

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ &
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ**

**Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΣΤΗΝ ΑΠΟΙΚΟΔΟΜΗΣΗ
ΤΗΣ ΧΛΩΡΟΦΥΛΛΗΣ ΣΕ ΠΡΑΣΙΝΗ ΠΙΠΕΡΙΑ.
ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΩΝ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ
ΠΕΤΣΑΛΑΚΗ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ**

Καλαμάτα 2013

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ &
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ**

**Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΣΤΗΝ ΑΠΟΙΚΟΔΟΜΗΣΗ
ΤΗΣ ΧΛΩΡΟΦΥΛΛΗΣ ΣΕ ΠΡΑΣΙΝΗ ΠΙΠΕΡΙΑ.
ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΩΝ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ
ΠΕΤΣΑΛΑΚΗ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ**

**Επιβλέπουσες:
Μανωλοπούλου Ελένη
Ρεκούμη Κωνσταντίνα**

Καλαμάτα 2013

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την εισηγήτρια μου Αγριοπούλου Σοφία για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε με την ανάθεση του θέματος της πτυχιακής μου μελέτης.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τις κυρίες Μανωλοπούλου Ελένη, Ρεκούμη Κωνσταντίνα και Ψυχογιού Σταματίνα για τη συνεισφορά τους τόσο στο πειραματικό όσο και στο συγγραφικό μέρος.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τις συναδέλφους Θεοδοροπούλου Κατερίνα και Κακογιάννη Κατερίνα για την αμέριστη συμπαράσταση και βοήθεια αλλά και για τις εξαιρετικά πολύτιμες στιγμές που μοιραστήκαμε στην αίθουσα 58 του “Τ.Ε.Ι. Καλαμάτας”.

Στην Ηλιάνα

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελίδα
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	1
ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ - ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ	
1. Εισαγωγή	3
1.1. Καταγωγή και καλλιεργούμενα είδη πιπεριάς	3
1.2. Βοτανική ταξινόμηση	4
1.3. Βοτανικά χαρακτηριστικά	4
1.3.1. Φυτό	4
1.3.2. Ριζικό σύστημα	5
1.3.3. Φύλλα	5
1.3.4. Άνθη	5
1.3.5. Καρπός	5
1.4. Οικονομική σημασία	6
1.4.1. Η καλλιέργεια της πιπεριάς παγκοσμίως	6
1.4.2. Η καλλιέργεια της πιπεριάς στην Ελλάδα	7
1.5. ΘΡΕΠΤΙΚΗ ΑΞΙΑ	11
1.6. ΚΥΡΙΟΤΕΡΟΙ ΕΜΠΟΡΙΚΟΙ ΤΥΠΟΙ ΚΑΙ ΠΟΙΚΙΛΙΕΣ ΠΟΥ ΚΑΛΛΙΕΡΓΟΥΝΤΑΙ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	12
1.7. Μετασυλλεκτικοί χειρισμοί	14
1.7.1. Συγκομιδή	14
1.7.2. Πρόψυξη	15
1.7.3. Προδιαλογή	16
1.7.4. Καθαρισμός	16
1.7.5. Πλύσιμο	16
1.7.6. Κήρωμα	17
1.7.7. Συσκευασία - Τυποποίηση	17
1.7.8. Συντήρηση	18
1.8. ΠΟΙΟΤΗΤΑ - ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ	18
1.8.1. Κατηγορίες Ποιότητας	19
1.9. ΧΡΩΜΑ	21
1.9.1. Γενικά	21

1.9.2. Μετρήσιμες ιδιότητες των χρωμάτων	22
1.9.3. Μέτρηση του χρώματος	23
1.10. ΒΑΣΙΚΕΣ ΧΡΩΣΤΙΚΕΣ	24
1.10.1. Δομή και ρόλος των χρωστικών	25
1.10.2. Ο ρόλος της φωτοσύνθεσης	28
1.11. ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΚΧΥΛΙΣΗΣ ΤΗΣ ΧΛΩΡΟΦΥΛΛΗΣ	29
1.11.1. Χρήση ακετόνης – μεθανόλης	29
1.11.2. Χρήση του διμεθυλοσουλφοξειδίου (DMSO)	30
ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ – ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ	
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	32
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	34
2.1. ΠΡΩΤΗ ΥΛΗ	34
2.2. ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	34
2.3. ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΟΥ ΜΕΛΕΤΗΘΗΚΑΝ	34
2.3.1. Προσδιορισμός του χρώματος	35
2.3.2. Προσδιορισμός της χλωροφύλλης	35
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ	39
3.1. ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	39
3.2. ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΧΛΩΡΟΦΥΛΛΗΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	42
3.2.1. Προσδιορισμός της χλωροφύλλης με τη μέθοδο Arnon	43
3.2.2. Προσδιορισμός της χλωροφύλλης με τη μέθοδο DMSO	45
3.2.3. Προσδιορισμός της χλωροφύλλης στην επιδερμίδα του καρπού με τη μέθοδο DMSO	47
3.2.4. Επίδραση της θερμοκρασίας στη μεταβολή της χλωροφύλλης	48
3.2.5. Σύγκριση των μεθόδων προσδιορισμού της χλωροφύλλης	51
3.2.6. Συσχετισμός μεταξύ χρώματος και χλωροφύλλης	53
4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ	54
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	55

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η επίδραση της θερμοκρασίας συντήρησης στη μεταβολή του χρώματος και την αποικοδόμηση της χλωροφύλλης καρπών πιπεριάς ποικιλίας California Wonder. Οι πιπεριές συντηρήθηκαν 25 ημέρες στο σκοτάδι στους 5, 10 και 20°C και σχετική υγρασία 90%. Η μεταβολή του χρώματος προσδιορίστηκε με χρωματόμετρο Minolta (Model CR-300, Minolta Co Ltd Osaka) και αποδόθηκε από τις παραμέτρους L*, a*, b*. Ο προσδιορισμός της χλωροφύλλης έγινε με δύο μεθόδους, την κλασσική μέθοδο του Arnon, (1949) και τη μέθοδο του διμεθυσουλφοξειδίου (DMSO) που εφαρμόστηκε στη σάρκα και στο φλοιό της πιπεριάς.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα παρατηρήθηκε ότι η θερμοκρασία συντήρησης επηρεάζει τόσο τη μεταβολή του χρώματος όσο και την περιεκτικότητα των καρπών σε χλωροφύλλη. Συγκεκριμένα ενώ μέχρι την 15^η ημέρα συντήρησης δεν παρατηρήθηκε σημαντική μεταβολή του ολικού χρώματος, ενώ στους 20°C την 15^η ημέρα παρουσιάζεται έντονη μεταβολή. Στο τέλος της συντήρησης (25^η ημέρα) η τιμή του συντελεστή $\Delta E = [(L-L_0)^2 + (a-a_0)^2 + (b-b_0)^2]^{1/2}$ για τους 5°C ήταν 6,1, για τους 10°C ήταν 6,3 και για τους 20°C ήταν 29,2. Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν και με τη μεταβολή της φωτεινότητας (L*) των καρπών στους 5°C. Στους 10°C η χλωροφύλλη παρουσιάζει μικρή μεταβολή (6% η χλωροφύλλη a και 12% η ολική χλωροφύλλη) και διατηρείται σχεδόν στα αρχικά επίπεδα μέχρι το τέλος της συντήρησης, ενώ στους 20°C η χλωροφύλλη παρουσιάζει μία μείωση μετά τη 15^η ημέρα η οποία στο τέλος της συντήρησης φθάνει στο 83% για τη χλωροφύλλη a και 62% για την ολική χλωροφύλλη.

Η μέθοδος προσδιορισμού της χλωροφύλλης καθώς και ο χρησιμοποιούμενος διαλύτης επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό την εξαγομένη ποσότητα. Η μέθοδος DMSO υπήρξε ικανή να εξάγει μεγαλύτερη ποσότητα χλωροφύλλης συγκριτικά με τη μέθοδο Arnon (1949), ενώ είχε και το πλεονέκτημα ότι δεν απαιτούσε χρονοβόρες διαδικασίες και μεγάλες ποσότητες διαλύτη.

Η σχέση χρώματος και περιεκτικότητας σε χλωροφύλλη είναι γραμμική με συντελεστή συσχέτισης κυμαινόμενο μεταξύ 0,96 και 0,76 ανάλογα με τη μέθοδο και τον τρόπο δειγματοληψίας (σάρκα ή φλοιός).

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ: ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. ΚΑΤΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΚΑΛΛΙΕΡΓΟΥΜΕΝΑ ΕΙΔΗ ΠΙΠΕΡΙΑΣ

Η καλλιεργούμενη πιπεριά (*Capsicum annuum* var. *annuum* L.) ανήκει στην οικογένεια Solanaceae και στο γένος *Capsicum* spp. (κάπτω = καυτερός). Η χρήση του καρπού της ως τροφή από τους ανθρώπους αναφέρεται γύρω στα 7500 π.Χ. (MacNeish, 1964) αλλά καλλιεργήθηκε περίπου το 5000 π.Χ. στο Περού και το Μεξικό (Heiser, 1976). Η καλλιέργεια της πιπεριάς ξεκίνησε 4.000 χρόνια πριν (Pickersgill, 1969) ενώ το “άγριο” είδος από το οποίο πιστεύεται ότι προήλθαν τα καλλιεργούμενα είδη είναι το *Capsicum annuum* var. *aviculare* (Bosland, 1994) που στη συνέχεια καλλιεργήθηκε όπως και άλλες αυτοφυείς ποικιλίες τροπικών περιοχών ως πολυετές φυτό (Bosland, 1993). Στην Ευρώπη εισήχθη κατά τα τέλη του 15^{ου} αιώνα και καλλιεργείται πλέον ως ετήσιο φυτό (Δημητρακάκη, 1998).

Υπάρχουν αρκετά είδη και βοτανικές ποικιλίες στο γένος *Capsicum*, γεγονός που συντελεί στη μεγάλη διαφοροποίηση που υπάρχει στους καρπούς όσον αφορά στο σχήμα, μέγεθος, χρώμα αλλά και στο βαθμό καυστικότητας (Ντόγρας, 1998). Το σημαντικότερο είδος με τη μεγαλύτερη οικονομική σημασία είναι το *Capsicum annuum* L. στο οποίο ανήκουν οι περισσότερες καλλιεργούμενες ποικιλίες. Σε μικρότερη κλίμακα καλλιεργούνται τα είδη *Capsicum frutescens* L., *Capsicum chinense* L., *Capsicum pubescens* L. και *Capsicum baccatum* L. (IBPGR, 1983, Ολύμπιος, 2001). Το είδος *Capsicum annuum* είναι το πιο διαδεδομένο, σ' αυτό ανήκουν οι γλυκές αλλά και οι περισσότερες καυτερές πιπεριές που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή πιπεριού (bioagro.gr). Το είδος *Capsicum frutescens* L. καλλιεργείται στη Ν. Αμερική και την Ν.Α. Ασία. Η πλέον διαδεδομένη ποικιλία του είναι η “Tabasco”, που από την επεξεργασία των καρπών της προκύπτει το ομώνυμο καρύκευμα σε μορφή αρτύματος ή πολτού. Το *Capsicum chinense* L. καλλιεργείται κυρίως στην περιοχή του Αμαζονίου και στην τροπική Αμερική, οι καρποί του έχουν την πλέον δριμεία γεύση ενώ το άρωμα τους είναι ιδιαίτερο αφού θυμίζει εκείνο των εσπεριδοειδών. Ειδοποιός διαφορά σε σχέση με άλλα είδη είναι η στένωση που βρίσκεται κάτω από τον κάλυκα, ενώ οι καρποί παρουσιάζουν μεγάλη ομοιότητα με αυτούς των *Capsicum annuum* και *frutescens*. Το *Capsicum pubescens* L. απαντάται στα πεδινά της Κ. Αμερικής και στα υψίπεδα των Άνδεων (2000-3000 m) καθώς ευδοκμεί και σε σχετικά ψυχρό περιβάλλον. Διαφέρει από τα υπόλοιπα

είδη λόγω του σκούρου ρυτιδωμένου σπόρου του και του μεγαλύτερου πάχους της σάρκας των καρπών. Το *Capsicum baccatum*, L. καλλιεργείται κυρίως στην περιοχή της Βολιβίας, Ισημερινού, Περού και Χιλής και διακρίνεται από το *C. annuum* από τη στεφάνη του άνθους (Ολύμπιος, 2001, Ανώνυμος, 2003).

1.2. ΒΟΤΑΝΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ

Βασίλειο: Plantae

Άθροισμα: Magnoliophyta

Κλάση: Magnoliopsida

Υποκλάση: Asteridae

Τάξη: Solanales

Οικογένεια: Solanaceae

Γένος: *Capsicum* spp.

Είδος: *Capsicum annuum* var *annuum* L.

1.3. ΒΟΤΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

1.3.1. Φυτό

Το φυτό της πιπεριάς είναι μονοετές, ποώδες με κορμό και βλαστούς ελαφρά ξυλώδεις στη βάση. Αν το φυτό κλαδευτεί το φθινόπωρο ή αρχές άνοιξης αναβλαστάνει σαν διετές. Διακλαδίζεται αρκετά και έχει την τάση να αναπτύσσεται προς τα πάνω (ορθόκλαδο). Χωρίς επεμβάσεις οι βλαστοί αναπτύσσονται σε ύψος 30 έως 80 cm. Αρχικά η ανάπτυξη του φυτού είναι μονοστέλεχη, σχηματίζει δηλαδή κορμό (κύριο βλαστό) στη συνέχεια διακλαδίζεται και σχηματίζει δύο ή και τρεις βλαστούς (βλαστοί 1ης τάξης). Μεταξύ των βλαστών αυτών, σχηματίζεται ο πρώτος οφθαλμός που θα δώσει τον πρώτο καρπό. Ο οφθαλμός αυτός λέγεται βασικός οφθαλμός (crown bud). Κάθε βλαστός 1^{ης} τάξης μετά την παραγωγή ενός ή δυο φύλλων, διακλαδίζεται και δίνει δυο βλαστούς (βλαστοί 2^{ης} τάξης) που στη διακλάδωση φέρουν ανθοφόρους οφθαλμούς. Η διεργασία αυτή, συνεχίζεται με τον ίδιο τρόπο, κάθε καινούργιος βλαστός διακλαδίζεται και στη διακλάδωση σχηματίζεται οφθαλμός που θα δώσει καρπό. Σε αυτή τη διαδικασία το φυτό οφείλει τη θαμνώδη όψη του (Ολύμπιος, 2001, Ντόγρας, 2002).

1.3.2. Ριζικό σύστημα

Η κεντρική ρίζα του φυτού της πιπεριάς μπορεί να φθάσει το 1 m βάθος όταν η σπορά γίνεται σε ελαφρά εδάφη. Οι λοιπές ρίζες φθάνουν σε βάθος 30-60 cm και σε πλάτος εκατέρωθεν του βλαστού 30-50 cm (Ντόγρας, 2002).

1.3.3. Φύλλα

Τα της φύλλα πιπεριάς είναι απλά, λεπτά, ελλειπτικά, οξύληκτα, έντονα πράσινα στην άνω επιφάνεια με πιο ανοιχτό πράσινο στην κάτω επιφάνεια και φύονται εναλλάξ. Ο μίσχος των φύλλων έχει μήκος 3 έως 5 cm (Ντόγρας, 2002).

1.3.4. Ανθη

Τα άνθη της πιπεριάς είναι μονήρη, βρίσκονται στις διακλαδώσεις των βλαστών και έχουν μίσχο μήκους 1,5 cm περίπου. Φέρουν κωδωνοειδή κάλυκα με 5 ή περισσότερα οδοντωτά σέπαλα που συνήθως μεγαλώνουν και περιβάλλουν τη βάση του άνθους. Έχουν στεφάνη διαμέτρου 8 - 15 mm με 5 ή περισσότερα πέταλα, που συνήθως είναι λευκά ή λευκοπράσινα. Φέρουν 5 ή περισσότερους στήμονες που βρίσκονται κοντά στη βάση της στεφάνης. Οι ανθήρες έχουν ιώδη απόχρωση και σκίζονται κατά μήκος. Η ωθήκη είναι δίχωρη, τρίχωρη ή τετράχωρη και φέρει στύλο που είναι απλός, λευκός ή ιώδης. Τα άνθη είναι ερμαφρόδιτα, αυτογονιμοποιούμενα και μερικώς σταυρογονιμοποιούμενα. Η ωρίμαση του στίγματος και των ανθέρων είναι ταυτόχρονη, η επικονίαση και η γονιμοποίηση γίνεται μετά το άνοιγμα του άνθους που διαρκεί για 2 - 3 ημέρες. Ο ποδίσκος κύρτεται ώστε το άνθος να βλέπει προς τα κάτω, και έτσι η γύρη να πέφτει πάνω στο στίγμα πιο εύκολα ευνοώντας την αυτογονιμοποίηση (Τσακιρίδη, 2010).

1.3.5. Καρπός

Ο καρπός της πιπεριάς είναι σαρκώδης ράγα με σχήμα, μέγεθος και τελικό χρώμα που ανάλογα με τον γενότυπο εμφανίζει μεγάλη ποικιλομορφία. Ο καρπός υποβαστάζεται από ένα μακρύ ποδίσκο που εμφανίζεται όρθιος ή κυρτός προς τα κάτω. Κατά την ανάπτυξη του καρπού, το περικάρπιο αποχωρίζεται από τον πλακούντα (λόγω διαφοράς στο ρυθμό ανάπτυξης), οπότε δημιουργείται στο εσωτερικό του κοιλότητα όπου αναπτύσσεται ο ξηρός πλακούντας που φέρει τους σπόρους (Ντόγρας, 2002, Bosland and Votana, 2000). Οι σπόροι βλασταίνουν ύστερα από 3-4 ημέρες. Υπάρχουν περίπου 150-180 σπόροι/ g σπόρου.

1.4. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΣΗΜΑΣΙΑ

Τα λαχανοκομικά φυτά στο σύνολο τους είναι πολύ σημαντικές καλλιέργειες για την οικονομία μιας χώρας καθώς σ' αυτές απασχολείται μεγάλο ποσοστό του αγροτικού πληθυσμού ενώ συγχρόνως καλύπτουν βασικές θρεπτικές ανάγκες του καταναλωτικού κοινού.

Τα τελευταία χρόνια λόγω του αυξημένου ενδιαφέροντος για την κατανάλωση πιπεριάς τόσο στην χώρα μας όσο και παγκοσμίως, έχουν δημιουργηθεί πολλά υβρίδια και νέες ποικιλίες που καλύπτουν μεγαλύτερο εύρος καταναλωτικών προϊόντων και θρεπτικών αναγκών.

Στο όλο και αυξανόμενο καταναλωτικό ενδιαφέρον έχει συμβάλει σημαντικά το γεγονός ότι μια σειρά εργαστηριακών μελετών που διενεργήθηκαν τις τελευταίες δεκαετίες έφεραν σημαντικά αποτελέσματα για τον θρεπτικό πλούτο των καρπών της πιπεριάς.

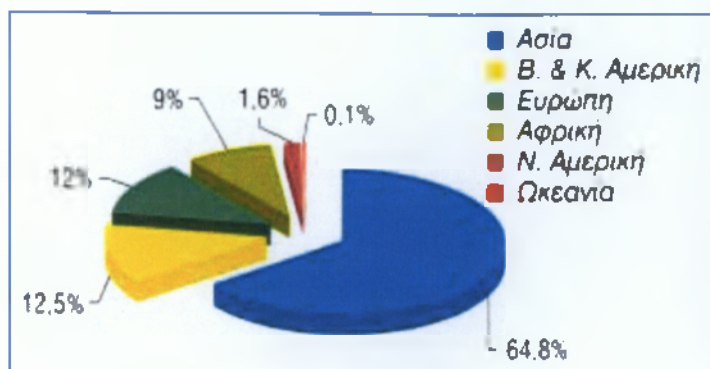
Τέλος, στην αύξηση αυτή συντελεί το γεγονός ότι κουζίνες όπως αυτές της Ταϊλάνδης και του Μεξικού με μεγάλη ποικιλία παραδοσιακών πιάτων που περιέχουν διάφορα είδη πιπεριάς, κατέχουν πλέον περίοπτη θέση στον παγκόσμιο γαστρονομικό χάρτη.

1.4.1. Η καλλιέργεια της πιπεριάς παγκοσμίως

Σε παγκόσμια κλίμακα η καλλιέργεια της πιπεριάς για την περίοδο 2003-2004 κυριαρχεί στην Ασία, (σχήμα 1.1, πίνακας 1.1), με πρώτη την Κίνα. Στον πίνακα 1.1 παρουσιάζονται οι καλλιεργούμενες εκτάσεις, η παγκόσμια παραγωγή και η μέση απόδοση της καλλιέργειας για την ίδια χρονική περίοδο.

Η παγκόσμια παραγωγή της πιπεριάς έφθασε στους 24.027.000 τόνους και προήλθε από έκταση 16.556.000 στρέμματα. Το 50 % της παγκόσμιας παραγωγής προήλθε από την Κίνα και ήταν 12.028.000 τόνοι. Σημαντική είναι η παραγωγή από το Μεξικό και την Τουρκία.

Από τα κράτη μέλη της ευρωπαϊκής ένωσης ξεχωρίζει η Ισπανία με έκταση 218.000 στρέμματα και παραγωγή 1.006.000 τόνους. Όσον αφορά στις υπόλοιπες χώρες της Ε.Ε, αυτές εμφανίζουν χαμηλή παραγωγή αλλά με υψηλές αποδόσεις. (Ανώνυμος, 2005, Αθανασιάδης, 2008).



Σχήμα 1.1. Ποσοστό (%) συμμετοχής των ηπείρων στην παγκόσμια παραγωγή της πιπεριάς για την καλλιεργητική περίοδο 2003-2004. (Ανώνυμος, 2005)

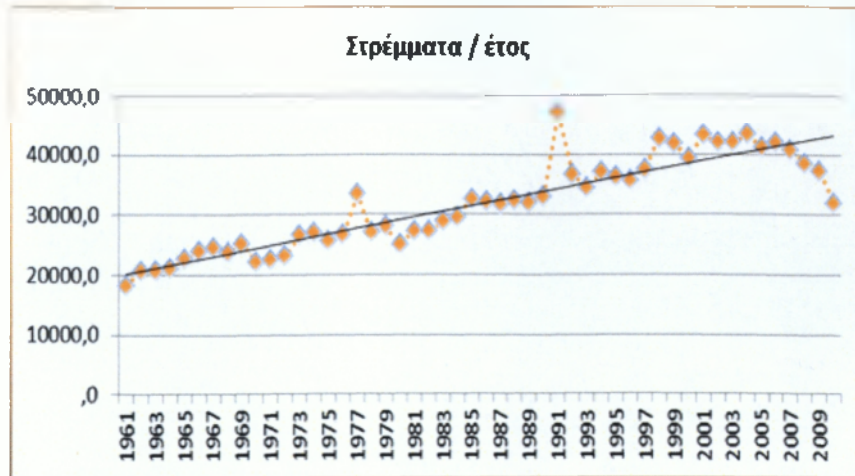
Πίνακας 1.1. Παγκόσμια παραγωγή νοπής κόκκινης και πράσινης πιπεριάς για τα έτη 2003-2004.

