

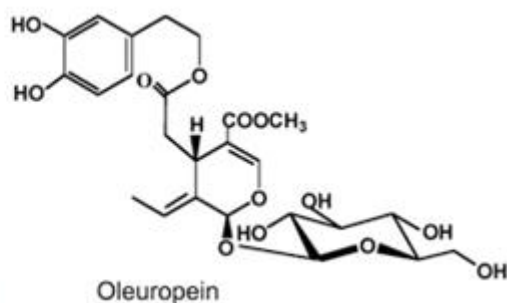


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

με τίτλο

**«Ανασκόπηση της διατροφικής αξίας και της βιοδραστικότητας της
ελευρωπαΐνης του ελαιόλαδου»**



ΝΕΟΦΥΤΟΥ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ

(Α.Μ.: 6112014080)

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΚΟΥΤΕΛΙΔΑΚΗΣ ΑΝΤΩΝΙΟΣ

ΛΗΜΝΟΣ 2021



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

με τίτλο

**«Ανασκόπηση της διατροφικής αξίας και της βιοδραστικότητας της
ελευρωπαΐνης του ελαιόλαδου»**

ΝΕΟΦΥΤΟΥ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ

(Α.Μ.: 6112014080)

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την / /

Κουτελιδάκης Αντώνιος

Καραντώνης Χαράλαμπος

Ιωάννου Ζαχαρίας

.....
Επίκουρος Καθηγητής

.....
Αναπληρωτής Καθηγητής

.....
Επίκουρος Καθηγητής

ΛΗΜΝΟΣ 2021

Περίληψη

Σκοπός: Το ελαιόλαδο συνιστά την κύρια πηγή λιπών στη Μεσογειακή διατροφή. Η υψηλή του διατροφική αξία υποστηρίζεται με βάση τα ποικίλα οφέλη που εμφανίζει σε ό,τι αφορά την εύρυθμη λειτουργία του ανθρώπινου οργανισμού. Το ελαιόλαδο περιέχει ένα σύνολο συστατικών, μεταξύ των οποίων εντοπίζονται και φαινολικές ενώσεις. Η κύρια φαινολική ένωση, που απαντάται στο ελαιόλαδο, είναι η ελευρωπαΐνη, η οποία αναδεικνύεται υπεύθυνη για την ιδιαίτερα έντονη γεύση του και τη σταθερότητά του κατά τη διαδικασία της οξείδωσης. Η ελευρωπαΐνη έχει αποδειχθεί να παρουσιάζει σημαντικές φαρμακολογικές ιδιότητες, με κυριότερες τον υψηλό αντιοξειδωτικό της χαρακτήρα και την σημαντική αντιμικροβιακή και αντιφλεγμονώδη της ικανότητα. Παράλληλα, επιδεικνύει ένα αξιόλογο καρδιοπροστατευτικό και νευροπροστατευτικό ρόλο, ενώ εξίσου καίρια κρίνεται η συμβολή της στον έλεγχο ποικίλων παθήσεων.

Σχεδιασμός / μεθοδολογία / προσέγγιση: Η παρούσα εργασία επικεντρώνεται στην ανάλυση της σχέσης ανάμεσα στην κύρια φαινολική ένωση στο ελαιόλαδο, την ελευρωπαΐνη, και των φαρμακολογικών της ιδιοτήτων, συμπεριλαμβανομένων της αντιοξειδωτικής, της αντιφλεγμονώδους, της αντι-αθηρογενετικής, της αντικαρκινικής και της αντιμικροβιακής της δραστηριότητας. Μέσω της συγκεκριμένης μελέτης επιχειρείται να αναδειχθεί η υψηλή διατροφική αξία της ελευρωπαΐνης ως κύριο συστατικό του ελαιόλαδου. Για το σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκε ανασκόπηση συνολικά 112 μελετών, κυρίως κλινικών και επιδημιολογικών. Η αναζήτηση πραγματοποιήθηκε στις βάσεις δεδομένων PubMed, Springer, Medline και Google Scholar χρησιμοποιώντας ως λέξεις κλειδιά τις ακόλουθες: «*ελευρωπαΐνη*», «*διατροφική αξία της ελευρωπαΐνης*», «*προστατευτικός ρόλος της κατανάλωσης ελευρωπαΐνης*», «*ελαιόλαδο*» και «*Μεσογειακή διατροφή*». Κύρια κριτήρια κατά την επιλογή των μελετών ορίστηκαν η χρονολογία δημοσίευσής τους, προκειμένου να συμπεριληφθούν κατά το δυνατό πρόσφατες μελέτες, καθώς και η εφαρμογή σε αυτές έγκυρης και αξιόπιστης μεθοδολογίας.

Ευρήματα: Η κατανάλωση υψηλής ποιότητας και πλούσιου σε φαινολικές ενώσεις εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου παρουσιάζει σημαντικές ευεργετικές επιδράσεις στον άνθρωπο. Τα σημαντικά οφέλη της κατανάλωσης επαρκών ποσοτήτων ελευρωπαΐνης στην καθημερινή διατροφή εκτείνονται σε ποικίλους τομείς της ανθρώπινης υγείας και ευζωίας, εγείροντας το ενδιαφέρον. Οι φαρμακολογικές ιδιότητες της ελευρωπαΐνης τεκμηριώνονται μέσω *ποικίλων in*

in vivo και *in vitro* μελετών, οι οποίες καταγράφουν τον αξιόλογο της ρόλο σε ό,τι αφορά την καρδιοπροστασία, την αντικαρκινική της δράση αλλά και την επίδραση της έναντι νευροεκφυλιστικών και λοιπών χρόνιων παθήσεων.

Πρωτοτυπία / αξία: Μέσω της παρούσας μελέτης επιτεύχθηκε η ανάδειξη του αναμφισβήτητου σημαντικού ρόλου της ελευρωπαϊκής και η αξία της ως συστατικού της καθημερινής διατροφής του ανθρώπου. Πρόκειται για μια ένωση αυξημένου διατροφικού ενδιαφέροντος, η κατανάλωση της οποίας συμβάλει στη διαχείριση χρόνιων νοσημάτων, τα οποία δυσχεραίνουν τη διαβίωση του ατόμου και απειλούν τη βιωσιμότητά του. Τα ευρήματα της παρούσας έρευνας δύναται να αποτελέσουν τη βάση για την περαιτέρω προσέγγιση της επίδρασης της φαινολικής αυτής ένωσης ενάντια σε ένα πλήθος ασθενειών αλλά και τη δυνατότητα της προσθήκης της στη διαμόρφωση ελπιδοφόρων θεραπευτικών σχημάτων.

Λέξεις κλειδιά: ελευρωπαϊκή, διατροφική αξία της ελευρωπαϊκής, προστατευτικός ρόλος της κατανάλωσης ελευρωπαϊκής, ελαιόλαδο, Μεσογειακή διατροφή.

Abstract

Purpose: According to the Mediterranean diet olive oil is considered to be its main source of fat. The enormous nutritional value of this diet is revealed based on its multiple benefits regarding human health and well-being. Olive oil consists of a total of ingredients, including phenolic compounds. Oleuropein is the main phenolic compound in olive oil and is responsible for its distinguished flavor, as well as its stability during oxidation. Oleuropein has been reported to have many pharmacological properties, among which significant are its antioxidant status and its antimicrobial and its anti-inflammatory activities. Additionally, oleuropein shows an enhanced cardioprotective and neuroprotective role, whereas its effect against multiple diseases is also considered crucial.

Design / methodology / approach: The present review focuses on analyzing the relationship between the major phenolic compound in olive oil, oleuropein, and its pharmacological activities, including its antioxidant, anti-inflammatory, anti-atherogenic, anti-cancer activities and antimicrobial activity. The high nutritional value of oleuropein will be revealed via the present study. In order to fulfill this purpose, 112 studies have been reviewed, mainly clinical and epidemiological researches. The present search has been conducted on PubMed, Springer, Medline and GoogleScholar, using as key words the following: “*oleuropein*”, “*nutritional value of oleuropein*”, “*protective role of oleuropein*”, “*olive oil*” and “*Mediterranean diet*”. The main criteria of selection have been the date of publication, in an attempt to include researches as recent as possible, as well as the application of accurate and reliable methodology.

Findings: Consuming olive oil of high quality, enriched in phenolic compounds, presents multiple benefits. The gain of receiving daily adequate amounts of oleuropein affects various domains of human health and well-being, provoking scientific interest. The pharmacological activities of oleuropein are defined via various *in vivo* and *in vitro* studies that reveal its role regarding cardioprotection, its anticancer activities, as well as its effects on neuro- degenerative disorders and other long-term diseases.

Originality / value: Via the present study the undeniable significant role of oleuropein is revealed, including its value as an essential compound of a person’s every day diet. Oleuropein is a chemical compound of great nutritional interest and its consumption may enable the

therapeutic approach of long-term diseases that place a burden upon human life and well-being. The findings of this study may act as the base of future research, regarding the effects of this phenolic compound against multiple disorders and may also support oleuropein usage in successful therapeutic approaches.

Keywords: oleuropein, nutritional value of oleuropein, protective role of oleuropein, olive oil, Mediterranean diet.

Ευχαριστίες

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου προς όλους εκείνους που με βοήθησαν στην ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας.

Ευχαριστώ θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Κουτελιδάκη Αντώνιο για την εμπιστοσύνη ανάθεσης του συγκεκριμένου θέματος.

Τέλος, ευχαριστώ την οικογένειά μου για την αμέριστη στήριξή της καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησής της.

Πίνακας Περιεχομένων

Περίληψη.....	v
Abstract	vii
Ευχαριστίες.....	ix
Κατάλογος Σχημάτων	xii
Κατάλογος Πινάκων	xiii
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
Σημαντικότητα του θέματος και διατύπωση του προβλήματος.....	1
Πρωτοτυπία.....	7
Σκοπός και στόχοι.....	7
Μεθοδολογία.....	8
Δομή της εργασίας	8
1 ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ	10
1.1 Εισαγωγή	10
1.2 Λιπαρά οξέα	11
1.3 Φωσφολιπίδια του ελαιόλαδου	14
1.4 Ασαπωνοποίητα συστατικά του ελαιόλαδου	15
1.5 Κυριότερες κατηγορίες ασαπωνοποίητων συστατικών του ελαιόλαδου	16
1.5.1 Υδρογονάνθρακες.....	16
1.5.2 Τοκοφερόλες.....	17
1.5.3 Στερόλες.....	18
1.5.4 Τριτερπενικά οξέα	19
1.5.5 Χλωροφύλλες.....	19
1.5.6 Καροτενοειδή.....	21
1.5.7 Βιταμίνες.....	22
1.5.8 Φαινόλες.....	22
2 ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΑ	26
2.1 Αντιοξειδωτικές ουσίες και μηχανισμός δράσης αυτών	26
2.2 Κατηγορίες αντιοξειδωτικών ενώσεων.....	27
2.2.1 Φυσικά αντιοξειδωτικά.....	27

2.2.2	Συνθετικά αντιοξειδωτικά	30
2.2.3	Δευτεροταγή αντιοξειδωτικά	31
2.3	Επιδράσεις των αντιοξειδωτικών	32
2.4	Συνθήκες αποθήκευσης παρθένου ελαιόλαδου και δράση των αντιοξειδωτικών	33
3	ΕΛΑΙΟΛΑΔΟ ΚΑΙ ΥΓΕΙΑ.....	35
3.1	Ελαιόλαδο και υγεία	35
3.2	Ελαιόλαδο, ευζωία και μακροζωία	42
3.3	Παράγοντες που σχετίζονται με τις ευεργετικές επιδράσεις της κατανάλωσης ελαιόλαδου στην καθημερινή διατροφή	44
3.4	Επίδραση ασαπωνοποιητών συστατικών του ελαιόλαδου στην υγεία	47
3.5	Διατροφική αξία των φαινολικών ενώσεων στο ελαιόλαδο	51
3.6	Μεσογειακή διατροφή και ελαιόλαδο	53
4	Η ΑΞΙΑ ΤΗΣ ΕΛΕΥΡΩΠΑΪΝΗΣ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ	55
4.1	Χημική δομή και ιδιότητες	55
4.2	Αντιοξειδωτική δράση	57
4.3	Αντικαρκινική δράση.....	58
4.4	Αντιμικροβιακή και αντιφλεγμονώδης δράση	60
4.5	Καρδιαγγειακό σύστημα	61
4.6	Νευρικό σύστημα	63
4.7	Πεπτικό σύστημα	64
4.8	Ελευρωπαΐνη και σακχαρώδης διαβήτης	65
5	ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	66
5.1	Συστάσεις για μελλοντική έρευνα.....	66
5.2	Συζήτηση - Συμπεράσματα.....	66
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....	71

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 1.1: Σύσταση ελαιόλαδου.....	14
Σχήμα 1.2: Δομή α-τοκοφερόλης.....	17
Σχήμα 1.3: Δομή β-καροτένιου και λυκοπένης.	22

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 3.1: Αντικαρκινική δράση ελαιόλαδου - ελευρωπαΐνης.	41
--	----

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σημαντικότητα του θέματος και διατύπωση του προβλήματος

Το ελαιόλαδο θεωρείται ως ένα από τα κυριότερα στοιχεία μιας υγιεινής διατροφής, ιδιότητα η οποία βασίζεται στην ιδιαίτερη χημική του σύσταση (Martín-Peláez, Castañer & Konstantinidou, 2017; Castro-Barquero et al., 2018). Όπως ισχύει με το σύνολο των λιπαρών ουσιών, το ελαιόλαδο αποτελεί ένα μίγμα ανώτερων κορεσμένων ή ακόρεστων λιπαρών οξέων και τριγλυκεριδίων (Angelis et al., 2018).

Σε ό,τι αφορά τα συστατικά του ελαιόλαδου, διακρίνονται σε σαπωνοποιήσιμα συστατικά, στα οποία περιλαμβάνονται τα τριγλυκερίδια, τα ελεύθερα λιπαρά οξέα και τα φωσφολιπίδια, και σε ασαπωνοποιήσιμα συστατικά, όπου περιλαμβάνονται οι υδρογονάνθρακες, οι φαινόλες, οι στερόλες, και οι αλειφατικές αλκοόλες (Hohmann et al., 2015). Αν και το ποσοστό των μη σαπωνοποιήσιμων συστατικών εντοπίζεται να είναι σαφώς μικρότερο ποσοτικά, η διατροφική και βιολογική τους αξία καταγράφεται να είναι αντιθέτως ιδιαίτερα σημαντική (Crespo et al., 2018).

Η σύσταση του ελαιόλαδου σε λιπαρά οξέα, όπως συμβαίνει και με λοιπά φυτικά έλαια, παρουσιάζει ένα αυξημένο βαθμό ποικιλότητας, περιλαμβάνοντας στη σύστασή του τόσο κορεσμένα όσο και ακόρεστα λιπαρά οξέα, με σημαντικότερα εξ' αυτών τα ακόρεστα (Tarhan et al., 2017; Foscolou, Critselis & Panagiotakos, 2018). Στην πλειονότητα των ελαίων, σε ό,τι αφορά τα λιπαρά οξέα, κυριαρχεί σε ποσοστό το ελαϊκό οξύ (Piroddi et al., 2017). Αντίθετα, η περιεκτικότητα του παρθένου ελαιόλαδου σε φωσφολιπίδια είναι αρκετά χαμηλή (De Bruno et al., 2021).

Επιπρόσθετα, στο ελαιόλαδο εντοπίζονται σε χαμηλές συγκεντρώσεις μη γλυκεριδικά συστατικά, τα οποία αποτελούν τα ήσσονα ή δευτερεύοντα συστατικά, με ορισμένα από αυτά να συνιστούν το ασαπωνοποίητο κλάσμα του ελαιόλαδου (Zielińska et al., 2020). Μεταξύ των ασαπωνοποίητων συστατικών περιλαμβάνονται οι υδρογονάνθρακες, οι τοκοφερόλες, οι στερόλες, τα τριτερπενικά οξέα, οι χλωροφύλλες, τα καροτενοειδή, οι βιταμίνες και οι φαινολικές ενώσεις. Σε ό,τι αφορά το παρθένο ελαιόλαδο σε υψηλότερες συγκεντρώσεις καταγράφονται το σκουαλένιο και οι λοιποί υδρογονάνθρακες, με τα καροτενοειδή και τις τοκοφερόλες να ακολουθούν. Χαμηλή

εντοπίζεται η περιεκτικότητα σε στερόλες και σε τριτερπενοειδείς αλκοόλες (Mastralexi & Tsimidou, 2021).

Σε ό,τι αφορά τις κατηγορίες ασαπωνοποίητων συστατικών του ελαιόλαδου, οι υδρογονάνθρακες είναι εν μέρει ακόρεστοι και εν μέρει κορεσμένοι, με κύριο όμως συστατικό αυτών το σκουαλένιο (Zielińska et al., 2020; Luzi et al., 2021). Οι τοκοφερόλες είναι ετεροκυκλικές ενώσεις μεγάλου μοριακού βάρους, στις οποίες οι διάφορες ομόλογες σειρές διαφέρουν σε ό,τι αφορά στον αριθμό των ομάδων μεθυλίου που περικλείουν ή ακόμη και τη θέση αυτών στο μόριο τους. Η αντιοξειδωτική τους δράση αναδεικνύεται ιδιαίτερος υψηλή, με την α-τοκοφερόλη να αποτελεί το ισχυρότερο αντιοξειδωτικό εντός της συγκεκριμένης ομάδας (Martakos et al., 2020; Tanno et al., 2020). Πέρα από την αντιοξειδωτική τους δράση, οι τοκοφερόλες μπορούν να δράσουν και ως βιταμίνες, με την ενεργότητα αυτών να αυξάνεται αντιστρόφως σε σχέση με την αντιοξειδωτική τους δεινότητα (Lucci et al., 2020). Οι στερόλες συνιστούν κυκλικές αλκοόλες με μεγάλο μοριακό βάρος, οι οποίες εντοπίζονται στο σύνολο των φυσικών λιπαρών υλών, με κυριότερη στερόλη στο ελαιόλαδο τη β-σιτοστερόλη (Kyzyk et al., 2016; Li, Flynn & Wang, 2019). Οι χλωροφύλλες καθώς και τα καροτενοειδή αποτελούν χρωστικές, που εντοπίζονται στο ελαιόλαδο και ευθύνονται για το ιδιαίτερο, χαρακτηριστικό χρώμα του (Mingchih et al., 2015; Montesano et al., 2019).

Οι φαινόλες ανήκουν στο ασαπωνοποίητο κλάσμα του ελαιόλαδου και αποτελούν οργανικές ενώσεις, οι οποίες παρουσιάζουν τουλάχιστον ένα βενζολικό δακτύλιο, ο οποίος φέρει ένα ή περισσότερα μόρια υδροξυλίου (Farràs et al., 2020). Η περιεκτικότητα του ελαιόλαδου σε φαινολικές ενώσεις καθορίζεται από την ποικιλία των καλλιεργούμενων ελαιόδενδρων και από την ωριμότητα των ελαιόκαρπων κατά τη διάρκεια της διαδικασίας της συγκομιδής τους (Romani et al., 2019).

Από το σύνολο των μη σαπωνοποιήσιμων συστατικών του ελαιόλαδου, οι φαινολικές ενώσεις αναδεικνύονται ως οι σημαντικότερες εξ αυτών χάρη στις ιδιαίτερες ιδιότητές τους ως αντιοξειδωτικές ενώσεις (Rodríguez-López et al., 2020).

Αντιοξειδωτικές καλούνται οι ουσίες, οι οποίες περιέχονται ως φυσιολογικά συστατικά τροφίμων ή εναλλακτικά μπορούν να προστεθούν κατά τη διαδικασία της παρασκευής τους και οι οποίες παρουσιάζουν τη δυνατότητα να εμποδίζουν την οξείδωση τους (Quintero-Flórez et al., 2018; Cuomo et al., 2020; Lanza & Ninfali, 2020).

Οι αντιοξειδωτικές ουσίες διακρίνονται στα φυσικά, στα συνθετικά και στα δευτεροταγή αντιοξειδωτικά. Τα φυσικά αντιοξειδωτικά αποτελούν ουσίες φυτικής προέλευσης με υψηλή αντιοξειδωτική δράση (Lanza & Ninfali, 2020; Mateos et al., 2020). Μεταξύ των κυριότερων αντιοξειδωτικών συγκαταλέγονται οι τοκοφερόλες, με κυριότερη στο ελαιόλαδο την α-τοκοφερόλη και οι φαινόλες (Tanno et al., 2020; Luzi et al., 2021).

Οι φαινολικές ενώσεις αποτελούν φυσικά αντιοξειδωτικά, καθώς έχουν τη δυνατότητα αποβολής ιόντων υδρογόνου, οπότε δρουν ως απενεργοποιητές των ελεύθερων ριζών των λιπιδίων (Mateos et al., 2020). Υφίσταται μια υψηλή συσχέτιση ανάμεσα στο βαθμό οξείδωσης του ελαιόλαδου, ο οποίος υπολογίζεται με την αξιολόγηση του αριθμού των υπεροξειδίων, και την περιεκτικότητα αυτού σε φαινολικές ενώσεις (De Bruno et al., 2021).

Τα συνθετικά αντιοξειδωτικά, σε αντίθεση με τα φυσικά, αποτελούν ενώσεις, οι οποίες παρασκευάζονται και χρησιμοποιούνται ως προσθήκες ποικίλων λιπαρών τροφών, προκειμένου να παρεμποδίσουν ή να καθυστερήσουν την οξείδωσή τους (Uncu & Ozen, 2020). Επιπρόσθετα, τα δευτεροταγή αντιοξειδωτικά συνιστούν ενώσεις, των οποίων η αντιοξειδωτική δράση εμφανίζεται να είναι ιδιαίτερος χαμηλή όταν δρουν ανεξάρτητα, αλλά παρουσιάζεται αυξημένη στην περίπτωση που συνδυασθούν είτε με φυσικές είτε με συνθετικές αντιοξειδωτικές ουσίες (Marcelino et al., 2019).

