



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΤΡΟΦΙΜΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**“Συγκριτική μελέτη βρώσιμων φυτικών ελαίων διασποράς με αέρια
χρωματογραφία”**

“Comparative study of edible fixed (carrier) plant oils by gas chromatography”



ΣΥΓΓΡΑΦΕΑΣ: ΠΑΠΑΚΩΣΤΟΠΟΥΛΟΥ ΕΥΑΓΓΕΛΙΑ

A.M.: 18684053

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ: ΣΤΡΑΤΗ ΕΙΡΗΝΗ, ΕΠΙΚΟΥΡΗ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ
ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΛΙΟΣ 2023

Μέλη εξεταστικής επιτροπής

α/α	Όνοματεπώνυμο	Βαθμίδα/Ιδιότητα	Υπογραφή
1.	Στρατή Ειρήνη	Επίκουρη Καθηγήτρια Επιβλέπουσα	
2.	Σινάνογλου Βασιλεία	Καθηγήτρια - Κοσμήτορας της Σχολής Επιστημών Τροφίμων/ Μέλος	
3.	Τσιάκα Θάλεια	Διδάσκουσα στο πλαίσιο υλοποίησης της πράξης «Απόκτηση ακαδημαϊκής διδασκτικής εμπειρίας σε νέους επιστήμονες κατόχους διδακτορικού 2022-2023 στο Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής»/ Μέλος	

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογεγραμμένη Παπακωστοπούλου Ευαγγελία, του Ξενοφόντα, με αριθμό μητρώου 18684053 φοιτήτρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Επιστημών Τροφίμων του Τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Η δηλούσα

Παπακωστοπούλου Ευαγγελία



Ευχαριστίες

Φέροντας σε πέρας τις σπουδές μου με την παρούσα πτυχιακή εργασία, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους ανθρώπους που είχα δίπλα μου.

Αρχικά, θα ήθελα να εκφράσω την απέραντη ευγνωμοσύνη στους γονείς μου για την υποστήριξη τους αλλά και στα αδέρφια και τους φίλους μου.

Κατά την εκπόνηση της πτυχιακής μου είχα την ευχαρίστηση να συνεργαστώ με την μεταπτυχιακή φοιτήτρια Ψούνη Αγγελική, αλλά και με τον υποψήφιο διδάκτορα Τσιάντα Κωνσταντίνο, τον οποίο ευχαριστώ για την καθοδήγηση και την υπομονή του. Θέλω επίσης να εκφράσω την εκτίμησή μου για την επιβλέπουσα καθηγήτριά μου, Στρατή Ειρήνη αλλά και την κοσμήτορα και καθηγήτρια Σινάνογλου Βασιλεία πάνω στο έργο της οποίας βασίστηκε η μέθοδός μας.

Περιεχόμενα

<i>Κατάλογος Πινάκων</i>	7
<i>Περίληψη</i>	8
<i>Abstract</i>	9
<i>Εισαγωγή</i>	11
1.1 Γενικά.....	11
1.2 Μέθοδοι παραλαβής ελαίων	13
1.2.1 Μηχανικές μέθοδοι.....	13
1.2.2 Εκχύλιση	14
1.2.3 Απόσταξη	16
1.3 Εδώδιμα φυτικά έλαια διασποράς της μελέτης.....	16
1.3.1 Αβοκάντο (Avocado oil).....	16
1.3.2 Αμυγδαλέλαιο (Almond oil)	17
1.3.3 Έλαιο καρύδας (Coconut oil).....	17
1.3.4 Έλαιο σπόρων μαύρου κύμινου (Black cumin seed oil)	18
1.3.5 Λινέλαιο (Linseed oil)	18
1.3.6 Σησαμέλαιο (Sesame seed oil)	18
1.3.7 Καρυδέλαιο (Walnut oil)	19
1.3.8 Βερικοκέλαιο (Apricot kernel oil).....	20
1.3.9 Φουντουκέλαιο (Hazelnut oil)	20
1.3.10 Έλαιο σπόρων Chia (Chia seed oil)	21
1.3.11 Σογιέλαιο (Soybean oil).....	21
1.3.12 Έλαιο από Κουκουνάρι (Pine nut oil)	22
1.3.13 Έλαιο κόκκων καφέ (Coffee bean oil)	22
1.3.14 Κολοκυθέλαιο (Pumpkin seed oil)	23
1.3.15 Σιναπέλαιο (Mustard seed oil)	24

1.3.16	Έλαιο κουκουτσιών σταφυλιού (Grape seed oil).....	24
1.3.17	Δαμασκηνέλαιο (Plum kernel oil).....	24
1.3.18	Γαϊδουράγκαθο (Milk thistle oil).....	25
1.3.19	Έλαιο παπαρουνόσπορου (Poppy seed oil).....	26
1.3.20	Έλαιο ιπποφαούς (Seabuckthorn seed oil).....	26
1.3.21	Έλαιο καρότου (Carrot seed oil).....	27
1.3.22	Κραμβέλαιο (Canola oil).....	27
1.3.23	Έλαιο Macadamia (Macadamia oil).....	27
1.3.24	Φυστικέλαιο (Peanut oil).....	28
1.3.25	Έλαιο ροδιού (Pomegranate oil).....	28
1.3.26	Έλαιο από νυχτολούλουδο (Evening primrose oil).....	28
1.4	<i>Ενόργανες μέθοδοι για την ανάλυση φυτικών ελαίων</i>	35
1.4.1	Αέρια χρωματογραφία (Gas chromatography, GC).....	35
1.4.2	Υγρή χρωματογραφία υψηλής απόδοσης (High Performance Liquid Chromatography, HPLC).....	36
1.4.3	Φασματομετρία μάζας (Mass Spectrometry, MS).....	36
1.4.4	Φασματοσκοπία υπέρυθρου μετασχηματισμού Fourier (Fourier Transform Infrared Spectroscopy FTIR).....	37
Σκοπός της μελέτης.....		38
Υλικά - Μέθοδοι.....		39
1.5	<i>Δείγματα</i>	39
.....		41
1.6	<i>Εργαστηριακος εξοπλισμός</i>	42
1.6.1	Διαλύτες.....	42
1.6.2	Αέριος Χρωματογράφος.....	42
1.6.3	Μικροεξοπλισμός.....	42
1.7	<i>Πειραματική πορεία</i>	42

Αποτελέσματα	43
1.7.1 Σχολιασμός των αποτελεσμάτων	48
Συμπεράσματα	51
Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.....	52
Βιβλιογραφικές Αναφορές	53

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1: Επεξηγηματικός πίνακας ακρωνυμίων που αναφέρονται στο κείμενο.....	10
Πίνακας 2 Σύσταση σε λιπαρά οξέα του καρυδέλαιου (Tsamouris et al., 2002)	19
Πίνακας 3: Σύσταση σε λιπαρά οξέα στο σπορέλαιο της Cucurbita pepo (Bardaa et al., 2016)	23
Πίνακας 4: Περιεκτικότητα λιπαρών οξέων στο δαμασκηνέλαιο, δεδομένα από διάφορες μελέτες (Krist, 2020).....	25
Πίνακας 5. Συχνότερα συναντώμενα λιπαρά οξέα μελετούμενων ελαίων	30
Πίνακας 6: Πίνακας αριθμών δειγμάτων, επίσημων ονομασιών και περιοχών προέλευσης	41
Πίνακας 7: Δεδομένα για τους μεθυλεστέρες των λιπαρών οξέων που λειτούργησαν ως πρότυπα, Sinanoglou et al., 2013	44
Πίνακας 8: Ποσότητες σε ποσοστά συνηθέστερα εμφανιζόμενων λιπαρών οξέων στα δείγματα	45
Πίνακας 9: Φυτικά έλαια διασποράς που περιέχουν ελαϊκό οξύ >50%	46
Πίνακας 10: Φυτικά έλαια διασποράς που περιέχουν λινελαϊκό οξύ >50%	47
Πίνακας 11: Υψηλά ποσοστά C16:0.....	47
Πίνακας 12: Υψηλά ποσοστά C18:3 ω-3.....	47
Πίνακας 13: Εξαιρετικές ομοιότητες σύστασης σε λιπαρά οξέα (ποσότητες σε ποσοστά) %	47
Πίνακας 14: Πλειονότητα SFAs (%)	48
Πίνακας 15: Σύσταση ελαίου macadamia	48

Περίληψη

Τα φυτικά έλαια αποτελούν ένα αναπόσπαστο μέρος της σύγχρονης ανθρώπινης διατροφής και η αναζήτηση για περισσότερες φυτικές πηγές τροφίμων που δίνουν ενέργεια, είναι διαρκής και αυξανόμενη. Τέτοια έλαια φέρουν ουσίες αντιοξειδωτικές, αντιβακτηριακές, απαραίτητα λιπαρά οξέα και βιταμίνες. Στην παρούσα πτυχιακή εργασία, επιλέχθηκαν βρώσιμα φυτικά έλαια διασποράς τα οποία προέρχονται από χλωρούς καρπούς ή κουκούτσια και σπόρια. Τα έλαια αυτά είναι 26 στο σύνολό τους και αφορούν τα: έλαιο αβοκάντο, αμυγδαλέλαιο, έλαιο καρύδας, έλαιο σπόρων μαύρου κύμινου, λινέλαιο, σησαμέλαιο, καρυδέλαιο, βερικοκέλαιο, φουντουκέλαιο, έλαιο σπόρων chia, σογιέλαιο, έλαιο κουκουναριού, έλαιο κόκκων καφέ, κολοκυθέλαιο, σιναπέλαιο, δαμασκηνέλαιο, έλαιο από γαϊδουράγκαθο, έλαιο κουκουτσιών σταφυλιού, έλαιο παπαρουνόσπορου, έλαιο ιπποφαούς, έλαιο καρότου, κραμβέλαιο, έλαιο macadamia, φυστικέλαιο, έλαιο ροδιού, έλαιο από νυχτολούλουδο. Τα προαναφερθέντα έλαια, είναι ιδιαίτερα δημοφιλή παγκοσμίως για την εφαρμογή τους στη φαρμακευτική, στην αισθητική και στην ομοιοπαθητική. Η πειραματική μελέτη που αναλύεται στη συνέχεια, έχει ως σκοπό την συγκέντρωση στοιχείων και πληροφοριών για το περιεχόμενο των λιπαρών οξέων αυτών των ελαίων, που θα ωθήσουν την μεταξύ τους σύγκριση και την εξαγωγή πορισμάτων. Οι μεθυλεστέρες λιπαρών οξέων των συνολικών λιπιδίων 26 βρώσιμων φυτικών ελαίων διασποράς αναλύθηκαν χρησιμοποιώντας έναν αέριο χρωματογράφο Agilent 6890 Series σε συνδυασμό με έναν ανιχνευτή ιονισμού φλόγας (FID). Από τα αποτελέσματα διαπιστώθηκε ότι το φουντουκέλαιο παρουσίασε το υψηλότερο ποσοστό ελαϊκού οξέος, ακολουθούμενο από το αμυγδαλέλαιο, το έλαιο δαμάσκηνου και τέλος εκείνο του ροδιού. Το υψηλότερο ποσοστό λινελαϊκού οξέος παρατηρήθηκε στο έλαιο νυχτολούλουδου, ακολουθούμενο από το έλαιο από κουκουνάρι και το καρυδέλαιο, ενώ το έλαιο από σπόρους chia, ακολουθούμενο από το λινέλαιο, το καρύδι και το λάδι canola, περιείχε σημαντικές ποσότητες λινολενικού οξέος.

Λέξεις – Κλειδιά: βρώσιμα φυτικά έλαια, έλαια διασποράς, αέρια χρωματογραφία, ψυχρή έκθλιψη, λιπαρά οξέα

Abstract

Vegetable Oils are an integral part of the modern human diet, and the search for more plant-based sources of energy-giving foods is ongoing and growing. Such oils carry antioxidants, antibacterial substances, essential fatty acids and vitamins. In this thesis, edible oils of superior quality were selected which either come from whole fruits and vegetables or seeds and kernels. These oils are 26 in total and include: avocado oil, almond oil, coconut oil, black cumin seed oil, linseed oil, sesame oil, walnut oil, apricot kernel oil, hazelnut oil, chia seed oil, soybean oil, pine nut oil, coffee bean oil, pumpkin seed oil, mustard seed oil, plum kernel oil, milk thistle oil, grape seed oil, poppy seed oil, sea buckthorn oil, carrot oil, canola oil, macadamia oil, peanut oil, pomegranate oil, evening primrose oil. The aforementioned oils are particularly popular worldwide for their application in medicine, cosmetics, and alternative medicine. The experimental study that is analyzed next, aims to gather data and information about the fatty acid content of these oils, which will encourage the comparison between them and the drawing of conclusions. Fatty acid methyl esters of the total lipids of 26 edible fixed oils were analyzed using an Agilent 6890 Series gas chromatograph paired with a flame ionization detector (FID). Through the results, it is typically found that hazelnut oil presented the highest percentage of oleic acid, followed by almond oil, plum oil and finally that of pomegranate. The highest percentage of linoleic acid was observed in evening primrose oil, followed by pine nut oil and walnut oil, while chia seed oil, followed by linseed oil, walnut and canola oil, contained significant amounts of linolenic acid.

Keywords: vegetable oils, fixed oils, gas chromatography, cold pressed, fatty acids

Πίνακας 1: Επεξηγηματικός πίνακας ακρωνυμίων που αναφέρονται στο κείμενο

Συντομεύσεις

SFAs	Saturated fatty acids: κορεσμένα λιπαρά οξέα
UFAs	Unsaturated fatty acids: ακόρεστα λιπαρά οξέα
MUFAs	Monounsaturated fatty acids: μονοακόρεστα λιπαρά οξέα
PUFAs	Polyunsaturated fatty acids: πολυακόρεστα λιπαρά οξέα
FAMES	Fatty acid methyl esters: μεθυλεστέρες λιπαρών οξέων
FFAs	Free fatty acids: ελεύθερα λιπαρά οξέα
GC	Gas chromatography: αέρια χρωματογραφία
MS	Mass spectrometry: φασματομετρία μάζας
LCFAs	Long chain fatty acids: λιπαρά οξέα μακράς αλυσίδας
MCFAs	Medium chain fatty acids: λιπαρά οξέα μέσης αλυσίδας
Refined	Εξευγενισμένο
Virgin	Παρθένο

Εισαγωγή

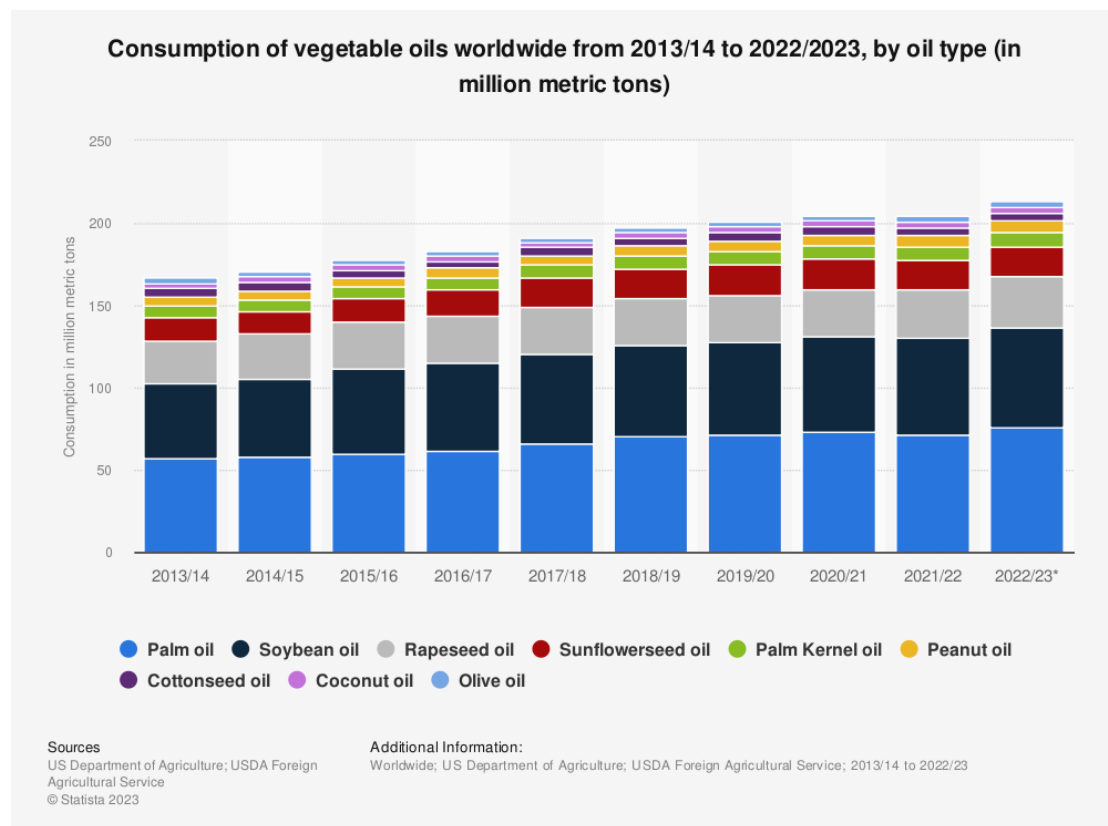
1.1 Γενικά

Τα λίπη και τα έλαια ήταν ανέκαθεν αναπόσπαστο και ιδιαίτερης σημασίας συστατικό της ανθρώπινης διατροφής μαζί με τους υδατάνθρακες και τις πρωτεΐνες. Μόνο πρόσφατα ωστόσο, τον τελευταίο αιώνα, τα φυτικά έλαια ήρθαν να αντικαταστήσουν το λαρδί και το λίπος μόσχου ως την κύρια μορφή διατροφικού λίπους (Aragicio et al., 2000). Ήδη από την αρχαιότητα, οι άνθρωποι παραλάμβαναν έλαια από φυτά, φρούτα και σπόρους πλούσιους σε λίπος. Τα φυτικά έλαια δεν χρησιμοποιούνταν μόνο κατά την προετοιμασία γευμάτων, αλλά και για την ιατρική και άλλες εναλλακτικές θεραπείες, ιδιαίτερα για μασάζ και την περιποίηση του δέρματος (έλαια βάσης) (Krist, 2020). Σήμερα γνωρίζουμε ότι τα σπορέλαια και τα φυτικά έλαια είναι απαραίτητα για τη σύνθεση των τροφίμων, προσδίδοντας γεύση και υφή στο φαγητό.

Τα λίπη και τα έλαια αποτελούνται από τριεστέρες της γλυκερόλης με διάφορα, ως επί το πλείστον ζυγά, μη διακλαδισμένα αλειφατικά μονοκαρβοξυλικά οξέα (λιπαρά οξέα). Είναι ουδέτερες ενώσεις οι οποίες κατά IUPAC ονομάζονται τριακυλογλυκερόλες. Τα λιπαρά οξέα των φυσικών λιπών είναι συνήθως μη διακλαδισμένα, με ζυγό αριθμό ατόμων άνθρακα (C:carbon). Τα περισσότερα από αυτά έχουν μεταξύ 4 και 26 άτομα άνθρακα. Στα φυτικά έλαια, οι πρωτογενείς ομάδες υδροξυλίου στα άτομα άνθρακα 1 και 3 όπως γλυκερίνης γενικά εστεροποιούνται με κορεσμένα λιπαρά οξέα, ενώ η θέση 2 καταλαμβάνεται από ένα ακόρεστο λιπαρό οξύ. Εξαιρεση αποτελεί το λίπος καρύδας που είναι ένα σχεδόν πλήρως κορεσμένο λίπος, όπως τα ζωϊκά λίπη (Krist, 2020).

