

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Κριτική Ανασκόπηση ανθέων και αρωματικών φυτών, των αιθέριων
ελαίων και παραπροϊόντων τους και εφαρμογές στη συντήρηση τροφίμων**

MSc Thesis

**Critical Review of flowers and aromatic plants, of their essential oils and
by-products, and applications in food preservation**

Διευθύντρια

Καθ. Τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων (ΠΑ.Δ.Α) Σινάνογλου Βασιλεία



ΟΝΟΜΑ ΦΟΙΤΗΤΗ / NAME OF STUDENT:

Δίπλα Ακριβή / Dipla Akrivi

ΟΝΟΜΑ ΕΙΣΗΓΗΤΗ/NAME OF THE SUPERVISOR:

Σινάνογλου Βασιλεία / Sinanoglou J. Vassilia

ΑΙΓΑΛΕΩ/ΑΙΓΑΛΕΟ 2022



Σχολή Επιστημών Τροφίμων
Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων

Έγινε δεκτή

Ο Διευθυντής του ΠΜΣ:

Οι υπογράφοντες δηλώνουμε ότι έχουμε εξετάσει τη μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία (master thesis) με τίτλο «Κριτική Ανασκόπηση ανθέων και αρωματικών φυτών, των αιθέριων ελαίων και παραπροϊόντων τους και εφαρμογές στη συντήρηση τροφίμων» που παρουσιάσθηκε από την ΔΙΠΛΑ ΑΚΡΙΒΗ, υποψηφίας για τον μεταπτυχιακό τίτλο σπουδών στην ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ, ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ και βεβαιώνουμε ότι γίνεται δεκτή.

Ημερομηνία

Όνομα επιβλέποντος

Ημερομηνία

Όνομα μέλους επιτροπής

Ημερομηνία

Όνομα μέλους επιτροπής



Σχολή Επιστημών Τροφίμων
Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων

Δήλωση περί λογοκλοπής/Copyright

Έχοντας πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικής ιδιοκτησίας, δηλώνω ότι είμαι αποκλειστική συγγραφέας της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Δηλώνω, επίσης, ότι αναλαμβάνω όλες τις συνέπειες, όπως αυτές νομίμως ορίζονται, στην περίπτωση που διαπιστωθεί διαχρονικά ότι η εργασία μου αυτή ή τμήμα αυτής αποτελεί προϊόν λογοκλοπής.

ΔΙΠΛΑ ΑΚΡΙΒΗ

Α.Δίπλα



Ευχαριστίες

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω την Επιβλέπουσα Καθηγήτρια κα Σινάνογλου Βασιλεία, για την πολύτιμη βοήθεια, υπομονή, κατανόηση και καθοδήγηση, καθ'όλη τη διάρκεια της συγγραφής της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές και τις καθηγήτριες της Σχολής, καθώς όλα αυτά τα χρόνια μου προσέφεραν τις απαραίτητες γνώσεις και τα εφόδια για να φτάσω στο σημείο της συγγραφής της παρούσας εργασίας, και γιατί με εφοδίασαν με γνώσεις για την μετέπειτα πορεία και επαγγελματική μου εξέλιξη.

Ευχαριστώ επίσης την οικογένεια μου για την αμέριστη στήριξή της σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Τέλος, θα ήθελα να απευθύνω θερμές ευχαριστίες στα μέλη της Εξεταστικής Επιτροπής, οι οποίοι δέχθηκαν να αξιολογήσουν την παρούσα εργασία.

Περίληψη

Τα αρωματικά και φυτά και άνθη, χρησιμοποιούνται από τον άνθρωπο από την αρχαιότητα. Από νωρίς έγιναν αντιληπτές οι θεραπευτικές ιδιότητές τους και έτσι με την πρόοδο της επιστήμης, άρχισαν να μελετώνται εκτενέστερα. Σε τοπικό επίπεδο, η χλωρίδα της Ελλάδας απαριθμεί 500 με 600 είδη αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών. Τα περισσότερα από αυτά ανήκουν στις οικογένειες των Σελινοειδών (*Apiceae*), των Χειλανθών (*Labiatae*) και των Λαουρίδων (*Lauraceae*). Εκτενείς έρευνες απέδειξαν ότι πολλά από τα αρωματικά αυτά φυτά, περιέχουν τεράστιο εύρος βιοδραστικών ενώσεων, οι οποίες προσδίδουν αντιοξειδωτικές, αντιμικροβιακές, αντιικές και αρκετές φορές θεραπευτικές ιδιότητες στο φυτό. Οι ενώσεις αυτές καλούνται φυτοχημικά, είναι δευτερογενείς μεταβολίτες και κατατάσσονται σε φαινολικές ενώσεις, αζωτούχες ενώσεις και τερπένια.

Τα αιθέρια έλαια των αρωματικών φυτών και ανθέων περιέχουν εξίσου μεγάλο πλήθος βιοδραστικών ενώσεων – φυτοχημικών - με ευεργετικές για τον άνθρωπο ιδιότητες. Πρόκειται κυρίως για φαινολικές ενώσεις με ισχυρότατη αντιοξειδωτική και αντιμικροβιακή δράση. Πολλοί τρόποι παραλαβής των αιθέριων ελαίων έχουν περιγραφεί, με κύριους αντιπροσώπους τις μεθόδους απόσταξης και εκχύλισης, ενώ τα τελευταία χρόνια υπάρχει έντονη η τάση προς τις λεγόμενες “πράσινες” μεθόδους κατά τις οποίες απαιτείται λιγότερη χρήση διαλύτη (εκχύλιση με μικροκύματα, με υπέρηχους κ.ά.).

Στη βιομηχανία τροφίμων, αυτούσια αρωματικά φυτά και παράγωγα αυτών, χρησιμοποιούνται ευρέως ως αρώματα για την ενίσχυση του γευστικού προφίλ, αιθέρια έλαια στην ποτοποιία, ως αντιοξειδωτικά (π.χ. θυμόλη- καρβακρόλη στο αιθέριο έλαιο της ρίγανης) και συντηρητικά για την επιμήκυνση του χρόνου ζωής, ως φυσικές χρωστικές (π.χ. ανθοκυάνες) κ.ά. Στην φαρμακοβιομηχανία και την κοσμετολογία, η χρήση των αρωματικών φυτών και των αιθέριων ελαίων τους, γίνεται κυρίως για τις θεραπευτικές ιδιότητες που παρουσιάζουν ορισμένα από αυτά και το ευχάριστο άρωμά τους αντίστοιχα. Αντιοξειδωτικές ενώσεις φυτικής προέλευσης απαντώνται και σε καινοτόμες ενεργές συσκευασίες που αυξάνουν τη διατηρησιμότητα φρούτων, λαχανικών και κρεατοσκευασμάτων.

Στις βιομηχανίες επεξεργασίας των αρωματικών φυτών, παράγονται μεγάλες ποσότητες αποβλήτων, τα οποία σε ορισμένες περιπτώσεις βρίθουν θρεπτικών και βιοδραστικών συστατικών. Συνεπώς, σε μία εποχή όπου είναι επιτακτική η ανάγκη μείωσης των αποβλήτων, τα παραπροϊόντα της βιομηχανίας αυτής, βρίσκουν χρήσεις ως βιοκάυσιμα ή βιοαέρια, ως συστατικά φυτοφαρμάκων ή και βιο-προσοφητικών. Ενδιαφέρον παρουσιάζει η χρήση του πλούσιου σε αρωματικές ουσίες υδρόλυματος για την αρωματοποιία καθώς και η αξιοποίηση των υδατοδιαλυτών αντιοξειδωτικών που εμπεριέχονται σε αυτό. Κύρια χρήση των παραπροϊόντων της επεξεργασίας αρωματικών φυτών, είναι ως συστατικά ζωοτροφών.

Τέλος, ανησυχίες εγείρονται γύρω από τη βιωσιμότητα των πηγών άντλησης αρωματικών φυτών, λόγω της αλόγιστης συλλογής και, από το γεγονός ότι τεράστια πληροφορία για τα είδη και τις ιδιότητες των αρωματικών φυτών, δεν μεταλαμπαδεύεται στην επόμενη γενιά που υιοθετεί όλο και περισσότερο τον αστικό τρόπο ζωής.

Λέξεις κλειδιά

Αρωματικά φυτά, άνθη, φυτοχημικά, εκχύλιση, απόσταξη, φαινόλικές ενώσεις, αιθέρια έλαια, απόβλητα, υδρόλυμα

Abstract

Aromatic and medicinal plants and flowers have been used by humans since antiquity. Their therapeutic properties were realized from an early age and so with the advancement of science, they began to be studied more extensively. The flora of Greece lists 500 to 600 species of aromatic and medicinal plants. Most of them belong to the *Apiceae*, *Labiatae* and *Lauraceae* families. Extensive research has proven that many of these aromatic plants contain a huge range of bioactive compounds, which confer antioxidant, antimicrobial, antiviral and several times therapeutic properties to the plant. These compounds are called phytochemicals, are secondary metabolites and are classified into phenolic compounds, nitrogenous compounds and terpenes.

The essential oils of aromatic plants and flowers contain an equally large number of bioactive compounds - phytochemicals - with beneficial properties for humans. These are mainly phenolic compounds with a very strong antioxidant and antimicrobial effect. Many ways of obtaining essential oils have been described, with the main representatives being the distillation and extraction methods, while in recent years there is a strong tendency towards the so-called "green" methods in which less solvent use is required (extraction with microwaves, ultrasound, etc.).

In the food industry, aromatic plants and their derivatives are widely used as flavorings to enhance the taste profile, essential oils in the distillery, as antioxidants (e.g. thymol-carvacrol in oregano essential oil) and preservatives to prolong life, as natural colorants (e.g. anthocyanins). etc. In the pharmaceutical industry and cosmetology, aromatic plants and their essential oils, are widely used for their healing properties and their pleasant aromas. Antioxidants of plant origin are also found in innovative "active" packaging that increase the shelf life of fruits, vegetables and meat products.

Aromatic plant processing industries produce large amounts of waste, in some cases rich in nutrients and bioactive components. In an era where the need to reduce waste is imperative, the by-products of this industry find uses as biofuel or biogas, as components of pesticides or even bio-adsorbents. The use of hydrolyzate - rich in aromatic components- for perfumery is also a very interesting sector, as well as the utilization of the water-soluble antioxidants contained in it. The main use of the by-products of the processing of aromatic plants is as feed ingredients.

Finally, concerns are raised about the sustainability of aromatic plant extraction sources, due to reckless collection and the fact that vast information about the species and properties of aromatic plants is not passed on to the next generation who increasingly adopts the urban way of life.

Key words

Aromatic plants, flowers, phytochemicals, extraction, distillation, phenolic compounds, essential oils, waste, hydrolyzate

Περιεχόμενα

Δήλωση περί λογοκλοπής/Copyright	3
Ευχαριστίες.....	4
Περίληψη.....	5
Λέξεις κλειδιά	5
Abstract	6
Key words	6
Σκοπός της ανασκόπησης.....	10
Εισαγωγή	11
Ιστορική Αναδρομή	11
Κεφάλαιο 1. Αρωματικά φυτά και άνθη στον ελλαδικό χώρο	13
1.1 Καταγραφή των ελληνικών αρωματικών φυτών	13
1.1.2 Συστηματική Ταξινόμηση αρωματικών φυτών	17
1.2. Φυτοχημικά. Κύριες βιοδραστικές ενώσεις που απαντώνται στα αρωματικά άνθη και φυτά.....	19
1.2.1. Αζωτούχες ενώσεις.....	21
1.2.2. Φαινολικές ενώσεις.....	23
1.2.3. Τερπένια	27
Κεφάλαιο 2. Αιθέρια έλαια αρωματικών φυτών και ανθέων.....	29
2.1. Χαρακτηριστικές ενώσεις στα αιθέρια έλαια Αρωματικών φυτών	29
2.2 Ιδιότητες αιθέριων ελαίων Αρωματικών φυτών.....	31
2.2.1. Αντιμικροβιακή δράση	31
2.2.2. Αντιοξειδωτική δράση.....	33
2.3. Μέθοδοι παραλαβής αιθέριων ελαίων	34
2.3.1. Ψυχρή συμπίεση – Μηχανική παραλαβή	35
2.3.2 Απόσταξη.....	35
2.3.3 Εκχύλιση με πτητικούς διαλύτες.....	36
2.3.4. Εκχύλιση με ψυχρό λίπος - Μέθοδος «Enfleurage»	37
2.3.5. Εκχύλιση με θερμό λίπος	37
2.3.6. Σύγχρονες μέθοδοι εκχύλισης.....	37
Κεφάλαιο 3. Χρήσεις αρωματικών φυτών και παραγώγων τους στη βιομηχανία.....	40
3.1. Βιομηχανία Τροφίμων.....	40

Σχολή Επιστημών Τροφίμων
Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων

3.2. Ποτοποιία	41
3.3. Φαρμακοβιομηχανία.....	41
3.4. Βιομηχανία Καλλυντικών	42
3.5. Χρήσεις Αιθέριων Ελαίων στη Βιομηχανία	42
3.6. Χρήση βιοδραστικών ενώσεων και αιθέριων ελαίων στην ενεργή συσκευασία	43
3.7. Ενσωμάτωση βιοδραστικών συστατικών και αιθέριων ελαίων στα νανογαλακτώματα	44
Κεφάλαιο 4. Χρήση των παραπροϊόντων επεξεργασίας ανθέων και αρωματικών φυτών και προώθηση της κυκλικής οικονομίας	45
4.1. Η ανάγκη για αξιοποίηση των αποβλήτων	45
4.2. Κυκλική Οικονομία (Circular Economy – CE).....	45
4.3. Υπολειμματική βιομάζα ανθών και αρωματικών φυτών.....	46
4.3.1. Αξιοποίηση φυτοχημικών που προκύπτουν από απόβλητα επεξεργασίας αρωματικών φυτών και ανθέων.....	48
4.3.2. Παραγωγή Βιοπροσροφητικών	50
4.3.3. Παραγωγή ζωοτροφών.....	51
4.3.4. Παραγωγή βιοκαυσίμων	52
4.3.5. Παραγωγή βιοαερίου	52
4.3.6. Παραγωγή βιολογικών φυτοφαρμάκων	52
4.4. Θέματα ασφάλειας κατά την αξιοποίηση των αποβλήτων	53
4.5. Νομοθετικό πλαίσιο γύρω από την αξιοποίηση αποβλήτων επεξεργασίας αρωματικών φυτών και ανθέων	53
Κεφάλαιο 5. Προκλήσεις γύρω από τα αρωματικά φυτά και άνθη	55
5.1. Ανησυχίες σχετικά με την απώλεια της βιοποικιλότητας και τη διαθεσιμότητα πόρων	55
5.2. Ανησυχίες για μείωση της τοπικής γνώσης και της πολιτιστικής επιβίωσης	55
5.3. Ανησυχίες σχετικά με τους όρους έρευνας.....	55
Κεφάλαιο 6. Συμπεράσματα	56
Βιβλιογραφία.....	57
Ελληνόγλωσση βιβλιογραφία	57
Ξενόγλωσση βιβλιογραφία	58

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1.: Ελληνικά αρωματικά φυτά	13
Πίνακας 2.: Ενδεικτικά Δικοτυλήδονα φυτά: Οικογένειες, γένη και είδη (Pandey et al., 2020)...	19
Πίνακας 3.: Χαρακτηριστικές ενώσεις αιθέριων ελαίων	30
Πίνακας 4: Φυτικές πηγές χρωστικών ουσιών και χρήσεις τους στη βιομηχανία τροφίμων (Martins et al, 2016).....	41

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1.: Ιεραρχία των οκτώ κύριων ταξινομικών βαθμίδων.....	18
Σχήμα 2.: Σχηματική αναπαράσταση βιοσυνθετικών μονοπατιών δευτερογενών μεταβολιτών Karamanoli, 2014).....	20
Σχήμα 3.: Ταξινόμηση των φαινολικών ενώσεων.....	24
Σχήμα 4.: Σχηματική απεικόνιση των τριών καινοτόμων τύπων ενεργής συσκευασίας (http://www.actinpak.eu/).....	44
Σχήμα 5.: Σχηματική απεικόνιση γραμμικής και κυκλικής οικονομίας (αριστερά: η γραμμική, δεξιά: η κυκλική) (Circular food supply chains, 2020).....	46

Σκοπός της ανασκόπησης

Οι βιοδραστικές ενώσεις των αρωματικών φυτών και ανθέων και των αιθέριων ελαίων τους, χρησιμοποιούνται κυρίως ως φυσικά πρόσθετα με στόχο τη συντήρηση των τροφίμων, παρουσιάζοντας αντιοξειδωτική και μικροβιακή δράση. Επίσης, η χρήση τους επεκτείνεται και στην βελτίωση τόσο των οργανοληπτικών και των ποιοτικών χαρακτηριστικών των τροφίμων, όσο και στην αύξηση της διατροφικής αξίας. Αξιοποιήσιμα επίσης, κρίνονται και τα απόβλητα των διαφόρων επεξεργασιών των αρωματικών φυτών και ανθέων, στη βιομηχανία τροφίμων και σε λοιπούς κλάδους.

Για όλα τα ανωτέρω, γίνεται εκτενής αναφορά στην παρούσα διπλωματική εργασία, σκοπός της οποίας είναι ο εξής:

Να συλλεχθούν πληροφορίες για το σύνολο των κυριότερων ανθέων και αρωματικών φυτών που καλλιεργούνται με στόχο την εκμετάλλευση και παραλαβή βιοδραστικών ενώσεων. Να γίνει μία στοιχειώδης καταγραφή και ταξινόμηση των σημαντικότερων αρωματικών φυτών – αυτών κυρίως που φύονται στον ελλαδικό χώρο. Να καταγραφούν και ταξινομηθούν οι βιοδραστικές ενώσεις – φυτοχημικά – που περιέχονται στα αρωματικά φυτά και στα αιθέρια έλαιά τους. Να καταγραφούν σύγχρονες μέθοδοι παραλαβής αιθέριων ελαίων. Να συλλεχθούν πληροφορίες για τα είδη προϊόντων και παραπροϊόντων, ή αποβλήτων που προκύπτουν από την όποια βιομηχανική επεξεργασία και πληροφορίες για τις σημαντικότερες εφαρμογές των παραπάνω ειδών, με σκοπό τη συντήρηση και τον εμπλουτισμό τροφίμων.

Απώτερος στόχος της ανασκόπησης είναι να αξιολογηθούν τα ευρήματα αυτά ώστε αφ' ενός να εκτιμηθεί η σημαντικότητα της εκμετάλλευσης των ανθέων και αρωματικών φυτών τόσο διατροφικά όσο και οικονομικά και αφ' ετέρου, να διαφανεί η δυνατότητα καινοτόμων χρήσεων (τρόφιμα, συμπληρώματα διατροφής, ενεργειακά ποτά κ.ά.).

Εισαγωγή

Ιστορική Αναδρομή

Τα αρωματικά άνθη και φυτά χρησιμοποιούνταν από τις απαρχές του ανθρώπινου πολιτισμού είτε για θεραπευτικούς και καλλωπιστικούς σκοπούς, είτε ως συστατικά τροφίμων. Παρακάτω γίνεται μία σύντομη ιστορική αναδρομή, η οποία αποδεικνύει την στενή σχέση των διάφορων πολιτισμών ανά τον κόσμο, με τα αρωματικά φυτά και άνθη, και την γνώση των ευεργετικών ιδιοτήτων τους ακόμη και χιλιάδες χρόνια πριν.

Ποικίλα ιστορικά δεδομένα αποδεικνύουν ότι τα αρωματικά άνθη και φυτά αντιπροσωπεύουν την παλαιότερη και πιο διαδεδομένη μορφή φαρμάκου. Σε πολλούς αρχαίους πολιτισμούς τα παρασκευάσματα βοτάνων λαμβάνονταν για θεραπευτικούς και ψυχοθεραπευτικούς σκοπούς. Μια από τις παλαιότερες γραπτές ενδείξεις για τη χρήση των αρωματικών φυτών βρέθηκε σε ένα πήλινο δοχείο των Σουμερίων από το Ναγκπούρ, περίπου 5000 ετών. Παρουσιάζει 12 συνταγές για την παρασκευή φαρμάκων που ενσωματώνουν πάνω από 250 διάφορα φυτά. Οι αρχαίοι Αιγύπτιοι, 6000 χρόνια πριν, είχαν αναπτύξει μια πολύπλοκη και αποτελεσματική φαρμακολογική συλλογή ουσιών που λαμβάνονταν από φυσικούς πόρους (Solomou et al., 2015). Επίσης θεωρούνται πρωτοπόροι στην αρωματοποιία. Άλλες πρώιμες ανακαλύψεις χρήσιμων αρωματικών φυτών αποδίδονται σε πολλούς πρώιμους ιστορικούς πολιτισμούς, 1000 έως 2000 χρόνια πριν, στην Κίνα, την Ινδία και το Θιβέτ. Πριν από περίπου 1000 χρόνια οι θεραπευτές των Αζτέκων και των Μάγια του Μεξικού και της Κεντρικής Αμερικής πειραματίστηκαν με φυσικές θεραπευτικές ουσίες και εκμεταλλεύτηκαν τουλάχιστον 132 βότανα για τη θεραπεία συγκεκριμένων παθήσεων (Solomou et al., 2015).

Στην Αρχαία Ελλάδα, ο ίδιος ο Ιπποκράτης, ο οποίος πίστευε πως οι ασθένειες είχαν φυσικές αιτίες, χρησιμοποιούσε διάφορες θεραπείες βοτάνων και κατέγραψε τη χρήση περίπου 400 φυτών για τη θεραπεία διαφόρων ασθενειών. Ο Θεόφραστος, που θεωρείται ο πατέρας της Βοτανικής, δημιούργησε στην Αθήνα τον πρώτο βοτανικό κήπο και περιέγραψε στα βιβλία του 550 είδη φυτών και τις ιδιότητές τους. Ο Διοσκουρίδης, τον 1ο αιώνα μ.Χ., στο έργο του «Περί ιατρικής ύλης», περιγράφει τις θεραπευτικές ιδιότητες και τη χρησιμότητα περίπου 600 φυτών. Στην Αρχαία Ρώμη, ο Γαληνός, αναφερόμενος και ως πατέρας της Φαρμακευτικής χρησιμοποιούσε πληθώρα αρωματικών φυτών για τη σύνθεση φαρμακευτικών σκευασμάτων (Giannenas, 2004).

Τον 8^ο αιώνα μ.Χ., οι Άραβες εξέλιξαν τις μεθόδους λήψης αιθέριων ελαίων και δημιούργησαν νέα σκευάσματα καλλωπιστικής και φαρμακευτικής χρήσης (Giannenas, 2004). Με πολλές αναφορές για χρήση αρωματικών φυτών κατά τον Μεσαίωνα και την Αναγέννηση, οι ευεργετικές τους ιδιότητες φτάνουν και ως και τη σύγχρονη εποχή με τα χαρακτηριστικά ακόλουθα παραδείγματα. Κατά τη διάρκεια του Πρώτου Παγκοσμίου Πολέμου ο Γάλλος χημικός Rene Gattefosse χρησιμοποίησε αιθέριο έλαιο λεβάντας για την περιποίηση των δικών του εγκαυμάτων και μετά συνέχισε να θεραπεύει και άλλες σοβαρές περιπτώσεις εγκαυμάτων, παρασκευάζοντας παράλληλα ένα ευρύ φάσμα θεραπευτικών ελαίων, πολλά από τα οποία είναι γνωστά μέχρι και σήμερα. Η Marguerite Maury, γεννηθείσα το 1895, θεωρείται μία σύγχρονη πρωτοπόρος της αρωματοθεραπείας, ενώ πειραματίστηκε με τη λεγόμενη «ολιστική» χρήση των αιθέριων ελαίων, με μεθόδους δηλαδή που αφορούν την υγεία ολόκληρου του σώματος (Adoniadou, 2013).



Σχολή Επιστημών Τροφίμων
Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων

Πρόσφατα, Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας εκτίμησε ότι το 80% των κατοίκων της γης προτιμούν και βασίζονται στην παραδοσιακή ιατρική για την κάλυψη των απλών και βασικών αναγκών της υγείας τους, μεγάλο μέρος της οποίας βασίζεται στη χρήση των αιθέριων ελαίων από τα αρωματικά φυτά. Στη Γερμανία διατίθενται 600 - 700 φυτικά φάρμακα και συνταγογραφούνται από περίπου το 70% των Γερμανών ιατρών. Τα τελευταία 20 χρόνια στις Ηνωμένες Πολιτείες, η δυσαρέσκεια του κοινού όσο αφορά το κόστος των συνταγογραφούμενων φαρμάκων, σε συνδυασμό με την τάση για την επιστροφή σε φυσικές θεραπείες, οδήγησε σε αύξηση της χρήσης φυτικών φαρμάκων. Τις τελευταίες τρεις δεκαετίες, η ζήτηση και η χρήση αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών έχει αυξηθεί παγκοσμίως (Hossain et al., 2011).

Κεφάλαιο 1. Αρωματικά φυτά και άνθη στον ελλαδικό χώρο

Το φυτικό βασίλειο περιλαμβάνει τουλάχιστον 350.000 διαφορετικά είδη. Ανάμεσά τους, εκτιμάται ότι υπάρχουν περίπου 18.000 είδη αρωματικών φυτών και 60.000 είδη φαρμακευτικών φυτών.

Η διάκριση ανάμεσα σε πολλά αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά δεν είναι σαφής, καθώς πολλές φορές, τα φυτά φέρουν και τις δύο ιδιότητες. Ο όρος «αρωματικά» αποδίδεται πρωτίστως σε φυτά με ευχάριστη για τον άνθρωπο οσμή και οι χρήσεις αυτών συνδέονται με την παρασκευή αρωμάτων και άλλων εύοσμων προϊόντων (π.χ. φυτά που προσδίδουν οσμή και γεύση στα τρόφιμα). Ο όρος «φαρμακευτικά» αποδίδεται σε φυτά που παράγουν βιολογικά δραστικές ενώσεις με θεραπευτική δράση για τον άνθρωπο (Malouira et al., 2013). Η διάκριση αυτή δεν αποτελεί αντικείμενο μελέτης της παρούσας εργασίας, και γι' αυτό, οι φαρμακολογικές ιδιότητες των αρωματικών ή μη φυτών, δεν θα εξετασθούν.

Σε τοπικό επίπεδο, η χλωρίδα της Ελλάδας απαριθμεί περίπου 6.000 είδη φυτών. Απ' αυτά τα 500 - 600 χαρακτηρίζονται ως αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά, γεγονός που μαρτυρεί ότι η Ελλάδα πλεονεκτεί σε σχέση με άλλες ευρωπαϊκές χώρες σε συνθήκες παραγωγής αρωματικών φυτών. Οι εδαφοκλιματικές συνθήκες, εξάλλου, καθώς και οι χαμηλές απαιτήσεις σε νερό, ευνοούν ιδιαίτερα την ανάπτυξη και καλλιέργεια αρωματικών φυτών που δίδουν προϊόντα εξαιρετικής ποιότητας (Papanagioutou et al., 2001). Το θερμό και ξηρό κλίμα, καθώς και η καλή σύσταση του εδάφους των περισσότερων ημιορεινών και πεδινών περιοχών σε όλη σχεδόν την ελληνική επικράτεια, συμπληρώνουν τις απαραίτητες προϋποθέσεις για προϊόντα με μεγάλες στρεμματικές αποδόσεις και υψηλή ποιότητα.

1.1 Καταγραφή των ελληνικών αρωματικών φυτών

Στον Πίνακα 1 που ακολουθεί, γίνεται μία εκτενής καταγραφή των σημαντικότερων αρωματικών φυτών που φύονται στον ελλαδικό χώρο.

Πίνακας 1.: Ελληνικά αρωματικά φυτά

α/α	Είδος	Οικογένεια	Κυριότερες χρήσεις
1	Βάλσαμο / Υπερικόν το διάτρητον / Σπαθόχορτο (<i>Hypericum perforatum</i>)	<i>Hypericaceae</i>	Η ξηρή δρόγη και το αιθέριο έλαιο χρησιμοποιούνται κυρίως για τις ευεργετικές και φαρμακευτικές τους ιδιότητες.
2	Βασιλικός (<i>Ocimum basilicum</i>)	<i>Labiataeae</i>	Καλλιεργείται για παραγωγή ξηρής δρόγης, για το αιθέριο έλαιό του και για φαρμακευτική χρήση. Χρησιμοποιείται και ως άρτυμα.
3	Γιασεμί (<i>Jasminum grandiflorum</i>)	<i>Oleaceae</i>	Καλλιεργείται για το αιθέριο έλαιό του, για χρήση στην αρωματοποιία.
4	Γλυκάνισος (<i>Pimpinella anisum</i>)	<i>Apiaceae</i>	Οι καρποί του χρησιμοποιούνται στην παραγωγή ούζου και τσίπουρου και ως άρτυμα.
5	Γλυκόριζα (<i>Glycyrrhiza glabra</i>)	<i>Fabaceae</i>	Χρησιμοποιείται στη ζαχαροπλαστική, στην καπνοβιομηχανία και σε ιατρικά παρασκευάσματα.

