



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΟΙΟΤΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΕΝΟΥ ΜΕ ΑΙΘΕΡΙΟ ΕΛΑΙΟ ΜΑΤΖΟΥΡΑΝΑΣ

Συγγραφείς

ΚΑΛΛΙΟΠΗ ΑΘΑΝΑΣΙΟΥ Α.Μ:18684052
ΜΑΡΙΑ-ΠΕΡΙΣΤΕΡΑ ΓΕΩΡΓΟΠΟΥΛΟΥ Α.Μ:18684078

Επιβλέπουσα καθηγήτρια
ΡΕΒΕΛΟΥ ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ-ΚΥΡΙΑΚΗ

ΑΘΗΝΑ, ΜΑΡΤΙΟΣ 2024



UNIVERSITY OF WEST ATTICA

SCHOOL OF FOOD SCIENCE

DEPARTMENT OF FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY

DIPLOMA THESIS

**STUDY OF THE QUALITY CHARACTERISTICS OF OLIVE OIL
ENRICHED WITH MARJORAM ESSENTIAL OIL**

Authors

KALLIOPI ATHANASIOU - R.N: 18684052

MARIA- PERISTERA GEORGOPOULOU – R.N: 18684078

Supervisor

PANAGIOTA- KYRIAKI REVELOU

ATHENS, MARCH 2024



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΟΙΟΤΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ
ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΕΝΟΥ ΜΕ ΑΙΘΕΡΙΟ ΕΛΑΙΟ ΜΑΤΖΟΥΡΑΝΑΣ

Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής συμπεριλαμβανομένου και του Εισηγητή

Η πτυχιακή/ διπλωματική εργασία εξετάστηκε επιτυχώς από την κάτωθι Εξεταστική
Επιτροπή :

Α/α	ΟΝΟΜΑ ΕΠΩΝΥΜΟ	ΒΑΘΜΙΔΑ / ΙΔΙΟΤΗΤΑ	ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ
1	ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ- ΚΥΡΙΑΚΗ ΡΕΒΕΛΟΥ	ΔΡ./ ΑΚΑΔΗΜΑΙΚΗ ΥΠΟΤΡΟΦΟΣ	
2	ΑΝΘΙΜΙΑ – ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ ΜΠΑΤΡΙΝΟΥ	ΕΠΙΚΟΥΡΗ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ	
3	ΕΙΡΗΝΗ ΣΤΡΑΤΗ	ΕΠΙΚΟΥΡΗ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ	

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Οι κάτωθι υπογεγραμμένοι Αθανασίου Καλλιόπη του Αργυρίου, με αριθμό μητρώου 18684052 και Γεωργοπούλου Μαρία-Περιστέρα του Μιχαήλ με αριθμό μητρώου 18684078, προπτυχιακές φοιτήτριες του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Επιστημών Τροφίμων του Τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων, δηλώνουμε υπεύθυνα ότι:

«Είμαστε οι συγγραφείς αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχαμε για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες κάναμε 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, βεβαιώνουμε ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από εμάς αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μας, όσο και του Ιδρύματος.

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

Η Δηλούσα

Αθανασίου Καλλιόπη

Η Δηλούσα

Γεωργοπούλου Μαρία Περιστέρα



ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα θέλαμε να παραθέσουμε τις θερμές μας ευχαριστίες στην επιβλέπουσα καθηγήτρια μας κυρία Παναγιώτα – Κυριακή Ρέβελου, Ακαδημαϊκή Υπότροφο του Τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής και Μεταδιδακτορική Ερευνήτρια του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, για την αδιάλειπτη καθοδήγηση και βοήθεια της για την εκπόνηση της παρούσας πτυχιακής εργασίας.

Η ευγνωμοσύνη μας προς την επιβλέπουσα καθηγήτρια μας είναι άπλετη, καθώς ακόμα και στις πιο δύσκολες στιγμές στάθηκε δίπλα μας να μας συμβουλευεί.

Θα θέλαμε επίσης να ευχαριστήσουμε της οικογένειες μας αλλά και τους φίλους μας, που μας υποστήριξαν και βοήθησαν ψυχικά σε καθόλη τη διάρκεια των σπουδών μας, όντας οι πιο ένθερμοι υποστηρικτές μας.

Ακόμη θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε η μία την άλλη, όντας η μία συνοδοιπόρος της άλλης σε αυτή την όμορφη εμπειρία ζωής. Δεν θα μπορούσαμε να διαλέξουμε καλύτερη φίλια αλλά και συνεργασία από αυτή που δημιουργήσαμε μαζί τα τελευταία χρόνια.

Τέλος οφείλουμε ένα μεγάλο «ευχαριστώ» στους εαυτούς μας, που ολοκλήρωσαν αυτό το μεγάλο ταξίδι με περηφάνια και επιτυχία, παρά τις δυσκολίες και τις θυσίες.

*Στους γονείς μου, Αργύρη και Ευαγγελία, στις αδερφές μου Νίκη και Γεωργία και στα πιο
σημαντικά πρόσωπα Ανδρέα και Ελευθερία.*

Αθανασίου Καλλιόπη

Στον Βασίλη και την Λυδία.

Μαρία Περιστέρα Γεωργοπούλου

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	12
ABSTRACT	14
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΤΟ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟ.....	16
1.1. ΚΟΡΩΝΕΙΚΗ ΠΟΙΚΙΛΙΑ	16
1.2. ΠΟΙΟΤΙΚΕΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΕΛΑΙΟΛΑΔΩΝ	16
1.2.1. Παρθένα Ελαιόλαδα	16
1.2.1.1. Εξαιρετικά Παρθένο Ελαιόλαδο	17
1.2.1.2. Παρθένο Ελαιόλαδο	17
1.2.1.3. Ελαιόλαδο Λαμπαντέ.....	17
1.2.2. Εξευγενισμένο (Ραφιναρτισμένο) Ελαιόλαδο	17
1.3. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ	17
1.3.1. Συγκομιδή.....	17
1.3.1.1. Χειρονακτική συγκομιδή	18
1.3.1.2. Συλλογή από το έδαφος.....	19
1.3.1.3. Ραβδισμός.....	19
1.3.1.4. Χρήση μηχανικών μέσων	20
i. Δονητές	20
ii. Μηχανοκίνητα Ραβδιστήρια.....	20
1.3.2. Μεταφορά ελαιόκαρπων	21
1.3.3. Στάδια επεξεργασίας ελαιόκαρπου	21
1.3.2.1. Ζύγιση	21
1.3.2.2. Αποφυλλωτήριο	22
1.3.2.3. Πλυντήριο	22
1.3.2.4. Άλεση Καρπών.....	23
1.3.2.5. Μάλαξη	24
1.3.4. Διαχωρισμός ελαιολάδου από ελαιόπαστα	24
1.3.5. Καθαρισμός και αποθήκευση παραγόμενου ελαιολάδου	25
1.4. ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ	26
1.4.1. Σαπωνοποιήσιμα Συστατικά	26
1.4.1.1. Φωσφολιπίδια.....	26

1.4.1.2.	Ελεύθερα Λιπαρά Οξέα.....	27
1.4.1.3.	Γλυκερίδια.....	29
1.4.2.	Ασαπωνοποίητα Συστατικά	30
1.4.2.1.	Υδρογονάνθρακες	30
1.4.2.2.	Τοκοφερόλες - Τοκοτριενόλες	31
i.	Τοκοφερόλες.....	31
ii.	Τοκοτριενόλες	31
1.4.2.3.	Χρωστικές ουσίες.....	32
i.	Οι χλωροφύλλες και τα παράγωγα αυτών.....	33
ii.	Τα καροτενοειδή.	33
1.4.2.4.	Στερόλες.....	34
1.4.2.5.	Φαινόλες.....	36
i.	Φαινολικές αλκοόλες.....	36
ii.	Σεκοϊριδοειδή	37
iii.	Φλαβονοειδή	37
iv.	Υδροξυβενζοϊκά και υδοξυκιναμμικά οξέα	37
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΑΡΩΜΑΤΙΣΜΟΣ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ		39
2.1.	Μέθοδοι εμπλουτισμού	39
2.1.1.	Μέθοδος της συνεκχύλισης.....	39
2.1.2.	Μέθοδος με επαφή	40
2.1.3.	Μέθοδος με προσθήκη αιθέριων ελαίων.....	40
2.2.	Επίδραση αρωματισμού	42
2.3.	Εμπλουτιστικοί Παράγοντες	43
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΟΙΟΤΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΑΡΩΜΑΤΙΣΜΕΝΟΥ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ		46
3.1.	Σκοπός μελέτης	46
3.2.	Παρασκευή εμπλουτισμένων δειγμάτων ελαιολάδου	46
3.3.	Φασματοφωτομετρική εξέταση στο υπεριώδες	48
3.3.1.	Εργαστηριακός Εξοπλισμός.....	48
❖	Υλικά.....	48
❖	Αντιδραστήρια	48
❖	Όργανα	48
3.3.2.	Πειραματική μεθοδολογία.....	48
3.4.	Προσδιορισμός αριθμού οξύτητας.....	49

3.4.1. Εργαστηριακός Εξοπλισμός.....	49
❖ Υλικά.....	49
❖ Αντιδραστήρια	49
❖ Όργανα	50
3.4.2. Πειραματική μεθοδολογία.....	50
❖ Αντίδραση	50
3.5. Προσδιορισμός αριθμού υπεροξειδίων	51
3.5.1. Εργαστηριακός Εξοπλισμός.....	51
❖ Υλικά.....	51
❖ Αντιδραστήρια.....	51
❖ Όργανα	51
3.5.2. Πειραματική μεθοδολογία.....	51
➤ Παρασκευή διαλύματος Ιωδιούχου Καλίου	51
➤ Παρασκευή δείκτη Αμύλου	52
➤ Προσδιορισμός Υπεροξειδίων	52
3.6. Φασματομετρία Μαζών.....	54
3.6.1. Παραλαβή φαινολικών κλασμάτων	54
3.6.2. Εργαστηριακός Εξοπλισμός.....	54
❖ Αντιδραστήρια.....	54
❖ Όργανα	54
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	57
4.1. Προσδιορισμός Οξύτητας	57
4.2. Προσδιορισμός Αριθμού Υπεροξειδίων	58
4.3. Φασματοφωτομετρική εξέταση στο υπεριώδες	60
4.4. Φασματομετρία Μαζών – Προσδιορισμός Φαινολικών ενώσεων.....	64
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	67
ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ	69
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	70
ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ	70
ΕΛΛΗΝΙΚΗ.....	77
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΕΙΚΟΝΩΝ	78
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	81

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1.1.: Ελαιόδεντρο Κορωνέικης Ποικιλίας.....	16
Εικόνα 1.3.1.: Συγκομιδή με τα χέρια.	18
Εικόνα 1.3.2.: Συγκομιδή καρπών από το έδαφος.....	19
Εικόνα 1.3.3.: Ραβδισμός ελαιόδεντρου.....	19
Εικόνα 1.3.4.: Μηχανικός δονητής συγκομιδής.	20
Εικόνα 1.3.5.: Συγκομιδή με μηχανοκίνητα ραβδιστήρια.....	20
Εικόνα 1.3.6.: Σάκοι συλλογής ελιών.....	21
Εικόνα 1.3.7.: Πλαστικά διάτρητα τελάρα μεταφοράς	21
Εικόνα 1.3.8.: Παραλαβή ελαιόκαρπων και μεταφορά στο αποφυλλωτήριο.....	22
Εικόνα 1.3.9.: Πλυντήριο ελιών.	23
Εικόνα 1.3.10.: Άλεση & παραγωγή ελαιόπαστας.	23
Εικόνα 1.3.11.: Μάλαξη ελαιόπαστας.....	24
Εικόνα 1.3.12.: Ανοξειδωτες υπέργειες δεξαμενές αποθήκευσης ελαιολάδου.....	25
Εικόνα 1.4.1.: Δομή φωσφολιπιδίων : 1) φωσφατιδυλοϊνοσιτόλη, 2) φωσφατιδυλοσερίνη, 3) κεφαλίνη, 4) λεκιθίνη.....	27
Εικόνα 1.4.2.: Χημική δομή των σημαντικότερων κορεσμένων και ακόρεστων ελεύθερων λιπαρών οξέων του ελαιολάδου.....	28
Εικόνα 1.4.3.: Χημική δομή Σκουαλένιου.	31
Εικόνα 1.4.4.: Δομή Τοκοφερολών και Τοκοτριενολών.....	32
Εικόνα 1.4.5.: Δομή α- & β- Χλωροφυλλών.....	33
Εικόνα 1.4.6.: Χημική δομή β- Καροτένιου.....	34
Εικόνα 1.4.7.: Χημική δομή Λουτεΐνης.....	34
Εικόνα 1.4.8.: Χημική δομή β- σιτοστερόλης.....	35
Εικόνα 1.4.9.: Χημική ομή Δ5- Αβεναστερόλης.....	35
Εικόνα 1.4.10.: Χημική δομή Καμπεστερόλης.	35
Εικόνα 1.4.11.: Χημική δομή Στιγματοστερόλης.....	36
Εικόνα 1.4.12.: Χημική δομή κυριότερων φαινολικών αλκοολών ελαιολάδου.....	37
Εικόνα 1.4.13.: Χημική δομή κυριότερων σεκοϊριδοειδών ελαιολάδου.....	37
Εικόνα 1.4.14.: Χημική δομή κυριότερων φλαβονοειδών ελαιολάδου.	38
Εικόνα 2.1.: Ποικιλία αρωματισμένα ελαιολάδων.....	39
Εικόνα 2.2.: Διάγραμμα ροής διαφορετικών διεργασιών εμπλουτισμού ελαιολάδου : Α) Συνεγχύλιση, Β) Μέθοδος με επαφή και Γ) Προσθήκη αιθέριων ελαίων	41
Εικόνα 2.3.: Ελαιόλαδα εμπλουτισμένα με ποικιλία αρωματικών παραγόντων. /.....	44
Εικόνα 2.4.: Διάγραμμα αναπαράστασης συχνότητας χρήσης ποικίλων μέσων αρωματισμού.....	45

Εικόνα 3.1.: Αιθέριο έλαιο μαντζουράνας που χρησιμοποιήθηκε στα πειράματα.....	46
Εικόνα 3.2.: Δείγματα ελαιολάδου και αρωματισμένου ελαιόλαδου που δημιουργήθηκαν και μελετήθηκαν στα πλαίσια της παρούσας πτυχιακής εργασίας .	47
Εικόνα 3.3.: Φασματοφωτόμετρο UV-Vis Agilent Cary 60.	48
Εικόνα 3.4.: Αρχικό διαλυμένο δείγμα.....	53
Εικόνα 3.5.: Διάλυμα μετά την προσθήκη διαλύματος κορεσμένου ΚΙ.....	53
Εικόνα 3.6.: Διάλυμα μετά την προσθήκη δείκτη αμύλου.	53
Εικόνα 3.7.: 2ος Αποχρωματισμός και διαχωρισμός φάσεων.....	53
Εικόνα 3.8.: Εκχύλιση δείγματος ελαιολάδου σε διαχωριστική χοάνη.....	54
Εικόνα 3.9: Agilent 6530 Q-TOF LC/MS	55

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1.4.1.: Τα σημαντικότερα σε ποσότητα τριγλυκερίδια του ελαιολάδου.....	30
Πίνακας 1.4.2.: Χημική σύσταση ισομερών Βιταμίνης Ε.....	32
Πίνακας 3.6.1.: Πρόγραμμα βαθμιδωτής έκλουσης υγρής χρωματογραφίας.....	56
Πίνακας 3.6.2.: Παράμετροι λειτουργίας οργάνου.....	56
Πίνακας 3.7.1.: Αποτελέσματα % Οξύτητας δειγμάτων.....	59
Πίνακας 3.7.2 : Αποτελέσματα Αριθμού Υπεροξειδίων.....	60
Πίνακας 3.7.3.: Αποτελέσματα Φασματοφωτομετρική Εξέτασης στο Υπεριώδες.....	61
Πίνακας 3.7.4.: Ταυτοποίηση Φαινολικών Ενώσεων.....	64

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ

- C.L. : Control Light
- A.L.: Αιθέριο Light
- C.D.: Control Dark
- A.D.: Αιθέριο Dark
- Q-TOF LC/MS : Quadrupole-Time of Flight Liquid Chromatography / Mass Spectrometry

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο εμπλουτισμός ελαιολάδων με ποικίλους αρωματικούς παράγοντες, όπως το αιθέριο έλαιο του αρωματικού φυτού μαντζουράνας, συμβάλλει στην ανάπτυξη καινοτόμων εμπλουτισμένων προϊόντων ελαιολάδου, ικανοποιώντας τις προσδοκίες του καταναλωτικού κοινού για νέα πλούσια θερμιδικά και διατροφικά προϊόντα, με ιδιάζοντα αισθητηριακά χαρακτηριστικά. Στην παρούσα πτυχιακή πραγματοποιήθηκε ο εμπλουτισμός δειγμάτων εξαιρετικά παρθένου ελαιολάδου με αιθέριο έλαιο μαντζουράνας και μελετήθηκαν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των δειγμάτων, τα οποία διατηρήθηκαν σε διαφορετικές συνθήκες αποθήκευσης. Για τον σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκαν πειραματικοί προσδιορισμοί και αναλύσεις σε 4 διαφορετικά χρονικά διαστήματα (συνολική διάρκεια μελέτης 7 εβδομάδες με αναλύσεις ανά 2 εβδομάδες). Πιο συγκεκριμένα για τα δείγματα προσδιορίστηκε ο αριθμός οξύτητας, ο αριθμός υπεροξειδίων, πραγματοποιήθηκε φασματοφωτομετρική εξέταση στο υπεριώδες καθώς και φασματομετρία μαζών LC/MS για την ταυτοποίηση των περιεχομένων φαινολικών ενώσεων στα υπό μελέτη δείγματα. Με βάση τα λαμβανόμενα αποτελέσματα, ο αριθμός οξύτητας των εμπλουτισμένων δειγμάτων δεν αυξήθηκε σημαντικά, συγκρινόμενος δε με τα μη εμπλουτισμένα δείγματα αντίστοιχης αποθήκευσης, φαίνεται το αιθέριο έλαιο μαντζουράνας να μην επηρεάζει την μεταβολή της οξύτητας των ελαιολάδων κατά την αποθήκευση. Ο αριθμός υπεροξειδίων παρουσίασε αξιοσημείωτη αύξηση στα δείγματα, εμπλουτισμένα και μη, που εκτέθηκαν στο φως, ενώ τα δείγματα που αποθηκεύτηκαν σε σκιά διατήρησαν αποδεκτές τιμές για την κατηγορία «εξαιρετικά παρθένο». Κατά τη φασματοφωτομετρική εξέταση στο υπεριώδες φάσμα διαπιστώθηκε, μέσω του υπολογισμού των συντελεστών απόσβεσης K_{232} , K_{270} και του δείκτη ΔΚ, η ύπαρξη τόσο πρωτογενών όσο και δευτερογενών προϊόντων ποιοτικής υποβάθμισης των δειγμάτων ελαιολάδου, που συμβαίνει φυσιολογικά με την αποθήκευση, και οφείλεται πιθανόν σε αντιδράσεις οξειδωσης, υδρόλυσης και φωτοοξειδωσης (για τα εκτεθειμένα στο φως δείγματα). Τόσο στον αριθμό υπεροξειδίων όσο και στην φασματοφωτομετρική εξέταση, φάνηκε ότι η φωτοοξειδωση διαδραμάτισε σημαντικότερο ρόλο στην διαμόρφωση των παραλαμβανόμενων τιμών των ποιοτικών παραμέτρων από ότι το αιθέριο έλαιο μαντζουράνας, η προσθήκη του οποίου δεν καθυστέρησε την ποιοτική υποβάθμιση των δειγμάτων ελαιολάδου. Τέλος, δεν παρατηρήθηκε μετανάστευση φαινολικών ουσιών από το αιθέριο έλαιο μαντζουράνας

προς στο ελαιόλαδο, μονάχα παρατηρήθηκε η ποσοτική ενίσχυση του σε βιοδραστικές ενώσεις που ήδη προϋπήρχαν.

Λέξεις Κλειδιά: ελαιόλαδο, εμπλουτισμός, αιθέρια έλαια, μαντζουράνα, ποιοτικά χαρακτηριστικά

ABSTRACT

The enrichment of olive oils with a variety of aromatic agents, such as the essential oil of the aromatic plant marjoram, contributes to the development of innovative enriched olive oil products, satisfying the expectations of the consumer for new rich caloric and nutritional products with unique sensory characteristics. In this thesis, the enrichment of Extra Virgin Olive Oil samples with marjoram essential oil was carried out and the quality characteristics of the samples, which were kept under different storage conditions, were studied. For this purpose, experimental determinations and analyses were carried out at 4 different time intervals (total duration of the study 7 weeks with analyses every 2 weeks). More specifically, the acid number, the peroxide number, ultraviolet spectrophotometry and mass spectrophotometry were carried out for the determination of the phenolic compound contents of the samples under study. Based on the obtained results, the acidity number of the enriched samples did not increase significantly, compared to the non-enriched samples of the same storage, it seems that marjoram essential oil does not affect the change in acidity of the olive oils during storage. The peroxide number showed a noticeable increase in samples, both enriched and not, exposed to light, while samples stored in the shade maintained acceptable values for the category 'extra virgin'. Spectrophotometry in the ultraviolet spectrum revealed, through the calculation of the extinction coefficients K₂₃₂, K₂₇₀ and the DK index, the existence of both primary and secondary products of quality degradation of the olive oil samples, which occurs naturally with storage, and is probably due to oxidation, hydrolysis and photo-oxidation reactions (for the light-exposed samples). In both the peroxide number and spectrophotometric examination, it appeared that photooxidation played a more important role in shaping the obtained values of the quality parameters than marjoram essential oil, the addition of which did not delay the quality degradation of the olive oil samples. Finally, no migration of phenolic substances from marjoram essential oil to olive oil was observed, only a quantitative enhancement of bioactive compounds already present was observed.

Key words: olive oil, flavouring, essential oils, marjoram, quality characteristics

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η καλλιέργεια της ελιάς (*Olea europaea*) κατέχει μία εξέχουσα θέση στην ιστορία της Ελλάδας από τους αρχαίους χρόνους έως την σύγχρονη εποχή, διατηρώντας την αξία στο πέρασμα των χρόνων.

Παρόλο που η καλλιέργεια ελιάς και η εξαγωγή ελαιολάδου από ελαιόκαρπους μπορεί να είναι στενά συνδεδεμένη με χώρες που διαθέτουν Μεσογειακό κλίμα, η κατανάλωση του έχει επεκταθεί σε πολλές μη παραδοσιακά καταναλωτικές χώρες εκτός Μεσογείου, λόγω της μεγάλης διατροφικής της σημασίας.

Το ελαιόλαδο αποτελεί βασικό στοιχείο μιας ισορροπημένης διατροφής, με τα στοιχεία να δείχνουν την σημαντική αύξηση της κατανάλωσης του τις τελευταίες δεκαετίες, εντάσσοντας το με τον τρόπο αυτό στη διατροφή και άλλων λαών. Η παγκόσμια αναγνώριση που φέρουν τα προϊόντα ελαιολάδου οφείλεται στις θετικές επιπτώσεις στην ευημερία και υγεία των καταναλωτών (Lamas κ.ά., 2022). Στην προσπάθεια της εκπλήρωσης των συνεχώς αυξανόμενων απαιτήσεων του καταναλωτικού κοινού για νέα και καινοτόμα προϊόντα, η βιομηχανία στοχεύει στην εξέλιξη των παραδοσιακών προϊόντων ελαιολάδου, εμπλουτίζοντας τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του, διατηρώντας ταυτόχρονα την διαχρονική ποιότητα του.