Επιπλέον, αυτά τα έλαια είναι σημαντικά θρεπτικά συστατικά για την ανθρώπινη υγεία, καθώς αποτελούν πηγή ενέργειας, περιέχουν απαραίτητα λιπαρά οξέα (essential fatty acids) (λινελαιϊκό οξύ και λινολενικό οξύ) και δρουν ως φορείς για τις λιποδιαλυτές βιταμίνες (δηλαδή, A, D, K και E) (Mota et al., 2021). Σύμφωνα με το Υπουργείο Γεωργίας των Ηνωμένων Πολιτειών (USDA), τα φυτικά έλαια που καταναλώνονται περισσότερο στον κόσμο είναι κατά φθίνουσα σειρά το φοινικέλαιο, το σογιέλαιο, το κραμβέλαιο, το ηλιέλαιο, το φοινικοπυρηνέλαιο, το φυστικέλαιο, το βαμβακέλαιο, το έλαιο καρύδας και το ελαιόλαδο (Εικόνα 1) .

Εικόνα 1. Κατανάλωση φυτικών ελαίων παγκοσμίως την περίοδο 2014/2013 έως 2022/2023.



Τα έλαια διασποράς (carrier oils or fixed oils), προέρχονται από λιπαρές ουσίες των σπόρων, των πυρήνων ή των καρπών και χρησιμοποιούνται ως κατάλληλοι φορείς στους οποίους αραιώνουμε αιθέρια έλαια και παρόμοια συμπυκνώματα. Η πρακτικότητά τους έγκειται στην αναγκαιότητα για διάλυση των αιθέριων ελαίων προτού εφαρμοστούν στο δέρμα για μασάζ και αρωματοθεραπεία. Τα αιθέρια έλαια είναι ιδιαίτερα δημοφιλή στην συμπληρωματική ιατρική στην θεραπεία δερματολογικών θεμάτων, για την ευεργετική δράση τους στην καταστολή της μικροβιακής ανάπτυξης σε πληγές. Ωστόσο, η χρήση μη αραιωμένων αιθέριων ελαίων έχει αποδειχθεί ότι προκαλεί ερεθισμό του δέρματος, όπως δερματίτιδα εξ επαφής, εξαιτίας αυτού είναι απαραίτητη η διάλυση τους σε ένα έλαιο φορέα. Τα φυτικά έλαια ή ελαία φορείς ή έλαια βάσης συντίθενται από ένα μίγμα τριακυλογλυκερολών (TAGs) ως βασικό συστατικό. Οι παραλλαγές στα τριακυλογλυκερίδια καθώς και η σύνθεσή τους είναι υπεύθυνες για τα φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά των ελαίων (Mota et al., 2021). Συνοψίζοντας, τα έλαια διασποράς χρησιμοποιούνται για την αραίωση και τη μεταφορά αιθέριων ελαίων με ασφάλεια στο δέρμα, ενώ τα αιθέρια έλαια είναι

συμπυκνωμένα φυτικά εκχυλίσματα που χρησιμοποιούνται για τις θεραπευτικές τους ιδιότητες και το άρωμά τους. Τα έλαια μεταφοράς παρέχουν ενυδατικά και θρεπτικά αποτελέσματα, ενώ τα αιθέρια έλαια προσφέρουν ένα ευρύ φάσμα πιθανών πλεονεκτημάτων και αρωμάτων.

Έχουν διερευνηθεί πολλές τεχνικές για να καθορισθεί ένα ολοκληρωμένο προφίλ των συστατικών των φυτικών ελαίων όπως η αέρια χρωματογραφία (GC), η υγρή χρωματογραφία υψηλής απόδοσης (HPLC), η χρωματογραφία λεπτής στοιβάδας (TLC) καθώς και περαιτέρω τεχνικές αξιολόγησης με φασματοσκοπικές μεθόδους. Η αέρια χρωματογραφία χρησιμοποιείται ευρέως σε συνδυασμό με τη φασματομετρία μάζας (GC – MS) για το χαρακτηρισμό λιπαρών οξέων, τριακυλογλυκερολών, πτητικών ενώσεων και φυτοστερολών.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) έχει ασχοληθεί με τη ρύθμιση, την παραγωγή και την εμπορευματοποίηση των ελαίων. Ο κανονισμός της ΕΕ αριθ. 1019/02 ορίζει τον τρόπο σωστής συσκευασίας και επισήμανσης λαδιών και ο εκτελεστικός κανονισμός ΕΕ αριθ. 1335/13 (2013) της Επιτροπής κατέστησε υποχρεωτική την ένδειξη της γεωγραφικής προέλευσης στην ετικέτα.

1.2 Μέθοδοι παραλαβής ελαίων

1.2.1 Μηχανικές μέθοδοι

Τα φυτικά έλαια και λίπη εξάγονται από σπόρους ή καρπούς διάφορων φυτών. Πρωταρχικό μέλημα στην παραγωγή φυτικών ελαίων είναι η απόκτηση της μέγιστης απόδοσης διατηρώντας παράλληλα τη φυσική ποιότητα του λαδιού. Στην ελαιοβιομηχανία γίνεται διάκριση μεταξύ ψυχρής έκθλιψης και εκχυλισμένων ελαίων. Η «ψυχρή έκθλιψη» («cold pressed») σημαίνει ότι ο καρπός, για παράδειγμα ελιές, σπόροι κολοκύθας ή καρύδια, συνθλίβονται μέχρι την πολτοποίησή τους, υπό προσεκτική μηχανική πίεση σε σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες μεταξύ 40°C και 60°C. Το αποτέλεσμα είναι ένα υψηλής ποιότητας φυσικό λάδι. Οι καταναλωτές το αναγνωρίζουν από ετικέτες όπως «παρθένο λάδι», «ψυχρή έκθλιψη» ή «μη επεξεργασμένο». Συνήθως, τα λάδια ψυχρής έκθλιψης δεν εξευγενίζονται μετά την έκθλιψη και με αυτόν τον τρόπο διατηρούνται τα πολύτιμα φυσικά συστατικά. Σε άλλες διαδικασίες που χρησιμοποιείται θερμότητα, δημιουργούνται προϊόντα αποσύνθεσης τα οποία πρέπει μετέπειτα να αφαιρεθούν με διύλιση. Τα εν ψυχρώ παραγόμενα έλαια

περιέχουν πολλά πολύτιμα συστατικά, όπως λιπαρά οξέα υψηλής ποιότητας και συναφή υλικά όπως κηρούς, ένζυμα, β-καροτένιο, λεκιθίνη, βιταμίνη E και διάφορες δευτερεύουσες φυτικές ουσίες όπως φυτοστερόλη, η οποία θεωρείται ότι έχει ευεργετικές ιδιότητες. Το β-καροτένιο είναι υπεύθυνο για το χαρακτηριστικό κοκκινωπό-πορτοκαλί χρώμα ορισμένων ελαίων ψυχρής έκθλιψης. Τα έλαια ψυχρής έκθλιψης έχουν τυπική γεύση και οσμή καθώς και χαρακτηριστικό χρώμα. Οι ιδιότητές τους καθορίζονται από τα φυτά από τα οποία προέρχονται και ποικίλλουν ανάλογα με την περιοχή παραγωγής, την εποχή της συγκομιδής και το κλίμα (Krist, 2020). Για την παραλαβή του ελαίου χρησιμοποιούνται απλά πιεστήρια με κοχλία ή μοχλούς, υδραυλικά πιεστήρια ή πιεστήρια με συνεχή πίεση (Τσάκνης, 2015).

1.2.2 Εκχύλιση

Οι μέθοδοι εκχύλισης περιλαμβάνουν την μέθοδο εκχύλισης με διαλύτη και την εκχύλιση με υπερκρίσιμο υγρό, και αποτελούν ευρύτατα διαδεδομένους τρόπους εκχύλισης για τη λήψη πολύτιμων συστατικών κυρίως από στερεά υλικά.

Κατά την εκχύλιση με διαλύτη, οι ελαιούχοι σπόροι φέρονται σε επαφή με έναν υγρό διαλύτη. Αυτή είναι η πιο αποτελεσματική τεχνική για την ανάκτηση λαδιού από ελαιούχους σπόρους. Η απόδοση εξαρτάται από την προετοιμασία του ελαιούχου σπόρου πριν από την εκχύλιση, τη θερμοκρασία, τον τρόπο λειτουργίας και τον σχεδιασμό του εξοπλισμού. Αναμένεται ότι το υπολειμματικό λάδι θα είναι λιγότερο από 1% μετά την εμπορική εκχύλιση με διαλύτη. Οι διαλύτες απαιτείται να μην είναι εύφλεκτοι, εκρηκτικοί, τοξικοί ή να σχηματίζουν τοξικά προϊόντα αντίδρασης με τις ουσίες που έρχονται σε επαφή κατά την εκχύλιση όπως το εξάνιο. Πρέπει να έχουν μεγάλη εκλεκτικότητα, δηλαδή να διαλύουν τέλεια τα έλαια, όχι όμως και τις ξένες ύλες, όπως ρητίνες, κηρούς, χρωστικές κ.α. Στη βιομηχανική εκχύλιση οι συσκευές που χρησιμοποιούνται είναι ανάλογες με εκείνες της εκχύλισης σε εργαστηριακή κλίμακα, όπως είναι η συσκευή Soxhlet. Τα βασικά μέρη των συσκευών αυτών είναι ο εκχυλιστήρας, μέσα στον οποίο το υλικό που εκχυλίζεται έρχεται σε επαφή με το διαλύτη, ο αποστακτήρας, μέσα στον οποίο το ελαιοδιάλυμα που σχηματίζεται μέσα στον εκχυλιστήρα θερμαίνεται ώστε να απομακρυνθεί ο διαλύτης από το έλαιο, ο ψυκτήρας όπου ψύχονται και υγροποιούνται οι ατμοί του διαλύτη καθώς και οι υδρατμοί που προέρχονται από τον αποστακτήρα ή και τον εκχυλιστήρα και τέλος, ο

υποδοχέας, μέσα στον οποίο συγκεντρώνεται ο διαλύτης που υγροποιήθηκε. Ουσιαστικά η διαδικασία αποτελείται από 4 φάσεις. Αρχικά, οι λιπαρές ύλες διαλύονται και παραλαμβάνονται από το διαλύτη και στη συνέχεια, το ελαιοδιάλυμα που παραλαμβάνεται από τον εκχυλιστήρα καθαρίζεται με διήθηση. Τρίτον, ο διαλύτης που διαποτίζει τη λιπαρή ύλη επανακτάται με απόσταξη (διαβίβαση υδρατμών) και τέλος, το διηθημένο ελαιοδιάλυμα θερμαίνεται, οπότε αποστάζει ο διαλύτης και διαχωρίζεται από το έλαιο (Τσάκνης, 2015).

Η εκχύλιση με υπερκρίσιμο υγρό (συνήθως υπερκρίσιμο διοξείδιο του άνθρακα, CO₂), είναι μια μέθοδος που χρησιμοποιείται για την εξαγωγή αιθέριων ελαίων και άλλων πολύτιμων ενώσεων από φυτικά υλικά, συμπεριλαμβανομένης της κάνναβης. Σε αυτή τη διαδικασία, το διοξείδιο του άνθρακα υπόκειται σε πίεση σε μια υπερκρίσιμη κατάσταση, όπου εμφανίζει ιδιότητες τόσο ενός αερίου όσο και ενός υγρού. Το υπερκρίσιμο CO₂ δρα ως διαλύτης, διαλύοντας επιλεκτικά τα επιθυμητά συστατικά από το φυτικό υλικό. Προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα, συμπεριλαμβανομένης της μη τοξικότητάς του, της φιλικότητας προς το περιβάλλον και της ικανότητας λήψης ενός καθαρού και υψηλής ποιότητας εκχυλίσματος. Η χρησιμοποιείται ευρέως στις βιομηχανίες τροφίμων, φαρμακευτικών προϊόντων και κάνναβης για την παραγωγή συμπυκνωμένων ελαίων, εκχυλισμάτων και άλλων βοτανικών προϊόντων (Ouzir et al., 2021).

Μια επιπλέον μέθοδος εκχύλισης είναι η ενζυμικά υποβοηθούμενη εκχύλιση, η οποία χρησιμοποιεί ένζυμα που υδρολύουν και σπάζουν τα κυτταρικά τοιχώματα των ελαιούχων σπόρων, καθιστώντας τη δομή πιο διαπερατή και εκθέτοντας περαιτέρω το συστατικό λαδιού.

Υπάρχουν επίσης τεχνικές εκχύλισης υψηλής ενέργειας όπως η εκχύλιση με υπερήχους (ultrasound assisted extraction) που χρησιμοποιεί κύματα υψηλής συχνότητας που προκαλούν βλάβη στο κυτταρικό τοίχωμα των φυτών και στη συνέχεια απελευθερώνουν τις ενδοκυτταρικές ουσίες στον διαλύτη, η εκχύλιση με μικροκύματα που χρησιμοποιεί ενέργεια μικροκυμάτων για να ενισχύσει τη διαδικασία εξαγωγής προάγοντας την ταχεία θέρμανση και την αυξημένη διάχυση των συστατικών του λαδιού (Ouzir et al., 2021). Με παρόμοιο τρόπο λειτουργεί και η εκχύλιση με τη χρήση παλμικού ηλεκτρικού πεδίου (pulsed electric field, PEF), η οποία περιλαμβάνει

εφαρμογή ηλεκτρικών παλμών μικρής διάρκειας, υψηλής έντασης που καθιστούν πορώδεις τις κυτταρικές μεμβράνες επιτρέποντας στον διαλύτη εκχύλισης να διεισδύσει και να εξάγει τα επιθυμητά συστατικά πιο αποτελεσματικά. (Πριλή, 2021).

1.2.3 Απόσταξη

Στην απόσταξη περιλαμβάνονται η υδροαπόσταξη, η απόσταξη με νερό και ατμό και η απόσταξη με υδρατμούς. Η απόσταξη με ατμό είναι μια παραδοσιακή τεχνική η οποία χρησιμοποιείται περισσότερο από τις άλλες δυο σε αποστάξεις βιομηχανικής κλίμακας για την εξαγωγή αιθέριων ελαίων από αρωματικά βότανα, άνθη και μπαχαρικά. Περιλαμβάνει τη χρήση ατμού για την εξάτμιση των πτητικών ενώσεων στο φυτικό υλικό, οι οποίες στη συνέχεια συμπυκνώνονται και συλλέγονται ως αιθέριο έλαιο. Η απόσταξη με ατμό είναι ιδιαίτερα κατάλληλη για την εξαγωγή ελαίων από ευαίσθητα φυτά ή μέρη φυτών που μπορεί να είναι πιο ευάλωτα στη θερμότητα ή σε σκληρούς διαλύτες (Qin & Zhong, 2016).

1.3 Εδώδιμα φυτικά έλαια διασποράς της μελέτης

1.3.1 Αβοκάντο (Avocado oil)

Το αβοκάντο (*Persea americana* Mill.), είναι ένα φρούτο ιθαγενές στην Κεντρική Αμερική, που καλλιεργείται σε θερμές εύκρατες περιοχές και υποτροπικά κλίματα σε όλο τον κόσμο. Ο καρπός αποτελείται από τρία μέρη τα οποία είναι η φλούδα (15%), ο πολτός (65%) και οι σπόροι (20%) και για την εξαγωγή του ελαίου απαιτούνται καρποί από ποικιλίες που χαρακτηρίζονται από τα υψηλό λιπιδικό περιεχόμενο. Το έλαιο από αβοκάντο έχει υψηλή αναλογία μονοακόρεστων λιπαρών οξέων (58%) ιδιαίτερα το ελαϊκό οξύ, ακολουθούμενο από κορεσμένα λιπαρά οξέα (26%) και πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (16%) (Tan & Ghazali, 2019). Τα πιο κοινά κορεσμένα και πολυακόρεστα λιπαρά οξέα είναι το παλμιτικό οξύ και το λινελαϊκό οξύ, αντίστοιχα. (Qin & Zhong, 2016). Έχουν προταθεί κατηγοριοποιήσεις του ελαίου αβοκάντο ως «εξαιρετικά παρθένο», «παρθένο», «αγνό» και «μεικτό», όταν αναμιγνύεται με ελαιόλαδο. Στο Μεξικό, όπου το λάδι αβοκάντο αξιοποιείται δεόντως, αναφέρουν ως «ακατέργαστο έλαιο αβοκάντο», το αγνό λάδι του καρπού *Persea*

americana, το οποίο είναι ένα προϊόν εξευγενισμένο κατά τουλάχιστον 98,5% (Flores et al., 2019).

1.3.2 Αμυγδαλέλαιο (Almond oil)

Σύμφωνα με τον *Οργανισμό Τροφίμων και Γεωργίας (FAO)* των Ηνωμένων Εθνών οι Ηνωμένες Πολιτείες είναι, μακράν, οι πρώτες στην παγκόσμια παραγωγή αμυγδάλων (*Prunus dulcis*), παράγοντας μόλις 1,872,500 τόνους το 2018 (FAOSTAT,2020).

Τα αμύγδαλα είναι εξαιρετικά δημοφιλή ανά τον κόσμο ως ένας από τους πιο εύγευστους καρπούς αλλά και για τις εφαρμογές τους στα τρόφιμα, την αισθητική και τη φαρμακευτική (Ouzir et al., 2020). Η αμυγδαλόπιχα είναι γνωστή ως πηγή ανώτερων λιπιδίων (44–61% στο φρέσκο βάρος, 20–68% σε ξηρό βάρος). Μόνο το 8% των λιπαρών οξέων στο αμυγδαλέλαιο είναι κορεσμένα λίπη, ενώ είναι υψηλό σε μονοακόρεστα λιπαρά, τα οποία έχουν επιδείξει ευεργετικές επιδράσεις στα λιποπρωτεϊνικά προφίλ του αίματος και την ικανότητα να μειώνουν τον κίνδυνο καρδιαγγειακών παθήσεων. Το κύριο λιπαρό οξύ είναι το ελαϊκό οξύ, που αντιπροσωπεύει το 50-70% της συνολικής περιεκτικότητας σε λιπαρά οξέα. Τα δευτερεύοντα συστατικά του αμυγδαλέλαιου περιλαμβάνουν στερόλες, τοκοφερόλες (κυρίως α-τοκοφερόλη) και σκουαλένιο. (Čolić et al., 2019).

