

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΚΡΗΤΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΤΡΟΦΙΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΩΝ
ΓΕΩΠΟΝΩΝ



TECHNOLOGICAL
EDUCATIONAL
INSTITUTE *of* CRETE
SCHOOL *of* AGRICULTURE FOOD
AND NUTRITION
DEPARTMENT *of* AGRICULTURE

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΑΙΘΕΡΙΟΥ ΕΛΑΙΟΥ ΑΠΟ ΔΙΚΤΑΜΟ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗ ΤΗΣ
ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΚΑΡΠΩΝ ΠΙΠΕΡΙΑΣ (*Capsicum annuum* L. cv. Sammy)
ΜΕΤΑΣΥΛΛΕΚΤΙΚΑ

ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΚΑΛΟΤΕΡΑΚΗΣ

ΜΗΝΑΣ ΥΠΟΒΟΛΗΣ ΤΗΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ: ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ, 2016

ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΩΝ ΓΕΩΠΟΝΩΝ,
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ,
2016

Η ΠΑΡΟΥΣΑ ΕΡΓΑΣΙΑ ΕΚΠΟΝΗΘΗΚΕ ΣΤΑ ΠΛΑΙΣΙΑ ΤΟΥ ΥΠΟΕΡΓΟΥ 14 ΤΟΥ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΥ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΑΡΧΙΜΙΔΗΣ ΙΙΙ : «ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΑΙΘΕΡΙΩΝ ΕΛΑΙΩΝ ΣΤΗΝ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ
ΝΩΠΙΩΝ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΠΡΟΙΟΝΤΩΝ ΤΗΣ ΚΡΗΤΗΣ».

ΚΑΘΗΓΗΤΕΣ ΤΡΙΜΕΛΟΥΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ

ΛΟΥΛΑΚΑΚΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ, ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
ΣΤΑΥΡΟΠΟΥΛΟΥ ΑΝΔΡΙΑΝΑ, Ε. ΣΥΝΕΡΓΑΤΗΣ
ΔΡΑΓΑΣΑΚΗ ΜΑΓΔΑΛΗΝΗ, ΕΠΙΚ. ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ

**Η ΕΡΓΑΣΙΑ ΑΥΤΗ ΥΛΟΠΟΙΗΘΗΚΕ ΣΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΒΙΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΦΥΤΩΝ ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΩΝ ΓΕΩΠΟΝΩΝ, ΤΗΣ ΣΧΟΛΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΤΟΥ ΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ**

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διατριβή ξεκίνησε και ολοκληρώθηκε στο εργαστήριο Φυσιολογίας και Βιοτεχνολογίας Φυτών του Τμήματος Τεχνολόγων Γεωπόνων της Σχολής Τεχνολογίας Γεωπονίας & Τεχνολογίας Τροφίμων, του ΤΕΙ Κρήτης με την επιστημονική υποστήριξη του εργαστηρίου Φυτοπαθολογίας. Αυτή τη στιγμή που η εργασία έχει ολοκληρωθεί, θα ήθελα να ευχαριστήσω την καθηγήτρια κα Σταυροπούλου Ανδριανή για την πολύτιμη βοήθεια, καθοδήγηση και γνώσεις που μου παρείχε. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή κο Λουλακάκη Κωνσταντίνο για την υποστήριξή του.

Ευχαριστίες αφιερώνω επίσης, σε όλους τους καθηγητές της σχολής μου, που μου έδωσαν το έναυσμα να μελετήσω και αγαπήσω το αντικείμενό μου και ιδιαίτερα στους καθηγητές κο Κολλάρο Δημήτριο, κα Δραγασάκη Μαγδαληνή, κο Γκούμα Δημήτριο και τον κο Βραχνάκη Θεόδωρο.

Νιώθω την ανάγκη να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για όλη της την προσφορά και υποστήριξη όλα τα χρόνια των σπουδών μου και όχι μόνο. Χωρίς τη βοήθειά τους η παρούσα εργασία δεν θα είχε πραγματοποιηθεί. Τέλος, ευχαριστώ την Ελένη για τη βοήθεια που μου παρείχε κατά τη συγγραφή της πτυχιακής εργασίας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	VII
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	VIII
ΠΙΝΑΚΑΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ	X
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	XI
ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	XII
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	XV
ABSTRACT	XVI
1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	1
1.2 ΠΙΠΕΡΙΑ	4
1.2.1 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	4
1.2.2 ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΗ ΛΕΙΑ.....	7
1.2.3 ΔΕΙΚΤΕΣ ΩΡΙΜΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ	8
1.3 ΜΕΤΑΣΥΛΛΕΚΤΙΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ	12
1.3.1 ΑΙΤΙΑ ΑΠΩΛΕΙΑΣ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΠΙΠΕΡΙΑΣ ΜΕΤΑΣΥΛΛΕΚΤΙΚΑ.....	12
1.3.2 ΜΕΤΑΣΥΛΛΕΚΤΙΚΕΣ ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ ΠΙΠΕΡΙΑΣ	16
1.3.3 ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ ΚΑΡΠΩΝ ΠΙΠΕΡΙΑΣ, ΜΕΤΑΣΥΛΛΕΚΤΙΚΑ	31
1.3.4 ΤΑΣΗ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΧΗΜΙΚΩΝ, ΣΤΗ ΜΕΤΑΣΥΛΛΕΚΤΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ, ΑΠΟ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ	32
1.4 ΑΙΘΕΡΙΑ ΈΛΑΙΑ.....	33
1.4.1 ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΓΙΑ ΤΑ ΑΙΘΕΡΙΑ ΕΛΑΙΑ	33
1.4.2 ΑΝΤΙΜΙΚΡΟΒΙΑΚΕΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΑΙΘΕΡΙΩΝ ΕΛΑΙΩΝ.....	35
1.4.3 ΑΙΘΕΡΙΑ ΕΛΑΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΑΓΩΓΗ ΤΗΣ ΔΙΑΤΗΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΚΑΛΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ	38
1.4.4 Ο ΔΙΚΤΑΜΟΣ ΚΑΙ ΤΟ ΑΙΘΕΡΙΟ ΕΛΑΙΟ ΤΟΥ	39
1.5 ΣΚΟΠΟΙ ΤΗΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	43
2 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	44
2.1 ΓΕΝΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ	44
2.1.1 ΠΑΡΑΛΑΒΗ ΑΙΘΕΡΙΟΥ ΕΛΑΙΟΥ ΔΙΚΤΑΜΟΥ	44
2.1.2 ΚΑΡΠΟΙ ΠΙΠΕΡΙΑΣ	45
2.2 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΑΙΘΕΡΙΟΥ ΕΛΑΙΟΥ ΔΙΚΤΑΜΟΥ ΣΤΑ ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΓΝΩΡΙΣΜΑΤΑ ΤΩΝ ΚΑΡΠΩΝ ΠΙΠΕΡΙΑΣ... 45	
2.2.1 ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ ΚΑΡΠΩΝ	47

2.2.2	ΜΕΤΡΗΣΗ ΧΡΩΜΑΤΟΣ ΚΑΡΠΩΝ	47
2.2.3	ΒΑΘΜΟΣ ΑΝΑΠΝΟΗΣ	49
2.2.4	ΣΥΝΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΣΑΡΚΑΣ ΤΩΝ ΚΑΡΠΩΝ	50
2.2.5	ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΔΙΑΛΥΤΑ ΣΤΕΡΕΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ (ΔΣΣ), ΡΗ, ΤΙΤΛΟΔΟΤΟΥΜΕΝΗ ΟΞΥΤΗΤΑ (ΤΟ)	51
2.3	ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	53
3	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ	54
3.1	ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΑΙΘΕΡΙΟΥ ΕΛΑΙΟΥ	54
3.2	ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΑΙΘΕΡΙΟΥ ΕΛΑΙΟΥ ΔΙΚΤΑΜΟΥ ΣΕ ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΡΠΩΝ ΠΙΠΕΡΙΑΣ	55
4	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	58
4.1	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	58
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	62

ΠΙΝΑΚΑΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ

ΓΡΑΦΗΜΑ 1.1: ΑΠΩΛΕΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΤΑ ΤΑ ΣΤΑΔΙΑ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (ΠΑΡΑΓΩΓΗ, ΜΕΤΑΠΟΙΗΣΗ Κ.Α.) ΚΑΙ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ, ΑΝΑ ΚΑΤΟΙΚΟ ΚΑΙ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΤΗΣ ΓΗΣ (FAO, 2011).3

ΓΡΑΦΗΜΑ 1.2: ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ (ΤΟΝΟΙ) ΠΙΠΕΡΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΤΑ ΕΤΗ 1990 ΕΩΣ 2013 (FAO 2016).....5

ΓΡΑΦΗΜΑ 3.1: ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΑΙΘΕΡΙΟΥ ΕΛΑΙΟΥ ΔΙΚΤΑΜΟΥ (0, 50, 100, 250 PPM) ΣΤΟ ΒΑΘΜΟΣ ΑΝΑΠΝΟΗΣ ΚΑΡΠΩΝ ΠΙΠΕΡΙΑΣ. ΟΙ ΤΙΜΕΣ ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΕΥΟΥΝ ΤΙΣ ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ (\pm SE) ΤΩΝ 3 ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΠΟΥ ΠΡΑΓΜΑΤΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ ΓΙΑ 3 ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΑ ΔΟΧΕΙΑ ΑΝΑ ΕΠΕΜΒΑΣΗ.57

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1: ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ (ΤΟΝΟΙ), ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΞΙΑ (1000 \$) ΚΑΙ ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΑ (\$/ΤΟΝΟ) ΠΙΠΕΡΙΑΣ ΠΑΓΚΟΣΜΙΩΣ (FAO, 2016).....	6
ΠΙΝΑΚΑΣ 1.2: ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΜΕΡΙΚΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΛΑΧΑΝΙΚΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ ΒΑΘΜΟ ΑΝΑΠΝΟΗΣ (ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΑΠΟ WILSON ET AL., 1999).....	15
ΠΙΝΑΚΑΣ 1.3: ΠΗΓΕΣ ΧΙΤΙΝΗΣ ΚΑΙ ΧΙΤΟΖΑΝΗΣ (MATHUR AND NARANG, 1990 ΑΠΟ RINAUDO, 2006).....	29
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1: Η ΧΗΜΙΚΗ ΚΑΙ ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΚΥΡΙΟΤΕΡΩΝ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ ΤΟΥ ΑΙΘΕΡΙΟΥ ΕΛΑΙΟΥ ΔΙΚΤΑΜΟΥ (ORIGANUM DICTAMNUS L.)	54
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.2: ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΑΙΘΕΡΙΟΥ ΕΛΑΙΟΥ ΔΙΚΤΑΜΟΥ (0, 50, 100, 250 PPM) ΣΕ ΠΟΙΟΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥΣ ΚΑΡΠΩΝ ΠΙΠΕΡΙΑΣ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΕΚΘΕΣΗ ΜΙΑΣ 7 ΗΜΕΡΩΝ. ΣΕ ΚΑΘΕ ΣΤΗΛΗ ΟΙ ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ (N=12), ΑΚΟΛΟΥΘΟΥΜΕΝΕΣ ΑΠΟ ΤΟ ΙΔΙΟ ΓΡΑΜΜΑ, ΔΕΝ ΔΙΕΦΕΡΑΝ ΣΗΜΑΝΤΙΚΑ ΣΕ P=0.05 ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΗ ΔΟΚΙΜΗ DUNCAN ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΣΕΙΡΩΝ.	56
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.3: ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΑΙΘΕΡΙΟΥ ΕΛΑΙΟΥ ΔΙΚΤΑΜΟΥ (0, 50, 100, 250 PPM) ΣΤΟ ΧΡΩΜΑ ΤΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΚΑΡΠΩΝ ΠΙΠΕΡΙΑΣ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΕΚΘΕΣΗ ΜΙΑΣ 7 ΗΜΕΡΩΝ. ΣΕ ΚΑΘΕ ΣΤΗΛΗ ΟΙ ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ (N=12), ΑΚΟΛΟΥΘΟΥΜΕΝΕΣ ΑΠΟ ΤΟ ΙΔΙΟ ΓΡΑΜΜΑ, ΔΕΝ ΔΙΕΦΕΡΑΝ ΣΗΜΑΝΤΙΚΑ ΣΕ P=0.05 ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΗ ΔΟΚΙΜΗ DUNCAN ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΣΕΙΡΩΝ.	57

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

ΕΙΚΟΝΑ 1.1: ΕΙΚΟΝΕΣ ΑΔΕΝΙΚΩΝ ΤΡΙΧΩΜΑΤΩΝ ΣΕ ΦΥΛΛΑ: Α,Β-ΑΣΠΙΔΟΕΙΔΕΣ ΑΔΕΝΙΚΟ ΤΡΙΧΩΜΑ ΜΕ ΠΟΛΥΚΥΤΤΑΡΟ ΑΔΕΝΑ, C-ΚΕΦΑΛΟΕΙΔΕΣ ΑΔΕΝΙΚΟ ΤΡΙΧΩΜΑ, D-ΑΣΠΙΔΟΕΙΔΕΣ ΑΔΕΝΙΚΟ ΤΡΙΧΩΜΑ ΜΕ ΤΕΤΡΑΚΥΤΤΑΡΙΚΟ ΑΔΕΝΑ (ΕΣΤΙΑΣΗ 50MM) (ZAMFIRACHE ET AL., 2009).....	34
ΕΙΚΟΝΑ 1.2: ΔΙΚΤΑΜΟΣ (ORIGANUM DICTAMNUS L.) ΠΟΥ ΑΝΑΠΤΥΣΣΕΤΑΙ ΑΝΑΜΕΣΑ ΣΤΙΣ ΡΩΓΜΕΣ ΤΩΝ ΒΡΑΧΩΝ (ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ Ε. ΚΑΛΠΟΥΤΖΑΚΗΣ) (KRIGAS ET AL., 2015).....	40
ΕΙΚΟΝΑ 1.3: ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΑΔΕΝΩΝ ΑΙΘΕΡΙΟΥ ΕΛΑΙΟΥ ΣΕ ΦΥΛΛΟ ΔΙΚΤΑΜΟΥ ΟΠΟΥ ΦΑΙΝΟΝΤΑΙ ΤΑ ΤΡΙΧΙΔΙΑ ΤΗΣ ΚΑΤΩ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ. ΜΕΓΕΘΥΝΣΗ ΣΕ ΣΤΕΡΕΟΣΚΟΠΙΟ (STAVROPOULOU ET AL., 2014).....	40
ΕΙΚΟΝΑ 1.4: ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΩΝ ΚΥΡΙΟΤΕΡΩΝ ΠΟΛΥΦΑΙΝΟΛΙΚΩΝ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ, ΤΗΣ ΕΚΧΥΛΙΣΗΣ ΜΕ ΠΟΛΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ, ΔΙΚΤΑΜΟΥ (KRIGAS ET AL., 2015)	41
ΕΙΚΟΝΑ 1.5: ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΩΝ ΚΥΡΙΟΤΕΡΩΝ ΠΗΗΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ ΤΟΥ ΑΙΘΕΡΙΟΥ ΕΛΑΙΟΥ ΔΙΚΤΑΜΟΥ (KRIGAS ET AL., 2015)	41
ΕΙΚΟΝΑ 1.6: ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΜΕΝΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΑΙΘΕΡΙΟΥ ΕΛΑΙΟΥ ΣΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΝΕΡΟΥ, ΣΤΟΝ ΑΠΟΣΤΑΚΤΗΡΑ.....	42
ΕΙΚΟΝΑ 2.1: ΠΑΡΑΛΑΒΗ ΤΟΥ ΑΙΘΕΡΙΟΥ ΕΛΑΙΟΥ ΜΕ ΥΔΡΟΑΠΟΣΤΑΞΗ.....	44
ΕΙΚΟΝΑ 2.2: ΟΙ ΤΕΣΣΕΡΙΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΚΑΡΠΩΝ ΠΟΥ ΕΠΙΛΕΧΘΗΚΑΝ (STAVROPOULOU ET AL., 2014).....	46
ΕΙΚΟΝΑ 2.3: ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΔΟΧΕΙΩΝ ΜΕ ΚΑΡΠΟΥΣ ΠΙΠΕΡΙΑΣ ΣΕ ΚΛΙΜΑΤΙΚΟ ΘΑΛΑΜΟ (STAVROPOULOU ET AL., 2014).	47
ΕΙΚΟΝΑ 2.4: ΜΕΤΡΗΣΗ ΧΡΩΜΑΤΟΣ ΚΑΡΠΟΥ ΠΙΠΕΡΙΑΣ.....	49

ΕΙΚΟΝΑ 2.5: ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ CO ₂	50
ΕΙΚΟΝΑ 2.6: ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΣΑΡΚΑΣ ΣΤΗΝ ΠΙΕΣΗ.	51
ΕΙΚΟΝΑ 2.7: ΠΑΡΑΛΑΒΗ ΧΥΜΟΥ ΚΑΡΠΟΥ ΠΙΠΕΡΙΑΣ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΟΜΟΓΕΝΟΝΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ. ..	52
ΕΙΚΟΝΑ 2.8: ΜΕΤΡΗΣΗ ΡΗ ΜΕ ΠΕΧΑΜΕΤΡΟ.....	53

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ένα σημαντικό ποσοστό της παγκόσμιας παραγωγής φρούτων και λαχανικών χάνεται στα διάφορα στάδια παραγωγής, μετασυλλεκτικής διαχείρισης, μεταποίησης και κατανάλωσης των προϊόντων. Για το στάδιο της μετασυλλεκτικής οι απώλειες αυτές κυμαίνονται σε ποσοστά της τάξης του 10-15% των συνολικών απωλειών. Η ανάγκη ελαχιστοποίησης αυτών των απωλειών σε συνδυασμό με τον προβληματισμό που αναπτύσσεται, τα τελευταία χρόνια, γύρω από τα χημικά μέσα που χρησιμοποιούνται στη μετασυλλεκτική, έχει οδηγήσει στην αξιοποίηση φυσικών βιοδραστικών συστατικών όπως τα αιθέρια έλαια. Η αντιμικροβιακή δράση των αιθέριων ελαίων είναι ήδη γνωστή από πολλές μελέτες που έχουν γίνει πρόσφατα. Στην παρούσα εργασία, μελετήθηκε η επίδραση που έχει το αιθέριο έλαιο φυτών δίκταμου (*Origanum dictamnus* L.), ενδημικού είδους της Κρήτης, στα σημαντικότερα ποιοτικά χαρακτηριστικά καρπών πιπεριάς (*Capsicum annuum* L. cv. Sammy) μετασυλλεκτικά. Για το σκοπό αυτό, έγιναν 4 επεμβάσεις στους καρπούς σε 4 διαφορετικές συγκεντρώσεις (0, 50, 100, 250 ppm). Τρία δοχεία με 2 καρπούς έκαστο, ανά επέμβαση, τοποθετήθηκαν σε θερμοκρασία δωματίου για 2 ώρες, έτσι ώστε να μην παρεμποδιστεί η δράση του αιθέριου ελαίου και κατόπιν μεταφέρθηκαν σε κλιματικό θάλαμο (12°C και 95% RH) για 1 εβδομάδα (7 ημέρες). Μετά το πέρας του χρόνου αυτού, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις που αφορούσαν τη μεταβολή του βάρους των καρπών, τα ολικά διαλυτά στερεά συστατικά (ΔΣΣ) τους, το pH, την τιτλοδοτούμενη οξύτητα, το χρώμα, τη συνεκτικότητα της σάρκας καθώς και το βαθμό αναπνοής τους. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η εφαρμογή αιθέριου ελαίου δίκταμου δεν επηρέασε -αρνητικά- την ποιότητα των καρπών πιπεριάς ενώ, αντιθέτως, υπήρξε ένδειξη για βελτίωσή της. Συμπερασματικά, τα ευρήματα της εργασίας, υποδηλώνουν ότι το αιθέριο έλαιο δίκταμου θα μπορούσε, υπό προϋποθέσεις, να λειτουργήσει ως εναλλακτικό μέσο διατήρησης ή και πιθανής βελτίωσης των ποιοτικών μεταβλητών καρπών πιπεριάς, έτσι ώστε να γίνονται πιο αποδεκτοί στους καταναλωτές, οι οποίοι επιδιώκουν υψηλή ποιότητα, σε συνδυασμό με ελαχιστοποίηση χημικών επεμβάσεων στο προϊόν.

**POSTHARVEST EXPLOITATION OF THE ESSENTIAL OIL OF DITTANY FOR
MAINTAINING THE QUALITY OF PEPPER FRUITS (*Capsicum annuum* L. cv.
Sammy)**

ABSTRACT

A significant percentage of the global output of fruits and vegetables is being lost at the different stages of production, postharvest technology, processing and consumption. Concerning the stage of postharvest technology, the losses range from 10 to 15% of the total losses. The need to minimize those losses in combination with the skepticism that has grown, during recent years, over the use of chemicals in postharvest technology, has led to the exploitation of natural bioactive compounds such as essential oils. The antimicrobial activity of essential oils is already known from a series of recent studies. In the current study, the effect of the essential oil of dittany (*Origanum dictamnus* L.), an endemic plant species of Crete, on the most important quality aspects of peppers (*Capsicum annuum* L. cv. Sammy) was examined during postharvest conditions. For that cause, 4 essential oil treatments were made in different concentrations (0, 50, 100, 250 ppm). Three containers with 2 peppers each, per treatment, were placed in room temperature for 2 hours so as not to disturb the activity of the essential oil. Then they were transferred to a climatic chamber (12°C και 95% RH) for 1 week (7 days). At the end of the week fruit weight change, total soluble solids, pH, titratable acidity, fruit color, firmness and respiration rate was measured. The results showed that the application of essential oil of dittany did not affect negatively the quality of peppers. Instead, there is evidence of improvement of that quality. In conclusion, the findings of the study indicate that the essential oil of dittany could be used under specific conditions as an alternative in sustaining or possibly improving the quality variables of peppers so as to make them more acceptable to consumers who aim at high quality in combination with minimization of chemicals treatments in the product.

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενικά στοιχεία

Ένα φλέγον ζήτημα που απασχολεί όλους τους φορείς που εμπλέκονται με τη γεωργία και την παροχή επαρκούς ποσότητας τροφής στον πληθυσμό της γης, είναι οι απώλειες των παραγόμενων προϊόντων, όπως αυτή συμβαίνει, σε όλα τα στάδια της παραγωγικής, μετασυλλεκτικής και βιομηχανικής διαδικασίας (Parfitt et al., 2010). Η απώλεια τροφίμων που συμβαίνει στο στάδιο εμπορίας, διακίνησης και κατανάλωσης χαρακτηρίζεται ως «σπατάλη» τροφής (Parfitt et al., 2010). Σύμφωνα με τον FAO (2011), συνολικά, εκτιμάται ότι 32% των παραγόμενων τροφίμων δεν φτάνει στον καταναλωτή (απώλεια και σπατάλη). Το 10-15% αυτού υπολογίζεται ότι αφορά το μετασυλλεκτικό στάδιο επεξεργασίας των προϊόντων. Έτσι λοιπόν, απώλειες συμβαίνουν κατά την αγροτική παραγωγή (π.χ. κατά τη συγκομιδή, καλλιεργητικές εργασίες κ.ά.), κατά την μετασυλλεκτική διαχείριση και αποθήκευση (μικροβιακοί παράγοντες), τη βιομηχανική επεξεργασία (συμπύκνωση, αποξήρανση κ.ά.), διανομή (χονδρεμπόριο, λιανεμπόριο) και κατανάλωση (σε οικιακό επίπεδο) όπως φαίνεται στο Γράφημα 1.1 για διάφορες περιοχές του πλανήτη (FAO, 2011).

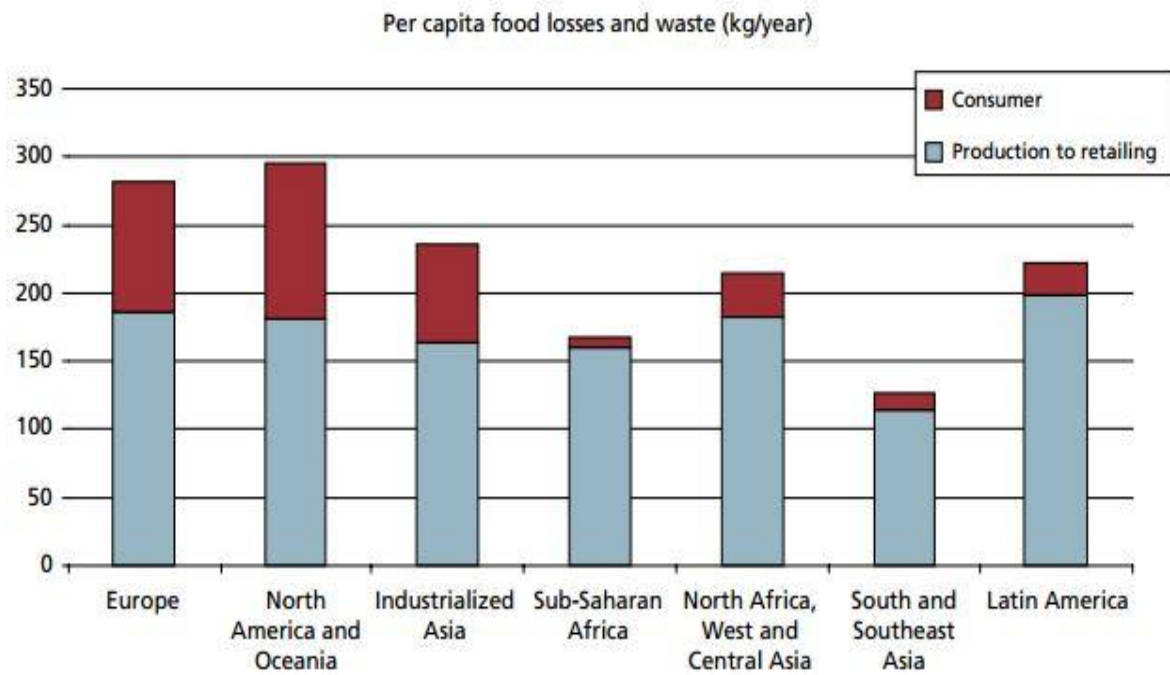
Ο χρόνος συγκομιδής ενός προϊόντος έχει μεγάλη σημασία και καθορίζεται από το κατάλληλο στάδιο ωριμότητας και τις αντίστοιχες κλιματικές συνθήκες. Έτσι, έλλειψη ή

λανθασμένη εκτίμηση του δείκτη ωρίμανσης του καρπού, οδηγεί σε λάθος συγκομιδή. Πρέπει να γίνεται υιοθέτηση περισσότερων του ενός, δείκτες οι οποίοι σχετίζονται, όχι μόνο με τη φυσιολογία του καρπού αλλά και με άλλα κριτήρια, όπως για παράδειγμα, η απόσταση από τα σημεία πώλησης, η τιμή του προϊόντος κτλ. Απώλειες στο συγκομιζόμενο προϊόν, προκαλεί και η εκμηχάνιση της συγκομιδής με κακής ποιότητας μηχανήματα τα οποία τραυματίζουν και ζημιώνουν τον καρπό. Η έλλειψη υποδομών πρόψυξης των προϊόντων και άλλων υποδομών μετασυλλεκτικής διαχείρισης επιδρούν στο συνολικό ποσοστό των απωλειών, μέσω της μείωσης του χρόνου διατήρησης, κατά μεγάλο χρονικό διάστημα (Kiaya, 2014). Ο τομέας των μεταφορών είναι επίσης σημαντικός. Το κακό ή ελλιπές οδικό δίκτυο σε συνδυασμό με το γεγονός μη ύπαρξης φορτηγών-ψυγείων, εξαιτίας των μικρών αγροτικών εκμεταλλεύσεων, συμβάλλουν στην τελική προσφορά υποβαθμισμένης ποιότητας προϊόντος στους καταναλωτές. Ακόμη όμως και να επιτευχθεί η εξασφάλιση των κατάλληλων οχημάτων για μεταφορά, δεν μπορεί να αντισταθμίσει τις κακές οδικές συνθήκες (Kader, 2002).

Ως προς την αποθήκευση, πρέπει να δίνεται μέριμνα για τις απαραίτητες, για σωστή συντήρηση, υποδομές οι οποίες θα ελέγχονται, σχετικά με διάφορες παραμέτρους, σε όλα τα στάδια. Πρέπει να γίνεται σωστή ρύθμιση της υγρασίας, της θερμοκρασίας και του αιθυλενίου, καθώς και να διατηρούνται υψηλές συνθήκες υγιεινής για την μείωση εμφάνισης διάφορων μικροβιακών προσβολών.

Σημαντική είναι ακόμη η συσκευασία του προϊόντος, η οποία έχει ως στόχο την καλύτερη μεταχείριση, αλλά και διατήρησή του μέσω της μείωσης όλων εκείνων των εκφυλιστικών αναβολικών και καταβολικών δραστηριοτήτων, που μειώνουν τη «ζωή στο ράφι» και προάγουν τα φαινόμενα του γηρασμού και της υπερωρίμανσης.

Με τα τελευταία φαινόμενα σχετίζονται και πολλοί βιολογικοί παράγοντες, όπως ρυθμός αναπνοής, παραγωγή αιθυλενίου, μεταβολές στη σύσταση του προϊόντος και η διαπνοή, περιβαλλοντικοί όπως η σχετική υγρασία και θερμοκρασία, καθώς και η σύσταση της ατμόσφαιρας (περιεκτικότητα σε οξυγόνο και διοξείδιο του άνθρακα) (Kader, 2002; Gross et al, 2002).



Γράφημα 1.1: Κατά κεφαλήν απώλειες τροφίμων (kg/χρόνο) στις διάφορες περιοχές του πλανήτη από το παραγωγικό μέχρι πριν το καταναλωτικό στάδιο και στο καταναλωτικό στάδιο (FAO, 2011).

Οι απώλειες αυτές μπορεί να είναι τόσο ποσοτικές όσο και ποιοτικές. Ως προς τις τελευταίες αναφέρονται τόσο θερμιδικές απώλειες όσο και απώλειες σχετιζόμενες με τη διατροφική αξία του προϊόντος (οξείδωση βιταμινών κτλ.), καθώς και μείωση αποδοχής του από τους καταναλωτές λόγω υποβαθμισμένης εμφάνισης ή ποιότητας. Έτσι, μειώνοντας τις απώλειες με μία εφαρμογή ορθής πρακτικής που εκτείνεται σε όλα τα στάδια, επιτυγχάνεται καλύτερη διαχείριση των τροφίμων. Για να γίνει όμως αυτό, πρέπει να παρθούν μια σειρά από μέτρα που αφορούν: τη χρήση νέων, πιο ανθεκτικών σε διάφορες μεταβλητές και με υψηλότερη διατροφική αξία, ποικιλιών, την κατανόηση των βιολογικών και περιβαλλοντικών παραγόντων που σχετίζονται με τη μετασυλλεκτική τεχνολογία καθώς και τη χρήση των κατάλληλων, για κάθε προϊόν, τεχνικών αποθήκευσης και συντήρησης ώστε να αποτραπεί η ποσοτική και ποιοτική υποβάθμισή τους (Kader, 2005).

