



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

**ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ, ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ
ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΒΙΟΠΟΙΚΙΛΟΤΗΤΑΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

**ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΑΙ ΧΡΗΣΕΩΝ ΤΗΣ ΒΙΟΠΟΙΚΙΛΟΤΗΤΑΣ:
ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΩΝ
ΕΚΧΥΛΙΣΗΣ ΛΙΘΕΡΙΩΝ ΕΛΑΙΩΝ ΑΠΟ ΓΛΥΚΑΝΙΣΟ (*PIMPINELLA ANISUM*)
ΚΑΙ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΟΥΣ**

ΦΟΙΤΗΤΡΙΑ: ΣΤΕΦΑΝΙΔΟΥ ΣΤΕΦΑΝΙΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΣΦΟΥΓΓΑΡΗΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ

ΒΟΛΟΣ, 2021

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΑΙ ΧΡΗΣΕΩΝ ΤΗΣ ΒΙΟΠΟΙΚΙΛΟΤΗΤΑΣ:
ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΩΝ ΕΚΧΥΛΙΣΗΣ
ΑΙΘΕΡΙΩΝ ΕΛΑΙΩΝ ΑΠΟ ΓΛΥΚΑΝΙΣΟ (*PIMPINELLA ANISUM*) ΚΑΙ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ
ΤΗΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΟΥΣ

INVESTIGATION OF UTILIZATION AND USES OF BIODIVERSITY:
COMPARATIVE EVALUATION AND OPTIMIZATION OF TWO EXTRACTION
METHODS OF ESSENTIAL OILS FROM ANISE (*PIMPINELLA ANISUM*) AND
INVESTIGATION OF THEIR UTILIZATION

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

➤ ΣΦΟΥΓΓΑΡΗΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ

- ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Π.Θ.
- ΓΝΩΣΤΙΚΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ: ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΟΙΚΟΤΟΠΩΝ ΚΑΙ ΒΙΟΠΟΙΚΙΛΟΤΗΤΑΣ

➤ ΓΚΟΡΤΖΗ ΟΛΓΑ

- ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ Π.Θ.
- ΓΝΩΣΤΙΚΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ: ΧΗΜΕΙΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

➤ ΜΑΔΕΣΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

- ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Π.Θ.
- ΓΝΩΣΤΙΚΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ: ΜΟΡΙΑΚΗ ΚΑΙ ΚΥΤΤΑΡΙΚΗ ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΦΥΤΩΝ

Στη μνήμη της γιαγιάς μου Δόμνας που με μεγάλωσε.

*“όπου γάρ έστιν ο θησαυρός ημών,
εκεί έσται και η καρδία υμών”
(Ματθ. στ' 21).*

ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΔΗΛΩΣΗ

«Βεβαιώνω ότι είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής εργασίας, η οποία εκπονήθηκε σύμφωνα με τον Κανονισμό Εκπόνησης Πτυχιακής Εργασίας του ΤΦΠΑΠ»

Η δηλούσα

ΣΤΕΦΑΝΙΔΟΥ ΣΤΕΦΑΝΙΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η συγκεκριμένη διατριβή αποτελεί τον καρπό ερευνητικού έργου, που πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Διαχείρισης Οικοσυστημάτων και Βιοποικιλότητας της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Ο Καθηγητής και Διευθυντής του Εργαστηρίου κ. Σφουγγάρης Αθανάσιος, επέβλεψε όλα τα στάδια της εκπόνησης και συνέβαλε καθοριστικά μέχρι το πέρας αυτής. Θα ήθελα λοιπόν να τον ευχαριστήσω θερμά, για τη στήριξη των επιλογών μου και την δυνάμει στάση του σε όλα τα άγχη και τις τυχόν δυσκολίες που αντιμετώπισα. Έπειτα θα ήθελα να τον ευχαριστήσω για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε στο χώρο του εργαστηρίου, καθώς και για τις χρήσιμες υποδείξεις και τις πολύτιμες γνώσεις που μου μεταλαμπαδέυσε.

Παράλληλα, οφείλω να ευχαριστήσω την Καθηγήτρια κα. Γκορτζή Όλγα για όλες τις γνώσεις που μου προσέφερε απλόχερα, καθώς και για την άριστη συνεργασία.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Επίκουρο Καθηγητή κ. Μαδέση Παναγιώτη για τη συμμετοχή στην τριμελή συμβουλευτική επιτροπή μου.

Κατά την περίοδο της πειραματικής διαδικασίας, μου δόθηκε η ευκαιρία να συνεργαστώ με ικανούς επιστήμονες που πλαισιώνουν το χώρο του Εργαστηρίου. Οφείλω λοιπόν ένα μεγάλο ευχαριστώ στη Γεωπόνο κα. Τομαρά Νίκη για την εμπιστοσύνη της, την άριστη συνεργασία μας και τις συμβουλές της σε επαγγελματικό και προσωπικό επίπεδο.

Δε θα μπορούσα να μην ευχαριστήσω την Statistical Analyst και μεγάλη μου αδερφή Στεφανίδου Ιωάννα για τις χρήσιμες συμβουλές και τη βοήθειά της, στην στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων.

Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω κάποιους πολύ σημαντικούς ανθρώπους και συνοδοιπόρους μου στο μονοπάτι που καλείται ζωή, για την αμέριστη αγάπη, τη στήριξη και την απaráμιλλη πίστη τους προς το πρόσωπό μου, σε όλες τις εκφάνσεις της ζωής μου.

Αρχικά, τις συμφοιτήτριες, αδελφικές φίλες και συναδέλφισσες πλέον, Βασιλού Χαρίκλεια, Λαΐνα Αρετή και Δομτζίδου Χρυσάνθη. Την αρχιτέκτονα και αδελφική φίλη Σκριάπα Νίκη. Την αδελφική φίλη Μπόκου Χρυσούλα. Τις οικογενειακές φίλες Πουλιάση Ανδρομάχη, Δαυδοπούλου Σοφία, Μαλακού Δανάη και Καλότυχου Χριστίνα. Τον πολύ καλό μου φίλο Ζαρίδη Βασίλειο και όλους τους υπόλοιπους αγαπημένους μου ανθρώπους, για την αγάπη, την αδιάκοπη παρουσία τους στο πλευρό μου και την ακλόνητη πίστη στις δυνατότητές μου όλα αυτά τα χρόνια... και στα επόμενα που θα έρθουν.

Όμως, το πιο μεγάλο ευχαριστώ, το οφείλω στην οικογένειά μου. Στη μητέρα μου Κυριακή, τον πατέρα μου Χρήστο και την αδελφή μου Ιωάννα που αποτελούν τους στυλοβάτες μου και το σημαντικότερο κεφάλαιο στη ζωή μου. Τους ευχαριστώ εγκάρδια, γιατί χωρίς την υλική - ψυχική στήριξή τους, την πίστη τους και την ανιδιοτελή αγάπη που μου προσφέρουν απλόχερα, δεν θα μπορούσα να πραγματοποιήσω τα όνειρά μου. Τους ευχαριστώ, στοχεύοντας να βγω αντάξια των κόπων τους, κάνοντάς τους ακόμη περισσότερο υπερήφανους...

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ.....	2
2.1. ΑΡΩΜΑΤΙΚΑ ΚΑΙ ΦΑΡΜΑΚΕΥΤΙΚΑ ΦΥΤΑ.....	2
2.1.1. Ορισμός αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών.....	2
2.1.2. Ιστορική αναδρομή και χρήσεις.....	3
2.1.3. Ταξινόμηση.....	4
2.1.4. Βιοποικιλότητα και απειλές για τα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά στην Ελλάδα.....	4
2.1.5. Καλλιεργητικές φροντίδες αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών.....	6
2.1.6. Χρήσεις αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών.....	8
2.2. ΑΙΘΕΡΙΑ ΕΛΑΙΑ ΑΡΩΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΑΡΜΑΚΕΥΤΙΚΩΝ ΦΥΤΩΝ: ΒΙΟΣΥΝΘΕΣΗ ΚΑΙ ΒΙΟΔΡΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ.....	9
2.2.1. Σύνθεση και βιοσύνθεση αιθερίων ελαίων.....	9
2.2.2. Προέλευση αιθερίων ελαίων.....	10
2.2.3. Χημική Σύσταση αιθερίων ελαίων.....	10
2.2.4. Ποιοτικός έλεγχος.....	11
2.2.4.1. Βαθμός πτητικότητας.....	11
2.2.4.2. Ποιοτικά χαρακτηριστικά.....	11
2.2.5. Δραστικά συστατικά αιθερίων ελαίων με αντιμικροβιακή δράση.....	12
2.2.5.1. Τερπένια.....	12
2.2.5.2. Τερπενοειδή.....	12
2.2.5.3. Θυμόλη.....	12
2.2.5.4. Καρβακρόλη.....	13
2.2.6. Δραστικά συστατικά αιθερίων ελαίων στα καλλυντικά σκευάσματα.....	13
2.2.7. Αντιοξειδωτική δράση αιθερίων ελαίων.....	13
2.2.7.1. Αντιοξειδωτικά.....	13
2.2.7.2. Φυσικά αντιοξειδωτικά.....	14
2.2.7.3. Φαινολικές ενώσεις.....	14
2.2.8. Έλεγχοι αντιοξειδωτικής και αντιμικροβιακής δράσης αιθερίων ελαίων.....	14
2.2.9. Ρόλος των αιθερίων ελαίων.....	14
2.2.10. Προβλήματα εφαρμογής αιθερίων ελαίων ως φυτοπροστατευτικά.....	15
2.2.11. Χρήσεις και εφαρμογές.....	15
2.3. ΓΛΥΚΑΝΙΣΟ (<i>Pimpinella anisum</i>).....	17
2.3.1. Βοτανική ταξινόμηση και προέλευση.....	17

2.3.2. Ιστορία.....	17
2.3.3. Μορφολογία	18
2.3.4. Ανθοφορία	18
2.3.5. Εδαφοκλιματικές απαιτήσεις.....	18
2.3.6. Λίπανση.....	19
2.3.7. Πολλαπλασιασμός.....	19
2.3.8. Εχθροί και ασθένειες	20
2.3.9. Αποδόσεις.....	20
2.3.10. Συγκομιδή - μετασυλλεκτικοί χειρισμοί - διατήρηση	20
2.3.11. Χρήσεις και Ιδιότητες.....	20
2.3.12. Βιοτεχνολογία.....	21
2.3.13. Σύνθεση αιθερίου ελαίου γλυκάνισου.....	21
2.3.14. Χρήσεις και ιδιότητες αιθερίου ελαίου	21
2.4. ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΠΑΡΑΛΑΒΗΣ ΑΙΘΕΡΙΩΝ ΕΛΑΙΩΝ ΑΠΟ ΑΡΩΜΑΤΙΚΑ ΚΑΙ ΦΑΡΜΑΚΕΥΤΙΚΑ ΦΥΤΑ	23
2.4.1. Απόσταξη.....	23
2.4.1.1. Υδροαπόσταξη ή απόσταξη με νερό (Water Distillation)	24
2.4.1.2. Υδρο-ατμοαπόσταξη ή απόσταξη με ατμό και νερό (Water and Steam Distillation)	24
2.4.1.3. Απόσταξη με υδρατμούς (Steam Distillation)	24
2.4.1.4. Ταχύτητα, διάρκεια και ολοκλήρωση της απόσταξης	24
2.4.1.5. Φυσικοχημικά φαινόμενα κατά τη διαδικασία της απόσταξης	25
2.4.1.6. Εξοπλισμός αποστακτικών συγκροτημάτων	25
2.4.2. Μηχανική παραλαβή	25
2.4.3. Εκχύλιση.....	26
2.4.3.1. Εκχύλιση με πτητικούς διαλύτες	27
2.4.3.2. Εκχύλιση με ψυχρό λίπος	27
2.4.3.3. Εκχύλιση με θερμό λίπος.....	28
2.4.3.4. Υπερκρίσιμη εκχύλιση (SFE)	28
2.4.3.5. Εκχύλιση με υπερήχους (UAE: ultrasound assisted extraction).....	28
2.4.3.6. Εκχύλιση υποβοηθούμενη από μικροκύματα (MAE: microwave assisted extraction)	28
2.4.3.7. Εκχύλιση με τη βοήθεια μικροκυμάτων χωρίς διαλύτη [Solvent Free Microwave Extraction (SFME)]	29
2.4.4. Διατήρηση αιθερίων ελαίων.....	29
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	30

3.1. Γενικές πληροφορίες πειράματος	30
3.2. Απόσταξη.....	30
3.2.1. Υδρο-ατμοαπόσταξη (water and steam distillation)	30
3.3. Εκχύλιση.....	32
3.3.1. Εκχύλιση σε φούρνο χώνευσης με τη βοήθεια μικροκυμάτων χωρίς διαλύτη (Solvent Free Microwave Assisted Extraction)	32
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ	36
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	37
5.1. Παραλαβή αιθερίου ελαίου γλυκάνισου με τη μέθοδο της υδρο-ατμοαπόσταξης....	37
5.2. Παραλαβή αιθερίου ελαίου γλυκάνισου με τη μέθοδο της υποβοηθούμενης εκχύλισης με μικροκύματα χωρίς διαλύτη (SFME)	39
5.3. Σύγκριση των μεθόδων υδρο-ατμοαπόσταξης και SFME ως προς την απόδοση αιθερίου ελαίου γλυκάνισου	40
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	41
6.1. Παραλαβή αιθερίου ελαίου γλυκάνισου με τη μέθοδο της υδρο-ατμοαπόσταξης... 41	
6.1.1. Προβλήματα κατά τη διαδικασία της υδρο-ατμοαπόσταξης.....	41
6.1.2. Βελτιστοποίηση του πρωτοκόλλου της υδροατμοαπόσταξης	41
6.2. Παραλαβή αιθερίου ελαίου γλυκάνισου με τη μέθοδο της SFME.....	41
6.2.1. Αποκλίσεις του πρωτοκόλλου της μεθόδου SFME	42
6.2.2. Βελτιστοποίηση του πρωτοκόλλου της μεθόδου SFME	42
6.3. Συγκριτική αξιολόγηση των δυο μεθόδων (Υδρο-ατμοαπόσταξη – Εκχύλιση σε φούρνο χώνευσης με τη βοήθεια μικροκυμάτων χωρίς διαλύτη)	42
6.4. Διερεύνηση αξιοποίησης αιθερίου ελαίου γλυκάνισου.....	43
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	45
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	46

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1. Κάποια είδη Αρωματικών και Φαρμακευτικών Φυτών.	2
Εικόνα 2. Αιθέρια έλαια Αρωματικών και Φαρμακευτικών Φυτών.	9
Εικόνα 3. Γλυκάνισο.....	17
Εικόνα 4. Δείγματα αιθερίων ελαίων Αρωματικών και Φαρμακευτικών φυτών.....	23
Εικόνα 5. Ανοξείδωτος αποστακτήρας υδρο-ατμοαπόσταξης αιθερίων ελαίων.....	31
Εικόνα 6. Παραλαβή αιθερίου ελαίου γλυκάνισου με υδρο-ατμοαπόσταξη.....	32
Εικόνα 7. Ενυδάτωση σπόρου γλυκάνισου.....	33
Εικόνα 8. Έναρξη της SFME έπειτα από ενυδάτωση σπόρου γλυκάνισου.....	33
Εικόνα 9. Παραλαβή αιθερίου ελαίου γλυκάνισου με τη μέθοδο SFME.....	34
Εικόνα 10. Μοντέλο Milestone START D Microwave Digestion System για εκχυλίσεις SFME.	35
Εικόνα 11. Δείγματα αιθερίου ελαίου γλυκάνισου από υδρο-ατμοαπόσταξη και SFME εκχυλίσεις.....	35

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Κύρια αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά που καλλιεργούνται ή συλλέγονται από αυτοφυείς πληθυσμούς της Ελλάδας με βάση τη βιβλιογραφία (Μαλούπα κ.ά., 2013)	5
Πίνακας 2. Συνθήκες λειτουργίας SFME για το γλυκάνισο.....	29
Πίνακας 3. Αποτελέσματα υδρο-ατμοαπόσταξης αιθερίου ελαίου γλυκάνισου.	37
Πίνακας 4. Αποτελέσματα αποδόσεων σε αιθέριο έλαιο γλυκάνισου με τη μέθοδο SFME. ...	39
Πίνακας 5. Αποτελέσματα συγκριτικής αξιολόγησης των μεθόδων υδρο-ατμοαπόσταξης και SFME.	40

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ

Γράφημα 1. Σύγκριση μέσων τιμών απόδοσης αιθερίου ελαίου φρέσκου σπόρου και σπόρου προηγούμενου έτους γλυκάνισου με τη μέθοδο της υδρο-ατμοαπόσταξης.	38
Γράφημα 2. Σύγκριση μέσων τιμών απόδοσης αιθερίου ελαίου ολόκληρου σπόρου και τριμμένου σπόρου γλυκάνισου με τη μέθοδο (SFME).	40

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Θεωρείται ευρέως γνωστό ότι τα φυτικά εκχυλίσματα αξιοποιούνταν από την αρχαιότητα για ιατροφαρμακευτικούς σκοπούς, ενώ σταδιακά η χρήση τους επεκτάθηκε σε ποικίλους τομείς, όπως η βιομηχανία τροφίμων, η αρωματοποιία, η κοσμετολογία, η κτηνιατρική, η γεωπονία. Σήμερα, διαπιστώνεται ολοένα και εντονότερα η ανάγκη για ενσωμάτωση φυτικών εκχυλισμάτων ως βασικών συστατικών σε διάφορα προϊόντα. Η ανάγκη αυτή, προέρχεται από τα πλεονεκτήματα των αιθερίων ελαίων συγκριτικά με τις συνθετικές ενώσεις. Σύμφωνα με πρόσφατες μελέτες, η περιεκτικότητά τους σε αντιοξειδωτικές ενώσεις οι οποίες δρουν εναντίον των ελευθέρων ριζών, έχει αποδειχθεί ότι συμβάλλουν στην πρόληψη πολλών ασθενειών. Από τα παραπάνω, συμπεραίνεται ότι υπάρχει σημαντική ανάγκη για μελέτη των φυτικών εκχυλισμάτων που προέρχονται από αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά και για διερεύνηση της αξιοποίησής τους.

Στη συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία παρασκευάστηκαν και μελετήθηκαν ως προς την απόδοσή τους εκχυλίσματα του φυτού *Pimpinella anisum*, χωρίς τη χρήση διαλυτών υπό δυο διαφορετικές μεθόδους: την υδρο-ατμοαπόσταξη και την εκχύλιση σε φούρνο χώνευσης υποβοηθούμενη από μικροκύματα.

Σήμερα, το αιθέριο έλαιο του γλυκάνισου έχει πολλές χρήσεις. Αξιοποιείται ποικιλοτρόπως στη βιομηχανία των τροφίμων και ποτών, στην αρωματοποιία και στη φαρμακευτική. Μελέτες απέδειξαν ότι χρησιμοποιείται ως γαλακταγωγό σε θηλάζουσες μητέρες, αποχρεμπτικό αντισπασμωδικό και ηρεμιστικό. Σύμφωνα με τα παραπάνω, αποδεικνύεται η σημαντικότητα του συγκεκριμένου φυτικού εκχυλίσματος, παράμετρος που αποτέλεσε και την αφορμή για τη διεξαγωγή της παρούσας διατριβής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

2.1. ΑΡΩΜΑΤΙΚΑ ΚΑΙ ΦΑΡΜΑΚΕΥΤΙΚΑ ΦΥΤΑ

2.1.1. Ορισμός αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών

Με τον όρο *φαρμακευτικά φυτά* καλείται το σύνολο των φυτών που περιλαμβάνουν δραστικές ουσίες, οι οποίες κατά τη λήψη τους από ζώντες οργανισμούς εμφανίζουν την ιδιότητα του φαρμάκου (Φαρμακευτικά Φ., 2016), δηλαδή έχουν την ικανότητα να προλάβουν, να ανακουφίσουν ή να θεραπεύσουν ασθένειες. Όλα τα μέρη του «σώματος» ενός φυτού μπορούν να χαρακτηριστούν ως φαρμακευτικά, όπως για παράδειγμα τα φύλλα, οι καρποί, τα άνθη, ο φλοιός και οι ρίζες.

Ως *αρωματικά φυτά* θεωρούνται εκείνα τα φυτά που το χαρακτηριστικό άρωμά τους αποδίδεται στις πτητικές ενώσεις. Η βασική ιδιαιτερότητα των αρωματικών φυτών, είναι η ύπαρξη των αιθερίων ελαίων που προσδίδουν στο καθένα το χαρακτηριστικό τους άρωμα (Κουκ., 2003).



Εικόνα 1. Κάποια είδη Αρωματικών και Φαρμακευτικών Φυτών.

Γενικότερα, ως «αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά» χαρακτηρίζονται όλα τα φυτά τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε στη διατροφή είτε στην ιατρική. Είναι άνθη, καρποί, ρίζες, φλοιοί ή φύλλα φυτών και δένδρων, που παραλαμβάνονται από τη γη. Όπως προαναφέρθηκε, λαμβάνουν ανόργανα στοιχεία από τη γη και παράγουν βιταμίνες, ανόργανα άλατα, υδατάνθρακες, πρωτεΐνες και λίπη, στοιχεία που μπορεί να χρησιμοποιήσει ο ανθρώπινος οργανισμός ως επί το πλείστον για τη θεραπεία και έπειτα για τη συντήρησή του. Περίπου 200 διαφορετικά χημικά στοιχεία συμπεριλαμβάνονται σε κάθε αρωματικό και φαρμακευτικό φυτό (Λιεπούρη, 2016).

2.1.2. Ιστορική αναδρομή και χρήσεις

Από παλαιότερες εποχές μέχρι και σήμερα τα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά αποτελούν ένα αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινότητας του ανθρώπου. Στην αρχαιότητα, αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά αποκαλούσαν όλα τα φυτά που κατά τη μάσησή τους παρουσίαζαν αισθήσεις όπως πικράδα, γλυκάδα ή και αρωματική γεύση. Τα χαρακτηριστικά αυτά, αποδίδονταν την εποχή εκείνη σε «μαγικές» ιδιότητες των φυτών που είχαν τη δύναμη, όταν εισέλθουν στον οργανισμό ενός πάσχοντος, να τον ανακουφίσουν ή και να τον θεραπεύσουν από οποιαδήποτε αρρώστια. Η σπουδαιότητα των βοτάνων καταγράφονταν και σε λαϊκές παροιμίες, όπως: «δεν βρίσκω βοτάνι για να γιάνω τις πληγές μου», κατάσταση που καταδεικνύει το κύρος που τους αποδίδονταν (Λιεπούρη, 2016).

Σύμφωνα με ιστορικές καταγραφές, τα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά αποτέλεσαν, μαζί με διάφορες οργανικές και ανόργανες ουσίες, τη βάση της θεραπευτικής, η οποία, στηριζόμενη στη χρόνια εμπειρία, δρούσε με αντικειμενική επίδραση στη νόσο, χωρίς να αποκλείεται η αυθυποβολή της προσωπικότητας του θεραπευόμενου, κάτι που συμβαίνει μέχρι και σήμερα.

