

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ – ΑΓΡΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«Τεχνολογίες Διαχείρισης Αρωματικών και Φαρμακευτικών Φυτών»

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**‘Ανάπτυξη νέου προϊόντος με βάση το αμύγδαλο και τον εμπλουτισμό του με
αρωματικά ή και φαρμακευτικά φυτά.’**

ΌΝΟΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧ. ΦΟΙΤΗΤΗ: Αλεξανδρής Γεώργιος

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: Μαλισσιόβα Ελένη

Λάρισα 2025

Ο Γεώργιος Αλεξανδρής, γνωρίζοντας τις συνέπειες της λογοκλοπής, δηλώνω υπεύθυνα ότι η παρούσα εργασία με τίτλο **«Ανάπτυξη νέου προϊόντος με βάση το αμύγδαλο και τον εμπλουτισμό του με αρωματικά ή και φαρμακευτικά φυτά»** αποτελεί προϊόν αυστηρά προσωπικής εργασίας και όλες οι πηγές που έχω χρησιμοποιήσει έχουν δηλωθεί κατάλληλα στις βιβλιογραφικές παραπομπές και αναφορές. Τα σημεία όπου έχω χρησιμοποιήσει ιδέες, κείμενο ή / και πηγές άλλων συγγραφέων, αναφέρονται ευδιάκριτα στο κείμενο με την κατάλληλη παραπομπή και η σχετική αναφορά περιλαμβάνεται στο τμήμα των βιβλιογραφικών αναφορών με πλήρη περιγραφή.

Ο ΔΗΛΩΝ

Γεώργιος Αλεξανδρής

Περίληψη

Η ανάπτυξη καινοτόμων τροφίμων με αυξημένη διατροφική και λειτουργική αξία αποτελεί σημαντική πρόκληση στη σύγχρονη βιομηχανία τροφίμων. Η παρούσα έρευνα επικεντρώνεται στη δημιουργία νέων προϊόντων με βάση το αμυγδαλοβούτυρο και την προσθήκη αιθέριων ελαίων αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών, αξιοποιώντας τις αντιοξειδωτικές τους δράσεις και προσδίδοντας προστιθέμενη αξία στο αμυγδαλοβούτυρο. Ως βάση στα δείγματα χρησιμοποιήθηκε αμυγδαλοβούτυρο με φλοιό και χωρίς φλοιό (λευκό). Από τα δείγματα αιθέριων ελαίων (Φράουλα, Γλυκό κεράσι, Βερίκοκο, Αχλάδι, Χαμομήλι, Τσάι του βουνού, Φασκόμηλο, Δεντρολίβανο, Πορτοκάλι, Μανταρίνι, Γκρέιτφρουτ, Λεμόνι) μέσω οργανοληπτικής δοκιμής επιλέχθηκαν τα τρία πιο αρεστά τα οποία ήταν: βερίκοκο, πορτοκάλι και λεμόνι. Έπειτα, μέσω ερωτηματολογίου και οργανοληπτικής δοκιμής των δειγμάτων (αμυγδαλοβούτυρο με αιθέριο έλαιο βερίκοκο, πορτοκάλι και λεμόνι), αναδείχτηκε ως προτιμώμενη υφή το λευκό αμυγδαλοβούτυρο, και ως προτιμώμενη γεύση το δείγμα με το αιθέριο έλαιο βερίκοκο. Στην συνέχεια ακολούθησε ο έλεγχος της αντιοξειδωτικής δράσης με την μέθοδο Folin-Ciocalteu για τα τρία δείγματα. Το αμυγδαλοβούτυρο με φλοιό και αιθέριο έλαιο πορτοκάλι συγκέντρωσε το μεγαλύτερο αντιοξειδωτικό προφίλ από όλα τα δείγματα. Όσον αφορά το λευκό αμυγδαλοβούτυρο, μεγαλύτερη συγκέντρωση αντιοξειδωτικών είχε το δείγμα με το αιθέριο έλαιο βερίκοκου. Τέλος, παρατηρήθηκε ότι το αμυγδαλοβούτυρο με φλοιό έχει 27% μεγαλύτερη συγκέντρωση σε φαιολικά από το λευκό αμυγδαλοβούτυρο. Η μελέτη υπογραμμίζει τη δυνατότητα δημιουργίας προϊόντων με υψηλή διατροφική αξία και γεύση, προσφέροντας νέες προοπτικές για τη βιομηχανία τροφίμων.

Abstract

The development of innovative foods with enhanced nutritional and functional value is a significant challenge in the modern food industry. This study focuses on creating new products based on almond butter with the addition of essential oils from aromatic and medicinal plants, leveraging their antioxidant properties and adding value to almond butter. Samples were prepared using almond butter with skin and without skin (white). From the essential oil samples (Strawberry, Sweet Cherry, Apricot, Pear, Chamomile, Mountain Tea, Sage, Rosemary, Orange, Mandarin, Grapefruit, Lemon), an organoleptic evaluation selected the three most preferred: Apricot, Orange, and Lemon. Subsequently, through questionnaires and organoleptic tests of the samples (almond butter with apricot, orange, and lemon essential oils), white almond butter was identified as the preferred texture, while apricot essential oil was the preferred flavor. The antioxidant activity of the three samples was then assessed using the Folin-Ciocalteu method. Almond butter with skin and orange essential oil exhibited the highest antioxidant profile among all samples. For white almond butter, the sample with apricot essential oil showed the highest antioxidant concentration. Finally, it was observed that almond butter with skin contains 27% more phenolics compared to white almond butter. This study highlights the potential to create products with high nutritional value and excellent taste, offering new opportunities for the food industry.

Ευχαριστίες

Ολοκληρώνοντας την μεταπτυχιακή μου διατριβή θα ήθελα να ευχαριστήσω εκ καρδίας την επιβλέπουσα καθηγήτρια κ. Μαλισσιόβα Ελένη, τον κ. Μανούρα Αθανάσιο, τον Μαϊσόγλου Ιωάννη και την Κόσσυβα Βασιλική για την συνεχή και ουσιαστική συμμετοχή του στην πορεία της εργασίας, από το πειραματικό μέρος έως τη συγγραφή, καθώς επίσης και για τις πολύτιμες γνώσεις και συμβουλές που μου παρείχε σε όλο αυτό το χρονικό διάστημα.

Επιπλέον, οφείλω ένα τεράστιο ευχαριστώ στους γονείς μου, Χρήστο και Σταυρούλα, για την υποστήριξη τους όλα αυτά τα χρόνια. Μεγάλη παράληψη θα ήταν αν δεν αναφερόμουν στους φίλους μου για την αμέριστη συμπαράσταση και βοήθεια που μου προσέφεραν. Σας Ευχαριστώ!

Περιεχόμενα

Περίληψη

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή	10
-----------------------------------	----

Κεφάλαιο 2: Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας	11
---	----

2.1 Ιστορική αναδρομή Αρωματικών και Φαρμακευτικών Φυτών (ΑΦΦ).....	11
2.2 Ορισμός Αρωματικών και Φαρμακευτικών Φυτών (ΑΦΦ).....	12
2.3 Χρήσεις Αρωματικών και Φαρμακευτικών Φυτών (ΑΦΦ).....	12
2.4 Χρήσεις Αρωματικών και Φαρμακευτικών Φυτών (ΑΦΦ) στη βιομηχανία τροφίμων.....	13
2.5 Φυτοχημικές ενώσεις στα Αρωματικά και Φαρμακευτικά Φυτά (ΑΦΦ).....	14
2.6 Αιθέρια έλαια στα Αρωματικά και Φαρμακευτικά Φυτά (ΑΦΦ).....	17
2.7 Μέθοδοι παραλαβής βιοδραστικών ενώσεων και αιθέριων ελαίων.....	18
2.8 Συμβατικές μέθοδοι εκχύλισης.....	18
2.8.1 Διαβροχή.....	18
2.8.2 Υδρο-ατμοαπόσταξη.....	19
2.8.3 Έκχυση.....	20
2.8.4 Αφέψημα.....	20
2.8.5 Εκχύλιση Soxhlet.....	20
2.9 Μη συμβατικές μέθοδοι εκχύλισης.....	22
2.9.1 Εκχύλιση με υπερήχους.....	22
2.9.2 Εκχύλιση κατ' αντιρροή.....	22
2.9.3 Εκχύλιση με ζύμωση.....	23
2.9.4 Εκχύλιση με υπερκρίσιμα ρευστά.....	23
2.9.5 Εκχύλιση με τη βοήθεια μικροκυμάτων.....	23
2.9.6 Εκχύλιση με παλμικά ηλεκτρικά πεδία.....	24
2.10 Σύγκριση τεχνικών εκχύλισης.....	25
2.11 Μέθοδοι παραλαβής αιθέριων ελαίων.....	27
2.12 Σημασία του αμυγδάλου – αμυγδαλοβούτυρο.....	28
2.13 Χρήσεις του αμυγδαλοβουτύρου.....	29
2.14 Ποιότητα καρπού - διατροφική αξία.....	29
2.15 Οφέλη του αμυγδάλου στην υγεία.....	30

Κεφάλαιο 3: Υλικά – Μέθοδοι	30
3.1 Υλικά	30
3.2 Εργαστηριακός εξοπλισμός	31
3.3 Ανάπτυξη νέων προϊόντων	32
3.4 Οργανοληπτικός Έλεγχος	34
3.5 Αντιοξειδωτική Δράση	35
3.6 Στατιστική επεξεργασία	40
Κεφάλαιο 4: Αποτελέσματα	40
4.1 Πιλοτικές δοκιμές νέου προϊόντος	40
4.2 Οργανοληπτικός έλεγχος νέων προϊόντων	41
4.3 Αντιοξειδωτικό προφίλ νέων προϊόντων	47
Κεφάλαιο 5: Συζήτηση - Συμπεράσματα	50
Βιβλιογραφία	54
Παράρτημα Α	59

Περιεχόμενα Σχημάτων

Σχήμα 1: Αναπαράσταση των βιοσυνθετικών μονοπατιών στους δευτερογενείς μεταβολίτες.....	15
--	----

Περιεχόμενα Εικόνων

Εικόνα 1: Πρότυπη μονάδα βιομηχανικής απόσταξης ατμού για την εξαγωγή αιθέριων ελαίων.....	20
Εικόνα 2: Συσκευή απόσταξης (Soxhlet).....	21
Εικόνα 3: Αμύγδαλα εμβαπτισμένα σε ζεστό νερό.....	32
Εικόνα 4: Λευκά αμύγδαλα μετά τη θερμική επεξεργασία.....	33
Εικόνα 5: Αμυγδαλοβούτυρο λευκού αμυγδάλου.....	33
Εικόνα 6: Αιθέρια έλαια που χρησιμοποιήθηκαν.....	34
Εικόνα 7: Δείγματα από οργανοληπτική ανάλυση ερωτηματολογίου.....	35
Εικόνα 8: Ανάδευση δείγματος με τον αναδευτήρα Vortex (VM-96A).....	36
Εικόνα 9: Φυγοκέντριση με αρθρωτή κεφαλή 4 θέσεων για FALCON 15mL - 50mL και ίζημα.....	37
Εικόνα 10: Δοκιμαστικοί σωλήνες.....	37
Εικόνα 11: Folin-ciocalteu.....	38
Εικόνα 12: Φασματοφωτόμετρο LLG-uniSPEC 2.....	38
Εικόνα 13: Πρότυπη καμπύλη για προσδιορισμό φαινολικών ουσιών.....	40
Εικόνα 14: Φύλο ερωτηθέντων ερωτηματολογίου.....	42
Εικόνα 15: Ηλικία ερωτηθέντων ερωτηματολογίου.....	43
Εικόνα 16: Επιλογή διαφορετικού δείγματος.....	43
Εικόνα 17: Επιλογή διαφορετικού δείγματος.....	43
Εικόνα 18: Προτίμηση όσον αφορά οσμή, γεύση και επίγευση.....	44
Εικόνα 19: Προτίμηση όσον αφορά οσμή, γεύση και επίγευση.....	44

Εικόνα 20: Προτίμηση λευκού ή με φλοιό αμυγδαλοβούτυρο με πορτοκάλι.....	45
Εικόνα 21: Προτίμηση λευκού ή με φλοιό αμυγδαλοβούτυρο με λεμόνι.....	45
Εικόνα 22: Προτίμηση λευκού ή με φλοιό αμυγδαλοβούτυρο με βερίκοκο.....	46
Εικόνα 23: Προτίμηση καλύτερης γεύσης.....	46
Εικόνα 24: Γράφημα σύγκρισης ποσοστών της συγκέντρωσης σε φαινολικά των δειγμάτων αμυγδαλοβούτυρο με φλοιό και αιθέριο έλαιο βερίκοκο Φ3, πορτοκάλι Φ9 και λεμόνι Φ12 ως προς το αμυγδαλοβούτυρο με φλοιό χωρίς προσθήκη αιθέριου ελαίου Φ0 και ως προς το λευκό αμυγδαλοβούτυρο Λ0.....	49
Εικόνα 25: Γράφημα σύγκρισης ποσοστών της συγκέντρωσης σε φαινολικά των δειγμάτων λευκό αμυγδαλοβούτυρο με αιθέριο έλαιο βερίκοκο Λ3, πορτοκάλι Λ9 και λεμόνι Λ12 ως προς το λευκό αμυγδαλοβούτυρο Λ0.....	50

Περιεχόμενα Πικάνων

Πίνακας 1: Παραδείγματα εκχυλίσεων των βιοδραστικών συστατικών με διαφορετικές τεχνικές εκχύλισης.....	25
Πίνακας 2: Απορροφήσεις πρότυπων διαλυμάτων.....	39
Πίνακας 3: Προπαρασκευαστικές δοκιμές.....	41
Πίνακας 4: Δείγματα προς οργανοληπτική αξιολόγηση.....	41
Πίνακας 5: Κωδικοποίηση δειγμάτων για έλεγχο της αντιοξειδωτικής δράσης.....	47
Πίνακας 6: Απορροφήσεις δειγμάτων αμυγδαλοβούτυρου.....	47
Πίνακας 7: Περιεκτικότητα δειγμάτων σε φαινολικά.....	48
Πίνακας 8: Ποσοστά για συγκέντρωση φαινολικών ως προς το αμυγδαλοβούτυρο με φλοιό χωρίς προσθήκη αιθέριου ελαίου και ως προς το λευκό αμυγδαλοβούτυρο....	48
Πίνακας 9: Ποσοστά για συγκέντρωση φαινολικών ως προς το λευκό αμυγδαλοβούτυρο χωρίς προσθήκη αιθέριου ελαίου.....	49

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

Η ανάπτυξη νέων προϊόντων στον αγροδιατροφικό τομέα αποτελεί βασικό πυλώνα καινοτομίας και βιώσιμης ανάπτυξης. Στο πλαίσιο αυτό, το αμύγδαλο, λόγω της υψηλής διατροφικής του αξίας και των ευεργετικών του ιδιοτήτων, παρουσιάζει σημαντικές προοπτικές για τη δημιουργία νέων προϊόντων. Η ενσωμάτωση Αρωματικών και Φαρμακευτικών Φυτών μπορεί να συμβάλει στη βελτίωση της γεύσης, της θρεπτικής αξίας και των λειτουργικών ιδιοτήτων των προϊόντων, ανταποκρινόμενη στις σύγχρονες διατροφικές τάσεις και στις απαιτήσεις των καταναλωτών για πιο υγιεινές και φυσικές επιλογές. Η επιλογή του συγκεκριμένου θέματος βασίζεται στη διαρκώς αυξανόμενη ζήτηση για φυσικά και λειτουργικά τρόφιμα. Οι καταναλωτές αναζητούν προϊόντα που προσφέρουν όχι μόνο ευχάριστη γεύση αλλά και πρόσθετα οφέλη για την υγεία. Το αμύγδαλο είναι πλούσιο σε μονοακόρεστα λιπαρά, πρωτεΐνες, βιταμίνες και αντιοξειδωτικά, ενώ τα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά περιέχουν βιοδραστικές ενώσεις που ενισχύουν τη συνολική θρεπτική αξία του προϊόντος. Συνεπώς, η έρευνα για την ανάπτυξη ενός καινοτόμου προϊόντος που θα συνδυάζει αυτά τα συστατικά είναι επίκαιρη και απαραίτητη.

Ο βασικός σκοπός της παρούσας μελέτης είναι η ανάπτυξη ενός νέου προϊόντος με βάση το αμύγδαλο, εμπλουτισμένου με Αρωματικά και Φαρμακευτικά Φυτά, που θα παρουσιάζει βελτιωμένα οργανοληπτικά και αντιοξειδωτικών χαρακτηριστικά. Οι επιμέρους στόχοι περιλαμβάνουν την επιλογή κατάλληλων Αρωματικών και Φαρμακευτικών Φυτών που μπορούν να ενσωματωθούν στο προϊόν και την αξιολόγηση του προϊόντος μέσω οργανοληπτικών δοκιμών και την ανάλυση των αντιοξειδωτικών χαρακτηριστικών του.

Η παρούσα έρευνα είναι σημαντική καθώς ενσωματώνει καινοτόμες προσεγγίσεις στην αγροδιατροφή, αξιοποιώντας φυσικά συστατικά για την παραγωγή ενός λειτουργικού προϊόντος. Επιπλέον, συμβάλλει στην προώθηση της βιώσιμης αγροτικής ανάπτυξης, ενισχύοντας την αξιοποίηση εγχώριων καλλιεργειών και ενθαρρύνοντας την παραγωγή τροφίμων υψηλής προστιθέμενης αξίας.

Κεφάλαιο 2: Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας

2.1 Ιστορική αναδρομή Αρωματικών και Φαρμακευτικών Φυτών (ΑΦΦ)

Τα φυτά με αρωματικές και φαρμακευτικές ιδιότητες είναι γνωστά από την αρχαιότητα σε πολλές πολιτιστικές κοινότητες καθ' όλη τη διάρκεια της ιστορίας. Χρησιμοποιούνταν για τη θεραπεία ασθενειών, για την αισθητική βελτίωση των ανθρώπων καθώς επίσης και σε πολιτιστικά γεγονότα. Κατά τις ανασκαφές που πραγματοποιήσαν αρχαιολόγοι, εντοπίστηκαν αντικείμενα που χρησιμοποιούνταν στην αρωματοθεραπεία, όπως δοχεία για αρώματα και μηχανές απόσταξης. Συνεπώς, η χρήση αυτών των φυτών είχε ξεκινήσει από τις αρχές της προϊστορίας στην αρωματοθεραπεία. Οι πολιτισμοί των Σουμέριων και των Ασσυρίων, όπως αποτυπώνεται σε γραπτά και καλλιτεχνικά έργα από εκείνη την περίοδο, επίσης εκμεταλλεύονταν τα αρωματικά φυτά. Επιπλέον, σύμφωνα με τις αρχαιολογικές εγγραφές, οι Αιγύπτιοι με τα αρωματικά φυτά έκαναν τη μουμιοποίηση των νεκρών (Πολυσίου, 2002; Petrovska, 2012).

Στην Ελλάδα, τα ΑΦΦ έχουν διαδραματίσει καθοριστικό ρόλο από την αρχαιότητα, κάτι που επιβεβαιώνεται και με τη χρήση δάφνινων στεφανιών για την αρετή των νικητών στους Ολυμπιακούς αγώνες. Ο Ιπποκράτης (460-370 π.Χ.), ο οποίος θεωρείται "πατέρας" της Ιατρικής, καταγράφει σε πολλά του έργα πάνω από 400 ουσίες από βότανα και ΑΦΦ οι οποίες είναι φαρμακευτικές, με περίπου τις μισές να χρησιμοποιούνται ακόμη και στη σύγχρονη εποχή. Στους Ρωμαίους, τα αρωματικά φυτά χρησιμοποιούνταν για να αρωματίσουν τα κρασιά τους. Η εκμετάλλευση αυτών των φυτών συνεχίζεται έως και σήμερα, με αυξανόμενο ενδιαφέρον. Η επιστήμη συνεχώς εφευρίσκει νέες εφαρμογές αυτών των φυτών στη βιομηχανία των τροφίμων και στη βιομηχανία καλλυντικών και φαρμάκων (Σκιαδάς, 2007; Ye Eun et al., 2018).

Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (ΠΟΥ) διαπίστωσε ότι περίπου το 80% του παγκόσμιου πληθυσμού προτιμά και επιλέγει την παραδοσιακή ιατρική για να καλύψει τις βασικές υγειονομικές τους ανάγκες. Αυτή η προτίμηση είναι συνδεδεμένη και με τη χρήση αιθέριων ελαίων που παράγονται από ΑΦΦ. Στη Γερμανία, διατίθενται 600 έως 700 βοτανικά φάρμακα και περίπου 70% των Γερμανών ιατρών τα συνταγογραφεί.

Στις Ηνωμένες Πολιτείες, τα τελευταία 20 χρόνια, η αντίδραση του κοινού έναντι του υψηλού κόστους των φαρμάκων που συνταγογραφούνται, σε συνδυασμό με την στροφή προς τη φυσική θεραπεία, οδήγησε σε αυξημένη χρήση φυτικών θεραπειών. Κατά τη διάρκεια των τελευταίων τριών δεκαετιών, παρατηρείται αύξηση στη ζήτηση και τη χρήση ΑΦΦ σε παγκόσμιο επίπεδο (Hossain et al., 2011).

2.2 Ορισμός Αρωματικών και Φαρμακευτικών Φυτών (ΑΦΦ)

Σε παγκόσμιο επίπεδο είναι αναγνωρισμένα πάνω από 18.000 είδη αρωματικών και 60.000 είδη φαρμακευτικών φυτών. Ωστόσο, δεν υπάρχει ξεκάθαρος ορισμός που να διακρίνει τα φαρμακευτικά φυτά από τα αρωματικά. (Craker et al, 2004). Ανάλογα με τη χρήση τους, τα φυτά συνηθίζεται να κατηγοριοποιούνται ως αρωματικά ή φαρμακευτικά. Τα αρωματικά φυτά διακρίνονται για το έντονο άρωμα που εκπέμπουν, λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς τους σε αιθέρια έλαια, που είναι πτητικές χημικές ενώσεις. Κάθε είδος ή ποικιλία παράγει διακριτά αρώματα, χαρακτηριστικά της κάθε φυτικής πηγής. Τα αρωματικά φυτά χρησιμοποιούνται σε διάφορες εφαρμογές, όπως στην κοσμετολογία, τη βιομηχανία τροφίμων, καθώς και στην δημιουργία αφεψημάτων. Από την άλλη πλευρά, τα φαρμακευτικά φυτά είναι αυτά που περιλαμβάνουν τουλάχιστον ένα συστατικό με φαρμακευτική δράση για τον άνθρωπο. Το κοινό χαρακτηριστικό μεταξύ αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών είναι η πληθώρα τους σε αιθέρια έλαια. Τα περισσότερα από αυτά χρησιμοποιούνται για την εξαγωγή φαρμακευτικών ουσιών, εξηγώντας έτσι τον όρο "Αρωματικά Φαρμακευτικά Φυτά" (Κουτσός, 2006; Πολυσίου, 2002).

2.3 Χρήσεις Αρωματικών και Φαρμακευτικών Φυτών (ΑΦΦ)

Τα φυτά με αρωματικές και θεραπευτικές ιδιότητες αποτελούν ουσιαστικό στοιχείο καθημερινά σε πολλές και διαφορετικές βιομηχανίες. Υπολογίζεται, σύμφωνα με ερευνητικές μελέτες ότι περίπου 70.000 είδη ΑΦΦ εντοπίζονται σε εφαρμογές που καλύπτουν την βιομηχανία φαρμάκων (Farnsworth and Soejarto, 1991). Επιπροσθέτως, η καλλιέργεια των ανωτέρω φυτών συνεισφέρει στον ευεργετικό προσανατολισμό της γεωργικής πρακτικής, προωθώντας την εκτροφή και βελτίωση των αρχαιότερων αλλά και των ήδη υφισταμένων φυτικών ποικιλιών. Συνηθίζεται η

καλλιέργειά τους για την παραγωγή αιθέριων ελαίων και ξηρής δρόγης, τα οποία ενδιαφέρουν διάφορες βιομηχανίες, όπως οι βιομηχανίες τροφίμων, αρωμάτων, καλλυντικών και φαρμάκων. Επιπλέον, σε πολλές περιπτώσεις, χρησιμοποιούνται στην μελισσοκομία και στην αρχιτεκτονική τοπίου ως διακοσμητικά φυτά. Τα αιθέρια έλαια, κατά μέσο όρο, εκφράζονται με διαφορετική χημική σύσταση ανά περιοχή του φυτού ή ακόμη και εντός της ίδιας περιοχής. Γενικά, ανιχνεύονται έως και 300 διαφορετικές χημικές ενώσεις ανά τμήμα του φυτού. Τέλος, κάθε αιθέριο έλαιο διακρίνεται από την χαρακτηριστική του οσμή και τις θεραπευτικές ιδιότητες που απορρέουν από τα συστατικά του. Συνεπώς, τα ΑΦΦ χρησιμοποιούνται ευρέως σε ποικίλες βιομηχανίες (Lange, 2001; Lange, 2002).

2.4 Χρήσεις Αρωματικών και Φαρμακευτικών Φυτών (ΑΦΦ) στη βιομηχανία τροφίμων

Η βιομηχανία τροφίμων αποτελεί μια από τις σημαντικότερες κατηγορίες βιομηχανιών όπου χρησιμοποιούνται ευρέως τα ΑΦΦ. Τα ΑΦΦ τοποθετούνται σε μικρές συσκευασίες ως αποξηραμένα βότανα σε μορφή ξηρής δρόγης. Επίσης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σαν ροφήματα έτοιμα προς κατανάλωση. Δρόγη είναι το μέρος του φυτού που διαθέτει φαρμακευτικές ιδιότητες. Οι αποξηραμένες δρόγες τοποθετούνται μέσα σε ζεστό νερό για την παρασκευή αφεψημάτων και συχνά γίνεται τυποποίηση σε μικρά φακελάκια για εύκολη χρήση. Στα ΑΦΦ που ευδοκιμούν στην Ελλάδα και χρησιμοποιούνται κυρίως για την παρασκευή αφεψημάτων, περιλαμβάνονται το τσάι του βουνού, το χαμομήλι, το φασκόμηλο και η μέντα. Επιπλέον, αυτά τα φυτά εντάσσονται σε διάφορες κατηγορίες τροφίμων, είτε σε μορφή ξηρής δρόγης είτε ως φρέσκα, για τον εμπλουτισμό της γεύσης των προϊόντων (Lange, 2001; Lange, 2002). Τα φυτά με αρωματικές και φαρμακευτικές ιδιότητες που χρησιμοποιούνται ευρέως για διακόσμηση και για θεραπευτικούς σκοπούς στην Ελλάδα περιλαμβάνουν τη ρίγανη, το δεντρολίβανο, το θυμάρι, τον βασιλικό, τη δάφνη, την μαντζουράνα, τον μαϊντανό, τον άνηθο και τον δυόσμο. Πέραν της προσθήκης γεύσης στα τρόφιμα, αυτά τα φυτά επιδρούν ευεργετικά στη διατήρηση των τροφίμων, χάρη στις αντιβακτηριακές και αντιμικροβιακές τους ιδιότητες (Preedy, 2016). Επιπλέον, αποτελούν εξαιρετική εναλλακτική για το χρωματισμό των τροφίμων, αποφεύγοντας έτσι τη χρήση συνθετικών χημικών. Επισημαίνεται εδώ, η

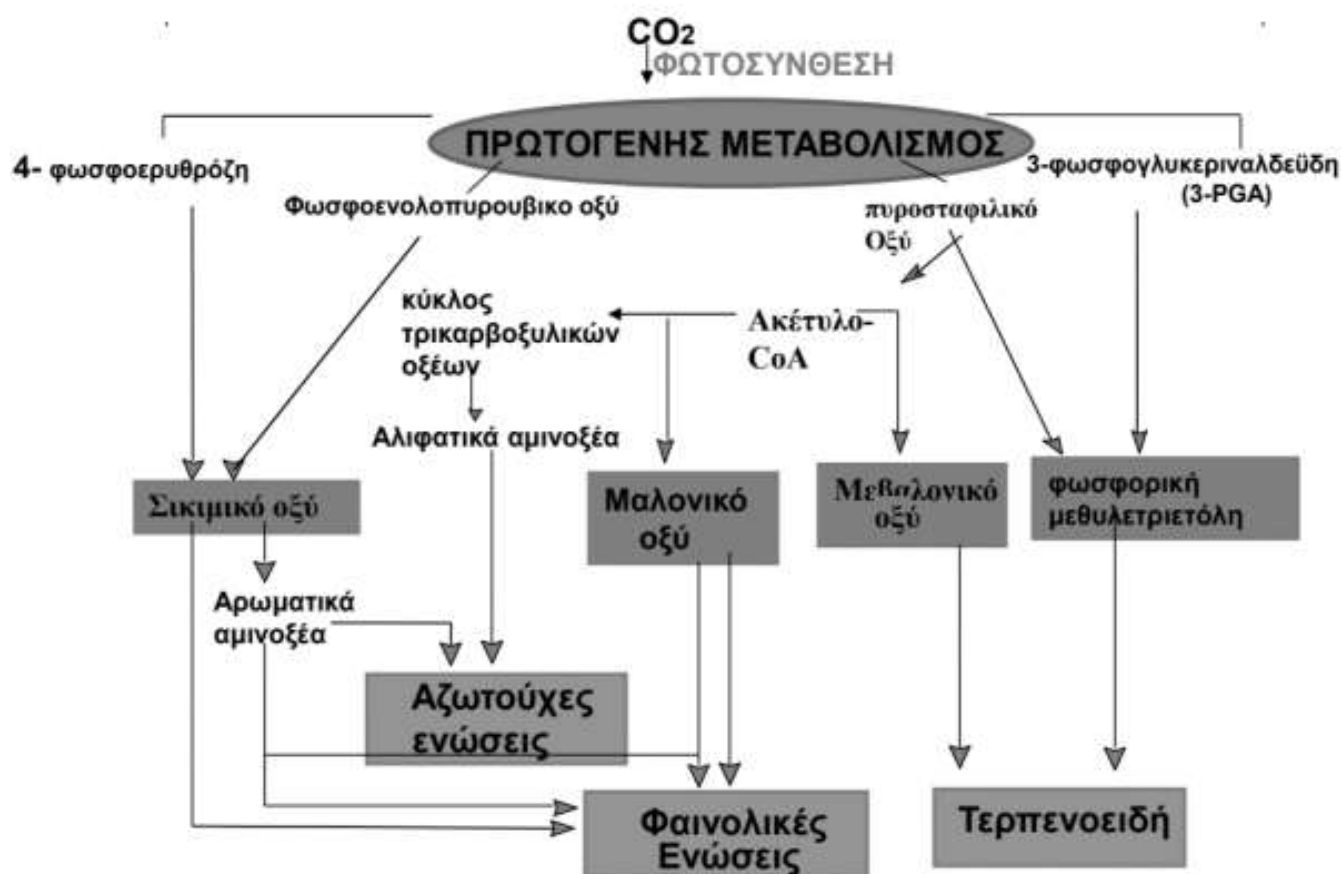
νεότερη τάση που εμφανίζεται στον χώρο της βιομηχανίας τροφίμων, η παραγωγή λειτουργικών τροφίμων, που συχνά εμφανίζεται να περιλαμβάνει τη χρήση ΑΦΦ για τους παραπάνω λόγους. Τα λειτουργικά τρόφιμα μπορούν να συμβάλλουν σημαντικά στη βελτίωση της ευεξίας και της υγείας των καταναλωτών, στην πρόληψη ασθενειών και γενικά στην αποτελεσματική λειτουργία του οργανισμού. Αυτά τα τρόφιμα περιλαμβάνουν διάφορες κατηγορίες βιοδραστικών ουσιών, όπως προβιοτικά, καροτενοειδή, πολυφαινόλες, γλυκοσίδια, κ.α., οι οποίες παρουσιάζονται σε υψηλή περιεκτικότητα στα ΑΦΦ (Κάλφας, 2018).

2.5 Φυτοχημικές ενώσεις στα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά

Ως φυτοχημικές ενώσεις, καθορίζονται οι φυτικής προέλευσης δευτερογενείς μεταβολίτες, δηλαδή, οι βιοδραστικές, μη θρεπτικές φυτικές ενώσεις που βρίσκονται σε φρούτα, δημητριακά και άλλα φυτικής προέλευσης τρόφιμα (Leitzmann et al., 2016). Οι ενώσεις αυτές, γνωστές και ως μη θρεπτικές ουσίες, δεν ανήκουν στην κατηγορία των βασικών θρεπτικών ενώσεων, όπως οι υδατάνθρακες, τα λίπη και οι πρωτεΐνες. Παρόλο που δεν είναι αναγκαίες για την επιβίωση του ανθρώπου, έχει επιβεβαιωθεί ότι έχουν ευεργετικές επιδράσεις στον οργανισμό. Ολοένα και περισσότερα επιστημονικά στοιχεία και μελέτες υποστηρίζουν το θετικό ρόλο των βιοδραστικών ενώσεων αυτών στην ανθρώπινη υγεία. Αξίζει να σημειωθεί ότι προστατεύουν τον οργανισμό από πολλαπλές ασθένειες, συμπεριλαμβανομένων των καρκίνων, της στεφανιαίας νόσου, του διαβήτη, της υπέρτασης, των φλεγμονών, κάποιων λοιμώξεων και άλλων χρόνιων παθήσεων. Μέχρι σήμερα, έχουν εντοπιστεί πάνω από 5500 βιοδραστικές ουσίες και ταυτόχρονα συνεχίζεται η προσπάθεια αναγνώρισης περισσότερων ουσιών, ακόμη και μη ταυτοποιημένων (Yang, 2022), οι οποίες αξίζει να σημειωθεί ότι συμμετέχουν σε ποικίλες βιοχημικές διεργασίες στους φυτικούς ιστούς, συμπεριλαμβανομένης της άμυνας εναντίων πιθανών απειλών όπως βακτήρια, μύκητες και ιοί (Aharoni et al, 2011). Τέτοιες χαρακτηριστικές ενώσεις αποτελούν τα φλαβονοειδή, τα οποία προστατεύουν τα φυτά από τις ελεύθερες ρίζες που προκύπτουν κατά τη φωτοσύνθεση. Επίσης τα τερπενοειδή τα οποία μπορούν να ελκύουν επικονιαστές ή να διασκορπίζουν σπόρους, ενώ πιθανολογείται ότι εμποδίζουν την ανάπτυξη ανταγωνιστικών φυτών. Επιπλέον τα αλκαλοειδή που συνήθως αποτρέπουν την πρόσβαση φυτοφάγων ζώων ή τις επιθέσεις εντόμων (φυτοαλεξίνες) (Bernhofs, 2010).

Τα χημικά συστατικά που προέρχονται από τα φυτά, ως δευτερογενείς μεταβολίτες, ταξινομούνται σε τρεις κύριες κατηγορίες βάσει των μονοπατιών της βιοσύνθεσής τους (Σχήμα 1):

1. Στις αζωτούχες ενώσεις, όπως τα αλκαλοειδή, οι κυανογόνοι γλυκοζίτες, οι θειογλυκοζίτες, οι πολυαμίνες και τα μη πρωτεϊνικά αμινοξέα.
2. Στις φαινολικές ενώσεις, περιλαμβάνοντας φαινόλες, ισοφλαβόνες και άλλες συναφείς ενώσεις.
3. Στα τερπένια, όπως τα καροτενοειδή, οι κυτοκινίνες, και οι σαπωνίνες (Jamwal et al., 2017).



Σχήμα 1: Αναπαράσταση των βιοσυνθετικών μονοπατιών στους δευτερογενείς μεταβολίτες (Karamanolis, 2014)

Τα αλκαλοειδή είναι φυσικά αποτελέσματα του δευτερογενούς φυτικού μεταβολισμού, χαρακτηριζόμενα από την παρουσία άζωτου (N) στη μοριακή τους δομή. Συχνά παρατηρούνται δομές αλκαλοειδών οι οποίες περιέχουν ετεροκυκλικό δακτύλιο. Τα αλκαλοειδή εμφανίζουν βασικό, "αλκαλικό" χαρακτήρα λόγω του

ασύζευκτου ζεύγους ηλεκτρονίων στο άζωτο και είναι υδατοδιαλυτά (Karamanoli, 2014).

Οι φαινολικές ενώσεις αποτελούν μια κατηγορία χημικών ενώσεων, των οποίων η δομή περιλαμβάνει έναν βενζολικό δακτύλιο με μία ή περισσότερες υδροξυλομάδες. Αυτές οι ενώσεις είναι κατά κανόνα γνωστές ως πολυφαινόλες. Εκτός από τη χημική τους δομή, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι οι πολυφαινόλες είναι υδατοδιαλυτές και συχνά παρουσιάζονται στον κυτταρικό χώρο των φυτικών κυττάρων σε μορφή γλυκοζιτών (Proestos, 2005). Στις φαινολικές ενώσεις απαντώνται: τα φαινολικά οξέα, τα φλαβονοειδή, τα στιλβένια, οι κουμαρίνες, οι λιγνάνες και οι τανίνες.

Τα φλαβονοειδή αποτελούν μια εξαιρετικά πλούσια, ποικίλη και καλά μελετημένη κατηγορία πολυφαινολών. Έχουν προσδιοριστεί περισσότερα από 4100 διαφορετικά φλαβονοειδή που εμφανίζονται σε διάφορα μέρη των φυτών. Τα φλαβονοειδή ανήκουν στην κατηγορία των υδροξυλιωμένων φαινολικών ενώσεων. Η βασική δομή τους περιλαμβάνει δύο δακτυλίους οι οποίοι είναι αρωματικοί και συνδέονται μεταξύ τους μέσω τριών γραμμικών ατόμων άνθρακα. Συνήθως, η κεντρική τους αλυσίδα δημιουργεί έναν δακτύλιο πυρανίου, ο οποίος είναι κλειστός, με έναν από τους δακτυλίους βενζολίου. Η λειτουργική ομάδα υδροξυλίου συνδέεται με μια μονάδα C₆-C₃. Παρά το γεγονός ότι τα περισσότερα φλαβονοειδή είναι γλυκόνες, με συνδεδεμένο σάκχαρο, υπάρχει επίσης ένας περιορισμένος αριθμός φλαβονοειδών που παρουσιάζονται ως αγλυκονοειδή (Saboon et al., 2019).

