



ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΚΗΠΕΥΤΙΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

**"Επίδραση της μετασυλλεκτικής εφαρμογής υψηλής
συγκέντρωσης CO₂ στην ποιότητα και την
αποθηκευτική ζωή καρπών φράουλας"**

ΤΡΥΦΩΝΟΠΟΥΛΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ



ΑΘΗΝΑ 2015

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΚΗΠΕΥΤΙΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

**"Επίδραση της μετασυλλεκτικής εφαρμογής υψηλής
συγκέντρωσης CO₂ στην ποιότητα και την
αποθηκευτική ζωή καρπών φράουλας"**

ΤΡΥΦΩΝΟΠΟΥΛΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

Επιβλέπων: ΙΩΑΝΝΗΣ ΚΑΡΑΠΙΑΝΟΣ, ΛΕΚΤΟΡΑΣ

Μέλη: ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΑΚΟΥΜΙΑΝΑΚΗΣ, ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΤΣΑΝΤΙΛΗ ΕΛΕΝΗ, ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ

ΑΘΗΝΑ 2015

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την ολοκλήρωση της παρούσας μεταπτυχιακής μελέτης θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Καθηγητή και πρόην διευθυντή του Εργαστηρίου Κηπευτικών Καλλιεργειών κ. Πάσσαμ Χάρολντ για την ανάθεση της διατριβής και κατόπιν τον κ. Καραπάνο Ιωάννη Λέκτορα του Εργαστηρίου για τη συνεχή επιστημονική καθοδήγηση, επίβλεψη και αμέριστη βοήθειά του κατά την εκπόνηση και συγγραφή αυτής.

Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή και διευθυντή του Εργαστηρίου Κηπευτικών Καλλιεργειών κ. Ακουμιανάκη Κωνσταντίνο για τη συμμετοχή του στην εξεταστική επιτροπή. Επίσης ευχαριστώ θερμά την Καθηγήτρια του Εργαστηρίου Δενδροκομίας κ. Τσαντίλη Ελένη, τόσο για τη συμμετοχή της στην συμβουλευτική επιτροπή όσο και για τη βοήθειά της στην εκτέλεση του πειράματος.

Ευχαριστίες οφείλονται στο προσωπικό του Εργαστηρίου Κηπευτικών Καλλιεργειών για τη καλή συνεργασία κατά τη διάρκεια του πειράματος και κυρίως στην Υποψήφια Διδάκτορα του Εργαστηρίου Μακρογιάννη Δέσποινα για την πολύτιμη βοήθειά της στο πειραματικό μέρος της διατριβής. Ακόμη ευχαριστώ τις προπτυχιακές φοιτήτριες Χριστίνα Νάτση και Βίκη Γκερμπεσιώτη για τη βοήθειά τους στην εκτέλεση των μετρήσεων.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους συναδέλφους και φίλους, εντός και εκτός του πανεπιστημίου καθώς και την οικογένειά μου που στήριξε την προσπάθειά μου αυτή, ηθικά και οικονομικά, ολοκληρώνοντας με επιτυχία το κύκλο αυτό των σπουδών μου.

Με Εκτίμηση,
Τρυφωνόπουλος Ιωάννης

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	1
ABSTRACT	3
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	4
1.1. Γενικά για τη φράουλα	4
1.1.1. Προέλευση	4
1.1.2. Ποικιλίες	5
1.1.3. Ο καρπός της φράουλας	6
1.2. Μετασυλλεκτικές μεταχειρίσεις και φυσιολογία	9
1.2.1. Γενικά για τους μαλακούς καρπούς (soft fruits)	9
1.2.2. Μετασυλλεκτική φυσιολογία της φράουλας	9
1.2.2.1. Γενικά χαρακτηριστικά	9
1.2.2.2. Μακροσκοπικές φυσιολογικές αλλαγές	10
1.2.2.3. Μικροσκοπικές φυσιολογικές αλλαγές	11
1.2.2.4. Αναπνοή	13
1.3. Μετασυλλεκτικές μεταχειρίσεις και αποθήκευση καρπών φράουλας	15
1.3.1. Γενικά για την αποθήκευση της φράουλας	15
1.3.2. Διαχείριση της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια των μετασυλλεκτικών χειρισμών	17
1.3.3. Ελεγχόμενες ατμόσφαιρες και ποιότητα των καρπών φράουλας	18
1.3.3.1. Συνεκτικότητα και ρυθμός αναπνοής	18
1.3.3.2. Έλεγχος των σήψεων	20
1.3.3.3. Επίδραση στο χρώμα των καρπών - Ανθοκυανίνες	21
1.3.3.4. pH, TA, TSS	24
1.3.3.5. Φαινολικά	24
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	27
2.1. Οι καρποί φράουλας	27
2.2. Μετασυλλεκτικοί χειρισμοί	27
2.3. Τεχνικές και όργανα μετρήσεων και προσδιορισμών	30
2.4. Στατιστική ανάλυση αποτελεσμάτων	35
2.5. Σκοπός της εργασίας	35
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	37
3.1. Επίδραση των ελεγχόμενων ατμοσφαιρών στη μετασυλλεκτική συμπεριφορά καρπών φράουλας ποικιλίας "Camarosa"	37
3.1.1. Απώλεια βάρους	37
3.1.2. Συνεκτικότητα	38

3.1.3. Χρώμα εξωτερικής επιφάνειας καρπών	38
3.1.4. Χρώμα στο εσωτερικό των καρπών	41
3.1.5. Ολικά διαλυτά στερεά συστατικά	44
3.1.6. Τιτλοδοτούμενη οξύτητα	45
3.1.7. pH	46
3.1.8. Περιεχόμενο σε ανθοκυανίνες	47
3.1.9. Περιεχόμενο σε φαινολικά	48
3.1.10. Σήψεις καρπών	48
3.2. Επίδραση των ελεγχόμενων ατμοσφαιρών στη μετασυλλεκτική συμπεριφορά καρπών φράουλας ποικιλίας "Sabrina 1/5/2014"	50
3.2.1. Απώλεια βάρους	50
3.2.2. Συνεκτικότητα	51
3.2.3. Χρώμα εξωτερικής επιφάνειας καρπών	52
3.2.4. Χρώμα στο εσωτερικό των καρπών	54
3.2.5. Ολικά διαλυτά στερεά συστατικά	57
3.2.6. Τιτλοδοτούμενη οξύτητα	58
3.2.7. pH	59
3.2.8. Περιεχόμενο σε ανθοκυανίνες	60
3.2.9. Περιεχόμενο σε φαινολικά	60
3.2.10. Σήψεις καρπών	61
3.3. Επίδραση των ελεγχόμενων ατμοσφαιρών στη μετασυλλεκτική συμπεριφορά καρπών φράουλας ποικιλίας "Sabrina 26/5/2014"	63
3.3.1. Απώλεια βάρους	63
3.3.2. Συνεκτικότητα	64
3.3.3. Χρώμα εξωτερικής επιφάνειας καρπών	64
3.3.4. Χρώμα στο εσωτερικό των καρπών	67
3.3.5. Ολικά διαλυτά στερεά συστατικά	70
3.3.6. Τιτλοδοτούμενη οξύτητα	71
3.3.7. pH	71
3.3.8. Περιεχόμενο σε ανθοκυανίνες	72
3.3.9. Περιεχόμενο σε φαινολικά	73
3.3.10. Σήψεις καρπών	74
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	75
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	81

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Κηπευτικών Καλλιεργειών του Γ.Π.Α. και είχε ως αντικείμενο μελέτης την επίδραση της μετασυλλεκτικής εφαρμογής υψηλής συγκέντρωσης CO₂ στην ποιότητα και την αποθηκευτική ζωή καρπών φράουλας που συγκομίστηκαν σε τρεις περιόδους από εμπορικές καλλιέργειες στη ΒΔ Πελοπόννησο. Καρποί φράουλας της ποικιλίας Camarosa που συγκομίστηκαν το Μάρτιο και της ποικιλίας Sabrina που συγκομίστηκαν στις αρχές και τα τέλη Μαΐου του 2014, αποθηκεύτηκαν σε πλαστικές συσκευασίες στους 2 °C σε αέρα και σε ελεγχόμενες ατμόσφαιρες (EA) με συνδυασμούς επιπέδων O₂ (21%, 5%, 8%) και CO₂ (0%, 0,03%, 10%, 20%) και παρέμειναν στους 10 °C για 3-4 ημέρες εκτός των συσκευασιών, για να μελετηθεί η μετασυλλεκτική συμπεριφορά τους στο «ράφι». Πριν και μετά το πέρας της αποθήκευσης προσδιορίστηκαν διάφορα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών, όπως το βάρος, η συνεκτικότητα, ο χρωματισμός (φωτεινότητα, ένταση κόκκινου χρώματος, απόχρωση, ένταση χρώματος), το περιεχόμενο σε ολικά διαλυτά στερεά, το pH, η τιτλοδοτούμενη οξύτητα, η συγκέντρωση σε φαινολικές ουσίες και ανθοκυανίνες.

Γενικά, οι εφαρμογές EA με υψηλό CO₂ συνέβαλαν εν μέρει στην αύξηση ή διατήρηση της φωτεινότητας και της έντασης του κόκκινου χρώματος της εξωτερικής επιφάνειας των καρπών μόνο όταν το O₂ διατηρήθηκε σε ατμοσφαιρικά επίπεδα (21%). Όμως, παρατηρήθηκε ανεξαρτήτως μεταχείρισης ανάπτυξη σκουρόχρωμου χρωματισμού με την πρόοδο της αποθήκευσης, η οποία ήταν λιγότερο έντονη κατά την αποθήκευση σε αέρα και δευτερευόντως σε EA με 21%O₂-20%CO₂. Η απόχρωση του εσωτερικού των καρπών δεν μεταβλήθηκε με την εφαρμογή υψηλού CO₂ αλλά παρατηρήθηκε τάση για αποχρωματισμό (μείωση έντασης χρώματος). Οι μεταβολές του χρώματος στην επιφάνεια και στο εσωτερικό των καρπών δεν συσχετίζονται πάντα με το περιεχόμενό τους σε ολικές ανθοκυανίνες. Η συνεκτικότητα δεν φάνηκε να επηρεάζεται σημαντικά από τη σύσταση της ατμόσφαιρας και διατηρήθηκε στα προ-αποθήκευσης επίπεδα καθ' όλη τη διάρκεια της αποθήκευσης. Η αποθήκευση σε υψηλό CO₂, ιδιαίτερα στην ποικιλία Sabrina προκάλεσε μικρότερη μείωση των ολικών διαλυτών στερεών και της τιτλοδοτούμενης οξύτητας με την πρόοδο της αποθήκευσης σε σχέση με αποθήκευση στον αέρα. Η εμφάνιση μετασυλλεκτικών προσβολών ήταν πολύ χαμηλή έως και μηδενική σε κάθε περίπτωση, επομένως δεν παρατηρήθηκε θετική επίδραση των EA στον περιορισμό των σήψεων μετασυλλεκτικά. Συμπερασματικά, αν και η επίδραση δεν ήταν ιδιαίτερη στα

περισσότερα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών που προσδιορίστηκαν, οι ατμόσφαιρες με 21%O₂-20%CO₂ διατήρησαν καλύτερα τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών, ιδιαίτερα στη ποικιλία "Sabrina", περιορίζοντας σε κάποιο βαθμό την εξέλιξη της ωρίμανσης, χωρίς να προκαλούν αρνητικές συνέπειες στην εμφάνιση (ανάπτυξη σκούρου χρωματισμού) των καρπών.

ABSTRACT

The experiment was carried out in the Laboratory of Vegetable Production of the Agricultural University of Athens during 2014 and its objective was to study the effect of high CO₂ concentration on quality characteristics and storage life of strawberry fruits harvested in three periods from commercial crops in NW Peloponnese. Fruits of two strawberry varieties (Camarosa and Sabrina) were stored in plastic packages either in air or controlled atmospheres (CA) at 2 °C using different combinations of O₂ (21%, 5%, 8%) and CO₂ levels (0%, 0,03%, 10%, 20%) and were subsequently kept in the air at 10 °C for 3-4 days to study their shelf life behaviour. Weight, firmness, colour of skin and internal tissues (lightness, intensity of red colour, hue angle, chroma), pH, titratable acidity, total soluble solids and concentration of total phenolics and anthocyanins of the fruits were determined after harvest and at the end of each storage period.

The experimental data showed that CA using high CO₂ levels and atmospheric O₂ (21%), increased or maintained both lightness and colour intensity of fruit surface. In all cases storage resulted in darkening of fruit skin; however at a lower degree when fruits were stored in air or 21%O₂-20%CO₂. During storage at high CO₂ a tendency for colour loss of the internal tissues was observed (reduction of chroma values), although no change in hue was recorded. Colour changes after storage either on the surface or in the internal tissues did not correlate well with the total anthocyanin content of fruits. Fruit firmness was not significantly affected by the experimental treatments. High CO₂ storage, of "Sabrina" fruits in particular which presented inferior storage ability compared to those of "Camarosa", caused a lower reduction of total soluble solids and titratable acidity during storage at 2 °C, compared to air. The incidence of postharvest decay was negligible in all treatments in each sampling date, therefore, no beneficial effect of elevated CO₂ levels in suppressing postharvest disease occurrence was observed.

In conclusion, CA storage did not substantially affect most of the quality properties of fruits, unless when low O₂ concentrations were used. However, the use of CA 21%O₂-20%CO₂ reduced the maturation rate of fruits during storage and resulted in better retention of quality characteristics, particularly in the susceptible to storage cv. Sabrina, without negative effects on fruit appearance.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενικά για τη φράουλα

Η φράουλα ανήκει στα αγγειόσπερμα, δικότυλα φυτά και στην οικογένεια των ροδοειδών (Rosaceae). Ιδιαίτερα γνωστή στην Ελλάδα είναι η ευρωπαϊκή φράουλα που συναντάται και αυτοφυής σε δασώδεις και ορεινές περιοχές. Ο καρπός της άγριας αυτής φράουλας είναι μικρός, εξαιρετικά γευστικός και αρωματικός.

Η φράουλα είναι πολυετής ποώδες φυτό με βραχύ μίσχο στα φύλλα. Ο βλαστός είναι σαρκώδης και φέρει σύνθετα φύλλα (3-5 φυλλάρια) με πριονωτή περιφέρεια. Οι οφθαλμοί διακρίνονται σε κορυφαίους και μασχαλιαίους. Ανάλογα με τις κλιματολογικές συνθήκες οι μασχαλιαίοι οφθαλμοί δίνουν πλάγιους βλαστούς, τους στόλωνες ή παραμένουν σε λήθαργο. Ο κάθε στόλωνας αποτελεί πολλαπλασιαστικό υλικό αφού έρπει στο έδαφος και στο δεύτερο κόμβο φέρει οφθαλμό που δίνει βλαστό και στο σημείο επαφής με το έδαφος σχηματίζει ρίζες.

Τα άνθη είναι λευκά και σχηματίζουν τις ταξιανθίες οι οποίες προέρχονται από τους κορυφαίους οφθαλμούς του αρχικού βλαστού ή των πλευρικών βλαστών. Η ταξιανθία είναι ένα σύνθετο σκιάδιο και μπορεί να φέρει αρσενικά ή θηλυκά άνθη (Θανόπουλος, 2008).

1.1.1 Προέλευση

Το πρώτο είδος φράουλας που ήρθε στην Ευρώπη από τη Β. Αμερική μετά το 1600 ήταν το *Fragaria virginiana* Duch. το οποίο εξαπλώθηκε σύντομα. Η ποικιλία αυτή είχε μεγαλύτερους καρπούς σχετικά των τότε χρησιμοποιούμενων ευρωπαϊκών ποικιλιών και χαρακτηρίζονταν από πρωιμότητα και μεγάλη περίοδο καρπόδεσης. Η φράουλα της Χιλής *Fragaria chiloensis* Duch. εισήχθη στην Ευρώπη από τους Ισπανούς για τους μεγάλους και αρωματικούς καρπούς.

Οι σημερινές καλλιεργούμενες ποικιλίες φράουλας ανήκουν και αυτές στο γένος *Fragaria* της οικογένειας Rosaceae και προέρχονται από τη διασταύρωση (υβριδισμό) μεταξύ των οκταπλοειδών ειδών *Fragaria chiloensis* Duch. και *Fragaria virginiana* Duch. Το άγριο είδος φράουλας (*Fragaria vesca* L.) είναι διπλοειδές (2n=14) ενώ οι καλλιεργούμενες (*Fragaria ananassa* Duch.) είναι οκταπλοειδείς (2n=56) (Hancock and Luby 1993).

1.1.2 Ποικιλίες

Οι ποικιλίες φράουλας που καλλιεργούνται στο κόσμο είναι πάρα πολλές σήμερα. Διαφέρουν μεταξύ τους σε πολλά και βασικά χαρακτηριστικά όπως: ανάπτυξη του φυτού, απαιτήσεις σε ψύχος, πρωιμότητα, κλιματολογικές συνθήκες, αντοχή σε ασθένειες, παραγωγικότητα και σε ποιοτικά χαρακτηριστικά του καρπού, όπως το μέγεθός του, το χρώμα, το άρωμα, η συνεκτικότητα της σάρκας καθώς και τα θρεπτικά χαρακτηριστικά.

Η επιλογή της ποικιλίας βασίζεται κατά κύριο λόγο στις εδαφοκλιματολογικές συνθήκες, στη ποιότητα των παραγόμενων καρπών της κάθε ποικιλίας και στη δυνατότητα μετασυλλεκτικών χειρισμών έτσι ώστε το προϊόν να φθάνει στους καταναλωτές φρέσκο και ποιοτικό.

Πολλές νέες ποικιλίες παράγονται στην Ευρώπη (Ιταλία, Γερμανία, Ολλανδία) Η.Π.Α και Ιαπωνία. Οι καλλιεργούμενες σήμερα ποικιλίες προέρχονται κυρίως από τη Καλιφόρνια και την Ευρώπη. Τα χαρακτηριστικά των ποικιλιών αυτών άλλαξαν τα δεδομένα στη καλλιέργεια της φράουλας λόγω του μεγέθους της παραγωγής και των καρπών αλλά και των ποιοτικών χαρακτηριστικών τους.

Οι διάφορες ποικιλίες που καλλιεργούνται σήμερα στην Ελλάδα ποικίλουν ως προς το μέγεθος του καρπού (μεγαλόκαρπες ή μικρόκαρπες), πρωιμότητα (πρώιμες ή όψιμες) και τον αριθμό των καρποφοριών μέσα στο έτος (μονόφορες ή πολύφορες). Η Fortuna, η Candonga, η Camarosa και η Sabrina είναι οι κυριότερες ποικιλίες που καλλιεργούνται σήμερα στην Ελλάδα με τη Camarosa να είναι η κυριότερη. Μερικά από τα χαρακτηριστικά τους παρουσιάζονται παρακάτω:

- ✚ **Fortuna:** Ποικιλία πρώιμη, καρπός μέσου-μεγάλου μεγέθους, σχήματος κωνικού. Χρώμα κόκκινο, λαμπερό, πολύ καλά σχηματισμένοι καρποί, ακόμα και στις πιο δύσκολες συνθήκες, αρωματική και γλυκιά.
- ✚ **Candonga:** Ποικιλία αρκετά ζωνρή με καταγωγή από την Ισπανία. Οι καρποί έχουν έντονα λαμπερό κόκκινο χρώμα, ανθεκτική στις μετασυλλεκτικές μεταχειρίσεις και αρωματική με υψηλά επίπεδα σακχάρων. Η γεύση και το άρωμα είναι έντονα και υπάρχει καλή ισορροπία σακχάρων και οξέων.
- ✚ **Camarosa:** Η ποικιλία standard στον κόσμο της φράουλας, για όλες τις εύκρατες περιοχές του κόσμου. Κυριαρχεί στην αγορά για πάνω από μία εικοσαετία. Μεσοπρώιμη, με καρπούς κωνικούς, έως ελαφρά επιμήκεις, έντονο κόκκινο χρώμα, γεύση γλυκιά, ελαφρά υπόξινη και αρωματική.

- ✚ **Sabrina:** Ευρωπαϊκή καταγωγή και φυτό απόλυτα ισορροπημένο, με ιδιαίτερη αντοχή σε σημαντικές ασθένειες. Καρπός μέσου μεγέθους, πολύ καλά σχηματισμένος, χρώμα έντονα κόκκινο, ιδιαίτερα γλυκιά και αρωματική.

1.1.3 Ο καρπός της φράουλας

Ο καρπός της φράουλας είναι ένα συγκάρπιο. Το εδώδιμο σαρκώδες τμήμα είναι η διογκωμένη ανθοδόχη, εξωτερικά της οποίας φέρονται τα αχαίνια, που είναι βυθισμένα ή εξέχουν. Ουσιαστικά, τα αχαίνια είναι οι πραγματικοί καρποί που αποτελούνται από ένα μικρό σπέρμα περιβαλλόμενο από λεπτό και σκληρό φλοιό.

Το μέγεθος του καρπού σχετίζεται απόλυτα με το μέγεθος του άνθους ή με τον αριθμό των υπέρων που φέρει. Επηρεάζεται βέβαια και από άλλους παράγοντες όπως η θρέψη, η άρδευση και οι κλιματολογικές συνθήκες, αλλά εκτός αυτών ένα μικρό άνθος δεν μπορεί να δώσει μεγάλο καρπό ακόμα και αν όλες οι συνθήκες διατηρούνται σε άριστα επίπεδα.

Κατά τα αρχικά στάδια ανάπτυξης του καρπού το χρώμα του είναι πράσινο, στη συνέχεια γίνεται λευκό και καθώς αρχίζει η έναρξη της ωρίμανσης γίνεται λευκορόδιος, ρόδιος και τελικά έντονα κόκκινος.



Εικόνα 1. Στάδια ανάπτυξης και ωρίμανσης των καρπών σε σχέση με το χρώμα.

Τα διαλυτά στερεά συστατικά (total soluble solids) των καρπών αποτελούνται από σάκχαρα, οξέα και άλλες διαλυτές ουσίες που βρίσκονται στο κυτταρικό χυμό. Η συγκέντρωση των διαλυτών στερεών συστατικών, ιδιαίτερα όταν εκφράζεται σε σχέση με την ογκομετρούμενη οξύτητα, συχνά καθορίζει την αντίληψη των καταναλωτών όσον αφορά τη γεύση των καρπών.

Η περιεκτικότητα των διαλυτών στερεών συστατικών στις φράουλες αυξάνεται σταδιακά κατά τη διάρκεια της ανάπτυξής τους, από 5% στους μικρούς πράσινους καρπούς, στο 7,3% όταν βρίσκονται στο σκούρο κόκκινο χρώμα (Sprayd and Morris, 1981). Η περιεκτικότητα σε διαλυτά στερεά στις ώριμες φράουλες μπορεί να ποικίλει από 4 έως 11%, ανάλογα με τη ποικιλία και τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Καρποί φράουλας που προέρχονταν από θερινή καλλιέργεια είχαν υψηλότερη περιεκτικότητα σε διαλυτά

στερεά και τιτλοδοτούμενη οξύτητα από αυτούς που προέρχονταν από χειμερινή καλλιέργεια (Kader, 1991). Οι διαφορές ίσως οφείλονται στην αυξημένη ηλιοφάνεια κατά τη θερινή καλλιέργεια.

Περίπου το 80 με 90% των διαλυτών στερεών αποτελείται από σάκχαρα. Η συνολική περιεκτικότητα σακχάρων στους ώριμους καρπούς φράουλας μπορεί να ποικίλει από 4,1 έως 10,5% ανάλογα τη ποικιλία και τις συνθήκες ανάπτυξης (Wrolstad and Shallenberger, 1981, Kader, 1991). Τα κυριότερα σάκχαρα από τα οποία αποτελείται ο καρπός της φράουλας είναι η φρουκτόζη και η γλυκόζη (80 με 90%) σε αναλογία περίπου 1:1, με επιπλέον μικρές ποσότητες σακχαρόζης (Iwata et al., 1969, Forney and Breen, 1985b, Kader, 1991). Η συνολική περιεκτικότητα σακχάρων διπλασιάζεται, από περίπου 2 σε 5 mg/g νωπού βάρους μεταξύ πράσινου και κόκκινου σταδίου ωριμότητας (Woodward, 1972, Sprayd and Morris, 1981) και περισσότερο από 70% των συνολικών αυτών σακχάρων συσσωρεύεται στο κενοτόπιο (John and Yamaki, 1994).

Τα οξέα καθορίζουν το pH των καρπών, συνεισφέρουν στη σταθερότητα του χρώματος και αναστέλλουν τη δραστηριότητα των ενζύμων. Τα οργανικά οξέα συσσωρεύονται στο κενοτόπιο των κυττάρων και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως αναπνευστικά υποστρώματα ή να μετατραπούν σε σάκχαρα. Το κυριότερο οξύ που απαντάται στους καρπούς της φράουλας σε όλα τα στάδια ανάπτυξης και ωρίμανσης, είναι το κιτρικό (Culpepper et al., 1935, Green, 1971, Kim et al., 1993). Σε ώριμους καρπούς, το κιτρικό οξύ αντιπροσωπεύει το 88% των συνολικών οργανικών οξέων (Green, 1971). Η οξύτητα στις φράουλες αυξάνεται μεταξύ του πράσινου και του λευκού σταδίου ωριμότητας, αλλά μειώνεται καθώς το χρώμα αρχίζει να γίνεται πιο έντονο (Woodward, 1972).

Η τιτλοδοτούμενη οξύτητα, ένα μέτρο της ρυθμιστικής ικανότητας των καρπών, εκφράζεται ως συγκέντρωση κιτρικού οξέος, γιατί αυτό κυριαρχεί στους καρπούς της φράουλας και λαμβάνει τιμές από 0,45 έως 1,81%, ανάλογα με το στάδιο ωριμότητας των καρπών, τη ποικιλία, την λίπανση, την άρδευση και τις περιβαλλοντικές συνθήκες κατά την ανάπτυξή τους. Κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης, η τιτλοδοτούμενη οξύτητα μειώνεται από 1,2% στους πράσινους καρπούς στο 0,95% στους υπερώριμους καρπούς φράουλας (Sprayd and Morris, 1981). Οι Morris et al. (1979 a,c) βρήκαν ότι η ολική οξύτητα διαφέρει ακόμα και στην ίδια ποικιλία ανάλογα το χρόνο συγκομιδής. Ο Shaw (1990) κατέληξε στο ότι η ολική οξύτητα των καρπών καθορίζεται περισσότερο από το γονότυπο και έχει μικρότερη επιρροή από το περιβάλλον σχετικά με το περιεχόμενο σε διαλυτά στερεά. Η τιτλοδοτούμενη οξύτητα μπορεί να μειώνεται με την εφαρμογή

αζωτούχων λιπασμάτων ή να αυξάνεται με σκίαση των καρπών πριν τη συγκομιδή (Saxena and Locascio, 1968, Osman and Dodd, 1992), πιθανόν λόγω αύξησης και μείωσης της αναπνοής αντίστοιχα.

Το pH των καρπών της φράουλας είναι όξινο, μειώνεται κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης και αυξάνεται στους υπερώριμους καρπούς (Woodward, 1972, Sprayd and Morris, 1981). Οι πράσινοι καρποί έχουν pH από 3,5 μέχρι 4,6 το οποίο μειώνεται σε 3,1-3,3 καθώς οι καρποί φθάνουν στο λευκό στάδιο, πιθανώς ως αποτέλεσμα αύξησης της σύνθεσης οργανικών οξέων. Καθώς οι φράουλες ωριμάζουν και τα οργανικά οξέα μεταβολίζονται ή διαλύονται, το pH των καρπών αυξάνεται σε 3,5-3,7.

Πίνακας 1: Σύσταση καρπού φράουλας

<u>Συστατικά</u>	<u>Εύρος τιμών</u>
Σάκχαρα	
Σακχαρόζη	0,2 - 2,5%
Φρουκτόζη	1,7 - 3,5%
Γλυκόζη	1,4 - 3,1%
Οργανικά οξέα	
Κιτρικό	420 - 1240 mg/100gr
Μηλικό	90 - 680 mg/100gr
Ασκορβικό	26 - 120 mg/100gr
Ηλεκτρικό	100 mg/100gr
Οξαλικό	24 mg/100gr
Πυροφωσφορικό	5 mg/100gr
Συνολικά φαινολικά	58 - 210 mg/100gr
Πρωτεΐνες	0,23%
Συνολικές ανθοκυανίνες	55 - 145 mg/100gr
Pelargonidin 3-glucoside	88% των συνολικών
Cyanidin 3-glucoside	12% των συνολικών

Πηγή: Green 1971; Kader 1991; Kim et al. 1993

1.2 Μετασυλλεκτικές μεταχειρίσεις και φυσιολογία

1.2.1 Γενικά για τους μαλακούς καρπούς (soft fruits)

Η κατάταξη και τα μορφολογικά χαρακτηριστικά των μαλακών φρούτων έχουν αναφερθεί και περιγραφεί από τον Hulme το 1971. Ως μια κατηγορία τα μαλακά φρούτα περιλαμβάνουν ποικίλα μούρα, σμέουρα, μύρτιλα, και άλλα berries συμπεριλαμβανομένης της φράουλας, σταφίδες κ.ά. Από οικονομικής πλευράς οι φράουλες, τα σμέουρα και η μαύρη σταφίδα είναι τα πιο σημαντικά μαλακά φρούτα. Αυτά τα φρούτα έχουν μεγάλη αξία ως φρέσκα προϊόντα, αλλά γενικά χαρακτηρίζονται από περιορισμένη μετασυλλεκτική ζωή. Όπως υποδεικνύει και το όνομά τους τα πιο πολλά μαλακά φρούτα έχουν έλλειψη σταθερότητας στη δομή τους, ακόμα και όταν είναι φρέσκα και ως εκ τούτου η εμπορική μεταχείρισή τους καθίσταται περιορισμένη. Για τη μείωση των απωλειών κατά τη συντήρησή τους εφαρμόζεται η μέθοδος της ψύξης, η οποία είναι ευρέως χρησιμοποιούμενη κατά τη διάρκεια της μεταφοράς και αποθήκευσης, μειώνοντας με το τρόπο αυτό τη κατάρρευση (μαλάκωμα) των προϊόντων.

Έτσι, η χρησιμότητα των μαλακών φρούτων ως φρέσκα προϊόντα κατανάλωσης εξαρτάται κυρίως από τις αλλαγές που συμβαίνουν στην υφή του ιστού και κατά συνέπεια στην εμφάνιση του προϊόντος. Η κατανόηση των βιοχημικών μηχανισμών που είναι υπεύθυνοι για το μαλάκωμα του ιστού σε αυτή τη κατηγορία των καρπών, μπορεί να έχει σημαντική εμπορική αξία για τη βελτίωση της μετασυλλεκτικής τους ζωής και της συντηρησιμότητάς τους (Manning, 1993).

1.2.2 Μετασυλλεκτική φυσιολογία της φράουλας

1.2.2.1 Γενικά χαρακτηριστικά

Οι μαλακοί καρποί παρουσιάζουν μερικά κοινά χαρακτηριστικά κατά τη διάρκεια της ανάπτυξής τους με μεγάλο αριθμό σαρκωδών καρπών, είτε εδώδιμων είτε όχι. Η αρχική φάση της αύξησης και της μεγέθυνσης του καρπού ακολουθείται από τη φάση της ωρίμανσης η οποία καθορίζεται από διάφορες φυσικοχημικές αλλαγές που συμβαίνουν στα κύτταρά του. Αυτές συνήθως περιλαμβάνουν αλλαγές στο χρώμα που προκύπτει από την αποικοδόμηση ήδη υπαρχουσών χρωστικών ουσιών ή από τη σύνθεση νέων, με αποτέλεσμα τον έντονο χρωματισμό, καθώς και αλλαγές στην υφή με συνέπεια το μαλάκωμα του ιστού και μερικές φορές την αποδόμηση-κατάρρευσή του. Επίσης, παρατηρείται η σύνθεση και συσσώρευση ουσιών υπεύθυνων για τη γεύση και το άρωμα,

χαρακτηριστικά τα οποία σε συνδυασμό αντικατοπτρίζουν τη μοναδικότητα του κάθε καρπού. Σε μεταγενέστερα στάδια επέρχεται ο γηρασμός και η διαλυτοποίηση των κυτταρικών τοιχωμάτων με αποτέλεσμα τη νέκρωση του καρπού.

1.2.2.2 Μακροσκοπικές φυσιολογικές αλλαγές

Αύξηση και ανάπτυξη: Οι καρποί της φράουλας τείνουν να αυξάνουν περισσότερο σε μήκος παρά σε διάμετρο. Το τελικό σχήμα επηρεάζεται από τη θέση των ανθέων στο φυτό, τη διάρκεια της κυτταρικής διαίρεσης, το βαθμό μεγέθυνσης των κυττάρων, τον αριθμό των κυττάρων και το μέγεθος των χώρων που καταλαμβάνονται με αέρα (Darrow 1966). Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν το σχήμα είναι ο αριθμός των γονιμοποιημένων αχαινίων, η θερμοκρασία του αέρα κατά τη διάρκεια της καρπόδεσης και η θρεπτική κατάσταση των φυτών (Darrow 1966, Dana 1980, Albregts and Howard 1982). Το τελικό μέγεθος του καρπού καθορίζεται από το συνδυασμό του αριθμού των κυττάρων και του χώρου που καταλαμβάνουν λόγω μεγέθους. Η κυτταρική διαίρεση έχει αναφερθεί ότι σταματά επτά μέρες μετά τη πτώση των πετάλων (Knee et al., 1977) και 15 μέρες μετά την άνθηση (Cheng and Breen 1992).