Μια τέτοια πρακτική είναι ο αρωματισμός του ελαιολάδου, ο οποίος περιλαμβάνει τον εμπλουτισμό του με διάφορα προϊόντα, όπως βότανα, καρκεύματα και αιθέρια έλαια, που επιφέρει αύξηση της διατροφικής του αξίας και της διάρκειας ζωής, βελτιώνοντας τα αισθητηριακά χαρακτηριστικά του (Lamas κ.ά., 2022).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΤΟ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟ

1.1. ΚΟΡΩΝΕΙΚΗ ΠΟΙΚΙΛΙΑ

Η Κορωνέικη ποικιλία ελιάς (*Olea europaea* var. *Microcarpa alba*), αποτελεί πιθανόν την πιο ευρέως και συχνότερα καλλιεργούμενη ποικιλία ελιάς στον ελλαδικό χώρο και καλλιεργείται κατά κύριο λόγο στη περιοχή της Πελοποννήσου (Skiada et al., 2020). Πρόκειται για ελαιόδεντρο που παρουσιάζει σημαντική ανθεκτικότητα συγκριτικά με αυτά άλλων ποικιλιών και παράγει καρπούς μικρού μεγέθους και χαρακτηριστικού αρώματος, που παρουσιάζουν υψηλή απόδοση παραγωγής ελαιολάδου. Το παραγόμενο, από ελιές Κορωνέικης ποικιλίας, ελαιόλαδο θεωρείται υψηλής ποιότητας, παρουσιάζει χαμηλή οξύτητα (<0,8%) και έχει χαρακτηριστική φρουτώδη, ελαφρώς πικρή γεύση (Kandyliis et al., 2011).



Εικόνα 1. 1.: Ελαιόδεντρο Κορωνέικης Ποικιλίας.

1.2. ΠΟΙΟΤΙΚΕΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΕΛΑΙΟΛΑΔΩΝ

Σύμφωνα με το Παράρτημα I του Κοινοτικού Κανονισμού 865/04 «σχετικά με την Κοινή Οργάνωση Αγοράς Ελαιολάδου και Επιτραπέζιων Ελιών» οι ποιοτικές κατηγορίες των ελαιολάδων επιτρέπεται να διακινούνται και να πωλούνται ενδοκοινοτικά, εφόσον περιγράφονται και ορίζονται ως εξής:

1.2.1. Παρθένα Ελαιόλαδα

Λάδια που λαμβάνονται από τον ελαιόκαρπο μόνο με μηχανικές μεθόδους ή άλλες φυσικές επεξεργασίες, με συνθήκες που δεν προκαλούν αλλοίωση του ελαίου και τα οποία δεν έχουν υποστεί καμία άλλη επεξεργασία πλην της πλύσης, της μετάγγισης, της φυγοκέντρισης και της διήθησης. Εξαιρούνται τα έλαια που λαμβάνονται με διαλύτες, με βοηθητικές ύλες παραλαβής που έχουν χημική ή βιοχημική δράση, ή με μεθόδους επανεστεροποίησης ή προσμίξεις με λάδια με λάδια

άλλης φύσης. Τα έλαια αυτά κατατάσσονται και ταξινομούνται αναλυτικά με τις ακόλουθες ονομασίες :

1.2.1.1. Εξαιρετικά Παρθένο Ελαιόλαδο

Το ελαιόλαδο του οποίου η περιεκτικότητα σε ελεύθερα λιπαρά οξέα (οξύτητα) εκφρασμένη σε ελαϊκό οξύ, δεν υπερβαίνει τα 0,8 g ανά 100g (0,8%) και τα άλλα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του είναι σύμφωνα με τα προβλεπόμενα για την κατηγορία αυτή.

1.2.1.2. Παρθένο Ελαιόλαδο

Το ελαιόλαδο του οποίου η οξύτητα δεν υπερβαίνει το 2,0 g ανά 100 g και τα άλλα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του είναι σύμφωνα με την προβλεπόμενα για την κατηγορία αυτή.

1.2.1.3. Ελαιόλαδο Λαμπαντέ

Είναι το παρθένο ελαιόλαδο του οποίου η οξύτητα, εκφρασμένη ως ελαϊκό οξύ, υπερβαίνει τα 2,0 g ανά 100 g. Το ελαιόλαδο αυτής της υποκατηγορία προορίζεται για ραφινάρισμα ή για τεχνική χρήση.

1.2.2. Εξευγενισμένο (Ραφιναρισμένο) Ελαιόλαδο

Το ελαιόλαδο αυτό παραλαμβάνεται από τον εξευγενισμό παρθένων ελαιολάδων, ο οποίος δεν οδηγεί σε μεταβολές της αρχικής γλυκεριδικής δομής του. Η οξύτητα του δεν υπερβαίνει τα 0,3 %.

1.3. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ

1.3.1. Συγκομιδή

Το ελαιόλαδο, ορίζεται ο ελαιώδης χυμός ο οποίος παραλαμβάνεται από τον ελαιόκαρπο του ελαιόδεντρο, ο οποίος επιδέχεται μία σειρά μεθόδων μηχανικής επεξεργασίας στα ελαιοτριβεία.

Η συλλογή των ελιών, που θα χρησιμοποιηθούν για παραγωγή ελαιόλαδου, ενδείκνυται να πραγματοποιείται πριν από την φυσική πτώση των καρπών, όταν αυτές είναι πλέον ώριμες και το χρώμα τους έχει μετατραπεί από κιτρινοπράσινο σε μελανοϊωδές. Συλλογή ελιών που δεν έχουν ωριμάσει, επιφέρει μικρή απόδοση παραγωγής ελαιολάδου, ενώ η χρήση υπερώριμων ελαιόκαρπων, οδηγεί σε υποβαθμισμένη ποιότητα ελαιολάδου (Τσάκνης, 2018).

Οι χρησιμοποιούμενες μέθοδοι συγκομιδής των ελαιόκαρπων, διαφέρουν με βάση το μέγεθος και το σχήμα του δέντρου, την ποικιλία του ελαιόδεντρου, τον τρόπο καλλιέργειας, το έδαφος του ελαιώνα ακόμα και τις πολιτισμικές συνήθειες του λαού. (Boskou, 2006).

Ωστόσο οι κυριότεροι τρόποι συγκομιδής των ελαιόκαρπων είναι οι εξής:

1.3.1.1. Χειρονακτική συγκομιδή

Θεωρείται ο καλύτερος τρόπος συγκομιδής, καθώς δεν τραυματίζει ούτε τον ελαιόδεντρο ούτε ο ελαιόκαρπος. Το γεγονός ότι ο καρπός δεν τραυματίζεται και επομένως δεν προκύπτει είσοδος ενζύμων στο εσωτερικό της σάρκας, τα οποία θα προκαλούσαν, εν δυνάμει, ενζυμική υδρόλυση των τριγλυκεριδίων και συνάμα την σημαντική αύξηση της ογκομετρούμενης οξύτητας, καταδεικνύει ότι η ποιότητα του παραγόμενου ελαιολάδου, υπό τον αυτό τον τρόπο συγκομιδής, είναι πολύ καλή. Βασικό μειονέκτημα της μεθόδου αυτής, είναι το υψηλό της κόστους, λόγω της απαίτησης της σε πολυάριθμα εργατικά χέρια (Τσάκνης, 2018).



Εικόνα 1.3.1. : Συγκομιδή με τα χέρια.

1.3.1.2. Συλλογή από το έδαφος

Ο τρόπος συγκομιδής αυτός βασίζεται στην συλλογή καρπών που έχουν φυσικά αποχωριστεί από το δέντρο (πτώση). Σε αντίθεση με την πρώτη μέθοδο, είναι λιγότερο κατάλληλη για την παραγωγή ελαιολάδου καλής ποιότητας, διότι, οι ελιές όχι μόνο είναι υπερώριμες με αποτέλεσμα η συγκέντρωση των αρωματικών και θρεπτικών συστατικών τους να είναι μειωμένη, αλλά επιδέχονται και περαιτέρω υποβάθμιση, καθώς τραυματίζονται κατά την πτώση τους από το ελαιόδεντρο, με αποτέλεσμα να είναι εκτιθέμενες στην είσοδο μικροοργανισμών και ενζύμων (Αργυρόπουλος, 2010).

1.3.1.3. Ραβδισμός

Γίνεται χρήση ράβδων (ξύλινων, αλουμινένιων ή πλαστικών) ύψους 1-3 m, με τις οποίες οι εργάτες «χτενίζουν» τα κλαδιά του ελαιόδεντρου, αφαιρώντας τους καρπούς, οι οποίοι καταλήγουν να πέφτουν πάνω σε ελαιοπάνα ή πλαστικά δίχτυα, που τοποθετούνται στη βάση του δέντρου. Μπορεί να αποτελεί μία γρήγορη μέθοδο συλλογής των καρπών, ωστόσο τραυματίζει σε σημαντικό βαθμό τόσο το ελαιόδεντρο, όσο και τους ελαιόκαρπους (Αργυρόπουλος, 2010).



Εικόνα 1.3.2.: Συγκομιδή καρπών από το έδαφος.



Εικόνα 1.3.3.: Ραβδισμός ελαιόδεντρου.

1.3.1.4. Χρήση μηχανικών μέσων

i. Δονητές

Οι δονητές είναι μηχανήματα που προσδένονται στον κορμό του ελαιόδεντρου και με μηχανικές δονήσεις επιφέρουν την απόσπαση των ελιών, οι οποίες πέφτουν και συλλέγονται σε ελαιόπανα ή πλαστικά δίχτυα, που τοποθετούνται στη βάση του δέντρου. Μπορεί η εφαρμογή του τα μειώνει το κόστος παραγωγής, ωστόσο προκαλεί φθορές στο ελαιόδεντρο, ενώ ταυτόχρονα συλλέγονται όλες οι ελιές ανεξαρτήτως βαθμού ωρίμανσης. Η χρήση δονητών προϋποθέτει τα ελαιόδεντρα απέχουν αρκετά μεταξύ τους καθώς και το έδαφος του ελαιώνα να είναι επίπεδο (Αργυρόπουλος, 2010).



Εικόνα 1.3.4.: Μηχανικός δονητής συγκομιδής.

ii. Μηχανοκίνητα Ραβδιστήρια

Αποτελεί μία σύγχρονη παραλλαγή του κοινού ραβδίσματος.

Τα μηχανικά ελαιοραβδιστικά διαθέτουν ένα περιστρεφόμενο κύλινδρο, τα οποία με συνεχή κίνηση προκαλεί ραβδισμό των κλαδιών και αποσπά τους καρπούς, είτε παλινδρομικά είτε περιστροφικά (Αργυρόπουλος, 2010).



Εικόνα 1.3.5.: Συγκομιδή με μηχανοκίνητα ραβδιστήρια.

1.3.2. Μεταφορά ελαιόκαρπων

Η διακίνηση των καρπών στο ελαιοτριβείο πραγματοποιείται σε υφασμάτινους σάκους, η χρήση των οποίων ενδείκνυνται λόγω του καλού αερισμού που προσφέρουν με αποτέλεσμα την αποφυγή ανάπτυξης μυκήτων. Κατά την μεταφορά, οι σάκοι δεν πρέπει να τοποθετούνται ο ένας πάνω στον άλλο, έτσι ώστε να αποφευχθεί η διάρρηξη και ο τραυματισμός των καρπών.

Ένα ακόμη μέσο μεταφοράς, το οποίο προτιμάται, είναι τα ξύλινα ή πλαστικά διάτρητα τελάρα, τα οποία προσφέρουν καλό αερισμό και αποφυγή τραυματισμού στον καρπών.

Όσο μικρότερο είναι ο χρόνος που μεσολαβεί μεταξύ της συγκομιδής και της μεταφοράς των καρπών στα ελαιοτριβεία για επεξεργασία, τόσο καλύτερη η ποιότητα του παραγόμενου ελαιολάδου (Τσάκνης, 2018).



Εικόνα 1.3.6.: Σάκοι συλλογής ελιών



Εικόνα 1.3.7.: Πλαστικά διάτρητα τελάρα μεταφοράς

1.3.3. Στάδια επεξεργασίας ελαιόκαρπου

1.3.2.1. Ζύγιση

Αρχικά οι καρποί ζυγίζονται και στη συνέχεια, με την βοήθεια μεταφορικής ταινίας ή αναβατορίου, μεταφέρονται στο αποφυλλωτήριο (Τσάκνης, 2018).

1.3.2.2. Αποφυλλωτήριο

Το μηχάνημα αυτό απομακρύνει από την μάζα των καρπών τα φύλλα με αναρρόφηση. Τα φύλλα αποσπώνται, καθώς αν αλεστούν μαζί με τους καρπούς, προσδίδουν στο ελαιόλαδο πιο σκούρα χροιά, λόγω αύξησης της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης, η οποία παράλληλα δρα και σαν καταλύτης της φωτοξείδωσης του παραγόμενου ελαιολάδου (Τσάκνης, 2018).



Εικόνα 1.3.8.: Παραλαβή ελαιόκαρπων και μεταφορά στο αποφυλλωτήριο.

1.3.2.3. Πλυντήριο

Στο μηχάνημα αυτό οι καρποί υφίστανται πλύση, προς απομάκρυνση των ξένων υλών (π.χ. φυτοφάρμακα, χώμα, σκόνη κτλ.). Το χρησιμοποιούμενο, για την πλύση, νερό οφείλει να εμπίπτει εντός συγκεκριμένων ορίων ποιότητας και πρέπει να είναι πόσιμο και φιλτραρισμένο. Η παρουσία ξένων υλών, επιδρούν αρνητικά στο άρωμα του προϊόντος, αυξάνοντας ταυτόχρονα τις τιμές της οξύτητας του.

Μετά από την πλύση, απαραίτητη είναι η καλή στράγγιση των καρπών, προς αποφυγή δημιουργίας γαλακτωμάτων, τα οποία δυσχεραίνουν την περαιτέρω επεξεργασία (Τσάκνης, 2018).



Εικόνα 1.3.9.: Πλυντήριο ελιών.

1.3.2.4. Άλεση Καρπών

Στο στάδιο αυτό γίνεται η θραύση των καρπών προκειμένου να παραχθεί η ελαιόπαστα. Η άλεση πραγματοποιείται με σφυρόμυλους, μεταλλικούς μύλους, κυλινδροσπαστήρες κ.α. (Τσάκνης, 2018).



Εικόνα 1.3.10.: Άλεση & παραγωγή ελαιόπαστας.

1.3.2.5. Μάλαξη

Η παραγόμενη ελαιόπαστα οδηγείται στον μαλακτήρα. Κατά την μάλαξη, συνενώνονται τα μικρά σταγονίδια ελαιολάδου προς μεγαλύτερες σταγόνες. Οι συνθήκες μάλαξης διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην ποιότητα του ελαιολάδου που παράγεται. Ο μέσος χρόνος μάλαξης της ελαιόπαστας υπολογίζεται περίπου στα 30 λεπτά (Αργυρόπουλος, 2010; Τσάκνης, 2018).



Εικόνα 1.3.11.: Μάλαξη ελαιόπαστας.

1.3.4. Διαχωρισμός ελαιολάδου από ελαιόπαστα

Ο διαχωρισμός της επιθυμητής ποσότητας ελαιολάδου πραγματοποιείται, κυρίως, με φυγοκέντριση. Οι φυγοκεντρικές μηχανές που χρησιμοποιούνται στα ελαιοτριβεία, διαχωρίζουν τα συστατικά της ελαιοζύμης (νερό, ελαιόλαδο, στερεά συστατικά) με βάση το ειδικό βάρος τους. Με την επίδραση της φυγόκεντρου δύναμης, τα συστατικά, ανάλογα με την πυκνότητα τους, χωρίζονται σε κυκλικές ζώνες, και εξέρχονται του μηχανήματος από διαφορετικές εξόδους (Τσάκνης, 2018).

1.3.5. Καθαρισμός και αποθήκευση παραγόμενου ελαιολάδου

Το εξερχόμενο, από τον φυγοκεντριτή, ελαιόλαδο, περιέχει υπολείμματα προερχόμενα από τη σάρκα, το κουκούτσι, τον φλοιό των ελιών, καθώς και ποσότητα νερού που είναι αναμεμιγμένο με το λάδι, υπό την μορφή γαλακτώματος.

Ο καθαρισμός επιτυγχάνεται όταν το ελαιόλαδο αφήνεται σε ηρεμία και επέρχεται διαχωρισμός του ελαιολάδου από τα υπολείμματα, λόγω διαφοράς πυκνοτήτων. Το ελαιόλαδο ανέρχεται στην επιφάνεια της δεξαμενής, ενώ τα λοιπά συστατικά, ως πιο βαριά, κατέρχονται στον πυθμένα. Από εκεί απομακρύνονται από την βάνα εξόδου, που εντοπίζεται σε ύψος περίπου 30-50 cm από την βάση της δεξαμενής. Ένας πιο σύγχρονος τρόπος καθαρισμού είναι η χρήση φυγοκεντρικών συσκευών – Decanters.

Η αποθήκευση του ελαιολάδου που παραλαμβάνεται, συνίσταται να γίνεται σε υπόγειες ή υπέργειες ανοξειδωτες δεξαμενές, οι οποίες σφραγίζονται ερμητικά, προς αποφυγή της οξείδωσης (Τσάκνης, 2018).



Εικόνα 1.3.12.: Ανοξειδωτες υπέργειες δεξαμενές αποθήκευσης ελαιολάδου.

1.4. ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ

Το ελαιόλαδο αποτελείται από ένα μείγμα συστατικών, τα οποία έχουν απασχολήσει ιδιαίτερα τους επιστήμονες και έχουν αποτελέσει προϊόν έρευνας εδώ και πολλά χρόνια, λόγω της υψηλής σημασίας τους για τον ανθρώπινο οργανισμό. Πιο συγκεκριμένα το ελαιόλαδο αποτελεί σημαντική πηγή ενέργειας, ενώ έχει αναρίθμητα οφέλη για τον άνθρωπο.

Τα οφέλη του ελαιολάδου συνδέονται κυρίως με την χημική σύνθεση του. Το ελαιόλαδο χαρακτηρίζεται από υψηλή περιεκτικότητα μονοακόρεστων λιπαρών οξέων ενώ είναι πλούσιο και σε φυσικά αντιοξειδωτικά, όπως οι τοκοφερόλες, τα καροτενοειδή και οι φαινόλες, που αποτελούν ορισμένα από τα βασικά χαρακτηριστικά της χημικής του σύστασης. Αρκετές μελέτες απέδειξαν ότι ένταξη του ελαιολάδου στην διατροφή προλαμβάνει καρδιαγγειακά νοσήματα καθώς και ορισμένα είδη καρκίνου.

Το ελαιόλαδο αποτελείται κατά βάση από τριγλυκερίδια, σε ποσοστό που ανέρχεται περίπου στο 99%, και από ελεύθερα λιπαρά οξέα, μόνο- και διγλυκερίδια. Ακόμη περιέχει, σε χαμηλότερες συγκεντρώσεις, μια ποικιλία συστατικών όπως στερόλες, φωσφατίδια, υδρογονάνθρακες, αλειφατικές αλκοόλες, χρωστικές και τοκοφερόλες. Τα συστατικά αυτά κατατάσσονται σε δύο κατηγορίες:

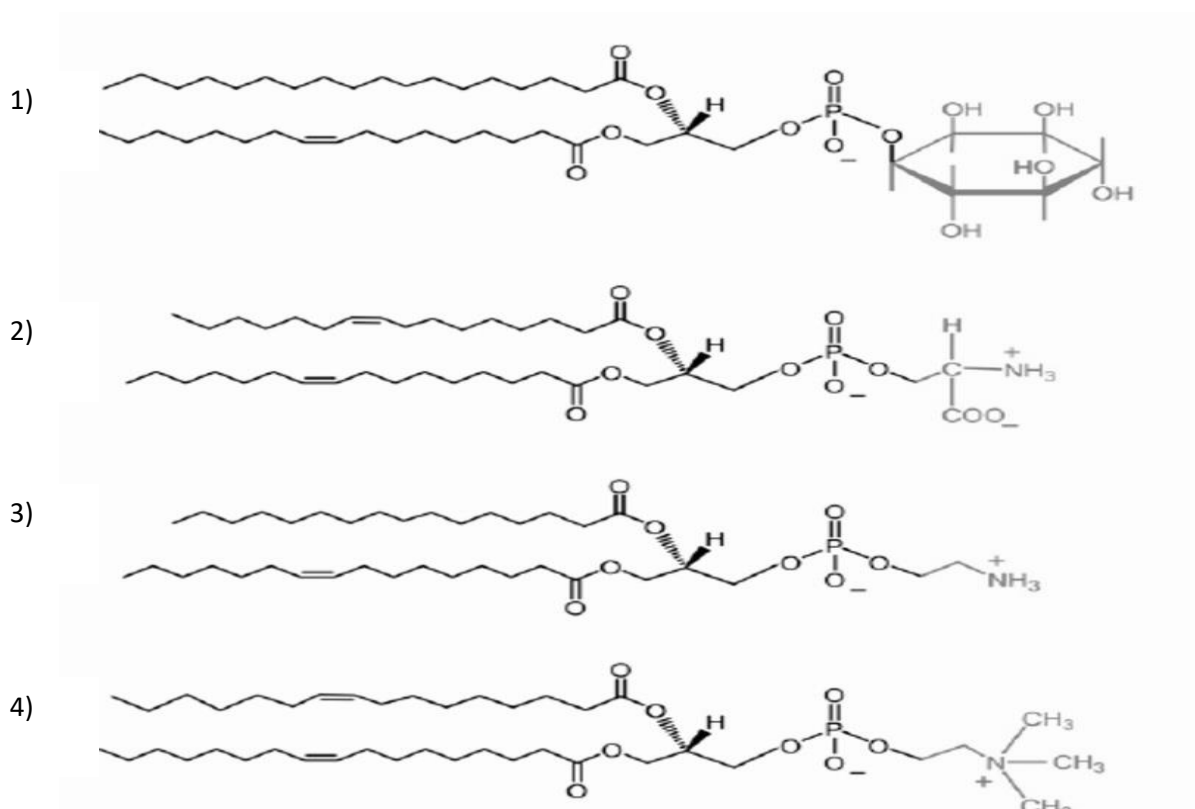
1. Τα σαπωνοποιήσιμα συστατικά, που περιλαμβάνουν τα τριγλυκερίδια, φωσφολιπίδια (φωσφατίδια) και τα ελεύθερα λιπαρά οξέα.
2. Τα ασαπωνοποιήσιμα συστατικά τα οποία περιλαμβάνουν τις αλειφατικές αλκοόλες, τις τοκοφερόλες, τις στερόλες, τις φαινολικές ενώσεις, τις βιταμίνες και τους υδρογονάνθρακες. Παρόλο που τα συστατικά αυτά βρίσκονται σε μικρή αναλογία, διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο (Τσάκνης, 2018).

1.4.1. Σαπωνοποιήσιμα Συστατικά

1.4.1.1. Φωσφολιπίδια

Τα φωσφολιπίδια (ή φωσφατίδια) είναι τα σύνθετα λιπίδια τα οποία περιέχουν στο μόριο τους φώσφορο. Συντίθενται από μία πολυσθενή αλκοόλη, εστεροποιημένη με λιπαρά οξέα και φωσφορικό οξύ. Αν το μόριο της αλκοόλης είναι η γλυκερίνη, τότε τα φωσφατίδια ονομάζονται φωσφογλυκερίδια ή γλυκεροφωσφολιπίδια, ενώ αν η αλκοόλη

αυτή είναι η σφιγγοσίνη, τότε ονομάζονται σφιγγολιπίδια. Κύρια φωσφολιπίδια του ελαιόλαδου είναι η λεκιθίνη (ή φωσφατιδοχολίνη - σύνδεση με χολίνη), η κεφαλίνη (ή φωσφατιδυλοαιθανολαμίνη - σύνδεση με κολαμίνη), η φωσφατιδυλοϊνοσιτόλη (σύνδεση με ινοσιτόλη) και η φωσφατιδυλοσερίνη (σύνδεση με σερίνη), οι οποίες ανιχνεύονται σε μικρές ποσότητες, προερχόμενες κυρίως από τον πυρήνα της ελιάς. Τα φωσφολιπίδια αποτελούν το 1-3% των συνολικών λιπιδίων (Τσάκνης, 2018).