Επίσης η μεγαλύτερη κατηγορία από δευτερογενείς μεταβολίτες είναι τα τερπένια. Η χημική τους σύνθεση βασίζεται σε επαναλαμβανόμενες μονάδες ισοπρενίου (C₅H₈). Κατηγοριοποιούνται σε ημιτερπένια (hemiterpenes)-αποτελούνται από μια δομική μονάδα ισοπρενίου, σε μονοτερπένια,-περιέχουν δύο σεσκιτερπένια (sesquiterpenes)-που αποτελούνται από τρεις μονάδες ισοπρενίου, και σε διτερπένια,-περιέχουν τέσσερις δομικές μονάδες ισοπρενίου. Η ποικιλομορφία αυτή προσδίδει στα τερπένια εκτενή βιοχημική και βιολογική σημασία, καθώς συμβάλλουν σε ποικίλες βιολογικές διεργασίες και συνθέσεις που εμφανίζουν στο φυσικό περιβάλλον (Shagufta et al., 2018). Τα μεγαλύτερα μόρια τερπενικών ενώσεων περιλαμβάνουν τα πολυτερπένια και τα τριτερπένια. Τερπένια που περιέχουν οξυγόνο στο μόριό τους, καλούνται τερπενοειδή (Υφαντή, 2014). Στον τομέα των ΑΦΦ, αρκετά συστατικά των αιθέριων ελαίων αποτελούνται από τερπένια με μικρό μοριακό βάρους, όπως τα μονο-, σέски-

και δι-τερπένια. Στα τερπενοειδή οφείλονται τα χαρακτηριστικά αρώματα του ευκαλύπτου, η γεύση της κανέλας, το άρωμα του γαρύφαλλου και του τζίντζερ, το κίτρινο χρώμα του ηλιοτροπίου, καθώς και το κόκκινο χρώμα της ντομάτας. Παραδείγματα γνωστών τερπενοειδών περιλαμβάνουν την κιτράλη, την μινθόλη, την καμφορά, και τη σαλβινορίνη Α που είναι παρούσα στο φυτό *Salvia divinorum*, καθώς και τα κανναβινοειδή (της κάνναβης) και τα κουρκουμινοειδή (του κουρκουμά και της μουστάρδας) (Specter, 2009). Μια ομάδα ενώσεων που συχνά εμφανίζονται σε αρωματικά φυτά και ανήκουν στην τάξη των τερπενίων είναι τα καροτενοειδή.

Τα καροτενοειδή αντιπροσωπεύουν φυσικά μόρια λιποδιαλυτά με χρωστικές ιδιότητες και ανήκουν στην κατηγορία των ‘τετρατερπενίων’. Η δομή, χημικά, αποτελείται από 40 άτομα ‘C’ άνθρακα, που σχηματίζονται από τη σύνδεση ‘8’ ισοπρενικών μονάδων. Τα καροτενοειδή εντοπίζονται στους κυτταρικούς χλωροπλάστες και χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες, τις ξανθοφύλλες και τα καροτίνια. Τα καροτίνια είναι διαλυτοί υδρογονάνθρακες στον πετρελαϊκό αιθέρα και σχεδόν αδιάλυτοι στην αιθανόλη, ενώ οι ξανθοφύλλες είναι παράγωγα, οξυγονωμένα, των καροτενίων. Από τα καροτενοειδή, το β-καροτένιο παρουσιάζεται σε υψηλότερη συγκέντρωση στα τρόφιμα, ενώ εντοπίζονται επίσης σε μικρότερες ποσότητες η ανθεραξανθάνη, το λυκοπένιο, η ζεαξανθίνη, το α-καροτένιο και η λουτεΐνη. Πολλές από αυτές τις ενώσεις παράγονται από το πυροφωσφορικό γερανυλογερανύλιο και το φαινοφωσφορικό φαρνεσύλιο ως δευτερογενείς μεταβολίτες (Martins et al, 2017).

2.6 Αιθέρια έλαια στα Αρωματικά και Φαρμακευτικά Φυτά (ΑΦΦ)

Τα αιθέρια έλαια αποτελούν πολύπλοκα προϊόντα με ποικίλες συνιστώσες, προερχόμενα από διάφορα τμήματα φυτικών οργανισμών, όπως φλούδες, φλοιοί, φύλλα, λουλούδια, μπουμπούκια, σπόροι, και άλλα, μέσω φυσικών διαδικασιών απόσταξης ή συμπίεσης. Τα αιθέρια έλαια αντιπροσωπεύουν πολύπλοκα αρωματικά μείγματα που απαρτίζονται κυρίως από πτητικές οργανικές ενώσεις. Αυτές οι ενώσεις δημιουργούνται και εκπέμπονται από τα φυτά ως μέρος της διαδικασίας εξέλιξής τους, εξυπηρετώντας την προώθηση της ανάπτυξης και της επιβίωσής τους. Πέραν από τις πτητικές οργανικές ενώσεις, τα αιθέρια έλαια περιλαμβάνουν επίσης διάφορα παράγωγα από διασπάσεις, τα οποία δημιουργούνται κατά τη διάρκεια ενζυμικών, χημικών ή φυσικών διεργασιών (Dajic Stevanovic, et al, 2020). Το ενδιαφέρον για τη

εφαρμογή και την μελέτη των αιθέριων ελαίων σε πάρα πολλούς τομείς συνεχώς αυξάνεται. Συγκεκριμένα, στον τομέα της φαρμακευτικής βιομηχανίας, η εφαρμογή τους ως αντιβακτηριακοί, αντιφλεγμονώδεις, αντισπασμωδικοί και αντιμυκητιακοί παράγοντες καθιστά τα αιθέρια έλαια ιδιαίτερος σημαντικά. Στο πλαίσιο αυτό, επιδιώκεται η προσαρμογή και η παραγωγή πιο αποτελεσματικών προϊόντων στον τομέα των βιομηχανιών τροφίμων, φαρμάκων και καλλυντικών με βάση τα αιθέρια έλαια (Aziz ZAA et al, 2018).

2.7 Μέθοδοι παραλαβής βιοδραστικών ενώσεων και αιθέριων ελαίων

Η μέθοδος παραλαβής βιοδραστικών ενώσεων, αποτελεί μια τεχνική μέθοδο που χρησιμοποιείται για τον διαχωρισμό ενός συστατικού από ένα μείγμα συστατικών. Η αποτελεσματικότητα της διαδικασίας εξαγωγής και η ποιότητα του εκχυλίσματος που παράγεται από τα αρωματικά φυτά εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Καίριοι παράγοντες περιλαμβάνουν την ποιότητα της αρχικής φυτικής ύλης, τη διαδικασία εξαγωγής με τον κατάλληλο εξοπλισμό, την χρήση κατάλληλων διαλυτών καθώς και τις συνθήκες εξαγωγής. Η συμμόρφωση προς τις βέλτιστες πρακτικές παραγωγής έχει μέγιστη σημασία, ιδίως όταν τα εκχυλίσματα πρέπει να παραχθούν σε βιομηχανική κλίμακα και προορίζονται για βιομηχανική χρήση (Manousi et al., 2019).

2.8 Συμβατικές μέθοδοι εκχύλισης

2.8.1 Διαβροχή

Κατά την διαδικασία της διαβροχής, το πλήρες ή τεμαχισμένο φυτικό υλικό τοποθετείται σε ένα δοχείο που σφραγίζει ερμητικά, συνοδευόμενο από το διαλύτη. Αυτό το μείγμα παραμένει υπό συγκεκριμένες συνθήκες περιβάλλοντος, όπως η θερμοκρασία, για τουλάχιστον τρεις ημέρες. Κατά τη διάρκεια αυτού του χρονικού διαστήματος, πραγματοποιείται τακτική ανάδευση του περιεχομένου με σκοπό την πλήρη διάλυση της διαλυτής ουσίας. Έπειτα, το μείγμα υποβάλλεται σε στράγγισμα, και η υγρή μάζα της δρόγης που παραμένει υποβάλλεται σε συμπίεση. Το υγρό που προκύπτει από το στράγγισμα και το υγρό που προκύπτει από τη συμπίεση

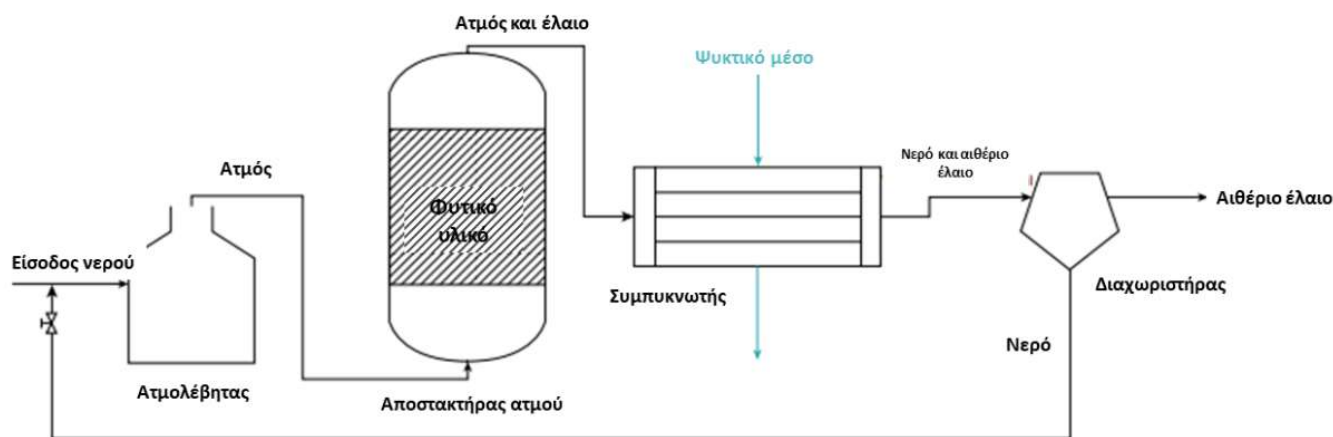
συνδυάζονται, ενώ το τελικό εκχύλισμα υποβάλλεται σε διαύγαση, είτε με διήθηση είτε με απόχυση, μετά από παραμονή σε ακινησία (Majekodunmi, 2015).

2.8.2 Υδρο-ατμοαπόσταξη

Η διαδικασία της υδρο-ατμοαπόσταξης αποτελεί μια παραδοσιακή μέθοδο για την εξαγωγή βιοδραστικών συστατικών, κυρίως αιθέριων ελαίων, από φυτικά υλικά. Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας, δεν χρησιμοποιούνται οργανικοί διαλύτες, και αυτή η τεχνική μπορεί να εφαρμοστεί προτού προχωρήσουμε στο στάδιο της ξήρανσης των φυτικών υλικών. Υπάρχουν τρεις κύριοι τύποι υδρο-ατμοαπόσταξης:

- 1) Απόσταξη με την χρήση νερού
- 2) Απόσταξη με την χρήση νερού και ατμού
- 3) Απευθείας απόσταξη με την χρήση ατμού (Εικόνα 1)

Στη διαδικασία της υδρο-ατμοαπόσταξης, το φυτό, αρχικά τοποθετείται σε μια ακίνητη θέση εντός του αποστακτήρα, και έπειτα προστίθεται απαιτούμενη ποσότητα νερού, η οποία, με την παροχή θερμότητας, φτάνει σε σημείο βρασμού. Εναλλακτικά, ατμός εισάγεται άμεσα στο δείγμα του φυτού. Το ζεστό νερό και ο ατμός λειτουργούν ως κύριοι παράγοντες για την αποδέσμευση των βιοδραστικών συστατικών από τα φυτικά κύτταρα. Στη συνέχεια, το μείγμα υδρατμών και αιθέριου ελαίου ψύχεται με τη χρήση κρύου ρεύματος νερού και συμπυκνώνεται. Το συμπυκνωμένο δείγμα κινείται από το συμπυκνωτή σε ένα διαχωριστή, όπου αυτόματα διαχωρίζονται το αιθέριο έλαιο και τα βιοδραστικά συστατικά από το νερό. Η υδρο-ατμοαπόσταξη συμπεριλαμβάνει δύο φυσικοχημικές διαδικασίες, τη διάχυση του νερού και την υδρόλυση. Σε πολύ υψηλή θερμοκρασία εκχύλισης, υπάρχει η πιθανότητα απώλειας κάποιων από τα πτητικά συστατικά. Αυτή η αδυναμία περιορίζει την χρησιμοποίηση της υδρο-ατμοαπόσταξης για την εξαγωγή θερμοευαίσθητων συστατικών.



Εικόνα 1: Πρότυπη μονάδα βιομηχανικής απόσταξης ατμού για την εξαγωγή αιθέριων ελαίων

2.8.3 Έκχυση

Τα φρέσκα εκχύματα, όπως χαμομήλι, τσάι ή φασκόμηλο, παρασκευάζονται μέσω εκχύλισης του ακατέργαστου φυτικού υλικού με νερό, είτε κρύο είτε ζεστό, για μικρό χρονικό διάστημα. Τα διαλύματα που προκύπτουν αποτελούν αραιά εκχυλίσματα των ευδιάλυτων συστατικών του ακατέργαστου φυτικού υλικού (Majekodunmi, 2015).

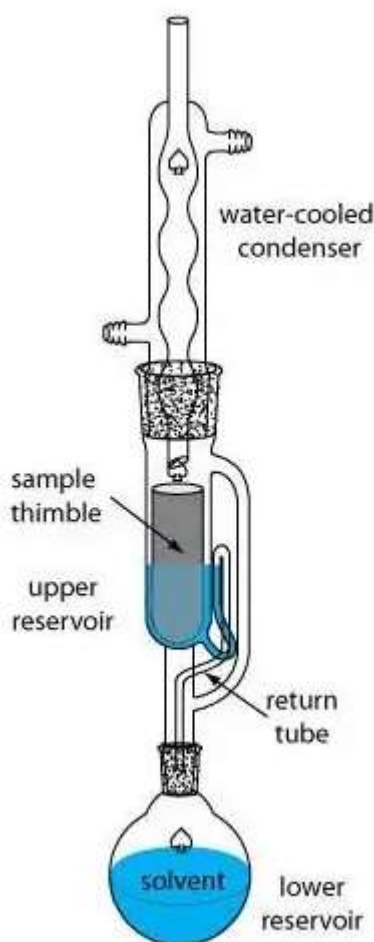
2.8.4 Αφέψημα

Κατά την παρασκευή του αφεψήματος, το φυτικό υλικό εμβαπτίζεται σε μια καθορισμένη ποσότητα νερού και υποβάλλεται σε βρασμό για προκαθορισμένο χρονικό διάστημα. Ακολουθεί διαδικασία ψύξης, αποστράγγισης ή φιλτραρίσματος. Το εν λόγω πρότυπο εργασίας αποτελεί κατάλληλη διαδικασία για την εξαγωγή συστατικών που διατηρούν τη σταθερότητά τους κατά την έκθεση σε υψηλές θερμοκρασίες (Majekodunmi, 2015).

2.8.5 Εκχύλιση Soxhlet

Η μέθοδος εκχύλισης Soxhlet είναι μια ευρέως χρησιμοποιούμενη και καθολική τεχνική, η οποία αναπτύχθηκε από τον Franz Ritter von Soxhlet το 1879 με αρχικό στόχο την απομάκρυνση λιπιδίων. Σήμερα, αποτελεί από τις πλέον καταξιωμένες μεθόδους εκχύλισης, κατάλληλη για την ανάκτηση βιοδραστικών ενώσεων από

διάφορες φυσικές πηγές (Manousi et al., 2019). Σε ένα σύστημα Soxhlet, (Εικόνα 2), το δείγμα του φυτικού υλικού τοποθετείται εντός μιας δακτυλήθρας, κατασκευασμένης από πορώδες υλικό, όπως διηθητικό χαρτί ή κυτταρίνη. Η δακτυλήθρα αυτή τοποθετείται εντός ενός θαλάμου που γεμίζεται με τους διαλύτες εκχύλισης. Η κάτω φιάλη περιέχει τους διαλύτες εκχύλισης, οι οποίοι υποστηρίζονται σε επαγωγική θέρμανση και εξάτμιση. Κατά τη διαδικασία αυτή, οι εξατμιζόμενοι διαλύτες ανεβαίνουν προς τον ψυκτήρα, όπου συμπυκνώνονται και ρέουν πίσω στον θάλαμο που περιέχει το δείγμα το οποίο είναι τυλιγμένο στη δακτυλήθρα. Όταν το συμπυκνωμένο διάλυμα φτάσει στο επίπεδο υπερχειλίσσης, το υγρό αναρροφάται από ένα σιφώνι. Έπειτα, το διάλυμα των διαλυτών, μαζί με τις εκχυλισμένες ουσίες, επιστρέφει στη φιάλη απόσταξης. Οι διαλυμένες ουσίες και οι διαλύτες παραμένουν στη φιάλη, και η διαδικασία επαναλαμβάνεται ξανά και ξανά για ώρες, μέχρι να επιτευχθεί η πλήρης εκχύλιση των επιθυμητών ενώσεων (Majekodunmi, 2015).



Εικόνα 2: Συσκευή απόσταξης (Soxhlet)

2.9 Μη συμβατικές μέθοδοι εκχύλισης

2.9.1 Εκχύλιση με υπερήχους

Οι υπέρηχοι αποτελούνται από ηχητικά κύματα ειδικού τύπου, τα οποία όταν διαπερνούν ένα υγρό με στερεά υλικά ή χωρίς, είναι ικανά να προκαλέσουν συμπίεση και διαστολή. Στο πεδίο της χημείας, χρησιμοποιείται μόνο ένα περιορισμένο εύρος του φάσματος των υπερήχων, γνωστό ως ισχύς υπερήχων, με συχνότητες από 20kHz έως 100MHz. Κατά την χρήση κυμάτων υπερήχων, παρατηρείται το φαινόμενο της σπηλαίωσης, το οποίο περιλαμβάνει την δημιουργία, ανάπτυξη και κατάρρευση φυσαλίδων (Azmir et al., 2013). Ο μηχανικός αντίκτυπος αυτής της διαδικασίας οδηγεί στην επιτάχυνση της απελευθέρωσης οργανικών ενώσεων που περιέχονται στα κύτταρα των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών καθώς και στην επιτάχυνση της μεταφοράς μάζας. Ως αποτέλεσμα, διευκολύνεται η εκχύλιση του περιεχομένου των κυττάρων από τον επιλεγμένο διαλύτη. Γενικώς, η εκχύλιση με την χρήση υπερήχων αποτελεί μια αποδοτική, ταχεία, επιλεκτική και οικονομικά αποδοτική μέθοδο, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ενώσεις που είναι θερμοευαίσθητες, αφού δεν απαιτεί υψηλές θερμοκρασίες.

2.9.2 Εκχύλιση κατ' αντιρροή

Στη μέθοδο εκχύλισης κατ' αντιρροή, η υγρή φυτική ύλη υποβάλλεται σε αρχικό στάδιο κονιοποίησης με τη χρήση οδοντωτών δίσκων αποσάθρωσης, προκειμένου να δημιουργηθεί ένας λεπτός πολτός. Στον τύπο αυτό της εκχύλισης, το φυτικό δείγμα μετακινείται μόνο προς μια κατεύθυνση μέσα σε έναν εκχυλιστή με κυλινδρικό σχήμα, όπου έρχεται σε άμεση επαφή με το διάλυμα εκχύλισης. Καθώς η πρώτη ύλη κινείται περισσότερο εντός του διαλύτη, το εκχύλισμα γίνεται πιο συμπυκνωμένο. Η αποδοτικότητα της εκχύλισης αυξάνεται όσο βελτιστοποιούνται και οι παράμετροι που αφορούν, την ποσότητα του διαλύτη, το φυτικό δείγμα και την ρύθμιση της ταχύτητας ροής. Αυτή η διαδικασία έχει αρκετά πλεονεκτήματα, όπως υψηλή απόδοση, σύντομο χρόνο εκχύλισης και έλλειψη κινδύνων απώλειας βιοδραστικών ενώσεων λόγω υψηλής θερμοκρασίας, καθώς συνήθως πραγματοποιείται σε θερμοκρασία δωματίου.

Επιπλέον, σε σύγκριση με άλλες τεχνικές εκχύλισης, απαιτείται σημαντικά μικρότερος όγκος διαλύτη για μια δεδομένη ποσότητα αρωματικού φυτικού υλικού (Handa et al., 2008).

