



Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής  
Σχολή Επιστημών Τροφίμων  
Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών  
**ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ, ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Συγκριτική μελέτη φυτικών ελαίων (carrier oils) με χρήση  
φασματοσκοπικών, χρωματογραφικών και χρωματομετρικών  
τεχνικών.**

MSc Thesis

**Comparative study on carrier oils using phasmatoscopic,  
chromatographic and chromatometric techniques.**



Διευθύντρια

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

Αγγελική Ψούνη  
Angeliki Psouni

Όνομα Εισηγητή  
Ειρήνη Στρατή  
Irin Strati

ΑΙΓΑΛΕΩ/ΑΙΓΑΛΕΟ 2023



Faculty of Food Sciences  
Department of Food Science and Technology

Master of Science  
**FOOD INNOVATION, QUALITY AND SAFETY**

MSc Thesis

**Comparative study on carrier oils using phasmatoscopic,  
chromatographic and chromatometric techniques.**

ANGELIKI PSOUNI  
21031  
fiqs21031@uniwa.gr

SUPERVISOR  
IRINI STRATI

AIGALEO 2023

Έγινε δεκτή

Ο Διευθυντής του ΠΜΣ:

Οι υπογράφωντες δηλώνουμε ότι έχουμε εξετάσει τη μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία (master thesis) με τίτλο « **Συγκριτική μελέτη φυτικών ελαίων (carrier oils) με χρήση φασματοσκοπικών, χρωματογραφικών και χρωματομετρικών τεχνικών**» που παρουσιάσθηκε από την **Αγγελική Ψούνη**, υποψήφιας για τον μεταπτυχιακό τίτλο σπουδών στην **ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ, ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ** και βεβαιώνουμε ότι γίνεται δεκτή.

Ημερομηνία

Ψηφιακές Υπογραφές

**Όνομα επιβλέποντος**

Ειρήνη Στρατή

Επίκουρη Καθηγήτρια

**Όνομα μέλους επιτροπής**

Βασιλεία Σινάνογλου

Καθηγήτρια

Διευθύντρια ΜΠΣ

Κοσμήτορας της Σχολής Επιστημών Τροφίμων

**Όνομα μέλους επιτροπής**

Παναγιώτης Ζουμπουλάκης

Αναπληρωτής Καθηγητής

Πρόεδρος Τμήματος 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.

Αγγελική Ψούνη

## Ευχαριστίες

Στην ενότητα αυτή θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους εκείνους που συνέβαλλαν στην ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας ξεκινώντας από την καθηγήτριά μου και επιβλέπουσα αυτής, την κυρία Στρατή Ειρήνη επίκουρη καθηγήτρια του Τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων του Πανεπιστημίου Αττικής, που με την πολύτιμη βοήθειά της και τις χρήσιμες συμβουλές και υποδείξεις της βοήθησε στον μέγιστο βαθμό για την εκπόνηση της διπλωματικής μου εργασίας. Ακόμη θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Τσιάντα Κωνσταντίνο, υποψήφιο διδάκτορα του ίδιου τμήματος, για την πολύτιμη βοήθειά του στο πειραματικό μέρος της εργασίας και για την θέλησή του να μου μεταφέρει γνώση και να μου επιλύσει κάθε μου απορία. Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω την κοσμήτορα του τμήματός μας, κυρία Σινάνογλου Βασιλεία για την αλάνθαστη ματιά της στα αποτελέσματα της διπλωματικής εργασίας. Δεν θα μπορούσα να μην ευχαριστήσω την συνεργάτιδά μου, τελειόφοιτη του Τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, Παπακωστοπούλου Ευαγγελία για την άριστη συνεργασία μας και για την υπέροχη συντροφιά και ευφυΐα της. Κλείνοντας θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς και τους φίλους μου που στάθηκαν δίπλα μου σε όλο το ταξίδι του Μεταπτυχιακού Προγράμματος και ιδιαιτέρως τον Σκευάκη Παναγιώτη για την ηθική υποστήριξη.

## Περίληψη

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν η συγκριτική μελέτη είκοσι έξι φυτικών ελαίων διασποράς από εναλλακτικές φυτικές μήτρες που παραλήφθηκαν με τη μέθοδο της ψυχρής έκθλιψης, προκειμένου να διαπιστωθεί κατά πόσο μπορούν να συναγωνιστούν άλλα φυτικά έλαια όσον αφορά την θρεπτική τους αξία και την θέση τους στην αγορά και στην βιομηχανία.

Προκειμένου να μελετηθεί η χημική τους σύσταση, να αναλυθεί η σύσταση αυτών σε λιπαρά οξέα και να μελετηθεί το χρώμα τους χρησιμοποιήθηκαν οι μέθοδοι της φασματοσκοπίας υπερύθρου με αποσβένουσα ολική ανάκλαση (ATR-FTIR), της αέριας χρωματογραφίας συνδυαζόμενη με ανιχνευτή ιοντισμού φλόγας (GC-FID) και οι μέθοδοι Lovibond και CIELAB αντίστοιχα.

Ύστερα από τη στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από τις παραπάνω πειραματικές μεθόδους, προέκυψαν τα εξής συμπεράσματα. Μέσω της φασματοσκοπίας υπερύθρου με αποσβένουσα ολική ανάκλαση επιβεβαιώθηκαν απορροφήσεις σε μοριακούς δεσμούς που αφορούν λιπαρά οξέα και φαινολικές ενώσεις. Μελετώντας τα δεδομένα της αέριας χρωματογραφίας επιβεβαιώθηκε το γεγονός ότι τα μελετούμενα έλαια διαθέτουν υψηλά ποσοστά πολύτιμων μονοακόρεστων και πολυακόρεστων λιπαρών οξέων όπως ελαϊκού, λινελαϊκού και λινολενικού οξέος. Όσον αφορά το χρώμα, τα αποτελέσματα των δύο μεθόδων που χρησιμοποιήθηκαν απέδειξαν πως η μπλε απόχρωση επηρεάζει σημαντικά την φωτεινότητα των ελαίων ενώ παράλληλα η μία μέθοδος επαληθεύει ή/και επιβεβαιώνει την άλλη.

Σύμφωνα με όλα τα παραπάνω γίνεται αντιληπτό πως τα έλαια διασποράς από φυτικές εναλλακτικές μήτρες μπορούν να συμπληρώσουν την διατροφή των καταναλωτών, καθώς μπορούν να ωφελήσουν τους καταναλωτές με πληθώρα βιοενεργών ουσιών πέρα από τα πολύτιμα λιπαρά οξέα. Επιπλέον η ενσωμάτωση των ελαίων διασποράς τόσο στην διατροφή όσο και σε διάφορους βιομηχανικούς τομείς θα οδηγήσει στην άνθιση της καλλιέργειας διαφόρων φυτών και συνεπώς στην οικονομική ανάταση διάφορων αγροτικών τομέων.

## Abstract

The aim of this work was to carry out a comparative study of twenty-six vegetable carrier oils from alternative vegetable matrices, obtained by cold-pressing, to determine whether they can compete with other vegetable oils in terms of nutritional value and market and industrial position.

To study their chemical composition, analyse their fatty acid composition and study their colour, the methods of attenuated total reflection spectroscopy (ATR-FTIR), gas chromatography with flame ionisation detector (GC-FID) and the Lovibond and CIELAB methods were used.

After the statistical processing of the results obtained from the experimental methods described above, the following conclusions have been drawn. Absorbances at molecular bonds involving fatty acids and phenolic compounds were confirmed by total reflection UV spectroscopy. The study of the gas chromatography data confirmed the fact that the oils studied have a high percentage of valuable monounsaturated and polyunsaturated fatty acids such as oleic, linoleic and linolenic acids. As far as colour is concerned, the results of the two methods used showed that the shade of blue has a significant effect on the brightness of the oils, while at the same time one method verifies and/or confirms the other.

All of this suggests that carrier oils from alternative vegetable sources can complement the diet of consumers by providing them with a wealth of bioactive substances in addition to valuable fatty acids. In addition, the integration of dispersion oils in both food and industrial sectors will lead to the flourishing of the cultivation of various plants and thus to the economic upturn of various agricultural sectors.

## Λεξικό αντιστοίχισης των επιστημονικών και τεχνικών όρων

Almond Oil	Αμυγδαλέλαιο
Apricot Kernel Oil	Έλαιο Από Πυρήνα Βερίκοκου
Attenuated Total Reflectance Atr-Ftir	Αποσβένουσα Ολική Ανάκλαση
Avocado Kernel Oil	Έλαιο Από Πυρήνα Αβοκάντο
B- Carotene	β- Καροτένιο
Black Seed Oil	Έλαιο Μαύρο Κίμινο
Canola Oil	Έλαιο Κράμβης
Carrier Oil	Λάδι Μεταφοράς
Chia Seed Oil	Έλαιο Από Σπόρους Chia
Chlorophyll	Χλωροφύλλη
Coconut Oil	Λάδι Καρύδας
Coffee Oil	Λάδι Καφέ
Cold Press	Ψυχρή Έκθλιψη
Dressing	Σάλτσα
European Food Safety Authority (Efsa)	Ευρωπαϊκή Αρχή Για Την Ασφάλεια Των Τροφίμων
Enzyme- Assisted Extraction	Εκχύλιση Με Χρήση Ενζύμων
Evening Primrose Oil	Έλαιο Νυχτολούλουδου
Fatty Acid Methyl Esters (Fame)	Μεθυλεστέρες Λιπαρών Οξέων
Food And Drug Administration Fda	Οργανισμός Τροφίμων Και Φαρμάκων
Fixed Oil	Σταθερό Λάδι
Food And Agriculture Organization (Fao)	Οργανισμός Τροφίμων Και Γεωργίας
Gas Chromatography	Αέρια Χρωματογραφία
Grapeseed Oil	Έλαιο Από Κουκούτσια Σταφυλιού
Hazelnut Oil	Έλαιο Φουντουκιού
High Voltage- Assisted Extraction	Εκχύλιση Με Χρήση Υψηλής Τάσης
Infrared- Ir	Υπέρυθρο - Ir
International Commission Of Illumination (Cie)	Διεθνής Επιτροπή Φωτισμού
Linseed Oil	Λινέλαιο
Macadamia Oil	Λάδι Μακαντάμια
Microwave- Assisted Extraction	Εκχύλιση Με Χρήση Μικροκυμάτων



Mid- Ir	Μέσο- Ir
Milk Thistle Oil	Έλαιο Γαϊδουράγκαθου
Mustard Seed Oil	Έλαιο Από Σπόρους Μουστάρδας
Peanut Oil	Φυσιτέλαιο
Pine Cone Oil	Έλαιο Από Κουκουνάρι
Plum Kernel Oil	Λάδι Από Πυρήνα Δαμάσκηνου
Pomegranate Oil	Έλαιο Ροδιού
Pumpkin Seed Oil	Έλαιο Από Σπόρους Κολοκύθας
Sea Buckthorn Oil	Έλαιο Ιπποφαούς
Sesame Oil	Σησαμέλαιο
Soxhlet	Σόξλετ - Μέθοδος Εκχύλισης
Soybean Oil	Σογιέλαιο
Split Injection	Ένεση Διαμοιρασμού
Ultrasound- Assisted Extraction	Εκχύλιση Με Χρήση Υπερήχων
Vegan	Χορτοφάγος
Vegeterian	Χορτοφάγος
Walnut Oil	Καρυδέλαιο

## Περιεχόμενα

Δήλωση Περί Λογοκλοπής /Copyright .....	3
Ευχαριστίες .....	4
Περίληψη .....	5
Abstract.....	6
Λεξικό αντιστοίχισης των επιστημονικών και τεχνικών όρων.....	7
Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή.....	12
Κεφάλαιο 2: Φυτικά Έλαια Διασποράς .....	13
2.1 Φυτικά Έλαια Διασποράς (Carrier/Fixed Oils).....	13
2.2 Μέθοδοι Παραλαβής Φυτικών Ελαίων Διασποράς .....	15
2.2.1 Εκχύλιση με Οργανικό Διαλύτη .....	17
2.2.2 Εκχύλιση με Υπερκρίσιμο Ρευστό .....	19
2.2.3 Παραλαβή με Ψυχρή Έκθλιψη .....	21
Κεφάλαιο 3: Φυτικά Έλαια Διασποράς Προς Μελέτη .....	24
3.1 Έλαιο Αβοκάντο (Avocado Kernel Oil) .....	26
3.2 Έλαιο Αμυγδάλου (Almond Oil).....	27
3.3 Έλαιο Βερίκοκο (Apricot Kernel Oil) .....	28
3.4 Έλαιο Γαϊδουράγκαθου (Milk Thistle oil) .....	30
3.5 Έλαιο Δαμάσκηνου (Plum Kernel Oil).....	31
3.6 Έλαιο Ιπποφαούς (Sea buckthorn oil) .....	32
3.7 Έλαιο Καρότου (Carrot Oil).....	33
3.8 Έλαιο Καρύδας (Coconut Oil) .....	34
3.9 Έλαιο Καρυδιού (Walnut Oil) .....	36
3.10 Έλαιο Καφέ (Coffee Oil).....	37
3.11 Έλαιο Κολοκύθας (Pumpkin Seed Oil) .....	38
3.12 Έλαιο Κουκουναριού (Pine Cone oil).....	39
3.13 Έλαιο Μακαντάμια (Macadamia Oil).....	40
3.14 Έλαιο Μαύρο Κίμινο (Black Seed Oil) .....	42
3.15 Έλαιο Νυχτολούλουδο (Evening Primrose Oil) .....	43
3.16 Έλαιο Παπαρούνας (Poppy Seed Oil) .....	44
3.17 Έλαιο Πυρήνα Σταφυλιού (Grapeseed Oil).....	45
3.18 Έλαιο Ροδιού (Pomegranate Oil).....	46
3.19 Έλαιο Τσια (Chia seed Oil) .....	47
3.20 Έλαιο Φουντουκιού (Hazelnut Oil).....	49
3.21 Κραμβέλαιο (Canola Oil) .....	49
3.22 Λινέλαιο (Linseed Oil).....	51

3.23 Σησαμέλαιο (Sesame Oil) .....	52
3.24 Σιναπέλαιο (Mustard Seed Oil).....	53
3.25 Σογιέλαιο (Soybean Oil).....	54
3.26 Φιστικέλαιο (Peanut Oil) .....	55
3.27 Συγκεντρωτικός Πίνακας Φυτικών Ελαίων .....	57
Κεφάλαιο 4: Σκοπός .....	68
Κεφάλαιο 5: Υλικά και Μέθοδοι .....	69
5.1 Φυτικά έλαια (έλαια διασποράς) .....	69
5.2 Φασματοσκοπία Υπερύθρης Ακτινοβολίας με Αποσβένουσα Ολική Ανάκλαση (Attenuated Total Reflectance, ATR-FTIR) .....	70
5.3 Αέρια Χρωματογραφία (Gas Chromatography) .....	73
5.3.1 Υλικά Αέριας Χρωματογραφίας.....	74
5.3.2 Πειραματική Πορεία.....	75
5.4 Μέτρηση Χρώματος με το φασματοφωτόμετρο Lovibond .....	76
5.4.1 Υλικά για μέτρηση χρώματος με το φασματοφωτόμετρο Lovibond .....	78
5.4.2 Πειραματική Πορεία.....	78
5.5 Μέτρηση Χρώματος με το χρωματόμετρο CIE-LAB.....	79
5.5.1 Υλικά για μέτρηση χρώματος με το χρωματόμετρο CIELAB .....	80
5.5.2 Πειραματική Πορεία.....	81
Κεφάλαιο 6: Αποτελέσματα και Συζήτηση.....	82
6.1 Αποτελέσματα-Συζήτηση Φασματοσκοπίας Υπερύθρου με Αποσβένουσα Ολική Ανάκλαση .....	82
6.2 Αποτελέσματα-Συζήτηση Αέριας Χρωματογραφίας .....	86
6.3 Αποτελέσματα-Συζήτηση Φασματοφωτόμετρου Lovibond .....	98
6.4 Αποτελέσματα-Συζήτηση Χρωματόμετρου CIE-LAB.....	102
Κεφάλαιο 7: Συμπεράσματα .....	107
7.1 Αποσβένουσα Ολική Ανάκλαση (ATR-FTIR) .....	107
7.2 Αέρια Χρωματογραφία.....	107
7.3 Lovibond και CIELAB.....	109
7.4 Περαιτέρω έρευνα .....	111
Βιβλιογραφία .....	113
Πηγές Εικόνων .....	130

## Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1 Βασικές τεχνικές παραλαβής ελαίων .....	16
Εικόνα 2 Γαϊδουράγκαθο .....	30
Εικόνα 3 Ιπποφαές .....	32
Εικόνα 4 Μακαντάμια .....	41
Εικόνα 5 Μαύρο Κίμινο .....	42
Εικόνα 6 Ελαιοκράμβη .....	50
Εικόνα 7 Σινάπι .....	53
Εικόνα 8 Μοντέλο IRAffinity-1S της εταιρίας Shimadzu.....	71
Εικόνα 9 Στο κέντρο παρατηρείται η οπή του στοιχείου εσωτερικής ανάκλασης και ακριβώς από πάνω ο πιεστικός μηχανισμός. ....	72
Εικόνα 10 Ο Agilent 6890 Series Gas Chromatograph του εργαστηρίου ενόργανης ανάλυσης που χρησιμοποιήθηκε.....	74
Εικόνα 11 Οι γυάλινες πιπέτες raster και η μικροσύριγγα 1μL που χρησιμοποιήθηκαν κατά την πειραματική πορεία.....	76
Εικόνα 12 Το Lovibond Model Fx που χρησιμοποιήθηκε .....	77
Εικόνα 13 Το δείγμα ελαίου Τσια στην κυψελίδα 1 ίντσας και η είσοδός του στον θάλαμο μέτρησης.....	78
Εικόνα 14 Διάγραμμα χρωματικού χώρου CIELAB .....	79
Εικόνα 15 Χρωματόμετρο CIELAB Konica Minolta. ....	81
Εικόνα 16 Παρουσίαση ελαίων σε τρυβλία κατά την μέτρηση χρώματος <b>Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.</b>	

## Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1 Συγκεντρωτικός πίνακας διαφορών αιθέριων ελαίων και ελαίων διασποράς .....	14
Πίνακας 2 Παγκόσμια κατανάλωση φυτικών ελαίων για τα έτη 2018 και 2019 .....	15
Πίνακας 3 % σύσταση σε λιπαρά οξέα σε διάφορα gourmet έλαια .....	25
Πίνακας 4 Περιεκτικότητα σε mg/100g ελαίου σε διάφορες βιοενεργές ενώσεις .....	26
Πίνακας 5 Συγκεντρωτικός Πίνακας Φυτικών Ελαίων Διασποράς .....	58
Πίνακας 6 Λίστα των μελετώμενων ελαίων .....	69
Πίνακας 7 Απορροφήσεις των ελαίων διασποράς της Φασματοσκοπίας Υπερύθρου με Αποσβένουσα Ολική Ανάκλαση .....	85
Πίνακας 8 . % Σύσταση σε λιπαρά οξέα των μελετώμενων ελαίων .....	87
Πίνακας 9 Σύγκριση των πειραματικών δεδομένων με αυτά της βιβλιογραφίας για πολύτιμα λιπαρά οξέα .....	96
Πίνακας 10 Μετρήσεις χρώματος με την κλίμακα Lovibond RYBN.....	99
Πίνακας 11 Μέτρηση χρώματος με την κλίμακα Lovibond RYBN Chlorophyll.....	100
Πίνακας 12 Μέτρηση χρώματος με την κλίμακα Lovibond RYBN b-carotene.....	101
Πίνακας 13 Ποσοστά χλωροφύλλης και β-καροτενίου σύμφωνα με την βιβλιογραφία .....	102
Πίνακας 14 Αποτελέσματα του χρωματόμετρου CIELAB .....	103

## Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

Τα φυτικά έλαια έχουν ιδιαίτερη θέση στην διατροφή του ανθρώπου ανεξάρτητα από τις διατροφικές του προτιμήσεις (vegan, vegetarian, raw κλπ.), ιδιαίτερα για τις μεσογειακές χώρες όπου το ελαιόλαδο, περισσότερο από τα υπόλοιπα φυτικά έλαια, αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι από την διατροφή και την γαστρονομία των χωρών της Μεσογείου. Ο λόγος που στο σύνολό τους τα φυτικά έλαια κατέχουν σημαντικό ρόλο στην διατροφή και κατ' επέκταση στην υγεία του ανθρώπου είναι η υψηλή περιεκτικότητά τους στα πολύτιμα ω-3 και ω-6 ακόρεστα λιπαρά οξέα όπως το α- λινολενικό οξύ (ω-3). Τα οξέα που συγκαταλέγονται στις παραπάνω κατηγορίες θεωρούνται ανεκτίμητα για την διατήρηση της καρδιαγγειακής υγείας και του νευρικού συστήματος (Sobiechowska, Mikolajczak, & Tanska, 2020).

Με την προώθηση του «ευ ζην» και της vegan κουλτούρας σε συνάρτηση με την περιβαλλοντική κρίση υπάρχει μια συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση των καταναλωτών για φυτικά προϊόντα και πιο συγκεκριμένα για καινοτόμα φυτικά προϊόντα που θα προέρχονται από την εκμετάλλευση παραπροϊόντων της βιομηχανίας τροφίμων. Επιπλέον, η συνεχής ενημέρωση των καταναλωτών για τα πρόσθετα των τροφίμων αλλά και για τις πιθανές αρνητικές επιπτώσεις τους στην υγεία, οδήγησε στην δημιουργία και καθιέρωση μιας τάσης για εφαρμογή νέων τεχνολογιών στα τρόφιμα με μικρότερο αρνητικό αντίκτυπο στην υγεία των καταναλωτών, αλλά και με σεβασμό στο περιβάλλον (Baskirovs, Soliven, & Gornas, 2022). Σε συνδυασμό όμως με την προώθηση της vegan και vegetarian διατροφής η κατανάλωση ελαίων και λιπών ζωικής προέλευσης σημείωσε πτώση, σε αντίθεση με την σταθερά αυξανόμενη απαίτηση για φυτικά έλαια με όσο το δυνατόν λιγότερη θερμική επεξεργασία (ραφινάρισμα), κάτι που οδήγησε στην εμπορική αναβάθμιση των φυτικών ελαίων που παραλαμβάνονται με ψυχρή έκθλιψη (cold pressed) (Tasan, Gergel, & Demirci, 2011).

## Κεφάλαιο 2: Φυτικά Έλαια Διασποράς

### 2.1 Φυτικά Έλαια Διασποράς (Carrier/Fixed Oils)

Σύμφωνα με τον Ελληνικό Κώδικα Τροφίμων και Ποτών, στο άρθρο 70 τα εδώδιμα λίπη και έλαια ορίζονται ως « όλα τα φερόμενα στο εμπόριο και χρησιμοποιούμενα για διατροφή του ανθρώπου κατάλληλα γλυκερίδια των διαφόρων λιπαρών οξέων, φυτικής ή ζωικής προέλευσης, τα οποία μπορούν να περιέχουν μικρές ποσότητες άλλων λιποειδών, όπως φωσφατίδια, ασαπνωτοίητα συστατικά και φυσικώς ενυπάρχοντα ελεύθερα λιπαρά οξέα.» (Κώδικας Τροφίμων και Ποτών, 2014), ενώ τα φυτικά έλαια και λίπη που προέρχονται από σπόρους, στο άρθρο 73 ορίζονται ως « τα βρώσιμα λίπη και έλαια που λαμβάνονται από την σύνθλιψη των ελαιούχων καρπών και σπερμάτων ή την εκχύλιση τους με διαλύτες » (Κώδικας Τροφίμων και Ποτών, 2009) .

Σημαντικό είναι να σημειωθούν οι διαφορές μεταξύ των διάφορων φυτικών ελαίων, όπως των carrier ή fixed oils και αιθέριων ελαίων, καθώς πολλές φορές οι έννοιες τους συγχέονται λανθασμένα. Οι βασικές διαφορές των carrier oil με τα αιθέρια έλαια είναι ο τρόπος παραλαβής τους και τα μέρη του φυτού από τα οποία παραλαμβάνονται και συνεπώς και η χημική τους σύσταση.

Τα carrier ή fixed oils (έλαια διασποράς ή σταθεροποιημένα έλαια) όπως συχνά ονομάζονται, είναι μη πτητικά έλαια σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος και διαλύονται εύκολα σε οργανικούς διαλύτες (Manasa, Salony R. , & Tumaney, 2020). Όσον αφορά την σύστασή τους, τα έλαια διασποράς χαρακτηρίζονται ως λιπίδια και αποτελούνται κυρίως από λιπαρά οξέα (Price & Price, 2021). Παραλαμβάνονται από τα λιπαρά μέρη των φυτών και ξηρών καρπών όπως οι σπόροι τους και εν συνεχεία το έλαιο παραλαμβάνεται συνήθως με την διαδικασία της ψυχρής έκθλιψης.

Τα αιθέρια έλαια παραλαμβάνονται από τις ρίζες, τον φλοιό, τα άνθη και τα φύλλα των φυτών και προκειμένου να παραχθούν ακολουθείται η διαδικασία της απόσταξης με νερό ή ατμό. Στην περίπτωση των εσπεριδοειδών, προκειμένου να παραληφθεί το αιθέριο έλαιο πραγματοποιείται σύνθλιψη (Baser & Demirci, 2007). Τα αιθέρια έλαια είναι συμπυκνώματα πτητικών ενώσεων, που αποτελούνται κυρίως από τερπένια. Τα αιθέρια έλαια έχουν συνήθως έντονο άρωμα που χαρακτηρίζει το φυτό από το οποίο προέρχονται (Shannon, Borron, & Burns, 2007). Άλλο ένα χαρακτηριστικό των

ελαίων αυτών είναι ότι μπορούν να διαλυθούν σε αλκοόλη και σε έλαια διασποράς σε όποια αναλογία (Price & Price, 2021).

Επιπλέον, ένα εύκολο τεστ που θα μπορούσε να κάνει κανείς για να διαχωρίσει τα έλαια διασποράς από τα αιθέρια έλαια είναι η εναπόθεση μιας σταγόνας από το κάθε έλαιο σε χαρτί. Το αιθέριο έλαιο θα εξατμιστεί χωρίς να αφήσει υπολείμματα στο χαρτί παρά μόνο χρώμα εάν είναι έγχρωμο το αιθέριο έλαιο. Αντίθετα τα έλαια διασποράς δεν θα εξατμιστούν και θα αφήσουν λιπαρό υπόλειμμα στο χαρτί (Price & Price, 2021).

Επιπρόσθετες διαφορές ανάμεσα στα carrier oils και στα αιθέρια έλαια εντοπίζονται στη χρήση τους στη βιομηχανία αλλά και στο καταναλωτικό κοινό, καθώς τα πρώτα χρησιμοποιούνται στην μαγειρική και στη βιομηχανία τροφίμων, ενώ τα δεύτερα βρίσκουν χρήση κυρίως από την βιομηχανία καλλυντικών, αρωματοποιίας και προϊόντων περιποίησης. Συχνά τα ατόφια αιθέρια έλαια δεν χρησιμοποιούνται απευθείας από τους καταναλωτές για καλλωπιστική χρήση, καθώς μπορεί να είναι καυστικά για το δέρμα ή/και τοξικά για εγκύους και παιδιά, λόγω της ιδιαίτερα συμπυκνωμένης σύστασής τους. Προκειμένου να διευκολυνθεί η χρήση τους μερικές σταγόνες από αιθέρια έλαια διαλύονται σε άλλα έλαια όπως ηλιέλαιο, δίνοντας τα carrier oils (Shannon, Borron, & Burns, 2007).

Πίνακας 1 Συγκεντρωτικός πίνακας διαφορών αιθέριων ελαίων και ελαίων διασποράς (Manasa, Salony R. , & Tumaney, 2020) (Baser & Demirci, 2007) (Shannon, Borron, & Burns, 2007) (Price & Price, 2021)

<b>ΑΙΘΕΡΙΟ ΕΛΑΙΟ</b>	<b>ΕΛΑΙΟ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ</b>
Παραλαμβάνονται με απόσταξη από τις ρίζες, τον φλοιό, τα φύλλα και τα άνθη	Παραλαμβάνονται με έκθλιψη των σπόρων του φυτού
Αποτελούνται από τερπένια	Αποτελούνται από λιπαρά οξέα
Πτητικά	Μη πτητικά
Έντονο άρωμα	Όχι τόσο έντονο άρωμα
Χρήση στη βιομηχανία καλλυντικών και αρωμάτων	Χρήση στην μαγειρική και στην βιομηχανία τροφίμων
Μπορεί να είναι τοξικά σε μικρή ποσότητα	Δεν είναι τοξικά σε μικρή ποσότητα

## 2.2 Μέθοδοι Παραλαβής Φυτικών Ελαίων Διασποράς

Πίνακας 2 Παγκόσμια κατανάλωση φυτικών ελαίων για τα έτη 2018 και 2019 (Mwaurah, και συν., 2019)

Oil type	Oil production in Mton/year	Percentage of world production
Palm oil	69.57	35.01%
Palm kernel oil	7.97	4.02%
Soybean oil	57.05	28.77%
Rapeseed oil	27.83	14.08%
Sunflower oil	17.75	8.95%
Peanut oil	5.53	2.79%
Cottonseed oil	5.15	2.59%
Coconut oil	3.41	1.72%
Olive oil	3.07	1.55%
Total	198.3	100%

Σήμερα, οι καταναλωτές επιθυμούν την καλύτερη δυνατή ποιότητα των προϊόντων εν συναρτήσει με τον σεβασμό στο περιβάλλον. Η συνεχής ενημέρωση των καταναλωτών για τα οφέλη των διάφορων βιοενεργών ουσιών που εμπεριέχονται στα φυτικά έλαια οδήγησε στην συνεχή αύξηση της ζήτησής

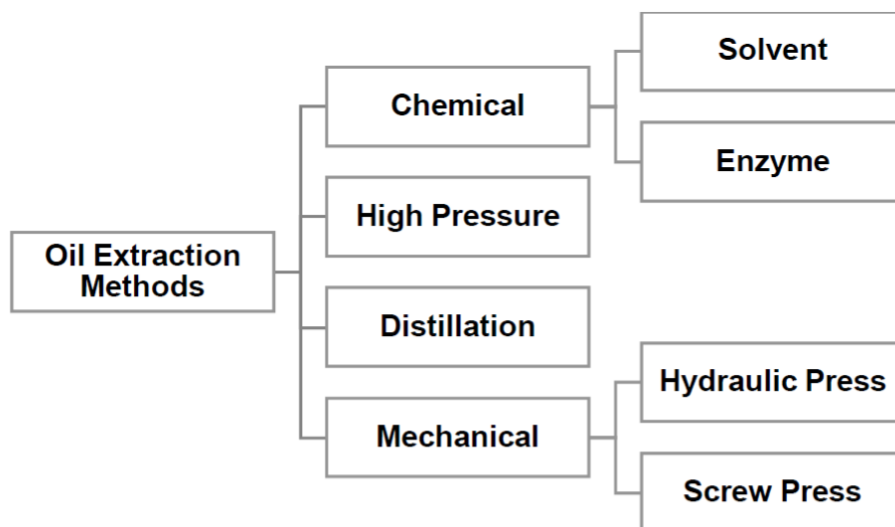
τους αλλά και στην απαιτούμενη ανάγκη για την εύρεση, αξιοποίηση αλλά και βελτίωση των μεθόδων παραλαβής φυτικών ελαίων. Ακόμη, εκτός από την κατανάλωση των φυτικών ελαίων σε ατομικό επίπεδο, τα φυτικά έλαια έχουν ένα επιπλέον οικονομικό ενδιαφέρον, καθώς χρησιμοποιούνται και σε πολλούς βιομηχανικούς τομείς όπως στα καλλυντικά, σε προϊόντα υγιεινής, φάρμακα, συμπληρώματα διατροφής, βερνίκια, βαφές, κόλλες και κεριά (Mwaurah, et al., 2019). Όπως παρουσιάζεται στον πίνακα 2 η παγκόσμια κατανάλωση φυτικών ελαίων για τα έτη 2018 και 2019 καθιστά σαφή την ανάγκη για συνεχή και αποδοτική παραγωγή φυτικών ελαίων καθώς μόνο για αυτά τα έτη παράχθηκαν 198,3 megatons ελαίων, ποσότητα που αναμένεται να αυξηθεί με την πάροδο του χρόνου.

Οι μέθοδοι παραλαβής ελαίων από φυτικές μήτρες θα πρέπει να είναι οικονομικές, ασφαλείς για το περιβάλλον και για τους εργαζόμενους, να έχουν όσο το δυνατόν μεγαλύτερη απόδοση και να παραλαμβάνουν το μέγιστο των επιθυμητών βιοενεργών ουσιών από τις φυτικές μήτρες.

Από τις παλαιότερες μεθόδους παραλαβής είναι η διαβροχή με διαλύτη όπου η φυτική μήτρα εμβαπτίζεται στον διαλύτη και εν συνεχεία παραλαμβάνεται το εκχύλισμα, ο βρασμός της φυτικής μήτρας σε νερό και εν συνεχεία η παραλαβή του «αφεψήματος», η εκχύλιση με οργανικό διαλύτη γνωστή και ως Soxhlet και η υδροαπόσταξη (Chuo, και συν., 2020). Στην εικ.1 αναφέρονται οι βασικές τεχνικές παραλαβής ελαίων που



διαχωρίζονται σε τέσσερις βασικές κατηγορίες χημικές, υψηλής πίεσης, απόσταξης και μηχανικές.



Εικόνα 1 Βασικές τεχνικές παραλαβής ελαίων (Ζακαλοΐη, Özyurt, & Ötles, 2018)

Όπως σημειώθηκε παραπάνω, η αυξανόμενη ανάγκη για φυτικά έλαια οδήγησε τους ερευνητές στην ανάπτυξη νέων μεθόδων για την παραλαβή αυτών όπως (Chuo, και συν., 2020):

- Εκχύλιση με την βοήθεια υπερήχων (Ultrasound- Assisted Extraction), όπου με την εφαρμογή των υπερήχων επέρχεται το φαινόμενο της σπηλαίωσης και έτσι διευκολύνεται η παραλαβή των ουσιών από τον διαλύτη.
- Εκχύλιση με την βοήθεια μικροκυμάτων (Microwave- Assisted Extraction), όπου τα μικροκύματα καταστρέφουν το κυτταρικό τοίχωμα και διευκολύνουν την εκχύλιση με διαλύτη.
- Εκχύλιση με την βοήθεια ενζύμων (Enzyme- Assisted Extraction), όπου κάποια ένζυμα που έχουν την ικανότητα να υδρολύουν τα κυτταρικά τοιχώματα και να διευκολύνουν την εκχύλιση των ουσιών.
- Εκχύλιση με χρήση υψηλής τάσης (High- Voltage Assisted Extraction), όπου η φυτική μήτρα εκτίθεται για μικροδευτερόλεπτα σε ψαλμούς υψηλής τάσεις. Η έκθεση αυτή προκαλεί διαταραχή της κυτταρικής μεμβράνης επιτρέποντας την προσωρινή μεταφορά ουσιών εκτός του κυττάρου, ενισχύοντας την εκχύλιση.

Σε αυτό το κεφάλαιο θα γίνει εκτενέστερη αναφορά στις τρεις πιο συνηθισμένες μεθόδους παραλαβής ελαίων οι οποίες είναι παραλαβή με οργανικό διαλύτη, παραλαβή με υπερκρίσιμο ρευστό και παραλαβή με ψυχρή έκθλιψη.

### 2.2.1 Εκχύλιση με Οργανικό Διαλύτη

Η παραλαβή με οργανικό διαλύτη αποτελεί μια από της πιο κοινές και αξιόπιστες μεθόδους για την παραλαβή ελαίου από μια στερεή μήτρα, όπως σπόρια, φύλλα κ.α.. Η μέθοδος αυτή είναι γνωστή και ως «εκχύλιση στερεού-υγρού» και βασίζεται στην ικανότητα ενός διαλύτη να διαλύει τον αναλύτη, στην προκειμένη περίπτωση το έλαιο, ώστε αυτός να εκχυλιστεί και εν τέλη να παραληφθεί (Bur & Foncha, 2020). Επιπλέον η εκχύλιση πέρα από τον διαχωρισμό των επιθυμητών χημικών ουσιών επιτρέπει και την απομάκρυνση από αυτές άλλων χημικών ενώσεων που δυσχεραίνουν την περαιτέρω χημική επεξεργασία της εκχυλιζόμενης ουσίας (Zygler, Stominska, & Namiesnik, 2012).

Η πιο κοινή μορφή εκχύλισης, η οποία χρησιμοποιείται και σε βιομηχανικό επίπεδο, είναι η μέθοδος Soxhlet. Η μέθοδος αυτή αναπτύχθηκε από τον ομώνυμο Γερμανό χημικό το 1879, και αποτελεί μέχρι και σήμερα μια μέθοδο πάνω στην οποία βασίζονται σύγχρονες πειραματικές μέθοδοι για την παραλαβή πολυπόθητων χημικών ουσιών από στερεές μήτρες (Zygler, Stominska, & Namiesnik, 2012). Προκειμένου όμως να αυξηθεί η επιτυχία της εκχύλισης θα πρέπει να ληφθούν υπόψιν μια σειρά από σημαντικούς παράγοντες όπως, η διαλυτότητα, η μεταφορά μάζας και η αλληλεπιδράσεις της στερεής μήτρας. Είναι πολύ σημαντικό να γίνει ορθή επιλογή διαλύτη, στην κατάλληλη θερμοκρασία και στην σωστή αναλογία με την στερεή μήτρα, ενώ παράλληλα πρέπει να ρυθμιστεί και ο απαραίτητος χρόνος εκχύλισης (Zygler, Stominska, & Namiesnik, 2012). Ένας ακόμα παράγοντας που πρέπει να εξετασθεί είναι η προεργασία της στερεής μήτρας. Είναι ζωτικής σημασίας το προς εκχύλιση υλικό να περιέχει όσο τον δυνατόν λιγότερο νερό, καθώς η παρουσία αυτού εμποδίζει την διείσδυση του διαλύτη και κατά συνέπεια την εκχύλιση. Πιο συγκεκριμένα, στην περίπτωση που ο προς εκχύλιση αναλύτης προέρχεται από φυτικό ιστό όπως πυρήνες, ολόκληρους καρπούς, φύλλα κ.λπ. απαιτείται ξήρανση του δείγματος και εν συνεχεία σπάσιμο προς πολύ λεπτές φλοίδες προκειμένου να διευκολυνθεί η διείσδυση του διαλύτη και να αυξηθεί η απόδοση της εκχύλισης (Τσάκνης, Παραλαβή Φυτικών Λαδιών με Εκχύλιση, 2018).

Η μέθοδος Soxhlet θα μπορούσε να διαχωριστεί σε τρία διακριτά στάδια, την προεργασία του δείγματος (π.χ. σπάσιμο ελαιούχων σπόρων), την εκχύλιση του αναλύτη και την παραλαβή του αναλύτη από τον διαλύτη (Bur & Foncha, 2020). Εφόσον έχει ακολουθηθεί η κατάλληλη κατεργασία του δείγματος, αυτό έρχεται σε επαφή με τον διαλύτη ο οποίος διαλυτοποιεί και εν συνεχεία εκχυλίζει τον επιθυμητό αναλύτη, στην προκειμένη περίπτωση την λιπαρή ύλη. Ο διαλύτης μαζί με την λιπαρή ύλη συχνά αναφέρονται ως ελαιοδιάλυμα. Το ελαιοδιάλυμα αυτό διηθείται προκειμένου να απομακρυνθούν στερεά σωματίδια και ξένες ύλες και προκειμένου να διαχωρισθεί ο διαλύτης από το έλαιο γίνεται απόσταξη (Τσάκνης, Παραλαβή Φυτικών Λαδιών με Εκχύλιση, 2018).

Όπως έχει ήδη αναφερθεί η μέθοδος Soxhlet είναι μια πολύ κοινή μέθοδος παραλαβής ουσιών από μια στερεή μήτρα. Ο λόγος που χρησιμοποιείται μέχρι και σήμερα είναι γιατί διαθέτει πληθώρα πλεονεκτημάτων σε σχέση με άλλες μεθόδους όπως απλή μεθοδολογία που δεν απαιτεί ιδιαίτερη εξειδίκευση, απλή και φθηνή εγκατάσταση, εκχύλιση αναλύτη από μεγαλύτερη αρχική μάζα σε σχέση με άλλες μεθόδους, ανάκτηση διαφορετικών ουσιών από την ίδια μήτρα με αλλαγή του διαλύτη και τέλος αποτελεί την βάση για την ανάπτυξη νέων αναλυτικών μεθόδων εκχύλισης (Zygler, Stominska, & Namiesnik, 2012). Ταυτόχρονα με τα πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου υπάρχουν σημαντικά μειονεκτήματα τα οποία έχουν στρέψει το ενδιαφέρον των ερευνητών σε άλλες μεθόδους. Κάποια από αυτά τα μειονεκτήματα είναι ο μεγάλος χρόνος εκχύλισης που απαιτείται, η εξαιρετικά μεγάλη ποσότητα διαλυτών που χρησιμοποιούνται οι οποίοι αποτελούν μη αξιοποιήσιμα χημικά απόβλητα, η χρήση της θερμοκρασίας πολλές φορές δρα καταστροφικά στον αναλύτη με αποτέλεσμα να μειώνεται η απόδοση της μεθόδου (Zygler, Stominska, & Namiesnik, 2012) και το βασικότερο όλων, ότι μετά την παραλαβή του αναλύτη απαιτείται ένα στάδιο «ραφινάρισματος» προκειμένου να απομακρυνθεί ο διαλύτης (Bur & Foncha, 2020).

Παρά την ύπαρξη σημαντικών μειονεκτημάτων η παραλαβή ελαίων με διαλύτη είναι εξαιρετικά διάσημη και πολύ πιο αποτελεσματική από την μηχανική παραλαβή (Bur & Foncha, 2020). Όπως έχει σημειωθεί η εκχύλιση ελαίων με διαλύτη είναι ευρέως διαδεδομένη στην ελαιοβιομηχανία και οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται παραπέμπουν αρκετά στην μέθοδο Soxhlet. Γενικότερα, εντοπίζονται τέσσερις διαφορετικοί βιομηχανικοί τρόποι εκχύλισης με διαλύτη ο ασυνεχής με περιστροφή, ο ασυνεχής με

εμπλουτισμό, η συνεχής εκχύλιση και η συνεχής εκχύλιση με ταινία μεταφοράς (Τσάκνης, Παραλαβή Φυτικών Λαδιών με Εκχύλιση, 2018).

### 2.2.2 Εκχύλιση με Υπερκρίσιμο Ρευστό

Η όλο και αυξανόμενη ζήτηση φυτικών ελαίων ανώτερης ποιότητας από τους καταναλωτές και σε συνάρτηση με τις κυρώσεις των κυβερνήσεων για την χρήση βλαβερών για το περιβάλλον διαλυτών, οδήγησε στην ανάπτυξη νέων μεθόδων παραλαβής ελαίων από φυτικές πηγές. Μια τέτοια μέθοδος είναι η παραλαβή φυτικών ελαίων με υπερκρίσιμο ρευστό. Το πιο κοινό αέριο που χρησιμοποιείται για αυτή τη μέθοδο είναι το διοξείδιο του άνθρακα. Ωστόσο, παρότι η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται τα τελευταία σαράντα χρόνια, μόνο πρόσφατα άρχισε να αναφέρεται στις συσκευασίες των παραγόμενων προϊόντων, καθώς παλαιότερα υπήρχε φόβος απόρριψης αυτών από τους καταναλωτές. Κάτι τέτοιο δεν ισχύει σήμερα διότι, η χρήση υπερκρίσιμου διοξειδίου του άνθρακα αποτελεί χαρακτηριστικό διαφήμισης του προϊόντος στοχεύοντας στην ανάδειξη των ανέπαφων θρεπτικών συστατικών που διαθέτει ενώ παράλληλα επισημαίνεται η φιλική προς το περιβάλλον στάση της βιομηχανίας που το παράγει (Temeli, Saldana, & Comin, 2012).

Τα φυτικά έλαια αποτελούνται κυρίως από μη πολικά συστατικά όπως ελεύθερα λιπαρά οξέα, επομένως όπως είναι αναμενόμενο η εκχύλιση αυτών των συστατικών γίνεται με οργανικούς μη πολικούς διαλύτες όπως το εξάνιο. Το εξάνιο είναι ένας πολύ κοινός διαλύτης που χρησιμοποιείται στην μέθοδο εκχύλισης στερεού υγρού που αναλύεται παραπάνω. Ωστόσο, η χρήση του εξανίου υπόκειται σε αυστηρές κυρώσεις που αφορούν την προστασία του περιβάλλοντος αλλά και του ανθρώπου. Επιπροσθέτως, η μέθοδος εκχύλισης στερεού-υγρού εκθέτει τα έλαια σε υψηλές θερμοκρασίες με αποτέλεσμα την απώλεια βιοενεργών συστατικών. Λαμβάνοντας υπόψιν όλα τα παραπάνω το ενδιαφέρον των ερευνητών στράφηκε προς το υπερκρίσιμο διοξείδιο του άνθρακα το οποίο είναι επίσης μη πολικό και περισσότερο εκλεκτικό από το εξάνιο, ενώ παράλληλα το εκχυλιζόμενο έλαιο δεν εκτίθεται σε υψηλές θερμοκρασίες (Temeli, Saldana, & Comin, 2012).

Σε αυτό το σημείο είναι σημαντικό να αναφερθεί ο τρόπος με τον οποίο λειτουργεί η εκχύλιση με υπερκρίσιμο ρευστό. Η βασική αρχή λειτουργίας είναι παρόμοια

με αυτή της εκχύλισης στερεού-υγρού, μόνου που στην προκειμένη περίπτωση ο διαλύτης είναι υπερκρίσιμο ρευστό. Όταν μια ένωση θερμανθεί πάνω από το κρίσιμο σημείο της ενώ παράλληλα βρίσκεται υπό πίεση πάνω από το κρίσιμο σημείο της, μεταβαίνει σε μια υπερκρίσιμη κατάσταση, και ονομάζεται υπερκρίσιμο ρευστό. Το τελευταίο δεν μπορεί να θεωρηθεί υγρό ή αέριο καθώς παρουσιάζει χαρακτηριστικά και των δυο φάσεων, όπως χαμηλό ιξώδες παρόμοιο με αυτό των αερίων και υψηλή πυκνότητα παρόμοια με αυτή των υγρών (Chuo, et al., 2020).

Όπως και στην εκχύλιση με οργανικό διαλύτη, έτσι και με το υπερκρίσιμο ρευστό ο διαλύτης εισέρχεται στην στερεή μήτρα, διαλυτοποιεί τον αναλύτη και ο τελευταίος μεταφέρεται στον διαλύτη προκειμένου να παραληφθεί. Επιπλέον, ισχύουν οι ίδιες παράμετροι που επηρεάζουν την επιτυχία της εκχύλισης που είναι η θερμοκρασία, ο διαλύτης, η πίεση, ο ρυθμός ροής του διαλύτη, η φύση της μήτρας και ο χρόνος της διεργασίας. Όσον αφορά την φύση της μήτρας είναι σημαντικό να σχολιαστούν μερικοί βασικοί παράμετροι. Αρχικά είναι ζωτικής σημασίας η ρύθμιση της υγρασίας της φυτικής μήτρας. Στην περίπτωση που απαιτείται εκχύλιση μη πολικών ενώσεων όπως τα λιπίδια, η μήτρα θα πρέπει να διαθέτει όσο το δυνατόν λιγότερη υγρασία καθώς αυτή μπορεί να δράσει ανασταλτικά στην εκχύλιση. Ωστόσο στην περίπτωση που είναι επιθυμητή η εκχύλιση πολικών ενώσεων τότε το νερό μπορεί να δράσει ευεργετικά. Επιπλέον, εκτός από την υγρασία θα πρέπει να ρυθμιστεί και το κατάλληλο μέγεθος των σωματιδίων, καθώς στερεά σωματίδια μικρότερου μεγέθους αυξάνουν την επιφάνεια επαφής με τον διαλύτη και βελτιστοποιούν την απόδοση της εκχύλισης (Temeli, Saldana, & Comin, 2012).

