

Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων

Σχολή Περιβάλλοντος

ΙΟΝΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ



ΧΗΜΙΚΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΑΙΘΕΡΙΟΥ ΕΛΑΙΟΥ

ΔΕΝΔΡΟΛΙΒΑΝΟΥ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

της

ΣΤΕΛΑ ΙΣΑΛΛΑΡΙ

Αργοστόλι Κεφαλληνίας

Δεκέμβριος 2022

ΧΗΜΙΚΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΑΙΘΕΡΙΟΥ ΕΛΑΙΟΥ
ΔΕΝΔΡΟΛΙΒΑΝΟΥ

Η πτυχιακή εργασία εγκρίθηκε από:

Ε. Ηρειώτου

Γ. Λιοσάτου

Α. Μουρελάτου

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα αιθέρια έλαια είναι αρωματικά εκχυλίσματα τα οποία λαμβάνονται με ποικίλους τρόπους από αρωματικά και άλλα φαρμακευτικά φυτά. Τα τελευταία χρόνια τα αιθέρια έλαια έχουν αξιοποιηθεί από τον τομέα της τεχνολογίας τροφίμων για διάφορες χρήσεις.

Η παρούσα εργασία μελετά τον χημικό προσδιορισμό του αιθέριου ελαίου που παραλαμβάνεται από το δενδρολίβανο. Η λήψη των αιθέριων ελαίων γίνεται μέσω της διαδικασίας της υδροαπόσταξης και έπειτα ακολουθεί ο χημικός προσδιορισμός των δειγμάτων μέσω του συνδυασμού αέριας χρωματογραφίας και φασματομετρίας μάζας (GC-MS). Η μέθοδος αυτή βοηθά στην ταυτοποίηση διαφόρων χημικών ενώσεων σε ένα δείγμα.

Με την ολοκλήρωση του πειράματος μελετήθηκαν οι ενώσεις που ταυτοποιήθηκαν στα αιθέρια έλαια του δενδρολίβανου. Όπως διαπιστώθηκε ορισμένες από αυτές διαθέτουν πολλές θετικές ιδιότητες τόσο για την υγεία όσο και για τον κλάδο των τροφίμων. Λόγω αυτών των ιδιοτήτων τα αιθέρια έλαια αποτελούν πολύτιμο εργαλείο για πολλούς τομείς της ζωής.

ABSTRACT

Essential oils are aromatic extracts obtained in a variety of ways from aromatic and other medicinal plants. In recent years essential oils have been exploited by the food technology sector for various uses.

This thesis studies the chemical determination of the essential oil obtained from rosemary plant. The essential oils are received through the process of hydro-distillation and then comes the chemical determination of the samples through the combination of gas chromatography and mass spectrometry (GC- MS). This method helps to identify various chemical compounds in a sample.

Upon completion of the experiment, the compounds identified in the essential oil of rosemary, were studied. Some of them have been found to have many beneficial properties for both health and food industry. Because of these properties, essential oils are a valuable tool for many sections of life.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Κεφάλαιο	Σελίδα
I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1. Αρωματικά φυτά	2
1.1. Φυτό δενδρολίβανου	2
1.1.2. Ιστορικά στοιχεία	2
1.1.3. Γενικά χαρακτηριστικά δενδρολίβανου.....	3
1.1.4. Χρήσεις του δενδρολίβανου.....	5
2. Αιθέρια έλαια.....	7
2.1. Μέθοδοι επεξεργασίας αιθέριων ελαίων.....	8
2.1.1. Αιθέριο έλαιο δενδρολίβανου.....	9
2.1.2. Χημική σύνθεση αιθέριου ελαίου δενδρολίβανου.....	10
II. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	17
2.1. Υλικά και μέθοδοι.....	17
2.1.1. Υλικά	17
2.1.2. Μέθοδοι	17
Α. Υδροαπόσταξη αιθέριου ελαίου.....	18
Β. GC / MS χημική ανάλυση αιθέριου ελαίου.....	19
III. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ	21
4.1 Χημική σύνθεση αιθέριου ελαίου δενδρολίβανου.....	21
IV. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	24
V. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	26

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα	Σελίδα
Εικόνα 1. <i>Rosmarinus officinalis</i>	4
Εικόνα 2. Ποικιλίες δενδρολίβανου	5
Εικόνα 3. Χημική δομή ευκαλπτόλης.....	19
Εικόνα 4. Χημική δομή α- πινένιου.....	11
Εικόνα 5. Χημική δομή καμφοράς.....	12
Εικόνα 6. Χημική δομή β-καρυοφυλλένιου	13
Εικόνα 7. Χημική δομή βορνεόλης.....	14
Εικόνα 8. Χημική δομή βερμπενόνης.....	15
Εικόνα 9. Διαδικασία απόσταξης με ατμό	19
Εικόνα 10. Αέριος χρωματογράφος και χρωματογράφος μάζας	20

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας	Σελίδα
Πίνακας 1. Χημική σύνθεση αιθέριου ελαίου δενδρολίβανου	23

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ

Γράφημα	Σελίδα
Γράφημα 1. Χημικές ενώσεις δενδρολίβανου	21

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ι

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ως αρωματικά θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν τα φυτά, όπου έχουν την ικανότητα να προσδίδουν μία ιδιαίτερη οσμή, η οποία είναι ευχάριστη για τον άνθρωπο. Οι χρήσεις των αρωματικών φυτών ταυτίζονται με την παρασκευή αρωμάτων, καθώς και άλλων εύοσμων προϊόντων. Συνήθως η ευχάριστη αυτή η μυρωδιά οφείλεται σε μίγμα πτητικών ουσιών που παράγουν τα φυτά, τα οποία ονομάζονται αιθέρια έλαια. Πολλά από τα αρωματικά φυτά, μπορούν να χαρακτηριστούν και ως φαρμακευτικά, διότι διαθέτουν ουσίες με αποδεδειγμένες θεραπευτικές ιδιότητες. Το αρωματικό φυτό που θα εξεταστεί παρακάτω είναι το δενδρολίβανο.

Ως αιθέρια έλαια χαρακτηρίζονται οι οργανικές πτητικές χημικές ενώσεις, οι οποίες βρίσκονται σε υγρή μορφή, με υφή ελαιώδη και χημική σύσταση που ποικίλει σε κάθε περίπτωση. Η σύνθεσή τους αποτελεί μόνο αποτέλεσμα φυσικών ενζυμικών αντιδράσεων. Το χαρακτηριστικό άρωμα κάθε αιθέριου ελαίου προκύπτει από το σύνολο των συστατικών του, αλλά πολλές φορές η παρουσία αποκλειστικά και μόνο ενός συστατικού σε αναλογία μέχρι και 1%, προκαλεί την αλλαγή του αρώματος (Μαλούπα Ελένη, 2014).

1. Αρωματικά φυτά

1.1. Φυτό δενδρολίβανου

1.1.2. Ιστορικά στοιχεία για το δενδρολίβανο

Το *Rosmarinus officinalis*, ή αλλιώς το δενδρολίβανο αποτελεί ένα αρωματικό φυτό που ανήκει στην οικογένεια *Lamiaceae*. Η ετυμολογία της λέξης δενδρολίβανο πηγάζει από την λατινική λέξη «*ros-oris*» που σημαίνει δρόσο και την λέξη «*marinus*» που σημαίνει θάλασσα, δηλαδή «δρόσο της θάλασσας». Οι αρχαίοι Έλληνες το ονόμαζαν επίσης ως «άντος» που είναι το λουλούδι ή ο λιμπανότης λόγω της μυρωδιάς του που θυμίζει θυμίαμα. Το δενδρολίβανο εμφανίσθηκε πριν από δύο χιλιάδες χρόνια σε ορισμένες ευρωπαϊκές χώρες όπως η Βρετανία, η Ελλάδα και η Ιταλία. Σε αυτές τις χώρες πίστευαν ότι το δενδρολίβανο τονώνει την μνήμη και θεωρούνταν το φυτό της πίστης και της ανάμνησης. Επίσης συνδέθηκε με την αγάπη και τον γάμο και χρησιμοποιήθηκε σε νυφικές ανθοδέσμες και σε κούνιες μωρών για να το προστατέψουν από τις κακές επιρροές (Regiane Ribeiro- Santos *et. al*, 2015).

