



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**

**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ  
ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ ΚΑΙ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΤΟΠΙΟΥ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

**«Επίδραση των διαφορετικών συγκεντρώσεων του αιθέριου ελαίου της αψιθιάς (*Artemisia absinthium*) και της λυγαριάς (*Vitex agnus-castus*) στο ποσοστό θνησιμότητας της μύγας της Μεσογείου (*Ceratitis capitata*).»**

**ΣΟΠΙΚΙΩΤΗ ΕΛΕΝΗ**

**ΒΟΛΟΣ 2019**

«Επίδραση των διαφορετικών συγκεντρώσεων του αιθέριου ελαίου της αψιθιάς (*Artemisia absinthium*) και της λυγαριάς (*Vitex agnus-castus*) στο ποσοστό θνησιμότητας της μύγας της Μεσογείου (*Ceratitis capitata*).»

ΣΟΠΙΚΙΩΤΗ ΕΛΕΝΗ

**Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή**

Λύκας Χρήστος, Επίκουρος καθηγητής (επιβλέπων), Ανθοκομία και Αρχιτεκτονική Τοπίου, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

Παπαδόπουλος Νικόλαος, Καθηγητής (μέλος), Εντομολογία και Γεωργική Ζωολογία, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

Αθανασίου Χρήστος, Καθηγητής (μέλος), Εντομολογία και Γεωργική Ζωολογία, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

## Ευχαριστίες

Μετά την ολοκλήρωση της πτυχιακής μου εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέπων καθηγητή μου κ. Χρήστο Λύκα, Επίκουρο καθηγητή του εργαστηρίου Ανθοκομίας και Αρχιτεκτονικής Τοπίου, για την ανάθεση του θέματος και την πολύτιμη καθοδήγηση του καθ' όλη τη διάρκεια διεξαγωγής του πειράματος, αλλά και κατά τη διάρκεια συγγραφής της παρούσας μελέτης

Επιπλέον, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον κ. Νικόλαο Παπαδόπουλο, καθηγητή του εργαστηρίου Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας, για την σημαντική βοήθεια του, την καθοδήγηση και τις υποδείξεις του για την σωστή εκπόνηση της πειραματικής διαδικασίας.

Ακολούθως, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Χρήστο Αθανασίου, καθηγητή στο εργαστήριο Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας, όντας μέλος της εξεταστικής επιτροπής.

Θα ήθελα, επιπροσθέτως, να ευχαριστήσω την Διονυσοπούλου Νίκη, υποψήφια διδάκτωρ στο εργαστήριο Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας, για την συνεργασία και την ανεκτίμητη βοήθεια της κατά την εκπόνηση της πειραματικής διαδικασίας.

## Περίληψη

Αιθέρια έλαια προερχόμενα από αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά φαίνεται να κερδίζουν συνεχώς έδαφος λόγω των πολυάριθμων ιδιοτήτων τους. Όντας φιλικά τόσο προς το περιβάλλον όσο και προς τον άνθρωπο δοκιμάζονται εκτενώς για τις εντομοκτόνες ιδιότητες τους. Το γεγονός αυτό αποτελεί έναυσμα για εναλλακτικές μεθόδους ελέγχου και αντιμετώπισης πλήθους εχθρών οικονομικής και υγειονομικής σημασίας. Προς την κατεύθυνση αυτή, μελετήθηκαν αιθέρια έλαια προερχόμενα από τα φυτά αψιθιά (*Artemisia absinthium*) και λυγαριά (*Vitex agnus-castus*) ως προς το ποσοστό θνησιμότητας που επέφεραν σε ένα μεγάλης οικονομικής σημασίας εχθρό, τη μύγα της Μεσογείου (*Ceratitis capitata*). Σε αυτό το πλαίσιο, τα δύο αιθέρια έλαια εφαρμόστηκαν, σε συνθήκες εργαστηρίου, σε συγκεντρώσεις 50%, 10%, 5%, 2,5%, 1% και 0,5% διαλύματος ακετόνης 95%, σε ενήλικα αρσενικά και θηλυκά άτομα της μύγας της Μεσογείου ηλικίας τεσσάρων ημερών. Η εκάστοτε εφαρμοζόμενη ποσότητα ήταν 1μL διαλύματος στην κοιλιά του κάθε εντόμου. Παράλληλα έγινε αντίστοιχη εφαρμογή ακετόνη σε ενήλικα και των δύο φύλλα (μάρτυρας). Κάθε 24, 48 και 72 ώρες πραγματοποιούνταν ο έλεγχος της θνησιμότητας των ατόμων και λαμβάνονταν οι μετρήσεις. Ειδικότερα, εξετάστηκε η αποτελεσματικότητα των αιθέριων ελαίων στα δύο φύλα, καθώς και η ταχύτητα δράσης τους. Μελετήθηκαν συγκριτικά τα δύο αιθέρια έλαια (και οι διαφορετικές συγκεντρώσεις) τους στο ίδιο και σε διαφορετικά φύλα. Το αιθέριο έλαιο της λυγαριάς φαίνεται να προκαλεί μεγαλύτερα ποσοστά θνησιμότητας από αυτό της αψιθιάς σε όλες τις εφαρμοζόμενες συγκεντρώσεις και στα δύο φύλα. Ωστόσο, οι συγκεντρώσεις στις οποίες προκλήθηκε θνησιμότητα σε ποσοστό πάνω από το 50% των αρσενικών και θηλυκών ατόμων και στα δύο αιθέρια έλαια ήδη από τις πρώτες 24 ώρες ήταν το 50%, 10% και 5%. Τα αποτελέσματα της μελέτης υποδεικνύουν ότι τα αιθέρια έλαια της αψιθιάς και της λυγαριάς επιφέρουν σημαντική θνησιμότητα στα ενήλικα άτομα της μύγας της Μεσογείου καθιστώντας ικανά για χρήση ως φυσικής προέλευσης εντομοκτόνα.



|  |           |
|--|-----------|
| Περίληψη .....   | iv        |
| <b>1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....</b>   | <b>1</b>  |
| <b>1.1 Αιθέρια έλαια και έντομα .....</b>                            | <b>1</b>  |
| 1.1.1 Αιθέρια έλαια .....  | 1         |
| 1.1.2 Αιθέρια έλαια ως εντομοκτόνα .....                             | 3         |
| <b>1.2 Παραλαβή αιθέριων ελαίων .....</b>                            | <b>7</b>  |
| 1.2.1 Απόσταξη .....   | 7         |
| 1.2.2 Εκχύλιση .....   | 9         |
| 1.2.3 Μηχανική παραλαβή .....  | 11        |
| 1.2.4 Άλλες μέθοδοι .....  | 12        |
| 1.2.4.1 Εκχύλιση με μικροκύματα .....                                | 12        |
| 1.2.4.2 Εκχύλιση με μικροκύματα χωρίς διαλύτες .....                 | 12        |
| 1.2.4.3 Εκχύλιση με υπερήχους .....                                  | 13        |
| <b>1.3 Αψιθιά (<i>Artemisia absinthium</i>) .....</b>                | <b>13</b> |
| 1.3.1 Βοτανική περιγραφή του φυτού .....                             | 14        |
| 1.3.2 Εδαφοκλιματικές απαιτήσεις και πολλαπλασιασμός του φυτού ..... | 14        |
| 1.3.3 Ιδιότητες του φυτού .....                                      | 15        |
| 1.3.4 Ενώσεις του αιθέριου ελαίου .....                              | 16        |
| 1.3.5 Δραστικότητα και εντομοτοξικότητα του αιθέριου ελαίου .....    | 17        |
| <b>1.4 Λυγαριά (<i>Vitex agnus-castus</i>) .....</b>                 | <b>18</b> |
| 1.4.1 Βοτανική περιγραφή του φυτού .....                             | 18        |
| 1.4.2 Εδαφοκλιματικές απαιτήσεις και πολλαπλασιασμός του φυτού ..... | 19        |
| 1.4.3 Ιδιότητες του φυτού .....                                      | 19        |
| 1.4.4 Ενώσεις του αιθέριου ελαίου .....                              | 21        |
| 1.4.5 Δραστικότητα και εντομοτοξικότητα του αιθέριου ελαίου .....    | 22        |
| <b>1.5 Μύγα της Μεσογείου (<i>Ceratitis capitata</i>) .....</b>      | <b>22</b> |
| 1.5.1 Μορφολογικά χαρακτηριστικά του εντόμου .....                   | 23        |

|   |           |
|---|-----------|
| 1.5.2 Βιολογικός κύκλος και ζημιές του εντόμου .....                                | 24        |
| 1.5.3 Γεωγραφική εξάπλωση και ξενιστές του εντόμου .....                            | 25        |
| 1.5.4 Αντιμετώπιση του εντόμου .....  | 26        |
| 1.5.5 Αιθέρια έλαια και μύγα της Μεσογείου .....                                    | 27        |
| <b>2.ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ .....</b>  | <b>28</b> |
| <b>2.1 Μέθοδος παραλαβής αιθέριων ελαίων .....</b>                                  | <b>28</b> |
| <b>2.2 Μέθοδος εκτροφής της μύγας της Μεσογείου <i>Ceratitis capitata</i> .....</b> | <b>31</b> |
| <b>2.3 Πειραματική διαδικασία .....</b>   | <b>33</b> |
| <b>2.4 Επεξεργασία αποτελεσμάτων .....</b>  | <b>36</b> |
| <b>3.ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ .....</b>   | <b>36</b> |
| <b>4.ΣΥΖΗΤΗΣΗ .....</b>   | <b>43</b> |
| <b>5.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>   | <b>47</b> |
| <b>6.ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ .....</b>  | <b>55</b> |

## Κατάλογος Διαγραμμάτων

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Διάγραμμα 1</b> Μέσος όρος θνησιμότητας % αρσενικών και θηλυκών ατόμων με εφαρμογή αιθέριου ελαίου ανιθιάς και μάρτυρα με εφαρμογή ακετόνης σε 24 ώρες ..... | <b>37</b> |
| <b>Διάγραμμα 2</b> Μέσος όρος θνησιμότητας % αρσενικών με αιθέριο έλαιο ανιθιάς σε 24,48 και 72 ώρες .....  | <b>38</b> |
| <b>Διάγραμμα 3</b> Μέσος όρος θνησιμότητας % θηλυκών με αιθέριο έλαιο ανιθιάς σε 24, 48 και 72 ώρες .....   | <b>39</b> |
| <b>Διάγραμμα 4</b> Μέσος όρος θνησιμότητας % αρσενικών και θηλυκών ατόμων με εφαρμογή αιθέριου ελαίου λυγαριάς και στον μάρτυρα όπου έγινε χρήση ακετόνης ..... | <b>40</b> |
| <b>Διάγραμμα 5</b> Μέσος όρος θνησιμότητας % αρσενικών με αιθέριο έλαιο λυγαριάς σε 24, 48 και 72 ώρες .....  | <b>40</b> |
| <b>Διάγραμμα 6</b> Μέσος όρος θνησιμότητας % θηλυκών με αιθέριο έλαιο λυγαριάς σε 24, 48 και 72 ώρες .....  | <b>41</b> |
| <b>Διάγραμμα 7</b> Μέσος όρος θνησιμότητας % αρσενικών ατόμων με εφαρμογή αιθέριου ελαίου ανιθιάς και λυγαριάς και στον μάρτυρα όπου έγινε χρήση ακετόνης ..... | <b>42</b> |
| <b>Διάγραμμα 8</b> Μέσος όρος θνησιμότητας % θηλυκών ατόμων με εφαρμογή αιθέριου ελαίου ανιθιάς και λυγαριάς και στον μάρτυρα όπου έγινε χρήση ακετόνης .....   | <b>42</b> |

## Κατάλογος Εικόνων

|           |   |    |
|-----------|---|----|
| Εικόνα 1  | Αιθέρια έλαια από φύλλα <i>Vitex agnus-castus</i> και <i>Artemisia absinthium</i> ..... | 29 |
| Εικόνα 2  | Αποστακτήρας χωρητικότητας 45 λίτρων .....  | 29 |
| Εικόνα 3  | Εργαστηριακός αποστακτήρας τύπου Clevenger .....  | 30 |
| Εικόνα 4  | Αιθέρια έλαια εμπορίου .....  | 30 |
| Εικόνα 5  | Ξύλινο κλουβί εκτροφής ατόμων .....   | 31 |
| Εικόνα 6  | Τεχνητό υπόστρωμα ωοτοκίας .....  | 32 |
| Εικόνα 7  | Προνύμφες <i>Ceratitis capitata</i> .....   | 33 |
| Εικόνα 8  | Pupa <i>Ceratitis capitata</i> .....  | 33 |
| Εικόνα 9  | Ατομικό κλουβί εντόμων .....  | 34 |
| Εικόνα 10 | Αναρροφητήρας εντόμων .....   | 35 |
| Εικόνα 11 | Πλαστικό φιαλίδιο με σπή στο πάμα .....   | 35 |
| Εικόνα 12 | Σύστημα αναισθητοποίησης ενηλίκων της <i>Ceratitis capitata</i> CO <sub>2</sub> .....   | 35 |
| Εικόνα 13 | Δίσκοι με κλουβιά σε χώρο ελεγχόμενων συνθηκών .....                                    | 36 |

# 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

## 1.1 Αιθέρια έλαια και έντομα

Η ανησυχία για μακροχρόνιες επιπτώσεις των συνθετικών εντομοκτόνων τόσο στο περιβάλλον όσο στην υγεία των ανθρώπων προκαλεί στροφή και ενδιαφέρον για εναλλακτικές μεθόδους. Η ευρεία χρήση συμβατικών εντομοκτόνων, όπως οργανοφωσφορικά και καρβαμιδικά, σταδιακά περιορίζεται ανοίγοντας έτσι τον δρόμο για την αναζήτηση φυσικής και βιολογικής προέλευσης εντομοκτόνων. Ευρέως διαδεδομένα είναι τα βιολογικά εντομοκτόνα με βάση το *Bacillus thuringiensis* και τα βοτανικής προέλευσης εντομοκτόνα βασισμένα στις πυρεθρίνες κυρίως φυτών του γένους *Pyrethrum spp.* Μια εναλλακτική μέθοδος που παρουσιάζει υψηλό επιστημονικό ενδιαφέρον είναι η παρασκευή φυσικής προέλευσης εντομοκτόνων με βάση τα αιθέρια έλαια (Isman, 2000). Τις τελευταίες δεκαετίες πολλά αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά έχουν καταστεί ελκυστικά για μελέτη ως φυσικές πηγές προέλευσης των αιθέριων ελαίων. Ποικίλα φυτικά είδη αποτελούν πηγές βιολογικών δραστικών ενώσεων με σημαντική δράση έναντι των εντόμων (Chiasson et al., 2001).

Σκοπός της παρούσας εργασίας, είναι η μελέτη της επίδρασης των αιθέριων ελαίων της αψιθιάς και της λυγαριάς σε διάφορες συγκεντρώσεις στη θνησιμότητα της μύγας της Μεσογείου. Τα δύο αιθέρια έλαια μελετήθηκαν συγκριτικά ως προς τον χρόνο δράσης τους, αλλά και ως προς την θνησιμότητα των ατόμων του ίδιου φύλου.

### 1.1.1 Αιθέρια έλαια

Τα αιθέρια έλαια αποτελούν πτητικό μίγμα οργανικών ενώσεων με χαρακτηριστική έντονη οσμή και παράγονται ως δευτερογενείς σε διάφορα φυτικά όργανα. Πιο αναλυτικά, βρίσκονται σε ποικίλα σημεία όπως σε κύτταρα, ιστούς, αδένες, αγωγούς στα φύλλα, στα άνθη, στους καρπούς, στο φλοιό, στους σπόρους και στο ριζικό σύστημα κυρίως αρωματικών αλλά και φαρμακευτικών φυτών (Bakkali et al., 2008). Οι ελαιοπαραγωγικοί αδένες στη φυλλική επιφάνεια όντας αρκετά εύθραυστοι καθιστούν την απελευθέρωση του αιθέριου ελαίου άμεση και

γρήγορη. Στην πλειοψηφία τα αιθέρια ελαία είναι υγρά, λαμπερά, διαφανή και έγχρωμα (Κατσιώτης & Χατζοπούλου, 2016). Η λήψη του αιθέριου ελαίου πραγματοποιείται κυρίως με ατμό ή υδροαπόσταξη (Batish et al., 2008). Η ποιότητα, η ποσότητα και η σύνθεση του παραγόμενου προϊόντος εξαρτάται από το φυτικό μέρος που έχει επιλεγεί, από την ηλικία και το βλαστικό του στάδιο. Είναι αναγκαίο λοιπόν για την παραλαβή του αιθέριου ελαίου να επιλέγονται φυτά που αναπτύχθηκαν κάτω από τις ίδιες συνθήκες, την ίδια εποχή, στο ίδιο έδαφος και να εξάγεται από το ίδιο φυτικό όργανο (Bakkali et al., 2008).

Τα αιθέρια έλαια όντας αρκετά πτητικά εξατμίζονται πολύ γρήγορα (Bakkali et al., 2008). Αποτελούνται κυρίως από μονοτερπενοειδή και σεσκιτερπενοειδή υδρογονάνθρακες και αλκοόλες, καθώς και από πλήθος φαινολών, κετόνων, εστέρων, αλδεΐδων, εστέρων και οξειδίων, ενώσεις που είναι υπεύθυνες για το χαρακτηριστικό άρωμα κάθε αιθέριου ελαίου (Nerio et al., 2010). Συγκεκριμένα, σημαντικές ποσότητες μονοτερπένιων συναντώνται στα φυτικά μέρη της δάφνης, της κάνναβης, του θυμαριού, του μαϊντανού, του λυκίσκου, της κολοκύθας, του δεντρολίβανου, του βασιλικού και της αμυγδαλιάς. Αντίστοιχα, σεσκιτερπένια συναντώνται σε πλήθος ειδών της μέντας, του πορτοκαλιού, της αγγελικής, του περγαμόντος, του σέλινου, του φασκόμηλου και του δεντρολίβανου (Chellappandian et al., 2018). Συνήθως, τα αιθέρια έλαια χαρακτηρίζονται από δύο έως τρία κύρια συστατικά που συναντώνται σε υψηλές συγκεντρώσεις καταλαμβάνοντας το 20-70% του ελαίου συγκριτικά με άλλα συστατικά που υπάρχουν σε μικρότερες ποσότητες και ίχνη (Bakkali et al., 2008). Σημαντική είναι η δραστηριότητα και η αποτελεσματικότητα που παρουσιάζουν μεμονωμένα οι κύριες ενώσεις. Ωστόσο, τα δευτερεύοντα συστατικά παρόλο που ανιχνεύονται σε χαμηλά ποσοστά λειτουργούν συνεργιστικά ή και ανταγωνιστικά καθιστώντας τα αιθέρια έλαια πιο αποτελεσματικά. Η σύνθεση των αιθέριων ελαίων δεν είναι πλήρως καθορισμένη. Στο εκάστοτε έλαιο η σύνθεση εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τα χαρακτηριστικά του εδάφους, την εποχή ή και την ώρα συλλογής του φυτικού υλικού, την μέθοδο εκχύλισης, τις συνθήκες αποθήκευσης και το είδος της πρώτης ύλης (φύλλα, ανθοφόρες κορυφές, νωπά, αποξηραμένα). Το στάδιο ανάπτυξης του φυτού παίζει επίσης καθοριστικό ρόλο και στην ποσότητα του αιθέριου ελαίου που μπορεί να ληφθεί, με την μεγαλύτερη ποσότητα αυτού να υπάρχει στα φυτά νεαρής ηλικίας (Judžentien, 2016). Οι συγκεντρώσεις και οι ενώσεις διαφέρουν τόσο μεταξύ των ειδών του ίδιου γένους όσο και μεταξύ του ίδιου είδους διαφορετικής γεωγραφικής

προέλευσης (Nerio et al.,2010). Η εκάστοτε σύνθεση των αιθέριων ελαίων παίζει καθοριστικό ρόλο στο άρωμα, την πυκνότητα, την υφή, το χρώμα, την ικανότητα διείσδυσης και την δραστηριότητα του ελαίου (Bakkali et al., 2008).

Τα αιθέρια έλαια βρίσκουν εφαρμογή ήδη από την αρχαιότητα σε φάρμακα, καλλυντικά και ενισχυτικά γεύσης και αρωμάτων, ως καρυκεύματα ή μπαχαρικά (Batish et al.,2008). Ευρέως γνωστά είναι περίπου 3000 αιθέρια έλαια με μόνο τα 300 από αυτά να χαρακτηρίζεται εμπορικά σημαντικά στις βιομηχανίες καλλυντικών, τροφίμων και φαρμάκων (Nerio et al., 2010). Χάρης την πολύπλοκη σύσταση τους τα αιθέρια έλαια παρουσιάζουν εύρος δράσεων. Είναι αρκετά διαδεδομένα για τις βιολογικές τους ιδιότητες που σχετίζονται με αντιμικροβιακή, αντιοξειδωτική, αντισπασμωδική, αντισταμινική, αναλγητική και αντισηπτική δράση. Περαιτέρω, έχοντας μελετηθεί εκτενώς αναγνωρίστηκαν οι βακτηριοκτόνες, οι ιοκτόνες, οι μυκητοκτόνες, οι αντιπαρασιτικές, οι εντομοκτόνες και οι ζιζανιοκτόνες ιδιότητες των αιθέριων ελαίων (Bakkali et al., 2008).