Η συγκεκριμένη μέθοδος διαθέτει πληθώρα πλεονεκτημάτων συγκριτικά με άλλες μεθόδους παραλαβής φυτικών ελαίων όπως υψηλότερη εκλεκτικότητα, υψηλότερη ποιότητα ελαίου (Mu, et al., 2021) κάτι που οφείλεται στην χαμηλή θερμοκρασία και πίεση που εκτίθεται το έλαιο λόγω της φύσης του υπερκρίσιμου διοξειδίου του άνθρακα (Temeli, Saldana, & Comin, 2012) διατηρώντας ανέπαφη τη θρεπτική του αξία, ενώ παράλληλα το έλαιο που παραλαμβάνεται είναι απαλλαγμένο από βαρέα μέταλλα, ακαθαρσίες και οργανικούς διαλύτες (Jingfu, et al., 2022). Ταυτόχρονα, το διοξείδιο του άνθρακα αποτελεί έναν οικονομικό, διαθέσιμο, αδρανή και ασφαλή διαλύτη οποίος μπορεί να απομακρυνθεί πολύ εύκολα από το εκχύλισμα και να επαναχρησιμοποιηθεί, κάτι που τον καθιστά πράσινο διαλύτη και βοηθά στην διατήρηση του χαμηλού κόστους της μεθόδου (Herrera, et al., 2022). Ωστόσο ένα σημαντικό μειονέκτημα της μεθόδου είναι

ότι δεν επιτρέπει την εκχύλιση πολικών συστατικών. Προκειμένου να επιτευχθεί αυτό θα πρέπει να προστεθεί ένας συνδιαλύτης στο σύστημα, συνήθως κάποια αλκοόλη, η οποία θα παραλάβει κάποιες πολικές ενεργές ουσίες, όμως το εκχυλισμένο έλαιο θα πρέπει να υποβληθεί σε στάδιο ραφινάρισματος προκειμένου να απομακρυνθεί η αλκοόλη. Ακόμη ένα μειονέκτημα της μεθόδου είναι ότι διαθέτει μικρότερη απόδοση σε σχέση με την εκχύλιση με οργανικό διαλύτη. Προκειμένου να αυξηθεί η απόδοση της μεθόδου, αυξάνεται η πίεση κάτι που έχει σαν αποτέλεσμα την μείωση της καθαρότητας του παραλαμβανομένου ελαίου καθώς εκχυλίζονται ακαθαρσίες (Chuo, et al., 2020).

Η εκχύλιση με υπερκρίσιμο διοξείδιο του άνθρακα ευνοεί την εξερεύνηση και δημιουργία νέων προϊόντων που προέρχονται από φυτικές πρώτες ύλες προς την παραγωγή καινοτόμων φυτικών φαρμάκων, αλλά και αξιοποίηση παραπροϊόντων της βιομηχανίας τροφίμων όπως η παραλαβή διάφορων φυτικών ελαίων από τμήματα φυτών που υπό άλλες τεχνολογικές συγκυρίες θα αποτελούσαν απόβλητα (Jingfu, et al., 2022). Επιπλέον, η μέθοδος αυτή συνδυάζοντας τα χαρακτηριστικά του υπερκρίσιμου ρευστού παράγει προϊόντα που διατηρούν τα βιοενεργά συστατικά της φυτικής μήτρας από την οποία προήλθαν κάτι που οφείλεται στο χαμηλό κρίσιμο σημείο του διοξειδίου του άνθρακα (Herrera, et al., 2022) καθιστώντας την μέθοδο ιδανική για τα τρόφιμα παρά την χαμηλή της απόδοση συγκρινόμενη με την εκχύλιση με οργανικό διαλύτη (Chuo, et al., 2020).

### 2.2.3 Παραλαβή με Ψυχρή Έκθλιψη

Ως έλαια ψυχρής έκθλιψης θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν τα έλαια που έχουν παραχθεί με την χρήση μηχανικής πίεσης, χωρίς την εφαρμογή θερμότητας. Πρακτικά γίνεται διαχωρισμός των δύο φάσεων, της υγρής από τη στερεή και χρησιμοποιείται κυρίως για στερεές φυτικές μήτρες που διαθέτουν κάτω από 20% έλαιο (Çakaloğlu, Özyurt, & Ötleş, 2018). Επιπροσθέτως, σύμφωνα με τον Codex Alimentarius « Τα λάδια ψυχρής έκθλιψης λαμβάνονται, χωρίς αλλοίωση του λαδιού, μόνο με μηχανικές διαδικασίες, π.χ. αποβολή ή πίεση, χωρίς την εφαρμογή θερμότητας. Μπορεί να έχουν καθαριστεί μόνο με πλύσιμο με νερό, καθίζηση, διήθηση και φυγοκέντρωση.» (Chew, 2020).

Αναλυτικότερα, κατά αυτή τη μέθοδο παραλαβής, η φυτική μήτρα εισέρχεται στον μηχανισμό ψυχρής έκθλιψης και πιέζεται. Ο μηχανισμός διαθέτει δύο εξόδους, από

την μία εξέρχεται το έλαιο και από την άλλη παραλαμβάνεται η πάστα της φυτικής μήτρας (Çakaloğlu, Özyurt, & Ötleş, 2018). Το έλαιο παραλαμβάνεται χωρίς την χρήση κάποιου διαλύτη με αποτέλεσμα να μην δημιουργούνται απόβλητα κάτι που καθιστά τη μέθοδο ασφαλή τόσο για το περιβάλλον όσο και για τους εργαζόμενους καθώς δεν έρχονται σε επαφή με οργανικούς διαλύτες ή αέρια αυτών που μπορεί να είναι επιβλαβή για την υγεία (Ramadan, 2020). Ωστόσο, όπως και στις άλλες μεθόδους παραλαβής φυτικών ελαίων έτσι και στην ψυχρή έκθλιψη αρκετές φορές χρειάζεται μια προ επεξεργασία της α' ύλης πριν οδηγηθεί προς πίεση. Στην προκειμένη περίπτωση η πιθανές προ επεξεργασίες μπορεί να είναι ξήρανση και αποφλοιώση (Çakaloğlu, Özyurt, & Ötleş, 2018).

Όπως αναφέρθηκε, κατά την ψυχρή έκθλιψη δεν χρησιμοποιείται θέρμανση και χημικά με αποτέλεσμα να διατηρείται το χρώμα, το άρωμα και τα θρεπτικά συστατικά, αλλά και η διατήρηση των βιοδραστικών ουσιών (Yuenyong, Pokkanta, Phuangchaijai, Kittiwachana, & Mahatheeranont, 2021), όπως απαραίτητα λιπαρά οξέα, φαινόλες και φλαβονοειδή αλλά και τοκοφερόλες (Teh & Birch, 2013). Η διατήρηση των βιοδραστικών ουσιών αυτών των ελαίων αποτελεί το βασικό πλεονέκτημα της μεθόδου παραλαβής καθώς και το γεγονός ότι το τελικό προϊόν δεν περιέχει χημικά συνεπώς δεν απαιτεί ραφινάρισμα. Το γεγονός αυτό έχει τραβήξει το ενδιαφέρον των καταναλωτών για τα φυτικά έλαια ψυχρής έκθλιψης, καθώς τα έλαια που παράγονται με την μέθοδο αυτή είναι υψηλής ποιότητας και απολύτως ασφαλή για ανθρώπινη κατανάλωση. Άλλα πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι χαμηλό ενεργειακό κόστος και μικρό κόστος εγκατάστασης, διαθέτει μικρό χρόνο παραλαβής και είναι απλή στη χρήση (Çakaloğlu, Özyurt, & Ötleş, 2018).

Ωστόσο, θα πρέπει να αναφερθούν και τα μειονεκτήματα της ψυχρής έκθλιψης. Ένα από τα βασικότερα μειονεκτήματα είναι πως η ψυχρή έκθλιψη παραλαμβάνει λιγότερο έλαιο σε σχέση με άλλες μεθόδους και αυτό είναι ένας από τους λόγους που η εκχύλιση φυτικών ελαίων με οργανικό διαλύτη (Soxhlet) συνεχίζει να είναι η πιο κοινή μέθοδος παραλαβής (Al Juhaime, Ozcan, Ghafoor, Babiker, & Hussain, 2018). Τέλος, όπως αναφέρθηκε στα πλεονεκτήματα της μεθόδου, γίνεται εκχύλιση πολλών σημαντικών ενεργών συστατικών όπως τα ελεύθερα λιπαρά οξέα. Τα φυτικά έλαια που παραλαμβάνονται με ψυχρή έκθλιψη περιέχουν μεγαλύτερη ποσότητα λιπαρών οξέων σε σχέση με τις άλλες μεθόδους. Η αυξημένη ποσότητα σε αυτά τα οξέα είναι επιθυμητή από το καταναλωτικό κοινό καθώς αυξάνει την θρεπτική αξία του ελαίου όμως ταυτόχρονα το

έλαιο καθίσταται πιο επιρρεπές στην οξείδωση κάτι που οδηγεί στην μείωση της διάρκειας ζωής των ελαίων αυτών, συγκρινόμενα με ραφιναρισμένα έλαια (Ramadan, 2020).



### Κεφάλαιο 3: Φυτικά Έλαια Διασποράς Προς Μελέτη

Προέρχονται από τους σπόρους, τους καρπούς ή από την περαιτέρω επεξεργασία φυτικών υπολειμμάτων (φλούδες, φύλλα, πούλπα) τα οποία συνήθως αποτελούν ανεκμετάλλευτα παραπροϊόντα της βιομηχανίας (πχ βιομηχανία παραγωγής χυμών) (Savva & Kafatos, 2016). Τα φυτικά έλαια κατέχουν σημαντική θέση στη διατροφή του ανθρώπου από την αρχαιότητα, καθώς διαθέτουν πληθώρα βιοενεργών ενώσεων όπως πολύτιμα λιπαρά οξέα, αντιοξειδωτικά, μέταλλα, βιταμίνες και ιχνοστοιχεία. Ανάλογα με το κλίμα, το μέρος, την ωριμότητα και την γενετική του φυτού τα λιπαρά οξέα αλλά και οι άλλες ενώσεις μεταβάλλονται (Savva & Kafatos, 2016).

Όπως προαναφέρθηκε, τα εν λόγω έλαια, είναι αναπόσπαστο κομμάτι της διατροφής του ανθρώπου, συνεπώς πέρα από την οικιακή χρήση, συναντώνται και στη βιομηχανία τροφίμων. Χρησιμοποιούνται στην αρωματοποιία ως βάση αρωμάτων αλλά και για της μοναδικές πτητικές αρωματικές ενώσεις που διαθέτουν, βρίσκουν χρήση στον χώρο των καλλυντικών προϊόντων ιδιαίτερα για την παραγωγή σκευασμάτων που έχουν ως στόχο την αντιμετώπιση δερματικών προβλημάτων αλλά και σε προϊόντα που θέλουν να διαθέτουν ενυδατικό χαρακτήρα. Αξιοποιούνται ευρέως από την φαρμακοβιομηχανία τόσο για την απομόνωση σημαντικών βιοενεργών ουσιών για την δημιουργία φαρμάκων και αλοιφών όσο και στην ενσωμάτωσή τους στη λίστα συστατικών συμπληρωμάτων διατροφής. Παράλληλα, τα φυτικά έλαια αξιοποιούνται για την παραγωγή λιπαντικών, κεριών, βαφών, βιοντιζελ και βερνικιών.

Τα φυτικά έλαια θα μπορούσαν να κατηγοριοποιηθούν σε δύο μεγάλες ομάδες, ανάλογα με την ετήσια παραγωγή και πώλησή τους ή ανάλογα με την περιεκτικότητά τους σε πολύτιμα λιπαρά οξέα. Ωστόσο υπάρχει και μια τρίτη ομάδα, αυτή των gourmet ελαίων. Στην ομάδα αυτή πωλούνται έλαια με αρκετά αυξημένη τιμή που διαθέτουν ιδιαίτερη γεύση ή/και πολύ συγκεκριμένες ιδιότητες ενώ συνήθως δεν έχουν υποστεί ραφινάρισμα, κάτι που τους μειώνει την διάρκεια ζωής. Κάποια από τα gourmet έλαια χρησιμοποιούνται εδώ και χρόνια όπως το έλαιο από σπόρους κολοκύθας και το έλαιο καρυδιού στην Αυστρία και την Γαλλία αντίστοιχα, ενώ άλλα έλαια αποκτούν παροδική καταναλωτική ζήτηση (Dijkstra, 2016). Στον Πίνακα 3 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι %

περιεκτικότητες σε λιπαρά οξέα (παλμικό, στεαρικό, ελαϊκό, λινελαϊκό και α- λινολενικό

Πίνακας 3 % σύσταση σε λιπαρά οξέα σε διάφορα gourmet έλαια (Dijkstra, 2016)

Oil	16:0	18:0	18:1	18:2	18:3	Others
Almond oil	7	2	62	29		
Apricot kernel oil	6	3	72	18		
Argan oil	12	6	43	37	<1	
Artemisia seed oil	7		14	23	45	
Avocado oil	12	<1	71	12	<1	4% 16:1
Barley germ oil	20	1	19	50	10	
Basil seed oil	8	3	10	20	59	
Brazil nut oil	14	12	30	43		
Candlenut oil	4	1	29	42	24	
Cashew nut oil	12	9	58	21		
Chestnut oil	15		54	25		
Cupuaçu butter	7	31	44	5		11% 20:0
Grapeseed oil	7	3	18	70	<2	
Hazelnut oil	6	3	80	11		
Hempseed oil	6	2	12	55	21	4% γ-18:3
Macadamia nut oil	9	3	65	3		20% 16:1
Melon seed oil	12	7	10	71		
Mustard seed oil	<2	<1	22	14	7	47% 22:1
Niger seed oil	17	7	11	63		
Onion seed oil	7	3	25	65		
Parsley seed oil	3	4	81	11		
Peach stone oil	5	1	67	27		
Pecan nut oil	8	3	50	38	1	
Pine nut oil	5	3	29	44		17% Δ-5 acids
Pistachio oil	8	1	58	30		
Plum kernel oil	6	2	70	20		
Poppy-seed oil	10	2	11	72	5	
Pumpkin seed oil	6	6	35	52		
Tea seed oil	18	3	60	18		
Tobacco seed oil	10	2	12	76		
Tomato seed oil	14	6	22	54		
Walnut oil	7	2	21	58	12	
Watermelon seed oil	11	10	15	63		
Wheat germ oil	16	1	16	58	7	2% 20:1

οξύ αντίστοιχα) σε διάφορα gourmet έλαια, ενώ στον Πίνακα 3 παρουσιάζονται οι περιεκτικότητες σε διάφορες βιονεργές ενώσεις (με πράσινο χρώμα σημειώνονται κάποια από τα έλαια που μελετώνται στην παρούσα εργασία).

Πίνακας 4 Περιεκτικότητα σε mg/100g ελαίου σε διάφορες βιοενεργές ενώσεις (Sanva & Kafatos, 2016)

Oil	Choline, total (mg/100 g)	Phytosterols (mg/100 g)	Vitamin E (alpha-tocopherol) (mg/100 g)	Vitamin K (phylloquinone) (μg/100 g)
Almond oil	0.4	266	39.2	7.0
Apricot kernel oil		266	4.0	
Avocado oil				
Babassu oil		95	19.1	
Canola oil	0.2		17.5	71.3
Coconut oil	0.3	86	0.1	0.5
Cottonseed oil	0.2	324	35.3	24.7
Cupu assu oil		95	0.6	
Flaxseed oil	0.2		0.5	9.3
Grapeseed oil		180	28.8	
Hazelnut oil		120	47.2	
Mustard oil				
Oat oil			14.4	24.7
Olive oil	0.3	221	14.4	60.2
Palm oil	0.3		15.9	8.0
Peanut oil	0.1	207	15.7	0.7
Poppyseed oil		276	11.4	
Rice bran oil		1190	32.3	24.7
Safflower oil, high oleic	0.2	444	34.1	7.1
Safflower oil, linoleic over 70%		444	34.1	7.1
Sesame oil	0.2	865	1.4	13.6
Shea-nut oil		357		
Soybean oil	0.2		8.2	183.9
Sunflower oil, high oleic	0.2		41.1	5.4
Sunflower oil, linoleic less than 60%		100	41.1	5.4
Tomato-seed oil		100	3.8	
Walnut oil	0.4	176	0.4	15.0
Wheat germ oil	20.0	553	149.4	24.7

### 3.1 Έλαιο Αβοκάντο (Avocado Kernel Oil)

Η ποικιλία που χρησιμοποιείται περισσότερο για την παραγωγή ελαίου αβοκάντο ψυχρής έκθλιψης είναι η *Persea Americana Mill* ή *Hass*, καθώς διαθέτει έχει ισχυρά προστατευτικό δέρμα που προστατεύει την σάρκα του φρούτου (Permalia, Chang, Sealea, Hamida, & Kama, 2020). Αξίζει να σημειωθεί πως για να έχει εμπορική αξία το αβοκάντο για την παραγωγή ελαίου θα πρέπει η περιεκτικότητα του ελαίου πριν την ωρίμανση να είναι στο 8%, ενώ μετά την ωρίμανση μπορεί να φτάσει μέχρι το 20% (Ozdemir & Toruz, 2004). Η αύξηση της περιεκτικότητας του αβοκάντο σε έλαιο πραγματοποιείται στο μεσοκάρπιο σχετικά νωρίς και μπορεί να συσχετιστεί με την ηλικία του καρπού. Κατά την αύξηση του

ελαίου στο μεσοκάρπιο μειώνεται το ποσοστό του νερού, ώστε να επέλθει ισορροπία μεταξύ νερού και ελαίου κατά την διάρκεια ζωής του φρούτου (Ozdemir & Toruz, 2004).

Το έλαιο του αβοκάντο, όπως και το ίδιο το φρούτο, είναι πλούσιο σε φυτοχημικά, όπως οι χλωροφύλλες, τα καροτενοειδή και η α-τοκοφερόλη (Permala, Chang, Sealea, Hamida, & Kama, 2020). Σημειώνεται επίσης πως το έλαιο διαθέτει 71% μονοακόρεστα λιπαρά οξέα, 13% πολυακόρεστα λιπαρά οξέα και 16% κορεσμένα λιπαρά οξέα (Dreher & Davenport, 2012). Από το ποσοστό των μονοακόρεστων λιπαρών οξέων το 60 με 80% είναι ελαϊκό οξύ (Permala, Chang, Sealea, Hamida, & Kama, 2020).

Η ιδιαίτερη σύνθεση του ελαίου αβοκάντο το καθιστά ιδιαιτέρως θρεπτικό και ωφέλιμο για την υγεία. Η υψηλή περιεκτικότητα σε ελαϊκό οξύ έχει αντιφλεγμονώδη δράση και ρυθμίζει το λιπιδικό προφίλ του αίματος (Permala, Chang, Sealea, Hamida, & Kama, 2020). Άλλες ευεργετικές ιδιότητες του ελαίου είναι η προστασία του DNA, τόνωση της υγείας των ματιών και του δέρματος, ενώ δρα προστατευτικά απέναντι στο καρκίνο, στην καρδιαγγειακή υγεία και στην οστεοαρθρίτιδα, και τέλος ρυθμίζει την αρτηριακή πίεση και το οξειδωτικό stress (Dreher & Davenport, 2012). Τέλος, το έλαιο αβοκάντο αυξάνει την βιοδιαθεσιμότητα λιποδιαλυτών πρωτεϊνών (Permala, Chang, Sealea, Hamida, & Kama, 2020).

### 3.2 Έλαιο Αμυγδάλου (Almond Oil)

Τα αμύγδαλα αποτελούν έναν πολύτιμο καρπό για την διατροφή του ανθρώπου χάριν στο σύνολο των θρεπτικών συστατικών που διαθέτουν. Το συνολικό θρεπτικό προφίλ του καρπού επηρεάζεται άμεσα από το είδος του, την καλλιέργεια αλλά και την εποχή της συγκομιδής (Ouzir, El Bernoussi, Tabyaoui, & Taghzouti, 2021). Παρότι είναι γνωστό ότι το αμύγδαλο είναι ιδιαιτέρως θρεπτικό λίγοι γνωρίζουν ότι είναι εξαιρετικά πλούσιο σε αντιοξειδωτικά. Μελέτες έχουν δείξει πως το αμύγδαλο είναι ο πρώτος ξηρός καρπός σε αντιοξειδωτικά αμέσως μετά τα μούρα (Carunchia, Wang, & Han, 2015). Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι το 75% του συνόλου των αντιοξειδωτικών ουσιών εμπεριέχεται στο δέρμα του αμυγδάλου (Raseetha, Aida, Sukor, Azilah, & Ramli, 2022).

Το έλαιο αμυγδάλου αποτελεί ένα από τα καλύτερα εδώδιμα έλαια (Wang, Wang, Xiao, & Xu, 2019) και χρησιμοποιείται τόσο σε επίπεδο καταναλωτικού κοινού για προσωπική ή για γαστρονομική χρήση όσο και σε επίπεδο βιομηχανίας, κυρίως στον

τομέα των καλλυντικών (Barreira, και συν., 2019) αλλά και στη φαρμακοβιομηχανία (Özcan, Al Juhaïmi, Ghafoor, Babiker, & Özcan , 2019). Το πολύτιμο αυτό έλαιο παραλαμβάνεται και με τις τρεις προαναφερθείσες μεθόδους, ωστόσο η μέθοδος που αποφέρει το μεγαλύτερο κέρδος όσον αφορά την ποσότητα του παραγόμενου ελαίου είναι αυτή του οργανικού διαλύτη παράλληλα όμως το έλαιο που παραλαμβάνεται με αυτή τη μέθοδο είναι ποιοτικά φτωχότερο σε σχέση με τις άλλες μεθόδους (Roncero, et al., 2016). Επιπροσθέτως, με την χρήση της μεθόδου παραλαβής με οργανικό διαλύτη, το παραγόμενο έλαιο δεν μπορεί να θεωρηθεί παρθένο, συνεπώς, η επιλογή της μεθόδου έγκειται στην εκάστοτε βιομηχανία (Sakar, και συν., 2021).

Το έλαιο αμυγδάλου χρησιμοποιείται από την αρχαιότητα στην παραδοσιακή ιατρική της Κίνας, της Ινδίας και της Ελλάδας (Ahmad, 2010), διότι διαθέτει αντιοξειδωτική και αντιφλεγμονώδη δράση, ενώ παράλληλα ενδυναμώνει το ανοσοποιητικό σύστημα και προστατεύει το ήπαρ (Al-Attar A. , 2020). Επιπλέον προστατεύει την καρδιά, καθώς αυξάνει την «καλή» χοληστερόλη (Ahmad, 2010). Οι παραπάνω ωφέλιμες για την υγεία δράσεις προκύπτουν από την παρουσία μονοακόρεστων λιπαρών οξέων στο έλαιο, κυρίως ελαϊκό και λινελαϊκό, αλλά και άλλων ενώσεων όπως πολυφαινολών, στερολών και βιταμινών (Sakar, et al., 2021).

Το έλαιο αμυγδάλου χρησιμοποιείται κυρίως από την βιομηχανία καλλυντικών και αρωμάτων. Η περιεκτικότητά του σε ελαϊκό και λινελαϊκό οξύ το καθιστούν πολύτιμο συστατικό για την δημιουργία προϊόντων περιποίησης δέρματος, με ενυδατικές και επουλωτικές ιδιότητες (Ahmad, 2010). Επιπλέον, χρησιμοποιείται στην γαστρονομία ως dressing αλλά και ως συστατικών διαφόρων ειδών σάλτσας (Sakar, και συν., 2021).

### 3.3 Έλαιο Βερίκοκο (Apricot Kernel Oil)

Το βερίκοκο προέρχεται από Κίνα, όμως μέσω του εμπορίου ήρθε στην Ευρώπη μέσω της Αρμενίας από όπου πήρε και την λατινική ονομασία του *Prunus armeniaca L.* Καλλιεργείται σε όλο τον κόσμο με κύριους εκπροσώπους την Τουρκία, την Αλγερία, την Ιταλία, το Πακιστάν και το Ιράν (Kiralan, Özkan, Kucukoner, & Ozcelik, 2019). Αποτελεί έναν εξαιρετικά δημοφιλή καρπό ο οποίος καταναλώνεται για την μοναδική γεύση και άρωμά του (Huang, Tang, Liu, Huang, & Ye, 2022). Η ετήσια παραγωγή του αγγίζει τους 3,8

εκατομμύρια τόνους (Kiralan, Özkan, Kucukoner, & Ozcelik, 2019), κατέχοντας μια εξέχουσα θέση στην εμπορία φρούτων.

Δεδομένης της εκτεταμένης καλλιέργειας του βερίκοκου και της κατανάλωσης του, είναι εύκολο να συμπεράνει κανείς πως θα υπάρχουν και εκτεταμένα παραπροϊόντα του βερίκοκου όπως ο πυρήνας του. Ο τελευταίος είναι πολύτιμη πρώτη ύλη για την βιομηχανία καθώς χρησιμοποιείται για την παραγωγή ελαίων, βενζαλδεΐδης, ενεργού άνθρακα, καλλυντικών και αρωμάτων (Bhanger, Anwar, Menon, & Qadir, 2020) (Kiralan, Özkan, Kucukoner, & Ozcelik, 2019). Επιπροσθέτως, οι πυρήνες μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για την παρασκευή ζωοτροφών, ωστόσο αν οι πυρήνες είναι πικροί (*Prunus armeniaca amara*) είναι τοξικοί λόγω της περιεκτικότητας του σε κυάνιο (Fadhil A. , 2017).

Οι πυρήνες διαθέτουν μεγάλη ποικιλία φυτοχημικών ουσιών, που έχουν ευεργετική δράση στην υγεία του ανθρώπου (Zhang, και συν., 2011). Οι πυρήνες έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε έλαιο περίπου 49 με 56 %, διαιτητικές πρωτεΐνες και φυτικές ίνες (Kiralan, Özkan, Kucukoner, & Ozcelik, 2019), για αυτό και αξιοποιούνται στο μέγιστο για την παραγωγή βερικοκέλαιου. Το βερικοκέλαιο μπορεί να παραληφθεί με πληθώρα μεθόδων όπως θερμή και ψυχρή έκθλιψη, με χρήση διαλύτη, υπερήχων, υπερκρίσιμου ρευστού, αλλά και με την χρήση ενζύμων (Hao, et al., 2022).

Το παραγόμενο έλαιο αποτελείται από 92 – 98% λιπίδια, φυτοστερόλες, β-καροτένιο και τοκοφερόλες (Bhanger, Anwar, Menon, & Qadir, 2020). Το λιπιδικό προφίλ αποτελείται κυρίως από ελαϊκό και λινελαϊκό οξύ (Zhang, και συν., 2011), ενώ συνολικά αποτελείται από 13% κορεσμένα και 86% ακόρεστα λιπαρά οξέα (Bhanger, Anwar, Menon, & Qadir, 2020). Η λιπιδική του σύσταση σε συνδυασμό με τα αντιοξειδωτικά συστατικά που διαθέτει, καθιστά το βερικοκέλαιο κατάλληλο προς ανθρώπινη κατανάλωση και αρκετά σταθερό κατά το τηγάνισμα (Kiralan, Özkan, Kucukoner, & Ozcelik, 2019).

Με βάση το προφίλ των συστατικών που απαρτίζουν το βερικοκέλαιο είναι εύκολο να συμπεράνει κανείς πως το έλαιο πέρα από μαγειρική χρήση διαθέτει και φαρμακευτική. Μεταξύ των ευεργετικών για την υγεία ιδιοτήτων του είναι προστασία έναντι βακτηρίων και μυκήτων, αντιοξειδωτική και αντιγηραντική ιδιότητα (Bhanger, Anwar, Menon, & Qadir, 2020).

### 3.4 Έλαιο Γαϊδουράγκαθου (Milk Thistle oil)

Η λατινική ονομασία του γαϊδουράγκαθου είναι *Silybum marianum* της οικογένειας *Asteraceae*, το οποίο φύεται κυρίως στην περιοχή της Μεσογείου (Rahal, Barba, Barth, & Chevalot, 2015). Το γαϊδουράγκαθο είναι ένα σημαντικό φαρμακευτικό βότανο και καλλιεργείται για τις φαρμακευτικές του ιδιότητες οι οποίες οφείλονται στην πληθώρα βιοενεργών και αντιοξειδωτικών ουσιών (Milovanovic, και συν., 2022).

Το βασικό βιοενεργό συστατικό του γαϊδουράγκαθου είναι μια ομάδα φλαβολιγνανών που φέρει το όνομα σιλυμαρίνη. Η ομάδα της σιλυμαρίνης αποτελεί το 1,5 με 3,5% του συνολικού βάρους του φυτού (Duran, Ötles, & Karasulu, 2019). Η σιλυμαρίνη εντοπίζεται σε όλο το φυτό αλλά η μεγαλύτερη συγκέντρωση βρίσκεται στους σπόρους (Zhang, Wang, Liu, Li, & Che, 2020). Η ευεργετική δράση της σιλυμαρίνης είναι γνωστή εδώ και πολλές χιλιάδες χρόνια για τις ευεργετικές δράσεις στον οργανισμό και για αυτό χρησιμοποιείται στην παραδοσιακή ιατρική της Ευρώπης και της Ασίας (Rahal, Barba, Barth, & Chevalot, 2015). Η σιλυμαρίνη διαθέτει αντιοξειδωτικές και αντιφλεγμονώδεις δράσεις και έρευνες δείχνουν να βελτιώνει την λειτουργία του συκωτιού και να μειώνει τις παρενέργειες της χημειοθεραπείας και της ακτινοβολίας (Duran, Ötles, & Karasulu, 2019). Συνολικά το γαϊδουράγκαθο φαίνεται να έχει και άλλες σημαντικές ιδιότητες που είναι ωφέλιμες για την υγεία όπως προστασία κατά της παχυσαρκίας, της υπέρτασης, του διαβήτη και του καρκίνου (Zhang, Wang, Liu, Li, & Che, 2020).



Εικόνα 2 Γαϊδουράγκαθο  
<https://www.gaiaherbs.com/blogs/herbs/milk-thistle>

Προκειμένου να παραληφθεί η σιλυμαρίνη πρέπει πρώτα να απομακρυνθεί το έλαιο. Οι συνηθέστερες μέθοδοι παραλαβής του ελαίου είναι η ψυχρή έκθλιψη και η χρήση υπερκρίσιμου ρευστού. Το γαϊδουράγκαθο περιέχει 20-30% έλαιο το οποίο είναι πλούσιο σε ακόρεστα λιπαρά οξέα όπως το λινελαϊκό και το ελαϊκό οξύ (Zhang, Wang, Liu, Li, & Che, 2020). Επιπροσθέτως, το έλαιο του γαϊδουράγκαθου διαθέτει πληθώρα βιοενεργών συστατικών όπως φαινόλες, τοκοφερόλες και φυτοστερόλες (Karaiskou, Kasapidou, Michailidis, Markantonatos, & Basdagianni, 2021).

Δεδομένης της σύνθεσης του φυτού είναι αναμενόμενη η χρήση του στη φαρμακοβιομηχανία, κυρίως για την παραγωγή σκευασμάτων σιλυμαρίνης. Γενικότερα, τα παραπροϊόντα από την παραγωγή της τελευταίας μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή τροφίμων, ζωοτροφών, καλλυντικών και βιοενέργειας (Duran, Ötles, & Karasulu, 2019). Επιπροσθέτως, το γαϊδουράγκαθο χρησιμοποιείται και σε προσωπικό επίπεδο σε σαλάτες για την αντικατάσταση του σπανακιού ή ύστερα από ψήσιμο τα σπόρια του φυτού ως υποκατάστατο του καφέ (Rahal, Barba, Barth, & Chevalot, 2015). Τέλος, τα φύλλα, τα λουλούδια και τα βλαστάρια μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε σαλάτες (Zhang, και συν., 2011).

### 3.5 Έλαιο Δαμάσκηνου (Plum Kernel Oil)

Τα δαμάσκηνα αποτελούν μέλη του γένους *Prunus*, ενώ τα πιο διαδεδομένα δαμάσκηνα στην Ευρώπη ανήκουν στο είδος *Prunus domestica* L. (Gornas, και συν., 2015). Τα εμπορικά αποξηραμένα δαμάσκηνα ανήκουν στο προαναφερθέν είδος (Staciewicz-Sapuntzakis, Bowen, Hussain, Damayanti-Wood, & Farnsworth, 2010) και αποτελούν ένα πολύ δημοφιλές σνακ. Γενικότερα το δαμάσκηνο είναι ένα αγαπητό από τους καταναλωτές επεξεργασμένο φρούτο (Górnas, Rudzinska, & Soliven, 2017) και για αυτόν τον λόγο η ετήσια παραγωγή του αγγίζει τους 11 τόνους (Gornas, και συν., 2015).

Όπως είναι φυσικό η παραγωγή προϊόντων που βασίζονται στο δαμάσκηνο, οδηγεί και στην παραγωγή ανεκμετάλλευτων παραπροϊόντων όπως το λάδι δαμάσκηνο. Οι πυρήνες του δαμάσκηνο περιέχουν μεγάλο ποσοστό ελαίου, περί το 30%, το οποίο είναι πλούσιο σε βιοενεργές ενώσεις όπως λιπίδια, φαινόλες αλλά και πρωτεΐνες (Savić, Gajic, & Gajic, 2020). Ωστόσο είναι σημαντικό να αναφερθεί, πως οι πυρήνες του δαμάσκηνο περιέχουν μια ουσία γνωστή ως αμυγδαλίνη η οποία μπορεί να μετατραπεί σε υδροκυάνιο παρουσία ενζύμων όπως η β-γλυκοσιδάση, και για αυτό συνήθως τα παραπροϊόντα του δαμάσκηνο ελέγχονται για την παρουσία αμυγδαλίνης πριν την περαιτέρω επεξεργασία τους (Gornas, και συν., 2015). Το έλαιο παραλαμβάνεται από τους πυρήνες του δαμάσκηνο με ψυχρή έκθλιψη και με χρήση οργανικού διαλύτη (Gajic & Savić, 2022).

Το έλαιο από το δαμάσκηνο διαθέτει ισχυρή αντιοξειδωτική ικανότητα η οποία είναι αποτέλεσμα της πληθώρας βιοενεργών ουσιών που διαθέτει όπως τοκοφερόλες και



φαινολικά συστατικά όπως βανιλικό οξύ και ρουτίνη (Mateus, και συν., 2022), ενώ παράλληλα διαθέτει και ελαϊκό, λινελαϊκό οξύ και πρωτεΐνες (Savic, Gajic, & Gajic, 2020).

Το έλαιο χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή καλλυντικών προϊόντων για την καταπολέμηση της ξηρότητας του δέρματος καθώς περιέχει υψηλές ποσότητες βιταμίνης E (Savic & Savic Gajic, 2020). Κλείνοντας, χρησιμοποιείται και στην βιομηχανία τροφίμων ως αρωματικός παράγοντας σε διάφορα προϊόντα όπως κρέμες βαλσάμικου ξυδιού.

### 3.6 Έλαιο Ιπποφαούς (Sea buckthorn oil)

Το ιπποφαές είναι ένας αγκαθωτός θάμνος ιδιαίτερα ανθεκτικός σε διάφορα κλίματα. Μπορεί να αναπτυχθεί από εξαιρετικά ψυχρά κλίματα έως ιδιαίτερα θερμά και σε διάφορα υψόμετρα, από το ύψος της θάλασσας έως πολύ μεγάλα υψόμετρα (Sharma & Kalkal, 2018). Η λατινική ονομασία του είναι *Hipporrhoe L.* και ανήκει στην οικογένεια *Elaeagnaceae*, το γένος *Hipporrhoe L.* περιλαμβάνει έξι είδη με κύριο εκπρόσωπο το *Hipporrhoe rhamnoides L.* (Zhao, et al., 2017).



Εικόνα 3 Ιπποφαές  
<https://www.mednutrition.gr/portal/efarmoges/leksi-ko-diatrofis/13046-ippofaes>

Όπως αναφέρθηκε είναι εξαιρετικά προσαρμοστικό σε ακραία περιβάλλοντα και φύεται στην Ασία και στην Ευρώπη (Sharma & Kalkal, 2018).

Οι περιβαλλοντικές συνθήκες στις οποίες αναπτύσσεται ο συγκεκριμένος θάμνος επηρεάζει τις ποικίλες βιοενεργές ουσίες που διαθέτει. Συνολικά όλα τα μέρη του φυτού διαθέτουν τέτοιες ουσίες, προσδίδοντας στο ιπποφαές εξαιρετικές φαρμακευτικές ιδιότητες αλλά και σημαντική διατροφική αξία (Basu, και συν., 2007). Έρευνες έχουν δείξει πως στον κορμό, στα φύλλα και στα φρούτα του ιπποφαούς εντοπίζονται τουλάχιστον εκατών ενενήντα διαφορετικές βιοενεργές ουσίες που περιλαμβάνουν βιταμίνες (A,B,C,E και K) (Sharma & Kalkal, 2018), σάκχαρα, αμινοξέα, οργανικά οξέα, λιπαρά οξέα, καροτενοειδή, τοκοφερόλες,, φλαβονοειδή, φυτοστερόλες και μέταλλα (Sharma & Kalkal, 2018) (Ting, και συν., 2011) (Zhao, και συν., 2017).

Όπως και το ίδιο το φυτό, το έλαιο που προέχεται από το υποφαές είναι εξαιρετικά πλούσιο σε βιοενεργές ουσίες, αλλά διαθέτει και ιδιαίτερες φυσικές ιδιότητες όπως χαμηλό ιξώδες και υψηλή διαπερατότητα (Sharma & Kalkal, 2018). Οι βιοενεργές ενώσεις που απαντώνται στο έλαιο υποφαούς είναι καροτενοειδή, τοκοφερόλες (α,β,γ και δ), λιπαρά οξέα των ομάδων ω – 3 και 6 ( λινελαϊκό και λινολενικό), φυτοστερόλες (Sharma & Kalkal, 2018) (Basu, και συν., 2007). Η συνηθέστερη μέθοδος παραλαβής του ελαίου είναι ψυχρή έκθλιψη (Zielińska & Nowak, 2017) και η χρήση οργανικού διαλύτη, κυρίως η-εξανίου. Ωστόσο, ανάλογα με την εκάστοτε βιομηχανία μπορεί να παραληφθεί και με την μέθοδο του υπερκρίσιμου ρευστού αλλά και των μικροκυμάτων (Vilas-Franquesa, Saldo, & Juan, 2022).

Το σύνολο των παραπάνω ουσιών προσδίδουν στο φυτό και συνεπώς στο έλαιο μοναδικές φαρμακευτικές ιδιότητες. Ειδικότερα το υποφαές και συνεπώς το έλαιο του διαθέτουν αντιοξειδωτική και αντιφλεγμονώδης ικανότητα, προστασία κατά της δημιουργίας όγκων και προστασία του δέρματος (Zhao, και συν., 2017). Γενικότερα το υποφαές χρησιμοποιείται για την θεραπεία παθήσεων του δέρματος όπως της ατοπικής δερματίτιδας, λεύκανσης των σημαδιών ακμής αλλά και επούλωσης των εγκαυμάτων (Sharma & Kalkal, 2018). Άλλες φαρμακευτικές ιδιότητες είναι προστασία από καρδιαγγειακά νοσήματα, νευροπροστασία, αντιμικροβιακή δράση και σε γαστρικές παθήσεις (Ting, και συν., 2011).

Δεδομένης της ιδιαίτερης φαρμακευτικής ιδιότητας του υποφαούς χρησιμοποιείται εκτενώς στη φαρμακοβιομηχανία ως κύριο συστατικό σε συμπληρώματα διατροφής (Sharma & Kalkal, 2018). Επιπλέον βρίσκει ευρεία χρήση στη βιομηχανία τροφίμων ως συστατικό σε ροφήματα, χυμούς και μαρμελάδες, ενώ συναντάται αρκετά και σε καλλυντικά προϊόντα όπως αφρόλουτρα και προϊόντα περιποίησης προσώπου (Sharma & Kalkal, 2018).

### 3.7 Έλαιο Καρότου (Carrot Oil)

Το καρότο (*Daucus carota* L.) είναι ένα ριζικό λαχανικό με χαρακτηριστικό πορτοκαλί χρώμα, ωστόσο μπορεί να βρεθεί και με άλλα χρώματα όπως μαύρο, κόκκινο, κίτρινο και μωβ (Aksu , Incegul, Kiralan, Kiralan , & Ozkan, 2020). Η προέλευση του εντοπίζεται στην περιοχή της Περσίας και χρονολογείται περίπου δέκα αιώνες πριν. Σήμερα, η Ευρώπη και

η Ασία πρωταγωνιστούν στην παραγωγή καρότων (Boadi, και συν., 2021). Πρόκειται για μια εξαιρετικά σημαντική σοδιά, καθώς το καρότο καταναλώνεται από πολύ μεγάλη μερίδα ανθρώπων παγκοσμίως. Μετά από έρευνες του *Food and Agriculture Organization (FAO)* παράγονται σαράντα πέντε εκατομμύρια τόνοι καρότου ετησίως (Klettenhammer, Ferrentino, Zendehbad, Morozova, & Scampicchio, 2022).

Τα καρότα κατέχουν ιδιαίτερη θέση στην διατροφή του ανθρώπου διότι είναι πλούσια σε σημαντικές ουσίες, απαραίτητες για την ορθή λειτουργία του οργανισμού. Κάποιες από αυτές τις ενώσεις είναι οι ανθοκυανίνες και τα καροτενοειδή και πιο συγκεκριμένα α και β καροτένιο, λυκοπένιο και λουτεΐνη. Τα καροτενοειδή είναι πρόδρομες ενώσεις για τον σχηματισμό της βιταμίνης Α (Boadi, και συν., 2021).

Η παρουσία των προαναφερθέντων συστατικών σε συνδυασμό με τις φαινολικές ενώσεις που υπάρχουν στα καρότα, δίνουν το χαρακτηριστικό άρωμα και γεύση των καρότων αλλά και τις ευεργετικές για την υγεία ιδιότητες αυτών. Πιο συγκεκριμένα, η κατανάλωση του καρότου συνδέεται με την ενίσχυση του ανοσοποιητικού συστήματος, την βελτίωση ασθενειών των ματιών όπως η ωχρά κηλίδα, αλλά και προσφέρει αντιοξειδωτική δράση (Seregelj, και συν., 2020).

Συνήθως το καροτέλαιο παράγεται με την μέθοδο της ψυχρής έκθλιψης. Πρόκειται για ένα πολύτιμο έλαιο, καθώς περιέχει ακόρεστα λιπαρά οξέα με κύριο εκπρόσωπο το ελαϊκό οξύ (Gao, Yang, & Birch, 2016), τοκοφερόλες και φαινολικές ενώσεις. Έχει παρόμοια σύσταση με άλλα φυτικά έλαια και έχει αντιμικροβιακή και αντιοξειδωτική δράση, ενώ βρίσκει χρήση στη μαγειρική αλλά και στη βιομηχανία καλλυντικών για την ενίσχυση της αντιηλιακής δράσης (Aksu , Incegul, Kiralan, Kiralan , & Ozkan, 2020).

### 3.8 Έλαιο Καρύδας (Coconut Oil)

Η γνωστή σε όλους καρύδα προέρχεται από ένα φοινικόδεντρο με την λατινική ονομασία *Cocos nucifera* της οικογένειας *Arecaceae*, που είναι το πι διαδεδομένο είδος από τα 14 είδη καρύδας (Τσάκνης, Κοκοκαρυέλαιο, 2018). Είναι ένα πολύ διάσημο φρούτο και το δέντρο του ονομάζεται και «δέντρο της ζωής» (Sandupama, Munasinghe, & Jayasinghe, 2022).

Όλα τα μέρη του φυτού της καρύδας είναι σημαντικά, αλλά το λάδι που παραλαμβάνεται είναι το πιο πολύτιμο. Πρόκειται για βασικό συστατικό της μαγειρικής και της διατροφής γενικότερα στις περισσότερες ασιατικές χώρες (Sandurama, Munasinghe, & Jayasinghe, 2022). Πρόκειται για ένα έλαιο με πολύ χαμηλό σημείο τήξης, περίπου 24°C, ενώ σε χαμηλές θερμοκρασίες είναι στερεό και διαθέτει ανοιχτό χρώμα και χαρακτηριστικό άρωμα καρύδας (Τσάκνης, Κοκοκαρυέλαιο, 2018). Με την σωστή διατήρηση του, το έλαιο καρύδας διαθέτει μακρά διάρκεια ζωής και υψηλή οξειδωτική σταθερότητα, για τον λόγο αυτό χρησιμοποιείται ως πρόσθετο φυσικό αντιοξειδωτικό σε άλλα φυτικά έλαια (Osman, 2019). Πέρα από την οικιακή χρήση βρίσκει ευρεία εφαρμογή στην αρτοποιηχανία, στην βιομηχανία καλλυντικών και φαρμάκων (Osman, 2019) αλλά και στην παραγωγή βιοντιζελ και λιπαντικών (Kumar Das, Shill, & Chatterjee, 2022).

Το εμπορικό έλαιο καρύδας παραλαμβάνεται από τον αποξηραμένο πυρήνα των ώριμων καρυδών με μηχανική άλεση (Sandurama, Munasinghe, & Jayasinghe, 2022) και υποβάλλεται σε ραφινάρισμα, λεύκανση και απόσμηση (Ramesh, Krishnan, Praveen, & Hebbar, 2021). Σε αντίθεση με την παραπάνω διαδικασία το παρθένο έλαιο καρύδας παραλαμβάνεται από το φρέσκο κοκοκάρυδο χωρίς την χρήση θερμότητας και χημικής επεξεργασίας (Osman, 2019). Η χρήση του παρθένου ελαίου καρύδας αυξάνεται όλο και περισσότερο καθώς διατηρεί αναλλοίωτα τα θρεπτικά συστατικά της καρύδας και συνεπώς προτιμάται από τους καταναλωτές (Sandurama, Munasinghe, & Jayasinghe, 2022).

Το έλαιο καρύδας διαθέτει μεσαίας αλυσίδας λιπαρά οξέα ενώ έχουν απομονωθεί p-κουμαρικό οξύ, φερουλικό οξύ, καφεϊκό οξύ και κατεχίνες (Osman, 2019). Το παρθένο έλαιο καρύδας διαθέτει υψηλότερο φαινολικό περιεχόμενο από το ραφιναρισμένο (Ramesh, Krishnan, Praveen, & Hebbar, 2021) για αυτό και βρίσκει μεγαλύτερη αποδοχή από τους καταναλωτές σε σχέση με το ραφιναρισμένο που χρησιμοποιείται περισσότερο από την βιομηχανία. Έρευνες έχουν δείξει πως το παρθένο έλαιο καρύδας έχει εξαιρετικά ευεργετικές ιδιότητες για τον οργανισμό όπως μείωση της χοληστερίνης, του σακχάρου και της πίεσης, ενώ το φερουλικό οξύ έχει σημαντικές αντιοξειδωτικές, αντιφλεγμονώδεις και νευροπροστατευτικές ικανότητες (Ramesh, Krishnan, Praveen, & Hebbar, 2021).

### 3.9 Έλαιο Καρυδιού (Walnut Oil)

Ο σπόρος του δέντρου *Juglans regia* της οικογένειας *Juglandaceae* (Anwar, Qadir, & Abbas, 2020) είναι γνωστός ως καρύδι και αποτελεί μία από τις παλαιότερες τροφές του ανθρώπου και προέρχεται από την Ασία (Rebufa, Artaud, & Le Dreau, 2022). Με την άνθιση του εμπορίου το καρύδι άρχισε να καλλιεργείται στην Ευρώπη κατά την Ρωμαϊκή περίοδο (Fregarane, Ojeda-Amador, & Desamparados Salvador, 2019). Σήμερα καλλιεργείται σε όλο τον κόσμο, με την Κίνα να έχει την μεγαλύτερη παραγωγή (Anwar, Qadir, & Abbas, 2020).

Το καρύδι βρίσκει ευρεία χρήση τόσο σε οικιακό επίπεδο όσο και σε επίπεδο εστίασης. Μπορεί να καταναλωθεί ως σνακ, ως συστατικό προϊόντων πρωινού, σε σαλάτες και σε σούπες (Khir & Pan, 2019). Επιπλέον χρησιμοποιείται από την βιομηχανία τροφίμων ως συστατικών διαφόρων αρτοσκευασμάτων και προϊόντων ζαχαροπλαστικής. Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια, η απαίτηση των καταναλωτών για ποικιλία φυτικών ελαίων με υψηλή διατροφική αξία οδήγησε στην αύξηση της δημοφιλίας του ελαίου καρυδιού. Η πιο κοινή μέθοδος παραλαβής του ελαίου αυτού είναι η ψυχρή έκθλιψη (Zhang, Han, Zheng, & Yan, 2022).