	Παραγωγή (χιλ. τόνοι)	Καλλιεργ. Έκταση (χιλ. στρ.)	Μ. απόδοση (τόν/στρ)
Σύνολο	24.027	16.556	1,451
Κατά Ήπειρο			
Ασία	15.578	10.023	1,554
Β. και Κ. Αμερική	3.013	2.002	1,505
Ευρώπη	2.887	1.426	2,024
Αφρική	2.104	2.772	0,759
Ν. Αμερική	398	305	1,305
Ωκεανία	47	28	1,666
Κυριότερες χώρες παραγωγής			
Κίνα	12.028	6.025	1,996
Ε.Ε. (25)	2.009	495	4,059
Μεξικό	1.853	1.407	1,317
Τουρκία	1.790	880	2,034
Ισπανία	1.006	218	4,615
Η.Π.Α.	978	344	2,842
Νιγηρία	720	910	0,801
Ινδονησία	629	1.545	0,407
Αίγυπτος	390	260	1,500
Ιταλία	362	141	2,578
Ν. Κορέα	340	650	0,523

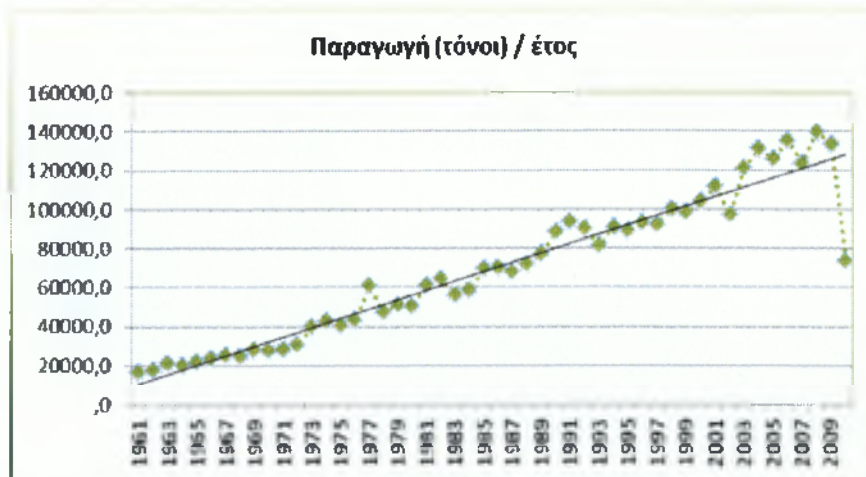
Πηγή: Πετρίδης, 2010, FAOStat, 2005

1.4.2. Η καλλιέργεια της πιπεριάς στην Ελλάδα

Η εξέλιξη της καλλιέργειας της πιπεριάς στην Ελλάδα κατά την περίοδο 1961-2003 παρουσιάζεται στα σχήματα 1.2, 1.3 και 1.4. Τόσο η καλλιεργούμενη έκταση και η παραγωγή όσο και η συνολική απόδοση πιπεριάς στη χώρα μας παρουσιάζει αυξητική τάση.

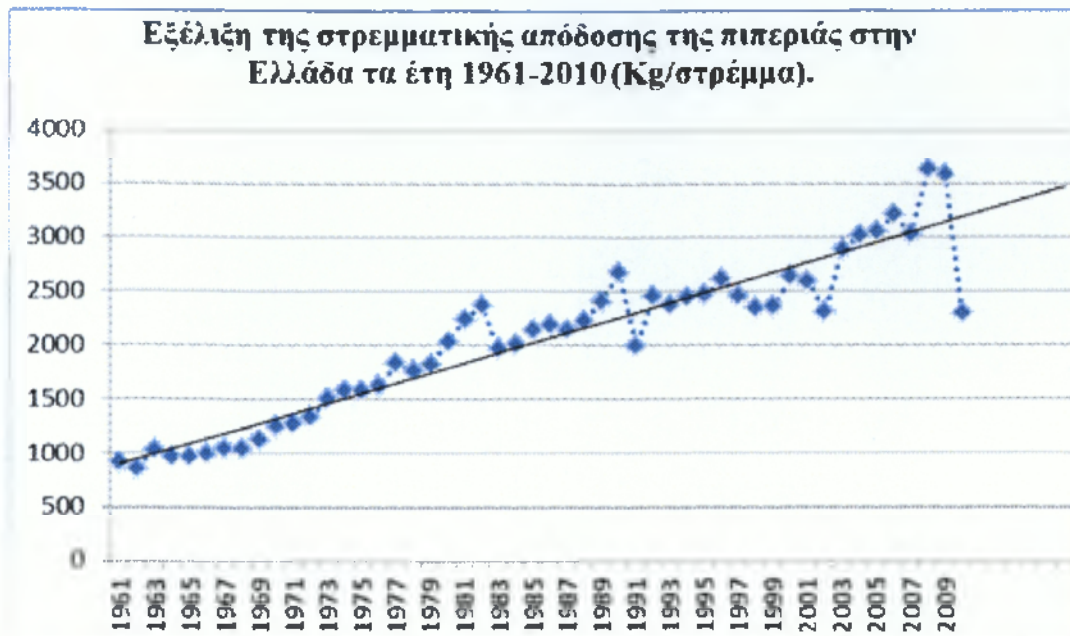


Σχήμα 1.2. Εξέλιξη της καλλιεργούμενης έκτασης πιπεριάς στην Ελλάδα. (Ετη 1961-2003), (Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, 2005).



Σχήμα 1.3. Εξέλιξη της παραγωγής πιπεριάς στην Ελλάδα. (Ετη 1961-2003), (Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, 2005).

Ως προς τις εξαγωγές πιπεριάς από τη χώρας μας, τις σημαντικότερες ποσότητες απορροφούν οι αγορές της Αλβανίας και της Γερμανίας. Πιο συγκεκριμένα, το 2008 η Αλβανία παρήγαγε 46.000 τόνους πιπεριάς ενώ εισήγαγε 1.093,7 καλύπτοντας έτσι τη συνολική ζήτηση των 47.693,7 τόνων. Το έτος 2009, το 67,4% της συνολικά εισαγόμενης ποσότητας εισήχθη από την Ελλάδα, και το 30,3% από την Τουρκία. Οι εισαγόμενες από την Ελλάδα ποσότητες μειώθηκαν το 2009 κατά 43% σε σχέση με το 2008, δηλαδή από 612,3 τόνους, σε 348,7 τόνους παρόλα αυτά μαζί με την Τουρκία κατέχουν το 97,7% των εισαγόμενων ποσοτήτων πιπεριάς προς την γειτόνα χώρα (Υπουργείο εξωτερικών, 2010).



Σχήμα 1.4. Εξέλιξη της στρεμματικής απόδοσης της πιπεριάς στην Ελλάδα (1961-2010), (Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, 2011).

Από τα σημαντικότερα λαχανικά που εξάγει η Ελλάδα στη Γερμανία είναι και οι νωπές πιπεριές (πίνακας 1.2), ενώ σημαντική είναι και η εξαγωγή διαφόρων παρασκευασμάτων πιπεριάς (πίνακας 1.3) και ιδίως τουρσί σε κονσέρβα (πίνακας 1.4).

Το 2008 η χώρα μας βρισκόταν στην τέταρτη θέση στις εξαγωγές πιπεριάς στη Γερμανία, πίσω από την Ισπανία, το Μαρόκο και την Τουρκία (Ζγαντζούρης, 2009). Το 2009 στις εισαγωγές πιπεριάς κυριαρχούσαν κατά σειρά η Ισπανία, η Τουρκία και το Ισραήλ (Φραγκίστας, 2009). Το 2010 η χώρα μας βρισκόταν και πάλι στην τέταρτη θέση ως πηγή προέλευσης των εισαγωγών πιπεριών στη Γερμανία, πίσω από την Ισπανία, το Μαρόκο και την Τουρκία (Κουναλάκης, 2010). Άλλες ανταγωνίστριες χώρες είναι η Ιταλία, η Γαλλία, η Νότιος Αφρική και η Τυνησία (Ζγαντζούρης, 2009).

Πίνακας 1.2. Εξαγωγές φρούτων και λαχανικών στη Γερμανία από την Ελλάδα το 2008.

Είδος	Παραγωγή (τόνοι)	Αξία (1000 ευρώ)
Σταφύλια	34.274,0	51.650
Σπαράγγια	14.118,2	38.083
Βερίκοκα	9.881,8	16.191
Ροδάκινα	4.459,8	4.315
Φράουλες	3.106,1	3.255
Πορτοκάλια	28.807,8	15.586
Αγγούρια	15.428,8	13.923
Νεκταρίνια	5.126,2	9.732
Καρπούζια	16.991,3	6.033
Πιπεριές	2.529,7	4.966
Ακτινίδια	3.534,5	3.181
Κλημεντίνες	3.151,8	2.374
Ντομάτες	385,3	227
Κεράσια	325,4	62

Πηγή: Κουναλάκης, 2010.

Πίνακας 1.3. Ελληνικές εξαγωγές παρασκευασμάτων πιπεριάς στη Γερμανία κατά τα έτη 2007- 2010

Έτος	2007		2008		2009		2010	
	Ποσότητα (kg)	Αξία (€)	Ποσότητα (kg)	Αξία (€)	Ποσότητα (kg)	Αξία (€)	Ποσότητα (kg)	Αξία (€)
Bell Peppers	1.418.071	1.269.518	1.014.090	1.268.142	1.167.239	1.287.284	1.087.726	1.223.256
Λοιποί καρποί (εκτός του γένους Capsicum)	7.468.264	11.370.368	7.010.170	12.896.983	8.016.110	15.114.778	9.143.960	17.602.071

Πηγή: Ντύσσελντορφ, 2011.

Πίνακας 1.4. Εξαγωγές κονσερβών τουρσί (Πιπεριές κ.ά.)στη Γερμανία κατά τα έτη 2002-2010

Έτος	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010 (έως Ιούλιο)
Ποσότητα (τόνοι)	3.471	3.959	4.663	5.360	5.865	4.371	3.361	3.118	2.479

Πηγή: Statistisches Bundesamt, 2009.

1.5.ΘΡΕΠΤΙΚΗ ΑΞΙΑ

Οι κόκκινες πιπεριές είναι εξαιρετική πηγή βιταμίνης C, A και B6. Επιπλέον, περιέχουν β-καροτίνη, λυκοπένιο, λουτεΐνη και ζεαξανθίνη. Οι πράσινες πιπεριές είναι πολύ καλή πηγή φολικού οξέος και βιταμίνης K. Η σύσταση της παρουσιάζεται αναλυτικά στον πίνακα 1.5.

Πίνακας 1.5. Θρεπτική αξία της ακατέργαστης, γλυκιάς, πράσινης πιπεριάς (bell pepper).

Θρεπτικά συστατικά	Μονάδα μέτρησης	Αξία ανά 100 g
Νερό	g	93.89
Ενέργεια	kcal	20
Πρωτεΐνες	g	0,6
Σύνολο λιπιδίων(λίπος)	g	0,17
Υδατάνθρακες	g	4,64
Σάκχαρα	g	2,40
Μεταλλικά στοιχεία		
Ασβέστιο (Ca)	mg	10
Σίδηρος (Fe)	mg	0,34
Μαγνήσιο, Mg	mg	10
Φώσφορος (P)	mg	20
Κάλιο (K)	mg	175
Νάτριο (Na)	mg	3
Ψευδάργυρος (Zn)	mg	0,13
Βιταμίνες		
Βιταμίνη C (ασκορβικό οξύ)	mg	80,4
θειαμίνη	mg	0,057
Ριβοφλαβίνη	mg	0,028
Νιασίνη	mg	0,480
Βιταμίνη B6	mg	0,224
Φυλλικό οξύ	mcg DFE	10
Βιταμίνη B12	µg	0
Βιταμίνη A (RAE)	mcg RAE	18
Βιταμίνη A (IU)	IU	370
Βιταμ. E (α-τοκοφερόλη)	mg	0,37
Βιταμίνη D	IU	0
Βιταμίνη K(φυλλοκινόνη)	µg	7,4
Λιπίδια		
Κορεσμένα λιπαρά οξέα	g	0,058
Μονοακόρεστα λιπαρά οξέα	g	0,008
Πολυακόρεστα λιπαρά οξέα	g	0,062
Χοληστερίνη	mg	0

Πηγή : USDA, 2012

1.6. ΚΥΡΙΟΤΕΡΟΙ ΕΜΠΟΡΙΚΟΙ ΤΥΠΟΙ ΚΑΙ ΠΟΙΚΙΛΙΕΣ ΠΟΥ ΚΑΛΛΙΕΡΓΟΥΝΤΑΙ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Οι κυριότεροι εμπορικοί τύποι που καλλιεργούνται στην Ελλάδα είναι οι φλάσκες (εικόνα 1), οι μακριές πιπεριές (κέρατο) (εικόνα 2), οι καυτερές πιπεριές και οι βιομηχανικές πιπεριές.

I. ΦΛΑΣΚΕΣ. Οι καρποί τους είναι πράσινοι, κίτρινοι, πορτοκαλί ή κόκκινοι. Καλλιεργούνται κυρίως στη Βόρεια Ελλάδα, στη Θεσσαλία και στην Κρήτη.

Οι κυριότεροι εκπρόσωποι του τύπου αυτού είναι:

- **California Wonder**. Η πλέον καλλιεργούμενη στην Ελλάδα με τρίλοβους ή τετράλοβους καρπούς, μεγάλου μεγέθους, βάρους 200 g, σκούρου πράσινου χρώματος και σάρκα πάχους 4 mm. Οι καρποί είναι κατάλληλοι για βιομηχανική χρήση ωστόσο καταναλώνονται κυρίως νωποί (New Farm., 2012).
- **Πιπεριά “Π-14” (Μακεδονίας)**. Δημιουργήθηκε με μαζική και ατομική επιλογή, με κριτήρια ποσοτικά και ποιοτικά, από εγχώριο γενετικό υλικό. Η ποικιλία είναι μεσοπρώιμη, παραγωγική, ο καρπός έχει μήκος 9–10 cm και διάμετρο 6-7 cm, είναι γλυκός και εξαιρετικά αρωματικός. Ο καρπός είναι 3χωρος ή 4χωρος και λεπτόσαρκος (3 έως 3,5 mm), μέσου βάρους 65-75 g, κίτρινου χρώματος κατάλληλος για γέμισμα (Τσιβελίκας και Μπλέτσος, 2011).

II. ΜΑΚΡΙΕΣ ΠΙΠΕΡΙΕΣ.

- **Τύπου κέρατο**. Οι καρποί είναι μακρόστενοι, λείοι, κιτρινοπράσινοι, έχουν μέσο βάρος 35-45 g και πάχος σάρκας 3-3,5 mm. Καλλιεργούνται κυρίως σε θερμοκήπια στην Ιεράπετρα και την Ημαθία. Κύριος εκπρόσωπος είναι η ποικιλία «Π-13». Η ποικιλία αυτή είναι μεσοπρώιμη, παραγωγική, έχει γλυκούς επιμήκεις καρπούς μήκους 15-17 cm και διαμέτρου 3-3,5 cm, με ανοιχτό κίτρινο χρώμα, κατάλληλους για τηγάνισμα (Τσιβελίκας και Μπλέτσος, 2011).
- **Τύπου Φλωρίνης**. Οι καρποί είναι παχύσαρκοι (3,5-4,5 mm), σκουροπράσινοι στην αρχή και κόκκινοι στην ωρίμαση, πεπλατυσμένοι, επιμήκεις (12-15 cm μήκος και διάμετρος 4-5 cm), κατάλληλοι για σαλάτα, κατάψυξη ή κονσερβοποίηση, με μέσο βάρος

45 g και γλυκιά σάρκα. Κυρίως κυκλοφορεί σε μεταποιημένη μορφή. Τέλος χρησιμοποιείται για την παρασκευή γλυκιάς πάπρικας. (Τσιβελίκας και Μπλέτσος, 2011). Ο κυριότερος εκπρόσωπος του τύπου αυτού είναι η ποικιλία «Πλατίκα Φλωρίνης» η ποικιλία αυτή δημιουργήθηκε με γενεαλογική επιλογή σε εγχώριους πληθυσμούς προέλευσης Κεφαλαρίου Δράμας και Χρυσούπολης Καβάλας, με βάση το ατομικό φυτό για υψηλή και σταθερή παραγωγή. Οι καρποί είναι σκουροπράσινοι στην αρχή ενώ ωριμάζοντας παίρνουν βαθύ κόκκινο χρώμα, οπότε και συγκομίζονται. Οι καρποί έχουν μέσο βάρος 70 g, είναι κατά κανόνα δίλοβοι, πεπλατυσμένοι με μήκος 14-17 cm και διατομή 5-6 cm (Τσιβελίκας - Μπλέτσος, 2011, Αθανασιάδης, 2008).

III. ΚΑΥΤΕΡΕΣ ΠΙΠΕΡΙΕΣ

- **“Καυτερή Ιεράπετρας”**: Οι καρποί είναι επιμήκεις. Η ποικιλία είναι πρώιμη και δίνει κιτρινοπράσινους καρπούς μέσου βάρους 20-30 g. Συνιστάται για υπαίθρια και θερμοκηπιακή καλλιέργεια σε όλη την Ελλάδα. (Τσιβελίκας και Μπλέτσος, 2011).

IV. ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΠΙΠΕΡΙΕΣ. Οι καρποί τους χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία τροφίμων. Οι κυριότερες ποικιλίες που καλλιεργούνται στην Ελλάδα είναι:

- **Μακεδονικό μυτερό**. Εγχώρια ποικιλία πολύ παραγωγική, μέτριας καυστικότητας, κατάλληλη για μεταποίηση (τουρσί). Ο καρπός είναι ανοιχτού πράσινου χρώματος με διαστάσεις 10x1,5 cm και με επιμήκη διατομή οξύληκτη. Το πάχος της σάρκας είναι 1,2 mm και το μέσο βάρος των καρπών 5 g. (New Farm, 2012).
- **Σταυρός Πελοποννήσου**. Δημιουργήθηκε με μαζική επιλογή σε εγχώριο γενετικό υλικό. Η ποικιλία είναι πρώιμη, ιδιαίτερα παραγωγική με ορθογώνιους καρπούς που χαρακτηρίζονται από μικρή συγκέντρωση καψαϊκίνης. Οι καρποί έχουν όλα τα επιθυμητά τεχνολογικά χαρακτηριστικά για βιομηχανική χρήση (Τσιβελίκας και Μπλέτσος, 2011).
- **Liebesapfel**. Πιπεριά όψιμη. Οι καρποί έχουν μεγάλο μέγεθος (10 cm διάμετρος) και σχήμα πεπλατυσμένο με πολλές πτυχώσεις στο άνω

μέρος. Το βάρος των καρπών είναι γύρω στα 180 g. Η σάρκα είναι παχιά (8-9 mm) και έχει χρώμα πολύ βαθύ κόκκινο (New Farm, 2012).

Τέλος θα πρέπει να αναφερθεί ότι υπάρχει πληθώρα ποικιλιών και υβριδίων που καλλιεργούνται στην Ελλάδα τα τελευταία χρόνια.



Εικόνα 1. Πιπεριά τύπου “φλάσκα” (e-agros.gr).



(α)



(β)



(γ)



(δ)

Εικόνα 2. Πιπεριές τύπου “κέρατο” (μακριές πιπεριές). α) φλωρίνης, β) Π13, γ) καρδούλα, δ) σταυρός Πελοποννήσου.

1.7. ΜΕΤΑΣΥΛΛΕΚΤΙΚΟΙ ΧΕΙΡΙΣΜΟΙ

Τα διάφορα στάδια από τη συγκομιδή μέχρι και την κατανάλωση των νωπών φρούτων και λαχανικών και ιδιαίτερα της πιπεριάς παρουσιάζονται παρακάτω:

1.7.1. Συγκομιδή

Η πιπεριά όπως και άλλα οπωροκηπευτικά προϊόντα είναι έτοιμη για κατανάλωση όταν αποκτήσει το τελικό της μέγεθος (βάρος, διάμετρος και μήκος) ακόμα κι αν δεν είναι πλήρως ώριμη. Το στάδιο ανάπτυξης που θα συγκομιστεί έχει πολύ μεγάλη σημασία για τη μετασυλλεκτική της συμπεριφορά, τη δυνατότητα

συντήρησης αλλά και την ποιότητα της. Για τη μεγιστοποίηση της χρονικής διάρκειας συντήρησης της πιπεριάς σημαντική λεπτομέρεια αποτελεί η συλλογή του καρπού μαζί με τον ποδίσκο ο οποίος τον προστατεύει από αφυδάτωση και εμποδίζει την είσοδο μικροβίων (Βασιλακάκης, 2006). Η συγκομιδή του καρπού γίνεται με το χέρι, με ψαλίδι ή με μαχαίρι. Κατά την ωρίμαση του καρπού η περιεκτικότητα του περικαρπίου σε σάκχαρα αυξάνεται και συντίθενται διάφορες χρωστικές ουσίες καθώς και η καψαϊκίνη στις καντερές ποικιλίες, στην οποία οφείλεται και η καυστικότητα τους (Ντόγρας, 2002).

Οι καρποί της πιπεριάς συγκομίζονται όταν αποκτήσουν το τελικό τους μέγεθος και το τυπικό χρώμα της καλλιεργούμενης ποικιλίας, δηλαδή πράσινο, πρασινοκίτρινο, κίτρινο, κόκκινο (ή σχεδόν λευκό για την *Capsicum chinense Jacquin* και την *Habanero* “White Bullet”, μοβ για την *Chile Piquin*, ακόμα και έντονο ιώδες για την *Pasilla Bajio* γνωστή και σαν «chile negro»).

Η ολοκλήρωση του χρωματισμού των καρπών από το στάδιο του “εμπορικά ώριμου” πράσινου διαρκεί περίπου έξι εβδομάδες, με αποτέλεσμα τη μείωση της συνολικής παραγωγής του φυτού λόγω της μεγαλύτερης παραμονής των καρπών πάνω σε αυτό. Σ’ αυτό το γεγονός οφείλεται ο καθορισμός υψηλότερης εμπορικής τιμής των καρπών λοιπών χρωμάτων πέραν του πράσινου (bioagro.gr).

Αξιόπιστο κριτήριο συγκομιδής είναι και η καρπική περίοδος (ημέρες από την άνθηση έως τη συγκομιδή), που για την πιπεριά είναι οι 30 έως 50 ημέρες (Βασιλακάκης, 2006).

