



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
UNIVERSITY OF WEST ATTICA

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΠΟΤΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Φαρμακευτικό ελαιόλαδο : Χρήσεις και μελλοντικές προοπτικές»



ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΦΟΙΤΗΤΩΝ :

ΣΤΑΜΑΤΟΠΟΥΛΟΥ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ, Α.Μ.16150

ΕΛΕΝΗΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ, Α.Μ. 16167

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ :

ΜΠΡΑΤΑΚΟΣ ΣΩΤΗΡΙΟΣ

SCHOOL OF FOOD SCIENCES DEPARTMENT OF FOOD SCIENCE
AND TECHNOLOGY

Thesis statement

Pharmaceutical Olive Oil: Applications and future perspectives



Writers:

STAMATOPOULOU AIKATERINI

REGISTRATIONS NUMBER: 16150

ELENES ATHANASIOS

REGISTRATIONS NYMBER:16167

SUPERVISOR: MPRATAKOS SOTIRIOS

ATHENS 2023

Μέλη εξεταστικής επιτροπής συμπεριλαμβανομένου και του Εισηγητή

A/A	ΟΝΟΜΑ-ΕΠΩΝΥΜΟ	ΒΑΘΜΙΔΑ/ΙΔΙΟΤΗΤΑ	ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ
1	ΣΩΤΗΡΙΟΣ ΜΠΡΑΤΑΚΟΣ	ΕΔΙΠ	
2	ΘΑΛΕΙΑ ΤΣΙΑΚΑ	ΕΠΙΚΟΥΡΗ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ	
3	ΕΥΤΥΧΙΑ ΚΡΙΤΣΗ	ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟΣ ΥΠΟΤΡΟΦΟΣ	

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ

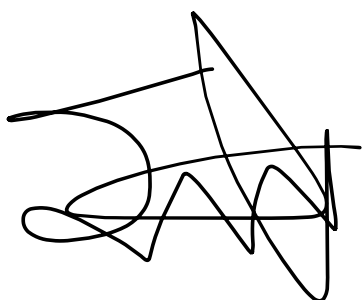
Η κάτωθι υπογεγραμμένη ΣΤΑΜΑΤΟΠΟΥΛΟΥ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ του ΓΕΩΡΓΙΟΥ, με αριθμό μητρώου 16150 φοιτήτρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ του Τμήματος ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

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

αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

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

Η Δηλούσα



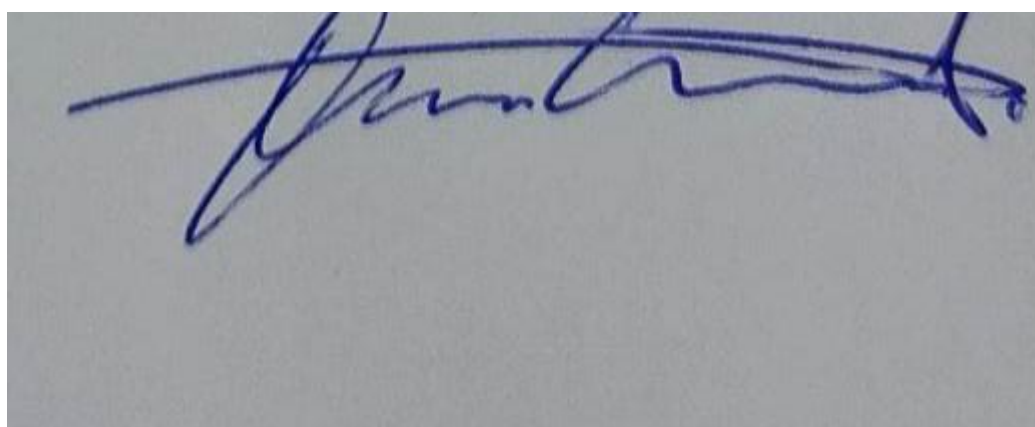
Ο κάτωθι υπογεγραμμένος ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ ΕΛΕΝΗΣ του ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ , με αριθμό μητρώου 16167 φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ του Τμήματος ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ , δηλώνω υπεύθυνα ότι:

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

αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

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

Ο Δηλών

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Μπρατάκος', written on a light-colored background.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την ολοκλήρωση αυτής της πτυχιακής εργασίας, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή κο. Μπρατάκο Σωτήριο, Ακαδημαϊκό υπότροφο, για την διαρκεί καθοδήγησή του, την υποστήριξη και τον χρόνο που μας προσέφερε δίνοντάς μας τις απαραίτητες συμβουλές και βοήθειες για να υλοποιηθεί η εργασία μας. Τέλος θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε ξεχωριστά τους καθηγητές του τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων για την συμβολή τους στην επιστημονική μας συγκρότηση όλα αυτά τα χρόνια της φοίτησης μας στο Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής.

Περιεχόμενα

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ	10
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	11
ABSTRACT	12
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	13
Κεφάλαιο 1ο : Το ελαιόλαδο και η σημασία του	15
1.1 Ορισμός - κατηγορίες	15
1.2 Ιστορικά στοιχεία	17
1.3 Παραγωγή και χρήση του	19
1.4 Καλλιεργούμενες ποικιλίες στην Ελλάδα	22
1.5 Υφιστάμενη κατάσταση παγκοσμίως και στην Ελλάδα	24
Κεφάλαιο 2ο : Σύσταση και χαρακτηριστικά	28
2.1 Πρωτεΐνες	28
2.2 Υδατάνθρακες	29
2.3 Σαπωνοποιήσιμο κλάσμα	29
2.3.1 Λιπαρά οξέα – τριγλυκερίδια - ακυλογλυκερόλες	29
2.4 Μη σαπωνοποιήσιμο κλάσμα	32
2.4.1 Φυτοστερόλες	32
2.4.2 Τοκοφερόλες	35
2.4.3 Υδρογονάνθρακες	36
2.4.4 Φαινολικά συστατικά	36
2.4.5.1 Χρωστικές και χλωροφύλλες	39
2.4.5.2 Ελευρωπαίνη	41
2.4.5.3 Τυροσόλη και υδροξυτυροσόλη	42
2.4.6 Πτητικά και αρωματικά συστατικά	43
2.4.7 Τριτερπενικά οξέα	45
Κεφάλαιο 3ο : Βιοδραστικές ουσίες και φαρμακευτικές ιδιότητες	46
3.1 Λιποδιαλυτές βιταμίνες και προβιταμίνες	46
3.1.1 Καροτενοειδή	46
3.1.2 Βιταμίνη Ε	47
3.2 Ελαικό οξύ και ελευρωπαίνη	49
3.3 Τυροσόλη και υδροξυτυροσόλη	51

3.4 Μονοακόρεστα λιπαρά οξέα	54
3.5 Ιδιότητες και παθοφυσιολογικές επιδράσεις.....	54
3.5.1 Επίδραση στις φλεγμονές.....	54
3.5.2 Επίδραση στην ενδοθηλιακή και καρδιαγγειακή υγεία.....	56
3.5.3 Αντιμικροβιακές ιδιότητες	58
3.5.4 Επίδραση στον μεταβολισμό των λιποπρωτεϊνών	59
3.5.5 Ηπατοπροστατευτικές ιδιότητες.....	60
3.5.6 Αντικαρκινικές ιδιότητες.....	60
3.5.8 Νευροπροστατευτικές ιδιότητες.....	62
Κεφάλαιο 4ο : Φαρμακευτικές εφαρμογές ελαιόλαδου	64
4.1 Απομόνωση βιοδραστικών ουσιών κι εφαρμογές για αντιμετώπιση παθήσεων.....	64
4.1.1 Διαβήτης.....	64
4.1.2 Καρδιαγγειακές παθήσεις.....	66
4.1.3 Παχυσαρκία.....	68
4.1.4 Παθήσεις του ήπατος	68
4.1.5 Καρκίνος.....	70
4.1.6 Νευρολογικές παθήσεις.....	72
4.1.7 Μικροβιακές λοιμώξεις.....	74
4.1.8 Ρευματοειδής αρθρίτιδα	74
4.2 Χρήση για δημιουργία σκευασμάτων με βάση το ελαικό οξύ	75
4.3 Εφαρμογές μικροενθυλακωμένων βιοδραστικών συστατικών ελαιόλαδου	78
4.4 Χρήση του για παραγωγή φαρμακευτικών σαπουνιών – καλλυντικών.....	80
Συμπεράσματα	85
Βιβλιογραφία.....	87

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1 Αναπαράσταση χρήσης ελαιόλαδου την αρχαία Ελλάδα Πηγή : http://hellenicgroves.gr/wp-content/uploads/2013/04/1.jpg	18
Εικόνα 2 Παγκόσμια παραγωγή ελαιόλαδου για το 2022/2023 Πηγή : https://agriculture.ec.europa.eu/system/files/2023-04/market-situation-olive-oil-table-olives_en.pdf	25
Εικόνα 3 Παραγωγή ελαιόλαδου στην ΕΕ Πηγή : https://agriculture.ec.europa.eu/system/files/2023-04/market-situation-olive-oil-table-olives_en.pdf	25
Εικόνα 4 Παραγωγή ελαιόλαδου ανά χώρα για τα 2022/2023 Πηγή : https://agriculture.ec.europa.eu/system/files/2023-04/market-situation-olive-oil-table-olives_en.pdf	26
Εικόνα 5 Η χημική δομή των β-σιτοστερολών Πηγή : https://www.tuscany-diet.net/wp-content/uploads/2015/03/beta-sitosterol.gif	32
Εικόνα 6 Η χημική δομή των τοκοφερολών. Στον πίνακα παρυσιάζονται ο αριθμός και η θέση των ομάδων μεθυλίου στον αρωματικό δακτύλιο	35
Εικόνα 7 Η χημική δομή του σκουαλενίου Πηγή : https://www.tuscany-diet.net/wp-content/uploads/2015/03/squalene.gif	36
Εικόνα 8 Ορισμένες φαινολικές αλκοόλες που είναι παρόντες στο ελαιόλαδο Πηγή : https://www.intechopen.com/chapters/80686	38
Εικόνα 9 Η χημική δομή της ελευρωπαϊνης Πηγή : Wikipedia.com	41
Εικόνα 10 Οι χημικές δομές της τυροσόλης και υδροξυτυροσόλης Πηγή : file:///C:/Users/Georgia/Downloads/thesis%20(1).pdf	42
Εικόνα 11 Μηχανισμός εξάλειψης ελεύθερων ριζών από την υδροξυτυροσόλη Πηγή : Karkovic Markovic et al., (2019).....	53
Εικόνα 12 Ο πολύπλοκος ρόλος της βιταμίνης Ε στον μεταβολισμό. Τα κύρια στάδια του εντερικού, ηπατικού και μετα-ηπατικού μεταβολισμού της βιταμίνης Ε. Στο ήπαρ περιλαμβάνουν κυτταρική πρόσληψη, υποκυτταρική διακίνηση, βιομετασχηματισμό, ενσωμάτωση σε σωματίδια VLDL και απέκκριση για κατανομή στους ιστούς. LCMs: μεταβολίτες μακράς αλυσίδας. MCMs: πολυκυκλικοί μεταβολίτες. SCMs: μεταβολίτες βραχείας αλυσίδας. CEHCs: καρβοξυαιθυλο υδροξυχρωμάνια (φυσικοί μεταβολίτες βιταμίνης Ε). VE: βιταμίνη Ε; LPL: λιποπρωτεϊνική λιπάση. Πηγή : https://www.mdpi.com/2076-3921/11/5/989	59
Εικόνα 13 Η μεταφορά της βιταμίνης Ε στα νευρικά κύτταρα Πηγή : https://iubmb.onlinelibrary.wiley.com/cms/asset/865e9351-44ee-45ea-88d9-a9e215550d9a/iub1993-fig-0002-m.jpg	62
Εικόνα 14 Η αντίδραση σαπωνοποίησης Πηγή : Κούμπλα (2021).....	81

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

<i>Πίνακας 1 Σύνθεση του ελαιόλαδου σε λιπαρά οξέα (%).....</i>	<i>25</i>
---	-----------

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

EVOO = Extra Virgin Olive Oil, έξτρα παρθένο ελαιόλαδο

MUFA = Monosaturated Fatty Acids = Μονοακόρεστα λιπαρά οξέα

PUFA = Polyunsaturated Fatty Acid = Πολυακόρεστα λιπαρά οξέα

RNS = Reactive Nitrogen Species = Δραστικά είδη αζώτου

ROS = Reactive Oxygen Species = Δραστικά είδη οξυγόνου

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το ελαιόλαδο αποτελεί βασικό συστατικό της διατροφής των μεσογειακών λαών. Παράγεται και χρησιμοποιείται από την αρχαιότητα λόγω των ιδιοτήτων με την χρήση και κατανάλωσή του σήμερα να έχει εξαπλωθεί πέρα από τα όρια της περιοχής της Μεσογείου.

Οι διάφορες έρευνες και μελέτες έχουν αποδείξει αυτές τις ιδιότητες του ελαιόλαδου. Συγκεκριμένα το ελαιόλαδο διαθέτει διάφορες θετικές επιδράσεις απέναντι στις καταστάσεις της ανθρώπινης υγείας με αποτέλεσμα να μπορεί να λειτουργεί και σαν φαρμακευτικό προϊόν. Οι διάφορες ενώσεις που περιέχονται στο ελαιόλαδο είναι υπεύθυνες γι' αυτές του τις ιδιότητες με τις φαινόλες να είναι τα κύρια συστατικά.

Συμπερασματικά, οι φαρμακευτικές ιδιότητες του ελαιόλαδου το καθιστούν πολύτιμο εργαλείο στη σύγχρονη ιατρική. Η δυνατότητά του να χρησιμοποιηθεί στη θεραπεία χρόνιων ασθενειών, καθώς και σε τοπικές θεραπείες για δερματικές παθήσεις, το καθιστά ένα συναρπαστικό πεδίο έρευνας. Χρειάζεται περαιτέρω έρευνα και ευαισθητοποίηση σχετικά με τα οφέλη της χρήσης του ελαιόλαδου στην ιατρική για να αξιοποιηθούν πλήρως οι δυνατότητές του ως πολύτιμο ιατρικό εργαλείο.

Λέξεις κλειδιά : ελαιόλαδο, φαρμακολογικές ιδιότητες,

ABSTRACT

Olive oil is a basic component of the diet of Mediterranean peoples. It has been produced and used since antiquity because of its properties and its use and consumption today has spread beyond the boundaries of the Mediterranean region.

Various research and studies have proven these properties of olive oil. In particular, olive oil has various positive effects on human health conditions, so that it can also function as a medicinal product. The various compounds contained in olive oil are responsible for these properties with phenols being the main components.

In conclusion, the pharmaceutical properties of olive oil make it a valuable tool in modern medicine. Its potential to be used in the treatment of chronic diseases, as well as in topical treatments for skin conditions, makes it an exciting area of research. Further research and awareness of the benefits of using olive oil in medicine are needed to fully realize its potential as a valuable medical tool.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το ελαιόλαδο είναι ένα από τα παλαιότερα και πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα έλαια στον κόσμο, με μακρά ιστορία ιατρικών και θεραπευτικών χρήσεων. Τα τελευταία χρόνια, οι έρευνες έχουν δείξει ότι το ελαιόλαδο διαθέτει ένα ευρύ φάσμα φαρμακευτικών ιδιοτήτων που το καθιστούν πολύτιμο εργαλείο στη σύγχρονη ιατρική με ολοένα και περισσότερες έρευνες να υποστηρίζουν τις φαρμακευτικές ιδιότητες του ελαιόλαδου.

Αυτές οι φαρμακευτικές ιδιότητες του ελαιόλαδου οφείλονται στην ποικίλη σύστασή του και ιδιαίτερα στα διάφορα φαινολικά συστατικά που περιέχονται. Εκτός από αυτά άλλα συστατικά του ελαιόλαδου του προσδίδουν φαρμακολογικές ιδιότητες με τις μελέτες που πραγματοποιούνται να το αποδίδουν αυτό.

Δεδομένων των φαρμακευτικών ιδιοτήτων του, το ελαιόλαδο έχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί σε ποικίλες ιατρικές εφαρμογές. Για παράδειγμα, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη νέων θεραπειών για χρόνιες ασθένειες ή ως φυσική εναλλακτική λύση στα συμβατικά φάρμακα.

Ωστόσο, παρά τα δυνητικά οφέλη από τη χρήση του ελαιόλαδου στην ιατρική, η εφαρμογή του στον τομέα αυτό εξακολουθεί να είναι σχετικά περιορισμένη γεγονός που οφείλεται εν μέρει στην έλλειψη ευαισθητοποίησης των επαγγελματιών υγείας σχετικά με τα πιθανά οφέλη της χρήσης του ελαιόλαδου και στην έλλειψη έρευνας σχετικά με τις ιατρικές εφαρμογές του.

Στην παρούσα έρευνα θα μελετηθεί το η φαρμακευτική χρήση του ελαιόλαδου καθώς και οι μελλοντικές προοπτικές που εμφανίζονται. Συγκεκριμένα θα μελετηθούν τα βιοδραστικά χαρακτηριστικά του ελαιόλαδου που το καθιστούν φαρμακευτικό και οι διάφορες χρήσης και μελλοντικές προοπτικές χρήσεις που απορρέουν από αυτές τις εφαρμογές του.

Το πρώτο κεφάλαιο αφορά το ελαιόλαδο καθώς και την σημασία του. Σε αυτό θα αναφερθεί ο ορισμός και οι κατηγορίες του ελαιόλαδου όπως έχουν δοθεί από τον έγκριτο οργανισμό για το ελαιόλαδο, τα ιστορικά στοιχεία που σχετίζονται με την παραγωγή αλλά και χρήση του, οι κύριες καλλιεργούμενες ποικιλίες ελαιόδεντρων που χρησιμοποιούνται για παραγωγή ελαιόλαδου καθώς και η υφιστάμενη κατάσταση

σχετικά με την παραγωγή και κατανάλωση ελαιόλαδου σε παγκόσμιο κι εγχώριο επίπεδο.

Το δεύτερο κεφάλαιο αφορά την σύσταση του ελαιόλαδου και τα χαρακτηριστικά του. Συγκεκριμένα, θα αναλυθούν οι πρωτεΐνες, υδατάνθρακες και τα λιπίδια που περιέχονται στο ελαιόλαδο ενώ στην περίπτωση των λιπιδίων (που αποτελεί το κύριο κλάσμα συστατικών) θα δοθεί μεγαλύτερη έμφαση καθώς θα αναλυθεί εκτενώς το σαπωνοποιήσιμο καθώς και το μη σαπωνοποιήσιμο κλάσμα ελαιόλαδου. Με όλα τα συστατικά που περιέχει.

Το τρίτο κεφάλαιο αφορά τις βιοδραστικές ουσίες που περιέχονται στο ελαιόλαδο καθώς και τις φαρμακευτικές του ιδιότητες που οφείλονται σε αυτές. Συγκεκριμένα θα αναλυθούν τα βιοδραστικά συστατικά του που περιλαμβάνουν τις λιποδιαλυτές βιταμίνες και προβιταμίνες, το ελαιικό οξύ, την τυροσόλη και υδροξυτυροσόλη και μονοακόρεστα λιπαρά οξέα. Επιπλέον θα αναλυθούν οι ιδιότητες του ελαιόλαδου που αφορούν την παθοφυσιολογία διαφόρων καταστάσεων του ανθρώπινου οργανισμού.

Το τέταρτο κεφάλαιο αφορά τις φαρμακευτικές εφαρμογές του ελαιόλαδου. Συγκεκριμένα θα αναλυθούν οι διάφορες βιοδραστικές ουσίες καθώς και οι εφαρμογές τους για την αντιμετώπιση διαφόρων παθογενών καταστάσεων του ανθρώπινου οργανισμού όπως ο διαβήτης, παχυσαρκία, οστεοπόρωση κ.α. Επιπλέον θα αναλυθεί η χρήση του ελαιόλαδου που αφορά την δημιουργία διαφόρων σκευασμάτων με βάση το ελαιικό οξύ (σημαντική βιοδραστική ουσία του ελαιόλαδου), η χρήση του για την παραγωγή φαρμακευτικών σαπουνιών. Τέλος θα αναλυθούν τα διάφορα προβλήματα που εντοπίζονται ή πιθανώς να προκύψουν από τις φαρμακευτικές εφαρμογές του ελαιόλαδου όπως και οι μελλοντικές προοπτικές.

Κεφάλαιο 1ο : Το ελαιόλαδο και η σημασία του

1.1 Ορισμός - κατηγορίες

Το ελαιόλαδο, που προέρχεται από τον καρπό της ελιάς *Olea europaea*, είναι βασικό συστατικό της μεσογειακής διατροφής και αποτελείται από ένα εξαιρετικά μονοακόρεστο έλαιο. Αυτό το μοναδικό προϊόν είναι πλούσιο σε πλήθος βιοδραστικών ενώσεων με εξαιρετικές οργανοληπτικές ιδιότητες και διατροφική αξία, προκαλώντας μεγάλο ενδιαφέρον για τη διερεύνηση του λειτουργικού και διατροφικού δυναμικού του. Οι ελιές που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ελαιόλαδου διαθέτουν ευνοϊκά χαρακτηριστικά, όπως μικρό μέγεθος, υψηλή περιεκτικότητα σε λάδι που ξεπερνά το 20% και εξαιρετική γεύση και άρωμα (Parioni and Proietti, 2004), αν και πολλές ποικιλίες μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή τόσο επιτραπέζιων ελιών όσο και ελαιόλαδου.

Η πλειονότητα των ποικιλιών ελιάς που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ελαιολάδου στην εμπορική βιομηχανία προέρχεται από τα μεσογειακά έθνη. Όταν καλλιεργούνται σε τυπικές αγροκλιματικές συνθήκες, οι ποικιλίες αυτές επιδεικνύουν εντυπωσιακή παραγωγικότητα και προσαρμοστικότητα. Επιπλέον, αποδίδουν ελιές που περιέχουν υψηλά επίπεδα ελαίου, φαινολών και άλλων δευτερευόντων συστατικών, τα οποία είναι υπεύθυνα για τις πολύτιμες βιολογικές τους ιδιότητες, καθώς και για τις χαρακτηριστικές αισθητηριακές τους ιδιότητες, όπως η γεύση και το άρωμα (Aparicio and Harwood 2013).

Οι κατηγορίες του ελαιόλαδου είναι οι εξής :

➤ Έξτρα παρθένο ελαιόλαδο

Ο πιο περιζήτητος και ανώτερος τύπος ελαιολάδου είναι το εξαιρετικό παρθένο ελαιόλαδο (EVOO). Ως παρθένο ελαιόλαδο ορίζεται το ελαιόλαδο που δεν έχει υποστεί καμία πρόσθετη επεξεργασία πέραν του πλυσίματος, της μετάγγισης, της φυγοκέντρωσης και του φιλτραρίσματος. Το εξαιρετικό παρθένο ελαιόλαδο (EVOO) είναι το VOO που πληροί τις αυστηρότερες απαιτήσεις που περιγράφονται στον κανονισμό αριθ. 2568/91 της Επιτροπής της ΕΕ και στο εμπορικό πρότυπο του Διεθνούς Συμβουλίου Ελαιολάδου (IOC) (Jimenez – Sanchez et al., 2022).

Για να ταξινομηθεί το ελαιόλαδο σαν έξτρα παρθένο θα πρέπει να πληροί τις ακόλουθες : ελεύθερη οξύτητα (εκφρασμένη ως ποσοστό ελεύθερου ελαϊκού οξέος) 0,8%, τιμή υπεροξειδίου 20 mEq O₂/kg, τιμές φασματομετρίας UV που αντικατοπτρίζουν ελάχιστη οξείδωση (K270 0,22, K232 2,50, K 0,01), ευνοϊκή οργανοληπτική αξιολόγηση (διάμεση τιμή 0 ελαττώματα και διάμεση τιμή "φρουτώδες") (Jimenez – Sanchez et al., 2022).

Το IOC θέτει επίσης ένα υψηλότερο κριτήριο FAEE (35 mg/kg EVOO) και άλλα πρότυπα χαρακτηρισμού που περιλαμβάνουν 0,20% υγρασία και πτητικές ουσίες στο πετρέλαιο, 0,10% αδιάλυτες ακαθαρσίες στο ελαφρύ πετρέλαιο και 3,0 για το σίδηρο και 0,1 για το χαλκό. Εάν ένα ελαιόλαδο πληροί όλες τις απαιτήσεις για να ταξινομηθεί ως έξτρα παρθένο τότε πρέπει να ακολουθούνται απαιτήσεις καθαρότητας για να διατηρηθεί αυτή η πιστοποίηση, όπως συγκέντρωση στιγμαδιενίου μικρότερη από 0,05 mg/kg EVOO και αμελητέα trans-ισομερή ακόρεστων λιπαρών οξέων (μικρότερη από 0,05 για το άθροισμα των C18:1 και C18:2) (Jimenez – Sanchez et al., 2022).

➤ **Παρθένο ελαιόλαδο**

Το παρθένο ελαιόλαδο παράγεται από την μηχανική εκχύλιση. Διακρίνεται από ελαφρώς υψηλότερο επίπεδο οξύτητας από το έξτρα παρθένο ελαιόλαδο, που κυμαίνεται από 0,8% έως 2,0%. Παρόλο που μπορεί να μην πληροί τα ίδια οργανοληπτικά χαρακτηριστικά και ποιοτικά πρότυπα με το EVOO, εξακολουθεί να έχει ευχάριστη γεύση και άρωμα. Το παρθένο ελαιόλαδο είναι κατάλληλο για το μαγείρεμα, το ψήσιμο και άλλους μαγειρικούς σκοπούς.

➤ **Εξευγενισμένο ελαιόλαδο**

Αναμειγμένο με μικρή ποσότητα παρθένου ή εξαιρετικά παρθένου ελαιολάδου, το "καθαρό ελαιόλαδο" ή το "εξευγενισμένο ελαιόλαδο" είναι κοινώς γνωστό ως ελαιόλαδο. Μέσω της διαδικασίας εξευγενισμού, οι ακαθαρσίες εξαλείφονται και η οξύτητα μειώνεται, με αποτέλεσμα να έχει πιο ανοιχτό χρώμα και πιο ήπια γεύση σε σύγκριση με το εξαιρετικά παρθένο ελαιόλαδο. Το ελαιόλαδο είναι ένα ευέλικτο συστατικό που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για διάφορες μεθόδους μαγειρέματος, όπως το σοτάρισμα, το τηγάνισμα και το ψήσιμο. Η ελεύθερη οξύτητά του θα πρέπει να είναι μικρότερη από 1% και να περιλαμβάνει όλα τα χαρακτηριστικά των ελαιολάδων που ανήκουν σε αυτή την κατηγορία.

➤ Πυρηνέλαιο

Μετά την πίεση των ελαιόκαρπων τα υπόλοιπα μέρη του ελαιόλαδου χρησιμοποιούνται για την εξαγωγή πυρηνέλαιο. Αυτό το είδος ελαίου υφίσταται διαδικασία εκχύλισης με διαλύτη και διύλιση για να βελτιώσει την ποιότητά του αφαιρώντας ακαθαρσίες. Με ουδέτερη γεύση και υψηλότερο σημείο καπνού, το πυρηνέλαιο είναι ιδανικό για μεθόδους μαγειρέματος σε υψηλές θερμοκρασίες όπως το ψήσιμο στη σχάρα και το τηγάνισμα.

1.2 Ιστορικά στοιχεία

Σύμφωνα με τον Luchietti (2002), η ελαιοκαλλιέργεια (*Olea europaea L.*) έχει ιστορία 6000 ετών. Η ελιά είναι ένα αειθαλές δέντρο που κατάγεται από την περιοχή της Μεσογείου και ανήκει στην οικογένεια *Oleaceae*. Ιστορικά, τα ελαιόδεντρα καλλιεργούνταν στην Ανατολία, την Αίγυπτο, την Ιορδανία, τη Συρία, την Παλαιστίνη και τα ελληνικά νησιά. Περισσότεροι από 2.500.000 τόνοι ελιών παράγονται παγκοσμίως, με τους μεγαλύτερους παραγωγούς να είναι η Μεσόγειος (συμπεριλαμβανομένης της Συρίας, της Ιορδανίας και της Παλαιστίνης), η Λατινική Αμερική (συμπεριλαμβανομένης της Βραζιλίας και της Αργεντινής), η Ευρώπη (συμπεριλαμβανομένης της Ισπανίας, της Ιταλίας και της Ελλάδας) και οι χώρες της Μαγκρέμπης (συμπεριλαμβανομένου του Μαρόκου και της Τυνησίας) (Luchietti, 2002).



Η ελιά είναι ένα από τα αρχαιότερα καλλιεργούμενα δένδρα σε όλο τον κόσμο. Υπάρχουν πάνω από 30 γνωστά είδη ελαιόδεντρων, αλλά η προέλευσή τους έχει προκαλέσει πολλές συζητήσεις. Ενώ απολιθωμένα στοιχεία από την Τριτογενή περίοδο υποστηρίζουν την ύπαρξη ενός προγόνου της ελιάς στην Ιταλία, το ελαιόδεντρο που γνωρίζουμε σήμερα μπορεί να αναχθεί στην προέλευσή του πριν από 5.000 χρόνια στην περιοχή που κάποτε ήταν η αρχαία Περσία και η Μεσοποταμία. Από εκεί, η καλλιέργεια του ελαιόδεντρου εξαπλώθηκε στη Συρία και την Παλαιστίνη, πριν φτάσει τελικά στη Βόρεια Αφρική μέσω ξηράς ή θάλασσας (Di Giovanacchino 2000).

Οι Φοίνικες είναι υπεύθυνοι για την εξάπλωση της ελιάς στις δυτικές περιοχές λόγω του εμπορίου τους με άλλα θαλάσσια κέντρα. Τον 28ο αιώνα π.Χ. άρχισε να εξαπλώνεται στα ελληνικά νησιά, τη Λιβύη και την Καρχηδόνα. Με την ίδρυση αποικιών εκεί, ιδίως στην Ισπανία, οι Έλληνες διέδωσαν την καλλιέργεια της ελιάς σε άλλα έθνη της περιοχής της Μεσογείου. Η καλλιέργεια της ελιάς σημείωσε την πρώτη της σημαντική πρόοδο τον 8ο και 7ο αιώνα π.Χ., όταν οι ελιές καλλιεργούνταν πιο συστηματικά (Di Giovanacchino 2000).

Οι αρχαίοι πολιτισμοί των Μινωιτών, των Αιγυπτίων, των Ελλήνων και των Ρωμαίων ήταν υπεύθυνοι για την καλλιέργεια της ελιάς και την παραγωγή ελαιόλαδου. Το ελαιόλαδο εκτιμήθηκε ιδιαίτερα για τη χρήση του ως βασικό διατροφικό συστατικό, πηγή φωτός, καύσιμο, φάρμακο και θρησκευτικός συμβολισμός. Η καλλιέργεια της ελιάς έγινε αναπόσπαστο μέρος του μεσογειακού γεωργικού τοπίου, ενώ το ελαιόλαδο θεωρούνταν ιερό και χρησιμοποιούνταν σε διάφορες τελετουργίες. Αξιοσημείωτη είναι η χρήση των κλάδων ελαιόδεντρων που απονέμονταν στους νικητές των Ολυμπιακών αγώνων ήδη από τον 7^ο αιώνα π.Χ. Η κοινωνική και θρησκευτική σημασία της ελιάς είναι επίσης εμφανής στην ελληνική μυθολογία και στην Παλαιά Διαθήκη. Για παράδειγμα, η πόλη της Αθήνας πήρε το όνομά της από την Αθηνά, η οποία κέρδισε τον Ποσειδώνα για την κατοχή της Αττικής χαρίζοντας μια ελιά, η οποία θεωρήθηκε πιο πολύτιμη από το δώρο του Ποσειδώνα, μια αλμυρή πηγή. Ομοίως, στην ιστορία του κατακλυσμού στην Παλαιά Διαθήκη, το περιστέρι που απελευθέρωσε ο Νώε κρατούσε ένα κλαδί ελιάς, συμβολίζοντας την εγκαθίδρυση της ειρήνης μεταξύ Θεού και ανθρωπότητας (de Graaff and Eppink 1999).

Η αναβίωση της ελαιοπαραγωγής τον 5ο αιώνα μ.Χ. συνέπεσε με την επέκταση των θαλάσσιων εθνών. Τον 15ο αιώνα μ.Χ., οι ιεραπόστολοι και οι πρώτοι μετανάστες εισήγαγαν στη νεοανακαλυφθείσα Αμερική τη γεωργία που βασιζόταν στα αμπέλια και τις ελιές. Αν και τα αμπέλια ανακαλύφθηκαν και αλλού, τα ελαιόδεντρα καλλιεργούνταν μόνο σε λίγες τοποθεσίες στη Χιλή, την Αργεντινή και την Καλιφόρνια, περιοχές με κλίμα συγκρίσιμο με εκείνο της Μεσογείου (Kapellakis et al., 2008).

Καθ' όλη τη διάρκεια του Μεσαίωνα, η περιοχή της Μεσογείου γνώρισε μια έκρηξη στην παραγωγή ελαιόλαδου, ιδίως στις χώρες υπό ισλαμική κυριαρχία. Οι ισλαμιστές επιστήμονες δημιούργησαν γεωπονικές, αρδευτικές και γεωργικές τεχνικές που αύξησαν ακόμη περισσότερο την απόδοση του ελαιόλαδου. Ήταν σημαντικό στην ισλαμική ιατρική, καθώς οι γιατροί χρησιμοποιούσαν το ελαιόλαδο στις διαδικασίες τους και γνώριζαν τα φαρμακευτικά του πλεονεκτήματα (Kapellakis et al., 2008).

Το ελαιόλαδο έγινε δημοφιλές εκτός Μεσογείου με την Αναγέννηση και την Εποχή της Εξερεύνησης. Η Αμερική και διάφορες περιοχές της Αφρικής ήταν μεταξύ των νέων περιοχών που ανακάλυψαν οι Ευρωπαίοι εξερευνητές και οι οποίες ήταν εξαιρετικές για την καλλιέργεια ελιών. Καθώς η ζήτηση για ελαιόλαδο αυξήθηκε, τα μεσογειακά έθνη δημιούργησαν αποικίες και φυτείες για να προμηθεύσουν την αγορά. Οι Ευρωπαίοι ηγεμόνες, όπως η Πορτογαλία, η Ιταλία και η Ισπανία, αναδείχθηκαν στο παγκόσμιο εμπόριο ελαιόλαδου (Kapellakis et al., 2008).

Οι σύγχρονες εξελίξεις στις μεταφορές και την τεχνολογία έχουν αλλάξει τη βιομηχανία ελαιόλαδου. Η παραγωγή και η αποδοτικότητα έχουν αυξηθεί ως αποτέλεσμα της φυγοκέντρωσης, των αυτοματοποιημένων πρεσών και των βελτιωμένων μεθόδων εκχύλισης. Για να διασφαλιστεί η αυθεντικότητα και η καθαρότητα του ελαιόλαδου, ομάδες όπως το Διεθνές Συμβούλιο Ελαιόλαδου (IOC) έχουν αναπτύξει πρότυπα για την παραγωγή και την επισήμανση.

1.3 Παραγωγή και χρήση του

Το ελαιόλαδο παράγεται από τον καρπό του ελαιόλαδου στον οποίο εντοπίζεται στο εσωτερικό του με την μορφή μικροσκοπικών σταγόνων διεσπαρμένων σε όλο το κυτταροπλασματικό κολλοειδές των κυττάρων και στο επικάρπιο.

Αρχικά, οι ελαιόκαρποι συγκομίζονται από τους ελαιώνες, μεταφέρονται στην μονάδα επεξεργασίας και τοποθετούνται σε μια μεγάλη χοάνη τροφοδοσίας που είναι συνδεδεμένη με έναν μάντα που κινείται. Είναι απαραίτητο να αφαιρεθούν τα φύλλα και να πλυθούν οι ελιές ώστε να απομακρυνθούν τυχόν ξένα αντικείμενα που θα μπορούσαν να βλάψουν τα μηχανήματα ή να μολύνουν το προϊόν, όπως τα φύλλα, τα οποία δίνουν στο ελαιόλαδο ανεπιθύμητα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά (Kapellakis et al., 2008).

Στη συνέχεια η σύνθλιψη είναι το επόμενο στάδιο επεξεργασίας των ελαιόκαρπων. Τα κύτταρα της σάρκας διαρρηγνύονται στο πλαίσιο της διαδικασίας σύνθλιψης για να βοηθηθεί η απελευθέρωση του ελαίου από τα κενά μεταξύ των κυττάρων.