1.3.3 Έλαιο καρύδας (Coconut oil)

Το λάδι καρύδας είναι ένα φυτικό έλαιο που προέρχεται από τον πυρήνα του *Cocos nucifera*. Το εμπορικά εξευγενισμένο λάδι καρύδας (RCO) εξάγεται από τον αποξηραμένο πυρήνα του καρπού (copra) και το προκύπτον ακατέργαστο έλαιο επεξεργάζεται σε βιομηχανική κλίμακα με πλύσιμο, λεύκανση και απόσμηση. Ο όρος παρθένο έλαιο καρύδας (VCO) αναφέρεται σε ένα λάδι που λαμβάνεται από φρέσκο, ώριμο πυρήνα της καρύδας με μηχανικά ή φυσικά μέσα, με ή χωρίς τη χρήση θερμότητας και χωρίς να υποβάλλεται σε χημική διύλιση (refining, bleaching, and deodorizing (RBD)) (Marina et al., 2009). Το λάδι καρύδας είναι πλούσιο σε λιπαρά οξέα μέσης αλυσίδας (MCFA) και παρουσιάζει καλή πεπτικότητα (Marina et al., 2009). Συγκεκριμένα, αναφέρεται το λαυρικό οξύ σε ποσοστό 49% (C-12:0), ενώ ακολουθούν τα: καπρυλικό οξύ C -8:0 (8%), καπρικό οξύ, C-10:0, (7%), μυριστικό οξύ C-14:0(8%),

παλμιτικό οξύ C-16:0 (8%), στεατικό οξύ C-18:0 (2%), ελαϊκό οξύ C-18:1 (6%) και 2% C -18:2 λινελαϊκό οξύ (Boateng et al., 2016)

1.3.4 Έλαιο σπόρων μαύρου κύμινου (Black cumin seed oil)

Ο σπόρος μαύρου κύμινου (*Nigella sativa* L.) είναι ένα ευρέως χρησιμοποιούμενο μπαχαρικό στις Μεσογειακές χώρες, το Πακιστάν και την Ινδία. Οι μελέτες για τις βιολογικές δραστηριότητες αυτού του φυτού έχουν αποκαλύψει ότι τα πτητικά συστατικά αιθέριων ελαίων, κατά κύριο λόγο θυμοκινόνη, έχει αντιοξειδωτικές, αντιφλεγμονώδεις, αντιδιαβητικές, ανοσοτροποποιητικές, και αντικαρκινικές δράσεις (Johnson-Ajínwo et al., 2014). Για τη σύνθεση του ελαίου των σπόρων του μαύρου κύμινου, έχουν ταυτοποιηθεί με αέρια χρωματογραφία 32 λιπαρά οξέα εκ των οποίων: το λινελαϊκό οξύ (50,2%), το ελαϊκό οξύ (19,9%), το μαργαρικό οξύ (10,3%), το cis-11,14-εικοσαδιενοϊκό οξύ (7,7%) και το στεατικό οξύ (2,5%) (Amin et al., 2010). Στο έλαιο μαύρου κύμινου έχουν ανιχνευτεί αρκετές βιοδραστικές ενώσεις όπως οκτανοϊκό οξύ, βενζόλιο, 1,3-δισ (1,1-διμεθυλαιθυλιο), μακουλοσίνη, καπρικό οξύ, 3-κετοσφιγγοσίνη, υγρίνη, τετραδεκανοϊκό οξύ, αιθυλεστέρας και 2-μονομυριστίνη. Έχει επίσης βρεθεί ότι ανέστειλε τη δράση των *Staphylococcus aureus* και *Pseudomonas aeruginosa* σε συγκέντρωση 10 µg/mL (Pachaiappan et al., 2022).

1.3.5 Λινέλαιο (Linseed oil)

Η σύνθεση των σπόρων του λιναριού (*Linum usitatissimum*) ή Λίνον το ωφελιμότερον είναι εξαιρετικά ωφέλιμη για την ανθρώπινη υγεία. Με περιεκτικότητα περίπου 36-40% λαδιού, αποτελούν την πλουσιότερη (μεταξύ άλλων φυτών καλλιεργειών) πηγή πολυακόρεστων λιπαρών οξέων (polyunsaturated fatty acids, PUFAs) (Popa et al., 2012). Σύμφωνα με την έρευνα των Viorica-Mirela Popa et al., χρήσει αέριου χρωματογράφου, βρέθηκε λινολενικό οξύ (C18:3) σε ποσοστό άνω του 50%, ενώ σε μικρότερες περιεκτικότητες βρέθηκαν λινελαϊκό (C18:2), ελαϊκό (C18:1), στεατικό (C18:0) και παλμιτικό (C16:0).

1.3.6 Σησαμέλαιο (Sesame seed oil)

Η περιεκτικότητα του σουσαμιού σε λιπαρά οξέα παίζει σημαντικό ρόλο σε πολλές βιοχημικές οδούς και συνδέεται άμεσα με καρδιοπροστατευτικές, υπολιπιδαιμικές, αντι-αθηρογόνες και αντιφλεγμονώδεις επιδράσεις (Langyan et al., 2022). Η ακρίβεια

του σησαμελαίου συντελεί στο να γίνεται στόχος νοθείας, και να προστίθενται σε αυτό φθηνότερα βρώσιμα έλαια, για οικονομικά οφέλη (Xinjing Dou et al., 2022). Η σύνθεση λιπαρών οξέων στο σησαμέλαιο χαρακτηρίζεται από άφθονα ακόρεστα λιπαρά οξέα: ελαϊκό (35,9–42,3%) και λινελαϊκό (41,5–47,9%) αποτελώντας το 80% των συνολικών λιπαρών οξέων. Ταυτόχρονα, σε περιεκτικότητα χαμηλότερη από 20% συναντώνται τα κορεσμένα λιπαρά οξέα, κυρίως παλμιτικό (7,9–12%) και στεατικό οξύ (4,8–6,1%) (Wacal et al., 2019).

1.3.7 Καρυδέλαιο (Walnut oil)

Το καρύδι (*Juglans regia*) είναι ο καρπός ενός δέντρου που ανήκει στο γένος *Julgans*. Παγκοσμίως, η Κίνα είναι ο μεγαλύτερος παραγωγός καρυδιών (46% της παγκόσμιας παραγωγής), ενώ ακολουθεί το Ιράν, η Τουρκία, οι Η.Π.Α. και η Ουκρανία (Farooq Anwar, et al., 2020). Οι πυρήνες των καρυδιών περιέχουν γενικά περίπου 60% φυτικό έλαιο που μπορεί να κυμαίνονται από 52% έως 70%, ανάλογα με την ποικιλία, την τοποθεσία καλλιέργειας και το ποσοστό άρδευσης. Τα κύρια συστατικά του καρυδέλαιου είναι οι τριακυλογλυκερόλες (TAGs), τα ελεύθερα λιπαρά οξέα (FFA), οι διακυλογλυκερόλες (DAGs) και οι μονοακυλογλυκερόλες. Το έλαιο καρυδιάς θεωρείται ως μια υγιής πηγή διαιτητικών λιπιδίων, είναι πλούσιο σε ακόρεστα λιπαρά οξέα (UFA), κυρίως λινελαϊκό οξύ άνω του 60% (Bouabdallah et al., 2014).

Πίνακας 2 Σύσταση σε λιπαρά οξέα του καρυδέλαιου (Tsamouris et al., 2002)

Table I. The fatty acid (F. A.) composition (as methyl esters) of walnut oil.		
F. A. as methyl esters		% of total F. A.
Tetradecanoic	(C14:0)	0.1
Pentadecanoic	(C15:0)	0.1
9-Hexadecenoic	(C16:1)	0.4
Hexadecanoic	(C16:0)	10.4
Heptadecanoic	(C17:0)	0.1
9,12-Octadecadienoic	(C18:2)	74.0
9,12,15-Octadecatrienoic	(C18:3)	10.0
Octadecenoic	(C18:1)	tr*
Octadecanoic	(C18:0)	3.9
11,14-Eicosadienoic	(C20:2)	tr
Nonadecanoic	(C19:0)	tr
11-Eicosenoic	(C20:1)	0.6
Eicosanoic	(C20:0)	0.3
Heneicosanoic	(C21:0)	tr
Docosanoic	(C22:0)	0.1
total		100.0
Saturated		15.0
Unsaturated		85.0
<i>Unsat/Sat ratio</i>		5.7
^a MUFA's		1.0
^b PUFA's		84.0
<i>PUFA's/MUFA's</i>		84.0

* tr : trace
^a MUFA's : Monounsaturated fatty acids
^b PUFA's : Polyunsaturated fatty acids

Στην μελέτη των Tsamouris et al., 2002, (πίνακας 1) ανιχνεύθηκαν σε καρύδια Ευβοίας, λινελαϊκό οξύ σε ποσοστό 74% και περίπου 10% σε παλμιτικό και λινολενικό.

1.3.8 Βερικοκέλαιο (Apricot kernel oil)

Ο σπόρος του βερίκοκου, *Prunus armeniaca L.*, εμφανίζεται ιστορικά σε ανατολίτικες παραδοσιακές ιατρικές πρακτικές, χρησιμοποιούμενος για τη θεραπεία δερματικών παθήσεων, όπως η κοινή ακμή και η πιτυρίδα, καθώς και ο βήχας, το άσθμα και η δυσκοιλιότητα (Lee et al., 2014). Το βερίκοκο είναι ένα από τα κύρια εξαγωγικά προϊόντα της Τουρκίας, και το έλαιο του είναι ιδιαίτερα δημοφιλές στην βιομηχανία καλλυντικών. Οι Orhan et al., ανέλυσαν λιπαρά οξέα των σπορελαίων τριών ποικιλιών βερίκοκου (*Prunus armeniaca L.*) από διαφορετικές τοποθεσίες στην Τουρκία (Kalecik, Αλικαρνασσός και Μαλάτια), τόσο με αέρια χρωματογραφία (GC) όσο και με αέρια χρωματογραφία- φασματομετρία μάζας (GC-MS). Τα αποτελέσματα έδειξαν διαφορές στο περιεχόμενο των λιπαρών οξέων αυτών των τριών ελαίων από σπόρους βερίκοκου. Σύμφωνα με τα στοιχεία τους, διαπιστώθηκε ότι το δείγμα από τη Μαλάτια ήταν το πλουσιότερο σε περιεκτικότητα σε λινολενικό οξύ (10,87%) και το δείγμα του Bodrum είχε το υψηλότερο σε λινελαϊκό οξύ (34,77%). Από την άλλη πλευρά, εκείνο που προήλθε από το Kalecik βρέθηκε να περιέχει τη χαμηλότερη ποσότητα παλμιτικού οξέος, μεταξύ όλων των δειγμάτων που μελετήθηκαν (Orhan et al., 2008).

1.3.9 Φουντουκέλαιο (Hazelnut oil)

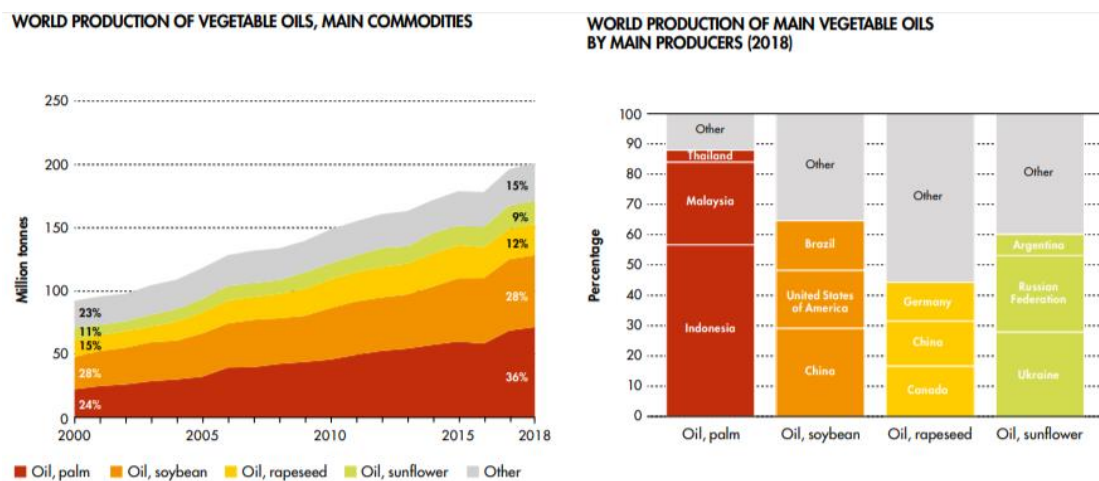
Το φουντούκι (*Corylus avellana L.*) είναι ένας από τους πιο γνωστούς ξηρούς καρπούς που πωλούνται στις διεθνείς αγορές, με την Τουρκία να είναι αυτή τη στιγμή ο μεγαλύτερος παραγωγός και εξαγωγέας φουντουκιού στον κόσμο. Το αφθονότερο λιπαρό οξύ του τουρκικού φουντουκέλαιου είναι το ελαϊκό οξύ (C18:1), ακολουθούμενο από τα λινελαϊκό (C18:2), παλμιτικό (C16:0), και στεατικό (C18:0) οξέα. Επιπρόσθετα, η σύνθεση και αντίστοιχη ποσότητα λιπαρών οξέων μπορεί να επηρεαστεί από πολλούς παράγοντες, όπως η ποικιλία των ξηρών καρπών, η γεωγραφία, οι συνθήκες καλλιέργειας, ο τύπος λιπάσματος, η εποχικότητα, ο τύπος εδάφους, το κλίμα, το γεωγραφικό πλάτος, και οι μετασυλλεκτικές διαδικασίες (Turan, 2018). Τα φουντούκια αποτελούν πηγή ενέργειας στη Μεσογειακή διατροφή λόγω της περιεκτικότητάς τους σε έλαιο (60%).

1.3.10 Έλαιο σπόρων Chia (Chia seed oil)

Η *Salvia hispanica L* (Chia) και άλλα μέλη *Salvia* της οικογένειας *Labiatae* έχουν ανέκαθεν αξιοποιηθεί ως συστατικό τροφίμων και είναι ιδιαίτερα γνώριμα των ιθαγενών Αμερικάνων και των Μεξικάνικων πληθυσμών της υπαίθρου (Vanessa Y. Ixtaina et. al). Οι Carillo et. al, στην ερευνητική τους εργασία, ταυτοποίησαν μεθυλεστέρες λιπαρών οξέων από σπόρους Chia χρησιμοποιώντας την αναλυτική μέθοδο GC-φασματομετρία μάζας (GS-MS). Σύμφωνα με τα ευρήματά τους, το λιπιδικό περιεχόμενο των σπόρων ανήλθε σε ποσοστό περίπου 16%. Με την GS-MS σημειώθηκε υψηλή περιεκτικότητα σε λινολενικό οξύ (ω -3) με τιμή 54,08% της συνολικής περιεκτικότητας σε λιπαρά οξέα στο λάδι chia. Επιπλέον η περιεκτικότητα σε ω -6 λιπαρά οξέα ήταν 18,69%, ενώ η ω -9 περιεκτικότητα ήταν 10,24% (Carillo et al., 2017).

1.3.11 Σογιέλαιο (Soybean oil)

Σύμφωνα με το FAOSTAT του 2021, από το 2006, το σογιέλαιο έχει έρθει δεύτερο στην παγκόσμια παραγωγή, με πρώτο να έρχεται το φοινικέλαιο, κυρίως λόγω της χρήσης του για το biodiesel (World Food And Agriculture Statistical Yearbook, 2021). Σε γενικές γραμμές, η σόγια περιέχει περίπου 40% πρωτεΐνες και 20% έλαιο με ίχνη φωσφολιπιδίων, βιταμινών, μετάλλων, αναστολέων θρυψίνης, φυτικού οξέος, ολιγοσακχαριτών και ισοφλαβονών. Το σογιέλαιο περιέχει ως επί το πλείστον, λινελαϊκό οξύ (C18:2n-6) σε ποσοστά άνω του 50%, ενώ αμέσως μετά ακολουθεί το ελαϊκό οξύ (C18:2n-6) (Zeynep Aksoylu Ozbek et. al, 2020).



Εικόνα 2: Παγκόσμια παραγωγή φυτικών ελαίων

1.3.12 Έλαιο από Κουκουνάρι (Pine nut oil)

Τα κουκουνάρια εμφανίζουν μία πληθώρα μαγειρικών χρήσεων σε διάφορα μέρη του κόσμου, με τον FAO των Ηνωμένων Εθνών να έχει καταγράψει 29 είδη βρώσιμων ξηρών καρπών του γένους *Pinus*. Τα κουκουνάρια παράγουν έλαιο, Pine Nut Oil (PNO), με ιδιαίτερο ενδιαφέρον στα περιεχόμενα και κατά συνέπεια την αξιοποίηση του. Πιο συγκεκριμένα, το PNO, είναι πλούσιο σε μια ποικιλία ασυνήθιστων δέλτα-5-μη-μεθυλένιο-διακοπτόμενων λιπαρών οξέων τα οποία διαφέρουν από τη δομή άλλων πολυακόρεστων λιπαρών οξέων (PUFAs) και είναι χαρακτηριστικά των σπόρων των γυμνόσπερμων. Κυρίαρχο μεταξύ των υπαρχόντων λιπαρών οξέων του ελαίου των κουκουναριών φαίνεται να είναι το πινολενικό οξύ (*cis*-5,-9,-12 18:3) σε ποσοστά 14-19% στα περισσότερα είδη πεύκων. Τέλος, οι καρποί κουκουναριών που περιέχουν πινολενικό οξύ έχει αντιφλεγμονώδη δράση και μπορεί να βελτιώσει την λεμφοκυτταρική λειτουργία. (Mahdhi et al., 2021)

1.3.13 Έλαιο κόκκων καφέ (Coffee bean oil)

Πολλά θρεπτικά συστατικά όπως υδατάνθρακες, λιπίδια, βιταμίνες, μέταλλα και αζωτούχες ενώσεις μπορούν να βρεθούν στους κόκκους καφέ. Τα λιπίδια στους πράσινους κόκκους καφέ είναι ένα από τα πιο σημαντικά συστατικά, τα οποία αποτελούνται από κερί, τριγλυκερίδια και μη σαπωνοποιήσιμη ύλη και εντοπίζονται κυρίως στο ενδοσπέρμιο, ενώ μόνο μια μικρή ποσότητα βρίσκεται στο εξωτερικό στρώμα. Η περιεκτικότητα σε λιπίδια κυμαίνεται από 10 έως 14%, ανάλογα με την προέλευση των κόκκων καφέ: στον πράσινο καφέ *Arabica* είναι κατά μέσο όρο περίπου 15% σε ξηρή βάση, ενώ στη *Robusta* είναι περίπου 10%. Τα κύρια λιπαρά οξέα που βρίσκονται στο έλαιο του καφέ είναι το λινελαϊκό και το παλμιτικό οξύ. Υπάρχουν επίσης σημαντικές ποσότητες στεατικού και ελαϊκού οξέος (Calligaris et al., 2009).

Το έλαιο πράσινου καφέ (GCO) χρησιμοποιείται ευρέως στη βιομηχανία καλλυντικών καθώς έχει την ικανότητα να διατηρεί τη φυσική υγρασία του δέρματος. Επιπλέον, υπάρχουν κάποια στοιχεία υποδεικνύοντας ότι το GCO έχει την ικανότητα να απορροφά την υπεριώδη ακτινοβολία στο UVB εύρος, που προκαλεί τη μεγαλύτερη ζημιά στο ανθρώπινο δέρμα. Το λινελαϊκό οξύ είναι το κύριο λιπαρό οξύ του GCO, το οποίο ανακουφίζει από το έκζεμα και έχει θεραπευτικές ιδιότητες στη δερματίτιδα (Dong et al., 2021).

1.3.14 Κολοκυθέλαιο (Pumpkin seed oil)

Οι κολοκύθες (*Cucurbita*) χρησιμοποιούνταν πρώτα από ιθαγενείς πληθυσμούς της Αμερικής, αποκτώντας δημοτικότητα στην Ευρώπη αιώνες αργότερα. Επί του παρόντος, οι Ηνωμένες Πολιτείες είναι το μεγαλύτερο κέντρο παραγωγής κολοκύθας, ακολουθούμενες από το Μεξικό, την Ινδία και την Κίνα. Πολλαπλές μελέτες έχουν δείξει ότι η αντιοξειδωτική ιδιότητα του εκχυλίσματος σπόρων κολοκύθας θα μπορούσε να βελτιώσει τη γονιμότητα και να βοηθήσει στην πρόληψη της αρτηριοσκλήρωσης, της υψηλής αρτηριακής πίεσης και των καρδιακών παθήσεων καθώς και στην τόνωση του μεταβολισμού των συσσωρευμένων λιπών. Οι επιδράσεις του ελαίου από σπόρους κολοκύθας έχουν επίσης διερευνηθεί στην ευεργετική τους επιρροή στην ανάπτυξη των τριχών (Shaban & Sahu, 2017). Παρακάτω παρατίθεται πίνακας έρευνας των Bardaa et al., σε ανάλυση του ελαίου των σπόρων της *Cucurbita pepo*.