1.7.2. Πρόψυξη

Ανεξάρτητα από τον τύπο της αποθηκευτικής εγκατάστασης που χρησιμοποιείται, είναι σημαντικό να αφαιρείται από τα προϊόντα η «θερμότητα αγρού» πριν από τη τοποθέτησή τους σε ένα χώρο αποθήκευσης. Η αφαίρεση της θερμότητας του αγρού μπορεί να επιτευχθεί με την προσωρινή τοποθέτηση των προϊόντων σε ένα σκιερό, δροσερό, καλά αεριζόμενο χώρο ή συνηθέστερα με τη χρήση τεχνικών ψύξης. Εάν δεν απομακρυνθεί η θερμότητα αγρού, αυτό μπορεί να οδηγήσει σε ταχεία αύξηση της θερμοκρασίας και συσσώρευση υψηλών συγκεντρώσεων διοξειδίου του άνθρακα, πιθανώς σε επιβλαβή επίπεδα, μόλις το προϊόν κλειστεί στον χώρο αποθήκευσης.

1.7.3. Προδιαλογή

Μικροί, τραυματισμένοι και υπερώριμοι καρποί πρέπει να απονεκρώνονται. Οι πολύ μικροί καρποί παρουσιάζουν ταχύτερη απώλεια νερού και προσβάλλονται εύκολα από παθογόνα κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης. Οι προσβεβλημένοι καρποί αλλοιώνονται με γρήγορο ρυθμό, αναπτύσσουν θερμότητα και αποτελούν πηγή μολύνσεων και για τους υγιείς. Οι υπερώριμοι καρποί παρουσιάζουν μειωμένη ανθεκτικότητα σε ασθένειες και περιορισμένες δυνατότητες αποθήκευσης. Μπορεί να παράγουν αιθυλένιο, που προκαλεί πρόωρη ωρίμανση και μαρασμό κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης.

1.7.4. Καθαρισμός

Όλες οι πέτρες, οι σβώλοι χώματος και τα υπολείμματα φυτών πρέπει να αφαιρούνται πριν από την αποθήκευση, ιδίως εάν οι καρποί πρόκειται να αποθηκευθεί χύδην. Οι πέτρες καταστρέφουν τα προϊόντα ενώ το χώμα και τα φυτικά υπολείμματα γίνονται συμπαγή και περιορίζουν τον αερισμό, οδηγώντας σε κατά τόπους αύξηση της θερμότητας, αλλά επίσης είναι πιθανόν να μεταφέρουν παθογόνους μικροοργανισμούς. Στα συστήματα ξηρής παράδοσης, όπως π.χ. στα εσπεριδοειδή, στα κρεμμύδια και στα σκόρδα, μεγάλο μέρος των υπολειμμάτων αφαιρούνται με το πέρασμα των προϊόντων από ένα δίσκο ταξινόμησης. Σε ορισμένες περιπτώσεις περαιτέρω καθαρισμός πραγματοποιείται με περιστρεφόμενες στεγνές βούρτσες.

1.7.5. Πλύσιμο

Το πλύσιμο των προϊόντων με νερό αποτελεί τη συνηθέστερη μέθοδο και καθώς πολλοί τύποι προϊόντων επιπλέον, το νερό αποτελεί ένα καλό σύστημα μεταφοράς. Ορισμένα ιδιαίτερα ευπαθή προϊόντα, ιδίως φρούτα, δεν θα πρέπει να εμβαπτίζονται καθώς ο κίνδυνος μόλυνσης μεταξύ των καρπών στη δεξαμενή πλύσης είναι υψηλός (υγιή προϊόντα μολύνονται από ασθενή προϊόντα με τη βοήθεια του νερού), επομένως είναι συχνά πιο ασφαλές τα προϊόντα να καθαρίζονται με ένα πανί όπως στην περίπτωση της μελιτζάνας και της πιπεριάς. Τα προϊόντα μπορούν να αφεθούν να στεγνώσουν φυσικά μετά το πλύσιμο ή να υποβληθούν σε τεχνητή ξήρανση με τη βοήθεια ανεμιστήρων. Σε ορισμένες περιπτώσεις ο αέρας μπορεί να είναι θερμός. Το νερό πλύσης πρέπει να αλλάζει ανά τακτά χρονικά διαστήματα προτού επιβαρυνθεί σε μεγάλο βαθμό από μύκητες και βακτηρίδια με αποτέλεσμα

την ευκολότερη διάδοση μολύνσεων. Σε ορισμένες περιπτώσεις, στο νερό πλύσης προστίθεται χλώριο ή κάποιο άλλο απολυμαντικό για τη μείωση των μικροοργανισμών.

1.7.6. Κήρωμα

Το κήρωμα της επιφάνειας των οπωροκηπευτικών προϊόντων αποτελεί μια μέθοδο επεξεργασίας που χρησιμοποιείται για ορισμένα προϊόντα, όπως τα εσπεριδοειδή, τα μήλα, τις πιπεριές και τα αγγούρια. Καθυστερεί τον ρυθμό απώλειας υγρασίας ενώ διατηρεί τη σπαργή και μπορεί να μεταβάλει την εσωτερική ατμόσφαιρα του προϊόντος. Εφαρμόζεται κυρίως λόγω του αισθητικού του αποτελέσματος, διότι προσδίδει στην επιδερμίδα πιο λαμπερή όψη και τα καθιστά πιο ελκυστικά. Ωστόσο, ενδέχεται να ορφανιστούν προβλήματα σε περίπτωση χρήσης μη καταχωρημένων/ελεγχμένων παρασκευασμάτων ή σε περίπτωση που η επιδερμίδα καταναλώνεται από ανθρώπους ή δίδεται ως τροφή σε ζώα.

1.7.7. Συσκευασία – Τυποποίηση

Γενικά οι καρποί ταξινομούνται με βάση το χρώμα και έπειτα με βάση το μέγεθος τους που καθορίζεται από τη μεγάλη διάμετρο της ισημερινής διατομής των καρπών (εικόνα 3α). Σε κάποιες περιπτώσεις η τυποποίηση μπορεί να γίνει με βάση το βάρος των καρπών ή την περιεκτικότητα σε ολικά διαλυτά στερεά συστατικά (brix), που αποτελεί χρήσιμη πληροφορία σε περίπτωση βιομηχανικής επεξεργασίας των καρπών (Βασιλακάκης, 2006).

Μόλις το 2011 η ιαπωνική εταιρεία Ishida κατασκεύασε ένα σύστημα που ταξινομεί τις πιπεριές ανάλογα με το είδος και βάρος τους (εικόνα 3β). Με τη χρήση ακτίνων X μετράει το πάχος μάζας της πιπεριάς και υπολογίζει το βάρος της σε γραμμάρια. Η δυναμική του συστήματος είναι 200-250 πιπεριές / min (Anonymus, 2012).

Μετά την τυποποίηση των καρπών ακολουθεί το στάδιο της συσκευασίας. Οι πιπεριές συσκευάζονται σε κιβώτια καλυμμένα με πλαστική σακούλα ή σε πλαστικές σακούλες οι οποίες έχουν πολλές σπές διαμέτρου 6 mm, ώστε να μην χάνουν υγρασία και να αερίζονται (Βασιλακάκης, 2006).

Η συσκευασία είναι απαραίτητη για την ασφαλή διακίνηση και εμπορία των προϊόντων γιατί παρέχει προστασία στη μηχανική καταπόνηση τους, συμβάλει στην

καλύτερη εμφάνιση και ταυτοποίηση τους, ενώ εξασφαλίζει οικονομία χώρου κατά τη μεταφορά τους.

Οι κλούβες και τα παλετοκιβώτια που χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά στο τυποποιητήριο αποτελούν την πρωτογενή συσκευασία. Σε επόμενο στάδιο, μετά την επεξεργασία στη μονάδα τα προϊόντα συσκευάζονται σε δύο επίπεδα. Το πρώτο αφορά στη συσκευασία με την οποία το προϊόν προσφέρεται στον καταναλωτή, ενώ το δεύτερο αφορά στη συσκευασία αποστολής όπου χρησιμοποιούνται κιβώτια ή τελάρα από χαρτί, ξύλο ή πλαστικό (Σφακιωτάκης, 1995).



Εικόνα 3. α) γραμμή συσκευασίας - τυποποίησης πιπεριάς (olympias.gr), β) αυτόματος x-ray ταξινομητής (Anonymus, 2012).

1.7.8. Συντήρηση

Η πιπεριά αποθηκεύεται σε ψυγεία στους 8-10°C και σε Σχετική Υγρασία 85–90% και συντηρείται εκεί για διάστημα 8-10 ημερών (Βασιλακάκης, 2006).

1.8. ΠΟΙΟΤΗΤΑ - ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ

Η ποιότητα στα νωπά φρούτα και λαχανικά, είναι ο συνδυασμός φυσικών χαρακτηριστικών και ιδιοτήτων που αναφέρονται στη βρωσιμότητα, στην εμφάνιση και γενικώς στη χρησιμότητα ενός προϊόντος, στο οποίο δίνουν θρεπτική αξία ικανοποιώντας ταυτόχρονα τον καταναλωτή (Σφακιωτάκης, 1995).

Η αξιολόγηση των προϊόντων με βάση τα κριτήρια ποιότητας (πίνακας 1.6) γίνεται από ειδικούς επιστήμονες κατά περίπτωση και ονομάζεται ποιοτικός έλεγχος.

Πίνακας 1.6. Κριτήρια και χαρακτηριστικά ποιότητας νοπών φρούτων και λαχανικών

Κριτήρια ποιότητας	Χαρακτηριστικά
Γενική εμφάνιση	Μέγεθος, διαστάσεις, όγκος
Σχήμα και μορφή	Σχέση διαμέτρου/μήκους
Χρώμα	Ομοιομορφία, ένταση
Φυσιολογικά ελαττώματα	Μορφολογικά, φυσικά, μηχανικά, παθολογικά, εντομολογικά
Φυσικά ανατομικά χαρακτηριστικά (δομή – υφή)	Σκληρότητα, τραγανότητα, αντοχή στη συμπίεση, περιεκτικότητα σε χυμό, συγκέντρωση σε άμυλο
Γεύση	Γλυκύτητα, οξύτητα, στυφότητα, πικράδα
Άρωμα	Ευχάριστο/δυσάρεστο
Θρεπτική αξία	Περιεκτικότητα σε Υδατάνθρακες, Πρωτεΐνες, Λιπίδια, Βιταμίνες, Ανόργανα μέταλλα και Φυτικές ίνες
Ασφάλεια	Βακτηριακές μολύνσεις, μυκοτοξίνες, υπολείμματα γεωργικών φαρμάκων, βαριά μέταλλα

Πηγή: Kader, 1992

1.8.1. Κατηγορίες Ποιότητας

Στην Ελλάδα τα χαρακτηριστικά που λαμβάνονται υπόψη κατά τη διαλογή και την τυποποίηση των καρπών πιπεριάς για εξαγωγή είναι αυτά που έχει θεσπίσει η Ε.Ε και ισχύουν σε όλα τα κράτη μέλη (MAFF, 1977). Αυτά είναι το χρώμα, το μέγεθος και η ποιότητα, βάσει των οποίων οι καρποί χωρίζονται σε δύο ποιοτικές κατηγορίες.

Το χρώμα αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα κριτήρια ποιοτικής αξιολόγησης της εμφάνισης αφού αποτελεί το κύριο χαρακτηριστικό της συνολικής οπτικής εμφάνισης των προϊόντων με το οποίο έρχεται σε επαφή ο καταναλωτής προκειμένου να λάβει την τελική, αρνητική ή θετική απόφαση, για την αγορά τους. Αποτελεί πάντοτε σημαντικό ποιοτικό κριτήριο αξιολόγησης του σταδίου ωριμότητας (ή γήρανσης) και της φρεσκάδας των νοπών φυτικών προϊόντων και χρησιμοποιείται για τη διαλογή πολλών προϊόντων σε εμπορική κλίμακα. Αρχικά το χρώμα του

καρπού της πιπεριάς είναι πράσινο ή πρασινωπό, όταν ο καρπός ωριμάσει χρωματίζεται ερυθρός, καστανέρυθρος, κίτρινος, κιτρινοπράσινος, πορτοκαλί ή ιώδης (Χατζής, 2007).

Το σχήμα του καρπού διαφέρει ανάλογα με τον γενότυπο από κωνικό ή επίμηκες ως σφαιροειδές. Συνήθως ο καρπός των καυτερών ποικιλιών αποτελείται από 2-3 καρπόφυλλα, ενώ των γλυκών τύπου καμπάνας, από 3-5 καρπόφυλλα (Ντόγρας, 2002)

Η γεύση στις γλυκές πιπεριές είναι ευχάριστη δροσιστική με πολύ ελαφρά καυστικότητα. Η καυστικότητα οφείλεται στην αλκαλοειδή καυστική ουσία την καψαϊκίνη ($C_{18}H_{27}NO_3$). Οι γλυκές πιπεριές έχουν το πιο ήπιο άρωμα και την πιο ελαφρά καυστικότητα από όλες τις πιπεριές (Ολύμπιος, 2001).

Οι δύο ποιοτικές κατηγορίες είναι:

A. Ποιοτική κατηγορία I

Οι πιπεριές για να καταταγούν στην κατηγορία αυτή πρέπει να είναι σφικτές, κανονικής ανάπτυξης (ως προς το μέγεθος), χρωματισμού ανάλογα με την ποικιλία, με ποδίσκο κομμένο, όχι λιγότερο από 1 cm από τον κάλυκα και χωρίς κηλίδες.

B. Ποιοτική κατηγορία II

Οι πιπεριές αυτές πρέπει να ανταποκρίνονται στα ορισθέντα ελάχιστα χαρακτηριστικά ποιότητας, μπορούν όμως να παρουσιάσουν τα παρακάτω ελαττώματα, που όμως δεν θα μειώνουν σοβαρά την εμφάνισή τους:

- ατέλειες σχήματος,
- κηλίδες (χρωματικές αλλοιώσεις) από την άμεση επαφή της σάρκας με την ηλιακή ακτινοβολία,
- τραύματα επιφάνειας μικρότερα του 1 cm και επιμήκη ελαττώματα μικρότερα από 2 cm,
- Ελαφρές ρωγμές ξερές και επιφανειακές, που το μήκος τους να μην υπερβαίνει τα 3 cm,
- να είναι λιγότερο σφικτές και όχι μαραμμένες και ο ποδίσκος να είναι κομμένος ή να έχει ελαττώματα (Ολύμπιος, 2001).

Όταν ο καρπός προορίζεται για την ντόπια αγορά τα κριτήρια διαλογής είναι λιγότερο αυστηρά και αρκεί ο καρπός να είναι καλοσχηματισμένος, ώριμος, ακέραιος, χωρίς κηλίδες ρωγμές ή σήψεις (Ολύμπιος, 2001).

1.9. ΧΡΩΜΑ

1.9.1. Γενικά

Το χρώμα του καρπού οφείλεται σε μίγμα καροτενοειδών, με κυριότερη ουσία την καψανθίνη ($C_{40}H_{58}O_3$) και σε μικρότερο βαθμό σε α και β καροτένια, ξανθοφύλλη, ζεαξανθίνη, κρυπτοξανθίνη (Hernandez-Smith, 1985, Minguez-Hornero, 1995). Η εναλλαγή των χρωμάτων αλλά και το τελικό χρώμα του καρπού εξαρτάται από το γενετικό υλικό του φυτού και το περιβάλλον. Το πράσινο χρώμα του καρπού οφείλεται κυρίως στην παρουσία της χλωροφύλλης που περιέχεται στους χλωροπλάστες (Deli *et al*, 2001, Conforti *et al.*, 2007).

Κατά την ωρίμαση ταυτόχρονα με τη διάσπαση των χλωροφυλλών, παρατηρείται και σύνθεση καροτενοειδών και οι χλωροπλάστες μετατρέπονται σε χρωμοπλάστες (Markus *et al.*, 1999). Το κόκκινο χρώμα οφείλεται στη σύνθεση κρυπτοξανθίνης, καψοβουρίνης και κυρίως καψανθίνης - καψορουμπίνης (capsanthin, capsorubin synthase), χρωστικές που συντίθενται αποκλειστικά στο φυτό της πιπεριάς (Minguez-Hornero, 1995) καθώς και στο λυκοπένιο (Minguez-Hornero 1995, Chang, 2009).

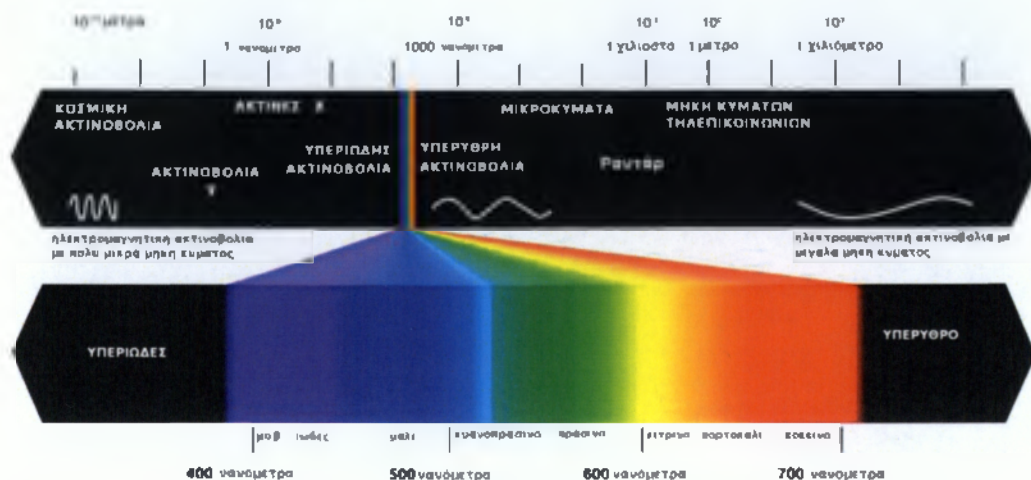
Τέλος, οι ξανθοφύλλες και πρωτίστως η ζεαξανθίνη, είναι χρωστικές υπεύθυνες για το κίτρινο χρώμα του καρπού και η αναλογία κίτρινων προς κόκκινων χρωστικών δίνει και το τελικό χρώμα στον καρπό (Hornero-Mendez *et al.*, 2000).

Το χρώμα είναι ένα μέγεθος της αίσθησης της όρασης. Στην πραγματικότητα δεν υφίσταται αλλά παράγεται μέσω του οφθαλμού από τον εγκέφαλο. Η ύπαρξη φωτός και πιο συγκεκριμένα η ύπαρξη ακτινοβολιών με μήκη κύματος από 400 έως 700 nm (φάσμα ορατού φωτός ή οπτικό φάσμα) είναι η βασική προϋπόθεση για την ύπαρξη χρώματος (σχήμα 1.5). Συνεπώς δε μπορούμε να μετρήσουμε το ίδιο, αλλά το αίτιο ενός χρώματος που είναι η εκλεκτική απορρόφηση του φωτός και η διάθλαση στο εσωτερικό του αντικειμένου, το οποίο παρατηρούμε, από τις περιεχόμενες σ' αυτό χρωστικές ενώσεις που γίνονται αντιληπτές από τα όργανα αντίληψης των χρωμάτων (Αργυρίου και Βαρέλλα, 2004).

Η χρωστική απορροφά ένα μέρος από το φως που προσπίπτει σ' αυτήν και το υπόλοιπο το εκπέμπει και πάλι, το φως που ανακλάται προκαλεί το χρωματικό ερέθισμα.

Το μήκος κύματος παράγεται από την ανακατανομή των ηλεκτρονίων στα άτομα και τα μόρια. Κάθε υποπεριοχή του ορατού φάσματος προκαλεί στον

παρατηρητή την αίσθηση κάποιου συγκεκριμένου χρώματος. Έτσι από 700 έως 630 nm έχουμε το ερυθρό, από 630 έως 590 το πορτοκαλί, από 590 έως 560 το κίτρινο, από 560 έως 480 το πράσινο, από 480 έως 440 το κυανό και από 440 έως 400 το ιώδες. (Αργυρίου και Βαρέλλα, 2004)



Σχήμα 1.5. Φάσμα ορατού φωτός (Anonymus, 2010)

1.9.2. Μετρήσιμες ιδιότητες των χρωμάτων

Οι ιδιότητες των χρωμάτων είναι η φωτεινότητα ή λαμπρότητα ο κορεσμός και η απόχρωση'

I. ΦΩΤΕΙΝΟΤΗΤΑ (Brightness ή Lightness L^*)

Φωτεινότητα ενός χρώματος είναι η σχέση του με το φως. Ένα κόκκινο π.χ. όταν δέχεται μεγάλη ποσότητα φωτός φαίνεται ανοιχτότερο, ενώ με μικρότερη ποσότητα σκουρότερο. Τα επίπεδα του γκρι αποτελούν την κλίμακα μέτρησης (Wkandinsky, 2011).

II. ΑΠΟΧΡΩΣΗ (hue angle)

Η απόχρωση εξαρτάται από το υπερέχον μήκος κύματος που εκλαμβάνει ο παρατηρητής ανάμεσα από ένα μείγμα από κύματα φωτός που προσπίπτουν στο αντικείμενο που παρατηρεί. Έτσι όταν λέμε ότι ένα αντικείμενο είναι κόκκινο αυτό που εκφράζουμε είναι η απόχρωση του και το υπερέχον μήκος κύματος σ' αυτήν την περίπτωση είναι από 700 έως 630 nm. (Αργυρίου και Βαρέλλα, 2004).

III. ΚΟΡΕΣΜΟΣ ή ΚΑΘΑΡΟΤΗΤΑ (saturation C*)

Ο κορεσμός αναφέρεται στη σχετική καθαρότητα της απόχρωσης, στην ελάτωση δηλαδή του λευκού φωτός που περιέχεται σε μια απόχρωση. Λέγοντας ότι μια απόχρωση έχει μεγάλο βαθμό κορεσμού εννοούμε ότι η απόχρωση αυτή είναι καθαρή. Τα χρώματα που γεννιούνται απ τη διάθλαση του λευκού φωτός είναι τα χρώματα με τη μεγαλύτερη φωτεινότητα (τα αποκαλούμενα πρωτογενή χρώματα) και έχουν πλήρη χρωματική καθαρότητα, δηλαδή μέγιστο κορεσμό. Επομένως, ο βαθμός κορεσμού είναι αντιστρόφως ανάλογος με την ποσότητα του λευκού φωτός που περιέχεται σε μια απόχρωση (Αργυρίου και Βαρέλλα, 2004)

1.9.3. Μέτρηση του χρώματος

Χρωματομετρία (colorimetry) είναι η επιστήμη που ασχολείται με τον ποσοτικό προσδιορισμό και τη φυσική περιγραφή της ανθρώπινης αντίληψης του χρώματος, εφαρμόστηκε πρώτη φορά το 1930 από τη Διεθνή Επιτροπή Φωτισμού CIE (COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE) στη διεξαγωγή πειραμάτων οπτικής. Τα χρωματομετρικά συστήματα της CIE είναι τα μόνα παγκοσμίως αποδεκτά για τη μέτρηση του χρώματος με συνέπεια όλα τα διεθνή πρότυπα να είναι βασισμένα σε αυτά που ορίζονται από αυτή.