Οι απώλειες αυτές, είναι εμφανές, ότι αφορούν και την πιπεριά. Η αξία της πιπεριάς, η οποία ορίζεται από τα ανώτερα ποιοτικά χαρακτηριστικά της, έχει δημιουργήσει ενδιαφέρον στην επιμήκυνση της μετασυλλεκτικής της ζωής. Οι διάφοροι προβληματισμοί που δημιουργούνται από την αλόγιστη χρήση χημικών παραγόντων για τη διατήρηση των νωπών

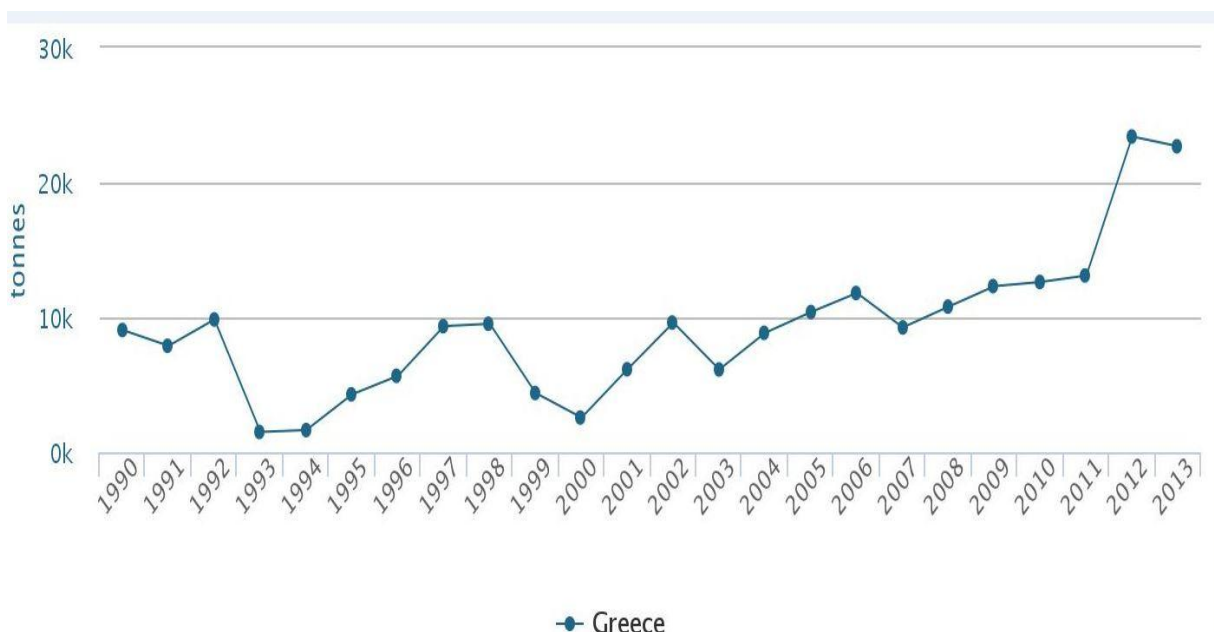
οπωροκηπευτικών, ωθούν στην ανεύρεση εναλλακτικών μεθόδων συντήρησης των προϊόντων. Η έρευνα στρέφεται στην αξιοποίηση βιοδραστικών στοιχείων, τα οποία δεν επηρεάζουν αρνητικά το προϊόν και παρέχουν πολλά οφέλη σε όλο το εύρος της καταναλωτικής αλυσίδας.

1.2 Πιπεριά

1.2.1 Στοιχεία καλλιέργειας και παραγωγής

Η πιπεριά (*Capsicum annuum* L.) ανήκει στην οικογένεια των Σολανοειδών (Solanaceae), η οποία περιλαμβάνει διάφορα είδη σπουδαίας γεωργικής και διατροφικής αξίας για τον άνθρωπο όπως, η τομάτα (*Lycopersicon esculentum* L.), η πατάτα (*Solanum tuberosum* L.) και η μελιτζάνα (*Solanum melongena* L.). Η παγκόσμια παραγωγή πιπεριάς το έτος 2012 έφτασε τους 31.171.567 τόνους (FAO, 2016). Καλλιεργείται σε πάρα πολλές περιοχές του πλανήτη για τον καρπό της που χρησιμοποιείται σαν λαχανικό ή καρύκευμα-μπαχαρικό. Υπάρχουν πολλοί τύποι πιπεριάς ανάλογα το σχήμα, μέγεθος, χρώμα, βαθμό καυστικότητας κτλ. Οι πιπεριές, εκτός από η διατροφική τους χρήση, έχουν φαρμακευτικές ιδιότητες, ενώ χρησιμοποιούνται και ως καλλωπιστικό φυτό.

Στην Ελλάδα και την Κρήτη η πιπεριά καλλιεργείται συστηματικά σε μεγάλη έκταση, όπως δείχνει το Γράφημα 1.2, τόσο για την υψηλή τιμή (ιδιαίτερα οι έγχρωμες ποικιλίες) όσο και για την διατροφική αξία της. Μάλιστα, σύμφωνα με το παρακάτω γράφημα, η παραγωγή έφτασε το μέγιστο των 24 χιλιάδων περίπου τόνων το 2012.



Γράφημα 1.2: Μέση ετήσια παραγωγή (τόνοι) πιπεριάς στην Ελλάδα τα έτη 1990 έως 2013 (FAO 2016).

Από οικονομικής άποψης, η πιπεριά είναι ένα, πολλά υποσχόμενο, αγροτικό προϊόν για την Ελλάδα, λόγω της μεγάλης ζήτησης που έχει στην Ευρωπαϊκή Ένωση αλλά και παγκοσμίως.

Αυτό φαίνεται και στον παρακάτω πίνακα όπου η Ελλάδα, το 2009, ήταν μία από τις κυριότερες εξαγωγικές χώρες πιπεριάς, στον κόσμο με 12,3 χιλιάδες τόνους, κάτι που της έδωσε την εικοστή θέση σε παγκόσμιο επίπεδο.

Πίνακας 1.1: Συνολική ποσότητα παραγωγής (τόνοι), συνολική αξία (1000 \$) και τιμή μονάδα (\$/τόνο) πιπεριάς παγκοσμίως (FAO, 2016).

Rank	Area	Quantity (tonnes)	Flag	Value (1000 \$)	Flag	Unit value (\$/tonne)
1	Netherlands	461102	24	977679	16	2120
2	Spain	465251	11	684039	10	1470
3	Mexico	608644	5	562593	6	924
4	Canada	79728	47	185944	31	2332
5	Israel	89893	3	179785	1	2000
6	United States of America	99939	95	161430	85	1615
7	Turkey	64765	39	61008	39	942
8	Slovenia	39797	9	59993	4	1507
9	Republic of Korea	18684	17	57185	11	3061
10	Italy	28137	80	50993	72	1812
11	Austria	28076	49	49167	35	1751
12	Germany	21025	137	48832	112	2323
13	Morocco	56523	7	42020	9	743
14	Belgium	24417	111	40406	104	1655
15	France	23946	119	40370	119	1686
16	Hungary	27077	38	33825	41	1249
17	Jordan	34588	6	33541	8	970
18	New Zealand	5675	56	23487	45	4139
19	China, mainland	59144	69	22468	111	380
20	Greece	12319	42	22017	38	1787

Το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής προορίζεται για εγχώρια κατανάλωση στις τοπικές αγορές, ενώ ένα μέρος συσκευάζεται για διακίνηση σε μεγαλύτερες αποστάσεις είτε εγχώρια, είτε στο εξωτερικό.

1.2.2 Διατροφική αξία

Όπως προαναφέρθηκε, τα λαχανικά της οικογένειας Solanaceae καταναλώνονται ευρέως, για την υψηλή διατροφική τους αξία. Συγκεκριμένα, η πιπεριά είναι γνωστή για την περιεκτικότητά της σε διάφορα φυτοχημικά, όπως φαινολικές ενώσεις, φλαβονοειδή και καροτενοειδή (Zhuang et al., 2012). Συγκεκριμένα, οι έγχρωμες ποικιλίες περιέχουν έως και 9 φορές περισσότερο β-καροτένιο από τις πράσινες (Sun et al., 2007), ενώ η ζεαξανθίνη που περιέχει, έχει προστατευτικό ρόλο ενάντια στον εκφυλισμό της ωχράς κηλίδας των ματιών (Krnisky et al., 2003; Delcourt et al., 2006). Οι φαινολικές ενώσεις (π.χ. φλαβονοειδή) συνεισφέρουν στην διατροφική αξία της πιπεριάς, καθώς παρεμβαίνουν σε διάφορες μεταβλητές, όπως χρώμα, άρωμα, γεύση (Ornelas-Paz et al., 2010). Όμως οι πιπεριές δεν είναι μόνο καλή πηγή καροτενοειδών (α-καροτένιο, β-καροτένιο, κρυπτοξανθίνη, ζεαξανθίνη κ.ά.), αλλά παρέχουν πολύ μεγάλα ποσά βιταμίνης C (ασκορβικό οξύ) στον οργανισμό, σε ποσοστό μέχρι και 169% της συνιστώμενης ημερήσιας λήψης (Matsufuji et al., 2007). Η περιεκτικότητά σε ασκορβικό οξύ αυξάνει μάλιστα, όσο αυξάνει το στάδιο ωριμότητας του καρπού και εμφανίζονται οι διάφορες χρωστικές και καροτενοειδή (Marinet al., 2004). Επίσης, είναι πολύ καλή πηγή βιταμίνης E, βιταμίνης A (η προβιταμίνη A μετατρέπεται μέσα στο σώμα σε βιταμίνη A καθώς και βιταμίνης K1. Η κατανάλωση της πιπεριάς έχει να επιδείξει ακόμη μεγάλη αντιοξειδωτική δράση με τις κυριότερες αντιοξειδωτικές ουσίες να είναι η καψανθίνη, η βιολαξανθίνη (κυρίως στις κίτρινες-ανοιχτού πράσινου χρώματος), η λουτεολίνη κ.ά. (Gómez-García & Ochoa-Alejo, 2013). Επιπρόσθετα, η περιεκτικότητά σε αντιοξειδωτικά, έχει γραμμική σχέση με την περιεκτικότητά σε φαινολικά συστατικά (Zhuang et al., 2012).

Κατά καιρούς έχουν αναφερθεί και άλλες βιοενεργές ουσίες, που εκτός από αντιοξειδωτικές επιδράσεις, έχουν αντιφλεγμονώδεις, αντικαρκινικές, και υπολιπιδαιμικές ιδιότητες (Padmanabhan et al., 2016). Η βιταμίνη C που περιέχει η πιπεριά έχει θετική επίδραση στην πρόληψη της αναιμίας, είτε άμεσα, σαν μία αξιολογη πηγή σιδήρου, είτε έμμεσα, μέσω της αύξησης πρόληψης σιδήρου από τον οργανισμό (Thankachan et al., 2008).

Τέλος, έπειτα από διάφορες μελέτες, έχει διαπιστωθεί ότι η προσθήκη της πιπεριάς στο καθημερινό διαιτολόγιο του ανθρώπου, βοηθάει στη αύξηση του αισθήματος κορεσμού και τη μειωμένη όρεξη, μειώνοντας την κατανάλωση υπέρμετρων ποσοτήτων φαγητού (Reinbach et al., 2009).

1.2.3 Δείκτες ωρίμανσης και ποιότητας

Οι πιπεριές που είναι εμπορεύσιμες, ποικίλουν ως προς το στάδιο ωριμότητας στο οποίο πρέπει να βρίσκονται κατά τη συγκομιδή. Ακριβής προσδιορισμός του χρόνου ωρίμανσης του καρπού είναι δύσκολος, καθώς δεν ωριμάζουν όλοι οι καρποί με τη ίδια ταχύτητα. Μπορεί οι καρποί εξωτερικά να έχουν παρόμοια εμφάνιση, αλλά εσωτερικά βρίσκονται σε διαφορετικό στάδιο ή περιέχουν διαφορετικές ποσότητες κάποιων στοιχείων που σχετίζονται με την ωρίμανση (Tadesse et al., 2002). Παρότι ο καρπός αναπτύσσεται και αυξάνει τόσο σε βάρος, όσο και σε μήκος, η επιφάνεια έχει μια ρυτιδωμένη και θαμπή εμφάνιση (Ολύμπιος, 2001). Σε αυτό το στάδιο, ο καρπός είναι ακόμα ανώριμος και δεν πρέπει να συγκομισθεί γιατί η απώλεια νερού, λόγω αυξημένης διαπνοής και τραυματισμού, είναι ταχεία και μεγάλη. Σε αυτό το στάδιο ο καρπός μαλακώνει, επίσης πολύ γρήγορα. Όταν οι πιπεριές πάρουν το τελικό τους μέγεθος, γίνονται πιο γυαλιστερές και αποκτούν ένα πιο ώριμο πράσινο χρώμα ή, εφόσον είναι έγχρωμες, το χαρακτηριστικό χρώμα της ποικιλίας τους. Αυτό το στάδιο είναι γνωστό ως το στάδιο του «ώριμου πράσινου χρώματος» (Ολύμπιος, 2001). Αν η συγκομιδή καθυστερήσει και οι πιπεριές μείνουν πάνω στο φυτό για μερικές εβδομάδες ακόμα, τότε, λόγω γηρασμού, ο καρπός συρρικνώνεται και αναπτύσσονται πιο σκούρες χρωστικές με την ακολουθούμενη υποβάθμιση του σε βάρος και ποιότητα. Το στάδιο αυτό είναι γνωστό ως στάδιο «ώριμου κόκκινου». Στο στάδιο αυτό ο καρπός χάνει την τραγανότητα που χαρακτηρίζει την υφή του και αποκτά μια δυσάρεστη υφή σε σύντομο χρονικό διάστημα (Larondelle, 2004). Σε αυτά τα δύο στάδια ο καρπός μπορεί να πωληθεί γιατί πληροί τα ελάχιστα χαρακτηριστικά ποιότητας (Agblor and Waterer, 2001). Έτσι λοιπόν, για τις πράσινες πιπεριές οι δείκτες ωριμότητας αφορούν το μέγεθος του καρπού, τη συνεκτικότητα της σάρκας και το χρώμα, ενώ για τις έγχρωμες, πρέπει ο καρπός να έχει αποκτήσει το χρώμα της ποικιλίας στο 50% τουλάχιστον τις επιφάνειάς του (Cantwell, 2014).

Ως προς τη φυσιολογία της ανάπτυξης του καρπού και της ωρίμανσης της πιπεριάς, λίγες πληροφορίες υπάρχουν (Serrano et al., 1995). Για τον προσδιορισμό του χρόνου συγκομιδής χρησιμοποιούνται σαν δείκτες διάφοροι παράμετροι όπως το επιφανειακό χρώμα, τα ολικά διαλυτά στερεά συστατικά, η οξύτητα, η περιεκτικότητα σε πτητικά συστατικά καθώς και αλλαγές σε άλλα χημικά συστατικά (π.χ. ασκορβικό οξύ) (Tadesse et al., 2002). Όσο πλησιάζει ο καρπός στην ωρίμανση τόσο αυξάνεται το μήκος, η διάμετρος καθώς και το βάρος του. Η περιεκτικότητα σε ξηρό βάρος, τα ολικά διαλυτά στερεά συστατικά, η

συνεκτικότητα της σάρκας, καθώς και η ζωή στο «ράφι» αυξάνονται επίσης σταδιακά (Rahman et al., 2014). Η συγκομιδή πρέπει να γίνεται τις πρωινές ώρες της ημέρας με κοφτερά και απολυμασμένα εργαλεία καθώς και με γάντια, για την αποφυγή μετάδοσης ασθενειών. Τις πρωινές ώρες οι βλαστοί βρίσκονται σε σπαργή και η κοπή είναι πιο εύκολη. Κατά την φυσιολογική ωρίμανση σχηματίζεται μία ζώνη αποκοπής στο μίσχο, ενώ αν η εμπορική ωρίμανση συμβαίνει πιο πριν από αυτό το σημείο, τότε μέρος του μίσχου αφήνεται στο φυτό. Άλλη μέθοδος κοπής είναι αυτή της ανύψωσης του καρπού, οπότε και αποκόπτεται από το σημείο επαφής του μίσχου με το βλαστό (Ολύμπιος, 2001). Για τον προσδιορισμό του χρόνου συγκομιδής μπορεί να γίνει χρήση των ημερών μετά την άνθηση σε συνδυασμό με τον έλεγχο των διαφόρων φυσικοχημικών χαρακτηριστικών (Rahman et al., 2014). Μετά τη συγκομιδή οι καρποί υπόκεινται στις διάφορες μετασυλλεκτικές μεταχειρίσεις με στόχο τη διασφάλιση της καλής διατήρησης και συντήρησής τους, έως ότου οδηγηθούν στα σημεία πώλησης.

Πριν, όμως από αυτό, πρέπει να γίνει ποιοτική διαβάθμιση των καρπών με βάση κάποιες μεταβλητές οι οποίες ονομάζονται δείκτες ποιότητας. Η κατηγοριοποίηση αυτή συμβάλλει στην καλύτερη μεταχείρισή τους καθώς και στην τελική διαμόρφωση της τιμής πώλησης του προϊόντος. Οι δείκτες ποιότητας πρέπει να έχουν κάποιες ελάχιστες τιμές ώστε να μπορούν οι πιπεριές να εμπορευτούν (Ολύμπιος, 2001). Πιο συγκεκριμένα λοιπόν, οι πιπεριές πρέπει να είναι ακέραιες. Με τον όρο ακέραιο νοείται η απουσία οποιουδήποτε τραύματος. Η επιφάνεια του καρπού πρέπει να είναι ανέπαφη. Πιπεριές με ρωγμές και τραυματισμούς που δεν έχουν επουλωθεί δεν γίνονται αποδεκτές. Ο κάλυκας πρέπει να είναι και αυτός ακέραιος, να μην έχει αφαιρεθεί και το σημείο τομής του μίσχου να έχει επουλωθεί σύμφωνα με την ποιοτική κατηγορία I ή ελαφρά τραυματισμένος κατά την ποιοτική κατηγορία II. Σε αυτή την κατηγορία μη αποδεκτών χαρακτηριστικών ανήκει το έγκαυμα από τον ήλιο. Οι καρποί πρέπει να είναι υγιείς, δηλαδή, να είναι απαλλαγμένοι από οποιαδήποτε ασθένεια ή σοβαρή αλλοίωση που επηρεάζει την εμφάνιση, βρωσιμότητα ή την ποιότητα, όπως αυτή εκφράζεται με άλλες μεταβλητές. Πιο συγκεκριμένα, σαπίσματα ακόμα κι όταν είναι πολύ μικρής κλίμακας ή αφορούν τον μίσχο ή τον κάλυκα, μούχλες, μωλωπισμοί ή αλλοιώσεις άλλου είδους δεν γίνονται αποδεκτά. Σε αυτήν την κατηγορία περιλαμβάνονται και οι φυσιολογικοί τραυματισμοί, όπως για παράδειγμα, συμπτώματα έλλειψης ασβεστίου. Επίσης, οι καρποί πρέπει να είναι νωπής εμφάνισης και συνεκτικοί. Δηλαδή, ένα ελαφρύ φυσιολογικό μαλάκωμα είναι αποδεκτό, αλλά όχι η συρρικνωμένη, λόγω αφυδάτωσης, εμφάνιση

(Ολύμπιος, 2001). Οι πιπεριές πρέπει να είναι πρακτικά απαλλαγμένες από εχθρούς με την έννοια του να μην υπάρχουν στην επιφάνεια ή στο εσωτερικό του καρπού. Πιπεριές με αποικίες εντόμων ή ακάρεων που κάνουν την εμφάνισή τους μετά από κακή απολύμανση, απορρίπτονται. Να σημειωθεί, ότι για κάθε ποιοτική κατηγορία, το ποσοστό ανοχής στις διάφορες αλλοιώσεις είναι διαφορετικό. Οι καρποί πρέπει να μην εμφανίζουν ζημιές εξαιτίας κακής αποθήκευσης. Αποθήκευση κάτω των 7°C προκαλεί κρυσπαγήματα και υαλώδεις κηλίδες, ιδίως εάν συνδυαστεί με απότομη μεταφορά σε πιο υψηλές θερμοκρασίες. Ένα 10% κρυσπαγήματος είναι αποδεκτό στην ποιοτική κατηγορία II, με την προϋπόθεση ότι δεν επηρεάζεται η βρωσιμότητα. Ο μίσχος, όπως προαναφέρθηκε, πρέπει να είναι προσκολλημένος και καθαρός ή μπορεί να απουσιάζει και ο κάλυκας ζωηρού πράσινου χρώματος και ακέραιος. Η εξωτερική υγρασία πρέπει να είναι φυσιολογική μέσα στην συσκευασία αλλά σε αυτό το χαρακτηριστικό δεν περιλαμβάνεται η υγρασία που δημιουργείται μετά την απομάκρυνση από τους ψυκτικούς θαλάμους ή τα ψυκτικά οχήματα. Ακόμη, οι πιπεριές πρέπει να είναι απαλλαγμένες από ξένες οσμές ή/και γεύσεις, ιδίως στην περίπτωση που κατά τη μεταφορά ή αποθήκευση γειτνιάζουν με άλλα προϊόντα που εκλύουν πολλές πτητικές ενώσεις. Οι καρποί πρέπει να είναι σε θέση να αντέχουν τη μεταφορά και τους διάφορους χειρισμούς και να φτάνουν στον προορισμό τους σε ικανοποιητική κατάσταση (Hardenburg et al., 1986).

Με την ταξινόμηση των καρπών, ανάλογα με την ποιότητα, προκύπτουν 2 ποιοτικές κατηγορίες (I και II). Ταξινόμηση γίνεται επίσης ως προς το μέγεθος και έχει μεγάλη σημασία στην περίπτωση τυποποίησης και συσκευασίας του προϊόντος, όπου οι διαστάσεις των περιεκτών είναι προκαθορισμένες. Κατάταξη γίνεται και ανάλογα με το χρώμα. Έτσι, διαχωρίζονται οι τελείως πράσινες από τις έγχρωμες ενώ οι τελευταίες πρέπει να έχουν το χαρακτηριστικό χρώμα της ποικιλίας τους.

Ως προς την ποιότητα, που αναφέρθηκε παραπάνω, είναι σημαντικό το γεγονός ότι, επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες, προσυλλεκτικούς και μετασυλλεκτικούς. Το στάδιο συγκομιδής, η μεταφορά και οι περιβαλλοντικές συνθήκες της αποθήκευσης είναι μερικοί από τους παράγοντες αυτούς (Dris and Jain, 2004). Από τους περιβαλλοντικούς, η θερμοκρασία έχει σπουδαίο ρόλο αφού καταλύει πολλές μεταβολικές αντιδράσεις, επηρεάζοντας άμεσα και άλλους παράγοντες (π.χ. αιθυλένιο, αναπνοή) και επιδρά στο λόγο συνολικών ολικών διαλυτών στερεών συστατικών προς οξέα, περιεκτικότητα σε ασκορβικό οξύ, βιοσύνθεση φαινολικών ενώσεων καθώς και έμμεσα με την παρεμπόδιση ανάπτυξης

παθογόνων μικροοργανισμών κτλ. (Βασιλακάκης, 2014). Η υψηλή θερμοκρασία προκαλεί καταστροφή του πρωτοπλάσματος και κυτταρικό θάνατο στους 45-50°C.

Το νερό είναι από τους σημαντικότερους παράγοντες, καθώς αποτελεί περιοριστικό παράγοντα για τον φυτικό μεταβολισμό και συνεπώς για όλες εκείνες τις διεργασίες που σχετίζονται με την ποιότητα. Η καταπόνηση εξαιτίας της έλλειψης νερού ή της μη πρόσληψής του από τα φυτά, λόγω υψηλής ωσμωτικής πίεσης εξαιτίας της αλατότητας, επιδρούν προσυλλεκτικά στα εσωτερικά και εξωτερικά χαρακτηριστικά του καρπού (Dris and Jain, 2004).

Μετασυλλεκτικά, ο καρπός είναι σε θέση να υποβληθεί σε πολλές φυσιολογικές αλλαγές, οι οποίες επηρεάζουν την ποιότητά του και την μετέπειτα επεξεργασία του (Gómez Galindo, 2004). Ο συνδυασμός της κατάλληλης ποικιλίας με τον κατάλληλο τύπο εδάφους, συγκεκριμένου pH (5,5 έως 7,5), με την κατάλληλη λίπανση επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την ποιότητα. Η λίπανση και γενικά η προμήθεια του φυτού με επαρκείς ποσότητες θρεπτικών στοιχείων συντελούν στην παραγωγή ανώτερης ποιότητας καρπών. Συγκεκριμένα για την πιπεριά, μεγάλη επίδραση ασκούν τα επίπεδα ασβεστίου (ιόντα Ca^{2+}) και καλίου (K^+) στο υπόστρωμα καλλιέργειας. Το ασβέστιο είναι ένα από τα κυριότερα μακροθρεπτικά και είναι στοιχείο κλειδί για την ποιότητα (Hartz et al., 2001). Το κάλιο σχετίζεται κυρίως με τη διατροφική ποιότητα του καρπού, καθώς επιδρά στην υψηλότερη θρεπτική του αξία (Flores et al., 2004). Η ύπαρξη επαρκούς οργανικής ουσίας επιδρά στην αυξημένη ποιότητα της πιπεριάς, καθώς αυξάνουν όλους σχεδόν τους ποιοτικούς δείκτες (ολικά διαλυτά στερεά συστατικά, μέγεθος καρπού και ένταση χρώματος), συμπεριλαμβανομένων και των διατροφικών στοιχείων (ασκορβικό οξύ, φυτικές ίνες, ολικά φαινολικά, καθώς και περιεκτικότητα σε καροτενοειδή, δηλαδή σε λυκοπένιο) (Abu-Zahra, 2011). Τόσο τα ποσοτικά (απόδοση σε ξηρή μάζα συνολική παραγωγή και απόδοση ανά φυτό), όσο και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά (ολικά διαλυτά στερεά, οξύτητα, φυσικά χαρακτηριστικά, υφή, χρώμα), βελτιώνονται με την επαρκή και ισορροπημένη προσθήκη στο υπόστρωμα των παραπάνω στοιχείων (Rubio et al., 2010). Τέλος, έχει βρεθεί, ότι το σύστημα καλλιέργειας επηρεάζει την ποιότητα της πιπεριάς, καθώς εδάφη με πολύ οργανική ουσία παράγουν πιπεριές με περισσότερα βιοενεργά συστατικά με αντιοξειδωτική δράση (φαινολικές ενώσεις και καροτενοειδή) καθώς και βιταμίνη C (Hallmann and Rembial kowska 2012).

1.3 Μετασυλλεκτική διαχείριση

1.3.1 Αίτια απώλειας της ποιότητας πιπεριάς μετασυλλεκτικά

Όπως προαναφέρθηκε, πολλοί παράγοντες είναι δυνατόν να παρεμποδίσουν την ορθή ανάπτυξη και ωρίμανση των προϊόντων προσυλλεκτικά. Ένα μεγάλο ποσοστό όμως των απωλειών συμβαίνει κατά τη μετασυλλεκτική φάση. Η πιπεριά, όπως τα περισσότερα Σολανώδη λαχανικά, αποτελείται, κυρίως, από νερό και συνεπώς, μετασυλλεκτικά, έχει παρόμοια πορεία με αυτά. Κατά την ωρίμανση, στην πιπεριά, συμβαίνουν τόσο καταβολικές διαδικασίες, όσο και αναβολικές (Haard, 1984). Τα οπωροκηπευτικά συνεχίζουν, δηλαδή, τις φυσιολογικές (αναπνοή, φωτοσύνθεση, μεταβολισμός, διαπνοή κτλ.) τους δραστηριότητες. Παραδείγματα μερικών καταβολικών δραστηριοτήτων είναι η καταστροφή των χλωροπλαστών, η σταδιακή μετάπτωση της χλωροφύλλης, η υδρόλυση του αμύλου, ο καταβολισμός οργανικών οξέων, η απενεργοποίηση των φαινολικών συστατικών, η δράση των ενζύμων υδρόλυσης της πηκτίνης, η κατάρρευση των βιολογικών μεμβρανών καθώς και η αποδόμηση του κυτταρικού τοιχώματος (Biale and Young, 1981). Από τις αναβολικές δραστηριότητες, ξεχωρίζουν, ως οι περισσότερο σημαντικές, η σύνθεση των καροτενοειδών και των ανθοκυανών(ως αποτέλεσμα μετάπτωσης των χλωροπλαστών και την εμφάνιση χρωμοπλαστών), η σύνθεση πτητικών ουσιών, η εναπόθεση λιγνίνης, η πρωτεϊνοσύνθεση καθώς και ο σχηματισμός των βιοσυνθετικών μονοπατιών του αιθυλενίου (Haard, 1984). Οι αλλαγές αυτές επηρεάζουν, δηλαδή, τόσο εξωτερικά χαρακτηριστικά, όσο και εσωτερικά, αντιληπτά ή όχι.

Η κατανόηση των αλλαγών αυτών, καθώς και της πορείας ωρίμανσης της πιπεριάς, από φυσιολογικής άποψης, μπορεί να οδηγήσει στην αντιμετώπιση των μετασυλλεκτικών απωλειών τόσο σε ποσότητα, όσο και σε ποιότητα (Rahman et al., 2014). Όλες αυτές οι μεταβολές έχουν σαν αποτέλεσμα την ωρίμανση της πιπεριάς από φυσικοχημικής άποψης. Έτσι, όσο επέρχεται η ωρίμανση οι εσωτερικές συγκεντρώσεις διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) και αιθυλενίου (C₂H₄) αυξάνουν με παρόμοια ταχύτητα με αυτήν της μεταβολής του χρώματος και της ανάπτυξης των καροτενοειδών – χρωστικών. Για την πιπεριά, η αύξηση αυτή μπορεί να οδηγήσει, τελικά, στην ωρίμανση (Tadesse et al., 2002).