Πίνακας 3: Σύσταση σε λιπαρά οξέα στο σπορέλαιο της *Cucurbita pepo* (Bardaa et al., 2016)

FAs	Percentage (%) ^a
C14:0	0.233 ± 0.023
C16:0	14.828 ± 0.145
C16:1n-9	0.015 ± 0.025
C16:1n-7	0.151 ± 0.003
C17:1	0.084 ± 0.004
C18:0	6.676 ± 0.024
C18:1n-9	25.817 ± 0.227
C18:1n-7	0.501 ± 0.11
C18:2n-6	50.88 ± 0.106
C18:3n-3	0.183 ± 0.004
C20:0	0.433 ± 0.053
C20:1n-9	0.0858 ± 0.017
C22:0	0.058 ± 0.057
C22:1n-9	0.055 ± 0.09

^aThe rate is determined by the ratio between the areas of the peaks, corresponding to the sum of peak areas of all fatty acids

1.3.15 Σιναπέλαιο (Mustard seed oil)

Οι σπόροι του σιναπιού, *Sinapis alba* (λευκή μουστάρδα) ανήκουν στην οικογένεια Brassicaceae (κραμβοειδή), και χρησιμοποιείται ως είδος παραδοσιακής ιατρικής και καρκευμάτων τροφίμων (Peng et al., 2014). Η λευκή μουστάρδα θεωρείται επίσης ένα πολλά υποσχόμενο είδος για την πρώτη ύλη βιοντίζελ. Επιπλέον, οι σιναπόσποροι είναι γνωστό ότι διαθέτουν μεγάλη ποικιλία βιολογικών δράσεων, που περιλαμβάνουν χημειοπροστατευτικές, αντιμικροβιακές και αντιοξειδωτικές δράσεις (Martinović et al., 2020). Το έλαιο του σιναπόσπορου είναι πολύτιμο στη βιομηχανία, αλλά περιέχει υψηλά επίπεδα ερουκικού οξέος (40,0 -50,0%) που το καθιστούν λιγότερο επιθυμητό ως διατροφικό λίπος. Γενικότερα, όσον αφορά τα λιπαρά οξέα του σιναπελαίου, το ερουκικό οξύ ακολουθούν το ελαϊκό, το λινελαϊκό, το παλμιτικό και το γαδολεϊκό οξύ (Antova et al., 2016).

1.3.16 Έλαιο κουκουτσιών σταφυλιού (Grape seed oil)

Το σταφύλι (*Vitis vinifera* L.) είναι ένα από τα πιο ευρέως καλλιεργούμενα φρούτα στον κόσμο. Ο σπόρος σταφυλιού περιέχει 8-20% έλαιο (επί ξηρής βάσης). Η υψηλότερη περιεκτικότητα σε έλαιο ελήφθη από την ποικιλία Bordeaux (15,4%) το 2005 και από το σταφύλι Merlot ποικιλία (14,7%) το 2006. Το ενδιαφέρον για το έλαιο σταφυλιού ως λειτουργικό τρόφιμο έχει αυξηθεί, ειδικά λόγω των υψηλών επιπέδων υδρόφιλων συστατικών του, όπως οι φαινολικές ενώσεις και λιπόφιλων συστατικών, όπως η βιταμίνη E, τα ακόρεστα λιπαρά οξέα (UFAs) και φυτοστερόλες (Garavaglia et al., 2016). Τα έλαια σπόρων σταφυλιού περιέχουν σημαντικές ποσότητες στεατικού οξέος (3,42–9,93%), παλμιτικού οξέος (7,81–10,66%), ελαϊκού οξέος (14,29–19,92%) και λινελαϊκού οξέος (66,85–72,47%) (Kapcsándi et al., 2021).

1.3.17 Δαμασκηνέλαιο (Plum kernel oil)

Οι σπόροι του δαμάσκηνου έχουν σημαντικές ποσότητες ελαίου (περίπου 30%) που περιέχει διάφορες βιοδραστικές ενώσεις, συμπεριλαμβανομένων των τοκοφερολών και τοκοτριενολών, των φαινολικών ενώσεων, των πρωτεϊνών και των λιπιδίων. Μεταξύ των λιπαρών οξέων που περιέχει το έλαιο του δαμάσκηνου, έχει επιβεβαιωθεί η παρουσία ελαϊκού, λινελαϊκού, παλμιτικού, στεατικού, παλμιτολεϊκού, αραχιδονικού οξέος και άλλων. Οι Kamel και Kakuda προσδιόρισαν ότι η περιεκτικότητα σε ελαϊκό

οξύ ήταν 52-66% και το λινελαϊκό οξύ ήταν 28-35%. Καθόρισαν επίσης ότι η περιεκτικότητα σε κορεσμένα λιπαρά οξέα ήταν 5,8-11,3% (Savic et al., 2020). Παρατίθεται συγκεντρωτικός πίνακας δεδομένων για την περιεκτικότητα λιπαρών οξέων, από έρευνες, που συνέλεξε η Sabine Krist για το βιβλίο της *Vegetable Fats and Oils* (Πίνακας 3).

Πίνακας 4: Περιεκτικότητα λιπαρών οξέων στο δαμασκηνέλαιο, δεδομένα από διάφορες μελέτες (Krist, 2020)

Fatty acids	Content in % acc. to Matthäus and Özcan (2009)	Content in % acc. to Kamel and Kakuda (1992)	Content in % acc. to Wimmer et al. (2003)	Content in % acc. to Schuster (1992), p. 215
Palmitic acid	5.4-7.3	6.3	6-12	6-8
Palmitoleic acid	-	0.5	-	-
Stearic acid	1.3-1.4	1.4	4-9	4-6
Oleic acid	63.9-78.5	62.0	55-65	55-60
Vaccenic acid	1.1-1.2	-	-	-
Linoleic acid	9.7-26.9	29.6	15-35	25-35
α-Linolenic acid	0.1-0.2	-	-	-
Arachidic acid	0.1	0.3	-	-

1.3.18 Γαϊδουράγκαθο (Milk thistle oil)

Το φυτό γαϊδουράγκαθο, *Silybum marianum* (οικογένεια: *Astraceae*) είναι ετήσιο ή διετές φυτό, εγγενές στην περιοχή της Μεσογείου και σε ορισμένα μέρη των Ηνωμένων Πολιτειών. Τα εκχυλίσματα από τους ώριμους σπόρους του γαϊδουράγκαθου χρησιμοποιούνται ως ιατρικές θεραπείες για ηπατική νόσο, την κίρρωση του ήπατος και για την πρόληψη του καρκίνου του ήπατος. Η ηπατοπροστατευτική και αντιφλεγμονώδης δράση του γαϊδουράγκαθου οφείλεται στην σιλυμαρίνη (δραστική ουσία, φυτικό φλαβονοειδές), που βρίσκεται κυρίως στο τμήμα του καρπού του φυτού, καθώς και στη βεταΐνη, τη τριμεθυλογλυκίνη και απαραίτητα λιπαρά οξέα που περιέχονται στους σπόρους. Η περιεκτικότητα σε έλαιο, σπόρων που καλλιεργούνται στο Ιράν, κυμαίνεται από 26 έως 31%. Μεταξύ των λιπαρών οξέων, το λινελαϊκό οξύ είχε το υψηλότερο ποσοστό (50-54%) και ακολούθησαν το ελαϊκό οξύ (23-29%) και παλμιτικό οξύ (7-8%) (Bahram et al., 2009).

1.3.19 Έλαιο παπαρουνόσπορου (Poppy seed oil)

Η παπαρούνα, *Papaver somniferum* L., είναι ένα από τα σημαντικότερα φυτά στον κόσμο, καθώς είναι πηγή αλκαλοειδών (όπιο) όπως το ναρκωτικό αναλγητικό μορφίνη, η κωδεΐνη, η θηβαΐνη, η παπαβερίνη και η νοσκαπίνη με τεράστια χρήση στην παγκόσμια φαρμακοβιομηχανία (Rahimi et al., 2011).

Οι σπόροι παπαρούνας, οι οποίοι είναι πλούσιοι σε λάδι, χρησιμοποιούνται κυρίως σε διάφορα προϊόντα αρτοποιίας στην Ευρώπη. Γενικά, οι σπόροι παπαρούνας περιέχουν περισσότερο από 30% έλαιο. Το λάδι παπαρουνόσπορου χρησιμοποιείται συνήθως για βρώσιμους ή φαρμακευτικούς σκοπούς καθώς και για την κατασκευή χρωμάτων, βερνικιών ή σαπουνιών. Το λάδι που καταναλώνεται ως ανθρώπινη τροφή λαμβάνεται με μέθοδο ψυχρής έκθλιψης χωρίς διύλιση. Βρέθηκε, πως το πιο άφθονο λιπαρό οξύ στα έλαια παπαρουνόσπορου ήταν το λινελαϊκό οξύ (69,85–74,02%), ακολουθούμενο από το ελαϊκό οξύ (13,98–16,99%) και το παλμιτικό οξύ (8,51–9,75%). Επιπλέον, τα έλαια παπαρουνόσπορου ήταν πλούσια σε β-σιτοστερόλη (133,47–153,42 mg 100 g⁻¹), καμπεστερόλη (45,36–58,60 mg100 g⁻¹) και δ-5-αβεναστερόλη (28,21–39,40 mg 100 g⁻¹). Τέλος, ανιχνεύθηκαν γ-τοκοφερόλη και α-τοκοφερόλη (Özbek and Ergönül, 2020).

1.3.20 Έλαιο ιπποφαούς (Seabuckthorn seed oil)

Το έλαιο από σπόρους ιπποφαούς είναι έντονο πορτοκαλί-κίτρινο, κυρίως λόγω των καροτενοειδών που περιέχει. Μια σημαντική δυνητική επίδραση του ελαίου από σπόρους ιπποφαούς στην υγεία, έγκειται στην υψηλή περιεκτικότητα σε R-τοκοφερόλη, η οποία αναγνωρίζεται ως φυσικό αντιοξειδωτικό στο ανθρώπινο σώμα (Beveridge et al., 1999) . Το σπορέλαιο ιπποφαούς, περιέχει σε μεγάλες ποσότητες λινελαϊκό (35,3-36,3%) και λινολενικό (35,9-38,5%), ενώ το έλαιο που έχει προέλθει από τον πολτό του φρούτου, επικρατούν το παλμιτικό (34,4-35,5%) και το παλμιτολεϊκό (34,4-38,5%) οξύ (Cenkowsk et al., 2006). Σε αντίθεση με τα έλαια του φρουτοπολτού, τα σπορέλαια είχαν μεγαλύτερη ποσότητα πολυακόρεστων λιπαρών οξέων (PUFAs) (65-72%) (Dulf, 2012) .

1.3.21 Έλαιο καρότου (Carrot seed oil)

Τα μονοακόρεστα λιπαρά οξέα MUFAs, είναι κυρίαρχα στο έλαιο που προέρχεται από τους σπόρους του καρότου, κυρίως λόγω του ελαϊκού οξέος 68.1–81.2% (Yanfeng Li et al., 2020). Σύμφωνα με τον Topkafa (2016), στη συγκριτική ανάλυση σποροελαίων ψυχρής έκθλιψης, βρέθηκε ότι το καροτέλαιο περιείχε τριγλυκερίδια TAGs: OOL (29.5%), POL + SLL (20.4%), OOO (19.4%) and SOL (11.8%).

1.3.22 Κραμβέλαιο (Canola oil)

Η ελαιοκράμβη (*Brassica napus* L) εμφανίζει συγγένεια με τη μουστάρδα, το λάχανο, το μπρόκολο, το κουνουπίδι και το γογγύλι. Καλλιεργείται κυρίως για το έλαιό της και αποτελεί το 3^ο έλαιο σε παγκόσμια παραγωγή (Abbott, 2023). Στο παρελθόν το κραμβέλαιο δεν χρησιμοποιούνταν τόσο στην ανθρώπινη διατροφή λόγω των υψηλών επιπέδων τοξικού ερουκικού οξέος. Πλέον, και έπειτα από παραδοσιακή φυτική γονιμοποίηση, εισήχθη η βελτιωμένη και χαμηλή σε ερουκικό οξύ εκδοχή, που ονομάζεται canola. Γενικά, το λάδι canola χαρακτηρίζεται από χαμηλό επίπεδο (7%) κορεσμένων λιπαρών οξέων (SFAs), σημαντικές ποσότητες μονοακόρεστων λιπαρών οξέων (MUFAs) και πολυακόρεστων λιπαρών οξέων (PUFAs), συμπεριλαμβανομένων 61% ελαϊκό οξύ, 21% λινελαϊκό οξύ και 11% α-λινολενικό οξύ (ALA), φυτικές στερόλες (0,53%-0,97%) και τοκοφερόλες (700–1200 ppm), που όλες θεωρούνται καρδιοπροστατευτικές ουσίες (Lewinska et al., 2015).

1.3.23 Έλαιο Macadamia (Macadamia oil)

Η παγκόσμια παραγωγή Macadamia(πυρήνας), είναι περίπου 44.000 μετρικοί τόνοι, το 86% των οποίων προέρχεται από την Αυστραλία, Νότια Αφρική, Κένυα, Ηνωμένες Πολιτείες και Μαλάουι. Χρησιμοποιείται πρωτίστως στη βιομηχανία καλλυντικών για την περιποίηση του δέρματος, λόγω του επιπέδου ελαϊκού και παλμιτολεϊκού οξέος που διαθέτει. Έχει μελετηθεί η ευεργετική δράση του ελαίου Macadamia στη μείωση του λιπιδικού περιεχομένου στις ζωοτροφές, αλλά και στην παρασκευή τροφίμων για ανθρώπινη κατανάλωση (Navarro et al., 2016) καθώς επίσης στην ανάμειξή του με έλαια για βαθύ τηγάνισμα, όπως το φοινικέλαιο. Μείγμα με 75% λάδι Macadamia, προσέφερε οξειδωτική σταθερότητα σε υψηλές θερμοκρασίες μαζί με τις επιδράσεις του στην προαγωγή της υγείας, λόγω των μονοακόρεστων λιπαρών οξέων με

καρδιαγγειακή προστατευτική λειτουργία και την παρουσία βιοδραστικών ενώσεων (σκουαλένιο και T3) (Koohikamali et al., 2019).

1.3.24 Φυστικέλαιο (Peanut oil)

Η Κίνα και η Ινδία είναι οι κύριοι παραγωγοί φυστικέλαιου. Η περιεκτικότητα σε φωσφολιπίδια του ακατέργαστου φυστικέλαιου είναι 0,6–2%, ανάλογα με την ωριμότητα των φιστικιών. Τα κύρια λιπαρά οξέα στο φυστικέλαιο είναι το ελαϊκό οξύ (45-53%), το λινελαϊκό οξύ (27-32%) και το παλμιτικό οξύ (11-14%). Ειδικότερα, αυτό το λάδι έχει κορεσμένα λιπαρά οξέα μακράς αλυσίδας όπως το αραχιδικό οξύ (1–2%), το βεγενικό οξύ (1,5–4,5%) και το λιγνοκερικό οξύ (0,5–2,5%) (Ghazani & Marangoni, 2016).

1.3.25 Έλαιο ροδιού (Pomegranate oil)

Το έλαιο ροδιού προέρχεται από τους σπόρους του καρπού του ροδιού (*Punica granatum*), ενός καρποφόρου φυλλοβόλου θάμνου που προέρχεται από περιοχές του Ιράν και της ινδικής υποηπείρου. Επιπλέον, το έλαιο του ροδιού είναι η κύρια πηγή πολύτιμου πουνικικού οξέος, (ένα συζευγμένο λινολενικό οξύ) στα συστήματα τροφίμων μαζί με άλλα ακόρεστα λιπαρά οξέα, τοκοφερόλες και φυτοστερόλη. Το πουνικικό οξύ, είναι ένα ω-5 λιπαρό οξύ και συναντάται σπάνια στη φύση. Το έλαιο ροδιού χρησιμοποιείται επίσης στη μαγειρική, κυρίως ως αρωματικό παράγοντα ή ως ντρέσινγκ σαλάτας. Προσθέτει μια χαρακτηριστική φρουτώδη και ελαφρώς πικάντικη γεύση στα πιάτα. Είναι γνωστό ότι παρουσιάζει αντιοξειδωτικές, αντιφλεγμονώδεις, υπολιπιδαιμικές, αντινεφροτοξικές, αντιδιαβητικές ιδιότητες και ιδιότητες κατά της παχυσαρκίας (Paul & Radhakrishnan, 2020).

1.3.26 Έλαιο από νυχτολούλουδο (Evening primrose oil)

Το νυχτολούλουδο, με την επιστημονική ονομασία *Oenothera biennis*, είναι ένα αρχαίο φαρμακευτικό βότανο που προέρχεται από το Μεξικό και την Κεντρική Αμερική. Το έλαιο νυχτολούλουδου είναι μια ευρέως χρησιμοποιούμενη εναλλακτική θεραπεία και μια πλούσια πηγή απαραίτητων λιπαρών οξέων ωμέγα-6. Είναι περισσότερο γνωστό για τη χρήση του στη θεραπεία συστηματικών ασθενειών που χαρακτηρίζονται από χρόνια φλεγμονή, όπως η ατοπική δερματίτιδα και η ρευματοειδής αρθρίτιδα. Χρησιμοποιείται συχνά για πολλές παθήσεις της υγείας των γυναικών,

συμπεριλαμβανομένου του πόνου στο στήθος (μασταλγία), των εμμηνοπαυσιακών και προεμμηνορροϊκών συμπτωμάτων, της ωρίμανσης του τραχήλου της μήτρας και της πρόκλησης τοκετού (Khorshidi et al., 2020).