Η προσπάθεια να προσδιοριστεί επακριβώς το χρώμα ξεκίνησε στις αρχές του 19^{ου} αιώνα με τη δημιουργία χρωματικών μοντέλων, χώρων δηλαδή που σε κάθε χρώμα αντιστοιχούν αριθμητικές συντεταγμένες. Τελικά, περίπου το 1930, η CIE εισαγάγει το χρωματικό μοντέλο RGB με βάση την αρχή των τριών διεγέρσεων του ανθρώπινου οφθαλμού στο κόκκινο, στο πράσινο και στο μπλε (Χατζής, 2007).

Για τον προσδιορισμό του χρώματος έχουν εφαρμοστεί διάφορα χρωματικά μοντέλα όπως το χρωματικό μοντέλο RGB, το χρωματικό μοντέλο HSV, το χρωματικό μοντέλο CIELab, και το χρωματικό μοντέλο CMY ή CMYK.

Το χρωματικό μοντέλο CIELab ή L*, a*, b* παρουσιάστηκε από την CIE το 1976. Πρόκειται για ένα ομοιόμορφο οπτικά χρωματικό χώρο (uniform color space) ο οποίος προσομοιάζει καλύτερα από όλα τα χρωματικά συστήματα ή μοντέλα στην ανθρώπινη αντίληψη των χρωματικών διαφορών. Το κάθε χρώμα περιγράφεται από 3 παράγοντες (L*, a* και b*).

Ο παράγοντας L* (Lightness) εκφράζει τη φωτεινότητα της εικόνας παίρνοντας τιμές από 0 (μαύρο) έως 100 (λευκό), ενώ οι παράγοντες a* και b* την

ακτινοβολίας (Photosynthetic Active Radiation) που απορροφάται από το φύλλο, το φωτοσυνθετικό ποσοστό και την παραγωγικότητα του φύλλου.

Τα καροτενοειδή συμμετέχουν στη πρόσληψη του φωτός (light harvesting) και σε άλλες σημαντικές φυσικές λειτουργίες, όπως την παρεμπόδιση, μέσω διάφορων μηχανισμών, των καταστροφών στα φύλλα του φυτού που προκαλούνται από τις υπερβολικές ροές της ορατής ακτινοβολίας (Πάντος, ,2004).

1.10.1. Δομή και ρόλος των χρωστικών

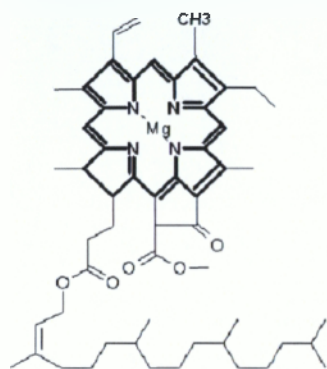
Στα βιολογικά συστήματα κάθε μόριο που απορροφά ενέργεια ακτινοβολίας στην ορατή περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος χαρακτηρίζεται ως χρωστική. Απορρόφηση χαρακτηρίζεται κάθε αλληλεπίδραση που έχει ως αποτέλεσμα τη μεταφορά ενέργειας από τη δέσμη της ακτινοβολίας στην ύλη. Κάθε χρωστική φέρει συγκεκριμένο χρώμα. η χλωροφύλλη πράσινο, τα καροτενοειδή πορτοκαλί ή κίτρινο, το κυανό, το ιώδες, ανάλογα σε ποια περιοχή απορροφούν και ποιο τμήμα του ορατού επιτρέπουν να διέλθει ή να ανακλαστεί μέσα από ένα διάλυμά τους (Heldt, 1997).

Όλοι οι χλωροπλάστες περιέχουν λιπόφιλα μόρια χρωστικών τα οποία είναι βυθισμένα στη διπλοστοιβάδα των λιπιδίων των θυλακοειδών και σχηματίζουν σύμπλοκα με πρωτεΐνες. Οι χρωστικές αυτές συμμετέχουν (είτε άμεσα απορροφώντας φωτόνια, είτε έμμεσα προστατεύοντας τη φωτοσυνθετική συσκευή) στη φωτοσυνθετική λειτουργία και για το λόγο αυτό ονομάζονται φωτοσυνθετικές χρωστικές. Από την άποψη τόσο της δομής, όσο και του ρόλου τους, οι φωτοσυνθετικές χρωστικές των ανώτερων φυτών κατατάσσονται σε δύο ομάδες, τις χλωροφύλλες και τα καροτενοειδή (Heldt, 1997).

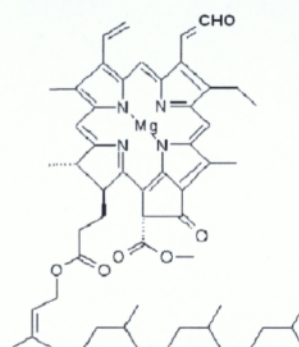
Οι χλωροφύλλες φέρουν χαρακτηριστικό πράσινο χρωματισμό στον οποίο οφείλουν το χρώμα τους οι χλωροπλάστες επομένως και τα φύλλα. Το μόριο της χλωροφύλλης αποτελείται από τέσσερις πυρολικούς δακτυλίους οι οποίοι συνδέονται μεταξύ τους με δεσμούς άνθρακα – άνθρακα σχηματίζοντας έναν πορφυρινικό δακτύλιο (Heldt, 1997) και αποτελούνται από άνθρακα, οξυγόνο, υδρογόνο και άζωτο, τοποθετημένα γύρω από ένα άτομο μαγνησίου (Αιβαλάκις κ.α., 2003). Η χλωροφύλλη είναι αδιάλυτη στο νερό αλλά διαλύεται σε οργανικούς διαλύτες όπως ακετόνη, αιθανόλη, μεθανόλη.

Από χημική άποψη η χλωροφύλλη ανήκει στις τετραπυρολικές ενώσεις. Διακρίνουμε 4 μορφές χλωροφύλλης, τις a, b, c, d. Πιο σημαντική είναι η χλωροφύλλη a, καθώς είναι η χρωστική που ευθύνεται για τις πρώτες αντιδράσεις της

φωτοσύνθεσης και για το έντονο πράσινο χρώμα. Η χλωροφύλλη b. ευθύνεται για το κιτρινοπράσινο χρώμα και δρα ως βοηθητικό μόριο στη φωτοσύνθεση. Η χλωροφύλλη b διαφέρει από την χλωροφύλλη a στο ότι έχει αλδεϋδική ομάδα (-CHO) αντί μεθυλίου (-CH₃) στο 3 άτομο άνθρακα (βλέπε συντακτικούς τύπους στο σχήμα 1.7 και 1.8). Είδη χλωροφυλλών συναντώνται και στα φωτοσυνθετικά βακτήρια. Η διάσπαση του μορίου των χλωροφυλλών παράγει φαιοφυκίνες και φαιοκαρβίδια.



Σχήμα 1.7..a- χλωροφύλλη (C₅₅H₇₂O₅N₄Mg).



Σχήμα 1.8. b-χλωροφύλλη (C₅₅H₇₀O₆N₄Mg).

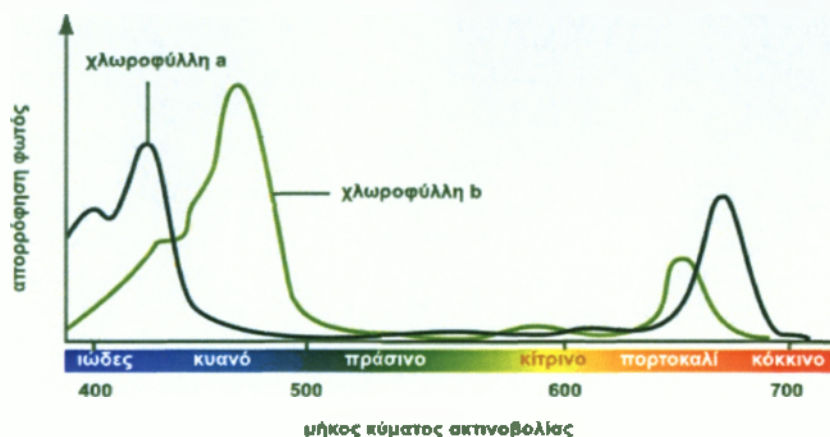
Ο πορφυρινικός δακτύλιος αποτελεί τη χρωμοφόρο ομάδα του μορίου, δηλαδή το τμήμα του μορίου που είναι υπεύθυνο για την απορρόφηση των φωτονίων. Ένα γενικό χαρακτηριστικό των χρωμοφόρων των βιολογικών μορίων είναι ότι περιλαμβάνουν ένα σχετικά υψηλό αριθμό συζευγμένων διπλών δεσμών. Μεταξύ των πυρολικών δακτυλίων III και IV σχηματίζεται ένας πέμπτος δακτύλιος κυκλοπεντανόνης. Τα άτομα αζώτου των πυρολικών δακτυλίων συγκρατούν στο κέντρο του πορφυρινικού δακτυλίου ένα άτομο μαγνησίου.

Ο πυρολικός δακτύλιος IV συνδέεται με ένα μόριο με λιπόφιλο χαρακτήρα, τη φυτόλη, η οποία αποτελεί την πλάγια αλυσίδα του μορίου της χλωροφύλλης. Με την απόσπαση του ατόμου του μαγνησίου από τον πορφυρινικό δακτύλιο προκύπτει το μόριο της φαιοφυτίνης (Heldt, 1997).

Στους χλωροπλάστες των ανώτερων φυτών απαντώνται δύο είδη χλωροφυλλών, η χλωροφύλλη a και η χλωροφύλλη b, οι οποίες διαφέρουν μεταξύ τους ως προς τον υποκαταστάτη του πυρολικού δακτυλίου II (Αιβαλάκις, κ.α., 2003).

Τα φάσματα απορρόφησης των χλωροφυλλών παρουσιάζουν μέγιστα στην μπλε και κόκκινη περιοχή του ορατού φάσματος (Lawlor, 2001). Η χλωροφύλλη ενεργοποιείται κυρίως από την ιώδη, την κυανή και την ερυθρή ακτινοβολία, αντανακλά όμως το πράσινο φως (σχήμα 1.9). Υπάρχουν δύο εξειδικευμένες μορφές χλωροφύλλης a, οι οποίες ονομάζονται P₆₈₀ και P₇₀₀. Το P είναι το αρχικό γράμμα της

λέξης pigment που σημαίνει χρωστική. Η P_{680} εμφανίζει ένα μέγιστο απορρόφησης στο κόκκινο χρώμα που αντιστοιχεί σε μήκος κύματος 680 nm. Η P_{700} εμφανίζει μέγιστο απορρόφησης ελαφρά μετατοπισμένο προς μεγαλύτερο μήκος κύματος που αντιστοιχεί σε 700 nm.



Σχήμα 1.9. Φάσμα απορρόφησης της χλωροφύλλης a και b

Τα διαλύματα της χλωροφύλλης φθορίζουν και δίνουν χαρακτηριστικό φάσμα απορρόφησης. Ο φθορισμός αυτός οφείλεται στην ικανότητά της να μετατρέπει τις ακτίνες μικρού μήκους κύματος (κυανές και ιώδεις) σε ακτίνες μεγαλύτερου μήκους κύματος (ερυθρές), που δε μετατρέπονται σε χημική ενέργεια, αλλά ανακλώνται. Επίσης τα διαλύματά της απορροφούν το κυανό και ερυθρό χρώμα του φάσματος του φωτός, ενώ αφήνουν το πράσινο να περάσει, πράγμα που εξηγεί το πράσινο χρώμα της.

Η σύνθεση της χλωροφύλλης γίνεται μόνο στο φως και απαιτεί ορισμένες προϋποθέσεις. π.χ. χρειάζεται σίδηρος που λειτουργεί ως καταλύτης, αν και δε συμμετέχει στο μόριό της, όπως επίσης μαγγάνιο, θείο και φώσφορος. Τέλος, ο ρυθμός σύνθεσης εξαρτάται από το είδος του φάσματος (διάχυτο ή έντονο), την παρουσία οξυγόνου, τη θερμοκρασία και το μήκος κύματος των ακτίνων που επιδρούν (Καραμπέτσος, 2001).

Η ομάδα των καροτενοειδών περιλαμβάνει τα καροτένια, με κύριους εκπροσώπους το α- και β- καροτένιο, και τις ξανθοφύλλες με εκπροσώπους τη λουτεΐνη, βιολοξανθίνη, ζεαξανθίνη κ.α. (Siefertmann-Harms, 1985, Bartley and Scolnik, 1995). Οι ξανθοφύλλες και κυρίως η ζεαξανθίνη, είναι χρωστικές υπεύθυνες για το κίτρινο χρώμα και η αναλογία κόκκινων προς κίτρινων χρωστικών δίνει το τελικό χρώμα (Homero-Mendez *et al.*, 2000).

Το μόριο των καρτενοειδών αποτελείται από μια ευθύγραμμη αλυσίδα 40 ατόμων άνθρακα στην οποία εναλλάσσονται μονοί και διπλοί δεσμοί χαρακτηρίζονται ως τετρατερπένια και ανήκουν στην ομάδα των τερπενίων (υδρογονάνθρακες των οποίων το μόριο προκύπτει με πολυμερισμό μονάδων ισοπεντανίου) (Siefermann-Harms, 1985, Bartley and Scolnik, 1995).

Συμμετέχουν στην συγκρότηση των φωτοσυλλεκτικών αντενών και προστατεύουν την φωτοσυλλεκτική συσκευή από την καταστροφή σε υψηλές εντάσεις ακτινοβολίας (Siefermann-Harms, 1985, Bartley and Scolnik, 1995).

Τα καροτινοειδή αποτελούν συνεργικό παράγοντα στη διαδικασία της φωτοσύνθεσης αφού δεσμεύουν ηλιακή ακτινοβολία. Τέλος, χαρακτηρίζονται ως αντιοξειδωτικά στοιχεία αφού είναι απαραίτητα για την απορρόφηση της βιταμίνης A (Lewinsohn *et al.*, 2005).

Το **λυκοπίνιο** ή (**λυκοπένιο**) προσδίδει κόκκινο χρωματισμό σε φρούτα και άνθη σε συγκεντρώσεις 30-100 mg/g νωπού βάρους. Η συγκέντρωση του εξαρτάται από το βαθμό ωρίμασης των καρπών σε συνδυασμό με τη συγκέντρωση αιθυλενίου (Lewinsohn *et al.*, 2005). Έτσι το λυκοπίνιο αυξάνεται σημαντικά, κατά την αύξηση του καρπού από το στάδιο «ώριμο πράσινο» μέχρι το «πλήρως κόκκινο» (Dumas *et al.*, 2003). Τέλος, φαίνεται να συμβάλλει στη βιοσύνθεση άλλων ουσιών, όπως καροτίνη, λυκοπίνες και ξανθοφύλλες (Lewinsohn *et al.*, 2005).

1.10.2. Ο ρόλος της φωτοσύνθεσης

Τα φυτά ως αυτότροφοι οργανισμοί έχουν τη δυνατότητα σύνθεσης οργανικών ενώσεων από πρόδρομα ανόργανα συστατικά (Αιβαλάκης, κ.α., 2003). Για αυτή τη διαδικασία απαιτείται εισροή ενέργειας η οποία παρέχεται από την ηλιακή ακτινοβολία με τη μορφή φωτονίων, τα οποία απορροφώνται από τη χλωροφύλλη (Hall and Rao, 1999). Η ενέργεια αποθηκεύεται με τη μορφή σταθερών χημικών ενώσεων (ATP, NADPH) ενώ παράλληλα διασπάται το μόριο του νερού και εκλύεται μοριακό οξυγόνο ως παραπροϊόν. Η αποθηκευμένη ενέργεια χρησιμοποιείται στη συνέχεια, για τη δέσμευση του διοξειδίου του άνθρακα της ατμόσφαιρας και το μετασχηματισμό του σε υδατάνθρακες. Η ακτινοβολία που αξιοποιείται στην παραπάνω διαδικασία ονομάζεται φωτοσυνθετικά ενεργός ακτινοβολία (Photosynthetically Active Radiation, PAR) και περιλαμβάνει μήκη κύματος μεταξύ 400 και 700 nm στην περιοχή του ορατού (Taiz and Zeiger, 1998).

Τα οργανικά μόρια που προκύπτουν από τη φωτοσυνθετική λειτουργία παρέχουν χημική ενέργεια και σκελετούς άνθρακα, τόσο στους ίδιους τους αυτότροφους οργανισμούς, οι οποίοι αποτελούν τους παραγωγούς όσο και στους υπόλοιπους οργανισμούς, στους καταναλωτές. Τα προϊόντα της φωτοσύνθεσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε ως δομικές μονάδες σε διάφορες αναβολικές αντιδράσεις είτε να παράσχουν μέρος της περιεχόμενης ενέργειάς τους για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του κυττάρου κατά την αναπνευστική λειτουργία, στην οποία ελευθερώνονται ως προϊόντα τα αρχικά υποστρώματα της φωτοσύνθεσης (διοξειδίο του άνθρακα και νερό) (Hall and Rao, 1999).

1.11. ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΚΧΥΛΙΣΗΣ ΤΗΣ ΧΛΩΡΟΦΥΛΛΗΣ

Οι χλωροφύλλες είναι οι χρωστικές που δίνουν στα φυτά το χαρακτηριστικό πράσινο χρώμα. Είναι αδιάλυτες στο νερό αλλά διαλύονται σε οργανικούς διαλύτες. Η χλωροφύλλη *a* είναι γαλαζοπράσινη και είναι παρούσα σε όλους τους αερόβιους φωτοσυνθετικούς οργανισμούς, αντίθετα η χλωροφύλλη *b* είναι κιτρινοπράσινη και εμπεριέχεται στα φύλλα των ανώτερων φυτών και στα πράσινα φύκη. Για τον καθορισμό της σύστασης τους στα φύλλα χρησιμοποιούνται κυρίως 2 μέθοδοι, η μέθοδος κατά Arnon (1949) και η μέθοδος του (DMSO) διμεθυλσουλφοξειδίου (Hiscox and Israelstam, 1979, Barnes *et al.*, 1992, Tait and Hik, 2003, Richardson *et al.*, 2002) αλλά και διάφορες παραλλαγές τους.

1.11.1. Χρήση ακετόνης – μεθανόλης

Η πλέον διαδεδομένη μέθοδος προσδιορισμού χλωροφύλλης στους φυτικούς ιστούς περιλαμβάνει εκχύλιση του φυτικού ιστού με οργανικούς διαλύτες και στη συνέχεια καθαρισμό του εκχυλίσματος με φυγοκέντρηση και φασματοφωτομετρικό προσδιορισμό των χρωστικών με τη χρήση πρότυπης καμπύλης.

Οι πιο διαδεδομένοι οργανικοί διαλύτες που χρησιμοποιούνται για εκχύλιση είναι η ακετόνη (80%), η αιθανόλη και η μεθανόλη. Η εκχύλιση περιλαμβάνει λειοτριβήση του φυτικού ιστού σε γουδί με τη βοήθεια άμμου σε χαμηλή θερμοκρασία και στο σκοτάδι.

Η μέθοδος της ακετόνης προτάθηκε από τον Arnon (Arnon, 1949) και κατά καιρούς έχουν προκύψει διάφορες παραλλαγές της μεθόδου.

Η μέθοδος της αιθανόλης παρουσιάζει ορισμένα πλεονεκτήματα καθώς η χλωροφύλλη σε αιθανολικό διάλυμα είναι λιγότερο ασταθής, ενώ η αιθανόλη εκχυλίζει ευκολότερα τη χλωροφύλλη από ολόκληρα τα κύτταρα ή άθικτο ιστό σε σχέση με την ακετόνη.

Η μεθανόλη χρησιμοποιείται με τον ίδιο τρόπο κατά τη λειοτρίβηση του φυτικού ιστού για την εκχύλιση των φωτοσυνθετικών χρωστικών.

1.11.2. Χρήση του διμεθυλοσουλφοξειδίου (DMSO)

Το DMSO είναι ένας διαλύτης με αμφιφιλικές ιδιότητες (Notman et al., 2006) που έχει χρησιμοποιηθεί επιτυχώς για την εξαγωγή των χλωροφυλλών από φύκη (Burnison, 1980, Shoaf and Lium, 1976), λειχήνες (Barnes *et al.*, 1992, Ronen and Galun, 1984) και φύλλα των ανώτερων φυτών (Hiscox and Israelstam, 1979, Barnes *et al.*, 1992, Tait and Hik, 2003, Richardson *et al.*, 2002).

Η μέθοδος είναι απλή και βασίζεται στην εμφύσηση δίσκων φύλλων σε συγκεκριμένη ποσότητα DMSO και επώαση σε θερμοκρασία 60-65°C. Μετά την επώαση ο διαλύτης αποστραγγίζεται και μετράται η απορρόφηση σε κατάλληλα μήκη κύματος στα οποία απορροφούν οι φωτοσυνθετικές χρωστικές.

Πλεονεκτεί σε σχέση με άλλες μεθόδους (μεθανόλη, ακετόνη, αιθανόλη) στο γεγονός ότι η εξαγωγή χλωροφυλλών είναι εύκολη και γρήγορη καθώς δεν απαιτείται λειοτρίβηση και φυγοκέντρηση (Devesa R. *et al.*, 2007). Για αυτό τον λόγο είναι κατάλληλη για εφαρμογή ακόμη και σε συνθήκες πεδίου (Tait and Hik, 2003) και επιτρέπει την προετοιμασία και ανάλυση μεγάλου αριθμού δειγμάτων σε μικρό χρονικό διάστημα. Επιπλέον η σταθερότητα της εκχυλιζόμενης χλωροφύλλης από το DMSO κατά την αποθήκευση είναι καλύτερη εκείνης της μεθόδου της ακετόνης (Hiscox and Israelstam, 1979, Barnes *et al.*, 1992). Το μειονέκτημα που εμφανίζει είναι ότι η εκχύλιση των χρωστικών βασίζεται στη διάχυση του DMSO εντός των φωτοσυνθετικών ιστών, καθώς δε μπορεί να γίνει μηχανική διάσπαση κυττάρων. Επομένως, ο χρόνος επώασης δεν είναι σταθερός αλλά εξαρτάται από τα ιδιαίτερα ανατομικά και μορφολογικά χαρακτηριστικά των φύλλων του κάθε φυτικού είδους (Hiscox and Israelstam, 1979, Barnes *et al.*, 1992). Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι τα δείγματα επάζονται στο DMSO έως ότου αποχρωματιστούν οι ιστοί. Σε ορισμένες περιπτώσεις, η πλήρης εκχύλιση χλωροφύλλης με DMSO απαιτεί πολλές ώρες επώασης (Shinano *et al.*, 1996).