Στην Ελλάδα, ο Ιπποκράτης, ο πατέρας της Ιατρικής, αναφέρει στα συγγράμματά του -βάσει της μακράς εμπειρίας του - 400 παραδείγματα φαρμακευτικών ουσιών που προέρχονται από φυτά. Ο Αριστοτέλης αναφέρει 500 περίπου φάρμακα στο σύγγραμμά του «Περί Φυτών». Μετέπειτα, ο Θεόφραστος στο βιβλίο του «Περί Φυτών Ιστορίαι», θεμελιώνονται οι βάσεις της βοτανικής. Ο Θεόφραστος, συνέλεξε πληροφορίες για 450 φυτά που περιγράφει, αναφέροντας και τις φαρμακευτικές τους εφαρμογές. Ο Διοσκουρίδης κατονομάστηκε ως ο «θεμελιωτής της φαρμακολογίας», καθώς οι γνώσεις του για τη θεραπευτική δράση των φυτών στους οργανισμούς δεν ξεπεράστηκαν για αιώνες. Ο επόμενος σπουδαίος γιατρός της αρχαιότητας, ο Γαληνός, παρασκεύασε τα φυσικά θεραπευτικά σχήματα τα λεγόμενα «Γαληνικά σκευάσματα», που ίσχυαν έως τον 18ο αιώνα. Συνέγραψε 300 περίπου βιβλία, σε ένα από τα οποία πραγματοποιεί αναφορές στα φυτά με αλφαβητική σειρά (Λιεπούρη, 2016).

Από τα τέλη του 19ου έως τις αρχές του 20ου αιώνα, διαπιστώθηκε μείωση της θεραπευτικής χρήσης των βοτάνων ως φυτικών φαρμάκων. Πρόσφατα όμως, εξαιτίας κυρίως των ισχυρών παρενεργειών και αντενδείξεων που επιφέρουν τα σύγχρονα συνθετικά φάρμακα κατά τη χρήση τους, εμφανίστηκε μια τάση αναζωπύρωσης στη χρήση των φαρμακευτικών φυτών. Αποτέλεσμα αυτού, είναι η αύξηση του ενδιαφέροντος για τις βιολογικές επιδράσεις των βοτάνων, καθώς είναι ασφαλείς και δεν επιφέρουν παρενέργειες στον άνθρωπο. Επιπροσθέτως, τα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά διαδραματίζουν κεντρικό ρόλο στην καθημερινότητα ως καταλυτικοί αρωματικοί παράγοντες στα ποτά και στα τρόφιμα, αλλά και ως σημαντικά συστατικά στα αρώματα και τα καλλυντικά. Κατά τα πρώτα χρόνια της χρήσης τους, αποθηκεύονταν ως αποξηραμένα προϊόντα για λόγους συντήρησης. Η ξήρανση πραγματοποιούνταν μέσω του ήλιου και η μέθοδος αυτή εξακολουθεί να χρησιμοποιείται ευρέως.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, διαφαίνεται η σημαντικότητα τους από το μακρινό παρελθόν, μέχρι και το παρόν. Σήμερα, το 50% των φαρμάκων έχουν ως βασικό συστατικό φυσική ουσία, ενώ περίπου το 80% του παγκόσμιου πληθυσμού περίπου χρησιμοποιεί κατ' αποκλειστικότητα φαρμακευτικά φυτά. Πρέπει όμως να σημειωθεί ότι παρατηρήθηκε, βάσει επιστημονικών πειραμάτων, ότι θα πρέπει να χρησιμοποιούνται σε διάστημα λιγότερο των δώδεκα μηνών, από την συλλογή τους, διότι χάνουν τις περισσότερες θεραπευτικές τους ιδιότητες.

2.1.3. Ταξινόμηση

Τα φαρμακευτικά φυτά ταξινομούνται με βάση τις χημικές ουσίες που εμπεριέχουν. Έτσι διακρίνονται σε:

1. Φαρμακευτικά φυτά που εμπεριέχουν αλκαλοειδή
2. Φαρμακευτικά φυτά που εμπεριέχουν γλυκοζίτες
3. Φαρμακευτικά φυτά που εμπεριέχουν αιθέρια έλαια
4. Φαρμακευτικά φυτά που εμπεριέχουν διάφορες ουσίες, όπως ρητίνες, ελαιορητίνες (Φαρμακευτικά Φ., 2016).

Συστηματικά, τα αρωματικά φυτά κατηγοριοποιούνται με βάση την οικογένεια στην οποία ανήκουν. Η οικογένεια των Χειλανθών (*Lamiaceae*), είναι αυτή που διαθέτει τον υψηλότερο αριθμό αρωματικών φυτών στην Ελλάδα. Χαρακτηριστικό γνώρισμα αυτής είναι ο τετράγωνος βλαστός με τα αντιθέτως φυόμενα φύλλα και διάταξη ανθέων που σχηματίζει μονοχάσια ή διχάσια ή συμπέταλη στεφάνη. Ο κάλυκας που περικλείει το σωλήνα της στεφάνης είναι συσσέπαλος, οι τέσσερις άνισοι στήμονες σχηματίζουν δύο ζεύγη και η ωσθήκη είναι επιφυής και δικαρποφυλλική. Τα αιθέρια έλαια παράγονται σε ειδικούς αδένες του βλαστού, των ανθέων και των φύλλων. Στην Ελλάδα μεγάλος αριθμός ειδών της οικογένειας *Lamiaceae* ξηροθερμικών περιοχών, τα οποία έχουν ευρεία χρήση ως φαρμακευτικά, αρτυματικά, μελισσοτροφικά και καλλωπιστικά, (Μπαμπαλώνας και Κοκκίνη 2004). Τα πιο διαδεδομένα είναι:

- Θυμάρι (*Thymus capitatus*)
- Θρούμπι (*Satureja thymbra*)
- Φασκόμηλο (*Salvia fruticosa*)
- Ρίγανη (*Origanum vulgare*)
- Δίκταμος (*O. dictamnus*)
- Λεβάντα η στοιχάς (*Lavandula stoechas*)
- Μέντα η σταχυώδης (*Mentha spicata*)
- Δενδρολίβανο (*Rosmarinus officinalis*)
- Τσάι του βουνού (*Sideritis scardica*)

Άλλες οικογένειες στις οποίες ανήκουν τα αρωματικά φυτά (βλ. και αντιπροσωπευτικά είδη) είναι οι: Asteraceae (*Marticaria chamomilla* - Χαμομήλι), Lauraceae (*Laurus nobilis* - Δάφνη), Apiaceae (*Pimpinella anisum* - Γλυκάνισος), καθώς και αρκετές άλλες. Συνολικά, τα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά ανήκουν σε τουλάχιστον πενήντα οικογένειες (Μπαμπαλώνας και Κοκκίνη, 2004).

2.1.4. Βιοποικιλότητα και απειλές για τα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά στην Ελλάδα

«Βιοποικιλότητα ή βιολογική ποικιλότητα καλείται το σύνολο των βιολογικών ειδών, των γονιδίων, των οικοσυστημάτων και των τοπίων μιας περιοχής. Ο μεγάλος αριθμός και η ποικιλομορφία των σύγχρονων μορφών ζωής στη Γη συγκροτεί το αποτέλεσμα εκατομμυρίων χρόνων εξελικτικής ιστορίας» (Κουτσός, 2006). Η βιοποικιλότητα εξαρτάται άμεσα από την εξελικτική διαδικασία. Συνεπώς μέσω των εξελικτικών διαδικασιών μεταβάλλεται. Πιο συγκεκριμένα, η εμφάνιση νέων ειδών σε μια βιοκοινότητα ή νέων γονιδίων σε έναν

πληθυσμό, αυξάνουν τη βιοποικιλότητα της βιοκοινότητας ή του πληθυσμού αντίστοιχα, ενώ η εξαφάνιση ενός είδους ή η μείωση στη γονιδιακή ποικιλία περιορίζουν τη συνολική βιοποικιλότητα (Κουτσός, 2006).

Η Ελλάδα, συγκριτικά με την έκτασή της, διαθέτει άφθονους φυτογενετικούς πόρους και υπεράριθμα φυτικά είδη. Είναι από τις πλουσιότερες χώρες της Ευρώπης όσο αφορά στη φυτική βιοποικιλότητα και συγκαταλέγεται στα «θερμά σημεία (hot spots)» βιοποικιλότητας του πλανήτη (Μαλούπα κ.ά, 2013).

Η ελληνική χλωρίδα είναι πλούσια και κατέχει έναν ιδιαίτερα αξιόλογο αριθμό σπάνιων ειδών που βρίσκονται μόνο στον ελληνικό χώρο και δεν απαντώνται σε κανένα άλλο σημείο στον πλανήτη (ενδημικά), και πολλά άλλα που είναι σπάνια και χαρακτηρίζονται ως απειλούμενα (κινδυνεύοντα και κρισίμως κινδυνεύοντα). Στα αυτοφυή φυτά της χώρας αντιστοιχούν περίπου 6.000 είδη και υποείδη, αποτελώντας περίπου το 50% των αυτοφυών φυτών της Ευρώπης. Περίπου το 20% ανήκει σε αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά, ενώ 700 είδη χαρακτηρίζονται ως ενδημικά. Η Ελλάδα, θεωρείται ιδανική χώρα για την καλλιέργεια των βοτάνων (κατάσταση που οφείλεται στις εδαφοκλιματικές της συνθήκες), καθώς αυτά μπορούν να αξιοποιηθούν από πολλές κατηγορίες εδαφών, έως και ορεινών περιοχών. Συνεπώς, θεωρείται η 3η χώρα σε παγκόσμια κατάταξη ως προς την καταλληλότητα για καλλιέργεια αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών, δεδομένου του αριθμού ενδημικών φυτών σε σχέση με το γεωγραφικό της μέγεθος. Παρ' όλο που η πλούσια χλωρίδα της Ελλάδας σε αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά την καθιστά ιδανικό μέρος για την καλλιέργειά τους, η δυνατότητα καλλιέργειας δεν αξιοποιείται στο μέγιστο και έχει κυρίως τοπική σημασία. Ενδεικτικά αναφέρονται στον πίνακα 1. τα κυριότερα φαρμακευτικά και αρωματικά φυτά που καλλιεργούνται ή συλλέγονται στον Ελληνικό χώρο.

Πίνακας 1. Κύρια αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά που καλλιεργούνται ή συλλέγονται από αυτοφυείς πληθυσμούς της Ελλάδας με βάση τη βιβλιογραφία (Μαλούπα κ.ά., 2013)

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΚΟΙΝΗ ΟΝΟΜΑΣΙΑ
<i>Thymus capitatus</i> (αυτοφυές)	Θυμάρι
<i>Sideritis spp.</i> (καλλιεργούμενο, αυτοφυές)	Τσάι του Βουνού
<i>Salvia fruticosa</i> (αυτοφυές)	Φασκόμηλο
<i>Pistacia lentiscus</i> (καλλιεργούμενο)	Μαστίχα
<i>Pimpinella anisum</i> (καλλιεργούμενο)	Γλυκάνισο
<i>Origanum vulgare</i> (καλλιεργούμενο, αυτοφυές)	Ρίγανη
<i>Origanum dictamnus</i> (καλλιεργούμενο, αυτοφυές)	Δίκταμος
<i>Ocimum basilicum</i> (καλλιεργούμενο)	Βασιλικός
<i>Mentha spp.</i> (καλλιεργούμενο, αυτοφυές)	Μέντα
<i>Melissa officinalis</i> (καλλιεργούμενο)	Μέλισσα φαρμακευτική
<i>Matricaria recutita</i> (καλλιεργούμενο, αυτοφυές)	Χαμομήλι
<i>Lavandula angustifolia</i> (καλλιεργούμενο)	Λεβάντα
<i>Laurus nobilis</i> (αυτοφυές)	Δάφνη
<i>Humulus lupulus</i> (καλλιεργούμενο)	Λυκίσκος
<i>Foeniculum vulgare</i> (καλλιεργούμενο)	Μάραθο
<i>Cuminum cyminum</i> (καλλιεργούμενο)	Κύμινο
<i>Crocus sativus</i> (καλλιεργούμενο)	Κρόκος
<i>Coliandrum sativum</i> (καλλιεργούμενο)	Κόλιανδρο

Η εκμετάλλευση της χλωρίδας απαιτεί μεγάλη προσοχή και σύνεση, καθώς αυτή αποτελεί ένα παγκόσμιο αξιοποιήσιμο πόρο. Η ολοένα και αυξανόμενη ζήτηση πληθώρας ειδών χλωρίδας παγκοσμίως, συνδυαστικά με την αυξανόμενη υποβάθμιση των ενδιαιτημάτων και την παράνομη συλλογή τους από το φυσικό περιβάλλον, θέτουν πολλά είδη σε κίνδυνο εξαφάνισης ή μείωσης των πληθυσμών σε ανησυχητικά επίπεδα. Οι κίνδυνοι σε παγκόσμια κλίμακα οφείλονται κατά κύριο λόγο σε ανθρώπινες δραστηριότητες, όπως κατάτμηση και καταστροφή ενδιαιτημάτων και εξάπλωση αλλόχθονων ειδών φυτών και ζώων. Παράλληλα, μέσα από μελέτες παρατηρήθηκε ότι πολλά από τα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά που είναι είτε ενδημικά, είτε σπάνια, είτε απειλούμενα, συλλέγονται με ληστρικό τρόπο απευθείας από αυτοφυείς πληθυσμούς και εμπορεύονται ανεξέλεγκτα. Οι συλλογές αυτές πραγματοποιούνται χωρίς έλεγχο και με τρόπο που δεν καθιστά δυνατή τη φυσική τους αναγέννηση.

2.1.5. Καλλιεργητικές φροντίδες αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών

Αν και η καλλιέργεια των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών διαφέρει από είδος σε είδος, υπάρχουν κάποιες βασικές στρατηγικές οι οποίες αφορούν όλα τα είδη. Οι σημαντικότερες καλλιεργητικές φροντίδες που εφαρμόζονται είναι η αμειψισπορά, η συγκαλλιέργεια, η λίπανση, ο πολλαπλασιασμός, ο έλεγχος των ζιζανίων, η άρδευση, η συγκομιδή, η ξήρανση και η αποθήκευση (Δόρδας, 2012).

1. Αμειψισπορά: Αμειψισπορά καλείται η συστηματική εναλλαγή των καλλιεργειών στο ίδιο χωράφι και χρησιμοποιείται σε πολλές περιπτώσεις στην καλλιέργεια των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών. Η αμειψισπορά είναι σημαντική επειδή πετυχαίνει καλύτερη αξιοποίηση των πόρων στο χωράφι, σταθεροποιεί την απόδοση και ελέγχει τους εχθρούς. Από τα αρωματικά φυτά, χρησιμοποιούνται ο γλυκάνισος, ο μάραθος, ο βασιλικός, το χαμομήλι και η ανθέμιδα.
2. Συγκαλλιέργεια: Συγκαλλιέργεια ορίζεται το σύστημα παραγωγής όπου μια καλλιέργεια σπείρεται σε κενά διαστήματα μιας άλλης. Έτσι, μπορούν να καλλιεργηθούν αρωματικά φυτά σε οπωρώνες, να συγκαλλιεργηθούν αρωματικά φυτά με ετήσια ή ακόμα να χρησιμοποιηθούν τα αρωματικά φυτά για προστασία από εχθρούς και ασθένειες. Ταυτόχρονα, η συγκαλλιέργεια με φαρμακευτικά και αρωματικά φυτά μπορεί να αποδώσει ένα επιπρόσθετο εισόδημα στον παραγωγό.
3. Προετοιμασία του εδάφους: Για να ξεκινήσει η κατεργασία του εδάφους θα πρέπει να γίνει σωστή διαχείριση των φυτικών υπολειμμάτων της προηγούμενης καλλιέργειας, συνήθως με ενσωμάτωση αυτών. Ο τρόπος κατεργασίας του εδάφους εξαρτάται από ποικίλους παράγοντες που συνδέονται άμεσα με την προηγούμενη καλλιέργεια. Η συμβατική κατεργασία του εδάφους ακολουθείται από όργωμα σε βάθος 30 cm και δισκοσβάρνισμα που επιφέρει τον ψιλοχωματισμό του εδάφους. Μετέπειτα, το έδαφος συμπιέζεται και ισοπεδώνεται μέσω του καλλιεργητή σε συνδυασμό με ελαφρύ κύλινδρο. Με αυτό τον τρόπο, επιτυγχάνεται ο καλύτερος έλεγχος των υπολειμμάτων και ο αερισμός του εδάφους, η εύκολη ενσωμάτωση λιπασμάτων και ασβεστίου, η καλύτερη αντιμετώπιση των ζιζανίων, ενώ οι ρίζες αναπτύσσονται ευκολότερα.
4. Λίπανση: Η λίπανση εφαρμόζεται ανάλογα με τις ανάγκες της εκάστοτε καλλιέργειας και το είδος του αρωματικού φυτού. Σε όλα τα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά είναι απαραίτητος ο P για την ανάπτυξη πλούσιου ριζικού συστήματος και για τη σκλήρυνση των ιστών. Μια ποσότητα N και όλος ο P εφαρμόζονται πριν από την

σπορά και το υπόλοιπο N με επιφανειακή λίπανση κατά τα τέλη του χειμώνα ή στην αρχή της άνοιξης. Στη βασική λίπανση το N εφαρμόζεται στο έδαφος με τη μορφή της φωσφορικής αμμωνίας, ενώ στην επιφανειακή με τη μορφή της νιτρικής αμμωνίας.

5. Πολλαπλασιασμός: Ως επί το πλείστον τα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά πολλαπλασιάζονται με σπόρο. Ωστόσο πολλά από αυτά είναι πολυετή. Γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιούνται και άλλοι τρόποι πολλαπλασιασμού, όπως τα μοσχεύματα, οι κόρμοι, ο εμβολιασμός, τα ριζώματα, οι βολβοί. Εντούτοις, ο πολλαπλασιασμός με σπόρο είναι ο πιο διαδεδομένος τρόπος, καθώς μπορούν να πολλαπλασιαστούν σχεδόν όλα τα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά, με εξαίρεση τα υβρίδια λεβάντας, η μέντα, ο κρόκος και μερικές ποικιλίες εστραγκόν.
6. Έλεγχος των ζιζανίων: Για τον καθολικό έλεγχο των ζιζανίων εφαρμόζεται κάθε καλλιεργητική τεχνική που αποσκοπεί στην ανάπτυξη υγιών φυτών με ανταγωνιστικότητα στα ζιζάνια. Τα ζιζανιοκτόνα που εφαρμόζονται αλληλεξαρτώνται από τα είδη των ζιζανίων. Τέλος το βοτάνισμα αποτελεί σημαντικό παράγοντα για τη μείωση της εξάπλωσης των ζιζανίων στην καλλιέργεια.
7. Άρδευση: Η καλλιέργεια των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών δεν είναι ιδιαίτερα απαιτητική σε άρδευση. Πολλά είδη καλλιεργούνται ως ξηρικά. Σε πολλές περιπτώσεις ο καλλιεργητής δεν παρεμβαίνει στον αγρό από την εγκατάσταση έως την συγκομιδή, αν και υπάρχουν κάποια είδη τα οποία απαιτούν φροντίδα για να παραχθεί προϊόν καλύτερης ποιότητας. Η άρδευση εφαρμόζεται όποτε κρίνεται απαραίτητη. Οι μέθοδοι άρδευσης είναι ο καταιονισμός, η επιφανειακή άρδευση με αυλάκια και η στάγδην άρδευση. Η τελευταία, πλεονεκτεί όλων των υπολοίπων, καθώς επιφέρει ομοιόμορφη υγρασία στη σημείο που εκτείνονται οι ρίζες των καλλιεργούμενων φυτών και παράλληλα εξοικονομείται νερό.
8. Συγκομιδή: Η συγκομιδή των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών είναι αρκετά κρίσιμη διαδικασία καθώς επηρεάζεται άμεσα η ποιότητα του τελικού προϊόντος. Γι' αυτό το λόγο θα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στους παράγοντες που την επηρεάζουν. Το στάδιο ανάπτυξης του φυτού, ο χρόνος συγκομιδής, ο βαθμός και η θερμοκρασία ξήρανσης, η περιεκτικότητα σε υγρασία μετά την ξήρανση είναι μερικοί από τους παράγοντες. Σημαντικό ρόλο διαδραματίζουν οι συνθήκες και η χρονική διάρκεια της αποθήκευσης πριν από την τελική επεξεργασία, καθώς ελλοχεύει κίνδυνος απωλειών του εκάστοτε αιθερίου ελαίου. Η συγκομιδή των αρωματικών φυτών πραγματοποιείται στις περισσότερες περιπτώσεις με μηχανήματα και σε λίγες περιπτώσεις με τα χέρια (στα τριαντάφυλλα και στον κρόκο). Στα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά όπου το προϊόν που χρησιμοποιείται είναι οι ρίζες και οι κόνδυλοι η συγκομιδή γίνεται την άνοιξη και το φθινόπωρο, ενώ όταν το προϊόν που συγκομίζεται είναι τα άνθη, η συγκομιδή προτείνεται να πραγματοποιείται τις πρώτες πρωινές ώρες. Τα φύλλα και οι ανθοφόροι βλαστοί συλλέγονται όταν τα φυτά είναι σε πλήρη άνθιση.
9. Ξήρανση: Η ξήρανση πραγματοποιείται συνήθως σε σκιερά μέρη και σε ειδικά ξηραντήρια. Μπορεί να πραγματοποιηθεί και στο χωράφι όμως υπάρχουν κίνδυνοι απωλειών χρώματος, φύλλων και ανθέων, με συνέπεια την απώλεια αιθερίου ελαίου και δραστικών συστατικών. Παράλληλα ελλοχεύει κίνδυνος για αύξηση του μικροβιακού φορτίου. Για να αποφευχθούν οι απώλειες αιθερίων ελαίων η θερμοκρασία κατά την ξήρανση δε θα πρέπει να ξεπερνά τους 42 βαθμούς Κελσίου. Τα ξηραντήρια που έχουν κατασκευαστεί για την ξήρανση των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών κατηγοριοποιούνται σε: α) στατικά ξηραντήρια όπου το υλικό

παραμένει ακίνητο μέχρι το τέλος της ξήρανσης σε τελάρα, β) δυναμικά ξηραντήρια όπου το φυτικό υλικό ξεραίνεται γρήγορα και ανανεώνεται σε μονάδα ξήρανσης με υποβοήθηση κινούμενου ιμάντα, γ) λυοφιλοποίηση όπου πραγματοποιείται ξήρανση σε κενό και σε χαμηλές θερμοκρασίες, δ) ρεοαιωρούμενη ξήρανση, που χρησιμοποιείται ειδικότερα στη φαρμακοβιομηχανία για την ξήρανση εκχυλισμάτων δραστικών συστατικών των φαρμακευτικών φυτών.