Επομένως, τα στάδια ανάπτυξης και ωρίμανσης του καρπού της φράουλας συνήθως κατηγοριοποιούνται ως μικρός πράσινος καρπός, μεγάλος πράσινος, λευκός, ροζ και κόκκινος στο στάδιο ωρίμανσης (Culpepper et al., 1935, Huber 1984). Οι καρποί φθάνουν στο μέγιστο του βάρους, μήκους και διαμέτρου στο κόκκινο στάδιο ωριμότητας (red-ripe stage) (Darrow 1966, Huber 1984, Abeles and Takeda 1990). Υπάρχουν πολλοί παράγοντες που επηρεάζουν την αύξηση και την τελική ανάπτυξη των καρπών της φράουλας. Για παράδειγμα, στις ποικιλίες "Pajaro" και "Reiko", η διάρκεια της φάσης αύξησης των καρπών επηρεάζεται από τη θερμοκρασία του αέρα στο περιβάλλον (Perkins-Veazie and Huber 1987, Miura et al., 1990). Εξαιτίας όμως της μικρής περιόδου ωρίμανσης, η συνεχής παρακολούθηση πολλών παραμέτρων είναι απαραίτητη έτσι ώστε να προσδιορίζονται με ακρίβεια τα στάδια ανάπτυξης των καρπών.

Ωρίμανση: Η ωρίμανση των καρπών είναι μία γενετικά προγραμματισμένη φάση της αναπτυξιακής πορείας του καρπού που αλληλοεπικαλύπτεται με τη φάση της γήρανσης (Watada et al., 1984, Coombe 1976). Η ωρίμανση μπορεί να επιβραδυνθεί ή να επιταχυνθεί ως ανταπόκριση των φυτών στους ρυθμιστές ανάπτυξης όπως το αιθυλένιο, οι γιββερελλίνες, οι κυτοκινίνες, το αμψισικό οξύ και οι αυξίνες. Στους κλιμακτηριακούς καρπούς παρατηρούνται έντονες αλλαγές στην ωρίμανση, με ταυτόχρονη αύξηση του ρυθμού αναπνοής και παραγωγής αιθυλενίου (Rhodes 1980, Biale and Young 1981).

Αντίθετα, στους μη κλιμακτηριακούς καρπούς παρουσιάζεται μια σταδιακή μείωση της αναπνοής κατά την ωρίμανση και σταθερή παραγωγή αιθυλενίου. Οι μη κλιμακτηριακοί καρποί συνήθως δεν παρουσιάζουν έντονες αλλαγές στο χρώμα και την υφή τους κατά την ωρίμανσή τους σε αντίθεση με τους κλιμακτηριακούς (McGlasson 1978).

Η κατηγοριοποίηση των καρπών με βάση την ένταση της αναπνοής ή τη παραγωγή αιθυλενίου είναι σημαντική για την εφαρμογή των κατάλληλων μετασυλλεκτικών χειρισμών για τα προϊόντα αυτά. Ο καρπός της φράουλας είναι ένα παράδειγμα μη κλιμακτηριακού καρπού (Coombe 1976, Knee et al., 1977, Given et al., 1988a, Perkins-Veazie 1988), ακόμα και αν εμφανίζονται διακριτές μεταβολές κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης και ο ρυθμός αναπνοής μετά τη συγκομιδή είναι ιδιαίτερα υψηλός. Οι καρποί, συμπεριλαμβανομένης της φράουλας, που συνεχίζουν να αυξάνονται σε μέγεθος κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης (Smith and Heinze 1958, Huber 1984, Abeles and Takeda 1990), συσσωρεύουν διαλυτά στερεά συστατικά, μειώνουν την οξύτητα και εμφανίζουν έντονες αλλαγές στην υφή τους (Sprayd and Morris 1981, Avigdori-Avidon 1986, Abeles and Takeda 1990). Όμως, αν και ο καρπός της φράουλας διατηρεί το χρώμα του κατά την αποθήκευση, ως μη κλιμακτηριακός καρπός εάν αποσπαστεί από το φυτό κατά το λευκό ή ροζ στάδιο δεν ολοκληρώνει την ωρίμανσή του (Smith and Heinze 1958, Kalt et al., 1993).

Όπως προαναφέρθηκε οι καρποί της φράουλας διαχωρίζονται σε τέσσερα στάδια ωριμότητας ως εξής: πράσινο, λευκό, ροζ και κόκκινο. Οι καρποί βρίσκονται στο λευκό στάδιο σε περίπου 21 ημέρες μετά την άνθηση και στο πλήρες κόκκινο σε 30 έως 40 ημέρες (Dennis, 1984). Η όλη διαδικασία ωρίμανσης είναι γρήγορη και γενικά λαμβάνει χώρα μέσα σε 5 με 10 ημέρες μετά από το λευκό στάδιο, εξαρτώμενη κυρίως από τη θερμοκρασία του αέρα (Perkins-Veazie and Huber 1987).

1.2.2.3 Μικροσκοπικές φυσιολογικές αλλαγές

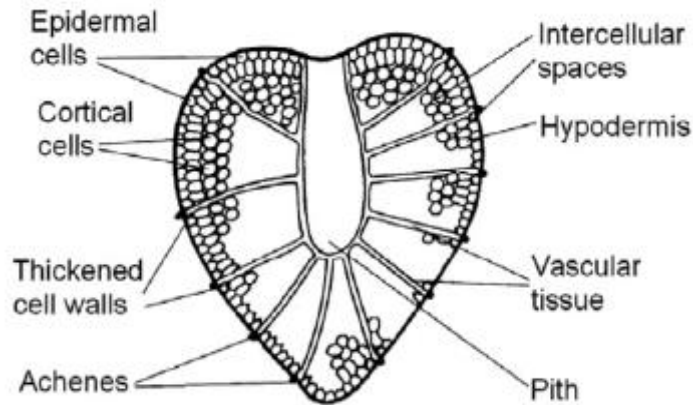
Η ανάπτυξη του καρπού της φράουλας μετά τη πτώση των πετάλων οφείλεται αρχικά σε ένα συνδυασμό της κυτταρικής διαίρεσης και της αύξησης του μεγέθους των κυττάρων. Η κυτταρική διαίρεση αντιπροσωπεύει μόνο το 15-20% της συνολικής αύξησης του καρπού, ενώ το υπόλοιπο της αύξησης είναι αποτέλεσμα της μεγέθυνσης των κυττάρων, με το μέγεθός τους να αυξάνεται προς το εσωτερικό μέρος του καρπού. Ο πολλαπλασιασμός των κυττάρων ολοκληρώνεται σε 7 ημέρες και εν συνεχεία η αύξηση πραγματοποιείται μέσω της αύξησης του όγκου των κυττάρων που φτάνει σε περίπου 1000-φορές ως προς τον αρχικό τους όγκο. Η μεγέθυνση των κυττάρων συνοδεύεται από σημαντικές αλλαγές τόσο στο κυτταρικό τοίχωμα όσο και στην υποκυτταρική δομή. Κατά

τη πτώση των πετάλων τα κύτταρα έχουν σκληρά κυτταρικά τοιχώματα, μικρά κενοτόπια, ενώ υπάρχουν άφθονοι κόκκοι αμύλου στα πλαστίδια και το σύστημα Golgi καθώς και πολλά ριβοσώματα. Κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης τα κυτταρικά τοιχώματα αποκτούν μεγαλύτερο πάχος και γίνονται περισσότερο περατά ενώ στα πλαστίδια αρχίζουν να χάνονται οι αμυλόκοκκοι και τελικά τα περισσότερα οργανίδια εκφυλίζονται με την ωρίμανση των καρπών. Αν και οι αλλαγές που παρατηρούνται στα πλαστίδια θα μπορούσαν να θεωρηθούν χαρακτηριστικά γηρασμού, τα μιτοχόνδρια στους ώριμους καρπούς φαίνονται φυσιολογικά. Η αύξηση της ενυδάτωσης και της αποδιοργάνωσης του κυτταρικού τοιχώματος κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης είναι η αιτία για το μαλάκωμα του ιστού (Knee et al., 1977).

Ο καρπός της φράουλας αποτελείται από 5 διαφορετικά επίπεδα (ζώνες) ιστών (Suutarinen et al., 1998). Αρχικά, απαντώνται τα επιδερμικά κύτταρα που συνθέτουν την εξωτερική επιφάνεια του καρπού, ακολούθως τα υποδερμικά κύτταρα και σε τρίτο επίπεδο τα κύτταρα του ηθμού. Στη συνέχεια, βρίσκεται το αγγειακό σύστημα, που ξεκινά από τα αχάινια και καταλήγει στην εντεριώνη, το οποίο συμβάλλει στη διαμόρφωση της υφής των καρπών. Μικροσκοπικές μελέτες έδειξαν ότι οι αγγειακές δέσμες και τα αχάινια στους καρπούς της φράουλας αποτελούν τις δομές εκείνες που διατηρούν την ακεραιότητά τους.

Στα διαφορετικά αυτά επίπεδα από τα οποία αποτελείται ο καρπός της φράουλας (επιδερμικός ιστός, υποδερμίδα, αγγειακός ιστός, ηθμός, αχάινια), απαντώνται και τα διάφορα χημικά συστατικά που συμβάλλουν στην υφή του καρπού, όπως πρωτεΐνες, πηκτίνη, λιγνίνη και κυτταρίνη (Suutarinen et al., 1998). Στα κύτταρα του ηθμού έχουν παρατηρηθεί ουσίες όπως κυτταρίνη, πρωτεΐνες και πηκτίνη. Οι πρωτεΐνες βρίσκονται κυρίως στην εξωτερική στρώση του κυτταρικού τοιχώματος, ενώ οι κυτταρίνες μπορούν να ανιχνευθούν στους μεσοκυττάριους χώρους. Ο αγγειακός ιστός περιέχει μακριές ίνες που αποτελούνται από κυτταρίνη, πρωτεΐνες, πηκτίνη και λιγνίνη. Όσον αφορά τα αχάινια, το κύριο συστατικό τους φαίνεται να είναι η λιγνίνη η οποία περιβάλλεται από πρωτεΐνες. Επίσης, μπορεί να υπάρχει και πηκτίνη σε αντίθεση με τη κυτταρίνη η οποία απουσιάζει.

Στους ώριμους καρπούς το κυτόπλασμα μειώνεται και βρίσκεται συμπιεσμένο μεταξύ του τονοπλάστη και του κυτταρικού τοιχώματος. Στο κενοτόπιο συσσωρεύονται οργανικά οξέα, σάκχαρα και φαινολικές ουσίες συμπεριλαμβανομένων και των ανθοκυανινών.



Σχήμα 1. Σχηματική παρουσίαση της ανατομίας του καρπού φράουλας
(Από: Suutarinen et al., 1998).

1.2.2.4 Αναπνοή (Respiration)

Για να προσδιοριστεί η σχέση της αναπνοής με την ωρίμανση, οι καρποί συνήθως υποβάλλονται σε διάφορες δοκιμές. Η αναπνοή των καρπών που συγκομίζονται σε διαφορετικά στάδια ανάπτυξης και αποθηκεύονται, παρακολουθούνται σε σχέση με τις αλλαγές που παρατηρούνται στο χρώμα, την υφή και τα διαλυτά στερεά συστατικά. Η απόκριση των καρπών στην εξωγενή εφαρμογή αιθυλενίου ή προπυλενίου είναι αυτή που διαχωρίζει τους καρπούς σε κλιμακτηριακούς και μη, ανάλογα με την αναπνευστική συμπεριφορά τους (McMurchie et al., 1972). Αν ο καρπός είναι κλιμακτηριακός, η ωρίμανση, η αναπνοή και η παραγωγή αιθυλενίου αυξάνονται κατά και μετά τη κλιμακτήριο. Αν ο καρπός είναι μη κλιμακτηριακός, η αναπνοή μπορεί να αυξάνεται προσωρινά, για όσο υπάρχει εξωγενής εφαρμογή αιθυλενίου. Ο ρυθμός ωρίμανσης ή αναπνευστικής δραστηριότητας αυξάνεται καθώς αυξάνεται η συγκέντρωση του εφαρμοζόμενου αερίου.

Ο ρυθμός αναπνοής των ώριμων καρπών φράουλας είναι περίπου 40-50 ml/kg/h στους 20 °C (Perkins-Veazie, 1988, Abeles and Takeda, 1990) και είναι σχετικά υψηλή τόσο σε σχέση με κλιμακτηριακούς καρπούς (τομάτα) όσο και με μη κλιμακτηριακούς (πορτοκάλι) (Hardenburg et al., 1986). Η αναπνοή των καρπών της φράουλας είναι χαμηλή μετά από 10-12 ώρες αποθήκευσης σε χαμηλή θερμοκρασία (Dayawaon and Shutak, 1967) και παραμένει χαμηλή για 7-10 ημέρες αποθήκευσης (Woodward and Topping, 1972, El-Kazazz et al., 1983, Li and Kader, 1989, Rosen and Kader, 1989). Οι καρποί της φράουλας έχουν διαθέσιμα ως αναπνευστικά υποστρώματα σάκχαρα και οργανικά οξέα. Στους ώριμους καρπούς, το αναπνευστικό πηλίκιο (CO₂/O₂) είναι κοντά

στη μονάδα, ενώ μετά από λίγες μέρες αποθήκευσης πέφτει στο 0,8 (Li and Kader, 1989), υποδηλώνοντας μια αλλαγή στη κατανάλωση αναπνευστικών υποστρωμάτων, από τα σάκχαρα στη κατανάλωση λιπαρών οξέων (Wills et al., 1981).

Η αναπνοή, σε καρπούς φράουλας που είχαν συγκομιστεί με το ποδίσκο και διατηρούνταν σε υψηλή σχετική υγρασία για την αποφυγή αφυδάτωσης, μειώθηκε από 240 (πράσινο στάδιο) σε 20 (ροζ στάδιο) και στη συνέχεια στα 25 (κόκκινο στάδιο) ml CO₂/kg/h στους 20 °C (Perkins-Veazie, 1988). Σε μεμονωμένους καρπούς που συγκομίστηκαν σε διαφορετικά στάδια ωριμότητας, η αναπνοή μειώθηκε από 45 ml CO₂/kg/h στο πράσινο στάδιο στα 20 ml CO₂/kg/h στο ροζ στάδιο και μετά αυξήθηκε στα 30 ml CO₂/kg/h σε σκούρους κόκκινους καρπούς (Abeles and Takeda, 1990).

Οι Janes et al. (1978) εφάρμοσαν αιθυλένιο με συγκέντρωση 50 μl/l σε λευκούς ακόμα καρπούς φράουλας αλλά τελικά απέτυχε τόσο η αύξηση της αναπνοής όσο και η προώθηση της ωρίμανσης. Εφαρμογή 5000 μl/l προπυλενίου (50 μl/l αιθυλένιο) σε πράσινους ή λευκούς καρπούς φράουλας συγκομισμένους με το ποδίσκο, είχε ως αποτέλεσμα την αναστολή αύξησης της αναπνοής. Οι Sas et al. (1992) παρατήρησαν αύξηση της αναπνοής σε πράσινους, λευκούς και κόκκινους καρπούς με την εφαρμογή 10, 100 και 1000 μl/l αιθυλενίου, αλλά ο ρυθμός αναπνοής ήταν παρόμοιος σε όλες τις συγκεντρώσεις. Υπήρχε μια 24ωρη καθυστέρηση μεταξύ της εφαρμογής των διαφόρων συγκεντρώσεων και της παρατηρούμενης αύξησης της αναπνοής. Μετά από τη καθυστέρηση των 24 ωρών, η αναπνοή διπλασιαζόταν και μετά το τέλος της μεταχείρισης τα επίπεδα αναπνοής επανέρχονταν στα αρχικά, όπως δηλαδή πριν την εφαρμογή του αιθυλενίου.

Η περιορισμένη αντίδραση της αναπνοής των καρπών της φράουλας στο αιθυλένιο έχει επίσης παρατηρηθεί και σε τραυματισμένους ή κομμένους καρπούς. Τεμαχισμένες φράουλες αυξάνουν το ρυθμό αναπνοής μόνο κατά 30% (Rosen and Kader, 1989) και η ακτινοβολία γ σε ώριμους καρπούς αύξησε την αναπνοή μόνο κατά 12% (Couture et al., 1990). Σε αντίθεση με τα προηγούμενα, η αναπνοή των καρπών μπορεί να μειωθεί με την εφαρμογή ελεγχόμενων συνθηκών αποθήκευσης ή με την εφαρμογή κυτοκινινών πριν την αποθήκευση (Dayawon and Shutak, 1967, Woodward and Topping, 1972).

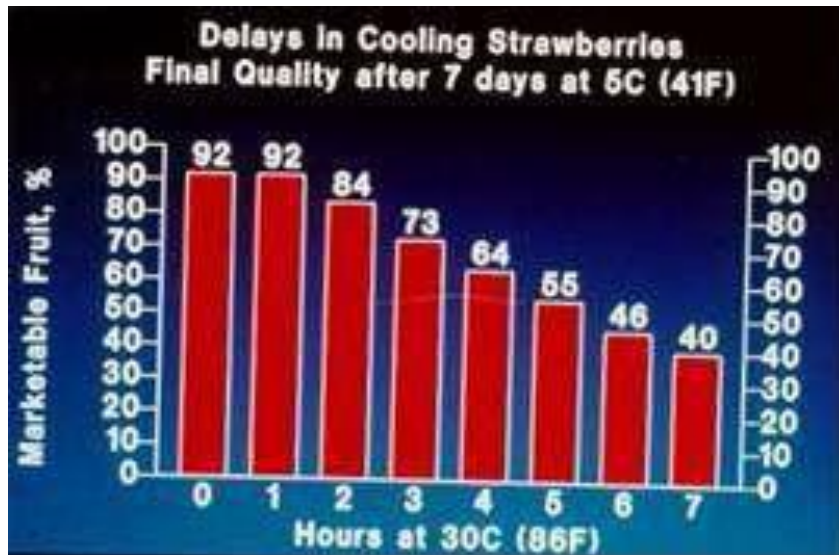
1.3 Μετασυλλεκτικές μεταχειρίσεις και αποθήκευση καρπών φράουλας

1.3.1 Γενικά για την αποθήκευση της φράουλας – Ψύξη

Οι φράουλες είναι από τους πιο ευπαθείς καρπούς λόγω του ότι έχουν υψηλό ρυθμό μεταβολισμού και καταστρέφονται σε σχετικά μικρό χρονικό διάστημα, ακόμα και χωρίς τη παρουσία προσβολών από μικροοργανισμούς. Έτσι, απαιτούν προσεκτική μεταχείριση και αυστηρή τήρηση κατάλληλων μετασυλλεκτικών πρακτικών, προκειμένου να διατηρήσουν αποδεκτή από το καταναλωτή τη ποιότητά τους. Γενικά, η εφαρμογή των ενδεικνυόμενων πρακτικών αποθήκευσης διατηρεί σε ικανοποιητικά επίπεδα έναν αριθμό από σημαντικά ποιοτικά χαρακτηριστικά, όπως τη συνεκτικότητα, τα διαλυτά στερεά συστατικά, την οξύτητα και τη φρεσκάδα, ενώ παράλληλα περιορίζονται οι μυκητολογικές προσβολές.

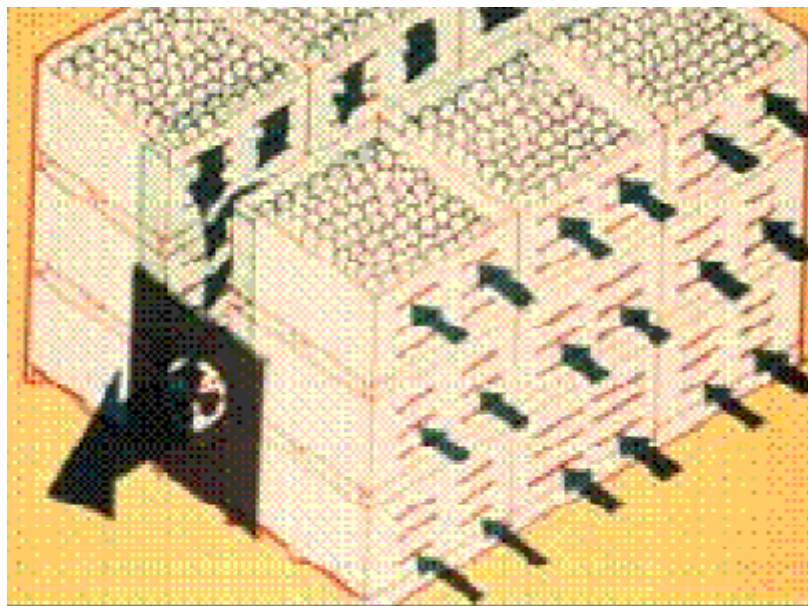
Για μέγιστη μετασυλλεκτική ζωή, οι φράουλες απαιτούν ταχεία αφαίρεση της θερμοκρασίας του αγρού σε συνδυασμό με χαμηλή θερμοκρασία αποθήκευσης (0 έως 1 °C) και διατήρηση της ψυκτικής αλυσίδας κατά τη μεταφορά και τη διανομή τους στους χώρους κατανάλωσης. Με τις καλύτερες δυνατές μετασυλλεκτικές μεταχειρίσεις και τις κατάλληλες ποικιλίες, οι φράουλες έχουν εμπορική διάρκεια ζωής από 7 έως 10 ημέρες. Προκειμένου να επιτευχθεί η μέγιστη μετασυλλεκτική διατήρηση, ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται σε όλες τις λεπτομέρειες μεταχείρισης του προϊόντος, όπως η συσκευασία, αλλά και των συνθηκών του περιβάλλοντος αποθήκευσης (θερμοκρασία, σχετική υγρασία, σύνθεση ατμόσφαιρας). Η κατάλληλη μετασυλλεκτική διαχείριση της θερμοκρασίας, είναι ο πιο σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει τη ζωή και τη ποιότητα των καρπών της φράουλας.

Η εφαρμογή πρόψυξης είναι πολύ σημαντική για τη διατήρηση της ποιότητας και την επέκταση της μετασυλλεκτικής ζωής της φράουλας. Όσο μεγαλύτερος είναι ο χρόνος παραμονής των καρπών φράουλας σε υψηλές θερμοκρασίες μετά τη συγκομιδή, τόσο μικρότερη είναι η μετασυλλεκτική τους ζωή, παρά την μετέπειτα αποθήκευσή τους σε χαμηλές θερμοκρασίες (Σχήμα 2). Επομένως είναι πολύ σημαντική για τους καρπούς της φράουλας η άμεση εφαρμογή πρόψυξης μετά τη συγκομιδή τους (Picha 2006). Η ψύξη με βεβιασμένη κίνηση του αέρα (forced-air cooling system) χρησιμοποιείται σήμερα εμπορικά και μειώνει σημαντικά το χρόνο που απαιτείται για τη ψύξη των καρπών σε ικανοποιητικά επίπεδα (Guillou, 1960).



Σχήμα 2. Ποσοστό (%) εμπορεύσιμων καρπών φράουλας μετά από αποθήκευσή τους για 7 ημέρες στους 5 °C, σε σχέση με το χρόνο σε ώρες που παρέμειναν οι καρποί σε θερμοκρασία 30 °C μετά τη συγκομιδή τους (Από: Picha, 2006).

Με αυτή τη μέθοδο πρόψυξης ο ψυχρός αέρας περνά διαμέσου των συσκευασιών αλλά και μεταξύ των καρπών και πολλές φορές απαιτείται λιγότερο από μία ώρα για τη μείωση της θερμοκρασίας στο επίπεδο του 1 °C σε αντίθεση με το συμβατικό τρόπο ψύξης του χώρου όπου απαιτούνται 7 έως 9 ώρες για τη μείωση της θερμοκρασίας των καρπών σε αντίστοιχα επίπεδα.



Σχήμα 3. Σχηματική παρουσίαση της ψύξης των καρπών φράουλας με τη μέθοδο βεβιασμένης κίνησης του αέρα (forced-air cooling system).

Άλλη τεχνική που χρησιμοποιείται για τη διατήρηση της ποιότητας και τη παράταση της μετασυλλεκτικής ζωής των καρπών φράουλας είναι η εφαρμογή ελεγχόμενων ατμοσφαιρών (controlled atmospheres, CA) τόσο κατά την αποθήκευση όσο και εντός των συσκευασιών τους. Οι ελεγχόμενες ατμόσφαιρες και συγκεκριμένα οι υψηλές συγκεντρώσεις CO₂ στο χώρο αποθήκευσης, χρησιμοποιούνται ευρέως για την παράταση του χρόνου αποθήκευσης των ευαίσθητων καρπών, με ιδιαίτερη εφαρμογή στην περίπτωση της φράουλας.

1.3.2 Διαχείριση της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια των μετασυλλεκτικών χειρισμών

Η διατήρηση μιας σταθερής βέλτιστης θερμοκρασίας καθ' όλη τη διάρκεια των μετασυλλεκτικών χειρισμών (από το χώρο παραγωγής μέχρι το λιανικό εμπόριο) είναι ένα από τα πιο δύσκολα εγχειρήματα και απέχει πολύ η επίτευξή της ακόμα και στις πιο ανεπτυγμένες χώρες. Η διαχείριση της θερμοκρασίας είναι ένας από τους πιο σημαντικούς παράγοντες που συμβάλλουν στην ελαχιστοποίηση ή μεγιστοποίηση των απωλειών στους καρπούς φράουλας. Υψηλές θερμοκρασίες κατά την αποθήκευση έχουν ως αποτέλεσμα υψηλό ρυθμό αναπνοής και κατ' επέκταση περιορισμένη διάρκεια αποθήκευσης η οποία συνδέεται με σημαντική υποβάθμιση της ποιότητας (Ayala-Zavala et al., 2004, Cordenunsi et al., 2005, Nunes et al., 1998, Shin et al., 2007). Καρποί που αποθηκεύονται σε υψηλές θερμοκρασίες έχουν υψηλότερες συγκεντρώσεις ανθοκυανινών, φαινολικών και φλαβονοειδών καθώς και υψηλότερη αντιοξειδωτική δράση σε σχέση με καρπούς που αποθηκεύτηκαν σε χαμηλές θερμοκρασίες (Ayala-Zavala et al., 2004, Kalt et al., 1999, Shin et al., 2007). Αποφυγή απώλειας του ασκορβικού οξέος στους καρπούς της φράουλας μπορεί να παρατηρηθεί διαφορετικές θερμοκρασίες (Kalt et al., 1999), αν και οι Cordenunsi et al. (2003) βρήκαν ότι το ασκορβικό οξύ μειώθηκε στους καρπούς πέντε ποικιλιών κατά τη διάρκεια αποθήκευσης στους 6 °C για 6 ημέρες σε αέρα.

Η συνολική συγκέντρωση ανθοκυανινών στις φράουλες που συγκομίστηκαν στο πράσινο στάδιο ήταν χαμηλή αλλά το ολικό περιεχόμενο σε φαινολικά και η συνολική αντιοξειδωτική δράση αυξάνονταν καθώς οι καρποί ωρίμαζαν (Wang and Lin, 2000). Οι Nunes et al. (2006) βρήκαν ότι η συνολική συγκέντρωση ανθοκυανινών στις φράουλες αυξανόταν κατά την ωρίμανση ανεξάρτητα από το αν αυτή γινόταν πριν ή μετά τη

συγκομιδή, αλλά οι συγκεντρώσεις των φαινολικών διατηρούνταν ή άλλαζαν κατά την αποθήκευση ανάλογα με την ποικιλία και το στάδιο της ωριμότητας κατά τη συγκομιδή.

Αντίστοιχα, οι Shin et al. (2007) βρήκαν ότι ο κόκκινος χρωματισμός των καρπών φράουλας διατηρήθηκε κατά την παραμονή στη μέτρια θερμοκρασία των 10 °C και με 75-95% σχετική υγρασία για μια μικρή περίοδο αποθήκευσης 4 ημερών, ενώ, συνολικά, η ωρίμανση των καρπών καθυστέρησε στους 10 °C σε σύγκριση με τους 20 °C. Η συνολική αντιοξειδωτική δραστηριότητα των καρπών ήταν οριακά υψηλότερη στους 10 °C, ενώ το περιεχόμενο σε ανθοκυανίνες ήταν υψηλότερο στους 20 °C.

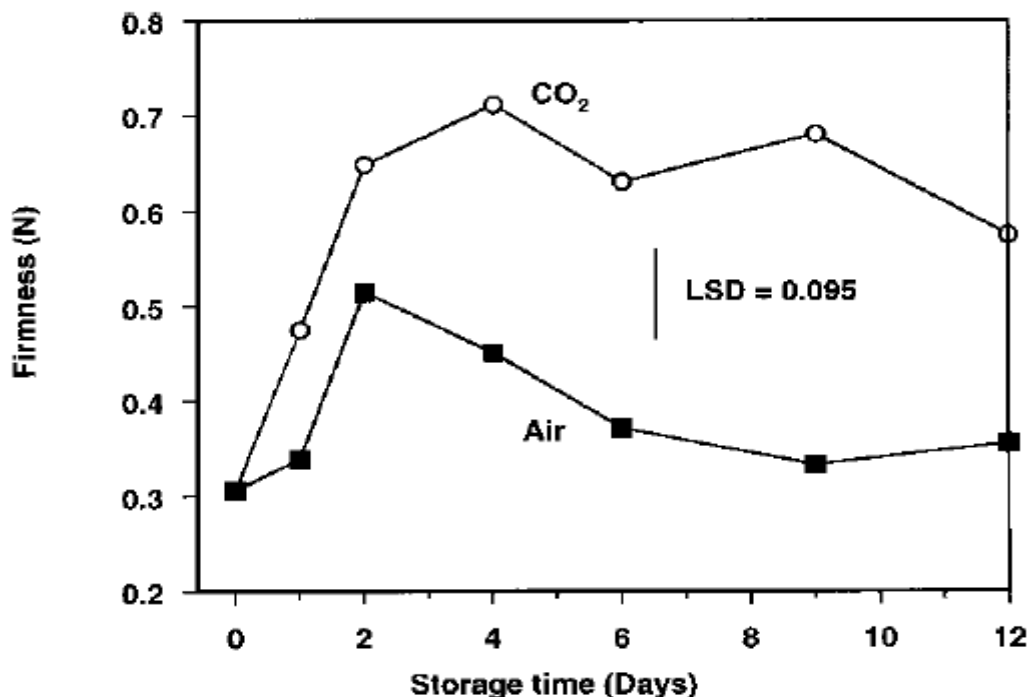
1.3.3 Ελεγχόμενες ατμόσφαιρες και ποιότητα των καρπών φράουλας

Η επίδραση των ελεγχόμενων ατμοσφαιρών στη μετασυλλεκτική φυσιολογία και τα ποιοτικά γνωρίσματα των καρπών φράουλας, περιλαμβάνει τον έλεγχο των μετασυλλεκτικών ασθενειών των καρπών (Couey et al., 1966, Couey and Wells, 1970, Sommer et al., 1973, El-Kazzaz et al., 1983, Harvey, 1972, Prasad and Stabelbacher, 1974, Shaw, 1969, Smith, 1957, Wells, 1970, Woodward and Topping, 1972), τη μείωση του ρυθμού της αναπνοής (Siriphanich, 1980, Tomalin and Robinson, 1971, Woodward and Topping, 1972) και παραγωγής αιθυλενίου (El-Kazzaz et al., 1983, Siriphanich, 1980), την επιβράδυνση του μαλακώματος της σάρκας (El-Kazzaz et al., 1983) και την αύξηση της συσσώρευσης ορισμένων αρωματικών ουσιών (Prasad and Stabelbacher, 1974, Shaw, 1969, Smith, 1957, Woodward and Topping, 1972).

1.3.3.1 Συνεκτικότητα και ρυθμός αναπνοής

Φράουλες που δέχτηκαν μεταχείριση με υψηλή συγκέντρωση CO₂ και χαμηλή O₂ φάνηκαν να είναι πιο συνεκτικές από αυτές που αποθηκεύτηκαν στον αέρα, ενώ παράλληλα περιορίστηκε η έκταση των μυκητολογικών προσβολών, με αποτέλεσμα την επέκταση της μετασυλλεκτικής τους ζωής (Couey et al., 1966, Borecka and Millikan, 1981, El-Kazzaz et al., 1983, Li and Kader, 1989, Ke et al., 1981). Επιπλέον, παρατηρήθηκε όχι απλά διατήρηση, αλλά και αύξηση της συνεκτικότητας των καρπών όταν εκτέθηκαν σε υψηλά επίπεδα CO₂ κατά τη διάρκεια ψυχρής αποθήκευσης (Ptocharski, 1982, Li and Kader, 1989, Ke et al., 1991, Smith, 1992, Smith and Skog, 1992, Picon et al., 1993, Larsen and Watkins, 1995 a,b). Η αύξηση της συνεκτικότητας με την εφαρμογή υψηλού CO₂ παρατηρείται στις περισσότερες ποικιλίες (Smith and Skog,

1992, Watkins et al., 1999) και επηρεάζεται από το στάδιο ωριμότητας των καρπών (Goto et al., 1995) καθώς επίσης και από τη θερμοκρασία κατά τη μεταχείριση (Smith, 1992).



Σχήμα 4. Μεταβολή της συνεκτικότητας (δύναμη σε N που εφαρμόζεται για τη διάτρηση) καρπών φράουλας ποικιλίας "Pajaro" κατά την αποθήκευσή τους σε αέρα ή 20% CO₂ ως 12 ημέρες.

Όμως, παρατεταμένη έκθεση των καρπών σε υψηλά επίπεδα CO₂ σε συνδυασμό με χαμηλά επίπεδα O₂ μπορεί να οδηγήσει σε αναεροβίωση, με αποτέλεσμα την ανάπτυξη δυσάρεστων οσμών και τον αποχρωματισμό ιστών (El-Kazzaz et al., 1983, Li and Kader, 1989, Ke et al., 1983). Το γεγονός αυτό αποτελεί σοβαρό πρόβλημα όταν οι καρποί μεταφέρονται ή αποθηκεύονται σε υψηλότερες θερμοκρασίες από τις ενδεικνυόμενες. Αν και οι καρποί φράουλας πρέπει να διατηρούνται κοντά στους 0 °C μετά τη συγκομιδή, οι Harvey et al. (1980) αναφέρουν ότι συνήθως οι θερμοκρασίες εντός των οποίων διακινούνται εμπορικά οι φράουλες ποικίλουν από 2 έως 9 °C, ενώ όμοια, οι Sommer et al. (1973) ποτέ δεν διαπίστωσαν θερμοκρασίες καρπών κάτω από 5 °C σε εμπορικούς ελέγχους που πραγματοποίησαν, ενώ οι συνήθεις θερμοκρασίες ήταν κοντά στους 10 °C.