6	Δάφνη (<i>Laurus nobilis</i>)	<i>Lauraceae</i>	Καλλιεργείται για τα φύλλα και τους καρπούς, από τους οποίους εξάγεται το δαφνέλαιο.
7	Δενδρολίβανο (<i>Rosmarinus officinalis</i>)	<i>Labiataeae</i>	Καλλιεργείται για το αιθέριο έλαιό του, τα φύλα και τα άνθη του χρησιμοποιούνται στην μαγειρική. Έχει φαρμακευτικές ιδιότητες.
8	Δίκταμος (<i>Origanum dictamnus</i>)	<i>Labiataeae</i>	Αυτοφύεται και καλλιεργείται μόνο στην Κρήτη. Χρησιμοποιείται για παραγωγή βερμούτ και ως αφέψημα. Έχει φαρμακευτικές ιδιότητες.
9	Ευκάλυπτος (<i>Eucalyptus spp.</i>)	<i>Myrtaceae</i>	Καλλιεργείται για το αιθέριο έλαιό του. Έχει φαρμακευτικές ιδιότητες.
10	Θρούμπι (<i>Satureja hortensis</i>)	<i>Labiatae</i>	Ως άρτυμα. Παρουσιάζει και φαρμακευτικές ιδιότητες.
11	Θυμάρι (<i>Thymus sp.</i>)	<i>Labiataeae</i>	Καλλιεργείται για τη δρόγη και το αιθέριο έλαιό του.
12	Κάππαρις (<i>Capparis spinosa</i>)	<i>Capparidaceae</i>	Χρησιμοποιείται αυτούσιο ή ως άρτυμα, ως φαρμακευτικό και αρωματικό φυτό
13	Κορίανδρος (<i>Coriandrum salivum</i>)	<i>Apiaceae</i>	Καλλιεργείται για τους καρπούς του. Χρησιμοποιούνται στην ποτοποιία και για την παραλαβή του αιθέριου ελαίου.
14	Κρίνος (<i>Lilium candidum</i>)	<i>Liliaceae</i>	Καλλιεργείται για τα άνθη του, για το αιθέριο έλαιό του και για τους βολβούς, οι οποίοι παρουσιάζουν φαρμακευτικές ιδιότητες.
15	Κρίταμο το παράλιο (<i>Crithmum maritimum</i>)	<i>Apiaceae</i>	Βρώσιμο κυρίως έπειτα από ζύμωση.
16	Κρόκος (<i>Crocus sativus</i>)	<i>Iridaceae</i>	Καλλιεργείται για τα στίγματα του ύπερου που διαθέτουν χρωστικές, αρωματικές και φαρμακευτικές ιδιότητες.
17	Κύμινο (<i>Cumimin cyminum</i>)	<i>Apiaceae</i>	Ως άρτυμα. Παρουσιάζει και φαρμακευτικές ιδιότητες.
18	Κίστος ο Κρητικός (<i>Cistus creticus</i>) - <i>Cistus spp.</i> (λαδανιά)	<i>Cistaceae</i>	Είναι φυτό αρωματικό, φαρμακευτικό και μελισσοτροφικό, γνωστό από την αρχαιότητα. Παρουσιάζει ισχυρή αντιοξειδωτική και αντιφλεγμονώδη δράση, καθώς και αντιμικροβιακή.
19	Λεβάντα (<i>Lavandula sp.</i>)	<i>Labiataeae</i>	Καλλιεργείται κυρίως για το αιθέριο έλαιό του.
20	Λουίζα (<i>Aloysia citriodora</i>)	<i>Verbenaceae</i>	Χρησιμοποιείται ευρέως ως μπαχαρικό. Στην παραδοσιακή ιατρική χρησιμοποιείται για τη θεραπεία των πονοκεφάλων, δυσπεψίας, νευραλγικών πόνων, κρυολογημάτων, κ.λπ. Το αιθέριο έλαιο των φύλλων της λουίζας βρίσκει ευρεία εφαρμογή στη βιομηχανία αρωμάτων.

21	Μάραθος (<i>Foeniculum vulgare</i>)	<i>Apiaceae</i>	Χρησιμοποιείται στην αρτοποιία, για παρασκευή ούζου και τσίπουρου κ.λπ.
22	Ματζουράνα (<i>Origanum majorana</i>)	<i>Labiataeae</i>	Καλλιεργείται για τη δρόγη της (ως άρτυμα) και το αιθέριο έλαιό της, με εφαρμογές στην αρωματοποιία, φαρμακευτική, κ.λπ.
23	Μελισσόχορτο (<i>Melissa officinalis</i>)	<i>Labiataeae</i>	Είναι αρωματικό, φαρμακευτικό και μελισσοτροφικό φυτό, που καλλιεργείται για το αιθέριο έλαιό του και την ξηρή δρόγη του. Τα φύλλα του έχουν φαρμακευτικές ιδιότητες.
24	Μέντα (<i>Mentha piperita</i>)	<i>Labiataeae</i>	Καλλιεργείται κυρίως για το αιθέριο έλαιό της (ζαχαροπλαστική, αρωματοποιία, φαρμακευτική, ποτοποιία κ.ά.), αλλά και για τα φύλλα της που χρησιμοποιούνται ως αφέψημα.
25	Ρίγανη (<i>Origanum heracleoticum, O. vulgare, O. onites</i>)	<i>Labiataeae</i>	Στην Ελλάδα αυτοφύεται σε πολλές περιοχές, και θεωρείται, ποιοτικά, η καλύτερη παγκοσμίως. Τα αποξηραμένα φύλλα και λουλούδια της χρησιμοποιούνται ως άρτυμα, ενώ το αιθέριο έλαιό της, χρησιμοποιείται τόσο στην αρωματοποιία και φαρμακευτική, όσο και στη βιομηχανία τροφίμων.
26	Σάλβια σκλάρεα (<i>Salvia sclarea</i>)	<i>Labiataeae</i>	Καλλιεργείται για το αιθέριο έλαιό της (αρωματοποιία).
27	Σινάπι (<i>Sinapis sp.</i>)	<i>Brassicaceae</i>	Από τους ξηρούς σπόρους του παρασκευάζεται η μουστάρδα
28	Σπάρτο (<i>Spartium junceum</i>)	<i>Leguminosae</i>	Φυτό αρωματικό, φαρμακευτικό, μελισσοκομικό, κλωστικό και καλλωπιστικό. Από τα άνθη του λαμβάνεται το αιθέριο έλαιο που χρησιμοποιείται στην αρωματοποιία.
29	Τριανταφυλλιά (<i>Rosa damascena, R. centifora</i>)	<i>Rosaceae</i>	Καλλιεργείται για το εξαιρετικής ποιότητας αιθέριο έλαιό του, το οποίο παραλαμβάνεται από τα πέταλα των λουλουδιών. Χρήσεις στην αρωματοποιία, ποτοποιία και βιομηχανία τροφίμων.
30	Τσάι του βουνού (<i>Sideritis ahtoa, S. clandestine, S. scardica, S. syriaca, S. eboea</i>)	<i>Labiataeae</i>	Αυτοφύες και καλλιεργούμενο, χρησιμοποιείται ως αφέψημα και μελισσοκομικό φυτό.
31	Τσουκνίδα (<i>Urtica sp.</i>)	<i>Urticaceae</i>	Χρησιμοποιείται στις ζωτροφές αλλά και στο μαγείρεμα. Αφέψημα με φαρμακευτικές ιδιότητες.
32	Ύσσωπος (<i>Hussopus officinalis</i>)	<i>Labiataeae</i>	Αρωματικό, φαρμακευτικό, μελισσοκομικό φυτό που περιέχει νέκταρ εξαιρετικής ποιότητας. Το αιθέριο έλαιό του χρησιμοποιείται στην αρωματοποιία, σαπωνοποιία και ποτοποιία.

33	Φακελωτή (<i>Phacelia tanacetifolia</i>)	<i>Boraginaceae</i>	Μελισσοτροφικό .
34	Φασκόμηλο (<i>Salvia officinalis</i> , <i>S. triloba</i> , <i>S. grandiflora</i> , <i>S. pomifera</i>)	<i>Labiataeae</i>	Η δρόγη του (βλαστοί, άνθη, φύλλα) χρησιμοποιείται κυρίως σαν αφέψημα και το αιθέριο έλαιο του στη βιομηχανία τροφίμων και φαρμακευτική.
35	Φλαμουριά (<i>Tilia cordata</i> , <i>T. platyphyllos</i> , <i>T. tomentosa</i>)	<i>Tiliaceae</i>	Τα άνθη και τα φύλλα χρησιμοποιούνται σε ροφήματα.
36	Φλισκούνη (<i>Mentha pulegium</i>)	<i>Labiataeae</i>	Χρησιμοποιείται ευρέως στην παρασκευή τροφίμων, ειδών αρωματοποιίας, φαρμακευτικών προϊόντων και ως εντομοαπωθητικό.
37	Χαμομήλι (<i>Matricaria chamomilla</i>)	<i>Compositae</i>	Τα άνθη του χρησιμοποιούνται σαν αφέψημα. Αναφέρονται φαρμακευτικές ιδιότητες για το είδος.

Πηγή: Δ/νση Συστημάτων Καλλιέργειας και Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Στην κάτωθι Εικόνα 1, απεικονίζονται τα κυριότερα αρωματικά φυτά που ευδοκούν στον ελλαδικό χώρο.



Sideritis sp.



Pimpinella anisum



Origanum sp.



Origanum dictamnus



Crocus sp.



Hyssopus officinalis



Salvia sp.



Origanum majorana



Jasminum officinalis



Lavandula spica



Sinapis sp.



Matricaria chamomila



Hypericum perforatum



Urtica sp.



Aloysia citriodora



Crithmum maritimum



Mentha viridis



Coriandrum sativum



Mentha sp.



Salvia sp.



Lepidium sp.



Crocus sp.



Phacelia tanacetifolia



Phoeniculum vulgare



Rosmarinus officinalis



Thymus sp.



Glycyrrhiza glabra



Cuminum cyminum



Ocimum basilicum

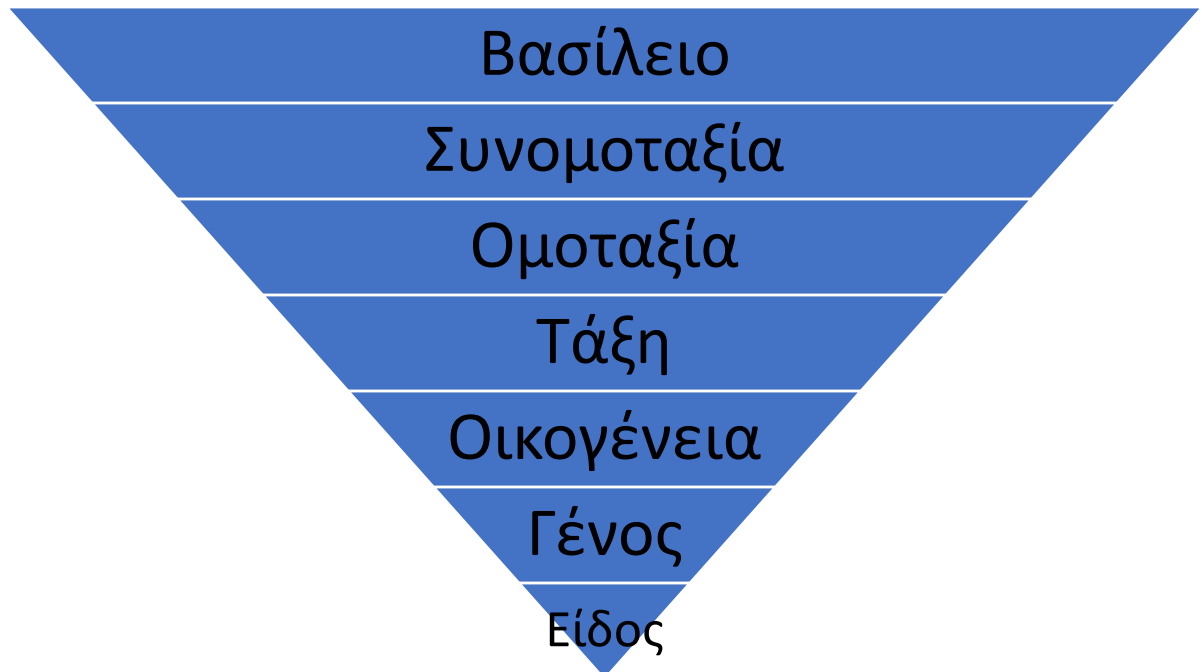
Εικόνα 1: Φωτογραφίες διάφορων ελληνικών αρωματικών φυτών (Solomou et al., 2015)

1.1.2 Συστηματική Ταξινόμηση αρωματικών φυτών

Η συστηματική ταξινόμηση των αρωματικών ανθέων και φυτών αποτελεί ένα σημαντικό γνωστικό και ερευνητικό εργαλείο, και μπορεί να δώσει μία πρώτη εκτίμηση για την πιθανή παρουσία δευτερογενών μεταβολιτών και κατά συνέπεια βιοδραστικών ουσιών στο φυτό. Επί παραδείγματι, πολλά φυτά - μέλη της οικογένειας των Σεληνοειδών (*Apiaceae*) και των Χειλανθών (*Labiataeae*) εμπεριέχουν αιθέρια έλαια,

φυτά της οικογένειας των Στρυχνοειδών (*Solanaceae*) και Μηκωνοειδών (*Papaveraceae*) εμπεριέχουν αλκαλοειδή και, φυτά της οικογένειας των Σαπινδοειδών (*Sapindaceae*) περιέχουν τανίνες. Στα φύλλα φυτών των Λειριοειδών (*Liliaceae*), Βρουλοδών (*Juncaceae*), Κυπρινοειδών (*Cyperaceae*) και των Αγρωστωδών (*Gramineae*) απαντώνται φλαβονοειδή. Εννέα οικογένειες της τάξης των Καρυοφυλλωδών φυτών (*Caryophyllales*), (Αειζωοειδή (*Aizoaceae*), Αμαρανθοειδή (*Amaranthaceae*), Βασελλοειδή (*Basellaceae*), Καρυοφυλλοειδή (*Cartophyllaceae*), *Didieraceae*, *Molluginaceae*, Νυκταγινίδες (*Nyctaginaceae*), *Phytolaccaceae* και Πορτουλακοειδή (*Portulacaceae*)) περιέχουν βεταλαΐνες, δηλαδή αζωτούχες ανθοκυανίνες που αποτελούνται από ερυθροϊώδεις βέτα-κυανίνες και κίτρινες έως πορτοκαλί βετα-ξανθίνες. Τερπενοειδή επίσης απαντώνται ευρέως σε αρωματικά φυτά των οικογενειών των Σεληνοειδών (*Apiaceae*) και των Ρυτοειδών (*Rutaceae*) (Alamgir, 2017).

Το επικρατέστερο σύστημα βοτανικής ταξινόμησης είναι το ιεραρχικό σύστημα ταξινόμησης του βοτανολόγου Κάρολου Λινναίου, το οποίο κατατάσσει τα διάφορα είδη σε Βασίλεια, Συνομοταξίες, Ομοταξίες, Τάξεις, Οικογένειες, Γένη και Είδη όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 1. Για παράδειγμα το είδος δεντρολίβανο (*Rosmarinus officinalis*), ανήκει στο γένος Ροσμαρίνος (*Rosmarinus*), στην οικογένεια των Χειλανθών (*Lamiaceae*), στην τάξη των Λαμιωδών (*Lamiales*), στην ομοταξία των Δικοτυλήδονων (*Magnoliopsida*), στη συνομοταξία των Αγγειόσπερμων (*Magnoliophyta*) και στο Βασίλειο των Φυτών (*Plantae*) (APG IV system, 2016). Βέβαια, στη βιβλιογραφία απαντώνται πολλοί τρόποι ταξινόμησης, που είναι αδύνατο να αναφερθούν όλοι στην παρούσα εργασία. Στον Πίνακα 2 αναφέρονται ενδεικτικά, κάποιες από τις οικογένειες, τα γένη και είδη της ομοταξίας των Δικοτυλήδονων φυτών. Επιλέχθηκε προς παρουσίαση η συγκεκριμένη ομοταξία, καθώς εμπεριέχει τις οικογένειες στις οποίες απαντώνται τα περισσότερα αρωματικά φυτά του Ελλαδικού χώρου. Σημειώνεται τα ελληνικά αρωματικά φυτά ανήκουν σε τουλάχιστον πενήντα οικογένειες (π.χ. *Apiaceae*, *Asteraceae*, *Geraniaceae*, *Labiatae*, *Rutaceae*, κ.λπ.) (Maloupa et al., 2013).



Σχήμα 1: Ιεραρχία των οκτώ κύριων ταξινομικών βαθμίδων

Πίνακας 1: Ενδεικτικά Δικοτυλήδονα φυτά: Οικογένειες, γένη και είδη (Pandey et al., 2020)

Συνομοταξία: Αγγειόσπερμα (<i>Angiospermae</i>)		
Ομοταξία: Δικοτυλήδονα		
Οικογένεια	Γένος (ενδεικτικά)	Είδος (ενδεικτικά)
Πεπεροειδή (<i>Piperaceae</i>)	Πέπερι (<i>Piper</i>)	μαύρο πιπέρι (<i>piper nigrum</i>)
Αριστολοχιοειδή (<i>Aristolochiaceae</i>)	Άσαρο (<i>Asarum</i>)	Ευρωπαϊκή άγρια πιπερόριζα (<i>Asarum europaeum</i>)
Καρυοφυλλοειδή (<i>Caryophyllaceae</i>)	Διανθή (<i>Dianthus</i>)	Γαρυφαλιά (<i>Dianthus caryophyllus</i>)
Λαουρίδες (<i>Lauraceae</i>)	Κιννάμωμον (<i>Cinnamomum</i>)	Κινεζική κανέλα / κασσία (<i>Cinnamomum cassia</i>)
	Δάφνη (<i>Laurus</i>)	Δάφνη Απόλλωνος (<i>Laurus nobilis</i>)
Ροδοειδή (<i>Rosaceae</i>)	Τριανταφυλλιά (<i>Rosa</i>)	Δαμασκηνή τριανταφυλλιά (<i>Rosa damascena</i>)
Ρουτίδες (<i>Rutaceae</i>)	Ξανθόξυλο (<i>xanthoxylum</i>)	Σάνσο (<i>Xanthoxylum piperitum</i>)
Ευφορβιοειδή (<i>Euphorbiaceae</i>)	Κρότων (<i>Croton</i>)	Κασκαρίλα (<i>Croton eluteria</i>)
Μυρτοειδή (<i>Myrtaceae</i>)	Ευγενία (<i>Eugenia</i>)	Γαρίφαλο (<i>Eugenia caryophyllata</i>)
Χειλανθή (<i>Labiatae</i>)	Ροσμαρίνος (<i>Rosmarinus</i>)	Δεντρολίβανο (<i>Rosmarimus officinalis</i>)
	Ορίγανο (<i>Origanum</i>)	Ρίγανη (<i>Origanum vulgare</i>)
	Θύμος (<i>Thymus</i>)	Κεφαλοθύμαρο (<i>Thymus capitatus</i>)
	Ελελίφασκος (<i>Salvia</i>)	Ελελίφασκος ο φαρμακευτικός/ Φασκόμηλο (<i>Salvia officinalis</i>)
	Σιδηρίτις (<i>Sideritis</i>)	Τσάι του βουνού (<i>Sideritis syriaca</i>)

Angiosperm Phylogeny Group (APG) IV system, 2016

1.2. Φυτοχημικά. Κύριες βιοδραστικές ενώσεις που απαντώνται στα αρωματικά άνθη και φυτά

Ως φυτοχημικά, ορίζονται οι φυτικής προέλευσης δευτερογενείς μεταβολίτες, ή αλλιώς, οι βιοδραστικές, μη θρεπτικές φυτικές ενώσεις σε φρούτα, λαχανικά, δημητριακά και άλλα φυτικά τρόφιμα (Leitzmann et al., 2016). Τα φυτοχημικά καλούνται μη θρεπτικές ουσίες καθώς δεν κατατάσσονται στα κύρια θρεπτικά συστατικά (υδατάνθρακες, λίπη, πρωτεΐνες), δεν είναι απαραίτητα στη ζωή του ανθρώπου, αλλά έχει αποδειχθεί ότι έχουν ευεργετικές δράσεις στον οργανισμό. Όλο και περισσότερα στοιχεία και μελέτες, υποστηρίζουν τον ευεργετικό ρόλο των φυτοχημικών στην υγεία του ανθρώπου. Βάση κλινικών και προκλινικών μελετών, έχει αποδειχθεί ότι τα φυτοχημικά, προστατεύουν τον οργανισμό έναντι πολλών μορφών καρκίνου, στεφανιαίας νόσου, διαβήτη, υπέρτασης, διάφορων φλεγμονών, λοιμώξεων, ελκών και άλλων χρόνιων παθήσεων. Μέχρι σήμερα, πάνω από 5000 φυτοχημικά έχουν ταυτοποιηθεί, ενώ η προσπάθεια αναγνώρισης περισσότερων ακόμη αταυτοποίητων ουσιών, συνεχίζεται (Yang, 2022).

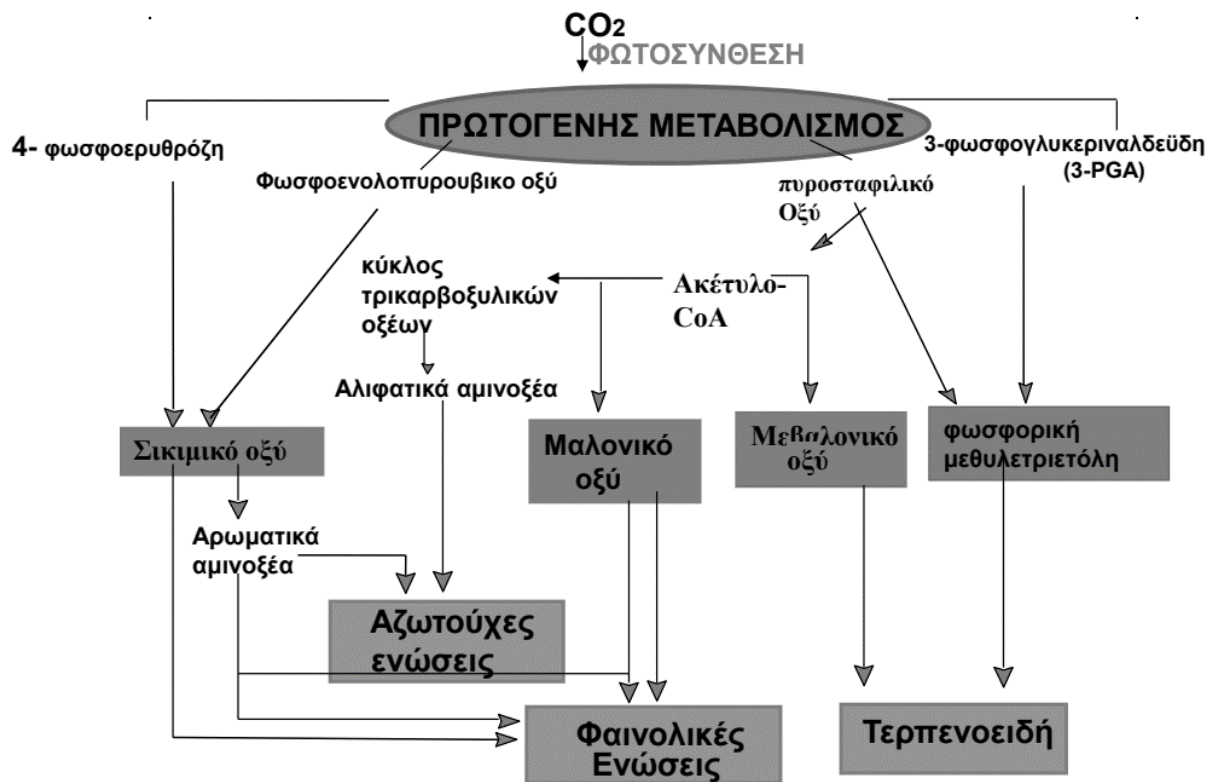
Επιπρόσθετα, τα φυτοχημικά συμμετέχουν σε διάφορες διεργασίες των φυτικών ιστών, όπως η άμυνα έναντι πιθανών απειλών όπως βακτήρια, ιοί και μύκητες (Aharoni et al, 2011). Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν, τα φλαβονοειδή, που προστατεύουν τα φυτά από τις ελεύθερες ρίζες που δημιουργούνται κατά τη φωτοσύνθεση. Τα τερπενοειδή μπορεί να προσελκύουν επικονιαστές ή διασκορπιστές σπόρων, ή να «αναχαιτίζουν» ανταγωνιστικά φυτά. Ακόμη, τα αλκαλοειδή συνήθως αποτρέπουν τα φυτοφάγα ζώα ή τις επιθέσεις εντόμων (φυτοαλεξίνες) (Bernhoft, 2010).

Ταξινόμηση φυτοχημικών

Τα φυτοχημικά, ως δευτερογενείς μεταβολίτες κατατάσσονται σε τρεις κύριες κατηγορίες, βάση των βιοσυνθετικών τους μονοπατιών:

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

Στο Σχήμα 2, απεικονίζονται τα τρία κύρια μεταβολικά μονοπάτια του φυτικού μεταβολισμού, που καταλήγουν στη σύνθεση των δευτερογενών μεταβολιτών, δηλαδή τερπενίων, ή φαινολικών, ή αζωτούχων ενώσεων.



Σχήμα 2: Σχηματική αναπαράσταση βιοσυνθετικών μονοπατιών δευτερογενών μεταβολιτών (Karamanoli, 2014)

1.2.1. Αζωτούχες ενώσεις

Οι κυριότερες κατηγορίες των αζωτούχων ενώσεων - προϊόντα δευτερογενούς μεταβολισμού των φυτών - είναι τα αλκαλοειδή, οι κυανογόνοι γλυκοζίτες και τα γλυκοσινοικά οξέα (Jamwal et al., 2017).

Αλκαλοειδή

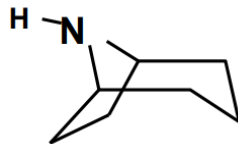
Τα αλκαλοειδή είναι φυσικά προϊόντα του δευτερογενούς φυτικού μεταβολισμού που στο μόριο τους περιέχουν άζωτο (N). Συχνά απαντώνται δομές αλκαλοειδών που περιέχουν ετεροκυκλικό δακτύλιο. Τα αλκαλοειδή έχουν βασικό, «αλκαλικό» χαρακτήρα λόγω του ασύζευκτου ζεύγους ηλεκτρονίων στο άζωτο και είναι ευδιάλυτα στο νερό (Karamanoli, 2014). Είναι από τους πιο συχνά ευρισκόμενους μεταβολίτες σε φυτικούς ιστούς, με τεράστια ποικιλότητα δράσεων και δομών. Το 20% των Αγγειόσπερμων φυτών, άλλωστε, εμπεριέχουν αλκαλοειδή (Roberts et al., 1998). Βασικές ομάδες των αλκαλοειδών είναι οι πυριδίνες, πυρρολιδίνες, τροπάνια, πυρρολιζιδίνες, πουρίνες, ινδόλια, κινολίνες, ισοκινολίνες, στεροειδή και άλλες. Κατά τη χημική ταξινόμηση των αλκαλοειδών, διακρίνονται δύο βασικές κατηγορίες:

- Μη ετεροκυκλικά αλκαλοειδή που μπορεί να αποκαλούνται πρωτο-αλκαλοειδή ή βιολογικές αμίνες.
- Ετεροκυκλικά αλκαλοειδή που κατηγοριοποιούνται περαιτέρω σε διαφορετικές ομάδες με βάση τη δομή του δακτυλίου στο μόριό τους (Botitsi, 2017).

Συγκεκριμένα:

i. Αλκαλοειδή τροπανίου

Τα αλκαλοειδή τροπανίου είναι μια κατηγορία δικυκλικών αλκαλοειδών που περιέχουν έναν δακτύλιο τροπανίου στη χημική τους δομή (O'Hagan, 2000). Να σημειωθεί ότι το τροπάνιο, είναι μια δικυκλική αμίνη που έχει έναν δακτύλιο πυρρολιδίνης και έναν πιπεριδίνης που μοιράζονται ένα κοινό άτομο αζώτου και δύο άτομα άνθρακα (Kumar et. Al, 2018), όπως φαίνεται στην Εικόνα 2. Τα αλκαλοειδή τροπανίου απαντώνται στα Στρυχνοειδή φυτά (*Solanaceae* - οικογένεια νυχτολούλουδου) όπως στην Άτροπο ευθάλεια (*Atropa belladonna*) και στο γερούλι (*Hyoscyamus niger* (henbane)). Κύριοι εκπρόσωποι της κατηγορίας είναι η ατροπίνη, η σκοπολαμίνη, η υοσκαμίνη, η κοκαΐνη κ.λπ. (Karamanoli, 2014). Οι ενώσεις αυτές έχουν αντιχολινεργική δράση (ανταγωνιστές υποδοχέα μουσκαρινών) και χρησιμοποιούνται για τη μείωση των μυϊκών σπασμών και του πόνου (Bernhoft, 2010).

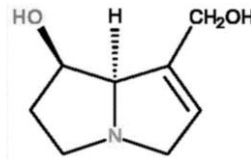


Εικόνα 2: Τροπάνιο (Karamanoli, 2014)

ii. Αλκαλοειδή πυρρολιζιδίνης

Τα αλκαλοειδή πυρρολιζιδίνης είναι ετεροκυκλικές οργανικές ενώσεις, οι οποίες βρίσκονται σε περισσότερα από 6.000 είδη φυτών (περίπου το 3% της παγκόσμιας χλωρίδας). Είναι εστέρες ετεροκυκλικών αμινοαλκοολών που ονομάζονται νεκίνες (Εικόνα 3), με αλειφατικά μονοανθρακικά ή δικαρβονικά οξέα (νεκινικά οξέα). Περίπου το 95% των αλκαλοειδών πυρρολιζιδίνης βρίσκονται σε φυτά των οικογενειών *Senecioneae* και *Eupatorieae* (*Asteraceae*), σε αρκετά γένη της οικογένειας *Boraginaceae*, στο γένος *Crotalaria* (*Fabaceae*) και σε ορισμένα γένη της οικογένειας *Orchidaceae*

(Seremet et al., 2018). Η πιθανή αρνητική τους επίδραση στον άνθρωπο και στα ζώα είναι η ηπατοτοξικότητα (Bernhoft, 2010).



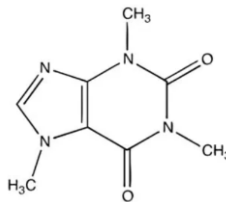
Εικόνα 3: Ρετρονερίνη, ένα αλκαλοειδές πυρρολιζιδίνης (Seremet et al., 2018)

iii. Αλκαλοειδή πυριδίνης

Τα αλκαλοειδή πυριδίνης είναι μια κατηγορία αλκαλοειδών, η οποία περιέχει τον χαρακτηριστικό δακτύλιο πυριδίνης. Αντιπρόσωπος των αλκαλοειδών της πυριδίνης είναι η νικοτίνη που βρίσκεται στα φυτά του γένους Νικοτιανή (*Nicotiana*), συμπεριλαμβανομένου του καπνού (*Nicotiana tabacum*) (Cornell University, 2018).

iv. Αλκαλοειδή πουρίνης ή ψευδοαλκαλοειδή

Πουρίνες καλούνται οι ετεροκυκλικές αρωματικές χημικές ενώσεις που αποτελούνται από δακτύλιους πυριμιδίνης και ιμιδαζόλης. Η καφεΐνη και η θεοβρωμίνη, μεθυλιωμένα παράγωγα της ξανθίνης, είναι χαρακτηριστικές ενώσεις αλκαλοειδών της πουρίνης (Baumann et al., 1988). Ονομάζονται και ψευδοαλκαλοειδή καθώς δεν προέρχονται από αμινοξέα, όπως τα υπόλοιπα αλκαλοειδή. (Aniszewski, 2007).