Στην αρχαία Αίγυπτο, στη Κίνα, στην Ινδία και στη Μεσοποταμία οι αρχαιολόγοι βρήκαν στοιχεία τα οποία αποδεικνύουν ότι αυτό το αρωματικό φυτό χρησιμοποιήθηκε στη μαγειρική και στη φαρμακευτική. Το δενδρολίβανο καλλιεργείται παγκοσμίως πολλά χρόνια πριν και με τα χρόνια εισήχθη ως φυτό κήπου και ως διακοσμητικό (Regiane Ribeiro- Santos *et. al*, 2015). Η χρήση του φυτού για θεραπευτικούς λόγους πραγματοποιείται από την αρχαιότητα. Όσο

αναφορά την χρήση του ελαίου του δενδρολίβανου χρονολογείται από το 1500. Το αιθέριο έλαιο χρησιμοποιούνταν για την συντήρηση των τροφίμων πριν την εφεύρεση του καταψύκτη και για σκοπούς αντισηψίας και εξακολουθεί να έλκει το ενδιαφέρον διαφόρων κλάδων της επιστημονικής κοινότητας. Σήμερα το δενδρολίβανο καλλιεργείται σε πολλές χώρες παγκοσμίως λόγω των ιδιαίτερων ιδιοτήτων που έχει (Ζάχος, 2020).

1.1.3 . Γενικά χαρακτηριστικά δενδρολίβανου

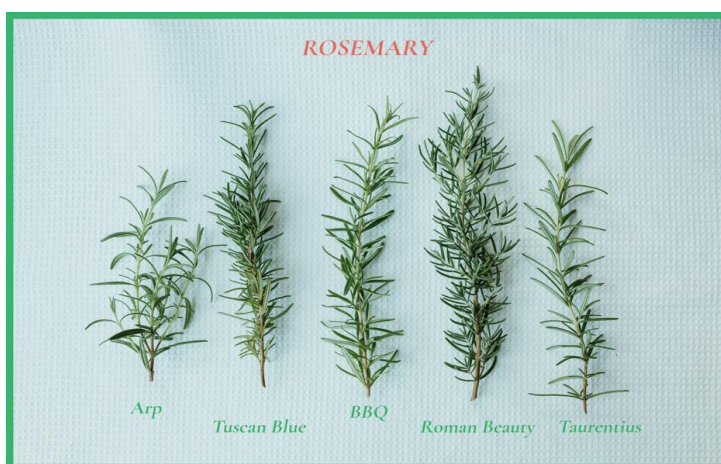
Το *Rosmarinus officinalis* είναι ένα πολυετές, ποώδες και ξυλώδες φυτό με αειθαλή φύλλα σε χαρακτηριστική μορφή βελόνων το οποίο φτάνει στο ύψος των 1,5 μέτρων. Το χρώμα των φύλλων είναι πράσινο και αυτά παράγουν το αιθέριο έλαιο δίνοντας στο δενδρολίβανο αυτή την οσμή. Η μεγαλύτερη ποσότητα αιθέριου ελαίου παρατηρείται κατά τα νεότερα στάδια ανάπτυξης του φυτού. Με πέρασμα του χρόνου οι γηραιότεροι μίσχοι γίνονται ξυλώδεις σχηματίζοντας ένα θαμνώδη κορμό (Ζάχος, 2020). Επίσης, οι στήμονες του φυτού λυγίζουν προς την έξω πλευρά της στεφάνης. Τα άνθη του δενδρολίβανου είναι μικρά και έχουν γαλάζιο ή λιλά χρώμα και έχουν και αυτά χαρακτηριστική έντονη μυρωδιά (Regiane Ribeiro- Santos *et. al*, 2015).



Εικόνα 1. *Rosmarinus officinalis*

Εκτός από αυτό το γένος περιλαμβάνει και ορισμένα άλλα είδη όπως το *Rosmarinus eriocalyx*, το *Rosmarinus tomentosus*, το *Rosmarinus lavandulaceus* και το *Rosmarinus laxiflorus*. Από όλο αυτά τα είδη το *Rosmarinus officinalis* είναι το μόνο που αναπτύσσεται φυσικά στις χώρες της Μεσογείου και αξιοποιείται σε μέγιστο βαθμό λόγω του πολύτιμου αιθέριου ελαίου αλλά και της περιεκτικότητάς του σε φαινόλη και της αντιοξειδωτικής του δράσης. Χαρακτηρίζεται ως ξερόμορφο είδος το οποίο μπορεί να αναπτυχθεί σε άμμο, γκρεμούς και πετρώδη εδάφη κοντά στη θάλασσα και σε διάφορα σημεία του κόσμου (Regiane Ribeiro- Santos *et. al*, 2015). Το δενδρολίβανο σε εύκρατα κλίματα αναπτύσσεται κυρίως την άνοιξη και το καλοκαίρι, ενώ σε θερμότερες περιοχές ευδοκίμει όλο το χρόνο. Οι κυριότερες ανάγκες του φυτού για την ανάπτυξή του είναι η έντονη ηλιοφάνεια, η μεγάλη φωτοπερίοδος και το ελαφρύ έδαφος, το οποίο να μην είναι αργιλώδες. Επιπρόσθετα, είναι προσαρμοσμένο σε ζεστά καλοκαίρια και αναπτύσσεται και σε περιόδους ξηρασίας. Οι κορυφαίες χώρες στις οποίες καλλιεργείται το δενδρολίβανο είναι οι χώρες της Μεσογείου και πιο συγκεκριμένα η Ελλάδα, η Κύπρος, η Σερβία, η

Τουρκία, η Γαλλία και η Ισπανία, ενώ ακόμα καλλιεργείται στη Βόρεια Αφρική, στην Αγγλία, στο Μεξικό, στη Βραζιλία και στην Αμερική (Ζάχος, 2020).



Εικόνα 2. Ποικιλίες δενδρολίβανου

1.1.4. Χρήσεις του δενδρολίβανου

Το δενδρολίβανο έχει αξιοποιηθεί σε πολλούς τομείς της καθημερινής ζωής. Το φυτό αυτό καλλιεργείται παγκοσμίως και χαρακτηρίζεται και ως οικιακό φυτό. Η βασικότερη χρήση του δενδρολίβανου είναι στη μαγειρική ως μπαχαρικό όπου στοχεύει στον αρωματισμό των φαγητών και των ποτών (Al- Sereiti *et. al*, 1999). Το δενδρολίβανο εκτός από φρέσκο μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε αποξηραμένη μορφή και ως εκχύλισμα ή επίσης και ως αιθέριο έλαιο. Η γεύση του θα μπορούσε να

χαρακτηρισθεί ως πικρή και στυφή και τα κύρια φαγητά στα οποία προστίθεται είναι το κρέας, τα ψάρια, σούπες, χειροποίητες σάλτσες και για τη παρασκευή σως για σαλάτες. Σε αντίθεση με το φρέσκο το αποξηραμένο δενδρολίβανο μπορεί να διανεμηθεί και να συντηρηθεί για μεγάλο χρονικό διάστημα χάνοντας όμως ορισμένα χαρακτηριστικά όπως τη φρεσκάδα. Ως αρωματικό φυτό έχει αξιοποιηθεί για τις χαρακτηριστικές του φαρμακευτικές και αρωματικές ιδιότητες (Regiane Ribeiro – Santos *et. al*, 2015).

Ένας άλλος τομέας όπου έχει χρησιμοποιηθεί το δενδρολίβανο για τις θεραπευτικές του ιδιότητες είναι η παραδοσιακή ιατρική. Διάφορα τμήματα του φυτού χρησιμοποιήθηκαν για την αντιμετώπιση φλεγμονών, πονοκεφάλου, κοιλιακού άλγους, στομαχικών πόνων καθώς και για την επούλωση πληγών. Επίσης έχει χρησιμοποιηθεί με ικανοποιητικά αποτελέσματα ως διουρητικό, αναλγητικό, αντισπασμωδικό, αντιρρευματικό και αντικαταθλιπτικό (Regiane Ribeiro – Santos *et. al*, 2015). Λόγω των βιοενεργών συστατικών που περιέχει το δενδρολίβανο, έχει αξιοποιηθεί για σημαντικές βιολογικές δράσεις όπως είναι η αντιμικροβιακή, αντιοξειδωτική, η αντικαρκινική και η αντιθρομβωτική (Ζάχος, 2020).