Με την εφαρμογή ελεγχόμενων ατμοσφαιρών παρατηρήθηκε επίσης μείωση του ρυθμού αναπνοής όταν οι φράουλες κατά την αποθήκευση (Woodward and Topping, 1972, Li and Kader, 1989, Talasila et al., 1992). Συγκέντρωση 0,5% O₂ παρατηρήθηκε ότι ήταν πιο αποτελεσματική στον περιορισμό της αναπνοής των καρπών της ποικιλίας

"Selva" στους 2 °C σε σχέση με 1 ή 2% O₂, ενώ αντίστοιχα συγκεντρώσεις CO₂ 15-20% ήταν πιο αποτελεσματικές σε σχέση με 10% CO₂ (Li and Kader, 1989). Μετά την έξοδο των καρπών από τις ελεγχόμενες ατμόσφαιρες στον αέρα, η αναπνοή και ο ρυθμός παραγωγής αιθυλενίου αυξήθηκαν αλλά έφτασαν σε σημαντικά χαμηλότερο επίπεδο σε σχέση με των καρπών που διατηρήθηκαν συνεχώς σε αέρα. Ατμόσφαιρες αποτελούμενες από 1% O₂ + 15% CO₂ καθώς και 0,5% O₂ + 20% CO₂ οδήγησαν στη συσσώρευση αιθανόλης (ένδειξη αναεροβίωσης), σε συγκέντρωση πάνω από 100 μl/l (ppm) στο χυμό των καρπών μετά τη μεταφορά τους σε αέρα για αρκετές ημέρες (Woodward and Topping, 1972). Έχει όμως αποδειχθεί ότι ο συνδυασμός μειωμένου O₂ και αυξημένου CO₂ έχει σημαντικότερη θετική επίδραση στη διατήρηση της ποιότητας σε σχέση με τη μεμονωμένη μείωση του O₂ ή την αύξηση του CO₂. Η μείωση του ρυθμού αναπνοής μπορεί να βοηθήσει στην ελαχιστοποίηση των βιοχημικών αλλαγών κατά την αποθήκευση, με αποτέλεσμα τη διατήρηση της γεύσης και της θρεπτικής αξίας των καρπών (Nunes et al., 1995).

1.3.3.2 Έλεγχος των σήψεων

Πολλοί ερευνητές (Harvey 1982, Harvey et al., 1971, Smith 1957, Sommer et al., 1973, Wells 1970, Woodward and Topping 1972) μελέτησαν την επίδραση των ελεγχόμενων ατμοσφαιρών όσον αφορά την εμφάνιση ασθeneιών, τις μεταβολικές αλλαγές και τις φυσιολογικές διαταραχές σε καρπούς φράουλας.

Η φαιά σήψη (που προκαλείται από το παθογόνο *Botrytis cinerea*) είναι ο πιο σημαντικός μυκητολογικός εχθρός της φράουλας (Ceronis and Butterfield 1973, Ceronis et al., 1987, Wright and Billeter 1975). Η ανάπτυξη της ασθένειας κατά τη διάρκεια των μετασυλλεκτικών χειρισμών, τις πιο πολλές φορές είναι αποτέλεσμα μόλυνσης των καρπών πριν τη συγκομιδή, καθώς μετασυλλεκτικές μολύνσεις προκύπτουν περιστασιακά όταν υγιείς καρποί έρχονται σε επαφή με μολυσμένους (Sommer et al., 1973). Άλλα παθογόνα που προκαλούν σοβαρές μετασυλλεκτικές ασθένειες είναι οι *Rhizopus spp.* και *Phytophthora cactorum*.

Οι Couey et al. (1966) βρήκαν περιορισμό στην εμφάνιση φαιάς σήψης σε καρπούς φράουλας με την αποθήκευσή τους σε ατμόσφαιρα μειωμένου O₂ σε επίπεδα 0,5% ή λιγότερο, αλλά παρατηρήθηκε ανάπτυξη δυσάρεστων οσμών στους καρπούς που διατηρούνταν σε 0,25% O₂ ή λιγότερο. Οι Couey and Walls (1970) παρουσίασαν την αποτελεσματικότητα της αυξημένης συγκέντρωσης CO₂ στην ελαχιστοποίηση εμφάνισης σήψης και δυσάρεστων οσμών στο επίπεδο του 30% CO₂, που επίσης επέδρασε σε μείωση

του ποσοστού μαλακώματος των καρπών κατά τη μεταφορά τους σε αέρα στους 15 °C (Harris and Harvey, 1973). Γενικότερα, έχει αποδειχθεί καλός έλεγχος των μυκητολογικών προσβολών σε ελεγχόμενες ατμόσφαιρες σε επίπεδα CO₂ ≥ 10% και O₂ ≤ 0,5% (στους 3 °C) (Couey et al., 1966, Couey and Wells, 1970). Όμως, οι Sommer et al. (1973) κατέληξαν στο ότι τα υψηλά επίπεδα CO₂ στις ατμόσφαιρες είναι αποτελεσματικά για τον έλεγχο των μυκητολογικών προσβολών μόνο σε θερμοκρασίες πάνω από 5 °C.

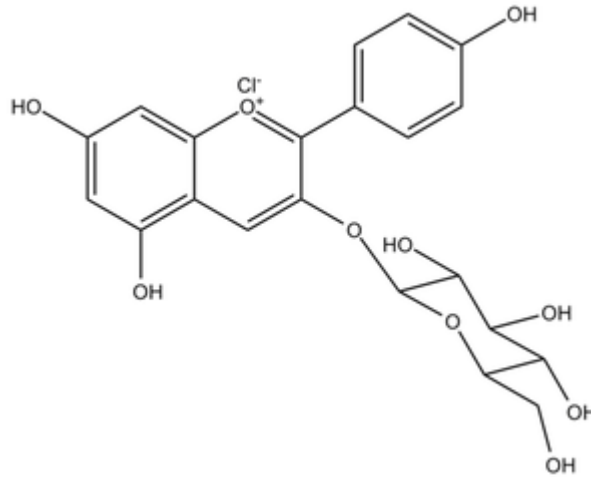
Ο Sommer (1985) πρότεινε τρόπους ελέγχου των μετασυλλεκτικών ασθeneιών στους καρπούς φράουλας με τους πιο σημαντικούς να είναι: η αποφυγή συσκευασίας μολυσμένων καρπών, αποφυγή τραυματισμών των καρπών κατά τη συγκομιδή και τις μετασυλλεκτικές μεταχειρίσεις, ταχεία ψύξη κοντά στους 0 °C, διατήρηση του χρόνου μεταφοράς και εμπορίας στο ελάχιστο και τέλος η διατήρηση της ψυκτικής αλυσίδας με ταυτόχρονο εμπλουτισμό του περιβάλλοντος των καρπών με CO₂.

Εύρος συγκεντρώσεων από 5 έως 10% O₂ και 15 έως 20% CO₂ για την εφαρμογή ελεγχόμενων ατμοσφαιρών, έχουν προταθεί ως οι άριστες για την αποθήκευση καρπών φράουλας με συνιστώμενη θερμοκρασία τους 0 °C (Kader, 1980, Kader, 1992).

1.3.3.3 Επίδραση στο χρώμα των καρπών - Ανθοκυανίνες

Οι ανθοκυανίνες αποτελούν σημαντική υποκατηγορία των φαινολικών παραγώγων. Το μεγαλύτερο μέρος των χημικών ενώσεων που δίνουν στα άνθη, στους καρπούς, στα φύλλα αλλά και στο περίβλημα των σπόρων, το πορφυρό, κυανό ή ερυθρό χρώμα τους είναι ανθοκυανίνες. Αυτές υδρολύονται εύκολα προς άλλες ουσίες (ανθοκυανιδίνες) και σε ένα ή περισσότερα μόρια σακχάρων. Οι ανθοκυανιδίνες δεν απαντούν ελεύθερες στη φύση, αλλά είναι ενωμένες με σάκχαρα. Τα σάκχαρα που απαντούν στις ανθοκυανιδίνες είναι αλδόζες και κυρίως γλυκόζη, ξυλόζη, αραβινόζη και γαλακτόζη. Οι πιο διαδεδομένες ανθοκυανιδίνες είναι η πελαργονιδίνη, η κυανιδίνη, η πεονιδίνη, η δελφινιδίνη και η μαλβιδίνη.

Το χρώμα των καρπών της φράουλας οφείλεται σε ανθοκυανιδίνες με σημαντικότερη την πελαργονιδίνη 3-γλυκοσιδάση (pelargonidin 3-glucoside).



Σχήμα 5. Η Pelargonidin 3-glucoside αποτελεί την κύρια ανθοκυανιδίνη που είναι υπεύθυνη για το χρώμα των καρπών φράουλας.

Οι ανθοκυανίνες και οι παράγοντες που επηρεάζουν τη σύνθεσή τους είναι υπεύθυνες για το χρώμα των καρπών της φράουλας. Μετά τη συγκομιδή και κατά την αποθήκευση οι αλλαγές στο χρώμα των καρπών της φράουλας σχετίζονται με αύξηση της συσσώρευσης των ανθοκυανινών (Kalt et al., 1993, Gil et al., 1997). Η σύνθεση των ανθοκυανινών συνεχίζεται στους συγκομισμένους καρπούς, ιδιαίτερα σε αυτούς που αποθηκεύονται στον αέρα ακόμα και σε χαμηλές θερμοκρασίες. Σύμφωνα με τους Gil et al. (1997) κατά την αποθήκευση καρπών φράουλας για 5 ημέρες σε αέρα και ελεγχόμενες ατμόσφαιρες (αέρας εμπλουτισμένος με 10, 20 και 40% CO₂), παρατηρήθηκε αύξηση των ανθοκυανινών σε σχέση με την ημέρα της συγκομιδής, ιδιαίτερα στον αέρα όπου ο μεταβολισμός των καρπών δεν επηρεάστηκε όσο σε ατμόσφαιρες εμπλουτισμένες με CO₂. Αντίθετα, με αύξηση του CO₂ παρατηρήθηκε μειωμένη αύξηση στη συγκέντρωση των ανθοκυανινών μετά την αποθήκευση. Θα πρέπει όμως να σημειωθεί ότι το συνολικό περιεχόμενο των καρπών σε ανθοκυανίνες δεν αντικατοπτρίζει ξεκάθαρα τις αλλαγές στο χρώμα της επιφάνειας και της σάρκας του καρπού. Έτσι, βρέθηκε ότι η συγκέντρωση των ανθοκυανινών στους εξωτερικούς και εσωτερικούς ιστούς των καρπών μετά την αποθήκευση σε σχέση με τις αντίστοιχες τιμές κατά τη συγκομιδή, επηρεάστηκε από την εφαρμογή ελεγχόμενων ατμοσφαιρών. Έτσι, οι καρποί που διατηρήθηκαν σε αέρα αύξησαν το περιεχόμενο σε ανθοκυανίνες, πιθανά λόγω σύνθεσης νέων, τόσο στους εξωτερικούς όσο και στους εσωτερικούς ιστούς, ενώ στους καρπούς που διατηρήθηκαν σε υψηλό CO₂ δεν παρατηρήθηκε αύξηση των ανθοκυανινών στους εξωτερικούς ιστούς, ενώ σημαντική μείωση παρατηρήθηκε στις ανθοκυανίνες των εσωτερικών ιστών με αποθήκευση σε 20 και 40% CO₂, οδηγώντας σε "άσπρισμα" της εσωτερικής σάρκας.

Οι Li and Kader (1989) βρήκαν αντικρουόμενα αποτελέσματα για την επίδραση των ελεγχόμενων ατμοσφαιρών στο εσωτερικό χρώμα των καρπών. Ενώ με 2% O₂ η τιμή a* του χρωματομέτρου ήταν υψηλότερη (πιο κόκκινοι καρποί εσωτερικά) από ότι κατά την αποθήκευση σε αέρα, όταν οι καρποί παρέμειναν για 4 ημέρες σε ατμόσφαιρα με 0,5% O₂ η τιμή a* ήταν χαμηλότερη. Ο συνδυασμός χαμηλού O₂ και υψηλού CO₂ είχε τα καλύτερα αποτελέσματα όσον αφορά τη διατήρηση του εσωτερικού χρώματος της σάρκας. Σε μελέτη των Holcroft and Kader (1999), το εξωτερικό χρώμα των καρπών φράουλας ποικιλίας "Selva" έγινε ελαφρώς πιο σκούρο κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης χωρίς όμως να επηρεάζεται από τη σύνθεση της ατμόσφαιρας. Αυτό επιβεβαιώνεται και από προηγούμενες αναφορές (Kalt et al., 1993, Miszczak et al., 1995) όπου οι καρποί γίνονταν πιο σκούροι κατά την αποθήκευση σε αέρα καθώς προχωρούσαν προς το στάδιο του γηρασμού. Αρχικά η τιμή του παράγοντα *chroma* (ένταση χρώματος) αυξήθηκε κατά την αποθήκευση και ήταν μεγαλύτερη σε ατμόσφαιρα υψηλού CO₂ παρά στον αέρα. Μετά από παρατεταμένη, όμως, διάρκεια αποθήκευσης (10 ημερών) στους 5 °C το *chroma* δεν επηρεάστηκε από τις ελεγχόμενες ατμόσφαιρες.

Όσον αφορά το εσωτερικό χρώμα των καρπών, φαίνεται να σχετίζεται περισσότερο με τις ελεγχόμενες ατμόσφαιρες, αφού οι παράμετροι L* και *chroma* επηρεάστηκαν από τις μεταχειρίσεις υψηλού CO₂. Το L* ήταν χαμηλότερο (πιο σκούρο εσωτερικό χρώμα) και το *chroma* υψηλότερο στους καρπούς που αποθηκεύτηκαν σε αέρα για 10 ημέρες. Επίσης το *chroma* στους καρπούς που δέχτηκαν 10% CO₂ ήταν ελαφρώς υψηλότερο από αυτούς που αποθηκεύτηκαν σε 20% CO₂, όπως επιβεβαιώνεται και από προηγούμενες παρατηρήσεις (Gil et al., 1997) σύμφωνα με τις οποίες μεταχειρίσεις με υψηλό CO₂ διατηρούν πιο έντονο το χρώμα του εσωτερικού ιστού κατά την αποθήκευση. Επιπλέον η παράμετρος *hue angle* αυξάνεται σημαντικά, δηλαδή οι καρποί εσωτερικά αποκτούν μια πορτοκαλο-κόκκινη χροιά κατά την αποθήκευσή τους σε ατμόσφαιρα με 10% CO₂ γεγονός που συμπίπτει με αποτελέσματα των Gil et al. (1997) όπου αέρας + 10% CO₂ είχε μεγαλύτερη επίδραση στη παράμετρο *hue angle*.

Αυξήσεις έχουν παρατηρηθεί στο μπλούμπερρυ (*Vaccinium angustifolium*) (Kalt and McDonald, 1996), όπου η συγκέντρωση των ανθοκυανινών αυξήθηκε κατά 18% μετά από αποθήκευση 2 εβδομάδων στον 1 °C, στα ρόδια (*Punica granatum*) όπου παρατηρήθηκε μια αύξηση 71% μετά από 6 εβδομάδες αποθήκευσης στους 10 °C (Holcroft et al., 1998) και τέλος σε καρπούς φράουλας ποικιλίας "Selva" (19% αύξηση σε ολόκληρο το καρπό ή 31% στον εξωτερικό ιστό μετά από αποθήκευση 10 ημερών στους 5 °C) (Gil et al., 1997). Η μεταχείριση με CO₂ αναστέλλει αυτή τη μετασυσπαστική

αύξηση της συγκέντρωσης των ανθοκυανινών (Gil et al., 1997, Holcroft et al., 1998) επηρεάζοντας τη βιοσύνθεσή τους.

1.3.3.4 pH, TA, TSS

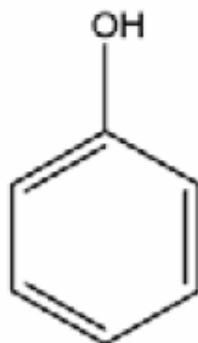
Σε πειράματα των Holcroft and Kader, (1999) και Gil et al. (1997) παρατηρήθηκε ότι το pH του χυμού των καρπών ήταν ελαφρώς υψηλότερο μετά από αποθήκευση σε ελεγχόμενες ατμόσφαιρες και μια αντίστοιχη μείωση της τιτλοδοτούμενης οξύτητας, ενώ δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές με τις άλλες μεταχειρίσεις. Οι Ke et al. (1981) και Ke and Kader (1989) διαπίστωσαν ότι μεταχειρίσεις με υψηλό CO₂ (20, 50 και 80%) προκαλούν μια αύξηση στο pH μετά από 10 ημέρες στους 0 και 5 °C. Αρχικά το pH του εσωτερικού ιστού ήταν λίγο υψηλότερο από αυτό του εξωτερικού ιστού (3,76 και 3,49 αντίστοιχα). Το pH του εξωτερικού ιστού αυξήθηκε μόλις 0,1 μονάδα κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης και οι διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων ήταν αμελητέες στις 10 ημέρες αποθήκευσης. Κατά τη διάρκεια των 10 ημερών το pH του εσωτερικού ιστού αυξήθηκε κατά 0,27 μονάδες σε αέρα + 20% CO₂ έναντι 0,09 μονάδες αύξησης στον αέρα. Η τιτλοδοτούμενη οξύτητα ήταν σημαντικά χαμηλότερη στον εσωτερικό από ότι στον εξωτερικό ιστό (0,55% και 0,94% αντίστοιχα). Επίσης και τα δύο τμήματα του ιστού παρουσίασαν μείωση της οξύτητας κατά την αποθήκευση. Η τιτλοδοτούμενη οξύτητα των εσωτερικών ιστών των καρπών που αποθηκεύτηκαν για 10 ημέρες σε αέρα + 20% CO₂ ήταν χαμηλότερη από αυτή των καρπών σε αέρα (0,49% έναντι 0,56% σε αέρα). Τα διαλυτά στερεά συστατικά δεν διέφεραν σημαντικά μεταξύ εσωτερικών και εξωτερικών ιστών. Οι ελεγχόμενες ατμόσφαιρες δεν επηρέασαν τα διαλυτά στερεά κατά την αποθήκευση των 10 ημερών, ενώ στη συνέχεια μειώθηκαν και στα δύο τμήματα του ιστού σε καρπούς που εκτέθηκαν σε αέρα + 20% CO₂.

Το χρώμα και η σταθερότητα των ανθοκυανινών είναι γνωστό ότι επηρεάζονται από το pH. Καθώς το pH αυξάνεται, το χρώμα ξεθωριάζει. Σε εύρος pH 4 - 6, οι περισσότερες ανθοκυανίνες φαίνονται άχρωμες (Brouillard, 1982, Mazza and Miniati, 1993). Το pH στο κενοτόπιο είναι χαμηλότερο από το συνολικό pH του καρπού (Moskowitz and Hrazdina, 1981) και αυτό συμβάλλει στην έκφραση του χρώματος.

1.3.3.5 Φαινολικά

Με τον όρο φαινολικές ενώσεις εννοούμε μια κατηγορία χημικών ενώσεων που περιέχουν μία ή περισσότερες υδροξυλομάδες σε ένα βενζολικό δακτύλιο. Οι φαινολικές ενώσεις αποτελούν μία από τις κύριες ομάδες δευτερογενών μεταβολιτών μαζί με τα

αλκαλοειδή και τερπενοειδή και βρίσκονται εντός των φυτών ελεύθερα ή ενωμένα με μόρια γλυκόζης ή άλλα σάκχαρα ενώ πολλές περιλαμβάνουν αμίνες, οργανικά οξέα, λιπίδια και άλλα συστατικά (Robins, 2003, Harborne and Baxter, 1999).



Σχήμα 6. Η ομάδα της φαινόλης (κατά Bravo, 1998).

Επειδή στον παραπάνω ορισμό συμπεριλαμβάνονται και άλλες ενώσεις είναι ακριβέστερος ένας ορισμός που βασίζεται στο βιοχημικό μονοπάτι σύνθεσης των φαινολικών ενώσεων στα φυτά. Έτσι φαινολικές ενώσεις θεωρούνται εκείνες που προέρχονται από τα μεταβολικά μονοπάτια του σικιμικού και του οξικού οξέος και βασικός τους ρόλος είναι η προστασία των φυτών από το φωτοσυνθετικό και περιβαλλοντικό stress.

Οι φαινολικές ενώσεις είναι ευρύτατα διαδεδομένες και επιτελούν πολλές και σημαντικές λειτουργίες μέσα στο φυτικό κύτταρο, εκ των οποίων η σημαντικότερη είναι η προστασία που παρέχουν στο φυτικό κύτταρο από την οξειδωτική καταπόνηση. Επιπλέον, στα φυτά σε συνθήκες βιοτικής καταπόνησης (προσβολές από παθογόνα) ή και αβιοτικής (χαμηλές ή υψηλές θερμοκρασίες, υπεριώδης ακτινοβολία) επάγεται η σύνθεση της PAL και συντίθενται νέες φαινολικές ενώσεις (Solecka and Kasperska, 2003).

Οι μικροί και κυρίως οι κόκκινοι καρποί είναι πλούσιοι σε φλαβονοειδή και φαινολικά οξέα. Τα ολικά φαινολικά κυμαίνονται 1610 έως 2940 $\mu\text{g/g}$ σε φράουλες (Shin et al., 2007), από 3610 έως 4350 $\mu\text{g/g}$ σε βατόμουρα, από 2700 έως 3480 $\mu\text{g/g}$ σε μύρτιλλα, από 2650 έως 3030 $\mu\text{g/g}$ σε κόκκινα σμέουρα και από 1250 έως 3750 $\mu\text{g/g}$ σε δαμάσκηνα (Kim et al., 2003).

Η περιεκτικότητα των φαινολικών ουσιών αυξάνεται με την αποθήκευση αλλά δεν επηρεάζεται από τις ελεγχόμενες ατμόσφαιρες, σύμφωνα με τους Holcroft and Kader (1999) σε πείραμα με καρπούς ποικιλίας "Selva". Η περιεκτικότητα στους εξωτερικούς ιστούς ήταν σημαντικά υψηλότερη από τους εσωτερικούς, με το ελλαγικό οξύ και

φλαβονόλες (καμφερόλη και κερκετίνη) να απαντώνται μόνο στους εξωτερικούς ιστούς, καθώς η κατεχίνη και η *p*- coumaroyl glucose βρίσκονταν σε ολόκληρο το καρπό. Γενικά, οι συγκεντρώσεις μεμονομένων φαινολικών ουσιών αυξάνονται κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης, ιδιαίτερα στον αέρα. Μια αύξηση της συγκέντρωσης παρατηρήθηκε μετά από 5 ημέρες αποθήκευσης σε αέρα + 20% CO₂, αν και στις 10 ημέρες οι συγκεντρώσεις ήταν χαμηλότερες σε σχέση με την αποθήκευση των καρπών σε αέρα, υποδηλώνοντας μια υποβάθμιση των φαινολικών ενώσεων που ίσως εντίνεται μετά από παρατεταμένη αποθήκευση σε ατμόσφαιρα υψηλής συγκέντρωσης CO₂.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Κηπευτικών Καλλιεργειών του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών (Γ.Π.Α.), από το Μάρτιο του 2014 έως και τον Νοέμβριο του ίδιου έτους.

2.1 Οι καρποί φράουλας

Για τη διεξαγωγή του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν 2 ποικιλίες φράουλας, ευρέως καλλιεργούμενες στην Ελλάδα, η "Camarosa" και η "Sabrina". Καρποί που είχαν μόλις συγκομιστεί από τις ποικιλίες αυτές προήλθαν από εταιρείες συσκευασίας και εμπορίας στη περιοχή της Ν. Μανωλάδας του Ν. Ηλείας και μεταφέρθηκαν στο χώρο του εργαστηρίου του Γεωπονικού Πανεπιστημίου για τη διεξαγωγή των πειραματικών επεμβάσεων αποθήκευσης και των μετρήσεων. Πραγματοποιήθηκαν 3 συγκομιδές των παραπάνω ποικιλιών ως εξής: η πρώτη συγκομιδή της ποικιλίας "Camarosa" έλαβε χώρα την 7/3/2014, οι καρποί μεταφέρθηκαν αυθημερόν στο εργαστήριο και η εφαρμογή των πειραματικών επεμβάσεων ξεκίνησε την επόμενη ημέρα, η πρώτη συγκομιδή της ποικιλίας "Sabrina" (Sabrina 1) έγινε την 4/5/2014 και η εφαρμογή των επεμβάσεων έγινε 3 ημέρες μετά και η δεύτερη συγκομιδή της ποικιλίας "Sabrina" (Sabrina 2) έγινε την 27/5/2014 και οι εφαρμογές των επεμβάσεων ξεκίνησε την επόμενη ημέρα.

2.2 Μετασυλλεκτικοί χειρισμοί

Αμέσως μετά την άφιξη τους στο χώρο του εργαστηρίου, οι καρποί τοποθετήθηκαν σε ευρύχωρα αβαθή χαρτοκιβώτια για την αποφυγή τραυματισμών των καρπών και στη συνέχεια τοποθετήθηκαν σε ψυκτικό θάλαμο στους 2 °C για την αφαίρεση της θερμοκρασίας του αγρού και του περιβάλλοντος αέρα κατά τη μεταφορά τους. Ο σχεδιασμός των πειραμάτων για τη μελέτη των ποικιλιών ακολουθεί στη συνέχεια για κάθε μία ποικιλία ξεχωριστά.

"Camarosa": Μετά από μια μικρή διαλογή των καρπών και αφαίρεση των τραυματισμένων ακολουθούνταν οι προβλεπόμενες διαδικασίες του πειράματος. Πρέπει να σημειωθεί ότι καταβλήθηκε ιδιαίτερη προσπάθεια ώστε οι καρποί που θα χρησιμοποιούνταν στο πείραμα να είναι στο ίδιο στάδιο ωριμότητας.

Ο πειραματικός σχεδιασμός περιελάμβανε 4 μεταχειρίσεις εφαρμογής ελεγχόμενων ατμοσφαιρών με 4 επαναλήψεις ανά επέμβαση και 4 καρπούς σε κάθε επανάληψη.

Επιπλέον χρησιμοποιήθηκαν 16 καρποί ως μάρτυρες, (4 επαναλήψεις από 4 καρπούς ανά επανάληψη) για τον προσδιορισμό των ποιοτικών χαρακτηριστικών των καρπών πριν την αποθήκευση. Οι μεταχειρίσεις στις οποίες υποβλήθηκαν οι καρποί κατά την αποθήκευσή τους ήταν οι εξής:

- Αέρας (21% O₂ και 0,03% CO₂)
- 5% O₂ και 10% CO₂
- 5% O₂ και 20% CO₂
- 21% O₂ και 20% CO₂

Στη συνέχεια οι καρποί κάθε επανάληψης (4 x τρεις ημερομηνίες δειγματοληψίας = 12 καρποί) τοποθετούνταν σε πλαστικές σακούλες πολυαιθυλενίου όγκου 1 lt, συσκευάζονταν ερμητικά με την επιθυμητή σύσταση αερίων για κάθε μεταχείριση και τοποθετούνταν σε ψυκτικούς θαλάμους στους 2 °C. Καθ' όλη τη διάρκεια της αποθήκευσης γινόταν καθημερινά έλεγχος της σύστασης των αερίων στο εσωτερικό των συσκευασιών και στη περίπτωση αποκλίσεων από τα επιθυμητά επίπεδα γινόταν αποσφράγιση των συσκευασιών και εκ νέου εισαγωγή των επιθυμητών συγκεντρώσεων των αερίων (O₂ και CO₂). Επίσης πρέπει να αναφερθεί ότι σε κάθε επανάληψη οι καρποί ήταν χωρισμένοι σε περιόδους αποθήκευσης (διαφορετικά χρονικά διαστήματα παραμονής στους 2 °C υπό την επίδραση των ελεγχόμενων ατμοσφαιρών) καθώς και σε αυτούς που θα παρέμεναν σε θερμοκρασία 10 °C μετά την επίδραση των ελεγχόμενων ατμοσφαιρών ως shelf life. Σύμφωνα με τα παραπάνω ο διαχωρισμός των καρπών της κάθε μεταχείρισης και επανάληψης έγινε ως εξής:

- Α' περίοδος αποθήκευσης (10 ημέρες παραμονής στις EA)
- Β' περίοδος αποθήκευσης (14 ημέρες παραμονής στις EA)
- Shelf life (10 ημέρες παραμονής στις EA και 3 ημέρες στους 10 °C σε αέρα)

Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών που μελετήθηκαν πριν την αποθήκευσή τους ήταν το αρχικό βάρος και το εξωτερικό χρώμα. Μετά το πέρας της αποθήκευσης των ανάλογων καρπών για κάθε περίοδο πραγματοποιούνταν μετρήσεις τελικού βάρους, εξωτερικού χρώματος, συνεκτικότητας, εσωτερικού χρώματος, ολικών διαλυτών στερεών (TSS), pH, τιτλοδοτούμενης οξύτητας (TA) του χυμού, συνολικής συγκέντρωσης ανθοκυανινών και φαινολικών ουσιών.

"Sabrina1": Όπως και στη προηγούμενη ποικιλία μετά τη προμήθεια των καρπών ακολούθησε διαλογή και αφαίρεση μωλωπισμένων καρπών.

Ο πειραματικός σχεδιασμός περιελάμβανε 5 μεταχειρίσεις εφαρμογής ελεγχόμενων ατμοσφαιρών με 4 επαναλήψεις ανά επέμβαση και 16 καρπούς σε κάθε επανάληψη. Ακόμη χρησιμοποιήθηκαν 40 καρποί ως μάρτυρες, 20 οι οποίοι δεν είχαν δεχτεί καμία μεταχείριση (4 επαναλήψεις από 5 καρπούς ανά επανάληψη) και 20 οι οποίοι αμέσως μετά τη συγκομιδή τους τοποθετήθηκαν σε θάλαμο με όζον (4 επαναλήψεις από 5 καρπούς ανά επανάληψη) για τον προσδιορισμό των ποιοτικών χαρακτηριστικών πριν την αποθήκευση. Οι μεταχειρίσεις στις οποίες υποβλήθηκαν οι καρποί κατά την αποθήκευσή τους ήταν οι εξής:

- Αέρας (21% O₂ και 0,03% CO₂)
- Όζον - Αέρας (καρποί οι οποίοι τοποθετήθηκαν σε θάλαμο με όζον αμέσως μετά τη συγκομιδή τους για 24 ώρες)
- 5% O₂ και 10% CO₂
- 5% O₂ και 20% CO₂
- 21% O₂ και 20% CO₂

Στη συνέχεια οι καρποί κάθε επανάληψης (4 x τρεις ημερομηνίες δειγματοληψίας = 12 καρποί) τοποθετούνταν σε πλαστικές σακούλες πολυαιθυλενίου και ακολουθούσαν πιστά η διαδικασία αποθήκευσής τους στις ελεγχόμενες ατμόσφαιρες όπως ακριβώς εφαρμόστηκε και στη ποικιλία "Camagosa", με τη διαφορά ότι άλλαξαν οι χρονικές περίοδοι αποθήκευσης των καρπών. Σύμφωνα με τα παραπάνω ο διαχωρισμός των καρπών της κάθε μεταχείρισης και επανάληψης έγινε ως εξής:

- Α περίοδος αποθήκευσης (3 ημέρες παραμονής στις ΕΑ)
- Β περίοδος αποθήκευσης (8 ημέρες παραμονής στις ΕΑ)
- Shelf life (3 ημέρες στις ΕΑ και 4 ημέρες στους 10 °C σε αέρα)

Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών που μελετήθηκαν πριν και μετά την αποθήκευσή τους ήταν όμοια με την παραπάνω ποικιλία.

"Sabrina2": Μετά τη παραλαβή των καρπών στο εργαστήριο έγινε ταξινόμησή τους με βάση την ομοιομορφία και αφαίρεση των τραυματισμένων.

Ο πειραματικός σχεδιασμός περιελάμβανε 4 μεταχειρίσεις εφαρμογής ελεγχόμενων ατμοσφαιρών με 4 επαναλήψεις ανά επέμβαση και 16 καρπούς σε κάθε επανάληψη. Επιπλέον χρησιμοποιήθηκαν 20 καρποί ως μάρτυρες (4 επαναλήψεις από 5 καρπούς σε

κάθε επανάληψη) για τον προσδιορισμό των ποιοτικών χαρακτηριστικών πριν την αποθήκευση. Οι μεταχειρίσεις στις οποίες υποβλήθηκαν οι καρποί κατά την αποθήκευσή τους ήταν οι εξής:

- Αέρας (21% O₂ και 0,03% CO₂)
- 21% O₂ και 10% CO₂
- 21% O₂ και 20% CO₂
- 8% O₂ και 0% CO₂

Στη συνέχεια οι καρποί κάθε επανάληψης (4 x τρεις ημερομηνίες δειγματοληψίας = 12 καρποί) τοποθετούνταν σε πλαστικές σακούλες πολυαιθυλενίου και ακολουθούνταν η διαδικασία αποθήκευσής τους όπως και στα προηγούμενες ποικιλίες. Οι χρονικές περίοδοι αποθήκευσης των καρπών της κάθε μεταχείρισης και επανάληψης στις ελεγχόμενες ατμόσφαιρες έγινε ως εξής:

- Α περίοδος αποθήκευσης (3 ημέρες παραμονής στις ΕΑ)
- Β περίοδος αποθήκευσης (7 ημέρες παραμονής στις ΕΑ)
- Shelf life (παραμονή 3 ημερών στις ΕΑ και 3 ημέρες στους 10 °C σε αέρα)

Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά που μελετήθηκαν πριν και μετά την αποθήκευση των καρπών ήταν όμοια με εκείνα των προηγούμενων δύο ποικιλιών.

