανισμών, την αναβλάστηση των ριζών και τη δημιουργία πικρής γεύσης.

Σε θερμοκρασία $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, τα ώριμα καρότα και παντζάρια αποθηκεύονται ικανοποιητικά για 6-9 μήνες, η παστινάκα για 4-5 μήνες και η ρέβα για 2-4 μήνες. Ακόμα όμως και στις καλύτερες συνθήκες αποθήκευσης, το 10-20% των καρότων θα εμφανίσει, σ' ένα βαθμό, σήψη μετά από 7 μήνες, ενώ στα παντζάρια υποβάθμιση της ποιότητας εμφανίζεται μετά από 3-5 μήνες στην αποθήκη.

Οι χαμηλές θερμοκρασίες εμποδίζουν την αναβλάστηση των ριζών από οφθαλμούς που βρίσκονται στην κορυφή τους (άνω άκρο). Στα καρότα, η ανάπτυξη βλαστών είναι ελάχιστη μετά από 3 μήνες αποθήκευσης στους $5\text{ }^{\circ}\text{C}$, αλλά μετά από 7 μήνες βρίσκεται σε επίπεδο μη αποδεκτό για την αγορά, ενώ στους $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ η αναβλάστηση των ριζών του καρότου είναι έντονη μετά από 3 μήνες. Η αποθήκευση των ριζών καρότου σε θερμοκρασία $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, εκτός από την παρεμπόδιση στην αναβλάστηση των ριζών, εμποδίζει τη συσσώρευση αιθυλενίου στην ατμόσφαιρα της αποθήκης η οποία οδηγεί στην ανάπτυξη πικρής γεύσης. Επιπρόσθετα, η αποθήκευση σε θερμοκρασία $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ παρεμποδίζει τις προσβολές από παθογόνους μικροοργανισμούς, οι οποίοι συμβάλλουν στην αύξηση της συγκέντρωσης αιθυλενίου στην ατμόσφαιρα της αποθήκης.

Όταν η Σ.Υ. στην αποθήκη είναι υψηλή (97-100%) τα καρότα διατηρούν την τραγανή τους υφή, καθώς η απώλεια νερού ελαχιστοποιείται και περιορίζεται η απώλεια βάρους των ριζών. Η απώλεια βάρους των ριζών σχετίζεται και με το μέγεθός τους, έτσι, οι μικρές ρίζες χάνουν

περισσότερο βάρος σε σύγκριση με τις μεγάλες, λόγω της μεγαλύτερης αναλογίας επιφάνειας προς όγκο. Σε ότι αφορά την ποιότητα της ρίζας, αυτή επηρεάζεται και από την ωρίμανση κατά τη συγκομιδή. Έτσι, τα ώριμα καρότα έχουν μικρότερη ευαισθησία σε επιφανειακούς μεταχρωματισμούς (π.χ. λόγω της οξειδωσης φαινολικών ουσιών) σε σχέση με καρότα μικρότερης ηλικίας. Τέλος, η προσεκτική αφαίρεση του εναέριου μέρους του φυτού πριν από την αποθήκευση παίζει σημαντικό ρόλο, γιατί η αναβλάστηση γίνεται πιο σύντομα όταν ένα κομμάτι βλαστού παραμένει επάνω στη ρίζα.

Το ρεπάνι έχει μεγαλύτερη ευαισθησία στην απώλεια νερού και μικρότερη μετασυλλεκτική ζωή σε σύγκριση με το καρότο. Οι ρίζες του ρεπανιού μπορούν να αποθηκευτούν μόνο για 3-4 εβδομάδες στους 0 °C και σε υψηλή Σ.Υ. (90-95%), ενώ στους 10 °C διατηρούνται για λιγότερο από μια εβδομάδα. Όταν τα ρεπάνια συγκομίζονται κάτω από υψηλές θερμοκρασίες, η γρήγορη υδρόψυξη είναι απαραίτητη για να εμποδίσουν η απώλεια νερού και η ανάπτυξη σπογγώδους υφής. Τα προσυσκευασμένα ρεπάνια απαιτούν επαρκή αερισμό, γιατί η έλλειψη O₂ μπορεί να προκαλέσει ζημιά μετά από περίπου 2 εβδομάδες. Αν και στους 0 °C η χαμηλή συγκέντρωση O₂ (0,25%) δεν προκαλεί προβλήματα, η ίδια συγκέντρωση στους 5 °C οδηγεί σε σήψη εντός 10-14 ημερών. Τα μεγάλα σε μέγεθος χειμωνιάτικα ρεπάνια είναι πιο ανθεκτικά και διατηρούνται καλύτερα από τα μικρά ανοιξιάρικα ή θερινά ρεπάνια.

Πρέπει, τέλος, να σημειωθεί ότι σε περίπτωση που οι ρίζες (π.χ. καρότα, παντζάρια ή ρεπάνια) πωλούνται σε δέσμες μαζί με το φυλλώδες μέρος του φυτού, η μετασυλλεκτική ζωή των δεσμών καθορίζεται από τη φρεσκάδα των φύλλων και συνήθως διαρκεί μόνο λίγες ημέρες.

8.3 Κόνδυλοι

Οι κόνδυλοι είναι υπόγεια τροποποιημένα φυτικά όργανα και διακρίνονται σε βλαστοκονδύλους (υπόγειοι βλαστοί) και ριζοκονδύλους (τροποποιημένες ρίζες). Χρησιμοποιούνται σε διάφορα μέρη του κόσμου ως ανθρώπινη τροφή και μπορούν να αποθηκευτούν για χρονικά διαστήματα, η διάρκεια των οποίων εξαρτάται από τη φύση του είδους και το περιβάλλον της αποθήκης.

Στις εύκρατες περιοχές ο κύριος αντιπρόσωπος της κατηγορίας αυτής είναι η πατάτα (*Solanum tuberosum* L.), η οποία από βοτανική άποψη ταξινομείται ως βλαστοκόνδυλος. Επίσης, γνωστή στην περιοχή της Μεσογείου είναι η γλυκοπατάτα [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.] που καλλιεργείται για την παραγωγή ριζοκονδύλων στην Ισπανία και την Πορτογαλία, καθώς και, σε μικρή έκταση, στην Ελλάδα.

8.3.1 Η αποθήκευση της πατάτας

Η αποθήκευση της πατάτας αποτελεί αντικείμενο έρευνας εδώ και πολλά χρόνια και στη διεθνή βιβλιογραφία υπάρχουν πολλές εργασίες που αναφέρονται στις συνθήκες συντήρησης, καθώς και στη φυσιολογία και βιοχημεία του κονδύλου κατά τη διάρκεια των μετασυλλεκτικών χειρισμών. Η διάρκεια του λήθαργου των κονδύλων της πατάτας είναι καθοριστικός παράγοντας για τη μετασυλλεκτική τους συμπεριφορά, γιατί ο κόνδυλος για νωπή κατανάλωση μπορεί να αποθηκευτεί μόνο κατά τη διάρκεια του λήθαργου.

Η μετασυλλεκτική ζωή του κονδύλου, όταν αυτός προορίζεται για κατανάλωση από τον άνθρωπο, λήγει με τη διακοπή του λήθαργου και την έναρξη της εκβλάστησης των οφθαλμών του, γιατί μετά τη διακοπή του λήθαργου συμβαίνει αύξηση των σακχάρων και μείωση της συγκέντρωσης του αμύλου στον κόνδυλο. Αυτή η φυσιολογική κατάσταση του κονδύλου συνδέεται τόσο με το ανεπιθύμητο μαύρισμα κατά την επεξεργασία του σε υψηλή θερμοκρασία (καραμελοποίηση των σακχάρων), όσο και με θέματα ασφάλειας στην κατανάλωσή του καθώς η παρουσία σακχάρων ευνοεί το σχηματισμό ακρυλαμίδης (ουσία τοξική για τον άνθρωπο) όταν γίνεται χειρισμός των κονδύλων σε υψηλές θερμοκρασίες (π.χ. τηγάνισμα).

Επιπρόσθετα, η παρουσία φύτρων στους κονδύλους κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση των απωλειών τους σε νερό, με αποτέλεσμα την αύξηση της απώλειας του νωπού βάρους τους. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι, όταν η παρουσία φύτρων προκαλεί αύξηση της συνολικής επιφάνειας του κονδύλου μόνο κατά 1% παρατηρείται αύξηση της απώλειας σε νερό από του κονδύλους κατά 100% (Burton et al., 1992).

Σε γενικές γραμμές, η τεχνική της αποθήκευσης που εφαρμόζεται εξαρτάται από την χρήση του προϊόντος (για νωπή κατανάλωση, για μεταποίηση ή για «πατατόσπορο»), την περιοχή και τις

κλιματικές συνθήκες που επικρατούν, τη διάρκεια της αποθήκευσης και το κόστος της αποθήκευσης σε σχέση με την τιμή πώλησης του προϊόντος.

8.3.1.1 Λήθαργος και εκβλάστηση

Η διάρκεια της λήθαργικής περιόδου των κονδύλων των περισσότερων ποικιλιών πατάτας είναι τουλάχιστον 2-3 μήνες στους 10-15 °C. Ο Schippers (1956) αναφέρει ότι η διάρκεια του λήθαργου αυξάνεται έως 150% όταν η θερμοκρασία αποθήκευσης μειώνεται από τους 10 °C στους 3 °C. Αντίστροφα, όταν η θερμοκρασία αποθήκευσης αυξάνεται από τους 10 °C στους 20 °C, η διάρκεια του λήθαργου μειώνεται κατά 18%.

Ο λήθαργος των κονδύλων της πατάτας υπόκειται σε γενετικό και ορμονικό έλεγχο. Γενικά, θεωρείται ότι το αμπισισικό οξύ (ABA) ευνοεί τη διατήρηση του λήθαργου, οι κυτοκινίνες εμπλέκονται στη διακοπή του, ενώ οι γιββερελλίνες (GA_s) και οι αυξίνες σχετίζονται περισσότερο με την ανάπτυξη των φύτρων στους οφθαλμούς του κονδύλου, μετά τη διακοπή του λήθαργου. Ωστόσο, κάποιοι ερευνητές θεωρούν ότι τόσο οι γιββερελλίνες όσο και οι αυξίνες επηρεάζουν τη διάρκεια του λήθαργου των κονδύλων. Επιπρόσθετα, ο ρόλος των ορμονών στη διάρκεια του λήθαργου είναι πιθανό να συνδέεται περισσότερο με τη σχετική αναλογία τους (π.χ. αναλογία αμπισισικού οξέος προς κυτοκινίνες ή γιββερελλίνες), παρά με την απόλυτη τιμή της συγκέντρωσής τους στους ιστούς του κονδύλου (Sonnepwald & Sonnepwald, 2014).

Η επίδραση των ορμονών στο λήθαργο των κονδύλων της πατάτας έχει διαπιστωθεί μετά από μεταχειρίσεις που ευνοούν τη διακοπή του λήθαργου. Για παράδειγμα, η εφαρμογή βρωμοαιθανίου που ευνοεί τη ταχύτερη διακοπή του λήθαργου, συνδέεται με τη μείωση της συγκέντρωσης του αμπισισικού οξέος στους κονδύλους (Destefano-Beltrán et al., 2006), αλλά και με την έκλυση υψηλότερων ποσοτήτων αιθυλενίου (Ακουμιανakis et al., 2008). Η εφαρμογή εξωγενών γιββερελλινών (π.χ. GA₃) προκαλεί ταχύτερη διακοπή του λήθαργου των κονδύλων, τόσο όταν εφαρμόζεται κατά τη διάρκεια της ανάπτυξής τους στο μητρικό φυτό (Alexopoulos et al., 2007a), όσο και όταν εφαρμόζονται μετά τη συγκομιδή τους (Alexopoulos et al., 2007b).

Το παραγόμενο αιθυλένιο από τους κονδύλους κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα (Burton, 1989) κατά τη διάρκεια του λήθαργου ενώ παρουσιάζει αύξηση (από $5 \times 10^{-4} \mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ μέχρι και $3 \times 10^{-1} \mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ στους 7°C) όταν οι κόνδυλοι βρεθούν σε συνθήκες stress που οδηγούν σε αποδόμηση αμύλου (Creach et al. 1973) και ταχύτερη διακοπή του λήθαργου, όπως για παράδειγμα συμβαίνει μετά την εφαρμογή βρωμοαιθανίου (Alexopoulos et al., 2009). Ωστόσο, η επίδραση του αιθυλενίου στο λήθαργο των κονδύλων δεν έχει πλήρως διευκρινιστεί, καθώς οι υψηλές συγκεντρώσεις αιθυλενίου και η μεγάλη (μεγαλύτερη από 3 ημέρες) διάρκεια έκθεσης των κονδύλων οδηγούν σε αύξηση της διάρκειας του λήθαργου (Cvikrova et al., 1994).

Η διάρκεια του λήθαργου των κονδύλων της πατάτας εξαρτάται και από την ποικιλία, ενώ άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν την εκβλάστηση των κονδύλων είναι η συγκέντρωση του O₂ και CO₂ (Coleman, 1998) καθώς η παρουσία ασθενειών, π.χ. προσβολή των κονδύλων από το μύκητα *Phytophthora infestans* (Burton, 1989).

Επιπρόσθετα, αν και η έναρξη της βλάστησης των οφθαλμών του κονδύλου δεν εξαρτάται από το μέγεθός του, ο Krijthe (1962) παρατήρησε ότι η ανάπτυξη των βλαστών εξαρτάται από το μέγεθος του κονδύλου και μάλιστα γίνεται με πιο ταχύ ρυθμό σε μεγάλους κονδύλους.

Ο κόνδυλος της πατάτας αποτελεί μια από της σημαντικότερες τροφές του ανθρώπου, κυρίως λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς του σε υδατάνθρακες (15-30% του νωπού βάρους), και ιδιαίτερα σε άμυλο (10-25% του νωπού βάρους) (Cutter 1992). Για το λόγο αυτό, η συγκέντρωση του αμύλου στους κονδύλους αποτελεί σημαντικό ποιοτικό χαρακτηριστικό.

Η μείωση της συγκέντρωσης του αμύλου στους κονδύλους είναι πιο έντονη κατά τη μεταληθαργική περίοδο. Ωστόσο, ο μεταβολισμός των υδατανθράκων είναι συνεχής στους κονδύλους, στους οποίους γίνεται σύνθεση και αποδόμηση αμύλου ταυτόχρονα (Geigenberger et al., 1994). Ο ρυθμός σύνθεσης του αμύλου είναι μεγαλύτερος από αυτόν της αποδόμησής του κατά τη διάρκεια της ανάπτυξής του κονδύλου στο μητρικό φυτό. Σε αντίθεση, μετά τη συγκομιδή των κονδύλων, ο ρυθμός αποδόμησης του αμύλου αυξάνεται σταδιακά, με αποτέλεσμα κατά την αποθήκευση των κονδύλων να παρατηρείται μείωση της συγκέντρωσης του αμύλου με αργό ρυθμό (Davies & Viola, 1994) και αύξηση της συγκέντρωσης των αναγωγικών σακχάρων, πριν ακόμη την ορατή διακοπή του λήθαργου (εμφάνιση φύτρων στους οφθαλμούς του κονδύλου).

Στην αποδόμηση του αμύλου εμπλέκονται τα ένζυμα α-αμυλάση, α-αμυλάση, α-γλυκοζιδάση, τα ένζυμα αποδιακλάδωσης καθώς και το ένζυμο φωσφορυλάση του αμύλου. Η αποδόμηση του αμύλου σε σχετικά υψηλές θερμοκρασίες (π.χ. 10-20° C) αποθήκευσης γίνεται κυρίως μέσω των αμυλασών. Ωστόσο, η δραστηριότητα του ενζύμου φωσφορυλάση του αμύλου παρουσιάζει σημαντική αύξηση κατά τη συντήρηση των κονδύλων σε χαμηλή θερμοκρασία (4 °C) και έχει θεωρηθεί υπεύθυνο για την αποδόμηση του αμύλου και την «κρυοεπαγόμενη γλύκανση» των κονδύλων (Sowokinos et al., 1985). Επιπρόσθετα, θα πρέπει να σημειωθεί ότι μεταχειρίσεις που προκαλούν ταχύτερη διακοπή του λήθαργου των κονδύλων οδηγούν σε αύξηση της δραστηριότητας ενζύμων που σχετίζονται με την αποδόμηση του αμύλου, όπως για παράδειγμα παρατηρείται αύξηση της δραστηριότητας της α-γλυκοζιδάσης μετά την εφαρμογή γιββερελλικού οξέος στους κονδύλους (Alexopoulos et al., 2008).

Κατά την αποθήκευση των κονδύλων, σταδιακή αποδόμηση του αμύλου και η κατανάλωση υδατανθράκων για την αναπνοή των κονδύλων έχουν σαν αποτέλεσμα τη σταδιακή μείωση της περιεχόμενης ξηράς ουσίας. Εκτός όμως από αυτές τις αλλαγές, παρατηρούνται αλλαγές και στη συγκέντρωση βιταμινών, ιδιαίτερα της βιταμίνης C, καθώς και των οργανικών οξέων (σημαντικό ποιοτικό χαρακτηριστικό των κονδύλων για μαγείρεμα). Συγκεκριμένα, η συγκέντρωση της βιταμίνης C μειώνεται σημαντικά (έως και 50%) κατά την αποθήκευση. Μείωση, επίσης, παρατηρείται και στη συγκέντρωση του κιτρικού οξέος κατά την αποθήκευση, ενώ η συγκέντρωση του μηλικού οξέος αυξάνεται (Burton et al., 1992).

Για την καθυστέρηση της εκβλάστησης των κονδύλων επιτρέπεται η χρήση του CIPC (isopropyl-N (3-chlorophenyl) carbamate), που κυκλοφορεί στην Ελλάδα ως "Chlorpropham". Το CIPC παρεμποδίζοντας τις κυτταροδιαιρέσεις περιορίζει την εκβλάστηση των κονδύλων (Campbell et al., 2010) και η χρήση του επιτρέπεται μόνο σε κονδύλους για νωπή κατανάλωση ή βιομηχανική επεξεργασία και όχι σε «πατατόσπορο». Απαιτείται προσοχή κατά την εφαρμογή του γιατί είναι τοξικό για τον άνθρωπο και μπορεί να προκαλέσει επιφανειακά εγκαύματα σε ανώριμους κονδύλους ή ποικιλίες με λεπτό φλοιό. Οι εφαρμοζόμενες συγκεντρώσεις εξαρτώνται από την ποικιλία (πρώιμη ή όψιμη), τη θερμοκρασία και την προβλεπόμενη διάρκεια της αποθήκευσης. Η χρήση του CIPC μπορεί να παρατείνει κατά περίπου 4 μήνες την αποθήκευση των κονδύλων, σε θερμοκρασίες έως και 15 °C.

Στην Ολλανδία ο έλεγχος του φυτρώματος των κονδύλων της πατάτας γίνεται με μια μέθοδο πιο φιλική τόσο για τον άνθρωπο όσο και για το περιβάλλον. Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή χρησιμοποιείται σε αποθηκευμένους κονδύλους η ουσία καρβόνη (εμπορική ονομασία σκευάσματος "Talent") (Hartmans et al., 1998) η οποία είναι φυσικό συστατικό των σπόρων του κύμινου (*Carum carvi* L.), του άνηθου (*Anethum graveolens* L.) και του δυόσμου (*Mentha spicata* L.).

8.3.1.2 Παράγοντες πριν την αποθήκευση που επηρεάζουν τη μετασυλλεκτική συμπεριφορά της πατάτας

Όπως αναφέρθηκε, η αποθηκευτική ζωή των κονδύλων της πατάτας καθορίζεται σε πολύ μεγάλο βαθμό από τη διάρκεια του λήθαργου μετά τη συγκομιδή. Ως εκ τούτου, οι παράγοντες που επηρεάζουν τη μετασυλλεκτική συμπεριφορά των κονδύλων συνδέονται άμεσα με τους παράγοντες που επηρεάζουν τη διάρκεια του λήθαργου.

Γονότυπος. Μεταξύ των διαφόρων ποικιλιών πατάτας παρουσιάζονται διαφορές σε ότι αφορά τη διάρκεια του λήθαργου, με αποτέλεσμα ορισμένες ποικιλίες να αποθηκεύονται καλύτερα από άλλες (Πίνακας 7.3). Σε αρκετές περιπτώσεις, οι πρώιμες ποικιλίες έχουν μεγαλύτερη διάρκεια λήθαργου σε σύγκριση με τις πιο όψιμες, αλλά υπάρχουν και όψιμες ποικιλίες με μικρή διάρκεια λήθαργου (Allen et al., 1992).

Ποικιλία	Πρωϊμότητα*	2°C		5°C		10°C		20°C	
		1**	2	1	2	1	2	1	2
Bintje	6,5	14	17	12	16	12	15	10	12

Eigenheimer	7,0	10	11	10	11	10	11	7	8
Ijsselster	6,5	10	19	10	19	10	16	9	12
Libertas	4,5	12	23	12	19	14	19	10	15

* Χαμηλός αριθμός = όψιμη ωρίμανση

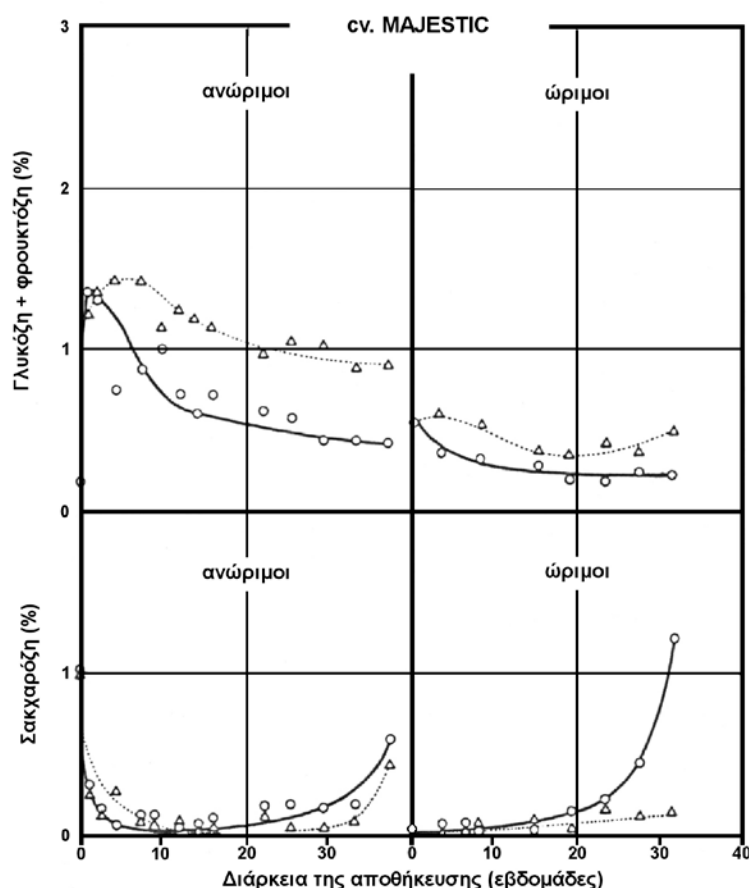
** (1) έτος με κανονικές θερμοκρασίες, (2) έτος με χαμηλές θερμοκρασίες

Πίνακας 8.3 Η διάρκεια του λήθαργου (σε εβδομάδες μετά τη συγκομιδή) τεσσάρων ποικιλιών πατάτας σε διαφορετικές θερμοκρασίες αποθήκευσης και σε δυο καλλιεργητικές περιόδους (Από: van Es & Hartmans, 1981).

Συνθήκες πριν τη συγκομιδή. Η μετασυλλεκτική συμπεριφορά της πατάτας εξαρτάται από τις συνθήκες ανάπτυξης του κονδύλου, καθώς και από τη συγκομιδή και τους χειρισμούς πριν εισαχθεί στην αποθήκη. Οι συνθήκες και οι τεχνικές κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου αποτελούν παράγοντες που επηρεάζουν την αποθηκευσιμότητα της πατάτας. Το έδαφος, η λίπανση, η άρδευση και η θερμοκρασία, ιδιαίτερα κατά τα τελευταία στάδια της ανάπτυξης των κονδύλων, προωθούν ή καθυστερούν την ωρίμανση των κονδύλων, επηρεάζοντας τη φυσιολογική ενηλικίωσή τους και τη διάρκεια του λήθαργου. Για καλύτερη αποθηκευσιμότητα συνιστάται η συγκομιδή των κονδύλων να πραγματοποιείται όταν η θερμοκρασία του εδάφους είναι 10-20 °C.

Φυσιολογική ηλικία κονδύλων κατά τη συγκομιδή. Η ωριμότητα των κονδύλων κατά τη συγκομιδή παίζει σημαντικό ρόλο στην αποθηκευσιμότητά τους. Οι ανώριμοι κόνδυλοι που συγκομίζονται πρόωρα (συνήθως στις πρώιμες ανοιξιάτικες καλλιέργειες, λόγω υψηλότερης τιμής του προϊόντος) διακρίνονται από την εύκολη απόσπαση της επιδερμίδας και δεν μπορούν να συντηρηθούν για μεγάλο χρονικό διάστημα, επομένως διατίθενται άμεσα στην αγορά. Η καταστροφή των φύλλων με μηχανικό ή χημικό τρόπο, πριν τη συγκομιδή, προωθεί την ωρίμανση των κονδύλων. Γενικότερα, οι ώριμοι κόνδυλοι παρουσιάζουν υψηλότερη διατηρησιμότητα, μειωμένες απώλειες σε νερό και υδατάνθρακες κατά την αποθήκευση, σκληρότερη επιδερμίδα, υψηλότερο περιεχόμενο σε ξηρά ουσία, καθώς και μικρότερη περιεκτικότητα σε σάκχαρα σε σύγκριση με τους ανώριμους κονδύλους (Σχήμα 8.2). Το γεγονός αυτό έχει ιδιαίτερη σημασία για πατάτες που προορίζονται για βιομηχανική χρήση, όπου η παρουσία σακχάρων προκαλεί μαύρισμα (ανεπιθύμητο) κατά την επεξεργασία τους σε υψηλή θερμοκρασία (τηγάνισμα).

Μεθωρίμανση. Η συγκομιδή των κονδύλων της πατάτας πραγματοποιείται συνήθως με μηχανικά μέσα (πατατοεξαγωγείς) και, αναμενόμενα, προκαλούνται μηχανικοί τραυματισμοί στους κονδύλους κατά την εξαγωγή τους από το έδαφος. Οι τραυματισμοί αυτοί οδηγούν σε υποβάθμιση της ποιότητας, εμφάνιση σήψεων και απώλειες κατά την αποθήκευση. Η τεχνική της μεθωρίμανσης (curing) εφαρμόζεται αμέσως μετά τη συγκομιδή και στόχος της είναι η θεραπεία των τραυμάτων και η προώθηση της φελλοποίησης, ώστε να παχυνθεί η επιδερμίδα του κονδύλου, να μειωθεί η απώλεια του νερού και να αυξηθεί η μηχανική αντοχή του κονδύλου στους χειρισμούς. Η πάχυνση της επιδερμίδας του κονδύλου είναι ο σημαντικότερος παράγοντας για τον περιορισμό των απωλειών σε νερό καθώς έχει υπολογιστεί ότι το 90% των απωλειών σε νερό πραγματοποιείται μέσω αυτής και μόνο το 2% πραγματοποιείται μέσω των φακιδίων (Burton et al., 1992).



Σχήμα 8.2 Αλλαγές στην περιεκτικότητα των σακχάρων σε ώριμους και ανώριμους κονδύλους πατάτας cv. *Majestic* κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης (Από: Burton, 1965).

Κατά τη διάρκεια της μεθωρίμανσης οι κόνδυλοι παραμένουν σε θερμοκρασία 10-20 °C και Σ.Υ. 70-80% για 10-14 ημέρες. Κατά το διάστημα αυτό, οι κόνδυλοι πρέπει να παραμένουν στεγνοί και να αερίζονται ικανοποιητικά για την απομάκρυνση του CO₂ και την αναπλήρωση του O₂ στο περιβάλλον της αποθήκης, η συγκέντρωση των οποίων μεταβάλλεται λόγω της αναπνευστικής δραστηριότητας των κονδύλων. Παρόλο που η φελλοποίηση γίνεται πιο γρήγορα στους 25 °C, συνιστάται χαμηλότερη θερμοκρασία για την αποφυγή της ανάπτυξης μικροοργανισμών στα ανοικτά τραύματα και για τον περιορισμό των απωλειών σε υδατάνθρακες λόγω αναπνοής. Μετά το πέρας της μεθωρίμανσης, η θερμοκρασία μειώνεται σταδιακά στους 4-5 °C για την αποθήκευση των κονδύλων. Η επίδραση της μεθωρίμανσης στην απώλεια βάρους (δηλ. νερού) κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης φαίνεται στον Πίνακα 8.3.

Εξαερισμός		Απώλεια βάρους (Kg t ⁻¹)			
Ρυθμός ανανέωσης αέρα (m ³ αέρα m ⁻³ κονδύλων h ⁻¹)	Έναρξη εξαερισμού (ημέρες από συγκομιδή)	Ημέρες μετά τη συγκομιδή			
		10	20	30	40
200	0	34	41	44	47
100	0	36	42	45	46
100	20	14	16	30	34

Πίνακας 8.3 Η επίδραση της μεθωρίμανσης (ημέρες μεταξύ συγκομιδής και της έναρξης του εξαερισμού) στην απώλεια βάρους των κονδύλων πατάτας (Από: Meijers, 1981).

8.3.1.3 Συνθήκες κατά την αποθήκευση που επηρεάζουν τη μετασυλλεκτική συμπεριφορά της πατάτας

Θερμοκρασία. Η θερμοκρασία επηρεάζει τις απώλειες κατά την αποθήκευση της πατάτας κυρίως μέσω της επίδρασής της στην απώλεια νερού, την απώλεια υδατανθράκων λόγω της αναπνευστικής δραστηριότητας των κονδύλων και την εκβλάστηση των οφθαλμών, μέσω της οποίας επηρεάζονται και πάλι οι απώλειες των κονδύλων σε νερό και υδατάνθρακες.

Σε γενικές γραμμές, για την επιμήκυνση της ληθαργικής περιόδου των κονδύλων της πατάτας προτείνεται η θερμοκρασία στην αποθήκη να κυμαίνεται στους 4-6 °C, όπου παράλληλα επιτυγχάνεται περιορισμός των απωλειών σε νερό και υδατάνθρακες. Η μείωση των θερμοκρασιών κάτω από 4 °C (π.χ. στους 2 °C) για τον περαιτέρω περιορισμό των απωλειών σε νερό και υδατάνθρακες, οδηγεί σε πιο έντονη μετατροπή του αμύλου σε αναγωγικά σάκχαρα, κάτι το οποίο σε μερικές ποικιλίες εμφανίζεται ως καφέ μεταχρωματισμός («mahogany browning»).

Αν και στους 4-6 °C καθυστερεί η εκβλάστηση των οφθαλμών των κονδύλων, η αποθήκευσή τους για μεγάλο χρονικό διάστημα σε αυτές τις θερμοκρασίες οδηγεί σε βαθμιαία αύξηση της περιεκτικότητάς τους σε αναγωγικά σάκχαρα, παρά την απουσία ορατής εκβλάστησης των οφθαλμών τους (Σχήματα 8.2 και 8.3). Επιπρόσθετα, η αποθήκευση των κονδύλων σε αυτή τη θερμοκρασία για μεγάλη χρονική περίοδο έχει σαν αποτέλεσμα την ταχεία ανάπτυξη των φύτρων αμέσως μετά την απομάκρυνσή τους από την αποθήκη και την παραμονή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος.

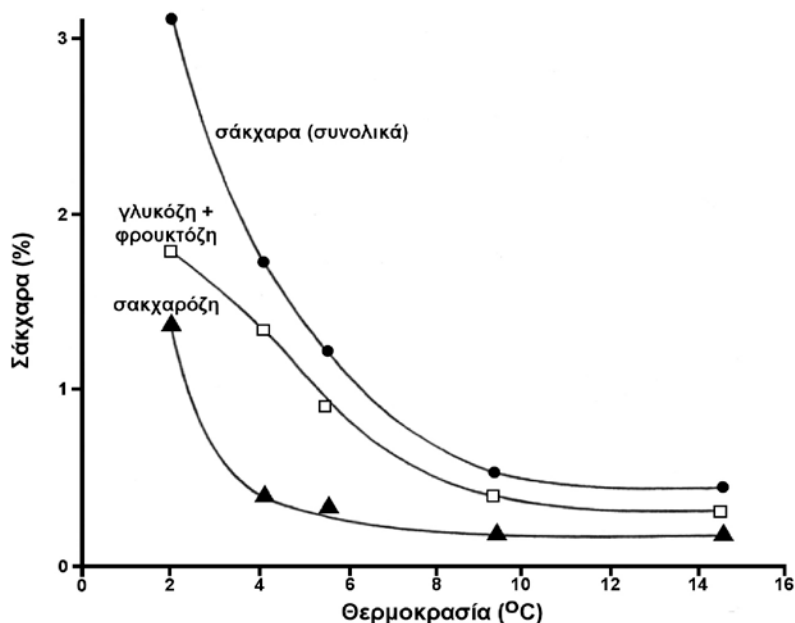
Εναλλακτικά, ανάλογα με την ποσότητα των σακχάρων που έχουν σχηματιστεί, οι κόνδυλοι που αποθηκεύονται στους 4-5 °C μεταφέρονται σε υψηλότερες θερμοκρασίες (20-25 °C) για 1-4 εβδομάδες, ώστε να μετατραπούν τα σάκχαρα πάλι σε άμυλο. Σύμφωνα με τους van Es & Hartmans (1981), έως και το 80% των σακχάρων μετατρέπονται σε άμυλο κατά τη διάρκεια της παραμονής των κονδύλων σε υψηλές θερμοκρασίες, ενώ το 20% καταναλώνεται κατά την αναπνοή.

Η αποθήκευση των κονδύλων σε υψηλότερη θερμοκρασία (π.χ. 10±1 °C) δεν ευνοεί τη συσσώρευση αναγωγικών σακχάρων, αλλά δεν είναι κατάλληλη για μεγάλης διάρκειας αποθήκευση, καθώς εμφανίζεται πιο γρήγορα η ανεπιθύμητη γήρανση του κονδύλου (απώλεια νερού, ανάπτυξη φύτρων κ.ά.).

Η επιλογή της κατάλληλης θερμοκρασίας αποθήκευσης των κονδύλων της πατάτας εξαρτάται από τον σκοπό για τον οποίο πρόκειται να χρησιμοποιηθούν οι κόνδυλοι:

- Για κονδύλους που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν ως *πατατόσπορος* (πολλαπλασιαστικό υλικό) η αποθήκευση για μεγάλο χρονικό διάστημα γίνεται στους 2-5 °C, αλλά πριν από την χρήση τους (φύτευση) θα πρέπει να μεταφερθούν στους 10 °C για να ενθαρρυνθεί η ανάπτυξη των φύτρων.
- Για κονδύλους *κοινής κατανάλωσης* η αποθήκευση για μεγάλο χρονικό διάστημα γίνεται στους 4-6 °C ή εναλλακτικά σε θερμοκρασία 5-10 °C και χρησιμοποιούνται παρεμποδιστές βλάστησης των οφθαλμών (π.χ. CIPC) (Burton et al., 1992), όπως αναφέρθηκε παραπάνω. Σε κάθε περίπτωση, η θερμοκρασία αποθήκευσης θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε η απώλεια νερού από τους κονδύλους να κυμαίνεται σε επίπεδα μικρότερα του 5% του αρχικού βάρους τους.
- Για κονδύλους που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή *τηγανητής πατάτας* και *τσιπς* η αποθήκευση γίνεται σε θερμοκρασία 7-10 °C, με σκοπό να αποφευχθεί η ανεπιθύμητη αύξηση των αναγωγικών σακχάρων που οδηγεί σε καφέ χρωματισμό κατά το τηγάνισμα. Ωστόσο, σε αυτές τις θερμοκρασίες πολλές φορές απαιτείται η χρήση παρεμποδιστών βλάστησης των οφθαλμών (π.χ. CIPC) για αποθήκευση μεγάλης διάρκειας (Burton et al., 1992).
- Για κονδύλους που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν για *βιομηχανική χρήση (παραγωγή αμύλου)* είναι σημαντικό να περιορίζεται η μετατροπή του αμύλου σε αναγωγικά σάκχαρα. Έτσι, επιλέγεται η αποθήκευση σε θερμοκρασία 8-12 °C, όπου η απώλεια σε άμυλο που οφείλεται στην κατανάλωση υδατανθράκων και την μετατροπή του σε αναγωγικά σάκχαρα κυμαίνεται στο 1%, ενώ η συντήρηση σε θερμοκρασία 4 °C οδηγεί σε απώλεια αμύλου 8-9%, κυρίως λόγω της μετατροπής του σε αναγωγικά σάκχαρα («κρυστάλλωση») (Burton et al., 1992).

Υγρασία. Η Σ.Υ. στο περιβάλλον της αποθήκης κυμαίνεται στο 90%. Η αύξηση της Σ.Υ. σε υψηλότερα επίπεδα από 90% μπορεί να μειώσει την απώλεια νερού, αλλά αυξάνει τον κίνδυνο ανάπτυξης μικροοργανισμών και σχηματισμού σταγόνων νερού μέσα στην αποθήκη, κάτι το οποίο είναι ανεπιθύμητο. Αντιθέτως, Σ.Υ. χαμηλότερη από 90% αυξάνει την απώλεια νερού και οδηγεί σε μάρανση των κονδύλων.



Σχήμα 8.3 Η περιεκτικότητα των κονδύλων της πατάτας cv. Majestic σε σάκχαρα μετά από 4 εβδομάδες αποθήκευσης σε διάφορες θερμοκρασίες (Από: Burton, 1965).

Φως. Η αποθήκευση της πατάτας γίνεται στο σκοτάδι, διότι η παρουσία φωτός, έστω και μικρής έντασης, προκαλεί το σχηματισμό χλωροφύλλης και το πρασίνισμα των κονδύλων, που συνοδεύεται από την παραγωγή του αλκαλοειδούς σολανίνη, η οποία προκαλεί πίκρισμα και σε υψηλές συγκεντρώσεις είναι τοξική για τον άνθρωπο. Η σολανίνη συσσωρεύεται κυρίως στον φλοιό του κονδύλου (4-5 φορές υψηλότερη συγκέντρωση στο φλοιό σε σχέση με τη σάρκα του κονδύλου), δεν αποδομείται με το βράσιμο, αλλά με την απομάκρυνση του φλοιού των πρασινισμένων κονδύλων απομακρύνεται ένα μεγάλο ποσοστό της.

Επιπρόσθετα, σημαντικός παράγοντας για την αποφυγή υποβάθμισης της ποιότητας των κονδύλων κατά την αποθήκευση είναι και ο εξαερισμός της πασθήκης. Η ανανέωση του O_2 στους χώρους αποθήκευσης των κονδύλων είναι απαραίτητη για την αποφυγή της εμφάνισης της «μαύρης καρδιάς». Η φυσιολογική διαταραχή που ονομάζεται μαύρη καρδιά (black heart) είναι αποτέλεσμα της έλλειψης διαθέσιμου για την αναπνοή οξυγόνου στο εσωτερικό των κονδύλων. Σε συνθήκες χαμηλής συγκέντρωσης οξυγόνου κατά τη μεταφορά (φορτηγά, βαγόνια τραίνου κ.ά.) ή την αποθήκευση των κονδύλων αναπτύσσεται στο κέντρο του κονδύλου μεταχρωματισμένη περιοχή (με μπλε-μαύρο χρώμα) με ακανόνιστο σχήμα, ενώ μερικές φορές σχηματίζεται και κοιλότητα, χωρίς όμως να αναδύεται κάποια οσμή (Hiller & Thornton, 1993).

Εκτός από παθογόνα (π.χ. περονόσπορος) και εχθρούς (π.χ. φθοριμαία) τα οποία πολλές φορές προσβάλλουν τους κονδύλους πριν τη συγκομιδή, άλλοι παράγοντες που μπορεί να οδηγήσουν σε υποβάθμιση της ποιότητας των κονδύλων μετά τη συγκομιδή είναι:

- Ο μεταχρωματισμός των αγγείων (vascular discoloration) που μπορεί να παρατηρηθεί σε κονδύλους πριν αλλά και μετά τη συγκομιδή τους (τους πρώτους 1-2 μήνες), όταν αυτοί έχουν εκτεθεί κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου σε συνθήκες που ευνοούν την εμφάνιση αυτής φυσιολογικής διαταραχής, όπως για παράδειγμα, χαμηλή εδαφική υγρασία, υψηλές θερμοκρασίες κατά την καταστροφή του φυλλώματος πριν τη συγκομιδή κ.ά.

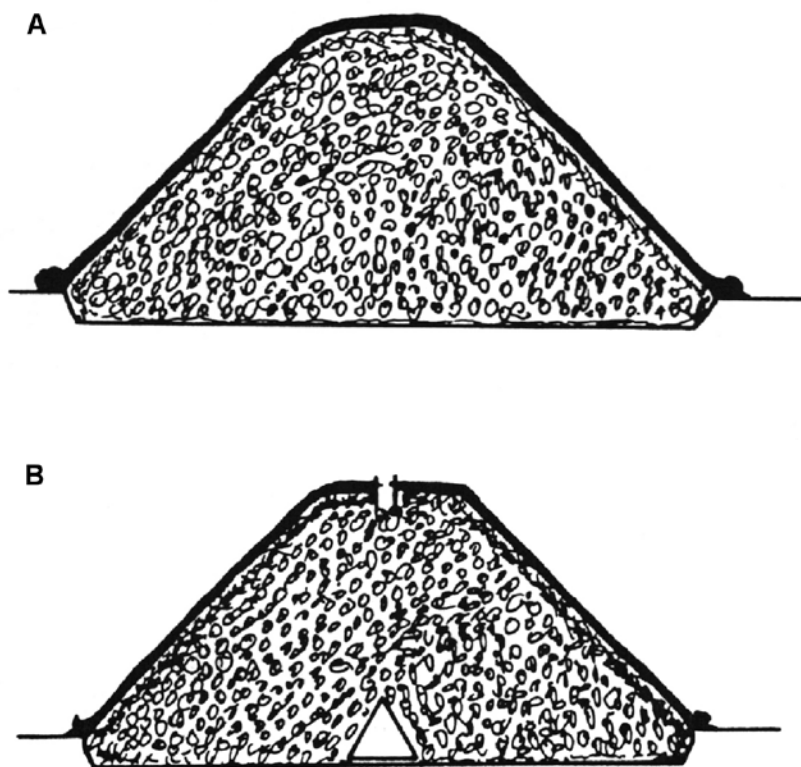
- Οι ζημιές από μωλωπισμούς (bruise damage), οι οποίες διακρίνονται σε μαύρη κηλίδα-στίγμα (blackspot), μωλωπισμούς θρυμματισμού (shatter bruise) και μωλωπισμούς πίεσης (pressure bruise). Η μαύρη κηλίδα εκδηλώνεται υπό μορφή μεταχρωματισμού (γκρι-μαύρο) των ιστών και γίνεται ορατή μετά την απομάκρυνση του περιδέρματος. Ο μεταχρωματισμός των ιστών (σπάνια σε βάθος μεγαλύτερο από αυτό που βρίσκονται οι ηθμαγγειώδεις δεσμίδες) εκδηλώνεται 6-8 ώρες μετά από κτυπήματα των κονδύλων κατά τη συγκομιδή, τη μεταφορά η/και την αποθήκευση. Οι μωλωπισμοί θρυμματισμού χαρακτηρίζονται από ρωγμές στην εξωτερική επιφάνεια των κονδύλων οι οποίες σε αρκετές περιπτώσεις φτάνουν σε βάθος στο εσωτερικό των κονδύλων, όπου σχηματίζονται πολλές σχισμές ή ρωγμές. Οι μωλωπισμοί πίεσης εμφανίζονται υπό μορφή επιπέδων ή ελαφρά βυθισμένων περιοχών λόγω της πίεσης που ασκείται σε σημεία της επιφάνειας των κονδύλων που έρχονται σε επαφή με άλλους κονδύλους ή με τα τοιχώματα της αποθήκης, ιδιαίτερα όταν οι κόνδυλοι αποθηκεύονται σε μεγάλοι ύψους σωρούς. Οι μωλωπισμοί αυτοί είναι αποτέλεσμα της απομάκρυνσης νερού από τις περιοχές που δέχονται την πίεση λόγω της αλλαγής στην κατανομή του νερού στο εσωτερικό του κονδύλου, και το πρόβλημα είναι πιο έντονο όταν η Σ.Υ. στην αποθήκη είναι χαμηλότερη από 90%.

8.3.1.4 Τεχνικές αποθήκευσης της πατάτας

Για την αποθήκευση των κονδύλων της πατάτας ακολουθούνται 3 διαφορετικές τεχνικές:

- Σε υπόγειες τάφρους («potato clamps»).
- Σε απλές αποθήκες, χωρίς συστήματα ελέγχου θερμοκρασίας και υγρασίας.
- Σε αποθήκες με έλεγχο της θερμοκρασίας και της υγρασίας.

Υπόγειες τάφροι. Η υπόγεια τάφος («potato clamp») αποτελεί μια από τις πιο παλιές τεχνικές αποθήκευσης νωπών προϊόντων και είναι γνωστή από την αρχαιότητα (Εικόνα 8.1Α). Στην απλή της μορφή, η τάφος είναι ένας λάκκος βάθους 30-50 cm σκαμμένος σε κατάλληλο μέρος του χωραφιού. Στη βάση του λάκκου τοποθετείται άχυρο ή άλλο μονωτικό υλικό (π.χ. φύλλα φτέρης κ.ά.), επάνω στο οποίο τοποθετούνται σε σωρό οι πατάτες. Ο σωρός καλύπτεται με στρώματα από άχυρο και χώμα πάχους 30-50 cm και έτσι η τάφος παραμένει κλειστή καθ' όλη τη διάρκεια της αποθήκευσης.



Εικόνα 8.1 Υπόγεια τάφρος («potato clamp») για την αποθήκευση πατάτας, (Α) απλής μορφής, (Β) με αεραγωγούς.

Ενώ η μέθοδος αυτή είναι πολύ απλή και φθηνή, δεν επιτρέπει στον παραγωγό να ελέγχει τους κονδύλους κατά την αποθήκευση και δεν προσφέρει έλεγχο της θερμοκρασίας, της υγρασίας και της σύνθεσης της ατμόσφαιρας (συγκέντρωση O_2 , CO_2 , C_2H_4) στο εσωτερικό της τάφρου. Κατά συνέπεια, η διάρκεια της αποθήκευσης είναι περιορισμένη και οι απώλειες εξαιτίας της σήψης και της εκβλάστησης των κονδύλων είναι σχετικά υψηλές, της τάξης του 20-25% (van der Schild, 1981).

Μια βελτιωμένη μορφή της τάφρου είναι εκείνη που ενσωματώνει ένα απλό σύστημα εξαερισμού ("ventillated clamp"). Κατασκευάζεται όπως η απλή τάφρος, αλλά προστίθεται ένας αεραγωγός κάτω από το σωρό των κονδύλων και άλλος ένας από πάνω (Εικόνα 8.1B). Ο εξαερισμός της τάφρου γίνεται απλά με τη ροή του αέρα διαμέσου του αγωγού και με αυτόν τον τρόπο αποφεύγεται η υπερβολική άνοδος της θερμοκρασίας και της υγρασίας μέσα στην τάφρο. Επιπρόσθετα, η τάφρος αυτή μπορεί να καλυφθεί με ένα φύλλο πλαστικού για περισσότερη προστασία από τη βροχή κ.λπ.

Ενώ η χρήση της απλής τάφρου έχει σχεδόν εκλείψει λόγω χαμηλής απόδοσης της μεθόδου, η βελτιωμένη μορφή με αεραγωγούς εφαρμόζεται ακόμη στην Ευρώπη και αλλού, π.χ. σε τροπικές περιοχές για την αποθήκευση υπόγειων αποθησαυριστικών οργάνων τροπικών καλλιεργειών.

Απλές αποθήκες. Απλές αποθήκες, ακόμη και καλύβες, («potato sheds») χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση της πατάτας εδώ και πολλά χρόνια. Ο van der Schild (1981) περιγράφει μια καλύβα ύψους 1,5-2,0 m κατασκευασμένη με χονδρούς τοίχους από δέματα ερείκης και με ξύλινη σκεπή που χρησιμοποιείτο από τον 19^ο αιώνα. Ολόκληρη η καλύβα καλύπτεται από άχυρο για μόνωση και από τη μια πλευρά υπάρχει μια μικρή πόρτα, η οποία ανοίγει ή κλείνει ανάλογα με τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος (Εικόνα 8.2).



Εικόνα 8.2 Απλή αποθήκη για τη συντήρηση της πατάτας όπως χρησιμοποιήθηκε στην Ολλανδία και στη Γερμανία κατά το 19^ο αιώνα (Από: van der Schild, 1981).

Σήμερα, απλές αποθήκες (χωρίς έλεγχο της θερμοκρασίας) χρησιμοποιούνται ευρύτατα για τη συντήρηση κονδύλων πατάτας που παράγονται σε περιοχές της εύκρατης ζώνης. Μια σύγχρονη αποθήκη κατασκευάζεται από μόνιμο υλικό (τούβλα, μπετόν, ξύλο κ.ά.). Οι τοίχοι και η σκεπή φέρουν μονωτικό υλικό και η κυκλοφορία του αέρα μέσα στο χώρο της αποθήκης γίνεται ευχερέστερα με τη βοήθεια ανεμιστήρων.

Συνήθως οι πατάτες αποθηκεύονται σε δοχεία («potato bins») που έχουν ύψος μέχρι 3 m (περίπου) και φέρουν ανοίγματα για την κυκλοφορία του αέρα. Σε βόρειες περιοχές των ΗΠΑ τα δοχεία έχουν ύψος μέχρι 6 m, αλλά, επειδή μπορούν να προκληθούν μώλωπες λόγω πίεσης (pressure bruises) και τραυματισμοί στους κονδύλους, σε περιοχές όπου η θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι υψηλότερη (15 °C και μεγαλύτερη), είναι προτιμότερη η χρήση ρηχών δοχείων ή κουτιών (Johnston et al., 1965).

Αποθήκες με ελεγχόμενη θερμοκρασία και υγρασία. Η πιο αποτελεσματική μέθοδος για την αποθήκευση της πατάτας είναι αυτή που γίνεται σε θαλάμους ελεγχόμενης θερμοκρασίας και υγρασίας. Σύμφωνα με τον van der Schild (1981), πάνω από 2 εκατ. τόνοι πατάτας αποθηκεύονταν με αυτό τον τρόπο στην Ολλανδία και μια τυπική αποθήκη μπορεί να χωρέσει πάνω από 6000 τόνους.

Το κλειδί για την επιτυχία στην αποθήκευση του προϊόντος είναι ο σωστός έλεγχος της θερμοκρασίας και της υγρασίας, καθώς και ο καλός εξαερισμός του θαλάμου. Οι συνήθεις συνθήκες για την αποθήκευση της πατάτας για κοινή κατανάλωση είναι θερμοκρασία 4-5 °C και Σ.Υ. 90% περίπου. Ωστόσο, όπως αναλύθηκε παραπάνω, υπάρχουν πολλοί παράγοντες που επηρεάζουν τη μετασυλλεκτική ζωή των κονδύλων και η επιλογή των κατάλληλων θερμοκρασιών για τη συντήρησή τους εξαρτάται σημαντικά από το χρήστη για την οποία προορίζονται.