10. Διατήρηση και αποθήκευση: Η διάθεση και η χρήση των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών θα πρέπει να πραγματοποιείται τον ίδιο χρόνο που πραγματοποιείται η συλλογή τους, επειδή με την πάροδο του χρόνου υποβιβάζεται η ποιότητα του προϊόντος, ενώ ταυτόχρονα ελαττώνεται η περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο. Η αποθήκευση και η διατήρηση ολοκληρώνονται σε καλά αεριζόμενες, ξηρές αποθήκες. Ο χώρος αποθήκευσης θα πρέπει να ικανοποιεί κάποιες προϋποθέσεις που να επιτρέπουν την πρόληψη από επιμόλυνση, τον καθαρισμό και την ελαχιστοποίηση της φθοράς.

2.1.6. Χρήσεις αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών

Στη σύγχρονη εποχή, τα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά καλλιεργούνται είτε για τα αποξηραμένα τμήματά τους, είτε για τα αιθέρια έλαια. Τα έλαια χρησιμοποιούνται στην αρωματοποιία, τη σαπωνοποιία, τη βιομηχανία τροφίμων, τη φαρμακευτική και σε πολλούς ακόμα τομείς. Τα αποξηραμένα τμήματα των φυτών (δηλαδή οι αποκαλούμενες ξηρές δρόγες), μπορούν να αξιοποιηθούν για την παρασκευή ροφημάτων, στη ζαχαροπλαστική, στην κονσερβοποιία και στη βιομηχανία τροφίμων και ποτών. (Δόρδας, 2012). Οι ξηρές δρόγες διαθέτουν συνήθως περισσότερο συμπυκνωμένο άρωμα από ό,τι το φρέσκο υλικό. Τα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά αξιοποιούνται στη μαγειρική ως μπαχαρικά, είτε αλεσμένα, είτε ξηρά, είτε φρεσκοκομμένα. Παράλληλα, εμπεριέχουν μεγάλες ποσότητες πολλών αντιοξειδωτικών ενώσεων, όπως πολυφαινόλες, καροτενοειδή, γλωροφύλλες, που έχουν ως κυριότερη χρήση την αντικατάσταση συνθετικών χρωστικών στη χρώση των τροφίμων (Μαλούπα κ.ά., 2013).

Πλέον έχουν δημιουργηθεί ποικίλες κατηγορίες καταναλωτικών προϊόντων, τα οποία στηρίζονται στα προϊόντα της φύσης, μερικά από τα οποία είναι (Μαλούπα κ.ά., 2013):

- Διατροφικά φαρμακευτικά προϊόντα
- Διαιτητικά συμπληρώματα
- Λειτουργικά τρόφιμα
- Βοτανικά φάρμακα
- Βοτανικά τσάγια και ροφήματα
- Φυτικά φάρμακα
- Ομοιοπαθητικά φάρμακα
- Αρωματοθεραπευτικά έλαια

2.2. ΑΙΘΕΡΙΑ ΕΛΑΙΑ ΑΡΩΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΑΡΜΑΚΕΥΤΙΚΩΝ ΦΥΤΩΝ: ΒΙΟΣΥΝΘΕΣΗ ΚΑΙ ΒΙΟΔΡΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ

Αιθέρια έλαια καλούνται τα μίγματα πτητικών συστατικών ελαιώδους σύστασης με χαρακτηριστική οσμή και γεύση. Αποτελούνται από διάφορες χημικές ουσίες οι οποίες μπορούν να φτάσουν τις 150, ενώ το συστατικό το οποίο υπερισχύει καθορίζει και το χαρακτήρα τους. Τα συστατικά που υπερισχύουν μπορεί να αποτελούν το 85% της συνολικής συγκέντρωσης του ελαίου, ενώ τα υπόλοιπα εντοπίζονται ως ίχνη. Ο ορισμός του αιθερίου ελαίου ανακαλύφθηκε για πρώτη φορά τον 16ο αιώνα και αποσκοπούσε στον χαρακτηρισμό του δραστικού συστατικού ενός φαρμάκου. Θεωρείται ότι υπάρχουν περίπου 3.000 γνωστά αιθέρια έλαια από τα οποία τα 300 διατίθενται στο εμπόριο (Σακκάς, 2007).



Εικόνα 2. Αιθέρια έλαια Αρωματικών και Φαρμακευτικών Φυτών.

2.2.1. Σύνθεση και βιοσύνθεση αιθερίων ελαίων

Μέχρι και σήμερα, δεν έχει διευκρινιστεί ο ακριβής τρόπος με τον οποίο πραγματοποιείται η βιοσύνθεση των αιθερίων ελαίων στα φυτά. Θεωρείται όμως γνωστό ότι τα διάφορα συστατικά τους σχηματίζονται από απλούστερες ουσίες που θεωρούνται πρόδρομοι αυτών.

Τα αιθέρια έλαια σχηματίζονται σε ειδικούς εκκριτικούς σχηματισμούς των φυτών που μπορεί να είναι εσωτερικοί ή εξωτερικοί και ονομάζονται ελαιαδένες. Τέτοιοι είναι:

- Οι ελαιοφόροι αγωγοί
- Οι ελαιοφόρες κοιλότητες που βρίσκονται κάτω από το δέρμα των φύλλων, τα άνθη και τους καρπούς, όπως στα εσπεριδοειδή
- Τα ελαιοφόρα ιδιόβλαστα κύτταρα όπως για παράδειγμα στα φύλλα της δάφνης
- Οι ελαιοφόρες τρίχες στα είδη Labiateae που σχηματίζονται στην επιδερμίδα, κυρίως των φύλλων αλλά και των υπόλοιπων υπέργειων οργάνων του φυτού. Καθεμία ελαιοφόρα τρίχα αποτελείται από τρία τμήματα: α) την κεφαλή, β) τη βάση, γ) το μίσχο.

Η μέγιστη ποσότητα αιθερίων ελαίων εντοπίζεται στα αυξητικά όργανα του φυτού.

Η σύνθεση, ποσότητα και ποιότητα των αιθερίων ελαίων διαφοροποιείται σε κάθε φυτό και εξαρτάται από παράγοντες, όπως η ώρα της ημέρας, η εποχή του έτους, το κλίμα της περιοχής και το μέρος του φυτού από το οποίο εξήλθαν. Σε ένα αιθέριο έλαιο απαντώνται έως και 200 διαφορετικές χημικές ενώσεις, κατάσταση που δικαιολογεί την μεγάλη ποικιλία των ιδιοτήτων των αιθερίων ελαίων. Είναι δυνατόν, να απαντώνται αιθέρια έλαια διαφορετικής σύστασης σε διαφορετικό ή στο ίδιο μέρος του φυτού. Σήμερα, είναι γνωστά περίπου 3.000 αιθέρια έλαια, από τα οποία αξιοποιούνται εμπορικά τα 300. Τέλος, αξίζει να σημειωθούν οι παράγοντες που ευθύνονται για την ποσότητα και την ποιότητα των αιθερίων ελαίων, οι οποίοι είναι: α) ο γενότυπος, β) οι κλιματικοί παράγοντες (όπως το φως, η θερμοκρασία), γ) οι εδαφικοί παράγοντες, στους οποίους ανήκουν το pH, η οργανική ουσία και η εδαφική σύσταση, δ) ο χρόνος συλλογής, ε) η μέθοδος παραλαβής και στ) οι μετασυλλεκτικοί χειρισμοί (Φουρνομίτη, 2016).

2.2.2. Προέλευση αιθερίων ελαίων

Τα αιθέρια έλαια χαρακτηρίζονται προϊόντα δευτερογενούς μεταβολισμού. Τα προϊόντα αυτά ονομάζονται δευτερογενείς μεταβολίτες, δεν έχουν σχέση με τον μεταβολισμό της ενέργειας και ο βιολογικός τους ρόλος δεν είναι ακόμα ευκρινής. Συντίθενται μόνο στα κατάλληλα στάδια ανάπτυξης και σε όργανα ή σε κάποιους ειδικούς ιστούς. Η βιοσύνθεση των ουσιών αρχίζει να πραγματοποιείται κατά το μεταβολισμό των αμινοξέων, των λιπών και των υδατανθράκων, όπου σαν βασική ουσία χρησιμοποιείται κάποιο από τα ενδιάμεσα προϊόντα. (Φουρνομίτη, 2016).

2.2.3. Χημική Σύσταση αιθερίων ελαίων

Τα αιθέρια έλαια εμφανίζονται ως πτητικά υγρά, ελαιώδη και εύφλεκτα με ελάχιστη διαλυτότητα στο νερό, σε αντίθεση με τους λιπόφιλους διαλύτες και τα λιπαρά έλαια, όπου εκεί παρουσιάζουν αυξημένη διαλυτότητα. Το ειδικό βάρος τους είναι μικρότερο του 1 και έχουν στροφική ικανότητα και υψηλό δείκτη διάθλασης. Όταν είναι καθαρά εμφανίζονται ως άχρωα ή υποκίτρινα με εξαίρεση εκείνα που είναι μπλε λόγω του ότι διαθέτουν αζουλένιο. Οι αλλοιώσεις του χρώματος, της οσμής και η ρητινοποίηση οφείλονται κατά κύριο λόγο στη μακροχρόνια διατήρηση, εξαιτίας των αυτοξειδώσεων, του πολυμερισμού και της υδρόλυσης των εστέρων (Σακκάς, 2007).

Τα συστατικά των αιθερίων ελαίων είναι περίπου 500 ενώσεις που κατηγοριοποιούνται σε υδρογονάνθρακες ελαιώδους υφής και σε υδρογονάνθρακες στερεάς υφής. Τα αιθέρια έλαια επηρεάζονται από παράγοντες όπως η υγρασία, η θερμότητα, το φως και ο όξινος αέρας. Η διατήρησή τους πρέπει να πραγματοποιείται σε δοχεία προστατευμένα από το φως και τη θερμότητα. Η σύστασή τους εξαρτάται από παράγοντες όπως οι περιβαλλοντικές συνθήκες, η εποχή και η ώρα της ημέρας που πραγματοποιείται η συλλογή του φυτού, η σύσταση του εδάφους και ο τρόπος καλλιέργειας, οι συνθήκες συντήρησης από την αποθήκευση μέχρι την παραλαβή του ελαίου και η μέθοδος παραλαβής και ανάλυσης των συστατικών του αιθερίου ελαίου. Στα συστατικά εμπεριέχονται υδρογονάνθρακες, φαινόλες, αλκοόλες, φαινολαιθέρες, κετόνες, αλδεΐδες, εστέρες, λακτόνες και οξείδια. Τα τερπένια, μονοκυκλικά ή δικυκλικά, που είναι συστατικά σε διάφορα αιθέρια έλαια, ευθύνονται για τις θεραπευτικές και αρωματικές

ιδιότητες των ελαίων. Άλλες ενώσεις που απαντώνται σε μικρή ή μεγάλη περιεκτικότητα είναι οι κινεόλη, βανιλίνη, κιτράλη, πιπεριτόνη, εστέρες αρωματικών και αλειφατικών οξέων, κιτρονελλάλη, ασκαριδόλη (Σακκάς, 2007).

2.2.4. Ποιοτικός έλεγχος

Η χημική σύσταση των αιθερίων ελαίων σε συνδυασμό με τις διάφορες φυσικές σταθερές (όπως το ειδικό βάρος, ο δείκτης διάθλασης, η στροφική ικανότητα, η διαλυτότητα και το σημείο ζέσεως), σχετίζονται άμεσα με την ποιότητα τους. Στο παρελθόν, ο ποιοτικός έλεγχος επιτυγχανόταν με διάφορες χημικές αντιδράσεις των συστατικών, μια διαδικασία που ήταν αρκετά χρονοβόρα και απαιτούσε πολύ χρόνο. Σήμερα, ο προσδιορισμός των συστατικών και της συγκέντρωσης αυτών στο αιθέριο έλαιο, πραγματοποιείται με την Αέρια Χρωματογραφία συνδυαστικά με φασματογράφο μάζας. Με αυτή τη μέθοδο επιτυγχάνεται η ταχύτερη και ακριβής ανάλυση, ενώ απαιτείται πολύ μικρή ποσότητα αιθερίου ελαίου (Δόρδας 2012, Φουρνομίτη 2016).

2.2.4.1. Βαθμός πτητικότητας

Ως βαθμός πτητικότητας ορίζεται η ταχύτητα με την οποία τα αιθέρια έλαια εξαερώνονται στον ατμοσφαιρικό αέρα. Ο βαθμός πτητικότητας επηρεάζει σημαντικά τις ιδιότητες των αιθερίων ελαίων και βάσει αυτού τα αιθέρια έλαια κατατάσσονται σε τρεις κατηγορίες:

- ❖ Νότες κορυφής: Σε αυτή την κατηγορία ταξινομούνται τα αιθέρια έλαια που εξαερώνονται γρήγορα. Οι νότες κορυφής είναι οι πρώτες που εξατμίζονται και οι πρώτες που οσμίζονται οδηγώντας στην «καρδιά» του αρώματος. Προσφέρουν αναζωογόνηση και ενέργεια και δρουν άμεσα. Στις νότες κορυφής ανήκουν τα αιθέρια έλαια των εσπεριδοειδών, μέντας, κωνοφόρων, βασιλικού, τζίντζερ, δενδρολίβανου.
- ❖ Νότες της «καρδιάς»: Τα αιθέρια έλαια αυτής της κατηγορίας κατέχουν μέτρια πτητικότητα. Οι νότες της «καρδιάς» διαρκούν περισσότερο με αποτέλεσμα να προσδίδουν πληρότητα και χαρακτήρα στο άρωμα. Κατέχουν εξισορροπητικό χαρακτήρα και δρουν σε ποικίλες λειτουργίες του οργανισμού. Στις νότες της «καρδιάς» ανήκουν τα αιθέρια έλαια ανθέων όπως: μελισσόχορτο, μαντζουράνα, γιασεμί, θυμάρι, κανέλα, λεβάντα, χαμομήλι, βιολέτα.
- ❖ Νότες βάσης: Τα αιθέρια έλαια που ανήκουν στις νότες βάσης αναδύονται αργά και διαρκούν πολύ χρόνο, αργούν να εξαερωθούν και είναι λιγότερο πτητικά. Προσφέρουν ευεξία και χαλάρωση, ενώ η αρωματική σύνθεσή τους καθυστερεί την αποδυνάμωση του αρώματος. Στις χαμηλές νότες ανήκουν κατά κύριο λόγο αιθέρια έλαια ξυλωδών φυτών όπως ροδόξυλο, μύρο, σανταλόξυλο κ.ά.

Η ταξινόμηση των αιθερίων ελαίων (ως πολυσύνθετες ενώσεις) στις τρεις κατηγορίες δεν είναι μια εύκολη διαδικασία, καθώς συμβαίνει συχνά το ίδιο έλαιο να αποτελείται από διαφορετικές νότες που εξαερώνονται με διάφορους ρυθμούς. Οι δείκτες εξάτμισης χρησιμοποιούνται από τους αρωματοποιούς και καθορίζουν σε ποιες νότες ανήκει το κάθε έλαιο (Φουρνομίτη, 2016).

2.2.4.2. Ποιοτικά χαρακτηριστικά

Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά που καθορίζουν ένα αιθέριο έλαιο καθορίζονται από μερικούς σημαντικούς παράγοντες που φανερώνουν πολύτιμες πληροφορίες για τις ιδιότητές τους. Ένας

από αυτούς είναι η βοτανική καθαρότητα των ελαίων, η οποία καθορίζεται και από το βοτανικό όνομα του φυτού, όχι μόνο από το ευρέως χρησιμοποιούμενο όνομα. Επιπλέον, η καθαρότητα και η αυθεντικότητα φανερώνονται από τις οργανοληπτικές ιδιότητες του αιθερίου ελαίου, τις φυσικές ιδιότητες και τη χημική του σύσταση. Άλλοι αξιοσημείωτοι παράγοντες είναι η γενική κατάσταση και η υγεία του φυτού, η μέθοδος παραλαβής, η χώρα προέλευσης καθώς και το μέρος του φυτικού υλικού που χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή του αιθερίου ελαίου (Φουρνομίτη, 2016).

2.2.5. Δραστικά συστατικά αιθερίων ελαίων με αντιμικροβιακή δράση

Τα αιθέρια έλαια διαθέτουν πολυάριθμα συστατικά με αντιμικροβιακή δράση. Η αναγνώριση των πιο δραστικών αντιμικροβιακών συστατικών είναι μια δύσκολη διαδικασία η οποία οφείλεται στα σύνθετα μίγματα που δημιουργούνται, από τουλάχιστον 45 διαφορετικά συστατικά, στο κάθε αιθέριο έλαιο. Τα δραστικά συστατικά μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε τέσσερις ομάδες ανάλογα με την χημική τους δομή. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργείται μια πιο σαφής άποψη όσο αφορά στις αντιμικροβιακές ιδιότητες και τον τρόπο με τον οποίο δρουν επιλεγμένα συστατικά αιθερίων ελαίων. Αναφορικά οι ομάδες είναι τα τερπένια, τα τερπενοειδή, τα φαινυλοπροπένια και όλα τα υπόλοιπα (Φουρνομίτη, 2016).

2.2.5.1. Τερπένια

Τα τερπένια είναι υδρογονάνθρακες που παράγονται από τον συνδυασμό πολλών μονάδων ισοτερπενίων (C_5H_8) και συντίθενται στο κυτταρόπλασμα των φυτικών κυττάρων. Διαμέσου του μεβαλονικού οξέος προχωρά η σύνθεση, ξεκινώντας από ακέτυλο- CoA. Τα τερπένια ομαδοποιούνται σε: μονοκυκλικό- ή δικυκλικό- δομές, με κύρια τερπένια τα μονοτερπένια ($C_{10}H_{16}$), τα σεσκιτερπένια ($C_{15}H_{24}$), τα διτερπένια ($C_{20}H_{32}$) και τα τριτερπένια ($C_{30}H_{40}$). Σημαντικά τερπενικά συστατικά είναι το π-κυμένιο, λιμονένιο, τερπινένιο, σαβινένιο, πινένιο. Αξίζει να σημειωθεί, ότι δεν αποτελούν ομάδα στοιχείων με υψηλή αντιμικροβιακή δράση, καθώς είναι αναποτελεσματικά ως αντιμικροβιακά, όταν εφαρμόζονται ως μεμονωμένα συστατικά (Φουρνομίτη, 2016).

2.2.5.2. Τερπενοειδή

Τερπενοειδή ονομάζονται τα τερπένια που δέχονται βιοχημικές τροποποιήσεις, διαμέσου ενζύμων που προσθέτουν μόρια οξυγόνου και μετακινούν ή αφαιρούν ομάδες μεθυλίου. Υποδιαιρούνται σε αλδεΐδες, κετόνες, εστέρες, αιθέρες, αλκοόλες και φαινολικά υποξείδια. Η αντιμικροβιακή δράση τους, συνδέεται άμεσα με την παρουσία λειτουργικών ομάδων, όπως για παράδειγμα η υδροξυλομάδα των φαινολικών τερπενοειδών, η οποία είναι απαραίτητη για την αντιμικροβιακή δράση. Η θυμόλη, η καρβακρόλη, η λιναλοόλη, η κιτρονελλάλη, η μινθόλη και η γερανιόλη αποτελούν χαρακτηριστικά παραδείγματα τερπενοειδών. Αυτά επιδρούν σε ένα ευρύ φάσμα μικροοργανισμών, με πιο δραστικά τα μονοτερπένια θυμόλη και καρβακρόλη. Συνήθως, η αντιμικροβιακή δράση των αιθερίων ελαίων, συσχετίζεται με το περιεχόμενο των φαινολικών συστατικών τους. Σε σχετικές μελέτες παρατηρήθηκε ότι τα τερπενοειδή διαθέτουν αυξημένη αντιμικροβιακή δράση συγκριτικά με τα τερπένια, ιδιότητα που αποδίδεται στις λειτουργίες των χαρακτηριστικών τους ομάδων (Φουρνομίτη, 2016).

2.2.5.3. Θυμόλη

Η θυμόλη είναι ένα από τα σημαντικότερα συστατικά του ελαίου του θυμαριού και ένα φαινολικό μονοτερπενοειδές. Δομικά, είναι πανομοιότυπη με την καρβακρόλη, με τη διαφορά

ότι η θέση του υδροξυλίου βρίσκεται σε άλλη περιοχή του φαινολικού δακτυλίου. Η αντιμικροβιακή δράση των φαινολικών ενώσεων δημιουργεί λειτουργικές και δομικές αλλαγές στην κυτταροπλασματική μεμβράνη. Μέσω πειραμάτων, έχει εδραιωθεί ότι η θυμόλη αλληλεπιδρά με κυτταρικές μεμβράνες επηρεάζοντας τη διαπερατότητά τους. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αλληλεπίδραση της θυμόλης με τις πρωτεΐνες της μεμβράνης και άλλους ενδοκυττάριους στόχους, ενώ ταυτόχρονα δημιουργείται απώλεια του δυναμικού της μεμβράνης (Φουρνομίτη, 2016).

2.2.5.4. Καρβακρόλη

Η καρβακρόλη είναι ένα συστατικό το οποίο εντοπίζεται σε αφθονία στη ρίγανη. Η αντιμικροβιακή της δράση είναι παρόμοια με της θυμόλης, προκαλώντας λειτουργικές και δομικές αλλαγές στην κυτταρική μεμβράνη. Η καρβακρόλη ενεργεί επηρεάζοντας τη μεμβράνη και αυξάνοντας τη ρευστότητα και τη διαπερατότητά της. Από μελέτες αποδείχθηκε ότι η καρβακρόλη επηρεάζει την εξωτερική μεμβράνη των Gram-αρνητικών βακτηρίων (Φουρνομίτη 2016).

2.2.6. Δραστικά συστατικά αιθερίων ελαίων στα καλλυντικά σκευάσματα

Ένα προϊόν φροντίδας του δέρματος προσδίδει μια θετική επίδραση στο δέρμα (όπως αντιγηραντική ή αντιοξειδωτική δράση), η οποία πραγματοποιείται από ένα δραστικό συστατικό (βιταμίνη E κ.ά.), χρησιμοποιώντας μια σύγχρονη τεχνολογία όπως για παράδειγμα τα νανοσωματίδια. Η ανάπτυξη καλλυντικών προϊόντων πρέπει να εξετάζει μια ολοκληρωμένη προσέγγιση προκειμένου να δημιουργηθεί ένα επιτυχημένο προϊόν. Ένας όμως από τους πιο σημαντικούς παράγοντες που διαφοροποιεί ένα σκεύασμα ανάμεσα σε χιλιάδες, είναι τα ενεργά συστατικά. Τα βιοδραστικά εκχυλίσματα ή τα φυτοχημικά προϊόντα από μια ποικιλία βοτάνων πετυχαίνουν δυο λειτουργίες. Αρχικά επιτυγχάνουν την φροντίδα του σώματος και μετέπειτα την επίδραση στις βιολογικές λειτουργίες του δέρματος με την παροχή θρεπτικών συστατικών για υγιές δέρμα (Φούφα, 2017).