2. Αιθέρια έλαια

Τα αιθέρια έλαια συναντώνται σε υγρή, ελαιώδη μορφή σε θερμοκρασία περιβάλλοντος , αλλά γίνονται πτητικά σε θερμοκρασία ζέσης από 50-320°C.Εξαιτίας αυτής της πτητικότητάς τους έχουν ιδιαίτερο άρωμα. Τα αιθέρια έλαια στην πλειονότητά τους είναι άχρωμα και χαρακτηρίζονται από υψηλό δείκτη διάθλασης. . Είναι διαλυτά, σε πολλού οργανικούς διαλύτες, αλλά έχουν ελάχιστη διαλυτότητα στο νερό. Επιπρόσθετα, έχουν μικρότερη πυκνότητα από το νερό, πράγμα που επιτρέπει τον διαχωρισμό τους με την μέθοδο της υδροαπόσταξης. Ωστόσο, υπάρχουν κάποιες εξαιρέσεις όπως είναι τα αιθέρια έλαια της κανέλας και του γαρύφαλλου. Η χημική σύσταση των αιθέριων ελαίων είναι πολύπλοκη. Γενικά, τα συστατικά των αιθέριων ελαίων κατηγοριοποιούνται σε δύο μεγάλες ομάδες, στα οξυγονούχα και στα μη οξυγονούχα οργανικά στοιχεία. Στην πρώτη κατηγορία κατατάσσονται οι αλκοόλες, οι αλδεΐδες, οι κετόνες, οι φαινόλες, οι εστέρες, τα οξέα , τα οποία οφείλονται για το χαρακτηριστικό άρωμα των ελαίων. Στην δεύτερη ομάδα ενώσεων περιέχονται οι υδρογονάνθρακες (τερπενικοί και μη τερπενικοί), οι οποίοι χαρακτηρίζονται ως μη ουσιώδη συστατικά των αιθέριων ελαίων και συμβάλλουν ελάχιστα ή και καθόλου στο άρωμά τους (Ζάρπα Μαρία).

2.1. Μέθοδοι επεξεργασίας αιθέριων ελαίων

Τα αιθέρια έλαια μπορούν να παραληφθούν με διάφορους τρόπους. Πιο συγκεκριμένα:

1.Απόσταξη: πρόκειται για μία μέθοδο σύγχρονη και απλή συνηθισμένη για την παραλαβή αιθέριων ελαίων. Στηρίζεται στην διαφορά των τάσεων των ατμών των συστατικών του διαλύματος. Συναντάται σε τρία είδη :

- i. Υδροαπόσταξη ή απόσταξη με νερό
- ii. Υδροαπόσταξη ή απόσταξη με ατμό και νερό
- iii. Απόσταξη με Υδρατμούς.

2.Εκχύλιση: η συγκεκριμένη μέθοδος, εφαρμόζεται σε άνθη ή φυτικά μέρη που είναι ευαίσθητα στη μέθοδο της απόσταξης. Μπορεί να πραγματοποιηθεί με τέσσερις μεθόδους:

- i. Εκχύλιση με πτητικούς διαλύτες
- ii. Εκχύλιση με ψυχρό λίπος
- iii. Εκχύλιση με θερμό λίπος
- iv. Εκχύλιση με υδρόφιλους διαλύτες

3.Μηχανική παραλαβή: Τα αιθέρια έλαια στην συγκεκριμένη μέθοδο παραλαμβάνονται με μηχανικά μέσα εξολοκλήρου (Μαρίνου, 2013).

2.1.1. Αιθέριο έλαιο δενδρολίβανου

Τα αιθέρια έλαια είναι διάφορα πτητικά και αρωματικά υγρά τα οποία παραλαμβάνονται από μερικά τμήματα του φυτού , όπως τα φύλλα, οι σπόροι, οι μίσχοι και τα άνθη. Το αιθέριο έλαιο του δενδρολίβανου παράγεται μέσω υδροαπόσταξης ή απόσταξης ατμού από τα ανθοφόρα τμήματά του και χαρακτηρίζεται ως ένα άχρωμο ή ελαφρώς κιτρινωπό υγρό, το οποίο έχει το χαρακτηριστικό άρωμα του φυτού (Ζάχος, 2020). Οι πιο δημοφιλείς κλάδοι όπου έχουν αξιοποιηθεί είναι η φαρμακοβιομηχανία, η βιομηχανία τροφίμων, καλλυντικών και η αρωματοποιία. Οι βιοδραστικές ενώσεις οι οποίες περιέχονται στο αιθέριο έλαιο όπως ορισμένα τερπενοειδή και φαινολικά, η ευκαλυπτόλη και η ευγενόλη είναι σημαντικά για την υγεία λόγω των ιδιοτήτων που έχουν (Nguyen N. Hai *et. al*, 2022). Όσο αναφορά τα οφέλη για την υγεία , το αιθέριο έλαιο έχει χρησιμοποιηθεί για την θεραπεία της δυσπεψίας, διαταραχών της γαστρεντερικής οδού καθώς και για την ανακούφιση μυϊκών και αρθρικών πόνων (Ζάχος, 2020).

Πέραν από τη χρήση του ελαίου στο τομέα της υγείας, έχει αξιοποιηθεί από τη βιομηχανία τροφίμων λόγω ουσιών με αντιμικροβιακή και αντιοξειδωτική δράση, οι οποίες συμβάλλουν στην αύξηση της διάρκειας ζωής των τροφίμων και στη διατήρηση της ποιότητας τους ακόμα και κατά την αποθήκευσή τους. Συνεπώς μπορεί να χαρακτηριστεί ως ένα φυσιολογικό συντηρητικό το οποίο αποσκοπεί στη συντήρηση των τροφίμων. Το αιθέριο έλαιο του δενδρολίβανου έχει χρησιμοποιηθεί επίσης ως συστατικό ποικίλων καλλυντικών, αρωμάτων , σαπουνιών αλλά και για την περιποίηση των μαλλιών καθώς προσφέρει θρέψη, ενδυνάμωση και ενισχύει την

ανάπτυξή τους (Ζάχος, 2020). Όσο αναφορά τα καλλυντικά προστίθεται κυρίως για το άρωμά τους και για να καλύψουν ορισμένες δυσάρεστες οσμές που σχηματίζονται κατά τη διαδικασία παραγωγής τους (Sarkic, Stappen, 2018). Επιπρόσθετα, έχει παρατηρηθεί η χρήση του σε έλαια και άλατα μπάνιου και διάφορες αλοιφές (Ζάχος, 2020).

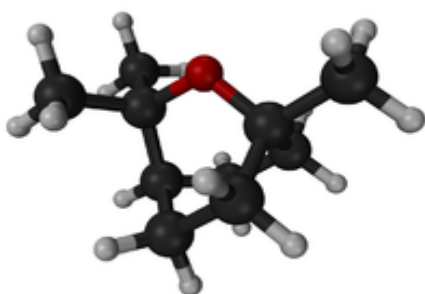
2.1.2. Χημική σύνθεση αιθέριου ελαίου δενδρολίβανου

Η χημική σύσταση του αιθέριου ελαίου του δενδρολίβανου ποικίλλει πολλές φορές ανάλογα με την ποιότητα του φυτού, την κατάστασή του καθώς και από την μέθοδο εκχύλισης που εφαρμόστηκε. Τα αιθέρια έλαια αποτελούνται κυρίως από λιπόφιλα, μικρά και μη πολικά μόρια και έχουν την ικανότητα να εισχωρούν στο δέρμα και να δρουν στο σημείο εκείνο. Οι κύριες χημικές ενώσεις του αιθέριου ελαίου είναι η ευκαλυπτόλη, το α- πινένιο, η καμφορά, β- καρνοφυλλένιο, το καμφένιο, η βερμπενόνη, το β-πινένιο, το β- μυρένιο, το λιμονένιο και η βορνεόλη (Sarkic, Stappen, 2018).