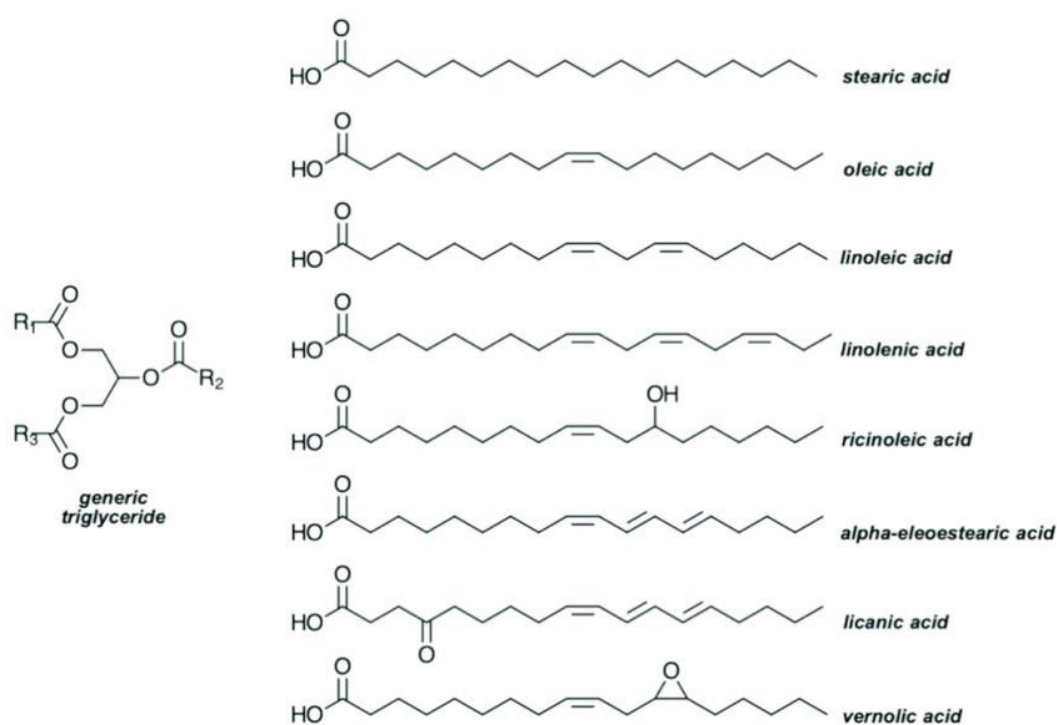
Εικόνα 1.4.1. : Δομή φωσφολιπιδίων : 1) φωσφατιδυλοϊνοσιτόλη, 2) φωσφατιδυλοσερίνη, 3) κεφαλίνη, 4) λεκιθίνη.

Ελεύθερα Λιπαρά Οξέα

Τα λιπαρά οξέα συντελούν το μεγαλύτερο μέρος του ελαιόλαδου και διακρίνονται σε δυο κατηγορίες. Οι κατηγορίες αυτές είναι τα κορεσμένα και τα ακόρεστα λιπαρά οξέα. Η διαφορά μεταξύ των δυο έγκειται στη δομή τους. Πιο συγκεκριμένα τα κορεσμένα λιπαρά οξέα συντελούνται από μακρές ανθρακικές αλυσίδες ατόμων

άνθρακα, που συνδέονται μεταξύ τους με απλούς δεσμούς, ενώ τα ακόρεστα λιπαρά οξέα διαμορφώνονται από ανθρακικές αλυσίδες που περιλαμβάνουν τουλάχιστον έναν διπλό δεσμό. Τα ακόρεστα λιπαρά οξέα διακρίνονται περαιτέρω με βάση τον αριθμό διπλών δεσμών που περιέχονται στην ανθρακική αλυσίδα σε μονοακόρεστα (1 διπλός δεσμός) και πολυακόρεστα ($1 <$ διπλούς δεσμούς).

- ❖ Όσον αφορά τα κορεσμένα λιπαρά του ελαιολάδου, το παλμιτικό οξύ (C16;0) βρίσκεται σε μεγαλύτερη αναλογία, ακολουθούμενο από το στεατικό οξύ (C18;0).
- ❖ Στην περίπτωση των ακόρεστων λιπαρών οξέων, σε μεγαλύτερη αναλογία εντοπίζεται το ελαϊκό οξύ (C18;1), εν συνεχεία το λινελαϊκό (C18;2) και τέλος το λινολενικό (C18;3). Σε αμελητέες ποσότητες ανιχνεύονται ακόμη το αραχιδονικό (C20;4) και το παλμιτελαϊκό (C16;1) (Boskou, 2006).



Εικόνα 1.4.2.: Χημική δομή των σημαντικότερων κορεσμένων και ακόρεστων ελεύθερων λιπαρών οξέων του ελαιολάδου.

Οι δυο κατηγορίες λιπαρών οξέων διαδραματίζουν πολύ διαφορετικό ρόλο στη διατροφή των ανθρώπων. Αναλυτικότερα συστήνεται η μείωση της κατανάλωσης κορεσμένων και *trans*- λιπαρών οξέων, καθώς σχετίζονται με την αύξηση κυρίως καρδιαγγειακών νοσημάτων ενώ αυξάνουν και το ρίσκο για εμφάνιση διαβήτη

(“Saturated fatty acid and trans-fatty acid intake for adults and children,” WHO guideline). Αντιθέτως, τα ακόρεστα λιπαρά οξέα, που αποτελούν και το μεγαλύτερο ποσοστό του ελαιόλαδου, παρουσιάζουν σημαντικά οφέλη για τον οργανισμό και συστήνεται η κατανάλωση τροφών πλουσίων σε αυτά. Ιδιαίτερα τα πολυακόρεστα λιπαρά (ω3 και ω6 λιπαρά οξέα) έχει αποδειχθεί σε πολυάριθμες μελέτες ότι βελτιώνουν σημαντικά τη καρδιαγγειακή λειτουργία (Ander et al., 2003; Roche, 1999).

1.4.1.2. Γλυκερίδια

Τα γλυκερίδια ή αλλιώς ακυλογλυκερόλες αποτελούν το κύριο συστατικών των λαδιών. Είναι εστέρες της γλυκερόλης με ακόρεστα ή κορεσμένα λιπαρά οξέα, που το μέγεθος τους κυμαίνεται από 4 έως 24 άτομα άνθρακα. Τα γλυκερίδια μπορούν να έχουν την μορφή μονό -, δι-, και τριγλυκεριδίων, ανάλογα με τον αριθμό των εστεροποιημένων υδροξυλίων που διαθέτουν. Ο πιο διαδεδομένος τύπος γλυκεριδίων στη φύση, είναι τα τριγλυκερίδια, έχοντας και τα τρία υδροξύλια του μορίου της αλκοόλης εστεροποιημένα.

Τόσο η δομή και όσο και η διαμόρφωση των περιεχόμενων λιπαρών οξέων, επηρεάζουν σημαντικά τις ιδιότητες των γλυκεριδίων, και για τον λόγο αυτό διακρίνονται δύο κατηγορίες γλυκεριδίων:

- i. Απλά γλυκερίδια, τα οποία περιέχουν ένα μόνο είδος λιπαρού οξέος, π.χ. τριελαΐνη (EEE).
- ii. Μικτά γλυκερίδια, τα οποία διαθέτουν δύο ή τρία διαφορετικά λιπαρά οξέα, π.χ. παλμιτοδελαΐνη (ΠΕΕ), Παλμιτο- λινολεϋλο-ελαΐνη (ΠΕΛ).

Οι τριακυλογλυκερόλες, ή όπως είναι κοινώς γνωστά, τα τριγλυκερίδια, προκύπτουν με την εστεροποίηση της γλυκερόλης με τρία μόρια λιπαρών οξέων. Η συνηθέστερη γλυκεριδική σύνθεση του ελαιόλαδου απεικονίζεται στον παρακάτω πίνακα (Boskou, 2006).

Πίνακας 1.4.1.: Τα σημαντικότερα σε ποσότητα τριγλυκερίδια του ελαιολάδου.

Τριγλύκεριδιο	Σήμανση	% Περιεκτικότητα
Τριελαΐνη	ΕΕΕ	40 – 59
Παλμιτοδιελαΐνη	ΠΕΕ	12 – 20
Στεατοδιελαΐνη	ΣΕΕ	3 – 7
Παλμιτο- λινολεϋλο-ελαΐνη	ΠΕΛ	5,5 – 7
Λινολεϋλο-διελαΐνη	ΕΕΛ	12,5 – 20

*Ε = Ελαϊκό οξύ, Π = Παλμιτικό οξύ, Σ= Στεατικό Οξύ, Λ= Λινελαϊκό οξύ.

Οι μονοακυλογλυκερόλες (μονογλυκερίδια) και οι διακυλογλυκερόλες (διγλυκερίδια) σχηματίζονται είτε από την εστεροποίηση της γλυκερόλης με ένα ή δύο λιπαρά οξέα, αντίστοιχα, είτε από την υδρόλυση των τριγλυκεριδίων.

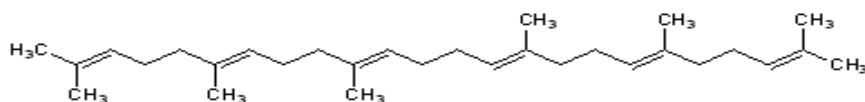
Στο ελαιόλαδο, η συγκέντρωση των μονογλυκεριδίων ανέρχεται έως το 0,2% ενώ η συγκέντρωση των διγλυκεριδίων κυμαίνεται από 2-3% (Τσάκνης, 2018).

1.4.2. Ασαπωνοποίηση Συστατικά

1.4.2.1. Υδρογονάνθρακες

Ως υδρογονάνθρακας ορίζεται η χημική ένωση που περιλαμβάνει ευθύγραμμες ή διακλαδισμένες, κορεσμένες ή ακόρεστες ενώσεις, με διάφορο μέγεθος ανθρακικής αλυσίδας. Στο ελαιόλαδο επικρατέστερος υδρογονάνθρακας είναι το σκουαλένιο ($C_{30}H_{50}$). Το σκουαλένιο είναι ένας πολυακόρεστος αλειφατικός τριτερπενικός υδρογονάνθρακας που αποτελείται από 6 μερικώς υδρογονωμένα μόρια ισοπρενίου που βρίσκονται σε γραμμική διάταξη. Συνιστά το σημαντικότερο συστατικό του ασαπωνοποίητου κλάσματος των ελαιολάδων (~50%/) (Τσάκνης, 2018).

Το σκουαλένιο παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον λόγω των αναρίθμητων οφελών που έχει για την υγεία του ανθρώπου. Τα κυριότερα από αυτά είναι ότι παρουσιάζει αντικαρκινική δράση σε συγκεκριμένες μορφές καρκίνου, ενώ έχει αντιφλεγμονώδη και αντιοξειδωτική δράση (Gaforio et al., 2015; Kalogeropoulos, 2010).



Εικόνα 1.4.3.: Χημική δομή Σκουαλένιου.

1.4.2.2. Τοκοφερόλες - Τοκοτριενόλες

Η βιταμίνη E αποτελεί μία ομάδα λιποδιάλυτων ενώσεων και συνιστά ένα πολύ σημαντικό συστατικό του ελαιολάδου, καθώς έχει αντιοξειδωτική δράση και προλαμβάνει την αυτοοξείδωση αυτού (τάγγισμα), προσδίδοντας του μεγαλύτερη διάρκεια ζωής (Blekas et al., 1995).

Η βιταμίνη E διακρίνεται σε δύο κατηγορίες 8 διαφορετικών λιποδιάλυτων ενώσεων:

i. Τις ισομερείς α-, β-, γ-, και δ- τοκοφερόλες.

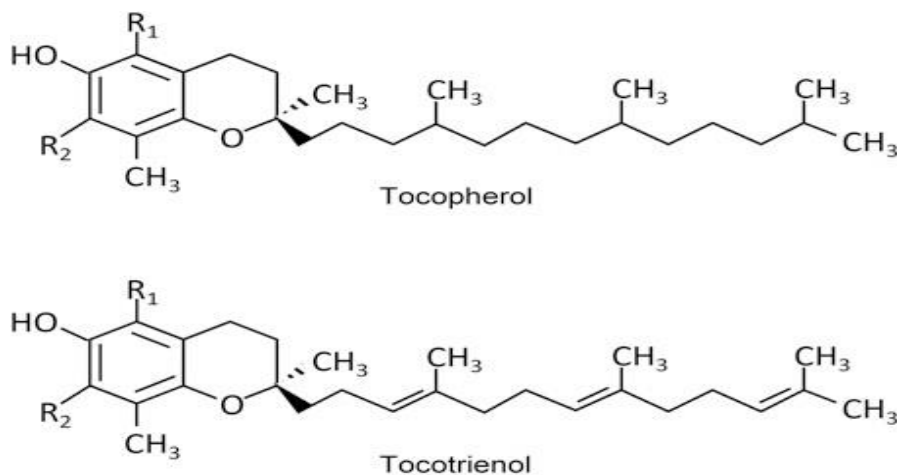
Οι τοκοφερόλες συνίστανται από έναν δακτύλιο χρωμανόλης (θέση 6) και μία υδρόφοβη κορεσμένη πλευρική αλυσίδα φυτυλίου με 16 άτομα C (θέση 2) (Niki & Abe, 2019). Η βιολογική τους δράση αυξάνεται από το δ- στο α- ισομερές, ενώ η αντιοξειδωτική τους δράση αυξάνεται με την αντίθετη φορά.

ii. Τις τοκοτριενόλες (α-, β-, γ-, δ-).

Οι τοκοτριενόλες συνίστανται από έναν δακτύλιο χρωμανόλης (θέση C6) και μία ακόρεστη πλευρική αλυσίδα ισοπρενύλης, με τρεις ακόρεστους δεσμούς (θέσεις C3, C7 & C11 – *trans* διαμόρφωση) (Εικόνα 1.4.4).

Στις παραπάνω δύο κατηγορίες, η διαφορά μεταξύ των ομόλογων μορφών, έγκειται στον αριθμό και την θέση των μεθυλομάδων στον δακτύλιο της χρωμανόλης (Πίνακας 1.4.2.) (Τσάκνης, 2018). Στο ελαιόλαδο, επικρατέστερη μορφή της βιταμίνης

Ε, είναι η α-τοκοφερόλη σε ποσοστό που ανέρχεται στο 90% του συνόλου, τα β – και γ-ισομερείς τοκοφερολών αντιπροσωπεύουν μαζί ποσοστό 9,9%, ενώ η δ- τοκοφερόλη εντοπίζονται σε ποσοστό ~1,6%.



Εικόνα 1.4.4.: Δομή Τοκοφερολών και Τοκοτριενολών.

Πίνακας 1.4.2.: Χημική σύσταση ισομερών Βιταμίνης Ε.

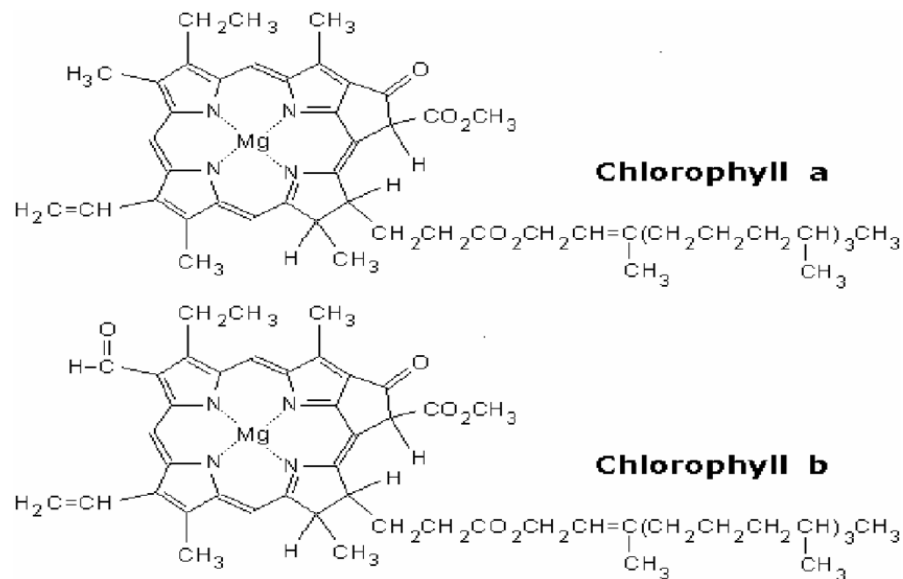
Ισομερές	R1	R2
α - τοκοφερόλη	CH ₃	CH ₃
β - τοκοφερολη	CH ₃	H
γ - τοκοφερολη	H	CH ₃
δ - τοκοφερόλη	H	H

1.4.2.3. Χρωστικές ουσίες

Το ελαιόλαδο περιέχει χρωστικές ουσίες, η σύνθεση και η περιεκτικότητα των οποίων καθορίζουν το χρώμα και τους υποτόνους αυτού, καθώς και τη σταθερότητα του ελαιόλαδου ως προς την φωτοξείδωση (Τσάκης, 2018). Οι κύριες χρωστικές ουσίες που εντοπίζονται στο ελαιόλαδο είναι:

i. Οι χλωροφύλλες και τα παράγωγα αυτών.

Ευθύνονται για το πράσινο χρώμα του ελαιολάδου. Υπάρχουν δύο ειδών χλωροφύλλες, η α-χλωροφύλλη υπεύθυνη για το κυανοπράσινο χρώμα και η β-χλωροφύλλη υπεύθυνη για το κτρινοπράσινο χρώμα (Κυριτσάκης, 2007). Η διαφορά των δύο χλωροφυλλών έγκειται στο γεγονός ότι, α- χλωροφύλλη διαθέτει μια μεθυλομάδα στο τρίτο άτομο C, ενώ η β- χλωροφύλλη έχει μία αλδεϋδική ομάδα στην θέση αυτή (Τσάκνης, 2018).

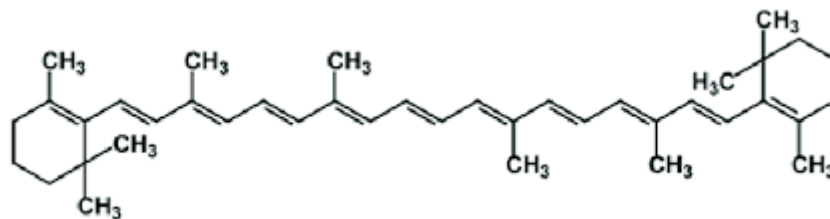


Εικόνα 1.4.5.: Δομή α- & β- Χλωροφυλλών.

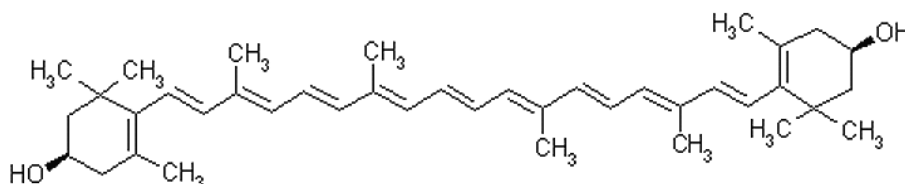
ii. Τα καροτενοειδή.

Ισοπρενοειδείς ενώσεις με δομή υδρογονάνθρακα, που προσδίδουν κίτρινο χρώμα στο ελαιολάδο. Διακρίνονται σε καροτένια (α-, β- και γ-) και ξανθοφύλλες. Οι ξανθοφύλλες είναι οξυγονωμένα παράγωγα των καροτενοειδών. Σημαντικότερη ξανθοφύλλη του ελαιολάδου είναι η λουτεΐνη (C₄₀H₅₆O₂), η οποία αποτελεί το βασικότερο στοιχείο του κλάσματος των καροτενοειδών. Άλλες ξανθοφύλλες οι οποίες εντοπίζονται στα ελαιολάδα είναι η νεοξανθίνη και η βιολαξανθίνη (Τσάκνης, 2018).

Τα καροτένια του ελαιολάδου έχουν μοριακό τύπο C₄₀H₅₆ και είναι ακόρεστοι υδρογονάνθρακες. Στο ελαιολάδο, σε μεγαλύτερες ποσότητες εντοπίζεται το β-καροτένιο, σε ποσοστό 85%, ακολουθούμενο από το α-καροτένιο σε ποσοστό 15% (Κυριτσάκης, 2007).



Εικόνα 1.4.6.: Χημική δομή β- Καροτένιου.



Εικόνα 1.4.7.: Χημική δομή Λουτεΐνης.

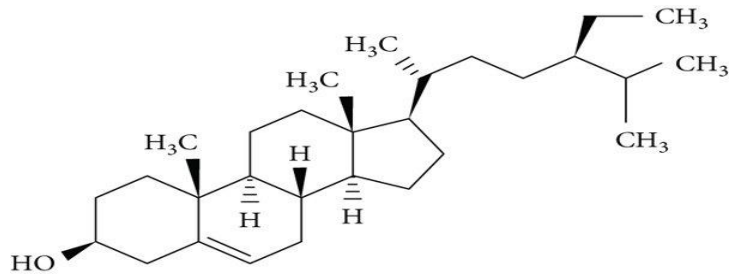
1.4.2.4. Στερόλες

Οι στερόλες, είναι μονοσθενείς δευτεροταγείς αλκοόλες (παράγωγα του στερανίου), που διαθέτουν μεγάλο μοριακό βάρος. Ανάλογα με την προέλευση τους χαρακτηρίζονται ως φυτοστερόλες, ζωοστερόλες ή μυκοστερόλες. Πιο συγκεκριμένα, οι φυτοστερόλες που εντοπίζονται κατά κύριο λόγο στο ελαιόλαδο είναι η β-σιτοστερόλη (75-95%), Δ5-αβεναστερόλη (5-20%), καμπεστερόλη (1-4%) και σιγμαστερόλη (0,5-2%) (Boskou, 2006; Τσάκνης, 2018).

Η περιεκτικότητα του ελαιολάδου σε στερόλες αποτελεί δείκτη ποιότητας και αυθεντικότητας, καθώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανίχνευση νοθευμένων ελαιολάδων, αλλά και για την ταυτοποίηση της προέλευσης της ελιάς που χρησιμοποιήθηκε για την παρασκευή ελαιολάδων (Κυζυκ et al., 2016; Lukić et al., 2021).

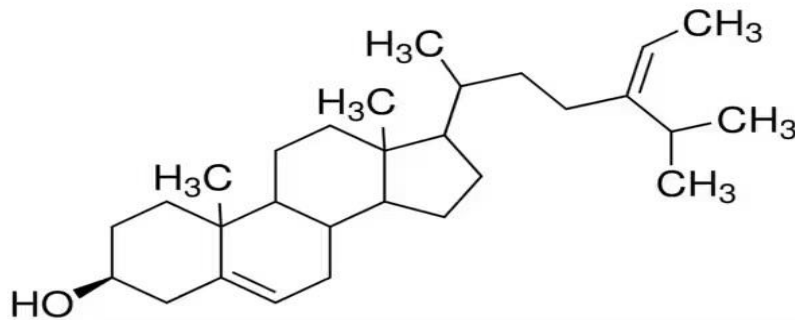
Οι φυτοστερόλες έχουν αντιφλεγμονώδη και αντικαρκινική δράση ενώ μειώνουν

σημαντικά τη παρουσία της χοληστερόλης στο αίμα προλαμβάνοντας έτσι καρδιαγγειακά νοσήματα (Κυζυκ et al., 2016).