### 1.1.2 Αιθέρια έλαια ως εντομοκτόνα

Η ακατάπαυστη χρήση συμβατικών εντομοκτόνων έχει διαταράξει τις ισορροπίες προκαλώντας σημαντικά προβλήματα στο περιβάλλον και στην ανθρώπινη υγεία. Ταυτόχρονα τα έντομα “στόχοι” αναπτύσσουν ανοχή ενώ ζημιώνονται οργανισμοί που δεν αποτελούν στόχο. Πιθανή λύση θα μπορούσαν να δώσουν τα αιθέρια έλαια αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών ως πηγή ουσιών για ολοκληρωμένη διαχείριση επιβλαβών εντόμων. Ιδιαίτερα σημαντικός είναι ο ρόλος των αιθέριων ελαίων στην φύση ως φυσικά εντομοκτόνα και αποθητικά κατά των φυτοφάγων ζώων. Γενικά, έχει παρατηρηθεί υψηλή εντομοκτόνος δράση αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών που συγκαταλέγονται κυρίως στις οικογένειες Apiaceae, Asteraceae, Cupressaceae, Lamiaceae, Lauraceae, Myrtaceae, Poaceae και Rutaceae (Kim et al., 2003). Ως κύριος παράγοντας των βιολογικών δραστηριοτήτων των αιθέριων ελαίων αναφέρονται τα μονοτερπένια και τα σεσκιτερπένια, εκ των οποίων η λιναλοόλη, το β-πινένιο και το καρυφυλλένιο παρουσίασαν υψηλότερα ποσοστά τοξικότητας (Cao et al., 2018). Άλλα κύρια συστατικά που συναντώνται σε μεγάλο αριθμό αιθέριων ελαίων και είναι υπεύθυνα για φαινόμενα τοξικότητας είναι η

τερπινεόλη, η ευγενόλη, η θυμόλη, η καρβακρόλη, η καρβόνη, η γερανόλη, η κιτρονελλόλη, η νερόλη, η σαφρόλη, η ευκαλυπτόλη, το λιμονένιο, η κινναμαλδεύδη (Bakkali et al., 2008). Τόσο η δοσολογία του αιθέριου ελαίου που εφαρμόζεται όσο και ο χρόνος έκθεσης σε αυτό παίζουν καθοριστικό ρόλο στην θνησιμότητα των εντόμων (Park et al., 2003).

Υψηλό ενδιαφέρον παρουσιάζεται η χρήση φυσικής προέλευσης εντομοκτόνων για τον έλεγχο και την αντιμετώπιση των σημαντικών εντόμων των αποθηκών. Η χρήση των αιθέριων ελαίων για το σκοπό αυτό δίνει ενθαρρυντικά αποτελέσματα. Πλήθος αιθέριων ελαίων και φυτικών εκχυλισμάτων έχουν δείξει ωοκτόνες, απωθητικές και εντομοκτόνες δράσεις εναντίον διάφορων εντόμων αποθηκευμένων προϊόντων. Εξαιτίας της σημαντικότητας του, έχει μελετηθεί εκτενώς το *Sitophilus oryzae*, στο οποίο άμεση και ταχύτατη θνησιμότητα προκάλεσαν τα αιθέρια έλαια του *Brassica juncea*, *Cinnamomum cassia*, *Allium scorodoprasm* και *Cochlearia armoracia*. Τα παραπάνω αιθέρια έλαια παρουσίασαν ταχεία και ισχυρή εντομοτοξικότητα στο *Callosobruchus chinensis* (Kim et al., 2003). Σημαντική τοξικότητα στα ενήλικα του *Sitophilus oryzae* φαίνεται να προκαλεί η παρουσία της 1,8-κινεόλης (Benelli et al., 2012). Παραμένοντας στην οικογένεια των Coleoptera, αιθέριο έλαιο που εξήχθη από το φυτό *Rosmarinus officinalis*, με κύριες ενώσεις την 1,8-κινεόλη, την καμφορά, το  $\alpha$ - και  $\beta$ -πινένιο, το καρυοφυλλένιο και το καρυοθυλενοξειδίο, έδειξε σημαντική δράση σε ενήλικα άτομα του *Bruchus rufimanus* (Hannour et al., 2018). Αιθέριο έλαιο απεσταγμένο από τα φύλλα του φυτού *Chamaecyparis obtusa*, με κύρια συστατικά το λιμονένιο και το  $\alpha$ -πινένιο, έδειξε τοξικότητα σε ενήλικα άτομα των *Callosobruchus chinensis* και *Sitophilus oryzae* (Park et al., 2003). Το αιθέριο έλαιο του *Ocimum canum* με κύριο συστατικό την λιναλοόλη έχει δοκιμαστεί σε μεγάλο αριθμό εντόμων. Η αρωματισμένη σκόνη καολίνης τόσο με το αιθέριο έλαιο του *Ocimum canum* όσο και με του *Ocimum gratissimum* παρουσίασε σημαντική τοξικότητα σε ενήλικα άτομα *Callosobruchus maculatus* καθώς και παρεμπόδιση εκκόλαψης των αβγών του. Στην ίδια μελέτη αναφέρεται, πως σημαντική ωοκτόνο δράση έναντι των αβγών του *Callosobruchus maculatus* παρουσίασαν τα αιθέρια ελαία των *Agetes minuta*, *Hyptis suaveolens*, *Ocimum basilicum* και *Piper guineense* (Keita et al., 2001). Στο αιθέριο έλαιο των καρπών του *Evodia rutaecarpa* η λιναλοόλη βρέθηκε να είναι το κύριο συστατικό παρουσιάζοντας υψηλή υποκαπνιστική δράση και νευροτοξικότητα έναντι του *Tribolium castaneum* (Cao et al., 2018). Απωθητικότητα ως προς τα ενήλικα του



*Sitophilus zeamais* προκάλεσαν εκχυλίσματα από τα είδη *Cinnamomum zeylanicum* (κανέλα), *Piper nigrum* (μαύρο πιπέρι), *Curcuma longa* (κουρκουμάς) και αιθέριο έλαιο από *Zingiber officinale* (τζίντζερ) (Tisgratog et al., 2016).

Αιθέρια έλαια από διαφορετικά είδη του *Eucalyptus spp.* έχουν δοκιμαστεί εκτενώς για τη δράση τους σε μεγάλο αριθμό εντόμων. Πιο αναλυτικά, τα είδη *Eucalyptus intertexta*, *Eucalyptus sargentii* και *Eucalyptus camaldulensis* παρουσίασαν υψηλό ποσοστό θνησιμότητας από την εφαρμογή τους σε *Callosobruchus maculatus*, *Sitophilus oryzae* και *Tribolium castaneum*. Αιθέριο έλαιο του είδους *Eucalyptus salign* εμφάνισε αποθητική δράση έναντι του *Tribolium confusum*, ενώ από το *Eucalyptus camaldulensis* προκάλεσε θνησιμότητα των αυγών του. Στο *Sitophilus zeamais* έχουν δοκιμαστεί αιθέρια έλαια των ειδών *Eucalyptus salign* και *Eucalyptus Citriodora* εμφανίζοντας αποθητικά και τοξικά αποτελέσματα αντίστοιχα. Στην ίδια έρευνα, το αιθέριο έλαιο του *Eucalyptus globulus* χρησιμοποιήθηκε στο *Acanthoscelides obtectus* εμφανίζοντας όχι μόνο αποθητική δράση, αλλά και μείωση της εκκόλαψης των αυγών και της ικανότητας για γονιμοποίηση, αύξηση δε της θνησιμότητας των νεογνών. Τα αιθέρια ελαία του ευκαλύπτου όντας πλούσια σε κινεόλη φάνηκαν να είναι αποτελεσματικά κατά του ακάρεως των μελισσών *Varroa jacobsoni*, αλλά και κατά δύο ειδών του τετράνυχου, του *Tetranychus urticae* και του *Phytoseiulus persimilis* (Batish et al., 2008).

Πλήθος αιθέριων ελαίων έχουν δοκιμαστεί στο σκαθάρι των φασιολιών, *Acanthoscelides obtectus*. Το αιθέριο έλαιο του *Rosmarinus officinalis* με κύρια συστατικά την 1,8-κινεόλη, την καμφορά, το α- και β-πινένιο, το καρυοφυλλένιο και το καρυοθυλενοξειδίο βρέθηκε να είναι περισσότερο τοξικό στα ενήλικα άτομα του *Acanthoscelides obtectus* απ' ότι το *Artemisia herba-alba*. Ιδιαίτερα τοξικά φάνηκαν να είναι τα αιθέρια έλαια των *Thymus serpyllum*, *Origanum vulgare*, *Origanum majorana*, *Lavandula angustifolia* και *Ocimum basilicum* της οικογένειας Lamiaceae προκαλώντας υψηλά ποσοστά θνησιμότητας στα ενήλικα του *Acanthoscelides obtectus* (Hannour et al., 2018). Στα ανώριμα ακόμα στάδια του *Acanthoscelides obtectus* τοξικές ιδιότητες φάνηκε να έχει το έλαιο της *Thuja occidentalis* (Benelli et al., 2012).

Υψηλό ενδιαφέρον έχει παρουσιαστεί για τον έλεγχο και την αντιμετώπιση εντόμων υγειονομικής σημασία με αιθέρια ελαία εξαιτίας της ανθεκτικότητας που έχουν αναπτύξει στα συνθετικά εντομοκτόνα. Πολυάριθμες είναι οι μελέτες που καταδεικνύουν πλήθος ικανών φυτικών ειδών για την εκπλήρωση του σκοπού

αυτού. Τα κουνούπια που ανήκουν στα γένη *Aedes spp.*, *Culex spp.* και *Anopheles spp.* βρίσκονται στο επίκεντρο των ερευνητών καθώς είναι φορείς ασθενειών όπως η ελονοσία, ο κίτρινος πυρετός, ο δάγκειος πυρετός και η ιογενής εγκεφαλίτιδα. Σημαντική προνυμφοκτόνο δράση παρουσιάζουν αιθέρια έλαια φυτών που ανήκουν στις οικογένειες Myrtaceae και Rutaceae (Lee, 2006), ενώ δράση κατά των ενήλικων και ιδιαίτερα των θηλυκών παρουσιάζουν αιθέρια έλαια από φυτικά είδη που προέρχονται από τις οικογένειες Lamiaceae, Miliaceae, Rutaceae και Zingiberaceae (Chellappandian et al., 2018). Αξιοσημείωτη προνυμφοκτόνο δράση στα είδη *Aedes aegypti* και *Culex pipiens* παρουσίασαν αιθέρια ελαία από τους καρπούς των *Citrus bergamia* (περγαμόντο) και *Cuminum cyminum* (κύμινο), από τα φύλλα των *Melaleuca viridiflora* (μελαλεύκη) και *Origanum majorana* (μαντζουράνα), καθώς και από τις ανθοφόρες κεφαλές του είδους *Lavandula officinalis* (Lee, 2006). Τα γένη *Cymbopogon spp.*, *Ocimum spp.* και *Eucalyptus spp.* περιέχουν αρκετά ελπιδοφόρα είδη με αποθητικές ιδιότητες. Μεγάλη αποθητική ικανότητα παρουσιάζουν μεμονωμένες ενώσεις στις οποίες συναντώνται μονοτερπένια όπως το α-πινένιο, το λιμονένιο, η κιτρονελλόλη, η κιτρονελλάλη, η καμφορά και η θυμόλη. Είναι αναγκαίο, αποθητικά που έρχονται σε επαφή με το ανθρώπινο να εξετάζονται για τυχόν αλλεργίες και ερεθισμούς του δέρματος. Έτσι λοιπόν, ως συστατικά αποθητικών για τα κουνούπια χρησιμοποιούνται αιθέρια έλαια από κιτρονέλλα, λεμόνι, ευκάλυπτο (Nerio et al., 2010), μέντα και λεβάντα (Chellappandian et al., 2018) που είναι φιλικά προς το ανθρώπινο δέρμα. Αιθέριο έλαιο από το είδος *Eucalyptus globuli* εμφάνισε τοξικότητα στις προνύμφες του *Aedes aegypti* και στην οικιακή μύγα *Musca domestica*, ενώ από το είδος *Eucalyptus camaldulensis* φαίνεται να έχει αποθητική δράση ως προς τα ενήλικα θηλυκά του *Culex pipiens* (Batish et al., 2008).

Αιθέριο έλαιο από τις ταξιανθίες της *Cannabis sativa* (βιομηχανική κάνναβη) φάνηκε να είναι πλούσια πηγή μονοτερπένιων και σεσκιτερπένιων υδρογονανθράκων, με κυρίαρχα το καρυφοφιλλένιο, το α- και β- πινένιο, το μυρσενιό, το α-βουτυλένιο, το β-οκιμένιο, την τερπινόλη και την κανναβιδιόλη. Το παραπάνω έλαιο παρουσίασε υψηλή τοξικότητα κατά της *Musca domestica* και περιορισμένη κατά των προνυμφών και ενήλικων του είδους *Culex quinquefasciatus*. Αποτελεσματική ήταν και η εφαρμογή μεμονωμένων συστατικών του ελαίου, με παράδειγμα το α-πινένιο που φάνηκε να είναι τοξικό έναντι των *Aedes aegypti* και *Culex pipiens*. Στην ίδια μελέτη, αναφέρεται πως αιθέριο έλαιο από το είδος

*Artemisia nilagirica*, που περιείχε καρυφυλλένιο σε υψηλά επίπεδα, παρουσίασε αποθητικότητα μεν εναντίον του *Aedes aegypti*, τοξικότητα δε κατά του *Culex quinquefasciatus* (Benelli et al., 2018).

Σημαντική φαίνεται να είναι η συμβολή των αιθέριων ελαίων απέναντι σε έναν οικιακό εχθρό υψίστης σημασίας για τον άνθρωπο, τις κατσαρίδες. Η κατάταξη τους σε οικιακό εχθρό δημιουργεί την ανάγκη για μια φιλική προς τον άνθρωπο και το περιβάλλον αντιμετώπιση τους. Πιο αναλυτικά, υψηλή αποθητικότητα παρουσίασε το αιθέριο έλαιο του *Piper nigrum* τόσο σε νύμφες όσο και σε ενήλικα άτομα του είδους *Blattella germanica*. Όσον αφορά, το είδος *Periplaneta americana* ικανοποιητική αποθητική δράση είχαν αιθέρια έλαια από τα είδη *Piper nigrum* και *Piper aduncum* (Wagan et al., 2017). Η θυμόλη, η 1,8-κινεόλη, το β-πινένιο η καρβακρόλη, η γερανιόλη και η ευγενόλη φαίνεται να προκαλούν μεγαλύτερη τοξικότητα στα ενήλικα άτομα απ' ότι στις νύμφες του *Blattella germanica*. Θνησιμότητα στα ενήλικα θηλυκά επήλθε με αύξηση της δόσης των παραπάνω συστατικών (Phillips et al., 2010).

## 1.2 Παραλαβή αιθέριων ελαίων

Η παραλαβή των αιθέριων ελαίων από τα διάφορα φυτικά μέρη πραγματοποιείται κυρίως μέσω της απόσταξης ή της εκχύλισης, αλλά και με μηχανική παραλαβή (Κατσιώτης & Χατζοπούλου, 2016). Η εκάστοτε επιλεγόμενη μέθοδος για την παραλαβή αιθέριου ελαίου με υψηλά ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά καθορίζετε κυρίως από το είδος και το τμήμα του φυτικού υλικού (κύτταρα, ιστοί, αδένες, φύλλα, άνθη, καρποί, φλοιός, σπόροι, ρίζες), την περιεκτικότητα του σε έλαιο και την χημική σύνθεση των συστατικών του αιθέριου ελαίου (Δόρδας, 2012).

### 1.2.1 Απόσταξη

Η απόσταξη αποτελεί την οικονομικότερη και ευρύτετα διαδεδομένη και χρησιμοποιούμενη μέθοδο για την παραλαβή αιθέριων ελαίων. Είναι ιδιαίτερα απλή και βρίσκει εφαρμογή ήδη από την αρχαιότητα. Για την πραγματοποίηση της απόσταξης το φυτικό υλικό τοποθετείται μέσα στον άμβυκα, στον οποίο

διοχετεύονται ατμοί είτε από το προστιθέμενο στον άμβυκα νερό το οποίο βράζει, είτε από εξωτερική πηγή ατμού. Στην συνέχεια οι ατμοί υγροποιούνται και διαχωρίζεται το νερό από το αιθέριο έλαιο, ως αποτέλεσμα της διαφοράς του ειδικού τους βάρους. Έτσι στην ουσία κατά τον διαχωρισμό σχηματίζονται δύο φάσεις, του ύδατος και του αιθέριου ελαίου. Τα πιο διαδεδομένα είδη της απόσταξης είναι:

1. η απόσταξη με νερό ή υδροαπόσταξη
2. η απόσταξη με νερό και υδρατμούς ή υδρο-ατμοαπόσταξη
3. η απόσταξη με υδρατμούς

#### 1. Απόσταξη με νερό ή υδροαπόσταξη

Κατά την απόσταξη με νερό ή υδροαπόσταξη το φυτικό υλικό τοποθετείται στον άμβυκα και έρχεται σε άμεση επαφή με το περιεχόμενο νερό. Το φυτικό υλικό μετά την ανάμιξη του με το νερό επιπλέει ή βυθίζεται σε αυτό (Κατσιώτης & Χατζοπούλου, 2016). Η θέρμανση και τελικά ο βρασμός του υλικού πραγματοποιείται με φωτιά στην βάση του άμβυκα ή με κυκλοφορούμενο ατμό μέσω ειδικών σωληνώσεων που είναι τοποθετημένες στα τοιχώματα του άμβυκα. Η ταχύτητα της απόσταξης κλιμακώνεται σταδιακά ώστε να ληφθεί η μέγιστη ποσότητα του αιθέριου ελαίου. Η μέθοδος αυτή βρίσκει εφαρμογή στην παραλαβή αιθέριων ελαίων από ροδοπέταλα, άνθη εσπεριδοειδών και τριμμένους καρπούς ή ρίζες (Δόρδας, 2012). Παρόλο που είναι μια αρκετά οικονομική, απλή και εύκολη στην χρήση μέθοδος, η εφαρμογή της έχει περιοριστεί αισθητά (Κατσιώτης & Χατζοπούλου, 2016).

#### 2. Απόσταξη με νερό και υδρατμούς ή υδρο-ατμοαπόσταξη

Η απόσταξη με νερό και υδρατμούς ή υδρο-ατμοαπόσταξη είναι μια ιδιαίτερα αποτελεσματική μέθοδος και έχει στην ουσία αντικαταστήσει την προαναφερθείσα. Βασικό πλεονέκτημα της συγκεκριμένης μεθόδου είναι ότι το φυτικό υλικό δεν έρχεται άμεσα σε επαφή με το νερό. Συγκεκριμένα, το φυτικό υλικό διαχωρίζεται από το νερό ακουμπώντας σε ένα πλέγμα που είναι τοποθετημένο λίγο πάνω από την επιφάνεια του νερού. Και σε αυτή την μέθοδο, η θέρμανση του νερού πραγματοποιείται με φωτιά στην βάση του άμβυκα ή με κυκλοφορούμενο ατμό

μέσω ειδικών σωληνώσεων που είναι τοποθετημένες στα τοιχώματα του άμβυκα. Ο παραγόμενος ατμός με χαμηλή πίεση διέρχεται από το φυτικό υλικό και παρασύρει το αιθέριο έλαιο (Δόρδας, 2012). Προτιμάται για αποστάξεις μικρής κλίμακας όντας πιο οικονομική και γρήγορη και μπορεί να επιφέρει σε ορισμένες περιπτώσεις αιθέριο έλαιο καλύτερης απόδοσης και ποιότητας (Κατσιώτης & Χατζοπούλου, 2016).

### 3. Απόσταξη με υδρατμούς

Η απόσταξη με υδρατμούς είναι η πιο σύγχρονη και κατεξοχήν εφαρμοζόμενη μέθοδος στις βιομηχανίες για την παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων αιθέριου ελαίου. Το φυτικό υλικό τοποθετείται σε άμβυκα χωρητικότητας 2-3 τόνων και συγκρατείται από μεταλλικό πλέγμα αποτρέποντας έτσι την επαφή με τον πυθμένα. Χαρακτηριστικό της μεθόδου είναι ότι δεν εισάγεται νερό στον πυθμένα του άμβυκα. Η απόσταξη πραγματοποιείται με ατμό που παράγεται από ειδικό ατμολέβητα ή ατμογεννήτρια και κατανέμεται ομοιόμορφα σε όλο τον χώρο. Η πίεση με την οποία διοχετεύεται ο ατμός καθορίζεται από το είδος του φυτικού υλικού και γίνεται μέσω σωληνώσεων από τις οπές που υπάρχουν στον πυθμένα του άμβυκα. Με την μέθοδο αυτή παράγεται αιθέριο έλαιο καλύτερης ποιότητας και σε μεγαλύτερη ποσότητα. Η μέθοδος αυτή ενδείκνυται κυρίως για καρπούς, ρίζες και ξυλώδη υλικά (Κατσιώτης & Χατζοπούλου, 2016) .

Με το πέρασμα των χρόνων πέρα από τα παραπάνω παραδοσιακά είδη απόσταξης επινοούνται και άλλα, με στόχο την εύρεση μεθόδων για μεγίστη ποιοτική και ποσοτική παραγωγή αιθέριου ελαίου.

#### 1.2.2 Εκχύλιση

Η εκχύλιση αποτελεί μια εναλλακτική μέθοδο για την παραλαβή των αιθέριων ελαίων. Είναι αρκετά γνωστή και συχνά χρησιμοποιούμενη. Προτιμάται στην περίπτωση που κατά την απόσταξη προκαλείται αλλοίωση σε ορισμένα συστατικά ή διάσπαση των χημικών τους ομάδων, δίνοντας έτσι αιθέριο έλαιο υποδεέστερης

ποιότητας (Κατσιώτης & Χατζοπούλου, 2016). Η διαδικασία της εκχύλισης μπορεί να πραγματοποιηθεί με τις εξής μεθόδους:

1. Εκχύλιση με διαλύτες
2. Εκχύλιση με ψυχρό λίπος
3. Εκχύλιση με θερμό λίπος

#### 1. Εκχύλιση με διαλύτες

Η εκχύλιση με διαλύτες είναι απλή και η κατά βάση χρησιμοποιούμενη. Πραγματοποιείται με πτητικούς διαλύτες με συνηθέστερο έναν από τους καλύτερους διαλύτες, τον πετρελαϊκό αιθέρα. Το φυτικό υλικό τοποθετείται σε εκχυλιστήρα και η εκχύλιση γίνεται σε θερμοκρασία δωματίου με τον εκάστοτε πτητικό διαλύτη. Ο διαλύτης εισέρχεται στους ιστούς του φυτικού υλικού και παραλαμβάνει όχι μόνο τα πτητικά συστατικά αλλά όλο το αιθέριο έλαιο μαζί με τις χρωστικές, τους κηρούς, τις αλβουμίνες. Ο διαλύτης απομακρύνεται πλήρως υπό κενό και το αιθέριο έλαιο ονομάζεται σύγκριμα ή κονκρέτα (Κατσιώτης & Χατζοπούλου, 2016). Κατόπιν ειδικής επεξεργασίας του συγκρίματος με αιθυλική αλκοόλη μπορεί να ληφθεί το τελικό προϊόν ή απόλυτο (Δόρδας, 2012). Χαρακτηριστικό της εκχύλισης με διαλύτες είναι το σκοτεινό χρώμα του αιθέριου ελαίου και το πραγματικό άρωμα του φυτικού υλικού από το οποίο προέρχονται. Βρίσκει εφαρμογή κυρίως στην παραγωγή αιθέριων ελαίων μεγάλης αξίας.