1,8 κινεόλη ή ευακλυπτόλη

Η 1,8 κινεόλη που αλλιώς ονομάζεται και ευκαλυπτόλη αποτελεί μια χημική ένωση που εντοπίζεται στο αιθέριο έλαιο του δενδρολίβανου. Πιο συγκεκριμένα, πρόκειται για ένα μονοτερπενικό κυκλικό αιθέρα με πολλές φαρμακολογικές επιδράσεις

(Aprotosoaie *et. al*, 2019). Η γεύση της ευκαλυπτόλης είναι πικάντικη και είναι υπεύθυνη για το χαρακτηριστικό άρωμα του δενδρολίβανου. Αποτελεί μια ένωση αδιάλυτη στο νερό με σημείο βρασμού 176 ° C (Ζάχος, 2020). Στο τομέα της ιατρικής έχει χρησιμοποιηθεί για την θεραπεία της αναπνευστικής οδού , λόγω των αντιμικροβιακών, βλεννολυστικών, βρογχολυστικών και αντιφλεγμονωδών ιδιοτήτων του. Έχει αξιοποιηθεί επίσης σε κυτταρικές αναλύσεις κατά της βλάβης του DNA λόγω της αντιγονοτοξικής ικανότητας (Aprotosoaie *et. al*, 2019).

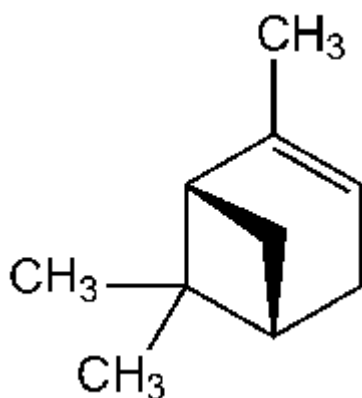


Εικόνα 3. Χημική δομή ευκαλυπτόλης

α- πινένιο

Το α- πινένιο πρόκειται για ένα μονοτερπένιο το οποίο εντοπίζεται στο αιθέριο έλαιο του δενδρολίβανου. Στη φύση απαντώνται δύο ισομερή , το α- πινένιο και το β- πινένιο. Το άρωμα αυτής της ένωσης θυμίζει έλατο και πεύκο, δεν διαλύεται στο νερό και έχει σημείο βρασμού 157 ° C (Ζάχος, 2020). Οι ιδιότητες οι οποίες έχει η συγκεκριμένη ένωση είναι κυρίως αντιμικροβιακές, αντιμεταστατικές, αντιβιοτικές

και αποπτωτικές. Μελέτες που έχουν διεξαχθεί έχουν δείξει ότι το α- πινένιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αντιμετώπιση ασθενειών που σχετίζονται με φλεγμονές (Pandey *et. al*, 2022).

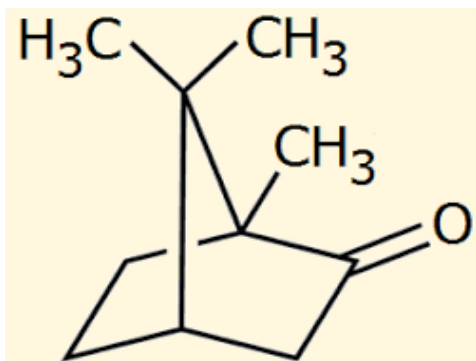


Εικόνα 4. Χημική δομή α- πινένιου

Καμφορά

Η καμφορά πρόκειται για μια κηρώδη, λευκή ή άχρωμη ένωση με έντονη χαρακτηριστική οσμή που ανήκει στα τερπενοειδή και κυριαρχεί στο αιθέριο έλαιο του δενδρολίβανου. Αποτελεί μια ένωση αδιάλυτη στο νερό και διαλυτή σε αλκοόλη και αιθέρα με σημείο ζέσης 204 ° C. Η καμφορά διαθέτει ένα σύνολο βιολογικών ιδιοτήτων όπως είναι οι αντιμικροβιακές, αντικοκκιδικές, αντιαλγητικές, αντικαρκινικές και ιδιότητες ενάντια ιών και του βήχα. Επίσης αποτελεί μια ένωση με ισχυρή εντομοκτόνο δράση. Έχει χρησιμοποιηθεί λόγω των καρδιαγγειακών της επιδράσεων και της δυνατότητας της να ενισχύει την διείσδυση στο δέρμα. Εκτός

όμως από τις θετικές αυτές ιδιότητες , η καμφορά αν καταναλωθεί σε ποσότητα 3,5g μπορεί να οδηγήσει σε θάνατο (Chen *et. al*, 2013).



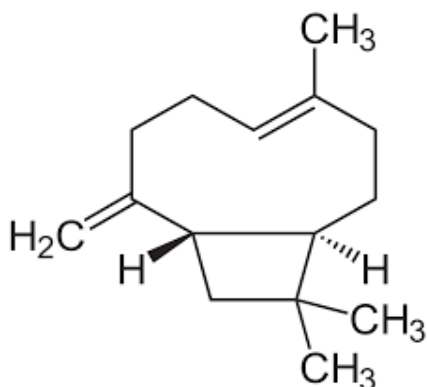
Εικόνα 5. Χημική δομή καμφοράς

β- καρνοφυλλένιο

Το β- καρνοφυλλένιο είναι ένα σесκιτερπένιο και αποτελεί μια κυρίαρχη ένωση στο αιθέριο έλαιο του δενδρολίβανου. Η οσμή του β- καρνοφυλλένιου χαρακτηρίζεται ως ξυλώδης και πικάντικη και χρησιμοποιείται ως αρωματική ουσία. Πρόκειται για μια ένωση με σημείο βρασμού 262-264° C και βρίσκεται συνήθως σε μίγμα με το ισοκαρνοφυλλένιο και το α- καρνοφυλλένιο. Οι ιδιότητες που διαθέτει είναι ισχυρές αντιφλεγμονώδεις, αντιβακτηριδιακές, αντιμικροβιακές και αντιοξειδωτικές.

Επιπρόσθετες, θετικές επιδράσεις αποτελούν η συμβολή του στην ανακούφιση από το άγχος, , τον πόνο, στη μείωση της χοληστερόλης, στη πρόληψη της οστεοπόρωσης και στην αντιμετώπιση επιληπτικών κρίσεων. Μελέτες έχουν δείξει ότι η έκθεση του

β- καρυοφυλλένιου στον ατμοσφαιρικό αέρα εμφανίζει ελάχιστη αλλεργία στο δέρμα (Skold *et, al.* 2006).

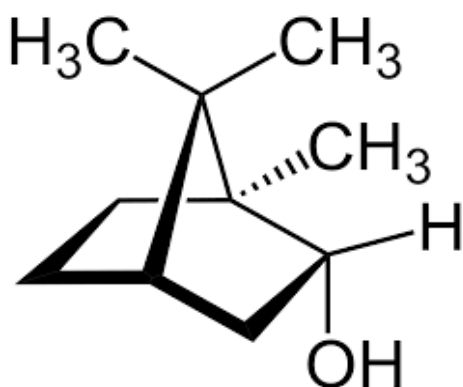


Εικόνα 6. Χημική δομή β- καρυοφυλλένιου

βορνεόλη

Στο αιθέριο έλαιο του δενδρολίβανου εντοπίζεται και η οργανική ένωση βορνεόλη, η οποία έχει έντονη οσμή η οποία θυμίζει την καμφορά. Ανήκει στα μονοτερπένια και είναι γενικά μια ένωση δυσδιάλυτη στο νερό με σημείο βρασμού 208 °C. Δεν είναι επιθυμητή σε μεγάλες ποσότητες στα αιθέρια έλαια που χρησιμοποιούνται στην αρωματοβιομηχανία λόγω του αρώματός του (Ζάχος, 2020). Η βορνεόλη αποτελεί μια ένωση με αρκετά οφέλη για την υγεία. Αρχικά συμβάλλει στη βελτίωση της πέψης των τροφών, στην επούλωση πληγών και στη καλύτερη κυκλοφορία του αίματος. Επιπλέον σημαντική είναι η συμβολή της στην αντιμετώπιση βρογχικών

συμπτωμάτων και στην διευκόλυνση της αναπνοής καθώς και έχει εντοπισθεί ότι μειώνει το άγχος. Μελέτες έχουν δείξει ότι έχει αντιβακτηριδιακές, αντιφλεγμονώδεις και αντισηπτικές ιδιότητες (Sango Cho *et. al*, 2017).