2.3 Τεχνικές και όργανα μετρήσεων και προσδιορισμών

Βάρος

Το βάρος των καρπών μετρήθηκε σε γραμμάρια με ηλεκτρονική ζυγαριά με ακρίβεια 0,01 gr. (Mettler PE 600, Mettler-Toledo, Swiss). Πριν την τοποθέτηση των καρπών σε πλαστικές σακούλες και την αποθήκευσή τους στις ελεγχόμενες ατμόσφαιρες, κάθε καρπός σημάνθηκε στα φύλλα του κάλυκα με ανεξίτηλο μαρκαδόρο και ζυγίστηκε, ενώ μετά το πέρας της αποθήκευσης οι ίδιοι καρποί ζυγίστηκαν ξανά, για να προσδιοριστεί το τελικό τους βάρος. Λαμβάνοντας μετρήσεις του αρχικού και τελικού βάρους, υπολογίστηκε η εκατοστιαία αναλογία της απώλειας βάρους κατά την αποθήκευση σύμφωνα με τον τύπο: $[(\text{Αρχικό βάρος} - \text{Τελικό βάρος})/\text{Αρχικό βάρος}] \times 100$. Οι θετικές τιμές του ποσοστού απώλειας βάρους υποδηλώνουν απώλεια βάρους των καρπών κατά την αποθήκευσή τους.

Χρώμα

Το εξωτερικό χρώμα της επιφάνειας των καρπών μετρήθηκε με το χρωματόμετρο Minolta CR 200 (Konica-Minolta, Osaka, Japan), που δίνει αριθμητικές τιμές για 3 παραμέτρους μέτρησης του φωτός L^* , a^* , b^* που αποτελούν καλές προσεγγίσεις των τιμών x , y , z του διεθνούς συστήματος CIE. Η τιμή L^* χαρακτηρίζει τη φωτεινότητα ή καθαρότητα του χρώματος σε κλίμακα 0-100 όπου το 100 αντιστοιχεί στη μέγιστη φωτεινότητα. Η τιμή a^* χαρακτηρίζει τη διαβάθμιση του χρώματος από πράσινο ($-a^*$) έως κόκκινο ($+a^*$). Η τιμή b^* χαρακτηρίζει τη διαβάθμιση από κίτρινο ($+b^*$) σε μπλε ($-b^*$).

Για τους σκοπούς του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν εκτός των τριών βασικών συντεταγμένων και οι παράμετροι Hue angle και Chroma.

- **C* (Chroma):** Χρωματική πυκνότητα. Προσδιορίζει τη συγκέντρωση ή την ένταση του χρώματος η τη σχέση μεταξύ της έντασης και της φωτεινότητας της μελετώμενης απόχρωσης.
- **Χροιά h^0 (Hue angle):** Μετράται σε μοίρες και προσδιορίζει την απόχρωση παίρνοντας τιμές 0^0 για το κόκκινο-πορφυρό, 90^0 για το κίτρινο, 180^0 για το γαλαζοπράσινο και 270^0 για το μπλε (Holcroft and Kader, 1999).

Ο παράγοντας C^* υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$$

Και ο παράγοντας h :

$$h = \tan^{-1} (b^*/a^*)$$

Σε κάθε καρπό μετρήθηκε το αρχικό και τελικό χρώμα στο μέσο κάθε πλευράς και στο ίδιο σημείο κάθε φορά για να προσδιοριστεί με ακρίβεια η μεταβολή του κατά την αποθήκευση. Επιπλέον μετρήθηκε και το εσωτερικό χρώμα των καρπών, αφού πρώτα οι καρποί τεμαχίστηκαν στη μέση, λαμβάνοντας και εκεί δύο μετρήσεις μία σε κάθε μισό του καρπού.

Συνεκτικότητα

Η συνεκτικότητα των καρπών μετρήθηκε με επιτραπέζιο πενετρόμετρο Chatillon DFIS 10 προσαρμοσμένο στη βάση Chatillon TCM 201, που είναι εφοδιασμένο με έμβολο διαμέτρου 6,3mm, με ταχύτητα καθόδου του εμβόλου 200mm/min και μετρά συμπίεση έως 50 N με ακρίβεια 0,1 N. Σε κάθε καρπό πραγματοποιούνταν δύο μετρήσεις σε αντιδιαμετρικά σημεία του, με το έμβολο να εισέρχεται κατακόρυφα εντός του καρπού σε βάθος περίπου 1cm, κρατώντας τον καρπό από το σημείο πρόσφυσης του κάλυκα και το σημείο έκπτυξης του στύλου.

Ολικά διαλυτά στερεά

Ο προσδιορισμός των ολικών διαλυτών στερεών συστατικών των καρπών έγινε με διαθλασίμετρο χειρός μοντέλο Schmidt & Haensch HR32B. Χρησιμοποιήθηκαν 15 καρποί για κάθε επέμβαση και περίοδο αποθήκευσης, με χρήση 5 επαναλήψεων των 3 καρπών ανά επανάληψη. Από τους καρπούς αφαιρέθηκαν οι κάλυκες και στη συνέχεια πολτοποιήθηκαν με οικιακό blender. Με μεταλλική, καθαρή σπάτουλα μεταφερόταν μια σταγόνα χυμού στην ειδική υποδοχή του οργάνου και ακολουθούσε η ανάγνωση με ακρίβεια 0,2 °Brix. Σε κάθε δείγμα-πολτό (3 καρποί) λαμβάνονταν δύο μετρήσεις και υπολογίστηκε ο μέσος όρος τους. Λόγω της επίδρασης της θερμοκρασίας στις μετρήσεις των ολικών διαλυτών στερεών με το διαθλασίμετρο, οι μετρήσεις πραγματοποιούνταν σε συγκεκριμένη θερμοκρασία δωματίου (22 °C).

pH

Ο πολτός που χρησιμοποιήθηκε για τη μέτρηση των ολικών διαλυτών στερεών, τοποθετήθηκε αδιάλυτος σε γυάλινο ποτήρι ζέσεως και μετρήθηκε το pH του με ηλεκτρονικό πεχάμετρο (Radiometer MeterLab PHM 250, Radiometer-Copenhagen, Lyon, France) με ακρίβεια 0,01. Πριν την έναρξη των μετρήσεων γινόταν βαθμονόμηση του οργάνου με ρυθμιστικό διάλυμα με pH=4,05 και pH=7.

Τιτλοδοτούμενη οξύτητα

Στους καρπούς της φράουλας υπάρχουν αρκετά οργανικά οξέα, όμως η οξύτητα του χυμού τους θεωρείται ότι οφείλεται κυρίως στο κιτρικό οξύ. Επομένως η οξύτητα των καρπών εκφράζεται ουσιαστικά στην περιεκτικότητά τους σε κιτρικό οξύ.

Ο προσδιορισμός της ολικής οξύτητας πραγματοποιήθηκε με τιτλοδότηση. Για την αντίδραση εξουδετέρωσης χρησιμοποιήθηκε διάλυμα NaOH N/50 (0,8 gr NaOH σε 1L απεσταγμένου νερού). Αρχικά, ζυγίστηκαν με ακρίβεια 10 gr πολτού (όπως αναφέρθηκε στη μέτρηση των διαλυτών στερεών) και μεταφέρθηκαν σε ογκομετρικό κύλινδρο. Ο ογκομετρικός κύλινδρος πληρώθηκε μέχρι τα 200 ml με απεσταγμένο νερό. Μετά από καλή ανάδευση ακολούθησε διήθηση με τη χρήση πτυχωτού ηθμού (Macherey-Nagel MN 617, Düren, Germany). Μετά το πέρας της διήθησης λαμβάνονταν με ακρίβεια 2 δείγματα από το διήθημα των 50 ml το κάθε ένα με τη βοήθεια ογκομετρικού κυλίνδρου, τα οποία τοποθετούνταν σε γυάλινα ποτήρια ζέσεως. Στη συνέχεια γινόταν τιτλοδότηση με διάλυμα NaOH N/50 μέχρι να επέλθει εξουδετέρωση η οποία προσδιορίστηκε με τη χρήση

πεχαμέτρου, όταν το pH έπαιρνε τιμή 8,1. Τα ml του NaOH που απαιτούνται για την εξουδετέρωση (α ml) με βάση τη ποσότητα του χυμού που χρησιμοποιήθηκε (10 gr) και τον όγκο του διαλύτη (νερό - 200 ml), εκφράστηκαν σε γραμμάρια κιτρικού οξέος ανά 100 gr νωπού βάρους καρπού, σύμφωνα με τη σχέση:

$$\text{gr κιτρικού οξέος/100gr καρπού} = \text{ml NaOH} \times 0,0512$$

Οι χυμοί μετά την πολτοποίηση των καρπών που πραγματοποιήθηκε όπως προαναφέρθηκε, αποθηκεύτηκαν σε -80°C έως τη χρήση τους

Προσδιορισμός ολικών φαινολικών στους καρπούς

Τα ολικά φαινολικά εκτιμήθηκαν με κάποιες τροποποιήσεις της μεθόδου Folin-Ciocalteu (Singleton and Rossi, 1965), σύμφωνα με τους Velioglu et al. (1998).

Εκχύλιση: Σε πλαστικούς σωλήνες φυγοκέντρωσης των 15 ml τοποθετήθηκε δείγμα 1gr ζυγισμένο με ακρίβεια, από ομογενοποιημένους καρπούς που ήταν αποθηκευμένοι. Στη συνέχεια έγινε εκχύλιση με διάλυμα μεθανόλης 80% (240 ml μεθανόλη 100% + 60 ml H₂O). Σε κάθε σωλήνα με τη βοήθεια γυάλινης πιπετας τοποθετούνταν 6 ml από το παραπάνω διάλυμα μεθανόλης. Έπειτα όλοι οι σωλήνες φυγοκέντρωσης τοποθετήθηκαν σε orbital shaker (200rpm) και αφέθηκαν για 1,5 ώρα σε θερμοκρασία δωματίου. Μετά το πέρας της ώρας οι σωλήνες τοποθετήθηκαν σε φυγόκεντρο (5300rpm για 15min) και στη συνέχεια μεταφέρθηκαν τα υπερκείμενα (supernatants) σε άλλους ξεχωριστούς σωλήνες. Στους σωλήνες με τον αρχικό ιστό προστέθηκαν πάλι 6 ml διαλύματος εκχύλισης και η διαδικασία επαναλήφθηκε. Τα υπερκείμενα που λήφθηκαν από τις δύο φυγοκεντρήσεις αναμείχθηκαν σε ένα σωλήνα για κάθε δείγμα.

Αντιδραστήριο Folin-Ciocalteu: Το αντιδραστήριο αυτό του εμπορίου αραιώθηκε 10 φορές με απεσταγμένο νερό (20 ml αντιδραστηρίου + 180 ml απεσταγμένο νερό).

Διάλυμα sodium carbonate anhydrous (Na₂CO₃): Στα 200 ml απεσταγμένο νερό προστέθηκαν 12 gr sodium carbonate anhydrous και ακολούθησε καλή ανάδευση.

Διαδικασία: Δείγματα συγκεκριμένου όγκου (300μl) που λήφθηκαν από τη μείξη των υπερκειμένων τοποθετήθηκαν σε σωλήνες φυγοκέντρωσης των 15 ml. Στη συνέχεια προστέθηκε συγκεκριμένος όγκος (2,25 ml) αντιδραστηρίου Folin-Ciocalteu και ακολούθησε ανάδευση (vortex). Μετά από 5 λεπτά παραμονής του διαλύματος αυτού σε θερμοκρασία δωματίου προστέθηκε συγκεκριμένος όγκος (2,25 ml) αντιδραστηρίου

sodium carbonate και ακολούθησε ανάδευση (vortex) και μετά τη πάροδο 90 λεπτών, μετρήθηκε η απορρόφηση στα 765 nm με τη χρήση φασματοφωτόμετρου. Παράλληλα μετρήθηκαν οι απορροφήσεις διαλυμάτων γαλλικού οξέος διαφόρων γνωστών συγκεντρώσεων για την παρασκευή πρότυπης καμπύλης. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν εις διπλούν για κάθε δείγμα και τα αποτελέσματα εκφράστηκαν σε mg γαλλικού οξέος ανά gr νωπού βάρους καρπού (mg GAE/gr ν.β καρπού).

Προσδιορισμός ολικών ανθοκυανινών

Ο προσδιορισμός των ολικών ανθοκυανινών έγινε με τη μέθοδο του διαφορικού pH, όπως περιγράφεται από τους Tonutare et al. (2014) και Cheng and Breen (1991).

Εκχύλιση: Σε σωλήνες φυγοκέντρωσης των 15 ml τοποθετούνταν με ακρίβεια 1gr ιστού φράουλας. Στη συνέχεια έγινε εκχύλιση με διάλυμα αιθανόλης (απόλυτη), νερού και υδροχλωρίου (37%) (HCl) σε αναλογία αιθανόλη:νερό:HCl = 85:14:1,35. Σε κάθε δείγμα προσθέτονταν 5 ml εκχυλιστικού διαλύματος και γινόταν καλή ανάδευση και παρέμεναν για 24 ώρες σε ψυγείο. Ακολουθούσε φυγοκέντρωση και μεταφορά των υπερκειμένων σε άλλους σωλήνες. Στους σωλήνες με τον ιστό των καρπών προσθέτονταν πάλι 5 ml εκχυλιστικού διαλύματος και η διαδικασία εκχύλισης ήταν η ίδια. Στο τέλος τα υπερκείμενα των δύο εκχυλίσεων για κάθε δείγμα συγκεντρώθηκε σε ένα σωλήνα των 15 ml.

Προετοιμασία buffer pH 1,0 (potassium chloride, KCl): Προσθήκη 1,86 gr KCl σε φλάσκα 1l και πλήρωση με 980 ml απεσταγμένο νερό. Με τη βοήθεια του πεχάμετρου έγινε ρύθμιση του pH στο 1,0 ($\pm 0,05$) με HCl με απαιτούμενη ποσότητα περίπου τα 6,3 ml.

Προετοιμασία buffer pH 4,5 (sodium acetate trihydrate, $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{Na} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$): Προσθήκη 54,43 gr sodium acetate trihydrate σε φλάσκα 1l και πλήρωση με 960 ml απεσταγμένο νερό. Με το πεχάμετρο έγινε μέτρηση και ρύθμιση του pH στο 4,5 ($\pm 0,05$) με HCl και προσθήκη περίπου 20 ml αυτού.

Διαδικασία: Δείγματα συγκεκριμένου όγκου (3 ml) που λαμβάνονταν από τους σωλήνες συλλογής των υπερκειμένων μεταφέρονταν σε ξεχωριστούς σωλήνες (2 για κάθε δείγμα) έτσι ώστε να γίνει η διάλυσή τους στα δύο διαφορετικά buffer αντίστοιχα. Στα δείγματα των 3 ml προσθέτονταν 5 ml από το κάθε buffer (pH=1 και pH=4,5) και παρέμεναν για 30 λεπτά μέχρι να μετρηθεί η απορρόφηση του κάθε δείγματος στα 510 nm και 700 nm στο φασματοφωτόμετρο. Η συνολική συγκέντρωση ανθοκυανινών υπολογίστηκε από τους παρακάτω τύπους:

$$A_{sp} = (A_{510} - A_{700})_{pH\ 1,0} - (A_{510} - A_{700})_{pH\ 4,5}$$

και

$$TA = (A_{sp} \times M \times DF \times 1000) / (\epsilon \times \lambda \times m)$$

Η έκφραση των ολικών ανθοκυανινών γίνεται ως προς την κυρίαρχη ανθοκυανίνη στους καρπούς της φράουλας που είναι η pelargonidin-3-glucoside (Pg 3-G), με τιμές $\epsilon=22400\ M^{-1}\ cm^{-1}$ και $M = 433\ g\ mole^{-1}$.

Σύσταση της ατμόσφαιρας σε CO₂ και O₂

Η σύσταση της ατμόσφαιρας σε CO₂ και O₂ στο εσωτερικό των συσκευασιών πολυαιθυλενίου κατά τη διάρκεια αποθήκευσης των καρπών φράουλας προσδιορίστηκε με τον αναλυτή O₂/ CO₂, PBI Dansensor Checkmate II. Με τη βοήθεια βελόνας προσαρμοσμένης στο σύστημα εισαγωγής αέρα του οργάνου γινόταν λήψη μιας ποσότητας αέρα από το εσωτερικό της μικροσυσκευασίας και καταγραφόταν στην οθόνη του οργάνου η εκατοστιαία αναλογία σε CO₂ και O₂, με ακρίβεια 0,1% CO₂ και O₂. Σε περίπτωση μεγάλων αποκλίσεων από τις επιθυμητές τιμές των αερίων αυτών στο εσωτερικό των συσκευασιών γινόταν εκ νέου εισαγωγή αερίων για τη δημιουργία ελεγχόμενων ατμοσφαιρών με τη βοήθεια της συσκευαστικής (M.P.TEC srl).

2.4 Στατιστική ανάλυση αποτελεσμάτων

Η στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με το μονοπαραγοντικό εντελώς τυχαίοποιημένο σχέδιο, ξεχωριστά για την επίδραση των ελεγχόμενων ατμοσφαιρών στις παραμέτρους ποιότητας που μελετήθηκαν. Ο έλεγχος της στατιστικά σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων, έγινε μέσω της ελάχιστης σημαντικής διαφοράς (LSD test), σε επίπεδο σημαντικότητας $P \leq 0,05$. Για όλες τις στατιστικές δοκιμασίες χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πρόγραμμα StatGraphics 5.1.

2.5 Σκοπός της εργασίας

Όπως προαναφέρθηκε, η φράουλα αποτελεί ένα ιδιαίτερα φθαρτό προϊόν, με περιορισμένη μετασυλλεκτική ζωή και αυξημένες απαιτήσεις μετασυλλεκτικών χειρισμών για την διατήρηση της ποιότητάς της σε αποδεκτά από τον καταναλωτή επίπεδα. Ακόμα όμως και με την εφαρμογή άριστων συνθηκών συντήρησης μετά τη συγκομιδή, εντός

ολίγων ημερών ο καρπός υποβαθμίζεται ποιοτικά και παρουσιάζει έντονα προβλήματα μετασυλλεκτικών προσβολών από παθογόνα (π.χ. σήψεις) ιδιαίτερα κατά την λιανική του πώληση στα ράφια των αγορών (λαϊκές, οπωροπωλεία ή supermarkets). Επίσης, λόγω του γεγονότος των σημαντικών εξαγωγών του προϊόντος και μάλιστα σε απομακρυσμένες αγορές του εξωτερικού (π.χ. Ρωσία, Κεντρική Ευρώπη κ.ά.), απαιτείται η επιμήκυνση της μετασυλλεκτικής ζωής των καρπών της φράουλας ακόμα και για λίγες ημέρες και η προστασία τους από μετασυλλεκτικές ασθένειες. Για τους λόγους αυτούς, σε χώρες του εξωτερικού εφαρμόζεται η αποθήκευση των καρπών σε ελεγχόμενες ατμόσφαιρες με την παρουσία υψηλών συγκεντρώσεων CO₂ (ως και 20-25%). Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν να μελετηθεί η επίδραση της εφαρμογής υψηλού CO₂ στη μετασυλλεκτική συμπεριφορά καρπών φράουλας που παρήχθησαν σε διαφορετικές περιόδους από εμπορικές καλλιέργειες στη χώρα μας, καθώς και στη μεταβολή των ποιοτικών χαρακτηριστικών και την εμφάνιση μετασυλλεκτικών ασθενειών.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1 Επίδραση των ελεγχόμενων ατμοσφαιρών στη μετασυλλεκτική συμπεριφορά καρπών φράουλας ποικιλίας "Camarosa"

Στο πείραμα αυτό μελετήθηκε η επίδραση των ελεγχόμενων ατμοσφαιρών και της διάρκειας της αποθήκευσης στη μετασυλλεκτική συμπεριφορά και στη μεταβολή των ποιοτικών χαρακτηριστικών καρπών φράουλας ποικιλίας "Camarosa" που συγκομίστηκαν το Μάρτιο του 2014.

3.1.1 Απώλεια βάρους

Στον πίνακα 3.1.1 παρουσιάζεται η απώλεια βάρους ως ποσοστό (%) του αρχικού βάρους ($[(\text{αρχικό βάρους} - \text{τελικό βάρους}) / \text{αρχικό βάρους}] \times 100$) των καρπών φράουλας κατά την αποθήκευσή τους στους 2°C , για 10 και 14 ημέρες με εν συνεχεία παραμονή των καρπών της πρώτης περιόδου αποθήκευσης για 3 επιπλέον ημέρες στους 10°C .

Πίνακας 3.1.1. Απώλεια βάρους καρπών (%) μετά την αποθήκευσή τους στους 2°C σε τέσσερις μεταχειρίσεις ελεγχόμενων ατμοσφαιρών για 10 και 14 ημέρες και με παραμονή 3 ημερών σε θερμοκρασία 10°C , μετά από αποθήκευση 10 ημερών.

	10 ημέρες (M.O + T.A)	14 ημέρες (M.O + T.A)	10+3 ημέρες (M.O + T.A)
Αέρας	2,29±0,71 a* (b)**	2,83±0,72 b (b)	13,37±4,73 a (a)
5%O₂-10%CO₂	2,29±0,66 a (b)	3,51±1,06 a (b)	14,44±3,86 a (a)
5%O₂-20%CO₂	1,83±0,58 b (c)	2,73±0,72 b (b)	12,80±4,44 a (a)
21%O₂-20%CO₂	2,46±0,86 a (b)	3,17±0,97 ab (b)	12,78±3,76 a (a)

* Τιμές της ίδιας στήλης που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της Ε.Σ.Δ. σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

** Τιμές της ίδιας γραμμής που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα μέσα σε παρένθεση δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της Ε.Σ.Δ. σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

Από τον πίνακα 3.1.1 αν και παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές στην απώλεια βάρους των καρπών στις διαφορετικές επεμβάσεις ελεγχόμενων ατμοσφαιρών μετά 10 και 14 ημέρες παραμονής στους ψυκτικούς θαλάμους, πρακτικά οι διαφορές αυτές δεν είναι έντονες, ώστε να επηρεάζονται συστηματικά από τις πειραματικές επεμβάσεις. Όσον αφορά το χρόνο της αποθήκευσης, σε όλες τις περιπτώσεις μέγιστη απώλεια βάρους παρατηρείται μετά από 10 ημέρες αποθήκευσης και παραμονής 3 επιπλέον ημερών στους

10 °C, ενώ μεταξύ 10 και 14 ημερών αποθήκευσης διαφορές παρατηρήθηκαν μόνο στην επέμβαση 5%O₂-20%CO₂.

3.1.2 Συνεκτικότητα

Στον πίνακα 3.1.2 παρουσιάζεται η συνεκτικότητα (kg) των καρπών φράουλας πριν και μετά την αποθήκευσή τους στους 2 °C, για 10 και 14 ημέρες με εν συνεχεία παραμονή των καρπών της πρώτης περιόδου αποθήκευσης για 3 επιπλέον ημέρες στους 10 °C.

Πίνακας 3.1.2. Συνεκτικότητα καρπών (kg) πριν και μετά την αποθήκευσή τους στους 2 °C σε ελεγχόμενες ατμόσφαιρες για 10 και 14 ημέρες και με παραμονή 3 ημερών σε θερμοκρασία 10 °C, μετά από αποθήκευση 10 ημερών.

	Αρχικά (M.O + T.A)	10 ημέρες (M.O + T.A)	14 ημέρες (M.O + T.A)	10+3 ημέρες (M.O + T.A)
Αέρας	1,39±0,21 (a)	1,70±0,64 a (a)	1,54±0,50 a (a)	1,48±0,61 a (a)
5%O₂-10%CO₂	1,39±0,21 (b)	2,01±0,67 a (a)	1,55±0,60 a (b)	1,97±0,47 a (a)
5%O₂-20%CO₂	1,39±0,21 (a)	1,89±0,84 a (a)	1,70±0,61 a (a)	1,83±0,66 a (a)
21%O₂-20%CO₂	1,39±0,21 (b)	1,62±0,59 a (a)	1,33±0,50 a (b)	1,79±0,60 a (a)

* Τιμές της ίδιας στήλης που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας p=0,05.

** Τιμές της ίδιας γραμμής που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα μέσα σε παρένθεση δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας p=0,05.

Από τον πίνακα 3.1.2 δεν παρατηρούνται σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων ελεγχόμενων ατμοσφαιρών σε κάθε ημερομηνία αποθήκευσης. Παρόλ' αυτά, οι επεμβάσεις ελεγχόμενων ατμοσφαιρών επέδρασαν διαφορετικά στη μεταβολή της συνεκτικότητας των καρπών με την πρόοδο της αποθήκευσης. Έτσι, ενώ συνολικά παρατηρείται τάση αύξησης της συνεκτικότητας μετά από 10 και 10+3 ημέρες και επαναφορά στα προ-αποθήκευσης επίπεδα μετά 14 ημέρες αποθήκευσης, οι διαφορές είναι σημαντικές μόνο στις επεμβάσεις 5%O₂-10%CO₂ και 21%O₂-20%CO₂, ενώ στον αέρα και στην επέμβαση 5%O₂-20%CO₂ δεν παρατηρούνται σημαντικές διαφορές.

3.1.3 Χρώμα εξωτερικής επιφάνειας καρπών

Στους πίνακες 3.1.3.1, 3.1.3.2, 3.1.3.3. και 3.1.3.4. παρουσιάζεται η φωτεινότητα (παράγοντας L* χρωματόμετρου), η ένταση του κόκκινου χρώματος (τιμή a* χρωματόμετρου), η απόχρωση (παράμετρος hue angle) και η ένταση του χρώματος (παράμετρος Chroma) αντίστοιχα, στην επιφάνεια των καρπών φράουλας πριν και μετά

την αποθήκευσή τους στους 2 °C, για 10 και 14 ημέρες με εν συνεχεία παραμονή των καρπών της πρώτης περιόδου αποθήκευσης για 3 επιπλέον ημέρες στους 10 °C.

Πίνακας 3.1.3.1 Φωτεινότητα (τιμή L* χρωματόμετρου) της επιφάνειας των καρπών πριν και μετά την αποθήκευσή τους στους 2 °C σε ελεγχόμενες ατμόσφαιρες για 10 και 14 ημέρες και με παραμονή 3 ημερών σε θερμοκρασία 10 °C, μετά από αποθήκευση 10 ημερών.

	Αρχικά (M.O + T.A)	10 ημέρες (M.O + T.A)	14 ημέρες (M.O + T.A)	10+3 ημέρες (M.O + T.A)
Αέρας	36,90±2,46 a (a)	34,77±2,45 a (b)	35,30±2,10 a (b)	34,12±2,07 a (b)
5%O₂-10%CO₂	36,74±2,22 a (a)	33,38±3,12 a (cb)	33,16±2,15 b (c)	34,84±1,64 a (b)
5%O₂-20%CO₂	36,67±2,42 a (a)	34,84±2,78 a (b)	34,10±2,45 ab (b)	35,23±2,19 a (b)
21%O₂-20%CO₂	36,16±1,97 a (a)	34,38±2,38 a (cb)	33,50±1,82 b (c)	35,37±1,79 a (ab)

* Τιμές της ίδιας στήλης που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας p=0,05.

** Τιμές της ίδιας γραμμής που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα μέσα σε παρένθεση δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας p=0,05.

Πίνακας 3.1.3.2. Ένταση κόκκινου χρώματος (τιμή a* χρωματόμετρου) της επιφάνειας των καρπών πριν και μετά την αποθήκευσή τους στους 2 °C σε ελεγχόμενες ατμόσφαιρες για 10 και 14 ημέρες και με παραμονή 3 ημερών σε θερμοκρασία 10 °C, μετά από αποθήκευση 10 ημερών.

	Αρχικά (M.O + T.A)	10 ημέρες (M.O + T.A)	14 ημέρες (M.O + T.A)	10+3 ημέρες (M.O + T.A)
Αέρας	35,96±2,06a (a)	31,04±3,17a (c)	33,13±2,23a (b)	29,53±2,18a (c)
5%O₂-10%CO₂	35,53±1,82a (a)	30,31±3,34a (b)	29,49±2,82b (cb)	28,34±2,35a (c)
5%O₂-20%CO₂	35,09±1,90a (a)	30,04±3,52a (b)	29,23±2,82b (b)	28,41±1,79a (b)
21%O₂-20%CO₂	34,48±3,17a (a)	28,05±4,14a (b)	28,90±2,57b (b)	29,41±2,64a (b)

* Τιμές της ίδιας στήλης που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας p=0,05.

** Τιμές της ίδιας γραμμής που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα μέσα σε παρένθεση δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας p=0,05.

Από τον πίνακα 3.1.3.1 φαίνεται να μην υπάρχει σημαντική επίδραση των ελεγχόμενων ατμοσφαιρών στη φωτεινότητα της επιφάνειας των καρπών της φράουλας, εκτός από την αποθήκευση για 14 ημέρες, όπου παρατηρείται υψηλότερη τιμή φωτεινότητας στους καρπούς που αποθηκεύτηκαν στον αέρα. Αντίστοιχα, σε όλες τις

περιπτώσεις παρατηρείται μείωση της φωτεινότητας των καρπών με την πρόοδο της αποθήκευσης, εντονότερα στις επεμβάσεις 5%O₂-10%CO₂ και 21%O₂-20%CO₂, και λιγότερο έντονα στον αέρα και στην επέμβαση 5%O₂-20%CO₂.

Από τον πίνακα 3.1.3.2 παρατηρείται όμοια επίδραση της σύστασης της ατμόσφαιρας στον κόκκινο χρωματισμό των καρπών όπως και στην φωτεινότητά τους, πάλι με μικρότερη μείωση στον αέρα μόνο μετά από 14 ημέρες αποθήκευσης. Με την πρόοδο της αποθήκευσης, παρατηρείται σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις μείωση της έντασης του κόκκινου χρώματος, χωρίς ωστόσο να υπάρχει σημαντική περαιτέρω μείωση μετά τις 10 ημέρες αποθήκευσης, στις περισσότερες επεμβάσεις σύστασης ατμόσφαιρας. Φαίνεται όμως ότι στον αέρα ο κόκκινος χρωματισμός των καρπών διατηρήθηκε καλύτερα μετά 14 ημέρες αποθήκευσης, ενώ κατά το shelf life για 3 ημέρες οι καρποί παρουσίασαν όμοια επίπεδα κόκκινου χρωματισμού.

Πίνακας 3.1.3.3. Απόχρωση (μοίρες - παράμετρος Hue angle) της επιφάνειας των καρπών πριν και μετά την αποθήκευσή τους στους 2 °C σε ελεγχόμενες ατμόσφαιρες για 10 και 14 ημέρες και με παραμονή 3 ημερών σε θερμοκρασία 10 °C, μετά από αποθήκευση 10 ημερών.

	Αρχικά (M.O + T.A)	10 ημέρες (M.O + T.A)	14 ημέρες (M.O + T.A)	10+3 ημέρες (M.O + T.A)
Αέρας	29,50±4,14a (a)	27,38±4,07a (ab)	29,03±4,23a (a)	25,80±2,28a (b)
5%O₂-10%CO₂	28,75±3,61a (a)	26,74±3,39a (b)	25,33±3,06b (b)	25,96±3,07a (b)
5%O₂-20%CO₂	28,77±3,97a (a)	26,47±3,94a (b)	26,72±3,10b (ab)	26,31±3,73a (b)
21%O₂-20%CO₂	28,04±3,98a (a)	26,23±2,94a (ab)	25,18±2,12b (b)	25,55±3,20a (b)

* Τιμές της ίδιας στήλης που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας p=0,05.

** Τιμές της ίδιας γραμμής που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα μέσα σε παρένθεση δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας p=0,05

Σύμφωνα με τα δεδομένα του πίνακα 3.1.3.3 παρατηρείται όμοια επίδραση της σύστασης της ατμόσφαιρας στην απόχρωση των καρπών μετά την αποθήκευσή τους, όπως στη φωτεινότητα και την ένταση του κόκκινου χρώματος. Κατά την αποθήκευση, η γωνία Hue angle (απόχρωση) των καρπών μειώνεται μετά από 10 ημέρες αποθήκευσης ενώ παρατηρείται σταθεροποίηση μετά από 14 ημέρες αλλά και μετά την παραμονή των καρπών στους 10 °C. Επίσης φαίνεται οι καρποί να γίνονται πιο σκούροι κόκκινοι εξωτερικά (μείωση γωνίας απόχρωσης) στα υψηλά επίπεδα CO₂ σε αντίθεση με τον αέρα όπου διατηρήθηκε η απόχρωση σε σχέση με το μάρτυρα.

Πίνακας 3.1.3.4. Ένταση χρώματος (παράμετρος Chroma) της επιφάνειας των καρπών πριν και μετά την αποθήκευσή τους στους 2 °C σε ελεγχόμενες ατμόσφαιρες για 10 και 14 ημέρες και με παραμονή 3 ημερών σε θερμοκρασία 10 °C, μετά από αποθήκευση 10 ημερών.

	Αρχικά (M.O + T.A)	10 ημέρες (M.O + T.A)	14 ημέρες (M.O + T.A)	10+3 ημέρες (M.O + T.A)
Αέρας	41,53±3,39a (a)	35,14±4,33a (c)	38,10±3,64a (b)	32,86±2,93a (c)
5%O₂-10%CO₂	40,69±3,04a (a)	34,10±4,54a (b)	32,75±3,84b (b)	33,05±7,41a (b)
5%O₂-20%CO₂	40,24±3,34a (a)	33,77±4,89a (b)	32,86±3,91b (b)	31,84±3,00a (b)
21%O₂-20%CO₂	39,19±3,71a (a)	31,39±5,12a (b)	31,99±3,14b (b)	32,72±3,60a (b)

* Τιμές της ίδιας στήλης που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

** Τιμές της ίδιας γραμμής που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα μέσα σε παρένθεση δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

Από τον πίνακα 3.1.3.4 παρατηρείται ότι η σύσταση της ατμόσφαιρας είχε την ίδια επίδραση στην ένταση του χρώματος (chroma), σε κάθε ημερομηνία αποθήκευσης, όπως και στις υπόλοιπες παραμέτρους του χρώματος. Έτσι, η ένταση του χρώματος κυμάνθηκε σε χαμηλότερα επίπεδα μετά από 10 ημέρες αποθήκευσης των καρπών χωρίς στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων, αν και παρατηρείται καλύτερη διατήρηση της έντασης του χρώματος στον αέρα, η οποία παρατηρείται ακόμα και μετά από 14 ημέρες αποθήκευσης, ενώ κατά το shelf life η μείωση είναι ίδια παντού. Κατά γενικό κανόνα οι τιμές μειώνονται κατά την διάρκεια της αποθήκευσης, ενώ εκτός του αέρα δεν επηρεάστηκαν από τις συγκεντρώσεις χαμηλού O₂ και υψηλού CO₂.