8.3.2 Αποθήκευση της γλυκοπατάτας

Σε αντίθεση με την πατάτα, ως είδος με τροπική προέλευση, η γλυκοπατάτα αποθηκεύεται σε δροσερές συνθήκες δωματίου. Η μεθωρίμανση μετά τη συγκομιδή είναι απόλυτα απαραίτητη για την επούλωση των τραυμάτων, την αποφυγή των ασθενειών και την πάχυνση της επιδερμίδας ώστε να περιοριστεί η απώλεια νερού κατά την αποθήκευση. Η μεθωρίμανση γίνεται στους 30°C και σε 85-

90% Σ.Υ. για 4-7 ημέρες. Η αποθήκευση της γλυκοπατάτας σε θερμοκρασίες χαμηλότερες από 13°C πρέπει να αποφεύγεται, γιατί μπορεί να προκαλέσει κρουοτραυματισμούς, ενώ θερμοκρασίες υψηλότερες από 15,5°C προωθούν την εκβλάστησή του ριζοκονδύλου. Υπό άριστες συνθήκες αποθήκευσης (θερμοκρασία 13-15°C και Σ.Υ. 85-90%) οι γλυκοπατάτες μπορούν να αποθηκευτούν για 4-6 μήνες. Η απώλεια βάρους είναι περίπου 2% κατά τη διάρκεια της μεθωρίμανσης και 2% για κάθε μήνα αποθήκευσης.

8.4 Ριζώματα και κόρμοι

8.4.1 Αποθήκευση της πιπερόριζας (τζίντζερ)

Στο τζίντζερ ή πιπερόριζα (*Zingiber officinale* Roscoe) το εδώδιμο μέρος του φυτού είναι το ρίζωμα, δηλ. υπόγειος βλαστός που αναπτύσσεται παράλληλα με την επιφάνεια του εδάφους και κάτω από αυτή. Μετά τη συγκομιδή των ριζωμάτων και πριν την αποθήκευση, τα ριζώματα τοποθετούνται για μεθωρίμανση, η οποία αποσκοπεί στην επούλωση των τραυμάτων που εμφανίζονται κατά ή/και μετά τη συγκομιδή λόγω της απομάκρυνσης ριζών και φύλλων. Η μεθωρίμανση γίνεται, συνήθως, με φυσικό τρόπο στον αγρό (θερμοκρασία 22-26 °C και Σ.Υ. 70-75%) για 48-60 ώρες και επιτυγχάνεται περιορισμός των απωλειών βάρους και της ανάπτυξης ασθενειών κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης (Dohroo & Korla, 2000).

Η αποθήκευση των ριζωμάτων γίνεται σε χώρο καλά αεριζόμενο, δροσερό, χωρίς πολύ υψηλή σχετική υγρασία και πάντοτε υπό σκιά (προστασία των ριζωμάτων από την άμεση ηλιακή ακτινοβολία). Οι υψηλές θερμοκρασίες (25-30 °C) κατά την αποθήκευση προκαλούν ταχεία εξάτμιση των αιθέριων ελαίων, μεγάλη απώλεια σε υγρασία, συρρίκνωση της επιφάνειας και φύτρωμα των οφθαλμών, υποβαθμίζοντας την ποιότητα των ριζωμάτων. Έτσι, τα ριζώματα αποθηκεύονται για λιγότερο από 1 μήνα σε συνθήκες υψηλών θερμοκρασιών (25-30 °C), αλλά ο χρόνος αποθήκευσης των ριζωμάτων μπορεί να αυξηθεί εάν τοποθετηθούν σε πλαστικές σακούλες (Thomas, 1996). Από την άλλη μεριά, η αποθήκευση σε θερμοκρασίες χαμηλότερες από τους 12 °C προκαλούν συνήθως κρουοτραυματισμούς με αποτέλεσμα την υποβάθμιση της ποιότητας.

Επιπρόσθετα, τα ριζώματα του τζίντζερ δεν πρέπει να συντηρούνται σε περιβάλλον με υψηλή υγρασία, ενώ τα ριζώματα που δεν έχουν στεγνώσει καλά πριν από την αποθήκευση εμφανίζουν μεγάλες απώλειες λόγω της ανάπτυξης ασθενειών στην αποθήκη ή λόγω πρώιμης εκβλάστησης των οφθαλμών τους.

Τα ριζώματα του τζίντζερ αποθηκεύονται για μεγάλο χρονικό διάστημα σε θερμοκρασία 12 °C και Σ.Υ. 70%, χωρίς συρρίκνωση της επιφάνειά τους, η οποία γίνεται αντιληπτή όταν η απώλεια βάρους ανέρχεται στο 10% του αρχικού βάρους του ριζώματος. Ριζώματα τζίντζερ που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν σαν πολλαπλασιαστικό υλικό αποθηκεύονται για 6 μήνες σε δροσερό και ξηρό μέρος (Nair & Varma, 1970).

8.4.2 Αποθήκευση του κολοκάσι

Στο κολοκάσι [*Colocasia esculenta* (L.) Schott] το εδώδιμο μέρος του φυτού είναι ο κόρμος (corm) και τα κορμίδια (cormels) που σχηματίζονται γύρω από αυτόν. Ο κόρμος είναι υπόγειος βλαστός μικρού μήκους, παχύς, με ανάπτυξη λιγότερο ή περισσότερο κατακόρυφη. Σημαντικός παράγοντας για την επιτυχημένη αποθήκευση των κόρμων είναι η αποφυγή τραυματισμών τους κατά τη συγκομιδή και τη μεταφορά. Έτσι, πριν την αποθήκευση των κόρμων και των κορμιδίων είναι απαραίτητη η επούλωση των τραυμάτων που προκαλούνται κατά τη συγκομιδή, κάτι το οποίο μπορεί να επιτευχθεί σε σύντομο χρονικό διάστημα σε θερμοκρασία 20-30 °C και Σ.Υ. 85%. Η μεθωρίμανση των κόρμων σε τροπικές περιοχές γίνεται σε συνθήκες περιβάλλοντος (24-30 °C), ενώ η αποθήκευσή τους στις ίδιες συνθήκες για περίπου 2 εβδομάδες οδηγεί σε μείωση του αμύλου και αύξηση των σακχάρων (Agbo-Edge & Rickard, 1991).

Σύμφωνα με τον Thompson (1996), η διατήρηση των κόρμων στους 26 °C και σε Σ.Υ. 76% οδηγεί σε απώλεια βάρους 1% για κάθε εβδομάδα αποθήκευσης και σε φύτρωμα μετά από 6 εβδομάδες αποθήκευσης. Ωστόσο, σε αυτές τις θερμοκρασίες ευνοείται η ανάπτυξη μυκητολογικών ασθενειών που αποτελούν, ίσως, το σημαντικότερο παράγοντα απωλειών κατά την αποθήκευση.

Για το λόγο αυτό, μετά την επούλωση των τραυμάτων, η αποθήκευση των κόρμων γίνεται σε καλά αεριζόμενες αποθήκες με θερμοκρασία 10 °C και Σ.Υ. 85-90% για 6 μήνες.

Σε κάποιες περιοχές έχουν αναπτυχθεί πιο απλές μέθοδοι αποθήκευσης των κόρμων για, συνήθως, μικρότερο χρονικό διάστημα. Για παράδειγμα, αποφεύγεται η απομάκρυνση των φύλλων και οι κόρμοι συλλέγονται μαζί με τμήμα της βάσης των φύλλων (30 cm μήκους περίπου), δένονται σε πακέτα και κρέμονται σε σκιερό μέρος ή τοποθετούνται σε λάκκους και καλύπτονται με φύλλα και έδαφος.

Βιβλιογραφία

- Abdalla, A. A. & Mann, L. K. (1963). Bulb development in the onion (*Allium cepa* L.) and the effect of storage temperature on bulb rest. *Hilgard.*, 35, 85-112.
- Akoumianakis, K. A., Aivalakis, G., Alexopoulos, A. A., Karapanos, I. C., Skarmoutsos, K. & Passam, H. C. (2008). Bromoethane induced changes in respiration rate, ethylene synthesis and enzyme activity of potato tubers in relation to dormancy breakage. *J. Hort. Sci. Biotechnol.*, 83, 441-446.
- Alexopoulos A. A., Akoumianakis, K. A., Vemmos, S. N. & Passam, H. C. (2007b). The effect of post-harvest application of gibberellic acid and benzyl adenine on the duration of dormancy of potatoes produced by plants grown from TPS. *Postharv. Biol. Technol.*, 46, 54-62.
- Alexopoulos, A. A., Aivalakis, G., Akoumianakis K. A. & Passam, H. C. (2008). Effect of gibberellic acid on the duration of dormancy of potato tubers produced by plants derived from true potato seed. *Postharv. Biol. Technol.*, 49, 424-430.
- Alexopoulos, A. A., Aivalakis, G., Akoumianakis, K. A. & Passam, H. C. (2009). Bromoethane induces dormancy breakage and metabolic changes in tubers derived from true potato seed. *Postharv. Biol. Technol.*, 54, 165-171.
- Alexopoulos, A. A., Akoumianakis, K. A., Olympios, C. M. & Passam, H. C. (2007a). The effect of the time and mode of application of gibberellic acid and inhibitors of gibberellin biosynthesis on the dormancy of potato tubers grown from true potato seed. *J. Sci. Food Agric.*, 87, 1973-1979.
- Allen, E. J., O'Brien, P. J. & Firman, D. (1992). Seed tuber production and management. In: Harris, P. M. (ed.), *The Potato Crop: the scientific basis for improvement - 2nd edition*. London, U.K.: Chapman and Hall, pp. 247-291.
- Apeland, J. (1971). Effects of scale quality on physiological processes in onion. *Acta Hort.*, 20, 72-79.
- Atwa, A. A., Radwan, A. A. & Stino, J. R. (1974). Effect of different curing methods on firmness and weight loss of Egyptian onions. *Agric. Res. Rev.*, 52, 159-166.
- Benkeblia, N. (2004). Effect of maleic hydrazide on respiratory parameters of stored onion bulbs (*Allium cepa* L.). *Braz. J. Plant Physiol.*, 16, 47-52.
- Benkeblia, N., Varoquaux, P., Gouble, B. & Selselet-Attou G. (2000). Respiratory parameters of onion bulbs (*Allium cepa*) during storage. Effects of ionising radiation and temperature. *J. Sci. Food Agric.*, 80, 1772-1778.
- Benkeblia, N., Varoquaux, P., Shiomi, N. & Sakai, H. (2002). Storage technology of onion bulbs cv. Rouge Amposta: effect of irradiation, maleic hydrazide and carbamate isopropyl, N-phenyl (CIP) on respiration rate and carbohydrates. *J. Food Sci. Technol.*, 37, 169-176.

- Benkeblia, N., Alexopoulos, A. A. & Passam, H. C. (2008). Physiological and biochemical regulation of dormancy and sprouting in potato tubers (*Solanum tuberosum* L.). *Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology* (vol. 2 Special Issue 1 2008: International Year of the Potato), 55-68.
- Burton W. G. (1989). *The potato*. Essex, U.K.: Longman Scientific & Technical, pp. 423-522.
- Burton, W. G. (1965). The sugar balance in some British potato varieties during storage. I. Preliminary observations. *Eur. Potato J.*, 8, 80-91.
- Burton, W. G., van Es, A. & Hartmans, K. J. (1992). The physics and physiology of storage. In: Harris, P. M. (ed.), *The Potato Crop: the scientific basis for improvement - 2nd edition*. London, U.K.: Chapman and Hall, pp. 608-727.
- Campbell, M. A., Gleichsner, A., Alsbury, R., Horvath, D. & Suttle, J. (2010). The sprout inhibitors chlorpropham and 1,4-dimethylnaphthalene elicit different transcriptional profiles and do not suppress growth through a prolongation of the dormant state. *Plant Mol. Biol.*, 73, 181-189.
- Coleman, W. K. (1998). Carbon dioxide, oxygen and ethylene effects on potato tuber release and sprout growth. *Ann. Bot.*, 82, 21-27.
- Creech, D. L., Workman, M. & Harrison, M. D. (1973). The influence of storage factors on endogenous ethylene production of potato tubers. *Amer. Potato J.*, 50, 145-150.
- Cutter, E. G. (1992). Structure and development of the potato plant. In: Harris, P. M. (ed.), *The Potato Crop: the scientific basis for improvement - 2nd edition*. London, U.K.: Chapman and Hall, pp. 65-161.
- Cvikrova, M., Sukhona, L. S., Eder, J. & Korableva, N. P. (1994). Possible involvement of abscisic acid, ethylene and phenolic acid in potato tuber dormancy. *Plant Physiol. Biochem.*, 32, 685-691.
- Davies, H. V. & Viola, R. (1994). Control of sugar balance in potato tubers. In: Belknap, W. R., Vayda, M. E. & Park, W. D (eds), *The molecular and cellular biology of the potato (2nd edition)*. Wallingford, U.K.: CAB International, pp. 67-80.
- Destefano-Beltrán, L., Knauber, D., Huckle, L. & Suttle, J., (2006). Chemically forced dormancy termination mimics natural dormancy progression in potato tuber meristems by reducing ABA content and modifying expression of genes involved in regulating ABA synthesis and metabolism. *J. Exp. Bot.*, 57, 2879–2886.
- Dohroo, N. P. & Korla, B. N. (2000). Effect of harvesting stage and curing time of rhizomes on storage rot of ginger in mid-hills of Himachal Pradesh. *Plant Dis. Res.*, 15, 85–88.
- Geigenberger, P., Merlo, L., Reimholz, R. & Stitt, M. (1994). When growing potato tubers are detached from their mother plant there is a rapid inhibition of starch synthesis, involving inhibition of ADP-glucose pyrophosphorylase. *Planta*, 193, 486-493.
- Hartmans, K. J., Lenssen, J. M. & de Vries, R. G. (1998). Use of talent (carvone) as a sprout growth regulator of seed potatoes and the effect on stem and tuber number. *Potato Res.*, 41, 190–191.
- Hiller L. K. & Thornton, R. E. (1993). Management of physiological disorders. In: Rowe R. C. (ed.), *Potato health management*. Minnesota, U.S.A.: APS Press, pp. 87-94.
- Hoyle, B. J. (1948). Onion curing: A comparison of storage losses from artificial field and noncured onions. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.*, 52, 407-415.
- Isenberg, F. M. R., Thomas, T. H., Abdel-Rahman, M., Pendergrass, M., Carrol, J. C. & Howell, L. (1974). The role of natural growth regulators in rest, dormancy and regrowth of vegetables during winter storage. *Proc. 19th. Intern. Hortic. Congr.*, 2, 129-138.
- Johnston, E. F., Toko, H. V. & Wilson, J. B. (1965). Pallet boxes vs. deep bins. A comparison of potato quality control. *Maine Agric. Expt. Sta. Bull.*, 636, 30p.

- Krijthe, N. (1962). *Ontwikkeling en groei van aardappelknol en aardappelplant*. Wageningen, The Netherlands: IBVL Publ. 84.
- Lewis, M. D., Thornton, M. K. & Kleinkopf, G. E. (2007). *Commercial application of CIPC sprout inhibitor to storage potatoes*. University of Idaho, Cooperative Extension System - Agricultural Experiment Station, CIS 1059, 4p.
- Mathur, P. B., Date, W. B., Srivastava, H. C. & Subramanyam, H. (1958). Effect of pre-harvest foliage sprays of maleic hydrazide on the cold storage behaviour of onions. *J. Sci. Food Agric.*, 9, 312-316.
- Meijers, C. P. (1981). Wound healing. In: Rastovski, A. & van Es, A. (eds.), *Storage of potatoes*. Wageningen, The Netherlands: Pudoc, pp. 340-343.
- Nair, P. C. S. & Varma, A. S. (1970). Ginger in Kerala. *Indian Farm.*, 20, 37-39.
- Pringle, R., Bishop, C. & Clayton, R. (2009). *Potatoes postharvest*. Wallingford, U.K.: CAB International, 427p.
- Rajapakse, N. C., Andersen, C. R. & Pike, L. M. (1991). Storage potential of short-day onion cultivars: Contribution of water loss, diseases and sprouting. *Trop. Sci.*, 32, 33-40.
- Rutherford, R. & Whittle, R. (1982). The carbohydrate composition of onions during long term cold storage. *J. Hort. Sci.*, 57, 249-356.
- Salama, A. M., Hicks, J. R. & Nock, J. F. (1990.) Sugar and organic acid changes in stored onion bulbs treated with maleic hydrazide. *HortSci.*, 25, 1625-1628.
- Schippers, P. A. (1956). *De duur van de rustperiode van een veertigtal aardappelrassen, bewaard bij verschillende constante temperaturen*. Stichting Aardappelbewaring, Wageningen, Publication 112, series A.
- Smittle, D. A. (1988). Evaluation of storage methods for "Granex" onions. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 113, 877-880.
- Sonnewald, S. & Sonnewald, U. (2014). Regulation of potato tuber sprouting. *Planta*, 239, 27-38.
- Sowokinos, J. R., Lulai, E. C. & Knoper, J. A. (1985). Translucent tissue defects in *Solanum tuberosum* L. I. Alterations in amyloplast membrane integrity, enzyme activities, sugars and starch content. *Plant Physiol.*, 78, 489-494.
- Thomas, R. E. (1996). *Thomas' stowage - the properties and stowage of cargoes*. Glasgow, U.K.: Brown, Son & Ferguson Ltd.
- Thomas, T. H. & Isenberg, F. M. R. (1972). Hormone physiology of onion bulbs during dormancy. *Exp. Hort.*, 23, 48-51.
- Thompson, A. K. (1996). *Postharvest technology of fruits and vegetables*. Oxford, U.K.: Blackwell Science Ltd., 410p.
- van der Schild, J. H. W. (1981). History of potato storage. In: Rastovski, A. & van Es, A. (eds.), *Storage of potatoes*. Wageningen, The Netherlands: Pudoc, pp. 3-13.
- van Es, A. & Hartmans, K. J. (1981). Dormancy period, sprouting and sprout inhibition. In: Rastovski, A. & van Es, A. (eds.), *Storage of potatoes*. Wageningen, The Netherlands: Pudoc, pp. 99-119.

Κεφάλαιο 9. Τραυματισμοί από χαμηλές θερμοκρασίες (κρυοτραυματισμοί), πάγωμα, φυσιολογικές διαταραχές και παθολογικές ασθένειες

Σύνοψη

Στο παρόν κεφάλαιο αναλύονται στοιχεία σχετικά με τη συγκομιδή των καρπών και τους προσυλλεκτικούς χειρισμούς που εφαρμόζονται για τη βελτίωση της μετασυλλεκτικής συμπεριφοράς τους. Όσον αφορά τη συγκομιδή παρουσιάζονται στοιχεία σχετικά με τον υπολογισμό του επιθυμητού χρόνου συγκομιδής και γίνεται αναφορά στις μεθόδους συγκομιδής. Αναφέρονται επίσης συγκεκριμένοι προσυλλεκτικοί χειρισμοί που επιδρούν στην ωρίμανση και σε ποιοτικά χαρακτηριστικά που έχουν ιδιαίτερη σημασία στη μετασυλλεκτική χωρίς να παρουσιάζονται οι γενικές καλλιεργητικές τεχνικές (λίπανση, αραίωμα καρπών κ.ά.).

Προαπαιτούμενη γνώση

Τα στοιχεία που παρουσιάζονται στο παρόν κεφάλαιο απαιτούν τη γνώση των κριτηρίων ωριμότητας και ποιότητας για το κάθε είδος καρπού (Κεφάλαιο 5). Επίσης, οι προσυλλεκτικοί χειρισμοί που αναφέρονται βασίζονται στον έλεγχο φυσιολογικών και βιοχημικών διεργασιών των καρπών (σύνθεση και δράση αιθυλενίου, μεταβολές κυτταρικών τοιχωμάτων κτλ) που παρουσιάζονται στα Κεφάλαια 3 και 4.

9.1 Καταπονήσεις κατά τη μετασυλλεκτική περίοδο

Με τον όρο καταπόνηση εννοούμε την έκθεση ενός βιολογικού οργανισμού σε συνθήκες που αντιλαμβάνεται σαν μη φυσιολογικές για τα βιολογικά του όρια με αποτέλεσμα, σαν αντίδραση σε αυτές, ο οργανισμός να ενεργοποιεί ή/και να μεταβάλει κάποιες φυσιολογικές – βιοχημικές του διεργασίες ως μηχανισμό άμυνας στις μη φυσιολογικές αυτές συνθήκες. Οι καταπονήσεις διακρίνονται σε δυο γενικές κατηγορίες, τις βιοτικές και τις αβιοτικές:

- Στις βιοτικές καταπονήσεις ανήκουν οι καταπονήσεις που οφείλονται σε βιοτικούς παράγοντες, όπως οι προσβολές από έντομα και παθογόνα.
- Στις αβιοτικές καταπονήσεις ανήκουν οι καταπονήσεις που οφείλονται σε αβιοτικούς παράγοντες, όπως ακραίες θερμοκρασίες (υψηλές ή χαμηλές), μηχανικοί τραυματισμοί, χαμηλή υγρασία, χαμηλό οξυγόνο κ.ά.

Κατά την καταπόνηση παράγονται ενώσεις (κυρίως ελεύθερες ρίζες οξυγόνου, reactive oxygen species - ROS) που ως γνωστό είναι βλαβερές για τον φυτικό οργανισμό. Ο ιστός όμως ενεργοποιεί το αμυντικό του σύστημα (ενεργοποίηση κατάλληλων ενζύμων και παραγωγή αντιοξειδωτικών ενώσεων) για να καταπολεμήσει (εξουδετερώσει) τις ρίζες ή τα παράγωγά τους. Σαν 'σήματα' που ενεργοποιούν το αμυντικό σύστημα του ιστού μπορεί να είναι και οι ίδιες οι ρίζες της καταπόνησης. Αν η διάρκεια ή η ένταση της καταπόνησης είναι μεγάλη και ο φυτικός οργανισμός δεν μπορεί να αντιμετωπίσει την κατάσταση, τότε προκύπτουν τα αρνητικά αποτελέσματα μιας καταπόνησης. Η υποβάθμιση των ποιοτικών χαρακτηριστικών (φαινοτυπικών ή/και οργανοληπτικών) των συγκομισμένων καρπών και λαχανικών ως αποτέλεσμα των αβιοτικών καταπονήσεων κατά τη μετασυλλεκτική περίοδο που σχετίζονται με ανεπιθύμητες επιδράσεις στη φυσιολογία τους, συνοψίζονται με τον όρο «φυσιολογικές διαταραχές» (physiological disorders).

Εάν όμως η καταπόνηση είναι περιορισμένη, τότε ο ιστός/οργανισμός εμπλουτίζεται με αντιοξειδωτικά (π.χ. φαινολικές ουσίες) που προκύπτουν από το αμυντικό του σύστημα και το τελικό αποτέλεσμα μπορεί να είναι θετικό ως προς τα διατροφικά χαρακτηριστικά του προϊόντος (κεφάλαιο 4). Θα πρέπει όμως να σημειωθεί ότι η συσσώρευση των αντιοξειδωτικών ουσιών ως αποτέλεσμα της καταπόνησης, μπορεί να επιδρά αρνητικά στην γεύση του προϊόντος, γιατί πολλές από τις ουσίες αυτές έχουν έντονη ή πικρή γεύση (π.χ. γλυκοσινολίτες στα σταυρανθή λαχανικά), αν και σε άλλες περιπτώσεις μπορεί να ενισχύεται η γεύση (π.χ. αύξηση καυστικότητας βολβών κρεμμυδιού σε συνθήκες υδατικής καταπόνησης κατά την καλλιέργεια).

Όπως παρουσιάζεται στο Κεφάλαιο 4, οι περισσότεροι μετασυλλεκτικοί χειρισμοί μπορεί να επιφέρουν θετικά ή αρνητικά αποτελέσματα ανάλογα με τη διάρκεια και/ή την ένταση της εφαρμογής τους τα οποία σχετίζονται με κάποιο επίπεδο καταπόνησης. Ενώ μπορούμε να εκμεταλλευτούμε τις θετικές επιδράσεις της καταπόνησης κατά την εφαρμογή των μετασυλλεκτικών χειρισμών (βλέπε Κεφάλαιο 4), οι αρνητικές επιδράσεις οδηγούν σε υποβάθμιση της ποιότητας, όπως περιγράφονται στο κεφάλαιο αυτό.

9.2 Φυσιολογικές διαταραχές

9.2.1 Διαταραχές από χαμηλές θερμοκρασίες (κρουοτραυματισμοί)

Οι κρουοτραυματισμοί (chilling injury) αποτελούν μια μορφή φυσικής καταπόνησης, στην οποία είναι ευαίσθητοι πολλοί καρποί και λαχανικά, ιδιαίτερα αυτά με τροπική ή υποτροπική προέλευση. Οι κρουοτραυματισμοί συμβαίνουν σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες από το σημείο πήξης (παγώματος) του κυτταρικού χυμού και σε μερικές περιπτώσεις μπορεί να συμβούν σε θερμοκρασία 15 °C. Έχουν ιδιαίτερη σημασία για την αποθηκευσιμότητα και το χειρισμό των οπωροκηπευτικών διότι:

- Οι χαμηλές θερμοκρασίες αποτελούν την πιο αποτελεσματική τεχνική για την αποθήκευση των προϊόντων αυτών.
- Όταν προκύπτουν κρουοτραυματισμοί, κατά κανόνα τα προϊόντα παρουσιάζουν ραγδαία υποβάθμιση της ποιότητας ή ακόμα και ολική απώλεια αυτής.

Η ευαισθησία ενός φυτού ή φυτικού οργάνου σε χαμηλές θερμοκρασίες εξαρτάται από διάφορους παράγοντες που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους, όπως:

- Η θερμοκρασία στην οποία εκτίθεται το προϊόν.
- Η διάρκεια αυτής της έκθεσης.
- Η ευαισθησία του φυτικού είδους ή της ποικιλίας.
- Το στάδιο ανάπτυξης ή ωρίμανσης του προϊόντος.
- Το περιβάλλον της αποθήκευσης (σχετική υγρασία, εξαερισμός, σύσταση ατμόσφαιρας εντός της αποθήκης, παρουσία αιθυλενίου κ.ά.).

Γενικά, όσο πιο χαμηλή είναι η θερμοκρασία στην οποία εκτίθεται το προϊόν, κάτω από το κρίσιμο σημείο (χαρακτηριστικό για κάθε προϊόν), τόσο μεγαλύτερη είναι η έκταση των κρουοτραυματισμών και πιο γρήγορη η έναρξη εμφάνισής τους. Ωστόσο, ο ρυθμός ανάπτυξης των συμπτωμάτων του κρουοτραυματισμού μειώνεται με την πτώση της θερμοκρασίας. Συνεπώς, τα συμπτώματα μπορεί να μην φαίνονται κατά την περίοδο που τα προϊόντα εκτίθενται σε χαμηλές θερμοκρασίες, αλλά αναπτύσσονται γρήγορα όταν στη συνέχεια μεταφερθούν σε χώρους με υψηλότερες θερμοκρασίες. Παράλληλα, όσο μεγαλύτερη είναι η διάρκεια έκθεσης του προϊόντος στις χαμηλές θερμοκρασίες, τόσο μεγαλύτερη είναι και η ζημιά που επέρχεται. Χαρακτηριστικό είναι επίσης το γεγονός ότι η αναπνευστική δραστηριότητα και ο ρυθμός έκλυσης αιθυλενίου αυξάνονται σημαντικά στα οπωροκηπευτικά που υφίστανται κρουοτραυματισμούς, επιδρώντας περαιτέρω στην ωρίμανση των καρπών και τη γήρανση καρπών ή άλλων φυτικών ιστών και οργάνων (π.χ. κονδύλων). Το γεγονός αυτό είναι ιδιαίτερα εμφανές σε μη κλιμακτηριακούς καρπούς που δεν παρουσιάζουν σημαντική παραγωγή αιθυλενίου καθ' όλη τη διάρκεια της ωρίμανσής τους. Η ευαισθησία διαφόρων καρπών και λαχανικών στους κρουοτραυματισμούς παρουσιάζεται στον Πίνακα 9.1.

Ο κρουοτραυματισμός σχεδόν πάντοτε οδηγεί σε μείωση της ποιότητας του προϊόντος, ακόμα και όταν δεν είναι ορατά τα συμπτώματα. Για παράδειγμα, ο κρουοτραυματισμός επηρεάζει αρνητικά τη γεύση της τομάτας (προκαλώντας αύξηση της οξύτητας και μείωση του αρώματος), πριν ακόμη αναπτυχθούν άλλα συμπτώματα. Επίσης, ο εξωτερικός αποχρωματισμός του ιστού (π.χ. στη μελιτζάνα και τη μπανάνα) μπορεί να προηγηθεί της ανάπτυξης κηλίδων ή βαθουλωμάτων στην επιδερμίδα.

Μια σημαντική επίδραση του κρουοτραυματισμού είναι η διαταραχή της ομαλής διαδικασίας της ωρίμανσης των κλιμακτηριακών καρπών. Η ευαισθησία στις χαμηλές θερμοκρασίες είναι υψηλή κατά τη διάρκεια της προκλιμακτηριακής φάσης της ωρίμανσης, αλλά μειώνεται μόλις περάσει η κλιμακτηριακή αιχμή. Κατά συνέπεια, όταν οι περισσότεροι καρποί (π.χ. τομάτα, μήλο, μπανάνα)

εκτεθούν σε χαμηλές θερμοκρασίες πριν την κλιμακτηριακή περίοδο, δεν αναπτύσσουν ομοιόμορφο χρώμα και μαλακώνουν καθυστερημένα και ανομοιόμορφα. Αν επιμηκυνθεί η διάρκεια της έκθεσης σε χαμηλές θερμοκρασίες κατά την περίοδο αυτή, οι καρποί, ακόμα και αν δεν παρουσιάσουν σήψη, μπορεί να μην ωριμάσουν πλήρως ποτέ. Θεωρείται ότι η αύξηση της συγκέντρωσης των διαλυτών σακχάρων στους φυτικούς ιστούς βελτιώνει την αντοχή τους στις χαμηλές θερμοκρασίες, αυξάνοντας το ωσμωτικό δυναμικό των κυττάρων, σταθεροποιώντας τις κυτταρικές μεμβράνες και παρέχοντας ενέργεια για τις μεταβολικές διεργασίες αντίδρασης στην καταπόνηση λόγω χαμηλών θερμοκρασιών. Κατά συνέπεια, οι πιο ώριμοι καρποί που φέρουν περισσότερα σάκχαρα είναι πιο ανθεκτικοί σε κρουοτραυματισμούς σε σχέση με τους ανώριμους προ-κλιμακτηριακούς.

Η φυσική καταπόνηση που ασκεί η έκθεση σε χαμηλές θερμοκρασίες θεωρείται ότι προκαλεί αλλαγές στις φυσικές και δομικές ιδιότητες των φωσφολιπιδικών και πρωτεϊνικών συστατικών των κυτταρικών μεμβρανών. Ως συνέπεια, οι μεμβράνες χάνουν την ακεραιότητά τους, με αποτέλεσμα, την αύξηση της περατότητας του κυττάρου και την εκροή από αυτό ιόντων και διαλυμένων ουσιών του κυτταροπλάσματος, την αποδιοργάνωση της διαμερισματοποίησης του κυττάρου καθώς και αλλαγές της δραστηριότητας των ενζύμων. Οι ορατές εκδηλώσεις του κρουοτραυματισμού αποτελούν συνήθως το αποτέλεσμα των παραπάνω επιδράσεων, παρόλο που τα συγκεκριμένα φυσικοχημικά συμπτώματα ποικίλουν, ανάλογα με την ευαισθησία του είδους και των ιστών.

Είδος	Ελάχιστη ασφαλής θερμοκρασία (οC)	Συμπτώματα κρουοτραυματισμού
Αβοκάντο (Εικόνα 9.1)	2-13*	Βαθουλώματα του φλοιού, καφέτiasμα-μαύρισμα φλοιού και σάρκας
Αγγούρι	7	Βαθουλώματα του φλοιού, πολλά από τα οποία είναι υγρά, σήψεις
Ανανάς	7-10	Θαμπό πράσινο χρώμα κατά την ωρίμανση, εσωτερικό καφέτiasμα
Βερίκοκο	0	Ζελατινώδης κατάρρευση, σάρκα με μορφή ημιδιαφανή και ζελατινώδους μάζας
Γκρέϊπφρουτ	10	Σήψεις, βαθουλώματα, υδαρής κατάρρευση
Γλυκοπατάτα	13	Κηλίδες, σήψεις, εσωτερικός αποχρωματισμός
Ελιά (πράσινη)	7	Εσωτερικό καφέτiasμα
Καρπούζι	4,5	Βαθουλώματα, αλλοιώσεις της γεύσης
Κολοκύθι	10	Βαθουλώματα, σήψη από <i>Alternaria</i>
Κράνμπερρυ	3	Θαμπό χρώμα και ελαστική υφή
Λεμόνι (Εικόνα 9.2)	11-13	Βαθουλώματα, κοκκινωπή στιγμάτωση στο φλοιό, καφέτiasμα φλοιού
Λιμετία	10-13	Βαθουλώματα, καφέ μεταχρωματισμοί
Μάνγκο (Εικόνα 9.3)	10-13	Ανομοιόμορφη ωρίμανση, γκριζωπός αποχρωματισμός του φλοιού σαν έγκαυμα
Μελιτζάνα	7	Επιφανειακά βαθουλώματα, σήψη από <i>Alternaria</i> , εσωτερικοί αποχρωματισμοί
Μήλα (ορισμένες ποικιλίες)	2-3	Καφέτiasμα σάρκας και καρδιάς, μαλακό έγκαυμα, υγρή σήψη
Μπάμια	7	Αποχρωματισμός, βαθουλώματα, υγρές κηλίδες, σήψεις

Μπανάνα (Εικόνα 9.4)	11,5-13	Θαμπό χρώμα όταν ωριμάσει, καφέτιασμα φλοιού, καφέ ραβδώσεις της σάρκας
Παπάγια (Εικόνα 9.5)	7-13*	Βαθουλώματα, κηλιδωμένο χρωματισμό, ανομοιόμορφη ωρίμανση, έγκαυμα στο φλοιό, σκληρές περιοχές στη σάρκα.
Πεπόνι (κανταλούπα)	2-5*	Βαθουλώματα, επιφανειακή σήψη
Πεπόνι (Casaba)	7-10*	Βαθουλώματα, επιφανειακή σήψη, μη-φυσιολογική ωρίμανση
Πεπόνι (Honeydew)	7-10	Αποχρωματισμός, βαθουλώματα, σήψεις, μη-φυσιολογική ωρίμανση
Πιπεριά (πράσινη)	7	Βαθουλώματα, προσβολή του καρπού και του κάλυκα με <i>Alternaria</i>
Πορτοκάλι	3	Βαθουλώματα, καστανή κηλίδωση
Ρόδι	5	Μεταχρωματισμός φλοιού, θαμπό χρώμα καρπιδίων, καφέτιασμα ιστού που διαχωρίζει τα καρπίδια
Σπαράγγι	0-2	Θαμπές, γκριζοπράσινες και μαλακές κορυφές των βλαστών
Τομάτα (ώριμη)	7-10	Υγρές κηλίδες, μαλάκωμα, σήψη
Τομάτα (πράσινη φυσιολογικά ώριμη)	13	Ανώμαλη ωρίμανση και αλλοίωση του χρώματος, προσβολή από <i>Alternaria</i>
Φασόλι (πράσινο)	7	Βαθουλώματα στην επιφάνεια και μαυροκοκκινωποί μεταχρωματισμοί

*Η ευαισθησία εξαρτάται από το στάδιο ωριμότητας

Πίνακας 9.1 Η ευαισθησία διαφόρων οπωροκηπευτικών σε τραυματισμούς από χαμηλές θερμοκρασίες και τα συμπτώματα που προκαλούνται από κρυοτραυματισμό (Προσαρμογή από: Yang, 2012; UC Davis, 2015).

Μελέτες σε είδη, με ή χωρίς ευαισθησία σε κρυοτραυματισμούς, έχουν δείξει ότι οι μιτοχονδριακές οξειδώσεις στους ευαίσθητους ιστούς πραγματοποιούνται με σχετικά χαμηλότερο ρυθμό σε σχέση με τις γλυκολυτικές αντιδράσεις, με αποτέλεσμα να συσσωρεύονται τοξικά ή παρεμποδιστικά προϊόντα της γλυκόλυσης όπως η αιθανόλη, η ακεταλδεϋδη και τα κετονοξέα, τα οποία πιστεύεται ότι, προκαλούν τελικά τον τραυματισμό ή την απονέκρωση του ιστού (Lyons, 1973).

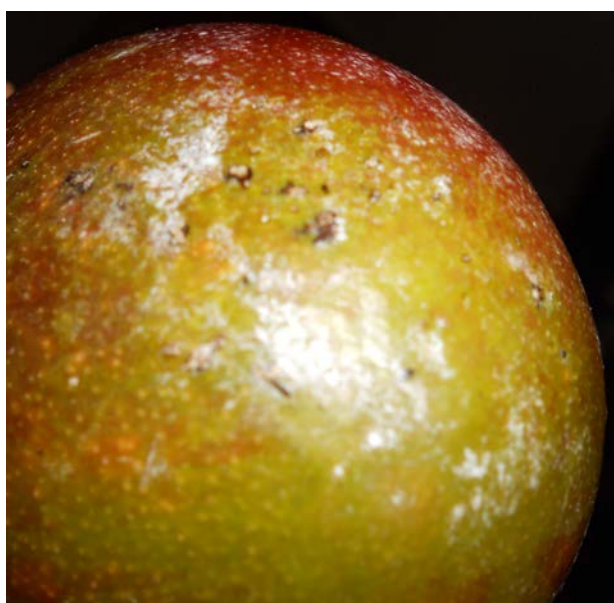
Αν ο κρυοτραυματισμός είναι έντονος, τότε οι προσβεβλημένοι ιστοί βαθμιαία αποσυντίθενται, γιατί εμφανίζουν μειωμένη αντίσταση στην προσβολή από παθογόνους μικροοργανισμούς. Έχει παρατηρηθεί ότι παθογόνα με χαμηλή ικανότητα προσβολής ακέραιων ιστών, όπως η *Alternaria* spp., προσβάλλουν με ευκολία ιστούς που εμφανίζουν συμπτώματα κρυοτραυματισμών. Παράλληλα, οι χαμηλές θερμοκρασίες επιβραδύνουν ή ανακόπτουν την επούλωση των τραυμάτων σε είδη όπως η γλυκοπατάτα, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η ευαισθησία τους σε παθογόνα.



Εικόνα 9.1 Συμπτώματα κρουσ τραυματισμού σε αβοκάντο.



Εικόνα 9.2 Συμπτώματα κρυοτραυματισμού σε λεμόνι.



Εικόνα 9.3 Συμπτώματα κρυοτραυματισμού σε μάνγκο.



Εικόνα 9.4 Συμπτώματα κρυοτραυματισμού σε μπανάνα.



Εικόνα 9.5 Συμπτώματα κρυοτραυματισμού σε παπάγια.

9.2.1.2 Αντιμετώπιση-πρόληψη

Ο πιο αποτελεσματικός τρόπος για την αντιμετώπιση του κρουοτραυματισμού είναι η αποφυγή της συντήρησης των ευαίσθητων προϊόντων στις σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες που προκαλούν τον τραυματισμό αυτό. Υπάρχουν όμως περιπτώσεις που η έκθεση των προϊόντων σε χαμηλές θερμοκρασίες είναι αναπόφευκτη, π.χ. πριν τη συγκομιδή ή κατά τη μεταφορά. Σε τέτοιες περιπτώσεις, προτείνονται διάφορες μετασυλλεκτικές μεταχειρίσεις που μπορούν να μειώσουν τις αρνητικές επιδράσεις των χαμηλών θερμοκρασιών συντήρησης στην εμφάνιση συμπτωμάτων κρουοτραυματισμού. Αυτές περιλαμβάνουν την περιοδική εφαρμογή σχετικά υψηλών θερμοκρασιών κατά τη διάρκεια αποθήκευσης των προϊόντων σε χαμηλές θερμοκρασίες, την προμεταχείριση με χαμηλές ή υψηλές θερμοκρασίες, την αποθήκευση σε τροποποιημένες ατμόσφαιρες (π.χ. σε μικροσυσκευασίες), τη μεταχείριση πριν την αποθήκευση με αιθυλένιο, αμπισισικό οξύ, methyl-1-jasmonate και άλλες φυσικές χημικές ουσίες, την εφαρμογή ασβεστίου και άλλων χημικών, την αποθήκευση σε συνθήκες μειωμένης πίεσης (αποθήκευση σε υποβαρικές συνθήκες), την κάλυψη των προϊόντων με κεριά και τη χρήση πλαστικών μεμβρανών.

Έχει παρατηρηθεί ότι εάν η παραμονή ενός ευαίσθητου φυτικού ιστού σε χαμηλές θερμοκρασίες διαρκεί λιγότερο χρόνο από αυτόν που προκαλεί μη αντιστρεπτές αλλαγές στη δομή και λειτουργία των κυττάρων, τότε, με την επαναφορά του ιστού σε υψηλότερη θερμοκρασία, ο κρουοτραυματισμός αποφεύγεται και οι κυτταρικές αντιδράσεις επανέρχονται στο φυσιολογικό τους ρυθμό. Αντίστοιχα, η εφαρμογή υψηλών θερμοκρασιών πριν την αποθήκευση των ευπαθών προϊόντων σε χαμηλές θερμοκρασίες, αυξάνει την ανθεκτικότητα σε κρουοτραυματισμούς. Για παράδειγμα, η έναρξη του κρουοτραυματισμού της γλυκοπατάτας κατά την έκθεσή της σε χαμηλές θερμοκρασίες (π.χ. μια μέρα στους 0 °C ή 4 ημέρες στους 7 °C) παρεμποδίζεται όταν εκτίθεται στους 30 °C για 8 μέρες (Ryall and Lipton, 1979). Αντίστοιχα, έκθεση της τομάτας στους 20 °C για 2 ή 3 ημέρες μετά από παραμονή στους 0°C για το ίδιο χρονικό διάστημα μπορεί να εξουδετερώσει τις δυσμενείς επιδράσεις της χαμηλής θερμοκρασίας. Εξάλλου, με την περιοδική διακοπή της συντήρησης της πατάτας σε χαμηλές θερμοκρασίες και την έκθεση σε υψηλότερες θερμοκρασίες ελαχιστοποιείται ο κρουοτραυματισμός (Hruschka et al., 1969). Ελάττωση των αποτελεσμάτων των κρουοτραυματισμών με παρόμοιο τρόπο παρατηρήθηκε και σε αγγούρια, πιπεριές κ.ά. Δεν μπορεί να εφαρμοστεί όμως για προϊόντα που είναι ευαίσθητα σε υψηλές θερμοκρασίες (π.χ. φασολάκι, μπάμια).

Κρουοτραυματισμοί μπορεί να προκληθούν ακόμη και πριν από τη συγκομιδή, εφόσον επικρατήσουν χαμηλές θερμοκρασίες. Λόγω του ότι οι επιδράσεις των χαμηλών αυτών θερμοκρασιών είναι προσθετικές, θα πρέπει να συνυπολογίζονται κατά τη διαμόρφωση των συνθηκών αποθήκευσης του προϊόντος. Για παράδειγμα, φυσιολογικά ώριμες πράσινες τομάτες που υπέστησαν κρουοτραυματισμό πριν τη συγκομιδή δεν ωρίμασαν κανονικά ακόμη και σε σχετικά υψηλές θερμοκρασίες αποθήκευσης (Morris, 1954). Επιπλέον, τομάτες που εκτίθενται σε χαμηλές θερμοκρασίες για 5 ημέρες πριν τη συγκομιδή και για 6 ημέρες μετά, παρουσιάζουν τα ίδια συμπτώματα κρουοτραυματισμού με τομάτες που εκτέθηκαν στην ίδια χαμηλή θερμοκρασία για 11 ημέρες μετά τη συγκομιδή, στην αποθήκη.

Κρουοτραυματισμός επίσης προκύπτει σε κοινές αποθήκες με χαμηλές θερμοκρασίες ή ακόμη στα ράφια των σουπερμάρκετ. Στην Ελλάδα, για παράδειγμα, ευαίσθητα προϊόντα, ιδιαίτερα φρούτα τροπικής προέλευσης (όπως το μάνγκο) εκτίθενται σε χαμηλές θερμοκρασίες στο στάδιο πώλησης και δεν ωριμάζουν ικανοποιητικά.

Συνεπώς, πρέπει να λαμβάνεται πάντα υπόψη ότι οι κρουοτραυματισμοί μπορεί να προκύψουν σε οποιοδήποτε στάδιο από τον αγρό κατά τη διάρκεια της μεταφοράς, της συσκευασίας, της αποθήκευσης, της χονδρικής και λιανικής πώλησης, ακόμη και στα χέρια του καταναλωτή.

9.2.2 Τραυματισμοί από πάγωμα

Επειδή η ιδανική θερμοκρασία αποθήκευσης των περισσότερων οπωροκηπευτικών που δεν έχουν ευαισθησία σε κρουοτραυματισμούς είναι κοντά στο σημείο παγώματος, είναι χρήσιμο να γνωρίζουμε τη χαμηλότερη ασφαλή θερμοκρασία κάτω από την οποία μπορούν να αποθηκευτούν. Σε θερμοκρασίες κάτω από το επίπεδο παγώματος σχηματίζονται κρύσταλλοι πάγου στους ιστούς, προκαλώντας βλάβες. Επειδή οι ιστοί των ειδών αυτών περιέχουν όχι μόνο νερό αλλά και διαλύτες,

το σημείο ψύξης συνήθως παρουσιάζεται σε θερμοκρασία μικρότερη από 0 °C. Στον Πίνακα 9.2 καταγράφεται το σημείο παγώματος για διάφορα κηπευτικά προϊόντα.

Είδος	Σημείο παγώματος (°C)
Αβοκάντο	-0,3
Αχλάδι	-0,9
Βερίκοκο	-1,1
Γκρέϊπφρουτ	-1,1
Ελιά (πράσινη)	-1,4
Καρότο	-1,4
Κεράσι	-1,8
Κουνουπίδι	-0,8
Κρεμμύδι (χλωρό)	-0,9
Λάχανο	-0,9
Λάχανα Βρυξελλών	-0,8
Λεμόνι	-1,1
Μάνγκο	-0,9
Μαρούλι	-0,2
Μήλο	-1,1
Μπανάνα	-0,6
Μπρόκολο	-0,6
Παντζάρι (με φύλλα)	-0,4
Παντζάρι (ρίζες μόνο)	-0,9
Πατάτα	-0,6
Πορτοκάλι	-1,3
Πράσο	-0,7
Ροδάκινο και Νεκταρίνι	-0,9
Ρόδι	-3,0
Σμέουρο	-1,1
Σπανάκι	-0,3
Σπαράγγι	-0,6
Σταφύλι	-2,2
Σύκο	-2,4
Φασόλι (πράσινο)	-0,7
Φράουλα	-0,8

Πίνακας 9.2 Το σημείο παγώματος διαφόρων καρπών και λαχανικών (Από: Kays, 1991).

Η έκθεση των καρπών και λαχανικών σε θερμοκρασίες κάτω από το σημείο παγώματος –ακόμη και για μικρό χρονικό διάστημα- προκαλεί σοβαρούς τραυματισμούς, με αποτέλεσμα την ακαταλληλότητα του προϊόντος για κατανάλωση. Σε αντίθεση με τους κρυοτραυματισμούς –που δεν εμφανίζονται αμέσως- οι τραυματισμοί από πάγωμα εμφανίζονται αμέσως μετά την απόψυξη του προϊόντος. Οι τραυματισμένοι ιστοί είναι μαλακοί και υδαρείς, εξαιτίας της ζημιάς που έχουν υποστεί οι κυτταρικές μεμβράνες.

Ο βαθμός του τραυματισμού λόγω παγώματος εξαρτάται από το συνδυασμό της θερμοκρασίας και του χρόνου έκθεσης, ανάλογα βέβαια με το φυτικό είδος και την ποικιλία. Η ευαισθησία σε πάγωμα μεταξύ των διαφόρων φυτικών ειδών διαφέρει σημαντικά. Γενικότερα, τα οπωροκηπευτικά μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε τρεις κατηγορίες σχετικά με την ευαισθησία τους σε πάγωμα (Πίνακας 9.3). Στα περισσότερο ευαίσθητα, τα οποία κατά πάσα πιθανότητα θα εμφανίζουν τραυματισμούς ακόμα και με μία ελαφρά πτώση της θερμοκρασίας κάτω από 0 °C, στα μέτρια ευαίσθητα, που δεν θα εμφανίζουν τραυματισμούς μετά από μία-δύο ελαφρές ψύξεις στο σημείο του παγώματος και στα λιγότερο ευαίσθητα, που μπορούν να ψυχθούν ελαφρά και να αποψυχθούν αρκετές φορές χωρίς να εμφανίσουν σοβαρή ζημιά.

Περισσότερο ευαίσθητα	Μετρίως ευαίσθητα	Λιγότερο ευαίσθητα
Αβοκάντο	Αχλάδι	Γογγύλι
Αγγούρι	Γκρέϊπφρουτ	Λαχανάκια Βρυξελλών
Βερίκοκο	Καρότο	Λαχανίδα
Γλυκοπατάτα	Κουνουπίδι	Λάχανο (όψιμο)
Κολοκύθι	Κολοκύθες	Παντζάρι
Λεμόνι	Κρεμμύδι (ξηρό)	Παστινάκα
Μαρούλι	Μαϊντανός	Ρέβα
Μελιτζάνα	Μήλο	Χουρμάδες
Μπάμια	Μπιζέλι (αρακάς)	
Μπανάνα	Μπρόκολο	
Πατάτα	Πορτοκάλι	
Πιπεριά (γλυκιά)	Ραπανάκι	
Ροδάκινο	Σέλινο	
Σπαράγγι	Σπανάκι	
Τομάτα	Σταφύλι	
Φασολάκι		

Πίνακας 9.3 Η ευαισθησία διαφόρων καρπών και λαχανικών σε τραυματισμούς από πάγωμα (Από: Wang, 2012).

Σημαντικό είναι το γεγονός ότι η ευαισθησία στο πάγωμα δεν σχετίζεται μόνο με τη θερμοκρασία παγώματος. Για παράδειγμα, το σημείο παγώματος της τομάτας και της παστινάκας είναι ίδιο (-1,1 ως -0,6°C), αλλά ενώ η τομάτα καταστρέφεται με έκθεση σε θερμοκρασία παγώματος (ανήκει στα περισσότερα ευαίσθητα λαχανικά), η παστινάκα μπορεί να καταψυχθεί και να αποψυχθεί πολλές φορές χωρίς τραυματισμούς (λιγότερο ευαίσθητη - Πίνακας 9.3).