Πίνακας 5. Συχνότερα συναντώμενα λιπαρά οξέα μελετούμενων ελαίων

<i>Έλαια</i>	<i>Συχνότερα απαντώμενα λιπαρά οξέα και οι ποσότητές τους</i>		<i>Σημείο καπνού</i>	<i>Βιβλιογραφικές αναφορές</i>
<i>Chia</i>	α-λινολενικό λινελαϊκό ελαϊκό παλμιτικό στεαρικό	54-67% 17-20% 5-10% 5-9% 3-5%	214 °C	Carillo et al., 2018, Ixtaina et al., 2011
<i>Αβοκάντο</i>	ελαϊκό λινελαϊκό παλμιτικό παλμιτολεϊκό	41-74% 8-21% 11-34% 3-13%	270 °C	Flores et al., 2019
<i>Αμύγδαλο</i>	ελαϊκό λινελαϊκό παλμιτικό στεαρικό	43-82% 6-37% 4-16% 0-10%	221 °C	Ouzir et al., 2021
<i>Βερίκοκο</i>	ελαϊκό λινελαϊκό παλμιτικό στεαρικό	44-71% 17-23% 3-20% 1-3%	257 °C	Stryjecka, 2019, Orhan, 2008
<i>Γαϊδουράγκαθο</i>	λινελαϊκό ελαϊκό παλμιτικό στεαρικό λινολενικό αραχιδικό	43-55% 27-36% 8-11% 5-8% 2-5% 0-3%	150 °C	Ayduğan et al., 2022 Nasrollahi et al., 2016

<i>Δαμάσκηνο</i>	ελαϊκό λινελαϊκό παλμιτικό	43-79% 10-37% 5-7%	230 °C	Savic et al., 2020, Matthaeus & Oezcan 2009
<i>Ιπποφαές</i>	ελαϊκό παλμιτικό παλμιτολεϊκό λινελαϊκό βαξενικό λινολενικό	21-46% 21-38% 9-25% 3-11% 4-7% 2-4%	231°C	Dulf, 2012
<i>Καρότο</i>	ελαϊκό λινελαϊκό παλμιτικό	79-81% 12-16% 3-5%		Li et al., 2020 Topkafa et al., 2016
<i>Καρόδα</i>	λαουρικό μυριστικό παλμιτικό ελαϊκό καπρυλικό καπρικό στεαρικό	43-53% 16-21% 6-10% 5-10% 5-10% 5-8% 2-11%	177 °C	Marina et al., 2009
<i>Καρόδι</i>	λινολεϊκό ελαϊκό λινολενικό	60-67% 13-20% 7-13%	160%	Bouabdallah et al., 2016
<i>Καφές</i>	λινελαϊκό παλμιτικό ελαϊκό στεαρικό αραχιδικό	42-48% 34-39% 7-10% 6-7% 1-3%		Dong et al., 2021 Koshima et al., 2020

<i>Κολοκύθα</i>	λινελαϊκό ελαϊκό παλμιτικό στεατικό	40-51% 26-41% 10-15% 5-7%		Bardaa et al., 2016, Ned̄eral et al., 2014
<i>Κουκουνάρι</i>	λινελαϊκό ελαϊκό πινολενικό παλμιτικό στεατικό	41-49% 23-28% 14-19% 4-6% 2-3%		Baker et al., 2021
<i>Κραμβέλιαιο</i>	ελαϊκό λινελαϊκό παουλινικό παλμιτικό στεαρικό	55-67% 16-22% 1-10% 4-6% 1-3%	220-230 °C	Matthaeus et al., 2016
<i>Λινέλαιο</i>	α-λινολενικό ελαϊκό λινελαϊκό παλμιτικό στεαρικό	40-60% 13-29% 11-17% 4-8% 2-7%	107 °C	Goyal et al., 2014 Bayrak et al., 2010
<i>Μακαντάμια</i>	ελαϊκό παλμιτολεϊκό παλμιτικό λινελαϊκό στεαρικό	40-60% 17-34% 7-11% 2-5% 1-4%		Navarro et al., 2016
<i>Μαύρο Κίμινο</i>	λινελαϊκό ελαϊκό παλμιτικό στεαρικό	47-61% 19-25% 12-13% 2-4%		Ketenoglu et al., 2020

<i>Νυχτολούλουδο</i>	λινελαϊκό γ-λινολενικό ελαϊκό παλμιτικό	70-74% 8-10% ~7% ~6%		Timoszuk et al., 2018
<i>Παπαρούνα</i>	λινελαϊκό ελαϊκό παλμιτικό	69-75% 12-18% 8-10%		Rahimi et al., 2011 Bozan & Temelli, 2008
<i>Ρόδι</i>	πουνικικό οξύ λινελαϊκό ελαϊκό παλμιτικό στεατικό	~73% 9-10% 8-9% 5-8% 2-6%	170 °C	Zielińska et al., 2022
<i>Σησάμι</i>	ελαϊκό λινελαϊκό παλμιτικό στεατικό	36-42% 41-48% 8-12% 5-6%	232 °C	Wacal et al., 2019
<i>Σινάπι</i>	ερουκικό ελαϊκό γαδολεϊκό λινελαϊκό παλμιτικό	28-53% 14-25% 9-14% 5-17% 4-5%	254 °C	Antova et al., 2016
<i>Σογιέλαιο</i>	ελαϊκό λινελαϊκό παλμιτικό	29-80% 4-47% 8-16%	234 °C	da Silveira, 2017
<i>Σταφύλι</i>	λινελαϊκό ελαϊκό παλμιτικό στεατικό	67-73% 14-20% 8-11% 3-5%	216 °C	Kapcsándi et al., 2021
<i>Φιστίκι</i>	ελαϊκό λινελαϊκό	41-68% 14-36%	170 °C	Sanders, 2003 Stenerson, 2015

Φουντούκι

παλμιτικό	7-13%
στεαρικό	2-5%
αραχιδικό	1-2%
λιγνοκηρικό	1-2%
ελαϊκό	79-84%
λινελαϊκό	9-13%
παλμιτικό	4-7%

Sun et al., 2022
Król et al., 2021

1.4 Ενόργανες μέθοδοι για την ανάλυση φυτικών ελαίων

Με την πάροδο των ετών, έχει γίνει σημαντική προσπάθεια για να προσδιοριστεί το πλήρες προφίλ των συστατικών φυτικών ελαίων, καθώς και για να αποκαλυφθούν προσμείξεις, νοθεία ή και μολυσματικές ουσίες στα βρώσιμα λάδια προκειμένου να διασφαλιστεί η ποιότητα και η αυθεντικότητά τους. Για αυτό το έργο, έχουν χρησιμοποιηθεί διάφορες τεχνικές διαχωρισμού όπως η αέρια χρωματογραφία (GC), η υγρή χρωματογραφία υψηλής απόδοσης (HPLC), η χρωματογραφία λεπτής στιβάδας (TLC) και χρωματογραφία υπερκρίσιμου υγρού (SFC). Περαιτέρω τεχνικές αξιολόγησης περιλαμβάνουν φασματομετρία μάζας (MS), φασματοσκοπία πυρηνικού μαγνητικού συντονισμού (NMR) (Mota et al., 2021).

1.4.1 Αέρια χρωματογραφία (Gas chromatography, GC)

Τα φυτικά έλαια αποτελούνται από ένα ευρύ φάσμα κατηγοριών ενώσεων που ποικίλλουν ως προς τις φυσικοχημικές τους ιδιότητες, όπως είναι η μοριακή μάζα και η τάση ατμών (Mota et al., 2021). Η εφεύρεση της αέριας χρωματογραφίας αποδίδεται γενικά στον A.T. James και A.J.P. Martin, για μελέτη που δημοσίευσαν το 1952, αλλά η ανακάλυψη ότι η εστεροποίηση των λιπαρών οξέων είναι απαραίτητη για να γίνουν πιο πτητικά για την ανάλυση αερίου χρωματογραφίας (GC) μπορεί να αποδοθεί στο έργο του J. B. Neilson στα τέλη της δεκαετίας του 1950 και στις αρχές της δεκαετίας του 1960 (Aluyor et al., 2009). Ύστερα από τις προδιεργασίες εστεροποίησης και διάλυσης, το δείγμα εγχέεται στην στήλη, από όπου μεταφέρεται από ένα αδρανές αέριο όπως το ήλιο κ το άζωτο. Γενικά, η ανάλυση FAMES σε φυτικά έλαια διεξάγεται με GC μονής στήλης (Mota et al., 2021). Τα διαχωρισμένα συστατικά στη συνέχεια περνούν μέσα από έναν ανιχνευτή, ο οποίος δημιουργεί ένα χρωματογράφημα που αντιπροσωπεύει τη σύνθεση του λαδιού. Η ανάλυση GC παρέχει πολύτιμες πληροφορίες για το προφίλ των λιπαρών οξέων, τη σύνθεση των τριγλυκεριδίων, τις στερόλες και άλλες πτητικές ενώσεις που υπάρχουν στα φυτικά έλαια. Χρησιμοποιείται ευρέως στη βιομηχανία τροφίμων, στα ερευνητικά εργαστήρια και στις ρυθμιστικές αρχές για τον ποιοτικό έλεγχο, την επαλήθευση της γνησιότητας και τον προσδιορισμό των θρεπτικών ιδιοτήτων των ελαίων.

1.4.2 Υγρή χρωματογραφία υψηλής απόδοσης (High Performance Liquid Chromatography, HPLC)

Η υγρή χρωματογραφία υψηλής απόδοσης μαζί με τις μεθόδους αέριας χρωματογραφίας αποτελούν τις πιο χρησιμοποιούμενες τεχνικές ανάλυσης βρώσιμων ελαίων σήμερα. Η HPLC μια ευρέως χρησιμοποιούμενη τεχνική για την ανάλυση φυτικών ελαίων, καθώς επιτρέπει τον διαχωρισμό, την αναγνώριση και την ποσοτικοποίηση των διαφόρων συστατικών που υπάρχουν στα δείγματα λαδιού. Στην ανάλυση HPLC, ένα μικρό μέρος του φυτικού ελαίου εγχέεται στην κορυφή της στήλης του χρωματογράφου υψηλής πίεσης, όπου χάρη στην κινητή φάση, τα συστατικά του μετακινούνται με τη μορφή ζωνών και τελικά εκκλύονται το ένα με το άλλο (Papadogiannis & Samanidou, 2001). Η HPLC μπορεί να παρέχει πολύτιμες πληροφορίες σχετικά με τη σύνθεση των φυτικών ελαίων, συμπεριλαμβανομένης της παρουσίας και συγκέντρωσης λιπαρών οξέων, τριγλυκεριδίων, στερολών, τοκοφερολών και άλλων βιοδραστικών ενώσεων. Η τεχνική επιτρέπει τον προσδιορισμό τόσο των βασικών όσο και των δευτερευόντων συστατικών, βοηθώντας στον ποιοτικό έλεγχο, την επαλήθευση της γνησιότητας και την αξιολόγηση της θρεπτικής αξίας του λαδιού.

1.4.3 Φασματομετρία μάζας (Mass Spectrometry, MS)

Η φασματομετρία μάζας (MS) είναι μια ισχυρή αναλυτική τεχνική που χρησιμοποιείται ευρέως για την ανάλυση φυτικών ελαίων. Επιτρέπει την αναγνώριση και ποσοτικοποίηση μεμονωμένων συστατικών με βάση τους λόγους μάζας προς φορτίο (m/z) και τα μοτίβα κατακερματισμού τους, δηλαδή βασίζεται στον ιοντισμό ατόμων ή μορίων ή την παρασκευή ιοντικών θραυσμάτων μορίων και την καταγραφή του ιοντικού ρεύματος που αντιστοιχεί σε κάθε λόγο μάζας προς φορτίο. Στην ανάλυση MS φυτικών ελαίων, ένα μικρό δείγμα εξατμίζεται και ιονίζεται, συνήθως με βομβαρδισμό με δέσμη ηλεκτρονίων ή χημικό ιονισμό, δημιουργώντας ένα μείγμα ιόντων. Αυτά τα ιόντα διαχωρίζονται στη συνέχεια σύμφωνα με τις αναλογίες m/z τους σε έναν αναλυτή μάζας, όπως έναν τετραπολικό αναλυτή ή έναν αναλυτή χρόνου πτήσης (Mota et al., 2021). Το προκύπτον φάσμα μάζας αντιπροσωπεύει ένα μοναδικό δακτυλικό αποτύπωμα του λαδιού, παρέχοντας πληροφορίες για τη μοριακή του σύνθεση. Η υψηλή ευαισθησία, η εξειδίκευση και η ευελιξία της MS την καθιστούν πολύτιμο εργαλείο για τον χαρακτηρισμό των φυτικών ελαίων. Χρησιμοποιείται εκτενώς στην

έρευνα, τον ποιοτικό έλεγχο και τις ρυθμιστικές εφαρμογές, παρέχοντας πληροφορίες για τη χημική σύνθεση και τα πιθανά οφέλη στην υγεία.

1.4.4 Φασματοσκοπία υπέρυθρου μετασχηματισμού Fourier (Fourier Transform Infrared Spectroscopy FTIR)

Η φασματοσκοπία IR (υπέρυθρη) είναι μια πολύτιμη τεχνική για την ανάλυση φυτικών ελαίων. Περιλαμβάνει τη μέτρηση της αλληλεπίδρασης μεταξύ της υπέρυθρης ακτινοβολίας και των μοριακών δονήσεων μέσα στο δείγμα λαδιού. Η φασματοσκοπία υπέρυθρου παρέχει πληροφορίες σχετικά με τις λειτουργικές ομάδες που υπάρχουν στο λάδι, επιτρέποντας ποιοτικές και ποσοτικές αξιολογήσεις. Στην ανάλυση IR, μια δέσμη υπέρυθρης ακτινοβολίας διέρχεται μέσω του δείγματος φυτικού ελαίου και το προκύπτον φάσμα καταγράφεται. Κάθε λειτουργική ομάδα μέσα στο λάδι παράγει μια χαρακτηριστική κορυφή απορρόφησης σε συγκεκριμένα μήκη κύματος. Συγκρίνοντας το ληφθέν φάσμα με φάσματα αναφοράς ή βάσεις δεδομένων, μπορούν να αναγνωριστούν διάφορα συστατικά του ελαίου, όπως λιπαρά οξέα, τριγλυκερίδια, στερόλες και αντιοξειδωτικά. Η ανάλυση IR προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα για την ανάλυση φυτικών ελαίων, συμπεριλαμβανομένης της μη καταστροφικής φύσης, της ταχύτητας και της απλότητάς της. Απαιτεί ελάχιστη προετοιμασία δείγματος και μπορεί να παρέχει πολύτιμες πληροφορίες σχετικά με την ποιότητα, την καθαρότητα και τη γνησιότητα του λαδιού (Papadogiannis & Samanidou, 2001).

Σκοπός της μελέτης

Στην παρούσα πειραματική μελέτη, αναλύονται 26 διαφορετικά δείγματα βρώσιμων φυτικών ελαίων διασποράς με τη χρήση αέριας χρωματογραφίας με σκοπό την μεταξύ τους σύγκριση ως προς την ποιοτική και ποσοτική τους σύσταση σε λιπαρά οξέα. Η μελέτη αυτή χρησιμεύει ως συγκεντρωτικό εργαλείο ανασκόπησης για τα φυτικά έλαια σε άμεση συσχέτιση με την ήδη υπάρχουσα βιβλιογραφία. Η αξία της μελέτης έγκειται στην συνεχή αναζήτηση των καταναλωτών για νέες, καινοτόμες, εναλλακτικές και θρεπτικές επιλογές που θα εμπλουτίσουν τη διατροφή τους και θα σταθούν ως σύμμαχος στην υγεία τους. Επιλέχθηκαν μεν, ήδη γνωστά και ευρύτατα χρησιμοποιούμενα έλαια όπως το σογιέλαιο, το κραμβέλαιο και το σησαμέλαιο, τα οποία μπορούν να λειτουργήσουν ως σημείο αναφοράς για να κριθούν οι διαφορές που προκύπτουν με άλλα λιγότερο γνωστά έλαια. Υπάρχει λοιπόν το ενδιαφέρον έτσι ώστε οι καταναλωτές να έρθουν σε επαφή με νέα βρώσιμα φυτικά έλαια, λιγότερο διαδεδομένα στην αγορά όπως το έλαιο από γαϊδουράγκαθο ή εκείνο από νυχτολούλουδο. Επίσης, μπορούν να ανακαλυφθούν περαιτέρω δυνατότητες σε τρόφιμα που έχουν μεγάλη προβολή τα τελευταία χρόνια ως «υπερτρόφιμα/superfoods», όπως το Chia και το ιπποφαές. Σε κάθε περίπτωση, η αξιοποίηση των πόρων που προσφέρει η φύση με νέους, εναλλακτικούς και βιώσιμους τρόπους θα πρέπει να είναι βασικό μέλημα των βιομηχανιών τροφίμων και αφήνονται τεράστια περιθώρια για να προοδεύσει η έρευνα στην καινοτομία της επιστήμης των τροφίμων.

Υλικά - Μέθοδοι

1.5 Δείγματα

Τα πρώτα 9 δείγματα παρελήφθησαν τον Ιούνιο 2023 από την εταιρία KIPRITSAS INGREDIENTS με έδρα τις Σέρρες και ήταν τα εξής:

1. Αμυγδαλέλαιο
2. Έλαιο Αβοκάντο
3. Έλαιο καρύδας
4. Έλαιο μαύρο κύμινο
5. Καρυδέλαιο
6. Κολοκυθέλαιο
7. Λινέλαιο
8. Σησαμέλαιο
9. Φουντουκέλαιο

Όλα τα έλαια που χρησιμοποιήθηκαν ήταν βιολογικά και ήταν προϊόντα ψυχρής έκθλιψης.

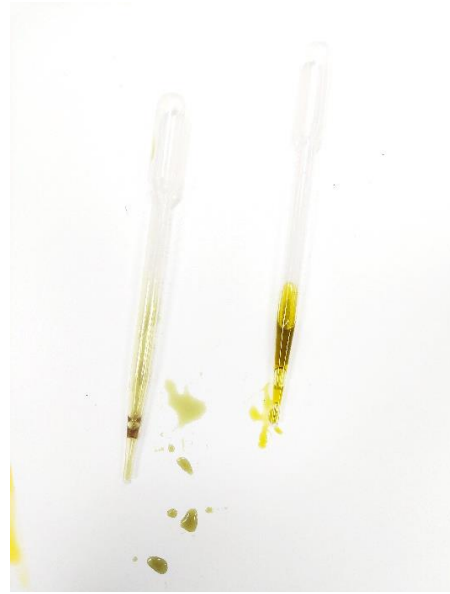
Τα υπόλοιπα 17 δείγματα παρελήφθησαν τον Οκτώβριο 2023 από το herbstore.gr με έδρα τη Βέροια και ήταν τα εξής:

1. Βερικοκέλαιο
2. Έλαιο Macadamia
3. Έλαιο από πυρήνα δαμάσκηνου
4. Έλαιο γαϊδουράγκαθο
5. Έλαιο ιπποφαούς
6. Έλαιο καρότο
7. Έλαιο κόκκων καφέ
8. Έλαιο κουκουναριού
9. Έλαιο νυχτολούλουδο
10. Έλαιο παπαρουνόσπορου
11. Έλαιο ρόδι
12. Έλαιο σπόρων Chia

13. Κραμβέλαιο
14. Σιναπέλαιο
15. Σογιέλαιο
16. Σταφυλοκουκουτσέλαιο
17. Φυστικέλαιο



Εικόνα 1: Έλαιο ιπποφαούς, έλαιο κολοκύθας, αμυγδαλέλαιο



Εικόνα 4: Έλαιο κολοκύθας, έλαιο αβοκάντο

Στη συνέχεια ακολουθεί ένας συνοπτικός πίνακας που περιέχει την επίσημη ονοματολογία των ελαίων των δειγμάτων και πληροφορίες για την προέλευσή τους.