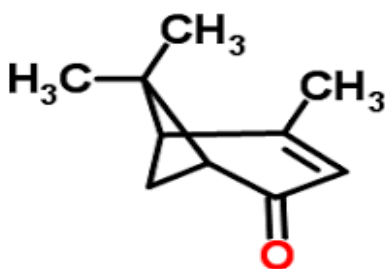
Εικόνα 7. Χημική δομή βορνεόλης

λιμονένιο

Το λιμονένιο είναι μια ένωση η οποία ανήκει στα τερπένια, μια ομάδα η οποία χαρακτηρίζεται από έντονο άρωμα και με μεγάλο σημείο βρασμού μεγαλύτερο από 390 ° C. Αποτελεί μια ένωση η οποία εντοπίζεται στη φύση με πολλά οφέλη και ιδιότητες για την υγεία. Μελέτες έχουν δείξει ότι το λιμονένιο , το οποίο βρέθηκε στο αιθέριο έλαιο του δενδρολίβανου, διαθέτει αντιφλεγμονώδεις, αντιοξειδωτικές, αγχολυτικές και πιθανόν να έχει ιδιότητες προληπτικές για ασθένειες και αντικαρκινικές (Russo, Marcu, 2017).

Βερμπενόνη

Η βερμπενόνη αποτελεί μια οργανική ένωση που ανήκει στα μονοτερπένια και υπάρχει σε ένα ποσοστό στο αιθέριο έλαιο του δενδρολίβανου με σημείο ζέσης 228° C. Γενικά είναι μια ένωση αδιάλυτη στο νερό και αναμιγνύεται με μια ποικιλία πολυάριθμων οργανικών διαλυτών (Ζάχος, 2020). Λόγω του χαρακτηριστικού ευχάριστου αρώματός του χρησιμοποιείται στην αρωματοποιία, στην αρωματοθεραπεία και σε διάφορα αφεψήματα από βότανα. Διάφορες έρευνες που πραγματοποιήθηκαν απέδειξαν ότι η βερμπενόνη έχει αντιμικροβιακές ιδιότητες ενώ επίσης έχει χρησιμοποιηθεί επιτυχώς ως κατασταλτικό για τον βήχα (Santoyo *et. al*, 2005).



Εικόνα 8. Χημική δομή βερμπενόνης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ II

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

2.1. Υλικά και μέθοδοι

2.1.1. Υλικά

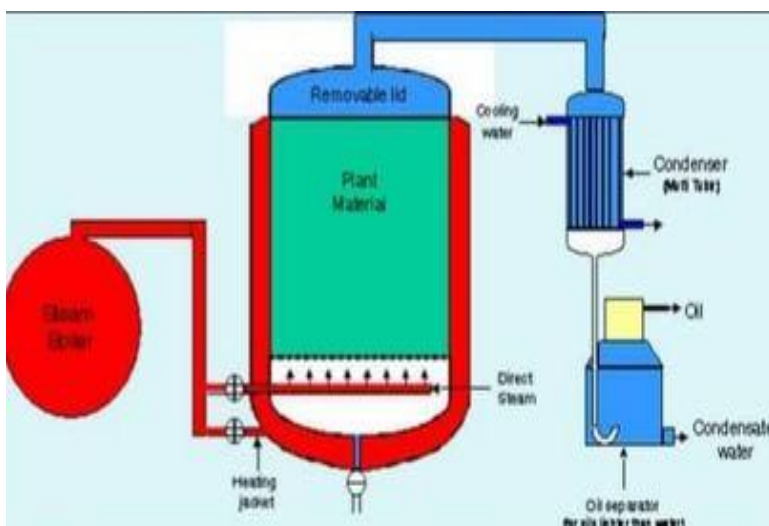
Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν στην πειραματική μας εργασία ήταν το δείγμα του αιθέριου ελαίου του δενδρολίβανου. Έπειτα χρησιμοποιήθηκε ο αέριος χρωματογράφος και χρωματογράφος μάζας για το χημικό προσδιορισμό του προαναφερθέντος δείγματος.

2.1.2. Μέθοδοι

Το δείγμα του φυτού του δενδρολίβανου υπέστη τη διαδικασία αρχικά της υδροαπόσταξης ώστε να διαχωριστεί το αιθέριο έλαιό του. Έπειτα το έλαιο αυτό αναλύθηκε για την ταυτοποίηση των συστατικών του με τη μέθοδο αέριας χρωματογραφίας και χρωματογραφίας μάζας (GC- MS). Στη συνέχεια οι ενώσεις που ταυτοποιήθηκαν εξετάστηκαν για τις ιδιότητες που διαθέτουν.

A) Υδροαπόσταξη αιθέριου ελαίου

Το πρώτο βήμα για την παραλαβή του αιθέριου ελαίου του δενδρολίβανου είναι η εφαρμογή της μεθόδου της υδροαπόσταξης. Πιο συγκεκριμένα το πρώτο βήμα της μεθόδου είναι η τοποθέτηση του δείγματος δενδρολίβανου στο ειδικό δοχείο απόσταξης που περιέχει νερό. Το δοχείο θερμαίνεται με φωτιά ή ατμό, ο οποίος διέρχεται μέσα από κάποιες σωληνώσεις. Η ταχύτητα και ο ρυθμός της απόσταξης εξαρτάται από την ένταση της φωτιάς ή των υδρατμών που κυκλοφορούν στα τοιχώματα του συστήματος. Αρχικά, θα πρέπει να είναι μικρή και με τη πάροδο του χρόνου αυξάνεται ώστε να παραληφθεί το μέγιστο ποσοστό του αιθέριου ελαίου (Καλλίδη, 2017). Στην διαδικασία αυτή υπάρχει ένας άμβυκας με βραστό νερό και από πάνω είναι τοποθετημένο ένα πλέγμα ή σχάρα. Το δενδρολίβανο ως φυσικό υλικό τοποθετείται πάνω στο πλέγμα με αποτέλεσμα να μην έρχεται σε επαφή το νερό με το δενδρολίβανο (Βοτανολογικά, 2015). Στην συνέχεια ο ατμός που δημιουργείται από την θέρμανση του νερού, έρχεται σε επαφή με το φυτικό υλικό με αποτέλεσμα την απομάκρυνση του αιθέριου ελαίου του (Χημικό εργαστήριο). Η μέθοδος αυτή πλεονεκτεί από τις υπόλοιπες μεθόδους απόσταξης αιθέριου ελαίου λόγω της εύκολης επεξεργασίας και της αποφυγής διαφόρων αλλοιώσεων στα συστατικά του ελαίου (Βοτανολογικά, 2015).