Εικόνα 4: Καφεΐνη, Χαρακτηριστική αλκαλοειδής πουρίνη

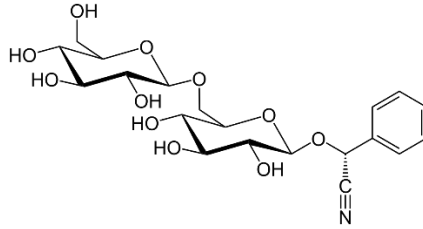
v. Αλκαλοειδή ινδολίου

Τα αλκαλοειδή ινδολίου έχουν δικυκλική δομή, και αποτελούνται από έναν εξαμελή δακτύλιο βενζολίου συντηγμένου με έναν πενταμελή δακτύλιο πυρρολίου που περιέχει άζωτο. Αυτός ο δακτύλιος πυρρολίου με άτομο αζώτου είναι υπεύθυνος για τις ποικίλες φαρμακευτικές ιδιότητες των αλκαλοειδών ινδόλης (El-Sayed et al., 2007). Τα συγκεκριμένα αλκαλοειδή είναι ευρέως διανεμημένα σε φυτά που των οικογενειών των Αποκυνιδών (*Apocynaceae*), Λογανιοειδών (*Loganiaceae*), και Ερυθροδανοειδών (*Rubiaceae*), με κυριότερη χρήση σε αντικαταθλιπτικά φαρμακοσκευάσματα (Sagi et al., 2016).

Κυανογόνοι γλυκοζίτες

Οι κυανογόνοι γλυκοσίδες / γλυκοζίτες διαθέτουν το χαρακτηριστικό τμήμα νιτριλίου, το οποίο μετά από ενζυματική αποικοδόμηση, μπορεί να απελευθερώσει τοξικό υδροκυάνιο. Αποτελούνται από δύο μέρη, μια αγλυκόνη και μια ομάδα σακχάρου (Yulvianti et al., 2021), όπως φαίνεται στην Εικόνα 5, όπου απεικονίζεται η ένωση της αμυγδαλίνης – ισχυρά αντιοξειδωτική ένωση, που βρίσκεται κυρίως στους πυρήνες κουκουτσιών του πικραμύγδαλου και βερίκοκου. Το τμήμα αγλυκόνης, αποτελείται από μια ομάδα νιτριλίου συνδεδεμένη με ένα αλειφατικό, κυκλικό, αρωματικό ή ετεροκυκλικό τμήμα. Οι αγλυκόνες των κυανογόνων γλυκοσιδών προέρχονται από αμινοξέα (Yulvianti et al., 2021). Κυανογόνοι

γλυκοσίδες απαντώνται κυρίως στην οικογένεια των τριανταφυλλοειδών (*Roseaceae*) ιδιαίτερα στις προύμνες (*Prunus sp*) (Bernhoft, 2010).



Εικόνα 5: Αμυγδαλίνη, Χαρακτηριστικός κυανογόνος γλυκοζίτης

Γλυκοσινολικά οξέα

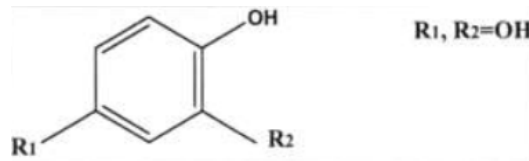
Τα γλυκοσινολικά οξέα είναι ενώσεις που προέρχονται από αμινοξέα. Είναι υδροξυαμινοθειικοί εστέρες με μια πλευρική αλυσίδα R που ποικίλει, και ένα τμήμα β-D-γλυκοπυρανόζης που συνδέεται με ένα άτομο θείου. Πιο συγκεκριμένα κάθε γλυκοσινολικό οξύ αποτελείται από ένα κεντρικό άτομο άνθρακα που συνδέεται μέσω ενός ατόμου θείου με μια ομάδα γλυκόνης, μέσω ενός ατόμου αζώτου με μια ομάδα θειικού και με μια πλευρική ομάδα χαρακτηριστική για κάθε μόριο γλυκοσινολικού οξέος (Katsarou, 2014). Απαντώνται κυρίως στην οικογένεια των Σταυρανθών (*Brassicaceae*) (Holst et al., 2003).

1.2.2. Φαινολικές ενώσεις

Οι φαινολικές ενώσεις είναι μία κατηγορία χημικών ενώσεων, οι οποίες αποτελούνται από έναν βενζολικό δακτύλιο, ο οποίος φέρει μία ή περισσότερες υδροξυλομάδες (Εικόνα 6). Οι ενώσεις αυτές ονομάζονται συνήθως πολυφαινόλες. Είναι υδατοδιαλυτές και συνήθως εμφανίζονται με τη μορφή γλυκοζιτών στο κενοτόπιο των φυτικών κυττάρων (Proestos, 2005). Η κατηγοριοποίηση των φαινολικών ενώσεων εμφανίζεται στη βιβλιογραφία με διάφορους τρόπους. Η πιο πρόσφατη μορφή ταξινόμησης, ομαδοποιεί τα φαινολικά συστατικά, ανάλογα με τον ανθρακικό τους σκελετό, δηλαδή ανάλογα τον αριθμό των βενζολικών δακτυλίων που περιέχουν, γίνεται και ο επιμέρους διαχωρισμός τους. Έτσι προκύπτουν:

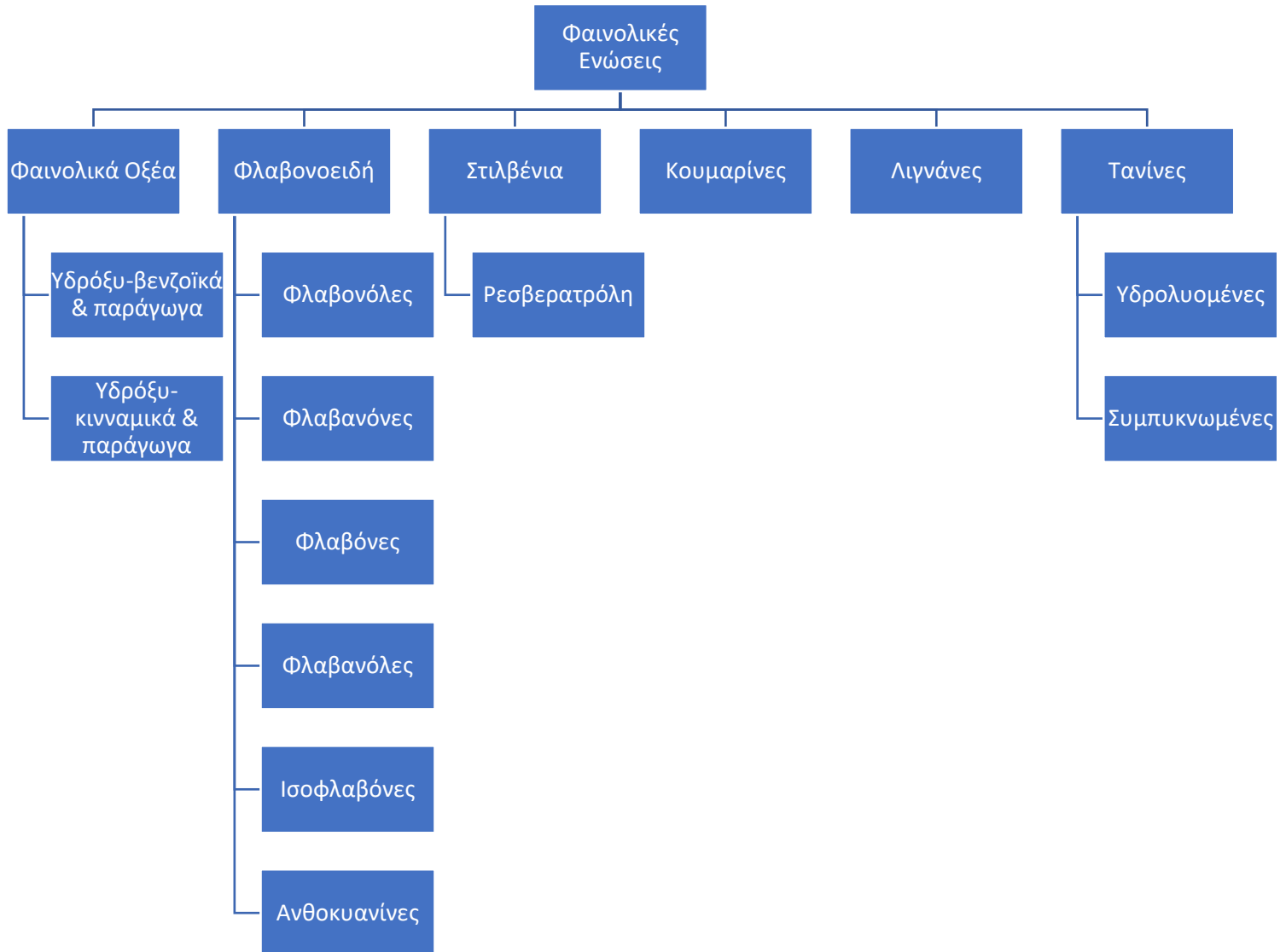
- Οι απλές φαινόλες, οι οποίες περιέχουν στο μόριό τους έναν αρωματικό δακτύλιο (πχ. φαινολικά οξέα)
- Οι πολυφαινόλες με δύο αρωματικούς δακτυλίους (πχ. φλαβονοειδή)
- Οι πολυφαινόλες με τρεις ή περισσότερους αρωματικούς δακτυλίους (πχ. τανίνες) (Parageorgiou, 2009).

Το φαινολικό περιεχόμενο, συνδέεται στενά με την οργανοληπτική και θρεπτική ποιότητα των νωπών και των μεταποιημένων φυτικών τροφίμων, με πολλές φαινολικές ενώσεις που απαντώνται στα φυτά να χαρακτηρίζονται ως ισχυρότατα αντιοξειδωτικά (Chi-Tang, 1992).



Εικόνα 5: Δομή φαινολικών ενώσεων. Βενζολικός δακτύλιος με μία ή περισσότερες υδροξυλομάδες (Proestos, 2005)

Στο Σχήμα 3. Παρουσιάζεται μία γενική ταξινόμηση των φαινολικών ενώσεων που απαντώνται στους φυτικούς ιστούς, οι οποίες και περιγράφονται αναλυτικά παρακάτω.



Σχήμα 3.: Ταξινόμηση των φαινολικών ενώσεων

Φαινολικά οξέα

Τα φαινολικά οξέα είναι οι ενώσεις που έχουν γενικά ως λειτουργική ομάδα το καρβοξυλικό οξύ. Τα φυσικώς απαντώμενα φαινολικά οξέα εμφανίζουν δύο διακριτές δομές άνθρακα: δομές υδροξυκινναμωμικού οξέος και υδροξυβενζοϊκού οξέος. Ο βασικός σκελετός αυτών των δύο δομών είναι ο ίδιος, αλλά λόγω της διαφοράς στη θέση των ομάδων υδροξυλίου και μεθοξυλίου στους δακτυλίους βενζολίου, τα χαρακτηριστικά τους διαφέρουν (Saboon et al., 2019). Κύριος εκπρόσωπος των υδρόξυ-βενζοϊκών οξέων είναι το γαλλικό οξύ και, κύριοι εκπρόσωποι των υδρόξυ-κινναμικών οξέων είναι το π-κουμαρικό, το φερουλικό, το καφεϊκό και το σιναπικό οξύ (Parageorgiou, 2009). Τα φαινολικά οξέα σπάνια απαντώνται σε ελεύθερη μορφή. Συνήθως, μέσω εστερικών δεσμών, αιθέρα ή ακετάλης

συνδέονται με μεγαλύτερες πολυφαινόλες ή μικρότερα οργανικά μόρια (π.χ. γλυκόζη, κινικό οξύ). Αυτοί οι δεσμοί δημιουργούν ένα ευρύ φάσμα παραγώγων τους (Saboon et al., 2019).

Φλαβονοειδή

Τα φλαβονοειδή αποτελούν την πιο άφθονη, ποικιλόμορφη και μελετημένη ομάδα πολυφαινολών. Έχουν αναγνωριστεί περισσότερα από 4000 φλαβονοειδή που απαντώνται σε διαφορετικά μέρη των φυτών. Τα φλαβονοειδή είναι υδροξυλιωμένες φαινολικές ουσίες. Η βασική τους δομή περιλαμβάνει δύο αρωματικούς δακτυλίους που συνδέονται μεταξύ τους με τρία γραμμικά άτομα άνθρακα. Η κεντρική τους αλυσίδα σχηματίζει συνήθως έναν κλειστό δακτύλιο πυρανίου με έναν από τους δακτυλίους βενζολίου. Η λειτουργική ομάδα υδροξυλίου συνδέεται με μονάδα C6-C3. Τα περισσότερα από τα φλαβονοειδή είναι γλυκόνες (με συνδεδεμένο σάκχαρο), αλλά και μικρός αριθμός φλαβονοειδών εμφανίζεται με τη μορφή αγλυκονών. Αναλόγως της ποικιλίας του τύπου του ετεροκυκλικού δακτυλίου και της διάταξης και του αριθμού των υδροξυλομάδων, της παρουσίας διπλού δεσμού και της έκτασης της αλκυλίωσης και γλυκοζυλίωσης, τα φλαβονοειδή διαχωρίζονται σε έξι υποκατηγορίες, οι οποίες περιγράφονται συνοπτικά, παρακάτω: τις φλαβονόλες, φλαβόνες, φλαβανόνες, φλαβανόλες, ανθοκυανίνες και ισοφλαβόνες (Saboon et al., 2019).

i. Φλαβονόλες

Οι φλαβονόλες είναι από τα πιο άφθονα φλαβονοειδή στα τρόφιμα και συνήθως υπάρχουν σε όλα τα ανώτερα φυτά. Τα κύρια μέλη αυτής της ομάδας είναι η καμπφερόλη, η μυρικετίνη και η κερσετίνη (Manach et al., 2005). Οι φλαβονόλες διαφέρουν από άλλες ομάδες λόγω της θέσης της λειτουργικής ομάδας υδροξυλίου που βρίσκεται στη θέση C3. Οι εξαμελείς δακτύλιοι που υπάρχουν στη φλαβονόλη είναι γνωστοί ως πυρόνες. Το σάκχαρο που υπάρχει στις φλαβονόλες είναι κυρίως γλυκόζη ή ραμνόζη, αλλά μπορεί να εμπλέκονται και άλλα σάκχαρα. Η συγκέντρωσή τους ποικίλλει σε διαφορετικούς τύπους φρούτων και λαχανικών ανάλογα με τον τύπο, την ανάπτυξη, το φως, τον βαθμό ωρίμανσης, την εποχή και την επεξεργασία (Saboon et al., 2019).

ii. Φλαβόνες

Στα φυτά, οι φλαβόνες είναι λιγότερο κοινές από τις φλαβονόλες. Οι σημαντικές εδώδιμες πηγές φλαβονών είναι ο μαϊντανός και το σέλινο. Δημητριακά όπως το κечρί και το σιτάρι περιέχουν C-γλυκοσίδες φλαβονών. Μεγάλες ποσότητες υδρόφοβων φλαβονοειδών, γνωστές ως πολυμεθοξυλιωμένες φλαβόνες, βρίσκονται στη φλούδα εσπεριδοειδών όπως η τανγκερετίνη, η νομπιλετίνη και η σινενσετίνη (Saboon et al., 2019).

iii. Φλαβανόνες

Βρίσκονται σε υψηλή συγκέντρωση στα εσπεριδοειδή, σε μέτρια συγκέντρωση στις ντομάτες και σε ορισμένα αρωματικά φυτά. Κορεσμένη ανθρακική αλυσίδα με υδροξυλομάδα συνδεδεμένη στον C3. Ο εξαμελής δακτύλιος που υπάρχει στις φλαβανόνες είναι ένα διυδρο-παραγώγο του δακτυλίου πυρόνης. Οι φλαβανόνες γενικά γλυκοζυλιώνονται από έναν δισακχαρίτη στη θέση 7 που προσδίδει πικρή γεύση στα φρούτα ή σε ορισμένες περιπτώσεις ασθενέστερο άρωμα λόγω της παρουσίας ρουτινόζης. Λόγω της υδρόλυσης των γλυκοζιτικών φλαβανονών, σχηματίζονται μη σακχαρώδη συστατικά όπως η ναρινγενίνη στο γκρέιπφρουτ, η εσπερετίνη στα πορτοκάλια και η εριοδικτυόλη στα λεμόνια (Saboon et al., 2019).

iv. Φλαβανόλες

Οι φλαβανόλες υπάρχουν τόσο σε μονομερή όσο και σε πολυμερή μορφή. Η κατεχίνη είναι ένα μονομερές και βρίσκεται σε πολλά είδη φρούτων. Το πράσινο τσάι είναι μια πλούσια πηγή μονομερών.

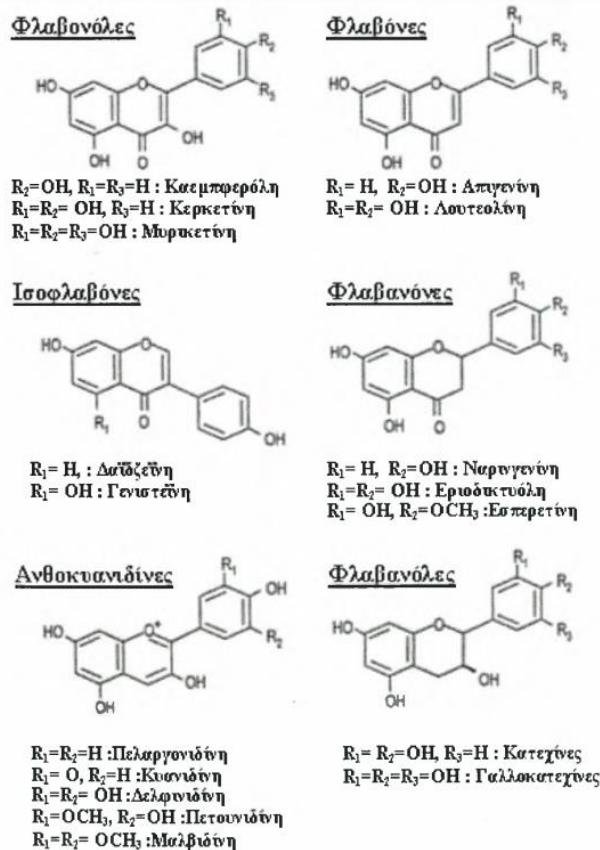
Το μαύρο τσάι περιέχει λίγα μονομερή και κατά τη ζύμωση αυτά συμπυκνώνονται σε θεαφλαβίνες (διμερή) και θεαρουμπιγίνες (πολυμερή). Δομικά όπως οι φλαβανόνες, οι φλαβανόλες περιέχουν μια κορεσμένη ανθρακική αλυσίδα, με μια ομάδα υδροξυλίου στον C3. Άλλοι τύποι φλαβανολών περιέχουν επικατεχίνη, γαλλοκατεχίνη και επιγαλλοκατεχίνη που υπάρχουν σε ορισμένα φρούτα, σπόρους και τσάι (Saboon et al., 2019).

v. Ισοφλαβόνες

Οι ισοφλαβόνες περιέχουν δακτύλιο πυρανίου, στον οποίο η φαινυλ-ομάδα συνήθως υποκαθίσταται στη θέση C2. Η σόγια και τα προϊόντα που προκύπτουν από την επεξεργασία της είναι η κύρια πηγή ισοφλαβονών. Η περιεκτικότητα σε ισοφλαβόνες της σόγιας ποικίλλει σημαντικά ανάλογα με τη γεωγραφική ζώνη, τις συνθήκες καλλιέργειας και την επεξεργασία (Saboon et al., 2019).

vi. Ανθοκυανίνες

Οι ανθοκυανίνες είναι υδατοδιαλυτές γλυκοσίδες/ακυλογλυκοσίδες. Είναι παράγωγα αλάτων 2-φαινυλοβενζοπυρυλίου ή φλαβυλίου. Έχουν θετικό φορτίο σε όξινο pH λόγω αυτής της ισορροπίας που έχει ως αποτέλεσμα το σχηματισμό κατιόντος φλαβυλίου. Εμφανίζονται σχεδόν παντού στα ανώτερα φυτά και δίνουν χρώμα στους καρπούς (Saboon et al., 2019).



Εικόνα 6: Χημικές δομές των υποκατηγοριών των φλαβονοειδών (Manach et al., 2005)

Στυλβένια

Τα στυλβένια είναι υδροξυλιωμένα παράγωγα του 1,2-διφαινυλοαιθυλενίου (Del Rio et al., 2013). Αυτή η κατηγορία ενώσεων αποτελείται από μη φλαβονοειδείς φαινόλες. Ο βασικός σκελετός των

στιλβενίων περιέχει 14 άτομα άνθρακα με δύο δακτυλίου φαινυλίου που συνδέονται με μια γέφυρα άνθρακα μεθυλενίου. Ο ένας δακτύλιος φέρει δύο υδροξυλομάδες, ενώ ο άλλος δακτύλιος υποκαθίσταται από υδροξυλομάδες και μεθοξυλομάδες σε διαφορετική θέση. Μπορεί να εμφανιστούν σε ελεύθερη μορφή ή σε γλυκοζυλιωμένες μορφές όπως διμερή, τριμερή και πολυμερή στιλβένια. Η παρουσία στιλβενίων δεν είναι συχρή στην ανθρώπινη διατροφή. Ένα από τα πιο μελετημένα στιλβένια είναι η *trans*-ρεσβερατρόλη (3,4',5-τριυδροξυστιλβένιο) που βρίσκεται σε μεγάλο βαθμό στα σταφύλια. Μελέτες δείχνουν ότι η ρεσβερατρόλη έχει αντικαρκινογόνο δράση (Saboon et al., 2019).

Κουμαρίνες

Θεωρούνται παράγωγα της βενζο-α-πυρόνης ή λακτόνες του ο-υδροξυκιναμωμικού οξέως. Σχεδόν όλες οι γνωστές κουμαρίνες είναι υποκατεστημένες από ένα -OH στη θέση 7. Χρησιμοποιούνται ως διορθωτικά οσμής και γεύσης στα τρόφιμα (Proestos, 2005). Απαντώνται σε ρίζες, καρπούς και σπέρματα φυτών από τις οικογένειες των Σελινοειδών (*Ariaceae*), Αστεροειδών (*Asteraceae*), Ψυχανθών (*Fabaceae*), Χειλανθών (*Lamiaceae*), Μορεοειδών (*Moraceae*), Ρυτοειδών (*Rutaceae*) και Στρυχνοειδών (*Solanaceae*) (Karamanolí, 2014).

Λιγνάνες

Οι λιγνάνες αποτελούνται από p-κουμαρυλική αλκοόλη, υδροξυκιναμικές αλκοόλες, σιναυλική αλκοόλη και κωνφερυλική αλκοόλη. Περιλαμβάνουν μια ολόκληρη κατηγορία ενώσεων με παρόμοιο βασικό σκελετό και υπάρχουν κυρίως σε ελεύθερη μορφή. Οι λιγνάνες παρατηρήθηκαν σε περισσότερες από 70 οικογένειες φυτών. Επιπλέον, εμφανίζονται σε πολλές φυτικές τροφές όπως οι ελαιούχοι σπόροι, τα δημητριακά, τα φρούτα και τα λαχανικά (Saboon et al., 2019).

Τανίνες

Η λέξη τανίνη επινοήθηκε αρχικά από τον Seguin για να περιγράψει τις ουσίες που υπάρχουν στα φυτά, οι οποίες είναι υπεύθυνες για το μαύρισμα του δέρματος. Η τανίνη είναι ένας περιγραφικός όρος που χρησιμοποιείται για μια ομάδα πολυμερών φαινολικών ουσιών. Είναι υδατοδιαλυτές και σχηματίζουν αναστρέψιμα και μη αναστρέψιμα σύμπλοκα με πρωτεΐνες, αλκαλοειδή, νουκλεϊκά οξέα, πολυσακχαρίτες και μέταλλα. Το μοριακό τους βάρος κυμαίνεται από 500 έως 3000. Διαθέτουν την ιδιότητα γνωστή ως συτυπτικότητα, και βρίσκονται σχεδόν σε κάθε μέρος του φυτού. Με βάση τις δομικές διαφορές, οι τανίνες χωρίζονται σε δύο μεγάλες ομάδες: τις υδρολυόμενες τανίνες και τις συμπυκνωμένες τανίνες (Saboon et al., 2019). Οι συμπυκνωμένες τανίνες προέρχονται από τον πολυμερισμό των απλών κατεχικών ή γαλλοκατεχικών. Οι υδρολυόμενες τανίνες χωρίζονται σε εστέρες γλυκόζης με γαλλικό οξύ και σε εστέρες γλυκόζης με ένα διμερές του γαλλικού οξέος. Προϊόν της υδρόλυσης είναι το ελλαγικό οξύ (Proestos, 2005). Απαντώνται ευρέως σε φρούτα, λαχανικά, χορτονομή, κακάο, κόκκινο κρασί και ορισμένους σπόρους, όπως το σόργο, τα κεχρί και τα όσπρια (Saboon et al., 2019).

1.2.3. Τερπένια

Τα τερπένια αποτελούν τη μεγαλύτερη κατηγορία δευτερογενών μεταβολιτών. Η δομή τους βασίζεται σε επαναλαμβανόμενες μονάδες ισοπρενίου (C₅H₈). Ταξινομούνται σε ημιτερπένια (*hemiterpenes*) τα οποία αποτελούνται από μια δομική μονάδα ισοπρενίου, σε μονοτερπένια τα οποία αποτελούνται από δύο, σε σεσκιτερπένια (*sesquiterpenes*) που περιλαμβάνουν τρεις μονάδες ισοπρενίου και σε διτερπένια, που αποτελούνται αντίστοιχα από τέσσερις (Shagufta et al., 2018).

Μεγαλύτερα τερπενικά μόρια αποτελούν τα τριτερπένια και τα πολυτερπένια. Τερπένια με οξυγόνο στο μόριό τους, ονομάζονται τερπενοειδή (Ifanti, 2014).

Στα αρωματικά άνθη και φυτά, πολλά συστατικά των αιθέριων ελαίων τους, αποτελούνται από τερπένια μικρού μοριακού βάρους, όπως μονο-, σέски- και δι-τερπένια. Στα τερπενοειδή δε οφείλουν το χαρακτηριστικό άρωμα του ο ευκάλυπτος, τη γεύση της η κανέλα, το γαρύφαλλο και το τζίντζερ, το κίτρινο χρώμα του το ηλιοτρόπιο, και το κόκκινο χρώμα της η ντομάτα. Πολύ γνωστά τερπενοειδή είναι η κιτράλη, η μινθόλη, η καμφορά και η σαλβινορίνη Α που απαντώνται στο φυτό *Salvia divinorum*, τα κανναβινοειδή της κάνναβης και τα κουρκουμιοειδή του κουρκουμά και της μουστάρδας (Specter, 2009). Παρακάτω, παρουσιάζονται ορισμένες ομάδες ενώσεων, οι οποίες απαντώνται πολύ συχνά σε αρωματικά φυτά και ανήκουν στην τάξη των τερπενίων.

Σαπωνίνες

Οι περισσότερες σαπωνίνες εμφανίζονται ως γλυκοσίδες. Οι αγλυκόνες των σαπωνινών αποτελούνται είτε από πεντακυκλικά τριτερπενοειδή είτε από τετρακυκλικά στεροειδή. Είναι δομικά ετερογενείς, αλλά έχουν κοινές κύριες λειτουργικές ιδιότητες. Οι γλυκοσίδες σαπωνίνης είναι μεγάλα μόρια με υδρόφιλη γλυκόνη και υδρόφοβη αγλυκόνη, με γαλακτωματοποιητικές ιδιότητες. Οι σαπωνίνες παρουσιάζουν ανοσοτροποποιητικές και αντινεοπλασματικές ιδιότητες. Μία κοινή *in vitro* - και όχι *in vivo* - επίδραση είναι η αιμόλυση των ερυθρών αιμοσφαιρίων. Μερικές σαπωνίνες επάγουν την φωτοευαισθησία και τον ίκτερο. Οι σαπωνίνες απαντώνται στην οικογένεια Κρίνων – Λειριοειδών (*Liliaceae*) και στο τοξικό φυτό *Narthesium ossifragum* (bog asphodel) (Bernhoft, 2010).

Στεροειδή (Στερόλες)

Ανήκουν στην κατηγορία των τριτερπενίων. Εμφανίζουν κατανομή τεσσάρων κυκλακυκλικών δακτυλίων που ενώνονται μεταξύ τους (δομή στερανίου). Οι φυτικής προέλευσης στερόλες (φυτοστερόλες) μειώνουν τα επίπεδα χοληστερόλης στο αίμα και τον κίνδυνο εμφάνισης καρδιαγγειακών παθήσεων. Ορισμένες διαθέτουν αντιφλεγμονώδη και αντικαρκινική δράση. Οι περισσότερο απαντώμενες φυτοστερόλες είναι η σιτοστερόλη, η στιγμαστερόλη και η καμπεστερόλη (Ifanti, 2014).