#### 2. Εκχύλιση με ψυχρό λίπος

Η εκχύλιση με ψυχρό λίπος είναι μια παλιά και αποτελεσματική μέθοδος για την απομόνωση των πτητικών συστατικών από αρωματικά και ευαίσθητα φυτικά υλικά. Η μυρωδιά του παραγόμενου αιθέριου ελαίου είναι εμφανής και πολύ κοντά στην πραγματική μυρωδιά του φυτικού υλικού. Η μέθοδος είναι κατάλληλη για άνθη, όπως του γιασεμί, καθώς το λίπος έχει την ικανότητα να απορροφά και να συγκρατεί τα πτητικά συστατικά του φυτικού υλικού όταν έρχεται σε επαφή μαζί

του. Φρέσκα άνθη μετά την συλλογή τους στρώνονται πάνω σε τελάρα με γυάλινες πλάκες, στις επιφάνειες των οποίων είναι τοποθετημένο ένα λεπτό στρώμα λίπους. Μετά το πέρας 24 ωρών αφαιρούνται προσεκτικά τα άνθη και τοποθετούνται νέα φρεσκοσυλλεγμένα άνθη. Μετά την πάροδο της συγκομιδής, το λίπος είναι πλέον κορεσμένο από τα πτητικά συστατικά και εκχυλίζεται με αλκοόλη για την παραλαβή του αιθέριου ελαίου ή διατίθεται στο εμπόριο σαν αρωματική αλοιφή. Η ποιότητα του τελικού προϊόντος καθορίζεται από την ποιότητα του λίπους. Συνήθως χρησιμοποιείται μίγμα χοιρινού και βοδινού λίπους με αναλογία 2:1, το οποίο πρέπει να είναι καθαρό, άοσμο και με ημίσκληρη υφή (Κατσιώτης & Χατζοπούλου, 2016).

### 3. Εκχύλιση με θερμό λίπος

Η εκχύλιση με θερμό λίπος είναι κατάλληλη για φυτικά υλικά, όπως τα άνθη των εσπεριδοειδών, τα τριαντάφυλλα, οι μιμόζες, οι βιολέτες, τα οποία σταματούν την παραγωγή αρώματος αμέσως μετά την συλλογή τους. Σε κυλινδρικούς ανοξείδωτους εκχυλιστήρες εισάγεται το λίπος μαζί με τα άνθη και θερμαίνονται για μίση ώρα στους 80° C. Πραγματοποιείται συνεχής ανάδευση και προσθήκη νέων ανθέων έως ότου να κορεστεί το λίπος. Στη συνέχεια διηθείται από μεταλλικά φίλτρα ώστε να απομακρυνθούν εναπομείναντα φυτικά τμήματα και επεξεργάζεται με αλκοόλη για την παραλαβή του αιθέριου ελαίου (Κατσιώτης & Χατζοπούλου, 2016).

#### 1.2.3 Μηχανική παραλαβή

Η μηχανική παραλαβή πραγματοποιείται με την χρήση μηχανικών μέσων για εκπίεση. Είναι κατάλληλη για παραλαβή αιθέριων ελαίων από ξηρούς καρπούς και φλοιούς εσπεριδοειδών. Όσον αφορά τους ξηρούς καρπούς, η επεξεργασία για την παραλαβή του ελαίου γίνεται με πιεστήρια που μοιάζουν με αυτά του ελαιοτριβείου. Από τους φλοιούς των εσπεριδοειδών το έλαιο παραλαμβάνεται με δύο ειδών μηχανήματα. Στο ένα είδος μηχανημάτων επεξεργάζεται ολόκληρος ο καρπός και ο διαχωρισμός από το έλαιο πραγματοποιείται πριν την χυμοποίηση. Στο άλλο είδος πρώτα τεμαχίζονται οι καρποί, πραγματοποιείται η χυμοποίηση και έπειτα

επεξεργάζεται ο φλοιός των εσπεριδοειδών για την παραλαβή του αιθέριου ελαίου (Κατσιώτης & Χατζοπούλου, 2016).

#### 1.2.4 ΑΛΛΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

Πέρα από τις προαναφερθείσες παραδοσιακές μεθόδους παραλαβής αιθέριου ελαίου με το πέρασ των χρόνων επινοούνται νέες μέθοδοι είτε πιο καινοτόμες είτε ως εξέλιξη των παραδοσιακών. Ως στόχος των νέων μεθόδων τίθεται η μέγιστη δυνατή οικονομικά, ποιητικά και ποσοτικά παραγωγή. Οι νέες εναλλακτικές μέθοδοι αποσκοπούν σε μικρότερη χρονική διάρκεια για την παραλαβή του αιθέριου ελαίου σε σχέση με τις συμβατικές, αλλά και στην ελαχιστοποίηση της ποσότητας των διαλυτών που είναι απαραίτητη. Οι παρακάτω μέθοδοι ανήκουν στην λεγόμενη πράσινη τεχνολογία.

##### 1.2.4.1 Εκχύλιση με μικροκύματα

Μια εναλλακτική μέθοδος έντονου ενδιαφέροντος για την παραλαβή αιθέριου ελαίου είναι η εκχύλιση με μικροκύματα. Είναι μια μέθοδος που πλεονεκτεί στο χρόνο εκχύλισης και στο πλήθος των διαλυτών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μικρό όγκο. Η διαδικασία είναι οικονομική, ελεγχόμενη και εύκολη στην εφαρμογή με παραγόμενο αιθέριο έλαιο υψηλών ποιοτικών και ποσοτικών χαρακτηριστικών. Σε αντίθεση με τις συμβατικές μεθόδους, στην προκειμένη μέθοδο τα μικροκύματα διοχετεύουν θερμότητα απευθείας στο φυτικό υλικό χωρίς να απορροφάται ακτινοβολία από τον περιβάλλοντα χώρο. Εμπορικά χρησιμοποιούμενη συχνότητα των μικροκυμάτων είναι τα 2450 MHz με μέγιστη ισχύ τα 700 W (Mandal et al., 2009).

##### 1.2.4.2 Εκχύλιση με μικροκύματα χωρίς διαλύτες

Η εκχύλιση με μικροκύματα χωρίς διαλύτες αποτελεί μια συνδυαστική μέθοδο θέρμανσης με μικροκύματα και ξηρής απόσταξη που πραγματοποιείται με ατμοσφαιρική πίεση. Το φυτικό υλικό τοποθετείται σε αντιδραστήρα μικροκυμάτων με χαρακτηριστική απουσία προσθήκης διαλύτη ή νερού καθώς το περιεχόμενο



νερό του φυτικού υλικού είναι επαρκές. Στα χρησιμοποιούμενα αντιδραστήρια η συχνότητα των μικροκυμάτων είναι 2455 MHz με μέγιστη ισχύ εξόδου περίπου τα 1000 W (συνήθως κυμαίνεται στα 500 W). Πλεονέκτημα και αυτής της μεθόδου είναι η μείωση του αναγκαίου χρόνου και η εξοικονόμηση ενέργειας για την παραλαβή του αιθέριου ελαίου (Lucchesi et al., 2004).

#### 1.2.4.3 Εκχύλιση με υπερήχους

Όντας ελάχιστα απαιτητική σε χρόνο και ενέργεια μια ακόμα φιλική προς το περιβάλλον μέθοδος για παραλαβή αιθέριου ελαίου είναι η εκχύλιση με υπερήχους. Το φυτικό υλικό τοποθετείται σε λουτρό υπερήχων με μικρή ποσότητα κατάλληλου διαλύτη ή νερό. Η συχνότητα των υπερηχητικών κυμάτων καθορίζεται από το φυτικό υλικό και ρυθμίζεται πάνω από τα 20 kHz. Τα υπερηχητικά κύματα είναι είτε συνεχή είτε ασυνεχή και συνήθως η συχνότητα τους κυμαίνεται στα 30-40 kHz. Η μέθοδος αυτή πραγματοποιείται σε θερμοκρασία δωματίου και με τη βοήθεια των υπερήχων ο διαλύτης διεισδύει καλύτερα στο φυτικό υλικό. Είναι μια αρκετά χρήσιμη μέθοδος για θερμικά ασταθή φυσικά προϊόντα (Kimbaris et al., 2006). Το αιθέριο έλαιο που παραλαμβάνεται παρουσιάζει υψηλά ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά (Zhong et al., 2018).

### 1.3 Αψιθιά

Το γένος *Artemisia* ταξινομείται στην φυλή *Anthemideae*, στην τάξη *Asterales* και στην οικογένεια *Astreraceae* (*Compositae*), στην οποία συγκαταλέγονται πλήθος αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών (Σαρλής, 1999). Το γένος *Artemisia* είναι από τα μεγαλύτερα και πιο διαδεδομένα γένη της οικογένειας *Astreraceae* και περιλαμβάνει περισσότερα από 400 είδη βοτάνων και μικρών θάμνων που ευδοκιμούν κυρίως σε εύκρατες περιοχές της Ασίας, της Ευρώπης, της Βόρειας Αφρικής και της Βόρειας Αμερικής, κυρίως στον Καναδά (Bachrouch et al., 2015). Το είδος *Artemisia absinthium* είναι ενδημικό γνωστό ως αψιθιά. Καλλιεργείται σαν καλλωπιστικό και φαρμακευτικό φυτό. Είναι ένα αρωματικό και φαρμακευτικό φυτό εθνοφαρμακολογικού ενδιαφέροντος.

### 1.3.1 Βοτανική περιγραφή του φυτού

Η αψιθιά είναι ένας πολυετής μικρός ξυλώδης θάμνος με χαρακτηριστικό έντονο άρωμα και πικρή γεύση (Bachrouh et al., 2015). Το φυτό φτάνει σε ύψος τα 0,80-1,20 m και φέρει ινώδες ριζικό σύστημα. Το στέλεχος του είναι ευθύ διακλαδισμένο έμμισχο με αργυρό-πράσινο χρωματισμό. Φέρει φύλλα κατ' εναλλαγή διατεταγμένα πρασινωπού χρωματισμού στο επάνω μέρος της φυλλικής επιφάνειας και ασημί-λευκού στο κάτω μέρος. Και οι δύο φυλλικές επιφάνειες καλύπτονται με αργυρόχρωμο χνούδι μεταξωτής μορφής και ελαιοπαραγωγικούς αδένες (Beigi, 2017). Πέρα από τα φύλλα, το είδος *Artemisia absinthium* φέρει ελαιοπαραγωγικούς αδένες στους μίσχους και στα ανθοφόρα κλαδιά (Mihajilov-Krstev et al., 2014). Τα φύλλα στην άκρη παρουσιάζουν αμβλύ σχήμα και τα εβρισκόμενα στη βάση είναι μακρόστενα. Οι ανθοκεφαλές είναι αρκετά μικρές, σφαιρικές, συνήθως 3-4 mm, με κιτρινοπράσινο χρώμα (Bailen et al., 2013), ετερόγαμες με σωληνανθή και γλωσσανθή άνθη και γέρνουν προς τα κάτω. Ο καρπός είναι μικρό αχαίνιο. Είναι ανεμόφιλο και ανθίζει από τον Ιούλιο έως τον Σεπτέμβριο (Σαρλής, 1999).

### 1.3.2 Εδαφοκλιματικές απαιτήσεις και πολλαπλασιασμός

Το είδος *Artemisia absinthium* προσαρμόζεται εύκολα τόσο σε ξηρά όσο και σε υγρά εδάφη (Riahi et al., 2015). Αναπτύσσεται καλύτερα σε αργιλώδη και αμμοπηλώδη εδάφη με καλή στράγγιση, παρουσιάζει δε ανεκτικότητα σε φτωχά και αλατούχα εδάφη (Maw et al., 1985). Προτιμά αρκετά τα πλούσια σε άζωτο πετρώδη εδάφη (Rezaeinodehi & Khangholi, 2008) και έχει μικρές ανάγκες σε φώσφορο και κάλιο (Judžentienė, 2016). Αντέχει στην ξηρασία για μικρό χρονικό, αλλά και σε υψηλά επίπεδα υγρασίας όπου έχει παρατηρηθεί σημαντική βλάστηση (Maw et al., 1985). Οι ανάγκες του σε νερό κατά μέσο όρο κυμαίνονται στα 400 mm (Kelsey & Shafizadeh, 1979). Συναντάται σε πετρώδη σημεία (Σαρλής, 1999), σε βραχώδη πλαγιές, σε αγρούς (Judžentienė, 2016), στην άκρη του δρόμου (Maw et al., 1985) και σε οδοστρώματα (Rezaeinodehi & Khangholi, 2008). Στην Ελλάδα το είδος *Artemisia absinthium* συναντάται σε πετρώδη σημεία από τις βόρειες περιοχές έως την Θεσσαλία (Σαρλής, 1999).

Η αψιθιά πολλαπλασιάζεται με μοσχεύματα, με διαίρεση του ριζώματος αλλά και σπόρους το φθινόπωρο (Judžentienė, 2016).

### 1.3.3 Ιδιότητες του φυτού

Έχει βρεθεί, ότι το αιθέριο έλαιο της αψιθιάς έχει αντιοξειδωτικές, αντιβακτηριδιακές και αντιφλεγμονώδεις δράσεις. Το συγκεκριμένο βότανο χρησιμοποιείται ευρέως στην ιατρική, φαρμακευτική, αρωματοποιητική και καλλυντική βιομηχανία (Mhiri et al., 2018). Στην ιατρική βρίσκει εφαρμογή τόσο ως αιθέριο έλαιο όσο και ως ολόκληρο αποξηραμένο φυτό σε αντισηπτικά, αντισπασμωδικά και ηρεμιστικά φάρμακα (Beigi, 2017). Επιπλέον, παρουσιάζει αντιπαρασιτικές, αντιπυρετικές, αντιμικροβιακές, διουρητικές, ηπατοπροστατευτικές, πεπτικές και τονωτικές ιδιότητες. Μεταξύ άλλων χρησιμοποιείται κατά της ανορεξίας, της αϋπνίας, της αναιμίας και της κόπωσης (Judžentienė, 2016). Το αψινθέλαιο θεωρείται δηλητήριο του εγκεφάλου και προκαλεί σπασμούς και διαταραχές του κεντρικού νευρικού συστήματος. Ευρεία γνωστή είναι η συμβολή του *Artemisia absinthium* στην ποτοποιία για την παρασκευή οινοπνευματωδών ποτών, κρασιών με χαρακτηριστική πικρή γεύση, βερμούτ και του ομώνυμου αλκοολούχου ποτού απέντι (Beigi, 2017). Επιπλέον, έχει αποδειχθεί, ότι τα εκχυλίσματα του *Artemisia absinthium* διαθέτουν φάσμα βιολογικών δραστηριοτήτων.

Πιο αναλυτικά, έχει μελετηθεί εκτενώς η αντιβακτηριδιακή του δράση σε ποικίλα βακτήρια. Μερικά από τα παθογόνα στα οποία έχουν διεξαχθεί πειραματικές μελέτες είναι ο *Bacillus cereus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella*, *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis* και *Micrococcus luteus*. Επιπλέον, το αιθέριο έλαιο του *Artemisia absinthium* εφαρμόστηκε για την προστασία αποθηκευμένων προϊόντων από προσβολές επιβλαβών οργανισμών, την αντιμετώπιση και τον έλεγχο εντόμων που ανήκουν στην οικογένεια των Coleoptera, όπως τα *Oryzaephilus surinamensis*, *Tribolium castaneum*, *Acanthoscelides obtectus* και *Rhizopertha dominica* (Bachrouh et al., 2015). Σύμφωνα με τους Chiasson et al., το αιθέριο έλαιο της αψιθιάς παρουσιάζει και ακαρεοκτόνες ιδιότητες, γεγονός που οδήγησε σε εφαρμογές κατά του *Tetranychus urticae* και του *Phytoseiulus persimilis*. Πιθανολογείται και η δραστηριότητα του ως νηματοδοκτόνο για την αντιμετώπιση του νηματώδη των ριζών, όπως *Meloidogyne javanica* (Julio et al., 2017). Ιδιαίτερα

σημαντικές φαίνεται να είναι και οι ζιζανιοκτόνες του ιδιότητες του είδους *Artemisia absinthium* (Judžentienė, 2016).

#### 1.3.4 Ενώσεις του αιθέριου ελαίου

Σύμφωνα με μελέτες, τα χημικά συστατικά του αιθέριου ελαίου του είδους *Artemisia absinthium* δεν είναι πλήρως καθορισμένα καθώς ποικίλουν ποιοτικά και ποσοτικά, ανάλογα με την γεωγραφική τους προέλευση και τις περιβαλλοντικές συνθήκες (Rezaei-nodehi & Khangholi, 2008). Επιπλέον, τα συστατικά και τα ποσοστά των διαφόρων ενώσεων στο αιθέριο έλαιο παρουσιάζουν διαφορές τόσο μεταξύ των φυτών του ίδιου πληθυσμού όσο και από χώρα σε χώρα (Llorens-Molina et al., 2017). Διαφορές παρουσιάστηκαν και στα αιθέρια έλαια που παρήχθησαν τόσο από τα καλλιεργούμενα φυτά όσο και από τα άγριας προέλευσης (Martín et al., 2011). Το αιθέριο έλαιο της αψιθιάς έχει χαρακτηριστική και έντονη οσμή και πρασινωπό χρώμα (Basta, et al., 2007).

Οι ενώσεις που βρίσκονται σε μεγαλύτερη συγκέντρωση είναι η θουγιόνη, η καρβακρόλη, η καμφορά και η 1,8 κινεδόλη (Bachrouch et al., 2015). Στο αιθέριο έλαιο συναντώνται επίσης το εποξικό οκιμένιο, η οξική χρυσανθεμίνη και η οξική σαβινόλη (Derwich et al., 2009). Άλλες ενώσεις σε μικρότερες συγκεντρώσεις βρέθηκαν να είναι οι κουμαρίνες, τα φλαβονοειδή, οι στερόλες, το αζουλένιο, το β-μυρσένιο και το σαβινένιο (Yoon et al., 2011). Η λιναλοόλη, η τερπινέν-4-όλη, η θυμόλη, α-πινένιο, η ατρεμισίνη και το χαμαζουλένιο έχουν επίσης έχουν αναγνωρισθεί στο αιθέριο έλαιο της αψιθιάς (Mhiri et al., 2018). Επιπροσθέτως, έχει βρεθεί ότι αιθέριο έλαιο πέρα από την ξηρή δρόγη μπορεί να παραχθεί και από τις ρίζες, το οποίο επίσης παρουσιάζει υψηλά επίπεδα μονοτερπενικών υδρογονανθράκων και μονοτερπενικών εστέρων (Llorens-Molina et al., 2017). Γενικά, είναι πτητικό έλαιο που περιέχει και σεσκιτερπενικές λακτόνες, φαινολικά οξέα και λιγνάνες. Χαρακτηριστικότερο συστατικό ομώνυμο του φυτού είναι η αψινθίνη, ένα πικρό γλυκοσίδιο που ανήκει στα σεσκιτερπένια (Martín et al., 2011).

Όσον αφορά, το αιθέριο έλαιο του *Artemisia absinthium* ελληνικής προέλευσης παρουσίασε μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε μονοτερπενικούς υδρογονάνθρακες και οξυγενετικά μονοτερπένια και σεσκιτερπένια, όπως οξικό καρυοφυλλένιο, 1,8-κινεδόλη, χαμαζουλένιο, λιναλοόλη, θυμόλη, θουγιόνη και τερπινέν-4-όλη. Ωστόσο

έχει αναφερθεί, ότι ορισμένες φορές δεν παρουσιάζεται η ένωση της θουγιόνης (Martín et al., 2011). Το γεγονός αυτό επιβεβαιώθηκε και στο αιθέριο έλαιο ελληνικής προέλευσης που λήφθηκε από άγριο τύπο του είδους *Artemisia absinthium* (Basta, et al., 2007).

### 1.3.5 Δραστικότητα και εντομοτοξικότητα του αιθέριου ελαίου

Η δραστικότητα του αιθέριου ελαίου ποικίλει ανάλογα με το ποσοστό συγκέντρωσης των επιμέρους συστατικών του, τα οποία φαίνεται να έχουν καταλυτικό ρόλο (Mhiri et al., 2018). Αρκετές φορές η δραστικότητα του αιθέριου ελαίου είναι μεγαλύτερη, χάρις στη συνεργιστική δράση των κύριων και δευτερευόντων συστατικών. Τα μίγματα λοιπόν μπορεί να πλεονεκτούν συγκριτικά με τα μεμονωμένα συστατικά λόγω των πολλαπλών τρόπων δράσης τους, καθώς και στην καθυστέρηση ανάπτυξη αντοχής (Rizvi et al., 2018). Φαινορικά συστατικά, όπως η καρβακρόλη, παρουσίασαν υψηλή δραστική ικανότητα (Mhiri et al., 2018). Βρέθηκε πως κυρίως οι πτητικές και λιπόφιλες ενώσεις των μονοτερπενοειδών είναι οι κύριες συνιστώσες για την παρεμπόδιση της ανάπτυξης και των φυσιολογικών λειτουργιών των εντόμων και οφείλεται στην ικανότητα ταχύτατης εισχώρησής τους σε αυτά (Bachrouch et al., 2015). Γενικά τα μονοτερπένια και τα σεσκιτερπένια που συνθέτουν το αιθέριο έλαιο της αμιθιάς είναι υπεύθυνα για την πρόκληση νευροτοξικότητας στα έντομα (Rizvi et al., 2018).