Η σημασία της δράσης των αντιοξειδωτικών ουσιών αφορά βασικές λειτουργίες του ανθρώπινου οργανισμού. Μέσω της ικανότητας εξουδετέρωσης των ελευθέρων ριζών, που διακρίνει τις ενώσεις αυτής της κατηγορίας, επιτυγχάνεται η προστασία των κυτταροπλασματικών μεμβρανών των κυττάρων του οργανισμού και συγχρόνως διασφαλίζεται η διαφύλαξη των απαραίτητων θρεπτικών αποθεμάτων του, αποτρέποντας την καταστροφή αυτών (Incani et al., 2016; Luzi et al., 2021). Σημαντική είναι και η αντικαρκινική τους δράση, καθώς παρεμποδίζουν την ενεργοποίηση των μηχανισμών καρκινογένεσης και αδρανοποιούν ουσίες που δρουν ως ισχυρά μεταλλαξογόνες (Kouli et al., 2019).

Η παρουσία αντιοξειδωτικών ουσιών είναι καίρια και σε ό,τι αφορά στο καρδιαγγειακό σύστημα όπου αυξάνει την ανθεκτικότητα των αγγείων και συμβάλλει στον περιορισμό της δράσης φλεγμονώδων παραγόντων (Martakos et al., 2020). Ο ρόλος τους στην προστασία του νευρικού συστήματος είναι επίσης σημαντικός, καθώς αποτρέπουν την οξείδωση των νευροδιαβιβαστικών ουσιών και βελτιώνουν τη λειτουργικότητά τους (Incani et al., 2016).

Είναι σαφές ότι η επιλογή μιας διαιτητικής παρέμβασης, που επικεντρώνεται στην πρόσληψη κατάλληλων ποσοτήτων ελαιόλαδου καθημερινά, συντελεί σε μια πληθώρα θετικών συνεπειών στην υγεία και μακροζωία του ατόμου (Foscolou, Critselis & Panagiotakos, 2018). Η υιοθέτηση αυτού του διατροφικού σχήματος αποτελεί στάδιο υψίστης σημασίας στην προσπάθεια πρόληψης της εκδήλωσης καρδιαγγειακών νοσημάτων και ειδικότερα της στεφανιαίας νόσου (Gorzynik-Debicka et al., 2018; Marcelino et al., 2019). Εξίσου σημαντική είναι η κατανάλωση ελαιόλαδου μέσω της διατροφής στην προστασία έναντι στην αθηρωματοσκλήρωση (Fernandes et al., 2020; Ilak Peršurić & Težak Damijanić, 2021). Ευεργετική κρίνεται επίσης η επίδραση του ελαιόλαδου έναντι της εκδήλωσης υπέρτασης, συμβάλλοντας στη μείωση της αρτηριακής πίεσης, με την πίεση του αίματος να διατηρείται σε ελεγχόμενα επίπεδα σε υπερτασικούς ασθενείς (Convas et al., 2015). Ειδικότερα, οι φαινολικές ενώσεις, που εντοπίζονται στο εξαιρετικά παρθένο ελαιόλαδο, διαδραματίζουν ένα κύριο ρόλο στη μείωση της αρτηριακής πίεσης (Foscolou, Critselis & Panagiotakos, 2018; George et al., 2019).

Η επίδραση των αντιοξειδωτικών ενώσεων του ελαιόλαδου στη μακροζωία αποτυπώνεται μέσα από την προσδοκώμενη διάρκεια ζωής των κατοίκων των χωρών της Νότιας Ευρώπης, όπου κυριαρχεί το διατροφικό σχήμα της Μεσογειακής διαίτας, πλούσιο στην κατανάλωση ελαιόλαδου (Gavahian et al., 2019). Κυρίως μεταξύ των ασαπωνοποίητων συστατικών στο ελαιόλαδο εντοπίζεται ένα πλήθος σημαντικών συστατικών, τα οποία επηρεάζουν θετικά την υγεία του ανθρώπου (Estruch et al., 2018; Gorzynik-Debicka et al., 2018).

Σε ό,τι αφορά αρχικά τις υδρογονανθρακικές ενώσεις του ασαπωνοποίητου κλάσματος, σημαντική κρίνεται η δράση του σκουαλενίου, το οποίο παρουσιάζει υψηλή αντικαρκινική δράση, παρεμβαίνοντας μέσω πολύπλοκων μηχανισμών στη διαδικασία της ενεργοποίησης καρκινογενετικών μηχανισμών (Jimenez-Lopez et al., 2020). Έτερα ασαπωνοποίητα συστατικά του ελαιόλαδου με θετικές επιδράσεις στην υγεία του ατόμου είναι οι τοκοφερόλες, με ισχυρή δράση ενάντια στην εκδήλωση νεοπλασιών αλλά και καρδιαγγειακών νοσημάτων (Shen et al., 2015; Jimenez-Lopez et al., 2020). Ομοίως ασαπωνοποίητα συστατικά με θετική επίδραση στην υγεία του ατόμου αναδεικνύονται οι στερόλες, με τη λήψη αυτών μέσω της κατανάλωσης ελαιόλαδου να οδηγεί στη μείωση της συγκέντρωσης της ολικής χοληστερόλης στο αίμα, καθώς και της χοληστερόλης, η οποία προέρχεται από λιποπρωτεΐνες (Foscolou, Critselis & Panagiotakos, 2018; Gorzynik-Debicka et al., 2018). Η αντιοξειδωτική δράση των καροτενοειδών, επίσης ασαπωνοποίητων συστατικών του ελαιόλαδου, σε συνδυασμό με την ικανότητα ρύθμισης

του ανοσοβιολογικού συστήματος την οποία εμφανίζουν, συμβάλλει στην υψηλή προστασία έναντι ποικίλων νοσημάτων, όπως είναι οι καρδιαγγειακές παθήσεις αλλά και πιθανές νεοπλασίες (Covas et al., 2015; Vazquez et al., 2019). Τα φλαβονοειδή επιπρόσθετα παρουσιάζουν προστατευτική δράση ενάντια στην προσβολή από παθογόνους μικροοργανισμούς καθώς και αντιφλεγμονώδεις και αντιοξειδωτικές ιδιότητες (Farràs et al., 2020).

Οι φαινολικές ενώσεις, ως τμήμα των ασαπωνοποιήτων συστατικών στο ελαιόλαδο, παρουσιάζουν ποικίλα οφέλη για την υγεία του ανθρώπινου οργανισμού με την πρόσληψη αυτών με την καθημερινή διατροφή να προσδίδει αντιοξειδωτικά αλλά και αντιφλεγμονώδη οφέλη, ενώ εξίσου σημαντικές είναι και αντιπηκτικές ιδιότητες αυτών (Castro-Barquero et al., 2018; Farràs et al., 2020). Κύριος παρουσιάζεται και ο προστατευτικός ρόλος της πρόσληψης φαινολικών ενώσεων ενάντια στην εκδήλωση καρδιαγγειακών παθήσεων (Sarapis, George & Marx, 2021).

Σε ό,τι αφορά συγκεκριμένα την ελευρωπαΐνη, η φαινολική αυτή ένωση εντοπίζεται στα φύλλα και στους καρπούς του ελαιόδενδρου και σε παράγωγα αυτού, όπως είναι το ελαιόλαδο, αποτελώντας την κυρίαρχη φαινολική ένωση σε αυτό (Ahamad et al., 2019). Πληθώρα ωφέλομων ιδιοτήτων αποδίδονται στη συγκεκριμένη ένωση, με τη συμβολή της στην ανθρώπινη υγεία να αναδεικνύεται άκρως σημαντική (Chaari, 2020).

Η ισχυρή αντιοξειδωτική δραστηριότητα αποτελεί την κυριότερη ιδιότητα της ελευρωπαΐνης, με την υψηλή της ικανότητα στον εντοπισμό και στη δεύσμευση των ελευθέρων ριζών να κυριαρχεί. Ο αυξημένος αντιοξειδωτικός χαρακτήρας της ελευρωπαΐνης αποδόθηκε στην δυνατότητά της να αποβάλλει ηλεκτρόνια (Gentile, Uccella & Sivakumar, 2017). Χάρη στην αντιοξειδωτική της δράση έχει συγχρόνως την ιδιότητα να συμβάλλει στη μείωση της διαδικασίας εκφυλισμού των κυττάρων (Ahmad et al., 2017; Leto et al., 2021). Ο εξαιρετικός προστατευτικός της ρόλος εντοπίζεται στην παρεμπόδιση της πρόκλησης βλαβών στο γενετικό υλικό των κυττάρων λόγω των ελευθέρων ριζών αλλά και της ικανότητάς της να επιφέρει την αναστολή της κινητικότητας, της διεισδυτικότητας και της ικανότητας πολλαπλασιασμού και ανάπτυξης των νεοπλασματικών κυττάρων (Ahmad et al., 2017). Κατά συνέπεια συνιστά ένα ισχυρό μέσο στον αγώνα πρόληψης και θεραπείας διάφορων καρκινικών τύπων (Boss et al., 2016; Song et al., 2017; Emma et al., 2021; Gioti et al., 2021; Zorić et al., 2021). Οι ιδιότητες αυτές της ελευρωπαΐνης καταγράφονται σε ένα σύνολο καρκινικών σειρών, όπως είναι το αδενοκαρκίνωμα του μαστικού αδένος, το αδενοκαρκίνωμα των νεφρικών κυττάρων, το γλοιοβλάστωμα, και το κακοήθες

μελάνωμα του λεμφικού κόμβου στο δέρμα (Carrera-Gonzalez et al., 2013; Song et al., 2017; Emma et al., 2021; Gioti et al., 2021).

Παράλληλα η ελευρωπαϊνή εμφανίζει αυξημένη δράση ενάντια των προκαρυωτικών μικροοργανισμών αλλά και αντιφλεγμονώδη δράση, η οποία συνδέεται ισχυρά με την αναστολή της δράσης της λιποξυγενάσης και με την παραγωγή του λευκοτριενίου B₄ (Crespo et al., 2018; Farràs et al., 2020; Pang, Lumintang & Chin, 2021).

Ο καρδιοπροστατευτικός ρόλος της ελευρωπαϊνης στηρίζεται στη δυνατότητά της να συμμετέχει ενδοκυτταρικά στη μείωση των ελευθέρων ριζών του οξυγόνου (Zhang, Liu & Li, 2018; Xing, Xu & Yao, 2021). Η ελευρωπαϊνή παρεμποδίζει την εκδήλωση οξειδωτικού μυοκαρδιακού επεισοδίου, καθώς χαρακτηρίζεται από υψηλότερη ικανότητα αντιοξειδωτικής δραστηριότητας σε σύγκριση με το λιποδιαλυτό ανάλογο της τοκοφερόλης και οδηγεί στη μείωση των συνολικών επιπέδων της χοληστερόλης (Sun, Frost & Liu, 2017; Zhang, Liu & Li, 2018). Εξίσου καίριο ρόλο διαδραματίζει στον έλεγχο της αρτηριακής πίεσης, όπου η πρόσληψη κατάλληλων ποσοτήτων αυτής από υπερτασικούς ασθενείς οδηγεί στη μείωση της διασταλτικής και της συστολικής αρτηριακής πίεσης (Nediani et al., 2019).

Μια πληθώρα νευροεκφυλιστικών ασθενειών επηρεάζεται θετικά από την πρόσληψη ελευρωπαϊνης όπως αποκαλύπτει η λήψη της σε ό,τι αφορά την νόσο του Parkinson, με τον ισχυρό αντιοξειδωτικό χαρακτήρα της ευθύνεται για τα θετικά αποτελέσματα που επιδεικνύει στην θεραπευτική προσέγγιση της συγκεκριμένης διαταραχής (Kucukgul et al., 2020; Salis et al., 2020).

Ο γαστροπροστατευτικός ρόλος της ελευρωπαϊνης σχετίζεται με τις αντιοξειδωτικές και με τις αντιφλεγμονώδεις δυνατότητές της, καθώς η λήψη της συμβάλλει στη μείωση των αλλοιώσεων στο γαστρικό βλεννογόνο και λειτουργεί ενισχυτικά έναντι της δραστηριότητας των αντιοξειδωτικών ενζύμων (Agakidis et al., 2019; Yin et al., 2019). Αντίστοιχα, σε περιπτώσεις παθήσεων του ήπατος, η λήψη της προκαλεί τη μείωση των συγκεντρώσεων της τρανσαμινάσης του πλάσματος, επιφέροντας την ελάττωση των σημείων νέκρωσης του ήπατος και την ενίσχυση της λειτουργικότητας αυτού (Fki et al., 2020).

Ένα σύνολο αξιολογών μελετών έχει υλοποιηθεί προκειμένου να εξετάσει τις ενδεχόμενες ευεργετικές ιδιότητες της ελευρωπαϊνης στην ανθρώπινη υγεία. Μέσω των ευρημάτων αυτών αποκαλύπτονται τα οφέλη της συγκεκριμένης φαινολικής ένωσης, με τη συμβολή της στην

ανθρώπινη ευεξία και μακροζωία να αναδεικνύεται άκρως σημαντική (Crespo et al., 2018; Finicelli, Squillaro & Di Cristo, 2019).

Πρωτοτυπία

Στη σύγχρονη εποχή της επιστημονικής αναζήτησης, ο τομέας της αναγνώρισης της διατροφικής αξίας σημαντικών συστατικών, που περιέχονται σε τρόφιμα ευρείας κατανάλωσης, αποτελεί ένα πεδίο αυξημένου ενδιαφέροντος, καθώς συμβάλλει σθεναρά στη διασφάλιση της υγείας και της μακροζωίας του ανθρώπου, ενώ ταυτόχρονα παρέχει τα μέσα για τη διαχείριση χρόνιων και απειλητικών νοσημάτων.

Η έρευνα αναφορικά με τα συστατικά του ελαιόλαδου, την κύρια πηγή λιπών με βάση τη Μεσογειακή διατροφή, αποκαλύπτει ένα πλήθος ενώσεων υψηλής διατροφικής αξίας, μεταξύ των οποίων συμπεριλαμβάνεται και η φαινολική ένωση ελευρωπαΐνη. Το αυξανόμενο ενδιαφέρον σε σχέση με τα οφέλη της κατανάλωσης αυτής αποτέλεσε το έναυσμα για την υλοποίηση της παρούσας μελέτης. Προκειμένου να επιτευχθεί η αποσαφήνιση των ποικίλων ευεργατικών της επιδράσεων επιχειρήθηκε η καταγραφή του αξιόλογου διατροφικού της ρόλου και των πιθανών της ωφελειών στη διαχείριση ενός συνόλου παθήσεων.

Σκοπός και στόχοι

Κύριος σκοπός της παρούσας εργασίας αποτελεί η ανάλυση της σχέσης ανάμεσα στην κυρίαρχη φαινολική ένωση στο ελαιόλαδο, την ελευρωπαΐνη, και των ιδιοτήτων της. Μέσα από την παρουσίαση των χαρακτηριστικών της επιχειρείται η ανάδειξη των σημαντικών φαρμακολογικών της ωφελειών, συμπεριλαμβανομένων της αντιοξειδωτικής, της αντιφλεγμονώδους και της αντιμικροβιακής της δραστηριότητας. Παράλληλα, προσεγγίσθηκε ο ρόλος της ένωσης αυτής στην προστασία ενάντια σε ένα σύνολο νοσημάτων, όπως είναι οι καρδιοαγγειακές παθήσεις, οι νεοπλασίες και οι νευροεκφυλιστικές διαταραχές. Απώτερος στόχος της συγκεκριμένης μελέτης υπήρξε η ανάδειξη της υψηλής διατροφικής αξίας της ελευρωπαΐνης ως κύριου συστατικού του ελαιόλαδου.

Μεθοδολογία

Προκειμένου να διασφαλισθεί η βέλτιστη προσέγγιση των ερευνητικών στόχων, κατά την παρούσα μελέτη επιχειρήθηκε η ανασκόπηση έγκυρων και αξιόπιστων μελετών, κυρίως κλινικών και επιδημιολογικών, οι οποίες αποτυπώνουν τη σαφή διατροφική αξία της κατανάλωσης ελαιόλαδου, και ειδικότερα της ελευρωπαϊκής. Με τη χρήση κατάλληλων λέξεων κλειδιών, όπως είναι «*ελευρωπαϊκή*», «*διατροφική αξία της ελευρωπαϊκής*», «*προστατευτικός ρόλος της κατανάλωσης ελευρωπαϊκής*», «*ελαιόλαδο*» και «*Μεσογειακή διατροφή*» επιχειρήθηκε έρευνα στις βάσεις δεδομένων PubMed, Springer, Medline και Google Scholar. Κατά την αναζήτηση ως κύρια κριτήρια, προκειμένου να επιτευχθεί η βέλτιστη επιλογή μελετών, ορίστηκαν η χρονολογία δημοσίευσής τους, με πρωταρχικό στόχο να συμπεριληφθούν κατά το δυνατό πρόσφατες μελέτες, αλλά και η εφαρμογή σε αυτές έγκυρης και αξιόπιστης μεθοδολογίας.

Η αναζήτηση οδήγησε αρχικά στον εντοπισμό 124 μελετών και συγχρόνως εντοπίστηκαν επιπλέον 107 μελέτες μέσω έτερων πηγών, όπως είναι ανασκοπήσεις αλλά και άλλες πρωτογενείς μελέτες. Ακολούθως πραγματοποιήθηκε η αφαίρεση των διπλότυπων μελετών, έπειτα από τον προσεκτικό έλεγχο τόσο των τίτλων όσο και των περιλήψεων αυτών, με αποτέλεσμα να προκύψουν συνολικά 193 μελέτες. Στη συνέχεια αποκλείστηκαν ακόμη 32 μελέτες, καθώς κρίθηκαν ως μη συναφείς με το ερευνητικό υπόβαθρο της παρούσας ερευνητικής προσέγγισης. Από την αξιολόγηση των 161 μελετών που παρέμειναν, με βάση τον έλεγχο του πλήρους κειμένου αυτών, αποκλείστηκαν συνολικά 27 μελέτες. Συγκεκριμένα, αποκλείστηκαν 8 μελέτες που αφορούσαν ανασκοπήσεις ή μετα-αναλύσεις. Επιπλέον αποκλείστηκαν 14 μελέτες που προσέγγιζαν πρότερες ανασκοπήσεις. Στην παρούσα μελέτη τελικά συμπεριελήφθησαν 112 μελέτες, οι οποίες ικανοποιούσαν απόλυτα τα κριτήρια επιλογής που τέθηκαν.

Δομή της εργασίας

Πέραν του παρόντος εισαγωγικού κεφαλαίου, η συγκεκριμένη εργασία αποτελείται από πέντε κεφάλαια. Στο Κεφάλαιο 1 εξετάζεται η χημική σύσταση του ελαιόλαδου και η περιεκτικότητά αυτού σε λιπαρά οξέα, σε φωσφολιπίδια και σε ασαπωνοποιήτα συστατικά, όπως είναι οι υδρογονάνθρακες, οι τοκοφερόλες, οι στερόλες, τα τριτερπενικά οξέα, οι χλωροφύλλες, τα καροτενοειδή, οι βιταμίνες και οι φαινολικές ενώσεις.

Στο Κεφάλαιο 2 περιγράφονται οι αντιοξειδωτικές ουσίες στο ελαιόλαδο και ο μηχανισμός δράσης αυτών. Επίσης, καταγράφονται οι κατηγορίες των αντιοξειδωτικών συστατικών και διακρίνονται σε φυσικά, σε συνθετικά και σε δευτεροταγή αντιοξειδωτικά. Επιπλέον, αποτυπώνονται οι επιδράσεις των αντιοξειδωτικών και αναφέρονται οι συνθήκες αποθήκευσης του ελαιόλαδου σε σχέση με τη δράση των αντιοξειδωτικών ενώσεων σε αυτό.

Στο Κεφάλαιο 3 προσεγγίζεται η επίδραση της κατανάλωσης του ελαιόλαδου στην υγεία και στη μακροζωία του ανθρώπου. Παράλληλα, περιγράφονται οι παράγοντες που σχετίζονται με τις ευεργετικές επιδράσεις της κατανάλωσης ελαιόλαδου στην καθημερινή διατροφή. Σημαντική κρίνεται η αναφορά στην επίδραση των ασαπωνοποιήτων συστατικών του ελαιόλαδου στην υγεία και ιδιαίτερος της διατροφικής αξίας των φαινολικών ενώσεων αυτού.

Στο Κεφάλαιο 4 παρατίθενται πληροφορίες αναφορικά με την χημική σύσταση και τις ιδιότητες της ελευρωπαΐνης. Ακολουθεί η προσέγγιση της διατροφικής αξίας της φαινολικής αυτής ένωσης μέσα από την ανάλυση της αντιοξειδωτικής, της αντικαρκινικής, της αντιμικροβιακής και της αντιφλεγμονώδους δράσης της. Επιπρόσθετα, μελετάται ο προστατευτικός της ρόλος στο καρδιαγγειακό, στο νευρικό και στο πεπτικό σύστημα, όπως και η επιρροή της σε ό,τι αφορά τη διαχείριση του σακχαρώδη διαβήτη.

Με βάση τα δεδομένα, που αποτυπώνονται στην παρούσα μελέτη, προκύπτουν σημαντικά συμπεράσματα αναφορικά με τα διατροφικά οφέλη της ελευρωπαΐνης ως φαινολικού συστατικού του ελαιόλαδου. Είναι σημαντικό να αναγνωρισθεί ο αναμφισβήτητα αξιόλογος της ρόλος σε ό,τι αφορά τον έλεγχο της πορείας της εξέλιξης σοβαρών νοσημάτων, αλλά και η συμβολή της στη διασφάλιση της υγείας του ανθρώπου.

1 ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ

1.1 Εισαγωγή

Η μεσογειακή διατροφή, της οποίας η διατροφική αξία κρίνεται αναμφισβήτητη, στηρίζεται στην ποικιλία των φυτικών τροφών, στην μέτρια κατανάλωση κρέατος και κυρίως στη χρήση του ελαιόλαδου (Covas et al., 2015; Shen et al., 2015; Kouli et al., 2019). Το ελαιόλαδο, χάρη στην ιδιαίτερη χημική του σύσταση, θεωρείται ως ένα από τα κυριότερα προϊόντα της υγιεινής διατροφής, καθώς η κατανάλωση του, χάρη στην παρουσία φυσικών αντιοξειδωτικών σε αυτό, δρα ευεργετικά τόσο στην πρόληψη όσο και στη θεραπεία πληθώρας νοσημάτων (Venturini et al., 2015; Martín-Peláez et al., 2016; Martín-Peláez, Castañer & Konstantinidou, 2017; Castro-Barquero et al., 2018; Finicelli et al., 2019).