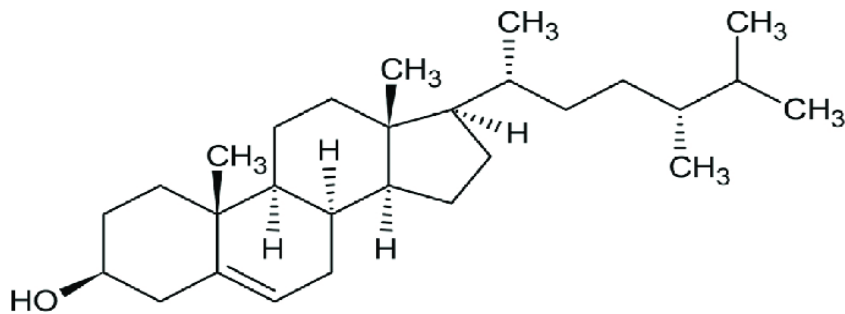


β-Sitosterol

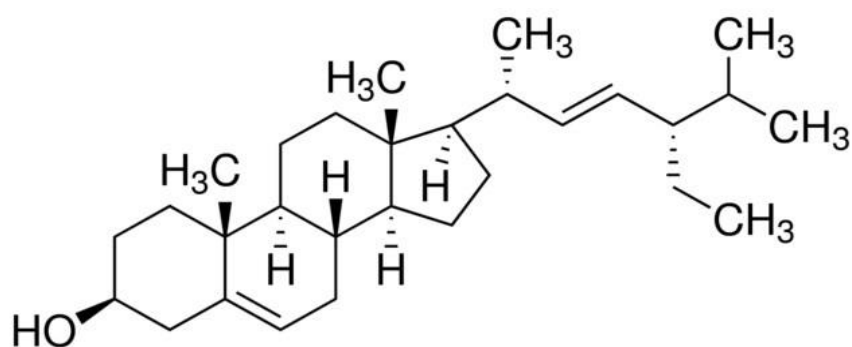
Εικόνα 1.4.8.: Χημική δομή β- Σιτοστερόλης.



Εικόνα 1.4.9.: Χημική ομή Δ5- Αβεναστερόλης.



Εικόνα 1.4.10.: Χημική δομή Καμπεστερόλης.



Εικόνα 1.4.11.: Χημική δομή Στιγματοστερόλης.

1.4.2.5. Φαινόλες

Ως φαινόλες ορίζονται τα υδροξυπαράγωγα των αρωματικών υδρογονανθράκων, των οποίων τουλάχιστον ένα υδροξύλιο ενώνεται με ένα άτομο C του αρωματικού δακτυλίου. Διακρίνονται σε κατηγορίες (μονοσθενείς, δισθενείς, τρισθενείς κτλ.), ανάλογα με τον αριθμό υδροξυλίων που ενώνονται με τον αρωματικό δακτύλιο. Το φαινολικό κλάσμα το ελαιόλαδου συγκροτείται από τουλάχιστον 30 φαινολικές ενώσεις, κάποιες από τις οποίες επηρεάζουν σημαντικό τόσο την βιολογική όσο και την οργανοληπτική αξία του ελαιόλαδου. Οι φαινόλες διακρίνονται για την ισχυρές αντιοξειδωτικές ιδιότητες τους, οι οποίες προστατεύουν το ελαιόλαδο από την οξείδωση και την φωτοξείδωση. Οι βασικότερες κατηγορίες φαινολικών συστατικών που εντοπίζονται στα ελαιόλαδα είναι οι εξής (Boskou, 2006; Kiritsakis & Fereidoon, 2017):

i. Φαινολικές αλκοόλες

Σε αυτή τη κατηγορία ανήκουν οι ενώσεις τυροσόλη, υδροτυροσόλη και τα παράγωγα αυτών, οι οποίες αποτελούν και τις βασικότερες ενώσεις του φαινολικού κλάσματος.

ii. Σεκοϊριδοειδή

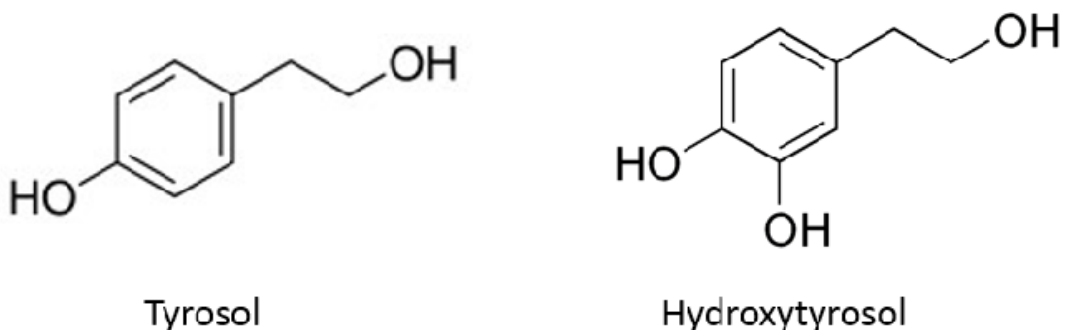
Εντοπίζονται στην ελιά και επομένως και στο ελαιόλαδο με τη μορφή εστέρων της τυροσόλης και της υδροξυτυροσόλης. Χαρακτηριστικότερα σεκοϊριδοειδή στο ελαιόλαδο αποτελούν οι αγλυκόνες της λιγκστροσίδης και της ελευρωπαΐνης.

iii. Φλαβονοειδή

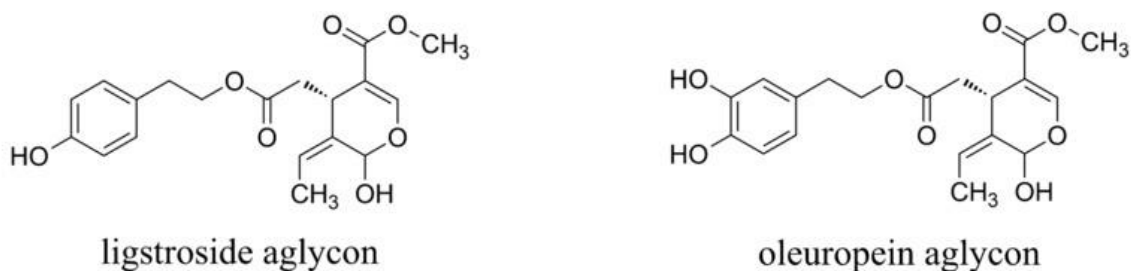
Εντοπίζονται σε πολύ μικρές ποσότητες τόσο στον ελαιόκαρπο όσο και στο ελαιόλαδο. Τα φλαβονοειδή που εντοπίζονται στο ελαιόλαδο είναι η απιγενίνη και η λουτεονίνη.

iv. Υδροξυβενζοϊκά και υδοξυκιναμικά οξέα

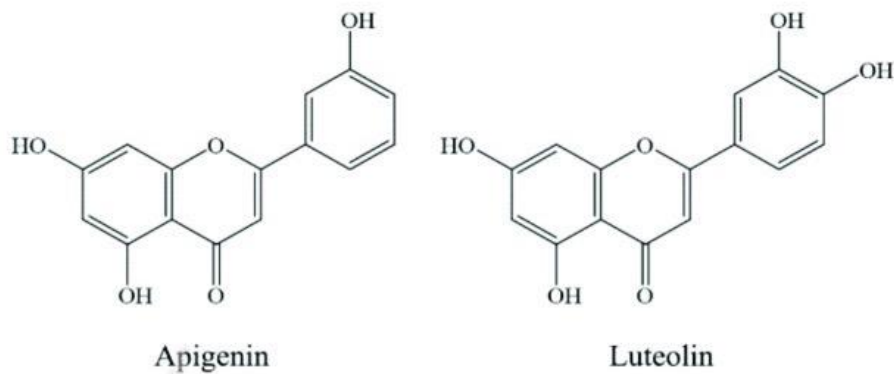
Και οι δυο κατηγορίες οξέων αυτές εντοπίζονται σε μικροποσότητες στο ελαιόλαδο. Τα χαρακτηριστικότερα οξέα είναι το βανιλικό, το γαλλικό, το πρωτοκατεχικό, το συρινγικό, το p-υδροξυβενζοϊκό και στη δεύτερη κατηγορία αντίστοιχα είναι το o- και p- κουμαρικό, το καφεϊκό, το φερουλικό και το σιναπικό οξύ.



Εικόνα 1.4.12.: Χημική δομή κυριότερων φαινολικών αλκοολών ελαιολάδου.



Εικόνα 1.4. 13.: Χημική δομή κυριότερων σεκοϊριδοειδών ελαιολάδου.



Εικόνα 1.4.14.: Χημική δομή κυριότερων φλαβονοειδών ελαιολάδου.

Από τα φαινολικά συστατικά που αναφέρθηκαν παραπάνω, οι ενώσεις που παρουσιάζουν το μεγαλύτερο ενδιαφέρον και εντοπίζονται και σε σημαντικότερες ποσότητες στο ελαιόλαδο είναι οι τυροσόλη, υδροξυτυροσόλη και η αγλυκόνη της ελευρωπαΐνης. Κυριότερα, οι ενώσεις ελευρωπαΐνη και ελαιοκανθάλη συμβάλουν στην γεύση και γενικότερη οργανοληπτική εικόνα του ελαιόλαδου, με την πρώτη να προσδίδει στο ελαιόλαδο την χαρακτηριστική πικρή του γεύση και τη δεύτερη να του αποδίδει στυφότητα. Επιπρόσθετα, όπως έχει αποδειχθεί από πολυάριθμες έρευνες, οι ενώσεις αυτές παρουσιάζουν αναρίθμητα οφέλη και για τον ανθρώπινο οργανισμό, όπως αντιοξειδωτική και αντιφλεγμονώδη δράση ενώ μπορεί να προστατεύσουν ακόμη και από κάποιους συγκεκριμένους τύπους μικροοργανισμών.

Αξίζει επίσης να αναφερθεί ότι οι φαινόλες προσφέρουν προστασία του ελαιολάδου από την ποιοτική υποβάθμιση, ιδίως την οξείδωση, κατά την αποθήκευση (Servili et al., 2009; Tuck & Hayball, 2002).

Στο ελαιόλαδο, το φαινολικό κλάσμα απαρτίζεται τόσο από απλές φαινόλες όσο και πολυφαινόλες (>1 φαινολικά υδροξύλια στο μόριο τους).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΑΡΩΜΑΤΙΣΜΟΣ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ

Οι συνεχώς αυξανόμενες απαιτήσεις των καταναλωτών για διαφοροποιημένα, καινοτόμα και θρεπτικά προϊόντα, ωθούν τη βιομηχανία στην αδιάλειπτη εξέλιξη και την εισαγωγή νέων τεχνικών στην διαδικασία παραγωγής. Στον τομέα της ελαιοπαραγωγής, παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον τα τελευταία χρόνια η μέθοδος του αρωματισμού ή αρωματικού εμπλουτισμού του ελαιόλαδου.

Πρόκειται για μια διαδικασία που στοχεύει στην παραγωγή νέων προϊόντων, με ιδιαίζουσα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά και πλούσια χημική σύσταση, με σκοπό την ικανοποίηση της ανάγκης του καταναλωτικού κοινού για πλούσια διατροφικά και υγιεινά προϊόντα με ιδιαίζοντα αισθητηριακά χαρακτηριστικά (Lamas κ.ά., 2022).

2.1 Μέθοδοι εμπλουτισμού

Η μέθοδος εμπλουτισμού και η παραγωγή αρωματισμένου ελαιόλαδου, κάνοντας χρήση ποικίλων προϊόντων, έχει ως σκοπό τον εμπλουτισμό των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών, την βελτίωση της θρεπτικής αξίας και την επέκταση της διάρκειας ζωής του (Clodoneo κ.ά., 2016).

Επιτυγχάνεται από την προσθήκη ενός ή περισσότερων αρωματικών παραγόντων (π.χ. βότανα, αιθέρια έλαια, μπαχαρικά κτλ.) σε προϊόντα ελαιόλαδου. Ο αρωματισμός μπορεί να επιτευχθεί με τρεις διαφορετικούς τρόπους. Πιο συγκεκριμένα:

2.1.1. Μέθοδος της συνεκχύλισης.

Γενικά, η μέθοδος εμπλουτισμού αυτή, είναι μια οικονομική και συμφέρουσα διαδικασία. Η τεχνική αυτή εφαρμόζεται παράλληλα με την εξαγωγή του ελαιόλαδου. Ο αρωματικός παράγοντας που επιλέγεται ενσωματώνεται στο ελαιόλαδο κατά τη



Εικόνα 2.1.: Ποικιλία αρωματισμένα ελαιολάδων.

διάρκεια του αλέσματος των ελαιόκαρπων στο ελαιοτριβείο (Marx, 2023). Η ποσότητα του αρωματικού παράγοντα, η οποία προστίθεται, κατά των θρυμματισμών των ελιών, είναι καθορισμένη και σχετίζεται άμεσα με την επιθυμητή μορφή του τελικού προϊόντος.

Μετά από το στάδιο της σύνθλιψης των καρπών, ακολουθείται η μάλαξη του μείγματος ελαιόπαστας – αρωματικού παράγοντα, που ευνοεί περαιτέρω την συνένωση των δύο ουσιών αυτών. Η, με σημαντικό μέγεθος, επιφάνεια επαφής μεταξύ του αρωματικού παράγοντα και των μικρών σταγονιδίων ελαιολάδου, που δημιουργείται, προωθεί την μετανάστευση βιοδραστικών ενώσεων και ενσωμάτωση αυτών στο παραγόμενο ελαιόλαδο, με αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται ο εμπλουτισμός του. Οι πιο συνήθεις αρωματικοί παράγοντες που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία ελαιοπαραγωγής είναι το λεμόνι, το μανταρίνι και το πορτοκάλι, στη φλούδα των οποίων εντοπίζονται υψηλές συγκεντρώσεις διαλυτών αιθέριων ελαίων (Lamas κ.ά., 2022).

2.1.2. Μέθοδος με επαφή

Η μέθοδος αυτή περιλαμβάνει τον αρωματισμό του ελαιολάδου μετά την εξαγωγή του. Κατά την εφαρμογή της τεχνικής αυτής γίνεται απευθείας προσθήκη του αρωματικού παράγοντα (π.χ. βότανα, μπαχαρικά κτλ) στο ελαιόλαδο. Στην περίπτωση αυτή ο αρωματικός παράγοντες μπορεί να ποικίλει ως προς την μορφή του, δηλαδή να είναι τεμαχισμένος, ολόκληρος, αλεσμένος, νωπός, αποξηραμένος κτλ.

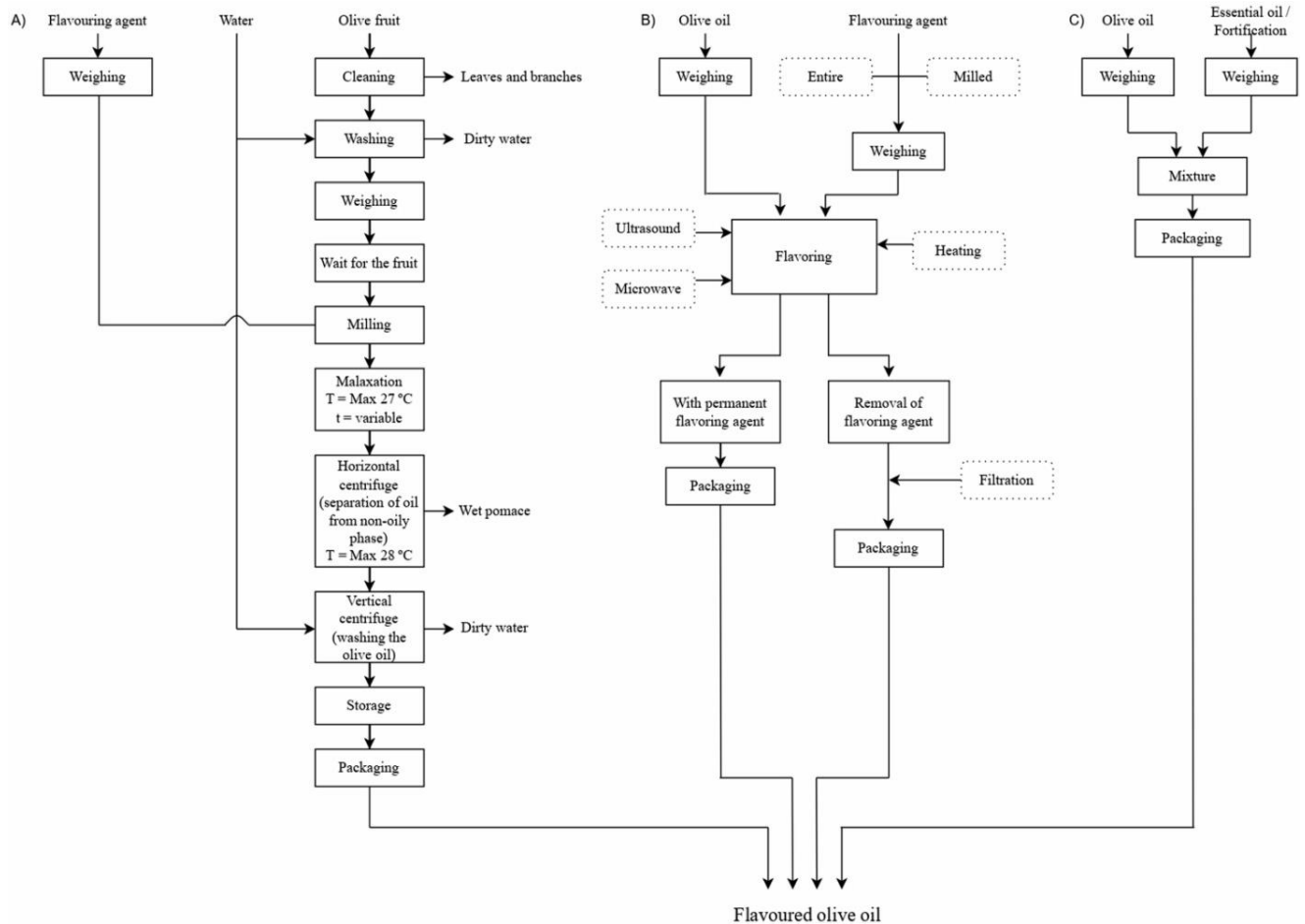
Το αρωματισμένο προϊόν που προκύπτει μετά την ενσωμάτωση του αρωματικού παράγοντα, αποθηκεύεται σε θερμοκρασία δωματίου και σε σκοτεινό μέρος (προς αποφυγή της φωτοξείδωσης) για μεγάλο χρονικό διάστημα. Ο παράγοντας εμπλουτισμού μπορεί να απομακρυνθεί προαιρετικά από πλέον ελαιόλαδο, με διήθηση (Lamas κ.ά., 2022).

2.1.3. Μέθοδος με προσθήκη αιθέριων ελαίων

Η τεχνική αυτή παρουσιάζει αυξημένη προτίμηση τα τελευταία χρόνια. Περιλαμβάνει την προσθήκη μικρής και καθορισμένης ποσότητας αιθέριου ελαίου, το

οποίο μπορεί να προέρχεται από βότανα, μπαχαρικά, αρωματικά φυτά, φρούτα και άλλα προϊόντα, στο ελαιόλαδο. Τα αιθέρια έλαια αυτά ανακτούνται με ποικίλες μεθόδους, όπως αυτή της απόσταξης, υδροαπόσταξης, της ψυχρής σύνθλιψης, της εκχύλισης με οργανικό διαλύτη κ.α.. Τα αιθέρια έλαια διακρίνονται για τις αντιοξειδωτικές ικανότητάς τους, οι οποίες προέρχονται από τις βιοδραστικές ενώσεις που περιέχουν.

Με την προσθήκη τους στο ελαιόλαδο, παραλαμβάνεται ένα ενισχυμένο θρεπτικά και διατροφικά προϊόν με μεγαλύτερη διάρκεια ζωής. Η διαδικασία εμπλουτισμού επιτυγχάνεται με ανάμιξη και φυσική διάχυση (Lamas κ.ά., 2022).



Εικόνα 2.2.: Διάγραμμα ροής διαφορετικών διεργασιών εμπλουτισμού ελαιολάδου : Α) Συνεκχύλιση, Β) Μέθοδος με επαφή και Γ) Προσθήκη αιθέριων ελαίων.

2.2 Επίδραση αρωματισμού

Η αρωματισμός του ελαιολάδου, όπως αναφέρθηκε, μπορεί να πραγματοποιηθεί με διάφορες μεθόδους αρωματισμού, ενώ γίνεται χρήση ποικίλων αρωματικών παραγόντων, ανάλογα με το επιθυμητό αποτέλεσμα. Ο εμπλουτισμός μπορεί να παρουσιάσει τόσο θετική όσο και αρνητική επιρροή στα τελικά αρωματισμένα προϊόντα, η οποία εξαρτάται από διάφορους παράγοντες.

Πιο συγκεκριμένα, τα πλεονεκτήματα του αρωματισμού που παρατηρούνται οφείλονται κυρίως στους προστιθέμενους αρωματικούς παράγοντες που επηρεάζουν την οργανοληπτική αποδοχή του ελαιολάδου, ενισχύοντας τις προϋπάρχουσες και επιθυμητές γεύσεις/αρώματα. Με τον τρόπο αυτό εκπληρώνονται οι επιθυμίες του καταναλωτικού κοινού, για νέα, καινοτόμα, πλούσια σε θρεπτικά συστατικά προϊόντα, αυξημένης διατροφικής αξίας με βελτιωμένα αισθητηριακά χαρακτηριστικά. Οι προστιθέμενοι αρωματικοί παράγοντες, είναι πλούσιοι σε αντιοξειδωτικές ουσίες (π.χ. φαινολικές ενώσεις), οι οποίες μεταναστεύουν στο ελαιόλαδο, προσδίδοντας του υψηλή σταθερότητα έναντι της οξειδωσης και αυξημένη διάρκεια ζωής, συγκρινόμενα με μη αρωματισμένα ελαιόλαδα.

Οι αρωματικοί παράγοντες, πρακτικά, δρουν σαν πρόσθετα τροφίμων και συντηρητικά, εμπλουτίζοντας τη φυσική και υγιεινή σύνθεση του ελαιολάδου, βελτιώνοντας περαιτέρω τις οργανοληπτικά ιδιότητες του παραγόμενου προϊόντος. Τέλος, σύμφωνα με έρευνες που έγιναν σε αρωματισμένα ελαιόλαδα, με δάφνη και ρίγανη, η περιεκτικότητα σε ελαϊκό οξύ βρέθηκε αυξημένη ενώ η συγκέντρωση των κορεσμένων λιπαρών οξέων μειωμένη. Ωστόσο η μεταβολή αυτή του προφίλ των λιπαρών οξέων, θεωρείται στατιστικά αμελητέα (Lamas κ.ά., 2022).

Ο αρωματικός εμπλουτισμός, ωστόσο, μπορεί να παρουσιάσει και σημαντικά μειονεκτήματα, που συνδέονται, κατά βάση, με την ολική ποιότητα του ελαιολάδου και την ορθή κατηγοριοποίηση αυτού. Συγκεκριμένα, η πολύ ισχυρή βελτίωση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών με τη χρήση της συγκεκριμένης μεθόδου μπορεί να οδηγήσει στην αποδοχή ενός ελαιολάδου το οποίο υπό άλλες συνθήκες θα ήταν απορριπτέο, καθώς δεν είναι αισθητές τυχόν δυσάρεστες γεύσεις και οσμές. Ακόμη, σε πολλές περιπτώσεις εμπλουτισμένων προϊόντων έχει παρατηρηθεί αυξημένη οξειδωση του ελαιόλαδου, ενώ με τη μέθοδο εμπλουτισμού με επαφή μπορεί να υπάρξει ακόμη και επιμόλυνση του τελικού προϊόντος με μικροοργανισμούς, όπως βακτήρια, ζύμες και

μύκητες. Για να αποφευχθούν κατά το μέγιστο τα ανεπιθύμητα φαινόμενα που αναφέρθηκαν παραπάνω, είναι σημαντικό να ελέγχεται η ποσότητα που χρησιμοποιείται για τον εμπλουτισμό αλλά και να επιλέγεται η κατάλληλη μέθοδος αρωματισμού για κάθε περίπτωση (Lamas κ.ά., 2022).

2.3 Εμπλουτιστικοί Παράγοντες

Ανάλογα με τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά και τη χημική σύνθεση που επιθυμείται να διαθέτει το τελικό προϊόν, χρησιμοποιείται μια ευρεία ποικιλία αρωματικών παραγόντων. Τα συνηθέστερα χρησιμοποιούμενα προϊόντα εμπλουτισμού, εμπίπτουν στις παρακάτω τέσσερις κατηγορίες (Lamas κ.ά., 2022):

Βότανα ή Αρωματικά φυτά, όπως για παράδειγμα η ρίγανη, τα φύλλα δάφνης, (Sousa κ.ά., 2015), η μέντα, η λεβάντα, η μαντζουράνα, το δεντρολίβανο, το φασκόμηλο, το θυμάρι (Ayadi κ.ά., 2009), ο βασιλικός (Soares κ.ά., 2020) κ.α..