Πίνακας 6: Πίνακας αριθμών δειγμάτων, επίσημων ονομασιών και περιοχών προέλευσης

Αριθμός Δείγματος	Επίσημη ονομασία	Προέλευση			
351	Καρυδέλαιο (INCI: Juglans Regia Seed oil)		Germany		
352	Λινέλαιο (INCI: Linum Usitatissimum Seed Oil)	Ukraine		Austria	
354	Αμυγδαλέλαιο (INCI: Prunus Amygdalus Dulcis oil)	Spain		Germany	
355	Φουντουκέλαιο (INCI: Corylus Avellana Seed Oil)		Turkey		
356	Παρθένο κολοκυθέλαιο (μη καβουρδισμένων σπόρων) (INCI: Cucurbita Pepo Seed oil)		China		
358	Έλαιο αβοκάντο (INCI: Persea Gratissima oil)		Kenya		
382	Σησαμέλαιο (INCI: Sesamum Indicum Seed Oil)	Uganda		Germany	
383	Παρθένο έλαιο καρύδας (ωμό) (INCI: Cocos Nucifera Oil)		Philippines		
359	Έλαιο μαύρου κύμινου (INCI: Nigella Sativa Seed Oil)	Egypt		Germany	
361	Έλαιο κόκκων καφέ (βάσης) (INCI: Coffee Arabica Seed Oil)			Greece -Ammos Veroias (HERBSTORE)	
362	Έλαιο κουκουναριού (βάσης) (INCI: Pinus Sibirica Seed Oil)				
363	Έλαιο από νυχτολούλουδο (βάσης) (INCI: Oenothera Biennis Oil)				
365	Έλαιο σπόρων/κουκουτσιών σταφυλιού (INCI: Vitis Vinifera Seed Oil)				
366	Έλαιο πυρήνα δαμάσκηνου (Prunus Domestica (Plum) Seed Oil)		Germany		
367	Έλαιο ροδιού (βάσης) (INCI: Punica Granatum Seed Oil)				
368	Σιναπέλαιο (βάσης) (INCI: Brassica Juncea Seed Extract)				
370	Έλαιο ιπποφαούς (βάσης) (INCI: Hippophae Rhamnoides Fruit Extract)				
371	Έλαιο chia (βάσης) (INCI: Salvia Hispanica Seed Oil)				
372	Καροτέλαιο (βάσης) (Daucus Carota Sativa Root Extract / Sesamum Indicum Seed Oil / Rosmarinus Officinalis Leaf Extract / Helianthus Annuus Seed Oil)				
373	Φυστικοβούτηρο (βάσης) (INCI: Arachis Hyrogaea Oil)				
374	Βερυκοκέλαιο από πυρήνα (βάσης) (INCI: Prunus Armeniaca Kernel Oil)				
376	Έλαιο γαϊδουράγκαθο (βάσης) (INCI: Silybum Marianum Seed Oil)				
377	Έλαιο macadamia (βάσης) (INCI: Macadamia Integrifolia Seed Oil)				
378	Κραμβέλαιο (βάσης) (INCI: Brassica Campestris Seed Oil)				
379	Σογιέλαιο (βάσης) (INCI: Glycine Soya oil)				
380	Έλαιο παπαρουνόσπορου (βάσης) (INCI: Papaver Somniferum Seed Oil)				Greece -Ammos Veroias (HERBSTORE)

Όλα τα παραπάνω έλαια χαρακτηρίζονται ως έλαια οργανικά, ψυχρής έκθλιψης

INCI: International Nomenclature of Cosmetic Ingredients, Διεθνής Ονοματολογία Συστατικών Καλλυντικών

1.6 Εργαστηριακος εξοπλισμός

1.6.1 Διαλύτες

- n-Εξάνιο (πρότυπο για χρήση σε GC)
- Διάλυμα μεθανόλης/ υδροξειδίου του καλίου

Άλας Na₂SO₄

1.6.2 Αέριος Χρωματογράφος

Οι ποιοτικές ποσοτικές και αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν στον αέριο χρωματογράφο Agilent 6890 Gas Chromatograph του εργαστηρίου Ενόργανης Ανάλυσης Τροφίμων του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής. Ο συγκεκριμένος χρωματογράφος είναι εφοδιασμένος με ανιχνευτή ιονισμού φλόγας (FID) και τριχοειδή στήλη DB-23. Επιλέχθηκε split σύστημα, κατά το οποίο χρησιμοποιείται 1/10 του εγχυόμενου δείγματος. Το θερμοκρασιακό πρόγραμμα ρυθμίστηκε στους 100°C για το 0 λεπτό, αυξήθηκε από τους 100°C στους 150°C με βαθμό 10°C min⁻¹, και διατηρήθηκε σταθερό στους 150°C για 0 λεπτά. Μετά, αυξήθηκε από 150°C σε 195°C με βαθμό 2°C min⁻¹ και διατηρήθηκε στους 195°C για 5 λεπτά. Έπειτα, αυξήθηκε από 195°C σε 210°C με βαθμό 1°C min⁻¹ και διατηρήθηκε στους 210°C για 0 λεπτά και τελικά αυξήθηκε από 210°C σε 240°C με βαθμό 10°C min⁻¹ και διατηρήθηκε σε αυτή τη θερμοκρασία για 5 λεπτά. Εν τέλει, οι θερμοκρασίες στο σημείο έγχυσης του δείγματος και στον ανιχνευτή ήταν 250°C και 260°C αντίστοιχα. Για τον υπολογισμό των περιοχών κορυφών και των χρόνων κατακράτησης χρησιμοποιήθηκε το Hewlett-Packard Chem Station Software.

1.6.3 Μικροεξοπλισμός

- Πιπέτες Pasteur
- Σωλήνες φυγοκέντρησης eppendorf
- Μικροσύριγγα 1μL
- Vortex

1.7 Πειραματική πορεία

Η μέθοδος που ακολουθήθηκε είναι βασισμένη στην μελέτη των Sinanoglou et al. (2013). Σε αναλυτικό ζυγό τεσσάρων δεκαδικών ψηφίων, ζυγίζονται περίπου 0,01g ελαίου. Ως περιέκτης χρησιμοποιήθηκε σωλήνας φυγοκέντρησης eppendorf, ενώ η

τοποθέτηση του δείγματος έγινε με πιπέτα Pasteur. Κατά την προετοιμασία των δειγμάτων (Sinanoglou and Miniadou, 2018) στο δείγμα προστέθηκε 0,75ml n-Εξάνιο και στη συνέχεια προστέθηκε 0,1ml υδροξειδίου του καλίου σε μεθανόλη 2N. Μετά από κάθε προσθήκη το μείγμα αναμίχθηκε σε Vortex για 10-20 δευτερόλεπτα. Για την απομάκρυνση της ανεπιθύμητης υγρασίας προστέθηκε άλας Na_2HSO_4 . Μετά τον διαχωρισμό φάσεων, η υπερκείμενη στιβάδα n-εξανίου που περιέχει τους μεθυλεστέρες των λιπαρών οξέων το δείγματος, εγχύθηκε απευθείας στον αέριο χρωματογράφο με τη μικροσύριγγα. Πριν την εκκίνηση του πειράματος ο αέριος χρωματογράφος εξισορροπήθηκε με διαβίβαση n-εξανίου προτού εισαχθεί το δείγμα. Η ανάλυση διήρκησε περίπου 55 λεπτά.

*Το έλαιο καρύδας υπεβλήθη σε ήπια θέρμανση προκειμένου να υγροποιηθεί καθώς έχει τη μορφή στερεού λίπους σε θερμοκρασία άνω των 18°C .

Αποτελέσματα

Η ανάλυση ενός χρωματογραφήματος με βάση τους χρόνους κατακράτησης και τις περιοχές αιχμής περιλαμβάνει την αξιολόγηση της σειράς έκλουσης, των χρόνων κατακράτησης και των σχετικών περιοχών κορυφών των ανιχνευόμενων συστατικών. Ακολουθεί μια σύντομη εξήγηση της διαδικασίας:

1. Σειρά έκλουσης (Elution Order): Η σειρά έκλουσης αναφέρεται στην αλληλουχία με την οποία τα συστατικά εκλούνται από τη χρωματογραφική στήλη. Ουσιαστικά, τα μικρότερα λιπαρά οξέα συνήθως εκλούνται πριν από τα μεγαλύτερα λιπαρά οξέα. Αυτό συμβαίνει επειδή τα μικρότερα λιπαρά οξέα έχουν μικρότερο μοριακό βάρος και μικρότερα μήκη ανθρακικής αλυσίδας, τα οποία τους επιτρέπουν να αλληλεπιδρούν λιγότερο έντονα με τη στατική φάση της χρωματογραφικής στήλης.
2. Χρόνος κατακράτησης (Retention Time): Κάθε συστατικό στο χρωματογράφημα έχει έναν συγκεκριμένο χρόνο κατακράτησης, που είναι ο χρόνος που χρειάζεται για να εκλούσει το συστατικό από τη στήλη και να φτάσει στον ανιχνευτή. Οι χρόνοι κατακράτησης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για σκοπούς ταυτοποίησης (ποιοτική ανάλυση), καθώς διαφορετικές ενώσεις έχουν μοναδικές τιμές χρόνου κατακράτησης. Στην παρούσα πειραματική

εργασία έγινε σύγκριση των χρόνων κατακράτησης των κορυφών στο χρωματογράφημα του δείγματος με αυτούς του προτύπου Sinanoglu et al., 2013, λαμβάνοντας υπόψη τις διαδικασίες συντήρησης που έχει δεχθεί η στήλη (καθώς επιχειρήσαμε στο ίδιο όργανο), και τις αναμενόμενες διαφορές που θα εμφανίζονταν στους χρόνους (λόγω μείωσης του μήκους της στήλης).

3. Περιοχή κορυφής (Peak Area): Η περιοχή κορυφής αντιπροσωπεύει το μέγεθος ή την ποσότητα ενός συγκεκριμένου συστατικού στο δείγμα. Το εμβαδόν που καλύπτει η περιοχή κορυφής του κάθε λιπαρού οξέος, υπολογίζεται ώστε να αναλυθεί και ποσοτικά, έτσι ώστε να εκτιμήσουμε την σχετική του συγκέντρωση ως προς το σύνολο των υπόλοιπων λιπαρών οξέων του δείγματος και να βρεθεί η ποσοστιαία αναλογία τους.

Πίνακας 7: Δεδομένα για τους μεθυλεστέρες των λιπαρών οξέων που λειτούργησαν ως πρότυπα,

A/A	FAME	Rt (min)	Rf (split ratio 1 : 2)				
1	C4:0	4.200–4.405	0.37369 ± 0.00613	27	C18:2 ω-6 cla	23.011–23.301	0.32597 ± 0.00337
2	C6:0	4.580–4.760	0.37436 ± 0.00628	28	C18:2 ω-6 t9, t11	23.314–23.301	0.32597 ± 0.00337
3	C8:0	5.438–5.808	0.38637 ± 0.00043	29	C18:2 ω-6 cis	23.671–23.951	0.32122 ± 0.00311
4	C10:0	6.897–7.158	0.35074 ± 0.00134	30	C18:3 ω-6 cis	24.488–24.764	0.32818 ± 0.00318
5	C10:1	7.325–7.579	0.35074 ± 0.00134	31	C18:3 ω-3 cis	25.434–25.721	0.29582 ± 0.00282
6	C11:0	7.877–8.088	0.34422 ± 0.00189	32	C18:4 ω-3 cis	26.305–26.515	0.29582 ± 0.00282
7	C12:0	9.064–9.251	0.33555 ± 0.00149	33	C19:0	27.336–27.492	0.34611 ± 0.00491
8	C13:0	10.484–10.641	0.32852 ± 0.00054	34	C20:0	27.492–27.653	0.34611 ± 0.00491
9	C14:0	12.168–12.398	0.32561 ± 0.00068	35	C20:1 ω-9 cis	28.042–28.485	0.33910 ± 0.00490
10	C14:1	12.954–13.131	0.32998 ± 0.00015	36	C20:2 ω-6 cis	29.660–29.867	0.32028 ± 0.00444
11	Iso-C15:0	13.556–13.685	0.33183 ± 0.00018	37	C20:3 ω-6 cis	30.528–30.660	0.33346 ± 0.00356
12	Anteiso-C15:0	13.782–13.956	0.33183 ± 0.00018	38	C20:4 ω-6 cis	31.235–31.508	0.34295 ± 0.00620
13	C15:0	14.148–14.354	0.33183 ± 0.00018	39	C20:3 ω-3 cis	31.888–32.037	0.33598 ± 0.00527
14	C15:1 ω-5	15.064–15.274	0.32497 ± 0.00054	40	C21:0	32.964–33.282	0.37696 ± 0.00544
15	C16:0	16.400–16.791	0.32226 ± 0.00096	41	C20:5 ω-3 cis	33.675–34.151	0.33962 ± 0.00476
16	Iso-C16:0	16.978–17.162	0.32226 ± 0.00096	42	C22:0	34.329–34.598	0.36969 ± 0.00904
17	C16:1 ω-9 (cis)	17.212–17.394	0.32717 ± 0.00102	43	C22:1 ω-9 cis	36.285–36.361	0.34866 ± 0.00589
18	Iso-C17:0	18.465–18.588	0.41283 ± 0.00352	44	C22:1 ω-11 cis	36.534–36.892	0.34866 ± 0.00589
19	Anteiso-C17:0	18.612–18.688	0.41283 ± 0.00352	45	C22:2 ω-6 cis	37.633–37.753	0.34738 ± 0.00604
20	Cyclo-C17:0	18.705–18.855	0.41283 ± 0.00352	46	C23:0	37.979–38.308	0.38454 ± 0.00781
21	C17:0	18.948–19.100	0.41283 ± 0.00352	47	C22:4 ω-6 cis	38.527–38.743	0.34295 ± 0.00620
22	C17:1 ω-7	19.728–19.994	0.31718 ± 0.00197	48	C22:5 ω-6 cis	39.855–40.198	0.34295 ± 0.00620
23	C18:0	21.573–22.000	0.33312 ± 0.00352	49	C22:5 ω-3 cis	40.386–40.822	0.34295 ± 0.00620
24	C18:1 ω-9 trans	22.000–22.285	0.32846 ± 0.00342	50	C24:0	42.544–42.703	0.40016 ± 0.00753
25	C18:1 ω-9 cis	22.285–22.668	0.32299 ± 0.00323	51	C22:6 ω-3 cis	43.255–44.162	0.34295 ± 0.00620
26	C18:1 ω-7 cis	22.749–22.909	0.32299 ± 0.00323	52	C24:1 ω-9 cis	44.162–44.392	0.35047 ± 0.00748

Τα αριθμητικά μεγέθη που μας παρείχε το όργανο προκειμένου να ποσοτικοποιήσουμε τους μεθυλεστέρες λιπαρών οξέων ήταν οι περιοχές κορυφών PA (Peak Area) και οι αντίστοιχοι παράγοντες επιβράδυνσης. Παράγοντας επιβράδυνσης (Rf) είναι το κλάσμα μιας αναλυόμενης ουσίας στην κινητή φάση ενός χρωματογραφικού συστήματος, δηλαδή είναι το μέτρο του πόσο μακριά έχει μεταναστεύσει μια συγκεκριμένη ένωση ή αναλύτης σε σχέση με το μέτωπο του διαλύτη σε ένα χρωματογράφημα. Πολλαπλασιάζοντας το Rf με το PA που αντιστοιχεί σε κάθε ένωση, λαμβάνουμε την ποσότητα του κάθε μεθυλεστέρα λιπαρού οξέος στο δείγμα. Στη συνέχεια εκφράστηκε το ποσοστό του κάθε λιπαρού οξέος σε σχέση με τα ολικά λιπαρά οξέα για κάθε δείγμα ελαίου.

Παρακάτω παρατίθενται τα αποτελέσματα όπως αυτά προκύπτουν από την ταυτοποίηση με βάση τους χρόνους κατακράτησης και τους υπολογισμούς που αφορούν τα εμβαδά των περιοχών κορυφών, σε % μεθυλεστέρες λιπαρών οξέων.

Πίνακας 8: % Ποσοστό μεθυλεστέρων των συνηθέστερα εμφανιζόμενων λιπαρών οξέων ελαίων

Έλαια	Λιπαρά οξέα (%)				
	16:0	18:0	18:1	18:2	18:3
Αμυγδαλέλαιο	6,1	3,8	68,8 (ω-9)	14,7	ND
Βερικοκέλαιο	5,6	1,5	64,5 (ω-9)	23,6 (ω-6)	0,1 (ω-3)
Έλαιο Αβοκάντο	18,5	0,8	57,5 (ω-9)	8,2	0,6
Έλαιο μαύρου κύμινου	11,1	3,3	22,4	50,6	0,2
Κραμβέλαιο	4,4	1,8	52,5 (ω-9)	21,5	10,0 (ω-3)
Καροτέλαιο	10,3	6,4	38,3 (ω-9)	40,2	0,3
Λάδι σπόρων Chia	8,8	3,7	7,7 (ω-9)	20,6 (ω-6)	54,3
Έλαιο καρύδας	7,8	3,1	4,3	0,9	ND
Έλαιο κόκκων καφέ	8,9	4,8	22,4 (ω-9)	55,2 (ω-6)	0,1
Έλαιο νυχτολούλουδο	5,8	2	6,6 (ω-9)	75,4	0,4
Σταφυλοκουκουτσέλαιο	52,2	36,1	3,4	5,9	ND
Φουντουκέλαιο	6,9	2,2	71,6 (ω-9)	13,8	0,1 (ω-3)
Λινέλαιο	6	4,3	19,9 (ω-9)	15,6 (ω-6)	48,5 (ω-3)
Έλαιο Macadamia	7,6	2,7	49,9	2,1	0,2
Έλαιο γαϊδουράγκαθο	8	5,4	20,7	53,5	0,2
Έλαιο σιναπιού	15,6	2,6	64,0 (ω-9)	9,6 (ω-6)	0,6

Έλαιο κουκουναριού	4,8	2,6	22,6 (ω-9)	63,4 (ω-6)	0,2 (ω-3)
Έλαιο φιστικιού	8,4	2,6	56,7 (ω-9)	26,4 (ω-6)	0,1 (ω-3)
Έλαιο δαμάσκηνο	5,3	1,8	66,5 (ω-9)	20,1	0,1
Έλαιο ροδιού	9,9	2,8	65,8 (ω-9)	9,8	0,7
Έλαιο παπαρουνόσπορων	10,6	2,2	39,9 (ω-9)	35,4 (ω-6)	0,7
Έλαιο κολοκυθόσπορων	10,8	5,6	26,8 (ω-9)	45,2	2
Έλαιο ιπποφαύς	33,4	1,3	28,5 (ω-9)	2,7 (ω-6)	1,3
Σησαμέλαιο	8,1	5,8	36,8 (ω-9)	44,1	0,4
Σογιέλαιο	10,9	5,5	25,9 (ω-9)	48,6	5,8 (ω-3)
Καρυδέλαιο	6,5	2,7	15,4 (ω-9)	58,7	10,2 (ω-3)

Εν συνεχεία, ακολουθεί περαιτέρω κατηγοριοποίηση των φυσικών ελαίων με βάση τη σύστασή τους και τις ομοιότητες που εμφανίζουν. Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν τα έλαια που εμφάνισαν άνω του 50% ελαϊκού οξέος, στη δεύτερη εκείνα που εμφάνισαν άνω του 50% λινελαϊκό οξύ, ενώ ακολουθούν τα έλαια εκείνα με υψηλά ποσοστά παλμιτικού, υψηλά επίπεδα λινολενικού, μία κατηγορία ελαίων που εμφάνισαν ιδιαίτερες ομοιότητες στη σύστασή τους και τέλος το έλαιο καρύδας με την πλειονότητα των κορεσμένων λιπαρών οξέων και το έλαιο macadamia με το υψηλότερο ποσοστό παλμιτολεϊκού οξέος.