2.9.3 Εκχύλιση με ζύμωση

Η μέθοδος της υδατικής αλκοολικής εκχύλισης με ζύμωση αντιπροσωπεύει μια τεχνική εκχύλισης, η οποία βασίζεται στον υποκείμενο μηχανισμό ότι ορισμένα φαρμακευτικά φυτά επιτρέπουν την εφαρμογή των βασικών αρχών της ζύμωσης για την απόσπαση των βιοδραστικών ενώσεων τους. Κατά τη διαδικασία αυτή, το άκαμπτο φυτό διαποτίζεται, είτε σε μορφή σκόνης είτε ως αφέψημα, για έναν ορισμένο χρονικό διάστημα. Κατά τη διάρκεια του χρονικού διαστήματος αυτού, το φυτό παράγει αλκοόλ *in situ*, το οποίο είναι ικανό να οδηγήσει στην εκχύλιση φυτοχημικών συστατικών. Συγχρόνως, η παραγόμενη αλκοόλη λειτουργεί ως συντηρητικό, προστατεύοντας το εκχύλισμα από την ανάπτυξη βακτηρίων (Handa et al., 2008).

2.9.4 Εκχύλιση με υπερκρίσιμο ρευστό

Η διαδικασία εκχύλισης με υπερκρίσιμο ρευστό αποτελεί μια αποδοτική μέθοδος εκχύλισης που διακρίνεται για την ταχύτητα και την αποτελεσματικότητά της. Στα πλαίσια αυτής της τεχνικής, οι στάδια καθαρισμού έχουν εξαλειφθεί, ενώ οι οργανικοί διαλύτες που χρησιμοποιούνται δεν προκαλούν βλαβερές επιπτώσεις. Επιπλέον, οι συνθήκες θερμοκρασίας είναι ήπιες. Στο υπερκρίσιμο ρευστό, αναφέρονται οι ουσίες που βρίσκονται υπό συνθήκες υψηλής πίεσης και θερμοκρασίας, οι οποίες υπερβαίνουν το κρίσιμο σημείο τους. Κατά την ύπαρξη αυτών των συνθηκών, τόσο η υγρή όσο και η αέρια φάση δεν υφίστανται, με το υπερκρίσιμο ρευστό να εκδηλώνει χαρακτηριστικά και των δύο φάσεων (υγρής και αέριας). Το υπερκρίσιμο ρευστό εμφανίζει συμπεριφορά με πυκνότητα παρόμοια με τα υγρά, ενώ είναι χαμηλού ιξώδους όπως τα αέρια (Cunico & Turner, 2017).

2.9.5 Εκχύλιση με τη βοήθεια μικροκυμάτων

Η διαδικασία εκχύλισης με χρήση μικροκυμάτων αποτελεί μια καινοτόμο μέθοδο εκχύλισης, γνωστή για την υψηλή της απόδοση, τη σύντομη διάρκεια, τη χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και τη χρήση μικρών ποσοτήτων διαλύτη. Η ταχεία θέρμανση που προκαλείται από τα μικροκύματα επιτρέπει την επίτευξη υψηλού ρυθμού εκχύλισης σε σύγκριση με άλλες μεθόδους όπως η Soxhlet ή η εκχύλιση με υπερκρίσιμα ρευστά. Ενδέχεται να ενσωματωθεί αποτελεσματικά με συστήματα φασματοσκοπίας ή και χρωματογραφίας για την αξιολόγηση των βιοδραστικών χημικών ενώσεων (Mirzadeh et al., 2020). Η επίδραση των μικροκυμάτων στοχεύει στα ελάχιστα υπολείμματα υγρασίας που παραμένουν στα κύτταρα του ξηρού φυτικού υλικού. Με τη θέρμανση η υγρασία εξατμίζεται και αυξάνει την εσωτερική πίεση που ασκείται στο τοίχωμα του κυττάρου. Το κυτταρικό τοίχωμα, υπό την επίδραση αυτής της πίεσης, υφίσταται διάρρηξη, με αποτέλεσμα τα ενεργά συστατικά να απελευθερώνονται στο διαλύτη μέσω της διάρρηξης των κυττάρων (Ingle et al., 2017).

2.9.6 Εκχύλιση με παλμικά ηλεκτρικά πεδία

Η τεχνολογία ηλεκτρικού παλμικού πεδίου αντιπροσωπεύει μια μη θερμική προσέγγιση, ευρέως χρησιμοποιούμενη για τη διατήρηση τροφίμων με πολύ υψηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα, όπως υγρά ή ημι-υγρά τρόφιμα. Η διαδικασία παλμικού ηλεκτρικού πεδίου χρησιμοποιεί ένα ηλεκτρικό πεδίο για τη δημιουργία μη αναστρέψιμων πόρων στην κυτταρική μεμβράνη, αυξάνοντας τη διαπερατότητά της. Η χρήση παλμικού ηλεκτρικού πεδίου για την αύξηση του ποσοστού εκχύλισης στη βιομηχανία τροφίμων και θεραπευτικών συστατικών είναι ακόμα σε αρχικά στάδια (Martinez et al., 2020). Η μέθοδος αυτή περιλαμβάνει την εφαρμογή παλμών συνεχούς ρεύματος υψηλής τάσης (kV) σε σύντομα χρονικά διαστήματα (από μικροδευτερόλεπτα έως χιλιοστά του δευτερολέπτου) σε ένα προϊόν που τοποθετείται ανάμεσα σε δύο ηλεκτρόδια. Η τάση αυτή δημιουργεί ένα ηλεκτρικό πεδίο, η ένταση του οποίου εξαρτάται από την απόσταση των ηλεκτροδίων και την παρεχόμενη τάση. Όταν το πεδίο είναι αρκετά ισχυρό, προκαλείται ηλεκτροδιάτρηση, που αυξάνει τη διαπερατότητα της κυτταροπλασματικής μεμβράνης για την είσοδο ιόντων και μακρομορίων (Martinez et al., 2020).

2.10 Σύγκριση τεχνικών εκχύλισης

Η επιλογή μιας μεθόδου εκχύλισης αποτελεί μια απόφαση που επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες, συμπεριλαμβανομένων του σκοπού της εκχύλισης, της επιθυμητής ουσίας που θέλει να απομονώσει ο αναλυτής, του φυτικού υλικού και της προετοιμασίας αυτού του υλικού, του μηχανολογικού εξοπλισμού που διατίθεται σε μια επιχείρηση, του κόστους αγοράς μηχανημάτων και αντιδραστηρίων, του χρόνου και της αποτελεσματικότητας της εκχύλισης, καθώς και της ικανότητας βελτιστοποίησης της διαδικασίας. Μια πρώτη σύγκριση είναι δυνατή μεταξύ των κοινών μεθόδων και των τεχνικών εκχύλισης που αναφέρθηκαν παραπάνω. Οι παραδοσιακές μέθοδοι χρησιμοποιούνται συχνά για την εκχύλιση βιοδραστικών ουσιών από φαρμακευτικά και αρωματικά φυτά. Ωστόσο, έχουν κάποιες σημαντικές αδυναμίες. Για παράδειγμα, απαιτούν χρονοβόρες διαδικασίες, με τον χρόνο εκχύλισης να είναι σημαντικά μεγαλύτερος σε σχέση με τις προηγμένες τεχνικές. Επιπλέον, χρησιμοποιούν διαλύτες υψηλού κόστους και υψηλής καθαρότητας. Σε πολλές περιπτώσεις, η ποσότητα αυτών των διαλυτών είναι αρκετά μεγάλη και μπορεί να χρειαστεί να αφαιρεθεί μέρος του επιπλέον υλικού. Επίσης, η διαδικασία εκχύλισης παρουσιάζει χαμηλή εκλεκτικότητα και υπάρχει κίνδυνος θερμικής αποσύνθεσης των ενώσεων που είναι ευαίσθητες στη θερμότητα, ειδικά όταν εφαρμόζονται υψηλές θερμοκρασίες (Manousi et al., 2019). Οι μη συμβατικές μέθοδοι αποτελούν μια πιο περιβαλλοντικά βιώσιμη προσέγγιση, καθώς απαιτούν λιγότερη ποσότητα διαλυτικών και άλλων χημικών ουσιών. Επιπλέον, ο χρόνος λειτουργίας τους είναι σημαντικά μικρότερος σε σύγκριση με τις συμβατικές μεθόδους, ενώ παράλληλα προσφέρουν υψηλότερες αποδόσεις εκχύλισης και βελτιωμένη ποιότητα στα τελικά φυτικά εκχυλίσματα (Manousi et al., 2019).

Στον Πίνακα 1, παρουσιάζονται σύντομα τα ευρήματα που αναφέρονται με διαφορετικές μεθόδους εκχύλισης, που έχουν εφαρμοστεί σε μελέτες με στόχο την ανάκτηση βιοδραστικών συστατικών από αρωματικά φυτά και τα παράγωγά τους.

Πίνακας 1: Παραδείγματα εκχυλίσεων των βιοδραστικών συστατικών με διαφορετικές τεχνικές εκχύλισης

Συστατικά	Υλικά	Μέθοδος εκχύλισης (διαλύτης , χρόνος)	Απόδοση	Αναφορά
Βιταμίνη Ε – τοκοφερόλες	Αλεύρι σπόρων <i>Amaranthus caudatus</i>	a. Με διαλύτη (μεθανόλη, 24h + UAE (εξάνιο, 30 min) b.UAE (μεθανόλη, 60 min) c. SFE (CO ₂ , 15 min)	a.76,32 mg/kg b.63,7 mg/kg c. 100,33 (200 atm) και 129,27 (400 atm)	Bruni et al., 2002
Σαπωνίνες	Ginseng	a. Με διαλύτη (80% υδατικό διάλυμα μεθανόλης, 12h) b.MAE (80% υδατικό διάλυμα μεθανόλης, 0,5 min)	a.5,24 g/100g b. 5,31 g/100g	Bruni et al., 2002
Καρβόνη και λιμονένιο	Σπόροι κύμινου	a. Soxhlet (εξάνιο, 5h) b.UAE (εξάνιο, 1h) c. MAE (εξάνιο, 1h)	a. 16,28 mg καρβόνη / g και 15,15 mg λιμονένιο / g b. 17,16 mg καρβόνη / g και 16,16 mg λιμονένιο / g (20-38oC) c. 14,45 mg καρβόνη / g και 14,27 mg λιμονένιο / g (69oC)	Chemat et al. 2004
Έλαιο	Ροδαλά ισχία τριανταφυλλιάς	-Soxhlet (εξάνιο,3h) -SFE (CO ₂ , 80 min) -Υποκρίσιμη εκχύλιση (CO ₂ :C ₃ H ₈ 35 min) -UAE (εξάνιο, 60min) -MAE (εξάνιο, 30 min)	4,85 g/100g 5,72 g/100g 6,68 g/100g 3,25 g/100g 5,26 g/100g	Szentmihalyi et al., 2002

SFE: εκχύλιση με υπερκρίσιμα ρευστά

UAE: εκχύλιση με την χρήση υπερήχων

MAE: εκχύλιση με την χρήση μικροκυμάτων

Συμπερασματικά, παρατηρείται ότι οι παραδοσιακές διαδικασίες εκχύλισης χαρακτηρίζονται από υψηλή χρονική απαίτηση, ανάγκη χρήσης μεγάλων ποσοτήτων διαλυτών που επιβαρύνουν το περιβάλλον, και υψηλό λειτουργικό κόστος. Τα τελευταία χρόνια, έχουν εμφανιστεί καινοτόμες τεχνικές εκχύλισης, οι οποίες υιοθετούνται με στόχο την κάλυψη των αναγκών των βιομηχανιών και τις απαιτήσεις των καταναλωτών. Αυτές οι τεχνικές προορίζονται για την απόσπαση και απομόνωση βιοδραστικών ουσιών από αρωματικά φυτά, παρέχοντας φιλική προς το περιβάλλον, οικονομική και αποδοτική διαδικασία. Οι μη συμβατικές αυτές τεχνικές αποκτούν σταθερά ευρύτερη εφαρμογή στη βιομηχανία τροφίμων. Η επιλογή της μεθόδου εκχύλισης καθορίζεται κάθε φορά από παράγοντες όπως το οικονομικό κόστος, ο διαθέσιμος εξοπλισμός, η φύση του φυτικού υλικού, οι χρησιμοποιούμενοι διαλύτες και οι επιθυμητές βιοδραστικές ουσίες.

2.11 Μέθοδοι παραλαβής αιθέριων ελαίων

Τα αιθέρια έλαια αντλούνται από διάφορα τμήματα των φυτών, συμπεριλαμβανομένων: των φύλλων, των σπόρων, των μπουμπουκιών, του στελέχους και των ανθέων. Η απομόνωση των αιθερίων ελαίων πραγματοποιείται από τα επιδερμικά κύτταρα, τις κοιλότητες, τα εκκριτικά κύτταρα και τους διαύλους των φυτών, από μέρη που έχουν αποξηραθεί, είτε είναι φρέσκα είτε μερικώς αφυδατωμένα. Οι τρεις πλέον κατάλληλες και αποτελεσματικές πρακτικές που χρησιμοποιούνται για την απόκτηση αιθέριου ελαίου από αρωματικά φυτά είναι η μηχανική συμπίεση, η διαδικασία της απόσταξης, και η μέθοδος της εκχύλισης.

Η ψυχρή συμπίεση αποτελεί την παλαιότερη πρακτική εξαγωγής, χρησιμοποιείται για την εξαγωγή αιθερίων ελαίων από εσπεριδοειδή και ξηρούς καρπούς. Πρόκειται για μια διαδικασία που αναφέρεται σε κάθε φυσική διαδικασία κατά την οποία το αιθέριο έλαιο αποσπάται από τον ιστό μέσω πίεσης, εκρήξεων του καρπού ή αποκόλλησης της φλούδας. Αυτή η διαδικασία οδηγεί στον σχηματισμό ενός υδατώδους γαλακτώματος, το οποίο στη συνέχεια υποβάλλεται σε φυγοκέντρωση προκειμένου να διαχωριστεί το αιθέριο έλαιο (Stratakos, 2016).

Η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη μέθοδος εξαγωγής φυτικών ενώσεων προβλέπει τη χρήση της διαδικασίας απόσταξης ατμού, ενδεχομένως με την παράλληλη εφαρμογή

απόσταξης με νερό και ατμό, ή και της απόσταξης νερού. Το χρονικό πλαίσιο εκτέλεσης αυτής της διαδικασίας κυμαίνεται συνήθως από 1 έως 10 ώρες. Σημαντικό να σημειωθεί ότι η προαναφερθείσα τεχνική εκχύλισης αποτελεί προτιμώμενη διαδικασία για την απομόνωση φυτικών υλικών όπως το ξύλο ή το άνθος. Ειδικότερα, εφαρμόζεται επίσης σε περιπτώσεις όπου προκύπτει υδρόφοβο φυσικό φυτικό υλικό με υψηλό σημείο βρασμού. Λόγω του ότι τα έλαια περιβάλλονται από νερό κατά την διαδικασία αυτή, επιτρέπεται η ασφαλής εξαγωγή των αιθέριων ελαίων, χωρίς τον κίνδυνο υπερθέρμανσης. Το κυρίαρχο πλεονέκτημα αυτής της τεχνικής είναι η ικανότητά της να απομονώνει φυτικά υλικά υπό τους 100°C (Dajic Stevanovic, et al, 2020).

Η χρήση της διαλυτικής εκχύλισης αναδεικνύεται ως αποτελεσματική μέθοδος για την εξαγωγή αιθέριων ελαίων, τα οποία είναι θερμικά ασταθή όπως από άνθος γιασεμιού. Κατά την εκτέλεση αυτής της διαδικασίας, το φυτικό υλικό εισάγεται σε ένα λουτρό διαλύτη. Οι διαλύτες που συνηθίζουν να χρησιμοποιούνται για την εκχύλιση περιλαμβάνουν: εξάνιο, αιθανόλη, πετρελαϊκό αιθέρα και μεθανόλη (Stratakos, 2016). Το αποτέλεσμα της εκχύλισης, αφού αφαιρεθεί ο πτητικός διαλύτης, περιέχει όχι μόνο το αιθέριο έλαιο, αλλά και άλλες ουσίες, όπως κερί και χρωστικές. Με ειδική επεξεργασία με αιθυλική αλκοόλη, απομακρύνονται οι υπόλοιπες ουσίες και αποκτάται το τελικό προϊόν, το καθαρό αιθέριο έλαιο. Η εκχύλιση με διαλύτη επιφέρει ως κύριο πλεονέκτημα τη χρήση χαμηλής θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της διαδικασίας, μειώνοντας τον κίνδυνο μετουσιώσεων που ενδέχεται να προκύψουν από υψηλές θερμοκρασίες, όπως συμβαίνει κατά την απόσταξη. Η εκχύλιση με διαλύτη αποτελεί οικονομική και σχετικά ταχεία μέθοδο, και λόγω του ότι οι ρυθμοί διάχυσης είναι ευαίσθητοι στη θερμοκρασία, είναι δυνατό να επιταχυνθεί η διαδικασία χρησιμοποιώντας πιο θερμούς διαλύτες (Stratakos, 2016).

2.12 Σημασία του αμυγδάλου – αμυγδαλοβούτυρο

Η αμυγδαλιά (*Prunus dulcis*) είναι δέντρο φυλλοβόλο και ανήκει στην κατηγορία των ακρόδρυων. Η καλλιέργεια της αμυγδαλιάς στην Ελλάδα χρονολογείται από τα αρχαία χρόνια και συνεχίζεται μέχρι σήμερα. Στις σύγχρονες εποχές, η καλλιέργεια της αμυγδαλιάς έχει εξελιχθεί, με τον κόσμο να πραγματοποιεί φυτεύσεις νέων αμυγδαλεώνων σε αγρούς που μπορούν να παρέχουν δυνατότητες άρδευσης. Η

άρδευση είναι σημαντική για την επίτευξη της μέγιστης παραγωγής, εφόσον οι καιρικές συνθήκες είναι ευνοϊκές (Βασιλακάκης 2004). Τα αμύγδαλα είναι σημαντική πηγή θρεπτικών συστατικών και η καλλιέργειά τους συμβάλλει στην τοπική και παγκόσμια οικονομία. Το αμυγδαλοβούτυρο είναι γνωστό για τις θρεπτικές του ιδιότητες και τα οφέλη του για την υγεία. Είναι πλούσια πηγή πρωτεΐνης, υδατανθράκων και λιπαρών ουσιών που προωθούν την ενέργεια και την υγεία του καρδιαγγειακού συστήματος. Επιπλέον, παρέχει φυσικά αντιοξειδωτικά, βιταμίνες και μέταλλα, όπως βιταμίνη Ε, μαγνήσιο και φώσφορο. Το αμυγδαλοβούτυρο μπορεί να συμβάλει στη βελτίωση της υγείας του δέρματος, της όρασης και της ανοσοποιητικής λειτουργίας. Επιπλέον, μπορεί να συμβάλει στη μείωση του κινδύνου καρδιαγγειακών παθήσεων και στη διαχείριση του βάρους, καθώς περιέχει υγιεινά λιπαρά (Griel et al. 2004).

2.13 Χρήσεις του αμυγδαλοβουτύρου

Το αμυγδαλοβούτυρο χρησιμοποιείται ευρέως στη διατροφή για την προσθήκη γεύσης, θρεπτικών οφελών και ωφελημάτων για την υγεία. Μερικοί τρόποι χρήσης είναι οι παρακάτω:

- a) Άλειμμα πάνω σε φέτα ψωμιού για πρωινό
- b) Προσθήκη σε smoothies
- c) Συστατικό σε γλυκά όπως μπάρες δημητριακών, μπισκότα ή γλυκά σνακ
- d) Συνοδευτικό σε φρουτοσαλάτα και σε παγωτό

2.14 Ποιότητα καρπού - διατροφική αξία

Τα αμύγδαλα, ως ξηροί καρποί, περιέχουν 18% πρωτεΐνη και βοηθούν στη διατήρηση και ανάπτυξη της μυϊκής μάζας, ενώ υποστηρίζουν και την υγεία των οστών. Είναι επίσης εξαιρετική πηγή Βιταμίνης-Ε και μονοακόρεστων λιπαρών. Σε ποσότητα 30 γραμμαρίων αμυγδάλων, υπάρχουν περίπου 165 θερμίδες και 9 γραμμάρια μονοακόρεστων λιπαρών, ενώ καλύπτουν το 35% των ημερήσιων αναγκών μας σε βιταμίνη Ε. Η περιεκτικότητά τους σε κορεσμένα λίπη είναι πολύ χαμηλή, και συμβάλλουν στη μείωση της «κακής» χοληστερόλης, χωρίς να επηρεάζουν την «καλή» χοληστερόλη HDL (Griel et al. 2004).