Πρόκειται για ένα έλαιο με υψηλή διατροφική αξία με μεγάλη χρήση από διάφορους βιομηχανικούς τομείς. Χρησιμοποιείται για την παραγωγή προϊόντων περιποίησης καθώς διαθέτει ενυδατικές και αντιγηραντικές ιδιότητες (Khir & Pan, 2019). Όπως και τα καρύδια, έτσι και το έλαιο χρησιμοποιείται ευρέως στην μαγειρική ως dressing σε σαλάτες αλλά και ως γκουρμέ καρύκευμα (Anwar, Qadir, & Abbas, 2020). Όμως αυτό που το καθιστά ανεκτίμητο είναι η σύστασή του καθώς αποτελεί εξαιρετική πηγή πολύτιμων για την διατήρηση της υγείας συστατικών.

Το έλαιο καρυδιού είναι πλούσιο σε βιταμίνες, σε μόνο- και πόλυ- ακόρεστα λιπαρά οξέα όπως ελαϊκό, λινελαϊκό και λινολενικό οξύ (Yu, και συν., 2022), επιπλέον διαθέτει φωσφολιπίδια, στερόλες και τοκοφερόλες (Fregarane, Ojeda-Amador, & Desamparados Salvador, 2019) ενώ αποτελεί φυσική πηγή σκουαλένιου (Gao, Yang, & Birch, 2016), βιταμινών, μαγνησίου, καλίου και χαλκού (Ganji, et al., 2017). Η περιεκτικότητα του ελαίου καρυδιού σε ακόρεστα λιπαρά οξέα και σε φυσικά αντιοξειδωτικά όπως οι τοκοφερόλες του προσδίδουν σημαντική οικονομική αξία αλλά και αυξημένη ζήτηση από το αγοραστικό κοινό, καθώς το τελευταίο αποζητά τα

ευεργετικά αποτελέσματα για την υγεία που προκύπτουν από την κατανάλωση του ελαίου. Τα οφέλη από την κατανάλωση ελαίου καρυδιού είναι πολλαπλά καθώς διαθέτει αντιοξειδωτικές και αντιφλεγμονώδεις ιδιότητες, προστατεύει το καρδιαγγειακό σύστημα, ενώ δρα ενάντια στον διαβήτη και στη ρευματοειδή αρθρίτιδα (Ganji, και συν., 2017).

### 3.10 Έλαιο Καφέ (Coffee Oil)

Ο καφές σε οποιαδήποτε μορφή αποτελεί αναπόσπαστη και καθημερινή συνήθεια για πολύ μεγάλο κομμάτι του παγκόσμιου πληθυσμού. Είναι τόσο διαδεδομένο ρόφημα που αποτελεί το δεύτερο πιο εμπορικό αγαθό μετά το πετρέλαιο και υπολογίζεται πως ετησίως καταναλώνονται περί τους 10 τόνους καφέ (Araujo, Carvalho dos Santos, do Carmo Diniz, Cesar de Carvalho, & Corazza, 2022). Οι δύο πιο κοινές ποικιλίες καφέ που καλλιεργούνται είναι η *Coffea arabica* και η *Coffea canephora* γνωστή και ως ποικιλία robusta, με τη πρώτη ποικιλία να διαθέτει τα καλύτερα ποιοτικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά (Araujo, Carvalho dos Santos, do Carmo Diniz, Cesar de Carvalho, & Corazza, 2022). Ωστόσο, η τόσο μεγάλη παραγωγή διαφόρων προϊόντων καφέ οδηγεί στην δημιουργία παραπροϊόντων, κυρίως με την μορφή στερεού υπολείμματος, γνωστό ως κατακάθι (Ishwarya & Nisha, 2021).

Το στερεό υπόλειμμα αποτελεί το βασικό παραπροϊόν της βιομηχανίας καφέ το οποίο αντιπροσωπεύει σχεδόν το 50% του συνολικού βάρους του παραγόμενου καφέ (Araujo, Carvalho dos Santos, do Carmo Diniz, Cesar de Carvalho, & Corazza, 2022). Το βασικό προϊόν καφέ που παράγει το συγκεκριμένο παραπροϊόν είναι ο στιγμιαίος καφές. Πιο συγκεκριμένα για κάθε τόνο στιγμιαίου καφέ παράγονται δύο τόνοι κατακαθιού (Ishwarya & Nisha, 2021). Ωστόσο, σημαντικό είναι να αναφερθεί πως για πολλά χρόνια το στερεό υπόλειμμα ύστερα από θερμική επεξεργασία, απορρίπτονταν σε χωματερές με αποτέλεσμα να επηρεάζεται αρνητικά το περιβάλλον (Araujo, Carvalho dos Santos, do Carmo Diniz, Cesar de Carvalho, & Corazza, 2022).

Με την συνεχή ανάγκη για αξιοποίηση των αποβλήτων τόσο για την προστασία του περιβάλλοντος αλλά όσο και για την παραλαβή ουσιών που είναι δεσμευμένες σε αυτά, το κατακάθι του στιγμιαίου καφέ εκμεταλλεύτηκε προς την παραγωγή ελαίου. Πρόκειται για ένα έλαιο με πληθώρα βιοενεργών ουσιών λιπίδια, στερόλες, μέταλλα και

διτερπένια παράλληλα περιέχει σημαντικές ποσότητες παλμιτικού και λινελαϊκού οξέος (Araujo, Carvalho dos Santos, do Carmo Diniz, Cesar de Carvalho, & Corazza, 2022), αλλά και ισχυρά αντιοξειδωτικές ενώσεις όπως πολυφαινόλες (Sharma, Ray, & Singhal, 2021). Το έλαιο αυτό συχνά χρησιμοποιείται από την βιομηχανία καφέ για ενισχυτικό γεύσης στον καβουρδισμένο καφέ, αλλά και από την βιομηχανία τροφίμων ως πρόσθετο γεύσεως και αρώματος σε προϊόντα αρτοποιίας και ζαχαροπλαστικής (Sharma, Ray, & Singhal, 2021).

Είναι σημαντικό να αναφερθεί πως υπάρχει και ένα άλλο είδος ελαίου και αφορά το έλαιο που παραλαμβάνεται από τους άψητους κόκκους καφέ, το οποίο χρησιμοποιείται περισσότερο από την βιομηχανία καλλυντικών, καθώς διαθέτει αντιηλιακές, αντιγηραντικές και ενυδατικές ιδιότητες (Vidal, και συν., 2022).

### 3.11 Έλαιο Κολοκύθας (Pumpkin Seed Oil)

Η γνωστή σε όλους πορτοκαλί, στρογγυλή κολοκύθα ονομάζεται *Cucurbita pepo* και ανήκει στην οικογένεια *Cucurbitaceae* (Klein da Cruz, και συν., 2022). Η οικογένεια που ανήκει η κολοκύθα είναι από της μεγαλύτερες και περιλαμβάνει και άλλα γνωστά μέλη όπως το καρπούζι, το πεπόνι και το αγγούρι. Λέγεται ότι προήλθε από την αμερικανική και την ευρωπαϊκή ήπειρο, όμως σήμερα καλλιεργείται σε όλα τα μέρη του κόσμου, με την Κίνα να κατέχει την πρώτη θέση σε εξαγωγή κολοκύθας (Ayyildiz, Torakafa, & Kara, 2019). Η κολοκύθα είναι ένα εξαιρετικά δημοφιλές φρούτο τόσο για την ιδιαίτερη γεύση του όσο και για την θρεπτική αξία του, προσδίδοντάς της σημαντική οικονομική αξία, ιδιαίτερα για τους κολοκυθόσπορους (Amin, Rity, Uddin, Rahman, & Uddin, 2020).

Η κάθε κολοκύθα περιέχει συνήθως πεντακόσιους σπόρους οι οποίοι καταναλώνονται ύστερα από θερμική επεξεργασία και αλάτισμα ως σνακ στο Μεξικό, στον Καναδά αλλά και σε χώρες της Ευρώπης, ενώ χρησιμοποιούνται και από βιομηχανικούς τομείς όπως των φαρμάκων και των τροφίμων (παραγωγή αλεύρου από σπόρους κολοκύθας, συστατικό σνακ κλπ.) (Ayyildiz, Torakafa, & Kara, 2019). Οι σπόροι αποτελούν άριστη πηγή πολύτιμων βιοενεργών ουσιών όπως πρωτεΐνες, λιπαρά οξέα (ελαϊκό και λινελαϊκό) (Klein da Cruz, και συν., 2022) , βιταμίνες (B,C,E,K) ,φαινολικές ενώσεις, τοκοφερόλες και υδατάνθρακες που έχουν αντιοξειδωτική, αντιφλεγμονώδη και ανοσοπροστατευτική δράση (Wang, και συν., 2021).

Οι σπόροι πέρα από απευθείας κατανάλωση αξιοποιούνται για την παραλαβή του ελαιώδους περιεχομένου τους. Το έλαιο που παραλαμβάνεται είναι ένα εδώδιμο έλαιο με εφαρμογές στην μαγειρική αλλά και στην φαρμακευτική, καθώς διαθέτει πληθώρα συστατικών ζωτικής σημασίας (Wang, και συν., 2021). Το έλαιο κολοκύθας περιέχει πολυφαινόλες, τοκοφερόλες, βιταμίνες C και E, τερπένια, μέταλλα (Amin, Rity, Uddin, Rahman, & Uddin, 2020) και υψηλό ποσοστό ακόρεστων λιπαρών οξέων (Klein da Cruz, και συν., 2022). Οι παραπάνω χημικές ενώσεις προστατεύουν από τον διαβήτη, την φλεγμονή, την οξειδωση αλλά και από την βακτηριακή ανάπτυξη (Bardaa, και συν., 2016).

Γενικότερα η κολοκύθα καταναλώνεται στο σύνολό της. Η σάρκα της χρησιμοποιείται για την παρασκευή γλυκών, μαρμελάδων και επιδορπίων. Κλείνοντάς, το έλαιο των σπόρων της κολοκύθας χρησιμοποιείται ως συστατικό συμπληρωμάτων διατροφής από την φαρμακοβιομηχανία ενώ το έλαιο χρησιμοποιείται στην κουζίνα χωρών της κεντρικής Ευρώπης ως μέρος σαλατών, σαλτσών, τυριών και σουπών (Ayyildiz, Torakafa, & Kara, 2019).

### 3.12 Έλαιο Κουκουναριού (Pine Cone oil)

Το κουκουνάρι αποτελεί τον καρπό του πεύκου. Έχουν εντοπιστεί είκοσι εννέα είδη εδώδιμων κουκουναριών, ωστόσο συνήθως προέρχονται από τα *Pinus koraiensis*, *Pinus sibirica*, *Pinus pinea* και *Pinus girardia* (Jin, Kim, Choi, Nam, & Yang, 2021). Η κατανάλωση του κουκουναριού υπολογίζεται να ξεκινά στην αρχαία εποχή, ενώ σήμερα το κουκουνάρι καταναλώνεται με πολλούς τρόπους όπως ως συστατικό παραδοσιακών πιάτων, ωμό, ψημένο (Baker, Miles, & Calder, 2021), ως συστατικό σε αρτοσκευάσματα, ζαχαρωτά, σάλτσες και κέικ (Incegul, Aksu, Kiralan, Kiralan, & Ozkan, 2020).

Το κουκουνάρι διαθέτει μοναδική σύσταση και πιο συγκεκριμένα περιέχει σημαντική ποσότητα μονοακόρεστων λιπαρών οξέων, βιταμίνες, μέταλλα και πληθώρα φυτοχημικών όπως φαινόλες, φλαβονοειδή και τερπένια, με χαρακτηριστικές ενώσεις την ρεσβερατρόλη, ταννίνες και κουρκουμίνη (Incegul, Aksu, Kiralan, Kiralan, & Ozkan, 2020). Το σύνολο των ουσιών αυτών οδήγησε την βιομηχανία στην περαιτέρω αξιοποίηση του κουκουναριού και πιο συγκεκριμένα στην παραγωγή ελαίου. Τα είδη *Pinus koraiensis* και *Pinus sibirica* περιέχουν πάνω από 60% έλαιο, το οποίο αποτελείται από μόνο- και πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (Incegul, Aksu, Kiralan, Kiralan, & Ozkan, 2020).



Το έλαιο κουκουναριού περιέχει πληθώρα πολύτιμων φυτοχημικών που είναι απαραίτητα για την ανθρώπινη υγεία. Τέτοιες ενώσεις είναι φυτοστερόλες όπως η β-σιτοστερόλη (Incegul, Aksu, Kiralan, Kiralan, & Ozkan, 2020), και ένα μοναδικό λιπαρό οξύ με ιδιαίτερη δομή που ονομάζεται πινολενικό οξύ (Baker, Miles, & Calder, 2021). Το πινολενικό οξύ διαθέτει εξαιρετικές ιδιότητες για τον οργανισμό όπως επούλωση του δέρματος, προστασία του ανοσοποιητικού, πρόληψη του καρκίνου (Jin, Kim, Choi, Nam, & Yang, 2021), μείωση του σακχάρου στο αίμα και μείωση της χοληστερίνης (Guo, και συν., 2022).

Η μοναδική σύνθεση του ελαίου κουκουναριού έχει προσεγγίσει το ενδιαφέρον των καταναλωτών ιδιαίτερα στην Ρωσία και την Κορέα (Guo, και συν., 2022). Επιπλέον, αυτό το έλαιο χρησιμοποιείται εδώ και χρόνια σε διάφορους κλάδους της βιομηχανίας ως συστατικό σε αρώματα και προϊόντα καλλυντικής φύσεως, ως πρόσθετο γεύσης και αρώματος σε τρόφιμα και αναψυκτικά, σε προϊόντα απολύμανσης και καθαρισμού, αλλά και σε ολιστικούς κλάδους της ιατρικής και της φαρμακευτικής όπως η αρωματοθεραπεία (Yang, και συν., 2010).

### 3.13 Έλαιο Μακαντάμια (Macadamia Oil)

Το φυτό *Macadamia integrifolia* είναι γηγενές στην Αυστραλιανή ήπειρο και είναι ένας από τους πιο δημοφιλείς καρπούς (Shuai, et al., Comparative study on the extraction of macadamia (*Macadamia integrifolia*) oil using different processing methods, 2022). Ο καρπός καταναλώνεται παγκοσμίως σε μεγάλες ποσότητες, με την Αυστραλία και την νότιο Αφρική να έχουν την μεγαλύτερη παραγωγή (Xuan Tan, Shin Tan, & Tyng Tan, 2020).

Ο πυρήνας του μακαντάμια αποτελείται από έλαιο, ακατέργαστη πρωτεΐνη, διαιτητικές ίνες και υδατάνθρακες με το έλαιο να αγγίζει το 75% (Xuan Tan, Shin Tan, &



Εικόνα 4 Μακαντάμια  
<https://e-nuts.gr/product/macadamia/>

Tyng Tan, 2020), και για αυτό το λόγο το έλαιο μακαντάμια αποτελεί αγαπημένο καταναλωτικό αγαθό (Shuai, και συν., Comparative study on the extraction of macadamia (*Macadamia integrifolia*) oil using different processing methods, 2022). Προκειμένου να παραχθεί το έλαιο μακαντάμια χρησιμοποιούνται διάφορες μέθοδοι όπως χρήση διαλύτη, υπέρηχοι και υπερκρίσιμο ρευστό, με την πιο διαδεδομένη να είναι η ψυχρή έκθλιψη, όπου πολλές φορές το έλαιο μακαντάμια που παράγεται με αυτή τη μέθοδο να χαρακτηρίζεται ως παρθένο έλαιο μακαντάμια (Xuan Tan, Shin Tan, & Tyng Tan, 2020).

Το έλαιο που παράγεται από την ψυχρή έκθλιψη των πυρήνων μακαντάμια είναι πολύτιμο για την ανθρώπινη διατροφή και κατ' επέκταση για την υγεία. Η κατανάλωση του ελαίου βοηθά στη διατήρηση της ορθής λειτουργίας του καρδιακού συστήματος μειώνοντας την χοληστερίνη, την αρτηριακή πίεση και την αθηρωματική πλάκα (Shuai, και συν., Characterization of lipid compositions, minor components and antioxidant capacities in macadamia (*Macadamia integrifolia*) oil from four major areas in China, 2022). Οι παραπάνω ευεργετικές δράσεις στην υγεία οφείλονται στις βιοενεργές ενώσεις που εμπεριέχονται στο έλαιο μακαντάμια, όπως τοκοφερόλες, σκουαλένιο και φυτοστερόλες (Shuai, και συν., Comparative study on the extraction of macadamia (*Macadamia integrifolia*) oil using different processing methods, 2022). Επιπλέον, το έλαιο διαθέτει ποσότητες πολύτιμων λιπαρών οξέων όπως ελαϊκού, παλμιτικού και παλμιτελαϊκού οξέος, με το τελευταίο να έχει σημαντικές δράσεις στην υγεία του ανθρώπου όπως ρύθμιση της ινσουλίνης και μείωση της συσσώρευσης του λίπους (Dias Junior, και συν., 2022).

Το έλαιο μακαντάμια απολαμβάνει ευρεία χρήση σε διάφορους βιομηχανικούς τομείς, όπως σε αυτή των τροφίμων, των φαρμάκων και των προϊόντων περιποίησης και μακιγιάζ. Πιο συγκεκριμένα η πρώτη το χρησιμοποιεί ως έλαιο τηγανίσματος, ενώ η φαρμακοβιομηχανία το συμπεριλαμβάνει στα συστατικά των συμπληρωμάτων

διατροφής. Τέλος, το έλαιο μακαντάμια χρησιμοποιείται στην γαστρονομία ως dressing σε σαλάτες (Xuan Tan, Shin Tan, & Tyng Tan, 2020).

### 3.14 Έλαιο Μαύρο Κίμινο (Black Seed Oil)

Το *Nigella sativa L.* γνωστό και ως μαύρο κίμινο είναι ένα ετήσιο φυτό της οικογένειας *Ranunculaceae* και είναι εξαιρετικά διαδεδομένο μπαχαρικό στις περιοχές της Ασίας και της Μεσογείου (Palamutoglu, Kasnak, & Ozen, 2022). Το φυτό είναι γηγενές στην Βουλγαρία, Κύπρο, Ιράκ και στην Τουρκία ενώ σήμερα καλλιεργείται εκτενώς κυρίως σε χώρες της Ασίας προκειμένου να παραχθεί το μπαχαρικό (Burdock, 2022) που χρησιμοποιείται κυρίως στην ασιατική κουζίνα λόγω της χαρακτηριστικής πικάντικης και ελαφρώς πικρής γεύσης του με δυνατή μυρωδιά (Nautiyal, 2019). Το μαύρο κίμινο έχει εγκριθεί για την ασφάλειά του (GRAS) από την EFSA και τον FDA για την χρήση του ως συστατικό (Ittiyanirah, και συν., 2022) τόσο σε τρόφιμα όσο και σε συμπληρώματα διατροφής.



Εικόνα 5 Μαύρο Κίμινο  
<https://physislaboratory.com/el/articles/mayro-kymino-ti-einai-kai-poies-oi-eyergetikes-idiotites-toy-elaiou-toy>

Πέρα από τις γαστρονομικές εφαρμογές του μαύρου κίμινου, τα σπόρια αυτού έχουν εφαρμογές και στην παραδοσιακή ιατρική της Αραβίας, όπου ανακατεύονται με μέλι προς παρασκευή σπιτικού θεραπευτικού για το βρογχικό άσθμα (Nautiyal, 2019). Άλλες εφαρμογές τους στην παραδοσιακή ιατρική είναι για την θεραπεία της επιληψίας, του άγχους και της κατάθλιψης (Oubannin, και συν., 2022). Οι ευεργετικές ιδιότητες στην υγεία του μαύρου κίμινου οφείλονται στην παρουσίας μιας πολύ ιδιαίτερης ουσίας που λέγεται θυμοκινόνη (Burdock, 2022), η οποία έχει αποδειχθεί ότι αναστέλλει τις διατροφικές αλλεργίες και δρα θεραπευτικά ενάντια σε ορισμένα είδη καρκίνου (Nautiyal, 2019).

Τα σπόρια του μαύρου κίμινου μπορεί να χρησιμοποιούνται ως μπαχαρικό και ως φάρμακο στην παραδοσιακή ιατρική, όμως διαθέτουν και άλλες χρήσεις όπως η παραγωγή ελαίου. Αρχικά η παραλαβή του ελαίου από τους σπόρους γινόταν με διαλύτη

και υψηλές θερμοκρασίες που είχαν αρνητικές επιπτώσεις στην σύσταση του ελαίου (Nautiyal, 2019). Αποτέλεσμα αυτού, ήταν να αναζητηθούν νέες μέθοδοι παραλαβής του ελαίου, με την πλέον διαδεδομένη να είναι η ψυχρή έκθλιψη (Palamutoglu, Kasnak, & Ozen, 2022). Το έλαιο μαύρου κίμινου διαθέτει εξαιρετικά αντιοξειδωτικές ικανότητες, πολύ μεγαλύτερες από άλλα έλαια (Palamutoglu, Kasnak, & Ozen, 2022), κάτι που αυξάνει σημαντικά την οικονομική του αξία, για τον λόγο αυτό το έλαιο μαύρου κίμινου αναμιγνύεται με άλλα έλαια (Nautiyal, 2019).

Το παρόν έλαιο είναι πλούσιο σε λιπαρά οξέα, κυρίως λιγνολαϊκό οξύ και ελαϊκό, ωστόσο η θυμοκινόνη βρίσκεται σε ακόμα μεγαλύτερη αφθονία (Ittiyanirah, και συν., 2022). Ακόμη, το έλαιο διαθέτει βιταμίνες του συμπλέγματος Β, αλλά και μέταλλα όπως ασβέστιο, χαλκό, ψευδάργυρο και φώσφορο (Nautiyal, 2019). Όπως και τα σπόρια έτσι και το έλαιο βρίσκει εκτεταμένη χρήση στην παραδοσιακή ιατρική, αλλά και στην φαρμακοβιομηχανία ως συστατικό συμπληρωμάτων διατροφής (Palamutoglu, Kasnak, & Ozen, 2022). Οι φαρμακευτικές δράσεις του ελαίου συμπεριλαμβάνουν αντιοξειδωτικές, αντιφλεγμονώδεις και αντιοξειδωτικές δράσεις ενώ δρα προστατευτικά στο ήπαρ και στα νεύρα και προλαμβάνει την παχυσαρκία, την υπέρταση (Ittiyanirah, και συν., 2022) Τέλος, αποτελεί θεραπεία για ψωρίαση και την αρθρίτιδα (Nautiyal, 2019).

### 3.15 Έλαιο Νυχτολούλουδο (Evening Primrose Oil)

Το νυχτολούλουδο ανήκει στην οικογένεια *Onagraceae* και μέχρι σήμερα έχουν ταυτοποιηθεί πάνω από 140 γένη της οικογένειας αυτής, με το πιο διάσημο να είναι το *Oenothera biennis L.* (Timoszuk, Bielawska, & Skrtydlewska, 2018). Το συγκεκριμένο γένος έχει απασχολήσει αρκετά την επιστημονική κοινότητα, καθώς είναι γνωστό από την αρχαιότητα για τις βιολογικές του δράσεις (Hadidi, Ibaraz, & Roumarin, 2021).

Το νυχτολούλουδο είναι ένα φυτό με εκτεταμένη χρήση από την παραδοσιακή ιατρική και την σύγχρονη φαρμακευτική, έως την παραγωγή καλλυντικών και ζωοτροφών (Hadidi, Ibaraz, & Roumarin, 2021) αλλά και για την παραγωγή ελαίου. Γενικότερα, ολόκληρο το φυτό διαθέτει αντιοξειδωτικές ενώσεις όπως φαινόλες και φλαβόνες, ωστόσο το μεγαλύτερο ενδιαφέρον συναντάται στους σπόρους του φυτού που περιέχουν σημαντική ποσότητα ελαίου που φτάνει το 20% (Timoszuk, Bielawska, & Skrtydlewska,

2018). Τα σπόρια αποτελούν σημαντική πηγή πρωτεϊνών, μετάλλων και βιταμινών αλλά και γ-λινολενικού οξέος (Hadidi, Ibaraz, & Roumarin, 2021).

Το έλαιο νυχτολούλουδου παραλαμβάνεται ύστερα από την ψυχρή έκθλιψη των σπόρων (Timoszuk, Bielawska, & Skrtydlewska, 2018). Πρόκειται για ένα πολύ ιδιαίτερο προϊόν το οποίο δεν έχει την τυπική υδαρή εμφάνιση του ελαίου καθώς μοιάζει με γέλη (Azad, Pourtaheri, Darsareh, Heidari, & Mehrnoush, 2022). Πρόκειται για ένα έλαιο που διαθέτει υψηλές ποσότητες λινελαϊκού και γ-λινολενικού οξέος κάτι που του προσδίδει εξαιρετική και πολύτιμη βιολογική δράση στον οργανισμό. Πιο συγκεκριμένα και τα δυο οξέα συμβάλλουν στη σωστή λειτουργία της καρδιάς και καταπολεμούν την φλεγμονή και διάφορες δερματολογικές και οφθαλμικές παθήσεις (Timoszuk, Bielawska, & Skrtydlewska, 2018).

Το έλαιο νυχτολούλουδο χρησιμοποιείται από την αρχαιότητα έως και σήμερα από μαίες για την ενυδάτωση του τραχήλου κατά τον τοκετό, ενώ ταυτόχρονα βοηθά την μείωση της διάρκειας του τελευταίου (Azad, Pourtaheri, Darsareh, Heidari, & Mehrnoush, 2022). Τέλος, μελέτες δείχνουν πως το όταν το έλαιο λαμβάνεται από την στοματική οδό μπορεί να βοηθήσει σε μεταβολικές διαταραχές και να μειώσει την πιθανότητα ανάπτυξης διαφόρων παθολογικών καταστάσεων όπως ο καρκίνος (Timoszuk, Bielawska, & Skrtydlewska, 2018).

### 3.16 Έλαιο Παπαρούνας (Poppy Seed Oil)

Η παπαρούνα, *Rapaver somniferum L.*, ανήκει στην οικογένεια *Rapaveraceae*, και καλλιεργείται σε περιοχές με θερμά καλοκαίρια και ήπιες βροχοπτώσεις (Ghafoor, Ozcan, AL-Juhaimi, Babiker, & Fadimu, 2019), όπως οι περιοχές της Μεσογείου. Πρόκειται για ένα ανθεκτικό στις κλιματολογικές συνθήκες φυτό και μπορεί να βρεθεί και σε τροπικές περιοχές, ωστόσο οι χώρες με τη μεγαλύτερη παραγωγή σε παπαρούνα βρίσκονται στην κεντρική Ευρώπη και την Μεσόγειο (Ozdemir & Toruz, 2004). Οι χώρες με την μεγαλύτερη παραγωγή είναι η Τουρκία, η Τσεχία και η Ισπανία, με την δεύτερη να έχει την σημαντικότερη παραγωγή σε σπόρους παπαρούνας (Dabrowski, Czaplicki, & Konorka, 2020).

Η παπαρούνα καλλιεργείται για διάφορους λόγους. Αρκετά συχνά χρησιμοποιείται ως καλλωπιστικό φυτό, ωστόσο βρίσκει χρήση σε δυο μεγάλους

βιομηχανικούς κλάδους, των τροφίμων και των φαρμάκων. Η φαρμακοβιομηχανία χρησιμοποιεί το φυτό αυτό για να παραλάβει αλκαλοειδή, γνωστά και ως οπιούχα όπως η μορφίνη και η κωδεΐνη (Ozbek & Ergonul, Chapter 19- Cold pressed Poppy seed oil, 2020). Οι σπόροι της παπαρούνας χρησιμοποιούνται για την παραγωγή κέικ, επιδορπίων και αρτοπαρασκευασμάτων καθώς και για την παραγωγή ελαίου μαγειρέματος (Zay & Gere, 2019). Οι σπόροι διαθέτουν 28 με 53% έλαιο, ένα ποσοστό που κυμαίνεται ανάλογα με τις περιβαλλοντικές συνθήκες και την ποικιλία (Dabrowski, Czarlicki, & Konorka, 2020), με τα κυρίαρχα λιπαρά οξέα να είναι λινελαϊκό, το ελαϊκό και το παλμιτικό οξύ (Ghafoor, Ozcan, AL-Juhaimi, Babiker, & Fadimu, 2019).

Το έλαιο παπαρούνας συνήθως παραλαμβάνεται από τους σπόρους με ψυχρή έκθλιψη και ανάλογα με τα επιθυμητά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά οι σπόροι επεξεργάζονται θερμικά πριν την παραλαβή του ελαίου. Οι μη επεξεργασμένοι σπόροι δίνουν έλαιο με απαλή μυρωδιά και ελαφριά γεύση ξηρών καρπών, σε αντίθεση με το έλαιο των επεξεργασμένων σπόρων που έχει εντονότερη μυρωδιά και γεύση (Ozbek & Ergonul, Chapter 19- Cold pressed Poppy seed oil, 2020). Όπως και οι σπόροι έτσι και το έλαιο διαθέτει αντίστοιχα λιπαρά οξέα και κατατάσσεται στην ίδια ομάδα ελαίων με το ηλιέλαιο, το σησαμέλαιο και το ελαιόλαδο. Ωστόσο κάτι που το καθιστά διαφορετικό είναι ότι διαθέτει υψηλό βαθμό ιωδίου, για αυτό και χρησιμοποιείται σε δίαιτες που αφορούν την αντιμετώπιση διαταραχών λόγω έλλειψης ιωδίου (Ozbek & Ergonul, Chapter 19- Cold pressed Poppy seed oil, 2020). Επιπλέον διαθέτει ποσότητες φαινολικών ενώσεων όπως τοκοφερόλες και τοκοτριενόλες (Bozan, 2008).

Το έλαιο παπαρούνας χρησιμοποιείται από τους καταναλωτές ως dressing σε σαλάτες και ως έλαιο μαγειρέματος. Στην βιομηχανία τροφίμων χρησιμοποιείται ως συμπλήρωμα διατροφής, ως εδώδιμη επικάλυψη τροφίμων, ως ενισχυτικό γεύσης, ως λίπος σε προϊόντα ζαχαροπλαστικής και αρτοποιίας (Ghafoor, Ozcan, AL-Juhaimi, Babiker, & Fadimu, 2019) και γίνονται μελέτες για την προσθήκη του σε προϊόντα σοκολάτας (Zay & Gere, 2019). Τέλος, βρίσκει χρήση στη βιομηχανία καλλυντικών, βερνικιών, βαφών και βιοντιζελ (Ozbek & Ergonul, Chapter 19- Cold pressed Poppy seed oil, 2020).

### 3.17 Έλαιο Πυρήνα Σταφυλιού (Grapeseed Oil)

Το σταφύλι (*Vitis vinifera*) αποτελεί έναν από τους πιο πολύτιμους καρπούς στον κόσμο με ιδιαίτερη οικονομική και θρεπτική αξία (Al-Attar A. M., 2015). Πέρα από την κατανάλωσή του ως φρούτο και την εκμετάλλευσή του για την παραγωγή κρασιού, τα τελευταία χρόνια έχουν βρεθεί χρήση και για τα παραπροϊόντα της οινοποίησης, όπως οι πυρήνες των σταφυλιών. Οι τελευταίοι αγγίζουν τους 30 εκατομμύρια τόνους τον χρόνο και έρευνες έχουν δείξει πως περιέχουν φλαβονοειδή και στυλβένια (ρεσβερατρόλη), συστατικά ωφέλημα για την ανθρώπινη υγεία λόγω της ισχυρής αντιοξειδωτικής τους δράσης (Xu, Zhang, Wang, & Lu, 2010).

Οι πυρήνες των σταφυλιών διαθέτουν περίπου 16% έλαιο, το οποίο παραλαμβάνεται με ψυχρή έκθλιψη αλλά και με υπερήχους (Xu, Zhang, Wang, & Lu, 2010). Σε αντίθεση με τα σταφύλια και με το κρασί το έλαιο σταφυλιού δεν είναι ιδιαίτερα διαδεδομένο σε καταναλωτικό επίπεδο, ωστόσο χρησιμοποιείται στην βιομηχανία τροφίμων ως πρόσθετο, αλλά και στη βιομηχανία καλλυντικών καθώς δρα ως ενυδατικός και αντιγηραντικός παράγοντας (Al-Attar A. M., 2015). Τέλος, βρίσκει εκτεταμένη χρήση ως συστατικό σε συμπληρώματα διατροφής καθώς περιέχει πολυφαινόλες, φλαβονοειδή, ακόρεστα λιπαρά οξέα όπως ελαϊκό και λινελαϊκό οξύ (Bolonio, και συν., 2019) αλλά και βιταμίνη E (Al-Attar A. M., 2015), ρεσβερατρόλη και μελατονίνη (Bolonio, και συν., 2019).

### 3.18 Έλαιο Ροδιού (Pomegranate Oil)

Η ροδιά είναι ένα κοινό δέντρο σε τροπικά κλίματα (Drinic, και συν., 2020), ανήκει στην οικογένεια *Punicaceae* και προέρχεται από την περιοχή των Ιμαλαίων και της Μεσογείου και ο καρπός του, γνωστό και ως *Punica granatum L.*, καταναλώνεται από την αρχαιότητα καθώς ήταν από τότε γνωστή η διατροφική του αξία (Paul & Radhakrishnan, 2020). Σήμερα, η καλλιέργεια του ροδιού είναι αρκετά διαδεδομένη, με τις κύριες παραγωγικές χώρες να είναι η Ινδία, η Κίνα και η Αμερική (Mahesar, Kori, Hussain, Kahdhro, & Laghari, 2019). Ανατομικά, το ρόδι θα μπορούσε να διακριθεί σε τρεις ορατές περιοχές, το εξωκάρπιο ή φλοιό, την εσωτερική φλούδα και το βρώσιμο τμήμα του που περιέχει τον χυμό (Costa, Silva, & Torres, 2019).

Ωστόσο, από την επεξεργασία του ροδιού για την παραγωγή προϊόντων που βασίζονται σε αυτό, παράγονται απόβλητα τα οποία αποτελούνται κυρίως από την φλούδα και τα σπόρια του ροδιού, τα οποία χρησιμοποιούνται για την παραγωγή

βιοντιζελ και ζωοτροφών (Paul & Radhakrishnan, 2020). Με την πάροδο του χρόνου και με την όλο και αυξανόμενη ζήτηση για φυτικά έλαια, τα σπόρια του ροδιού αναβαθμίστηκαν από παραπροϊόν σε πολύτιμη πρώτη ύλη για την παραγωγή ελαίου.

Τα σπόρια εκτός από υψηλό λιπιδικό περιεχόμενο, περί το 12-20% του βάρους τους (Drinic, και συν., 2020), και περιέχουν φυτικές ίνες, πρωτεΐνες, μέταλλα, φαινόλες αλλά και στεροειδή (Mahesar, Kori, Hussain, Kahdhro, & Laghari, 2019). Το έλαιο παραλαμβάνεται από τους σπόρους με την χρήση διαφόρων μεθόδων, κυρίως ψυχρή έκθλιψη αλλά και με την χρήση διαλύτη (εξάνιο) μέσω της μεθόδου Soxhlet (Paul & Radhakrishnan, 2020). Το έλαιο ροδιού που παραλαμβάνεται διατηρεί πολλά από τα φαινολικά συστατικά των σπορίων από όπου προέρχεται. Περιέχει παλμιτικό, ελαϊκό και λινελαϊκό οξύ, με κύριο εκπρόσωπο των λιπαρών οξέων να είναι μια μορφή συζευγμένου λινολενικού οξέος, γνωστό και ως πουνικικό οξύ, το οποίο διαθέτει ισχυρή δράση έναντι της οξειδωσης και του καρκίνου (Drinic, και συν., 2020).

Το έλαιο του ροδιού χρησιμοποιείται σε πολλούς κλάδους της βιομηχανίας όπως των καλλυντικών, των φαρμάκων και των τροφίμων. Η βιομηχανία των καλλυντικών το χρησιμοποιεί για την καταπολέμηση των ερεθισμών του δέρματος σε κρέμες λόγω των στερολών που περιέχει (Drinic, και συν., 2020). Στη φαρμακοβιομηχανία χρησιμοποιείται για την παραγωγή συμπληρωμάτων διατροφής λόγω του ότι διαθέτει αντικαρκινικές, ανοσοπροστατευτικές και αντιοξειδωτικές ικανότητες (Paul & Radhakrishnan, 2020). Επιπλέον, έρευνες έχουν δείξει ότι λόγω των φυτικών οιστρογόνων που περιέχει μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως αντικατάστατο της χημικής ορμονικής θεραπείας κατά την εμμηνόπαυση (Drinic, και συν., 2020). Κλείνοντας, το έλαιο ροδιού χρησιμοποιείται στην βιομηχανία τροφίμων ως αντιμικροβιακός παράγοντας, ως μέρος ενεργής συσκευασίας, ως πρόσθετο για την βελτίωση του προφίλ των λιπαρών οξέων σε κρεατοσκευάσματα και τέλος ως λειτουργικό συστατικό (Paul & Radhakrishnan, 2020).

### 3.19 Έλαιο Τσια (Chia seed Oil)

Η chia γνωστή και ως *Salvia hispanica* είναι ένα εξαιρετικά δημοφιλές φυτό παγκοσμίως που διαθέτει φαρμακευτικές ιδιότητες και χρησιμοποιείται ως συστατικό από τη βιομηχανία τροφίμων αλλά και από τους καταναλωτές (Ghafoor, και συν., 2020). Προέρχεται από την περιοχή του Μεξικού και της Γουατεμάλα αλλά πλέον μπορεί να



καλλιεργηθεί σε όσες περιοχές διαθέτουν τροπικό ή υποτροπικό κλίμα (Abad & Shahidi, 2020). Τα σπόρια της chia είναι το τμήμα του φυτού με οικονομικό ενδιαφέρον καθώς περιέχουν φυτικές ίνες, πάνω από 30% έλαιο, πρωτεΐνες και υδατάνθρακες (Nadeem & Imran, 2019), αλλά και πληθώρα φυτοχημικών. Τα σπόρια προστίθεται σε προϊόντα χαμηλά σε πρωτεϊνικό περιεχόμενο όπως σε χυμούς και σνακ (Ghafoor, Ozcan, AL-Juhaimi, Babiker, & Fadimu, 2019). Επιπλέον η τσία αποτελεί σημαντική πηγή διαφόρων φυτοχημικών ουσιών που είναι υπεύθυνες για την διατήρηση της ορθής υγείας καθώς έχουν αντιοξειδωτική και αντιφλεγμονώδη δράση ενώ είναι ικανά να μειώσουν την πιθανότητα εμφάνισης χρόνιων νοσημάτων (Ghafoor, Ozcan, AL-Juhaimi, Babiker, & Fadimu, 2019).

Όπως έχει ήδη αναφερθεί η chia διαθέτει υψηλή ποσότητα ελαίου, το οποίο μπορεί να παραληφθεί με ψυχρή έκθλιψη, με την χρήση οργανικού διαλύτη και με την μέθοδο του υπερκρίσιμου ρευστού. Ωστόσο, η πρώτη μέθοδος είναι αυτή που παράγει το ποιοτικότερο έλαιο (Fernandes, et al., 2019). Το έλαιο που παραλαμβάνεται διαθέτει πάνω από 60% ω-3 λιπαρά οξέα, καθιστώντας το την καλύτερη πηγή για την πρόσληψη των οξέων αυτών, όπως α-λινολενικού (Di Marco, Ixtaina, & Tomas, 2023). Ακόμη το έλαιο τσία είναι πλούσιο σε πολυακόρεστα λιπαρά οξέα αλλά και σε φυσικά αντιοξειδωτικά όπως η γ-τοκοφερόλη (Ishak, Hussain, Coorey, & Ghani, 2021) και σε άλλα πολύτιμα φαινολικά συστατικά όπως το καφεϊκό και χλωρογενικό οξύ και η καμφερόλη (Abad & Shahidi, 2020). Η χημικά σύσταση του ελαίου τσία το καθιστά πολύτιμο για την ανθρώπινη υγεία καθώς έρευνες δείχνουν πως η κατανάλωσή του μειώνει την χοληστερίνη και τις φλεγμονές ενώ προστατεύει από τον διαβήτη και τον καρκίνο (Nadeem & Imran, 2019).

Με την όλο και αυξανόμενη ζήτηση των προϊόντων που προωθούν την διατήρηση την υγείας, η τσία και τα προϊόντα που βασίζονται σε αυτή έχει αποκτήσει σημαντική δημοφιλία. Χρησιμοποιείται για την παραγωγή μαργαρινών, παγωτού, επιδορπίων γιαουρτιού, αρτοσκευασμάτων αλλά και τυριού τύπου cheddar (Nadeem & Imran, 2019) (Abad & Shahidi, 2020). Τέλος, είναι σημαντικό να σημειωθεί πως η τσία αποτελούν τους πιο κερδοφόρους σπόρους για την παραγωγή φυτικού ελαίου καθώς περιέχουν περισσότερο έλαιο σε σχέση με άλλες πηγές εδώδιμων φυτικών ελαίων όπως η σόγια και το ηλιοτρόπιο (Nadeem & Imran, 2019).

### 3.20 Έλαιο Φουντουκιού (Hazelnut Oil)

Το φουντούκι, με βοτανική ονομασία *Corylus avellane L.*, αποτελεί έναν από τους πιο αγαπητούς ξηρούς καρπούς από τους καταναλωτές, λόγω της ιδιαίτερης γεύσης και αρώματος αλλά και για τη θρεπτική του αξία (Sun, και συν., 2022). Τα κυριότερα θρεπτικά συστατικά του φουντουκιού είναι λιπαρά οξέα, πρωτεΐνες, στερόλες, βιταμίνες και μέταλλα (Torokafa, Ayyildiz, & Karal, 2019) Οι κύριες χώρες παραγωγής φουντουκιού είναι κυρίως χώρες της Ευρώπης όπως η Ιταλία και η Πορτογαλία και κάποιες περιοχές της Αμερικής (Cui, και συν., 2020).

Το έλαιο φουντουκιού μπορεί να παραληφθεί με διάφορες μεθόδους όπως ψυχρή έκθλιψη, υπερκρίσιμο υγρό, μικροκύματα και με οργανικό διαλύτη, ωστόσο πολύ συχνά προτιμάται η ψυχρή έκθλιψη παρότι είναι λιγότερο αποτελεσματική διότι μέθοδος αυτή διατηρεί πολλά από τα θρεπτικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του ελαίου φουντουκιού (Torokafa, Ayyildiz, & Karal, 2019). Το έλαιο που παραλαμβάνεται από το φουντούκι είναι εξαιρετικά θρεπτικό, καθώς περιλαμβάνει ελαϊκό και λινελαϊκό οξύ και άλλα ισχυρά αντιοξειδωτικά όπως β-σιτοστερόλη, τοκοφερόλες και σκουαλένιο (Sun, Feng, Lyu, Zhou, & Liu, 2022). Τα παραπάνω φυτοχημικά καθιστούν το έλαιο φουντουκιού πολύ σημαντικό για την ανθρώπινη διατροφή, καθώς προλαμβάνει αρνητικές καταστάσεις για τον οργανισμό όπως η αθηροσκλήρωση, η υψηλή χοληστερίνη, ο μειωμένος μεταβολισμός ενώ προστατεύει τον οργανισμό από την οξείδωση και την φλεγμονή αλλά και τονώνει το ανοσοποιητικό (Sun, Feng, Lyu, Zhou, & Liu, 2022).

Το έλαιο φουντουκιού έχει εκτεταμένη χρήση στη βιομηχανία τροφίμων διότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως έλαιο τηγανίσματος αλλά και ως πρόσθετο γεύσης. Τέλος, αποτελεί συστατικό σε καλλυντικές κρέμες καθώς λειτουργεί ως ενυδατικός παράγοντας (Torokafa, Ayyildiz, & Karal, 2019).

### 3.21 Κραμβέλαιο (Canola Oil)

Η ελαιοκράμβη γνωστή και ως *Brassica napus* αποτελεί από τις πιο βασικές σοδιές παγκοσμίως, ενώ είναι η δεύτερη πιο σημαντική σοδιά για την παραγωγή ελαίου μετά την σόγια (Batool, και συν., 2022). Καλλιεργείται στην Ευρώπη και στην Κίνα, με την τελευταία να κατέχει τα πρωτεία στην παραγωγή και εξαγωγή ελαίου από τον σπόρο της

ελαιοκράμβης αγγίζοντας την παραγωγή 13,4 εκατομμυρίων τόνων ετησίως (Ning, και συν.). Το έλαιο που παράγεται από την ελαιοκράμβη είναι από τα πιο διάσημα έλαια και είναι ιδιαίτερος αγαπητό στην Αμερική και στην Κίνα (Tang, και συν., 2022).

Το έλαιο παραλαμβάνεται από τους σπόρους της ελαιοκράμβης που περιέχουν περίπου 40% έλαιο (Τσάκνης, Κραμβέλαιο, 2018), με μια σχετικά έντονη επεξεργασία. Γίνεται σπάσιμο των σπόρων και εν συνεχεία μηχανική πίεση και εκχύλιση του ελαίου με διαλύτη (Guderjan, Elez-Martinez, & Knorr, 2007). Μετά την παραλαβή του κραμβέλαιου,



Εικόνα 6 Ελαιοκράμβη  
<https://morningchores.com/growing-rapeseed/>

αυτό περνά από τη διαδικασία του ραφινάρισματος προκειμένου να απομακρυνθούν διάφορες ακαθαρσίες και χρωστικές, ωστόσο πρόκειται για μια έντονη χημική επεξεργασία η οποία οδηγεί στην απώλεια αρκετών θρεπτικών συστατικών, κυρίως φυτοχημικών (Wang, και συν., 2022). Τα τελευταία χρόνια με την ενημέρωση των

καταναλωτών έχει αυξηθεί η ζήτηση για καλής ποιότητας κραμβέλαιου.

Το κραμβέλαιο διαθέτει σημαντικές ποσότητες ακόρεστων και πολυακόρεστων λιπαρών οξέων όπως ελαϊκό, λινελαϊκό, λινελαϊκό και κάποια ποσότητα αραχιδονικού οξέος (Ning, και συν.). Επιπλέον διαθέτει ισχυρά φυτοχημικά όπως φυτοστερόλες, τοκοφερόλες και πολυφαινόλες, καθιστώντας το έλαιο εξαιρετική πηγή θρεπτικών συστατικών και πολύ σημαντικό για την ανθρώπινη διατροφή (Guderjan, Elez-Martinez, & Knorr, 2007). Σημαντικό είναι να αναφερθεί πως μία από τις κύριες πολυφαινόλες του κραμβέλαιου είναι η κανολόλη η οποία διαθέτει ισχυρότερη αντιοξειδωτική δράση από άλλες πολυφαινόλες (Wang, και συν., 2022). Η συνολική σύσταση και ποιότητα του ελαίου εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως η κλιματική αλλαγή και η καλλιεργητική μέθοδος αλλά και η ποικιλία της ελαιοκράμβης (Ning, και συν.). Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η αλλαγή της σύστασης των λιπαρών οξέων του κραμβέλαιου. Αν το τελευταίο προέρχεται από ινδικό σπόρο, το έλαιο είναι πλουσιότερο σε ελαϊκό οξύ, ενώ αν προέρχεται από γαπωνέζικο το έλαιο είναι πλουσιότερο σε λινολενικό οξύ (Τσάκνης, Κραμβέλαιο, 2018).

Έπειτα από τον εξευγενισμό του, το έλαιο αποκτά χαρακτηριστικό άρωμα και γεύση και βρίσκει χρήση ως λάδι μαγειρέματος, (Τσάκνης, Κραμβέλαιο, 2018). Επιπλέον

το έλαιο χρησιμοποιείται για την παραγωγή μαργαρινών αλλά και για την παραγωγή ενέργειας ως βιοντιζελ (Guderjan, Elez-Martinez, & Knorr, 2007). Τέλος, χρησιμοποιείται και σε άλλους βιομηχανικούς τομείς, εκτός των τροφίμων, όπως στην σαπυνοβιομηχανία, αλλά και στις μονάδες παραγωγής λιπαντικών και βερνικιών (Τσάκνης, Κραμβέλιαιο, 2018).