Το ελαιόλαδο, όπως συμβαίνει με το σύνολο των λιπαρών ουσιών, συνιστά κυρίως ένα μίγμα ανώτερων κορεσμένων ή και ακόρεστων λιπαρών οξέων και τριγλυκεριδίων (τριεστέρων της γλυκερόλης) [Angelis et al., 2018]. Συγχρόνως σε αυτό εντοπίζονται και μικρές ποσότητες συστατικών, τα οποία προέρχονται από τον ελαιόκαρπο ή πιθανό να δημιουργούνται κατά την παραλαβή αυτού. Μεταξύ των συστατικών αυτών περικλείονται ελεύθερα λιπαρά οξέα, ως προϊόντα υδρόλυσης των τριγλυκεριδίων, φωσφολιπίδια, στερόλες, φαινόλες, τοκοφερόλες, αλειφατικές αλκοόλες, πτητικές οργανικές ενώσεις, χρωστικές αλλά και ρητινοειδείς ουσίες (Piroddi et al., 2017; Foscolou, Critselis & Panagiotakos, 2018).

Τα συστατικά του ελαιόλαδου δύναται να διακριθούν σε σαπωνοποιήσιμα συστατικά, στα οποία και περιλαμβάνονται τα τριγλυκερίδια, τα ελεύθερα λιπαρά οξέα και τα φωσφολιπίδια, και σε ασαπωνοποίητα συστατικά, μεταξύ των οποίων εντοπίζονται υδρογονάνθρακες, φαινόλες, στερόλες, και αλειφατικές αλκοόλες (Hohmann et al., 2015). Στο σύνολο των συστατικών του ελαιόλαδου, το μεγαλύτερο ποσοστό (98% ως και 99,5%) αφορά τα σαπωνοποιήσιμα συστατικά, με το υπόλοιπο να αντιστοιχεί σε μη σαπωνοποιήσιμα συστατικά (Tarhan et al., 2017; Angelis et al. 2018). Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι, αν και το ποσοστό των μη σαπωνοποιήσιμων συστατικών είναι σαφώς μικρότερο ποσοτικά, η διατροφική και βιολογική τους αξία κρίνεται ιδιαίτερος υψηλή (Crespo et al., 2018).

1.2 Λιπαρά οξέα

Σε ό,τι αφορά τη σύσταση του ελαιόλαδου σε λιπαρά οξέα, όπως συμβαίνει και με άλλα φυτικά έλαια, εντοπίζεται αυξημένος βαθμός ποικιλότητας. Ένα σύνολο παραγόντων, όπως είναι η συγκεκριμένη ποικιλία του φυτού της ελιάς, οι συνθήκες κλίματος και η σύσταση του εδάφους της περιοχής καλλιέργειας αυτού, αλλά και ο βαθμός ωριμότητας του καρπού, ο οποίος χρησιμοποιείται για την παραγωγή του ελαίου, επηρεάζουν σε ένα σημαντικό βαθμό την σύσταση του σε λιπαρά οξέα (Foscolou, Critselis & Panagiotakos, 2018).

Αν και το ελαιόλαδο περιλαμβάνει στη σύστασή του τόσο κορεσμένα όσο και ακόρεστα λιπαρά οξέα, τα σημαντικότερα εξ' αυτών είναι τα ακόρεστα. Το μονοακόρεστο ελαϊκό οξύ (C 18:1) καταλαμβάνει την μεγαλύτερη αναλογία ανάμεσα στο σύνολο των ακόρεστων λιπαρών οξέων, ενώ ακολουθεί σε αναλογία το λινελαϊκό οξύ (C 18:2). Ακόρεστα λιπαρά οξέα, όπως είναι το λινολενικό οξύ (C 18:3), το αραχιδονικό οξύ (C 20:4) και το παλμιτελαϊκό οξύ (C 16:1), απαντώνται σε σχετικά μικρές συγκεντρώσεις. Σε ό,τι αφορά την κατηγορία των κορεσμένων λιπαρών οξέων, σε μεγαλύτερη αναλογία εντοπίζεται το κορεσμένο παλμιτικό οξύ (C 16:0), και ακολουθεί σε μικρότερη σχετικά αναλογία το στεατικό οξύ (C 18:0) [Boskou, 2015; Piroddi et al., 2017; Tarhan et al., 2017].

Σημαντικότερα τριγλυκερίδια στο ελαιόλαδο είναι εκείνα στα οποία απαντά το ελαϊκό οξύ και τα οποία ανέρχονται στο 70% με 80% περίπου του βάρους του ελαιόλαδου. Η ιδιότητα του ελαιόλαδου να παραμένει σε υγρή κατάσταση σε θερμοκρασία δωματίου οφείλεται στην ιδιότητα των συγκεκριμένων τριγλυκεριδίων να διατηρούνται σε υγρή κατάσταση στις συνθήκες αυτές (Crespo et al., 2018; Mikrou et al., 2020).

Η περιεκτικότητα του ελαιόλαδου σε λιπαρά οξέα ποικίλει και στην πράξη παρουσιάζει σημαντικές διακυμάνσεις, ανάλογα με την περιοχή καλλιέργειας των ελαιόδενδρων αλλά και την ποικιλία αυτών. Στην πλειονότητα όμως των ελαίων κυριαρχεί σε ποσοστό το ελαϊκό οξύ, με συγκεντρώσεις οι οποίες ανέρχονται στο 54% ως και το 94% ανά περίπτωση. Το παλμιτικό οξύ εντοπίζεται σε ποσοστά από 7% ως και 21% στο σύνολο των λιπαρών οξέων στο ελαιόλαδο, ενώ το λινελαϊκό οξύ κυμαίνεται σε ποσοστά από 1% ως και 23%. Μικρότερα ποσοστά εμφανίζει το στεατικό οξύ, το οποίο υπολογίζεται στο 0,4% ως και 4% του συνόλου των λιπαρών οξέων (Incanni et al., 2016; Larussa et al., 2017; Piroddi et al., 2017).

Ο βαθμός ακορεστότητας του ελαιόλαδου έχει αποδειχθεί ότι επηρεάζεται σε σημαντικό βαθμό από το κλίμα και τις ευρύτερες συνθήκες, που επικρατούν κατά την καλλιέργεια των ελαιόδενδρων. Η περιεκτικότητα των ελαιόλαδων σε οξέα όπως είναι το ελαϊκό οξύ, το λινελαϊκό οξύ, το λινολενικό οξύ, το παλμιτικό οξύ και το παλμιτελαϊκό οξύ παρουσιάζουν ποικίλες τιμές, οι οποίες συγκλίνουν στην περίπτωση περιοχών, των οποίων οι κλιματολογικές συνθήκες εμφανίζουν σαφείς ομοιότητες (Shavakhi et al., 2021). Για το λόγο αυτό και η περιεκτικότητα των λιπαρών οξέων σε ό,τι αφορά ποικιλίες ελαιόλαδων, που παράγονται σε μεσογειακές χώρες, είναι περίπου όμοιες, όπως προκύπτει μέσα από τη σύγκριση ελαιόλαδων, προερχόμενων από την Ελλάδα, την Ισπανία, την Πορτογαλία και την Νότια Ιταλία (Mikrou et al., 2020).

Διακυμάνσεις στις αναλογίες παλμιτικού οξέος και λινελαϊκού οξέος εντοπίζονται ανάμεσα σε ελαιόλαδα, τα οποία παράγονται στην Ελλάδα με εκείνα τα οποία παράγονται στη Βόρεια Ιταλία και στη Γαλλία, με υψηλότερα ποσοστά των λιπαρών αυτών οξέων να καταγράφονται στα ελληνικά ελαιόλαδα. Ακόμη μεγαλύτερες αναλογίες των συγκεκριμένων αυτών λιπαρών οξέων εντοπίζονται σε ελαιόλαδα, τα οποία παράγονται σε περιοχές της Τουρκίας, της Αλγερίας, της Τυνησίας και της Συρίας (Shavakhi et al., 2021). Εξίσου υψηλή, σε σχέση με τα ελαιόλαδα τα οποία παράγονται στην Ελλάδα, είναι και η περιεκτικότητα σε λινολενικό οξύ ελαιόλαδων που προέρχονται από την Λιβύη, την Αλγερία και την Τυνησία. Συγκεκριμένα, σε ό,τι αφορά το ελαιόλαδο λιβυκής προέλευσης η περιεκτικότητά του σε ελαϊκό οξύ είναι αρκετά χαμηλή, με τα ποσοστά αυτού να ανέρχονται σε επίπεδα περίπου 40% με 43%, ενώ σε αντίθεση παρουσιάζει ασυνήθιστα υψηλές αναλογίες σε ό,τι αφορά τα ποσοστά του λινελαϊκού οξέος, τα οποία καταγράφονται στο 30% περίπου (Mikrou et al., 2020).

Με στόχο την καθιέρωση σαφών κοινών ορίων σε σχέση με τα κύρια λιπαρά οξέα των ελαιόλαδων, καθιερώθηκαν τα ακόλουθα κατώτερα και ανώτερα όρια με το ελαϊκό οξύ να λαμβάνει τιμές από 57% ως και 83%, το παλμιτικό οξύ να κυμαίνεται από 7% ως και 20% και το λινελαϊκό οξύ να υπολογίζεται μεταξύ 3% και 20% επίσης. Εκτός από τα λιπαρά οξέα, τα οποία αναφέρθηκαν, στο ελαιόλαδο εντοπίζεται, σε ιδιαίτερα χαμηλά ποσοστά, ένα σύνολο άλλων οξέων, όπως είναι το λαουρικό οξύ (C 12:0), το μυριστικό οξύ (C 14:0) και το αραχιδικό οξύ (C 20:0) [Boskou, 2015; Marcelino et al., 2019; Sánchez-Rodríguez et al., 2019].

Η επιρροή του περιβάλλοντος στην σύσταση που παρουσιάζει το ελαιόλαδο σε λιπαρά οξέα είναι σαφώς ισχυρή και εξίσου σημαντική είναι η επιρροή του στο λόγο των κορεσμένων

προς τα ακόρεστα οξέα. Από περιοχές με χαμηλή θερμοκρασία προκύπτει ελαιόλαδο με υψηλότερα ποσοστά ακόρεστων λιπαρών οξέων σε σύγκριση με το ελαιόλαδο, που προκύπτει από τον καρπό ελαιόδενδρων που αναπτύσσονται σε περιοχές με υψηλή θερμοκρασία και ξηρασία (Gimeno et al., 2002; Sánchez-Rodríguez et al., 2020).

Επιπρόσθετα, παράγοντες όπως είναι η ποικιλία και η προέλευση των ελαιόδενδρων αλλά και η περίοδος της συγκομιδής των καρπών φαίνεται να επηρεάζουν την σύσταση του ελαιόλαδου σε λιπαρά οξέα. Η μείωση της θερμοκρασίας και η αύξηση του υψόμετρου όπου αναπτύσσονται τα ελαιόδενδρα αυξάνουν τον ακόρεστο χαρακτήρα των λιπαρών οξέων, σημείο το οποίο αποτυπώνει την υψηλή επιρροή της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος στην βιοσύνθεση των λιπαρών οξέων. Σε περιπτώσεις μικρών υψομετρικών διαφορών στον τόπο καλλιέργειας των ελαιόδενδρων, η περιεκτικότητα αυτών σε κύρια λιπαρά οξέα, συγκεκριμένα σε ελαϊκό οξύ και σε λινελαϊκό οξύ, διαφέρει σε πολύ μικρό βαθμό (Jukić Špika et al., 2021).

Αντίστοιχα οι συνθήκες και ο χρόνος συγκομιδής των καρπών επίσης επηρεάζουν την αναλογία των ακόρεστων λιπαρών οξέων. Σε περιπτώσεις καθυστερημένης συγκομιδής του καρπού έχει παρατηρηθεί η αύξηση των ποσοστών των ακόρεστων λιπαρών οξέων στο ελαιόλαδο, με ιδιαίτερα αυξημένη την αναλογία του λινελαϊκού οξέος. Σε αντίθεση η καθυστέρηση στο χρόνο συγκομιδής επιφέρει τη μείωση της αναλογίας του παλμιτικού οξέος στο σύνολο των λιπαρών οξέων, σημείο το οποίο προκαλεί την αυξημένη ευαισθησία του ελαιόλαδου στην οξειδωση (Gimeno et al., 2002). Συνεπώς η εκατοστιαία σύσταση του ελαιόλαδου σε λιπαρά οξέα καθορίζεται από το περιβάλλον και τις συνθήκες καλλιέργειας και συγκομιδής του, σε συνδυασμό με τις βιολογικές διαφορές μεταξύ των γενετικών ποικιλιών (Sánchez-Rodríguez et al., 2020; Jukić Špika et al., 2021).

Η κατανομή των λιπαρών οξέων στα μόρια των τριγλυκεριδίων του ελαιόλαδου πραγματοποιείται με βάση την θεωρία, η οποία εφαρμόζεται για το σύνολο σχεδόν των φυτικών ελαίων (1,3 – τυχαία, 2 - τυχαία κατανομή). Με βάση τη θεωρία αυτή είναι εφικτός ο υπολογισμός της συγκέντρωσης και του είδους των τριγλυκεριδίων στο ελαιόλαδο αλλά και η κατανομή των λιπαρών οξέων σε αυτό (Piroddi et al., 2017; Tarhan et al., 2017; Marcelino et al., 2019). Τα τριγλυκερίδια, τα οποία και επικρατούν στο ελαιόλαδο, είναι η τριελαϊνη, η παλμιτοδιελαϊνη, η παλμιτολινολεϋλοελαϊνη, η στεατοδιελαϊνη και η λινολεϋλοδιελαϊνη, με την τριελαϊνη να συνιστά

το μεγαλύτερο ποσοστό των τριγλυκεριδίων, καθώς ανέρχεται στο 44% αυτών (Scoditti et al., 2015; Incani et al., 2016; Larussa et al., 2017).

Σχήμα 1.1: Σύσταση ελαιόλαδου.

	Refined	Common	Virgin
Quality parameters			
Free acidity (% oleic acid)	0.12	0.17	0.11
Peroxide value (meq O ₂ /kg oil)	1.80	2.93	6.48
K ₂₇₀	0.480	0.201	0.102
Fatty acids (%)			
C14:0	0.02	0.02	0.01
C16:0	11.25	11.78	13.18
C16:1	0.86	1.05	1.11
C17:0	0.08	0.06	0.10
C17:1	0.15	0.13	0.22
C18:0	2.52	2.59	1.76
C18:1	73.46	75.65	73.37
C18:2	9.97	7.17	9.02
C20:0	0.45	0.39	0.33
C18:3	0.73	0.70	0.48
C20:1	0.34	0.29	0.28
C22:0	0.12	0.10	0.10
C24:0	0.05	0.04	0.04
MUFA(%)	74.83	77.14	74.98
PUFA(%)	10.68	7.86	9.50
SFA(%)	14.49	15.00	15.52
Phenolic compounds (μmol/kg CAE)	0	370	825
α-Tocopherol (mol/kg)	65.88	48.22	47.98

CAE, Caffeic acid equivalents; K₂₇₀, UV spectrophotometric index.

Πηγή: (De Bruno et al., 2021)

1.3 Φωσφολιπίδια του ελαιόλαδου

Σε ό,τι αφορά στην περιεκτικότητα του παρθένου ελαιόλαδου σε φωσφολιπίδια, το επίπεδό τους είναι ιδιαίτερος χαμηλό, με την πλειονότητα αυτών να προέρχεται από τον πυρήνα του ελαιόκαρπου. Η συγκέντρωσή τους ανέρχεται από 35 έως 40 mg/kg, ενώ τα σημαντικότερα φωσφολιπίδια, τα οποία και απαντώνται στο ελαιόλαδο, είναι η κεφαλήνη και η λεκιθίνη. Το κυριότερο από τα λιπαρά οξέα, τα οποία συνθέτουν το μόριο των φωσφολιπιδίων στο ελαιόλαδο, είναι το ελαϊκό οξύ (García et al., 2020; Mateos et al., 2020; De Bruno et al., 2021).

1.4 Ασαπωνοποίητα συστατικά του ελαιόλαδου

Στο ελαιόλαδο περιέχονται σε χαμηλές συγκεντρώσεις μη γλυκεριδικά συστατικά, τα οποία αποτελούν τα ήσσονα ή δευτερεύοντα συστατικά. Ορισμένα από αυτά συνιστούν το ασαπωνοποίητο κλάσμα του ελαιόλαδου (Zielińska et al., 2020). Ο τρόπος παραλαβής του ελαιόλαδου καθορίζει σε σημαντικό βαθμό την σύσταση του ασαπωνοποίητου κλάσματος, αλλά και την ποσότητα των ασαπωνοποίητων συστατικών στο ελαιόλαδο (Martakos et al., 2020). Ειδικότερα, στην περίπτωση της εφαρμογής υδραυλικής πίεσης, προκειμένου να επιτευχθεί η παραλαβή του, το ελαιόλαδο χαρακτηρίζεται από χαμηλή περιεκτικότητα σε ασαπωνοποίητα συστατικά, σε αντίθεση με το ελαιόλαδο, του οποίου η παραλαβή πραγματοποιείται με την μέθοδο της εκχύλισης (Diamantakos et al., 2021).

Ενδιαφέρουσα κρίνεται η σύγκριση της περιεκτικότητας των συστατικών, που περιέχονται στο ασαπωνοποίητο κλάσμα στο πυρηνέλαιο και στο παρθένο ελαιόλαδο. Συγκεκριμένα, τα δύο αυτά έλαια παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές σε σχέση με την εκατοστιαία περιεκτικότητα του ασαπωνοποίητου κλάσματος σε ό,τι αφορά στις επί μέρους τάξεις των ασαπωνοποίητων συστατικών (García et al., 2020). Στο παρθένο ελαιόλαδο καταγράφονται σε υψηλότερη περιεκτικότητα το σκουαλένιο και οι λοιποί υδρογονάνθρακες, με τα καροτενοειδή και τις τοκοφερόλες να ακολουθούν. Χαμηλή όμως εντοπίζεται η περιεκτικότητα αυτού σε στερόλες και σε τριτερπενοειδείς αλκοόλες (Aresta et al., 2020; Mastralexi & Tsimidou, 2021). Αντιθέτως, στο πυρηνέλαιο η υψηλότερη περιεκτικότητα αφορά τα καροτενοειδή και τις τοκοφερόλες, με τις στερόλες να ακολουθούν. Χαμηλές εντοπίζονται οι περιεκτικότητες των ανώτερων αλειφατικών αλκοολών, ασαπωνοποίητων συστατικών, τα οποία απουσιάζουν από το παρθένο ελαιόλαδο, αλλά και των τριτερπενοειδών αλκοολών και του σκουαλένιου (Martakos et al., 2020; Martínez-Beamonte et al., 2020).

Ομοίως, διαφέρει η περιεκτικότητα του εξευγενισμένου ελαιόλαδου σε μη γλυκεριδικά συστατικά σε σχέση με το παρθένο ελαιόλαδο. Ο καθορισμός της σύστασης του υπό εξέταση ελαιόλαδου στις διάφορες τάξεις των ασαπωνοποίητων συστατικών, όπως είναι οι τριτερπενοειδείς αλκοόλες και οι στερόλες, επιτρέπει την σαφή και ακριβή εκτίμηση της αυθεντικότητας αυτού (García et al., 2020; Zielińska et al., 2020).

Μολονότι η πλειονότητα των λιπαρών οξέων, τα οποία απαντώνται στο ελαιόλαδο, βρίσκονται εστεροποιημένα με γλυκερόλη, ένα μικρό ποσοστό αυτών δύναται να σχηματίσει εστέρες με άλλες αλκοόλες, όπως είναι για παράδειγμα η αιθανόλη αλλά και η μεθανόλη (Mateos et al., 2020; Diamantakos et al., 2021).

1.5 Κυριότερες κατηγορίες ασαπωνοποίητων συστατικών του ελαιόλαδου

1.5.1 Υδρογονάνθρακες

Στο ελαιόλαδο δύναται να εντοπισθούν υδρογονάνθρακες, εν μέρει ακόρεστοι και εν μέρει κορεσμένοι, οι οποίοι συνιστούν παραπροϊόντα της βιοσύνθεσης των λιπαρών οξέων. Ωστόσο, στο κλάσμα των ασαπωνοποίητων συστατικών του ελαιόλαδου εντοπίστηκαν και αρωματικοί υδρογονάνθρακες όπως είναι το ναφθαλίνιο και τα παράγωγα αυτού (Luzi et al., 2021). Ομοίως, συστατικά του κλάσματος των ασαπωνοποίητων συστατικών συνιστούν και υδρογονάνθρακες, που εμφανίζουν διακλαδισμένη αλυσίδα, αλλά και οι παραφίνες, με έντεκα έως και τριάντα άτομα άνθρακα στο μόριό τους (Mateos et al., 2020; De Bruno et al., 2021).

Κύριο όμως συστατικό του κλάσματος των υδρογονανθράκων του ελαιόλαδου και σε ποσοστό 40% w/w αποτελεί το σκουαλένιο, ένας τριπερπενικός υδρογονάνθρακας ο οποίος συνιστά το ενδιάμεσο προϊόν κατά τη βιοσύνθεση της χοληστερόλης. Εκτός από το σκουαλένιο, λοιποί υδρογονάνθρακες, οι οποίοι εντοπίζονται, είναι η προβιταμίνη Α και το β-καροτένιο, των οποίων όμως οι συγκεντρώσεις είναι ιδιαιτέρως μικρές. Συγκεκριμένα, το β-καροτένιο βρίσκεται σε ποσότητα 0.03 έως και 0.36 mg/100 g (Aresta et al., 2020; Zielińska et al., 2020).