Η ευαισθησία των ιστών στο πάγωμα σχετίζεται με την περιεκτικότητά τους σε νερό. Γενικά, οι ιστοί με χαμηλή περιεκτικότητα νερού έχουν μεγαλύτερη αντοχή σε τραυματισμούς από πάγωμα σε σχέση με ιστούς με υψηλή περιεκτικότητα νερού. Ο τραυματισμός από πάγωμα είναι αποτέλεσμα του σχηματισμού πάγου μέσα στα κύτταρα και της αδυναμίας των κυττάρων να προσαρμοστούν στην πίεση που ασκείται. Η ραγδαία ψύξη, που δίνει στα κύτταρα λιγότερο χρόνο για προσαρμογή, προκαλεί τραυματισμό σε μεγαλύτερο βαθμό από βραδεία ψύξη. Σημαντική στην αποτροπή βλαβών λόγω παγώματος στα μέτρια και λιγότερο ευαίσθητα σε πάγωμα λαχανικά που επιτρέπουν την ψύξη και απόψυξη χωρίς προβλήματα, είναι και η μετέπειτα διαδικασία απόψυξης. Η ταχεία απόψυξη καταστρέφει τους ιστούς, ενώ με βραδεία απόψυξη (π.χ. στους 0 °C ή 1°C) ο πάγος παραμένει για μεγάλο χρονικό διάστημα στους ιστούς προκαλώντας τραυματισμούς, αλλά δεν καταστρέφει απαραίτητα τα κύτταρα. Η απόψυξη στους 4°C έχει βρεθεί ότι προκαλεί τη μικρότερη ζημιά για τα περισσότερα προϊόντα. Παρά όμως τη σχετική ανεκτικότητα κάποιων καρπών και λαχανικών σε ψύξη και απόψυξη, το πάγωμα, ακόμα και αν δεν έχει επιφέρει ορατούς τραυματισμούς, προκαλεί υποβάθμιση της ποιότητας (π.χ. πιο μαλακοί καρποί), μείωση της μετασυλλεκτικής ζωής και ευαισθησία σε προσβολές από παθογόνα (π.χ. στα καρότα). Συνεπώς, ακόμα και σε είδη που ανέχονται το πάγωμα, συστήνεται τα νωπά προϊόντα να μην εκτίθενται σε θερμοκρασίες κάτω από 0 °C.

9.2.3 Διαταραχές σχετιζόμενες με υψηλές θερμοκρασίες

Η **ελαιοκυττάρωση των εσπεριδοειδών** (oil spotting) αποτελεί την πιο συνηθισμένη περίπτωση φυσιολογικής διαταραχής λόγω υψηλής θερμοκρασίας, μεγαλύτερης των 25 °C, (προσυλλεκτικά και κατά τη συντήρηση). Τα συμπτώματα εμφανίζονται με τη μορφή σκουρόχρωμων κηλίδων στο φλοιό των καρπών. Η αιτία των συμπτωμάτων είναι η καταστροφή των κυττάρων του φλοιού που περιέχουν αιθέρια έλαια τα οποία είναι υπεύθυνα για το κάψιμο-νέκρωση των παρεγχυματικών και επιδερμικών κυττάρων του φλαβέντο. Η ελαιοκυττάρωση δεν οφείλεται αποκλειστικά στη θερμοκρασία αλλά και σε άλλα αίτια που μπορεί να προκαλέσουν απότομες μεταβολές στον όγκο και την ελαστικότητα των κυττάρων που οδηγούν στη διάρρηξη τους. Συγκεκριμένα έχει βρεθεί ότι

τα συμπτώματα της ελαιοκυττάρωσης είναι σοβαρότερα όταν υπάρχουν μεγάλες διακυμάνσεις της σχετικής υγρασίας στο χώρο συντήρησης και όταν εφαρμόζονται υψηλές συγκεντρώσεις αιθυλενίου κατά τον αποπρασινισμό. Για τον έλεγχο της ελαιοκυττάρωσης θα πρέπει να αποφεύγεται η έκθεση των καρπών σε θερμοκρασίες > 25 °C, η υγρασία συντήρησης να διατηρείται σταθερά στο 90-95% και να γίνεται προσεκτικός χειρισμός των καρπών για αποφυγή μηχανικών τραυματισμών.

9.2.4 Διαταραχές σχετιζόμενες με τη σύσταση της ατμόσφαιρας αποθήκευσης

9.2.4.1 Χαμηλές ή υψηλές συγκεντρώσεις O₂

Οι χαμηλές συγκεντρώσεις O₂ όπως έχει αναφερθεί μπορεί να οδηγήσουν σε αναερόβια αναπνοή και τα επίπεδα της ελάχιστης κρίσιμης συγκέντρωσης εξαρτώνται από το είδος και την ποικιλία του προϊόντος. Τα συμπτώματα της διαταραχής, ανάλογα με το είδος, είναι η οσμή αλκοόλης λόγω της παραγωγής πτητικών δύσσοσμων συστατικών κατά την αναεροβίωση ή/και σκουρόχρωμες κηλίδες στο φλοιό. Η διαταραχή μπορεί να εμφανιστεί στα περισσότερα είδη καρπών, αλλά συχνότερα προβλήματα δημιουργούνται στα μήλα και τα αχλάδια που συνηθίζεται να συντηρούνται σε ελεγχόμενες ατμόσφαιρες με οριακά χαμηλές συγκεντρώσεις O₂. Για την αποφυγή των προβλημάτων πρέπει να επιλέγεται προσεκτικά η συγκέντρωση του O₂ στο θάλαμο συντήρησης με βάση την ποικιλία, την ωριμότητα και την αρχική ποιότητα του καρπού.

Προβλήματα δημιουργούν και οι υψηλές συγκεντρώσεις O₂ (> 50%) οι οποίες όμως δεν έχουν πρακτική εφαρμογή. Το υψηλό O₂ οδηγεί σε αναστολή του κύκλου του Krebs και στη συσσώρευση κιτρικού οξέος, με αποτέλεσμα το θάνατο των κυττάρων (oxygen poisoning).

9.2.4.2 Υψηλές συγκεντρώσεις CO₂

Το **εσωτερικό καφέτισμα των μήλων** (internal browning) και το **καφέτιασμα και η κατάρρευση καρδιάς των αχλαδιών** (brown heart, core breakdown) είναι ο σκουρόχρωμος καφέ μεταχρωματισμός της σάρκας που εμφανίζεται συνήθως κοντά στην καρδιά του καρπού. Οι καφέ περιοχές έχουν διακριτά όρια και μπορεί να περιλαμβάνουν και κοιλότητες που προκαλούνται από ξηράνσεις κυττάρων στην περιοχή του μεταχρωματισμού. Τα συμπτώματα μπορεί να εμφανιστούν κατά την έναρξη της συντήρησης αλλά αυξάνεται η σοβαρότητά τους (έκταση) με παρατεταμένο χρόνο συντήρησης. Οι ποικιλίες μήλων Fuji, Cox's Orange Pippin και Jonathan είναι οι πιο ευαίσθητες. Αίτιο για την εκδήλωση της διαταραχής είναι οι υψηλές συγκεντρώσεις CO₂ στην ατμόσφαιρα συντήρησης, που όταν δεν μπορούν να διαχυθούν μέσω του καρπού δημιουργούν νεκρώσεις κυττάρων και πιθανή συσσώρευση ηλεκτρικού οξέως και ακεταλδεϋδης. Επειδή η διάχυση του CO₂ μειώνεται με την προώθηση της ωρίμανσης των καρπών, οι πιο ώριμοι καρποί έχουν μεγαλύτερη ευαισθησία. Για τον έλεγχο του προβλήματος θα πρέπει να επιλέγεται με προσοχή η συγκέντρωση του CO₂ ανάλογα με την ποικιλία και το στάδιο ωριμότητας των καρπών. Επίσης θα πρέπει να αποφεύγεται το βαρύ κέρωμα των καρπών για την καλύτερη διάχυση των αερίων.

9.2.4.3 Παρουσία αιθυλενίου

Το αιθυλένιο εμπλέκεται στις περισσότερες φυσιολογικές διαταραχές που παρουσιάζονται κατά τη συντήρηση των οπωροκηπευτικών (π.χ. ανάπτυξη πικρής γεύσης στο καρότο). Ωστόσο, στις περισσότερες περιπτώσεις, δεν αποτελεί το βασικό αίτιο εκδήλωσης της διαταραχής αλλά η δράση του είναι συνεργηστική στη δράση του βασικού αιτίου που προκαλεί τη διαταραχή (π.χ. ελαιοκυττάρωση εσπεριδοειδών).

Η **λευκή καρδιά του ακτινιδίου** (White-Core Inclusions) συνδέεται άμεσα με την παρουσία του αιθυλενίου στο θάλαμο συντήρησης. Τα συμπτώματα της διαταραχής εμφανίζονται με τη μορφή λευκών πλακών-κηλίδων στην καρδιά της σάρκας του καρπού. Τα συμπτώματα είναι εντονότερα στα ώριμα ακτινίδια και μπορούν να γίνουν εμφανή σε 3 εβδομάδες συντήρησης στους 0 °C. Για την πρόληψη εκδήλωσης της διαταραχής πρέπει να ελέγχεται η συγκέντρωση του αιθυλενίου στα ψυγεία.

9.2.5 Φυσιολογικές διαταραχές σχετιζόμενες με τη γήρανση

Η **κατάρρευση γηρασμού** στα αχλάδια εμφανίζεται όταν οι καρποί έχουν φτάσει το φυσιολογικό τέλος της μετασυλλεκτικής τους ζωής. Τα συμπτώματα εμφανίζονται ως καστανός-μαύρος μεταχρωματισμός του φλοιού και επεκτείνονται ταχύτατα και στη σάρκα κυρίως όταν οι καρποί βγουν από τη ψυχρή συντήρηση. Ο φλοιός γίνεται αδύνατος και αποκολλάται. Σε ορισμένες ποικιλίες (π.χ. Bartlett), η διάγνωση της διαταραχής μπορεί να γίνει από το παρατηρούμενο κιτρίνισμα του καρπού λίγο πριν ξεκινήσουν τα τελικά συμπτώματα. Η γεύση και το άρωμα του καρπού γίνονται δυσάρεστα ακόμα και πριν εμφάνιση των συμπτωμάτων. Για τον έλεγχο της διαταραχής χρησιμοποιούνται οι χειρισμοί που καθυστερούν το γηρασμό του καρπού (ψύξη, ελεγχόμενες ατμόσφαιρες κτλ).

9.2.6 Διαταραχές σχετιζόμενες με διάφορα αίτια

Η **πικρή στιγμάτωση των μήλων** (bitter pit) εμφανίζεται με τη μορφή μικρών κηλίδων (διαμέτρου 2-10 mm) αποχρωματισμού στο φλοιό του καρπού και περιοχές ξηρές, φελλώδεις στη σάρκα κάτω από τις κηλίδες (Εικόνα 9.6). Οι φελλώδεις περιοχές έχουν υψηλές συγκεντρώσεις Mg, P, K και χαμηλή συγκέντρωση Ca. Το αίτιο της διαταραχής είναι η μικρή περιεκτικότητα Ca στις περιοχές που εμφανίζεται το σύμπτωμα, με αποτέλεσμα τα κύτταρα να νεκρώνονται και να γίνονται φελλώδη. Εμφανίζεται περισσότερο στην περιοχή του κάλυκα, σε καρπούς μεγάλου μεγέθους από δέντρα νεαρά και βραχίονες με ορθόκλαδη βλάστηση και μεγάλη φυλλική επιφάνεια. Εμφανίζεται συχνότερα σε καρπούς δέντρων σε νάνα υποκείμενα και καλλιεργούμενων σε αμμώδη εδάφη. Αν και τα αίτια εκδήλωσης της διαταραχής σχετίζονται με προσυλλεκτικούς παράγοντες, η εκδίλωση των συμπτωμάτων γίνεται μετά από 1-3 μήνες συντήρησης. Για τον έλεγχο της διαταραχής συνιστώνται γρήγορη ψύξη, ψηλή σχετική υγρασία στο θάλαμο συντήρησης και χειρισμοί με διαλύματα ασβεστίου μετασυλλεκτικά ή/και προσυλλεκτικά. Σημαντική είναι η πρόβλεψη της ευαισθησίας των καρμών να εμφανίσουν στη συντήρηση τη συγκεκριμένη διαταραχή. Προς την κατεύθυνση γίνεται δειγματοληψία καρπών, 2 εβδομάδες πριν τη συγκομιδή, από σημεία του οπωρώνα που ευνοούν την ανάπτυξη της διαταραχής (ζωηρά δέντρα με ορθόκλαδη βλάστηση) και γίνεται χειρισμός των καρπών με αιθυλένιο (π.χ. εμβάπτιση σε 2 mL L⁻¹ ethephon). Οι καρποί διατηρούνται σε θερμοκρασία δωματίου για δυο εβδομάδες και γίνεται εκτίμηση της εμφάνισης της διαταραχής ώστε να ακολουθηθούν οι κατάλληλοι μετασυλλεκτικοί χειρισμοί.



Εικόνα 9.6 Συμπτώματα της διαταραχής της πικρής στιγμάτωσης στο φλοιό και τη σάρκα των μήλων.

Το **επιφανειακό ζεμάτισμα ή έγκαιμα** (superficial scald) εμφανίζεται σε μήλα και αχλάδια με τη μορφή καστανών κηλίδων-περιοχών στην επιφάνεια του φλοιού οι οποίες αποκτούν τραχιά υφή όταν η ένταση της διαταραχής είναι μεγάλη. Ανάλογα με την ποικιλία τα συμπτώματα εμφανίζονται μόνο στο φλοιό και σε ορισμένες περιπτώσεις και στα πρώτα mm της σάρκας κοντά στο φλοιό. Τα συμπτώματα συνήθως εμφανίζονται μερικές μέρες (3-7) μετά την έξοδο των καρπών από τους ψυκτικούς θαλάμους στις υψηλότερες θερμοκρασίες των χώρων τελικής τους διάθεσης. Ωστόσο η

υψηλή θερμοκρασία δεν είναι το αίτιο της διαταραχής αλλά απλώς επιταχύνει την εκδήλωση των συμπτωμάτων. Συνήθως το επιφανειακό ζεμάτισμα εμφανίζεται μετά από τους 3 μήνες συντήρησης και σε σοβαρές περιπτώσεις συμπτώματα εμφανίζονται ακόμα και όταν οι καρποί είναι στη χαμηλή θερμοκρασία. Το αίτιο της διαταραχής είναι αντικείμενο μελέτης και διάφορες θεωρίες έχουν διατυπωθεί πάνω στο θέμα (Lurie and Watkins, 2012). Κατά τη γενική θεωρία υπεύθυνη για τη διαταραχή είναι η οξείδωση του α-φαρνεσένιου (α-farnesene). Το α-φαρνεσένιο είναι ένα πτητικό τερπένιο των καρπών που η οξείδωσή του οδηγεί σε διάφορα προϊόντα (συζευγμένα τριένια). Τα προϊόντα της οξείδωσης είναι υπεύθυνα για τον τραυματισμό των κυτταρικών μεμβρανών που τελικά οδηγεί στη νέκρωση των κυττάρων της εξωτερικής επιφάνειας του καρπού. Το υψηλό αιθυλένιο και O_2 στην ατμόσφαιρα συντήρησης προωθούν την ανάπτυξη της διαταραχής. Η μελέτη των διαφορών στην ευαισθησία ανάπτυξης της διαταραχής μεταξύ των ποικιλιών είναι μεγάλη (Tsantili *et al.*, 2007) και ίσως είναι μια προσέγγιση εξήγησης του φαινομένου. Οι ποικιλίες Granny Smith και Red Delicious είναι οι πιο ευαίσθητες. Για τον έλεγχο της διαταραχής πρέπει να γίνεται απομάκρυνση του αιθυλενίου στην ατμόσφαιρα συντήρησης και χρήση χαμηλού O_2 . Χειρισμοί με φυτικά έλαια που απορροφούν την α-φαρνεσίνη και η χρήση αντιοξειδωτικών (diphenylamine 0,1-0,2%, ethoxyquin 0,15-0,3%) μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον έλεγχο της διαταραχής.

Η **εσωτερική κατάρρευση των πυρηνοκάρπων (ροδάκινο, νεκταρίνι, βερίκοκο, δαμάσκηνο)** (internal breakdown) εμφανίζεται με καφέτιασμα της σάρκας, απώλεια του χυμώδους χαρακτήρα, αλευρώδη υφή, συσσώρευση κόκκινων χρωστικών (αιμορραγία, bleeding) και απώλεια γεύσης (Εικόνα 9.7). Η διαταραχή εμφανίζεται μετά την έξοδο των καρπών από τη ψυχρή συντήρηση και ενώ κάποιες διεργασίες ωρίμανσης ακόμα είναι σε εξέλιξη. Υπάρχουν μεγάλες διαφορές μεταξύ των ποικιλιών στην ευαισθησία ανάπτυξης της διαταραχής. Για τον έλεγχο της διαταραχής θα πρέπει οι καρποί να συγκομίζονται σε κατάλληλο στάδιο ωριμότητας και να αποφεύγεται η παραμονή τους για μεγάλο διάστημα εκτός των θαλάμων συντήρησης μέχρι την τελική τους διάθεση.



Εικόνα 9.6 Συμπτώματα της εσωτερικής κατάρρευσης σε ροδάκινο (δεξιά), υγής καρπός (αριστερά).

9.3 Καταπονήσεις από βιοτικούς παράγοντες (ασθένειες και εχθροί)

Οι μυκητολογικές προσβολές αποτελούν το κύριο αίτιο παθολογικών ασθενειών των καρπών, ενώ μύκητες, βακτήρια και ιώσεις δημιουργούν προβλήματα στα λαχανικά. Η είσοδος των παθογόνων στους ιστούς μπορεί να γίνει με δυο τρόπους.

- Μέσω τραυμάτων.
- Με ειδικές κατασκευές κάποιων μυκήτων (appressoria) που περνούν την εφυμενίδα και επιδερμίδα του καρπού όταν οι περιβαλλοντικές συνθήκες είναι ευνοϊκές. Η σήψη (σάπισμα) αρχίζει να εμφανίζεται όταν ο καρπός πλησιάζει στην ωρίμανση.

Προβλήματα προσβολών από έντομα παρατηρούνται όταν κατά την αρχική διαλογή (κατά τη συγκομιδή) δεν απομακρύνονται τα προσβεβλημένα προϊόντα και εισέρχονται στην αλυσίδα των μετασυλλεκτικών μεταχειρίσεων. Τα μετασυλλεκτικά προβλήματα από εντομολογικές προσβολές δεν είναι σημαντικά γιατί συνήθως οι ατελείς μορφές των εντόμων (π.χ. προνύμφες) που δημιουργούν τις ζημιές δεν αναπτύσσονται σε χαμηλές θερμοκρασίες. Προβλήματα μπορεί να παρατηρηθούν όταν οι θερμοκρασίες συντήρησης είναι σχετικά υψηλές ($> 10^{\circ}\text{C}$).

9.3.1 Επίδραση της θερμοκρασίας

Η χαμηλή θερμοκρασία αποτελεί το βασικότερο τρόπο ελέγχου των ασθενειών, εμποδίζοντας τουλάχιστο, την ανάπτυξη του μύκητα. Οι μύκητες μπορούν να χωριστούν σε δυο κατηγορίες.

- Μύκητες που έχουν ελάχιστη θερμοκρασία ανάπτυξης $\geq 0^{\circ}\text{C}$.
- Μύκητες που έχουν ελάχιστη θερμοκρασία ανάπτυξης $\leq 0^{\circ}\text{C}$.

Στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν λίγοι μύκητες, όπως σε -1 έως 0°C οι βοτρύτες (*Botrytis cinerea*) σε συντήρηση 4 εβδομάδων και *Penicillium expansum* σε καρπούς φυλλοβόλων. Μύκητες που προκαλούν σημαντικά προβλήματα σε 0°C είναι οι αλτερνάριες (*Alternaria alternata*) και τα κλαδοσπόρια (*Cladosporium herbatum*). Η μονίλια (*Monilinia fruticola*) αυξάνεται πολύ αργά σε 0°C ώστε στους καρπούς των πυτηνοκάρπων να παρουσιάζονται προβλήματα μόνο σε παρατεταμένη συντήρηση. Ακόμα και σε μύκητες που έχουν ελάχιστη θερμοκρασία ανάπτυξης -5 έως -2°C , συνιστάται η χαμηλότερη θερμοκρασία συντήρησης που δεν προκαλεί κρουοτραυματισμό με σκοπό τον περιορισμό των συμπτωμάτων.

9.3.2 Επίδραση χαμηλού O_2

Η μείωση της συγκέντρωσης του O_2 στο 2% που αποτελεί ασφαλές κατώτατο όριο χωρίς αναερόβωση, συντελεί σε μείωση της ανάπτυξης των μυκήτων κατά 15%, κατά μέσο όρο. Συγκεντρώσεις $< 2\%$ συντελούν σε υψηλότερη αποτελεσματικότητα έναντι των ασθενειών αλλά εφαρμόζονται μόνο όταν δεν οδηγούν σε αναερόβια αναπνοή.

9.3.3 Επίδραση υψηλού CO_2

Σε συγκέντρωση 5% CO_2 συντελείται αισθητός περιορισμός των ασθενειών, με την προϋπόθεση ότι το είδος και η ποικιλία του οπωροκηπευτικού ανέχεται αυτά τα επίπεδα CO_2 χωρίς να παρουσιάζει κάποια φυσιολογική διαταραχή. Το CO_2 σε συγκεντρώσεις 10-20% έχει εξαιρετικά υψηλή αποτελεσματικότητα κατά των ασθενειών. Σε καρπούς κερασιών και φράουλας που ανέχονται δεχτούν υψηλές συγκεντρώσεις CO_2 μπορεί να γίνει εφαρμογή 10-20% CO_2 για ένα χρονικό διάστημα κατά τη συντήρηση ή τη μεταφορά με στόχο την αντιμετώπιση σήψεων που προκαλούνται από βοτρύτη και μονίλια. Η εφαρμογή υψηλού CO_2 μπορεί να γίνει και σε νωπά σύκα εφόσον οι καρποί 'ανακάμπτουν' μετά τη συντήρηση. Εκτιμάται ότι 10-15% CO_2 σε 5°C κατά τη μεταφορά ισοδυναμεί με αέρα 0°C . Οι επιδράσεις του υψηλού CO_2 είναι αθροιστικές στις επιδράσεις του χαμηλού O_2 .

9.3.4 Επιδράσεις άλλων μετασυλλεκτικών χειρισμών.

Πολλοί από τους μετασυλλεκτικούς χειρισμούς (O_3 , SO_2 κτλ.) που αναφέρονται στο κεφάλαιο 4 πέρα από τη δράση τους στη φυσιολογία των ιστών εφαρμόζονται κυρίως λόγω της δράσης τους κατά των μετασυλλεκτικών ασθενειών.

Το **μονοξείδιο του άνθρακα** (CO) σε συγκέντρωση 10% συντελεί σε μέτρια μείωση της ανάπτυξης παθογόνων. Η αποτελεσματικότητά του αυξάνεται αθροιστικά με τη μείωση του O_2 και την αύξηση του CO_2 στην ατμόσφαιρα συντήρησης.

Οι θερμικοί χειρισμοί μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εναλλακτικές μέθοδοι διατήρησης της υγιεινής των προϊόντων για τον έλεγχο μυκητολογικών προσβολών χωρίς τη χρήση χημικών. Έχουν χρησιμοποιηθεί με επιτυχία σε εσπεριδοειδή για τον έλεγχο των προσβολών από *Penicillium* sp.

Τα τελευταία χρόνια έχει βρεθεί ότι με την εφαρμογή υπερήχων σε φρούτα μπορεί να μειωθούν τα προβλήματα από παθογόνα κατά τη συντήρηση που οδηγούν σε σήψεις. Σε φράουλες

η εφαρμογή υπερήχων (40 kHz, 250W) για 10 min μειώνει σημαντικά τις μετασυλλεκτικές σήψεις και το μικροβιακό φορτίο (Cao et al., 2010). Σε μήλα η εφαρμογή υπερήχων (20 kHz, 1500W) σε συνδυασμό με χρήση σορβικού καλίου μειώνει σημαντικά τις προσβολές από πενικίλλιο (*Penicillium expansum*) που προκαλεί σήψεις καρπών μετά-συλλεκτικά (Dore et al., 2012).

Το SO₂ χρησιμοποιείται ευρύτατα στα επιτραπέζια σταφύλια για τον έλεγχο των σήψεων κατά τη συντήρηση. Η εφαρμογή του SO₂ γίνεται είτε με εφαρμογή υποκαπνισμού των σταφυλιών από τη συγκομιδή σε συνδυασμό με εβδομαδιαίες εφαρμογές υποκαπνισμού στους θαλάμους συντήρησης, ή με αργή απελευθέρωση SO₂ από επιθέματα ή δισκία προσαρμοσμένα στη συσκευασία, που περιέχουν θειώδη ανυδρίτη (sodium metabisulfite) (Palou et al., 2010). Η μέθοδος εφαρμογής SO₂ έχει χρησιμοποιηθεί με επιτυχία και σε άλλα είδη καρπών, όπως ακτινίδια, μήλα, λεμόνια, σύκα, μπανάνες και λίτσι (Sivakumar et al., 2010). Σε καρπούς μπλούμπερρυ ο υποκαπνισμός με SO₂ ακολουθούμενος από συντήρηση σε ελεγχόμενες συνθήκες (3% O₂ + 6 ή 12% CO₂) έχει βρεθεί ότι είναι μια ικανοποιητική μετά-συλλεκτική στρατηγική για τη μείωση ασθενειών των φρέσκων καρπών (Cantín et al., 2012).

Το όζον (O₃) είναι ένα έντονα διεισδυτικό, φυσικό αέριο με έντονες οξειδωτικές ιδιότητες. Αναφέρεται ότι το όζον έχει κατά 1,5 φορές υψηλότερο οξειδωτικό δυναμικό από τη χλωρίνη και 3000 φορές υψηλότερο από το υποχλωριώδες οξύ. Με στόχο την αντιμικροβιακή δράση, ο απαιτούμενος χρόνος έκθεσης στο όζον είναι συνήθως κατά τέσσερις με πέντε φορές μικρότερος από τον αντίστοιχο χρόνο για την χλωρίνη. Βασικό πλεονέκτημα του όζοντος είναι η ταχύτατη δράση του κατά των κυτταρικών τοιχωμάτων των βακτηρίων, των σπορείων άλλων παθογόνων και ζωικών παρασίτων σε πρακτικά εφαρμόσιμες και ασφαλείς συγκεντρώσεις (Huyskens-Keil et al., 2012).

Τα τελευταία χρόνια, γίνεται εντατική έρευνα που στοχεύει στη δημιουργία εδωδίων μεμβρανών από φυσικά υλικά ή συνθετικές πηγές με σκοπό την αντιμετώπιση μετά-συλλεκτικών προβλημάτων των φρέσκων φρούτων και λαχανικών παθολογικής φύσης (Πίνακας 9.5).

Εδωδιμη μεμβράνη
Κόμμι γκουάρ (<i>Cyamopsis tetragonoloba</i>), Άμυλο πατάτας/αρακά ± σορβικό κάλιο
Κερί καντελίλλας (<i>Euphorbia antisyphilitica</i>)
Κερί μέλισσας, έλαιο καρύδας και ηλιάνθου
Χιτοζάνη, μεθυλική κυτταρίνη
Άγαρ, χιτοζάνη, οξικό οξύ (συνδυασμένο)

Πίνακας 9.5 Σύνοψη εδωδίων μεμβρανών με αντιμικροβιακή δράση που έχουν χρησιμοποιηθεί σε φρέσκα, ολόκληρα ή ελάχιστα μεταποιημένα φρούτα και λαχανικά (Προσαρμογή από: Mahajan et al., 2014).

Το αιθυλένιο άμεσα ή έμμεσα (μέσω προώθησης της γήρανσης των ιστών) φαίνεται ότι επηρεάζει και την ευαισθησία των προϊόντων σε προσβολές από παθολογικά αίτια. Η χρήση του 1-MCP μπορεί να έχει έχει θετική ή αρνητική επίδραση κατά των παθολογικών ασθενειών η οποία εξαρτάται από το πόσο εξαρτώμενη στο αιθυλένιο είναι η ασθένεια (Πίνακας 9.6).

Επίδραση στην ασθένεια	Είδος καρπού	Παθογόνο
Αύξηση	Μήλο	<i>Colletotrichum acutatum</i> , <i>Penicillium expansum</i>
	Αβοκάντο	<i>Colletotrichum</i> spp., <i>Dothiorella</i> spp.
	Εσπεριδοειδή	<i>P. digitatum</i> , <i>P. italicum</i> , <i>Diplodia natalensis</i>
	Μάνγκο	<i>Colletotrichum</i> spp., <i>Dothiorella</i> spp.
	Παπάγια	<i>Colletotrichum</i> spp., <i>Phoma caricae-papayae</i> , <i>Asperisporium carica</i> , <i>Lasiodiplodia thebromae</i>
Μείωση	Φράουλα	<i>Rhizopus stolonifer</i>
	Μήλο	<i>P. expansum</i> , <i>Botrytis cinerea</i> , <i>C. acutatum</i>
	Βερίκοκο	Μη-ταυτοποιημένα παθογόνα
	Πεπόνι	<i>Fusarium pallidoroseum</i>
	Ροδάκινο	<i>P. expansum</i>

	Δαμάσκηνο	<i>Monilinia laxa</i>
	Φράουλα	<i>R. stolonifer</i>
	Τομάτα	Μη-ταυτοποιημένα παθογόνα
Χωρίς επίδραση	Εσπεριδοειδή	<i>P. digitatum</i>
	Ακτινίδιο	<i>B. cinerea</i>

Πίνακας 9.6 Παραδείγματα της επίδρασης του 1-MCP σε παθολογικές ασθένειες (Προσαρμογή από: Watkins, 2008).

9.3.5 Πληροφορίες για ειδικά προβλήματα από βιοτικούς παράγοντες

Οι καρποί των **μηλοειδών** προσβάλλονται από το μύκητα *Penicillium expansum*, η προσβολή ξεκινάει από τα φακίδια ή από τραυματισμούς των καρπών. Τα σημαντικότερα προβλήματα εμφανίζονται στην ποικιλία Golden Delicious. Επίσης, παρατηρούνται προσβολές από βοτρυτή (*Botrytis cinerea*), ιδιαίτερα σε ποικιλίες σε σαρκώδη ποδίσκο. Τα συμπτώματα της προσβολής εμφανίζονται παράλληλα με την ωρίμανση των καρπών. Επιπλέον, μετασυσπλεκτικά εμφανίζονται προσβολές από τους μύκητες *Pezicula malicorticis* και *Pezicula alba*, με τον πρώτο να δημιουργεί τα μεγαλύτερα προβλήματα. Σημεία εισόδου των παραπάνω παθογόνων είναι τα φακίδια και σημεία τραυματισμών, ενώ τα συμπτώματα είναι εμφανή μετά από μακρά συντήρηση των καρπών, όταν η αντίσταση του ιστού στην προσβολή έχει μειωθεί. Αντίθετα, ο μύκητας *Colletotrichum gloeosporioides* μπορεί να διαπεράσει και ιστό, αλλά τα συμπτώματα είναι εμφανή κατά την ωρίμανση των καρπών. Οι τελικές απώλειες από τις προσβολές από τον *Mucor piriformis* συνήθως δεν είναι σημαντικές, ωστόσο προτείνεται η απομάκρυνση των σαπισμένων φρούτων από τον αγρό, για να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα την επόμενη χρονιά. Παρόμοια και οι προσβολές από *Alternaria alternata* δεν δημιουργούν σοβαρά προβλήματα, με τις ποικιλίες που είναι ευαίσθητες σε κρουοτραυματισμούς να προσβάλλονται περισσότερο. Επιπλέον, είδη από το σαπρόφυτο *Cladosporium* sp. αναπτύσσονται σε τραυματισμένα ή υπερώριμα φρούτα. Τέλος, προσβολές παρατηρούνται από τους μύκητες *Monilia fructigena*, *Monilia fructicola* και *Monilia laxa*, όπου τα αχλάδια 'Bartlett' είναι περισσότερο ευαίσθητα, καθώς και από είδη του γένους *Phytophthora*.

Στα **πυρηνόκαρπα** παρατηρούνται προσβολές από *Monilia* sp., σε καρπούς που έχουν υποστεί τραυματισμούς κατά τη συγκομιδή. Παρόμοια προσβολές από *Botrytis cinerea* παρατηρούνται σε καρπούς με τραυματισμούς, αν και ο μύκητας μπορεί να προσβάλει και ακέραια, μικρά φρούτα. Λιγότερο σημαντικές από το βοτρυτή είναι οι απώλειες από προσβολές από *Penicillium expansum*, ωστόσο τα συμπτώματα είναι εμφανή μετά από σύντομο χρονικό διάστημα στη συντήρηση. Επιπλέον, ημιώριμοι και ώριμοι καρποί προσβάλλονται από τον *Rhizopus* sp.. Επίσης, αναφέρονται προσβολές από μύκητες του γένους *Mucor*, κυρίως σε εισαγόμενους καρπούς από τη Νότιο Αμερική. Τέλος, προσβολές από *Alternaria alternata* εμφανίζονται σε δαμάσκηνα με ηλιακά εγκαύματα και σε βερίκοκα σχισμένα από βροχή, μετά από μακροχρόνια συντήρηση.

Στα **εσπεριδοειδή** οι πιο σοβαρές ασθένειες για όλα τα είδη, σε όλες τις περιοχές που καλλιεργούνται, τόσο πρόσυλλεκτικά όσο και μετασυσπλεκτικά, ακόμη και με απλή επαφή με ακέραιο καρπό, προκαλούνται από τους μύκητες *Penicillium digitatum* και *Penicillium italicum*. Επιπλέον, σοβαρά προβλήματα σε όλα τα είδη παρατηρούνται από προσβολές ειδών του γένους *Phytophthora*, ωστόσο στο λεμόνι η προσβολή σταματά στις 'φέτες' λόγω του χαμηλού pH του χυμού. Η ασθένεια εμφανίζεται μετά από έκθεση των καρπών σε παρατεταμένη και συνεχή υγρασία και πιο ευαίσθητα είναι τα φρούτα κοντά στο έδαφος. Σημαντικές είναι οι απώλειες σε υγρές περιοχές από το μύκητα *Phomopsis citri*, η ανάπτυξη του ξεκινάει σε θερμοκρασίες > 10 °C και έχει βέλτιστο τους 23,5 °C. Η μόλυνση μπορεί να ξεκινήσει από τον κάλυκα κατά την ανάπτυξη του καρπού, αλλά λύσεις ιστών εμφανίζονται μετά τη συγκομιδή σε περισσότερο ώριμους καρπούς και σε σημεία τραυματισμών. Επιπλέον, τα συμπτώματα από προσβολές από το *Lasiodiplodia theobromae* μοιάζουν με τα αντίστοιχα του *Phomopsis citri*, ωστόσο το σάπισμα συμβαίνει πολύ γρήγορα και το φρούτο μπορεί να καταστραφεί τελείως σε 3-4 ημέρες στους 20-30 °C. Επίσης, προσβολές παρατηρούνται από *Alternaria alternata*, χωρίς όμως να θεωρούνται σημαντικές, ωστόσο χρειάζεται προσοχή διότι η μόλυνση ξεκινά από τον κάλυκα, αλλά το σάπισμα είναι εσωτερικό και μη εμφανές. Παρόμοια και ο μύκητας *Colletotrichum gloeosporioides* εισέρχεται μέσω του κάλυκα, καθώς και από σημεία με τραυματισμούς. Παράλληλα σε ώριμους και υπερώριμους καρπούς, κατά τη συντήρηση, εμφανίζονται προσβολές από τον *Geotrichum candidum*, ο μύκητας

μεταδίδεται και με απλή επαφή σε ακέραιους καρπούς, αλλά σταματάει την ανάπτυξή του σε θερμοκρασία $< 5^{\circ}\text{C}$, όπου είναι δυνατόν να συντηρηθούν κάποιες ποικιλίες πορτοκαλιών και μανταρινιών. Επίσης, συχνές είναι οι προσβολές από *Sclerotinia sclerotiorum*, τα σπόρια του μύκητα μεταδίδονται με τον άνεμο και είναι δυνατόν να εγκατασταθούν στον κάλυκα ή σε πληγές το φρούτου. Πρέπει να αποφεύγεται η συλλογή καρπών από το έδαφος. Επιπλέον, τα λεμόνια είναι τα πιο ευαίσθητα σε προσβολές από *Trichoderma* sp., ιδιαίτερα μετά από μακρά συντήρηση, και εδώ πρέπει να αποφεύγεται η συλλογή καρπών από το έδαφος. Τέλος, προσβολές από *Botrytis cinerea* ευνοούνται σε περιοχές με ψυχρή και υγρή άνοιξη, όπου ο μύκητας αναπτύσσεται στα πέταλα των ανθών. Συνήθως, η μόλυνση ξεκινά από τον ποδίσκο του φρούτου και το πρόβλημα παρουσιάζεται κατά τη συντήρηση και ιδιαίτερα σε συσκευασμένους καρπούς.

Στο **σταφύλι** προσβολές από βοτρυτή (*Botrytis cinerea*) είναι η σημαντικότερη αιτία μετασυλλεκτικών απωλειών επειδή το παθογόνο αναπτύσσεται και σε χαμηλές θερμοκρασίες ($< 0^{\circ}\text{C}$) αλλά και μεταφέρεται η μόλυνση από ράγα σε ράγα με αποτέλεσμα ο βόρτυς να καθίσταται μη εμπορεύσιμος.

Βασικά προβλήματα των **ξηρών καρπών** είναι οι προσβολές από μύκητες του γένους *Aspergillus* spp. που μπορεί να οδηγήσουν στην παραγωγή τοξικών μυκοτοξινών (αφλατοξίνες) δημιουργώντας προβλήματα ασφάλειας για τους καταναλωτές. Φαίνεται ότι τα καρύδια είναι τα λιγότερο ευπαθή στις προσβολές σε σχέση με τους λοιπούς ξηρούς καρπούς λόγω της μεγάλης τους περιεκτικότητας σε φαινολικά και αντιοξειδωτικά (Molynieux et al., 2007). Επίσης σημαντικά προβλήματα δημιουργούνται από εντομολογικές προσβολές όπως η καρπόκαψα (*Cydia pomonella*) των καρυδιών και προσβολές *Cadra cautella* σε αμύγδαλα που μεταφέρονται από το χωράφι και δεν διακρίνονται κατά τη διαλογή γιατί τα έντομα αναπτύσσονται μέσα στο κέλυφος. Τα προβλήματα δημιουργούνται λόγω φαγώματος του σπέρματος αλλά και ρύπανσης του από τα αποχωρήματα των προνυμφών.

Η κυριότερη ασθένεια για τη **φράουλα** είναι η σήψεις από βοτρυτή (*Botrytis cinerea*), όπου μεγάλες απώλειες καταγράφονται ακόμα και σε σύγχρονα ψυγεία θαλάμους και μεταφορικά μέσα. Προτείνεται η γρήγορη ψύξη των καρπών και η συντήρησή τους σε 0°C . Επιπλέον, προσβολές παρατηρούνται και από τον μύκητα *Rhizopus stolonifer*, όπου συστήνονται οι ίδιες συνθήκες συντήρησης όπως και για τον βοτρυτή. Τέλος, ο μύκητας *Phytophthora cactorum*, παθογόνο εδάφους, είναι δυνατό να προσβάλλει του καρπούς προσυλλεκτικά και τα συμπτώματα να εμφανιστούν κατά τη συντήρηση. Προτείνεται η αποφυγή επαφής των καρπών με το έδαφος, με τη χρήση πλαστικών φύλλων κάλυψης εδάφους, καθώς και απόρριψη των προσβεβλημένων καρπών κατά τη συγκομιδή.

Οι προσβολές από *Botrytis cinerea* αποτελούν το σημαντικότερο πρόβλημα για το **Ακτινίδιο**. Η ανάπτυξη του βοτρυτή επιβραδύνεται σε χαμηλές θερμοκρασίες, αν και με αργούς ρυθμούς η ανάπτυξή του συνεχίζεται και στους -2°C . Συνιστάται να αποφεύγεται η συγκομιδή ώριμων καρπών και ο τραυματισμός τους κατά τη συγκομιδή, καθώς και η γρήγορη ψύξη των καρπών. Παράλληλα κατά τη συντήρηση του ακτινιδίου παρατηρούνται προσβολές από *Alternaria alternata*, κυρίως σε γηρασμένους κάλυκες που δεν έχουν απομακρυνθεί κατά το βούρτσισμα. Τα ακέραια φρούτα δεν προσβάλλονται. Η αποφυγή τραυματισμών και η απομάκρυνση των τραυματισμένων και ιδιαίτερα των ηλιοτραυματισμένων καρπών κατά τη διαλογή και την ταξινόμηση μειώνουν το πρόβλημα.

Τα παθογόνα *Thielaviopsis paradoxa*, *Lasidiopodia theobromae*, *Colletotrichum musa*, *Deightoniella torulosa* κ.ά. μόνα τους ή σε συνδυασμούς προκαλούν τις διάφορες ασθένειες στη **μπανάνα** και κύρια το σάπισμα της στεφάνης (crown rot). Στις μέρες μας η ασθένεια εμφανίζεται στα 'χέρια' αντί στον άξονα της καρποταξίας, λόγω της αλλαγής της τεχνολογίας συγκομιδής, κατά την οποία ο 'άξονας' κόβεται σε χέρια, συσκευάζεται σε χαρτοκιβώτια και μεταφέρεται. Συνιστάται η αποφυγή τραυματισμών των καρπών, καθώς και η γρήγορη ψύξη τους.

Βιβλιογραφία

- Cantín, C. M., Minas, I. S., Goulas, V., Jiménez, M., Manganaris, G. A., Michailides, T. J. & Crisosto, C. H. (2012). Sulfur dioxide fumigation alone or in combination with CO₂-enriched atmosphere extends the market life of highbush blueberry fruit. *Postharv. Biol. Technol.*, 67, 84-91.
- Cao, S., Hu, Z. & Pang, B. (2010). Optimization of postharvest ultrasonic treatment of strawberry fruit. *Postharv. Biol. Technol.*, 55, 150-153.
- Dore, A., Molinu, M. G., Pani, G., Ladu, G., Venditti, T. & D'Hallewin, G. (2012). Ultrasound application for the control of decay on apple at different stage of ripening. *Commun. Agr. Appl. Biol. Sci.*, 77, 503-507.
- Hruschka, H. W. Smith, W. L. & Baker, J. E. (1969). Reducing chilling injury of potatoes by intermittent warming. *Amer. Potato J.*, 46, 38-53.
- Huyskens-Keil, S., Hassenberg, K. & Herppich, W. B. (2012). Impact of postharvest UV-C and ozone treatment on textural properties of white asparagus (*Asparagus officinalis* L.). *J. Appl. Bot. Food Qual.*, 84, 229-234.
- Lurie, S. & Watkins, C. B. (2012). Superficial scald, its etiology and control. *Postharv. Biol. Technol.*, 65, 44-60.
- Lyons, J. M. (1973). Chilling injury in plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 24, 445-466.
- Kays, S. J. (1991). *Post-harvest physiology of perishable plant products*. New York, U.S.A.: Van Nostrand Reinhold, 532 p.
- Mahajan, P. V., Caleb, O. J., Singh, Z., Watkins, C. B. & Geyer, M. (2014). Postharvest treatments of fresh produce. *Phil. Trans. Royal Soc. London A: Math. Phys. Eng. Sci.*, 372.
- Molyneux, R. J., Mahoney, N., Kim, J. H. & Campbell, B. C. (2007). Mycotoxins in edible tree nuts. *Int. J. Food Microbiol.*, 119, 72-78.
- Morris, L. L. (1954). Field and transit chilling of fall-grown tomatoes. *Proc. Conf. Transport. Perishables*. Univ. California, Davis, pp. 101-105.
- Palou, L., Serrano, M., Martínez-Romero, D. & Valero, D. (2010). New approaches for postharvest quality retention of table grapes. *Fresh Prod.*, 4, 103-110.
- Ryall, A. L. & Lipton, W. J. (1979). *Handling, transportation and storage of fruits and vegetables. Volume I, 2nd edition*. Westport, U.S.A.: Avi Publishing Company Inc., 587p.
- Sivakumar, D., Terry, L. A. & Korsten, L. (2010). An overview on litchi fruit quality and alternative postharvest treatments to replace sulfur dioxide fumigation. *Food Rev. Int.*, 26, 162-188.
- Tsantili, E., Gapper, N. E., Apollo Arquiza, J. M. R., Whitaker, B. D. & Watkins, C. B. (2007). Ethylene and α -farnesene metabolism in green and red skin of three apple cultivars in response to 1-methylcyclopropene (1-MCP) treatment. *J. Agric. Food Chem.*, 55, 5267-5276.
- UC Davis (2015). *Fruits & nuts research & information*. <http://fruitsandnuts.ucdavis.edu/>, accessed on August 2015.
- Wang, C. Y. (1989). Chilling injury of fruits and vegetables. *Food Rev. Intern.*, 5, 209-236.
- Wang, C. Y. (2012). Chilling and freezing injury. In: Gross K. C., Wang C. Y. & Saltveit M. (eds.), *The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks*. USDA Agric. Handbook No 66.
- Watkins, C. B. (2008). Overview of 1-methylcyclopropene trials and uses for edible horticultural crops. *HortSci.*, 43, 86-94.

Κεφάλαιο 10. Εφαρμογή της μετασυλλεκτικής τεχνολογίας

Σύνοψη

Στο παρόν κεφάλαιο περιγράφονται στοιχεία σχετικά με τις μεθόδους και την τεχνολογία που χρησιμοποιούνται στα διάφορα στάδια των μετασυλλεκτικών χειρισμών από τη συγκομιδή του προϊόντος μέχρι τη τελική του διάθεση προς κατανάλωση. Στο πρώτο μέρος κεφαλαίου αναφέρονται στοιχεία σχετικά με τους παράγοντες που ρυθμίζουν την επικοινωνία του ιστού με το περιβάλλον του που αποτελούν τη θεωρητική βάση για την επιτυχία της εφαρμογής μιας μεθόδου-τεχνολογίας.

Προαπαιτούμενη γνώση

Τα στοιχεία που παρουσιάζονται στο παρόν κεφάλαιο απαιτούν τη γνώση των στοιχείων μετασυλλεκτικής φυσιολογίας των σπωροκηπευτικών (Κεφάλαιο 3), της δράσης των μετασυλλεκτικών χειρισμών (Κεφάλαιο 4) και τα ειδικά στοιχεία μετασυλλεκτικής για τα διαφορετικά προϊόντα (κεφάλαια 5, 6, 7, 8).

10.1 Επικοινωνία συγκομισμένου ιστού με το περιβάλλον του- Ανταλλαγές

Στους συγκομισμένους ιστούς η ανακατανομή των οργανικών και ανόργανων ενώσεων συνεχίζεται και περισσότερο σε είδη που έχουν υψηλή περιεκτικότητα υγρασίας. Η μεταφορά όμως των διαλυμένων ουσιών και του νερού γίνεται με μικρότερο ρυθμό, σε μικρότερες αποστάσεις καθώς και με διαφορετικούς μηχανισμούς από ότι στους καρπούς πάνω στο φυτό. Η ανακατανομή αυτή των ενώσεων χωρίζεται σε 2 είδη:

- Μέσα στο προϊόν
- Σαν ανταλλαγή, δηλαδή απώλεια προς ή/και απορρόφηση από το εξωτερικό περιβάλλον.

Στη δεύτερη περίπτωση, οι απώλειες συμβαίνουν με μόρια που βρίσκονται σε αέρια φάση (CO_2 , εστέρες οργανικών οξέων κλπ). Οι προσλήψεις από το περιβάλλον γίνονται και αυτές συνήθως μετά από μετατροπή των ουσιών σε αέρια φάση. Το νερό μπορεί να εισέλθει και σαν υγρό σε περιπτώσεις που τα προϊόντα πλένονται, υδροψύχονται ή εκτίθενται σε βροχές μετά τη συλλογή στον αγρό. Επίσης, ακατάλληλος χειρισμός θερμοκρασίας σε συγκομισμένο προϊόν μπορεί να οδηγήσει σε υγροποίηση των υδρατμών της επιφάνειας του και να οδηγήσει σε μετέπειτα απορρόφηση του νερού.

10.1.1 Ενέργειες που ρυθμίζουν την κίνηση αερίων, διαλυτών και διαλυμένων ουσιών

Οι ενέργειες αυτές μπορούν να διακριθούν σε δύο κατηγορίες: κινητική και δυναμική. Σαν παράδειγμα, η θερμότητα αυξάνει την κινητική ενέργεια, ενώ η αναπνοή ελευθερώνει δυναμική ενέργεια (όπως σπάσιμο χημικών δεσμών σακχάρων) μέρος της οποίας καταλήγει σε κινητική σε θερμότητα.

Η ταχύτητα και η κατεύθυνση της κίνησης εξαρτώνται από τις διαβαθμίσεις της ενέργειας από περιοχές υψηλότερης ενέργειας σε χαμηλότερη. Η ελεύθερη ενέργεια ή κατά Gibb's ελεύθερη ενέργεια είναι μέτρο ενέργειας σε ένα σύστημα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για έργο. Η ελεύθερη ενέργεια που ρυθμίζει τη κίνηση θεωρείται το άθροισμα των ελεύθερων ενεργειών του κάθε χημικού συστατικού σε ένα σύστημα ή μία θέση και εκφράζεται σαν ελεύθερη ενέργεια/mole, δηλαδή χημικό δυναμικό. Το χημικό δυναμικό, κατά συνέπεια, εξαρτάται από τη συγκέντρωση, την πίεση, το ηλεκτρικό δυναμικό, ή ηλεκτροχημικό δυναμικό για φορτισμένα μόρια (Στοιχεία από Kays, 1991 και Τσαντίλη, 2004).

Πολλά από τα χημικά συστατικά βρίσκονται σε περισσότερες από 1 φάσεις. (π.χ. το νερό βρίσκεται σαν υγρό και σαν αέριο). Επειδή η μία φάση συνήθως διαχέεται ευκολότερα από μία άλλη, η καθαρή κίνηση των μορίων μίας ουσίας μπορεί να επηρεασθεί από τη σχετική αναλογία μεταξύ των δύο φάσεων. Πολλές όμως από τις αρχές της κίνησης των αερίων διαφέρουν από εκείνες των υγρών.

Παρόλα αυτά υπάρχουν και αλλαγές στο φυτικό ιστό που συμβαίνουν με κατεύθυνση από χαμηλότερη ενέργεια προς υψηλότερη π.χ. από χαμηλότερη συγκέντρωση σε υψηλότερη. Παράδειγμα είναι η ενεργή μεταφορά ουσιών διαμέσου της πρωτοπλασματικής μεμβράνης οδηγούμενης από ATP.