2.15 Οφέλη του αμυγδάλου στην υγεία

Η συστηματική κατανάλωση ξηρών καρπών έχει συνδεθεί με ευεργετικές επιδράσεις στην υγεία, ιδιαίτερα σε σχέση με καρδιομεταβολικά νοσήματα (Becerra – Tomas et al., 2019). Επιπλέον, πολλές επιδημιολογικές έρευνες και κλινικές δοκιμές έχουν δείξει θετικά αποτελέσματα από την κατανάλωση ξηρών καρπών σε ασθένειες όπως η παχυσαρκία, η υπέρταση, ο διαβήτης και το μεταβολικό σύνδρομο (Aune et al., 2016; Bechthold et al., 2017). Άτομα που εντάσσουν ξηρούς καρπούς στη διατροφή τους εμφανίζουν επίσης μικρότερη περιφέρεια μέσης και καλύτερα μεταβολικά προφίλ (Rajaram and Sabate, 2006). Η κατανάλωση αμυγδάλων έχει αυξηθεί σημαντικά τα τελευταία 20 χρόνια (Ryan, 2017) και σχετίζεται με διάφορα οφέλη για την υγεία, όπως η ρύθμιση των λιπιδίων και της γλυκόζης, ο έλεγχος του σωματικού βάρους και η προστασία από ασθένειες όπως ο διαβήτης, η παχυσαρκία και οι καρδιακές παθήσεις (Barreca et al., 2020).

Κεφάλαιο 3: Υλικά – Μέθοδοι

Στο πειραματικό μέρος της διατριβής, ακολουθήθηκαν τα εξής βήματα:

- Πιλοτικές δοκιμές ανάπτυξης νέου προϊόντος με εμπλουτισμό με ΑΦΦ
- Ανάπτυξη ερωτηματολογίου αξιολόγησης οργανοληπτικών χαρακτηριστικών
- Οργανοληπτικός έλεγχος στο ευρύ καταναλωτικό κοινό
- Επιλογή επικρατέστερων νέων προϊόντων
- Αξιολόγηση αντιοξειδωτικού προφίλ επιλεγμένων προϊόντων

3.1 Υλικά

Για τις ανάγκες των πιλοτικών δοκιμών ανάπτυξης νέου προϊόντος εμπλουτισμένο με ΑΦΦ χρησιμοποιήθηκαν:

- 2 κιλά αμύγδαλο με φλοιό
- 2 κιλά αμύγδαλο αποφλοιωμένο

- έλαια αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών τα οποία προέρχονται από την (Ελληνική Βιομηχανία Χυμών Κ. Δέδες ΑΣΠΙΣ ΑΕ και την Veltro – Ι. Ιωαννίδης & ΣΙΑ ΟΕ) και συγκεκριμένα:

- Φράουλα
- Γλυκό κεράσι
- Βερίκοκο
- Αχλάδι
- Χαμομήλι
- Τσάι του βουνού
- Φασκόμηλο
- Δεντρολίβανο
- Πορτοκάλι
- Μανταρίνι
- Γκρέιφρουτ
- Λεμόνι

Για τις ανάγκες των εργαστηριακών αναλύσεων χρησιμοποιήθηκαν:

- Διαλύτες: Αιθανόλη, απιονισμένο νερό (για εκχυλίσσεις και διαλύσεις), Υδατικό διάλυμα Na_2CO_3 (5% w/v)
- Αντιδραστήρια: Folin-Ciocalteu reagent

3.2 Εργαστηριακός εξοπλισμός

Για τις εργαστηριακές αναλύσεις χρησιμοποιήθηκε ο παρακάτω εξοπλισμός:

- Δοκιμαστικοί σωλήνες
- Σωλήνες FALCON
- Πλαστικά δοχεία
- Φασματοφωτόμετρο LLG-uniSPEC 2
- Αναδευτήρας Vortex (VM-96A)
- Φυγόκεντρος με αρθρωτή κεφαλή 8 θέσεων για FALCON 15mL - 50mL
- Ηλεκτρονικός ζυγός ακριβείας έως 10.100g με ανάγνωση 0,1g
- Ηλεκτρονικός ζυγός ακριβείας έως 120g με ανάγνωση 0,001g
- Πιπέτα Αυτόματη μεταβλητού όγκου (10-100μL)

Για την επεξεργασία των αμυγδάλων χρησιμοποιήθηκαν:

- Περιστροφικός φούρνος JY-HKL100 από ανοξείδωτο ατσάλι
- Κόλλοειδής μύλος JP-CM7 από ανοξείδωτο ατσάλι

3.3 Ανάπτυξη νέων προϊόντων

Η ανάπτυξη των νέων προϊόντων ξεκινάει από την παραγωγή αμυγδαλοβουτύρου που προέκυψε από την θερμική επεξεργασία των ωμών αμυγδάλων. Τα ωμά αμύγδαλα επεξεργάστηκαν θερμικά σε κυλινδρικό φούρνο, ο οποίος έχει παράλληλες αντιστάσεις στο κάτω μέρος, αριστερά και δεξιά του κυλίνδρου που περιστρέφεται. Με αυτόν τον τρόπο τα αμύγδαλα θερμάνθηκαν ομοιόμορφα. Η διαδικασία της θερμικής επεξεργασίας είχε διάρκεια περίπου 50 λεπτά στους 180-200 °C και σκοπός της ήταν να μειωθεί η υγρασία και να απομείνει το φυτικό έλαιο εντός του καρπού. Έπειτα, τα θερμικά επεξεργασμένα αμύγδαλα τοποθετήθηκαν σε μύλο, όπου τα αμύγδαλα συνθλίφτηκαν και με την βοήθεια του ελαίου του αμυγδάλου προέκυψε η ρευστή σύσταση του αμυγδαλοβουτύρου. Για την παραγωγή λευκού αμυγδαλοβουτύρου, τα ωμά αμύγδαλα εμβάπτιστηκαν σε ζεστό νερό ώστε να απομακρυνθεί ο καφέ φλοιός τους (Εικόνα 3) και έπειτα ξηράνθηκαν στον αέρα σε θερμοκρασία περιβάλλοντος (Εικόνα 4) και επαναλήφθηκε η αντίστοιχη διαδικασία που αναφέρθηκε παραπάνω για την παρασκευή του αμυγδαλοβουτύρου.



Εικόνα 3: Αμύγδαλα εμβάπτισμένα σε ζεστό νερό (Προσωπικό αρχείο)



Εικόνα 4: Λευκά αμύγδαλα μετά τη θερμική επεξεργασία (Προσωπικό αρχείο)



Εικόνα 5: Αμυγδαλοβούτυρο λευκού αμυγδάλου (Προσωπικό αρχείο)

Έπειτα, η ανάπτυξη νέων προϊόντων συνεχίστηκε με την προσθήκη των αιθέριων ελαίων στο αμυγδαλοβούτυρο (Εικόνα 5) για την ολοκλήρωση των πιλοτικών δοκιμών με προσθήκη όλων των διαθέσιμων ελαίων σε διάφορες συγκεντρώσεις.

Ακολούθησε οργανοληπτική δοκιμή των πιλοτικών δειγμάτων με προσθήκη των παραπάνω αιθέριων ελαίων (Εικόνα 6) σε διάφορες συγκεντρώσεις ώστε να γίνει η πρώτη επιλογή των πιο αποδεκτών οργανοληπτικά δειγμάτων. Τα πιλοτικά δείγματα εξετάστηκαν οργανοληπτικά από πέντε έμπειρους δοκιμαστές. Από τα 12 δείγματα αιθέριων ελαίων επιλέχθηκαν να χρησιμοποιηθούν τελικά 4 (Πορτοκάλι, Βερίκοκο, Μανταρίνι και Λεμόνι) για την ανάπτυξη των τελικών προϊόντων.



Εικόνα 6: Αιθέρια έλαια που χρησιμοποιήθηκαν (Προσωπικό αρχείο)

Με βάση τα παραπάνω προετοιμάστηκαν 8 δείγματα των 100 g προς οργανοληπτική αξιολόγηση από το ευρύ καταναλωτικό κοινό με διαφορετικές συγκεντρώσεις ελαίων.

3.4 Οργανοληπτικός Έλεγχος

Προκειμένου να βρεθεί το προϊόν με τη μεγαλύτερη αποδοχή, αναπτύχθηκε ένα ερωτηματολόγιο οργανοληπτικής ανάλυσης (Παράρτημα Α) με την μέθοδο της διαφοροποίησης τριγώνου. Το ερωτηματολόγιο αναπτύχθηκε και συμπληρώθηκε από τους δοκιμαστές ηλεκτρονικά κατά τη διάρκεια δοκιμής των 8 δειγμάτων (Εικόνα 7). Προκειμένου να διασφαλιστεί ότι οι απαντήσεις αντανακλούν με ακρίβεια τις απόψεις των συμμετεχόντων, οι συμμετέχοντες δεν γνώριζαν το είδος του αιθέριου ελαίου και την ποσότητα αυτού εντός των δειγμάτων, παρά μόνο μπορούσαν να διακρίνουν τον κωδικό του κάθε δείγματος.



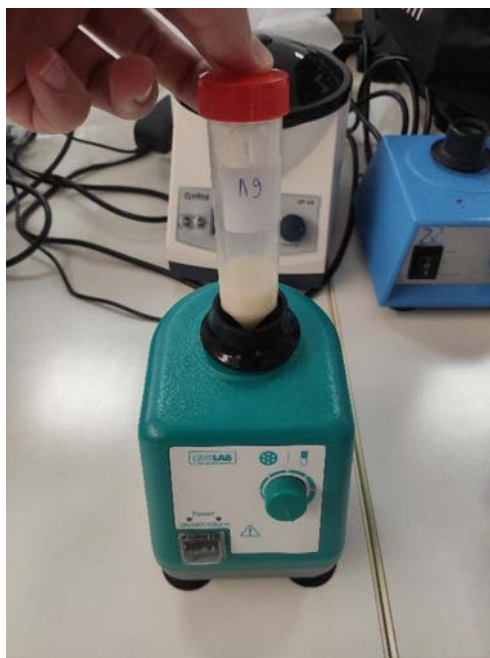
Εικόνα 7: Δείγματα από οργανοληπτική ανάλυση ερωτηματολογίου (Προσωπικό αρχείο)

3.5 Αντιοξειδωτική δράση

Με βάση την επεξεργασία των αποτελεσμάτων της οργανοληπτικής αξιολόγησης επιλέχθηκαν τα 6 καλύτερα δείγματα, τα οποία με τους μάρτυρες και το πρότυπο δείγμα υποβλήθηκαν σε αξιολόγηση της αντιοξειδωτικής τους δράσης. Η μέθοδος προσδιορισμού της αντιοξειδωτικής δράσης που επιλέχθηκε ήταν η Folin-Ciocalteu και εκτελέστηκε σύμφωνα με τα παρακάτω:

1. Από κάθε δείγμα με ηλεκτρονικό ζυγό ακριβείας (έως 10.100g με ανάγνωση 0,1g), ζυγίστηκε 1 g και τοποθετήθηκε σε σωλήνα falcon.
2. Πραγματοποιήθηκε αραιώση 1 g δείγματος σε 10 ml νερό.
3. Ακολούθησε ανάδευση με Vortex (VM-96A) για ομογενοποίηση των δειγμάτων (Εικόνα 8).
4. Τα δείγματα στη συνέχεια φυγοκεντρήθηκαν στις 1121 στροφές, για 10 λεπτά σε θερμοκρασία δωματίου σε φυγόκεντρο με αρθρωτή κεφαλή 8 θέσεων για FALCON 15mL - 50mL.
5. Έγινε παραλαβή του υδατικού εναιωρήματος το οποίο περιέχει τα φαινολικά (Εικόνα 9).
6. Μετά από 10 λεπτά ήταν διακριτό το ίζημα των δειγμάτων (Εικόνα 9).

7. Από το υδατικό εναιώρημα με την βοήθεια πιπέτας αυτόματου μεταβλητού όγκου μεταφέρθηκαν 0,2 mL από κάθε δείγμα σε δοκιμαστικούς σωλήνες (Εικόνα 10).
8. Προστέθηκαν 10,8 mL απεσταγμένο νερό και 8 mL διαλύματος Na_2CO_3
9. Τέλος με πιπέτα αυτόματου μεταβλητού όγκου προστέθηκε 1 mL folin-ciocalteu και τα δείγματα παρέμειναν στο σκοτάδι για 1 ώρα (Εικόνα 11).
10. Παρασκευάστηκε το πρότυπο διάλυμα με 0,2 mL Γαλλικού οξέος αντί του υδατικού εναιωρήματος των δειγμάτων και το τυφλό (μάρτυρας).
11. Τα δείγματα μπήκαν στο φασματοφωτόμετρο LLG-uniSPEC 2 στα 740 nm, πρώτα το τυφλό μόνο του για καλιμπράρισμα στην συνέχεια τα δείγματα μας μαζί με το πρότυπο (Εικόνα 12).

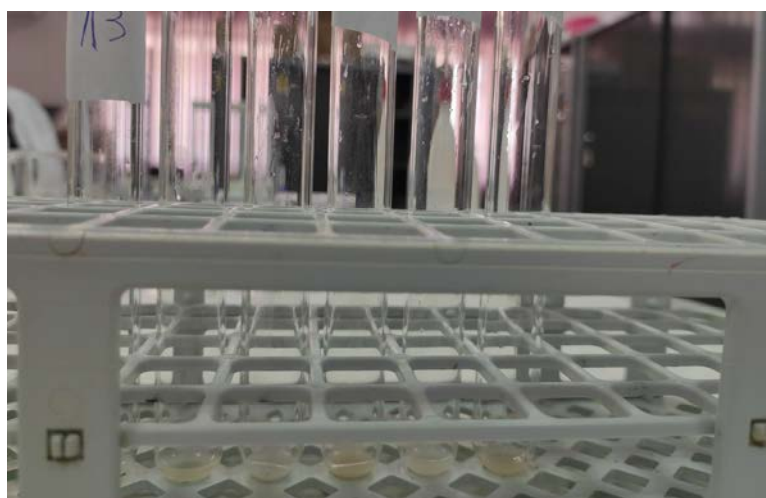


Εικόνα 8: Ανάδευση δείγματος με τον αναδευτήρα Vortex (VM-96A)

(Προσωπικό αρχείο)



Εικόνα 9: Φυγοκέντριση με αρθρωτή κεφαλή 4 θέσεων για FALCON 15mL - 50mL και ίζημα (Προσωπικό αρχείο)



Εικόνα 10: Δοκιμαστικοί σωλήνες (Προσωπικό αρχείο)



Εικόνα 11: Folin-ciocalteu (Προσωπικό αρχείο)



Εικόνα 12: Φασματοφωτόμετρο LLG-uniSPEC 2 (Προσωπικό αρχείο)

Για τον ποσοτικό προσδιορισμό των ολικών φαινολικών δημιουργήθηκε η πρότυπη καμπύλη απορρόφησης γαλλικού οξέος στα 740 nm. Η εκτίμηση της συγκέντρωσης φαινολών γίνεται με βάση τη πρότυπη καμπύλη γαλλικού οξέος, όπου μετράμε την

απορρόφηση διαλυμάτων γνωστών συγκεντρώσεων γαλλικού οξέος και το αποτέλεσμα εκφράζεται ως ισοδύναμα γαλλικού οξέος. Το εύρος της μεθόδου είναι 0-100 mg/L φαινολών.

Εφαρμογή της μεθόδου:

- 100μL δείγματος (στην περίπτωση του Blank νερό) προστίθενται (με τη σειρά που αναγράφονται)
- 100μL Folin-Ciocalteu Reagent
- 2 λεπτά αφήνουμε σε ηρεμία το δείγμα
- 800μL διαλύματος Na_2CO_3 (5% w/v)
- Γίνεται καλή ανάδευση και έπειτα το δείγμα παραμένει σε ηρεμία σε υδατόλουτρο για 20 λεπτά.
- Μέτρηση απορρόφησης του μπλε χρώματος στα 740nm.

Ο μηδενισμός γίνεται με blank δηλαδή διάλυμα που αντί για δείγμα περιέχει 100 mL νερό.

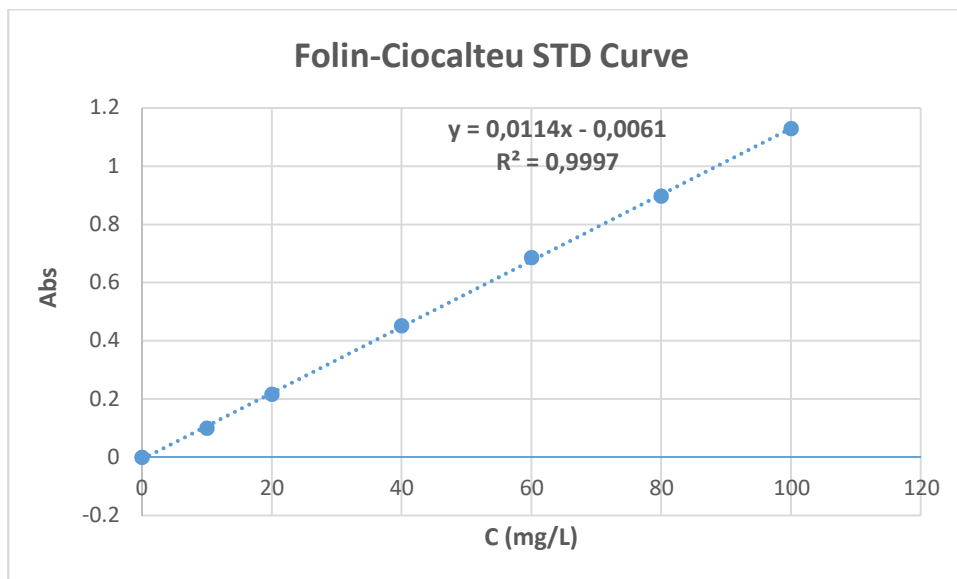
Πρότυπα δ/τα γαλλικού οξέος:

Οι συγκεντρώσεις C των πρότυπων διαλυμάτων (mg/L) και οι απορροφήσεις παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.

Πίνακας 2: Απορροφήσεις πρότυπων διαλυμάτων

C (mg/L)	Abs
0	0
10	0.0995
20	0.2165
40	0.452
60	0.6865
80	0.897
100	1.13

Με βάση τις απορροφήσεις προέκυψε η πρότυπη καμπύλη (Εικόνα 13), με την σχετική εξίσωση ($y=0,0114x-0,0061$) και $R^2=0.99$.



Εικόνα 13. Πρότυπη καμπύλη για προσδιορισμό φαινολικών ουσιών

3.6 Στατιστική επεξεργασία

Για την στατιστική επεξεργασία χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Excel Microsoft Office 2013 με το οποίο υπολογίστηκαν οι μέσοι όροι της απορροφήσεως δειγμάτων. Επίσης χρησιμοποιήθηκαν και ραβδογράμματα για την απεικόνιση των αποτελεσμάτων του ερωτηματολογίου.