Καροτενοειδή

Τα καροτενοειδή χαρακτηρίζονται ως φυσικά, λιποδιαλυτά μόρια, αποτελούν φυσικές χρωστικές και ανήκουν στην κατηγορία των τετρατερπενίων. Η χημική τους δομή αποτελείται από 40 άτομα άνθρακα, τα οποία σχηματίζονται από τη σύνδεση 8 ισοπρενικών μονάδων, εντοπίζονται στους χλωροπλάστες των κυττάρων και διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, τα καροτίνια και τις ξανθοφύλλες. Τα καροτίνια είναι υδρογονάνθρακες διαλυτοί στον πετρελαϊκό αιθέρα και σχεδόν αδιάλυτοι στην αιθανόλη, ενώ οι ξανθοφύλλες είναι οξυγονωμένα παράγωγα των καροτενίων, δηλαδή αλκοόλες, αλδεΐδες και κετόνες που είναι διαλυτές στην αιθανόλη, όχι όμως στον πετρελαϊκό αιθέρα (Anagnostopoulou et al., 2008). Από τις επιμέρους δομές των καροτενοειδών, αυτή που παρουσιάζεται σε υψηλότερη συγκέντρωση και μεγαλύτερη συχνότητα στα τρόφιμα είναι το β-καροτένιο, ενώ σε μικρότερες ποσότητες εντοπίζεται η ζεαξανθίνη, το α-καροτένιο, η ανθεραξανθάνη, το λυκοπένιο και η λουτεΐνη. Οι περισσότερες από τις προαναφερθέντες ενώσεις - δευτερογενείς μεταβολίτες, παράγονται από το πυροφωσφορικό γερανυλογερανύλιο και το φαινοφωσφορικό φαρνεσύλιο (Martins et al, 2017).

Κεφάλαιο 2. Αιθέρια έλαια αρωματικών φυτών και ανθέων

Τα αιθέρια έλαια είναι συνήθως άχρωμα υγρά μίγματα οργανικών πτητικών ενώσεων, με ελαιώδη σύσταση, που περιλαμβάνουν κυρίως τις αρωματικές και πτητικές ενώσεις που υπάρχουν φυσικά σε όλα τα μέρη των φυτών, συμπεριλαμβανομένων των σπόρων, των λουλουδιών, της φλούδας, του στελέχους και του φλοιού. Είναι από τα πιο χρησιμοποιημένα φυσικά προϊόντα, διαθέσιμα σε όλο τον κόσμο. Είναι αδιάλυτα στο νερό και διαλυτά σε οινόπνευμα, στον αιθέρα και σε άλλα έλαια. Σε θερμοκρασία δωματίου, τα αιθέρια έλαια βρίσκονται γενικά σε υγρή και άχρωμη μορφή. Αποτελούνται από τερπενικές ουσίες χαμηλού μοριακού βάρους, κυρίως μονο- (C10) και σεσκιτερπένια (C15), και από τερπενοειδείς και άλλες αρωματικές και αλειφατικές ενώσεις (Sneha et al., 2020).

Χρησιμοποιούνται ευρέως σε διάφορες χώρες ως φάρμακα, αρώματα, καλλυντικά και ως συντηρητικά τροφίμων. Αρχικά, χρησιμοποιήθηκαν ως φάρμακα και καλλυντικά τον 19ο αιώνα, λόγω του αρώματός τους. Μέχρι σήμερα, έχουν καταγραφεί 3000 αιθέρια έλαια και περίπου 300 τύποι αυτών χρησιμοποιούνται στην αρωματοποιία λόγω έντονου αρώματος. Είναι δευτερογενείς μεταβολίτες και είναι σημαντικοί για τον μηχανισμό άμυνας των φυτών, επομένως, έχουν διάφορες φαρμακευτικές ιδιότητες, συμπεριλαμβανομένης της αντιμικροβιακής δράσης (Bhavaniramya et al., 2019). Συγκεκριμένα, το 1881, ο De la Croix, ανέφερε για πρώτη φορά ότι οι δευτερογενείς μεταβολίτες και ειδικά οι ατμοί των αιθέριων ελαίων έδειξαν αντιμικροβιακές επιδράσεις. Έκτοτε, τα αιθέρια έλαια και τα φυτοσυστατικά τους έχει διαπιστωθεί ότι εμφανίζουν ένα ευρύ φάσμα βιολογικών δραστηριοτήτων, συμπεριλαμβανομένων των αντιοξειδωτικών, αντιβακτηριακών, εντομοκτόνων, αντικών και αντιμυκητιακών δράσεων (Bhavaniramya et al., 2019).

Τα αιθέρια έλαια παράγονται σε ειδικούς αποθηκευτικούς και εκκριτικούς χώρους εσωτερικά και εξωτερικά των φυτών, που ονομάζονται ελαιογόνοι αδένες. Τέτοιοι είναι:

- Ελαιοφόροι αγωγοί,
- Υποδερμικές ελαιοφόρες κοιλότητες στα φύλλα, τα άνθη και τους καρπούς των εσπεριδοειδών,
- Μορφολογικά εξειδικευμένα (ιδόβλαστα) ελαιοφόρα κύτταρα, όπως αυτά των φύλλων της δάφνης,
- Ελαιοφόροι τριχοειδείς σχηματισμοί στα φύλλα των ειδών της οικογένειας των Χειλανθών (*Labiatae*) (Fournimiti, 2017).

2.1. Χαρακτηριστικές ενώσεις στα αιθέρια έλαια Αρωματικών φυτών

Οι δύο διακριτές ομάδες των χημικών ενώσεων στις οποίες ανήκουν τα συστατικά των αιθέριων ελαίων περιλαμβάνουν τους υδρογονάνθρακες – που ανήκουν στις λεγόμενες μη οξυγονούχες ενώσεις, και τις οξυγονούχες ενώσεις όπως αλκοόλες, φαινόλες, φαινολαιθέρες, αλδεΐδες, κετόνες, εστέρες, λακτόνες και οξείδια. Στα οξυγονούχα συστατικά οφείλεται το χαρακτηριστικό άρωμα των αιθέριων ελαίων. Τα μη οξυγονούχα συμβάλλουν λιγότερο στο άρωμα.

Υδρογονάνθρακες (μη οξυγονούχες ενώσεις)

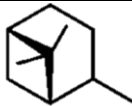
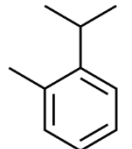
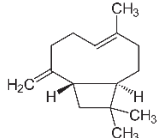
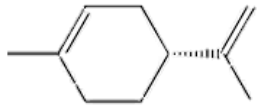
Οι μη οξυγονούχες ενώσεις είναι κυρίως υδρογονάνθρακες αλειφατικοί, αρωματικοί και αλκυκλικοί. Χαρακτηριστικοί αντιπρόσωποι είναι το ο-κυμένιο στον βασιλικό (*Ocimum basilicum*), το παρακυμένιο στα αιθέρια έλαια του θυμαριού και της ρίγανης, και τερπένια (Sakkas, 2007).

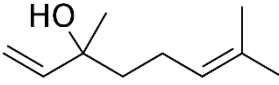
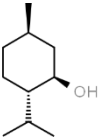
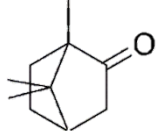
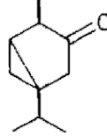
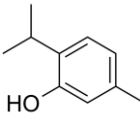
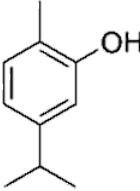
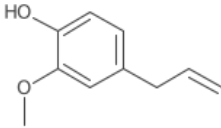
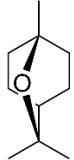
Σε μονοτερπένια, σεσκιτερπένια και σε μικρότερο βαθμό διτερπένια, οφείλεται η ελαιώδης σύσταση και οι αρωματικές ιδιότητες των αιθέριων ελαίων. Τα μονοτερπένια (ακυκλικά, μονο- ή δι-κυκλικά) είναι το πιο σύνηθες συστατικό των αιθέριων ελαίων, συνεισφέροντας ως και στο 90% της σύστασής τους. Τα πιο γνωστά αιθέρια έλαια στην κατηγορία των μονοτερπενικών υδατανθράκων, είναι το πινένιο και το λιμονένιο που απαντώνται στις συνομοταξίες των Κωνοφόρων (οικογένειες Πευκοειδών (*Pinaceae*) κ.λπ.) , και Εσπεριδοειδών (οικογένειες Ρυτοειδών (*Rutaceae*) κ.λπ.). Τα σεσκιτερπένια απαντώνται κυρίως στις οικογένειες των Ζιγγιβεροειδών (*Zingiberaceae*) και των Αστεροειδών (*Asteraceae*). Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι το καρυοφυλλένιο στο αθέριο έλαιο του φασκόμηλου και του γαρύφαλλου (Grassmann et al., 2003).

Οξυγονούχες ενώσεις

Στις οξυγονούχες ενώσεις των αιθέριων ελαίων συγκαταλέγονται αλειφατικές, αρωματικές και αλικυκλικές αλκοόλες. Η λιναλοόλη είναι η κύρια τερπενική αλκοόλη στα αιθέρια έλαια του βασιλικού και της λεβάντας. Στις αλικυκλικές αλκοόλες κατατάσσονται η μινθόλη, η πιπεριτόλη, η τερπινεόλη, η βορνεόλη και η κεδρόλη. Φαινολικές ενώσεις με ισχυρή αντιοξειδωτική δράση στα αιθέρια έλαια της ρίγανης και του θυμαριού είναι η καρβακρόλη και η θυμόλη, ενώ άλλες φαινολικές ενώσεις με όμοια δράση είναι η ανηθόλη, η ευγενόλη και η π-κρεοσόλη. Αλδεΐδες που απαντώνται στα αιθέρια έλαια των αρωματικών φυτών είναι η κιτρονελλάλη, κιτράλη, κινναμαλδεΐδη. Στις κετόνες ανήκουν η πιπεριτόνη και η μινθόνη, στις λακτόνες η κουμαρίνη και η μπεργκαπτόλη και στα οξείδια η κινεόλη και η ασκαριδόλη (Sakkas, 2007). Στον κάτωθι Πίνακα 3 φαίνονται οι κυριότερες ενώσεις αιθέριων ελαίων που απαντώνται σε αρωματικά φυτά του ελλαδικού χώρου.

Πίνακας 3: Χαρακτηριστικές ενώσεις αιθέριων ελαίων

Χαρακτηριστικές ενώσεις αιθέριων ελαίων	Χημικός τύπος	Πηγή (Γένος / Είδος / Οικογένεια)
α – Πινένιο (Μ.Ο.Ε)		Πευκοειδή (<i>Pinaceae</i>), Δενδρολίβανο (<i>Rosmarinus officinalis</i>), Κάνναβη (<i>Cannabis sp.</i>)
ο – κυμένιο (Μ.Ο.Ε)		Βασιλικός (<i>Ocimum basilicum</i>)
Καρυοφυλλένιο (Μ.Ο.Ε)		Φασκόμηλο (<i>Salvia sp.</i>), γαρύφαλλο (<i>Caryophyllus aromaticus</i>)
Λιμονένιο (Μ.Ο.Ε)		Ρυτοειδή (<i>Rutaceae</i>) – Γένος Κίτρος (<i>Citrus</i>)

Λιναλοόλη (Ο.Ε)		Κορίανδρος (<i>Coriandrum sativum</i> L.), Λεβάντα (<i>Lavandula officinalis</i>), Δάφνη (<i>Laurus nobilis</i>), Βασιλικός (<i>Ocimum basilicum</i>)
Μινθόλη (Ο.Ε.)		Μέντα (<i>Mentha piperita</i>)
Καμφορά (Ο.Ε)		Δενδρολίβανο (<i>Rosmarinus officinalis</i>), Δαφνοειδή (<i>Lauraceae</i>),
Θουγιόνη (Ο.Ε)		Φασκόμηλο (<i>Salvia</i> sp.), Αρτεμισία το αψίνθιον (<i>Artemisia absinthium</i>)
Θυμόλη (Ο.Ε)		Ρίγανη (<i>Origanum</i> sp.), Θυμάρι (<i>Thymus</i> sp.)
Καρβακρόλη (Ο.Ε)		Ρίγανη (<i>Origanum</i> sp.), Θυμάρι (<i>Thymus</i> sp.)
Ευγενόλη (Ο.Ε)		Γαρύφαλλο (<i>Syzygium aromaticum</i>), Βασιλικός (<i>Ocimum basilicum</i>), Δάφνη (<i>Laurus nobilis</i>)
Κινεόλη (Ο.Ε.)		Γένος Ελελίφασκος (<i>Salvia</i>), γένος Αρτεμισία (<i>Artemisia</i>), γένος Ευκάλυπτος (<i>Eucalyptus</i>)

Όπου, Μ.Ο.Ε.: Μη οξυγονούχες ενώσεις και Ο.Ε.: Οξυγονούχες ενώσεις

2.2 Ιδιότητες αιθέριων ελαίων Αρωματικών φυτών

2.2.1. Αντιμικροβιακή δράση

Στο πεδίο της χρήσης των αιθέριων ελαίων στα τρόφιμα, αυτά πλεονεκτούν έναντι των αυτούσιων αρωματικών φυτών καθώς δεν χρωματίζουν το προϊόν, έχουν έντονο αρωματικό χαρακτήρα που αναδεικνύεται στα τρόφιμα και δεν περιέχουν ένζυμα και τανίνες, οι οποίες μπορεί να προκαλέσουν δυσάρεστες γεύσεις, οσμές και εμφάνιση. Ως μεγαλύτερο πλεονέκτημα όμως, φαίνεται να είναι η αντιμικροβιακή δράση τους, η οποία συμβάλλει στην συντήρηση των τροφίμων. Η δράση των αιθέριων ελαίων έναντι παθογόνων μικροοργανισμών που προκαλούν τροφιογενή νοσήματα συνδέεται με την

ύπαρξη βασικών συστατικών στη σύνθεσή τους, όπως οι φαινόλες καρβακρόλη και θυμόλη στο αιθέριο έλαιο της ρίγανης και του θυμαριού, η αλλισίνη στο αιθέριο έλαιο του σκόρδου, η καμφορά στο δενδρολίβανο, η κινναμαλδεΐδη στο αντίστοιχο της κανέλας και η ευγενόλη στο αιθέριο έλαιο της κανέλας και του γαρύφαλλου (Sakkas, 2007). Πολλοί ερευνητές έχουν ασχοληθεί με την ανασταλτική δράση των διάφορων αιθέριων ελαίων αρωματικών φυτών επί των παθογόνων βακτηρίων. Παρακάτω παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα πιο σημαντικά ευρήματα των ερευνών αυτών .

Αρχικά, πολυεπίπεδη έρευνα έχει διεξαχθεί για τη δράση του πιπεριού, της ρίγανης, της κανέλλας, του γαρύφαλλου, του άνηθου, του μαϊντανού ενάντια σε μικροοργανισμούς που απειλούν τα τρόφιμα, όπως *Salmonella typhimurium*, *Escherichia coli*, *Vibrio parahaemolyticus* κ.τλ. Πρέπει να ληφθεί υπόψιν ότι ο βαθμός ευαισθησίας των μικροοργανισμών ποικίλλει ανάλογα με το στέλεχος, το οξειδωαναγωγικό δυναμικό και την αντίδραση της χρώσης Gram. Τα θετικά κατά Gram βακτήρια λόγω του ότι δεν διαθέτουν λιποπρωτεϊνικό στρώμα φέρουν μεγαλύτερη ευαισθησία από τα Gram αρνητικά, αλλά τα Gram αρνητικά βακτήρια διαφέρουν και μεταξύ τους προς την ευαισθησία στην παρεμποδιστική δράση των αιθέριων ελαίων (Skandamis, 2001). Πιο συγκεκριμένα:

- Η *Escherichia coli* είναι λιγότερο ανθεκτική από την *Pseudomonas fluorescence* στα αιθέρια έλαια της δάφνης, δενδρολίβανου, κύμινου, θυμαριού (Frag et al., 1989).
- Οι *Salmonella enteritidis* και *S. typhimurium* είναι ανθεκτικότερα από τις *Pseudomonas spp.* στα αιθέρια έλαια δάφνης και μαστίχας (Paster et al., 1990).
- Τα αιθέρια έλαια του γαρύφαλλου και του κοριάνδρου ανακόπτουν την ανάπτυξη των *Aeromonas hydrophila* (Skandamis, 2001).
- Με αιθέρια έλαια θυμαριού, ρίγανης, πορτοκαλιού, λεμονιού, πιπεριού, μαστίχας, κανέλλας έχει ανασταλεί η ανάπτυξη πολλών στελεχών από το γένος *Salmonella spp.* (Paster et al., 1990).
- Τα αιθέρια έλαια της ρίγανης και του θυμαριού εμφάνισαν παρεμποδιστική δράση έναντι του στελέχους *E.coli O157:H7* και ακολούθησαν σε ισχύ τα έλαια της μέντας και του γαρύφαλλου (Sakkas, 2007).
- Οι Quattara et al. (1997) σε in vitro δοκιμές, διαπίστωσαν πως το αιθέριο έλαιο δεντρολίβανου εμφάνισε υψηλή ανασταλτική επίδραση σε αραιώση 1/100 έναντι έξι αλλοιογόνων μικροοργανισμών του κρέατος και των προϊόντων του (*Brochothrix thermoshacta*, *Pseudomonas fluorescens*, *Serratia liquefaciens*, *Carnobacterium piscicola*, *Lactobacillus curvatus* και *Lactobacillus saki*).
- Επίσης σε in vitro δοκιμές, το αιθέριο έλαιο του γαρύφαλλου σε συγκεντρώσεις 0,5% ως 1%, παρουσίασε βακτηριοκτόνο δράση έναντι της *Listeria monocytogenes* (Aureli et al., 1992).
- Το έλαιο της μέντας έδειξε ισχυρή δραστηριότητα έναντι των παθογόνων βακτηρίων *S. enteritis* και *S. aureus* (Tassou et. Al, 2000).

Παρακάτω γίνεται εκτενής αναφορά στην αντιμικροβιακή δράση της ρίγανης, του ίσως δημοφιλέστερου αρωματικού φυτού στον ελλαδικό χώρο:

Το αιθέριο έλαιο της ρίγανης περιέχει περισσότερες από 30 πτητικές ενώσεις, οι κυριότερες από τις οποίες είναι φαινολικές. Το κύριο πτητικό συστατικό του αιθέριου ελαίου διαφόρων ποικιλιών της ελληνικής ρίγανης είναι η καρβακρόλη (79,58%). Υπάρχουν ωστόσο και ποικιλίες στις οποίες η θυμόλη αποτελεί το κύριο πτητικό συστατικό του αιθέριου ελαίου. Η συγκέντρωση των κύριων πτητικών

συστατικών στο αιθέριο έλαιο της ρίγανης, επηρεάζεται από περιβαλλοντικούς παράγοντες. Συγκεκριμένα, όσο θερμότερο είναι το κλίμα στο οποίο αναπτύσσεται το φυτό, τόσο μεγαλύτερη είναι η συγκέντρωσή τους στο αιθέριο έλαιο (Gardeli, 2009).

Το έλαιο της ρίγανης, έχει και ισχυρή αντιμικροβιακή δράση έναντι σημαντικών παθογόνων μικροοργανισμών, καθώς έχει αποδειχθεί ότι αναστέλλει την ανάπτυξη των *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhimurium*, *Staphylococcus aureus* και *Listeria monocytogenes* (Gardeli, 2009). Επιπλέον, έχει αποδειχθεί ότι αναστέλλει την ανάπτυξη βακτηριδίων του γαλακτικού οξέος (Skandamis, 2001).

Σύμφωνα με τους Gochev και Girou (2009), οι δραστικές ενώσεις θυμόλη και καρβακρόλη έχουν την ισχυρότερη αντιμικροβιακή δράση στο έλαιο της ρίγανης. Συγκεκριμένα, και όσο αφορά τα Gram-αρνητικά βακτήρια, η αντιμικροβιακή δράση των ουσιών αυτών, περιλαμβάνει την αποσύνθεση της κυτταρικής μεμβράνης με παρεμβολή στη δομή των λιποπολυσακχαριτών της και την αύξηση της διαπερατότητας της κυτταροπλασματικής μεμβράνης, η διαρροή της οποίας, τελικά, οδηγεί σε κυτταρικό θάνατο (Hać-Szymańczuk et al., 2019). Όσο αφορά τα θετικά κατά Gram βακτήρια, η καρβακρόλη αλληλεπιδρά με την κυτταρική μεμβράνη, μεταβάλλοντας τη διαπερατότητά της στα κατιόντα H+ και K+. Η μεταβολή αυτή, διαταράσσει τις βασικές διεργασίες στο κύτταρο, με αποτέλεσμα τελικά τον θάνατό αυτού (Hać-Szymańczuk et al., 2019).

2.2.2. Αντιοξειδωτική δράση

Ως γνωστών, τα αντιοξειδωτικά είναι ενώσεις οι οποίες αλληλεπιδρούν με τις ελεύθερες ρίζες αποτρέποντας έτσι τις βλάβες που αυτές μπορεί να προκαλέσουν στον οργανισμό (Martins et al. 2020). Χρησιμοποιούνται σε τρόφιμα, καλλυντικά, ποτά, φαρμακευτικά προϊόντα, ακόμη και στη βιομηχανία ζωοτροφών (Ferreira et al. 2019). Στη βιομηχανία τροφίμων χρησιμοποιούνται τόσο φυσικά όσο και συνθετικά αντιοξειδωτικά, τα οποία έχει δείχθει ότι μπορεί να αποβούν επικίνδυνα για τον ανθρώπινο οργανισμό (Babbush et al. 2020). Από την άλλη, τα φυσικά αντιοξειδωτικά περιλαμβάνουν μη επιβλαβείς ενώσεις και εκχυλίσματα που προέρχονται από διάφορα φυτά, δημητριακά και φρούτα το οποία δρουν μειώνοντας το οξειδωτικό στρες και προστατεύοντας τα κύτταρα (Li et al., 2021). Για παράδειγμα, μπορούν να αναστείλουν την οξείδωση των λιπιδίων, να αδρανοποιήσουν τις ρίζες οξυγόνου ή μεταλλικά ιόντα που προκαλούν την έναρξη της οξειδωτικής διαδικασίας (Zhong et al. 2017). Πολλά αιθέρια έλαια αρωματικών φυτών, έχουν μελετηθεί και προταθεί ως υποκατάστατα των συνθετικών αντιοξειδωτικών στη βιομηχανία τροφίμων, παράλληλα με τις συντηρητικές, αντιμικροβιακές και αρωματικές τους ιδιότητες. Οι εφαρμογές είναι ποικίλες και αναφέρονται διεξοδικά παρακάτω. Να σημειωθεί ότι υπάρχει δυσκολία στη μελέτη της αντιοξειδωτικής δράσης στα αιθέρια έλαια και αυτή έγκειται, στην πολυπλοκότητα του χημικού τους προφίλ. Γενικώς, οι ισχυρότερες αντιοξειδωτικές δράσεις των αιθέριων ελαίων των αρωματικών φυτών, αποδίδονται σε ορισμένους μονοτερπενοειδείς υδρογονάνθρακες, σε μονοτερπένια και στις φαινόλες. (Hien Thi Hoang, 2021).

Στην ελληνική επικράτεια, κυριαρχούν χειλανθή φυτά (οικογένεια *Labiatae* ή *Lamiaceae*) με χαρακτηριστικά γένη τα *Salvia*, *Rosmarinus* και *Origanum*, τα οποία παρουσιάζουν σημαντική αντιοξειδωτική δράση. Αναλυτικά:

Δεντρολίβανο (*Rosmarinus officinalis*)

Αυτούσιο ή εκχυλίσματα αυτού, παρουσιάζουν έντονη αντιοξειδωτική δράση και συνεργεία με κάποια συνθετικά φαινολικά αντιοξειδωτικά όπως το ΒΗΑ και το ΒΗΤ. Τα ισχυρότερα αντιοξειδωτικά συστατικά του αιθέριου ελαίου του δεντρολίβανου που παραλαμβάνονται με απόσταξη ατμού των φύλλων του, είναι η καμφορά (5.0–21%), η 1,8-κινεόλη (15–55%), το α-πινένιο (9.0–26%), η βορνεόλη (1.5–5.0%), η καμφίνη (2.5–12%), το β-πινένιο (2.0–9.0%) και το λιμονένιο (1.5–5.0%). Τα ποσοστά των αντιοξειδωτικών ουσιών ποικίλλουν, βέβαια ανάλογα με το στάδιο ανάπτυξης του φυτού και τις κλιματικές συνθήκες (Andrade et al., 2018). Όσον αφορά τα υδατικά εκχυλίσματα του δεντρολίβανου, αυτά είναι πλούσια σε ροσμαρινικό, καφεϊκό, ουρσολικό, βετουλινικό, καρνοσικό οξύ και η καρνοσόλη. Η δραστηριότητα του φυτού είναι γνωστή εδώ και πολλά χρόνια και γι' αυτό τον λόγο αξιοποιείται εμπορικά το ίδιο το φυτό ή εκχυλίσματά του ως πρόσθετα λιπαρών υλών ή ως συμπληρώματα διατροφής. Μάλιστα, η Ευρωπαϊκή Αρχή Ασφάλειας Τροφίμων (EFSA), έχει εγκρίνει το εκχύλισμα δεντρολίβανου ως πρόσθετο τροφίμων με αριθμό E-392 (Andrade et al., 2018).

Φασκόμηλο (*Salvia officinalis*)

Ακατέργαστο κονιοποιημένο ή εκχυλίσματα αυτού εμφανίζουν αντιοξειδωτικές ιδιότητες και μάλιστα σε πολύ υψηλή συνεργεία με το ΒΗΤ. Το φασκόμηλο περιέχει πολλές φαινολικές ουσίες, μεταξύ των οποίων φλαβονοειδή με τη μορφή αγλυκονών ή γλυκοζιτών, καθώς και φαινολικά οξέα (ροσμαρινικό, σαλβιανολικό οξύ). Επιπρόσθετα, το φασκόμηλο είναι πλούσιο σε φαινολικά διτερπένια (Tsimogiannis, 2008). Πειράματα in vitro μελέτες έχουν τεκμηριώσει ότι τα εκχυλίσματα του φασκόμηλου (*Salvia officinalis*) μπορεί να μειώσουν σημαντικά τη γλυκόζη του ορού. Περαιτέρω in vitro μελέτες έδειξαν ότι το φασκόμηλο έχει πιθανή αντιμεταλλαξιγόνο, αντιδιαβητική και γαστροπροστατευτική δράση (Walch et al., 2011).

Ρίγανη (*Origanum vulgare*)

Σε έρευνες που πραγματοποιήθηκαν σε φρέσκια και αποξηραμένη ρίγανη βρέθηκε ότι η ρίγανη προσδίδει την ισχυρότερη αναστολή της υπεροξειδωσης του λινολεϊκού οξέος σε σύγκριση με άλλα φυσικά αντιοξειδωτικά (Capecka et al., 2005). Γενικά, τόσο η θρυμματισμένη ρίγανη και τα εκχυλίσματά της, όσο και το αιθέριο έλαιό της, όταν προστίθενται σε λιπαρές ύλες και λιπαρά τρόφιμα, παρεμποδίζουν την οξειδωσή τους (Kiritsakis, 2007). Οι αντιοξειδωτικές ιδιότητες της ρίγανης οφείλονται στην παρουσία φαινολικών οξέων, όπως του καφεϊκού, του νεοχλωρογόνου, του ροσμαρινικού και του καρνοσικού οξέος, και της καρνοσόλης (Hernández et al., 2008). Η αντιοξειδωτική δράση της ρίγανης αποδίδεται επίσης στην παρουσία καρβακρόλης, θυμόλης και π-κυμενίου στο αιθέριο έλαιό της (Kozłowska et al., 2011). Η αντιοξειδωτική δράση των φυτικών εκχυλισμάτων εξαρτάται όχι μόνο από τον αριθμό των πολυφαινολικών ενώσεων αλλά και από τη χημική τους δομή. Έτσι όσο αφορά τη ρίγανη, η μεγάλη ικανότητα δέσμευσης των ελεύθερων ριζών αποδίδεται, μεταξύ άλλων, στο ροσμαρινικό οξύ που περιέχεται σε αυτή, μια πολυφαινόλη με ισχυρότατη αντιοξειδωτική δράση, λόγω των ομάδων υδροξυλίου που υπάρχουν στον δακτύλιο στην ορθο-θέση. (Capecka et al., 2005)

2.3. Μέθοδοι παραλαβής αιθέριων ελαίων

Τα αιθέρια έλαια μπορούν να εξαχθούν από κάθε μέρος του φυτού, συμπεριλαμβανομένων των φύλλων, των σπόρων, των μπουμπουκιών, του στελέχους, των άνθων κ.λπ. Αιθέρια έλαια απομονώνονται από το επιδερμικό κύτταρο, τις κοιλότητες, τα εκκριτικά κύτταρα και τους διαύλους των φυτών, από τα

αποξηραμένα, φρέσκα ή μερικώς αφυδατωμένα μέρη. Βεβαίως, θα πρέπει να ληφθεί υπόψιν ότι η ποιότητα του εκάστοτε εξαγόμενου αιθέριου ελαίου εξαρτάται από:

- Την ηλικία των φυτών.
- Τα μέρη του φυτού που είναι χρησιμοποιούνται κατά την απομόνωση. Επί παραδείγματι, το αιθέριο έλαιο που λαμβάνεται από τους σπόρους του κοριάδρου, έχει τελείως διαφορετική σύσταση από το αιθέριο έλαιο που λαμβάνεται από τα φύλλα του. Επίσης, συνήθως τα άνθη και τα φύλλα παράγουν τις μεγαλύτερες ποσότητες αιθέριου ελαίου.
- Το στάδιο του βλαστικού κύκλου.
- Την εποχή κατά την οποία συλλέγεται το φυτό.
- Τις συνθήκες και τον χρόνο αποθήκευσης μέχρι την επεξεργασία.
- Τον τρόπο παραλαβής (μέθοδος παραλαβής και διαχωρισμού, διαδικασία διύγρανσης κ.ά.).
- Τη γεωγραφική ποικιλότητα. Αυτοφυείς πληθυσμοί των αρωματικών φυτών, διαφέρουν στην ποσότητα και ποιότητα εξαγόμενου αιθέριου ελαίου, ανάλογα με την περιοχή εξάπλωσής τους.
- Τις κλιματολογικές συνθήκες κατά την καλλιέργεια (εποχική ποικιλότητα). Επί παραδείγματι, το φασκόμηλο παράγει διπλάσια ποσότητα αιθέριου ελαίου κατά το καλοκαίρι σε σχέση με την άνοιξη, που είναι η εποχή ανθοφορίας του (Muhammad et al., 2020).