Γενικότερα τα προϊόντα των βοτάνων αποτελούν μια πλούσια πηγή πρωτεϊνών, βιταμινών, τερπενοειδών, αντιοξειδωτικών και άλλων βιοδραστικών ενώσεων. Ανάλογα με τη σύνθεσή τους τα εκχυλίσματα τείνουν να εμφανίζουν ποικίλες ιδιότητες.

2.2.7. Αντιοξειδωτική δράση αιθερίων ελαίων

2.2.7.1. Αντιοξειδωτικά

Ως αντιοξειδωτικά ορίζονται οι παράγοντες που εξουδετερώνουν τις ελεύθερες ρίζες και αποτρέπουν τις βλάβες που δημιουργούνται από τα δραστικά είδη οξυγόνου (ROS) και αζώτου (RNS). Οι ενώσεις αυτές περιορίζουν σημαντικά τις βλάβες που οφείλονται στα οξειδωτικά μέσα, καταστρέφοντας τις ελεύθερες ρίζες πριν επιτεθούν στα κύτταρα, αποτρέποντας την καταστροφή των λιπιδίων, των πρωτεϊνών, των ενζύμων και των υδατανθράκων. Ο σχηματισμός των ελεύθερων ριζών ελέγχεται από τα αντιοξειδωτικά. Μπορούν να κατηγοριοποιηθούν με πολλαπλούς τρόπους. Βάσει της δραστηριότητάς τους, διακρίνονται ενζυμικά και μη ενζυμικά. Τα ενζυμικά αντιοξειδωτικά διασπών και αφαιρούν τις ελεύθερες

ρίζες, ενώ τα μη ενζυμικά διακόπτουν αλυσιδωτές αντιδράσεις ελεύθερων ριζών (Φούφα, 2017).

2.2.7.2. Φυσικά αντιοξειδωτικά

Τελευταία, υπάρχει μια τάση για την εύρεση φυσικών, αποτελεσματικών και ασφαλών αντιοξειδωτικών που να συμπληρώνουν τα τρόφιμα ή τα φαρμακευτικά προϊόντα, με σκοπό την αντικατάσταση των συνθετικών αντιοξειδωτικών που ολοένα και περιορίζονται, λόγω των δυσμενών επιπτώσεων που επιφέρουν. Μια από τις πιο πλούσιες πηγές αντιοξειδωτικών αποτελούν τα φυτά. Ειδικότερα, οι φυτικές πολυφαινόλες είναι μια σημαντική κατηγορία αμυντικών αντιοξειδωτικών. Οι ενώσεις αυτές βρίσκονται σε υψηλά επίπεδα σε όλες τις φυτικές πηγές και περιλαμβάνουν φαινόλες, φαινολικά οξέα, φλαβονοειδή, τανίνες και λιγνάνες. Επιπλέον, τα φαρμακευτικά φυτά ελέγχονται και για τις αντιοξειδωτικές τους ιδιότητες, με τη ζήτηση για φυσικά αντιοξειδωτικά και συντηρητικά τροφίμων ολοένα να αυξάνεται (Φούφα, 2017).

2.2.7.3. Φαινολικές ενώσεις

Φαινολικές ενώσεις καλούνται οι βιοδραστικές ουσίες οι οποίες είναι ευρέως διαδεδομένες στα φυτά και συμπεριλαμβάνουν μια μεγάλη ποικιλία ενώσεων όπως τα φλαβονοειδή (ανθοκυανίνες, φλαβόνες κ.ά.) και ποικίλες κατηγορίες μη φλαβονοειδών (φαινολικά οξέα, λιγνίνες κ.ά.). Αποτελούν δευτερογενείς μεταβολίτες των φυτών και η συγκέντρωσή τους επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες όπως περιβαλλοντικούς, γενετικούς κ.ά. Ανάλογα με τις υπάρχουσες κυτταρικές δομές η αντιοξειδωτική δράση των φαινολικών συστατικών ποικίλλει. Ο σημαντικότερος παράγοντας που καθορίζει την αντιοξειδωτική δράση των φαινολικών ενώσεων, είναι η σχέση μεταξύ δομής και δραστηριότητας που υποδηλώνει τον αριθμό των υδροξυλομάδων. Η περιεκτικότητα των εκάστοτε εκχυλισμάτων σε φαινολικές ενώσεις, επηρεάζεται αρκετά και με διαφορετικό τρόπο, ανάλογα με τη μέθοδο εκχύλισης και την επιλογή του διαλύτη. Οι φαινολικές ενώσεις έχουν τη δυνατότητα να χορηγηθούν στον οργανισμό με τη μορφή φυτικών εκχυλισμάτων στα φάρμακα, στα συμπληρώματα διατροφής και στα καλλυντικά (Φούφα, 2017).

2.2.8. Έλεγχοι αντιοξειδωτικής και αντιμικροβιακής δράσης αιθερίων ελαίων

Η εκτίμηση της αντιοξειδωτικής δράσης των ληφθέντων εκχυλισμάτων είναι καθοριστικής σημασίας λαμβάνοντας υπόψη το φάσμα βιολογικής δραστηριότητας των εκχυλισθέντων βιοδραστικών ουσιών. Οι εκχυλιζόμενες βιολογικά δραστικές ουσίες προορίζονται για την πρόληψη των επιβλαβών επιδράσεων των ελεύθερων ριζών στο ανθρώπινο σώμα αλλά και για την πρόληψη της οξειδωτικής υποβάθμισης των λιπών και άλλων συστατικών των τροφίμων. Τα τελευταία χρόνια διαφαίνεται έντονο ερευνητικό και εμπορικό ενδιαφέρον στην παραλαβή και διερεύνηση αντιοξειδωτικής δραστηριότητας φυσικών αντιοξειδωτικών τα οποία θα μπορούσαν να αντικαταστήσουν τα ευρέως χρησιμοποιούμενα συνθετικά, ενώ παράλληλα κάποια εξ αυτών διαθέτουν ταυτόχρονα συστατικά αξιοποιήσιμα για το βιολειτουργικό και οργανοληπτικό (χρωστικές και αρωματικές ύλες) χαρακτήρα των τροφίμων.

2.2.9. Ρόλος των αιθερίων ελαίων

Τα αιθέρια έλαια διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στα φυτά. Αρχικά τα προστατεύουν από εχθρούς και ασθένειες λόγω του αρώματος που αναδύουν, - χωρίς αυτό να έχει καθολική

εφαρμογή - καθώς υπάρχουν αρωματικά φυτά που προσβάλλονται από εχθρούς και ασθένειες. Επιπλέον, τα προστατεύουν από την υψηλή θερμοκρασία και το ψύχος διότι λόγω της εξάτμισης τους ελαχιστοποιείται σταδιακά η θερμοκρασία των φυτών και σχηματίζουν προστατευτικό νέφος αντίστοιχα. Παράλληλα, τα αιθέρια έλαια μειώνουν τη διαπνοή καθώς βρίσκονται στους μεσοκυττάριους χώρους. Με αυτό τον τρόπο τα φυτά γίνονται πιο ανθεκτικά στην ξηρασία, και αυξάνουν την ταχύτητα κυκλοφορίας των θρεπτικών ουσιών που ρυθμίζουν το μεταβολισμό των φυτών. Ακόμη, το ρητινώδες περιεχόμενό τους συμβάλλει στην κάλυψη των πληγών του φλοιού, με αποτέλεσμα να αποφεύγεται η σήψη των φυτικών ιστών. Πιθανολογείται ότι δρουν ως ορμόνες σε ποικίλες λειτουργίες των φυτών και διαδραματίζουν καταλυτικό ρόλο στο μεταβολισμό των γλυκοζιτών και άλλων ουσιών. Ταυτόχρονα, το άρωμά τους προσελκύει τα έντομα επιτυγχάνοντας αποτελεσματικότερη επικονίαση, γονιμοποίηση και καρπόδεση. Τέλος, παρατηρείται ότι, κατά τη διάρκεια της αναπαραγωγικής περιόδου τα έλαια μεταφέρονται από τα πράσινα μέρη του φυτού προς τα όργανά τους. Ένα μέρος αυτών καταναλώνεται εκεί, ενώ το εναπομένον επιστρέφει στη θέση όπου βρισκόταν αρχικά (Δόρδας, 2012).

2.2.10. Προβλήματα εφαρμογής αιθερίων ελαίων ως φυτοπροστατευτικά

Είναι ευρέως διαδεδομένο το γεγονός ότι τα αιθέρια έλαια παρουσιάζουν μεγάλη πτητικότητα. Εξαιτίας αυτής της κατάστασης, η εφαρμογή τους στον αγρό ως φυτοπροστατευτικά παρουσιάζει αρκετά προβλήματα. Επιπρόσθετα, η ισχυρή λιπόφιλη φύση τους κάνει αδύνατη την ανάμειξή τους με το νερό, προκειμένου να εφαρμοστούν ως ψεκαστικά μέσα. Ως απόρροια των παραπάνω, καθίσταται αναγκαία η κατάλληλη τυποποίησή τους, ούτως ώστε να γίνουν περισσότερο εύχρηστα και αποτελεσματικά. Ο συνδυασμός των αιθερίων ελαίων με τις κατάλληλες βοηθητικές ουσίες μπορεί να τα μετατρέψει σε λιγότερο πτητικά και αποτελεσματικά. Παράλληλα επιβάλλεται η τυποποίηση σε μορφή σκευασμάτων συμβατή με το νερό. Τα φυσικώς συντιθέμενα ζιζανιοκτόνα, βασίζονται στο γεγονός ότι τα αιθέρια έλαια διαθέτουν φυτοτοξική δράση. Γι' αυτό το λόγο τα συγκεκριμένα ζιζανιοκτόνα, αποτελούνται συνήθως από μη εκλεκτικές για τα φυτά ουσίες. Με αυτόν τον τρόπο, δυσκολεύεται η εφαρμογή τους στην καλλιέργεια, καθώς απαιτούνται προσεκτικοί χειρισμοί από εξειδικευμένους επαγγελματίες, ώστε να μην υπάρχουν αρνητικές επιπτώσεις στα καλλιεργούμενα φυτικά είδη (Λαζαρίδου κ.ά., 2013).

2.2.11. Χρήσεις και εφαρμογές

Στην περίπτωση των φυτών, τα αιθέρια έλαια έχουν εντομοαπωθητικό ρόλο, προσελκύουν έντομα ούτως ώστε να πραγματοποιηθεί η γονιμοποίηση, ενώ χρησιμεύουν για την απομάκρυνση ανεπιθύμητων προϊόντων του μεταβολισμού και ως διαλυτικά μέσα ρητινών στον τραυματισμό του φυτού (Σακκάς, 2007).

Στον άνθρωπο, η εφαρμογή τους είναι μεγάλη καλύπτοντας τομείς όπως η ιατρική, η φαρμακευτική, η κοσμετολογία, η αρωματοποιία, και η βιομηχανία τροφίμων. Έχουν επίσης ευρεία χρήση σε προϊόντα στοματικής υγιεινής, λόγω της αντισηπτικής και αντιμικροβιακής δράσης έναντι των βακτηρίων εντός της στοματικής κοιλότητας. Επιπλέον, χρησιμοποιούνται σε καλλυντικά, αρώματα, προϊόντα περιποίησης σώματος και μαλλιών. Η αρωματοθεραπεία

βασίζεται στη χρήση αιθερίων ελαίων. Αυτά μέσω της ικανότητάς τους να απορροφώνται από το ανθρώπινο δέρμα προσδίδουν ανακούφιση συμπτωμάτων σε αλλεργικές και ρευματικές νόσους, παρουσιάζοντας αντιφλεγμονώδη, αντιγηραντική και αναζωογονητική δράση. Μελέτες απέδειξαν ότι έλαια όπως της λεβάντας και του τεϊόδενδρου ανακουφίζουν από αλλεργικά συμπτώματα ή δρουν ακόμα και ως τοπικά αντισηπτικά. Παρόλα αυτά, η χρήση των αιθερίων ελαίων σε υπερδοσολογία προκαλεί τοπικές δερματικές εκδηλώσεις ή ακόμα και συστηματικές διαταραχές όπως η δηλητηρίαση (Σακκάς, 2007).

Τα περισσότερα αιθέρια έλαια έχουν χαρακτηριστεί από τον Οργανισμό Τροφίμων και Φαρμάκων των Η.Π.Α ως “Γενικώς Αναγνωρισμένα Ασφαλή Συστατικά” (Generally Regarded as Safe, GRAS) (21 CFR Sec. 182.10, 182.20, 482.40, 182.50), συγκαταλέγονται στα προϊόντα της φύσης και χρησιμοποιούνται με πλήρη ασφάλεια από τους καταναλωτές. Επιπλέον χαρακτηρίζονται ως “φυσικά εναλλακτικά” των χημικών συντηρητικών και η χρήση τους στα τρόφιμα συμπίπτει με τις καταναλωτικές απαιτήσεις για ήπια ή φυσικά προϊόντα. Περισσότερα από τα 100 αιθέρια έλαια που χρησιμοποιούνται ως αρωματικά πρόσθετα προέρχονται από τα ίδια τα τρόφιμα, π.χ. τα έλαια βασιλικού, κάρδαμου κ.ά. Πολυάριθμες μελέτες που περιλάμβαναν 52 αιθέρια έλαια ενάντια σε ένα ευρύ φάσμα μικροοργανισμών, απέδειξαν ότι αιθέρια έλαια ρίγανης, δάφνης, θυμαριού κ.ά., παρουσίασαν υψηλή αντιμικροβιακή δράση ενάντια σε βακτήρια και μύκητες που ευθύνονται για τροφιμογενή νοσήματα. Διαπιστώθηκε ότι τα αιθέρια έλαια που εμφανίζουν αξιοσημείωτη αντιμικροβιακή δράση έναντι των παθογόνων μικροοργανισμών που ευθύνονται για τα τροφιμογενή νοσήματα, περιλαμβάνουν υψηλότερες συγκεντρώσεις φαινολικών συστατικών, όπως η θυμόλη, η ευγενόλη, η καρβακρόλη. Τέλος, οι χαμηλές βακτηριοκτόνες και βακτηριοστατικές συγκεντρώσεις που εμφανίζονται σε αρκετά αιθέρια έλαια, καθιστούν αυξημένη τη χρήση τους στη βιομηχανία των τροφίμων (Σακκάς, 2007).

2.3. ΓΛΥΚΑΝΙΣΟ (*Pimpinella anisum*)

2.3.1. Βοτανική ταξινόμηση και προέλευση

Το γλυκάνισο ή ο γλυκάνισος ή Πιμπινέλλη το άνισον (κοινό όνομα : Άνισο, γλυκανθής) είναι ετήσιο, ανθοφόρο φυτό της οικογένειας των Απιδών (Apiaceae) ή Σκιαδοφόρων (Umbelliferae), με ποώδη βλαστό. Έχει καταγωγή από την ανατολική Μεσόγειο και την Νοτιοδυτική Ασία. Μετέπειτα το φυτό επεκτάθηκε και σε άλλες χώρες. Οι χώρες στις οποίες καλλιεργείται το γλυκάνισο περισσότερο είναι η Ισπανία, Γαλλία, Ιταλία, Τουρκία, Ρωσία, Ινδία, Κίνα, Ιαπωνία, Μεξικό και Αργεντινή. Στην Ελλάδα, οι σημαντικότερες περιοχές όπου καλλιεργείται είναι η Εύβοια και ορισμένα νησιά του Ανατολικού Αιγαίου (Δόρδας 2012, Πετρόπουλος 2015).



Εικόνα 3. Γλυκάνισο

2.3.2. Ιστορία

Από την αρχαιότητα, οι πολιτισμοί της Ανατολικής Μεσογείου άρχισαν να χρησιμοποιούν συστηματικά το συγκεκριμένο φυτό στη διατροφή τους, καθώς είχαν ανακαλύψει τις ευεργετικές ιδιότητες του σπόρου. Οι έρευνές τους, είχαν οδηγήσει στο συμπέρασμα ότι το γλυκάνισο διευκολύνει την αναπνοή και την αποβολή ούρων, ενώ παράλληλα προσέφερε ανακούφιση από τον πόνο και την δίψα. Επιπροσθέτως, παρείχε κατευναστική επίδραση στο πεπτικό σύστημα. Σήμερα, χρησιμοποιείται ευρέως για την παρασκευή οινοπνευματωδών ποτών με γλυκάνισο (Λιεπούρη, 2016).

2.3.3. Μορφολογία

Το γένος *Pimpinella* καλλιεργείται κυρίως στη λεκάνη της Μεσογείου και περιέχει 23 είδη. Είναι μονοετές ποώδες φυτό με όρθιο αυλακωμένο στέλεχος και λεπτή πασσαλώδη ρίζα. Το ύψος του φυτού φτάνει έως τα 60 εκατοστά (υπό κανονικές συνθήκες). Τα φύλλα στη βάση τους διαχωρίζονται σε τρία μακρόστενα δαντελωτά φύλλα κατά μήκος του μίσχου και κατόπιν κόβονται σε μακρόστενα τμήματα στην κορυφή. Τα κατώτερα φύλλα έχουν μακρύ μίσχο (4 έως 10 εκατοστά) με έλασμα στρογγυλό έως καρδιόσχημο και ακανόνιστα οδοντωτό. Στα μεσαία φύλλα το έλασμα είναι τρισχιδές ή πτεροσχιδές με βαθιές εγκολπώσεις. Τέλος, τα ανώτερα φύλλα χωρίζονται σε 2 ή 3 λοβούς έκαστο, με μυτερή κορυφή και είναι πτεροσχιδή, σχεδόν επιφυή με υποτυπώδη ποδίσκο. Αυτό σημαίνει ότι τα φύλλα στο επίπεδο του εδάφους είναι στρογγυλά, ενώ προς την κορυφή, γίνονται όλο και περισσότερο μικροσκοπικά και άφθονα. Τα άνθη του φυτού είναι τέλεια και η επικονίαση γίνεται με τη βοήθεια των εντόμων, ωστόσο είναι αυτογόνιμο φυτό. Ο κάλυκας δεν είναι ευδιάκριτος και η στεφάνη αποτελείται από 5 αντρωειδή καρδιόσχημα πέταλα λευκού χρώματος. Οι στήμονες είναι 5 με νημάτια μακρύτερα των πετάλων, κυρτά στο άκρο τους. Η ωοθήκη είναι επιφυής, δίχωρη, αποτελούμενη από δύο καρπόφυλλα, ενώ στην κορυφή του ύπερου υπάρχουν δύο στύλοι, καθένας από τους οποίους καταλήγει σε σφαιρικό στίγμα. Τα άνθη του γλυκάνισου είναι μικρά, λευκά ή υποκίτρινα, σχηματίζουν λεπτά σκιαδία με 6 έως 12 ακτίνες και έχουν ένα ή κανένα βράκτιο φύλλο. Κατά τα μέσα του καλοκαιριού φέρονται σε ταξιανθίες σύνθετης ομπρέλας. Οι καρποί του φυτού είναι στρογγυλοί ή ωοειδείς, σε σχήμα σχιζοκαρπίου, έχουν μήκος 3 έως 5 χιλιοστών και είναι καλυμμένοι με κοντές τρίχες. Μετά την ωρίμανση διαχωρίζονται σε δύο μεριστοκάρπια, το καθένα από τα οποία φέρει πέντε ραβδώσεις και μεγάλο αριθμό ελαιοφόρων αγωγών και περιέχει ένα σπόρο. Το βάρος των χιλίων σπόρων υπολογίζεται στα 1,5 έως 3,0 γραμμάρια και η βλαστικότητα τους περίπου στο 70%, με καθαρότητα σπόρων μεγαλύτερη από 90%. Οι σπόροι χάνουν γρήγορα τη βλαστική τους ικανότητα και μετά από 5 χρόνια αποθήκευσης δε βλαστάνουν καθόλου. Οι ώριμοι καρποί του φυτού έχουν καστανό ή καφεγκρί χρώμα με ευδιάκριτα νεύρα, ενώ οι πρασινωποί καρποί έχουν γλυκό άρωμα και γεύση (Πετρόπουλος 2015, Λιεπούρη 2016).

2.3.4. Ανθοφορία

Η περίοδος άνθισης του γλυκάνισου ξεκινά από τον Ιούλιο και φτάνει μέχρι και τον Σεπτέμβριο (Λιεπούρη, 2016).

2.3.5. Εδαφοκλιματικές απαιτήσεις

Ο γλυκάνισος μπορεί να καλλιεργηθεί στα περισσότερα εδάφη του Ελληνικού χώρου, τόσο σε ορεινές όσο και σε ημιορεινές περιοχές. Είναι φυτό εύκρατων κλιμάτων και αναπτύσσεται καλύτερα σε θερμοκρασίες από 18 έως 25 βαθμών Κελσίου. Έχει μικρές απαιτήσεις σε θρεπτικά στοιχεία, συνεπώς χρειάζεται αρκετή λίπανση σε πολύ άγονα εδάφη. Μπορεί να καλλιεργηθεί ξηρικά, αλλά δεν αποδίδει ικανοποιητικά όταν δεν υπάρχουν βροχοπτώσεις κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας. Για την ανάπτυξή του, άριστο pH εδάφους θεωρείται το 7.0 γλυκάνισος δεν απαιτεί πολλή άρδευση. Σε περιπτώσεις όπου οι βροχοπτώσεις απουσιάζουν κρίνονται απαραίτητα τουλάχιστον τρία ποτίσματα. Το πρώτο πότισμα εφαρμόζεται μετά τη

σπορά για να φυτρώσει, το δεύτερο λίγο πριν από την άνθιση και το τελευταίο επτά μέρες με το πέρας της άνθισης. Τέλος, κρίνεται σημαντικό να αναφερθεί ότι το φυτό δεν πρέπει να καλλιεργείται σε περιοχές με ισχυρούς ανέμους καθώς δεν έχει αντοχές σε αυτούς (Δόρδας, 2012).