Η ποσότητα του σκουαλενίου στο παρθένο ελαιόλαδο ανέρχεται σε 400 έως 450 mg/100g και διαφέρει από την αντίστοιχη ποσότητα αυτού στο επεξεργασμένο ελαιόλαδο, η οποία εντοπίζεται περίπου 25% χαμηλότερη. Δεν αποκλείεται όμως η περιεκτικότητα αυτού να κυμαίνεται από 200 έως και 700 mg/100g σε δείγματα εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου. Η ημερήσια ποσότητα σκουαλενίου, η οποία δύναται να ληφθεί με τη διατροφή είναι κατά μέσο όρο 30 mg (Mastralexi & Tsimidou, 2021). Σε περιπτώσεις υψηλής ημερήσιας κατανάλωσης εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου, η λήψη σκουαλενίου μπορεί να ανέλθει στα 200 έως και 400 mg ανά ημέρα, ποσοστά τα οποία συνήθως παρατηρούνται στις μεσογειακές χώρες, όπου η διατροφή των κατοίκων περιλαμβάνει καθημερινά τη χρήση ελαιόλαδου εξαιρετικής ποιότητας. Ανά περιοχές

των χωρών αυτών η κατανάλωση σκουαλενίου ανέρχεται έως και 1 g ανά ημέρα, χάρη στην μεσογειακή διατροφή που κυριαρχεί (Martakos et al., 2020; Martínez-Beamonte et al., 2020).

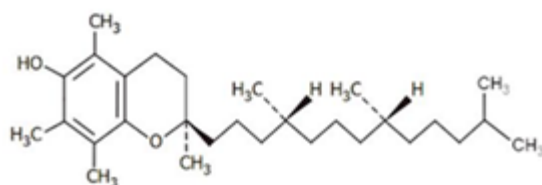
Πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες, οι οποίοι και έχουν ταυτοποιηθεί στο ελαιόλαδο, είναι το πυρένιο, το χρυσένιο και το φθουορανθένιο, των οποίων όμως η παρουσία οφείλεται στη ρύπανση του περιβάλλοντος της καλλιέργειας των ελαιόδενδρων, καθώς δεν αποτελούν στην πράξη φυσικά συστατικά του ελαιόλαδου (Diamantakos et al., 2021; Luzi et al., 2021).

Σημαντικό κρίνεται να τονισθεί το γεγονός ότι ο τόπος και συγκεκριμένα το υψόμετρο στο οποίο καλλιεργούνται τα ελαιόδενδρα επηρεάζουν τα επίπεδα των υδρογονανθράκων σε αυτά. Πέρα όμως από τη συγκέντρωση των υδρογονανθράκων, ομοίως επηρεάζεται και η περιεκτικότητα σε λοιπά συστατικά, όπως είναι οι στερόλες και οι τριτερπενικές αλκοόλες (Mateos et al., 2020; Navas-López et al., 2020; De Bruno et al., 2021).

1.5.2 Τοκοφερόλες

Οι τοκοφερόλες είναι ετεροκυκλικές ενώσεις με μεγάλο μοριακό βάρος, των οποίων οι διάφορες ομόλογες σειρές διαφέρουν σε ό,τι αφορά στον αριθμό των ομάδων μεθυλίου που περικλείουν ή ακόμη και τη θέση αυτών στο μόριο τους. Η αντιοξειδωτική τους δράση είναι ιδιαίτερως σημαντική, με την α-τοκοφερόλη να αναδεικνύεται το ισχυρότερο αντιοξειδωτικό εντός της συγκεκριμένης ομάδας (Lucci et al., 2020; Martakos et al., 2020; Tanno et al., 2020).

Σχήμα 1.2: Δομή α-τοκοφερόλης.



Πηγή: (Tanno et al., 2020)

Πέρα από την αντιοξειδωτική τους δράση οι τοκοφερόλες δύναται να λειτουργήσουν και ως βιταμίνες, με την ενεργότητα αυτών να αυξάνεται αντιστρόφως σε σχέση με την αντιοξειδωτική τους δεινότητα, δηλαδή από τη μορφή δ προς τη μορφή α. Η α-τοκοφερόλη επίσης εμφανίζει την υψηλότερη δραστηριότητα βιταμίνης. Η ποσότητα της α-τοκοφερόλης που υπάρχει

στο ελαιόλαδο ποικίλει με μέσο όρο από 12 έως και 25 mg/100g, αν και έχουν καταγραφεί και υψηλότερες συγκεντρώσεις αυτής, οι οποίες μπορεί να ανέλθουν έως και τα 45 mg/100g. Η α-τοκοφερόλη συνιστά το 88.5% του συνόλου των τοκοφερολών στο ελαιόλαδο, με την β- και γ-τοκοφερόλη να αντιστοιχούν στο 9.9% αυτού. Σε πολύ μικρότερα ποσοστά καταγράφεται η δ-τοκοφερόλη, μόλις 1.6% στο σύνολο των τοκοφερολών (Lucci et al., 2020; Tanno et al., 2020).

Οι ποσότητες των τοκοφερολών καθορίζονται από την ποικιλία των καλλιεργούμενων ελαιόδενδρων, από την ωριμότητα του ελαιόκαρπου, αλλά και από τη διάρκεια και τις συνθήκες υπό τις οποίες αποθηκεύεται (Navas-López et al., 2020). Ο προσδιορισμός των συγκεντρώσεων των τοκοφερολών στο ελαιόλαδο επιτρέπει την ανίχνευση μιας πιθανής προσπάθειας νοθείας αυτού με έτερα φυτικά έλαια (García et al., 2020; Diamantakos et al., 2021).

1.5.3 Στερόλες

Πρόκειται για κυκλικές αλκοόλες με μεγάλο μοριακό βάρος, οι οποίες εντοπίζονται στο σύνολο των φυσικών λιπαρών υλών. Δύναται να βρίσκονται είτε σε ελεύθερη μορφή είτε σχηματίζοντας δεσμούς με τη μορφή εστέρων με λιπαρά οξέα (Li, Flynn & Wang, 2019). Οι στερόλες παρουσιάζουν υψηλό βαθμό διαλυτότητας σε λίπη, έλαια και μη πολικούς διαλύτες, ενώ αντιθέτως είναι αδιάλυτες στο νερό. Στην περίπτωση που εντοπίζονται σε ελεύθερη μορφή συνιστούν την κυριότερη τάξη ασαπωνοποιητών συστατικών των λιπαρών υλών (Kyzyk et al., 2016).

Η παρουσία στερολών κρίνεται ως απαραίτητη, καθώς αποτελούν βασικό συστατικό της κυτταροπλασματικής μεμβράνης των ζωικών αλλά και φυτικών οργανισμών. Κοινό χαρακτηριστικό όλων των στερολών αποτελεί η παρουσία του στερολικού δακτυλίου, με τις διαφοροποιήσεις αυτών να αφορούν αποκλειστικά την πλευρική ανθρακική αλυσίδα (Bozdogan Konuskan & Mungan, 2016; Li, Flynn & Wang, 2019).

Η χοληστερίνη (ή χοληστερόλη) αποτελεί ένωση, η οποία απαντάται στο σύνολο των ζωικών κυττάρων, εντός των οποίων κατέχει έναν ιδιαίτερος σημαντικό ρόλο. Η συγκεκριμένη ένωση συνιστά πρόδρομη ένωση της βιταμίνης D και σε συνδυασμό με τα χολικά οξέα συμβάλλει στην γαλακτωματοποίηση των λιπαρών οξέων που περικλείονται στις τροφές. Η διαδικασία της γαλακτωματοποίησης αποτελεί κύριο βήμα κατά την αφομοίωση των λιπαρών οξέων, γεγονός το οποίο καταδεικνύει τη σημασία της (Brkić Bubola et al., 2017; Li, Flynn & Wang, 2019).

Οι γνωστές στερόλες ανέρχονται περί τις 45, με τη συνολική ποσότητα αυτών στο ελαιόλαδο να κυμαίνεται από 113 έως και 260 mg/100 g (Kyzyk et al., 2016). Η εντοπιζόμενη ποσότητα των στερολών στο ελαιόλαδο καθορίζεται κατά βάση από την ποικιλία του καλλιεργούμενου ελαιόδενδρου, αλλά και από την ωρίμανση των ελαιόκαρπων που χρησιμοποιήθηκαν για την παρασκευή αυτού (Bozdogan Konuskan & Mungan, 2016).

Η κυριότερη στερόλη στο ελαιόλαδο είναι η β-σιτοστερόλη, η οποία ανέρχεται στο 90 έως και 95% της συνολικής ποσότητας των στερολών εντός αυτού. Εξίσου σημαντικές στερόλες είναι η στιγμαστερόλη αλλά και η καμπεστερόλη, οι οποίες όμως εντοπίζονται σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις στο ελαιόλαδο, περί το 1% και 3% αντιστοίχως (Kyzyk et al., 2016; Li, Flynn & Wang, 2019).

1.5.4 Τριτερπενικά οξέα

Με την οξειδωτική σταθερότητα του ελαιόλαδου έχουν συσχετισθεί τα τριτερπενικά οξέα και συγκεκριμένα το ελεανολικό οξύ. Πρόκειται για τριτερπενικό οξύ, το οποίο συγκαταλέγεται στη σειρά της α-αμυρίνης. Το συγκεκριμένο οξύ εντοπίζεται σε υψηλότερες συγκεντρώσεις στα φύλλα του ελαιόδενδρου σε σύγκριση με την παρουσία αυτού στον ελαιόκαρπο (Medina et al., 2018). Ομοίως υψηλότερη είναι η συγκέντρωσή του στο πυρηνέλαιο σε σχέση με το ελαιόλαδο. Η θολότητα, η οποία πιθανό να ανιχνευθεί στο πυρηνέλαιο, οφείλεται στην παρουσία του ελεανολικού οξέος (Martín-García et al., 2019).

Έτερα τριτερπενικά οξέα, τα οποία εντοπίζονται στο ελαιόλαδο, είναι το ουρσολικό οξύ και το μασλινικό οξύ. Οι συγκεντρώσεις αυτών όμως είναι ιδιαίτερος χαμηλές, καθώς αμφότερα εντοπίζονται σε ίχνη (Olmo-García et al., 2018).

1.5.5 Χλωροφύλλες

Οι χλωροφύλλες καθώς και τα καροτενοειδή αποτελούν χρωστικές που εντοπίζονται στο ελαιόλαδο. Συγκεκριμένα στο ελαιόλαδο απαντούν οι χλωροφύλλη a και b, με την τελευταία να διαφέρει από την πρώτη στο ότι στον τρίτο C αυτής φέρει αντί του μεθυλίου (-CH₃) μια αλδεϋδική ομάδα (-CHO) [Mingchih et al., 2015].

Πρόκειται για χρωστικές, οι οποίες ευθύνονται για το ιδιαίτερο, χαρακτηριστικό χρώμα του ελαιόλαδου. Συγκεκριμένα, σε ό,τι αφορά στο χρωματισμό που προσδίδουν, η χλωροφύλλη b

φέρει κιτρινοπράσινο χρώμα σε αντίθεση με την χλωροφύλλη a, της οποίας το χρώμα είναι κυανοπράσινο (Uncu & Ozen, 2020).

Κρίνεται σημαντικό να τονισθεί ότι η επαφή των χρωστικών αυτών με το φως έχει ως αποτέλεσμα την αποικοδόμησή τους με την μετατροπή τους σε φαιοφυτίνες. Αποτελούν σαφώς έναν παράγοντα υπεύθυνο για την υποβάθμιση της ποιότητας του ελαιόλαδου. Συγχρόνως, τα προϊόντα που προκύπτουν από τη διάσπαση της φαιοφυτίνης a είναι δυνατό να λειτουργήσουν ως δείκτης αναφορικά με την σταθερότητα του ελαιόλαδου σε συνθήκες οξείδωσης (Mingchih et al., 2015; Wang & Wan, 2021).

Σε ό,τι αφορά στην ποσότητα της χλωροφύλλης, η οποία περικλείεται στο ελαιόλαδο, ένα σύνολο διαφορετικών παραμέτρων δύναται να επηρεάσει τα επίπεδα αυτής. Χαρακτηριστικά, όπως είναι το κλίμα και το έδαφος της περιοχής καλλιέργειας των ελαιόδενδρων, το στάδιο της ωρίμανσης των καρπών, ο τρόπος με τον οποίο πραγματοποιείται η επεξεργασία αυτών αλλά και η ίδια η ποικιλία του ελαιόδενδρου, συνιστούν καθοριστικούς παράγοντες αναφορικά με τα επίπεδα της συγκέντρωσής της. Η περιεκτικότητα του ελαιόλαδου σε χλωροφύλλη ποικίλει επίσης ανάλογα και με το υψόμετρο καλλιέργειας των ελαιόδενδρων (Borello & Domenici, 2019; Uncu & Ozen, 2020).

Σε ό,τι αφορά στη συγκέντρωση των χλωροφυλλών a και b στο παρθένο ελαιόλαδο αυτή κυμαίνεται από 1 ως και 100 mg/kg, δίχως να αποκλείεται να εντοπισθούν και υψηλότερες συγκεντρώσεις αυτών. Αντιθέτως, οι συγκεντρώσεις των φαιοφυτινών a και b στο παρθένο ελαιόλαδο ανέρχονται σε 0.2 έως και 24 mg/kg (Wang & Wan, 2021). Σταδιακά με την προοδευτική ωρίμανση του ελαιόκαρπου αλλά και με το χρόνο αποθήκευσης του ελαιόλαδου η περιεκτικότητα του σε χλωροφύλλες μεταβάλλεται, με τη συγκέντρωση αυτών να μειώνεται. Καθώς προοδεύει η ωρίμανση του ελαιόκαρπου η μείωση της περιεκτικότητας σε χλωροφύλλες απεικονίζει την σταδιακή μεταβολή που πραγματοποιείται (Borello & Domenici, 2019; Crizel et al., 2020).

Η ευαισθησία των χλωροφυλλών στην ηλιακή ακτινοβολία είναι έντονη, με δεδομένη την καταστροφή τους λόγω της έκθεσής τους στο φως (Mingchih et al., 2015). Η ευαισθησία του ελαιόλαδου στην ηλιακή ακτινοβολία εντοπίζεται σε μήκη κύματος από 320 έως και 700 nm και οφείλεται στην περιεκτικότητά του σε χλωροφύλλες, οι οποίες παρουσιάζουν μέγιστη απορρόφηση αντιστοίχως σε μήκη κύματος 670 nm και 650 nm (Wang & Wan, 2021).

Η οξείδωση του ελαιόλαδου, αλλά και των λοιπών πλούσιων σε ακόρεστα λιπαρά οξέα ελαίων, επομένως επιταχύνεται στο φως λόγω της παρουσίας των χλωροφυλλών και των φαιοφυτινών. Η δράση τους ως ευαισθητοποιητές σε κατάσταση φωτός ευνοεί την οξείδωση των ενώσεων αυτών, ενώ αντίθετα σε κατάσταση συσκότισης η δράση τους εντοπίζεται να είναι αντιοξειδωτική (Borello & Domenici, 2019; Uncu & Ozen, 2020).

1.5.6 Καροτενοειδή

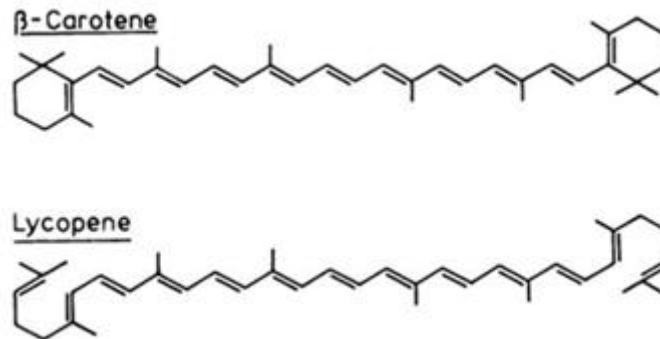
Έτερες χρωστικές των χλωροφυλλών που απαντούν στο ελαιόλαδο είναι τα διάφορα καροτενοειδή, στα οποία οφείλεται η κίτρινη απόχρωσή του. Το κυριότερο καροτενοειδές στο ελαιόλαδο είναι η λουτεΐνη, η οποία ανήκει στις ξανθοφύλλες. Εξίσου βασικά καροτενοειδή είναι το α-καροτένιο, το β-καροτένιο και το γ-καροτένιο, με επικρατέστερο μεταξύ αυτών το β-καροτένιο, το οποίο ανέρχεται στο 85% στο σύνολο των καροτενίων στο ελαιόλαδο. Ακολούθως εντοπίζεται σε ποσοστό 15% το α-καροτένιο. Τα καροτένια ανήκουν στους ακόρεστους υδρογονάνθρακες με μοριακό τύπο $C_{40}H_{56}$ (Verkempinck et al., 2018; Montesano et al., 2019).

Στο ελαιόλαδο έχουν προσδιορισθεί τόσο πολικά όσο και μη πολικά καροτενοειδή. Επίσης, στο ελαιόλαδο απαντούν η βιολαξανθίνη και η νεοξανθίνη, οι οποίες ανήκουν στην κατηγορία των ξανθοφυλλών (De Alvarenga et al., 2019).

Οι συγκεντρώσεις του β-καροτενίου και της λουτεΐνης ποικίλουν και καθορίζονται από την ποικιλία του ελαιόλαδου και από τον τρόπο με τον οποίο έχει πραγματοποιηθεί η επεξεργασία αυτού. Συγκεκριμένα, οι συγκεντρώσεις τους κυμαίνονται από 0.153 έως και 0.445 mg/100 g και 0.085 έως 0.495 mg/100 g αντίστοιχα (Xia et al., 2020).

Διαφοροποιήσεις εντοπίζονται αναφορικά με τα επίπεδα των καροτενοειδών ανάμεσα στο ελαιόλαδο και στο πυρηνέλαιο, με τα επίπεδα αυτών να είναι υψηλότερα στο ελαιόλαδο. Οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις που αναφέρονται στο πυρηνέλαιο οφείλονται στην καταστροφή των καροτενοειδών, η οποία συντελείται κατά την παρασκευή και ειδικότερα κατά τη χημική επεξεργασία του πυρηνέλαιου (De Alvarenga et al., 2019; Montesano et al., 2019).

Σχήμα 1.3: Δομή β-καροτένιου και λυκοπένης.



Πηγή: (Verkempinck et al., 2018)

1.5.7 Βιταμίνες

Οι βιταμίνες συνιστούν ουσίες σημαντικές σε ό,τι αφορά στην ομαλή ανάπτυξη και λειτουργία του οργανισμού. Η έλλειψη αυτών δύναται να προκαλέσει την εμφάνιση σοβαρών δυσλειτουργιών, γνωστών ως αβιταμίνωση, με σαφείς επιπτώσεις στη βιωσιμότητα του ατόμου (Górska-Warsewicz et al., 2019).

Στο ελαιόλαδο εντοπίζονται τόσο η προβιταμίνη Α όσο και η βιταμίνη Ε, ουσία η οποία απαντά στο σύνολο σχεδόν των λιπαρών ουσιών. Η παρουσία αυτών, μολονότι σε μικρές συγκεντρώσεις, έχει υψηλή διατροφική αξία σε ό,τι αφορά στην διασφάλιση της υγείας και της ευρωστίας του οργανισμού (Cuomo et al., 2020).

1.5.8 Φαινόλες

Στο ελαιόλαδο απαντούν οι φαινόλες τυροσόλη και υδροξυτυροσόλη, σε ελεύθερη και σε δεσμευμένη μορφή, με την υδροξυτυροσόλη να εμφανίζει σημαντική αντιοξειδωτική δράση. Επιπρόσθετα, πέρα από αυτές τις φαινολικές ενώσεις, στο ελαιόλαδο εντοπίζονται και φαινολικά οξέα. Μεταξύ αυτών περιλαμβάνονται το καφεϊκό οξύ, το βαννιλικό οξύ, το γαλλικό οξύ, το κουμαρικό οξύ, το φερουλικό οξύ, το συριγγικό οξύ, το σικιμικό οξύ και το πρωτοκατεχικό οξύ (Reboredo-Rodríguez et al., 2018; Farràs et al., 2020). Περισσότερο πολύπλοκα μόρια επίσης έχουν εντοπισθεί όπως είναι τα φλαβονοειδή, μεταξύ των οποίων αναφέρονται η λουτεολίνη (Melguizo-Rodríguez et al., 2019). Ενώσεις όπως είναι η θυμόλη, η καρβακρόλη, η κερκετίνη και

η απιγενίνη επίσης εντοπίζονται. Στο παρθένο ελαιόλαδο και σε περιεκτικότητα η οποία αγγίζει το 4.2 mg/ 100g ανιχνεύονται λιγνάνες (Pedan et al., 2019; Rodríguez-López et al., 2020).

Οι φαινόλες αποτελούν οργανικές ενώσεις, οι οποίες παρουσιάζουν τουλάχιστον ένα βενζολικό δακτύλιο, ο οποίος φέρει ένα ή περισσότερα –OH. Εκτός από τις απλές φαινόλες, οι οποίες παρουσιάζουν ένα βενζολικό δακτύλιο, στη συγκεκριμένη ομάδα ανήκουν τα φλαβονοειδή και τα φαινολικά οξέα. Στην περίπτωση των απλών φαινολών, πρόκειται για στερεές ενώσεις, οι οποίες είναι άχρωμες (Romani et al., 2019; Farràs et al., 2020). Συνήθως όμως, λόγω της έκθεσής τους στον αέρα, υπόκεινται σε οξείδωση, με αποτέλεσμα να λαμβάνουν ένα πιο έντονο σκούρο χρώμα (Pedan et al., 2019).

Αν και διαθέτουν την ιδιότητα να διαλύονται στο νερό, η διαλυτότητά τους εντοπίζεται υψηλότερη στην περίπτωση πολικών οργανικών διαλυτών. Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι η διαλυτότητά τους στο νερό αυξάνεται με τρόπο ανάλογο με τον αριθμό των φαινολικών υδροξυλίων, τα οποία εντοπίζονται στο μόριο της ένωσης (Reboredo-Rodríguez et al., 2018; Melguizo-Rodríguez et al., 2019).

Όπως αναφέρθηκε, οι φαινολικές ενώσεις, ως πολικά μόρια, παρουσιάζουν αυξημένη διαλυτότητα στο νερό, αλλά ελάχιστη λιποδιαλυτότητα. Αυξημένη όμως εντοπίζεται και η αντιοξειδωτική τους δράση εξαιτίας της οποίας δύναται να παρεμποδίσουν ή και να καθυστερήσουν την οξείδωση του ελαίου (Pedan et al., 2019; Rodríguez-López et al., 2020). Η αντιοξειδωτική τους δράση αυξάνεται στην περίπτωση που στο μόριο της ένωσης εισαχθεί δεύτερη ή και τρίτη φαινολική υδροξυλική ομάδα, γεγονός που υποδεικνύει τη συσχέτιση ανάμεσα στον αριθμό των φαινολικών υδροξυλίων και της αντιοξειδωτικής δράσης των ενώσεων (Romani et al., 2019).