Οι τρεις πιο κατάλληλες και αποτελεσματικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την εξαγωγή αιθέριου ελαίου από αρωματικά φυτά είναι η μηχανική συμπίεση, η απόσταξη και η εκχύλιση, οι οποίες περιγράφονται αναλυτικά στη συνέχεια.

2.3.1. Ψυχρή συμπίεση – Μηχανική παραλαβή

Η ψυχρή συμπίεση είναι η παλαιότερη μέθοδος εξαγωγής και χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά για την εξαγωγή αιθέριων ελαίων από εσπεριδοειδή και ξηρούς καρπούς. Αυτή η μέθοδος αναφέρεται σε οποιαδήποτε φυσική διαδικασία κατά την οποία το αιθέριο έλαιο του ιστού εξάγεται με πίεση, σπάσιμο του καρπού ή εκδορά της φλούδας. Η διαδικασία έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή ενός υδατώδους γαλακτώματος, το οποίο στη συνέχεια φυγοκεντρείται ώστε να διαχωριστεί το αιθέριο έλαιο (Stratakos, 2016).

2.3.2 Απόσταξη

Η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη μέθοδος εκχύλισης είναι η μέθοδος απόσταξης ατμού, η απόσταξη με νερό και ατμό, ή η απόσταξη νερού. Αυτή η διαδικασία εξαγωγής μπορεί να διαρκέσει από 1 έως 10 ώρες. Η ποσότητα του παραγόμενου ελαίου εξαρτάται από:

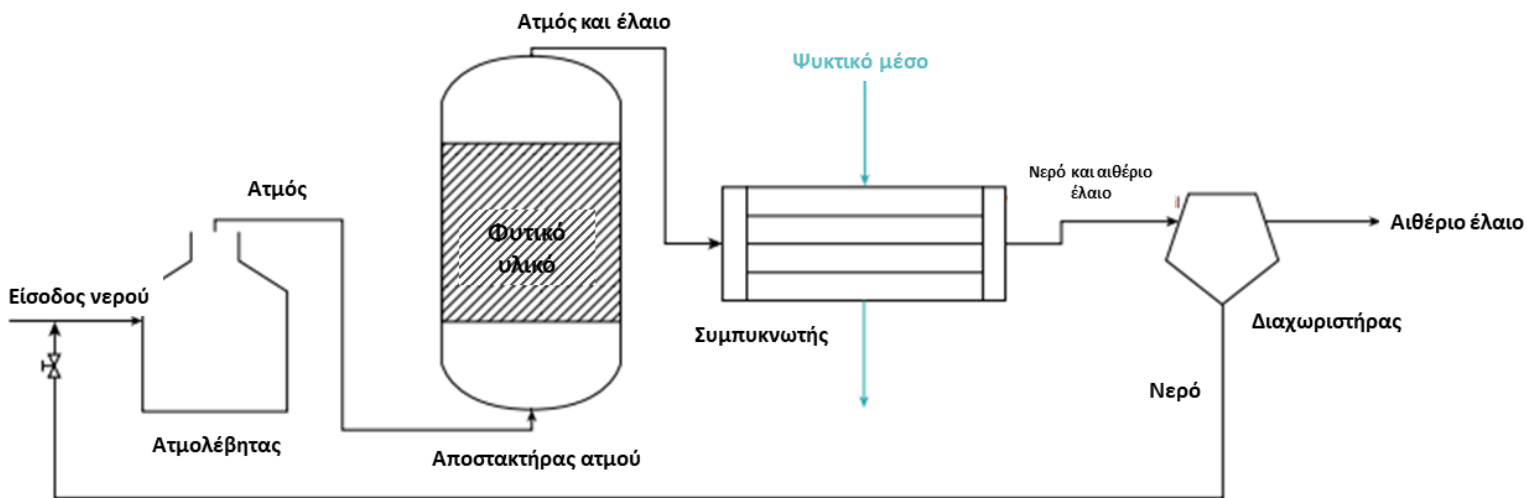
- τη διάρκεια του χρόνου απόσταξης,
- τη θερμοκρασία, την πίεση και
- τον τύπο του φυτικού υλικού.

Κατά την απόσταξη, τα φυτικά υλικά εκτίθενται σε βραστό νερό ή ατμό για να απελευθερωθεί το αιθέριο έλαιο μέσω εξάτμισης. Από την θερμότητα του βρασμού, οι ατμοί συμπυκνώνονται, συλλέγονται και διαχωρίζονται σε ένα δοχείο που ονομάζεται συνήθως «Φλωρεντιανή φιάλη». Παρόλο που η εκχύλιση αιθέριου ελαίου με απόσταξη φαίνεται να είναι μια απλή διαδικασία, έχει πολλά μειονεκτήματα. Επειδή τα αιθέρια έλαια εκτίθενται σε βραστό νερό για μεγάλα χρονικά διαστήματα, ο σχηματισμός ανεπιθύμητων ενώσεων είναι ένα πιθανό πρόβλημα λόγω της υψηλής θερμοκρασίας ή της

ποιότητας του νερού. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε διαφορές στη σύνθεση των πτητικών ελαίων που εξαγονται. Κατά την απόσταξη μπορεί να συμβεί υδρόλυση εστέρων σε αλκοόλες και οξέα, γεγονός που μπορεί να προκαλέσει δυσάρεστες επιπτώσεις σε έλαια με μεγάλες ποσότητες εστέρων. Θα πρέπει τότε να ακολουθήσει επαναπόσταξη του ελαίου έτσι ώστε να εξαλειφθούν οι ανεπιθύμητες ακαθαρσίες (π.χ. κυροί) καθώς και συστατικά που μπορούν να προσδώσουν μια αθέμιτη οσμή (Stratakos, 2016).

Συνοπτικά, η υδροαπόσταξη (απόσταξη με νερό) επιτυγχάνεται όταν το φυτικό υλικό τοποθετείται μέσα σε νερό που βράζει και είναι κατάλληλη για ξυλώδη φυτά όπως η λεβάντα. Η απόσταξη με νερό και ατμό υπερέχει και τείνει να αντικαταστήσει την υδροαπόσταξη διότι πλεονεκτεί στο ότι το φυτικό υλικό δεν έρχεται σε άμεση επαφή με το βραστό νερό αλλά τοποθετείται σε πλέγμα που βρίσκεται λίγο πάνω από την επιφάνειά του. Έτσι, ο ατμός που παράγεται εισχωρεί σε όλη τη μάζα του φυτικού υλικού και παρασύρει το αιθέριο έλαιο. Τέλος, κατά την απόσταξη με ατμό, ο ατμός που παράγεται από ατμολέβητα, εισάγεται στην δεξαμενή που βρίσκεται το φυτικό υλικό και συμπαρασύρει τα αιθέρια έλαιά του, χωρίς την παρουσία του θερμού νερού (Stratakos, 2016).

Στην Εικόνα 7 που ακολουθεί, απεικονίζεται σχηματικά μία τυπική βιομηχανική εγκατάσταση απόσταξης αιθέριων ελαίων με ατμό. Παρατηρείται η εισαγωγή του νερού σε ατμολέβητα, το οποίο ως ατμός-πλέον-, εισάγεται σε δεξαμενή που βρίσκεται το φυτικό υλικό. Εξάγεται από τη δεξαμενή ατμός ο οποίος έχει συμπαρασύρει το αιθέριο έλαιο του φυτού, και στη συνέχεια εισάγεται σε ψύκτρα, όπου και συμπυκνώνεται σε μίγμα νερού με αιθέριο έλαιο. Στο τελευταίο στάδιο, το μίγμα αυτό εισάγεται σε διαχωριστήρα – φυγόκεντρο, όπου και παραλαμβάνεται το αιθέριο έλαιο και το νερό ως παραπροϊόν. Το νερό αυτό, ενδέχεται να είναι πλούσιο σε υδατοδιαλυτά βιοδραστικά συστατικά, που αξιοποιούνται με διάφορους τρόπους. Οι χρήσεις αυτές, θα εξηγηθούν στη συνέχεια.



Εικόνα 7. Τυπική μονάδα βιομηχανικής απόσταξης ατμού για εξαγωγή αιθέριων ελαίων

2.3.3 Εκχύλιση με πτητικούς διαλύτες

Η εκχύλιση με διαλύτη μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εξαγωγή αιθέριων ελαίων που είναι θερμικά ασταθή (π.χ. από άνθος γιασεμιού, βιολέτας, υάκινθου, μιμόζας κ.λπ.) (Deferera, 2003). Κατά τη διάρκεια αυτής της μεθόδου, το φυτικό υλικό τοποθετείται σε λουτρό διαλύτη. Διαλύτες που χρησιμοποιούνται

συνήθως για εκχύλιση είναι: αλκοόλη, εξάνιο, αιθανόλη, πετρελαϊκός αιθέρας και μεθανόλη (Stratakos, 2016). Το προϊόν που λαμβάνεται κατά την εκχύλιση, μετά την αφαίρεση του πτητικού διαλύτη περιέχει εκτός από το αιθέριο έλαιο και άλλες ουσίες, όπως κηρούς και χρωστικές. Με ειδική κατεργασία με αιθυλική αλκοόλη, αφαιρούνται οι λοιπές ουσίες και λαμβάνεται το τελικό προϊόν, το καθαρό δηλαδή αιθέριο έλαιο (Deferera, 2003). Το κύριο πλεονέκτημα της εκχύλισης με διαλύτη είναι ότι χρησιμοποιείται χαμηλή θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της διαδικασίας, μειώνοντας έτσι τον κίνδυνο μετουσιώσεων λόγω υψηλών θερμοκρασιών, οι οποίες χρησιμοποιούνται κατά την απόσταξη. Η εκχύλιση με διαλύτη είναι οικονομική και σχετικά γρήγορη μέθοδος και επειδή οι ρυθμοί διάχυσης επηρεάζονται από τη θερμοκρασία, είναι δυνατόν να αυξηθεί η ταχύτητα της διαδικασίας χρησιμοποιώντας πιο θερμούς διαλύτες (Stratakos, 2016).

2.3.4. Εκχύλιση με ψυχρό λίπος - Μέθοδος «Enfleurage»

Το «Enfleurage» είναι μια συμβατική μέθοδος εξαγωγής αιθέριων ελαίων που χρονολογείται από την αρχαιότητα. Χρησιμοποιείται κυρίως για την εξαγωγή αιθέριων ελαίων από λουλούδια (π.χ. γιασεμί). Κατά τη διάρκεια αυτής της μεθόδου μία καθαρισμένη άοσμη κρύα λιπαρή ύλη, απλώνεται στο φυτικό υλικό (π.χ. λουλούδια) το οποίο τοποθετείται σε ξύλινα τελάρα με γυάλινες επιφάνειες επίστρωσης. Οι οσμηρές / πτητικές ενώσεις των λουλουδιών διαλύονται στο λίπος. Νέα λουλούδια αντικαθιστούν τα παλιά, και η διαδικασία επαναλαμβάνεται για πολύ μεγάλα χρονικά διαστήματα έως ότου επιτευχθεί κορεσμός του λίπους. Στη συνέχεια συλλέγεται το λίπος και πραγματοποιείται εκχύλιση με αλκοόλη. Σύμφωνα με τα σημερινά πρότυπα είναι μια χρονοβόρα και δαπανηρή μέθοδος. Δεν φαίνεται να έχει εφαρμογές για αιθέρια έλαια που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία τροφίμων και είναι σχεδόν πεπερασμένη στις μέρες μας (Stratakos, 2016).

2.3.5. Εκχύλιση με θερμό λίπος

Όμοια μέθοδος με την εκχύλιση με ψυχρό λίπος, με τη μόνη διαφορά ότι το λίπος με τα άνθη τοποθετούνται σε δοχεία, σε θερμοκρασία 80° C. Όταν το λίπος κορεσθεί με αιθέριο έλαιο τότε με ειδική κατεργασία λαμβάνεται το καθαρό αιθέριο έλαιο. Ωστόσο, η παραπάνω μέθοδος σήμερα έχει εγκαταλειφθεί και δε χρησιμοποιείται ευρύτερα (Deferera, 2003).

2.3.6. Σύγχρονες μέθοδοι εκχύλισης

Γενικώς, οι συμβατικές μέθοδοι εκχύλισης όπως η απόσταξη ατμού και η εκχύλιση με διαλύτη έχουν χρησιμοποιηθεί πολλά χρόνια ωστόσο, παρουσιάζουν μειονεκτήματα όπως:

- χαμηλή απόδοση,
- απώλεια πτητικών ενώσεων,
- ποιοτική υποβάθμιση θερμοευαίσθητων ενώσεων,
- μεγάλους χρόνους εκχύλισης και
- υπολείμματα τοξικών διαλυτών.

Αυτό οδήγησε στην ανάπτυξη εναλλακτικών τεχνικών εξαγωγής αιθέριων ελαίων που μπορούν να προσπεράσουν τα προαναφερθέντα αυτά τα προβλήματα. Πρόκειται για σύγχρονες τεχνικές εκχύλισης που μπορούν να επιτυγχάνουν τόσο μικρότερο χρόνο εκχύλισης και μειωμένη κατανάλωση οργανικών διαλυτών, όσο και ελαχιστοποίηση της υποβάθμισης των διαλυτών ουσιών. Οι τεχνικές αυτές

περιλαμβάνουν εκχύλιση υπερκρίσιμου υγρού, εκχύλιση υπό πίεση υγρού, εκχύλιση με τη βοήθεια μικροκυμάτων, υποβοηθούμενη εκχύλιση με υπερήχους, εκχύλιση παλμικού ηλεκτρικού πεδίου και ενζυμική υποβοηθούμενη εκχύλιση (Sasidharan et al., 2011).

Εκχύλιση υπερκρίσιμου υγρού (SFE)

Η εκχύλιση υπερκρίσιμου υγρού (SFE) χρησιμοποιεί το υπερκρίσιμο υγρό (Supercritical Fluid - SF) ως διαλύτη εκχύλισης. Ένα υπερκρίσιμο υγρό έχει παρόμοια διαλυτότητα με το υγρό και παρόμοια διαχυτικότητα με το αέριο, και μπορεί να διαλύσει μια μεγάλη ποικιλία φυτικών ενώσεων. Οι ιδιότητες διάλυσης αλλάζουν δραματικά κοντά στα κρίσιμα σημεία τους λόγω μικρών μεταβολών πίεσης και θερμοκρασίας. Το υπερκρίσιμο διοξείδιο του άνθρακα ($S\text{-CO}_2$) χρησιμοποιείται ευρέως στη μέθοδο SFE λόγω των ελκυστικών του πλεονεκτημάτων όπως η χαμηλή κρίσιμη θερμοκρασία (31°C), η επιλεκτικότητα, η αδράνεια, το χαμηλό κόστος, η μη τοξικότητα και η ικανότητα εξαγωγής θερμικά ασταθών ενώσεων. Η χαμηλή πολικότητα του $S\text{-CO}_2$ το καθιστά ιδανικό για την εξαγωγή μη πολικών φυσικών προϊόντων όπως τα λιπίδια και πτητικά έλαια (Zhang et al., 2018). Η SFE μπορεί να εκτελείται σε βιομηχανική κλίμακα, σε παρτίδες, ημι-παρτίδες ή και σε συνεχή λειτουργία (Stratakos, 2016).

Εκχύλιση υγρού υπό πίεση (PLE)

Η εκχύλιση υπό πίεση (Pressurized fluid extraction - PLE) έχει επίσης περιγραφεί ως επιταχυνόμενη εκχύλιση με διαλύτη, ενισχυμένη εκχύλιση με διαλύτη, επιταχυνόμενη εκχύλιση υγρού και εκχύλιση με διαλύτη υψηλής πίεσης από διαφορετικές ερευνητικές ομάδες. Η PLE εφαρμόζει υψηλή πίεση κατά την εξαγωγή. Η υψηλή πίεση διατηρεί τους διαλύτες σε υγρή κατάσταση πάνω από το σημείο βρασμού τους με αποτέλεσμα υψηλή διαλυτότητα και υψηλό ρυθμό διάχυσης των διαλυμένων ουσιών / λιπιδίων στον διαλύτη και υψηλή διείσδυση του διαλύτη στη μήτρα. Η PLE μειώνει δραματικά την κατανάλωση του χρόνου εκχύλισης και του διαλύτη και παρουσιάζει καλύτερη επαναληψιμότητα σε σύγκριση με άλλες μεθόδους (Zhang et al., 2018).

Υποβοηθούμενη εκχύλιση με υπερήχους (UAE)

Η εκχύλιση με υπερήχους (ultrasound assisted extraction - UAE), που ονομάζεται επίσης εξαγωγή υπερήχων, χρησιμοποιεί την ενέργεια των υπερήχων κατά την εκχύλιση. Ο υπέρηχος προκαλεί το φαινόμενο της σπηλαιώσης στον διαλύτη - υπόστρωμα, και έτσι, επιταχύνει τη διάλυση και τη διάχυση της διαλυμένης ουσίας καθώς και τη μεταφορά θερμότητας, η οποία βελτιώνει την απόδοση της εκχύλισης. Το άλλο πλεονέκτημα της UAE είναι η χαμηλή κατανάλωση διαλύτη και ενέργειας και η μείωση της θερμοκρασίας και του χρόνου εκχύλισης. Η UAE εφαρμόζεται για την εκχύλιση θερμοευαίσθητων, ασταθών ενώσεων και ουσιών φυτικής προέλευσης (Zhang et al., 2018).

Υποβοηθούμενη εκχύλιση με μικροκύματα (MAE)

Η υποβοηθούμενη εκχύλιση με μικροκύματα (Microwave assisted extraction – MAE) αποτελεί μία μέθοδο που τα τελευταία χρόνια κερδίζει σημαντικό έδαφος κυρίως για την απομόνωση και ανάκτηση ουσιών από φυτικής προέλευσης υλικά (Chanioti, 2019). Τα μικροκύματα παράγουν θερμότητα, αλληλεπιδρώντας με πολικές ενώσεις όπως το νερό και ορισμένα οργανικά συστατικά στη μήτρα των φυτών ακολουθώντας τους μηχανισμούς ιοντικής αγωγιμότητας και περιστροφής του διπόλου. Η εφαρμογή της MAE παρέχει πολλά πλεονεκτήματα, όπως αύξηση της απόδοσης του εκχυλίσματος,

μείωση της θερμικής αποδόμησης και επιλεκτική θέρμανση του φυτικού υλικού. Η MAE αναγνωρίζεται επίσης ως «πράσινη» τεχνολογία επειδή μειώνει τη χρήση οργανικών διαλυτών (Zhang et al., 2018). Υπάρχουν δύο τύποι μεθόδων MAE: εκχύλιση χωρίς διαλύτες (συνήθως για πτητικές ενώσεις) και εκχύλιση με διαλύτη (συνήθως για μη πτητικές ενώσεις) (Chanioti, 2019).

Εκχύλιση παλμικού ηλεκτρικού πεδίου (PEF)

Η εκχύλιση παλμικού ηλεκτρικού πεδίου (Pulsed Electric Field - PEF) βελτιώνει σημαντικά την απόδοση και μειώνει τον χρόνο εκχύλισης επειδή μπορεί να αυξήσει τον ρυθμό μεταφοράς μάζας κατά την εκχύλιση, καταστρέφοντας τις δομές της μεμβράνης του προς εκχύλιση υλικού. Η αποτελεσματικότητα της εκχύλισης με PEF εξαρτάται από διάφορες παραμέτρους, συμπεριλαμβανομένης της ισχύος πεδίου, της ειδικής εισροής ενέργειας, του αριθμού παλμού και της θερμοκρασίας επεξεργασίας. Η εκχύλιση PEF είναι μια μη θερμική μέθοδος και ελαχιστοποιεί την υποβάθμιση των θερμοευαίσθητων ενώσεων (Zhang et al., 2018).

Ενζυμική υποβοηθούμενη εκχύλιση (EAE)

Η δομή της κυτταρικής μεμβράνης και του κυτταρικού τοιχώματος, τα μικκύλια που σχηματίζονται από μακρομόρια όπως οι πολυσακχαρίτες, η πήξη και η μετουσίωση των πρωτεϊνών σε υψηλές θερμοκρασίες κατά την εκχύλιση, είναι τα κύρια εμπόδια στην εκχύλιση φυσικών προϊόντων. Η χρήση ενζύμων για την προ-επεξεργασία της πρώτης ύλης για την εκχύλιση βιοδραστικών ουσιών αποτελεί μία καινοτόμα και «πράσινη» διαδικασία. Η χρήση ενζύμων οδηγεί σε μείωση του χρόνου εκχύλισης, ελαχιστοποιεί τη χρήση των διαλυτών και παρέχει αυξημένη απόδοση και βελτιωμένη ποιότητα προϊόντος (Chanioti, 2019). Η αποτελεσματικότητα της εκχύλισης ενισχύεται από την EAE (Enzymatic Assisted – Extraction) λόγω της υδρολυτικής δράσης των ενζύμων στα συστατικά του κυτταρικού τοιχώματος και της μεμβράνης και των μακρομορίων μέσα στο κύτταρο που διευκολύνουν την απελευθέρωση του επιθυμητού προϊόντος. Η κυτταρινάση, η α-αμυλάση και η πηκτινάση χρησιμοποιούνται γενικά στην EAE (Zhang et al., 2018).

Κεφάλαιο 3. Χρήσεις αρωματικών φυτών και παραγώγων τους στη βιομηχανία

Οι κυριότερες βιομηχανίες στις οποίες χρησιμοποιούνται τα αρωματικά φυτά, είναι η βιομηχανία τροφίμων, η φαρμακοβιομηχανία, η βιομηχανία καλλυντικών και η αρωματοποιία, η ποτοποιία, η μαζική εστίαση, η μελισσοκομία ενώ, σε πολλές περιπτώσεις τα αρωματικά φυτά αξιοποιούνται ως καλλωπιστικά φυτά.

Ειδικότερα:

3.1. Βιομηχανία Τροφίμων

Πολλά ροφήματα / αφεψήματα του εμπορίου παρασκευάζονται από αποξηραμένα αρωματικά φυτά. Αυτά εμφανίζονται ως ξηρή δρόγη, η οποία εμβαπτίζεται σε ζεστό νερό για την παρασκευή τσαγιού. Τα συχνότερα χρησιμοποιούμενα ελληνικά αρωματικά φυτά στην παρασκευή αφεψημάτων είναι το τσάι του βουνού, το φασκόμηλο, το χαμομήλι, η λουίζα κ.λπ. Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται έντονη η προτίμηση των καταναλωτών για έτοιμα ροφήματα (Ready To Drink), τα οποία κυκλοφορούν ως «παγωμένο τσάι» ή ενεργειακά ποτά, εμπλουτισμένα με βιταμίνες και άλλες βιοδραστικές ουσίες.

Τα αρωματικά φυτά χρησιμοποιούνται και για την ιδιαίτερη γεύση που προσδίδουν σε ορισμένα τρόφιμα (π.χ. ρίγανη σε κρέας), αλλά και για τις βακτηριοστατικές τους ιδιότητες ενεργώντας ως φυσικά συντηρητικά τροφίμων. Από τα συχνότερα χρησιμοποιούμενα αρωματικά φυτά στη βιομηχανία τροφίμων είναι ο μαϊντανός, η μαντζουράνα, η ρίγανη, ο βασιλικός, το δενδρολίβανο, το θυμάρι κ.λπ. Όπως προαναφέρθηκε, πέραν της γεύσης, ορισμένα αρωματικά φυτά φέρουν ιδιαίτερες ιδιότητες. Τέτοιες, είναι η επίδραση κατά μικροοργανισμών και οι ισχυρές αντιοξειδωτικές δράσεις, που καθιστούν τα αρωματικά φυτά, φυσικά συντηρητικά τροφίμων. Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι η ρίγανη η οποία περιέχει την ισχυρά αντιοξειδωτική ουσία καρβακρόλη, το δενδρολίβανο, ο κουρκουμάς, η δάφνη, ο βασιλικός, ο κορίανδρος κ.α.

Ο χρωματισμός των τροφίμων επιτυγχάνεται -πέραν των τεχνιτών- και με την χρήση φυσικών, φυτικής προέλευσης χρωστικών, όπως η κουρκουμίνη, οι ριβοφλαβίνες, η χλωροφύλλη κ.ά. Οι φυσικές χρωστικές που περιέχονται σε πολλά αρωματικά φυτά σε περίσσεια, όπως λόγω χάρη τα φλαβονοειδή και τα καροτενοειδή, αποτελούν λύσεις καινοτόμες, ιδανικές για προϊόντα “καθαρής ετικέτας - clean label”, χωρίς δηλαδή εγκεκριμένα πρόσθετα, για τον χρωματισμό των τροφίμων. Έχουν επίσης μελετηθεί και άλλες φυσικές χρωστικές ουσίες φυτικών υλών, όπως οι ανθοκυανίνες και οι χρωστικές τεύτλων. Το αννάτο, το καρμινικό οξύ και ορισμένα κουρκουμινοειδή, χρησιμοποιούνται επίσης ευρέως, ενώ πολλά άλλα πρέπει να εξεταστούν περαιτέρω και η χρήση τους δεν έχει ακόμη εγκριθεί με κωδικό E. (Martins et al, 2016). Στον Πίνακα 4, παρουσιάζεται μία λίστα αρωματικών φυτών, που εμπεριέχουν τις προαναφερθείσες χρωστικές, και αποτελούν άριστη φυσική πηγή χρωστικών για τη βιομηχανία.

Τονίζεται εδώ και η νέα αναπτυσσόμενη τάση της βιομηχανίας τροφίμων, που είναι η παραγωγή λειτουργικών τροφίμων. Πρόκειται για τρόφιμα που συμβάλλουν στη βελτίωση της υγείας και της ευεξίας των καταναλωτών, την πρόληψη των ασθενειών και γενικώς στην ομαλή λειτουργία του οργανισμού. Τα λειτουργικά τρόφιμα, εμπεριέχουν κατηγορίες βιοδραστικών ουσιών, όπως προβιοτικά, καροτενοειδή, πολυφαινόλες, γλυκοσίδια οι οποίες βρίσκονται σε αφθονία στα αρωματικά φυτά (Κάλφας, 2018).

Πίνακας 4: Φυτικές πηγές χρωστικών ουσιών και χρήσεις τους στη βιομηχανία τροφίμων (Martins et al, 2016)

Φυτικές Χρωστικές	Πηγή	Χρήσεις σε τρόφιμα
3-δεόξυ ανθοκυανιδίνη	Γλυκό σόργο (<i>Sorghum bicolor</i>)	Αρτοποιία και ζαχαροπλαστική (αρτύματα, κέικ, μπισκότα)
Ανθοκυάνες και παραγόμενα εκχυλίσματα	Λιβανόχορτο (<i>Ajuda reptans L.</i>) / λουλούδι	Ζαχαροπλαστική, καραμέλες, τσίχλες, σάλτσες, αναψυκτικά, jells, γαλακτοκομικά προϊόντα
	Κράμβη η λαχανώδης (<i>brassica oleracea</i>) / φύλο	
	Σελόσια (<i>Celosia cristata</i>) / λουλούδι	
α-καροτένιο (E160α)	Δαύκος το καρότο (<i>Daucus carota L.</i>) / ρίζα	Βούτυρο και μαργαρίνες, γαλακτοκομικά προϊόντα, αναψυκτικά
Λουτεΐνη (ξανθοφύλλες E161b)	Ταγέτης ο όρθιος, καλέντουλα (<i>Tagetes erecta L.</i>)	
Κροκίνη	Κρόκος (<i>Crocus sativus L.</i>)	Μαρμελάδες, αναψυκτικά
Φλαβονοειδή - Καρθαμίνη	Κάρθαμος (<i>Carthamus tinctorius</i>)	

3.2. Ποτοποιία

Τα αρωματικά φυτά έχουν αξιοποιηθεί ευρέως στην ποτοποιία. Ενδεικτικά ποτά όπως διάφορα λικέρ, ούζο, τσίπουρο, Gin, Vermouth κ.λπ., περιέχουν στη σύνθεσή τους και βασίζονται σε συγκεκριμένα αρωματικά φυτά που τους προσδίδουν την ιδιαίτερη γεύση και τα αρώματά τους (Κάλφας, 2018).

3.3. Φαρμακοβιομηχανία

Τα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά από την αρχαιότητα χρησιμοποιήθηκαν για τις ευεργετικές ιδιότητες τους στην υγεία των ανθρώπων και υπάρχουν αναφορές για τη χρήση τους ιδιαίτερα στην θεραπεία πληγών, δερματικών παθήσεων, καταπολέμηση του πυρετού, των κρυολογημάτων, ασθενειών του πεπτικού συστήματος, και τοπικών κακώσεων κ.λπ. Οι μορφές που χρησιμοποιούνται είναι είτε ως ροφήματα, ή διαλυμένα σε οινόπνευμα, είτε ως θεραπευτικά έλαια που εφαρμόζονται απευθείας (μασάζ, κομπρέσες, καταπλάσματα), είτε χρησιμοποιούνται σαν πρώτες ύλες για την παρασκευή αλοιφών. Στο εμπόριο κυκλοφορούν ως τελικά προϊόντα με τη μορφή χαπιών, σιροπιών, αλοιφών, κολλύριων, ρινικών σπρέι, κ.α. Τον τελευταίο αιώνα με την αλματώδη ανάπτυξη της χημικής βιομηχανίας και την παραγωγή πολλών φαρμακευτικών προϊόντων, τα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά, έπαψαν να αποτελούν τα βασικά συστατικά των χορηγούμενων φαρμάκων. Όμως τις τελευταίες δεκαετίες αναπτύχθηκε παράλληλα και ένας ιδιαίτερος κλάδος προϊόντων με έμμεση επίπτωση στην υγεία, τα οποία είναι δυνατό να λαμβάνονται χωρίς συνταγή γιατρού (Over The Counter Medicines). Αυτά είναι συνήθως συμπληρώματα διατροφής, βιταμίνες και άλλα παρεμφερή προϊόντα. Οι κυριότερες κατηγορίες που κυκλοφορούν σήμερα είναι τα διατροφικά φαρμακευτικά (neutraceuticals), τα βοτανικά φάρμακα (herbal remedies), τα φυτικά φάρμακα (phytomedicines), τα ομοιοπαθητικά φάρμακα (homeopathic drugs), τα αρωματοθεραπευτικά έλαια (aromatotherapy oils) και τα διαιτητικά

συμπληρώματα (dietary supplements). Αυτά στηρίζονται σε δραστικές ουσίες φυτικής προέλευσης και κυκλοφορούν ελεύθερα στο εμπόριο. Εκτός από αυτή την ιδιαίτερη κατηγορία φαρμακευτικών προϊόντων, και η συμβατική φαρμακοβιομηχανία χρησιμοποιεί πληθώρα ουσιών που προέρχονται από τα αρωματικά φυτά για την παρασκευή φαρμάκων. Διεξάγει δε εντατικές έρευνες για την απομόνωση και μελέτη φυτικής προέλευσης χημικών ενώσεων και τις επιδράσεις αυτών στην θεραπεία διαφόρων ασθενειών (Κάλφας, 2018).