Έχει βρεθεί ότι, η δραστικότητα του αιθέριου ελαίου της αμιθιάς, όσον αφορά την εντομοκτόνο δράση του, οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στο ποσοστό συγκέντρωσης της θουγιόνης. Σε μικρές συγκεντρώσεις μπορεί να προκαλέσει μυϊκούς σπασμούς, ενώ σε μεγάλες οδηγεί σε θνησιμότητα (Bailen et al., 2013). Έτσι η θουγιόνη αποτελεί ενδιαφέρουσα προοπτική για δημιουργία ενός φυσικού εντομοκτόνου (Mihajilov-Krstev et al., 2014). Με γνώμονα τα παραπάνω, μελετήθηκε και βρέθηκε η αποτελεσματικότητα του και ως μυκητοκτόνο και ως ακαρεοκτόνο (Bailen et al., 2013). Το οξικό σαβινύλιο και η θουγιόνη φαίνεται να έχουν απωθητική δράση και να εμποδίζουν τη διαδικασία τροφοδοσίας των εντόμων. Οι δύο αυτές ενώσεις λοιπόν θεωρούνται αρκετά θανατηφόρες (Mihajilov-Krstev et al., 2014) και νευροτοξικές (Judžentienė, 2016).

Η μυρτενόλη παρουσιάζει απωθητική δράση έναντι των ειδών μύγας (Bailen et al., 2013). Η θυμόλη και η 1,8-κινεόλη μπορούν να παρουσιάσουν ισχυρή τοξικότητα κατά την επαφή. Η καρβακρόλη είναι τοξική τόσο κατά την επαφή όσο και κατά την κατάποση, προκαλεί δε ελαφρά αναστολή της δραστηριότητας της ακετυλοχολινεστεράσης στις μύγες (Rizvi et al., 2018). Το αιθέριο έλαιο από το είδος *Artemisia absinthium*, λόγω υψηλής πτητικότητας, έχει παρουσιάσει σημαντική υποκαπνιστική δράση καθιστώντας το ικανό να χρησιμοποιηθεί για την παρασκευή φυσικών εντομοκτόνων επαφής με υποκαπνιστική δράση. Ένα τέτοιο βιολογικό σκεύασμα είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για τον έλεγχο και την διαχείριση των εντόμων αποθηκών (Bachrouch et al., 2015).

## 1.4 Λυγαριά

Το είδος *Vitex agnus-castus* ανήκει στην τάξη Lamiales και στην οικογένεια Verbenaceae (Σαρλής, 1999). Το γένος *Vitex* περιλαμβάνει πλήθος γνωστών αρωματικών και φαρμακευτικών δένδρων και θάμνων που απαριθμούνται γύρω στα 270 είδη (Meena et al., 2011). Η ονομασία του είδους προέρχεται από την ελληνική λέξη «αγνός» και ο όρος *castus* από τα λατινικά που επίσης σημαίνει «αγνός, καθαρός» (Chhabra & Kulkarni, 2011). Το είδος *Vitex agnus-castus* είναι εγχώρια γνωστό ως λυγαριά ή καναπίτσα (Σαρλής, 1999). Είναι ιθαγενές της Μεσογείου και της νότιας Ασίας (Travlos & Karamanos, 2007). Συναντάται ως αυτοφυές κυρίως, αλλά συχνά καλλιεργείται και ως καλλωπιστικό (Senatore et al., 1996).

### 1.4.1 Βοτανική περιγραφή του φυτού

Το είδος *Vitex agnus-castus* είναι ένας έντονα αρωματικός φυλλοβόλος θάμνος ή χαμηλό δένδρο ύψους 1-6 m (Zahid et al., 2016). Τα κλαδιά του είδους είναι ευλύγιστα και άθραυστα (Σαρλής, 1999). Φέρει φύλλα αντίθετα διατεταγμένα σε παλαμοειδές μορφή, με το κάθε ένα να αποτελείται από περίπου 5 φυλλάκια ενωμένα με τον κεντρικό βλαστό. Τα φυλλάκια είναι λογχοειδή, μήκους 1,5-10 cm και πλάτους 0,5-2 cm. Το κεντρικό φυλλάριο είναι το μεγαλύτερο και μακρύτερο με γυαλιστερό σκούρο πράσινο χρωματισμό στην επάνω πλευρά, βελούδινη λευκογκρί δε στην κάτω πλευρά της φυλλικής επιφάνειας (Zahid et al., 2016). Τα ακριανά

φυλλάρια είναι μικρότερα, συνήθως στενά και ελλειπτικά σε σχήμα (Köngül, 2019). Στην κορυφή των μίσχων αναπτύσσονται οι ταξιανθίες με βοτρυοειδές σχήμα και μακριά μυτερή απόληξη. Οι ταξιανθίες φτάνουν σε μήκους τα 12,0-17,5 cm και τα άνθη είναι διατεταγμένα σε πολυπληθή ζεύγη διαμορφώνοντας μικρά συμπλέγματα (Zahid et al., 2016). Ο χρωματισμός των ανθέων ποικίλει από λευκό σε ανοιχτό μοβ ή βιολετί μέχρι βαθύ μπλε (Köngül, 2019). Οι καρποί είναι δρύπη με σφαιροειδές σχήμα, σκληρός και κοκκινωπού έως μαύρου χρώματος με διάμετρο 2–4 mm (Zahid et al., 2016). Η περίοδος ανθοφορίας της λυγαριάς ξεκινάει από τον Μάιο έως τον Σεπτέμβριο και στη συνέχεια οι καρποί ωριμάζουν από τα τέλη Σεπτεμβρίου μέχρι τέλη Νοεμβρίου (Σαρλής, 1999).

#### 1.4.2 Εδαφοκλιματικές απαιτήσεις και πολλαπλασιασμός του φυτού

Το είδος *Vitex agnus-castus* ευδοκίμει τόσο σε τροπικές και υποτροπικές περιοχές όσο σε εύκρατες (Meena et al., 2011). Το φυτό προτιμά τα καλά στραγγιζόμενα, όντας ευαίσθητο στην υπερβολική εδαφική υγρασία, ελαφρά (αμμώδη) και μεσαία (πηλώδη) εδάφη. Ευδοκίμει εξίσου στα όξινα, ουδέτερα και βασικά εδάφη. Δεν μπορεί ωστόσο να αναπτυχθεί στη σκιά (Chhabra & Kulkarni, 2011). Συναντάται σε παραθαλάσσιες, παραποτάμιες πεδινές και ημιορεινές περιοχές, καθώς και σε φτωχά ή μέτριας γονιμότητας εδάφη (Travlos & Karamanos, 2007). Η λυγαριά αναπτύσσεται σε περιβάλλοντα της Κεντρικής Ασίας, της Βόρειας Αμερικής, της Μεσογείου και της Ευρώπης και συναντάται ιδιαίτερα στην Αίγυπτο, την Ελλάδα, το Ιράν, την Ιταλία (Zahid et al., 2016). Γενικά, συναντάται σε υψόμετρο από 0-600 μέτρα (Sorensen & Katsiotis, 1999). Στην Ελλάδα φύεται κυρίως σε αμμώδη, παραθαλάσσιες, παραποτάμιες περιοχές και σε παρυφές δρόμων (Σαρλής, 1999).

Η λυγαριά πολλαπλασιάζεται με μοσχεύματα και παραφυάδες.

#### 1.4.3 Ιδιότητες του φυτού

Το είδος *Vitex agnus-castus* είναι από τις απαρχές ευρύτατα γνωστό για τις ποικίλες φαρμακευτικές και αρωματικές του ιδιότητες. Ήδη από την αρχαιότητα χρησιμοποιείται όχι μόνο ως αντιπροοδισιακό, αλλά και ενάντια σε ποικίλες

διαταραχές του γυναικείου γεννητικού συστήματος. Είναι κατάλληλη για πλήθος γυναικολογικών παθήσεων, κατά της μασταλγίας, για τυχόν ανωμαλίες κατά την εμμηνόρροια και την εμμηνόπαυση, αλλά και κατά του προεμμηνορροϊκού συνδρόμου (PMS) (Zahid et al.,2016). Η λυγαριά βοηθάει επίσης στην εξισορρόπηση των γυναικείων ορμονών και αντιστάθμιση της υπερπαραγωγής οιστρογόνων (Sorensen & Katsiotis, 1999). Βρίσκει εφαρμογή ως διουρητικό, αντισπασμωδικό, αγγωλιτικό, αντιεπιληπτικό, αντιμυκητιασικό, αντιφλεγμονώδες, κατά της ακμής, κατά των πεπτικών διαταραχών και αναστέλλει τη σύνθεση προλακτίνης (Zahid et al.,2016). Χρησιμοποιείται ως αναλγητικό κατά των κοιλιακών και στομαχικών πόνων, καθώς και σε περίπτωση τσιμπήματος από φίδι ή σκορπιό (Kustrak et al., 1994). Γνωστή είναι και η αντιοξειδωτική δράση της λυγαριάς που οφείλεται στα φαινολικά και φλαβονοειδή συστατικά του ελαίου (Meena et al., 2011). Επιπλέον θεωρείται σημαντικό και άριστο μελισσοκομικό φυτό. Η γύρη και το νέκταρ όντας άπλετα χάρις την μακρά περίοδο ανθοφορίας, αλλά και την αντοχή του φυτού στην ξηρασία, αποτελούν σημαντική πηγή για τις μέλισσες (Gurel et al., 2008). Επιπλέον, οι καρποί παρουσιάζουν ομοιότητες με το μαύρο πιπέρι και χρησιμοποιούνται μερικές φορές ως καρυκεύματα (Rani & Sharma, 2013). Τα κλαδιά δε της λυγαριάς όντας αρκετά ευλύγιστα χρησιμοποιούνται στην καλαθοπλεκτική (Σαρλής, 1999).

Μια επιπλέον ιδιότητα του αιθέριου ελαίου της λυγαριάς είναι η αντιβακτηριδιακή του δράση. Πειραματικές μελέτες πραγματοποιήθηκαν σε βακτήρια όπως *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumonia* και *Candida parapsilosis*.

Αξιοσημείωτη φυσικά είναι, σύμφωνα με μελέτες, και η εντομοκτόνος δράση του είδους *Vitex agnus-castus*. Το αιθέριο έλαιο έχει εφαρμοστεί σε αρκετά είδη της οικογένειας των Coleoptera, όπως στα ενήλικα των *Acanthoscelides obtectus* και *Tribolium castaneum* επιφέροντας θνησιμότητα (Ulukanli et al., 2015). Στην προαναφερθείσα οικογένεια, θνησιμότητα παρουσίασε και το είδος *Sitophilus oryzae* από την εφαρμογή του ελαίου (Abdelgaleil et al., 2016).

Ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα και αξιοσημείωτη είναι η απωθητική δράση του ελαίου των σπόρων της λυγαριάς σε έναν από τους σημαντικούς εχθρούς δημόσιας υγείας, τα κουνούπια. Η απωθητική δράση παρατηρήθηκε έναντι και των τριών γενών κουνουπιών *Aedes*, *Anopheles* και *Culex* σε είδη όπως τα *Culex quinquefasciatus*, *Anopheles stephensi* και *Aedes aegypti*. Το έλαιο των σπόρων της λυγαριάς παρουσίασε απωθητική δράση και σε άλλα αιμομυζητικά είδη. Αρκετά σημαντική



ήταν η αποτελεσματικότητα του στα τσιμπούρια *Ixodes ricinus* και *Rhipicephalus sanguineus* (Mehlhorn et al., 2005).

Το αιθέριο έλαιο της λυγαριάς φάνηκε να έχει και σημαντική προνυμφοκτόνο δράση έναντι του είδους *Spilosoma obliqua* (Tandon et al., 2008), καθώς και στην οικιακή μύγα *Musca domestica* (Sh.Selem & El-Sheikh, 2015). Επιπλέον, η ακαρεοκτόνος δράση του ελαίου της λυγαριάς επιβεβαιώθηκε προκαλώντας θνησιμότητα στο είδος *Tetranychus urticae*, οποία εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την δράση των κύριων συστατικών του ελαίου (Toruz et al., 2018). Πέρα από τις προαναφερθείσες ιδιότητες, το έλαιο παρουσίασε και νηματοδοκτόνο δράση έναντι του νηματώδη, *Meloidogyne incognita* (Ntalli et al., 2010).

#### 1.4.4 Ενώσεις του αιθέριου ελαίου

Πολλές φορές τα αιθέρια έλαια της λυγαριάς παρουσιάζουν δικαιολογημένα μεταξύ τους ποιοτικές και ποσοτικές διαφορές. Το φαινόμενο αυτό οφείλεται κυρίως στην διαφορετική γεωγραφική προέλευση και το στάδιο ανάπτυξης της πρώτης ύλης, καθώς και στις επικρατούσες κλιματικές συνθήκες. Όλο το φυτό είναι ιδιαίτερα ωφέλιμο καθώς αιθέριο έλαιο μπορεί να παραληφθεί από όλα τα φυτικά μέρη. Το αιθέριο έλαιο της λυγαριάς είναι πλούσιο σε φαινολικές ενώσεις και κυρίως φλαβονοειδή και τερπενοειδή. Πιο αναλυτικά, περιέχει σε μεγάλο ποσοστό μονοτερπένια όπως 1,8-κινεόλη, λιμονένιο, α-πινένιο, σαβινένιο, τερπιεν-4-ολη και 1-τερπιεν-4-ολη, καθώς και σεσκιτερπένια όπως καρυοφυλλένιο, β-φαρνεσένιο και οξείδιο καρυοφυλλενίου (Ulukanli et al., 2015). Στο εκχύλισμα κυρίως των καρπών και των φύλλων της λυγαριάς βρέθηκαν ουσίες που συγκαταλέγονται στα διτερπενοειδή και ιριδοειδή γλυκοσίδια όπως η αγνουσίδη και η αουκοβίνη. Όσον αφορά τα φλαβονοειδή περιέχει καστισίνη, βιτεξίνη, ισοβιτεξίνη και οριεντίνη. Ωστόσο, ποικίλες είναι οι ενώσεις που απαντώνται σε ίχνη (<0,1%) στο αιθέριο έλαιο της λυγαριάς (Kustrak et al., 1994). Στον φλοιό της ρίζας βρέθηκαν ουσίες όπως η λουτεολίνη, η αρτεμετίνη και η ισοραμετίνη (Meena et al., 2011).

Στο αιθέριο έλαιο ελληνικής προέλευσης έχουν αναγνωρισθεί 47 ουσίες, εκ των οποίων οι κύριες είναι η 1,8 κινεόλη, το σαβινένιο και το β-φαρνεσένιο. Επίσης περιέχει σε αξιοσημείωτα ποσοστά α-πινένιο, μυρσένιο και β-καρυοφυλλένιο. Το

αιθέριο έλαιο είναι ιδιαίτερα αρωματικό με χαρακτηριστική έντονη οσμή και ωχροκίτρινο έως κίτρινο χρωματισμό (Sorensen & Katsiotis, 1999).

#### 1.4.5 Δραστικότητα και εντομοτοξικότητα του αιθέριου ελαίου

Η σύνθεση του ελαίου καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την δραστικότητα του (Ulukanli et al., 2015). Η τοξικότητα του ελαίου οφείλεται τόσο στα κύρια συστατικά, όσο και στην συνεργιστική τους δράση με τα δευτερεύοντα συστατικά. Τα μονοτερπενοειδή κυρίως συστατικά φαίνεται να είναι υπεύθυνα για την ενομοτοξικότητα. Αρκετά τοξικά συστατικά είναι η 1,8 κινεόλη και το λιμονένιο. Επιπλέον, τα μονοτερπενοειδή παρουσιάζοντας υποκαπνιστική δράση καθίστανται κατάλληλα για την διαχείριση εντόμων αποθηκευτικών προϊόντων. Όσο πιο πτητικά είναι τα συστατικά του ελαίου, τόσο ισχυρότερη είναι η υποκπνιστική τους δράση. Έχει δειχθεί, ότι οι κετόνες ήταν αποτελεσματικότερες από τις αλκοόλες, αλλά λιγότερο τοξικές σε σχέση με τις αλδεύδες (Toruz et al., 2018). Μια από τις περιεχόμενες ουσίες του ελαίου, η τερπιεν-4-ολη παρουσιάζει ισχυρή ανασταλτική δράση στη δραστηριότητα της ATPase (Abdelgaleil et al., 2016). Επιπλέον, έχει την ικανότητα να προκαλεί παράλυση όπως και άλλα τερπένια, σαν την θυμόλη και την γερανιόλη (Ntalli et al., 2010). Άλλη μια ουσία που θεωρείται υπεύθυνη για την τοξικότητα του αιθέριου ελαίου της λυγαριάς είναι το β-καρυοφυλλένιο (Neves & Camara, 2016). Σημαντικός είναι και ο ρόλος των φλαβονοειδών χάρις τη δραστικότητα τους έναντι του νευρικού συστήματος (Köngül, 2019). Επιπροσθέτως, το έλαιο δρα και κατά του αναπνευστικού συστήματος χάρις τη διεισδυτική του ικανότητα. Γενικά, το ποσοστό δραστικότητας του αιθέριου ελαίου της λυγαριάς εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον τρόπο (επαφή, κατάποση) και το μέσο (υποκαπνισμός, υπολειμματική επαφή) εφαρμογής (Neves & Camara, 2016).

### 1.5 Μύγα της Μεσογείου

Η μύγα της Μεσογείου, *Ceratitis capitata* (Wiedemann) είναι ένα ολομετάβολο έντομο που ανήκει στην τάξη Diptera και στην οικογένεια Tephritidae (Papadopoulos et al., 2015). Στην οικογένεια Tephritidae ανήκουν και άλλα είδη

μεγάλης οικονομικής σημασίας. Είναι μια πολυπληθής οικογένεια με είδη που ανέρχονται στα 5.000 παγκοσμίως, εκ των οποίων τα 1.400 αναπτύσσονται σε σαρκώδη φρούτα. Τα τέσσερα κύρια γένη αυτής της οικογένειας είναι τα *Ceratitis*, *Bactrocera*, *Anastrepha* και *Rhagoletis* και περιλαμβάνουν σημαντικά επιβλαβή είδη. Το γένος *Ceratitis* περιλαμβάνει 78 είδη, με πιο διαδεδομένο το *Ceratitis capitata* (Malacrida et al., 2007). Η μύγα της Μεσογείου αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους οικονομικά εχθρούς των καρποφόρων δένδρων παγκοσμίως και είναι έντομο καραντίνας για πολλές χώρες (Papadopoulos et al., 2015).

### 1.5.1 Μορφολογικά χαρακτηριστικά του εντόμου

Τα ενήλικα άτομα της μύγας της Μεσογείου φτάνουν σε μήκος τα 4-6 mm και πλάτος τα 1,2-2 mm. Η κεφαλή των ενήλικων είναι κίτρινη με πιο σκούρο χρωματισμό ανάμεσα στις βάσεις των κεραιών, οι οποίες είναι καστανοκόκκινες. Φέρουν σύνθετους λαμπερούς πορφυρόχρωμους οφθαλμούς, ανάμεσα στους οποίους φύονται μαύρες τρίχες. Τα αρσενικά στο μέτωπο φέρουν δύο κερατοειδή αποφύσεις ροπαλοειδούς σχήματος. Το νωτιαίο τμήμα του θώρακα είναι μαύρο με ανοιχτόχρωμες κηλίδες ενώ το κοιλιακό τμήμα καστανό και λευκό. Οι πτέρυγες είναι διαφανείς με ευδιάκριτες χαρακτηριστικές μαύρες, καστανές και κίτρινες κηλίδες και ζώνες μήκους 4,5 mm έκαστη. Η κοιλιακή χώρα είναι πορτοκαλοκίτρινη με δύο χαρακτηριστικές εγκάρσιες ζώνες καστανοκόκκινου χρωματισμού με μικρά στίγματα. Στην άνω επιφάνεια της κοιλιακής χώρας υπάρχουν διασκορπισμένες λεπτές, μαύρες σμήριγγες. Στα θηλυκά το μήκος της κοιλιακής χώρας είναι μεγαλύτερο από το πλάτος τους. Τα πόδια φέρουν κιτρινοκόκκινο χρωματισμό και στις οπίσθιες κνήμες διακρίνονται κίτρινες σκληρές τρίχες. Στα θηλυκά εξέχει ωοθήτης κιτρινοκόκκινου χρώματος που στην άκρη γίνεται καστανός και φτάνει σε μήκος τα 0,9-1,3 mm.

Τα αυγά της μύγας της Μεσογείου χαρακτηρίζονται από λευκό χρώμα και λεία επιφάνεια. Είναι μακρόστενα με κυρτό σχήμα μήκους 0,9-1,1 mm και διάμετρο 0,2 mm.

Οι προνύμφες του είδους είναι άποδες και ακέφαλες κυλινδρικού σχήματος με το πρόσθιο μέρος να είναι στενότερο του οπίσθιου. Είναι υπόλευκες μήκους 7-9 mm και πλάτους 1,5-2 mm. Στην άκρη της κοιλιακής χώρας φέρουν δύο οπίσθια αναπνευστικά στίγματα με τρία ανοίγματα έκαστο.

Οι νύμφες είναι ελλειψοειδής με μήκος 4-4,5 mm και πλάτος 2-2,5 mm. Ο χρωματισμός τους ποικίλει και κυμαίνεται από υπόλευκο ως σκούρο καστανό. Ο εκάστοτε χρωματισμός που φέρει η νύμφη εξαρτάται από τον ξενιστή στον οποίο αναπτύσσεται η προνύμφη (Τζανακάκης & Κατσόγιαννος, 2003).