2.3.6. Λίπανση

Η λίπανση του φυτού κρίνεται απαραίτητη, ιδιαίτερα κατά την περίοδο της έκπτυξης των ανθικών στελεχών και της άνθισης. Η αζωτούχος λίπανση διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο επειδή το φυτό ανταποκρίνεται γρήγορα σε αυτή, αποδίδοντας σημαντικά μεγάλες ποσότητες σε καρπούς, ενώ παράλληλα βελτιώνεται και η ποιότητά τους. Επιπλέον, παρατηρήθηκε ότι η χρήση οργανικών λιπασμάτων αυξάνει σημαντικά την περιεκτικότητα των καρπών σε αιθέριο έλαιο. Συνήθως εφαρμόζονται πριν από τη σπορά:

- 5 έως 10 μονάδες N ανά στρέμμα
- 5 έως 7,5 μονάδες P ανά στρέμμα
- 8 έως 10 μονάδες K ανά στρέμμα

Στις περιπτώσεις όπου τα εδάφη είναι γόνιμα, η αζωτούχος λίπανση αποφεύγεται επειδή ευνοείται ο σχηματισμός πλούσιας αυτοφυούς βλάστησης σε βάρος των αποδόσεων σε σπόρο και ελλοχεύει κίνδυνος πλαγιάσματος από την υπερβολική λίπανση, λόγω αυξημένου ύψους των ανθικών στελεχών. Απόρροια αυτού, είναι οι αρνητικές συνέπειες στην ποιότητα του τελικού προϊόντος, είτε αυτά είναι τα φύλλα είτε οι σπόροι. Καταληκτικά, η λίπανση του γλυκάνισου είναι σημαντική για καλύτερη ανάπτυξη και μεγαλύτερες αποδόσεις της καλλιέργειας (Πετρόπουλος, 2015).

2.3.7. Πολλαπλασιασμός

Ο γλυκάνισος πολλαπλασιάζεται εγγενώς με σπόρο και η σπορά πραγματοποιείται από μέσα Μαρτίου έως τα τέλη Απριλίου. Η εποχή σποράς είναι μέγιστης σημασίας για το γλυκάνισο καθώς πρέπει να πραγματοποιείται όταν η θερμοκρασία του εδάφους κυμαίνεται από 7 έως 8 βαθμούς Κελσίου, επειδή όταν είναι χαμηλότερη, καθυστερεί η ανάπτυξη του φυτού. Επιπλέον, εάν καθυστερήσει η σπορά, η απόδοση της καλλιέργειας μειώνεται σημαντικά και ως αποτέλεσμα αυτού είναι η χαμηλή περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο. Η σπορά μπορεί να πραγματοποιηθεί με τρεις τρόπους: α) με το χέρι στα πεταχτά, οπότε απαιτείται 1,5kg/στρ., β) με πνευματική μηχανή όπου απαιτούνται 750g/στρ. (περίπου 300 σπόροι ανά g), γ) με μηχανή χειμερινών σιτηρών γραμμικά οπότε απαιτούνται 1,5kg/στρ. όταν η φυτρωτική ικανότητα του σπόρου είναι πάνω από 80%. Στα γόνιμα και ποτιστικά χωράφια οι αποστάσεις μεταξύ των γραμμών είναι 75cm, ενώ στα άγονα χωράφια 50cm. Το βάθος της σποράς είναι στα 2 έως 3 cm. Ο σπόρος του γλυκάνισου θα πρέπει να είναι το πολύ δύο ετών, καθώς σε συνθήκες αποθήκευσης χάνει αρκετά γρήγορα τη βλαστική του ικανότητα (Δόρδας, 2012).

2.3.8. Εχθροί και ασθένειες

Ο γλυκάνισος προσβάλλεται από μυκητολογικές ασθένειες και έντομα. Οι κυριότερες ασθένειες είναι ο περονόσπορος του αμπελιού (*Peronospora viticola*) και η σκληροτινάση (*Sclerotinia sclerotiorum*), οι οποίες μπορούν να καταπολεμηθούν με χαλκούχα σκευάσματα. Οι προνύμφες των λεπιδόπτερων αποτελούν ένα σημαντικό εχθρό του γλυκάνισου ενώ τα ζιζάνια αποτελούν το μέγιστο πρόβλημα (Δόρδας, 2012).

2.3.9. Αποδόσεις

Οι αποδόσεις σε καρπό κυμαίνονται περίπου στα 50 έως 150 κιλά ανά στρέμμα. Η αντίστοιχη ποσότητα σε έλαιο είναι από 0,5 έως 4 κιλά (Πετρόπουλος, 2015).

2.3.10. Συγκομιδή - μετασυλλεκτικοί χειρισμοί - διατήρηση

Οι σπόροι συγκομίζονται περίπου 120 με 150 ημέρες από τη σπορά, 30 ημέρες μετά την έναρξη της άνθισης. Η συγκομιδή γίνεται τέλη Ιουλίου με αρχές Σεπτεμβρίου αφαιρώντας ολόκληρο το φυτό αφού ωριμάσουν οι ταξικαρπίες. Οι ταξικαρπίες ωριμάζουν όταν αποκτήσουν πρασινόφαιο χρωματισμό. Έπειτα από τη συγκομιδή, τα φυτά τοποθετούνται σε θερμό και σκιερό μέρος για επτά ημέρες έως ότου πραγματοποιηθεί η πλήρης αποξήρανση. Το ποσοστό της περιεχόμενης υγρασίας κυμαίνεται στο 10-12%. Κατόπιν, πραγματοποιείται η αφαίρεση των καρπών και η απομάκρυνση τυχόν ξένων υλών με κοσκίνισμα. Η αποθήκευση των σπόρων μετά τη συγκομιδή, εκτελείται σε αεροστεγείς συσκευασίες και σε σκοτεινό μέρος για να εξαλειφθούν οι πιθανότητες απωλειών σε αιθέριο έλαιο και οι ανεπιθύμητες αλλαγές στη σύσταση αυτού (Δόρδας 2012, Πετρόπουλος 2015).

2.3.11. Χρήσεις και Ιδιότητες

Οι καρποί του φυτού χρησιμοποιούνται ολόκληροι, αποξηραμένοι ή τριμμένοι για την παρασκευή ποτών, τη βιομηχανία τροφίμων, τη μαγειρική και τη βοτανοθεραπεία. Από τα φύλλα και τους σπόρους παρασκευάζεται τονωτικό αφέψημα, ενώ τα φρέσκα φύλλα μπορούν να καταναλωθούν σε σαλάτες. Ταυτόχρονα, οι σπόροι αποτελούν συστατικά διαφόρων ειδών μειγμάτων μπαχαρικών για την κουζίνα. Η πιο διαδεδομένη χρήση τους στην Ελλάδα είναι στην παρασκευή ποτών, όπως το ούζο, το τσίπουρο, η ρακή και η μαστίχα, ενώ στο εξωτερικό χρησιμοποιούνται για την παραγωγή του αφέντι, της Ιταλικής σαμπούκα και του Φιλιππινέζικου anisado. Στη μεξικάνικη κουζίνα, παρασκευάζεται ένα ρόφημα όμοιο της γνωστής σοκολάτας, που ονομάζεται champurrado, καθώς και μπισκότα με την ονομασία bizcochitos. Τέλος, οι Αυστραλοί παράγουν τα humbugs και οι Νεοζηλανδοί τα aniseed wheels (Πετρόπουλος, 2015).

Τα φυτικά υπολείμματα της καλλιέργειας μπορούν να αξιοποιηθούν για εδαφοκάλυψη έτσι ώστε να αντιμετωπιστούν τα ζιζάνια. Επιπλέον, τα υπολείμματα από την απόσταξη των σπόρων χρησιμοποιούνται ως ζωοτροφή σε σιτηρέσια ζώα (Πετρόπουλος, 2015).

Οι σπόροι του γλυκάνισου έχουν υψηλή θρεπτική αξία. Είναι πλούσιοι σε λίπη εκ των οποίων:

- Το 50-70% είναι πετροσελινικό οξύ
- Το 22-28% είναι ολεϊκό οξύ
- Το 5-9% είναι λινολεϊκό οξύ
- Το υπόλοιπο 5-10% αποτελείται από κορεσμένα λιπαρά οξέα, με σημαντικότερο το παλμιτικό οξύ.

Επιπλέον, περιέχουν φλαβονοειδή, όπως ρουτίνη, απιγετρίνη, κερσιτουρόνη, μυριστικήνη. Το λαυρικό οξύ προέρχεται από το πετροσελινικό οξύ και διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη βιομηχανία των ελαίων (Πετρόπουλος, 2015).

Οι ευρέως γνωστές φαρμακευτικές ιδιότητες του γλυκάνισου οφείλονται στους καρπούς του. Πιο συγκεκριμένα, οι καρποί χρησιμοποιούνται ως διεγερτικό, αντισηπτικό, τονωτικό αφέψημα για το στομάχι, διουρητικό και κατά της έντονης εφίδρωσης και της διαταραχής των αερίων του στομάχου (Πετρόπουλος, 2015).

2.3.12. Βιοτεχνολογία

Τα τελευταία χρόνια καθίσταται αμείωτο το ενδιαφέρον για την αύξηση της περιεκτικότητας των σπόρων σε λιπαρά οξέα και ιδιαίτερα σε πετροσελινικό οξύ, λόγω της υψηλής ζήτησής του στις βιομηχανικές εφαρμογές (Πετρόπουλος, 2015).

2.3.13. Σύνθεση αιθερίου ελαίου γλυκάνισου

Ο σπόρος του γλυκάνισου εμπεριέχει αιθέριο έλαιο, που κυμαίνεται σε ποσοστό 1-4%, ενώ σε κάποιες ποικιλίες μπορεί να φτάσει το 6%. Το αιθέριο έλαιο αποτελείται ως επί το πλείστον από trans-ανηθόλη, σε ποσοστά που προσεγγίζουν το 90%. Η trans-ανηθόλη προσδίδει γαλακταγωγές και αφροδισιακές ιδιότητες κατέχοντας παράλληλα οιστρογονική δράση. Το χαρακτηριστικό άρωμα του ελαίου οφείλεται στις εστραγκόλη (περίπου 2%), π-ανισαλδεύδη (περίπου 1%), π-μεθοξυφενυλακετόνη και το β-καρυοφυλλένιο. Η ανισαλδεύδη, το ανισικό οξύ, η λιναλοόλη, το λεμονένιο, το α-πινένιο, η ακεταλδεύδη, η π-κρεζόλη, η υδροκουϊνίνη, το β-φερναζένιο, το γ-ιμαχαλένιο και το α-κουρκουμένιο αποτελούν συστατικά τα οποία παρατηρούνται σε μικρότερο ποσοστό. Επιπλέον, αξίζει να σημειωθεί ο φαινολικός εστέρας 4-methoxy-2-(1-propene-yl)-phenol-2-methyl-butyrate, ο οποίος είναι χαρακτηριστικός του γλυκάνισου και απαντάται σε ποσοστό 5%. Το πτητικό συστατικό των αιθερίων ελαίων, η ολερεζίνη, εντοπίζεται σε συγκεντρώσεις 15-18%. Αξίζει να σημειωθεί ότι η παρουσία μεγάλων ποσοστών μη πτητικών ελαίων στο τελικό προϊόν, οδηγεί στην άμεση υποβάθμιση της ποιότητάς του κατά τη διαδικασία συντήρησής του (Πετρόπουλος, 2015).

2.3.14. Χρήσεις και ιδιότητες αιθερίου ελαίου

Όπως στον σπόρο, έτσι και στο αιθέριο έλαιο του γλυκάνισου αποδίδονται ποικίλες φαρμακευτικές ιδιότητες. Σε αυτές συγκαταλέγονται η θεραπεία διαφόρων παθήσεων του αναπνευστικού, η εξισορρόπηση των αερίων του στομάχου, ως διεγερτικό, ηρεμιστικό, γαλακταγωγό, σπασμολυτικό, ήπιο αντιβακτηριδιακό και αποχρεμπτικό, ενώ έχει και

κτηνιατρική χρήση έναντι των ψειρών και των ακάρεων. Μελέτες αναφέρουν την τοξική δράση του ελαίου έναντι εντόμων *Tetranychus cinnabarinus* και *Aphis gossypii*. Ακόμη, χρησιμοποιείται σε παγίδες για αρουραίους, ποντίκια, σε δολώματα για ψάρια και σε διάφορα εντομοαπωθητικά (Πετρόπουλος, 2015).

Το αιθέριο έλαιο του γλυκάνισου δείχνει να έχει περισσότερη ζήτηση στη βιομηχανία των τροφίμων αντικαθιστώντας τη χρήση των καρπών, ενώ χρησιμοποιείται επίσης στην παρασκευή σαπώνων και προϊόντων προσωπικής υγιεινής, στην αρωματοποιία, και στα χημικά διαλύματα που είναι απαραίτητα για τη φωτολιθογραφία. Επιπρόσθετα, κατέχει αντιϊκές, μυκοστατικές και αντιβακτηριδιακές ιδιότητες, οι οποίες το αναδεικνύουν ως απαραίτητο φυσικό συντηρητικό σε αποθηκευμένα δημητριακά.

Ως προς τις φυσικές του ιδιότητες, εμφανίζεται ως απαλό υποκίτρινο ή άχρωμο, ενώ λόγω κρυσταλλοποίησης της ανηθόλης, γίνεται στερεό στους 15-19 βαθμούς Κελσίου (Πετρόπουλος, 2015).

2.4. ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΠΑΡΑΛΑΒΗΣ ΑΙΘΕΡΙΩΝ ΕΛΑΙΩΝ ΑΠΟ ΑΡΩΜΑΤΙΚΑ ΚΑΙ ΦΑΡΜΑΚΕΥΤΙΚΑ ΦΥΤΑ

Τα αιθέρια έλαια παραλαμβάνονται με ποικίλες τεχνικές μερικές από τις οποίες είναι η απόσταξη, η μηχανική παραλαβή και η εκχύλιση. Η κάθε μέθοδος παραλαβής συμπεριλαμβάνει διάφορες επιπλέον παραλλαγές. Η διαδικασία της απόσταξης συμπεριλαμβάνει την υδροαπόσταξη, την υδρο-ατμοαπόσταξη, την ατμο-απόσταξη και άλλα είδη απόσταξης, όπως η στρόβιλο-απόσταξη, η υδροδιαχυτική και η συνεχής απόσταξη που επινοήθηκαν αργότερα αλλά δεν έχουν διαδοθεί στην πράξη. Η μηχανική παραλαβή διακρίνεται στη σύνθλιψη και την απόξεση, ενώ η εκχύλιση διακρίνεται στην εκχύλιση με πτητικούς διαλύτες, με ψυχρό λίπος και με θερμό λίπος. Η επιλογή της τεχνικής εξαρτάται από ποικίλους παράγοντες, όπως:

1. Οικονομικούς παράγοντες
2. Τη χημική σύνθεση των συστατικών του αιθερίου ελαίου
3. Την αξία του αιθερίου ελαίου
4. Το είδος και το τμήμα του φυτικού υλικού
5. Την περιεκτικότητα του φυτού σε αιθέρια έλαια (Δόρδας, 2012).



Εικόνα 4. Δείγματα αιθερίων ελαίων Αρωματικών και Φαρμακευτικών φυτών

2.4.1. Απόσταξη

Η απόσταξη αποτελεί την πιο ευρεία, αλλά και ταυτόχρονα οικονομική μέθοδο παραλαβής αιθερίων ελαίων από όλα τα αρωματικά φυτικά υλικά. Η διαδικασία πραγματοποιείται ως εξής:

Αρχικά, τοποθετείται νερό εντός του δοχείου και ακολουθεί το φυτικό υλικό. Έπειτα το νερό αρχίζει να θερμαίνεται και να βράζει, οπότε οι ατμοί που δημιουργούνται παρασύρουν από τους φυτικούς ιστούς τα αιθέρια έλαια. Στη συνέχεια, οι ατμοί συμπυκνώνονται με ψύξη και υγροποιούνται με αποτέλεσμα, τα αιθέρια έλαια να διαχωρίζονται από το νερό λόγω διαφοράς στο ειδικό βάρος τους. Όπως προαναφέρθηκε η απόσταξη συμπεριλαμβάνει την απόσταξη με νερό, με υδρατμούς και την υδρο-ατμοαπόσταξη (Δόρδας, 2012).

2.4.1.1. Υδροαπόσταξη ή απόσταξη με νερό (Water Distillation)

Η υδροαπόσταξη ή απόσταξη με νερό χρησιμοποιείται από παλιά μέχρι σήμερα σε πολλές χώρες του κόσμου. Η χρήση της όμως έχει περιοριστεί, καθώς εμφανίζει αρκετά μειονεκτήματα, όπως τη μειωμένη απόδοση σε αιθέριο έλαιο, την κατώτερη ποιότητα αιθερίου ελαίου εξαιτίας της αποσύνθεσης ποικίλων συστατικών και την κατανάλωση περισσότερων καυσίμων λόγω του ότι είναι μια αρκετά χρονοβόρα διαδικασία. Στην υδροαπόσταξη το φυτικό υλικό που πρόκειται να αποσταχθεί τοποθετείται στον άμβυκα αποστάξεως που συμπεριλαμβάνει το νερό. Εν συνεχεία, το υλικό θερμαίνεται με φωτιά ή με ατμό ο οποίος βρίσκεται στα τοιχώματα του άμβυκα με τις ειδικές σωληνώσεις. Στην υδροαπόσταξη πρέπει να αποφεύγεται ρητά η υπερθέρμανση του φυτικού υλικού. Η κατάσταση αυτή φέρει ως αποτέλεσμα την αποσύνθεση των συστατικών του αιθερίου ελαίου. Επιπρόσθετο μειονέκτημα της συγκεκριμένης μεθόδου είναι η άμεση επαφή νερού με φυτικό υλικό με συνέπεια την υδρόλυση των συστατικών του. Προτείνεται ο άμβυκας να έχει μεγάλη διάμετρο και μικρό ύψος έτσι ώστε να υπάρχει μεγάλη επιφάνεια εξάτμισης (Δόρδας, 2012).

Εκτός των μειονεκτημάτων που παρουσιάζει η συγκεκριμένη μέθοδος, διακρίνονται και κάποια πλεονεκτήματα. Σε αυτά συγκαταλέγονται το μικρό κόστος του αποστακτικού μηχανήματος, η εύκολη διαδικασία και χρήση και το γεγονός ότι χρησιμοποιείται για την απόσταξη τεμαχισμένων ή τριμμένων καρπών ή υλικών τα οποία δεν μπορούν να αποσταχθούν με διαφορετική τεχνική (Δόρδας, 2012).

2.4.1.2. Υδρο-ατμοαπόσταξη ή απόσταξη με ατμό και νερό (Water and Steam Distillation)

Η μέθοδος αυτή θεωρήθηκε καλύτερη από την απλή απόσταξη με νερό, την οποία και αντικατέστησε σε μεγάλο βαθμό. Τα πλεονεκτήματα αυτής της διαδικασίας σχετίζονται με το γεγονός ότι το φυτικό υλικό δεν έρχεται σε άμεση επαφή με το νερό αλλά τοποθετείται σε ειδικό πλέγμα, το οποίο το συγκρατεί εκατοστά πιο πάνω από την επιφάνεια του νερού. Έτσι, το φυτικό υλικό που αποστάζεται έρχεται σε επαφή μόνο με το παραγόμενο ατμό και ελαχιστοποιείται η αποσύνθεση των συστατικών του αιθερίου ελαίου. Στην αρχή της απόσταξης η ταχύτητα είναι μικρή και έπειτα αυξάνεται σταδιακά έτσι ώστε να ληφθεί η μέγιστη δυνατή ποσότητα ελαίου. Το νερό θερμαίνεται και ο παραγόμενος ατμός εισβάλλει σε ολόκληρη τη μάζα του φυτικού υλικού από όπου παρασύρεται το αιθέριο έλαιο (Δόρδας, 2012).

2.4.1.3. Απόσταξη με υδρατμούς (Steam Distillation)

Η τεχνική αυτή θεωρείται πιο σύγχρονη και χρησιμοποιείται συνήθως από τις βιομηχανίες για τις αποστάξεις μεγάλων ποσοτήτων φυτικών υλικών. Σε αυτή την περίπτωση δεν υπάρχει νερό στον πυθμένα και ο ατμός παράγεται σε ατμολέβητα ή ατμογεννήτρια. Ως απόρροια αυτού, το αιθέριο έλαιο που παραλαμβάνεται είναι καλύτερης ποιότητας και ελάχιστα μεγαλύτερης ποσότητας. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται σε περίπου όλα τα αρωματικά φυτά, με εξαίρεση τα άνθη και τα κονιοποιημένα υλικά. Οι πιο σημαντικοί τύποι απόσταξης με υδρατμούς είναι: α) με ατμοσφαιρική πίεση, β) με ελαττωμένη πίεση, γ) με υψηλή πίεση (Δόρδας, 2012).

2.4.1.4. Ταχύτητα, διάρκεια και ολοκλήρωση της απόσταξης

Η ταχύτητα της απόσταξης εξαρτάται από το είδος του υλικού που αποστάζεται, την ταχύτητα του ατμού και το μέγεθος του άμβυκα, ενώ η διάρκεια από το είδος και τις συνθήκες της απόσταξης και το είδος και την αξία του αιθερίου ελαίου. Η διαδικασία της απόσταξης σταματάει όταν η περιεκτικότητα του φυτικού υλικού σε αιθέριο έλαιο έχει μειωθεί στο

ελάχιστο. Η τεχνική αυτή για τα περισσότερα αρωματικά φυτά διαρκεί περίπου από 1 έως 3 ώρες (Δόρδας, 2012).

2.4.1.5. Φυσικοχημικά φαινόμενα κατά τη διαδικασία της απόσταξης

Με την έναρξη της διαδικασίας της απόσταξης πραγματοποιούνται κάποια φυσικοχημικά φαινόμενα. Αρχικά γίνεται η έξοδος των αιθερίων ελαίων από το φυτικό υλικό, είτε με διάχυση, είτε με ατμούς, είτε με αφρούς. Μετέπειτα, πραγματοποιείται η υδρόλυση η οποία λαμβάνει χώρα κυρίως στους εστέρες. Με την αύξηση της ποσότητας του νερού πραγματοποιείται ταυτόχρονη αύξηση της διάσπασης του εστέρα. Τέλος, η αποσύνθεση συμβαίνει λόγω της υψηλής θερμοκρασίας και μπορεί να αποφευχθεί με τη μείωση και τη διατήρησή της σε χαμηλά επίπεδα, με την ελάττωση της πίεσης και την αποφυγή συγκέντρωσης νερού στον πυθμένα του άμβυκα (Δόρδας, 2012).