### 3.22 Λινέλαιο (Linseed Oil)

Το λινέλαιο προέρχεται από την ψυχρή έκθλιψη των σπόρων του *Linum usitatissimum L.* (Bayrak, et al., 2010), γνωστό και ως λινάρι. Το φυτό αυτό καλλιεργείται κυρίως σε περιοχές του βορείου ημισφαιρίου όπως η Αμερική και ο Καναδάς, η Ευρώπη, η Κίνα και η Ινδία, με τις τρεις τελευταίες να έχουν την μεγαλύτερη παραγωγή (Woodfield & Harwood, 2017) με σκοπό την παραγωγή λινού, ζωοτροφής και ελαίου (Farag, Elimam, & Afifi, 2021).

Το λινέλαιο αποτελεί φυτική εναλλακτική πηγή ελαίων πλούσιων σε ω-3 λιπαρών οξέων ζωικής προέλευσης (Gallardo, και συν., 2013). Διαθέτει πάνω από 50% α-λινολενικό οξύ (ω-3), ενώ παράλληλα αποτελεί πηγή πρωτεϊνών, φυτικών ινών, μετάλλων, βιταμινών και γ-τοκοφερόλης (Bayrak, και συν., 2010) αλλά και λιγνανών (Farag, Elimam, & Afifi, 2021). Το σύνολο των παραπάνω ενώσεων επηρεάζεται άμεσα από τις περιβαλλοντικές συνθήκες και την τοποθεσία αλλά και από την μέθοδο καλλιέργειας του λιναριού (Farag, Elimam, & Afifi, 2021).

Η σύσταση του λινελαίου το καθιστά πολύτιμο για την ανθρώπινη διατροφή καθώς η περιεκτικότητά του σε α-λινολενικό οξύ μειώνει την χοληστερίνη και προστατεύει το καρδιακό σύστημα (Gallardo, και συν., 2013). Επιπλέον, δρα ενάντια σε μορφές καρκίνου του μαστού και του εντέρου, ενώ εμποδίζει την αθηροσκλήρωση (Bayrak, και συν., 2010). Τέλος, έρευνες έχουν δείξει πως η κατανάλωση λινελαίου παίζει θετικό ρόλο στην αντιμετώπιση διάφορων ψυχικών ασθενειών όπως η κατάθλιψη (Gallardo, και συν., 2013).

Γενικότερα, το λινέλαιο διαθέτει διάφορες βιομηχανικές χρήσεις. Πέρα από την επεξεργασία του προς παραγωγή λινού (Woodfield & Harwood, 2017), χρησιμοποιείται από την φαρμακοβιομηχανία για την παραγωγή συμπληρωμάτων διατροφής (Farag, Elimam, & Afifi, 2021). Τέλος, ύστερα από ψυχρή έκθλιψη και ραφινάρισμα παράγεται

εδώδιμο λινέλαιο το οποίο χρησιμοποιείται σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες ως συστατικό παραδοσιακών πιάτων (Woodfield & Harwood, 2017).

### 3.23 Σησαμέλαιο (Sesame Oil)

Μια από τις πιο αρχαίες και πιο σημαντικές σοδιές είναι αυτή του σουσαμιού. Το σουσάμι λέγεται πως προέρχεται από την κεντρική Αφρική και σήμερα καλλιεργείται κυρίως στις περιοχές της Ασίας όπως η Ινδία και η Κίνα που παράγουν πάνω από την μισή παγκόσμια παραγωγή (Huang, και συν., 2022). Το σουσάμι ή αλλιώς *Sesamum indicum*, καταναλώνεται από την εποχή του χαλκού και σήμερα η ετήσια παραγωγή του αγγίζει τους 7 εκατομμύρια τόνους με τάση προς αύξηση κατά 1,7% μέχρι το 2026 (Langyan, και συν., 2022). Από το σουσάμι παραλαμβάνεται το πολύ σημαντικό έλαιο του, απαραίτητο για τις διατροφικές ανάγκες των χωρών της ασιατικής ηπείρου, κυρίως της Κίνας και της Ινδίας. Οι κύριες μέθοδοι παραλαβής του ελαίου είναι με ψυχρή έκθλιψη και με διαλύτη (Dou, και συν., 2022).

Το σησαμέλαιο διαθέτει πληθώρα βιοενεργών ενώσεων οι οποίες συμμετέχουν σε πολλές βιολογικές δραστηριότητες του οργανισμού. Περιέχει πολυακόρεστα λιπαρά οξέα όπως ελαϊκό, λινελαϊκό και λινολενικό οξύ (Huang, και συν., 2022), α-τοκοφερόλη, φυτοστερόλες και τρεις πολύ σημαντικές λιγνάνες, χαρακτηριστικές για το σουσάμι, την σησαμίνη, την σησαμολίνη, σησαμόλη (Huang, και συν., 2022). Οι τελευταίες ενώσεις έχουν ισχυρό αντιοξειδωτικό χαρακτήρα και σε συνδυασμό με την α- τοκοφερόλη καθιστούν το σησαμέλαιο αρκετά σταθερότερο έναντι της οξειδωσης σε σχέση με άλλα φυτικά έλαια (Dou, και συν., 2022). Σύμφωνα με τα παραπάνω το σησαμέλαιο διαθέτει εξέχουσα θέση στην διατροφή του ανθρώπου καθώς η κατανάλωσή του έχει συνδεθεί με μείωση της υπέρτασης και των καρδιαγγειακών νοσημάτων (Liu, Fan, Kang, & Mazurenko, 2022), με την καταπολέμηση των φλεγμονών, του καρκίνου, του διαβήτη αλλά και με την προστασία του νευρικού συστήματος (Langyan, και συν., 2022).

Το σησαμέλαιο βρίσκει ευρεία χρήση στην βιομηχανία τροφίμων, ιδιαίτερα στην ασιατική αγορά καθώς αποτελεί παραδοσιακό προϊόν. Πέρα από την διατροφική του αξία χρησιμοποιείται και καταναλώνεται για τα χαρακτηριστικά του οργανοληπτικά χαρακτηριστικά. Γενικότερα χρησιμοποιείται ως καρύκευμα αλλά και ως αντικατάστατο του ζωικού λίπους σε προϊόντα κρέατος (Liu, Fan, Kang, & Mazurenko, 2022).

Σύμφωνα με όσα έχουν αναφερθεί είναι εύκολο να συμπεράνει κανείς ότι το σησαμέλαιο αποτελεί ένα έλαιο με υψηλή διατροφική αλλά και οικονομική αξία. Για αυτό τον λόγο πρόκειται για ένα εμπορικό προϊόν που πολύ συχνά νοθεύεται με σκοπό το οικονομικό κέρδος (Zhao, Wu, & Liu, 2022). Ο πιο κοινός τρόπος νοθείας είναι η προσθήκη αιθερίου ελαίου σουσαμιού σε άλλα φυτικά έλαια κατώτερης ποιότητας, τα οποία εν συνεχεία μεταπωλούνται ως σησαμέλαιο (Dou, και συν., 2022).

### 3.24 Σιναπέλαιο (Mustard Seed Oil)

Η γνωστή σε όλους μουστάρδα παράγεται από το φυτό σινάπι της οικογένειας *Brassicaceae* και οι πιο συχνοί γενότυποι του φυτού αυτού είναι οι *Brassica nigra*, *Brassica alba* και *Brassica juncea*, την μαύρη, την λευκή και την καφέ αντίστοιχα με την λευκή να είναι η δημοφιλέστερη (Poddar, Sikand, Kalra, Wong, & Duell, 2022). Γενικότερα, το σινάπι φύεται από μόνο του και θα μπορούσε να το χαρακτηρίσει κανείς ως ζιζάνιο, καθώς εμφανίζεται σε χωράφια με σιτηρά και οπωροκηπευτικά (Fadhil & Abdulahad, 2014). Πρόκειται για ένα ιδιαίτερος ανθεκτικό φυτό και για αυτό τον λόγο καλλιεργείται σε όλα τα μέρη του κόσμου, με την Ευρώπη και την Ινδία να κατέχουν τα πρωτεία (Poddar, Sikand, Kalra, Wong, & Duell, 2022).



Εικόνα 7 Σινάπι <https://www.proionta-tis-fisis.com/to-sinapi-ke-i-therapeftikes-tou-idiotites/>

Το σινάπι αποτελεί ένα φυτό ιδιαίτερης οικονομικής αξίας, καθώς οι σπόροι του βρίσκουν πολλαπλές χρήσεις τόσο σε καταναλωτικό όσο και σε βιομηχανικό επίπεδο. Ο σπόρος του σιναπιού χρησιμοποιείται από την αρχαιότητα ως μπαχαρικό αλλά και ως φαρμακευτικό προϊόν στην παραδοσιακή ιατρική (Peng, και συν., 2014). Ο σιναπόσπορος να εκμεταλλεύεται από διάφορους βιομηχανικούς τομείς, προς την παραγωγή ζωοτροφών, μπαχαρικών, dressing, γαλακτωματοποιητών, βιοντιζελ και ελαίου (Martinovic, Polak, Ulrich, & Abramovic, 2020).

Το έλαιο της μουστάρδας, παραλαμβάνεται ύστερα από θερμική επεξεργασία των σπόρων προκειμένου να τους δοθεί η χαρακτηριστική πικάντικη γεύση (Shrestha, Gemechu, & De Meulenaer, 2013), που θυμίζει wasabi (Poddar, Sikand, Kalra, Wong, &

Duell, 2022). Η πιο κοινή μέθοδος παραλαβής του ελαίου αυτού είναι η ψυχρή έκθλιψη, ωστόσο παραλαμβάνεται και με την μέθοδο Soxhlet, δηλαδή με τη χρήση διαλύτη που συνήθως είναι μεθάνιο. Το έλαιο που παραλαμβάνεται περιέχει υψηλή ποσότητα ερουκικού οξέος, ελαϊκού, λινολενικού και λινελαϊκού οξέος, καθώς και ισχυρά αντιοξειδωτικά (Stamenković, Djialovic, Kostic, Mitrovic, & Velijkovic, 2018).

Το έλαιο μουστάρδας είναι ιδιαίτερος αγαπητό στις Ασιατικές χώρες, καθώς αποτελεί σημαντικό συστατικό για την παραγωγή πολλών παραδοσιακών πιάτων και εδεσμάτων λόγω του ιδιαίτερου αρώματος και γεύσης που οφείλονται σε γλυκοζινολικές ενώσεις (Shrestha, Gemechu, & De Meulenaer, 2013). Πιο συγκεκριμένα στην Ινδία, το σιναπέλαιο καταλαμβάνει περίπου το 15% των συνολικών ελαίων που καταναλώνονται στη χώρα (Poddar, Sikand, Kalra, Wong, & Duell, 2022).

Τέλος, σημαντικό είναι να αναφερθεί πως γίνονται έρευνες γύρω από την αντιμικροβιακή ικανότητα του ελαίου μουστάρδας προκειμένου να διαπιστωθεί η δράση του ως αντιμικροβιακού πρόσθετου στα τρόφιμα (Stamenković, Djialovic, Kostic, Mitrovic, & Velijkovic, 2018). Πιο συγκεκριμένα, μελέτες έδειξαν πως το σιναπέλαιο μπορεί να αναστείλει την ανάπτυξη ενός πολύ ισχυρού και επικίνδυνου στελέχους της *Escherichia coli*, το O157:H7 (Peng, και συν., 2014).

### 3.25 Σογιέλαιο (Soybean Oil)

Η σόγια είναι ένα φυτό που ανήκει στην οικογένεια *Leguminosae* (Zhu, και συν., 2022) και αποτελεί μια εξαιρετικά σημαντική από οικονομικής άποψης σοδιά καθώς αποτελεί εναλλακτική φυτική πηγή πρωτεϊνών υψηλής ποιότητας (Qiao, και συν., 2022). Η παραγωγή της σόγιας το 2017 ξεπέρασε τους 350 εκατομμύρια τόνους με την αμερικανική ήπειρο, την Ινδία, την Κίνα, την Ουκρανία και την Ρωσία να αποτελούν της κυριότερες παραγωγούς (Ozbek & Ergonul, Chapter 51- Cold pressed soybean oil, 2020). Πρόκειται για ένα μονοετές φυτό (*Glycine max L.*) το οποίο σχηματίζει μικρούς σπόρους που θυμίζουν μπιζέλια (Τσάκνης, Σογιέλαιο, 2018).

Η σόγια είναι μια σοδιά με σημαντική διατροφική αξία και για αυτό τα προϊόντα που βασίζονται στην σόγια έχουν αποκτήσει σημαντική δημοτικότητα. Βρίσκει εκτεταμένη εφαρμογή σε διάφορους βιομηχανικούς τομείς όπως των τροφίμων όπως ελαίου και τόφου αλλά και αντικατάστατο κρέατος , των φαρμάκων για την παρασκευή

συμπληρωμάτων διατροφής λόγω των βιοενεργών ουσιών που εμπεριέχονται στη σόγια αλλά και για την παραγωγή κεριών και καλλυντικών (Singh & Krishnaswamy, 2022).

Το έλαιο σόγιας αποτελεί το δεύτερο κατά σειρά πιο δημοφιλές έλαιο στους καταναλωτές μετά το ελαιόλαδο, με της κυριότερες παραγωγούς να είναι η Βραζιλία και η Αμερική (Silveira, και συν., 2017). Στην Αμερική το έλαιο παραλαμβάνεται με πίεση (Τσάκνης, Σογιέλαιο, 2018), ενώ γενικότερα το σογιέλαιο παραλαμβάνεται με ψυχρή έκθλιψη, με διαλύτη αλλά και με υπερκρίσιμο υγρό. Ωστόσο το σογιέλαιο που παραλαμβάνεται με ψυχρή έκθλιψη περιέχει μεγαλύτερη συγκέντρωση ελαϊκού, λινολενικού και παλμιτικού οξέος σε σχέση με τις άλλες μεθόδους (Ozbek & Ergonul, Chapter 51- Cold pressed soybean oil, 2020). Πιο συγκεκριμένα με την ψυχρή έκθλιψη διατηρούνται και άλλα βιοενεργά συστατικά όπως τοκοφερόλες, φυτοστερόλες και σκουαλένιο και είναι σημαντικό να αναφερθεί πως το σογιέλαιο ψυχρής έκθλιψης έχει υψηλότερη συγκέντρωση σε τοκοφερόλες σε σχέση με άλλα φυτικά έλαια όπως το λινέλαιο, το φυσικέλαιο, το έλαιο κολοκύθας αλλά και το έλαιο από τον πυρήνα σταφυλιού (Ozbek & Ergonul, Chapter 51- Cold pressed soybean oil, 2020).

Το σογιέλαιο χρησιμοποιείται αρκετά στην βιομηχανία τροφίμων καθώς δεν κιτρινίζει και μπορεί να λειτουργήσει ως αντικατάστατο του λινελαίου (Karak, 2012). Γενικότερα το έλαιο χρησιμοποιείται ως λάδι μαγειρέματος, για την παραγωγή μαγιονέζας αλλά και κεριών (Τσάκνης, Σογιέλαιο, 2018). Επίσης το εκμεταλλεύεται και η φαρμακοβιομηχανία ως έλαιο carrier για διάφορες ουσίες όπως ορμόνες, βιταμίνες και πεπτίδια (Ozbek & Ergonul, Chapter 51- Cold pressed soybean oil, 2020).

### 3.26 Φιστικέλαιο (Peanut Oil)

Το φιστίκι προέρχεται από ένα μικρό δέντρο που ανήκει στην οικογένεια *Anacardiaceae* με την βοτανική ονομασία *Pistacia vera L.* και αποτελεί από τους πιο διάσημους καρπούς στον κόσμο (Yahyavi, Alizadeh-Khaledabad, & Azadmard-Damirchi, 2020). Προέρχεται από την Ασία ωστόσο πλέον καλλιεργείται σε πολλά μέρη στον κόσμο με το Ιράν να είναι ο μεγαλύτερος εξαγωγέας ακολουθούμενο από την Τουρκία, την Αμερική, την Ελλάδα και την Ισπανία (Salih Sonmezdag, Kelebek, & Selli, 2018). Τα φιστίκια είναι ιδιαίτερα αγαπητά από τα καταναλωτικό κοινό και για αυτό τον λόγο χρησιμοποιείται σε πολλά



προϊόντα διατροφικά και μη όπως σνακ, ζαχαρωτά, γλυκά, σαπούνια και κρέμες (Salvados, Ojeda-Amados, & Fregarane, 2020).

Όπως σημειώθηκε το φιστίκι βρίσκει χρήση σε πολλούς τομείς στην βιομηχανία και λόγω του ότι το φιστίκι διαθέτει πάνω από 50% λιπαρό περιεχόμενο, παραλαμβάνεται από αυτό το φιστικέλαιο. Το έλαιο αυτό αποτελεί ένα από τα πιο θρεπτικά έλαια και για αυτό τον λόγο θεωρείται πολύτιμο για την διατήρηση της ορθής υγείας. Η κατανάλωσή του είναι περισσότερο διαδεδομένη στην Μέση Ανατολή και στην Ευρώπη, ωστόσο η ζήτησή του δεν είναι μεγάλη λόγω της υψηλής οικονομικής του αξίας (Salvados, Ojeda-Amados, & Fregarane, 2020). Πάρα την ακριβή τιμή του το φιστικέλαιο χρησιμοποιείται στην gourmet κουζίνα, ενώ χρησιμοποιείται από τη βιομηχανία τροφίμων για την παρασκευή μαργαρινών ως αντικατάστατο του βουτύρου και σε ζαχαροπλαστικά προϊόντα (Shams-Eldin & Abdur- Rahman, 2020).

Το εν λόγω έλαιο διαθέτει ιδιαίτερα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά και μοναδικές ιδιότητες που οφείλονται στην χημική του σύσταση. Το φιστικέλαιο διαθέτει πάνω από 50% ακόρεστα λιπαρά οξέα όπως ελαϊκό, λινελαϊκό και λινολενικό οξύ (Mousazadeh, Mousavi, Emam-Djomeh, HadiNezhad, & Rahmati, 2013), αλλά και αντιοξειδωτικά όπως τοκοφερόλες, στερόλες και φαινολικές ενώσεις (Yahyavi, Alizadeh-Khaledabad, & Azadmard-Damirchi, 2020). Πιο συγκεκριμένα τα επικρατέστερα φαινολικά είναι το βενζοϊκό οξύ και τα παράγωγά του (Salih Sonmezdag, Kelebek, & Selli, 2018) ενώ για τις στερόλες είναι η β-σιτοστερόλη και η σιγμαστερόλη, ενώ άλλες σημαντικές ενώσεις που εντοπίζονται στο φιστικέλαιο είναι λιμονένιο, α-πινένιο, ισοφλαβόνες και ρεσβερατρόλη (Shams-Eldin & Abdur- Rahman, 2020).

Η παραπάνω χημική σύσταση καθιστά το φιστικέλαιο πολύ σημαντικό για την ανθρώπινη υγεία καθώς η κατανάλωση του ελαίου αυτού έχει συνδεθεί με την καταπολέμηση του καρκίνου και των καρδιαγγειακών νοσημάτων (Salih Sonmezdag, Kelebek, & Selli, 2018), παράλληλα η περιεκτικότητα του ελαίου σε ακόρεστα λιπαρά οξέα συνδράμει στην μείωση των τριγλυκεριδίων και της χοληστερίνης (Yahyavi, Alizadeh-Khaledabad, & Azadmard-Damirchi, 2020) ταυτόχρονα η υψηλή συγκέντρωση σε αντιοξειδωτικές ενώσεις βοηθούν στην τόνωση του ανοσοποιητικού, του νευρικού συστήματος και προστατεύουν από την οξείδωση των κυττάρων (Jebali, και συν., 2020).

### 3.27 Συγκεντρωτικός Πίνακας Φυτικών Ελαίων

Παρακάτω ακολουθεί ο Πίνακας 5, ο οποίος περιλαμβάνει το σύνολο των προς μελέτη φυτικών ελαίων τα οποία έχουν παραληφθεί με ψυχρή έκθλιψη και παρουσιάζει τα κύρια λιπαρά οξέα και τις βασικές βιοενεργές ενώσεις που εντοπίζονται σε αυτά, καθώς και τα οφέλη στην ανθρώπινη υγεία αλλά και την χρήση τους στην βιομηχανία, σύμφωνα με την βιβλιογραφία.

Πίνακας 5 Συγκεντρωτικός Πίνακας Φυτικών Ελαίων Διασποράς

Φυτικό Έλαιο	Κύρια Λιπαρά Οξέα (%)	Βιοενεργές Ενώσεις	Οφέλη στην Υγεία	Χρήσεις	Βιβλιογραφία
<b>Έλαιο Αβοκάντο (Avocado Kernel Oil)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Παλμιτικό 10-23,2%</li> <li>- Παλμιτολεϊκό 3,3-10%</li> <li>- Ελαϊκό 49,7-71,5%</li> <li>- Λινολεϊκό 9,3-22,5%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Χλωροφύλλες</li> <li>-Καροτενοειδή</li> <li>-α-τοκοφερόλη</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Αντιφλεγμονώδης δράση</li> <li>-Ρύθμιση οξειδωτικού stress</li> <li>-Αντικαρκινική δράση</li> <li>-Ρύθμιση λιπιδικού προφίλ αίματος</li> <li>-Προστασία DNA</li> <li>-Τόνωση της υγείας των ματιών και του δέρματος</li> <li>-Προστασία έναντι της οστεοαρθρίτιδας</li> <li>-Προστασία καρδιαγγειακής υγείας</li> <li>-Ρύθμιση αρτηριακής πίεσης</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Βιομηχανία τροφίμων</li> <li>-Βιομηχανία καλλυντικών</li> </ul>	<p>(Dreher &amp; Davenport, 2012)                      (Permala, Chang, Sealea, Hamida, &amp; Kama, 2020)                      (Green &amp; Wang, 2023)</p>
<b>Έλαιο Αμυγδάλου (Almond Oil)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Παλμιτικό 5,2-7,4%</li> <li>- Στεαρικό 1,3-3,2%</li> <li>- Ελαϊκό 63,6-80-6%</li> <li>-Λινολεϊκό 10,2-26%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Μονοακόρεστα λιπαρά οξέα</li> <li>-Βιταμίνες</li> <li>-Πολυφαινόλες</li> <li>-Στερόλες</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Αντιοξειδωτική δράση</li> <li>-Αντιφλεγμονώδης δράση</li> <li>- Ηπατοπροστασία</li> <li>-Καρδιαγγειακή προστασία</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Γαστρονομία</li> <li>-Βιομηχανία τροφίμων</li> <li>-Βιομηχανία καλλυντικών</li> </ul>	<p>(Ahmad, 2010)                      (Barreira, et al., 2019)                      (Carunchia, Wang, &amp; Han, 2015)                      (Özcan, Al Juhaimi, Ghafoor, Babiker, &amp; Özcan , 2019)                      2019                      (Raseetha, Aida, Sukor, Azilah, &amp; Ramli, 2022)                      (Sakar, et al., 2021)                      (Wang, Wang, Xiao, &amp; Xu, 2019)</p>

					(Ouzir, El Bernoussi, Tabyaoui, & Taghzouti, 2021)
<b>Έλαιο Βερίκοκο (Apricot Kernel Oil)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Παλμιτικό 4-4,5%</li> <li>-Στεαρικό 1-1,3%</li> <li>- Ελαϊκό 60-71%</li> <li>-Λινολεϊκό οξύ 20-30%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-β-καροτένιο</li> <li>-Φυτοστερόλες</li> <li>-Τοκοφερόλες</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Αντιμικροβιακή δράση</li> <li>-Αντιμυκητιακή δράση</li> <li>-Αντιοξειδωτική</li> <li>-Αντιγηραντική ικανότητα</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Γαστρονομία</li> <li>-Φαρμακοβιομηχανία</li> </ul>	<p>(Bhanger, Anwar, Menon, &amp; Qadir, 2020)</p> <p>(Kiralan, Özkan, Kucukoner, &amp; Ozcelik, 2019)</p> <p>(Zhang, και συν., 2011)</p>
<b>Έλαιο Γαϊδουράγκαθου (Milk Thistle Oil)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Λινολεϊκό 43-55%</li> <li>-Ελαϊκό 28-36%</li> <li>-Παλμιτικό 8-11%</li> <li>-Στεαρικό 5-8%</li> <li>-Λινολενικό 2-5%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Σιλυμαρίνη</li> <li>-Φαινόλες</li> <li>-Τοκοφερόλες</li> <li>-Φυτοστερόλες</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Αντιοξειδωτική δράση</li> <li>-Αντιφλεγμονώδης δράση</li> <li>-Αντικαρκινική δράση</li> <li>-Συμβολή στην καλή λειτουργία του ήπατος</li> <li>-Ελαχιστοποίηση παρενεργειών της χημειοθεραπείας και των ακτινοβολιών</li> <li>-Προστασία έναντι της παχυσαρκίας</li> <li>-Προστασία έναντι της υπέρτασης</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Φαρμακοβιομηχανία (παραγωγή σκευασμάτων σιλυμαρίνης)</li> <li>-Βιομηχανία τροφίμων</li> <li>-Βιομηχανία ζωοτροφών</li> <li>-Παραγωγή βιοκαυσίμων</li> <li>-Παραδοσιακή ιατρική</li> </ul>	<p>(Duran, Ötles, &amp; Karasulu, 2019)</p> <p>(Karaïskou, Kasapidou, Michailidis, Markantonatos, &amp; Basdagianni, 2021)</p> <p>(Milovanovic, και συν., 2022)</p> <p>(Rahal, Barba, Barth, &amp; Chevalot, 2015)</p> <p>(Zhang, Wang, Liu, Li, &amp; Che, 2020)</p> <p>(Aydugan, Ok, &amp; Yilmaz, 2022)</p> <p>(Nasrollahi, 2016)</p>

<p><b>Έλαιο Δαμάσκηνου (Plum Kernel Oil)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Ελαϊκό 43-79%</li> <li>-Λινολεϊκό 10-37%</li> <li>-Παλμιτικό 5-7%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Φαινόλες</li> <li>-Πρωτεΐνες</li> <li>-Βανιλικό Οξύ</li> <li>-Ρουτίνη</li> <li>-Τοκοφερόλες</li> </ul>	<p>-Θεραπεία ξηροδερμίας του δέρματος</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Βιομηχανία Καλλυντικών</li> <li>-Βιομηχανία Τροφίμων</li> </ul>	<p>(Mateus, και συν., 2022) (Savic, Gajic, &amp; Gajic, 2020) (Matthaus &amp; Ozcan, 2009)</p>
<p><b>Έλαιο Ιπποφαούς (Seabuchthorn Oil)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Ελαϊκό 21-46%</li> <li>-Παλμιτικό 21-38%</li> <li>-Παλμιτολεϊκό 9-25%</li> <li>-Λινολεϊκό 3-11%</li> <li>-Βαξενικό 4-7%</li> <li>-Λινολενικό 2-4%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Καροτενοειδή - Τοκοφερόλες (α,β,γ και δ)</li> <li>-Φυτοστερόλες</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Αντιοξειδωτική δράση</li> <li>-Αντιφλεγμονώδης δράση</li> <li>-Αντικαρκινική δράση</li> <li>-Αντιμικροβιακή δράση</li> <li>-Προστασία του δέρματος (θεραπεία παθήσεων του δέρματος όπως ατοπική δερματίτιδας, λεύκανση των σημαδιών ακμής, επούλωση εγκαυμάτων)</li> <li>-Προστασία έναντι καρδιαγγειακών παθήσεων</li> <li>-Νευροπροστατευτική δράση</li> <li>-Προστασία έναντι γαστρικών παθήσεων</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Φαρμακοβιομηχανία</li> <li>-Βιομηχανία τροφίμων</li> <li>-Βιομηχανία καλλυντικών</li> </ul>	<p>(Basu, και συν., 2007) (Sharma &amp; Kalkal, 2018) (Ting, και συν., 2011) (Zhao, και συν., 2017) (Dulf, 2012)</p>
<p><b>Έλαιο Καρότου (Carrot Oil)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Παλμιτικό ~4%</li> <li>-Στεαρικό ~1%</li> <li>-Ελαϊκό ~ 80%</li> <li>-Λινολεϊκό ~12%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Τοκοφερόλες</li> <li>-Φαινολικές ενώσεις</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Αντιοξειδωτική δράση</li> <li>-Αντιμικροβιακή δράση</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Βιομηχανία τροφίμων</li> <li>-Βιομηχανία καλλυντικών</li> </ul>	<p>(Aksu , Incegul, Kiralan, Kiralan , &amp; Ozkan, 2020) (Boadi, και συν., 2021) (Gao, Yang, &amp; Birch, 2016) (Seregelj, και συν., 2020)</p>

<p><b>Έλαιο Καρύδας (Coconut Oil)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Καπρικό 6-10%</li> <li>- Λαουρικό 46-50%</li> <li>- Μυριστικό 17-19%</li> <li>- Παλμιτικό 8-10%</li> <li>- Ελαϊκό 5-7%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-ρ-κουμαρικό οξύ</li> <li>-Φερουλικό οξύ</li> <li>-Καφεϊκό οξύ</li> <li>-Κατεχίνες</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Αντιοξειδωτική δράση</li> <li>-Αντιφλεγμονώδης δράση</li> <li>-Νευροπροστατευτική δράση</li> <li>-Μείωση της χοληστερίνης, του σακχάρου και της πίεσης</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Γαστρονομία - Αρτοποιομηχανία - Βιομηχανία καλλυντικών</li> <li>-Φαρμακοβιομηχανία</li> <li>-Παραγωγή βιοκαυσίμων και λιπαντικών</li> </ul>	<p>(Kumar Das, Shill, &amp; Chatterjee, 2022) (Osman, 2019) (Ramesh, Krishnan, Praveen, &amp; Hebbar, 2021) (Sandupama, Munasinghe, &amp; Jayasinghe, 2022) (Gervajio, 2005)</p>
<p><b>Έλαιο Καρυδιού (Walnut Oil)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Λινολεϊκό 60-67%</li> <li>-Ελαϊκό 13-20%</li> <li>-Λινολενικό 7-13%</li> </ul>	<p>Φυσική πηγή σκουαλάνιου</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Αντιοξειδωτική δράση</li> <li>-Αντιφλεγμονώδη δράση</li> <li>-Προστασία καρδιαγγειακού συστήματος</li> <li>-Δρα ενάντια στο διαβήτη και την ρευματοειδή αρθρίτιδα</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Γαστρονομία</li> <li>-Βιομηχανία τροφίμων</li> <li>-Βιομηχανία καλλυντικών</li> </ul>	<p>(Anwar, Qadir, &amp; Abbas, 2020) (Fregapane, Ojeda-Amador, &amp; Desamparados Salvador, 2019) (Ganji, και συν., 2017) (Khir &amp; Pan, 2019) (Yu, και συν., 2022) (Bouabdallah, 2014)</p>
<p><b>Έλαιο Καφέ (Coffee Oil)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Παλμιτικό 30,4-33,4%</li> <li>-Στεαρικό 6,1-8%</li> <li>-Ελαϊκό 7,5-11,4%</li> <li>-Λινολεϊκό 40-43%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Στερόλες</li> <li>-Μέταλλα,</li> <li>-Διτερπένια</li> <li>-Πολυφαινόλες</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Αντιηλιακή δράση</li> <li>-Αντιγηραντική δράση</li> <li>-Ενυδατικές ιδιότητες (λάδι ακατέργαστων σπόρων)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Βιομηχανία καφέ</li> <li>-Βιομηχανία τροφίμων</li> <li>-Βιομηχανία καλλυντικών</li> </ul>	<p>(Araujo, Carvalho dos Santos, do Carmo Diniz, Cesar de Carvalho, &amp; Corazza, 2022) (Sharma, Ray, &amp; Singhal, 2021) (Vidal, και συν., 2022)</p>

<p><b>Έλαιο Κολοκύθας (Pumpkin Oil)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Λινολεϊκό 40-51%</li> <li>-Ελαϊκό 26-41%</li> <li>-Παλμιτικό 10-15%</li> <li>-Στεαρικό 5-7%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Πολυφαινόλες</li> <li>-Τοκοφερόλες</li> <li>-Βιταμίνες C και E,</li> <li>-Τερπένια</li> <li>-Μέταλλα</li> <li>-Υψηλό ποσοστό ακόρεστων λιπαρών οξέων</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Αντιοξειδωτική δράση</li> <li>-Αντιφλεγμονώδης δράση</li> <li>-Αντιβακτηριακές ιδιότητες</li> <li>-Προστασία έναντι του διαβήτη</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Γαστρονομία</li> <li>-Φαρμακοβιομηχανία</li> </ul>	<p>(Amin, Rity, Uddin, Rahman, &amp; Uddin, 2020) (Ayyildiz, Topkafa, &amp; Kara, 2019) (Bardaa, και συν., 2016) (Klein da Cruz, και συν., 2022) (Vidal, και συν., 2022) (Wang, και συν., 2021) (Nederal, 2014) (Bardaa S. B., 2016)</p>
<p><b>Έλαιο Κουκουναριού (Pine Cone Oil)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Πινολενικό οξύ 14,6-14,9</li> <li>- Παλμιτικό 4,2-4,9</li> <li>-Στεαρικό 1,8-2,2</li> <li>-Ελαϊκό 24,1-25,5</li> <li>-Λινολεϊκό 45,2-48,5</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-φυτοστερόλες (β- σιτοστερόλη</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Επουλωτική δράση</li> <li>-Αντικαρκινική δράση</li> <li>-Προστασία του ανοσοποιητικού</li> <li>-Μείωση του σακχάρου στο αίμα</li> <li>-Μείωση της χοληστερίνης</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Γαστρονομία</li> <li>-Βιομηχανία τροφίμων</li> <li>-Ζαχαροπλαστική</li> <li>-Φαρμακοβιομηχανία</li> <li>-Αρωματοποιία</li> <li>-Βιομηχανία απορρυπαντικών - Παραδοσιακή ιατρική</li> </ul>	<p>(Baker, Miles, &amp; Calder, 2021) (Guo, και συν., 2022) (Incegul, Aksu, Kiralan, Kiralan, &amp; Ozkan, 2020) (Jin, Kim, Choi, Nam, &amp; Yang, 2021)</p>
<p><b>Έλαιο Μακαντάμια (Macadamia Oil)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Παλμιτικό 7-10%</li> <li>-Παλμιτολεϊκό 16-23%</li> <li>- Στεαρικό 2-5,5%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Τοκοφερόλες</li> <li>-Σκουαλένιο</li> <li>-Φυτοστερόλες</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Προστασία καρδιαγγειακού συστήματος</li> <li>-Μείωση της χοληστερίνης</li> <li>-Μείωση της αρτηριακής πίεσης</li> <li>-Μείωση της αθηρωματικής πλάκας</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Γαστρονομία</li> <li>-Βιομηχανία τροφίμων</li> <li>-Βιομηχανία καλλυντικών</li> <li>-Φαρμακοβιομηχανία</li> </ul>	<p>(Dias Junior, και συν., 2022) (Shuai, και συν., 2022) (Xuan Tan, Shin Tan, &amp; Tyng Tan, 2020) (Naveed &amp; Ahmad, 2006)</p>

	- Ελαϊκό 54-68%		-Μείωση της συσσώρευσης του λίπους -Ρύθμιση της ινσουλίνης		
<b>Έλαιο Μαύρο Κίμινο (Black Seed Oil)</b>	-Παλμιτικό 12-13,2% - Στεαρικό 2,6-2,8% - Ελαϊκό 19-25% - Λινολεϊκό 46-62%	-Θυμοκινόνη -Βιταμίνες του συμπλέγματος Β -Ασβέστιο -Χαλκός -Ψευδάργυρος -Φώσφορος	-Αντιοξειδωτική δράση -Αντιφλεγμονώδης δράση -Αντικαρκινική δράση -Ανασταλτική δράση έναντι τροφικών αλλεργιών -Νευροπροστατευτική δράση -Προστασία ήπατος -Θεραπευτικές ιδιότητες κατά της ψωρίασης και της αρθρίτιδας	-Γαστρονομία -Φαρμακοβιομηχανία -Παραδοσιακή ιατρική	(Burdock, 2022) (Ittiyavirah, και συν., 2022) (Nautiyal, 2019) (Oubannin, και συν., 2022) (Palamutoglu, Kasnak, & Ozen, 2022) (Ketenoglu, Kiralan, Kiralan, Ozkan, & Ramadan, 2020)
<b>Έλαιο Νυχτολούλουδο (Evening Primrose Oil)</b>	-Λινολεϊκό 70-74% -γ-λινολενικό 8-10% -Ελαϊκό ~7% -Παλμιτικό ~6%	-Φαινόλες -Φλαβόνες	-Αντιφλεγμονώδης δράση -Προστασία καρδιακής λειτουργίας -Προστασία έναντι παθολογικών καταστάσεων (καρκίνος) -Βοήθεια έναντι μεταβολικών διαταραχών -Συμβολή έναντι οφθαλμικών και δερματικών παθήσεων -Ενυδάτωση του τραχήλου της μήτρας κατά τον τοκετό	-Φαρμακοβιομηχανία -Παραδοσιακή ιατρική	(Azad, Pourtaheri, Darsareh, Heidari, & Mehrnough, 2022) (Hadidi, Ibaraz, & Poumarin, 2021) (Timoszuk, Bielawska, & Skrydlewska, 2018)
<b>Έλαιο Παπαρούνας (Poppy Seed Oil)</b>	-Λινολεϊκό 69-75% -Ελαϊκό 12-18% -Παλμιτικό 8- 10%	Ιώδιο Τοκοφερόλες Τοκοτριενόλες	Χρήση σε δίαιτες ατόμων με έλλειψη ιωδίου	-Βιομηχανία τροφίμων -Φαρμακοβιομηχανία -Βιομηχανία καλλυντικών -Παραγωγή βιοκαυσίμων, βαφών, βερνικιών	(Dabrowski, Czaplicki, & Konopka, 2020) (Ghafoor, Ozcan, AL- Juhaimi, Babiker, & Fadimu, 2019)



					(Ozbek & Ergonul, Chapter 19- Cold pressed Poppy seed oil, 2020) (Zay & Gere, 2019) (Rahimi, 2011) (Bozan, 2008)
<b>Έλαιο Πυρήνα Σταφυλιού (Grapeseed Oil)</b>	-Παλμιτικό 6,3-11,6% -Στεαρικό 3,6-5,4% -Ελαϊκό 12,7-20,9% -Λινολεϊκό 61,3-74,6%	-Πολυφαινόλες -Φλαβονοειδή -Βιταμίνη E -Ρεσβερατρόλη -Μελατονίνη	-Ενυδατική δράση -Αντιγηραντική δράση	-Βιομηχανία τροφίμων -Φαρμακοβιομηχανία -Βιομηχανία καλλυντικών	(Al-Attar A. M., 2015) (Bolonio, και συν., 2019) (Xu, Zhang, Wang, & Lu, 2010) (Argon, Celenk, & Gumus, 2020)
<b>Έλαιο Ροδιού (Pomegranate Oil)</b>	-Πουνικικό οξύ ~73% -Λινολεϊκό 9-10% -Ελαϊκό 8-9% -Παλμιτικό 5-8% -Στεαρικό 2-6%	-Μέταλλα -Φαινόλες -Φυτο-οιστρογόνα - Στεροειδή	-Αντιοξειδωτική δράση -Αντιμικροβιακή δράση -Αντικαρκινικές ιδιότητες -Ανοσοπροστατευτικές ιδιότητες -Καταπολέμηση ορμονικών διαταραχών κατά την εμμηνόπαυση	-Βιομηχανία τροφίμων -Φαρμακοβιομηχανία -Βιομηχανία καλλυντικών	(Drinic, και συν., 2020) (Mahesar, Kori, Hussain, Kahdhro, & Laghari, 2019) (Paul & Radhakrishnan, 2020) (Zielinska, και συν., 2022)
<b>Έλαιο Τσια (Chia Seed Oil)</b>	- Λινολενικό 54-67% -Λινολεϊκό 12-21%	-γ-τοκοφερόλη -Καφεϊκό οξύ -Χλωρογενικό οξύ -Καμφερόλη	-Αντιοξειδωτική δράση -Αντιφλεγμονώδης δράση -Αντικαρκινική δράση	-Βιομηχανία τροφίμων -Γαστρονομία	(Abad & Shahidi, 2020) (Di Marco, Ixtaina, & Tomas, 2023)

			<ul style="list-style-type: none"> <li>-Μειώνει την πιθανότητα εμφάνισης χρόνιων νοσημάτων</li> <li>-Προστασία κατά της χοληστερόλης</li> <li>-Προστασία κατά του διαβήτη</li> </ul>		<p>(Ghafoor, Ozcan, AL-Juhaimi, Babiker, &amp; Fadimu, 2019)</p> <p>(Ishak, Hussain, Coorey, &amp; Ghani, 2021)</p> <p>(Nadeem &amp; Imran, 2019)</p> <p>(Parker, Schellenberger, Roe, Oketch-Rabah, &amp; Calderón, 2018)</p>
<b>Έλαιο Φουντουκιού (Hazelnut Oil)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Παλμιτικό 4,1-6,8</li> <li>-Στεαρικό 1,6-3,7</li> <li>- Ελαϊκό 73,6-82,6</li> <li>-Λινολεϊκό 9,8-16,6</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Τοκοφερόλες</li> <li>-β-σιτοστερόλη</li> <li>-Σκουαλένιο</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Αντιοξειδωτική δράση</li> <li>-Αντιφλεγμονώδης δράση</li> <li>-Ανοσοπροστατευτική δράση</li> <li>-Πρόληψη παθολογικών καταστάσεων όπως: αθηροσκλήρωση, υψηλή χοληστερίνη, μειωμένη μεταβολική δραστηριότητα</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Βιομηχανίες τροφίμων</li> <li>-Βιομηχανία καλλυντικών</li> <li>-Ζαχαροπλαστική</li> </ul>	<p>(Sun, και συν., 2022)</p> <p>(Topkafa, Ayyildiz, &amp; Karal, 2019)</p>
<b>Κραμβέλαιο (Rapeseed Oil)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Ελαϊκό 55-67%</li> <li>-Λινολεϊκό 16-22%</li> <li>-Παουλινικό 1-10%</li> <li>-Παλμιτικό 4-6%</li> <li>-Στεαρικό 1-3%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Φυτοστερόλες</li> <li>-Τοκοφερόλες</li> <li>-Πολυφαινόλες (κυριότερη η κανολόλη)</li> </ul>	<p>Αντιοξειδωτική δράση</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Γαστρονομία</li> <li>-Βιομηχανίες τροφίμων</li> <li>-Ζαχαροπλαστική</li> <li>-Παραγωγή σαπουνιών, λιπαντικών και βερνικιών</li> </ul>	<p>(Τσάκνης, Κραμβέλαιο, 2018)</p> <p>(Guderjan, Elez-Martinez, &amp; Knorr, 2007)</p> <p>(Ning, και συν.)</p> <p>(Wang, και συν., 2022)</p> <p>(Matthaus B. Ö., 2016)</p>

<b>Λινέλαιο (Linseed Oil)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Παλμιτικό 4,9-8%</li> <li>- Στεαρικό 2,2-4,6%</li> <li>- Ελαϊκό 13,4-19,4%</li> <li>- Λινολεϊκό 12,3-17,4%</li> <li>- α-λινολενικό (α) 40-60,4%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Πρωτεΐνες</li> <li>-Φυτικές ίνες</li> <li>-Μέταλλα</li> <li>-Βιταμίνες</li> <li>-γ-τοκοφερόλη</li> <li>-Λιγνάνες</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Αντικαρκινική δράση</li> <li>-Μείωση χοληστερίνης</li> <li>-Προστασία καρδιαγγειακού συστήματος</li> <li>-Προστασία έναντι της αθηρωματικής πλάκας</li> <li>-Αντικαταθλιπτικές ιδιότητες</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Βιομηχανία τροφίμων</li> <li>-Γαστρονομία</li> <li>-Φαρμακοβιομηχανία</li> </ul>	<p>(Bayrak, και συν., 2010) (Farag, Elimam, &amp; Afifi, 2021) (Gallardo, και συν., 2013) (Woodfield &amp; Harwood, 2017) (Goyal, Sharma, Upadhyay, Gill, &amp; Sihag, 2014)</p>
<b>Σησαμέλαιο (Sesame Oil)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Ελαϊκό 36-42%</li> <li>-Λινολεϊκό 41-48%</li> <li>-Παλμιτικό 8-12%</li> <li>-Στεαρικό 5-6%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Πολυακόρεστα λιπαρά οξέα</li> <li>-α-τοκοφερόλη</li> <li>-Φυτοστερόλες</li> <li>-Λιγνάνες (σησαμίνη, σησαμόλη, σησαμόλη)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Αντιοξειδωτική δράση</li> <li>-Αντιφλεγμονώδη δράση</li> <li>-Αντικαρκινική δράση</li> <li>-Νευροπροστατευτική δράση</li> <li>-Μείωση της υπέρτασης και των καρδιαγγειακών νοσημάτων</li> <li>-Προστασία έναντι του διαβήτη</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Βιομηχανία τροφίμων</li> <li>-Γαστρονομία</li> </ul>	<p>(Dou, και συν., 2022) (Huang, και συν., 2022) (Langyan, και συν., 2022) (Liu, Fan, Kang, &amp; Mazurenko, 2022) (Wacal, 2019)</p>
<b>Σιναπέλαιο (Mustard Seed Oil)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Ελαϊκό οξύ</li> <li>-Λινολενικό οξύ</li> <li>-Λινολεϊκό οξύ</li> <li>-Ερουκικό οξύ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Αντιοξειδωτικές ενώσεις</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Αντιοξειδωτική δράση</li> <li>-Αντιμικροβιακή δράση (υπό μελέτη)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Βιομηχανία τροφίμων</li> <li>-Γαστρονομία</li> <li>-Παραγωγή βιοκαυσίμων</li> <li>-Παραδοσιακή ιατρική</li> </ul>	<p>(Martinovic, Polak, Ulrih, &amp; Abramovic, 2020) (Peng, και συν., 2014) (Shrestha, Gemechu, &amp; De Meulenaer, 2013) (Stamenković, Djialovic, Kostic, Mitrovic, &amp; Velijkovic, 2018)</p>
<b>Σογιέλαιο (Soybean Oil)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Ελαϊκό 29-80%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Τοκοφερόλες</li> <li>-Φυτοστερόλες</li> <li>-Σκουαλένιο</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Αντιοξειδωτική δράση</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Βιομηχανία τροφίμων</li> <li>-Γαστρονομία</li> <li>-Βιομηχανία φαρμάκων</li> </ul>	<p>(Τσάκνης, Σογιέλαιο, 2018) (Karak, 2012)</p>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Λινολεϊκό 4-47%</li> <li>-Παλμιτικό 8-16%</li> </ul>			-Παραγωγή κεριών	(Ozbek & Ergonul, Chapter 51- Cold pressed soybean oil, 2020) (Singh & Krishnaswamy, 2022) (da Silveira, 2017)
<b>Φιστικέλαιο (Peanut Oil)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Ελαϊκό 41-68%</li> <li>-Λινολεϊκό 14-36%</li> <li>-Παλμιτικό 7-13%</li> <li>-Στεαρικό 2-5%</li> <li>-Αραχιδικό 1-2%</li> <li>-Λιγνοκηρικό 1-2%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Αντιοξειδωτικά όπως τοκοφερόλες, στερόλες (β-σιτοστερόλη, σιγμαστερόλη)</li> <li>-Φαινολικές ενώσεις (βενζοϊκό οξύ και παράγωγά) - Λιμονένιο</li> <li>-α-πινένιο</li> <li>-Ισοφλαβόνες</li> <li>-Ρεσβερατρόλη</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Αντιοξειδωτική δράση</li> <li>-Αντικαρκινική δράση</li> <li>-Προστασία έναντι της χοληστερόλης</li> <li>-Τόνωση ανοσοποιητικού και νευρικού συστήματος</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Βιομηχανία τροφίμων</li> <li>-Γαστρονομία</li> <li>-Ζαχαροπλαστική</li> </ul>	(Jebali, και συν., 2020) (Mousazadeh, Mousavi, Emam-Djomeh, HadiNezhad, & Rahmati, 2013) (Salih Sonmezdag, Kelebek, & Selli, 2018) (Salvados, Ojeda-Amados, & Fregapane, 2020) (Shams-Eldin & Abdur-Rahman, 2020) (Yahyavi, Alizadeh-Khaledabad, & Azadmard-Damirchi, 2020) (Sanders, 2003) (Stenerson, 2023)

## Κεφάλαιο 4: Σκοπός

Δεδομένης της αυξανόμενης ζήτησης από τους καταναλωτές για τρόφιμα με ευεργετικές ιδιότητες για την υγεία αλλά και της περιβαλλοντικής ανάγκης για μείωση των παραγόμενων από την βιομηχανία τροφίμων αποβλήτων, τα εναλλακτικά φυτικά έλαια χρήζουν ιδιαίτερης έρευνας και προσοχής. Δεδομένου ότι πολλοί κλάδοι της βιομηχανίας μπορούν να αξιοποιήσουν τα φυτικά έλαια από εναλλακτικές πηγές, ενώ παράλληλα οι καταναλωτές να επωφεληθούν από τις μοναδικές ιδιότητές τους, κρίνεται αναγκαία η μελέτη της σύστασής τους. Επιλέχθηκαν είκοσι έξι (26) φυτικά έλαια που προέρχονται από διάφορες φυτικές πηγές και έχουν παραληφθεί με την μέθοδο της ψυχρής έκθλιψης. Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η εκτενής μελέτη της σύστασης των φυτικών ελαίων (ελαίων διασποράς) όσον αφορά το λιπιδικό προφίλ τους, και πιο συγκεκριμένα των λιπαρών οξέων με χρωματογραφικές μεθόδους καθώς και η συγκριτική μελέτη τους με φασματομετρικές και χρωματομετρικές μεθόδους.