Μπαχαρικά, όπως το μαύρο πιπέρι, οι πιπεριές τσίλι και το σκόρδο (Sousa κ.ά., 2015), η κανέλα (Rodrigues κ.ά., 2021), το τζίντζερ και το κάρδαμο (Trabelsi κ.ά., 2019), το κύμινο (Trabelsi κ.ά., 2018) κ.α..

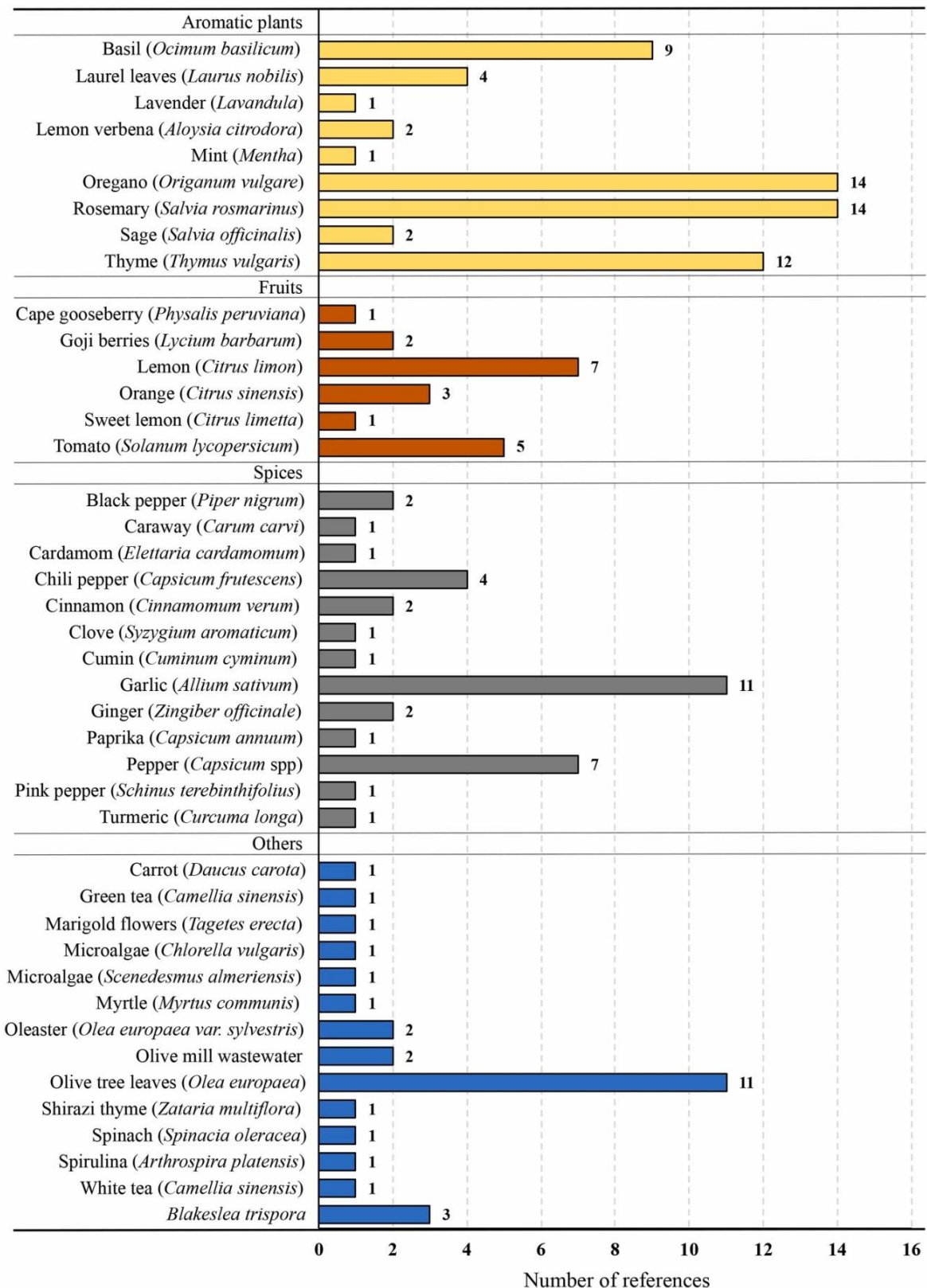
Φρούτα, όπως το λεμόνι (Trabelsi κ.ά., 2018), το πορτοκάλι (Mannina κ.ά., 2012), Goji berry (Blasi κ.ά., 2018) κ.α..

Άλλοι παράγοντες, όπως τα λαχανικά (π.χ. τομάτα (Bendini κ.ά., 2015), καρότο (Lamas κ.ά., 2022), σπανάκι (Valle-Prieto κ.ά., 2017)), άνθη λουλουδιών (π.χ. κατιφές (Murillo-Cruz κ.ά., 2021)), λευκό και πράσινο τσάι (Malheiro κ.ά., 2012), υποπροϊόντα & απόβλητα ελαιοτριβείων (π.χ φύλλα ελιάς (Jarón-Luján κ.ά., 2008), (Marx, 2023), νερό πλύσης ελαιοζύμης (Suárez κ.ά., 2011) κ.α..

Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζονται οι συνηθέστερα χρησιμοποιούμενοι αρωματικοί παράγοντες. Σύμφωνα με τους Lamas κ.ά., 2022, οι εμπλουτιστικοί παράγοντες διακρίνονται σε τέσσερις υποκατηγορίες: τα βότανα και αρωματικά φυτά, που αντιπροσωπεύουν το 42%, τα μπαχαρικά που αντιπροσωπεύουν το 24%, τα φρούτα με ποσοστό 14% και άλλοι παράγοντες σε ποσοστό 19%.



Εικόνα 2.3.: Ελαιόλαδα εμπλουτισμένα με ποικιλία αρωματικών παραγόντων.



Εικόνα 2.4.: Διάγραμμα αναπαράστασης συχνότητας χρήσης ποικίλων μέσων αρωματισμού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΟΙΟΤΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ

ΑΡΩΜΑΤΙΣΜΕΝΟΥ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ

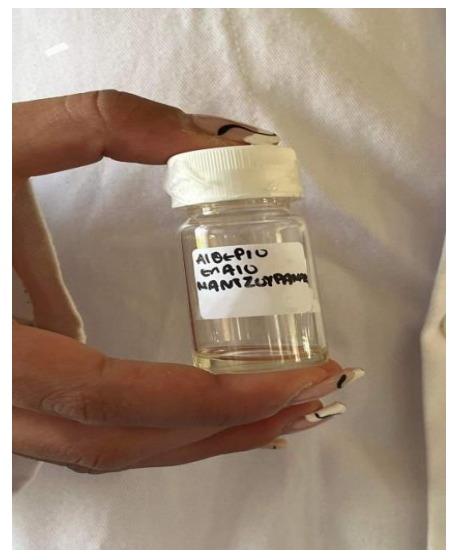
3.1. Σκοπός μελέτης

Όπως έχει ήδη αναφερθεί ο αρωματισμός με αιθέρια έλαια είναι μία τεχνική ενίσχυσης των ελαιολάδων που αποσκοπεί στον εμπλουτισμό των χημικών τους συστάσεων, προσδίδοντας σε αυτά ποικίλα επιθυμητά χαρακτηριστικά. Οι ιδιότητες αυτές αποδίδονται κυρίως σε βιοδραστικές ενώσεις που προϋπάρχουν στα αιθέρια έλαια και μεταναστεύουν στο ελαιόλαδο κατά τον αρωματισμό.

Σκοπός εκπόνησης της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η μελέτη των ποιοτικών χαρακτηριστικών δειγμάτων ελαιολάδου, που εμπλουτίστηκε με αιθέριο έλαιο μαντζουράνας, και πως αυτό επηρεάζεται από την αρωματική ενίσχυση σε διαφορετικές συνθήκες αποθήκευσης. Κατά τη διάρκεια της πειραματικής μελέτης χρησιμοποιήθηκαν τεχνικές που επιτρέπουν τον προσδιορισμό και την ανίχνευση της έντασης της αλλαγής των αρχικών ποιοτικών ιδιοτήτων. Πιο συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκαν πειράματα προσδιορισμού του αριθμού οξύτητας, του αριθμού υπεροξειδίων, φασματοφωτομετρικής εξέτασης στο υπεριώδες, καθώς επίσης και φασματομετρία μαζών για την ταυτοποίηση φαινολικών συστατικών.

3.2. Παρασκευή εμπλουτισμένων δειγμάτων ελαιολάδου

Για την εκπόνηση των πειραμάτων της παρούσας πτυχιακής εργασίας χρησιμοποιήθηκαν δείγματα εξαιρετικά παρθένου ελαιολάδου εμπορικής ετικέτας κορωνέικης ποικιλίας, καθώς και δείγμα αιθέριου ελαίου μαντζουράνας, το οποίο παραλήφθηκε μέσω της μεθόδου της υδροαπόσταξης. Στα δείγματα ελαιολάδου που επιλέχθηκαν να αρωματιστούν, προστέθηκε απευθείας ίση ποσότητα αιθέριου ελαίου μαντζουράνας και ακολουθήθηκε ανακίνηση.



Εικόνα 3.1.: Αιθέριο έλαιο μαντζουράνας που χρησιμοποιήθηκε στα πειράματα.

Τα υπό εξέταση δείγματα ελαιολάδου που παρασκευάστηκαν ήταν τα εξής :

- Control Light (C.L.) : Δείγμα μη εμπλουτισμένου ελαιολάδου που εκτέθηκε στο φως.
- Αιθέριο Light (A.L.): Δείγμα ελαιολάδου εμπλουτισμένο με αιθέριο έλαιο μαντζουράνας που εκτέθηκε στο φως.
- Control Dark (C.D): Δείγμα μη εμπλουτισμένου ελαιολάδου που αποθηκεύτηκε στο σκοτάδι.
- Αιθέριο Dark (A.D): Δείγμα ελαιολάδου εμπλουτισμένο με αιθέριο έλαιο μαντζουράνας που αποθηκεύτηκε στο σκοτάδι.

Συνολικά για τα μη εμπλουτισμένα δείγματα ζυγίστηκαν 250 g εξαιρετικά παρθένου ελαιολάδου, ενώ για τα εμπλουτισμένα δείγματα ζυγίστηκαν 248 g εξαιρετικά παρθένου ελαιολάδου και προστέθηκε ποσότητα 2 g αιθέριου ελαίου μαντζουράνας.



Εικόνα 3.2.: Δείγματα ελαιολάδου και αρωματισμένου ελαιόλαδου που δημιουργήθηκαν και μελετήθηκαν στα πλαίσια της παρούσας πτυχιακής εργασίας .

3.3.Φασματοφωτομετρική εξέταση στο υπεριώδες

3.3.1. Εργαστηριακός Εξοπλισμός

❖ Υλικά

1. Ογκομετρικές φιάλες 25 mL.
2. Κυψελίδες χαλαζία πάχους 1 cm.

❖ Αντιδραστήρια

1. Κυκλοεξάνιο .
2. Δείγματα C.L, A.L, C.D., A.D.

❖ Όργανα

1. Φασματοφωτόμετρο UV-Vis Agilent Cary 60.
2. Αναλυτικός Ζυγός Valor 2000, OHAUS.

3.3.2. Πειραματική μεθοδολογία

Ζυγίστηκε ποσότητα 0,5 g του υπό εξέταση δείγματος ελαιολάδου με ακρίβεια 0,01. Η ζυγισθείσα ποσότητα τοποθετήθηκε εντός ογκομετρικής φιάλης 25 mL, η οποία πληρώθηκε με κυκλοεξάνιο μέχρι την χαραγή. Μετά την ομογενοποίηση του προκύπτον δείγματος, μεταφέρθηκε ποσότητα ποσοτικά σε κυψελίδα χαλαζία.

Για τον μηδενισμό των τιμών του φασματοφωτόμετρου, χρησιμοποιήθηκε μία κυψελίδα - μάρτυρας η οποία περιείχε μόνο τον διαλύτη (κυκλοεξάνιο). Έπειτα μετρήθηκε η απορρόφηση κάθε δείγματος, στα μήκη κύματος 232 και 270 nm. Στην περιοχή των 270 nm προσδιορίστηκε το μήκος κύματος, στο οποίο παρατηρήθηκε το μέγιστο της απορρόφησης (K_m) και στη συνέχεια καταγράφηκαν οι απορροφήσεις στα μήκη κύματος K_m , $K_m - 4$, $K_m + 4$ (Τσάκνης, 2018).



Εικόνα 3. 3.: : Φασματοφωτόμετρο UV-Vis Agilent Cary 60.

Από τις παραπάνω ευρεθείσες τιμές υπολογίστηκαν οι τιμές K_{232} , K_{270} και η τιμή ΔK . Η παραπάνω πειραματική πορεία πραγματοποιήθηκε για κάθε δείγμα τρεις φορές.

$$\Delta K = K_m - \left(\frac{K_{m-4} + K_{m+4}}{2} \right)$$

όπου

- ❖ K_m = ο συντελεστής απόσβεσης στο μήκος κύματος του μέγιστου της καμπύλης απορρόφησης, στα 270 nm.
- ❖ K_{m-4} = ο συντελεστή απόσβεσης σε μήκη κύματος κατώτερος του K_m κατά 4nm.
- ❖ K_{m+4} = ο συντελεστή απόσβεσης σε μήκη κύματος ανώτερος του K_m κατά 4nm.

3.4. Προσδιορισμός αριθμού οξύτητας

3.4.1. Εργαστηριακός Εξοπλισμός

❖ Υλικά

1. Κωνικές φιάλες των 250 mL.
2. Προχοΐδα 50 mL με υποδιαίρεσεις ανά 0,1 mL.
3. Πλαστικές πιπέτες Pasteur των 3 mL.
4. Ογκομετρικοί κύλινδροι των 20 mL.

❖ Αντιδραστήρια

1. Μίγμα αιθανόλης – διαιθυλαιθέρα (1:1, v/v), εξουδετερωμένο από υδατικό διάλυμα NaOH 0,1 M με χρήση δείκτη φαινολοφθαλεΐνης.
2. Υδατικό διάλυμα NaOH 0,1 M.
3. Διάλυμα φαινολοφθαλεΐνης 1% (w/v) σε αιθανόλη.
4. Δείγματα C.L, A.L, C.D., A.D.

❖ Όργανα

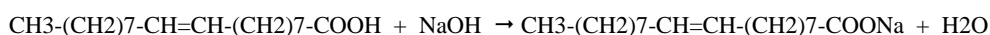
1. Αναλυτικός Ζυγός Valor 2000, OHAUS.

3.4.2. Πειραματική μεθοδολογία

Ζυγίστηκε ποσότητα 5 g δείγματος λιπαρής ύλης με ακρίβεια 0,01 g εντός κωνικής φιάλης και διαλύθηκε σε 40 mL εξουδετερωμένου μίγματος αιθανόλης-διαιθυλαιθέρα (1:1, v/v). Το διάλυμα ογκομετρήθηκε με υδατικό διάλυμα NaOH 0,1 M, με δείκτη φαινολοφθαλεΐνη (4 σταγόνες), έως ότου παρατηρήθηκε αποχρωματισμός (Τσάκνης, 2018).

Η παραπάνω πειραματική πορεία πραγματοποιήθηκε για κάθε δείγμα τρεις φορές. Το αποτέλεσμα εκφράστηκε ως % w/w οξύτητα σε ελαϊκό οξύ.

❖ Αντίδραση



$$\% \text{ ελαϊκό οξύ} = V * C * \frac{MB}{1000} * \frac{100}{m}$$

όπου:

- ❖ V = ο όγκος σε mL του τιτλοδοτημένου διαλύματος NaOH 0,1M που χρησιμοποιήθηκε.
- ❖ C = η συγκέντρωση σε mol/L του τιτλοδοτημένου διαλύματος NaOH που χρησιμοποιήθηκε.
- ❖ MB = 282 g/mol, το γραμμομοριακό βάρος σε g/mol του ελαϊκού οξέος.
- ❖ m = η μάζα του δείγματος σε g.

3.5. Προσδιορισμός αριθμού υπεροξειδίων

3.5.1. Εργαστηριακός Εξοπλισμός

❖ Υλικά

1. Κωνικές φιάλες των 250 ml.
2. Πλαστικές πιπέτες Pasteur των 3 mL.
3. Ογκομετρικοί κύλινδροι των 20 mL.
4. Γυάλινα δοχεία με πλαστικό πώμα.

❖ Αντιδραστήρια

1. Κορεσμένο υδατικό διάλυμα KI, απαλλαγμένο από ιωδικά άλατα. Το διάλυμα διατηρείται σε σκουρόχρωμη φιάλη.
2. Υδατικό διάλυμα $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0.1N.
3. Δείκτης αμύλου.
4. Χλωροφόρμιο P.A.
5. Οξικό οξύ P.A.
6. Δείγματα C.L, A.L, C.D., A.D.

❖ Όργανα

1. Αναλυτικός Ζυγός Valor 2000, OHAUS.
2. Θερμαντική πλάκα.

3.5.2. Πειραματική μεθοδολογία

➤ Παρασκευή διαλύματος Ιωδιούχου Καλίου (Μέθοδος AOAC)

Για την παρασκευή διαλύματος Ιωδιούχου Καλίου (KI), διαλύθηκε περίσσεια ποσότητα ιωδιούχου καλίου σε ποσότητα φρέσκου βρασμένου νερού, έτσι όπου στο πέρας της ανάμιξης να παρέμεινε στερεό ίζημα KI στο διάλυμα. Το διάλυμα αποθηκεύτηκε στο σκοτάδι (AOAC 965.33 Peroxide Value).

➤ Παρασκευή δείκτη Αμύλου (Μέθοδος AOAC)

Για την παρασκευή του δείκτη αμύλου, αναμίχτηκε ποσότητα σκόνης αμύλου περίπου 1 g με κρύο νερό, προς την δημιουργία πάστας αμύλου. Ύστερα προστέθηκε 100 mL βραστό νερό, και το μείγμα έβρασε για περίπου 1 min, με συνεχή ανακίνηση (AOAC 965.33 *Peroxide Value*).

➤ Προσδιορισμός Υπεροξειδίων (Μέθοδος AOAC)

Αρχικά ζυγίστηκε ποσότητα ελαιολάδου 5 g με ακρίβεια 0,005 g σε κωνική φιάλη των 250 ml. Η ποσότητα του υπό εξέταση ελαιολάδου πρέπει να είναι αντιστρόφως ανάλογη της αναμενόμενης τιμής αριθμού υπεροξειδίων.

Ως διαλύτης χρησιμοποιήθηκε το οργανικό διάλυμα που προέκυψε από την ανάμιξη 300 mL οξικού οξέος (CH_3COOH) και 200 mL χλωροφορμίου (CHCl_3), σε απαγωγό.

Στο ζυγισμένου δείγμα ελαιολάδου προστέθηκαν 30 mL διαλύτη και πραγματοποιήθηκε ανάδευση. Στη συνέχεια προστέθηκε ποσότητα 0,5 mL κορεσμένου διαλύματος KI, με την χρήση πιπέτας, και το διάλυμα αφέθηκε για 1 min στο σκοτάδι. Μετά το πέρας του χρόνου, στο δείγμα προστέθηκαν 30 mL υπερκάθαρου νερού και πραγματοποιήθηκε τιτλοδότηση με θειοθειικό νάτριο ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) 0,1 N, μέχρι αποχρωματισμού του διαλύματος κίτρινου χρώματος. Μετά τον αποχρωματισμό προστέθηκε ποσότητα 0,5 mL δείκτη αμύλου και συνεχίστηκε η τιτλοδότηση με το ίδιο διάλυμα, μέχρι τον εκ νέου αποχρωματισμού του. Η παραπάνω πειραματική πορεία πραγματοποιήθηκε για κάθε δείγμα τρεις φορές.

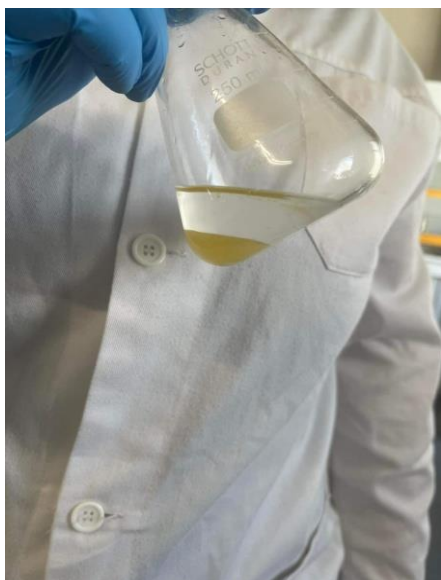
Παράλληλα πραγματοποιήθηκε και η παρασκευή ενός « τυφλού » (blank) διαλύματος. Το διάλυμα αυτό περιείχε όλα τα αντιδραστήρια εκτός από την υπό προσδιορισμό ουσία, δηλαδή στην προκειμένη πειραματική πορεία, το δείγμα εμπλουτισμένου ή μη ελαιολάδου (AOAC 965.33 *Peroxide Value*).



Εικόνα 3.5.: Αρχικό διαλυμένο δείγμα.



Εικόνα 3.4.: Διάλυμα μετά την προσθήκη διαλύματος κορεσμένου KI.



Εικόνα 3.6.: 2^{ος} Αποχρωματισμός και διαχωρισμός φάσεων.



Εικόνα 3.7.: Διάλυμα μετά την προσθήκη δείκτη αμόλου.

3.6. Φασματομετρία Μαζών

3.6.1. Παραλαβή φαινολικών κλασμάτων

Η ταυτοποίηση των φαινολικών συστατικών στο φασματόμετρο μαζών, προϋπόθετε την παραλαβή των μεθανολικών εκχυλισμάτων των υπό εξέταση ουσιών. Για το λόγο αυτό παραλήφθηκαν τα φαινολικά εκχυλίσματα του δείγματος ελαιολάδου αλλά και της μαντζουράνας, με βάση τις παρακάτω μεθοδολογίες.

- Παραλαβή φαινολικού κλάσματος από ελαιολάδο.

Ποσότητα 10 g δείγματος ελαιολάδου ζυγίστηκε εντός ποτηριού ζέσεως και προστέθηκαν 30 mL εξάνιο. Το διάλυμα μεταφέρθηκε σε διαχωριστική χοάνη 100 mL. Συνολικά πραγματοποιήθηκαν τρεις εκχυλίσεις με 8 mL μεθανόλης (MeOH) 60% στην κάθε εκχύλιση.

- Παραλαβή φαινολικού κλάσματος από μαντζουράνα.

Ποσότητα 1 g αποξηραμένου δείγματος μαντζουράνας κονιορτοποιήθηκε και διαλύθηκε σε 10 mL MeOH. Το εναιώρημα που προέκυψε διατηρήθηκε σε σκιερό μέρος, σε ηρεμία σε θερμοκρασία 4°C επί 24 h. Εν συνεχεία το μίγμα διηθήθηκε σε διηθητικό χαρτί Whatman (No 4) και παρελήφθηκε το μεθανολικό εκχύλισμα προς ανάλυση (Mau κ.ά., 2001).

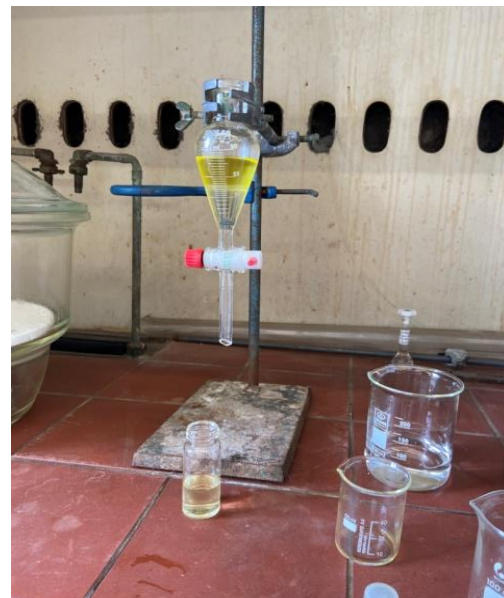
3.6.2. Εργαστηριακός Εξοπλισμός

❖ Αντιδραστήρια

1. Φαινολικό εκχύλισμα ελαιολάδου.
2. Φαινολικό εκχύλισμα μαντζουράνας.