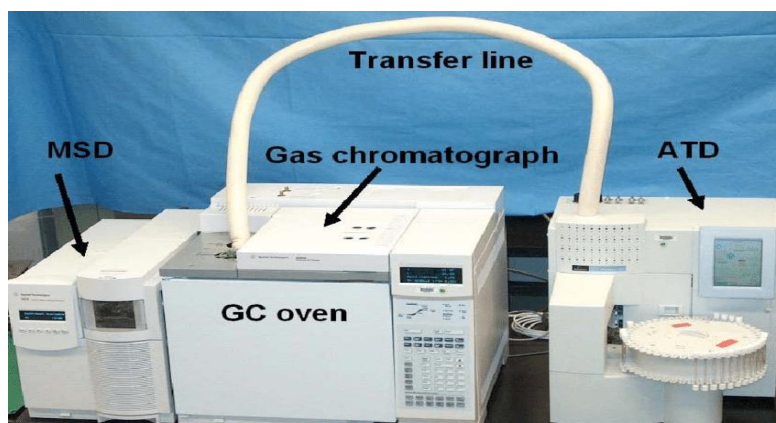
Εικόνα 9. Διαδικασία απόσταξης με ατμό

B) GC / MS χημική ανάλυση αιθέριου ελαίου

Ο χημικός προσδιορισμός του αιθέριου ελαίου του δενδρολίβανου πραγματοποιήθηκε με την μέθοδο GC/MS όπου χρησιμοποιήθηκε το όργανο που φαίνεται και στην Εικόνα 14. Η αέρια χρωματογραφία και η φασματομετρία μάζας έχει την δυνατότητα να χρησιμοποιεί υγρά, αέρια και στερεά δείγματα (Thermofisher). Η αναλυτική αυτή μέθοδος συνδυάζει την αέρια χρωματογραφία και την φασματομετρία μάζας για τον εντοπισμό και προσδιορισμό διαφορετικών ενώσεων μέσα σε ένα δείγμα. Ο αέριος χρωματογράφος χρησιμοποιεί στήλη όπου οι ιδιότητες της για τον διαχωρισμό των ενώσεων εξαρτώνται από τα χαρακτηριστικά της στήλης. Οι διαφορετικές χημικές ιδιότητες μεταξύ των διαφορετικών ενώσεων και η συγγένειά τους στη στατική φάση θα οδηγήσει στον διαχωρισμό των ενώσεων κατά την διάρκεια που το δείγμα διασχίζει τη στήλη. Έπειτα τα μόρια συγκρατούνται από τη στήλη και στην συνέχεια εκλούνται σε διαφορετικούς χρόνους το καθένα. Αυτό βοηθά το φασματόμετρο μάζας να ανιχνεύσει τα μόρια σπάζοντας κάθε μόριο

σε ιονισμένα θραύσματα και ανιχνεύοντας τα θραύσματα. Γενικά, ο συνδυασμός της αέριας χρωματογραφίας με τη φασματομετρία μάζας επιτρέπουν πολύ λεπτότερο και καλύτερο βαθμό ταυτοποίησης. Επιπλέον ένα πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι μειώνεται η πιθανότητα σφάλματος, καθώς είναι δύσκολο δύο διαφορετικά μόρια να συμπεριφέρονται με τον ίδιο τρόπο στον αέριο χρωματογράφο και στο φασματόμετρο μάζας (Sparkman *et. al*, 2011). Η λήψη δεδομένων της μεθόδου GC/MS μπορεί να πραγματοποιηθεί με 2 τρόπους. Είτε με λειτουργία πλήρους σάρωσης είτε με επιλεγμένη λειτουργία παρακολούθησης ιόντων. Τέλος στη διαδικασία πραγματοποιείται ανίχνευση και ανάλυση ιόντων. Η αναγνώριση της κάθε ουσίας πραγματοποιείται με την ανίχνευση διαθέσιμων βιβλιοθηκών φάσματος μάζας, με αποτέλεσμα την αναγνώριση και την ποσοτικοποίηση των ενώσεων (Thermofisher). Με την GC/MS μπορούν να γίνουν διάφορες αναλύσεις και μια εξ αυτού είναι η ανάλυση τροφίμων και αιθέριων ελαίων (Μαρκοπούλου).

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε είναι αρχικά ποσότητα του αιθέριου ελαίου των 5mL αραιώθηκε σε 1ml εξανίου πριν εγχυθεί στο σύστημα. Στο τέλος τα δείγματα διατηρήθηκαν στους 300° C για 5 λεπτά. Για τον εντοπισμό και προσδιορισμό των χημικών ενώσεων που ανιχνεύτηκαν στο αιθέριο έλαιο χρησιμοποιήθηκαν βάσεις δεδομένων.



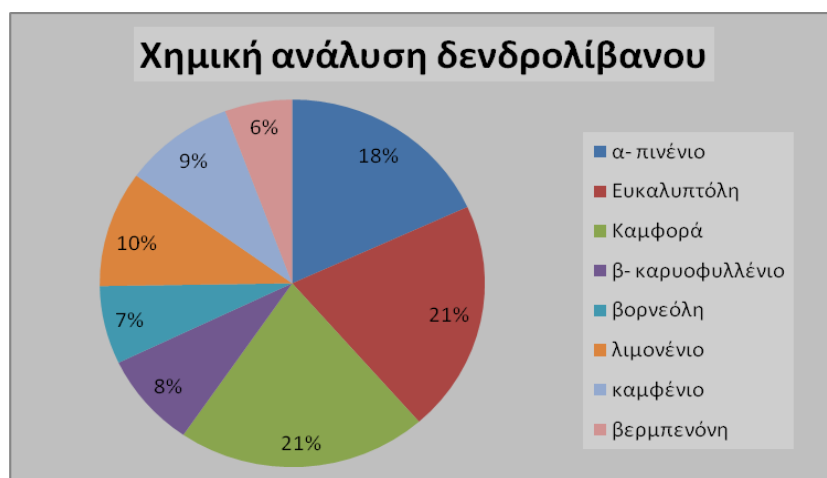
Εικόνα 10. Αέριος χρωματογράφος και χρωματογράφος μάζας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙΙΙ

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

3.1. Χημική σύνθεση αιθέριου ελαίου δενδρολίβανου

Μετά την ολοκλήρωση της υδροαπόσταξης, εφαρμόστηκε αέρια χρωματογραφία και η φασματομετρία μάζας όπου ανιχνεύθηκαν στο αιθέριο έλαιο του δενδρολίβανου συνολικά 29 ενώσεις που αντιστοιχούν στο 100% του συνολικού ελαίου. Τα μονοτερπένια καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο ποσοστό του αιθέριου ελαίου με κυριότερες ενώσεις την καμφορά (15,45%), ακολουθούμενη από την ευκαλυπτόλη (14,99%), το α- πινένιο (13,37%), ενώ σε χαμηλότερο ποσοστό το λιμονένιο (7,51%), το καμφένιο (6,88%) και το β- καρυοφυλλένιο (6,12%), την βορνεόλη (5,05%) και την βερμπενόνη (4,17%). Οι ενώσεις αυτές παρουσιάζονται στο παρακάτω γράφημα.



Γράφημα 1. Χημικές ενώσεις δενδρολίβανου

Εκτός από αυτές τις ενώσεις ανιχνεύθηκαν και άλλες σε μικρότερο ποσοστό όπως φαίνονται στο πίνακα 1. Επίσης στον πίνακα παρατηρούμε το χρόνο έκλουσης της κάθε ένωσης, καθώς και ο δείκτης Kovats από 6 διαφορετικές βάσεις δεδομένων. Ο δείκτης κατακράτησης μια χημικής ένωσης ορίζεται ως ο χρόνος κατακράτησης που παρεμβάλλεται μεταξύ γειτονικών n- αλκανίων. Πιο συγκεκριμένα το σύστημα των δεικτών Kovats αποτελεί την βάση για το προσδιορισμό της ταυτότητας των συστατικών με την χρήση της αέριας χρωματογραφίας. Το πλεονέκτημα που διαθέτει ο δείκτης Kovats είναι ότι εξαρτάται αποκλειστικά και μόνο από το είδος της στατικής φάσης και τη θερμοκρασία. Ο τύπος που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του δείκτη Kovats είναι ο εξής:

$$I_a = 100N + 100n \log t'_{R,a} - \log t'_{R,N} / \log t'_{R,N+n} - \log t'_{R,N},$$

όπου N= ο αριθμός ατόμων άνθρακα του κ- αλκανίου με τη μικρότερη ανθρακική αλυσίδα

n= η διαφορά ατόμων άνθρακα δύο κ- αλκανίων τα οποία περιβάλλουν την ένωση

Με βάση τα αποτελέσματα που λάβαμε από τον υγρό χρωματογράφο υπολογίσαμε το δείκτη Kovats και το συγκρίναμε με ορισμένες βάσεις δεδομένων από κάποιες άλλες παρόμοιες μελέτες.