Στη συνέχεια το μίγμα μεταφέρεται στον μαλακτήρα. Η μάλαξη είναι διαδικασία συλλογής του ελαίου που έχει διασκορπιστεί σε σταγονίδια μεταξύ της υδατικής και της στερεάς φάσης για μεταγενέστερο διαχωρισμό με αργή και απαλή περιστροφή του υλικού που λαμβάνεται από τη λειοτριβήση. Η μάλαξη διαρκεί περίπου μία ώρα, κατά τη διάρκεια της οποίας είναι σημαντικό να αποτραπεί η οξείδωση των πολυφαινολών και να ρυθμιστεί η παραγωγή πτητικών χημικών ουσιών που επηρεάζουν την οσφρητική ποιότητα του τελικού προϊόντος (Angerosa et al., 2004).

Στο μαλακτήρα το μίγμα αναδεύεται για περίπου 30 λεπτά ώστε να διαχωριστεί ώστε να συνενωθούν οι μικρές σταγόνες ελαίου σε πιο μεγάλες ώστε να διαχωριστεί το ελαιόλαδο από το νερό. Επίσης υποβοηθάται η διασπορά των σταγονιδίων ελαίου – νερού (Kapellakis et al., 2008).

Για τους ώριμους ελαιόκαρπους η μάλαξη διαρκεί μεταξύ 20-30 λεπτά ενώ για μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα χρησιμοποιούνται μαλακτήρες με ζεστό νερό να κυκλοφορεί στα τοιχώματα καθώς το ιξώδες του ελαιόλαδου μειώνεται με αύξηση της θερμοκρασίας και της ποσότητας του παραγόμενου ελαιόλαδου. Η θερμοκρασία του νερού δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 30°C για να αποφευχθεί η καταστροφή των πτητικών ενώσεων καθώς και η μεταβολή του χρώματος του ελαιόλαδου σε ερυθρό όπως και η αύξηση της οξύτητας (Kapellakis et al., 2008).

Τα κύρια συστατικά της πάστας ελιάς μέχρι αυτό το σημείο είναι το ελαιόλαδο, μικρά κομμάτια γιγάρτων, νερό και κυτταρικά υπολείμματα από τις θρυμματισμένες ελιές. Μία από τις τρεις βασικές διαδικασίες εκχύλισης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον

διαχωρισμό του ελαίου από τα υπόλοιπα στοιχεία. Πρόκειται για την πίεση, τη φυγοκέντρωση και την επιλεκτική διήθηση (Kapellakis et al., 2008).

Η διαδικασία πίεσης είναι ο παλαιότερος και πιο δημοφιλής τρόπος εξαγωγής ελαιολάδου από τον ελαιόκαρπο. Η ανάπτυξη της υδραυλικής πρέσας ήταν επαναστατική για τον τρόπο λειτουργίας των αρχαίων ελαιοτριβείων και τα εκσυγχρονισμένα συμβατικά ελαιοτριβεία συνεχίζουν να χρησιμοποιούν υδραυλικά πιεστήρια και σήμερα. Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται σε αυτή τη διαδικασία έχει βελτιωθεί και είναι πλέον πιο ανθεκτικός και αξιόπιστος. Η πάστα ελιάς των προηγούμενων σταδίων, η οποία έχει πλέον πάχος 2-3 εκατοστά, χύνεται ομοιόμορφα σε ελαιοδιαφράγματα, τα οποία στη συνέχεια τοποθετούνται σε κινούμενες μονάδες (καροτσάκια) με κεντρικούς άξονες. Προκειμένου να επιτευχθεί ομοιογενής εφαρμογή και πιο σταθερό φορτίο, μετά από κάθε τρία έως τέσσερα διαφράγματα τοποθετούνται ένας μεταλλικός δίσκος και ένα πανί χωρίς πάστα. Στο εσωτερικό της υπάρχει ένα κοίλο εξάρτημα, παρόμοιοι σχήματος, με ελικοειδείς λεπίδες. Λόγω μιας μικρής διαφοράς στις ταχύτητες με τις οποίες περιστρέφεται το κύπελλο και περιστρέφεται ο εσωτερικός κοχλίας, ο ελαιοπυρήνας ωθείται προς το ένα άκρο της φυγόκεντρου και το λάδι και τα απόβλητα του ελαιοτριβείου - τα άλλα δύο συστατικά της πάστας ελιάς - προς το άλλο άκρο (Kapellakis et al., 2008).

Για τον τελικό διαχωρισμό του ελαιόλαδου (ελαιόλαδο με ελάχιστη ποσότητα νερού και νερό με μικρή ποσότητα ελαιόλαδου) περνάει μέσα από κάθετες φυγόκεντρες που περιστρέφονται με 6.000-7.000 στροφές ανά λεπτό. Ανάλογα με τα χαρακτηριστικά παραγωγής του, κάθε διαχωριστήρα έχει μέγιστη ωριαία χωρητικότητα. Αυτή η δυναμικότητα κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 1,5 και 6,5 τόνων ανά ώρα. όταν ξεπερνιέται αυτό το όριο, η απόδοση είναι αναποτελεσματική, γεγονός που οδηγεί σε ανεπαρκή διαχωρισμό του ελαιόλαδου από τη πάστα (Kapellakis et al., 2008).

Για τον τελικό διαχωρισμό του ελαιόλαδου από τα υπόλοιπα μέρη του ελαιόκαρπου πρέπει να ακολουθείται μία τελική φυγοκέντρωση του ελαιόλαδου. Ο διαχωρισμός γίνεται σε κάθετη φυγόκεντρο που περιστρέφεται πιο αργά από την προαναφερθείσα. Η συσκευή αυτή αποτελείται από ένα κινητό στοιχείο που περιστρέφεται γρήγορα και ένα σταθερό στοιχείο. Υπάρχουν διάφοροι δίσκοι σε σχήμα κώνου που συνδέονται με τη φυγοκεντρική μονάδα. Η περιστροφική δράση της κάθετης φυγόκεντρου διαχωρίζει

τελικά το ελαιόλαδο από το νερό και τα άλλα στοιχεία, αφού η υγρή φάση διασκορπιστεί σε όλη την επιφάνεια σε λεπτά στρώματα (Karrellakis et al., 2008).

1.4 Καλλιεργούμενες ποικιλίες στην Ελλάδα

Οι κύριες ελαιοποιήσιμες ποικιλίες ελαιόδεντρων στην Ελλάδα είναι οι εξής :

➤ Κορωνέικη

Οι ελληνικής καταγωγής ποικιλία Κορωνέικη είναι μια αναγνωρισμένη ποικιλία που χαρακτηρίζεται για την ανώτερη ποιότητα και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της καταλαμβάνοντας το 60% των συνολικών καλλιεργούμενων εκτάσεων. Οι ελιές Κορωνέικη, που αναγνωρίζονται ευρέως ως μία από τις καλύτερες ποικιλίες ελιάς στον κόσμο, καλλιεργούνται σε μεγάλο βαθμό στις νοτιότερες περιοχές της Ελλάδας, κυρίως στη Μεσσηνία, τη Λακωνία και την Ηλεία. Στη σελίδα αυτή δίνεται μια γενική περιγραφή της ποικιλίας Κορωνέικη, τονίζοντας τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της και τη σημασία που έχει για την παραγωγή ελληνικού ελαιόλαδου (Kondylis et al., 2011).

Τα μικρά έως μεσαίου μεγέθους ελαιόδεντρα της Κορωνέικης φτάνουν συχνά σε ύψος 5-7 μέτρα. Έχουν μικρό, πυκνό θόλο που βοηθά στην προστασία των ελιών από την άμεση ηλιακή ακτινοβολία και διατηρεί την εξαιρετική ποιότητα του καρπού. Λόγω του μικροσκοπικού τους μεγέθους, του ωοειδούς τους σχήματος και της υψηλής αναλογίας σάρκας προς κουκούτσι, οι ελιές είναι ιδανικές για την εξαγωγή λαδιού. Η ανθεκτικότητα του δέντρου και η ευρεία καλλιέργειά του είναι αποτέλεσμα της ικανότητάς του να προσαρμόζεται σε πολλές κλιματικές και εδαφικές συνθήκες (Kondylis et al., 2011).

Χαρακτηριστικό της ποικιλίας είναι η υψηλή περιεκτικότητα σε ελαιόλαδο, γεγονός που την καθιστά ιδιαίτερα παραγωγική με την απόδοση σε ελαιόλαδο να κυμαίνεται μεταξύ 20-27%.

Το ελαιόλαδο της ποικιλίας είναι ευρέως βραβευμένο λόγω των ιδιαίτερων και ανώτερων οργανοληπτικών χαρακτηριστικών του. Συγκεκριμένα το ελαιόλαδο διακρίνεται από μία έντονη, φρουτώδης γεύση με ίχνη φρεσκοκομμένου χόρτου και πράσινων βοτάνων ενώ τέλος χαρακτηριστική είναι η πιπεράτη επίγευσή του (Kondylis et al., 2011).

➤ **Μανάκι (Κοθρέικη)**

Πολύ γνωστή ποικιλία για λάδι που ωριμάζει με αργούς ρυθμούς με καλύτερη εποχή συγκομιδής από το μέσα Ιανουαρίου μέχρι τις αρχές του Φεβρουαρίου. Ο καρπός της έχει μικρές διαστάσεις με οβάλ ή σφαιρικό σχήμα και βάρος από 2,2-2,9 gr.

Χαρακτηριστικό της ποικιλίας Μανάκι είναι ότι αντέχει σε μεγάλο υψόμετρο, όπου άλλες ποικιλίες εκτός από την Αθηνολιά δε μπορούν να αποδώσουν. Καλλιεργείται κυρίως στην ανατολική Κορινθία, στην Άμφισσα, τους Δελφούς, την Ιτέα, την Αράχοβα, τη Λαμία, την Κυνουρία, την Ερμιόνη και τον Πόρο.

Ποικιλία αρκετά ανθεκτική στο κρύο και στους ισχυρούς ανέμους. Αναπτύσσεται καλά σ' όλα τα εδάφη ακόμα και στα άγονα-πετρώδη αλλά αποδίδει όμως πολύ καλύτερα σε σχετικά γόνιμα εδάφη που συγκρατούν αρκετή υγρασία.

Προτιμά εδάφη με pH 7-8, αντέχει όμως και στα ελαφρά όξινα εδάφη και παρουσιάζει επίσης σχετικά καλή αντοχή στην αλατότητα του εδάφους.

Συναντάται και με τα ονόματα Γλυκομανάκι, Γλυκομανακολιά.

➤ **Αθηνολιά ή Χαλκιδικής**

Η αθηνολιά ή Χαλκιδικής είναι η δεύτερη σημαντικότερη καλλιεργούμενη ποικιλία ελαιόδεντρων που προορίζεται κυρίως για την παραγωγή ελαιόλαδου και μετέπειτα για την παραγωγή επιτραπέζιων ελιών (Mastralexi & Tsimidou, 2021).

Το τυπικό ύψος των ελαιόδεντρων της Αθηνολιάς κυμαίνεται από 6 έως 8 μέτρα, καθιστώντας τα ελαιόδεντρα μεσαίου έως μεγάλου μεγέθους. Έχουν ελκυστική εμφάνιση λόγω του απλωμένου θόλου τους και της εντυπωσιακής ασημοπράσινης απόχρωσης. Οι μεσαίου μεγέθους ελιές της ποικιλίας Αθηνόλια έχουν επίμηκες σχήμα με μυτερή άκρη. Προτιμώνται για την εξαγωγή λαδιού λόγω της γνωστής υψηλής αναλογίας σάρκας προς κουκούτσι. Τα δέντρα αντέχουν τόσο στις υψηλές θερμοκρασίες όσο και στους ισχυρούς ανέμους, καθώς είναι καλά προσαρμοσμένα στο μεσογειακό περιβάλλον (Mastralexi & Tsimidou, 2021).

Το παραγόμενο ελαιόλαδο διακρίνεται από μία απαλή και λεπτή γεύση. Έχει μια βουτυράτη, κρεμώδη αίσθηση στο στόμα με ίχνη αμυγδάλου, φρούτων και μια μικρή πιπεράτη επίγευση. Έχει απαλό άρωμα και ανοιχτό χρυσαφί χρώμα.

Η οικονομική σημασία των ελιών Αθηνολιάς για την παρασκευή ελαιόλαδου αποδίδεται στη σχετικά υψηλή περιεκτικότητά τους σε λάδι, η οποία συνήθως κυμαίνεται από 20 έως 23%. Για να επιτευχθεί η υψηλότερη δυνατή ποιότητα λαδιού, οι ελιές συλλέγονται σχολαστικά στο ιδανικό στάδιο ωρίμανσης.

1.5 Υφιστάμενη κατάσταση παγκοσμίως και στην Ελλάδα

Ο κύριος όγκος της παραγωγής ελαιόλαδου συγκεντρώνεται στην περιοχή της μεσογείου και κυρίως στις χώρες Ισπανία, Ιταλία, Ελλάδα και Πορτογαλία.

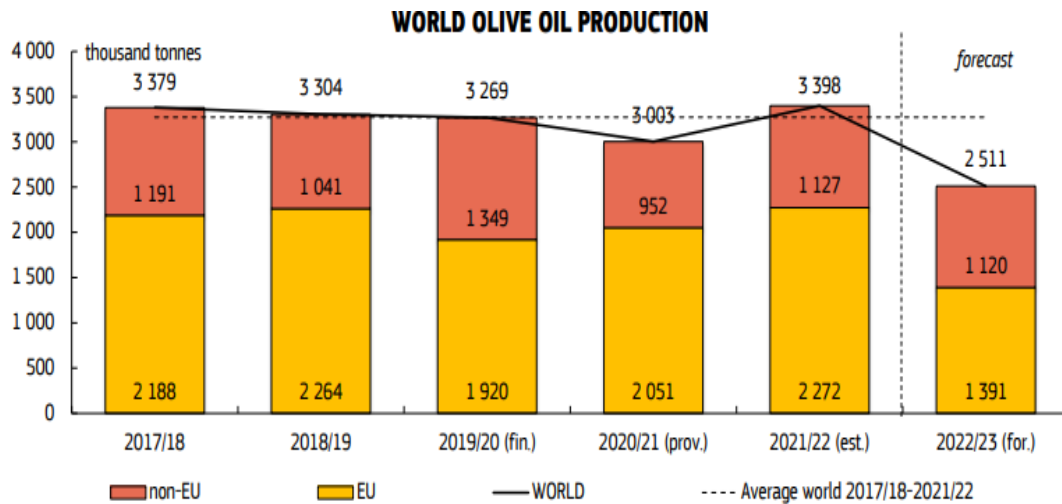
Οι εκτιμήσεις της Εκτελεστικής Γραμματείας και οι επίσημες εθνικές στατιστικές προβλέπουν ότι η παγκόσμια παραγωγή θα ανέλθει σε περίπου 3.098.500 τόνους το καλλιεργητικό έτος 2021/22, δηλαδή 2,9% περισσότερο από το προηγούμενο έτος. Οι εκτιμήσεις τοποθετούν τις εισαγωγές και τις εξαγωγές σε περίπου ένα εκατομμύριο τόνους.

Τα κράτη μέλη της IOC παρήγαγαν 2.910.500 τόνους ελαιόλαδου την καλλιεργητική περίοδο 2021/22, δηλαδή 3,6% περισσότερο από το προηγούμενο έτος και το 93,9% του παγκόσμιου συνόλου. Αναμένεται ότι τα κράτη της ΕΕ θα παράγουν 1.974.100 τόνους, ή 3,8% λιγότερο από το προηγούμενο έτος. Η εκτιμώμενη παραγωγή στα υπόλοιπα κράτη μέλη της ΔΟΕ ανέρχεται σε 936.500 τόνους.

Η παγκόσμια κατανάλωση μπορεί να φθάσει τους 3.214.500t, 2,9% περισσότερο από την προηγούμενη καλλιεργητική χρονιά.

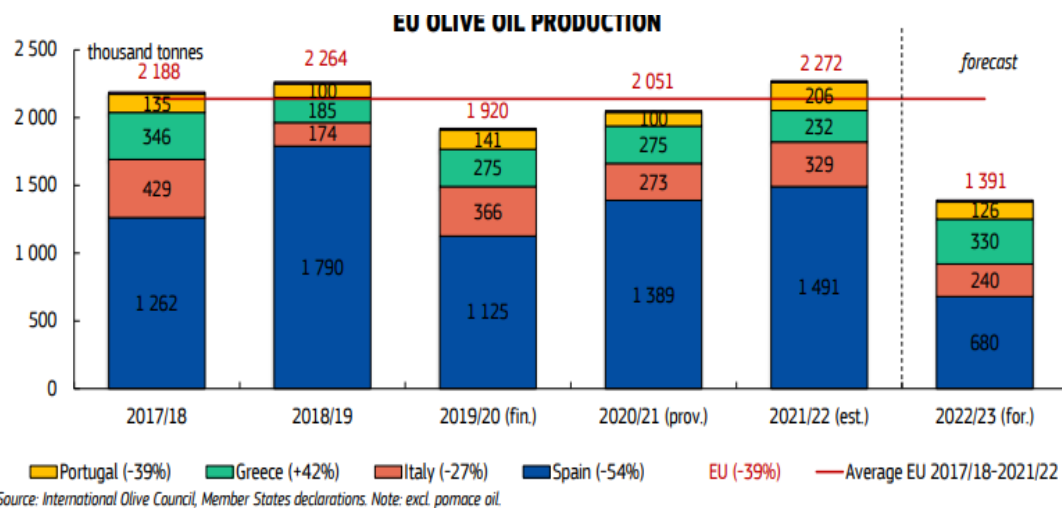
Για την περίοδο 2020-2021 Η ποσότητα των εισαγωγών αυξήθηκε κατά 18% στη Ρωσία, 1% στον Καναδά και 2% στη Βραζιλία σε σύγκριση με την ίδια χρονική περίοδο του προηγούμενου καλλιεργητικού έτους. Οι εισαγωγές της Αυστραλίας παρέμειναν σταθερές, ενώ μειώθηκαν στις ΗΠΑ, την Ιαπωνία και την Κίνα κατά 2%, 15% και 8% αντίστοιχα.

Σε αντίθεση με τις εισαγωγές εκτός ΕΕ, οι οποίες μειώθηκαν κατά 29% κατά τους πρώτους έντεκα μήνες του καλλιεργητικού έτους 2020/21, οι αγορές εντός ΕΕ αυξήθηκαν κατά 1% κατά την περίοδο αυτή.



Εικόνα 2 Παγκόσμια παραγωγή ελαιόλαδου για το 2022/2023 Πηγή : https://agriculture.ec.europa.eu/system/files/2023-04/market-situation-olive-oil-table-olives_en.pdf

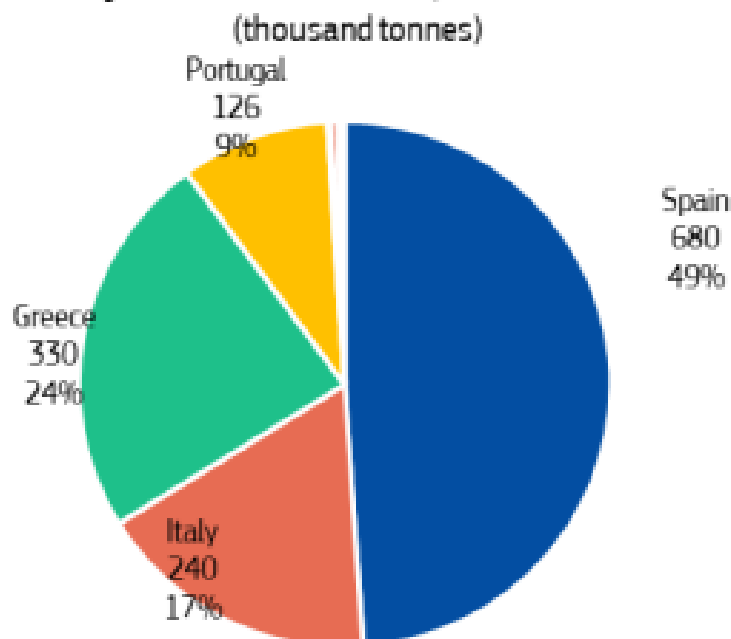
Σε παγκόσμιο επίπεδο βλέπουμε στην εικόνα 2 πως η παγκόσμια παραγωγή ελαιόλαδου παρουσιάζει τάση για μείωση τόσο σε παγκόσμιο επίπεδο όσο και στην ΕΕ. Η παγκόσμια παραγωγή για το 2022/2023 αναμένεται στους 1.391 χιλιάδες τόνους στην ΕΕ και στους 1.120 τόνους σε χώρες εκτός ΕΕ με το σύνολο της παραγωγής να είναι αρκετά κάτω από τον μέσο όσο που συνηθίζεται.



Εικόνα 3 Παραγωγή ελαιόλαδου στην ΕΕ Πηγή : https://agriculture.ec.europa.eu/system/files/2023-04/market-situation-olive-oil-table-olives_en.pdf

Σε επίπεδο ΕΕ ο κύριος όγκος της παραγωγής εντοπίζεται στην Ισπανία που καταλαμβάνει σχεδόν την μισή ποσότητα παραγόμενου ελαιόλαδου. Ακολουθείται από την Ιταλία και την Ελλάδα. Σε επίπεδο ΕΕ η παραγωγή παρουσιάζει τεράστια μείωση για την περίοδο 2022/2023 όμως παραδόξως η Ελλάδα παρουσιάζει αύξηση στο μερίδιο παραγωγής με την αύξηση να αναμένεται έως και 42%.

EU production by Member State, 2022/23



Εικόνα 4 Παραγωγή ελαιόλαδου ανά χώρα για τα 2022/2023 Πηγή : https://agriculture.ec.europa.eu/system/files/2023-04/market-situation-olive-oil-table-olives_en.pdf

Η Ελλάδα κατατάσσεται στις 4 κυριότερες παραγωγικές χώρες ελαιόλαδου μετά την Ισπανία και την Ιταλία και ακολουθείται από την Πορτογαλία όπως βλέπουμε στην εικόνα 3. Βέβαια για την περίοδο 2022/2023 παρατηρείται μία πολύ μεγάλη αύξηση στο μερίδιο που καταλαμβάνει της συνολικής ποσότητας ελαιόλαδου καταλαμβάνοντας το 24% της παραγωγής που την κατατάσσει σαν την 2^η κύρια παραγωγική χώρα ελαιόλαδου στην ΕΕ και σε παγκόσμιο επίπεδο.

Η αλυσίδα εφοδιασμού του ελαιόλαδου χρησιμοποιεί σήμερα τόσο σύγχρονες όσο και συμβατικές μεθόδους καλλιέργειας της ελιάς. Ενώ τα σύγχρονα συστήματα μπορεί να περιλαμβάνουν έως και 2000 δέντρα ανά εκτάριο, τα παραδοσιακά συστήματα μπορούσαν να υποστηρίξουν μόνο 200 δέντρα ανά εκτάριο (Taguas et al., 2021).

Οι παραδοσιακοί ελαιώνες καλύπτουν 8-9 Mha σε όλο τον κόσμο, ενώ οι σύγχρονοι καλύπτουν λίγο πάνω από 3 Mha. Από αυτούς, τα συστήματα καλλιέργειας υψηλής πυκνότητας καταλαμβάνουν το 82% της έκτασης, ενώ τα συστήματα υπέρπυκνης φύτευσης καλύπτουν την υπόλοιπη έκταση ή περίπου 0,5 Mha. Οι σύγχρονοι ελαιώνες παράγουν σημαντικά περισσότερες ελιές ανά μονάδα επιφάνειας ανταποκρινόμενοι σε αυτή την κατάσταση (Paul, 2017).

Η έκταση των ελαιώνων στην Ελλάδα έχει αυξηθεί σημαντικά τα τελευταία 25 χρόνια ως αποτέλεσμα της φύτευσης νέων ελαιώνων με πυκνές φυτεύσεις. Η παραγωγή ελαιόλαδου έχει αυξηθεί δραματικά κατά την ίδια χρονική περίοδο, αλλά η παραγωγή επιτραπέζιων ελιών έχει αυξηθεί ελάχιστα.

Οι ελαιώνες που παράγουν ελαιόλαδο έχουν πολλαπλασιαστεί σε ορισμένες ημιορεινές και παράκτιες περιοχές (κυρίως στην Κρήτη και την Πελοπόννησο), με πιο διαδεδομένες τις ποικιλίες με χαμηλό στέλεχος, όπως η Κορωνέικη. Αυτοί οι ελαιώνες έχουν επίσης αποκτήσει αυξημένη άρδευση, αυτοματοποίηση, εξωτερικές εισροές και ισοπέδωση του εδάφους. Αυτό είναι αποτέλεσμα α) της εντατικοποίησης, της εκμηχάνισης, της χρήσης εξωτερικών εισροών, της άρδευσης και των βελτιώσεων στην ελαιοκαλλιέργεια- β) του επαρκούς καθαρού εισοδήματος σε σύγκριση με άλλες καλλιέργειες λόγω του υψηλού επιπέδου στήριξης της ΚΓΠ και των υψηλών τιμών του ελαιολάδου- γ) της έλλειψης ευκαιριών για άλλες καλλιέργειες ως αποτέλεσμα των αγροκλιματικών και κοινωνικοοικονομικών συνθηκών- και δ) της υψηλής τιμής του ελαιολάδου.

Από την άλλη πλευρά, λόγω παρόμοιων παραγόντων (καλλιέργεια σε πιο εύφορα εδάφη, όπου αντέχουν άλλες πιο προσοδοφόρες καλλιέργειες, καθώς και για κοινωνικοοικονομικούς λόγους), η παραγωγή και η έκταση της επιτραπέζιας ελιάς παρέμειναν σταθερές τα τελευταία 25 χρόνια, γεγονός που αντανάκλα το γεγονός ότι ο τομέας αυτός δεν έλαβε στήριξη από την ΚΓΠ μέχρι το 1998/99.

Η τάση στην ελαιοπαραγωγή είναι προς την κατεύθυνση της μεγαλύτερης μηχανοποίησης και της εξάρτησης από εξωτερικούς πόρους. Η πρακτική της καλλιέργειας ελαιόδεντρων με άλλα δέντρα ή αροτραίες καλλιέργειες εκλείπει. Τα ελαιόδέντρα καλλιεργούνται σχεδόν εξ ολοκλήρου σε μονοειδείς εκμεταλλεύσεις. Για τη δημιουργία νέων, εντατικών φυτειών, εκχερσώνονται παλιά δάση με αιωνόβια δέντρα.

Κεφάλαιο 2ο : Σύσταση και χαρακτηριστικά

2.1 Πρωτεΐνες

Οι πρωτεΐνες του ελαιόλαδου αποτελούν μόνο ένα μικρό κλάσμα της σύστασής του. Στο ελαιόλαδο εντοπίζεται μία μικρή κατηγορία πρωτεϊνών με μοριακή μάζα που κυμαίνεται μεταξύ 10-40kDA. Εκτός από αυτές τις πρωτεΐνες έχουν εντοπιστεί και διάφορα ένζυμα στο ελαιόλαδο όπως η πολυφαινολοξειδάση. Βέβαια αυτά τα ένζυμα εντοπίζονται σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις στο ελαιόλαδο. Η πολυφαινολοξειδάση προκύπτει στο ελαιόλαδο από τον προτεολυτικό κατακερματισμό του φυσικού ενζύμου στο ενδοσπέρμιο του καρπού της ελιάς. Έτσι λαμβάνεται στο ελαιόλαδο που όμως βέβαια εντοπίζεται σε μικρότερες συγκεντρώσεις.

Στον ελαιόκαρπο η συγκέντρωση πρωτεϊνών ανέρχεται στα 0,3 έως 46 mg/g. Υπάρχουν διάφορα στοιχεία που μπορεί να επηρεάσουν την περιεκτικότητα του ελαιοκάρπου σε πρωτεΐνες, εκτός από την τεχνική που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση των πρωτεϊνών με την περιεκτικότητα να επηρεάζεται από την γενετική έκφραση και το περιβάλλον που αναπτύσσεται το φυτό όπως και το επίπεδο ανάπτυξης των ελαιοκάρπων.

Οι πρωτεΐνες κατανέμονται διαφορετικά στον ελαιόκαρπο. Η περιεκτικότητα των γιγάρτων σε πρωτεΐνες είναι η μεγαλύτερη (11-32 mg/g), καθώς οι πρωτεΐνες

συγκεντρώνονται εκεί λειτουργώντας ως μόριο διατροφικής εφεδρείας μαζί με το λίπος, τις φαινόλες και τα ελεύθερα σάκχαρα. Σε αντίθεση με τον ελαιόκαρπο, το μεσοκάρπιο της ελιάς περιέχει πολύ λίγες πρωτεΐνες. Στην πραγματικότητα, έχει βρεθεί περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες από 1,5 έως 18 mg/g σε αυτή την περιοχή (Montealegre et al., 2014).

Υπάρχουν σχετικά λίγες πληροφορίες σχετικά με την ποσότητα των πρωτεϊνών που μεταφέρονται από τον καρπό στο έλαιο κατά την εκχύλισή του.

Η ανάλυση των στερεών αποβλήτων (ελαιοπυρήνας) που παράγονται κατά την εξαγωγή του ελαιόλαδου αποκαλύπτει ότι περιέχουν περίπου 6% πρωτεΐνες και 70% φυτικές ίνες. Σύμφωνα με τους Vioque et al. (2000), οι πρωτεΐνες αυτές περιλαμβάνουν κυρίως ελαιοσίνες, οι οποίες πιθανότατα προέρχονται από τα γίγαρτα (Montealegre et al., 2014).

Ορισμένες πρωτεΐνες στα ελαιοσωμάτια του μεσοκαρπίου του καρπού της ελιάς μετανάστευσαν στο λάδι μετά την εκχύλιση του ελαιόλαδου, αποτελώντας το κύριο πρωτεϊνικό συστατικό αυτών των ελαίων. Στο ελαιόλαδο εντοπίζονται τιμές μεταξύ 0,05 και 2,40 mg/kg πρωτεϊνών στο ελαιόλαδο ενώ εντοπίζονται τιμές μεταξύ 0,07 και 0,51 mg/kg προσδιορίστηκαν με την αξιολόγηση της περιεκτικότητας σε αμινοξέα μετά από όξινη υδρόλυση των πρωτεϊνών του ελαιόλαδου (Montealegre et al., 2014).

2.2 Υδατάνθρακες

Το ελαιόλαδο αποτελείται κυρίως από λίπη, με λιγότερους από 0,1 γραμμάρια υδατανθράκων ανά 100 γραμμάρια της ουσίας. Όσον αφορά την κατανάλωση υδατανθράκων, αυτή η μικρή ποσότητα θεωρείται ασήμαντη. Λόγω της εγγενούς σύστασης των ελιών, μπορεί να υπάρχουν μικροσκοπικά επίπεδα υδατανθράκων-ωστόσο, έχουν μικρή σημασία για τη διατροφική αξία του ελαιόλαδου (Boskou et al., 2006).

2.3 Σαπωνοποιήσιμο κλάσμα

2.3.1 Λιπαρά οξέα – τριγλυκερίδια - ακυλογλυκερόλες

Οι τριακυλογλυκερόλες, οι διακυλογλυκερόλες, οι μονοακυλογλυκερόλες και τα ελεύθερα λιπαρά οξέα είναι τα κύρια συστατικά του γλυκεριδικού κλάσματος του ελαιόλαδου. Τα ακόρεστα λιπαρά οξέα αποτελούν το 80% αυτών. Είναι ιδιαίτερα

πλούσιο σε πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (25-21% του λινολεϊκού οξέος) και στα απαραίτητα μονοακόρεστα λιπαρά οξέα (55-83% του ελαϊκού οξέος).

Το ελαιόλαδο περιέχει τα ακόλουθα λιπαρά οξέα: στεατικό (C18:0), παλμιτικό (C16:0), παλμιτολεϊκό (C16:1), ελαϊκό (C18:1), λινολεϊκό (C18:2) και λινολενικό (C18:3) . Υπάρχουν ελάχιστες ποσότητες μυριστικών (C14:0), επταδεκανοϊκών και εικοσανοϊκών λιπαρών οξέων. Έχουν εντοπιστεί επίσης ίχνη 11-σις-βασενικ και εικοσενοϊκών λιπαρών οξέων.

Πίνακας 2 Σύνθεση του ελαιόλαδου σε λιπαρά οξέα (%)

Λιπαρό οξύ	Χημικός τύπος
Λαυρικό	Ίχνη
Μυριστικό	<0,1
Παλμιτικό	7.5-20.0
Παλμιτολεϊκό	0,3-3,5
Επταδεκανοϊκό	< 0.5
Επταδεκενοϊκό	< 0.6
Στεαρικό	0.5-5.0
Ελαιικό	55.0-83.0
Λινλαικό	3.5-21.0
Λινολενικό	Μη υπαρκτά
Αραχιδονικό	0.8
Εικοσενοϊκό	Μη υπαρκτά
Βεχενοϊκό	< 0.3
Ερουσικό	Ίχνη
Λιγνοσερικό	< 1.0

Το κυρίαρχο λιπαρό οξύ στα ελαιόλαδα είναι το ελαϊκό οξύ. Η συγκέντρωσή του πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 55% και 83% των συνολικών λιπαρών οξέων. Το πιο διαδεδομένο πολυακόρεστο λιπαρό οξύ στο ελαιόλαδο είναι το λινολεϊκό οξύ και σύμφωνα με το Διεθνές Συμβούλιο Ελαιολάδου (IOOC), αυτή η ουσία πρέπει να κυμαίνεται σε συγκέντρωση από 2-21%. Η υψηλή του περιεκτικότητα οδηγεί σε γρηγορότερη οξειδωσή του.

Σύμφωνα με τα πρότυπα του IOOC, το άλφα-λινολενικό οξύ πρέπει να υπάρχει σε πολύ μικρές ποσότητες (λιγότερο από 1%). Είναι ένα ωμέγα-3 πολυακόρεστο λιπαρό οξύ, το οποίο θα μπορούσε να είναι επωφελές για την υγεία σας. Ωστόσο, λόγω του υψηλού

επιπέδου ακορέστου του, που είναι μεγαλύτερο από αυτό του λινολεϊκού οξέος, είναι πολύ ευάλωτο στην οξειδωση και έτσι ενθαρρύνει το τάγγισμα του ελαιολάδου που το περιέχει.

Τα τριγλυκερίδια του ελαιολάδου περιέχουν επίσης μικρές ποσότητες κορεσμένων λιπαρών οξέων: στεατικό οξύ (περίπου 0,5-5%) και παλμιτικό οξύ (περίπου 7,5-20%). Μπορεί επίσης να υπάρχουν ίχνη μυριστικού οξέος, επταδεκανοϊκού οξέος, αραχιδικού οξέος, βεγενικού οξέος και λιγνοκερικού οξέος.

Τα PUFA του ελαιόλαδου εντοπίζονται κυρίως σαν α-λινολενικό οξύ και λινολεϊκό οξύ ενώ άλλα PUFA που εντοπίζονται είναι τα εικοσιπεντανοϊκό οξύ, το δοκοσαεξανοϊκό οξύ, το διμο-γ-λινολενικό οξύ και το αραχιδονικό οξύ. Στο παρθένο ελαιόλαδο, το ποσοστό των PUFA κυμαίνεται από 3 έως 21% των συνολικών λιπαρών οξέων (Boskou et al., 2006).

Τα MUFA είναι λιπαρά οξέα με έναν διπλό δεσμό στην αλυσίδα ανθράκων τους κι εντοπίζονται τόσο σε cis όσο και σε trans μορφή. Στο ελαιόλαδο το σημαντικότερο MUFA είναι το ελαιικό οξύ το οποίο είναι ένα μονοακόρεστο ωμέγα-9 λιπαρό οξύ με 18 άτομα άνθρακα (Sun et al., 2017).

Η περιοχή παραγωγής, το γεωγραφικό πλάτος, το κλίμα, η ποικιλία και το στάδιο ωρίμανσης του καρπού μπορούν όλα να επηρεάσουν τη σύνθεση των λιπαρών οξέων, η οποία μπορεί να διαφέρει από δείγμα σε δείγμα. Τα ελαιόλαδα από την Ελλάδα, την Ιταλία και την Ισπανία έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε ελαιϊκό οξύ και χαμηλή περιεκτικότητα σε λινολεϊκό και παλμιτικό οξύ. Το λινολεϊκό και το παλμιτικό οξύ είναι άφθονα στο τυνησιακό ελαιόλαδο, ενώ το ελαιϊκό οξύ είναι λιγότερο (Boskou et al., 2006).