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ: ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το χρώμα παίζει καθοριστικό ρόλο για την εμπορική αξία των φυτικών οργάνων και μαζί με την υφή προσδιορίζουν τη φρεσκάδα των περισσότερων λαχανικών. Το χρώμα χρησιμοποιείται σαν κριτήριο ωριμότητας ή γήρανσης καθώς και σαν δείκτης φυσιολογικών, μηχανικών ή παθολογικών βλαβών (Kader, 2002).

Η αντίληψη του χρώματος οφείλεται στην ύπαρξη χρωστικών. Τα φρούτα και λαχανικά είναι πλούσια σε χρωστικές και σ' αυτές οφείλεται η προσέλκυση των αγοραστών. Στα βιολογικά συστήματα κάθε μόριο που απορροφά ενέργεια ακτινοβολίας στην ορατή περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος χαρακτηρίζεται ως χρωστική. Οι φυτικές χρωστικές μπορούν να χωριστούν σε κατηγορίες ανάλογα με τη χημική τους σύσταση. Έτσι διακρίνουμε τη χλωροφύλλη, τα καροτενοειδή, τις ανθοκυάνες και τα φλαβονοειδή. Η χλωροφύλλη και τα καροτενοειδή είναι λιποδιαλυτές χρωστικές, ενώ οι ανθοκυάνες και τα φλαβονοειδή είναι υδατοδιαλυτές.

Κάθε χρωστική φέρει συγκεκριμένο χρώμα: η χλωροφύλλη είναι πράσινη, τα καροτενοειδή είναι κίτρινα, πορτοκαλιά και κόκκινα, οι ανθοκυάνες είναι κόκκινες και μπλε ενώ τα φλαβονοειδή κίτρινα, ανάλογα σε ποια περιοχή απορροφούν και ποιο τμήμα του ορατού φάσματος επιτρέπουν να διέλθει ή να ανακλαστεί μέσα από ένα διάλυμά τους.

Η χλωροφύλλη είναι η χρωστική της φωτοσύνθεσης και βρίσκεται σε όλα τα πράσινα φυτικά μέρη. Στους χλωροπλάστες των ανώτερων φυτών απαντώνται δύο είδη χλωροφυλλών, η χλωροφύλλη *a* (κυανοπράσινη) και η χλωροφύλλη *b* (κιτρινοπράσινη), οι οποίες διαφέρουν μεταξύ τους ως προς τον υποκαταστάτη του πυρολικού δακτυλίου Π (Αϊβαλάκис, κ.α., 2003). Η χλωροφύλλη *a* αποικοδομείται γρηγορότερα από τη χλωροφύλλη *b* η δε αναλογία τους στα φρούτα και λαχανικά είναι 3:1. Τα φάσματα απορρόφησης των χλωροφυλλών παρουσιάζουν μέγιστα στην μπλε και κόκκινη περιοχή του ορατού φάσματος (Lawlor, 2001).

Η αποικοδόμηση της χλωροφύλλης κατά την ωρίμαση, επεξεργασία ή κατά τη γήρανση των φυτικών ιστών έχει σαν αποτέλεσμα τη μεταβολή του χρώματος από ζωηρό πράσινο στο χαρακτηριστικό χρώμα της ποικιλίας κατά την ωρίμαση, σε ελαιώδες καστανό κατά την επεξεργασία ή κίτρινο, καφετί κατά τη γήρανση. Η διάσπαση της χλωροφύλλης γίνεται από το ένζυμο χλωροφυλλάση, που διασπά τη χλωροφύλλη σε φυτόλη και πορφυρίνη και δεν προκαλεί αλλαγή στο χρώμα. Η χλωροφύλλη σε όξινο περιβάλλον μπορεί να χάσει το μαγνήσιο της πορφυρίνης και

να μετατραπεί σε φαιοφυτίνη οπότε έχουμε αλλαγή του χρώματος. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την αποικοδόμηση της χλωροφύλλης είναι το φως, η θερμοκρασία και η υγρασία (Yang *et al.*, 2009).

Ο έλεγχος της θερμοκρασίας είναι ένας από τους σημαντικότερους χειρισμούς για την αύξηση του χρόνου της εμπορικής ζωής και τη διατήρηση της ποιότητας των λαχανικών. Οι Cantwell *et al* (1998), αναφέρουν ότι η θερμοκρασία είναι από τους κυριότερους παράγοντες που προσδιορίζουν τη μετασυλλεκτική ποιότητα των πράσινων λαχανικών. Θα πρέπει να τονιστεί ότι όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία συντήρησης τόσο γρηγορότερη είναι η φθορά και τόσο βραχύτερη η διάρκεια της εμπορικής ζωής. Η χαμηλή θερμοκρασία (στα όρια ανοχής) και η υψηλή σχετική υγρασία αυξάνουν την εμπορική ζωή των περισσότερων φρέσκων λαχανικών (Cantwell and Kasmire, 2002) καθυστερώντας την αποικοδόμηση της χλωροφύλλης (Pogson and Morris, 1997).

Η μείωση της έντασης του πράσινου χρώματος στα λαχανικά συνδέεται με τη γήρανση, τη μείωση της θρεπτικής αξίας και γενικά της ποιότητάς τους (Cantwell and Kasmire, 2002). Το αρχικό στάδιο της αποικοδόμησης της χλωροφύλλης επηρεάζεται από εξωτερικούς παράγοντες όπως: η υδατική καταπόνηση (stress), τις μεταβολές της θερμοκρασίας, το φως, το αιθυλένιο ή το συνδυασμό αυτών (Heaton and Marangoni, 1996).

Στην περίπτωση της πιπεριάς οι Minguez-Mosquera and Méndoz (1994) αναφέρουν ότι μετά τη συγκομιδή παρατηρήθηκε καροτενογέννεση που επηρεάστηκε από το φως και τη θερμοκρασία. Έτσι οι ώριμοι καρποί είναι πλούσιοι σε καροτενοειδή γεγονός που επηρεάζει το χρώμα τους.

Η πιπεριά είναι ένας τροπικός καρπός προερχόμενος από τη Νότια και Κεντρική Αμερική, που διαδόθηκε στην Ευρώπη, Αφρική και Ασία (Reuter, 1950). Είναι από τα πιο γνωστά αρτύματα, χρησιμοποιείται δε διεθνώς λόγω της χαρακτηριστικής πικάντικης γεύσης της και του χαρακτηριστικού της αρώματος. Είναι μια πλούσια πηγή βιταμίνης Α και C, αντιοξειδωτικών, ζεαξανθίνης, συστατικών που παίζουν σημαντικό ρόλο στη διατροφή του ανθρώπου (Raffo *et al.*, 2008).

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι να μελετηθεί η επίδραση της θερμοκρασίας συντήρησης στην ποιότητα και συγκεκριμένα στη μεταβολή του χρώματος πράσινης πιπεριάς. Η μεταβολή του χρώματος θα αποδοθεί με τη μεταβολή του χρώματος αλλά και τη μεταβολή της χρωστικής που είναι υπεύθυνη γι αυτό, της χλωροφύλλης.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1. ΠΡΩΤΗ ΥΛΗ

Πιπεριές ποικιλίας California Wonder συγκομίστηκαν στο στάδιο της εμπορικής ωριμότητας από ένα κτήμα στο Πλατύ Μεσσηνίας. Αμέσως μετά τη συγκομιδή οι καρποί μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο Μετασυλλεκτικών /Μετασυκομιστικών Χειρισμών του ΤΕΙ- Πελοποννήσου, όπου υπέστησαν διαλογή ως προς το μέγεθος και το χρώμα. Στη συνέχεια οι καρποί χωρίστηκαν σε 3 ομάδες κάθε μία των οποίων συντηρήθηκε σε διαφορετική θερμοκρασία.

2.2. ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

Οι πιπεριές συντηρούνται για χρονικό διάστημα 8–10 ημερών σε θερμοκρασίες κυμαινόμενες μεταξύ 7 και 13°C (Paul, 1990) ανάλογα με την ποικιλία και το στάδιο ωριμότητας. Πιπεριές που συγκομίστηκαν στο πράσινο στάδιο ωριμότητας είναι ευαίσθητες σε θερμοκρασίες χαμηλότερες των 6°C και αναπτύσσουν βλάβες ψύχους. Ο καλλίτερος τρόπος για τη διατήρηση της ποιότητας των φρέσκων λαχανικών είναι η άμεση χρήση των ενδεικνυόμενων θερμοκρασιών και η διατήρησή τους σε αυτή καθόλη τη διάρκεια της συντήρησης (Brecht et al., 2003).

Στο πείραμα οι πιπεριές συντηρήθηκαν στο σκοτάδι στους 5 (θερμοκρασία ελαφρώς χαμηλότερη της ελάχιστης ενδεικνυόμενης), 10 και 20°C και σχετική υγρασία 90%. Η διάρκεια συντήρησης ήταν 25 ημέρες.

2.3. ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΟΥ ΜΕΛΕΤΗΘΗΚΑΝ

Οι παράμετροι που μελετήθηκαν ήταν η μεταβολή του χρώματος και η μεταβολή της περιεκτικότητας σε χλωροφύλλη εφόσον αυτή προσδιορίζει το χρώμα του καρπού στα πρώτα στάδια της ωριμότητας.

Οι μετρήσεις έγιναν την 0, 3^η, 6^η, 10^η, 13^η, 17^η, 20^η και 25^η ημέρα. Οι μετρήσεις του χρώματος έγιναν σε 10 σταθερούς καρπούς σε δύο εκ διαμέτρου αντίθετα σημεία. Ο προσδιορισμός της χλωροφύλλης έγινε σε 6 δείγματα / θερμοκρασία

2.3.1. Προσδιορισμός του χρώματος

Οι αλλαγές του χρώματος των καρπών της πιπεριάς προσδιορίστηκαν με χρωματόμετρο Minolta (Model CR-300, Minolta Co Ltd Osaka). Πριν από κάθε μέτρηση το όργανο ρυθμιζόταν με λευκή πλάκα βαθμονόμησης ($Y = 92,6$, $X = 0,3135$ και $y = 0,3193$). Το χρώμα αποδόθηκε από τις παραμέτρους L^* , a^* , b^* . Η παράμετρος L^* αποδίδει τη φωτεινότητα και μεταβάλλεται μεταξύ 0 (μαύρο) και 100 (λευκό). Η χρωματική παράμετρος a^* δίνει το πράσινο ($-a^*$) ή το κόκκινο χρώμα ($+a^*$), ενώ η χρωματική παράμετρος b^* αποδίδει το κίτρινο ($+b^*$) ή το μπλε ($-b^*$) (Mc Guire, 1992).

Από τις παραμέτρους L^* , a^* και b^* υπολογίστηκαν η χροιά h° [$h^\circ = \tan^{-1}(b/a)$] (Lancaster *et al.*, 1997), ο λόγος a^*/b^* και η ολική διαφορά του χρώματος $\Delta E = [(L-L_0)^2 + (a-a_0)^2 + (b-b_0)^2]^{1/2}$ όπου L_0 , a_0 , b_0 είναι οι αρχικές τιμές. Η ολική διαφορά του χρώματος είναι ένας συνδυασμός των παραμέτρων L^* , a^* , b^* και χρησιμοποιείται ευρέως για να εκφράσει τη μεταβολή του χρώματος των φυτικών οργάνων κατά τη συντήρηση ή την επεξεργασία.

2.3.2. Προσδιορισμός της χλωροφύλλης

Η χλωροφύλλη είναι αδιάλυτη στο νερό αλλά διαλυτή σε οργανικούς διαλύτες. Για τον προσδιορισμό της χλωροφύλλης χρησιμοποιήθηκαν δύο μέθοδοι: η κλασσική μέθοδος του Arnon (1949) και η μέθοδος του διμεθυλσουλφοξειδίου (DMSO) (Hiscox and Israelstam, 1979, Barnes *et al.*, 1992, Tait and Hik, 2003, Richardson *et al.*, 2002).

Η μέθοδος του Arnon χρησιμοποιείται ευρέως από πολλούς ερευνητές παρά το γεγονός ότι έχει κάποια σφάλματα και το μίγμα των διαλυτών που χρησιμοποιεί παρουσιάζει μειονεκτήματα (Wellburn, 1994). Το κύριο πρόβλημα της είναι ότι το μίγμα της ακετόνης και του νερού (80% v/v), μπορεί να ευθύνεται για τη μη πλήρη εξαγωγή της χλωροφύλλης, καθώς και η μη προσδιορίσιμη εξάτμιση της ακετόνης κατά το σπάσιμο των ιστών, τη φυγοκέντριση, τη διήθηση και τη μέτρηση με το φασματοφωτόμετρο. Οι αλλαγές της συγκέντρωσης της ακετόνης με το νερό είναι σημαντικός παράγων λάθους διότι ο ειδικός συντελεστής απορρόφησης της χλωροφύλλης a και b μεταβάλλεται ανάλογα με την περιεκτικότητα της ακετόνης (π.χ. αυτός της 79% είναι ελαφρώς διαφορετικός από αυτόν του 80%) (Wellburn, 1994).

Η χρήση εναλλακτικών διαλυτών για φασματοφωτομετρικό προσδιορισμό των χρωστικών έχει ζητηθεί για διάφορους λόγους όπως για τον ακριβή προσδιορισμό των συντελεστών των εξισώσεων υπολογισμού, για τη διαφορετική συμπεριφορά των διάφορων τύπων φυτικών ιστών στα διάφορα εκχυλιστικά μέσα. Έτσι υπάρχουν εκχυλιστικά μέσα (π.χ. 80% ακετόνη) που είναι αναποτελεσματικά, άλλα είναι αποτελεσματικά αλλά χρειάζεται διαβροχή, σπάσιμο του ιστού, διαύγαση, φυγοκέντριση και γενικά μεγάλος χρόνος προετοιμασίας και άλλα απαιτούν μόνο διαβροχή και ανακίνηση για την εξαγωγή των χρωστικών (Wellburn, 1994).

Κατόπιν όλων αυτών αποφασίσαμε να συγκρίνουμε δύο μεθόδους προσδιορισμού της χλωροφύλλης, την κλασσική μέθοδο κατά Arnon που όμως είναι χρονοβόρος γιατί απαιτεί σπάσιμο ιστού και διήθηση και μία πολύ πιο απλή αυτή της χρήσης DMSO που είναι απλή, επιτυγχάνει την πλήρη εκχύλιση και επιτρέπει τον προσδιορισμό μεγάλου αριθμού δειγμάτων, άρα μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε μέθοδο ρουτίνας. Ένα άλλο πλεονέκτημα της μεθόδου DMSO είναι ότι μπορεί να εφαρμοσθεί και σε πολύ μικρά δείγματα διότι δεν απαιτείται σπάσιμο των ιστών και ομογενοποίηση (Tait and Hik, 2003, Devesa *et al.*, 2007).

Μέθοδος Arnon

Η πλέον διαδεδομένη μέθοδος προσδιορισμού της χλωροφύλλης στους φυτικούς ιστούς είναι αυτή που χρησιμοποιεί οργανικούς διαλύτες, στη συνέχεια καθαρισμό του εκχυλίσματος με φυγοκέντριση ή διήθηση και τέλος φασματοσκοπικό προσδιορισμό των χρωστικών.

Στη μελέτη μας 2 g ιστού πιπεριάς πολτοποιήθηκαν με 25 mL διαλύματος 80% ακετόνης / 20% νερού (v/v), με τη βοήθεια ενός εργαστηριακού blender (BLENDER 8010E, MODEL 38BL 40) για 2 min. Ακολούθησε διήθηση με ηθμό (MN G1 5¼ 125 mm), το διήθημα μεταφέρθηκε σε ογκομετρική φιάλη των 100 mL που ήταν καλυμμένη με αλουμινοχαρτο για να μην υπάρξει οξείδωση της χλωροφύλλης από το φως και συμπληρώθηκε μέχρι τη χαραγή με διάλυμα 80% ακετόνης. Η απορρόφηση μετρήθηκε στα 663 και 645 nm χρησιμοποιώντας ένα φασματοφωτόμετρο (Spectrophotometer U-2001, HITACHI).

Η συγκέντρωση της χλωροφύλλης (a, b, ολικής) εκφράστηκε σε mg/g νωπού βάρους δείγματος. Ο υπολογισμός της χλωροφύλλης a, χλωροφύλλης b και ολικής χλωροφύλλης γινόταν βάσει των τύπων (Arnon, 1949):

$$\text{χλωρ/λη a (mg/g F.W)} = (12.7A_{663} - 2.69A_{645}) \times X/1000 \times \rho \quad (1)$$

$$\text{χλωρ/λη b (mg/g F.W)} = (22.9A_{645} - 4.68A_{663}) \times X/1000 \times \rho \quad (2)$$

$$\text{ολική χλωρ/λη (mg/g F.W)} = (20.2A_{645} + 8.02A_{663}) \times X/1000 \times n \quad (3)$$

όπου: A_{645} = τιμή απορρόφησης στα 645 nm

A_{663} = τιμή απορρόφησης στα 663 nm

X = ο συνολικός όγκος του διηθήματος και η συμπλήρωση στα 100 ml

n = το βάρος του ιστού

Χρήση διμεθυλοσουλφοξειδίου (DMSO)

Το DMSO είναι ένας διαλύτης με αμφιφιλικές ιδιότητες (Notman *et al.*, 2006) που έχει χρησιμοποιηθεί επιτυχώς για την εξαγωγή των χλωροφυλλών από φύκη (Burnison 1980, Shoaf and Liun 1976), λειχήνες (Barnes *et al.*, 1992, Ronen and Galun, 1984) και φύλλα των ανώτερων φυτών (Hiscox and Israelstam, 1979, Barnes *et al.*, 1992, Tait and Hik, 2003, Richardson *et al.*, 2002). Διεισδύει στις μεμβράνες και μετουσιώνει τις πρωτεΐνες μεταθέτοντας ή αντικαθιστώντας το νερό γύρω από αυτές. Θεωρείται ανώτερο από την ακετόνη για τον προσδιορισμό της χλωροφύλλης στα ανώτερα φυτά (Ronen and Galun, 1984).

Στη μελέτη μας για τον προσδιορισμό της χλωροφύλλης με DMSO χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος των Hiscox & Isrelstam (1979) και Barnes *et al* (1992). Τμήμα ιστού ή τμήμα επιδερμίδας και συγκεκριμένα 0,1 g ιστού πιπεριάς ή 0,1 g επιδερμίδας τεμαχίσθηκαν σε μικρότερα κομμάτια και τοποθετήθηκαν σε δοκιμαστικούς σωλήνες που περιείχαν 10 mL διαλύτη. Οι δοκιμαστικοί σωλήνες χαλαρά πωματισμένοι επώαστηκαν σε υδατόλουτρο 60-65°C για 1 h. Ο χρόνος αυτός από προκαταρκτικές μελέτες κρίθηκε ικανοποιητικός για τον πλήρη αποχρωματισμό των ιστών. Ακολούθησε ψύξη σε θερμοκρασία δωματίου για 30 min, διήθηση και μέτρηση της απορρόφησης στα μήκη κύματος 665 nm και 648 nm. Ο μηδενισμός του οργάνου (blank) γινόταν με DMSO. Η μέτρηση της απορρόφησης έγινε με φασματοφωτόμετρο (Spectrophotometer U-2001, HITACHI).

Η συγκέντρωση της χλωροφύλλης (a, b και ολικής) εκφράσθηκε σε mg /g νεπού βάρους δείγματος και υπολογίσθηκε από τους τύπους (Barnes *et al* 1992).

$$\text{χλωρ/λη a (mg/g FW)} = (14.85 A_{665} - 5.14 A_{648}) \quad (1)$$

$$\text{χλωρ/λη b (mg/g FW)} = (25.48 A_{665} - 7.36 A_{648}) \quad (2)$$

$$\text{ολική χλωρ/λη (mg/g FW)} = (7.49 A_{665} + 20.34 A_{648}) \quad (3)$$

όπου: A_{665} = τιμή απορρόφησης στα 665 nm

A_{648} = τιμή απορρόφησης στα 648 nm

Για τον προσδιορισμό της χλωροφύλλης των ιστών της πιπεριάς με τη μέθοδο του DMSO, χρησιμοποιήσαμε τεμάχια ολόκληρου ιστού καθώς και τεμάχια

επιδερμίδας δεδομένου ότι η επιδερμίδα περιέχει μεγαλύτερη ποσότητα χρωστικών. Με τον τρόπο αυτό θέλαμε να συγκρίνουμε την ποσότητα της χλωροφύλλης όλου του ιστού και αυτή της επιδερμίδας δεδομένου ότι αυτή δίνει και το χαρακτηριστικό χρώμα του καρπού.

Στατιστική ανάλυση.

Τα πειραματικά δεδομένα αναλύθηκαν με το στατιστικό πακέτο Statgraphics Plus (5.1). Η σύγκριση των Μ.Ο έγινε με την ελάχιστη σημαντική διαφορά (LSD) σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0,05$.

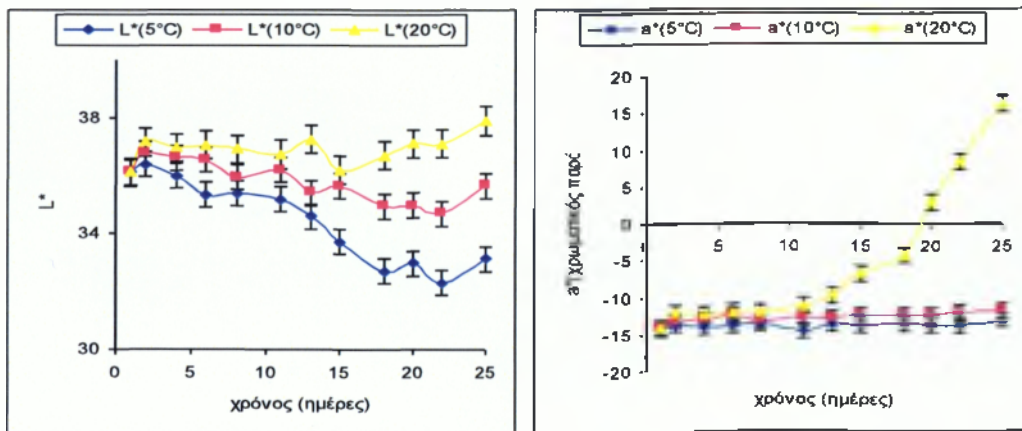
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

3.1. ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

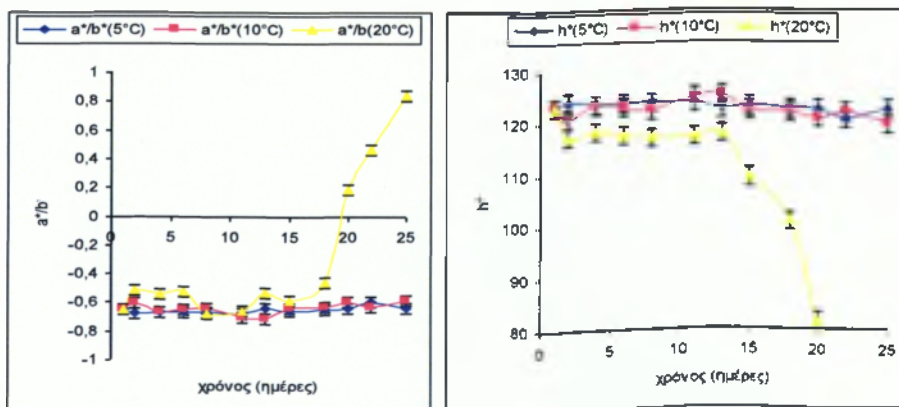
Η μεταβολή του χρώματος αποδόθηκε από τις παραμέτρους, L^* (φωτεινότητα), a^* (πράσινο-κόκκινο), h^* (χρoιά), a^*/b^* και ΔE .