## Κεφάλαιο 5: Υλικά και Μέθοδοι

### 5.1 Φυτικά έλαια (έλαια διασποράς)

Στον Πίνακα 6 παρουσιάζονται τα είκοσι έξι έλαια που χρησιμοποιήθηκαν για την διεξαγωγή του πειραματικού τμήματος της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Πίνακας 6 Λίστα των μελετώμενων ελαίων

	<b>Επιστημονική ονομασία</b>	<b>Φυτικά έλαια (έλαια διασποράς)</b>
351	Walnut oil (INCI: Juglans Regia Seed oil)	Έλαιο Καρυδιού
352	Linseed oil (INCI: Linum Usitatissimum Seed Oil)	Έλαιο Λιναρόσπορου
354	Almond oil (INCI: Prunus Amygdalus Dulcis oil)	Έλαιο Αμυγδάλου
355	Hazelnut oil (INCI: Corylus Avellana Seed Oil)	Έλαιο Φουντουκιού
356	Pumpkin seed oil virgin unroasted (INCI: Cucurbita Pepo Seed oil)	Έλαιο Σπόρων Κολοκύθας
358	Avocado oil (INCI: Persea Gratissima oil)	Έλαιο Αβοκάντο
359	Black cumin oil (INCI: Nigella Sativa Seed Oil)	Έλαιο Μαύρο Κίμινο
361	Coffee bean base oil (INCI: Coffee Arabica Seed Oil)	Έλαιο Κόκκων Καφέ
362	Pine cone base oil (INCI: Pinus Sibirica Seed Oil)	Έλαιο Κουκουναριού
363	Evening Primrose base oil (INCI: Oenothera Biennis Oil)	Έλαιο Νυχτολούλουδου
365	Grape seed base oil (INCI: Vitis Vinifera Seed Oil)	Έλαιο Σπόρων Σταφυλιού
366	Plum base oil (Prunus Domestica (Plum) Seed Oil)	Έλαιο Δαμάσκηνου
367	Pomegranate base oil (INCI: Punica Granatum Seed Oil)	Έλαιο Ροδιού
368	Mustard seed base oil (INCI: Brassica Juncea Seed Extract)	Έλαιο Σιναπιού
370	Sea Buckthorn base oil (INCI: Hippophae Rhamnoides Fruit Extract)	Έλαιο Ιπποφαούς
371	Chia seed base oil (INCI: Salvia Hispanica Seed Oil)	Έλαιο Σπόρων Τσία
372	Carrot base oil (Daucus Carota Sativa Root Extract / Sesamum Indicum Seed Oil / Rosmarinus Officinalis Leaf Extract / Helianthus Annuus Seed Oil)	Έλαιο Καρότου σε πρόσμιξη με άλλα έλαια
373	Peanut base oil (INCI: Arachis Hypogaea Oil)	Έλαιο Φιστικιού

374	Apricot base oil (INCI: Prunus Armeniaca Kernel Oil)	Έλαια Βερίκοκου
376	Milk thistle base oil (INCI: Silybum Marianum Seed Oil)	Έλαιο Γαϊδουράγκαθου
377	Macadamia base oil (INCI: Macadamia Integrifolia Seed Oil)	Έλαιο Μακαντάμια
378	Canola base oil (INCI: Brassica Campestris Seed Oil)	Έλαιο Κράμβης
379	Soybean base oil (INCI: Glycine Soya oil)	Έλαιο Σόγιας
380	Poppy seed base oil (INCI: Papaver Somniferum Seed Oil)	Έλαιο Σπόρων Παπαρούνας
382	Sesame oil (INCI: Sesamum Indicum Seed Oil)	Έλαιο Σησαμιού
383	Coconut Virgin oil raw (INCI: Cocos Nucifera Oil)	Έλαιο Καρύδας

## 5.2 Φασματοσκοπία Υπέρυθρης Ακτινοβολίας με Αποσβένουσα Ολική Ανάκλαση (Attenuated Total Reflectance, ATR-FTIR)

Το φάσμα της απορρόφησης μιας ένωσης παραλαμβάνεται από ένα όργανο που ονομάζεται φασματοφωτόμετρο. Όταν το μήκος κύματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας κυμαίνεται από 4000-400  $\text{cm}^{-1}$ , τότε το φάσμα που παραλαμβάνεται βρίσκεται στην περιοχή του υπέρυθρου (infrared-IR) και πιο συγκεκριμένα του μέσου υπέρυθρου (mid-IR). Στην περιοχή αυτή του φάσματος λαμβάνουν χώρα μεταβολές της δονητικής ενέργειας των μορίων των ενώσεων, ενώ αυτά παραμένουν στην θεμελιώδη κατάσταση. Επιπλέον, πολλές λειτουργικές ομάδες απορροφούν στο mid-IR και για αυτό τον λόγο, το τμήμα αυτό του φάσματος παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τα τρόφιμα και πιο συγκεκριμένα για τα λίπη και έλαια (Mohamed, Jaafar, Ismail, Othman, & Rahman, 2017).

Μια από τις πιο δημοφιλείς τεχνικές του υπέρυθρου φάσματος είναι η τεχνική της αποσβένουσας ολικής ανάκλασης (Attenuated Total Reflectance), συνδυαζόμενη με την φασματοφωτομετρία Fourier. Πρόκειται για μια μέθοδο με πολλαπλά πλεονεκτήματα και οφέλη. Παρέχει γρήγορα και αξιόπιστα φάσματα IR με ελάχιστη ποσότητα δείγματος και είναι μια μη καταστρεπτική τεχνική, ενώ παράλληλα δεν απαιτεί προετοιμασία του δείγματος (Janus, και συν., 2023). Λόγω των πλεονεκτημάτων της μεθόδου αλλά και της ευελιξίας της, η τεχνική ATR-FTIR εφαρμόζεται σε πληθώρα εργαστηριακών ελέγχων και ερευνών όπως χημείας, ιατροδικαστικής, περιβαλλοντικές αναλύσεις, αναλύσεις ορυκτών, βιοκαυσίμων, βερνικιών και χρωμάτων, ενώ χρησιμοποιείται και στην

αρχαιολογία αλλά και από τον τομέα τροφίμων για τον έλεγχο της ποιότητας αυτών (Janus, και συν., 2023).

Η αρχή λειτουργίας της τεχνικής ATR-FTIR βασίζεται στην ολική εσωτερική ανάκλαση η οποία λαμβάνει χώρα κατά την πρόσκρουση ακτινοβολίας σε μέσο με υψηλό δείκτη διάθλασης προς μέσο με χαμηλότερο δείκτη διάθλασης (Κουή, Αβδελίδης, Θεοδωρακέας, & Χειλιάκου, 2015). Πιο συγκεκριμένα, το υπέρυθρο φως κατευθύνεται σε μια περιοχή διεπαφής. Η περιοχή αυτή βρίσκεται ανάμεσα στην επαφή του δείγματος και



Εικόνα 8 Μοντέλο IRAffinity-1S της εταιρίας Shimadzu.

ενός διαφανούς υλικού με υψηλό δείκτη διάθλασης. Αυτό το υλικό ονομάζεται «στοιχείο εσωτερικής ανάκλασης», το οποίο παρασκευάζεται από διαμάντι, πυρίτιο, γερμάνιο ή σεληνιούχο ψευδάργυρο (Glassford, Byrne, & Kazarian, 2013). Καθώς η ακτινοβολία προσπίπτει στο στοιχείο εσωτερικής ανάκλασης προκαλείται πολλαπλή ανάκλαση αυτής κάτι που έχει σαν αποτέλεσμα να διέρχεται από το στοιχείο επανειλημμένα και τελικώς ποσοστό αυτής να απορροφάται. Η εσωτερική ολική ανάκλαση στην διεπιφάνεια έχει σαν αποτέλεσμα την δημιουργία ενός φθίνοντος κύματος το

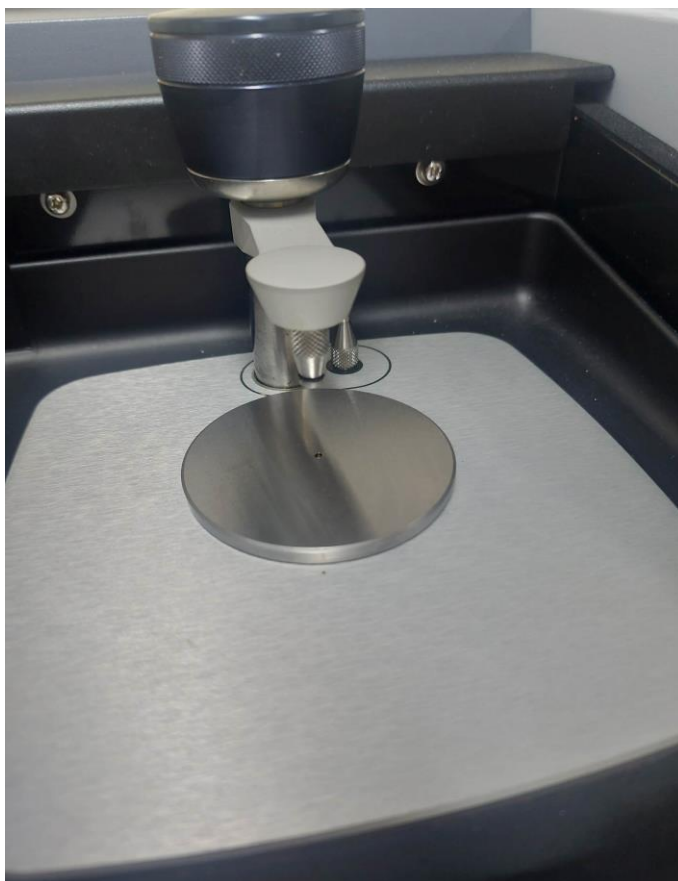
οποίο διέρχεται από το δείγμα (μικρότερος δείκτης διάθλασης) και εν συνεχεία εξασθενεί καθώς το δείγμα απορροφά ενέργεια (Κουή, Αβδελίδης, Θεοδωρακέας, & Χειλιάκου, 2015). Πρακτικά το όργανο μετρά την απώλεια της ενέργειας της ακτινοβολίας η οποία εν συνεχεία μετατρέπεται στην απορρόφηση της κάθε ουσίας που περιέχεται στο δείγμα και εν τέλει στην δημιουργία του φάσματος. Η λήψη των φασμάτων FTIR έγινε σε θερμοκρασία δωματίου, με τη χρήση του φασματομέτρου IRAffinity-1S FTIR Spectrometer με την τεχνική της αποσβένουσας ολικής ανάκλασης (ATR).

Δείγμα φυτικού ελαίου τοποθετήθηκε με πιπέτα Pasteur πάνω στο επίπεδο ανάκλασης του πρίσματος κρυστάλλου ATR με τον υψηλό δείκτη διάθλασης. Για το έλαιο



καρύδας, δεδομένης της χαμηλής θερμοκρασίας το έλαιο στερεοποιήθηκε με αποτέλεσμα να γίνει χρήση του κατάλληλου εξοπλισμού που πιέζει το δείγμα πάνω στο στοιχείο εσωτερικής ανάκλασης ώστε να διασφαλιστεί η μέγιστη επιφάνεια επαφής. Η τιμή αναφοράς της αποσβένουσας ολικής ανάκλασης καθορίστηκε στα  $3284,77\text{ cm}^{-1}$ .

Πριν τη λήψη των φασμάτων των ελαίων λήφθηκε φάσμα του περιβάλλοντος αέρα με την επιλογή «background scan», ώστε να αφαιρεθεί η απορρόφηση της υγρασίας και διοξειδίου του άνθρακα, με σκοπό την ελαχιστοποίηση του θορύβου. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβανόταν ανά τακτά διαστήματα κατά τη διάρκεια της ανάλυσης. Τα φάσματα λήφθηκαν ως μέσος όρος 20 σαρώσεων (scans) στην περιοχή μεταξύ  $4.000\text{-}499\text{ cm}^{-1}$  με διακριτική ικανότητα οργάνου στα  $4\text{ cm}^{-1}$ . Τα λαμβανόμενα φάσματα των δειγμάτων ελαίων μετά το πέρας της πειραματικής διαδικασίας υπόκεινται σε ATR διόρθωση και κανονικοποίηση με την χρήση του λογισμικού LabSolutions IR.



*Εικόνα 9 Στο κέντρο παρατηρείται η οπή του στοιχείου εσωτερικής ανάκλασης και ακριβώς από πάνω ο πιεστικός μηχανισμός.*

### 5.3 Αέρια Χρωματογραφία (Gas Chromatography)

Η αέρια χρωματογραφία αποτελεί την πιο κοινή μέθοδο για τον προσδιορισμό των λιπαρών οξέων, αλλά και άλλων ενώσεων όπως φυτοφάρμακα και φυτοχημικά. Πρόκειται για μία τεχνική με υψηλή ακρίβεια και ευαισθησία, ενώ παράλληλα είναι μια ευέλικτη μέθοδος για την διεξαγωγή αξιόλογων αναλύσεων. Η αέρια χρωματογραφία συνδυασμένη με ανιχνευτή ιονισμού φλόγας (FID) είναι η συνηθέστερη μέθοδος για τον ποσοτικό προσδιορισμό των λιπαρών οξέων σε τρόφιμα (Alinafiah, Azlan, Ismail, & Mahmud Ab Rashid, 2021).

Ο εξοπλισμός από τον οποίο αποτελείται μια κοινή μονάδα αέριας χρωματογραφίας περιλαμβάνει το σύστημα φέροντος αερίου, τον εισαγωγέα, την χρωματογραφική στήλη, τον ανιχνευτή και τη μονάδα καταγραφής και επεξεργασίας δεδομένων (Forgacs & Cserhati, 2003). Το φέρον αέριο αποτελεί την κινητή φάση της αέριας χρωματογραφίας και είναι κάποιο αδρανές αέριο όπως  $N_2$ ,  $H_2$ ,  $He$  ή  $Ar$ . Ο ρόλος του φέροντος αερίου είναι να μεταφέρει τις προσδιοριζόμενες ουσίες στον ανιχνευτή μέσω της χρωματογραφικής στήλης. Η τελευταία περιέχει την στατική φάση η οποία διαχωρίζει τους αναλύτες από το προς μελέτη δείγμα.

Πιο αναλυτικά, το δείγμα εισάγεται στην μονάδα από τον εισαγωγέα και εξατμίζεται ακαριαία. Εν συνεχεία, οδηγείται στην χρωματογραφική στήλη και με την βοήθεια του φέροντος αερίου μεταφέρεται κατά μήκος της στήλης. Το φέρον αέριο παρασύρει τους αναλύτες προς τον ανιχνευτή. Οι αναλύτες εκκλούνται σταδιακά από την μονάδα και μέσω του ανιχνευτή ταυτοποιούνται ή/και προσδιορίζονται ποσοτικά. Ο χρόνος που απαιτείται για την έκλυση του κάθε αναλύτη ονομάζεται χρόνος κατακράτησης και το αποτέλεσμα της ανάλυσης ονομάζεται αεριοχρωματογράφημα.

Ο ανιχνευτής ιονισμού φλόγας είναι από τους πιο κοινούς ανιχνευτές με ικανότητα ανίχνευσης σε πολύ χαμηλά όρια που συνδυάζεται με αξιοπιστία και χαμηλό οικονομικό κόστος (Feng, Sun, Song, Zhuang, & Yao, 2019). Πρόκειται για έναν ανιχνευτή που παραμένει αδρανής σε πολλές ενώσεις όπως διοξείδιο του άνθρακα, την αμμωνία, το διοξείδιο του θείου αλλά και στα περισσότερα αέρια της κινητής φάσης, ταυτόχρονα παρουσιάζει ιδιαίτερη ευαισθησία στον άνθρακα και το υδρογόνο (Shellie, 2013), εξαιρουμένου του μεθανίου και του μυρμηκικού οξέος (Feng, Sun, Song, Zhuang, & Yao, 2019).

Η αρχή λειτουργίας αυτού του ανιχνευτή είναι η εξής. Στον ανιχνευτή παράγεται φλόγα από την καύση  $H_2$  και αέρα και εν συνεχεία παράγονται κατιόντα και ηλεκτρόνια τα οποία περιέχονται στο οργανικό δείγμα που αναλύεται. (Shellie, 2013). Η καύση των παραπάνω ενώσεων παράγει ηλεκτρικό ρεύμα το οποίο είναι ανάλογο με αυτό της ποσότητάς τους. Το παραγόμενο ηλεκτρικό ρεύμα ενισχύεται με ένα ηλεκτρόμετρο και παράγει ένα σήμα, αυτό το σήμα δημιουργεί το χρωματογράφημα (Feng, Sun, Song, Zhuang, & Yao, 2019). Η ηλεκτρική αγωγιμότητα της φλόγας είναι εξαιρετικά ευαίσθητη και μπορεί να ανιχνεύσει ουσίες σε ποσότητα 20 pg (Shellie, 2013).

Στην παρούσα διπλωματική εργασία ο αέριος χρωματογράφος που χρησιμοποιήθηκε ήταν ο Agilent 6890 Series Gas Chromatograph (Agilent Technologies, Palo Alto, CA, USA) συνδυασμένος με ανιχνευτή ιοντισμού φλόγας.



Εικόνα 10 Ο αέριος χρωματογράφος Agilent 6890 Series Gas Chromatograph του Εργαστηρίου Ενόργανης Ανάλυσης που χρησιμοποιήθηκε

### 5.3.1 Υλικά Αέριας Χρωματογραφίας

Για την πραγματοποίηση του πειράματος της αέριας χρωματογραφίας χρειάστηκαν:

1. Τα έλαια
2. Διάλυμα υδροξειδίου του καλίου σε μεθανόλη (Υδροξείδιο του καλίου και μεθανόλη 2N)
3. Εξάνιο

4. Άνυδρο άλας θεικού νατρίου  $\text{Na}_2\text{SO}_4$
5. Πιπέτες Pasteur
6. Σιφώνια
7. Eppendorf
8. Αναλυτικός ζυγός
9. Vortex
10. Μικροσύριγγα Hamilton 1μL
11. Agilent 6890 Series Gas Chromatograph

### 5.3.2 Πειραματική Πορεία

Τα λιπαρά οξέα των φυτικών ελαίων για να καταστούν κατάλληλα προς μέτρηση θα πρέπει να μετατραπούν σε μεθυλεστέρες των ολικών λιπαρών οξέων (Fatty Acid Methyl Esters – FAME). Για να πραγματοποιηθεί η εστεροποίηση παρασκευάστηκε διάλυμα υδροξειδίου του καλίου σε μεθανόλη. Πιο συγκεκριμένα ζυγίστηκαν 2,65g υδροξειδίου του καλίου τα οποία διαλύθηκαν σε 25 ml μεθανόλης 2N. Με την προσθήκη κατάλληλης ποσότητας του παραπάνω διαλύματος σε φυτικό έλαιο πραγματοποιείται η αντίδραση της μεθυλεστεροποίησης. Τα παράγωγα αυτής της αντίδρασης, μεθυλεστέρες λιπαρών οξέων ( Fatty Acid Methyl Esters-FAME), παραλαμβάνονται από τον διαλύτη, στην προκειμένη περίπτωση το εξάνιο. Ακόμη, είναι σημαντική η αναφορά στην χρήση του άνυδρου θεικού νατρίου άλατος ( $\text{Na}_2\text{HSO}_4$ ), καθώς το άλας αυτό διασφαλίζει την απουσία ίχνους υγρασίας στο δείγμα. Η παρουσία υγρασίας θα μπορούσε να επηρεάσει την λειτουργία του αέριου χρωματογράφου και συνεπώς τα επιθυμητά αποτελέσματα. Τέλος, προκειμένου να μειωθούν οι πιθανότητες τις όποιες επιμόλυνσης με νερό ή/και για να αποφευχθεί η ανάμιξη των ελαίων, οι γυάλινες πιπέτες paster και η μικροσύριγγα εκπλενόταν πριν και μετά από κάθε χρήση με εξάνιο.

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε για τα 26 φυτικά έλαια είναι η εξής. Σε αναλυτικό ζυγό τεσσάρων δεκαδικών ψηφίων ζυγίστηκε με την βοήθεια γυάλινης πιπέτας paster, δείγμα βάρους περίπου 0,01 g (10mg) σε eppendorf. Εν συνεχεία προστέθηκαν 0,75ml εξανίου και 0,1ml υδροξειδίου του καλίου 2N σε μεθανόλη και μικρή ποσότητα άνυδρου θεικού νατρίου άλατος ( $\text{Na}_2\text{HSO}_4$ ) (Sinanoglou & Miniadis-Meimaroglou, 1998). Ανάμεσα σε κάθε προσθήκη πραγματοποιείτο ανάδευση για 30 s σε vortex, και εν

τέλει το Eppendorf αφέθηκε σε ηρεμία για 5 min. Η ηρεμία του δείγματος οδηγεί στον ξεκάθαρο διαχωρισμό τριών στιβάδων. Η πρώτη στιβάδα είναι το εξάνιο με τα FAME, η μεσαία είναι η μεθανόλη με το υδροξείδιο του καλίου και η τρίτη είναι το άνυδρο θεικό νατρίου άλας. Μετά το πέρας των 5 λεπτών το δείγμα πρέπει να εισαχθεί ταχύτατα στον αέριο χρωματογράφο προκειμένου να μην επιτραπεί πιθανή οξείδωση των λιπαρών οξέων.

Από την υπερκείμενη στιβάδα του εξανίου, παραλήφθηκαν με μικροσύριγγα 1 μL δείγματος από το eppendorf και εγχύθηκαν στον αέριο χρωματογράφο. Η έγχυση πραγματοποιήθηκε με διαμοιρασμό (split injection) 1:10. Το φέρον αέριο που χρησιμοποιήθηκε ήταν το ήλιο. Ο εισαγωγέας και ο ανιχνευτής ιοντισμού φλόγας ρυθμίστηκαν στους 250°C και 260 °C αντίστοιχα. Επιπλέον, χρησιμοποιήθηκε τριχοειδής στήλη (DB-23 capillary column), διαστάσεων 60 m × 0.25 mm i.d. και πάχους στατικής φάσης 0.15μm. Τέλος, χρησιμοποιήθηκε βαθμιδωτό πρόγραμμα έκλουσης το οποίο ξεκινούσε από τους 100 °C και έφτανε τους 240 °C στα 55 λεπτά που απαιτούνταν για την ολοκλήρωση της ανάλυσης.



Εικόνα 11 Οι γυάλινες πιπέτες paster και η μικροσύριγγα 1μL που χρησιμοποιήθηκαν κατά την πειραματική πορεία

#### 5.4 Μέτρηση Χρώματος με το φασματοφωτόμετρο Lovibond

Η χρήση φασματοφωτόμετρων είναι αναπόσπαστο κομμάτι στην ανάλυση τροφίμων, καθώς παίζουν σημαντικό ρόλο στην ποσοτικοποίηση ουσιών αλλά και στον προσδιορισμό της δομής αυτών. Η ποσοτικοποίηση των ουσιών προκύπτει από την συσχέτιση της απορρόφησης της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας με την συγκέντρωση της ουσίας που μελετάται.

Μια άλλη χρήση των φασματοφωτόμετρων είναι ο προσδιορισμός του χρώματος. Τα όργανα αυτής της χρήσης, σε αντίθεση με τα κοινά φασματοφωτόμετρα, μετρούν την διαπερατότητα και την ανάκλαση του φωτός οι οποίες αλλάζουν ανάλογα με το χρώμα και πάντα σε συνάρτηση με το μήκος κύματος (pediaa.com, 2015).

Συχνά τα φασματοφωτόμετρα συγχέονται με τα χρωματομέτρα. Η βασική τους διαφορά είναι ότι τα τελευταία, μετρούν την απορρόφηση συγκεκριμένων χρωμάτων στο ορατό φάσμα, ενώ τα πρώτα μετρούν την διαπερατότητα και την ανάκλαση σε συνάρτηση με το μήκος κύματος, το οποίο εκτείνεται και σε κάποιες περιοχές του υπερύθρου και του υπεριώδους ηλεκτρομαγνητικού φάσματος (peditaa.com, 2015).

Στην παρούσα διπλωματική εργασία η μέτρηση του χρώματος των φυτικών ελαίων πραγματοποιήθηκε με τη χρήση και των δύο οργάνων. Στην συγκεκριμένη παράγραφο θα γίνει αναφορά το φασματοφωτόμετρο Lovibond Model Fx, το οποίο θεωρείται το πλέον κατάλληλο για την μέτρηση του χρώματος των ελαίων.

Πρόκειται για ένα εξιδεικευμένο φασματοφωτόμετρο, το οποίο παρέχει ακρίβεια και επαναληψιμότητα στις μετρήσεις. Είναι ιδιαίτερα δημοφιλές στις βιομηχανίες όπου απαιτείται η μέτρηση χρώματος όπως στα λίπη και έλαια, σε φάρμακα και σιρόπια και σε διάφορα χημικά. Το χρώμα των διάφορων προϊόντων μετράται με την κλίμακα Lovibond RYBN, Lovibond RY 10:1, AOCS Tintometer RY, ενώ παράλληλα υπάρχουν οι επιλογές RYBN χλωροφύλλης και β-καροτένιου που παράλληλα με το χρώμα μετρούν την συγκέντρωση των δυο αυτών πολύ σημαντικών ουσιών στο δείγμα. Για την μέτρηση του χρώματος των φυτικών ελαίων της διπλωματικής εργασίας χρησιμοποιήθηκαν οι κλίμακες Lovibond RYBN και RYBN χλωροφύλλης και β-καροτένιου (Lovibond, 2023).

Η κλίμακα Lovibond RYBN βασίζεται στην χρήση ογδόντα τεσσάρων (84) γυάλινων προτύπων με διαφορετικά χρώματα. Τα γυάλινα αυτά πρότυπα διαθέτουν αποχρώσεις του κόκκινου, του κίτρινου, του μπλε αλλά και του ουδέτερου. Οι αποχρώσεις βρίσκονται σε διάφορες πυκνότητες και ταξινομούνται από την πιο ακόρεστη στην πιο κορεσμένη. Καθώς το φως της φωτεινής πηγής διέρχεται μέσα από το δείγμα, υπολογίζεται ένας



*Εικόνα 12 Το Lovibond Model Fx που χρησιμοποιήθηκε*

μοναδικός συνδυασμός των διάφορων αποχρώσεων και των ουδέτερων, δίνοντας τις μονάδες Lovibond RYBN, που καθορίζουν το χρώμα του δείγματος (Lovibond, 2023).

#### 5.4.1 Υλικά για μέτρηση χρώματος με το φασματοφωτόμετρο Lovibond

Για την πραγματοποίηση του πειράματος με το φασματοφωτόμετρο Lovibond χρειάστηκαν:

1. Τα έλαια
2. Κυψελίδες 1 in και 10mm
3. Ακετόνη
4. Lovibond Model Fx

#### 5.4.2 Πειραματική Πορεία

Το πειραματικό μέρος χωρίστηκε σε δύο σκέλη, καθώς για την μέτρηση του χρώματος με την κλίμακα Lovibond RYBN απαιτείται η χρήση της κυψελίδας μεγέθους 1 in, ενώ για την μέτρηση της χλωροφύλλης και του καροτενίου απαιτείται η χρήση της κυψελίδας μεγέθους 10mm. Δεδομένου ότι υπήρχε μια κυψελίδα για το κάθε μέγεθος, μετά από την μέτρηση του κάθε ελαίου η κυψελίδα πλενόταν με σαπούνι και ακετόνη και απομακρυνόταν η υγρασία με χαρτί κουζίνας.

Το εκάστοτε έλαιο τοποθετούνταν στην κατάλληλη κυψελίδα για κάθε μέθοδο.

Επιλεγόταν μέσω του μενού του φασματοφωτόμετρου το μέγεθος της κυψελίδας και η κλίμακα μέτρησης και γινόταν μηδενισμός του οργάνου. Μετά την ολοκλήρωση του μηδενισμού, το δείγμα εισάγονταν στο θάλαμο μέτρησης και λαμβάνονταν η μέτρηση. Ανάμεσα στα



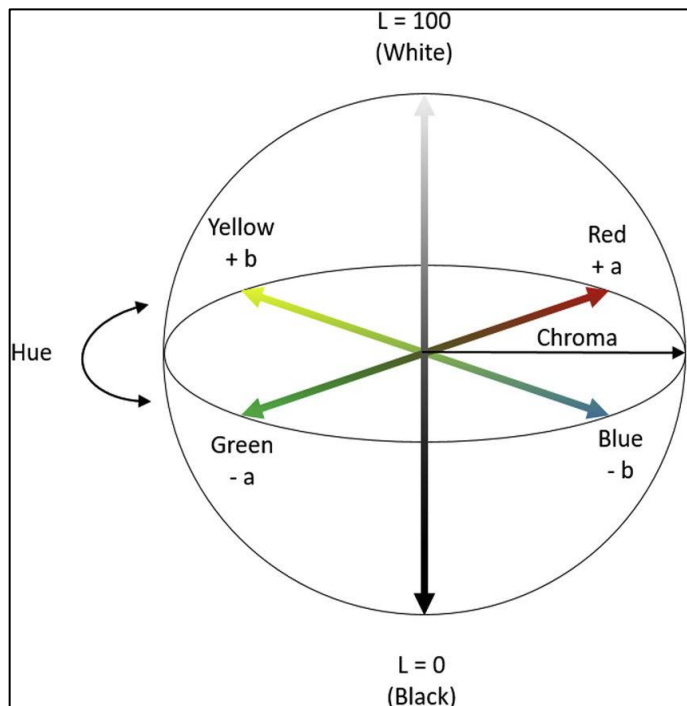
Εικόνα 13 Το δείγμα ελαίου Tolia στην κυψελίδα 1 ίντσας και η είσοδος του στον θάλαμο μέτρησης.

δείγματα γινόταν μηδενισμός του οργάνου, ενώ η κλίμακα και το μέγεθος της κυψελίδας επιλέγονταν μια φορά κατά την αρχή του πειράματος. Η ίδια διαδικασία ακολουθήθηκε και στην κλίμακα Lovibond RYBN και RYBN χλωροφύλλης και β-καροτένιου για όλα τα έλαια.

### 5.5 Μέτρηση Χρώματος με το χρωματόμετρο CIE-LAB

Το χρωματικό σύστημα CIELAB και CIELCH αποσκοπεί στην ποσοτικοποίηση της χρωματικής σχέσης μεταξύ τριών αξόνων  $L$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  και των παραμέτρων  $C^*$  και  $h$ , σύμφωνα με την διεθνή επιτροπή φωτισμού (International Commission on Illumination – CIE). Η τιμή  $L$  αντιπροσωπεύει την φωτεινότητα του χρώματος, ενώ οι τιμές  $a^*$  και  $b^*$  είναι συντεταγμένες χρώματος (Chau K. Ly, Dyer, Feig, Chien, & Del Bino, 2020). Η χρωματική πυκνότητα  $C^*$  μπορεί να περιγράψει και ως η χρωματικότητα ενός ερεθίσματος. Πρακτικά αυτό ορίζεται ως το κατά πόσο έντονο είναι το χρώμα του αντικειμένου που μελετάται. Η χροιά  $h$  (hue) περιγράφει τον βαθμό με τον οποίο το χρώμα ενός αντικειμένου μπορεί να χαρακτηριστεί με ένα από τα τέσσερα βασικά χρώματα (κόκκινο, κίτρινο, πράσινο, μπλε) ή αν αποτελεί συνδυασμό αυτών (Λίτσα & Ψούνη, 2020).

Το διάγραμμα που προκύπτει από την μέτρηση του χρώματος με αυτό το σύστημα ονομάζεται διάγραμμα χρωματικού χώρου. Όπως φαίνεται και στην εικόνα 14 που ακολουθεί, ο κατακόρυφος άξονας είναι η τιμή  $L$  που λαμβάνει τιμές από το 0 έως το 100 για το μαύρο και το λευκό αντίστοιχα. Η συντεταγμένη  $a^*$  ανάλογα με τις τιμές που λαμβάνει αντικατοπτρίζει το κόκκινο και το πράσινο χρώμα, κόκκινο για θετικές και πράσινο για αρνητικές τιμές. Οι κίτρινες και οι μπλε αποχρώσεις



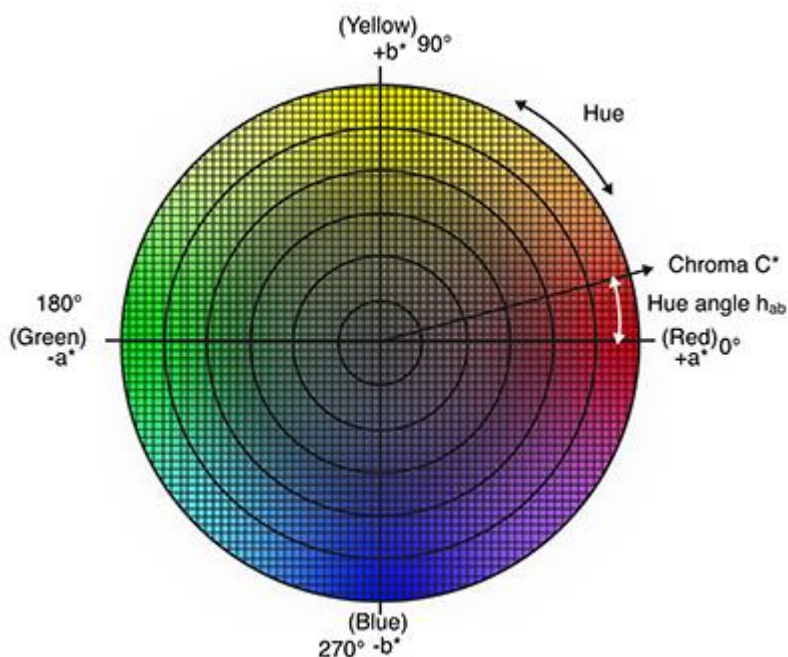
Εικόνα 14 Διάγραμμα χρωματικού χώρου CIELAB (Chau K. Ly, Dyer, Feig, Chien, & Del Bino, 2020)

αντιπροσωπεύονται από την συντεταγμένη  $b^*$  και οι αποχρώσεις παρουσιάζονται με



θετικές και αρνητικές τιμές αντίστοιχα (Λίτσα & Ψούνη, 2020). Η απόσταση από το κέντρο των αξόνων ορίζει την χρωματική πυκνότητα  $C^*$ , ενώ η γωνία που σχηματίζεται από τους άξονες των  $a^*$  και  $b^*$  αντιπροσωπεύει την χροιά του χρώματος  $h$  (Chau K. Ly, Dyer, Feig, Chien, & Del Bino, 2020).

Η χροιά του χρώματος  $h$  μπορεί να κατανοηθεί καλύτερα παρατηρώντας την εικόνα 15. Οι μοίρες που λαμβάνει η παράμετρος της χροιάς αντιστοιχούν και σε συγκεκριμένη χρωματική χροιά. Οι μηδενικές μοίρες συνδέονται με τις θετικές τιμές της παραμέτρου  $a^*$  και συνεπώς με το κόκκινο χρώμα, οι  $90^\circ$  συνδέονται με τις θετικές τιμές της παραμέτρου  $b^*$ . Αντιστοίχως οι αρνητικές τιμές των  $a^*$  και  $b^*$  ισοδυναμούν με  $180^\circ$  και  $270^\circ$  και υποδηλώνουν την πράσινη και την μπλε απόχρωση αντίστοιχα (Minolta, 2023).



Εικόνα 15 Χρωματικός χώρος του CIELAB

#### 5.5.1 Υλικά για μέτρηση χρώματος με το χρωματόμετρο CIELAB

Για την πραγματοποίηση του πειράματος με το χρωματόμετρο CIELAB χρειάστηκαν:

1. Τα έλαια
2. Τρυβλία πέτρι
3. Επιτραπέζιος λαμπτήρας λευκού χρώματος
4. Χρωματόμετρο CIELAB Konica Minolta

### 5.5.2 Πειραματική Πορεία

Ποσότητα των προς μελέτη φυτικών ελαίων τοποθετήθηκε σε τρυβλία πέτρι, ικανή να καλύψει τον πυθμένα τους και καταγράφηκε η σειρά με την οποία επρόκειτο να μετρηθούν. Εν συνεχεία έγινε η ενεργοποίηση του CIELAB της *Konica Minolta* και δημιουργήθηκε φάκελος στον εσωτερικό χώρο αποθήκευσης της συσκευής.

Προκειμένου να ληφθεί η μέτρηση πρέπει να αφαιρεθεί το κάλυμμα του φορητού



Εικόνα 16 Χρωματόμετρο CIELAB Konica Minolta.

χρωματόμετρου και το τελευταίο να τοποθετηθεί σε διάφανη στερεή επιφάνεια πάνω από το προς μελέτη δείγμα. Η διάφανη στερεή επιφάνεια που επιλέχθηκε ήταν το καπάκι του εκάστοτε τρυβλίου πέτρι. Τέλος, σημαντικό ήταν να υπάρχει άπλετος και ομοιόμορφος φωτισμός κατά την μέτρηση του χρώματος. Για τον λόγο αυτό τοποθετήθηκαν επιτραπέζιοι λαμπτήρες γύρω από την περιοχή του

πειράματος. Αφού ολοκληρώθηκε η προετοιμασία του πειραματικού χώρου και του μηχανήματος, έγιναν τρεις μετρήσεις σε κάθε δείγμα ελαίου, με την κάθε μέτρηση να αντιστοιχεί σε διαφορετικό τμήμα του τρυβλίου πέτρι.

## Κεφάλαιο 6: Αποτελέσματα και Συζήτηση

Στο παρόν κεφάλαιο πραγματοποιείται η παρουσίαση, ανάλυση και συζήτηση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από την διεξαγωγή των προαναφερθέντων πειραματικών μεθόδων, ύστερα από την στατιστική τους επεξεργασία, όπου αυτή ήταν απαραίτητη.

### 6.1 Αποτελέσματα-Συζήτηση Φασματοσκοπίας Υπερύθρου με Αποσβένουσα Ολική Ανάκλαση

Στον Πίνακα 7 παρουσιάζονται οι απορροφήσεις των υπό μελέτη ελαίων διασποράς της φασματοσκοπίας υπερύθρου με αποσβένουσα ολική ανάκλαση. Για να πραγματοποιηθεί ορθή αξιολόγηση του παρακάτω πίνακα θα πρέπει να αναγνωριστούν οι απορροφήσεις των διαφόρων ζωνών που εμφανίζονται μεταξύ 3300-500  $\text{cm}^{-1}$ .

Αρχικά παρατηρείται μεγάλος αριθμός ταινιών απορρόφησης μηδενικής έντασης στους κυματαριθμούς 866-871, 914-916 και 1393-1397  $\text{cm}^{-1}$ , που αποδίδονται στις δονήσεις κάμψης του *cis* δεσμού  $-\text{HC}=\text{CH}-$  (Mukhametov, Mamayeva, Kazhymurat, Akhlan, & Yerbulekova, 2023) (Arslan, 2018) (Poiana, και συν., 2015) και στις δονήσεις κάμψης του *cis* ολεφινικού δεσμού C-H (de Souza, Olenka, & Peternella, 2020) (Vladimir, και συν., 2021), αντίστοιχα. Μια άλλη σημαντική παρατήρηση είναι ότι στον κυματαριθμό 966-968  $\text{cm}^{-1}$  αποδίδεται σε δόνηση κάμψης του *trans* δεσμού  $-\text{HC}=\text{CH}-$  (Nandiyanto, Oktiani, & Ragadhita, 2019). Δεδομένου ότι τα έλαια δεν έχουν παραληφθεί με μέθοδο που απαιτεί τη χρήση υψηλών θερμοκρασιών που θα ευνοούσαν τον σχηματισμό *trans* δεσμών, αλλά με τη μέθοδο της ψυχρής έκθλιψης, η εμφάνιση ταινίας απορρόφησης στον συγκεκριμένο κυματαριθμό δεν είναι αναμενόμενη. Μηδενική απορρόφηση παρουσιάζουν τα έλαια ιπποφαούς και τσία, ενώ τα υπόλοιπα παρουσιάζουν ελάχιστη απορρόφηση με την μέγιστη να ανήκει στο έλαιο νυχτολούλουδο (0,010).

Οι ταινίες απορρόφησης στους κυματαριθμούς 721-723  $\text{cm}^{-1}$  οφείλονται και αυτές στις δονήσεις κάμψης του *cis* δεσμού  $-\text{HC}=\text{CH}-$  (Mukhametov, Mamayeva, Kazhymurat, Akhlan, & Yerbulekova, 2023) (Arslan, 2018) (Poiana, και συν., 2015) και έχουν ένταση άνω του μηδενός σε όλα τα έλαια. Παράλληλα στους κυματαριθμούς 846-850  $\text{cm}^{-1}$  αντιστοιχούν οι δονήσεις κάμψης του δεσμού C-H πάρα-υποκατεστημένων

αρωματικών δακτυλίων (Nandiyanto, Oktiani, & Ragadhita, 2019). Η εμφάνιση των ταινιών απορρόφησης των ελαίων σε αυτούς τους κυματαριθμούς υποδηλώνει την ύπαρξη φαινολικών ενώσεων που περιέχουν στη δομή τους και δεσμούς  $\text{-HC=CH-}$  αλλά και αρωματικούς δακτυλίους που εμπεριέχουν αυτόν τον δεσμό. Επιπλέον ο δεσμός  $\text{-HC=CH-}$  μπορεί να βρεθεί και σε υποκαταστάτες των δακτυλίων αλλά και στις ανθρακικές αλυσίδες των ακόρεστων λιπαρών οξέων.

Η εμφάνιση ταινιών απορρόφησης στους κυματαριθμούς 1027-1033, 1099 και 1118,  $1159\text{ cm}^{-1}$  αποδίδονται στις δονήσεις τάσης C-O σε πρωτοταγείς και δευτεροταγείς αλκοόλες αντίστοιχα (Nandiyanto, Oktiani, & Ragadhita, 2019).

Η ισχυρή ταινία απορρόφησης στον κυματαριθμό  $1238\text{ cm}^{-1}$  σχετίζεται με ασύμμετρες και συμμετρικές δονήσεις τάσης του δεσμού C-O της εστερικής ομάδας των λιπαρών οξέων (Ioannou, και συν., 2022) (Vladimir, και συν., 2021) (de Souza, Olenka, & Peternella, 2020) (Poiana, και συν., 2015). Οι ταινίες απορρόφησης στους κυματαριθμούς 1350-1380 και  $1462\text{-}1465\text{ cm}^{-1}$  συνδέονται με τις δονήσεις κάμψης του δεσμού C-H (do Nascimento, Lopes, Nazario, Oliveira, & Alcantara, 2021) (Vladimir, και συν., 2021) (Uzun, Kaynak, Ibanoglu, & Ibanoglu, 2018) των μεθυλικών και των μεθυλενικών ομάδων των λιπιδίων, και παρατηρούνται σε όλα τα έλαια.

Εν συνεχεία, οι ταινίες απορρόφησης που εμφανίζονται στους κυματριθμούς 1396-1397 και  $1417\text{ cm}^{-1}$  συνδέονται με τις δονήσεις κάμψης του *cis* δεσμού C-H των αλκενίων (de Souza, Olenka, & Peternella, 2020) (Vladimir, και συν., 2021). Η ταινία απορρόφησης στον κυματαριθμό  $1654\text{-}1656\text{ cm}^{-1}$  συνδέεται με την δόνηση τάσης του δεσμού C=C των ενώσεων, που απαντάται σε λιπαρά οξέα των ελαίων.

Οι ταινίες απορρόφησης που παρατηρούνται στα  $1743\text{ cm}^{-1}$  οφείλονται στην δόνηση τάσης του δεσμού C=O των εστερικών ομάδων στα τριγλυκερίδια (Vladimir, και συν., 2021) (de Souza, Olenka, & Peternella, 2020).

Οι ζώνες στα  $2854$  και  $2924\text{ cm}^{-1}$  οφείλονται σε συμμετρικές και ασύμμετρες ισχυρές δονήσεις τάσης του δεσμού  $\text{-CH}_2\text{-}$  που ευρίσκεται στις αλυσίδες των λιπαρών οξέων. Αντίστοιχα η ασύμμετρη μέτρια δόνηση τάσης που εντοπίζεται στα  $2954\text{ cm}^{-1}$  συνδέεται με τον δεσμό  $\text{-CH}_3\text{-}$  που εντοπίζεται στις αλυσίδες των λιπαρών οξέων (do Nascimento, Lopes, Nazario, Oliveira, & Alcantara, 2021). Η ζώνη απορρόφησης στα  $3008\text{ cm}^{-1}$  αποδίδεται στις δονήσεις τάσης των δεσμών  $\text{=C-H}$  (Vladimir, και συν., 2021) (de Souza, Olenka, & Peternella, 2020). Κλείνοντας την ανάλυση του Πίνακα 7, οι δονήσεις

τάσης του O-H (ελεύθερου και μη) συνδέονται με εμφάνιση ταινιών απορρόφησης στους κυματαριθμούς 3640-3530 και 3300-3400  $\text{cm}^{-1}$ , αντίστοιχα (Nandiyanto, Oktiani, & Ragadhita, 2019).