10.1.2 Αρχές της κίνησης και ανταλλαγής αερίων μεταξύ ιστού και περιβάλλοντος

Αλλαγές στη υδατική κατάσταση των κυττάρων του συγκομισμένου προϊόντος (από υγρό νερό σε υδρατμό) επηρεάζουν το μεταβολισμό και τη ποιότητα. Άλλα αέρια σημαντικά για την ποιότητα είναι το O_2 , CO_2 , C_2H_4 και αρωματικές ουσίες. Υπενθυμίζεται για τα αέρια ότι:

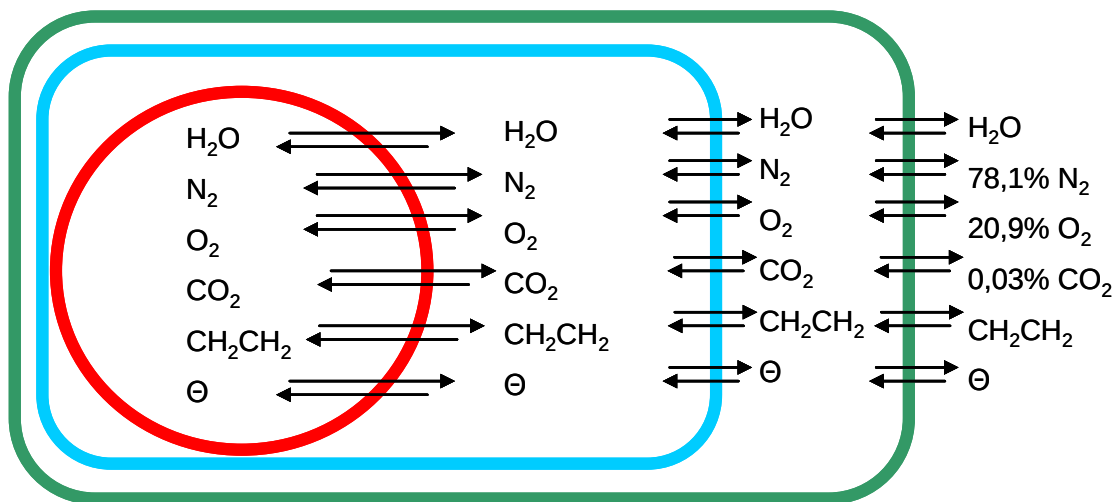
- Η βιολογική επίδραση των περισσοτέρων αερίων που δρουν στον φυτικό ιστό αρχίζει από μία συγκεκριμένη συγκέντρωση του αερίου που είναι διαφορετική για το κάθε αέριο (threshold concentration)
- Ένα κριτικό χαρακτηριστικό των πτητικών ουσιών είναι το σημείο ζέσεως (Σ.Ζ). Ενώσεις όπως το O_2 , CO_2 και C_2H_4 έχουν πολύ χαμηλό Σ.Ζ ($-183^\circ C$, $-78^\circ C$ και $-169^\circ C$, αντίστοιχα) και κατά συνέπεια βρίσκονται πάντοτε σε αέρια κατάσταση στις θερμοκρασίες των μετασυλλεκτικών χειρισμών. Οι περισσότερες άλλες πτητικές ενώσεις που προέρχονται από τους καρπούς βρίσκονται και σε υγρά και σε αέρια κατάσταση, έχοντας υψηλό Σ.Ζ.
- Τα αέρια βρίσκονται πάντοτε σε κίνηση που εξαρτάται ανάλογα με τη θερμοκρασία και αντίστροφα ανάλογα με το μέγεθος του μορίου της ένωσης. Επίσης, δεν μειώνεται το άθροισμα της ενέργειας δύο συγκρουομένων μορίων αλλά ανακατανέμεται σε γειτονικά μόρια.
- Αν προστεθεί ενέργεια (π.χ. θερμότητα), τότε τα μόρια μίας ένωσης σε υγρή φάση επιταχύνονται και ένας αριθμός από αυτά στην επιφάνεια του υγρού υπερνικά τις ελκτικές δυνάμεις των γειτονικών του μορίων και εισέρχεται στην αέρια φάση. Κατά την συντήρηση η αφυδάτωση επιταχύνεται όταν η θερμοκρασία ανέλθει.
- Η μείωση της θερμοκρασίας αυξάνει τη διαλυτότητα των αερίων O_2 , CO_2 , C_2H_4 στον κυτταρικό χυμό.
- Σύμφωνα με τους νόμους των αερίων, βασίζόμενοι στη καταστατική εξίσωση ($PV/T = K$) και για μία δεδομένη μάζα αερίου, προς αποφυγή της αύξησης της πίεσης σε μονωμένο χώρο συντήρησης, θα πρέπει το ψυγείο να συνοδεύεται με "σάκκους" ("breathers") που θα ανοίγουν προς τα έξω, ώστε αν το σύστημα ψύξης χαλάσει, τότε η αύξηση του όγκου του θαλάμου συντήρησης να αντισταθμίσει την αύξηση της πίεσης.
- Αν η θερμοκρασία σε θάλαμο ψύξης ή η πίεση (σε υποβαρείς συνθήκες) ή τέλος ο όγκος ενός αερίου γύρω από το προϊόν (σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα) αλλάξει, τότε αλλάζει και ο τρόπος που το αέριο αντιδρά με ή επιδρά στο προϊόν. Δηλαδή $500 \mu L L^{-1}$ αιθυλένιο στον περιβάλλοντα χώρο σε υποβαρείς συνθήκες δεν ισοδυναμεί και δεν έχει την ίδια βιολογική ενέργεια με την ίδια συγκέντρωση του ίδιου αερίου σε Κανονικές Συνθήκες.
- Αν και η πίεση ενός μίγματος σε ένα χώρο εξαρτάται από τις μερικές πιέσεις όλων των παρόντων αερίων στο χώρο, για απλοποίηση υπολογίζονται μόνο τα αέρια που ενδιαφέρουν και βρίσκονται στο χώρο σε υπολογίσιμα ποσοστά. Έτσι, η μερική πίεση ενός αερίου που μας ενδιαφέρει υπολογίζεται σε μέρος της συνολικής πίεσης που ασκούν όλα τα παρόντα αέρια που μας ενδιαφέρουν. Για παράδειγμα, σε χώρο με ατμοσφαιρική πίεση (760 mm Hg) και 21% O_2 η μερική πίεση του O_2 είναι $pO_2 = 0,21$ του συνόλου. Αν στο χώρο αυτό δημιουργηθεί μερικό κενό και η πίεση ελαττωθεί στο 1/10 της ατμοσφαιρικής, τότε η μερική πίεση του O_2 θα μειωθεί αναλογικά, δηλ. $pO_2 = 0,021$. Δηλαδή, θεωρείται ότι η αναλογία του μίγματος των αερίων παραμένει η ίδια.
- Με βάση την κινητική ενέργεια των αερίων, υπάρχει συνεχής ανταλλαγή αερίου μεταξύ ιστού και περιβάλλοντος χώρου. Όσον αφορά σε αέρια που δεν παράγονται συνέχεια από τον ιστό ή σε αδρανή αέρια (π.χ. N_2), μετά από την επίτευξη ισορροπίας, υπάρχει μόνο συνεχής ανταλλαγή του εν λόγω αερίου αλλά όχι καθαρή κίνηση - μεταφορά προς ή από τον ιστό. Σε περίπτωση όμως άλλων αερίων, π.χ. C_2H_4 , που παράγονται συνέχεια από τον ιστό, υπάρχει πάντοτε καθαρή ροή από τον ιστό και μάλιστα όχι πάντοτε η ίδια,

δεδομένου ότι η παραγωγή αιθυλενίου από τον ιστό δεν είναι πάντοτε ίδια καθ' όλη τη συντήρηση.

- Σε περιπτώσεις που η αλλαγή της πίεσης στο χώρο είναι σημαντική, όπως στις υποβαρείς συνθήκες, τότε η διαφορά πίεσης είναι ο κύριος παράγοντας της ροής που αναγκάζει όλα τα αέρια να κινηθούν από τον ιστό μαζί και όχι εκλεκτικά. Στην περίπτωση αυτή οι διαφορές στους συντελεστές διάχυσης μεταξύ των διαφόρων αερίων μπορεί να θεωρηθούν αμελητέες.

10.1.3 Αντιστάσεις στη διάχυση των αερίων

Οι αντιστάσεις είναι χρήσιμο να λαμβάνονται υπόψη όταν μελετάται η κίνηση ενός αερίου διάμεσου μίας σειράς διαδοχικών στοιχείων. Για παράδειγμα, αναφέρεται η διάχυση του αιθυλενίου διάμεσου του κυτοπλάσματος, της πρωτοπλάσματικής μεμβράνης, του κυτταρικού τοιχώματος, των καναλιών του μεσοκυττάριου χώρου, της επιφάνειας του ιστού και της συνοριακής στρώσης της επιφάνειας προς το περιβάλλον. Η τελική αντίσταση είναι το άθροισμα των επί μέρους αντιστάσεων (Σχήμα 10.1).



- : Επιδερμίδα, φλοιός, κηρός
- : Συσκευασία
- : Τοίχωμα χώρου συντήρησης ή μεταφοράς
- Θ : Θερμότητα και άλλα πηθητικά συστατικά

Σχήμα 10.1 Το προϊόν και το περιβάλλον του κατά τη συντήρηση. Αντιστάσεις στα αέρια-Απλοποιημένο μοντέλο. (Τροποποίηση από Kader, 2002).

10.1.4 Μορφολογία του ιστού σε σχέση με τη διάχυση

Ο συγκομισμένος ιστός (π.χ. καρπός, βλαστός) δεν πρέπει σε όλες τις περιπτώσεις να θεωρείται σαν ένα συμπαγές σώμα από στενά συνδεδεμένα κύτταρα. Στη πραγματικότητα, το εσωτερικό του ιστού περιλαμβάνει τα μεσοκυττάρια διαστήματα. Στα περισσότερα προϊόντα το μεσοκυττάριο διάστημα αντιπροσωπεύει ένα δίκτυο καναλιών που ενώνεται με κάθε κύτταρο και μέσου του οποίου γίνεται η διάχυση των αερίων. Σε μερικούς ιστούς ο εσωτερικός όγκος που μπορεί να καταληφθεί από αέρια είναι ακόμη μεγαλύτερος, ανάλογα με τη μορφολογία τους, όπως για παράδειγμα στα μήλα όπου τα μεσοκυττάρια διαστήματα μαζί με την κοιλότητα ανέρχονται σε 25-36% v/v του καρπού.

Η ροή ενός αερίου μέσα στον ιστό εξαρτάται από την αρχιτεκτονική των καναλιών του (διαστάσεις τους, οι αλληλοσυνδέσεις τους και η κατανομή τους στον ιστό) καθώς και από την κατάσταση του ιστού. Έτσι, κατά την αρχή του γηρασμού, η ακεραιότητα της μεμβράνης αρχίζει να καταστρέφεται και κυτοπλάσματικό υγρό μπορεί να βρεθεί στα μεσοκυττάρια διαστήματα,

εκτοπίζοντας ισοδύναμο όγκο αερίου και κατά συνέπεια αυτό περιορίζει και τη διάχυση των αερίων ώστε η γήρανση να επιταχυνθεί. Σημειώνεται ότι η εξωτερική επιφάνεια του προϊόντος αποτελεί το κυριότερο παρεμποδιστή στη κίνηση των αερίων από το προϊόν προς το περιβάλλον. Η παρεμπόδιση αυτή δεν εξαρτάται τόσο από το πάχος όσο από τη χημική σύνθεση, τη δομή και τη συνέχεια της εξωτερικής επιφάνειας (εφυμενίδα, στόματα, φακίδια, ουλή ποδίσκων, σχισίματα κλπ).

10.1.5 Αντίσταση από τη συνοριακή στρώση του ιστού στις ανταλλαγές του με το περιβάλλον

Η συνοριακή στρώση εντοπίζεται στη περιοχή εξωτερικά του προϊόντος, όπου ο αέρας είναι στατικός και η κίνηση των μορίων γίνεται μόνο με διάχυση. Οι στρώσεις αυτές αντιπροσωπεύουν σημαντικούς παρεμποδιστές στην κίνηση αρκετών αερίων (H_2O , O_2 , CO_2 κλπ). Το πάχος των στρώσεων εξαρτάται από τη ταχύτητα του αέρα του χώρου, το μέγεθος και το σχήμα του προϊόντος και από τα χαρακτηριστικά της επιφάνειας του προϊόντος (π.χ. χνούδι στα ροδάκινα). Μεγάλη ταχύτητα στη κίνηση του αέρα σε θαλάμους συντήρησης μειώνει το πάχος της στρώσης και κατά συνέπεια αυξάνει την ταχύτητα της απώλειας υδρατμών από το προϊόν, συντελώντας στην απώλεια υγρασίας και τη μείωση της ποιότητας.

10.1.6 Υπολογισμός της αντίστασης του καρπού στη διάχυση αερίων – Εφαρμογές

Συνοψίζοντας, ανταλλαγή αερίων μεταξύ προϊόντος και περιβάλλοντός του συμβαίνει μέσω:

- Στοματίων
- Φακιδίων
- Σχισμών που υπάρχουν στην επιδερμίδα / εφυμενίδα που δεν είναι ορατές με γυμνό μάτι.

Ωστόσο, η διάχυση των αερίων δεν εξαρτάται μόνο από τη δομή της επιφάνειας του προϊόντος, αλλά και από το ποσοστό και την κατανομή της αερίου φάσης στον ιστό, από την ανταλλαγή των αερίων μεταξύ των μεσοκυτταρικών περιοχών και του κυτταρικού χυμού και από τη διάχυση μέσα στον κυτταρικό χυμό από και προς τα κέντρα παραγωγής και πρόσληψης. Έτσι, παράγοντες όπως η θερμοκρασία επιδρούν σε διάφορα σημεία, όπως στο κλείσιμο των στοματίων, στη διαλυτότητα των αερίων στο κυτταρικό χυμό και στην αλλαγή μεταβολισμού με αλλαγές στο ρυθμό πρόσληψης ή παραγωγής αερίων από τον ιστό. Από τα παραπάνω είναι εμφανής η δυσκολία να υπολογισθεί με ακρίβεια η αλλαγή της συγκέντρωσης ενός αερίου στον κυτταρικό χυμό σε σχέση με αλλαγές του ίδιου αερίου στο χώρο συντήρησης, έστω και σε μία σταθερή θερμοκρασία.

Η ανεκτικότητα των ιστών σε διαφορετικά επίπεδα χαμηλού O_2 βασίζεται κατά ένα τουλάχιστο ποσοστό και κατά πολλούς ερευνητές, στη διαφορετική αντίσταση των ιστών στη διάχυση O_2 και σύμφωνα με τη διαφορετική ανατομία τους. Από πρακτικής πλευράς υπάρχουν μέθοδοι μέτρησης της 'συνολικής αντίστασης' ενός προϊόντος στη διάχυση αερίων. Αυτό δίνει τη δυνατότητα υπολογισμού του χρόνου (κατά προσέγγιση) που χρειάζεται για την αλλαγή της εσωτερικής συγκέντρωσης του αερίου στο προϊόν και σύμφωνα με τη συγκέντρωση του αερίου στο περιβάλλον του προϊόντος.

Για τους υπολογισμούς της συνολικής αντίστασης ενός προϊόντος, στη πράξη χρησιμοποιείται ο Νόμος του Fick, καθώς και ένα από τα αέρια που δεν παράγονται από τον ιστό ούτε δρουν βιολογικά και ούτε υπάρχουν στην ατμόσφαιρα σε υψηλά επίπεδα. (π.χ. αιθάνιο). Η αντίσταση για τα διαφορετικά αέρια εκτιμάται αλλάζοντας τις φυσικές σταθερές στη μέθοδο (π.χ. διαλυτότητα στο νερό). Μετριέται ο χρόνος ($t_{0,1}$) που χρειάζεται για τη μείωση της εσωτερικής συγκέντρωσης ενός αερίου στον ιστό στο 10% της αρχικής του συγκέντρωσης όταν ο καρπός βρίσκεται σε περιβάλλον με 'μηδενική' συγκέντρωση του εν λόγω αερίου. Παράδειγμα των αποτελεσμάτων της μέτρησης της συνολικής αντίστασης στη διάχυση αερίων των μήλων παρουσιάζεται στον Πίνακα 10.1 (Τσαντίλη, 2004).

Αντίσταση (s/cm)	Χρόνος ($t_{0,1}$)
6632	130
10703	83

Πίνακας 10.1 Αποτελέσματα μέτρησης της συνολικής αντίστασης στη διάχυση αερίων καρπών μήλων 'Gloster 69' με τη μέθοδο Cameron & Yang, 1982 (Tsantili, 1988).

Η συνολική αντίσταση αλλάζει κατά το χρόνο συντήρησης και μάλιστα τις περισσότερες φορές αυξάνεται. Αυτό δικαιολογείται από τις αλλαγές που συμβαίνουν στο προϊόν, όπως αύξηση του κηρού στην επιφάνεια και κλείσιμο των εσωτερικών καναλιών με κυτταρικό χυμό όταν αρχίζει ο γηρασμός. Ο υπολογισμός της αντίστασης ενδιαφέρει πρακτικά για τον υπολογισμό της χρονικής διάρκειας σε χειρισμούς με αέρια όπως για παράδειγμα στον αποπρασινισμό των εσπεριδοειδών, αλλά και στις περιπτώσεις συντήρησης σε ελεγχόμενες και τροποποιημένες ατμόσφαιρες.

10.1.6 Αρχές της κίνησης και ανταλλαγής αερίων μεταξύ ιστού και περιβάλλοντος

Όπως αναφέρεται στο Κεφάλαιο 3 η καθαρή ροή νερού προς ή από συγκομισμένα προϊόντα καθορίζεται από:

- Το σύνολο των αντιστάσεων του καρπού (φακίδια, στόματα, κηρός κλπ. δηλαδή κύρια οι προαναφερθείσες αντιστάσεις στη διάχυση αερίων) και
- Από τις περιβαλλοντικές συνθήκες, όπως υγρασία, θερμοκρασία και κίνηση του αέρα.

Δεδομένης της ανατομικής δομής του ιστού μπορούμε να επεμβούμε με χειρισμούς, όπως η αποφυγή σχισμάτων της επιδερμίδας, το κήρωμα σε περιπτώσεις που επιτρέπεται κλπ., λαμβάνοντας υπόψη την ιδιομορφία του κάθε προϊόντος. Για παράδειγμα, η αφαίρεση του χνουδιού στα ροδάκινα για λόγους αισθητικής αυξάνει πολύ το ρυθμό της απώλειας της υγρασίας του, επειδή εκτός του ότι μειώνει τη 'συνοριακή' στρώση τραυματίζει και τα επιδερμικά κύτταρα, δεδομένου ότι το χνούδι είναι προεξοχή αυτών. Για την καλύτερη συντήρηση είναι δυνατό να επακολουθήσει κήρωμα στα ροδάκινα, αλλά πολύ ήπιο καθότι φυσιολογικά δεν δημιουργείται κηρός σε αυτό το είδος. Το κήρωμα επανορθώνει σε μικρό μόνο ποσοστό το ταχύ ρυθμό απώλειας υγρασίας που επιφέρει η αφαίρεση του χνουδιού. Σημειώνεται όμως, ότι τη μεγαλύτερη παρεμπόδιση στην απώλεια έχει από μόνος του ο καρπός, χωρίς την αφαίρεση του χνουδιού.

Η εξάτμιση διαφέρει από τη ζέση (βρασμό) στο ότι η εξάτμιση είναι το φαινόμενο της αλλαγής φάσης στην επιφάνεια του υγρού. Προϊόντα με μεγαλύτερη αναλογία επιφάνειας / όγκο χάνουν γρηγορότερα βάρος από προϊόντα με μικρότερη αναλογία. Για παράδειγμα τα φυλλώδη λαχανικά και οι μικρότεροι καρποί είναι περισσότερο ευπαθή σε αφυδάτωση. Σε γενικές γραμμές για τους καρπούς η αναλογία επιφάνειας / όγκου είναι $0,5-1,5 \text{ cm}^2/\text{cm}^3$.

Η εξάτμιση νερού επηρεάζεται ανάλογα με την αύξηση της θερμοκρασίας και αντίστροφα ανάλογα με την μείωση της πίεσης. Αυτό είναι σημαντικό για την καλή λειτουργία των ψυγείων συντήρησης και ιδιαίτερα σε θαλάμους με υποβαρείς συνθήκες. Η επίδραση της αύξησης της θερμοκρασίας στην αύξηση της εξάτμισης δεν βασίζεται μόνο σε φυσικούς νόμους αλλά και σε φυσιολογικούς, αυξάνοντας τη διαπνοή του προϊόντος (άνοιγμα στοματίων) και επιταχύνοντας έτσι κατά πολύ την απώλεια βάρους.

Η εξάτμιση ενός μέρους υγρού μειώνει τη θερμοκρασία του υπόλοιπου υγρού. Το φαινόμενο αυτό μπορεί να χρησιμοποιείται κατά την ψύξη του προϊόντος, αλλά περιορισμένα. Στις σύγχρονες μεθόδους ψύξης, το νερό που εξατμίζεται δεν προέρχεται από το ίδιο το προϊόν (Τσαντίλη, 2004).

Ο αριθμός των μορίων υγρού που διαφεύγει στην ατμόσφαιρα εξαρτάται από τη σχετική συγκέντρωση των μορίων του ίδιου υγρού που ήδη υπάρχουν στην αέρια φάση. Έτσι, σε κλειστό σύστημα, όσο η συγκέντρωση των μορίων μίας ένωσης στην αέρια φάση αυξάνεται τόσο περισσότερα από τα κινούμενα μόρια της ένωσης επιστρέφουν τυχαία στην υγρή φάση. Δηλαδή, όταν ο αριθμός των μορίων που εγκαταλείπει την επιφάνεια της υγρής φάσης ισοδυναμεί με τον αριθμό των μορίων που επιστρέφουν, τότε η ατμόσφαιρα είναι κορεσμένη. Εδώ βασίζεται και η αύξηση της % ΣΥ του θαλάμου συντήρησης προς αποφυγή της απώλειας υγρασίας από το προϊόν.

Προσοχή θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερα στην ύγρανση του θαλάμου στις υψηλότερες σχετικά θερμοκρασίες συντήρησης. Επίσης, λόγω της υψηλής θερμοκρασίας και της χαμηλής % ΣΥ στο περιβάλλον κατά τις θερμές ημέρες συγκομιδής, το προϊόν πρέπει να ψύχεται όσο γίνεται γρηγορότερα. Εφόσον η κίνηση του νερού από το προϊόν εξαρτάται από τη διαφορά της πίεσης των υδρατμών μεταξύ προϊόντος και περιβάλλοντος, μία καλή πρακτική εκτίμηση του πόσο γρήγορα το νερό θα κινηθεί έξω από το προϊόν είναι η διαφορά πίεσης υδρατμών, (water -vapor pressure

deficit). Η διαφορά πίεσης ατμών (ΔΠΑ) επηρεάζεται από την θερμοκρασία (Θ) και τη σχετική υγρασία ΣΥ και αυτό φαίνεται και από το Σχήμα 3.3 (Κεφάλαιο 3).

Η κίνηση του αέρα στο θάλαμο συντήρησης μειώνει τη 'συνοριακή' στρώση του προϊόντος και αυξάνει την απώλεια υγρασίας, όπως ήδη έχει αναφερθεί. Η απώλεια υγρασίας δεν αυξάνεται γραμμικά με την αύξηση της ταχύτητας του αέρα. Υπάρχει μεγάλη απώλεια στις σχετικά μικρές ταχύτητες του αέρα, ενώ στις υψηλές ταχύτητες η αύξηση της ταχύτητας επιφέρει μικρή αύξηση στην απώλεια υγρασίας.

Αντίθετα όμως, σε συντήρηση με ψύξη, όσο μεγαλύτερος είναι ο όγκος του αέρα που κυκλοφορεί ανά μονάδα χρόνου από τα ψυκτικά στοιχεία, τόσο μικρότερη είναι η διαφορά της θερμοκρασίας μεταξύ του προσερχόμενου και του εξερχόμενου αέρα, και κατά συνέπεια μεταξύ αέρα και προϊόντος. Έτσι, η μικρότερη διαφορά της θερμοκρασίας μειώνει το ποσό του νερού του προσερχόμενου αέρα που υδροποιείται και απομακρύνεται με τη ψύξη και κατά συνέπεια μειώνεται η διαφορά της πίεσης των υδρατμών μεταξύ προϊόντος και αέρα. Έτσι, αυξάνοντας τον όγκο του αέρα που ψύχεται ανά μονάδα χρόνου, διατηρείται καλύτερα η υψηλή υγρασία στο θάλαμο. Συνδυάζοντας τα παραπάνω αντίθετα φαινόμενα φαίνεται ότι η ρύθμιση στον όγκο του αέρα που ψύχεται πρέπει να συμβιβάζει αφ' ενός τη διατήρηση μίας μικρής διαφοράς στη θερμοκρασία μεταξύ στοιχείων και αέρα και αφετέρου να μη μειώνει υπερβολικά τη "συνοριακή" στρώση.

Η απώλεια υγρασίας είναι ουσιαστικό κριτήριο ποιότητας. Το κάθε προϊόν εμφανίζει ένα maximum απώλειας υγρασίας πέρα από το οποίο καθίσταται μη εμπορεύσιμο (Τσαντίλη, 2004).

Όλα τα παραπάνω για τη μείωση απώλειας υγρασίας συνοψίζονται στον παρακάτω Πίνακα 10.2.

Ενέργειες στο περιβάλλον συντήρησης	Ενέργειες στο προϊόν
Χαμηλή θερμοκρασία	Διατήρηση της ακεραιότητας του προϊόντος κατά και μετά τη συγκομιδή με προσεκτικούς χειρισμούς
Διατήρηση υψηλής % ΣΥ	Γρήγορη ψύξη μετά τη συγκομιδή
Μείωση των αυξομειώσεων της θερμοκρασίας	Κήρωμα (όπου επιτρέπεται)
Ρύθμιση της κίνησης του αέρα στο ελάχιστο που να διατηρεί όμως συγχρόνως και μικρή διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ προϊόντος και αέρα	Κατάλληλη συσκευασία κύρια για γρήγορη ψύξη, για μείωση της απώλειας υγρασίας (σακκουλάκια κλπ) και αποφυγή τραυματισμών.

Πίνακας 10.2 Ενέργειες-χειρισμοί για την ελάττωση της απώλειας υγρασίας (Από: Τσαντίλη, 2004).

10.2 Τεχνολογία στη μετασυλλεκτική

Έχοντας υπόψη την επίδραση των διαφόρων παραγόντων (π.χ. θερμοκρασία, αιθυλένιο κτλ) στη μετασυλλεκτική φυσιολογία των προϊόντων (κεφάλαια 3, 4), τις ιδιαιτερότητες μεταξύ των διαφόρων ειδών των οπωροκηπευτικών (κεφάλαια 5, 6, 7) και τις γενικές αρχές επικοινωνίας προϊόντος-περιβάλλοντος (παράγραφος 10.1), έχουν αναπτυχθεί διάφορες τεχνολογίες με στόχο τη βέλτιστη διατήρηση της ποιότητας και την επιμήκυνση του χρόνου συντήρησης. Οι τεχνολογίες αφορούν όλα τα στάδια αρχίζοντας από τη συγκομιδή και καταλήγοντας στη τελική διάθεση στον καταναλωτή. Ανάλογα με το είδος του προϊόντος κάποια στάδια μπορεί να παραλείπονται ή διαφορετικές τεχνολογίες να χρησιμοποιούνται για κάθε είδος σε ένα συγκεκριμένο στάδιο.

10.2.1 Γραμμή συσκευαστήριου

Μετά τη συγκομιδή και πριν τη συντήρηση τα προϊόντα συνήθως οδηγούνται στο συσκευαστήριο. Τα συσκευαστήρια είναι συνήθως ιδιαίτερες μονάδες που βρίσκονται σε σχετικά κοντινές αποστάσεις από την περιοχή καλλιέργειας και περιλαμβάνουν και τους χώρους συντήρησης του προϊόντος. Οι μονάδες αυτές, σε συνεννόηση με τους παραγωγούς, προτιμούν να αναλαμβάνουν οι ίδιες τη συγκομιδή και μεταφορά του προϊόντος στο συσκευαστήριο, ή απλά να καθοδηγούν τους παραγωγούς, ώστε να εξασφαλίζεται η καλή ποιότητα του προϊόντος προς συντήρηση και να αποφεύγονται απώλειες.

Σε μερικές μόνο περιπτώσεις ευαίσθητων καρπών και μικρής παραγωγής, μικρά και υποτυπώδη συσκευαστήρια μπορεί να βρίσκονται δίπλα στις καλλιέργειες και να λειτουργούν με τους ίδιους τους παραγωγούς.

Η οργανωμένη γραμμή συσκευαστηρίου έχει 4 βασικούς στόχους πριν τη συντήρηση και τη μεταφορά του προϊόντος στις αγορές:

- Καθαρισμός του προϊόντος
- Διαλογή
- Ταξινόμηση και
- Συσκευασία

Η χρήση της γραμμής συσκευαστηρίου επιφέρει αναπόφευκτα τραυματισμούς και η χρήση της πρέπει να γίνεται όταν είναι απαραίτητο. Οι προϊόντα που είναι καλής ποιότητας και πρόκειται να συντηρηθούν για μεγάλο χρονικό διάστημα (π.χ. καρποί δένδροκομικών ειδών) είναι σκόπιμο να περνούν από τη γραμμή συσκευασίας μία μόνο φορά και μάλιστα μετά το πέρας της συντήρησής τους πριν οδηγηθούν στις τελικές αγορές.

10.2.1.1 Καθαρισμός

Στις περιπτώσεις που τα προϊόντα επιδέχονται διαβροχή με νερό και πρόκειται να οδηγηθούν στη γραμμή συσκευαστηρίου μετά μεγάλο χρονικό διάστημα από τη συγκομιδή τους (είτε επειδή πρόκειται να συντηρηθούν για μεγάλο διάστημα ή επειδή θα αργήσουν σχετικά να τοποθετηθούν στους τελικούς θαλάμους συντήρησης λόγω φόρτου εργασίας της γραμμής), οι καρποί συνήθως περνούν από μηχανή καταιονισμού νερού (drencher) μαζί με τα κιβώτια τους, όπως φθάνουν στο συσκευαστήριο μετά τη συγκομιδή. Στο drencher συνηθίζεται να υπάρχει διαλυμένο στο νερό καταιονισμού και κάποιο εγκεκριμένο μυκητοκτόνο, ανάλογα με το συχνότερο πρόβλημα μετασυσπαστικής ασθένειας που παρουσιάζει το είδος στη συγκεκριμένη περιοχή. Η χρήση μυκητοκτόνου ή άλλης ουσίας στο drencher πρέπει να συνυπολογίζεται στην επαναχρησιμοποίηση αυτών των ουσιών στη γραμμή συσκευασίας. Μετά το πλύσιμο, πρέπει να γίνεται στέγνωμα, γιατί το νερό που παραμένει στην επιφάνεια του φυτικού ιστού ευνοεί την ανάπτυξη μικροοργανισμών που προκαλούν σήψεις και φθορά του προϊόντος π.χ. μήλα, πορτοκάλια. Ο πιο συνηθισμένος τρόπος είναι η εφαρμογή ρεύματος θερμού αέρα.

Ο καθαρισμός, γενικά, μπορεί να γίνει με ρεύμα αέρα (για την απομάκρυνση φύλλων, ξένων σωματιδίων κλπ.), με ψεκασμό ή με εμβάπτιση σε νερό που μπορεί να περιλαμβάνει διαλύματα απορρυπαντικών και χρήση βουρτσών, κλπ. Στο υγρό πλυσίματος ή ξεπλύματος μπορούν να προστεθούν άλατα για να αυξήσουν το ειδικό βάρος του υγρού (πχ. για κεράσια), καθώς και μυκητοκτόνα (imazalil, thiabendazol, carbendazym, metalaxyl, Fosetyl-Al κλπ) ή αντιοξειδωτικά (diphenyl amine, ethoxyquine) ή ορμόνες (όπως GA₃ ή 2,4 D σε εσπεριδοειδή), αν η χρήση τους είναι εγκεκριμένη.

Όταν το είδος του προϊόντος το επιτρέπει (π.χ. μήλα, κεράσια κτλ.), προτιμάται ο καθαρισμός να γίνεται με εμβάπτιση σε νερό, όχι μόνο επειδή γίνεται καλύτερος καθαρισμός ή επειδή το νερό διευκολύνει τη διάλυση ουσιών σε περιπτώσεις που επιθυμείται η εφαρμογή τους στα προϊόντα, αλλά κύρια επειδή μειώνει κατά πολύ τους μηχανικούς τραυματισμούς κατά τον καθαρισμό και τη μεταφορά των προϊόντων στα επόμενα στάδια. Ο ρόλος του νερού για τη μείωση τραυματισμών έχει αποδειχθεί πολύ σημαντικός. Για παράδειγμα στους καρπούς η σύγχρονη τάση είναι να βρίσκονται σε κανάλια νερού κατά το μεγαλύτερο δυνατό μέρος της διαδρομής τους στη γραμμή συσκευαστηρίου και ιδιαίτερα όταν αλλάζουν επίπεδο σε κατακόρυφη ή οριζόντια διεύθυνση. Για το λόγο αυτό, οι σύγχρονες κατασκευές έχουν φροντίσει, ώστε τα κιβώτια συγκομιδής, για να αδειάσουν στη γραμμή συσκευασίας, να βυθίζονται αυτόματα σε νερό και μετά να ανατρέπονται κατά 90° μέσα στο νερό, ενώ το ρεύμα του νερού να διευκολύνει τελικά στο άδειασμα των κιβωτίων αυτών, ακόμη και σε περιπτώσεις που τα κιβώτια είναι πολύ μεγάλων διαστάσεων. Αξίζει να σημειωθεί ότι σε πολλές περιπτώσεις η χρήση νερού για καθαρισμό συντελεί και σε μείωση της θερμοκρασίας (υδρόψυξη σαν πρόψυξη), πράγμα που πάντοτε επιθυμείται για καρπούς προς συντήρηση.

Επίσης, μπορούν να προστεθούν κηροί, είτε κατά τον υγρό καθαρισμό με μορφή γαλακτωμάτων, ή /και οι κηροί να ψεκασθούν διαλυμένοι σε οργανικούς διαλύτες μετά το πλύσιμο και το στέγνωμα των προϊόντων. Οι κηροί βελτιώνουν την εμφάνιση και αντικαθιστούν τους φυσικούς κηρούς, ιδιαίτερα όταν αυτοί καταστραφούν σε περίπτωση χρήσης σκληρής βούρτσας κατά τον καθαρισμό. Ο φυσιολογικός τους ρόλος είναι η μείωση της διαπνοής, αλλά και η

προστασία των ιστών από μικρό-τραυματισμούς, καθώς και η ελκυστική εμφάνιση που προσδίδουν στα προϊόντα (π.χ. σε καρπούς). Δεν πρέπει όμως να μειώνουν τη διαπνοή περισσότερο από 1/3, ώστε να εξασφαλίζουν μία φυσική αερόβιο αναπνοή. Η κατάλληλη ποσότητα (πάχος επίστρωσης με κηρό) και η ομοιόμορφη επικάλυψη των καρπών με κηρό επιτυγχάνεται με μηχανήματα σύγχρονης τεχνολογίας. Σε περιπτώσεις 'αποχνούδωσης' (π.χ. σε ροδάκινα) μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί κηρός (πολύ ελαφρύ κέρωμα) για την επούλωση των τραυματισμών. Κατά το κήρωμα καρπών που έχουν λεπτό και εδώδιμο φλοιό είναι απαραίτητο να χρησιμοποιείται πάντοτε εδώδιμος κηρός (εδώδιμη μεμβράνη, παράγραφος 10.2.5).

Το στάδιο του καθαρισμού δεν περιλαμβάνει υποχρεωτικά τη χρήση μυκητοκτόνων ή κηρού κλπ. Η χρήση μυκητοκτόνων πρέπει να γίνεται περιορισμένα και άλλες εναλλακτικές μέθοδοι χειρισμού καρπών (πολύ καλό πλύσιμο καρπών, θερμικά shocks πριν τη συντήρηση, χρήση ελεγχόμενων ατμοσφαιρών κλπ) είναι δυνατό να βοηθήσουν στη μείωση ανάπτυξης μικροοργανισμών (Κεφάλαιο 9). Είναι σκόπιμο, επίσης, τα κιβώτια συγκομιδής να μην χρησιμοποιούνται τα ίδια κατευθείαν από τον αγρό στους θαλάμους συντήρησης. Στη συντήρηση πρέπει, όχι μόνο να γίνεται χρήση καθαρών κιβωτίων και διαφορετικών από εκείνα που ήρθαν σε επαφή με το έδαφος κατά τη συγκομιδή, αλλά εφαρμόζεται πολύ καλό πλύσιμο, απολύμανση και στέγνωμα των κιβωτίων πριν χρησιμοποιηθούν στους θαλάμους συντήρησης. Έχει βρεθεί ότι ο καλός καθαρισμός των κιβωτίων μειώνει σημαντικά την ανάπτυξη των μικροοργανισμών.

Η τάση των καταναλωτών είναι να μην επιθυμούν προϊόντα που έχουν υποστεί χειρισμούς με χημικές ουσίες. Πράγματι, για παράδειγμα, η επικινδυνότητα των υπολειμμάτων των αντιοξειδωτικών είναι μεγάλη και συνιστάται η εφαρμογή άλλων μεθόδων για τη μείωση του μετασυλλεκτικών απωλειών (π.χ. θερμικοί χειρισμοί, O_3). Για τους λόγους αυτούς, προτείνεται η χρήση ολοένα και μικρότερων συγκεντρώσεων των διαφόρων ουσιών ή ακόμη, αποκλειστικά και μόνο του νερού στις γραμμές συσκευαστηρίων (από χώρες της Β. Ευρώπης, όπως Ολλανδία) για καλύτερης ποιότητας καρπούς, όταν στη ποιότητα συμπεριλαμβάνεται και η διασφάλιση της υγείας του καταναλωτή. Επίσης η τάση μείωσης των επικινδυνων ουσιών-χειρισμών στα συσκευαστήρια σκοπεύει και στη μείωση του κινδύνου για το προσωπικό.

Για κάποια κηπευτικά (π.χ. πεπόνια, καρπούζια, πατάτες) και σε μερικές περιπτώσεις φρούτων γίνεται βούρτσισμα, χωρίς να χρησιμοποιείται νερό, για την απομάκρυνση ακαθαρσιών που προέρχονται από σκόνη ή από την επαφή τους με το έδαφος.

10.2.1.2 Διαλογή

Η διαλογή μπορεί να γίνει με μηχανικό ή χειρωνακτικό τρόπο, ανάλογα με το μέγεθος της επιχείρησης, καθώς και το είδος και τον τελικό προσδιορισμό του προϊόντος. Για μεγάλα προϊόντα (π.χ. πεπόνια, καρπούζια κ.α), ο διαχωρισμός πραγματοποιείται σχετικά εύκολα με τα χέρια, ενώ για μικρότερου μεγέθους προϊόντα (π.χ. τομάτες, μήλα κ.ά.) η διαλογή με μηχανικό τρόπο είναι περισσότερο παραγωγική.

Η διαλογή γίνεται σε τρία συνήθως στάδια στη γραμμή του συσκευαστηρίου. Το προσωπικό στέκεται εκατέρωθεν της γραμμής, στα σημεία της διαλογής, και καθώς τα προϊόντα περνούν από τα σημεία αυτά μεταφερόμενοι σε κυλιόμενους ιμάντες ή/και με περιστρεφόμενους κυλίνδρους (γίνεται κύλιση του προϊόντος ώστε να είναι ορατή όλη η επιφάνεια του) κατά τη διαδρομή, το προσωπικό απομακρύνει τους ελαττωματικά προϊόντα (π.χ. τραυματισμένους καρπούς) από τη γραμμή. Τα ελαττωματικά προϊόντα τοποθετούνται συνήθως σε ιμάντα που κινείται αντίθετα και πάνω από τη γραμμή συσκευασίας και κατευθύνονται στο σημείο διαλογής μιας κατώτερης κατηγορίας ή απορρίπτονται εντελώς. Σε πιο σύγχρονες μονάδες υπάρχει η δυνατότητα να γίνεται διαλογή σε ένα μόνο σημείο της γραμμής, με τη χρήση των 'μαγικών ραβδίων' (Τσαντίλη, 2004). Στο σύστημα αυτό, καθένας από το προσωπικό διαλογής έχει ένα ραβδί με φωτοκύτταρο με το οποίο ακουμπά απλά και μόνο τους ελαττωματικούς καρπούς οι οποίοι στη συνέχεια απομακρύνονται αυτόματα από τη γραμμή συσκευασίας. Πρόσφατα, μελετούνται μέθοδοι (με τη χρήση υπέρυθρης και ορατής ακτινοβολίας, ηχητικά κύματα κλπ) ελέγχου ποιότητας που δεν καταστρέφουν τα προϊόντα (non destructive methods) και μπορούν να δώσουν πληροφορίες και για την εσωτερική τους κατάσταση (π.χ. ολικά διαλυτά στερεά, αναγνώριση και την απομάκρυνση κονδύλων πατάτας με εσωτερικό μαύρισμα κλπ). Μερικές μέθοδοι, μη επιβλαβείς για την υγεία του καταναλωτή και με την προϋπόθεση ότι το κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας τους θα επιτρέψει τη χρήση τους,

αναμένεται να ενσωματωθούν στη γραμμή συσκευασίας, όπου οι καρποί θα μπορούν να απομακρυνθούν αυτόματα και συγχρόνως με τη ταξινόμησή τους και μάλιστα σύμφωνα και με την εσωτερική κατάστασή τους.

10.2.1.3 Ταξινόμηση (calibration)

Η ταξινόμηση μπορεί να γίνει με μηχανικό ή χειρωνακτικό τρόπο, ανάλογα με το μέγεθος της επιχείρησης, καθώς και το είδος και τον τελικό προσδιορισμό του προϊόντος. Για μεγάλα προϊόντα (π.χ. πεπόνια, καρπούζια κ.α), η ταξινόμηση πραγματοποιείται σχετικά εύκολα με τα χέρια, ενώ για μικρότερου μεγέθους προϊόντα (π.χ. τομάτες, μήλα κ.ά.) η ταξινόμηση με μηχανικό τρόπο είναι περισσότερο παραγωγική και ακριβής. Τα κριτήρια στα οποία βασίζεται η ταξινόμηση, μέχρι σήμερα, είναι είτε το βάρος ή ο όγκος, καθώς και το χρώμα.

Η ταξινόμηση με βάση το βάρος είναι κατάλληλη για προϊόντα με ακανόνιστο και μη ομοιόμορφο σχήμα (π.χ. γλυκοπατάτες), αλλά και σε προϊόντα που κατά την ωρίμανσή τους αλλάζει το ειδικό τους βάρος (π.χ. μήλα). Το προϊόν κινείται ευθυγραμμισμένα και κάθε μονάδα (π.χ. ριζοκόνδυλος, καρπός) περνάει από ειδικές υποδοχές ζυγίσματος και ανάλογα με το βάρος του πέφτει σε ορισμένη ζώνη, από την οποία μεταφέρεται στο αντίστοιχο κιβώτιο συσκευασίας. Λόγω της μεγάλης ακρίβειας στη διαλογή του μεγέθους, τα μηχανήματα που λειτουργούν με βάση το βάρος του προϊόντος χρησιμοποιούνται ευρέως για τη συσκευασία προϊόντων θερμοκηπίου.

Στην κατ' όγκο ταξινόμηση (με βάση τη διάμετρο), οι μονάδες (π.χ. καρποί) προωθούνται ο ένας πίσω από τον άλλο σε διαδρόμους γραμμικούς ή κυκλικούς, σχηματιζόμενους από κάθετες λωρίδες οι οποίες κατά διαστήματα φέρουν πλευρικά ανοίγματα, επιτρέποντας να περνούν οι καρποί αντιστοιχών μεγεθών. Το μέγεθος των ανοιγμάτων αυξάνεται προοδευτικά σε διάφορα σημεία κατά τη διαδρομή, ώστε η ταξινόμηση κατ' όγκο να αρχίζει με τους μικρότερους και να τελειώνει με τους μεγαλύτερους καρπούς. Το σύστημα αυτό εφαρμόζεται ειδικά για προϊόντα που έχουν ομοιόμορφο σχήμα, όπως τομάτες και σε εκείνα όπου το ειδικό τους βάρος δεν αλλάζει πολύ (π.χ. εσπεριδοειδή).

Με βάση το επιφανειακό χρώμα οι καρποί ταξινομούνται στις εκάστοτε επιθυμητές κατηγορίες με τη βοήθεια διαφορικού χρωματόμετρου βιομηχανικού τύπου (Minolta). Στο θάλαμο μέτρησης χρώματος, συνήθως, ο καρπός περιστρεφόμενος φωτογραφίζεται σε όλη σχεδόν την επιφάνειά του για να ταξινομηθεί. Στις περιπτώσεις που η ταξινόμηση βασίζεται σε συνδυασμούς όγκου με χρώμα, ο όγκος μπορεί να υπολογισθεί από τις φωτογραφίες συγχρόνως με το χρώμα (εσπεριδοειδή).

10.2.1.4 Συσκευασία

Για προϊόντα που οδηγούνται σε συντήρηση μεγάλης διάρκειας (π.χ. καρποί δενδροκομικών ειδών), γίνεται τοποθέτηση μαζικά σε μεγάλα, συνήθως πλαστικά κιβώτια χωρίς να προηγηθεί υποχρεωτικά το πέρασμά τους από τη γραμμή συσκευασίας. Μετά τη μακρά συντήρησή τους τοποθετούνται στις τελικές συσκευασίες. Κατά συνέπεια, η τελική συσκευασία των καρπών που βλέπει ο καταναλωτής γίνεται πριν τη βραχεία συντήρηση ή μετά από μακρά συντήρηση, και είναι το τελευταίο στάδιο της γραμμής συσκευαστηρίου μετά τη ταξινόμηση. Υπάρχουν περίπου 500 διαφορετικοί τύποι συσκευασιών, ανάλογα με το υλικό, τη χωρητικότητα και το σχήμα της συσκευασίας. Η επιλογή της συσκευασίας εξαρτάται βασικά από το είδος του προϊόντος, το χρόνο και τον τρόπο συντήρησης του (Τσαντίλη, 2004). Παρακάτω δίνονται ορισμένα παραδείγματα:

Για συντήρηση μεγάλων καρπών η συσκευασία μπορεί να αποτελείται από δίσκους με ατομικές θέσεις. Οι δίσκοι, μεμονωμένοι ή ο ένας πάνω στον άλλο, τοποθετούνται μέσα σε κιβώτια χάρτινα, μεταλλικά, ξύλινα ή πλαστικά. Για συντήρηση σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα (modified atmosphere) οι καρποί, είτε σε ομάδες ή μεμονωμένα, περιτυλίγονται με ειδικές πλαστικές μεμβράνες (παράγραφος 10.2.4). Εκτός από τις μεμβράνες που χρησιμοποιούνται στην τροποποιημένη ατμόσφαιρα πολλές φορές χρησιμοποιούνται και κλειστές διάτρητες συσκευασίες μαλακού ή σκληρού πλαστικού με σκοπό τον περιορισμό των απωλειών υγρασίας των προϊόντων (Εικόνα 10.1). Οι μικροί καρποί τοποθετούνται μαζί σε μονές ή μικρού πάχους στρώσεις μέσα σε κατάλληλα κιβώτια ή σε πλαστικές ή χάρτινες μικρές συσκευασίες (Εικόνα 10.2). Επίσης ορισμένοι καρποί (π.χ. εσπεριδοειδή) συσκευάζονται σε δίχτυ (Εικόνα 10.3).



Εικόνα 10.1 Μήλα σε μαλακή διάτρητη συσκευασία.



Εικόνα 10.2 Φράουλες σε ανοιχτή χάρτινη συσκευασία.



Εικόνα 10.3 Πορτοκάλια σε δίχτυ.

Σκοποί της συσκευασίας είναι κύρια, η μείωση των ζημιών από τραυματισμούς και η μείωση της απώλειας υγρασίας κατά την μεταφορά και συντήρηση των προϊόντων. Στην εκλογή των υλικών και του τρόπου συσκευασίας πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και η εξασφάλιση της γρήγορης ψύξης, κατά το δυνατό. Η συσκευασία πρέπει να είναι ελκυστική στον καταναλωτή και να αναγράφονται σε αυτή όλες οι απαραίτητες πληροφορίες σύμφωνα με τους κανονισμούς της Ε.Ε.

Η πλήρωση κιβωτίων μπορεί να γίνει με το χέρι, αυτόματα ή ημιαυτόματα, ακολουθεί ζύγιση του κιβωτίου και τοποθέτηση των κιβωτίων σε παλέτες αυτόματα ή ημιαυτόματα. Οι παλέτες τοποθετούνται σε θαλάμους με τη βοήθεια ανυψωτικού μηχανήματος (clark). Κατά την τοποθέτηση των παλετών στους θαλάμους πρέπει να αφήνονται διάδρομοι μεταξύ τους, αλλά και επαρκή κενά από τα πλευρικά τοιχώματα και την οροφή για την καλή κυκλοφορία του αέρα κλπ.

10.2.2 Πρόψυξη και ψύξη

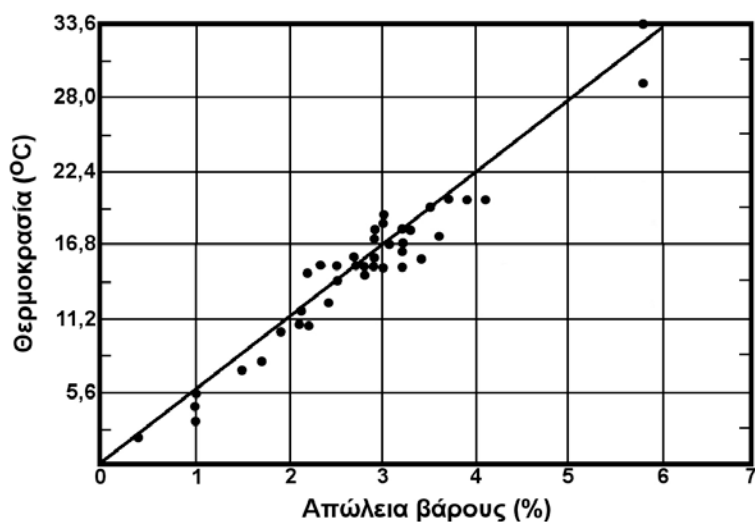
Η πρόψυξη ή/και η ψύξη μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους, όπως είναι η απλή ψύξη, η υδρόψυξη, η ψύξη σε συνθήκες χαμηλής ατμοσφαιρικής πίεσης, η ψύξη με βεβιασμένη κυκλοφορία.

Η **απλή ψύξη** (room cooling) συνήθως χρησιμοποιείται όταν οι καρποί παραμένουν στο θάλαμο για συντήρηση διαρκείας και όχι σαν μέθοδος πρόψυξης γιατί είναι βραδύς ο ρυθμός μείωσης της θερμοκρασίας του προϊόντος. Στην απλή ψύξη ο ψυχρός αέρας ξεκινάει από υψηλά σημεία κοντά στην οροφή και η κυκλοφορία του αέρα είναι βασικά οριζόντια, παράλληλη προς την οροφή και το δάπεδο και γύρω από τις συσκευασίες των καρπών. Στους απλούς θαλάμους, η καλή και ομοιόμορφη κατανομή του ψυχρού και υγρού αέρα σε όλο το χώρο θεωρείται απαραίτητη. Επειδή σε υψηλά επίπεδα σχετικής υγρασίας τα διαθέσιμα όργανα μέτρησης και ρύθμισης της δεν είναι μεγάλης ακρίβειας, θα πρέπει τα αντίστοιχα όργανα της θερμοκρασίας να είναι μεγάλης ακρίβειας, ώστε να αποφεύγονται κατά το δυνατό αυξομειώσεις στη θερμοκρασία που υποβαθμίζουν την ποιότητα. Στους θαλάμους ψύξης θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η ποσότητα του προϊόντος αλλά και το είδος του ώστε να υπολογίζονται οι ανάγκες ενέργειας και οι ρυθμίσεις του θαλάμου ώστε να διατηρείται σταθερή η επιθυμητή θερμοκρασία. Αν κατά την είσοδο των προϊόντων στο θάλαμο η θερμοκρασία τους είναι υψηλότερη από τη θερμοκρασία του θαλάμου απαιτείται μεγαλύτερη ενέργεια ώστε να εξισορροπηθεί η θερμοκρασία θαλάμου προϊόντος. Επίσης κατά την παραμονή των προϊόντων στο θάλαμο εκλύεται από αυτά θερμότητα λόγω της αναπνοής τους με αποτέλεσμα να υπάρχει η τάση πτώσης της θερμοκρασίας του θαλάμου. Πολλαπλασιάζοντας το ρυθμό αναπνοής του προϊόντος ($\text{mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$) επί 440 υπολογίζεται η θερμότητα αναπνοής που εκλύεται σε $\text{Btu t}^{-1} \text{ d}^{-1}$.