3.1.4 Χρώμα στο εσωτερικό των καρπών

Στους πίνακες 3.1.4.1, 3.1.4.2, 3.1.4.3. και 3.1.4.4. παρουσιάζεται η φωτεινότητα (παράγοντας L* χρωματόμετρου), η ένταση του κόκκινου χρώματος (τιμή a* χρωματόμετρου), η απόχρωση (παράμετρος hue angle) και η ένταση του χρώματος (παράμετρος Chroma) αντίστοιχα, στο εσωτερικό των καρπών φράουλας πριν και μετά την αποθήκευσή τους στους 2 °C, για 10 και 14 ημέρες με εν συνεχεία παραμονή των καρπών της πρώτης περιόδου αποθήκευσης για 3 επιπλέον ημέρες στους 10 °C.

Πίνακας 3.1.4.1 Φωτεινότητα (τιμή L* χρωματόμετρου) στο εσωτερικό των καρπών φράουλας πριν και μετά την αποθήκευσή τους στους 2 °C σε ελεγχόμενες ατμόσφαιρες για

10 και 14 ημέρες και με παραμονή 3 ημερών σε θερμοκρασία 10 °C, μετά από αποθήκευση 10 ημερών.

	Αρχικά (M.O + T.A)	10 ημέρες (M.O + T.A)	14 ημέρες (M.O + T.A)	10+3 ημέρες (M.O + T.A)
Αέρας	52,82±2,7 (c)	59,09±4,83a (a)	56,98±3,37a (ab)	54,89±4,57a (bc)
5%O₂-10%CO₂	52,82±2,7 (b)	60,61±4,1a (a)	57,61±4,76a (a)	57,99±5,12a (a)
5%O₂-20%CO₂	52,82±2,7 (b)	56,12±4,61a (ab)	57,25±4,74a (a)	56,79±4,3a (a)
21%O₂-20%CO₂	52,82±2,7 (b)	58,65±5,08a (a)	56,36±5,6a (ab)	56,9±5,23a (a)

* Τιμές της ίδιας στήλης που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

** Τιμές της ίδιας στήλης που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα μέσα σε παρένθεση δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

Πίνακας 3.1.4.2. Ένταση κόκκινου χρώματος (τιμή a^* χρωματόμετρου) στο εσωτερικό των καρπών φράουλας πριν και μετά την αποθήκευσή τους στους 2 °C σε ελεγχόμενες ατμόσφαιρες για 10 και 14 ημέρες και με παραμονή 3 ημερών σε θερμοκρασία 10 °C, μετά από αποθήκευση 10 ημερών.

	Αρχικά (M.O + T.A)	10 ημέρες (M.O + T.A)	14 ημέρες (M.O + T.A)	10+3 ημέρες (M.O + T.A)
Αέρας	32,4±4,18 (ab)	29,39±5,74a (b)	32,53±3,02a (a)	32,96±3,34a (a)
5%O₂-10%CO₂	32,4±4,18 (a)	27,06±6,7a (a)	30,49±4,07ab (a)	28,41±5,48b (a)
5%O₂-20%CO₂	32,4±4,18 (a)	28,99±4,4a (b)	28,52±4,17b (b)	28,58±3,93b (b)
21%O₂-20%CO₂	32,4±4,18 (a)	27,88±4,43a (b)	27,66±6,4b (b)	24,81±4,46c (b)

* Τιμές της ίδιας στήλης που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

** Τιμές της ίδιας γραμμής που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα μέσα σε παρένθεση δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

Από τον πίνακα 3.1.4.1 δεν φαίνεται να παρατηρείται σημαντική επίδραση των ελεγχόμενων ατμοσφαιρών στη φωτεινότητα της επιφάνειας των καρπών σε όλες τις ημερομηνίες αποθήκευσης. Όμως οι ελεγχόμενες ατμόσφαιρες επέδρασαν διαφορετικά στη φωτεινότητα των καρπών κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης με όλες τις συνθήκες υψηλού CO₂ να διατηρούν σημαντικά υψηλά τα επίπεδα της φωτεινότητας ακόμα και μετά από 3 ημέρες στο shelf life. Στον αέρα μετά την αύξηση των 10 ημερών παρατηρήθηκε σημαντική μείωση στο shelf life. Παρόλ' αυτά μετά από 14 ημέρες αποθήκευσης φαίνεται να υπάρχει τάση διατήρησης της φωτεινότητας σε ατμόσφαιρες 5%O₂-10%CO₂ και 5%O₂-20%CO₂.

Από τον πίνακα 3.2.4.2 παρατηρείται μια μείωση της έντασης του κόκκινου χρώματος στο εσωτερικό των καρπών μετά από 10 ημέρες αποθήκευσης και στη συνέχεια μια αύξηση σε καρπούς που αποθηκεύτηκαν σε αέρα και 5% O₂ και 10% CO₂. Επίσης φαίνεται να διατηρείται το κόκκινο χρώμα στον αέρα και να ακολουθούν ατμόσφαιρες χαμηλού O₂ και υψηλού CO₂ με στατιστικά σημαντικές διαφορές ιδιαίτερα μετά από 14 ημέρες συντήρησης. Κατά τη παραμονή τους στους 10 °C καρποί που προήλθαν από αποθήκευση σε αέρα εμφάνισαν την υψηλότερη τιμή έντασης κόκκινου χρώματος ενώ σε 21%O₂-20%CO₂ τη χαμηλότερη.

Πίνακας 3.1.4.3. Απόχρωση (παράμετρος Hue angle) στο εσωτερικό των καρπών φράουλας πριν και μετά την αποθήκευσή τους στους 2 °C σε ελεγχόμενες ατμόσφαιρες για 10 και 14 ημέρες και με παραμονή 3 ημερών σε θερμοκρασία 10 °C, μετά από αποθήκευση 10 ημερών.

	Αρχικά (M.O + T.A)	10 ημέρες (M.O + T.A)	14 ημέρες (M.O + T.A)	10+3 ημέρες (M.O + T.A)
Αέρας	42,78±2,3 (a)	42,87±2,42a (a)	42,73±1,3a (a)	42,23±2,09a (a)
5%O₂-10%CO₂	42,78±2,3 (a)	43,4±3,29a (a)	41,56±2,15a (a)	43,47±3,34a (a)
5%O₂-20%CO₂	42,78±2,3 (a)	41,25±2,78a (a)	41,02±2,87a (a)	42,27±2,47a (a)
21%O₂-20%CO₂	42,78±2,3 (a)	41,15±3,7a (a)	40,97±3,33a (a)	41,87±3,08a (a)

* Τιμές της ίδιας στήλης που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας p=0,05.

** Τιμές της ίδιας γραμμής που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα μέσα σε παρένθεση δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας p=0,05.

Από τον πίνακα 3.1.4.3 παρατηρείται ότι η γωνία Hue angle (απόχρωση) δεν παρουσίασε σημαντικές αλλαγές με την πρόοδο της αποθήκευσης σε όλες τις ημερομηνίες αλλά διατηρήθηκε στα αρχικά επίπεδα. Αν και δεν παρατηρούνται σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων ελεγχόμενων ατμοσφαιρών, μια τάση αύξησης της γωνίας hue είναι φανερή μετά από 10 και 10+3 ημέρες.

Πίνακας 3.1.4.4. Ένταση χρώματος (παράμετρος Chroma) στο εσωτερικό των καρπών φράουλας πριν και μετά την αποθήκευσή τους στους 2 °C σε ελεγχόμενες ατμόσφαιρες για 10 και 14 ημέρες και με παραμονή 3 ημερών σε θερμοκρασία 10 °C, μετά από αποθήκευση 10 ημερών.

	Αρχικά (M.O + T.A)	10 ημέρες (M.O + T.A)	14 ημέρες (M.O + T.A)	10+3 ημέρες (M.O + T.A)
Αέρας	44,19±5,56 (a)	40,94±6,34a (a)	44,33±4,35a (a)	44,6±4,76a (a)
5%O₂-10%CO₂	44,19±5,56 (a)	37,84±7,5a (b)	41,59±3,98a (ab)	39±6,22b (b)
5%O₂-20%CO₂	44,19±5,56 (a)	38,56±5,62a (b)	37,75±4,55b (b)	38,73±5,64b (b)
21%O₂-20%CO₂	44,19±5,56 (a)	37±5,17a (bc)	37,86±6,9b (b)	33,29±5,48c (c)

* Τιμές της ίδιας στήλης που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

** Τιμές της ίδιας στήλης που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα μέσα σε παρένθεση δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

Από τον πίνακα 3.1.4.4 παρατηρείται μια επίδραση των ελεγχόμενων ατμοσφαιρών στη τιμή του παράγοντα Chroma του εσωτερικού ιστού μετά από 14 ημέρες αποθήκευσης για τους καρπούς που αποθηκεύτηκαν σε αέρα και 5%O₂-10%CO₂ με τη διαφορά αυτή να διατηρείται και μετά από παραμονή 3 ημερών στους 10 °C. Κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης παρατηρήθηκε μείωση της έντασης του χρώματος για τις επεμβάσεις ελεγχόμενων ατμοσφαιρών και διατήρηση των τιμών μεταξύ 10 και 14 ημερών, ενώ στον αέρα η ένταση του χρώματος παρέμεινε αμετάβλητη ακόμα και μετά από 3 ημέρες στο shelf life.

3.1.5. Ολικά διαλυτά στερεά συστατικά

Στον πίνακα 3.1.5 παρουσιάζεται η περιεκτικότητα σε ολικά διαλυτά στερεά (°Brix) των καρπών φράουλας πριν και μετά την αποθήκευσή τους στους 2 °C, για 10 και 14 ημέρες με εν συνεχεία παραμονή των καρπών της πρώτης περιόδου αποθήκευσης για 3 επιπλέον ημέρες στους 10 °C.

Από τον πίνακα 3.1.5 παρατηρείται ότι δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων σύστασης της ατμόσφαιρας σε όλες τις περιόδους αποθήκευσης. Κατά την αποθήκευση στους 2 °C εμφανίζεται προοδευτική μείωση των ολικών διαλυτών στερεών, εντονότερα μετά από 10 ημέρες σε 5% O₂-20% CO₂, και στον αέρα, όταν στις 14 ημέρες αντίστοιχα επίπεδα παρατηρούνται σε όλες τις επεμβάσεις. Αντίθετα, με την παραμονή των καρπών στους 10 °C κατά το shelf life, παρατηρείται σημαντική αύξηση των διαλυτών στερεών, στα προ αποθήκευσης επίπεδα.

Πίνακας 3.1.5. Περιεκτικότητα σε ολικά διαλυτά στερεά (⁰Brix) καρπών φράουλας πριν και μετά την αποθήκευσή τους στους 2 °C σε ελεγχόμενες ατμόσφαιρες για 10 και 14 ημέρες και με παραμονή 3 ημερών σε θερμοκρασία 10 °C, μετά από αποθήκευση 10 ημερών.

	Αρχικά (M.O + T.A)	10 ημέρες (M.O + T.A)	14 ημέρες (M.O + T.A)	10+3 ημέρες (M.O + T.A)
Αέρας	5,50±0,20 (a)	5,30±0,10a (bc)	5,26±0,09a (c)	5,46±0,13a (ab)
5%O₂-10%CO₂	5,50±0,20 (a)	5,38±0,04a (a)	5,26±0,17a (b)	5,38±0,18a (a)
5%O₂-20%CO₂	5,50±0,20 (a)	5,28±0,04a (b)	5,32±0,13a (b)	5,54±0,22a (a)
21%O₂-20%CO₂	5,50±0,20 (a)	5,40±0,14a (a)	5,26±0,11a (b)	5,54±0,09a (a)

* Τιμές της ίδιας στήλης που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας p=0,05.

** Τιμές της ίδιας γραμμής που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα μέσα σε παρένθεση δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας p=0,05.

3.1.6. Τιτλοδοτούμενη οξύτητα

Στον πίνακα 3.1.6 παρουσιάζεται η τιτλοδοτούμενη οξύτητα (%: g κιτρικού οξέος / 100 g καρπού) του χυμού των καρπών φράουλας πριν και μετά τη συντήρησή τους στους 2 °C, για 10 και 14 ημέρες με εν συνεχεία παραμονή των καρπών της πρώτης περιόδου αποθήκευσης για 3 επιπλέον ημέρες στους 10 0C.

Πίνακας 3.1.6. Τιτλοδοτούμενη οξύτητα (%: g κιτρικού οξέος / 100 g καρπού) καρπών φράουλας πριν και μετά την αποθήκευσή τους στους 2 °C σε ελεγχόμενες ατμόσφαιρες για 10 και 14 ημέρες και με παραμονή 3 ημερών σε θερμοκρασία 10 °C, μετά από αποθήκευση 10 ημερών.

	Αρχικά (M.O + T.A)	10 ημέρες (M.O + T.A)	14 ημέρες (M.O + T.A)	10+3 ημέρες (M.O + T.A)
Αέρας	0,72±0,05 (a)	0,66±0,09a (a)	0,62±0,09a (ab)	0,54±0,05a (b)
5%O₂-10%CO₂	0,72±0,05 (a)	0,64±0,06a (ab)	0,56±0,07a (b)	0,59±0,06a (b)
5%O₂-20%CO₂	0,72±0,05 (a)	0,60±0,03a (bc)	0,55±0,05a (c)	0,61±0,01a (b)
21%O₂-20%CO₂	0,72±0,05 (a)	0,61±0,08a (b)	0,59±0,08a (b)	0,59±0,04a (b)

* Τιμές της ίδιας στήλης που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας p=0,05.

** Τιμές της ίδιας γραμμής που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα μέσα σε παρένθεση δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας p=0,05.

Από τον πίνακα 3.1.6 δεν παρατηρείται στατιστικά σημαντική επίδραση της σύστασης της ατμόσφαιρας στην ολική οξύτητα του χυμού των καρπών σε όλες τις περιόδους αποθήκευσης. Όμως, εμφανίζεται διαφορετική επίδραση των ελεγχόμενων ατμοσφαιρών στη μεταβολή της ογκομετρούμενης οξύτητας κατά τη πορεία της αποθήκευσης. Έτσι, φαίνεται να υπάρχει εντονότερη μείωση της οξύτητας στις μεταχειρίσεις χαμηλού O₂ και υψηλού CO₂ πέρα από τις 10 ημέρες αποθήκευσης με μετέπειτα διατήρηση κατά το shelf life, καθώς και διατήρηση της οξύτητας κατά την αποθήκευση σε αέρα που όμως ακολουθείται από μείωση κατά το shelf life.

3.1.7 pH

Στον πίνακα 3.1.7 παρουσιάζεται το pH του χυμού των καρπών φράουλας πριν και μετά τη συντήρησή τους στους 2 °C σε διαφορετικές ελεγχόμενες ατμόσφαιρες για 10 και 14 ημέρες, καθώς και με την εν συνεχεία παραμονή των καρπών που αποθηκεύτηκαν για 10 ημέρες, στους 10 °C για 3 ημέρες.

Πίνακας 3.1.7. Το pH του χυμού καρπών φράουλας πριν και μετά την αποθήκευσή τους στους 2 °C σε ελεγχόμενες ατμόσφαιρες για 10 και 14 ημέρες και με παραμονή 3 ημερών σε θερμοκρασία 10 °C, μετά από αποθήκευση 10 ημερών.

	Αρχικά (M.O + T.A)	10 ημέρες (M.O + T.A)	14 ημέρες (M.O + T.A)	10+3 ημέρες (M.O + T.A)
Αέρας	3,34±0,06 (b)	3,54±0,11b (a)	3,57±0,06c (a)	3,65±0,08b (a)
5%O₂-10%CO₂	3,34±0,06 (b)	3,70±0,07a (a)	3,67±0,09bc (a)	3,67±0,05b (a)
5%O₂-20%CO₂	3,34±0,06 (c)	3,73±0,04a (b)	3,81±0,04a (a)	3,69±0,01b (b)
21%O₂-20%CO₂	3,34±0,06 (c)	3,63±0,11ab (b)	3,72±0,08ab (b)	3,84±0,05a (a)

* Τιμές της ίδιας στήλης που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας p=0,05.

** Τιμές της ίδιας γραμμής που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα μέσα σε παρένθεση δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας p=0,05.

Από τον πίνακα 3.1.7 παρατηρείται ότι σε όλες τις μεταχειρίσεις σύστασης ατμόσφαιρας το pH του χυμού των καρπών αυξάνεται κατά την αποθήκευση, όμως ανάλογα με την πειραματική επέμβαση αποθήκευσης. Έτσι, ενώ στον αέρα και στους 5%O₂-10%CO₂ αύξηση παρατηρείται μόνο στις πρώτες 10 ημέρες και όχι περαιτέρω, στις επεμβάσεις 5% O₂-20% CO₂ και 21% O₂-20 CO₂ αύξηση στο pH παρατηρείται με την πρόοδο της αποθήκευσης, είτε στις 14 ημέρες, είτε κατά το shelf life. Επομένως, στις 10 και 14 ημέρες οι καρποί στον αέρα είχαν χαμηλότερο pH, ενώ οι καρποί σε υψηλό CO₂

υψηλότερο pH, ενώ κατά το shelf life οι διαφορές αμβλύνθηκαν, με τη επέμβαση 21% O₂-20% CO₂ να δίνει το υψηλότερο pH.

3.1.8 Περιεχόμενο σε ανθοκυανίνες

Στον πίνακα 3.1.8 παρουσιάζεται η συγκέντρωση των ανθοκυανινών των καρπών φράουλας (mg / 100 g) πριν (μάρτυρες) και μετά τη συντήρησή τους στους 2 °C σε διαφορετικές ελεγχόμενες ατμόσφαιρες για 10 και 14 ημέρες, καθώς και με την εν συνεχεία παραμονή των καρπών που αποθηκεύτηκαν για 10 ημέρες, στους 10 °C για 3 ημέρες.

Πίνακας 3.1.8. Συγκέντρωση ανθοκυανινών (mg / 100 g) των καρπών φράουλας πριν και μετά την αποθήκευσή τους στους 2 °C σε ελεγχόμενες ατμόσφαιρες για 10 και 14 ημέρες και με παραμονή 3 ημερών σε θερμοκρασία 10 °C, μετά από αποθήκευση 10 ημερών.

	Αρχικά (M.O + T.A)	10 ημέρες (M.O + T.A)	14 ημέρες (M.O + T.A)	10+3 ημέρες (M.O + T.A)
Αέρας	29,78±3,63 (b)	26,15±3,60a (b)	25,20±2,09a (b)	36,79±4,35a (a)
5%O₂-10%CO₂	29,78±3,63 (a)	24,56±5,05a (a)	26,55±3,99a (a)	23,96±5,91b (a)
5%O₂-20%CO₂	29,78±3,63 (a)	23,62±3,37a (b)	25,05±1,60a (ab)	29,24±5,04ab (a)
21%O₂-20%CO₂	29,78±3,63 (a)	25,04±4,22a (a)	26,39±10,22a (a)	31,34±7,68ab (a)

* Τιμές της ίδιας στήλης που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας p=0,05.

** Τιμές της ίδιας γραμμής που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα μέσα σε παρένθεση δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας p=0,05.

Από τον πίνακα 3.1.8 παρατηρείται ότι η συγκέντρωση των ανθοκυανινών δεν επηρεάστηκε από τη σύνθεση της ατμόσφαιρας κατά την αποθήκευση των καρπών σε όλες τις χρονικές περιόδους συντήρησης. Απ' την άλλη φαίνεται να υπάρχει επίδραση της σύνθεσης της ατμόσφαιρας στη μεταβολή των ανθοκυανινών κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης. Σε γενικές γραμμές, σε όλες τις επεμβάσεις σύστασης της ατμόσφαιρας για 10 και 14 ημέρες αποθήκευσης το περιεχόμενο των καρπών σε ανθοκυανίνες δεν φαίνεται να αλλάζει, πέρα από μια μείωση στο 5%O₂-20%CO₂. Κατά την παραμονή όμως των καρπών για 3 ημέρες στους 10 °C, οι ολικές ανθοκυανίνες αυξήθηκαν στον αέρα, ενώ στις υπόλοιπες επεμβάσεις κυμάνθηκαν στα προ-αποθήκευσης επίπεδα.

3.1.9 Περιεχόμενο σε φαινολικά

Στον πίνακα 3.1.9 παρουσιάζεται η συγκέντρωση των φαινολικών ουσιών των καρπών φράουλας (mg GAE / 100 g νωπού βάρους) πριν και μετά τη συντήρησή τους στους 2 °C και σε διαφορετικές ελεγχόμενες ατμόσφαιρες, για 10 και 14 ημέρες με εν συνεχεία παραμονή των καρπών, που αποθηκεύτηκαν για 10 ημέρες, στους 10 °C για επιπλέον 3 ημέρες.

Πίνακας 3.1.9. Συγκέντρωση φαινολικών (mg GAE / 100 g νωπού βάρους) των καρπών φράουλας πριν και μετά την αποθήκευσή τους στους 2 °C σε ελεγχόμενες ατμόσφαιρες για 10 και 14 ημέρες και με παραμονή 3 ημερών σε θερμοκρασία 10 °C, μετά από αποθήκευση 10 ημερών.

	Αρχικά (M.O + T.A)	10 ημέρες (M.O + T.A)	14 ημέρες (M.O + T.A)	10+3 ημέρες (M.O + T.A)
Αέρας	173,1±9,5 (b)	180,4±16,9a (b)	183,2±19,4a (b)	233,5±12,0a (a)
5%O₂-10%CO₂	173,1±9,5 (b)	177,8±13,9a (b)	186,2±18,1a (ab)	207,1±21,1a (a)
5%O₂-20%CO₂	173,1±9,5 (bc)	194,5±19,8a (ab)	154,9±15,1b (c)	209,8±20,9a (a)
21%O₂-20%CO₂	173,1±9,5 (b)	179,0±13,4a (b)	183,5±7,7a (b)	222,0±13,7a (a)

* Τιμές της ίδιας στήλης που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

** Τιμές της ίδιας γραμμής που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα μέσα σε παρένθεση δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

Από τον πίνακα 3.1.9 παρατηρείται ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων όσον αφορά τη περιεκτικότητα των φαινολικών ουσιών στους καρπούς, εκτός από τις 14 ημέρες αποθήκευσης όπου στην επέμβαση 5% O₂-20% CO₂ οι καρποί είχαν σημαντικά λιγότερα φαινολικά. Σημαντική επίδραση φαίνεται να έχει ο χρόνος αποθήκευσης, με τις φαινολικές ουσίες να αυξάνονται με τη πάροδο του, ιδιαίτερα στην επέμβαση 5% O₂-20% CO₂ μετά από 10 ημέρες αποθήκευσης. Έντονη αύξηση σημειώνεται μετά την παραμονή των καρπών στους 10 °C, σε όλες τις επεμβάσεις και ιδιαίτερα στον αέρα και στο 21% O₂-20% CO₂.

3.1.10 Σήψεις καρπών

Στο πίνακα 3.1.10 παρουσιάζεται η % απώλεια των καρπών λόγω εμφάνισης σήψεων μετά από 14 ημέρες αποθήκευσης σε κάθε μεταχείριση ελεγχόμενων ατμοσφαιρών.

Πίνακας 3.1.10. Απώλεια καρπών (%) λόγω σήψεων μετά από 14 ημέρες αποθήκευσης σε ελεγχόμενες ατμόσφαιρες.

Μεταχείριση (CA)	% Απώλεια καρπών
Αέρας	4,17
5% O₂-10% CO₂	2,10
5% O₂-20% CO₂	0,00
21% O₂-20% CO₂	2,10

Σε γενικές γραμμές, παρατηρείται πολύ μικρό ποσοστό απώλειας καρπών λόγω σήψης, ανεξάρτητα με την επέμβαση αποθήκευσης. Ως εκ τούτου, δεν υπάρχει ξεκάθαρη επίδραση της σύστασης της ατμόσφαιρας κατά την αποθήκευση στον περιορισμό της εμφάνισης σήψεων στους καρπούς της φράουλας (cv. Camarosa) που συγκομίστηκαν το Μάρτιο από υπό κάλυψη καλλιέργεια.

3.2 Επίδραση των ελεγχόμενων ατμοσφαιρών στη μετασυλλεκτική συμπεριφορά καρπών φράουλας ποικιλίας "Sabrina 1/5/2014"

Στο πείραμα αυτό μελετήθηκε η επίδραση των ελεγχόμενων ατμοσφαιρών και της διάρκειας της αποθήκευσης στη μετασυλλεκτική συμπεριφορά και στη μεταβολή των ποιοτικών χαρακτηριστικών καρπών φράουλας ποικιλίας "Sabrina" που συγκομίστηκαν την 1 Μαΐου του 2014.

3.2.1 Απώλεια βάρους

Στον πίνακα 3.2.1 παρουσιάζεται η απώλεια βάρους ως ποσοστό (%) του αρχικού βάρους ($[(\text{αρχικό βάρος}-\text{τελικό βάρος})/\text{αρχικό βάρος}] \times 100$) των καρπών φράουλας κατά την αποθήκευσή τους στους 2 °C, για 3 και 8 ημέρες με εν συνεχεία παραμονή των καρπών της πρώτης περιόδου αποθήκευσης για 4 επιπλέον ημέρες στους 10 °C.

Πίνακας 3.2.1. Απώλεια βάρους καρπών (%) μετά την αποθήκευσή τους στους 2 °C σε τέσσερις μεταχειρίσεις ελεγχόμενων ατμοσφαιρών για 3 και 8 ημέρες και με παραμονή 4 ημερών σε θερμοκρασία 10 °C, μετά από αποθήκευση 3 ημερών.

	3 ημέρες (M.O + T.A)	8 ημέρες (M.O + T.A)	3+4 ημέρες (M.O + T.A)
Αέρας	0,52±0,3 b (c)	1,4±0,79 a (b)	7,41±1,01 a (a)
Αέρας - Όζον	0,97±0,53 a (c)	1,66±0,51 a (b)	8,81±1,71 a (a)
5%O₂-10% CO₂	0,95±0,33 a (c)	1,7±1,09 a (b)	5,29±1,49 b (a)
5%O₂-20% CO₂	0,89±0,57 a (c)	1,46±0,94 a (b)	7,95±2,38 a (a)
21%O₂-20 CO₂	0,73±0,36 ab (b)	1,38±0,65 a (b)	6,73±1,83 a (a)

* Τιμές της ίδιας στήλης που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

** Τιμές της ίδιας γραμμής που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα μέσα σε παρένθεση δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

Από τον πίνακα 3.2.1 φαίνεται ότι η διάρκεια της αποθήκευσης επιδρά σημαντικά στην απώλεια βάρους των καρπών και ιδιαίτερα μετά την παραμονή των καρπών για 4 ημέρες στους 10 °C. Σε γενικές γραμμές, δεν φαίνεται να υπάρχει κάποια συστηματική και πρακτικά σημαντική επίδραση των πειραματικών επεμβάσεων στην απώλεια βάρους των καρπών, οι οποίοι παρέμεναν σε κλειστές συσκευασίες, επομένως είχαν περιορισμένη απώλεια νερού.

3.2.2 Συνεκτικότητα

Στον πίνακα 3.2.2 παρουσιάζεται η συνεκτικότητα (kg) των καρπών φράουλας πριν και μετά την αποθήκευσή τους στους 2 °C, για 3 και 8 ημέρες με εν συνεχεία παραμονή των καρπών της πρώτης περιόδου αποθήκευσης για 4 επιπλέον ημέρες στους 10 °C.

Πίνακας 3.2.2. Συνεκτικότητα καρπών (kg) πριν και μετά την αποθήκευσή τους στους 2 °C σε ελεγχόμενες ατμόσφαιρες για 3 και 8 ημέρες και με παραμονή 4 ημερών σε θερμοκρασία 10 °C, μετά από αποθήκευση 10 ημερών.

	Αρχικά (M.O + T.A)	3 ημέρες (M.O + T.A)	8 ημέρες (M.O + T.A)	3+4 ημέρες (M.O + T.A)
Αέρας	1,38±0,52 (a)	1,38±0,27a (a)	1,33±0,35a (a)	1,42±0,45b (a)
Αέρας - Όζον	1,38±0,52 (b)	1,79±0,7a (a)	1,67±0,62a (ab)	2,1±0,47a (a)
5%O₂-10%CO₂	1,38±0,52 (a)	1,7±0,8a (a)	1,33±0,69a (a)	1,47±0,53b (a)
5%O₂-20% CO₂	1,38±0,52 (a)	1,69±0,65a (a)	1,51±0,7a (a)	1,56±0,76b (a)
21%O₂-20%CO₂	1,38±0,52 (a)	1,59±0,64a (a)	1,51±0,91a (a)	1,82±0,66ab (a)

* Τιμές της ίδιας στήλης που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

** Τιμές της ίδιας γραμμής που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα μέσα σε παρένθεση δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

Από τον πίνακα 3.2.2 δεν παρατηρούνται σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων αποθήκευσης για 3 και 8 ημέρες συντήρησης, όταν κατά το shelf life παρατηρείται αυξημένη συνεκτικότητα στην επέμβαση με όζον και δευτερευόντως με 21%O₂-20%CO₂, σε σχέση με τις υπόλοιπες επεμβάσεις. Παρόλ' αυτά, οι επεμβάσεις ελεγχόμενων ατμοσφαιρών επέδρασαν διαφορετικά στη μεταβολή της συνεκτικότητας των καρπών με την πρόοδο της αποθήκευσης. Έτσι, σε όλες σχεδόν τις περιπτώσεις (αέρας και ελεγχόμενες ατμόσφαιρες) η συνεκτικότητα των καρπών διατηρήθηκε στα προ-αποθήκευσης επίπεδα, καθόλη της διάρκεια της αποθήκευσης, αλλά στην επέμβαση με όζον παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση της συνεκτικότητας εντός 3 ημερών, η οποία διατηρήθηκε στις 8 ημέρες και αυξήθηκε περαιτέρω (αν και όχι σημαντικά) μετά το shelf life. Σημαντική αύξηση της συνεκτικότητας κατά το shelf life παρουσίασαν και οι καρποί σε υψηλό O₂ και υψηλό CO₂ (21%O₂-20%CO₂).

3.2.3 Χρώμα εξωτερικής επιφάνειας καρπών (L*)

Στους πίνακες 3.2.3.1, 3.2.3.2, 3.2.3.3. και 3.2.3.4. παρουσιάζεται η φωτεινότητα (παράγοντας L* χρωματόμετρου), η ένταση του κόκκινου χρώματος (τιμή a* χρωματόμετρου), η απόχρωση (παράμετρος hue angle) και η ένταση του χρώματος (παράμετρος Chroma) αντίστοιχα, στην επιφάνεια των καρπών φράουλας πριν και μετά την αποθήκευσή τους στους 2 °C, για 3 και 8 ημέρες με εν συνεχεία παραμονή των καρπών της πρώτης περιόδου αποθήκευσης για 4 επιπλέον ημέρες στους 10 °C.

Πίνακας 3.2.3.1 Φωτεινότητα (τιμή L* χρωματόμετρου) της επιφάνειας των καρπών πριν και μετά την αποθήκευσή τους στους 2 °C σε ελεγχόμενες ατμόσφαιρες για 3 και 8 ημέρες και με παραμονή 4 ημερών σε θερμοκρασία 10 °C, μετά από αποθήκευση 3 ημερών.

	Αρχικά (M.O + T.A)	3 ημέρες (M.O + T.A)	8 ημέρες (M.O + T.A)	3+4 ημέρες (M.O + T.A)
Αέρας	36,63±3,49 (a)	34,01±3,32a (b)	34,69±3,35a (ab)	33,78±3,5a (b)
Αέρας - Όζον	36,79±2,66 (a)	32,33±2,7a (b)	33,96±2,58a (b)	34,1±2,56a (b)
5%O₂-10%CO₂	36,67±4,13 (a)	34,35±3,82a (ab)	35,43±4,19a (ab)	33,79±3,37a (b)
5%O₂-20%CO₂	37,43±3,67 (a)	34,2±3,41a (b)	32,27±3,43a (b)	33,94±3,08a (b)
21%O₂-20%CO₂	37,31±3,73 (a)	33,88±3,35a (b)	35,48±4,91a (ab)	35,08±3,82a (ab)

* Τιμές της ίδιας στήλης που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας p=0,05.

** Τιμές της ίδιας γραμμής που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα μέσα σε παρένθεση δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας p=0,05.

Πίνακας 3.2.3.2. Ένταση κόκκινου χρώματος (τιμή a* χρωματόμετρου) της επιφάνειας των καρπών πριν και μετά την αποθήκευσή τους στους 2 °C σε ελεγχόμενες ατμόσφαιρες για 3 και 8 ημέρες και με παραμονή 4 ημερών σε θερμοκρασία 10 °C, μετά από αποθήκευση 3 ημερών.

	Αρχικά (M.O + T.A)	3 ημέρες (M.O + T.A)	8 ημέρες (M.O + T.A)	3+4 ημέρες (M.O + T.A)
Αέρας	37,74±3,06 (a)	35,3±4,24ab (b)	35,14±3,2a (b)	33,24±2,45a (b)
Αέρας - Όζον	36,49±2,87 (a)	32,31±4,49b (b)	33,09±4,17ab (b)	31,4±3,35a (b)
5%O₂-10%CO₂	36,31±3,87 (a)	35,4±4,11a (a)	32,33±5,8ab (b)	30,5±3,55a (b)
5%O₂-20%CO₂	36,37±3,18 (a)	33,82±3,76ab (b)	30,26±5,48b (c)	30,61±3,62a (c)
21%O₂-20%CO₂	36,49±3,71 (a)	34,43±4,47ab (ab)	34,53±6,52a (ab)	31,88±4,87a (b)

* Τιμές της ίδιας στήλης που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας p=0,05.

** Τιμές της ίδιας γραμμής που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα μέσα σε παρένθεση δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας p=0,05.