Τα τριγλυκερίδια αποτελούν σχεδόν όλη την ποσότητα των λιπαρών οξέων του ελαιόλαδου. Υπάρχουν επίσης σε ίχνη σε ελεύθερη μορφή, διγλυκερίδια και μονογλυκερίδια. Μόνο το 2% της γλυκερίνης δεσμεύει το παλμιτικό οξύ στη θέση sn-2 κατά τη διάρκεια της βιοσύνθεσης τριγλυκεριδίων, η οποία καθίσταται δυνατή από την παρουσία συγκεκριμένων ενζύμων. Επιπλέον, πολύ λίγο στεατικό οξύ υπάρχει στη θέση sn-2. Το ελαιϊκό οξύ καταλαμβάνει τυπικά τη θέση sn-2.

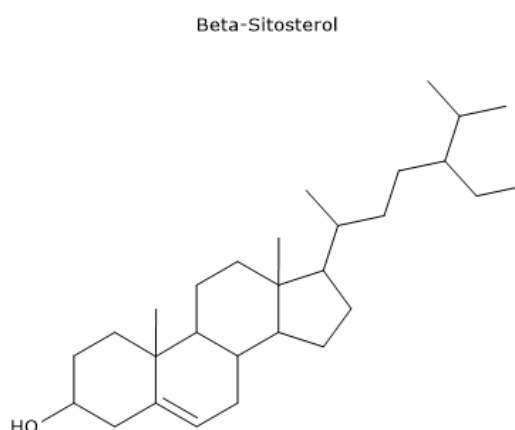
Η τριλινολεΐνη αποτελεί ένα τριγλυκερίδιο με τρία μόρια λινολεϊκού οξέος και η χαμηλή περιεκτικότητά του ελαιόλαδου σε αυτή δείχνει υψηλή του ποιότητα.

Η παρουσία διγλυκεριδίων και μονογλυκεριδίων είναι αποτέλεσμα μερικής υδρόλυσης τριγλυκεριδίων ή ατελούς σύνθεσης τριγλυκεριδίων. Τα διγλυκερίδια μπορούν να βρεθούν στο παρθένο ελαιόλαδο σε συγκεντρώσεις μεταξύ 1% και 2%. Στο φρέσκο ελαιόλαδο, τα 1,2-διγλυκερίδια αποτελούν την πλειοψηφία (πάνω από το 80% των διγλυκεριδίων). Τα πιο σταθερά 1-3 ισομερή αυξάνονται σταδιακά κατά την αποθήκευση λαδιού και, μετά από περίπου 10 μήνες, αναλαμβάνουν τα κύρια ισομερή. Ως αποτέλεσμα, η αναλογία 1,2/1,3-διγλυκεριδίων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να προσδιοριστεί πόσο παλιό είναι ένα λάδι. Σε σύγκριση με τα διγλυκερίδια, τα μονογλυκερίδια είναι πιο άφθονα.

2.4 Μη σαπωνοποιήσιμο κλάσμα

2.4.1 Φυτοστερόλες

Στο ελαιόλαδο εντοπίζονται τέσσερις κατηγορίες στερολών, η παρουσία των οποίων αποτελεί ένδειξη υψηλής ποιότητας ελαιόλαδου και χρησιμοποιείται συχνά για τον προσδιορισμό της γνησιότητάς του. Αυτές οι τέσσερις ομάδες είναι γνωστές ως κοινές στερόλες (4-Δεσμεθυλστερόλες), 4-Μεθυλστερόλες, Τριτερπενικές Αλκοόλες (4-Διμεθυλστερόλες) και Τριτερπενικές Διαλκοόλες (Boskou et al., 2006).



Εικόνα 5 Η χημική δομή των β-σιτοστερολών Πηγή : <https://www.tuscany-diet.net/wp-content/uploads/2015/03/beta-sitosterol.gif>

Στο EVOO οι κοινές στερόλες μπορούν να βρεθούν τόσο ελεύθερες όσο και εστεροποιημένες (Grob et al., 1990). Τα κύρια συστατικά αυτού του κλάσματος στερόλης είναι η καμπεστερόλη, η β-σιτοστερόλη και η Δ5-αβεναστερόλη και σε μικρότερες ποσότητες, είναι επίσης δυνατό να βρεθούν στιγμαστερόλη, χοληστερόλη, χοληστενόλη, βρασικαστερόλη, σιτοστανόλη, εργοστερόλη, καμπεστανόλη, Δ7-χοληστενόλη, Δ7-αβεναστερόλη, Δ7-στιγμαστερόλη, Δ7-Καμπεστερόλη, Δ5,24-Στιγμασταδιενόλη, Δ5,23-στιγμασταδιενόλη, Δ7,24-Εργοσταδιενόλη, Δ7,22-Εργοσταδιενόλη, 22,23-Διυδρομπρασικαστερόλη και 24-Μεθληνη-χοληστερόλη (Boarelli et al., 2020). Η συνολική περιεκτικότητα σε στερόλη του EVOO κυμαίνεται μεταξύ 1000 και 2000 mg/kg (Boskou et al., 2006).

Το κύριο συστατικό της στερόλης, η σιτοστερόλη, αποτελεί μεταξύ 75% και 90% του συνολικού κλάσματος στερόλης, ενώ η 5-αβεναστερόλη αποτελεί μεταξύ 5% και 20%. Όμως η τελική περιεκτικότητα τόσο σε σιτοστερόλη όσο και σε στερόλες γενικότερα επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες, όπως το έτος καλλιέργειας, την ποικιλία, την ωρίμανση του καρπού, τον χρόνο αποθήκευσης των ελιών πριν την εξαγωγή του ελαιόλαδου και τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά της περιοχής καλλιέργειας (Del Alamo et al., 2004). Οι συνθήκες του τελικού προϊόντος και η διάρκεια αποθήκευσης είναι πρόσθετοι παράγοντες που μπορεί να προκαλέσουν σημαντικές αλλαγές, ιδιαίτερα στις συγκεντρώσεις κάθε μεμονωμένης στερόλης (Boskou et al., 2006).

Παρά το γεγονός ότι εντοπίζονται σε μικρότερες ποσότητες, οι 4-μονομεθυλστερόλες χρησιμεύουν ως ενδιάμεσα στη βιοσύνθεση των στερολών. Τόσο η ελεύθερη όσο και η εστεροποιημένη μορφή τους είναι διαθέσιμες (Chryssafidis et al., 1992). Η γραμμιστερόλη, η ομπτουσιφολιόλη, η κυκλοευκαλενόλη και η κιτροσταδιενόλη είναι οι πιο διαδεδομένες και έχουν συγκεντρώσεις που κυμαίνονται από 50 - 360 mg/kg ελαιόλαδου. Οι κύριες ενώσεις των τριτερπενικών αλκοολών, επίσης γνωστές ως 4,4-Διμεθυλστερόλη, περιλαμβάνουν βουτυροσπερμόλη, -αμυρίνη, κυκλοαρτενόλη και 24 Μεθυλενοκυκλοαρτανόλη. Είναι ένα πολύ σύνθετο κλάσμα που μπορεί να υπάρχει σε ελεύθερες και εστεροποιημένες μορφές. Πολλές άλλες ουσίες, όπως η κυκλοσαδόλη, η κυκλοβρανόλη, η δαμαραδιενόλη, η γερμανικολόλη, η 24-Τιρουκαλλαδιενόλη, η 24-Μεθυλενο-24-Διυδροπαρκεόλη, η Δ7 -Αμυρίνη, η ταραξερόλη, η 7, η παρκεόλη και η τιρουκαλόλη, υπάρχουν επίσης σε μικρότερες ποσότητες (Letendre, 2014).

Αναφορικά με τις 4-μεθυλστερόλες, μικρές ποσότητες τους εντοπίζονται στο ελαιόλαδο. Η ομπουσιφολιόλη, η γραμμιστερόλη, η κυκλοευκαλενόλη και η κιτροσταδιενόλη είναι οι κύριες ενώσεις αυτής της κατηγορίας και είναι παρόντες τόσο σε ελεύθερες όσο και σε εστεροποιημένες μορφές. Ένας δακτύλιος 9,19-κυκλοπροπανίου υπάρχει στον στεροειδές σκελετό όλων εκτός από την κυκλοευκαλενόλη, η οποία είναι μια 7 ή 8-στερόλη. Το κλάσμα 4-μεθυλστερόλης είναι εξαιρετικά πολύπλοκο και η αέρια χρωματογραφική ανάλυση προσδιορίζει πολλά μη αναγνωρισμένα δευτερεύοντα συστατικά. Τα συνολικά επίπεδα 4-μεθυλστερόλης κυμαίνονται μεταξύ 50 και 360 mg/kg, που είναι χαμηλότερα από τα επίπεδα άλλων στερολών και τριτερπενικών αλκοολών. Η κιτροσταδιενόλη έχει ανακαλυφθεί σε έλαια που λαμβάνονται από καρπούς μιας νέας ποικιλίας ελιάς I-77 σε επίπεδα τόσο υψηλά όσο 100 mg/kg (Ranalli et al., 2000).

Οι τριτερπενικές αλκοόλες, γνωστές και σαν 4,4-διμεθυλστερόλες, αποτελούν μία ακόμα κατηγορία στερολών και περιλαμβάνουν αρκετές και πολύπλοκες ενώσεις όπως η βουτυροσπερμόλυ, 24-μεθυλενοκυκλοαρτανόλη και κυκλοαρτενόλη. Άλλες τριτερπενικές αλκοόλες που βρίσκονται στο ελαιόλαδο είναι η κυκλοβρανόλη, κυκλοσαδόλη, δαμαραδιενόλη, γερμανικολόλη, 24-μεθυλενο-24-διυδροπαρκεόλη, ταραξερόλη, 7-αμυρίνη, , 24-τιρουκαλλαδιενόλη, παρκεόλη και τιρουκαλόλη. Υπάρχουν τόσο οι μη εστεροποιημένες όσο και οι εστεροποιημένες μορφές τριτερπενικών αλκοολών. Η κατανομή του κλάσματος των στερολών παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις μεταξύ των διαφορετικών ελαιόλαδων, ιδιαίτερα οι συγκεντρώσεις της 24-μεθυλνοκυκλοαρτανόλης, βουτυροσπερμόλης και κυκλοαρτενόλης (Boskou et al., 2006).

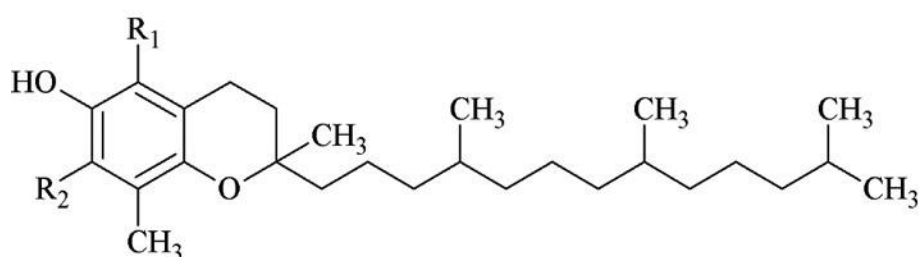
Τα επίπεδα των ολικών τριτερπενικών αλκοολών κυμαίνονται μεταξύ 350-1500mg/kg με τις ποσότητες να διαφέρουν μεταξύ των διαφορετικών ελαιόλαδων και των περιοχών παραγωγής (π.χ. στα ελαιόλαδα που παράγονται στην Ελλάδα εντοπίζονται υψηλότερες συγκεντρώσεις κυκλοαρτενόλης) (Aparico & Luna, 2002).

Ένα άλλο κλάσμα είναι οι τριτερπενικές αλκοόλες με τις δύο κύριες τριτερπενικές διαλκοόλες που βρίσκονται στο ελαιόλαδο να είναι η ερυθροδιόλη και η ουβαόλη, με την ερυθροδιόλη να εντοπίζεται σε ελεύθερη κι εστεροποιημένη μορφή. Οι ολικές συγκεντρώσεις ερυθροδιόλης στα παρθένα ελαιόλαδα βρέθηκαν να κυμαίνονται από 19 έως 69 mg/kg και οι συγκεντρώσεις ελεύθερης ερυθροδιόλης ήταν τυπικά

μικρότερες από 50 mg/kg. Τα ελαιόλαδα που εκχυλίζονται με διαλύτες βρέθηκαν να έχουν πολύ υψηλότερα επίπεδα ολικής και ελεύθερης ερυθροδιόλης από τα ελαιόλαδα (Aparico & Luna, 2002).

2.4.2 Τοκοφερόλες

Οι τοκοφερόλες είναι φυσικά αντιοξειδωτικά που παράγονται σε διαφορετικές ποσότητες και συνδυασμούς από όλα τα μέρη των φυτών. Αυτά τα μόρια έχουν έναν πολικό δακτύλιο χρωμανόλης και μια υδρόφοβη κορεσμένη πλευρική αλυσίδα (Spika et al., 2016).



Tocopherol	R ₁	R ₂
α-	CH ₃	CH ₃
β-	CH ₃	H
γ-	H	CH ₃
δ-	H	H

Εικόνα 6 Η χημική δομή των τοκοφερολών. Στον πίνακα παρουσιάζονται ο αριθμός και η θέση των ομάδων μεθυλίου στον αρωματικό δακτύλιο

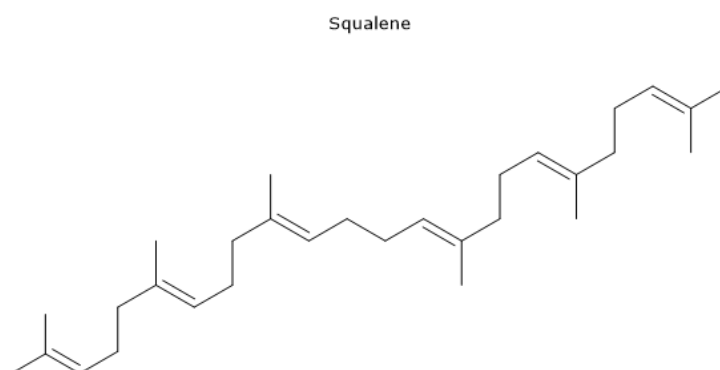
Οι τοκοφερόλες (ή αλλιώς κλάσματα της βιταμίνης E) εντοπίζονται στο ελαιόλαδο με τα ισόμορφα α-, β- και γ- τοκοφερολών σε συγκεντρώσεις που κυμαίνονται από 191,5 έως 292,7 mg/kg ελαιόλαδου. Η α-τοκοφερόλη απαρτίζει το 90% της συνολικής ποσότητας του κλάσματος με τις τιμές της να παρουσιάζουν διακυμάνσεις ανάλογα τα χαρακτηριστικά της καλλιεργητικής περιόδου και εντοπίζεται σε ποσότητες μεταξύ 1,2-43mg/100g (Boskou et al., 2006).

Αναφορικά με τα υπόλοιπα ομόλογα τοκοφεροών εντοπίζονται σε πολύ μικρές ποσότητες και συγκεκριμένα τα ομόλογα της β-τοκοφερόλης εντοπίζονται σε ποσότητες 10mg/kg, τα ομόλογα της δ-τοκοφερόλης επίσης σε 10mg/kg και τέλος τα ομόλογα της γ-τοκοφερόλης εντοπίζονται σε 20mg/kg (Boskou et al., 2006).

Η συνολική συγκέντρωση τοκοφερολών φαίνεται να μειώνεται κατά την ωρίμανση των καρπών αλλά και κατά την παραγωγική διαδικασία του ελαιόλαδου όταν έρχονται σε επαφή με το οξυγόνο (Spika et al., 2016).

2.4.3 Υδρογονάνθρακες

Το σκουαλένιο και β-καροτένιο, το τελευταίο εκ των οποίων καλύπτεται στο τμήμα των χρωστικών, είναι δύο υδρογονάνθρακες που βρίσκονται στο ελαιόλαδο σε σημαντικές ποσότητες. Το σκουαλένιο είναι ο τελικός μεταβολίτης που παράγεται πριν από το σχηματισμό δακτυλίων στερόλης, αποτελεί το κύριο συστατικό της ασαπωνοποιήσιμης ύλης και αντιπροσωπεύει περισσότερο από το 90% του κλάσματος υδρογονανθράκων. Η περιεκτικότητά του στο ελαιόλαδο κυμαίνεται έως και τα 12.000mg/kg και επηρεάζεται από την παραγωγική του διαδικασία και την ποικιλία (Boskou et al., 2006).



Εικόνα 7 Η χημική δομή του σκουαλενίου Πηγή : <https://www.tuscany-diet.net/wp-content/uploads/2015/03/squalene.gif>

Εκτός από του σκουαλένιο, άλλοι υδρογονάνθρακες που εντοπίζονται είναι τα διτερπένια, τριτερπένια, ισοπρενοειδή, πολυόλες καθώς και παραφίνες (Nenadis & Tsimidou, 2002).

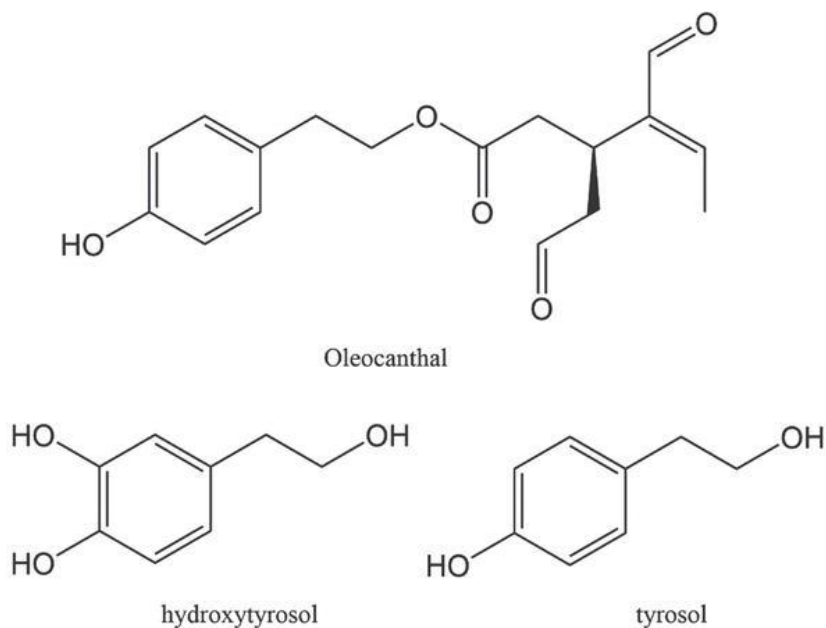
2.4.4 Φαινολικά συστατικά

Μέχρι σήμερα, οι ερευνητές έχουν εντοπίσει τουλάχιστον 36 φαινολικές ενώσεις στο EVOO. Οι ενώσεις αυτές ποικίλλουν ως προς τη σύνθεση και τη συγκέντρωσή τους, η

οποία κυμαίνεται από 0,02 έως 600 mg/kg. Διάφοροι παράγοντες συμβάλλουν σε αυτή τη διακύμανση, όπως η ποικιλία ελιάς, η περιοχή στην οποία καλλιεργούνται οι ελιές, οι γεωργικές πρακτικές, η ωριμότητα του καρπού κατά τη συγκομιδή και οι μέθοδοι επεξεργασίας που χρησιμοποιούνται (Cicerale et al., 2008).

Αυτές οι φαινόλες μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε ξεχωριστές ομάδες με βάση την παρόμοια χημική τους σύνθεση (Cicerale et al., 2008) :

1. Φαινολικά οξέα: Αυτή η ομάδα μπορεί να χωριστεί περαιτέρω σε τρεις υποομάδες - παράγωγα βενζοϊκού οξέος, παράγωγα κινναμωμικού οξέος και άλλα φαινολικά οξέα και παράγωγα. Τα φαινολικά οξέα έχουν θεμελιώδη χημική δομή C6-C1 για τα βενζοϊκά οξέα και C6-C3 για τα κινναμωμικά οξέα.
2. Φαινολικές αλκοόλες: Οι ενώσεις αυτές αποτελούνται από μια αρωματική ομάδα υδρογονανθράκων με μια ομάδα υδροξυλίου συνδεδεμένη με αυτήν.
3. Σεκοϊριδοειδή: Η συγκεκριμένη ομάδα φαινολικών χαρακτηρίζεται από την παρουσία είτε ελενολικού οξέος είτε παραγώγων ελενολικού οξέος στη μοριακή τους δομή.
4. Υδροξυ-ισοκρομάνες: Αυτά τα φαινολικά είναι παράγωγα της 3,4-διυδρο-1H-βενζο[c]πυράνης και απαντώνται κυρίως στη φύση ως μέρος ενός πολύπλοκου συστήματος συνενωμένων δακτυλίων.
5. Φλαβονοειδή: Αυτές οι πολυφαινολικές ενώσεις περιέχουν δύο δακτυλίους βενζολίου που συνδέονται με μια γραμμική αλυσίδα τριών ανθράκων. Τα φλαβονοειδή μπορούν να ταξινομηθούν περαιτέρω σε δύο υποομάδες - τις φλαβόνες και τις φλαβανόλες.
6. Λιγνάνες: Η ακριβής δομή αυτού του φαινολικού τύπου δεν είναι πλήρως κατανοητή, αλλά πιστεύεται ότι προκύπτει από τη συμπύκνωση αρωματικών αλδευδών.



Εικόνα 8 Ορισμένες φαινολικές αλκοόλες που είναι παρόντες στο ελαιόλαδο Πηγή : <https://www.intechopen.com/chapters/80686>

Οι ενώσεις που βρίσκονται συνήθως σε καταλόγους ελαιολάδου, ταξινομημένες με αλφαβητική σειρά, περιλαμβάνουν:

- 1-ακετοξυ-πινορεσινόλη
- 4-ακετοξυ-αιθυλο-1,2-διυδροξυβενζόλιο
- Απιγενίνη
- Καφεϊκό οξύ
- Κιναμικό οξύ (αν και τεχνικά δεν είναι φαινόλη)
- Ο- και p-κουμαρικό οξύ
- Ελενολικό οξύ (αν και δεν είναι φαινόλη)
- Φερουλικό οξύ
- Γαλλικό οξύ
- Ομοβανιλικό οξύ
- Υδροξυτυροσόλη
- Λουτεολίνη
- Ελευρωπαίνη

- Πινορεσινόλη
- Πρωτοκατεχικό οξύ
- Σιναπικό οξύ
- Συριγγικό οξύ
- Τυροσόλη
- Βανιλικό οξύ
- Βανιλίνη

Αυτές οι ενώσεις ανήκουν στην κατηγορία των φαινολών και περιλαμβάνουν διάφορες ουσίες όπως βανιλικό οξύ, γαλλικό οξύ, κουμαρικό οξύ, καφεϊκό οξύ, τυροσόλη και υδροξυτυροσόλη. Κατά μέσο όρο, το εξαιρετικό παρθένο ελαιόλαδο περιέχει περίπου 4,2 mg από αυτές τις απλές φαινόλες ανά 100 g, ενώ το εξευγενισμένο λάδι περιέχει περίπου 0,47 mg ανά 100 g. Επιπλέον, το ελαιόλαδο περιέχει σεκοιριδοειδή όπως η ελευρωπαΐνη και η λιγκστροσίδη, με συγκεντρώσεις 2,8 mg/100g και 0,93mg/100g αντίστοιχα σε εξαιρετικό παρθένο λάδι, και λιγνάνες και φλαβονοειδή όπως η απιγενίνη ή η λουτεολίνη, με συγκεντρώσεις 4,103g/100g/mg.

2.4.5.1 Χρωστικές και χλωροφύλλες

Οι λιπόφιλες χρωστικές ουσίες καροτενοειδών και χλωροφύλλης στο ελαιόλαδο του προσδίδουν το χαρακτηριστικό του χρώμα δηλαδή ένα πρασινοκίτρινο χρώμα. Οι αναλογίες αυτών των χρωστικών υπαγορεύουν την τελική απόχρωση και το έξτρα παρθένο ελαιόλαδο είναι πιο πλούσιο σε χλωροφύλλη όταν προέρχεται από πράσινες ελιές, ενώ οι ώριμες ελιές με υψηλότερες συγκεντρώσεις καροτενοειδών δίνουν ένα πιο κιτρινωπό ελαιόλαδο (Montealegre et al., 2010). Η ποικιλία της ελιάς, ο δείκτης ωρίμανσης, η ζώνη παραγωγής, η μέθοδος εκχύλισης και οι συνθήκες αποθήκευσης έχουν όλα αντίκτυπο. Αν και δεν υπάρχει καθιερωμένη μέθοδος μέτρησής του, θεωρείται επομένως ως δείκτης ποιότητας.

Το ελαιόλαδο, και ιδιαίτερα το έξτρα παρθένο ελαιόλαδο, παρουσιάζει μια ποικιλία καροτενοειδών και χλωροφυλλών, που κυμαίνονται από -καροτένιο, βιολαξανθίνη, νεοξανθίνη, λουτεΐνη και άλλες ξανθοφύλλες έως χλωροφύλλες α και β, φαιοφυτίνη α και β και άλλα δευτερεύοντα παράγωγα (Uncu & Ozen, 2020).

Αναλυτικότερα, η χλωροφύλλη βρίσκεται με τη μορφή φαιοφυτίνης με το κυρίαρχο κλάσμα να είναι η φαιοφυτίνη α. Η παρουσία της φαιοφυτίνης α εξαρτάται από τις συνθήκες επεξεργασίας και τα ένζυμα ή τη δραστηριότητα των ενζύμων. Ανάλογα με τη χρήση και την περίοδο αποθήκευσης, η περιεκτικότητα σε α-φαιοφυτίνη θα μεταβληθεί περαιτέρω. Η α-φαιοφυτίνη αποικοδομείται σε πυροφοφυτίνη, 151-OH-λακτονική φαιοφυτίνη α και 132-OH-φαιοφυτίνη α έπειτα από έκθεση στο φως, με αποτέλεσμα την μείωση του πρασινωπού χρωματισμού του ελαιόλαδου (Psomiadou & Tsimidou, 2002).

Η χλωροφύλλη και η φαιοφυτίνη β υπάρχουν, αν και σε μικρές ποσότητες. Παρόλο που οι τιμές αυτές ποικίλλουν ανάλογα με διάφορες μεταβλητές, οι χρωστικές αυτές μπορούν να ανιχνευθούν σε συγκεντρώσεις έως και 100 ppm του συνόλου των καροτενοειδών και σημαντικών χρωστικών όπως η φαιοφυτίνη, το -καροτένιο και η λουτεΐνη, έως και 25 ppm, 15 ppm και 10 ppm, αντίστοιχα. Οι φυσικοχημικές ιδιότητες του καρπού, η γεωγραφική προέλευση, οι κλιματολογικές και αρδευτικές συνθήκες και η χρησιμοποιούμενη διαδικασία μηχανικής εκχύλισης επηρεάζουν την τελική συγκέντρωση κάθε χρώματος στο τελικό ελαιόλαδο. Το είδος και η συγκέντρωση της χρωστικής επηρεάζεται επίσης από τις συνθήκες τελικής συσκευασίας και αποθήκευσης.

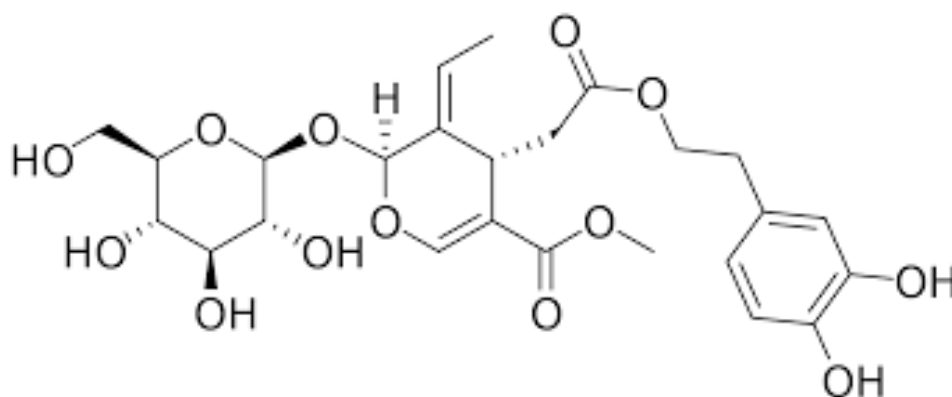
Οι χρωστικές χρησιμοποιούνται σε ορισμένες περιπτώσεις για την αξιολόγηση της ποιότητας και της νοθείας του έξτρα παρθένου ελαιόλαδου. καθώς συνδέονται με τη θρεπτική αξία, τη φρεσκάδα και τα αντιοξειδωτικά χαρακτηριστικά του. Η περιεκτικότητα σε χλωροφύλλες και καροτενοειδείς χρωστικές σε ένα έξτρα παρθένο ελαιόλαδο μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό της γνησιότητάς του μετρώντας το σε σχέση με έναν δείκτη ποιότητας, όπου ο λόγος των ολικών χλωροφυλλών προς τα ολικά καροτενοειδή πρέπει να είναι κοντά στο 1 και ο λόγος των δευτερευόντων καροτενοειδών προς τη λουτεΐνη πρέπει να είναι κοντά στο 0,5. Τα στοιχεία αυτά ισχύουν για όλα τα ελαιόλαδα, ανεξάρτητα από το είδος που ερευνάται. Ένα μονοποικιλιακό έξτρα παρθένο ελαιόλαδο μπορεί επίσης να προσδιοριστεί χρησιμοποιώντας άλλες χρωστικές ουσίες, όπως η βιολαξανθίνη, η λουτεΐνη και η συνολική περιεκτικότητα σε χρωστικές ουσίες (Gandul – Rojas et al., 2000).

Το κλάσμα ξανθοφύλλης του κλάσματος καροτενοειδών μπορεί επίσης να περιέχει βιοξανθίνη, νεοξανθίνη, λουτεοξανθίνη, ανθεραξανθίνη, μεταλλαξανθίνη και –

κρυπτοξανθίνη. Μεταξύ των διαφορετικών ποικιλιών παρουσιάζονται διαφορές στην αναλογία των καροτενοειδών (Psomiadou & Tsimidou, 2001).

2.4.5.2 Ελευρωπαίνη

Η ελευρωπαίνη αποτελεί έναν σεκοιριδοειδές το οποίο εντοπίζεται σε μεγάλες ποσότητες στον καρπό του ελαιόδεντρου. Τα ιριδοειδή και τα σεκοιριδοειδή είναι χημικές ουσίες που συνήθως συνδέονται γλυκοσιδικά και δημιουργούνται από τον δευτερογενή μεταβολισμό των τερπενίων, τα οποία είναι οι πρόδρομοι των διαφόρων αλκαλοειδών ινδόλης. Τα σεκοιριδοειδή *Oleaceae* προέρχονται τυπικά από τον ελαιοσιδικό τύπο των γλυκοζιτών (ελαιοζίτες), οι οποίοι διακρίνονται από μια εξωκυκλική 8,9-ολεφινική λειτουργικότητα, έναν συνδυασμό ελενολικού οξέος και ενός γλυκοσιδικού άκρου (Omar, 2010).



Εικόνα 9 Η χημική δομή της ελευρωπαίνης Πηγή : Wikipedia.com

Το τμήμα σακχάρου στην ελαιωρωπαίνη είναι αδιάλυτο στο έλαιο επειδή έχει έναν ελαιοσιδικό σκελετό, τον οποίο μοιράζονται οι σεκοιριδοειδείς γλυκοζίτες της οικογένειας *Oleaceae*. Η ελευρωπαίνη είναι ένας εστέρας της 2-(3,4-διυδροξυφαινυλ)αιθανόλης (υδροξυτυροσόλη) και είναι επίσης ένας εστέρας της 2-(3,4-διυδροξυφαινυλ)αιθανόλης (Soler – Rivas & Wichers, 2000).

Οι ελαιοσίδες δημιουργούνται ως αποτέλεσμα μιας διακλάδωσης στην οδό του μεβαλονικού οξέος από τον δευτερογενή μεταβολισμό, με τον οποίο παράγεται η ελευρωπαίνη στα *Oleaceae*. Τα σεκοιριδοειδή παράγονται από αυτές τις ενώσεις. Στους ελαιόκαρπους η ελευρωπαίνη μπορεί να παραχθεί από τα πιθανά εποξειδία της σεκολογανίνης και της δευτερόξυ λογανίνης. Η λιγουστροσίδη, το 7-επιλογανικό οξύ, το 7-κετολογανικό οξύ, το 8-επικινισιδικό οξύ, ο ελαιοσιδικός 11-μεθυλεστέρας και ο

7--1-D-γλυκοπυρανοσυλ 11-μεθυλ ελαιοσίδης είναι όλα πιθανά ενδιάμεσα στη βιοσύνθεση της ελευρωπαϊνης (Omar, 2010).

2.4.5.3 Τυροσόλη και υδροξυτυροσόλη

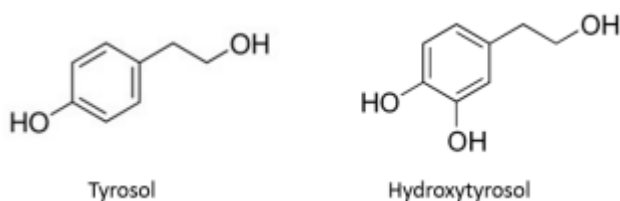
Στο ελαιόλαδο, οι δύο πιο διαδεδομένες πολυφαινόλες είναι η τυροσόλη και η υδροξυτυροσόλη. Η τυροσόλη, επίσης γνωστή ως p-HPEA (2-(4-υδροξυφαινυλο)αιθανόλη), και η υδροξυτυροσόλη, επίσης γνωστή ως 3,4-DHPEA (2-(3,4-διυδροξυφαινυλο)αιθανόλη), αποτελούν τα κύρια συστατικά αυτών των πολυφαινολών (Sun, 2017).

Η τυροσόλη και η υδροξυτυροσόλη είναι φαινυλαιθανοειδή, τα οποία είναι παράγωγα φαιναιθυλικής αλκοόλης με αντιοξειδωτικές ιδιότητες *in vitro*. Κατηγοριοποιούνται ως οργανικές φαινολικές ενώσεις που βρίσκονται φυσικά σε πολλές φυτικές πηγές, ιδιαίτερα στις ελιές και το ελαιόλαδο (Sun, 2017).

Το διακριτικό χαρακτηριστικό των τυροσολών είναι ότι πρόκειται για γλυκοζίτες σεκοϊριδοειδών. Αυτό σημαίνει ότι το τμήμα της τυροσόλης, ή η δομική μονάδα, είναι συνήθως συνδεδεμένο με μια συγκεκριμένη κατηγορία μονοτερπενίων που είναι γνωστά ως σεκοριδοειδή. Το πιο κοινό σεκοριδοειδές είναι το ελεανολικό οξύ ή ένα από τα παράγωγά του (Sun, 2017).

Η τυροσόλη και η υδροξυτυροσόλη βρίσκονται στα ελαιόλαδα ως σεκοροειδή ή αγλυκόνες τόσο σε ελεύθερη όσο και σε συζευγμένη μορφή ενώ δεν εντοπίζεται τυπικά στην ελεύθερη μορφή της στη φύση. Η εστεροοίηση και υδρόλυση της τυροσόλης οδηγεί στην παραγωγή ελευρωπαϊνης (Sun, 2017).

Η κύρια μεταβολική οδός φαίνεται να είναι η σουλφάτωση στο ήπαρ και οι μεταβολίτες του μπορεί να έχουν ποικίλες βιολογικές επιδράσεις στους ιστούς. Το θειικό άλας της υδροξυτυροσόλης είναι ο πιο δραστήσιος μεταβολίτης με πληθώρα βιολογικών δράσεων (Sun, 2017).



Εικόνα 10 Οι χημικές δομές της τυροσόλης και υδροξυτυροσόλης Πηγή : [file:///C:/Users/Georgia/Downloads/thesis%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Georgia/Downloads/thesis%20(1).pdf)

2.4.6 Πτητικά και αρωματικά συστατικά

Οι πτητικές ενώσεις, οι οποίες είναι μικρά μόρια με μοριακό βάρος κάτω των 300 Da, έχουν την ικανότητα να εξατμίζονται εύκολα σε θερμοκρασία δωματίου. Ορισμένες από αυτές τις πτητικές ενώσεις μπορούν να φτάσουν στο οσφρητικό επιθήλιο, να διαλυθούν στη βλέννα και να συνδεθούν με τους οσφρητικούς υποδοχείς, με αποτέλεσμα την αντίληψη των οσμών. Στο ελαιόλαδο, το άρωμα αποδίδεται κυρίως σε διάφορους τύπους πτητικών ενώσεων, όπως αλδεΐδες, αλκοόλες, εστέρες, υδρογονάνθρακες, κετόνες, φουράνια και ενδεχομένως άλλες μη αναγνωρισμένες ενώσεις.