### 1.5.2 Βιολογικός κύκλος και ζημιές του εντόμου

Η μύγα της Μεσογείου θεωρείται ένα από τα πιο επιβλαβή έντομα παγκοσμίως. Στην Ελλάδα οι γενεές του είδους κυμαίνονται από 3 -7 το έτος. Ο εκάστοτε αριθμός των γενεών εξαρτάται από το έτος και την περιοχή που συναντάται. Το είδος *Ceratitis capitata* διαχειμάζει ως προνύμφη στο εσωτερικό προσβεβλημένων καρπών που είτε παραμείνουν στο δένδρο είτε βρίσκονται πεσμένα στο έδαφος. Σπανιότερα διαχειμάζει ως νύμφη στην εδαφική επιφάνεια (Τζανακάκης & Κατσόγιαννος, 2003). Οι προνύμφες στο εσωτερικό του καρπού έχουν την ικανότητα να προσαρμόζονται και να μετακινούνται ώστε να τραφούν από τα πιο θρεπτικά μέρη του καρπού. Την άνοιξη εμφανίζονται τα ενήλικα και αρχίζουν να τρέφονται με νέκταρ και μελιτώματα, δηλαδή υγρές ζαχαρούχες και αζωτούχες ουσίες. Στη συνέχεια, έχοντας ωριμάσει αναπαραγωγικά τα θηλυκά κάτω από ευνοϊκές συνθήκες αναζητούν το κατάλληλο αρσενικό για να συζευχθούν και ακολουθεί η ωοτοκία (Malacrida et al., 2007). Αξιοσημείωτες είναι οι πτήσεις αποστάσεων εκατοντάδων μέτρων που μπορούν να πραγματοποιήσουν τα θηλυκά προς αναζήτηση του κατάλληλου εποχιακού καρπού για ωοτοκία. Το θηλυκό εναποθέτει από 1-6 αυγά σε οπές που δημιουργεί με τον ωοθέτη στο επικάρπιο ή στο μεσοκάρπιο των καρπών. Ιδιαίτερα ευδιάκριτη είναι η οπή ωοτοκίας ή αλλιώς «νύγμα» στα εσπεριδοειδή. Το στίγμα έχει διάμετρο 1 mm και χρώμα σκούρο καστανό ή μαύρο. Η ωοτοκία μπορεί να πραγματοποιηθεί και σε σχισμές του φλοιού των καρπών ή σε ήδη υπάρχουσες οπές άλλων θηλυκών του είδους. Έχοντας αναπτυχθεί επαρκώς οι προνύμφες εγκαταλείπουν τον προσβεβλημένο καρπό και νυμφώνονται σε μικρό βάθος στο εσωτερικό του εδάφους.

Υψηλού οικονομικού ενδιαφέροντος είναι οι ζημιές που προκαλεί το είδος *Ceratitis capitata* καθ' όλη τη διάρκεια του βιολογικού του κύκλου. Ήδη από την ωοτοκία το έντομο προκαλεί ζημιές στον καρπό λόγω του «νύγματος» με την εμφάνιση στιγμάτων μειώνοντας έτσι τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του καρπού.

Ποιητική και ποσοτική υποβάθμιση των καρπών επέρχεται και κατά την εκκόλαση των προνυμφών στο εσωτερικό του καρπού, καθώς πέρα από την προσβολή και κατάποση αυτού προκαλείται διάβρωση και νέκρωση της σάρκας των καρπών. Έτσι οι καρποί καθίστανται ακατάλληλοι για κατανάλωση. Ωστόσο, πέρα από τις άμεσες σημαντικότερες ζημιές φαίνεται να υπάρχουν και έμμεσες. Από το «νύγμα» αρχίζουν να αναπτύσσονται μύκητες ή άλλοι οργανισμοί και οδηγούν σε ταχύτατη σήψη του καρπού. Καθώς αρχίζουν να σαπίζουν οι καρποί η ζημιά εντείνεται. Στους σάπιους κυρίως ή υπερώριμους καρπούς ωοτοκούν πλέον άλλα είδη όπως τα *Drosophilla spp.* και *Carpophilus spp.*, των οποίων οι προνύμφες μεγιστοποιούν την ζημιά (Τζανακάκης & Κατσόγιαννος, 2003).

### 1.5.3 Γεωγραφική εξάπλωση και ξενιστές του εντόμου

Η μύγα της Μεσογείου θεωρείται κοσμοπολίτικο έντομο και παρουσιάζει ευρύτατη γεωγραφική εξάπλωση με υψηλή προσαρμοστικότητα σε πλήθος τροπικών, υποτροπικών και εύκρατων περιοχών. Το συγκεκριμένο έντομο φαίνεται να είναι ιθαγενές είδος περιοχών της υποσαχάριας Αφρικής και σιγά σιγά εξαπλώθηκε σε ολόκληρη την Αφρική μέχρι την λεκάνη της Μεσογείου, στην Ισπανία, Ιταλία. Αποικίες της μύγας βρέθηκαν και στην Αυστραλία (Papadopoulos et al., 2015). Ταχύτατη φάνηκε να είναι η εξάπλωση του είδους *Ceratitis capitata* και σε περιοχές της Νότιας, Κεντρικής και Βόρειας Αμερικής, σε περιοχές όπως η Βραζιλία, η Γουατεμάλα, το Μεξικό, η Φλόριντα, η Καλιφόρνια, και στον Ειρηνικό ωκεανό (Malacrida et al., 2007). Χάρη την ικανότητα του να προσαρμόζεται σε διάφορα κλίματα έγκειται η ανησυχία για επέκταση του είδους και σε άλλες γεωγραφικές περιοχές (Katsoyannos et al., 1997).

Στην Ελλάδα, η μύγα της Μεσογείου είναι αρκετά διαδεδομένη με ευρεία γεωγραφική εξάπλωση καθώς συναντάται από την Βόρειο Ελλάδα έως και την Κρήτη (Τζανακάκης & Κατσόγιαννος, 2003).

Το *Ceratitis capitata* αποτελεί πολυφάγο είδος σημαντικών εμπορικά καρπών (Katsoyannos et al., 1997). Το πλήθος των ξενιστών του ανέρχεται σε περισσότερα από 300 είδη φυτών, με το μεγαλύτερο μέρος αυτών (40%) να ανήκουν στις οικογένειες Myrtaceae, Rosaceae, Rutaceae, Sapotaceae και Solanaceae (Papadopoulos et al., 2015). Συχνότερα προσβάλλει και ζημιώνει εσπεριδοειδή,

αχλάδια, μήλα, ροδάκινα, βερίκοκα και σύκα. Ωστόσο δε περιορίζεται μόνο στις προαναφερθείσες δενδρώδεις καλλιέργειες. Προσβολές παρατηρούνται και σε θάμνους και ποώδη φυτά. Η ωρίμανση και η σκληρότητα των καρπών φαίνεται να είναι αμελητέας σημασίας για την μύγα της Μεσογείου καθώς προκαλεί ζημιές τόσο σε ημιώριμους όσο και σε σχεδόν ώριμους ή και ώριμους καρπούς (Τζανακάκης & Κατσόγιαννος, 2003).

#### 1.5.4 Αντιμετώπιση του εντόμου

Ιδιαίτερη έμφαση φαίνεται να δίνεται στον τρόπο αντιμετώπισης της μύγας της Μεσογείου για τον περιορισμό και τελικά την εξάλειψη της. Ο τρόπος αντιμετώπισης του είδους εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως την έκταση των καλλιεργούμενων οπωρώνων, την αγροτική πολιτική των χωρών προέλευσης και εξαγωγής των καρπών και το είδος της καλλιέργειας.

Ο πληθυσμός της μύγας της Μεσογείου παρακολουθείται με διαφόρων τύπων παγίδες και η καταπολέμηση γίνεται συνήθως με χημικά μέσα. Πιο διαδεδομένες είναι οι τροφικές και φερομονικές παγίδες, γνωστές και ως παγίδες McPhail και Jackson αντίστοιχα. Οι παγίδες τύπου McPhail περιέχουν διάλυμα υδρολυμένης πρωτεΐνης με βόρακα, ενώ οι παγίδες τύπου Jackson φέρουν παραφερομόνη trimedlure που αποτελεί ισχυρό ελκυστικό για τα αρσενικά. Συνηθέστερα εφαρμόζονται δολωματικοί ψεκασμοί όπου χρησιμοποιείται εντομοκτόνο μαζί με ελκυστικό (υδρολυμένη πρωτεΐνη) και είναι εκλεκτικοί προς τα ωφέλιμα έντομα. Αντίθετα, ψεκασμοί κάλυψης πραγματοποιούνται σε περιπτώσεις υψηλής πυκνότητας πληθυσμών με χρήση οργανοφωσφορικών εντομοκτόνων και είναι αρκετά καταστροφικοί για τα ωφέλιμα έντομα (Τζανακάκης & Κατσόγιαννος, 2003).

Στο επίκεντρο έχει τεθεί η ανάγκη για αναζήτηση νέων μεθόδων αντιμετώπισης φιλικών προς το περιβάλλον. Μια πολλά υποσχόμενη μέθοδος φαίνεται να είναι η εξαπόλυση στείρων εντομών. Κατά την μέθοδο αυτή παράγονται μαζικά αρσενικά άτομα τα οποία στερώνονται και απελευθερώνονται στην ύπαιθρο. Ακολουθεί η σύζευξη τους με τον τοπικό θηλυκό πληθυσμό και έπειτα η φωτοκία άγονων τελικά αυγών (Hendrichs et al., 2003). Η συγκριμένη μέθοδος μπορεί να εφαρμοστεί είτε μόνη της είτε σε συνδυασμό με εντομοκτόνα. Μια άλλη μέθοδος για την καταπολέμηση του είδους είναι η μαζική παγίδευση. Για την αύξηση της αποτελεσματικότητας της μεθόδου είναι αναγκαία η εξεύρεση νέων πιο ισχυρών

ελκυστικών ουσιών, κυρίως για τα θηλυκά και ο σχεδιασμός αποτελεσματικότερων παγίδων (Τζανακάκης & Κατσόγιαννος, 2003). Υπάρχει και η βιολογική μέθοδος κατά την οποία παρασιτοειδή εξαπολύονται στο περιβάλλον με σκοπό τον περιορισμό του πληθυσμού του εντόμου. Ένα τέτοιο παρασιτοειδές φαίνεται αν είναι το *Aganaspis daci* που βρέθηκε σε παρασιτισμένες νύμφες της μύγας της Μεσογείου προερχόμενες από προσβεβλημένα σύκα στο νησί της Χίου (Papadopoulos & Katsoyannos, 2003). Χρήσιμο καλλιεργητικό μετρό είναι η συλλογή και καταστροφή των προσβεβλημένων καρπών πριν την συγκομιδή καθώς και η απεντόμωση των προς εμπορία καρπών.

### 1.5.5 Αιθέρια έλαια και μύγα της Μεσογείου

Όντας έντομο μεγάλης οικονομικής σημασίας, η μύγα της Μεσογείου κινεί το ενδιαφέρον για χρήση εναλλακτικών μεθόδων αντιμετώπισης της. Τα αιθέρια έλαια φαίνεται να έχουν ποικίλες επιδράσεις στην *Ceratitis capitata*. Αναλυτικότερα, έλαιο προερχόμενο από τους σπόρους του φυτού *Archangelica officinalis* και τις ρίζες του φυτού τζιντζερ φάνηκε να είναι προσελκυστικά για τα αρσενικά του *Ceratitis capitata*, καθιστώντας τα ικανά για χρήση σε δολωματικές παγίδες. Γενικά, μίγμα συστατικών λιναλοόλης, γερανιόλης, λιμονένιου, β-μυρσένιου και α-πινένιου ήταν ελκυστικότερο για τα αρσενικά άτομα (Niogret & Epsky, 2018). Τα προαναφερθέντα συστατικά συναντώνται σε αιθέρια έλαια τόσο των γλυκών όσο και των πικρών πορτοκαλιών, παρουσιάζοντας αφενός ελκυστική δράση στα ενήλικα αρσενικά και αφετέρου τοξικότητα στις προνύμφες του *Ceratitis capitata*. Το αιθέριο έλαιο προερχόμενο από την φλούδα των εσπεριδοειδών αποτελεί σημαντικό μηχανισμό αντίστασης κατά των εχθρών (Papachristos et al., 2009). Απωθητική δράση παρουσίασε και το αιθέριο έλαιο λεμονιού έναντι των ενήλικων της μύγας της Μεσογείου. Επιπλέον, εργαστηριακές μελέτες έδειξαν σημαντική τοξικότητα των ειδών *Salvia officinalis* (φασκόμηλο), *Rosmarinus officinalis* (δενδρολίβανο), *Lavandula angustifolia* (λεβάντα), *Thuja occidentalis* (τούγια), *Ocimum basilicum* (βασιλικός) και *Melaleuca alternifolia* (μελαλεύκη) στα ενήλικα του *Ceratitis capitata* (Mezőfi et al., 2018). Ωστόσο, τοξικότερα τόσο κατά την κατάποση όσο και κατά την επαφή ήταν τα αιθέρια ελαία της *Lavandula angustifolia*, με κύρια

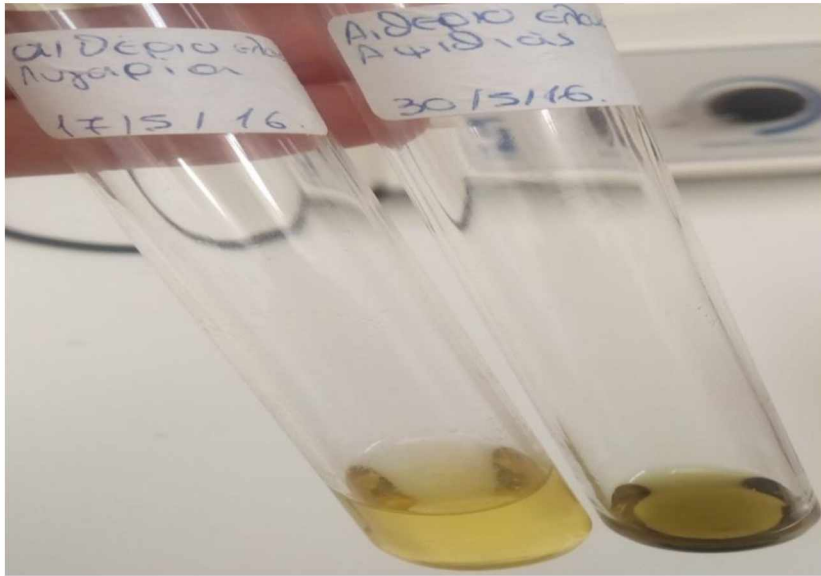
συστατικά τα δ-3-καρένιο, α-πινένιο και τερπινόλη, και της *Thuja occidentalis*, με κύρια συστατικά την λιναλοόλη και 1,8-κινεόλη (Benelli et al., 2012).

## 2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

### 2.1 Μέθοδος παραλαβής αιθέριων ελαίων

Συγκομίστηκαν φύλλα *Artemisia absinthium* από καλλιέργεια του φυτού στην περιοχή του Σέσκλου Μαγνησίας και *Vitex agnus-castus* από τον προαύλιο χώρο της Γεωπονικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στις 17/5/2016 και 30/5/2016 αντίστοιχα. Η παραλαβή του αιθέριου ελαίου πραγματοποιήθηκε μέσω της υδροατμο-απόσταξης στο εργαστήριο Ανθοκομίας και Αρχιτεκτονικής Τοπίου (Εικόνα 1). Για την απόσταξη του αιθέριου ελαίου από το *Vitex agnus-castus* χρησιμοποιήθηκε αποστακτήρας υδροατμοαπόσταξης χωρητικότητας 45 λίτρων, (Εικόνα 2). Μέσα σε διάστημα μίας ώρας πραγματοποιήθηκε η απόσταξη του προϊόντος που συλλέχτηκε σε γυάλινη κωνική φιάλη. Η παραλαβή του αιθέριου ελαίου πραγματοποιήθηκε με την χρήση προχοΐδας. Για την απόσταξη του αιθέριου ελαίου από το *Artemisia absinthium* χρησιμοποιήθηκε γυάλινος εργαστηριακός αποστακτήρας τύπου Clevenger (Εικόνα 3). Μετά το πέρας της διαδικασίας, τα αιθέρια έλαια τοποθετήθηκαν σε σκούρα γυάλινα μπουκαλάκια και αποθηκεύτηκαν σε ψυγείο στους 2°C μέχρι τη χρήση τους. Για την εκπόνηση του πειράματος, χρησιμοποιήθηκαν τα αιθέρια έλαια που είχαν αποσταχθεί αφού αναμείχθηκαν και τελικά ομογενοποιήθηκαν με έτοιμα από το εμπόριο αιθέρια έλαια, διότι η ποσότητα που αποστάχθηκε δεν ήταν επαρκής (Εικόνα 4). Στο παράρτημα, στους πίνακες 1 και 2 δίνεται μια τυπική σύνθεση των αιθέριων ελαίων από τα είδη της Ελλάδας. Τα αιθέρια έλαια διατηρούνταν σε σκοτεινό χώρο ώστε να μην επηρεαστεί η σύστασή τους λόγω φωτοδιάσπασης από τυχόν έκθεση τους στο φως.





Εικόνα 1: Αιθέρια έλαια από φύλλα *Vitex agnus-castus* και *Artemisia absinthium*



Εικόνα 2 : Αποστακτήρας χωρητικότητας 45 λίτρων



Εικόνα 3 : Εργαστηριακός αποστακτήρας τύπου Clevenger



Εικόνα 4 : Αιθέρια έλαια εμπορίου

## 2.2 Μέθοδος εκτροφής της μύγας της Μεσογείου *Ceratitis capitata*

Τα πειράματα πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Η εκτροφή των εντόμων καθώς και η διεξαγωγή των πειραμάτων έγιναν υπό σταθερές συνθήκες θερμοκρασίας, υγρασίας και φωτοπεριόδου ( $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ,  $55 \pm 5\%$  Σ.Υ., και  $\Phi 14 : \Sigma 10$  αντίστοιχα). Το φως παρέχεται από λάμπες φθορισμού, η έναρξη της φωτόφασης ορίστηκε στις 07:00 και η ένταση του φωτός στο εσωτερικό των κλουβιών κυμαινόταν από 1500 έως 2000 lux.

Για την διεξαγωγή του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν έντομα που είχαν εκτραφεί στο εργαστήριο για πολλές γενεές (Μπενάκειο). Η εκτροφή των ενηλίκων της μύγας της Μεσογείου γινόταν σε ξύλινα κλουβιά διαστάσεων 30 x 30 x 30 cm που είχαν τις τρεις πλευρές τους καλυμμένες με συρμάτινο πλέγμα και μία με γυαλί (Εικόνα 5). Σε κάθε ένα κλουβί εκτροφής τοποθετούνταν 200-300 άτομα και των δύο φύλων, νερό σε πλαστικό φιαλίδιο με φιλτράκι και τροφή ενηλίκων. Η τροφή των ενηλίκων αποτελούνταν από ένα μείγμα υδρολυμένης πρωτεΐνης, ζάχαρης και νερού σε αναλογία 1:4:5 και ήταν διαθέσιμη στα έντομα με τη μορφή στερεοποιημένων σταγόνων στην επιφάνεια πλαστικών τρυβλίων Petri.



Εικόνα 5: Ξύλινο κλουβί εκτροφής ατόμων

Τα θηλυκά της μύγας Μεσογείου ωτοκούσαν σε κοίλα, διάτρητα, πλαστικά ημισφαίρια που είχαν κόκκινο χρώμα και ονομάζονται ‘υποστρώματα ωτοκίας’. Τα τεχνητά αυτά υποστρώματα ωτοκίας διαθέτουν ομοιόμορφα κατανεμημένες οπές διαμέτρου 1mm, μέσα στις οποίες τα θηλυκά τοποθετούσαν τον ωοθέτη τους και απέθεταν τα αυγά τους στο εσωτερικό των ημισφαιρίων ενώ στη βάση υπήρχε ένα τρυβλίο Petri διαμέτρου 5.5 cm που έφερε νερό (Εικόνα 6). Με την ύπαρξη του τρυβλίου διατηρούνταν η σχετική υγρασία στο εσωτερικό του ημισφαιρίου έτσι ώστε τα θηλυκά να ωτοκοούν.



Εικόνα 6 : Τεχνητό υπόστρωμα ωτοκίας

Η συλλογή των αυγών γινόταν με τη βοήθεια μαλακού πινέλου από τα ημισφαίρια και στη συνέχεια τοποθετούνταν σε δίσκους βάμβακος με εμποτισμένη τροφή. Η τροφή αποτελούνταν από 100 gr ζάχαρης, 100 gr μαγιά μύρας, 50 gr αλευριού σόγιας, 2 gr μίγματος αλάτων, 8 gr ασκορβικού οξέος, 1.5 gr προπιονικού νατρίου διαλυμένα σε 500 ml νερού. Οι δίσκοι με την τροφή των προνυμφών τοποθετούνταν μέσα σε πλαστικά τρυβλία Petri διαμέτρου 9 cm τα οποία είχαν αποστειρωθεί με καθαρό οινόπνευμα. Σε κάθε ένα τρυβλίο με τροφή προνυμφών, μεταφέρονται 100-150 αυγά. Στη συνέχεια τα τρυβλία κλείνονταν και τοποθετούνταν σε πλαστική λεκάνη η οποία περιέχει αποστειρωμένη άμμο πάχους 4-5 mm .

Η ανάπτυξη των προνυμφών στο θρεπτικό υπόστρωμα, στις συνθήκες του εργαστηρίου (25°C), ολοκληρωνόταν σε 8-10 ημέρες (Εικόνα 7). Μετά την ολοκλήρωση της ανάπτυξης τα τρυβλία ανοίγονταν για να πραγματοποιηθεί η νύμφωση. Δύο έως τρεις ημέρες μετά τη νύμφωση, η άμμος απομακρύνονταν με κοσκίνισμα (Εικόνα 8) και οι νύμφες τοποθετούνταν σε πλαστικά τρυβλία Petri μέσα σε κλουβί εκτροφής έτοιμο για την έξοδο των ενηλίκων που λάμβανε χώρα 9-10 ημέρες μετά τη νύμφωση.