Πίνακας 7 Απορροφήσεις των ελαίων διασποράς της Φασματοσκοπίας Υπερύθρου με Αποσβένουσα Ολική Ανάκλαση

Μήκος κύματος $\text{cm}^{-1}$ / Κωδικοί δειγμάτων	721-723	846-850	866-871	914-916	966-968	1027-1033	1099	1118	1159	1238	1350-1380	1396-1397	1417	1462-1465	1654-1656	1743	2854	2924	2954	3008	3395	3640-3530
351	0.111	0.002	0.002	0.013	0.005	0.004	0.053	0.000	0.184	0.037	0.027	0.009	0.017	0.003	0.003	0.788	0.476	0.656	0.033	0.136	0.000	0.012
352	0.125	0.000	0.007	0.010	0.005	0.011	0.058	0.000	0.211	0.032	0.020	0.000	0.015	0.027	0.005	0.842	0.449	0.644	0.000	0.170	0.013	0.019
354	0.070	0.001	0.000	0.000	0.004	0.007	0.034	0.023	0.153	0.028	0.028	0.000	0.014	0.012	0.000	0.660	0.506	0.820	0.000	0.057	0.005	0.010
355	0.077	0.000	0.000	0.000	0.004	0.006	0.034	0.023	0.151	0.028	0.027	0.000	0.014	0.012	0.000	0.652	0.499	0.686	0.013	0.059	0.006	0.011
356	0.089	0.001	0.000	0.007	0.004	0.002	0.041	0.013	0.162	0.024	0.027	0.000	0.016	0.013	0.004	0.706	0.487	0.674	0.015	0.087	0.009	0.011
358	0.078	0.000	0.002	0.000	0.004	0.001	0.030	0.027	0.158	0.031	0.042	0.000	0.013	0.006	0.000	0.638	0.524	0.838	0.000	0.046	0.004	0.005
359	0.090	0.004	0.000	0.011	0.006	0.000	0.037	0.012	0.161	0.032	0.038	0.000	0.015	0.000	0.005	0.664	0.486	0.671	0.043	0.095	0.005	0.002
361	0.102	0.000	0.000	0.010	0.007	0.003	0.049	0.012	0.177	0.033	0.043	0.000	0.017	0.022	0.003	0.756	0.498	0.680	0.031	0.098	0.005	0.015
362	0.124	0.002	0.000	0.013	0.006	0.003	0.060	0.000	0.037	0.036	0.049	0.007	0.015	0.152	0.003	0.862	0.466	0.634	0.055	0.144	0.009	0.009
363	0.118	0.006	0.000	0.017	0.010	0.001	0.072	0.000	0.206	0.026	0.034	0.012	0.018	0.016	0.008	0.872	0.463	0.625	0.057	0.149	0.005	0.009
365	0.111	0.005	0.000	0.014	0.008	0.004	0.057	0.008	0.184	0.030	0.050	0.000	0.018	0.016	0.004	0.815	0.482	0.660	0.047	0.123	0.001	0.018
366	0.077	0.004	0.000	0.000	0.003	0.001	0.040	0.024	0.167	0.032	0.043	0.000	0.012	0.007	0.002	0.702	0.525	0.710	0.013	0.064	0.001	0.003
367	0.073	0.002	0.000	0.000	0.003	0.006	0.033	0.026	0.155	0.029	0.042	0.000	0.011	0.006	0.002	0.638	0.521	0.834	0.000	0.051	0.001	0.001
368	0.076	0.002	0.000	0.000	0.003	0.006	0.033	0.027	0.159	0.029	0.045	0.000	0.013	0.007	0.002	0.655	0.522	0.715	0.013	0.047	0.002	0.006
370	0.016	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.063	0.008	0.024	0.000	0.000	0.010	0.001	0.363	0.516	0.724	0.012	0.030	0.008	0.003
371	0.139	0.000	0.009	0.011	0.000	0.015	0.065	0.000	0.220	0.031	0.038	0.000	0.017	0.144	0.006	0.930	0.412	0.582	0.030	0.193	0.010	0.013
372	0.094	0.001	0.000	0.000	0.001	0.007	0.040	0.017	0.166	0.033	0.058	0.000	0.015	0.006	0.002	0.738	0.518	0.702	0.015	0.079	0.002	0.002
373	0.075	0.002	0.000	0.000	0.004	0.007	0.036	0.020	0.162	0.030	0.041	0.000	0.013	0.009	0.005	0.679	0.522	0.716	0.000	0.066	0.004	0.001
374	0.079	0.001	0.000	0.000	0.001	0.007	0.039	0.021	0.164	0.034	0.043	0.000	0.014	0.013	0.005	0.705	0.520	0.704	0.015	0.075	0.003	0.004
376	0.092	0.003	0.000	0.009	0.006	0.001	0.043	0.011	0.169	0.030	0.042	0.000	0.014	0.006	0.004	0.721	0.508	0.695	0.043	0.097	0.003	0.003
377	0.065	0.001	0.000	0.000	0.004	0.006	0.030	0.028	0.160	0.030	0.044	0.000	0.013	0.132	0.001	0.663	0.539	0.844	0.000	0.048	0.004	0.002
378	0.088	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.040	0.014	0.170	0.033	0.044	0.000	0.015	0.008	0.002	0.740	0.511	0.822	0.000	0.085	0.003	0.004
379	0.078	0.000	0.000	0.008	0.003	0.001	0.043	0.010	0.166	0.031	0.043	0.000	0.015	0.010	0.004	0.740	0.510	0.691	0.018	0.102	0.004	0.006
380	0.088	0.003	0.000	0.005	0.003	0.005	0.037	0.018	0.165	0.029	0.040	0.000	0.013	0.006	0.004	0.693	0.505	0.694	0.014	0.078	0.003	0.002
382	0.087	0.001	0.000	0.005	0.001	0.004	0.041	0.015	0.167	0.037	0.042	0.000	0.013	0.015	0.001	0.714	0.505	0.693	0.015	0.085	0.002	0.002
383	0.059	0.001	0.000	0.016	0.024	0.013	0.146	0.000	0.388	0.078	0.020	0.046	0.065	0.125	0.003	0.459	0.530	0.758	0.094	0.000	0.003	0.001

Με κίτρινη χρώση σημειώνονται οι μεγαλύτερες απορροφήσεις ανά κυματαριθμό

## 6.2 Αποτελέσματα-Συζήτηση Αέριας Χρωματογραφίας

Στον Πίνακα 8 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της μεθόδου της αέριας χρωματογραφίας. Πραγματοποιήθηκε ποσοτικός και ποιοτικός προσδιορισμός των λιπαρών οξέων των υπό μελέτη ελαίων σύμφωνα με τους χρόνους κατακράτησης των λιπαρών οξέων (retention times) που αναφέρονται στο άρθρο των Sinanoglou et al. (2013).

Πίνακας 8 . % Σύσταση σε λιπαρά οξέα των μελετώμενων ελαίων

Fatty Acids/Fixed Oils	Walnut (351)	Linseed (352)	Sesame (353)	Almond (354)	Hazelnut (355)	Pumpkin seed (356)	Avocado (358)	Black cumin (359)	Coffee bean (361)	Pine cone (362)	Evening Primrose (363)	Grape seed (365)	Plum (366)
C8:0	0,77	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C10:0	1,12	0,21	0,13	0,23	0,15	0,67	0,06	1,94	0,35	0,05	1,30	ND	0,89
C10:1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C11:0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,04	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C12:0	ND	ND	ND	ND	ND	0,32	0,02	ND	0,05	0,03	ND	0,72	ND
C13:0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C14:0	0,04	0,06	0,02	0,03	0,05	0,12	0,07	0,07	0,09	0,04	ND	1,61	ND
C14:1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Anteiso-C15:0	0,02	0,03	ND	ND	0,02	ND	ND	ND	ND	0,02	ND	ND	ND
C15:0	2,86	3,36	3,14	4,52	2,95	6,10	1,71	7,02	5,23	1,43	7,08	ND	2,76
C15:1 ω-5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,06	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C16:0	6,55	6,02	8,13	6,08	6,88	10,83	18,47	11,14	8,91	4,84	5,85	52,25	5,33
iso-C16:0	0,06	0,04	0,03	0,03	0,05	ND	0,11	ND	ND	0,03	ND	ND	ND
C16:1 ω-9	0,08	0,08	0,10	0,52	0,26	0,11	7,60	0,11	0,10	0,04	0,14	ND	0,68
iso-C17:0	0,06	ND	ND	ND	ND	ND	0,02	ND	ND	ND	ND	ND	ND
anteiso - C17:0	ND	0,08	0,06	0,09	0,06	0,14	0,03	ND	ND	0,06	ND	ND	ND
C17:0	0,03	0,06	0,03	0,11	0,11	ND	0,12	ND	ND	0,03	ND	ND	0,14
C17:1 ω-7	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C18:0	2,65	4,26	5,79	3,76	2,22	5,62	0,82	3,27	4,75	2,60	2,05	36,14	1,79
C18:1 ω-9	15,41	19,95	36,02	68,75	71,61	26,77	57,49	22,43	22,43	22,56	6,61	3,41	66,48
C18:1 ω-7	0,77	0,72	0,75	0,94	1,34	0,58	4,49	ND	0,65	1,84	0,69	ND	1,39



C18:2 ω-6 cla	ND	0,06	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,60	0,01	ND	ND	ND
C18:2 ω-6 cis	58,68	15,63	44,14	14,69	13,85	45,19	8,21	50,56	55,21	63,41	75,38	5,87	20,10
C18:3 ω-6 cis	0,05	0,23	ND	ND	0,02	ND	ND	ND	ND	0,02	ND	ND	ND
C18:3 ω-3 cis	10,19	48,55	0,41	ND	0,12	1,96	0,58	0,21	0,13	0,24	0,39	ND	0,09
C18:4 ω-3 cis	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,05	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C19:0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C20:0	0,09	0,13	0,63	0,13	0,10	0,40	0,05	0,32	0,68	0,26	0,29	ND	0,14
C20:1 ω-9	0,18	0,15	0,18	0,07	0,15	0,11	ND	0,28	0,17	1,02	0,23	ND	0,10
C20:2 ω-6 cis	0,04	ND	0,03	ND	ND	ND	ND	2,12	ND	1,29	ND	ND	ND
C20:3 ω-6 cis	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C20:4 ω-6 cis	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C20:5 ω-3 cis	ND	0,10	0,14	ND	ND	0,14	ND	ND	0,64	ND	ND	ND	ND
C22:0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C22:1 ω-9 cis	0,10	ND	0,15	ND	ND	ND	ND	0,18	ND	ND	ND	ND	0,12
C22:1 ω-11 cis	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C22:2 ω-6 cis	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C23:0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C22:4 ω-6 cis	ND	ND	ND	ND	0,04	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

C22:5 ω-6 cis	ND	ND	ND	0,05	0,02	0,69	ND	ND	ND	0,11	ND	ND	ND
C24:0	0,25	0,10	0,10	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C22:6 ω-3 cis	ND	ND	ND	ND	ND	0,25	ND	0,35	ND	0,04	ND	ND	ND
C24:1 ω-9 cis	ND	0,18	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Fatty Acids/Fixed Oils	Pomegranate (367)	Mustard seed (368)	Sea Buckthorn (370)	Chia seed (371)	Carrot (372)	Peanut (373)	Apricot (374)	Milk Thistle (376)	Macadamia (377)	Canola (378)	Soybean (379)	Poppy seed oil (380)	Coconut (383)
C8:0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C10:0	0,92	0,11	0,06	0,08	0,06	0,05	0,04	0,24	1,10	0,24	0,07	0,31	8,24
C10:1	ND	ND	ND	ND	0,05	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,03
C11:0	0,34	0,01	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C12:0	ND	ND	ND	ND	ND	0,01	0,01	ND	0,09	0,02	0,03	ND	55,53
C13:0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,04
C14:0	ND	0,03	0,26	0,07	0,02	0,07	0,03	0,09	0,70	0,07	0,09	0,04	19,21
C14:1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,09
Anteiso-C15:0	ND	ND	0,06	0,03	ND	0,02	ND	ND	ND	0,02	0,02	ND	0,01
C15:0	5,85	2,63	1,14	2,85	2,47	1,49	1,79	5,22	10,47	4,25	1,07	7,57	0,04
C15:1 ω-5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C16:0	9,91	15,63	33,44	8,82	10,26	8,42	5,64	7,99	7,55	4,37	10,90	10,63	7,76
iso-C16:0	0,15	0,15	0,09	0,02	0,03	0,05	0,03	ND	ND	0,04	0,02	0,07	0,03
C16:1 ω-9	0,46	1,17	29,00	0,10	0,13	0,11	0,80	0,09	19,42	0,26	0,14	0,60	0,08
iso-C17:0	0,08	0,07	0,14	0,08	0,07	0,10	0,06	0,12	ND	0,06	0,12	0,07	0,03
anteiso - C17:0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

C17:0	0,11	0,12	0,16	0,03	0,04	0,10	0,14	ND	0,08	0,24	0,07	0,08	ND
C17:1 ω-7	ND	ND	ND	0,05	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C18:0	2,77	2,63	1,27	3,72	6,41	2,65	1,48	5,42	2,74	1,81	5,54	2,22	3,05
C18:1 ω-9	65,85	63,99	28,50	7,74	38,33	56,73	64,48	20,68	49,87	52,53	25,92	39,89	4,30
C18:1 ω-7	1,61	2,06	0,17	0,71	0,79	0,58	1,28	ND	ND	2,60	0,04	1,62	ND
C18:2 ω-6 cla	ND	0,04	0,06	0,06	ND	0,08	0,05	ND	ND	ND	ND	0,10	ND
C18:2 ω-6 cis	9,81	9,58	2,66	20,56	40,20	26,41	23,56	53,53	2,12	21,47	48,63	35,41	0,90
C18:3 ω-6 cis	0,71	ND	1,29	0,25	ND	0,03	0,01	0,20	0,16	0,08	0,03	0,69	ND
C18:3 ω-3 cis	ND	0,59	ND	54,27	0,34	0,15	0,10	ND	ND	9,98	5,79	ND	ND
C18:4 ω-3 cis	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C19:0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C20:0	0,42	0,34	0,21	0,21	0,48	0,50	0,11	2,88	2,13	0,46	0,45	0,07	0,02
C20:1 ω-9	0,35	0,23	0,17	0,11	0,15	1,09	0,12	0,88	2,45	0,76	0,20	0,16	0,36
C20:2 ω-6 cis	ND	ND	0,37	0,07	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C20:3 ω-6 cis	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,02	ND	ND
C20:4 ω-6 cis	ND	ND	ND	0,04	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C20:5 ω-3 cis	0,14	0,08	0,07	0,05	0,06	0,86	0,06	1,96	0,60	0,18	0,38	0,10	ND
C22:0	ND	0,07	ND	ND	ND	0,10	ND	ND	0,24	0,02	ND	0,08	0,02
C22:1 ω-9 cis	0,08	0,13	0,70	ND	0,03	ND	0,03	ND	ND	0,04	0,08	ND	0,18
C22:1 ω-11 cis	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

<b>C22:2 ω-6 cis</b>	ND	<b>0,04</b>	<b>0,04</b>	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<b>C23:0</b>	<b>0,17</b>	0,05	ND	ND	ND	ND	0,05	ND	ND	ND	0,03	0,07	ND
<b>C22:4 ω-6 cis</b>	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<b>C22:5 ω-6 cis</b>	0,28	0,26	0,08	ND	ND	ND	0,07	0,10	0,06	0,04	0,06	0,23	ND
<b>C24:0</b>	ND	ND	0,08	0,09	0,03	0,40	0,04	<b>0,61</b>	0,24	0,22	0,22	ND	0,03
<b>C22:6 ω-3 cis</b>	ND	ND	ND	ND	0,03	ND	ND	ND	ND	0,21	0,09	ND	0,04
<b>C24:1 ω-9 cis</b>	ND	ND	ND	0,15	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Με κίτρινη χρώση παρουσιάζονται τα μέγιστα ποσοστά του εκάστοτε λιπαρού οξέος ND: , δεν ανιχνεύτηκε λιπαρό οξύ

Το καπριλικό οξύ (C8:0) εντοπίστηκε σε ποσοστό 0,77%, μόνο στο έλαιο καρυδιού. Προχωρώντας στο καπρινικό οξύ (C10:0), φαίνεται πως το έλαιο καρύδας συγκεντρώνει το υψηλότερο ποσοστό (8,24%), ενώ παράλληλα αυτό το λιπαρό οξύ εντοπίζεται σε χαμηλότερα ποσοστά σε όλα τα έλαια. Μικροποσότητα του καπρολεϊκού οξέος (C10:1) εντοπίστηκαν στα έλαια καρότου και καρύδας σε ποσοστά 0,05% και 0,03% αντίστοιχα, ενώ στα υπόλοιπα έλαια δεν ανιχνεύτηκε. Το ενδεκανοϊκό οξύ (C11:0) εντοπίστηκε σε πολύ χαμηλά ποσοστά στα έλαια αβοκάντο, ροδιού και μουστάρδας με 0,04% , 0,34% και 0,1% αντίστοιχα. Στα υπόλοιπα έλαια δεν ανιχνεύτηκε το ενδεκανοϊκό οξύ.

Το λαυρικό οξύ (C12:0) εντοπίστηκε μόνο στα έλαια κολοκύθας, αβοκάντο, καφέ, κουκουναριού, σταφυλιού, φιστικιού, βερίκοκου, μακαντάμια, κράμβης, σόγιας και καρύδας. Ωστόσο το ποσοστό λαυρικού οξέος αυτών των ελαίων είναι πολύ χαμηλό εκτός από την περίπτωση του ελαίου καρύδας όπου η περιεκτικότητα σε λαυρικό οξύ άγγιξε το 55,53%. Το τριδεκανοϊκό οξύ (C13:0) εντοπίστηκε σε ποσοστό 0,04% μόνο στο έλαιο καρύδας. Το μυριστικό οξύ (C14:0) δεν ανιχνεύτηκε στα έλαια νυχτολούλουδου, δαμάσκηνου και ροδιού. Στα υπόλοιπα έλαια βρέθηκε σε χαμηλά ποσοστά, με εξαίρεση το έλαιο καρύδας όπου βρέθηκε σε ποσοστό 19,21%. Το μριστελαϊκό οξύ (C14:1) εντοπίστηκε μόνο στο έλαιο καρύδας σε ποσοστό 0,09%.

Το anteiso-πενταδεκανοϊκό οξύ (anteiso-C15:0) εντοπίστηκε σε χαμηλά ποσοστά στα έλαια καρυδιού, λιναρόσπορου, φουντουκιού, κουκουναριού, ιπποφαούς, φιστικιού, κράμβης και καρύδας με το ιπποφαές να κατέχει το μεγαλύτερο ποσοστό, 0,06%. Το πενταδεκανοϊκό οξύ (C15:0) δεν εντοπίστηκε μόνο στο έλαιο σταφυλιού. Οι μεγαλύτερες περιεκτικότητες ανήκουν στα έλαια μακαντάμια, παπαρούνας και νυχτολούλουδου με 10,47%, 7,57% και 7,08%, αντίστοιχα. Αντίθετα, το πενταδεκενοϊκό οξύ (C15:1 ω-5) εντοπίστηκε μόνο στο έλαιο αβοκάντο σε ποσοστό 0,06%. Το παλμιτικό οξύ (C16:0) ανιχνεύτηκε σε όλα τα έλαια. Το υψηλότερο ποσοστό παλμιτικού οξέος εντοπίστηκε στο έλαιο σταφυλιού με 52,25%, ακολουθούμενο από τα έλαια ιπποφαούς με 33,44% και αβοκάντο με 18,47%.

Το iso-εξαδεκανοϊκό οξύ (iso-C16:0) δεν εντοπίστηκε στα έλαια κολοκύθας, μαύρου κίμινου, καφέ, σταφυλιού, δαμάσκηνου, γαϊδουράγκαθου, νυχτολούλουδου και μακαντάμια. Στα υπόλοιπα έλαια βρέθηκε σε χαμηλές περιεκτικότητες με την υψηλότερη να έχουν τα έλαια ροδιού και μουστάρδας με 0,15% έκαστο. Το παλμιτολεϊκό οξύ (C16:1 ω-9) εντοπίστηκε σε όλα τα έλαια εκτός από το έλαιο σταφυλιού. Το ιπποφαές κατέχει το

υψηλότερο ποσοστό σε παλμιτολεϊκό οξύ φτάνοντας το 29,0%. Το ίσο-επταδεκανοϊκό οξύ (iso-C17:0) δεν ανιχνεύτηκε στα έλαια λιναρόσπορου, σησαμιού, αμυγδάλου, φουντουκιού, κολοκύθας, μαύρου κίμινου, καφέ, κουκουναριού, νυχτολούλουδου, σταφυλιού, δαμάσκηνου και μακαντάμια. Στα υπόλοιπα έλαια εντοπίστηκε σε χαμηλές περιεκτικότητες με την μεγαλύτερη να είναι 0,14% στο έλαιο ιπποφαούς. Το anteiso - επταδεκανοϊκό οξύ (anteiso-C17:0) βρέθηκε σε μικρά ποσοστά μόνο στα έλαια λιναρόσπορου, σησαμιού, αμυγδάλου, φουντουκιού, κολοκύθας, αβοκάντο και κουκουναριού, με το έλαιο κολοκύθας να έχει το υψηλότερο ποσοστό, 0,14%.

Το επταδεκανοϊκό οξύ (C17:0) δεν ανιχνεύτηκε στα έλαια κολοκύθας, μαύρου κίμινου, καφέ, νυχτολούλουδου, σταφυλιού, γαϊδουράγκαθου και καρύδας. Στα υπόλοιπα έλαια ανιχνεύτηκε σε πολύ χαμηλά ποσοστά με το μεγαλύτερο να είναι 0,14% που ανήκει στο έλαιο κράμβης. Το επταδεκανοϊκό οξύ (C17:1 ω-7) ανιχνεύτηκε σε ελάχιστη ποσότητα μόνο στο έλαιο τσία, σε ποσοστό 0,05%. Το στεατικό οξύ (C18:0) εντοπίστηκε σε όλα τα έλαια με την μεγαλύτερη περιεκτικότητα να την κατέχουν τα έλαια σταφυλιού με 36,14%, καρότου με 6,41% και σησαμιού με 5,74%.

Το μονοακόρεστο ελαϊκό οξύ (C18:1 ω-9) βρέθηκε σε όλα τα έλαια και μάλιστα σε υψηλά ποσοστά. Η υψηλότερη συγκέντρωση σε ελαϊκό οξύ εντοπίστηκε στα έλαια φουντουκιού με 71,61%, αμυγδάλου 68,75% και δαμάσκηνου με 66,48%. Τα περισσότερα έλαια διαθέτουν διψήφιο ποσοστό ελαϊκού οξέος εκτός από τα έλαια νυχτολούλουδου, σταφυλιού, τσία και καρύδας. Το πετροσελινικό οξύ (C18:1 ω-7) δεν εντοπίστηκε στα έλαια μαύρο κίμινο, σταφύλι, γαϊδουράγκαθου, μακαντάμια και καρύδας, ενώ την μεγαλύτερη περιεκτικότητα την έχει το έλαιο αβοκάντο με 4,49%. Το συζευγμένο λινολεϊκό οξύ (C18:2 ω-6 cla) βρέθηκε στα έλαια καφέ, μουστάρδας, ιπποφαούς, τσία, φιστικιού, βερίκοκου και παπαρούνας, με το μεγαλύτερο ποσοστό να το συγκεντρώνει το έλαιο καφέ με 0,60%. Το λινολεϊκό οξύ (C18:2 ω-6) εντοπίστηκε σε όλα τα έλαια. Η μεγαλύτερη περιεκτικότητα βρέθηκε στο έλαιο νυχτολούλουδο με 75,38%, ακολουθούμενο από τα έλαια κουκουναριού και καρυδιού με 63,41% και 58,68% αντίστοιχα.

Το γ-λινολενικό οξύ (C18:3 ω-6) δεν εντοπίστηκε στα έλαια σησαμιού, αμυγδάλου, κολοκύθας, αβοκάντο, μαύρου κίμινου, καφέ, νυχτολούλουδου, σταφυλιού, δαμάσκηνου, μουστάρδας, καρότου και καρύδας. Στα υπόλοιπα έλαια εντοπίστηκε σε χαμηλά ποσοστά, με το έλαιο ιπποφαούς να διαθέτει την μεγαλύτερη περιεκτικότητα με

ποσοστό 1,29%. Το α-λινολενικό οξύ (C18:3 ω-3) δεν εντοπίστηκε στα έλαια αμυγδάλου, σταφυλιού, ροδιού, ιπποφαούς, γαϊδουράγκαθου, μακαντάμια, παπαρούνας και καρύδας. Τα υψηλότερα ποσοστά κατέχουν τα έλαια τσία με 54,27%, λιναρόσπορου και 48,55% και καρυδιού με 10,19%.

Το οκταδεκατετραενοϊκό οξύ (C18:4 ω-3) εντοπίστηκε μόνο στο έλαιο αβοκάντο σε ποσοστό 0,05%. Το εννεαδεκαενοϊκό οξύ (C19:0) δεν εντοπίστηκε σε κανένα έλαιο. Το αραχιδικό οξύ (C20:0) δεν ανιχνεύτηκε στα έλαια σταφυλιού και παπαρούνας. Στα υπόλοιπα έλαια βρέθηκε σε χαμηλές ποσότητες, ενώ το υψηλότερο ποσοστό εντοπίστηκε στο γαϊδουράγκαθο με 2,88%. Το εικοσενοϊκό οξύ (C20:1 ω-9) δεν εντοπίστηκε στα έλαια αβοκάντο και σταφυλιού ενώ στα υπόλοιπα έλαια το συγκεκριμένο λιπαρό οξύ απαντάται σε ποσοστά με το υψηλότερο να ανήκει στο έλαιο αβοκάντο με 2,45%. Το εικοσαδιενοϊκό οξύ (C20:2 ω-6) εντοπίστηκε μόνο στα έλαια καρυδιού, σησαμιού, μαύρου κίμινου, κουκουναριού, ιπποφαούς και τσία με το μαύρο κίμινο να διαθέτει το μεγαλύτερο ποσοστό, 2,12%.

Το δι-ομο γ-λινολενικό οξύ (C20:3 ω-6) βρίσκεται μόνο στο έλαιο σόγιας σε ποσοστό 0,02%. Το αραχιδονικό οξύ (C20:4 ω-6) εντοπίστηκε μόνο στο έλαιο τσία σε ποσοστό 0,04%. Το εικοσιπενταενοϊκό οξύ (C20:5 ω-3) δεν ανιχνεύτηκε στα έλαια καρυδιού, αμυγδάλου, φουντουκιού, αβοκάντο, μαύρου κίμινου, κουκουναριού, νυχτολούλουδου, σταφυλιού, δαμάσκηνου και καρύδας. Στα υπόλοιπα έλαια ευρέθη σε χαμηλά ποσοστά με το υψηλότερο, 1,96%, να ανήκει στο έλαιο γαϊδουράγκαθου. Το εικοσιδυαενοϊκό οξύ (C22:0) βρέθηκε στα έλαια μουστάρδας, φιστικιού, μακαντάμια, κράμβης, παπαρούνας και καρύδας με το μεγαλύτερο ποσοστό να συναντάται στο έλαιο μακαντάμια με 0,24%.

Το ερουκικό οξύ (C22:1 ω-9) βρέθηκε σε χαμηλά ποσοστά στα έλαια καρυδιού, σησαμιού, μαύρου κίμινου, δαμάσκηνου, ροδιού, μουστάρδας, ιπποφαούς, καρότου, βερίκοκου, κράμβης, σόγιας και καρύδας. Το ιπποφαές διαθέτει το υψηλότερο ποσοστό ερουκικού οξέος, 0,70%. Το ερουκικό οξύ (C22:1 ω-11) δεν εντοπίστηκε σε κανένα έλαιο. Το C22:2 ω-6 ευρέθη μόνο στα έλαια μουστάρδας και ιπποφαούς με 0,04% έκαστος. Το τρικοσαενοϊκό οξύ (C23:0) εντοπίστηκε μόνο στα έλαια ροδιού με 0,17%, μουστάρδας με 0,05%, βερίκοκου με 0,05%, σόγιας με 0,03% και παπαρούνας με 0,07%. Το εικοσιτετραενοϊκό οξύ (C22:4 ω-6) βρέθηκε μόνο στο έλαιο φουντουκιού σε ποσοστό 0,04%. Το κλυπανοδονικό οξύ (C22:5 ω-6) δεν εντοπίστηκε στα περισσότερα έλαια, ενώ

σε όσα ανιχνεύθηκε το ποσοστό του ήταν χαμηλό. Το έλαιο κολοκύθας κατέχει το μεγαλύτερο ποσοστό με 0,69%.

Το λιγνοκερικό οξύ (C24:0) εντοπίστηκε στα έλαια καρυδιού, λιναρόσπορου, σησαμιού, ιπποφαούς, τσία, καρότου, φιστικιού, βερίκοκου, γαϊδουράγκαθου, μακαντάμια, κράμβης, σόγιας και καρύδα με το 0,61% του γαϊδουράγκαθου να είναι το υψηλότερο ποσοστό. Το εικοσιδυοεξανοϊκό οξύ (C22:6 ω-3) βρέθηκε σε χαμηλά ποσοστά στα έλαια κολοκύθας, μαύρου κίμινου, κουκουναριού, καρότου, κράμβης, σόγιας και καρύδας με το μεγαλύτερο ποσοστό να ανήκει στο μαύρο κίμινο με 0,35%. Τέλος, το νερβονικό οξύ (C24:1 ω-9) ανιχνεύτηκε στα έλαια λιναρόσπορου και τσία σε ποσοστά 0,18% και 0,15% αντιστοίχως.

Τα μονοακόρεστα λιπαρά οξέα παίζουν σημαντικό ρόλο στην μείωση της χοληστερόλης και των τρυγλυκεριδίων και συνεπώς η πρόσληψή τους από τα τρόφιμα είναι ζωτικής σημασίας. Χαρακτηριστικά μονοακόρεστα λιπαρά οξέα με αυτή την δράση είναι το ελαϊκό (C18:1 ω-9) και το παλμιτελαϊκό οξύ (C16:1 ω-7). Τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα χρίζονται ακόμη πιο απαραίτητα για την διατήρηση της ορθής λειτουργίας του οργανισμού, καθώς παίζουν σημαντικό ρόλο στην διατήρηση της καρδιαγγειακής υγείας, στην διάλυση και απορρόφηση από τον οργανισμό των λιποδιαλυτών βιταμινών αλλά και στην παραγωγή ενέργειας (Τσάκνης, Συστατικά των Λιπαρών Υλών, 2018). Ωστόσο υπάρχουν αρκετά πολυακόρεστα λιπαρά οξέα όπως τα γ-λινολενικό οξύ, το δι-ομο γ-λινολενικό οξύ, το αραχιδονικό οξύ και το εικοσιπεντενοϊκό οξύ τα οποία μπορούν να παραχθούν από τον οργανισμό, με την προϋπόθεση ότι λαμβάνονται τα πρόδρομα οξέα που απαιτούνται για την παραγωγή τους, τα οποία είναι το λινελαϊκό και το α-λινολενικό οξύ (Τσάκνης, Συστατικά των Λιπαρών Υλών, 2018). Τα δύο αυτά οξέα επειδή δεν μπορούν να παραχθούν από τον οργανισμό ονομάζονται απαραίτητα λιπαρά οξέα.

Ωστόσο είναι σημαντικό να αναφερθεί πως δεν ανιχνεύτηκαν τρία λιπαρά οξέα, χαρακτηριστικά για ορισμένα έλαια. Πιο συγκεκριμένα δεν ανιχνεύτηκαν το πουνικικό οξύ (C18:3 cis 9, trans 11, cis 13), το παουλινικό οξύ (C20:1 ω-7) και το πινολενικό οξύ (all cis 5,9,12 C18:3), χαρακτηριστικά λιπαρά οξέα των ελαίων ροδιού, κράμβης και κουκουναριού. Δεδομένου ότι ανιχνεύτηκαν τα ισομερή τους και σε χαμηλά ποσοστά είναι πιθανό, τα παραπάνω χαρακτηριστικά οξέα να υπάρχουν σε μεγαλύτερα ποσοστά και να μην ανιχνεύτηκαν λόγω απουσίας των προτύπων.



Δεδομένης της σημασίας των μονοακόρεστων και πολυακόρεστων λιπαρών οξέων για των ανθρώπινο οργανισμό είναι σημαντικό να γίνει σύγκριση των αποτελεσμάτων της αέριας χρωματογραφίας με αντίστοιχα αποτελέσματα της βιβλιογραφίας, ιδιαίτερα όσον αφορά το παλμιτολεϊκό, το ελαϊκό, το λινολεϊκό και το λινολενικό οξύ.

Πίνακας 9 Σύγκριση των πειραματικών δεδομένων με αυτά της βιβλιογραφίας για πολύτιμα λιπαρά οξέα

Φυτικό Έλαιο	Λιπαρά Οξέα (%) με βάση την βιβλιογραφία	Λιπαρά Οξέα (%) με βάση τα πειραματικά δεδομένα
Έλαιο Αβοκάντο (Avocado Kernel Oil)	- Παλμιτολεϊκό 3,3-10% - Ελαϊκό 49,7-71,5% - Λινολεϊκό 9,3-22,5% (Green & Wang, 2022)	- Παλμιτολεϊκό 7,6 % - Ελαϊκό 57,49% - Λινολεϊκό 8,21%
Έλαιο Αμυγδάλου (Almond Oil)	- Ελαϊκό 63,6-80-6% -Λινολεϊκό 10,2-26% (Ouzir, El Bernoussi, Tabyaoui, & Taghzouti, 2021)	- Ελαϊκό 68,75% -Λινολεϊκό 14,69%
Έλαιο Βερίκοκο (Apricot Kernel Oil)	- Ελαϊκό 60-71% -Λινολεϊκό 20-30% (Bhanger, Anwar, Menon, & Qadir, 2020)	- Ελαϊκό 64,48% -Λινολεϊκό 23,56%
Έλαιο Γαϊδουράγκαθου (Milk Thistle Oil)	-Λινολεϊκό 43-55% -Ελαϊκό 28-36% -Λινολενικό 2-5% (Aydugan, Ok, & Yilmaz, 2022)	-Λινολεϊκό 53,53% -Ελαϊκό 20,68% -Λινολενικό 0,20%
Έλαιο Δαμάσκηνο (Plum Kernel Oil)	-Ελαϊκό 43-79% -Λινολεϊκό 10-37% (Matthaus & Ozcan, 2009) (Savic & Savic Gajic, 2020)	-Ελαϊκό 66,48% -Λινολεϊκό 20,10%
Έλαιο Ιπποφαούς (Seabuchthorn Oil)	-Ελαϊκό 21-46% -Παλμιτολεϊκό 9-25% -Λινολεϊκό 3-11% -Λινολενικό 2-4% (Dulf, 2012)	-Ελαϊκό 28,50% -Παλμιτολεϊκό 29,00% -Λινολεϊκό 2,66% -Λινολενικό 1,29%
Έλαιο Καρότου (Carrot Oil)	- Ελαϊκό ~ 80% -Λινολεϊκό ~12% (Aksu , Incegul, Kiralan, Kiralan , & Ozkan, 2020)	-Ελαϊκό 38,33% -Λινολεϊκό 40,20%
Έλαιο Καρύδας (Coconut Oil)	- Ελαϊκό 5-7% (Gervajio, 2005)	- Ελαϊκό 4,30%
Έλαιο Καρυδιού (Walnut Oil)	-Λινολεϊκό 60-67% -Ελαϊκό 13-20% -Λινολενικό 7-13%	-Λινολεϊκό 58,68% -Ελαϊκό 15,41% -Λινολενικό 0,05%

	(Bouabdallah, 2014)	
<b>Έλαιο Καφέ (Coffee Oil)</b>	-Ελαϊκό 7,5-11,4% -Λινολεϊκό 40-43% (Sharma, Ray, & Singhal, 2021)	-Ελαϊκό 22,43% -Λινολεϊκό 55,21%
<b>Έλαιο Κολοκύθας (Pumpkin Oil)</b>	-Λινολεϊκό 40-51% -Ελαϊκό 26-41% (Bardaa S. B., 2016) (Neđeral, 2014)	-Λινολεϊκό 45,19% -Ελαϊκό 26,77%
<b>Έλαιο Κουκουναριού (Pine Cone Oil)</b>	-Ελαϊκό 24,1-25,5% -Λινολεϊκό 45,2-48,5% (Incegul, Aksu, Kiralan, Kiralan, & Ozkan, 2020)	-Ελαϊκό 22,56% -Λινολεϊκό 63,41%
<b>Έλαιο Μακαντάμια (Macadamia Oil)</b>	-Παλμιτολεϊκό 16-23% - Ελαϊκό 54-68% (Naveed & Ahmad, 2006)	-Παλμιτολεϊκό 19,42% - Ελαϊκό 49,87%
<b>Έλαιο Μαύρο Κίμινο (Black Seed Oil)</b>	- Ελαϊκό 19-25% - Λινολεϊκό 46-62% (Ketenoglu, Kiralan, Kiralan, Ozkan, & Ramadan, 2020)	- Ελαϊκό 22,43% - Λινολεϊκό 50,56%
<b>Έλαιο Νυχτολούλουδο (Evening Primrose Oil)</b>	-Λινολεϊκό 70-74% -γ-λινολενικό 8-10% -Ελαϊκό ~7% (Timoszuk, Bielawska, & Skrtylewska, 2018)	-Λινολεϊκό 75,38% -γ-λινολενικό ND -Ελαϊκό 6,61%
<b>Έλαιο Παπαρούνας (Poppy Seed Oil)</b>	-Λινολεϊκό 69-75% -Ελαϊκό 12-18% (Bozan, 2008) (Rahimi, 2011)	-Λινολεϊκό 35,41% -Ελαϊκό 39,89%
<b>Έλαιο Πυρήνα Σταφυλιού (Grapeseed Oil)</b>	-Ελαϊκό 12,7-20,9% -Λινολεϊκό 61,3-74,6% (Argon, Celenk, & Gumus, 2020)	-Ελαϊκό 3,41% -Λινολεϊκό 5,87%
<b>Έλαιο Ροδιού (Pomegranate Oil)</b>	-Λινολεϊκό 9-10% -Ελαϊκό 8-9% (Zielińska & Nowak, 2017)	-Λινολεϊκό 9,81% -Ελαϊκό 65,85%
<b>Έλαιο Τσια (Chia Seed Oil)</b>	- Λινολενικό 54-67% -Λινολεϊκό 12-21% (Parker, Schellenberger, Roe, Oketch-Rabah, & Calderón, 2018)	- Λινολενικό 0,25% -Λινολεϊκό 20,56%
<b>Έλαιο Φουντουκιού (Hazelnut Oil)</b>	- Ελαϊκό 73,6-82,6% -Λινολεϊκό 9,8-16,6% (Sun, Feng, Lyu, Zhou, & Liu, 2022)	- Ελαϊκό 71,61% -Λινολεϊκό 13,85%
<b>Κραμβέλαιο (Rapeseed Oil)</b>	-Ελαϊκό 55-67% -Λινολεϊκό 16-22% (Matthaus B. Ö., 2016)	-Ελαϊκό 52,53% -Λινολεϊκό 21,47%
<b>Λινέλαιο (Linseed Oil)</b>	- Ελαϊκό 13,4-19,4% - Λινολεϊκό 12,3-17,4% - α-λινολενικό (ala) 40-60,4%	- Ελαϊκό 19,95% - Λινολεϊκό 15,63% - α-λινολενικό (ala) 48,55%

	(Goyal, Sharma, Upadhyay, Gill, & Sihag, 2014)	
<b>Σησαμέλαιο (Sesame Oil)</b>	-Ελαϊκό 36-42% -Λινολεϊκό 41-48% (Wacal, 2019)	-Ελαϊκό 36,02% -Λινολεϊκό 44,14%
<b>Σιναπέλαιο (Mustard Seed Oil)</b>	-Ελαϊκό ~ 47% -Λινολενικό ~ 8% -Λινολεϊκό ~ 32% (Ostrikon, Kleymenova, Bolgova, & Kopylov, 2020)	-Ελαϊκό 63,99% -Λινολενικό ND -Λινολεϊκό 9,58%
<b>Σογιέλαιο (Soybean Oil)</b>	-Ελαϊκό 29-80% -Λινολεϊκό 4-47% (Silveira, και συν., 2017)	-Ελαϊκό 25,92% -Λινολεϊκό 48,63%
<b>Φιστικέλαιο (Peanut Oil)</b>	-Ελαϊκό 41-68% -Λινολεϊκό 14-36% (Sanders, 2003) (Stenerson, 2023)	-Ελαϊκό 56,73% -Λινολεϊκό 26,41%

Ο Πίνακας 9 παρέχει μια ολοκληρωμένη εικόνα για την διατροφική σημασία των υπό μελέτη ελαίων. Η περιεκτικότητά τους σε πολύτιμα λιπαρά οξέα όπως το ελαϊκό και το παλμιτολεϊκό οξύ και σε απαραίτητα λιπαρά οξέα όπως το λινολεϊκό και το λινολενικό οξύ, τα καθιστά αναγκαία για την ανθρώπινη διατροφή.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί τα έλαια αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν και να ενταχθούν στην διατροφή του καταναλωτή με ποικίλους τρόπους. Σε ατομικό επίπεδο μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως έλαια τηγανίσματος ή ως συστατικά σε σαλάτες και σάλτσες. Σε επίπεδο βιομηχανίας, τα έλαια διασποράς βρίσκουν χρήση σε συμπληρώματα διατροφής, ως συστατικά εμπλουτισμού σε πληθώρα τροφίμων και φυσικά σε προϊόντα περιποίησης.

### 6.3 Αποτελέσματα-Συζήτηση Φασματοφωτόμετρου Lovibond

Στον Πίνακα 10 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων του φασματοφωτόμετρου Lovibond (κλίμακα *Lovibond RYBN*). Περιλαμβάνονται οι τιμές για κάθε έλαιο που αντιστοιχούν στις αποχρώσεις κόκκινο, κίτρινο, μπλε και στην ουδέτερη τιμή.

Ξεκινώντας την ανάλυση των αποτελεσμάτων από την πρώτη στήλη που ανήκει στο κόκκινο χρώμα παρατηρείται πως η υψηλότερη τιμή της κόκκινης απόχρωσης αντιστοιχεί στο έλαιο κολοκύθας ακολουθούμενο με μεγάλη διαφορά από το έλαιο υποφαούς και αβοκάντο. Στην στήλη της κίτρινης απόχρωσης εντοπίζονται οι υψηλότερες

τιμές του πίνακα που αντιστοιχούν στο κραμβέλαιο, στο λινέλαιο και στο σογιέλαιο. Αντίστοιχα, στην στήλη που αφορά την μπλε απόχρωση παρατηρούνται μόνο τρεις τιμές πάνω από το μηδέν που αντιστοιχούν κατά αύξουσα σειρά στο έλαιο ιπποφαούς, στο έλαιο κολοκύθας και στο έλαιο αβοκάντο. Κλείνοντας, οι τιμές της ουδέτερης απόχρωσης κυμάνθηκαν από 0-1,5, ενώ η υψηλότερη τιμή που παρατηρήθηκε αποδίδεται στο σογιέλαιο.

Πίνακας 10 Μετρήσεις χρώματος με την κλίμακα Lovibond RYBN

ΕΛΑΙΟ	Red	Yellow	Blue	Neutral
ΑΒΟΚΑΝΤΟ	<b>3,8</b>	<b>27,0</b>	<b>10,1</b>	0,0
ΑΜΥΓΔΑΛΟ	1,1	3,4	0,0	0,5
ΒΕΡΙΚΟΚΟ	1,3	5,5	0,0	0,4
ΓΑΙΔΟΥΡΑΓΚΑΘΟ	1,7	<b>21,5</b>	0,0	0,0
ΔΑΜΑΣΚΗΝΟ	1,8	<b>24,5</b>	0,0	0,9
ΙΠΠΟΦΑΕΣ	<b>7,4</b>	<b>10,1</b>	<b>4,2</b>	0,0
ΚΑΡΟΤΟ	2,0	<b>49,0</b>	0,0	0,5
ΚΑΡΥΔΑ	0,7	0,9	0,5	0,0
ΚΑΡΥΔΙ	<b>1,8</b>	<b>13,0</b>	0,0	0,9
ΚΑΦΕΣ	<b>4,4</b>	<b>35,5</b>	0,0	0,3
ΚΟΛΟΚΥΘΑ	<b>63,0</b>	0,0	<b>8,7</b>	<b>1,3</b>
ΚΟΥΚΟΥΝΑΡΙ	0,9	4,9	0,0	0,5
ΚΡΑΜΒΗ	3,5	<b>69,0</b>	0,0	1,0
ΛΙΝΕΛΑΙΟ	3,3	<b>69,0</b>	0,0	<b>1,2</b>
ΜΑΚΑΝΤΑΜΙΑ	0,5	2,0	0,0	0,0
ΜΑΥΡΟ ΚΙΜΙΝΟ	<b>2,4</b>	<b>44,0</b>	0,0	0,6
ΝΥΧΤΟΛΟΥΛΟΥΔΟ	<b>2,4</b>	<b>66,0</b>	0,0	1,0
ΠΑΠΑΡΟΥΝΑ	<b>1,5</b>	<b>31,5</b>	0,0	0,4
ΡΟΔΙ	0,5	7,0	0,0	0,0
ΣΗΣΑΜΕΛΑΙΟ	<b>1,4</b>	7,2	0,0	0,3
ΣΙΝΑΠΙ	0,9	4,9	0,0	0,1
ΣΟΓΙΑ	<b>4,7</b>	<b>69,0</b>	0,0	<b>1,5</b>
ΣΤΑΦΥΛΙ	<b>1,1</b>	<b>24,5</b>	0,0	0,0
ΤΣΙΑ	0,9	5,3	0,0	0,5
ΦΟΥΝΤΟΥΚΙ	<b>1,8</b>	<b>34,5</b>	0,0	0,9
ΦΥΣΤΙΚΙ	0,2	0,9	0,0	0,0

Στον Πίνακα 11 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων με χρήση της κλίμακας Lovibond RYBN Chlorophyll. Οι διαφορές στις τιμές RYBN αυτού και του επόμενου πίνακα σε σχέση με τον Πίνακα 9 οφείλονται στο γεγονός ότι προκειμένου να γίνει η μέτρηση της

χλωροφύλλης και του β-καροτένιου, απαιτείται κυψελίδα μικρότερου μεγέθους σε σχέση με την απλή κλίμακα RYBN που απαιτεί μεγαλύτερη κυψελίδα.

Η μεγαλύτερη περιεκτικότητα χλωροφύλλης εντοπίζεται στο έλαιο ιπποφαούς, ακολουθούμενο από το έλαιο αβοκάντο και το έλαιο σταφυλιού. Επιπλέον σημειώνονται και μηδενικές τιμές οι οποίες ανήκουν στα έλαια αμυγδάλου, βερίκοκου, καρύδας, καφέ, κολοκύθας, κουκουναριού, μακαντάμια, σιναπιού και τσια. Στα έλαια αμυγδάλου, βερίκοκου, καρύδας, καφέ, κολοκύθας, κουκουναριού, μακαντάμια, σιναπιού και τσία δεν ανιχνεύτηκε χλωροφύλλη.

Πίνακας 11 Μέτρηση χρώματος με την κλίμακα Lovibond RYBN Chlorophyll

ΕΛΑΙΟ	R	Y	B	N	Chlorophyll (ppb)
ΑΒΟΚΑΝΤΟ	2,4	59,0	1,7	0,0	<b>17611,0</b>
ΑΜΥΓΔΑΛΟ	0,6	1,3	0,0	0,4	0,0
ΒΕΡΙΚΟΚΟ	0,8	1,9	0,0	0,4	0,0
ΓΑΙΔΟΥΡΑΓΚΑΘΟ	1,3	6,0	0,0	0,4	179,0
ΔΑΜΑΣΚΗΝΟ	1,2	6,4	0,0	0,5	226,0
ΙΠΠΟΦΑΕΣ	15,4	2,3	10,1	0,0	<b>30000,0</b>
ΚΑΡΟΤΟ	1,5	11,8	0,0	0,8	789,0
ΚΑΡΥΔΑ	0,3	0,4	1,7	0,0	0,0
ΚΑΡΥΔΙ	0,9	3,7	0,0	0,0	256,0
ΚΑΦΕΣ	2,0	10,6	2,1	0,0	0,0
ΚΟΛΟΚΥΘΑ	10,8	8,6	5,8	0,0	0,0
ΚΟΥΚΟΥΝΑΡΙ	0,3	1,4	0,0	0,1	0,0
ΚΡΑΜΒΗ	2,5	69,0	0,0	1,6	1103,0
ΛΙΝΕΛΑΙΟ	2,3	60,0	0,0	1,9	294,0
ΜΑΚΑΝΤΑΜΙΑ	0,2	0,7	0,0	0,0	0,0
ΜΑΥΡΟ ΚΥΜΙΝΟ	1,6	13,2	0,0	0,9	2440,0
ΝΥΧΤΟΛΟΥΛΟΥΔΟ	1,8	21,0	0,0	0,9	2945,0
ΠΑΠΑΡΟΥΝΑ	1,0	7,1	0,0	0,2	2843,0
ΡΟΔΙ	0,3	2,3	0,0	0,0	1140,0
ΣΗΣΑΜΙ	0,8	2,3	0,0	0,2	54,0
ΣΙΝΑΠΙ	0,3	1,6	2,1	0,0	0,0
ΣΟΓΙΑ	2,8	68,0	0,0	1,7	1822,0
ΣΤΑΦΥΛΙ	0,7	7,1	0,0	0,0	<b>3922,0</b>
ΤΣΙΑ	0,5	1,8	0,0	0,0	0,0
ΦΟΥΝΤΟΥΚΙ	1,1	7,0	0,0	0,0	161,0
ΦΥΣΤΙΚΙ	0,0	0,3	0,0	0,0	3,0

Στον Πίνακα 12 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της κλίμακας RYBN β-carotene. Σε όλα τα φυτικά έλαια ανιχνεύτηκε το β-καροτένιο και οι συγκεντρώσεις κυμάνθηκαν από 1443-61776 ppb. Η μεγαλύτερη τιμή στη συγκέντρωση του β-καροτένιου παρατηρείται στο έλαιο σόγιας (61776 ppb), ακολουθούμενη από το λινέλαιο, το κραμβέλαιο και το έλαιο αβοκάντο. Παράλληλα οι χαμηλότερες τιμές στη συγκέντρωση β-καροτένιου παρατηρούνται στα έλαια φιστικιού (1443 ppb), καρύδας (2293 ppb) και μακαντάμια (3472 ppb).