❖ Όργανα

1. Φασματόμετρο μαζών Agilent 6530 Accurate-Mass Q-TOF LC/MS (Agilent Technologies, Santa Clara, USA), συνδεδεμένο με υγρή χρωματογραφία Agilent 1260 Infinity (Agilent Technologies, Santa Clara,



Εικόνα 3.8.: Εκχύλιση δείγματος ελαιολάδου σε διαχωριστική χοάνη.

USA), εξοπλισμένο με στήλη NUCLEOSHELL Bluebird RP 18, 2.7 μm , 100 x 46 mm (Macherey – Nagel, Dören, Germany).



Εικόνα 3.9: Agilent 6530 Q-TOF LC/MS

3.6.3. Πειραματική μεθοδολογία

Η ανάλυση των δειγμάτων ελαιολάδου και μαντζουράνας πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του φασματόμετρου μαζών Q-TOF LC/MS. Ως κινητή φάση του συστήματος χρησιμοποιήθηκε μίγμα υπερκάθαρου νερού με οξικό οξύ 0,1% ως διαλύτης A και μίγμα ακετονιτρίλιου με οξικό οξύ 0,1% ως διαλύτης B, με ρυθμό ροής 1,0 mL/min και πίεση 600 bar.

Γίνεται χρωματογραφικός διαχωρισμός των φαινολικών ουσιών, με τη μέθοδο της υγρής χρωματογραφίας, εφαρμόζοντας βαθμιδωτή έκλυση όπως απεικονίζεται στον πίνακα 3.6.2.1. Η δειγματοληψία γίνεται αυτόματα και ο ενέσιμος όγκος του κάθε δείγματος που χρησιμοποιήθηκε είναι 10 μL . Τα πειράματα

διεξήχθησαν σε αρνητικό ιοντισμό με ηλεκτροψεκασμό. Η ταυτοποίηση των φαινολικών συστατικών γίνεται βάση του σφάλματος μάζας (mass error) και τον χρόνο κατακράτησης (Retention time, Rt), συγκρίνοντας τα φάσματα μαζών με αυτά προτύπων ενώσεων τα οποία είναι διαθέσιμα στη βιβλιογραφία.

Για την επεξεργασία και ανάλυση των φασμάτων μαζών και των χρωματογραφημάτων πραγματοποιήθηκε χρήση του λογισμικού Agilent Masshunter Qualitative Analysis B.07.00-E2 (Agilent Technologies Santa Clara, CA, USA). Στον πίνακα 3.6.2.2 παρουσιάζονται οι παράμετροι που εφαρμοστήκαν για τη λειτουργία του οργάνου.

Πίνακας 3.6.2.1: Πρόγραμμα βαθμιδωτής έκλουσης υγρής χρωματογραφίας

Χρόνος (min)	A (%)	B (%)
0.0	90	10
8.0	70	30
12.0	60	40
16.0	50	50
18.0	90	10
33.0	90	10

A: διαλύτης A (υπερκάθαρο νερό με οξικό οξύ 0,1%), B: διαλύτης B (ακετονιτρίλιο με οξικό οξύ 0,1%)

Πίνακας 3.6.2.2: Παράμετροι λειτουργίας οργάνου

Θερμοκρασία αερίου αποδιαλύτωσης	300°C
Ροή αερίου αποδιαλύτωσης	10 L/min
Πίεση αερίου εκνεφωτή	45 psig
Δυναμικό τριχοειδές	3500 V
Δυναμικό θραυσματοποίησης	150 V
Δυναμικό αποκορυφωτή/ διαχωριστή ιόντων	65 V

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

4.1. Προσδιορισμός Οξύτητας

Η οξύτητα του ελαιολάδου αποτελεί παράμετρο καθορισμού της ποιότητας του, αναδεικνύει κατά κύριο λόγο την αποτελεσματικότητα της αποθήκευσης του, και εκφράζεται ως προς το ελαιϊκό οξύ. Η αλλοίωση ενός ελαιολάδου μπορεί να οφείλεται είτε σε οξείδωση είτε σε υδρόλυση. Στην πρώτη περίπτωση η αλλοίωση προκαλείται από την αντίδραση μεταξύ των ακόρεστων λιπών και του οξυγόνου, ενώ στη δεύτερη περίπτωση η αλλοίωση οφείλεται στη δράση μικροοργανισμών ή ενζύμων (λιπάσες) με αποτέλεσμα την απελευθέρωση ελευθέρων λιπαρών οξέων. Και στις δυο περιπτώσεις επηρεάζονται σημαντικά τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του ελαιολάδου, δηλαδή η οσμή, το χρώμα και η γεύση του ενώ υποβαθμίζεται σημαντικά και η εμπορική του αξία. Με βάση την ευρωπαϊκή νομοθεσία ένα ελαιόλαδο καθίσταται εξαιρετικά παρθένο όταν η οξύτητα του είναι μικρότερη ή ίση με 0,80% (ΕΚ 2022/2105).

Πίνακας 3.7.1.: Αποτελέσματα % Οξύτητας δειγμάτων.

	1 ^η εβδομάδα		3 ^η εβδομάδα		5 ^η εβδομάδα		7 ^η εβδομάδα	
	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	SD	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	SD	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	SD	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	SD
Control light	0,47	0,03	0,48	0,03	0,49	0,03	0,52	0,03
Αιθέριο light	0,47	0,03	0,43	0,03	0,51	0	0,51	0,01
Control dark	0,46	0,03	0,48	0,03	0,49	0,03	0,52	0,03
Αιθέριο dark	0,49	0,02	0,46	0,03	0,51	0	0,52	0,03

Στον Πίνακα 3.7.1 αναγράφονται οι ευρεθείσες τιμές της οξύτητας που υπολογίσθηκαν σε όλα τα δείγματα κατά την αποθήκευση τους. Συγκεκριμένα όλα τα δείγματα περιέχονταν στου ίδιου τύπου υάλινο διαφανή περιέκτη με τη διαφορά ότι τα δείγματα C.L. και A.L αποθηκεύτηκαν σε σημείο που ήταν εκτεθειμένα στο φως, ενώ τα δείγματα C.D. A.D. αποθηκεύτηκαν σε σκιερό μέρος και είχαν επικαλυφθεί με αλουμινόχαρτο για την αποφυγή έκθεσης στο ηλιακό φως. Από την ανάλυση των παραπάνω αποτελεσμάτων προκύπτει ότι τα δείγματα συνολικά δεν παρουσίασαν σημαντική αύξηση της οξύτητας τους κατά τις 7 εβδομάδες αποθήκευσης τους, που να κατατάσσει σε διαφορετική κατηγορία ποιότητας από αυτή του εξαιρετικά παρθένου ελαιολάδου (όλες οι τιμές είναι $\leq 0,80\%$). Παρατηρείται επίσης μια μικρή πτώση της οξύτητας του ελαιολάδου στα δείγματα που περιέχουν αιθέριο έλαιο, κατά την 3^η εβδομάδα αποθήκευσης, κάτι που μπορεί να οφείλεται στις αντιοξειδωτικές ιδιότητες του αιθέριου ελαίου μαντζουράνας (Sabiha et al., 2023).

Τα δείγματα, εμπλουτισμένα και μη, που αποθηκεύτηκαν στις ίδιες συνθήκες δεν παρουσίασαν σημαντικές αποκλίσεις στην τιμή της οξύτητας τους, στην τελευταία εβδομάδα της μελέτης, γεγονός που αποδεικνύει ότι ανεξάρτητα των συνθηκών διατήρησης, το αιθέριο έλαιο μαντζουράνας δεν έδρασε προστατευτικά έναντι της αύξησης της οξύτητας. Επομένως όσον αφορά την οξύτητα δεν παρατηρούνται σημαντικές μεταβολές με τον εμπλουτισμό του ελαιολάδου με αιθέριο έλαιο μαντζουράνας, κάτι που έχει επιβεβαιωθεί και από άλλες έρευνες (Díaz-Montaña et al., 2023).

4.2. Προσδιορισμός Αριθμού Υπεροξειδίων

Ο αριθμός υπεροξειδίων αποτελεί ένδειξη της έκτασης της οξείδωσης του ελαιολάδου, παράμετροι που σχετίζονται με την ηλικία και τη μέθοδο αποθήκευσης του. Πρόκειται για τα meq υδροξειδίου του καλίου τα οποία χρειάζονται για να εξουδετερώσουν το οξικό οξύ που περιέχεται σε ένα γραμμάριο ελαίου. Με βάση την ευρωπαϊκή νομοθεσία για να λάβει ένα ελαιόλαδο τον χαρακτηρισμό «εξαιρετικά

παρθένο», η τιμή των υπεροξειδίων δεν πρέπει να ξεπερνά τα 20 meq/kg (ΕΚ 2022/2105). Γενικά, όσο υψηλότερος είναι ο αριθμός υπεροξειδίων τόσο υψηλότερο είναι και το κλάσμα οξειδωμένων ουσιών.

Πίνακας 3.7.2.: Αποτελέσματα Αριθμού Υπεροξειδίων (meq υπεροξειδίων/Kg).

	1 ^η εβδομάδα		3 ^η εβδομάδα		5 ^η εβδομάδα		7 ^η εβδομάδα	
	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	SD	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	SD	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	SD	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	SD
Control light	4,65	2,30	17,26	7,49	53,31	1,12	84,28	2,33
Αιθέριο light	6,65	1,15	30,51	0,94	57,88	1,96	84,01	3,95
Control dark	5,98	0,01	3,98	0,01	3,33	1,15	4,00	2,00
Αιθέριο dark	6,66	1,16	8,64	1,12	4,00	0	7,32	3,04

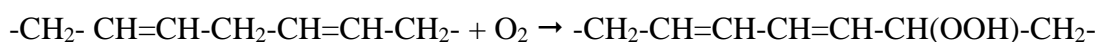
Στον Πίνακα 3.7.2. απεικονίζονται τα αποτελέσματα υπολογισμού του αριθμού υπεροξειδίων των δειγμάτων κατά την αποθήκευση τους. Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων αυτών παρατηρείται σημαντική αύξηση του αριθμού υπεροξειδίων σε όσα δείγματα εκτέθηκαν στο ηλιακό φως κατά την αποθήκευση τους (C.L., A.L.) από την τρίτη κιόλας εβδομάδα αποθήκευσης. Σαν αποτέλεσμα το δείγμα ξεπερνά το θεσπισμένο, από τη νομοθεσία, όριο για τα εξαιρετικά παρθένα ελαιόλαδα (<20 meq/kg). Από την άλλη τα δείγματα (C.D., A.D.) που αποθηκεύτηκαν στο σκοτάδι διατηρούν καθόλη τη διάρκεια αποθήκευσης αποδεκτές τιμές αριθμού υπεροξειδίων. Συμπερασματικά στη περίπτωση του αριθμού υπεροξειδίων πιο καθοριστικό ρόλο στην αλλοίωση του ελαιολάδου παίζει η φωτοξείδωση και όχι η προσθήκη αιθέριου ελαίου (Kishimoto, 2019; Sousa et al., 2015a).

4.3.Φασματοφωτομετρική εξέταση στο υπεριώδες

Με τη φασματοφωτομετρική εξέταση στην υπεριώδη περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος (200-400 nm), λήφθηκαν πληροφορίες για την ποιότητα και την κατάσταση διατήρησης των δειγμάτων ελαιολάδου που εξετάστηκαν καθώς για πιθανές μεταβολές υποβάθμισης που μπορεί να υπέστησαν (Τσάκνης, 2018).

Κατά την φασματοφωτομετρική εξέταση μετρούνται οι συντελεστές απόσβεσης K_{232} και K_{270} , ενδεικτικές της οξειδωτικής κατάστασης των δειγμάτων και υπολογίζεται ο λόγος ΔΚ, που αποτελεί κριτήριο διάκρισης της ποιότητας παρθένων ελαιολάδων (Τσάκνης, 2018).

Η τιμή K_{232} είναι ενδεικτική των πρώτων σταδίων οξείδωσης του ελαιολάδου με την απορρόφηση να οφείλεται σε υδροϋπεροξειδία (πρώιμα στάδια οξείδωσης) και συζυγικά διένια (ενδιάμεσα στάδια οξείδωσης), όπως το λινελαϊκό υδροϋπεροξειδίο, ένα συζυγές διένιο, που παρουσιάζει μεγάλη απορρόφηση στα 232 nm και σχηματίζεται κατά την οξείδωση του ελαιολάδου, σύμφωνα με την παρακάτω αντίδραση:



Σύμφωνα με πειραματικά δεδομένα, παρθένο ελαιόλαδο που λαμβάνεται από υγιείς ελαιόκαρπους παρουσιάζει κορυφή στα 232 nm, με την τιμή K_{232} να αυξάνει κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης του.

Πίνακας 3.7.3.: Αποτελέσματα Φασματοφωτομετρικής Εξέτασης στο Υπεριώδες.

ΔΕΙΓΜΑΤΑ	1 ^η εβδομάδα					3 ^η εβδομάδα					5 ^η εβδομάδα					7 ^η εβδομάδα				
	K ₂₃₂	SD	K ₂₇₀	SD	ΔK	K ₂₃₂	SD	K ₂₇₀	SD	ΔK	K ₂₃₂	SD	K ₂₇₀	SD	ΔK	K ₂₃₂	SD	K ₂₇₀	SD	ΔK
C.L.	2,0697	0,11	0,1931	0,03	0,0011	2,3668	0	0,3003	0	0,0079	2,6783	0	0,3084	0	0,0149	2,8856	0,01	0,3277	0,02	-0,0735
A.L.	1,9372	0,08	0,1981	0,02	0,0008	2,3993	0,01	0,3278	0	0,0108	2,6573	0,01	0,3306	0,01	0,0147	2,8417	0,02	0,3115	0,01	0,0145
C.D.	2,3765	0,01	0,2356	0,03	0,0003	2,3939	0,02	0,2104	0,02	0,0005	2,4922	0,02	0,2109	0,01	0,0003	2,5755	0	0,2614	0	0,0006
A.D.	2,4408	0,04	0,3537	0,03	-0,0011	2,5429	0,02	0,3124	0,01	-0,0004	2,6573	0,01	0,3306	0,01	0,0145	2,6807	0,03	0,3256	0,02	-0,0003

C.L. = Control Light, A.C.= Αιθέριο Light, C.D.= Control Dark, A.D.= Αιθέριο Dark

Τα πολύπλοκα μίγματα πρωτογενών και δευτερογενών προϊόντων που δημιουργούνται από την ταχεία οξείδωση των περιεχόμενων ακόρεστων λιπαρών οξέων του ελαιολάδου, είναι υπεύθυνα για δυσάρεστες οσμές και γεύσεις που αναπτύσσονται στο προϊόν (Rabiej & Szydłowska-Czerniak, 2020)

Από τον πίνακα 3.7.3. παρατηρήθηκε ότι ο συντελεστής απόσβεσης K_{232} , στο πέρας των 7 εβδομάδων, παρουσίασε αύξηση σε όλα τα δείγματα, με την μικρότερη αύξηση να αντιστοιχεί στο δείγμα Control Dark και την μεγαλύτερη να αντιστοιχεί στο δείγμα Αιθέριο Light. Έως και την 3^η εβδομάδα οι τιμές K_{232} όλων των δειγμάτων φάνηκε να εμπίπτουν μέσα στα όρια χαρακτηρισμού του ελαιολάδου ως «εξαιρετικά παρθένο ελαιόλαδο» (τιμές $K_{232} \geq 2,50$), ωστόσο, μετά το πέρας αυτής, οι τιμές K_{232} των δειγμάτων υπερέβησαν τα όρια αυτά, με αποτέλεσμα το ελαιόλαδο του δείγματος Control Dark να χαρακτηρίζεται ως « παρθένο» (τιμές $K_{232} \leq 2,60$) ενώ το ελαιόλαδο των τριών άλλων δειγμάτων να εμπίπτει στην κατηγορία χαρακτηρισμού « μειονεκτικό παρθένο ελαιόλαδο – λαμπαντέ» (τιμές $K_{232} > 2,60$) σύμφωνα με τον ΕΚ 2022/2105.

Η αύξηση των τιμών αυτή πιθανών προέκυψε λόγω της συγκέντρωσης πρωτογενών προϊόντων οξείδωσης στα δείγματα, εμπλουτισμένα και μη, που πιθανόν προκύπτουν είτε από την οξείδωση των λιπαρών υλών με O_2 είτε από την υδρόλυση του ελαιολάδου των δειγμάτων από ένζυμα ή/και μικροοργανισμούς. Στο πέρας των 7 εβδομάδων, τα δείγματα που εκτέθηκαν στο φως, παρουσίασαν μεγαλύτερες τιμές K_{232} , από εκείνες των δειγμάτων που αποθηκεύτηκαν στο σκοτάδι, πιθανώς λόγω μεγαλύτερης συγκέντρωσης προϊόντων οξείδωσης που ενδεχομένως οφείλονται σε φωτοξείδωση.

Οι τιμές του συντελεστή απόσβεσης K_{270} των δειγμάτων της 1^{ης} εβδομάδας που αναγράφονται στον Πίνακα 3.7.3., χαρακτηρίζουν το ελαιόλαδο των δειγμάτων Control Light και Αιθέριο Light ως «εξαιρετικά παρθένο» (τιμές $K_{270} \leq 0,22$), το ελαιόλαδο του δείγματος Control Dark ως «κοινό ή παρθένο ελαιόλαδο » (τιμές $K_{270} \leq 0,25$) και το ελαιόλαδο του δείγματος Αιθέριο Dark ως «μειονεκτικό παρθένο ελαιόλαδο-λαμπαντέ» (τιμές $K_{270} > 0,25$) σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Κανονισμό σύμφωνα με τον ΕΚ 2022/2105.

Οι μεταβολές των τιμών στο πέρας των 7 εβδομάδων διαφέρουν αρκετά μεταξύ των δειγμάτων που αποθηκεύτηκαν σε διαφορετικές συνθήκες. Πιο συγκεκριμένα οι τιμές των δειγμάτων που αποθηκεύτηκαν στο φως παρουσίασαν αύξηση, με την

μεγαλύτερη να παρατηρείται στο δείγμα Control Light, ενώ οι τιμές των δειγμάτων που αποθηκεύτηκαν στο σκοτάδι παρέμειναν σχεδόν σταθερές, με την μικρότερη μεταβολή να παρατηρείται στο δείγμα Αιθέριο Dark, όπου η τελική τιμή είναι μικρότερη της αρχικής. Την 7^η εβδομάδα το ελαιόλαδο και των 4 δειγμάτων εμπίπτει στην κατηγορία « μειονεκτικό παρθένο ελαιόλαδο – lampante» (τιμές $K_{232} > 2.60$).

Δεδομένου ότι η τιμή K_{270} , σχετίζεται άμεσα με προϊόντα προχωρημένων σταδίων οξείδωσης, η αύξηση των τιμών των δειγμάτων που αποθηκεύτηκαν στο φως, πιθανόν να οφείλεται κυρίως στην φωτοξείδωση του ελαιολάδου και σε δεύτερο βαθμό σε οξείδωση ή/και υδρόλυση αυτού. Ο συλλογισμός αυτός επιβεβαιώνεται από τις ελάχιστες μεταβολές των τιμών K_{270} των δειγμάτων που αποθηκεύτηκαν στο σκοτάδι, των οποίων τα δευτερεύοντα προϊόντα οξείδωσης θα προέρχονταν αποκλειστικά από αντιδράσεις οξείδωσης και υδρόλυσης, αφού δεν εκτέθηκαν στο φως και επομένως δεν υφίσταντο φωτοξείδωση.

Η αύξηση των τιμών K_{270} , δεδομένου της υποβάθμισης που υφίσταται το ελαιόλαδο κατά την αποθήκευση, ήταν αναμενόμενη. Ο εμπλουτισμός των δειγμάτων με αιθέριο έλαιο μαντζουράνας, φάνηκε, με όσο παρατέθηκαν παραπάνω, να μην διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην διαμόρφωση των τιμών του συντελεστή απόσβεσης K_{270} .

Ο δείκτης ΔΚ χρησιμοποιούταν παλαιότερα για τον εξακρίβωση πιθανής νοθείας του παρθένου ελαιολάδου με εξευγενισμένα ελαιόλαδα. Πλέον ο δείκτης ΔΚ αποτελεί κριτήριο διάκρισης ποιότητας των παρθένων ελαιολάδων (Τσάκης, 2018). Στον Πίνακα 3.7.3., για την 1^η εβδομάδα μελέτης και τα 4 δείγματα έχουν τιμή δείκτη ΔΚ τέτοια ώστε το ελαιόλαδο τους να εμπίπτει στην κατηγορία «εξαιρετικά παρθένο ελαιόλαδο» (τιμές $\Delta K \leq 0,01$) σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Κανονισμό. Στο τέλος της 7^{ης} εβδομάδας τα δείγματα δεν παρουσιάζουν σημαντικές μεταβολές στην τιμή ΔΚ, παρά ελάχιστες αυξομειώσεις, ανεπαρκείς να εκτοπίσουν το ελαιόλαδο των δειγμάτων σε διαφορετική ποιοτική κατηγορία από αυτή του «εξαιρετικά παρθένου». Μοναδική εξαίρεση αποτελεί το δείγμα Αιθέριο Light, του οποίου ο δείκτης ΔΚ αυξάνεται σε τέτοιο βαθμό με αποτέλεσμα να συμπεριλαμβάνεται στην κατηγορία «παρθένο ελαιόλαδο».

Συνολικά, παρατηρώντας τα αποτελέσματα τον Πίνακα 3.7.3., παρατηρήθηκε ότι η προσθήκη αιθέριου ελαίου στα δείγματα ελαιολάδου δεν επηρέασε σημαντικά την

διατήρηση και την προστασία των δειγμάτων από τις φυσικές αλλοιώσεις που υφίσταται το ελαιόλαδο.

4.4.Φασματομετρία Μαζών – Προσδιορισμός Φαινολικών Ενώσεων.

Πίνακας 3.7.4.: Ταυτοποίηση Φαινολικών Ενώσεων.