Από τη στατιστική ανάλυση (ANOVA) προέκυψε ότι οι παράγοντες που επιδρούν στη μεταβολή του χρώματος της πιπεριάς είναι: η θερμοκρασία, ο χρόνος συντήρησης αλλά και η αλληλεπίδραση τους ($p=0,05$).

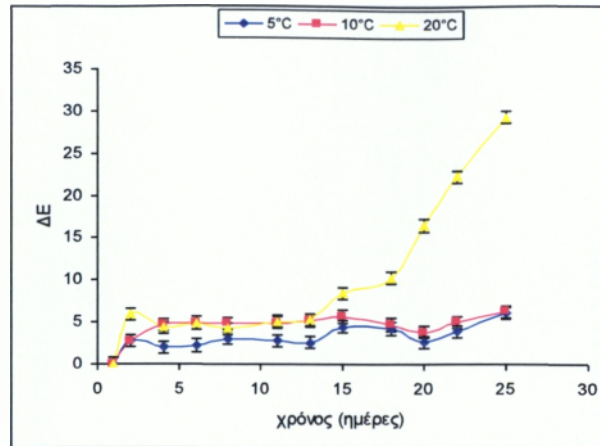
Η μεταβολή των χρωματικών παραγόντων (L^* , a^* , h^* , a^*/b^* και ΔE) κατά τη συντήρηση της πιπεριάς στους 5, 10 και 20°C παρουσιάζεται στα σχήματα 3.1, 3.2, 3.3.



Σχήμα 3.1. Μεταβολή της φωτεινότητας L^* και της χρωματικής παραμέτρου a^* κατά τη διάρκεια της συντήρησης πιπεριάς στους 5, 10 και 20°C (N=6).



Σχήμα 3.2. Μεταβολή του λόγου a^*/b^* και της χρoιάς h^* , κατά τη διάρκεια της συντήρησης πιπεριάς στους 5, 10 και 20°C (N=6).



Σχήμα 3.3. Μεταβολή της παραμέτρου ΔΕ κατά τη διάρκεια της συντήρησης πιπεριάς στους 5, 10 και 20°C (N=6).

Από το σχήμα 3.1 προκύπτει ότι η θερμοκρασία των 20°C διατήρησε τη φωτεινότητα σε υψηλά επίπεδα, στη θερμοκρασία των 10°C παρατηρείται μία ελαφρά μείωση ενώ στους 5 °C η μείωση αυτή είναι εντονότερη. Μέχρι τη 15^η ημέρα δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ 20 και 10°C, ενώ μέχρι τη 13^η δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ 5 και 10°C.

Στο τέλος της συντήρησης (25^η ημέρα) η φωτεινότητα των καρπών που συντηρήθηκαν στους 5°C μειώθηκε κατά 8%, αυτών που συντηρήθηκαν στους 10°C κατά 1,0% δηλ θα μπορούσαμε να πούμε ότι η φωτεινότητα διατηρήθηκε στα αρχικά επίπεδα, ενώ η φωτεινότητα των καρπών που συντηρήθηκαν στους 20°C αυξήθηκε κατά 5%.

Είναι γνωστό ότι η πιπεριά είναι ευαίσθητη στις χαμηλές θερμοκρασίες. παρατεταμένη δε συντήρησης της σε αυτές προκαλεί ασθένειες ψύχους. Η ενδεικνυόμενη θερμοκρασία συντήρησης είναι οι 10°C (Kader, 2002b). Σε υψηλότερες θερμοκρασίες επιταχύνεται η αποικοδόμηση της χλωροφύλλης με αποτέλεσμα την εμφάνιση κίτρινων ή κόκκινων χρωστικών. Έτσι λοιπόν η μείωση που παρουσιάζεται στους 5°C σημαίνει ότι το χρώμα έγινε πιο σκούρο πράσινο γεγονός που μπορεί να αποδοθεί στην έναρξη βλαβών λόγω της χαμηλής θερμοκρασίας συντήρησης. Η θερμοκρασία των 10°C διατήρησε τη φωτεινότητα μέχρι το τέλος της αποθήκευσης διότι είναι η υψηλότερη ενδεικνυόμενη θερμοκρασία συντήρησης, και μειώνει την ταχύτητα των βιοχημικών αντιδράσεων. Μετά την 15^η ημέρα συντήρησης στους 20°C άρχισε η αποικοδόμηση της χλωροφύλλης και η βιοσύνθεση καρροτενοειδών (Minguez-Mosquera and Méndoz, 1994) που καθιστούν

το χρώμα πιο φωτεινό γι' αυτό και παρουσιάζεται αύξηση των τιμών της φωτεινότητας.

Όσον αφορά στη μεταβολή του χρωματικού παράγοντα a^* (σχήμα 3.1) θα μπορούσαμε να πούμε ότι στη θερμοκρασία των 5 και 10°C διατηρήθηκε κοντά στα αρχικά επίπεδα καθ' όλη τη διάρκεια της συντήρησης χωρίς στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p=0.05$) μεταξύ των δύο θερμοκρασιών. Στους 20°C μετά την 13^η ημέρα παρατηρήθηκε μία απότομη αύξηση. Έτσι στο τέλος της συντήρησης η μεταβολή του χρωματικού παράγοντα a^* στους 5 και 10°C ήταν της τάξης του 6,7 και 15,7% αντίστοιχα, ενώ στην περίπτωση των 20°C ήταν της τάξης του 215%. Από τη μεταβολή του χρωματικού παράγοντα a^* προκύπτει ότι στους 20°C η αποικοδόμηση της χλωροφύλλης ήταν έντονη και εμφανίστηκαν κόκκινες χρωστικές.

Οι ίδιες παρατηρήσεις που αναφέρθηκαν για τη μεταβολή του χρωματικού παράγοντα a^* ισχύουν και για τη μεταβολή του λόγου a^*/b^* (σχήμα 3.2). Και στην περίπτωση αυτή δεν παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των θερμοκρασιών 5 και 10°C καθ' όλη τη διάρκεια της συντήρησης. Στη θερμοκρασία των 20°C δεν παρατηρήθηκε διαφορά από τη θερμοκρασία των 10°C μέχρι τη 15^η ημέρα, από εκεί και πέρα παρατηρήθηκε μία απότομη αύξηση. Στο τέλος της συντήρησης η μεταβολή του λόγου a^*/b^* στους 5°C ήταν 1%, στους 10°C 9,2% και στους 20°C 229 %.

Η χροιά των καρπών στις θερμοκρασίες των 5 και 10°C παρέμεινε σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια της συντήρησης. Στους 20°C η χροιά παρουσίασε μία μείωση η οποία όμως έγινε απότομη από τη 13^η ημέρα και μετά. Έτσι στο τέλος της συντήρησης στους 20°C η χροιά παρουσίασε μείωση της τάξης των 57% έναντι 0,3 και 2,7% αντίστοιχα στις θερμοκρασίες των 5 και 10°C. Η χροιά των καρπών από 123° στην αρχή του πειράματος μειώθηκε σε 122° στο τέλος της συντήρησης στους 5°C, σε 119,8° στους 10°C και σε 52,2° στους 20°C. Από τις τιμές αυτές συμπεραίνει κανείς ότι στους 5 και 10°C το χρώμα παρέμεινε πράσινο ($H>90$) ενώ στους 20°C μετατράπηκε σε ένα πορτοκαλο- κόκκινο ($H<90$).

Κατά τη διάρκεια της ωρίμασης των καρπών η σύνθεση των καροτενοειδών είναι σημαντική. Στο στάδιο αυτό η σύνθεση των καροτενοειδών επιταχύνεται από τη μετατροπή των χλωροπλαστών σε χρωμοπλάστες και τη σύγχρονη αποικοδόμηση της χλωροφύλλης (Gross, 1991). Χαρακτηριστικό παράδειγμα του φαινομένου αυτού είναι η κόκκινη πιπεριά. Πολλές μελέτες έχουν γίνει σχετικά με τις μεταβολές στη σύσταση των καροτενοειδών κατά τα διάφορα στάδια ωρίμασης της (Minguez-

Mosquera and Homero-Mendez, 1994a,b, Homero- Mendez and Minguez-Mosquera, 2000a,b). Οι Marin *et al.* (2004) μελέτησαν τη μεταβολή των καροτενοειδών σε 4 διαφορετικά στάδια ωριμότητας (άωρο πράσινο, πράσινο, άωρο κόκκινο, κόκκινο). Από τη μελέτη προέκυψε ότι κατά τα δύο πρώτα στάδια επικρατούν οι νεοξανθίνη, λουτεΐνη, βιολοξανθίνη, κρυπτοξανθίνη και β-καροτίνη, κατά το τρίτο στάδιο (άωρο κόκκινο) παρατηρείται η σύνθεση νέων χρωστικών όπως η καψανθίνη η οποία στο τελευταίο στάδιο αυξάνεται 19 φορές. Η συνολική ποσότητα των χρωστικών στο τέλος της ωρίμασης αυξάνεται περίπου πέντε φορές.

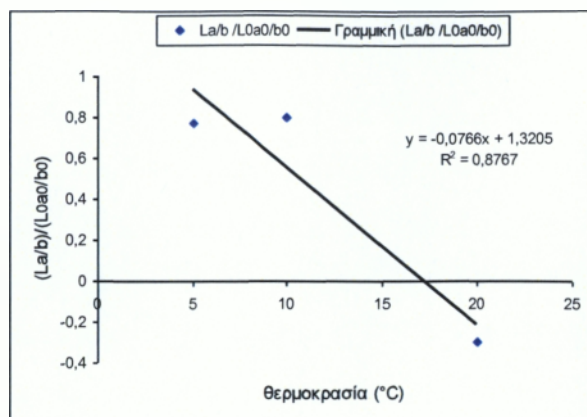
Η ολική μεταβολή του χρώματος ΔE (σχήμα 3.3), επιβεβαιώνει όσα αναφέρθηκαν παραπάνω σχετικά με τη μεταβολή της φωτεινότητας L* και της χρωματικής παραμέτρου a*. Έτσι κατά τη διάρκεια της συντήρησης στους 5 και 10°C δεν παρατηρήθηκε σημαντική μεταβολή του ολικού χρώματος, ενώ στους 20°C μετά την 15^η ημέρα παρουσιάζεται μια έντονη μεταβολή. Έτσι στο τέλος της συντήρησης η τιμή του συντελεστή ΔE για τους 5°C ήταν 6,1, για τους 10°C ήταν 6,3 και για τους 20°C ήταν 29,2.

Από όσα αναφέρθηκαν ανωτέρω προκύπτει ότι οι χρωματικοί παράγοντες επηρεάζονται από τη θερμοκρασία. Από πολλούς ερευνητές έχουν προταθεί διάφοροι συνδυασμοί των χρωματικών παραμέτρων προκειμένου να αποδώσουν καλλίτερα το χρώμα των τροφίμων (Nagle *et al.*, 1979, Shin and Bhowmik, 1994). Έτσι διάφοροι συνδυασμοί των χρωματικών παραμέτρων όπως οι :-La, Lb, -ab, -Lab, -L a/b και -L/ab μελετήθηκαν προκειμένου να περιγράψουμε τη μεταβολή του χρώματος συναρτήσει της θερμοκρασίας. Οι συνδυασμοί αυτοί μελετήθηκαν βάσει της τυπικής απόκλισης και του συντελεστή συσχέτισης προκειμένου να καταλήξουμε στον καλλίτερο.

Από τους διάφορους συνδυασμούς, ο συνδυασμός -La/b περιγράφει καλλίτερα τη μεταβολή των χρωματικών παραμέτρων της πιπεριάς συναρτήσει της θερμοκρασίας (σχήμα 3.4). Η μεταβολή των χρωματικών παραμέτρων είναι γραμμική της μορφής:

$$(La/b)/(L_0a_0/b_0) = ax+b$$

με συντελεστή συσχέτισης R²=0,88.



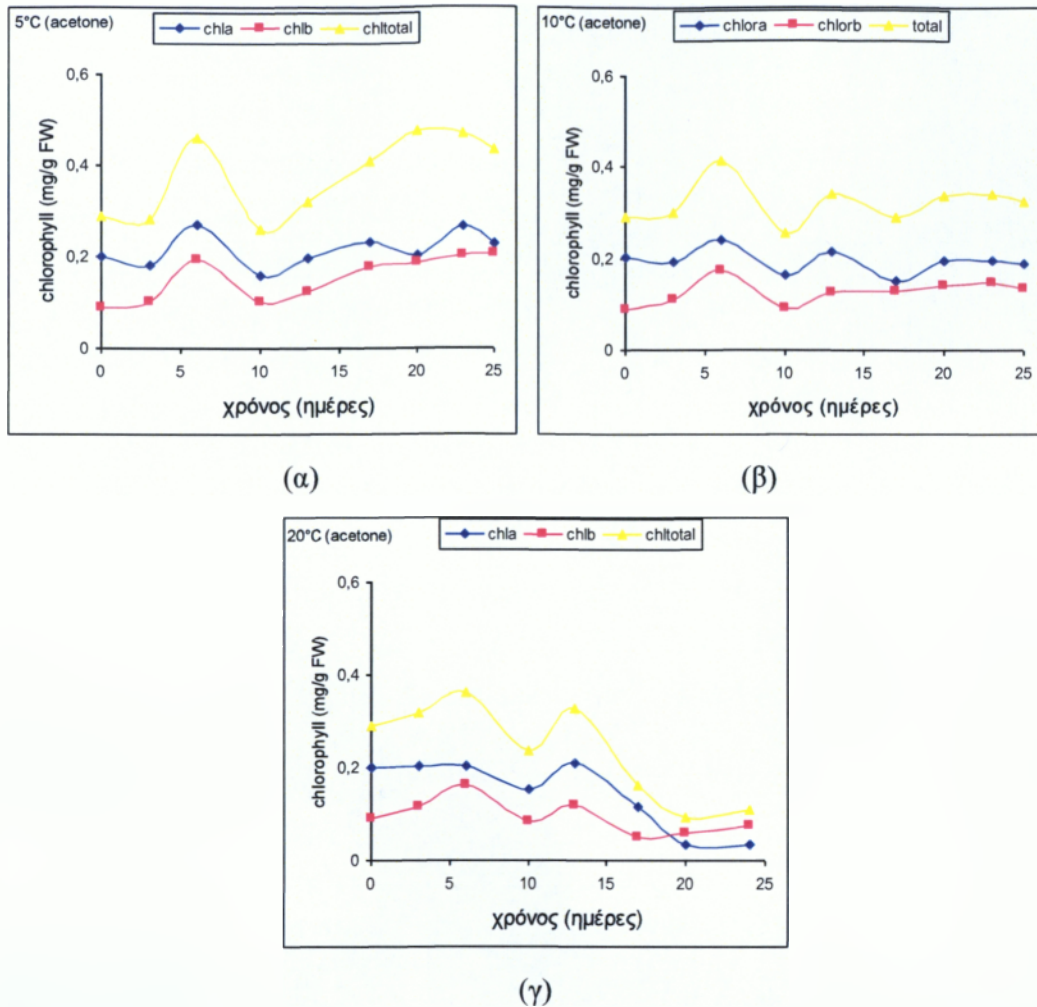
Σχήμα 3.4. Επίδραση της θερμοκρασίας συντήρησης στις χρωματικές παραμέτρους La/b

3.2. ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΧΛΩΡΟΦΥΛΛΗΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

3.2.1. Προσδιορισμός της χλωροφύλλης με τη μέθοδο Arnon

Η περιεκτικότητα των ιστών της πιπεριάς σε χλωροφύλλη a, b και ολική κατά τη διάρκεια της συντήρησης στους 5, 10 και 20°C παρουσιάζεται στο σχήμα 3.5(α, β, γ).

Από τα παρακάτω διαγράμματα προκύπτει ότι στο τέλος της συντήρησης στους 5°C παρουσιάζεται μία αύξηση της τάξης του 13% για τη χλωροφύλλη a και 50% για την ολική χλωροφύλλη, γεγονός που μπορεί να αποδοθεί στην βλάβη που προκαλεί η χαμηλή θερμοκρασία συντήρησης (βλάβη ψύχους) στους ιστούς. Ένα από τα συμπτώματα του βλαβών ψύχους είναι ότι το χρώμα γίνεται πιο σκούρο. Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν και με τη μεταβολή της φωτεινότητας (L^*) των καρπών στους 5°C (σχήμα 3.1). Στους 10°C η χλωροφύλλη παρουσιάζει μικρή μεταβολή (6% η χλωροφύλλη a και 12% η ολική χλωροφύλλη) και διατηρείται σχεδόν στα αρχικά επίπεδα μέχρι το τέλος της συντήρησης, ενώ στους 20°C η χλωροφύλλη παρουσιάζει μία μείωση μετά τη 15^η ημέρα η οποία στο τέλος της συντήρησης (25^η ημέρα) φθάνει στο 83% για τη χλωροφύλλη a και 62% για την ολική χλωροφύλλη. Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν και με τις μεταβολές του χρώματος των καρπών (σχήματα 3.1, 3.2, 3.3).



Σχήμα 3.5(α, β, γ). Μεταβολή της περιεκτικότητας της πιπεριάς σε χλωροφύλλη a, b και ολική κατά τη διάρκεια της συντήρησης στους 5°C (α), 10°C (β) και 20°C (γ) (N=6).

Μία άλλη παρατήρηση η οποία προκύπτει από τα ανωτέρω σχήματα είναι ότι η χλωροφύλλη a βρίσκεται σε μεγαλύτερα ποσοστά συγκριτικά με τη χλωροφύλλη b. Βάσει της βιβλιογραφίας (Gross, 1991) η χλωροφύλλη a είναι η κυρίαρχος χρωστική και η χλωροφύλλη b είναι συμπληρωματική, η δε αναλογία τους είναι 3:1. Στη μελέτη αυτή η αρχική περιεκτικότητα των ιστών σε χλωροφύλλη a ήταν 0,2007 mg/g F.W, σε χλωροφύλλη b ήταν 0,08916 mg/g F.W και σε ολική χλωροφύλλη 0,289561 mg/g F.W. Σύμφωνα με τους Lancaster et al (1997), η περιεκτικότητα της πράσινης πιπεριάς σε χλωροφύλλη είναι 0,170 mg/g F.W, δηλ. πιο χαμηλή από αυτή που προσδιορίσαμε στην περίπτωση μας. Όμως στην περίπτωση των Lancaster et al. δεν αναφέρεται η ποικιλία της πιπεριάς, το στάδιο ανάπτυξης, εκτός δε αυτού είναι

γνωστό ότι πολλοί κλιματικοί παράγοντες (θερμοκρασία, φως, κλπ) μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά τη σύνθεση των καρπών.

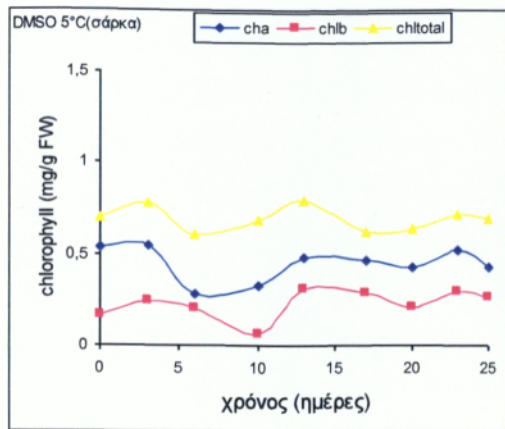
Όσον αφορά στην αναλογία της χλωροφύλλης a / χλωροφύλλη b στην περίπτωση μας ήταν της τάξης του 2,25/1. Αποκλίσεις από την αναλογία 3/1 έχουν παρατηρηθεί και σε άλλους φυτικούς ιστούς, όπως στο φρέσκο σπανάκι όπου η αναλογία είναι 4,02/1 (Goodwin, 1965), και στη μπάμια όπου η αναλογία είναι 1,2/1 (Gross, 1991). Η αναλογία χλωροφύλλης a / χλωροφύλλη b ποικίλλει ανάλογα με το είδος του καρπού, την ποικιλία, τις συνθήκες του περιβάλλοντος (περιλαμβάνονται και οι αγρονομικές πρακτικές) και το στάδιο της ανάπτυξης (Gross, 1987). Κατά τη διάρκεια της συντήρησης η αναλογία μεταβάλλεται γιατί η χλωροφύλλη a αποικοδομείται γρηγορότερα από τη χλωροφύλλη b (Goodwin, 1965) γεγονός που συμφωνεί με τα αποτελέσματα μας διότι στο τέλος της συντήρησης η αναλογία χλωροφύλλης a / χλωροφύλλη b στους 5°C είναι 1,1/1, στους 10°C 1,3/1 και στους 20°C 0,6/1.

3.2.2. Προσδιορισμός της χλωροφύλλης με τη μέθοδο DMSO

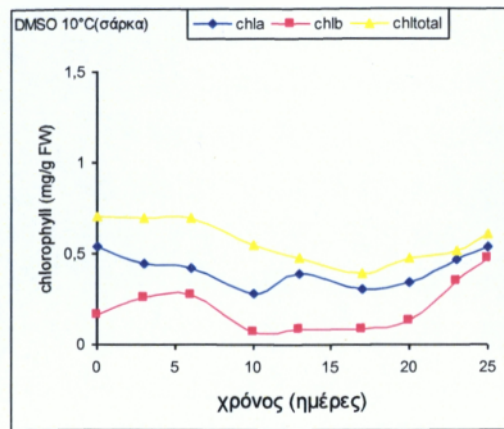
Η περιεκτικότητα της πιπεριάς σε χλωροφύλλη a, σε χλωροφύλλη b και σε ολική χλωροφύλλη κατά τη διάρκεια της συντήρησης στους 5, 10 και 20°C, όπως αυτή προσδιορίστηκε με τη μέθοδο DMSO στη σάρκα του καρπού παρουσιάζεται στο σχήμα 3.6(α, β, γ).