Η προέλευση των φαινολικών ενώσεων που εντοπίζονται στο ελαιόλαδο είναι κατά βάση από τον ελαιόκαρπο, αν και σε μικρότερο βαθμό δύναται να προέρχονται από τα φύλλα του ελαιόδενδρου, τα οποία πιθανό να μην απομακρύνθηκαν επιτυχώς κατά την επεξεργασία στο αποφυλλωτήριο και συνεπώς ακολουθεί η άλεσή τους μαζί με τον ελαιόκαρπο. Στον ελαιόκαρπο απαντάται πληθώρα φαινολικών ενώσεων με απλούστερη ή και περισσότερο πολύπλοκη δομή (Reboredo-Rodríguez et al., 2018; Rodríguez-López et al., 2020).

Η περιεκτικότητα του ελαιόλαδου σε φαινολικές ενώσεις καθορίζεται από την ποικιλία των καλλιεργούμενων ελαιόδενδρων και την ωριμότητα των ελαιόκαρπων κατά τη διάρκεια της

διαδικασίας της συγκομιδής τους. Φαινολικές ενώσεις, όπως είναι η υδροξυτυροσόλη και η τυροσόλη, ουσίες οι οποίες προέρχονται από την διαδικασία της υδρόλυσης ενώσεων όπως η ελευρωπαΐνη, εντοπίζονται σε περιεκτικότητα 2.8 mg/ 100g στο εξαιρετικά παρθένο ελαιόλαδο (Romani et al., 2019; Farràs et al., 2020). Συγκεκριμένα, η συγκέντρωση αυτών των δύο φαινολικών ενώσεων φαίνεται να αυξάνεται με την ωρίμανση του ελαιόκαρπου, γεγονός το οποίο δεν ισχύει σε ό,τι αφορά στη συνολική συγκέντρωση των φαινολικών ενώσεων. Η συνολική ποσότητα των φαινολών καθώς και της ένωσης α-τοκοφερόλης δείχνει να μειώνεται με την αύξηση της ωριμότητας του ελαιόκαρπου (Reboredo-Rodríguez et al., 2018; Melguizo-Rodríguez et al., 2019).

Στο παρθένο ελαιόλαδο τα κυριότερα συστατικά σε ό,τι αφορά στο φαινολικό κλάσμα είναι η τυροσόλη, η υδροξυτυροσόλη καθώς και το σύνολο των παραγώγων ενώσεών τους με την αλδεϋδική μορφή του ελενολικού οξέος (Rodríguez-López et al., 2020). Εξίσου σημαντικά είναι και τα παράγωγα των δύο αυτών ενώσεων με τη διαλδεϋδική μορφή του ελενολικού οξέος. Η δράση των συστατικών αυτών κρίνεται ως ιδιαιτέρως σημαντική με δεδομένο ότι συμβάλλουν στη σταθερότητα του παρθένου ελαιόλαδου κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής του σε συνθήκες σκότους (Reboredo-Rodríguez et al., 2018; Pedan et al., 2019; Romani et al., 2019).

Η αυξημένη συγκέντρωση του ελαϊκού οξέος στο παρθένο ελαιόλαδο σε σύγκριση με έτερα έλαια συντελεί στον υψηλό βαθμό αντιοξειδωτικής του σταθερότητας. Ομοίως σημαντική είναι η χαμηλή περιεκτικότητα των τριγλυκεριδίων αυτού σε πολυακόρεστα λιπαρά οξέα. Κύρια όμως κρίνεται η σημασία της παρουσίας στο παρθένο ελαιόλαδο υψηλών επιπέδων φαινολικών συστατικών, τα οποία παρουσιάζουν αυξημένη αντιοξειδωτική δράση (Górska-Warsewicz et al., 2019; Lanza & Ninfali, 2020).

Κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας του ελαιόκαρπου στους χώρους του ελαιουργείου συντελείται, μαζί με την απομάκρυνση των απόνερων, και η απομάκρυνση των πολυσακχαριτών και των πρωτεϊνών αυτού, ενώσεων που χαρακτηρίζονται ως υδατοδιαλυτές. Συγχρόνως όμως με την απομάκρυνση αυτών επιτελείται και η απομάκρυνση της πλειονότητας των φαινολικών συστατικών (Romani et al., 2019; Rodríguez-López et al., 2020). Προκειμένου να διασφαλισθεί η διατήρηση επαρκών ποσοτήτων φαινολών στο ελαιόλαδο συνίσταται η χρήση με φειδώ του νερού κατά την επεξεργασία του ελαιόκαρπου στο ελαιουργείο. Η αξία της παραμονής των φαινολικών ενώσεων στο ελαιόλαδο, έπειτα από την ολοκλήρωση της συγκεκριμένης διαδικασίας, έγκειται

στο ότι συμβάλλουν σημαντικά στην ενίσχυση της διάρκειας της ζωής του ελαιόλαδου σε συνθήκες οξείδωσης, δεδομένης της υψηλής αντιοξειδωτικής τους δράσης (Pedan et al., 2019; Farràs et al., 2020; Lanza & Ninfali, 2020).

Από το σύνολο των μη σαπωνοποιήσιμων συστατικών του ελαιόλαδου, οι φαινολικές ενώσεις αναδεικνύονται ως τα σημαντικότερα εξ αυτών. Είναι αξιοσημείωτο ότι με το πέρας ενός έτους αποθήκευσης του ελαιόλαδου η μεγαλύτερη μείωση εντοπίζεται στην κατηγορία των καρροτενοειδών αλλά και στη συνολική ποσότητα των φαινολών. Σε ό,τι αφορά συγκεκριμένα στην κατηγορία των φαινολικών ενώσεων ως σταθερότερες μεταξύ αυτών αναδεικνύονται οι λιγνίνες (Melguizo-Rodríguez et al., 2019; Rodríguez-López et al., 2020).

2 ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΑ

2.1 Αντιοξειδωτικές ουσίες και μηχανισμός δράσης αυτών

Ως «αντιοξειδωτικές» χαρακτηρίζονται οι ουσίες, οι οποίες περιέχονται ως φυσιολογικά συστατικά τροφίμων ή εναλλακτικά δύναται να προστεθούν κατά τη διαδικασία της παρασκευής αυτών και οι οποίες παρουσιάζουν τη δυνατότητα να εμποδίζουν την οξείδωση τους. Οι αντιοξειδωτικές ενώσεις διακρίνονται συνεπώς σε φυσικές και τεχνητές ή συνθετικές (Quintero-Flórez et al., 2018; Lanza & Ninfali, 2020).

Σημαντικές ουσίες με αντιοξειδωτική δράση, οι οποίες και απαντώνται στα τρόφιμα, είναι η βιταμίνη E, η βιταμίνη C, η λεκιθίνη καθώς και η α-τοκοφερόλη. Οι τοκοφερόλες συγκεκριμένα χαρακτηρίζονται από την ικανότητα να παρεμποδίζουν το σχηματισμό ελευθέρων ριζών, ενώ συγχρόνως αποτελούν κύριους ανασταλτικούς παράγοντες σε ό,τι αφορά στο σχηματισμό ετεροκυκλικών αμινών. Η ιδιότητά τους αυτή αυξάνεται ανάλογα με τη συγκέντρωσή τους στο υπό μελέτη τρόφιμο αλλά και από την ποιότητα αυτού (Ramírez-Anaya et al., 2019). Συγκεκριμένα, στο ελαιόλαδο οι τοκοφερόλες παρουσιάζουν υψηλή αντιοξειδωτική δράση, ιδίως εάν πρόκειται για ελαιόλαδο το οποίο και έχει παρασκευασθεί πρόσφατα. Η αντιοξειδωτική τους ιδιότητα δείχνει να μειώνεται με την πάροδο του χρόνου και εξαρτάται από τον τρόπο και το χρόνο αποθήκευσης του ελαιόλαδου (Kouka et al., 2018; Quintero-Flórez et al., 2018; Cuomo et al., 2020).

Οι ουσίες με αντιοξειδωτική δράση δύναται να ταξινομηθούν σε ποικίλες κατηγορίες. Μεταξύ αυτών εντοπίζονται βιταμίνες όπως είναι η βιταμίνη E και η βιταμίνη C, τα καροτενοειδή, η αλβουμίνη, η χολερυθρίνη και το ουρικό οξύ. Ενδογενή συστήματα με αντιοξειδωτικές ιδιότητες είναι η αφυδρογονάση της 6-φωσφορικής γλυκόζης (G-6-PD) και η GHS γλουταθειόνη. Λοιπές αντιοξειδωτικές ουσίες αποτελούν το συνένζυμο Q10, το σελήνιο, η κυστεΐνη και τα φλαβονοειδή (Lanza & Ninfali, 2020).

Οι αντιοξειδωτικές ενώσεις δρουν παρεμποδίζοντας τη διαδικασία της οξείδωσης της λιπαρής ύλης μέσω της δράσης των ελευθέρων ριζών. Η δράση τους χαρακτηρίζεται ως καταλυτική, με δεδομένο ότι προωθούν την ολοκλήρωση μιας χημικής αντίδρασης δίχως να

μετέχουν στα τελικά προϊόντα αυτής και διατηρώντας συνεπώς αναλλοίωτη τη συνολική ποσότητα τους (Ramírez-Anaya et al., 2019; Cuomo et al., 2020).

2.2 Κατηγορίες αντιοξειδωτικών ενώσεων

2.2.1 Φυσικά αντιοξειδωτικά

Τα φυσικά αντιοξειδωτικά αποτελούν ουσίες φυτικής προέλευσης, οι οποίες παρουσιάζουν υψηλή αντιοξειδωτική δράση. Το επίπεδο δραστηριότητας αυτών καθορίζεται από την ακριβή πηγή της προέλευσής τους (δηλαδή από το συγκεκριμένο φυτό από το οποίο προέρχονται) αλλά και από τη διαδικασία που ακολουθείται για την παραλαβή τους (Lanza & Ninfali, 2020; Mateos et al., 2020). Σε ό,τι αφορά στο πρωτόκολλο το οποίο ακολουθείται για την απομόνωση και παραλαβή των φυσικών αντιοξειδωτικών, σημεία αυξημένης σημασίας συνιστούν οι συνθήκες της εκχύλισης αυτών και τα χαρακτηριστικά πολικότητας του διαλύτη, ο οποίος και εφαρμόστηκε κατά τη διαδικασία (Kouka et al., 2018; De Bruno et al., 2021).

Μεταξύ των κυριότερων αντιοξειδωτικών συγκαταλέγονται οι τοκοφερόλες, οι οποίες απαρτίζουν μια ομάδα συγγενών ενώσεων γνωστών ως α -, β - και γ - τοκοφερόλη. Στο ελαιόλαδο εντοπίζεται α -τοκοφερόλη, η οποία αποτελεί τη σημαντικότερη δραστική μορφή της βιταμίνης E, καθώς αποτελεί το 95% του συνόλου αυτής. Οι τοκοφερόλες β - και γ - απαντώνται σε μικρές συγκεντρώσεις. Η δραστηριότητα της βιταμίνης E βασίζεται, κατά κύριο λόγο, στην παρουσία της α - τοκοφερόλης, σημείο το οποίο αποτυπώνει τη σημασία της καθημερινής λήψης επαρκών ποσοτήτων αυτής (Martakos et al., 2020; Tanno et al., 2020; Luzi et al., 2021).

Αν και η βιταμινική δραστηριότητα της α -τοκοφερόλης είναι σαφώς σημαντική, εξίσου ενδιαφέρουσα είναι η ικανότητα αυτής να δεσμεύει τις ελεύθερες ρίζες, οι οποίες δημιουργούνται κατά τη διαδικασία του μεταβολισμού. Οι ελεύθερες ρίζες, οι οποίες σχηματίζονται μέσα από την οξείδωση των λιπαρών υλών, αποτελούν το κυριότερο αίτιο για την καταστροφή των κυττάρων και τη γήρανση του οργανισμού (Cuomo et al., 2020; Mateos et al., 2020).

Η προστατευτική δεινότητα της α -τοκοφερόλης ενάντια στην οξείδωση ανέρχεται στα 20000 μόρια λιπαρών οξέων. Η δυνατότητα των τοκοφερολών να εμποδίζουν την οξείδωση εξαρτάται από την ικανότητά τους να απενεργοποιούν τις ελεύθερες ρίζες των λιπιδίων, ενώ

δύναται να αλληλεπιδράσουν μεταξύ τους, αυξάνοντας πρόσθετα την αντιοξειδωτική τους δραστηριότητα (Kouka et al., 2018; Lanza & Ninfali, 2020).

Προκειμένου να επιτευχθεί η μέγιστη αντιοξειδωτική ικανότητα των φυσικών φυτικών τοκοφερολών είναι απαραίτητη η διασφάλιση της συγκέντρωσης αυτών σε ποσοστά από 0.03% έως και 0.1%. Παράλληλα τα επίπεδα αυτών τείνουν να επηρεάζονται από την επιλεγόμενη μέθοδο επεξεργασίας των τροφίμων (Martakos et al., 2020; Tanno et al., 2020). Συγκεκριμένα, κατά το τηγάνισμα των τροφών οι συγκεντρώσεις της α -τοκοφερόλης ελαττώνονται κατά 50% μετά από 5 έως 6 διαδικασίες τηγανίσματος. Παράλληλα, η ταχύτητα μείωσης των επιπέδων αυτής είναι σαφώς μεγαλύτερη σε σχέση με την ελάττωση των συγκεντρώσεων της β - ή της γ -τοκοφερόλης. Οι τελευταίες παρουσιάζουν μείωση σε ό,τι αφορά στη συγκέντρωσή τους μετά από 8 έως 9 διαδικασίες τηγανίσματος (Ramírez-Anaya et al., 2019).

Οι φαινολικές ενώσεις επίσης αποτελούν φυσικά αντιοξειδωτικά, με δεδομένο ότι έχουν τη δυνατότητα αποβολής H^+ οπότε και λειτουργούν ως απενεργοποιητές των ελεύθερων ριζών των λιπιδίων. Η προστατευτική τους ικανότητα έναντι της οξείδωσης αυξάνεται από την παρουσία σε αυτές ομάδων οι οποίες εμφανίζουν την τάση να αποβάλλουν e^- (Quintero-Flórez et al., 2018; Mateos et al., 2020; De Bruno et al., 2021).

Ορισμένες από τις φαινολικές ενώσεις παρουσιάζουν την ικανότητα να απενεργοποιούν υπεροξειδικές ρίζες ενώ οι πολυφαινόλες, ενώσεις οι οποίες περιέχουν περισσότερα του ενός υδροξύλια στο μόριό τους, εμφανίζουν υψηλότερη αντιοξειδωτική ικανότητα σε ό,τι αφορά στην απενεργοποίηση των ελεύθερων ριζών σε σύγκριση με τα μόρια των μονοφαινολικών ενώσεων. Συγχρόνως η δραστηριότητα των φαινολικών ενώσεων καθορίζεται από ένα σύνολο διακριτών παραμέτρων, με βασικότερες τη φύση της λιπαρής ύλης αλλά και τις συνθήκες κάτω από τις οποίες διενεργείται η οξείδωση (Martín-Peláez, Castañer & Konstantinidou, 2017; Lanza & Ninfali, 2020; Luzi et al., 2021).

Μεταξύ των κυριότερων φαινολικών ενώσεων με αντιοξειδωτική δράση είναι η τυροσόλη, η υδροξυτυροσόλη, η κερκετίνη, το γαλλικό οξύ, το πρωτοκατεχικό οξύ και η ελευρωπαΐνη. Οι ενώσεις τυροσόλη και υδροξυτυροσόλη συνιστούν προϊόντα, τα οποία προκύπτουν από την υδρόλυση της ελευρωπαΐνης, με την υδροξυτυροσόλη να εντοπίζεται σε αυξημένες συγκεντρώσεις σε ελαιόλαδα με περιεκτικότητα σε φαινολικές ενώσεις μεγαλύτερη από 200 mg/ kg (Martín-Peláez, Castañer & Konstantinidou, 2017; Kouka et al., 2018; Cuomo et al., 2020).

Έχει εντοπισθεί υψηλή συσχέτιση ανάμεσα στο βαθμό οξείδωσης του ελαιόλαδου, ο οποίος υπολογίζεται με την αξιολόγηση του αριθμού των υπεροξειδίων, και την περιεκτικότητα αυτού σε φαινολικές ενώσεις. Συγκεκριμένα, αυξημένη συγκέντρωση φαινολών συνεπάγεται την μείωση του αριθμού των υπεροξειδίων και συνεπώς του βαθμού οξείδωσης του ελαιόλαδου (Pedan et al., 2019; De Bruno et al., 2021).

Επιπρόσθετα, το υψόμετρο όπου επιλέχθηκε να πραγματοποιηθεί η καλλιέργεια των ελαιόδενδρων επίσης επηρεάζει σημαντικά το βαθμό οξείδωσης αυτού. Στην πράξη, οι χαμηλές θερμοκρασίες οι οποίες εΐθισται να εντοπίζονται σε μεγαλύτερα υψόμετρα οδηγούν στην παρασκευή ελαιόλαδων με μικρότερο βαθμό οξείδωσης σε σύγκριση με εκείνα τα οποία προκύπτουν από καλλιέργειες σε χαμηλότερες υψομετρικά περιοχές (Medina et al., 2018; Quintero-Flórez et al., 2018; Mikrou et al., 2020).

Τα φαινολικά διτερπένια αποτελούν ενώσεις με αντιοξειδωτική δράση, των οποίων ο σκελετός ατόμων C σχηματίζεται από 20 άτομα διαχωρισμένα από 4 ισοτερπενικές ομάδες. Λόγω του αυξημένου μοριακού τους βάρους αποτελούν μέρος των φυτικών ρητινών και σπάνια απαντώνται σε αιθέρια έλαια. Διτερπενικές φαινολικές ενώσεις με αντιοξειδωτική δράση, οι οποίες εντοπίζονται σε αρωματικά φυτά είναι η ροσμανόλη, η καρνοσόλη, η ροσμαρικινόνη και το καρνοσικό οξύ (Martín-Peláez, Castañer & Konstantinidou, 2017; Medina et al., 2018; Lanza & Ninfali, 2020).

Τα φλαβονοειδή ανήκουν στα φυτικά αντιοξειδωτικά και συνιστούν μια ομάδα φυσικών βενζο-γ-πυρανικών παραγώγων, τα οποία είναι υπεύθυνα για το χρώμα των άνθων και των καρπών. Η κυρίαρχη μορφή, με την οποία απαντούν, είναι ως γλυκοζίτες, ως αγλυκόνες ή ως μεθυλιωμένα παράγωγα αυτών (Pedan et al., 2019; Cuomo et al., 2020). Οι φλαβονόνες, οι φλαβόνες, οι ισοφλαβόνες, οι φλαβονόλες και οι κατεχίνες αποτελούν τις περισσότερο διαδεδομένες ενώσεις μεταξύ των φλαβονοειδών. Οι κατεχίνες θεωρούνται παράγωγα της αναγωγής των φλαβονών, με τον πυρανικό τους δακτύλιο να παρουσιάζεται ικανός να διασπασθεί και να μετατραπεί σε φουρανικό. Σε ό,τι αφορά στις γνωστότερες φλαβονόλες μεταξύ αυτών συγκαταλέγονται η κερκετίνη και η μυρικετίνη (Mateos et al., 2020; Mikrou et al., 2020).

Η ιδιότητα των φλαβονοειδών να απενεργοποιούν τις ελεύθερες ρίζες είναι υπεύθυνη για την υψηλή αντιοξειδωτική δραστηριότητα αυτών, ενώ ταυτόχρονα ιδιαίτερα σημαντική είναι και η δυνατότητα αυτών να προκαλούν την απόσβεση του O₂ απλής αντικατάστασης. Συγκεκριμένα, τα

φλαβονοειδή θεωρούνται ενώσεις ισχυρότερης αντιοξειδωτικής ικανότητας σε σχέση με τις φαινολικές ενώσεις (Martín-Peláez, Castañer & Konstantinidou, 2017; Lanza & Ninfali, 2020).

Σημαντικές αντιοξειδωτικές ιδιότητες εμφανίζουν και τα φυσικά καροτενοειδή, ενώσεις οι οποίες αποτελούν φυσικές χρωστικές ποικίλων φυτών, όπως είναι για παράδειγμα διάφορα λαχανικά, φρούτα και έλαια. Την ικανότητα να αποσβένουν το O₂ απλής αντικατάστασης παρουσιάζουν το καροτένιο και ειδικότερα το β-καροτένιο. Η ιδιότητα του αυτή προκύπτει χάρη στην μεταφορά ενέργειας, η οποία διενεργείται από το O₂ στην ένωση β-καροτένιο (Cuomo et al., 2020; Xia et al., 2020). Τα καροτένια έχουν συσχετισθεί, χάρη στην αντιοξειδωτική τους δράση, με την ενίσχυση του ανοσοβιολογικού συστήματος, την αντικαρκινική προστασία καθώς και με τη διασφάλιση της υγείας και ευεξίας του οργανισμού (Kouka et al., 2018; De Bruno et al., 2021).

2.2.2 Συνθετικά αντιοξειδωτικά

Τα συνθετικά αντιοξειδωτικά, σε αντίθεση με τα φυσικά, συνιστούν ενώσεις οι οποίες παρασκευάζονται και χρησιμοποιούνται ως προσθήκες ποικίλων λιπαρών τροφών προκειμένου να παρεμποδίσουν ή να καθυστερήσουν την οξείδωσή τους. Πρόκειται για ενώσεις φαινολικής κατά βάση δομής, ενώ η μέγιστη δυνατή επιτρεπόμενη συγκέντρωση αυτών σε ένα τρόφιμο ανέρχεται στα 0.02% της συνολικής του ποσότητας (Uncu & Ozen, 2020; Luzi et al., 2021).