Πίνακας 1. Χημική σύνθεση αιθέριου ελαίου δενδρολίβανου

Στήλη1	COMPOUND	Ποσοστό %	RT	KI	KI 1	KI 2	KI 3	KI 4	KI 5	KI 6
1	Tricyclene	0,32	5.282	-	928	-	924	924	920	921
2	α -Thujene	0,31	5.374	-	944	-	928	931	924	924
3	α-Pinene	13,37	5.566	-	946	936	936	936	932	932
4	Camphene	6,88	5.951	-	960	950	951	951	948	946
5	Verbenene	0,25	6.084	-	-	-	-	958	981	961
6	β -Pinene	3,43	6.711	-	981	978	978	978	976	974
7	β - Myrcene	1,30	7.071	-	991	-	990	993	986	988
8	α -Phellandrene	3,21	7.514	1005	1009	-	1005	1005	1001	1002
9	α -Terpinene	1,31	7.898	1015	-	1013	1016	1019	1012	1014
10	p-Cymene	2,25	8.157	1022	1027	1015	1025	1029	-	1020
11	Limonene	7,51	8.316	1027	1036	1025	1030	1032	1019	1024
12	Eucalyptol	14,99	8.391	1028	1048	-	1031	1034	1028	1026
13	γ -Terpinene	1,81	9.327	1053	1066	1051	1059	1064	1050	1054
14	cis- Sabinene hydrate	0,34	9.628	1061	1089	-	1066	1074	1076	1065
15	α -Terpinolene	1,13	10.414	1082	1098	1082	1088	1091	-	1086
16	Linalool	0,58	10.823	1093	1101	1086	1098	1105	1087	1095
17	trans- Sabine hydrate	0,23	11.667	1116	1107	-	1097	1103	-	1098
18	Camphor	15,45	12.595	1140	1156	1123	1144	1150	1122	1141
19	Borneol	5,05	13.423	1162	1179	1150	1165	1173	1150	1165
20	Terpinen-4-ol	1,45	13.907	1175	1195	1164	1178	1183	1162	1174
21	α -Terpineol	2,79	14.451	1190	1192	1176	1191	1197	1177	1186
22	Myrtenol	0,19	14.693	1196	-	-	1194	1205	1186	1194
23	Verbenone	4,17	15.220	1209	1223	1183	1206	1215	1205	1204
24	Bornyl acetate	3,69	18.454	1287	1305	1270	1286	1290	1270	1287
25	Carvacrol	0,17	19.089	1302	-	-	-	-	-	1298
26	Methyl eugenol	0,35	23.410	1406	-	-	1402	-	1368	1403
27	β-Caryophyllene	6,12	23.962	1420	1451	1421	1420	1424	1420	1417
28	α -Humulene	0,83	25.324	1454	-	1455	1453	1459	1453	1452
29	Caryophyllene oxide	0,53	30.372	1583	1615	1578	1583	1591	1566	1582
	Total identified	100,0								

RT: Retention time

KI: Kovats retention index

ΚΕΦΑΛΑΙΟ IV

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Λαμβάνοντας υπόψη όλα όσα μελετήθηκαν στη παρούσα εργασία, το δενδρολίβανο αποτελεί ένα αρωματικό φυτό, το οποίο είναι πλούσιο σε αντιοξειδωτικά συστατικά και το αιθέριο έλαιό του έχει σημαντικές φαρμακευτικές ιδιότητες. Τα αποτελέσματα από την ανάλυση του αιθέριου ελαίου του δενδρολίβανου μέσω του συνδυασμού των μεθόδων GC – MS , έδειξαν ότι στο έλαιο εντοπίστηκαν ενώσεις με σημαντικές ιδιότητες.

Οι αντιμικροβιακές ιδιότητες που διαθέτει το αιθέριο έλαιο του δενδρολίβανου οφείλονται κυρίως στις ενώσεις που ανιχνεύθηκαν σε αυτό, όπως είναι 1,8 κινεόλη ή ευκαλυπτόλη, το α- πινένιο, η καμφορά και το β- καρυοφυλλένιο. Η χρήση του αιθέριου ελαίου του δενδρολίβανου ως αντιμικροβιακού παράγοντα έχει εφαρμοστεί σε πολλά νέα προϊόντα και τρόφιμα για τη προστασία τους από παθογόνους μικροοργανισμούς. Επιπρόσθετα, η χημική ανάλυση του αιθέριου ελαίου του δενδρολίβανου έδειξε ότι έχει ισχυρές αντιοξειδωτικές ιδιότητες που οφείλονται κυρίως σε ενώσεις όπως το λιμονένιο ενώ επίσης και το β- καρυοφυλλένιο. Η αντιοξειδωτική δράση του ελαίου έχει αξιοποιηθεί ιδιαίτερα στο τομέα των τροφίμων και εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την περίοδο όπου συγκομίζεται το φυτό. Οι συνολικά 29 ενώσεις που ανιχνεύθηκαν στο έλαιο είναι υπεύθυνες για όλα τα οφέλη που προσφέρει για την υγεία.

Όσο αναφορά την μέθοδο που εφαρμόστηκε για την ταυτοποίηση των ενώσεων , δηλαδή την αέρια χρωματογραφία και τη χρωματογραφία μάζας, συμπεραίνουμε ότι είναι μια μέθοδος εύκολη σχετικά γρήγορη και ακριβής και δίνει αξιόπιστα αποτελέσματα. Το όργανο που χρησιμοποιήθηκε είναι σχετικά εύκολο στη χρήση του και παρέχει τη δυνατότητα να αναλύσει αρκετά δείγματα μαζί. Ο συνδυασμός των μεθόδων GC- MS δίνουν την δυνατότητα για εντοπισμό διαφόρων ενώσεων στο δείγμα του αιθέριου ελαίου.

Σχετικά με τον δείκτη Kovats, ο οποίος όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω αποτελεί τον δείκτη για την ταυτοποίηση των συστατικών στο αιθέριο έλαιο. Εφόσον υπολογίστηκε ο δείκτης από κάθε ένωση συγκρίθηκε με δείκτες Kovats που έχουν υπολογιστεί από άλλες μελέτες και έτσι συγκρίνοντάς τους οδηγούμαστε στο συμπέρασμα για τη ταυτότητα της χημικής ένωσης. Επίσης παρατηρούμε ότι οι δείκτες Kovats από τις 6 διαφορετικές μελέτες κυμαίνονται πάνω κάτω στις ίδιες τιμές και έτσι βοηθά στην εύκολη ταυτοποίηση των χημικών ενώσεων.

Γενικά το βασικό συμπέρασμα που προκύπτει από τον χημικό προσδιορισμό του αιθέριου ελαίου του δενδρολίβανου είναι ότι αποτελεί σημαντικό εργαλείο για την βιομηχανία των τροφίμων. Όπως έδειξαν τα αποτελέσματα των μεθόδων GC- MS , το έλαιο του δενδρολίβανου χαρακτηρίζεται από σημαντικές ιδιότητες όπως είναι οι αντιμικροβιακές, αντιφλεγμονώδεις και αντιοξειδωτικές , οι οποίες οφείλονται στις χημικές ενώσεις που ανιχνεύθηκαν. Επιπρόσθετα, λόγω αυτών των ιδιοτήτων έχουν βρει εφαρμογή σε πολλούς τομείς και έχουν αξιοποιηθεί για ποικίλους και χρήσιμους σκοπούς.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ V