Προτού όμως αποσαφηνιστεί ο ρόλος του αιθυλενίου στην ωρίμανση της πιπεριάς, πρέπει να γίνει μία αναφορά στους αρχικούς φυσιολογικούς παράγοντες που, από ένα επίπεδο και μετά, ευθύνονται για την απώλεια των καρπών κατά τη διάρκεια της συντήρησης. Ιδιαίτερη

σημασία, έχει η αναπνοή των καρπών καθώς και η σχέση της με τη δυνατότητα συντήρησης τους. Με την αναπνοή οι τα προϊόντα προσλαμβάνουν οξυγόνο και αποβάλλουν διοξείδιο του άνθρακα. Ο ρόλος του οξυγόνου είναι η διάσπαση των υδατανθράκων, πρωτεϊνών και λιπιδίων σε διοξείδιο του άνθρακα και νερό, με τη μορφή υδρατμών (Καράταγλης, 1999). Η αντίδραση της αναπνοής παράγει ενέργεια με τη μορφή θερμότητας. Το παραπάνω φαινόμενο είναι γνωστό ως θερμότητα αναπνοής (Βασιλακάκης, 2014). Ο ρυθμός αναπνοής του προϊόντος καθορίζει τη διάρκεια της μετασυλλεκτικής ζωής του. Για την πιπεριά ο ρυθμός αναπνοής στις θερμοκρασίες 5,10 και 20°C είναι αντίστοιχα 3-4, 5-8 και 18-20ml CO₂/Kg·hr, αντίστοιχα. Έτσι, ο βαθμός αναπνοής της χαρακτηρίζεται ως μέτριος μαζί με άλλα προϊόντα (τομάτες, καρότα, αχλάδια, σύκα, μπανάνες κ.ά.), όπως δείχνει και ο Πίνακας 1.2. Το ενεργειακό απόθεμα που είναι αποθηκευμένο στους, διαφόρων τύπων και με διάφορες μορφές, ιστούς των καρπών καταναλώνεται πιο γρήγορα με την αύξηση της αναπνοής, κάτι το οποίο συνεπάγεται με απώλειες στην ποιότητα του προϊόντος μέσω της μειωμένης γεύσης, του μειωμένου βάρους και της ταχύτερης αλλοίωσης αυτού η οποία οδηγεί στο θάνατο (Wilson and Wisniewski, 1994). Την αναπνοή επηρεάζει η περιεκτικότητα του ατμοσφαιρικού αέρα σε οξυγόνο. Η κανονική αναπνοή που συμβαίνει όταν το διαθέσιμο οξυγόνο είναι στο 20% του αέρα, διακόπτεται και μετατρέπεται σε αναερόβια ζύμωση σε ποσοστά περιεκτικότητας κάτω από 2% ή και υψηλότερα για ορισμένα προϊόντα. Η ζύμωση μετατρέπει τα σάκχαρα σε αλκοόλη και διοξείδιο του άνθρακα και η αλκοόλη αυτή προκαλεί δυσάρεστες οσμές και γεύσεις στο προϊόν, προωθώντας τον γηρασμό. Ο πτωχός αερισμός των καρπών οδηγεί στη συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα γύρω από το προϊόν. Όταν η συγκέντρωση αυτή ανέλθει στα επίπεδα του 1 έως 5% της συνολικής σύστασης της ατμόσφαιρας, εμφανίζονται αναερόβιες συνθήκες, όπως και παραπάνω, με την επακόλουθη αλλοίωση των καρπών και την εμφάνιση φυσιολογικών ανωμαλιών. Συγκεκριμένα για την πιπεριά, οι πιο συνηθισμένες φυσιολογικές ανωμαλίες είναι η ξηρή κορυφή (Blossom End Rot), το κρυοπάγημα (Chilling injury) και η εμφάνιση κηλίδων (Pepper Speck) (Cantwell, 2014). Ένας τρόπος να μειωθεί η αναπνοή είναι η διατήρηση της θερμοκρασίας σε χαμηλά επίπεδα.

Η θερμοκρασία επιδρά, άμεσα, στις μεταβολικές δραστηριότητες καθώς επηρεάζει την ενεργότητα των ενζύμων που τις καταλύουν, άρα και τον εκφυλισμό του προϊόντος. Άλλος τρόπος, είναι η τροποποίηση της ατμόσφαιρας, σε μετασυλλεκτικό επίπεδο, προσέχοντας τα επίπεδα των τροποποιημένων αερίων να είναι σε αποδεκτά, για το προϊόν, όρια. Ιδιαίτερη

αναφορά για τις απαιτήσεις τις πιπεριάς γίνεται παρακάτω. Ένας σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει την αναπνοή, διεγείροντας την, είναι το αιθυλένιο. Αυτό, είναι μια αέρια ορμόνη με χημικό τύπο $H_2C=CH_2$. Παράγεται στους γηράσκοντες ιστούς ή σε καταστάσεις καταπόνησης. Στη μετασυλλεκτική τεχνολογία ως καταπόνηση εννοείται αυτή που σχετίζεται με τις ακραίες τιμές τις θερμοκρασία, σχετικής υγρασίας, περιεκτικότητας αερίων, τραυματισμών και μικροβιακού φορτίου.

Το αιθυλένιο συντίθεται από το αμινοξύ μεθειονίνη το οποίο μετατρέπεται, αρχικά, στην ένωση SAM (S-Adenosylmethionine), στη συνέχεια, με τη δράση του ενζύμου ACC συνθετάση σε ACC (I-Amino-cyclopropane-I-carboxylic acid) και τέλος, με τη δράση της ACC οξειδάσης, σε αιθυλένιο. Το αιθυλένιο μπορεί να έχει επιθυμητές δράσεις και ανεπιθύμητες. Από τις επιθυμητές, η ανάπτυξη χρωστικών, η προαγωγή ελεγχόμενης ωρίμανσης και η ενίσχυση της γεύσης είναι οι κυριότερες, ενώ τα διάφορα φαινόμενα υπερωρίμανσης, φυσιολογικές ανωμαλίες, εναπόθεση λιγνίνης και μαλάκωμα των ιστών είναι μερικές από τις ανεπιθύμητες επιδράσεις. Η εξάρτηση της αναπνοής στη συγκέντρωση αιθυλενίου, καθώς και ο τύπος της επίδρασης διαφέρει από προϊόν σε προϊόν. Οι κλιμακητικοί καρποί παρουσιάζουν μία αυτόνομη έξαρση αναπνοής κατά την έναρξη της ωρίμανσης. Μετά το κλιμακητικό μέγιστο η αναπνοή επιβραδύνεται και συνεχίζεται η ωρίμανση των καρπών (FAO, 1989).

Πίνακας 1.2: Κατάταξη μερικών δειγμάτων λαχανικών σύμφωνα με το βαθμό αναπνοής (προσαρμογή από Wilson et al., 1999).

Respiration Rate	Commodity
Very low	Dates, dried fruits, nuts
Low	Apple, citrus, garlic, grapes, kiwi, onions, potatoes (mature) sweet potatoes
Moderate	Apricots, bananas, cabbage, carrots, cherries, figs, lettuce mangoes, peaches, pears, peppers, plums, potatoes (immature), tomatoes
High	Avocados, blackberries, cauliflower, lima beans, raspberries, strawberries
Very High	Artichokes, brusel sprouts, cut flowers, green onions, snap beans
Extremely High	Asparagus, broccoli, mushrooms, peas, spinach, sweet corn

Η πιπεριά κατατάσσεται στους μη κλιμακτηρικούς καρπούς, οι οποίοι δεν συνεχίζουν την ωρίμανσή τους μετά τη συγκομιδή. Συνεπώς, παράγουν πολύ μικρά επίπεδα αιθυλενίου σε θερμοκρασίες 10°C-20°C της τάξης του 0,1-0,2 μl/kg·hr (Cantwell, 2014). Το αιθυλένιο δηλαδή διατηρείται σε χαμηλά επίπεδα σε όλα τα στάδια της ωρίμανσης και δεν φαίνεται να την επηρεάζει (Pretel et al., 1995). Ένας πολύ σημαντικός παράγοντας απώλειας της ποιότητας της πιπεριάς, όπως και των υπόλοιπων οπωροκηπευτικών, είναι η διαπνοή ή, αλλιώς, η απώλεια νερού. Οι πιπεριές, μετά τη συγκομιδή και κατά τη μετασυλλεκτική φάση υφίστανται σημαντικές απώλειες νερού. Αυτές συμβαίνουν είτε από τους πόρους των καρπών, είτε από την τομή του μίσχου ή του κάλυκα. Η επιφάνεια των καρπών είναι καλυμμένη από ένα κηρώδες επίχρισμα το οποίο περιορίζει τις απώλειες νερού, μειώνοντας την διαπνοή. Οι απώλειες νερού που υφίστανται δεν αναπληρώνονται εξαιτίας της διαφοράς τάσης υδρατμών (E.T.Y) μεταξύ του εσωτερικού του καρπού και του περιβάλλοντος, με συνέπεια το μαρασμό και τη συρρίκνωση των καρπών (Taiz and Zeiger, 2006). Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται διάφορες τεχνικές μείωσης της διαπνοής προσαρμοσμένες στις ανάγκες της πιπεριάς, οι οποίες θα αναλυθούν παρακάτω. Όταν οι απώλειες αυτές κυμανθούν σε επίπεδα του 5-10% ο καρπός γίνεται μη εμπορεύσιμος. Γύρω από τον καρπό υπάρχει μία στενή ζώνη ατμοσφαιρικού αέρα η οποία, λόγω της εξάτμισης από την επιφάνεια του, είναι

πρακτικά κορεσμένη υδρατμών. Η κίνηση του αέρα όμως, απομακρύνει αυτό το στενό στρώμα και έτσι αυξάνει τη διαπνοή. Παρόλα αυτά, έχει και θετική επίδραση, ιδιαίτερα όταν έχει χαμηλή θερμοκρασία, γιατί μειώνει τη θερμότητα αναπνοής και συνεπώς και τη διαπνοή των καρπών (Σφακιωτάκης, 2004). Η καλύτερη διαχείριση λοιπόν του ρεύματος αέρα είναι να διατηρείται σε χαμηλά, σταθερά επίπεδα και στην κατάλληλη θερμοκρασία (FAO, 1989).

Η διαπνοή εξαρτάται επίσης από τη σχέση επιφάνεια/όγκο, η οποία είναι διαφορετική για κάθε είδος λαχανικού. Έτσι, λαχανικά με μεγάλη σχέση επιφάνειας/όγκο εμφανίζουν μεγάλους ρυθμούς διαπνοής. Τα φυλλώδη λαχανικά, που έχουν μικρή στρώση κηρωδών ουσιών με πολλούς και μεγάλους πόρους αναπνέουν εντονότερα από άλλα που έχουν ειδικές κατασκευές αντιδιαπνευστικής φύσεως, όπως η πατάτα ή το μήλο που έχουν τα φακίδια (μια μορφή νεκρωμένων στοματίων) (Kader, 2002).

Η διαπνοή επηρεάζεται επίσης μετασυλλεκτικούς, μηχανικούς τραυματισμούς, όπως αυτοί συμβαίνουν κατά τις διάφορες επιμέρους διαδικασίες της απολύμανσης, πλυσίματος, διαλογής, αποθήκευσης, πακεταρίσματος, μεταφοράς κτλ. Οι πληγές που δημιουργούνται εκτός του ότι αυξάνουν το ρυθμό της διαπνοής, της ενδογενούς παραγωγής αιθυλενίου με αυτοκαταλυτικό τρόπο προκαλώντας το γηρασμό των υπόλοιπων καρπών που βρίσκονται στον ίδιο χώρο αποθήκευσης και της αναπνοής, συνιστούν εστίες εισόδου μικροβίων.

Τα διάφορα παθογόνα που ζημιώνουν τα προϊόντα, πέρα από την άμεση προσβολή, προκαλούν και την αύξηση των φυσιολογικών λειτουργιών των καρπών (αιθυλένιο, διαπνοή, αναπνοή) με συνέπεια την ταχύτερη αλλοίωση της ποιότητάς τους (Σφακιωτάκης, 2004). Ο σκοπός της μετασυλλεκτικής τεχνολογίας και πρακτικής, για την πιπεριά, εστιάζεται στην κατανόηση των ιδιαιτεροτήτων της, ως προς τις διάφορες φυσικοχημικές διαδικασίες και στην ορθή μεταχείριση των καρπών ώστε να περιοριστούν οι αρνητικές επιδράσεις αυτών.

1.3.2 Μετασυλλεκτικές μεταχειρίσεις πιπεριάς

Κατά τη μετασυλλεκτική διαχείριση της πιπεριάς πρέπει να λαμβάνονται υπόψη όλες οι ιδιαιτερότητές της, οι οποίες καθορίζουν τις αντίστοιχες ενέργειες που γίνονται. Οι καρποί πιπεριάς, μετασυλλεκτικά, έχουν απώλειες νερού οι οποίες είναι πιο έντονες σε υψηλές θερμοκρασίες. Ακόμη, πρέπει να γίνεται μέριμνα για τα κυριότερα παθογόνα που προσβάλλουν τους καρπούς, κατά την αποθήκευση. Από τα κυριότερα παθογόνα είναι ο *Botrytis cinerea* και η *Alternaria alternata*. Όπως προαναφέρθηκε, το αιθυλένιο που

παράγουν οι καρποί της κυμαίνεται σε πολύ χαμηλά επίπεδα. Επίσης, η πιπεριά ανήκει στην κατηγορία των καρπών με υψηλή σχέση επιφάνειας/όγκο και γι' αυτό είναι επιρρεπής στην απώλεια νερού και στη συρρίκνωση λόγω αφυδάτωσης (González-Aguilar et al., 1999). Η καλύτερη μέθοδος για τη διατήρηση της ποιότητας των καρπών πιπεριάς είναι η άμεση πρόψυξη που ακολουθεί τη συγκομιδή.

Η πρόψυξη των προϊόντων είναι μία από τις σημαντικότερες μετασυλλεκτικές τεχνικές που εφαρμόζονται και κατά την οποία οι καρποί ψύχονται πολύ γρήγορα, με σκοπό την απομάκρυνση της θερμότητας του αγρού που έχουν (Brosnan and Sun, 2001). Αποθήκευση σε αυτή τη θερμοκρασία επιταχύνει όλες τις μεταβολικές δραστηριότητες των καρπών, καθώς και τις φυσιολογικές λειτουργίες τους, δημιουργώντας παράλληλα τις συνθήκες για ανάπτυξη παθογόνων και ζημίωση τους (Σφακιωτάκης, 2004). Έτσι, οι πιπεριές πρέπει να ψύχονται γρήγορα σε χαμηλές θερμοκρασίες της τάξης των 7°C, σε υψηλή σχετική υγρασία (90-95%) για την αποφυγή αφυδάτωσης, ελαχιστοποιώντας το έλλειμμα τάσης υδρατμών μεταξύ των καρπών και του περιβάλλοντος χώρου. Εάν οι καρποί παραμείνουν σε υψηλές θερμοκρασίες για 1 ή 2 ώρες αρχίζουν να εμφανίζουν σημάδια μαλακώματος και συρρίκνωσης τα οποία οδηγούν σε μικροβιακές μολύνσεις. Όμως, οι πιπεριές είναι ευαίσθητες και στις χαμηλές θερμοκρασίες. Εάν αποθηκευτούν σε θερμοκρασία κάτω από 7°C εμφανίζουν κρυοπαγήματα (chilling injury). Τα συμπτώματα αφορούν την εμφάνιση κηλίδων ακολουθούμενες από αποχρωματισμό και αδυναμία ωρίμανσης με ταυτόχρονη αλλοίωση όλων των ποιοτικών χαρακτηριστικών. Τελικά, προκαλούνται μολύνσεις από διάφορους μύκητες (*Alternaria alternata*) με σήψεις του κάλυκα, του ποδίσκου, σκούρο μεταχρωματισμό των σπερμάτων και τελικά συρρίκνωση λόγω αφυδάτωσης (Hardenburg et al., 1986).

Δυο είναι οι πιο συνηθισμένες μέθοδοι πρόψυξης για τις πιπεριές: η υδρόψυξη και η πρόψυξη με κίνηση βεβιασμένου αέρα. Κατά την υδρόψυξη οι καρποί δεν αφυδατώνονται ενώ, μπορεί να προστεθεί στο νερό πρόψυξης και ένας αντιμικροβιακός παράγοντας (π.χ. χλωρίνη σε μορφή ξηρής σκόνης ως υποχλωριώδες ασβέστιο). Μερικά μηχανήματα υδρόψυξης δεν χρησιμοποιούν συστήματα ψύξης, αλλά θρυμματισμένο πάγο. Σε αυτήν την περίπτωση το κόστος είναι σημαντικά χαμηλότερο, αλλά οι χειρισμοί είναι πιο πολύπλοκοι (Boyette et al., 1992). Ένα σοβαρό μειονέκτημα της υδρόψυξης είναι, ότι το νερό ανακυκλώνεται και ότι οι καρποί παραμένουν διαβρεγμένοι για μεγάλο χρονικό διάστημα, με συνέπεια την δημιουργία άριστων συνθηκών για εμφάνιση σήψεων και μικροβιακών προσβολών. Το μειονέκτημα αυτό αντισταθμίζεται διασφαλίζοντας το στέγνωμα των καρπών και ιδιαιτέρως των τμημάτων που

συγκρατούν την περισσότερη υγρασία μετά την υδρόψυξη, δηλαδή του μίσχου και του κάλυκα.

Η πρόψυξη με τη χρήση βεβιασμένου αέρα πραγματοποιείται με την τοποθέτηση των κιβωτίων σε στοίβες και την κάλυψη με πλαστικό. Τα κιβώτια εκτίθενται σε χώρο με υψηλότερη πίεση από τη μία πλευρά και χαμηλότερη από την άλλη. Έτσι, ο αέρας κινείται ανάμεσα στα κιβώτια και στους καρπούς παρέχοντας πιο ομοιόμορφη ψύξη, σε σύντομο χρονικό διάστημα (Brosnan and Sun, 2001).

Για να αποφευχθεί η αυξημένη, λόγω της κίνησης του αέρα, διαπνοή πρέπει στο χώρο να επικρατούν συνθήκες υψηλής σχετικής υγρασίας της τάξης του 90%, οι οποίες επιτυγχάνονται με τη χρήση ειδικών υγραντήρων. Ο εξοπλισμός αυτής της μεθόδου μπορεί να τοποθετηθεί στο θάλαμο πρόψυξης γρήγορα και σχετικά με χαμηλό κόστος (Boyette, 1995).

Γίνεται, λοιπόν, αντιληπτή η σημασία της πρόψυξης, ως μέσο επιμήκυνσης της μετασυλλεκτικής ζωής της πιπεριάς. Μία άλλη τεχνική που εφαρμόζεται μετά τη συγκομιδή των καρπών, είναι η θερμική επεξεργασία (Couey, 1989). Με την αύξηση της θερμοκρασίας συμβαίνουν πολλές μεταβολές σε κυτταρικό επίπεδο και όχι μόνο. Οι μεταβολές αυτές περιλαμβάνουν ενζυματικές αλληλεπιδράσεις, διαλυτοποίηση των κυτταρικών μεμβρανών, ενεργοποίηση ιόντων ασβεστίου, αποσταθεροποίηση διάφορων πρωτεϊνών κ.ά.

Η μεταχείριση με θερμότητα περιλαμβάνει μία σειρά από ιδιότητες, χρήσιμες στη μετασυλλεκτική τεχνολογία. Ανάμεσα σε αυτές, ξεχωρίζουν οι εντομοστατικές, μυκητοβακτηριοστατικές ιδιότητες καθώς και αυτές που τροποποιούν την απόκριση των καρπών στην καταπόνηση από ψύχος (chilling injury), διατηρώντας την ποιότητά τους (Lurie and Pedreschi, 2014). Για κάθε προϊόν η χρονική διάρκεια και η τιμή της θερμοκρασίας είναι διαφορετικές. Έτσι, το χρονικό διάστημα ποικίλει από μερικές ημέρες, σε θερμοκρασίες στους 35-39°C, έως λιγότερο από ένα λεπτό στου 63°C. Πιο συγκεκριμένα, για την πιπεριά μπορεί να γίνει εφαρμογή θερμού νερού θερμοκρασίας 45°C για 15 λεπτά ή 53°C για 4 λεπτά πριν την αποθήκευση των καρπών στους 8°C. Με τη μέθοδο αυτή περιορίζονται οι μυκητολογικές μολύνσεις σε μεγάλο βαθμό (González-Aguilar et al., 1999).

Έχουν αναπτυχθεί παρόμοιες μέθοδοι με την προηγούμενη, οι οποίες όμως παρουσιάζουν προβλήματα συρρίκνωσης της επιφάνειας τα οποία είναι περισσότερο ή λιγότερο έντονα ανάλογα την ποικιλία. Εμβάπτιση των καρπών σε θερμό νερό υψηλότερης θερμοκρασίας μπορεί να εφαρμοστεί (54-55°C), αρκεί να είναι για λίγα (15) δευτερόλεπτα. Κατόπιν

ακολουθεί στέγνωμα με βεβιασμένο αέρα, προτού ακολουθήσουν οι λοιπές μετασυλλεκτικές πρακτικές (Fallik, 2004).

Μία άλλη εναλλακτική μέθοδος επιμήκυνσης της αποθήκευσης των καρπών πιπεριάς είναι η ενδιάμεση (διακοπτόμενη) θέρμανσή τους. Σύμφωνα με αυτήν, εφαρμόζονται, περιοδικά, κύκλοι θέρμανσης κατά την ψυχρή αποθήκευση των καρπών. Μπορούν να πραγματοποιηθούν 1 έως 3 κύκλοι θερμοκρασίας 20°C για 24 ώρες κάθε 7 ημέρες για καρπούς αποθηκευμένους στους 4°C για 27 ημέρες. Ο χρόνος συντήρησης είναι δυνατόν να επιμηκυνθεί κατά 10 ημέρες χωρίς να υποβαθμιστούν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών (συνεκτικότητα της σάρκας, τιτλοδοτούμενη οξύτητα, περιεκτικότητα σε πηκτίνη κτλ.) (Liu et al., 2015). Η διακοπτόμενη θέρμανση μπορεί να μειώσει το κρουπάγημα στις πιπεριές, αυξάνοντας τη ρευστότητα των λιπιδίων των μεμβρανών καθώς και την ακορεστότητα τους (Wang, 1994).

Συμπερασματικά, αξίζει να σημειωθεί ότι οι διάφοροι θερμικοί χειρισμοί μπορούν να συνδυαστούν με άλλες μετασυλλεκτικές μεθόδους για να αποτρέψουν την αλλοίωση του προϊόντος και τον γηρασμό (Michailides and Manganaris, 2009). Η κατάλληλη συσκευασία σε συνδυασμό με σύντομη (4 λεπτών) εμβάπτιση των καρπών πιπεριάς σε θερμό νερό (53°C) οδηγεί στη διατήρηση της ποιότητας. Η συσκευασία αυτή μπορεί να αποτελείται από φιλμ πολυαιθυλενίου χαμηλής πυκνότητας 0,065 mm για να μην εμποδίζει την ανταλλαγή των αερίων μεταξύ του καρπού και του περιβάλλοντός (Wang, 1994). Η χρήση υψηλής πυκνότητας συσκευασιών με μικρές οπές προκαλεί συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα, μείωση του οξυγόνου με αποτέλεσμα την δημιουργία αναερόβιων συνθηκών ζύμωσης και ανάπτυξης μικροοργανισμών που διαχειμάζουν σε αυτές τις συνθήκες.

Ένας περιορισμός της θερμικής επέμβασης είναι η δυσκολία εφαρμογής της σε εμπορική κλίμακα, μιας και τα περιθώρια κινδύνου λόγω της επέμβασης δεν είναι τελείως γνωστά και διαφέρουν για κάθε προϊόν ή και για κάθε ποικιλία (Mulas and Schirra, 2007).

Μία πολύ σημαντική μετασυλλεκτική πρακτική, που αφορά το σύνολο των οπωροκηπευτικών, είναι αυτή της ελεγχόμενης και τροποποιημένης ατμόσφαιρας. Η τροποποιημένη ατμόσφαιρα αφορά την έγκλειστη ατμόσφαιρα σε μία συσκευασία προϊόντος με το περιεχόμενο, επιθυμητό αέριο ή μίγμα αερίων (Church and Parsons, 1995). Από την άλλη, η ελεγχόμενη ατμόσφαιρα σχετίζεται με τη συνεχή παροχή του αερίου ή του μίγματος αερίων κατά την αποθήκευση των προϊόντων ώστε, κάθε φορά, τα επίπεδά τους να διατηρούνται σταθερά στο επιθυμητό επίπεδο (Robertson, 2012). Οι τεχνικές αυτές βρίσκουν

ευρύτατη εφαρμογή σε πάρα πολλά προϊόντα, ζωικά ή φυτικά. Ένα πολύ σημαντικό χαρακτηριστικό τους είναι το χαμηλό κόστος που περιλαμβάνει όλη η διαδικασία της τροποποίησης ή ελέγχου της ατμόσφαιρας, καθώς και η ευκολία εφαρμογής της. Η υψηλή απαίτηση των καταναλωτών για προϊόντα με μεγάλη διάρκεια ζωής στο ράφι καθώς και χωρίς τη προσθήκη συντηρητικών, καθιστούν απαραίτητη την τροποποίηση της ατμόσφαιρας τους σε συνδυασμό με τον κατάλληλο τύπο συσκευασίας (Mullan and McDowell, 2011). Η βιοχημική, ενζυματική και μικροβιακή υποβάθμιση που υφίστανται τα προϊόντα κατά το στάδιο της μετασυλλεκτικής φάσης ευθύνεται για ποσοτικές και ποιοτικές απώλειες και αλλοιώσεις, η ελαχιστοποίηση των οποίων είναι ο στόχος της τροποποιημένης ή ελεγχόμενης ατμόσφαιρας (Kirtil and Oztop, 2016). Η επιτυχημένη εφαρμογή όμως της τροποποιημένης ατμόσφαιρας και τα οφέλη που απορρέουν από αυτή εξαρτώνται από μία συνολική, ολιστική, προσέγγιση λαμβάνοντας υπόψη μία σειρά από παράγοντες. Παραδείγματα τέτοιων παραγόντων είναι ο σχεδιασμός κατάλληλης συσκευασίας που διευκολύνει τη τροποποίηση της ατμόσφαιρας, ενώ, παράλληλα, είναι ανθεκτική στην αναπόφευκτη απώλεια θερμότητας που συμβαίνει σε κάποιο στάδιο της αλυσίδας εφοδιασμού.

Επίσης, τα χαρτοκιβώτια μεταφοράς πρέπει να έχουν κατάλληλο σχεδιασμό, ώστε να επιτρέπουν τον επαρκή αερισμό, απολύμανση και ψύξη του προϊόντος σε όλη τη διάρκεια της ψυχρής αποθήκευσης (Ward, 2016). Η συσκευασία των προϊόντων σε περιέκτες τροποποιημένης ατμόσφαιρας μπορεί να γίνει ενεργητικά ή παθητικά. Η ενεργή τροποποιημένη ατμόσφαιρα αφορά την αντικατάσταση των αερίων στη συσκευασία ή τη χρήση απορροφητών αερίων, ώστε, τελικά, να υπάρχει το επιθυμητό μίγμα αερίων στις επιδιωκόμενες συγκεντρώσεις. Η παθητική τροποποιημένη ατμόσφαιρα βασίζεται στη χρήση συγκεκριμένων φιλμ συσκευασίας, στα οποία η επιθυμητή ατμόσφαιρα εγκαθίσταται με φυσικό τρόπο. Η διαδικασία αυτή σχετίζεται με, φυσιολογικές λειτουργίες του προϊόντος, όπως τη διαπνοή, καθώς και με τη διάχυση των αερίων διαμέσου της μεμβράνης-φιλμ (Lee et al., 1996).

Όπως προαναφέρθηκε, η τροποποίηση της ατμόσφαιρας είναι διαφορετική για κάθε κατηγορία προϊόντος. Εφόσον η διαπερατότητα της μεμβράνης (για το οξυγόνο και το διοξείδιο του άνθρακα) προσαρμοστεί στις φυσιολογικές λειτουργίες του προϊόντος (δηλαδή τη διαπνοή), τότε δημιουργούνται ισορροπημένες αναλογίες από τα διάφορα αέρια στη συσκευασία, αυξάνοντας τον χρόνο συντήρησης του (Oliveira et al., 2015). Τα πιο συνηθισμένα αέρια που χρησιμοποιούνται κατά την τροποποιημένη και ελεγχόμενη

ατμόσφαιρα είναι: το οξυγόνο, το διοξείδιο του άνθρακα και το άζωτο. Κατά τη φάση της αποθήκευσης, το οξυγόνο καταναλώνεται και παράγεται διοξείδιο του άνθρακα μέσω της διαπνοής.

Το άζωτο είναι ένα αδρανές αέριο το οποίο χρησιμοποιείται για την αντικατάσταση ενός ή και των δύο από τα παραπάνω αέρια ή για τη δημιουργία του επιθυμητού ισοζυγίου αυτών (Sandhya, 2010). Από την κατηγορία των ευγενών αερίων μπορεί να χρησιμοποιηθεί το ήλιο (He), το αργό (Ar) και το ξένο (Xe), καθώς και το υποξείδιο του αζώτου (N_2O). Τα παραπάνω, έχουν βρεθεί, ότι επιδρούν στην ελάττωση του μικροβιακού φορτίου του προϊόντος (Mengetal., 2012; Zhangetal., 2008). Γενικά, τα χαμηλά επίπεδα οξυγόνου σε συνδυασμό με υψηλά επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα συνεισφέρουν στη διατήρηση της υψηλής ποιότητας της πιπεριάς, παρεμποδίζοντας το καφέτιασμα, την απώλεια χρώματος, τραγανότητας και γεύσης.