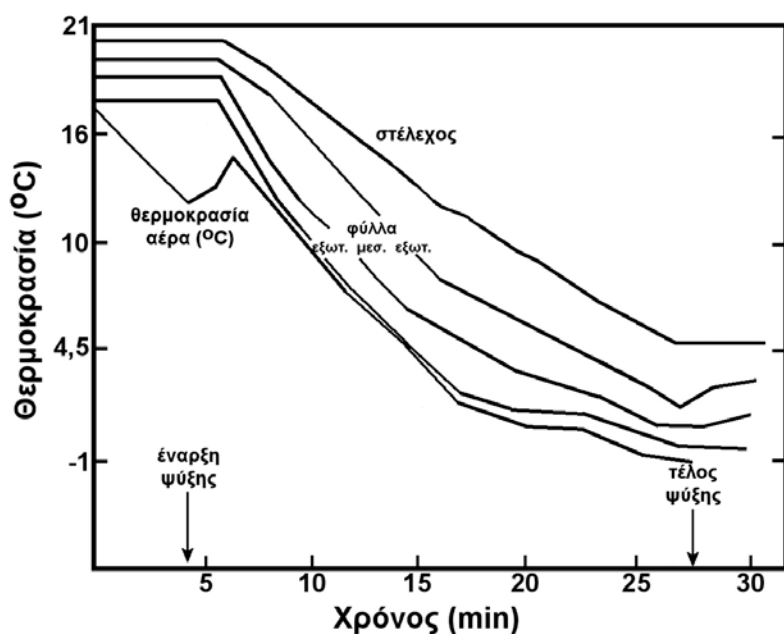
Η **υδρόψυξη** (hydrocooling) χρησιμοποιείται σαν μέθοδος πρόψυξης εφαρμόζεται είτε με ψεκασμό του προϊόντος είτε με βύθισή του σε κρύο νερό ή σε παγωμένο νερό (συνήθως θρυμματισμένος πάγος). Η υδρόψυξη είναι αποτελεσματική μέθοδος σε πολλά κηπευτικά είδη (π.χ. τομάτα, αγγούρι, πιπεριά) όπου η θερμοκρασία του προϊόντος πέφτει πολύ γρήγορα στο επιθυμητό επίπεδο. Ταυτόχρονα απομακρύνονται τυχόν ακαθαρσίες από την επιφάνεια του προϊόντος. Για μεγάλου μεγέθους καρπούς (π.χ. πεπόνι και καρπούζι), όμως, η τεχνική αυτή είναι λιγότερο αποτελεσματική, γιατί απαιτείται ένα σχετικά μεγάλο χρονικό διάστημα για την ψύξη των ιστών στο κέντρο του καρπού.

Σε είδη των οπωροκηπευτικών που ανέχονται τις χαμηλές θερμοκρασίες, η πρόψυξη και η διατήρηση της χαμηλής θερμοκρασίας (ψύξη) κατά την αποθήκευση γίνεται με την τοποθέτηση θρυμματισμένου πάγου μέσα στις συσκευασίες (package icing). Η μέθοδος αυτή δεν χρησιμοποιείται ευρέως και έχει εφαρμογή σε συγκεκριμένες περιπτώσεις, για παράδειγμα συνηθίζεται παραδοσιακά στο μπρόκολο.

Για φυλλώδη είδη όπως το μαρούλι, η μείωση της θερμοκρασίας πραγματοποιείται συχνά με **ψύξη σε συνθήκες χαμηλής ατμοσφαιρικής πίεσης** (vacuum cooling). Τα προϊόντα μεταφέρονται από τον αγρό σε θαλάμους μέσα σε ειδικούς σάκους ερμητικά κλεισμένους. Με τη λειτουργία των αντλιών εκκένωσης του χώρου προκαλείται υποπίεση στο θάλαμο και η χαμηλή ατμοσφαιρική πίεση μέσα στο θάλαμο ταπεινώνει το σημείο βρασμού του νερού (π.χ. σε κανονική ατμοσφαιρική πίεση στο ύψος της θάλασσας - 760 mm Hg - το νερό βράζει στους 100 °C, ενώ σε ατμοσφαιρική πίεση 4,6 mm Hg βράζει στους 0 °C). Η εξάτμιση του νερού λόγω βρασμού απαιτεί ενέργεια (περίπου 600 cal g^{-1} νερού), η οποία αφαιρείται από τα φύλλα του προϊόντος. Σύμφωνα με τον Barger (1961), η μείωση κατά 1% της υγρασίας των φύλλων του μαρουλιού σε συνθήκες χαμηλής ατμοσφαιρικής πίεσης, προκαλεί μείωση της θερμοκρασίας των φυτικών ιστών κατά 5,6 °C (Σχήμα 10.2). Επομένως, με αυτή τη μέθοδο η μείωση της θερμοκρασίας του προϊόντος πραγματοποιείται χρησιμοποιώντας την εξάτμιση του νερού από την επιφάνειά του. Η ταχύτητα της ψύξης εξαρτάται από την ταχύτητα της αφαίρεσης του αέρα από το θάλαμο και από τη σχέση επιφάνειας : όγκου των φύλλων (μεγαλύτερη επιφάνεια για δεδομένο όγκο προϊόντος οδηγεί σε ταχύτερη ψύξη). Στο μαρούλι, η θερμοκρασία των φύλλων πέφτει πιο γρήγορα από αυτή του στελέχους, αλλά μετά από περίπου 30 min η θερμοκρασία ολόκληρης της κεφαλής του μαρουλιού σταθεροποιείται (Σχήμα 10.3).



Σχήμα 10.2 Η σχέση μεταξύ της θερμοκρασίας και της απώλειας του βάρους κατά την ψύξη του μαρουλιού σε συνθήκες χαμηλής ατμοσφαιρικής πίεσης (Από: Barger, 1961).



Σχήμα 10.3 Η μείωση της θερμοκρασίας των φύλλων και του στελέχους του μαρουλιού κατά την ψύξη σε συνθήκες χαμηλής ατμοσφαιρικής πίεσης (Από: Barger, 1962).

Η ψύξη σε συνθήκες χαμηλής ατμοσφαιρικής πίεσης είναι κατάλληλη τεχνική για την πρόψυξη και άλλων φυλλωδών λαχανικών, καθώς και για κουνουπίδια, σπαράγγια, μπρόκολα, αγκινάρες κ.ά., τα οποία έχουν μεγάλη επιφάνεια σχετικά με τον όγκο τους. Δεν είναι όμως κατάλληλη για τομάτες, μελιτζάνες, μήλα κ.ά. καθώς και για άλλα προϊόντα τα οποία δεν πρέπει να είναι κλεισμένα μέσα σε πολυαιθυλένιο.

Η διοχέτευση **ρεύματος βεβιασμένης κυκλοφορίας κρύου αέρα** (forced air cooling) στα προϊόντα χρησιμοποιείται ως μέθοδος πρόψυξης ή και ψύξης κατά τη συντήρηση (Kader, 2002). Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται στους καρπούς, αλλά δεν είναι εξίσου αποτελεσματική στα κηπευτικά, ιδιαίτερα στα φυλλώδη, γιατί απαιτεί περισσότερο χρόνο για την μείωση της θερμοκρασίας των φυτικών ιστών σε σχέση με την υδρόψυξη ή την ψύξη σε συνθήκες χαμηλής ατμοσφαιρικής πίεσης,

ενώ ενέχει τον κίνδυνο παγώματος των λαχανικών αυτών που το σημείο παγώματος είναι ελάχιστα χαμηλότερο από την άριστη θερμοκρασία συντήρησής τους (0° C).

Σε όλες τις μεθόδους ψύξης, ο χρόνος που απαιτείται για τη μείωση κατά 50% της αρχικής θερμοκρασίας του προϊόντος ('half-cooling time' ή $t_{1/2}$) εξαρτάται από το μέσο ψύξης (νερό ή αέρας) και τη συσκευασία του νωπού προϊόντος, όπως φαίνεται στον Πίνακα 10.2. Στον Πίνακα 10.3. παρουσιάζονται οι συνηθέστερες εμπορικά μέθοδοι πρόψυξης για διάφορα είδη καρπών δένδροκομικών ειδών.

Είδος	Μέσο ψύξης	Συνθήκες κατά την ψύξη	$t_{1/2}$
Αγκινάρα	νερό νερό	μια κεφαλή σε ακάλυπτο τελάρo	8 min 12 min
Καρότο	νερό νερό	μια ρίζα σάκος 23 kg	3,2 min 4,4 min
Κουνουπίδι	νερό αέρας	ένα κεφάλι τυλιγμένα σε τελάρo	7,2 min 90 min
Λάχανο	νερό νερό	ένα κεφάλι σε τελάρo	1,1 h 1,3 h
Λάχανο Βρυξελλών	νερό νερό	ένα κεφαλάκι σε τελάρo	4,4 min 4,8 min
Πατάτα	νερό αέρας	ένas κόνδυλος σάκος 45 kg	11 min 1 d
Πεπόνι	νερό αέρας	ένas καρπός σε τελάρo	13 min 1,3 h
Μπρόκολο	νερό νερό	ένα κεφάλι σε τελάρo	2,1 min 2,2-3,1 min
Ραπάνι	νερό	μια δεσμίδα	1,1 min
Σέλινο	νερό νερό	ένas βλαστός σε τελάρo	5,8 min 9,1 min
Σπαράγγι	νερό νερό	ένas βλαστός σε κλειστό τελάρo	1,1 min 2,2 min
Τομάτα	νερό αέρας	ένas καρπός σε τελάρo	10 min 47 min

Πίνακας 10.2 Ο χρόνος που απαιτείται για τη μείωση κατά 50% της θερμοκρασίας ('half-cooling time' ή $t_{1/2}$) του ιστού διαφόρων κηπευτικών (Από: Ryall and Lipton, 1979).

Είδος καρπού	Μέθοδος πρόψυξης
Μήλα	βεβιασμένη κυκλοφορία, υδρόψυξη
Βερίκοκα	υδρόψυξη
Μικροί καρποί	βεβιασμένη κυκλοφορία
Κεράσια	υδρόψυξη, βεβιασμένη κυκλοφορία
Σταφύλια	βεβιασμένη κυκλοφορία
Νεκταρίνια	βεβιασμένη κυκλοφορία, υδρόψυξη
Ροδάκινα	βεβιασμένη κυκλοφορία, υδρόψυξη
Αχλάδια	βεβιασμένη κυκλοφορία, υδρόψυξη
Δαμάσκηνα	βεβιασμένη κυκλοφορία, υδρόψυξη

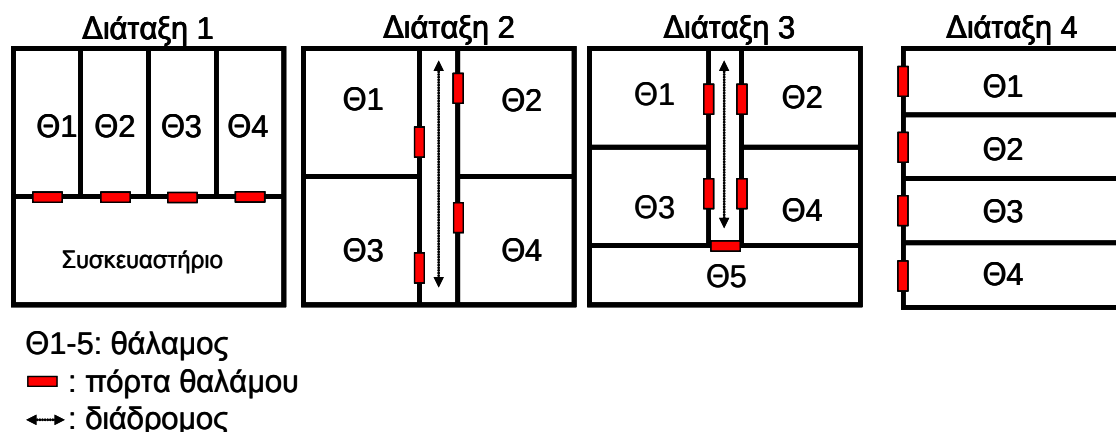
Πίνακας 10.3 Συνήθεις μέθοδοι πρόψυξης που χρησιμοποιούνται στα διάφορα είδη καρπών δένδροκομικών ειδών.

10.2.3 Θάλαμοι ελεγχόμενης ατμόσφαιρας (CA)

Η ελεγχόμενη μείωση του O_2 και η αύξηση του CO_2 στην ατμόσφαιρα συντήρησης καλείται ελεγχόμενη ατμόσφαιρα (controlled atmosphere). Ο θάλαμος συντήρησης πρέπει να είναι μονωμένος στα αέρια, και κατά συνέπεια ειδικής κατασκευής υψηλού κόστους (π.χ. πόρτες μεγάλου

πάχους με παράθυρο που μονώνουν το θάλαμο στα αέρια όταν κλείνουν, λαστιχένιες παρεμβάσεις στις ενώσεις μεταξύ δαπέδου και πλευρών κλπ). Οι CA έχουν μεγάλο κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας και πρέπει να χρησιμοποιούνται όταν η διάθεση του συντηρημένου προϊόντος συμφέρει οικονομικά. Συνήθως οι CA χρησιμοποιούνται για τη συντήρηση καρπών.

Η διάταξη των θαλάμων μπορεί να γίνει σύμφωνα με το Σχήμα 10.4. Οι διάδρομοι πρέπει να έχουν μεγάλο πλάτος για να διευκολύνονται διάφορες εργασίες (φόρτωση κλπ), αλλά και για να εξασφαλιστεί η καλή λειτουργία των θαλάμων (λειτουργία των breathers κλπ).



Σχήμα 10.4 Τέσσερις τυπικές διατάξεις θαλάμων ελεγχόμενων ατμοσφαιρών (Τροποποίηση από Kader, 2002).

Τα επίπεδα O_2 και CO_2 ρυθμίζονται ανάλογα με το είδος και την ποικιλία του προϊόντος. Στις περισσότερες περιπτώσεις το CO_2 ανέρχεται μέχρι 5 %. Σε περιπτώσεις μικρών καρπών (berries, κεράσια) το CO_2 μπορεί να είναι σε μεγαλύτερη συγκέντρωση (10-20%). Ιδιαιτερότητες κάποιων ειδών αναφέρονται στα κεφάλαια 5-6. Το O_2 μπορεί να μειωθεί στο 2% περίπου. Το υπόλοιπο της ατμόσφαιρας είναι N_2 . Ο χρόνος της επιτυχούς συντήρησης σε αυτές εξαρτάται από την ποιότητα των προϊόντων μετά την έξοδό τους από αυτές. Η πλέον ευαίσθητη διεργασία ωρίμανσης είναι η ανάπτυξη του αρώματος, που μπορεί όμως να ανακτηθεί η ικανότητα σύνθεσης του αρώματος ακόμα και μετά από παρατεταμένη συντήρηση, όπως σε μήλα (Tsantili and Knee, 1991).

Το ξεκίνημα (εγκατάσταση) της λειτουργίας των φορτωμένων θαλάμων με καρπούς μπορεί να γίνει με ένα από τους παρακάτω τρόπους (Τσαντίλη, 2004):

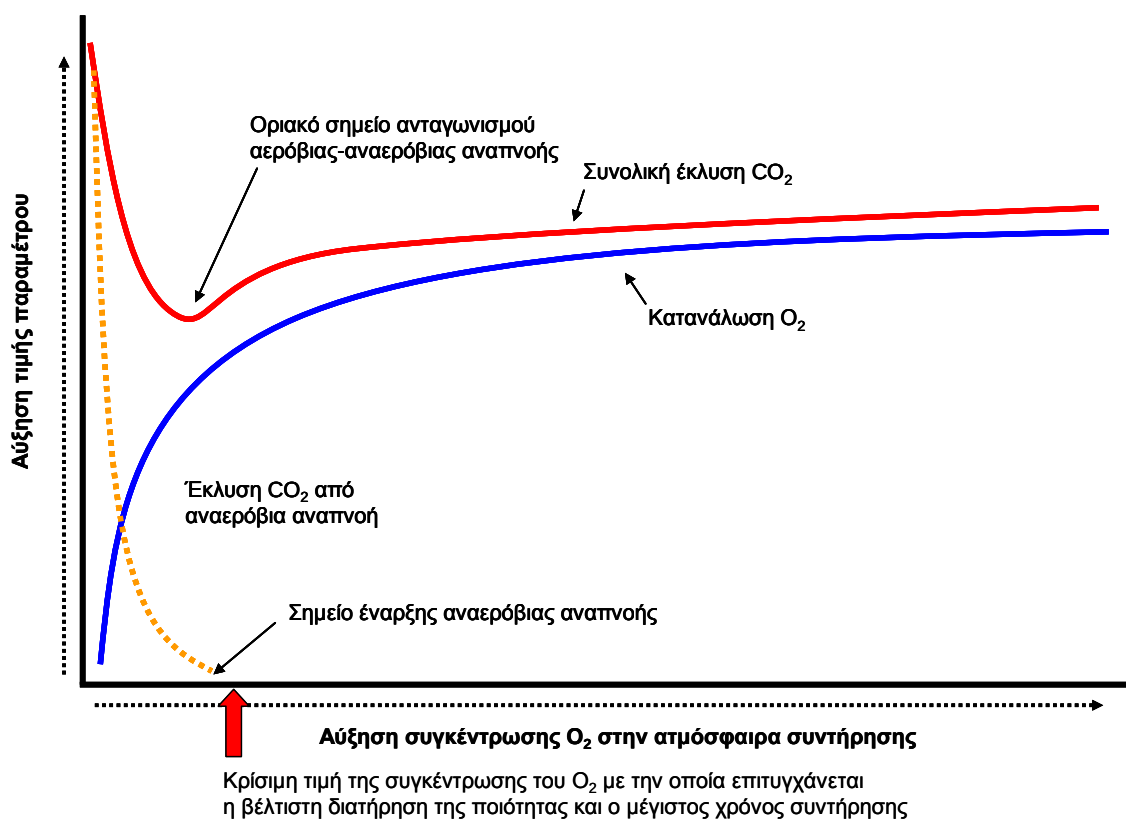
- Αυτο-δημιουργούμενη ατμόσφαιρα (self/product-generated atmosphere)
- Εξωτερικά ρυθμιζόμενη (external generated)
- Ημι-αυτο-δημιουργούμενη ατμόσφαιρα (semi-self generated)

Στις περισσότερες περιπτώσεις προτιμάται ο τελευταίος τρόπος, επειδή συμβιβάζει τη σχετικά γρήγορη εγκατάσταση της ατμόσφαιρας και την αποφυγή απότομης προσαρμογής (shock) των καρπών στη νέα ατμόσφαιρα συντήρησης.

Επειδή οι καρποί αναπνέουν κατά την συντήρηση, χρειάζονται διορθώσεις στο θάλαμο συντήρησης, ώστε τα αέρια να διατηρούνται στα επιθυμητά επίπεδα. Οι CA παρέχουν τη δυνατότητα αυτόματης μέτρησης και αυτόματης διόρθωσης των συγκεντρώσεων των διαφόρων αερίων στις επιθυμητές διαφορετικές μεταξύ τους συγκεντρώσεις καθ' όλη τη διάρκεια συντήρησης. Οι διορθώσεις των αερίων (O_2 και CO_2) επιτυγχάνονται με κλειστή κυκλοφορία με τον μονωμένο θάλαμο. Οι εγκαταστάσεις των αερίων βρίσκονται σε ιδιαίτερο χώρο και σύμφωνα με σχετικές προδιαγραφές ασφαλείας. Πρόσθεση O_2 γίνεται από φιάλες O_2 , ή με αέρα, ενώ απομάκρυνση O_2 μπορεί να γίνει με αμμωνία, με προσθήκη N_2 κλπ. Η πρόσθεση N_2 στους θαλάμους γίνεται από φιάλες υδροποιημένου N_2 , γεννήτριας N_2 (με καύση αμμωνίας), με διαχωρισμό του εν λόγω αερίου από το O_2 του αέρα με τη χρήση ημιπερατών μεμβρανών κλπ. Το CO_2 προστίθεται συνήθως από φιάλες αερίου. Απομάκρυνση του πλεονάζοντος CO_2 γίνεται με $Ca(OH)_2$, $NaOH$, με προσρόφηση σε ενεργοποιημένο άνθρακα, σε μοριακά φίλτρα (molecular sieve), με καταιονισμό με νερό εξαιτίας

της υδατοδιαλυτότητάς του κλπ. Ένας άλλος τρόπος διαχωρισμού μίγματος O_2 , CO_2 και N_2 γίνεται με 'πύργο' χρωματογραφίας (Permeation chromatography σε molecular sieve). Τα αέρια μετά το διαχωρισμό τους αποθηκεύονται χωριστά και προσθέτονται στο θάλαμο μόνο όταν χρειασθεί. Ο τρόπος αυτός, σε αντίθεση με τους άλλους, έχει ακριβή εγκατάσταση, αλλά οικονομική λειτουργία (Τσαντίλη, 2004).

Με βάση τη γενική ιδέα της CA και το γεγονός ότι η ανταπόκριση του προϊόντος στα διάφορα επίπεδα συγκέντρωσης O_2 μπορεί να διαφέρει ακόμα και μεταξύ παρτίδων τις ίδιες ποικιλίας, έχουν αναπτυχθεί τα συστήματα δυναμικών ελεγχόμενων ατμοσφαιρών (Dynamic Controlled Atmosphere, DCA). Οι DCA αποτελούνται από τις υποδομές των κλασσικών θαλάμων CA που είναι εφοδιασμένες με αισθητήρες μέτρησης του O_2 , της αιθανόλης και της καταπόνησης του προϊόντος. Η καταπόνηση του προϊόντος εκτιμάται με τη χρήση αισθητήρα φθορισμού χλωροφύλλης (Prange et al., 2003) και ένδειξη καταπόνησης είναι η καταγραφή μείωσης του σήματος του αισθητήρα, ενώ η μέτρηση της αιθανόλης είναι απαραίτητη για την ανίχνευση έναρξης αναερόβιας αναπνοής. Τα συστήματα αυτά επιτρέπουν τη ρύθμιση της ατμόσφαιρας σε οριακά χαμηλά επίπεδα O_2 (π.χ. μικρότερα του 2% O_2 που θεωρείται ένα κρίσιμο κατώτερο όριο) φτάνοντας στην οριακά κρίσιμη συγκέντρωση O_2 με την οποία μπορεί να επιτευχθεί η βέλτιστη διατήρηση της ποιότητας και ο μέγιστος χρόνος συντήρησης του προϊόντος. Παράλληλα, επειδή κατά τη συντήρηση οι αλλαγές που συμβαίνουν σε ένα προϊόν μεταβάλλουν την τιμή της κρίσιμης συγκέντρωσης O_2 με τις DCA επιτυγχάνεται σε κάθε χρονική στιγμή της συντήρησης η ρύθμιση της βέλτιστης συγκέντρωσης O_2 (Σχήμα 10.5).



Σχήμα 10.5 Κρίσιμη τιμή συγκέντρωσης O_2 στην ατμόσφαιρα συντήρησης στην οποία επιτυγχάνεται η βέλτιστη διατήρηση της ποιότητας και ο μέγιστος χρόνος συντήρησης.

10.2.4 Τροποποιημένη ατμόσφαιρα (MA)

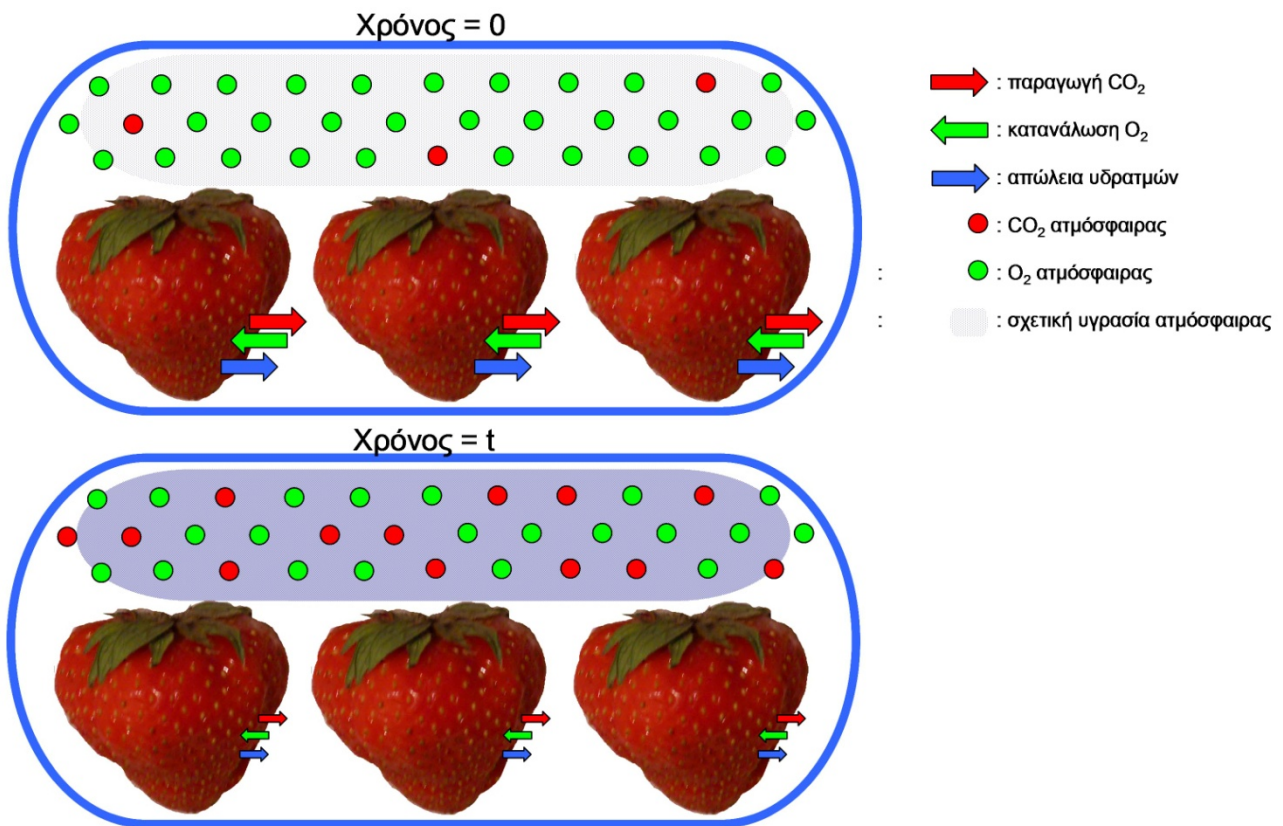
Η τροποποιημένη ατμόσφαιρα (modified atmosphere, MA) είναι η τεχνική-τεχνολογία που χρησιμοποιείται για τη ρύθμιση της ατμόσφαιρας (O_2 , CO_2 , σχετική υγρασία) γύρω από ένα προϊόν εκμεταλλευόμενη την αναπνοή και διαπνοή του. Οι MA έχουν ευρεία εφαρμογή αλλά δεν χρησιμοποιούνται για χρονικά μακριά συντήρηση γιατί έχουν περιορισμένη δυνατότητα ρύθμιση της

ατμόσφαιρας σε σχέση με τις CA. Συνήθως χρησιμοποιούνται στο τελευταίο στάδιο της συντήρησης κατά τη διάθεση του προϊόντος στα σημεία λιανικής πώλησης όπου η ρύθμιση των συνθηκών είναι περιορισμένη (self life).

Η δημιουργία MA επιτυγχάνεται με την περιτύλιξη των προϊόντων με ειδικές μεμβράνες (ομάδες προϊόντων ή μεμονωμένα προϊόντα σε πλήρη επαφή με τη μεμβράνη) που έχουν αυξημένες αντιστάσεις-περατότητες στα αέρια. Οι MA, λόγω της περιτύλιξης των μικρού αριθμού προϊόντων, έχουν και την έννοια της σκευασίας (Εικόνα 10.4) γι αυτό αναφέρονται και ως συσκευασίες τροποποιημένης ατμόσφαιρας (modified atmosphere packaging, MAP). Η βασική αρχή λειτουργίας της MA είναι η τροποποίηση της σύστασης της ατμόσφαιρας μεταξύ μεμβράνης και προϊόντος λόγω της κατανάλωσης O_2 και παραγωγής CO_2 μέσω της αναπνοής του προϊόντος. Επίσης αυξάνεται η σχετική υγρασία στην ατμόσφαιρα μεταξύ προϊόντος-μεμβράνης μέσω της διαπνοής (Σχήμα 10.6). Έτσι, το προϊόν αφενός περιορίζει την απώλεια βάρους του και αφετέρου δημιουργεί ατμόσφαιρα μειωμένου O_2 και αυξημένου CO_2 , εξασφαλίζοντας σε σύντομο χρονικό διάστημα συνθήκες που επιμηκύνουν την παραπέρα συντήρησή του.



Εικόνα 10.4 Μήλα σε συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας.



Σχήμα 10.6 Σύσταση ατμόσφαιρας και ανταλλαγές αερίων καρπού-περιβάλλοντος κατά την έναρξη (χρόνος = 0) και το πέρας (χρόνος = t) εγκατάστασης τροποποιημένης ατμόσφαιρας.

Η αποτελεσματικότητα μιας ΜΑ εξαρτάται τόσο από την σύσταση της τελικής ατμόσφαιρας όσο και από την ταχύτητα επίτευξης (χρόνος) της σύστασης αυτής. Τα χαρακτηριστικά αυτά εξαρτώνται από το είδος και την ποσότητα του προϊόντος, τις ιδιότητες της μεμβράνης (πάχος, δομή και σύσταση) και τις συνθήκες εγκατάστασης της μεμβράνης (σύσταση ατμόσφαιρας, θερμοκρασία).

Ο ρυθμός τροποποίησης της ατμόσφαιρας και η μείωση και αύξηση του O_2 και του CO_2 , αντίστοιχα, είναι ανάλογα με το ο ρυθμό αναπνοής, τη θερμοκρασία και τη σχέση ποσότητας προϊόντος με τον όγκο της ατμόσφαιρας μεταξύ προϊόντος και μεμβράνης. Θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ότι καθώς μεταβάλλεται η ατμόσφαιρα αλλάζει και ο ρυθμός αναπνοής του προϊόντος.

Όσον αφορά την αρχική σύσταση της ατμόσφαιρας, υπάρχουν δύο τρόποι εγκατάστασης της ΜΑ :

- Παθητική ή passive, κατά την οποία η συσκευασία κλείνεται σε αέρα (~ 78% N_2 , 21% O_2 , 0,03% CO_2).
- Ενεργητική ή active, όπου το κλείσιμο της συσκευασίας γίνεται σε αέριο μίγμα διαφορετικό του αέρα, ώστε να αποκτηθούν γρηγορότερα οι επιθυμητές συγκεντρώσεις O_2 και CO_2 .

Και στις δύο περιπτώσεις πρέπει να έχει δοκιμασθεί η συντήρηση του εν λόγω προϊόντος στις συνθήκες αυτές (ίδιο τύπο μεμβράνης, θερμοκρασία έκθεσης, ποσότητα προϊόντος, στάδιο ωριμότητας, ίδιος περίπου όγκος μεταξύ καρπών και μεμβράνης, ίδιο μίγμα αερίου κατά το κλείσιμο, παρόμοιο χρονικό διάστημα συντήρησης). Υπενθυμίζεται ότι η έκθεση της ΜΑ σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες της προβλεπόμενης μπορεί να δημιουργήσει υδρατμούς στην εσωτερική επιφάνεια της μεμβράνης, αλλά και να επιφέρει αναερόβωση γρηγορότερα από τον προβλεπόμενο χρόνο.

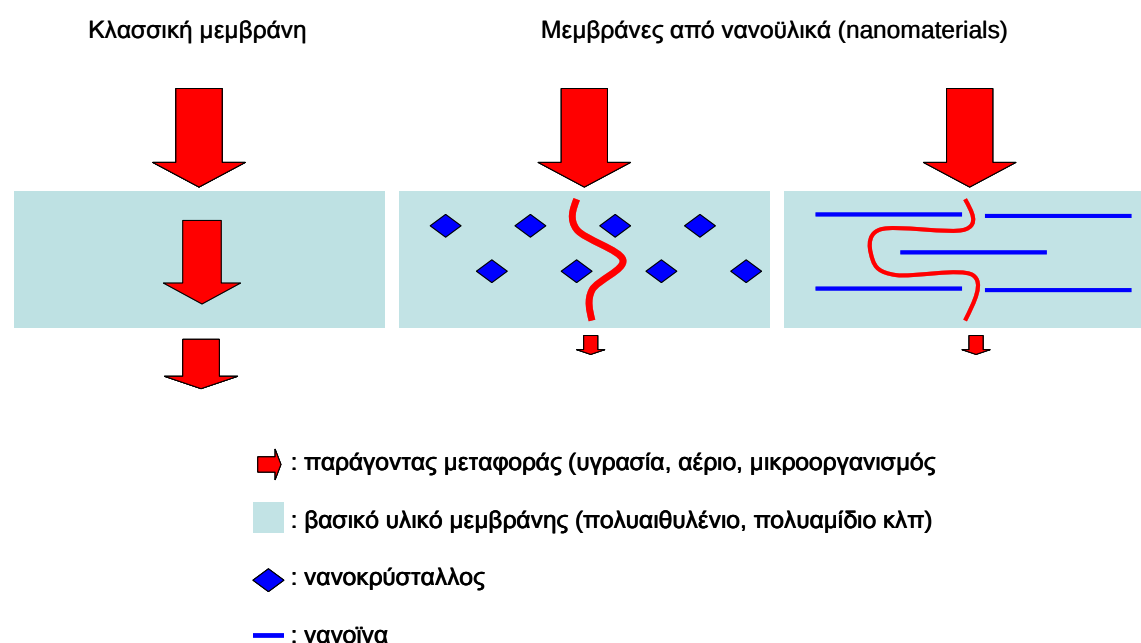
Παρέχεται στο εμπόριο ολοένα και μεγαλύτερη σειρά μεμβρανών που διαφέρουν μεταξύ τους στο πάχος, τη δομή και σύσταση. Κατά συνέπεια, διαφοροποιούνται και οι αντιστάσεις των μεμβρανών στα αέρια κλπ (υδρόφιλες ή μη, με διαφορετική περατότητα ή selectivity στα αέρια της αναπνοής) και όλα τα χαρακτηριστικά της μεμβράνης θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την

επιλογή της (Πίνακας 10.4). Θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ότι τα χαρακτηριστικά της μεμβράνης μεταβάλλονται σε σχέση με τη θερμοκρασία και τη σχετική υγρασία του περιβάλλοντος. Για παράδειγμα η περατότητα μια μεμβράνης στο O_2 στους $20^\circ C$ είναι μεγαλύτερη από την περατότητα της ίδιας μεμβράνης στους $0^\circ C$.

Χαρακτηριστικό μεμβράνης ¹	Σχόλιο
Υλικό	Υπάρχουν διάφορα υλικά [πολυαιθυλένιο (PPE), πολυαμίδιο (PA) κτλ) τα οποία επιλέγονται λόγω των διαφορετικών ιδιοτήτων τους και θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι νομοθετικοί περιορισμοί ώστε να χρησιμοποιούνται υλικά επιτρεπόμενα για επαφή με τρόφιμα.
Πάχος (μm) και πυκνότητα ($g\ cm^{-3}$)	Η περατότητα της μεμβράνης είναι αντιστρόφως ανάλογη από το πάχος της και την πυκνότητά της.
Αντοχή	Η αντοχή της μεμβράνης εκτιμάται από τις παραμέτρους: αντοχή στη θραύση (MPa), ελαστικότητα (%), αντοχή στο τρύπημα (N).
Περατότητα στην υγρασία ($g\ m^{-2}\ d^{-1}$)	Όσο μικρότερη είναι η τιμή της τόσο ταχύτερος είναι ο ρυθμός αύξησης της σχετικής υγρασίας στην ατμόσφαιρα μεταξύ μεμβράνης-προϊόντος και υψηλότερη η τελική τιμή της σχετικής υγρασίας
Περατότητα στα διάφορα αέρια O_2 , CO_2 κλπ ($ML\ m^{-2}\ d^{-1}$)	Όσο μικρότερη είναι η τιμή της τόσο ταχύτερος είναι ο ρυθμός μεταβολής (αύξηση ή μείωση) της συγκέντρωσης του αερίου στην ατμόσφαιρα μεταξύ μεμβράνης-προϊόντος και υψηλότερη (π.χ. CO_2) ή χαμηλότερη (π.χ. O_2) η τελική τιμή της συγκέντρωσης του αερίου.

Πίνακας 10.4 Βασικά χαρακτηριστικά που πρέπει να εξετάζονται κατά την επιλογή μεμβρανών για χρήση σε τροποποιημένες ατμόσφαιρες.

Σύγχρονη τάση στις ΜΑ αποτελεί η χρήση νανοτεχνολογίας (nanotechnology) στην κατασκευή των μεμβρανών. Χρησιμοποιούνται υλικά που μπορούν να δώσουν δομές πολύ μικρού μεγέθους ($< 100\ nm$) όπως νανοσωματίδια (nanoparticles), νανοίνες (nanofibres), νανοκρυστάλλους (nanocrystals) και άλλες νανοδομές. Τα υλικά που έχουν δοκιμαστεί επιτυχώς για τη δημιουργία νανοδομών είναι διάφορα οργανικά (άμυλο, χιτίνη, σελουλόζη κ.α.) και ανόργανα (TiO_2 , SiO_2 , MgO_2 κ.α.) (Duncan, 2011). Με τη χρήση της νανοτεχνολογίας κατασκευάζονται μεμβράνες που αποτελούνται από συνηθισμένα υλικά (π.χ. PET, PA) και ένα πλέγμα-μήτρα (matrix) νανοδομών (Σχήμα 10.7). Με τις μεμβράνες αυτές επιτυγχάνονται πολύ μικρότερες περατότητες σε αέρια, υγρασία και μικροοργανισμούς μεγιστοποιώντας τα οφέλη από τις ΜΑ.



Σχήμα 10.7 Σχηματική παρουσίαση περατότητας κλασσικής μεμβράνης και μεμβρανών νανοϋλικών.

10.2.5 Εδώδιμες μεμβράνες

Οι εδώδιμες μεμβράνες είναι λεπτές στρώσεις εξωτερικών επικαλύψεων που εφαρμόζονται στην επιφάνεια των νωπών προϊόντων με στόχο να ενισχυθεί η κηρώδης επιδερμίδα ή ως υποκατάστατο του φυσικού φράγματος στις περιπτώσεις που η επιδερμίδα έχει απομακρυνθεί. Η εφαρμογή των εδώδιμων μεμβρανών στα νωπά προϊόντα παρέχει μερική παρεμπόδιση των ανταλλαγών υγρασίας μεταξύ προϊόντος και περιβάλλοντος με αποτέλεσμα να μειώνεται η απώλεια υγρασίας και βάρους των προϊόντων κατά τη συντήρηση. Παράλληλα δημιουργεί φράγμα στις ανταλλαγές αερίων εγκαθιστώντας έτσι μια τροποποιημένη ατμόσφαιρα γύρω από το προϊόν η οποία μειώνει την αναπνοή, την γήρανση και την ενζυμική οξείδωση, ενώ παράλληλα διατηρεί το χρώμα και την συνεκτικότητα, βοηθά στη διατήρηση του αρώματος και προστατεύει από μηχανικούς τραυματισμούς. Παράλληλα, ανάλογα με το είδος της, η εδώδιμη μεμβράνη χρησιμεύει ως φορέας αντιοξειδωτικών, αντιμικροβιακών, χρωστικών και αρωματικών παραγόντων με αποτέλεσμα να διατηρείται ή/και να βελτιώνεται η ποιότητα και η ασφάλεια του προϊόντος.

Οι εδώδιμες μεμβράνες αποτελούνται από υδρόφοβες ομάδες όπως λιπιδικοί κηροί, υδροκολλοειδείς/υδρόφιλες ομάδες όπως πολυσακχαρίτες ή υλικά πρωτεϊνικής βάσης ή συνδυασμούς των παραπάνω με στόχο τη βελτίωση της λειτουργικότητας της μεμβράνης (Gol et al., 2013). Τα τελευταία χρόνια, γίνεται εντατική έρευνα που στοχεύει στη δημιουργία εδώδιμων μεμβρανών από φυσικά υλικά ή συνθετικές πηγές με σκοπό την αντιμετώπιση μετά-συλλεκτικών προβλημάτων των φρέσκων φρούτων και λαχανικών φυσιολογικής ή/και παθολογικής φύσης (Πίνακας 10.5).

Εδώδιμη μεμβράνη	Επιδιωκόμενος στόχος της μεμβράνης
Κόμμι γκουάρ (<i>Cyamopsis tetragonoloba</i>), Άμυλο πατάτας/αρακά ± σορβικό κάλιο	Αντιμικροβιακό
Κερί καντελίλλας (<i>Euphorbia antisiphilitica</i>)	Αντιμικροβιακό, αντιοξειδωτικό, ποιότητα
Κόμμι σόγιας, κερί χοχομπας (<i>Simmondsia chinensis</i>), γλυκερόλη και κόμμι ακακίας	Συνολική ποιότητα
Ρητίνη σέλλακ ± πηκτή aloe vera	Διατήρηση ποιότητας
Πρωτεΐνη σόγιας, καρβοξυ-μεθυλική κυτταρίνη	Αντιοξειδωτικό, φράγμα H ₂ O
Χιτοζάνη, zein (προϊόν αλεύρου γλουτένης αραβοσίτου)	Αντιοξειδωτικό, φράγμα H ₂ O
Κερί μέλισσας, έλαιο καρύδας και ηλιάνθου	Αντιμικροβιακό, αντιοξειδωτικό, ποιότητα
Προϊόν πηκτίνης, αλγινικό οξύ, καρβοξυ-μεθυλική κυτταρίνη	Αντιοξειδωτικό, φράγμα H ₂ O
Χιτοζάνη, μεθυλική κυτταρίνη	Αντιμικροβιακό, αντιοξειδωτικό, φράγμα O ₂ /CO ₂ /H ₂ O
Προϊόν πηκτίνης	Συνολική ποιότητα
Πηκτή aloe vera	Συνολική ποιότητα
Άγαρ, χιτοζάνη, οξικό οξύ (συνδυασμένο)	Αντιμικροβιακό, φράγμα O ₂ /CO ₂
Πρωτεΐνη ορού γάλακτος, έλαιο από πίτυρα ρυζιού	Συνολική ποιότητα, φράγμα H ₂ O
Χιτοζάνη	Συνολική ποιότητα
Σακχαρόζη-βάση πολυεστέρα	Αντιοξειδωτική ικανότητα, φράγμα H ₂ O

Πίνακας 10.5 Σύνοψη εδώδιμων μεμβρανών που έχουν χρησιμοποιηθεί σε φρέσκα, ολόκληρα ή ελάχιστα μεταποιημένα φρούτα και λαχανικά (Από: Mahajan et al., 2014).

Διάφορες εδώδιμες μεμβράνες έχουν δοκιμαστεί με βάση τη χιτοζάνη, την αλόη (aloe vera), μεταλλικά έλαια, κυτταρίνη και πρωτεΐνες. Η χρήση τους δίνει θετικά αποτελέσματα κυρίως μέσω της δημιουργίας φραγμάτων υγρασίας και αερίων (O₂, CO₂) και αντιμικροβιακής προστασίας χωρίς να έχουν αρνητικές επιδράσεις στο άρωμα και τη γεύση των προϊόντων (Dhall, 2012). Ωστόσο οι εδώδιμες μεμβράνες θα πρέπει να δοκιμαστούν περισσότερο ώστε να ενισχυθούν τα χαρακτηριστικά και οι ιδιότητές τους. Για να μεγιστοποιηθούν τα οφέλη από τη χρήση εδώδιμων μεμβρανών απαιτείται η κατανόηση των συνθηκών συντήρησης και της φυσιολογίας των προϊόντων συνδυαζόμενα με τη μελέτη των ιδιοτήτων του υλικού που χρησιμοποιείται σαν βάση για τη μεμβράνη. Παράλληλα χρειάζεται και μελέτη στον τρόπο εφαρμογής των μεμβρανών και πώς αυτή

η μέθοδος μπορεί να εισαχθεί στην αλυσίδα των μετά-συλλεκτικών μεταχειρίσεων των φρούτων και λαχανικών. Ο βασικός περιορισμός της χρήσης εδώδιμων μεμβρανών είναι το υψηλό κόστος για έρευνα και επένδυση σε εξοπλισμό που πρέπει να επιβαρυνθεί η βιομηχανία. Επίσης υπάρχουν και περιορισμοί της νομοθεσίας τροφίμων που για να ξεπεραστούν απαιτούν έρευνα σχετικά με την ασφάλεια του καταναλωτή.

Παρά τους όποιους περιορισμούς, πολλές εδώδιμες μεμβράνες χρησιμοποιούνται εμπορικά στην βιομηχανία παραγωγής φρούτων και λαχανικών με επιτυχία. Στα είδη που εφαρμόζεται η χρήση εδώδιμων μεμβρανών ανήκουν τα μήλα, αχλάδια, εσπεριδοειδή, καρότα, σέλινο κ.α.

10.2.6 Έλεγχος και χρήση αιθυλενίου στη μετασυλλεκτική τεχνολογία

10.2.6.1 Απομάκρυνση αιθυλενίου

Οι περισσότερες, εμπορικά εφαρμοζόμενες, στρατηγικές ελέγχου των επιπέδων του αιθυλενίου περιλαμβάνουν τη συντήρηση σε χαμηλή θερμοκρασία, την παρεμπόδιση δράσης ή/και βιοσύνθεσης του αιθυλενίου και τον περιορισμό της έκθεσης σε αιθυλένιο κατά την ωρίμαση, συγκομιδή, συντήρηση και μεταφορά των προϊόντων μέσω ελέγχου της θερμοκρασίας και της σύστασης του ατμοσφαιρικού αέρα (Watkins, 2002) (Πίνακας 10.6). Ειδικά τα τελευταία χρόνια όπου έχουν αναπτυχθεί ειδικές συσκευές ανίχνευσης και ακριβούς προσδιορισμού της συγκέντρωσης του αιθυλενίου είναι εφικτός ο έλεγχος των κρίσιμων συγκεντρώσεων αιθυλενίου για το κάθε φυτικό είδος για έγκαιρη αντιμετώπιση των προβλημάτων (Janssen et al., 2014).

Μέθοδος : Αποτέλεσμα	Στάδιο εφαρμογής	Μορφή εμπορικής εφαρμογής της μεθόδου
Χαμηλή θερμοκρασία: περιορισμός της βιοσύνθεσης και της δράσης	Συντήρηση, μεταφορά	Θάλαμοι ψύξης
Παρεμπόδιση δράσης	Νωρίς προ-συλλεκτικά, νωρίς κατά τη συντήρηση	1-MCP, NO
Παρεμπόδιση βιοσύνθεσης	Προ-συλλεκτικά, νωρίς κατά τη συντήρηση	Retain
Μείωση συγκέντρωσης στον ατμοσφαιρικό αέρα	Συντήρηση, μεταφορά	Ανανέωση ατμόσφαιρας συντήρησης, απορροφητές-δέσμευες αιθυλενίου

Πίνακας 10.6 Συνοπτική περιγραφή των μεθόδων που εφαρμόζονται για τη μείωση των αρνητικών επιδράσεων του αιθυλενίου στα διάφορα στάδια της μετά-συλλεκτικής ζωής των φρούτων και των λαχανικών.

Ο απλούστερος τρόπος απομάκρυνσης του αιθυλενίου είναι ο αερισμός τον θαλάμου. Ο τρόπος όμως αυτός δεν μπορεί να εφαρμοσθεί σε ελεγχόμενη ατμόσφαιρα. Στη περίπτωση αυτή υπάρχουν αρκετοί τρόποι απομάκρυνσής του, όπως η οξειδωσή του με όζον, με τις λάμπες υπεριώδους ακτινοβολίας (εφαρμόστηκε στην Αυστραλία), η χημική του προσρόφηση σε υπερμαγγανικό κάλιο (KMnO_4) εμποτισμένο σε κόκκους αδρανούς υλικού, η απορρόφηση σε στήλη ενεργού άνθρακα και τέλος, η μείωση του με καταλυτική οξειδωση (Τσαντίλη, 2004).

Η χημική προσρόφηση σε υπερμαγγανικό κάλιο είναι ο περισσότερο χρησιμοποιούμενος τρόπος, λόγω χαμηλού κόστους. Το αδρανές υλικό με το υπερμαγγανικό κάλιο μπορεί να τοποθετηθεί σε ειδικές 'κουβέρτες' μέσα στο θάλαμο συντήρησης ή σε διαφανή στήλη έξω από το θάλαμο, όπου θα περνάει η ατμόσφαιρα του θαλάμου για καθαρισμό από το αιθυλένιο. Η αλλαγή χρώματος από κόκκινο-μπορντό σε καφετί δείχνει το κορεσμό του υπερμαγγανικού καλίου με αιθυλένιο και την ανάγκη να αντικατασταθεί το γέμισμα με καινούργιο υλικό.

Οι μέθοδοι μείωσης αιθυλενίου με ενεργό άνθρακα και καταλυτική οξειδωση είναι δαπανηροί. Η καταλυτική οξειδωση εφαρμόζεται περιορισμένα μέχρι σήμερα. Συγκεκριμένα, ο τρόπος αυτός είναι φθηνός στη κατασκευή και εγκατάσταση (μπορεί και να αυτο-κατασκευασθεί από μηχανολόγο), αλλά δαπανηρός στη λειτουργία. Η ατμόσφαιρα του θαλάμου 'καθαρίζεται' διαρκώς, διερχόμενη με σταθερή ροή μέσω του καταλύτη με τη βοήθεια κλειστού κυκλώματος. Οι

καταλύτες έχουν πολύ καλές αποδόσεις (99%), αλλά λειτουργούν σταθερά σε θερμοκρασίες υψηλές (συνήθως 180-220 °C). Επιπλέον, το μέρος της ατμόσφαιρας που βγαίνει από τον καταλύτη με μικρότερη συγκέντρωση αιθυλενίου έχει πολύ υψηλή θερμοκρασία και πρέπει να ψυχθεί πριν επιστρέψει στο θάλαμο.

Τα τελευταία χρόνια μελετάται, σε ερευνητικό επίπεδο, η χρήση φίλτρου με βακτήρια που δεσμεύουν το αιθυλένιο. Το υπερμαγγανικό κάλιο που είναι το πιο διαδεδομένο υλικό απορρόφησης του αιθυλενίου τείνει να αντικατασταθεί, λόγω προβλημάτων ασφαλείας, από άλλα υλικά όπως το παλλάδιο, ενός νέου υλικού ζεόλιθου (Martínez-Romero et al., 2009).

10.2.6.2 Έλεγχος δράσης αιθυλενίου

Μεταξύ των κυκλοπροπενίων, το αέριο 1-μέθυλο-κυκλοπροπένιο (1-MCP), έχει αποδειχθεί εξαιρετικά αποτελεσματικό, επειδή η ένωσή του με τους υποδοχείς του αιθυλενίου είναι οριστική. Κατά τη χρήση του όμως παρουσίασε το πρόβλημα του ότι είναι ασταθές στην υγρή φάση. Ωστόσο, το 1-MCP μπορεί να συνδυαστεί με α-κυκλοδεξτρίνη για να διατηρηθεί η σταθερότητα του με αποτέλεσμα να είναι εφικτή η διατήρησή του και η εμπορική του εφαρμογή.