Είναι σαφές ότι η τεχνητή παρασκευή των συνθετικών αντιοξειδωτικών επιτρέπει τη δημιουργία ουσιών αυξημένης δραστηριότητας σε σχέση με τα φυσικά αντιοξειδωτικά. Μεταξύ των συνθετικών αντιοξειδωτικών συγκαταλέγονται ενώσεις όπως είναι ο προπυλεστέρας του γαλλικού οξέος, η βουτυλιωμένη υδροξυκινόνη, η βουτυλιωμένη υδροξυανιθόλη και το βουτυλιωμένο υδροξυτολουόλιο (Shavakhi et al., 2021).

Δεν αποκλείεται η χρήση συνδυαστικά δύο ή και περισσότερων συνθετικών αντιοξειδωτικών με στόχο την προώθηση της συνεργατικής τους δράσης και την ενίσχυση του αντιοξειδωτικού αποτελέσματος. Από τις ανωτέρω ουσίες έχει εντοπισθεί ότι φέρει συνεργατικά θετικά αποτελέσματα ο συνδυασμός της βουτυλιωμένης υδροξυανιθόλης με το βουτυλιωμένο υδροξυτολουόλιο αλλά και ο συνδυασμός αυτής με τον προπυλεστέρα του γαλλικού οξέος (Medina et al., 2018; Uncu & Ozen, 2020).

Η δράση των συνθετικών αντιοξειδωτικών βουτυλιωμένη υδροξυκινόνης, βουτυλιωμένη υδροξυανιθόλης και προπυλεστέρα του γαλλικού οξέος οφείλεται στην μεθοξυ-ομάδα, την οποία

φέρουν στο μόριο τους (Cuomo et al., 2020). Συγκεκριμένα, η παρουσία μεθοξυ-ομάδας συμβάλει στην παρεμπόδιση της δημιουργίας ετεροκυκλικών αμινών, αποτρέποντας την αντίδραση και συντελώντας στην απομάκρυνση των ελευθέρων ριζών. Η μεθοξυ-ομάδα συνιστά το αίτιο της αντιοξειδωτικής δραστηριότητας των ενώσεων αυτών, καθώς μετατρέπεται στον παράγοντα, ο οποίος διασφαλίζει την απομάκρυνση των δημιουργούμενων ελευθέρων ριζών (Kouka et al., 2018; Shavakhi et al., 2021).

Τα συνθετικά αντιοξειδωτικά δεν παρουσιάζουν όμοια επίπεδα δραστηριότητας. Ανεξαρτήτως των συνθηκών αποθήκευσης των ελαίων υψηλότερη αντιοξειδωτική ικανότητα εμφανίζει η βουτυλιωμένη υδροξυκινόνη, ακολουθεί ο προπυλεστέρας του γαλλικού οξέος, στη συνέχεια το βουτυλιωμένο υδροξυτολουόλιο και τελευταία εντοπίζεται η βουτυλιωμένη υδροξυανιθόλη (Mateos et al., 2020; Uncu & Ozen, 2020).

2.2.3 Δευτεροταγή αντιοξειδωτικά

Ενώσεις των οποίων η αντιοξειδωτική δράση παρουσιάζεται ιδιαίτερος χαμηλή όταν δρουν ανεξάρτητα αλλά αυξάνεται σε δυναμική στην περίπτωση που συνδυασθούν είτε με φυσικές είτε με συνθετικές κύριων αντιοξειδωτικές ουσίες καλούνται δευτεροταγή αντιοξειδωτικά. Μεταξύ αυτών περικλείονται ενώσεις όπως είναι το φωσφορικό οξύ και το κιτρικό οξύ (Incani et al., 2016; Marcelino et al., 2019).

Αν και ο μηχανισμός που ορίζει την αντιοξειδωτική τους δραστηριότητα δεν έχει αποσαφηνισθεί πλήρως, έχει αποδειχθεί ότι η πλειονότητα αυτών συνεισφέρει στην ενεργοποίηση των κύριων (πρωτοταγών) αντιοξειδωτικών. Συγκεκριμένα, συμμετέχουν στην αναγωγή της οξειδωμένης μορφής αυτών προς την πλήρως ενεργό μορφή τους (Hohmann et al., 2015; Medina et al., 2018).

Δεν αποκλείεται η δυναμική τους να αφορά την διευκόλυνση της δράσης των πρωτοταγών αντιοξειδωτικών ενώσεων, περιορίζοντας την παρουσία των ελευθέρων ριζών στο υπόστρωμα λιπαρού οξέος. Η δράση τους αυτή συντελείται χάρη στην ικανότητά τους να παρεμποδίζουν την διάσπαση των υδρο-υπεροξειδίων (Incani et al., 2016; Marcelino et al., 2019).

Έτερη δράση τους αφορά τη δέσμευση των μεταλλικών ιόντων, τα οποία δύναται να δράσουν καταλυτικά σε ό,τι αφορά στις αντιδράσεις οξείδωσης. Οι δευτεροταγείς αυτές αντιοξειδωτικές ενώσεις μπορούν και δεσμεύουν μέταλλα, τα οποία εντοπίζονται εντός των

ελαίων, με κυριότερα το σίδηρο και το χαλκό (Pedan et al., 2019; Cuomo et al., 2020). Αν και κάθε διακριτή ένωση αυτής της κατηγορίας χαρακτηρίζεται από διαφορετικά επίπεδα δραστηριότητας και συνεπώς δυνατότητας δέσμευσης των μεταλλικών ιόντων του ελαίου, η δράση τους κρίνεται ως ιδιαίτερος σημαντική κυρίως διότι ενισχύουν την οξειδωτική δυναμική των κύριων αντιοξειδωτικών ουσιών (Medina et al., 2018; Lanza & Ninfali, 2020).

2.3 Επίδρασεις των αντιοξειδωτικών

Η σημασία της δράσης των αντιοξειδωτικών ουσιών επεκτείνεται σε ένα σύνολο βασικών λειτουργιών του ανθρώπινου οργανισμού. Η ικανότητα εξουδετέρωσης των ελευθέρων ριζών, που χαρακτηρίζει τις ενώσεις αυτής της κατηγορίας, συντελεί στην προστασία των κυτταροπλασματικών μεμβρανών των κυττάρων του οργανισμού, ενώ συγχρόνως συμβάλλει στη διαφύλαξη των απαραίτητων θρεπτικών αποθεμάτων του, αποτρέποντας την καταστροφή αυτών. Παράλληλα δύναται να δράσουν προστατευτικά έναντι ενός ευρέος φάσματος αλλεργιογόνων (Incani et al., 2016; Kouka et al., 2018; Luzi et al., 2021).

Εξίσου βασική είναι η αντικαρκινική τους δράση. Σε ό,τι αφορά στην αντικαρκινική προστασία που παρέχουν οι αντιοξειδωτικές ουσίες, αυτή έγκειται στο γεγονός ότι παρεμποδίζουν την ενεργοποίηση των μηχανισμών καρκινογένεσης, αδρανοποιώντας τη δράση ποικίλων καρκινογόνων ουσιών, οι οποίες χαρακτηρίζονται ως ισχυρά μεταλλαξογόνα (Kouli et al., 2019; Marcelino et al., 2019; Lanza & Ninfali, 2020).

Η προστατευτική τους δράση δεν περιορίζεται μόνο σε ό,τι αφορά στις νεοπλασίες αλλά επιπρόσθετα εντοπίζεται στο σύνολο των συστημάτων του ανθρώπινου οργανισμού. Συγκεκριμένα, σε ό,τι αφορά στο καρδιαγγειακό σύστημα, η παρουσία αντιοξειδωτικών ουσιών αυξάνει την ανθεκτικότητα των αγγείων, ενώ σημαντική είναι η συμβολή τους στον περιορισμό της δράσης φλεγμονώδων παραγόντων. Οι αντιοξειδωτικές ουσίες δύναται να εμποδίσουν την οξείδωση της LDL χοληστερίνης καθώς και να συμμετέχουν στον έλεγχο της αρτηριακής πίεσης (Hohmann et al., 2015; Kouka et al., 2018; Martakos et al., 2020).

Η ευεργετική τους δράση αφορά και το ερειστικό σύστημα, περιορίζοντας το εύρος των φλεγμονών, των οιδημάτων και των πιθανών αλλοιώσεων. Σε ό,τι αφορά στα αισθητήρια όργανα, κύρια κρίνεται η επίδρασή τους στο αισθητήριο της όρασης. Η βελτίωση της λειτουργικότητας του

αμφιβληστροειδή χιτώνα χάρη στη δράση των αντιοξειδωτικών ουσιών συμβάλλει στη σημαντική ενίσχυση της όρασης (Kouli et al., 2019; Mateos et al., 2020; De Bruno et al., 2021).

Τα αντιοξειδωτικά περιορίζουν σε μεγάλο βαθμό τη διαδικασία της διάσπασης του κολλαγόνου, διατηρώντας την ελαστικότητα του δέρματος. Η ιδιότητά τους αυτή παρέχει στο δέρμα προστασία από την δράση των παραγόντων γήρανσης (Marcelino et al., 2019; Pedan et al., 2019).

Αναφορικά με τη λειτουργία του νευρικού συστήματος, η προστατευτική δράση των αντιοξειδωτικών ενώσεων αποτρέπει την οξείδωση των νευροδιαβιβαστικών ουσιών και βελτιώνει τη λειτουργικότητά τους, παρέχοντας υψηλά επίπεδα πνευματικής διαύγειας και αντιληπτικής δεινότητας (Hohmann et al., 2015; Incani et al., 2016; Lanza & Ninfali, 2020).

Οι κυριότερες αντιοξειδωτικές ουσίες στο ελαιόλαδο είναι οι φαινόλες και οι τοκοφερόλες, μεταξύ των οποίων συγκαταλέγεται και η ελευρωπαΐνη. Πρόκειται για ουσίες, οι οποίες συνεισφέρουν ισχυρά στην ευρωστία του οργανισμού, ενώ επιβραδύνουν την αναπόφευκτη πορεία της γήρανσης (Kouka et al., 2018; Xia et al., 2020; De Bruno et al., 2021). Η ικανότητα αυτών να δεσμεύουν τις ελεύθερες ρίζες, οι οποίες σχηματίζονται κατά τη διαδικασία του μεταβολισμού, τους προσδίδει αντικαρκινικές ιδιότητες (Reboredo-Rodríguez et al., 2018). Επιπρόσθετα έχουν την ικανότητα να εμποδίζουν τη δημιουργία υπεροξειδίων και υδροϋπεροξειδίων, τα οποία επίσης παρουσιάζουν καρκινογόνο δράση (Hohmann et al., 2015; Kouli et al., 2019; Marcelino et al., 2019).

2.4 Συνθήκες αποθήκευσης παρθένου ελαιόλαδου και δράση των αντιοξειδωτικών

Οι συνθήκες αποθήκευσης του ελαιόλαδου δύναται να επηρεάσουν τα επίπεδα των αντιοξειδωτικών ουσιών σε αυτό. Η παρουσία ή μη φωτός, η θερμοκρασία αλλά και το είδος του υλικού του δοχείου αποθήκευσης διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο σε ό,τι αφορά στη συγκέντρωση των φαινολικών ουσιών εντός του ελαιόλαδου (Shendi, Ozay & Ozkaya, 2020; Plasquy et al., 2021). Συγκεκριμένα, σε συνθήκες φωτός μειώνεται δραστικά η συγκέντρωση των φαινολών, ενώ αντίθετα κατά την αποθήκευση σε συνθήκες σκότους διατηρείται σε υψηλότερο βαθμό. Η μείωση των φαινολικών ενώσεων συνοδεύεται από την αύξηση της παρουσίας των

οξειδωμένων τους μορφών. Η αποθήκευση του ελαιόλαδου σε δοχεία από λευκοσίδηρο επιτρέπει τη διατήρηση των συστατικών αυτών για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Παράλληλα, η αυξημένη περιεκτικότητα του ελαιόλαδου σε βιοφαινόλες συμβάλλει στην αυξημένη ανθεκτικότητα αυτού σε ό,τι αφορά στην οξείδωση του (Abbattista et al., 2020; Castillo-Luna et al., 2021).

Συστατικά τα οποία υπόκεινται σε αισθητή μείωση κατά την αποθήκευση είναι τα φλαβονοειδή, όπως οι ενώσεις απιγενίνη και λουτεονίνη. Σε ό,τι αφορά στην διατήρηση αυτών, η αποθήκευση του ελαιόλαδου σε δοχείο από λευκοσίδηρο παρέχει υψηλότερη προστασία, όπως επίσης και η διατήρηση του σε συνθήκες σκότους (Shendi et al., 2020; Plasquy et al., 2021).

Σε ό,τι αφορά στις τοκοφερόλες επίσης η περιεκτικότητα αυτών μειώνεται σε σημαντικό βαθμό κατά την αποθήκευση του ελαιόλαδου, ενώ παράλληλα αυξάνονται οι συγκεντρώσεις των προϊόντων της οξείδωσής τους. Προκειμένου να επιτευχθεί η βέλτιστη διατήρηση αυτών των συστατικών προτείνεται η αποθήκευση του ελαιόλαδου σε δοχείο από λευκοσίδηρο και σε συνθήκες σκότους. Η αποθήκευση σε χαμηλή θερμοκρασία επίσης φαίνεται να δρα επικουρικά. Η υψηλότερη μείωση σε ό,τι αφορά στα επίπεδα των τοκοφερολών αλλά και των φαινολικών ενώσεων εντοπίζεται κυρίως σε συνθήκες αποθήκευσης στους 40° C (Shendi et al., 2020; Castillo-Luna et al., 2021).

3 ΕΛΑΙΟΛΑΔΟ ΚΑΙ ΥΓΕΙΑ

3.1 Ελαιόλαδο και υγεία

Η επιλογή μιας διαιτητικής παρέμβασης, η οποία εστιάζει στην πρόσληψη κατάλληλων ποσοτήτων ελαιόλαδου στην καθημερινή διατροφή, δύναται να παρουσιάσει πληθώρα θετικών συνεπειών στην υγεία και μακροζωία του ατόμου. Ιδιαίτερα σημαντική κρίνεται η σπουδαιότητα της κατανάλωσης ελαιόλαδου έναντι ποικίλων καρδιαγγειακών νοσημάτων και ειδικότερα της ενσωμάτωσης αυτού στο καθημερινό διαιτολόγιο ατόμων, τα οποία αντιμετωπίζουν αυξημένο κίνδυνο εκδήλωσης στεφανιαίας νόσου (Covas et al., 2015; Foscolou, Critselis & Panagiotakos, 2018).

Ασθενείς, οι οποίοι έχουν υποστεί έμφραγμα του μυοκαρδίου και έχουν πλέον υιοθετήσει μια αμιγώς μεσογειακού τύπου διατροφή, αυξάνουν σημαντικά τις πιθανότητες αποφυγής ενός δεύτερου ενδεχομένως θανατηφόρου εμφράγματος (George et al., 2019; Kouli et al., 2019; Fernandes et al., 2020). Ιδίως στην περίπτωση ενίσχυσης της πρόσληψης α -λινολενικού οξέος μέσω της διατροφής, τα ποσοστά μείωσης μιας πιθανής απειλής θανάτου καταγράφονται ιδιαίτερος ενθαρρυντικά. Στο πεδίο αυτό η προσθήκη του ελαιόλαδου στην καθημερινή διατροφή αναδεικνύεται μια άκρως αποτελεσματική στρατηγική, με στόχο την αποφυγή της εκδήλωσης καρδιαγγειακών νοσημάτων αλλά και την κατάληξη του ασθενή λόγω αυτών (Estruch et al., 2018; Gavahian et al., 2019; Ilak Peršurić & Težak Damijanić, 2021).

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να τονισθεί η ισχυρή θετική συσχέτιση, η οποία παρουσιάζεται ανάμεσα στην κατανάλωση συγκεκριμένων ομάδων τροφίμων και στην εμφάνιση στεφανιαίας νόσου. Μεταξύ των καταγεγραμμένων ως άκρως επικίνδυνων τροφίμων συγκαταλέγονται τα ζωικά λίπη (βούτυρο), το κόκκινο κρέας αλλά και οι γλυκαντικές ουσίες, με κύρια τη ζάχαρη (Górska-Warsewicz et al., 2019; Kouli et al., 2019; Marcelino et al., 2019). Αντιθέτως, αρνητικά σε ό,τι αφορά την παρουσία κρουσμάτων στεφανιαίας νόσου, σχετίζεται η κατανάλωση φυτικών υλών, κυρίως οσπρίων, και φυτικών λιπών, με κύριο ανάμεσα αυτών το ελαιόλαδο (Hohmann et al., 2015; Shen et al., 2015; Foscolou, Critselis & Panagiotakos, 2018). Η διαμόρφωση συνεπώς ενός διατροφικού σχήματος, το οποίο θέτει ως πυρήνα του την πρόσληψη ελαιόλαδου, κρίνεται ως καθοριστικής σημασίας στις έντονες διαφοροποιήσεις αναφορικά με τα επίπεδα θνησιμότητας

λόγω της εκδήλωσης καρδιαγγειακών νοσημάτων και ειδικότερα στεφανιαίας νόσου (Covas et al., 2015; Gorzynik-Debicka et al., 2018; Marcelino et al., 2019).

Η επιλογή ενός προγράμματος διατροφής πλούσιου σε μονοακόρεστα λιπαρά οξέα συμβάλλει στη βελτίωση του μεταβολισμού των λιπών, ενώ η διατήρηση των αθηρογενετικών καταλοίπων σε επίπεδα, τα οποία κρίνονται ως χαμηλά, συντελεί στην προστασία του καρδιαγγειακού συστήματος (Gavahian et al., 2019; Vazquez et al., 2019; Fernandes et al., 2020). Ταυτόχρονα, η υιοθέτηση ενός διατροφικού σχήματος, το οποίο παρουσιάζει υψηλή περιεκτικότητα σε ελαιόλαδο δύναται να λειτουργήσει ανασταλτικά έναντι παραγόντων που επηρεάζουν την πίεση του αίματος και τα επίπεδα λιπιδίων στον ορό του αίματος, παράγοντες οι οποίοι συνιστούν κυρίαρχα σημεία κινδύνου αναφορικά με την εμφάνιση στεφανιαίας νόσου (Estruch et al., 2018; Foscolou et al., 2019; Kouli et al., 2019).

Εξίσου σημαντική είναι η συσχέτιση της πρόσληψης ελαιόλαδου μέσω της διατροφής και της προστασίας έναντι στην αθηρωματοσκλήρωση. Η επιλογή διατροφικών σχημάτων πλούσιων σε πολυακόρεστα λιπαρά οξέα οδηγεί σε υψηλότερα επίπεδα του ρυθμού οξειδωσης των λιποπρωτεϊνών χαμηλής πυκνότητας σε σχέση με την επιλογή μιας διατροφής βασιζόμενης σε μονοακόρεστα λιπαρά οξέα (Rossi et al., 2017; Fernandes et al., 2020; Ilak Peršurić & Težak Damijanić, 2021). Επιπρόσθετα, η περιεκτικότητα των λιποπρωτεϊνικών σωματιδίων σε ολεϊκό οξύ είναι αντιστρόφως ανάλογη σε σχέση με την έκταση της διαδικασίας της οξειδωσης, ενώ το αντίθετο συμβαίνει με την ποσότητα του λινολεϊκού οξέος, το οποίο σχετίζεται ισχυρά με το ρυθμό της οξειδωτικής διαδικασίας (Hohmann et al., 2015; George et al., 2019). Κατά συνέπεια, η προσθήκη στην καθημερινή διατροφή μονοακόρεστων λιπαρών οξέων δύναται να οδηγήσει στην μείωση της οξειδωτικής τάσης των λιποπρωτεϊνών (Foscolou, Critselis & Panagiotakos, 2018; Gorzynik-Debicka et al., 2018).

Σε ό,τι αφορά συγκεκριμένα την κατανάλωση εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου, οι αντιοξειδωτικές ενώσεις οι οποίες περιλαμβάνονται σε αυτό παρέχουν επαρκή προστασία έναντι της οξειδωτικής καταπόνησης, σημείο αυξημένης σημασίας σε ό,τι αφορά την εκδήλωση της παθογένειας της αθηρωματοσκλήρωσης (Kouli et al., 2019; Ilak Peršurić & Težak Damijanić, 2021). Η οξειδωτική καταπόνηση συνιστά διαδικασία κατά την οποία συντελείται η οξειδωση των λιποπρωτεϊνών χαμηλής πυκνότητας λόγω της δράσης των ελευθέρων ριζών, μια διαδικασία η

οποία επιφέρει την απελευθέρωση τοξικών ουσιών υπεύθυνων για την εμφάνιση της αθηρωματοσκλήρωσης (Shen et al., 2015; Visioli, Franco & Toledo, 2018; Fernandes et al., 2020).

Κύριες ενώσεις με σκοπό την προστασία ενάντια των βλαβών, που προκύπτουν λόγω των οξειδωμένων μορφών λιποπρωτεϊνών χαμηλής πυκνότητας, αποτελούν οι φαινολικές ενώσεις που περιέχονται στο ελαιόλαδο (Hohmann et al., 2015; Gavahian et al., 2019). Η αυξημένη πρόσληψη ολεϊκού οξέος ελαττώνει σημαντικά τη δυνατότητα οξείδωσης των λιποπρωτεϊνικών σωματιδίων και συγχρόνως μειώνει αισθητά τη διαδικασία πρόκλησης αθηρωματοσκλήρωσης, με δεδομένο ότι τα οξειδωτικά τροποποιημένα λιποπρωτεϊνικά σωματίδια παρουσιάζουν αυξημένες αθηρωματογόνες ιδιότητες (Rossi et al., 2017; Gorzynik-Debicka et al., 2018; Foscolou et al., 2019).

Ευεργετική κρίνεται επίσης η επίδραση του ελαιόλαδου έναντι της εκδήλωσης υπέρτασης, καθώς συμβάλλει στη μείωση της αρτηριακής πίεσης. Η διασφάλιση μιας δίαιτας με υψηλή περιεκτικότητα σε μονοακόρεστα λιπαρά οξέα συνεισφέρει στη διατήρηση της συστολικής και της διαστολικής πίεσης κατά την ηρεμία σε χαμηλά επίπεδα σε σχέση με την επιλογή ενός διατροφικού σχήματος πλούσιου σε πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (Hohmann et al., 2015; Fernandes et al., 2020; Pak Peršurić & Težak Damijanić, 2021). Αντίστοιχα, η πίεση του αίματος διατηρείται σε ελεγχόμενα επίπεδα σε ασθενείς με υπέρταση, σημείο το οποίο δεν εντοπίζεται στην περίπτωση που ο ασθενής επιλέξει μια δίαιτα βασιζόμενη σε πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (Covas et al., 2015; Shen et al., 2015; Kouli et al., 2019).