Κεφάλαιο 4: Αποτελέσματα

4.1 Πιλοτικές δοκιμές νέου προϊόντος

Αρχικά, δοκιμάστηκαν όλοι οι πιθανοί συνδυασμοί λευκού αμυγδαλοβούτυρου και αμυγδαλοβούτυρου με φλοιό μαζί με τα αιθέρια έλαια που αναφέρθηκαν παραπάνω. Τα αιθέρια έλαια εκτιμήθηκαν ως περισσότερο αποδεκτά με το αμυγδαλοβούτυρο ήταν τα εσπεριδοειδή (Πορτοκάλι, Γκρέιφρουτ, Μανταρίνι, Λεμόνι), καθώς και το βερίκοκο. Στην συνέχεια παρασκευάστηκαν όπως απεικονίζονται στον (Πίνακα 3) διάφορα δείγματα αμυγδαλοβούτυρου ενισχυμένα με αιθέρια έλαια σε διαφορετικές αναλογίες με στόχο να βρεθούν οι βέλτιστες:

Πίνακας 3: Προπαρασκευαστικές δοκιμές

Κωδικός	Αμυγδαλοβούτυρο	Αιθέριο Έλαιο	Ποσότητα Ελαίου
Λ9'	ΛΕΥΚΟ	ΠΟΡΤΟΚΑΛΙ	25 μ L / 50 g
Φ9'	ΜΕ ΦΛΟΙΟ	ΠΟΡΤΟΚΑΛΙ	25 μ L / 50 g
Λ10'	ΛΕΥΚΟ	ΜΑΝΤΑΡΙΝΙ	15 μ L / 50 g
Φ10'	ΜΕ ΦΛΟΙΟ	ΜΑΝΤΑΡΙΝΙ	20 μ L / 50 g
Λ12'	ΛΕΥΚΟ	ΛΕΜΟΝΙ	15 μ L / 50 g
Φ12'	ΜΕ ΦΛΟΙΟ	ΛΕΜΟΝΙ	20 μ L / 50 g
Λ3'	ΛΕΥΚΟ	ΒΕΡΙΚΟΚΟ	15 μ L / 50 g
Φ3'	ΜΕ ΦΛΟΙΟ	ΒΕΡΙΚΟΚΟ	20 μ L / 50 g

Ύστερα από τα παραπάνω, προέκυψε το συμπέρασμα ότι η ποσότητα του αιθέριου ελαίου δεν είναι επαρκής ώστε να αλλάξει την αρχική γεύση του προϊόντος οπότε αυξήθηκε κατ' ελάχιστον στα 50 μ L / 50 g.

4.2 Οργανοληπτικός έλεγχος νέων προϊόντων

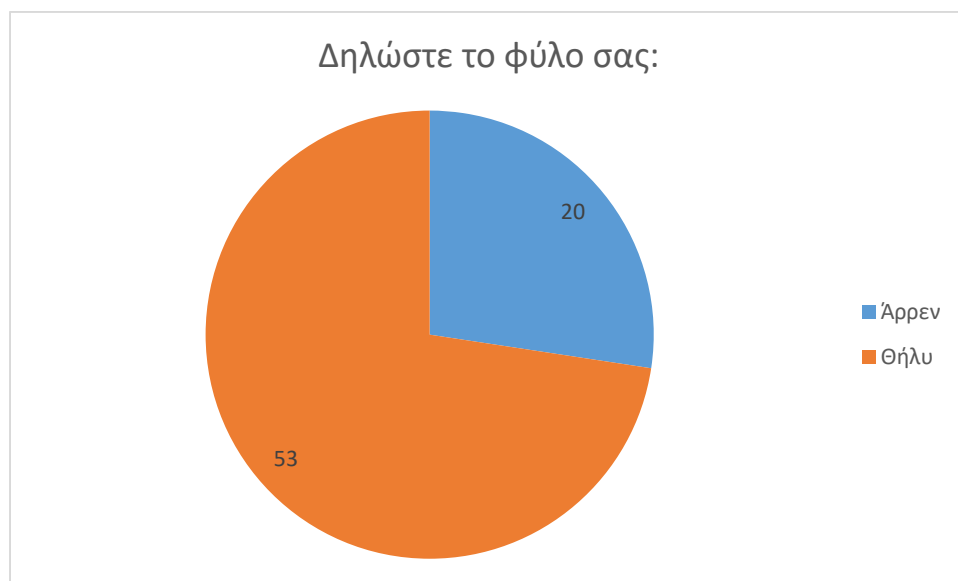
Για την αξιολόγηση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των πιλοτικών δοκιμών του νέου προϊόντος οργανώθηκε οργανοληπτικός έλεγχος με δοκιμαστές του, φοιτητές και το διδακτικό προσωπικό του Τμήματος Διατροφής και Διαιτολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Στην οργανοληπτική αξιολόγηση συμμετείχαν τα προϊόντα που παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.

Πίνακας 4: Δείγματα προς οργανοληπτική αξιολόγηση

Κωδικός	Αμυγδαλοβούτυρο	Αιθέριο Έλαιο	Ποσότητα Ελαίου
ΕΠΙΛΟΓΗ 1	ΦΛΟΙΟΣ	ΠΟΡΤΟΚΑΛΙ	100 μ L / 100g
ΕΠΙΛΟΓΗ 2	ΦΛΟΙΟΣ	ΠΟΡΤΟΚΑΛΙ	100 μ L / 100g
ΕΠΙΛΟΓΗ 3	ΦΛΟΙΟΣ	ΠΟΡΤΟΚΑΛΙ	200 μ L / 100g
ΕΠΙΛΟΓΗ 4	ΛΕΥΚΟ	ΠΟΡΤΟΚΑΛΙ	100 μ L / 100g
ΕΠΙΛΟΓΗ 5	ΛΕΥΚΟ	ΠΟΡΤΟΚΑΛΙ	100 μ L / 100g
ΕΠΙΛΟΓΗ 6	ΛΕΥΚΟ	ΠΟΡΤΟΚΑΛΙ	200 μ L / 100g

ΕΠΙΛΟΓΗ 7	ΦΛΟΙΟΣ	ΛΕΜΟΝΙ	100 μ L / 100g
ΕΠΙΛΟΓΗ 8	ΛΕΥΚΟ	ΛΕΜΟΝΙ	100 μ L / 100g
ΕΠΙΛΟΓΗ 9	ΦΛΟΙΟΣ	ΒΕΡΙΚΟΚΟ	100 μ L / 100g
ΕΠΙΛΟΓΗ 10	ΛΕΥΚΟ	ΒΕΡΙΚΟΚΟ	100 μ L /100g

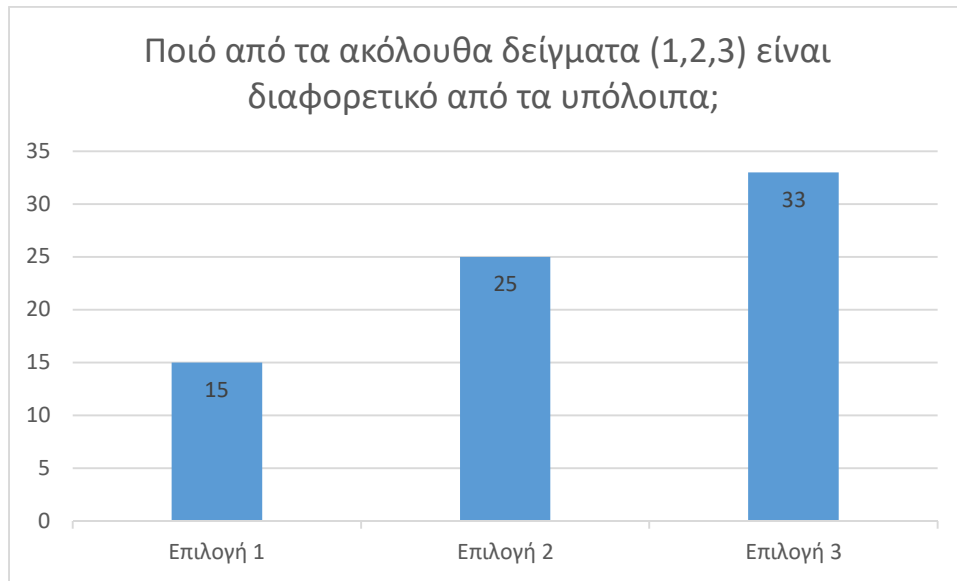
Στις παρακάτω εικόνες (14-15-16-17-18-19-20-21-22-23), παρουσιάζονται οι απαντήσεις του ερωτηματολογίου που συμπληρώθηκε ηλεκτρονικά κατά την οργανοληπτική αξιολόγηση.



Εικόνα 14: Φύλο ερωτηθέντων ερωτηματολογίου

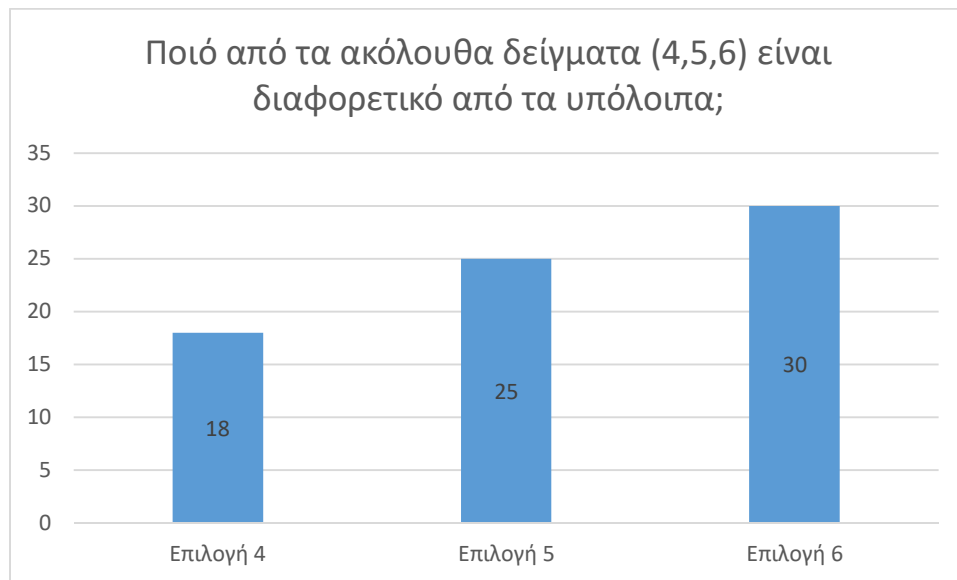


Εικόνα 15: Ηλικία ερωτηθέντων ερωτηματολογίου



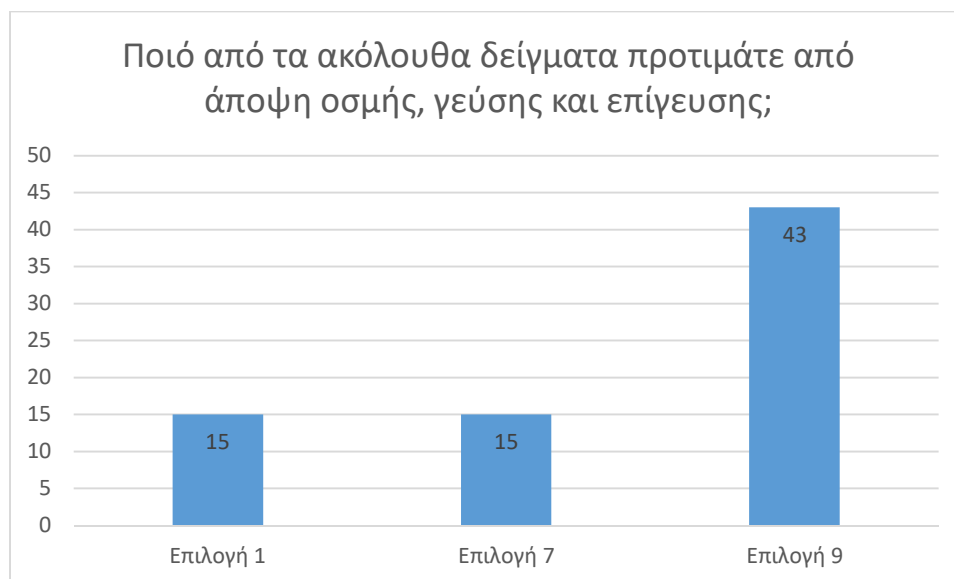
Εικόνα 16: Επιλογή διαφορετικού δείγματος

Επιλογή 1) Πορτοκάλι με φλοιό 100 μL / 100g, Επιλογή 2) Πορτοκάλι με φλοιό 100 μL / 100g,
Επιλογή 3) Πορτοκάλι με φλοιό 200 μL / 100g



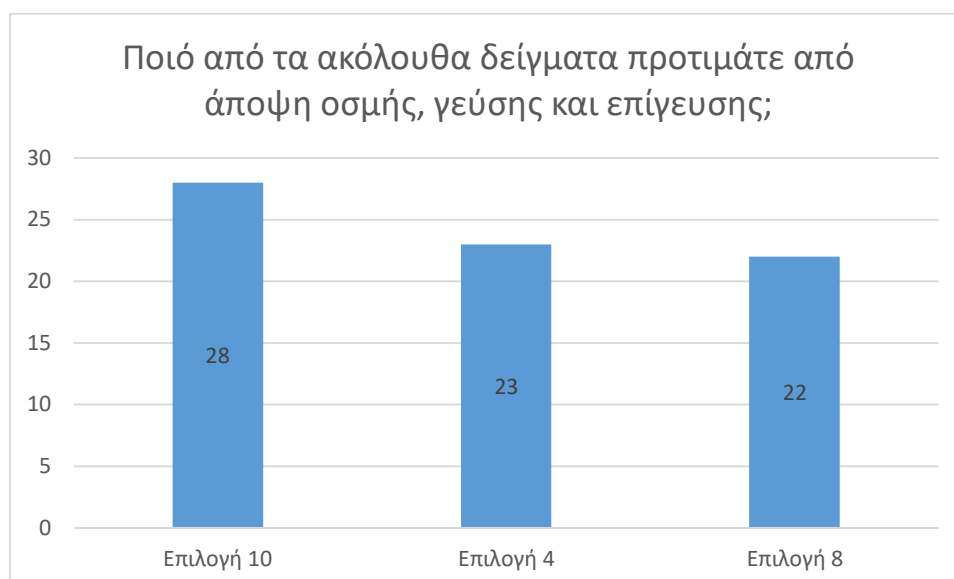
Εικόνα 17: Επιλογή διαφορετικού δείγματος

Επιλογή 4) Πορτοκάλι λευκό 100 μL / 100g, Επιλογή 5) Πορτοκάλι λευκό 100 μL / 100g,
Επιλογή 6) Πορτοκάλι λευκό 200 μL / 100g



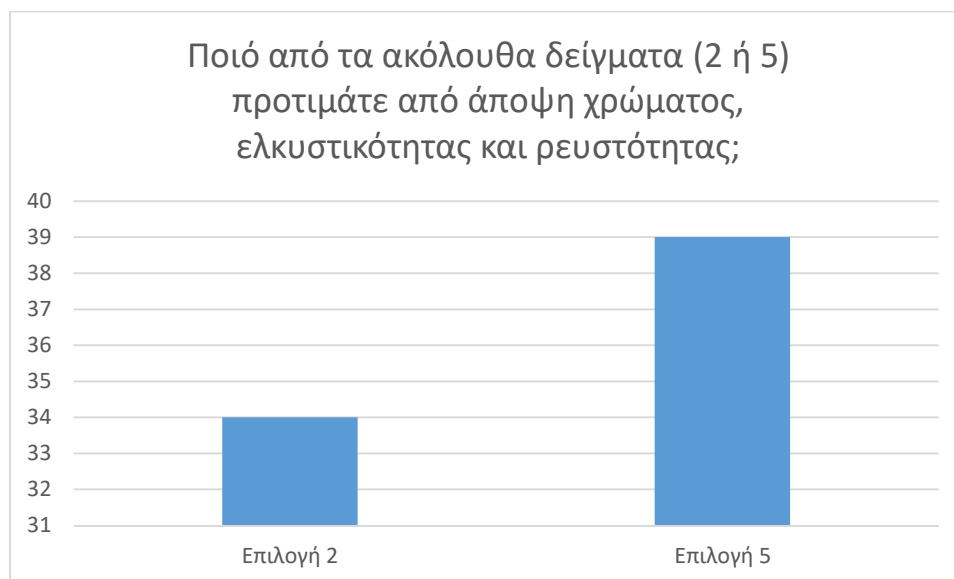
Εικόνα 18: Προτίμηση όσον αφορά οσμή, γεύση και επίγευση

Επιλογή 1) Πορτοκάλι με φλοιό 100 μL / 100g, Επιλογή 7) Λεμόνι με φλοιό 100 μL / 100g, Επιλογή 9) Βερίκοκο με φλοιό 100 μL / 100g



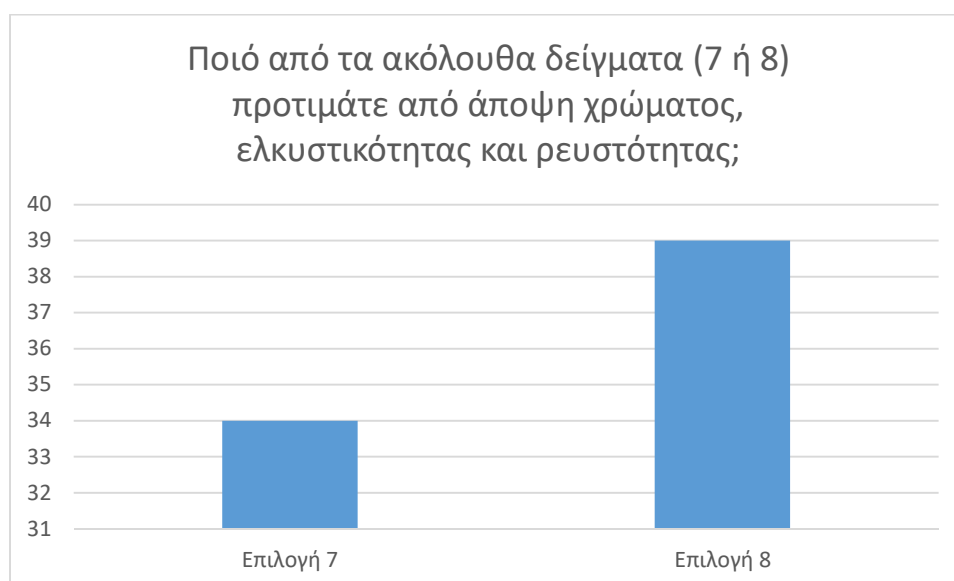
Εικόνα 19: Προτίμηση όσον αφορά οσμή, γεύση και επίγευση

Επιλογή 10) Βερίκοκο λευκό 100 μL / 100g, Επιλογή 4) Πορτοκάλι λευκό 100 μL / 100g, Επιλογή 8) Λεμόνι λευκό 100 μL / 100g



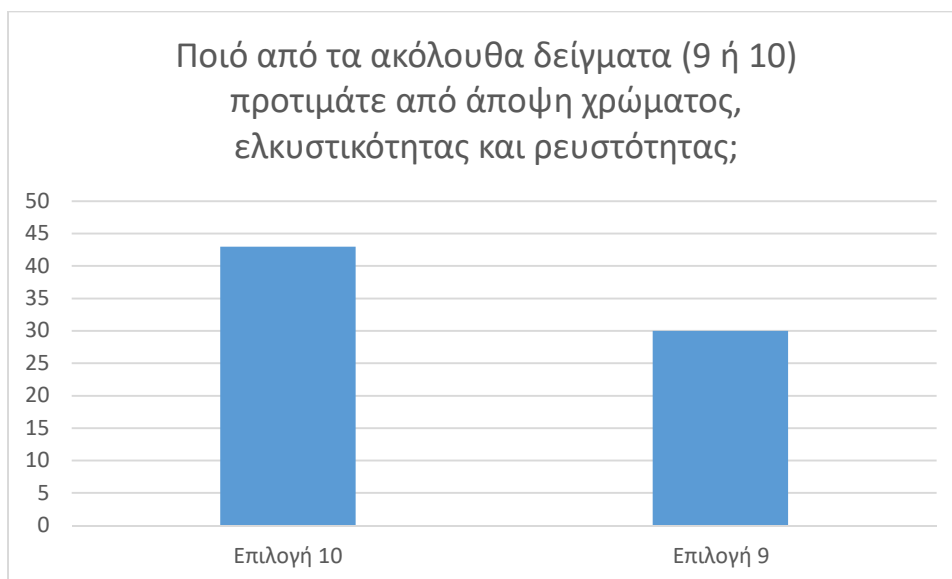
Εικόνα 20: Προτίμηση λευκού ή με φλοιό αμυγδαλοβούτυρο με πορτοκάλι