Η πιο σημαντική επίδραση του κατάλληλου ισοζυγίου οξυγόνου με διοξείδιο του άνθρακα, στις, ελαφρά επεξεργασμένες, πιπεριές, είναι η παρεμπόδιση ανάπτυξης μικροοργανισμών (π.χ. της οικογένειας Enterobacteriaceae) στο στάδιο της ψυχρής αποθήκευσης (Conesa et al., 2007). Η διαφορά της τροποποίησης της ατμόσφαιρας για αποθήκευση και για εξάλειψη του μικροβιακού φορτίου είναι ότι, στη δεύτερη περίπτωση, το προϊόν είναι αδρανές. Η τροποποίηση της ατμόσφαιρας βασίζεται, τελείως, στον εξωτερικό εξοπλισμό και δεν υπάρχει ανάγκη απομάκρυνσης του διοξειδίου του άνθρακα. Κατά την αποθήκευση, ως προς την ελεγχόμενη ατμόσφαιρα, υπάρχουν διάφοροι τρόποι παρακολούθησης για την ανίχνευση αναερόβιου στρες, που μπορεί να προκληθεί από την υψηλή συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα, ή για τον έλεγχο της ύπαρξης της ποσότητας του οξυγόνου πάνω από ένα επιθυμητό σημείο στρες του προϊόντος. Για το λόγο αυτό, χρησιμοποιούνται ειδικοί αισθητήρες οξυγόνου. Υπάρχουν οι παραμαγνητικοί αισθητήρες (ανίχνευση οξυγόνου από 0,2%, 1500€ ανά αισθητήρα, πάνω από 20 χρόνια ζωής), οι αισθητήρες O_2 κυψελών ηλεκτροχημικού καυσίμου (ανίχνευση από 0,02%, 60€ ανά αισθητήρα, περίπου 2 χρόνια ζωής) και ο αισθητήρας λάμδα (λ) ή αισθητήρας οξειδίου του ζirkονίου (ανίχνευση από 10 ppm, 600€ ανά αισθητήρα, 6 χρόνια ζωής). Για το διοξείδιο του άνθρακα γίνεται χρήση υπέρυθρων αισθητήρων CO_2 με διάφορα επίπεδα ανίχνευσης. Για τον επαρκή έλεγχο του χώρου πραγματοποιείται λήψη δείγματος της ατμόσφαιρας της αίθουσας με ειδικού σωλήνες. Η διαδικασία πρέπει να γίνεται αυτόματα με τη χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή για να αποφεύγονται τυχόν διαρροές (Bishop, 2012).

Οι συνθήκες τροποποιημένης ή ελεγχόμενης ατμόσφαιρας έχουν ορισμένες φυσιολογικές επιδράσεις στους καρπούς. Η αναπνοή μειώνεται (μείωση μεταβολικής δραστηριότητας) με τη μείωση του οξυγόνου σε επίπεδα κάτω από 10%. Έτσι, το ενεργειακό απόθεμα του καρπού της πιπεριάς δεν καταναλώνεται και επομένως μειώνονται οι απώλειες της ποιότητας του προϊόντος. Επίσης, το αιθυλένιο σχετίζεται με το οξυγόνο. Το αιθυλένιο αναγνωρίζεται από συγκεκριμένο υποδοχέα στον καρπό και για να δράσει προϋποθέτει την ύπαρξη οξυγόνου. Επίσης, για να παραχθεί αιθυλένιο από την πρόδρομη ένωση ACC, πρέπει να υπάρχει διαθέσιμο μοριακό οξυγόνο (Σφακιωτάκης, 1995). Συνεπώς, με το μειωμένο οξυγόνο αναστέλλεται η επίδραση του αιθυλενίου. Η πιπεριά όμως αφού είναι μη κλιμακτηρικός καρπός δεν σχετίζεται με την παραπάνω λειτουργία. Για το λόγο αυτό δεν γίνεται χρήση ανταγωνιστών της δράσης του αιθυλενίου, μετασυλλεκτικά, όπως το 1-MCP. Πιπεριές που κατά την αποθήκευση υφίστανται μεταχείριση με 1-MCP, είναι πιο επιρρεπείς στο συρρίκνωμα, στην απώλεια βάρους και, κατ' επέκταση, στα σκασίματα, στην προσβολή από μετασυλλεκτικούς μύκητες και γενικότερα στην απώλεια της ποιότητας τους (Fernández-Tujillo, 2009). Το χαμηλό οξυγόνο προκαλεί μια μορφή ήπιας καταπόνησης επιβραδύνοντας το μαλάκωμα της σάρκας, κυρίως μέσω της μείωσης της ενεργότητας διάφορων ενζύμων, όπως του ενζύμου πολυγαλακτουρονάση. Εάν όμως το οξυγόνο μειωθεί υπερβολικά, τότε διακόπτεται ο κύκλος του Krebs, το NADH_2 δεν οξειδώνεται σε NAD και η γλυκόζη μετατρέπεται σε πυροσταφυλικό οξύ, το οποίο μεταβολίζεται σε αιθανόλη και ακεταλδεϋδη. Τελικό αποτέλεσμα είναι ο θάνατος των κυττάρων λόγω αποδιοργάνωσης των κυτταρικών μεμβρανών (Taiz and Zeiger, 2006).

Επιθυμητή είναι επίσης η μέτρια-υψηλή συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα. Αυτή, αναστέλλει τη δράση του ενζύμου ηλεκτρική αφυδρογονάση με αντίστοιχη επίδραση στην αναπνοή. Επίσης, θετική δράση υπάρχει ενάντια αρκετών παθογόνων που δεν επιβιώνουν σε συνθήκες μειωμένου οξυγόνου και αυξημένου διοξειδίου του άνθρακα (φαινόμενο τοξικότητας), όπως συμβαίνει στην περίπτωση του μύκητα του γένους *Botrytis* (Σφακιωτάκης, 1995). Παρόμοια μυκητοστατική δράση έχει, σε συγκεντρώσεις της τάξης του 5-10%, το μονοξείδιο του άνθρακα (CO). Η υπερβολικά υψηλή συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα παρουσιάζει προβλήματα που σχετίζονται με αναερόβιες συνθήκες (ζύμωση) καθώς και εμφάνιση μερικών φυσιολογικών ανωμαλιών με αποτέλεσμα τη ζημίωση του προϊόντος. Δημιουργία τροποποιημένη ατμόσφαιρας γίνεται με παθητικό τρόπο, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, μέσω της διαπνοής του καρπού.

Η διαπερατότητα της μεμβράνης έχει επίσης σπουδαίο ρόλο. Χρησιμοποιούνται ημιπερατές μεμβράνες ώστε να αναπληρώνεται το οξυγόνο που καταναλώνεται και να μην συσσωρεύεται το διοξείδιο του άνθρακα. Για κάθε προϊόν η μεμβράνη πρέπει να έχει διαφορετικά χαρακτηριστικά. Αυτά καθορίζονται από το υλικό που είναι κατασκευασμένες. Έτσι, υπάρχουν μεμβράνες από πολυαιθυλένιο μικρής πυκνότητας, χλωριούχο πολυβινύλιο, πολύπροπυλένιο, πολυστυρένιο, πολυεστέρας κ.ά. Για καρπούς με έντονη διαπνοή χρησιμοποιούνται μεμβράνες με μεγάλη διαπερατότητα (Σφακιωτάκης, 1995). Η πιπεριά έχει μέτριο ρυθμό διαπνοής και για τον λόγο αυτόν πρέπει να γίνεται χρήση του αντίστοιχου υλικού με μέτρια διαπερατότητα. Η συσκευασία της πιπεριάς έχει, λοιπόν διπλή σημασία, αυτή της τροποποίησης της ατμόσφαιρας και της ελαχιστοποίησης απώλειας νερού λόγω διαπνοής. Για να είναι μία πιπεριά εμπορεύσιμη δεν πρέπει να μην έχει υποστεί απώλειες βάρους άνω του 7%. Η απώλεια βάρους, στη γλυκιά πιπεριά, μειώνεται κατά 90% με την μείωση της θερμοκρασίας αποθήκευσης και την ταυτόχρονη άνοδο της σχετικής υγρασίας πάνω από 85%, το οποίο έχει σαν αποτέλεσμα αποφυγή απώλειας συνεκτικότητας της σάρκας και καταστροφής των κυτταρικών τοιχωμάτων (Lurie et al., 1986).

Εκτός από τη συσκευασία σε πλαστικά φιλμ, μπορεί να γίνει χρήση και άλλων τεχνικών, όπως οι εδωδιμες μεμβράνες, η επένδυση της πιπεριάς με υλικά που έχουν βάση ορισμένα ορυκτά (Lerthanangkul and Krochta, 1996). Συγκρίνοντας αποθηκευμένους καρπούς πιπεριάς στους 7,5 °C για 2 εβδομάδες και έπειτα στους 17°C για 3 επιπλέον ημέρες, τυλιγμένους με και χωρίς μεμβράνη, φάνηκε ότι η απώλεια βάρους στους τυλιγμένους καρπούς ήταν μικρότερη κατά 40-50% (Meir et al., 1996). Για την πιπεριά μπορεί να χρησιμοποιηθούν συσκευασίες από βιοδιασπώμενες μεμβράνες, παρέχοντας το ίδιο αποτέλεσμα ως προς το μικροβιακό φορτίο του προϊόντος μετά την παρέλευση ενός ορισμένου χρόνου στη ψύξη (7 ημέρες στους 10°C). Η βιοδιασπώμενη μεμβράνη από πολυγαλακτικό οξύ περιορίζει την απώλεια βάρους, ενώ έχει μεγαλύτερη διαπερατότητα στους υδρατμούς περιορίζοντας την συσσώρευση υγρασίας πάνω στην πιπεριά, σε σύγκριση με το, χαμηλής πυκνότητας, πολυαιθυλένιο. Οι ποιοτικοί δείκτες, όπως το χρώμα, βάρος, συνεκτικότητα της σάρκας, περιεκτικότητα σε ασκορβικό οξύ, συγκέντρωση οξυγόνου και διοξειδίου του άνθρακα δεν παρουσιάζουν επίσης κάποια αλλοίωση (Koide and Shi, 2006). Συγκεκριμένα για την πιπεριά, μπορεί να συνδυαστεί εμβάπτιση των καρπών στους 53°C για 4 λεπτά και έπειτα συσκευασία με χαμηλής πυκνότητας πολυαιθυλένιο (0,065 mm) για τη διατήρηση των παραπάνω ποιοτικών χαρακτηριστικών, μέσω της παρεμπόδισης του ρυθμού διαπνοής, της

διατήρησης της σπαργής και του χρώματος. Η αποθήκευση με αυτή τη μέθοδο μπορεί να διαρκέσει για 28 ημέρες στους 8°C (González-Aguilar et al., 1999). Η συνιστώμενη θερμοκρασία αποθήκευσης της πιπεριάς κυμαίνεται από 7 έως 13°C και η άριστη είναι στους 7,5°C. Σε αυτήν τη θερμοκρασία η μετασυλλεκτική ζωή της πιπεριάς είναι μέγιστη και διαρκεί 3-5 εβδομάδες (Cantwell, 2014). Η πιπεριά, είναι δυνατόν να αποθηκευτεί σε χαμηλότερη θερμοκρασία της τάξεως των 5°C για 2 εβδομάδες και σε συνδυασμό με συσκευασία με φιλμ πολυαιθυλενίου να περιοριστεί η απώλεια νερού κάτω από 2% της αρχικής μάζας. Η περιεκτικότητα διοξειδίου του άνθρακα στη συσκευασία κυμαίνεται σε αυτήν την περίπτωση μεταξύ 2-5%. Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά σε αυτές τις συνθήκες επηρεάζονται ελάχιστα (Manolopoulou et al., 2010). Με το πέρας όμως των 2 εβδομάδων αρχίζουν να εμφανίζονται συμπτώματα κρυοπαγήματος (chilling injury). Τα πιο συνηθισμένα συμπτώματα για την πιπεριά είναι: σκασίματα, αποχρωματισμός των σπερμάτων, μαλάκωμα που δεν συνοδεύεται από απώλεια νερού (Cantwell, 2014). Σε κάθε περίπτωση λοιπόν η θερμοκρασία αποθήκευσης διατηρείται σε χαμηλά επίπεδα, η υγρασία σε υψηλά, ενώ το φιλμ που χρησιμοποιείται πρέπει να είναι διάτρητο για την καλύτερη διατήρηση της ποιότητας της πιπεριάς με τη μικρότερη δυνατή απώλεια βάρους. Σε αυτές τις συνθήκες, τα περιστατικά μικροβιακών προσβολών είναι περισσότερο σπάνια (Nyanjage et al., 2005). Επειδή η πιπεριά είναι καρπός ευαίσθητος στις πολύ χαμηλές θερμοκρασίες, οι άριστες τιμές αποθήκευσης κυμαίνονται γύρω στους 7,5°C. Βέβαια, για κάθε ποικιλία ή υβρίδιο οι απαιτήσεις και οι ανοχές χαμηλότερων θερμοκρασιών είναι διαφορετικές. Είναι γνωστό ότι όσο πιο χαμηλή είναι η θερμοκρασία, τόσο χαμηλότερος είναι ο ρυθμός διαπνοής λόγω χαμηλού ελλείμματος τάσης υδρατμών ανάμεσα στην πιπεριά και στο περιβάλλον της καθώς και μειωμένης ενεργότητας των ενζύμων του μεταβολισμού. Επομένως, η απώλεια βάρους που υφίσταται το προϊόν είναι μικρότερη.

Συνηθισμένη μετασυλλεκτική πρακτική για τις πιπεριές είναι η εφαρμογή αντιδιαπνευστικών ουσιών και η επακόλουθη ψυχρή αποθήκευση τους. Καρποί στους οποίους εφαρμόζονται τέτοιες ουσίες όπως, χαμηλής συγκέντρωσης άζωτο με τη μορφή ουρίας, καθώς και άλλες δραστικές ουσίες π.χ. πινολίνη (pinolene), εμφανίζουν μείωση της διαπνοής του.

Η πινολίνη είναι προϊόν πολυμερισμού του β-πινενίου (β-pinene), ενός βασικού συστατικού του ελαίου από πεύκο. Βρίσκει χρήσεις ως βοηθητική ουσία σε εντομοκτόνα, μυκητοκτόνα, ζιζανιοκτόνα καθώς και σε ψεκασμούς φυλλώματος για θρέψη ενώ στη μετασυλλεκτική, εφαρμόζεται για τη μείωση της διαπνοής των προϊόντων (Cuadra-Crespo and del Amor,

2010). Πειραματικά δεδομένα αποδεικνύουν την επιμήκυνση της μετασυλλεκτικής ζωής της πιπεριάς καθώς και την αποφυγή απώλειας των ποιοτικών μεταβλητών της. Εφαρμογή χαμηλής συγκέντρωσης ουρίας σε καρπούς, σε χαμηλή θερμοκρασία (5°C) για 3 εβδομάδες, έχει θετικά αποτελέσματα στη διατήρηση του χρώματος ενώ, ταυτόχρονα, αυξάνονται τα συνολικά φαινολικά συστατικά καθώς και η ενεργότητα της καταλάσης και της ασκορβικής υπεροξειδάσης (Cuadra-Crespo and del Amor, 2010). Η καταλάση καθώς και η ασκορβική υπεροξειδάση είναι ένζυμα που μπορούν να δεσμεύουν ελεύθερες ρίζες οξυγόνου ή να παρεμποδίζουν τον σχηματισμό τους προσδίδοντας αντιοξειδωτικές δράσεις στην πιπεριάς (Yanishlieva, 2001). Η εφαρμογή με πινολίνη μπορεί να αυξήσει τη συνεκτικότητα της σάρκας των καρπών πιπεριάς ενώ, σε κάθε περίπτωση, δεν επιδρά αρνητικά στα υπόλοιπα ποιοτικά χαρακτηριστικά (Cuadra-Crespo and del Amor, 2010).

Στη μετασυλλεκτική διαχείριση λαμβάνονται μέτρα πρόληψης κατά της δράσης του αιθυλενίου στους κλιμακτηρικούς καρπούς. Τέτοια μέτρα αφορούν τη χρήση ανταγωνιστών της δράσης του αιθυλενίου (1-MCP), απορροφητικών υλικών, καθώς και τακτικός αερισμός του χώρου αποθήκευσης, αποφυγή γειννίασης προϊόντων με μηχανές εσωτερικής καύσης κ.ά. Εφόσον η πιπεριά δεν συνιστά κλιμακτηρικό καρπό, δεν κρίνεται απαραίτητο να γίνει εκτενέστερη αναφορά σε τέτοιου είδους τεχνικές.

Ως προς τις συνθήκες αποθήκευσης της πιπεριάς σε συνθήκες τροποποιημένης ή ελεγχόμενης ατμόσφαιρας, έχουν γίνει αρκετές μελέτες για τις επιδράσεις στην επιμήκυνση του χρόνου αποθήκευσης, χωρίς απώλεια της ποιότητας, των καρπών. Γενικά, οι πιπεριές δεν ανταποκρίνονται ικανοποιητικά σε περιβάλλον ελεγχόμενης ατμόσφαιρας. Εφαρμογή χαμηλής συγκέντρωσης οξυγόνου (O₂) της τάξης του 2-5%, χωρίς άλλη επέμβαση, έχει μικρή επίδραση στην ποιότητα. Από την άλλη, υψηλή συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) της τάξης του >5% μπορεί να έχει αρνητικές συνέπειες τόσο στα εξωτερικά γνωρίσματα του καρπού όσο και στα εσωτερικά (σκασίματα, αποχρωματισμός, μαλάκωμα σάρκας). Οι αρνητικές αυτές επιπτώσεις εντείνονται όταν η θερμοκρασία αποθήκευσης είναι χαμηλότερη των 10°C (Cantwell, 2014). Εφόσον όμως κρίνεται σκόπιμο να γίνει μεταχείριση του προϊόντος σε ελεγχόμενες ή τροποποιημένες συνθήκες ατμόσφαιρας, τότε οι συνιστώμενες τιμές των κυριότερων αερίων είναι: 2-5% για το οξυγόνο (O₂) και 2-5% για το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) (Saltveit, 2003). Συγκεκριμένα, για τις έγχρωμες ποικιλίες εφαρμόζεται συγκέντρωση οξυγόνου 3% και διοξειδίου του άνθρακα 5%. Με τις παραπάνω συγκεντρώσεις η δυνατότητα αποθήκευσης κυμαίνεται στις 3-4 εβδομάδες (Cantwell, 2014).

Μία άλλη χρήση της τροποποιημένης ατμόσφαιρας για την πιπεριά είναι στην περίπτωση της ελαφριάς κατεργασίας αυτής. Τα κομμένα λαχανικά, χαρακτηρίζονται από έντονο ρυθμό διαπνοής και απώλειας βάρους. Έτσι, πρέπει η θερμοκρασία αποθήκευσής τους να είναι χαμηλή (για τη πιπεριά γύρω στους 0°C) και η συσκευασία τους να γίνεται σε συνθήκες τροποποιημένης ατμόσφαιρας. Το προϊόν μπορεί, έπειτα, να παραμείνει αναλλοίωτο, από άποψης ποιότητας, μέχρι και 10 ημέρες (Manolopoulou et al., 2012).

Γενικά όμως για την πιπεριά, την σπουδαιότερη αξία έχει η αποθήκευση στην ιδανική θερμοκρασία για τον περιορισμό της διαπνοής και συνεπώς, της απώλειας βάρους και η διατήρηση υψηλής σχετικής υγρασίας για τον ίδιο λόγο. Το δυναμικό της εφαρμογής ελεγχόμενης ή τροποποιημένης ατμόσφαιρας είναι ασήμαντο και έχει περιορισμένη χρήση. Από την άλλη, μεγάλη εφαρμογή, στη μετασυλλεκτική διαχείριση της πιπεριάς, βρίσκει η κατάλληλη αντιμικροβιακή συσκευασία. Η συσκευασία αυτή είναι σχεδιασμένη έτσι ώστε να απελευθερώνει τους αντιμικροβιακούς παράγοντες οι οποίοι έχουν, προηγουμένως, ενσωματωθεί στο τοίχωμα της συσκευασίας, σε ένα ενεργό στρώμα το οποίο είναι επιστρωμένο πάνω σε ένα πολυμερικό υπόστρωμα (coating ή επίστρωση) ή απευθείας πάνω στον καρπό με τη δυνατότητα βρώσης αυτού, οπότε ονομάζεται εδώδιμη μεμβράνη-επίστρωση (edible coating) (Nguyenetal., 2016). Τέτοιες ενεργές ουσίες συσκευασίας των προϊόντων μπορεί να αποτελούν οι παρακάτω κατηγορίες:

- -αιθέρια έλαια
- -συντηρητικά
- -φυσικά προϊόντα
- -μυκητοκτόνα
- -νανοσωματίδια
- -χιτοζάνη

Μία πληθώρα ερευνών αποδεικνύει ότι η χρήση παράγωγων του μεταβολισμού των φυτών είναι μία εναλλακτική μέθοδος συντήρησης των αγροτικών προϊόντων. Τα παράγωγα αυτά έχουν βιοενεργά συστατικά τα οποία σε πολλές περιπτώσεις μπορούν να αντικαταστήσουν τη χρήση μυκητοκτόνων ουσιών. Τέτοιες ουσίες είναι τα αιθέρια έλαια με τα κύρια συστατικά τους. Οι ουσίες αυτές έχουν μικρή τοξικότητα στα θηλαστικά και μεγάλη αντιμικροβιακή δραστηριότητα ενώ δεν αλληλεπιδρούν με το προϊόν (Burt, 2004).

Τα αιθέρια έλαια είναι πτητικά και δρουν μέσω της εξάτμισης, απαιτώντας πολύ μικρές

συγκεντρώσεις για κάθε επιτυχημένη εφαρμογή. Πολλά από αυτά έχουν χαρακτηριστεί ως GRAS στοιχεία, δηλαδή ασφαλή κατά γενική θεώρηση (FDA, 2014). Αναλυτικότερη παρουσίαση των ιδιοτήτων των αιθέριων ελαίων καθώς και των χρήσεών τους στη μετασυλλεκτική τεχνολογία γίνεται σε επόμενη ενότητα.

Ως προς τα συντηρητικά, ευρεία εφαρμογή σαν παράγοντες διατήρησης της ποιότητας των προϊόντων έχουν διάφορα ασθενή οξέα με το αντίστοιχο άλας τους (οξικό, σορβικό, βενζοϊκό και προπιονικό οξύ) (Brul and Coote, 1999). Το σορβικό κάλιο είναι ένα τέτοιο άλας, το οποίο έχει αποδεδειγμένες αντιμικροβιακές ιδιότητες, χρησιμοποιείται, συχνά, ως συστατικό σε μεμβράνες συσκευασίας προϊόντων (Flores et al., 2010). Συχνά, σαν αντιμικροβιακός παράγοντας, χρησιμοποιείται μία επίστρωση από πολυσακχαρίτες (coating) η οποία έχει ως πρώτη ύλη άμυλο από αμυλούχους καρπούς-σπέρματα (πατάτα, αρακάς κτλ.) καθώς και γλυκερίνη. Η γλυκερίνη έχει το ρόλο του πλαστικοποιητή. Στο φιλμ αυτό προστίθεται σορβικό κάλιο σε μικρή συγκέντρωση (περίπου 0,1%). Οι καρποί που αποθηκεύονται σε χαμηλή θερμοκρασία παρουσιάζουν μείωση στη συχνότητα μικροβιακών προσβολών καθώς και στο δυναμικό αυτών (Mehyar et al., 2011).

Μία άλλη κατηγορία ενεργών ουσιών συσκευασίας, που συμβάλλουν στην αύξηση της μετασυλλεκτικής ζωής των προϊόντων, είναι τα φυσικά προϊόντα. Αποτελούν εκχυλίσματα ή απομονωμένες ουσίες φυτικής ή και ζωικής προέλευσης με αντιμικροβιακές-μυκητοκτόνες επιδράσεις. Γνωστό παράδειγμα φυσικού προϊόντος είναι η ναταμυκίνη (ομάδα Μακρολιδών), που παράγεται από φυσικά στελέχη των βακτηρίων του είδους *Streptomyces natalensis* ή *Streptococcus lactis*. Αποτελεί το προσθετικό τροφίμων E-235 και εφαρμόζεται συνήθως σε προϊόντα ζωικής προέλευσης (Nguyen et al., 2016). Άλλο παράδειγμα φυσικού προϊόντος, που χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη για τη δημιουργία εδώδιμης μεμβράνης, είναι η, αιθυλικής εκχύλισης, πρόπολη (Pastor et al., 2010). Η εδώδιμη αυτή μεμβράνη χρησιμοποιείται για την αντιμετώπιση αρκετών μετασυλλεκτικών μυκήτων, με κυριότερο αυτό του είδους *Penicillium italicum*.

Ακόμα και για μύκητες που έχουν απασχολήσει ιδιαίτερα την επιστήμη της μετασυλλεκτικής τεχνολογίας, λόγω της ανθεκτικότητας στα σκευάσματα που χρησιμοποιούνται, όπως ο *Botrytis cinerea*, έχουν μελετηθεί φυσικά εκχυλίσματα που αναστέλλουν την ανάπτυξή τους. Χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιου εκχυλίσματος είναι αυτό που προέρχεται από σπέρματα και σάρκα γκρέιπφρουτ. Το εκχύλισμα αυτό παρουσιάζει συνεργιστικές ιδιότητες καθώς η αποτελεσματικότητά του σε συνδυασμό με χιτοζάνη (Xu et al., 2007).

Μεγάλο ενδιαφέρον, στο πλαίσιο της προσπάθειας περιορισμού της χημικών σκευασμάτων, παρουσιάζουν οι διάφορες ουσίες-ρυθμιστές της ανάπτυξης των φυτών όπως το σαλικυλικό οξύ, το γιασμονικό μεθύλιο κ.ά. Γιασμονικό μεθύλιο παράγεται από τα φυτά ως αντίδραση σε πολλές βιοτικές ή αβιοτικές καταπονήσεις και δρα σαν ουσία σινιάλου της παραγωγής φυτοαλεξινών για την ενεργοποίηση του αμυντικού συστήματος του. Στη μετασυλλεκτική διαχείριση της πιπεριάς είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί για την αντιμετώπιση του κρυοπαγήματος (chilling injury). Η εφαρμογή εξωγενούς γιασμονικού οξέως ή γιασμονικού μεθυλίου μειώνει τόσο τη σοβαρότητα του κρυοπαγήματος όσο και τη συχνότητα εμφάνισής του κατά την αποθήκευση για 4-10 εβδομάδες στους 2 °C, ενώ δεν επιδρά στην ποιότητα των καρπών πιπεριάς (Mei et al., 1996).

Ως προς τα μυκητοκτόνα, αναφορά πρέπει να γίνει στο βιολογικό μυκητοκτόνο carbendazim (CBZ) το οποίο δρα κατά τον σχηματισμό της απράκτου κατά τη μίτωση, δηλαδή την κυτταροδιαίρεση του μύκητα. Η εφαρμογή του όμως δεν συνίσταται λόγω της μεγάλης ποσότητας που χρειάζεται για να δράσει και στην ευαισθησία του φιλμ στην υγρασία (Park et al., 2001). Μία εναλλακτική ουσία που βρίσκει εφαρμογή στη μετασυλλεκτική πρακτική της πιπεριάς είναι το δικαυβονικό κάλιο (Potassium bicarbonate). Αυτό είναι μία άχρωμη, άοσμη και ελαφρώς βασική ουσία η οποία είναι ασφαλή για κατανάλωση (GRAS) και μπορεί να βρεθεί, πολύ σπάνια, στη φυσική της μορφή ως το ορυκτό kalicinite. Μπορεί να αντικαταστήσει τα συνθετικά μυκητοκτόνα μιας και έχει παρεμποδιστική δράση σε, σημαντικής αξίας, μύκητες όπως ο *Botrytis cinerea* και η *Alternaria alternata*. Η εφαρμογή δικαυβονικού καλίου προκαλεί συρρίκνωση της μυκηλιακής ανάπτυξης, μείωση της βλαστικότητας των σπορίων και αναστολή της επιμήκυνσης του βλαστικού σωλήνα. Εμβάπτιση των καρπών πιπεριάς, για 2 λεπτά, σε διάλυμα 1-2% συγκέντρωσης παρουσιάζει έντονη μυκητοστατική δράση στους παραπάνω μύκητες (Fallir et al., 1999).

Μία σχετικά καινούργια κατηγορία ουσιών που χρησιμοποιούνται για επίστρωση των καρπών είναι τα νανοσωματίδια. Από αυτά ξεχωρίζουν ορισμένα μεταλλικά ιόντα (αργύρου, χαλκού, χρυσού) καθώς και οξείδια μετάλλων όπως το διοξείδιο του τιτανίου TiO₂, οξείδιο ψευδαργύρου ZnO και το οξείδιο του μαγνησίου MgO (Nguyen et al., 2016). Συγκεκριμένα για τη πιπεριά, μπορεί να εφαρμοστεί με επιτυχία το coating με συνδυασμό αραβικού κόμμεος (E414) με νανοσωματίδια αργύρου. Το αραβικό κόμμι αποτρέπει την απώλεια του ασκορβικού οξέος, βάρους και υφής ενώ, τα νανοσωματίδια αποτρέπουν την μικροβιακή φθορά (Hedayati and Niakousari, 2015). Το μειονέκτημα των νανοσωματιδίων είναι ότι δεν

έχουν μελετηθεί αρκετά, ώστε να θεωρηθούν επαρκώς ασφαλή (από άποψη τοξικότητας) για τα βιολογικά συστήματα (Nguyen et al., 2016).

Τελευταία, στην κατηγορία, φυσική ουσία είναι η χιτοζάνη, ουσία που χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο, τα τελευταία χρόνια, στη μετασυλλεκτική τεχνολογία για πληθώρα προϊόντων. Η χιτοζάνη, ένας πολυσακχαρίτης, αποτελεί την απο-ακετυλιωμένη, σε αλκαλικές συνθήκες, μορφή της χιτίνης. Μετά την κυτταρίνη, είναι το δεύτερο πιο συνηθισμένο βιοπολυμερές που απαντάται στη φύση (de Oliveira et al., 2013). Η χιτίνη συναντάται, στη φύση, στη μορφή κρυσταλλικών μικροϊνιδίων, σχηματίζοντας δομικά συστατικά στον εξωσκελετό των αρthropόδων ή στα κυτταρικά τοιχώματα των μυκήτων. Μπορεί να παράγεται επίσης από κατώτερους οργανισμούς του ζωικού ή φυτικού (θαλλόφυτα) βασιλείου (Rinaudo, 2006). Στον πίνακα 1.3 αναφέρονται, ως κύριες πηγές χιτοζάνης, οι δακτυλιοσκόληκες (anellus = δακτύλιος), τα μαλάκια (Συνομοταξία Mollusca), τα κνιδόζωα, όπως οι μέδουσες (Coelenterata) και τα καρκινοειδή. Από τα έντομα αναφέρονται τα μυρμήγκια, κατσαρίδες και σκαθάκια ενώ από τους μικροοργανισμούς τα διάφορα χλωροφύκη κτλ. Οι έντονες αντιμικροβιακές ιδιότητες της χιτοζάνης καθώς και η ιδιότητά της να σχηματίζει σταθερά φιλμ, αποτελούν τον κύριο λόγο χρήσης της στην μετασυλλεκτική πρακτική (Zhang et al., 2011). Κατά τη μυκητοστατική δραστηριότητά της επηρεάζει τη μορφογένεση του κυτταρικού τοιχώματος παρεμβαίνοντας άμεσα στην ενεργότητα των ενζύμων που είναι υπεύθυνα για την ανάπτυξη του μύκητα (El Ghaouth et al., 1992). Η επίδραση είναι πιο έντονη στην παρεμπόδιση βλάστησης των σπορίων και την επιμήκυνση του βλαστικού σωλήνα του μύκητα, παρά στην ανάπτυξη του μυκηλίου και των μυκηλιακών υφών (Sahai and Manocha, 2007).