Το πτητικό κλάσμα των παρθένων ελαιολάδων περιέχει περίπου 280 ενώσεις. Οι ενώσεις αυτές ανήκουν σε διάφορες κατηγορίες, όπως υδρογονάνθρακες (πάνω από 80 ενώσεις), αλκοόλες (45 ενώσεις), αλδεΐδες (44 ενώσεις), κετόνες (26 ενώσεις), οξέα (13 ενώσεις), εστέρες (55 ενώσεις), αιθέρες (5 ενώσεις), παράγωγα φουρανίου (5 ενώσεις), παράγωγα θειοφαινίου (5 ενώσεις), πυρανόνες (1 ένωση), θειόλες (1 ένωση) και πυραζίνες (1 ένωση). Από αυτόν τον εκτεταμένο κατάλογο, μόνο 67 ενώσεις βρέθηκαν να είναι παρούσες σε επίπεδα υψηλότερα από το όριο οσμής τους, συμβάλλοντας στη γεύση των παρθένων ελαιολάδων που έχουν αισθητηριακές ατέλειες.

Μεταξύ των πτητικών ενώσεων που απαντώνται στα παρθένα ελαιόλαδα, οι ποικιλίες C6 και C5 είναι οι πιο κοινές. Η εξανάλη, η trans-2-εξανάλη, η εξαν-1-όλη και η 3-μεθυλοβουταν-1-όλη είναι συνήθως παρούσες στα περισσότερα ευρωπαϊκά παρθένα ελαιόλαδα.

Η κύρια πηγή πτητικών ενώσεων στο ελαιόλαδο είναι η οξείδωση των λιπαρών οξέων. Είναι ευρέως αποδεκτό ότι τα θετικά αρωματικά χαρακτηριστικά του ελαιολάδου είναι αποτέλεσμα ενδογενών φυτικών ενζύμων, συγκεκριμένα μέσω της οδού της λιποξυγενάσης. Από την άλλη πλευρά, τα αισθητηριακά ελαττώματα στο ελαιόλαδο συνδέονται συχνά με τη χημική οξείδωση και την παρουσία εξωγενών ενζύμων, που συνήθως προέρχονται από μικροβιακή δραστηριότητα. Η επεξεργασία και η αποθήκευση τόσο του καρπού όσο και του ελαιολάδου παίζουν σημαντικό ρόλο στον καθορισμό της γεύσης και της συνολικής ποιότητας του ελαιολάδου (Kalua et al., 2007).

Η παρουσία πτητικών ενώσεων, ανεξάρτητα από την αφθονία τους, παίζει καθοριστικό ρόλο στον προσδιορισμό της ποιότητας του ελαιολάδου. Παρόλο που ορισμένες πτητικές ενώσεις στο ελαιόλαδο μπορεί να μην επηρεάζουν άμεσα το άρωμά του λόγω του ότι η συγκέντρωσή τους είναι κάτω από το οσφρητικό κατώφλι, εξακολουθούν να έχουν σημασία, καθώς βοηθούν στην αποκάλυψη του σχηματισμού και της διάσπασης των πτητικών ενώσεων που συμβάλλουν σημαντικά στο άρωμα. Επιπλέον, οι ενώσεις αυτές μπορούν να χρησιμεύσουν ως πολύτιμοι δείκτες ποιότητας. Παραδείγματα τέτοιων ενώσεων είναι οι C5 καρβονυλικές ενώσεις, οι πεντενόλες, οι υδρογονάνθρακες και δευτερεύουσες ενώσεις που δεν προέρχονται από τη μετατροπή των λιπαρών οξέων (Buttery & Takeoka, 2004).

Η επεξεργασία του καρπού της ελιάς παράγει πτητικές ενώσεις που συμβάλλουν στη συνολική γεύση, συνδυάζοντας οσμή και γεύση. Αυτή η αισθητηριακή αξιολόγηση των παρθένων ελαιολάδων λαμβάνει υπόψη τόσο τα θετικά όσο και τα αρνητικά χαρακτηριστικά, με αισθητηριακά ελαττώματα που καθορίζουν την ποιότητα του ελαιόλαδου.

Τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του ελαιόλαδου είναι τα εξής :

- **Φρουτώδης** : Αυτή είναι η θεμελιώδης θετική ιδιότητα του παρθένου ελαιολάδου, καταδεικνύοντας τα χαρακτηριστικά του λαδιού που προέρχεται από φρέσκες και υγιεινές ελιές, ώριμες ή άγουρες. Το λάδι από άγουρες ελιές έχει τυπικά αρώματα χόρτα ή φυλλώδη, ενώ το λάδι από ώριμες ελιές είναι γνωστό για τις αρωματικές του γεύσεις
- **Πικρή** : Αυτή είναι η κύρια γεύση που βιώνει κανείς όταν καταναλώνει αραιά υδατικά διαλύματα διαφόρων ουσιών όπως η κινίνη, η καφεΐνη και τα αλκαλοειδή. Η πικράδα είναι μια χαρακτηριστική γεύση του ελαιολάδου που παράγεται από πράσινες ή μεταβατικές ελιές. Αν και η εμφάνιση του 1-penten-3-one δεν ευθύνεται άμεσα για την πικρή γεύση, η παρουσία του συνδέεται θετικά με την πικράδα. Από την άλλη πλευρά, η cis-3-hexen-1-ol και η hexanal έχουν αρνητική συσχέτιση με την πικρία (Angerosa, 2000).
- **Πικάντικο** : Αναφέρεται στην απότομη αίσθηση και το δάγκωμα που παρουσιάζεται κατά την κατανάλωση ελαίων που παράγονται στην αρχή του καλλιεργητικού έτους, κυρίως από άγουρες ελιές (IOOC, 1987). Η πτητική ένωση

1-πεντεν-3-όνη συνδέεται θετικά με την οξύτητα, ενώ η trans-2-εξενάλη και η εξανάλη έχουν αρνητική συσχέτιση.

2.4.7 Τριτερπενικά οξέα

Τα υδροξυπεντακυκλικά τριτερπενικά οξέα είναι βασικά συστατικά του καρπού της ελιάς. Οι ενώσεις αυτές έχουν βιολογική δραστηριότητα και βρίσκονται σε ελάχιστες ποσότητες στο ελαιόλαδο. Τα κύρια τριτερπενικά οξέα που βρίσκονται στο παρθένο ελαιόλαδο είναι το ολεανολικό οξύ (3β-υδροξυολεάνιο-12-εν-28-οϊκό οξύ) και το μασλινικό οξύ (2α, 3β-δι-υδροξυολεάνιο-12-εν-28-οϊκό οξύ). Προέρχονται από το φλοιό της ελιάς και μπορούν να εξαχθούν σε μικρές ποσότητες κατά την επεξεργασία (Caruto et al., 1974). Επιπλέον, και οι δύο ενώσεις, μαζί με ίχνη ουρσολικού οξέος (3β-υδροξουρ-12-εν-28-οϊκό οξύ), βρίσκονται στο δικτυωτό λιπιδικό στρώμα του φλοιού της ελιάς. Το βητουλινικό οξύ (3β-υδροξυλουπ-20-(29)-εν-28-οϊκό οξύ) έχει επίσης εντοπιστεί στο φλοιό της ποικιλίας ελιάς Coratina. Δεν έχουν βρεθεί εστεροποιημένα παράγωγα αυτών των τριτερπενικών οξέων σε ελιές και ελαιόλαδα (Boskou et al., 2006).

Η οξύτητα του λαδιού είναι ο πρωταρχικός παράγοντας που επηρεάζει τα επίπεδα των υδροξυ πεντακυκλικών τριτερπενικών οξέων. Η ποικιλία ελιάς, η ωριμότητα της ελιάς και το σύστημα εκχύλισης του λαδιού παίζουν μικρότερο ρόλο στον καθορισμό αυτών των επιπέδων οξέων. Η περιεκτικότητα σε τριτερπενικά οξέα σε εξαιρετικά παρθένα ελαιόλαδα από διάφορες ποικιλίες ελιάς κυμαίνεται μεταξύ 40 και 185 mg/kg. Τα παρθένα ελαιόλαδα με ελεύθερη οξύτητα που υπερβαίνει το 1,0% και τα ελαιόλαδα που εξάγονται με διαλύτη περιέχουν τα οξέα αυτά σε υψηλότερα επίπεδα 300 mg/kg και 2400 mg/kg, αντίστοιχα. Τα επίπεδα του ελαιονολικού και του μασλινικού οξέος στα παρθένα ελαιόλαδα είναι παρόμοια, ενώ το ουρσολικό οξύ υπάρχει σε ελάχιστες ποσότητες (Boskou et al., 2006).

Κεφάλαιο 3ο : Βιοδραστικές ουσίες και φαρμακευτικές ιδιότητες

3.1 Λιποδιαλυτές βιταμίνες και προβιταμίνες

3.1.1 Καροτενοειδή

Τα καροτενοειδή διακρίνονται σε δύο κατηγορίες τα καροτένια και τις ξανθοφύλλες, που μεταξύ τους παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές αναφορικά με την δομή καθώς και τις φαρμακευτικές τους ιδιότητες.

Τα καροτενοειδή είναι αντιοξειδωτικά που προάγουν την αναστολή του οξειδωτικού στρες και χρησιμεύουν ως αντιοξειδωτικά σε όλους τους οργανισμούς. Απορροφούν τα ελεύθερα αντιδραστικά είδη οξυγόνου που παράγονται κατά τη διάρκεια του φωτοοξειδωτικού στρες και αναστέλλουν τις αρνητικές επιδράσεις των ROS.

Πιο αναλυτικά, τα καροτενοειδή καταστέλλουν τις ελεύθερες ρίζες μέσω τριών κύριων μηχανισμών: αντίδραση μεταφοράς ηλεκτρονίων, αντίδραση προσθήκης και μεταφοράς ατόμων υδρογόνου και αντίδραση προσθήκης. Μπορούν να συνδυαστούν άμεσα με ελεύθερες ρίζες όπως το ανιόν υπεροξειδίου, σχηματίζοντας ένα σύμπλοκο ριζών με κέντρο άνθρακα σταθεροποιημένο με συντονισμό. Τα καροτενοειδή μπορούν επίσης να αντιδράσουν με τις λιπιδικές υπεροξυλικές ρίζες, όπως φαίνεται στην αντίδραση με τις λιπιδικές υπεροξυλικές ρίζες. Μετά την αντίδραση μεταξύ των καροτενοειδών και των ελευθέρων ριζών, δημιουργείται ένα σύμπλοκο ριζών με ένα σταθεροποιημένο άνθρακα στο κέντρο του (Smirnoff, 2005).

Περίπου 50 από τα 700 καροτενοειδή στη φύση έχουν τη δράση της προβιταμίνης Α. Στον άνθρωπο, μόνο τρία είναι τα πιο ισχυρά πρόδρομα συστατικά της βιταμίνης Α: η

β-κρυπτοξανθίνη, το α-καροτένιο και το β-καροτένιο. Αυτά τα καροτενοειδή μετατρέπονται κανονικά σε ρετινόλη ή βιταμίνη Α. Το β-καροτένιο είναι το κύριο πρόδρομο συστατικό της προβιταμίνης Α στα τρόφιμα, τα λαχανικά και τα φρούτα (Carrillo-Lopez et al., 2010).

Τα περισσότερα καροτενοειδή που χρησιμεύουν ως προβιταμίνη Α πρέπει να έχουν τη δομή της β-ιονόνης. Στα ζώα, δρουν ως ρυθμιστές των διεργασιών που σχετίζονται με τη φωτοενέργεια παγιδεύοντας την ενέργεια από το φως. Καροτενοειδή όπως το α-καροτένιο, το λυκοπένιο, το β-καροτένιο, η λουτεΐνη και η β-κρυπτοξανθίνη εντοπίζονται στον ανθρώπινο οργανισμό στην κυκλοφορία του αίματος (Carrillo-Lopez et al., 2010).

Η βιομετατροπή των καροτενοειδών περιλαμβάνει τη δράση ενός ενζύμου διάσπασης που ονομάζεται μονο- ή διοξυγενάση, το οποίο διασπά τους διπλούς δεσμούς σε έναν πολυενικό σύνδεσμο σε δύο μόρια ρετινάλης. Τα μόρια αυτά μεταβολίζονται στη συνέχεια σε άλλα παράγωγα, όπως τα ρετινοϊκά οξέα, τα οποία εμπλέκονται σε διάφορες διεργασίες του ανθρώπινου οργανισμού (Carrillo-Lopez et al., 2010).

3.1.2 Βιταμίνη Ε

Η βιταμίνη Ε περιλαμβάνει μια ομάδα οκτώ διαφορετικών ενώσεων: τέσσερις τοκοφερόλες (α-, β-, γ- και δ-τοκοφερόλη) και τέσσερις τοκοτριενόλες (α-, β-, γ- και δ-τοκοτριενόλη). Αυτές οι ενώσεις μοιράζονται μια κοινή δομή που αποτελείται από έναν δακτύλιο χρωμανόλης ως κεφαλή και μια φυτυλική ουρά ως ουρά. Ο δακτύλιος της χρωμανόλης περιέχει μία υδροξυλομάδα και δύο μεθυλομάδες, με διαφοροποιήσεις στη θέση τους για κάθε τύπο τοκοφερόλης. Η απόκλιση μεταξύ των τοκοφερολών και των τοκοτριενολών έγκειται στο τμήμα της ουράς, όπου οι τοκοτριενόλες διαθέτουν τρεις διπλούς δεσμούς στην ουρά του μορίου τους (Jiang, 2014).

Οι τοκοφερόλες απορροφώνται μαζί με τα διαιτητικά λίπη στο έντερο και μεταφέρονται σε διάφορα μέρη του σώματος, όπως ο λιπώδης ιστός, το δέρμα, οι μύες, ο μυελός των οστών και ο εγκέφαλος, με τη μορφή σωματιδίων. Μεταξύ των τοκοφερόλων, η α-τοκοφερόλη συνδέεται ειδικά με την πρωτεΐνη μεταφοράς α-τοκοφερόλης, η οποία συμβάλλει στην προστασία της από τη διάσπασή της από τα ένζυμα στο ήπαρ. Από την άλλη πλευρά, η γ-, η β- και η δ-τοκοφερόλη υφίστανται διάφορες μεταβολικές διεργασίες στο ήπαρ, συμπεριλαμβανομένης της ω-υδροξυλίωσης, της οξειδωσης και της β-οξειδωσης. Ως αποτέλεσμα, παράγουν

μεταβολίτες γνωστούς ως 13'-υδροξυχρωμανόλες και καρβοξυχρωμανόλες, οι οποίες διαθέτουν ισχυρές αντιοξειδωτικές ιδιότητες και αποτελεσματική ικανότητα απορρόφησης των ελεύθερων ριζών. Αυτοί οι μεταβολίτες δρουν δίνοντας ένα ιόν υδρογόνου από την ομάδα φαινόλης του δακτυλίου της χρωμανόλης, οδηγώντας στην οξειδωτική τους δράση απορροφώντας ελεύθερες ρίζες και δρώντας σαν αντιοξειδωτικά (Flori et al., 2019).

Αυτοί οι μεταβολίτες έχουν ισχυρότερη ανασταλτική δράση στις οδούς της κυκλοοξυγενάσης (COX)-2 και της 5-λιποξυγενάσης (LOX) σε σύγκριση με τις μη μεταβολισμένες μορφές των τοκοφερολών. Αυτό θα μπορούσε να εξηγήσει γιατί η γ-τοκοφερόλη παρουσιάζει ισχυρότερη αντιφλεγμονώδη και αντιοξειδωτική δράση σε σύγκριση με την α-τοκοφερόλη. Επιπλέον, η γ-τοκοφερόλη διαθέτει μια μοναδική μη υποκατεστημένη θέση C-5, που της επιτρέπει να δεσμεύει αποτελεσματικά τα ηλεκτρόφιλα, συμπεριλαμβανομένων των δραστικών ειδών αζώτου (RNS) (Jiang, 2014).

Υπάρχουν στοιχεία που υποδηλώνουν μια σχέση μεταξύ της κατανάλωσης βιταμίνης E μέσω τροφίμων ή συμπληρωμάτων και του μειωμένου κινδύνου καρδιαγγειακής νόσου (CVD). Αρκετές μελέτες κοόρτης έχουν δείξει μείωση του κινδύνου εμφάνισης παθήσεων όπως η ισχαιμική μυοκαρδιοπάθεια, η στεφανιαία νόσος, το έμφραγμα του μυοκαρδίου και η θνησιμότητα που σχετίζεται με την καρδιακή ανεπάρκεια μεταξύ ατόμων που λαμβάνουν συμπληρώματα βιταμίνης E ενώ έχει διαπιστωθεί πως άτομα που κατανάλωναν βιταμίνη E για περισσότερα από 4 χρόνια παρουσίασαν 59% μείωση του ποσοστού θνησιμότητας από στεφανιαία νόσο (Muntwiler et al., 2002).

Η κατανάλωση α-τοκοφερόλης σε ποσότητες 400-800 mg/dL έχει σχετιστεί με μείωση του κινδύνου εμφάνισης του μυοκαρδίου σε ασθενείς με στεφανιαία αθηροσκλήρωση (Lee et al., 2005). Θετικές είναι και οι επιδράσεις της βιταμίνης E στην υγεία των νεφρών. Μελέτη διαπίστωσε πως οι ασθενείς που κατανάλωσαν α-τοκοφερόλη σε ποσότητες 800 mg/dL εμφάνισαν μειωμένες πιθανότητες για την παρουσίαση εμφράγματος του μυοκαρδίου και εγκεφαλικού επεισοδίου. Ο ρόλος της γ-τοκοφερόλης έχει επίσης διερευνηθεί και βρέθηκε ότι συσχετίζεται αντιστρόφως ανάλογα με τη στεφανιαία νόσο είτε μόνη της είτε σε συνδυασμό με άλλα ανάλογα (Devaraj & Traber, 2003).

Η συμπληρωματική χορήγηση γ-τοκοφερόλης μόνη της ή σε συνδυασμό με α-τοκοφερόλη έδειξε μείωση των βιοδεικτών οξειδωτικού στρες σε ασθενείς με μεταβολικό σύνδρομο (Devaraj et al., 2008). Ωστόσο, μια τυχαιοποιημένη ελεγχόμενη δοκιμή κατέληξε στο συμπέρασμα ότι οι τοκοτριενόλες δεν είχαν σημαντική επίδραση στην αγγειακή λειτουργία ή στους παράγοντες κινδύνου εμφάνισης καρδιαγγειακών παθήσεων (Stonehouse et al., 2016).

Παρά τα ελπιδοφόρα αποτελέσματα στην πρόληψη των καρδιαγγειακών επιπλοκών, ορισμένες κλινικές μελέτες έχουν παρουσιάσει αντικρουόμενα δεδομένα (Myung et al., 2013). Ειδικότερα, η μελέτη Supplementation en Vitamines et Mineraux Antioxydants Study απέτυχε να επιβεβαιώσει μια σημαντική συσχέτιση μεταξύ της συμπληρωματικής χορήγησης βιταμίνης E και της συχνότητας εμφάνισης ισχαιμικής καρδιαγγειακής νόσου. Ομοίως, μια συνεργατική ιαπωνική μελέτη κοόρτης δεν διαπίστωσε ουσιαστική σχέση μεταξύ της πρόσληψης βιταμίνης A και βιταμίνης E και της εμφάνισης εγκεφαλικού επεισοδίου, στεφανιαίας νόσου ή θνησιμότητας από καρδιαγγειακά νοσήματα (Kubota et al., 2011).

3.2 Ελαιικό οξύ και ελευρωπαίνη

Το ελαιικό οξύ έχει αποδειχτεί εδώ και αρκετό πως έχει θετικές επιδράσεις απέναντι στον ανθρώπινο οργανισμό. Η Lopez-Huertas (2010) διεξήγαγε μια εξέταση των επιστημονικών στοιχείων σχετικά με τις επιδράσεις του γάλακτος που είναι εμπλουτισμένο με PUFA (συγκεκριμένα, ωμέγα 3) ή/και ελαιικό οξύ. Η μελέτη περιελάμβανε εννέα ελεγχόμενες μελέτες παρέμβασης για το εμπλουτισμένο γάλα με συμμετέχοντες που κυμαίνονταν από υγιείς εθελοντές έως άτομα με αυξημένους παράγοντες κινδύνου ή καρδιαγγειακή νόσο. Τα κύρια ευρήματα έδειξαν μείωση των λιπιδίων του αίματος, ιδίως της χοληστερόλης, της LDL και των τριγλυκεριδίων. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι όλες οι μελέτες χρησιμοποίησαν το ελαιικό οξύ σε συνδυασμό με τα ωμέγα 3, οπότε οι όποιες θετικές επιδράσεις στο λιπιδαιμικό προφίλ οφείλονταν πιθανότατα στην παρουσία και των δύο συστατικών (Lopez – Huertas, 2010).

Επιπλέον το ελαιικό οξύ έχει συσχετιστεί με προστατευτικές επιδράσεις απέναντι στη λειτουργία του ενδοθηλίου. Αναλυτικότερα το ελαιικό οξύ εμφάνισε προστατευτικά αποτελέσματα έναντι της αντίστασης στην ινσουλίνη ενισχύοντας την ενδοθηλιακή δυσλειτουργία ως απόκριση σε προφλεγμονώδη ερεθίσματα μέσω της μείωσης του

φλεγμονώδη παράγοντα NFκB των αγγείων, ενδοθηλίου και καρδιακών κυττάρων. Ταυτόχρονα το ελαιό οξύ μείωσε την έκφραση των μορίων προσκόλλησης των ενδοθηλιακών κυττάρων (ICAM-1 και MCP-1) που προκαλείται από φλεγμονώδη ερεθίσματα ενώ εμπόδισε την απόπτωση και τον πολλαπλασιασμό στα αγγειακά κύτταρα, υποδηλώνοντας ότι μπορεί να ενισχύσει την ανάπτυξη και τη σταθερότητα της αθηρωματικής πλάκας, αποτρέποντας υποκείμενες επιπλοκές όπως η θρόμβωση (Perdomo et al., 2015).

Η ικανότητα του ελαιικού οξέος να μειώνει τα επίπεδα φλεγμονωδών δεικτών, όπως το TNF, αυξάνει την πιθανότητα ότι αυτό μπορεί να παίζει ρόλο στις καρδιοπροστατευτικές επιδράσεις του ελαιϊκού οξέος (Thandapilly et al., 2017).

Οι αντιφλεγμονώδεις ιδιότητες του ελαιικού οξέος έχουν συσχετιστεί και με μείωση των επιπτώσεων των μολύνσεων του οργανισμού. Κατά την διάρκεια μόλυνσης του οργανισμού απελευθερώνονται φλεγμονώδεις μόρια που είναι οι κυτοκίνινες οι οποίες ενισχύουν τη λιπόλυση, τη γλυκονεογένεση, την πρωτεόλυση των μυών και την ανακατανομή ψευδαργύρου στους ιστούς για να παρέχουν αμινοξέα για τη σύνθεση πρωτεϊνών και υποστρώματος οξείας φάσης για τα κύτταρα του ανοσοποιητικού συστήματος. Η υπερπαραγωγή τους οδηγεί σε φλεγμονές με αποτέλεσμα βλάβες στους ιστούς λόγω μεταβολής του οξειδωτικού δυναμικού των κυττάρων και οξείδωσης των λιπιδίων των κυτταρικών μεμβρανών. Το ελαιικό οξύ μέσω της ικανότητας να δεσμεύει οξειδωτικά μόρια μειώνει την φλεγμονή και τις αρνητικές επιπτώσεις στα κύτταρα (Sales- Campos et al., 2013).

Η ελευρωπαίνη από την άλλη πλευρά αποτελεί ένα φαινολικό συστατικά με ιδιαίτερα σημαντικές φαρμακολογικές ιδιότητες που την καθιστούν μία από τις κύριες βιοενεργές ενώσεις του ελαιόλαδου.

Η ελευρωπαίνη, όπως και όλα τα φαινολικά συστατικά, παρουσιάζει ισχυρές αντιοξειδωτικές, αντιυικές, αντιμικροβιακές, αντιφλεγμονώδεις και αντικαρκινικές ιδιότητες.

Αρχικά, η ελευρωπαίνες εμφανίζει ισχυρές αντιοξειδωτικές ιδιότητες. Οι επιδράσεις της ελευρωπαίνης στην οξείδωση των λιπιδίων αποδεικνύονται από τη μείωση των παραπροϊόντων (μηλονοδιαλδεΰδη και 4-υδροξυνεενάλη) που παράγονται από την οξείδωση όταν αντιδρά με το 2-θειοβαρβιτουρικό οξύ (TBA). Η ικανότητα των υδροξυλομάδων και των ριζών φαινοξυ να σχηματίζουν δεσμό υδρογόνου μέσα στο

μόριο, η υψηλότερη περιεκτικότητα σε ελαϊκό οξύ που βρίσκεται στα παρθένα έλαια σε σύγκριση με άλλα βρώσιμα έλαια και η παρουσία υψηλών επιπέδων ελευρωπαίνης έχει συνδεθεί με την ικανότητα των ελευρωπεϊνών να μειώνουν την ευαισθησία τους στην οξειδωση (Barbaro et al., 2014).

Στη συνέχεια, εμφανίζει προστατευτικές επιδράσεις στη μείωση των πλασματικών επιπέδων χοληστερόλης στην ολική, ελεύθερη και εστερική μορφή σε κουνέλια για να αυξήσει την ικανότητα των λιποπρωτεϊνών χαμηλής πυκνότητας να αντιστέκονται στην οξειδωση (Coni et al., 2000) και μειώνει τα επίπεδα νιτρικού οξειδίου στα κύτταρα οδηγώντας σε επαγωγίμη σύνθεση νιτρικού οξειδίου στα κύτταρα (De la Puerta et al., 2001).

Οι αντικαρκινικές ιδιότητες της ελευρωπαίνης σχετίζονται με την ικανότητά της να μειώνει τον σχηματισμό αγγείων από τα καρκινικά κύτταρα. Η παρεμπόδιση του σχηματισμού αγγείων των καρκινικών κυττάρων παρεμποδίζει και τελικώς τον πολλαπλασιασμό και ανάπτυξης τους. Η χρήση της έχει συσχετιστεί με πάχυνση της στοιβάδας του δέρματος και μείωση της πιθανότητας εμφάνισης καρκίνου του δέρματος (Kimura & Sumioshi, 2009).

Οι αντιοξειδωτικές ιδιότητες της ελευρωπαίνης της προσδίδουν και αντιμικροβιακές ιδιότητες. Συγκεκριμένα έχει βρεθεί πως η ελευρωπαΐνη αναστέλλει την ανάπτυξη τόσο Gram+ όσο και Gram- βακτηρίων όπως τα βακτήρια *L. plantarum*, *B. Cereus*, *S. enteritidis* (Cicerale et al., 2012). Η ελευρωπαΐνη διαθέτει επιπλέον αντιμυκοπλασματικές ιδιότητες, γεγονός που την καθιστά αποτελεσματική έναντι των στελεχών των βακτηρίων του μυκοπλάσματος που είναι ανθεκτικά στις αντιβιοτικές θεραπείες (Furneri et al., 2002).

Βέβαια ο ακριβής μηχανισμός που διέπει την αντιμικροβιακή δράση της ελευρωπαίνης δεν είναι τεκμηριωμένος ακόμα, το ορθο-διφαινολικό (κατεχόλη) σύστημα που υπάρχει στο περιβάλλον επιτρέπει στα γλυκοσΐδια να εισέλθουν στις κυτταρικές μεμβράνες των παθογόνων προκαλώντας μεταβολική και δομική δυσλειτουργία των κυττάρων (Gamli et al., 2016).

3.3 Τυροσόλη και υδροξυτυροσόλη

Η τυροσόλη αποτελεί ένα ισχυρό αντιοξειδωτικό που περιέχεται στο ελαιόλαδο. Η αντιοξειδωτική του δράση είναι σημαντική λόγω της συσσώρευσής του εντός των

κυττάρων και λόγω του γεγονότος πως είναι σχετικά σταθερή και, αποτέλεσμα, πολύ λιγότερο επιρρεπής σε αυτοοξειδωση από άλλες πολυφαινόλες με αποτέλεσμα να διατηρεί τις αντιοξειδωτικές της ιδιότητες ακόμα και κάτω από έντονα οξειδωτικές συνθήκες.

Η τυροσόλη διατήρησε τις αντιοξειδωτικές της ιδιότητες αποτέλεσμα, πολύ λιγότερο επιρρεπής σε αυτοοξειδωση από άλλες πολυφαινόλες παρουσίασαν σημαντική μείωση στις αντιοξειδωτικές τους ιδιότητες και περιστασιακά μετατράπηκαν σε προοξειδωτικά (Perona et al., 2006).

Επιπλέον η τυροσόλη έχει αποδειχθεί αποτελεσματική στην πρόληψη της οξειδωτικής βλάβης στα μυϊκά κύτταρα L6 αποτρέποντας τον επαγόμενο από το H₂O₂ κυτταρικό θάνατο μέσω της μείωσης παραγωγής οξειδωτικών μορίων και αύξηση της παραγωγής ATP (Lee et al., 2018).

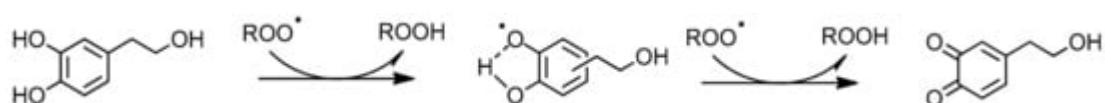
Οι αντιοξειδωτικές ιδιότητες της τυροσόλης οφείλονται στην καταστολή των φλεγμονών και της παραγωγής φλεγμονωδών μορίων με αποτέλεσμα να δρα ευργετικά απέναντι στην υπέρταση, την αθηροσκλήρωση, τη στεφανιαία νόσο, τη χρόνια καρδιακή ανεπάρκεια, την παχυσαρκία και την αντίσταση στην ινσουλίνη (Chang et al., 2019).

Επιπλέον έχει διαπιστωθεί πως επάγει μειώνει τις οξειδωτικές τροποποιήσεις της HDL και ενισχύει τη λειτουργικότητά της, ιδιαίτερα την ικανότητά της να προωθεί την εκροή χοληστερόλης, διατηρώντας τις φυσικοχημικές ιδιότητες της HDL (Berrougui et al., 2015).

Μία ακόμα χαρακτηριστική ιδιότητα της τυροσόλης σχετίζεται με το γεγονός πως προάγει την μικροκυκλοφορία. Αναλυτικότερα περιορίζει την αύξηση του ιξώδους του αίματος και ότι η επίδρασή του είναι παρόμοια με αυτή της πεντοξυφυλλίνης. Επιπλέον, αποτρέπει την εμφάνιση του συνδρόμου υπεριξώδους, ενισχύει την ικανότητα μεταφοράς οξυγόνου και αναστρέφει τη συσσώρευση θρόμβων στον εγκεφαλικό φλοιό (Plotnikov et al., 2018).

Η υδροξυτυροσόλη από την άλλη πλευρά αποτελεί μία φαινόλη με μεγάλη ποικιλία βιολογικών δράσεων συμπεριλαμβανομένων καρδιοπροστατευτικών, αντικαρκινικών, νευροπροστατευτικών, αντιμικροβιακών, ευεργετικών ενδοκρινικών και άλλων επιδράσεων (Tome-Carneiro et al., 2016).

Οι ισχυρές αντιοξειδωτικές ιδιότητες της υδροξυτυροσόλης έχουν συσχετιστεί με τις φαρμακολογικές της ιδιότητες. Πιο αναλυτικά, η υδροξυτυροσόλη λειτουργεί ως χηλικοποιητής μετάλλων και μόριο δέσμευσης ελεύθερων ριζών (Visioli et al., 2002). Το τμήμα ο-διυδροξυφαινυλίου είναι υπεύθυνο για την υψηλή αντιοξειδωτική αποτελεσματικότητα της υδροξυτυροσόλης. Δίνοντας ένα άτομο υδρογόνου στις ρίζες υπεροξυλίου (ROO*), χρησιμεύει κυρίως ως διακόπτης αλυσίδας. Αυτή η διαδικασία αντικαθιστά τη σχετικά αντιδραστική ROO* με τη μη αντιδραστική ρίζα υδροξυτυροσόλης*, η οποία υπάρχει στη ρίζα φαινοξυ χάρη σε έναν ενδομοριακό δεσμό υδρογόνου (Visioli et al., 2002).



Εικόνα 11 Μηχανισμός εξάλειψης ελεύθερων ριζών από την υδροξυτυροσόλη Πηγή : Karkovic Markovic et al., (2019)

Ωστόσο, έχει προταθεί ότι η υδροξυτυροσόλη μπορεί να παρέχει επιπλέον αντιοξειδωτική προστασία ενισχύοντας τη φυσική άμυνα του σώματος ενάντια στο οξειδωτικό στρες και ενεργοποιώντας διάφορες οδούς κυτταρικής σηματοδότησης (Bayram et al., 2012) Ένας από τους προτεινόμενους μηχανισμούς συνεπάγεται την ενεργοποίηση του παράγοντα 2 (Nrf2) που σχετίζεται με τον πυρηνικό παράγοντα E2 σε διάφορους ιστούς, ο οποίος διαμεσολαβείται από την υδροξυτυροσόλη, για την επαγωγή ενζύμων αποτοξίνωσης του οργανισμού. Η αλληλοεπίδραση με τα miRNA φαίνεται πως αποτελεί τον πιθανό μοριακό μηχανισμό για την δράση της, που οδηγεί στην ρύθμιση της γονιδιακής έκφρασης.

Ταυτοχρόνως η υδροξυτυροσόλη παρουσιάζει ισχυρές αντιφλεγμονώδεις ιδιότητες καθώς αναστέλλει την ενεργοποίηση κοκκιοκυττάρων και μονοκυττάρων καθώς και την έκφραση προφλεγμονωδών μορίων όπως η επαγωγίμη συνθάση νιτρικού οξειδίου (iNOS), η κυκλοοξυγενάση-2 (COX-2), ο παράγοντας νέκρωσης όγκου (TNF), και ιντερλευκίνη (IL)-1 (Bigagli et al., 2017).

Οι νευροπροστατευτικές ιδιότητες της υδροξυτυροσόλης οφείλονται κυρίως στις αντιοξειδωτικές της ιδιότητες καθώς και στην προστασία με αυτό τον τρόπο των νευρικών κυττάρων από εκφυλισμό που προκαλείται από το οξειδωτικό στρες (Funakohi – Tago et al., 2018).

Ακόμα η υδροξυτυροσόλη προστατεύει την ενδογενή ντοπαμίνη τόσο από ενζυματική όσο και από αυθόρμητη οξειδωση αλλά και από προστασία έναντι της ντοπαμίνης και 6-υδροξυντοπαμίνης που προκαλείται από τον ντοπαμινεργικό κυτταρικό θάνατο, και μειώνοντας την τοξικότητα που προκαλεί τη συννουκλεΐνη με αποτέλεσμα να είναι πολύ καλός υποψήφιος για την θεραπεία της νόσου του Πάρκινσον (Goldstein et al., 2016). Επιπλέον μέσω της ενεργοποίησης του άξονα Nrf2/HO-1 (αιμική οξυγενάση 1) στα νευρικά κύτταρα προλαμβάνει την απόπτωση που προκαλείται από την παρουσία της 6-υδροξυντοπαμίνης (Funakoshi – Tago et al., 2018).

Η υδροξυτυροσόλη παρουσιάζει και αντιδιαβητικές ιδιότητες. επηρεάζοντας σημαντικές βιοχημικές διεργασίες που οδηγούν σε διαβητική αγγειοπάθεια. Μπορεί να αποτρέψει τη διαβητική νευροπάθεια, να βελτιώσει την ευαισθησία στην ινσουλίνη και να αποκαταστήσει τη σωστή σηματοδότηση ινσουλίνης. Ασκεί επίσης προστατευτική δράση στο συκώτι, ιδιαίτερα στη μη αλκοολική λιπώδη νόσο του ήπατος, η οποία χαρακτηρίζεται από αυξημένη περιεκτικότητα σε ηπατικό λίπος και μειωμένα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα μήκους n-3 αλυσίδας. Βελτιώνει σημαντικά τις μεταβολικές βλάβες που προκαλούνται από την υψηλή ποσότητα γλυκόζης, προλαμβάνει πρώιμα φλεγμονώδη συμβάντα και αποκαθιστά την ομοιόσταση της γλυκόζης και την ακεραιότητα του εντερικού φραγμού. Ενεργοποιεί μεταγραφικούς παράγοντες όπως PPAR-α και Nrf2 και απενεργοποιεί το φλεγμονώδη μεταγραφικό παράγοντα NF-κB (Valenzuela et al., 2017).