3.4. Βιομηχανία Καλλυντικών

Η σαπωνοποιία κατ' εξοχήν, χρησιμοποιεί αιθέρια έλαια αρωματικών φυτών τα οποία εκτός από ιδιαίτερο άρωμα έχουν και αντιβακτηριακή δράση. Παρόλα ταύτα, δεν είναι λίγες οι περιπτώσεις που τα καλλυντικά έχουν κατηγορηθεί για δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία των χρηστών. Αυτό οδήγησε στην ανάπτυξη ενός νέου κλάδου, εκείνου των φυσικών καλλυντικών, τα οποία ιδιαίτερα στις αναπτυγμένες χώρες της Δυτικής Ευρώπης καταλαμβάνουν ολοένα και μεγαλύτερο μερίδιο της αγοράς αφού θεωρούνται ασφαλέστερα λόγω της χαμηλής περιεκτικότητάς τους σε συνθετικά χημικά συστατικά. Τα συνήθη φυτά και παράγωγα αυτών που χρησιμοποιούνται σε φυσικά καλλυντικά και προϊόντα περιποίησης σώματος είναι, είναι χαμομήλι, καλέντουλα, δενδρολίβανο, κισσός, πράσινο τσάι, αλόη, ιπποκαστανιά, κ.λπ. (Κάλφας, 2018).

3.5. Χρήσεις Αιθέριων Ελαίων στη Βιομηχανία

Η χρήση των αιθέριων ελαίων των αρωματικών φυτών παρουσιάζει μεγάλη εμβέλεια και αφορά στους τομείς της φαρμακευτικής ιατρικής, βιομηχανίας τροφίμων και ποτών, κοσμετολογίας και αρωματοποιίας. Εντοπίζονται ως συστατικά σε καλλυντικά, αρώματα αλλά και σε προϊόντα καθαρισμού επιφανειών και αποσμητικά χώρων. Εμφανίζουν ευρεία χρήση ως συστατικά σε στοματικά αντισηπτικά διαλύματα και οδοντόκρεμες (βακτηριοκτόνος δράση στη στοματική κοιλότητα). Η αρωματοθεραπεία βασίζεται στη χρήση αιθέριων ελαίων που μέσω της δυνατότητάς τους να απορροφώνται εύκολα από το δέρμα, χρησιμοποιούνται για την ανακούφιση των συμπτωμάτων σε αλλεργικές και ρευματικές νόσους, εμφανίζοντας αντιγηραντική, αναζωογονητική ή/και αντιφλεγμονώδη δράση. Η αποτελεσματικότητα της μεθόδου δέχεται έντονη κριτική από την επίσημη ιατρική κοινότητα. Παρόλα αυτά, σε μελέτες έχει αποδειχθεί ότι έλαια όπως της λεβάντας και του τεϊόδεντρου, ανακουφίζουν από αλλεργικά συμπτώματα αναστέλλοντας την απελευθέρωση της ισταμίνης και την παραγωγή κυτταροκινών in vitro και in vivo (Sakkas, 2007).

Τα περισσότερα αιθέρια έλαια έχουν χαρακτηριστεί διεθνώς από τον Οργανισμό Τροφίμων και Φαρμάκων των Η.Π.Α ως «Γενικώς Αναγνωρισμένα Ασφαλή Συστατικά» / "Generally Regarded As Safe" – GRAS (Skandamis, 2001). Θεωρούνται φυσικά εναλλακτικά συντηρητικά τροφίμων και η χρήση τους, ικανοποιεί τις απαιτήσεις των καταναλωτών για «φυσικά» προϊόντα (Daferera, 2000). Περισσότερα από 100 αιθέρια έλαια αρωματικών φυτών, χρησιμοποιούνται και ως αρωματικά πρόσθετα (έλαιο βασιλικού, κάρδαμου κ.ά.), φέροντας αντιμικροβιακές και αντιοξειδωτικές δράσεις, παρατείνοντας έτσι τον χρόνο ζωής των προϊόντων. Παρόλα ταύτα, η πρακτική εφαρμογή των αιθέριων ελαίων στη συντήρηση των τροφίμων, γενικά είναι περιορισμένη, καθώς οι αποτελεσματικά αντιμικροβιακές συγκεντρώσεις, υπερβαίνουν συνήθως τα όρια της οργανοληπτικής αποδοχής, δίδοντας έντονη οσμή και γεύση στο τρόφιμο, που συχνά είναι ανεπιθύμητη (Skandamis, 2001; Palmer 1998). Επίσης, η δράση των αιθέριων

ελαίων περιορίζεται και λόγω της αλληλεπίδρασης με τα υπόλοιπα συστατικά του τρόφιμου. Στα τρόφιμα απαιτείται μεγαλύτερη συγκέντρωση ελαίου για την επίτευξη του ίδιου αντιμικροβιακού αποτελέσματος, σε σχέση με *in vitro* πειράματα. Είναι εξάλλου γνωστό ότι η βακτηριακή ευαισθησία επηρεάζεται από τα συστατικά και τα χαρακτηριστικά του τροφίμου (*aw*, *pH*, άλας, πρόσθετα, λίπος κ.ά.), αλλά και από εξωγενείς παράγοντες (θερμοκρασία, ατμόσφαιρα – οξυγόνο κ.ά) (Shelef, 1983).

3.6. Χρήση βιοδραστικών ενώσεων και αιθέριων ελαίων στην ενεργή συσκευασία

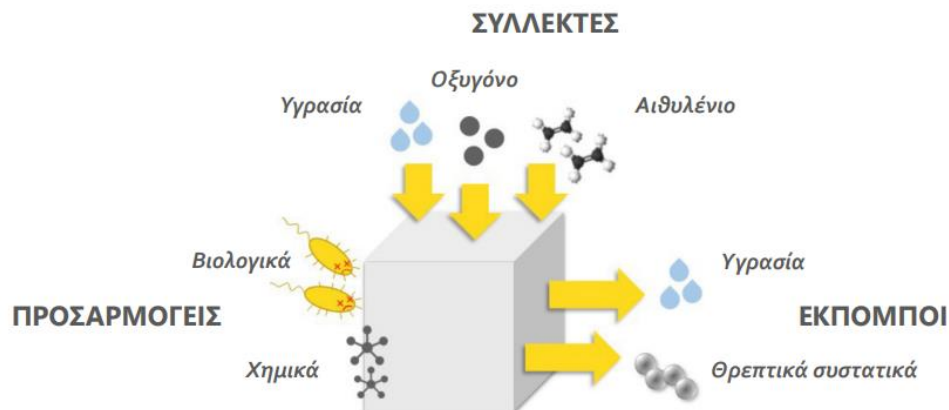
Η αυξανόμενη δημοτικότητα της ενεργής συσκευασίας (Active Packaging - AP) σηματοδότησε ένα σημαντικό σημείο καμπής στις προτιμήσεις των βιομηχανιών τροφίμων ως προς τη συσκευασία για τις τελευταίες δύο δεκαετίες, δεδομένου ότι η λειτουργία προστασίας της συσκευασίας μεταβλήθηκε από παθητική σε ενεργή.

Πριν την ανάπτυξη των ενεργών συσκευασιών, τα πρωτογενή υλικά συσκευασίας θεωρούνταν «παθητικά». Επεξηγηματικά, λειτουργούσαν αποκλειστικά ως αδρανή φράγματα για την προστασία των προϊόντων από το οξυγόνο και την υγρασία. Πρόσφατα, μια σειρά από νέα υλικά συσκευασίας αναπτύχθηκαν για να παρέχουν «ενεργή» προστασία στα τρόφιμα. Η ενεργή συσκευασία έχει οριστεί ως ένα σύστημα στο οποίο το τρόφιμο, η συσκευασία και το περιβάλλον αλληλεπιδρούν με θετικό τρόπο για τη παράταση της διάρκειας ζωής του προϊόντος ή και την για επίτευξη ορισμένων χαρακτηριστικών που δεν θα μπορούσαν να ληφθούν διαφορετικά. Έχει επίσης οριστεί ως ένα σύστημα που συμβάλλει στη βελτίωση της ασφάλειας των τροφίμων και των οργανοληπτικών ιδιοτήτων τους (Sen & Das, 2016). Τις τελευταίες δύο δεκαετίες έχει αναπτυχθεί ένα ευρύ φάσμα υλικών συσκευασίας. Μία γενική διάκριση μπορεί να γίνει μεταξύ των τριών ακόλουθων τύπων:

Συλλέκτες: συσκευασίες οι οποίες απορροφούν ουσίες από την εσωτερική ατμόσφαιρα της συσκευασίας (για παράδειγμα: οξυγόνο, υγρασία, αιθυλένιο) (Yildirim et al., 2017).

Προσαρμογείς: υλικά τα οποία δεν απορροφούν ή απελευθερώνουν ουσίες αλλά προκαλούν επιθυμητές χημικές ή βιολογικές μεταβολές στο συσκευασμένο προϊόν ή / και στη μικροβιακή χλωρίδα στο συσκευασμένο προϊόν ή στην εσωτερική ατμόσφαιρα της συσκευασίας (π.χ. μείωση της αναπνοής ή ανάπτυξης μικροοργανισμών) (Yildirim et al., 2017).

Εκπομπή: συσκευασίες οι οποίες απελευθερώνουν ουσίες στη συσκευασία (για παράδειγμα: CO₂, αντιοξειδωτικά). Πιο συγκεκριμένα, υλικό μίγμα κυρών και αιθέριων ελαίων φυτικής προέλευσης εφαρμόζεται σε χάρτινες συσκευασίες φρούτων και λαχανικών, με αποτέλεσμα την επέκταση της διάρκειας ζωής των προϊόντων, αφού δημιουργείται δυσμενές περιβάλλον για την ανάπτυξη μικροοργανισμών (Yildirim et al., 2017). Στο ακόλουθο Σχήμα 4. Φαίνεται η σχηματική απεικόνιση των τριών καινοτόμων τύπων ενεργής συσκευασίας.



Σχήμα 4. Σχηματική απεικόνιση των τριών καινοτόμων τύπων ενεργής συσκευασίας (<http://www.actinpak.eu/>)

Στο εμπόριο υπάρχουν διαθέσιμες αντιοξειδωτικές και αντιμικροβιακές επικαλύψεις για χαρτί και χαρτόνι, οι οποίες απελευθερώνουν αργά πτητικά φυσικά εκχυλίσματα (αιθέρια έλαια κυρίως κ.ά.) με αντιμυκητιακή και αντιοξειδωτική δράση στη συσκευασία, αποτρέποντας έτσι την αλλοίωση των φρέσκων προϊόντων κατά τη διάρκεια της μεταφοράς.

3.7. Ενσωμάτωση βιοδραστικών συστατικών και αιθέριων ελαίων στα νανογαλακτώματα

Τα νανογαλακτώματα χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία τροφίμων και φαρμάκων για την ενσωμάτωση, την προστασία και τον έλεγχο της απελευθέρωσης μεγάλης ποικιλίας βιοδραστικών συστατικών. Τα φαινολικά συστατικά είναι γνωστό ότι ενσωματώνονται σε γαλακτώματα τροφίμων με στόχο τον εμπλουτισμό του τελικού τροφίμου. Παραδείγματος χάρη, πολυφαινολικές ενώσεις με αμφιφιλική δομή, όπως η ελευρωπαΐνη, πράγματι έχει αποδειχθεί ότι ασκούν κάποια επιφανειακή δραστηριότητα και επηρεάζουν τη διαδικασία γαλακτωματοποίησης. Εκτός από την ενσωμάτωση των πολυφαινολών ελαιόλαδου, περιγράφεται στη βιβλιογραφία ότι στη βιομηχανία τροφίμων αξιοποιείται και η ενσωμάτωση αρωματικών ελαίων και εκχυλισμάτων. Μάλιστα σε πειράματα, διαπιστώθηκε ότι η ενθυλάκωση ελαίου μέντας σε αραβικό κόμμι σε σύγκριση με άλλα μέσα, διατηρούσε τη γεύση της για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα (Skaltsa, 2017).

Κεφάλαιο 4. Χρήση των παραπροϊόντων επεξεργασίας ανθέων και αρωματικών φυτών και προώθηση της κυκλικής οικονομίας

4.1. Η ανάγκη για αξιοποίηση των αποβλήτων

Αναντίρρητα, υπάρχει μεγάλη ανάγκη μείωσης της παραγωγής αποβλήτων καθώς η περιβαλλοντική νομοθεσία εντός Ευρωπαϊκής Ένωσης, αυστηροποιείται ολοένα και πιο πολύ, και εντείνεται η τάση είναι να οδηγηθεί η παραγωγή των αποβλήτων σε σχεδόν μηδενικά επίπεδα. Επιπρόσθετα, τα απόβλητα των αναπτυγμένων κοινωνιών αποτελούν μείζον οικολογικό πρόβλημα, επιβαρύνοντας τον υδροφόρο ορίζοντα και τα εδάφη. Κοινές πρακτικές αξιοποίησης των αποβλήτων της βιομηχανίας τροφίμων είναι η χρήση των αποβλήτων ως ζωοτροφή και η παραγωγή βιοκαυσίμων, λιπασμάτων, διαιτητικών ινών κ.ά. Μαζική απαίτηση όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, είναι και η παρασκευή λειτουργικών τροφίμων και διατροφικών φαρμακευτικών προϊόντων. Τα φυτοχημικά που – όπως έχει αποδειχθεί - υπάρχουν στα υπολείμματα της επεξεργασίας των αρωματικών ανθέων και φυτών, δύνανται αποτελέσουν πλούσιο ακατέργαστο υλικό για την παρασκευή νέων πρώτων υλών, που δύνανται να εμπλουτίσουν τα τρόφιμα είτε προς αύξηση της θρεπτικής τους αξίας είτε προς αύξηση του χρόνου ζωής τους.

4.2. Κυκλική Οικονομία (Circular Economy – CE)

Η κυκλική οικονομία είναι ένα σύστημα που υποστηρίζει την ελαχιστοποίηση της ρύπανσης, των αποβλήτων και της χρήσης πόρων σε σύγκριση με το κοινό γραμμικό μοντέλο λήψης, κατασκευής και διάθεσης των πόρων. Η έννοια της κυκλικότητας υπάρχει εδώ και πολλές δεκαετίες, αλλά τα τελευταία χρόνια έχει μελετηθεί, αναδειχθεί και υιοθετηθεί από χώρες, ακόμη και σε μερικές από αυτές, με ένα νομικά καθορισμένο πλαίσιο (Modgil et al., 2021). Πιο συγκεκριμένα, η κυκλική οικονομία (CE) είναι μια προσέγγιση για την ανακύκλωση πόρων και έχει υιοθετηθεί ως πολιτική από διάφορες επιχειρήσεις, για την ελαχιστοποίηση της επιβάρυνσης του περιβάλλοντος και την τόνωση της οικονομίας. Βεβαίως, η αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής περιλαμβάνεται στο επίκεντρο της έννοιας και των στόχων της κυκλικής οικονομίας.

Όπως αναφέρθηκε, η κυκλική οικονομία τείνει να διαδεχθεί την γραμμική οικονομία και βασίζεται σε τρεις κύριους πυλώνες. Τη Μείωση (Reduce), την Επαναχρησιμοποίηση (Reuse) και την Ανακύκλωση (Recycle).

Μείωση (Reduce)

Η χρήση πόρων, η κατανάλωση ενέργειας και η παραγωγή αποβλήτων μπορούν να μειωθούν μέσω καλύτερου σχεδιασμού ή διαχείρισης στα στάδια παραγωγής και κατανάλωσης. Η εξοικονόμηση υλικών και ενέργειας που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή μειώνει επίσης τη δημιουργία απορριμμάτων. Μερικά παραδείγματα του τρόπου με τον οποίο οι εταιρείες τροφίμων αντιμετωπίζουν αυτήν την αρχή είναι η παρακολούθηση της χρήσης ενέργειας για την ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης και οι απλούστεροι σχεδιασμοί συσκευασιών που είναι πιο συμπαγείς, ελαφρύτερες και επιτρέπουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής του προϊόντος. Η διαθεσιμότητα πρώτων υλών μπορεί να μειωθεί με πιο αποτελεσματική προμήθεια, αποθήκευση και χρήση (Circular food supply chains, 2020).

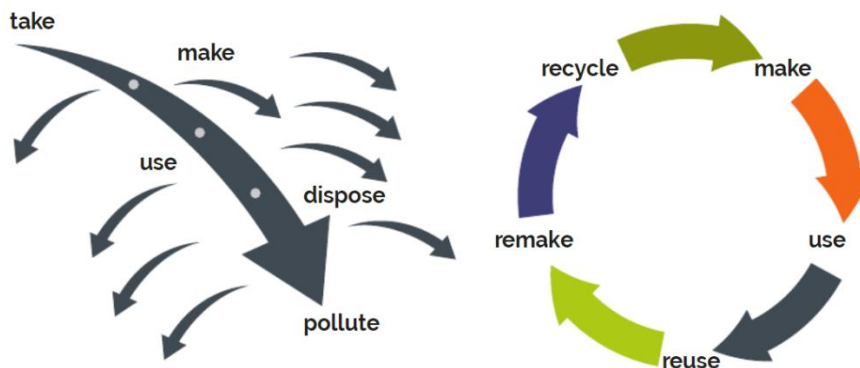
Επαναχρησιμοποίηση (Reuse)

Με την επαναχρησιμοποίηση τροφίμων, προϊόντων και συσκευασιών σε διάφορες μορφές, η αλυσίδα εφοδιασμού μπορεί να αποφύγει την σπατάλη πολύτιμων πόρων. Με αυτήν την τεχνολογία, οι εταιρείες μπορούν να εξοικονομήσουν πόρους, εργασία και ενέργεια. Τα απορρίμματα τροφίμων και οι συσκευασίες τροφίμων μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν για τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, πρωτίστως όμως, πρέπει να ληφθούν υπόψη οι παράγοντες ασφάλειας και υγιεινής. Μερικοί τρόποι προώθησης της επαναχρησιμοποίησης τροφίμων περιλαμβάνουν την αναδιανομή τροφίμων στους οικονομικά ασθενέστερους, τη χρήση υλικών συσκευασίας για νέους σκοπούς και την ενθάρρυνση των καταναλωτών να αξιοποιούν τα υπολείμματα τροφίμων σε οικιακά λιπάσματα κ.λπ. (Circular food supply chains, 2020).

Ανακύκλωση (Recycle)

Η ανακύκλωση και η επεξεργασία απορριμμάτων για την παραγωγή ενός νέου προϊόντος ή συσκευασίας πανομοιότυπο με το πρωτότυπο, ονομάζεται πρωτογενής ανακύκλωση, ενώ η δευτερογενής ανακύκλωση χρησιμοποιεί τα απόβλητα ως πρώτη ύλη για την παραγωγή νέων προϊόντων με διαφορετικές ιδιότητες. Η κυκλική οικονομία, επιτρέπει στον κύκλο της εφοδιαστικής αλυσίδας να εισάγει τα απόβλητα ως πρώτες ύλες στο στάδιο παραγωγής (Circular food supply chains, 2020).

Το παρακάτω Σχήμα 5. Απεικονίζεται επακριβώς η διαφορά της κυκλικής με την γραμμική οικονομία. Στην μεν γραμμική, ακολουθείται το μοντέλο “Λήψη (take)- Παραγωγή (make)- Χρήση (use)- Απόρριψη (dispose)- Μόλυνση (pollute)”, ενώ στην κυκλική οικονομία, ακολουθείται το μοντέλο “Παραγωγή (make)- Χρήση (use)- Επαναχρησιμοποίηση (Reuse)- Αναπαραγωγή (Remake)- Ανακύκλωση (Recycle) - Παραγωγή (make)”



Σχήμα 5. Σχηματική απεικόνιση γραμμικής και κυκλικής οικονομίας (αριστερά: η γραμμική, δεξιά: η κυκλική) (Circular food supply chains, 2020)

Στα πλαίσια της φιλοσοφίας αυτής, προτείνονται τα κάτωθι:

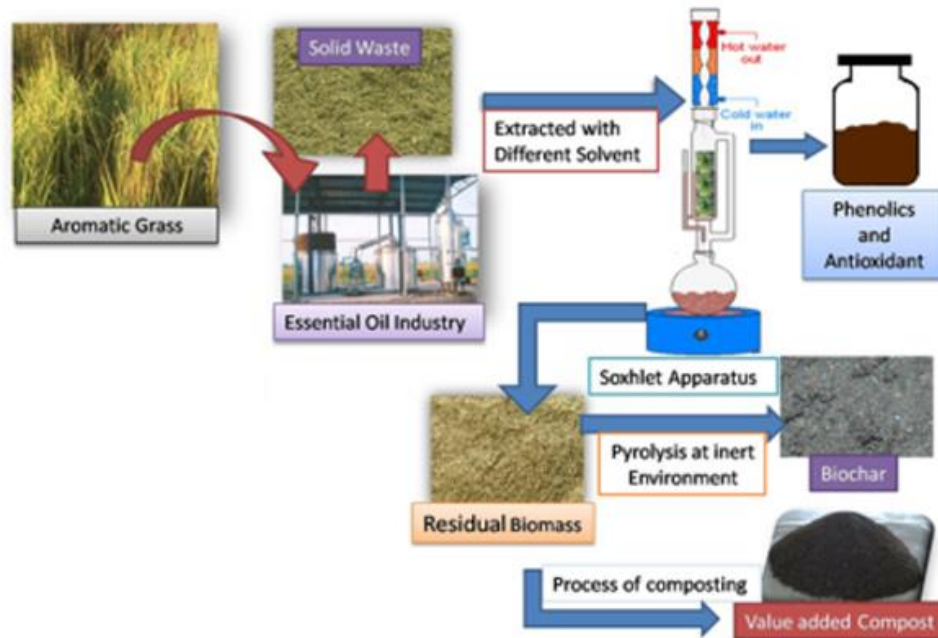
4.3. Υπολειμματική βιομάζα ανθών και αρωματικών φυτών

Η βιομηχανική επεξεργασία των αρωματικών φυτών δημιουργεί διάφορα είδη υπολειμμάτων, όπως είναι η βιομάζα τους ύστερα από απόσταξη, η μη χρήση διαφόρων μερών των φυτών, το νερό που απορρίπτεται κατά την επεξεργασία κ.ά. Αυτές οι υπολειμματικές βιομάζες δεν απορρίπτονται, καθώς μπορούν να ανακυκλωθούν και να μετατραπούν σε προϊόντα προστιθέμενης αξίας. Με τον όρο υπολειμματική βιομάζα αναφερόμαστε σε οποιοδήποτε βιολογικό υλικό δεν δημιουργείται σκόπιμα σε

μία παραγωγική διαδικασία (Olofsson et al, 2018; Ortiz-de Elguea-Culebras et al., 2017). Για παράδειγμα, έπειτα από την απόσταξη φαρμακευτικών φυτών με σκοπό τη χρήση τους στη βιομηχανία φαρμάκων, καλλυντικών και αρωματοποίησης, η εναπομένουσα βιομάζα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ζωοτροφή, ή ακόμα ως κομπόστ και βιοκάρβουνο. Υπολειμματική βιομάζα σε διάφορες μορφές (στερεή, υγρή και αέρια) παράγεται κάθε χρόνο και από τον αγροτικό τομέα (Santana-Meridas et al., 2012). Ένα παράδειγμα είναι το άχυρο το οποίο είναι υπόλειμμα από την παραγωγή σιτηρών και ελαιούχων καλλιεργειών και χρησιμοποιείται ως ζωοτροφή.

Οι υπολειμματικές βιομάζες δεν θεωρούνται επιβλαβείς προς το περιβάλλον, καθώς δεν επιβαρύνουν με επιπλέον διοξείδιο του άνθρακα την ατμόσφαιρα. Ωστόσο, η ανακύκλωσή τους είναι υψίστης σημασίας προκειμένου να αποφευχθούν περιβαλλοντικές συνέπειες λόγω ακατάλληλης διάθεσης, αλλά και για οικονομικούς και κοινωνικούς λόγους (Zhu et al., 2012). Η γεωργία και η βιομηχανία τροφίμων, φαρμάκων και καλλυντικών είναι οι τέσσερις τομείς που εμπλέκονται στη χρήση των αρωματικών φυτών και ανθέων, παράγοντας στερεά και υγρά υπολείμματα κατά την επεξεργασία. Σε περιπτώσεις, κατά την επεξεργασία προς εκμετάλλευση των αρωματικών φυτών και ανθέων, κάποια μέρη του φυτού χρησιμοποιούνται ως έχουν μετά την αρχική επεξεργασία τους (φρούτο, ρίζα, φύλλα, λουλούδια κ.λπ.), ενώ τα υπόλοιπα παραμένουν αχρησιμοποίητα και μετατρέπονται σε απόβλητα. Οι διάφορες χρήσεις των αποβλήτων αυτών είναι ως κομπόστ και βιοάνθρακας ως βελτιωτικά εδάφους, βιοκαύσιμα και βιοαέριο για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, βιοπαρασιτοκτόνα για την αποπαρασίτωση των καλλιεργειών κ.λπ. (Ercolano et al., 2015).

Στην εικόνα 8 περιγράφεται σχηματικά και συνοπτικά η αξιοποίηση των αποβλήτων που προκύπτουν από την επεξεργασία ενός αρωματικού χόρτου όπως το λεμονόχορτο, η παλμαρόζα ή η σιτρονέλα. Η υπολειμματική βιομάζα που προκύπτει από την απόσταξη του αιθέριου ελαίου στη βιομηχανία, υπάγεται σε εκ νέου εκχύλιση με διαλύτες προς παραλαβή υδατοδιαλυτών φαινολικών συστατικών που υπήρχαν στο στερεό υπόλειμμα. Επίσης, η υπολειμματική βιομάζα που προκύπτει από την εκχύλιση με τους διαλύτες, μπορεί να επεξεργαστεί περαιτέρω με διάφορους τρόπους. Είτε μέσω πυρόλυσης προς παραλαβή βιοκάρβουνο (καύσιμη ύλη), είτε μέσω κομποστοποίησης προς παραλαβή λιπάσματος.



Εικόνα 8. Σχηματική αναπαράσταση της διαδικασίας ανακύκλωσης υπολειπόμενης βιομάζας από αρωματικά φυτά (Ajoy Saha and B.B.Basak, 2020).

4.3.1. Αξιοποίηση φυτοχημικών που προκύπτουν από απόβλητα επεξεργασίας αρωματικών φυτών και ανθέων

Οι φυτοχημικές μελέτες επικεντρώνονται συνήθως στα κύρια μέρη του φυτού. Τελευταίες μελέτες όμως έχουν δείξει ότι μπορούν να απομονωθούν σημαντικά βιοδραστικά φυτο-συστατικά από «αχρησιμοποίητα» μέρη του φυτού. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η απομόνωση αρτεμισίνης από το φυτό *Artemisia annua*, την οποία, ερευνητική ομάδα κατάφερε να απομονώσει από την υπολειπόμενη βιομάζα του φυτού, περνώντας την μέσω υπεριώδους φωτός και παράγοντας έτσι ικανοποιητική ποσότητα αρτεμισίνης (Ibekwe, 2009). Στον τομέα της αγρο-βιομηχανίας έχει γίνει σημαντική έρευνα για την χρήση υπολειμματικών προϊόντων ως πηγή αντιοξειδωτικών λόγω του χαμηλού κόστους και της φιλικής προς το περιβάλλον διαχείρισής τους (Rached et al., 2018; Bistgani et al., 2019). Η υπολειμματική βιομάζα από ορισμένα αρωματικά φυτά έχει αναγνωριστεί ως πηγή φαινολικών ενώσεων με αντιοξειδωτικές ιδιότητες (Parejo et al., 2002; Torras-Claveria et al., 2007). Σε πολλά απόβλητα αρωματικών φυτών και ανθέων, έχει βρεθεί σημαντική περιεκτικότητα σε πολυφαινόλες, η οποία μπορεί να αξιοποιηθεί σε σκευάσματα που προάγουν την υγεία, σε αντιοξειδωτικά για προσθήκη σε τρόφιμα και ζωοτροφές ή σε συστατικά για την βιομηχανία καλλυντικών (Navarrete et al., 2011; Torras-Claveria et al., 2007). Επί παραδείγματι, μελέτες έχουν δείξει ότι υπολείμματα από τα λουλούδια και τα πράσινα φύλλα του τριαντάφυλλου έχουν πιθανές αντιοξειδωτικές ιδιότητες (Baydar, 2013). Επίσης, παραπροϊόντα ύστερα από την απόσταξη της κουμαρίνης και του άχυρου της λεβάντας έχουν αποδεδειγμένες αντισπασμωδικές και αντιφλεγμονώδεις δράσεις (Tiliacos et al., 2008).