Από τα παρακάτω διαγράμματα προκύπτει ότι στο τέλος της συντήρησης (25^η ημέρα), στους 5°C και 10°C η ολική χλωροφύλλη παρέμεινε πολύ κοντά στα αρχικά της επίπεδα (μείωση 0,8% και 13% αντίστοιχα) ενώ στους 20°C η μείωση ήταν πολύ πιο έντονη και ανήλθε στο 27%.

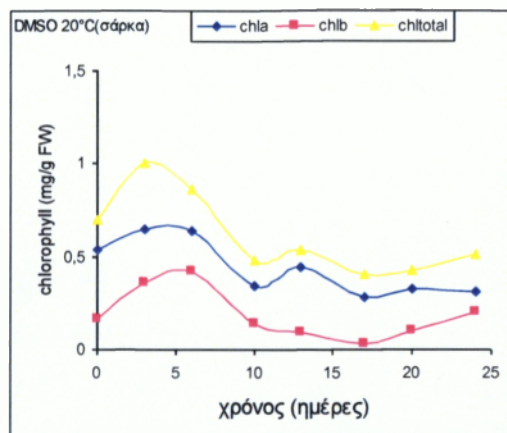
Η αναλογία της χλωροφύλλης a προς τη χλωροφύλλη b ήταν 3,2/1 αναλογία που συμφωνεί με τα βιβλιογραφικά δεδομένα (Gross, 1991) ενώ στο τέλος της συντήρησης η αναλογία αυτή μεταβλήθηκε και διαμορφώθηκε στο 1,6/1 στους 5°C, 1,1/1 στους 10°C και 1,6/1 στους 20°C.



(α)



(β)

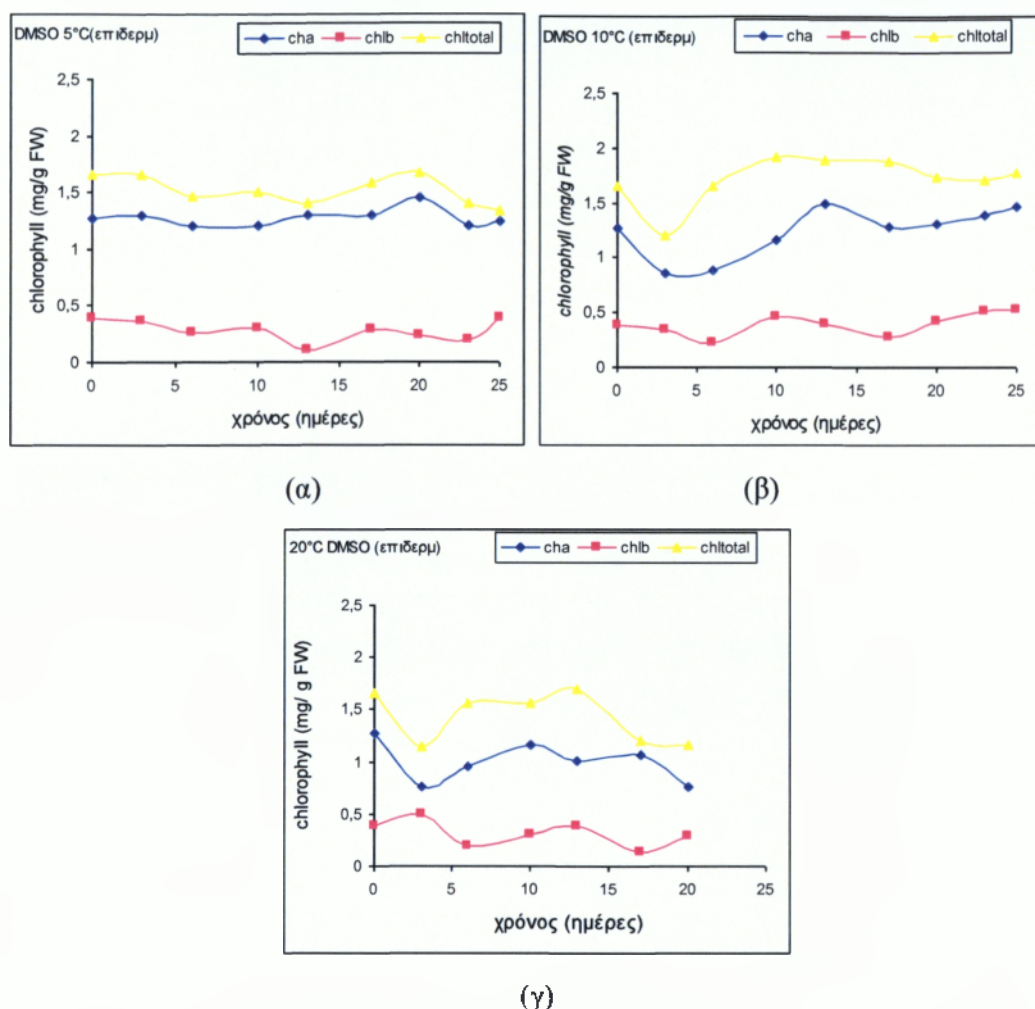


(γ)

Σχήμα 3.6(α, β, γ). Μεταβολή της περιεκτικότητας της πιπεριάς σε χλωροφύλλη a, b και ολική (όπως αυτή προσδιορίστηκε με τη μέθοδο DMSO) κατά τη διάρκεια της συντήρησης στους 5°C (α), 10°C (β) και 20°C (γ) (N=6).

3.2.3. Προσδιορισμός της χλωροφύλλης στην επιδερμίδα του καρπού με τη μέθοδο DMSO

Η περιεκτικότητα της επιδερμίδας του καρπού σε χλωροφύλλη a, b και ολική κατά τη διάρκεια της συντήρησης στους 5, 10 και 20 °C παρουσιάζεται στο σχήμα 3.7(α, β, γ).



Σχήμα 3.7(α, β, γ). Μεταβολή της περιεκτικότητας της επιδερμίδας της πιπεριάς σε χλωροφύλλη a, b και ολική (όπως αυτή προσδιορίστηκε με τη μέθοδο DMSO) κατά τη διάρκεια της συντήρησης στους 5°C (α), 10°C (β) και 20°C (γ). (N=6).

Από τα ανωτέρω σχήματα προκύπτει ότι κατά τη διάρκεια της συντήρησης στους 5°C η χλωροφύλλη διατηρήθηκε κοντά στα αρχικά της επίπεδα. Έτσι στο τέλος της συντήρησης η χλωροφύλλη a παρουσίασε μία μείωση της τάξης του 2,3% η δε ολική χλωροφύλλη μείωση της τάξης του 20%. Στους 10°C παρουσιάζεται μία αύξηση της περιεκτικότητας τόσο σε χλωροφύλλη a όσο και σε ολική χλωροφύλλη. Η

αύξηση αυτή στο τέλος της συντήρησης ήταν της τάξης του 16% για τη χλωροφύλλη a και 6,5% για την ολική χλωροφύλλη. Μία πιθανή εξήγηση της παρατηρούμενης αυτής αύξησης (κάτι το οποίο δεν παρατηρήθηκε στον προσδιορισμό της χλωροφύλλης με τη μέθοδο Atpoa και τη μέθοδο DMSO στη σάρκα του καρπού) είναι η ετερογένεια των δειγμάτων. Κατά τη διάρκεια της συντήρησης στους 20°C παρατηρείται μία μείωση της τάξης του 40% στην περίπτωση της χλωροφύλλης a και 30,5% στην ολική χλωροφύλλη.

Η αναλογία της χλωροφύλλης a / χλωροφύλλη b ήταν 3,3/1 δηλ. ταυτίζεται με την αναλογία που προσδιορίστηκε με τη μέθοδο DMSO στη σάρκα του καρπού. Η αναλογία αυτή διατηρήθηκε στο τέλος της συντήρησης στους 5°C, στο τέλος της συντήρησης στους 10°C η αναλογία αυτή διαμορφώθηκε στο 2,8/1 ενώ στο τέλος της συντήρησης στους 20°C διαμορφώθηκε στο 2,6/1.

3.2.4. Επίδραση της θερμοκρασίας στη μεταβολή της χλωροφύλλης.

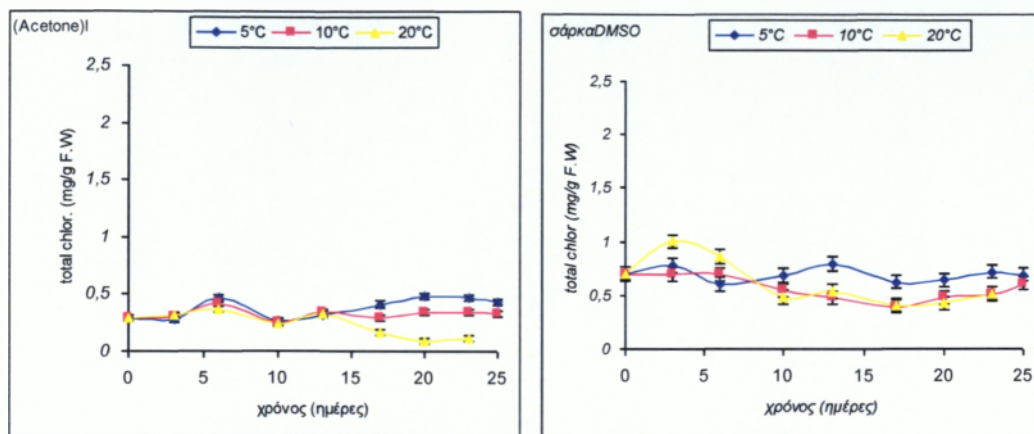
Προκειμένου να μελετήσουμε την επίδραση της θερμοκρασίας στη μεταβολή της χλωροφύλλης, θα παρουσιάσουμε τη μεταβολή της ολικής χλωροφύλλης στις θερμοκρασίες 5, 10 και 20°C όπως αυτή προσδιορίστηκε με τη μέθοδο Atpoa, τη μέθοδο DMSO στη σάρκα του καρπού και τη μέθοδο DMSO στο φλοιό του καρπού.

Από τη στατιστική ανάλυση (ANOVA) προέκυψε ότι οι παράγοντες που επιδρούν στην αποικοδόμηση της χλωροφύλλης είναι: η θερμοκρασία συντήρησης, η διάρκεια συντήρησης και η αλληλεπίδρασή τους ($p=0,05$).

Από το σχήμα 3.8 προκύπτει ότι στην περίπτωση του προσδιορισμού της χλωροφύλλης με τη μέθοδο Atpoa (σχήμα 3.8α) δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των τριών θερμοκρασιών συντήρησης μέχρι τη 13^η ημέρα, μετά την οποία παρατηρείται μία έντονη μείωση στους 20°C. Στο τέλος της συντήρησης (25^η ημέρα) την υψηλότερη περιεκτικότητα σε ολική χλωροφύλλη παρουσίασαν οι καρποί που συντηρήθηκαν στους 5°C, ενδιάμεσα οι καρποί που συντηρήθηκαν στους 10°C και τη μικρότερη οι καρποί που συντηρήθηκαν στους 20°C. Η διαφορά είναι στατιστικά σημαντική ($p=0,05$).

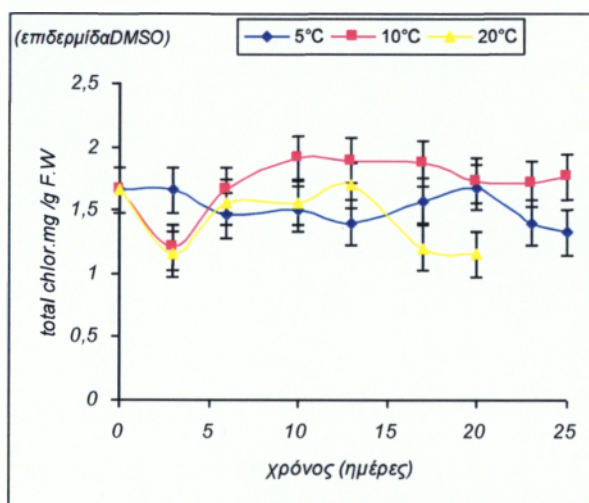
Στην περίπτωση του προσδιορισμού της χλωροφύλλης με τη μέθοδο DMSO στη σάρκα του καρπού (σχήμα 3.8β), μέχρι τη 10^η ημέρα δεν παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των τριών θερμοκρασιών, στη συνέχεια όμως οι καρποί που συντηρήθηκαν στους 5°C παρουσίασαν υψηλότερα ποσοστά

(στατιστικά σημαντική διαφορά) συγκριτικά με τους καρπούς που συντηρήθηκαν στους 10 και 20°C οι οποίοι δεν παρουσίασαν στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ τους. Στο τέλος της συντήρησης (25^η ημέρα) δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ 5 και 10°C.



(α)

(β)



(γ)

Σχήμα 3.8(α, β, γ). Επίδραση της θερμοκρασίας συντήρησης στη μεταβολή της ολικής χλωροφύλλης όπως αυτή προσδιορίστηκε με τη μέθοδο Aceton (σχ. 3.8α), τη μέθοδο DMSO στη σάρκα του καρπού (σχ. 3.8β) και τη μέθοδο DMSO στο φλοιό (σχ.3.8γ).(N=6).

Τέλος στην περίπτωση του προσδιορισμού της χλωροφύλλης με τη μέθοδο DMSO στο φλοιό (σχ. 3.8γ) μέχρι την 13^η ημέρα δεν παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των θερμοκρασιών 10 και 20°C και 5 και 10°C. Στο τέλος της συντήρησης την υψηλότερη περιεκτικότητα παρουσίασαν οι καρποί που

συντηρήθηκαν στους 10°C, τη χαμηλότερη οι καρποί που συντηρήθηκαν στους 20°C ενώ οι καρποί που συντηρήθηκαν στους 5°C παρουσίασαν μία ενδιάμεση τιμή. Η διαφορά είναι στατιστικά σημαντική ($p=0,05$).

Είναι γνωστό ότι η θερμοκρασία παίζει σημαντικό ρόλο στην αποικοδόμηση της χλωροφύλλης. Γενικά η υψηλή θερμοκρασία διεγείρει την ενζυματική αποικοδόμηση της χλωροφύλλης, ενώ η χαμηλή την καθυστερεί (Yang *et al*, 2009).

Το χαρακτηριστικό πράσινο χρώμα των άωρων καρπών οφείλεται στην παρουσία της χλωροφύλλης και των καροτενοειδών (Artés *et al.*, 2002). Με την έναρξη της ωρίμασης λαμβάνουν χώρα πολλές σύνθετες βιοχημικές αλλαγές μεταξύ των οποίων περιλαμβάνεται η αλλαγή της σύνθεσης των χρωστικών και η αλλαγή του χρώματος. Κατά τη διάρκεια της ωρίμασης οι χλωροπλάστες μεταβάλλονται σε χρωμοπλάστες που περιέχουν μόνο καροτενοειδή .

Στην περίπτωση των μη κλιμακτηριακών καρπών όπως η πιπεριά, η αποικοδόμηση της χλωροφύλλης και η βιοσύνθεση των καροτενοειδών γενικά γίνεται με πολύ αργό ρυθμό (Eaks, 1977).

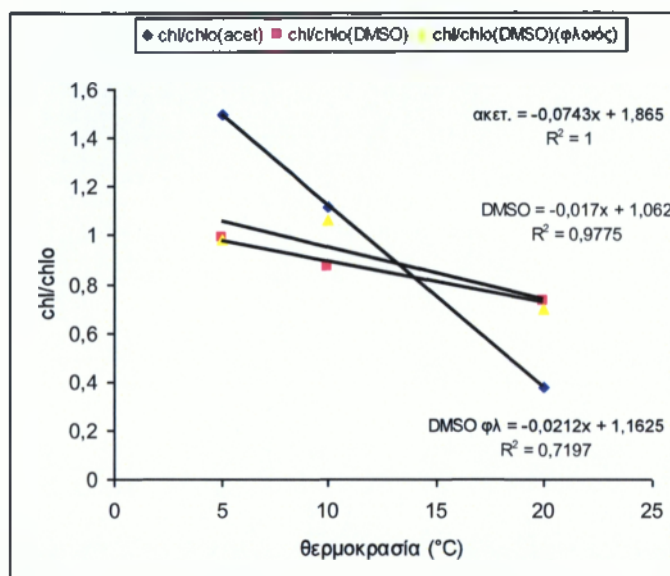
Όταν η χλωροφύλλη βρίσκεται στους χλωροπλάστες είναι ένα συστατικό με μέτρια σταθερότητα. Όταν όμως οι χλωροπλάστες αποδιοργανώνονται η χλωροφύλλη γίνεται πολύ ασταθής και επιρρεπής σε μεγάλο εύρος δομικών αλλαγών που προκαλούνται από παράγοντες όπως η θερμοκρασία, το όξινο ή βασικό περιβάλλον, η δράση των ενζύμων, το μοριακό O₂, το φως και άλλοι μετασυλλεκτικοί χειρισμοί (Artés *et al.*, 2002).

Η επιτάχυνση της ωρίμασης των κλιμακτηριακών καρπών ή ο αποπρασινισμός των μη κλιμακτηριακών καρπών επιταχύνεται από τη θερμοκρασία και τη δράση του αιθυλενίου. Το εύρος της θερμοκρασίας που θα χρησιμοποιηθεί για τον αποπρασινισμό εξαρτάται από το είδος και την ποικιλία. Η άριστη θερμοκρασία για τη βιοσύνθεση των καροτενοειδών εξαρτάται από τον τύπο των καροτενοειδών και το είδος του καρπού και συνήθως κυμαίνεται μεταξύ 15 -25°C.

Η χλωροφύλλη της πιπεριάς επηρεάστηκε από τη θερμοκρασία συντήρησης. Προκειμένου να παρουσιάσουμε τη μεταβολή της χλωροφύλλης συναρτήσει της θερμοκρασίας συντήρησης χρησιμοποιήσαμε τη μεταβολή του παράγοντα chl/chl₀ στις 3 θερμοκρασίες και τις τρεις μεθόδους προσδιορισμούς

Από το σχήμα 3.9 προκύπτει ότι η μεταβολή της χλωροφύλλης είναι γραμμική συνάρτηση της θερμοκρασίας με συντελεστή συσχέτισης $R^2=1$ στην περίπτωση της

ακετόνης, 0,98 στην περίπτωση του DMSO (σάρκα) και 0,72 στην περίπτωση της επιδερμίδας.



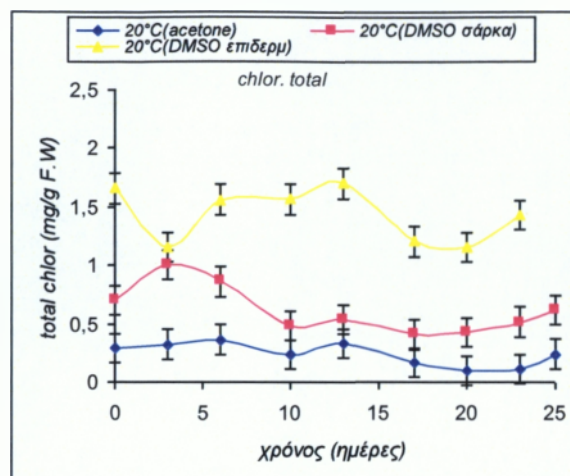
Σχήμα 3.9. Μεταβολή της χλωροφύλλης συναρτήσει της θερμοκρασίας συντήρησης

3.2.5. Σύγκριση των μεθόδων προσδιορισμού της χλωροφύλλης

Για τη σύγκριση των μεθόδων προσδιορισμού της χλωροφύλλης θα παρουσιαστεί η μεταβολή της ολικής χλωροφύλλης ανά θερμοκρασία και μέθοδο.

Από τη στατιστική ανάλυση (ANOVA) προέκυψε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των τριών μεθόδων προσδιορισμού της χλωροφύλλης.

Από το σχήμα 3.10 προκύπτει ότι σε όλες τις θερμοκρασίες συντήρησης ο προσδιορισμός της χλωροφύλλης με τη μέθοδο DMSO στην επιδερμίδα του καρπού παρουσίασε τις υψηλότερες τιμές, ενώ η μέθοδος Arnon έδωσε τις μικρότερες τιμές.



Σχήμα 3.10(α, β, γ). Συγκριτική μελέτη της μεταβολής της ολικής χλωροφύλλης καρπών πιπεριάς που συντηρήθηκαν στους 5, 10 και 20°C, όπως αυτή προσδιορίστηκε από τις μεθόδους Amon και DMSO. (N=6).

Στον πίνακα 3.1. παρουσιάζεται η σχέση που υπάρχει μεταξύ των μεθόδων προσδιορισμού της χλωροφύλλης τόσο στην αρχή της συντήρησης όσο και στο τέλος της συντήρησης ανά θερμοκρασία.

Πίνακας 3.1. Σχέση της ολικής χλωροφύλλης μεταξύ των διαφορετικών μεθόδων προσδιορισμού της.