Εικόνα 7 : Προνύμφες *Ceratitidis capitata*



Εικόνα 8 : Pupa *Ceratitidis capitata*

### 2.3 Πειραματική διαδικασία

Η πειραματική διαδικασία διήρκησε από τις 1/12/2016 έως τις 15/5/17. Χρησιμοποιήθηκαν ενήλικα άτομα ηλικίας τεσσάρων ημερών από την έξοδο τους από το νυμφικό περίβλημα. Ως διαλύτης για την αραιώση των συστατικών των αιθέριων ελαίων εφαρμόστηκε ακετόνη. Πριν την έναρξη της διαδικασίας, πραγματοποιούνταν η αραιώση των αιθέριων διαφορετικής συγκέντρωσης κάθε φορά 50%, 10%, 5%, 2,5%, 1% και 0,5% και το διάλυμα τοποθετούνταν σε σκούρο γυάλινο μπουκαλάκι.

Στον χώρο του εργαστηρίου ετοιμάστηκαν ειδικές ατομικές φωλιές με τροφή και νερό στις οποίες τοποθετούνταν τα άτομα μετά την εφαρμογή (Εικόνα 9). Πιο αναλυτικά, η κάθε ατομική φώλια αποτελούνταν από ένα τρυβλίο Perti διαμέτρου 9 cm, για την προσθήκη του νερού και ενός φιτίλιού, και στο πάνω μέρος έφερε

διαφανές πλαστικό ποτήρι, στην μια πλευρά του οποίου υπήρχε οπή καλυμμένη με οργαντίνα για να επιτρέπεται ο αερισμός και η τοποθέτηση της τροφής. Στην κορυφή της κάθε ατομικής φωλιάς υπήρχε μικρή οπή με πώμα, όπου μεταφέρονταν τα άτομα.



Εικόνα 9 : Ατομικό κλουβί εντόμων

Στο χώρο του εργαστηρίου Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας μεταφέρονταν το κλουβί εκτροφής των ενήλικων ατόμων της μύγας της Μεσογείου. Με την χρήση ενός αυτοσχέδιου αναρροφητήρα εντόμων (Εικόνα 10) λαμβάνονταν προσεχτικά μικρός αριθμός ατόμων από το κλουβί εκτροφής και τοποθετούνταν σε ένα πλαστικό φιαλίδιο με οπή στο πώμα (Εικόνα 11) όπου χορηγούνταν μικρή ποσότητα CO<sub>2</sub>, ώστε να αναισθητοποιηθούν. Τα αναισθητοποιημένα άτομα τοποθετούνταν ανάσκελα σε ειδική πορώδη επιφάνεια του συστήματος αναισθητοποίησης από την οποία τους διοχετεύονταν μικρή ποσότητα CO<sub>2</sub> χαμηλής ροής και ακολουθούσε η εφαρμογή των αιθέριων ελαίων (Εικόνα 12). Με την χρήση πιπέτας εφαρμοζόταν στο νωτιαίο τμήμα του θώρακα των ατόμων 1 μL αιθέριου ελαίου. Αφού εφαρμοζόταν η απαραίτητη ποσότητα πραγματοποιούνταν διαχωρισμός των αρσενικών και των θηλυκών ατόμων και μεταφέρονταν προσεκτικά από τις

πτέρυγες με χρήση μαλακής λαβίδας στις ατομικές φωλιές με πληθυσμό πέντε ατόμων σε κάθε φωλιά και οχτώ επαναλήψεων.



Εικόνα 10 : Αναρροφητήρας εντόμων



Εικόνα 11 : Πλαστικό φιαλίδιο με σπή στο πόμα



Εικόνα 12 : Σύστημα αναισθητοποίησης ενηλίκων της *Ceratitis capitata* CO<sub>2</sub>

Σε κάθε πειραματική διαδικασία πρώτα εφαρμόζονταν το αιθέριο έλαιο της λυγαριάς, λόγω εξάτμισης, και ακολουθούσε η εφαρμογή με το αιθέριο έλαιο της αψιθιάς με την ίδια διαδικασία και την ίδια συγκέντρωση.

Στο πείραμα υπήρχε μάρτυρας, στον οποίο με την ίδια διαδικασία εφαρμόζονταν στο νωτιαίο τμήμα του θώρακα 1  $\mu\text{L}$  καθαρής ακετόνης σε πληθυσμό πέντε ατόμων και οχτώ επαναλήψεων.

Μετά το πέρας των εφαρμογών τα ατομικά κλουβιά διαχωρίζονταν ανάλογα με το φύλο και είδος του αιθέριου ελαίου και τοποθετούνταν σε δίσκους. Ακολουθούσε η μεταφορά των δίσκων σε χώρο ελεγχόμενων συνθηκών με θερμοκρασία 24 °C (Εικόνα 13). Ύστερα από 24, 48 και 72 h στη 13:00 πραγματοποιούνταν ο έλεγχος για την θνησιμότητα των ατόμων και λαμβάνονταν οι μετρήσεις.



Εικόνα 13 : Δίσκοι με κλουβιά σε χώρο ελεγχόμενων συνθηκών

## 2.4 Επεξεργασία αποτελεσμάτων

Τα αποτελέσματα επεξεργάστηκαν με την βοήθεια του στατιστικού πακέτου Statgraphics Centurion XVI.I.

## 3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

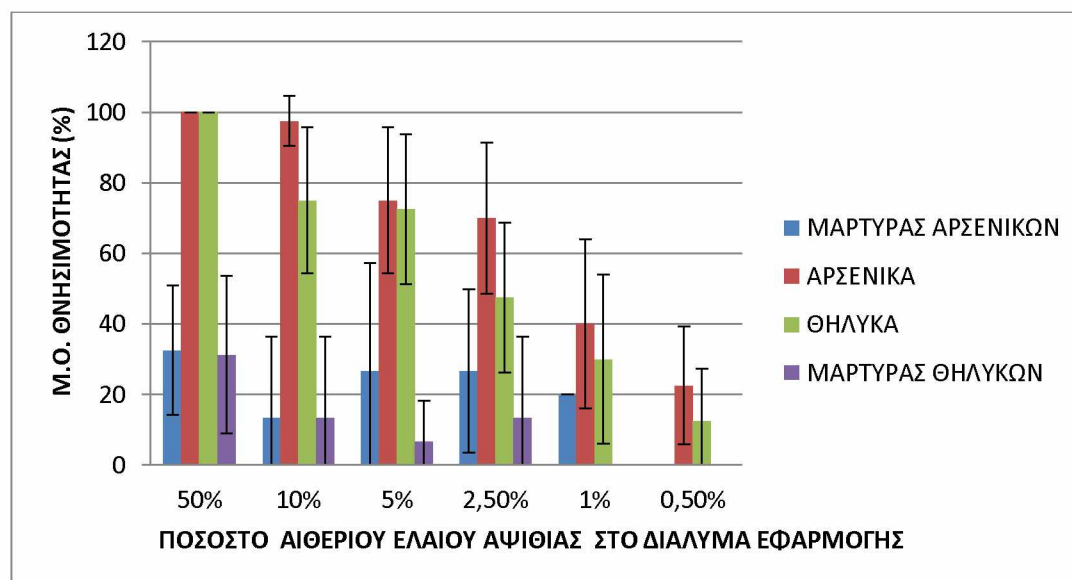
Στο διάγραμμα 1 απεικονίζεται ο μέσος όρος θνησιμότητας (%) των αρσενικών και θηλυκών ατόμων της μύγας της Μεσογείου μετά από 24 ώρες από την μεταχείριση με αιθέριο έλαιο αψιθιάς και καθαρής ακετόνης, που εφαρμόστηκε στον μάρτυρα. Αρχικά, στο διάγραμμα φαίνεται ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική



διαφορά στο ποσοστό θνησιμότητας που προκλήθηκε στα αρσενικά άτομα μεταξύ των μεταχειρίσεων και του μάρτυρα. Επιπροσθέτως, όσον αφορά τις μεταχειρίσεις που πραγματοποιήθηκαν στα αρσενικά άτομα υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στα διάφορα ποσοστά αιθέριου ελαίου αμιθιάς των διαλυμάτων που εφαρμόστηκαν. Ωστόσο δεν παρουσιάστηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των ποσοστών 50% και 10%, καθώς και μεταξύ των ποσοστών 5% και 2,5%.

Ομοίως, στατιστικά σημαντικές διαφορές φαίνεται να υπάρχουν μεταξύ των μεταχειρίσεων και του μάρτυρα στα θηλυκά άτομα. Επιπλέον, στατιστικά σημαντική διαφορά υπήρχε στις μεταχειρίσεις των θηλυκών ατόμων μεταξύ των διαλυμάτων με διαφορετικά ποσοστά αιθέριου ελαίου αμιθιάς που εφαρμόστηκαν. Πιο συγκεκριμένα, στατιστικώς σημαντικές διαφορές υπήρχαν μεταξύ των διαλυμάτων με κλιμακωμένα ποσοστά αιθέριου ελαίου 50%-10% και 5%-2,5%.

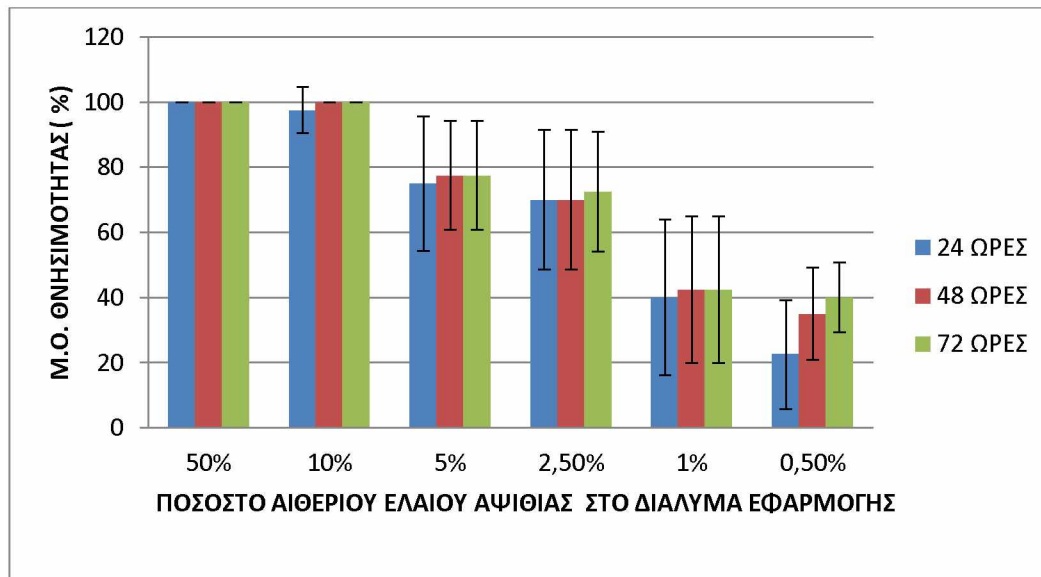
Επίσης, στο διάγραμμα 1 απεικονίζεται ο μέσος όρος θνησιμότητας (%) των θηλυκών και των αρσενικών ατόμων της μύγας της Μεσογείου των μεταχειρίσεων με εφαρμογή διαφορετικής συγκέντρωσης του αιθέριου ελαίου αμιθιάς. Στατιστικώς σημαντική διαφορά βρέθηκε μόνο σε δύο μεταχειρίσεις, στις οποίες τα διαλύματα είχαν ποσοστό αιθέριου ελαίου 10% και 2,5%.



Διάγραμμα 1: Μέσος όρος θνησιμότητας (%) αρσενικών και θηλυκών ατόμων με εφαρμογή αιθέριου ελαίου αμιθιάς και μάρτυρα με εφαρμογή του διαλύματος για 24 ώρες.

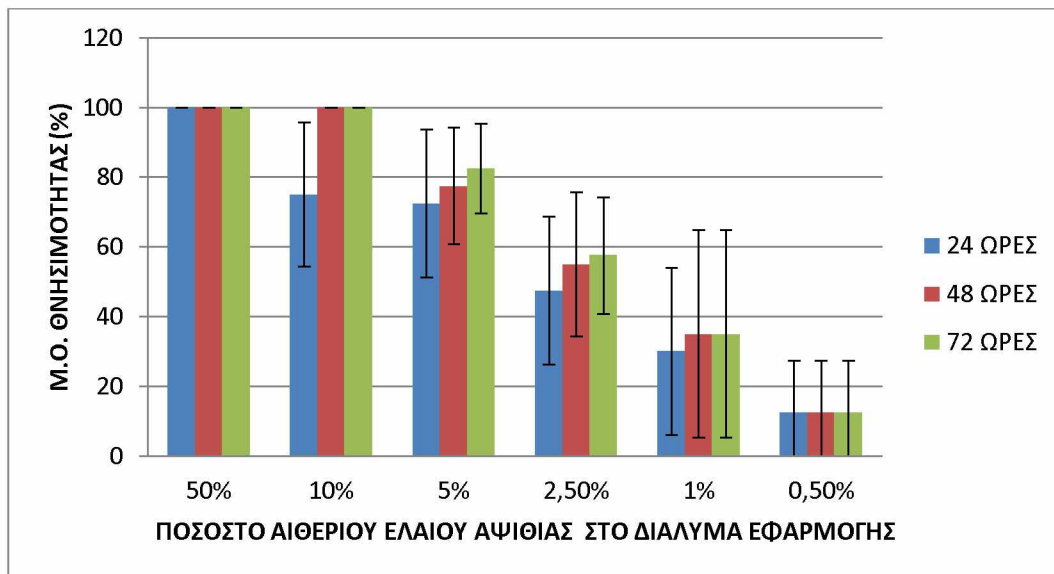
Στο διάγραμμα 2 απεικονίζεται ο μέσος όρος θνησιμότητας (%) των αρσενικών ατόμων με εφαρμογή του διαλύματος αιθέριου ελαίου αμιθιάς σε 24, 48 και 72 ώρες.

Όπως φαίνεται, στατιστικώς σημαντική διαφορά υπήρχε στην χρονική διάρκεια δράσης του αιθέριου ελαίου που περιέχονταν στο διάλυμα σε ποσοστό 0,50% καθώς αυξήθηκε η θνησιμότητα των εντόμων με την αύξηση του χρόνου δράσης του μέχρι τις 72 ώρες.



Διάγραμμα 2: Μέσος όρος θνησιμότητας (%) αρσενικών ατόμων του εντόμου *Ceratitis capitata* με εφαρμογή διαλύματος 50%, 10%, 5%, 2,5%, 1% και 0,5% αιθέριο έλαιο αψιθιάς για 24, 48 και 72 ώρες.

Στο διάγραμμα 3 παρουσιάζεται ο μέσος όρος θνησιμότητας (%) των θηλυκών, στα οποία εφαρμόστηκε αιθέριο έλαιο αψιθιάς, για διάστημα 24, 48 και 72 ωρών. Στην περίπτωση των θηλυκών, στατιστικώς σημαντική διαφορά παρουσιάστηκε μόνο στη μεταχείριση του διαλύματος με περιεκτικότητα 10% σε αιθέριο έλαιο όπου υπήρξε σημαντική αύξηση στην θνησιμότητα των θηλυκών ατόμων μετά από 48 ώρες συνεχούς έκθεσης.

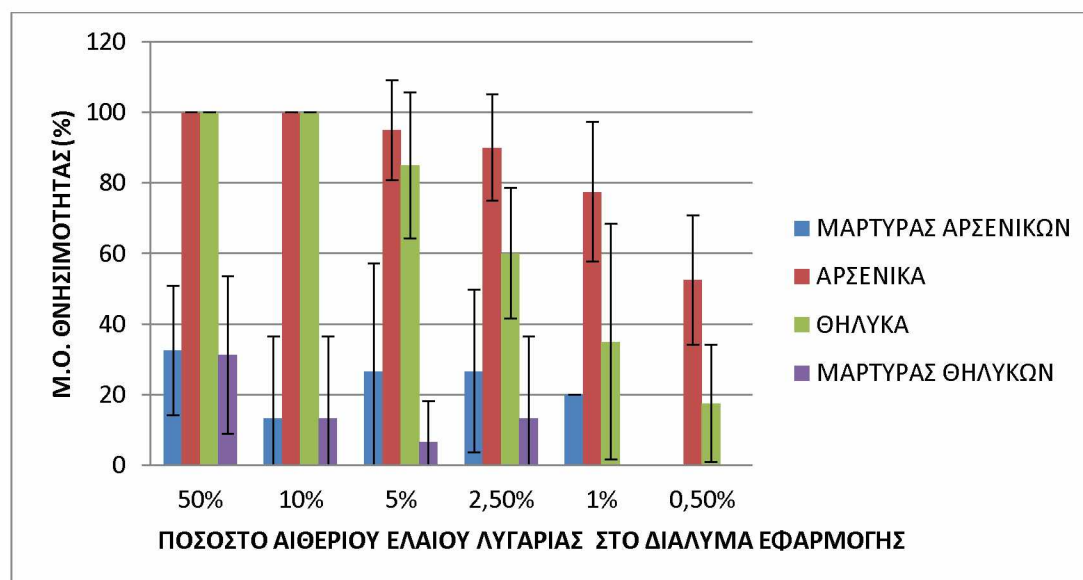


Διάγραμμα 3: Μέσος όρος θνησιμότητας (%) θηλυκών ατόμων του εντόμου *Ceratitidis capitata* με εφαρμογή διαλύματος 50%, 10%, 5%, 2,5%, 1% και 0,5% αιθέριο έλαιο αψιθιάς για 24, 48 και 72 ώρες.

Το διάγραμμα 4 απεικονίζει το μέσος όρο θνησιμότητας (%) των αρσενικών και θηλυκών ατόμων της μύγας της Μεσογείου που επήλθε από την μεταχείριση με αιθέριο έλαιο λυγαριάς και καθαρής ακετόνης, που εφαρμόστηκε στον μάρτυρα, μετά από 24 ώρες. Αρχικά, στο διάγραμμα φαίνεται ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στο ποσοστό θνησιμότητας που προκλήθηκε στα αρσενικά άτομα μεταξύ των μεταχειρίσεων και του μάρτυρα. Επιπροσθέτως, αναφορικά με τις μεταχειρίσεις που πραγματοποιήθηκαν στα αρσενικά άτομα ήταν αξιοσημείωτη η απουσία στατιστικώς σημαντικής διαφοράς της θνησιμότητα στα κλιμακωμένα ποσοστά αιθέριου ελαίου λυγαριάς των διαλυμάτων που εφαρμόστηκαν. Εξάιρεση αποτέλεσαν τα διαλύματα με ποσοστό αιθέριου ελαίου 1% και 0,5% στα οποία παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά.

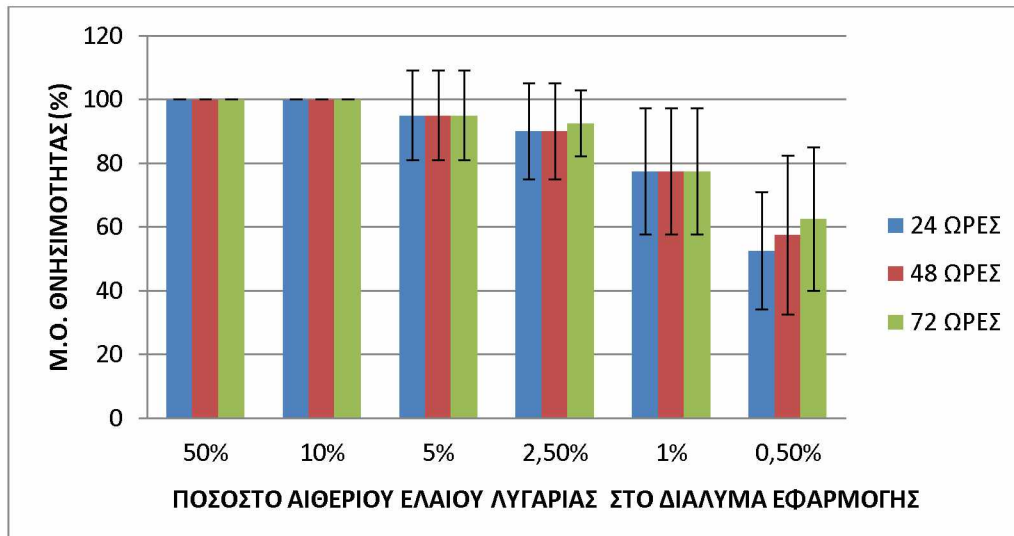
Ομοίως, στατιστικά σημαντικές διαφορές φαίνεται να υπάρχουν μεταξύ των μεταχειρίσεων και του μάρτυρα στα θηλυκά άτομα. Επιπλέον, όσον αφορά τα θηλυκά άτομα του είδους υπήρχε στατιστικώς σημαντική διαφορά στο ποσοστό θνησιμότητας που προκλήθηκε μεταξύ των ατόμων των μεταχειρίσεων και του μάρτυρα. Σχετικά με τις μεταχειρίσεις που πραγματοποιήθηκαν στα θηλυκά άτομα στατιστικώς σημαντικής διαφοράς στην θνησιμότητα φαίνεται να υπάρχει μεταξύ των διαλυμάτων με κλιμακωμένα ποσοστά αιθέριου ελαίου λυγαριάς 5%-2,5% και 2,5%-1%.

Επίσης, στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζεται ο μέσος όρος θνησιμότητας (%) των θηλυκών και των αρσενικών ατόμων της μύγας της Μεσογείου κατά τις μεταχειρίσεις με εφαρμογή διαφορετικής συγκέντρωσης του αιθέριου ελαίου λυγαριάς. Πιο συγκεκριμένα, υπήρξε στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο φύλων στις μεταχειρίσεις με ποσοστά αιθέριου ελαίου 2,5%, 1% και 0,5%.