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική βιβλιογραφία

- Ζάχος Κ., (2020). *Συγκριτική μελέτη βιοδραστικών συστατικών δενδρολίβανου με βάση τη ποικιλία και την εποχή συγκομιδής*. Διπλωματική Εργασία. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Χημικών Μηχανικών, σελ. 12-17
- Καλλίδη Ε., (2017). *Αντιμικροβιακές ιδιότητες των αιθέριων ελαίων δενδρολίβανου (Rosmarinus officinalis) και πιπερόριζας (Zingiber officinalis) στη συντήρηση αιγοπρόβειου κρέατος*. Πτυχιακή Εργασία. ΑΤΕΙ Πελοποννήσου, Τμήμα Τεχνολογίας Τροφίμων, σελ. 26,27, 30, 31, 37- 42
- Λάμπας Ι., (2013). *Στοιχεία της μορφολογίας και η χημική σύσταση των αρωματικών φυτών Ταϋγέτου*. Πτυχιακή εργασία, Τμήμα Τεχνολογίας Τροφίμων, ΤΕΙ Καλαμάτας, σελ. 35-37, 53-54
- Μαλούπα Ε. (2014). *Αειφορική χρήση των Ελληνικών Αρωματικών Φυτών*. Εργαστήριο Προστασίας και Αξιοποίησης Αυτοφυών και Ανθοκομικών Ειδών, Ελληνικός Γεωργικός Οργανισμός- Δήμητρα, Θεσσαλονίκη, σελ. 10-12,

- Μαρίνου Σ.,(2013). *Τα πιο δημοφιλή αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά της Ελλάδας*. Πτυχιακή Εργασία, Τμήμα βιολογικών θερμοκηπιακών καλλιεργειών και ανθοκομίας, ΤΕΙ Καλαμάτας , σελ. 21-23, 61-62
- Μπαζαίος, Κ.,(1983).*100 Βότανα 2.000 θεραπείες*. Εκδόσεις Διατροφή και υγεία, Αθήνα. σελ. 192
- Μπακέας Ε., (2013). *Εισαγωγή στις Χρωματογραφικές μεθόδους Διαχωρισμού*, σελ. 10-12

Ξένη βιβλιογραφία

- Adams Robert P. (2007). *Identification of essential oil components by Gas Chromatography / Quadrupole Mass Spectroscopy*. 4th edition Allured Publ, Carol Stream p. 9
- Aprotosoiaie A.C., Luca V. S., Trifan A., Miron A.(2019). *Antigenotoxic Potential of some Dietary Non- phenolic Phytochemicals*. Review article. Department of Pharmacognosy, Faculty of Pharmacy, University of Medicine and Pharmacy Grigore T. Popa Iasi, Iasi, Romania vol 60 p. 230- 235.
- Ayoob I., Rahman M., Rehman S. (2018). *Essential oil Composition of Rosmarinus officinalis L. from Kashmir (India)*. Department of Chemistry, University of Kashmir, Srinagar, India vol 14 p. 30
- Benabdallah A., Betina S., Bouchentouf S., Boumendjel M., Bechkri S., Bensouici C., Nicoli F., Vergine M., Negro C., De Bellis L (2022). *Chemical profiling, antioxidant, enzyme inhibitory and in silico modeling of Rosmarinus officinalis L. and Artemisia herba alba Asso. Essential oils from Algeria*. Review article. South African Journal of Botany vol 147 p 2-3.

- Bouyahya A., Mechchate H., Benali T., Ghchime R., Charfi S., Balahbib A., Burkov P., Shariati M.A., Lorenzo J.M., El Omari N. (2021). Article. *Health Benefits and Pharmacological Properties of Carvone*. *Biomolecules* 11, 1803
- Chen W., Vermaak I., Viljoen A. (2013). *Camphor- A fumigant during the black death and a coveted fragrant wood in Ancient Egypt and Babylon*. Review article. Department of Pharmaceutical Sciences, Faculty of Science, Tshwane University of Technology, South Africa. Vol 18(5) p. 5434- 5440.
- De Mastro G., Mincione A., Ruta C., Poiana M. (2004). *Bio- morphological and chemical characterization of rosemary (Rosmarinus officinalis L.) biotypes*. p. 473
- Haida S., Essadik F.Z., Kribii A., Habsaoui A., Ounine K., Benmoumen A., Kribii A. (2015). *Study of chemical composition of rosemary essential oil from western Morocco and evaluation of antioxidant and antibacterial activity of its extracts*. *World Journal of Pharmaceutical Research* vol 4 p. 315
- Kazyoba E.P., Viljoen A.M. (2008). *Limonene- a review :Biosynthetic, Ecological and Pharmacological Relevance*. Department of Pharmaceutical Sciences, Tshwane University of Technology, South Africa vol 3 (7), p. 1993-1199.
- Lemos M.F., Lemos M.F., Pacheco H. P., Endringer D.C., Scherer R. (2015). *Seasonality modifies rosemary's composition and biological activity*. *Industrial Crops and Products* vol 70 p. 41-43.
- Russo E.B., Marcu J. (2017). *Cannabis Pharmacology: The usual Suspects and a Few Promising Leads*. *Phytects, Advances in Pharmacology* vol 80 p. 90- 92, 94, 98- 99.
- Salido S., Altarejos J., Nogueras M., Saanchez A., Luque P. (2003). *Chemical composition and seasonal variations of Rosemary oil from Southern Spain*. *Journal of essential oil research*. vol 15 p. 12

- Sang Cho K., Lim Y., Lee K., Lee J., Lee J.H., Lee I.S. (2017). *Terpens from forests and human health*. Review article. Department of Biological Sciences, Konkuk University, Seoul, Korea. Vol 33 (2) p. 97-106
- Santoyo S., Cavero S., Jaime L., Ibanez E., Senorans F.J., Reglero G.(2005). *Chemical Composition and Antimicrobial Activity of Rosmarinus officinalis L. Essential oil Obtained via Supercritical Fluid Extraction*. Journal of Food Protection vol. 68, No 4, p. 790-792.
- Szumny A., Figiel A., Gutierrez- Ortiz A., Carbonell- Barrachina A. (2010). *Composition of rosemary essential oil (Rosmarinus officinalis) as affected by drying method*. Journal of food Engineering vol 97 p. 257
- Skold M., Karlberg A., Matura M., Borje A. (2006). *The fragrance chemical β -caryophyllene – air oxidation and skin sensitization*. Food and Chemical Toxicology vol 44 p. 539- 540.
- Sparkman DO, Penton Z, Kitson FG. (2011). *Gas Chromatography and Mass Spectrometry: A Practical Guide*. Academic Press p. 3- 8, 15-17, 89- 94
- Vieira A.J., Beserra F.P., Souza M.C., Totti B.M., Rozza A.L.,(2018). *Limonene: Aroma of innovation in health and disease*. Sao Paulo State University, Institute of Biosciences, Department of Morphology, Botucatu, Brazil vol 283 p. 97-106.

Διαδικτυακές πηγές

- Βοτανολογικά (2015). Πώς να αποστάξουμε αιθέρια έλαια. (Ανακτήθηκε 3 Μαΐου 2022) από:
<https://botanologika.gr/pos-na-apostaksoyme-aithairia-elaia/>
- Εναλλακτική Δράση (2016). Μέντα: Το θαυμαστό φυτό με τις χιλιάδες ιδιότητες. (Ανακτήθηκε 5 Σεπτεμβρίου 2022) από:
<https://enallaktikidrasi.com/2016/06/menta/>
- Ζάρπα Μ. Αιθέρια Έλαια ιδιότητες. (Ανακτήθηκε 16 Σεπτεμβρίου 2022) από:
<https://www.beautyview.gr/%CE%B1%CE%B9%CE%B8%CE%AD%CF%81%CE%B9%CE%B1-%CE%AD%CE%BB%CE%B1%CE%B9%CE%B1-%CE%B9%CE%B4%CE%B9%CF%8C%CF%84%CE%B7%CF%84%CE%B5%CF%82/>
- Μαρκοπούλου. Αέρια Χρωματογραφία (Ανακτήθηκε 5 Ιουνίου 2022) από:
<http://www.markopoulou.gr/images/Theory/Rev3%20GC%20for%20site.pdf>
- Χημικό εργαστήριο (2010). Παραλαβή αιθέριων ελαίων. (Ανακτήθηκε 10 Μαΐου 2022) από:
http://chimikoergastirio.blogspot.com/2010/02/blog-post_12.html
- Thermofischer. Gas Chromatography – Mass Spectrometry (GC- MS) Information. (Ανακτήθηκε 3 Ιουνίου 2022) από:
<https://www.thermofisher.com/gr/en/home/industrial/mass-spectrometry/mass-spectrometry-learning-center/gas-chromatography-mass-spectrometry-gc-ms-information.html>