3.4 Μονοακόρεστα λιπαρά οξέα

3.5 Ιδιότητες και παθοφυσιολογικές επιδράσεις

3.5.1 Επίδραση στις φλεγμονές

Οι αντιφλεγμονώδεις ιδιότητες των καροτενοειδών βασίζονται κυρίως στις αντιοξειδωτικές τους ιδιότητες. Η ασταξανθίνη διαθέτει την ισχυρότερη αντιοξειδωτική δράση μεταξύ των καροτενοειδών έχοντας την ικανότητα να μειώνει την έκφραση προφλεγμονωδών γονιδίων καθώς και την παραγωγή φλεγμονωδών μορίων. Η συγκεκριμένη της δράση είναι δόσοεξαρτώμενη (Choi et al., 2009).

Οι μεταβολίτες της βιταμίνης E μπορούν να ρυθμίσουν προφλεγμονώδη ένζυμα, όπως η κυκλοοξυγενάση (COX), η οποία συμβάλλει στην εμφάνιση χρόνιων ασθενειών όπως ο καρκίνος. Οι μεταβολίτες της α-τοκοφερόλης, όπως η α-9'-COOH και η α-13'-

COOH, αναστέλλουν την COX-1 και την COX-2, εμποδίζοντας την παραγωγή προφλεγμονωδών εικοσανοειδών. Η α -13'-COOH είναι ανταγωνιστικός αναστολέας της COX, ανταγωνιζόμενη για τις θέσεις δέσμησης υποστρώματος. Αναστέλλει επίσης τη φλεγμονή στοχεύοντας την 5-λιποξυγενάση (5-LO), η οποία καταλύει τη βιοσύνθεση των ανοσοτροποποιητικών λιπιδικών μεσολαβητών (Radmark et al., 2015).

Το ελαικόοξύ παρουσιάζει ανιφλεγμονώδεις ιδιότητες χωρίς να αυξάνει τα επίπεδα γλυκόζης στο αίμα μέσω της μείωσης της παραγωγής φλεγμονωδών μορίων όπως για παράδειγμα οι κυτοκίνες. Ο μηχανισμός που το διέπει αυτό έχει να κάνει με την μείωση της έκφρασης των φλεγμονωδών γονιδίων καθώς και με την ενεργοποίηση των λευκοκυττάρων που δρουν αναστέλλοντας την φλεγμονών (Bou – Dargham et al., 2017).

Οι αντιφλεγμονώδεις ιδιότητες τις ελευρωπαίνης οφείλονται στο γεγονός πως έχει την ικανότητα να ρυθμίζει τον φαινότυπο ώστε να μειώνεται η έκφραση φλεγμονωδών μορίων. Συγκεκριμένα, μπορεί να ρυθμίζει την παραγωγή των φλεγμονωδών μορίων όπως τα TNF- α και IL-1 β και να ρυθμίσει τις παραμέτρους της φλεγμονής σε διάφορες καταστάσεις. Ταυτόχρονα το γεγονός πως δρα σαν αντιοξειδωτικός παράγονας μειώνει τις φλεγμονές (Santa – Maria et al., 2023).

Η τυροσόλη είναι σχετικά σταθερή και αυτοοξειδώνεται αρκετά αργά με αποτέλεσμα να διαθέτει ισχυρές αντιοξειδωτικές ιδιότητες οι οποίες δρουν μειώνοντας τις φλεγμονές των ανθρώπινων συστημάτων.

Αναλυτικότερα, η τυροσόλη είναι αποτελεσματική στην αναστολή του κυτταρικού θανάτου που προκαλείται από το H₂O₂ μέσω της ρύθμισης των κινάσεων που ρυθμίζονται από το εξωκυτταρικό σήμα (ERK), της c-Jun N-τελικής κινάσης (JNK) και της p38 MAPK, καθώς και μέσω της αύξησης της παραγωγής ATP. Ταυτόχρονα μειώνει την φλεγμονώδη απόκριση των λιποπρωτεϊνών μέσω της μείωσης της έκφρασης γονιδίων που σχετίζονται με αυτή. Τέλος αυξάνει την έκφραση του γονιδίου CD14 το οποίο σχετίζεται με αναστολή της φλεγμονής καθώς δρα σαν αντιοξειδωτικό (Chang et al., 2019).

Η υδροξυτυροσόλη, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, αποτελεί ισχυρό αντιοξειδωτικό. Δρα καταστέλλοντας τις φλεγμονές στα μιτοχόνδρια και στο ενδοθήλιο, καταστέλλοντας τη φλεγμονώδη αγγειογένεση, μειώνοντας την παραγωγή

υπεροξειδίου από τα μιτοχόνδρια και την υπεροξειδωση των λιπιδίων (Colica et al., 2017).

Η κατανάλωση MUFA έχει συνδεθεί με μείωση των φλεγμονών στον ανθρώπινο οργανισμό σε μελέτες πληθυσμού. Τα MUFA έχει βρεθεί πως μειώνουν την διήθηση των μακροφάων με αποτέλεσμα την αύξηση της παραγωγής αντιφλεγμονωδών μορίων που οδηγεί σε μείωση των φλεγμονών. Η ρύθμιση των γονιδίων που συνδέονται με την παραπάνω δράση φαίνεται πως αυξάνεται με την δράση του ω7-παλμιτολεκού οξέος που δρα αυξάνοντας την έκφραση των συγκεκριμένων γονιδίων και μειώνοντας την έκφραση γονιδίων που σχετίζονται με φλεγμονώδη μόρια (Salsinha et al., 2023).

3.5.2 Επίδραση στην ενδοθηλιακή και καρδιαγγειακή υγεία

Οι αντιοξειδωτικές και αντιφλεγμονώδεις ιδιότητες των καροτενοειδών είναι υπεύθυνες για τις θετικές τους επιδράσεις στην ενδοθηλιακή και καρδιαγγειακή υγεία. Έχει διαπιστωθεί πως η ασταξανθίνη καταστέλλει τις οξειδωτικές βλάβες στα λιπίδια σαν αποτέλεσμα των αντιοξειδωτικών της ιδιοτήτων.

Το οξειδωτικό στρες και η φλεγμονή στο καρδιαγγειακό σύστημα συμβάλλουν στην ανάπτυξη καρδιαγγειακών διαταραχών, συμπεριλαμβανομένης της αθηροσκλήρωσης και των στεφανιαίων καρδιακών διαταραχών. Η LDLc, που τροποποιείται από το οξειδωτικό στρες, εμπλέκεται στην εξέλιξη της αθηροσκλήρωσης, η οποία τελικά οδηγεί σε στεφανιαίες καρδιακές διαταραχές. Τα καροτενοειδή μπορούν να προστατεύσουν την LDLc από την οξείδωση και να λειτουργήσουν προληπτικά στην εμφάνιση καρδιαγγειακών παθήσεων. Τα υψηλά επίπεδα β-καροτενίου σχετίζονται με μείωση της έκφρασης γονιδίων που κωδικοποιούν φλεγμονώδη μόρια όπως το NF-κB στα κύτταρα του ενδοθηλίου (Hozawa et al. 2009).

Η βιταμίνη E είναι ένα ισχυρό αντιοξειδωτικό που αναστέλλει την υπεροξειδωση των λιπιδίων, αποτρέποντας τη βλάβη των κυτταρικών μεμβρανών και του DNA. Περιλαμβάνει τοκοφερόλες, τοκοφερόλια, φωσφορική τοκοφερόλη και εστέρες τοκοφερόλης, συλλογικά γνωστές ως τοκοχρωμανόλες. Οι τοκοχρωμανόλες ρυθμίζουν τη γονιδιακή έκφραση, τη μεταγωγή σήματος, τη δραστηριότητα των μεταγραφικών παραγόντων, τον κυτταρικό θάνατο, τον πολλαπλασιασμό και τη σταθερότητα της μεμβράνης. Προστατεύουν επίσης τα ερυθρά αιμοσφαίρια από αιμόλυση που προκαλείται από ελεύθερες ρίζες, σταθεροποιούν το συνένζυμο Q και υποστηρίζουν διάφορες διεργασίες, συμπεριλαμβανομένης της αποθήκευσης κρεατίνης, της

εντερικής απορρόφησης και της οξείδωσης της βιταμίνης A και των καροτενίων. Η βιταμίνη E είναι απαραίτητη για την κυτταρική αναπνοή, την προστασία του ήπατος και τη θεραπεία της αθηροσκλήρωσης (Sozen et al., 2019).

Λόγω των αντιοξειδωτικών του ιδιοτήτων επιδρά θετικά στην υγεία του καρδιαγγειακού συστήματος. Έχει βρεθεί πως βελτιώνει το λιπικό προφίλ του αίματος και μπορεί να αποτρέψει την μιτοχονδριακή δυσλειτουργία μέσω μείωσης των φλεγμονών αλλά και μέσω άλλων μηχανισμών που δεν είναι ευρέως γνωστοί (Shramko et al., 2020).

Η ελευρωπαίνη έχει αποδειχθεί ότι έχει πολυάριθμα οφέλη για την υγεία λόγω της αντιφλεγμονώδους δράσης της. Έχει παρατηρηθεί ότι αναστέλλει ορισμένους μεσολαβητές φλεγμονής, όπως η συγκέντρωση της IL-1β και η έκφραση της MMP-9 σε ανθρώπινα κύτταρα THP-1. Μειώνει την παραγωγή φλεγμονωδών κυττάρων όπως τα IL-1β, IL-6, NO, TNF-α μέσω της μείωσης της έκφρασης των γονιδίων τους (Giner et al., 2011).

Μέσω των αντιοξειδωτικών και αντιφλεγμονωδών ιδιοτήτων της η τυροσόλη δρα προστατευτικά απέναντι στην οξείδωση των λιπιδίων και μειώνει τις φλεγμονές των κυττάρων του ενδοθηλίου και του καρδιαγγειακού συστήματος με αποτέλεσμα τις ευεργετικές επιδράσεις έναντι της υπέρτασης, της αθηροσκλήρωσης, της στεφανιαίας νόσου, της χρόνιας καρδιακής ανεπάρκειας, της αντίστασης στην ινσουλίνη και της παχυσαρκίας.

Η υδροξυτυροσόλη έχει δυναμικές θεραπευτικές δυνατότητες για τη θεραπεία της αθηροσκλήρωσης, μιας φλεγμονώδους νόσου που επηρεάζει το αγγειακό ενδοθήλιο. Είναι αποτελεσματική στην πρόληψη της υπεροξείδωσης των λιπιδίων και στην προστασία της LDL από την οξείδωση ενώ δρα θετικά στη λιποπρωτεΐνη υψηλής πυκνότητας (HDL), η οποία διαδραματίζει κεντρικό ρόλο στην αντίστροφη μεταφορά χοληστερόλης και σχετίζεται αντιστρόφως ανάλογα με την ανάπτυξη πρόωμης αθηροσκλήρωσης (Rietjens et al., 2007).

Οι μεταβολίτες της όπως η θειική υδροξυτυροσόλη, το θειικό ομοβανιλικό οξύ και το γλυκουρονικό, μπορούν να ασκήσουν τοπική αντιοξειδωτική προστασία στην HDL και να αποτρέψουν τις οξειδωτικές τροποποιήσεις των πρωτεϊνών της HDL (Berrougui et al., 2015).

Τα MUFA έχουν συσχετιστεί με βελτίωση της καρδιαγγειακής υγείας ιδιαίτερα στην περίπτωση που συνδυάζονται με πολυφαινολικά συστατικά και λιποδιαλυτές βιταμίνες. Συγκεκριμένα, τα MUFA βελτιώνουν το λιπιδαιμικό προφίλ προστατεύοντας τα λιπίδια από οξείδωση λόγω των αντιοξειδωτικών τους ιδιοτήτων. Έτσι μειώνουν την εμφάνιση αθηροσκλήρωσης και βελτιώνουν την λειτουργία του καρδιαγγειακού συστήματος (Zong et al., 2018).

3.5.3 Αντιμικροβιακές ιδιότητες

Πρόσφατα βρέθηκε πως τα καροτενοειδή διαθέτουν αντιμικροβιακές ιδιότητες και συγκεκριμένα αντιβακτηριδιακές ιδιότητες. Ο μηχανισμός δράσης τους περιλαμβάνει την πρόκληση βλαβών στις μεμβράνες των βακτηριακών κυττάρων λόγω συσσώρευση λυσοζύμης (αφομοιώνει το βακτηριακό κύτταρο) σε αυτά. Μία επιπλέον δράση των καροτενοειδών περιλαμβάνει την αντίδρασή της με πορίνες (διαμεμβρανικές πρωτεΐνες) στην εξωτερική μεμβράνη των βακτηριακών κυτταρικών τοιχωμάτων μέσω του σχηματισμού ισχυρών πολυμερών δεσμών οι οποίοι καταστρέφουν τις πορίνες. Οι βλάβες στις πορίνες μειώνουν την διαπερατότητα των κυτταρικών τοιχωμάτων των βακτηριακών κυττάρων με αποτέλεσμα την εμφάνιση ελλείψεων σε θρεπτικές ουσίες που οδηγούν στην αναστολή της ανάπτυξης των βακτηριακών κυττάρων και στην τελική νέκρωσή τους (Sahnou & Abu Gannam, 2016).

Η ελευρωπαϊνή παρουσιάζει έντονη αντιμικροβιακή δράση τόσο έναντι αρνητικών κατά Gram όσο και έναντι θετικών κατά Gram βακτηρίων, αλλά είναι λιγότερο τοξικό για τα βακτηριακά κύτταρα από την υδροξυτυροσόλη λόγω της γλυκοζιτικής της ομάδας που περιέχει. Έχει ισχυρή ανασταλτική επίδραση στην ανάπτυξη κατά της *Salmonella enteritidis*, αλλά καλύτερα αποτελέσματα επιτυγχάνονται όταν λαμβάνεται μαζί με φαινόλες (Bisignano et al., 1999).

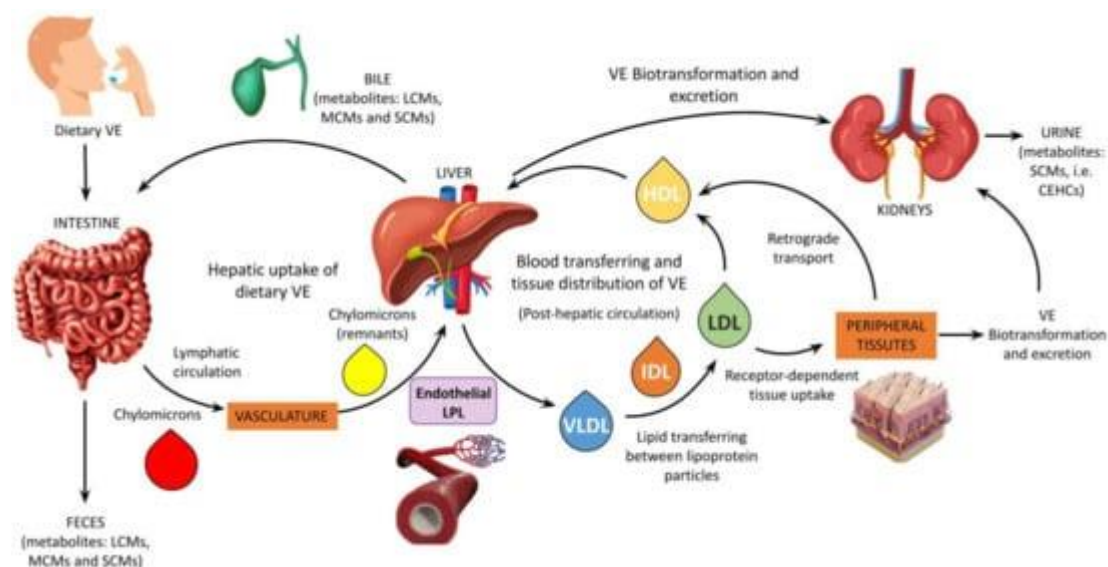
Η υδροξυτυροσόλη έχει επιδείξει αντιμικροβιακές ιδιότητες έναντι διαφόρων παθογόνων μικροοργανισμών, συμπεριλαμβανομένων των λοιμώξεων του αναπνευστικού και του γαστρεντερικού συστήματος, των ωφέλιμων μικροοργανισμών και των τροφιμογενών παθογόνων μικροοργανισμών. Αναστέλλει επίσης την αιμολυτική δραστηριότητα και έχει αντιβακτηριακή δράση κατά του *Propionibacterium acnes* και του *Mycoplasma pneumoniae*. Διαθέτει επίσης ισχυρές αντιμυκητιακές ιδιότητες μέσω της ικανότητάς της να καταστρέφει την πλασματική μεμβράνη των μυκήτων (Furneri et al., 2004).

3.5.4 Επίδραση στον μεταβολισμό των λιποπρωτεϊνών

Τα καροτενοειδή εμφανίζουν θετικές επιδράσεις στον μεταβολισμό των λιποπρωτεϊνών και ιδιαίτερα η ασταξανθίνη. Διαπιστώθηκε πως η χορήγηση ασταξανθίνης μείωσε την συσσώρευση λιπιδίων στο ήπαρ βελτιώνοντας τον μεταβολισμό των λιπιδίων και γενικότερα το λιπιδαιμικό προφίλ. Παρόμοιες ιδιότητες εντοπίστηκαν και για τα υπόλοιπα καροτενοειδή (Amengual, 2019).

Η φουκοξανθίνη επιδρά θετικά στον μεταβολισμό των λιπιδίων καθώς και στα χαρακτηριστικά των λιπιδικών κυττάρων μέσω της βελτίωσης του μεταβολισμού των λιπιδίων και της μείωσης του μεγέθους τους. Βέβαια το συγκεκριμένο καροτενοειδές για να μπορέσει να ασκήσει τις θετικές του επιδράσεις θα πρέπει να μεταβολιστεί στο ήπαρ ή στο έντερο (Gille et al., 2019).

Ο μεταβολισμός της βιταμίνης E σχετίζεται άμεσα με τον μεταβολισμό της χοληστερόλης κι επομένως των λιποπρωτεϊνών. Αυτές οι διεργασίες εξαρτώνται από συγκεκριμένες πρωτεΐνες που δεσμεύουν τη χοληστερόλη στο ήπαρ και συγκεκριμένα από την πρωτεΐνη μεταφοράς α-τοκοφερόλης που επιδρά στον μεταβολισμό των τριγλυκεριδίων καθώς και στα φωσφολιπίδια στην μεμβράνη του ήπατος καθώς και άλλων ιστών (Zingg, 2015).



Εικόνα 12 Ο πολύπλοκος ρόλος της βιταμίνης E στον μεταβολισμό. Τα κύρια στάδια του εντερικού, ηπατικού και μετα-ηπατικού μεταβολισμού της βιταμίνης E. Στο ήπαρ περιλαμβάνουν κυτταρική πρόσληψη, υποκυτταρική διακίνηση, βιομετασχηματισμό, ενσωμάτωση σε σωματίδια VLDL και απέκκριση για κατανομή στους ιστούς. LCMs: μεταβολίτες μακράς αλυσίδας. MCMs: πολυκυκλικοί μεταβολίτες. SCMs: μεταβολίτες βραχείας αλυσίδας. CEHCs: καρβοξυαιθυλο υδροξυχρωμάνια (φυσικοί μεταβολίτες βιταμίνης E). VE: βιταμίνη E; LPL: λιποπρωτεϊνική λιπάση. Πηγή : <https://www.mdpi.com/2076-3921/11/5/989>

Το ελαικό οξύ έχει συσχετιστεί με την αυτοφαγία των λιπιδικών κυττάρων δηλαδή την λιποφαγία. Στην διαδικασία αυτή αποικοδομούνται τα λιπίδια μέσω της στρατολόγησης των αυτοφαγοσωμάτων από το ελαικό οξύ. Τα αυτοφαγοσώματα αποικοδομούν τα λιπιδικά κύτταρα με θετικές επιδράσεις στον οργανισμό (Taccopi et al., 2023).

Η υδροξυτυροσώλη αναστέλλει τη λιπογένεση, τη σύνθεση λιπαρών οξέων και χοληστερόλης και το μεταβολισμό των γλυκερολιπιδίων, ενώ παράλληλα ρυθμίζει το μεταβολισμό των λιπιδίων. Έχει ευεργετική επίδραση στην υπερλιπιδαιμία, την παχυσαρκία και τη δυσλειτουργία του λευκού λιπώδους ιστού (Valenzuela et al., 2017).

3.5.5 Ηπατοπροστατευτικές ιδιότητες

Μεταξύ των ιδιοτήτων της ελευρωπαίνης, οι ηπατοπροστατευτικές ιδιότητες είναι αξιοσημείωτες. Η ελευρωπαίνη διαθέτει ηπατοπροστατευτικές ιδιότητες μέσω του μετριασμού του οξειδωτικού στρες που προκαλείται από συσσώρευση νιτρικών. Ο ρόλος της στην πρόληψη της οξείας ηπατικής βλάβης αποδόθηκε στην επαγωγή της HO-1, εν μέρει μέσω της ανορθωτικής ρύθμισης του μεταγραφικού παράγοντα Nrf2 (Domitrovic et al., 2012).

3.5.6 Αντικαρκινικές ιδιότητες

Τα καροτενοειδή, όπως η λουτεΐνη, η ζεαξανθίνη, η φουκοξανθίνη, το α-καροτένιο, το β-καροτένιο, η ασταξανθίνη και η β-κρυπτοξανθίνη, έχει αποδειχθεί ότι έχουν αντικαρκινική δράση και μπορεί να είναι απαραίτητα για την πρόληψη του καρκίνου.

Εκτός από τις αντιοξειδωτικές τους ιδιότητες έχουν την ικανότητα να διεγείρουν το ανοσοποιητικό σύστημα αναστέλλοντας την ανάπτυξη των καρκινικών κυττάρων. Ταυτόχρονα η δράση τους έχει σχετιστεί με την πρόκληση της απόπτωσης των καρκινικών κυττάρων μέσω κατακερματισμού του DNA τους και αναστολής του κυτταρικού τους πολλαπλασιασμού. Επιπλέον μελέτες έχουν δείξει πως μειώνουν την πιθανότητα μετάστασης των καρκινικών κυττάρων (Olatunde et al., 2020).

Οι αντιφλεγμονώδεις ιδιότητες της βιταμίνης E είναι υπεύθυνες για τις αντικαρκινικές της ιδιότητες. Συγκεκριμένα, έχει βρεθεί πως οι τοκοφερόλες μειώνουν την ανάπτυξη και πολλαπλασιασμό των όγκων έως και κατά 30%. Ταυτόχρονα προάγουν την απόπτωση των καρκινικών κυττάρων και παρεμποδίζουν την ανάπτυξη νέων όγκων (Didier et al., 2023).

Όπως και τα υπόλοιπα MUFA έτσι και το ελαιικό οξύ έχει σχετιστεί με αντικαρκινικές ιδιότητες. Το ελαιικό οξύ μεταβάλλει το οξειδοαναγωγικό δυναμικό των κυττάρων μειώνοντας την παραγωγή ROS καθώς προάγει την παραγωγή καταλάσης που δρα αντιοξειδωτικά. Ταυτόχρονα προάγει την απόπτωση των κυτταρικών κυττάρων μέσω της απελευθέρωσης Ca^{2+} από τον ενδοκυτταρικό χώρο (Carillo Perez et al., 2012).

Η ελευρωπαϊνή έχει αποδειχθεί ότι έχει αντικαρκινικές επιδράσεις λόγω της ικανότητάς του να τροποποιεί τη γονιδιακή έκφραση και τη δραστηριότητα διαφόρων πρωτεϊνών σηματοδότησης που εμπλέκονται στον πολλαπλασιασμό και την απόπτωση των καρκινικών κυττάρων. Ταυτόχρονα έχει επίσης δείξει δυνατότητες στη θεραπεία του καρκίνου του παχέος εντέρου, της γλώσσας, του σαρκόματος και του δέρματος. Τέλος έχει αποδειχθεί πως διαθέτει κυτταροτοξικές επιδράσεις αυξάνοντας την κυτταροτοξική δράση της δακαρβαζίνης και του εβερολίμου, συμβατικών φαρμάκων που χρησιμοποιούνται στη θεραπεία του μελανώματος ενώ ενισχύει τις δράσεις των χημιοθεραπευτικών ουσιών που χρησιμοποιούνται σήμερα (Hassan et al., 2012).

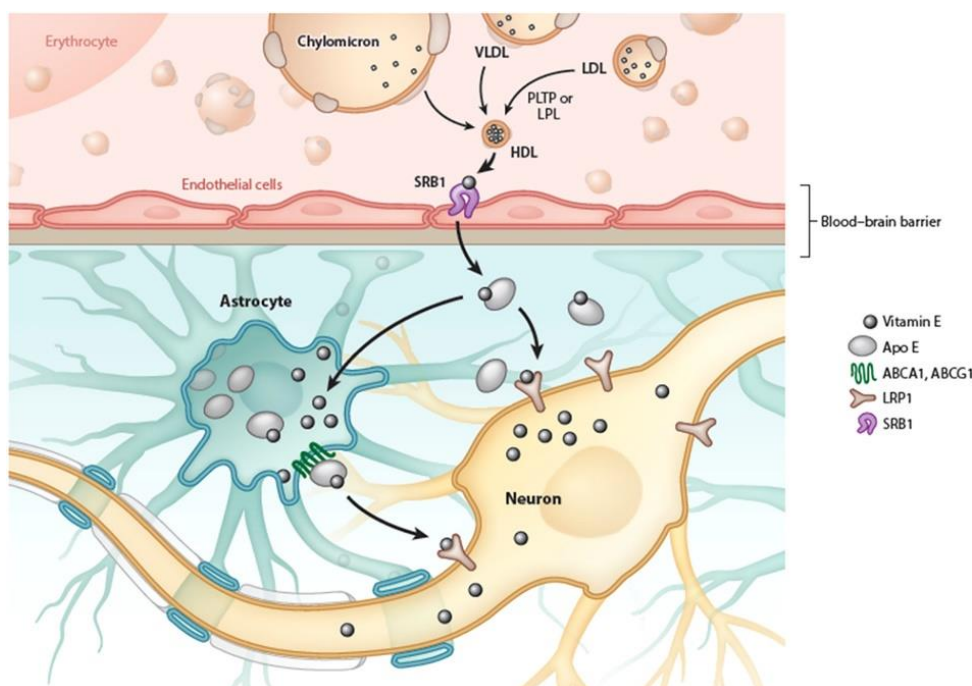
Την τελευταία δεκαετία, πολυάριθμες *in vitro* και *in vivo* μελέτες έχουν δείξει τις αντικαρκινικές επιδράσεις της υδροξυτυροσόλης έναντι διαφόρων κακοήθων κυττάρων, με διάφορους μηχανισμούς που προτείνονται. Η υδροξυτυροσόλη υπάρχει σε χαμηλές συγκεντρώσεις στο ελαιόλαδο και φτάνει σε σημαντικά επίπεδα στο παχύ έντερο λόγω της γαστρικής υδρόλυσης και της κολικής ζύμωσης των σεκοϊριδοειδών. Είναι πιθανότατα σημαντικός υποψήφιος για την προώθηση της απόπτωσης σε κύτταρα ανθρώπινου αδενοκαρκινώματος του παχέος εντέρου. Συγκεκριμένα μειώνει τον πολλαπλασιασμό και αυξάνει την απόπτωση των καρκινικών κυττάρων βοηθώντας στην αντιμετώπιση διαφόρων ειδών καρκίνου. Επιπλέον έχει σχετιστεί θετικά με την ικανότητα των κυττάρων να απομακρύνουν το H_2O_2 το οποίο δρα αυξάνοντας το οξειδωτικό στρες (Calahorra et al., 2018). Οι ευεργετικές αντικαρκινικές επιδράσεις της υδροξυτυροσόλης έχουν διερευνηθεί σε διάφορους τύπους καρκίνου, υποδεικνύοντας τις δυνατότητές του για ευρεία χρήση στην πρόληψη και θεραπεία του καρκίνου (Imram et al., 2018).

Τα MUFA έχει βρεθεί ευρέως πως προκαλούν την απόπτωση σε διάφορες κυτταρικές σειρές μέσω μηχανισμών κυτταρικού θανάτου και μέσω της μείωσης της παραγωγής ROS. Επιπλέον βελτιώνουν την δυσλειτουργία των μιτοχονδρίων και την καταστροφή τους από τα ROS επάγοντας την απόπτωση των καρκινικών κυττάρων.

3.5.8 Νευροπροστατευτικές ιδιότητες

Οι ισχυρές αντιοξειδωτικές και αντιφλεγμονώδεις ιδιότητες των καροτενοειδών τα έχουν καταστήσει και μόρια που δρουν προστατευτικά απέναντι στις ασθένειες του νευρικού συστήματος. Τα καροτενοειδή προστατεύουν τα λιπίδια και της πρωτεΐνες από οξείδωση διατηρώντας την δομή των νευρικών κυττάρων όταν βρίσκονται σε συνθήκες φλεγμονής όπως παρατηρείται στις νευροεκφυλιστικές ασθένειες (Gandla et al., 2023).

Η βιταμίνη Ε πλέον έχει αναγνωριστεί και σαν απαραίτητη βιταμίνη για την ομαλή λειτουργία του νευρικού συστήματος και έχει αποδειχθεί πως δρα προστατευτικά ακόμα και σε ορισμένες περιπτώσεις προληπτικά και θεραπευτικά απέναντι στις παθήσεις του νευρικού συστήματος όπως η νόσος Αλτσχάιμερ και νόσος Πάρκινσον. Πιο αναλυτικά η βιταμίνη Ε μεταφέρεται από το ήπαρ προς τους νευρώνες μέσω των σωματιδίων της HDL χοληστερόλης τόσο διακυτταρικά όσο και ενδοκυτταρικά λειτουργώντας σαν αντιοξειδωτικό προστατεύοντας τα νευρικά κύτταρα από οξείδωση κι επιπλέον μειώνει και τις φλεγμονές (Lee & Ulatowski, 2019).



Εικόνα 13 Η μεταφορά της βιταμίνης Ε στα νευρικά κύτταρα Πηγή : <https://iubmb.onlinelibrary.wiley.com/cms/asset/865e9351-44ee-45ea-88d9-a9e215550d9a/iub1993-fig-0002-m.jpg>

Η ελευρωπαΐνη δρα θετικά προστατεύοντας τα κύτταρα του νευρικού συστήματος από εκφυλισμό τους, μειώνοντας την πιθανότητα εμφάνισης ασθενειών. Πιο αναλυτικά, έχει βρεθεί πως μειώνει την απόπτωση των νευρικών κυττάρων ενώ ταυτόχρονα

αναστέλλει την παρουσία ROS και αυξάνει την αντιοξειδωτική άμυνα των κυττάρων. Η αγλυκόνη ελευρωπαίνη εμποδίζει τη συσσωμάτωση και την κυτταροτοξικότητα του αμυλοειδούς, ευνοώντας το σχηματισμό σταθερών, αβλαβών πρωτοϊνιδίων βοηθώντας στην διατήρηση της σταθερότητας και ακεραιότητας των νευρικών κυττάρων. Επιπλέον, η ελευρωπαίνη μπορεί να αποτρέψει τη νευρωνική εκφύλιση μειώνοντας τον θάνατο των νευρώνων μέσω μείωσης της μιτοχονδριακής παραγωγής ROS (Leri et al., 2018).

Έχει αποδειχθεί πως η υδροξυτυροσόλη διαθέτει νευροπροστατευτικές ιδιότητες τόσο *in vitro* όσο και *ex vitro*. Σε άτομα που πάσχουν από *Alzheimer* η υδροξυτυροσόλη προστατεύει τα νευρικά κύτταρα από την επαγόμενη από αμυλοειδές-β τοξικότητα και εμπόδιζε την ινιδροποίηση της ταυρίνης. Αναστέλλει την ενδογενή οξείδωση της ντοπαμίνης, μετριάζει την αυθόρμητη οξείδωση και προστατεύει από τον επαγόμενο από ντοπαμίνη και 6-υδροξυδοπαμίνη θάνατο ντοπαμινεργικών κυττάρων. Τέλος προστατεύει από οξειδωτικό στρες που προκαλείται από την αιθανόλη (Carito et al., 2017).

Τα ω3 λιπαρά οξέα που ανήκουν στην κατηγορία των MUFA αποτελούν ιδιαίτερα προστατευτικά μόρια απέναντι στα νευρικά κύτταρα δρώντας κατασταλτικά στην φλεγμονή των μικρολοίων καθώς και στις φλεγμονώδεις αποκρίσεις μέσω της μείωσης των φλεγμονώδων κυττάρων NF-Β. Βέβαια είναι πιθανό πως κι άλλοι μηχανισμοί προσδίδουν στα ω3 λιπαρά οξέα νευροπροστατευτικές ιδιότητες όμως μέχρι στιγμής δεν είναι σαφείς (Zhang et al., 2010).

Κεφάλαιο 4ο : Φαρμακευτικές εφαρμογές ελαιόλαδου

4.1 Απομόνωση βιοδραστικών ουσιών κι εφαρμογές για αντιμετώπιση παθήσεων

4.1.1 Διαβήτης

Ο σακχαρώδης διαβήτης είναι ένα παγκόσμιο πρόβλημα δημόσιας υγείας που επηρεάζει 347 εκατομμύρια ανθρώπους, με τον διαβήτη τύπου II να αντιπροσωπεύει το 95% των περιπτώσεων. Η διαταραχή αυτή περιλαμβάνει υπεργλυκαιμία που προκαλείται από αντίσταση στην ινσουλίνη ή ανεπαρκή έκκριση ινσουλίνης.

Τα φυσικά αντιοξειδωτικά έχει αποδειχθεί ότι παίζουν ρόλο στη διαχείριση του διαβήτη και υπάρχει αυξανόμενο ενδιαφέρον για την ανάπτυξη φυσικών θεραπευτικών παραγόντων για τον διαβήτη τύπου 2. Οι θεραπείες που αποσκοπούν στη μείωση της μεταγευματικής υπεργλυκαιμίας μπορούν να βοηθήσουν στον έλεγχο του διαβήτη τύπου 2 και των επιπλοκών του. Τα ένζυμα που εμπλέκονται στην πέψη των υδατανθράκων, όπως η α-αμυλάση και οι α-γλυκοσιδάσες, μπορούν να ανασταλούν για τη μείωση της μεταγευματικής υπεργλυκαιμίας. Αυτά τα ένζυμα απελευθερώνουν μαλτόζη, δεξτρίνες και μηλοτριόζη, οι οποίες στη συνέχεια υδρολύονται από τα ένζυμα α-γλυκοσιδάσες των ορίων των βουρτσών, απελευθερώνοντας γλυκόζη, γαλακτόζη και φρουκτόζη (Sales et al., 2012).

Οι αναστολείς της α-αμυλάσης μπορούν να λειτουργήσουν θεραπευτικά απέναντι στον διαβήτη τύπου 2. Η ανασταλτική δράση της αμυλάσης διαφόρων φυσικών φαινολικών εκχυλισμάτων φυτών έχει εξεταστεί σε αρκετές *in vitro* μελέτες για να προσδιοριστεί η λειτουργία τους στη θεραπεία και τη διαχείριση του διαβήτη τύπου 2. Η ικανότητα των φαινολικών ενώσεων να συζευγνύονται με α-αμυλάση μπορεί, ωστόσο, να χρησιμοποιηθεί για να εξηγηθεί πώς οι φαινολικές ενώσεις επιβραδύνουν τη δράση της α-αμυλάσης. Μεταξύ των φαινολών τα φλαβονοειδή έχουν την υψηλότερη ανασταλτική δράση απέναντι στην α-αμυλάση γεγονός που προσδίδει στο ελαιόλαδο ανιδιαβητικές ιδιότητες. Μεταξύ των φλαβονοειδών υψηλότερη ανασταλτική δράση έχει συνδεθεί με την αγλυκόνη ελευρωπαίνης (Sales et al., 2012).

Επιπλέον η ψηλότερη πρόσληψη ελαιόλαδου έχει συσχετιστεί με χαμηλότερο κίνδυνο εμφάνισης σακχαρώδη διαβήτη τύπου 2. Η αντικατάσταση άλλων τύπων λιπών και σάλτσας σαλάτας με ελαιόλαδο έχει επίσης συνδεθεί με μειωμένο κίνδυνο εμφάνισης διαβήτη τύπου 2. Σε σύγκριση με το ηλιέλαιο ή ένα μείγμα φυτικών ελαίων, έχει διαπιστωθεί ότι τα άτομα που καταναλώνουν ελαιόλαδο έχουν χαμηλότερη αντίσταση στην ινσουλίνη. Μια διασταυρούμενη τυχαιοποιημένη δοκιμή διαπίστωσε ότι η καθημερινή πρόσληψη έξτρα παρθένου ελαιόλαδου για οκτώ εβδομάδες συσχετίστηκε με χαμηλότερη γλυκόζη πλάσματος νηστείας, HbA1c και φλεγμονώδεις αδιποκίνες σε υπέρβαρους ασθενείς με διαβήτη τύπου 2 (Carnevale et al., 2017).