Πίνακας 12 Μέτρηση χρώματος με την κλίμακα Lovibond RYBN b-carotene

ΕΛΑΙΟ	R	Y	B	N	β-carotene(ppb)
ΑΒΟΚΑΝΤΟ	2,2	60,0	1,1	0,0	<b>55022,0</b>
ΑΜΥΓΔΑΛΟ	0,3	1,0	0,0	0,0	4054,0
ΒΕΡΙΚΟΚΟ	0,8	1,9	0,0	0,4	6321,0
<b>ΓΑΙΔΟΥΡΑΓΚΑΘΟ</b>	1,4	6,0	0,0	0,4	<b>17211,0</b>
<b>ΔΑΜΑΣΚΗΝΟ</b>	1,2	6,4	0,0	0,5	<b>18269,0</b>
<b>ΙΠΠΟΦΑΕΣ</b>	21,5	2,4	10,1	0,0	<b>30000,0</b>
<b>ΚΑΡΟΤΟ</b>	1,5	11,8	0,0	0,8	<b>25196,0</b>
ΚΑΡΥΔΑ	0,5	0,5	1,3	0,0	2293,0
ΚΑΡΥΔΙ	1,1	4,1	0,0	0,7	12891,0
<b>ΚΑΦΕΣ</b>	1,9	11,0	0,0	0,0	<b>31241,0</b>
ΚΟΛΟΚΥΘΑ	11,0	8,6	6,5	0,0	15324,0
ΚΟΥΚΟΥΝΑΡΙ	0,3	1,4	0,0	0,0	5853,0
ΚΡΑΜΒΗ	2,5	68,0	0,0	1,8	<b>60121,0</b>
ΛΙΝΕΛΑΙΟ	2,2	60,0	0,0	1,8	<b>60421,0</b>
ΜΑΚΑΝΤΑΜΙΑ	0,3	0,8	0,0	0,0	3472,0
ΜΑΥΡΟ ΚΥΜΙΝΟ	1,5	13,8	0,0	0,7	<b>36582,0</b>
ΝΥΧΤΟΛΟΥΛΟΥΔΟ	1,7	21,0	0,0	0,9	<b>36740,0</b>
ΠΑΠΑΡΟΥΝΑ	0,9	7,0	0,0	0,0	<b>19001,0</b>
ΡΟΔΙ	0,4	2,4	0,0	0,0	8569,0
ΣΗΣΑΜΙ	0,8	2,4	0,0	0,3	8049,0
ΣΙΝΑΠΙ	0,5	1,6	0,0	0,3	5843,0
ΣΟΓΙΑ	2,8	68,0	0,0	1,8	<b>61176,0</b>
ΣΤΑΦΥΛΙ	0,7	7,1	0,0	0,0	23654,0
ΤΣΙΑ	0,5	1,7	0,0	0,0	6691,0
ΦΟΥΝΤΟΥΚΙ	1,3	7,3	0,0	0,0	<b>19119,0</b>
ΦΥΣΤΙΚΙ	0,0	0,3	0,0	0,0	1443,0

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, τα ποσοστά χλωροφύλλης και β-καροτένιου ποικίλλουν και καταγράφονται στον Πίνακα 13. Παρουσιάζονται ενδεικτικά περιεκτικότητες σε β-καροτένιο και χλωροφύλλη σε mg/kg από επτά διαφορετικά έλαια που μελετήθηκαν.

Πίνακας 13 Ποσοστά χλωροφύλλης και β-καροτένιου σύμφωνα με την βιβλιογραφία

ΕΛΑΙΟ	Chlorophyll RYBN (mg/kg)	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	β-carotene RYBN (mg/kg)	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ
ΑΒΟΚΑΝΤΟ	17,61	11 - 19 mg/kg (Foudjo, Kansci, Fokou, & Genot, 2018)	55,02	11,10-46,90 mg/kg (Tan, 2019)
ΙΠΠΟΦΑΕΣ	30,00	>4mg/kg	30,00	94,8 mg/kg (Li, Teixeira da Silva, & Guo, 2013)
ΚΡΑΜΒΗ	1,10	5-50 mg/kg (Ghazani & Marangoni, 2016)	60,12	18,3 mg/kg (Goulson & Warthesen, 1999)
ΛΙΝΕΛΑΙΟ	0,29	0,32-3,37 mg/kg (Grajzer, et al., 2020)	60,42	48,35 mg/kg (Esmailifard, Bahmaeil, Ramezan, & Eshratbadi, 2017)
ΜΑΥΡΟ ΚΥΜΙΝΟ	2,44	6,69 mg/kg (Rokosik, Dwiecki, & Siger, 2020)	36,58	8,37 mg/kg (Rokosik, Dwiecki, & Siger, 2020)
ΠΑΠΑΡΟΥΝΑ	2,84	Δεν ανιχνεύθηκε (Rokosik, Dwiecki, & Siger, 2020)	19,00	1,35 mg/kg (Rokosik, Dwiecki, & Siger, 2020)
ΣΟΓΙΑ	1,82	2,43 mg/kg (Ghahjaverestani, Gharachorloo, & Ghavami, 2022)	61,18	420,02 mg/kg (Aquino, et al., 2015)

#### 6.4 Αποτελέσματα-Συζήτηση Χρωματόμετρου CIE-LAB

Στον Πίνακα 14 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του μέσου όρου με την τυπική απόκλιση των χρωματικών παραμέτρων, όπως μετρήθηκαν στο χρωματόμετρο που προέκυψαν από το πείραμα με την χρήση του χρωματόμετρου CIE-LAB. Για την στατιστική επεξεργασία

των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Statistica και πραγματοποιήθηκε Tukey HSD Test για τις παραμέτρους L\*, a\*, b\* και h.

Πίνακας 14 Αποτελέσματα του χρωματόμετρου CIELAB

ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΛΑΙΩΝ	L* (Μ.Ο ± Τυπική απόκλιση)	a* (Μ.Ο ± Τυπική απόκλιση)	b* (Μ.Ο ± Τυπική απόκλιση)	h* ( Μ.Ο ± Τυπική απόκλιση)
ΑΒΟΚΑΝΤΟ	46,01±0,32d	0,01±0,08n	15,83±0,54k	89,97±0,28c
ΑΜΥΓΔΑΛΟ	64,17±0,12mn	-2,26±0,04ij	8,56±0,05g	104,80±0,22fg
ΒΕΡΙΚΟΚΟ	56,61±0,35f	-1,41±0,04kl	5,72±0,19de	103,83±0,80efg
ΓΑΙΔΟΥΡΑΓΚΑΘΟ	61,80±0,22j	-3,92±0,01ef	14,80±0,09i	104,85±0,08fg
ΔΑΜΑΣΚΗΝΟ	62,71±0,18k	-3,80±0,07f	15,77±0,15jk	103,54±0,13ef
ΙΠΠΟΦΑΕΣ	39,90±0,43b	8,17±0,15p	5,01±0,04cd	31,55±0,57a
ΚΑΡΟΤΟ	60,94±0,10i	-4,17±0,03de	17,95±0,09l	103,07±0,03ef
ΚΑΡΥΔΑ	26,03±0,01a	-0,14±0,05n	-0,55±0,02a	255,77±5,24h
ΚΑΡΥΔΙ	56,06±0,12ef	-3,05±0,02i	13,21±0,20h	102,99±0,15ef
ΚΑΦΕΣ	59,89±0,17h	-2,52±0,07i	19,80±0,16m	97,27±0,22d
ΚΟΛΟΚΥΘΑ	41,46±0,05c	3,26±0,11o	4,73±0,19c	55,43±1,92b
ΚΟΥΚΟΥΝΑΡΙ	67,07±0,27p	-2,24±0,05ij	7,32±0,21f	107,05±0,22fg
ΚΡΑΜΒΗ	63,17±0,59kl	-4,79±0,11c	43,69±0,74q	96,25±0,18d
ΛΙΝΕΛΑΙΟ	60,04±0,22h	-5,92±0,10a	35,76±0,20o	99,38±0,12de
ΜΑΚΑΝΤΑΜΙΑ	63,30±0,18kl	-1,35±0,08l	4,99±0,11cd	105,09±0,73fg
ΜΑΥΡΟ ΚΙΜΙΝΟ	60,05±0,05h	-5,19±0,05b	23,46±0,13n	102,48±0,17ef
ΝΥΧΤΟΛΟΥΛΟΥΔΟ	63,91±0,20lm	-5,22±0,04b	23,94±0,17n	103,30±1,69ef
ΠΑΠΑΡΟΥΝΑ	65,43±0,33o	-4,11±0,12ef	14,97±0,17ijk	105,34±0,27fg
ΡΟΔΙ	55,61±0,14e	-2,43±0,07ij	7,20±0,26f	108,68±0,70g
ΣΗΣΑΜΙ	56,56±0,25f	-2,18±0,11j	8,58±0,19g	104,26±0,39efg
ΣΙΝΑΠΙ	56,64±0,12f	-1,69±0,06k	6,18±0,08e	105,33±0,43fg
ΣΟΓΙΑ	58,68±0,19g	-4,03±0,07ef	36,86±0,61p	96,24±0,04d
ΣΤΑΦΥΛΙ	64,85±0,54no	-4,45±0,02d	14,30±0,23i	107,26±0,19fg
ΤΣΙΑ	65,15±0,16o	-1,59±0,05kl	5,34±0,08cde	106,59±0,27fg
ΦΙΣΤΙΚΙ	64,23±0,16mn	-0,63±0,34mn	3,83±0,20b	99,38±5,39de
ΦΟΥΝΤΟΥΚΙ	55,62±0,04e	-3,44±0,05g	14,95±0,41ij	102,96±0,23ef

Οι τιμές που φέρουν διαφορετικά γράμματα διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ( $P<0,05$ ).

Στην πρώτη στήλη του πίνακα παρατίθενται τα αποτελέσματα των μετρήσεων για την παράμετρο της φωτεινότητας L\*. Η παράμετρος αυτή σχετίζεται με το πόσο φωτεινό παρουσιάζεται το προς μέτρηση δείγμα και λαμβάνει τιμές από το μηδέν έως το εκατό που αντιστοιχούν στην μαύρη και λευκή απόχρωση, αντίστοιχα. Όπως φαίνεται τα τρία δείγματα με τις μεγαλύτερες τιμές L\* είναι τα έλαια κουκουναριού, παπαρούνας και τσία. Αντίστοιχα οι χαμηλότερες τιμές ανήκουν στα έλαια καρύδας, ιπποφαούς και κολοκύθας.



Οι τιμές της φωτεινότητας με ίδια λατινικά γράμματα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους. Παρατηρώντας τον Πίνακα 10, μπορούν να διακριθούν έλαια με παραπλήσιες τιμές φωτεινότητας  $L^*$ , όπως είναι τα έλαια ροδιού και του φουντουκιού με φωτεινότητα 55,61 και 55,62 αντίστοιχα. Το ίδιο ισχύει και για άλλα σεντ ελαίων που παρατηρούνται όπως τα έλαια σησαμιού, βερίκοκου και σιναπιού,  $f$ , τα έλαια καφέ, λιναρόσπορου και μαύρου κίμινου, τα έλαια κράμβη και μακαντάμια, τα έλαια αμυγδάλου και φιστικιού και τέλος το σεντ των ελαίων τσία και παπαρούνας. Αντίστοιχα τα έλαια τα οποία φέρουν διαφορετικούς χαρακτήρες, διαφέρουν στατιστικά σημαντικά, παραδείγματος χάριν τα έλαια κολοκύθας και αβοκάντο με  $L^*$  41,46 και 46,01, τα οποία χαρακτηρίζονται από διαφορετικούς λατινικούς χαρακτήρες και συνεπώς διαφέρουν στατιστικά σημαντικά.

Στην δεύτερη στήλη του Πίνακα 14 παρουσιάζεται ο μέσος όρος και η τυπική απόκλιση των φυτικών ελαίων για την παράμετρο  $a^*$ . Οι θετικές τιμές  $a^*$  παραπέμπουν σε κόκκινη απόχρωση ενώ οι αρνητικές τιμές σε πράσινη. Τα έλαια ιπποφαούς, κολοκύθας και αβοκάντο είναι τα μόνα δείγματα με θετικές τιμές της παραμέτρου  $a^*$ . Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των μετρήσεων χρώματος του φασματοφωτόμετρου Lovibond και του χρωματόμετρου CIElab (Πίνακες 10 και 14) για την κόκκινη απόχρωση ( $a^*$ ), παρατηρείται ότι τα έλαια κολοκύθας, ιπποφαούς και αβοκάντο έχουν τη μεγαλύτερη τιμή για την κόκκινη απόχρωση.

Παρατηρούνται ομάδες ελαίων που δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους. Είναι τα έλαια νυχτολούλουδου και μαύρου κίμινου, παπαρούνας, σόγιας και γαϊδουράγκαθου με τα καρυδιού και καφέ με το ροδιού, αμυγδάλου και κουκουναριού, τσία και βερίκοκου και καρύδας και αβοκάντο. Αντίστοιχα τα έλαια με διαφορετικούς λατινικούς χαρακτήρες διαφέρουν στατιστικά σημαντικά.

Στην τρίτη στήλη καταγράφονται οι τιμές της παραμέτρου  $b^*$ . Οι θετικές τιμές παραμέτρου  $b^*$  αντιστοιχούν στην κίτρινη απόχρωση και οι αρνητικές στη μπλε απόχρωση.

Η μεγαλύτερη θετική τιμή  $b^*$  ανήκει στο έλαιο κράμβης. Δεδομένου ότι η τιμή είναι θετική και εκφράζει την κίτρινη απόχρωση συσχετίζεται με τον Πίνακα 10 της κλίμακας Lovibond RYBN. Στον Πίνακα 10 το έλαιο κράμβης διαθέτει και πάλι την υψηλότερη τιμή κίτρινης απόχρωσης με 69,0 μονάδες Lovibond. Αντίστοιχος συσχετισμός

προκύπτει για τα έλαια σόγιας και λιναρόσπορου που ακολουθούν την κράμβη στην παράμετρο  $b^*$ , αλλά διαθέτουν την ίδια τιμή σε κίτρινη απόχρωση στην κλίμακα RYBN.

Η καρύδα είναι το μόνο έλαιο που διαθέτει αρνητική τιμή  $b^*$  και συνεπώς παραπέμπει σε μπλε απόχρωση, κάτι που επαληθεύεται και από τον Πίνακα 10. Ωστόσο τα έλαια αβοκάντο, κολοκύθα και ιπποφαές που διαθέτουν τις υψηλότερες τιμές μπλε στην κλίμακα RYBN δεν παρουσιάζουν αρνητικές τιμές  $b^*$ . Τα έλαια τα οποία δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους είναι τα έλαια μακαντάμια και ιπποφαούς, τα έλαια ροδιού και κουκουναριού, τα έλαια αμυγδάλου και σησαμιού, τα έλαια σταφυλιού και γαϊδουράγκαθου και τα έλαια μαύρο κίμινο και νυχτολούλουδο

Η γωνία που σχηματίζεται από τους άξονες των  $a^*$  και  $b^*$  αντιπροσωπεύει την χροιά του χρώματος  $h$ . Η τέταρτη και τελευταία στήλη του Πίνακα 14 παρουσιάζει τις τιμές για την παράμετρο  $h$ .

Ξεκινώντας με το ιπποφαές, παρατηρείται πως κατέχει την μικρότερη τιμή  $h$  του πίνακα αλλά σύμφωνα και με τον Πίνακα 10 το έλαιο ιπποφαούς διαθέτει την δεύτερη υψηλότερη τιμή κόκκινης απόχρωσης στην κλίμακα RYBN και αυτό επαληθεύεται και από την τιμή του  $h^*$ , που είναι η πιο κοντινή στο κόκκινο χρώμα ( $0^\circ$ ).

Το έλαιο κολοκύθας μπορεί να μην διαθέτει την χαμηλότερη τιμή  $h$  στον, όμως διαθέτει την υψηλότερη τιμή κόκκινης απόχρωσης στην κλίμακα RYBN. Δεδομένου ότι το έλαιο αυτό διαθέτει και την δεύτερη μεγαλύτερη τιμή στην μπλε απόχρωσης στην ίδια κλίμακα η τιμή του  $h$  αυξάνεται. Το ίδιο ισχύει και με το έλαιο αβοκάντο που διαθέτει την μεγαλύτερη τιμή μπλε απόχρωσης στην κλίμακα RYBN. Η αύξηση του  $h$  επαληθεύεται και από τον Πίνακα 10, καθώς το αβοκάντο έχει μεγαλύτερη τιμή κίτρινης απόχρωσης από το έλαιο ιπποφαούς και κολοκύθας.

Προχωρώντας στην τέταρτη στήλη γίνεται εισαγωγή στην κίτρινη περιοχή με τιμές ενενήντα έως και λίγο πάνω από το εκατό μοίρες. Τα έλαια σόγιας, κράμβης, καφέ, λιναρόσπορου, μαύρου κίμινου, φουντούκι, καρότο, νυχτολούλουδο, γαϊδουράγκαθο, δαμάσκηνο, το σταφύλι και παπαρούνα διαθέτουν τις υψηλότερες τιμές κίτρινης απόχρωσης στην κλίμακα RYBN.

Τα έλαια τα οποία παρότι δεν διαθέτουν τόσο υψηλές τιμές κίτρινης απόχρωσης όπως για παράδειγμα το ρόδι, το σησάμι, το βερίκοκο, το καρύδι το σινάπι, η τσία, το αμύγδαλο, το φιστίκι, η καρύδα, η μακαντάμια, το κουκουναίρι παρουσιάζονται στην κίτρινη περιοχή της παραμέτρου της χροιάς. Αυτό μπορεί να συσχετιστεί με τον Πίνακα 10

και την κλίμακα RYBN. Σε όλα τα παραπάνω έλαια μπορεί η τιμή της κίτρινης απόχρωσης να είναι σχετικά χαμηλή ή πολύ χαμηλή σε σχέση με τα έλαια της προηγούμενης παραγράφου, όμως η τιμή της κίτρινης απόχρωσης υπερισχύει σε σχέση με τις τιμές της κόκκινης, της μπλε και της ουδέτερης και συνεπώς μεταφράζεται ως κίτρινη χροιά στο σύστημα CIELAB. Τέλος, έχει ενδιαφέρον να σημειωθεί πως υπάρχει μεγαλύτερη ομοιομορφία όσον αφορά τα έλαια που δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους στην τέταρτη στήλη, σε σχέση με τις υπόλοιπες του Πίνακα 14.

## Κεφάλαιο 7: Συμπεράσματα

Στην ενότητα αυτή θα παρουσιαστούν τα συμπεράσματα της παρούσας διπλωματικής εργασίας όσον αφορά τα αποτελέσματα της αποσβένουσας ολικής ανάκλασης, της αέριας χρωματογραφίας και των χρωματικών δεδομένων. Τέλος, θα δοθούν ιδέες για μελλοντική έρευνα επί του θέματος.

### 7.1 Αποσβένουσα Ολική Ανάκλαση (ATR-FTIR)

Δεδομένης της ικανότητας της φασματοσκοπίας υπερύθρου να παρέχει πληροφορίες για την παρουσία ή μη συγκεκριμένων ενεργών ομάδων, είναι δυνατή η σύγκριση των δειγμάτων μεταξύ τους όσον αφορά την παρουσία ενεργών ομάδων που συνδέονται με πολύτιμες ενώσεις όπως τα λιπαρά οξέα και οι φαινόλες. Οι ενώσεις αυτές προσδίδουν στα έλαια διατροφική και οικονομική αξία και η ύπαρξη απορρόφησης σε κυματαριθμούς που υποδηλώνουν την παρουσία των ενεργών τους ομάδων αποτελεί μια επιβεβαίωση τόσο της βιβλιογραφίας όσον αφορά την χημική τους σύστασή όσο και της ανάγκης σύγκρισης των ελαίων μεταξύ τους και την περαιτέρω μελέτη τους προκειμένου να διερευνηθούν οι διατροφικές και τεχνολογικές τους προοπτικές.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία και μέσω της φασματοσκοπίας υπερύθρου αναγνωρίστηκαν οι δεσμοί που αφορούν τα λιπαρά οξέα και τις φαινολικές ενώσεις με αποτέλεσμα να επιβεβαιώνεται η βιβλιογραφία για την περιεκτικότητα των ελαίων και σε άλλες βιοενεργές ουσίες εκτός από τα λιπαρά οξέα.

### 7.2 Αέρια Χρωματογραφία

Όπως έχει ήδη αναφερθεί η καταναλωτική ανάγκη για εναλλακτικά φυτικά έλαια αυξάνεται συνεχώς και για αυτό απαιτείται η περαιτέρω μελέτη αυτών σε πολλαπλό επίπεδο. Σύμφωνα με τα όσα περιέχονται στον Πίνακα 5 που παρουσιάζονται οι βιοενεργές ενώσεις και οι ευεργετικές για την υγεία ιδιότητες των υπό μελέτη ελαίων διασποράς, καθώς και η βιομηχανική τους χρήση σύμφωνα με την βιβλιογραφία και σύμφωνα με τον Πίνακα 8 που εμπεριέχει τα δεδομένα που προέκυψαν ύστερα από την πειραματική διαδικασία της αέριας χρωματογραφίας για τα πιο σημαντικά λιπαρά οξέα, αποδεικνύεται πως έλαια που προέρχονται από μη συνηθισμένες φυτικές μήτρες

μπορούν να αντικαταστήσουν τα συχνά χρησιμοποιούμενα έλαια όπως το ελαιόλαδο, το αραβοσιτέλαιο και το ηλιέλαιο, τόσο σε επίπεδο ατομικής διατροφής και μαγειρικής όσο και σε βιομηχανικό επίπεδο.

Τα μονοακόρεστα και πολυακόρεστα λιπαρά οξέα είναι απαραίτητα για την διατήρηση της ορθής υγείας. Τέτοια πολύτιμα οξέα είναι το ελαϊκό, το λινελαϊκό και το λινολενικό οξύ. Τα οξέα αυτά περιέχονται σε υψηλά ποσοστά στα υπό μελέτη έλαια καθιστώντας τα εξίσου πολύτιμα με άλλα φυτικά έλαια. Τα παραπάνω βιοενεργά συστατικά αναζητούνται από το καταναλωτικό κοινό. Οι καταναλωτές προκειμένου να λάβουν τα βιοενεργά συστατικά μέσω της διατροφής τους θα πρέπει να διευρύνουν τους αγοραστικούς τους ορίζοντες ως προς εναλλακτικά έλαια με παρόμοιες αν όχι και περισσότερες ευεργετικές ιδιότητες από τα γνωστά έλαια.

Είναι σημαντικό λοιπόν να γίνει αντιληπτό πως τα έλαια διασποράς που προέρχονται από εναλλακτικές φυτικές μήτρες διαθέτουν πολλαπλά οφέλη για τους καταναλωτές, καθώς μπορούν να λάβουν από αυτά πολύτιμα θρεπτικά συστατικά. Επιπροσθέτως είναι εξαιρετικά χρήσιμα και για τον βιομηχανικό τομέα όπου μπορεί να εκμεταλλευτεί τα έλαια αυτά σε διάφορες πτυχές του όπως στα τρόφιμα, στην φαρμακευτική και στην βιομηχανία συμπληρωμάτων διατροφής, στην αρωματοποιία, στην βιομηχανία καλλυντικών αλλά και σε άλλους τομείς όπως των βερνικιών και των βαφών.

Ακόμη η γνωστοποίηση των ιδιοτήτων των ελαίων διασποράς, ιδιαίτερα στην Ευρώπη και στην Αμερική, θα οδηγήσει στην αύξηση της ζήτησής τους και κατά συνέπεια στην ανάπτυξη ενός νέου αγροτικού ενδιαφέροντος οδηγώντας στην άνθιση της καλλιέργειας των φυτών από τα οποία προέρχονται τα έλαια αυτά και στην οικονομική ανάταση πολλών αγροτικών περιοχών σε όλο τον κόσμο.

Ένα ακόμη συμπέρασμα που προκύπτει από την ανάλυση των αποτελεσμάτων της αέριας χρωματογραφίας είναι η επαλήθευση του γεγονότος πως η περιεκτικότητα σε λιπαρά οξέα επηρεάζεται σημαντικά από πολλαπλούς παράγοντες. Τέτοιοι παράγοντες είναι το γένος του φυτού από το οποίο προέρχεται το έλαιο, οι κλιματολογικές συνθήκες και το έδαφος στο οποίο αναπτύσσεται το φυτό, ο τρόπος συγκομιδής του και ο τρόπος που παραλαμβάνεται το έλαιο. Όπως αναφέρθηκε και στην ενότητα 6.2 όπου παρουσιάζονται και αναλύονται τα αποτελέσματα της αέριας χρωματογραφίας σε σχέση

με αυτά της βιβλιογραφίας παρατηρούνται διαφορές ανάμεσα στις θεωρητικές και πειραματικές τιμές κάτι που οφείλεται στους παραπάνω παράγοντες.

Κλείνοντας μια βασική παράμετρος που παίζει ρόλο στην αξιολόγηση των αποτελεσμάτων είναι η ανάγκη για διεύρυνση των προτύπων λιπαρών οξέων των αέριων χρωματογράφων. Με την αύξηση των προτύπων των λιπαρών οξέων αυξάνεται η δυνατότητα του προσδιορισμού σπάνιων ή/και λιγότερων γνωστών λιπαρών οξέων γεγονός που θα ευνοήσει την περαιτέρω έρευνα των ελαίων διασποράς.

### 7.3 Lovibond και CIELAB

Το χρώμα των ελαίων αποτελεί ένα σημαντικό οργανοληπτικό χαρακτηριστικό για την αποδοχή ή απόρριψη αυτών από τους καταναλωτές. Επιπλέον το χρώμα πολλές φορές συνδέεται με την περιεκτικότητα σε συγκεκριμένες βιοδραστικές ουσίες όπως η χλωροφύλλη και το β-καροτένιο. Η πρώτη συνδέεται με το πράσινο χρώμα και η δεύτερη με το κίτρινο των ελαίων.

Μελετώντας το χρώμα των είκοσι έξι (26) ελαίων με δύο διαφορετικές μεθόδους που βασίζονται σε διαφορετικές αρχές λειτουργίας, δεδομένου ότι το Lovibond είναι φασματοφωτόμετρο και το CIELAB είναι χρωματομέτρο, φαίνεται πως οι δύο μέθοδοι συμπληρώνουν και επαληθεύουν η μία την άλλη.

Παρατηρείται πως το χρώμα των ελαίων είναι ανάλογο των τιμών της κλίμακας Lovibond RYBN του Πίνακα 10. Για παράδειγμα το έλαιο καρύδας και φιστικιού κατέχουν τιμές κάτω από την μονάδα και συνεπώς είναι σχεδόν διάφανα, με την καρύδα να είναι εντελώς διάφανη σε υγρή μορφή, όπως φαίνεται στην εικόνα 17. Το έλαιο κράμβης διαθέτει την πιο υψηλή τιμή κίτρινης απόχρωσης και όπως φαίνεται και στην εικόνα διαθέτει έντονο κίτρινο χρώμα. Εξαίρεση αποτελεί το έλαιο κολοκύθας, το οποίο παρότι διαθέτει την υψηλότερη τιμή κόκκινης απόχρωσης δεν έχει έντονο κόκκινο χρώμα αλλά καφέ. Αυτό οφείλεται στην παρουσία της μπλε απόχρωσης. Το υποφαές παρότι διαθέτει εξαιρετικά χαμηλότερη τιμή κόκκινης απόχρωσης από την κολοκύθα εμφανίζει έντονο

πορτοκαλί χρώμα, το οποίο οφείλεται και στην παρουσία κίτρινης απόχρωσης, όμως επειδή διαθέτει χαμηλότερη τιμή μπλε απόχρωσης από την κολοκύθα του επιτρέπει να φαίνεται «πιο κόκκινο», με συνέπεια την παραπλάνηση του ματιού όσον αφορά την περιεκτικότητα σε κόκκινη απόχρωση μεταξύ των δυο ελαίων.



Εικόνα 17 Παρουσίαση ελαίων σε τρυβλία κατά την μέτρηση χρώματος

Όπως έχει ήδη σημειωθεί το χρώμα των ελαίων πολλές φορές παραπέμπει σε συγκεκριμένες ενώσεις. Η χλωροφύλλη που είναι μια πράσινη χρωστική υποδηλώνει την πράσινη χροιά των ελαίων, ενώ το β-καροτένιο την κίτρινη. Μελετώντας τους πίνακες 11 και 12 που απεικονίζουν τις περιεκτικότητες των ελαίων σε χλωροφύλλη και β-καροτένιο προέκυψαν τα εξής συμπεράσματα. Όσον αφορά την χλωροφύλλη δεν φαίνεται να υπάρχει συσχετισμός μεταξύ της περιεκτικότητάς της και του χρώματος. Συγκρίνοντας τον πίνακα 14 και γνωρίζοντας οι αρνητικές τιμές της παραμέτρου  $a^*$  αντιστοιχούν στην πράσινη απόχρωση, παρατηρείται πως τα έλαια με αρνητικές τιμές  $a^*$  δεν διαθέτουν υψηλή συγκέντρωση χλωροφύλλης. Αντίθετα, την υψηλότερη περιεκτικότητα στην πράσινη αυτή χρωστική παρουσιάζει το έλαιο ιπποφαούς που διαθέτει την υψηλότερη θετική τιμή  $a^*$  που αντιστοιχεί σε κόκκινη απόχρωση.

Αντιστρόφως, στην περίπτωση του β-καροτενίου, εντοπίζεται άμεση συσχέτιση της περιεκτικότητας αυτού με την κίτρινη απόχρωση. Για την ακρίβεια στα περισσότερα έλαια ισχύει ότι όσο αυξάνεται η τελευταία τόσο αυξάνεται και η περιεκτικότητα του ελαίου σε β-καροτένιο. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν τα έλαια κράμβης και σόγιας που διαθέτουν τις μεγαλύτερες τιμές κίτρινης απόχρωσης τόσο στην παράμετρο  $b^*$  όσο και στην κλίμακα RYBN και διαθέτουν και την μεγαλύτερη συγκέντρωση σε β-καροτένιο.

Προχωρώντας στη σύγκριση των δύο μεθόδων και παρατηρώντας τους Πίνακες 10 και 114 προκύπτει το συμπέρασμα πως η μπλε απόχρωση μειώνει την φωτεινότητα  $L^*$  των ελαίων. Αυτό αποδεικνύεται από τα έλαια αβοκάντο, κολοκύθας, ιπποφαούς και

καρύδας που διαθέτουν τις υψηλότερες τιμές μπλε απόχρωσης στην κλίμακα RYBN και τις χαμηλότερες τιμές φωτεινότητας  $L^*$  στη μέθοδο CIELAB.

Οι παράμετροι  $a^*$  και  $b^*$  της μεθόδου CIELAB επαληθεύονται από τη μέθοδο του Lovibond. Ωστόσο ένα συμπέρασμα που προκύπτει από την παρατήρηση των τιμών των Πινάκων 10 και 14 είναι ότι παρότι το έλαιο αβοκάντο, κολοκύθας και ιπποφαούς διαθέτουν τις υψηλότερες τιμές μπλε απόχρωσης σύμφωνα με την κλίμακα RYBN, αυτές δεν εκφράζονται με αρνητικές τιμές  $b^*$  που αντιστοιχούν στην μπλε απόχρωση. Αυτό πιθανώς να οφείλεται στο γεγονός ότι και τα τρία αυτά έλαια διαθέτουν μεγαλύτερες τιμές κίτρινης από ότι μπλε απόχρωσης σύμφωνα με την κλίμακα Lovibond και αυτό μεταφράζεται σε θετικές τιμές  $b^*$ .

Άλλο ένα συμπέρασμα που προκύπτει από την μελέτη των τιμών της χροιάς  $h^*$  είναι ότι η αύξησή της δεν σημαίνει απαραίτητα πως τα έλαια αποκτούν κίτρινη απόχρωση. Η παρουσία της μπλε απόχρωσης αλλάζει τον χρωματισμό των ελαίων σε πορτοκαλί για το ιπποφαές, καφέ για την κολοκύθα και πράσινο για το αβοκάντο όπως φαίνεται και στην Εικόνα 17 και όπως επαληθεύεται και από την κλίμακα Lovibond.

#### 7.4 Περαιτέρω έρευνα

Έχει γίνει αντιληπτό πως τα έλαια διασποράς μπορούν να εισαχθούν στην ανθρώπινη διατροφή προσφέροντας πολλαπλά οφέλη στον οργανισμό. Σημαντικό είναι όμως να μελετηθούν περαιτέρω και άλλες χημικές και φυσικές ιδιότητες των ελαίων αυτών, ιδιαίτερα αν αυτά επρόκειτο να χρησιμοποιηθούν ως συστατικά τροφίμων σε βιομηχανική κλίμακα με ή χωρίς τεχνολογικό ενδιαφέρον.

Θα ήταν συνετό να ερευνηθεί η οξειδωτική τους σταθερότητα προκειμένου να καταστεί δυνατή η πρόβλεψη του χρόνου ζωής τους, εάν αυτά επρόκειτο να τεθούν στην αγορά ως έλαια προς βρώση, αλλά και για να προσδιοριστεί η διάρκεια ζωής ενός προϊόντος. Ακόμη μια έρευνα στην οξειδωτική τους σταθερότητα θα μπορούσε να αποκαλύψει ποια από αυτά είναι καταλληλότερα για την χρήση στο τηγάνισμα τροφίμων και ποια από αυτά θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ως πρόσθετα αντιοξειδωτικά στα τρόφιμα, μειώνοντας έτσι την χρήση συνθετικών αντιοξειδωτικών

Μια ακόμη μελέτη που θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί θα ήταν το κατά πόσο αυτά τα έλαια θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ως αντιμικροβιακοί παράγοντες σε



διάφορα τρόφιμα ή/και προϊόντα περιποίησης. Επιπλέον θα ήταν εξαιρετικά ενδιαφέρον να γίνει εκτενής έρευνα ιδιαίτερα όσον αφορά τις φαινολικές ενώσεις και τα τερπένια καθώς πρόκειται για ουσίες με ισχυρές φαρμακευτικές ιδιότητες.

Κλείνοντας είναι πολύ σημαντικό να ερευνηθούν στο έπακρον εναλλακτικές φυτικές πηγές ελαίων οι οποίες μπορούν να δώσουν τόσο έλαια διασποράς για χρήση στην μαγειρική και στην βιομηχανία τροφίμων, όσο και βιοδραστικές ενώσεις που θα μπορούσαν να υποστηρίξουν ακόμη περισσότερο την ορθή λειτουργία του οργανισμού.

## Βιβλιογραφία

- Abad, A., & Shahidi, F. (2020). Compositional characteristics and oxidative stability of chia seed oil (*Salvia hispanica* L). *Food Production, Processing and Nutrition*.
- Ahmad, Z. (2010, February). The uses and properties of almond oil. *Complementary Therapies in Clinical Practice*, σσ. 10-12.
- Aksu , M., Incegul, Y., Kiralan, S., Kiralan , M., & Ozkan, G. (2020). Chapter 30- Cold pressed carrot (*Daucus carota* subsp. *sativus*) seed oil. Στο M. Ramadan, *Cold Pressed Oils* (σσ. 335-343). Academic Press.
- Al Juhaimi, F., Ozcan, M., Ghafoor, K., Babiker, E., & Hussain, S. (2018, June 7). Comparison of cold-pressing and soxhlet extraction systems for bioactive compounds, antioxidant properties, polyphenols, fatty acids and tocopherols in eight nut oils. *J Food Sci Technol*.
- Al-Attar, A. (2020, December 31). Therapeutic influences of almond oil on male rats exposed to a sublethal concentration of lead. *Saudi Journal of Biological Sciences*, σσ. 581-587.
- Al-Attar, A. M. (2015, December 24). Effect of grapeseed oil on diazinon-induced physiological and histopathological alterations in rats. *Saudi Journal of Biological Sciences*, σσ. 284-292.
- Alinafiah, S., Azlan, A., Ismail, A., & Mahmud Ab Rashid, N.-K. (2021, October 30). Method Development and Validation for Omega-3 Fatty Acids (DHA and EPA) in Fish Using Gas Chromatography with Flame Ionization Detection (GC-FID). *molecules*.
- Amin, M., Rity, T., Uddin, M., Rahman, M., & Uddin, J. (2020, August 21). A comparative assessment of anti-inflammatory, anti-oxidant and anti-bacterial activities of hybrid and indigenous varieties of pumpkin (*Cucurbita maxima* Linn.) seed oil. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*.
- Anwar, F., Qadir, R., & Abbas, A. (2020). Chapter 44- Cold pressed walnut (*Juglans regia* L.) oil. Στο M. Fawzy Ramadan, *Cold Pressed Oils* (σσ. 491-495). Academic Press.
- Aquino, J., Soares , J., Magnani, M., Stamford, T., Mascarenhas , R., Tavares, R., & Stamford , T. (2015). Effects of Dietary Brazilian Palm Oil (*Mauritia flexuosa* L.) on Cholesterol Profile and Vitamin A and E Status of Rats. *Molecules*, σσ. 9054-9070.
- Araujo, M., Carvalho dos Santos, K., do Carmo Diniz, N., Cesar de Carvalho, J., & Corazza, M. (2022, March 13). A biorefinery approach for spent coffee grounds valorization using pressurized fluid extraction to produce oil and bioproducts: A systematic review. *Bioresource Technology Reports*.
- Argon, Z., Celenk, V., & Gumus, Z. (2020). Cold pressed grape (*Vitis vinifera*) seed oil. Στο M. Ramadan, *Cold pressed oils* (σσ. 39-52). Academic Press.
- Arslan, F. N. (2018). Atr–Ftir spectroscopy combined with chemometrics for rapid classification of extra virgin olive oils and edible oils from different cultivars available on the Turkish markets. . *Eskişehir Technical University Journal of Science and Technology Applied Sciences and Engineering*, σσ. 926-947.
- Aydugan, A., Ok, S., & Yilmaz, E. (2022). Cold-pressed milk thistle seed oil: physicochemical properties, composition and sensory analysis. *Grasas y Aceites*.

- Ayyildiz, H., Topkafa, M., & Kara, H. (2019). Pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) Seed Oil. Στο M. Ramadan, *Fruit Oils: Chemistry and Functionality* (σσ. 757-764). Springer.
- Azad, A., Pourtaheri, M., Darsareh, F., Heidari, S., & Mehrnoush, V. (2022, March 23). Evening primrose oil for cervical ripening prior to labor induction in post-term pregnancies: A randomized controlled trial. *European Journal of Integrative Medicine*.
- Baker, E., Miles, E., & Calder, P. (2021, April 5). A review of the functional effects of pine nut oil, pinolenic acid and its derivative eicosatrienoic acid and their potential health benefits. *Progress in Lipid Research*.
- Bardaa, S. B. (2016). Oil from pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) seeds: evaluation of its functional properties on wound healing in rats. *Lipids in Health and Disease*.
- Bardaa, S., Halima, N., Aloui, F., Mansour, R., Jabeur, H., Bouaziz, M., & Sahnoun, Z. (2016). Oil from pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) seeds: evaluation of its functional properties on wound healing in rats. *Lipids in Health and Disease*.
- Barreira, J., Nunes, M., Vieira da Silva, B., Pimentel, F., Costa, A., Alvares-Orti, M., . . . Oliveira, M. (2019, July 29). Almond cold-pressed oil by-product as ingredient for cookies with potential health benefits: Chemical and sensory evaluation. *Food Science and Human Wellness*, σσ. 292-298.
- Baser, H. k., & Demirci, F. (2007). Chemistry of Essential Oils. Στο R. Berger, *Flavours and Fragrances: Chemistry, Bioprocessing and Sustainability* (σσ. 43-87). Springer.
- Baskirovs, G., Soliven, A., & Gornas, P. (2022, April 20). Analytical scale supercritical fluid chromatography for the analysis of nine tocochromanols in 24 different cold-pressed plant oils: Method development, validation, and isolation of tocotrienols and plastochromanol-8. *Journal of Food Composition and Analysis*.
- Basu, M., Prasad, R., Jayamurthy, P., Pal, K., Arumughan, C., & Sawhney, R. (2007). Anti-atherogenic effects of seabuckthorn (*Hippophaea rhamnoides*) seed oil. *Phytomedicine*, σσ. 770-777.
- Batool, M., Mahmoud EL-Badri, A., Wang, C., A.A. Mohamed, I., Wang, Z., Khatab, A., . . . +. (2022, September 24). The role of storage reserves and their mobilization during seed germination under drought stress conditions in high and low oil contents rapeseed cultivars. *Journal Pre-proof*.
- Bayrak, A., Kiralan, M., Ipek, A., Arslan, A., Cosge, B., & Khawar, K. (2010, April 15). Fatty Acid Compositions of Linseed (*Linum Usitatissimum* L.) Genotypes of Different Origin Cultivated in Turkey. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, σσ. 1836-1842.
- Bhanger, M., Anwar, F., Menon, N., & Qadir, R. (2020). Chapter 65- Cold pressed apricot (*Prunus armeniaca*L.) kernel oil. Στο M. F. Ramadan, *Cold Pressed Oils Green Technology, Bioactive Compounds, Functionality, and Applications* (σσ. 725-730). Academic Press.
- Bialek, A., Bialek, M., Jelinska, M., & Tokarz, A. (2016, July 13). Fatty acid composition and oxidative characteristics of novel edible oils in Poland. *CyTA - Journal of Food*.
- Boadi, N. O., Badu, M., Kortei, N., Ama Saah, S., Annor, B., Mensah, M., . . . Fiebor, A. (2021, May 19). Nutritional composition and antioxidant properties of three varieties of carrot (*Daucus carota* ). *Scientific African*.

- Boger, B., Acre, L., Viegas, M., Kurozawa, L., & Benassi, M. (2021, June 15). Roasted coffee oil microencapsulation by spray drying and complex coacervation techniques: Characteristics of the particles and sensory effect. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*.
- Bolonio, D., García-Martínez, M.-J., Ortega, M., Lapuerta, M., Rodríguez-Fernandez, J., & Canoira, L. (2019, August 3). Fatty acid ethyl esters (FAEEs) obtained from grapeseed oil: A fully renewable biofuel. *Renewable Energy*, σσ. 278-283.
- Bouabdallah, I. B.-F. (2014). Composition of fatty acids, triacylglycerols and polar compounds of different walnut varieties (*Juglans regia*L.) from Tunisia. *Natural Product Res*, σσ. 1826-1833.
- Bozan, B. &. (2008). Chemical composition and oxidative stability of flax, safflower and poppy seed and seed oils. . *Bioresource Technology*, σσ. 6354-6359.
- Bup, D., & Foncha, A. (2020, February 8). Optimization Methods for the Extraction of Vegetable Oils: A Review. *Processes*.
- Burdock, G. (2022, November 25). Assessment of black cumin (*Nigella sativa* L.) as a food ingredient and putative therapeutic agent. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*.
- Çakaloğlu, B., Özyurt, V., & Ötleş, S. (2018, December 27). Cold press in oil extraction. A review. *Ukrainian Food Journal*.
- Cao, X., Pan, Y., Qiao, M., & Yuan, Y. (2022, April 6). Synthesis of human milk fat substitutes based on enzymatic preparation of low erucic acid acyl-donors from rapeseed oil. *Food Chemistry*.
- Carunchia, M., Wang, L., & Han, J. (2015). The use of antioxidants in the preservation of snack foods. Στο L. W. M. Carunchia, *Handbook of Antioxidants for Food Preservation* (σσ. 447-474). Woodhead Publishing.
- Chau K. Ly, B., Dyer, E., Feig, J., Chien, A., & Del Bino, S. (2020). Research Techniques Made Simple: Cutaneous Colorimetry: A Reliable Technique for Objective Skin Color Measurement. *Journal of Investigative Dermatology*.
- Chew, S. (2020, January 12). Cold-pressed rapeseed (*Brassica napus*) oil: Chemistry and functionality. *Food Research International*.
- Chiu, H.-H., & Kuo, C.-H. (2020, November 27). Gas chromatography-mass spectrometry-based analytical strategies for fatty acid analysis in biological samples. *Journal of food and drug analysis*, σσ. 60-73.
- Chuo, S., Nasir, H., Mohd-Setapar, S., Fikri Mohamed, S., Ahmad, A., Wani, W., . . . Alarifi, A. (2020, September 20). A Glimpse into the Extraction Methods of Active Compounds from Plants. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*.
- Costa, A., Silva, L., & Torres, A. (2019, September 14). Chemical composition of commercial cold-pressed pomegranate (*Punica granatum*) seed oil from Turkey and Israel, and the use of bioactive compounds for samples' origin preliminary discrimination. *Journal of Food Composition and Analysis*, σσ. 8-16.

- Cui, N., Wang, G., Ma, Q., Zhao, T., Li, R., & Liang, L. (2020, May 10). Effect of cold-pressed on fatty acid profile, bioactive compounds and oil oxidation of hazelnut during oxidation process. *LWT - Food Science and Technology*.
- da Silveira, R. V. (2017). Rapid methodology via mass spectrometry to quantify addition of soybean oil in extra virgin olive oil: A comparison with twith traditional methods adopted by food industry to identify fraud. *Food Research International*, σσ. 43-50.
- Dabrowski, G., Czaplicki, S., & Konopka, I. (2020, September 10). Composition and quality of poppy (*Papaver somniferum* L.) seed oil depending on the extraction method. *LWT*.
- de Souza, T., Olenka, L., & Peterrella, W. (2020). A study of degradation in vegetable oils by exposure to sunlight using fourier transform infrared spectroscopy. *Materials Sciences and Applications*, σσ. 678-691.
- Di Marco, A., Ixtaina, V., & Tomas, M. (2023, October 17). Effect of ligand concentration and ultrasonic treatment on inclusion complexes of high amylose corn starch with chia seed oil fatty acids. *Food Hydrocolloids*.
- Dias Junior, P., dos Santos, I., do Nascimento, F., Paternina, E., Alves, B., Pereira, I., . . . Furusho-Garcia, I. (2022, October 10). Macadamia oil and vitamin E for lambs: performance, blood parameters, meat quality, fatty acid profile and gene expression. *Animal Feed Science and Technology*.
- Dijkstra, A. (2016). Vegetable Oils: Types and Properties. Στο B. Caballero, P. Finglas, & F. Toldrá, *Encyclopedia of Food and Health* (σσ. 381-386). Academic Press.
- do Nascimento, T., Lopes, T., Nazario, C., Oliveira, S., & Alcantara, G. (2021). Vegetable oils: Are they true? A point of view from ATR-FTIR, 1H NMR, and regiospecific analysis by 13C NMR. *Food Research International*.
- Dou, X., Zhang, L., Yang, R., Wang, X., Yu, L., Yue, X., . . . Li, P. (2022, October 9). Adulteration detection of essence in sesame oil based on headspace gas chromatography-ion mobility spectrometry. *Food Chemistry*.
- Dreher, M., & Davenport, A. (2012, Φεβρουάριος 03). Hass Avocado Composition and Potential Health Effects. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*.
- Drinic, Z., Mudric, J., Zdunic, G., Bigovic, D., Menković, N., & Šavikin, K. (2020, July 10). Effect of pomegranate peel extract on the oxidative stability of pomegranate seed oil. *Food Chemistry*.
- Dulf, F. V. (2012). Fatty acids in berry lipids of six sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L., subspecies *carpatica*) cultivars grown in Romania. . *Chemistry Central Journal*.
- Duran, D., Ötles, S., & Karasulu, E. (2019, December 11). Determination Amount of Silymarin and Pharmaceutical Products from Milk Thistle Waste Obtained from Cold Press. *Acta Pharmaceutica Scientia*.
- Esmailifard, N., Bahmaeil, M., Ramezan, Y., & Eshratbadi, P. (2017). Quality Characteristics of Iranian Extra Virgin Flaxseed Oil and the Effect of the Refining Stages before Deodorization on its Physicochemical Properties. *Journal of Pharmaceutical and Health Sciences*, σσ. 81-89.