Πίνακας 1.3: Πηγές χιτίνης και χιτοζάνης (Mathur and Narang, 1990 από Rinaudo, 2006).

Sea animals	Insects	Microorganisms
Annelida	Scorpions	Green algae
Mollusca	Spiders	Yeast (β -type)
Coelenterata	Brachiopods	Fungi (cell walls)
Crustaceans:	Ants	Mycelia Penicillium
Lobster	Cockroaches	Brown algae
Crab	Beetles	Spores
Shrimp		Chytridiaceae
Prawn		Ascomydes
Krill		Blastocladiaceae

Έχει διαπιστωθεί ότι η προσθήκη ζελατίνης αυξάνει την αποτελεσματικότητα των σκευασμάτων χιτοζάνης (Pereda et al., 2011). Η χρήση των παραπάνω υλικών είναι εύκολη στην εφαρμογή και ανέξοδη. Τα υλικά αυτά είναι επίσης βιοδιασπώμενα. Μπορεί, εναλλακτικά, να χρησιμοποιηθεί και συνθετική χιτοζάνη κατά τη μετασυλλεκτική διαχείριση της πιπεριάς αυξάνοντας την υφή των καρπών, μειώνοντας το μικροβιακό φορτίο και επιμηκύνοντας της περίοδο συντήρησης κατά 1 εβδομάδα, χωρίς να επηρεάζει τις φυσιολογικές λειτουργίες τους (διαπνοή) ή τα ποιοτικά και διατροφικά χαρακτηριστικά τους (Poverenov et al., 2014).

Γενικά, οι εδώδιμες μεμβράνες, όπως αυτές που περιγράφηκαν, δρουν ως εμπόδια για την διαφυγή της υγρασίας και των αερίων από το εσωτερικό των καρπών, εμποδίζοντας την αφυδάτωση. Πολύ συνηθισμένη πρακτική στη μετασυλλεκτική διαχείριση της πιπεριάς, είναι η χρήση βρώσιμων επιστρώσεων με βάση διάφορα ορυκτέλαια ή με βάση την κυτταρίνη. Μπορούν ακόμη να χρησιμοποιηθούν επιστρώματα με βάση ορισμένες πρωτεΐνες (απομονωμένη πρωτεΐνη ορού γάλακτος ή καζεΐνη) πλαστικοποιημένες με γλυκερίνη, αλλά δεν έχουν τόσο ικανοποιητικά αποτελέσματα όσο οι επιστρώσεις από ορυκτέλαια (Lerdthanangku land Krochta, 1996).

Ευρεία εφαρμογή έχουν και τα διάφορα κόμμεα. Πιπεριές με επίστρωση πηκτίνης, αραβικού κόμμεος και ξανθανικού κόμμεος παρουσιάζουν συγκριτικά μικρότερη απώλεια βάρους σε σχέση με όσες έμειναν χωρίς κάποια επέμβαση. Επίσης, η ποιοτική αλλοίωση που υφίστανται είναι μικρότερη, με το υψηλότερο δυναμικό να το παρουσιάζει το αραβικό κόμμι (Ochoa-Reyes et al., 2013).

Γενικά, όλου του είδους τα επιστρώματα (coating) που χρησιμοποιούνται πρέπει να είναι από υλικά κατάλληλα για τρόφιμα και κυρίως πολυμερή που χρησιμοποιούνται συνήθως στη

βιομηχανία τροφίμων όπως η ξανθάνη, τα διάφορα κόμμεα, το γκουάρ, πηκτίνη, καζεΐνη κτλ.

1.3.3 Απολύμανση καρπών πιπεριάς, μετασυλλεκτικά

Ο κυριότερος τρόπος απολύμανσης των καρπών πιπεριάς, κατά τη μετασυλλεκτική φάση, παραμένει το χλώριο. Η αποτελεσματικότητά του αποτελεί δεδομένο εδώ και αρκετές δεκαετίες (Baker and Heald, 1932 από Mari et al., 2003). Μπορεί να εφαρμοστεί και με τις τρεις καταστάσεις της ύλης ως αέριο χλώριο, υγρό (υποχλωριώδες νάτριο) και στερεό (υποχλωριώδες ασβέστιο). Επειδή η πιο φθηνή εφαρμογή είναι αυτή της αέριας μορφής, γίνεται συνήθως χρήση διοξειδίου του χλωρίου (ClO_2) το οποίο είναι πιο σταθερό από το χλώριο και λιγότερο διαβρωτικό, ενώ δρα μόνο εξ επαφής (απώλεια διασυστηματικής δράσης) (Mari et al., 2003). Σημασία έχει, κατά την εφαρμογή της υγρής μορφής, το νερό απολύμανσης να είναι καθαρό, μιας και το χλώριο χάνει την αντιμικροβιακή του ιδιότητα όταν έρθει σε επαφή με την οργανική ύλη του νερού, με την οποία δεσμεύεται (Gil et al., 2009).

Άλλο ένα θέμα που απασχολεί κατά την εφαρμογή χλωριωμένου νερού απολύμανσης, είναι ο χρόνος εμβάπτισης των καρπών πιπεριάς καθώς και η συγκέντρωση σε χλώριο. Έτσι, μπορεί να γίνει εμβάπτιση των καρπών σε 50-100μg/ml για 20 λεπτά χωρίς να μειωθεί το περιεχόμενο σε ασκορβικό οξύ και διαλυτά στερεά συστατικά ενώ, δεν σημειώνεται αλλαγή του εξωτερικού χρώματος τους (Nunes and Emond, 1999). Ένα βασικό μειονέκτημα της απολύμανσης με χλώριο είναι, ο σχηματισμός καρκινογόνων χλωριοενώσεων (trihalomethanes) (Fawell, 2000).

Τα τελευταία χρόνια, σε μία προσπάθεια αντικατάστασης του χλωρίου, ως μέσο απολύμανσης, η έρευνα έχει εστιάσει στο όζον, λόγω των πολυάριθμων πλεονεκτημάτων που παρουσιάζει. Το όζον έχει υψηλή απολυμαντική ικανότητα, μπορεί να εφαρμοστεί διαμέσου του αέρα ή του νερού, ενώ, ταυτόχρονα, είναι φιλικό προς το περιβάλλον. Επίσης, έχει χαρακτηριστεί ως ασφαλής-GRAS ουσία (Generally Regarded As Safe) και δεν αφήνει καθόλου χημικά υπολείμματα (Khadre et al., 2001). Στον αντίποδα, μειονεκτήματα του όζοντος είναι το υψηλό κόστος εφαρμογής του και η υψηλή οξειδωτική του ιδιότητα. Ως προς τον μηχανισμό δράσης του στα βακτήρια, το όζον δρα μέσω οξείδωσης και καταστροφής του κυτταρικού τοιχώματος, των κυττοπλασματικών μεμβρανών και, τελικά, του γενετικού υλικού, καθιστώντας τα βακτήρια ανίκανα να αναπτύξουν, κάποια μορφή, ανθεκτικότητας

(Naito and Takahara, 2006). Το όζον ακόμα και σε χαμηλή συγκέντρωση (0,5 mg/L) έχει υψηλή αποτελεσματικότητα η οποία αυξάνεται ακόμα περισσότερο στην περίπτωση της πιπεριάς, λόγω της λείας επιφάνειάς της (Alexopoulos et al., 2013). Εντούτοις, έχει παρατηρηθεί ότι αυξημένη συγκέντρωση επιφέρει μεγαλύτερη αντιμικροβιακή δραστηριότητα. Συγκεκριμένα, για το βακτήριο *Escherichia coli*, στην επιφάνεια καρπών πιπεριάς, η εφαρμογή υψηλής συγκέντρωσης (2 έως 8mg/L) αέριου όζοντος σε συνδυασμό με αύξηση της σχετικής υγρασίας αποθήκευσης από 60% σε 90%, έχει τη μεγαλύτερη παρεμποδιστική δράση στην ανάπτυξή του (Han et al., 2002). Χρήση όζοντος μπορεί να γίνει και για ελαφριά επεξεργασμένες πιπεριές, σε συνθήκες ελεγχόμενης ατμόσφαιρας, όπου εφαρμόζεται ως αέριο σε συγκέντρωση $0,7 \mu\text{molmol}^{-1}$ για 1-5 λεπτά και στη συνέχεια ακολουθεί η αποθήκευση για 14 ημέρες (Horvitz and Cantalejo, 2012).

1.3.4 Τάση αντικατάστασης χημικών, στη μετασυλλεκτική τεχνολογία, από εναλλακτικές μεθόδους διαχείρισης

Η σύγχρονη τάση, για την άσκηση της γεωργικής πρακτικής σε ένα πλήρως καθορισμένο και οικολογικό πλαίσιο, έχει οδηγήσει στην αναζήτηση νέων πρακτικών, σε όλα τα στάδια της γεωργίας, που αξιοποιούν βιοενεργές ουσίες φυτικής ή ζωικής προέλευσης. Πάνω από 500.000 εκτάρια γης στις Ευρωπαϊκές χώρες μετατρέπονται σε βιολογικές εκμεταλλεύσεις κάθε χρόνο, την τελευταία δεκαετία (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2016). Αυτή η μεταβολή είναι το αποτέλεσμα της γενικότερης αλλαγής αντίληψης ως προς την ασφάλεια των τροφίμων που καταναλώνονται. Η τάση αυτή, λοιπόν, αφορά όλη την έκταση της γεωργικής παραγωγής, από την σπορά έως τη συσκευασία.

Στη μετασυλλεκτική τεχνολογία χρησιμοποιούνται λιγότερα χημικά σκευάσματα από ότι προσυλλεκτικά και αυτό διότι μετά τη συγκομιδή μειώνονται οι μεταβολικές δραστηριότητες του προϊόντος. Έτσι, εάν εφαρμόζονταν χημικές ουσίες δεν θα μπορούσαν να αποδομηθούν ή να μεταβλιστούν από τον καρπό και θα εμφανίζονταν υπολείμματα υψηλής συγκέντρωσης. Οι καταναλωτές, τα τελευταία χρόνια, απαιτούν μικρότερη χρήση χημικών στα φρούτα και στα λαχανικά και αυτό οδήγησε στην ανεύρεση εναλλακτικών, αντιμικροβιακών και φυσικών ουσιών (Ponce et al., 2008). Γι' αυτό, τα τελευταία χρόνια, η έρευνα στη συσκευασία τροφίμων έχει εστιάσει περισσότερο σε βιοδιασπώμενα υλικά επίστρωσης των καρπών, όπως οι εδώδιμες μεμβράνες που περιεγράφηκαν παραπάνω (Seydim and Sarikus, 2006).

Στο παρελθόν, διάφορα χημικά μυκητοκτόνα έχουν αποσυρθεί ή κατηγορηθεί για βλαβερές συνέπειες στην υγεία και στο περιβάλλον και η χρήση τους έχει απαγορευθεί (Wilson et al., 1991). Τα παραδείγματα ποικίλλουν, από το DDT, το αρσενικό, το νάτριο, μέχρι το πρόσφατο βρωμιούχο μεθύλιο. Ένας άλλος παράγοντας που έχει συνεισφέρει σε αυτήν την νέα τάση, είναι η ανάπτυξη ανθεκτικότητας σε διάφορες κατηγορίες χημικών (βενζιμιδαζολικά, φαινυλοκαρβαμιδικά), ορισμένων μετασυλλεκτικών μυκήτων, με σημαντικότερο το βοτρυτή (*Botrytis cinerea*). Τέλος, η εξέλιξη της γενετικής μηχανικής και η κατανόηση, σε γονιδιακό επίπεδο, της δράσης των διάφορων ουσιών, φυσικής προέλευσης, συμβάλλει στην μείωση των χημικών επεμβάσεων στη μετασυλλεκτική τεχνολογία.

1.4 Αιθέρια Έλαια

1.4.1 Γενικές πληροφορίες για τα αιθέρια έλαια

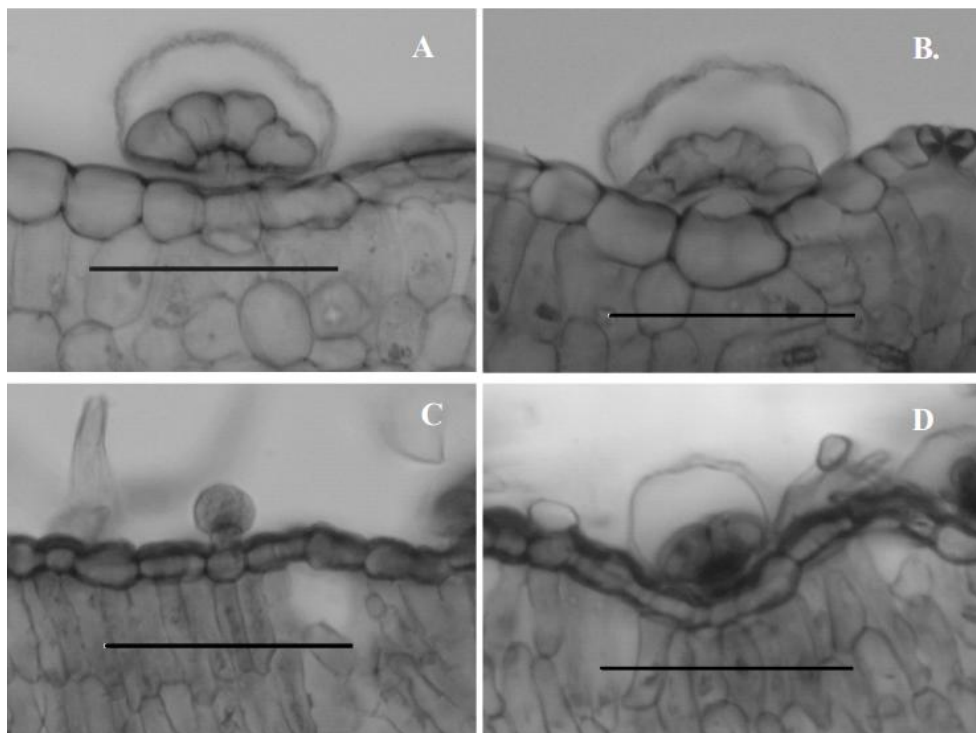
Τα αιθέρια έλαια είναι μίγματα πτητικών ενώσεων, χαμηλού μοριακού βάρους, με χαρακτηριστικό άρωμα, τα οποία είναι λιποδιαλυτά και διαλυτά σε οργανικούς διαλύτες (Tajkarimi et al., 2010). Μπορεί να συντίθενται σε όλα τα φυτικά μέρη (άνθη, φύλλα, σπέρματα, καρποί, ξύλο, ρίζα κτλ.) και είναι αποθηκευμένα σε ειδικές κατασκευές, διαφόρων σχημάτων και μεγεθών, ανάλογα το είδος του φυτού, που ονομάζονται αδένες από όπου και παραλαμβάνονται (Tajkarimi et al., 2010; Lv et al., 2011; Bajraí et al., 2012). Οι αδένες μπορεί να είναι διαφόρων σχημάτων, όπως φαίνεται στην Εικόνα 1.1, σε μικροσκοπική εμφάνιση ή στην Εικόνα 1.3, σε στερεοσκοπική.

Ο ρόλος των αιθέριων ελαίων δεν είναι πλήρως αποσαφηνισμένος. Η επικρατούσα θεωρία είναι ότι έχουν αμυντικό ρόλο για το φυτό, μιας και μπορεί να προϋπάρχουν στους αδένες του ή να συντίθενται όταν δέχονται καταπόνηση λόγω μικροβιολογικής προσβολής (Hyltdgaard et al., 2012).

Η παραλαβή του αιθέριου ελαίου παρουσιάζει ποικίλλες τεχνικές με βάση το είδος του φυτού, την απόδοσή του σε αιθέριο έλαιο, το βαθμό καθαρότητας που επιθυμείται και το κόστος της κάθε μίας τεχνικής. Έτσι, ως πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη τεχνική ξεχωρίζει η απόσταξη με τις διάφορες μορφές της (υδροαπόσταξη, ατμο-απόσταξη, υγρο-ατμο-απόσταξη). Πολλές φορές εφαρμόζεται και η εκχύλιση με οργανικούς διαλύτες (Bakkali et al., 2008; Tajkarimi et al., 2010). Από τις παραπάνω, η ατμο-απόσταξη βρίσκει τη

μεγαλύτερη εφαρμογή όταν πρόκειται για εμπορική εκμετάλλευση, μιας και το κόστος λειτουργίας είναι χαμηλότερο και η απόδοση σε αιθέριο έλαιο είναι ικανοποιητική. Από την άλλη, όταν επιδιώκεται η εξαγωγή αιθέριου ελαίου ανώτερων οργανοληπτικών χαρακτηριστικών, με πιο έντονη αντιμικροβιακή δραστηριότητα, εφαρμόζεται η εκχύλιση με υγρό διοξείδιο του άνθρακα σε συνθήκες χαμηλής θερμοκρασίας και υψηλής πίεσης (Burt, 2004).

Τα αιθέρια έλαια μπορεί να έχουν πολλές ιδιότητες που εξαρτώνται από πολυάριθμους παράγοντες. Το κλίμα, η σύσταση του εδάφους και η ηλικία του φυτού ή φυτικού ιστού είναι μερικοί μόνο από αυτούς. Έτσι, εντονότερη αντιμικροβιακή δραστηριότητα έχει το αιθέριο έλαιο που προέρχεται από φυτό που έχει συγκομιστεί κατά την άνθηση, ή αμέσως μετά από αυτή. Ένα ακόμη χαρακτηριστικό των αιθέριων ελαίων είναι η ποιοτική υποβάθμισή τους από τη δράση του φωτός. Γι' αυτό και για την πτητική τους ιδιότητα πρέπει να αποθηκεύονται σε αεροστεγείς και σκουρόχρωμες συσκευασίες (Burt, 2004).



Εικόνα 1.1: Εικόνες αδενικών τριχωμάτων σε φύλλα: A,B-ασπιδοειδές αδενικό τρίχωμα με πολυκύτταρο αδένα, C-κεφαλοειδές αδενικό τρίχωμα, D-ασπιδοειδές αδενικό τρίχωμα με τετρακντταρικό αδένα (εστίαση 50μm) (Zamfirache et al., 2009).

Ως προς τη σύστασή τους τα αιθέρια έλαια είναι σύνθετα μίγματα είκοσι έως εξήντα (20-60)

στοιχείων, τα οποία είναι δυνατόν να καθοριστούν με τη χρήση αέριας χρωματογραφία/φασματομετρία μάζας. Συνήθως υπάρχει ένα κυρίαρχο συστατικό που καταλαμβάνει ποσοστό έως και 85% του μίγματος, ενώ μπορεί να υπάρχουν υπερβολικά μικρές ποσότητες άλλων συστατικών (ίχνη) (Adams, 2007). Είναι επίσης γνωστό ότι το αιθέριο έλαιο από ένα συγκεκριμένο φυτό έχει πιο έντονη αντιμικροβιακή δραστηριότητα, απ' ότι έχει κάθε επιμέρους συστατικό από μόνο του (Bakkali et al., 2008). Αυτό συμβαίνει λόγω του φαινομένου της συνέργειας, που παρατηρείται όταν η δράση δύο ή περισσότερων συστατικών είναι μεγαλύτερη από ότι η μεμονωμένη δράση του καθενός ξεχωριστά (Nerio et al., 2010).

Τα συστατικά των αιθέριων ελαίων μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε δύο ομάδες. Η πρώτη αποτελεί την κύρια ομάδα και αποτελείται από τερπένια και τερπενοειδή. Η δεύτερη αποτελείται από αρωματικά και αλειφατικά στοιχεία. Τα τερπένια αποτελούνται από έναν συνδυασμό ισοπρενίων (5 άτομα άνθρακα-C5). Άλλες κατηγορίες τερπενίων, ανάλογα με τον αριθμό των ατόμων του άνθρακα, είναι τα μονοτερπένια (C10) και τα σεσκουιτερπένια (C15). Υπάρχουν ακόμη διτερπένια, τριτερπένια και τετρατερπένια τερπενοειδή (τερπένια που περιέχουν οξυγόνο), αλλά σε μικρότερες συγκεντρώσεις.

Τα αιθέρια έλαια αποτελούν μία κατηγορία φυσικών παράγωγων, η οποία παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα, κυρίως λόγω της ύπαρξης πολλών δραστικών συστατικών που περιέχονται στο μίγμα με ποικίλες ιδιότητες και εφαρμογές. Μία ενδιαφέρουσα δράση των αιθέριων ελαίων, χρήσιμη στη γεωργική πρακτική είναι η νηματοδοκτόνος ιδιότητα που έχουν. Αιθέριο έλαιο προερχόμενο από φυτά της οικογένειας των Χειλανθών (Lamiaceae), όπως η ρίγανη, θρούμπα κ.ά., παρουσιάζει τοξικότητα ενάντια σε, υψηλού αγρονομικού ενδιαφέροντος, είδη νηματωδών του γένους *Meloidogyne* (*M. Javanica*) (Andrés et al., 2012). Πέραν όμως των φυτοπροστατευτικών εφαρμογών τους, τα αιθέρια έλαια παρουσιάζουν μεγάλο ενδιαφέρον και για τον άνθρωπο. Η αντιοξειδωτική, αντιμεταλλαξιογόνος δράση, καθώς και ο μηχανισμός αποτοξικοποίησης που διαθέτουν, τους προσδίδουν τις διάφορες χημειοπροστατευτικές ιδιότητές τους (Bhalla et al., 2013; Cook and Lanaras, 2016).

1.4.2 Αντιμικροβιακές και αντιοξειδωτικές ιδιότητες των αιθέριων ελαίων

Ο τρόπος δράσης των αιθέριων ελαίων απέναντι στα βακτήρια σχετίζεται με την

αλληλεπίδραση και την καταστροφή του βακτηριακού κυτταρικού τοιχώματος. Η υδροφοβική φύση των αιθέριων ελαίων προκαλεί την αλληλεπίδραση με τη λιπιδική μεμβράνη του κυτταρικού τοιχώματος και με τα μιτοχόνδρια προκαλώντας αύξηση της διαπερατότητας της. Οι αλλαγές στη διαπερατότητα της μεμβράνης συμβαίνουν ως απώλεια ιόντων, κατάρρευση της αντλίας πρωτονίων και εξάντληση της αποθήκης ATP, οδηγώντας τελικά στη απώλεια ενδοκυτταρικών συστατικών, λύση και θάνατο του κυττάρου.

Όπως σημειώθηκε και παραπάνω, η ισχυρή αντιμικροβιακή δράση των αιθέριων ελαίων είναι συνάρτηση τόσο της πρώτης ομάδας συστατικών όσο και της δεύτερης. Η συνεργιστική δράση τους είναι αυτή που ενδιαφέρει τη μετασυλλεκτική τεχνολογία καθώς και ο ρόλος των χαμηλότερων σε συγκέντρωση συστατικών τα οποία φαίνεται να ρυθμίζουν τη δράση των κύριων (Bakkali et al., 2008). Η αντιβακτηριακή δράση των αιθέριων ελαίων δεν βασίζεται όμως μόνο στα χημικά χαρακτηριστικά αυτών, αλλά και στον τύπο των βακτηρίων. Έτσι, είναι πιο αποτελεσματικά ενάντια στα θετικά κατά Gram βακτήρια. Τα αρνητικά κατά Gram βακτήρια (*Pseudomonas spp.*) είναι λιγότερο ευπαθή επειδή η μεμβράνη τους περιέχει υδρόφιλους λιποπολυσακχαρίτες (πολυσακχαρίτης ενωμένος με ένα λιπιδικό πυρήνα με ομοιοπολικό δεσμό), οι οποίοι δημιουργούν ένα φράγμα μεταξύ μακρομορίων και υδρόφοβων συστατικών (Hyltdgaard et al., 2012).

Η αποτελεσματικότητα των αιθέριων ελαίων, ενάντια σε μικροοργανισμούς, έχει υπάρξει το αντικείμενο μελέτης για μία πληθώρα ερευνητών τα τελευταία χρόνια. Έχουν πραγματοποιηθεί έρευνες με αιθέρια έλαια διάφορων φαρμακευτικών φυτών. Έτσι, έχει βρεθεί ότι αιθέριο έλαιο από μάραθο (*Foeniculum vulgare* L.) αναστέλλει πλήρως την ανάπτυξη του βοτρυτή (*Botrytis cinerea*) σε συγκέντρωση 600-800 μl^{-1} . Αξιοπρόσεκτη είναι η επίδραση του στη βλάστηση των σπορίων την οποία επίσης παρεμπόδισε (Mohammadi and Aminifard, 2013). Για τον ίδιο μύκητα έχει αποδειχθεί η αντιμικροβιακή επίδραση του αιθερίου ελαίου από δίκταμο (*Origanum dictamnus*) τόσο στην ανάπτυξη της αποικίας του όσο και στην βλάστηση των κονιδίων (Stavropoulou et al., 2014). Στην τελευταία περίπτωση η δράση χαρακτηρίζεται ως μυκητοστατική (συγκέντρωση 250 $\mu\text{L/L}$). Σε πείραμα, in-vitro, η παραγωγή των κονιδίων του μύκητα μειώθηκε σε τεχνητά μολυσμένους καρπούς μελιτζάνας (*Solanum melongena* L.), ενώ φάνηκε να ενεργοποιείται και ο ενδογενής μηχανισμός αντίστασης του καρπού ενάντια στο παθογόνο (Stavropoulou et al., 2014). Παρόμοια επίδραση του ίδιου αιθερίου ελαίου από δίκταμο φάνηκε σε εμβολιασμένους, με βοτρυτή, καρπούς πιπεριάς (*Capsicum annum* L. cv. Sammy). Σε συνθήκες αποθήκευσης (12°C και

95% σχετική υγρασία), η συνεχόμενη εφαρμογή αιθέριου ελαίου οδήγησε σε αναστολή της ανάπτυξης του μύκητα με μειωμένη επιφάνεια σήψης (συγκέντρωση αιθερίου ελαίου 50, 100, 250ppm). Ανασταλτική ήταν και η επίδραση στη σποριογένεση του μύκητα ακόμα και στη χαμηλή συγκέντρωση των 50ppm (Σταυροπούλου κ.ά., 2015). Παρεμποδιστική επίδραση στην ανάπτυξη των αποικιών σημαντικών μετασυλλεκτικών παθογόνων των ειδών *Colletotrichum coccodes*, *Botrytis cinerea*, *Cladosporium herbarum* και *Rhizopus stolonifer* έχει το αιθέριο έλαιο λεμονόχορτου (*Cymbopogon citrates* L.), το οποίο μειώνει και τη σποριοπαραγωγή τους (in-vitro) κατά 70% (συγκέντρωση 25ppm) ενώ μπορεί να φτάσει έως και 100% (συγκέντρωση 500ppm) (Tzortzakis and Economakis, 2007). Μπορεί να αποτελέσει μία εναλλακτική μετασυλλεκτική πρακτική κατά την αποθήκευση της πιπεριάς, μετά από κατάλληλο πειραματισμό, αντικαθιστώντας ορισμένα συνθετικά μυκητοκτόνα. Σε παρόμοιο πείραμα έχει ερευνηθεί η ανασταλτική δράση στην ανάπτυξη μετασυλλεκτικών παθογόνων (π.χ. *Botrytis cinerea*, *Penicillium italicum* και *P. digitatum*), των αιθερίων ελαίων της ρίγανης (*Origanum vulgare* L. ssp. *hirtum*), θυμαριού (*Thymus vulgaris* L.) και λεμονιάς (*Citrus limon* L.) (Vitoratos et al., 2013). Η μυκηλιακή αύξηση των παραπάνω μυκήτων παρουσιάζει in-vitro μηδενική μεταβολή με την εφαρμογή αιθερίου ελαίου ρίγανης και θυμαριού.

Όλα τα παραπάνω αιθέρια έλαια είχαν σε in-vitro συνθήκες ανασταλτική επίδραση στη βλαστικότητα των σπορίων των παραπάνω μυκήτων. Ακόμα και σε κανονικές συνθήκες, in-vitro, τα παραπάνω αιθέρια έλαια μείωσαν τη σοβαρότητα εμφάνισης των συμπτωμάτων των παθογόνων σε τεχνητά μολυσμένους καρπούς τομάτας, φράουλας και αγγουριάς (Vitoratos et al., 2013). Η μυκητοστατική επίδραση που παρατηρείται λοιπόν με την εφαρμογή διαφορετικών αιθερίων ελαίων, είναι εμφανής και παρόμοια σε αρκετούς.

Ως προς την αντιοξειδωτική δραστηριότητα τους, έχει βρεθεί ότι τα συστατικά των αιθερίων ελαίων, όπως τα φαινολικά διτερπένια, φλαβονοειδή και τριτερπένια, ευρισκόμενα σε διάφορα φαρμακευτικά φυτά όπως το δεντρολίβανο, ρίγανη και φασκόμηλο, παρουσιάζουν πολύ υψηλές αντιοξειδωτικές ιδιότητες (Ryan et al., 2009; Weiss et al., 2010). Σε κάποιες περιπτώσεις η αντιοξειδωτική δράση τους είναι τόσο υψηλή, ώστε να αντικαθιστά τα συνθετικά αντιοξειδωτικά, όπως το BHA (βουτυλική υδροξυανισόλη, E 320), χωρίς να αφήνει υπολείμματα στο προϊόν ή στο περιβάλλον (Simitzis et al., 2010; Teixeira et al., 2013).

1.4.3 Αιθέρια έλαια για την προαγωγή της διατηρησιμότητας και καλής ποιότητας των προϊόντων

Οι αντιμικροβιακές ιδιότητες των αιθέρων ελαίων απέναντι σε, οικονομικής σημασίας για τη μετασυλλεκτική, παθογόνα είναι δεδομένη. Όμως, πρέπει να ληφθεί μέριμνα για την επίδραση που έχουν στα διάφορα προϊόντα και στα οργανοληπτικά τους ποιοτικά χαρακτηριστικά. Η εφαρμογή αιθέριου ελαίου δίκταμου σε καρπούς μελιτζάνας δεν επηρέασε γενικά τα ποιοτικά χαρακτηριστικά τους, ενώ η φωτεινότητα της επιφάνειας των καρπών (τιμή L) αυξήθηκε σε συγκέντρωση 50 και 100 μ L/L (Stavropoulou et al., 2014).