Το 1-MCP κυκλοφορεί σε σκόνη ή ετοιμόχρηστα δισκία και η εφαρμογή του γίνεται σε αεροστεγείς θαλάμους κατόπιν διάλυσης σε νερό ώστε να απελευθερωθεί το αέριο και να έρθει σε επαφή με τα φυτικά προϊόντα που θα πρέπει να βρίσκονται σε θάλαμο ή χώρο μονωμένο στα αέρια για όσο διαρκεί η χρήση του.

Οι συνήθεις συγκεντρώσεις εφαρμογής του 1-MCP είναι 0,1-1 $\mu\text{L L}^{-1}$ και ο χρόνος έκθεσης-χειρισμού των προϊόντων διαρκεί συνήθως 12-24 h και θα πρέπει να χρησιμοποιείται πριν την κλιμακτήριο των κλιμακτηριακών καρπών. Σε ειδικές περιπτώσεις υπερώριμων καρπών ή καρπών που έχει γίνει έναρξη της κλιμακτηρίου μπορεί να γίνει επαναληπτική εφαρμογή 1-MCP εφόσον είναι τεχνικά εφικτό. Αυτό θα πρέπει να γίνεται μετά από δοκιμή μικρής κλίμακας γιατί μπορεί να έχουμε αρνητικές αντί για θετικές επιδράσεις. Σε κάθε περίπτωση, επειδή το 1-MCP εμπίπτει στη νομοθεσία για τα φυτοπροστατευτικά προϊόντα, η χρήση του θα πρέπει να γίνεται σύμφωνα με τις οδηγίες που προβλέπονται στην έγκριση του προϊόντος σε κάθε χώρα.

Το 1-MCP χρησιμοποιείται ευρύτατα παγκοσμίως σε ένα μεγάλο εύρος φρούτων και λαχανικών όπως, μηλοειδή, πυρηνόκαρπα, υποτροπικά και τροπικά φρούτα, σολανώδη, κολοκυνθοειδή και σταυρανθή λαχανικά. Το 1-MCP επηρεάζει πολλές διαδικασίες ωρίμασης και γήρανσης όπως αλλαγές σε χρωστικές, το μαλάκωμα και το μεταβολισμό των κυτταρικών τοιχωμάτων, τη γεύση και το άρωμα, και διάφορα θρεπτικά χαρακτηριστικά.

Ωστόσο, τόσο το είδος αλλά και η ένταση της επίδρασης του διαφέρει μεταξύ των ειδών τόσο στους κλιμακτηριακούς όσο και στους μη-κλιμακτηριακούς καρπούς. Διαφοροποιήσεις στην δράση του 1-MCP μπορεί να υπάρχουν ακόμα και μεταξύ ποικιλιών του ίδιου είδους.

Παρακάτω αναφέρονται κάποια γενικά αποτελέσματα της χρήσης του 1-MCP και ορισμένοι γενικοί παράγοντες-κατευθύνσεις που μπορεί να επηρεάζουν την αντίδραση των διαφορετικών ειδών στην έκθεσή τους στο 1-MCP:

- Το αποτέλεσμα της χρήσης του 1-MCP εξαρτάται από το γονότυπο, και κύρια την ποικιλία και την ωριμότητα (Tsantili et al., 2007).
- Οι κλιμακτηριακοί καρποί επηρεάζονται από το 1-MCP, αλλά η ικανότητά του να διακόπτει την ωρίμαση από τη στιγμή που αυτή έχει ξεκινήσει ποικίλει μεταξύ των καρπών όπως επίσης ποικίλουν και τα χαρακτηριστικά που επηρεάζονται.
- Οι μη-κλιμακτηριακοί καρποί αντιδρούν και αυτοί στο 1-MCP, δείχνοντας ότι υπάρχουν και σε αυτούς διαδικασίες ωρίμασης που είναι εξαρτώμενες ή/και ανεξάρτητες από το αιθυλένιο (Καυκαλέτου, 2014).
- Το 1-MCP καθυστερεί το μαλάκωμα, την ανάπτυξη του χρώματος, και την εξέλιξη του αρώματος και της γεύσης. Εάν επιλεγεί η σωστή συγκέντρωση 1-MCP και σωστός χρόνος έκθεσης των προϊόντων τότε η τελική ποιότητά τους όταν το προϊόν θα φθάσει στον καταναλωτή δεν επηρεάζεται αρνητικά.
- Το 1-MCP έχει θετική ή αρνητική επίδραση κατά των φυσιολογικών διαταραχών και παθολογικών ασθενειών η οποία εξαρτάται από το πόσο εξαρτώμενη στο αιθυλένιο είναι η διαταραχή-ασθένεια (Κεφάλαιο 9).

Το μήλο είναι ο ιδανικός καρπός για τη χρήση του 1-MCP όπου η τεχνολογία αυτή χρησιμοποιείται ευρύτατα για να διατηρηθεί η ποιότητα του προϊόντος σε όλα τα στάδια μετά-συλλεκτικά μέχρι και τον καταναλωτή (Huber, 2008). Η εφαρμογή του 1-MCP αμέσως μετά τη συγκομιδή επιτρέπει να υπάρχει ένα μικρό χρονικό περιθώριο καθυστέρησης των καρπών στους θαλάμους συντήρησης με ελεγχόμενες ατμόσφαιρες, που διευκολύνει πρακτικά σε περιπτώσεις που υπάρχουν μεγάλες ποσότητες συγκομισμένου προϊόντος. Ωστόσο, η επιτυχία της εφαρμογής εξαρτάται από την ποικιλία, το στάδιο ωριμότητας και στην ευαισθησία ανάπτυξης φυσιολογικών ανωμαλιών (Watkins & Nock, 2012). Αποτυχίες στην ομοιόμορφη ωρίμανση καρπών μετά τη χρήση του 1-MCP έχουν παρατηρηθεί σε αχλάδια, αβοκάντο, μπανάνες και τομάτες όταν εφαρμόζονται υψηλές συγκεντρώσεις σε πολύ ανώριμο στάδιο των καρπών (Golding et al., 1998; McArtney et al., 2008; Mir et al., 2004).

Πρόσφατα, έχουν αναπτυχθεί τεχνολογίες εφαρμογής του 1-MCP προ-συλλεκτικά (Harvista) (που πέρα από τις επιδιωκόμενες επιδράσεις στη μετά-συλλεκτική ζωή των καρπών προκύπτουν και άλλα οφέλη, όπως καθυστέρηση καρπόπτωσης, επιβράδυνση της ωρίμανσης και επιμήκυνση της περιόδου συγκομιδής και ομοιομορφία του σταδίου ωριμότητας κατά τη συγκομιδή. Η εφαρμογή της Harvista εφαρμόζεται σε Πολιτείες της Αμερικής και στην Αυστραλία.

10.2.6.3 Έλεγχος δράσης αιθυλενίου

Όταν επιζητείται η προώθηση κάποιας διεργασίας ωρίμανσης (αποπρασινισμός εσπεριδοειδών) ή όλων των διεργασιών ωρίμανσης, καθώς και ομοιομορφία ωρίμανσης σε όλο το φορτίο, όπως εσπεριδοειδή μπανάνα κλπ χρησιμοποιείται αιθυλένιο συγκεντρώσεων 1-100 $\mu\text{L L}^{-1}$ σε ειδικούς θαλάμους. Γενικά, ο χειρισμός με αιθυλένιο γίνεται σε θερμοκρασία 18-25 °C και σχετική υγρασία 90-95% και διαρκεί 1-3 ημέρες (Πίνακας 10.7 και 10.8). Επειδή κατά το χειρισμό επέρχεται αύξηση αναπνοής, οι θάλαμοι πρέπει να εξαερίζονται σε τακτά διαστήματα για τη μείωση του CO₂ και την αύξηση του O₂.

Το αιθυλένιο στη χώρα μας αντικαθίσταται με άλλες ολεφίνες (ακετυλένιο, προπυλένιο κλπ) με όμοια βιολογική δράση, αλλά μικρότερη αποτελεσματικότητα. Κατά συνέπεια, οι συγκεντρώσεις των άλλων αερίων πρέπει να είναι πολύ μεγαλύτερες του αιθυλενίου για να επιφέρουν το ίδιο αποτέλεσμα. Ωστόσο, το αιθυλένιο είναι η μόνη φυσική ορμόνη ωρίμανσης των καρπών και δεν θα πρέπει να αντικαθίσταται από άλλα αέρια.

Καρπός	Αιθυλένιο ($\mu\text{L L}^{-1}$)	Θερμοκρασία (°C)
Πορτοκάλια+γκρέϊπ-φρούτ (Καλιφόρνια)	5-10	20-25
Πορτοκάλια+γκρέϊπ-φρούτ (Φλόριδα)	1-5	28
Μπανάνες	≥ 100	16,5
Αβοκάντο	10	16
Λεμόνια	Με ή χωρίς αιθυλένιο	>16

Πίνακας 10.7 Συνοπτικός πίνακας συγκεντρώσεων αιθυλενίου και θερμοκρασιών σε χειρισμό για ωρίμανση και αποπρασινισμό καρπών. (Από: Kader, 2002).

Τόπος	Είδος	Θερμοκρασία (°C)	Αιθυλένιο ($\mu\text{L L}^{-1}$)	Σ.Υ. (%)	CO ₂ (%)	Χρόνος (εβδομάδες)
Καλιφόρνια	Λεμόνια	≥ 16	0-10	90	0,1	*
Καλιφόρνια	Πορτοκάλια	20-25	5-10	90	0,1	1-3
Φλόριδα	Πορτοκάλια	28	1-5	90	0,1	1-3
Καλιφόρνια	Γκρέϊπ-	20-25	5-10	90	0,1	1-3

	φρούτ					
Φλόριδα	Γκρέϊπ-φρούτ	28	1-5	90	0,1	1-3

Πίνακας 10.8 Συνθήκες αποπρασινισμού εσπεριδοειδών (Από: Kader, 2002)

Χρόνος αντιστρόφως ανάλογος της θερμοκρασίας και συγκέντρωσης αιθυλενίου.

Οι θάλαμοι αποπρασινισμού ή τεχνητής ωρίμανσης έχουν συνήθως παράθυρο εξαερισμού απέναντι από την πόρτα και κοντά στην οροφή (διαγώνια) και είναι αεροστεγείς όταν κλείνουν. Σε θαλάμους, σωστά φορτωμένους με καρπούς, μπορεί να γίνει (Kader, 2002):

- έγχυση 'καθαρού' αιθυλενίου, ή αραιωμένου σε N_2 ή σε CO_2 (shot system) ή
- γίνεται προσθήκη αραιωμένου σε N_2 με συνεχή ροή (trickle system).

Ο θάλαμος πρέπει να αερίζεται σε τακτά διαστήματα (συνήθως κάθε 6 ώρες), λόγω της επερχόμενης αύξησης της αναπνοής, (έχει επέλθει μείωση O_2 , αύξηση CO_2).

Το αιθυλένιο διοχετεύεται συνήθως από φιάλες 'καθαρού' αιθυλενίου, ή φιάλες αραιωμένου σε N_2 , με ειδικές προδιαγραφές εγκατάστασης και λειτουργίας, ή ακόμη παράγεται από αιθανόλη και αφυγραντικά με θέρμανση ($C_2H_5OH-H_2O \rightarrow C_2H_4$). Ο τελευταίος τρόπος μπορεί να γίνει με φορητές μηχανές που τοποθετούνται μέσα στο θάλαμο.

Η χρήση αιθυλενίου θεωρείται ακίνδυνη για τον καταναλωτή, και για το λόγο αυτό στις ΗΠΑ δεν περιλαμβάνεται στους ελέγχους για τη διασφάλιση της υγείας του καταναλωτή. Το αιθυλένιο είναι ορμόνη που εκλύεται φυσιολογικά από τους καρπούς. Πολλοί καρποί εκλύουν αιθυλένιο σε συγκεντρώσεις παρόμοιες ή μεγαλύτερες από εκείνες που χρησιμοποιούνται στα αποπρασινιστήρια και ωριμαντήρια. Ωστόσο, υπάρχει μεγάλος κίνδυνος για το προσωπικό που εργάζεται στις μονάδες αυτές και για τις εγκαταστάσεις. Το αιθυλένιο προκαλεί αναισθησία και ασφυξία σε μεγάλες συγκεντρώσεις και είναι εκρηκτικό σε συγκεντρώσεις 3-30% σε αέρα. Το επίπεδο του 3% (ή 30 000 $\mu L L^{-1}$) είναι υπερβολικά μεγαλύτερο από εκείνο που χρησιμοποιείται στη πράξη (Τσαντίλη, 2004). Όμως, μετά την έξοδο από τη φιάλη κατά την διαδρομή στο θάλαμο και πριν την ολοκλήρωση της αραιώσής του στο θάλαμο, μπορεί να δημιουργηθούν μικρο-περιοχές με εκρηκτικές συγκεντρώσεις. Για το λόγο αυτό επισημαίνονται τα παρακάτω (Kader, 2002):

- Εγκατάσταση φιαλών αιθυλενίου σύμφωνα με προδιαγραφές
- Απαγόρευση καπνίσματος και λειτουργίας συσκευών που δημιουργούν φλόγα ή σπινθήρα μέσα ή κοντά στους θαλάμους ή κοντά στις φιάλες των αερίων
- Συσκευές ρυθμιζόμενης ροής αιθυλενίου
- Ανιχνευτές αιθυλενίου συνδεδεμένους αφενός με συναγερμούς (ηχητικό και οπτικό με λαμπτήρες) που λειτουργούν όταν η συγκέντρωση πλησιάζει το κρίσιμο όριο, αφετέρου με αυτόματο μηχανισμό που διακόπτει την παραπέρα παροχή του αερίου.
- Ηλεκτρικές συσκευές στους θαλάμους (συμπεριλαμβανομένων των ανεμιστήρων, λαμπτήρων κλπ.) που δεν προκαλούν σπινθηρισμούς κατά τη λειτουργία τους.
- Γείωση σωληνώσεων για αποφυγή σπινθηρών από ηλεκτροστατικό ηλεκτρισμό.
- Επίσης, η χρήση αιθυλενίου αραιωμένου σε CO_2 , (6% κατά βάρος) μειώνει το κίνδυνο.

10.2.7 Εφαρμογή διαφόρων μετασυλλεκτικών χειρισμών

10.2.7.1 Θερμικοί χειρισμοί

Η φυσιολογική και βιοχημική δράση των θερμικών χειρισμών στα προϊόντα περιγράφεται στο Κεφάλαιο 4. Οι θερμικοί χειρισμοί μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εναλλακτικές μέθοδοι διατήρησης της υγιεινής των προϊόντων για τον έλεγχο εντομολογικών και μυκητολογικών προσβολών χωρίς τη χρήση χημικών. Οι βασικότερες τεχνικές-τεχνολογίες εφαρμογής θερμικών χειρισμών περιγράφονται παρακάτω (Τσαντίλη, 1999):

- **Εμβάπτιση σε ζεστό νερό ή ψεκασμό με ζεστό νερό.** Γίνεται για την καταπολέμηση μυκήτων επειδή τα σπόρια τους βρίσκονται στην επιφάνεια ή στις πρώτες κυτταρικές στρώσεις κάτω από το φλοιό. Γίνονται συνήθως για λίγα λεπτά σε θερμοκρασίες

ψηλότερες για καταπολέμηση εντόμων (αν ανέχονται τα προϊόντα έκθεση σε 50-60 °C για 10 min). Σημειώνεται ότι η αποτελεσματικότητα των μυκητοκτόνων (π.χ. TBZ και imazalil) αυξάνεται σε θερμό νερό και επομένως μπορεί να μειωθεί η συγκέντρωση, χωρίς όμως αυτό να οδηγεί πάντα σε μικρότερη υπολειμματικότητα του μυκητοκτόνου μιας και η διείσδυσή του αυξάνεται σε ψηλότερη θερμοκρασία. Για παράδειγμα, αντί για imazalil σε 25 °C γίνεται σε εσπεριδοειδή να αντικατασταθεί με διαλύματα αιθανόλης, SO₂, ή NaCO₃ σε 45 °C, για καταπολέμηση πράσινης μούχλας (*P. digitatum*). Ψεκασμοί με θερμό παστεριωμένο νερό μπορούν να ενσωματωθούν στην γραμμή συσκευασίας (βούρτσες) χωρίς να αυξηθεί ο συνολικός απαιτούμενος χρόνος στη γραμμή. Οι ψεκασμοί γίνονται σε 50-70 °C για 10-60 s (μάνγκο, πεπόνια κλπ.). Μερικές φορές όμως απαιτούνται 50 °C για 1h για καταπολέμηση κάποιων εντόμων που μερικές φορές δεν το επιτρέπει το προϊόν.

- **Έκθεση σε ζεστό ατμό νερού.** Τα φρούτα θερμαίνονται με αέρα κορεσμένο με υδρατμούς σε θερμοκρασίες 40-50 °C για καταπολέμηση εντόμων (αβγού και προνύμφης). Πρωτοχρησιμοποιήθηκε για την μύγα της Μεσογείου. Η μέθοδος σήμερα εφαρμόζεται σε υποτροπικά είδη (μάνγκο, παπάγια).
- **Έκθεση σε ζεστό ξηρό αέρα.** Τα φρούτα τοποθετούνται σε θερμό θάλαμο με ανεμιστήρα ή με βεβιασμένη κυκλοφορία αέρα όπου η ταχύτητα της κυκλοφορίας του αέρα ελέγχεται με ακρίβεια. Ο θερμός αέρας θερμαίνει τα φρούτα με βραδύτερο ρυθμό από ότι οι προηγούμενες μέθοδοι και ιδιαίτερα όταν η κυκλοφορία του αέρα γίνεται με απλό ανεμιστήρα. Η μέθοδος είναι κατάλληλη για καταπολέμηση εντόμων και μικροοργανισμών, και οι συνήθεις συνθήκες είναι θερμοκρασία αέρα 38-46 °C για 12-96 h. Μετά το χειρισμό τα προϊόντα χρειάζεται να ψυχθούν.
- **Ξέπλυμα με ζεστό νερό κατά το βούρτσισμα στο συσκευαστήριο.**

Στην πράξη, οι συνήθεις ψηλές θερμοκρασίες που εφαρμόζονται είναι 37-55 °C για διάρκεια 30s έως 3min (Fallik, 2004; Glowacz et al., 2013; Hong et al., 2014; Tahir et al., 2009). Ωστόσο, σε χαμηλότερες θερμοκρασίες η διάρκεια του χειρισμού μπορεί φτάσει τη 1 ώρα ή και περισσότερο.

Οι θερμικοί χειρισμοί έχουν εφαρμοστεί για διατήρηση της συνεκτικότητας σε μήλα, φράουλες, τομάτες, πατάτες. Επίσης, σε είδη όπως ακτινίδια, σπαράγγια, μπρόκολα, μαρούλια και σέλινο βοηθούν στη διατήρηση του χρώματος κατά τη συντήρηση. Σε σταφύλια, δαμάσκηνα, ροδάκινα και άλλα είδη με τη χρήση θερμικών χειρισμών επιτυγχάνεται η επιμήκυνση του χρόνου συντήρησης (Fallik, 2004; Lurie, 1998; Schirra et al., 2000). Με τη χρήση συνδυασμού κρύου και ζεστού νερού κατά το βούρτσισμα στο συσκευαστήριο επιτυγχάνεται βελτίωση της ποιότητας σε μηλοειδή και εσπεριδοειδή. Έχουν χρησιμοποιηθεί με επιτυχία σε εσπεριδοειδή για τον έλεγχο των προσβολών από *Penicillium* sp.

Μέχρι σήμερα η εμπορική εφαρμογή των θερμικών χειρισμών είναι σχετικά περιορισμένη κυρίως λόγω του αυξημένου κόστους σε ενέργεια που απαιτείται για την εφαρμογή τους και τα αυξημένα εργατικά που συμπίπτουν χρονικά με την περίοδο της συγκομιδής (Mahajan et al., 2014). Ωστόσο οι θερμικοί χειρισμοί χρησιμοποιούνται ως μέθοδοι υποκατάστασης της χρήσης μυκητοκτόνων κατά τη συντήρηση βιολογικών μήλων στη Γερμανία.

10.2.7.2 Χρήση ασβεστίου (Ca)

Εξωγενής προσθήκη Ca καρπούς οδηγεί σε μείωση της ταχύτητας μαλακώματος, την καθυστέρηση της γήρανσης και την αύξηση του χρόνου συντήρησης των καρπών (Κεφάλαιο 4). Ως μέσο εφαρμογής του Ca χρησιμοποιείται κυρίως χλωριούχο ασβέστιο (CaCl₂) το οποίο είναι ασφαλές και επιτρέπεται η χρήση του σε εδώδιμα προϊόντα. Μετά-συλλεκτικές εφαρμογές με CaCl₂ έχουν δοκιμαστεί σε πολλά είδη καρπών όπως μήλα (Chardonnet et al., 2003), κεράσια (Wang et al., 2015), λεμόνια (Tsantili et al., 2002) κλπ. Οι εφαρμογές γίνονται με εμβάπτισεις σε διαλύματα έως 4% CaCl₂.

10.2.7.3 Ακτινοβολία-Ραδιοσυχνότητες-Υπέρηχοι

Η μελέτη σε πολλές από τις παρακάτω μεθόδους των υπερσύγχρονων τεχνολογιών ξεκίνησε τη δεκαετία του 90 (Τσαντίλη, 1999). Με την **ακτινοβολία** γίνεται έκθεση των προϊόντων σε ακτινοβολία ενέργεια (π.χ. ακτίνες γ) που έχει την ιδιότητα να διεισδύει στους ιστούς και να προκαλεί το σπάσιμο

μοριακών δεσμών. Η χρήση της ακτινοβολίας στις μετά-συλλεκτικές μεταχειρίσεις των φρούτων και των λαχανικών εφαρμόζεται με σκοπό την αύξηση του χρόνου συντήρησης των προϊόντων αλλά και την καταπολέμηση επιβλαβών οργανισμών που μειώνουν την υγιεινή των προϊόντων. Οι επιδράσεις της ακτινοβολίας εξαρτώνται από τη δόση που αυτή εφαρμόζεται. Χαμηλές δόσεις ακτινοβολίας (< 10 kGy) μπορούν να προκαλέσουν μικρή αναστολή της κυτταρικής δραστηριότητας βρίσκοντας εφαρμογή ως μέθοδος παρεμπόδισης της βλάστησης κονδύλων, βολβών και ριζών καθώς και καθυστέρησης του γηρασμού των προϊόντων. Μέτριες δόσεις (1-10 kGy) χρησιμοποιούνται για μείωση τους μικροβιακού φορτίου, ενώ υψηλότερες δόσεις (> 10 kGy) καταπολεμούν ένα ευρύ φάσμα μυκήτων, βακτηρίων και εχθρών (Ferrier, 2010). Οι μέτριες και μεγάλες δόσεις χρησιμοποιούνται κυρίως στα αποξηραμένα προϊόντα γιατί στα νωπά μπορεί να προκαλέσουν οργανοληπτικά ελαττώματα (οπτικά, υφής και γεύσης) ή/και γήρανση λόγω ανεπανόρθωτης βλάβης του DNA και πρωτεϊνών.

Η ακτινοβολία έχει χρησιμοποιηθεί με επιτυχία σαν μετά-συλλεκτικός χειρισμός σε διάφορα είδη φρούτων. Εμπορικά χρησιμοποιείται για την αντιμετώπιση του μουχλιάσματος στις φράουλες και την παρεμπόδιση της βλάστησης σε πατάτες και κρεμμύδια (Ferrier, 2010). Χαμηλές δόσεις ακτινοβολίας γ (0,3-0,7 kGy) σε μάνγκο καθυστερούν την ωρίμαση και αυξάνουν το χρόνο συντήρησης κατά τουλάχιστον 3-4 μέρες (Mahto & Das, 2013). Δόση 1 kGy σε καρπούς λίτσι ενισχύει το χρόνο συντήρησης χωρίς υποβάθμιση της ποιότητας. Παρόλο που η μέθοδος της ακτινοβολήσης έχει δώσει θετικά αποτελέσματα στη βελτίωση της ποιότητας και της ενίσχυσης της μετά-συλλεκτικής ζωής των φρούτων και των λαχανικών έχει και ορισμένα μειονεκτήματα όπως το υψηλό κόστος του εξοπλισμού που απαιτείται για την εφαρμογή της μεθόδου εμπορικά και το γεγονός ότι τα προϊόντα αντιμετωπίζονται με σκεπτικισμό από τους καταναλωτές.

Η χρήση **ραδιοσυχνοτήτων** μεταξύ 10 και 100 MHz έχει βρει εφαρμογή στην αλυσίδα των μετά-συλλεκτικών μεταχειρίσεων των φρούτων και των λαχανικών. Η μέθοδος αυτή βασίζεται στις άμεσες επιδράσεις μεταξύ διηλεκτρικών υλικών, όπως οι καρποί, με ηλεκτρομαγνητικά κύματα και έτσι παράγεται θερμότητα. Οι μέθοδος αυτή έχει βρει εφαρμογή στην βιομηχανία των ξηρών καρπών με στόχο κυρίως την καταπολέμηση εντόμων (θανάτωση προνυμφών και άλλων σταδίων εντόμων) που μεταφέρονται από το χωράφι και επηρεάζουν αρνητικά της ποιότητα και συντήρηση των καρπών. Η χρήση ραδιοσυχνοτήτων αναπτύχθηκε κυρίως σαν μέθοδος απολύμανσης, για αντικατάσταση του υποκαπνισμού των καρπών με χημικά που δημιουργεί προβλήματα ασφάλειας τόσο του προσωπικού των συσκευαστηρίων αλλά και των καταναλωτών. Στα μήλα και τα καρύδια η χρήση ραδιοσυχνοτήτων 25-27 MHz μπορεί να εφαρμοστεί με επιτυχία για την μείωση των προσβολών από καρπόκαψα που αποτελεί σημαντικό πρόβλημα, ενώ παράλληλα δεν προκαλεί αρνητικές επιπτώσεις στην ποιότητα του προϊόντος (Wang et al., 2006; Wang et al., 2007). Η μέθοδος των ραδιοσυχνοτήτων μπορεί να εφαρμοστεί και σε εσπεριδοειδή για μείωσης των προβλημάτων από προσβολές μύγας της Μεσογείου (Birla et al., 2005).

Μια άλλη μέθοδος που έχει βρει εφαρμογή στη μετά-συλλεκτική είναι οι χρήση **υπερήχων**. Οι μέθοδος αυτή αρχικά χρησιμοποιήθηκε για την ανάπτυξη μη καταστροφικών τεχνικών για την εκτίμηση της ποιότητας των φρούτων με την ανάπτυξη διαφόρων αισθητήρων για την μέτρηση ποιοτικών χαρακτηριστικών. Τα τελευταία χρόνια έχει βρεθεί ότι με την εφαρμογή υπερήχων σε φρούτα μπορεί να μειωθούν τα προβλήματα από παθογόνα κατά τη συντήρηση που οδηγούν σε σήψεις. Σε φράουλες η εφαρμογή υπερήχων (40 kHz, 250W) για 10 min μειώνει σημαντικά τις μετά-συλλεκτικές σήψεις και το μικροβιακό φορτίο βελτιώνοντας παράλληλα την ποιότητα των καρπών (συνεκτικότητα, γλυκύτητα, οξύτητα) (Cao et al., 2010). Σε μήλα η εφαρμογή υπερήχων (20 kHz, 1500W) σε συνδυασμό με χρήση σορβικού καλίου μειώνει σημαντικά τις προσβολές από πενικίλλιο (*Penicillium expansum*) που προκαλεί σήψεις καρπών μετά-συλλεκτικά (Dore et al., 2012).

10.2.7.4 Όζον (O₃)

Σύγχρονες έρευνες και εμπορικές εφαρμογές έχουν δείξει ότι το όζον μπορεί να υποκαταστήσει τους παραδοσιακούς τρόπους απολύμανσης που εφαρμόζονται μετά-συλλεκτικά (Ali et al., 2014; Horvitz & Cantalejo, 2012). Το όζον είναι ένα έντονα διεσδυτικό, φυσικό αέριο με έντονες οξειδωτικές ιδιότητες. Αναφέρεται ότι το όζον έχει κατά 1,5 φορές υψηλότερο οξειδωτικό δυναμικό από τη χλωρίνη και 3000 φορές υψηλότερο από το υποχλωριώδες οξύ. Με στόχο την αντιμικροβιακή δράση, ο απαιτούμενος χρόνος έκθεσης στο όζον είναι συνήθως κατά τέσσερις με πέντε φορές

μικρότερος από τον αντίστοιχο χρόνο για την χλωρίνη. Βασικό πλεονέκτημα του όζοντος είναι η ταχύτατη δράση του κατά των κυτταρικών τοιχωμάτων των βακτηρίων, των σπορέων άλλων παθογόνων και ζωικών παρασίτων σε πρακτικά εφαρμόσιμες και ασφαλείς συγκεντρώσεις (Huyskens-Keil et al., 2012).

Η πρακτική εφαρμογή του όζοντος στην αλυσίδα των μετά-συλλεκτικών μεταχειρίσεων των φρούτων και των λαχανικών γίνεται στους θαλάμους συντήρησης, τα συστήματα πλυσίματος των προϊόντων ή μέσω οζονισμένου νερού. Η χρήση του όζοντος χρησιμοποιείται εμπορικά σε μήλα, κεράσια, ροδάκινα, δαμάσκηνα, σταφύλια, ακτινίδια, καρότα, κρεμμύδια, σκόρδα και πατάτες (Suslow, 2004). Το όζον, για τον καταναλωτή θεωρείται ακίνδυνος λόγω απουσίας τοξικών υπολειμμάτων. Ωστόσο, καθίσταται πολύ επικίνδυνο για το προσωπικό, σε γραμμές συσκευασίας και μονάδες συντήρησης, κατά τη χρήση του εάν δεν ακολουθούνται οι οδηγίες χρήσης.

10.2.7.5 Διοξείδιο του θείου (SO₂)

Η εφαρμογή του SO₂ γίνεται είτε με εφαρμογή υποκαπνισμού των σταφυλιών από τη συγκομιδή σε συνδυασμό με εβδομαδιαίες εφαρμογές υποκαπνισμού στους θαλάμους συντήρησης, ή με αργή απελευθέρωση SO₂ από επιθέματα ή δισκία προσαρμοσμένα στη συσκευασία, που περιέχουν θειώδη ανυδρίτη (sodium metabisulfite) (Palou et al., 2010). Η μέθοδος εφαρμογής SO₂ έχει χρησιμοποιηθεί με επιτυχία και σε άλλα είδη καρπών, όπως ακτινίδια, μήλα, λεμόνια, σύκα, μπανάνες και λίτσι (Sivakumar et al., 2010).

Μειονέκτημα της χρήσης του SO₂ είναι η ύπαρξη υπολειμμάτων στα προϊόντα όταν δεν εφαρμόζεται σε σωστές δόσεις, καθώς επίσης και ότι σε υψηλές συγκεντρώσεις για των έλεγχο των μυκητολογικών προσβολών στα σταφύλια, μπορεί να προκαλέσει τραυματισμούς στις ράγες και τους βοστρύχους (Cantín et al., 2012; Palou et al., 2010; Sivakumar et al., 2010). Οι κανονισμοί τροφίμων και ποτών δίδουν τιμές ανώτατων επιτρεπομένων ορίων για λόγους ασφάλειας του καταναλωτή. Τα τελευταία χρόνια όμως, γίνονται προσπάθειες αντικατάστασής του επειδή ένα μικρό ποσοστό αυτού παραμένει διαλυμένο στον κυτταρικό χυμό με μορφή θειωδών ριζών. Παρά τα όποια μειονεκτήματα, η εφαρμογή SO₂ ήταν και ακόμα είναι μια ευρύτατα διαδεδομένη μέθοδος παγκοσμίως κυρίως λόγω της γενικής αποδοχής του ως αντισηπτικό αλλά και του χαμηλού κόστους.

10.2.7.6 Οξείδιο του αζώτου (NO)

Το NO εφαρμόζεται μετά-συλλεκτικά με υποκαπνισμό ή μέσω έκκλησης από άλλες ουσίες όπως sodium nitroprusside, S-νιτροζοθειόλες (S-nitrosothiols) και diazeniumdiolates με τη χρήση εμβαιπίσεων. Μειονεκτήματα της εφαρμογής του NO εμπορικά στην αλυσίδα των μετά-συλλεκτικών μεταχειρίσεων φρούτων και λαχανικών είναι η ανάγκη εγκατάστασης ενός ασφαλούς συστήματος ελέγχου ροών αερίων δεδομένου ότι το NO είναι τοξικό σε περίπτωση εισπνοής. Ωστόσο, λόγω της αερίου φύσης του NO δεν δημιουργούνται προβλήματα υπολειμμάτων στα προϊόντα.

10.2.8 Μεταφορά

Η μεταφορά των οπωροκηπευτικών συνήθως μπορεί να περιλαμβάνει μέχρι τρία στάδια:

- Μεταφορά από τον τόπο παραγωγής στο συσκευαστήριο
- Μεταφορά από το συσκευαστήριο στο σημείο μακράς συντήρησης
- Μεταφορά από το σημείο μακράς συντήρησης στο σημείο λιανικής πώλησης

Ιδανικά, κατά τη μεταφορά θα πρέπει τα προϊόντα να εκτίθενται στις συνθήκες που ενδείκνυνται για τη μακρά τους συντήρησης. Ωστόσο τα μέσα μεταφοράς δεν είναι εφικτό να έχουν τις υποδομές για την ρύθμιση όλων των συνθηκών και συνήθως η μεταφορά γίνεται μόνο με τον έλεγχο της θερμοκρασίας (ψύξη) και της σχετικής υγρασίας (ΣΥ).

Συνήθως ο χρόνος μεταφοράς από τον τόπο παραγωγής στο συσκευαστήριο και από το συσκευαστήριο στο σημείο μακράς συντήρησης είναι μικρός (μερικές ώρες) και γίνεται με απλά μέσα (τρακτέρ, απλά φορτηγά) και μόνο για πολύ ευαίσθητα προϊόντα (π.χ. φράουλα, σταφύλι) χρησιμοποιούνται φορτηγά-ψυγεία. Το πιο κρίσιμο στάδιο μεταφοράς είναι από το σημείο μακράς συντήρησης στο σημείο λιανικής πώλησης όπου το ταξίδι του προϊόντος μπορεί να διαρκέσει

αρκετές μέρες (π.χ. διηπειρωτικές εξαγωγές). Τα μέσα μεταφοράς που χρησιμοποιούνται είναι συνήθως φορτηγά, τραίνα, πλοία και αεροπλάνα με το πιο συνηθισμένο μέσο το φορτηγό-ψυγείο. Τα προϊόντα μεταφέρονται σε παλέτες οι οποίες τοποθετούνται μέσα στα φορτηγά ή σε εμπορευματοκιβώτια (containers) όταν πρόκειται για άλλα μέσα μεταφοράς.

Η φόρτωση των προϊόντων θα πρέπει να γίνεται με τρόπο που να εξασφαλίζει ότι κατά τη μεταφορά το φορτίο δεν θα μετατοπιστεί, και στη περίπτωση που χρησιμοποιείται ψύξη η κίνηση του αέρα δεν περιορίζεται. Ιδανικά στον ίδιο χώρο θα πρέπει να τοποθετούνται αμιγή φορτία αλλά επειδή πολλές φορές αυτό δεν είναι εφικτό τα φρούτα και τα λαχανικά μπορούν να χωριστούν σε ομάδες με βάση της θερμοκρασία και ΣΥ μεταφοράς:

- 0-2 °C, 90-98% ΣΥ (π.χ. φυλλώδη λαχανικά)
- 0-2 °C, 85-95% ΣΥ (π.χ. μήλοειδή, πυρηνόκαρπα, berries, φράουλα, ακτινίδιο)
- 7-10 °C, 85-95% ΣΥ (π.χ. εσπεριδοειδή, ελιά, ανώριμο αβοκάντο, πιπεριά, αγγούρι)
- 13-18 °C, 85-95% ΣΥ (π.χ. μπανάνα, μάνγκο και άλλα τροπικά είδη)

Επίσης εκτός από τις ομάδες θερμοκρασίας-υγρασίας θα πρέπει να δίνεται προσοχή στα προϊόντα που είναι ευαίσθητα στο αιθυλένιο (π.χ. ακτινίδιο) ώστε συγκέντρωση του αιθυλενίου να διατηρείται κάτω από το 1 $\mu\text{L L}^{-1}$. Αυτό επιτυγχάνεται αποφεύγοντας μεικτά φορτία με προϊόντα που παράγουν μεγάλες ποσότητες αιθυλενίου (π.χ. μήλα) ή/και τη χρήση φορητών απορροφητών αιθυλενίου που έχουν αναπτυχθεί τα τελευταία χρόνια.

Βιβλιογραφία

- Ali, A., Ong, M.K. & Forney, C.F. (2014). Effect of ozone pre-conditioning on quality and antioxidant capacity of papaya fruit during ambient storage. *Food Chem.*, 142, 19-26.
- Barger, W.R. (1961). Factors affecting temperature reduction and weight loss in vacuum-cooled lettuce. *USDA Marketing Res. Rept.* 469.
- Barger, W.R. (1962). Vacuum-cooling of lettuce in commercial plants. *USDA AMS*-469.
- Birla, S. L., Wang, S., Tang, J., Fellman, J. K., Mattinson, D. S. & Lurie, S. (2005). Quality of oranges as influenced by potential radio frequency heat treatments against Mediterranean fruit flies. *Postharv. Biol. Technol.*, 38, 66-79.
- Cameron, A. C. & Yang, S. F. (1982). A simple method for the determination of resistance to gas diffusion in plant organs. *Plant Physiol.*, 70, 21-23.
- Dhall, R. K. (2012). Advances in edible coatings for fresh fruits and vegetables: A review. *Cri. Rev. Food Sci. Nutr.*, 53, 435-450.
- Duncan, T. V. (2011). Applications of nanotechnology in food packaging and food safety: barrier materials, antimicrobials and sensors. *J. Colloid Interface Sci.*, 363, 1-24.
- Gol, N. B., Patel, P. R. & Rao, T. V. R. (2013). Improvement of quality and shelf-life of strawberries with edible coatings enriched with chitosan. *Postharv. Biol. Technol.*, 85, 185-195.
- Golding, J. B., Shearer, D., Wyllie, S. G. & McGlasson, W. B. (1998). Application of 1-MCP and propylene to identify ethylene-dependent ripening processes in mature banana fruit. *Postharv. Biol. Technol.*, 14, 87-98.
- Cao, S., Hu, Z. & Pang, B. (2010). Optimization of postharvest ultrasonic treatment of strawberry fruit. *Postharv. Biol. Technol.*, 55, 150-153.
- Cantín, C. M., Minas, I. S., Goulas, V., Jiménez, M., Manganaris, G. A., Michailides, T. J. & Crisosto, C. H. (2012). Sulfur dioxide fumigation alone or in combination with CO₂-enriched

- atmosphere extends the market life of highbush blueberry fruit. *Postharv. Biol. Technol.*, 67, 84-91.
- Chardonnet, C. O., Charron, C. S., Sams, C. E. & Conway, W. S. (2003). Chemical changes in the cortical tissue and cell walls of calcium-infiltrated 'Golden Delicious' apples during storage. *Postharv. Biol. Technol.*, 28, 97-111.
- Dore, A., Molinu, M. G., Pani, G., Ladu, G., Venditti, T. & D'Hallewin, G. (2012). Ultrasound application for the control of decay on apple at different stage of ripening. *Com. Agric. Appl. Biol. Sci.*, 77, 503-507.
- Fallik, E. (2004). Prestorage hot water treatments (immersion, rinsing and brushing). *Postharv. Biol. Technol.*, 32, 125-134.
- Ferrier, P. (2010). Irradiation as a quarantine treatment. *Food Pol.*, 35, 548-555.
- Glowacz, M., Mogren, L. M., Reade, J. P. H., Cobb, A. H. & Monaghan, J. M. (2013). Can hot water treatments enhance or maintain postharvest quality of spinach leaves? *Postharv. Biol. Technol.*, 81, 23-28.
- Huber, D. J. (2008). Suppression of ethylene responses through application of 1-methylcyclopropene: a powerful tool for elucidating ripening and senescence mechanisms in climacteric and nonclimacteric fruits and vegetables. *HortSci.*, 43, 106-111.
- Hong, P., Hao, W., Luo, J., Chen, S., Hu, M. & Zhong, G. (2014). Combination of hot water, *Bacillus amyloliquefaciens* HF-01 and sodium bicarbonate treatments to control postharvest decay of mandarin fruit. *Postharv. Biol. Technol.*, 88, 96-102.
- Horvitz, S. & Cantalejo, M. J. (2012). Application of ozone for the postharvest treatment of fruits and vegetables. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 54, 312-339.
- Huyskens-Keil, S., Hassenberg, K. & Herppich, W. B. (2012). Impact of postharvest UV-C and ozone treatment on textural properties of white asparagus (*Asparagus officinalis* L.). *J. Appl. Bot Food Qual.*, 84, 229-234.
- Janssen, S., Schmitt, K., Blanke, M., Bauersfeld, M. L., Wöllenstein, J. & Lang, W. (2014). Ethylene detection in fruit supply chains. *Philos. Trans. A-Math. Phys. Eng. Sci.*, 372, 20130311.
- Καυκαλέτου, Μ. (2014). *Επιδράσεις ρυθμιστών αύξησης προ- ή μετασυλλεκτικά σε καρπούς ελιάς (Olea europae L.) διαφόρων σταδίων ωριμότητας. – Φυσιολογικές και βιοχημικές διεργασίες και συσχέτισή τους με ποιοτικά χαρακτηριστικά. Διδακτορική Διατριβή, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.*
- Kader, A. (2002). *Postharvest technology of horticultural crops*. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, Oakland, 535 p.
- Kays, S. J. (1991). *Post-harvest physiology of perishable plant products*. New York, U.S.A.: Van Nostrand Reinhold, 532 p.
- Lurie, S. (1998). Postharvest heat treatments. *Postharv. Biol. Technol.*, 14, 257-269.
- Mahajan, P. V., Caleb, O. J., Singh, Z., Watkins, C. B. & Geyer, M. (2014). Postharvest treatments of fresh produce. *Philos. Trans. A – Math. Phys. Eng. Sci.*, 372, 20130309.
- Mahto, R. & Das, M. (2013). Effect of gamma irradiation on the physico-chemical and visual properties of mango (*Mangifera indica* L.), cv. 'Dushehri' and 'Fazli' stored at 20 °C. *Postharv. Biol. Technol.*, 86, 447-455.
- McArtney, S. J., Obermiller, J. D., Schupp, J. R., Parker, M. L. & Edgington, T. B. (2008). Preharvest 1-methylcyclopropene delays fruit maturity and reduces softening and superficial scald of apples during long-term storage. *HortSci.*, 43, 366-371.
- Mir, N., Canoles, M., Beaudry, R., Baldwin, E. & Mehla, C. P. (2004). Inhibiting tomato ripening with 1-methylcyclopropene. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 129, 112-120.

- Palou, L., Serrano, M., Martínez-Romero, D. & Valero, D. (2010). New approaches for postharvest quality retention of table grapes. *Fresh Prod.*, 4, 103-110.
- Prange, R. K., DeLong, J. M., Harrison, P. A., Leyte, J. C. & McLean, S. D. (2003). Oxygen concentration affects chlorophyll fluorescence in chlorophyll-containing fruit and vegetables. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 128, 603-607.
- Ryall, A. L. & Lipton, W. J. (1979). *Handling, transportation and storage of fruits and vegetables. Volume I, 2nd edition*. Westport, U.S.A.: Avi Publishing Company Inc., 587 p.
- Schirra, M., D'Hallewin, G., Ben-Yehoshua, S. & Fallik, E. (2000). Host-pathogen interactions modulated by heat treatment. *Postharv. Biol. Technol.*, 21, 71-85.
- Sivakumar, D., Terry, L. A. & Korsten, L. (2010). An overview on litchi fruit quality and alternative postharvest treatments to replace sulfur dioxide fumigation. *Food Rev. Int.*, 26, 162-188.
- Suslow, T. (2004). *Ozone applications for postharvest disinfection of edible horticultural crops*. UCANR Publications, 8 p.
- Tahir, I. I., Johansson, E. & Olsson, M. E. (2009). Improvement of apple quality and storability by a combination of heat treatment and controlled atmosphere storage. *HortSci.*, 44, 1648-1654.
- Τσαντίλη, Ε. (1999). *Μετασυλλεκτική μεταχείριση καρπών. Σημειώσεις Μαθήματος και Κατάλογος Εργαστηριακών Ασκήσεων Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών*, Π.Μ.Σ., Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, 42 σελ.
- Τσαντίλη, Ε. (2004). *Μετασυλλεκτική μεταχείριση καρπών. Σημειώσεις Μαθήματος 9ου Εξαμήνου Ειδικοτήτων Αμπελουργίας-Δενδροκομίας και Κηπευτικών Καλλιεργειών*. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών. Πανεπιστημιακές Παραδόσεις, σελ.99.
- Tsantili, E. (1988). *Ethylene action and its effect on Gloster 69 apples during ripening and storage*. PhD. Thesis, Wye College, University of London, U.K., 201p.
- Tsantili, E. & Knee, M. (1991). Ripening of 'Gloster 69' apples after low ethylene storage. *J. Sci. Food Agric.*, 54, 579-586.
- Tsantili, E. Gapper, N. E., Apollo Arquiza, J. M. R., Whitaker, B. D. & Watkins, C. B. (2007). Ethylene and α -farnescene metabolism in green and red skin of three apple cultivars in response to 1-methylcyclopropene (1-MCP) treatment. *J. Agric. Food Chem.*, 55, 5267-5276.
- Tsantili, E., Konstantinidis, K., Athanasopoulos, P. E., & Pontikis, C. (2002). Effects of postharvest calcium treatments on respiration and quality attributes in lemon fruit during storage. *J. Hort. Sci. Biotechnol.*, 77, 479-484.
- Wang, S., Birla, S. L., Tang, J. & Hansen, J. D. (2006). Postharvest treatment to control codling moth in fresh apples using water assisted radio frequency heating. *Postharv. Biol. Technol.*, 40, 89-96.
- Wang, Y. & Long, L. E. (2015). Physiological and biochemical changes relating to postharvest splitting of sweet cherries affected by calcium application in hydrocooling water. *Food Chem.*, 181, 241-247.
- Wang, S., Monzon, M., Johnson, J.A., Mitcham, E. J. & Tang, J. (2007). Industrial-scale radio frequency treatments for insect control in walnuts: I: Heating uniformity and energy efficiency. *Postharv. Biol. Technol.*, 45, 240-246.
- Watkins, C. B. (2002). Ethylene synthesis, mode of action, consequences and control. In: Knee, M. (ed.), *Fruit quality and its biological basis*. Sheffield, UK: Sheffield Academic Press, pp. 180-222.
- Watkins, C. B. & Nock, J. F. (2012). Rapid 1-methylcyclopropene (1-MCP) treatment and delayed controlled atmosphere storage of apples. *Postharv. Biol. Technol.*, 69, 24-31.

Κεφάλαιο 11. Τα ελάχιστα μεταποιημένα οπωροκηπευτικά

Σύνοψη

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται μία σχετικά σύγχρονη τάση στη διάθεση και εμπορία των καρπών και λαχανικών, τα ελάχιστα μεταποιημένα οπωροκηπευτικά. Τα προϊόντα αυτά, διαφέρουν από τα μεταποιημένα οπωροκηπευτικά γιατί αποτελούν νωπά προϊόντα και περιλαμβάνουν τα ελαφρά ή μερικώς μεταποιημένα, τα νωπά μεταποιημένα, τα προ-μεταποιημένα και τις φρεσκοκομμένες σαλάτες λαχανικών και φρούτων. Αποτελούν μια σημαντική οικονομικά και συνεχώς εξελισσόμενη κατηγορία νωπών οπωροκηπευτικών, τόσο παγκόσμια, όσο και στη χώρα μας. Αν και το μερίδιο των ελάχιστα μεταποιημένων οπωροκηπευτικών ως προς τη συνολική αγορά των οπωροκηπευτικών συνεχώς αυξάνεται, παρουσιάζονται αρκετές προκλήσεις και προβλήματα που πρέπει να ξεπεραστούν και σχετίζονται με την ιδιαίτερη φύση των προϊόντων αυτών. Η διατήρηση της φρεσκάδας και των διατροφικών χαρακτηριστικών, η εξασφάλιση της υγιεινής και η χρήση μεθόδων προετοιμασίας και διατήρησής τους που δεν επιβαρύνουν την υγεία των καταναλωτών, αποτελούν πρωταρχικούς στόχους και προκλήσεις για την παραγωγή των προϊόντων αυτών.

Προαπαιτούμενη γνώση

Φυσιολογία και ανατομία φυτών. Γενικές αρχές δένδροκομίας και λαχανοκομίας. Μετασυλλεκτική φυσιολογία και τεχνολογία (ιδιαίτερα ως προς τις τεχνικές διατήρησης των νωπών οπωροκηπευτικών). Μικροβιολογία (με έμφαση στη μικροβιολογία τροφίμων).

11.1 Εισαγωγή

Τα νωπά φρούτα και λαχανικά που έχουν δεχθεί επεξεργασία μετά τη συγκομιδή τους (π.χ. καθαρισμό, κοπή, συσκευασία κ.ά.), ώστε να διατηρηθεί η φρεσκάδα και τα ποιοτικά, θρεπτικά και γευστικά τους χαρακτηριστικά στα επίπεδα των νωπών οπωροκηπευτικών, χαρακτηρίζονται ως ελάχιστα μεταποιημένα οπωροκηπευτικά (minimally processed vegetables and fruits). Σε αυτά συμπεριλαμβάνονται τα ελαφρά ή μερικώς μεταποιημένα (lightly or partially processed), τα νωπά μεταποιημένα (fresh processed), τα προ-μεταποιημένα (pre-prepared), και οι φρεσκοκομμένες (fresh-cut) φρουτοσαλάτες και σαλάτες λαχανικών. Τα προϊόντα αυτά διαφέρουν από τα μεταποιημένα οπωροκηπευτικά, γιατί παραμένουν νωπά, ζωντανά και διατηρούν σε μεγάλο βαθμό τη φρεσκάδα και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των νωπών προϊόντων από τα οποία προέρχονται. Για το λόγο αυτό, η παραγωγή, η επεξεργασία και η διατήρησή τους αποτελεί πεδίο μελέτης της μετασυλλεκτικής φυσιολογίας και τεχνολογίας των οπωροκηπευτικών.