Μέθοδοι	Αρχή συντήρησης.	Τέλος συντήρησης		
		5°C	10°C	20°C
DMSO(σάρκα) /Amon	2,41	1,6	1,9	2,59
DMSO (επιδερ)/Amon	5,73	3,8	5,5	5,99
DMSO (επιδερ)/DMSO(σάρκα)	2,38	2,35	2,9	2,32

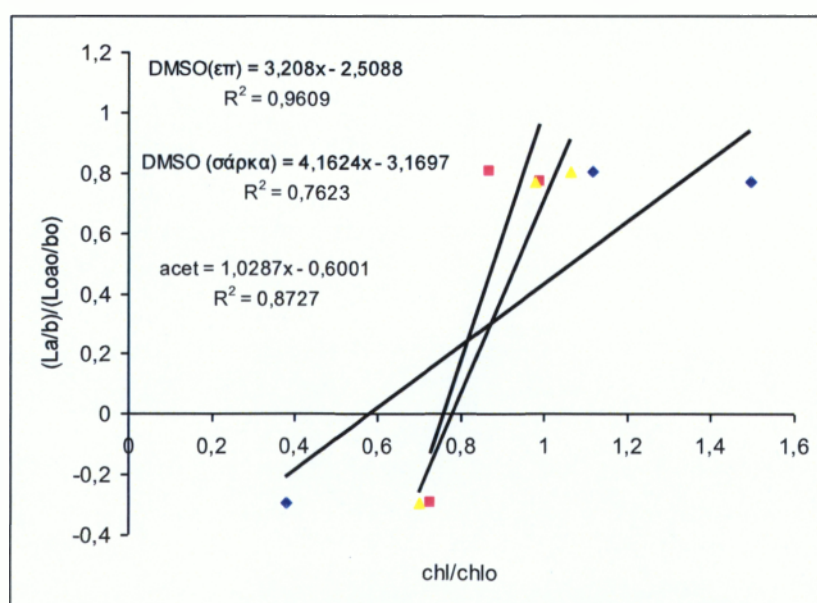
Από τον πίνακα 3.1 προκύπτει ότι στην αρχή της συντήρησης η χλωροφύλλη που προσδιορίστηκε με τη μέθοδο της ακετόνης (Amon) ήταν 2,4 φορές μικρότερη από αυτή που προσδιορίστηκε στη σάρκα με τη μέθοδο DMSO και 5,7 μικρότερη από αυτήν που προσδιορίστηκε στην επιδερμίδα με την ίδια μέθοδο. Η σχέση αυτή διατηρήθηκε περίπου σταθερή στο τέλος της συντήρησης στους 10 και 20°C και μόνο στο τέλος της συντήρησης στους 5°C η χλωροφύλλη που προσδιορίστηκε με τη μέθοδο του Amon ήταν 1,6 φορές μικρότερη αυτής της DMSO και 3,8 φορές μικρότερη αυτής της επιδερμίδας. Τέλος η χλωροφύλλη που προσδιορίστηκε στην

επιδερμίδα με τη μέθοδο DMSO ήταν 2,38 φορές υψηλότερη αυτής που προσδιορίστηκε με την ίδια μέθοδο στη σάρκα του καρπού και η σχέση αυτή παρέμεινε σταθερή και στο τέλος της συντήρησης στις 3 θερμοκρασίες.

Από τα παραπάνω προκύπτει σαφώς ότι υπάρχει σημαντική επίδραση του διαλύτη καθώς και της μεθόδου που χρησιμοποιήθηκε για την εξαγωγή της χλωροφύλλης. Στην περίπτωση της κλασσικής μεθόδου (Aceton) το σπάσιμο των ιστών, η διήθηση και η χρήση μεγάλων ποσοτήτων διαλύτου έχει σαν αποτέλεσμα τη μικρή απόδοση σε χρωστική συγκρίνοντας με άλλες μεθόδους, στην προκειμένη περίπτωση με τη χρήση διαλύτη DMSO γεγονός που συμφωνεί και με άλλους ερευνητές (Leung, 1998, Makeen *et al.* 2007). Η μεγαλύτερη ποσότητα χλωροφύλλης η οποία προσδιορίστηκε στην επιδερμίδα είναι λογικό δεδομένου ότι η επιδερμίδα περιέχει μεγαλύτερες ποσότητες χρωστικής.

3.2.6. Συσχετισμός μεταξύ χρώματος και χλωροφύλλης.

Το χρώμα των καρπών μεταβάλλεται καθώς μεταβάλλεται η περιεκτικότητα των καρπών σε χλωροφύλλη. Προκειμένου να μελετήσουμε τη συσχέτιση που υπάρχει μεταξύ των χρωματικών παραμέτρων και της περιεκτικότητας των καρπών σε χρωστική μελετήσαμε τη μεταβολή των χρωματικών παραμέτρων $(L_a/b)/(L_{0a}/b_0)$ και του παράγοντα chl/chl_0 .



Σχήμα 3.11. Συσχέτιση μεταξύ χρωματικών παραμέτρων και περιεκτικότητας σε χλωροφύλλη πράσινης πιπεριάς.

Από το σχήμα 3.11 προκύπτει ότι υπάρχει γραμμική συσχέτιση μεταξύ χρώματος και περιεκτικότητας σε χρωστική, με συντελεστή συσχέτισης $R^2=0.87$ στην περίπτωση της μεθόδου της ακετόνης, 0,76 στην περίπτωση του DMSO (σάρκα) και 0,96 στην περίπτωση του φλοιού. Το αποτέλεσμα αυτό συμφωνεί με αποτελέσματα άλλων ερευνητών (Ahmed *et al*, 2000, Prieto *et al*, 2002, Sanmartin *et al.*, 2010).

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Από όσα αναφέρθηκαν παραπάνω προκύπτει ότι η θερμοκρασία συντήρησης επηρεάζει τόσο το χρώμα όσο και την περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη. Η μέθοδος προσδιορισμού της χρωστικής επηρεάζει πολύ την εξαγομένη ποσότητα. Η μέθοδος DMSO υπήρξε ικανή να εξάγει μεγαλύτερο ποσοστό χλωροφύλλης συγκριτικά με την κλασσική μέθοδο, επί πλέον δε έχει το πλεονέκτημα ότι είναι γρήγορη και δεν απαιτεί χρονοβόρες διαδικασίες και μεγάλες ποσότητες διαλύτη.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ahmed J., Shivhare U.S. and Sign, G.D., 2000. Chlorophyll and color of green chill puree as affected by mesh size and temperature. *Int. J. Food Properties*, 3(2): 305-315.
- Anonymus, 2010. Λήψη από : <http://www.glm.gr/index.php?id=33>
- Anonymus, 2012. Ranking and Sorting Bell Peppers at High-speed.
- Arnon D., 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts polyphenoloxidase in *Beta Vulgaris*. *Plant Physiology*, V.24 (1): 1-15.
- Artés A., Mínguez M.I and Hornero, D., 2002. Analysing changes in fruit pigments. In: *Colour in Food, Improving quality*, McDougall (ed), CRC Press, Boca Raton, Boston, New York Washington, pp. 249-282.
- Barnes J.D, Balaguer L, Manrique E, Elvira S, Davison AW, 1992. A reappraisal of the use of DMSO for the extraction and determination of chlorophylls a and b in lichens and higher plants. *Envir. Exp. Bot.* 32: 85-100.
- Barnes J.D., Balaguer L, Manrique E, Elvira S. and Davison A.W., 1992 A reappraisal of the use of DMSO for the extraction and determination of chlorophylls a and b in lichens and higher plants. *Envir. Exp. Bot.* 32: 85-100
- Bartley G.E. and Scolnik P.A., 1995. Plant carotenoids: Pigments for photoprotection, visual attraction and human health. *Plant Cell*, 7: 1027-1038.
- Bosland P.W and Votana E.J. 2000. Peppers: Vegetable and spice capsicums. CABI Publishing.
- Bosland P.W., 1993. An effective plant field-cage to increase the production of genetically pure chile (*Capsicum* spp.) seed. *HortSci.*, 28: 1053.
- Bosland P.W., 1994. Chiles: history, cultivation and uses. *In: Spices, herbs and edible fungi*. Ed: Charalampous G, Elsevier Publ., New York. pp.347-366.
- Brecht J.K., K.V. Chau, S.C., Fonseca F.A.R., Oliveira F.M., Silva, M.C.N., Nunes and R.J. Bender, 2003. Maintaining optimal atmosphere conditions for fruits and vegetables throughout the postharvest handling chain. *Postharvest Biol. Technol.* 27: 87-101.
- Burnison B.K., 1980. Modified dimethylsulfoxide (DMSO) extraction for chlorophyll analysis of phytoplankton. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37: 729-732

- Burnison BK, 1980. Modified dimethylsulfoxide (DMSO) extraction for chlorophyll analysis of phytoplankton. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37: 729-732.
- Cantwell M and Kasmire F.R., 2002. *Postharvest handling systems: flower, leafy and stem vegetables*. In: *Postharvest Technology of Horticultural crops*. (ed. A. Kader), University of California Agr and Natural Resources Pub.3311, pp.423-433.
- Cantwell M., J. Rovelo, X. Nie and V. Rubatzky, 1998. *Specialty salad greens: Postharvest physiology and shelf-life*. *Acta Hort.*, 467: 371-377.
- Chang P.L., 2009. Bell Peppers – Great sources of Lycopene.
- Deli J., Molnar P., Matus Z. and Toth G., 2001. Carotenoid Composition in the Fruits of Red Paprika (*Capsicum annuum* var. *lycopersiciforme rubrum*) during Ripening. *Biosynthesis of Carotenoids in Red Paprika*. *J. Agric. Food Chem.* 49: 1517-1523.
- Devesa R., Moldes A., Diaz-Fierros F. and Barral M.T., 2007. Extraction study of algal pigments in river bed sediments by applying factorial designs. *Talanta* 72: 1546-1551.
- Dumas Y., Dadomo M., Di Lucca G. and Grolier P., (2003). Effects of environmental factors and agricultural techniques on antioxidant content of tomatoes. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 83: 369-382.
- Eaks, I.L., 1977. Physiology of degreening-summary and discussion of related topics. *Proc. Int. Soc. Citriculture*, 1: 223-226.
- Goodwin T.W., 1965. *Chemistry and Biochemistry of plant pigments*. Academic Press, New York.
- Gross J., 1987. Chlorophylls. In: *Pigments in fruits*. Academic Press Inc. London, UK, pp 1-55
- Gross J., 1991. *Pigments in Vegetables, Chlorophylls and Carotenoids*, Van Nostrand Reinhold, New York.
- Hall D.O. and Rao K.K., 1999. *Photosynthesis*. Cambridge: Cambridge University Press
- Heaton W.J and Marangoni G.A., 1996. *Chlorophyll degradation in processed foods and senescent plant tissues*. *Trends in Food Science and Technology*, V.7: 8-15.
- Heiser C.B., 1976. Peppers *Capsicum* (Solanaceae). In: Simmonds, N.W. (ed). *The evolution of crops plants*. Longman Press. London. p. 265-268.

- Heldt H-W., 1997. *Plant Biochemistry and Molecular Biology*. Oxford university Press. Oxford.
- Hernandez H. H. and Smith P.G., 1985. Inheritance of mature fruit colour in *Capsicum annum* L. *The Journal of Heredity* 76: 211-213.
- Hiscox J.D. and Israelstam G.F., 1979. A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. *Can. J. Bot.*57: 1332-1334
- Hiscox J.D. and Israelstam GF, 1979. A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. *Can. J. Bot.*57: 1332-1334.
- Hornero-Mendez D. and Minguéz-Mosquera M.I., 2000. Carotenoid pigments in *Rosa mosqueta* hips, and alternative carotenoid source for foods. *J. Agric. Food Chem.* 48: 825–828.
- Hornero-Mendez D. and Minguéz-Mosquera M.I., 2000. Xanthophyll esterification accompanying carotenoid overaccumulation in chromoplast of *Capsicum annum* ripening fruits is a constitutive process and useful for ripeness index. *J. Agric. Food Chem.* 48: 1617–1622.
- IBPGR, 1983. *Genetic resources of Capsicum*. Int. Board for Plant Genetic resources, Rome.
- Kader A., 1992. *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. Second edition. Publ.3311, University of California. Nat. Resources, Oakland, California.
- Kader A., 2002. *Maturation and maturity index*. *Postharvest Technology of Horticultural crops*. (ed. A. Kader), University of California Agr and Natural Resources Pub.3311 pp. 55-62.
- Kader A., 2002b. *Storage Systems*. *Postharvest Technology of Horticultural crops*. (ed. A. Kader), University of California Agr and Natural Resources Pub.3311 pp. 113-128.
- Lancaster J.E., C.E. Lister, P.F. Reay and C.M. Triggs, 1997. *Influence of pigment composition on skin color in a wide range of fruit and vegetables*. *J. Amer. Soc. Hortic. Sci.*, 122: 594-598.
- Lawlor D.W., 2001. *Photosynthesis*. Oxford: Biosis Scientific Publishers
- Lawlor D.W., 2001. *Photosynthesis*. Oxford: Biosis Scientific Publishers.
- Leung, A.Y., 1998. *Methods and techniques for study of biochemistry of crop plants*. *J. Amer. Oil Chem. Soc.*, 50: 407-410.
- Lewinsohn E., Sitrit Y., Bar E., Azulay Y., Ibdah M., Meir A., Yosef E., Zamir D. and Tadmor Y., 2005. Not just color - Carotenoid degradation as a link between

- color and aroma in tomato and watermelon fruit. *Trends in Food Science and Technology* 16: 407-415.
- MacNeish R.S., 1964. Ancient Mesoamerican civilization. *Science*, 143: 531-537.
- Makeen K., Babu G.S., Lavanya G.R. and Abraham G., 2007. Studies of chlorophyll content by different methods in black gram. *Intern. J. Agric. Res.* 2(7): 651-654.
- Marin A., Ferreres F., Tomas-Barberan F. and Gil M., 2004. Characterization and quantitation of antioxidant constituents of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). *J. Agric. Food Chem.* 52: 3861–3869.
- McGuire R.G., 1992. *Reporting of objective colour measurements*. HortScience, V27: 1254-1255.
- Minguez-Mosquera M.I, Hornero-Mendez D. and Garrido-Fernandez J., 1995. Detection of bixin, lycopene, canthaxanthin, and beta-apo-8'-carotenal in products derived from red pepper. Instituto de la Grasa y sus Derivados, Departamento de Biotecnología de Alimentos, Sevilla, Spain.
- Minguez-Mosquera M.I. and Hornero-Mendez D., 1994a. Formation and transformation of pigments during the fruit ripening of *Capsicum annuum* cv. *Bola* and *Agridulce*. *J. Agric. Food Chem.*, 42: 38–44.
- Minguez-Mosquera M.I. and Hornero-Mendez D., 1994b. Changes in carotenoid esterification during the fruit ripening of *Capsicum annuum* cv. *Bola*. *J. Agric. Food Chem.*, 42: 640–644.
- Nagle B.J., Villalon B. and Burns, 1979. Color evaluation of selected capsicums. *Journal of Food Science*, 44: 416-418.
- Notman R, Noro M, O;Malley B and Anwar J, 2006. Molecular basis for dimethylsulfoxide (DMSO) action on lipid membranes. *J.Am. Chem. Soc.*128: 13982-13983.
- Notman R, Noro M, O;Malley B and Anwar J., 2006. Molecular basis for dimethylsulfoxide (DMSO) action on lipid membranes. *J.Am. Chem. Soc.*128: 13982-13983
- Paul R.E., 1990. Chilling injury of crops of tropical and subtropical origin. In: C.Y. Wang (ed) *Chilling injury of Horticultural Crops*. CRC Press, Boca Raton, Fla., pp.17-36.
- Pickersgill B., 1969. The archaeological record of chilli peppers (*Capsicum* spp.) and the sequence of plant domestication in Peru. *Am. Antiq.* 34: 53-61.

- Pogson B.J. and Morris S.C., 1997. *Consequences of cool storage of broccoli on physiological and biochemical changes and subsequent senescence at 20°C*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 122: 553-558
- Prieto B., Rivas T. and Silva B., 2002. Rapid quantification of phototrophic microorganisms and their physiological state through their colour. *Biofouling*, 18: 229-236.
- Raffo A., Baimonte I. and Paoletti F., 2008. Changes in antioxidants and taste related compounds content during cold storage of fresh-cut red sweet peppers. *European Food Research Technology* 226(5): 1167-1174.
- Reuter L., 1950. *Traité de matière médicale : Drogues végétales, Drogues animales et chimie générale*. Edition Librairie JB Baillière et Fils, pp. 547.
- Richardson A.D, Duigan S.P and Berlyn G.P., 2002. An evaluation of noninvasive methods to estimate foliar chlorophyll content. *New Phytol.*153: 185-194.
- Richardson A.D., Duigan S.P. and Berlyn G.P., 2002. An evaluation of noninvasive methods to estimate foliar chlorophyll content. *New Phytol.*153: 185-194
- Ronen R and Galun M., 1984. Pigment extraction from lichens with dimethylsulfoxide (DMSO) and estimation of chlorophyll degradation. *Envir. Exp. Bot.* 24: 239-245
- Ronen R. and Galun M., 1984. Pigment extraction from lichens with dimethylsulfoxide (DMSO) and estimation of chlorophyll degradation. *Envir. Exp. Bot.* 24: 239-245.
- Sanmartin P., Aira N., Devesa-Rey R., Silva B. and Prieto B., 2010. Relationship between color and pigment production in two stone biofilm-forming cyanobacteria. *Biofouling* 26(5): 499-509.
- Shin S., and Bhowmik S.R., 1994. Thermal kinetics of color changes in pea puree. *Journal of Food Engineering*, 16: 77-86.
- Shinano T, Lai TT, Kawamukai T, Inoue MT, Koike T. and Tadano T., 1996. Dimethylsulfoxide method for the extraction of chlorophylls a and b from the leaves of wheat, field bean, dwarf bamboo and oak. *Photosynthetica* 32: 409-415.
- Shinano T., Lai T.T., Kawamukai T., Inoue M.T., Koike T. and Tadano T., 1996. Dimethylsulfoxide method for the extraction of chlorophylls a and b from the leaves of wheat, field bean, dwarf bamboo and oak. *Photosynthetica* 32: 409-415
- Shoaf W.T. and Lium B.W. 1976. Improved extraction of chlorophyll a and b from algae using dimethylsulfoxide. *Limnol. Oceanog.*21: 926-928

- Shoaf W.T. and Lium B.W., 1976 Improved extraction of chlorophyll a and b from algae using dimethylsulfoxide. *Limnol. Oceanog.* 21: 926-928.
- Siefermann-Harms D., 1985. Carotenoids in photosynthesis. I. Location in photosynthetic membranes and light-harvesting function. *Biochimica et Biophysica Acta*, 811: 325-355.
- Tait M.A. and Hik D.S., 2003. Is dimethylsulfoxide a reliable solvent for extracting chlorophyll under field conditions. *Photos. Res.* 78: 87-91.
- Tait M.A. and Hik D.S., 2003. Is dimethylsulfoxide a reliable solvent for extracting chlorophyll under field conditions? *Photos. Res.* 78: 87-91
- Taiz L. and Zeiger E., 1998. *Plant Physiology*, Sinauer Associates, Inc, New York.
- Wellburn A.R., 1994. The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. *J. Plant Physiol.* V.144: 307-313.
- Yang X., Zhang Z., Joyce D., Huang X., Xu L. and Pang, X., 2009. Characterization of chlorophyll degradation in banana and plantain during ripening at high temperature. *Food Chemistry*, 114: 383-390.
- Αθανασιάδης Χ., 2008. Μελέτη των εμβολιασμένων φυταρίων στην πιπεριά. Μεταπτυχιακή Διατριβή, Γεωπονική Σχολή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Αϊβαλάκης Γ., Καραμπουρνιώτης Γ. και Φασσέας Κ., 2003. Σημειώσεις Γενικής Βοτανικής. Αθήνα: Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών
- Αργυρίου Α. Ιωακείμ και Βαρέλλα Α. Ευαγγελία, 2004. Η φυσική και η χημεία του χρώματος. Εκδόσεις Κλειδάριθμος, Αθήνα.
- Βασιλακάκης Μ., 2010. Μετασυλλεκτική Φυσιολογία – Μεταχείριση Οπωροκηπευτικών και Τεχνολογία -Διατητική Αξία Οπωροκηπευτικών. Εκδόσεις: Γαρταγάνης, Β' Έκδοση 2010. Θεσσαλονίκη, Ελλάδα, Ε.Ε.
- Γεωργία - Κτηνοτροφία, 2005. Αφιέρωμα Μελιτζάνα και Πιπεριά. Τεύχος 9. Εκδόσεις Αγρότυπος. Αθήνα. Σελ.7-9.
- Δημητρακάκης Κ.Γ., 1998. Λαχανοκομία. Εκδόσεις ΑγρόΤυπος, Αθήνα.
- Κουναλάκης Χ., 2010. Γενικό προξενείο της Ελλάδος στο Μόναχο, Γραφείο οικονομικών και εμπορικών υποθέσεων, Σημείωμα για τη γερμανική αγορά φρούτων και λαχανικών-ελληνικές εξαγωγές. Υπουργείο Εξ., Ιούλιος 2010.
- Ντόγρας Κ., 2002-2003. Ειδική λαχανοκομία Ι, Πανεπιστημιακές εκδόσεις, Ελλάδα.

- Ντόγρας, Κ., 1998. Σημειώσεις Ειδικής Λαχανοκομίας Ι. Μέρος Α'. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Υπηρεσία Δημοσιευμάτων.
- Ολύμπιος Χ., 2001. Η τεχνική της καλλιέργειας των κηπευτικών στα θερμοκήπια. Εκδόσεις Αθ. Σταμούλη. Αθήνα.
- Πάντος Μ., 2004, Φασματική απεικόνιση για την ποσοτική χαρτογράφηση δομικών χαρακτηριστικών φυτών διαγνωστικής σημασίας: Εφαρμογή στην φυτοπαθολογία, διπλωματική εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης τμήμα Ηλεκτρονικών Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών. Λήψη από :
- Πετρίδης Κ., 2010. Παραγωγή δυναμικού και σταθερότητας της συμπεριφοράς εμπορικών ποικιλιών πιπεριάς σε καλλιέργεια θερμοκηπίου (*Capsicum annuum* L.), Μεταπτυχιακή διατριβή. Θεσσαλονίκη.
- Σαρλής Γ., 1999. Συστηματική Βοτανική - Εφαρμογές Κορμοφύτων Εκδόσεις Σταμούλη.
- Σφακιωτάκης Ε., 2004. Μετασυλλεκτική φυσιολογία και τεχνολογία νωπών οπωροκηπευτικών προϊόντων . Εκδόσεις τυρο ΜΑΝ, 2004. Θεσσαλονίκη.
- Τσακιρίδη Χ., 2010. Περιβαλλοντική Αξιολόγηση της καλλιέργειας πιπεριάς και σύγκριση καλλιεργητικών τεχνικών με τη μέθοδο ανάλυσης κύκλου ζωής. Διπλωματική εργασία. Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο.
- Τσάμης Χρήστος, Περί Φωτός, Το φάσμα. Λήψη από: <http://users.sch.gr/xtsamis/OkosmosMas/Fos/PeriFotos.htm>
- Τσιβελίκας Α. και Μπλέτσος Φ., 2011. Κέντρο Γεωργικής Έρευνας Βόρειας Ελλάδας, Θέρμη Θεσσαλονίκης. Τεύχος 46: 5-8. Λήψη από: <http://www.nagref.gr/journals/ethg/images/46/ethg46p5-8.pdf>
- Φραγκίστας Γ., 2009. INCOFRUIT-HELLAS (Σύνδεσμος Ελληνικών επιχειρήσεων εξαγωγής, διακίνησης φρούτων-λαχανικών και χυμών), ενημερωτικό δελτίο για την αγορά αγροτικών προϊόντων στη Γερμανία.
- Χατζής Ε., 2007. Μέτρηση χρώματος – χρωματομετρία. Λήψη από: <http://www.cold.org.gr/>
- Χατζής Ε., 2007. Το χρώμα και η ποιότητα σε φρούτα και λαχανικά. Λήψη από: <http://www.cold.org.gr/>