2.4.1.6. Εξοπλισμός αποστακτικών συγκροτημάτων

Ο εξοπλισμός ενός αποστακτικού συγκροτήματος περιλαμβάνει τον ατμολέβητα ή ατμοπαραγωγό, τον άμβυκα αποστάξεως, τον ψυκτήρα ή συμπυκνωτή και το δοχείο διαχωρισμού. Ο ατμοπαραγωγός αποτελεί το σύστημα που παράγει τον ατμό. Έπειτα ο ατμός διοχετεύεται στον άμβυκα παρασύροντας τα αιθέρια έλαια από το φυτικό υλικό. Ο άμβυκας αποστάξεως είναι το κύριο τμήμα του αποστακτικού συγκροτήματος, στο οποίο τοποθετείται το υλικό που προορίζεται για απόσταξη. Ως επί των πλείστων στα αποστακτικά συγκροτήματα, ο άμβυκας είναι εφοδιασμένος με σύστημα γεμίσματος και απογεμίσματος. Η χωρητικότητα του άμβυκα σχετίζεται με την ποσότητα του φυτικού υλικού που προορίζεται για απόσταξη και εξαρτάται από την ημερήσια ποσότητα που προβλέπεται να αποσταχθεί, τη διάρκεια της απόσταξης και το χρονικό διάστημα στο οποίο πρέπει να αποσταχθεί η ποσότητα που παράγεται. Ο ψυκτήρας ή συμπυκνωτής πρέπει να έχει μεγάλη ψυκτική ικανότητα, μικρό χώρο και να καθαρίζεται εύκολα. Μπορεί να έχει σχήμα οφιοειδές, zig-zag, ή σχήμα δέσμης παράλληλων σωλήνων. Το καλύτερο υλικό με το οποίο συνιστάται η κατασκευή του άμβυκα και του ψυκτήρα θεωρείται ο ανοξειδωτός χάλυβας. Το τελευταίο τμήμα του αποστακτικού συγκροτήματος που καταλήγει το απόσταγμα, είναι το δοχείο διαχωρισμού και προτείνεται να είναι γυάλινο ή και μεταλλικό. Εκεί πραγματοποιείται ο διαχωρισμός του αιθερίου ελαίου από το νερό. Λόγω ειδικού βάρους, το αιθέριο έλαιο είναι ελαφρύτερο από το νερό, γι' αυτό επέρχεται και ο διαχωρισμός. Αξίζει να σημειωθεί ότι, ένας πολύ σημαντικός παράγοντας που ευθύνεται κάποιες φορές για το μη ξεκάθαρο διαχωρισμό των αιθερίων ελαίων από το νερό, είναι η θερμοκρασία. Όταν η θερμοκρασία είναι υψηλή δημιουργείται γαλάκτωμα με αποτέλεσμα να μη μπορεί να γίνει ξεκάθαρη η παραλαβή του αιθερίου ελαίου από το νερό. Η καλύτερη θερμοκρασία που προτείνεται να έχει το αιθέριο έλαιο όταν βγει από τον ψυκτήρα είναι εκείνη του περιβάλλοντος. Ακόμη, πολλές φορές το νερό αποστάζεται ξανά, διότι πάντα υπάρχουν εναπομείναντα ίχνη αιθερίου ελαίου. Τέλος, τα αποστακτικά συγκροτήματα διακρίνονται με βάση το αν μπορούν να μετακινηθούν ή όχι, σε μόνιμα, ημιμόνιμα και κινητά (Δόρδας, 2012).

2.4.2. Μηχανική παραλαβή

Η τεχνική αυτή βασίζεται στην παραλαβή των αιθερίων ελαίων μόνο με μηχανικά μέσα. Η μηχανική παραλαβή χρησιμοποιείται κυρίως στους φλοιούς των εσπεριδοειδών και στους ξηρούς καρπούς. Για τους φλοιούς των εσπεριδοειδών χρησιμοποιούνται μηχανήματα που

επεξεργάζονται τους καρπούς και τους φλοιούς πριν και μετά τη χυμοποίηση αντίστοιχα, ενώ για τους ξηρούς καρπούς χρησιμοποιούνται πιεστήρια (Δόρδας, 2012).

2.4.3. Εκχύλιση

Σύμφωνα με Φούντζουλα (2014), ως εκχύλιση ορίζεται ο διαχωρισμός και η απομόνωση μιας ουσίας από διάλυμα ή στερεό μίγμα με υποβοήθηση του εκχυλιστή. (διαλύτης). Οι τεχνικές εκχύλισης είναι:

1. Εκχύλιση ενός στερεού με ένα υγρό (extraction)
2. Εκχύλιση της στερεάς φάσης (solid phase extraction)
3. Εκχύλιση ενός υγρού από ένα άλλο υγρό ή ενός στερεού διαλυμένου σε υγρό από ένα άλλο υγρό (liquid- liquid extraction)

Η επιλογή ενός διαλύτη ως εκχυλιστικό μέσο πρέπει να ικανοποιεί κάποιες προϋποθέσεις όπως:

1. Να μην αντιδρά με την εκχυλιζόμενη ουσία
2. Να υπάρχει πλήρης διαχωρισμός των δύο στοιβάδων μετά την ανακίνηση
3. Η διαλυτότητα της ουσίας στο εκχυλιστικό μέσον να είναι όσο το δυνατόν μεγαλύτερη
4. Να είναι οπτικά διαφανής για φασματοφωτομετρικές μεθόδους
5. Η ουσία να ανακτάται εύκολα από το εκχυλιστικό μέσον
6. Ο διαλύτης να μην είναι τοξικός ή εύφλεκτος.

Η πιο συνηθισμένη περίπτωση διαχωρισμού με εκχύλιση είναι η εκχύλιση υγρού-υγρού. Η διαδικασία αυτή βασίζεται στην κατανομή της διαλυμένης ουσίας μεταξύ δύο υγρών πρακτικά μη αναμίξιμων (οργανική-υδατική φάση). Στην οργανική φάση συλλέγονται κατά κύριο λόγο οι μη πολικές ουσίες, ενώ στην υδατική τα ανόργανα συστατικά και οι πολικές ουσίες. Η ανάμιξη των δύο φάσεων πραγματοποιείται σε διαχωριστικό χωνί, αναταράσσονται ούτως ώστε να έλθουν σε στενή επαφή, έπειτα επέρχεται η ισορροπία των διαλυμένων ουσιών στις δύο φάσεις και τελικά διαχωρίζονται (Φούντζουλα, 2014).

Η διαδικασία της εκχύλισης προκαλεί το διαχωρισμό των φαρμακευτικά ενεργών τμημάτων των φυτών με τη χρήση εκλεκτών διαλυτών, διαμέσου κάποιων τυποποιημένων διαδικασιών. Κύριος σκοπός της διαδικασίας των εκχυλίσεων, είναι να πραγματοποιηθεί ο διαχωρισμός των διαλυτών φυτικών μεταβολιτών από τα αδιάλυτα κυτταρικά στελέχη που μένουν πίσω (Φούφα, 2017).

Ο φυτικός ιστός συντίθενται από κύτταρα τα οποία περιβάλλονται από κυτταρικά τοιχώματα. Η διαδικασία της εκχύλισης αποτελείται από δυο φάσεις φυσικών φαινομένων. Η πρώτη φάση περιλαμβάνει τη διάχυση μέσω κυτταρικών τοιχωμάτων και η δεύτερη φάση περιλαμβάνει την έκπλυση του περιεχομένου των κυττάρων μόλις προκληθεί το σπάσιμο των τοιχωμάτων. Μερικά κύτταρα εντοπίζονται υπό μορφή εξωτερικών ή εσωτερικών αδένων πλούσιων σε αιθέριο έλαιο. Το βασικό χαρακτηριστικό των εξωτερικών αδένων είναι ότι το δέρμα τους είναι εξαιρετικά λεπτό και μπορεί να καταστραφεί με την μέθοδο των υπερήχων. Έτσι, θεωρείται ότι η εκχύλιση αιθέριου και λιπαρού ελαίου διευκολύνεται με υπερήχους. Όσον

αφορά τους εσωτερικούς αδένες, διαδραματίζει πολύ σημαντικό ρόλο ο βαθμός άλεσης του φυτικού υλικού (Φούφα, 2017).

Τα ακατέργαστα εκχυλίσματα που προκύπτουν περιέχουν σύνθετο μείγμα πολλών φυτικών μεταβολιτών, όπως αλκαλοειδή, φαινολικά, τερπενοειδή και φλαβονοειδή. Μερικά από τα ακατέργαστα εκχυλίσματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως φαρμακευτικά μέσα με τη μορφή βάμματος και υγρών εκχυλισμάτων, ενώ άλλα απαιτούν περαιτέρω επεξεργασία για μετέπειτα χρήση (Φούφα, 2017).

Η ολοκληρωμένη διαδικασία της εκχύλισης μπορεί να διασπαστεί σε διάφορα στάδια όπως η προεπεξεργασία, η εκχύλιση, η απομόνωση και ο καθαρισμός. Η προκατεργασία μπορεί να περιλαμβάνει στάδια όπως η διαβροχή, η ομογενοποίηση, η άλεση ή η ξήρανση. Η ξήρανση χρησιμοποιείται για να αυξηθεί η απόδοση ανά μονάδα βάρους πρώτης ύλης και η διάρκεια αποθήκευσης πρώτης ύλης. Παράλληλα, χρησιμοποιείται για τη μείωση της απαιτούμενης χωρητικότητας και σε μερικές περιπτώσεις για διευκόλυνση στην περαιτέρω επεξεργασία. Η διαβροχή, η ομογενοποίηση και η άλεση έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση της επιφάνειας επαφής μεταξύ διαλύτη και δείγματος που περιλαμβάνει τη διαλυμένη ουσία. Συνολικά, τα στάδια προκατεργασίας βελτιστοποιούν την απόδοση των βιοδραστικών ενώσεων (Φούφα, 2017).

Η τεχνική της εκχύλισης πραγματοποιείται για την παραλαβή αιθερίων ελαίων από φυτικά τμήματα όπως τα άνθη τα οποία χαρακτηρίζονται ως ευπαθές φυτικό υλικό στη διαδικασία της απόσταξης. Επιπλέον, η μέθοδος της εκχύλισης χρησιμοποιείται για την παραλαβή πτητικών και μη πτητικών λιπόφιλων συστατικών του φυτού. Οι τρόποι παραλαβής των αιθερίων ελαίων με εκχύλιση, ανάλογα με το χρησιμοποιούμενο εκχυλιστικό υλικό είναι: α) εκχύλιση με πτητικούς διαλύτες, β) εκχύλιση με ψυχρό λίπος και γ) εκχύλιση με θερμό λίπος. Οι σύγχρονες μέθοδοι παραλαβής αιθερίων ελαίων με εκχύλιση είναι: α) η εκχύλιση με υπερκρίσιμα ρευστά, η εκχύλιση με υπερήχους, η εκχύλιση με μικροκύματα, η μικροεκχύλιση στερεάς φάσης, κ.ά. (Γαρδέλη, 2009).

2.4.3.1. Εκχύλιση με πτητικούς διαλύτες

Η εκχύλιση με πτητικούς διαλύτες χρησιμοποιείται κυρίως για την παραλαβή αιθερίων ελαίων μεγάλης οικονομικής αξίας όπως ο υάκινθος, η βιολέτα, το τριαντάφυλλο. Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα αυτής της διαδικασίας είναι ότι παραλαμβάνεται όλο το αιθέριο έλαιο και όχι μόνο τα πτητικά συστατικά. Μειονεκτήματα αυτής είναι το μεγάλο κόστος και ότι το αιθέριο έλαιο που παραλαμβάνεται έχει πιο σκοτεινή απόχρωση. Στην εκχύλιση με πτητικούς διαλύτες είναι μεγίστης σημασίας η επιλογή του καταλληλότερου διαλύτη. Οι διαλύτες που χρησιμοποιούνται συνήθως είναι ο πετρελαϊκός αιθέρας, το βενζόλιο, η αιθυλική αλκοόλη, καθώς και άλλοι διαλύτες όπως το μεθυλοδιχλωρίδιο, τα Freon 113 και 114 και το υγρό διοξείδιο του άνθρακα (Δόρδας, 2012). Η επιλογή αυτού, θα πρέπει να ικανοποιεί κάθε φορά κάποιες προϋποθέσεις, όπως να έχει σχετικά χαμηλό ή σταθερό σημείο ζέσεως, να είναι χημικώς ανενεργός, μικρής αξίας και ευφλεκτότητας και τέλος να διαλύει γρήγορα όλες τις αρωματικές ουσίες. Το προϊόν που λαμβάνεται έπειτα από τη διαδικασία της εκχύλισης, συμπεριλαμβάνει το αιθέριο έλαιο καθώς και άλλες ουσίες όπως κηρούς και χρωστικές. Το αιθέριο έλαιο λαμβάνεται μετά από επεξεργασία (Κόκκινος, 2010).

2.4.3.2. Εκχύλιση με ψυχρό λίπος

Η τεχνική αυτή αποτελεί βελτίωση του τρόπου παρασκευής αρωματικών πομάδων. Είναι μια απλή μέθοδος που βασίζεται στην ιδιότητα που έχει το λίπος να συγκρατεί τις πτητικές ουσίες

με τις οποίες έρχεται σε επαφή. Το χρησιμοποιούμενο λίπος θα πρέπει να είναι καθαρό και ημίσκληρο. Το αιθέριο έλαιο διατίθεται μαζί με αυτό ως έχει ή ύστερα από επεξεργασία με αλκοόλη (Κόκκινος, 2010).

2.4.3.3. Εκχύλιση με θερμό λίπος

Ακολουθεί παρόμοιο τρόπο με την εκχύλιση με ψυχρό λίπος. Η μοναδική διαφορά είναι ότι τα άνθη και το λίπος τοποθετούνται σε δοχεία, θερμαίνονται στους 80 βαθμούς Κελσίου, ανακατεύονται έως ότου επέλθει ο κορεσμός του λίπους με το αιθέριο έλαιο και στη συνέχεια το λίπος φιλτράρεται. Αυτή η μέθοδος εφαρμόζεται σε συγκεκριμένα φυτικά υλικά όπως στα εσπεριδοειδή και στα τριαντάφυλλα για την παραλαβή των αιθερίων ελαίων τους (Κόκκινος, 2010).

2.4.3.4. Υπερκρίσιμη εκχύλιση (SFE)

Οποιοδήποτε συστατικό σε θερμοκρασία και πίεση πάνω από το κρίσιμο σημείο, θεωρείται ότι βρίσκεται σε υπερκρίσιμη κατάσταση. Το ρευστό διατηρεί τις ιδιότητες τόσο της υγρής όσο και της αέριας φάσης σε υπερκρίσιμο περιβάλλον, ενώ το αέριο δεν μπορεί να υγροποιηθεί. Η υπερκρίσιμη εκχύλιση είναι μια ραγδαία αναπτυσσόμενη μέθοδος διαχωρισμού, στην οποία χρησιμοποιούνται διαλύτες, όπως το CO₂ σε υπερκρίσιμες συνθήκες. Απόρροια αυτού είναι η πλήρης απομάκρυνση του CO₂ από το εκχύλισμα, με εκτόνωση σε P_{atm}. Το μεγαλύτερο μειονέκτημα αυτής της τεχνικής είναι το υψηλό κόστος και η πολυπλοκότητά της (Κόκκινος, 2010).

2.4.3.5. Εκχύλιση με υπερήχους (UAE: ultrasound assisted extraction)

Σε αυτή τη διαδικασία εκχύλισης, το δείγμα τοποθετείται με κατάλληλο οργανικό διαλύτη σε λουτρό υπερήχων. Η ελάχιστη συχνότητα των 16kHz που προέρχεται από τη διάδοση των υπερήχων, προκαλεί κίνηση του υγρού λόγω συμπίεσης και αραιώσης. Όταν αυξάνεται η πίεση και η θερμοκρασία, επιτυγχάνονται φαινόμενα διείσδυσης, μεταφοράς και διάχυσης, διαλυτοποίησης αντίστοιχα. Η χρήση της μεθόδου έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του χρόνου εκχύλισης, την ταυτόχρονη εκχύλιση πολλών δειγμάτων και τη χρήση μικρότερων όγκων διαλυτών. Η εκχύλιση με υπερήχους, εφαρμόζεται στον προσδιορισμό θερμικά ασταθών ενώσεων (Κόκκινος, 2010).

2.4.3.6. Εκχύλιση υποβοηθούμενη από μικροκύματα (MAE: microwave assisted extraction)

Η χρήση των μικροκυμάτων (MW) στην εκχύλιση ξεκίνησε, όταν αναπτύχθηκε έντονο ενδιαφέρον για την ανάπτυξη νέων τεχνικών παραλαβής αιθερίων ελαίων, που αποσκοπούσαν στη μείωση του χρόνου εκχύλισης και του όγκου δείγματος διαλύτη. Επομένως η μέθοδος των μικροκυμάτων επιφέρει αξιοσημείωτη μείωση του χρόνου εκχύλισης συγκριτικά με τις κλασικές τεχνικές (Soxhlet). Με τη χρήση των συμβατικών μεθόδων, η θερμότητα μεταβιβάζεται από την θερμαντική πλάκα, στο δοχείο θέρμανσης και έπειτα στο διάλυμα. Εν αντιθέσει με τα μικροκύματα, η θέρμανση αρχίζει από το δείγμα αφού το δοχείο δεν απορροφά την ακτινοβολία από τα μικροκύματα. Η θερμότητα που παράγεται από τα μικροκύματα ενεργεί συναρτήσει του διαλύματος, διότι υπάρχουν διαλύτες οι οποίοι τα απορροφούν (π.χ. μεθανόλη) και άλλοι που δεν τα απορροφούν με αποτέλεσμα να μη θερμαίνονται. Παράλληλα, με την συγκεκριμένη μέθοδο παρουσιάζεται λόγω της ικανοποιητικής αποδοτικότητας, μείωση στον όγκο διαλύματος- διαλύτη συγκριτικά με την Soxhlet (Κόκκινος, 2010).

2.4.3.7. Εκχύλιση με τη βοήθεια μικροκυμάτων χωρίς διαλύτη [Solvent Free Microwave Extraction (SFME)]

Η εκχύλιση με τη βοήθεια μικροκυμάτων χωρίς διαλύτη (SFME) αναπτύχθηκε το 2004 από τους Chemat et al. Η SFME προσβέβει μια τεχνική η οποία συνδυάζει την ξηρή απόσταξη με την ακτινοβολία των μικροκυμάτων. Πιο συγκεκριμένα, το φυτικό μέρος τοποθετείται σε γυάλινο δοχείο και στη συνέχεια σε φούρνο μικροκυμάτων χωρίς την προσθήκη νερού ή άλλου οργανικού διαλύτη. Το φυτικό μέρος θερμαίνεται λόγω της αλληλεπίδρασης των μικροκυμάτων με το νερό που προϋπήρχε εγκλωβισμένο στο εσωτερικό του φυτού. Απόρροια της θέρμανσης είναι η διαστολή των κυττάρων του φυτού, η διαστολή επιφέρει τη ρήξη των αδένων από τους ελαιοφόρους υποδοχείς, με τελικό αποτέλεσμα την αποδέσμευση του αιθερίου ελαίου. Το αιθέριο έλαιο εξατμίζεται με αζεοτροπική απόσταξη με το νερό που υπάρχει στο φυτικό υλικό. Η περίσσεια νερού επαναφέρεται στο δοχείο εξαγωγής για να αποκατασταθεί το αρχικό νερό στο φυτικό υλικό Filly et al. (2014). Η παραλαβή του αιθερίου ελαίου, πραγματοποιείται με την βοήθεια ψυκτήρα, αφού πρώτα έχει εξαερωθεί με το εγκλωβισμένο νερό (Κόκκινος, 2010).

Αυτή η μέθοδος, έχει εφαρμοστεί σε διαφόρων ειδών ξηρών και φρέσκων φυτών, όπως αρωματικά βότανα, εσπεριδοειδή και μπαχαρικά (γλυκάνισος). Ειδικότερα, σύμφωνα με Filly et al. (2014), οι συνθήκες λειτουργίας της SFME για το γλυκάνισο αναγράφονται στον πίνακα 2.

Πίνακας 2. Συνθήκες λειτουργίας SFME για το γλυκάνισο

ΓΛΥΚΑΝΙΣΟΣ	Κατάσταση δείγματος	Ποσότητα νερού	Ποσότητα δείγματος	Χρόνος	Ισχύς
	Σπόρος	Μούλιασμα για 60 λεπτά σε 700ml H ₂ O	250 gr	60 λεπτά (70°C)	500W

2.4.4. Διατήρηση αιθερίων ελαίων

Για να επιτευχθεί η διατήρηση των αιθερίων ελαίων μετά την παραλαβή τους, θα πρέπει να μην επηρεαστούν οι ακόλουθοι παράγοντες. Αρχικά, η θερμοκρασία αποθήκευσης θα πρέπει να βρίσκεται μερικούς βαθμούς άνω του μηδενός. Έπειτα, τα αιθέρια έλαια θα πρέπει να τοποθετούνται σε αδιαφανή (γυάλινα κατά προτίμηση) δοχεία, αφού πρώτα πραγματοποιηθεί η απομάκρυνση του περίσσιου νερού με μετάγγιση ή με τη χρήση χημικών ουσιών. Ταυτόχρονα, λόγω των αλλοιώσεων που προκαλεί η επίδραση του αέρα, τα προστατευτικά δοχεία που αποθηκεύονται τα αιθέρια έλαια πρέπει να είναι γεμάτα. Τέλος, σημαντικό ρόλο διαδραματίζουν τα δοχεία αποθήκευσης, τα οποία προτείνεται να είναι γυάλινα ή μεταλλικά από ανοξείδωτο χάλυβα (Δόρδας, 2012).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

3.1. Γενικές πληροφορίες πειράματος

Οι εργαστηριακές αναλύσεις της εργασίας πραγματοποιήθηκαν στα Εργαστήρια Διαχείρισης Οικοσυστημάτων και Βιοποικιλότητας του Τμήματος Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Για τη διεξαγωγή των πειραμάτων χρησιμοποιήθηκαν δυο μηχανήματα, ο αποστακτήρας αιθερίων ελαίων και ο αντιδραστήρας εκχύλισης με μικροκύματα (solvent free microwave extraction system). Το αρωματικό - φαρμακευτικό φυτό που χρησιμοποιήθηκε ήταν ο γλυκάνισος (*Pimpinella anisum*), ο οποίος καλλιεργήθηκε στην περιοχή της Ιστιαίας στη Βόρεια Εύβοια και προήλθε από παραγωγό της περιοχής. Το υλικό ήταν ο σπόρος του φυτού, που είχε υποστεί ξήρανση. Για την ολοκλήρωση της πειραματικής διαδικασίας χρειάστηκαν 9,5 κιλά γλυκάνισου.

3.2. Απόσταξη

Η απόσταξη αποτελεί την πιο απλή, ευρύτατα χρησιμοποιούμενη και οικονομική μέθοδο παραλαβής αιθερίων ελαίων από όλα σχεδόν τα αρωματικά φυτικά υλικά. Στην παρούσα διατριβή πραγματοποιήθηκε η παραλαβή αιθερίου ελαίου γλυκάνισου, με τη διαδικασία της υδρο-ατμοαπόσταξης.

3.2.1. Υδρο-ατμοαπόσταξη (water and steam distillation)

Για την παραλαβή του αιθερίου ελαίου του γλυκάνισου με τη μέθοδο της υδρο-ατμοαπόσταξης χρησιμοποιήθηκε ανοξείδωτος αποστακτήρας αιθερίων ελαίων ειδικός για απόσταξη αρωματικών-φαρμακευτικών φυτών. Ο αποστακτήρας λειτουργεί με ρεύμα και η διαδικασία πραγματοποιήθηκε σε επτά δείγματα. Στο πρώτο πείραμα που διεξήχθη χρησιμοποιήθηκαν 2kg κανονικού σπόρου γλυκάνισου, ενώ στα υπόλοιπα έξι χρησιμοποιήθηκε από 1kg σπόρου γλυκάνισου, ο οποίος αλέστηκε σε ειδικό μύλο πριν τη χρήση. Σε κάθε υδρο-ατμοαπόσταξη ακολουθήθηκε το παρακάτω πρωτόκολλο.