Από τον πίνακα 3.2.3.1 παρατηρείται ότι, όπως και στη περίπτωση της ποικιλίας "Camarosa" η φωτεινότητα της επιφάνειας των καρπών μειώνεται με την πρόοδο της αποθήκευσης, αν και όχι σε όλες τις περιόδους αποθήκευσης σημαντικά, σε σχέση με την προ-αποθήκευσης τιμή. Φαίνεται πάντως ότι, η μείωση της φωτεινότητας με την αποθήκευση δεν επηρεάστηκε σημαντικά από την πειραματική επέμβαση κατά την αποθήκευση (αέρας ή ελεγχόμενες ατμόσφαιρες), ή από την παραμονή των καρπών για 24 ώρες πριν την αποθήκευσή τους σε περιβάλλον με όζον.

Από τον πίνακα 3.2.3.2 παρατηρείται ότι η ένταση του κόκκινου χρώματος μειώνεται κατά την πρόοδο της αποθήκευσης σε σχέση με τις αρχικές τιμές. Αν και οι διαφορές δεν είναι στατιστικά σημαντικές στις 3+4 ημέρες, φαίνεται πως η παραμονή σε όζον και οι ελεγχόμενες ατμόσφαιρες επέδρασαν σε εντονότερη μείωση του κόκκινου χρώματος κατά την αποθήκευση σε σχέση με την αποθήκευση σε αέρα.

Πίνακας 3.2.3.3. Απόχρωση (μοίρες - παράμετρος Hue angle) της επιφάνειας των καρπών πριν και μετά την αποθήκευσή τους στους 2 °C σε ελεγχόμενες ατμόσφαιρες για 3 και 8 ημέρες και με παραμονή 4 ημερών σε θερμοκρασία 10 °C, μετά από αποθήκευση 3 ημερών.

	Αρχικά (M.O + T.A)	3 ημέρες (M.O + T.A)	8 ημέρες (M.O + T.A)	3+4 ημέρες (M.O + T.A)
Αέρας	28,98±4,45 (a)	27,59±4,33a (a)	28,41±3,32ab (a)	27,57±4,23a (a)
Αέρας - Όζον	28,64±3,07 (a)	25,98±3,08a (b)	26,87±2,95b (ab)	27,16±3,37a (ab)
5%O₂-10%CO₂	29,51±4,81 (a)	28,82±4,82a (a)	27,76±3,72ab (a)	27,08±3,83a (a)
5%O₂-20%CO₂	28,6±3,56 (a)	27,48±3,78a (ab)	25,91±2,88b (b)	27,53±3,14a (ab)
21%O₂-20%CO₂	29,6±4,06 (a)	28,29±4,52a (a)	29,86±4,28a (a)	28,8±3,45a (a)

* Τιμές της ίδιας στήλης που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας p=0,05.

** Τιμές της ίδιας γραμμής που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα μέσα σε παρένθεση δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας p=0,05.

Με βάση τα δεδομένα του πίνακα 3.2.3.3 εμφανίζεται σημαντική μείωση της απόχρωσης των καρπών που δέχθηκαν επέμβαση με όζον (πιο σκούρο κόκκινο χρώμα) μετά 3 ημέρες αποθήκευσης, και αυτών που αποθηκεύτηκαν σε 5%O₂-20%CO₂ μετά 8 ημέρες αποθήκευσης. Γενικότερα όμως, δεν φαίνεται να υπάρχει κάποια σημαντική και συστηματική επίδραση των επεμβάσεων αποθήκευσης στη μεταβολή της απόχρωσης των καρπών μετά την αποθήκευσή τους.

Πίνακας 3.2.3.4. Ένταση χρώματος (παράμετρος Chroma) της επιφάνειας των καρπών πριν και μετά την αποθήκευσή τους στους 2 °C σε ελεγχόμενες ατμόσφαιρες για 3 και 8 ημέρες και με παραμονή 4 ημερών σε θερμοκρασία 10 °C, μετά από αποθήκευση 3 ημερών.

	Αρχικά (M.O + T.A)	3 ημέρες (M.O + T.A)	8 ημέρες (M.O + T.A)	3+4 ημέρες (M.O + T.A)
Αέρας	43,34±5,83 (a)	38,94±5,8a (b)	39,48±4,1a (b)	36,62±4,35a (b)
Αέρας - Όζον	41,92±4,97 (a)	36,12±5,83a (bc)	38,01±4,85ab (b)	34,15±4,04a (c)
5%O₂-10%CO₂	42,5±6,48 (a)	38,44±6,39a (b)	35,23±6,66ab (b)	34,36±5,05a (b)
5%O₂-20%CO₂	41,89±5,12 (a)	37,15±5,62a (b)	33,89±6,63b (b)	34,74±5a (b)
21%O₂-20 CO₂	41,91±5,95 (a)	38,85±6,21a (ab)	39,29±8,9a (ab)	37,04±6,3a (b)

* Τιμές της ίδιας στήλης που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

** Τιμές της ίδιας γραμμής που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα μέσα σε παρένθεση δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

Από τον πίνακα 3.2.3.4 παρατηρείται ότι η ένταση του εξωτερικού χρώματος των καρπών μειώνεται σημαντικά κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης ακόμα και από τις 3 πρώτες ημέρες της αποθήκευσης. Στις επεμβάσεις χαμηλού O₂ και υψηλού CO₂ (5%O₂-10%CO₂ και 5%O₂-20%CO₂) η μείωση της έντασης του χρώματος ήταν εντονότερη μετά 8 ημέρες αποθήκευσης, ιδιαίτερα σε σχέση με την παραμονή των καρπών σε ατμόσφαιρες επαρκούς O₂ (αέρας, αέρας-όζον και 21%O₂-20%CO₂), δηλαδή, οι ατμόσφαιρες υψηλού CO₂ μείωσαν σημαντικά την ένταση του χρώματος στην επιφάνεια των καρπών.

3.2.4 Χρώμα στο εσωτερικό των καρπών

Στους πίνακες 3.2.4.1, 3.2.4.2, 3.2.4.3. και 3.2.4.4. παρουσιάζεται η φωτεινότητα (παράγοντας L* χρωματόμετρου), η ένταση του κόκκινου χρώματος (τιμή a* χρωματόμετρου), η απόχρωση (παράμετρος hue angle) και η ένταση του χρώματος (παράμετρος Chroma) αντίστοιχα, στο εσωτερικό των καρπών φράουλας πριν και μετά την αποθήκευσή τους στους 2 °C, για 3 και 8 ημέρες με εν συνεχεία παραμονή των καρπών της πρώτης περιόδου αποθήκευσης για 4 επιπλέον ημέρες στους 10 °C.

Από τον πίνακα 3.2.4.1 παρατηρείται ότι η φωτεινότητα του εσωτερικού ιστού των καρπών δεν μεταβάλλεται σημαντικά κατά την αποθήκευση με εξαίρεση ίσως τους καρπούς που δέχτηκαν όζον πριν την αποθήκευση, όπου παρατηρήθηκε μια αύξηση μεταξύ των δύο περιόδων αποθήκευσης και μια σημαντική μείωση κατά τη παραμονή τους

στους 10 °C. Η επίδραση των ελεγχόμενων ατμοσφαιρών δεν φαίνεται να είναι στατιστικά σημαντική.

Πίνακας 3.2.4.1 Φωτεινότητα (τιμή L* χρωματόμετρου) του εσωτερικού των καρπών πριν και μετά την αποθήκευσή τους στους 2 °C σε ελεγχόμενες ατμόσφαιρες για 3 και 8 ημέρες και με παραμονή 4 ημερών σε θερμοκρασία 10 °C, μετά από αποθήκευση 3 ημερών.

	Αρχικά (M.O + T.A)	3 ημέρες (M.O + T.A)	8 ημέρες (M.O + T.A)	3+4 ημέρες (M.O + T.A)
Αέρας	51,96±2,63 (a)	52,68±3,34a (a)	53,21±3,3a (a)	51,34±2,34a (a)
Αέρας - Όζον	51,96±2,63 (ab)	50,54±2,13a (bc)	52,22±1,97a (a)	50,34±2,38a (c)
5%O₂-10%CO₂	51,96±2,63 (a)	52,83±2,90a (a)	51,56±3,61a (a)	51,38±2,16a (a)
5%O₂-20%CO₂	51,96±2,63 (a)	51,3±3,08a (a)	51,47±3,17a (a)	51,87±2,42a (a)
21%O₂-20%CO₂	51,96±2,63 (a)	52,42±2,94a (a)	51,93±3,74a (a)	51,2±2,16a (a)

* Τιμές της ίδιας στήλης που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

** Τιμές της ίδιας γραμμής που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα μέσα σε παρένθεση δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

Πίνακας 3.2.4.2 Ένταση κόκκινου χρώματος (τιμή a* χρωματόμετρου) του εσωτερικού των καρπών πριν και μετά την αποθήκευσή τους στους 2 °C σε ελεγχόμενες ατμόσφαιρες για 3 και 8 ημέρες και με παραμονή 4 ημερών σε θερμοκρασία 10 °C, μετά από αποθήκευση 3 ημερών.

	Αρχικά (M.O + T.A)	3 ημέρες (M.O + T.A)	8 ημέρες (M.O + T.A)	3+4 ημέρες (M.O + T.A)
Αέρας	30,35±3,48 (b)	33,76±3,55a (a)	31,11±4,68a (ab)	32,92±4,6a (ab)
Αέρας - Όζον	30,35±3,48 (ab)	30,97±3,29a (a)	27,7±2,94b (c)	28,44±2,2b (bc)
5%O₂-10%CO₂	30,35±3,48 (b)	32,02±4,51a (ab)	30,14±3,24ab (b)	33,27±4,95a (a)
5%O₂-20%CO₂	30,35±3,48 (ab)	30,14±5,51a (ab)	27,45±4,78b (b)	32,25±4,15a (a)
21%O₂-20%CO₂	30,35±3,48 (a)	30,32±5,3a (a)	30,28±4,66ab (a)	32,35±4,1a (a)

* Τιμές της ίδιας στήλης που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

** Τιμές της ίδιας γραμμής που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα μέσα σε παρένθεση δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

Με βάση τα αποτελέσματα του πίνακα 3.2.4.2 το κόκκινο χρώμα του εσωτερικού των καρπών δεν μεταβλήθηκε μετά 3 ημέρες αποθήκευσης με εξαίρεση τον αέρα όπου αυξάνεται σημαντικά. Μετά από 8 ημέρες αποθήκευσης στον αέρα και στις επεμβάσεις

5%O₂-10%CO₂ και 21%O₂-20%CO₂ δεν παρατηρήθηκε μεταβολή, αλλά σημαντική μείωση υπήρξε όταν οι καρποί παρέμειναν σε όζον πριν τη διατήρηση και σε 5%O₂-20%CO₂ κατά τη διατήρησή τους σε σχέση με τους καρπούς μετά από 3 ημέρες αποθήκευσης σε σχέση με το μάρτυρα. Καρποί που δέχτηκαν όζον πριν την αποθήκευσή τους φαίνεται να μην αναπτύσσουν έντονο κόκκινο χρώμα στο εσωτερικό τους πράγμα που αποτυπώνεται και μετά από 4 ημέρες παραμονής στους 10 °C κατά το shelf life.

Πίνακας 3.2.4.3. Απόχρωση (μοίρες - παράμετρος Hue angle) του εσωτερικού των καρπών πριν και μετά την αποθήκευσή τους στους 2 °C σε ελεγχόμενες ατμόσφαιρες για 3 και 8 ημέρες και με παραμονή 4 ημερών σε θερμοκρασία 10 °C, μετά από αποθήκευση 3 ημερών.

	Αρχικά (M.O + T.A)	3 ημέρες (M.O + T.A)	8 ημέρες (M.O + T.A)	3+4 ημέρες (M.O + T.A)
Αέρας	45,97±1,82 (a)	43,79±2,13a (b)	43,25±2,35a (b)	42,57±2,77a (b)
Αέρας - Όζον	45,97±1,82 (a)	43,85±2,02a (b)	44,17±2,05a (b)	44,91±2,15a (ab)
5%O₂-10%CO₂	45,97±1,82 (a)	44,62±2,79a (ab)	43,61±2,87a (b)	43,27±3,07a (b)
5%O₂-20%CO₂	45,97±1,82 (a)	43,09±2,86a (b)	44,25±2,97a (ab)	43,41±2,91a (b)
21%O₂-20%CO₂	45,97±1,82 (a)	43,1±3,25a (b)	43,85±3,4a (b)	43,38±2,95a (b)

* Τιμές της ίδιας στήλης που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας p=0,05.

** Τιμές της ίδιας γραμμής που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα μέσα σε παρένθεση δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας p=0,05.

Πίνακας 3.2.4.4 Ένταση χρώματος (παράμετρος Chroma) του εσωτερικού των καρπών πριν και μετά την αποθήκευσή τους στους 2 °C σε ελεγχόμενες ατμόσφαιρες για 3 και 8 ημέρες και με παραμονή 4 ημερών σε θερμοκρασία 10 °C, μετά από αποθήκευση 3 ημερών.

	Αρχικά (M.O + T.A)	3 ημέρες (M.O + T.A)	8 ημέρες (M.O + T.A)	3+4 ημέρες (M.O + T.A)
Αέρας	43,26±4,59 (a)	46,24±3,4a (a)	42,66±5,48a (a)	45,14±5,49a (a)
Αέρας - Όζον	43,26±4,59 (a)	42,9±3,29abc (a)	40±3,83ab (b)	40,18±2,74b (b)
5%O₂-10%CO₂	43,26±4,59 (a)	44,92±5,32ab (a)	41,22±3,17ab (a)	45,34±5,02a (a)
5%O₂-20%CO₂	43,26±4,59 (ab)	40,27±6,12c (bc)	37,98±5,23b (c)	45,09±4,09a (a)
21%O₂-20%CO₂	43,26±4,59 (a)	42,29±5,47bc (a)	41,43±4,98ab (a)	44,35±4,76a (a)

* Τιμές της ίδιας στήλης που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας p=0,05.

** Τιμές της ίδιας γραμμής που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα μέσα σε παρένθεση δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

Από τον πίνακα 3.2.4.3 παρατηρείται μείωση (σημαντική μεν αλλά όχι πρακτικά ιδιαίτερη) ή και διατήρηση των τιμών της απόχρωσης του εσωτερικού των καρπών μετά από αποθήκευση, αλλά όχι ιδιαίτερες μεταβολές με την πρόοδο της αποθήκευσης. Αν και δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων των ελεγχόμενων ατμοσφαιρών, φαίνεται ότι ατμόσφαιρες υψηλού CO₂ διατηρούν τη τιμή του Hue στο εσωτερικό των καρπών, ιδιαίτερα μετά από 8 ημέρες σε 5% O₂-20% CO₂.

Ως προς την ένταση του χρώματος στο εσωτερικό των καρπών (πίνακας 3.2.4.4) παρατηρείται ότι αν και κατά τις 3 πρώτες ημέρες της αποθήκευσης δεν εμφανίζεται κάποια έντονη μεταβολή, εκτός από τη σημαντική μείωση στην επέμβαση 5%O₂-20%CO₂, μετά 8 ημέρες αποθήκευσης παρατηρείται μείωση (αν και όχι πάντα στατιστικά σημαντική), ιδιαίτερα στην επέμβαση με όζον και με χαμηλό O₂ και υψηλό CO₂ (5%O₂-20%CO₂). Αντίθετα, με παραμονή των καρπών για 4 ημέρες στους 10 °C η ένταση του χρώματος επανέρχεται στις προ-αποθήκευσης τιμές, εκτός από την παραμονή σε χαμηλά επίπεδα στην επέμβαση με όζον.

3.2.5 Ολικά διαλυτά στερεά συστατικά

Στον πίνακα 3.2.5 παρουσιάζεται η περιεκτικότητα σε ολικά διαλυτά στερεά (°Brix) των καρπών φράουλας πριν (μάρτυρες) και μετά την αποθήκευσή τους στους 2 °C, για 3 και 8 ημέρες με εν συνεχεία παραμονή των καρπών της πρώτης περιόδου αποθήκευσης για 4 επιπλέον ημέρες στους 10 °C.

Πίνακας 3.2.5. Περιεκτικότητα σε ολικά διαλυτά στερεά (°Brix) των καρπών πριν και μετά την αποθήκευσή τους στους 2 °C σε ελεγχόμενες ατμόσφαιρες για 3 και 8 ημέρες και με παραμονή 4 ημερών σε θερμοκρασία 10 °C, μετά από αποθήκευση 3 ημερών.

	Αρχικά (M.O + T.A)	3 ημέρες (M.O + T.A)	8 ημέρες (M.O + T.A)	3+4 ημέρες (M.O + T.A)
Αέρας	8,22±0,94 (a)	7,98±0,64a (a)	8,1±0,82a (a)	8,88±0,88a (a)
Αέρας - Όζον	8,22±0,94 (a)	7,62±0,99a (a)	8,08±0,23a (a)	8,26±0,6ab (a)
5%O₂-10%CO₂	8,22±0,94 (a)	7,47±0,32a (ab)	8,04±0,58a (ab)	7,36±0,52c (b)
5%O₂-20%CO₂	8,22±0,94 (a)	7,72±0,43a (ab)	7,1±0,14b (b)	7,88±0,66bc (ab)
21%O₂-20%CO₂	8,22±0,94 (a)	7,52±0,38a (a)	7,43±0,4b (a)	7,8±0,5bc (a)

* Τιμές της ίδιας στήλης που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

** Τιμές της ίδιας γραμμής που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα μέσα σε παρένθεση δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

Σε σχέση με τους καρπούς πριν την αποθήκευση, από τον πίνακα 3.2.5 παρατηρείται μια μη σημαντική τάση μείωσης των διαλυτών στερεών συστατικών μετά από 3 ημέρες αποθήκευσης και μια πάλι μη σημαντική ανοδική τάση μετά από 8 ημέρες αποθήκευσης, αν και στις επεμβάσεις υψηλού CO₂ τα ολικά διαλυτά στερεά μειώθηκαν περαιτέρω, σημαντικά όμως μόνο στην επέμβαση 5%O₂-20%CO₂. Κατά τη παραμονή των καρπών στους 10 °C παρουσιάστηκε μια μη σημαντική τάση αύξησης σε σχέση με τις 3 ημέρες αποθήκευσης. Και στις 3+4 και στις 8 ημέρες αποθήκευσης οι καρποί που αποθηκεύτηκαν στον αέρα (χωρίς ή με παραμονή σε όζον για 24 ώρες πριν την αποθήκευση) είχαν σημαντικά υψηλότερο περιεχόμενο σε διαλυτά στερεά σε σχέση με αυτούς που αποθηκεύτηκαν σε ελεγχόμενες ατμόσφαιρες.

3.2.6 Τιτλοδοτούμενη οξύτητα

Στον πίνακα 3.2.6 παρουσιάζεται η τιτλοδοτούμενη οξύτητα (%: g κιτρικού οξέως / 100 g καρπού) του χυμού των καρπών φράουλας πριν (μάρτυρες) και μετά τη συντήρησή τους στους 2 °C, για 3 και 8 ημέρες με εν συνεχεία παραμονή των καρπών της πρώτης περιόδου αποθήκευσης για 4 επιπλέον ημέρες στους 10 °C.

Πίνακας 3.2.6. Τιτλοδοτούμενη οξύτητα (%: g κιτρικού οξέως / 100 g καρπού) του χυμού των καρπών πριν και μετά την αποθήκευσή τους στους 2 °C σε ελεγχόμενες ατμόσφαιρες για 3 και 8 ημέρες και με παραμονή 4 ημερών σε θερμοκρασία 10 °C, μετά από αποθήκευση 3 ημερών.

	Αρχικά (M.O + T.A)	3 ημέρες (M.O + T.A)	8 ημέρες (M.O + T.A)	3+4 ημέρες (M.O + T.A)
Αέρας	0,57±0,03 (a)	0,62±0,05a (a)	0,46±0,04b (b)	0,59±0,06a (a)
Αέρας - Όζον	0,57±0,03 (a)	0,56±0,03ab (a)	0,49±0,05b (b)	0,54±0,05a (a)
5%O₂-10%CO₂	0,57±0,03 (ab)	0,62±0,02a (a)	0,53±0,08ab (b)	0,56±0,02a (b)
5%O₂-20%CO₂	0,57±0,03 (a)	0,52±0,08b (a)	0,52±0,06ab (a)	0,57±0,13a (a)
21%O₂-20%CO₂	0,57±0,03 (a)	0,57±0,04ab (a)	0,59±0,08a (a)	0,61±0,07a (a)

* Τιμές της ίδιας στήλης που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

** Τιμές της ίδιας γραμμής που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα μέσα σε παρένθεση δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

Η τιτλοδοτούμενη οξύτητα του χυμού των καρπών (πίνακας 3.2.6) δεν φαίνεται να επηρεάστηκε σημαντικά στις επεμβάσεις υψηλού CO_2 ($5\%O_2-20\%CO_2$ και $21\%O_2-20\%CO_2$), ανεξάρτητα από τη διάρκεια της συντήρησης, ενώ όταν οι καρποί παρέμειναν στον αέρα μειώθηκε σημαντικά μετά 8 ημέρες αποθήκευσης. Οι διαφορές αυτές εξαφανίστηκαν όταν οι καρποί παρέμειναν σε shelf life για 4 ημέρες στους $10\ ^\circ C$.

3.2.7 pH

Στον πίνακα 3.2.7 παρουσιάζεται το pH του χυμού των καρπών φράουλας πριν (μάρτυρες) και μετά τη συντήρησή τους στους $2\ ^\circ C$ και σε διαφορετικές ελεγχόμενες ατμόσφαιρες, για 3 και 8 ημέρες με εν συνεχεία παραμονή των καρπών, που αποθηκεύτηκαν για 10 ημέρες, στους $10\ ^\circ C$ για επιπλέον 4 ημέρες.

Πίνακας 3.2.7. Το pH του χυμού των καρπών πριν και μετά την αποθήκευσή τους στους $2\ ^\circ C$ σε ελεγχόμενες ατμόσφαιρες για 3 και 8 ημέρες και με παραμονή 4 ημερών σε θερμοκρασία $10\ ^\circ C$, μετά από αποθήκευση 3 ημερών.

	Αρχικά (M.O + T.A)	3 ημέρες (M.O + T.A)	8 ημέρες (M.O + T.A)	3+4 ημέρες (M.O + T.A)
Αέρας	3,58±0,06 (b)	3,59±0,07ab (b)	3,68±0,05ab (a)	3,7±0,08ab (a)
Αέρας - Όζον	3,58±0,06 (a)	3,66±0,05a (a)	3,64±0,07ab (a)	3,58±0,07b (a)
5%O₂-10%CO₂	3,58±0,06 (bc)	3,51±0,05bc (c)	3,74±0,1a (a)	3,61±0,04b (b)
5%O₂-20%CO₂	3,58±0,06 (b)	3,53±0,11bc (b)	3,76±0,07a (a)	3,63±0,08b (ab)
21%O₂-20%CO₂	3,58±0,06 (bc)	3,48±0,02c (c)	3,63±0,09b (b)	3,81±0,16a (a)

* Τιμές της ίδιας στήλης που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

** Τιμές της ίδιας γραμμής που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα μέσα σε παρένθεση δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

Από τον πίνακα 3.2.7 παρατηρείται ότι το pH διατηρείται στα προ-αποθήκευσης επίπεδα μετά από 3 ημέρες αποθήκευσης, ενώ μετά από 8 ημέρες η τιμή του αυξάνεται και στον αέρα και στις ελεγχόμενες ατμόσφαιρες, όχι όμως στους καρπούς που παρέμειναν σε όζον πριν την αποθήκευσή τους σε αέρα. Κατά το shelf life στους $10\ ^\circ C$ το pH αυξήθηκε

στους καρπούς που αποθηκεύτηκαν σε υψηλό O₂ (αέρας ή 21% O₂-20% CO₂), αλλά όχι στο όζον, ενώ δεν μεταβλήθηκε στο χαμηλό O₂ και υψηλό CO₂ σε σχέση με πριν την αποθήκευση.

3.2.8 Περιεχόμενο σε ανθοκυανίνες

Στον πίνακα 3.2.8 παρουσιάζεται η συγκέντρωση των ανθοκυανινών των καρπών φράουλας (mg / 100 g) πριν (μάρτυρες) και μετά τη συντήρησή τους στους 2 °C και σε διαφορετικές ελεγχόμενες ατμόσφαιρες, για 3 και 8 ημέρες με εν συνεχεία παραμονή των καρπών, που αποθηκεύτηκαν για 10 ημέρες, στους 10 °C για επιπλέον 4 ημέρες.

Πίνακας 3.2.8. Συγκέντρωση ανθοκυανινών των καρπών (mg / 100 g) πριν και μετά την αποθήκευσή τους στους 2 °C σε ελεγχόμενες ατμόσφαιρες για 3 και 8 ημέρες και με παραμονή 4 ημερών σε θερμοκρασία 10 °C, μετά από αποθήκευση 3 ημερών.

	Αρχικά (M.O + T.A)	3 ημέρες (M.O + T.A)	8 ημέρες (M.O + T.A)	3+4 ημέρες (M.O + T.A)
Αέρας	31,32±5,49 (a)	39,78±9,06a (a)	34,41±4,9ab (a)	38,71±8,34a (a)
Αέρας - Όζον	31,32±5,49 (b)	40,14±5,56a (a)	31,84±5,86ab (a)	36,16±6,16a (a)
5%O₂-10%CO₂	31,32±5,49 (ab)	29,95±2,88b (ab)	28,7±3,07b (b)	35,75±4,36a (a)
5%O₂-20%CO₂	31,32±5,49 (b)	36,33±4,13ab (ab)	36,01±3,25a (ab)	40,33±7,71a (a)
21%O₂-20%CO₂	31,32±5,49 (ab)	35,89±5,99ab (ab)	29,71±4,45b (b)	38,81±8,39a (a)

* Τιμές της ίδιας στήλης που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας p=0,05.

** Τιμές της ίδιας γραμμής που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα μέσα σε παρένθεση δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας p=0,05.

Η συγκέντρωση των ανθοκυανινών (πίνακας 3.2.8) μετά από 3 ημέρες αποθήκευσης των καρπών αυξήθηκε στον αέρα (με ή χωρίς την εφαρμογή όζοντος), αλλά όχι στις επεμβάσεις ελεγχόμενων ατμοσφαιρών. Αντίθετα, μετά 8 ημέρες αποθήκευσης και στον αέρα μειώθηκαν στα προ-αποθήκευσης επίπεδα. Η παραμονή των καρπών σε shelf life διατήρησε στα επίπεδα της αποθήκευσης για 3 ημέρες τα επίπεδα των ανθοκυανινών των καρπών που αποθηκεύτηκαν σε αέρα, ενώ παρατηρήθηκε τάση αύξησης (όχι στατιστικά σημαντική) στους καρπούς που είχαν αποθηκευτεί σε ελεγχόμενες ατμόσφαιρες.

3.2.9 Περιεχόμενο σε φαινολικά

Στον πίνακα 3.2.9 παρουσιάζεται η συγκέντρωση των φαινολικών ουσιών των καρπών φράουλας (mg GAE / 100 g νωπού βάρους) πριν (μάρτυρες) και μετά τη συντήρησή τους στους 2 °C και σε διαφορετικές ελεγχόμενες ατμόσφαιρες, για 3 και 8 ημέρες με εν συνεχεία παραμονή των καρπών, που αποθηκεύτηκαν για 10 ημέρες, στους 10 °C για επιπλέον 4 ημέρες.

Πίνακας 3.2.9. Συγκέντρωση φαινολικών των καρπών (mg GAE / 100 g νωπού βάρους) πριν και μετά την αποθήκευσή τους στους 2 °C σε ελεγχόμενες ατμόσφαιρες για 3 και 8 ημέρες και με παραμονή 4 ημερών σε θερμοκρασία 10 °C, μετά από αποθήκευση 3 ημερών.

	Αρχικά (M.O + T.A)	3 ημέρες (M.O + T.A)	8 ημέρες (M.O + T.A)	3+4 ημέρες (M.O + T.A)
Αέρας	158,6±13,8 (c)	178,4±13,8a (c)	227,9±25,6a (b)	276,0±32,8a (a)
Αέρας - Όζον	158,6±13,8 (b)	162,6±12,4a (b)	200,9±16,8bc (a)	189,3±22,1c (a)
5%O₂-10%CO₂	158,6±13,8 (c)	182,6±26,2a (b)	188,0±10,3c (b)	225,9±30,8bc (a)
5%O₂-20%CO₂	158,6±13,8 (b)	174,3±18,3a (b)	216,7±15,6ab (a)	230,5±31,1b (a)
21%O₂-20%CO₂	158,6±13,8 (b)	178,3±10,5a (b)	235,3±20,8a (a)	225,7±31,9bc (a)

* Τιμές της ίδιας στήλης που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

** Τιμές της ίδιας γραμμής που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα μέσα σε παρένθεση δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

Από τον πίνακα 3.2.9 παρατηρείται ότι η συγκέντρωση των φαινολικών ουσιών αυξάνεται με την πρόοδο του χρόνου αποθήκευσης, σημαντικά όμως μόνο στις 8 ημέρες αποθήκευσης και ακόμα εντονότερα κατά τη παραμονή των καρπών για 4 ημέρες στους 10 °C. Συγκριτικά, κατά την αποθήκευση στους 2 °C η αύξηση των φαινολικών ήταν εντονότερη σε συνθήκες ατμοσφαιρικού O₂ (αέρας χωρίς όμως την εφαρμογή όζοντος και 21%O₂-20%CO₂), ενώ η επέμβαση με όζον κράτησε χαμηλά τα επίπεδα των φαινολικών, ιδιαίτερα κατά το shelf life.

3.2.10 Σήψεις καρπών

Στο πίνακα 3.2.10 παρουσιάζεται η % απώλεια των καρπών λόγω εμφάνισης σήψεων μετά από 8 ημέρες αποθήκευσης σε κάθε μεταχείριση σύστασης της ατμόσφαιρας αποθήκευσης.

Από τα δεδομένα του πίνακα 3.2.10 παρατηρείται ότι αν και σε όλες τις περιπτώσεις το ποσοστό των καρπών που παρουσίασαν μετασυλλεκτικές ασθένειες και σήψεις ήταν χαμηλό, στον αέρα παρουσιάζεται αυξημένο σε σχέση με τις υπόλοιπες επεμβάσεις. Αντίστοιχα, η επέμβαση με όζον για 24 ώρες πριν την αποθήκευση και η διατήρηση των καρπών σε ελεγχόμενες ατμόσφαιρες, ιδιαίτερα όταν εφαρμόστηκε 20% CO₂, περιόρισαν την εμφάνιση σήψεων σε σχέση με την αποθήκευση σε αέρα.

Πίνακας 3.2.10. Απώλεια καρπών (%) λόγω σήψεων μετά από 8 ημέρες αποθήκευσης σε ελεγχόμενες ατμόσφαιρες.

Μεταχείριση (CA)	% Απώλεια καρπών
Αέρας	7,8
Αέρας - Όζον	1,6
5% O₂-10% CO₂	3,1
5% O₂-20% CO₂	1,5
21% O₂-20% CO₂	1,6

3.3 Επίδραση των ελεγχόμενων ατμοσφαιρών στη μετασυλλεκτική συμπεριφορά καρπών φράουλας ποικιλίας "Sabrina 26/5/2014"

Στο πείραμα αυτό μελετήθηκε η επίδραση των ελεγχόμενων ατμοσφαιρών και της διάρκειας της αποθήκευσης στη μετασυλλεκτική συμπεριφορά και στη μεταβολή των ποιοτικών χαρακτηριστικών καρπών φράουλας ποικιλίας "Sabrina" που συγκομίστηκαν στις 26 Μαΐου του 2014.

3.3.1 Απώλεια βάρους

Στον πίνακα 3.3.1 παρουσιάζεται η απώλεια βάρους ως ποσοστό (%) του αρχικού βάρους ($[\{\text{αρχικό βάρους}-\text{τελικό βάρους}\}/\text{αρχικό βάρους}]\times 100$) των καρπών φράουλας κατά την αποθήκευσή τους στους 2 °C, για 3 και 7 ημέρες με εν συνεχεία παραμονή των καρπών της πρώτης περιόδου αποθήκευσης για 3 επιπλέον ημέρες στους 10 °C.

Πίνακας 3.3.1. Απώλεια βάρους καρπών (%) μετά την αποθήκευσή τους στους 2 °C σε τέσσερις μεταχειρίσεις ελεγχόμενων ατμοσφαιρών για 3 και 7 ημέρες και με παραμονή 3 ημερών σε θερμοκρασία 10 °C, μετά από αποθήκευση 3 ημερών.

	3 ημέρες (M.O + T.A)	7 ημέρες (M.O + T.A)	3+3 ημέρες (M.O + T.A)
Αέρας	0,43±0,23 a (c)	1,36±0,63 a (b)	6,89±1,44 b (a)
21%O₂-10%CO₂	0,55±0,37 a (c)	1,07±0,54 ab (b)	6,92±2,04 b (a)
21%O₂-20%CO₂	0,58±0,34 a (b)	0,92±0,4 b (b)	8,21±1,5 a (a)
8%O₂-0%CO₂	0,61±0,15 a (c)	1,13±0,61 ab (b)	5,51±1,26 c (a)

* Τιμές της ίδιας στήλης που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

** Τιμές της ίδιας γραμμής που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα μέσα σε παρένθεση δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

Από τον πίνακα 3.3.1 φαίνεται ότι η απώλεια βάρους κατά την αποθήκευση για 3 ή 7 ημέρες στους 2 °C είναι ελάχιστη και ουσιαστικά δεν επηρεάζεται από τις πειραματικές επεμβάσεις, ανεξάρτητα από την ύπαρξη στατιστικών διαφορών την 7^η ημέρα. Αντίθετα, με την παραμονή των καρπών στους 10 °C κατά το shelf life η απώλεια βάρους αυξήθηκε έντονα και παρουσιάστηκε αυξημένη στην επέμβαση 21%O₂-20%CO₂, και χαμηλή στην 8%O₂-0%CO₂.

3.3.2 Συνεκτικότητα

Στον πίνακα 3.3.2 παρουσιάζεται η συνεκτικότητα (kg) των καρπών φράουλας πριν και μετά την αποθήκευσή τους στους 2 °C, για 3 και 7 ημέρες με εν συνεχεία παραμονή των καρπών της πρώτης περιόδου αποθήκευσης για 3 επιπλέον ημέρες στους 10 °C.