Ως προς τη δημιουργία εδώδιμων φιλμ και μεμβρανών για τη ενεργή συσκευασία των καρπών, η προσθήκη του αιθέριου ελαίου στην εδώδιμη μεμβράνη εξασθενεί τη δομή της, ενώ οι επιδράσεις λόγω μείωσης της διαπνοής, αυξάνονται. Η διαπερατότητα της μεμβράνης επίσης μειώνεται, ενώ το αιθέριο έλαιο προσδίδει πέραν από αντιμικροβιακές και αντιοξειδωτικές ιδιότητες στο προϊόν, αυξάνοντας τη διατροφική του αξία και την ποιότητά του (Atarés and Chiralt, 2015). Σε πειράματα για τη μετασυλλεκτική διαχείριση μήλων (*Malus domestica*) βρέθηκε ότι, εφαρμογή αιθέριου ελαίου (300ppm) θυμαριού μείωσε σημαντικά την απώλεια βάρους των καρπών, κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης (0-2°C) για 20, 80 και 140 ημέρες). Επίσης, η συνεκτικότητα της σάρκας των καρπών αυξήθηκε, ενώ μειώθηκε η παραγωγή αιθυλενίου και επομένως το μαλάκωμα της σάρκας (Shirzadeh and Kazemi, 2012a). Εφαρμογή με αιθέριο έλαιο ευκαλύπτου (*Eucalyptus globulus* L.) και κανέλας (*Cinnamomum zeylanicum*, Blume) σε καρπούς τομάτας και φράουλας, αποθηκευμένους στους 13°C, παρουσίασε θετική επίδραση στα ποιοτικά χαρακτηριστικά τους. Οι τομάτες που δέχθηκαν την επέμβαση με αιθέριο έλαιο κανέλας διατήρησαν τη σκληρότητά τους. Τα εξατμιζόμενα αιθέρια έλαια διέγερναν την αύξηση των ολικών διαλυτών στερεών συστατικών των καρπών, κατά τη διάρκεια της έκθεσης, ενώ δεν μεταβλήθηκε το ποσοστό απώλειας βάρους, το περιεχόμενο σε ολικά φαινολικά και η οξύτητα (Tzortzakis, 2007). Εφαρμογή αιθέριου ελαίου γλυκάνισου (*Pimpinella anisum*) και κανέλας (*Cinnamomum zeylanicum*, Blume) σε καρπούς ροδακινιάς (*Prunus persica* var. *Redhaven*), μείωσε το ποσοστό απώλειας βάρους των καρπών, ενώ αύξησε το μετασυλλεκτικό χρόνο ζωής τους. Θετικά επηρεάστηκαν και οι υπόλοιποι μετασυλλεκτικοί παράγοντες (ολικά διαλυτά στερεά συστατικά, τιτλοδοτούμενη οξύτητα, ανθοκυάνες, υδατανθρακικό περιεχόμενο και pH. Η θετική, αυτή, επίδραση συνέβη σε συγκέντρωση 800 μ L/L⁻¹ (Mohammadi and Aminifard, 2012). Οι ίδιοι ερευνητές, σε εφαρμογή αιθερίου

ελαίου μάραθου, in-vivo, σε καρπούς τομάτας υποδεικνύουν τη θετική επίδραση του στην ποιότητα τους. Τομάτες στις οποίες είχε γίνει επέμβαση αιθέριου ελαίου μάραθου (600 και 800ml.L^{-1}), είχαν σημαντικά υψηλότερη τιμή ολικών διαλυτών στερεών συστατικών, ασκορβικού οξέως, λυκοπενίου (αντιοξειδωτική δράση) και β-καροτενίου σε σχέση με τον μάρτυρα.

Παρόμοια αποτελέσματα έχουν βρεθεί σε αρκετές ακόμη μελέτες για διάφορα προϊόντα, ενώ συνίσταται σε ορισμένες, ο συνδυασμός εδώδιμης μεμβράνης από χιτοζάνη με αιθέριο έλαιο για την αντιμετώπιση των μετασυλλεκτικών παθογόνων και τη διατήρηση ή και αύξηση της ποιότητας των καρπών (Wang and Buta, 2003; Soyulu et al., 2010; Alikhani and Daraei Garmakhany, 2012; Sunetal., 2014). Τέλος, υπάρχει μεγάλη ανάγκη περαιτέρω έρευνας για την σύνδεση της δεδομένης αντιμικροβιακής δράσης των αιθέριων ελαίων με την προαγωγή της καλής ποιότητας των καρπών, είτε μέσω της μη υποβάθμισής της, είτε μέσω της αύξησής της.

1.4.4 Ο Δίκταμος και το αιθέριο έλαιό του

Ο δίκταμος (σ.σ. το δίκταμο) (*Origanum dictamnus* L., οικογένεια Lamiaceae) είναι ένα ελληνικό ενδημικό είδος που συναντάται στη Κρήτη, όπου αυτοφύεται ως άγριος ποώδης θάμνος. Είναι γνωστό από τους αρχαίους Έλληνες για τις ποικίλες φαρμακευτικές του ιδιότητες (θεωρούταν ως «πανάκεια», δηλαδή φάρμακο για κάθε πρόβλημα υγείας) (Thanos, 1994). Στη σημερινή εποχή, αποκτά ολοένα και περισσότερο ενδιαφέρον η χρήση του στην φαρμακευτική, λόγω των διάφορων ιδιοτήτων του. Για το λόγο αυτόν, γίνονται πολλές μελέτες που αφορούν τον δίκταμο και το αιθέριο έλαιο αυτού (Kouri et al., 2007; Liolios et al., 2009).

Έχει χαρακτηριστεί ασφαλές μαχαρικό για κατανάλωση και χρησιμοποιείται σαν ενισχυτικό γεύσης για τα τρόφιμα (CFR, 2009). Έχει γίνει επίσης εμπορική εκμετάλλευση του δίκταμου, με την εξαγωγή αποξηραμένου φυτικού υλικού και την απορρόφησή του από την ιταλική εταιρεία ποτοποιίας «Martini». Στην Ελλάδα, μέρος της παραγωγής απορροφάται από την εταιρεία φυσικών καλλυντικών «Κορρές». Καλύπτεται από πυκνά, λευκά, διακλαδιζόμενα τριχίδια σε όλη την επιφάνειά του καθώς και από μικρούς, αφανείς αδένες (600 ανά cm^2), μέσα στους οποίους περιέχεται το αιθέριο έλαιό του (Liolios et al., 2010). Ευδοκίμει σε ρωγμές βράχων και σε ασβεστώδεις γκρεμούς, ενώ προτιμά τα σκιερά μέρη

(Turland, 1995) και το, σχετικά, μεγάλο, υψόμετρο (300-1500m από τη στάθμη της θάλασσας). Η άνθηση συμβαίνει από τον Ιούνιο έως τον Οκτώβρη (Ietswaart1980 από Liolios et al., 2010).



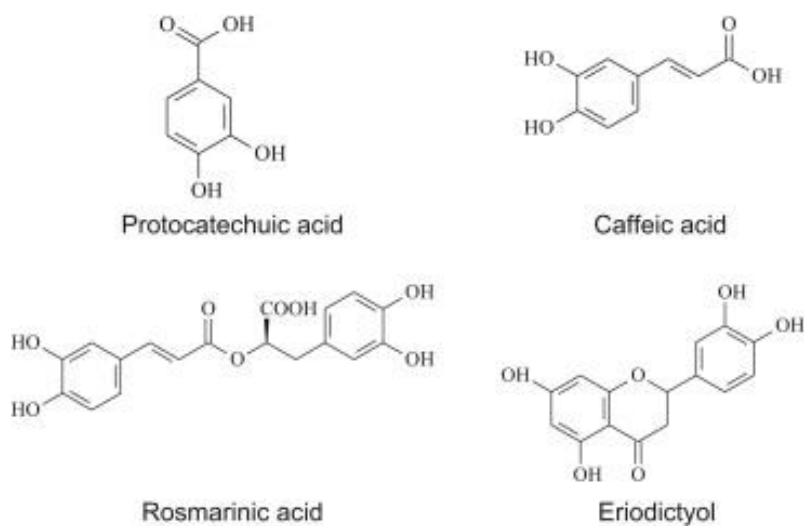
Εικόνα 1.2: Δίκταμος (*Origanum dictamnus* L.) που αναπτύσσεται ανάμεσα στις ρωγμές των βράχων (φωτογραφία Ε. Καλπουτζάκης) (Krigas et al., 2015).



Εικόνα 1.3: Εμφάνιση αδένων αιθέριου ελαίου σε φύλλο δίκταμου όπου φαίνονται τα τριχίδια της κάτω επιφάνειας. Μεγέθυνση σε στερεοσκόπιο (Stavtoroulou et al., 2014).

Ενδιαφέρον παρουσιάζουν επίσης τα φυτοχημικά χαρακτηριστικά του δίκταμου. Έχουν απομονωθεί αρκετά πολυφαινολικά συστατικά, флаβονοειδή και κουμαρίνες από τα υπέργεια

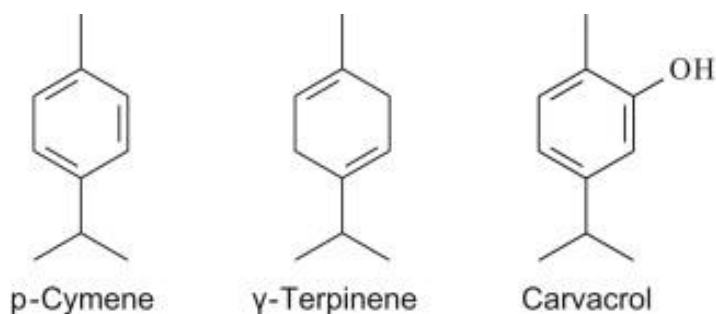
μέρη του φυτού, όπως φαίνονται σε χημική απεικόνιση, στην Εικόνα 1.4. Μερικά από τα φαινολικά συστατικά του είναι το π-κουμαρικό οξύ και οι διάφορες κατεχίνες (Proestos et al., 2008).



Εικόνα 1.4: Σχηματική απεικόνιση των κυριότερων πολυφαινολικών συστατικών, της εκχύλισης με πολικές ουσίες, δίκταμου (Krigas et al., 2015)

Το αιθέριο έλαιο του δίκταμου παρουσιάζει το μεγαλύτερο ενδιαφέρον, καθώς έχει μεγάλο δυναμικό εφαρμογής στη μετασυλλεκτική τεχνολογία. Βρίσκεται συγκεντρωμένο στους αδένες, στα εναέρια μέρη του φυτού (βράκτια φύλλα, φύλλα και λουλούδια).

Η χημική ανάλυση του αιθέριου ελαίου δείχνει ότι η καρβακρόλη είναι το κυρίαρχο συστατικό και ακολουθούν το γ-τερπένιο και το p-κυμένιο σε μικρότερες συγκεντρώσεις (Stavropoulou et al., 2014), όπως φαίνονται και στη χημική απεικόνισή τους στην Εικόνα 1.5. Η συγκέντρωση της καρβακρόλης στο μίγμα του αιθέριου ελαίου κυμαίνεται από 33,5 έως 89% (Economakis et al., 2005).



Εικόνα 1.5: Σχηματική απεικόνιση των κυριότερων πτητικών συστατικών του αιθέριου ελαίου

δίκτημου (Krigas et al., 2015)



Εικόνα 1.6: Απόσταξη αιθέριου ελαίου δίκτημου.

Το αιθέριο έλαιο του δίκτημου χαρακτηρίζεται από πληθώρα ιδιοτήτων. Η πιο σημαντική είναι η αντιμικροβιακή με αποδεδειγμένες δράσεις κατά της ζύμης *Yarrowia lipolytica* (Karanika et al., 2001) και των αρνητικών κατά Gram βακτηρίων (Chatzopoulou et al., 2010) κ.ά. Έχει αναφερθεί παρεμπόδιση ανάπτυξης του μύκητα *Penicillium digitatum* (συγκέντρωση 300 μg/ml) με την εφαρμογή αιθερίου ελαίου (Daferera et al., 2000). Αντιμικροβιακές ενδείξεις έχουν αναφερθεί τόσο ενάντια για βακτήριο *Erwinia carotovora* (παθογόνο πατάτας) (Vokou et al., 1993), όσο και για το βοτρυτή, φουζάριο (*Fusarium sp.*) και *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* (παθογόνα τομάτας) (Daferera et al., 2003). Παραπάνω έγινε αναφορά στην αντιμικροβιακή του δράση κατά των φυτοπαθογόνων μυκήτων.

Επιπλέον, ο δίκτημος παρουσιάζει έντονες αντιοξειδωτικές ιδιότητες. Τα αντιοξειδωτικά του συστατικά μπορούν να απομονωθούν με διάφορους τρόπους εκχύλισης (αιθυλική αλκοόλη, διαιθυλικός αιθέρας κτλ.) και είναι δυνατόν να αντικαταστήσουν τα συνθετικά αντιοξειδωτικά (Economou et al., 1991 από Liolios et al., 2010; Kouri et al., 2007). Πρόσφατη μελέτη σημειώνει την ύπαρξη κυτταροτοξικής επίδρασης, διάφορων συστατικών δίκτημου (ουρσολικό οξύ και διχλωρομεθάνιο), σε λευχαιμία σε πειραματόζωα (ποντίκια) και

σε μη μικροκυτταρικό καρκίνο πνεύμονα (σε συνθήκες in-vitro) (Chinou et al., 2007). Είναι προφανές, ότι ο δίκταμος παρουσιάζει υψηλό δυναμικό πειραματισμού και έρευνας λόγω των πολυάριθμων ιδιοτήτων του που σχετίζονται άμεσα με την επιστήμη της μετασυλλεκτικής τεχνολογίας.

1.5 Σκοποί της Πτυχιακής Εργασίας

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η μελέτη της επίδρασης της πτητικής δράσης του αιθέριου ελαίου από δίκταμο (*Origanum dictamnus* L.), στα ποιοτικά χαρακτηριστικά της πιπεριάς κατά την αποθήκευση. Ο στόχος ήταν να προσδιοριστεί εάν το αιθέριο έλαιο του δίκταμου αποτελεί κατάλληλο μέσο για τη συντήρηση καρπών πιπεριάς μέσω της διατήρησης ή/και της βελτίωσης της ποιότητάς τους.

Ο πειραματικός σχεδιασμός περιλάμβανε:

- Εξαγωγή, ταυτοποίηση και μελέτη των συγκεντρώσεων του αιθέριου ελαίου από δίκταμο.
- Μελέτη της επίδρασης των αιθέριων ελαίων του δίκταμου στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του καρπού πιπεριάς (χρώμα, απώλεια βάρους, συνεκτικότητα της σάρκας, ολικά διαλυτά στερεά συστατικά, pH, τιτλοδοτούμενη οξύτητα, βαθμός αναπνοής).

2 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 Γενικές μέθοδοι και υλικά

2.1.1 Παραλαβή αιθέριου ελαίου δίκταμου

Για την παραλαβή του αιθέριου ελαίου χρησιμοποιήθηκαν εναέρια μέρη αποξηραμένου δίκταμου (*Origanum dictamnus* L.). Η αποξήρανση έγινε με αέρα σε σκοτεινό δωμάτιο με συνθήκες καλού αερισμού. Η εξαγωγή του αιθέριου ελαίου πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο της υδρο-απόσταξης με αποστακτήρα Clevenger (Εικόνα 2.1). Ο χρόνος απόσταξης για την εξαγωγή 1ml αιθέριου ελαίου ήταν περί τις 2 ώρες. Η αποθήκευση του αιθέριου ελαίου έγινε στους 4°C.



Εικόνα 2.1: Παραλαβή του αιθέριου ελαίου δίκταμου με υδροαπόσταξη.

2.1.1.1 Χημική ανάλυση του αιθέριου ελαίου

Η χημική ανάλυση του αιθέριου ελαίου, καθώς και η σύστασή του που παρουσιάζονται στο συγκεκριμένο πείραμα, πραγματοποιήθηκε από τους Stavropoulou et al., (2014).

2.1.2 Καρποί πιπεριάς

Πιπεριές (*Capsicum annuum* L.) ποικιλίας ‘Sammy’ χρησιμοποιήθηκαν για τα *in vivo* πειράματα. Οι καρποί είχαν παραχθεί με βιολογική καλλιέργεια και συγκομίσθηκαν στο στάδιο εμπορικής ωριμότητας. Η ομοιομορφία μεγέθους, η ωριμότητα και η απουσία φυσικών ελαττωμάτων ήταν τα κριτήρια επιλογής που ελήφθησαν υπόψη.

2.2 Επίδραση αιθέριου ελαίου δίκταμου στα ποιοτικά γνωρίσματα των καρπών πιπεριάς

Η εμπορικότητα των καρπών καθορίζεται, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, από πολλές μεταβλητές. Ο έλεγχος της επίδρασης του αιθέριου ελαίου δίκταμου σε αυτές τις μεταβλητές, σε καρπούς πιπεριάς, κατά τη ψυχρή αποθήκευση προσδιορίζει την επίδραση στην εμπορικότητά τους.

Οι παράμετροι που ελέγχθηκαν ήταν η απώλεια νεπού βάρους του προϊόντος, η συνεκτικότητα της σάρκας, το χρώμα της επιφάνειας, τα ολικά διαλυτά στερεά συστατικά (ΔΣΣ), το pH, η τιτλοδοτούμενη οξύτητα και ο βαθμός αναπνοής. Όπως προαναφέρθηκε, επιλέχθηκαν υγιείς καρποί χωρίς ελαττώματα και ταξινομήθηκαν σε 4 ομάδες χωρίς να γίνει επιφανειακή αποστείρωση, όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.2. Σε ορισμένους καρπούς έγινε αφαίρεση μέρους του ποδίσκου με σκοπό την μεγαλύτερη ομοιομορφία των δειγμάτων.



Εικόνα 2.2: Οι τέσσερις ομάδες καρπών που επιλέχθηκαν (Stavropoulou et al., 2014).

Κατόπιν, ακολούθησε ζύγισμα των καρπών και καταγράφηκε το αρχικό βάρος και το χρώμα της επιφάνειας αυτών. Στη συνέχεια, τοποθετήθηκαν σε πλαστικά δοχεία (2 καρποί πιπεριάς / δοχείο) και έγιναν 4 επεμβάσεις με αιθέριο έλαιο (0, 50, 100 και 250 ppm αιθέριου ελαίου με τη διαδικασία που περιεγράφηκε παραπάνω). Τρία δοχεία ανά επέμβαση τοποθετήθηκαν σε θερμοκρασία δωματίου για 2 ώρες, έτσι ώστε να μην παρεμποδιστεί η δράση του αιθέριου ελαίου και κατόπιν μεταφέρθηκαν σε θάλαμο ελεγχόμενων συνθηκών για 1 εβδομάδα (7 ημέρες) όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.3.



Εικόνα 2.3: Αποθήκευση δοχείων με καρπούς πιπεριάς σε θάλαμο ελεγχόμενων συνθηκών (Stavroulou et al., 2014).

2.2.1 Απώλεια Βάρους καρπών

Πριν την έκθεσή των καρπών σε αιθέριο έλαιο και μετά το πέρας των 7 ημερών αποθήκευσης έγινε καταγραφή του αρχικού τους βάρους (IW). Τα πλαστικά δοχεία μεταφέρθηκαν σε θερμοκρασία δωματίου, ανοίχθηκαν και μετρήθηκε για κάθε καρπό το τελικό βάρος (FW) του. Οι μετρήσεις απώλειας βάρους έγιναν για 6 πιπεριές ανά επέμβαση. Η απώλεια βάρους εκφράστηκε σαν ποσοστό απώλειας βάρους (WL) σύμφωνα με τον τύπο (Massolo et al., 2011):

$$WL(\%) = 100 \times \frac{IW - FW}{IW}$$

2.2.2 Μέτρηση χρώματος καρπών

Για τη μέτρηση του χρώματος των καρπών χρησιμοποιήθηκε μία συσκευή Minolta Chroma Meter CR400 (Konica Minolta, Japan) μετρώντας τις παραμέτρους L*, C* και h* (Εικόνα 2.4). Το L* αφορά τη φωτεινότητα (luminosity) και παίρνει τιμές από 0 έως 100. Το 0

αναφέρεται σε μηδενική φωτεινότητα (μαύρο) και το 100 σε μέγιστη φωτεινότητα (άσπρο). Το C^* αφορά τον κορεσμό χρώματος και οι τιμές του κυμαίνονται από 0 έως τιμές μεγαλύτερες του 100. Η τιμή 0 σημαίνει πλήρης ακορεστότητα (ουδέτερο γκρι, μαύρο ή άσπρο), ενώ τιμή 100 ή μεγαλύτερη σημαίνει υψηλό χρωματικό κορεσμό ή χρωματική καθαρότητα. Το h^* (hue) αφορά τη χρωματική απόχρωση και οι μονάδες του εκφράζονται σε βαθμούς^ο. Το εύρος των τιμών κυμαίνεται από 0^ο (κόκκινο), 90^ο (κίτρινο), 180^ο (πράσινο), 270^ο (κυανό) και ξανά 0^ο.

2.2.2.1 Χρώμα επιφάνειας καρπών

Έγιναν μετρήσεις των παραμέτρων L^* , C^* και h^* σε κάθε καρπό πιπεριάς πριν την έκθεση σε αιθέριο έλαιο και στο τέλος του πειράματος, 7 ημέρες μετά την έκθεση, για να καθοριστεί εάν η εφαρμογή αιθέριου ελαίου κατά την ψυχρή αποθήκευση επηρεάζει το χρώμα της επιφάνειας. Καρποί με ίδιες τιμές χρώματος επιλέχθηκαν, πριν τις επεμβάσεις. Το χρώμα της επιφάνειας καθορίστηκε για 6 πιπεριές για κάθε επέμβαση, με 3 μετρήσεις ανά καρπό αντιδιαμετρικά στο κέντρο του.



Εικόνα 2.4: Μέτρηση χρώματος καρπού πιπεριάς.

2.2.3 Βαθμός αναπνοής

Κατά τη ψυχρή αποθήκευση μεταβάλλεται ο βαθμός αναπνοής των καρπών. Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις της παραγωγής του CO₂ για να μελετηθεί τυχόν επίδραση του αιθέριου ελαίου στην αναπνοή των καρπών πιπεριάς κατά την αποθήκευση των 7 ημερών. Οι μετρήσεις έγιναν με τη χρήση ενός χειροκίνητου Αναλυτή Αερίων για μέτρηση O₂/CO₂, PBI (Dansensor, Denmark) (Εικόνα 2.5). Τρία πλαστικά δοχεία μετρήθηκαν ανά επέμβαση και έγιναν 3 επαναλήψεις ανά δοχείο, ανά 24 ώρες κατά τη διάρκεια αποθήκευσης. Τα αποτελέσματα εκφράστηκαν σε cm³CO₂ Kg⁻¹h⁻¹ (Fonseca et al., 2002) σύμφωνα με τον τύπο:

$$R_{CO_2} = \frac{(y_{CO_2}^{tf} - y_{CO_2}^{ti}) \times V}{100 \times M \times (tf - ti)}$$

όπου:

R= βαθμός αναπνοής, cm³CO₂ Kg⁻¹h⁻¹

y= ογκομετρική συγκέντρωση, %V/V

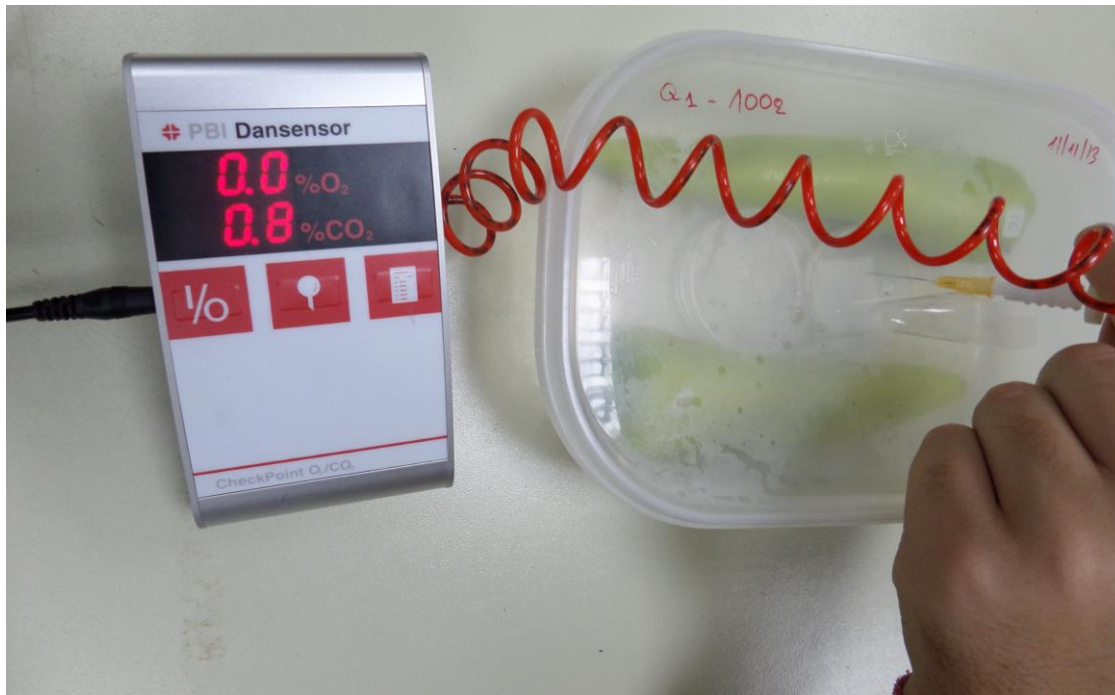
V= ελεύθερος όγκος, cm^3

M= μάζα, Kg

t= χρόνος,h

f= τελικός

i= αρχικός



Εικόνα 2.5: Μέτρηση παραγωγής CO_2 με αναλυτή αερίων.

2.2.4 Συνεκτικότητα της σάρκας των καρπών

Μία σημαντική ποιοτική μεταβλητή που ελέγχθηκε κατά την πειραματική διαδικασία ήταν η συνεκτικότητα της σάρκας των καρπών. Μείωση αυτής συνεπάγεται μείωση της εμπορικής τους αξίας και γι' αυτό ο σκοπός ήταν να αξιολογηθεί η επίδραση του αιθέριου ελαίου στο συγκεκριμένη ποιοτική μεταβλητή. Έτσι, 7 ημέρες μετά τη ψυχρή αποθήκευση μετρήθηκε η συνεκτικότητα της σάρκας χρησιμοποιώντας πενετόμετρο Chatillon DPP Dial Push-Pull Gauze (Chatillon, France). Κατά τη διαδικασία της μέτρησης, χρησιμοποιήθηκαν ορθογώνια κομμάτια (περίπου $20 * 40 \text{ mm}$) που πάρθηκαν από τις 2 αντιδιαμετρικές πλευρές των καρπών, στα οποία ασκήθηκε πίεση με επίπεδο έμβολο διαμέτρου 8mm (Manolopoulou et al., 2010) όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.6. Η δύναμη συμπίεσης εκφράστηκε σε Kgcm^{-2}

(Tzortzakis, 2007, από Stavropoulou et al., 2014).



Εικόνα 2.6: Υπολογισμός αντίστασης σάρκας στην πίεση με πενετόμετρο.

2.2.5 Συνολικά Διαλυτά Στερεά Συστατικά (ΔΣΣ), pH, Τιτλοδοτούμενη Οξύτητα (TO)

Για τον καθορισμό των ολικών διαλυτών στερεών συστατικών πάρθηκαν ιστοί από τους καρπούς και ομογενοποιήθηκαν με εργαστηριακό γουδί. Έπειτα, ακολούθησε χειροκίνητη συμπίεση, χρησιμοποιώντας τούλι για την εξαγωγή του χυμού (Εικόνα 2.7). Χρησιμοποιήθηκε ψηφιακό διαθλασίμετρο PR-1 (ATAGO, Japan) στους 20°C και τα αποτελέσματα εκφράστηκαν σε βαθμούς °Brix. Το pH του χυμού καθορίστηκε χρησιμοποιώντας πεχάμετρο (InoLAB, pH level 2, WTW, Germany) (Εικόνα 2.8). Η τιτλοδοτούμενη οξύτητα (TA)

μετρήθηκε με τιτλοδότηση 0.1N NaOH μέχρι την τιμή 8.2. Οι τιμές εκφράστηκαν σε ποσοστό κιτρικού οξέος (Sadler and Murphy, 2010) σύμφωνα με τον τύπο:

$$\%acid \left(\frac{wt}{vol} \right) = \frac{N \times V_1 \times Eq \ wt}{V_2 \times 1000} \times 100$$

όπου:

N= κανονικότητα τιτλοδότη

V₁= όγκος τιτλοδότη (ml)

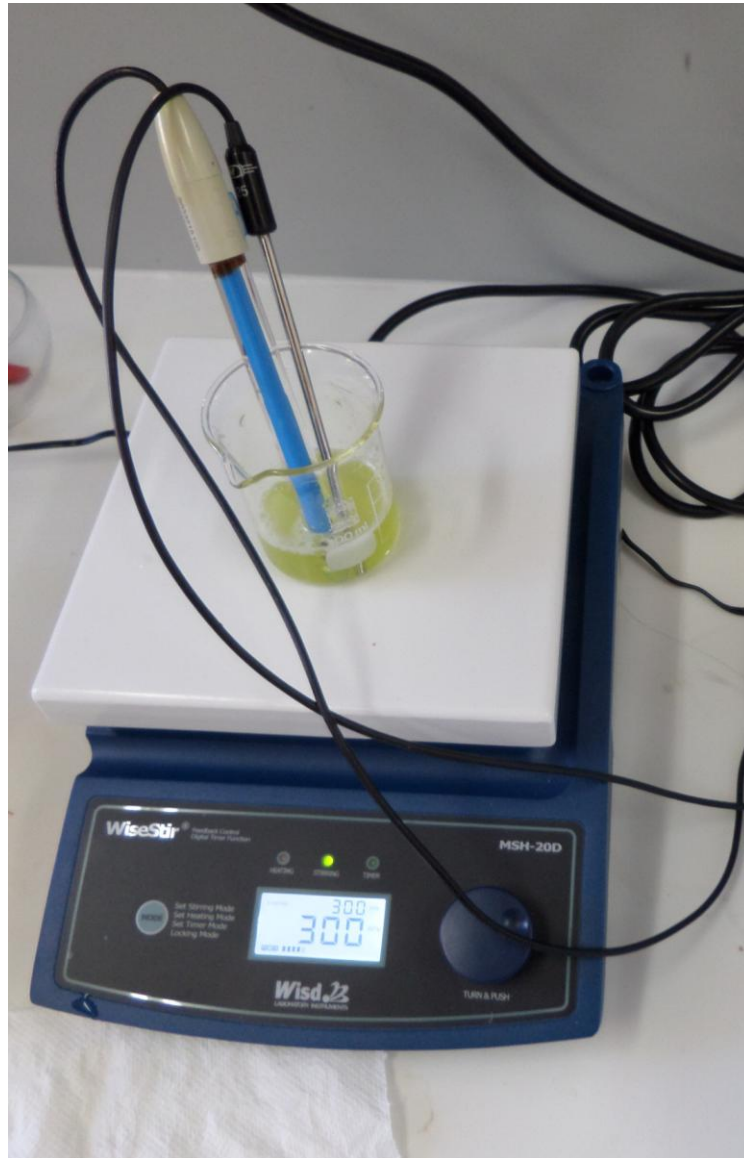
Eq.wt.= ισοδύναμο βάρους του κυρίαρχου οξέος (mg/mEq)

V₂= όγκος δείγματος (ml)

1000= παράγοντας συσχέτισης mgσε gr (mg/g)



Εικόνα 2.7: Παραλαβή χυμού καρπών πιπεριάς μετά από ομογενοποίησή του.