Ο Διεθνής Σύνδεσμος για τα Φρεσκοκομμένα Προϊόντα (International Fresh-cut Produce Association - IFPA) ορίζει ότι τα προϊόντα αυτά προέρχονται από νωπά φρούτα και λαχανικά που έχουν καθαριστεί-κοπεί, ή/και αποφλοιωθεί ή/και τεμαχιστεί και δίνουν προϊόν που μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο σύνολό του και το οποίο είναι συσκευασμένο ή προ-συσκευασμένο, ώστε να διατηρεί τη φρεσκάδα του και να προσφέρει στον καταναλωτή ευκολία στη χρήση, θρεπτικά συστατικά, γεύση και άρωμα. Επιπλέον, τα προϊόντα αυτά πρέπει να είναι έτοιμα για χρήση ή βρώση (ready to use or eat), να έχουν ποιοτικά χαρακτηριστικά (εμφάνιση, υφή, θρεπτική αξία και γευστικά χαρακτηριστικά) συγκρίσιμα με των νωπών, μακρά ζωή στο ράφι και να είναι ασφαλή για την υγεία των καταναλωτών. Επομένως, οι μέθοδοι ελάχιστης επεξεργασίας πρέπει να επιφέρουν την ελάχιστη δυνατή υποβάθμιση της ποιότητας του προϊόντος, να διατηρούν τη φρεσκάδα του και παράλληλα να μην υποβαθμίζουν σημαντικά, να διατηρούν ή και να βελτιώνουν τη δυνατότητα αντοχής του σε μεταφορές και συντήρηση. Στις περισσότερες περιπτώσεις, μετά την ελάχιστη μεταποίηση στους ιστούς των προϊόντων συνυπάρχουν κύτταρα ζωντανά, τραυματισμένα και νεκρά, αλλά σε κάθε περίπτωση προϋπόθεση αποτελεί η διατήρηση της φρεσκάδας του προϊόντος (Alzamora et al., 2000, Lamikanra, 2002).

Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι τα κομμένα καρότα, κρεμμύδια, λάχανα, κουνουπίδια, μπρόκολα, μαρούλια, τομάτες, πιπεριές, μελιτζάνες, ροδάκινα, πεπόνια κ.ά. καθώς και οι συνδυασμοί τους σε σαλάτες λαχανικών ή φρουτοσαλάτες, οι αποφλοιωμένες και καθαρισμένες πατάτες, τα πλυμένα και απαλλαγμένα από κοτσάνια σπανάκι, ρόκα, σέλινο, μαϊντανός (Εικόνα 11.1). Στον Πίνακα 11.1 παρουσιάζονται οι κατηγορίες των κυριότερων προϊόντων ελάχιστα

μεταποιημένων καρπών και λαχανικών. Τα είδη αυτά συνήθως συσκευάζονται σε πλαστικές αεροστεγείς σακκούλες ή σε πλαστικούς δίσκους καλυμμένους με πλαστικές μεμβράνες συγκεκριμένων χαρακτηριστικών (περατότητα σε υδρατμούς, O₂ και CO₂) και συντηρούνται για λίγες ημέρες σε χαμηλές θερμοκρασίες για διατήρηση της φρεσκάδας τους.

Κατηγορία προϊόντος	Κυριότερα είδη
Φρουτοσαλάτες:	αχλάδια, μήλα και ροδάκινα (ψιλοκομμένα), κεράσια (κομμένα στα δύο, χωρίς σπόρο), σταφύλια (χωρίς σπόρο), μανιτάρια, πορτοκάλια και γκρέιπφρουτ (σε φέτες), μπανάνα (κομμένη), πεπόνια και καρπούζια (κομμένα σε κύβους)
Λαχανικά για snacks:	κρεμμύδια (ολόκληρα και σε φέτες), μίσχοι σέλινου, κομμένα καρότα και αγγούρια, μαρούλια (ολόκληρα)
Λαχανικά για μαγείρεμα:	φασόλια κομμένα, πατάτες, κρεμμύδια (κομμένα σε φέτες), πατάτες, τομάτες, σπαράγγια, πιπεριές, μπρόκολα, μανιτάρια, λάχανα Βρυξελλών, μελιτζάνες (κομμένα σε μικρούς κύβους), μπάμιες (ολόκληρες), αρακάς (ολόκληρος σπόρος), λαχανικά κομμένα για τηγάνισμα
Φρεσκοκομμένες σαλάτες λαχανικών:	καρότα, λάχανο, μαρούλι, πιπεριά (λεπτοκομμένα), μαϊντανός (ολόκληρος)
Λαχανικά για σάντουιτς:	τομάτα (κομμένη), μαρούλι (ψιλοκομμένο)
Λαχανικά για σουπές	πιπεριές, μανιτάρια, κρεμμύδια, σκόρδο, πράσο (κομμένα σε μικρούς κύβους), σέλινο και μαϊντανός (ψιλοκομμένα)

Πίνακας 11.1 Τα πιο αντιπροσωπευτικά είδη ελάχιστα μεταποιημένων καρπών και λαχανικών, ταξινομημένα σε κατηγορίες ανάλογα με το είδος και τη χρήση τους.

Η παραγωγή ελάχιστα μεταποιημένων λαχανικών και φρούτων αποτελεί έναν σχετικά νέο, αλλά ταχέως αναπτυσσόμενο κλάδο της βιομηχανίας παραγωγής και μεταποίησης νωπών οπωροκηπευτικών. Αν και στις Η.Π.Α. η αρχή πραγματοποιήθηκε το 1964 στη Καλιφόρνια με φρεσκοκομμένο μαρούλι και η διάθεση των προϊόντων αυτών στις αγορές άρχισε μόλις το 1989, η κατανάλωσή τους το 1999 ανήλθε στο 10% της συνολικής κατανάλωσης νωπών οπωροκηπευτικών, με πρόσοδο περισσότερο από 8 δισεκατομμύρια δολάρια (Greenleaf, 1999), αυξήθηκε τα επόμενα πέντε χρόνια στο 15% (Garrett, 2002), ενώ πιο πρόσφατες εκτιμήσεις (2007) δείχνουν πωλήσεις άνω των 15 δις δολαρίων. Στην Ευρώπη, η Αγγλία αποτελεί τη χώρα με τη μεγαλύτερη αγορά ελάχιστα μεταποιημένων οπωροκηπευτικών, με πωλήσεις που ξεπέρασαν το 2004 τα 700 εκατομμύρια ευρώ. Συνολικά, ο κάθε ευρωπαίος πολίτης καταναλώνει κατά μέσο όρο 3 κιλά τέτοιων προϊόντων το χρόνο, με τις διαφορές όμως μεταξύ των ευρωπαϊκών κρατών να είναι τεράστιες. Παγκόσμια, τα κομμένα λαχανικά (π.χ. κομμένα καρότα) και οι φρεσκοκομμένες σαλάτες λαχανικών καλύπτουν το μεγαλύτερο μέρος της αγοράς των προϊόντων αυτών, αλλά οι φρεσκοκομμένες φρουτοσαλάτες κερδίζουν συνεχώς έδαφος, παράλληλα με την βελτίωση των μεθόδων διατήρησής τους (Rojas-Graü et al., 2011a). Η συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση τέτοιων προϊόντων είναι απόρροια του σύγχρονου τρόπου ζωής, και της ανάγκης για κατανάλωση νωπών, θρεπτικών και υγιεινών οπωροκηπευτικών χωρίς τις δυσκολίες διατήρησης, καθαρισμού, και κοπής που προϋποθέτει η χρήση τους. Παράλληλα, αποτελούν ένα μέσο αύξησης της κατανάλωσης νωπών οπωροκηπευτικών με σκοπό τη βελτίωση της διατροφής του σύγχρονου ανθρώπου. Όμως, για την παραγωγή, τη διακίνηση και τη διάθεσή τους στην αγορά, απαιτείται η χρήση σχετικά εξελιγμένων τεχνικών και μέσων ώστε να διασφαλίζεται η διατήρηση της ποιότητας και η ασφάλεια της χρήσης τους από τους καταναλωτές.



Εικόνα 11.1 Παραδείγματα ελάχιστα μεταποιημένων οπωροκηπευτικών: ανάμικτη φρεσκοκομμένη σαλάτα μαρουλιού (αριστερά), σπαράγγι κομμένο στα άκρα του έτοιμο για κατανάλωση (δεξιά).

11.2 Τα υπέρ και κατά της κατανάλωσης ελάχιστα μεταποιημένων οπωροκηπευτικών

Σε γενικές γραμμές, η παραγωγή και κατανάλωση των προϊόντων αυτών παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα:

- παρέχουν ευκολία στη χρήση τους και καταναλώνονται σχεδόν στο 100% σε αντίθεση με τα πλείστα νωπά οπωροκηπευτικά που απαιτούν προετοιμασία για την κατανάλωσή τους και συχνά απόρριψη μέρους του προϊόντος, είτε γιατί δεν βρίσκεται σε καλή κατάσταση (π.χ. εξωτερικά φύλλα μαρουλιού), είτε γιατί δεν καταναλώνεται (π.χ. φλοιός εσπεριδοειδών, καρπουζιού, πεπονιού κ.ά.)
- έχουν υψηλότερη διατροφική αξία σε σχέση με άλλα μεταποιημένα τρόφιμα, διατηρώντας παράλληλα τη φρεσκάδα και τα γευστικά χαρακτηριστικά του νωπού προϊόντος
- αποτελούν εναλλακτική πρόταση στην δυσχέρεια του σημερινού ανθρώπου να καταναλώσει νωπά φρούτα και λαχανικά, με δεδομένη την ευεργετική επίδραση της κατανάλωσης οπωροκηπευτικών στην ανθρώπινη υγεία
- ανοίγουν νέες αγορές, οι οποίες υποστηρίζονται από διάφορες επιχειρήσεις παραγωγής, συσκευασίας, διανομής και εμπορίας των προϊόντων αυτών, δημιουργώντας νέες θέσεις εργασίας

Εντούτοις, υπάρχουν σημαντικά μειονεκτήματα λόγω της φύσης των προϊόντων αυτών και της σχετικά πρόσφατης εμφάνισής τους στις αγορές:

- είναι κατά κανόνα πιο ακριβά σε σχέση με τα νωπά οπωροκηπευτικά, λόγω της μεταποίησης, της συσκευασίας και της διατήρησής τους, εάν η σύγκριση της τιμής γίνει με βάση το βάρος, αλλά η διαφορά στην τιμή είναι μικρότερη στην πραγματικότητα λόγω της

απόρριψης συνήθως μέρους του νωπού προϊόντος λόγω καθαρισμού, διαλογής κ.ά., σε αντίθεση με το ελαφρά μεταποιημένο που καταναλώνεται σχεδόν στο σύνολό του

- η μεταποίηση, ακόμη και όταν είναι ελάχιστη και προσεκτική, επιταχύνει τη φυσιολογική φθορά των φρούτων και λαχανικών, επάγει διάφορες βιοχημικές αλλαγές και την μικροβιακή αποσύνθεση, οδηγώντας σε απώλεια χρώματος, υφής και αρώματος
- είναι περισσότερο φθαρτά από τα ακέραια προϊόντα από τα οποία προέρχονται και απαιτούν θερμοκρασίες κοντά στους 0 °C για να διατηρηθούν για σχετικά σύντομο χρονικό διάστημα πριν την κατανάλωσή τους, που ανάλογα με το προϊόν δεν μπορεί να ξεπερνά τις 2-3 εβδομάδες (Rico et al., 2007)
- εξαιτίας της κοπής, της επεξεργασίας τους και του χρονικού διαστήματος που μεσολαβεί μεταξύ της επεξεργασίας και της κατανάλωσής τους, είναι περισσότερο ευπρόσβλητα σε μικροοργανισμούς όπως την *Listeria monocytogenes*, το *Clostridium botulinum*, είδη του γένους *Salmonella* και *Shigella*, εντεροπαθογόνα στελέχη του *Escherichia coli*, τον ιό της ηπατίτιδας Α, κ.ά. Γι' αυτό, εκτός από τη διατήρηση της ποιότητας και φρεσκάδας, οι τεχνικές για την επεξεργασία και συντήρηση των κομμένων ή ελάχιστα μεταποιημένων οπωροκηπευτικών πρέπει να εξασφαλίζουν προϊόν με χαμηλό μικροβιακό φορτίο και σε κάθε περίπτωση απαλλαγμένο από μικροοργανισμούς που παράγουν τοξίνες επικίνδυνες για τον ανθρώπινο οργανισμό (Alzamora et al., 2000)

11.3 Φυσιολογικές και βιοχημικές αλλαγές κατά την επεξεργασία και συντήρηση των ελάχιστα μεταποιημένων οπωροκηπευτικών – διαφορές σε σχέση με τα ακέραια οπωροκηπευτικά

Ενώ οι «κλασικές» μέθοδοι μεταποίησης περιλαμβάνουν τεχνικές θερμικής απενεργοποίησης των ενζύμων, στα περισσότερα ελάχιστα μεταποιημένα οπωροκηπευτικά οι ιστοί παραμένουν ζωντανοί και τα ένζυμα ενεργά. Συνεπώς, τα προϊόντα αυτά παρουσιάζουν πολλά κοινά στη φυσιολογία τους με αυτή των τραυματισμένων φυτικών ιστών, με την κοπή κατά την επεξεργασία να οδηγεί σε πολυάριθμες φυσικές, φυσιολογικές και βιοχημικές αλλαγές που υποβαθμίζουν την ποιότητα και τη μετασυσπληκτική ζωή του προϊόντος (Saltveit, 1997, Soliva-Fortuny & Martín-Belloso, 2003). Οι φυσικές, φυσιολογικές βιοχημικές και ποιοτικές μεταβολές που προκαλούνται στα οπωροκηπευτικά κατά την ελάχιστη επεξεργασία τους, περιλαμβάνουν τα εξής:

11.3.1 Απομάκρυνση προστατευτικών ιστών

Στα περισσότερα ελάχιστα μεταποιημένα οπωροκηπευτικά πραγματοποιείται κοπή και αφαίρεση ιστών που δεν καταναλώνονται από τους καταναλωτές, αλλά παρέχουν προστασία στο μέρος του καρπού ή λαχανικού που καταναλώνεται. Για παράδειγμα, η αφαίρεση του φλοιού σε πολλούς καρπούς (π.χ. εσπεριδοειδή), των εξωτερικών φύλλων στο μαρούλι, των ξηρών χιτώνων στο κρεμμύδι κ.ά., ώστε το ελάχιστα μεταποιημένο προϊόν να καταναλώνεται στο σύνολό του, αφήνει τους ευαίσθητους σαρκώδεις ιστούς του εσωτερικού των προϊόντων εκτεθειμένους σε μηχανικούς τραυματισμούς, στο οξυγόνο της ατμόσφαιρας, στο φως κ.ά.

11.3.2 Φυσιολογικές και βιοχημικές μεταβολές

Ο τεμαχισμός προκαλεί αρχικά αποδόμηση των μεμβρανών και των οργανιδίων των κυττάρων στη περιοχή του τεμαχισμού. Η αποδόμηση των μεμβρανών, μεταξύ των άλλων, προκαλεί αποακετυλίωση (deacylation) των γλυκολιπιδίων των χλωροπ्लाστών, επιφέροντας οξείδωση της χλωροφύλλης σε πράσινους ιστούς και επηρεάζοντας το χρώμα του ιστού γενικότερα. Η αποακετυλίωση των γλυκολιπιδίων, φωσφολιπιδίων και γαλακτολιπιδίων οδηγεί σε αύξηση των ελεύθερων λιπαρών οξέων που μπορεί να συσσωρεύονται σε τοξικά για τα κύτταρα επίπεδα, προκαλώντας με τη σειρά τους λύση οργανιδίων και απενεργοποίηση των πρωτεϊνών. Τα ελεύθερα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα μπορεί να αποδομηθούν ενζυμικά σε υδροϋπεροξειδία, που είναι επίσης τοξικά. Τα ισομερή των υπεροξειδίων οδηγούν στη παραγωγή πτητικών προϊόντων που είναι περαιτέρω υπεύθυνα για τη φθορά των τραυματισμένων ιστών και ελεύθερων ριζών που θεωρούνται παράγοντες γήρανσης. Με την αύξηση της περατότητας των μεμβρανών και την

αποδόμηση του κυττάρου, η εκροή του κυτταρικού περιεχομένου μπορεί να τραυματίσει τα γειτονικά κύτταρα (Τσαντίλη, 1999). Ορισμένες από τις πτητικές ουσίες που παράγονται μπορεί να οδηγήσουν σε αλδεύδες, οι οποίες είναι σε ένα βαθμό υπεύθυνες για τον αυξημένο ρυθμό αναπνοής των τραυματισμένων ιστών, ενώ μέσω των λιποξειδασών, πραγματοποιείται σύνθεση αλδευδών και κετονών με άσχημη οσμή (off flavour), οδηγώντας σε γευστική υποβάθμιση των προϊόντων αυτών (Ahvenainen, 1996).

Από τις φυσιολογικές αλλαγές κυριαρχούν η αύξηση του ρυθμού αναπνοής και παραγωγής αιθυλενίου μετά τον τραυματισμό, λόγω αύξησης της παραγωγής αλδευδών και των αλλαγών στον έλεγχο των σταδίων της οξειδωτικής φωσφορυλίωσης (μεταφοράς ηλεκτρονίων) και της αύξησης της δράσης της ACC-συνθετάσης αντίστοιχα. Η κοπή των φυτικών ιστών προκαλεί αύξηση στην αναπνευστική τους δραστηριότητα (ανάλογα με το φυτικό είδος, έως και κατά 100% σε σχέση με τον νωπό ιστό) και στην παραγωγή αιθυλενίου ως αποτέλεσμα της προσπάθειας του ιστού για επούλωση της τομής (Abeles et al., 1992).

Οι μεταβολές αυτές έχουν σαν συνέπεια το πρόωρο μαλάκωμα των ιστών, καθώς και το κιτρίνισμα ή το οξειδωτικό καφέτισμα (oxidative browning) τους, που οφείλονται στην οξείδωση της χλωροφύλλης και τον ενζυμικό μεταβολισμό φαινολικών ουσιών ή ανθοκυανινών (από πολυφαινολοξειδάσες, φαινολάσες κ.ά.) αντίστοιχα (Martinez & Whitaker, 1995). Ως προς το καφέτισμα, που αποτελεί ιδιαίτερο πρόβλημα στις φρεσκοκομμένες σαλάτες φρούτων και λαχανικών, η αλυσίδα των αντιδράσεων ξεκινά με την απαμίνωση της φαινυλαλανίνης μέσω του ενζύμου φαινυλαλανίνη αμμωνία-λυάση (phenylalanine ammonia lyase - PAL) για το σχηματισμό φαινολικών ουσιών. Η διάρρηξη του τονοπλάστη επιφέρει την ανάμιξη των φαινολοξειδασών του κυτταροπλάσματος με τις φαινολικές ουσίες του κενотоπίου, οδηγώντας στο καφέτισμα του ιστού. Το ένζυμο πολυφαινολοξειδάση (polyphenol oxidase – PPO) παρουσία O_2 μπορεί να οξειδώσει τις φαινολικές ουσίες σε κινόνες, οι οποίες πολυμερίζονται σε καφέ χρώματος χρωστικές.

Η δραστηριότητα της PAL αυξάνεται με το αιθυλένιο και τις υψηλές συγκεντρώσεις CO_2 , ιδιαίτερα στις χαμηλές θερμοκρασίες που η διαλυτότητα των αερίων στον κυτταρικό χυμό είναι αυξημένη. Ο τεμαχισμός αυξάνει τη δραστηριότητα της PAL μέσω αύξησης στην παραγωγή αιθυλενίου και την ένταση της αναπνοής. Ωστόσο, η δραστηριότητα της PPO και τα τελικά φαινολικά προϊόντα παρεμποδίζονται σε συνθήκες αυξημένου CO_2 . Επιπρόσθετα, το καφέτισμα μειώνεται σε ατμόσφαιρες χαμηλού O_2 , λόγω της μείωσης του ρυθμού αναπνοής και παραγωγής αιθυλενίου καθώς της δράσης των οξειδασών, όπως της PPO (Τσαντίλη, 1999).

11.3.3 Μεταβολές σε ποιοτικά χαρακτηριστικά

Τα οπτικά συμπτώματα της φθοράς των ελάχιστα μεταποιημένων οπωροκηπευτικών περιλαμβάνουν μαλάκωμα ή συρρίκνωση-ζάρωμα λόγω αυξημένης απώλειας νερού, αλλαγές στο χρώμα (π.χ. απώλεια χλωροφύλλης, αποχρωματισμός, κιτρίνισμα, καφέτισμα), οξείδωση των λιπιδίων και προσβολές από μικροοργανισμούς (Brecht, 1995).

Η απώλεια του νερού αποτελεί πολύ σημαντικό πρόβλημα στα κομμένα οπωροκηπευτικά, αφού σε σχέση με τους ακέραιους ιστούς, παρουσιάζεται κατά 5-10 φορές αυξημένη σε προϊόντα με ελαφρά φελλώδες εξωτερικό (π.χ. καρότο), 10-100 φορές σε αυτά με κηρώδη επιδερμίδα (π.χ. φύλλα σπανακιού, λοβοί φασολιού) και έως 500 φορές σε κομμένες πατάτες (Burton, 1982).

Γενικότερα, το περιεχόμενο σε θρεπτικά συστατικά και κυρίως η περιεκτικότητα σε βιταμίνη C των κομμένων οπωροκηπευτικών είναι σημαντικά μειωμένο σε σχέση με αυτό των ακέραιων νωπών προϊόντων. Λόγω της δράσης τους ως αντιοξειδωτικά, οι βιταμίνες A και C και οι φαινολικές ουσίες αδρανοποιούνται με την κοπή και την έκθεση των εσωτερικών ιστών στο φως και στον αέρα, μέσω ενζυμικών ή χημικών (χαμηλό pH) αντιδράσεων, όπως επίσης και μετά την απολύμανση των κομμένων ιστών με χλώριο. Η απώλεια της βιταμίνης C επιταχύνεται με την απώλεια νερού και σχετίζεται στενά με την θερμοκρασία αποθήκευσης και το φυτικό είδος (Klein, 1987).

Η αύξηση της παραγωγής αιθυλενίου προάγει την αποδόμηση και το μαλάκωμα των ιστών (π.χ. στη μπανάνα και το ακτινίδιο), την απώλεια της βιταμίνης C και της χλωροφύλλης (π.χ. στο σπανάκι αλλά όχι στο μπρόκολο) και την ανάπτυξη ανεπιθύμητων οσμών (Kader et al., 1985, Abe & Watada, 1991). Η επαγωγή της παραγωγής αιθυλενίου λόγω κοπής είναι εντονότερη σε καρπούς που βρίσκονται σε προ- ή κλιμακτηριακό στάδιο, σε σχέση με αυτούς σε μετακλιμακτηριακό στάδιο, με συνέπεια την επιτάχυνση της φθοράς στα είδη με κλιμακτηριακή συμπεριφορά (αχλάδι, μήλο,

μπανάνα, τομάτα, πεπόνι), όταν τα μη κλιμακτηριακά είδη (εσπεριδοειδή, αγγούρι, πιπεριά, ανανάς) δεν αντιδρούν αντίστοιχα (Abeles et al., 1992).

Πολλοί τραυματισμένοι φυτικοί ιστοί παράγουν δευτερογενείς μεταβολίτες (φλαβονοειδή, τερπενοειδή, αλκαλοειδή, ταννίνες, γλυκοσινολίτες) για την επούλωση των τομών και την προστασία τους από προσβολές από φυτοπαθογόνα. Σε ορισμένες περιπτώσεις, οι ουσίες αυτές μπορεί να επιδρούν αρνητικά στο άρωμα, τη γεύση, τη θρεπτική αξία και την ασφάλεια των κομμένων φρούτων και λαχανικών (Miller, 1992). Στον Πίνακα 11.2 παρουσιάζονται συνοπτικά οι κυριότερες μεταβολές των ποιοτικών χαρακτηριστικών των ελάχιστα μεταποιημένων οπωροκηπευτικών λόγω της δράσης συγκεκριμένων ενζύμων, η οποία προάγεται κατά την ελαφρά μεταποίηση των προϊόντων.

Ένζυμο	Αντίδραση που ελέγχει	Προκαλούμενη υποβάθμιση της ποιότητας
Γεύση		
Λιπάση, εστεράση	υδρόλυση λιπιδίων	τάγγισμα
Λιποξυγενάση	οξειδωση πολυακόρεστων λιπαρών οξέων	οξειδωτικό τάγγισμα
Υπεροξειδάση, καταλάση	οξειδωση λιπαρών οξέων	υποβάθμιση της γεύσης
Πρωτεάση	υδρόλυση πρωτεϊνών	ανάπτυξη πικρής γεύσης
Χρώμα		
Πολυφαινολοξειδάση	οξειδωση φαινολικών ουσιών	ανάπτυξη σκούρου χρώματος - καφέτιασμα
Υφή		
Αμυλάση	υδρόλυση αμύλου	μαλάκωμα
Πηκτινομεθυλεστεράση, πολυγαλακτουρονάση	διαλυτοποίηση πηκτινών	αποδόμηση κυτταρικών τοιχωμάτων - μαλάκωμα
Διατροφική αξία		
Ασκορβική οξειδάση	οξειδωση του ασκορβικού οξέος	μείωση της περιεκτικότητας σε βιταμίνη C
Θειαμινάση	υδρόλυση της θειαμίνης (B ₁)	μείωση της περιεκτικότητας σε βιταμίνη B ₁

Πίνακας 11.2 Εμπλοκή ενζυμικών μηχανισμών στην υποβάθμιση της ποιότητας των ελάχιστα μεταποιημένων οπωροκηπευτικών (Από: Svensson, 1977).

11.4 Παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα των ελάχιστα μεταποιημένων οπωροκηπευτικών

Οι μεταβολές και η διατήρηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των οπωροκηπευτικών μετά την ελάχιστη μεταποίησή τους, εξαρτάται από το φυτικό είδος και την ποικιλία, τους προσυλλεκτικούς χειρισμούς, την τεχνική της συγκομιδής, το στάδιο ωρίμανσης κατά τη συγκομιδή, τις τεχνικές καθαρισμού και απολύμανσης του ακέραιου ή κομμένου φυτικού υλικού, τον τρόπο και την έκταση της μεταποίησης-κοπής και τις μεθόδους συντήρησης των προϊόντων μετά την ελάχιστη μεταποίησή τους (Καραπάνος & Πάσσαμ, 2010).

Το είδος του φυτικού ιστού παίζει σημαντικό ρόλο στην υποβάθμιση της ποιότητας των ελάχιστα μεταποιημένων οπωροκηπευτικών, με τα λαχανικά να παρουσιάζουν μικρότερη ευαισθησία σε σχέση με τα φρούτα, ιδιαίτερα δε τους σαρκώδεις καρπούς (Brecht, 1995). Σε πολλά είδη καρπών και λαχανικών (π.χ. ροδάκινο, νεκταρίνι, μαρούλι, λάχανο, καρότο κ.ά.) έχουν παρατηρηθεί σημαντικές διαφορές μεταξύ των διαφόρων ποικιλιών, ως προς την αύξηση της αναπνευστικής δραστηριότητας, την παραγωγή δευτερογενών μεταβολιτών, το καφέτιασμα, την μεταβολή του χρώματος κ.ά., κατά την κοπή και την μεταποίησή τους (Toivonen & DeEll, 2002). Μεταξύ 12 ποικιλιών μήλων, βρέθηκε ότι μόνο οι ποικιλίες "Cortland", "Empire", "Golden Delicious",

“New York 674” και “Delicious” εμφάνισαν το λιγότερο καφέτιασμα μετά την κοπή, εντός 3 ημερών στους 2 °C (Τσαντίλη, 1999).

Λόγω της σημασίας του ασβεστίου στη βελτίωση της δομής και της συνεκτικότητας και στην επιμήκυνση της μετασυλλεκτικής ζωής των οπωροκηπευτικών, η αποφυγή τροφοπενιών ασβεστίου και η εφαρμογή ορθολογικής λίπανσης και άρδευσης κατά την ανάπτυξη των φυτών, συμβάλλουν στην διατήρηση της ποιότητας των προϊόντων τους μετά από ελαφρά επεξεργασία (Crisosto et al., 1997, Weston & Barth, 1997). Όπως έχει αποδειχθεί σε καρότα και αχλάδια (Babic et al., 1993, Gorny et al., 2000), οι περιβαλλοντικές συνθήκες στις οποίες τα οπωροκηπευτικά έχουν παραχθεί επιδρούν σημαντικά στην ποιότητα των ελάχιστα επεξεργασμένων προϊόντων τους, αλλά δεν είναι γνωστή η αιτία για το φαινόμενο αυτό. Ο τρόπος συγκομιδής και οι συνθήκες υπό τις οποίες πραγματοποιήθηκε η συγκομιδή των προϊόντων, επηρεάζει σημαντικά την ποιότητα των ελαφρά μεταποιημένων προϊόντων τους, ιδιαίτερα σε ιδιαίτερα φθαρτά είδη που χάνουν γρήγορα νερό και απαιτούν χαμηλές θερμοκρασίες για την διατήρησή τους αμέσως μετά τη συγκομιδή (π.χ. μπρόκολο, φυλλώδη λαχανικά). Στα είδη αυτά, η συγκομιδή πρέπει να γίνεται νωρίς το πρωί ή το απόγευμα όταν επικρατούν υψηλές θερμοκρασίες και να εφαρμόζεται πρόψυξη.

Το καταλληλότερο στάδιο ωρίμανσης για συγκομιδή και ελάχιστη μεταποίηση εξαρτάται από το φυτικό είδος. Γενικότερα, οι κλιμακτηριακοί καρποί δεν πρέπει να τεμαχίζονται σε στάδιο προχωρημένης ωριμότητας γιατί έχουν μαλακώσει αρκετά ή σε πρώιμο στάδιο γιατί εμφανίζουν έντονη αναπνευστική δραστηριότητα και παραγωγή αιθυλενίου λόγω κλιμακτηρίου. Όμως, στις πιπεριές (μη κλιμακτηριακός καρπός) ενδείκνυται η επεξεργασία σε προχωρημένο στάδιο ωριμότητας, ο τεμαχισμός ανώριμων καρότων προκαλεί συσσώρευση ουσιών με πικρή γεύση (ισοκουμαρίνες), ενώ, αντίθετα, το μαρούλι που τεμαχίζεται σε ώριμο ή υπερώριμο στάδιο παρουσιάζει εντονότερα καφέτιασμα (Toivonen & DeEll, 2002).

Η μέθοδος επεξεργασίας και ο τρόπος κοπής των ελάχιστα μεταποιημένων οπωροκηπευτικών επιδρούν σημαντικά στην ποιότητά τους. Όσο μικρότερο είναι το μέγεθος των τεμαχίων και μεγαλύτερη η επιφάνεια του κομμένου ιστού, τόσο αυξάνεται η αναπνοή, η παραγωγή αιθυλενίου και η απώλεια νερού. Γενικά, οι χονδροκομμένοι ιστοί με μικρότερες επιφάνειες κοπής παρουσιάζουν μικρότερη υποβάθμιση της ποιότητας, λόγω μειωμένου τραυματισμού. Ο τεμαχισμός πρέπει να γίνεται με όσο το δυνατό πιο αιχμηρές λεπίδες για μικρότερο τραυματισμό των κυττάρων (Soliva-Fortuny & Martín-Belloso, 2003). Συστήνεται μετά τη κοπή να ακολουθεί ξέπλυμα με νερό ή/και με αντιοξειδωτικά και στέγνωμα των τεμαχίων με φυγοκέντρηση σε χαμηλή ταχύτητα, ώστε να απομακρύνεται ο κυτταρικός χυμός από τις κομμένες επιφάνειες, ο οποίος επιφέρει ανεπιθύμητες αλλοιώσεις στους τραυματισμένους ιστούς (Τσαντίλη, 1999).

11.5 Προετοιμασία, συσκευασία, συντήρηση και διανομή των ελάχιστα μεταποιημένων καρπών και λαχανικών

Η παραγωγή, διανομή και εμπορία των ελάχιστα μεταποιημένων οπωροκηπευτικών απαιτεί την υιοθέτηση σύγχρονης μετασυλλεκτικής τεχνολογίας, για τη διατήρηση της ποιότητας των προϊόντων αυτών στα επίπεδα των νωπών κηπευτικών από τα οποία προήλθαν, παράλληλα με τη διασφάλιση της υγείας των καταναλωτών από την κατανάλωσή τους και τον περιορισμό του κόστους παραγωγής και διακίνησής τους. Πριν την εφαρμογή των χειρισμών αυτών, απαιτείται συστηματική μελέτη όλων των σταδίων στην αλυσίδα παραγωγής και εμπορίας, λαμβάνοντας υπόψη τις ιδιαιτερότητες των προϊόντων αυτών, όπως:

- την ευπαθή τους φύση και τη μικρή μετασυλλεκτική ζωή τους,
- την ανάγκη για παραγωγή καθ' όλη τη διάρκεια της χρονιάς, έτσι ώστε να υπάρχει συνεχής ροή προϊόντων στην αγορά,
- την ανάγκη για τυποποίηση των προϊόντων, χρησιμοποιώντας δοχεία ή σακούλες συγκεκριμένων διατάσεων και με τυποποιημένες ετικέτες, έτσι ώστε να επιτρέπει την μηχανοποίηση της συσκευασίας,
- την εφαρμογή συγκεκριμένων συνθηκών διατήρησης ακόμη και στο σημείο πώλησης, όπως για παράδειγμα η διατήρηση και έκθεση σε ψυγεία στα σουπερμάρκετ.

Αρχικά, πρέπει να μελετηθούν οι γεωγραφικές σχέσεις μεταξύ της περιοχής παραγωγής και του κέντρου κατανάλωσης των προϊόντων αυτών, γιατί η συγκομιδή, η επεξεργασία, η συσκευασία, η

αποθήκευση και η διανομή τους πρέπει να πραγματοποιηθούν στο ελάχιστο δυνατό χρονικό διάστημα. Στη συνέχεια πρέπει να μελετηθεί ο όγκος των προϊόντων που θα διακινηθούν στην αγορά καθώς και οι απαιτήσεις για ελεγχόμενες και τροποποιημένες ατμόσφαιρες, συσκευασία σε κενό κ.ά. Φυσικά, ο τρόπος συσκευασίας και οι ανάγκες για ειδικές συνθήκες ατμόσφαιρας εξαρτώνται από το είδος του καρπού και λαχανικού, το βαθμό της μεταποίησης (π.χ. εάν είναι κομμένο ή τριμμένο) και εάν συσκευάζεται μόνο του ή σε συνδυασμό με άλλα προϊόντα (π.χ. ανάμικτες σαλάτες).

Παράλληλα με τους απαιτούμενους χειρισμούς για την προετοιμασία και την επιλογή των μέσων αποθήκευσης και συσκευασίας, είναι απαραίτητος ο τακτικός έλεγχος της ποιότητας του προϊόντος σε κάθε στάδιο της μετασυλλεκτικής αλυσίδας. Ο έλεγχος αυτός είναι απόλυτα αναγκαίος, γιατί η μείωση της ποιότητας γίνεται αθροιστικά σε κάθε στάδιο και αν σε οποιοδήποτε σημείο διαπιστώνεται κάποιο πρόβλημα, αυτό πρέπει να διορθώνεται αμέσως (Πάσσαμ, 1999).

Ως παράδειγμα των παραγόντων που πρέπει να μελετηθούν και των τεχνικών της μετασυλλεκτικής τεχνολογίας που πρέπει να εφαρμοστούν, στον Πίνακα 11.3 παρατίθεται η περίπτωση των φρεσκοκομμένων καρπών φράουλας, σύστημα το οποίο μπορεί να είναι πλήρως μηχανοποιημένο και να ελέγχεται από ηλεκτρονικούς υπολογιστές:

1. Επιλογή της ποικιλίας:	π.χ. η ποικιλία "Parjaro" είναι κατάλληλη για νωπή κατανάλωση
2. Συγκομιδή:	μηχανική ή χειρονακτική συγκομιδή στο στάδιο του βαθύ κόκκινου ή ροζ χρώματος, τοποθετώντας τους καρπούς σε ένα ρηχό δίσκο
3. Πρόψυξη:	ταχεία ψύξη με αέρα ή νερό, μειώνοντας τη θερμοκρασία των καρπών στους 7 °C ή λιγότερο, μέσα σε 8 min (max 2 ώρες)
4. Προετοιμασία στον αγρό:	ξέπλυμα των καρπών και αφαίρεση του κάλυκα με μηχανικό τρόπο
5. Μεταφορά:	η μεταφορά στο συσκευαστήριο γίνεται στους 0 °C - οι καρποί παραμένουν στους ρηχούς δίσκους
6. Διαλογή και διαχωρισμός σε κατηγορίες μεγεθών:	απορρίπτονται οι ελαττωματικοί καρποί - οι υπόλοιποι ταξινομούνται σε δύο μεγέθη - χωρίζονται επίσης ανάλογα με το χρώμα
7. Επεξεργασία:	οι καρποί κόβονται σε τέσσερα κομμάτια τα οποία ξεπλένονται, βυθίζονται σε διάλυμα CaCl ₂ και στεγνώνουν με φυγοκέντρωση
8. Συσκευασία:	οι κομμένοι καρποί συσκευάζονται σε πλαστικά δοχεία διαφόρων μεγεθών (από 0,5 έως 5 kg) - η αποθήκευση γίνεται στους 0 °C και σε ελεγχόμενες ατμόσφαιρες (12% CO ₂ , 2% O ₂ , 95% Σ.Υ.) - το προϊόν χρησιμοποιείται για κατανάλωση ως νωπό ή στη ζαχαροπλαστική
9. Αποθήκευση:	0 °C και 95% Σ.Υ. για 7 ημέρες (μέγιστο)
10. Διανομή και λιανική πώληση:	σε ψυγεία ή στα ράφια για μια μόνο ημέρα στους 18-20 °C - το πρώτο σύμπτωμα υποβάθμισης της ποιότητάς τους είναι η απώλεια των πτητικών ουσιών (υποβάθμιση αρώματος)

Πίνακας 11.3 Στάδια της μετασυλλεκτικής τεχνολογίας για την παραγωγή, διάθεση και εμπορία κομμένων καρπών φράουλας για νωπή κατανάλωση (Από: Rosen & Kader, 1989).

Σε κάθε προϊόν, η τεχνολογία που εφαρμόζεται σχετίζεται με τις φυσιολογικές αλλαγές του προϊόντος μετά τη συγκομιδή και τις απαιτήσεις που έχει το κάθε είδος για τη διατήρηση της ποιότητας και την εξασφάλιση της ασφάλειας στην κατανάλωσή του, ανάλογα και με την ευαισθησία του στους χειρισμούς κατά την ελαφρά μεταποίηση (π.χ. πλύσιμο, κοπή, εφαρμογή αντιοξειδωτικών, απολυμαντικών, συσκευασία σε ελεγχόμενες ή τροποποιημένες ατμόσφαιρες κ.ά.). Αν και οι χειρισμοί για κάθε προϊόν μπορεί να διαφέρουν πολύ, για οικονομία στο σχεδιασμό και στη χρήση μηχανημάτων, στην αλυσίδα παραγωγής των ελάχιστα μεταποιημένων οπωροκηπευτικών

θα πρέπει να γίνει κάποια ταξινόμηση των διαφόρων διαδικασιών που ακολουθούνται, οι οποίες συνοπτικά αναφέρονται στα εξής:

A. Χειρισμοί των προϊόντων πριν την ελαφρά μεταποίηση

1. Συγκομιδή
2. Καθαρισμός και ταξινόμηση στο χώρο παραγωγής – Εφαρμογή πρόψυξης
3. Μεταφορά
4. Παραλαβή στο χώρο μεταποίησης

B. Προετοιμασία/μεταποίηση του προϊόντος

1. Διαχωρισμός, διαλογή και καθαρισμός
 - διαχωρισμός ανάλογα με το μέγεθος και χρώμα (grading)
 - διαλογή και απομάκρυνση προϊόντων με ανεπιθύμητα χαρακτηριστικά
 - έλεγχος
 - καθαρισμός εξωτερικού των προϊόντων (αφαίρεση λοβού, μίσχου, φλούδας κ.ά.)
 - αφαίρεση σπερμάτων (π.χ. πυρηνόκαρπα)
 - πλύσιμο
 - φυγοκέντρωση για στέγνωμα
 - ανάμιξη με άλλα προϊόντα ή με υγρά
2. Μείωση του μεγέθους των προϊόντων
 - κοπή σε διάφορα σχήματα/μεγέθη, ή
 - τρίψιμο

Γ. Συσκευασία, διατήρηση και διανομή

- αποθήκευση στα σημεία χονδρικής πώλησης και διανομής
- συνθήκες αποθήκευσης (θερμοκρασία, Σ.Υ., ελεγχόμενες ή τροποποιημένες ατμόσφαιρες κ.ά.)
- συσκευασία, επιλογή κατάλληλου υλικού, εμφάνισης και ετικέτας της συσκευασίας
- διανομή
- διατήρηση και έκθεση στο χώρο της λιανικής πώλησης (π.χ. σουπερμάρκετ)
- διατήρηση στο χώρο κατανάλωσης

11.5.1 Χειρισμοί των προϊόντων πριν την ελαφρά μεταποίηση

Τα ελάχιστα μεταποιημένα οπωροκηπευτικά απαιτούν ταχεία μεταφορά από το χώρο παραγωγής στο σημείο επεξεργασίας και αποθήκευσης και στη συνέχεια στο σημείο λιανικής πώλησης. Για τη μείωση των τραυματισμών κατά τους χειρισμούς χρησιμοποιούνται δοχεία ή άλλες μορφές συσκευασίας, που προστατεύουν τα προϊόντα και πρέπει να περιορίζεται όσο το δυνατόν περισσότερο ή αλλαγή δοχείου κατά την πορεία των διαδικασιών. Η εφαρμογή πρόψυξης συστήνεται, γιατί μειώνει τον ρυθμό μεταβολισμού των προϊόντων πριν την έναρξη εμφάνισης αλλοιώσεων και έκτοτε η θερμοκρασία πρέπει να διατηρείται σε χαμηλά επίπεδα. Η μεταφορά των δοχείων γίνεται πάνω σε παλέτες με διαστάσεις 1,0 x 1,2 x 0,15 m.

11.5.1.1 Συγκομιδή

Η συγκομιδή πρέπει να γίνει στο κατάλληλο στάδιο ωρίμανσης, σύμφωνα με τα προαναφερθέντα στα Κεφάλαια 4-9. Προτιμάται να γίνεται νωρίς το πρωί ή ακόμη και την νύχτα, όταν η θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι χαμηλότερη. Ιδιαίτερα ευπαθή προϊόντα συγκομίζονται με το χέρι και τα προϊόντα μεταφέρονται γρήγορα στο χώρο επεξεργασίας.

11.5.1.2 Καθαρισμός και διαλογή στο χώρο παραγωγής - Πρόψυξη

Ο καθαρισμός του αρακά και φασολιού (όταν συσκευάζεται μόνο σπόρος) γίνεται στον αγρό κατά τη μηχανική συγκομιδή. Η μηχανική συγκομιδή καρότου και παντζαριού περιλαμβάνει την ταυτόχρονη αφαίρεση των φύλλων. Επίσης, υπάρχουν μηχανήματα για τη συγκομιδή πατάτας, τα οποία συγκομίζουν, καθαρίζουν και συγκεντρώνουν τους καθαρισμένους κονδύλους. Οι χειρισμοί στον αγρό περιλαμβάνουν διαλογή κατά μέγεθος, απόρριψη των ελαττωματικών και μη κατάλληλων προϊόντων καθώς και την πρόψυξη. Με ξέπλυμα σε νερό, τα προϊόντα καθαρίζονται από έντομα, χώμα, σκόνες και ίχνη φυτοφαρμάκων. Στη συνέχεια, μπορεί να γίνει πρόψυξη (με υδρόψυξη, ψύξη υπό κενό, ψύξη με αέρα κ.ά.), με την ανάγκη για πρόψυξη να εξαρτάται από το είδος. Για παράδειγμα μια καθυστέρηση 3 ωρών στην πρόψυξη του μπρόκολου προκάλεσε σημαντική μείωση στη μετασυλλεκτική ζωή του (Brennen and Shewfelt, 1969), ενώ η καθυστέρηση στην εφαρμογή πρόψυξης στη φράουλα προκαλεί ποιοτική υποβάθμιση ανάλογη με την χρόνο μεταξύ συγκομιδής και εφαρμογής πρόψυξης (Picha, 2006). Όλα τα μηχανήματα και δοχεία που χρησιμοποιούνται στον αγρό (καθώς και σε όλες τις άλλες φάσεις της προετοιμασίας των προϊόντων) πρέπει να καθαρίζονται τακτικά.

11.5.1.3 Μεταφορά

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, τα φθαρτά προϊόντα που προορίζονται για ελάχιστη μεταποίηση πρέπει να μεταφέρονται με ταχύτητα και προσοχή. Η επιλογή του συστήματος μεταφοράς εξαρτάται από τη φύση του προϊόντος και την ποσότητα που μεταφέρεται. Φθαρτά προϊόντα (π.χ. φράουλες, σμέουρα κ.ά.) μεταφέρονται σε ρηχά δοχεία για τη μείωση του μηχανικού τραυματισμού. Τα φυλλώδη είδη χρειάζονται υψηλή Σ.Υ. και η μεταφορά μπορεί να γίνει με τη χρήση πάγου ή παγωμένου νερού. Μερικά είδη μεταφέρονται σε ελεγχόμενες ή τροποποιημένες ατμόσφαιρες χρησιμοποιώντας ειδικά containers ή φορτηγά-ψυγεία. Σε μερικές περιπτώσεις στις ΗΠΑ χρησιμοποιείται ψύξη με υγρό άζωτο ή αερομεταφορά.

11.5.1.4 Παραλαβή στο χώρο μεταποίησης

Φτάνοντας στο χώρο μεταποίησης, η θερμοκρασία των προϊόντων προσωρινά αυξάνεται και χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή σε αυτό το στάδιο για να μην υποβαθμιστεί η ποιότητα. Τα προϊόντα μεταφέρονται από τα φορτηγά-ψυγεία στην αποθήκη και η θερμοκρασία ρυθμίζεται ανάλογα με το είδος. Στο ενδιάμεσο, μπορεί να γίνει ζύγισμα και ποιοτικός έλεγχος των προϊόντων.

11.5.2 Προετοιμασία/μεταποίηση των προϊόντων

Όπως έχει αναφερθεί, η προετοιμασία των ελάχιστα μεταποιημένων καρπών και λαχανικών περιλαμβάνει διάφορες διαδικασίες που προκαλούν φυσικές ή/και χημικές αλλαγές στα προϊόντα. Το τελικό βάρος του προϊόντος μπορεί να αποτελεί το 50-90% του αρχικού βάρους κατά την συγκομιδή, όπως φαίνεται στον Πίνακα 11.4.

Είδος (νωπό)	Ελάχιστα μεταποιημένο προϊόν (% αρχικού βάρους)
μπρόκολο	81
λάχανο	87
πεπόνι	52
καρότο	70
μαρούλι (κεφαλωτό)	76
μανιτάρι	98
κρεμμύδι	88
ροδάκινο	76
αχλάδι (καθαρισμένο)	78
τομάτα	99
καρπούζι	57

Πίνακας 11.4 Ποσοστό (%) επί του νωπού βάρους του οπωροκηπευτικού κατά τη συγκομιδή του, που θα καταναλωθεί τελικά ως ελάχιστα μεταποιημένο προϊόν (Από: USDA, 1984).

11.5.2.1 Διαχωρισμός, διαλογή και καθαρισμός

Αρχικά γίνεται διαχωρισμός των προϊόντων (π.χ. καρπών) σε διάφορα μεγέθη, καθώς και πλύσιμο με νερό. Ο διαχωρισμός μπορεί να γίνει επίσης με βάση το χρώμα, ή άλλα ποιοτικά χαρακτηριστικά, όπως για παράδειγμα στις πατάτες με βάση το ειδικό βάρος των κονδύλων. Το πλύσιμο με νερό (όπως γίνεται και στον αγρό) καθαρίζει τα προϊόντα από ξένα υλικά, όπως σκόνη, κοτσάνια, φύλλα, έντομα, φυτοφάρμακα. Υπάρχουν όμως προϊόντα που δεν πλένονται (π.χ. μανιτάρια, πατάτες, γλυκοπατάτες, κρεμμύδια κ.ά.) γιατί η προσθήκη της υγρασίας είναι βλαβερή, τα οποία καθαρίζονται με βούρτσισμα ή τρίψιμο ή πλένονται μετά την αποθήκευσή τους. Στη συνέχεια, τα προϊόντα ξεπλένονται με διαλύματα απολυμαντικών (βλέπε Παράγραφο 11.6.1). Μετά το πλύσιμο γίνεται το στέγνωμα του προϊόντος με φυγοκέντρωση για λίγα λεπτά. Επίσης, μετά το πλύσιμο μπορεί να γίνει η προσθήκη αντιοξειδωτικών ουσιών, όπως ασκορβικό ή κιτρικό οξύ (βλέπε Παράγραφο 11.6.2). Υπάρχουν επίσης διάφορα μηχανήματα που χρησιμοποιούνται για συγκεκριμένα προϊόντα, π.χ. για καθαρισμό με ψεκασμό υπό πίεση κ.ά. Η διαδικασία του πλυσίματος και φυγοκέντρωσης πρέπει να γίνεται γρήγορα, ακόμη και εντός 20 min.

Τέλος, για μερικά προϊόντα απαιτείται ξεφλούδισμα. Η αφαίρεση του φλοιού είναι απαραίτητη για φρούτα όπως μήλα και αχλάδια, πεπόνια και καρπούζια καθώς και για τα υπόγεια όργανα (π.χ. πατάτες, παντζάρια, καρότα) και μπορεί να γίνει με το χέρι, με ατμό ή βραστό νερό, με χρήση αλκαλικών διαλυμάτων (με KOH ή NaOH), με οξέα ή με μηχανικό τρόπο. Σε μεγάλες μονάδες το ξεφλούδισμα γίνεται με μηχανικό τρόπο ή με ατμό υπό πίεση. Οι πατάτες και άλλα υπόγεια όργανα ξεφλουδίζονται με μηχανικό τρόπο ή με αλκαλικά διαλύματα, όπως και η τομάτα και διάφορα φρούτα (ροδάκινα, βερίκοκα, αχλάδια).

11.5.2.2 Μείωση του μεγέθους των προϊόντων

Με μερικές εξαιρέσεις (π.χ. αρακάς, μαϊντανός), τα περισσότερα οπωροκηπευτικά που δέχονται ελάχιστη επεξεργασία κόβονται σε φέτες, κύβους ή άλλα σχήματα. Τα προϊόντα μεταφέρονται πάνω σε κινούμενες λωρίδες ή με τη φυγόκεντρο λόγω περιστροφής στο μηχανήμα κοπής όπου γίνεται η επεξεργασία. Υπάρχει μια ποικιλία μαχαιριών και εργαλείων κοπής, ώστε να σχηματιστεί το επιζητούμενο σχήμα. Όλα τα εξαρτήματα των μηχανημάτων πρέπει να καθαρίζονται τακτικά και τα μαχαίρια να διατηρούνται ιδιαίτερα κοφτερά. Ενδιαφέρον για χρήση στη κοπή των καρπών και λαχανικών παρουσιάζει η χρήση νερού σε πολύ υψηλή πίεση (3000 KPa – waterjet cutting) που προκαλεί τον ελάχιστο δυνατό τραυματισμό στα προϊόντα, σε σχέση με τις λεπίδες κοπής (Heiland et al., 1990).

11.5.2.3 Ανάμιξη των προϊόντων - Συσσκευασία

Ιδιαίτερα στις φρεσκοκομμένες σαλάτες των λαχανικών συχνά γίνεται ανάμιξη διαφόρων ειδών (π.χ. σαλάτες φυλλωδών λαχανικών μαζί με καρπούς λαχανικών – Εικόνα 11.2) ή τύπων από το ίδιο είδος (π.χ. διαφορετικοί τύποι μαρουλιού, κομμένες πιπεριές διαφόρων χρωμάτων κ.ά.). Η ομοιογένεια των διαφόρων προϊόντων στο μίγμα επιτυγχάνεται με τη χρήση μηχανημάτων (π.χ. περιστρεφόμενοι κύλινδροι ή αναδευτήρες με βραχίονες) που ανακατεύουν τα προϊόντα μετά την κοπή τους. Ο χρόνος που απαιτείται πρέπει να είναι ελάχιστος και ο τρόπος ανάμιξης εξαρτάται από τη φύση του προϊόντος.