Πίνακας 3.3.2. Συνεκτικότητα καρπών (kg) πριν και μετά την αποθήκευσή τους στους 2 °C σε ελεγχόμενες ατμόσφαιρες για 3 και 7 ημέρες και με παραμονή 3 ημερών σε θερμοκρασία 10 °C, μετά από αποθήκευση 3 ημερών.

	Αρχικά (M.O + T.A)	3 ημέρες (M.O + T.A)	7 ημέρες (M.O + T.A)	3+3 ημέρες (M.O + T.A)
Αέρας	1,71±0,43 (c)	1,82±0,53b (bc)	2,06±0,55ab (ab)	2,24±0,54b (a)
21%O₂-10%CO₂	1,71±0,43 (a)	2,08±0,41ab (a)	1,88±0,43b (a)	1,89±0,38c (a)
21%O₂-20%CO₂	1,71±0,43 (b)	2,32±0,49a (a)	2,38±0,48a (a)	2,59±0,35a (a)
8% O₂-0%CO₂	1,71±0,43 (a)	1,79±0,33b (a)	2,05±0,55ab (a)	1,8±0,48c (a)

* Τιμές της ίδιας στήλης που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

** Τιμές της ίδιας γραμμής που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα μέσα σε παρένθεση δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

Η συνεκτικότητα των καρπών (πίνακας 3.3.2) κατά την αποθήκευση στους 2 °C παρουσίασε αυξητική τάση κυρίως στην επέμβαση 21% O₂-20% CO₂ και δευτερευόντως στον αέρα, ενώ στις υπόλοιπες επεμβάσεις δεν παρατηρείται αύξηση. Με την παραμονή των καρπών κατά το shelf life στους 10 °C οι διαφορές αυτές αυξήθηκαν περαιτέρω. Κατά συνέπεια, μετά 3+3 όσο και μετά από 7 ημέρες αποθήκευσης, οι καρποί που αποθηκεύτηκαν σε αέρα ή 21% O₂-20% CO₂ παρουσίασαν σημαντικά υψηλότερη συνεκτικότητα, σε σχέση με αυτούς στις επεμβάσεις 21% O₂-10% CO₂ και 8% O₂-0% CO₂, των οποίων η συνεκτικότητα κυμαινόταν στα προ-αποθήκευσης επίπεδα.

3.3.3 Χρώμα εξωτερικής επιφάνειας καρπών (L*)

Στους πίνακες 3.3.3.1, 3.3.3.2, 3.3.3.3. και 3.3.3.4. παρουσιάζεται η φωτεινότητα (παράγοντας L* χρωματόμετρου), η ένταση του κόκκινου χρώματος (τιμή a* χρωματόμετρου), η απόχρωση (παράμετρος hue angle) και η ένταση του χρώματος (παράμετρος Chroma) αντίστοιχα, στην επιφάνεια των καρπών φράουλας πριν και μετά την αποθήκευσή τους στους 2 °C, για 3 και 7 ημέρες με εν συνεχεία παραμονή των καρπών της πρώτης περιόδου αποθήκευσης για 3 επιπλέον ημέρες στους 10 °C.

Πίνακας 3.3.3.1 Φωτεινότητα (τιμή L* χρωματόμετρου) της επιφάνειας των καρπών πριν και μετά την αποθήκευσή τους στους 2 °C σε ελεγχόμενες ατμόσφαιρες για 3 και 7 ημέρες και με παραμονή 3 ημερών σε θερμοκρασία 10 °C, μετά από αποθήκευση 3 ημερών.

	Αρχικά (M.O + T.A)	3 ημέρες (M.O + T.A)	7 ημέρες (M.O + T.A)	3+3 ημέρες (M.O + T.A)
Αέρας	39,41±2,08 (a)	38,02±1,8ab (b)	35,11±1,67a (c)	36,54±1,79a (c)
21%O₂-10%CO₂	39,44±2,56 (a)	39,31±2,6a (ab)	35,56±2,07a (c)	37,84±1,84a (b)
21%O₂-20%CO₂	38,93±2,45 (a)	36,5±2,32b (b)	36,09±2,14a (b)	37,5±1,84a (b)
8% O₂-0% CO₂	38,06±2,57 (a)	37,52±2,38b (a)	34,28±2,48a (b)	36,64±1,6a (a)

* Τιμές της ίδιας στήλης που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας p=0,05.

** Τιμές της ίδιας γραμμής που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα μέσα σε παρένθεση δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας p=0,05.

Από τον πίνακα 3.3.3.1 παρατηρείται ότι η φωτεινότητα των καρπών μειώνεται ελαφρά μετά από 3 ημέρες αποθήκευσης χωρίς πάντα σημαντικές διαφορές ενώ μετά από 7 ημέρες η μείωση είναι σημαντική τόσο σε σχέση με την αρχική, όσο και με την αποθήκευση των 3 ημερών. Η επέμβαση 21%O₂-20%CO₂ διατήρησε σε μεγαλύτερο βαθμό την αρχική φωτεινότητα των καρπών καθ' όλη τη διάρκεια της αποθήκευσης συγκριτικά με τις υπόλοιπες.

Πίνακας 3.3.3.2 Ένταση κόκκινου χρώματος (τιμή a* χρωματόμετρου) της επιφάνειας των καρπών πριν και μετά την αποθήκευσή τους στους 2 °C σε ελεγχόμενες ατμόσφαιρες για 3 και 7 ημέρες και με παραμονή 3 ημερών σε θερμοκρασία 10 °C, μετά από αποθήκευση 3 ημερών.

	Αρχικά (M.O + T.A)	3 ημέρες (M.O + T.A)	7 ημέρες (M.O + T.A)	3+3 ημέρες (M.O + T.A)
Αέρας	37,44±2,1 (a)	34,33±2,35bc (b)	35,24±2,64ab (b)	31,12±2,55a (c)
21%O₂-10%CO₂	38,08±2,34 (a)	37,12±2,59a (ab)	35,53±2,51ab (b)	32,41±2,79a (c)
21%O₂-20%CO₂	37,36±1,99 (a)	35,53±2,93ab (b)	36,72±2,49a (ab)	32,63±2,67a (c)
8%O₂-0%CO₂	37,8±1,89 (a)	33,44±2,63c (b)	34,07±2,47b (b)	32,47±2,69a (b)

* Τιμές της ίδιας στήλης που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας p=0,05.

** Τιμές της ίδιας γραμμής που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα μέσα σε παρένθεση δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας p=0,05.

Σε γενικές γραμμές (πίνακας 3.3.3.2) η ένταση του κόκκινου χρώματος στην επιφάνεια των καρπών μειώθηκε κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης, ιδιαίτερα μετά 7 ημέρες, ενώ έντονη μείωση παρατηρείται κατά τη παραμονή των καρπών στους 10 °C. Κατ' αντιστοιχία με τη φωτεινότητα, και η ένταση του κόκκινου χρώματος φαίνεται να διατηρήθηκε στα αρχικά επίπεδα με την εφαρμογή 21%O₂-20%CO₂, εκτός βέβαια από το shelf life όπου και σ' αυτή τη περίπτωση η μείωση του κόκκινου χρωματισμού ήταν έντονη.

Πίνακας 3.3.3.3. Απόχρωση (μοίρες - παράμετρος Hue angle) της επιφάνειας των καρπών πριν και μετά την αποθήκευσή τους στους 2 °C σε ελεγχόμενες ατμόσφαιρες για 3 και 7 ημέρες και με παραμονή 3 ημερών σε θερμοκρασία 10 °C, μετά από αποθήκευση 3 ημερών.

	Αρχικά (M.O + T.A)	3 ημέρες (M.O + T.A)	7 ημέρες (M.O + T.A)	3+3 ημέρες (M.O + T.A)
Αέρας	32,42±2,99a (a)	30,52±2,86b (b)	28,88±2,78a (b)	28,58±2,92a (b)
21%O₂-10%CO₂	32,89±2,87a (a)	33,80±3,28a (a)	30,27±2,58a (b)	29,92±2,07a (b)
21%O₂-20%CO₂	32,44±2,84a (a)	31,53±3,03ab (ab)	30,11±3,21a (b)	30,43±2,85a (b)
8%O₂-0%CO₂	31,64±3,08a (a)	30,64±3,89b (ab)	28,63±3,14a (b)	28,45±2,60a (b)

* Τιμές της ίδιας στήλης που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας p=0,05.

** Τιμές της ίδιας γραμμής που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα μέσα σε παρένθεση δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας p=0,05.

Πίνακας 3.3.3.4. Ένταση χρώματος (παράμετρος Chroma) της επιφάνειας των καρπών πριν και μετά την αποθήκευσή τους στους 2 °C σε ελεγχόμενες ατμόσφαιρες για 3 και 7 ημέρες και με παραμονή 3 ημερών σε θερμοκρασία 10 °C, μετά από αποθήκευση 3 ημερών.

	Αρχικά (M.O + T.A)	3 ημέρες (M.O + T.A)	7 ημέρες (M.O + T.A)	3+3 ημέρες (M.O + T.A)
Αέρας	44,85±2,68 (a)	40,29±3,02b (b)	40,05±3,34ab (b)	36,61±3,72a (c)
21%O₂-10%CO₂	45,87±3,24 (a)	45,32±3,62a (a)	41,22±3,37a (b)	37,85±3,75a (c)
21%O₂-20%CO₂	44,67±2,67 (a)	43,33±3,42a (ab)	42,29±4,07a (b)	37,67±3,32a (c)
8%O₂-0%CO₂	44,70±2,64 (a)	39,61±3,61b (b)	38,29±3,60b (b)	37,64±3,32a (b)

* Τιμές της ίδιας στήλης που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας p=0,05.

** Τιμές της ίδιας γραμμής που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα μέσα σε παρένθεση δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

Από τον πίνακα 3.3.3.3 παρατηρείται ότι ο παράγοντας Hue angle που προσδιορίζει την απόχρωση της επιφάνειας των καρπών, μειώνεται ελαφρά κατά τις 3 ημέρες αποθήκευσης ενώ στη συνέχεια μειώνεται σημαντικά όπως και κατά τη παραμονή των καρπών στους 10 °C, δίνοντας ένα πιο βαθύ-κόκκινο χρώμα στους καρπούς. Αν και δεν παρατηρούνται μεγάλες διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων, φαίνεται ότι, όπως στην περίπτωση της φωτεινότητας και της έντασης του κόκκινου χρωματισμού, η επέμβαση 21%O₂-20%CO₂ περιόρισε σε κάποιο βαθμό τη μείωση της απόχρωσης που παρατηρείται στις άλλες επεμβάσεις.

Αντίστοιχα, ως προς την ένταση του χρώματος (παράγοντας Chroma - πίνακας 3.3.3.4), παρατηρείται γενικά μείωση κατά την αποθήκευση στους 2 °C, ιδιαίτερα στον αέρα και στο 8%O₂-0%CO₂. Περαιτέρω μείωση παρατηρείται κατά το shelf life, χωρίς όμως να υπάρχουν πια διαφοροποιήσεις μεταξύ των επεμβάσεων σύστασης ατμόσφαιρας. Πάλι, στην επέμβαση 21%O₂-20%CO₂ εμφανίστηκε περιορισμός στο ρυθμό μείωσης της έντασης του χρώματος, όμως μόνο κατά την αποθήκευση στους 2 °C και όχι κατά το shelf life.

3.3.4 Χρώμα στο εσωτερικό των καρπών

Στους πίνακες 3.3.4.1, 3.3.4.2, 3.3.4.3. και 3.3.4.4. παρουσιάζεται η φωτεινότητα (παράγοντας L* χρωματόμετρου), η ένταση του κόκκινου χρώματος (τιμή a* χρωματόμετρου), η απόχρωση (παράμετρος hue angle) και η ένταση του χρώματος (παράμετρος Chroma) αντίστοιχα, στο εσωτερικό των καρπών φράουλας πριν και μετά την αποθήκευσή τους στους 2 °C, για 3 και 8 ημέρες με εν συνεχεία παραμονή των καρπών της πρώτης περιόδου αποθήκευσης για 4 επιπλέον ημέρες στους 10 °C.

Από τον πίνακα 3.3.4.1 παρατηρείται ότι η φωτεινότητα στο εσωτερικό των καρπών αυξάνεται σημαντικά κατά την αποθήκευση σε σχέση με τα προ-αποθήκευσης επίπεδα, ενώ κατά τη παραμονή τους στους 10 °C επανέρχεται στα αρχικά επίπεδα. Σημαντικές διαφορές φαίνονται να υπάρχουν και μεταξύ των επεμβάσεων μόνο όμως μετά 3 ημέρες αποθήκευσης, με τις ατμόσφαιρες υψηλού CO₂ να αυξάνουν τη φωτεινότητα του εσωτερικού ιστού, ενώ μετά 3+3 και 7 ημέρες αποθήκευσης οι διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων έχουν εξομαλυνθεί.

Πίνακας 3.3.4.1. Φωτεινότητα (τιμή L* χρωματόμετρου) του εσωτερικού των καρπών πριν και μετά την αποθήκευσή τους στους 2 °C σε ελεγχόμενες ατμόσφαιρες για 3 και 7 ημέρες και με παραμονή 3 ημερών σε θερμοκρασία 10 °C, μετά από αποθήκευση 3 ημερών.

	Αρχικά (M.O + T.A)	3 ημέρες (M.O + T.A)	7 ημέρες (M.O + T.A)	3+3 ημέρες (M.O + T.A)
Αέρας	49,15±3,12 (b)	52,49±3,57ab (a)	52,54±3,19a (a)	51,78±2,75a (a)
21%O₂-10%CO₂	49,15±3,12 (b)	54,45±4,51a (a)	53,02±3,28a (a)	49,59±3,02a (b)
21%O₂-20%CO₂	49,15±3,12 (b)	54,53±3,76a (a)	53,36±2,40a (a)	49,56±4,06a (b)
8%O₂-0%CO₂	49,15±3,12 (b)	51,03±2,25b (ab)	52,28±2,71a (a)	49,87±2,66a (b)

* Τιμές της ίδιας στήλης που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας p=0,05.

** Τιμές της ίδιας γραμμής που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα μέσα σε παρένθεση δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας p=0,05.

Πίνακας 3.3.4.2 Ένταση κόκκινου χρώματος (τιμή a* χρωματόμετρου) του εσωτερικού των καρπών πριν και μετά την αποθήκευσή τους στους 2 °C σε ελεγχόμενες ατμόσφαιρες για 3 και 7 ημέρες και με παραμονή 3 ημερών σε θερμοκρασία 10 °C, μετά από αποθήκευση 3 ημερών.

	Αρχικά (M.O + T.A)	3 ημέρες (M.O + T.A)	7 ημέρες (M.O + T.A)	3+3 ημέρες (M.O + T.A)
Αέρας	24,56±4,88 (a)	25,97±4,77ab (a)	24,78±3,42b (a)	27,36±3,10a (a)
21%O₂-10%CO₂	24,56±4,88 (ab)	22,01±6,06c (b)	23,99±3,76b (ab)	25,93±3,82a (a)
21%O₂-20%CO₂	24,56±4,88 (a)	22,85±4,55bc (a)	22,99±3,17b (a)	24,43±3,74a (a)
8%O₂-0%CO₂	24,56±4,88 (b)	27,25±4,34a (ab)	28,96±3,13a (a)	26,38±3,01a (ab)

* Τιμές της ίδιας στήλης που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας p=0,05.

** Τιμές της ίδιας γραμμής που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα μέσα σε παρένθεση δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας p=0,05.

Η ένταση του κόκκινου χρώματος του εσωτερικού των καρπών (πίνακας 3.3.4.2) παρουσίασε μεταβολές κατά την αποθήκευση στους 2 °C κυρίως στην επέμβαση χαμηλού O₂ (8%O₂-0%CO₂), ενώ η παρουσία ατμοσφαιρικού O₂ ανεξάρτητα της συγκέντρωσης του CO₂ δεν την επηρέασε σημαντικά, αν και στις επεμβάσεις 21%O₂-10%CO₂ και 21%O₂-20%CO₂ παρατηρήθηκε μια όχι πάντα σημαντική τάση μείωσης. Κατά την παραμονή των καρπών στους 10 °C οι διαφορές εξομαλύνθηκαν.

Πίνακας 3.3.4.3. Απόχρωση (μοίρες - παράμετρος Hue angle) του εσωτερικού των καρπών πριν και μετά την αποθήκευσή τους στους 2 °C σε ελεγχόμενες ατμόσφαιρες για 3 και 8 ημέρες και με παραμονή 4 ημερών σε θερμοκρασία 10 °C, μετά από αποθήκευση 3 ημερών.

	Αρχικά (M.O + T.A)	3 ημέρες (M.O + T.A)	7 ημέρες (M.O + T.A)	3+3 ημέρες (M.O + T.A)
Αέρας	45,91±2,84 (a)	46,49±2,45bc (a)	46,20±1,06a (a)	45,66±2,30a (a)
21%O₂-10%CO₂	45,91±2,84 (b)	48,91±3,07a (a)	46,48±2,79a (b)	45,64±2,34a (b)
21%O₂-20%CO₂	45,91±2,84 (b)	47,96±2,94ab (a)	46,63±2,61a (ab)	44,88±2,81a (b)
8%O₂-0%CO₂	45,91±2,84 (a)	45,04±2,68c (a)	45,51±2,19a (a)	45,18±1,64a (a)

* Τιμές της ίδιας στήλης που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

** Τιμές της ίδιας γραμμής που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα μέσα σε παρένθεση δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

Η απόχρωση του εσωτερικού των καρπών (πίνακας 3.3.4.3), μετά από μία πρόσκαιρη αύξηση στις 3 ημέρες αποθήκευσης σε ατμόσφαιρες με 21%O₂-10%CO₂ και 21%O₂-20%CO₂, διατηρήθηκε στα προ-αποθήκευσης επίπεδα μετά 3+3 και 7 ημέρες αποθήκευσης, χωρίς ιδιαίτερες διαφοροποιήσεις μεταξύ των επεμβάσεων σύστασης ατμόσφαιρας.

Πίνακας 3.3.4.4. Ένταση χρώματος (παράμετρος Chroma) του εσωτερικού των καρπών των καρπών πριν και μετά την αποθήκευσή τους στους 2 °C σε ελεγχόμενες ατμόσφαιρες για 3 και 8 ημέρες και με παραμονή 4 ημερών σε θερμοκρασία 10 °C, μετά από αποθήκευση 3 ημερών.

	Αρχικά (M.O + T.A)	3 ημέρες (M.O + T.A)	7 ημέρες (M.O + T.A)	3+3 ημέρες (M.O + T.A)
Αέρας	34,38±6,27 (b)	39,51±4,75a (a)	35,65±4,49b (b)	39,59±2,96a (a)
21%O₂-10%CO₂	34,38±6,27 (a)	29,08±7,33b (b)	35,23±4,56b (a)	37,41±4,62a (a)
21%O₂-20%CO₂	34,38±6,27 (a)	33,05±4,68b (a)	33,34±4,64b (a)	36,69±4,71a (a)
8%O₂-0%CO₂	34,38±6,27 (b)	38,55±5,44a (a)	41,28±3,49a (a)	38,02±4,13a (a)

* Τιμές της ίδιας στήλης που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

** Τιμές της ίδιας γραμμής που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα μέσα σε παρένθεση δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

Ως προς την ένταση του χρώματος του εσωτερικού των καρπών (πίνακας 3.3.4.4) σε γενικές γραμμές δεν παρουσιάζεται σημαντική μεταβολή κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης. Επίσης, η σύσταση της ατμόσφαιρας δεν παρουσιάζει ξεκάθαρη επίδραση στη μεταβολή της έντασης του χρώματος κατά την αποθήκευση των καρπών και μάλλον είναι μη σημαντική στις περισσότερες περιπτώσεις.

3.3.5 Ολικά διαλυτά στερεά συστατικά

Στον πίνακα 3.3.5 παρουσιάζεται η περιεκτικότητα σε ολικά διαλυτά στερεά (⁰Brix) των καρπών φράουλας πριν (μάρτυρες) και μετά την αποθήκευσή τους στους 2 ⁰C, για 3 και 7 ημέρες με εν συνεχεία παραμονή των καρπών της πρώτης περιόδου αποθήκευσης για 3 επιπλέον ημέρες στους 10 ⁰C.

Πίνακας 3.3.5. Περιεκτικότητα σε ολικά διαλυτά στερεά (⁰Brix) των καρπών πριν και μετά τη συντήρησή τους σε τρεις περιόδους αποθήκευσης και σε διαφορετικές ελεγχόμενες ατμόσφαιρες.

	Αρχικά (M.O + T.A)	3 ημέρες (M.O + T.A)	7 ημέρες (M.O + T.A)	3+3 ημέρες (M.O + T.A)
Αέρας	9,15±0,25 (a)	7,68±0,37b (c)	8,16±0,64ab (bc)	8,44±0,38a (b)
21%O₂-10%CO₂	9,15±0,25 (a)	8,32±0,39b (a)	8,78±0,40a (a)	9,20±0,83a (a)
21%O₂-20%CO₂	9,15±0,25 (a)	8,26±0,63b (bc)	7,75±0,66b (c)	8,86±0,68a (ab)
8%O₂-0%CO₂	9,15±0,25 (a)	9,26±0,84a (a)	9,03±0,83a (a)	8,92±0,63a (a)

* Τιμές της ίδιας στήλης που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας p=0,05.

** Τιμές της ίδιας γραμμής που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα μέσα σε παρένθεση δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας p=0,05.

Από τον πίνακα 3.3.5 παρατηρείται ότι τα διαλυτά στερεά συστατικά μειώθηκαν μετά από 3 ημέρες αποθήκευσης των καρπών στον αέρα και σε ατμόσφαιρα με 21% O₂-20% CO₂ ενώ μετά από 7 ημέρες αποθήκευσης διατηρήθηκαν στα επίπεδα των 3 ημερών. Επομένως, μετά 3 ημέρες αποθήκευσης τα διαλυτά στερεά είχαν μέγιστη τιμή σε ατμόσφαιρα με 8% O₂-0% CO₂, ενώ μετά 7 ημέρες αποθήκευσης τη χαμηλότερη τιμή παρουσίασαν οι καρποί που αποθηκεύτηκαν σε 21%O₂-20%CO₂. Κατά τη παραμονή των καρπών στους 10 ⁰C τα διαλυτά στερεά κυμάνθηκαν στα προ-αποθήκευσης επίπεδα χωρίς σημαντικές διαφορές μεταξύ των πειραματικών επεμβάσεων.

3.3.6 Τιτλοδοτούμενη οξύτητα

Στον πίνακα 3.3.6 παρουσιάζεται η τιτλοδοτούμενη οξύτητα (%: g κιτρικού οξέως / 100 g καρπού) του χυμού των καρπών φράουλας πριν (μάρτυρες) και μετά τη συντήρησή τους στους 2 °C, για 3 και 7 ημέρες με εν συνεχεία παραμονή των καρπών της πρώτης περιόδου αποθήκευσης για 3 επιπλέον ημέρες στους 10 °C.

Πίνακας 3.3.6. Τιτλοδοτούμενη οξύτητα (%: g κιτρικού οξέως / 100 g καρπού) του χυμού των καρπών πριν και μετά τη συντήρησή τους σε τρεις περιόδους αποθήκευσης και σε διαφορετικές ελεγχόμενες ατμόσφαιρες.

	Αρχικά (M.O + T.A)	3 ημέρες (M.O + T.A)	7 ημέρες (M.O + T.A)	3+3 ημέρες (M.O + T.A)
Αέρας	0,72±0,07 (a)	0,65±0,07b (ab)	0,62±0,04a (b)	0,72±0,05a (a)
21%O₂-10%CO₂	0,72±0,07 (a)	0,73±0,05a (a)	0,58±0,03a (b)	0,70±0,06a (a)
21%O₂-20%CO₂	0,72±0,07 (a)	0,67±0,03ab (ab)	0,63±0,06a (b)	0,68±0,03ab (ab)
8%O₂-0%CO₂	0,72±0,07 (a)	0,64±0,04b (ab)	0,66±0,08a (ab)	0,60±0,08b (b)

* Τιμές της ίδιας στήλης που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

** Τιμές της ίδιας γραμμής που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα μέσα σε παρένθεση δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

Η τιτλοδοτούμενη οξύτητα (πίνακας 3.3.6) παρατηρείται ότι διατηρήθηκε στα προ-αποθήκευσης επίπεδα μετά από 3 ημέρες αποθήκευσης, ενώ μετά 7 ημέρες μειώθηκε σημαντικά. Με την παραμονή των καρπών στους 10 °C παρατηρείται μια τάση ανόδου στα προ-αποθήκευσης επίπεδα, όχι όμως στην επέμβαση χαμηλού O₂.

3.3.7 pH

Στον πίνακα 3.3.7 παρουσιάζεται το pH του χυμού των καρπών φράουλας πριν (μάρτυρες) και μετά τη συντήρησή τους στους 2 °C και σε διαφορετικές ελεγχόμενες ατμόσφαιρες, για 3 και 7 ημέρες με εν συνεχεία παραμονή των καρπών, που αποθηκεύτηκαν για 10 ημέρες, στους 10 °C για επιπλέον 3 ημέρες.

Από τον πίνακα 3.3.7 παρατηρείται μια τάση αύξησης του pH των καρπών με την πρόοδο της αποθήκευσης στους 2 °C ανεξάρτητα από τη σύσταση της ατμόσφαιρας αποθήκευσης, όταν η παραμονή κατά το shelf life στους 10 °C, δεν προκάλεσε περαιτέρω αύξηση του pH σε σχέση με την αποθήκευση για 3 ημέρες. Μεταξύ των μεταχειρίσεων

σύστασης ατμόσφαιρας δεν φαίνεται να υπάρχει συστηματική επίδραση στη μεταβολή του pH κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης.

Πίνακας 3.3.7. Το pH του χυμού των καρπών πριν και μετά τη συντήρησή τους σε τρεις περιόδους αποθήκευσης και σε διαφορετικές ελεγχόμενες ατμόσφαιρες.

	Αρχικά (M.O + T.A)	3 ημέρες (M.O + T.A)	7 ημέρες (M.O + T.A)	3+3 ημέρες (M.O + T.A)
Αέρας	3,20±0,06 (b)	3,33±0,05ab (a)	3,34±0,06b (a)	3,37±0,11a (a)
21%O₂-10%CO₂	3,20±0,06 (c)	3,37±0,07a (b)	3,47±0,07a (a)	3,37±0,09a (b)
21%O₂-20%CO₂	3,20±0,06 (c)	3,27±0,03b (bc)	3,42±0,12ab (a)	3,33±0,08a (ab)
8%O₂-0%CO₂	3,20±0,06 (b)	3,27±0,08b (ab)	3,32±0,04b (a)	3,29±0,04a (a)

* Τιμές της ίδιας στήλης που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

** Τιμές της ίδιας γραμμής που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα μέσα σε παρένθεση δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

3.3.8 Περιεχόμενο σε ανθοκυανίνες

Στον πίνακα 3.3.8 παρουσιάζεται η συγκέντρωση των ανθοκυανινών των καρπών φράουλας (mg / 100 g) πριν (μάρτυρες) και μετά τη συντήρησή τους στους 2 °C και σε διαφορετικές ελεγχόμενες ατμόσφαιρες, για 3 και 7 ημέρες με εν συνεχεία παραμονή των καρπών, που αποθηκεύτηκαν για 10 ημέρες, στους 10 °C για επιπλέον 3 ημέρες.

Πίνακας 3.3.8. Συγκέντρωση ανθοκυανινών των καρπών (mg / 100 g) πριν και μετά τη συντήρησή τους σε τρεις περιόδους αποθήκευσης και σε διαφορετικές ελεγχόμενες ατμόσφαιρες.

	Αρχικά (M.O + T.A)	3 ημέρες (M.O + T.A)	7 ημέρες (M.O + T.A)	3+3 ημέρες (M.O + T.A)
Αέρας	25,43±5,14 (b)	23,08±3,3ab (b)	22,57±3,7ab (b)	30,87±5,71a (a)
21%O₂-10%CO₂	25,43±5,14 (b)	20,85±4,58b (b)	21,17±4,76ab (b)	30,84±5,64a (a)
21%O₂-20%CO₂	25,43±5,14 (a)	23,73±3,15ab (a)	17,56±3,10b (b)	24,89±4,22a (a)
8%O₂-0%CO₂	25,43±5,14 (b)	27,33±1,11a (ab)	24,72±3,36a (b)	32,11±3,22a (a)

* Τιμές της ίδιας στήλης που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

** Τιμές της ίδιας γραμμής που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα μέσα σε παρένθεση δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

Από τον πίνακα 3.3.8 παρατηρείται ότι η συγκέντρωση των ανθοκυανινών εμφάνισε τάση μείωσης κατά την αποθήκευση στους 2 °C, αν και μόνο σε ατμόσφαιρα με 21%O₂-20%CO₂ η μείωση ήταν σημαντική μετά 7 ημέρες αποθήκευσης. Κατά την παραμονή των καρπών στους 10 °C παρατηρήθηκε αύξηση του επιπέδου των ανθοκυανινών στους καρπούς σε όλες τις περιπτώσεις εκτός από την ατμόσφαιρα με 21%O₂-20%CO₂.

3.3.9 Περιεχόμενο σε φαινολικά

Στον πίνακα 3.3.9 παρουσιάζεται η συγκέντρωση των φαινολικών ουσιών των καρπών φράουλας (mg GAE / 100 g νωπού βάρους) πριν (μάρτυρες) και μετά τη συντήρησή τους στους 2 °C και σε διαφορετικές ελεγχόμενες ατμόσφαιρες, για 3 και 7 ημέρες με εν συνεχεία παραμονή των καρπών, που αποθηκεύτηκαν για 10 ημέρες, στους 10 °C για επιπλέον 3 ημέρες.

Πίνακας 3.3.9. Συγκέντρωση φαινολικών των καρπών (mg GAE / 100 g νωπού βάρους) πριν και μετά τη συντήρησή τους σε τρεις περιόδους αποθήκευσης και σε διαφορετικές ελεγχόμενες ατμόσφαιρες.

	Αρχικά (M.O + T.A)	3 ημέρες (M.O + T.A)	7 ημέρες (M.O + T.A)	3+3 ημέρες (M.O + T.A)
Αέρας	168,5±21,2(c)	171,1±14, 5b (bc)	199,7±13,1a (ab)	212,5±25,3a (a)
21%O₂-10%CO₂	168,5±21,2(b)	169,8±16,0b (b)	175,1±13,6b (b)	220,0±24,2a (a)
21%O₂-20%CO₂	168,5±21,2(b)	198,2±16,3a (a)	207,8±12,2a (a)	211,2±25,3a (a)
8%O₂-0%CO₂	168,5±21,2(b)	194,7±10,2a (a)	191,0±19,8ab (a)	207,1±23,2a (a)

* Τιμές της ίδιας στήλης που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας p=0,05.

** Τιμές της ίδιας γραμμής που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα μέσα σε παρένθεση δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της Ε.Σ.Δ σε επίπεδο σημαντικότητας p=0,05.

Από τον πίνακα 3.3.9 παρατηρείται μια σταδιακή αύξηση της συγκέντρωσης των φαινολικών ουσιών κατά τη πρόοδο της αποθήκευσης, με εντονότερη αύξηση κατά τη παραμονή των καρπών στους 10 °C για 3 ημέρες. Κατά την αποθήκευση στους 2 °C στην ατμόσφαιρα με 21%O₂-10%CO₂ δεν παρατηρήθηκε αύξηση στο επίπεδο των φαινολικών, σε αντίθεση με τις υπόλοιπες επεμβάσεις σύστασης ατμόσφαιρας. Η διατήρηση των καρπών στους 10 °C κατά το shelf life εξομάλυνε τις διαφορές μεταξύ των πειραματικών επεμβάσεων.

3.3.10 Σήψεις καρπών

Στο πίνακα 3.3.10 παρουσιάζεται η % απώλεια των καρπών λόγω εμφάνισης σήψεων μετά από 7 ημέρες αποθήκευσης σε κάθε μεταχείριση ελεγχόμενων ατμοσφαιρών.

Πίνακας 3.3.10. Απώλεια καρπών (%) λόγω σήψεων μετά από 7 ημέρες αποθήκευσης σε ελεγχόμενες ατμόσφαιρες.

Μεταχείριση	% Απώλεια καρπών
Αέρας	3,1
21% O₂-10% CO₂	0,0
21% O₂-20% CO₂	0,0
8% O₂-0% CO₂	1,6

Σε όλες τις επεμβάσεις σύστασης ατμόσφαιρας παρατηρείται πολύ μικρό έως μηδενικό ποσοστό απώλειας καρπών λόγω σήψης. Σε συνθήκες υψηλού CO₂ παρατηρούνται μηδενικά ποσοστά απωλειών, αλλά και στον αέρα η αντίστοιχη τιμή είναι πολύ χαμηλή. Ως εκ τούτου, δεν υπάρχει ξεκάθαρη επίδραση της σύστασης της ατμόσφαιρας κατά την αποθήκευση στην εμφάνιση σήψεων στους καρπούς της φράουλας (cv. Sabrina) που συγκομίστηκαν κατά τα τέλη του Μαΐου από υπό κάλυψη καλλιέργεια.

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε με σκοπό την αξιολόγηση της αποδοτικότητας της εφαρμογής ελεγχόμενων ατμοσφαιρών (κυρίως υψηλού CO₂) κατά την αποθήκευση καρπών φράουλας δύο ποικιλιών (Camarosa και Sabrina), που παρήχθησαν σε τρεις διαφορετικές χρονικές περιόδους από εμπορικές καλλιέργειες στη χώρα μας. Οι καρποί αποθηκεύτηκαν σε κλειστές συσκευασίες σε θαλάμους στους 2 °C και σε διαφορετικές ελεγχόμενες ατμόσφαιρες από 3 έως 14 ημέρες, ενώ πραγματοποιήθηκε μελέτη των ποιοτικών χαρακτηριστικών τους πριν και μετά την αποθήκευσή τους καθώς και της μετασυλλεκτικής τους συμπεριφοράς στο "ράφι".