Ένωση	Μοριακός τύπος	Θεωρητική τιμή [M-H] ⁻	Πειραματική τιμή [M-H] ⁻	Mass error (ppm)	¹ t _R (min)	Ελαιόλαδο control	Ελαιόλαδο με αιθέριο έλαιο	Εκχύλισμα μαντζουράνας
Απιγενίνη	C ₁₅ H ₁₀ O ₅	269,0456	269,0456	0	11,75	+	+	+
Καφεϊκό οξύ	C ₉ H ₈ O ₄	179,0350	179,0351	-0,7	3,84	+	+	+
Φερουλικό οξύ	C ₁₀ H ₁₀ O ₄	193,0506	193,0506	0,2	5,90	+	+	+
Βανιλλικό οξύ	C ₈ H ₈ O ₄	167,0350	167,0353	-1,9	3,95	+	+	+
Λουτεολίνη	C ₁₅ H ₁₀ O ₇	285,0405	285,0404	0,2	9,99	+	+	+
Ναριγκενίνη	C ₁₅ H ₁₂ O ₅	271,0612	271,061	0,7	11,24	+	+	+
π- Κουμαρικό οξύ	C ₉ H ₈ O ₃	163,0400	163,0398	1,3	5,5	+	+	+
Ροσμαρινικό οξύ	C ₁₈ H ₁₆ O ₈	359,0772	359,0766	1,8	7,31	-	-	+
Τυροσόλη	C ₈ H ₁₀ O ₂	137,0608	137,0611	-2,2	2,88	+	+	-
Ελαιοκανθάλη	C ₁₇ H ₂₀ O ₅	303,1238	303,1234	1,3	9,15	+	+	-
Ελαιασίνη	C ₁₇ H ₂₀ O ₆	319,1188	319,1183	1,6	9,59	+	+	-
Οξική υδροξυτυροσόλη	C ₁₀ H ₁₂ O ₄	195,0663	195,0660	1,5	7,49	+	+	-
Αγλυκόνη λιγκστροσίδη	C ₁₉ H ₂₂ O ₇	361,1291	361,1285	1,7	13,68	+	+	-
Αγλυκόνη της ελευρωπαΐνης	C ₁₉ H ₂₂ O ₈	377,1242	377,1235	1,9	11,88	+	+	-
1 -Ακετοξυπινορεσινόλη	C ₂₂ H ₂₄ O ₈	415,1398	415,1386	2,9	10,30	+	+	-

t_R= retention time, + : Ανιχνεύσιμο, - : Μη ανιχνεύσιμο

Τα φαινολικά συστατικά δεν αποτελούν κριτήριο ποιότητας βάση της νομοθεσίας για την εμπορεία του ελαιολάδου, ωστόσο η παρουσία τους σε αυτό διαδραματίζει πολύ

σημαντικό ρολό. Αναλυτικότερα το φαινολικό κλάσμα του ελαιολάδου ευθύνεται για πολλές από τις ευεργετικές ιδιότητες που έχει για την ανθρώπινη υγεία όπως η αντιοξειδωτική και αντιμικροβιακή δράση, πρόληψη από πολλές μορφές καρκίνου κ.α. ενώ ταυτόχρονα, λόγω της αντιοξειδωτικής του δράσης προσδίδει σταθερότητα στο ελαιολάδο κατά την οξείδωση του ενώ καθορίζει σε μεγάλο βαθμό το οργανοληπτικό προφίλ του. Οι βασικότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την ποσοτική και ποιοτική σύνθεση των φαινολικών συστατικών στο ελαιολάδο είναι η γεωγραφική προέλευση και ποικιλία της ελιάς, ο χρόνος συγκομιδής και οι συνθήκες επεξεργασίας και αποθήκευση του προϊόντος (Sevim et al., 2018).

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε ένα είδος ελαιολάδου ίδιας περιοχής και ποικιλίας και ο σκοπός που μελετήθηκε το φαινολικό κλάσμα αυτού είναι για να εκτιμηθεί πως μπορεί να επηρέασε ο εμπλουτισμός με αιθέριο έλαιο μαντζουράνας.

Αξιολογώντας τα αποτελέσματα του Πίνακα 3.7.4. ταυτοποιήθηκαν οι παρακάτω φαινολικές ενώσεις:

- ❖ Οι φαινολικές αλκοόλες και παράγωγα τους, τυροσόλη, υδροξυτυροσόλη και οξική υδροξυτυροσόλη αντίστοιχα. Οι ενώσεις αυτές εντοπίζονται σε μεγαλύτερη αφθονία στο ελαιολάδο και καθορίζουν τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του σε μεγαλύτερο βαθμό από τις υπόλοιπες φαινολικές ενώσεις, παρουσιάζοντας ταυτόχρονα σημαντική βιολογική δράση για τον ανθρώπινο οργανισμό (Kesen κ.ά., 2013). Πιο συγκεκριμένα η τυροσόλη προσφέρει προστασία στα κύτταρα έναντι της οξείδωσης, ενώ η υδροξυτυροσόλη καταστρέφει τις ελεύθερες ρίζες και τα υπεροξειδία, παρατείνοντας περαιτέρω την διάρκεια ζωής του ελαιολάδου. Η τελευταία παρουσιάζει και σημαντική αντιφλεγμονώδη δράση (Τσάκνης, 2018). Η οξική υδροξυτυροσόλη διαθέτει αντικαρκινική δράση και ρυθμίζει την κυτταρική άμυνα του οργανισμού έναντι του οξειδωτικού στρες (Perez, 2014).
- ❖ Παράγωγα σεκοϊριδοειδών, εκ των οποίων ανιχνεύτηκαν η ελαιοκανθάλη, η αγλυκόνη της ελευρωπαΐνης, η ελαιασίνη και η αγλυκόνη του λιγκστροσιδή. Οι ενώσεις αυτές καθορίζουν την διάρκεια ζωής του ελαιολάδου, διότι παρέχουν αντιοξειδωτική δράση. Ακόμη εμφανίζουν, συγκρινόμενα με τις υπόλοιπες φαινολικές ενώσεις, τα περισσότερα οφέλη για τον ανθρώπινο οργανισμό. Η αγλυκόνη της ελευρωπαΐνης καθώς και αγλυκόνη του

λιγκτροσίδη συσχετίζονται άμεσα και γραμμικά με τις πικάντικές και πικρές νότες του ελαιολάδου (Esti κ.ά., 2009).

- ❖ Φαινολικά οξέα, εκ των οποίων ταυτοποιήθηκαν το βανιλλικό οξύ, το φερουλικό οξύ, το p-κουμαρικό οξύ και το καφεϊκό οξύ. Παρουσιάζουν παρόμοια χαρακτηριστικά με αυτά των φαινολικών αλκοολών.
- ❖ Φλαβόνες, από τις οποίες εντοπίστηκαν η λουτεολίνη, η ναριγκενίνη και η απιγενίνη, οι οποίες αποτελούν τα κυριότερα φλαβονοειδή του ελαιολάδου. Τόσο η λουτεολίνη όσο και η απιγενίνη συμβάλλουν στην ανθρώπινη υγεία, διαθέτοντας φαρμακολογική και αντιοξειδωτική δράση (Perez, 2014). Η ναριγκενίνη διαθέτει αντιφλεγμονώδη δράση και προστασία έναντι του οξειδωτικού στρες (Picos-Salas κ.ά., 2023).
- ❖ Μοναδικός εκπρόσωπος των λιγνανών στο υπό εξέταση δείγμα ελαιολάδου ήταν η 1-ακετοξυπινορεσινόλη. Η παρουσία της ένωση αυτής στο ελαιολάδο οφείλεται, κατά πάσα πιθανότητα, σε έντονη μηχανική επεξεργασία κατά την εκχύλιση, καθώς φυσιολογικά εντοπίζεται στο ενδοκάρπιο της ελιάς και όχι στον πολτό (Nigri κ.ά., 2012).

Το αρωματικό φυτό μαντζουράνα (*Origanum majorana* L.) παρουσιάζει αντιοξειδωτικές ιδιότητες, που οφείλονται σε περιεχόμενες σε αυτό φαινολικές ενώσεις (Vági κ.ά., 2005). Ακόμη διαθέτει έντονη αντιμικροβιακή δράση έναντι μυκοτοξινογόνων μυκήτων και τροφιμογενών βακτηρίων (Wannes, 2009). Οι ιδιότητες αυτές καθιστούν το φυτό αυτό αλλά και το αιθέριο έλαιο του εξαιρετικό φυσικό πρόσθετο στη βιομηχανία τροφίμων, καθώς συμβάλλει στη ποιότητα και στη συντήρηση των τροφίμων ενώ παράλληλα προάγει θετικά οφέλη για την υγεία του ανθρώπινου οργανισμού.

Σύμφωνα με έρευνες που πραγματοποιήθηκαν σε μίγματα νερού και αποξηραμένων εναιωρημάτων τμημάτων του *O. majorana* L., διαφορετικών συγκεντρώσεων, προσδιορίστηκαν ως βιολογικά ενεργά συστατικά φαινολικά οξέα, όπως ροσμανιρικό οξύ, βανιλλικό οξύ, φερουλικό οξύ, p-κουμαρικό οξύ, καφεϊκό οξύ, και φλαβονοειδή, όπως απιγενίνη, λουτεολίνη κ.α. (Komaitis κ.ά., 1992). Οι ενώσεις αυτές ταυτοποιήθηκαν και στο υπό εξέταση μεθανολικό εκχύλισμα μαντζουράνας, στην παρούσα πτυχιακή εργασία. Σύμφωνα με τον Wannes, τόσο η ποσότητα όσο και η παρουσία φαινολικών ενώσεων στο αιθέριο έλαιο μαντζουράνας εξαρτάται από έναν

συνδυασμό εγγενών και εξωγενών παραγόντων, όπως οι γενετικοί παράγοντες, το αναπτυξιακό και βλαστικό στάδιο του φυτού, η μέθοδος εκχύλισης κα.

Αξιολογώντας τα αποτελέσματα του Πίνακα 3.7.4., παρατηρούμε ότι οι φαινολικές ενώσεις που εντοπίστηκαν στο εκχύλισμα της μαντζουράνας ταυτοποιήθηκαν και στο μη εμπλουτισμένο δείγμα ελαιολάδου. Μοναδική εξαίρεση αποτέλεσε το ροσμαρινικό οξύ, που αποτελεί χαρακτηριστική φυσική αρωματική ουσία της μαντζουράνας που εντοπίστηκε μόνο στο αιθέριο έλαιο, χωρίς να έχει μεταναστεύσει στο ελαιόλαδο. Το ροσμαρινικό οξύ διαθέτει σημαντική αντιοξειδωτική δράση, προστατεύοντας τα βιολογικά κύτταρα από τις ελεύθερες ρίζες και ελαττώνει σημαντικά τον κίνδυνο εμφάνισης καρκίνου και αρτηριοσκλήρυνση (Βαγενά, 2013). Επομένως διακρίνεται εύκολα ότι ο εμπλουτισμός των δειγμάτων με μαντζουράνα δεν μετέβαλλε σημαντικά την χημική σύνθεση του ελαιολάδου, απλώς την ενίσχυσε, με ενώσεις που προϋπήρχαν ήδη σε αυτό.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ανακεφαλαιώνοντας, ο αρωματισμός εξαιρετικά παρθένου ελαιολάδου με αιθέριο έλαιο του φυτού *Origanum majorana* L., έπειτα από την διεξαγωγή της πειραματικής μελέτης και την επεξεργασία των αποτελεσμάτων της παρούσας πτυχιακής εργασίας, προέκυψαν τα παρακάτω συμπεράσματα:

Αναφορικά με τις ποιοτικές παραμέτρους, θεσπισμένες από τον ΕΚ 2022/2105:

- Η μετρούμενη οξύτητα, στο πέρας του χρονικού διαστήματος μελέτης, αυξήθηκε ελάχιστα σε όλα δείγματα, εμπλουτισμένα και μη, με αποτέλεσμα αυτά να εξακολουθούν να εμπίπτουν στην εμπορική κατηγορία « εξαιρετικό παρθένο ελαιόλαδο» σύμφωνα με τον ΕΚ 2022/2105. Δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές αποκλίσεις μεταξύ των τιμών της οξύτητας για δείγματα που αποθηκεύτηκαν στις ίδιες συνθήκες.
- Ο αριθμός υπεροξειδίων, παρατηρήθηκε ότι αυξήθηκε αισθητά στα δείγματα ελαιολάδου, εμπλουτισμένα και μη, που εκτέθηκαν στο ηλιακό φως κατά τη συνολική διάρκεια της μελέτης, με συνέπεια αυτά να ξεπερνούν τα αποδεκτά όρια για την εμπορική κατηγορία «εξαιρετικό παρθένο ελαιόλαδο» και να χαρακτηρίζονται ως «λαμπαντέ». Τα δείγματα που αποθηκεύτηκαν υπό σκιά δεν

παρουσίασαν ανάλογη αύξηση με τα προηγούμενα, και στο τέλος της μελέτης συνέχισαν να εμπίπτουν στην κατηγορία «εξαιρετικό παρθένο ελαιόλαδο». Η αύξηση των τιμών που παρατηρήθηκε στα δύο πρώτα δείγματα οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στην φωτοξείδωση, ενώ η κατά πολύ μικρή αύξηση που παρατηρήθηκε στα δύο τελευταία οφείλεται στην φυσιολογική οξείδωση που πραγματοποιείται κατά την αποθήκευση.

- Η ειδική απόσβεση K_{232} αυξήθηκε σε όλα τα δείγματα με αποτέλεσμα αυτά να εμπίπτουν σύμφωνα με τον ΕΚ 2022/2105, στην εμπορική κατηγορία «μειονεκτικό παρθένο ελαιόλαδο- λαμπαντέ», εκτός από το δείγμα C.D. το οποίο μετέβη στην επόμενη ποιοτική κατηγορία «παρθένο ελαιόλαδο». Όσον αφορά την ειδική απόσβεση K_{270} , η τιμή αυτής αυξήθηκε σε όλα τα δείγματα, τα οποία τελικά κατατάσσονται στη εμπορική κατηγορία «μειονεκτικό παρθένο ελαιόλαδο- λαμπαντέ». Τέλος, σύμφωνα με τον δείκτη ΔΚ, όπως αυτός υπολογίστηκε, ελαττώθηκε στα δείγματα C.L., C.D. και A.D τα οποία εμπίπτουν στην κατηγορία «εξαιρετικό παρθένο ελαιόλαδο» και αυξήθηκε στο δείγμα A.L. το οποίο κατατάσσεται στην ποιοτική κατηγορία «παρθένο ελαιόλαδο».

Αναφορικά με το φαινολικό κλάσμα τα δείγματα που εξετάστηκαν περιείχαν φαινολικές ενώσεις που αναμένεται να εντοπιστούν σε ένα εξαιρετικά παρθένο ελαιόλαδο. Ο ποιοτικός προσδιορισμός και η ταυτοποίηση αυτών με την χρήση φασματομετρίας μαζών Q-TOF LC/MS επιβεβαίωσε την ποιότητα των δειγμάτων ελαιόλαδου. Από τις ενδείξεις του Πίνακα 3.7.4. παρατηρήθηκε ότι δεν υπήρξε μετανάστευση φαινολικών ουσιών από τον εμπλουτιστικό παράγοντα προς το ελαιόλαδο, αλλά πραγματοποιήθηκε ποσοτική ενίσχυση ήδη υπάρχοντων σε αυτό.

Συνοψίζοντας η προσθήκη αιθέριου ελαίου μαντζουράνας στα δείγματα ελαιόλαδου που μελετήθηκαν, δεν φάνηκε να επηρέασε τις ποιοτικές παραμέτρους που εξετάστηκαν, καθώς τόσο τα εμπλουτισμένα όσο και τα μη εμπλουτισμένα δείγματα παρουσίασαν παραπλήσιες τιμές ως προς τις παραμέτρους αυτή. Η προσθήκη αιθέριου ελαίου, στην ποσότητα που χρησιμοποιήθηκε δεν προσέδωσε αντιοξειδωτικές ιδιότητες και δεν προστάτεψε το ελαιόλαδο από την αναμενόμενη, λόγω αποθήκευσης, ποιοτική υποβάθμιση. Όσον αφορά, το φαινολικό περιεχόμενο του ελαιόλαδου, το αιθέριο έλαιο δεν το εμπλούτισε με νέες ενώσεις, αλλά το ενίσχυσε με ουσίες που εντοπιστήκαν και στα δείγματα ελαιόλαδου που εξετάστηκαν. Επομένως το ελαιόλαδο δεν απέκτησε

νέες αντιοξειδωτικές και αντιμικροβιακές ιδιότητες, που χαρακτηρίζουν το αιθέριο έλαιο του φυτού *Origanum majorana* L., ύστερα από την συνένωση τους.

ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

Η μελέτη αρωματισμού εξαιρετικά παρθένου ελαιολάδου με αιθέριο έλαιο μαντζουράνας παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον τόσο στο ερευνητικό πεδίο όσο και σε επίπεδο βιομηχανικής παραγωγής των εμπλουτισμένων ελαιολάδων. Για τον λόγο αυτό προτείνεται η διεξαγωγή περαιτέρω πειραματικής έρευνας εφαρμόζοντας διαφορετικές συνθήκες παρασκευής των εμπλουτισμένων δειγμάτων. Πιο συγκεκριμένα, θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί εξέταση εμπλουτισμένων δειγμάτων με διαφορετικές περιεκτικότητες εμπλουτιστικού παράγοντα, από αυτή που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα πτυχιακή εργασία, προκειμένου να διερευνηθεί περαιτέρω η επίδραση αυτού στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του ελαιολάδου, και να επιλεγθεί η ιδανική περιεκτικότητα που θα επιφέρει την βέλτιστη απόδοση των επιπρόσθετων χαρακτηριστικών. Επίσης, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει και η διερεύνηση του αρωματισμού ελαιολάδων με διαφορετικές μεθόδους εμπλουτισμού, όπως η μέθοδος της συνεκχύλισης που παρουσιάζει την μεγαλύτερη μετανάστευση βιοδραστικών ουσιών από τον αρωματικό παράγοντα προς το ελαιόλαδο. Τέλος, εξίσου σημαντική θα ήταν και η μελέτη εμπλουτισμού ελαιολάδων διαφορετικών ποιοτικών κατηγοριών, προκειμένου να αξιολογηθεί η επίδραση του εμπλουτισμού και η ενδεχόμενη βελτίωση της ποιότητας αυτών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ

1. Ander, B.P., Dupasquier, C.M., Prociuk, M.A., Pierce, G.N., 2003. Polyunsaturated fatty acids and their effects on cardiovascular disease. *Exp. Clin. Cardiol.* 8, 164–172.
2. Avenue, 677 Huntington, Boston and Ma 02115 (2014) *Types of Fat, The Nutrition Source*. Available at: <https://www.hsph.harvard.edu/nutritionsource/what-should-you-eat/fats-and-cholesterol/types-of-fat/> (Accessed: 10 August 2023).
3. *ARTOLIO presents: olive tree varieties of Greece (2023) ENI CBC Med*. Available at: <https://www.enicbcmmed.eu/artolio-presents-olive-tree-varieties-greece> (Accessed: 25 April 2023).
4. Assami, K., Chemat, S., Meklati, B.Y., Chemat, F., 2016. Ultrasound-Assisted Aromatisation with Condiments as an Enabling Technique for Olive Oil Flavouring and Shelf Life Enhancement. *Food Anal. Methods* 9, 982–990. <https://doi.org/10.1007/s12161-015-0273-9>
5. Ayadi, M.A., Grati-Kamoun, N., Attia, H., 2009. Physico-chemical change and heat stability of extra virgin olive oils flavoured by selected Tunisian aromatic plants. *Food Chem. Toxicol.* 47, 2613–2619. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2009.07.024>
6. Bendini, A., Di Lecce, G., Valli, E., Barbieri, S., Tesini, F., Gallina Toschi, T., 2015. Olive oil enriched in lycopene from tomato by-product through a co-milling process. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 66, 371–377. <https://doi.org/10.3109/09637486.2015.103520>
7. Benkhoud, H. *et al.* (2022) ‘Essential oils as flavoring and preservative agents: Impact on volatile profile, sensory attributes, and the oxidative stability of flavored extra virgin olive oil’, *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(5), p. e15379. Available at: <https://doi.org/10.1111/jfpp.15379>.
8. Blasi, F., Rocchetti, G., Montesano, D., Lucini, L., Chiodelli, G., Ghisoni, S., Baccolo, G., Simonetti, M.S., Cossignani, L., 2018. Changes in extra-virgin olive oil added with *Lycium barbarum* L. carotenoids during frying: Chemical analyses and metabolomic approach. *Food Res. Int.* 105, 507–516. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.11.061>
9. Blekas, G., Tsimidou, M., Boskou, D., 1995. Contribution of α -tocopherol to olive oil stability. *Food Chem.* 52, 289–294. [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(95\)92826-6](https://doi.org/10.1016/0308-8146(95)92826-6)

10. Boskou, D. (2006) *Olive Oil: Chemistry and Technology, Second Edition*. 2nd edn. New York: AOCS Publishing. Available at: <https://doi.org/10.4324/9781003040217>.
11. Boskou, D. (2015) 'Olive oil: Properties and processing for use in food', in *Specialty Oils and Fats in Food and Nutrition: Properties, Processing and Applications*, pp. 4–38. Available at: <https://doi.org/10.1016/B978-1-78242-376-8.00001-6>.
12. Bouyahya, A. *et al.* (2021) 'Traditional use, phytochemistry, toxicology, and pharmacology of *Origanum majorana* L.', *Journal of Ethnopharmacology*, 265, p. 113318. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2020.113318>.
13. Clodoveo, M.L., Dipalmo, T., Crupi, P., Durante, V., Pesce, V., Maiellaro, I., Lovece, A., Mercurio, A., Laghezza, A., Corbo, F., Franchini, C., 2016. Comparison Between Different Flavored Olive Oil Production Techniques: Healthy Value and Process Efficiency. *Plant Foods Hum. Nutr.* 71, 81–87. <https://doi.org/10.1007/s11130-016-0528-7>
14. Commission Implementing Regulation (EU) 2022/2105 of 29 July 2022 laying down rules on conformity checks of marketing standards for olive oil and methods of analysis of the characteristics of olive oil (2022) OJ L. Available at: http://data.europa.eu/eli/reg_impl/2022/2105/oj/eng (Accessed: 2 March 2024).
15. Commission Regulation (EEC) No 2568/91 of 11 July 1991 on the characteristics of olive oil and olive-residue oil and on the relevant methods of analysis (1991) OJ L. Available at: <http://data.europa.eu/eli/reg/1991/2568/oj/eng> (Accessed: 25 April 2023).
16. Therios I (2009) *Olives* (1st Edn.), CABI, Wallingford, Oxfordshire, United Kingdom
17. Deans, S.G. and Svoboda, K.P. (1990) 'The antimicrobial properties of marjoram (*Origanum majorana* L.) Volatile Oil', *Flavour and Fragrance Journal*, 5(3), pp. 187–190. Available at: <https://doi.org/10.1002/ffj.2730050311>.
18. Díaz-Montaña, E.J., Aparicio-Ruiz, R., Morales, M.T., 2023. Effect of Flavorization on Virgin Olive Oil Oxidation and Volatile Profile. *Antioxidants* 12, 242. <https://doi.org/10.3390/antiox12020242>
19. Di Pietro, M.E., Mannu, A. and Mele, A. (2020) 'NMR Determination of Free Fatty Acids in Vegetable Oils', *Processes*, 8(4), p. 410. Available at: <https://doi.org/10.3390/pr8040410>.
20. Dimitrios Boskou, 2006. *Olive Oil Chemistry and Technology*, 2nd ed. AOCS PRESS, Thessaloniki, Greece.

21. Esti, M. *et al.* (2009) 'Phenolics compounds and temporal perception of bitterness and pungency in extra-virgin olive oils: Changes occurring throughout storage', *Food Chemistry*, 113(4), pp. 1095–1100. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.08.076>.
22. 'F3406_odel.pdf' (no date). Available at: https://www.efet.gr/files/F3406_odel.pdf (Accessed: 10 August 2023).
23. *Figure 3. Molecular structure of a generic triglyceride and common...* (no date) *ResearchGate*. Available at: https://www.researchgate.net/figure/Molecular-structure-of-a-generic-triglyceride-and-common-fatty-acids-present-in-the_fig3_351872525 (Accessed: 14 January 2024).
24. Finicelli, M. *et al.* (2021) 'Polyphenols, the Healthy Brand of Olive Oil: Insights and Perspectives', *Nutrients*, 13(11), p. 3831. Available at: <https://doi.org/10.3390/nu13113831>.
25. Foods | Free Full-Text | Co-Extraction Technique Improves Functional Capacity and Health-Related Benefits of Olive Oils: A Mini Review [WWW Document], n.d. URL <https://www.mdpi.com/2304-8158/12/8/1667> (accessed 2.3.24).
26. Gaforio, J.J., Sánchez-Quesada, C., López-Biedma, A., Ramírez-Tortose, M. del C., Warleta, F., 2015. Chapter 26 - Molecular Aspects of Squalene and Implications for Olive Oil and the Mediterranean Diet, in: Preedy, V.R., Watson, R.R. (Eds.), *The Mediterranean Diet*. Academic Press, San Diego, pp. 281–290. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-407849-9.00026-9>
27. Garcia-Oliveira, P. *et al.* (2021) 'Evolution of Flavors in Extra Virgin Olive Oil Shelf-Life', *Antioxidants*, 10(3), p. 368. Available at: <https://doi.org/10.3390/antiox10030368>.
28. Genovese, A., Caporaso, N. and Sacchi, R. (2021) 'Flavor Chemistry of Virgin Olive Oil: An Overview', *Applied Sciences*, 11(4), p. 1639. Available at: <https://doi.org/10.3390/app11041639>.
29. Issaoui, M. *et al.* (2016) 'How the Addition of Spices and Herbs to Virgin Olive Oil to Produce Flavored Oils Affects Consumer Acceptance', *Natural Product Communications*, 11(6), p. 1934578X1601100619. Available at: <https://doi.org/10.1177/1934578X1601100619>.
30. Japón-Luján, R., Janeiro, P., Luque de Castro, M.D., 2008. Solid–Liquid Transfer of Biophenols from Olive Leaves for the Enrichment of Edible Oils by a Dynamic Ultrasound-Assisted Approach. *J. Agric. Food Chem.* 56, 7231–7235. <https://doi.org/10.1021/jf800748p>
31. Kacalova, T. and Jarosova, A. (2023) 'How storage time affects sensory, chemical, and physical characteristics of flavored olive oil', *Food Science & Nutrition*, 11(10), pp. 6648–6659. Available at:

<https://doi.org/10.1002/fsn3.3613>.