Η γνώση των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών των προς αξιοποίηση φυτοχημικών και του φυτικού ιστού από τον οποίο εξάγονται, κρίνεται απαραίτητη για την ανάπτυξη των τεχνικών εξαγωγής από την υπολειμματική βιομάζα. Είναι γνωστό ότι γενικώς, η διαλυτότητα των πολλών φυτοχημικών στο νερό είναι μικρή, ενώ εξάγονται καλύτερα με οργανικούς διαλύτες. Για τα πιο λιπόφιλα φυτοχημικά, η χρήση λιγότερο πολικών διαλυτών –όπως οξικός αιθυλεστέρας ή αιθέρας- είναι αναγκαία. Για κάποια είδη ενώσεων, η διαλυτότητα στο νερό μπορεί να αυξηθεί με την αλλαγή του pH. Με αυτό τον τρόπο οι όξινες ενώσεις, όπως οι πολυφαινόλες, μπορούν να εξαχθούν στο νερό σε αλκαλικό pH, όπου τα φαινολικά υδροξύλια ιοντίζονται. Πιο βασικές ενώσεις, όπως οι αζωτούχοι μεταβολίτες, μπορούν να εξαχθούν στο νερό υπό όξινες συνθήκες. Τα εκχυλίσματα που λαμβάνονται συνήθως είναι αναγκαίο να συμπυκνωθούν προ της χρήσης. Η ξήρανση με ψεκασμό και η ξήρανση με κατάψυξη είναι εφικτές τεχνολογίες οι οποίες θα μπορούσαν να εφαρμοστούν ανάλογα με την τιμή αγοράς του παραχθέντος εκχυλίσματος (Larrosa et al., 2002).

4.3.1.1. Παραγόμενο υδρόλυμα από τη βιομηχανία των αιθέριων ελαίων

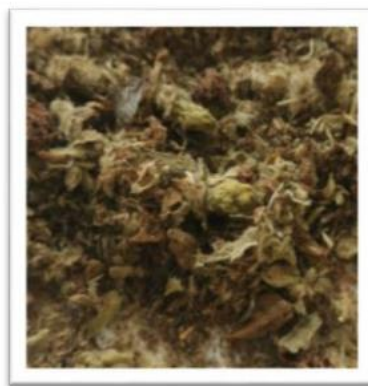
Στο τέλος της διαδικασίας εξαγωγής των αιθέριων ελαίων με απόσταξη, παράγεται μια σημαντική ποσότητα νερού ως υγρό απόβλητο, το οποίο ονομάζεται και υδρόλυμα. Το υδρόλυμα από διάφορα φυτά που παράγουν αιθέρια έλαια περιέχει μία πληθώρα βιοδραστικών συστατικών, τα οποία είναι πλήρως αξιοποιήσιμα και απομονώνονται περαιτέρω. Τέτοια παραδείγματα υδρολυμάτων είναι το ροδόνηρο, το οποίο περιέχει σιτρονελλόλη, γερανιόλη και νερόλη με ισχυρή αντιβακτηριακή δράση (Zhu et al., 2012). Το υδρόλυμα από την απόσταξη του δενδρολίβανου, φασκόμηλου και βασιλικού (Wollinger et al., 2016) περιέχουν υδατοδιαλυτές φαινολικές ενώσεις όπως το καφεϊκό οξύ και οι γλυκοσίδες (Celano et al., 2017). Επίσης, πολλά υδρολύματα από αρωματικά φυτά έχουν μυκητοκτόνα και αντιβακτηριακή δράση (Bellahsene et al., 2015; Belabbes et al., 2017, Sagdiç and Ozcan, 2003; Hussien et al., 2011).

4.3.1.2. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα αξιοποίησης αποβλήτων - Τριαντάφυλλο

Πολυάριθμες είναι οι παραδοσιακές θεραπευτικές χρήσεις του τριαντάφυλλου και των παρασκευασμάτων του (ροδέλαιο, ροδόνηρο και εκχυλίσματα). Σημαντικότερες εξ αυτών και αυτές που έχουν αποτελέσει αντικείμενο μελετών διεθνώς, είναι οι ακόλουθες:

- Τα πέταλα παρουσιάζουν αντιφλεγμονώδη και τονωτική δράση στο έντερο και το στομάχι.
- Το τριαντάφυλλο αποτελεί συστατικό ροφημάτων, για χωνευτική χρήση. Τα άνθη και τα φύλλα του φυτού έχουν θετική επίδραση στο πεπτικό, το ουροποιητικό, το νευρικό και το αναπνευστικό σύστημα, ενώ χρησιμοποιούνται και σε παθήσεις του δέρματος.
- Έγχυμα των φύλλων χρησιμοποιείται σε ουλίτιδες, σε πνευμονικές διαταραχές, ως τονωτικό του οργανισμού, ως καθαρκτικό, καρδιοτονωτικό και αποχρεμπτικό.
- Τα άνθη, τα φύλλα και τα κλαδάκια χρησιμοποιούνται σε οφθαλμικές και γαστρεντερικές παθήσεις, σε παθήσεις του αναπνευστικού και του δέρματος, καθώς επίσης και για τις αντιαιμορραγικές, καθαρτικές και επουλωτικές τους ιδιότητες (Lardos, 2006).
- Τα άνθη, το ροδέλαιο, το ροδόνηρο και το ροδόμελο, τα οποία προέρχονται από καλλιεργούμενο στη μεσόγειο *Rosa canina*, χρησιμοποιούνται σε φλεγμονές, στο σύνδρομο ευερέθιστου εντέρου, σε πονοκεφάλους και πόνους του στομάχου και του ήπατος, ως αντιδιαρροϊκό, αντιεμετικό και σε ελκώδεις αλλαγές του στόματος (Jari et al., 2011).

Από τα πολυάριθμα είδη τριαντάφυλλων, το είδος *Rosa damascena* αποτελεί το πιο σημαντικό είδος, το οποίο παράγει ένα υψηλής προστιθέμενης αξίας έλαιο. Το ροδέλαιο χρησιμοποιείται ευρέως στην αρωματοποιία, στα καλλυντικά, τη φαρμακευτική βιομηχανία και τη βιομηχανία τροφίμων. Μετά την παραλαβή του ελαίου με ατμοαπόσταξη (Εικόνα 7.) τα άνθη είτε απορρίπτονται, είτε μετά την ξήρανση χρησιμοποιούνται για καύση ή ως λίπασμα (Εικόνα 9.) . Επιτακτική ανάγκη αποτελεί επομένως η διερεύνηση της αξιοποίησης του υποπροϊόντος αυτού για την παραλαβή προϊόντων υψηλής προστιθέμενης αξίας. Σε μελέτη των Schiber et al. αναφέρεται ότι από τα πέταλα του φυτού, τα οποία προέκυψαν μετά τη βιομηχανική παρασκευή του αιθερίου ελαίου με υδρο-απόσταξη, με εκχύλιση παραλαμβάνεται προϊόν το οποίο είναι πλούσιο σε φαινολικά παράγωγα (Schiber et al., 2005). Μεταξύ των συστατικών που ταυτοποιήθηκαν περιλαμβάνονται γλυκοσίδες καιμπερόλης και κερκετίνης. Οι γλυκοσίδες της καιμπερόλης και η ίδια η καιμπερόλη υπολογίστηκαν στο 80% περίπου των ταυτοποιημένων ουσιών. Επίσης, στα πέταλα έχει εντοπισθεί ο γλυκοσίδης της γερανιόλης (Francis M. J., 1969). Επίσης, το υψηλό φορτίο σε φλαβονόλες που ταυτοποιήθηκε, φανερώνει ότι τα πέταλα του τριαντάφυλλου που προκύπτουν μετά την υδραπόσταξη αποτελούν μία πολλά υποσχόμενη πηγή φαινολικών ουσιών, οι οποίες θα μπορούσαν να βρουν πολλές εφαρμογές.



Εικόνα 9. Υπολειμματική βιομάζα ροδοπέταλων μετά από απόσταξη

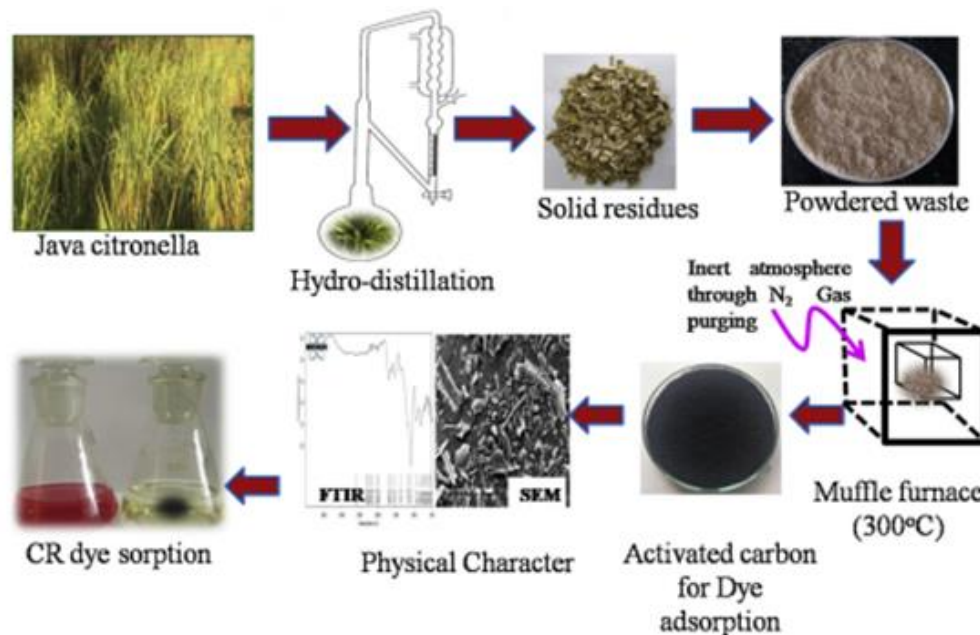
4.3.2. Παραγωγή Βιοπροσροφητικών

Τα γεωργικά και βιομηχανικά λύματα περιέχουν υψηλό οργανικό φορτίο, χρωστικές και φυτοφάρμακα, τα οποία είναι επικίνδυνα για την υγεία και το περιβάλλον. Για την αποφυγή αυτών των επιβλαβών παρενεργειών, η διαδικασία της προσρόφησης έχει αποδειχθεί πως είναι μία εφικτή εναλλακτική μέθοδος καθαρισμού των λυμάτων, η οποία όμως, είναι μία δύσκολη και κοστοβόρα διεργασία. Κατόπιν μελετών, έχει δειχθεί ότι τα γεωργικά απόβλητα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως αποτελεσματικό βιοπροσροφητικό για τη συγκέντρωση τοξικών ενώσεων από λύματα βιομηχανιών.

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η βιομάζα που απομένει μετά την απόσταξη της μέντας και του λεμονόχορτου, έχει δειχθεί ότι μπορεί να απορροφά βαρέα μέταλλα και χρωστικές (Ahmad et al., 2008; Hanif et al., 2009; Zuo et al., 2012; Adeel et al., 2013; Bhatti et al., 2013; Singh, 2014). Έρευνες, επίσης, έχουν δείξει ότι ο ενεργός άνθρακας στη βιομάζα που παράγεται από τα παραπροϊόντα της απόσταξης της σιτρονέλλας (*Java citronella*), είναι ένας πιθανός παράγοντας προσρόφησης της τοξικής για τον άνθρωπο χρωστικής, Congo red (Εικόνα 3.) (Saha et al., 2019). Τέλος, άλλα υπολειμματικά μέρη φυτών που χρησιμοποιούνται ως βιο-απορροφητικά είναι το κέλυφος ή η φλούδα φαρμακευτικών

φυτών, όπως το *Limonia acidissima* (Φερονία η λεμονοειδής) και το *Garcinia cambogia* (Γαρκινία η καμποτζιανή) (Torane et al., 2010; Kamala et al., 2005).

Στην Εικόνα 10. απεικονίζεται η παραγωγή βιοπροσοφητικού ενεργού άνθρακα από τα υπολείμματα της επεξεργασίας της σιτρονέλλας. Συγκεκριμένα, το φυτικό υλικό μετά από υδρο-απόσταξη, δίδει αιθέριο έλαιο σιτρονέλλας και στερεά και υγρά απόβλητα. Τα στερεά απόβλητα ξηραίνονται και κονιοποιούνται και στη συνέχεια, αποτεφρώνονται σε συγκεκριμένες συνθήκες. Έτσι παράγεται ενεργός άνθρακας που, όπως φαίνεται και στην εικόνα, απορροφά το Ερυθρό του Κονγκό, μία χρωστική υφασμάτων κυρίως, τοξική για τον άνθρωπο.



Εικόνα 10. Απεικόνιση της διαδικασίας παρασκευής ενεργού άνθρακα από απόβλητα ύστερα από απόσταξη του φυτού *Java citronella* για την προσρόφηση Congo Red (Ajoy Saha and B.B.Basak, 2020).

4.3.3. Παραγωγή ζωοτροφών

Ένα βασικό πρόβλημα με τις ζωοτροφές είναι ο περιορισμός στη διαθεσιμότητα πηγών καλών θρεπτικών και βιοδραστικών συστατικών, που προάγουν την καλή υγεία των ζώων. Παρόλα ταύτα, πολλές ενώσεις που περιέχονται στα υπολείμματα αρωματικών φυτών, όπως πολυφαινόλες, καρροτενοειδή και διαιτητικές ίνες, εν μέρει επιλύουν το πρόβλημα. Για παράδειγμα η κυτταρίνη, η ημικυτταρίνη, η λιγνίνη και το πυρίτιο είναι υποπροϊόντα επεξεργασίας φυτικών ιστών, τα οποία χρησιμοποιούνται στις ζωοτροφές. Χαρακτηριστικό παράδειγμα, είναι το υπόλειμμα μετά την εκχύλιση του *Panax ginseng*, το οποίο αποτελεί πλούσια πηγή πρωτεΐνης (Joo et al., 1975; Kim et al., 1994). Ένα άλλο παράδειγμα είναι το φαρμακευτικό φυτό *Plantago ovata*, ο σπόρος του οποίου μετά την άλεση είναι πλούσιος σε άμυλο, πρωτεΐνες και λιπαρά οξέα και χρησιμοποιείται ως τροφή για βοοειδή στην Ινδία (Dairy Knowledge Portal, 2019).

4.3.4. Παραγωγή βιοκαυσίμων

Η αιθανόλη είναι ένα καύσιμο βιολογικής βάσης η οποία παράγεται από αγροτικά υπολείμματα, και έχει την ιδιότητα να αντικαθιστά εν μέρει τις πηγές ενέργειας που βασίζονται στο αργό πετρέλαιο (Raj et al., 2012). Η βιομάζα λιγνοκυτταρίνης επίσης, είναι ένας πιθανός υποψήφιος για την παραγωγή προϊόντων πετρελαίου. Η βιομάζα αρωματικών καλλιεργειών η οποία επεξεργάζεται με ατμό, εύκολα μπορεί να παράξει αιθανόλη (Zheljazkon et al., 2018). Σε μία έρευνα οι Joyce et al. το 2015, χρησιμοποίησαν υποπροϊόντα επεξεργασίας λεμονόχορτου (*Cymborogon flexuosus*) και παλμαρόζας (*Cymborogon martini*) για την παραγωγή αιθανόλης (198 mL και 170 mL ανά γραμμάριο βιομάζας αντίστοιχα) (Joyce et al., 2015). Επιπλέον, το βιοέλαιο που εξάγεται από το λεμονόχορτο χρησιμοποιείται ως καύσιμο με σημαντική θερμαντική αξία (Madhu et al., 2017). Αρωματικά φυτά όπως η μέντα, ο δυόσμος και το φασκόμηλο χρησιμοποιούνται ως πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοκαυσίμου (Zheljazkon et al., 2018). Τέλος, η κυτταρίνη που απομονώνεται από αρωματικά φυτά χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη για την παρασκευή 2,5-διμεθυλοφουράνιου (DMF), το οποίο χρησιμεύει ως υγρό καύσιμο μεταφοράς (Rout et al., 2015).

4.3.5. Παραγωγή βιοαερίου

Η υπολειπόμενη βιομάζα που προκύπτει από τα απόβλητα αγροτικής παραγωγής μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή βιοαερίου, το οποίο είναι οικονομικό, αποδοτικό και φιλικό προς το περιβάλλον (Barz, 2014). Η χαμηλή απόδοση μεθανίου και η υψηλή περιεκτικότητα σε νερό αποτελούν δύο σημαντικά προβλήματα κατά τη χρήση της υπολειμματικής βιομάζας προς παραγωγή βιοαερίου (Li et al., 2011; Wang et al., 2013, Slavon et al., 2017a, 2017b) και για το λόγο αυτό, χρησιμοποιούνται τεχνικές όπως η επεξεργασία με μικροκύματα και η αλκαλοποίηση (Cheng et al., 2009, Atay et al., 2016). Ένα παράδειγμα φυτού του οποίου η υπολειμματική βιομάζα χρησιμοποιείται για την παραγωγή βιοαερίου είναι το λεμονόχορτο, το οποίο ήταν καλύτερης ποιότητας και είχε υψηλότερη απόδοση σε σύγκριση με την συμβατική κοπριά (Alfa et al., 2014). Παρόλα αυτά, τα προαναφερθέντα προβλήματα σε συνδυασμό με προσμίξεις από αιθέρια έλαια τα οποία μπορεί να αποβούν τοξικά, οδηγούν στην ανάγκη για ανάπτυξη νέων απλουστευμένων τεχνικών.

4.3.6. Παραγωγή βιολογικών φυτοφαρμάκων

Η αλόγιστη χρήση χημικών φυτοφαρμάκων έχει οδηγήσει σε σοβαρά προβλήματα τόσο στο περιβάλλον όσο και στην υγεία του ανθρώπου, και συνεπώς, η παραγωγή ασφαλών και κατάλληλων φυτοφαρμάκων είναι επιβεβλημένης ανάγκης. Προς αυτή την κατεύθυνση, έρευνες έχουν δείξει πως τόσο τα στερεά υπολείμματα όσο και τα υγρά απόβλητα που προκύπτουν ύστερα από την απόσταξη αιθέριων ελαίων έχουν παρασιτοκτόνο δράση σε διάφορες καλλιέργειες όπως για παράδειγμα έναντι του σκαθαριού της πατάτας (*Leptinotarsa decemlineata* Say), του σκόρου του βαμβακιού (*Spodoptera littoralis* Boisid) και της πράσινης αφίδας - μύγας της ροδακινιάς (*Myzus persicae* Sulzer). Επιπλέον, τα υδολύματα μέντας (*Mentha suaveolens*/ Μίνθη η ηδύσμος και *Mentha pulegium* L./ Φλησκούνι) έχει δειχθεί πως παρουσιάζουν ισχυρές εντομοκτόνες ιδιότητες ενάντια σε ένα παράσιτο των εσπεριδοειδών, το *Toxoptera aurantii* (Aphididae) (Zekri et al., 2016). Ακόμα, τα υδrolύματα του βασιλικού (*Ocimum basilicum*) και της Ρούτας (*Ruta chalepensis*) χρησιμοποιούνται έναντι των παρασίτων των καλλιεργειών όπως η αφίδα του βαμβακιού (*Aphis gossypii*) και ο τετράνυχος (*Tetranychus urticae*) (Traka et al., 2018).

4.4. Θέματα ασφάλειας κατά την αξιοποίηση των αποβλήτων

Εύλογα εγείρεται ανησυχία ως προς την ασφάλεια της αξιοποίησης των αποβλήτων. Είναι αναγκαίο να εξασφαλιστεί ότι φυτοφάρμακα και επιβλαβείς παρόμοιες χημικές ουσίες δεν παρασύρονται από το ίδιο το φυτό, προς τα εκχυλίσματα ή τα υποπροϊόντα αυτού. Γι' αυτό το λόγο είναι σημαντικό να γίνεται τακτική ανάλυση φυτοφαρμάκων και διάφορων επιμολυντών (βαρέα μέταλλα, διοξίνες και PCBs) σε όλα αυτά τα προϊόντα. Επιπλέον, σημαντικό είναι να διερευνηθεί η τοξικότητα των παραγόμενων φυτικών ενώσεων από τα παραπροϊόντα, καθώς – παρά τον ευεργετικό τους χαρακτήρα, όπως αναφέρθηκε παραπάνω – μπορεί να είναι τοξικές σε υψηλές δόσεις. Επιπρόσθετα των χημικών κινδύνων, υπάρχουν και βιολογικοί κίνδυνοι που συσχετίζονται με τα φυτοχημικά εκχυλίσματα και τα παραπροϊόντα των αποστάξεων των φυτικών ιστών. Ένας τέτοιος κίνδυνος είναι η επιμόλυνση των εκχυλισμάτων από μυκοτοξίνες λόγω της μυκητιακής ανάπτυξης στα υπολείμματα ιστών πριν την εκχύλιση.

4.5. Νομοθετικό πλαίσιο γύρω από την αξιοποίηση αποβλήτων επεξεργασίας αρωματικών φυτών και ανθέων

Φυσικό επόμενο όλων των προηγούμενων, είναι το ερώτημα της διαχείρισης των αποβλήτων επεξεργασίας αρωματικών φυτών και ανθέων από τις βιομηχανίες παραγωγής. Λόγω της ιδιαίτερης φύσης των παραπροϊόντων που προκύπτουν από την απόσταξη των αρωματικών φυτών, γεννάται το ερώτημα, αν η βιομάζα αυτή που προκύπτει θεωρείται και μεταχειρίζεται κυρίως ως απόβλητο, ή είναι ένα υποπροϊόν της επεξεργασίας που μπορεί άμεσα να εισέλθει στην παραγωγή προς επεξεργασία.

Η Νομοθεσία θέτει τους εξής ορισμούς:

Απόβλητα: Τα απόβλητα, όπως ορίζονται στο άρθρο 3 σημείο 1 της Οδηγίας 2008/98/EK (παρ. 4α, άρθρο 3, Ν. 4819/2021), είναι «κάθε ουσία ή αντικείμενο το οποίο ο κάτοχός του απορρίπτει ή προτίθεται ή υποχρεούται να απορρίψει», λαμβάνοντας υπόψη τις εξαιρέσεις του άρθρου 2 του Ν. 4819/2021. Η απόρριψη αφορά την επεξεργασία τους με εργασίες ανάκτησης ή διάθεσης (παρ. 14, 15 & 21, άρθρο 3, Ν. 4819/2021) (Υπουργείο περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2022).

Υποπροϊόν: Σύμφωνα με το άρθρο 5 παρ. 1 του Ν. 4819/2021, μια ουσία ή ένα αντικείμενο που προκύπτει από διαδικασία παραγωγής, πρωταρχικός σκοπός της οποίας δεν είναι η παραγωγή της εν λόγω ουσίας ή του εν λόγω αντικειμένου, θεωρείται ότι δεν συνιστά απόβλητο αλλά υποπροϊόν, εάν πληρούνται οι ακόλουθοι όροι:

α) είναι βέβαιη η περαιτέρω χρήση της ουσίας ή του αντικειμένου,
β) η ουσία ή το αντικείμενο είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν απευθείας χωρίς άλλη επεξεργασία πέραν της συνήθους βιομηχανικής πρακτικής,

γ) η ουσία ή το αντικείμενο παράγεται ως αναπόσπαστο μέρος μιας παραγωγικής διαδικασίας,
και

δ) η περαιτέρω χρήση είναι σύνηθες, δηλαδή η ουσία ή το αντικείμενο πληροί όλες τις σχετικές απαιτήσεις περί προϊόντων και προστασίας του περιβάλλοντος και της υγείας για τη συγκεκριμένη χρήση και δεν πρόκειται να έχει δυσμενείς συνέπειες στο περιβάλλον ή την ανθρώπινη υγεία (Υπουργείο περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2022).

Σχολή Επιστημών Τροφίμων
Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων

Τα υδατικά και στερεά παραπροϊόντα που προκύπτουν από την επεξεργασία των αρωματικών φυτών και ανθέων, δεν πληρούν τις προϋποθέσεις ώστε να καλούνται υποπροϊόντα, καθώς:

- Δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν αυτούσια σε άλλες εφαρμογές, αλλά απαιτείται περεταίρω επεξεργασία.
- Δεν μπορεί να εξασφαλισθεί ότι δεν θα έχουν δυσμενείς συνέπειες στο περιβάλλον ή την ανθρώπινη υγεία, καθώς φέρουν μικροβιακό φορτίο, υψηλό ή χαμηλό.

Συνεπώς, είναι ξεκάθαρο ότι τα παραπροϊόντα που προκύπτουν από την επεξεργασία των αρωματικών φυτών και ανθέων είναι απόβλητα και υπόκεινται στο Νομοθετικό πλαίσιο περί διαχείρισης αποβλήτων της εκάστοτε χώρας. Πρακτικά, η κάθε βιομηχανία είναι υπεύθυνη για την ασφαλή απομάκρυνση των αποβλήτων της από εγκεκριμένους φορείς. Τα απόβλητα αυτά, μπορούν να επιστρέψουν στην ίδια ή άλλη βιομηχανία κατόπιν επεξεργασίας και τυποποίησης (σταντάρισμα), ως πρώτη ύλη για περεταίρω επεξεργασία.

Κεφάλαιο 5. Προκλήσεις γύρω από τα αρωματικά φυτά και άνθη

5.1. Ανησυχίες σχετικά με την απώλεια της βιοποικιλότητας και τη διαθεσιμότητα πόρων

Ένα από τα σπουδαιότερα προβλήματα που ανακύπτουν σχετικά με τη χρήση των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών είναι οι πιθανές αρνητικές επιπτώσεις στη βιοποικιλότητα ή η γενετική απειλή. Αν και δεν υπάρχουν αυτή τη στιγμή επαρκή στοιχεία, θεωρητικές έρευνες εκτιμούν ότι πολλά από τα αρωματικά φυτά θα καταγραφούν ως απειλούμενα, λόγω καταστροφής του πληθυσμού τους και μείωσης της βιοποικιλότητας, αλλά και της έκτασης των βιοτόπων (Menges 1991; Vorhies 2000; Hamilton 2004). Η αλόγιστη συγκομιδή κυρίως άγριων αυτοφυών αρωματικών ανθέων και φυτών και οι εντατικοποιημένες καλλιέργειες, καθώς και η ίδια η κλιματική αλλαγή, μειώνουν δραστικά τους πληθυσμούς και τη βιοποικιλότητα των ειδών αυτών.

5.2. Ανησυχίες για μείωση της τοπικής γνώσης και της πολιτιστικής επιβίωσης

Οι γνώσεις σχετικά με τα αρωματικά φυτά και άνθη έχουν τις ρίζες τους ήδη στα αρχαία χρόνια και αποτελούν πολιτιστική κληρονομιά. Δυστυχώς, με την πάροδο των χρόνων, το σύνολο της ανθρώπινης γνώσης σχετικά με τα είδη, τη διανομή, την οικολογία, τις μεθόδους διαχείρισης και τις μεθόδους συγκομιδής και εξαγωγής των χρήσιμων προϊόντων των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών μειώνεται ραγδαία, επομένως επηρεάζεται άμεσα και η τοπική πολιτιστική κληρονομιά. Η επιστημονική γνώση και εμβάθυνση σχετικά με τις ιδιότητες και τις εφαρμογές των αρωματικών φυτών είναι τόσο ωφέλιμη, αλλά δεν μεταφέρεται άμεσα στο ευρύ κοινό, ώστε να μεταλαμπαδευτεί μαζί με τη γνώση, ο σεβασμός και η προσοχή για τα είδη αυτά (Hamilton 2004).

5.3. Ανησυχίες σχετικά με τους όρους έρευνας

Η ηθική στην επιστήμη είναι ένα θέμα που απασχολεί αρκετές φορές τις ανά τον κόσμο κοινωνίες. Εγείρονται αρκετές υποψίες, ερευνητικά ινστιτούτα ή εμπορικές επιχειρήσεις έχουν λάβει και μελετούν δείγματα αρωματικών φυτών για δοκιμή και δημιουργία νέων προϊόντων, όπως φαρμακευτικά είδη, χωρίς την απαραίτητη άδεια ή με ηθικά απαράδεκτους όρους, γεγονός που προκαλεί ανησυχία στον κλάδο σχετικά τους ερευνητικούς σκοπούς γύρω από τη χρήση φαρμακευτικών προϊόντων (Dutfield 2003).

Κεφάλαιο 6. Συμπεράσματα

Η πορεία της βιβλιογραφικής ανασκόπησης έδειξε το αυξανόμενο ενδιαφέρον της επιστημονικής αλλά και εμπορικής κοινότητας για οικονομικότερες και φιλικότερες προς το περιβάλλον διεργασίες. Αυτές περιλαμβάνουν νέες «πράσινες» μεθόδους παραλαβής αιθέριων ελαίων, χωρίς τη χρήση οργανικών διαλυτών, φυσικούς τρόπους συντήρησης τροφίμων με τη βοήθεια φυσικών αντιοξειδωτικών και αντιμικροβιακών παραγόντων για προϊόντα «καθαρής ετικέτας», και προσπάθεια μείωσης των βιομηχανικών αποβλήτων.

Αξιοσημείωτη έρευνα έχει διεξαχθεί για την ταυτοποίηση των αρωματικών φυτών, αιθέριων ελαίων και φυτοχημικών. Ακόμη, πολλές *in vitro* εφαρμογές αποδεικνύουν τις αντιοξειδωτικές και αντιμικροβιακές ιδιότητες των συστατικών ενώσεων αυτών. Οι πρακτικές εφαρμογές όμως στη βιομηχανία τροφίμων είναι σχετικά περιορισμένες. Κυριότερη αιτία, ο οικονομικός φραγμός, καθώς οι συνθετικοί αντιοξειδωτικοί παράγοντες και τα συμβατικά αντιμικροβιακά, υπερτερούν στις προτιμήσεις των βιομηχανιών λόγω χαμηλότερης τιμής. Συμπεραίνεται, λοιπόν, η ανάγκη για περαιτέρω έρευνα και βελτιστοποίηση των μεθόδων παραλαβής των φυτοχημικών από αρωματικά άνθη και φυτά, καθώς μεγάλο ποσοστό αυτών παραμένει ανεκμετάλλευτο. Η προσθήκη των φυτοχημικών αυτών στο τρόφιμο, προς ενίσχυση της θρεπτικής του αξίας και δημιουργία λειτουργικών τροφίμων (Superfoods), είναι επίσης ένα ανοιχτό πεδίο μελέτης, που όμως αναπτύσσεται ραγδαία.