Η προσπάθεια ενσωμάτωσης πρωτεϊνών φυτικής προέλευσης καθώς και μη κορεσμένων λιπών στην ημερήσια διατροφή μειώνει σημαντικά τα επίπεδα χοληστερόλης και συγχρόνως διατηρεί σε φυσιολογικά επίπεδα την αρτηριακή πίεση, οπότε και συντελεί στη μείωση του κινδύνου εμφάνισης καρδιαγγειακών νοσημάτων (Gavahian et al., 2019; Marcelino et al., 2019; Vazquez et al., 2019). Ειδικότερα, οι φαινολικές ενώσεις, οι οποίες περιέχονται στο εξαιρετικά παρθένο ελαιόλαδο, διαδραματίζουν ένα κύριο ρόλο στη μείωση της αρτηριακής πίεσης (Foscolou, Critselis & Panagiotakos, 2018; George et al., 2019).

Η λήψη επαρκών ποσοτήτων ελαιόλαδου με τη διατροφή δύναται επιπρόσθετα να έχει αντικαρκινική δράση, με δεδομένο ότι χάρη στις αντιοξειδωτικές του ιδιότητες συντελεί στον περιορισμό των βλαβών λόγω οξείδωσης του γενετικού υλικού, ένα κυρίαρχο παράγοντα καρκινογένεσης (Rossi et al., 2017). Η σαφώς θετική επίδραση της κατανάλωσης ελαιόλαδου στο

καθημερινό διαιτολόγιο αποκαλύπτεται μέσα από τη διαφοροποίηση των συχνοτήτων εμφάνισης ορισμένων μορφών νεοπλασιών ανάμεσα σε χώρες με σαφώς διακριτές διατροφικές συνήθειες (Oliveras-López et al., 2014; Gorzynik-Debicka et al., 2018).

Συγκεκριμένα, στην Νότια Ευρώπη οι μεσογειακές χώρες πιστές στο μοτίβο μιας διατροφής με βάση το ελαιόλαδο παρουσιάζουν μειωμένα ποσοστά σε συγκεκριμένα καρκινικά σχήματα (Martinez-Gonzalez & Martin-Calvo, 2016; Mazzocchi et al., 2019). Η αντικατάσταση στο καθημερινό διαιτολόγιο τροφών πλούσιων σε κορεσμένα λιπαρά οξέα, όπως είναι το βούτυρο, με λιπαρές ύλες φυτικής προέλευσης, με κύριο μεταξύ αυτών το ελαιόλαδο, συνιστά βέλτιστη στρατηγική έναντι της έγερσης ορισμένων καρκινικών τύπων (Oliveras-López et al., 2014; Górska-Warsewicz et al., 2019).

Η αντικαρκινική δράση του ελαιόλαδου στηρίζεται κατά βάση στην περιεκτικότητα αυτού σε ενώσεις με αντιοξειδωτικές ιδιότητες, με κύριες μεταξύ αυτών τις φαινολικές ενώσεις. Οι φαινόλες, ως ισχυρά αντιοξειδωτικά, παρουσιάζουν τη δυνατότητα να περιορίζουν σημαντικά τις οξειδωτικές βλάβες στο γενετικό υλικό των κυττάρων, παρέχοντας υψηλή προστασία σε σχέση με την ανατροπή του ελέγχου πολλαπλασιασμού αυτού και επομένως την πρόκληση νεοπλασιών (Visioli, Franco & Toledo, 2018; Cuomo et al., 2020).

Ο κίνδυνος εμφάνισης συγκεκριμένων καρκινικών τύπων, όπως είναι ο καρκίνος του μαστού, ο καρκίνος του προστάτη, ο καρκίνος του οισοφάγου και τέλος ο καρκίνος του παχέος εντέρου, μειώνεται σημαντικά λόγω της κατανάλωσης ελαιόλαδου με τη διατροφή (Martinez-Gonzalez & Martin-Calvo, 2016). Σε ό,τι αφορά τον καρκίνο του μαστού η παρουσία ολεϊκού οξέος στο ελαιόλαδο, ως κύριο συστατικό αυτού, λειτουργεί ανασταλτικά έναντι στην ενεργοποίηση των αντίστοιχων ογκογονιδίων, τα οποία προάγουν τη μορφή αυτή καρκίνου, μειώνοντας αισθητά τα επίπεδα αυτών (Oliveras-López et al., 2014; Borzi et al., 2019).

Αντίστοιχα, σε ό,τι αφορά τον καρκίνο του προστάτη, ένα σύνολο ενώσεων που περιλαμβάνονται στο ελαιόλαδο δρουν προστατευτικά έναντι στην εκδήλωση αυτής της νεοπλασίας. Τα καρροτενοειδή και ιδίως η λυκοπένη, η α -καροτένη και η β -καροτένη του ελαιόλαδου σχετίζονται αρνητικά με την καρκινογενετική διαδικασία στην περιοχή του προστάτη. Πέρα επομένως από την ηλικία, το οικογενειακό ιστορικό και τις συνθήκες διαβίωσης, η διατροφή, ειδικότερα τα επίπεδα κατανάλωσης φυτικών ελαίων και συγκεκριμένα ελαιόλαδου,

διαπιστώνεται να παρουσιάζει αυξημένη επιρροή στον κίνδυνο εκδήλωσης καρκίνου του προστάτη (Rossi et al., 2017; Mazzocchi et al., 2019).

Ομοίως η προσθήκη ελαιόλαδου στη διατροφή συμβάλει στην πρόληψη του καρκίνου του οισοφάγου από πλακώδη κύτταρα. Οι διατροφικές συνήθειες του ατόμου και ιδίως η κατανάλωση φυτικών λιπαρών ουσιών συντελεί στη μείωση της παρουσίας της νεοπλασίας αυτής, σε αντίθεση με την κατανάλωση αλκοόλ, συνήθεια η οποία δρα επιβαρυντικά (Oliveras-López et al., 2014). Προστατευτικό ρόλο σε σχέση με τον καρκίνο του οισοφάγου παρουσιάζει και η κατανάλωση λευκού κρέατος, λαχανικών και φρούτων (Gorzynik-Debicka et al., 2018).

Η προστατευτική δράση του ελαιόλαδου επεκτείνεται επίσης στην εκδήλωση του καρκίνου του παχέος εντέρου, μια ιδιαίτερα μορφή νεοπλασίας η οποία σχετίζεται με διατροφικούς παράγοντες (Abenavoli et al., 2019). Ο επιπολασμός αυτής κατηγορίας καρκίνου παρουσιάζεται αυξημένος σε χώρες της Δυτικής και Βόρειας Ευρώπης, οι κάτοικοι των οποίων στρέφονται στην επιλογή διατροφικών σχημάτων στα οποία κυριαρχούν οι ζωικές λιπαρές ουσίες (Oliveras-López et al., 2014; Mazzocchi et al., 2019).

Αντιθέτως το ελαιόλαδο, χάρη στην ιδιότητα του να επηρεάζει τα επίπεδα έκκρισης του χολικού οξέος και συνεπώς τον μεταβολισμό των πολυαμινών στα κύτταρα του παχέος εντέρου δύναται να ενέχει ρόλο προστατευτικό έναντι στον κίνδυνο εκδήλωσης του καρκίνου του παχέος εντέρου, αναστέλλοντας τη μετάβαση από το φυσιολογικό τύπο βλεννογόνου σε αδένωμα και ακολούθως σε καρκίνωμα (Larussa et al., 2017; Gorzynik-Debicka et al., 2018). Η επίπτωση του συγκεκριμένου καρκινικού τύπου είναι ιδιαιτέρως χαμηλή στις χώρες της Νότιας Ευρώπης, όπου η κατανάλωση ελαιόλαδου στην καθημερινή διατροφή είναι υψηλή (Martinez-Gonzalez & Martin-Calvo, 2016; Borzi et al., 2019).

Έτερη παθογένεια στην οποία εντοπίζονται οφέλη χάρη στην προσθήκη του ελαιόλαδου στη σύνθεση του καθημερινού διαιτολογίου είναι ο σακχαρώδης διαβήτης. Πρόκειται για μια χρόνια μεταβολική διαταραχή, κατά την οποία καταγράφεται υψηλός ο κίνδυνος εμφάνισης νεφρικών παθογενειών, καρδιαγγειακών νοσημάτων αλλά και κλινικών επιπλοκών (Dehghani et al., 2021). Η επιλογή ενός κατάλληλα διαμορφωμένου διαιτολογίου αναδεικνύεται σε σημείο κλειδί στον έλεγχο της συγκεκριμένης πάθησης, καθώς μέσω αυτής είναι δυνατός ο έλεγχος του μεταβολισμού και η επίτευξη ενός επιθυμητού σωματικού βάρους (Venturini et al., 2015; Alkhatib, Tsang & Tuomilehto, 2018).

Η επιλογή μιας διατροφής με βάση την υψηλή περιεκτικότητα σε μονοακόρεστα λιπαρά οξέα και τη χαμηλή αντίστοιχα περιεκτικότητα σε κορεσμένα λιπαρά οξέα και χοληστερόλη ικανοποιεί τις προβλεπόμενες προϋποθέσεις ενός διαιτητικού σχήματος κατάλληλου για τους πάσχοντες από σακχαρώδη διαβήτη. Η καθημερινή κατανάλωση ελαιόλαδου συνάδει με την υψηλή περιεκτικότητα της καθημερινής πρόσληψης σε μονοακόρεστα λιπαρά οξέα, με το λιπιδικό σύνολο να αγγίζει το 25 έως και 35% του συνόλου της θερμιδικής πρόσληψης (Alkhatib, Tsang & Tuomilehto, 2018; Dehghani et al., 2021).

Εξίσου ενδιαφέρουσα κρίνεται η μείωση του κινδύνου εκδήλωσης αθηρωματοσκλήρωσης σε άτομα με σακχαρώδη διαβήτη τύπου II, χάρη στην μείωση των επιπέδων των λιποπρωτεϊνών χαμηλής πυκνότητας, της γλυκόζης νηστείας στο αίμα αλλά και των λιποπρωτεϊνών έπειτα από την πρόσληψη γεύματος (Dehghani et al., 2021). Η επιρροή των μονοακόρεστων λιπαρών οξέων στη γλυκόζη και στον μεταβολισμό των λιπιδίων, συγκρινόμενη με την επίδραση των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων, τα οποία λαμβάνονται μέσω της διατροφής, παρουσιάζεται να μειώνει σημαντικά τον κίνδυνο της αθηρωματοσκλήρωσης (Venturini et al., 2015; Alkhatib, Tsang & Tuomilehto, 2018).

Συγκεκριμένα το ελαιϊκό οξύ, του οποίου η συγκέντρωση εντοπίζεται υψηλή στο ελαιόλαδο, παρουσιάζει υψηλότερη προστατευτική δράση σε σχέση με έτερα λιπαρά οξέα, τα οποία περιέχονται σε φυτικά έλαια, όπως για παράδειγμα στο ηλιέλαιο, το οποίο είναι πλούσιο σε συγκεντρώσεις λινολεϊκού οξέος (Górska-Warsewicz et al., 2019). Για το λόγο αυτό και η επιλογή από έναν ασθενή, ο οποίος πάσχει από σακχαρώδη διαβήτη τύπου II ενός διατροφικού σχήματος πλούσιου σε ελαιϊκό οξύ, και επομένως η καθημερινή κατανάλωση ελαιόλαδου στη διατροφή του, κρίνεται ως καταλληλότερη σε σχέση με την επιλογή μιας έτερης δίαιτας, πλούσιας σε λινολεϊκό οξύ (Dehghani et al., 2021).

Προστατευτική επίσης εντοπίζεται η δράση του ελαιόλαδου έναντι των συμπτωμάτων της ρευματοειδούς αρθρίτιδας. Η αυξημένη περιεκτικότητα σε ολεϊκά οξέα σχετίζεται με την προστατευτική επίδραση του ελαιόλαδου σε σχέση με την συγκεκριμένη πάθηση, ενώ αξιόλογη είναι και η επιρροή του σε ό,τι αφορά τον έλεγχο των συμπτωμάτων αυτής, χάρη στην αναστολή της δημιουργίας φλεγμονοδών μεταβολιτών (Sánchez-Rodríguez et al., 2019). Ως απόρροια της συνθήκης αυτής, ασθενείς οι οποίοι ακολουθούν διατροφικές επιλογές πλούσιες σε ελαιόλαδο παρουσιάζουν σαφή μείωση των συμπτωμάτων τους με συνοδό βελτίωση των επιπέδων της

λειτουργικότητας τους (Foscolou et al., 2019; Melguizo-Rodríguez et al., 2019). Ομοίως, η υψηλή κατανάλωση ελαιόλαδου κατά την καθημερινή διατροφή οδηγεί στη μείωση του κινδύνου προσβολής από ρευματοειδή αρθρίτιδα σε σχέση με άτομα των οποίων η πρόσληψη ελαιόλαδου είναι χαμηλότερη (Fernandes et al., 2020).

Πίνακας 3.1: Αντικαρκινική δράση ελαιόλαδου - ελευρωπαϊνης.

Πηγή	Είδος μελέτης	Κύρια ευρήματα
Borzi, A., Biondi, A., Basile, F., Luca, S., Vicari, E., & Vacante, M. (2019). Olive Oil Effects on Colorectal Cancer. <i>Nutrients</i> , 11(1), 28-32. https://doi.org/10.3390/nu11010032	κλινική μελέτη	Η ελευρωπαϊνή, χάρη στη δράση της ενάντια των ελεύθερων ριζών, δύναται να ρυθμίσει την μικροβιακή σύσταση του εντέρου, παρέχοντας αντικαρκινική προστασία.
Carrera-Gonzalez, M., Ramirez-Exposito, M., Mayas, M., & Martinez-Martos, J. (2013). Protective role of oleuropein and its metabolite hydroxytyrosol on cancer. <i>Trends in Food Science & Technology</i> , 31(2), 92-99. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2013.03.003	<i>in vitro</i> μελέτη	Η χορήγηση ελευρωπαϊνης οδήγησε στην αναστολή της κυτταρικής ανάπτυξης της C6 κυτταρικής σειράς, ενώ ταυτόχρονα έδρασε αντιοξειδωτικά έναντι των νεοπλαστικών κυττάρων.
Messeha, S., Zarmouh, N., Asiri, A., & Soliman, K. (2020). Gene Expression Alterations Associated with Oleuropein-Induced Antiproliferative Effects and S-Phase Cell Cycle Arrest in Triple-Negative Breast Cancer Cells. <i>Nutrients</i> , 12(12), 3755. https://doi.org/10.3390/nu12123755	<i>in vitro</i> μελέτη	Η ελευρωπαϊνή παρουσιάζει ισχυρή δράση έναντι του καρκίνου του μαστού, μέσω της ικανότητάς της να επηρεάζει την κυτταρική απόπτωση, συμβάλλοντας στην αναστολή της καρκινικής ανάπτυξης.
Lu, H., Zhu, J., Zhang, Z., Shen, W., Jiang, S., Long, Y., Wu, B., Ding, T., Huan, F., & Wang, S. (2019). Hydroxytyrosol and Oleuropein Inhibit Migration and Invasion of MDA-MB-231 Triple-	<i>in vitro</i> μελέτη	Η χορήγηση ελευρωπαϊνης δύναται να αναστείλει την μεταναστευτική ροή των νεοπλασματικών κυττάρων του μαστού, ενεργοποιώντας τη διαδικασία της

<p>Negative Breast Cancer Cell via Induction of Autophagy. <i>Anti-Cancer Agents in Medicinal Chemistry</i>, 19(16), 1983-1990. https://doi.org/10.2174/1871520619666190722101207</p>		<p>αυτοφαγίας. Πιθανά θεραπευτικά οφέλη αποκαλύπτονται μέσω των οποίων δύναται να περιοριστεί η παθογένεση του καρκίνου του μαστού.</p>
<p>Goldsmith, C., Bond, D., Jankowski, H., Weidenhofer, J., Stathopoulos, C., Roach, P., & Scarlett, C. (2018). The Olive Biophenols Oleuropein and Hydroxytyrosol Selectively Reduce Proliferation, Influence the Cell Cycle, and Induce Apoptosis in Pancreatic Cancer Cells. <i>International journal of molecular sciences</i>, 19(7), 1930-1937. https://doi.org/10.3390/ijms19071937</p>	<p>κλινική μελέτη</p>	<p>Ανάδειξη καινοτόμων θεραπευτικών παραγόντων ενάντια στον καρκίνο του παγκρέατος, μεταξύ των οποίων συγκαταλέγεται και η ελευρωπαΐνη. Βασικό πλεονέκτημα η απουσία τοξικότητας αυτής ενάντια των φυσιολογικών κυττάρων.</p>
<p>Griñan-Lison, C., Blaya-Cánovas, J., López-Tejada, A., Ávalos-Moreno, M., Navarro-Ocón, A., Cara, F., González-González, A., Lorente, J., Marchal, J., & Granados-Principal, S. (2021). Antioxidants for the Treatment of Breast Cancer: Are We There Yet? <i>Antioxidants</i>, 10(2), 190-205. https://doi.org/10.3390/antiox10020205</p>	<p>in vitro μελέτη</p>	<p>Η λήψη αντιοξειδωτικών ουσιών, συμπεριλαμβανομένης της ελευρωπαΐνης, αποδεικνύεται θετική στην πρόληψη του καρκίνου του μαστού, αλλά και στην θεραπευτική προσέγγιση αυτού.</p>

3.2 Ελαιόλαδο, ευζωία και μακροζωία

Η ευεργετική δράση της πρόσληψης ελαιόλαδου με την καθημερινή διατροφή δεν περιορίζεται στην προστατευτική του δράση έναντι των παθήσεων, οι οποίες και αναφέρθηκαν. Εξίσου σημαντική κρίνεται η επίδραση των αντιοξειδωτικών του ενώσεων στη μακροζωία. Στο πεδίο αυτό ισχυρό παράδειγμα αποτελεί η προσδοκώμενη διάρκεια ζωής των κατοίκων των χωρών της Νότιας Ευρώπης, όπου κυριαρχεί το διατροφικό σχήμα της Μεσογειακής δίαιτας, πλούσιο στην κατανάλωση ελαιόλαδου, η οποία καταγράφεται μεγαλύτερη σε σχέση με εκείνη των κατοίκων της Βόρειας Ευρώπης (Hardman et al., 2016; Gavahian et al., 2019; Cuomo et al., 2020).

Η επιλογή ενός διαιτολογίου με υψηλό ποσοστό σε μονοακόρεστα λιπαρά οξέα σε συνδυασμό με την ταυτόχρονη αυξημένη κατανάλωση όσπριων, δημητριακών, λαχανικών και φρούτων και την ελεγχόμενη κατανάλωση κόκκινου κρέατος επιδρούν θετικά στην προσδοκώμενη διάρκεια της ζωής και οδηγούν στη σημαντική μείωση της θνησιμότητας στο γενικό πληθυσμό (Covas et al., 2015; Martinez-Gonzalez & Martin-Calvo, 2016; Finicelli, Squillaro & Di Cristo, 2019).

Η ομαλή ανάπτυξη του ανθρώπινου οργανισμού και επομένως η αύξηση του προσδόκιμου διαβίωσης επηρεάζεται σημαντικά από την πρόσληψη λιπαρών οξέων, ιδίως κατά την βρεφική και παιδική ηλικία (Foscolou, Critselis & Panagiotakos, 2018; Klimova et al., 2019). Η παρουσία κατάλληλων ποσοτήτων ελαιόλαδου στην καθημερινή παιδική διατροφή προσδίδει στον οργανισμό τα απαιτούμενα για την ανάπτυξη του λιπαρά οξέα, ενώ τα καροτενοειδή που περιέχονται σε αυτό έχουν προστατευτική δράση έναντι της προσβολής από πιθανές λοιμώξεις (George et al., 2019; Farràs et al., 2020; Melero et al., 2020).

Η επιλογή μιας διατροφής πλούσιας σε ελαιόλαδο κρίνεται επωφελής και κατά την τρίτη ηλικία. Η διατήρηση μιας δίαιτας πλούσιας σε πολυακόρεστα λιπαρά οξέα δύναται να εντείνει την οξειδωση λόγω της δράσης των ελευθέρων ριζών. Παράλληλα, η πρόσληψη πολυακόρεστων λιπαρών οξέων δρα επιβαρυντικά στην λειτουργία του εγκεφάλου, προκαλώντας συμπτώματα γεροντικής άνοιας (Rigacci, 2015; Mazza, Fava & Ferro, 2018). Συγκεκριμένα, η μειωμένη απόδοση σε διανοητικές λειτουργίες και η επιτάχυνση της εμφάνισης γεροντικής άνοιας σχετίζονται ισχυρά με τη χαμηλή πρόσληψη μονοακόρεστων λιπαρών οξέων και επομένως με την μειωμένη πρόσληψη ελαιόλαδου (Hardman et al., 2016; Klimova et al., 2019). Αντίθετα, η εφαρμογή διαιτητικών σχημάτων, τα οποία περικλείουν αντιοξειδωτικές ουσίες, μειώνουν το σχηματισμό ελευθέρων ριζών, αυξάνοντας το μέσο όρο ζωής και διατηρούν τις νοητικές λειτουργίες σε ένα ικανοποιητικό για την ηλικία επίπεδο (Rigacci, 2015; Angeloni et al., 2017; Gorzynik-Debicka et al., 2018; Mazza, Fava & Ferro, 2018).