32. Kalogeropoulos, N. (2010) 'Recovery and Distribution of Macro- and Selected Microconstituents after Pan-frying of Vegetables in Virgin Olive Oil', *Olives and Olive Oil in Health and Disease Prevention*, pp. 767–776. Available at: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374420-3.00080-2>.
33. Kandyliis, P. *et al.* (2011a) 'Comparative study of extra virgin olive oil flavor profile of Koroneiki variety (*Olea europaea* var. *Microcarpa alba*) cultivated in Greece and Tunisia during one period of harvesting', *LWT - Food Science and Technology*, 44(5), pp. 1333–1341. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.12.021>.
34. Kandyliis, P. *et al.* (2011b) 'Comparative study of extra virgin olive oil flavor profile of Koroneiki variety (*Olea europaea* var. *Microcarpa alba*) cultivated in Greece and Tunisia during one period of harvesting', *LWT - Food Science and Technology*, 44(5), pp. 1333–1341. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.12.021>.
35. Kano, S. *et al.* (2016) 'Absorption, Metabolism, and Excretion by Freely Moving Rats of 3,4-DHPEA-EDA and Related Polyphenols from Olive Fruits (*Olea europaea*)', *Journal of Nutrition and Metabolism*, 2016, p. e9104208. Available at: <https://doi.org/10.1155/2016/9104208>.
36. Kesen, S., Kelebek, H. and Selli, S. (2013) 'Characterization of the Volatile, Phenolic and Antioxidant Properties of Monovarietal Olive Oil Obtained from cv. Halhali', *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 90(11), pp. 1685–1696. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11746-013-2327-8>.
37. Kiritsakis, A. and Fereidoon, S. (2017) 'Olive fruit and olive oil composition and their functional compounds', in *Olives and Olive Oil as Functional Foods Bioactivity, Chemistry and Processing*. WILEY, p. 688.
38. Kiritsakis, A (2017) *Crop production science in horticulture - olives*.
39. Kishimoto, N., 2019. Influence of Exposure to Sunlight on the Oxidative Deterioration of Extra Virgin Olive Oil during Storage in Glass Bottles. *Food Sci. Technol. Res.* 25, 539–544. <https://doi.org/10.3136/fstr.25.539>
40. Khera, R.A., Nadeem, F. and Jilani, M.I. (2016) 'Essential chemical constituents and medicinal uses of Marjoram (*Origanum majorana* L.) – A comprehensive review'.
41. Komaitis, M., Ifanti-Papatragianni, N. and Melissari-Panagiotou, E. (1992) 'Composition of the essential oil of marjoram (*Origanum majorana* L.)', *Food Chemistry*, 45, pp. 117–118. Available at: [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(92\)90020-3](https://doi.org/10.1016/0308-8146(92)90020-3).

42. Lamas, S. *et al.* (2022) ‘Flavoured and fortified olive oils - Pros and cons’, *Trends in Food Science & Technology*, 124, pp. 108–127. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.04.013>.
43. Lukić, M., Lukić, I. and Moslavac, T. (2021) ‘Sterols and Triterpene Diols in Virgin Olive Oil: A Comprehensive Review on Their Properties and Significance, with a Special Emphasis on the Influence of Variety and Ripening Degree’, *Horticulturae*, 7(11), p. 493. Available at: <https://doi.org/10.3390/horticulturae7110493>.
44. Morales, M.T. and Przybylski, R. (2013) ‘Olive Oil Oxidation’, in R. Aparicio and J. Harwood (eds) *Handbook of Olive Oil: Analysis and Properties*. Boston, MA: Springer US, pp. 479–522. Available at: https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7777-8_13.
45. Mau, J.L., Chao, G.R. and Wu, K.T. (2001) ‘Antioxidant properties of methanolic extracts from several ear mushrooms’, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(11), pp. 5461–5467. Available at: <https://doi.org/10.1021/jf010637h>.
46. *Nutrients* | Free Full-Text | Polyphenols, the Healthy Brand of Olive Oil: Insights and Perspectives (no date). Available at: <https://www.mdpi.com/2072-6643/13/11/3831> (Accessed: 21 January 2024).
47. Nigri, S., Oumeddour, R. and Fernandez, X. (2012) ‘Characterization of some Algerian virgin olive oil by headspace solid phase microextraction coupled to gas chromatography / mass spectrometry’, *Rivista Italiana Delle Sostanze Grasse*, 84, p. 54.
48. *Olive Oil* (no date) *International Olive Council*. Available at: <https://www.internationaloliveoil.org/olive-world/olive-oil/> (Accessed: 25 April 2023).
49. Picos-Salas, M.A. *et al.* (2023) ‘Naringenin as a Natural Agent Against Oxidative Stress and Inflammation, and Its Bioavailability’, *Food Reviews International*, 39(9), pp. 6707–6745. Available at: <https://doi.org/10.1080/87559129.2022.2123502>.
50. Pejović, J., Barbarić, M. and Brala, C.J. (2014) ‘Olive oil - Composition and biological activity of phenolic compounds’, *Farmaceutski Glasnik*, 70(2), pp. 69–86.
51. Pyrovolou, K., Tataridis, P., Revelou, P.-K., Strati, I.F., Konteles, S.J., Tarantilis, P.A., Houhoula, D., Batrinou, A., 2024. Fermentation of a Strong Dark Ale Hybrid Beer Enriched with Carob (*Ceratonia siliqua* L.) Syrup with Enhanced Polyphenol Profile. *Appl. Sci.* 14, 1199. <https://doi.org/10.3390/app14031199>

52. Regulation (EU) No 1308/2013 of the European Parliament and of the Council of 17 December 2013 establishing a common organisation of the markets in agricultural products and repealing Council Regulations (EEC) No 922/72, (EEC) No 234/79, (EC) No 1037/2001 and (EC) No 1234/2007 (2023). Available at: <http://data.europa.eu/eli/reg/2013/1308/2023-12-08/eng> (Accessed: 2 March 2024).
53. Roche, H.M. (1999) 'Unsaturated fatty acids', *The Proceedings of the Nutrition Society*, 58(2), pp. 397–401. Available at: <https://doi.org/10.1017/s002966519900052x>.
54. Rodrigues, N. *et al.* (2021) 'Olive oil characteristics of eleven cultivars produced in a high-density grove in Valladolid province (Spain)', *European Food Research and Technology*, 247(12), pp. 3113–3122. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00217-021-03858-z>.
55. Sabiha, M. *et al.* (2023) 'Promising Antioxidant, Antibacterial and Anticorrosive Properties of an Essential Oil Extract of *Origanum Majorana* L. from Morocco', *Biointerface Research in Applied Chemistry*, 13(6). Available at: <https://doi.org/10.33263/BRIAC136.528>.
56. Saturated fatty acid and trans-fatty acid intake for adults and children: WHO guideline [WWW Document], URL <https://www.who.int/publications-detail-redirect/9789240073630> (accessed 8.10.23).
57. Servili, M., Esposto, S., Fabiani, R., Urbani, S., Taticchi, A., Mariucci, F., Selvaggini, R., Montedoro, G.F., 2009. Phenolic compounds in olive oil: antioxidant, health and organoleptic activities according to their chemical structure. *Inflammopharmacology* 17, 76–84. <https://doi.org/10.1007/s10787-008-8014-y>
58. Sevim, D., Köseoğlu, O., Ulaş, M., Özdemir, D., 2018. Determination Of Bitterness Index (K225) And Total Fenol Content Of Olive Oils Obtained With Different Regions, Varieties And Processing Systems. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Derg.* 55, 171–178. <https://doi.org/10.20289/zfdergi.340262>
59. Skiada, V., Tsarouhas, P., Varzakas, T., 2020. Comparison and Discrimination of Two Major Monocultivar Extra Virgin Olive Oils in the Southern Region of Peloponnese, According to Specific Compositional/Traceability Markers. *Foods* 9, 155. <https://doi.org/10.3390/foods9020155>
60. Soares, V.P., Fagundes, M.B., Guerra, D.R., Leães, Y.S.V., Speroni, C.S., Robalo, S.S., Emanuelli, T., Cichoski, A.J., Wagner, R., Barin, J.S., Bertuol, D.A., Ballus, C.A., 2020. Ultrasound assisted maceration for improving the aromatization of extra-virgin olive oil with rosemary and basil. *Food Res. Int.*

135, 109305. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109305>

61. Sousa, A., Casal, S., Malheiro, R., Lamas, H., Bento, A., Pereira, J.A., 2015a. Aromatized olive oils: Influence of flavouring in quality, composition, stability, antioxidants, and antiradical potential. *LWT - Food Sci. Technol.* 60, 22–28. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.08.026>
62. Suárez, M., Romero, M.-P., Ramo, T., Motilva, M.-J., 2011. Stability of a phenol-enriched olive oil during storage. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 113, 894–903. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201000432>
63. ‘STEG_TEGEP_00476_Medium.pdf’ (no date). Available at: http://nestor.teipel.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/14657/STEG_TEGEP_00476_Medium.pdf?sequence=1 (Accessed: 6 May 2023).
64. *Sweet Marjoram: A Review of Ethnopharmacology, Phytochemistry, and Biological Activities - Fatemeh Bina, Roja Rahimi, 2017* (no date). Available at: <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/2156587216650793> (Accessed: 14 January 2024).
65. Tamborrino, A. *et al.* (2022) ‘Continuous pulsed electric field pilot plant for olive oil extraction process’, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 82, p. 103192. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.103192>.
66. de la Torre-Robles, A. *et al.* (2019) ‘Effect of Light Exposure on the Quality and Phenol Content of Commercial Extra Virgin Olive Oil during 12-Month Storage’, *Journal of the American Oil Chemists’ Society*, 96(4), pp. 381–389. Available at: <https://doi.org/10.1002/aocs.12198>.
67. Tripoli, E. *et al.* (2005) ‘The phenolic compounds of olive oil: structure, biological activity and beneficial effects on human health’, *Nutrition Research Reviews*, 18(1), pp. 98–112. Available at: <https://doi.org/10.1079/NRR200495>.
68. Trabelsi, N., Marotta, S.M., Giarratana, F., Taamali, A., Zarrouk, M., Ziino, G., Giuffrida, A., 2018. Use of Tunisian flavored olive oil as anisakicidal agent in industrial anchovy marinating process. *J. Sci. Food Agric.* 98, 3446–3451. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8857>
69. Trabelsi, N., Nalbone, L., Marotta, S.M., Taamali, A., Abaza, L., Giarratana, F., 2019. Effectiveness of five flavored Tunisian olive oils on Anisakis larvae type 1: application of cinnamon and rosemary oil in industrial anchovy marinating process. *J. Sci. Food Agric.* 99, 4808–4815. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9736>
70. Tsimidou, M., Papadopoulos, G. and Boskou, D. (1992a) ‘Phenolic compounds and stability of virgin olive oil—Part I’, *Food Chemistry*, 45(2), pp. 141–144. Available at: [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(92\)90025-W](https://doi.org/10.1016/0308-8146(92)90025-W).
71. Tsimidou, M., Papadopoulos, G. and Boskou, D. (1992b) ‘Phenolic compounds and stability of virgin olive oil—Part I’, *Food Chemistry*, 45(2), pp. 141–144. Available at: [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(92\)90025-W](https://doi.org/10.1016/0308-8146(92)90025-W).

72. Tuck, K.L., Hayball, P.J., 2002. Major phenolic compounds in olive oil: metabolism and health effects. *J. Nutr. Biochem.* 13, 636–644. [https://doi.org/10.1016/S0955-2863\(02\)00229-2](https://doi.org/10.1016/S0955-2863(02)00229-2)
73. *Unsaturated Fatty Acid - an overview | ScienceDirect Topics* (no date). Available at: <https://www.sciencedirect.com/topics/medicine-and-dentistry/unsaturated-fatty-acid> (Accessed: 10 August 2023).
74. Valle-Prieto, M.B. de, Delgado-Adámez, J., Gil, M.V., Martillanes, S., Franco, M.N., Martín-Vertedor, D., 2017. Virgin Olive Oil Enriched with Lutein-Zeaxanthin from *Spinacia oleracea*. *J. Oleo Sci.* 66, 463–468. <https://doi.org/10.5650/jos.ess16189>
75. Vági, E. *et al.* (2005) ‘Phenolic and triterpenoid antioxidants from *Origanum majorana* L. herb and extracts obtained with different solvents’, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(1), pp. 17–21. Available at: <https://doi.org/10.1021/jf048777p>.
76. Vera, R.R. and Chane-Ming, J. (1999) ‘Chemical composition of the essential oil of marjoram (*Origanum majorana* L.) from Reunion Island’, *Food Chemistry*, 66(2), pp. 143–145. Available at: [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(98\)00018-1](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(98)00018-1).
77. Wannes, W. (2009) ‘Effect of growth stage on the content and composition of the essential oil and phenolic fraction of sweet marjoram (*Origanum majorana* L.)’, *Industrial Crops and Products* [Preprint]. Available at: https://www.academia.edu/18073679/Effect_of_growth_stage_on_the_content_and_composition_of_the_essential_oil_and_phenolic_fraction_of_sweet_marjoram_Origanum_majorana_L_ (Accessed: 6 March 2024).

ΕΛΛΗΝΙΚΗ

1. Αργυρόπουλος Γιώργος. (2010). *Σύγχρονες Μέθοδοι Συγκομιδής & Επεξεργασίας Ελαιοκάρπου* (Καλαμάτα).
2. Βαγενά (2013) *ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΔΡΑΣΗΣ ΦΑΙΝΟΛΙΚΩΝ ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΩΝ ΣΕ ΕΛΩΔΙΜΑ ΕΛΑΙΑ*.
3. Γιάννης Τσακνής. (2018). *ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ- ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΛΙΠΩΝ ΚΑΙ ΕΛΑΙΩΝ*. ΤΖΙΟΛΑ.
4. Κυριτσάκης, Α. Κ. (2007). Ελαιόλαδο. *ΣΥΜΒΑΤΙΚΟ ΚΑΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟ ΒΡΩΣΙΜΗ ΕΛΙΑ – ΠΑΣΤΑ ΕΛΙΑΣ*. 4η έκδ. Θεσσαλονίκη: ΑγροΤύπος

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

- ▶ **Εικόνα 1.1.:** ΕΛΙΑ ΚΟΡΩΝΕΙΚΗ -(Olea europea). *Αγροτική Στέγη*.
<https://agrotikistegi.gr/προϊόν/ελια-κορωνεικη-olea-europea/>
- ▶ **Εικόνα 1.3.1.:** *Ελιά – Ποια είναι τα πιο συχνά λάθη που γίνονται στην συγκομιδή*. (2021, Νοέμβριος 10). in.gr. <https://www.in.gr/2021/11/10/economy/agro-in/elia-poia-einai-ta-pio-syxna-lathi-pou-ginontai-stin-syggomidi/>
- ▶ **Εικόνα 1.3.2.:** Αντωνόπουλος, Η. *Μάζεμα Ελιάς —Φτιάχνω λάδι —Από το μάζεμα της ελιάς έως το ελαιοτριβείο—2019.kalliergo.gr*. <https://2019.kalliergo.gr/elies-lad-cat/145-ftiachno-ladi-apo-to-mazema-tis-elias-eos-to-elaiotriveio.html>
- ▶ **Εικόνα 1.3.3.:** *ΤΟ ΜΑΖΕΜΑ ΤΗΣ ΕΛΙΑΣ - Portal Ενημέρωσης Αγροτών-Πολιτών Περιφέρειας Ηπείρου —Άρθρα*.
<http://www.agroepirus.gr/eagro/farmers/articles/article.jsp?context=9104&articleid=5952>
- ▶ **Εικόνα 1.3.4.:** *ΡΑΒΔΙΣΤΙΚΟ ΜΗΧΑΝΗΜΑ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΕΛΙΑΣ IN OUT STOP - YouTube*. <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=z2YuW68e8iw>
- ▶ **Εικόνα 1.3.5.:** *ΤΟ ΜΑΖΕΜΑ ΤΗΣ ΕΛΙΑΣ - Portal Ενημέρωσης Αγροτών-Πολιτών Περιφέρειας Ηπείρου—Άρθρα*.
<http://www.agroepirus.gr/eagro/farmers/articles/article.jsp?context=9104&articleid=5952>
- ▶ **Εικόνα 1.3.6.:** *Υλικά ελαιοσυλλογής της HELLAGRO® για συγκομιδή και συσκευασία ελαιόκαρπου*.
<https://www.mypreveza.gr/2019/10/%cf%85%ce%bb%ce%b9%ce%ba%ce%ac-%ce%b5%ce%bb%ce%b1%ce%b9%ce%bf%cf%83%cf%85%ce%bb%ce%bb%ce%bf%ce%b3%ce%ae%cf%82-%cf%84%ce%b7%cf%82-hellagro-%ce%b3%ce%b9%ce%b1-%cf%83%cf%85%ce%b3%ce%ba%ce%bf%ce%bc.html>

- ▶ **Εικόνα 1.3.7.:** *Οδηγίες για τη συγκομιδή του ελαιοκάρπου —Plant Protection.*
Ανακτήθηκε 21 Ιανουάριος 2024, από <https://plantpro.gr/post/862>

- ▶ **Εικόνα 1.3.8.:** Ελαιόλαδο: Επιστρατεύουν μαθητές και... κατάδικους για το μάζεμα της ελιάς. (2023, Οκτώβριος 19). *PatrisNews - Εφημερίδα Πατρίς Ηλείας.*
<https://www.patrisnews.com/elaiolado-epistrateyoun-mathites-kai-katadikoys-gia-to-mazema-tis-elias/>

- ▶ **Εικόνα 1.3.9.:** *Παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα και τους τύπους του ελαιόλαδου —Farmacon—Blog—H #1 online αγροτική εφαρμογή.*
<https://blog.farmacon.gr/katigories/texniki-arthrografia/kalliergitikes-praktikes/item/1555-paragontes-pou-epireazoun-tin-ποιotita-kai-ta-eidi-tou-elaioladou>

- ▶ **Εικόνα 1.3.10.:** *Η διαδικασία παραγωγής.*
<https://www.papadopoulosoliveoil.com/el/elaiotriveio/i-diadikasia-paragogis>

- ▶ **Εικόνα 1.3.11.:** *Ελαιοτριβείο ΑΦΟΙ Φούντα.*
<https://m.facebook.com/1224721064261834/posts/3574614342605816/>

- ▶ **Εικόνα 1.3.12.:** olivenews. (2018, Ιανουάριος 8). *Πώς αποθηκεύουμε σωστά το ελαιόλαδο.* olivenews.gr. <https://www.olivenews.gr/el/agora-times/elaiolado/pws-apothhkeuoume-sosta-to-elaiolado/>

- ▶ **Εικόνα 1.4.1.:** Henry, S., Kohlwein, S., & Carman, G. (2012). Metabolism and Regulation of Glycerolipids in the Yeast *Saccharomyces cerevisiae*. *Genetics*, 190, 317–349. <https://doi.org/10.1534/genetics.111.130286>

- ▶ **Εικόνα 1.4.2.:** *Figure 3. Molecular structure of a generic triglyceride and common.* ResearchGate. https://www.researchgate.net/figure/Molecular-structure-of-a-generic-triglyceride-and-common-fatty-acids-present-in-the_fig3_351872525

- ▶ **Εικόνα 1.4.3.:** *Squalene.* <https://www.drugfuture.com/chemdata/Squalene.html>

- ▶ **Εικόνα 1.4.4.:** Niki, E., & Abe, K. (2019). *Vitamin E: Structure, Properties and Functions*. <https://doi.org/10.1039/9781788016216-00001>

- ▶ **Εικόνα 1.4.5.:** *Fig. 2 The structure of Chlorophyll a and b*. ResearchGate. από https://www.researchgate.net/figure/The-structure-of-Chlorophyll-a-and-b_fig2_283348170

- ▶ **Εικόνα 1.4.6.:** *Figure 2: Chemical structure of beta-carotene*. ResearchGate. https://www.researchgate.net/figure/Chemical-structure-of-beta-carotene_fig2_327981139

- ▶ **Εικόνα 1.4.7.:** *Lutein—Zeaxanthin Molecule—Antioxidant*. https://www.worldofmolecules.com/colors/lutein_zeaxanthin.htm

- ▶ **Εικόνα 1.4.8.:** *(a) The chemical structure of β -sitosterol (BS). (B) The effect of BS... (χ.χ.)*. ResearchGate. https://www.researchgate.net/figure/a-The-chemical-structure-of-b-sitosterol-BS-b-The-effect-of-BS-on-the-viability-of_fig1_341694871

- ▶ **Εικόνα 1.4.9.:** Δ 5-*血管甾醇 powder* | Sigma-Aldrich. <http://www.sigmaaldrich.com/>

- ▶ **Εικόνα 1.4.10.:** *Figure 2: Structure of campesterol (1)*. ResearchGate. https://www.researchgate.net/figure/Structure-of-campesterol-1_fig2_366312523

- ▶ **Εικόνα 1.4.1115.:** *STIGMASTEROL*. https://www.sigmaaldrich.com/id_en/s2424-25g-id

- ▶ **Εικόνα 1.4.12.:** *[PDF] Antioxidant and biological activities of tyrosol, hydroxytyrosol and their esters* | Semantic Scholar. <https://www.semanticscholar.org/paper/Antioxidant-and-biological-activities-of-tyrosol%2C-Sun/2e90f43c7e739cef216dd5632d00e4d5fead5938>

- ▶ **Εικόνα 1.4.13.:** *Chemical structures of secoiridoids*. ResearchGate. <https://www.researchgate.net/figure/Chemical-structures-of->

secoiridoids_fig1_355985909

- ▶ **Εικόνα 1.4.14.:** *Figure 1. The chemical structures of flavone compounds apigenin and...* ResearchGate. https://www.researchgate.net/figure/The-chemical-structures-of-flavone-compounds-apigenin-and-luteolin_fig1_335184626

- ▶ **Εικόνα 2.1.:** *How To Make Infused Olive Oil | Live Eat Learn.* <https://www.liveeatlearn.com/infused-olive-oil/>

- ▶ **Εικόνα 2.2.:** Lamas, S., Rodrigues, N., Peres, A. M., & Pereira, J. A. (2022). Flavoured and fortified olive oils—Pros and cons. *Trends in Food Science & Technology*, 124, 108–127. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.04.013>

- ▶ **Εικόνα 2.3.:** *DIY Infused Olive Oils | Recipe | Olive oil recipes, Infused olive oil, Garlic infused olive oil.* <https://www.pinterest.com/pin/699606123348680133/>

- ▶ **Εικόνα 2.4.:** Lamas, S., Rodrigues, N., Peres, A. M., & Pereira, J. A. (2022). Flavoured and fortified olive oils—Pros and cons. *Trends in Food Science & Technology*, 124, 108–127. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.04.013><https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.04.013>

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

- ▶ **Πίνακας 1.4.1.1.:** Γιάννης Τσακνής. (2018). *ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ- ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΛΙΠΩΝ ΚΑΙ ΕΛΑΙΩΝ*. ΤΖΙΟΛΑ.

- ▶ **Πίνακας 1.4.2.1.:** Niki, E., & Abe, K. (2019). *Vitamin E: Structure, Properties and Functions*. <https://doi.org/10.1039/9781788016216-00001>