Αναφέρθηκε η πρακτική δυσκολία στη χρήση αιθέριων ελαίων ως συντηρητικών καθώς, οι αποτελεσματικά αντιμικροβιακές συγκεντρώσεις, υπερβαίνουν συνήθως τα όρια της οργανοληπτικής αποδοχής στο τρόφιμο. Όμως, με εφαρμογή σε κρεατοσκευάσματα, μαριναρισμένα λαχανικά, αλμυρά σνακ κ.λπ., προϊόντα δηλαδή στα οποία η έντονη γεύση αρτυμάτων είναι αποδεκτή, το πρόβλημα της οργανοληπτικής δοκιμής εξαλείφεται και ενισχύεται και η γεύση. Επίσης η αξιοποίηση υδρολυμάτων πλούσιων σε αντιοξειδωτικά, τα οποία είναι λιγότερο οσμηρά, χρήζει περισσότερης μελέτης ώστε να έχει πρακτική εφαρμογή στη βιομηχανία τροφίμων.

Όσο αφορά την αξιοποίηση των αποβλήτων που προκύπτουν από την επεξεργασία αρωματικών φυτών και ανθέων, ο περισσότερος όγκος των αποβλήτων αξιοποιείται σε προϊόντα χαμηλής οικονομικής αξίας, όπως λιπάσματα και καύσιμη ύλη, ενώ η υπολειμματική βιομάζα και το υδρόλυμα πολλών αρωματικών ανθέων και φυτών περιέχουν πληρώθια φυτοχημικών. Προτείνεται, λοιπόν, η περαιτέρω αξιοποίηση και μελέτη της σύστασης τέτοιων αποβλήτων, ώστε να εξαγονται από αυτά και προϊόντα υψηλής εμπορικής αξίας.

Βιβλιογραφία

Ελληνόγλωσση βιβλιογραφία

Αναγνωστοπούλου Α. & Ταλέλλη Α. (2008), Τεχνολογία Και Ποιότητα Φρούτων Και Λαχανικών, Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.

Αντωνιάδου ΚΦ, Αρωματικά φυτά και Αιθέρια έλαια: χημική σύσταση-δράσεις-παραγωγή-αξιοποίηση-εμπόριο-ερευνα αγοράς» Διπλωματική Εργασία. Δεκέμβριος 2013, Εθνικό Μετσόβιο πολυτεχνείο, Σχολή χημικών μηχανικών,.

Γαρδέλη, Χρυσαιυγή, Μελέτη χημικής σύστασης αιθέριων ελαίων ορισμένων αρωματικών φυτών της ελληνικής χλωρίδας, Διδακτορική Διατριβή. 2009, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Γενικές Οδηγίες στο πλαίσιο της ειδικής καταχώρισης για τα απόβλητα τροφίμων στο Ηλεκτρονικό Μητρώο Αποβλήτων. Εγκαταστάσεις κλάδων οικονομικής δραστηριότητας 01, 03, 10 & 11 κατά διψήφιο κωδικό NACE αναθ.2, Υπουργείο περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2022.

Γιάννενας Ηλίας Α., Η χρήση της ρίγανης στη διατροφή κρεοπαραγωγών ορνιθίων, Διδακτορική Διατριβή. 2004, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Σχολή Γεωτεχνικών Επιστημών, Τμήμα Κτηνιατρικής.

Δαφερέρα Δήμητρα, Παραλαβή, ανάλυση με χρωματογραφικές - φασματοσκοπικές μεθόδους και βιολογική δράση αιθερίων ελαίων αρωματικών φυτών, Διδακτορική Διατριβή. 2003, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Κάλφας Ηλίας, «Αρωματικά Φυτά». 2018, Αμερικάνικη Γεωργική Σχολή ISBN: 978-618-83720-0-9.

Καραμανώλη Αικατερίνη, Δευτερογενείς μεταβολίτες: βιοσυνθετικές οδοί και βιολογικός ρόλος. Δευτερογενείς μεταβολίτες των φυτών Έκδοση: 1.0. Θεσσαλονίκη, 2014. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Κατσαρού Δήμητρα, Βιοσύνθεση και ρύθμιση μεταβολισμού των γλυκοσινολικών οξέων στο φυτό *Eruca sativa*, p: 16-17, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, 2014, DOI:10.12681/eadd/35549.

Μαλούπα Ελένη, Γρηγοριάδου Κατερίνα, Λάζαρη Διαμάντω, Κρίγκας Νικόλαος (2013), Καλλιέργεια, μεταποίηση και διασφάλιση ποιότητας των ελληνικών αρωματικών – φαρμακευτικών φυτών: Βασικές αρχές καθετοποιημένης παραγωγής, Γεωτεχνικό επιμελητήριο Ελλάδας.

Παπαγεωργίου Βασιλική, Προσδιορισμός αντιοξειδωτικών ουσιών σε φαρμακευτικά φυτά της ελληνικής χλωρίδας, Διδακτορική Διατριβή. 2009, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Παπαναγιώτου Ε., Παπανικολάου Κ.-Ζαμανίδης Σ., Η καλλιέργεια των αρωματικών φυτών στην Ελλάδα, 2001, Γεωργία-κτηνοτροφία, τεύχος 1, σελ 36-42, Αθήνα.

Προεστός Χαράλαμπος, Προσδιορισμός φαινολικών συστατικών αρωματικών φυτών, Διδακτορική Διατριβή. 2005, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Σακκάς Ηρακλής, Μελέτη της αντιμικροβιακής δράσης αιθέριων ελαίων, Διδακτορική Διατριβή. 2007, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.

Σκαλτσά Έλενα, Νανογαλακτώματα με ενσωμάτωση λειτουργικών συστατικών τροφίμων, Διπλωματική εργασία, Διδακτορική Διατριβή. 2017, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

Σκανδάμης Π., Μελέτη της επίδρασης αιθέριων ελαίων σε αλλοιογόνους και παθογόνους μικροοργανισμούς των τροφίμων, Διδακτορική Διατριβή. 2001, Αθήνα.

Σκρουμπής Β., Αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά. Αθήνα, 1988, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Τσιμογιάννης Δημήτριος, Αντιοξειδωτική δράση φλαβονοειδών ενώσεων και εκχυλισμάτων αρωματικών φυτών: αναγωγή ελευθέρων ριζών και προστασία φυτικών ελαίων. 2008, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο .

Υφαντή Παρασκευή, Βιολογικές δράσεις αρωματικών-φαρμακευτικών φυτών. 2014, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.

Φουρνομίτη, Μαρία, Προσαρμοστικότητα αρωματικών φυτών στις ελληνικές συνθήκες και αντιμικροβιακή δράση των παραγόμενων αιθέριων ελαίων. 2017, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης (ΔΠΘ).

Χανιώτη Σοφία, Εναλλακτικές Μέθοδοι εκχύλισης φυτικών λιπαρών και βιοδραστικών συστατικών τους, Διδακτορική Διατριβή. 2019, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

Adeel, H.M., Parveen, B., Rasool, N., Riaz, M., Ali, K.G., Gull, Y., Noreen, M., Asghar, M., 2013. Biosorption of copper (II) from aqueous solution by *Ocimum bacilicum* seeds biomass. *Int. J. Chem. Biochem. Sci.* 4, 38–45.

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

Ahmad, R., Kumar, R., 2008. Comparative adsorption study for the removal of Alizarin Red S and patent Blue VF by using mentha waste. *Current World Environ.* 3, 261–268.

Ajoy Saha, B.B.Basak, 2020, Scope of value addition and utilization of residual biomass from medicinal and aromatic plants. *Industrial Crops and Products.* 145.

Alamgir A.N.M., Therapeutic Use of Medicinal Plants and Their Extracts: Volume 1, Department of Botany Chittagong University Bangladesh, 2017. DOI 10.1007/978-3-319-63862-1.

Alfa, I.M., Dahunsi, S.O., Iorhemen, O.T., Okafor, C.C., Ajayi, S.A., 2014. Comparative evaluation of biogas production from Poultry droppings, Cow dung and Lemon grass. *Bioresour. Technol.* 157, 270–277.

Andrade Joana M, Célia Faustino, Catarina Garcia, Diogo Ladeiras, Catarina P Reis & Patrícia Rijo, *Rosmarinus officinalis* L.: an update review of its phytochemistry and biological activity. *Future Science*, Vol. 4, no. 4, Review, 2018.

Aniszewski Tadeusz, Alkaloids - Secrets of Life: Alkaloid Chemistry, Biological Significance, Applications and Ecological Role, Elsevier 1st Edition, 2007.

Atay, O.A., Ekinci, K., Umucu, Y., 2016. Measurement of flue gas emission of pellets obtained from the mixture of rose oil processing wastes, lignite coal dust and pine barks. *J. Tekirdag. Agric. Fac.* 13, 1–9.

Babbush, K. M., R. A. Babbush, et al. (2020). "The Therapeutic Use of Antioxidants for Melasma." *J Drugs Dermatol* 19(8): 788-792.

Barz, M., 2014. Ecological, technological and economic advantages of co-digestion for biogas production. In: 5th International Conference on Sustainable Energy and Environment (SEE 2014). Science, Technology and Innovation for ASEAN Green Growth, Bangkok, Thailand. pp. 131–134.

Baumann Thomas W., Peter M. Frischknecht, Purines in Phytochemicals in Plant Cell Cultures, 1988.

- Baydar, N.G., Baydar, H., 2013. Phenolic compounds, antiradical activity and antioxidant capacity of oil-bearing rose (*Rosa damascena* Mill.) extracts. *Ind. Crop. Prod.* 41, 375–380.
- Belabbes, R., Amine, El, Dib, M., Djabou, N., Ilias, F., Tabti, B., Costa, J., Muselli, A., 2017. Chemical variability, antioxidant and antifungal activities of essential oils and hydrosol extract of *Calendula arvensis* L. From western Algeria. *Chem. Biodivers.* 14, e1600482.
- Bernhoft, Aksel. (2010). A brief review on bioactive compounds in plants. *Bioactive compounds in plants-benefits and risks for man and animals.* 11-17.
- Bellahsene, C., Bendahou, M., Khadir, A., Zenati, F., Bendelaïd, F., Aissaoui, N., Muselli, A., Costa, J., 2015. Antimicrobial activity and chemical composition of essential oil and hydrosol extract of *Nepeta nepetella* subsp. *Amethystina* (Poir.) Briq. From Algeria. *Int. J. Appl. Pharm. Sci. Res.* 5, 21–25.
- Bhatti, H.N., Saleem, A., Hanif, M.A., 2013. Utilization of *Mentha arvensis* waste biomass for the removal of Pb (II) and Co (II) from aqueous solutions. *Desalin. Water Treat* 51, 3335–3343.
- Bistgani, Z.E., Hashemi, M., DaCosta, M., Craker, L., Maggi, F., Morshedloo, M.R., 2019. Effect of salinity stress on the physiological characteristics, phenolic compounds and antioxidant activity of *Thymus vulgaris* L. And *Thymus daenensis* Celak. *Ind. Crop. Prod.* 135, 311–320.
- Bhavaniramy S., Vishnupriya S., Saleh Al-Aboody M., Vijayakumar R., And Baskaran D. (2019). Role Of Essential Oils In Food Safety: Antimicrobial And Antioxidant Applications. *Grain & Oil Science And Technology*, S259025981930007X-. Doi:10.1016/J.Gaost.2019.03.001.
- Capecka E., Mareczek E.A. and Leja M. (2005). Antioxidant activity of fresh and dry herbs of some Lamiaceae species. *Food Chemistry*, 93, 223–226.
- Cavinato, M., B. Waltenberger, et al. (2017). "Plant extracts and natural compounds used against UVB-induced photoaging." *Biogerontology* 18(4): 499-516.
- Circular Food Supply Chains. *Food Science and Technology*, 2020, 34(1), 48–51. Doi:10.1002/Fsat.3401_13.X
- Celano, R., Piccinelli, A.L., Pagano, I., Roscigno, G., Campone, L., De Falco, E., Russo, M., Rastrelli, L., 2017. Oil distillation wastewaters from aromatic herbs as new natural source of antioxidant compounds. *Food Res. Int.* 99, 298–307.
- Chandani Sen, Madhusmita Das, *Food Process Engineering: Emerging Trends in Research and Their Applications.* December 2016, Trends in Food Packaging Technology.
- Cheng, X.Y., Liu, C.Z., 2009. Enhanced biogas production from herbal-extraction process residues by microwave-assisted alkaline pretreatment. *J. Chem. Technol. Biotechnol.* 85, 127–131.
- Cornell University, Pyridine Alkaloids. Department of Animal Science, 2018
- Dairy Knowledge portal: <https://www.dairyknowledge.in/article/isabgol-gola-andisabgol-lali>, last accessed 21.05.2019.
- Del Rio D, Rodriguez-Mateos A, Spencer JP, Tognolini M, Borges G, Crozier A. Dietary (poly)phenolics in human health: structures, bioavailability, and evidence of protective effects against chronic diseases. *Antioxid. Redox Signal*, 2013, 18(14), 1818-1892.
- El-Sayed, M., and Verpoorte, R. (2007). Catharanthus terpenoid indole alkaloids: biosynthesis and regulation. *Phytochem. Rev.* 6, 277–305. doi: 10.1007/s11101-006-9047-8.

Ercolano, M.R., Gomez, L.D., Andolfi, A., Simister, R., Troise, C., Angelino, G., Borrelli, C., McQueen-Mason, S.J., Evidente, A., Frusciante, L., Caruso, G., 2015. Residual biomass saccharification in processing tomato is affected by cultivar and nitrogen fertilization. *Biomass Bioenerg.* 72, 242–250.

Farag R S, Daw Z Y, Hewedi F M, El-Baroty G S A, Antimicrobial Activity of Some Egyptian Spice Essential Oils, *J Food Prot.* 1989 Sep;52(9):665-667.

Farinon, B., Molinari, R., Costantini, L., & Merendino, N. (2020). The Seed Of Industrial Hemp (*Cannabis Sativa L.*): Nutritional Quality And Potential Functionality For Human Health And Nutrition. *Nutrients*, 12(7), 1935. <https://doi.org/10.3390/Nu12071935>.

García-Cruz L. Dueñas M., Santos-Buelgas C., Valle-Guadarrama S., Salinas-Moreno Y. (2017). Betalains And Phenolic Compounds Profiling And Antioxidant Capacity Of Pitaya (*Stenocereus Spp*) Fruit From Two Species (*S. Prunosus* And *S. Stellatus*). *Food Chemistry*, (), S0308814617307628–Doi:10.1016/J.Foodchem.2017.04.174.

Giannenas I. (2020). Feed Additives, The History Of Herbs, Medicinal And Aromatic Plants, And Their Extracts. 1–18. Doi:10.1016/B978-0-12-814700-9.00001-7.

Grassmann Johanna & Erich F Elstner. ESSENTIAL OILS, Properties and Uses, December 2003. DOI:10.1016/B0-12-227055-X/00425-9 In book: Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition (pp.2177-2184).

Hanif, A., Bhatti, H.N., Hanif, M.A., 2009. Removal and recovery of Cu (II) and Zn (II) using immobilized *Mentha arvensis* distillation waste biomass. *Ecol. Eng.* 35, 1427–1434.

Hamilton, A. (2004). "Biodiversity and Conservation." 13: 1477–1517.

Hać-Szymańczuk E., Cegiełka A., Karkos M., Gniewosz M., and Piwowarek K. (2019). Evaluation of antioxidant and antimicrobial activity of oregano (*Origanum vulgare L.*) preparations during storage of low-pressure mechanically separated meat (BAADER meat) from chickens. *Food Science & Biotechnology*, 28(2), 449–457.

He, H., A. Li, et al. (2021). "Natural components in sunscreens: Topical formulations with sun protection factor (SPF)." *Biomed Pharmacother* 134: 111161.

Hernández P., Cesari V. and Blasco A. (2008). Effect of genetic rabbit lines on lipid content, lipolytic activities and fatty acid composition of hind leg meat and perirenal fat. *Meat Science*, 78(4), 485-91.

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.

Holst B., Fenwick G.R., Glucosinolates, *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition (Second Edition)*, 2003.

Ibekwe, J., 2009. Editorial: chemists at Max Planck Institute (Germany) regenerate Artemisinin from its waste product. *Int. J. Med. Med. Sci.* 4 (3).

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.

Joyce, B.L., Zheljzkov, V.D., Sykes, R., Cantrell, C.L., Hamilton, C., Mann, D.G.J., Rodriguez, M., Mielenz, J.R., Astatkie, T., Stewart Jr., C.N., 2015. Ethanol and highvalue terpene co-production from lignocellulosic biomass of *Cymbopogon flexuosus* and *Cymbopogon martini*. *PLoS One* 10 (10), e0139195

- Joo, H.K., Lee, K.U., Choi, B.K., Bak, M.Y., Hong, S.P., 1975. A study on the nutritive effect of ginseng meal in laying hens. *Korean J. Food Sci. Technol.* 7, 11–14.
- Kamala, C.T., Chu, K.H., Chary, N.S., Pandey, P.K., Ramesh, S.L., Sastry, A.R.K., Sekhar, K.C., 2005. Removal of arsenic (III) from aqueous solutions using fresh and immobilized plant biomass. *Water Res.* 39, 2815–2826.
- Lardos A. The botanical materia medica of the Iatrosophikon—A collection of prescriptions from a monastery in Cyprus. *J. Ethnopharmacology*, 2006, 104, 387-406.
- Kim, K.H., Kim, H.J., Joo, J.W., Lee, S.R., Kim, D.S., Maeng, W.J., 1994. Effects of substitution level of ginseng meal for alfalfa hay on the ruminal fermentation characteristics in vitro. *Korean J. Anim. Nutri Feedstuffs*.
- Larrosa Mar, Rafae lllorach, Juan Carlos Espín, Francisco A. Tomás-Barberán, Increase of Antioxidant Activity of Tomato Juice Upon Functionalisation with Vegetable Byproduct Extracts, *LWT - Food Science and Technology* Volume 35, Issue 6, September 2002, Pages 532-542.
- Leitzmann C. Characteristics and health benefits of phytochemicals. *Forsch Komplementmed.* 2016;23:69–74.
- Leising, Eline; Quist, Jaco; Bocken, Nancy (2017). Circular Economy in the building sector: Three cases and a collaboration tool. *Journal of Cleaner Production*, (), S0959652617329402–. doi:10.1016/j.jclepro.2017.12.010
- Li, Y., Yan, X.L., Fan, J.P., Zhu, J.H., Zhou, W.B., 2011. Feasibility of biogas production from anaerobic co-digestion of herbal-extraction residues with swine manure. *Bioresour. Technol.* 102, 6458–6463.
- 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*
- Madhu, P., Stephen Livingston, T., Manickam, I.N., 2017. Fixed bed pyrolysis of lemongrass (*Cymbopogon flexuosus*): bio-oil production and characterization. *Energy Sources Part A Recovery Util. Environ. Eff.* 39, 1359–1368.
- Maria De Lourdes Reis Giada. (2013), *Food Phenolic Compounds: Main Classes, Sources And Their Antioxidant Power, Oxidative Stress And Chronic Degenerative Diseases*, DOI: 10.5772/51687.
- Muhammad I., Muhammad A., Saqib A., And Amjad H. (2020). *Essential Oils - Oils Of Nature || Biological Importance Of Essential Oils*. 10.5772/Intechopen.77673(Chapter 3), –. Doi:10.5772/Intechopen.87198.
- Navarrete, A., Herrero, M., Martín, A., Cocero, M.J., Ibanez, E., 2011. Valorization of solid wastes from essential oil industry. *J. Food Eng.* 104, 196–201.
- O’Hagan, David (2000). "Pyrrole, pyrrolidine, pyridine, piperidine and tropane alkaloids (1998 to 1999)". *Natural Product Reports*. 17 (5): 435–446. doi:10.1039/a707613d.
- Olofsson, J., Börjesson, P., 2018. Residual biomass as resource—Life-cycle environmental impact of wastes in circular resource systems. *J. Clean. Prod.* 196, 997–1006.
- Ortiz-de Elguea-Culebras, G., Berruga, M.I., Santana-Meridas, O., Herraiz-Peñalver, D., Sánchez-Vioque, R., 2017. Chemical composition and antioxidant capacities of four mediterranean industrial essential oils and their resultant distilled solid by-products. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 119, 1700242.
- Palmer Smith A, Stewart J, Fyfe L. Antimicrobial properties of plant essential oils and essences against five important food-borne pathogens. *Lett Appl Microbiol* 1998; 26: 118-122.

Pandey A.K., Kumar P., Saxena M., And Maurya P. (2020). Feed Additives || Distribution Of Aromatic Plants In The World And Their Properties. 89–114. Doi:10.1016/B978-0-12-814700-9.00006-6.

Parejo, I., Viladomat, F., Bastida, J., Rosas-Romero, A., Flerlage, N., Burillo, J., Codina, C., 2002. Comparison between the radical scavenging activity and antioxidant activity of six distilled and nondistilled Mediterranean herbs and aromatic plants. *J. Agric. Food Chem.* 50, 6882–6890.

Paster N., Juven B. J., Shaaya E., Menasherov M., Nitzan R., Weisslowicz H., Ravid U., Inhibitory effect of oregano and thyme essential oils on moulds and foodborne bacteria, 1990 *Letters in applied microbiology* Volume11, Issue1; Pages 33-37.

Patel K. (2015). Medicinal And Aromatic Plants (Maps): Diversity And Vegetative Propagation-I. DOI: 10.4172/978-1-63278-037-9-038.

Petrovska B. (2012). Historical Review Of Medicinal Plants' Usage. *Pharmacognosy Reviews*, 6(11), 1–. Doi:10.4103/0973-7847.95849.

Rached, W., Zeghada, F.Z., Bennaceur, M., Barros, L., Calhelha, R.C., Heleno, S., Alves, M.J., Carvalho, A.M., Marouf, A., Ferreira, I.C., 2018. Phytochemical analysis and assessment of antioxidant, antimicrobial, anti-inflammatory and cytotoxic properties of *Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters leaves. *Ind. Crop. Prod.* 112, 460–466.

Raj, M.S., Roselin, P., Kishori, M.R., Rachel, D.S., Radhika, S., Tejaswi, P., 2012. Biowaste as substrate for ethanol production. *Int. J. Biol. Sci. Eng.* 3 (2), 116–121.

Ranjeet Kumar, Ashish Kumar Tewari, Isolation of medicinally important constituents from rare and exotic medicinal plants. *Synthesis of Medicinal Agents from Plants*, 2018.

Roberts Margaret F., Michael Wink, Alkaloids. Biochemistry, Ecology and medical applications. Springer Science and Business Media New York, 1998. DOI 10.1007/978-1-4757-2905-4.

Rout, P.K., Nannaware, A.D., Rajasekharan, R., Council of Scientific and Industrial Research (CSIR), 2015. Process for chemical conversion of cellulose isolated from aromatic spent biomass to hydroxymethyl furfural. U.S. Patent 9,199,956.

Saha, A., Basak, B.B., Gajbhiye, N.A., Kalariya, K.A., Manivel, P., 2019a. Sustainable fertilization through co-application of biochar and chemical fertilizers improves yield, quality of *Andrographis paniculata* and soil health. *Ind. Crop. Prod.* 140, 111607.

Sagdiç, O., Ozcan, M., 2003. Antibacterial activity of Turkish spice hydrosols. *Food Control* 14, 141–143.

Sagi, S., Avula, B., Wang, Y.-H., and Khan, I. A. (2016). Quantification and characterization of alkaloids from roots of *Rauwolfia serpentina* using ultra-high performance liquid chromatography-photo diode array-mass spectrometry. *Anal. Bioanal. Chem.* 408, 177–190. doi: 10.1007/s00216-015-9093-4.

Santana-Meridas, O., Gonzalez-Coloma, A., Sanchez-Vioque, R., 2012. Agricultural residues as a source of bioactive natural products. *Phytochem. Rev.* 11, 447–466.

Selçuk Yildirim, Bettina Röcker, Marit Kvalvåg Pettersen, Julie Nilsen-Nygaard, Zehra Ayhan, R amune Rutkaite, Tanja Radusin, Patrycja Suminska, Begonya Marcos, Véronique Coma, Active Packaging Applications for Food. 2017, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*.

Seremet Oana Cristina, Octavian Tudorel Olaru, Claudia Maria Gutu, George Mihai Nitulescu, Mihaela Ilie, Simona Negres, Cristina Elena Zbarcea, Carmen Nicoleta Purdel, Demetrios A. Spandidos, Aristides M. Tsatsakis, Michael D. Coleman, Denisa Marilena Margina., Toxicity of plant extracts containing

pyrrolizidine alkaloids using alternative invertebrate models. March 26, 2018
<https://doi.org/10.3892/mmr.2018.8795>, p: 7757-7763.

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

Singh, H., Dawa, T.B., 2014. Removal of methylene blue using lemon grass ash as an adsorbent. Carbon Lett. 15, 105–112.

Slavov, A., Denev, P., Panchev, I., Shikov, V., Nenov, N., Yantcheva, N., Vasileva, I., 2017a. Combined recovery of polysaccharides and polyphenols from Rosa damascene wastes. Ind. Crop. Prod 100, 85–94.

Slavov, A., Vasileva, I., Stefanov, L., Stoyanova, A., 2017b. Valorization of wastes from the rose oil industry. Rev. Environ. Sci. Biotechnol. 16, 309–325.

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.

Sasidharan S., Chen Y., Saravanan D., Sundram K. M., And Yoga Latha L. (2010), Extraction, Isolation And Characterization Of Bioactive Compounds From Plants' Extracts, PMID: PMC3218439.

Shelef LA. Antimicrobial effects of spices. J Food Safety 1983; 6:29-44.

Sneha P., Soumya S., Kabita T., Yengkhom S., Mrinal Kumar S., Punuri Jayasekhar B., Mayanglambam Chandrakumar S. (2020). Essential Oils And Their Pharmacotherapeutics Applications In Human Diseases. Advances In Traditional Medicine. Doi:10.1007/S13596-020-00477-Z.

Skandamis PN, Coote PJ, Nychas G-JE, Lambert RJV,. A study of the minimum inhibitory concentration and mode of action of oregano essential oil, thymol and carvacrol. J Appl Microbiol 2001; 91:453-462.

Sofowora A., Ogunbodede E. And Onayade A. (2013). The Role And Place Of Medicinal Plants In The Strategies For Disease Prevention. African Journal Of Traditional, Complementary And Alternative Medicines, 10(5), -. Doi:10.4314/Ajtcam. V10i5.2.

Solomou A., Martinos K., Skoufogianni E., And Danalatos N. (2015). Medicinal And Aromatic Plants Diversity In Greece And Their Future Prospects: A Review. DOI: 10.12735/As. V4i1p09.

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

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.

Tassou C., Koutsoumanis K. G., Nychas-J.E, Inhibition of Salmonella enteritidis and Staphylococcus aureus in nutrient broth by mint essential oil. Food Research International Volume 33, Issues 3–4, April 2000, Pages 273-280.

Tiliacos, C., Gaydou, E.M., Bessière, J.M., Agnel, R., 2008. Distilled lavandin (Lavandula intermedia Emeric ex Loisel) wastes: a rich source of coumarin and herniarin. J. Essent. Oil Res. 20, 412–413.

Torane, R.C., Mundhe, K.S., Bhave, A.A., Kamble, G.S., Kashalkar, R.V., Deshpande, N.R., 2010. Removal of methylene blue from aqueous solution using biosorbent. Der Pharma Chemica. 2, 171–177.

Torras-Claveria, L., Jauregui, O., Bastida, J., Codina, C., Viladomat, F., 2007. Antioxidant activity and phenolic composition of lavandin (Lavandula x intermedia Emeric ex Loiseleur) waste. J. Agric. Food Chem. 55, 8436–8443.

Traka, C.K., Petrakis, E.A., Kimbaris, A.C., Polissiou, M.G., Perdakis, D.C., 2018. Effects of *Ocimum basilicum* and *Ruta chalepensis* hydrosols on *Aphis gossypii* and *Tetranychus urticae*. *J. Appl. Entomol.* 142, 413–420.

Walch Stephan G., Laura Ngaba Tinzoh, Benno F. Zimmermann, Wolf Stühlinger and Dirk W. Lachenmeier, Antioxidant capacity and polyphenolic composition as quality indicators for aqueous infusions of *Salvia officinalis* L. (sage tea). 2011, *Frontiers in Pharmacology*.

Wang, M., Li, W., Li, S., Liu, D., Yin, L., Yuan, H., 2013. Biogas production from Chinese herb-extraction residue: influence of biomass composition on methane yield. *Res. Aquat. Biol. Resour. Kamchatka North-west Part Pacific Ocean.* 8, 3732–3740.

Wollinger, A., Perrin, E., Chahboun, J., Jeannot, V., Touraud, D., Kunz, W., C.R, 2016. *Chim.* 19, 754–765.

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

Yulvianti Meri and Zidorn Christian, Chemical Diversity of Plant Cyanogenic Glycosides: An Overview of Reported Natural Products. *Molecules* 2021, 26(3), 719; <https://doi.org/10.3390/molecules26030719>.

Zhang, Qing-Wen; Lin, Li-Gen; Ye, Wen-Cai (2018). Techniques For Extraction And Isolation Of Natural Products: A Comprehensive Review. *Chinese Medicine*, 13(1), 20–. Doi:10.1186/S13020-018-0177-X .

Zekri, N., Handaq, N., El Caidi, A., Zair, T., El Belghiti, M.A., 2016. Insecticidal effect of *Mentha pulegium* L. And *Mentha suaveolens* Ehrh. Hydrosols against a pest of citrus, *Toxoptera aurantii* (Aphididae). *Res. Chem. Intermediat.* 42, 1639–1649.

Zheljazkov, V.D., Stewart Jr., C.N., Joyce, B., Baxter, H., Cantrell, C.L., Astatkie, T., Jeliaskova, E.A., Poovaiah, C.R., 2018. Dual utilization of medicinal and aromatic crops as bioenergy feedstocks. *J. Agric. Food Chem.* 66, 8744–8752.

Zhu, G.Y., Xiao, Z.B., Zhou, R.J., Niu, Y.W., Yi, F.P., Zhu, J.C., 2012. The utilization of aromatic plant waste resource. *Adv. Mater. Res.* 518, 3561–3565.

Zuo, X., Balasubramanian, R., Fu, D., Li, H., 2012. Biosorption of copper, zinc and cadmium using sodium hydroxide immersed *Cymbopogon schoenanthus* L. Spreng (lemon grass). *Ecol. Eng.* 49, 186–189.