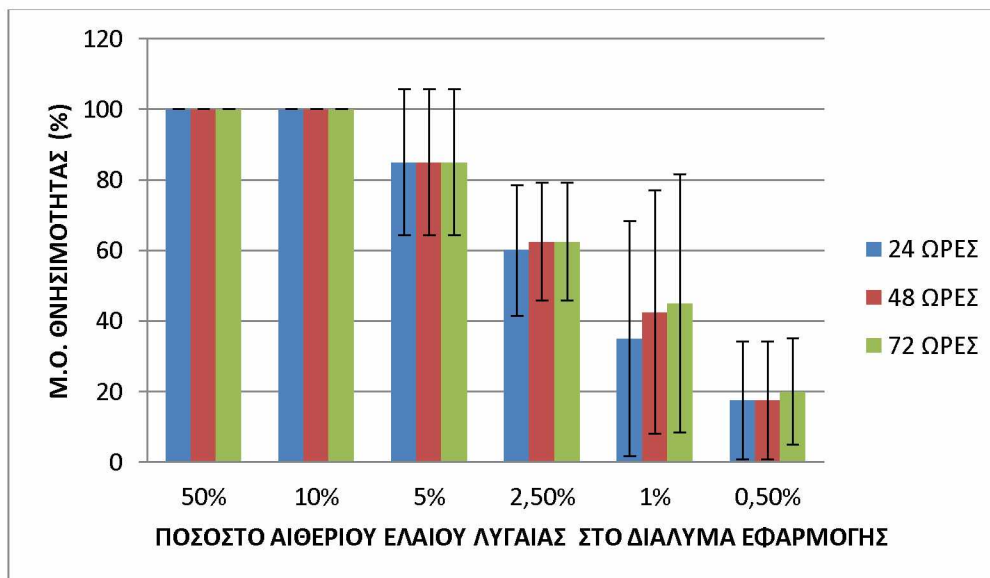
Διάγραμμα 4: Μέσος όρος θνησιμότητας (%) αρσενικών και θηλυκών ατόμων με εφαρμογή αιθέριου ελαίου λυγαριάς και μάρτυρα με εφαρμογή του διαλύματος για 24 ώρες.

Στο διάγραμμα 5 παρουσιάζεται ο μέσος όρος θνησιμότητας (%) των αρσενικών από την μεταχείριση με αιθέριο έλαιο λυγαριάς για διάστημα 24, 48 και 72 ώρες. Είναι φανερό πως ήδη από το πρώτο 24ωρο επήλθε άμεση θνησιμότητα και δεν υπήρξε στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ των τριών 24ώρων.



Διάγραμμα 5: Μέσος όρος θνησιμότητας (%) αρσενικών ατόμων του εντόμου *Ceratitidis capitata* με εφαρμογή διαλύματος 50%, 10%, 5%, 2,5%, 1% και 0,5% αιθέριο έλαιο λυγαριάς για 24, 48 και 72 ώρες.

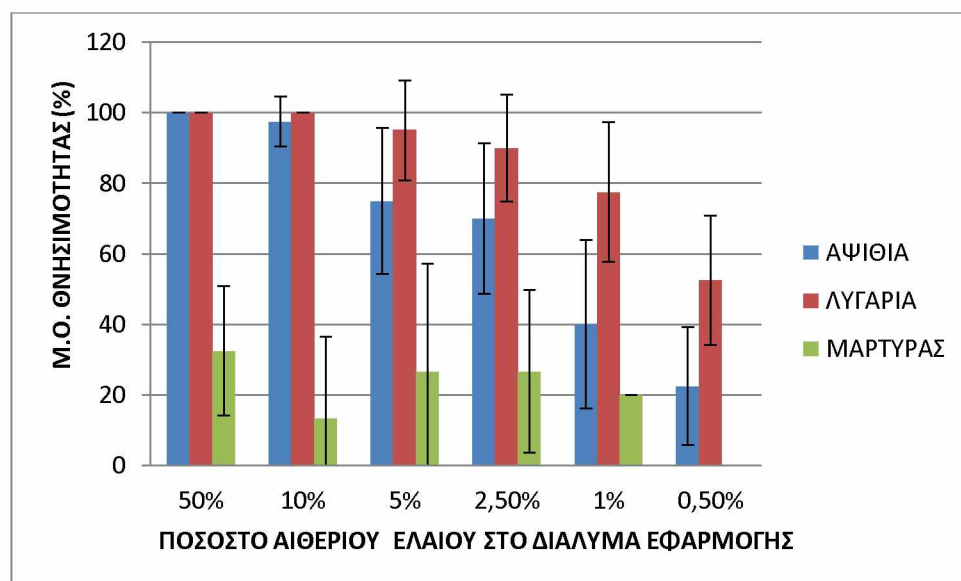
Το διάγραμμα 6 απεικονίζοντας το μέσο όρο θνησιμότητας (%) των θηλυκών ατόμων για διάστημα 24, 48 και 72 ωρών από την μεταχείριση τους με αιθέριο έλαιο λυγαριάς δείχνει πως επήλθε άμεση θνησιμότητα στο πρώτο 24ωρο από τις εφαρμογές με διαλύματα 50%, 10% και 5% αιθέριου ελαίου.



Διάγραμμα 6: Μέσος όρος θνησιμότητας (%) θηλυκών ατόμων του εντόμου *Ceratitidis capitata* με εφαρμογή διαλύματος 50%, 10%, 5%, 2,5%, 1% και 0,5% αιθέριο έλαιο λυγαριάς για 24, 48 και 72 ώρες.

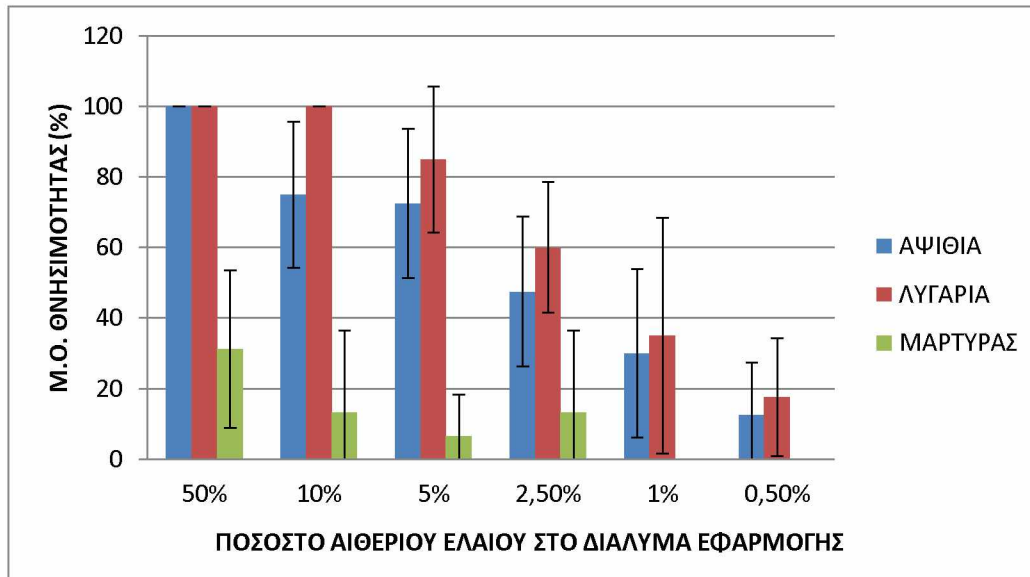


Στο διάγραμμα 7 απεικονίζεται ο μέσος όρος θνησιμότητας (%) των αρσενικών ατόμων με εφαρμογή αιθέριου ελαίου αψιθιάς και λυγαριάς και του μάρτυρα, ο οποίος διαχειρίστηκε με καθαρή ακετόνη. Συγκριτικά μεταξύ των μεταχειρίσεων με τα δύο αιθέρια έλαια υπήρχαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές στα ποσοστά 5%, 2,5%, 1% και 0,5%, με το αιθέριο έλαιο της λυγαριάς να επιδεικνύει υψηλότερα ποσοστά θνησιμότητας.



Διάγραμμα 7: Μέσος όρος θνησιμότητας (%) αρσενικών ατόμων με εφαρμογή αιθέριου ελαίου αψιθιάς, λυγαριάς και μάρτυρα με εφαρμογή του διαλύματος για 24 ώρες.

Τέλος, το διάγραμμα 8 παρουσιάζει το μέσο όρο θνησιμότητας (%) των θηλυκών ατόμων με εφαρμογή αιθέριου ελαίου αψιθιάς και λυγαριάς και τον μάρτυρα, στον οποίο χρησιμοποιήθηκε καθαρή ακετόνη. Μεταξύ των μεταχειρίσεων στατιστικώς σημαντική διαφορά υπήρχε στα διαλύματα με ποσοστό αιθέριων ελαίων 10%, 5% και 2,5%, με το αιθέριο έλαιο της λυγαριάς να είναι και σε αυτή την περίπτωση πιο αποτελεσματικό ως προς την θνησιμότητα.



Διάγραμμα 8: Μέσος όρος θνησιμότητας (%) θηλυκών ατόμων με εφαρμογή αιθέριου ελαίου αψιθιάς, λυγαριάς και μάρτυρα με εφαρμογή του διαλύματος για 24 ώρες.

#### 4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης δείχνουν, ότι τα αιθέρια έλαια της αψιθιάς (*Artemisia absinthium*) και της λυγαριάς (*Vitex agnus-castus*) προκάλεσαν σημαντική θνησιμότητα στα ενήλικα άτομα της μύγας της Μεσογείου (*Ceratitis capitata*).

Αρχικά, το αιθέριο έλαιο της αψιθιάς προκάλεσε γρήγορα θνησιμότητα στα ενήλικα αρσενικά άτομα της μύγας ήδη από τις πρώτες 24 ώρες μετά την εφαρμογή, χωρίς να υπάρχει ιδιαίτερα σημαντική αύξηση της θνησιμότητας των ατόμων στις 48 και 72 ώρες. Θνησιμότητα σε πάνω από το 50% των αρσενικών ατόμων παρουσιάστηκε στις μεταχειρίσεις με τα διαλύματα που περιείχαν 50%, 10%, 5% και 2,5% ποσοστό αιθέριου ελαίου. Αντίστοιχα, ίδιες μεταχειρίσεις με το αιθέριο έλαιο της αψιθιάς πραγματοποιήθηκαν σε θηλυκά άτομα της μύγας επιφέροντας εξίσου σημαντική θνησιμότητα. Συγκεκριμένα θνησιμότητα σε πάνω από το 50% των θηλυκών ατόμων σε διάστημα 24 ωρών παρουσιάστηκε στις μεταχειρίσεις με τα διαλύματα που περιείχαν 50%, 10% και 5% ποσοστό αιθέριου ελαίου. Ωστόσο, λιγότερο τοξικές φαίνεται να είναι οι συγκεντρώσεις 1% και 0,50%, με το ποσοστό θνησιμότητας τους να ανέρχεται περίπου στα 35% και 12,5% αντίστοιχα. Σε ανάλογη

έρευνα, μεταχειρίσεις σε ενήλικα άτομα της μύγας της Μεσογείου με αιθέριο έλαιο *Rosmarinus officinalis* σε ποσοστά 1%, 2,5%, 10% και 50% παρουσίασαν μικρότερα ποσοστά θνησιμότητας συγκριτικά με το αιθέριο έλαιο της αψιθιάς της παρούσας μελέτης. Συγκεκριμένα, κατά τις μεταχειρίσεις με διαλύματα των αιθέρων ελαίων 1% και 2,5% η θνησιμότητα σε 24 ώρες ανήλθε στο 20% και 26,66% με αιθέριο έλαιο *Rosmarinus officinalis* και στο 35% και 58,75% με αιθέριο έλαιο της αψιθιάς, αντίστοιχα. Επίσης, στα διαλύματα με 10% και 50% αιθέριου ελαίου η θνησιμότητα σε 24 ώρες ανήλθε στο 65% και 80% με αιθέριο έλαιο *Rosmarinus officinalis* και στο 86,25% και 100% με αιθέριο έλαιο της αψιθιάς, αντίστοιχα. Επιπροσθέτως, στην ίδια έρευνα αιθέριο έλαιο από το είδος *Lavandula angustifolia* προκάλεσε σημαντική θνησιμότητα ερχόμενο σε επαφή με ενήλικα άτομα της μύγας της Μεσογείου. Πιο συγκεκριμένα τα άτομα μεταχειρίστηκαν με διαλύματα αιθέριου ελαίου σε ποσοστά 1%, 2,5%, 10% και 50% παρουσιάζοντας ποσοστά θνησιμότητας 45%, 57,5%, 75% και 100%, αντίστοιχα. Συγκριτικά και με την παρούσα μελέτη το αιθέριο έλαιο της αψιθιάς φαίνεται να είναι πιο τοξικό στα ποσοστά 2,5% και 10% αιθέριου ελαίου σε σχέση με την λεβάντα. Σε όλες τις περιπτώσεις φαίνεται πως η θνησιμότητα των ατόμων αυξανόταν με την αύξηση του ποσοστού του αιθέριου ελαίου στο εφαρμοζόμενο διάλυμα (Benelli et al., 2012). Το αιθέριο έλαιο της αψιθιάς φάνηκε λοιπόν να είναι εξίσου τοξικό και για τα δύο φύλα στις συγκεντρώσεις 50% και 5%, ενώ στις υπόλοιπες συγκεντρώσεις 10%, 2,5%, 1% και 0,5% το έλαιο παρουσίασε λίγο μεγαλύτερη τοξικότητα στα αρσενικά έναντι των θηλυκών. Ανάλογα αποτελέσματα ως προς την θνησιμότητα των δύο φύλων παρατηρήθηκαν στο είδος *Acanthoscelides obtectus* όπου μετά από μεταχειρίσεις με αιθέρια έλαια λεβάντας και δενδρολίβανου τα αρσενικά παρουσίασαν μεγαλύτερη ευαισθησία σε σχέση με τα θηλυκά, γεγονός που υποστηρίχθηκε όχι μόνο στην διαφορά σωματικού βάρους, αλλά και στα διαφορετικά μεταβολικά μονοπάτια που υπάρχουν στα δύο φύλα (Papachristos et al., 2004). Σύμφωνα με το προαναφερθέν, έτσι και στην παρούσα μελέτη η διαφορά ως προς το ποσοστό θνησιμότητας πιθανώς να οφείλεται στις ίδιες αιτίες και κυρίως όμως σε γενετικούς παράγοντες, καθώς τα θηλυκά όντας υπεύθυνα για την διαίτιση του είδους είναι εκ φύσεως πιο ανθεκτικοί οργανισμοί. Ωστόσο κρίνεται αναγκαία η περαιτέρω έρευνα ως προς τις αιτίες στην διαφορά του ποσοστού θνησιμότητας που παρουσίασαν τα δύο φύλα.

Το δεύτερο αιθέριο έλαιο που μελετήθηκε ήταν της λυγαριάς. Στα αρσενικά άτομα το αιθέριο έλαιο φάνηκε να είναι αρκετά τοξικό και άμεσο καθώς ήδη στις 24



ώρες όλες οι συγκεντρώσεις προκάλεσαν θνησιμότητα σε πάνω από το 50% των αρσενικών ατόμων έκαστη. Στα θηλυκά άτομα θνησιμότητα σε πάνω από το 50% των ατόμων παρατηρήθηκε στις συγκεντρώσεις 2,5%, 5%, 10% και 50%. Συγκριτικά μεταξύ των δύο φύλων το αιθέριο έλαιο της λυγαριάς φάνηκε να είναι εξίσου τοξικό και για τα δύο φύλα στις συγκεντρώσεις 50% ,10%, 5% και 2,5%, ενώ στο 1% και 0,5% το έλαιο ήταν τοξικότερο στα αρσενικά έναντι των θηλυκών. Σε ανάλογη έρευνα μεταχειρίσεις σε ενήλικα άτομα της μύγας της Μεσογείου με αιθέριο έλαιο *Hyptis suaveolens* σε ποσοστά 1%, 2,5%, 10% και 50% παρουσίασαν αρκετά μικρότερα ποσοστά θνησιμότητας συγκριτικά με το αιθέριο έλαιο της λυγαριάς της παρούσας μελέτης. Συγκεκριμένα, κατά τις μεταχειρίσεις με διαλύματα των αιθέριων ελαίων 1% και 2,5% η θνησιμότητα σε 24 ώρες ανήλθε στο 13,33% και 23,33% με αιθέριο έλαιο *Hyptis suaveolens* και στο 56,25% και 75% με αιθέριο έλαιο λυγαριάς, αντίστοιχα. Επίσης, στα διαλύματα με 10% και 50% αιθέριου ελαίου η θνησιμότητα σε 24 ώρες ανήλθε στο 51,66% και 96,67% με αιθέριο έλαιο *Hyptis suaveolens* και στο 100% και 100% με αιθέριο έλαιο της λυγαριάς, αντίστοιχα. Σε όλες τις περιπτώσεις φαίνεται πως η θνησιμότητα των ατόμων αυξανόταν με την αύξηση του ποσοστού του αιθέριου ελαίου στο εφαρμοζόμενο διάλυμα (Benelli et al., 2012).

Επιπλέον, στην παρούσα μελέτη εξετάστηκε και η διαφορά στην θνησιμότητα μεταξύ των ατόμων του ίδιου φύλου με διαφορετικό αιθέριο έλαιο. Πιο συγκεκριμένα, στα αρσενικά άτομα το αιθέριο έλαιο της λυγαριάς ήταν αρκετά πιο τοξικό σε σχέση με της αψιθιάς σε όλες τις συγκεντρώσεις με εξαίρεση το 50% και 10% όπου είχαν ίδιο ποσοστό θνησιμότητας. Ομοίως, και στα θηλυκά άτομα η λυγαριά προκάλεσε μεγαλύτερη θνησιμότητα συγκριτικά με την αψιθιά, εκτός από την συγκέντρωση 50% που επέφεραν το ίδιο ποσοστό θνησιμότητας. Το γεγονός αυτό πιθανώς να οφείλεται στο ότι το αιθέριο έλαιο της λυγαριάς είναι πιο πτητικό και έχει καλύτερο μηχανισμό δράσης. Επίσης, το ποσοστό των κύριων συστατικών στο αιθέριο έλαιο παίζει σημαντικό ρόλο σε συνδυασμό με συνεργιστική δράση μεταξύ των συστατικών (Ulukanlı et al., 2015). Χρήσιμη λοιπόν θα ήταν περαιτέρω μελέτη και ως προς την τοξικότητα μεμονωμένων των κύριων συστατικών του αιθέριου ελαίου της λυγαριάς. Επίσης, θα μπορούσε να μελετηθεί και η συνδυαστική δράση των δύο αιθέριων ελαίων ως ένα μίγμα.

Μικρά ποσοστά θνησιμότητας φαίνεται να προκάλεσε και η ακετόνη που χρησιμοποιήθηκε ως μάρτυρας στα αρσενικά και θηλυκά άτομα. Σε αντίθεση με το προαναφερθέν, έρχονται τα αποτελέσματα μιας παρόμοιας έρευνας κατά την οποία ο

μάρτυρας, στον οποίο εφαρμόστηκε 0,5μL καθαρής ακετόνης, δεν παρουσίασε ποσοστό θνησιμότητα (Benelli et al.,2012). Η θνησιμότητα του μάρτυρα στην παρούσα μελέτη πιθανώς να οφείλεται στο ότι χρησιμοποιήθηκε μεγαλύτερη ποσότητα καθαρής ακετόνης (1μL), καθώς και στο ότι τα κλουβιά με τον μάρτυρα ήταν τοποθετημένα δίπλα από τα κλουβιά των μεταχειρίσεων με τα αιθέρια έλαια.

Συνοψίζοντας, και τα δύο αιθέρια έλαια παρουσίασαν σημαντική θνησιμότητα καθιστώντας τα ικανά να χρησιμοποιηθούν ως φυτικά εντομοκτόνα. Βέβαια το αιθέριο έλαιο της λυγαριάς υπερτερούσε σε σχέση με το έλαιο της αψιθιάς και στα δύο φύλλα, καθώς φάνηκε να είναι πιο αποτελεσματικό. Η μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα του αιθέριου ελαίου της λυγαριάς είναι σημαντικό πλεονέκτημα καθώς η λυγαριά είναι ένα φυτικό είδος με μεγάλη προσαρμοστικότητα που αυτοφύεται σε μεγάλους πληθυσμούς, με αποτέλεσμα να μπορεί να συλλεχθεί η εκάστοτε αναγκαία ποσότητα χωρίς απαραίτητα να καλλιεργηθεί. Όπως ήταν φυσικό, και στα δύο έλαια η θνησιμότητα αυξάνοντα με την αύξηση της εφαρμοζόμενης συγκέντρωσης των αιθέριων ελαίων. Συμπερασματικά σύμφωνα με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, που σχετίζονται με την αποτελεσματικότητα των αιθέριων ελαίων της αψιθιάς και της λυγαριάς ενάντια στη μύγα της Μεσογείου, προκύπτει η ανάγκη για περαιτέρω έρευνα τόσο σε επίπεδο συγγενικών ειδών της μύγα της Μεσογείου όσο και στην αποτελεσματικότητα των αιθέριων ελαίων σε ποικιλία καλλιεργειών που προσβάλλονται από την μύγα σε συνθήκες αγρού.