Λόγω των ισχυρών αντιοξειδωτικών ιδιοτήτων τους, οι φαινόλες μπορεί να έχουν πιθανές αντιδιαβητικές επιδράσεις. Η αλληλεπίδρασή τους με ενδοκυτταρικά μονοπάτια σηματοδότησης, όπως ο πυρηνικός μεταγραφικός παράγοντας (ερυθροειδούς προέλευσης 2) - όπως ο Nrf2 (Nrf2), ο οποίος εμπλέκεται στη ρύθμιση της έκφρασης αντιοξειδωτικών πρωτεϊνών που προστατεύουν από οξειδωτικές βλάβες, αποδεικνύεται από ζωικά μοντέλα και *in vitro* έρευνες.

Η υδροξυτυροσώλη και ελευρωπαίνη μπορεί να διαδραματίζουν ρόλο στην προστασία των κυττάρων από το οξειδωτικό στρες ενεργοποιώντας το μονοπάτι Nrf2/ARE με δόσοεξαρτώμενο τρόπο, με την υδροξυτυροσώλη να εμφανίζει ισχυρή δράση απορρόφησης ριζών και την ικανότητα να ρυθμίζει προστατευτικά ένζυμα όπως η αναγωγή της θειορεδοξίνης (Peng et al., 2015).

Ταυτόχρονα η υδροξυτυροσώλη έχει βρεθεί πως μπορεί να βελτιώσει την αντίσταση στην ινσουλίνη και διαθέτει συνεργαστική δράση με τα υπόλοιπα φαινολικά συστατικά (χλωρογενικό, φερούλικό, καφεϊκό και ταννικό οξύ). Η δράση τους οφείλεται στην ικανότητά τους να αναστέλλουν τα ένζυμα α-αμυλάση, β-γλυκοσιδάση και την εξαρτώμενη από το νάτριο μεταφορά γλυκόζης με τη μεσολάβηση του SGLT1, επηρεάζοντας δυνητικά τον μεταβολισμό της γλυκόζης αναστέλλοντας την πέψη και την απορρόφηση των υδατανθράκων (Narita & Inouye, 2009).

Η ελευρωπαίνη έχει την ικανότητα μείωσης του επιπέδου σακχάρων κοντά στο φυσιολογικό χωρίς τις παρενέργειες που έχουν τα αντιδιαβητικά φάρμακα. Αναλυτικότερα οδηγεί σε μείωση της γλυκοζυλιωμένης αιμοσφαιρίνης ενώ ταυτόχρονα βοηθάει στην αναγέννηση των β-κυττάρων του παγκρέατος. Επιπλέον έχει

συσχετιστεί και με βελτίωση της πέψης του αμύλου ομαλοποιώντας την γλυκόζη στο αίμα (Mansour et al., 2023).

Τα φαινορικά συστατικά του ελαιόλαδου σχετίζονται και με την πρόληψη αλλά και βελτίωση της έκβασης του διαβήτη τύπου 2. Τα φαινορικά συστατικά έχουν συνδεθεί με διάφορους προστατευτικούς μηχανισμούς απέναντι στα κύτταρα του παγκρέατος.

Σε αυτούς περιλαμβάνονται οι επιδράσεις της ελαιοευρωπαϊνης στη μείωση της συσσωμάτωσης αμυλοειδούς, στην πρόληψη της φλεγμονής και της επαγόμενης από κυτταροκίνες οξειδωτικής βλάβης των β-κυττάρων του παγκρέατος και στην ενίσχυση της λειτουργίας των β-κυττάρων. Ταυτόχρονα τα φαινορικά έχουν συνδεθεί με μείωση των επιπέδων γλυκόζης και χοληστερόλης, τη συγκράτηση της έκφρασης γονιδίων που εμπλέκονται στη λιπογένεση, τη θερμογένεση και την αντίσταση στην ινσουλίνη και τη μείωση της πέψης και της εντερικής απορρόφησης των διαιτητικών υδατανθράκων στη βλεννογόνο και στην ορογόνο πλευρά του εντερικού σωλήνα. Ωστόσο η ακριβής επίδραση των φαινολών στους παθοφυσιολογικούς μηχανισμούς του διαβήτη δεν είναι πλήρως γνωστοί ιδιαίτερα στην ανθρώπινη παθοφυσιολογία

Συμπερασματικά, η κατανάλωση ελαιόλαδου σχετίζεται με μία πολύπλοκη επιρροή στον μεταβολισμό γλυκόζης και στους μηχανισμούς που σχετίζονται με την εμφάνιση κι έκβαση του διαβήτη λειτουργώντας προληπτικά και θεραπευτικά. Εξ ού και τα μειωμένα ποσοστά εμφάνισης διαβήτη στις μεσογειακές χώρες.

4.1.2 Καρδιαγγειακές παθήσεις

Παρά τον υψηλό επιπολασμό των παραδοσιακών παραγόντων καρδιαγγειακού κινδύνου, οι χώρες της Νότιας Ευρώπης έχουν αξιοσημείωτα χαμηλά ποσοστά στεφανιαίας νόσου, με το ελαιόλαδο να έχει αποδειχθεί σαν τον κύριο υπεύθυνο για αυτή την θετική επίδραση (Degano et al., 2013).

Έχει αναφερθεί μία αντίστροφη σχέση μεταξύ της κατανάλωσης ελαιόλαδου και τόσο της θνησιμότητας όσο και της επίπτωσης της στεφανιαίας νόσου (Bendinlli et al., 2011). Αυτή η θετική επίδραση οφείλεται κυρίως στο γεγονός πως η κατανάλωση ελαιόλαδου έχει ευεργετικές επιδράσεις στο σύστημα πήξης του αίματος του οργανισμού. Βελτιώνει την παραγωγή παραγόντων πήξης και βιοδεικτών που σχετίζονται με τη συσσώρευση αιμοπεταλίων, προωθώντας έτσι ένα πιο ισορροπημένο θρομβογενετικό προφίλ (Capurso et al., 2014).

Επιπλέον, μελέτες έχουν δείξει ότι τα πλούσια σε φαινόλες ελαιόλαδα μπορούν να μειώσουν την οξείδωση της LDL χοληστερόλης με πρόσφατες έρευνες να έχουν αναδείξει η τακτική κατανάλωση παρθένου ελαιόλαδου οδηγεί σε αύξηση της απομάκρυνσης της χοληστερόλης από τα κύτταρα (Hernaiz et al., 2014). Οι πολυφαινόλες φαίνεται πως αυξάνουν την κυκλοφορία της HDL που δρα προστατευτικά απέναντι στην εμφάνιση καρδιαγγειακών νοσημάτων όμως ο μηχανισμός που επιδρά το ελαιόλαδο στην αύξηση της HDL χοληστερόλης είναι ακόμα ασαφής (Gaforio et al., 2019).

Πολυάριθμες μελέτες σε ανθρώπους έχουν δείξει ότι οι (πολυ)φαινόλες του ελαιόλαδου, ιδίως η υδροξυτυροσόλη, μπορούν να διαμορφώσουν διάφορους δείκτες καρδιαγγειακής νόσου. Η έρευνα αυτή, η οποία περιλαμβάνει διατροφονομικές και πρωτεομικές μελέτες, έχει προχωρήσει στην κατανόηση του υγειονομικού δυναμικού του ελαιόλαδου. Αν και η υδροξυτυροσόλη έχει μέτρια επίδραση στις συγκεντρώσεις χοληστερόλης, διαμορφώνει θετικά άλλους παράγοντες κινδύνου καρδιαγγειακών παθήσεων ενώ σε συνδυασμό με άλλα συστατικά του ελαιόλαδου μπορεί συμβάλλει στις καρδιοπροστατευτικές του ιδιότητες (Bernardini & Visioli, 2017).

Τα φλαβανοειδή που περιέχονται στο ελαιόλαδο έχουν αποδειχθεί πως δρουν θετικά στην μείωση της αρτηριακής πίεσης. Η αντιυπερτασική δράση του ελαιόλαδου σχετίζεται με την υψηλή περιεκτικότητά του σε ελαϊκό οξύ και την παρουσία πολυφαινολικών ενώσεων (Loizzo et al., 2011).

Σχετικά με τον μηχανισμό που σχετίζεται με την μείωση της υπέρτασης το ελαιόλαδο ρυθμίζει το σύστημα τρνίνης, αγγειοτασίνης, αλδροστερόνης. Το σύστημα ρενίνης αγγειοτενσίνης αλδοστερόνης παίζει καθοριστικό ρόλο στη ρύθμιση της αρτηριακής πίεσης. Η ρενίνη είναι ένα ένζυμο που συντίθεται στο νεφρό και μετατρέπει το αγγειοτενσινογόνο σε αγγειοτενσίνη I, η οποία μεταβάλλεται σε αγγειοτενσίνη II από το ένζυμο μετατροπής της αγγειοτενσίνης (ΜΕΑ). Η αγγειοτενσίνη II έχει αγγειοσυσταλτική επίδραση, αυξάνοντας την αρτηριακή πίεση και αυξάνοντας την έκκριση της ορμόνης αλδοστερόνης στα νεφρά. Οι αναστολείς ενζύμου μετατροπής της αγγειοτασίνης θεωρούνται κύρια αντιυπερτασικά φάρμακα και έχουν μειώσει σημαντικά τη θνησιμότητα σε υπερτασικούς ασθενείς (Loizzo et al., 2011).

4.1.3 Παχυσαρκία

Η παχυσαρκία αποτελεί μία πολυπαραγοντική νόσο που σχετίζεται με την ομαλή λειτουργία των συστημάτων του οργανισμού και επηρεάζεται από ένα μεγάλο πλήθος διεργασιών.

Ο μεταβολισμός των λιπαρών σχετίζεται άμεσα με την παχυσαρκία καθώς και οι φλεγμονές των λιποκυττάρων. Ο λιπώδης ιστός αποτελεί βασικό σημείο εστίασης της καρδιομεταβολικής πρόληψης, επειδή παράγοντες όπως η φλεγμονή, το οξειδωτικό στρες και η απελευθέρωση λιποκυτοκινών συμβάλλουν στους καρδιαγγειακούς κινδύνους.

Τα φαινορικά συστατικά του ελαιόλαδου ενισχύουν την λειτουργία των μιτοχονδρίων προάγοντας την μιτοχονδριακή βιογένεση βελτιώνοντας το γενικότερα μεταβολικό προφίλ αλλά και συγκεκριμένα τον μεταβολισμό των λιπαρών προάγοντας την ομαλή μεταβολική λειτουργία των λιπώδων κυττάρων.

Η ομαλή λειτουργία των μιτοχονδρίων επιτυγχάνεται μέσω της αυξημένης ενεργοποίησης του συνενεργοποιητή 1 άλφα του υπεροξεισωματικού πολλαπλασιαστή-ενεργοποιημένου υποδοχέα και της αυξημένης έκφρασης των σχετικών πρωτεϊνών (Hao et al., 2010).

Ταυτόχρονα τα φαινορικά συστατικά του ελαιόλαδο είναι υπεύθυνα για την ενίσχυση της παραγωγής των αντιοξειδωτικών ενζύμων και των ενζυμικών μονοπατιών που ελέγχονται από την γλουταθειόνη στον λιπώδη ιστό (Gaforio et al., 2019).

4.1.4 Παθήσεις του ήπατος

Το ήπαρ είναι ένα ζωτικό όργανο με πολλαπλές λειτουργίες. Διαδραματίζει ρόλο στη ρύθμιση του εσωτερικού χημικού περιβάλλοντος του σώματος. Επιπλέον, είναι υπεύθυνο για τον έλεγχο της απορρόφησης και του μεταβολισμού των φαρμάκων και άλλων ξένων ουσιών, προστατεύοντας έτσι τον οργανισμό από εξωτερικούς μολυσματικούς παράγοντες. Το ελαιόλαδο μπορεί να δράσει προστατευτικά αλλά και θεραπευτικά σε μία πληθώρα παθοφυσιολογικών καταστάσεων του ήπατος.

Το έξτρα παρθένο ελαιόλαδο περιέχει ελαϊκό οξύ και πολυφαινόλες, οι οποίες έχουν βρεθεί να έχουν προστατευτικές επιδράσεις στο ήπαρ. Αυτά τα σημαντικά συστατικά του ελαιόλαδου έχουν αποδείξει την ικανότητά τους να προλαμβάνουν διάφορες ηπατικές διαταραχές, όπως η ηπατική ινωδογένεση, η διόγκωση των ηπατοκυττάρων

και η ηπατική στεάτωση. Ως αποτέλεσμα, βοηθούν στην πρόληψη της ηπατικής βλάβης που προκαλείται από διάφορες παθολογικές καταστάσεις με τα MUFA να προστατεύουν την ηπατική στεάτωση των ηπατικών κυττάρων (Han et al., 2016).

Άλλοι μηχανισμοί πίσω από τις θετικές επιδράσεις του ελαιόλαδο στην ηπατική παθολογία σχετίζονται και με την μείωση της υπεροξειδωσής των λιπιδίων και την έκφραση της α-ομαλής μυϊκής ακτίνης (πρωτεΐνη με σημαντικό ρόλο στην κυτταρική δομή) με αποτέλεσμα να λειτουργεί σαν φυσικό θεραπευτικό φάρμακο απέναντι στις παθήσεις του ήπατος (Wang et al., 2014).

Το ελαιόλαδο επίσης μέσω της ιδιαίτερης σύστασής του δρα προστατευτικά αλλά και θεραπευτικά στην λιπώδη διήθηση του ήπατος. Τα αντιοξειδωτικά συστατικά του ελαιόλαδου έχουν την ικανότητα να διορθώνουν την μιτοχονδριακή δυσλειτουργία και αποκορεσμό των μεμβρανών, προκαλώντας τελικά σημαντική αύξηση του λόγου SREBP1c/PPAR- και μειώνουν κατά συνέπεια την συσσώρευση λίπους στο ήπαρ αλλά και οξειδωση των λιπιδίων (Barrera et al., 2018).

Η υδροξυτυροσώλη επιπλέον δρα αντιοξειδωτικά μειώνοντας την παραγωγή ανιόντων υπεροξειδίου, με την μείωση αυτή να είναι ευεργετική καθώς προστατεύει από βλάβες στο DNA και ελαχιστοποιεί τον κίνδυνο εμφάνισης ηπατοκυτταρικού καρκινώματος (Zhao et al., 2014). Ταυτοχρόνως εμφανίζει δόσοεξαρτώμενη αποπτωτική δράση απέναντι στα ηπατικά κύτταρα μέσω του μονοπατιού PI3K/AKT (Yan et al., 2015). Τέλος μέσω της βελτίωσης της λειτουργίας των μιτοχονδρίων βελτιώνει την έκβαση της λιπώδους διήθησης του ήπατος μέσω της βελτίωσης της μιτοχονδριακής λειτουργίας (Tian et al., 2018).

Ταυτόχρονα τα MUFA που περιέχονται στο ελαιόλαδο μειώνουν το οξειδωτικό στρες των ηπατικών κυττάρων επιδρώντας θετικά στην λειτουργία των ηπατικών μιτοχονδρίων και κατά συνέπεια στην λειτουργία του αλλά και εμμέσως στο λιπιδαιμικό προφίλ του οργανισμού (Kasdallah – Grissa et al., 2008).

Σχετικά με την βελτίωση του λιπιδαιμικού προφίλ, η παραγωγή και ο μεταβολισμός του λίπους πραγματοποιείται στο ήπαρ από όπου εκεί εισέρχονται στην ροή αίματος για να μεταφερθούν σε όλα τα μέρη του οργανισμού. Η κατανάλωση ελαιόλαδου βελτιώνει την εκροή χοληστερόλης από το ήπαρ αυξάνοντας την HDL χοληστερόλη μέσω βελτίωσης της μιτοχονδριακής λειτουργίας των ηπατικών κυττάρων (Ortiz et al., 2020).

Έτσι συνοπτικά τα αντιοξειδωτικά συστατικά του ελαιόλαδου προάγουν την ομαλή λειτουργία των ηπατικών κυττάρων προστατεύοντας από την εμφάνιση παθογενών καταστάσεων αλλά και βελτιώνοντας την έκβασή τους.

4.1.5 Καρκίνος

Το ελαιόλαδο περιέχει μία πληθώρα ενώσεων που δρουν τόσο προληπτικά όσο και θεραπευτικά απέναντι στον καρκίνο.

Η μεσογειακή διατροφή συνδέεται με χαμηλότερη συχνότητα εμφάνισης διαφόρων τύπων καρκίνου, με την κατανάλωση ελαιόλαδου να σχετίζεται με χαμηλότερη συχνότητα εμφάνισής του.

Μια ανισορροπία στον οξειδοαναγωγικό κώδικα οδηγεί σε αυξημένη φλεγμονή και απορρύθμιση του κυτταρικού κύκλου, μεταβάλλοντας την κυτταρική αντιγραφή. Παράγοντες μεταγραφής όπως ο NF-κB, ο STAT3, η MAPK και ο HIF1α διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στη ρύθμιση των φλεγμονωδών μεσολαβητών. Αυτοί οι παράγοντες, με τη σειρά τους, πυροδοτούν την ενεργοποίηση της COX2, στρατολογούν και ενεργοποιούν τα λευκοκύτταρα και ενεργοποιούν το φλεγμονώδες των καρκινικών κυττάρων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ένα φλεγμονώδες μικροπεριβάλλον που σχετίζεται με τον καρκίνο. Τα φαινολικά συστατικά του ελαιόλαδου έχει αποδειχθεί πως διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην μείωση του κινδύνου εμφάνισης καρκίνου μέσω της διαμόρφωσης της μεταγραφής των φλεγμονωδών παραγόντων (Fogelstrand & Boren, 2012).

Πρόσφατες μελέτες έχουν αναδείξει το ελαιόλαδο ως δυνητική προστασία από τη λευχαιμία στα παιδιά και από διάφορους τύπους καρκίνου, συμπεριλαμβανομένου του καρκίνου του παχέος εντέρου και του καρκίνου των πλακώδων κυττάρων του οισοφάγου. Η ενσωμάτωση του ελαιόλαδου στη διατροφή του ατόμου έχει βρεθεί ότι μειώνει την εμφάνιση καρκινικών αλλοιώσεων και όγκων (Grosso et al., 2013).

Οι χημειοπροληπτικές ιδιότητες του ελαιόλαδου έχουν συνδεθεί με τις φαινολικές ενώσεις του, όπως η υδροξυτυροσόλη, η τυροσόλη και οι φαινολικές αλκοόλες. Δευτερογενή παράγωγα όπως η ελαιοκανθάλη, η ελαιοευρωπαϊνή, η αγλυκόνη λιγστροσίδης, η αγλυκόνη ελαιοευρωπαϊνης έχουν επίσης συνδεθεί με αυτές τις ιδιότητες. Οι φαινολικές ενώσεις του ελαιόλαδου έχουν δυνατότητες πρόληψης του καρκίνου λόγω της ικανότητάς τους να προστατεύουν το DNA από την καταστροφή,

η οποία είναι ζωτικής σημασίας για την εξέλιξη και την έναρξη διαφόρων τύπων όγκων. Πιο αναλυτικά, οι φαινολικές ενώσεις του ελαιόλαδου έχουν αντικαρκινογόνες και αντιπολλαπλασιαστικές δράσεις, εν μέρει λόγω της επαγωγής των μηχανισμών άμυνας των ιστών μέσω της μείωσης παρουσίας ελεύθερων ριζών στους ιστούς. Επιπλέον, οι πολυφαινόλες που υπάρχουν στο ελαιόλαδο έχουν αποδείξει την ικανότητα να επιβραδύνουν την ανάπτυξη και την εξέλιξη του καρκίνου. Οι ενώσεις αυτές μπορούν να επηρεάσουν το ανοσοποιητικό σύστημα προωθώντας την ανάπτυξη των λευκών αιμοσφαιρίων και διεγείροντας την παραγωγή κυτταροκινών και άλλων παραγόντων που ενισχύουν την ανοσολογική αντίσταση (Grosso et al., 2013).

Μελέτες *in vitro* και *in vivo* έχουν δείξει ότι οι φαινολικές ενώσεις του ελαιόλαδου έχουν αντικαρκινογόνες ιδιότητες, καταστέλλοντας τον κυτταρικό πολλαπλασιασμό και προκαλώντας προγραμματισμένο κυτταρικό θάνατο σε ανθρώπινες λευχαιμίες και καρκίνους του μαστού. Οι λιγνάνες, τα σεκοϊριδοειδή και τα φλαβονοειδή από το παρθένο ελαιόλαδο έχουν αντικαρκινικές ιδιότητες σε ανθρώπινα κύτταρα όγκων του μαστού (Psaltopoulou et al., 2011).

Οι έρευνες δείχνουν ότι τα λιπαρά οξέα που βρίσκονται στο ελαιόλαδο μπορούν να περιορίσουν την παραγωγή προσταγλανδινών, εμποδίζοντας ενδεχομένως την ανάπτυξη όγκων. Επιπλέον, τα μονοακόρεστα λιπαρά οξέα του ελαιόλαδου έχει βρεθεί ότι επηρεάζουν θετικά το προφίλ των λιπαρών οξέων στον ανθρώπινο οργανισμό (de Souza et al., 2017).

Επιπλέον, η ελαιοευρωπαϊνή, η απιγενίνη και η λουτολεΐνη έχουν αντιπολλαπλασιαστικές επιδράσεις έναντι ανθρώπινων καρκινικών κυττάρων του μαστού. Ο καρκίνος του παχέος εντέρου αποτελεί μείζον θέμα δημόσιας υγείας, προκαλώντας το θάνατο μισού εκατομμυρίου ανθρώπων ετησίως. Μελέτες έχουν δείξει αντιπολλαπλασιαστικές δράσεις φαινολικών ουσιών που εξάγονται από παρθένο ελαιόλαδο έναντι ανθρώπινων καρκινικών κυττάρων του παχέος εντέρου, όπως η αναστολή της έναρξης, της προώθησης και των μεταστατικών σταδίων του καρκίνου του παχέος εντέρου (Faviati et al., 2011).

Σχετικά με τον μηχανισμό αντικαρκινικής δράσης, η πρόληψη της επαγόμενης από TNF φλεγμονής, η μείωση των θετικών για γαλακτοσιδάση κυττάρων και η μείωση της IL-6, της έκκρισης μεταλλοπρωτεϊνών, της COX-2 και των επιπέδων -ομαλής-ακτίνης φαίνεται να είναι οι μηχανισμοί μέσω των οποίων μειώνονται οι φλεγμονές των

κυττάρων που είναι υπεύθυνες για την δημιουργία των καρκινικών κυττάρων (Fogelstrand & Boren, 2012).

4.1.6 Νευρολογικές παθήσεις

Οι νευρολογικές ασθένειες όπως το εγκεφαλικό επεισόδιο, η νόσος του Πάρκινσον και η νόσος του Αλτσχάιμερ αποτελούν μείζονα προβλήματα για την ανθρώπινη υγεία. Αυτές οι ασθένειες έχουν κοινά χαρακτηριστικά, όπως φλεγμονή, μη φυσιολογική συσσώρευση πρωτεϊνών, κυτταρικό θάνατο, οξειδωτικό στρες, υπερβολική δραστηριότητα των εγκεφαλικών κυττάρων και διαταραχή της ισορροπίας του ασβεστίου. Υπάρχει σημαντικός αριθμός στοιχείων που υποστηρίζουν τις θετικές επιδράσεις της μεσογειακής διατροφής στην πρόληψη του νευροεκφυλισμού στον άνθρωπο (Angeloni et al., 2017).

Ειδικότερα, το ελαιόλαδο έχει βρεθεί ότι έχει θετικό αντίκτυπο στη νόσο του Πάρκινσον, καθώς οι πολυφαινόλες του ελαιόλαδου μπορούν να τροποποιήσουν διάφορες κυτταρικές διεργασίες που εμπλέκονται στην ανάπτυξη της νόσου (Maher, 2017).

Η σκλήρυνση κατά πλάκας είναι μια σύνθετη νευροεκφυλιστική νόσος που προσβάλλει το κεντρικό νευρικό σύστημα. Προκαλεί φλεγμονή, τραυματισμό των νευρικών ινών και κυττάρων, διαταραχή του αιματοεγκεφαλικού φραγμού, απώλεια της προστατευτικής κάλυψης γύρω από τα νεύρα και μη φυσιολογική ανάπτυξη των υποστηρικτικών κυττάρων (Browne et al., 2014).

Το ελαιόλαδο έχει προταθεί ως πιθανή θεραπεία για τη σκλήρυνση κατά πλάκας. Μελέτες έχουν δείξει ότι μπορεί να έχει ευεργετικά αποτελέσματα στην ανακούφιση των συμπτωμάτων και στην προώθηση της ανάρρωσης των ασθενών με σκλήρυνση κατά πλάκας (Riccio et al., 2010). Μια άλλη νευρολογική ασθένεια, η Αμυοτροφική Πλευρική Σκλήρυνση είναι μια προοδευτική πάθηση που επηρεάζει τον νωτιαίο μυελό και οδηγεί σε μυϊκή αδυναμία. Επηρεάζει επίσης τον εγκέφαλο και μπορεί να προκαλέσει παράλυση και αδυναμία των αναπνευστικών μυών, καταλήγοντας τελικά στο θάνατο. Έχει αναφερθεί ότι η πρόσληψη ελαιόλαδου καθυστερεί την εμφάνιση της Αμυοτροφικής Πλευρικής Σκλήρυνση και βελτιώνει τις κινητικές επιδόσεις. Μπορεί επίσης να αυξήσει την επιφάνεια των μυϊκών ινών και να βελτιώσει την κατάσταση των μυών επηρεάζοντας την έκφραση βασικών παραγόντων που είναι υπεύθυνοι για

την ανάπτυξη των μυών (MyoG και MyoD) και μειώνοντας το στρες στο ενδοπλασματικό δίκτυο (Oliván et al., 2014).

Τα φαινολικά συστατικά του ελαιόλαδου στη σηματοδοτική οδό του υποδοχέα 4 τύπου Toll, η οποία εμπλέκεται στους παθογενετικούς μηχανισμούς της αμυροφοκικής πλευρικής σκλήρυνσης. Επιπλέον, είναι γνωστό ότι οι φαινόλες που βρίσκονται στο ελαιόλαδο μπορούν να παρέχουν νευροπροστατευτικά αποτελέσματα μέσω της διαμόρφωσης της φλεγμονής. Πολυάριθμες μελέτες έχουν εξετάσει τις θετικές επιδράσεις του ελαιόλαδου και των φαινολικών συστατικών του σε νευρολογικά ζητήματα στοχεύοντας σε διάφορα κυτταρικά μονοπάτια. Οι επιδράσεις του ελαιόλαδου και των συστατικών του, συμπεριλαμβανομένης της ελαιοευρωπαϊνης της υδροξυτυροσόλης, της τυροσόλης και της ελαιοκανθάλης έχουν δείξει υποσχόμενα αποτελέσματα για την μείωση των φλεγμονών και την βελτίωση της υγείας των νευρικών κυττάρων (De Paola et al., 2016).

Τα φυσικά τερπένια του ελαιόλαδου όπως και οι φαινολικές ενώσεις έχουν νευροπροστατευτικές επιδράσεις. Ο μηχανισμός δράσης του σχετίζεται με την μείωση της πόλωσης των Th1/Th2 κυττάρων, οδηγώντας σε χαμηλότερα επίπεδα προφλεγμονωδών κυτταροκινών και χημειοκινών στο αίμα (Martin et al., 2010).

Τα φαινολικά συστατικά του ελαιόλαδου επίσης δρουν προληπτικά αποτρέποντας την διατάραξη του αιματοεγκεφαλικού φραγμού και να εμποδίσουν τη διήθηση φλεγμονωδών κυττάρων στο κεντρικό νευρικό σύστημα. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της αποτροπής της αύξησης έκφρασης της ειδικής γλυκοπρωτεΐνης της μυελίνης των ολιγοδενδροκυττάρων του ορού, των αντισωμάτων IgM και τη μεταστροφή της παραγωγής κυτταροκινών. Ως αποτέλεσμα μειώνονται τα επίπεδα φλεγμονωδών της ειδικής γλυκοπρωτεΐνης της μυελίνης των ολιγοδενδροκυττάρων του ορού, των αντισωμάτων IgM και τη μεταστροφή της παραγωγής κυτταροκινών και αυξάνεται η παραγωγή Th2 η οποία διαθέτει αντιφλεγμονώδεις δράσεις. Ταυτόχρονα τα τριτερπένια μειώνουν την σύνθεση προφλεγμονωδών μεσολαβητών στα μικρόγλοια μειώνοντας και πάλι την φλεγμονή στα νευρικά κύτταρα (Martin et al., 2010).

Ως εκ τούτου το ελαιόλαδο θα μπορούσε να αποτελέσει πολύτιμο εργαλείο στη θεραπεία αυτοάνοσων και νευροεκφυλιστικών ασθενειών, συμπεριλαμβανομένης της σκλήρυνσης κατά πλάκας και άλλων φλεγμονωδών ασθενειών που μεσολαβούνται από Th1 κύτταρα (Martin et al., 2012).

4.1.7 Μικροβιακές λοιμώξεις

Οι αντιμικροβιακές ιδιότητες του ελαιόλαδου το καθιστούν έναν παράγοντα πρόληψης και θεραπείας των μικροβιακών λοιμώξεων γεγονός που οφείλεται στην πληθώρα αντιμικροβιακών ενώσεων που απαρτίζουν την σύστασή του.

Οι πολυφαινόλες αποτελούν το ισχυρότερο αντιμικροβιακό κλάσμα ενώσεων του ελαιόλαδου. Διαθέτουν αντιμικροβιακές ιδιότητες με αποτέλεσμα να έχουν την ικανότητα να θανατώνουν ή να αναστέλλουν την εξάπλωση των μικροοργανισμών.

Ειδικότερα, έχει βρεθεί ότι το ελαιόλαδο περιέχει υψηλά επίπεδα φαινολικών ενώσεων που παρουσιάζουν ισχυρές αντιμικροβιακές και αντιοξειδωτικές ιδιότητες, μειώνοντας αποτελεσματικά την ανάπτυξη και τον πολλαπλασιασμό διαφόρων βακτηρίων. Η υδροξυτυροσώληστο ελαιόλαδο είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικός αντιμικροβιακός παράγοντας του ελαιόλαδου (Cayan & Erenner, 2015).

Τα πολυφαινολικά συστατικά του ελαιόλαδου αναστέλλουν την ανάπτυξη και τον πολλαπλασιασμό των *Bacillus cereus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Salmonella typhi* και *Escherichia coli*. Επιπλέον, αναστέλλουν με επιτυχία την ανάπτυξη και τον πολλαπλασιασμό τόσο του αρνητικού κατά Gram *Pseudomonas syringae* όσο και του θετικού κατά Gram *Corynebacterium michiganense* (Bilal et al., 2021).

Οι ανασταλτικές δράσεις απέναντι στους μικροοργανισμούς δείχνουν την δυναμική αντιμικροβιακή δράση κατά των εντερικών και αναπνευστικών λοιμώξεων (Bilal et al., 2021).

4.1.8 Ρευματοειδής αρθρίτιδα

Η ρευματοειδής αρθρίτιδα είναι μια σύνθετη, μακροχρόνια διαδικασία που περιλαμβάνει ανοσολογική φλεγμονή στις αρθρώσεις, προκαλώντας οίδημα, δυσκαμψία, βλάβη του χόνδρου και διάβρωση των οστών. Στην εξέλιξη της νόσου συμμετέχουν διάφορα κύτταρα του ανοσοποιητικού συστήματος, οστεοκλάστες, ινοβλαστοειδή, κύτταρα των αρθρώσεων, χονδροκύτταρα καθώς και αυταντισώματα.

Η ασθένεια χαρακτηρίζεται από φλεγμονές που εμπλέκονται διάφοροι τύποι κυττάρων και κυτταροκινών, συμπεριλαμβανομένων των ενεργοποιημένων T-κυττάρων, τα οποία παράγουν αυτοαντισώματα και εκκρίνουν προφλεγμονώδεις κυτταροκίνες. Αυτές οι κυτταροκίνες προκαλούν αρθρικά και εξωαρθρικά συμπτώματα, επηρεάζοντας τα μακροφάγα και τα Β κύτταρα.

Η κατανάλωση ελαιόλαδου φαίνεται πως δρα τόσο προληπτικά στην εμφάνιση της νόσου όσο κι ευεργετικά μέσω της αντιοξειδωτικής δράσης των φαινολικών συστατικών που περιέχει. Μία διατροφή που χαρακτηρίζεται από υψηλή κατανάλωση ελαιόλαδου σχετίζεται με επιβράδυνση της εξέλιξης της ρευματοειδούς αρθρίτιδας μέσω της αποτροπής της μετανάστευσης φλεγμονωδών κυττάρων, μείωση του οιδήματος των αρθρώσεων και μείωση της διάβρωσης των χόνδρων.

Συγκεκριμένα, τα φαινολικά συστατικά συνδέονται με μειωμένη έκκριση προφλεγμονωδών κυτταροκινών και μειωμένα επίπεδα στον ορό της πρωτεΐνης ολιγομερούς μήτρας χόνδρου (COMP) και της MMP-3. Ταυτόχρονα αναστέλλουν τα σηματοδοτικά μονοπάτια της παραγωγής φλεγμονωδών μορίων (Rosillo et al., 2014).

Μελέτες που έχουν διεξαχθεί σε προκλινικές συνθήκες έχουν επιβεβαιώσει ότι ορισμένες πολυφαινόλες που βρίσκονται στο έξτρα παρθένο ελαιόλαδο όπως η HT, η ελαιουρωπαΐνη και η ελαιοκανθάλη, διαθέτουν αντιφλεγμονώδεις ιδιότητες. Για παράδειγμα, βρέθηκε ότι η ελαιοκανθάλη μειώνει τα επίπεδα της IL-6 και της φλεγμονώδους πρωτεΐνης των μακροφάγων (MIP)-1α, τόσο σε επίπεδο πρωτεΐνης όσο και σε επίπεδο mRNA, ενώ παράλληλα μειώνει την έκφραση της πρωτεΐνης iNOS και την παραγωγή NO σε φλεγμονωδών κύτταρα των χόνδρων (Scotece et al., 2012).

Όλα τα φαινολικά συστατικά που περιέχονται στο ελαιόλαδο μειώνουν τα επίπεδα των προφλεγμονωδών κυτταροκινών (TNF-α, IL-1β και IL-6), των χημειοκινών MIP-1α και MIP-2 και της δραστηριότητας της μυελοπεροξειδάσης, η οποία αποτελεί δείκτη διήθησης ουδετερόφιλων μέσω μείωσης της υπερέκφρασης των φλεγμονωδών γονιδίων σε ινοβλάστες των αρθρώσεων (Castejon et al., 2017).

4.2 Χρήση για δημιουργία σκευασμάτων με βάση το ελαιικό οξύ

Το ελαιικό οξύ που περιέχεται στο ελαιόλαδο σχετίζεται με θετικές επιδράσεις στην υγεία λειτουργώντας τόσο προληπτικά όσο και θεραπευτικά. Για τον λόγο αυτό σε αρκετές περιπτώσεις απομονώνεται και χρησιμοποιείται για την δημιουργία σκευασμάτων τα οποία στη συνέχεια χρησιμοποιούνται για τα ευεργετικά οφέλη του στην ανθρώπινη υγεία.

Ένας τρόπος χρήσης το ελαιικό οξέος είναι με την απομόνωσή του και δημιουργία μικροκάψουλων. Συγκεκριμένα το ελαιικό οξύ μπορεί να απομονωθεί από το ελαιόλαδο και να μικρενθυλακωθεί. Για την βελτίωση της δραστικότητάς του μπορεί να

χρησιμοποιηθεί ο φορέας ολεανολικό οξύ ώστε να βελτιωθεί η διαθεσιμότητα και απορρόφησή του. Άλλα καινοτόμα σκευάσματα που μπορούν να δημιουργηθούν βάση του ελαιικού οξέος περιλαμβάνουν νανοσωματίδια, νανοκάψουλες, νανοσφαιρίδια, νανογαλακτώματα, λιποσώματα, τα στερεά λιπιδικά νανοσωματίδια και τα συστήματα αυτοεμφυτευτικής χορήγησης φαρμάκων (Fernandez – Aparicio et al., 2021).