Πίνακας 9: Φυτικά έλαια διασποράς που περιέχουν ελαϊκό οξύ >50%

	1.Έλαιο αβοκάντο	2.Φουντουκέ-λαιο	3.Έλαιο Ροδιού	4.Αμυγδαλέ-λαιο	5.Φυστικέ-λαιο	6.Έλαιο Βερίκοκο	7.Έλαιο Δαμάσκηνο	8.Έλαιο Σιναπιού	9.Κραμβέ-λαιο
C15:0	1,71	2,95	5,85	4,52	1,49	1,79	2,76	2,63	4,25
C16:0	18,47	6,88	9,91	6,08	8,42	5,64	5,33	15,63	4,37
C16:1 ω-9	7,60	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1,72	<1
C18:0	<1	2,22	2,77	3,76	2,65	1,48	1,79	2,63	1,81
C18:1 ω-9	57,49	71,61	65,85	68,75	56,73	64,48	66,48	63,98	52,53
C18:1 ω-7	4,49	1,34	1,61	<1	<1	1,28	1,39	2,06	2,60
C18:2 ω-6 cis	8,21	13,85	9,81	14,69	26,41	23,56	20,09	9,58	21,47
C20:1 ω-9	<1	<1	<1	<1	1,09	<1	<1	<1	9,98

Πίνακας 10: Φυτικά έλαια διασποράς που περιέχουν λινελαϊκό οξύ >50%

	10.Καρυδέλαιο	11.Έλαιο μαύρου κύμινου	12.Έλαιο Νυχτολούλουδο	13.Έλαιο καφέ	14.Έλαιο κουκουναριού	15.Έλαιο από γαϊδουράγκαθο
C10:0	1,12	1,94	1,30	<1	<1	<1
C15:0	2,86	7,02	7,08	5,23	1,43	5,22
C16:0	6,55	11,14	5,85	8,91	4,84	7,99
C18:0	2,65	3,27	2,04	4,75	2,60	5,42
C18:1 ω-9	15,41	22,43	6,61	22,43	22,56	20,68
C18:1 ω-7	<1	-	<1	<1	1,84	-
C18:2 ω-6 cis	58,68	50,56	75,38	55,21	63,41	53,52
C18:3 ω-3	10,19	<1	<1	<1	<1	<1
C20:0	<1	<1	<1	<1	<1	2,88
C20:2 ω-6	<1	2,12	-	-	1,29	-
C20:5 ω-3	-	-	-	<1	-	1,96

Πίνακας 11: Υψηλά ποσοστά C16:0

	16.Σταφύλι	17.Έλαιο ιπποφαούς
C14:0	1,61	<1
C15:0	-	1,14
C16:0	52,25	33,44
C16:1 ω-9	-	29,00
C18:0	36,14	1,27
C18:1 ω-9	3,41	28,50
C18:2 ω-6	5,87	2,66
C18:3 ω-6	-	1,28

Πίνακας 12: Υψηλά ποσοστά C18:3 ω-3

	18.Λινέλαιο	19.Λάδι Chia
C15:0	3,36	2,85
C16:0	6,02	8,82
C18:0	4,26	3,72
C18:1 ω-9	19,94	7,74
C18:2 ω-6 cis	15,63	20,56
C18:3 ω-3 cis	48,55	54,27

Πίνακας 13: Εξαιρετικές ομοιότητες σύστασης σε λιπαρά οξέα (ποσότητες σε ποσοστά) %

	20.Έλαιο Παπαρουνόσπορων	21.Σογιέλαιο	22.Κολοκυθέλαιο	23.Σησαμέλαιο	24.Καροτέλαιο
C15:0	7,57	1,07	6,10	3,14	2,47
C16:0	10,63	10,90	10,82	8,12	10,26
C18:0	2,22	5,54	5,62	5,79	6,41
C18:1 ω-9	39,89	25,92	26,77	36,02	38,33
C18:2 ω-6	35,41	48,63	45,19	44,14	40,20
C18:3 ω-3	<1	5,79	1,96	<1	<1

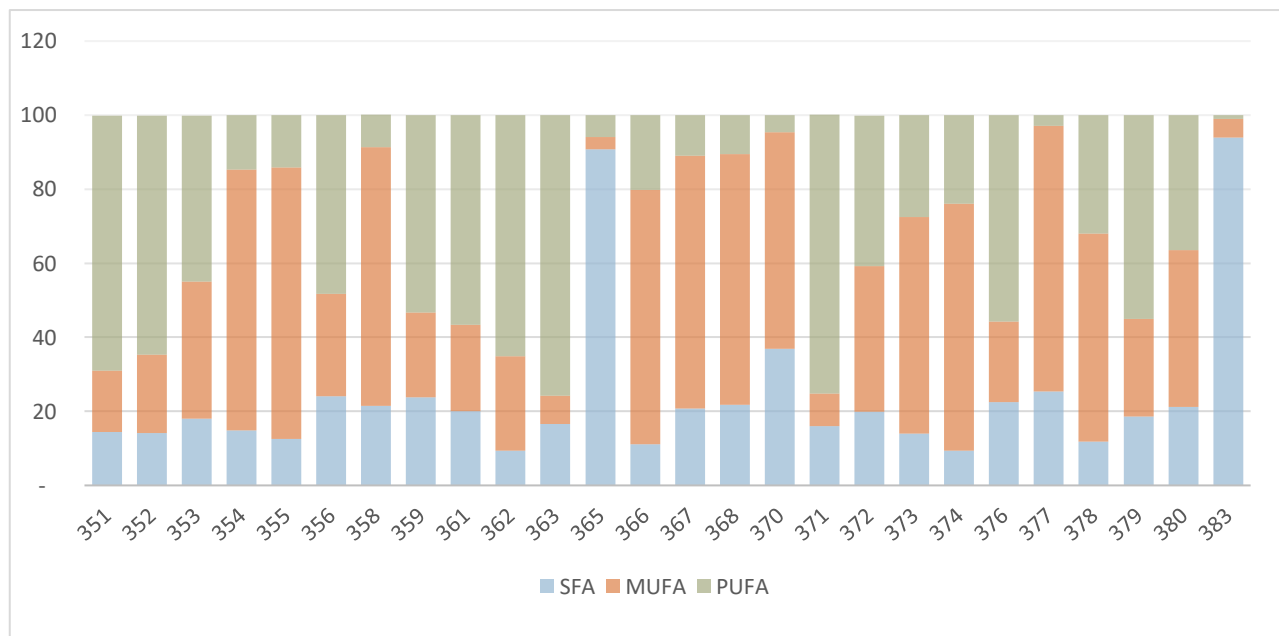
Πίνακας 14: Πλειονότητα SFAs (%)

	25 Έλαιο Καρύδας
C10:0	8,24
C12:0	55,53
C14:0	19,21
C16:0	7,76
C18:0	3,05
C18:1	4,30

Πίνακας 15: Σύσταση ελαίου Macadamia

	Έλαιο Macadamia
C10:0	1,10
C15:0	10,47
C16:0	7,55
C16:1 ω-9	19,42
C18:0	2,74
C18:1 ω-9	49,87
C18:2 ω-6	2,12
C20:0	2,13
C20:1 ω-9	2,44

Γράφημα 1: Αναλογίες ακόρεστων (SFA), μονοακόρεστων (MUFA) και πολυακόρεστων λιπαρών οξέων (PUFA) στο κάθε δείγμα ελαίου



1.7.1 Σχολιασμός των αποτελεσμάτων

Συντριπτική πλειονότητα ελαϊκού οξέος (C18:1 ω-9), εμφάνισε το φουντουκέλαιο με ποσοστό >70%, ακολουθούμενο από το αμυγδαλέλαιο και το δαμασκηνέλαιο, ενώ τα τρία έλαια με τα μικρότερα ποσοστά ελαϊκού ήταν το σταφυλοκουκουτσέλαιο, το έλαιο

καρύδας και το νυχτολούλουδο. Εδώ, μπορεί να επισημανθεί επίσης η μεγάλη ομοιότητα των ελαίων που έχουν προέλθει από τους πυρήνες των καρπών (κουκούτσια), δηλαδή τα έλαια του βερίκοκου και του δαμάσκηνου. Έχουν και τα δύο σύσταση με λίγο άνω του 5% παλμιτικό (C16:0), ελαϊκό ~65% και λινελαϊκό ~20%.

Όσον αφορά το λινελαϊκό οξύ (C18:2 ω-6) το λάδι από νυχτολούλουδο έρχεται πρώτο σε περιεκτικότητα με ~75%, και ακολουθούν το έλαιο κουκουναριού και το καρυδέλαιο. Τα χαμηλότερα ποσοστά λινελαϊκού οξέος συναντώνται στο έλαιο καρύδας (0,90%), το έλαιο macadamia και το έλαιο ιπποφαούς.

Η ολική αναλογία C18:1 ω-9 / C18:2 ω-6 από όλα τα δείγματα ελαίων συνολικά, είναι 1,25:1.

Χαρακτηριστική για το λινέλαιο και το έλαιο chia είναι η περιεκτικότητα σε αλινολενικό οξύ (C18:3 ω-3), γεγονός που τα καθιστά εξαιρετικά υγιεινή προσθήκη στη διατροφή λόγω του πλήθους των ω3 λιπαρών. Αξίζει να αναφερθεί και το καρυδέλαιο με 10% περιεκτικότητα σε λινολενικό.

Για τα κορεσμένα λιπαρά οξέα (SFAs) ξεχωρίζουν τα έλαια καρύδας και σταφυλοκουκουτσιών, σε ποσοστά περίπου 90%. Πιο συγκεκριμένα στην καρύδα κυριαρχεί το λαουρικό οξύ C12:0, ακολουθούμενο από το μυριστικό (C14:0). Ωστόσο, το σταφυλοκουκουτσέλαιο περιέχει κυρίως παλμιτικό οξύ και στεατικό. Στην ίδια κατηγορία με το προηγούμενο, κατατάχθηκε το έλαιο ιπποφαούς με 33% παλμιτικό οξύ αλλά και αναλόγως υψηλά ποσοστά μονοακόρεστων λιπαρών, παλμιτολεϊκού και ελαϊκού οξέος.

Στα έλαια παπαρουνόσπορων, σόγιας, κολοκύθας, σησαμιού και καρότου παρατηρήθηκαν εξαιρετικές ομοιότητες στη σύστασή τους που έχουν ως εξής: υψηλά ποσοστά σε ελαϊκό και λινελαϊκό οξύ, περίπου 10% παλμιτικό οξύ και κάποια ποσοστά στεατικού οξέος λιγότερα του 7%.

Πρώτα σε μονοακόρεστα λιπαρά οξέα φαίνεται να είναι το φουντουκέλαιο, το έλαιο αβοκάντο, το έλαιο macadamia και το αμυγδαλέλαιο. Συμπερασματικά, τα μονοακόρεστα λιπαρά οξέα είναι χαρακτηριστικά των ελαίων που προέρχονται από ολόκληρους καρπούς, με εξαίρεση το καρυδέλαιο που παρουσιάζει εντελώς διαφορετική σύσταση με κάτω του 16% μονοακόρεστα λιπαρά οξέα και περίπου 70% πολυακόρεστα.

Τα αποτελέσματα για την σύσταση των ελαίων: έλαιο αβοκάντο, φουντουκέλαιο, αμυγδαλέλαιο, φυστικέλαιο, βερικοκέλαιο, δαμασκηνέλαιο, σιναπέλαιο, κραμβέλαιο,

καρυδέλαιο, έλαιο μαύρου κύμινου, έλαιο νυχτολούλουδο, το έλαιο macadamia, το έλαιο chia, το σησαμέλαιο, το σογιέλαιο, το κολοκυθέλαιο, το έλαιο ιπποφαούς, το έλαιο από γαϊδουράγκαθο το λινέλαιο και το έλαιο καρύδας φαίνεται να συμβαδίζουν με τα δεδομένα της βιβλιογραφίας (Πίνακας 5), επιβεβαιώνοντας έτσι την συνέπεια και την ομαλή πειραματική διαδικασία που ακολουθήθηκε.

Οποιοσδήποτε αποκλίσεις με τη βιβλιογραφία (τιμές με κόκκινο χρώμα) μπορούν να αποδοθούν αρχικά, στις διαφορές που μπορεί να είχαν τα προϊόντα που χρησιμοποιήθηκαν στη μελέτη με τις ποικιλίες, την τοποθεσία, το κλίμα, τις καλλιεργητικές τεχνικές και τις μεθόδους εξαγωγής των ελαίων για τα οποία αντλήθηκαν πληροφορίες από τις διάφορες επιστημονικές πηγές. Πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι μόνο τα λιπαρά οξέα στα οποία αναφερόταν το άρθρο περάσαμε ως πρότυπα. Συνεπώς, κάποια σπανιότερα λιπαρά οξέα, όπως το πουνικικό 18:3 *cis*-9, *trans*-11, *cis*-13 (χαρακτηριστικό για το ρόδι) (Zielinska et al., 2022) και το πινολενικό *all-cis*-5,9,12-18:3 (χαρακτηριστικό για το κουκουνάρι) (Baker et al., 2021) δεν ταυτοποιήθηκαν. Στην ταυτοποίηση, εμφανιζόταν για σχεδόν κάθε δείγμα, κορυφή με RT περίπου 14,6, που αναφέραμε στα αποτελέσματά μας ως C15:0, κάτι που δεν ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα καθώς συναντάται κυρίως σε ζωϊκά προϊόντα και είναι πιθανότατα σφάλμα του οργάνου ή ανίχνευση κάποιας άλλης πτητικής ουσίας.

Άλλα έλαια τα οποία παρουσίασαν εμφανείς διαφορές σε σύγκριση με την βιβλιογραφία ήταν τα έλαια κουκουτσιών σταφυλιού και κόκκων καφέ. Οι Karpasándi et al., 2021, μελέτησαν 8 διαφορετικές ποικιλίες σταφυλιού, με GC-MS για την εύρεση της σύστασης των ελαίων των σταφυλοκουκουτσιών. Καμία ποικιλία δεν εμφάνισε τόσο υψηλά ποσοστά παλμιτικού και στεαρικού οξέος. Αντίστοιχα για το δείγμα ελαίου κόκκων καφέ, ενώ αντλήθηκαν δεδομένα από 2 πηγές (Πίνακας) 5, δεν συνάδουν με τα δικά μας αποτελέσματα. Ένα συμπέρασμα των Dong et al., 2021, ήταν ότι για το έλαιο κόκκων καφέ ισχύει PUFA>SFA>MUFA, ενώ στα δικά μας αποτελέσματα ισχύει: PUFA: 57%, MUFA:23%, SFA:20%. Σύμφωνα με τις παραπάνω πηγές, σε ποσότητα προηγείται το λινελαϊκό, όπως και στα αποτελέσματα μας, ακολουθούμενο όμως από παλμιτικό και σε μικρότερα ποσοστά από ελαϊκό. Επιπρόσθετα, οι αποκλίσεις για το σιναπέλαιο είναι σημαντικές. Το ερουκικό οξύ, C22:1 ω-9, είναι χαρακτηριστικό για το έλαιο του είδους (Antona et al., 2017), και δεν έγινε εφικτός ο εντοπισμός και η ποσοτικοποίησή του. Αυτό πιθανότατα οφείλεται, σε

επεξεργασία του ελαίου προς απομάκρυνση ερουκικού οξέος όπως γίνεται και στο κραμβέλαιο, καθώς έχει καρδιοτοξικές ιδιότητες και είναι μη επιθυμητό για ανθρώπινη κατανάλωση. Οι αναλύσεις μας ταυτίστηκαν με του κατασκευαστή. Τέλος, όσον αφορά το καροτέλαιο, σύμφωνα με τον προμηθευτή, το βιολογικό έλαιο καρότου που διαθέτει, προέρχεται από χλωρά καρότα. Οι πληροφορίες σχετικά με έλαιο από ολόκληρα καρότα ήταν ελλιπείς, καθώς οι περισσότερες πηγές αναφέρουν σπορέλαιο καρότων στο οποίο υπερέχει το ελαϊκό οξύ, αγγίζοντας το 80% σε περιεκτικότητα (Πίνακας 5), ενώ το δικό μας δείγμα (Πίνακας 13) εμφάνισε 40,2% λινελαϊκό και μόλις 38,3% ελαϊκό.

Συμπεράσματα

Με τη χρήση της αέριας χρωματογραφίας επιτεύχθηκε ανάλυση του προφίλ των λιπαρών οξέων των εδώδιμων βρώσιμων ελαίων διασποράς της μελέτης και έγινε σύγκριση μεταξύ τους. Αναλύοντας τις σχετικές αναλογίες κορεσμένων, μονοακόρεστων και πολυακόρεστων λιπαρών οξέων, θα μπορούσαν να προσδιοριστούν οι διαφορές στη θρεπτική σύνθεση και τα οφέλη για την υγεία μεταξύ των ελαίων. Αναλύοντας την περιεκτικότητα σε SFA, MUFA και PUFA διαφορετικών βρώσιμων ελαίων, μπορείτε να βγάλετε συμπεράσματα σχετικά με τα συνολικά διατροφικά τους προφίλ. Τα έλαια με υψηλότερες αναλογίες MUFA και PUFA σε σύγκριση με τα SFA θεωρούνται γενικά πιο ευνοϊκά για την υγεία, καθώς η υπερβολική πρόσληψη SFA έχει συσχετιστεί με αυξημένο κίνδυνο καρδιαγγειακών παθήσεων. Έλαια πλούσια σε MUFA, όπως το ελαιόλαδο ή το λάδι αβοκάντο, έχουν συνδεθεί με πιθανά οφέλη για την υγεία, όπως η μείωση των επιπέδων της LDL χοληστερόλης, η βελτίωση της ευαισθησίας στην ινσουλίνη και η υποστήριξη της ομαλής λειτουργίας της καρδιάς. Επιπλέον, η παρουσία βασικών λιπαρών οξέων, όπως τα ωμέγα-3 και ω-6 λιπαρά οξέα, στα βρώσιμα έλαια συμβάλλει στα οφέλη για την υγεία του ανθρώπου. Έλαια με υψηλότερη περιεκτικότητα σε PUFA, όπως το λινέλαιο ή το έλαιο από σπόρους Chia, μπορεί να έχουν αντιφλεγμονώδεις ιδιότητες, να υποστηρίζουν τη λειτουργία του εγκεφάλου και να παίζουν ρόλο στην καρδιαγγειακή υγεία. Η εξέταση της αναλογίας των ωμέγα-3 προς τα ωμέγα-6 λιπαρά οξέα είναι επίσης σημαντική,

καθώς μια ισορροπημένη αναλογία είναι επιθυμητή για βέλτιστη υγεία. Συστάσεις για πιο υγιεινές επιλογές ελαίων μπορούν να γίνουν με βάση τις αναλογίες των SFA, MUFA και PUFA, με έλαια υψηλότερα σε MUFA και PUFA και μια ευνοϊκή αναλογία ωμέγα-3 προς ωμέγα-6 να προτιμάται για άτομα που στοχεύουν στη βελτίωση της καρδιαγγειακής υγείας ή στη διαχείριση της φλεγμονής. Πρακτικά, εφόσον ο μέσος άνθρωπος καταναλώνει πολύ μεγαλύτερες ποσότητες ω-6 σε σχέση με τα ω-3, όσο το κλάσμα ω-6/ ω-3 μειώνεται, τόσο πιο ευνοϊκές συνέπειες προκύπτουν στην υγεία του καταναλωτή.

Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Η συγκριτική μελέτη φυτικών ελαίων με αέρια χρωματογραφία παρέχει πολύτιμες πληροφορίες για διάφορους ενδιαφερόμενους, συμπεριλαμβανομένων των καταναλωτών, των παρασκευαστών τροφίμων και των ερευνητών. Τα ευρήματα μπορούν να καθοδηγήσουν την ανάπτυξη προϊόντων, τον ποιοτικό έλεγχο και τις διατροφικές αξιολογήσεις, υποστηρίζοντας τη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων. Όλα τα ανωτέρω αναφερόμενα βρώσιμα φυτικά έλαια διασποράς δύναται να διερευνηθούν περαιτέρω για πρόσθετες παραμέτρους ποιότητας αλλά και την οξειδωτική τους σταθερότητα προκειμένου να αξιολογηθεί η καταλληλότητά τους και τα οφέλη τους στην ανθρώπινη υγεία. Για παράδειγμα, η διερεύνηση του αντίκτυπου των μεθόδων επεξεργασίας στη χημική σύνθεση των φυτικών ελαίων, η διερεύνηση της επίδρασης γεωγραφικών παραγόντων στα προφίλ ελαίων ή η διεξαγωγή οργανοληπτικών αξιολογήσεων για την κατανόηση των προτιμήσεων των καταναλωτών.