Το πρώτο βήμα ήταν να γεμίσει νερό ο αποστακτήρας μέχρι ένα εκατοστό κάτω από τον περιφερειακό μεταλλικό δακτύλιο. Το νερό έπρεπε να καλύπτει την αντίσταση για να αποφευχθεί η καταστροφή της. Εντός του αποστακτήρα τοποθετούνταν η διάτρητη σίτα και πάνω από αυτήν επιπρόσθετο μεταλλικό πλέγμα, που συγκρατούσε καλύτερα το φυτικό υλικό. Ο αλεσμένος σπόρος στρωνόταν και συμπιεζόταν ομοιόμορφα πάνω στο πλέγμα.

Έπειτα, ακολουθούσε το σφράγισμα του αποστακτήρα και το άνοιγμα της βάνας που μετέφερε νερό στο δοχείο ψύξης. Το σύστημα λειτουργεί με ρεύμα και η θερμοκρασία του αποστακτήρα ρυθμιζόταν από θερμοστάτη στους 150°C. Η θερμοκρασία του δοχείου ψύξης δεν έπρεπε να ξεπερνά τους 50°C και ρυθμιζόταν με αυξομείωση της εισόδου νερού από τη βάνα μεταφοράς νερού.

Όταν άρχιζε να γεμίζει η γυάλινη κωνική φιάλη συλλογής του υγρού απόσταξης με νερό και να διαχωρίζεται ορατά το νερό από το έλαιο, πραγματοποιούνταν το άνοιγμα της στρόφιγγας για τη σταδιακή απομάκρυνση του νερού με μικρή ταχύτητα, για να μη χάνεται ποσότητα αιθερίου ελαίου. Το νερό που προερχόταν από την απόσταξη συλλεγόταν σε γυάλινα δοχεία και έπειτα από 24 ώρες ελεγχόταν για τυχόν εμφάνιση αιθερίου ελαίου στην επιφάνεια λόγω βαρύτητας.

Η διάρκεια της υδρο-ατμοαπόσταξης διαρκούσε περίπου 60 λεπτά από τη στιγμή που άρχισε να εξάγεται το απόσταγμα στη γυάλινη κωνική φιάλη (διαχωριστική χοάνη). Η συνολική διάρκεια της μεθόδου ήταν 75 λεπτά. Το συλλεγόμενο έλαιο τοποθετούνταν σε ειδικά γυάλινα φιαλίδια που σφραγίζονταν με πώμα και διατηρούνταν στο ψυγείο, σε θερμοκρασία σταθερή, λίγο μεγαλύτερη του μηδενός και το δείγμα ήταν έτοιμο για να χρησιμοποιηθεί στις περαιτέρω αναλύσεις.



Εικόνα 5. Ανοξειδωτος αποστακτήρας υδρο-ατμοαπόσταξης αιθερίων ελαίων



Εικόνα 6. Παραλαβή αιθερίου ελαίου γλυκάνισου με υδρο-ατμοαπόσταξη

3.3. Εκχύλιση

Οι συμβατικές μέθοδοι εκχύλισης απαιτούν δαπανηρό και υψηλής καθαρότητας διαλύτη, προκαλούν την εξάτμιση μεγάλης ποσότητας του διαλύτη, δαπανούν περισσότερο χρόνο και επιφέρουν θερμική αποσύνθεση θερμοευαίσθητων ενώσεων. Για να αποφευχθούν αυτοί οι περιορισμοί των συμβατικών μεθόδων, καθιερώθηκαν καινούριες και ελπιδοφόρες τεχνικές εκχύλισης που καλούνται μη συμβατικές μέθοδοι εκχύλισης. Η νέα τεχνική εκχύλισης που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα μελέτη, είναι η μη συμβατική μέθοδος της εκχύλισης σε φούρνο χώνευσης με μικροκύματα χωρίς διαλύτη.

3.3.1. Εκχύλιση σε φούρνο χώνευσης με τη βοήθεια μικροκυμάτων χωρίς διαλύτη (Solvent Free Microwave Assisted Extraction)

Για τη διεξαγωγή των πειραμάτων χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο START D Microwave Digestion System της εταιρείας Milestone. Εκχυλίσεις έγιναν σε έξι δείγματα. Οι πρώτες τρεις εκχυλίσεις ακολούθησαν τις συνθήκες που παρουσιάστηκαν στον πίνακα 2. Η επόμενη τριάδα εκχυλίσεων πραγματοποιήθηκε με τις ίδιες συνθήκες, με μοναδική διαφορά την κατάσταση του δείγματος. Ο σπόρος αρχικά αλέθονταν σε μύλο άλεσης και έπειτα πραγματοποιούνταν η ενυδάτωση. Στόχος αυτής της αλλαγής ήταν να συγκριθεί η απόδοση σε αιθέριο έλαιο των δυο διαφορετικών χειρισμών του δείγματος. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε ήταν η εξής:

Αρχικά πραγματοποιούνταν η ενυδάτωση 250gr σπόρου ή αλεσμένου σπόρου γλυκάνισου σε 700ml νερού για 60 λεπτά.



Εικόνα 7. Ενυδάτωση σπόρου γλυκάνισου

Όταν ολοκληρωνόταν η ενυδάτωση το φυτικό υλικό τοποθετούνταν στο πυρίμαχο σκεύος, το οποίο τοποθετούνταν στο φούρνο μικροκυμάτων.



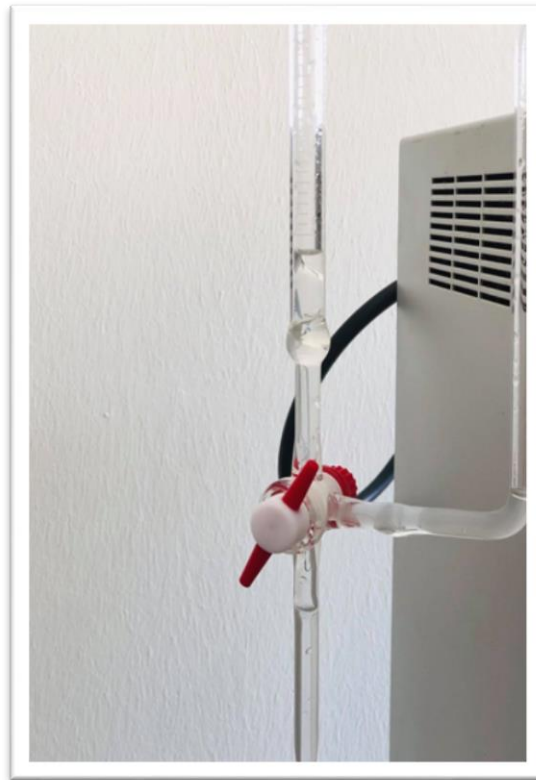
Εικόνα 8. Έναρξη της SFME έπειτα από ενυδάτωση σπόρου γλυκάνισου

Ο φούρνος έκλεινε, ενεργοποιούνταν ο διακόπτης και άνοιγε αυτόματα το tablet εφαρμογής των ρυθμίσεων όπου εισαγόταν η ώρα (στη συγκεκριμένη περίπτωση 60 λεπτά) και η θερμική ισχύς στα 500 W.

Έπειτα, ενεργοποιούνταν ο διακόπτης του ψύκτη νερού (water chiller) ο οποίος είχε εφοδιαστεί από την πρώτη χρήση του μηχανήματος με νερό. Η θερμοκρασία του ήταν σταθερή και ο ρόλος του συγκεκριμένου μηχανήματος ήταν να ψύχει τους σπειροειδείς σωλήνες που περιείχαν μείγμα υδρατμών και αιθερίου ελαίου ούτως ώστε να παραληφθεί το έλαιο σε καθαρή μορφή.

Καθ' όλη τη διάρκεια της εκχύλισης αφαιρούνταν περιοδικά και συχνά νερό από τη στρόφιγγα της προχοϊδας, με σκοπό τη διατήρηση της ποσότητας του αιθερίου ελαίου στο άνω τμήμα της στήλης του νερού, μέχρι την ολοκλήρωση της διαδικασίας.

Με το πέρας της διαδικασίας, συλλεγόταν το αιθέριο έλαιο και τοποθετούνταν σε γυάλινα φιαλίδια και σφραγίζονταν με πώμα. Έπειτα διατηρούνταν στο ψυγείο, σε θερμοκρασία σταθερή, λίγο μεγαλύτερη του μηδενός για να χρησιμοποιηθούν στις περαιτέρω αναλύσεις.



Εικόνα 9. Παραλαβή αιθερίου ελαίου γλυκάνισου με τη μέθοδο SFME



Εικόνα 10. Μοντέλο Milestone START D Microwave Digestion System για εκχυλίσεις SFME.



Εικόνα 11. Δείγματα αιθερίου ελαίου γλυκάνισου από υδρο-ατμοαπόσταξη και SFME εκχυλίσεις.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ

Σκοπός της παρούσας διατριβής ήταν να πραγματοποιηθεί συγκριτική μελέτη απόδοσης του γλυκάνισου σε αιθέριο έλαιο, με δύο μεθόδους: της υδρο-ατμοαπόσταξης και της εκχύλισης σε φούρνο χώνευσης με τη βοήθεια μικροκυμάτων, χωρίς διαλύτη. Επίσης, η διερεύνηση της αξιοποίησης του αιθερίου ελαίου. Αναμένεται τα αποτελέσματα της διατριβής να συνεισφέρουν στην τεκμηρίωση της αποδοτικότερης διαδικασίας παραλαβής αιθερίου ελαίου από το είδος και της σημασίας του γλυκάνισου για αξιοποίηση σε χρήσεις πέραν των μέχρι σήμερα γνωστών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

5.1. Παραλαβή αιθερίου ελαίου γλυκάνισου με τη μέθοδο της υδρο-ατμοαπόσταξης

Τα αποτελέσματα της υδροατμοαπόσταξης σε σχέση με την προέλευση του υλικού παρουσιάζονται στον πίνακα 3. Συγκεκριμένα, ο όγκος (ml) του παραχθέντος αιθερίου ελαίου γλυκάνισου συνδέεται με την κατάσταση του δείγματος (κανονικός σπόρος ή τριμμένος), την ποσότητα του δείγματος που αποστάχθηκε και το χρόνο απόσταξης.

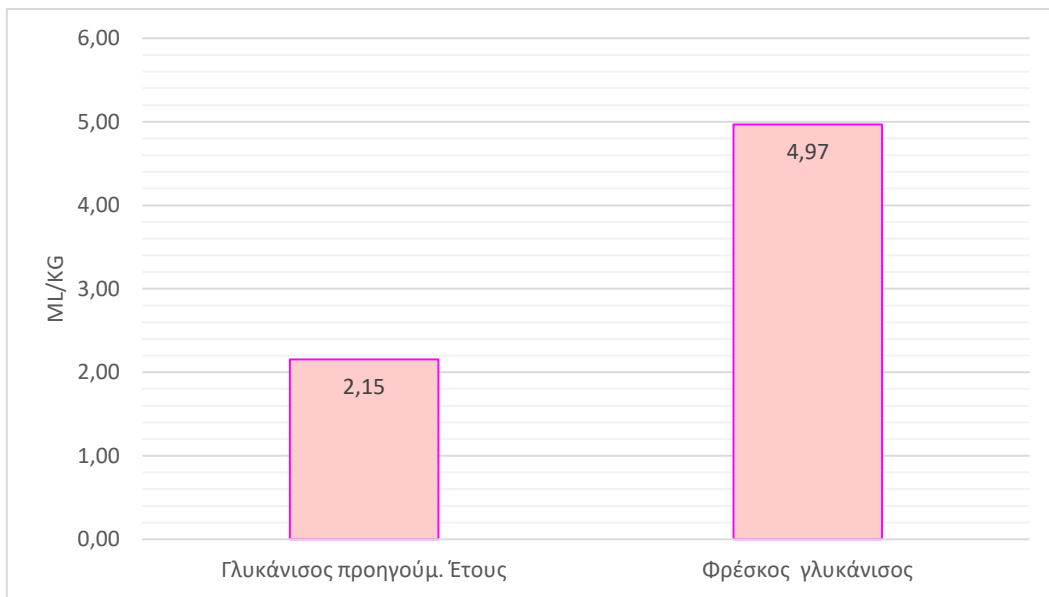
Πίνακας 3. Αποτελέσματα υδρο-ατμοαπόσταξης αιθερίου ελαίου γλυκάνισου.

ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	ΗΛΙΚΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	ΟΓΚΟΣ ΑΙΘ. ΕΛΑΙΟΥ (ml)	ΑΠΟΔΟΣΗ ΑΙΘ. ΕΛΑΙΟΥ (ml/kg)	ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΕΚΧΥΛΙΣΗΣ (σε λεπτά)
Τριμμένος σπόρος	Προηγούμ. Έτους	1kg	2,31 ml	2,31	75 min
Τριμμένος σπόρος	Προηγούμ. Έτους	1kg	2 ml	2	75 min
Τριμμένος σπόρος	Προηγούμ. Έτους	1kg	2,15 ml	2,15	75 min
Τριμμένος σπόρος	Φρέσκος	1kg	5,15 ml	5,15	75 min
Τριμμένος σπόρος	Φρέσκος	1kg	4,90 ml	4,90	75 min
Τριμμένος σπόρος	Φρέσκος	1kg	4,85 ml	4,85	75 min
Ολόκληρος σπόρος	Προηγούμ. Έτους	2kg	7,5ml	3,75	100 min

Στον παραπάνω πίνακα φαίνεται ότι υπάρχει αξιοσημείωτη διαφορά στον όγκο του παραχθέντος αιθερίου ελαίου μεταξύ φρέσκου σπόρου και σπόρου προηγούμενου έτους.

Μετά τη μέτρηση του όγκου του αιθερίου ελαίου υπολογίστηκε η απόδοση της κάθε αποστακτικής διαδικασίας σύμφωνα με τους Chun-hui et al. (2012), από τη σχέση: Απόδοση απόσταξης (Extraction yield) (ml/kg) = V/M, όπου V ο όγκος παραχθέντος αιθερίου ελαίου σε ml και M η μάζα σε kg του αντίστοιχου δείγματος.

Στο γράφημα 1. παρουσιάζονται οι μέσες τιμές των αποδόσεων σε αιθέριο έλαιο από φρέσκο σπόρο και σπόρο προηγούμενου έτους γλυκάνισου, όπου η διαφορά είναι εμφανής.



Γράφημα 1. Σύγκριση μέσων τιμών απόδοσης αιθερίου ελαίου φρέσκου σπόρου και σπόρου προηγούμενου έτους γλυκάνισου με τη μέθοδο της υδρο-ατμοαπόσταξης.

5.2. Παραλαβή αιθερίου ελαίου γλυκάνισου με τη μέθοδο της υποβοηθούμενης εκχύλισης με μικροκύματα χωρίς διαλύτη (SFME)

Τα αποτελέσματα της μεθόδου υποβοηθούμενης εκχύλισης με μικροκύματα χωρίς διαλύτη (SFME) σε σχέση με την κατάσταση δείγματος του υλικού φαίνονται στον πίνακα 4. Πιο συγκεκριμένα, ο όγκος (ml) του παραχθέντος αιθερίου ελαίου γλυκάνισου συνδέεται με την κατάσταση του δείγματος (ολόκληρος σπόρος ή τριμμένος), τη διαβροχή του υλικού, την ποσότητα δείγματος, την ισχύ και τη διάρκεια εκχύλισης.

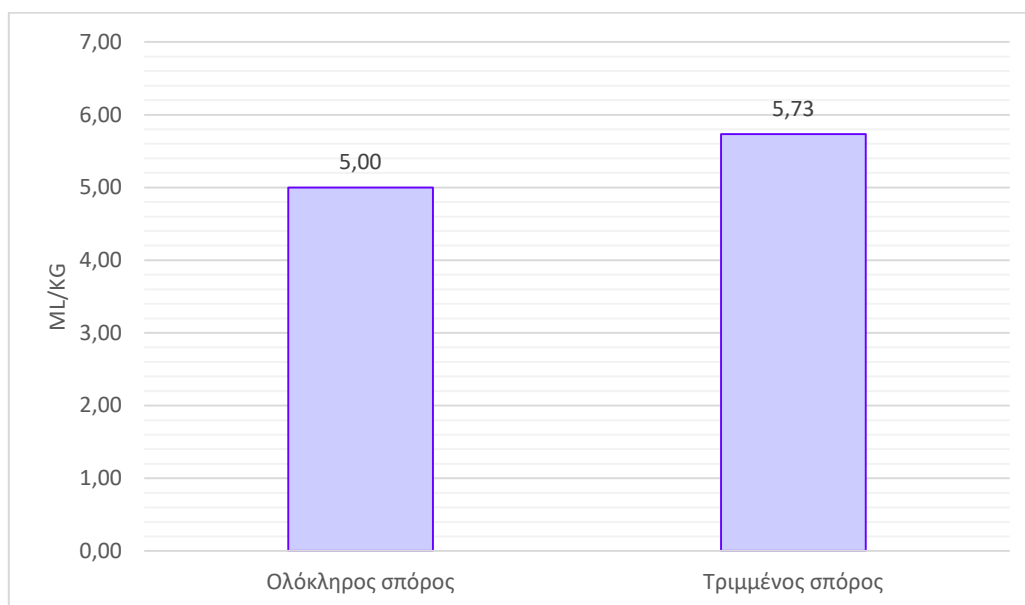
Πίνακας 4. Αποτελέσματα αποδόσεων σε αιθέριο έλαιο γλυκάνισου με τη μέθοδο SFME.

ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (gr)	ΗΛΙΚΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	ΟΓΚΟΣ ΑΙΘ. ΕΛΑΙΟΥ (ml)	ΑΠΟΔΟΣΗ ΑΙΘ. ΕΛΑΙΟΥ (ml/kg)	ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΕΚΧΥΛΙΣΗΣ ΣΤΟΥΣ 70°C (σε λεπτά)	ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΔΙΑΒΡΟΧΗΣ	ΙΣΧΥΣ ΣΕ W
Ολόκληρος σπόρος	250	Φρέσκος	1,15	4,60	60 min	700 ML ΓΙΑ 1 ΩΡΑ	500
Ολόκληρος σπόρος	250	Φρέσκος	1,20	4,80	60 min	700 ML ΓΙΑ 1 ΩΡΑ	500
Ολόκληρος σπόρος	250	Φρέσκος	1,40	5,60	60 min	700 ML ΓΙΑ 1 ΩΡΑ	500
Τριμμένος σπόρος	250	Φρέσκος	1,45	5,80	60 min	700 ML ΓΙΑ 1 ΩΡΑ	500
Τριμμένος σπόρος	250	Φρέσκος	1,47	5,80	60 min	700 ML ΓΙΑ 1 ΩΡΑ	500
Τριμμένος σπόρος	250	Φρέσκος	1,42	5,60	60 min	700 ML ΓΙΑ 1 ΩΡΑ	500

Στον παραπάνω πίνακα επισημαίνεται μια μικρή αλλά σημαντική διαφορά στον όγκο του παραχθέντος αιθερίου ελαίου μεταξύ ολόκληρου και τριμμένου σπόρου.

Έπειτα από τη μέτρηση του όγκου, υπολογίστηκε η απόδοση της κάθε εκχυλιστικής διαδικασίας σύμφωνα με τους Chun-hui et al. (2012), από τη σχέση: Απόδοση εκχύλισης (Extraction yield) (ml/kg) = V/M όπου V ο όγκος του ληφθέντος αιθερίου ελαίου σε ml και M η μάζα σε kg του αντίστοιχου δείγματος.

Στο γράφημα 2. παρουσιάζονται οι μέσες τιμές των αποδόσεων σε αιθέριο έλαιο από ολόκληρο σπόρο και τριμμένο σπόρο φρέσκου γλυκάνισου όπου παρατηρείται αξιοσημείωτη διαφορά μεταξύ των δύο προελεύσεων του υλικού.



Γράφημα 2. Σύγκριση μέσων τιμών απόδοσης αιθερίου ελαίου ολόκληρου σπόρου και τριμμένου σπόρου γλυκάνισου με τη μέθοδο (SFME).

5.3. Σύγκριση των μεθόδων υδρο-ατμοαπόσταξης και SFME ως προς την απόδοση αιθερίου ελαίου γλυκάνισου

Στον πίνακα 5., παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της συγκριτικής αξιολόγησης των δυο μεθόδων, με βάση παρόμοιας προέλευσης και κατάστασης δειγμάτων σπόρου γλυκάνισου. Από τα δεδομένα του συγκεκριμένου πίνακα φαίνεται ότι η μέθοδος SFME υπερτερεί σε απόδοση έναντι της μεθόδου της υδρο-ατμοαπόσταξης.

Πίνακας 5. Αποτελέσματα συγκριτικής αξιολόγησης των μεθόδων υδρο-ατμοαπόσταξης και SFME.

ΜΕΘΟΔΟΣ	ΑΠΟΔΟΣΗ ΑΙΘ. ΕΛΑΙΟΥ (ml/Kg)	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ (ml/kg)
ΥΔΡΟΑΤΜΟΑΠΟΣΤΑΞΗ	5,15	4,97
	4,9	
	4,85	
SFME	5,8	5,73
	5,8	
	5,6	

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

6.1. Παραλαβή αιθερίου ελαίου γλυκάνισου με τη μέθοδο της υδρο-ατμοαπόσταξης

Τα αποτελέσματα από τη διαδικασία της υδρο-ατμοαπόσταξης έδειξαν ότι με την πάροδο του χρόνου διατήρησης των σπόρων του γλυκάνισου μειώνεται η ποσότητα του αιθερίου ελαίου που αυτός αποδίδει. Το εύρημα αυτό συμφωνεί με τη διαπίστωση του Δόρδα (2012) στα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά μειώνεται σημαντικά η ποσότητα σε αιθέριο έλαιο με την πάροδο του χρόνου και υποβαθμίζεται η ποιότητα του προϊόντος. Ειδικότερα, η διαδικασία της υδρο-ατμοαπόσταξης που πραγματοποιήθηκε με φρέσκο σπόρο απέδωσε πάνω από τη διπλάσια ποσότητα σε αιθέριο έλαιο (4,97 ml/kg) , συγκριτικά με το σπόρο προηγούμενου έτους που απέδωσε μόνο 2,15 ml/kg σε ίδιες συνθήκες. Η μειωμένη απόδοση είναι πιθανόν να οφείλεται και σε επιπλέον παράγοντες, όπως η καταπόνηση του φυτού κατά τη συγκομιδή και η διαδικασία της ξήρανσης στον αγρό και όχι σε ειδικά ξηραντήρια, οι οποίοι οδηγούν σε απώλεια αιθερίου ελαίου και δραστικών συστατικών (Δόρδας 2012). Επομένως, οι ορθές καλλιεργητικές πρακτικές και οι κατάλληλοι χειρισμοί του συγκομισμένου υλικού θα πρέπει να ακολουθούνται με ακρίβεια από τους παραγωγούς, για τη βέλτιστη παραγωγή αιθερίων ελαίων, τόσο σε ποσότητα και όσο και σε ποιότητα.