Ταυτόχρονα το ελαιικό οξύ μπορεί να προστεθεί στο ελαιόλαδο για να το εμπλουτίσει. Το ελαιόλαδο που είναι εμπλουτισμένο με ελαιικό οξύ θεωρείται λειτουργικό τρόφιμο λόγω της αντιφλεγμονώδους δράσης τους και της ικανότητάς του να λειτουργεί προληπτικά στο μεταβολισμό σύνδρομο.

Διάφορα φαρμακευτικά σκευάσματα μπορούν να παραχθούν βάση του ελαιικού οξέος. Πιο αναλυτικά, το ελαιόλαδο που είναι εμπλουτισμένο με ελαιικό οξύ μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την δημιουργία φαρμακευτικών συνθέσεων, μαζί με έκδοχα, βοηθητικά, φορείς ή ακόμη και φάρμακα και δραστικές ουσίες (Fernandez – Aparicio et al., 2021).

Στα φαρμακευτικά σκευάσματα που περιέχουν πρόσθετα δραστικά συστατικά όπως η κουρκουμίνη, το ελαιικό οξύ χρησιμεύει ως παράγοντας βελτίωσης της βιοδιαθεσιμότητας. Τα συγκεκριμένο σκεύασμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί προληπτικά για την νόσο Αλτσχάιμερ όμως όταν ακόμα η ασθένεια βρίσκεται στα αρχικά στάδια. Λόγω της αυξημένης γαστρεντερικής απορρόφησης της κουρκουμίνης στην κυκλοφορία του αίματος, η οποία μπορεί να αποτρέψει την εμφάνιση των συμπτωμάτων της νόσου Αλτσχάιμερ, ο συνδυασμός έχει θεραπευτικές δυνατότητες. Σύμφωνα με ορισμένες αναφορές, η βιοδιαθεσιμότητα και η απορρόφηση της κουρκουμίνης και άλλων θρεπτικών συστατικών βελτιώνονται από τον συνδυασμό ολεανολικού οξέος, ουρσολικού οξέος και ελαιικού οξέος (Kashyap et al., 2016).

Μία ακόμα χρήση του ελαιικού οξέος είναι η χρήση του σαν παράγοντα διείσδυσης στο δέρμα. Πολυάριθμες μελέτες έχουν δείξει την ικανότητά του να βελτιώνει την απορρόφηση των φαρμάκων στο δέρμα, οδηγώντας σε ενισχυμένα θεραπευτικά αποτελέσματα. Φάρμακα όπως η σελεκοξίμπη, η φλουρμπιπροφαίνη, η αδαπαλένη, η πιπερίνη, η φθαλοκυανίνη ψευδαργύρου, η τραϊλάστη, η ιμικιμόδη και το 5-αμινολεβουλινικό οξύ έχουν επωφεληθεί από τις ιδιότητες του ελαιικού οξέος να διεισδύει στο δέρμα. Οι παραπάνω ενώσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμό με τα ελαιικό οξύ για την θεραπεία διαφόρων δερματικών παθήσεων, όπως

φλεγμονή, ακμή, λεύκη, καρκίνος του δέρματος, μελάνωμα και ουλές (Atef et al., 2022).

Η ικανότητά του να διεισδύει στο δέρμα αποδίδεται στην ικανότητά του να διαταράσσει τη δομή των ελασμάτων της κεράτινης στιβάδας. Το επιτυγχάνει αυτό προκαλώντας διαταραχή και ρευστοποίηση μεταξύ των φυσικών λιπιδίων του δέρματος, οδηγώντας σε μείωση της λειτουργίας του δερματικού φραγμού. Ως αποτέλεσμα, τα φάρμακα και οι ενώσεις που εφαρμόζονται σε συνδυασμό με το ελαιικό οξύ μπορούν να διαπερνούν αποτελεσματικότερα τις διάφορες στιβάδες του δέρματος (Salam & Aburahma, 2016).

Μία ακόμα εφαρμογή του ελαιικού οξέος είναι στα νανοσωματίδια. Στα νανοσωματίδια που χρησιμοποιούνται για την μεταφορά και απορρόφηση ουσιών στον δέρμα κυρίως το ελαιικό οξύ αποτελεί βασικό συστατικό που ενισχύει την διείσδυση των ουσιών στην στοιβάδα του δέρματος. Σε αρκετές περιπτώσεις χρησιμοποιείται και σε συνδυασμό με την ιμικιμόδη και κουρκουμίνη ώστε να αυξήσει την διαπερατότητα αυτών των φαρμακευτικών ουσιών και να μειωθούν οι παρενέργειες από τα συμβατικά φάρμακα στην περίπτωση των δερματικών λοιμώξεων και παθήσεων (Bonferoni et al., 2018).

Η α-τοκοφερόλη χρησιμοποιείται αρκετά συχνά σε σκευάσματα μαζί με το ελαιό οξύ ώστε να αντιμετωπιστεί η χαμηλή σταθερότητα και η κακή διαλυτότητα της α-οκοφερόλης στο νερό, μέσω τα ενθυλάκωσής της σε νανοσωματίδια ελαιικού οξέος. Η χρήση του ελαιικού οξέος στα νανοσωματίδια έχει την ικανότητα να βελτιώνει την ενθυλάκωση αλλά και την δραστηριότητα της ουσίας με έρευνες να έχουν δείξει πως το συγκεκριμένο σκεύασμα βελτιώνει την πούλωση των πληγών προάγοντας τον πολλαπλασιασμό των κερατινοκυττάρων και των ινοβλαστών, εκτός από την ικανότητα διαλυτοποίησης της λιποδιαλυτής βιταμίνης (Bonferoni et al., 2018).

Για την βελτίωση των χαρακτηριστικών και δραστηριότητας του παραπάνω σκευάσματος πιο πρόσφατα μελετήθηκε και η προσθήκη χιτοζάνης σαν συστατικό των νανοσωματιδίων σε ποσοστό 36%. Η εφαρμογή χιτοζάνης βελτίωσε την ανάκτηση και απελευθέρωση της τοκοφερόλης από το νανοσωματίδιο (Bonferoni et al., 2018).

4.3 Εφαρμογές μικροενθυλακωμένων βιοδραστικών συστατικών ελαιόλαδου

Η μικροενθυλάκωση αποτελεί μία μέθοδο προστασίας των εύκολα οξειδώσιμων συστατικών και μπορεί να χρησιμοποιηθεί και στο ελαιόλαδο για την προστασία των αντιοξειδωτικών συστατικών από οξειδώσεις.

Η μικροενθυλάκωση ή και περαιτέρω χρήση των αντιοξειδωτικών συστατικών του ελαιόλαδου είναι ευεργετική για τους εξής λόγους :

- Μειώνει την ανάγκη χρήσης αντιοξειδωτικών
- Βελτιώνει την σταθερότητα και βιοδραστικότητα των αντιοξειδωτικών συστατικών
- Ελέγχει τον ρυθμό απελευθέρωσής τους
- Προστατεύει τις ουσίες από οξειδωτική ή φωτολυτική αποδόμηση
- Καλύπτει τις δυσάρεστες γεύσεις, την οσμή και διατηρεί το χρώμα του ελαιόλαδου
- Μειώνει την προοξειδωτική τους δραστηριότητας κι επομένως μπορεί να παρατείνει την διάρκεια ζωής του ελαιόλαδου
- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί περαιτέρω για την δημιουργία φαρμακευτικών σκευασμάτων

Αναλυτικότερα, η μικροενθυλάκωση είναι μια μέθοδος που χρησιμοποιείται για τη σταθεροποίηση ευαίσθητων ουσιών με τον εγκλεισμό τους σε ένα φυσικό φράγμα, όπως ένα φιλμ επικάλυψης ή ένα στερεό υλικό με τοίχωμα. Η διαδικασία περιλαμβάνει τον εγκλεισμό υγρών σταγονιδίων ή μικρών σωματιδίων της ευαίσθητης ουσίας (που αναφέρεται ως "πυρήνας") μέσα σε ένα προστατευτικό κέλυφος. Για το κέλυφος μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορα βιοπολυμερή υλικά, όπως ζελατίνη, φυτικά κόμμεα, τροποποιημένες κυτταρίνες ή άμυλο, δεξτρίνη και πρωτεΐνες ορού γάλακτος (Sun – Waterhouse et al., 2011).

Στην πλειονότητα των περιπτώσεων το αλγινικό νάτριο (φθινό και μη τοξικό συμπολυμερές από φύκια) χρησιμοποιείται. Αποτελείται από δύο μονομερείς μονάδες, το D-μαννουρονικό οξύ και το L-γουλουρονικό οξύ. Το αλγινικό νάτριο μπορεί να σχηματίσει ισχυρά πηκτώματα όταν εκτίθεται σε ιόντα ασβεστίου ή άλλα πολυδύναμα κατιόντα. Συμβατικά, τα μικροσφαιρίδια πηκτής αλγινικού παρασκευάζονται με εξώθηση διαλύματος αλγινικού μέσω βελόνας σε διάλυμα CaCl_2 , μια διαδικασία γνωστή ως εξωτερική πηκτωματοποίηση (Sun – Waterhouse et al., 2011).

Υπάρχουν πολυάριθμες χρήσεις για το μικροενθυλακωμένο ελαιόλαδο στη βιομηχανία τροφίμων. Τα εμπλουτισμένα με αντιοξειδωτικά τρόφιμα έχουν γίνει όλο και πιο δημοφιλή και έχουν ζήτηση σε ένα ευρύ φάσμα κοινοτήτων λόγω των πλεονεκτημάτων τους για τη συνολική υγεία. Εκτός από τη μείωση του κινδύνου μεταβολικής δυσλειτουργίας, τα εμπλουτισμένα με αντιοξειδωτικά τρόφιμα συμβάλλουν επίσης στη διατήρηση διαφόρων αισθητηριακών παραμέτρων και παρέχουν σταθερότητα των θρεπτικών συστατικών έναντι της οξειδωτικής αλλοίωσης των τροφίμων (Devi et al., 2012).

Το ενθυλακωμένο ελαιόλαδο μπορεί να χρησιμοποιηθεί και στα πλαίσια της κετοενικής διαίτας που κεντρίζει το ενδιαφέρον τα τελευταία χρόνια. Στην κετογονική διαίτα, η τριακυλογλυκερόλη υφίσταται κετογένεση στα μιτοχόνδρια των ηπατοκυττάρων, με αποτέλεσμα την παραγωγή κετονικών σωμάτων. Αυτά τα κετονικά σώματα τροφοδοτούν στη συνέχεια την παραγωγή ATP της καρδιάς και των μυϊκών κυττάρων μέσω της διαδικασίας της κετόλυσης. Στη διαμόρφωση της κετογονικής διαίτας, η παρουσία πολυακόρεστων λιπαρών οξέων όπως τα ω-3 και ω-6 λιπαρά οξέα στο ελαιόλαδο είναι σημαντική (Ludwig, 2020). Η σημασία του ελαιόλαδου στις συνταγές μαγειρικής είναι γνωστή από παλιά λόγω των μοντέρνων οργανοληπτικών ιδιοτήτων του. Με τη χρήση της διαδικασίας ξήρανσης με κατάψυξη, ένα γαλάκτωμα ελαιόλαδου και χυμού λεμονιού σε αναλογία 1:1 μικροενθυλακώθηκε επιτυχώς και χρησιμοποιήθηκε στην δημιουργία σκευασμάτων σάλτσας ενώ μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αύξηση της λιποπεριεκτικότητας στο γιαούρτι (Poirieux et al., 2017).

Το μικροενθυλακωμένο ελαιόλαδο μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για φαρμακευτικούς σκοπούς εκτός από την διατροφή λόγω της ασφάλειας, βιοσυμβατιότητας και χαμηλής τοξικότητάς του.

Το ενθυλακωμένο ελαιόλαδο χρησιμοποιείται ως θεραπευτικό στη φαρμακευτική βιομηχανία για τη μείωση του οξειδωτικού στρες, το οποίο συνδέεται με τον καρκίνο, την αρτηριοσκλήρωση και τις καρδιαγγειακές παθήσεις (Martins et al., 2017).

Το συνένζυμο Q10 (CoQ10) έχει χαμηλή βιοδιαθεσιμότητα από το στόμα επειδή είναι μια υδρόφοβη ένωση με υψηλό μοριακό βάρος. Λόγω των ανησυχιών σχετικά με την υγεία των ηλικιωμένων, δημιουργήθηκαν μικροκάψουλες ελαιόλαδου με CoQ10 ως

συμπλήρωμα διατροφής από το στόμα συνδυάζοντας τεχνικές γαλακτωματοποίησης και ξήρανσης με διαδοχικό τρόπο (Zhao & Tang, 2016).

Ταυτόχρονα το ελαιόλαδο είναι πλούσιο σε πολικές φαινολικές ενώσεις που έχουν ιδιαίτερες βιολογικές ιδιότητες, ιδιαίτερα την υδροξυτυροσώλη και τα παράγωγά της. Η διαιτητική τους πρόσληψη έχει αποδειχθεί ότι μειώνει τον κίνδυνο καρκίνου και καρδιακών παθήσεων. Οι ενώσεις αυτές έχει αποδειχθεί ότι έχουν καθαριστική δράση έναντι του ανιόντος υπεροξειδίου, του υπεροξειδίου του υδρογόνου και των δραστικών ειδών οξυγόνου. Η ενθυλάκωση αυτών των ουσιών έχει δείξει θετικά αποτελέσματα αναφορικά με την κατανάλωση και χρήση τους δια του στόματος σαν αντιοξειδωτικά (Dimitrios, 2006).

4.4 Χρήση του για παραγωγή φαρμακευτικών σαπουνιών – καλλυντικών

Τα σαπούνια παράγονται από την αρχαιότητα και χρησιμοποιούνται για τη καθαριότητα και φαρμακευτικούς σκοπούς.

Τα σαπούνια περιέχουν κυρίως άλατα των ανώτερων λιπαρών οξέων (παλμιτικό, στεατικό, ελαιικό οξύ), κάλιο ή νάτριο κι έχουν σχεδιαστεί για τον προσωπικό καθαρισμό ή τον άμεσο καθαρισμό καθημερινών αντικειμένων.

Η χρήση τους έχει καταγραφεί από τη ρωμαϊκή εποχή, ενώ ορισμένες γραπτές πηγές αναφέρουν στοιχεία για τη χρήση τους ακόμη και από τους αρχαίους Αιγύπτιους. Το προϊόν που δημιουργείται όταν μια βάση αντιδρά με λίπη και έλαια αναφέρεται ως σαπούνι και έχει σημαντικό ρόλο στην ιστορία της ανθρωπότητας. Ωστόσο, το σαπούνι ανακαλύφθηκε εντελώς τυχαία και τα οφέλη του έγιναν αντιληπτά πολύ αργότερα. Τόσο οι αρχαίοι Έλληνες όσο και οι Αιγύπτιοι γνώριζαν τα φαρμακευτικά παρασκευάσματα που περιείχαν ένα ευρύ φάσμα συστατικών, συμπεριλαμβανομένων αλκαλίων και διαφόρων φυτικών ελαίων (Κούμπλα, 2021).

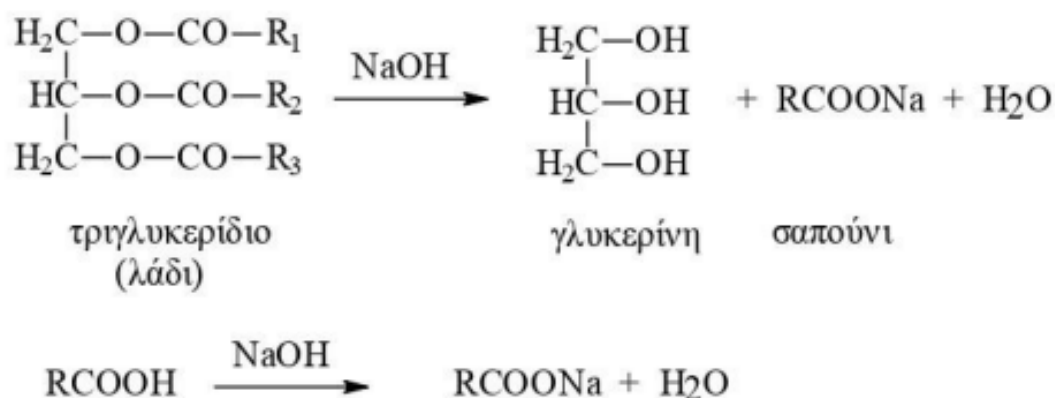
Πλέον τα σαπούνια παράγονται από φυσικά έλαια ή λίπη που αντιδρούν με καυστική σόδα στα πλαίσια της διαδικασίας σαπωνοποίησης. Στη σύγχρονη εποχή, η παραγωγή σαπουνιών εμπίπτει στον ορισμό των καλλυντικών προϊόντων και ρυθμίζεται από την Ευρωπαϊκή Ένωση. Ο κανονισμός αυτός θέτει όρια για τις ουσίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη διαδικασία παρασκευής σαπουνιών (όπως αναφέρεται στον κανονισμό (ΕΚ) αριθ. 1223/2009, άρθρα 14-17) Καθορίζει επίσης έμμεσα τις

αναγκαίες χημικές, φυσικές και μηχανικές επεξεργασίες για την απόκτηση κατάλληλων πρώτων υλών για τη βιομηχανία καλλυντικών. Για να εξασφαλιστεί η ασφάλεια των καταναλωτών, τα εξαντλημένα έλαια και λίπη που είναι ακατάλληλα για ανθρώπινη κατανάλωση υποβάλλονται σε επεξεργασία για την απομάκρυνση τοξικών και επικίνδυνων συστατικών όπως βαρέα μέταλλα, μικροπλαστικά, υπεροξείδια, αλκυλεστέρες και αιωρούμενα σωματίδια (Mannu et al., 2020).

Επειδή τα συστατικά των σαπουνιών σε αρκετές περιπτώσεις δεν είναι βιώσιμα και προκαλούν προβλήματα στο περιβάλλον οι εταιρείες στρέφονται στην παραγωγή σαπουνιών από φυσικά προϊόντα συμπεριλαμβανόμενου και του ελαιόλαδου που κατεξοχήν χρησιμοποιείται για την παραγωγή του πράσινου σαπουνιού (Ferracane et al., 2021).

Το ελαιόλαδο αποτελεί βασικό συστατικό του σαπουνιού (με αυτό το σαπούνι να ονομάζεται «πράσινο σαπούνι» ή σαπούνι Castile) και χρησιμοποιείται γιατί σαπωνοποιείται αρκετά εύκολα.

Η αντίδραση σαπωνοποίησης απεικονίζεται στην εικόνα 3. Πιο αναλυτικά η διαδικασία περιλαμβάνει την μετατροπή των λιπαρών οξέων σε άλας νατρίου ή καλίου του λιπαρού οξέος ή αλλιώς σε σάπωνα (Κούμπλα, 2021).



Εικόνα 14 Η αντίδραση σαπωνοποίησης Πηγή : Κούμπλα (2021)

Η πρώτη αντίδραση, όπως βλέπουμε στην εικόνα 14, περιλαμβάνει την αντίδραση σαπωνοποίησης όπου το τριγλυκερίδιο διασπάται προς σχηματισμό του άλατος ενωμένων λιπαρών οξέων. Η δεύτερη αντίδραση περιλαμβάνει την εξουδετέρωση του λιπαρού οξέος με βάση.

Κάθε μόριο ελαίου (τριστέρας) περιέχει τρεις εστέρες λιπαρών οξέων, οι οποίοι αντιστοιχούν στις αλυσίδες R1, R2 και R3. Σε γενικές γραμμές, μπορούν να είναι όλες διακριτές μεταξύ τους. Υπό το πρίσμα αυτό, μετά τη σαπωνοποίηση, οι παραγόμενες σαπωνίνες θα είναι ένα μείγμα των αλάτων των λιπαρών οξέων που υπάρχουν στο εν λόγω έλαιο και η αναλογία τους στο τελικό προϊόν (σαπωνίνες) θα είναι άμεση συνάρτηση αυτής της αναλογίας. Ο όρος "σαπωνοποιήσιμα συστατικά" αναφέρεται σε όλα τα στοιχεία ενός δείγματος ελαίου που, όταν υποβληθούν σε αλκαλική επεξεργασία, μπορούν να μετατραπούν σε σαπούνι. Αυτά αποτελούνται από ελεύθερα λιπαρά οξέα καθώς και τριστέρες γλυκερόλης, σύμφωνα με τις προαναφερθείσες αντιδράσεις. Διάφορες άλλες ουσίες, όπως οι στερόλες, τα καροτένια, οι χλωροφύλλες και οι βιταμίνες, είναι επίσης παρούσες στα έλαια. Τα συστατικά που δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παρασκευή σαπωνοποιημένων προϊόντων και αναφέρονται ως μη σαπωνοποιήσιμα συστατικά (Girgis, 2003).

Η παρασκευή σαπουνιών από το ελαιόλαδο πραγματοποιείται με την μέθοδο που περιγράφεται στην συνέχεια. Το ελαιόλαδο αρχικά καθαρίζεται και διακρίνεται σε βρώσιμο και μη βρώσιμο τα οποία σαπωνοποιούνται χωριστά. Τα βρώσιμα ελαιόλαδα σαπωνοποιούνται με υδροξείδιο του νατρίου (NaOH) σε θερμή πλάκα (90 °C) ενώ για τα μη βρώσιμα χρησιμοποιείται καυστική σόδα σε ποσοστό 13,2% έως 13,4% (κ.β.) για την ολοκλήρωση της διαδικασίας σαπωνοποίησης.

Τα ελαιόλαδα που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση και εκείνα που δεν προορίζονται για κατανάλωση σαπωνοποιούνται με τη χρήση διαλυμάτων NaOH με συγκεντρώσεις 8,2 και 9,5 mol/l, αντίστοιχα. Η πλήρης σαπωνοποίηση επιτυγχάνεται με την προσθήκη 5-10% ζεστού νερού (90-5 °C) στα δύο θερμαινόμενα ελαιόλαδα, αφού πρώτα προστεθεί θερμό υδροξείδιο του νατρίου (NaOH) χωριστά και αργά στο καθένα μέχρι να διαλυθεί. για την απομάκρυνση της υπερβολικής ποσότητας NaOH από την πάστα σαπουνιού.

Έπειτα ενώ το σαπούνι βράζει, προστίθεται σταδιακά στην επιφάνεια του σαπουνιού 6,0% χλωριούχο νάτριο (10% θερμή άλμη στους 90°C), με αποτέλεσμα η σαπωνοποιημένη μάζα να επιπλέει στην κορυφή (Girgis, 2003).

Για να μειωθεί η περίσσεια υδροξειδίου του νατρίου, χλωριούχου νατρίου και τυχόν περίσσεια χλωριούχου νατρίου, η πάστα σαπουνιού πρέπει να ξεπλυθεί άλλη μια φορά με 5-10% ζεστό νερό (90-5 °C). ουσία στην πάστα σαπουνιού που είναι ακάθαρτη. Με

τη χρήση της δοκιμής μαχαιριού, της δοκιμής δακτύλου και της μεθόδου ολικού ηλεκτρολύτη (ελεύθερα αλκάλια εκφρασμένα ως ποσοστό NaOH και περιεκτικότητα σε άλατα ως ποσοστό NaCl), εξετάζεται η ομοιογένεια του σαπουνιού τόσο κατά τη διάρκεια όσο και μετά την πλήρη σαπωνοποίηση.

Τέλος, η πάστα σαπουνιού τοποθετείται σε ξύλινα πλαίσια ή καλούπια και αφήνεται να σταθεί σε θερμοκρασία δωματίου για να σκληρυνθεί. Εάν τα μπλοκ σαπουνιού δεν έχουν κατασκευαστεί από καλούπια, χωρίζονται σε μικρές μπάρες των 150 γραμμαρίων και αφήνονται να ολοκληρωθεί η ωρίμανση σε θερμοκρασία δωματίου πριν πωληθούν (Girgis, 2003).

Το ελαιόλαδο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή σαπουνιών μεταξύ των παρακάτω κατηγοριών (Friedman & Wolf, 1996) :

- Σαπούνια ομορφιάς. Τα σαπούνια ομορφιάς προορίζονται για χρήση στο πρόσωπο σε διάφορους τύπους δέρματος με σκοπό την ενυδάτωσή του και την βελτίωση της αισθητικής του ενώ ταυτόχρονα μπορούν να απομακρύνουν τους ρύπους. Χαρακτηριστικό τους ο βαθύς καθαρισμός και η εξουδετέρωση των βακτηρίων. Το ελαιόλαδο λόγω των αντιμικροβιακών του ιδιοτήτων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την δημιουργία σαπουνιών ομορφιάς (Friedman & Wolf, 1996).
- Αντιβακτηριακά σαπούνια. Όπως υποδηλώνει και το όνομά τους περιέχουν αντιβακτηριακούς παράγοντες όπως το terasodium EDTA, triclocarban κ.α. και χρησιμοποιούνται σε δέρμα που είναι προσβεβλημένο από βακτήρια ή μύκητες. Το ελαιόλαδο λόγω των αντιμικροβιακών φαινολών που περιέχει όπως και της βιταμίνης E μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν αντιβακτηριακό σαπούνι.
- Σαπούνι γλυκερίνης. Αποτελούν κατηγορία σαπουνιών με δράση την ενυδάτωση του δέρματος καθώς και την βελτίωση της υγείας του και κύριο συστατικό τους είναι η γλυκερίνη. Το ελαιόλαδο μπορεί να προστεθεί στα σαπούνια γλυκερίνης καθώς δεν προκαλεί αλλεργίες στα ευαίσθητα δέρματα και τα συστατικά του όπως η βιταμίνη E λειτουργούν προστατευτικά προς την δομή του δέρματος.
- Σαπούνια ζώων. Οι ιδιότητές τους είναι ίδιες με αυτές των συμβατικών σαπουνιών. Το ελαιόλαδο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν βασικό συστατικών των σαπουνιών αυτής της κατηγορίας (Friedman & Wolf, 1996).

Το ελαιόλαδο επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σαν καλλυντικό. Πολυάριθμες φαινολικές ουσίες, όπως η υδροξυτυροσόλη, η κατεχίνη, η ρουτίνη, η βερμπασκοσίδη, η λουτεολίνη και η ολευρωπαΐνη στο ελαιόλαδο, έχουν αντιοξειδωτικές ιδιότητες με αποτέλεσμα να μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην βιομηχανία καλλυντικών (Kashaninejad et al., 2020).

Τα πλούσια σε αντιοξειδωτικά καλλυντικά διεισδύουν στο ανώτερο στρώμα του δέρματος, δηλαδή στην επιδερμίδα, όταν εφαρμόζονται στο δέρμα καθώς και στην επιδερμίδα. Λόγω των αντιοξειδωτικών, θρεπτικών και ενυδατικών ιδιοτήτων του, το ελαιόλαδο χρησιμοποιείται ευρέως στη βιομηχανία καλλυντικών. Τα αντιοξειδωτικά ενυδατώνουν και θρέφουν τα κύτταρα και τους ιστούς, ενώ παράλληλα προστατεύουν από την οξειδωτική βλάβη των κερατινοκυττάρων (Cadiz - Gurrea et al., 2021).

Επιπλέον το ελαιόλαδο περιέχει βιταμίνη Ε η οποία προστατεύει το δέρμα από τις ελεύθερες ρίζες που προκαλούν γήρανση. Η βιταμίνη Ε ενθαρρύνει την αναγέννηση των κυττάρων όταν συνδυάζεται με τη βιταμίνη Α. Θεωρείται αποτελεσματική θεραπεία για τις ρυτίδες και χρησιμοποιείται επίσης για την πρόληψη των ραγάδων (Gorini et al., 2019). Με τον ίδιο τρόπο το μικροενθυλακωμένο ελαιόλαδο μπορεί να προστεθεί και χρησιμοποιηθεί στην βιομηχανία καλλυντικών (Cadiz – Gurrea et al., 2021). Οι ορατές μικροκάψουλες μπορούν περιστασιακά να προστεθούν σκόπιμα σε κρέμες δέρματος και μαλλιών, τζελ ντους και οικιακά καθαριστικά, προκειμένου να ενισχυθεί η αισθητική του τελικού προϊόντος. Επιπλέον οι μικροκάψουλες μπορούν να χρησιμοποιηθούν στα αποσμητικά σώματος καθώς και στα αρώματα (Martins et al., 2017).

Συμπεράσματα

Το ελαιόλαδο έχει μια ιστορία αρκετών χιλιάδων ετών σαν βασικό συστατικό της διατροφής των μεσογειακών λαών με τις φαρμακευτικές του ιδιότητες να είναι επίσης γνωστές από την αρχαιότητα. Για τον λόγο αυτό η χρήση του δεν περιορίζεται αποκλειστικά και μόνο στην διατροφή αλλά επεκτείνεται και στον τομέα της φαρμακολογίας και κοσμητολογίας λόγω των φαρμακευτικών του ιδιοτήτων και θετικών επιδράσεων στην υγεία.

Οι θετικές επιδράσεις του ελαιόλαδου στην υγεία οφείλονται στην πλούσια σύστασή του σε βιοδραστικές ενώσεις. Συγκεκριμένα, το ελαιόλαδο αποτελείται κυρίως από λιπίδια, φαινολικά συστατικά και βιταμίνες που όλα μαζί είναι υπεύθυνα για τις μοναδικές του ιδιότητες. Από τις παραπάνω ενώσεις οι πολυφαινόλες όπως η υδροξυτυροσόλη, η τυροσόλη και η ελευρωπαίνη, τα λιπίδια όπως ο ελαϊκό οξύ, οι βιταμίνες όπως οι τοκοφερόλες είναι υπεύθυνα για τις μοναδικές του ιδιότητες.

Οι θετικές επιδράσεις του ελαιόλαδου στην υγεία οφείλονται στις αντιφλεγμονώδεις και αντιοξειδωτικές ιδιότητες των ενώσεων που περιέχονται. Τα βιοδραστικά συστατικά του ελαιόλαδου διακρίνονται από την ικανότητα να λειτουργούν σαν αντιοξειδωτικά συστατικά δεσμεύοντας τις ελεύθερες ρίζες που παράγονται στον οργανισμό αλλά και σαν αντιφλεγμονώδη μόρια μειώνοντας τις φλεγμονές μέσω της δέσμευσης των ελεύθερων ριζών πάλι αλλά και μέσω της μείωσης της έκφρασης των γονιδίων που κωδικοποιούν φλεγμονώδη μόρια. Με αυτό τον τρόπο καταστέλλονται οι φλεγμονές του οργανισμού που σχετίζονται με μία πληθώρα ασθενειών και παθήσεων.

Οι αντιφλεγμονώδεις αλλά και αντιοξειδωτικές ιδιότητες του ελαιόλαδου και των βιοδραστικών του συστατικών το καθιστούν προληπτικό αλλά και θεραπευτικό παράγοντα απέναντι σε παθογενείς καταστάσεις όπως ο καρκίνος, οι ασθένειες του νευρικού συστήματος και ασθένειες του καρδιαγγειακού συστήματος. Ο τρόπος δράσης σχετίζεται κυρίως με την προστασία των κυττάρων από οξειδώσεις αλλά και με την ρύθμιση των γονιδίων που σχετίζονται με την έκφραση φλεγμονωδών μορίων. Ταυτόχρονα φαίνεται πως οι βιοδραστικές ενώσεις του ελαιόλαδου διαθέτουν την ικανότητα να ρυθμίζουν την γλυκόζη του αίματος αλλά και να εξαλείφουν τα μικροβιακά κύτταρα.

Λόγω των ιδιοτήτων του το ελαιόλαδο μπορεί να χρησιμοποιηθεί αυτούσιο ή να απομονωθούν από αυτό οι βιοδραστικές του ενώσεις και να χρησιμοποιηθούν. Οι τομείς εφαρμογής του περιλαμβάνουν την βιομηχανία φαρμάκων και κοσμετολογίας.

Οι φαρμακευτικές εφαρμογές του ελαιόλαδου περιλαμβάνουν την απομόνωση βιοδραστικών ενώσεων, ιδιαίτερα ελαιικού οξέος, για την δημιουργία σκευασμάτων με θεραπευτικές ιδιότητες. Οι ουσίες που απομονώνονται μπορούν να εφαρμοστούν σε συνδυασμό με άλλες αντιοξειδωτικές ουσίες για ενίσχυση της δράσης τους αλλά και με την μορφή μικροθυλακίων ώστε να προστατευτούν από οξείδωση και να διατηρηθεί η δραστηριότητά τους.

Τέλος το ελαιόλαδο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την δημιουργία φαρμακευτικών αλλά και συμβατικών σαπουνιών αντικαθιστώντας τα συμβατικά σαπουνία που παράγονται από υποπροϊόντα και μπορούν να περιέχουν διάφορες ανεπιθύμητες και επιβλαβείς ουσίες όπως και να μειώσουν τις αρνητικές επιπτώσεις της βιομηχανίας σαπουνιών στο περιβάλλον μέσω της αξιοποίησης του ελαιόλαδου και των υποπροϊόντων του.

Βιβλιογραφία

Amengual, J. (2019). Bioactive properties of carotenoids in human health. *Nutrients*, *11*(10), 2388.

Angeloni, C., Malaguti, M., Barbalace, M. C., & Hrelia, S. (2017). Bioactivity of olive oil phenols in neuroprotection. *International Journal of Molecular Sciences*, *18*(11), 2230.

Angerosa, F. (2000). Sensory quality of olive oils. *Handbook of olive oil: Analysis and properties*, 355-392.

Angerosa, F., Servili, M., Selvaggini, R., Taticchi, A., Esposito, S., & Montedoro, G. (2004). Volatile compounds in virgin olive oil: occurrence and their relationship with the quality. *Journal of Chromatography A*, *1054*(1-2), 17-31.

Aparicio, R., & Luna, G. (2002). Characterisation of monovarietal virgin olive oils. *European Journal of Lipid Science and Technology*, *104*(9-10), 614-627.

Aparicio, R., & Harwood, J. (2013). *Handbook of olive oil* (pp. 431-478). Boston, MA, USA:: Springer.

Atef, B., Ishak, R. A., Badawy, S. S., & Osman, R. (2022). Exploring the potential of oleic acid in nanotechnology-mediated dermal drug delivery: An up-to-date review. *Journal of Drug Delivery Science and Technology*, *67*, 103032.

Barbaro, B., Toietta, G., Maggio, R., Arciello, M., Tarocchi, M., Galli, A., & Balsano, C. (2014). Effects of the olive-derived polyphenol oleuropein on human health. *International journal of molecular sciences*, *15*(10), 18508-18524.

Barrera, C., Valenzuela, R., Rincón, M. Á., Espinosa, A., Echeverria, F., Romero, N., ... & Videla, L. A. (2018). Molecular mechanisms related to the hepatoprotective effects of antioxidant-rich extra virgin olive oil supplementation in rats subjected to short-term iron administration. *Free Radical Biology and Medicine*, *126*, 313-321.

Bayram, B., Ozcelik, B., Grimm, S., Roeder, T., Schrader, C., Ernst, I. M., ... & Rimbach, G. (2012). A diet rich in olive oil phenolics reduces oxidative stress in the heart of SAMP8 mice by induction of Nrf2-dependent gene expression. *Rejuvenation Research*, *15*(1), 71-81.

- Bernardini, E., & Visioli, F. (2017). High quality, good health: The case for olive oil. *European Journal of Lipid Science and Technology*, *119*(1), 1500505.
- Bendinelli, B., Masala, G., Saieva, C., Salvini, S., Calonico, C., Sacerdote, C., ... & Panico, S. (2011). Fruit, vegetables, and olive oil and risk of coronary heart disease in Italian women: the EPICOR Study. *The American journal of clinical nutrition*, *93*(2), 275-283.
- Berrougui, H., Ikhlef, S., & Khalil, A. (2015). Extra virgin olive oil polyphenols promote cholesterol efflux and improve HDL functionality. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, *2015*.
- Bigagli, E., Cinci, L., Paccosi, S., Parenti, A., D'Ambrosio, M., & Luceri, C. (2017). Nutritionally relevant concentrations of resveratrol and hydroxytyrosol mitigate oxidative burst of human granulocytes and monocytes and the production of pro-inflammatory mediators in LPS-stimulated RAW 264.7 macrophages. *International Immunopharmacology*, *43*, 147-155.
- Bilal, R. M., Liu, C., Zhao, H., Wang, Y., Farag, M. R., Alagawany, M., ... & Lin, Q. (2021). Olive oil: nutritional applications, beneficial health aspects and its prospective application in poultry production. *Frontiers in Pharmacology*, *12*, 723040.
- Bisignano, G., Tomaino, A., Cascio, R. L., Crisafi, G., Uccella, N., & Saija, A. (1999). On the in-vitro antimicrobial activity of oleuropein and hydroxytyrosol. *Journal of pharmacy and pharmacology*, *51*(8), 971-974.
- Boarelli, M. C., Biedermann, M., Peier, M., Fiorini, D., & Grob, K. (2020). Ergosterol as a marker for the use of degraded olives in the production of olive oil. *Food Control*, *112*, 107136.
- Bonferoni, M. C., Riva, F., Invernizzi, A., Delleria, E., Sandri, G., Rossi, S., ... & Ferrari, F. (2018). Alpha tocopherol loaded chitosan oleate nanoemulsions for wound healing. Evaluation on cell lines and ex vivo human biopsies, and stabilization in spray dried Trojan microparticles. *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*, *123*, 31-41.
- Boskou, D. (2006). *Olive oil: chemistry and technology*. AOCS Publishing.