Εικόνα 2.8: Μέτρηση pH με πεχάμετρο.

2.3 Στατιστική Ανάλυση

Αρχικά τα δεδομένα ελέγχθηκαν για στατιστική ομαλότητα και έπειτα υποβλήθηκαν σε ανάλυση διασποράς (ANOVA). Οι πηγές διασποράς ήταν ο χρόνος αποθήκευσης και οι επεμβάσεις. Σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων τιμών καθορίστηκαν χρησιμοποιώντας τεστ Duncanπολλαπλού εύρους (Duncan's Multiple Range test) ($P=0.05$), ακολουθούμενου από ANOVAως προς έναν παράγοντα (μονοπαραγοντική ανάλυση). Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με τη χρήση SPSS (SPSS Inc., Chicago, USA), ενώ, για τα γραφήματα

χρησιμοποιήθηκε το GraphPad Prism 5.01 (GraphPad Inc., San Diego, USA).

3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

3.1 Χημική ανάλυση του αιθέριου ελαίου

Από την ανάλυση του αιθέριου ελαίου δίκταμου αναγνωρίστηκαν 24 συστατικά όπως παρουσιάζονται στον πίνακα 3.1. Η κυρίαρχη ομάδα που εντοπίστηκε ήταν αυτή των οξυγονωμένων μονοτερπενίων σε ποσοστό 72,86 %. Από αυτά σε μεγαλύτερο ποσοστό εμφανίζεται η καρβακρόλη (70,01%), ενώ ακολουθούν το p-κυμένιο (12,65%) και το γ-τερπινένιο σε ποσοστό 7,11%. Αμέσως μεγαλύτερη ομάδα ήταν αυτή των μονοτερπενικών υδρογονανθράκων σε ποσοστό 24,33 % και τελευταία ακολουθεί η ομάδα των σεσκιτερπενικών υδρογονανθράκων (ποσοστό 2,68 %).

Πίνακας 3.1: Η χημική και ποσοστιαία σύσταση των κυριότερων συστατικών του αιθέριου ελαίου δίκταμου (*Origanum dictamnus* L.) (Stavropoulou et al., 2014).

No	Compound	R.I. ^b	Retention time	Percentage (%) Composition
1	α -Thujene	930	9.507	0.68
2	α -Pinene ^a	939	9.746	0.56
3	Sabinene	975	11.253	0.06
4	β -Pinene ^a	979	11.353	0.10
5	1-Octen-3-ol	979	11.530	0.10
6	β -Myrcene	990	11.933	1.12
7	α -Phellandrene	1002	12.402	0.10
8	α -Terpinene	1017	12.855	1.48
9	p-cymene ^a	1024	13.163	12.65
10	Limonene ^a	1029	13.302	0.37
11	γ -Terpinene ^a	1059	14.400	7.11
12	cis-Sabinene hydrate	1070	14.701	0.72
13	Linalool ^a	1096	15.841	0.54
14	Terpinen-4-ol	1177	18.479	0.29
15	Thymoquinone	1252	20.816	0.19
16	Thymol ^a	1290	22.007	0.11
17	Carvacrol ^a	1299	22.382	70.01
18	α -Cubenene	1348	23.768	0.08
19	α -Copaene	1376	24.565	0.58
20	β -Caryophyllene	1419	25.883	1.39
21	β -Bisabolene	1505	27.302	0.14
22	δ -Cadinene	1523	29.561	0.29
23	Thymohydro quinone	1555	30.761	1.00
24	Caryophyllene oxide	1583	32.548	0.20
Total (%)				99.87
<i>Monoterpene hydrocarbons</i>				24.33
<i>Oxygenated monoterpenes</i>				72.86
<i>Sesquiterpene hydrocarbons</i>				2.68

a) Identification by comparison of retention times and co-injection with authentic compound.

b) R.I. (Retention Indices) from experimental using a SBP-5 column using a homologous series of n-alkanes (C9-C25).

3.2 Επίδραση αιθέριου ελαίου δίκταμου σε ποιοτικά χαρακτηριστικά καρπών πιπεριάς

Οι καρποί πιπεριάς αποθηκεύτηκαν για 1 εβδομάδα σε θάλαμο ελεγχόμενων συνθηκών αφού προηγουμένως, έγιναν 4 μεταχειρίσεις με αιθέριο έλαιο από δίκταμο (0, 50, 100 και 250 ppm). Σε κάθε ένα από τα 12 δοχεία τοποθετήθηκαν 2 καρποί πιπεριάς. Κατόπιν, τα δοχεία αφέθηκαν για 2 ώρες σε θερμοκρασία δωματίου, προτού τοποθετηθούν στον κλιματικό θάλαμο. Στους Πίνακες 3.2 και 3,3 που ακολουθούν, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της επίδρασης του αιθέριου ελαίου δίκταμου στα βασικότερα ποιοτικά χαρακτηριστικά καρπών πιπεριάς (απώλεια βάρους, συνεκτικότητα σάρκας, ΔΣΣ, τιτλοδοτούμενη οξύτητα, pH και χρώμα επιφάνειας), σε κάθε μία από τις διαφορετικές συγκεντρώσεις των επεμβάσεων (0, 50,

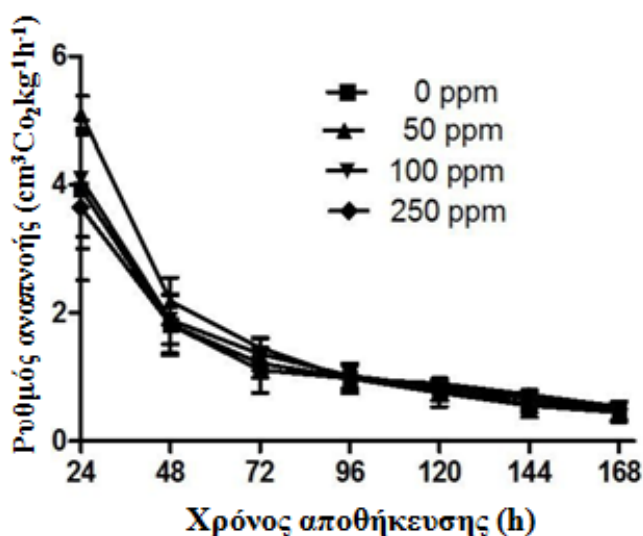
100, 250 ppm). Στο Γράφημα 3.1 παρουσιάζεται η επίδραση του αιθέριου ελαίου δίκταμου στο βαθμό αναπνοή των καρπών πιπεριάς. Αξίζει να σημειωθεί ότι δεν παρατηρήθηκαν τραυματισμοί ή ανωμαλίες στην επιφάνεια των καρπών κατά την έκθεσή τους στις πειραματικές συγκεντρώσεις του αιθέριου ελαίου. Αυτή η απουσία τραυματισμών παρατηρήθηκε ακόμα και στις υψηλότερες συγκεντρώσεις, καθώς και στην μεγαλύτερη διάρκεια έκθεσης των καρπών με αυτό.

Πίνακας 3.2: Επίδραση αιθέριου ελαίου δίκταμου (0, 50, 100, 250 ppm) σε ποιοτικές παραμέτρους καρπών πιπεριάς μετά από έκθεση μίας 7 ημερών. Σε κάθε στήλη οι μέσες τιμές (n=12), ακολουθούμενες από το ίδιο γράμμα, δεν διέφεραν σημαντικά σε P=0.05 σύμφωνα με τη δοκιμή Duncan πολλαπλών σειρών.

Αιθέριο Έλαιο (ppm)	Απώλεια Βάρους (%)	Συνεκτικότητα της σάρκας (Kg.cm ⁻²)	ΔΣΣ (°Brix)	T.O. (% κιτρικού οξέος)	pH
0	0.82 a	5.67 a	4.31 a	0.073 a	5.64a
50	0.90 a	6.17 a	4.23 a	0.075 a	5.56 a
100	0.79 a	6.53 a	4.16 a	0.195 a	5.60 a
250	0.89 a	5.73 a	4.15 a	0.073 a	5.56 a

Πίνακας 3.3: Επίδραση αιθέριου ελαίου δίκταμου (0, 50, 100, 250 ppm) στο χρώμα της επιφάνειας καρπών πιπεριάς μετά από έκθεση 7 ημερών. Σε κάθε στήλη οι μέσες τιμές (n=12), ακολουθούμενες από το ίδιο γράμμα, δεν διέφεραν σημαντικά σε P=0.05 σύμφωνα με τη δοκιμή Duncan πολλαπλών σειρών.

Αιθέριο Έλαιο (ppm)	Χρώμα επιφάνειας		
	L	C	H
0	55.26 a	33.54 a	111.51 a
50	55.29 a	35.98 a	112.07 a
100	54.95 a	34.67 a	112.05 a
250	54.98 a	35.08 a	111.58 a



Γράφημα 3.1: Επίδραση αιθέριου ελαίου δίκταμου (0, 50, 100, 250 ppm) στο βαθμός αναπνοής καρπών πιπεριάς. Οι τιμές αντιπροσωπεύουν τις μέσες τιμές (\pm SE) των 3 μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν για 3 ανεξάρτητα δοχεία ανά επέμβαση.

Παρατηρείται, ότι τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών πιπεριάς που μετρήθηκαν στο συγκεκριμένο πείραμα, δεν επηρεάστηκαν αρνητικά από την έκθεσή τους σε αιθέριο έλαιο ακόμα και στις υψηλές συγκεντρώσεις των 250 ppm. Αντίθετα, υπάρχει ένδειξη για θετική

επίδραση όπως αυτό φαίνεται να συμβαίνει στις μέτριες συγκεντρώσεις των 50 και 100 ppm αιθέριου ελαίου. Παρόλα αυτά η ένδειξη αυτή δεν είναι στατιστικά σημαντική. Συγκεκριμένα στη συγκέντρωση των 100 ppm παρατηρείται μείωση της απώλειας βάρους κατά τη συντήρηση των καρπών, γεγονός που συνεπάγεται μικρότερων απωλειών στο προϊόν. Το γεγονός αυτό υποδεικνύει το Γράφημα 3.1 στο οποίο φαίνεται η μείωση του βαθμού αναπνοής, άρα και των μεταβολικών δραστηριοτήτων των καρπών που έχουν ως αποτέλεσμα την ταχεία απώλεια του βάρους τους.

Εξ άλλου, υπάρχουν παρόμοιες ενδείξεις, σε αντίστοιχα πειράματα που έχουν πραγματοποιηθεί, στα οποία η έκθεση των καρπών σε αιθέριο έλαιο φαίνεται να συνιστά βελτίωση των ποιοτικών μεταβλητών τους. Η έκθεση ροδάκινων σε αιθέριο έλαιο κανέλας προκάλεσε τη μείωση της απώλειας βάρους τους κατά τη συντήρηση (συγκέντρωση $600\mu\text{L}^{-1}$) ενώ ταυτόχρονα, αύξησε το περιεχόμενο ανθοκυανών σε αυτούς και τα ολικά διαλυτά στερεά συστατικά (Mohammadi and Aminifard, 2012). Τα ΔΣΣ αυξήθηκαν και σε άλλες περιπτώσεις σε φράουλες και τομάτες όταν αυτές συντηρήθηκαν με προηγούμενη επέμβαση με αιθέριο έλαιο ευκαλύπτου και κανέλας (Tian et al., 2011).

Σε τομάτες υπάρχουν ενδείξεις για παρόμοια συμπεράσματα, καθώς έχει φανεί ότι η εφαρμογή αιθέριου ελαίου ρίγανης επηρεάζει θετικά τους αντιοξειδωτικούς παράγοντες (π.χ. ασκορβικό οξύ, ολικά φαινολικά και λυκοπένιο) (Tzortzakis et al., 2010). Η θετική επίδραση του αιθέριου ελαίου δίκταμου, στις ποιοτικές παραμέτρους καρπών μελιτζάνας, έχει αναδειχθεί παλαιότερα, με τη βελτίωσή αυτών, έπειτα από έκθεση στις συγκεντρώσεις των 50, 100, 250 ppm (Stavropoulou et al., 2014).

4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

4.1 Συμπεράσματα

Έχει αποδειχθεί σε προηγούμενες μελέτες η αντιμικροβιακή δράση του συγκεκριμένου αιθέριου ελαίου σε καρπούς πιπεριάς, η οποία ενισχύει, έμμεσα και άμεσα, την ποιότητά τους (Σταυροπούλου κ.ά., 2015). Η αντιμετώπιση των διάφορων νεκροτροφικών παθογόνων, όπως του *Botrytis cinerea*, συντελεί στη μείωση των ποσοτικών και ποιοτικών απωλειών που προκαλεί. Στην παρούσα εργασία, μελετήθηκε η επίδραση του αιθέριου ελαίου δίκταμου

(*Origanum dictamnus* L.) στα σημαντικότερα ποιοτικά χαρακτηριστικά καρπών πιπεριάς, μετασυλλεκτικά.

Σκοπός της εργασίας ήταν να διερευνηθεί, εάν η δεδομένη, αντιμικροβιακή δράση του συγκεκριμένου αιθέριου ελαίου δεν συνοδεύεται, πρωτίστως, από απώλεια της ποιότητας των καρπών ή αν, επιπλέον, τη βελτιώνει. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η έκθεση των καρπών σε αιθέριου έλαιο, ακόμα και σε υψηλή συγκέντρωση (250 ppm) δεν επηρεάζει αρνητικά την ποιότητά τους. Συγκεκριμένα, με το πέρας του πειράματος, δεν παρατηρήθηκαν ορατές ανωμαλίες ή τοξικότητες στην επιφάνεια των καρπών. Η απώλεια βάρους, σε καρπούς που δέχθηκαν επέμβαση, κυμάνθηκε περίπου στα ίδια επίπεδα με το μάρτυρα, ενώ στη μεσαία συγκέντρωση των 100 ppm παρουσίασε μικρή μείωση.

Μία πολύ σημαντική παράμετρος που μετρήθηκε και καθορίζει τόσο το χρόνο συντήρησης του προϊόντος, όσο και την ποιότητά του, είναι η συνεκτικότητα της σάρκας του καρπού. Η συνεκτικότητα αυτή, που μετριέται με την αντίσταση της σάρκας στην πίεση, σχετίζεται με το φαινόμενο του μαλακώματος. Το μαλάκωμα δεν επηρεάζει μόνο τη συνεκτικότητα της σάρκας (συνεπώς και την ποιότητα) του καρπού, αλλά και τη διάρκεια συντήρησης, δυνατότητα μεταφοράς σε μακρινές αποστάσεις και αντοχή σε μετασυλλεκτικές ασθένειες (Deng et al., 2005). Η φυσιολογική αυτή λειτουργία συμβαίνει εξαιτίας αλλαγών στη σύσταση και τη δομή του κυτταρικού τοιχώματος, οι οποίες είναι απόρροια της συνδυασμένης δράσης διάφορων υδρολυτικών ενζύμων στους καρπούς. Τόσο το ένζυμο πολυγαλακτουρονάση όσο και οι διάφορες γλυκανάσες και γλυκοσιδάσες, παίζουν κυρίαρχο ρόλο στην αποδόμηση του κυτταρικού τοιχώματος (Priya Sethu et al., 1996). Εφόσον, λοιπόν, η συνεκτικότητα των καρπών σχετίζεται σε πολύ μεγάλο βαθμό με την ποιοτική υποβάθμιση του προϊόντος, επιδιώχθηκε πειραματικά, η μελέτη επίδρασης του αιθέριου ελαίου στην αντίσταση του καρπού στην πίεση.

Τα αποτελέσματά της εργασίας δείχνουν ότι η έκθεση των καρπών πιπεριάς στο αιθέριο έλαιο του δίκταμου δεν επηρέασαν αρνητικά, σε καμία συγκέντρωση, την αντίστασή τους στην πίεση. Μάλιστα, στην επέμβαση των 100 ppm υπήρξε η μεγαλύτερη αύξηση στην τιμή της, η οποία συνιστά μεν βελτίωση της ποιότητας των καρπών, για τους λόγους που αναφέρθηκαν παραπάνω, αλλά αυτή δεν είναι στατιστικά σημαντική.

Ως προς την οξύτητα των καρπών παρατηρείται ότι η δράση του αιθέριου ελαίου δίκταμου δεν προκάλεσε κάποια μεταβολή στο pH και στην τιτλοδοτούμενη οξύτητα κάτι που έχει αναφερθεί σε παρόμοια πειράματα (Shirzadeh and Kazemi, 2012b; Mohammadi and

Aminifard, 2012). Σημαντικές διαφορές δεν παρουσίασαν ούτε οι τιμές των ολικών διαλυτών στερεών συστατικών (ΔΣΣ), οι οποίες μειώθηκαν, υποτυπωδώς, με την αύξηση της συγκέντρωσης.

Τέλος, ως προς το χρώμα της επιφάνειας των καρπών, παρατηρήθηκε βελτίωση της ποιότητάς τους ως προς τις 3 μετρήσιμες παραμέτρους (L, C, H). Από αυτές, μεγαλύτερη βελτίωση εμφάνισε ο κορεσμός του χρώματος (C) στη συγκέντρωση των 50 ppm παρότι και στις υπόλοιπες (100, 250 ppm) η τιμή του αυξήθηκε. Και σε αυτήν την περίπτωση η όποια βελτίωση δεν ήταν, στατιστικά, σημαντική.

Το χρώμα των καρπών είναι μία σημαντική ποιοτική παράμετρος μιας και σχετίζεται άμεσα με το στάδιο ωριμότητας του καρπού. Η αλλαγή του χρώματος κατά την ωρίμανση σχετίζεται με την αποδόμηση της χλωροφύλλης και τη σύνθεση των διάφορων καροτενοειδών (μετάπτωση χλωροπλαστών και εμφάνιση χρωμοπλαστών).

Συνεπώς, η ουδέτερη, ή, κατά περιπτώσεις, ένδειξη για θετική επίδραση του αιθέριου ελαίου στο χρώμα της επιφάνειας, αλλά και στις υπόλοιπες παραμέτρους, των καρπών πιπεριάς είναι πολύ σημαντική μιας και καθιστά τη χρήση του, στη μετασυλλεκτική τεχνολογία, δυνητικά, εμπορεύσιμη.

Η εμπορική αξιοποίηση του αιθέριου ελαίου επηρεάζεται όμως και από άλλους παράγοντες, οι οποίοι πρέπει να μελετηθούν περαιτέρω. Ο πιο σημαντικός από αυτούς είναι το μέσο προσρόφησης του αιθέριου ελαίου. Ένας τρόπος εφαρμογής του είναι η ενσωμάτωση του ελαίου στις διάφορες εδώδιμες μεμβράνες. Σε αντίθεση με τις συμβατικές πλαστικές μεμβράνες, τα εδώδιμα και βιοδιασπώμενα φιλμ έχουν, συνήθως, ως βάση υδρόφιλα υλικά, όπως πρωτεΐνες (καζεΐνη, ζελατίνη) ή πολυσακχαρίτες (χιτοζάνη, караγενάνη, καρβοξυμεθυλοκυτταρίνη). Τα φιλμ αυτά παραλαμβάνονται μέσω της χύτευσης των υδάτινων διασπειρόμενων ουσιών και της επακόλουθης ξήρανσής τους. Η ενσωμάτωση του αιθέριου ελαίου πραγματοποιείται με τεχνικές ομογενοποίησης και γαλακτωματοποίησης (Atarés and Chiralt, 2015). Παρόμοια αντιμικροβιακή δράση που προστατεύει το προϊόν από την ποιοτική υποβάθμισή του έχει επιδείξει και το άλας του αλγινικού οξέος (alginate). Η μικροενθυλάκωση (ενσωμάτωση βιοενεργών ουσιών με τη μορφή νανοσωματιδίων) του αιθέριου ελαίου σε αυτό δημιουργεί μία αντιμικροβιακή δομή με πολλά πλεονεκτήματα. Το σημαντικότερο από αυτά είναι η μείωση του ρυθμού εξάτμισης του αιθέριου ελαίου, μεγιστοποιώντας τη χρονική διάρκεια της εφαρμογής (Soliman et al., 2013). Η τελική δομή των μεμβρανών καθορίζεται όχι μόνο από την ποσότητα του αιθέριου ελαίου, αλλά και από

τη σύστασή του. Η δομή της μεμβράνης αυτής επηρεάζει, άμεσα και τις φυσικές, αντιμικροβιακές και αντιοξειδωτικές ιδιότητές της (Atarés et al.,2010).

Είναι προφανές, λοιπόν, ότι υπάρχει ανάγκη περαιτέρω διερεύνησης της εμπορικής αξιοποίησης του αιθέριου ελαίου δίκταμου ώστε να μπορεί να καθοριστεί επακριβώς ο τρόπος εφαρμογής του στην πράξη για κάθε προϊόν ξεχωριστά. Η τάση αντικατάστασης των χημικών παραγόντων στη μετασυλλεκτική τεχνολογία, εξαιτίας των επιβλαβών ιδιοτήτων τους για τον άνθρωπο και το περιβάλλον, οδηγεί στη μελέτη και αξιοποίηση, πολλά υποσχόμενων φυσικών, βιοδραστικών ουσιών και των ιδιοτήτων τους.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Abu-Zahra, T.R. 2011. “Influence of agricultural practices on fruit quality of bell pepper.”, *Pakistan Journal of Biological Sciences : PJBS*, Vol. 14 No. 18, pp. 876–81.
- Adams, R.P. 2007. *Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography/mass Spectroscopy*, 4th ed., Allured Publishing Corporation, Carol Stream. 803 p.
- Agblor, S. & Waterer, D. 2001. *Peppers - Post-Harvest Handling and Storage* [Online]. Canada-Saskatchewan Irrigation Diversification Centre Available: <http://www.usask.ca/agriculture/plantsci/vegetable/resources/factsheet/postharvpeppers.pdf>.
- Alexopoulos, A., Plessas, S., Ceciu, S., Lazar, V., Mantzourani, I., Voidarou, C., Stavropoulou, E. & Bezirtzoglou, E. 2013. “Evaluation of ozone efficacy on the reduction of microbial population of fresh cut lettuce (*Lactuca sativa*) and green bell pepper (*Capsicum annuum*)”, *Food Control*, Elsevier Ltd, Vol. 30 No. 2, pp. 491–496.
- Alikhani, M. & Daraei Garmakhany, A. 2012. “Effect of microencapsulated essential oils on storage life and quality of strawberry (*Fragaria ananassa* cv. Camarosa)”, *Quality Assurance and Safety of Crops and Foods*, Vol. 4 No. 2, pp. 106–112.
- Andrés, M.F., González-Coloma, A., Sanz, J., Burillo, J. & Sainz, P. 2012. “Nematicidal activity of essential oils: A review”, *Phytochemistry Reviews*.
- Atarés, L., Bonilla, J. & Chiralt, A. 2010. “Characterization of sodium caseinate-based edible films incorporated with cinnamon or ginger essential oils”, *Journal of Food Engineering*, Vol. 100 No. 4, pp. 678–687.
- Atarés, L. & Chiralt, A. 2015. “Essential oils as additives in biodegradable films and coatings for active food packaging”, *Trends in Food Science & Technology*, Vol. 48, pp. 51–62.
- Bajpai, V.K., Baek, K.-H. & Kang, S.C. 2012. “Control of Salmonella in foods by using essential oils: A review”, *Food Research International*, Vol. 45 No. 2, pp. 722–734.
- Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D. & Idaomar, M. 2008. “Biological effects of essential oils--a review.”, *Food and Chemical Toxicology : An International Journal Published for the British Industrial Biological Research Association*, Vol. 46 No. 2, pp. 446–75.
- Βασιλακάκης Μιλτιάδης. 2014. Γενική και Ειδική Δενδροκομία. Εκδόσεις Γαρταγάνη. Σελ. 755
- Bhalla, Y., Gupta, V.K. & Jaitak, V. 2013. “Anticancer activity of essential oils: A review”, *Journal of the Science of Food and Agriculture*.

- Biale J.B. & Young R.E. 1981. Respiration and ripening in fruits: retrospect and prospect. in *Recent Advances in the Biochemistry of Fruits and Vegetables*. eds Friend J, Rhodes MJC (Academic Press, London), pp 1–39.
- Bishop, D. 2012. “The measurement and control of low oxygen and high Co₂ atmosphaeres” *9th. Int. Conf. on Controlled Atmosphere and Fumigation in Stored Products*, Antalya, Turkey, pp. 571–574.
- Boyette, M.D. 1995 Cool and Ship: A Low Cost, Portable Forced-Air Cooling Unit. NC Coop. Exten. Serv. AG-414-7. 8 pp.
- Boyette, M.D., Estes E. A. & Rubin.A.R. 1992. Hydrocooling. NC Coop. Exten. Serv. AG-414-4. 12 pp.
- Brosnan, T. & Sun, D.W. 2001. “Precooling techniques and applications for horticultural products - a review”, *International Journal of Refrigeration*, Vol. 24 No. 2, pp. 154–170.
- Brul, S. & Coote, P. 1999. “Preservative agents in foods: Mode of action and microbial resistance mechanisms”, *International Journal of Food Microbiology*, Vol. 50 No. 1, pp. 1–17.
- Burt, S. 2004. “Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods- a review.”, *International Journal of Food Microbiology*, Vol. 94 No. 3, pp. 223–53.
- Cantwell, M. 2014. *Bell Pepper: Recommendations for Maintaining Postharvest Quality* [Online]. Postharvest Technology Center - UC Davis. Available: <http://postharvest.ucdavis.edu/pfvegetable/BellPepper/# 2016>].
- CFR. 2009. Title 21: Food and Drugs, PART 172—Food Additives Permitted for Direct Addition to Food for Human Consumption, Subpart F—Flavouring Agents and Related Substances. <http://ecfr.gpoaccess.gov/cgi/t/text/text-idx?c=ecfr&rgn=div8&view=text&node=21:3.0.1.1.3. 6.1.1&idno=21>.
- Chatzopoulou, A., Karioti, A., Gousiadou, Ch., Lax Vivancos, V., Kyriazopoulos, P., Golegou, S. & Skaltsa, H. 2010. Depsides and other polar constituents from *Origanum dictamnus* L. and their in vitro antimicrobial activity in clinical strains. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 58 (10), 6064–6068.
- “Chemicals and Equipment”. 1970. *PANS Pest Articles & News Summaries*, Taylor & Francis, Vol. 16 No. 4, pp. 744–746.
- Chinou, I., Liolios, C., Moreau, D. & Roussakis, C. 2007. “Cytotoxic activity of *Origanum dictamnus*”, *Fitoterapia*, Vol. 78 No. 5, pp. 342–344.
- Church, I.J. & Parsons, A.L. 1995. “Modified atmosphere packaging technology: A review”, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, Vol. 67 No. 2, pp. 143–152.

- Conesa, A., Artés-Hernández., Geysen, S., Nicolai, B. & Artés, F. 2007. “High oxygen combined with high carbon dioxide improves microbial and sensory quality of fresh-cut peppers”, *Postharvest Biology and Technology*, Vol. 43 No. 2, pp. 230–237.
- Cook, C.M. & Lanaras, T. 2016. *Essential Oils: Isolation, Production and Uses, Encyclopedia of Food and Health*, Elsevier, available at: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00261-0>.
- Couey, H.M. 1989. Heat treatment for control of postharvest diseases and insect pests of fruits. *HortScience*. 24, 198-202.
- Cuadra-Crespo, P. & del Amor, F.M. 2010. “Effects of postharvest treatments on fruit quality of sweet pepper at low temperature.”, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, England, Vol. 90 No. 15, pp. 2716–2722.
- Daferera, D.J., Ziogas, B.N. & Polissiou, M.G. 2000. GC–MS analysis of essential oils from some greek aromatic plants and their fungitoxicity on *Penicillium digitatum*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48, 2576–2581.
- Daferera, D., Ziogas, B. & Polissiou, M. 2003. The effectiveness of plant essential oils on the growth of *Botrytis cinerea*, *Fusarium* sp. and *Clavibacter michiganensis* susp. *michiganensis*. *Crop Protection* 22, 39–44.
- Delcourt, C., Carrière, I., Delage, M., Barberger-Gateau, P. & Schalch, W. 2006. “Plasma lutein and zeaxanthin and other carotenoids as modifiable risk factors for age-related maculopathy and cataract: the POLA Study.”, *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, Vol. 47 No. 6, pp. 2329–35.
- Deng, Y., Wu, Y. & Li, Y. 2005. “Changes in firmness, cell wall composition and cell wall hydrolases of grapes stored in high oxygen atmospheres”, *Food Research International*, Vol. 38 No. 7, pp. 769–776.
- de Oliveira Pedro, R., Takaki, M., Gorayeb, T.C.C., Bianchi, V.L. Del, Thomeo, J.C., Tiera, M.J. & de Oliveira Tiera, V.A. 2013. “Synthesis, characterization and antifungal activity of quaternary derivatives of chitosan on *Aspergillus flavus*”, *Microbiological Research*, Vol. 168 No. 1, pp. 50–55.
- Dris, R. & Jain S.M. 2004. *Production Practices and Quality Assessment of Food Crops- Preharvest Practices*. Kluwer.
- Economakis, C., Karioti, A., Skaltsa, H., Perdetzoglou, D. & Demetzos, C. 2005. Effect of solution conductivity on the volatile constituents of *Origanum dictamnus* L. in nutrient film culture. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53, 1656–1660.
- El Ghaouth, A., Arul, J., Asselin, A. & Benhamou, N. 1992. “Antifungal activity of chitosan on post-harvest pathogens: induction of morphological and cytological alterations in *Rhizopus stolonifer*”, *Mycological Research*, Elsevier, Vol. 96 No. 9, pp. 769–779.