Επιλογή 2) Πορτοκάλι με φλοιό 100 μ L / 100g, Επιλογή 5) Πορτοκάλι λευκό 100 μ L / 100g



Εικόνα 21: Προτίμηση λευκού ή με φλοιό αμυγδαλοβούτυρο με λεμόνι

Επιλογή 7) Λεμόνι με φλοιό 100 μ L / 100g, Επιλογή 8) Λεμόνι λευκό 100 μ L / 100g



Εικόνα 22: Προτίμηση λευκού ή με φλοιό αμυγδαλοβούτυρο με βερίκοκο

Επιλογή 9) Βερίκοκο με φλοιό 100 μL / 100g, Επιλογή 10) Βερίκοκο λευκό 100 μL / 100g



Εικόνα 23: Προτίμηση καλύτερης γεύσης

Επιλογή 1) Πορτοκάλι με φλοιό 100 μL / 100g, Επιλογή 2) Πορτοκάλι με φλοιό 100 μL / 100g, Επιλογή 3) Πορτοκάλι με φλοιό 200 μL / 100g, Επιλογή 4) Πορτοκάλι λευκό 100 μL / 100g, Επιλογή 5) Πορτοκάλι λευκό 100 μL / 100g, Επιλογή 6) Πορτοκάλι λευκό 200 μL / 100g, Επιλογή 7) Λεμόνι με φλοιό 100 μL / 100g, Επιλογή 8) Λεμόνι λευκό 100 μL / 100g, Επιλογή 9) Βερίκοκο με φλοιό 100 μL / 100g, Επιλογή 10) Βερίκοκο λευκό 100 μL / 100g

4.3 Αντιοξειδωτικό προφίλ νέων προϊόντων

Με βάση τα αποτελέσματα της οργανοληπτικής αξιολόγησης, τα δείγματα που επιλέχθηκαν για τον έλεγχο της αντιοξειδωτικής δράσης με την μέθοδο Folin-Ciocalteu είναι τα παρακάτω (Πίνακας 5):

Πίνακας 5: Κωδικοποίηση δειγμάτων για έλεγχο της αντιοξειδωτικής δράσης

Κωδικός	Αμυγδαλοβούτυρο	Αιθέριο Έλαιο	Ποσότητα Ελαίου
Blank	H ₂ O	-	-
Λ0	ΛΕΥΚΟ	-	-
Φ0	ΜΕ ΦΛΟΙΟ	-	-
Λ3	ΛΕΥΚΟ	ΒΕΡΙΚΟΚΟ	50 µL / 50 g
Φ3	ΜΕ ΦΛΟΙΟ	ΒΕΡΙΚΟΚΟ	50 µL / 50 g
Λ9	ΛΕΥΚΟ	ΠΟΡΤΟΚΑΛΙ	50 µL / 50 g
Φ9	ΜΕ ΦΛΟΙΟ	ΠΟΡΤΟΚΑΛΙ	50 µL / 50 g
Λ12	ΛΕΥΚΟ	ΛΕΜΟΝΙ	50 µL / 50 g
Φ12	ΜΕ ΦΛΟΙΟ	ΛΕΜΟΝΙ	50 µL / 50 g

Τα αποτελέσματα των απορροφήσεων παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακα 6):

Πίνακας 6: Απορροφήσεις δειγμάτων αμυγδαλοβούτυρου

Κωδικός	Αμυγδαλοβούτυρο	Αιθέριο Έλαιο	Abs ₁	Abs ₂	Abs ₃	Abs (μέσος όρος)	Abs (Final χωρίς το θόρυβο)
Blank	H ₂ O	-	0.092	0.087	0.087	0.088	0.000
Λ0	ΛΕΥΚΟ	-	0.770	0.795	0.780	0.781	0.693
Φ0	ΜΕ ΦΛΟΙΟ	-	1.030	1.075	1.024	1.043	0.954
Λ3	ΛΕΥΚΟ	ΒΕΡΙΚΟΚΟ	0.995	0.984	0.982	0.987	0.898
Φ3	ΜΕ ΦΛΟΙΟ	ΒΕΡΙΚΟΚΟ	1.050	1.080	1.087	1.072	0.984
Λ9	ΛΕΥΚΟ	ΠΟΡΤΟΚΑΛΙ	0.781	0.799	0.770	0.783	0.695
Φ9	ΜΕ ΦΛΟΙΟ	ΠΟΡΤΟΚΑΛΙ	1.080	1.166	1.131	1.125	1.037
Λ12	ΛΕΥΚΟ	ΛΕΜΟΝΙ	0.800	0.797	0.800	0.799	0.710

Φ12	ΜΕ ΦΛΟΙΟ	ΛΕΜΟΝΙ	0.935	1.096	1.095	1.042	0.953
-----	----------	--------	-------	-------	-------	-------	-------

Με βάση την εξίσωση $c=(Abs+0.0061)/0.0114$ και τις απορροφήσεις του Πίνακα 5, ποσοτικοποιήθηκε η αντιοξειδωτική δράση κάθε δείγματος, όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα 7.

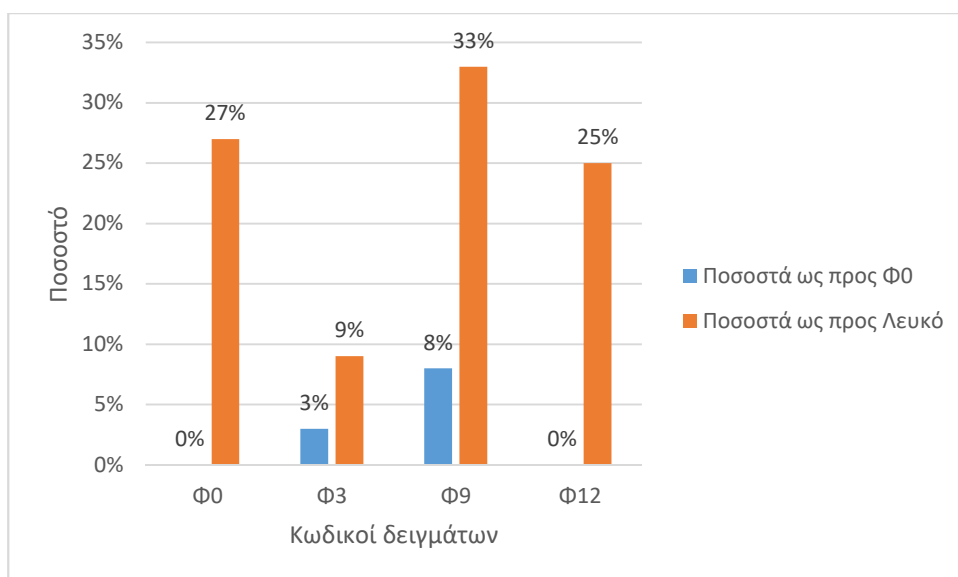
Πίνακας 7: Περιεκτικότητα δειγμάτων σε φαινολικά

Κωδικός	Αμυγδαλοβούτυρο	Αιθέριο Έλαιο	C (mg/L) : 10 (λογω αραίωσης)	C (mg/L)
Blank	H ₂ O	-	0	0
Λ0	ΛΕΥΚΟ	-	61.3	613.2
Φ0	ΜΕ ΦΛΟΙΟ	-	84.2	842.4
Λ3	ΛΕΥΚΟ	ΒΕΡΙΚΟΚΟ	79.3	793.3
Φ3	ΜΕ ΦΛΟΙΟ	ΒΕΡΙΚΟΚΟ	86.8	868.2
Λ9	ΛΕΥΚΟ	ΠΟΡΤΟΚΑΛΙ	61.4	614.7
Φ9	ΜΕ ΦΛΟΙΟ	ΠΟΡΤΟΚΑΛΙ	91.5	915.0
Λ12	ΛΕΥΚΟ	ΛΕΜΟΝΙ	62.8	628.4
Φ12	ΜΕ ΦΛΟΙΟ	ΛΕΜΟΝΙ	84.1	841.6

Στην συνέχεια υπολογίστηκαν τα ποσοστά αύξησης της αντιοξειδωτικής δράσης που προκύπτουν από την προσθήκη των αιθέριων ελαίων (Λ3,Φ3,Λ9,Φ9,Λ12,Φ12), σε σχέση με το αμυγδαλοβούτυρο χωρίς την προσθήκη κάποιου αιθέριου ελαίου (Λ0, Φ0). Επιπλέον υπολογίστηκαν και τα ποσοστά διαφοροποίησης μεταξύ των αιθέριων ελαίων με φλοιό και χωρίς (λευκό). Τα ποσοστά παρουσιάζονται αριθμητικά στους Πίνακες 8 και 9 και γραφικά στις Εικόνες 24 και 25.

Πίνακας 8: Ποσοστά για συγκέντρωση φαινολικών ως προς το αμυγδαλοβούτυρο με φλοιό χωρίς προσθήκη αιθέριου ελαίου και ως προς το λευκό αμυγδαλοβούτυρο

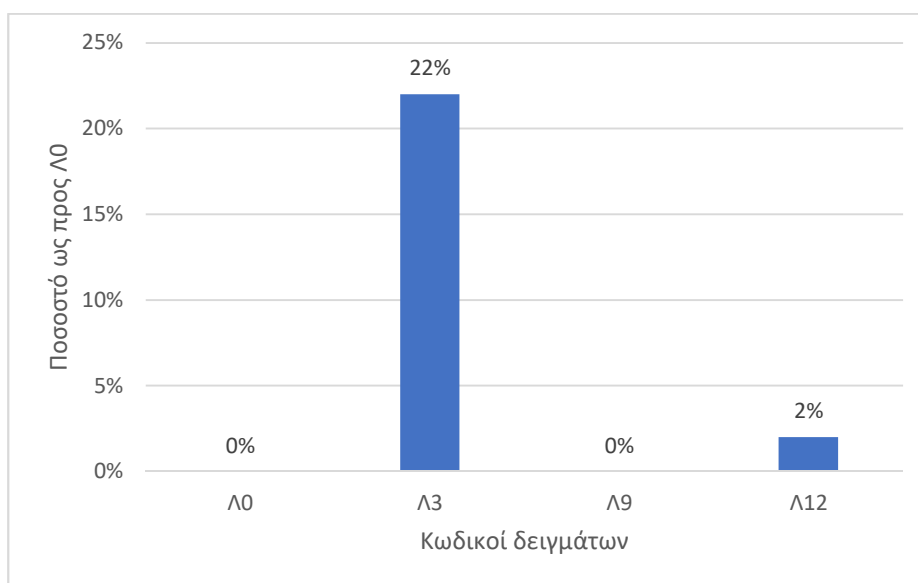
Κωδικός	Αμυγδαλοβούτυρο	Αιθέριο Έλαιο	C (mg/L)	Ποσοστά ως προς Φ0	Ποσοστά ως προς Λευκό
Φ0	ΜΕ ΦΛΟΙΟ	-	842.4	-	+27%
Φ3	ΜΕ ΦΛΟΙΟ	ΒΕΡΙΚΟΚΟ	868.2	+3%	+9%
Φ9	ΜΕ ΦΛΟΙΟ	ΠΟΡΤΟΚΑΛΙ	915.0	+8%	+33%
Φ12	ΜΕ ΦΛΟΙΟ	ΛΕΜΟΝΙ	841.6	0%	+25%



Εικόνα 24: Γράφημα σύγκρισης ποσοστών της συγκέντρωσης σε φαινολικά των δειγμάτων αμυγδαλοβούτυρο με φλοιό και αιθέριο έλαιο βερίκοκο Φ3, πορτοκάλι Φ9 και λεμόνι Φ12 ως προς το αμυγδαλοβούτυρο με φλοιό χωρίς προσθήκη αιθέριου ελαίου Φ0 και ως προς το λευκό αμυγδαλοβούτυρο Λ0

Πίνακας 9: Ποσοστά για συγκέντρωση φαινολικών ως προς το λευκό αμυγδαλοβούτυρο χωρίς προσθήκη αιθέριου ελαίου

Κωδικός	Αμυγδαλοβούτυρο	Αιθέριο Έλαιο	C (mg/L)	Ποσοστά ως προς Λ0
Λ0	ΛΕΥΚΟ	-	613.2	-
Λ3	ΛΕΥΚΟ	ΒΕΡΙΚΟΚΟ	793.3	+22%
Λ9	ΛΕΥΚΟ	ΠΟΡΤΟΚΑΛΙ	614.7	0%
Λ12	ΛΕΥΚΟ	ΛΕΜΟΝΙ	628.4	+2%



Εικόνα 25: Γράφημα σύγκρισης ποσοστών της συγκέντρωσης σε φαινολικά των δειγμάτων λευκό αμυγδαλοβούτυρο με αιθέριο έλαιο βερίκοκο Λ3, πορτοκάλι Λ9 και λεμόνι Λ12 ως προς το λευκό αμυγδαλοβούτυρο Λ0

Κεφάλαιο 5: Συζήτηση - Συμπεράσματα

Η παρούσα μελέτη αφορούσε την ανάπτυξη νέων προϊόντων, με βάση το αμυγδαλοβούτυρο, εμπλουτισμένων με ΑΦΦ με παράλληλη οργανοληπτική αξιολόγηση και μελέτη της αντιοξειδωτικής δράσης. Τα αποτελέσματα της οργανοληπτικής αξιολόγησης, κατέταξαν τα νέα προϊόντα με βάση τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους, όπως αναλυτικά παρουσιάστηκε στην ενότητα των αποτελεσμάτων.

Από τη στατιστική επεξεργασία των δημογραφικών χαρακτηριστικών των συμμετεχόντων αξιοσημείωτο σημείο είναι το ότι 72,6% των συμμετεχόντων είναι γένους θηλυκού, ενώ το ίδιο ποσοστό (72,6%) ανήκει στην ηλικιακή ομάδα 20-21 ετών. Βάσει των συγκεκριμένων στατιστικών δεδομένων, προκύπτει το συμπέρασμα ότι οι προτιμήσεις που καταγράφονται αφορούν κυρίως άτομα νεαρής ηλικίας και ενδεχομένως να διέφεραν ως προς τις προτιμήσεις, εάν το δείγμα ερωτηθέντων περιλάμβανε άτομα μεγαλύτερης ηλικίας. Τα αλειφόμενα προϊόντα πρωινού,

αποτελούν βέβαια μια προτίμηση νέων ηλικιών (González-Molina et al., 2013), κάτι που καθιστά αντιπροσωπευτική τη μελέτη μας.

Από τα αποτελέσματα της οργανοληπτικής αξιολόγησης, παρατηρήθηκε ότι το αμυγδαλοβούτυρο με φλοιό & λευκό και αιθέριο έλαιο βερίκοκο, προτιμήθηκε από άποψη οσμής, γεύσης και επίγευσης σε σχέση με τα άλλα αιθέρια έλαια. Το αιθέριο έλαιο βερίκοκου, σε συνδυασμό με το αμυγδαλοβούτυρο, συνέβαλλε στη δημιουργία ενός προϊόντος με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, όπου η γεύση και η επίγευσή του αποπνέουν έναν μοναδικό και ξεχωριστό χαρακτήρα, για αυτόν τον λόγο προτιμήθηκε περισσότερο από τους συμμετέχοντες στην έρευνα. Επίσης το λευκό αμυγδαλοβούτυρο προτιμήθηκε από άποψη χρώματος, ελκυστικότητας και ρευστότητας σε σχέση με το αμυγδαλοβούτυρο με φλοιό, καθώς, η απουσία φλοιού προσδίδει μια πιο ανοιχτή και ομοιόμορφη απόχρωση, η οποία θεωρείται αισθητικά πιο ελκυστική, ιδιαίτερα σε προϊόντα υψηλής ποιότητας. Επιπλέον, το φωτεινό χρώμα συνδέεται με την έννοια της καθαρότητας και της ανώτερης ποιότητας, ενισχύοντας την προτίμηση του καταναλωτή. Παράλληλα, η υφή του είναι πιο λεία και κρεμώδης, λόγω της απουσίας ινωδών υλικών από τον φλοιό, γεγονός που βελτιώνει τη ρευστότητα και τη συνολική εμπειρία χρήσης του προϊόντος.

Όσον αφορά την αντιοξειδωτική δράση των επιλεγμένων νέων προϊόντων, καλλύτερο αποτέλεσμα διαπιστώθηκε στο λευκό αμυγδαλοβούτυρο που περιείχε αιθέριο έλαιο βερίκοκο με συγκέντρωση 793.3 mg/L η οποία είναι 22% μεγαλύτερη σε σχέση με το λευκό αμυγδαλοβούτυρο χωρίς προσθήκη αιθέριου ελαίου. Η υψηλότερη συγκέντρωση φαινολικών στο συγκεκριμένο δείγμα υποδεικνύει ότι το αιθέριο έλαιο βερίκοκου μπορεί να έχει συμβάλει σημαντικά στις αντιοξειδωτικές ιδιότητες του προϊόντος. Αυτό μπορεί να είναι σημαντικό για λόγους ποιότητας, διατροφικής αξίας ή ακόμη και για την προώθηση του προϊόντος. Την μικρότερη συγκέντρωση στο λευκό αμυγδαλοβούτυρο παρουσίασε το δείγμα που περιείχε αιθέριο έλαιο πορτοκάλι με συγκέντρωση 614.7 mg/L. Η συγκέντρωση του τελευταίου σε φαινολικά δεν απέχει πολύ από τη συγκέντρωση σε φαινολικά του μάρτυρα (χωρίς αιθέριο έλαιο) αμυγδαλοβούτυρου.

Στο αμυγδαλοβούτυρο με φλοιό την μεγαλύτερη συγκέντρωση παρουσίασε το δείγμα που περιείχε αιθέριο έλαιο πορτοκάλι με συγκέντρωση 915.0 mg/L. Το οποίο παρουσίασε αύξηση σε συγκέντρωση φαινολικών κατά 33% σε σχέση με το αντίστοιχο

λευκό αμυγδαλοβούτυρο. Αυτό υποδηλώνει ότι το αιθέριο έλαιο πορτοκαλιού είτε προάγει την παρουσία της συγκεκριμένης ουσίας είτε επηρεάζει τη χημική σύνθεση του αμυγδαλοβούτυρου με τρόπο που αυξάνει τη συγκέντρωσή της. Ενώ την μικρότερη συγκέντρωση στο αμυγδαλοβούτυρο με φλοιό παρουσίασε το δείγμα που περιείχε αιθέριο έλαιο λεμόνι με συγκέντρωση 841.6 mg/L. Αυτό πιθανόν σημαίνει ότι το αιθέριο έλαιο λεμονιού δεν ενισχύει την παρουσία αυτής της ουσίας ή μπορεί να την μειώνει, π.χ. μέσω χημικής αλληλεπίδρασης. Η συγκέντρωση του τελευταίου σε φαινολικά είναι χαμηλότερη από τη συγκέντρωση σε φαινολικά του σκέτου (χωρίς αιθέριο έλαιο) αμυγδαλοβούτυρου. Το αμυγδαλοβούτυρο με τον φλοιό έχει 27% μεγαλύτερη συγκέντρωση σε φαινολικά από το λευκό αμυγδαλοβούτυρο.

Τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης επιβεβαιώνουν ότι η προσθήκη αιθέριων ελαίων, όπως το πορτοκάλι, το λεμόνι και το βερίκοκο, βελτιώνει σημαντικά τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά και την αντιοξειδωτική δράση του αμυγδαλοβούτυρου. Η ενίσχυση της συγκέντρωσης φαινολικών ενώσεων στα δείγματα με φλοιό είναι σύμφωνη με μελέτες που έχουν δείξει ότι τα αιθέρια έλαια πλούσια σε φαινολικές ενώσεις συμβάλλουν στην αύξηση της αντιοξειδωτικής ικανότητας τροφίμων φυτικής προέλευσης (Jain et al., 2020; Liu et al., 2018). Συγκεκριμένα, έρευνες έχουν αναδείξει την αποτελεσματικότητα του αιθέριου ελαίου πορτοκαλιού στην ενίσχυση της γεύσης και της αντιοξειδωτικής ικανότητας, καθώς περιέχει μονοτερπένια και φλαβονοειδή (Smith et al., 2017). Αντίστοιχα, το αιθέριο έλαιο λεμονιού έχει αποδειχθεί ότι συμβάλλει στη βελτίωση της οσμής και της σταθερότητας των λιπιδίων (Chen et al., 2019; Wang, et al., 2020). Το βερίκοκο, από την άλλη, προσφέρει χαρακτηριστικό άρωμα και υψηλά επίπεδα καροτενοειδών, ενισχύοντας την αισθητηριακή απόδοση (Ahmed et al., 2021). Τα αποτελέσματα της μελέτης είναι εναρμονισμένα με άλλες παρόμοιες μελέτες (Sara El Bernoussi et al., 2024; Ahmed et al., 2021; Jain et al., 2020; Liu et al., 2018; Wang, et al., 2020) και αφορούν τα παρακάτω κύρια σημεία:

- Ο φλοιός ως πηγή φαινολικών και αντιοξειδωτικών:

Το γεγονός ότι το αμυγδαλοβούτυρο με φλοιό έχει υψηλότερη συγκέντρωση φαινολικών δείχνει ότι ο φλοιός του αμυγδαλού περιέχει σημαντικά ποσά αντιοξειδωτικών συστατικών. Τα φαινολικά είναι γνωστά για τις αντιοξειδωτικές τους

ιδιότητες, που βοηθούν στην προστασία από την οξείδωση και έχουν θετικές επιδράσεις στην υγεία.

- Διατροφική αξία:

Το αμυγδαλοβούτυρο με φλοιό προσφέρει πιθανώς περισσότερα οφέλη για την υγεία σε σχέση με το λευκό αμυγδαλοβούτυρο, λόγω της υψηλότερης περιεκτικότητας σε φαινολικά. Αυτά τα συστατικά συνδέονται με την προστασία των κυττάρων από το οξειδωτικό στρες, τη μείωση φλεγμονών και τον περιορισμό του κινδύνου χρόνιων ασθενειών, όπως οι καρδιαγγειακές παθήσεις.

- Επιλογές προϊόντων:

Τα προϊόντα αμυγδαλοβούτυρου που περιλαμβάνουν τον φλοιό του αμυγδάλου μπορούν να διαφημιστούν ως πλουσιότερα σε αντιοξειδωτικά και πιο ωφέλιμα για την υγεία. Αυτό μπορεί να αποτελέσει ένα ανταγωνιστικό πλεονέκτημα στην αγορά λειτουργικών τροφίμων.

- Επεξεργασία και απώλεια θρεπτικών συστατικών:

Η αφαίρεση του φλοιού κατά τη διαδικασία παραγωγής λευκού αμυγδαλοβούτυρου οδηγεί σε απώλεια φαινολικών και πιθανών θρεπτικών συστατικών. Αυτό υπογραμμίζει τη σημασία της διατήρησης του φλοιού ή της ενσωμάτωσής του σε διάφορα προϊόντα.

- Προοπτικές ανάπτυξης:

Μπορεί να εξεταστεί η χρήση του φλοιού του αμυγδάλου ως πρόσθετο σε τρόφιμα ή συμπληρώματα διατροφής, εφόσον αποτελεί πλούσια πηγή φαινολικών και αντιοξειδωτικών συστατικών. Έτσι, μπορεί να αξιοποιηθεί πλήρως το θρεπτικό δυναμικό του αμυγδάλου

Ως περιορισμοί της μελέτης, θα μπορούσαν να αναφερθούν η χρήση συγκεκριμένων αιθέριων ελαίων και σε προκαθορισμένες συγκεντρώσεις, γεγονός που μπορεί να περιορίζει την κατανόηση της ευρύτερης δυναμικής τους, καθώς και το γεγονός ότι ο οργανοληπτικός έλεγχος πραγματοποιήθηκε σε περιορισμένο δείγμα πληθυσμού, κάτι που ενδέχεται να μειώνει τη γενίκευση των συμπερασμάτων.

Σε κάθε περίπτωση τα αποτελέσματα της μελέτης, αποτελούν μια βάση για πιθανά μελλοντικά ερευνητικά ενδιαφέροντα, που μπορούν να εστιάζουν στα εξής:

- Δοκιμή μεγαλύτερης ποικιλίας αιθέριων ελαίων, συμπεριλαμβανομένων εκείνων με υψηλότερη αντιοξειδωτική δράση, όπως το δενδρολίβανο και η μέντα
- Διερεύνηση των μακροπρόθεσμων επιδράσεων της σταθερότητας των αιθέριων ελαίων στο προϊόν
- Συνεργασία με βιομηχανίες τροφίμων για την αξιολόγηση της βιωσιμότητας και αποδοχής του προϊόντος στην αγορά.

Συμπερασματικά, η μελέτη ανέδειξε την αξία των αιθέριων ελαίων ως μέσο ενίσχυσης της γεύσης, του αρώματος και της αντιοξειδωτικής ικανότητας του αμυγδαλοβούτυρου, ιδίως σε συνδυασμό με φλοιό. Το αιθέριο έλαιο πορτοκαλιού και βερίκοκου φάνηκε ιδιαίτερα αποτελεσματικό, ενώ η παρουσία φλοιού αύξησε περαιτέρω τη θρεπτική αξία. Παρά τους περιορισμούς, τα ευρήματα αυτά παρέχουν ισχυρή βάση για μελλοντική έρευνα και εμπορική αξιοποίηση.

Βιβλιογραφία

- Βασιλακάκης Μ., 2004. Γενική και Ειδική Δενδροκομία. Εκδόσεις Γαρταγάνη, Θεσσαλονίκη, σελ. 494-496, 500-501.
- Κάλφας Ηλίας, «Αρωματικά Φυτά». 2018, Αμερικάνικη Γεωργική Σχολή ISBN: 978-618-83720-0-9.
- Κουτσός Θ.Β., 2006. Αρωματικά και Φαρμακευτικά Φυτά. Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.
- Πολυσίου Μ., 2002. Επενδυτικές Δυνατότητες στον Τομέα Αρωματικών και Φαρμακευτικών Φυτών στην Ελλάδα. Υ.ΕΟ., Γ.Π.Α., Αθήνα, σελ.218.
- Σκιαδάς Κ., 2007. Προοπτικές Ανάπτυξης Τομέα Αρωματικών & Φαρμακευτικών Φυτών. Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων.
- Υφαντή, Π. 2014. Βιολογικές δράσεις αρωματικών–φαρμακευτικών φυτών. Διδακτορική Διατριβή. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.

Aharoni A, Galili G. Metabolic engineering of the plant primary-secondary metabolism interface. *Curr Opin Biotechnol.* 2011;22:239–44.

Ahmed, H., Smith, R., & Taylor, J. (2021). Effect of apricot essential oils on sensory properties and antioxidant activity. *Journal of Food Science and Technology*, 56(4), 789-799.

Aune D, Keum N, Giovannucci E, et al., 2016. Nut consumption and risk of cardiovascular disease, total cancer, all-cause and cause-specific mortality: A systematic review and dose-response meta-analysis of prospective studies. *BMC Med.* 2016;14:207.

Aziz ZAA, Ahmad A, Mohd-Setapar SH, Karakucuk A, Azim MM, Lokhat D, Rafatullah M, Ganash M, Kamal MA, Ashraf GM. Essential Oils: Extraction Techniques, Pharmaceutical And Therapeutic Potential – A Review. *Current Drug Metabolism.* 2018 [cited 2018 May 29]; 19(13): 1-9. DOI: 10.2174/1389200219666180723144850

Azmir, J., Zaidul, I.S.M., Rahman, M.M., Sharif, K.M., Mohamed, A., Sahena, F., Jahurul, M.H.A., Ghafoor, K., Norulaini, N.A.N., Omar, A.K. M. (2013). Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: A review. *Journal of Food Engineering*, 117 (4): 426- 436: 71
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0260877413000277>

Barreca D, Nabavi SM, Sureda A, et al., 2020. Almonds (*Prunus Dulcis* Mill. D.A. Webb): A source of nutrients and health – promoting compounds. *Nutrients* 2020;12(672):1-22.

Becerra – Tomás N, Paz – Graniel IWC, Kendall C, et al., 2019. Nut consumption and incidence of cardiovascular diseases and cardiovascular disease mortality: A meta-analysis of prospective cohort studies. *Nutr. Rev.* 2019;77:691–709.

Bechthold A, Boeing H, Schwedhelm C, et al., 2017. Food groups and risk of coronary heart disease, stroke and heart failure: A systematic review and dose response metaanalysis of prospective studies. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2017;59:1071–1090.

Bernhoft, Aksel. (2010). A brief review on bioactive compounds in plants. Bioactive compounds in plants benefits and risks for man and animals. 11-17.

Bruni, R., Guerrini, A., Scalia, S., Romagnoli, C., Sacchetti G. (2002). Rapid Techniques for the Extraction of Vitamin E Isomers from *Amaranthus caudatus* Seeds: Ultrasonic and Supercritical Fluid Extraction, *Phytochemical Analysis*, 13 (5): 257-261: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12918869/>

Chemat, S., Lagha, A., AitAmar, H., Bartels, P.V., Chemat, F. (2004), Comparison of conventional and ultrasound-assisted extraction of carvone and limonene from caraway seeds, *Flavour and Fragrance Journal*, 19: 188–195: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ffj.1339>

Chen, L., Wang, H., & Lee, Y. (2019). Lemon essential oil in lipid stabilization: Applications in plant-based spreads. *Food Chemistry*, 285(1), 28-35.

Craker L.E. and Lange D., 2004. Future for Medicinal and Aromatic Plants. *Acta Hort.* 629, ISHS 2004

Cunico, L. P. & Turner, C. (2017). Chapter 7 – Supercritical Fluids and Gas-Expanded Liquids. In the: *The Application of Green Solvents in Separation Processes*: 155-214: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128052976000073>.

Dabbs, D.M., Mulders, N., Aksay, I.A. (2006). Solvothermal removal of the organic template from L3 (“sponge”) templated silica monoliths. *Journal of Nanoparticle Research*, 8: 603-614: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11051-005-9063-4>.

Dajic Stevanovic Z, Sieniawska E, Glowniak K, Obradovic N, Pajic-Lijakovic I. Natural Macromolecules as Carriers for Essential Oils: From Extraction to Biomedical Application. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*. 2020 [cited 2020 June 25]; 8(563): 1-19. DOI: 10.3389/fbioe.2020.00563

Farnsworth N.R. and Soejarto D.D., 1991. Global importance of medicinal plants. p. 25-51. In: Akerele, O., Heywood, V. and Synge, H. (eds.). *The conservation of medicinal plants*. Cambridge University Press, Cambridge.

González-Molina, E., Domínguez-Perles, R., & Moreno, D. A. (2013). Rosemary essential oil for functional food development. *Trends in Food Science & Technology*, 32(2), 73-84.

Griel A.E., Eissenstat B., Juturu V., Hsieh G. and Kris-Etherton P.M., 2004. Improved diet quality with peanut consumption. *J. Amer. College Nutrition*, 23(6): 660-668.

Handa, S.S., Khanuja, S.P.S., Longo, G., Rakesh, D.D. (2008). *Extraction Technologies for Medicinal and Aromatic Plants*. United Nations Industrial Development Organization and the International Centre for Science and High Technology. Italy, Trieste: 1-2606

Hossain M.K., Sobhan I., Alam M.K., Khan N.A. And Firoz R. (2011). *Selected Medicinal Plants Of Chittagong Hill Tracts*. Book, ISBN: 987 – 984 – 33 – 3650 – 7.

Ingle, K.P., Deshmukh, A.G., Padole, D.A. Dudhare, M.S., Moharil, M.P., Khelurkar, V.C. (2017). Phytochemicals: Extraction methods, identification and detection of bioactive compounds from plants extracts. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 6 (1): 32-36:
<https://www.phytojournal.com/archives/2017/vol6issue1/PartA/6-1-23-924.pdf>

Jain, P., Verma, S., & Singh, R. (2020). Phenolic compounds in essential oils for food enrichment. *Plant Foods for Human Nutrition*, 75(3), 233-240.

Karamanoli K., 2014. The relationship between the chemical composition of three essential oils and their insecticidal activity against *Acanthoscelides obtectus*

Lange D., 2001. Trade in medicinal and aromatic plants: a financial instrument for nature conservation in Eastern and Southeast Europe? p. 157-171. In: Heinze, B., Baurle, G. and Stolpe, G. (eds.). *Financial instruments for nature conservation in Central and Eastern Europe*. BfN-Skripten 50. Federal Agency for Nature Conservation, Bonn.

Liu, X., Zhao, Y., & Zhang, W. (2018). Antioxidant properties of essential oils in nut-based food products. *Nutritional Science*, 27(5), 543-550.

Majekodunmi, S.O. (2015). Review of extraction of medicinal plants for pharmaceutical research. *Merit Research Journals*, 3 (11): 521-527

Manousi, N., Sarakatsianos, I., Samanidou, V. (2019). 10-Extraction Techniques of Phenolic Compounds and Other Bioactive Compounds from Medicinal and Aromatic Plants. *Engineering Tools in the Beverage Industry*: 281-314

- Martinez, J.M., Delso, C., Alvarez, I., Raso, J. (2020). Pulsed electric field assisted extraction of valuable compounds from microorganisms. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19 (2): 530- 552: <https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/1541-4337.12512>
- Martins N., C.F.R.Ferreira I. (April 2017), Pages 33-48, *Trends In Food Science & Technology, Wastes And By-Products: Upcoming Sources Of Carotenoids For Biotechnological Purposes And Health-Related Applications*
- Mirzadeh, M., Arianejad, M.R., Khedmat, L. (2020). Antioxidant, antiradical, and antimicrobial activities of polysaccharides obtained by microwave-assisted extraction method: A review. *Carbohydrate Polymers*, 229: 115421: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0144861719310884>
- Jamwal K., Bhattacharya S., Puri S. Plant growth regulator mediated consequences of secondary metabolites in medicinal plants. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*. 2018;9:26–38. doi: 10.1016/j.jarmap.2017.12.003.
- Lange D., 2002. The role of east and southeast Europe in the medicinal and aromatic plants' trade. *Medicinal Plant Conservation* 8:14- 18.
- Leitzmann C. Characteristics and health benefits of phytochemicals. *Forsch Komplementmed*. 2016;23:69–74.
- Petrovska B.B, 2012. Historical review of medicinal plants' usage. *Pharmacognosy Review*. Vol 6(11):1-5. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3358962/>.
- Preedy V., 2016. *Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety*, London
- Proestos C., 2005. *RP-HPLC Analysis of the Phenolic Compounds of Plant Extracts. Investigation of Their Antioxidant Capacity and Antimicrobial Activity*
- Rajaram S and Sabaté, J. Nuts, body weight and insulin resistance. *Br. J. Nutr*. 2006;96:S79–S86
- Ryan NT, 2017. World almond market. In *Almonds: Botany, Production and Uses*; Socias i Company R, Gradizel TM, Eds.; CABI:Wallingford, UK, 2017;449–459

Saboon, Sunbal Khalil Chaudhari, Sohaib Arshad, Muhammad Shoaib Amjad, Mohd Sayeed Akhtar (2019), Natural Compounds Extracted From Medicinal Plants And Their Applications, Natural Bio-Active Compounds Pp 193-207.

Sara El Bernoussi et al. 2024. Comparative analysis of nutritional value and antioxidant activity in sweet and bitter almonds.

Shagufta Perveen and Areej Al-Taweel, Terpenes and terpenoids. 2018 DOI: 10.5772/intechopen.79683.

Specter Michael, «A Life of Its Own», September 28, 2009. The New Yorker.

Smith, B., Kumar, R., & Olsen, T. (2017). Citrus essential oils: A review of antioxidant applications. Food Science Reviews, 36(3), 412-425.

Stratakos A. (2016). Essential Oils In Food Preservation, Flavor And Safety, Methods For Extracting Essential Oils. 31–38. Doi:10.1016/B978-0-12-416641-7.00004-3.

Szentmihalyi, K., Vinkler, P., Lakatos, B., Illes, V., Then, M. (2002). Rose hip (*Rosa canina* L.) oil obtained from waste hip seeds by different extraction methods, Bioresource Technology, 82 (2): 195– 201: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12003323/>

Wang, Y., & Zhang, X. (2020). Long-term stability of essential oils in food systems. Journal of Food Quality, 43(6), e12288.

Yan Yang. Phytochemicals and Health, Nutritional Toxicology, Lishi Zhang, Springer Nature Singapore Pte Ltd. 2022; 12:309-54.

Ye Eun K., Jiwon S. and Soochan B., 2018. Use of Plant and Herb Derived Medicine for Therapeutic Usage in Cardiology. Medicines (Basel). Vol 5(2): 38.

Παράρτημα Α

Ερωτηματολόγιο

1) Δηλώστε το φύλο σας:

- Άρρεν
- Θήλυ

- 2) Δηλώστε την ηλικία σας:
- _____
- 3) Ποιό από τα ακόλουθα δείγματα είναι διαφορετικό από τα υπόλοιπα;
- Επιλογή 1
 - Επιλογή 2
 - Επιλογή 3
- 4) Ποια από τις παραπάνω επιλογές προτιμάτε από άποψη οσμής, γεύσης και επίγευσης;
- _____
- 5) Ποιό από τα ακόλουθα δείγματα είναι διαφορετικό από τα υπόλοιπα;
- Επιλογή 4
 - Επιλογή 5
 - Επιλογή 6
- 6) Ποια από τις παραπάνω επιλογές προτιμάτε από άποψη οσμής, γεύσης και επίγευσης;
- _____
- 7) Ποιό από τα ακόλουθα δείγματα προτιμάτε από άποψη οσμής, γεύσης και επίγευσης;
- Επιλογή 1
 - Επιλογή 7
 - Επιλογή 9
- 8) Ποιό από τα ακόλουθα δείγματα προτιμάτε από άποψη οσμής, γεύσης και επίγευσης;
- Επιλογή 4
 - Επιλογή 8
 - Επιλογή 10
- 9) Ποιό από τα ακόλουθα δείγματα (2 ή 5) προτιμάτε από άποψη χρώματος, ελκυστικότητας και ρευστότητας;
- Επιλογή 2
 - Επιλογή 5
- 10) Ποιό από τα ακόλουθα δείγματα (7 ή 8) προτιμάτε από άποψη χρώματος, ελκυστικότητας και ρευστότητας;
- Επιλογή 7

- Επιλογή 8

11) Ποιό από τα ακόλουθα δείγματα (9 ή 10) προτιμάτε από άποψη χρώματος, ελκυστικότητας και ρευστότητας;

- Επιλογή 9
- Επιλογή 10

12) Ποιό από όλα τα δείγματα που δοκιμάσατε σας άρεσε περισσότερο από όλα;

- _____