- Bou-Dargham, M. J., Khamis, Z. I., Cognetta, A. B., & Sang, Q. X. A. (2017). The role of interleukin-1 in inflammatory and malignant human skin diseases and the rationale for targeting interleukin-1 alpha. *Medicinal research reviews*, 37(1), 180-216.
- Browne, P., Chandraratna, D., Angood, C., Tremlett, H., Baker, C., Taylor, B. V., & Thompson, A. J. (2014). Atlas of multiple sclerosis 2013: a growing global problem with widespread inequity. *Neurology*, 83(11), 1022-1024.
- Buttery, R. G., & Takeoka, G. R. (2004). Some unusual minor volatile components of tomato. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(20), 6264-6266.
- Cadiz-Gurrea, M. D. L. L., Pinto, D., Delerue-Matos, C., & Rodrigues, F. (2021). Olive fruit and leaf wastes as bioactive ingredients for cosmetics—A preliminary study. *Antioxidants*, 10(2), 245.
- Calahorra, J., Martínez-Lara, E., De Dios, C., & Siles, E. (2018). Hypoxia modulates the antioxidant effect of hydroxytyrosol in MCF-7 breast cancer cells. *PLoS one*, 13(9), e0203892.
- Capurso, C., Massaro, M., Scoditti, E., Vendemiale, G., & Capurso, A. (2014). Vascular effects of the Mediterranean diet part I: anti-hypertensive and anti-thrombotic effects. *Vascular pharmacology*, 63(3), 118-126.
- Carnevale, R., Loffredo, L., Del Ben, M., Angelico, F., Nocella, C., Petruccioli, A., ... & Violi, F. (2017). Extra virgin olive oil improves post-prandial glycaemic and lipid profile in patients with impaired fasting glucose. *Clinical Nutrition*, 36(3), 782-787.
- Carrillo Pérez, C., Cavia Camarero, M. D. M., & Alonso de la Torre, S. (2012). Antitumor effect of oleic acid; mechanisms of action. A review. *Nutrición Hospitalaria*, 2012, v. 27, n. 6 (Noviembre-Diciembre), p. 1860-1865.
- Carito, V., Ceccanti, M., Cestari, V., Natella, F., Bello, C., Coccurello, R., ... & Fiore, M. (2017). Olive polyphenol effects in a mouse model of chronic ethanol addiction. *Nutrition*, 33, 65-69.
- Carrillo-Lopez, A., Yahia, E. M., & Ramirez-Padilla, G. K. (2010). Bioconversion of carotenoids in five fruits and vegetables to vitamin A measured by retinol accumulation in rat livers. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 5(2), 215-221.

- Castejón, M. L., Rosillo, M. Á., Montoya, T., González-Benjumea, A., Fernández-Bolaños, J. M., & Alarcón-de-la-Lastra, C. (2017). Oleuropein down-regulated IL-1 β -induced inflammation and oxidative stress in human synovial fibroblast cell line SW982. *Food & function*, 8(5), 1890-1898.
- Cayan, H., & Erener, G. (2015). Effect of olive leaf (*Olea europaea*) powder on laying hens performance, egg quality and egg yolk cholesterol levels. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 28(4), 538-543.
- Chang, C. Y., Huang, I. T., Shih, H. J., Chang, Y. Y., Kao, M. C., Shih, P. C., & Huang, C. J. (2019). Cluster of differentiation 14 and toll-like receptor 4 are involved in the anti-inflammatory effects of tyrosol. *Journal of Functional Foods*, 53, 93-104.
- Choi, Y., Lee, M. K., Lim, S. Y., Sung, S. H., & Kim, Y. C. (2009). Inhibition of inducible NO synthase, cyclooxygenase-2 and interleukin-1 β by torilin is mediated by mitogen-activated protein kinases in microglial BV2 cells. *British Journal of Pharmacology*, 156(6), 933-940.
- Chryssafidis, D., Maggos, P., Kiosseoglou, V., & Boskou, D. (1992). Composition of total and esterified 4 α -monomethylsterols and triterpene alcohols in virgin olive oil. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 58(4), 581-583.
- Cicerale, S., Conlan, X. A., Sinclair, A. J., & Keast, R. S. (2008). Chemistry and health of olive oil phenolics. *Critical reviews in food science and nutrition*, 49(3), 218-236.
- Cicerale, S. R. S. J., Lucas, L. J., & Keast, R. S. J. (2012). Antimicrobial, antioxidant and anti-inflammatory phenolic activities in extra virgin olive oil. *Current opinion in biotechnology*, 23(2), 129-135.
- Colica, C., Di Renzo, L., Trombetta, D., Smeriglio, A., Bernardini, S., Cioccoloni, G., ... & De Lorenzo, A. (2017). Antioxidant effects of a hydroxytyrosol-based pharmaceutical formulation on body composition, metabolic state, and gene expression: a randomized double-blinded, placebo-controlled crossover trial. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2017.
- Coni, E., Di Benedetto, R., Di Pasquale, M., Masella, R., Modesti, D., Mattei, R., & Carlini, E. A. (2000). Protective effect of oleuropein, an olive oil biophenol, on low density lipoprotein oxidizability in rabbits. *Lipids*, 35(1), 45-54.

- de Graaff, J., & Eppink, L. A. A. J. (1999). Olive oil production and soil conservation in southern Spain, in relation to EU subsidy policies. *Land use policy*, *16*(4), 259-267.
- de la Puerta, R., Domínguez, M. E. M., Ruíz-Gutiérrez, V., Flavill, J. A., & Hoult, J. R. S. (2001). Effects of virgin olive oil phenolics on scavenging of reactive nitrogen species and upon nitrergic neurotransmission. *Life Sciences*, *69*(10), 1213-1222.
- de Souza, P. A. L., Marcadenti, A., & Portal, V. L. (2017). Effects of olive oil phenolic compounds on inflammation in the prevention and treatment of coronary artery disease. *Nutrients*, *9*(10), 1087.
- Dégano, I. R., Elosua, R., & Marrugat, J. (2013). Epidemiology of acute coronary syndromes in Spain: estimation of the number of cases and trends from 2005 to 2049. *Revista Española de Cardiología (English Edition)*, *66*(6), 472-481.
- Del Alamo, R. R., Fregapane, G., Aranda, F., Gómez-Alonso, S., & Salvador, M. D. (2004). Sterol and alcohol composition of Cornicabra virgin olive oil: the campesterol content exceeds the upper limit of 4% established by EU regulations. *Food Chemistry*, *84*(4), 533-537.
- De Paola, M., Sestito, S. E., Mariani, A., Memo, C., Fanelli, R., Freschi, M., ... & Peri, F. (2016). Synthetic and natural small molecule TLR4 antagonists inhibit motoneuron death in cultures from ALS mouse model. *Pharmacological research*, *103*, 180-187.
- Devaraj, S., & Traber, M. G. (2003). γ -Tocopherol, the new vitamin E?. *The American journal of clinical nutrition*, *77*(3), 530-531.
- Devaraj, S., Leonard, S., Traber, M. G., & Jialal, I. (2008). Gamma-tocopherol supplementation alone and in combination with alpha-tocopherol alters biomarkers of oxidative stress and inflammation in subjects with metabolic syndrome. *Free Radical Biology and Medicine*, *44*(6), 1203-1208.
- Devi, N., Hazarika, D., Deka, C., & Kakati, D. K. (2012). Study of complex coacervation of gelatin A and sodium alginate for microencapsulation of olive oil. *Journal of Macromolecular Science, Part A*, *49*(11), 936-945.
- Didier, A. J., Stiene, J., Fang, L., Watkins, D., Dworkin, L. D., & Creeden, J. F. (2023). Antioxidant and Anti-Tumor Effects of Dietary Vitamins A, C, and E. *Antioxidants*, *12*(3), 632.

Dimitrios, B. (2006). Sources of natural phenolic antioxidants. *Trends in food science & technology*, 17(9), 505-512.

Domitrović, R., Jakovac, H., Marchesi, V. V., Šain, I., Romić, Ž., & Rahelić, D. (2012). Preventive and therapeutic effects of oleuropein against carbon tetrachloride-induced liver damage in mice. *Pharmacological research*, 65(4), 451-464.

Fernández-Aparicio, Á., Perona, J. S., Castellano, J. M., Correa-Rodríguez, M., Schmidt-RioValle, J., & González-Jiménez, E. (2021). Oleonic acid-enriched olive oil alleviates the interleukin-6 overproduction induced by postprandial triglyceride-rich lipoproteins in THP-1 macrophages. *Nutrients*, 13(10), 3471.

Fernandez-Bolanos, J. G., Lopez, O., Fernandez-Bolanos, J., & Rodriguez-Gutierrez, G. (2008). Hydroxytyrosol and derivatives: Isolation, synthesis, and biological properties. *Current Organic Chemistry*, 12(6), 442-463.

Favati, F., Caporale, G., & Bertuccioli, M. (1994). Rapid determination of phenol content in extra virgin olive oil. *Grasas y Aceites*, 45(1-2), 68-70.

Ferracane, A., Tropea, A., & Salafia, F. (2021). Production and maturation of soaps with non-edible fermented olive oil and comparison with classic olive oil soaps. *Fermentation*, 7(4), 245.

Flori, L., Donnini, S., Calderone, V., Zinnai, A., Taglieri, I., Venturi, F., & Testai, L. (2019). The nutraceutical value of olive oil and its bioactive constituents on the cardiovascular system. Focusing on main strategies to slow down its quality decay during production and storage. *Nutrients*, 11(9), 1962.

Fogelstrand, P., & Boren, J. (2012). Retention of atherogenic lipoproteins in the artery wall and its role in atherogenesis. *Nutrition, metabolism and cardiovascular diseases*, 22(1), 1-7.

Friedman, M., & Wolf, R. (1996). Chemistry of soaps and detergents: various types of commercial products and their ingredients. *Clinics in Dermatology*, 14(1), 7-13.

Funakohi-Tago, M., Sakata, T., Fujiwara, S., Sakakura, A., Sugai, T., Tago, K., & Tamura, H. (2018). Hydroxytyrosol butyrate inhibits 6-OHDA-induced apoptosis through activation of the Nrf2/HO-1 axis in SH-SY5Y cells. *European journal of pharmacology*, 834, 246-256.

- Furneri, P. M., Marino, A., Saija, A., Uccella, N., & Bisignano, G. (2002). In vitro antimycoplasmal activity of oleuropein. *International journal of antimicrobial agents*, 20(4), 293-296.
- Furneri, P. M., Piperno, A., Saija, A., & Bisignano, G. (2004). Antimycoplasmal activity of hydroxytyrosol. *Antimicrobial agents and chemotherapy*, 48(12), 4892-4894.
- Gaforio, J. J., Visioli, F., Alarcón-de-la-Lastra, C., Castañer, O., Delgado-Rodríguez, M., Fitó, M., ... & Tsatsakis, A. M. (2019). Virgin olive oil and health: Summary of the III international conference on virgin olive oil and health consensus report, JAEN (Spain) 2018. *Nutrients*, 11(9), 2039.
- Gandla, K., Babu, A. K., Unnisa, A., Sharma, I., Singh, L. P., Haque, M. A., ... & Emran, T. B. (2023). Carotenoids: Role in Neurodegenerative Diseases Remediation. *Brain Sciences*, 13(3), 457.
- Gamli, Ö. F. (2016). THE HEALTH EFFECTS OF OLEUROPEIN, ONE OF THE MAJOR PHENOLIC COMPOUNDS OF OLIVES, OLEA EUROPAEA L. *Italian Journal of Food Science*, 28(2).
- Gandul-Rojas, B., Cepero, M. R. L., & Mínguez-Mosquera, M. I. (2000). Use of chlorophyll and carotenoid pigment composition to determine authenticity of virgin olive oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 77, 853-858.
- Girgis, A. Y. (2003). Production of high quality castile soap from high rancid olive oil. *Grasas y aceites*, 54(3), 226-233.
- Gille, A., Stojnic, B., Derwenskus, F., Trautmann, A., Schmid-Staiger, U., Posten, C., ... & Ribot, J. (2019). A lipophilic fucoxanthin-rich *Phaeodactylum tricornutum* extract ameliorates effects of diet-induced obesity in C57BL/6J mice. *Nutrients*, 11(4), 796.
- Giner, E., Andújar, I., Recio, M. C., Ríos, J. L., Cerdá-Nicolás, J. M., & Giner, R. M. (2011). Oleuropein ameliorates acute colitis in mice. *Journal of agricultural and food chemistry*, 59(24), 12882-12892.
- Giovacchino, L. D. (2000). Technological Aspects: Handbook of Olive Oil: Analysis and Properties.

- Goldstein, D. S., Jinsmaa, Y., Sullivan, P., Holmes, C., Kopin, I. J., & Sharabi, Y. (2016). 3, 4-Dihydroxyphenylethanol (hydroxytyrosol) mitigates the increase in spontaneous oxidation of dopamine during monoamine oxidase inhibition in PC12 cells. *Neurochemical research*, *41*(9), 2173-2178.
- Gorini, I., Iorio, S., Ciliberti, R., Licata, M., & Armocida, G. (2019). Olive oil in pharmacological and cosmetic traditions. *Journal of cosmetic dermatology*, *18*(5), 1575-1579.
- Grob, K., Lanfranchi, M., & Mariani, C. (1990). Evaluation of olive oils through the fatty alcohols, the sterols and their esters by coupled LC-GC. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, *67*, 626-634.
- Grosso, S., Doyen, J., Parks, S. K., Bertero, T., Paye, A., Cardinaud, B., ... & Mari, B. (2013). MiR-210 promotes a hypoxic phenotype and increases radioresistance in human lung cancer cell lines. *Cell death & disease*, *4*(3), e544-e544.
- Han C. Y., Koo J. H., Kim S. H., Gardenghi S., Rivella S., Strnad P., Kim S. G. (2016). Hepcidin Inhibits Smad3 Phosphorylation in Hepatic Stellate Cells by Impeding Ferroportin-Mediated Regulation of Akt. *Nat. Commun.* *7* (1), 1–14.
- Hao, J., Shen, W., Yu, G., Jia, H., Li, X., Feng, Z., ... & Liu, J. (2010). Hydroxytyrosol promotes mitochondrial biogenesis and mitochondrial function in 3T3-L1 adipocytes. *The Journal of nutritional biochemistry*, *21*(7), 634-644.
- Hassan, Z. K., Elamin, M. H., Daghestani, M. H., Omer, S. A., Al-Olayan, E. M., Elobeid, M. A., ... & Mohammed, O. B. (2012). Oleuropein induces anti-metastatic effects in breast cancer. *Asian Pacific journal of cancer prevention*, *13*(9), 4555-4559.
- Hernández, Á., Fernández-Castillejo, S., Farràs, M., Catalán, Ú., Subirana, I., Montes, R., ... & Fitó, M. (2014). Olive oil polyphenols enhance high-density lipoprotein function in humans: a randomized controlled trial. *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology*, *34*(9), 2115-2119.
- Hozawa, A., Jacobs Jr, D. R., Steffes, M. W., Gross, M. D., Steffen, L. M., & Lee, D. H. (2009). Circulating carotenoid concentrations and incident hypertension: the Coronary Artery Risk Development in Young Adults (CARDIA) study. *Journal of hypertension*, *27*(2), 237.

- Hytiris, N., Kapellakis, I. E., & Tsagarakis, K. P. (2004). The potential use of olive mill sludge in solidification process. *Resources, Conservation and Recycling*, *40*(2), 129-139.
- Imran, M., Nadeem, M., Gilani, S. A., Khan, S., Sajid, M. W., & Amir, R. M. (2018). Antitumor perspectives of oleuropein and its metabolite hydroxytyrosol: Recent updates. *Journal of food science*, *83*(7), 1781-1791.
- Jiang, Q. (2014). Natural forms of vitamin E: metabolism, antioxidant, and anti-inflammatory activities and their role in disease prevention and therapy. *Free Radical Biology and Medicine*, *72*, 76-90.
- Jiménez-Sánchez, A., Martínez-Ortega, A. J., Remón-Ruiz, P. J., Piñar-Gutiérrez, A., Pereira-Cunill, J. L., & García-Luna, P. P. (2022). Therapeutic properties and use of extra virgin olive oil in clinical nutrition: a narrative review and literature update. *Nutrients*, *14*(7), 1440.
- Kalua, C. M., Allen, M. S., Bedgood Jr, D. R., Bishop, A. G., Prenzler, P. D., & Robards, K. (2007). Olive oil volatile compounds, flavour development and quality: A critical review. *Food chemistry*, *100*(1), 273-286.
- Kandyliis, P., Vekiari, A. S., Kanellaki, M., Kamoun, N. G., Msallem, M., & Kourkoutas, Y. (2011). 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), 1333-1341.
- Kapellakis, I. E., Tsagarakis, K. P., & Crowther, J. C. (2008). Olive oil history, production and by-product management. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, *7*, 1-26.
- Karković Marković, A., Torić, J., Barbarić, M., & Jakobušić Brala, C. (2019). Hydroxytyrosol, tyrosol and derivatives and their potential effects on human health. *Molecules*, *24*(10), 2001.
- Kasdallah-Grissa, A., Nakbi, A., Koubaa, N., El-Fazaâ, S., Gharbi, N., Kamoun, A., & Hammami, M. (2008). Dietary virgin olive oil protects against lipid peroxidation and

improves antioxidant status in the liver of rats chronically exposed to ethanol. *Nutrition research*, 28(7), 472-479.

Kashaninejad, M., Sanz, M. T., Blanco, B., Beltrán, S., & Niknam, S. M. (2020). Freeze dried extract from olive leaves: Valorisation, extraction kinetics and extract characterization. *Food and Bioproducts Processing*, 124, 196-207.

Kashyap, D., Sharma, A., S Tuli, H., Punia, S., & K Sharma, A. (2016). Ursolic acid and oleanolic acid: pentacyclic terpenoids with promising anti-inflammatory activities. *Recent patents on inflammation & allergy drug discovery*, 10(1), 21-33.

Kimura, Y., & Sumiyoshi, M. (2009). Olive leaf extract and its main component oleuropein prevent chronic ultraviolet B radiation-induced skin damage and carcinogenesis in hairless mice. *The journal of nutrition*, 139(11), 2079-2086.

Kubota, Y.; Iso, H.; Date, C.; Kikuchi, S.; Watanabe, Y.; Wada, Y.; Inaba, Y.; Tamakoshi, A.; Group, J.S. Dietary intakes of antioxidant vitamins and mortality from cardiovascular disease: The Japan Collaborative Cohort Study (JACC) study. *Stroke* **2011**, 42, 1665–1672.

Lee, I. M., Cook, N. R., Gaziano, J. M., Gordon, D., Ridker, P. M., Manson, J. E., ... & Buring, J. E. (2005). Vitamin E in the primary prevention of cardiovascular disease and cancer: the Women's Health Study: a randomized controlled trial. *Jama*, 294(1), 56-65.

Lee, K. M., Hur, J., Lee, Y., Yoon, B. R., & Choi, S. Y. (2018). Protective effects of tyrosol against oxidative damage in L6 muscle cells. *Food Science and Technology Research*, 24(5), 943-947.

Lee, P., & Ulatowski, L. M. (2019). Vitamin E: Mechanism of transport and regulation in the CNS. *IUBMB life*, 71(4), 424-429.

Leri, M., Oropesa-Nuñez, R., Canale, C., Raimondi, S., Giorgetti, S., Bruzzone, E., ... & Bucciantini, M. (2018). Oleuropein aglycone: A polyphenol with different targets against amyloid toxicity. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects*, 1862(6), 1432-1442.

Letendre, D. (2014). Les mots de l'insoumis. *Liberte*, (306), 47-47.

Loizzo, M. R., Lecce, G. D., Boselli, E., Menichini, F., & Frega, N. G. (2011). Inhibitory activity of phenolic compounds from extra virgin olive oils on the enzymes

involved in diabetes, obesity and hypertension. *Journal of Food Biochemistry*, 35(2), 381-399.

Lopez-Huertas, E. (2010). Health effects of oleic acid and long chain omega-3 fatty acids (EPA and DHA) enriched milks. A review of intervention studies. *Pharmacological research*, 61(3), 200-207.

Luchetti, F. (2002). Importance and future of olive oil in the world market—An introduction to olive oil. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 104(9-10), 559-563.

Ludwig, D. S. (2020). The ketogenic diet: evidence for optimism but high-quality research needed. *The Journal of Nutrition*, 150(6), 1354-1359.

Maher, P. (2017). Protective effects of fisetin and other berry flavonoids in Parkinson's disease. *Food & function*, 8(9), 3033-3042.

Mannu, A., Garroni, S., Ibanez Porras, J., & Mele, A. (2020). Available technologies and materials for waste cooking oil recycling. *Processes*, 8(3), 366.

Mansour, H. M., Zeitoun, A. A., Abd-Rabu, H. S., El Enshasy, H. A., Dailin, D. J., Zeitoun, M. A., & El-Sohaimy, S. A. (2023). Antioxidant and Anti-Diabetic Properties of Olive (*Olea europaea*) Leaf Extracts: In Vitro and In Vivo Evaluation. *Antioxidants*, 12(6), 1275.

Martín, R., Carvalho-Tavares, J., Hernández, M., Arnes, M., Ruiz-Gutierrez, V., & Nieto, M. L. (2010). Beneficial actions of oleanolic acid in an experimental model of multiple sclerosis: a potential therapeutic role. *Biochemical pharmacology*, 79(2), 198-208.

Martín, R., Hernández, M., Cordova, C., & Nieto, M. L. (2012). Natural triterpenes modulate immune-inflammatory markers of experimental autoimmune encephalomyelitis: Therapeutic implications for multiple sclerosis. *British Journal of Pharmacology*, 166(5), 1708-1723.

Martins, E., Poncelet, D., Rodrigues, R. C., & Renard, D. (2017). Oil encapsulation techniques using alginate as encapsulating agent: Applications and drawbacks. *Journal of microencapsulation*, 34(8), 754-771.

- Mastralexi, A., & Tsimidou, M. Z. (2021). The potential of virgin olive oil from cv. Chondrolia chalkidikis and Chalkidiki (Greece) to bear health claims according to the European legislation. *Molecules*, 26(11), 3184.
- Montealegre, C., Esteve, C., García, M. C., García-Ruiz, C., & Marina, M. L. (2014). Proteins in olive fruit and oil. *Critical reviews in food science and nutrition*, 54(5), 611-624.
- Muntwyler, J., Hennekens, C. H., Manson, J. E., Buring, J. E., & Gaziano, J. M. (2002). Vitamin supplement use in a low-risk population of US male physicians and subsequent cardiovascular mortality. *Archives of internal medicine*, 162(13), 1472-1476.
- Myung, S. K., Ju, W., Cho, B., Oh, S. W., Park, S. M., Koo, B. K., & Park, B. J. (2013). Efficacy of vitamin and antioxidant supplements in prevention of cardiovascular disease: systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *Bmj*, 346.
- Narita, Y., & Inouye, K. (2009). Kinetic analysis and mechanism on the inhibition of chlorogenic acid and its components against porcine pancreas α -amylase isozymes I and II. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(19), 9218-9225.
- Nenadis, N., & Tsimidou, M. (2002). Determination of squalene in olive oil using fractional crystallization for sample preparation. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 79, 257-259.
- Olatunde, A., Tijjani, H., Ishola, A. A., Egbuna, C., Hassan, S., & Akram, M. (2020). Carotenoids as functional bioactive compounds. *Functional Foods and Nutraceuticals: Bioactive Components, Formulations and Innovations*, 415-444.
- Oliván, S., Martínez-Beamonte, R., Calvo, A. C., Surra, J. C., Manzano, R., Arnal, C., ... & Osada, J. (2014). Extra virgin olive oil intake delays the development of amyotrophic lateral sclerosis associated with reduced reticulum stress and autophagy in muscle of SOD1G93A mice. *The Journal of nutritional biochemistry*, 25(8), 885-892.
- Omar, S. H. (2010). Oleuropein in olive and its pharmacological effects. *Scientia pharmaceutica*, 78(2), 133-154.
- Ortiz, M., Soto-Alarcón, S. A., Orellana, P., Espinosa, A., Campos, C., López-Arana, S., ... & Videla, L. A. (2020). Suppression of high-fat diet-induced obesity-associated

liver mitochondrial dysfunction by docosahexaenoic acid and hydroxytyrosol co-administration. *Digestive and Liver Disease*, 52(8), 895-904.

Paul, V. (2017). *Organic Olive Production Manual*; Agriculture and Natural Resources, Ed.

Peng, S., Zhang, B., Yao, J., Duan, D., & Fang, J. (2015). Dual protection of hydroxytyrosol, an olive oil polyphenol, against oxidative damage in PC12 cells. *Food & function*, 6(6), 2091-2100.

Perdomo, L., Beneit, N., Otero, Y. F., Escribano, Ó., Díaz-Castroverde, S., Gómez-Hernández, A., & Benito, M. (2015). Protective role of oleic acid against cardiovascular insulin resistance and in the early and late cellular atherosclerotic process. *Cardiovascular diabetology*, 14(1), 1-12.

Perona, J. S., Cabello-Moruno, R., & Ruiz-Gutierrez, V. (2006). The role of virgin olive oil components in the modulation of endothelial function. *The Journal of nutritional biochemistry*, 17(7), 429-445.

Plotnikov, M. B., Aliev, O. I., Sidekhmenova, A. V., Shamanaev, A. Y., Anishchenko, A. M., Fomina, T. I., ... & Arkhipov, A. M. (2018). Effect of p-tyrosol on hemorheological parameters and cerebral capillary network in young spontaneously hypertensive rats. *Microvascular research*, 119, 91-97.

Poirieux, M., Kostov, G., Denkova, R., Shopska, V., Ivanova, M., Balabanova, T., & Vlaseva, R. (2017). Optimization of Conditions for Obtaining Alginate/Olive Oil Capsules for Application in Dairy Industry. *Acta Universitatis Cibiniensis. Series E: Food Technology*, 21(1), 11-22.

Psaltopoulou, T., Kosti, R. I., Haidopoulos, D., Dimopoulos, M., & Panagiotakos, D. B. (2011). Olive oil intake is inversely related to cancer prevalence: a systematic review and a meta-analysis of 13800 patients and 23340 controls in 19 observational studies. *Lipids in health and disease*, 10, 1-16.

Psomiadou, E., & Tsimidou, M. (2002). Stability of virgin olive oil. 1. Autoxidation studies. *Journal of agricultural and food chemistry*, 50(4), 716-721.

- Rådmark, O., Werz, O., Steinhilber, D., & Samuelsson, B. (2015). 5-Lipoxygenase, a key enzyme for leukotriene biosynthesis in health and disease. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular and Cell Biology of Lipids*, 1851(4), 331-339.
- Ranalli, A., Modesti, G., Patumi, M., & Fontanazza, G. (2000). The compositional quality and sensory properties of virgin olive oil from a new olive cultivar—I-77. *Food Chemistry*, 69(1), 37-46.
- Riccio, P., Rossano, R., & Liuzzi, G. M. (2010). May diet and dietary supplements improve the wellness of multiple sclerosis patients? A molecular approach. *Autoimmune diseases*, 2010.
- Rietjens, S. J., Bast, A., & Haenen, G. R. (2007). New insights into controversies on the antioxidant potential of the olive oil antioxidant hydroxytyrosol. *Journal of agricultural and food chemistry*, 55(18), 7609-7614.
- Rosillo, M. Á., Alcaraz, M. J., Sánchez-Hidalgo, M., Fernández-Bolaños, J. G., Alarcón-de-la-Lastra, C., & Ferrándiz, M. L. (2014). Anti-inflammatory and joint protective effects of extra-virgin olive-oil polyphenol extract in experimental arthritis. *The Journal of nutritional biochemistry*, 25(12), 1275-1281.
- Salama, A. H., & Aburahma, M. H. (2016). Ufasomes nano-vesicles-based lyophilized platforms for intranasal delivery of cinnarizine: preparation, optimization, ex-vivo histopathological safety assessment and mucosal confocal imaging. *Pharmaceutical Development and Technology*, 21(6), 706-715.
- Sales, P. M., Souza, P. M., Simeoni, L. A., Magalhães, P. O., & Silveira, D. (2012). α -Amylase inhibitors: a review of raw material and isolated compounds from plant source. *Journal of Pharmacy & Pharmaceutical Sciences*, 15(1), 141-183.
- Sales-Campos, H., Reis de Souza, P., Crema Peghini, B., Santana da Silva, J., & Ribeiro Cardoso, C. (2013). An overview of the modulatory effects of oleic acid in health and disease. *Mini reviews in medicinal chemistry*, 13(2), 201-210.
- Salsinha, A. S., Socodato, R., Relvas, J. B., & Pintado, M. (2023). The pro-and antiinflammatory activity of fatty acids. In *Bioactive Lipids* (pp. 51-75). Academic Press.

Santa-María, C., López-Enríquez, S., Montserrat-de la Paz, S., Geniz, I., Reyes-Quiroz, M. E., Moreno, M., ... & Alba, G. (2023). Update on Anti-Inflammatory Molecular Mechanisms Induced by Oleic Acid. *Nutrients*, *15*(1), 224.

Scotece, M., Gómez, R., Conde, J., Lopez, V., Gómez-Reino, J. J., Lago, F., ... & Gualillo, O. (2012). Further evidence for the anti-inflammatory activity of oleocanthal: Inhibition of MIP-1 α and IL-6 in J774 macrophages and in ATDC5 chondrocytes. *Life sciences*, *91*(23-24), 1229-1235.

Shannon, E., & Abu-Ghannam, N. (2016). Antibacterial derivatives of marine algae: An overview of pharmacological mechanisms and applications. *Marine drugs*, *14*(4), 81.

Shramko, V. S., Polonskaya, Y. V., Kashtanova, E. V., Stakhneva, E. M., & Ragino, Y. I. (2020). The short overview on the relevance of fatty acids for human cardiovascular disorders. *Biomolecules*, *10*(8), 1127.

Smirnoff, N. (2005). Ascorbate, tocopherol and carotenoids: metabolism, pathway engineering and functions. *Antioxidants and reactive oxygen species in plants, 2005*, 53-86.

Soler-Rivas, C., Espín, J. C., & Wichers, H. J. (2000). Oleuropein and related compounds. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *80*(7), 1013-1023.

Sozen, E., Demirel, T., & Ozer, N. K. (2019). Vitamin E: Regulatory role in the cardiovascular system. *Iubmb Life*, *71*(4), 507-515.

Špika, M. J., Kraljić, K., & Škevin, D. (2016). Tocopherols: Chemical structure, bioactivity, and variability in Croatian virgin olive oils. *Products from Olive Tree*, 317.

Stonehouse, W., Brinkworth, G. D., Thompson, C. H., & Abeywardena, M. Y. (2016). Short term effects of palm-tocotrienol and palm-carotenes on vascular function and cardiovascular disease risk: A randomised controlled trial. *Atherosclerosis*, *254*, 205-214.

Sun-Waterhouse, D., Zhou, J., Miskelly, G. M., Wibisono, R., & Wadhwa, S. S. (2011). Stability of encapsulated olive oil in the presence of caffeic acid. *Food Chemistry*, *126*(3), 1049-1056.

Sun, Y. (2017). *Antioxidant and biological activities of tyrosol, hydroxytyrosol and their esters* (Doctoral dissertation, Memorial University of Newfoundland).

Tacconi, S., Longo, S., Guerra, F., Moliterni, C., Friuli, M., Romano, A., ... & Giudetti, A. M. (2023). An aqueous olive leaf extract (OLE) ameliorates parameters of oxidative stress associated with lipid accumulation and induces lipophagy in human hepatic cells. *Food & Function*.

Taguas, E. V., Marín-Moreno, V., Díez, C. M., Mateos, L., Barranco, D., Mesas-Carrascosa, F. J., ... & Quero, J. L. (2021). Opportunities of super high-density olive orchard to improve soil quality: Management guidelines for application of pruning residues. *Journal of Environmental Management*, 293, 112785.

Thandapilly, S. J., Raj, P., Louis, X. L., Perera, D., Yamanagedara, P., Zahradka, P., ... & Netticadan, T. (2017). Canola oil rich in oleic acid improves diastolic heart function in diet-induced obese rats. *The journal of physiological sciences*, 67(3), 425-430.

Tian, Y., Xu, Q., Sun, L., Ye, Y., & Ji, G. (2018). Short-chain fatty acids administration is protective in colitis-associated colorectal cancer development. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 57, 103-109.

Tomé-Carneiro, J., Crespo, M. C., Iglesias-Gutierrez, E., Martin, R., Gil-Zamorano, J., Tomas-Zapico, C., ... & Davalos, A. (2016). Hydroxytyrosol supplementation modulates the expression of miRNAs in rodents and in humans. *The Journal of nutritional biochemistry*, 34, 146-155.

Uncu, O., & Ozen, B. (2020). Importance of some minor compounds in olive oil authenticity and quality. *Trends in Food Science & Technology*, 100, 164-176.

Valenzuela, R., Echeverria, F., Ortiz, M., Rincón-Cervera, M. Á., Espinosa, A., Hernandez-Rodas, M. C., ... & Videla, L. A. (2017). Hydroxytyrosol prevents reduction in liver activity of Δ -5 and Δ -6 desaturases, oxidative stress, and depletion in long chain polyunsaturated fatty acid content in different tissues of high-fat diet fed mice. *Lipids in health and disease*, 16, 1-16.

Visioli, F., Poli, A., & Gall, C. (2002). Antioxidant and other biological activities of phenols from olives and olive oil. *Medicinal research reviews*, 22(1), 65-75.

Wang, H., Sit, W. H., Tipoe, G. L., & Wan, J. M. F. (2014). Differential protective effects of extra virgin olive oil and corn oil in liver injury: a proteomic study. *Food and chemical toxicology*, *74*, 131-138.

Yan, C. M., Chai, E. Q., Cai, H. Y., Miao, G. Y., & Ma, W. (2015). Oleuropein induces apoptosis via activation of caspases and suppression of phosphatidylinositol 3-kinase/protein kinase B pathway in HepG2 human hepatoma cell line. *Molecular Medicine Reports*, *11*(6), 4617-4624.

Zhang, W., Hu, X., Yang, W., Gao, Y., & Chen, J. (2010). Omega-3 polyunsaturated fatty acid supplementation confers long-term neuroprotection against neonatal hypoxic-ischemic brain injury through anti-inflammatory actions. *Stroke*, *41*(10), 2341-2347.

Zhao, B., Ma, Y., Xu, Z., Wang, J., Wang, F., Wang, D., ... & Jiang, H. (2014). Hydroxytyrosol, a natural molecule from olive oil, suppresses the growth of human hepatocellular carcinoma cells via inactivating AKT and nuclear factor-kappa B pathways. *Cancer letters*, *347*(1), 79-87.

Zhao, X. H., & Tang, C. H. (2016). Spray-drying microencapsulation of CoQ10 in olive oil for enhanced water dispersion, stability and bioaccessibility: Influence of type of emulsifiers and/or wall materials. *Food hydrocolloids*, *61*, 20-30.

Zingg, J. M. (2015). Vitamin E: a role in signal transduction. *Annual review of nutrition*, *35*, 135-173.

Zong, G., Li, Y., Sampson, L., Dougherty, L. W., Willett, W. C., Wanders, A. J., ... & Sun, Q. (2018). Monounsaturated fats from plant and animal sources in relation to risk of coronary heart disease among US men and women. *The American journal of clinical nutrition*, *107*(3), 445-453.

European Commission. Regulation (EC) No 1223/2009 of the European Parliament and of the Council of 30 November 2009 on Cosmetic Products; European Commission: Brussels, Belgium, 2009. [Google Scholar]

Κούμπλα, Μ. (2021). Η χρήση του ελαιολάδου στην κοσμετολογία.