- European Commission. 2016. *Βιολογική γεωργία*. [online] Available at: http://ec.europa.eu/agriculture/organic/index_el [Accessed 25 May 2016].
- Fallik, E. 2004. "Prestorage hot water treatments (immersion, rinsing and brushing)", *Postharvest Biology and Technology*, Vol. 32 No. 2, pp. 125–134.
- Fallir, E., Grinberg, S. & Ziv, O. 1997. "Potassium bicarbonate reduces postharvest decay development on bell pepper fruits", *Journal of Horticultural Science*, Taylor & Francis, Vol. 72 No. 1, pp. 35–41.
- FAO. 1989. Prevention of post-harvest food losses Q Fruits, vegetables and root crops. A training manual., [ONLINE] Available at: <http://www.fao.org/docrep/t0073e/t0073e02.htm> [Accessed 07 October 2016].
- FAO. 2011. *Global food losses and food waste – Extent, causes and prevention*, Rome
- FAO. 2016. [Http://faostat.Fao.Org/beta/en/#data/QC](http://faostat.fao.org/beta/en/#data/QC). Available at: <http://www.fao.org/> [Accessed: 16 May 2016].
- Fawell, J. 2000. "Risk assessment case study--chloroform and related substances.", *Food and Chemical Toxicology : An International Journal Published for the British Industrial Biological Research Association*, ENGLAND, Vol. 38 No. 1 Suppl, pp. S91–5.
- FDA. 2014. Code of federal regulations title 21. Accessed on 26 03 2014 <http://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFRSearch.cfm?fr=182.20>
- Fernández-Trujillo, J. 2009. "Quality of red sweet pepper fruit treated with 1-MCP during a simulated post-harvest handling chain", *Science and Technology*, pp. 22–30.
- Flores P, Navarro J.M., Garrido C., Rubio J.S. & Martinez V. 2004. Influence of Ca²⁺, K⁺ and NO₃-fertilisation on nutritional quality of pepper. *J Sci Food Agric*. 84:571–576.
- Flores, S.K., Costa, D., Yamashita, F., Gerschenson, L.N. & Grossmann, M.V. 2010. "Mixture design for evaluation of potassium sorbate and xanthan gum effect on properties of tapioca starch films obtained by extrusion", *Materials Science and Engineering: C*, Vol. 30 No. 1, pp. 196–202.
- Fonseca, S. C., Oliveira, F.A.R. & Brecht, J. K. 2002 Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages: a review. *Journal of Food Engineering*, 52, 99-119.
- Gil, M.I., Selma, M. V., López-Gálvez, F. & Allende, A. 2009. "Fresh-cut product sanitation and wash water disinfection: Problems and solutions", *International Journal of Food Microbiology*, Elsevier B.V., Vol. 134 No. 1-2, pp. 37–45.
- Gómez Galindo, F., Herppich, W., Gekas, V. & Sjöholm, I. 2004. "Factors affecting quality and postharvest properties of vegetables: integration of water relations and

- metabolism.”, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, Vol. 44 No. 3, pp. 139–54.
- Gómez-García, M. del R. & Ochoa-Alejo, N. 2013. “Biochemistry and molecular biology of carotenoid biosynthesis in chili peppers (*Capsicum* spp.)”, *International Journal of Molecular Sciences*, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, Vol. 14 No. 9, pp. 19025–53.
- Gonzalez-Aguilar, G.A., Cruz, R., Baez, R., & Wang, C. Y. 1999. “Storage Quality of Bell Peppers Pretreated With Hot Water and Polyethylene Packaging”, *Journal of Food Quality*, Vol. 22 No. 3, pp. 287–299.
- Gross, K., Wang, C.Y. & Saltveit, M.E. 2002. The commercial storage of fruit, vegetables and florist and nursery stocks. USDA Agriculture Handbook Number 66 DRAFT. 2016. Agriculture Handbook Number 66 DRAFT. [ONLINE] Available at: <http://www.ba.ars.usda.gov/hb66/contents.html>. [Accessed 07 October 2016].
- Haard, N.F. 1984. “Postharvest physiology and biochemistry of fruits and vegetables”, *Journal of Chemical Education*, Vol. 61 No. 4, p. 277.
- Hallmann, E. & Rembialkowska, E. 2012. “Characterisation of antioxidant compounds in sweet bell pepper (*Capsicum annuum* L.) under organic and conventional growing systems”, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, Vol. 92 No. 12, pp. 2409–2415.
- Han, Y., Floros, J.D., Linton, R.H., Nielsen, S.S. & Nelson, P.E. 2002. “Response Surface Modeling for the Inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 on Green Peppers (*Capsicum annuum*) by Ozone Gas Treatment”, *Journal of Food Science*, Blackwell Publishing Ltd, Vol. 67 No. 3, pp. 1188–1193.
- Hardenburg, R.E., A.E. Watada, & C.Y. Wang. 1986. The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks. Agricultural Handbook 66, U.S. Department of Agriculture, Washington, DC.
- Hartz, T.K., E.M. Miyao, R.J. Mullen, & M.D. Cahn. 2001. Potassium fertilization effects on processing tomato yield and fruit quality. *Acta Hort.* 542:127-133.
- Hedayati, S. & Niakousari, M. 2015. “Effect of Coatings of Silver Nanoparticles and Gum Arabic on Physicochemical and Microbial Properties of Green Bell Pepper (*Capsicum annuum*)”, *Journal of Food Processing and Preservation*, Vol. 39 No. 6, pp. 2001–2007.
- Horvitz, S. & Cantalejo, M.J. 2012. “Effects of ozone and chlorine postharvest treatments on quality of fresh-cut red bell peppers”, *International Journal of Food Science and Technology*, Vol. 47 No. 9, pp. 1935–1943.

- Hyldgaard, M., Mygind, T. & Meyer, R.L. 2012. “Essential oils in food preservation: mode of action, synergies, and interactions with food matrix components.”, *Frontiers in Microbiology*, Vol. 3, p. 12.
- Καράταγλης Στυλιανός, 1999. Φυσιολογία Φυτών. Artoftext. Σελ. 305
- Kader, A.A. 2002. Postharvest technology of horticultural crops. Third edition. University of California, Agriculture and Natural Resources, Publication 3311, 535p.
- Kader, A.A. 2005. “Increasing food availability by reducing postharvest losses of fresh produce”, *Acta Horticulturae*, Vol. 682, pp. 2169–2176.
- Karanika, M.S., Komaitis, M. & Aggelis, G. 2001. Effect of aqueous extracts of some plants of Lamiaceae family on the growth of *Yarrowia lipolytica*. *International Journal of Food Microbiology* 64 (1–2), 175–181.
- Khadre, M.A., Yousef, A.E. & Kim, J.-G. 2001. “Microbiological Aspects of Ozone Applications in Food: A Review”, *Journal of Food Science*, Blackwell Publishing Ltd, Vol. 66 No. 9, pp. 1242–1252.
- Kiaya, V. 2014. “Post-harvest losses and strategies to reduce them”, *Technical Paper on Postharvest Losses, Action Contre*, available at: http://www.academia.edu/download/45278162/POST_HARVEST_LOSSES.pdf (accessed 22 October 2016).
- Kirtil, E. & Oztop, M.H. 2016. “Controlled and Modified Atmosphere Packaging”, available at: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.03376-X>.
- Koide, S. & Shi, J. 2007. “Microbial and quality evaluation of green peppers stored in biodegradable film packaging”, *Food Control*, Vol. 18 No. 9, pp. 1121–1125.
- Kouri, G., Tsimogiannis, D., Bardouki, H. & Oreopoulou, V. 2007. “Extraction and analysis of antioxidant components from *Origanum dictamnus*”, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, Vol. 8 No. 2, pp. 155–162.
- Krigas, N., Lazari, D., Maloupa, E. & Stikoudi, M. 2015. “Introducing Dittany of Crete (*Origanum dictamnus* L.) to gastronomy: A new culinary concept for a traditionally used medicinal plant”, *International Journal of Gastronomy and Food Science*, Elsevier, Vol. 2 No. 2, pp. 112–118.
- Krinsky, N.I., Landrum, J.T. & Bone, R.A. 2003. “Biologic mechanisms of the protective role of lutein and zeaxanthin in the eye.”, *Annual Review of Nutrition*, Vol. 23, pp. 171–201.
- Larondelle, Y. 2004. “Ber. Edited by OP Pareek. International Centre for Under-utilized Crops, Southampton, 2001. 290 pp, ISBN 854327525”, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, John Wiley & Sons, Ltd., Vol. 84 No. 3, pp. 290–290.

- Lee, L., Arul, J., Lencki, R. & Castaigne, F. 1996. “A review on modified atmosphere packaging and preservation of fresh fruits and vegetables: Physiological basis and practical aspects—part II”, *Packaging Technology and Science*, John Wiley & Sons, Ltd, Vol. 9 No. 1, pp. 1–17.
- Lerdthanangkul, S. & Krochta, J.M. 1996. “Edible Coating Effects on Postharvest Quality of Green Bell Peppers”, *Journal of Food Science*, Vol. 61 No. 1, pp. 176–179.
- Liolios, C.C., Graikou, K., Skaltsa, E. & Chinou, I. 2010. “Dittany of Crete: A botanical and ethnopharmacological review”, *Journal of Ethnopharmacology*, Vol. 131 No. 2, pp. 229–241.
- Liolios, C.C., Gortzi, O., Lalas, S., Tsaknis, J. & Chinou, I. 2009. Liposomal incorporation of carvacrol and thymol isolated from the essential oil of *Origanum dictamnus* L. and in vitro antimicrobial activity. *Food Chemistry* 112, 77–83.
- Liu, L., Wei, Y., Shi, F., Liu, C., Liu, X. & Ji, S. 2015. “Intermittent warming improves postharvest quality of bell peppers and reduces chilling injury”, *Postharvest Biology and Technology*, Vol. 101, pp. 18–25.
- Lurie, S. & Pedreschi, R. 2014. “Fundamental aspects of postharvest heat treatments”, *Horticulture Research*, Vol. 1 No. April, p. 14030.
- Lurie, S., Shapiro, B. & Ben-Yehoshua, S. 1986. “Effects of water stress and degree of ripeness on rate of senescence of harvested bell pepper fruit”, Vol. 111 No. 6, pp. 880–885.
- Lv, F., Liang, H., Yuan, Q. & Li, C. 2011. “In vitro antimicrobial effects and mechanism of action of selected plant essential oil combinations against four food-related microorganisms”, *Food Research International*, Vol. 44 No. 9, pp. 3057–3064.
- Manolopoulou, H., Xanthopoulos, G., Douros, N. & Lambrinos, G. 2010. “Modified atmosphere packaging storage of green bell peppers: Quality criteria”, *Biosystems Engineering*, IAGrE, Vol. 106 No. 4, pp. 535–543.
- Manolopoulou, H., Lambrinos, G. & Xanthopoulos, G. 2012. “Active Modified Atmosphere Packaging of Fresh-cut Bell Peppers: Effect on Quality Indices”, *Journal of Food Research*, Vol. 1 No. 3, pp. 148–158.
- Mari, M., Bertolini, P. & Pratella, G.C. 2003. “Non-conventional methods for the control of post-harvest pear diseases”, *Journal of Applied Microbiology*, Vol. 94 No. 5, pp. 761–766.
- Marín, A., Ferreres, F., Tomás-Barberán, F.A. & Gil, M.I. 2004. “Characterization and quantitation of antioxidant constituents of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.)”, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Vol. 52 No. 12, pp. 3861–9.
- Massolo, J.F., Concellón, A., Chaves, A.R. & Vicente, A.R. 2011. 1-Methylcyclopropene (1-

- MCP) delays senescence, maintains quality and reduces browning of non-climacteric eggplant (*Solanum melongena* L.) fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 59, 10-15
- Matsufuji, H., Ishikawa, K., Nunomura, O., Chino, M. & Takeda, M. 2007. "Anti-oxidant content of different coloured sweet peppers, white, green, yellow, orange and red (*Capsicum annuum* L.)", *International Journal of Food Science & Technology*, Wiley Online Library, Vol. 42 No. 12, pp. 1482–1488.
- Mehyar, G.F., Al-Qadiri, H.M., Abu-Blan, H.A. & Swanson, B.G. 2011. "Antifungal Effectiveness of Potassium Sorbate Incorporated in Edible Coatings Against Spoilage Molds of Apples, Cucumbers, and Tomatoes during Refrigerated Storage", *Journal of Food Science*, Blackwell Publishing Inc, Vol. 76 No. 3, pp. M210–M217.
- Meir, S., Philosoph-Hadas, S., Lurie, S., Droby, S., Akerman, M., Zauberman, G., Shapiro, B., Cohen, E. & Fuchs, Y. 1996. "Reduction of chilling injury in stored avocado, grapefruit, and bell pepper by methyl jasmonate", *Canadian Journal of Botany*, NRC Research Press, Vol. 74 No. 6, pp. 870–874.
- Meng, X., Zhang, M. & Adhikari, B. 2012. "Extending shelf-life of fresh-cut green peppers using pressurized argon treatment", *Postharvest Biology and Technology*, Elsevier B.V., Vol. 71, pp. 13–20.
- Michailides, T. & Manganaris, G. (2009), "Stewart Postharvest Review An international journal for reviews in postharvest biology and technology Harvesting and handling effects on postharvest decay", available at: <https://doi.org/10.2212/spr.2009.2.3>.
- Mohammadi, S. & Aminifard, M.H. 2013. "Inhibition of grey mould in vitro and in vivo with essential oil of fennel (*Foeniculum vulgare* L.)", *Journal of Central European Agriculture*, Vol. 14 No. 1, pp. 420–431.
- Mohammadi, S. & Aminifard, M.H. 2012. "Effect of Essential Oils on Postharvest Decay and Some Quality Factors of Peach (*Prunus persica* var . Redhaven)", *Journal of Biological and Environmental Science*, Vol. 6 No. 17, pp. 147–153.
- Mulas, M. & Schirra, M. 2007. "The effect of heat conditioning treatments on the postharvest quality of horticultural crops", *Stewart Postharvest Review*, Vol. 3 No. 1, pp. 1–6.
- Mullan, M. & McDowell, D. 2011. Modified Atmosphere Packaging, in Food and Beverage Packaging Technology, Second Edition (eds R. Coles and M. Kirwan), Wiley-Blackwell, Oxford, UK. doi: 10.1002/9781444392180.ch10
- Naito, S. & Takahara, H. 2006. "Ozone Contribution in Food Industry in Japan", *Ozone: Science & Engineering*, Taylor & Francis, Vol. 28 No. 6, pp. 425–429.
- Nerio, L.S., Olivero-Verbel, J. & Stashenko, E. 2010. "Repellent activity of essential oils: A review", *Bioresource Technology*, Vol. 101 No. 1, pp. 372–378.

- Nguyen, N., Long, V., Joly, C. & Dantigny, P. 2016. “Active packaging with antifungal activities”, available at:<https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2016.01.001>.
- Nunes, M.C.N. & Emond, J.-P. 1999. “Chlorinated water treatments affects postharvest quality of green bell peppers”, *Journal of Food Quality*, Blackwell Publishing Ltd, Vol. 22 No. 3, pp. 353–361.
- Nyanjage, M.O., Nyalala, S.P.O., Illa, A.O., Mugo, B.W., Limbe, A.E. & Vulimu, E.M. (2005), “Extending post-harvest life of sweet pepper (*Capsicum annum* L. ‘California Wonder’) with modified atmosphere packaging and storage temperature.”, *Agricultura Tropica et Subtropica*, Vol. 38 No. 2, pp. 28–32.
- Ochoa-reyes, E., Martínez-vazquez, G., Saucedo-pompa, S., Montañez, J., Rojas-molina, R. & De, M.A. 2013. “Improvement of Shelf Life Quality of Green Bell Peppers Using Edible Coating Formulations”, *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, Vol. 2 No. 6, pp. 2448–2451.
- Oliveira, M., Abadias, M., Usall, J., Torres, R., Teixid, N. & Vi, I. 2015. “Application of modified atmosphere packaging as a safety approach to fresh-cut fruits and vegetables e A review”, available at:<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.07.017>.
- Ολύμπιος Μ. Χρήστος, 2001. Η τεχνική της καλλιέργειας κηπευτικών στα θερμοκήπια, Αθήνα, Εκδ. Αθ. Σταμούλης. Σελ. 772
- Ornelas-Paz, J. J., Martinez-Burrola, J. M., Ruiz-Cruz, S., Santana-Rodriguez, V., Ibarra-Junquera, V., Olivas, G. I., & Perez-Martinez, J. D. 2010. Effect of cooking on the capsaicinoids and phenolics contents of Mexican peppers. *Food Chemistry*, 119, 1619–1625.
- Padmanabhan, P., Cheema, A. & Paliyath, G. 2016. *Encyclopedia of Food and Health*, *Encyclopedia of Food and Health*, Elsevier, available at:<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00696-6>.
- Parfitt, J., Barthel, M. & Macnaughton, S. 2010. Food waste within food supply chains: quantification and potential for change to 2050. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 365(1554): 3065-3081.
- Park, E.-S., Lee, H.-J., Park, H.Y., Kim, M.-N., Chung, K.-H. & Yoon, J.-S. 2001. “Antifungal effect of carbendazim supported on poly(ethylene-co-vinyl alcohol) and epoxy resin”, *Journal of Applied Polymer Science*, John Wiley & Sons, Inc., Vol. 80 No. 5, pp. 728–736.
- Pastor, C., Sánchez-González, L., Cháfer, M., Chiralt, A. & González-Martínez, C. 2010. “Physical and antifungal properties of hydroxypropylmethylcellulose based films containing propolis as affected by moisture content”, *Carbohydrate Polymers*, Vol. 82 No. 4, pp. 1174–1183.
- Pereda, M., Ponce, A. G., Marcovich, N. E., Ruseckaite, R. A., & Martucci, J. F. 2011.

- Chitosan–gelatin composites and bilayer films with potential antimicrobial activity. *Food Hydrocolloids*, 25, 1372–1381.
- Ponce, A.G., Roura, S.I., Del Valle, C.E. & Moreira, M.R. 2008. “Antimicrobial and antioxidant activities of edible coatings enriched with natural plant extracts: In vitro and in vivo studies”, *Postharvest Biology and Technology*, Vol. 49, pp. 294–300.
- Poverenov, E., Zaitsev, Y., Arnon, H., Granit, R., Alkalai-Tuvia, S., Perzelan, Y., Weinberg, T. & Fallik, E. 2014. “Effects of a composite chitosan–gelatin edible coating on postharvest quality and storability of red bell peppers”, *Postharvest Biology and Technology*, Vol. 96, pp. 106–109.
- Pretel, M.T., Serrano, M., Amoros, A., Riquelme, F. & Romojaro, F. 1995. “Non-involvement of ACC and ACC oxidase activity in pepper fruit ripening”, *Postharvest Biology and Technology*, Vol. 5 No. 4, pp. 295–302.
- Priya Sethu, K.M., Prabha, T.N. & Tharanathan, R.N. 1996. “Post-harvest biochemical changes associated with the softening phenomenon in *Capsicum annum* fruits”, *Phytochemistry*, Vol. 42 No. 4, pp. 961–966.
- Proestos, C., Kapsokefalou, M. & Komaitis, M. 2008. Analysis of naturally occurring phenolic compounds in aromatic plant by RP-HPLC and GC–MS after silylation. *Journal of Food Quality* 31, 402–414.
- Rahman, M.A., Halim, G.M.A., Chowdhury, M.G.F., Hossain, M.A. & Rahman, A.M.M. 2014. “Changes in physicochemical attributes of sweet pepper (*Capsicum annum* L.) during fruit growth and development”, *Bangladesh J. Agril. Res.*, Vol. 39 No. 2, pp. 373–383.
- Reinbach, H.C., Smeets, A., Martinussen, T., Møller, P. & Westerterp-Plantenga, M.S. 2009. “Effects of capsaicin, green tea and CH-19 sweet pepper on appetite and energy intake in humans in negative and positive energy balance.”, *Clinical Nutrition (Edinburgh, Scotland)*, Vol. 28 No. 3, pp. 260–5.
- Rinaudo, M. 2006. “Chitin and chitosan: Properties and applications”, *Progress in Polymer Science*, Vol. 31 No. 7, pp. 603–632.
- Robertson, G.L. 2012. *Food Packaging: Principles and Practice*. Taylor & Francis.
- Rubio, J., García-Sánchez, F., Rubio, F., García, A., & Martínez, V. 2010. The Importance of K in Ameliorating the Negative Effects of Salt Stress on the Growth of Pepper Plants. *European Journal of Horticultural Science*, 75(1), 33-41. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/24126733>
- Ryan E., Aherne S. A., O’Grady M. N., McGovern L., Kerry J. P. & O’Brien N. M. 2009. Bioactivity of herb-enriched beef patties. *Journal of Medicinal Food*, 12, 893–901.

- Sadler, G. & Murphy, P. 2010. pH and Titratable Acidity. In: NIELSEN, S. S. (ed.) Food Analysis. Springer US.
- Sahai, A.S.& Manocha,M.S., 2007. Chitinases of fungi and plants: their involvement in morphogenesis and host–parasite interaction. *FEMS Microbiol. Rev.* 11, 317–338.
- Saltveit, M.E. 2003. “A summary of CA Requirements and recommendations for vegetables”, *Acta Horticulturae*, Vol. 600 No. 600, pp. 723–727.
- Sandhya, S. 2010. “Modified atmosphere packaging of fresh produce: Current status and future needs”, *LWT - Food Science and Technology*, Elsevier Ltd, Vol. 43 No. 3, pp. 381–392.
- Serrano, M., Martinez-Madrid, M.C., Riquelme, F. & Romojaro, F. 1995. “Endogenous levels of polyamines and abscisic acid in pepper fruits during growth and ripening”, *Physiologia Plantarum*, Vol. 95 No. 1, pp. 73–76.
- Seydim, A.C. & Sarikus, G. 2006 Antimicrobial activity of whey protein based edible films incorporated with oregano, rosemary and garlic essential oils. *Food Res Int* 39:639– 44
- Shirzadeh, E.& Kazemi, M. 2012a. “Effect of Essential Oils Treatments on Quality Characteristics of Apple (*Malus domestica* var. Gala) During Storage”, *Trends in Applied Sciences Research*.
- Shirzadeh, E. & Kazemi, M. .2012b. “Effect of Salicylic Acid and Essential Oils Treatments on Quality Characteristics of Apple (*Malus domestica* Var. Granny Smith) Fruits During Storage”, *Asian Journal of Biochemistry*, Vol. 7 No. 3, pp. 165–170.
- Simitzis P. E., Symeon G. K., Charismiadou M. A., Bizelis J. A.& Deligeorgis S. G. 2010. The effects of dietary oregano oil supplementation on pig meat characteristics. *Meat Science*, 84, 670–676
- Soliman, E.A., El-Moghazy, a. Y., El-Din, M.S.M. & Massoud, M.A. 2013. “Microencapsulation of Essential Oils within Alginate: Formulation and <i>in Vitro</i> Evaluation of Antifungal Activity”, *Journal of Encapsulation and Adsorption Sciences*, Vol. 03 No. 01, pp. 48–55.
- Soylu, E.M., Kurt, Ş. & Soylu, S. 2010. “In vitro and in vivo antifungal activities of the essential oils of various plants against tomato grey mould disease agent *Botrytis cinerea*”, *International Journal of Food Microbiology*, Vol. 143 No. 3, pp. 183–189.
- Stavropoulou, A., Loulakakis, K., Magan, N. & Tzortzakis, N. 2014. Origanum dictamnus Oil Vapour Suppresses the Development of Grey Mould in Eggplant Fruit In Vitro. *BioMed Research International*, 2014, pp-1-11. Available at: <http://www.hindawi.com/journals/bmri/2014/568679/>.
- Σταυροπούλου, Α., Καλοτεράκης, Ν., Χριστουλάκη, Μ., Γκούμας, Δ., Τζωρτζάκης, Ν. & Κ. Λουλακάκης. 2015. Επίδραση αιθέριου ελαίου από δίκταμο στην ανάπτυξη του μύκητα

- Botrytis cinerea μετασυλλεκτικά σε καρπούς πιπεριάς. 27ο Συνέδριο της Ελληνικής Εταιρείας της Επιστήμης των Οπωροκηπευτικών (ΕΕΕΟ, Σεπτέμβρης, 28- 30 2015.
- Sun, X., Narciso, J., Wang, Z., Ference, C., Bai, J. & Zhou, K. 2014. “Effects of Chitosan-Essential Oil Coatings on Safety and Quality of Fresh Blueberries”, *Journal of Food Science*, Vol. 79 No. 5, pp. M955–M960.
- Sun, T., Xu, Z., Wu, C.-T., Janes, M., Prinyawiwatkul, W. & No, H.K. 2007. “Antioxidant activities of different colored sweet bell peppers (*Capsicum annuum* L.)”, *Journal of Food Science*, United States, Vol. 72 No. 2, pp. S98–102.
- Σφακιωτάκης Ευάγγελος.2004. Μετασυλλεκτική Φυσιολογία - & Τεχνολογία Νωπών Οπωροκηπευτικών Προϊόντων. ΤυποςMAN. Σελ. 381
- Tadesse, T., Hewett, E.W., Nichols, M.A. & Fisher, K.J. 2002. “Changes in physicochemical attributes of sweet pepper cv. Domino during fruit growth and development”, *Scientia Horticulturae*, Vol. 93 No. 2, pp. 91–103.
- Taiz L, Zeiger E. 2006. *Plant Physiology* 4th ed. Sinauer Sunderland, MA, σελ 705
- Tajkarimi, M.M., Ibrahim, S.A. and Cliver, D.O. 2010. “Antimicrobial herb and spice compounds in food”, *Food Control*, Elsevier Ltd, Vol. 21 No. 9, pp. 1199–1218.
- Teixeira, B., Marques, A., Ramos, C., Neng, N. R., Nogueira, J. M., Saraiva, J. A. & Nunes, M. L. 2013. Chemical composition and antibacterial and antioxidant properties of commercial essential oils, *Industrial Crops and Products*, 43, 587–595
- Thankachan, P., Walczyk, T., Muthayya, S., Kurpad, A. V & Hurrell, R.F. 2008. “Iron absorption in young Indian women: the interaction of iron status with the influence of tea and ascorbic acid.”, *The American Journal of Clinical Nutrition*, Vol. 87 No. 4, pp. 881–6.
- Thanos, C.A. 1994. Aristotle and Theophrastus on plant-animal interactions. In: Arianoutsou, M., Groves, R.H. (Eds.), *Plant–Animal Interactions in Mediterranean-Type Ecosystems*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, pp. 3–11. Theophrastus,
- Tian, J., Ban, X., Zeng, H., He, J., Huang, B. & Wang, Y. 2011. “Chemical composition and antifungal activity of essential oil from *Cicuta virosa* L. var. *latisecta* Celak”, *International Journal of Food Microbiology*, Vol. 145 No. 2, pp. 464–470.
- Turland, N.J. 1995. In: Phitos, D., Strid, A., Snogerup, S., Greuter, W. *The Red Data Book*. World Wide Fund for Nature (WWF), Athens, Greece, pp. 394–395.
- Tzortzakis, N.G. 2010. “Ethanol, vinegar and *Origanum vulgare* oil vapour suppress the development of anthracnose rot in tomato fruit”, *International Journal of Food Microbiology*, Vol. 142 No. 1-2, pp. 14–18.

- Tzortzakis, N.G. 2007. “Maintaining postharvest quality of fresh produce with volatile compounds”, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, Vol. 8 No. 1, pp. 111–116.
- Tzortzakis, N.G. & Economakis, C.D. 2007. “Antifungal activity of lemongrass (*Cymbopogon citratus* L.) essential oil against key postharvest pathogens”, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, Vol. 8 No. 2, pp. 253–258.
- Vitoratos, A., Bilalis, D., Karkanis, A. & Efthimiadou, A. 2013. “Antifungal Activity of Plant Essential Oils Against *Botrytis cinerea*, *Penicillium italicum* and *Penicillium digitatum*”, *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, Vol. 41 No. 1, pp. 86–92.
- Vokou, D., Vareltzidou, S. & Katinakis, P. 1993. Effects of aromatic plants on potato storage – sprout suppression and antimicrobial activity. *Agriculture Ecosystems & Environment* 47, 223–235.
- Wang, C.Y., 1994. Chilling injury of tropical horticultural commodities. *HortScience* 29: 986–988.
- Wang, C.Y. & Buta, J.G. 2003. “Maintaining quality of fresh-cut kiwifruit with volatile compounds”, *Postharvest Biology and Technology*, Vol. 28 No. 1, pp. 181–186.
- Ward, G. 2016. “Modified Atmosphere Packaging for Extending Storage Life of Fresh Fruits and Vegetables”, *Reference Module in Food Science*, available at: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.03167-X>.
- Weiss J., Gibis M., Schuh V. & Salminen H. 2010. Advances in ingredient and processing systems for meat and meat products. *Meat Science*, 86, 196–213
- Wilson, C.L., Wisniewski, M.E., Biles, C.L., McLaughlin, R., Chalutz, E. & Droby, S. 1991. “Biological control of post-harvest diseases of fruits and vegetables: alternatives to synthetic fungicides”, *Crop Protection*, Vol. 10 No. 3, pp. 172–177.
- Wilson, C.L. & Wisniewski, M. 1994. *Biological Control of Postharvest Diseases: Theory and Practice*. CRC Press, Boca Raton, FL, 182 pp.
- Wilson, L.G., Boyette, M.D. & Estes, E. 1999. “Postharvest Handling and Cooling of Fresh Fruits, Vegetables, and Flowers for Small Farms”, *Horticulture Information Leaflet 800*, Vol. 800, pp. 4–6.
- Xu, W.-T., Huang, K.-L., Guo, F., Qu, W., Yang, J.-J., Liang, Z.-H. & Luo, Y.-B. 2007. “Postharvest grapefruit seed extract and chitosan treatments of table grapes to control *Botrytis cinerea*”, *Postharvest Biology and Technology*, Vol. 46 No. 1, pp. 86–94.
- Yanishlieva, N., Gordon, M. & Pokorný, J. 2001. *Antioxidants in Food : Practical Applications*, CRC Press.

- Zamfirache, M., Burzo, I. & Gostin, I. 2009. "Glandular trichomes and essential oil constituents of *Perovskia atriplicifolia* Benth", *Analele Stiintifice Ale.*, Vol. 2, pp. 73–80.
- Zhang, H., Li, R. & Liu, W. 2011. "Effects of chitin and its derivative chitosan on postharvest decay of fruits: a review.", *International Journal of Molecular Sciences*, Molecular Diversity Preservation International, Vol. 12 No. 2, pp. 917–34.
- Zhang, M., Zhan, Z.G., Wang, S.J. & Tang, J.M. 2008. "Extending the shelf-life of asparagus spears with a compressed mix of argon and xenon gases", *LWT - Food Science and Technology*, Vol. 41 No. 4, pp. 686–691.
- Zhuang, Y., Chen, L., Sun, L. & Cao, J. 2012. "Bioactive characteristics and antioxidant activities of nine peppers", *Journal of Functional Foods*, Elsevier Ltd, Vol. 4 No. 1, pp. 331–338.