- Fadhil, A. (2017, December 20). Evaluation of apricot (*Prunus armeniaca* L.) seed kernel as a potential feedstock for the production of liquid bio-fuels and activated carbons. *Energy Conversion and Management*, σσ. 307-317.
- Fadhil, A., & Abdulahad, W. (2014, October 4). Transesterification of mustard (*Brassica nigra*) seed oil with ethanol: Purification of the crude ethyl ester with activated carbon produced from de-oiled cake. *Energy Conversion and Management*, σσ. 495-503.
- FAO. (2023). Standart for Vegetable Oils. Στο F. a. Nations, *Codex Alimentarius*.
- Farag, M., Elimam, D., & Afifi, S. (2021, June 8). Outgoing and potential trends of the omega-3 rich linseed oil quality characteristics and rancidity management: A comprehensive review for maximizing its food and nutraceutical applications. *Trends in Food Science & Technology*, σσ. 292-309.
- Feng, T., Sun, M., Song, S., Zhuang, H., & Yao, L. (2019). 12- Gas chromatography for food quality evaluation. Στο J. Zhong, & X. Wang, *Evaluation Technologies for Food Quality* (σσ. 219-265). Woodhead publishings.
- Fernandes, S., Tonato, D., Mazutti, M., Rogério de Abreu, B., Cabrera, D., Da Ros Montes D'Oca, C., . . . de las Mercedes Salas-Mellado, M. (2019, June 20). Yield and quality of chia oil extracted via different methods. *Journal of Food Engineering*, σσ. 200-208.
- Forgacs, E., & Cserhati, T. (2003). 9- Gas Chromatography. Στο M. Lees, *Food Authenticity and Traceability* (σσ. 197-217). Woodhead Publishing.
- Foudjo, B., Kansci, G., Fokou, E., & Genot, C. (2018). Prediction of critical times for water-extracted avocado oil heated at high temperatures. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, σσ. 2053-2064.
- Fregapane, G., Ojeda-Amador, R., & Desamparados Salvador, M. (2019). Chapter 5 Virgin Wanlnut (*Juglans regia* L.) Oil. Στο M. Fawzy Ramadan, *Fruit oils: Chemistry and Functionality* (σσ. 133-147). Springer.
- Gajic, I., & Savic, I. (2022, October 17). Optimization of ultrasound procedure for the sustainable production of oil from plum seeds. *Carbon Resources Conversion*, σσ. 20-26.
- Gallardo, G., Guida, L., Martinez, V., Lopez, M., Bernhardt, D., Blasco, R., . . . Hermida, L. (2013, January 8). Microencapsulation of linseed oil by spray drying for functional food application. *Food Research International*, σσ. 473-482.
- Ganji, A., Farahani, I., Palizvan, M., Ghazavi, A., Ejtehadifar, M., Ebrahimimonfared, M., . . . Mosayebi, G. (2017, September 11). Therapeutic effects of walnut oil on the animal model of multiple sclerosis. *Nutritional Neuroscience*.
- Gao, F., Yang, S., & Birch, J. (2016, September 21). Physicochemical characteristics, fatty acid positional distribution and triglyceride composition in oil extracted from carrot seeds using supercritical CO<sub>2</sub>. *Journal of Food Composition and Analysis*, σσ. 26-33.
- Gao, P., Liu, R., Jin, Q., & Wang, X. (2021, August 9). Effects of processing methods on the chemical composition and antioxidant capacity of walnut (*Juglans regia* L.) oil. *LWT*.
- Gervajio, G. (2005). Fatty Acids and Derivatives from Coconut Oil. Στο F. Shahidi, *Bailey's Industrial Oil and Fat Products*. John Wiley & Sons.

- Ghafoor, K., Mohamed Ahmed, I., Özcan, M., Al-Juhaimi, F., Babiker, E., & Azmi, I. (2020, July 09). An evaluation of bioactive compounds, fatty acid composition and oil quality of chia (*Salvia hispanica* L.) seed roasted at different temperatures. *Food Chemistry*.
- Ghafoor, K., Ozcan, M., AL-Juhaimi, F., Babiker, E., & Fadimu, G. (2019, October 06). Changes in quality, bioactive compounds, fatty acids, tocopherols, and phenolic composition in oven- and microwave-roasted poppy seeds and oil. *LWT - Food Science and Technology*, σσ. 490-496.
- Ghahjaverestani, S., Gharachorloo, M., & Ghavami, M. (2022, September). Application of coconut fiber and shell in the bleaching of soybean oil . *GRASAS Y ACEITES*.
- Ghazani, S., & Marangoni, A. (2016). Healthy Fats and Oils. *Reference Module in Food Science*.
- Glassford, S., Byrne, B., & Kazarian, S. (2013). Recent applications of ATR FTIR spectroscopy and imaging to proteins. *Biochimica et Biophysica Acta*, σσ. 2849-2858.
- GMI. (2023). *GMI Trusted Laboratory Solutions*. Ανάκτηση από <https://www.gmi-inc.com/>: <https://www.gmi-inc.com/product/agilent-6890-gc-gas-chromatograph-series/>
- Gornas, P., Misina, I., Gravite, I., Lacis, G., Radenkovs, V., Olsteine, A., . . . Rubauskis, E. (2015, June 4). Composition of tocochromanols in the kernels recovered from plum pits: the impact of the varieties and species on the potential utility value for industrial application. *Eur Food Res Technol*.
- Goulson, M., & Warthesen, J. (1999). Stability and Antioxidant Activity of Beta Carotene in Conventional and High Oleic Canola Oil. *JOURNAL OF FOOD SCIENCE*.
- Goyal, A., Sharma, V., Upadhyay, N., Gill, S., & Sihag, M. (2014). Flax and flaxseed oil: an ancient medicine & modern functional food. *Association of Food Scientists & Technologists (India)*.
- Grajzer, M., Szmalczel, K., Kuzminski, L., Witkowski, M., Kulma, A., & Prescha, A. (2020). Characteristics and Antioxidant Potential of Cold-Pressed Oils—Possible Strategies to Improve Oil Stability. *Foods*, σσ. 0-18.
- Green, H., & Wang, S. (2022, Ιούλιος 31). Evaluation of proposed CODEX purity standards for avocado oil. *Food Control*.
- Green, H., & Wang, S. (2023). Evaluation of proposed CODEX purity standards for avocado oil. *Food Control*.
- Guderjan, M., Elez-Martinez, P., & Knorr, D. (2007, July 6). Application of pulsed electric fields at oil yield and content of functional food ingredients at the production of rapeseed oil. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, σσ. 55-62.
- Guo, Y., Yang, X., Bao, Y.-h., Zhao, X.-l., Huang, L., Chen, Z.-x., . . . Lu, W.-h. (2022, June 13). Investigation of the in vitro digestion fate and oxidation of protein-based oleogels prepared by pine nut oil. *LWT*.
- Górnas, P., Rudzinska, M., & Soliven, A. (2017, February 20). Industrial by-products of plum *Prunus domestica* L. and *Prunus cerasifera* Ehrh. as potential biodiesel feedstock: Impact of variety. *Industrial Crops and Products*, σσ. 77-84.

- Hadidi, M., Ibaraz, A., & Poumarin, S. (2021, July 19). Optimization of extraction and deamidation of edible protein from evening primrose (*Oenothera biennis* L.) oil processing by-products and its effect on structural and techno-functional properties. *Food Chemistry*.
- Hajslova, J., & Cajka, T. (2007). Chapter 12- Gas Chromatography - mass spectrometry (GC-MS). Στο J. Hajslova, & T. Cajka, *Food Toxicants Analysis* (σσ. 419-473).
- Hao, Y., Wang, J., Qi, L., Qiu, Y., Liu, H., Zhang, Y., & Wang, X. (2022, July). A Comparative Study of Apricot Kernel Oil Yield Using Different Extraction Methods. *BioResources*, σσ. 5146-5163.
- Herrera, J., Ramos, M., Albuquerque, B., Ribeiro de Oliveira Farias de Aguiar, J., Agra Neto, A., Guedes Paiva, P., . . . Pinto, L. (2022, June 30). Multivariate evaluation of process parameters to obtain essential oil of *Piper corcovadensis* using supercritical fluid extraction. *Microchemical Journal*.
- Huang, C., Tang, X., Liu, Z., Huang, W., & Ye, Y. (2022, November 19). Enzymes-dependent antioxidant activity of sweet apricot kernel protein hydrolysates. *LWT*.
- Huang, Y., Liu, C., Ge, Z., Huang, F., Tang, H., Zhou, Q., . . . Zheng, C. (2022, October 19). Influence of different thermal treatment methods on the processing qualities of sesame seeds and cold-pressed oil. *Food Chemistry*.
- Incegul, Y., Aksu, M., Kiralan, S., Kiralan, M., & Ozkan, G. (2020). Cold pressed pine (*Pinus koraiensis*) nut oil. Στο M. Ramadan, *Cold Pressed Oils* (σσ. 525-536). Academic Press.
- Ioannou, A., kritsi, E., Sinanoglou, V., Cavouras, D., Tsiaka, T., Houhoula, D., & Strati, I. (2022). Highlighting the Potential of Attenuated Total Reflectance–Fourier Transform Infrared (ATR-FTIR) Spectroscopy to Characterize Honey Samples with Principal Component Analysis (PCA). *Analytical Letters*, σσ. 1-18.
- Ioannou, A., Kritsi, E., Sinanoglou, V., Cavouras, D., Tsiaka, T., Houhoula, D., . . . Strati, I. (2022). Highlighting the Potential of Attenuated Total Reflectance – Fourier Transform Infrared (ATR-FTIR) Spectroscopy to Characterize Honey Samples with Principal Component Analysis (PCA). *Analytical Letters* .
- Ishak, I., Hussain, N., Coorey, R., & Ghani, M. (2021, January 17). Optimization and characterization of chia seed (*Salvia hispanica* L.) oil extraction using supercritical carbon dioxide. *Journal of CO2 Utilization*.
- Ishwarya, S., & Nisha, P. (2021, September 23). Foaming agents from spent coffee grounds: A mechanistic understanding of the modes of foaming and the role of coffee oil as antifoam. *Food Hydrocolloids*.
- Ittiyavirah, S., Ramalingam, K., Sathyan, A., Rajasree, R., Kuruniyan, M., Elayadeth-Meethal, M., & Naseef, P. (2022, October 12). Thymoquinone-Rich Black Cumin Oil Attenuates Ibotenic Acid-Induced Excitotoxicity Through Glutamate Receptors in Wistar Rats. *Saudi Pharmaceutical Journal*.
- Jamwal, R., Amit, Kumari, S., Sharma, S., Kelly, S., Cannavan, A., & Singh, D. (2021, January 24). Recent trends in the use of FTIR spectroscopy integrated with chemometrics for the detection of edible oil adulteration. *Vibrational Spectroscopy*.



- Janus, R., Wądrzyk, M., Lewandowski, M., Zaborowska, K., Korzeniowski, Ł., & Plata, M. (2023). A novel capillary forces-founded accessory for reliable measurements of ATR-FTIR spectra of volatile liquids. *Microchemical Journal*.
- Jebali, A., Karimabada, M., Ahmadi, Z., Khorramdel, H., Kaeidi, A., Mirzaei, M., . . . Hassanshahi, G. (2020, July 28). Attenuation of inflammatory response in the EAE model by PEGlated nanoliposome of pistachio oils. *Journal of Neuroimmunology*.
- Jin, S., Kim, M., Choi, L., Nam, Y., & Yang, W. (2021, March 27). Fat regulatory mechanisms of pine nut oil based on protein interaction network analysis. *Phytomedicine*.
- Jingfu, J., Qinglong, S., Chengyuan, Q., Yue, Z., Dan, Z., & Fahuan, G. (2022, October 20). Modelling of continuous supercritical fluids extraction to recover fatty and volatile oil from Traditional Chinese Medicinal materials. *The Journal of Supercritical Fluids*.
- Junges, C., Guerra, C., Gomes, A., & Ferrao, M. (2022, November 12). Green analytical methodology for grape juice classification using FTIR spectroscopy combined with chemometrics. *Talanta Open*.
- Karaiskou, C., Kasapidou, E., Michailidis, G., Markantonatos, X., & Basdagianni, Z. (2021, August 5). Effect of dietary milk thistle (*Silybum marianum* L.) oil supplementation on animal performance and milk fatty acid composition in dairy ewes. *Small Ruminant Research*.
- Karak, N. (2012). 3- Vegetable oils and their derivatives. Στο N. Karak, *Vegetable Oil- Based Polymers* (σσ. 54-95). Woodhead Publishing.
- Ketenoglu, O., Kiralan, S., Kiralan, M., Ozkan, G., & Ramadan, M. (2020). Cold pressed black cumin (*Nigella sativa* L.) seed oil. Στο M. Ramadan, *Cold Pressed Oils* (σσ. 53-64). Academic Press.
- Khair, R., & Pan, Z. (2019). Chapter 16- Walnuts. Στο Z. Pan , R. Zhang, & S. Zicari, *Intergrated Processing Technologies for Food and Agricultural By-Products* (σσ. 391-411). Academic Press.
- Kiralan, M., Özkan, G., Kucukoner, E., & Ozcelik, M. (2019). Apricot (*Prunus amrmeniaca* L.) Oil. Στο *Fruit Oils: Chemistry and Functionality* (σσ. 505-521). Springer.
- Klein da Cruz, G., Morgan Martins, M., Techera Antunes, F., Hubner de Souza, A., de Fatima Wiilland, E., Nascimento Picada, J., & Filot da Silva Brum, L. (2022, April 18). Evaluation of the efficacy and toxicity of oral and topical pumpkin oil on the hair growth of mice. *Acta Histochemica*.
- Klettenhammer, S., Ferrentino, G., Zendeabad, H., Morozova, K., & Scampicchio, M. (2022, July 19). Microencapsulation of linseed oil enriched with carrot pomace extracts using Particles from Gas Saturated Solutions (PGSS) process. *Journal of Food Engineering*.
- Kodad, O., Estopanac, G., Juan, T., Alonso, J., Espiau, M., & Socias i Company, R. (2014, August 17). Oil content, fatty acid composition and tocopherol concentration in the Spanish almond genebank collection. *Scientia Horticulturae*, σσ. 99-107.
- Kumar Das, A., Shill, D., & Chatterjee, S. (2022, May 15). Coconut oil for utility transformers – Environmental safety and sustainability perspectives. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.

- Langyan, S., Yadava, P., Sharma, S., Gupta, N., Bansal, R., Yadav, R., . . . Kumar, A. (2022, April 16). Food and nutraceutical functions of sesame oil: An underutilized crop for nutritional and health benefits. *Food Chemistry*.
- Li, W., Teixeira da Silva, J., & Guo, H. (2013, 25 July). NMR metabolomics of berry quality in sea buckthorn. *Mol Breeding*, σσ. 57-67.
- Liu, G.-H., Fan, J.-C., Kang, Z.-L., & Mazurenko, I. (2022, July 6). Combined effects of high-pressure processing and pre-emulsified sesame oil incorporation on physical, chemical, and functional properties of reduced-fat pork batters. *Current Research in Food Science*, σσ. 1084-1090.
- Lovibond. (2023). *Lovibond*. Ανάκτηση από lovibond.com:  
<https://www.lovibond.com/en/PM/Colour-Measurement/Products/Automatic-Transmission-Measurement/Model-Fx>
- Mahesar, S., Kori, A., Hussain, S., Kahdhro, A., & Laghari, Z. (2019). Chapter 37: Pomegranate (*Punica granatum*) Seed Oil. Στο M. Ramadan, *Fruit Oils: Chemistry and Functionality* (σσ. 691-710). Springer.
- Manasa, V., Salony R. , V., & Tumaney, A. (2020, September 17). Physicochemical characterization and nutraceutical of the selected spice fixed oils. *J Food Sci Technol*.
- Martinovic, N., Polak, T., Ulrih, N., & Abramovic, H. (2020, August 20). Mustard Seed: Phenolic Composition and Effects on Lipid Oxidation in Oil, Oil-in-Water Emulsion and Oleogel. *Industrial Crops & Products*.
- Martins, M., Nascimento, M., Barbosa, L., Campos, L., Singh, M., Martin , F., . . . Barauna, V. (2022, November 9). Detection and quantification using ATR-FTIR spectroscopy of whey protein concentrate adulteration with wheat flour. *LWT*.
- Masmoudi, M., Baccouche, A., Borchani, M., Besbes, S., Blecher, C., & Attia, H. (2021, November 21). Physico-chemical and antioxidant properties of oils and by-products obtained by cold press-extraction of Tunisian *Opuntia* spp. seeds. *Applied Food Research*.
- Mateus, A., Pena, A., Sendon, R., Almeida, C., Nieto, G., Khwaldia, K., & Silva, A. (2022, December 10). By-products of dates, cherries, plums and artichokes: A source of valuable bioactive compounds. *Trends in Food Science & Technology*, σσ. 220-243.
- Matthaus, B. Ö. (2016). Some rape/canola seed oils: fatty acid composition and tocopherols. *Zeitschrift Für Naturforschung* , σσ. 73-77.
- Matthaus, B., & Ozcan, M. (2009). Fatty acids and tocopherol contents of some *Prunus* spp. kernel oils. *J. Food Lipids*, σσ. 187-199.
- Mikolajczak, N., Ta nska, M., Orgodowska, D., & Czaplicki, S. (2022, June 03). Efficacy of canolol and guaiacol in the protection of cold-pressed oils being a dietary source linoleic acid against oxidative deterioration. *Food Chemistry*.
- Milovanovic, S., Lukic, I., Kaminski, P., Debczak, A., Klimkowska, K., Tyskiewicz, K., & Konkol, M. (2022, July 18). Green manufacturing of high-value extracts from milk thistle seeds: Parameters that affect the supercritical CO2 extraction process. *Journal of CO2 Utilization*.

- Minolta, K. (2023). *Konica Minolta*. Ανάκτηση από Understanding the CIE L\*C\*h Color Space: <https://sensing.konicaminolta.us/us/blog/understanding-the-cie-lch-color-space/>
- Mohamed, M., Jaafar, J., Ismail, A., Othman, M., & Rahman, M. (2017). Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy. Στο N. Hilal, A. Ismail, & D. Oatley-Radcliffe, *Membrane Characterization* (σσ. 3-29). Elsevier.
- Mousazadeh, M., Mousavi, S., Emam-Djomeh, Z., HadiNezhad, M., & Rahmati, N. (2013, February 2). Stability and dynamic rheological characterization of spread developed based on pistachio oil. *International Journal of Biological Macromolecules*, σσ. 133-139.
- Mu, J., Wu, G., Chen, Z., Brennan, C., Tran, K., Dilrukshi, H., . . . Hui, X. (2021, May 18). Identification of the fatty acids profiles in supercritical CO<sub>2</sub> fluid and Soxhlet extraction of Samara oil from different cultivars of *Elaeagnus mollis* Diels seeds. *Journal of Food Composition and Analysis*.
- Mukhametov, A., Mamayeva, L., Kazhymurat, A., Akhlan, T., & Yerbulekova, M. (2023). Study of vegetable oils and their blends using infrared reflectance spectroscopy and refractometry. *Food Chemistry*.
- Mwaurah, P., Kumar, S., Kumar, N., Attkan, A., Panghal, A., Singh, V., & Garg, M. (2019, October 15). Novel oil extraction technologies: Process conditions, quality parameters, and optimization. *COMPREHENSIVE REVIEWS IN FOOD SCIENCE AND FOOD SAFETY*, σσ. 1-18.
- Nadeem, M., & Imran, M. (2019). Chapter 15 Chia (*Salvia hispanica*) Oil. Στο M. Ramadan, *Fruit Oils: Chemistry and Functionality* (σσ. 303-316). Springer.
- Nandiyanto, A., Oktiani, R., & Ragadhita, R. (2019). How to read and interpret FTIR spectroscopy of organic material. *Indonesian Journal of Science and Technology*, σσ. 97-118.
- Nasrollahi, I. T. (2016). Study on *Silybum marianum* Seed through Fatty Acids Comparison, Peroxide Tests, Refractive Index and Oil Percentage. *Pharmacognosy Journal*, σσ. 595–597.
- Nautiyal, O. (2019). Chapter 46: Black Seed (*Nigella sativa*) Oil. Στο M. Ramadan, *Fruit Oils: Chemistry and Functionality* (σσ. 839--858). Springer.
- Naveed, A., & Ahmad, M. (2006). EVALUATION OF BASIC PROPERTIES OF MACADAMIA NUT OIL. *Research Gate*.
- Nederal, S. P. (2014). Variance of quality parameters and fatty acid composition in pumpkin seed oil during three crop seasons. *Industrial Crops and Products*, σσ. 15-21.
- Ning, N., Bing, H., Chen-yang, B., Xiao-hua, L., Jie, K., Han-zi, H., . . . Zhao, S.-m. (χ.χ.). Influence of two-stage harvesting on the properties of cold-pressed rapeseed. *Journal of Integrative Agriculture*.
- Osman, A. (2019). Chapter 9: Coconut (*Cocos nucifera*) oil. Στο M. Ramadan, *Fruit Oils: Chemistry and Functionality* (σσ. 209-222). Spinger.
- Ostrikov, A., Kleymenova, J., Bolgova, I., & Kopylov, M. (2020, 28 May). Gas chromatographic analysis of the fatty acid composition of mustard oil obtained by cold pressing (method). *Emirates Journal of Food and Agriculture*, σσ. 391-396.

- Oubannin, S., Bijla, L., Gagour, J., Hajir, J., Aabd, N., Sakar, E., . . . Gharby, S. (2022, August 7). A comparative evaluation of proximate composition, elemental profiling and oil physicochemical properties of black cumin (*Nigella sativa* L.) seeds and argan (*Argania spinosa* L. Skeels) kernels. *Chemical Data Collections*.
- Ouzir, M., El Bernoussi, S., Tabyaoui, M., & Taghzouti, K. (2021, March 07). Almond oil: A comprehensive review of chemical composition, extraction methods, preservation conditions, potential health benefits, and safety. *COMPREHENSIVE REVIEWS IN FOOD SCIENCE AND FOOD SAFETY*, σσ. 3344-3387.
- Ozbek, Z., & Ergonul, P. (2020). Chapter 19- Cold pressed Poppy seed oil. Στο M. Ramadan, *Cold Pressed Oils* (σσ. 231-239). Academic Press.
- Ozbek, Z., & Ergonul, P. (2020). Chapter 51- Cold pressed soybean oil. Στο M. Ramadan, *Cold Pressed Oils* (σσ. 575-585). Academic Press.
- Özcan, M., Al Juhaimi, F., Ghafoor, K., Babiker, E., & Özcan, M. (2019, October 22). Characterization of physico-chemical and bioactive properties of oils of some important almond cultivars by cold press and soxhlet extraction. *J Food Sci Technol*, σσ. 955-961.
- Ozdemir, F., & Topuz, A. (2004, Αύγουστος). Changes in dry matter, oil content and fatty acids composition of avocado during harvesting time and post-harvesting ripening period. *Food Chemistry*, σσ. 79-83.
- Palamutoglu, R., Kasnak, C., & Ozen, B. (2022, September 16). Encapsulation of black cumin seed (*Nigella sativa*) oil by using inverse gelation method. *Food Hydrocolloids for Health*.
- Parker, J., Schellenberger, A., Roe, A., Oketch-Rabah, H., & Calderón, A. (2018). Therapeutic Perspectives on Chia Seed and Its Oil: A Review. *Thieme*.
- Paul, A., & Radhakrishnan, M. (2020, September 22). Pomegranate seed oil in food industry: Extraction, characterization, and applications. *Trends in Food Science & Technology*, σσ. 273-283.
- pediaa.com*. (2015, August 12). Ανάκτηση από Difference Between Colorimeter and Spectrophotometer: <https://pediaa.com/difference-between-colorimeter-and-spectrophotometer/>
- Peng, C., Zhao, S.-Q., Zhang, J., Huang, G.-Y., Chen, L.-Y., & Zhao, F.-Y. (2014, June 5). Chemical composition, antimicrobial property and microencapsulation of Mustard (*Sinapis alba*) seed essential oil by complex coacervation. *Food Chemistry*, σσ. 560-568.
- Permala, R., Chang, W., Sealea, B., Hamida, N., & Kama, R. (2020, Οκτώβριος 03). Converting industrial organic waste from the cold-pressed avocado oil production line into a potential food preservative. *Food Chemistry*.
- Petrovic, M., Kezic, N., & Bolanca, V. (2010, February 9). Optimization of the GC method for routine analysis of the fatty acid profile in several food samples. *Food Chemistry*, σσ. 285-291.
- Poddar, K., Sikand, G., Kalra, D., Wong, N., & Duell, B. (2022, November 10). Mustard oil and cardiovascular health: Why the controversy? *Journal of Clinical Lipidology*, σσ. 13-22.

- Poiana, M., Alexa, E., Munteanu, M., Gligor, R., Moigradean, D., & Mateescu, C. (2015). Use of ATR-FTIR spectroscopy to detect the changes in extra virgin olive oil by adulteration with soybean oil and high temperature heat treatment. *Open Chemistry*.
- Price, S., & Price, L. (2021). Carrier Oils. Στο *Aromatherapy for Health Professionals* (σσ. 151-161). Elsevier.
- Qiao, N., Fan, X., Hu, S., Zhang, X., Wang, L., Du, Y., . . . Yu, D. (2020, November 19). Bacterial cellulose as an oleaginous yeast cell carrier for soybean oil refinery effluent treatment and pyrolysis oil production. *Bioprocess and Biosystems Engineering*.
- Qiao, Y., Zhang, K., Zhang, Z., Zhang, C., Sun, Y., & Feng, Z. (2022, March 27). Fermented soybean foods: A review of their functional components, mechanism of action and factors influencing their health benefits. *Food Research International*.
- Rahal, N., Barba, F., Barth, D., & Chevalot, I. (2015, July 11). Supercritical CO<sub>2</sub> extraction of oil, fatty acids and flavonolignans from milk thistle seeds: Evaluation of their antioxidant and cytotoxic activities in Caco-2 cells. *Food and Chemical Toxicology*, σσ. 275-282.
- Rahimi, A. K. (2011). Variation in Fatty Acid Composition of Registered Poppy (*Papaver sumniferum* L.) Seed in Turkey. *Akademik Gıda*, σσ. 22-25.
- Ramadan, M. F. (2020). Cold Pressed Oils. Μασσαχουσέτη, Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής: Academic Press. doi:<https://doi.org/10.1016/C2018-0-03151-5>
- Ramesh, S., Krishnan, V., Praveen, S., & Hebbar, K. (2021, April 7). Dietary prospects of coconut oil for the prevention and treatment of Alzheimer's disease (AD): A review of recent evidences. *Trends in Food Science & Technology*, σσ. 201-211.
- Raseetha, S., Aida, F., Sukor, R., Azilah, A., & Ramli, S. (2022). Disintegration of fruits and vegetables with little changes in form: husking, shelling, pitting, coving, snipping and desteming. Στο F. A. Siva Raseetha, *Postharvest and Postmortem Processing of Raw Food Materials* (σσ. 121-180). Woodhead Publishing.
- Rebufa, C., Artaud, J., & Le Dreau, Y. (2022, March 23). Walnut (*Juglans regia* L.) oil chemical composition depending on variety, locality, extraction process and storage conditions: A comprehensive review . *Journal of Food Composition and Analysis*.
- Rohman, A., & Man, Y. (2010, December 9). Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy for analysis of extra virgin olive oil adulterated with palm oil. *Food Research International*, σσ. 886-892.
- Rokosik, E., Dwiecki, K., & Siger, A. (2020). Nutritional quality and phytochemical contents of cold pressed oil obtained from chia, milk thistle, nigella, and white and black poppy seeds. *Grasas Aceites* .
- Roncero, J., Álvarez-Ortí, M., Pardo-Giménez, A., Gómez, R., Rabadán, A., & Pardo, J. (2016, April 04). Virgin almond oil: Extraction methods and composition. *GRASAS Y ACEITES*.
- Sakar, E., El Yamani, M., Boussakouran, A., Ainane, A., Ainane, T., Gharby, S., & Rharrabti, Y. (2021, February 18). Variability of oil content and its physicochemical traits from the main almond [*Prunus dulcis* Mill. DA Webb] cultivars grown under contrasting environments in north-eastern Morocco. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*.

- Salih Sonmezdag, A., Kelebek, H., & Sellli, S. (2018, July 18). Pistachio oil (*Pistacia vera* L. cv. Uzun): Characterization of key odorants in a representative aromatic extract by GC-MS-olfactometry and phenolic profile by LC-ESI-MS/MS. *Food Chemistry*, σσ. 24-31.
- Salvados, M., Ojeda-Amados, R., & Fregapane, G. (2020). Chapter 30- Pistachio nut, its virgin oil and their antioxidant and bioactive activities. Στο V. Preedy, *Pathology* (σσ. 309-320). Academic Press.
- Sanders, T. H. (2003). PEANUTS. In *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition Elsevier*, σσ. 4420–4427.
- Sandupama, P., Munasinghe, D., & Jayasinghe, M. (2022, March 25). Coconut oil as a therapeutic treatment for Alzheimer’s disease: a review. *Journal of Future Foods*, σσ. 41-52.
- Savic, I., & Savic Gajic, I. (2020, September 29). Optimization study on extraction of antioxidants from plum seeds (*Prunus domestica* L.). *Optimization and Engineering*.
- Savic, I., Gajic, I., & Gajic, D. (2020, February 13). Physico-Chemical Properties and Oxidative Stability of Fixed Oil from Plum Seeds (*Prunus domestica* Linn.). *biomolecules*.
- Sava, S., & Kafatos, A. (2016). Vegetable Oils: Dietary Importance. Στο B. Caballero, P. Finglas, & F. Toldrá, *Encyclopedia of Food and Health* (σσ. 365-372). Academic Press.
- Seregelj, V., Vulic, J., Cetkovic, G., Canadanovc-Brunet, J., Tumbas Saponjac, V., & Stajcic, S. (2020). Chapter 9- Natural bioactive compounds in carrot waste for food applications and health benefits. Στο A. Rahman, *Studies in Natural Products Chemistry* (σσ. 307-344). Elsevier.
- Shams-Eldin, E., & Abdur- Rahman, M. (2020). Chapter 22- Cold Pressed Pistachio (*Pistacia vera*) Oil. Στο M. Ramadam, *Cold Pressed Oils* (σσ. 267-272). Academic Press.
- Shannon, M., Borron, S., & Burns, M. (2007). *Haddad and Winchester's Clinical Management of Poisoning and Drug Overdose*. London: Saunders.
- Sharma, A., Ray, A., & Singhal, R. (2021, June 22). A biorefinery approach towards valorization of spent coffee ground: Extraction of the oil by supercritical carbon dioxide and utilizing the defatted spent in formulating functional cookies. *Future Foods*.
- Sharma, B., & Lamey, P. (2022, July 17). Multiple oral mucocoeles treated with evening primrose oil: a report of two cases. *British Journal of Oral and Maxillifacial Surgery*, σσ. 365-367.
- Sharma, P., & Kalkal, M. (2018). Nutraceutical and Medicinal Importance of Seabuckthorn (*Hippophae* sp). Στο A. Grumezescu, & A. Holban, *Therapeutic, Probiotic, and Unconventional Foods* (σσ. 227-253). Academic Press.
- Shellie, R. (2013). Gas Chromatography. Στο J. Siegel, P. Saukko, & M. Houck, *Encyclopedia of Forensic Sciences* (σσ. 579-585). Academic Press.
- Shrestha, k., Gemechu, F., & De Meulenaer, B. (2013, July 11). A novel insight on the high oxidative stability of roasted mustard seed oil in relation to phospholipid, Maillard type reaction products, tocopherol and canolol contents. *Food Research International*, σσ. 587-594.

- Shuai, X., Dai, T., Chen, M., Liang, R., Du, L., Chen, J., & Liu, C. (2022, October 12). Comparative study on the extraction of macadamia (*Macadamia integrifolia*) oil using different processing methods. *LWT*.
- Shuai, X., Dai, T., Chen, M., Liu, C.-m., Ruan, R., Liu, Y., & Chen, J. (2022, September 5). Characterization of lipid compositions, minor components and antioxidant capacities in macadamia (*Macadamia integrifolia*) oil from four major areas in China. *Food Bioscience*.
- Silveira, R., Vágula, J., Figueiredo, I., Claus, T., Galuch, M., Oliveira Santos Junior, O., & Visentainer, J. (2017, July 14). Rapid methodology via mass spectrometry to quantify addition of soybean oil in extra virgin olive oil: A comparison with traditional methods adopted by food industry to identify fraud. *Food Research International*, σσ. 43-50.
- Sinanoglou, V., & Miniadis-Meimaroglou, S. (1998). Fatty acid of neutral and polar lipids of (edible) Mediterranean cephalopods. *Food Research International*, σσ. 467-473.
- Singh, P., & Krishnaswamy, K. (2022, May 25). Sustainable zero-waste processing system for soybeans and soy by-product valorization. *Trends in Food Science & Technology*, σσ. 331-344.
- Sobiechowska, D., Mikolajczak, N., & Tanska, M. (2020, April 06). Edible flowers as a new source of natural antioxidants for oxidative protection of cold-pressed oils rich in omega-3 fatty acids. *Food Research International*.
- Stacewicz-Sapuntzakis, M., Bowen, P., Hussain, E., Damayanti-Wood, B., & Farnsworth, N. (2010, June 03). Chemical Composition and Potential Health Effects of Prunes: A Functional Food? *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, σσ. 251-286.
- Stamenković, O., Djalovic, I., Kostic, M., Mitrovic, P., & Velijkovic, V. (2018, May 10). Optimization and kinetic modeling of oil extraction from white mustard (*Sinapis alba* L.) seeds. *Industrial Crops & Products*, σσ. 132-141.
- Stenerson, K. K. (2023). *GC Analysis of Fatty Acids in Walnuts and Peanuts*. . Ανάκτηση από MilliporeSigma | Life Science Products & Service Solutions: <https://www.sigmaaldrich.com/GR/en/technical-documents/protocol/food-and-beverage-testing-and-manufacturing/chemical-analysis-for-food-and-beverage/gc-fattyacids-nuts>
- Sun, J., Feng, X., Lyu, C., Zhou, S., & Liu, Z. (2022, June 20). Effects of different processing methods on the lipid composition of hazelnut oil: a lipidomics analysis. *Food Science and Human Wellness*, σσ. 427-435.
- Sun, J., Hu, P., Lyu, C., Tian, J., Meng, X., Tan, H., & Dong, W. (2022, January 5). Comprehensive lipidomics analysis of the lipids in hazelnut oil during storage. *Food Chemistry*.
- Tan, C. X. (2019, Φεβρουάριος 01). Virgin avocado oil: An emerging source of functional fruit oil. *Journal of Functional Foods*.
- Tang, X., Zheng, Y., Liu, T., Liu, J., Wang, J., Lu, Y., . . . Zhou, P. (2022, December 9). Fragrant rapeseed oil consumption prevents blood cholesterol accumulation via promoting fecal bile excretion and reducing oxidative stress in high cholesterol diet fed rats. *Journal of Functional Foods*.

- Tasan, M., Gergel, U., & Demirci, M. (2011). *Comparison of geometrical isomerization of unsaturated fatty acids in selected commercially refined oils*. Tekirdag, Turkey: Department of Food Engineering, Agricultural Faculty, Namik Kemal University.
- Teh, S.-S., & Birch, J. (2013, January 04). Physicochemical and quality characteristics of cold-pressed hemp, flax and canola seed oils. *Journal of Food Composition and Analysis*.
- Temeli, F., Saldana, M., & Comin, L. (2012). 4.18 Application of Supercritical Fluid Extraction in Food Processing. Στο J. Pawliszyn, *Comprehensive Sampling and Sample Preparation* (σσ. 415-440). Academic Press.
- Timoszuk, M., Bielawska, K., & Skrzydlewska, E. (2018, August 14). Evening Primrose (*Oenothera biennis*) Biological Activity Dependent on Chemical Composition. *Antioxidants*.
- Ting, H.-C., Hsu, Y.-W., Tsai, C.-F., Lu, F.-J., Chou, M.-C., & Chen, W.-K. (2011, September 14). The in vitro and in vivo antioxidant properties of seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) seed oil. *Food Chemistry*, σσ. 652-659.
- Topkafa, M., Ayyildiz, H., & Karal, H. (2019). Chapter 10 Hazelnut (*Corylus avellana*) Oil. Στο M. Ramadan, *Fruit Oils: Chemistry and Functionality* (σσ. 223-242). Springer.
- Uzun, H., Kaynak, E., Ibanoglu, E., & Ibanoglu, S. (2018). Chemical and structural variations in hazelnut and soybean oils after ozone treatments. *Grasas y Aceites*.
- Vidal, O., Barros Santos, M., Batista, A., Franceschi Andigo, F., Barea, B., Lecomte, J., . . . Ferreira, M. (2022, July 14). Active packaging films containing antioxidant extracts from green coffee oil by-products to prevent lipid oxidation. *Journal of Food Engineering*.
- Vilas-Franquesa, A., Saldo, J., & Juan, B. (2022, July 19). Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides*) oil extracted with hexane, ethanol, diethyl ether and 2-MTHF at different temperatures – An individual assessment. *Journal of Food Composition and Analysis*.
- Vladimir, M., Matwijczuk, A., Niemczynowicz, A., Kycia, R., Karcz, D., Gladyszewska, B., & Burg, P. (2021). Chemometric approach to characterization of the selected grape seed oils based on their fatty acids composition and FTIR spectroscopy. *Scientific Reports*.
- Wacal, C. O. (2019). Fatty Acid Composition of Sesame (*Sesamum indicum* L.) Seeds in Relation to Yield and Soil Chemical Properties on Continuously Monocropped Upland Fields Converted from Paddy Fields. *Agronomy*.
- Wang, H., Chen, K., Cheng, J., Jiang, L., Yu, D., Dai, Y., & Wang, L. (2021, July 24). Ultrasound-assisted three phase partitioning for simultaneous extraction of oil, protein and polysaccharide from pumpkin seeds. *LWT*.
- Wang, T., Jiao, J., Wang, H., Degen, A., Gou, N., Li, S., . . . Shang, Z. (2021, November 6). The effects of supplementing sweet sorghum with grapeseeds on dry matter intake, average daily gain, feed digestibility and rumen parameters and microbiota in lambs. *Animal Feed Science and Technology*.
- Wang, W., Wang, H.-L., Xiao, X.-Z., & Xu, X.-Q. (2019, December 01). Chemical composition analysis of seed oil from five wild almond species in China as potential edible oil resource for the future. *South African Journal of Botany*, σσ. 274-281.



- Wang, W., Yang, B., Huang, F., Zheng, C., Li, W., Liu, T., & Liu, C. (2022, September 8). Synchronous pressing and refining after solid-phase preadsorption technology as a new method for rapeseed oil preparation. *LWT*.
- Woodfield, H., & Harwood, J. (2017). Oilseed Crops: Linseed, Rapeseed, Soybean, and Sunflower. Στο B. Thomas, B. Murray, & D. Murphy, *Encyclopedia of Applied Plant Sciences (Second Edition)* (σσ. 34-38). Academic Press.
- Xu, C., Zhang, Y., Wang, J., & Lu, J. (2010, March 4). Extraction, distribution and characterisation of phenolic compounds and oil in grapeseeds. *Food Chemistry*, σσ. 688-694.
- Xuan Tan, C., Shin Tan, S., & Tyng Tan, S. (2020). Cold Pressed Macadamia Oil. Στο M. Ramadan, *Cold Pressed Oils* (σσ. 587-595). Academic Press.
- Yahyavi, F., Alizadeh-Khaledabad, M., & Azadmard-Damirchi, S. (2020, November 18). Oil quality of pistachios (*Pistacia vera* L.) grown in East Azarbaijan, Iran. *NFS Journal*, σσ. 12-18.
- Yang, X., Zhao, H., Wang, J., Meng, Q., Zhang, H., Yao, L., . . . Ding, Y. (2010, August 18). Chemical composition and antioxidant activity of essential oil of pine cones of *Pinus armandii* from the Southwest region of China. *Journal of Medicinal Plants Research*, σσ. 1668-1672.
- Yu, Y., Wang, T., Gong, Y., Wang, W., Wang, X., Yu, D., . . . Wang, L. (2022, February 7). Effect of ultrasound on the structural characteristics and oxidative stability of walnut oil oleogel coated with soy protein isolate-phosphatidylserine. *Ultrasonics Sonochemistry*.
- Yuenyong, J., Pokkanta, P., Phuangsaichai, N., Kittiwachana, S., & Mahatheeranont, S. (2021, February 12). GC-MS and HPLC-DAD analysis of fatty acid profile and functional phytochemicals in fifty cold-pressed plant oils in Thailand. *Heliyon*.
- Zanin, R., Smrke, S., Kurozawa, I., Yamashita, F., & Yeretizian, C. (2021, September 25). Modulation of aroma release of instant coffees through microparticles of roasted coffee oil. *Food Chemistry*.
- Zay, K., & Gere, A. (2019, January 07). Sensory acceptance of poppy seed-flavored white chocolates using just-about-right method. *LWT - Food Science and Technology*, σσ. 162-168.
- Zhang, D., Han, P., Zheng, H., & Yan, Z. (2022, March 18). Torrefaction of walnut oil processing wastes by superheated steam: Effects on products characteristics. *Science of the Total Environment*, σσ. 1546-1549.
- Zhang, J., Gu, H.-D., Zhang, L., Tian, Z.-J., Zhang, Z.-Q., Shi, X.-C., & Ma, W.-H. (2011, August 27). Protective effects of apricot kernel oil on myocardium against ischemia–reperfusion injury in rats. *Food and Chemical Toxicology*.
- Zhang, Z.-S., Wang, S., Liu, H., Li, B.-Z., & Che, L. (2020, March 16). Constituents and thermal properties of milk thistle seed oils extracted with three methods. *LWT - Food Science and Technology*.
- Zhao, P., Wang, S., Liang, C., Wang, Y., Wen, P., Wang, F., & Qin, G. (2017, October 3). Acute and subchronic toxicity studies of seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) oil in rodents. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, σσ. 50-57.

- Zhao, Z., Wu, X., & Liu, H. (2022, February 2). Vision transformer for quality identification of sesame oil with stereoscopic fluorescence spectrum image. *LWT*.
- Zhu, L., Li, S., Sun, L., Zhao, J., Huang, J., Jiang, Y., . . . Li, Z. (2022, January 2). Development and validation of a specific sandwich ELISA for determination of soybean allergens and its application in processed foods. *Process Biochemistry*, σσ. 134-141.
- Zielińska, A., & Nowak, I. (2017, May 19). Abundance of active ingredients in seabuckthorn oil. *Lipids in Health and Disease*.
- Zielinska, A., Wójcicki, K., Klensporf-Pawlik, D., Marzec, M., Lucarini, M., Durazzo, A., . . . Souto, E. (2022). Cold-Pressed Pomegranate Seed Oil: Study of Punicic Acid Properties by Coupling of GC/FID and FTIR. *Molecules*.
- Zygler, A., Stominska, M., & Namiesnik, J. (2012). 2.04 - Soxhlet Extraction and New Developments Such as Soxtec. Στο J. Pawliszyn, *Comprehensive sampling and Sample Preparation* (σσ. 65-82). Elsevier.
- Κουή, Μ., Αβδελίδης, Ν., Θεοδωρακέας, Π., & Χειλιάκου, Ε. (2015). Κεφάλαιο 7. Στο *Μη καταστρεπτικές και φασματοσκοπικές μέθοδοι εξέτασης των υλικών*. ΚΑΛΛΙΠΟΣ, Ανοιχτές Ακαδημαϊκές Εκδόσεις.
- Κουτσουμπίδης, Γ. (2018). *Ανάλυση Φασματοσκοπίας και Φασματομετρίας FTIR και Εφαρμογή σε Μέτρηση Συγκέντρωσης Αέριων Εκπομπών σε Καυσαέρια από Scrubbers*. Διπλωματική Εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, Αθήνα.
- Κώδικας Τροφίμων και Ποτών. (2009). Στο Άρθρο 73.
- Κώδικας Τροφίμων και Ποτών. (2014). Στο Άρθρο 70.
- Λίτσα, Μ., & Ψούνη, Α. (2020). *Εμπλουτισμός Πυρηνελαίου και Αραβοσιτελαίου με βιοδραστικές ουσίες αρωματικών φυτών*. Πτυχιακή Εργασία, Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής, Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων, Αθήνα.
- Τσάκνης, Γ. (2018). Ηλιανθέλαιο ή ηλιέλαιο;. Στο Τ. Γιάννης, *Τεχνολογία-Ποιότητα Λιπών και Λαδιών* (σσ. 42-43). Θεσσαλονίκη: Τζιόλα.
- Τσάκνης, Γ. (2018). Κοκοκαρυέλαιο. Στο Γ. Τσάκνης, *Τεχνολογία-Ποιότητα Λιπών και Λαδιών* (σσ. 26-29). Θεσσαλονίκη: Τζιόλα.
- Τσάκνης, Γ. (2018). Κραμβέλαιο. Στο Γ. Τσάκνης, *Τεχνολογία-Ποιότητα Λιπών και Λαδιών* (σσ. 49-51). Θεσσαλονίκη: Τζιόλα.
- Τσάκνης, Γ. (2018). Παραλαβή Φυτικών Λαδιών με Εκχύλιση. Στο Γ. Τσάκνης, *Τεχνολογία-Ποιότητα Λιπών και Ελαίων* (σσ. 64-66). Θεσσαλονίκη: Τζιόλα.
- Τσάκνης, Γ. (2018). Σογιέλαιο. Στο Γ. Τσάκνης, *Τεχνολογία-Ποιότητα Λιπών και Ελαίων* (σσ. 46-49). Θεσσαλονίκη: Τζιόλα.
- Τσάκνης, Γ. (2018). Συστατικά των Λιπαρών Υλών. Στο Γ. Τσάκνης, *Τεχνολογία-Ποιότητα Λιπών και Λαδιών* (σσ. 17-18). Θεσσαλονίκη: Τζιόλα.

## Πηγές Εικόνων

Εικόνα 1 Βασικές τεχνικές παραλαβής ελαίων (Çakaloğlu, Özyurt, & Ötleş, 2018) .....	16
Εικόνα 2 Γαϊδουράγκαθο <a href="https://www.gaiaherbs.com/blogs/herbs/milk-thistle">https://www.gaiaherbs.com/blogs/herbs/milk-thistle</a> .....	30
Εικόνα 3 Ιπποφαές <a href="https://www.mednutrition.gr/portal/efarmoges/leksiko-diatrofis/13046-irprofaes">https://www.mednutrition.gr/portal/efarmoges/leksiko-diatrofis/13046-irprofaes</a> .....	32
Εικόνα 4 Μακαντάμια <a href="https://e-nuts.gr/product/macadamia/">https://e-nuts.gr/product/macadamia/</a> .....	41
Εικόνα 5 Μαύρο Κίμινο <a href="https://physislaboratory.com/el/articles/mayro-kymino-ti-einai-kai-poies-oi-eyergetikes-idiotites-toy-elaiou-toy">https://physislaboratory.com/el/articles/mayro-kymino-ti-einai-kai-poies-oi-eyergetikes-idiotites-toy-elaiou-toy</a> .....	42
Εικόνα 6 Ελαιοκράμβη <a href="https://morningchores.com/growing-rapeseed/">https://morningchores.com/growing-rapeseed/</a> .....	50
Εικόνα 7 Σινάπι <a href="https://www.proionta-tis-fisis.com/to-sinapi-ke-i-therapeftikes-tou-idiotites/">https://www.proionta-tis-fisis.com/to-sinapi-ke-i-therapeftikes-tou-idiotites/</a> ...53	
Εικόνα 8 Μοντέλο IRAffinity-1S της εταιρίας Shimadzu.....	71
Εικόνα 9 Προσωπικό αρχείο. ....	72
Εικόνα 10 Προσωπικό αρχείο .....	74
Εικόνα 11 Προσωπικό αρχείο .....	76
Εικόνα 12 Προσωπικό αρχείο .....	77
Εικόνα 13 Προσωπικό αρχείο .....	78
Εικόνα 14 Διάγραμμα χρωματικού χώρου CIELAB (Chau K. Ly, Dyer, Feig, Chien, & Del Bino, 2020) .....	79
Εικόνα 15 Χρωματικός χώρος του CIELAB (Minolta, 2023) .....	80
Εικόνα 16 Προσωπικό αρχείο .....	81
Εικόνα 17 Προσωπικό αρχείο .....	<b>Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.</b>