Τέλος, τα προϊόντα συσκευάζονται ασηπτικά κάτω από αυστηρές συνθήκες καθαριότητας. Οι εργάτες που δουλεύουν στο χώρο συσκευασίας φορούν γάντια, μάσκες και καπέλα και μέσα στο χώρο εργασίας υπάρχει θετική πίεση με αέρα ο οποίος φιλτράρεται. Η θερμοκρασία συνήθως βρίσκεται στους 10-12 °C και η Σ.Υ. στο 60-70%. Αμέσως μετά τη συσκευασία τα προϊόντα ψύχονται. Η μείωση της θερμοκρασίας είναι απολύτως απαραίτητη, γιατί τα κομμένα προϊόντα παρουσιάζουν αυξημένο ρυθμό αναπνοής και ταυτόχρονα παράγουν θερμότητα.



Εικόνα 11.2 Ανάμικτη φρεσκοκομμένη σαλάτα λαχανικών (κρεμμύδι, πιπεριά, φασολάκι, γλυκομπίζελο, κολοκυθάκι – πάνω) και ανάμικτη σαλάτα φυλλωδών λαχανικών με φύτρες φασολιού,μανιτάρια και κόκκινες πιπεριές (κάτω).

11.5.2.4 Διανομή και χρήση των ελάχιστα μεταποιημένων οπωροκηπευτικών

Η διανομή στο σημείο λιανικής πώλησης πρέπει να γίνεται γρήγορα, γιατί τα προϊόντα αυτά συνήθως έχουν περιορισμένη μετασυσλεκτική ζωή. Έτσι, ο χρόνος που απαιτείται κατά τη διανομή και τη λιανικής πώληση των προϊόντων αυτών κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 3-10 ημερών. Η διάθεσή

τους γίνεται σε σουπερμάρκετ και καταστήματα τροφίμων καθώς και σε εστιατόρια και υπηρεσίες μαζικής εστίασης (catering). Σύμφωνα με στοιχεία των πολυκαταστημάτων “Marks and Spencer” του Λονδίνου (Πάσσαμ, προσωπική επικοινωνία), ο μέσος όρος διακίνησης των ελάχιστα μεταποιημένων οπωροκηπευτικών στα καταστήματα λιανικής πώλησης είναι 3 ημέρες και η κατανάλωση μετά την αγορά γίνεται εντός 2 ημερών. Για φρεσκοκομμένες σαλάτες μαρουλιού αναφέρεται ότι η κατανάλωση γίνεται εντός 10 ημερών από τη συγκομιδή, από τις οποίες απαιτούνται 5 ημέρες για συγκομιδή και μεταφορά στα κέντρα μεταποίησης, 1 ημέρα για την επεξεργασία και 4 ημέρες για τη διανομή και την πώληση στα κέντρα λιανικής. Στα σουπερμάρκετ τα προϊόντα αποθηκεύονται σε ψυγεία με θερμοκρασία $< 10-12^{\circ}\text{C}$, ανάλογα με το είδος (Πάσσαμ, 1999).

11.6 Χειρισμοί για τη διατήρηση της ποιότητας και την διασφάλιση της ασφάλειας των ελάχιστα μεταποιημένων οπωροκηπευτικών

Όπως αναφέρθηκε, λόγω της φύσης των προϊόντων αυτών, η εφαρμογή των παραδοσιακών τεχνικών επεξεργασίας και συντήρησης των νωπών οπωροκηπευτικών δεν επαρκεί για τη διατήρηση της ποιότητας των κομμένων λαχανικών και φρούτων. Οι νέες τεχνικές που χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία και τη συντήρηση των ελάχιστα μεταποιημένων οπωροκηπευτικών, εξελίσσονται με βάση την αντικατάσταση των παραδοσιακών μεθόδων που βασιζόνταν στην προσθήκη χημικών για τη βελτίωση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των προϊόντων, ώστε να καλύψουν τη συνεχώς αυξανόμενη ευαισθησία των καταναλωτών σχετικά με την κατανάλωση πιο «υγιεινών» τροφών με λιγότερα πρόσθετα (Rico et al., 2007). Βασικοί στόχοι των τεχνικών αυτών είναι η ελαχιστοποίηση του μικροβιακού φορτίου που προκαλεί σήψεις στα προϊόντα ή είναι επιβλαβές για την ανθρώπινη υγεία, τον περιορισμό του καφετιάσματος και της υποβάθμισης του χρώματος, τη διατήρηση της συνεκτικότητας και της υφής, ιδιαίτερα σε προϊόντα που μαλακώνουν γρήγορα.

11.6.1 Περιορισμός του μικροβιακού φορτίου

Μετά το αρχικό πλύσιμο των προϊόντων σε νερό βρύσης για την απομάκρυνση σκόνης, εντόμων και υπολειμμάτων φυτοφαρμάκων, ακολουθεί η εμβάπτισή τους σε χλωριωμένο νερό (συνήθως σε διάλυμα υποχλωριώδους νατρίου – NaOCl , 50-200 mg L^{-1} για λιγότερο από 5 min) για να περιοριστεί το μικροβιακό φορτίο τους. Η χλωρίωση μπορεί να εφαρμοστεί σε δύο μορφές, είτε ως αέριο Cl_2 που έχει μεν 100% δραστηριότητα αλλά δεν διαλύεται εύκολα σε νερό, ή ως υποχλωριώδες ασβέστιο $[\text{Ca}(\text{ClO})_2]$ ή νάτριο (NaOCl) τα οποία διαλύονται εύκολα, αλλά δεν μπορούν να εφαρμοστούν σε ακριβείς δοσολογίες. Το πλύσιμο και η χλωρίωση δεν περιορίζονται μόνο στο προϊόν, αλλά πρέπει να εφαρμόζονται και στα μέσα μεταποίησης (π.χ. λεπίδες και επιφάνειες κοπής). Η αντιμικροβιακή δράση των υποχλωριωδών μειώνεται σε αλκαλικές συνθήκες ($\text{pH} > 8,5$) και κατά συνέπεια πρέπει να γίνει ρύθμιση του pH του νερού πριν την προσθήκη τους (Πάσσαμ, 1999, Καραπάνος & Πάσσαμ, 2010).

Η χρήση του χλωρίου για την απολύμανση έτοιμων για κατανάλωση προϊόντων, σήμερα βρίσκεται υπό αμφισβήτηση και σε μερικές χώρες (Γερμανία, Ολλανδία, Ελβετία και Βέλγιο) έχει απαγορευθεί, γιατί δεν είναι αποτελεσματική σε όλα τα είδη των μικροβίων και απλά καθυστερεί την ανάπτυξή τους, μπορεί να σχηματίζει τοξικές ενώσεις με διάφορα συστατικά των οπωροκηπευτικών ιδιαίτερα μετά την κοπή τους, δεν επιδρά θετικά στις βιολογικές και φυσιολογικές μεταβολές κατά την μεταποίηση και την αποθήκευση των προϊόντων και απαραίτητα πρέπει να ακολουθείται από ξέπλυμα με νερό για να απομακρυνθούν τυχόν υπολείμματα χλωρίου που επιδρούν αρνητικά στην ανθρώπινη υγεία (Ahvenainen, 2000, Rico et al., 2007). Παράλληλα, η χρήση θερμότητας (π.χ. ζεμάτισμα) για τον έλεγχο του μικροβιακού φορτίου και την απενεργοποίηση ενζύμων (π.χ. λιποξυγενάση, υπεροξειδάση κ.ά.) που υποβαθμίζουν την ποιότητα των ελάχιστα μεταποιημένων οπωροκηπευτικών πρέπει να αποφεύγεται γιατί προκαλεί μείωση της γεύσης και απώλεια υφής, χρώματος και θρεπτικών συστατικών. Για τους λόγους αυτούς, μελετώνται και εφαρμόζονται εναλλακτικές τεχνικές απολύμανσης των ιστών (Heard, 2002, Garcia et al., 2003), που περιλαμβάνουν:

- παραμονή των κομμένων προϊόντων σε αέριο περιβάλλον με όζον ή υπεροξειδίο του υδρογόνου (H_2O_2) που δρουν ως απολυμαντικά. Το H_2O_2 έδειξε καλά αποτελέσματα σε κομμένες πιπεριές, αγγούρια, κολοκυθάκια και πεπόνια, αλλά προκάλεσε ενζυμικό καφέτιασμα σε κομμένο μαρούλι. Το όζον εφαρμόζεται εμπορικά, είτε ως αέριο, είτε με την εμβάπτιση των προϊόντων σε νερό εμπλουτισμένο με όζον, τόσο για την επιμήκυνση της μετασυλλεκτικής ζωής των νωπών οπωροκηπευτικών (βλέπε Κεφάλαια 4 και 10), όσο και σε κομμένους φυτικούς ιστούς. Το όζον είναι αποτελεσματικότερο απολυμαντικό σε σχέση με το χλώριο, οξειδώνει το παραγόμενο από τους τραυματισμένους ιστούς αιθυλένιο συμβάλλοντας στη διατήρηση της δομής των προϊόντων και δεν αφήνει υπολείμματα αφού διασπάται σε οξυγόνο.
- εμβάπτιση των ιστών σε υδατικά διαλύματα οργανικών οξέων (κιτρικό, οξικό, τρυγικό, ασκορβικό - το οποίο όμως χρησιμοποιείται ευρέως ως αντιοξειδωτικό παρά ως απολυμαντικό), τα οποία μειώνουν το pH του προϊόντος σε μη ευνοϊκά επίπεδα για τους μικροοργανισμούς και παράλληλα παρεμποδίζουν τη δράση ενζύμων που υποβαθμίζουν την ποιότητα. Για παράδειγμα, ο κύριος παράγοντας για την αντιμετώπιση του *Listeria monocytogenes* που αποτελεί σοβαρό παθογόνο σε προϊόντα ζωικής, ιδιαίτερα πτηνοτροφικής προέλευσης, αλλά αποτελεί επικίνδυνο μικροοργανισμό και σε κομμένο λάχανο και μαρούλι, αποτελεί η μείωση του pH κάτω από το 4,6. Αντίστοιχα, το pH 4,6 αποτελεί το ελάχιστο pH στο οποίο παρατηρείται σπορογένεση στο βακτήριο *Clostridium botulinum* που προκαλεί την ασθένεια αλλαντίαση.
- εμβάπτιση σε υδατικά διαλύματα φυσικών απολυμαντικών όπως αιθέρια έλαια, φυτοαλεξίνες, λυσοζύμες κ.ά., ή σε νερό που έχει διαλυθεί ποσότητα αλατιού (χλωριούχο νάτριο) και έχει δεχθεί ηλεκτρόλυση (electrolyzed water)
- έκθεση των ιστών σε ακτινοβολίες (ακτινοβολία γάμμα με χαμηλές δόσεις έως 1kGy, ή υπεριώδη ακτινοβολία - UV), με όριο ακτινοβολίας τα 100 krad. Οι ακτινοβολίες έδειξαν καλά αποτελέσματα ως προς την αντιμετώπιση των μικροοργανισμών, αλλά υποβάθμισαν σε ορισμένες περιπτώσεις την ποιότητα των προϊόντων, με τα φρούτα να παρουσιάζουν σχετικά υψηλότερη αντοχή σε ακτινοβολία σε σχέση με τα λαχανικά (Πίνακας 11.5). Εκτός αυτού, υπάρχει η καχυποψία εκ μέρους των καταναλωτών ως προς την ασφάλεια των τροφίμων που έχουν δεχθεί ιονίζουσες ακτινοβολίες.

Σχετική ανεκτικότητα	Είδος οπωροκηπευτικού
Υψηλή	μήλο, κεράσι, μάνγκο, πεπόνι, ροδάκινο, φράουλα, σμέουρο, τομάτα
Μέση	βερίκοκο, μπανάνα, σύκο, πορτοκάλι, αχλάδι, δαμάσκηνο, ανανάς
Χαμηλή	αβοκάντο, αγγούρι, σταφύλι, φασόλι, λεμόνι, ελιά, πιπεριά, κολοκυθάκι, φυλλώδη λαχανικά, μπρόκολο, κουνουπίδι

Πίνακας 11.5 Σχετική ανεκτικότητα νωπών καρπών και λαχανικών σε δόσεις ακτινοβολίας < 1 kGy (=100 krad) (Από: Kader, 1986).

11.6.2 Περιορισμός της οξείδωσης και του καφετιάσματος των κομμένων ιστών

Στο παρελθόν, για τον έλεγχο του καφετιάσματος στα ακέραια νωπά και στα ελάχιστα μεταποιημένα φρούτα και λαχανικά χρησιμοποιούνταν σε ευρεία κλίμακα τα θειώδη. Σήμερα, λόγω της ενοχοποίησής τους ότι έχουν αλλεργιογόνα δράση, χρησιμοποιούνται άλλες χημικές ουσίες, ενώ η ερευνώνται συνεχώς νέες πιο αποτελεσματικές ουσίες και τεχνικές (Ahvenainen, 2000).

Το ασκορβικό οξύ (βιταμίνη C - σε μορφή L-ασκορβικού οξέος, διαφόρων αλάτων και παραγώγων του), θεωρείται ως το κυριότερο Γενικά Αναγνωρισμένο ως Ασφαλές (GRAS) αντιοξειδωτικό για χρήση σε οπωροκηπευτικά και χυμούς φρούτων για την πρόληψη του καφετιάσματος και άλλων οξειδωτικών αντιδράσεων, γιατί περιορίζει σημαντικά τη δράση των φαινολοξειδασών (Bauernfeind & Pinkert, 1970). Μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε συνδυασμό με κιτρικό οξύ για τη ρύθμιση του pH των ιστών, ενώ η επίδρασή του είναι υψηλότερη όταν προστεθεί στα τελευταία στάδια της προετοιμασίας του προϊόντος. Εναλλακτικά, χρησιμοποιείται και το D-

ασκορβικό οξύ (ερυθορβικό οξύ) το οποίο έχει αντίστοιχη αντιοξειδωτική δράση, αλλά χαμηλότερο κόστος σε σχέση με το L-ασκορβικό οξύ.

Για την παρεμπόδιση του ενζυμικού καφετιάσματος χρησιμοποιούνται επίσης ουσίες με χηλική δράση έναντι των στοιχείων Cu ή Fe που προωθούν την οξειδωτική δράση των ενζύμων. Το αιθυλενοδιαμινοτετραοξικό οξύ (EDTA, σε δόση 100-220 mg L⁻¹) χρησιμοποιείται σε κομμένες πατάτες, μαρούλι, αγγούρι τουρσί, μόνο του είτε σε συνδυασμούς με άλλες ουσίες. Μία όξινη πολυφωσφορική χηλική ένωση με την εμπορική ονομασία “Sporix” συστήνεται για κομμένα μήλα, πατάτες και μπρόκολο σε συγκέντρωση 0,5%. Το κιτρικό οξύ (σε συγκέντρωση 0,1-0,3% με ή χωρίς την παρουσία ασκορβικού οξέος σε συγκέντρωση 100-200 mg L⁻¹) μέσω χηλικής δράσης και μείωσης του pH, παρεμποδίζει την δράση των φαινολοξειδασών, καθώς και των ενζύμων που οδηγούν σε ξυλοποίηση των κομμένων ιστών. Εναλλακτικά, χυμός φρούτων με χαμηλό pH όπως ο χυμός ανανά έχει χρησιμοποιηθεί ως πρόσθετο για την παρεμπόδιση του καφετιάσματος κομμένων μήλων. Επίσης, διάφορες φυτικές πρωτεάσες (ficin από τα σύκα, papain από την παπάγια και bromelain από τον ανανά), αμινοξέα με σουλφυδρυλικές ομάδες όπως η κυστεΐνη και η 4-εξυλορεσορκινόλη (4-hexylresocinol - 4-HR, η οποία όμως τα τελευταία χρόνια έχει κατηγορηθεί ότι έχει ξενοοιστρογόνα και καρκινογόνα δράση) έχουν χρησιμοποιηθεί επιτυχώς. Γενικότερα όμως, για τον αποτελεσματικότερο έλεγχο του ενζυμικού καφετιάσματος και την αντικατάσταση των θειωδών, απαιτείται ο συνδυασμός ενός αντιοξειδωτικού (όπως το ασκορβικό οξύ), ενός μέσου οξίνισης (π.χ. κιτρικό οξύ) και μίας χηλικής ένωσης (π.χ. EDTA) (Ahvenainen, 2000, Soliva-Fortuny & Martín-Belloso, 2003, Καραπάνος & Πάσσαμ, 2010).

Λόγω του ότι η θερμική επεξεργασία (π.χ. ζεμάτισμα) δεν συστήνεται για τα ελάχιστα μεταποιημένα προϊόντα, εναλλακτικά, η έκθεση των νωπών καρπών και λαχανικών πριν ή μετά την κοπή τους σε μέτρια υψηλές θερμοκρασίες (45-60 °C) για σύντομο χρονικό διάστημα (0,5 - 2 min - με το χρόνο εφαρμογής να είναι αντίστροφα ανάλογος της θερμοκρασίας) μείωσε την εμφάνιση του ενζυμικού καφετιάσματος και την απώλεια της υφής σε κομμένο μαρούλι, μήλο (μόνο στην ποικιλία “Delicious”) και πεπόνι, κυρίως μέσω της παρεμπόδισης της παραγωγής αιθυλενίου και της δράσης φαινολασών και υδρολασών (πηκτινομεθυλεστεράση, πολυγαλακτουρονάση και γαλακτοζιδάση) (Toivonen & DeEll, 2002).

11.6.3 Διατήρηση της υφής των ελάχιστα μεταποιημένων οπωροκηπευτικών

Κάποιοι από τις τεχνικές και τις ουσίες που περιορίζουν τις οξειδώσεις και το ενζυμικό καφέτιασμα, επιδρούν θετικά και στη διατήρηση της υφής, του χρώματος και της εμφάνισης των ελάχιστα μεταποιημένων προϊόντων. Για παράδειγμα, η εμβάπτιση των ιστών σε διάλυμα 1-5% CaCl₂ (και σπανιότερα λακτικού ασβεστίου), με ή χωρίς την προσθήκη ασκορβικού οξέος, μέσω της δράσης του ασβεστίου στην σταθεροποίηση των κυτταρικών τοιχωμάτων (βλέπε Κεφάλαιο 3), συνεισφέρει, σε συνδυασμό με διάφορες μεθόδους συντήρησης (βλέπε Παράγραφο 11.6.4) στον περιορισμό ή την καθυστέρηση του μαλακώματος σε κομμένες φράουλες, αχλάδια, μήλα, τομάτες, πεπόνια, λάχανα, καρότα κ.ά. (Toivonen & DeEll, 2002). Επιπλέον, το CaCl₂ μειώνει την έκλυση αιθυλενίου και την αναπνευστική δραστηριότητα των τραυματισμένων ιστών, καθώς και το καφέτιασμα σε μερικές περιπτώσεις.

Το 1-MCP χρησιμοποιείται αποτελεσματικά για τη διατήρηση της υφής και τη βελτίωση της μετασυλλεκτικής ζωής των ακέραιων οπωροκηπευτικών, ιδίως των κλιμακτηριακών, με κύρια εμπορική εφαρμογή του στη συντήρηση των μήλων (βλέπε Κεφάλαιο 10). Η χρήση του σε κομμένα μήλα (1 mg L⁻¹), ιδιαίτερα πριν τον τεμαχισμό τους, μείωσε την παραγωγή αιθυλενίου κατά την συντήρησή τους για 10 ημέρες (Jiang & Joyce, 2002). Επίσης, συνέβαλε στη διατήρηση της υφής κομμένης τομάτας, μάνγκο και ακτινιδίου (Jeong et al., 2004, de B.Vilas-Boas & Kader, 2007), αλλά δεν μείωσε το ενζυμικό καφέτιασμα σε κομμένο μαρούλι (Saltveit, 2004). Η εμπορική εφαρμογή του στα ελάχιστα μεταποιημένα οπωροκηπευτικά, ιδιαίτερα σε συνδυασμό με αντιμικροβιακούς και αντιοξειδωτικούς παράγοντες καθώς και τη συντήρηση σε ελεγχόμενες/τροποποιημένες ατμόσφαιρες, αποτελεί τα τελευταία χρόνια αντικείμενο συστηματικής έρευνας (Toivonen, 2008).

Η υφή πολλών οπωροκηπευτικών (π.χ. σαρκώδεις καρποί, φυλλώδη λαχανικά) σχετίζεται στενά και με το περιεχόμενό τους σε νερό (βλέπε Κεφάλαια 2 και 3). Επομένως, οι τεχνικές που εφαρμόζονται για τον περιορισμό της απώλειας νερού από τα κομμένα οπωροκηπευτικά, όπως η χρήση πλαστικών συσκευασιών, η συντήρηση σε χαμηλές θερμοκρασίες και η κάλυψη των

τεμαχισμένων προϊόντων με λεπτές μεμβράνες εδωδιμων υλικών συμβάλλουν σε πολλές περιπτώσεις και στη διατήρηση της υφής. Η κάλυψη με εδωδιμες μεμβράνες (βλέπε Κεφάλαιο 10) αποτελεί μια σχετικά σύγχρονη μέθοδο, που βρίσκει τα τελευταία χρόνια ιδιαίτερη εφαρμογή στα ελάχιστα μεταποιημένα οπωροκηπευτικά, γιατί συμβάλλει, με υψηλή αποτελεσματικότητα, στη διατήρηση της ποιότητας και την επιμήκυνση της διατηρησιμότητας των ελάχιστα μεταποιημένων προϊόντων (Τσαντίλη, 1999). Πιο συγκεκριμένα, προστατεύει τα τεμαχισμένα προϊόντα από απώλεια νερού και υποβάθμιση της δομικής ακεραιότητας, περιορίζει τη διάχυση των αερίων προς και από τα προϊόντα δημιουργώντας συνθήκες χαμηλού O_2 και υψηλού CO_2 , όπως επίσης και την απώλεια των πτητικών ουσιών που συμβάλλουν στη διαμόρφωση του αρώματος και τη γεύσης, ενώ στις μεμβράνες αυτές μπορούν να ενσωματωθούν διάφορα συστατικά τα οποία γίνονται διαθέσιμα στα κομμένα προϊόντα, όπως αντιοξειδωτικά, αντιμικροβιακά, ενισχυτικά χρώματος, βιταμίνες, προβιοτικά και άλλες ουσίες. Οι εδωδιμες μεμβράνες δημιουργούνται από πολυσακχαρίτες, πρωτεΐνες και λιπίδια και πρέπει να έχουν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά για χρήση σε τεμαχισμένα προϊόντα, όπως να δημιουργούν μεμβράνη (φιλμ) γύρω από τα προϊόντα με κάποια μηχανική αντοχή και να υπάρχει προσκόλληση της μεμβράνης στο προϊόν η οποία επηρεάζεται από τη χημική και ηλεκτροστατική έλξη μεταξύ μεμβράνης και προϊόντος και την επιφάνεια του φυτικού υλικού (Rojas-Grau et al., 2011b).

11.6.4 Συντήρηση των ελάχιστα μεταποιημένων φρούτων και λαχανικών

Όπως όλοι οι νωποί καρποί και τα λαχανικά και τα ελάχιστα μεταποιημένα οπωροκηπευτικά δεν διατηρούνται σε κατάψυξη, λόγω κινδύνου παγώματος (βλέπε Κεφάλαιο 9) και συνιστάται να συντηρούνται σε χαμηλές θερμοκρασίες (-2,2 έως 4 °C). Η διατήρηση των θερμοκρασιών στα ενδεικνυόμενα επίπεδα πρέπει να είναι σχολαστική σε όλα τα στάδια της μεταποίησης και της διανομής, αφενός μεν λόγω της υψηλής ευπάθειας των προϊόντων αυτών, αφετέρου, για την αποφυγή αύξησης του μικροβιακού φορτίου σε επίπεδα επιβλαβή για τον καταναλωτή. Αν και στα κομμένα φρούτα το χαμηλό pH επιτρέπει την παραμονή τους σε μη ενδεδειγμένες θερμοκρασίες συντήρησης χωρίς να αναπτυχθούν μικροοργανισμοί σε επίπεδα επικίνδυνα για κατανάλωση, αντίθετα, στα λαχανικά λόγω των υψηλότερων τιμών pH, απαιτείται συνεχή παραμονή σε χαμηλές θερμοκρασίες για την αποφυγή ανάπτυξης επικίνδυνων παθογόνων (Καραπάνος & Πάσσαμ, 2010).

Τα κομμένα φρούτα και λαχανικά συσκευάζονται σε πλαστικές συσκευασίες με χρήση διαφόρων υλικών (πολυαιθυλένιο, πολυπροπυλένιο, πολυβινυλοχλωρίδιο, συνδυασμός διαφόρων πολυμερών κ.ά.) σε ελεγχόμενες ή τροποποιημένες ατμόσφαιρες χαμηλού O_2 και υψηλού CO_2 . Σκοπός της συσκευασίας, μέσω της κατάλληλης περατότητάς της σε υδρατμούς και αέρια (βλέπε Κεφάλαιο 10), είναι να περιορίσει τη ραγδαία απώλεια νερού από τους κομμένους ιστούς και να διατηρήσει τις ελεγχόμενες ή να δημιουργήσει κατάλληλες τροποποιημένες ατμόσφαιρες για τον περιορισμό της αναπνευστικής δραστηριότητας και της παραγωγής αιθυλενίου από τα προϊόντα κατά τη συντήρησή τους. Οι ελεγχόμενες ατμόσφαιρες εφαρμόζονται κατά την τοποθέτηση του προϊόντος στις συσκευασίες (αφού προηγουμένως αφαιρεθεί ο αέρας από τις συσκευασίες), ενώ οι τροποποιημένες ατμόσφαιρες δημιουργούνται ως αποτέλεσμα της αναπνοής του φυτικού ιστού σε συνδυασμό με την περατότητα του υλικού συσκευασίας στο O_2 και το CO_2 (Kader et al., 1989, Ahvenainen, 2000).

Ο συνδυασμός της συσκευασίας των κομμένων οπωροκηπευτικών σε πλαστικές συσκευασίες σε ελεγχόμενες/τροποποιημένες ατμόσφαιρες, και της διατήρησης σε χαμηλές θερμοκρασίες, στοχεύει στον περιορισμό της απώλειας υγρασίας, της εμφάνισης ενζυμικού καφετιάσματος, στη διατήρηση της υφής, της φρεσκάδας, της θρεπτικής αξίας των προϊόντων και στον περιορισμό ανάπτυξης επιβλαβών μικροοργανισμών. Για τον τελευταίο λόγο μπορεί να εφαρμοστεί και μονοξείδιο του άνθρακα σε συγκέντρωση 1% εντός των συσκευασιών.

Όπως έχει αναφερθεί και στην περίπτωση των συσκευασιών των ακέραιων οπωροκηπευτικών, η κατάλληλη σύσταση της ατμόσφαιρας ώστε να μειώνεται η αναπνοή και η παραγωγή αιθυλενίου και να επιμηκύνεται η μετασυλλεκτική ζωή χωρίς να προκαλούνται φθορές (π.χ. τραυματισμοί λόγω χαμηλού O_2 ή υψηλού CO_2), εξαρτάται από το φυτικό υλικό. Έτσι, με αύξηση της συγκέντρωσης του CO_2 εντός των συσκευασιών, η ένταση της αναπνοής σε κομμένο καρότο και σέλινο δεν επηρεάστηκε, όταν σε μαρούλι, ραπανάκι και αντίδι μειώθηκε. Αντίστοιχα, ποικίλες αντιδράσεις ως προς την ένταση της αναπνοής σε διαφορετικές συγκεντρώσεις O_2 και CO_2

στην ατμόσφαιρα αποθήκευσης παρατηρούνται και για τα κομμένα φρούτα. Τα άριστα επίπεδα σύστασης της ατμόσφαιρας για τη βραχυχρόνια διατήρηση των ελάχιστα μεταποιημένων οπωροκηπευτικών καθορίζονται από το φυτικό είδος σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία αποθήκευσης και μπορεί να διαφέρουν πολύ (Πάσσαμ, 1999). Για παράδειγμα, ατμόσφαιρες πολύ χαμηλού O_2 (0,5%) και υψηλού CO_2 (12%) αν και ήταν αποτελεσματικές σε κομμένα αχλάδια και φράουλες γιατί παρεμπόδισαν το καφέτιασμα και το μαλάκωμα, αντίθετα, υποβάθμισαν την ποιότητα και συνέβαλαν στην ανάπτυξη βακτηρίων σε κομμένα καρότα (Toivonen & DeEll 2002). Σε γενικές γραμμές, τα κομμένα οπωροκηπευτικά επιδεικνύουν υψηλότερη αντοχή στις υψηλές συγκεντρώσεις CO_2 σε σχέση με τους ακέραιους ιστούς από τους οποίους προέρχονται. Για παράδειγμα, το κομμένο μαρούλι εμφανίζεται ανθεκτικό σε συγκεντρώσεις CO_2 10-15%, σε αντίθεση με το ακέραιο που παρουσιάζει τραυματισμούς υψηλού CO_2 (βλέπε Κεφάλαιο 7) (Kader et al., 1989, Rico et al., 2007).

Η εφαρμογή ατμοσφαιρών χαμηλού O_2 /υψηλού CO_2 είναι αποτελεσματική μόνο σε χαμηλές θερμοκρασίες συντήρησης, γιατί σε υψηλές θερμοκρασίες η έντονη αναπνευστική δραστηριότητα των κομμένων ιστών μπορεί να οδηγήσει σε αναεροβίωση ακόμα και όταν χρησιμοποιούνται συσκευασίες με υψηλή περατότητα. Όμως, ακόμα και στις χαμηλές θερμοκρασίες, η επιλογή μη κατάλληλων (για το συγκεκριμένο ελαφρά μεταποιημένο φυτικό είδος) υλικών συσκευασίας υψηλής ή χαμηλής περατότητας, μπορεί να οδηγήσει σε μη επίτευξη τροποποιημένων ατμοσφαιρών, ή σε συνθήκες έλλειψης οξυγόνου και υψηλού διοξειδίου του άνθρακα αντίστοιχα. Τα υλικά συσκευασίας που επιλέγονται για τη δημιουργία τροποποιημένων ατμοσφαιρών, πρέπει να έχουν αυξημένη περατότητα στο O_2 σε σχέση με το CO_2 για να αποφεύγεται συσσώρευση CO_2 εντός των συσκευασιών, ιδίως στα ευπαθή στο υψηλό CO_2 οπωροκηπευτικά (Καραπάνος & Πάσσαμ, 2010).

Για να επιλεγεί το υλικό συσκευασίας με την κατάλληλη περατότητα σε αέρια ώστε να διατηρηθούν ή να δημιουργηθούν οι απαιτούμενες ελεγχόμενες ή τροποποιημένες ατμόσφαιρες αντίστοιχα, πρέπει είναι γνωστά τα χαρακτηριστικά του ελαφρά μεταποιημένου προϊόντος (αναπνευστική δραστηριότητα και παραγωγή αιθυλενίου στις ενδεικνυόμενες θερμοκρασίες διατήρησης, απαιτήσεις σύστασης ατμόσφαιρας για άριστη διατήρηση του προϊόντος), σε σχέση με τα χαρακτηριστικά της συσκευασίας (περατότητα σε υδρατμούς και αέρια, όγκος συσκευασίας κ.ά.). Επομένως, η τελική επιλογή απαιτεί πειραματισμό ως προς τη συμπεριφορά του προϊόντος στις επιλεγμένες συσκευασίες. Τα τελευταία χρόνια έχει προχωρήσει αρκετά η έρευνα σχετικά με την «μοντελοποίηση» του ρυθμού αναπνοής αρκετών ειδών κομμένων καρπών και λαχανικών σε διάφορες συνθήκες αποθήκευσης (θερμοκρασία, Σ.Υ., συγκεντρώσεις O_2 και CO_2) ώστε να είναι ευκολότερη η επιλογή του κατάλληλου υλικού συσκευασίας για την επίτευξη των επιθυμητών τροποποιημένων ατμοσφαιρών (Jacxsens et al., 2002). Δυσκολίες παρουσιάζει η εφαρμογή των μοντέλων αυτών στη περίπτωση επιλογής υλικού συσκευασίας για μίγματα σαλατών λαχανικών ή φρουτοσαλατών, όπου η συνολική αναπνευστική δραστηριότητα του προϊόντος δεν μπορεί να προβλεφθεί. Εναλλακτικά, η συσκευασία των ελάχιστα μεταποιημένων οπωροκηπευτικών σε μερικό κενό (40 kPa, moderate vacuum packaging - MVP) εντός στερεών αεροστεγών κουτιών σε χαμηλές θερμοκρασίες (4-7°C), μπορεί να υποκαταστήσει την συσκευασία σε ελεγχόμενες/τροποποιημένες ατμόσφαιρες. Στην τεχνική αυτή, η σύσταση της ατμόσφαιρας είναι η ατμοσφαιρική (21% O_2 , 0,04% CO_2 , 78% N_2), αλλά το συνολικά χαμηλότερο περιεχόμενο σε O_2 (λόγω κενού) δρα όμοια με τις χαμηλές συγκεντρώσεις O_2 όταν η πίεση εντός των συσκευασιών ταυτίζεται με την ατμοσφαιρική πίεση (Ahvenainen, 2000, Rico et al., 2007).

Βιβλιογραφία

- Abe, K. & Watada A. E. (1991). Ethylene absorbent to maintain quality of lightly processed fruits and vegetables. *J. Food Sci.*, 56, 1589-1592.
- Abeles, F. B., Morgan, P. W. & Saltveit, M. E. (1992). *Ethylene in plant biology*, 2nd ed. San Diego, U.S.A.: Academic Press Inc., 414p.

- Ahvenainen, R. (2000). Minimal processing of fresh produce. In: Alzamora, S.M., Tapia, M.S. & López-Malo A. (eds.), *Minimally Processed Fruits and Vegetables, Fundamental Aspects and Applications*. Gaithersburg, U.S.A.: Aspen Publishers Inc., pp. 227-290.
- Ahvenainen, R. (1996). New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruit and vegetables. *Tr. Food Sci. Technol.*, 7, 179-187.
- Alzamora, S. M., López-Malo, A. & Tapia, M. S. (2000). Overview. In: Alzamora, S.M., Tapia, M.S. & López-Malo A. (eds.), *Minimally Processed Fruits and Vegetables, Fundamental Aspects and Applications*. Gaithersburg, U.S.A.: Aspen Publishers Inc., 1-9.
- Babic, I., Amiot, M. J., Nguyen-The, C. & Aubert, S. (1993). Accumulation of chlorogenic acid in shredded carrots during storage in an oriented polypropylene film. *J. Food Sci.*, 58, 840-841.
- Bauernfeind, J. C. & Pinkert, D. M. (1970). Food processing with added ascorbic acid. *Adv. Food Res.*, 18, 219-315.
- Brecht, J. K. (1995). Physiology of lightly processed fruits and vegetables. *HortSci.*, 30, 18-22.
- Brennen, P. S. & Shewfelt, R. L. (1989). Effect of cooling delay at harvest on broccoli quality during postharvest storage. *J. Food Qual.*, 12, 13-22.
- Burton, W. G. (1982). *Post-harvest Physiology of Food Crops*. London, U.K.: Longman, 352p.
- Crisosto, C. H., Johnson, R. S., DeJong, T. & Day, K. R. (1997). Orchard factors affecting postharvest stone fruit quality. *HortSci.*, 32, 820-823.
- de B. Vilas-Boas, E. V. & Kader, A. A. (2007). Effect of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on softening of fresh-cut kiwifruit, mango and persimmon slices. *Postharv. Biol. Technol.*, 43, 238-244.
- Garcia, A., Mount, J. R. & Davidson, P. M. (2003). Ozone and chlorine treatment of minimally processed lettuce. *J. Food Sci.*, 68, 2747-2751.
- Garrett, E. H. (2002). Fresh-cut produce: Tracks and trends. In: Lamikanra O. (ed.), *Fresh-cut Fruits and Vegetables. Science, Technology and Market*. Boca Raton, U.S.A.: CRC Press Inc., pp. 1-10.
- Gorny, J. R., Cifuentes, R. A., Hess-Pierce, B. & Kader, A. A. (2000). Quality changes in fresh-cut pear slices as affected by cultivar, ripeness stage, fruit size and storage regime. *J. Food Sci.*, 65, 541-544.
- Greenleaf, C. (1999). Making the cut. *Amer. Veget. Grower*, March 1999, 10-11.
- Heard, G. M. (2002). Microbiology of fresh-cut produce. In: Lamikanra O. (ed.), *Fresh-cut Fruits and Vegetables. Science, Technology and Market*. Boca Raton, U.S.A.: CRC Press Inc., pp. 91-123.
- Heiland, W. K., Konstance, R. P. & Craig, K. C. (1990). Robotic high pressure water jet cutting of chunk slices. *J. Food Proc. Engin.*, 12, 131-136.
- Jacxsens, L., Devlieghere, F. & Debevere, J. (2002). Predictive modeling for packaging design: equilibrium modified atmosphere packages of fresh-cut vegetables subjected to a stimulated distribution chain. *Int. J. Food Microbiol.*, 73, 331-341.
- Jeong, J., Brecht, J. K., Huber, D. J. & Sargent, S. A. (2004). 1-methylcyclopropene (1-MCP) for maintaining texture quality of fresh-cut tomato. *HortSci.*, 39, 1359-1362.
- Jiang, Y. M. & Joyce, D. C. (2002). 1-methylcyclopropene treatment effects on intact and fresh-cut apple. *J. Hort. Sci. Biotechnol.*, 77, 19-21.
- Καραπάνος, Ι. Χ. & Πάσσαμ, Χ. Κ. (2010). Ελάχιστα μεταποιημένα οπωροκηπευτικά. *Γεωργία-Κτηνοτροφία*, 7/2010, 28-34.
- Kader, A. A. (1985). Ethylene-induced senescence and physiological disorders in harvested horticultural crops. *HortSci.*, 20, 54-57.

- Kader, A. A. (1986). Potential application of ionizing radiation in post-harvest handling of fresh fruits and vegetables. *Food Technol.*, 40, 117-121.
- Kader, A. A., Zagory, D. & Kerbel, E. L. (1989). Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 28, 1-30.
- Klein, B. P. (1987). Nutritional consequences of minimal processing of fruits and vegetables. *J. Food Qual.*, 10, 179-193.
- Lamikanra, O. (2002). Preface. In: Lamikanra O. (ed.), *Fresh-cut Fruits and Vegetables. Science, Technology and Market*. Boca Raton, U.S.A.: CRC Press Inc.
- Martinez, M. V. & Whitaker, J. R. (1995). The biochemistry and control of enzymatic browning. *Tr. Food Sci. Technol.*, 6, 195-200.
- Miller, A. R. (1992). Physiology, biochemistry and detection of bruising (mechanical stress) in fruits and vegetables. *Postharv. News Info*, 3, 53-58.
- Πάσσαμ, Χ. Κ. (1999). *Μετασυλλεκτική μεταχείριση λαχανικών*. Πανεπιστημιακές σημειώσεις για το πρόγραμμα μεταπτυχιακών σπουδών, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, 47 σελ.
- Picha, D. (2006). *Guide to postharvest care of strawberries in Moldova*. USAID, Agribusiness Development Project, 23p.
- Rico, D., Martin-Diana, A. B., Barat, J. M. & Barry-Ryan C. (2007). Extending and measuring the quality of fresh-cut fruit and vegetables: a review. *Tr. Food Sci. Technol.*, 18, 373-386.
- Rojas-Graü, M. A., Garner, E. & Martín-Belloso, O. (2011a). The fresh-cut fruit and vegetables industry: Current situation and market trends. In: Martín-Belloso, O. & Soliva-Fortuny, R. (eds.) *Advances in fresh-cut fruits and vegetables processing*. Boca Raton, U.S.A.: CRC Press, pp. 1-11.
- Rojas-Graü, M. A., Soliva-Fortuny, R. & Martín-Belloso, O. (2011b). Use of edible coatings for fresh-cut fruits and vegetables. In: Martín-Belloso, O. & Soliva-Fortuny, R. (eds.) *Advances in fresh-cut fruits and vegetables processing*. Boca Raton, U.S.A.: CRC Press, pp. 285-311.
- Rosen, C. J. & Kader, A. A. (1989). Postharvest physiology and quality maintenance of sliced pear and strawberry fruits. *J. Food Sci.*, 54, 656-659.
- Saltveit, M. E. (1997). Physical and physiological changes in minimally processed fruits and vegetables. In: Tomás-Barberán F. A. & Robins R. J. (eds.), *Phytochemistry of Fruits and Vegetables*. London, U.K.: Oxford University Press, pp. 205-220.
- Saltveit, M. E. (2004). Effect of 1-methylcyclopropene on phenylpropanoid metabolism, the accumulation of phenolic compounds, and browning of whole and fresh-cut 'iceberg' lettuce. *Postharv. Biol. Technol.*, 34, 75-80.
- Soliva-Fortuny, R. C. & Martín-Belloso, O. (2003). New advances in extending the shelf-life of fresh-cut fruits: a review. *Tr. Food Sci. Technol.*, 14, 341-353.
- Svensson, S. (1977). Inactivation of enzymes during thermal processing. In: Høyem, T. & Kvåle, O. (eds.), *Physical, chemical and biological changes in food caused by thermal processing*. London, U.K.: Applied Science Publ. Ltd., pp. 202-217.
- Τσαντίλη, Ε. (1999). *Μετασυλλεκτική μεταχείριση καρπών*. Σημειώσεις μαθήματος και κατάλογος εργαστηριακών ασκήσεων μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, 42 σελ.
- Toivonen, P. M. A. (2008). Application of 1-methylcyclopropene in fresh-cut/minimal processing systems. *HortSci.*, 43, 102-105.
- Toivonen, P. M. A. & DeEll, J. R. (2002). Physiology of fresh-cut fruits and vegetables. In: Lamikanra O. (ed.), *Fresh-cut Fruits and Vegetables. Science, Technology and Market*. Boca Raton, U.S.A.: CRC Press Inc., pp. 91-123.

- USDA (1984). *Food buying guide for child nutrition programs*. Program Aid No. 1331. Washington, DC: Food and Nutrition Service.
- Weston, L. A. & Barth, M. M. (1997). Preharvest factors affecting postharvest quality of vegetables. *HortSci.*, 32, 812-816.

Γλωσσάριο όρων

Διεθνής όρος	Ελληνικός όρος
1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid	1-αμινοκυκλοπροπάνιο-1-καρβοξυλικό οξύ
1-Methylcyclopropene	1-μέθυλο-κυκλοπροπένιο
4-hexylresocinol	4-εξυλορεσορκινόλη
6-benzylaminopurine	6-βενζυλαμινοπουρίνη
abscisic acid	αμπισισικό οξύ
absolute humidity	απόλυτη υγρασία
ACC oxidase	οξειδάση του ACC
ACC synthase	συνθετάση του ACC
acetyl coenzyme A	ακετυλοσυνένζυμο-A
adenosine triphosphate	τριφωσφορικής αδενοσίνης
aminoethoxyvinylglycine	αμινο-εθοξυ-βινυλ-γλυσίνη
appressoria	ειδικές κατασκευές κάποιων μυκήτων
berries	μικροί καρποί
bitter pit	πικρή κηλίδωση
blackspot	μαύρη κηλίδα-στίγμα
bleeding	συσσώρευση κόκκινων χρωστικών ή αιμορραγία
blossom-end rot	ξηρή σήψη
blotchy ripening	στικτή (ή ανομοιόμορφη) ωρίμανση
boundary layer	συνοριακή στρώση
breathers	σάκκοι ψυγείου που ανοίγουν προς τα έξω
brown heart	καφέτiasμα καρδιάς των αχλαδιών
brown stain	καστανή κηλίδωση
bruise damage	ζημιές από μωλωτισμούς
bulbs	βολβοί
butterhead lettuce	λείο κεφαλωτό μαρούλι
calibration	ταξινόμηση
cellobiose	κελλοβιόζη
chilling injury	κρυοτραυματισμός
clark	ανυψωτικό μηχανήμα
containers	εμπορευματοκιβώτια
controlled atmosphere storage	αποθήκευση σε ελεγχόμενες ατμόσφαιρες
core breakdown	κατάρρευση καρδιάς των αχλαδιών
cormels	κορμίδια
corms	κόρμοι

cracking	σχίσσιμο
curing	μεθωρίμανση
deacylation	αποακετυλίωση
dew point	σημείου δρόσου-κορεσμού
D-glucopyranose	D-γλυκοπυρανόζης
dietary fiber	φυτικές ίνες
diphenylamine	διφαινυλαμίνη
drencher	μηχανή καταιονισμού νερού
dynamic controlled atmosphere	δυναμική ελεγχόμενη ατμόσφαιρα
edible coating	εδώδιμη μεμβράνη
egg zone bonds	ζώνες που ενώνουν ελεύθερες καρβοξυλικές ομάδες μορίων πηκτίνης
endo-polygalacturonase	ενδοπολυγαλακτουρονάση
ethylenediaminetetraacetic acid	αιθυλενοδιαμινοτετραοξικό οξύ
exo-polygalacturonase	εξωπολυγαλακτουρονάση
external generated	εξωτερικά παρεχόμενη
field heat	θερμότητα των προϊόντων στον αγρό
Food and Agriculture Organization of the United Nations	Οργανισμός Τροφίμων και Γεωργίας των Ηνωμένων Εθνών
forced air cooling	ψύξη σε ρεύμα βεβιασμένης κυκλοφορίας κρύου αέρα
fresh processed	νωπά μεταποιημένα
fresh-cut	φρεσκοκομμένος
fructans	φρουκτάνες (ολιγοσακχαρίτες)
fruit ripening	ωρίμανση των καρπών
gas chromatograph	αέριος χρωματογράφος
Generally Recognised as Safe	Γενικά Αναγνωρισμένο ως Ασφαλές
gibberellins	γιββερελλίνες
greenflesh	πράσινη σάρκα
half-cooling time	χρόνος που απαιτείται για τη μείωση κατά 50% της αρχικής θερμοκρασίας του προϊόντος
heat shock proteins	πρωτεΐνες θερμικής καταπόνησης
high density polyethylene	πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας
hydrocooling	υδρόψυξη
indoleacetic acid	ινδολοξικό οξύ
internal breakdown	εσωτερική κατάρρευση των πυρηνοκάρπων
internal browning	εσωτερικό καφέτισμα των μήλων
International Fresh-cut Produce Association	Διεθνής Σύνδεσμος για τα Φρεσκοκομμένα Προϊόντα
lightly or partially processed	ελαφρά ή μερικώς μεταποιημένα
linolenic acid	λινολενικό οξύ

lipoxygenases	λιποξυγενάσες
long shelf life	μακράς μετασυλλεκτικής ζωής
looseleaf lettuce	μαρούλι με χαλαρό-ανοικτό φύλλωμα
low density polyethylene	πολυαιθυλένιο χαμηλής πυκνότητας
malonyl-1-ACC	μαλονυλ-1-ACC
matrix polysaccharides	πολυσακχαρίτες του πλέγματος
maturity index	δείκτης ωριμότητας
microfibrillar polysaccharides	μικροϊνιδιακοί πολυσακχαρίτες
middle lamella	μεσοκυττάριος χώρος ή μέση πλάκα
minimally processed vegetables and fruits	ελάχιστα μεταποιημένα οπωροκηπευτικά
modified atmosphere	τροποποιημένη ατμόσφαιρα
modified atmosphere packaging	συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας
molecular sieve	μοριακό φίλτρο
mono-unsaturated fatty acids	μονοακόρεστα λιπαρά οξέα
mung bean	βίγνα
nanocrystals	νανοκρύσταλλοι
nanofibres	νανοΐνες
nanoparticles	νανοσωματίδια
nanotechnology	νανοτεχνολογία
naphthaleneacetic acid	ναφθαλινοξικό οξύ
non destructive methods	μέθοδοι ελέγχου ποιότητας που δεν καταστρέφουν τα προϊόντα
off odours	ανεπιθύμητες οσμές
oil spotting	ελαιοκυττάρωση των εσπεριδοειδών
oxidative browning	οξειδωτικό καφέτισμα
package icing	τοποθέτηση θρυμματισμένου πάγου μέσα στις συσκευασίες
pectin lyase	λυάση των πηκτινών
pectin methylesterase	πηκτινομεθυλεστεράση
perishable	ευαίσθητα-φθαρτά
permeation chromatography	πύργος χρωματογραφίας
phenylalanine-ammonia lyase	αμμωνιακή λυάση της φαινυλαλανίνης
physiological disorders	φυσιολογικές διαταραχές
polygalacturonases	πολυγαλακτουρονάσες
polyphenol oxidase	πολυφαινολοξειδάση
poly-unsaturated fatty acids	πολυακόρεστα λιπαρά οξέα
potato clamp	υπόγεια τάφος για αποθήκευση πατάτας
pre-prepared	προ-μεταποιημένος
pressure bruise	μωλωπισμοί από πίεση
primary cell wall	πρωτογενές τοίχωμα

reactive oxygen species	ελεύθερες ρίζες οξυγόνου
ready to use or eat	προϊόντα έτοιμα για χρήση ή βρώση
refractometer	διαθλασίμετρο
relative humidity	σχετική υγρασία
rhizomes	ριζώματα
ripening inhibitor	παρεμποδιστής ωρίμανσης
room cooling	απλή ψύξη
russet spotting	καστανέρυθρη κηλίδωση
S-adenosylmethionine	θειο-αδενοσυλ-μεθειονίνη
saturated fatty acids	κορεσμένα λιπαρά οξέα
secondary cell wall	δευτερογενές τοίχωμα
self/product-generated atmosphere	αυτο-δημιουργούμενη ατμόσφαιρα
semi-permeable	ημιπερατός
semi-self generated	ημι-αυτο-δημιουργούμενη ατμόσφαιρα
shatter bruise	μωλωπισμοί θρυμματισμού
shelf-life	ζωή προϊόντων στο ράφι
shot system	έγχυση 'καθαρού' αιθυλενίου, ή αραιωμένου σε N ₂ ή σε CO ₂
shrink-film	πλαστική αυστελλόμενη μεμβράνη για περιτύλιξη προϊόντων
S-nitrosothiols	S-νιτροθειόλες
sodium metabisulfite	θειώδης ανυδρίτης
sunscauld	ηλιόκαυμα
superficial scald	επιφανειακό έγκαυμα ή επιφανειακό ζεμάτισμα
tap roots	γογγυλόριζες
threshold concentration	ελάχιστη τιμή συγκέντρωσης
titratable acidity	τιτλοδοτούμενη οξύτητα
total soluble solids	ολικά διαλυτά στερεά
trickle system	προσθήκη αιθυλενίου αραιωμένου σε N ₂ με συνεχή ροή
tuberous roots	ριζοκόνδυλοι
tubers	βλαστοκόνδυλοι
uniform ripening	ομοιόμορφη ωρίμανση
vacuum cooling	ψύξη σε συνθήκες χαμηλής ατμοσφαιρικής πίεσης
vascular discoloration	μεταχρωματισμός των αγγείων
ventillated clamp	σύστημα εξαερισμού
water vapor pressure deficit	διαφορά πίεσης υδρατμών
water vapour pressure	πίεση των υδρατμών
white-core inclusions	λευκή καρδιά του ακτινιδίου
World Health Organization	Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας

xyloglucan	ξυλογλυκάνη
β-galactosidase	β-γαλακτοζιδάση