6.1.1. Προβλήματα κατά τη διαδικασία της υδρο-ατμοαπόσταξης

Η διαδικασία της υδρο-ατμοαπόσταξης, όπως προαναφέρθηκε πραγματοποιήθηκε με σύγχρονο αποστακτήρα, ειδικό για τη συγκεκριμένη μέθοδο. Σε μια πειραματική διαδικασία όμως, εκτός από τα επιθυμητά αποτελέσματα, είναι πιθανό να υπάρξουν και ορισμένες αποκλίσεις. Το βασικό πρόβλημα το οποίο προέκυψε με τη συγκεκριμένη μέθοδο ήταν στην εφαρμογή ενός πειράματος που χρησιμοποιήθηκε ολόκληρος σπόρος γλυκάνισου. Η διαδικασία διενεργήθηκε με 2kg γλυκάνισου, διήρκησε 2 ώρες περίπου και το αποτέλεσμα ήταν η πλήρης απορρόφηση της ποσότητας του νερού του αποστακτήρα, με αποτέλεσμα την μη ολοκλήρωση της απόσταξης.

6.1.2. Βελτιστοποίηση του πρωτοκόλλου της υδροατμοαπόσταξης

Η διαδικασία της υδρο-ατμοαπόσταξης είναι σχετικά μια εύκολη διαδικασία και επιπλέον, συγκριτικά με τις υπόλοιπες μεθόδους απόσταξης παρέχει καλύτερης ποιότητας αιθέριο έλαιο (Δόρδας 2012, Καψής 2016). Το μειονέκτημά της είναι ότι η απόδοση σε αιθέριο έλαιο είναι σχετικά μικρή συγκριτικά με τη διάρκεια της απόσταξης, κατάσταση που δυσκολεύει τις περαιτέρω αναλύσεις. Μία λύση για την αύξηση της απόδοσης σε αιθέριο έλαιο είναι ο διπλασιασμός της διάρκειας της υδρο-ατμοαπόσταξης. Επίσης, το νερό που παράγεται από την απόσταξη περιέχει μικροποσότητες αιθερίου ελαίου οι οποίες συλλέγονται συμπληρωματικά.

6.2. Παραλαβή αιθερίου ελαίου γλυκάνισου με τη μέθοδο της SFME

Με βάση τα αποτελέσματα του γραφήματος 2., παρατηρήθηκε αξιοσημείωτη διαφορά (0,73 ml/kg) στην απόδοση στην απόδοση αιθερίου ελαίου μεταξύ ολόκληρου και τριμμένου σπόρου. Τα δείγματα του τριμμένου σπόρου έφτασαν σε απόδοση τα 5,7 ml/kg έναντι απόδοσης 5 ml/kg των δειγμάτων ολόκληρου σπόρου. Συνεπώς, διαπιστώθηκε ότι η απόδοση σε αιθέριο έλαιο με τη μέθοδο SFME επηρεάζεται από την προκαταρκτική κατεργασία του σπόρου. Η ενυδάτωση του σπόρου είναι ένα από τα σημαντικότερα στάδια, καθώς η μέθοδος

αυτή εστιάζει στα μόρια του νερού. Όσο περισσότερο ενυδατώνεται ένας σπόρος, τόσο πιο γρήγορα ξεκινούν ταλάντωση τα δίπολα μόρια του νερού, σπάνε τα κυτταρικά τοιχώματα του φυτού και αποδεσμεύεται αιθέριο έλαιο. Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα της εκχύλισης μικροκυμάτων χωρίς διαλύτες (SFME) είναι η διαδικασία εκχύλισης αιθέριου ελαίου που παρασύρεται από το επί τόπου νερό του φυτικού υλικού χωρίς προσθήκη διαλύτη (Lucchesi et al., 2007).

6.2.1. Αποκλίσεις του πρωτοκόλλου της μεθόδου SFME

Η συγκεκριμένη πειραματική διαδικασία θεωρείται μια εύκολη και πράσινη μέθοδος. Τα πειράματα διενεργήθηκαν με ασφάλεια χωρίς καμία απόκλιση που να δημιουργήσει προβληματισμό.

6.2.2. Βελτιστοποίηση του πρωτοκόλλου της μεθόδου SFME

Η μέθοδος SFME χρησιμοποιείται όταν πρέπει να εκχυλιστούν ενώσεις μικρού μοριακού βάρους. Τα προϊόντα που λαμβάνονται διαθέτουν υψηλής ποιότητας ενώσεις επειδή αποφεύγεται η θερμική διάσπαση των συστατικών που παραλαμβάνονται. Η SFME στηρίζεται στο συνδυασμό θέρμανσης και απόσταξης μικροκυμάτων και πραγματοποιείται σε ατμοσφαιρική πίεση. Η εσωτερική θέρμανση του επί τόπου νερού μέσα στο φυτικό υλικό το διαστέλλει προκαλώντας τους αδένες και τα ελαιώδη δοχεία να σκάσουν. Αυτή η διαδικασία απελευθερώνει έτσι το αιθέριο έλαιο που παρασύρεται από το επί τόπου νερό του φυτικού υλικού με αζεοτροπική απόσταξη. Έτσι, γίνεται αντιληπτό ότι η υγρασία του υλικού αποτελεί έναν βασικό παράγοντα της μεθόδου SFME. Όσο υψηλότερη είναι η υγρασία του υλικού, τόσο υψηλότερη είναι η απόδοση εκχύλισης του λαδιού (Chun-hui et al. 2012). Για να βελτιωθεί η απόδοση σε αιθέριο έλαιο προτείνεται η χρήση φρέσκου σπόρου και άλεσή του σε μύλο άλεσης, έτσι ώστε να μπορέσει να απορροφήσει τη μέγιστη ποσότητα νερού. Τα παραπάνω ευρήματα συμφωνούν με τους Filly et al. (2014), οι οποίοι αναφέρουν ότι η μέθοδος SFME είναι πιο αποτελεσματική όταν τα δείγματα δείχνουν υψηλότερη διηλεκτρική απώλεια δηλαδή υψηλότερη περιεκτικότητα σε νερό, λόγω της ισχυρής αλληλεπίδρασης που έχουν τα μικροκύματα με το φυσιολογικό νερό. Έτσι οι ελαιοφόροι αδένες υφίστανται σημαντική διόγκωση και ακολουθεί ρήξη ιστού, επιτρέποντας έτσι στο αιθέριο έλαιο να ρέει προς το στρώμα νερού. Σημαντικό είναι επίσης, το φυτικό υλικό πριν υποβληθεί σε ενυδάτωση να είναι ξηρό, έτσι ώστε να επέλθει η μέγιστη απόδοση σε αιθέριο έλαιο (Benmoussa et al. 2019). Τέλος, προτείνεται ο διαχωρισμός του αιθέριου ελαίου με το αρωματικό νερό, συλλογή του αιθερίου ελαίου, ξήρανση υπό άνυδρο θειικό νάτριο και αποθήκευση μέχρι την περαιτέρω ανάλυση.

6.3. Συγκριτική αξιολόγηση των δυο μεθόδων (Υδρο-ατμοαπόσταξη – Εκχύλιση σε φούρνο χώνευσης με τη βοήθεια μικροκυμάτων χωρίς διαλύτη)

Τα αποτελέσματα του γραφήματος 3., από την συγκριτική αξιολόγηση των δυο μεθόδων, ανέδειξαν (για τις συγκεκριμένες συνθήκες που μελετήθηκαν), τη μέθοδο SFME ως περισσότερο αποδοτική σε αιθέριο έλαιο, με αξιοσημείωτη διαφορά (0,76ml/kg). Αυτή οφείλεται στο γεγονός της ενυδάτωσης του αλεσμένου σπόρου, με αποτέλεσμα την υψηλή περιεκτικότητα σε νερό. Έτσι η διαδικασία γίνεται ακόμα πιο αποτελεσματική, διότι η ρήξη ιστού λόγω δραματικής διόγκωσης των ελαιοφόρων αδένων, επιτρέπει στο αιθέριο έλαιο να ρέει προς το στρώμα του νερού. Ο συγκεκριμένος μηχανισμός (μηχανισμός 1) στηρίζεται επίσης στην ικανότητα των συστατικών του αιθερίου ελαίου να διαλύονται στο νερό. Η

διαλυτότητα θεωρείται η βασική παράμετρος στην επιλεκτική εξαγωγή SFME. Τα αιθέρια έλαια περιέχουν οργανικές ενώσεις που απορροφούν έντονα την ενέργεια των μικροκυμάτων (μηχανισμός 2). Οι ενώσεις με υψηλές και χαμηλές διπολικές ροπές έχουν την δυνατότητα να εξάγονται με την εκχύλιση των μικροκυμάτων σε ποικίλες αναλογίες. Οι οργανικές ενώσεις που διαθέτουν υψηλή διπολική ροπή αλληλεπιδρούν πιο έντονα με τα μικροκύματα και εξάγονται ευκολότερα, συγκριτικά με τις αρωματικές ενώσεις που διαθέτουν χαμηλές διπολικές ροπές (Filly et al. 2014).

Σύμφωνα με τους Chun-hui et al. (2012), τα κύτταρα του επεξεργάσιμου φυτικού υλικού έπειτα από την εξαγωγή με υδρο-ατμοαπόσταξη έγιναν ατροφικά, επήλθε ρήξη και εμφανίστηκαν αφυδατωμένα. Αυτό απαντήθηκε από το γεγονός ότι στη διαδικασία της υδρο-ατμοαπόσταξης η μεταφορά θερμότητας πραγματοποιείται κυρίως με αγωγιμότητα και μεταφορά. Εν αντιθέσει, στη διαδικασία SFME η μεταφορά θερμότητας πραγματοποιείται με ακτινοβολία, αγωγιμότητα και μεταφορά. Ως απόρροια αυτού, μετά τη διαδικασία της SFME τα κύτταρα εμφανίστηκαν στο μικροσκόπιο εντελώς διαλυμένα, καταδεικνύοντας ότι συνέβη έκρηξη η οποία προήλθε από την αύξηση της θερμοκρασίας σε θερμά σημεία, η οποία προκλήθηκε από την ισχύ των μικροκυμάτων. Επομένως, στη διαδικασία αυτή η θερμότητα παράγεται εις διπλούν και από τους αδένες και από το μηχανισμό. Μέσα από αυτή τη διαπίστωση καταδεικνύεται ότι τα μικροκύματα συμβάλλουν στη γρηγορότερη και αποτελεσματικότερη ρήξη αιθερίων ελαίων από φυτικό υλικό αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών.

Ωστόσο, σύμφωνα με τους Filly et al. (2014) και Lucchesi et al. (2004), οι αποδόσεις των δύο μεθόδων σε αιθέριο έλαιο δεν έχουν μεγάλη διαφορά. Οι παραπάνω ερευνητές θεωρούν ότι οι αποδόσεις είναι σχετικά παρόμοιες ως προς την ποσότητα και την ποιότητα. Η μέθοδος SFME όμως, αποδίδει αιθέριο έλαιο με υψηλότερες ποσότητες πολύτιμων οξυγονωμένων ενώσεων και επιτρέπει σημαντική εξοικονόμηση χρόνου, ενέργειας και φυτικού υλικού, συγκριτικά με την υδρο-ατμοαπόσταξη. Συμπερασματικά, η παρούσα έρευνα διαπίστωσε ότι η μέθοδος SFME είναι μια καλή εναλλακτική λύση για την παραλαβή μεγαλύτερης ποσότητας αιθερίου ελαίου γλυκάνισου.

6.4. Διερεύνηση αξιοποίησης αιθερίου ελαίου γλυκάνισου

Η βιοχημική σύνθεση του γλυκάνισου διαφέρει ανάλογα με την προέλευση και το στάδιο ωριμότητας κατά το οποίο συγκομίζεται. Οι διαφορές αυτές σχετίζονται με το χρόνο συγκομιδής και γενετικούς παράγοντες. Το έλαιο του γλυκάνισου αποτελεί μια σημαντική πηγή trans-ανηθόλης (απαντάται σε ποσοστό περίπου 90%), πετροσελινικού οξέος και ναριγκίνης (Rebey et al., 2018). Περιέχει συστατικά με δυνατότητα βιομηχανικής και φαρμακολογικής εφαρμογής ως αντιοξειδωτικά. Το φαινολικό περιεχόμενο του γλυκάνισου σε πειραματικές διαδικασίες, όπως των Rebey et al. (2018), κυμαινόταν σε υψηλά επίπεδα, με κύρια φαινολική ένωση τη ναρρίνη. Όσο αφορά στην αντιοξειδωτική δράση, η δράση σάρωσης DPPH ήταν μέγιστη.

Το αιθέριο έλαιο του γλυκάνισου, αξιοποιείται αρκετά στη βιομηχανία τροφίμων λόγω της αντιοξειδωτικής του δράσης. Επιπρόσθετα, κατέχει αντιϊκές, μυκοστατικές και αντιβακτηριδιακές ιδιότητες, οι οποίες το αναδεικνύουν ως απαραίτητο φυσικό συντηρητικό σε αποθηκευμένα δημητριακά.

Παράλληλα, στο αιθέριο έλαιο αποδίδονται ποικίλες φαρμακευτικές ιδιότητες. Σε αυτές συγκαταλέγονται η θεραπεία διαφόρων παθήσεων του αναπνευστικού, η εξισορρόπηση των αερίων του στομάχου, ως διεγερτικό, ηρεμιστικό, γαλακταγωγό (διότι η trans- ανηθόλη προσδίδει γαλακταγωγές και αφροδισιακές ιδιότητες, ενώ παρέχει και οιστρογονική δράση), σπασμολυτικό, ήπιο αντιβακτηριδιακό και αποχρεμπτικό, ενώ έχει και κτηνιατρική χρήση έναντι των ψειρών και των ακάρεων. Επίσης, έχει αναφερθεί η τοξική δράση του ελαίου έναντι εντόμων *Tetranychus cinnabarinus* και *Aphis gossypii*. Επιπλέον, χρησιμοποιείται σε παγίδες για αρουραίους, ποντίκια, σε δολώματα για ψάρια και σε διάφορα εντομοαπωθητικά. Τέλος, αξιοποιείται για την παρασκευή σαπώνων και προϊόντων προσωπικής υγιεινής, καθώς επίσης και στην αρωματοποιία (Πετρόπουλος, 2015).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με βάση τις πειραματικές διαδικασίες που πραγματοποιήθηκαν στο πλαίσιο αυτής της διατριβής και τα αντίστοιχα αποτελέσματα που προέκυψαν, μπορούν να εξαχθούν τα παρακάτω συμπεράσματα:

- Αρχικά, με την πάροδο του χρόνου διατήρησης των σπόρων του γλυκάνισου περιορίζεται η ποσότητα του αιθέριου ελαίου που αυτός αποδίδει. Στην υδρο-ατμοαπόσταξη, ο φρέσκος σπόρος απέδωσε 2,82 ml/kg περισσότερο αιθέριο έλαιο συγκριτικά με το σπόρο προγενέστερου έτους.
- Σε ότι αφορά την εκχύλιση σε φούρνο χώνευσης υποβοηθούμενης με μικροκύματα, χωρίς διαλύτη, υπήρχε διαφορά (0,73 ml/kg) στην απόδοση αιθέριου ελαίου μεταξύ ολόκληρου και τριμμένου σπόρου, με υπεροχή του τριμμένου σπόρου και επομένως η απόδοση σε αιθέριο έλαιο στην SFME επηρεάζεται από την προηγούμενη κατεργασία του σπόρου. Η ενυδάτωση του σπόρου είναι ένα από τα σημαντικότερα στάδια, αφού η εκχύλιση εστιάζει στα μόρια του νερού. Όσο υψηλότερη είναι η υγρασία του υλικού, τόσο υψηλότερη είναι η απόδοση σε αιθέριο έλαιο.
- Από τη συγκριτική μελέτη των δύο μεθόδων, η SFME κρίθηκε αποδοτικότερη σε αιθέριο έλαιο, με διαφορά 0,76ml/kg. Αυτή οφείλεται στο γεγονός της ενυδάτωσης του αλεσμένου σπόρου, με αποτέλεσμα την υψηλή περιεκτικότητα σε νερό, εξασφαλίζοντας έτσι την υψηλή απόδοση σε αιθέριο έλαιο.
- Η μέθοδος SFME συγκριτικά με την υδρο-ατμοαπόσταξη εξασφαλίζει εξοικονόμηση χρόνου, ενέργειας και ποσότητας φυτικού υλικού. Βάσει αυτών, φαίνεται ότι η μέθοδος SFME είναι μια καλή εναλλακτική λύση για παραλαβή μεγαλύτερης ποσότητας αιθέριου ελαίου γλυκάνισου με πρακτικά πλεονεκτήματα κατά την διαπεραίωσή της.
- Διαπιστώνεται ότι υπάρχει ανάγκη εμβάθυνσης της έρευνας αναφορικά με την αξιοποίηση του αιθέριου ελαίου του γλυκάνισου σε τομείς της κτηνιατρικής, της γεωπονίας, της αρωματοποιίας και της σαπωνοποιίας, πέραν της ευρείας χρήσης του που ήδη παρατηρείται στη βιομηχανία τροφίμων και στην ιατρική-φαρμακευτική λόγω των αντιοξειδωτικών και των υψηλών ποσοστών trans-ανηθόλης που περιέχει.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Για την ολοκλήρωση της συγγραφής της παρούσας διατριβής χρησιμοποιήθηκαν οι κάτωθι πηγές:

1. Γαρδέλη Χ. 2009. Μελέτη της Χημικής Σύστασης Αιθέριων Ελαίων ορισμένων Αρωματικών Φυτών της Ελληνικής Χλωρίδας. Διδακτορική διατριβή. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών. Αθήνα
2. Δόρδας Χ. 2012. Αρωματικά και Φαρμακευτικά Φυτά. Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία, Θεσσαλονίκη.
3. Καψή Β. 2016. Ανάλυση αιθέριων ελαίων των φύλλων διαφορετικών taxa του γένους *Eucalyptus* με Αέρια Χρωματογραφία συζευγμένη με Φασματομετρία Μάζας. Μεταπτυχιακή διατριβή. Πανεπιστήμιο Πατρών. Πάτρα.
4. Κουκ Κ.Μ. 2003. Ελληνικά αρωματικά φυτά: χρήσεις και έρευνα. Εθνικό Ίδρυμα Αγροτικής Ανάπτυξης.
5. Κουτσός Β. Θ. 2006. Αρωματικά και Φαρμακευτικά Φυτά. Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.
6. Λαζαρίδου Α., Συμεωνίδου Κ. 2013. Αποτελεσματικότητα νέων σκευασμάτων αιθέριων ελαίων. Πτυχιακή διατριβή. Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Λάρισας. Λάρισα.
7. Λιεπούρη Ε. 2016. Ελληνικά Βότανα και οι Χρήσεις τους, πιθανές Χρήσεις στην Αρχιτεκτονική Τοπίου και την Ανθοκομία. Πτυχιακή διατριβή. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων. Άρτα.
8. Μαλούπα Ε., Γρηγοριάδου Κ., Λάζαρη Δ. και Κρίγκας Ν. 2013. Καλλιέργεια, μεταποίηση και διασφάλιση ποιότητας ελληνικών Αρωματικών φαρμακευτικών Φυτών, Βασικές αρχές καθετοποιημένης παραγωγής. Co-funded programme by the European Union (ERDF) and National Funds of Greece and Bulgaria. ΓΕΩΤ.Ε.Ε. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ. Καβάλα.
9. Μπαμπαλώνας Δ. και Κοκκίνη Σ. 2004. Συστηματική Βοτανική, Φυλογενετική- Φαινετική Προσέγγιση της Ταξινόμησης των Φυτικών Οργανισμών. Εκδόσεις Αϊβάζη, Θεσσαλονίκη.
10. Πετρόπουλος Σ. 2015. Αρωματικά Φυτά με Λαχανοκομική Χρήση. Εκδόσεις Έμβρυο, Ιερά Οδός 286, 122 43 Αιγάλεω.
11. Σακκάς Η. 2007. Μελέτη της αντιμικροβιακής δράσης αιθέριων ελαίων. Διδακτορική διατριβή. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων. Ιωάννινα.
12. Φουρνομίτη Μ. 2016. Προσαρμοστικότητα αρωματικών φυτών στις ελληνικές συνθήκες και αντιμικροβιακή δράση των παραγόμενων αιθέριων ελαίων. Διδακτορική διατριβή. Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης. Ορεστιάδα.
13. Φούφα Ε. 2017. Επίδραση μεθόδων εκχύλισης στο χημικό προφίλ και τη βιοδραστικότητα του φυτού *Sideritis clandestina*. Πτυχιακή διατριβή. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Αθήνα.

Διαδικτυακές πηγές:

https 1: <https://www.sciencedirect.com/> Aurore Filly., Xavier F., Minuti M., Visinoni F., Cravotto G., Chemat F. 2014. Solvent- free microwave extraction of essential oil from aromatic herbs: From laboratory to pilot and industrial scale. Food Chemistry. Pages 193-198.

https 2: <https://www.sciencedirect.com/> Benmoussa H., Asma F., Mehrez R., Jalloul B. 2019. Enhanced solvent- free microwave extraction of *Foeniculum vulgare* Mill. Essential oil seeds using double walled reactor. *Arabian Journal of Chemistry*. Pages 3863-3870.

https 3: <https://www.sciencedirect.com/> Chun-hui Ma., Lei Y., Yuan-gang Z., Ting-ting L. 2012. Optimization of conditions of solvent-free microwave extraction and study on antioxidant capacity of essential oil from *Schisandra chinensis* (Turcz.) Baill. *Food Chemistry*. Pages 2532- 2539.

https 4: <https://www.sciencedirect.com/> Lucchesi M., Chemat F., Smadja J. 2004. Solvent- free microwave extraction of essential oil from aromatic herbs: comparison with conventional hydro-distillation. *Journal of Chromatography A*. Pages 323-327.

https 5: <https://www.tandfonline.com/> Rebey B., Bourgou S., Aidi Wannes W., Selami H., Tounsi S., Marzouk B. 2018. Comparative assessment of phytochemical profiles and antioxidant properties of Tunisian and Egyptian anise (*Pimpinella anisum* L.) seeds. *Plant Biosystems*.

https 6: <https://chimikoergastirio.blogspot.com/> Κόκκινος X. 2010. Παραλαβή αιθέριων ελαίων. Χημικό εργαστήριο. Database.

https 7: <https://el.wikipedia.org/wiki/> Φαρμακευτικά Φυτά. 2016.

https 8: <https://ocp.teiath.gr/> Φούντζουλα X. 2014. Οργανική Χημεία (Ε). Ενότητα 3: Εκχύλιση- Extraction. Έκδοση: 1.0. Αθήνα.