## 5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Abdelgaleil, S. A. M., Mohamed, M. I. E., Shawir, M. S., & Abou-Taleb, H. K., (2016). Chemical composition, insecticidal and biochemical effects of essential oils of different plant species from northern Egypt on the rice weevil, *Sitophilus oryzae* L. *Journal of Pest Science*, 89 (1), 219-229.
2. Bachrouch, O., Ferjani, N., Haouel, S., and Jemâa, J. M. B., (2015). Major compounds and insecticidal activities of two Tunisian Artemisia essential oils toward two major coleopteran pests. *Industrial Crops and Products*, 65, 127-133.
3. Bailen, M., Julio, L.F., Diaz, C.E., Sanz, J., Martínez-Díaz, R.A., Raimundo Cabrera, R., Jesus Burillo, J., & Gonzalez-Coloma, A., (2013). Chemical composition and biological effects of essential oils from *Artemisia absinthium* L. cultivated under different environmental conditions. *Industrial Crops and Products*, 49, 102– 107.
4. Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, M., (2008). Biological effects of essential oils – A review. *Food and Chemical Toxicology*, 46 (2), 446-475.
5. Basta, A., Tzakou, O., Couladis, M., & Pavlović, M., (2007). Chemical composition of *Artemisia absinthium* L. from Greece. *Journal of Essential Oil Research*, 19(4), 316-318.
6. Batish, D.R., Singh, H.P., Kohli, R.K., & Kaur, S., (2008). Eucalyptus essential oil as a natural pesticide. *Forest Ecology and Management*, 256 (12), 2166-2174.
7. Beigi, M., (2017). Thin layer drying of wormwood (*Artemisia absinthium* L.) leaves: Dehydration characteristics, rehydration capacity and energy consumption. *Heat and Mass Transfer/Waerme- Und Stoffuebertragung*, 53 (8), 2711-2718.
8. Benelli, G., Flamini, G., Canale, A., Cioni, P.L., & Conti, B., (2012). Toxicity of some essential oil formulations against the Mediterranean fruit fly *Ceratitidis capitata* (Wiedemann) (Diptera Tephritidae), *Crop Protection*, 42, 223-229.
9. Benelli, G., Canale, A., Flamini, G., Cioni, P. L., Demi, F., Ceccarini, L., Macchia, M., & Conti, B. (2013). Biototoxicity of *Melaleuca alternifolia*

- (Myrtaceae) essential oil against the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae), and its parasitoid *Psytalia concolor* (Hymenoptera: Braconidae). *Industrial Crops and Products*, 50, 596-603.
10. Benelli, G., Pavela, R., Petrelli, R., Cappellacci, L., Santini, G., Fiorini, D., Sut, S., Dall'Acqua, S., Canale, A., & Maggi, F., (2018). The essential oil from industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) by-products as an effective tool for insect pest management in organic crops. *Industrial Crops and Products*, 122, 308-315.
  11. Cao, J.Q., Guo, S.S., Wang, Y., Pang, X., Geng, Z.F., & Du, S.S., (2018). Toxicity and repellency of essential oil from *Evodia lenticellata* Huang fruits and its major monoterpenes against three stored-product insects. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 160, 342-348.
  12. Chellappandian, M., Vasantha-Srinivasan, P., Senthil-Nathan, S., Karthi, S., Thanigaivel, A., Ponsankar, A., Kalaivani, K., & Hunter, W. B., (2018). Botanical essential oils and uses as mosquitocides and repellents against dengue. *Environment International*, 113, 214-230.
  13. Chhabra, G. S., & Kulkarni, K. S., (2011). *Vitex agnus castus* -an overview. *Journal of Natural Remedies*, 11 (2), 90-97.
  14. Chiasson, H., Bélanger, A., Bostanian, N., Vincent, C., & Poliquin, A., (2001). Acaricidal Properties of *Artemisia absinthium* and *Tanacetum vulgare* (Asteraceae) Essential Oils Obtained by Three Methods of Extraction. *Journal of Economic Entomology*, 94 (1), 167-171.
  15. Derwich, E., Benziane, Z., & Boukir, A., (2009). Chemical compositions and insecticidal activity of essential oils of three plants Artemisia SP: *Artemisia herba-alba*, *Artemisia absinthium* and *Artemisia pontica* (Morocco). *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry*, 8 (11), 1202-1211.
  16. Gurel, F., Gosterit, A., & Eren, Ö., (2008). Life-cycle and foraging patterns of native *Bombus terrestris* (L.) (Hymenoptera, Apidae) in the Mediterranean region. *Insectes Sociaux*, 55(2), 123-128.
  17. Hannour, K., Boughdad, A., Maataoui, A., & Bouchelta, A., (2018). Chemical composition of *Rosmarinus officinalis* (Lamiaceae) essential oils and evaluation of their toxicity against *Bruchus rufimanus* (Coleoptera:

- Chrysomelidae: Bruchinae) in Morocco. *International Journal of Tropical Insect Science*, 38, (3), 192-204.
18. Hendrichs, J., Robinson, A. S., Cayol, J. P., & Enkerlin, W., (2003). Medfly areawide sterile insect technique programmes for prevention, suppression or eradication: The importance of mating behavior studies. *Florida Entomologist*, 85 (1), 1-13.
  19. Isman, M. B., (2000). Plant essential oils for pest and disease management. *Crop Protection*, 19 (8-10), 603-608.
  20. Judžentienė, A., (2016). Chapter 97- Wormwood (*Artemisia absinthium* L.) Oils. *Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety*, 849-856.
  21. Julio, L. F., González-Coloma, A., Burillo, J., Diaz, C. E., & Andrés, M. F., (2017). Nematicidal activity of the hydrolate byproduct from the semi industrial vapor pressure extraction of domesticated *Artemisia absinthium* against *Meloidogyne javanica*. *Crop Protection*, 94, 33-37.
  22. Katsoyannos, B. I., Kouloussis, N. A., & Papadopoulos, N. T., (1997). Response of *Ceratitidis capitata* to citrus chemicals under semi-natural conditions. *Entomologia Experimentalis Et Applicata*, 82 (2), 181-188.
  23. Keita, S.M., Vincent, C., Schmit, J.P., Arnason, J.T., & Bélanger, A., (2001). Efficacy of essential oil of *Ocimum basilicum* L. and *O. gratissimum* L. applied as an insecticidal fumigant and powder to control *Callosobruchus maculatus* (Fab.) [Coleoptera: Bruchidae]. *Journal of Stored Products Research*, 37 (4), 339-349.
  24. Kelsey, R. G., & Shafizadeh, F., (1979). Sesquiterpene lactones and systematics of the genus *Artemisia*. *Phytochemistry*, 18 (10), 1591-1611.
  25. Kim, S.I., Roh, J.Y., Kim, D.H., Lee, H.S., & Ahn, Y.J., (2003). Insecticidal activities of aromatic plant extracts and essential oils against *Sitophilus oryzae* and *Callosobruchus chinensis*. *Journal of Stored Products Research*, 39 (3), 293-303.
  26. Kimbaris, A. C., Siatis, N. G., Daferera, D. J., Tarantilis, P. A., Pappas, C. S., & Polissiou, M. G., (2006). Comparison of distillation and ultrasound-assisted extraction methods for the isolation of sensitive aroma compounds from garlic (*Allium sativum*). *Ultrasonics Sonochemistry*, 13(1), 54-60.
  27. Köngül, E., (2019). Chapter 3.3 -Agnus castus. *Nonvitamin and Nonmineral Nutritional Supplements*, 139–143.

28. Kustrak, D., Kuftinec, J., & Blazević, N., (1994). Composition of the Essential Oil of *Vitex agnus-castus* L. *Journal of Essential Oil Research*, 6(4), 341–344.
29. Lee, H.S., (2006). Mosquito larvicidal activity of aromatic medicinal plant oils against *Aedes aegypti* and *Culex pipiens pallens*. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 33 (4), 292-295.
30. Llorens-Molina, J. A., Vacas, S., Castell, V., & Németh-Zámboriné, É., (2017). Variability of essential oil composition of wormwood (*Artemisia absinthium* L.) affected by plant organ. *Journal of Essential Oil Research*, 29 (1), 11-21.
31. Lucchesi, M.E., Chemat, F. and Smadja, J., (2004). Solvent-free microwave extraction of essential oil from aromatic herbs: Comparison with conventional hydro-distillation. *Journal of Chromatography A*, 1043 (2), 323-327.
32. Malacrida, A. R., Gomulski, L. M., Bonizzoni, M., Bertin, S., Gasperi, G., & Guglielmino, C. R., (2007). Globalization and fruit fly invasion and expansion: The medfly paradigm. *Genetica*, 131(1), 1-9.
33. Mandal, V., Dewanjee, S., & Mandal, S.C., (2009). Microwave-assisted extraction of total bioactive saponin fraction from *Gymnema sylvestre* with reference to gymnemagenin: A potential biomarker. *Phytochemical Analysis*, 20 (6), 491-497.
34. Martín, L., Julio, L. F., Burillo, J., Sanz, J., Mainar, A. M., & Gonzalez-Coloma, A., (2011). Comparative chemistry and insect antifeedant action of traditional (Clevenger and Soxhlet) and supercritical extracts (CO<sub>2</sub>) of two cultivated wormwood (*Artemisia absinthium* L.) populations. *Industrial Crops and Products*, 34(3), 1615-1621.
35. Maw, M.G., Thomas, A.G., & Stahevitch, A., (1985). The biology of Canadian weeds. 66. *Artemisia absinthium* L. *Canadian Journal of Plant Science*, 65, 389-400.
36. Meena, A.K., Niranjana, U.S., Rao, M.M., Padhi, M. M., & Babu, R., (2011). A review of the important chemical constituents and medicinal uses of *Vitex* genus. *Asian Journal of Traditional Medicines*, 6 (2), 54-60.
37. Mehlhorn, H., Schmahl, G., & Schmidt, J., (2005). Extract of the seeds of the plant *Vitex agnus castus* proven to be highly efficacious as a repellent against ticks, fleas, mosquitoes and biting flies. *Parasitology Research*, 95(5), 363-365.

38. Mezőfi, L., Sipos, P., Véték, G., Elek, R., & Markó, V., (2018). Evaluation of kaolin and cinnamon essential oil to manage two pests and a fungal disease of sour cherry at different tree canopy levels, *Journal of Plant Diseases and Protection*, 125 (5), 483–490.
39. Mhiri, R., Kchaou, M., Belhadj, S., El Feki, A., & Allouche, N., (2018). Characterization of aromatic compounds and biological activities of essential oils from Tunisian aromatic plants. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 12 (2), 839-847.
40. Mihajilov-Krstev, T., Jovanović, B., Jović, J., Ilić, B., Miladinović, D., Matejić, J., Rajković, J., Đorđević, L., Cvetković, V., & Zlatković, B., (2014). Antimicrobial, antioxidative, and insect repellent effects of *Artemisia absinthium* essential oil. *Planta Medica*, 80 (18), 1698-1705.
41. Nerio, L.S., Olivero-Verbel, J., & Stashenko, E., (2010). Repellent activity of essential oils: A review. *Bioresource Technology*, 101 (1), 372-378.
42. Neves, R. C. S., & Da Camara, C. A. G., (2016). Chemical composition and acaricidal activity of the essential oils from *Vitex agnus-castus* L. (Verbenaceae) and selected monoterpenes. *Anais Da Academia Brasileira De Ciencias*, 88(3), 1221-1233.
43. Niogret, J., & Epsky, N.D., (2018). Attraction of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) Sterile Males to Essential Oils: The Importance of Linalool, *Environmental Entomology*, 47 (5), 1287–1292.
44. Ntalli, N. G., Ferrari, F., Giannakou, I., & Menkissoglu-Spiroudi, U., (2010). Phytochemistry and nematicidal activity of the essential oils from 8 Greek Lamiaceae aromatic plants and 13 terpene components. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(13), 7856-7863.
45. Papachristos, D. P., Karamanoli, K. I., Stamopoulos, D. C., & Menkissoglu-Spiroudi, U., (2004). The relationship between the chemical composition of three essential oils and their insecticidal activity against *Acanthoscelides obtectus* (Say). *Pest Management Science*, 60(5), 514–520.
46. Papachristos, D.P., Kimbaris, A.C., Papadopoulos, N.T., & Polissiou, M.G., (2009). Toxicity of citrus essential oils against *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) larvae, *Annals of Applied Biology*, 155 (3), 381-389.

47. Papadopoulos, N. T., & Katsoyannos, B. I., (2003). Field parasitism of *Ceratitis capitata* larvae by *Aganaspis daci* in Chios, Greece). *Biocontrol*, 48 (2), 191-195.
48. Papadopoulos, N.T., Papachristos, D.P., & Ioannou, C., ( 2015). Citrus Fruits and the Mediterranean Fruit Fly. *Acta Horticulturae (1065)*, 1009-1018.
49. Park, I.K., Lee, S.G., Choi, D.H., Park, J.D., & Ahn, Y.J., (2003). Insecticidal activities of constituents identified in the essential oil from leaves of *Chamaecyparis obtusa* against *Callosobruchus chinensis* (L.) and *Sitophilus oryzae* (L.). *Journal of Stored Products Research*, 39 (4), 375-384.
50. Phillips, A.K., Appel, A.G., & Sims, S.R., (2010). Topical Toxicity of Essential Oils to the German Cockroach (Dictyoptera: Blattellidae). *Journal of Economic Entomology*, 103 (2), 448–459.
51. Rani, A., & Sharma, A., (2013). The genus vitex: A review. *Pharmacognosy Reviews*, 7(14), 188-198.
52. Rezaeinodehi, A., & Khangholi, S. ,(2008). Chemical composition of the essential oil of *Artemisia absinthium* growing wild in Iran. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 11 (6), 946-949
53. Riahi, L., Ghazghazi, H., Ayari, B., Aouadhi, C., Klay, I., Chograni, H., Cherif, A., & Zoghlami, N. ,(2015). Effect of environmental conditions on chemical polymorphism and biological activities among *Artemisia absinthium* L. essential oil provenances grown in Tunisia. *Industrial Crops and Products*, 66 (1), 96-102.
54. Rizvi, S. A. H., Ling, S., Tian, F., Xie, F., & Zeng, X. ,(2018). Toxicity and enzyme inhibition activities of the essential oil and dominant constituents derived from *Artemisia absinthium* L. against adult Asian citrus *Psyllid diaphorina citri* kuwayama (Hemiptera: Psyllidae). *Industrial Crops and Products*, 121, 468-475.
55. Senatore, F., Della Porta, G., & Reverchon, E.,(1996). Constituents of *Vitex agnus-castus* L. Essential Oil. *Flavour and Fragrance Journal*, 11(3), 179–182.
56. Sh.Selem, G., & El-Sheikh, E. - A., (2015). Toxicity and biochemical effects of neem azal T/S, willow (*Salix aegyptiaca* L.) and chasteberry (*Vitex agnus-*



- castus* L.) on house fly, *Musca domestica* L. (Diptera : Muscidae). *Journal of Biopesticides*, 8(1), 37-44.
57. Sorensen, J. M., & Katsiotis, S. T. ,(1999). Variation in essential oil yield and composition of Cretan *Vitex agnus castus* L. fruits. *Journal of Essential Oil Research*, 11(5), 599-605.
  58. Tandon, S., Mittal, A. K., & Pant, A. K., (2008). Insect growth regulatory activity of *Vitex trifolia* and *Vitex agnus-castus* essential oils against *Spilosoma obliqua*. *Fitoterapia*, 79(4), 283-286.
  59. Tisgratog, R., Sanguanpong, U., Grieco, J. P., Ngoen-Kluan, R., & Chareonviriyaphap, T., (2016). Plants traditionally used as mosquito repellents and the implication for their use in vector control. *Acta Tropica*, 157, 136-144.
  60. Topuz, E., Madanlar, N., & Erler, F. ,(2018). Chemical composition, toxic and development- and reproduction-inhibiting effects of some essential oils against *Tetranychus urticae* Koch (Acarina: Tetranychidae) as fumigants. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 125(4), 377–387.
  61. Travlos, I. S., & Karamanos, A. J., (2007). Influence of heat on seed germination and seedling emergence of chaste tree (*Vitex agnus castus* L.). *Journal of Agronomy*, 6(1), 25-28.
  62. Ulukanli, Z., Çenet, M., Öztürk, B., Bozok, F., Karabörklü, S., & Demirci, S. C., (2015). Chemical characterization, phytotoxic, antimicrobial and insecticidal activities of *Vitex agnus-castus*' essential oil from East Mediterranean region. *Journal of Essential Oil-Bearing Plants*, 18(6), 1500-1507.
  63. Wagan, T.A., Chakira, H., Hua, H., He, Y., & Zhao, J ., (2017). Biological Activity of Essential Oil from *Piper nigrum* Against Nymphs and Adults of *Blattella germanica* (Blattodea: Blattellidae). *Journal of the Kansas Entomological Society*, 90 (1), 54-62.
  64. Yoon, K. D., Chin, Y.-W., Yang, M. H., & Kim, J., (2011). Separation of anti-ulcer flavonoids from *Artemisia* extracts by high-speed countercurrent chromatography. *Food Chemistry*, 129(2), 679-683.
  65. Zahid, H., Rizwani, G. H., & Ishaq, S., (2016). Phytopharmacological Review on *Vitex agnus-castus*: A Potential Medicinal Plant. *Chinese Herbal Medicines*, 8(1), 24–29.

66. Zhong, J., Wang, Y., Yang, R., Liu, X., Yang, Q., & Qin, X., (2018). The application of ultrasound and microwave to increase oil extraction from *Moringa oleifera* seeds. *Industrial Crops and Products*, 120, 1-10.
67. Δόρδας, Χ., (2012). Αρωματικά και Φαρμακευτικά Φυτά. Εκδόσεις ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΠΑΙΔΕΙΑ, Θεσσαλονίκη, 71-88.
68. Κατσιώτης, Σ.Θ., & Χατζοπούλου, Π.Σ., (2016). ΑΡΩΜΑΤΙΚΑ ΦΑΡΜΑΚΕΥΤΙΚΑ ΦΥΤΑ ΚΑΙ ΑΙΘΕΡΙΑ ΕΛΑΙΑ. Εκδόσεις ΚΥΡΙΑΚΙΔΗ, τρίτη έκδοση, Θεσσαλονίκη, 248-261,291-309.
69. Σαρλής, Γ.Π., (1999). Συστηματική Βοτανική ,Εφαρμογές Κορμόφυτων. Εκδόσεις ΑΘ.ΣΤΑΜΟΥΛΗΣ, Αθήνα. 274, 299.
70. Τζανακάκης, Μ.Ε., & Κατσόγιαννος, Β.Ι., (2003). Έντομα καρποφόρων δέντρων και αμπέλου. Εκδόσεις ΑγροΤύπος , Αθήνα , 213-217.

## 6. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Πίνακας 1: Τυπική σύνθεση αιθέριου ελαίου αμυθιάς από την Ελλάδα

| Συστατικά                 | %    | Συστατικά                      | %     |
|---------------------------|------|--------------------------------|-------|
| heptanal                  | t    | lavandulyl acetate             | t     |
| α-pinene                  | t    | thymol                         | t     |
| α-fenchene                | 1.3  | carvacrol 1305 t               | t     |
| benzaldehyde              | t    | 2-phenylethyl propionate       | t     |
| sabinene                  | t    | eugenol                        | t     |
| β-pinene                  | 2.1  | geranyl acetate                | t     |
| myrcene                   | t    | (Z)-jasmone                    | t     |
| α-phellandrene            | t    | b-caryophyllene                | t     |
| α-terpinene               | t    | lavandulyl isobutyrate         | 1.3   |
| p-cymene                  | 16.8 | a-humulene                     | t     |
| 1,8-cineole               | 8.9  | geranyl acetone                | t     |
| (Z)-b-ocimene             | t    | ar-curcumene                   | 1.4   |
| phenylacetaldehyde        | t    | b-selinene                     | 1.8   |
| (E)-b-ocimene             | t    | neryl isobutyrate              | 2.4   |
| g-terpinene               | t    | bicyclogermacrene              | t     |
| terpinolene               | t    | lavandulyl isovalerate         | 4.2   |
| p-cymenene                | t    | a-calacorene                   | t     |
| linalool                  | 2.6  | 12-nor-caryophyll-5-en-2-one   | 0.8   |
| cis-p-menth-2-en-1-ol     | t    | geranyl butyrate               | t     |
| α-campholenal             | t    | caryophyllene oxide            | 25.3  |
| (Z)-myroxide              | t    | humulene epoxide II            | 1.6   |
| nopinone                  | t    | caryophylla-3,8(13)-dien-5b-ol | 1.9   |
| (Z)-3-hexenyl isobutyrate | t    | chamazulene                    | 2.9   |
| hexyl isobutyrate         | t    | (Z)-lanceol acetate            | 7.3   |
| rosefuran epoxide         | t    | (E)-lanceol acetate            | 3.7   |
| terpinen-4-ol             | t    | heneicosane                    | 1.2   |
| p-methylacetophenone      | 0.9  | sclareol                       | t     |
| p-cymen-8-ol              | t    | tricosane                      | 0.9   |
| α-terpineol               | t    | tetracosane                    | t     |
| myrtenal                  | t    | pentacosane                    | 1.6   |
| cuminaldehyde             | t    |                                |       |
| hexyl isovalerate         | t    | Monoterpene hydrocarbons       | 20.2  |
| ethyl phenylacetate       | t    | Oxygenated monoterpenes        | 20.8  |
| carvotanacetone           | t    | Sesquiterpenes hydrocarbons    | 7.2   |
| piperitone                | t    | Oxygenated sesquiterpenes      | 40.6  |
| linalyl acetate           | 1.4  | Diterpenes                     | trace |
| α-terpinen-7-al           | t    | Other compounds                | 4.6   |
| bornyl acetate            | t    | Total identified               | 93.4  |

\* t=trace= ίχνος (0.1%)

Πίνακας 2: Τυπική σύνθεση αιθέριου ελαίου λυγαριάς από την Ελλάδα

| <b>Συστατικά</b>       | <b>%</b> | <b>Συστατικά</b>               | <b>%</b> |
|------------------------|----------|--------------------------------|----------|
| α-pinene               | 1.7      | citronellyl acetate            | 0.30     |
| α-thujene              | 0.55     | α-terpineol                    | 0.26     |
| β-pinene               | 1.2      | α-terpinyl acetate             | 4.3      |
| sabinene               | 35.5     | α- bergamotene                 | 0.11     |
| δ <sub>3</sub> -carene | 0.29     | β-caryophyllene                | 2.8      |
| β-myrcene              | 1.9      | allo-aromadendrene             | 0.11     |
| α-phellandrene         | 0.07     | trans-β-farnesene              | 6.5      |
| α-terpinene            | 0.60     | α-humulene                     | 0.12     |
| limonene               | 1.1      | germacrene D                   | 0.79     |
| γ-terpinene            | 1.1      | β-bisabolol                    | 0.11     |
| p-cymene               | 0.18     | nerolidol                      | 0.22     |
| terpinolene            | 0.33     | ledol                          | 0.36     |
| 1,8-cineole            | 12.5     | spathulenol                    | 0.26     |
| 3-octanone             | 0.41     | torreyol                       | 0.36     |
| trans-sabinene hydrate | 0.55     | T-cadinol                      | 0.77     |
| citronellol            | 0.19     |                                |          |
| linalool               | 0.14     | Monoterpene hydrocarbons       | 44.5     |
| cis-sabinene hydrate   | 0.41     | Oxygen containing monoterpenes | 21.0     |
| terpinen-4-ol          | 1.9      | Sesquiterpenoids               | 12.5     |