Στο παρόν πείραμα σημαντική απώλεια βάρους εμφανίστηκε στους καρπούς κατά την παραμονή τους για 3 έως 4 ημέρες στους 10 °C σε σχέση με αυτούς που αποθηκεύτηκαν στους 2 °C ανεξάρτητα από την ύπαρξη των ελεγχόμενων ατμοσφαιρών αφού δεν φαίνεται να επηρεάζεται από αυτές. Αντίστοιχα, κατά τον Kader (1986) οι ελεγχόμενες ατμόσφαιρες δεν επηρέασαν σημαντικά την απώλεια βάρους καρπών φράουλας, η οποία επηρεάστηκε περισσότερο από τον τρόπο της συσκευασίας κατά τη συντήρηση.

Η συνεκτικότητα των καρπών αντανακλά αλλαγές στη δομή των κυτταρικών τοιχωμάτων των ιστών τους, με τις διεργασίες αυτές να συνεχίζονται καθ' όλη τη διάρκεια της μετασυλλεκτικής ζωής των καρπών, οδηγώντας έτσι στο γηρασμό και την τελική αποδόμηση των ιστών. Όμως από τα αποτελέσματα του παρόντος πειράματος φαίνεται πως η συνεκτικότητα των καρπών ανεξάρτητα από τη σύσταση της ατμόσφαιρας αποθήκευσης δεν μεταβλήθηκε ιδιαίτερα σε σχέση με τα προ-αποθήκευσης επίπεδα, εκτός από την περίπτωση της "Camarosa" όπου κατά τις πρώτες 10 ημέρες της αποθήκευσης οι καρποί ήταν πιο συνεκτικοί και με αυτούς της "Sabrina2" όπου αυξήθηκε η συνεκτικότητα κατά την αποθήκευση σε αέρα και 21% O₂-20% CO₂. Τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας δεν συμφωνούν με τις παρατηρήσεις των Nunes et al. (1995) ότι καρποί φράουλας που αποθηκεύτηκαν σε ΕΑ στους 4 και 10 °C ήταν σαφώς πιο συνεκτικοί από αυτούς στον αέρα και των Smith and Skog (1992) ότι η αποθήκευση σε 15% CO₂ στους 0 °C οδήγησε σε απώλεια συνεκτικότητας σε σχέση με τα προ-αποθήκευσης επίπεδα. Θα πρέπει όμως να αναφερθεί ότι οι διαφορετικές ποικιλίες συμπεριφέρονται διαφορετικά στην επίδραση του υψηλού CO₂. Απ' την άλλη η σκλήρυνση της επιδερμίδας λόγω

απώλειας νερού μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση της συνεκτικότητας των καρπών όπως αναφέρεται και από τους Nunes et al. (1995), γεγονός που παρατηρήθηκε στο παρόν πείραμα κατά τη παραμονή των καρπών σε shelf life στους 10 °C για 3 έως 4 ημέρες.

Στο παρόν πείραμα οι καρποί και των δύο ποικιλιών που εξετάστηκαν παρουσίασαν σημαντική μείωση της φωτεινότητας κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους, η οποία δεν φαίνεται να εξαρτάται σημαντικά, στη πλειοψηφία των περιπτώσεων, από τις ελεγχόμενες ατμόσφαιρες. Ωστόσο στην ποικιλία Camarosa οι ελεγχόμενες ατμόσφαιρες επέδρασαν σε εντονότερη μείωση της φωτεινότητας σε σχέση με την αποθήκευση σε αέρα, ενώ στη "Sabrina2" η αποθήκευση των καρπών σε 21%O₂ - 20%CO₂ διατήρησε την προ-αποθήκευσης φωτεινότητα. Αντίστοιχα, με την πρόοδο της αποθήκευσης παρατηρήθηκε μείωση του κόκκινου χρωματισμού των καρπών, η οποία όμως ήταν λιγότερο έντονη με την παρουσία ατμοσφαιρικού O₂ κατά την αποθήκευση (π.χ. στον αέρα και δευτερευόντως στην επέμβαση 21%O₂ - 20%CO₂). Ο παράγοντας Chroma (ένταση του χρώματος) επηρεάστηκε από τις πειραματικές επεμβάσεις αποθήκευσης όμοια με την ένταση του κόκκινου χρώματος, παρουσιάζοντας μικρότερη μείωση με την πρόοδο της αποθήκευσης κατά τη συντήρηση των καρπών σε αέρα. Αντίθετα, οι Nunes et al. (1995) αναφέρουν ότι καρποί αποθηκευμένοι σε 5% O₂-15% CO₂ ή 10% O₂-20% CO₂ στους 4 °C ήταν πιο φωτεινοί, κόκκινοι (υψηλότερη τιμή a*) και με εντονότερο χρώμα (υψηλότερη τιμή Chroma) από αυτούς που αποθηκεύτηκαν στον αέρα. Η απόχρωση της επιφάνειας των καρπών αν και μειώνεται κατά την αποθήκευση (οδηγώντας σε σκουρότερο κόκκινο χρωματισμό των καρπών) δεν παρουσιάζει σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων καθώς δεν υπάρχει συστηματική επίδρασή τους στη μεταβολή της απόχρωσης παρά μόνο σε ελάχιστες περιπτώσεις, όπως στη "Sabrina2" όπου περιορίζεται η μείωση της απόχρωσης υπό την επίδραση 20% CO₂. Σύμφωνα με τους Holcroft and Kader (1999b) καρποί φράουλας που αποθηκεύτηκαν σε υψηλό CO₂ αύξησαν τη τιμή του παράγοντα Hue (απέκτησαν πιο ανοιχτό κόκκινο χρωματισμό) σε σχέση με τα προ-αποθήκευσης επίπεδα.

Σε σχέση με το εξωτερικό χρώμα των καρπών, ο εσωτερικός χρωματισμός της σάρκας των καρπών παρουσίασε υψηλότερη φωτεινότητα, λιγότερο έντονο κόκκινο χρώμα και αρκετά υψηλότερες τιμές απόχρωσης (πιο ανοιχτό κόκκινο χρώμα). Σε γενικές γραμμές, αν και κατά την αποθήκευση σε αέρα οι καρποί δεν παρουσίασαν έντονες μεταβολές του χρώματος στο εσωτερικό τους (φωτεινότητα, ένταση κόκκινου και συνολικού χρώματος, απόχρωση), οι καρποί που αποθηκεύτηκαν σε ατμόσφαιρες υψηλού CO₂ (κυρίως 20%) παρουσίασαν μείωση της φωτεινότητας, της έντασης του κόκκινου και

συνολικού χρωματισμού αλλά όχι σημαντικές μεταβολές στην απόχρωση των εσωτερικών ιστών, εμφανίζοντας επομένως τάση για «αποχρωματισμό» του εσωτερικού η οποία όμως δεν συνοδεύεται από αλλαγή της απόχρωσης. Σε αντίστοιχα πειράματα, οι Holcroft and Kader (1999) παρατήρησαν ότι το εσωτερικό των καρπών φράουλας εμφάνισε μειωμένη φωτεινότητα και απόχρωση, αλλά υψηλότερη ένταση χρώματος κατά την αποθήκευση σε αέρα σε σχέση με αποθήκευση σε 21% O₂-10% CO₂.

Η συγκέντρωση των ανθοκυανινών παρουσίαζε γενικά μια διακύμανση στις διάφορες μεταχειρίσεις των ελεγχόμενων ατμοσφαιρών με τη συγκέντρωση να αυξάνεται σημαντικά κατά τη παραμονή των καρπών στους 10 °C για 3 ή 4 ημέρες. Στην ποικιλία Sabrina και στις δύο συγκομιδές παρατηρήθηκε αρχική αύξηση κατά τις 3 πρώτες ημέρες της αποθήκευσης και μετέπειτα μείωση, εντονότερη όμως στους καρπούς που αποθηκεύτηκαν σε υψηλό CO₂ σε σχέση με τον αέρα. Και στις δύο ποικιλίες, υψηλότερη συγκέντρωση ανθοκυανινών μετά την αποθήκευση παρατηρήθηκε στους καρπούς που αποθηκεύτηκαν στον αέρα. Φαίνεται πως αυξημένα επίπεδα CO₂ επιδρούν αρνητικά στη σύνθεση των ανθοκυανινών η οποία πραγματοποιείται και κατά τη μετασυλλεκτική διατήρηση των καρπών της φράουλας, γεγονός που επιβεβαιώνεται και από τα αποτελέσματα των Gil et al. (1997) που βρήκαν μετά από 5 ημέρες αποθήκευσης υψηλότερη περιεκτικότητα σε ανθοκυανίνες σε καρπούς που αποθηκεύτηκαν σε αέρα, σε σχέση με αυτούς που αποθηκεύτηκαν σε ατμόσφαιρες εμπλουτισμένες με CO₂. Πάντως, θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι μεταβολές του χρωματισμού των εξωτερικών και εσωτερικών ιστών των καρπών στις διάφορες επεμβάσεις σύστασης ατμόσφαιρας κατά την αποθήκευση δεν αντανακλώνται στις αντίστοιχες μεταβολές των ολικών ανθοκυανινών των καρπών, επειδή σύμφωνα και με τους Gil et al. (1997) η συνολική ποσότητα ανθοκυανινών σε ολόκληρους τους καρπούς δεν αντικατοπτρίζει ξεκάθαρα τις αλλαγές στο χρώμα τους.

Γενικότερα, σε όλες τις επεμβάσεις, με την πρόοδο της αποθήκευσης η επιφάνεια των καρπών παρατηρήθηκε να γίνεται πιο σκουρόχρωμη (μείωση της γωνίας Hue), εντονότερα όμως στις επεμβάσεις υψηλού CO₂. Για το εξωτερικό χρώμα των καρπών και την πορεία του μετά την συγκομιδή του κυρίως υπεύθυνες είναι δύο ανθοκυανίνες, η pelargonidin-3-glucoside (Pg 3-gl) που δίνει πορτοκαλοκόκκινο χρώμα και η cyanidin 3-glucoside (Cy 3-gl) που δίνει βαθύ κόκκινο χρώμα. Αν και η Pg 3-gl αποτελεί περίπου το 88% των ολικών ανθοκυανινών στους καρπούς της φράουλας, η αύξηση της Cy 3-gl μετά τη συγκομιδή προκαλεί την εμφάνιση σκούρου χρωματισμού που υποβαθμίζει την αποδοχή από τους καταναλωτές μετασυλλεκτικά (Kalt et al. 1993). Η Cy 3-gl απαντάται

στους εξωτερικούς ιστούς και αυξάνεται μετά τη συγκομιδή αλλά απουσιάζει ολοκληρωτικά από τους εσωτερικούς ιστούς (Kalt et al. 1993, Holcroft and Kader 1999). Επομένως, ο χρωματισμός στο εξωτερικό των καρπών γίνεται πιο σκούρος ιδιαίτερα με την εφαρμογή υψηλού CO₂, ενώ στο εσωτερικό των καρπών πιο ανοιχτόχρωμος λόγω απώλειας της Cy 3-gl, χωρίς να αλλάξει η απόχρωση. Αντίστοιχα εξηγείται η διαφορά στην απόχρωση (hue angle) μεταξύ του εσωτερικού και εξωτερικού των καρπών με την επιδερμίδα να έχει πιο σκούρο κόκκινο χρώμα και τον εσωτερικό ιστό πιο πορτοκαλί χροιά.

Σε γενικές γραμμές, η τιτλοδοτούμενη οξύτητα (TA) των καρπών μειώθηκε με την πρόοδο της αποθήκευσης, ιδιαίτερα κατά το shelf life στην ποικιλία Camarosa. Στις Camarosa και Sabrina1 εμφανίστηκε περιορισμός της μείωσης της TA κατά την αποθήκευση σε συνθήκες υψηλού CO₂ σε σχέση με τον αέρα, είτε κατά την παραμονή στους 2 °C είτε κατά το shelf life, υποδηλώνοντας περιορισμό της περαιτέρω ωρίμανσης των καρπών σε συνθήκες υψηλού CO₂. Οι μεταβολές όμως της TA δεν αντανακλώνονται σε αντίστοιχες μεταβολές του pH κατά την αποθήκευση των καρπών, αν και γενικότερα παρατηρείται αύξηση του pH με την πρόοδο της αποθήκευσης. Έτσι, στις ελεγχόμενες ατμόσφαιρες παρατηρήθηκε και στις δύο ποικιλίες αύξηση του pH ιδιαίτερα σε ατμόσφαιρες με 20% CO₂ μετά από 14 και 8 ημέρες αποθήκευσης για τη "Camarosa" και τη "Sabrina" αντίστοιχα χωρίς όμως να είναι ξεκάθαρη πάντα η επίδραση των ΕΑ. Μετά από παρατεταμένη αποθήκευση των καρπών δεν παρατηρούνται σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων των ΕΑ όπως αναφέρουν και οι Li and Kader (1989) και Ke and Kader (1989). Αντίστοιχη αύξηση του pH των καρπών κατά την αποθήκευση, βρήκαν και οι Ke et al. (1991) σε καρπούς ποικιλίας "Selva" όταν αποθηκεύτηκαν σε ατμόσφαιρες υψηλού CO₂ (20-80%) καθώς και οι Nunes et al. (1995) σε καρπούς της ποικιλίας "Chandler".

Η συγκέντρωση των ολικών διαλυτών στερεών παρουσίασε μείωση κατά την αποθήκευση των καρπών χωρίς πάντα να υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Ωστόσο, στη "Camarosa" η μείωση ήταν σημαντική μετά από 14 ημέρες ανεξάρτητα από τη μεταχείριση ΕΑ, ενώ στη "Sabrina" μειώθηκαν κυρίως στις ΕΑ σε αντίθεση με τον αέρα όπου οι καρποί γενικά είχαν υψηλότερο περιεχόμενο σε διαλυτά στερεά. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με την εντονότερη μείωση της TA στον αέρα υποδηλώνει μία εντονότερη τάση ωρίμανσης των καρπών στον αέρα, ή περιορισμό του μεταβολισμού και καθυστέρηση της ωρίμανσης σε συνθήκες υψηλού CO₂. Κατά το shelf life τα επίπεδα των διαλυτών στερεών κυμάνθηκαν περίπου στα ίδια με εκείνα των αρχικών. Σε πείραμα των

Gil et al. (1997) διαπιστώθηκε ότι τα διαλυτά στερεά μειώθηκαν ελαφρώς μετά από 5 ημέρες στον αέρα και μετά από 10 ημέρες σε αυξημένο CO₂ αλλά δεν υπήρχαν διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων. Αντίστοιχα και οι El-Kazzaz et al. (1983) ανέφεραν ότι δεν υπήρχαν αλλαγές στα διαλυτά στερεά των καρπών ποικιλίας "Aiko" που αποθηκεύτηκαν σε ελεγχόμενες ατμόσφαιρες στους 4 °C.

Η συγκέντρωση των φαινολικών ουσιών των καρπών και των δύο ποικιλιών που χρησιμοποιήθηκαν στο παρόν πείραμα αυξάνεται σημαντικά κατά την αποθήκευση τόσο μετά από 8 ημέρες για τη "Sabrina" όσο και μετά από 14 ημέρες για τη "Camarosa" σε όλες τις πειραματικές επεμβάσεις. Σημαντική αύξηση παρατηρήθηκε σε συνθήκες ατμοσφαιρικού O₂ (αέρας και 21% O₂ - 20% CO₂) αλλά και κατά τη παραμονή των καρπών στους 10 °C στο shelf life. Σύμφωνα και με τους Holcroft and Kader (1999b) η περιεκτικότητα των καρπών φράουλας σε φαινολικές ουσίες αυξάνεται με το χρόνο της αποθήκευσης αλλά δεν επηρεάστηκε από τη σύνθεση της ατμόσφαιρας κατά την αποθήκευση. Επίσης παρατήρησαν αύξηση της συγκέντρωσης μετά από 5 ημέρες αποθήκευσης σε αέρα + 20% CO₂, ενώ μετά από 10 ημέρες η συγκέντρωση ήταν χαμηλότερη από αυτή του μάρτυρα στον αέρα.

Συμπερασματικά, οι ελεγχόμενες ατμόσφαιρες κατά την αποθήκευση παίζουν ρόλο στην αύξηση της μετασυλλεκτικής ζωής, τη διατήρηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών όπως επίσης και της θρεπτικής αξίας των καρπών φράουλας, μέσω της καθυστέρησης της ωρίμανσης ή του γηρασμού των καρπών. Σε πολλά πειράματα, διαπιστώθηκε ότι οι ΕΑ για την αποθήκευση καρπών φράουλας ήταν πιο αποτελεσματικές από την αποθήκευση στον αέρα διατηρώντας τις φυσικοχημικές ιδιότητες των καρπών.

Στη συγκεκριμένη μελέτη, τόσο από τις προαναφερθείσες μετρήσεις, όσο και από την οπτική παρατήρηση των καρπών, προέκυψε ότι η εφαρμογή ΕΑ για την επιμήκυνση της αποθηκευσιμότητας, τη διατήρηση της ποιότητας και τον περιορισμό των σήψεων στους καρπούς φράουλας των ποικιλιών Camarosa και Sabrina δεν ήταν ιδιαίτερα αποτελεσματική, εκτός από τον συνδυασμό υψηλού CO₂ και ατμοσφαιρικού O₂ (21% O₂ + 20% CO₂). Στις συνθήκες αυτές παρατηρήθηκε, ιδιαίτερα στην περίπτωση της Sabrina που έχει μικρή μετασυλλεκτική ζωή, κάποιος περιορισμός της ωρίμανσης των καρπών κατά την αποθήκευσή τους, καθώς και καλή διατήρηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των καρπών στα προ-αποθήκευσης επίπεδα. Σε όλες όμως τις επεμβάσεις ΕΑ καθώς και κατά την παραμονή των καρπών για 24 ώρες σε όζον πριν την αποθήκευσή τους, παρατηρήθηκε εντονότερη ανάπτυξη σκούρου χρωματισμού των καρπών κατά την αποθήκευσή τους,

γεγονός που είναι λιγότερο έντονο κατά την αποθήκευση σε αέρα. Το γεγονός της σχετικής απουσίας σήψεων των καρπών στα πειράματα της παρούσας μελέτης, δεν παρέχει πληροφορίες σχετικά με την πιθανή θετική επίδραση των ΕΑ στον περιορισμό των μετασυλλεκτικών προσβολών.

Για τους λόγους αυτούς, προτείνεται μεν η χρήση της ατμόσφαιρας με σύσταση 21% O₂ + 20% CO₂ για την επιμήκυνση της αποθηκευσιμότητας καρπών φράουλας, αλλά χρειάζεται περαιτέρω έρευνα για την αποφυγή της ανάπτυξης σκούρου χρώματος των καρπών κατά την αποθήκευσή τους.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Abeles, F. B. and F. Takeda. 1990. Cellulase activity and ethylene in ripening strawberry and apple fruits. *Sci. Hort.* 42:269-275.
- Albregts, E. E. and C. M. Howard. 1982. Effect of fertilizer rate on number of malformed strawberry fruit. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 95:323-324.
- 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 *Leben. Wissenschaft Technol.: Food Sci. Technol.* 37:687–695.
- Brown, K.M., Geeson, J.D., Dennis, C., 1984. The effects of harvest date and CO₂-enriched storage atmospheres on the storage and shelf-life of strawberries. *J. Hort. Sci.*, 59:197–204.
- Ceponis, M.J., and J.E. Butterfield, 1973. The nature and extent of retail and consumer losses in apples, oranges, lettuce, peaches, strawberries and potatoes marketed in greater New York. *USDA Mktg. Res. Rpt. No.* 996.
- Cheng, G. W., & Breen, P. J., 1991. Activity of phenylalanine ammonia-lyase (PAL) and concentrations of anthocyanins and phenolics in developing strawberry fruit. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 116:865–869.
- Coombe, B. G. 1976. The development of fleshy fruits. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 27: 507 - 528.
- Cordenunsi, B.R., Genovese, M.I., Nascimento, J.R.O., Hassimotto, N.M.A., Santos, R.J., Lajolo, F.M., 2005. Effects of temperature on the chemical composition and antioxidant activity of three strawberry cultivars. *Food Chem.* 91:113–121.
- Cordenunsi, B.R., Nascimento, J.R.O., Lajolo, F.M., 2003. Physico-chemical changes related to quality of five strawberry fruit cultivars during coolstorage. *Food Chem.* 83, 167–173.
- Couey, H.M. and Wells, J.M. 1970. Low oxygen or high carbon dioxide atmospheres to control postharvest decay of strawberries. *Phytopathol.*, 66: 47.
- Couey, H.M., Follstad, M.N., and Uota, M. 1966. Low oxygen atmos heres for control of postharvest decay of fresh strawberries. *Phytopathology* 56: 1339.
- Couture, R, J. Makhlof, F. Cheour and C. Willemot, 1990. Production of CO₂ and C₂H₄ after gamma irradiation of strawberry fruit. *J. Food Qual.* 13:385-393.

- Culpepper, C. W., J. S. Caldwell, and H.H. Moon. 1935. A physiological study of development and ripening in the strawberry. *J. Agr. Res.* 50:645-696.
- Darrow, G. M. 1966. *The strawberry*. Holt, Rinehart & Winston, New York.
- Dayawon, M. M. and V. G. Shutak. 1967. Influence of N⁶- benzyladenine on the postharvest rate of respiration of strawberries. *HortScience* 2:12.
- El-Kazzaz, M.K., Sommer, N.F., and Fortlage, R.J. 1983. Effect of different atmospheres on postharvest decay and quality of fresh strawberries. *Phytopathol.*, 73: 282-285.
- Fernandez-Trujillo, J.P., Nock, J.F., Watkins, C.B., 1999. Fermentative metabolism and organic acid concentrations in fruit of selected strawberry cultivars with different tolerances to carbon dioxide. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 124:696–701.
- Forney C.F., Breen P.J. 1986. Sugar content and uptake in the strawberry fruit. *J Amer. Soc. Hort. Sci.* 111: 241-247.
- Gil, M.I., D.M. Holcroft, and A.A. Kader. 1997. Changes in strawberry anthocyanins and other polyphenols in response to carbon dioxide treatments. *J. Agr. Food Chem.* 45:1662–1667.
- Given, N. K., M. A. Venis, and D. Grierson. 1988a. Hormonal regulation of ripening in the strawberry, a non-climacteric fruit. *Planta* 174:402-406.
- Goto T, Goto M, Chachin K and Iwata T, 1995. Effects of high carbon dioxide with short term treatment on quality of strawberry fruits. *J. Japan. Soc. Food Sci.* 42:176-182.
- Green, A. 1971. Soft fruits. In Hulme, A. C., ed. *The biochemistry of Fruits and Their Products*, vol.2. New York: Academic Press. 375-410.
- Hancock J F, Luby J J., 1993. Genetic resources at our doorstep: the wild strawberries. *Bioscience* 43: 141-147.
- Hancock, J.F., 1999. *Strawberries, Crop production science in horticulture*, No 11, CABI publishing, pp.237.
- Harborne, H. and Baxter, H., 1999. *The handbook of natural flavonoids*. Volume 1. Wiley, Chichester.
- Hardenburg, R. E., A. E. Watada, and C. Y. Wang. 1986. The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks. U.S. Dept. Agr., *Agr. Handbk.* 66.
- Harker, F.R., Elgar, H.J., Watkins, C.B., Jackson, P.J., Hallett, I.C., 2000. Physical and mechanical changes in strawberry fruit after high carbon dioxide treatments. *Postharv. Biol. Technol.* 19:139–146.
- Harris, C.M. and Harvey, J.M. 1973. Quality and decay of California strawberries stored in CO₂-enriched atmospheres. *Plant Dis. Repr.* 57:44.

- Harvey, J.M. 1982. CO₂ atmospheres for truck shipment of strawberries. *In Controlled Atmospheres for Storage and Transport of perishable Agricultural Commodities*, D.G. Richardson and M. Meheriuk (Ed.), p. 359. Timber Press, Beaverton.
- Holcroft, D. and A. A. Kader, 1999a. Carbon dioxide-induced changes in color and anthocyanin synthesis of stored strawberry fruit. *HortSci.*, 34:1244–1248.
- Holcroft, D. and A. A. Kader, 1999b. Controlled atmosphere-induced changes in pH and organic acid metabolism may affect color of stored strawberry fruit. *Postharvest Biology and Technology* 17: 19–32.
- Huber, D. J. 1984. Strawberry fruit softening: the potential roles of polyuronides and hemicelluloses. *J. Food Sci.* 49:1310-1315.
- Iwata, T., I. Omata, and K Ogata. 1969. The relationship between the ripening of harvested fruits and their respiratory patterns. II. The respiratory patterns of fruits and their classification (in Japanese). *J. Jpn. Hort. Sci.* 38:279-286.
- Janes, H. W., C. K Chin, and C. Frenkel. 1978. Respiratory upsurge in blueberries and strawberries as influenced by ethylene and acetaldehyde. *Bot. Gaz.* 139:50-52.
- John O A, Yamaki S. 1994. Sugar content, compartmentation and efflux in strawberry tissue. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 119: 1024-1028.
- Kader, A. A., 1991. Quality and its maintenance in relation to the postharvest physiology of strawberry. *In The Strawberry into the 21st Century*; Dale, A., Luby, J. J., Eds.; Timber Press: Portland, OR.
- Kader, A.A., Ben-Yehoshua, S., 2000. Effects of superatmospheric oxygen levels on postharvest physiology and quality of fresh fruits and vegetables. *Postharvest Biol. Technol.* 20:1–13.
- Kalt, W., Forney, C. F., Martin, A., & Prior, R. L., 1999. Antioxidant capacity, vitamin C, phenolics, and anthocyanins after fresh storage of small fruits. *J. Agric. Food Chem.*, 47:4638–4644.
- Kalt, W., R.K. Prange, and P.D. Lidster. 1993. Postharvest color development of strawberries: Influence of maturity, temperature and light. *Can. J. Plant Sci.* 73:541–548.
- Ke, D., L. Goldstein, M. O’Mahony, and A.A. Kader. 1991. Effects of short-term exposure to low O₂ and high CO₂ atmospheres on quality attributes of strawberries. *J. Food Sci.* 56:50–54.
- Kim, G.H., Wills, R.B.H., 1998. Interaction of enhanced carbon dioxide and reduced ethylene on the storage life of strawberries. *J. Hort. Sci. Biotech.* 73:181–184.

- Knee, M., J. A. Sargent, and D.J. Osborne. 1977. Cell wall metabolism in developing strawberry fruits. *J. Expt. Bot.* 8:377-396.
- Larsen, M., Watkins, C.B., 1995. Firmness and aroma composition of strawberries following short-term high carbon dioxide treatments. *HortScience* 30, 303–305.
- Li, C. and Kader, A.A. 1989. The residual effects of controlled atmospheres on postharvest physiology and quality attributes of strawberries. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 114: 629.
- Manning, K. 1993. Soft fruit. In G. B. Seymour, J. E. Taylor and G. A. Tucker (eds.), *Biochemistry of fruit ripening*. Chapman & Hall, London, pp. 347–377.
- McGlasson, W. B. 1978. Role of hormones in ripening and senescence. p. 77-96. In: H.O. Hultin and M. Milner (eds.). *Postharvest biology and biotechnology*. AVI, Westport, CT.
- McMurchie, E. J., W. B. McGlasson, and I. L. Eaks. 1972. Treatment of fruit with propylene gives information about the biogenesis of ethylene. *Nature* 237:235-236.
- Miszczak A, Forney C.F and Prange R.K, 1995. Development of aroma volatiles and color during postharvest ripening of 'Kent' strawberries. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 120:650-655.
- Nunes, M.C.N., Brecht, J.K., Morais, A., Sargent, S.A., 1998. Controlling temperature and water loss to maintain ascorbic acid levels in strawberries during postharvest handling. *J. Food Sci.* 63:1033–1036.
- Nunes, M.C.N., Morais, A., Brecht, J.K., Sargent, S.A., 2002. Fruit maturity and storage temperature influence response of strawberries to controlled atmospheres. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 127, 836–842.
- Nunes, M.C.N., Morais, A.M.M.B., Brecht, J.K., Sargent, S.A., 1995. Quality of strawberries after storage in controlled atmospheres at above optimum storage temperatures. *Proc. Fla State Hort. Soc.* 108:273–278.
- Osman, A. B. and P. B. Dodd. 1992. Changes in some physical and chemical characteristics of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duchesne) cv. Ostara grown under different shading levels. *Acta Hort.* 292:195-207.
- Perez, A.G., & Sanz, C., 2001. Effect of high-oxygen and high-carbondioxide atmospheres on strawberry flavor and other quality traits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 2370–2375.
- Perkins-Veazie P. 1995. Growth and ripening of strawberry fruit. *Horticultural Reviews* 17, 267–297.

- Perkins-Veazie, P., D. J. Huber, and J. K. Brecht. 1988. Ethylene synthesis in developing strawberry fruit. *Plant Physiol.* 86:155.
- Picha, D., 2006. Guide to postharvest care of strawberries in Moldova. USAID, Agribusiness Development Project, 23p.
- Prasad, M. and G.J. Stadelbacher. 1974. Effect of acetaldehyde vapor on postharvest decay and market quality of fresh strawberries. *Phytopathol.* 64:948-951.
- Ptocharski, W., 1982. Strawberries-Quality of fruits, their storage life and suitability for processing: Part III. Firmness and pectic substance changes of strawberries stored under normal and controlled atmosphere conditions. *Fruit Sci. Rep.* 9: 111–122.
- Robins, R.J., 2003. Phenolic acids in food. An overview of analytical methodology. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51:2866-87.
- Rosen, J. C. and A. A. Kader. 1989. Postharvest physiology and quality maintenance of sliced pear and strawberry fruits. *J. Food Sci.* 54:656-659.
- Sas, I., A. Miszczak, and H. Plich. 1992. The influence of auxins, exogenous ethylene and light on the biosynthesis of ethylene and CO₂ production in strawberry fruits. *Fruit Sci. Rep.* 19:47-61.
- Saxena, J. K. and S. J. Locascio. 1968. Fruit quality of fresh strawberries as influenced by nitrogen and potassium nutrition. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 92:354-362.
- Shaw, D. 1990. Response to selection and associated changes in genetic variance for soluble solids and titratable acids contents in strawberries. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 115:839-843.
- Shin, Y., Liu, R.H., Nock, J.F., Holliday, D., Watkins, C.B., 2007. Temperature and relative humidity effects on quality, total ascorbic acid, phenolics and flavonoid concentrations, and antioxidant activity of strawberry. *Postharvest Biol. Technol.* 45, 349–357.
- Siriphanich, J., 1998. High CO₂ atmosphere enhances fruit firmness during storage. *J. Jpn. Soc. Hort. Sci.* 67, 1167 – 1170.
- Smith, R.B., 1992. Controlled atmosphere storage of ‘Redcoat’ strawberry fruit. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 117, 260–264.
- Smith, R.B., Skog, L.J., 1992. Postharvest carbon dioxide treatment enhances firmness of several cultivars of strawberry. *HortScience* 27, 420–421.
- Smith, W. I. and P. H. Heinze. 1958. Effect of color development at harvest on quality of post-harvest ripened strawberries. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 72:207-211.

- Solecka, D. and Kacperska, A., 2003. Phenylpropanoid deficiency affects the course of plant acclimation to cold. *Physiologia Plantarum*, 119: 253-262.
- Sommer, N.F., Fortlage, R.J., Mitchell, F.G., and Maxie, E.C. 1973. Reduction of Postharvest loss of strawberry fruits from grey mold. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 98: 285.
- Spayd, S.E., and J.R. Morris, (1981). Physical and chemical characteristics of puree from once-over harvested strawberries. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 106: 101-105.
- Suutarinen, J., L. Anakaainen and K. Autio, 1998. Comparison of light microscopy and spatially resolved fourier transform infrared (FT-IR) microscopy in the examination of cell wall components of strawberries. *Lebensmittel-Wissenschaft und – Technologie* 31: 595–601.
- Talasila, P.C., Chau, K.V., Brecht, J.K., 1992. Effects of gas concentrations and temperature on O₂ consumption of strawberries. *Trans. ASAE*, 35:221- 224.
- Wang, S. Y., & Lin, H. S. 2000. Antioxidant activity in fruits and leaves of blackberry, raspberry, and strawberry varies with cultivar and development. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48:140–146.
- Wang, S. Y., Bunce, J. A., & Mass, J. L., 2003. Elevated carbon dioxide increases contents of compounds in field-grown strawberries. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 51, 4315–4320.
- Watada, A E., R. C. Herner, A. A Kader, R. J. Romani, and G. 1. Staby. 1984. Terminology for the description of developmental stages of horticultural crops. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 19:20-21.
- Watkins, C.B., Manzano-Mendez, J.E., Nock, J.F., Zhang, J.J., Maloney, K.E., 1999. Cultivar variation in response of strawberry fruit to high carbon dioxide treatments. *J. Sci. Food Agr.*, 79:886–890.
- Wells, J.W. 1970. Modified atmosphere, chemical and heat treatments to control postharvest decay of California strawberries. *Plant Dis. Rptr.* 54:431-434.
- Woodward, J.R (1972). Physical and chemical changes in developing strawberry fruits. *J. Sci. Food Agric.*, 23:465-473.
- Woodward, J.R. and Topping, A.J. 1972. The influence of controlled atmospheres on the respiration rates and storage behavior of strawberry fruits. *J. Hort. Sci.* 47:547.
- Wrolstad, R. E. and R. S. Shallenberger. 1981. Free sugars and sorbitol in fruits-a compilation from the literature. *J. Assoc. Off. Anal. Chern.* 64:91-103.

- Wszelaki, A.L., Mitcham, E.J., 2000. Effects of superatmospheric oxygen on strawberry fruit quality and decay. *Postharv. Biol. Technol.* 20:125–133.
- Zheng, Y. H., Wang, C. Y., Wang, S. Y., & Zheng, W., 2003. Effect of high oxygen atmospheres on blueberry phenolics, anthocyanins, and antioxidant capacity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 7162–7169.
- Zheng, Y. H., Wang, C. Y., Wang, S. Y., & Zheng, W., 2007. Changes in strawberry phenolics, anthocyanins, and antioxidant capacity in response to high oxygen treatments. *LWT*, 40, 49-57.