Βιβλιογραφικές Αναφορές

- Abbott, L. (2023, March 5). Rapeseed (Brassica napus): The Canola Plant - CropForLife Agriculture. Retrieved May 1, 2023, from *CropForLife Agriculture website*: <https://cropforlife.com/rapeseed-brassica-napus-the-canola-plant/>
- Aksoylu Özbek, Z., & Günç Ergönül, P. (2020a). Cold pressed soybean oil. In *Cold Pressed Oils* (pp. 575–585). Elsevier. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-818188-1.00051-7>
- Aksoylu Özbek, Z., & Günç Ergönül, P. (2020b). Determination of Physicochemical Properties, Fatty Acid, Tocopherol, Sterol, and Phenolic Profiles of Expeller–Pressed Poppy Seed Oils from Turkey. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, (6), 591–602. <https://doi.org/10.1002/aocs.12337>
- Aluyor, E. O., Oziagagu, C. E., Oboh, O. I., & Aluyor, P. (2009). *Chromatographic analysis of vegetable oils: A review* (Volume 4, pp. 191–197). Scientific Research and Essay .
- Amin, S., Mir, S. R., Kohli, K., Ali, B., & Ali, M. (2010). A study of the chemical composition of black cumin oil and its effect on penetration enhancement from transdermal formulations. *Natural Product Research*, (12), 1151–1157. <https://doi.org/10.1080/14786410902940909>
- Antova, G. A., Angelova-Romova, M. I., Petkova, Zh. Y., Teneva, O. T., & Marcheva, M. P. (2017). Lipid composition of mustard seed oils (*Sinapis alba* L.). *Bulgarian Chemical Communications*. Volume 49, Special issue G (pp.55 –60) 2017
- Anwar, F., Qadir, R., & Abbas, A. (2020). Cold pressed walnut (*Juglans regia* L.) oil. In *Cold Pressed Oils* (pp. 491–495). Elsevier. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-12-818188-1.00044-x>
- Aparicio, R. (2000). Authentication of vegetable oils by chromatographic techniques. *Journal of Chromatography A*, (1–2), 93–104. [https://doi.org/10.1016/s0021-9673\(00\)00355-1](https://doi.org/10.1016/s0021-9673(00)00355-1)
- Ayduğan, A., Ok, S., & Yılmaz, E. (2022). Cold-pressed milk thistle seed oil: physico-chemical properties, composition and sensory analysis. *Grasas y Aceites*, (4), e481. <https://doi.org/10.3989/gya.0894211>
- Baker, E. J., Miles, E. A., & Calder, P. C. (2021). 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*, 101097. <https://doi.org/10.1016/j.plipres.2021.101097>
- Bardaa, S., Ben Halima, N., Aloui, F., Ben 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*, (1). <https://doi.org/10.1186/s12944-016-0237-0>
- Bayrak, A., Kiralan, M., Ipek, A., Arslan, N., Cosge, B., & Khawar, K. M. (2010). Fatty Acid Compositions of Linseed (*Linum Usitatissimum*L.) Genotypes of Different Origin Cultivated in Turkey. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, (2), 1836–1842. <https://doi.org/10.2478/v10133-010-0034-2>
- Boateng, L., Ansong, R., Owusu, W., & Steiner-Asiedu, M. (2016). Coconut oil and palm oil's role in nutrition, health and national development: A review. *Ghana Medical Journal*, (3), 189–196. <https://doi.org/10.4314/gmj.v50i3.11>
- Bouabdallah, I., Bouali, I., Martinez-Force, E., Albouchi, A., Perez Camino, M. C., & Boukhchina, S. (2014). Composition of fatty acids, triacylglycerols and polar compounds of different walnut varieties (*Juglans regia*L.) from Tunisia. *Natural Product Research*, (21), 1826–1833. <https://doi.org/10.1080/14786419.2014.950573ral>
- Bozan, B., & Temelli, F. (2008). Chemical composition and oxidative stability of flax, safflower and poppy seed and seed oils. *Bioresource Technology*, (14), 6354–6359. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.12.009>
- Calligaris, S., Munari, M., Arrighetti, G., & Barba, L. (2009). Insights into the physicochemical properties of coffee oil. *European Journal of Lipid Science and Technology*, (12), 1270–1277. <https://doi.org/10.1002/ejlt.200900042>
- Cenkowski, S., Yakimishen, R., Przybylski, R., & Muir, W. E. (2006). Quality of extracted sea buckthorn seed and pulp oil. In *Canadian Biosystems Engineering Volume 48* (48th ed., p. 3.9-3.16). CANADIAN BIOSYSTEMS ENGINEERING.
- Čolić, S., Zec, G., Natić, M., & Fotirić-Akšić, M. (2019). Almond (*Prunus dulcis*) oil. In *Fruit Oils: Chemistry and Functionality* (pp. 149–180). Springer International Publishing. Retrieved from http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-12473-1_6
- da Silveira, R., Vágula, J. M., de Lima Figueiredo, I., Claus, T., Galuch, M. B., Santos Junior, O. O., & Visentainer, J. V. (2017). 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*, 43–50. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.09.076>

- c, W., Chen, Q., Wei, C., Hu, R., Long, Y., Zong, Y., & Chu, Z. (2021). Comparison of the effect of extraction methods on the quality of green coffee oil from Arabica coffee beans: Lipid yield, fatty acid composition, bioactive components, and antioxidant activity. *Ultrasonics Sonochemistry*, 105578. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2021.105578>
- Dou, X., Zhang, L., Yang, R., Wang, X., Yu, L., Yue, X., ... Li, P. (2022). Adulteration detection of essence in sesame oil based on headspace gas chromatography-ion mobility spectrometry. *Food Chemistry*, 131373. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131373>
- 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*, (1). <https://doi.org/10.1186/1752-153x-6-106>
- Fathi-Achachlouei, B., & Azadmard-Damirchi, S. (2009). Milk Thistle Seed Oil Constituents from Different Varieties Grown in Iran. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, (7), 643–649. <https://doi.org/10.1007/s11746-009-1399-y>
- Flores, M., Saravia, C., Vergara, C., Avila, F., Valdés, H., & Ortiz-Viedma, J. (2019). Avocado Oil: Characteristics, Properties, and Applications. *Molecules*, (11), 2172. <https://doi.org/10.3390/molecules24112172>
- Ghazani, S. M., & Marangoni, A. G. (2016a). Healthy Fats and Oils. In *Encyclopedia of Food Grains* (pp. 257–267). Elsevier. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-394437-5.00100-5>
- Ghazani, S. M., & Marangoni, A. G. (2016b). Healthy Fats and Oils. In *Reference Module in Food Science*. Elsevier. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.00100-1>
- Ixtaina, V. Y., Martínez, M. L., Spotorno, V., Mateo, C. M., Maestri, D. M., Diehl, B. W. K., ... Tomás, M. C. (2011). Characterization of chia seed oils obtained by pressing and solvent extraction. *Journal of Food Composition and Analysis*, (2), 166–174. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2010.08.006>
- Johnson-Ajinwo, O. R., & Li, W.-W. (2014). Stable Isotope Dilution Gas Chromatography–Mass Spectrometry for Quantification of Thymoquinone in Black Cumin Seed Oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, (24), 5466–5471. <https://doi.org/10.1021/jf500357x>
- Kapcsándi, V., Hanczné Lakatos, E., Sik, B., Linka, L. Á., & Székelyhidi, R. (2021). Characterization of fatty acid, antioxidant, and polyphenol content of grape seed oil from different *Vitis vinifera* L. varieties. *OCL*, 30. <https://doi.org/10.1051/ocl/2021017>

- Khorshidi, M., Zarezadeh, M., Moradi Moghaddam, O., Emami, M. R., Kord-Varkaneh, H., Mousavi, S. M., ... Aryaeian, N. (2020). Effect of evening primrose oil supplementation on lipid profile: A systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. *Phytotherapy Research*, (10), 2628–2638. <https://doi.org/10.1002/ptr.6716>
- Koohikamali, S., & Alam, M. S. (2019). Improvement in nutritional quality and thermal stability of palm olein blended with macadamia oil for deep-fat frying application. *Journal of Food Science and Technology*, (11), 5063–5073. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03979-0>
- Koshima, Y., Kitamura, Y., Islam, M. Z., & Kokawa, M. (2020). Quantitative and Qualitative Evaluation of Fatty Acids in Coffee Oil and Coffee Residue. *Food Science and Technology Research*, (4), 545–552. <https://doi.org/10.3136/fstr.26.545>
- Krist Sabine (2020). *Vegetable Fats and Oils*. Springer Nature.
- Król, K., Gantner, M., & Piotrowska, A. (2021). The Quality Characteristic and Fatty Acid Profile of Cold-Pressed Hazelnut Oils during Nine Months of Storage. *Agronomy*, (10), 2045. <https://doi.org/10.3390/agronomy11102045>
- Lee, H., Ahn, J.-H., Kwon, A.-R., Lee, E. S., Kwak, J.-H., & Min, Y.-H. (2014). Chemical Composition and Antimicrobial Activity of the Essential Oil of Apricot Seed. *Phytotherapy Research*, (12), 1867–1872. <https://doi.org/10.1002/ptr.5219>
- Lewinska, A., Zebrowski, J., Duda, M., Gorka, A., & Wnuk, M. (2015a). Fatty Acid Profile and Biological Activities of Linseed and Rapeseed Oils. *Molecules*, (12), 22872–22880. <https://doi.org/10.3390/molecules201219887>
- Lewinska, A., Zebrowski, J., Duda, M., Gorka, A., & Wnuk, M. (2015b). Fatty Acid Profile and Biological Activities of Linseed and Rapeseed Oils. *Molecules*, (12), 22872–22880. <https://doi.org/10.3390/molecules201219887>
- Li, Y., Yuan, F., Wu, Y., Zhang, Y., Gao, B., & Yu, L. (2020). Triacylglycerols and Fatty Acid Compositions of Cucumber, Tomato, Pumpkin, and Carrot Seed Oils by Ultra-Performance Convergence Chromatography Combined with Quadrupole Time-of-Flight Mass Spectrometry. *Foods*, (8), 970. <https://doi.org/10.3390/foods9080970>
- M, C., C, C., D, M., M, Á., M, S., & W, C. (2018). CONTENT OF NUTRIENTS COMPONENT AND FATTY ACIDS IN CHIA SEEDS (SALVIA HISPANICA L.) CULTIVATED IN ECUADOR. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, (2), 387. <https://doi.org/10.22159/ajpcr.2018.v11i2.17096>

- Mahdhi, A., Ghazghazi, H., El Aloui, M., Ben Salem, R., & Rigane, G. (2021). Identification and quantification of phenolic and fatty acid profiles in *Pinus halepensis* mill. seeds by LC-ESI-MS and GC: Effect of drying methods on chemical composition. *Food Science & Nutrition*, (4), 1907–1916. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2151>
- Marina, A. M., Che Man, Y. B., & Amin, I. (2009). Virgin coconut oil: emerging functional food oil. *Trends in Food Science & Technology*, (10), 481–487. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2009.06.003>
- Martinović, N., Polak, T., Ulrih, N. P., & Abramovič, H. (2020). Mustard Seed: Phenolic Composition and Effects on Lipid Oxidation in Oil, Oil-in-Water Emulsion and Oleogel. *Industrial Crops and Products*, 112851. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112851>
- Matthaeus, B., Özcan, M.M. Fatty acids and tocopherol contents of some *Prunus* spp. kernel oils. *J. Food Lipids* 2009, 16, 187–199.
- Matthaus, B., Özcan, M. M., & Al Juhaimi, F. (2016). Some rape/canola seed oils: fatty acid composition and tocopherols. *Zeitschrift Für Naturforschung C*, (3–4), 73–77. <https://doi.org/10.1515/znc-2016-0003>
- Mota, M. F. S., Waktola, H. D., Nolvachai, Y., & Marriott, P. J. (2021). Gas chromatography – mass spectrometry for characterisation, assessment of quality and authentication of seed and vegetable oils. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 116238. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2021.116238>
- Nasrollahi, I., Talebi, E., & Nemati, Z. (2016). Study on *Silybum marianum* Seed through Fatty Acids Comparison, Peroxide Tests, Refractive Index and Oil Percentage. *Pharmacognosy Journal*, (6), 595–597. <https://doi.org/10.5530/pj.2016.6.13>
- Navarro, S. L. B., & Rodrigues, C. E. C. (2016). Macadamia oil extraction methods and uses for the defatted meal byproduct. *Trends in Food Science & Technology*, 148–154. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.04.001>
- Nederal, S., Petrović, M., Vincek, D., Puček, D., Škevin, D., Kraljić, K., & Obranović, M. (2014). Variance of quality parameters and fatty acid composition in pumpkin seed oil during three crop seasons. *Industrial Crops and Products*, 15–21. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.05.044>
- Orhan, I., Koca, U., Aslan, S., Kartal, M., & Kusmenoglu, S. (2008). Fatty acid analysis of some turkish apricot seed oils by GC and GC-MS techniques. *Turkish Journal of Pharmaceutical Sciences*.

- Ouzir, M., Bernoussi, S. E., Tabyaoui, M., & Taghzouti, K. (2021). 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*, (4), 3344–3387. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12752>
- Pachaiappan, R., Nagasathiya, K., Singh, P. K., Gopalakrishnan, A. V., Velusamy, P., Ramasamy, K., ... Gopinath, S. C. B. (2022). Phytochemical profile of black cumin (*Nigella sativa* L.) seed oil: identification of bioactive anti-pathogenic compounds for traditional Siddha formulation. *Biomass Conversion and Biorefinery*. <https://doi.org/10.1007/s13399-022-02951-x>
- Papadogiannis, I. N., & Samanidou, V. F. (2001). *Instrumental Chemistry Analysis* (4th ed.). Thessaloniki: EKDOSEIS PIGASOS 2000
- Paul, A., & Radhakrishnan, M. (2020). Pomegranate seed oil in food industry: Extraction, characterization, and applications. *Trends in Food Science & Technology*, 273–283. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.09.014>
- Peng, C., Zhao, S.-Q., Zhang, J., Huang, G.-Y., Chen, L.-Y., & Zhao, F.-Y. (2014). Chemical composition, antimicrobial property and microencapsulation of Mustard (*Sinapis alba*) seed essential oil by complex coacervation. *Food Chemistry*, 560–568. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.05.126>
- Popa, V.-M., Gruia, A., Raba, D.-N., Dumbrava, D., Moldovan, C., Bordean, D., & Mateescu, C. (2012). Fatty acids composition and oil characteristics of linseed (*Linum Usitatissimum* L.) from Romania. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*.
Volume 18, Issue 2; Pages: 136-140
- Prili Efstathia Dimitra (2021), Review of the application of pulsed electric fields technology (PEF) for the extraction of bioactive products from plants and by-products of food industries, *MSc Thesis*, Department of Food Science of the University of West Attica
- Qin, X., & Zhong, J. (2016). A Review of Extraction Techniques for Avocado Oil. *Journal of Oleo Science*, (11), 881–888. <https://doi.org/10.5650/jos.ess16063>
- Rahimi, A., Kiralan, M., Arslan, N., & Bayrak, A. (2011). Variation in Fatty Acid Composition of Registered Poppy (*Papaver sumniferum* L.) Seed in Turkey. *Akademik Gıda.*, 9(3) (2011) 22-25
- Savic, I., Savic Gajic, I., & Gajic, D. (2020). Physico-Chemical Properties and Oxidative Stability of Fixed Oil from Plum Seeds (*Prunus domestica* Linn.). *Biomolecules*, (2), 294. <https://doi.org/10.3390/biom10020294>

- Shaban, A., & Sahu, R. P. (2017). Pumpkin Seed Oil: An Alternative Medicine. *International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research*, (2), <https://doi.org/10.25258/phyto.v9i2.8066>
- Sinanoglou, V. J., & Miniadis-Meimaroglou, S. (1998). Fatty acid of neutral and polar lipids of (edible) Mediterranean cephalopods. *Food Research International*, (6–7), 467–473. [https://doi.org/10.1016/s0963-9969\(99\)00014-9](https://doi.org/10.1016/s0963-9969(99)00014-9)
- Sinanoglou, V. J., Strati, I. F., Bratakos, S. M., Proestos, C., Zoumpoulakis, P., & Miniadis-Meimaroglou, S. (2013). On the Combined Application of Iatroscaan TLC-FID and GC-FID to Identify Total, Neutral, and Polar Lipids and Their Fatty Acids Extracted from Foods. *ISRN Chromatography*, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2013/859024>
- Stenerson, K. K. (n.d.). GC Analysis of Fatty Acids in Walnuts and Peanuts. Retrieved May 1, 2023, from MilliporeSigma | Life Science Products & Service Solutions website: <https://www.sigmaaldrich.com/GR/en/technical-documents/protocol/food-and-beverage-testing-and-manufacturing/chemical-analysis-for-food-and-beverage/gc-fattyacids-nuts>
- Stryjecka, M., Kiełtyka-Dadasiewicz, A., Michalak, M., Rachoń, L., & Głowacka, A. (2019). Chemical Composition and Antioxidant Properties of Oils from the Seeds of Five Apricot (<i>Prunus armeniaca</i> L.) Cultivars. *Journal of Oleo Science*, (8), 729–738. <https://doi.org/10.5650/jos.ess19121>
- Sun, J., Feng, X., Lyu, C., Zhou, S., & Liu, Z. (2022). Effects of different processing methods on the lipid composition of hazelnut oil: A lipidomics analysis. *Food Science and Human Wellness*, (2), 427–435. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2021.11.024>
- Tan, C. X. (2019). Virgin avocado oil: An emerging source of functional fruit oil. *Journal of Functional Foods*, 381–392. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.12.031>
- Tan, C. X., & Ghazali, H. M. (2019). Avocado (*Persea americana* Mill.) Oil. In *Fruit Oils: Chemistry and Functionality* (pp. 353–375). Springer International Publishing. Retrieved from http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-12473-1_17
- Sanders, T. H. (2003). PEANUTS. In *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition* (pp. 4420–4427). Elsevier. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1016/B0-12-227055-X/00897-X>
- Timoszuk, M., Bielawska, K., & Skrzydlewska, E. (2018). Evening Primrose (*Oenothera biennis*) Biological Activity Dependent on Chemical Composition. *Antioxidants*, (8), 108. <https://doi.org/10.3390/antiox7080108>

- Topkafa, M. (2016). Evaluation of chemical properties of cold pressed onion, okra, rosehip, safflower and carrot seed oils: triglyceride, fatty acid and tocol compositions. *Analytical Methods*, (21), 4220–4225. <https://doi.org/10.1039/c6ay00709k>
- Tsamouris, G., Hatziantoniou, S., & Demetzos, C. (2002). Lipid Analysis of Greek Walnut Oil (*Juglans regia* L.). *Zeitschrift Für Naturforschung C*, (1–2), 51–56. <https://doi.org/10.1515/znc-2002-1-209>
- Turan, A. (2018). Effect of drying methods on fatty acid profile and oil oxidation of hazelnut oil during storage. *European Food Research and Technology*, (12), 2181–2190. <https://doi.org/10.1007/s00217-018-3128-y>
- Wacal, C., Ogata, N., Basalirwa, D., Sasagawa, D., Kato, M., Handa, T., ... Nishihara, E. (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*, (12), 801. <https://doi.org/10.3390/agronomy9120801>
- World Food and Agriculture - Statistical Yearbook 2020*. (2020). FAO. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.4060/cb1329en>
- World Food and Agriculture – Statistical Yearbook 2021*. (2021). FAO. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.4060/cb4477en>
- Šamec, D., Loizzo, M. R., Gortzi, O., Çankaya, İ. T., Tundis, R., Suntar, İ., Shirooie, S., Zengin, G., Devkota, H. P., Reboredo-Rodríguez, P., Hassan, S. T. S., Manayi, A., Kashani, H. R. K., & Nabavi, S. M. (2022). The potential of pumpkin seed oil as a functional food—A comprehensive review of chemical composition, health benefits, and safety. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 21, 4422– 4446. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13013>
- Zielinska, A.; Wójcicki, K.; Klensporf-Pawlik, D.; Marzec, M.; Lucarini, M.; Durazzo, A.; Fonseca, J.; Santini, A.; Nowak, I.; Souto, E.B. Cold-Pressed Pomegranate Seed Oil: Study of Punicic Acid Properties by Coupling of GC/FID and FTIR. *Molecules* 2022, 27, 5863. <https://doi.org/10.3390/molecules27185863>

Εικόνα 1: <https://www.statista.com/statistics/263937/vegetable-oils-global-consumption/>
Published by M. Shahbandeh, Feb 8, 2023

Εικόνα 2: *World Food and Agriculture – Statistical Yearbook 2021*. (2021). FAO. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.4060/cb4477en>

Εικόνες 3 & 4: Προσωπικό αρχείο