Πέρα από την έκπτωση της νοητικής λειτουργικότητας, σημαντικό πρόβλημα κατά την τρίτη ηλικία αποτελεί η διαδικασία της ασβεστοποίησης των οστών. Στο σημείο αυτό κρίνεται καίρια η επίδραση του ελαιόλαδου, καθώς η αυξημένη κατανάλωση αυτού συνδέεται με την βέλτιστη εναπόθεση αλάτων στα οστά (Melguizo-Rodríguez et al., 2019). Η ορθή εναπόθεση των αλάτων επί των οστών διασφαλίζεται μέσω της λήψης κατάλληλων ποσοτήτων ελαϊκού οξέος

μέσω της διατροφής σε συνδυασμό με τον περιορισμό της ποσότητας του συνόλου των προσληφθέντων λιπαρών οξέων (Foscolou et al., 2019; Fernandes et al., 2020).

Συγχρόνως, η αυξημένη δυνατότητα αφομοίωσης του ελαιόλαδου από τον ανθρώπινο οργανισμό συνιστά έτερο πλεονέκτημα της κατανάλωσης αυτού από άτομα τρίτης ηλικίας, των οποίων η λειτουργικότητα του πεπτικού συστήματος σε ό,τι αφορά την απορρόφηση θρεπτικών ουσιών παρουσιάζει πτωτική τάση (Finicelli, Squillaro & Di Cristo, 2019; Gavahian et al., 2019).

3.3 Παράγοντες που σχετίζονται με τις ευεργετικές επιδράσεις της κατανάλωσης ελαιόλαδου στην καθημερινή διατροφή

Η ευεργετική επίδραση των μονοακόρεστων λιπαρών οξέων και συγκεκριμένα του ελαιόλαδου στην υγεία ενισχύεται χάρη στις αντιοξειδωτικές ιδιότητες των συστατικών του, οι οποίες συνεισφέρουν αποτρεπτικά στην εκδήλωση ποικίλων αλλά και σοβαρών ασθενειών. Η διαδικασία της πέψης των λιπιδίων και η δραστηριότητα των συστατικών του ελαιόλαδου αποκαλύπτουν την προστατευτική επίδραση αυτών έναντι σημαντικών παθήσεων (Martín-Peláez et al., 2016; Foscolou et al., 2019; Cuomo et al., 2020).

Η επαφή των λιπών με το βλεννογόνο του δωδεκαδακτύλου έχει ως αποτέλεσμα την απελευθέρωση της ορμόνης χολοκυστικινίνης- παγκρεοζυμίνης. Πρόκειται για ορμόνη, η οποία ευθύνεται για την διαδικασία της εκκένωσης του περιεχομένου της χοληδόχου κύστης και την ταυτόχρονη έκκριση του παγκρεατικού υγρού (Larussa et al., 2017; Gavahian et al., 2019). Η εισροή της χολής στο λεπτό έντερο προκαλεί τη γαλακτωματοποίηση των λιπιδίων, με στόχο την ενεργοποίηση της δράσης των παγκρεατικών λιπασών και την διάσπαση τελικά των λιπιδίων από αυτές. Τη διάσπαση αυτή των λιπιδίων ακολουθεί η απορρόφηση αυτών από το βλεννογόνο του λεπτού εντέρου (Abenavoli et al., 2019 ; Górska-Warsewicz et al., 2019).

Μολονότι η διαδικασία της διάσπασης των λιπιδίων δεν διενεργείται εντός του στομάχου, επηρεάζει σημαντικά τη λειτουργικότητα αυτού. Συγκεκριμένα, η μείωση του μυϊκού τόνου του σφιγκτήρα του κάτω οισοφάγου, ο οποίος διαχωρίζει και απομονώνει το περιεχόμενο αυτού από τον οισοφάγο, αποτρέποντας την γαστρική παλινδρόμηση και προωθώντας τη διαδικασία της γαστρεντερικής αναρροής, παρατείνει το χρονικό διάστημα της κενώσεως αυτού. Επακόλουθο

αυτής αποτελεί η ελάττωση της έκκρισης του υδροχλωρικού οξέος (Fernandes et al., 2020; Jimenez-Lopez et al., 2020).

Ο τρόπος με τον οποίο επηρεάζεται ο σφιγκτήρας του κάτω οισοφάγου από τις διάφορες κατηγορίες λιπών διαφοροποιείται, όπως και ο χρόνος κατά τον οποίο παρατείνεται η εκκένωση του στομάχου από το περιεχόμενο αυτού. Η σύνθεση των λιπαρών ουσιών επηρεάζει σημαντικά επίσης το επίπεδο της ελάττωσης της έκκρισης του υδροχλωρικού οξέος από το γαστρικό βλεννογόνο (Incani et al., 2016; Foscolou, Critselis & Panagiotakos, 2018).

Η διαφοροποίηση αυτή σε ό,τι αφορά την ανεκτικότητα του στομάχου στις διάφορες κατηγορίες λιπαρών ουσιών αποκαλύπτει την αυξημένη ανεκτικότητα που παρουσιάζει έναντι της πρόσληψης ελαιόλαδου, σημείο το οποίο κρίνεται ως ουσιώδες σε ό,τι αφορά την θετική δράση της κατανάλωσης αυτού από τον οργανισμό (Foscolou et al., 2019; Ilak Peršurić & Težak Damijanić, 2021). Εξίσου θετικά αποδεικνύεται να επηρεάζεται και η λειτουργία του παγκρέατος, με την περιεκτικότητα του δωδεκαδάκτυλου σε παγκρεατικό υγρό να αγγίζει ιδανικά επίπεδα (Finicelli, Squillaro & Di Cristo, 2019; Górska-Warsewicz et al., 2019).

Η συμπεριφορά του ελαιόλαδου εντός της γαστρεντερικής οδού αποκαλύπτει την γενικά αυξημένη δεκτικότητα του οργανισμού έναντι της πρόσληψης αυτού. Είναι αποδεκτό ότι υφίσταται ενός είδους ιεραρχίας σε ό,τι αφορά την ικανότητα πρόσληψης και απορρόφησης των βρώσιμων λιπών, η οποία φαίνεται να σχετίζεται με την περιεκτικότητα αυτών σε λιπαρά οξέα (Farràs et al., 2020; Jimenez-Lopez et al., 2020).

Το ελαιόλαδο, με κυριότερο λιπαρό οξύ αυτού το μονοακόρεστο ελαϊκό οξύ, παρουσιάζει αυξημένη δυνατότητα απορρόφησης από τον οργανισμό, σημείο καίριας σημασίας αναφορικά με τον ευεργετικό αντίκτυπό του στην υγεία (Incani et al., 2016; Abenavoli et al., 2019). Συγκεκριμένα, σε ό,τι αφορά την μείωση του μυϊκού τόνου στο κατώτερο τμήμα του οισοφαγικού σφιγκτήρα, η οποία καταγράφεται υψηλή αλλά και παρατεταμένη κατά την βρώση έτερων λιπών, στην περίπτωση κατανάλωσης ελαιόλαδου λαμβάνει χώρα για μικρότερο χρόνο, ενώ παρατηρείται σαφώς μικρότερη (Martinez-Gonzalez & Martin-Calvo, 2016; Foscolou, Critselis & Panagiotakos, 2018).

Σε αντίθεση στην περίπτωση κατανάλωσης ζωικών λιπών και ειδικότερα βουτύρου εκδηλώνεται απότομη μείωση του μυϊκού τόνου, η οποία διαρκεί μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Σε μια μέση κατάσταση μείωσης του μυϊκού τόνου του κάτω οισοφαγικού σφιγκτήρα οδηγεί η

κατανάλωση ηλιέλαιου, η οποία όμως διακρίνεται αισθητά από τη σαφώς ήπια και σύντομη μείωση που παρατηρείται στην περίπτωση κατανάλωσης ελαιόλαδου (Gavahian et al., 2019; Górska-Warsewicz et al., 2019; Fernandes et al., 2020).

Η θετική δράση του ελαιόλαδου αποδίδεται στην περιεκτικότητά του σε συστατικά όπως είναι τα τριτερπενικά οξέα, ενώσεις οι οποίες δύναται να ενεργοποιήσουν τη δράση ενζύμων όπως είναι η λιπάση και η παγκρεατική χοληστερινεστεράση (Foscolou et al., 2019; Jimenez-Lopez et al., 2020). Συγχρόνως το ελαιόλαδο συνεισφέρει στην σύνθεση της χολής, καθώς συμβάλλει στην διευκόλυνση της λιποδιαλυτικής δράσης του ενζύμου παγκρεατική λιπάση (Martín-Peláez et al., 2016; Abenavoli et al., 2019).

Η αυξημένη ικανότητα αφομοίωσης του ελαιόλαδου από τον οργανισμό επίσης κρίνεται να έχει θετικά αποτελέσματα. Το επίπεδο αφομοίωσης του ελαιόλαδου δύναται να ανέλθει στο 98%, ποσοστό ιδιαίτερος υψηλό. Η αυξημένη αφομοίωση της συγκεκριμένης τροφής διευκολύνει την απορροφητικότητα των λιποδιαλυτών βιταμινών, οι οποίες περικλείονται σε αυτή (George et al., 2019; Dehghani et al., 2021).

Η ιδιαίτερη χημική σύνθεση του ελαιόλαδου είναι υπεύθυνη για την θετική πεπτική του ικανότητα. Ο βαθμός αφομοίωσής του από τον ανθρώπινο οργανισμό μπορεί να χαρακτηριστεί ως ιδανικός, χαρακτηριστικό το οποίο οφείλεται στη σύνθεσή του σε λιπαρά οξέα (Hardman et al., 2016; Gavahian et al., 2019). Η ιδιότητά του αυτή διευκολύνει σημαντικά τις εκκρίσεις του πεπτικού σωλήνα και ιδιαίτερος της χολής, συνεπικουρώντας έμμεσα την πεπτική δεινότητα και άλλων τροφών που λαμβάνονται συνδυαστικά (Gorzynik-Debicka et al., 2018; Farràs et al., 2020). Επιπρόσθετα, πρόκειται για τροφή η οποία παρουσιάζει τη δυνατότητα πρόκλησης του αισθήματος του κορεσμού σε μεγαλύτερο βαθμό σε σχέση με έτερες τροφές, χάρη στην ικανότητα μεγαλύτερης παραμονής της εντός του στομάχου (Fernandes et al., 2020; Górska-Warsewicz et al., 2019).

Η ιδιαίτερη γεύση του ελαιόλαδου σε συνδυασμό με το εκλεπτυσμένο άρωμά του ανάγουν το συγκεκριμένο τρόφιμο σε μια προσφιλή διατροφική επιλογή. Η μοναδική του γεύση προκύπτει από την πληθώρα των συστατικών του, καθώς, μολονότι σε ποσοστό άνω του 95% αποτελείται από λιπαρά οξέα, εντός αυτού εντοπίζονται ποικίλα συστατικά σε μικρότερες συγκεντρώσεις αλλά εξίσου υψηλής διατροφικής σημασίας, τα ονομαζόμενα ήσσονα συστατικά (Estruch et al., 2018; Finicelli, Squillaro & Di Cristo, 2019). Πρόκειται για ενώσεις, οι οποίες εμφανίζουν ευεργετική

δράση, συμβάλλοντας θετικά στην υγεία και μακροζωία του ανθρώπου, ενώ παράλληλα ορισμένα από αυτά συνεισφέρουν στην ενίσχυση της σταθερότητας του ελαιόλαδου, λειτουργώντας αποτρεπτικά στην οξείδωση του (Foscolou et al., 2019; Jimenez-Lopez et al., 2020; Dehghani et al., 2021).

3.4 Επίδραση ασαπωνοποιητών συστατικών του ελαιόλαδου στην υγεία

Μεταξύ των ασαπωνοποιητών συστατικών στο ελαιόλαδο εντοπίζονται υδρογονάνθρακες, φαινολικές ενώσεις, τοκοφερόλες, στερόλες, καροτενοειδή, βιταμίνες, χλωροφύλλες και τριτερπενικά οξέα. Ένα πλήθος σημαντικών συστατικών περικλείονται εντός αυτού, τα οποία επηρεάζουν θετικά στην υγεία του ανθρώπου συμμετέχοντας δυναμικά στην ανάδειξη της ευεργετικής επίδρασης της κατανάλωσης του στην καθημερινή διατροφή (Estruch et al., 2018; Gorzynik-Debicka et al., 2018).

Σε ότι αφορά τις υδρογονανθρακικές ενώσεις σημαντική κρίνεται η δράση του σκουαλενίου, με τις επιδράσεις αυτού να επεκτείνονται σε ποικίλους τομείς της υγείας και ευεξίας του ατόμου. Το σκουαλένιο παρουσιάζει υψηλή αντικαρκινική δράση, καθώς δύναται να παρέμβει μέσω πολύπλοκων μηχανισμών στη διαδικασία της ενεργοποίησης των πρωτο-ογκογονιδίων σε ογκογονίδια (Jimenez-Lopez et al., 2020). Η προστατευτική του δράση έχει καταγραφεί σε ό,τι αφορά τον καρκίνο του μαστού αλλά και τον καρκίνο του δέρματος (μελάνωμα), με τα ποσοστά των ατόμων που διατρέχουν τον κίνδυνο εμφάνισης των αντίστοιχων νεοπλασιών να μειώνονται σημαντικά στην περίπτωση πρόσληψης υψηλής ποσότητας λιπαρών ουσιών, κυρίως ελαιόλαδου (Finicelli, Squillaro & Di Cristo, 2019; Mazzocchi et al., 2019).

Συγκεκριμένα, στην περίπτωση της εμφάνισης του καρκίνου του μαστού, ο κίνδυνος καταγράφεται εξαιρετικά μειωμένος σε πληθυσμιακές ομάδες, οι οποίες παρουσιάζουν αυξημένα ποσοστά κατανάλωσης ελαιόλαδου. Εξίσου μειωμένος εντοπίζεται και ο κίνδυνος σε γυναίκες, οι οποίες καταναλώνουν το συγκεκριμένο τρόφιμο περισσότερες από μια φορές κατά τη διάρκεια της ημέρας. Ομοίως μειωμένο κίνδυνο εμφανίζουν και οι γυναίκες, των οποίων η διατροφή χαρακτηρίζεται από αυξημένη πρόσληψη ακόρεστων λιπαρών οξέων, όπως αυτά απαντώνται σε εδώδιμα έλαια με κυρίαρχο το ελαιόλαδο (Oliveras-López et al., 2014; Melero et al., 2020).

Πέρα από την περίπτωση του καρκίνου του μαστού, ιδιαίτερος αυξημένη κρίνεται η προστατευτική δράση της κατανάλωσης ελαιόλαδου ενάντια και σε έτερες μορφές νεοπλασιών. Χαρακτηριστική είναι η σημαντική συσχέτιση της πρόσληψης ελαιόλαδου σε καθημερινή βάση και της μείωσης του κινδύνου εμφάνισης καρκίνου στο πάγκρεας (Rossi et al., 2017). Η υψηλή συγκέντρωση σκουαλενίου στο ελαιόλαδο αποτελεί τη βάση της προστατευτικής αυτής επίδρασης, σημείο το οποίο ενισχύει την συσχέτιση ανάμεσα στο σκουαλένιο και την αντικαρκινική προστασία (Visioli, Franco & Toledo, 2018; Mazzocchi et al., 2019).

Τα οφέλη του συγκεκριμένου συστατικού επεκτείνονται και αφορούν γενικότερα την υγεία του ατόμου, καθώς η πρόσληψη σκουαλενίου να αποδεικνύεται γενικότερα ευεργετική για τον οργανισμό. Συγκεκριμένα, η λήψη του μέσω της κατανάλωσης ελαιόλαδου εγείρει την αυξημένη ικανότητα του οργανισμού σε ό,τι αφορά την αποβολή τοξινών, ενώ ταυτόχρονα εξίσου θετική είναι και η επίδρασή του στην ομαλή λειτουργία της οπτικής οδού, ειδικότερα στην υγεία των φωτοευαίσθητων κυττάρων του οφθαλμού (Fernandes et al., 2020; Ilak Peršurić & Težak Damijanić, 2021).

Μεταξύ των ασαπωνοποιήτων συστατικών του ελαιόλαδου με θετικές επιδράσεις στην υγεία του ατόμου συμπεριλαμβάνονται και οι τοκοφερόλες, των οποίων η δράση ενάντια στην εκδήλωση νεοπλασιών αλλά και καρδιαγγειακών νοσημάτων κρίνεται ουσιαστική (Covas et al., 2015; Shen et al., 2015; Jimenez-Lopez et al., 2020). Συγκεκριμένα, η αντιοξειδωτική δράση των τοκοφερολών που περιέχονται στο ελαιόλαδο αποτρέπει την εξέλιξη οξειδωτικών βλαβών, οι οποίες διαδραματίζουν καίριο ρόλο στην ανάπτυξη ασθενειών του καρδιαγγειακού συστήματος, όπως είναι η στεφανιαία καρδιοπάθεια (Finicelli, Squillaro & Di Cristo, 2019; Kouli et al., 2019; Marcelino et al., 2019). Η λήψη α-τοκοφερόλης μέσω της καθημερινής διατροφής μειώνει τον κίνδυνο θανάτου από έμφραγμα του μυοκαρδίου, ιδίως σε ασθενείς υψηλού κινδύνου σε σχέση με την εμφάνιση καρδιαγγειακών νοσημάτων (Shen et al., 2015; Estruch et al., 2018; Gavahian et al., 2019).

Ομοίως σημαντική είναι η προστασία παρέχουν οι τοκοφερόλες ενάντια στον κίνδυνο εμφάνισης νεοπλασιών. Η πρόσληψη αυτών με τη διατροφή δείχνει θετικά αποτελέσματα ενάντια στον καρκίνο του προστάτη αλλά και της ουροδόχου κύστης στους άνδρες (Oliveras-López et al., 2014; Mazzocchi et al., 2019). Μολονότι η προστατευτική δράση της α-τοκοφερόλης ενάντια στην εκδήλωση νεοπλασιών δεν έχει αποσαφηνισθεί πλήρως, θεωρείται ότι η βάση αυτής έγκειται στην

αντιοξειδωτική της δράση, η οποία δύναται να λειτουργεί αποτρεπτικά έναντι στην γενετική αλλοίωση και συνεπώς στην πρόκληση της μετατροπής των πρωτο-ογκογονιδίων σε ογκογονίδια (Rossi et al., 2017; Finicelli, Squillaro & Di Cristo, 2019).

Έτερα ασαπωνοποίητα συστατικά με κύρια επίδραση στην υγεία του ατόμου αναδεικνύονται οι στερόλες. Η λήψη στερολών μέσω της κατανάλωσης ελαιόλαδου επιφέρει τη μείωση της συγκέντρωσης της ολικής χοληστερόλης στο αίμα, καθώς και της χοληστερόλης η οποία προέρχεται από λιποπρωτεΐνες. Πιθανό αίτιο της εντοπιζόμενης μείωσης δύναται να αποτελεί η αναστολή της απορρόφησης της χοληστερόλης από το έντερο, λόγω της επιρροής της μεταβολικής της πορείας (Foscolou, Critselis & Panagiotakos, 2018; Gorzynie-Debicka et al., 2018).

Σημαντικές μειώσεις στην συγκέντρωση της συνολικής χοληστερόλης και της χοληστερόλης λιποπρωτεϊνών χαμηλής πυκνότητας καταγράφονται κυρίως κατά τη λήψη ενισχυτικών των φυτοστερολών. Είναι σαφές ότι οι αυξημένες δόσεις που απαιτούνται και οι οποίες ανέρχονται στα 1 έως και 3 g ανά ημέρα δεν είναι εφικτό να ληφθούν μέσω της φυσικής πρόσληψης αυτών με την διατροφή. Για το λόγο αυτό και συχνά χρησιμοποιούνται φυτικά έλαια ενισχυμένα με στερόλες (Foscolou et al., 2019; Ilak Peršurić & Težak Damijanić, 2021).

Η λήψη φυτοστερολών μέσω της υιοθέτησης στη διατροφή εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου παρουσιάζει ιδιαίτερα σημαντικά πλεονεκτήματα, ιδίως στην περίπτωση υπερλιπιδαιμικών ασθενών, οι οποίοι ακολουθούν διατροφή πλούσια σε χοληστερόλη (Martinez-Gonzalez & Martin-Calvo, 2016). Η ημερήσια λήψη φυτικών στερολών οδηγεί στην μείωση της συγκέντρωσης της χοληστερόλης λιποπρωτεϊνών χαμηλής πυκνότητας, δίχως όμως να επηρεάζουν τη χοληστερόλη υψηλής πυκνότητας ή τα επίπεδα τριγλυκεριδίων (Gavahian et al., 2019; George et al., 2019). Η μείωση είναι ιδιαίτερος έντονη σε άτομα με υψηλές συγκεντρώσεις χοληστερόλης στο αίμα, καθώς και σε άτομα των οποίων η διατροφή είναι πλούσια σε χοληστερόλη (Finicelli, Squillaro & Di Cristo, 2019).

Εξίσου σημαντική αποδεικνύεται η λήψη φυτικών στερολών σε άτομα τα οποία πάσχουν από οικογενή υπερχοληστερολαιμία, με το θετικό αντίκτυπο της κατανάλωσης αυτών να μην επηρεάζεται από τα επίπεδα της χοληστερίνης και των κορεσμένων λιπαρών οξέων που λαμβάνονται με τη διατροφή (Foscolou, Critselis & Panagiotakos, 2018; Gorzynie-Debicka et al., 2018). Επιπρόσθετα, η μείωση της ολικής χοληστερόλης που προκύπτει χάρη στην κατανάλωση

φυτικών στερολών οδηγεί στην ελάττωση του κινδύνου εκδήλωσης καρδιαγγειακών νοσημάτων, με κύρια μεταξύ αυτών της στεφανιαίας νόσου (Estruch et al., 2018; Foscolou et al., 2019; Kouli et al., 2019).

Πέρα από την σαφή επίδρασή τους στην υγεία του καρδιαγγειακού συστήματος, οι φυτοστερόλες παρουσιάζουν εξίσου σημαντικά οφέλη έναντι της εμφάνισης νεοπλασιών. Ειδικότερα η β -σιτοστερόλη λειτουργεί αντι-ογκογονικά έναντι του καρκίνου του προστάτη, του καρκίνου του εντέρου και του καρκίνου του μαστού, ελαττώνοντας σημαντικά το ποσοστό πολλαπλασιασμού των καρκινικών κυττάρων και ενισχύοντας τους μηχανισμούς πρόληψης του οργανισμού έναντι στην διαδικασία της καρκινογένεσης (Rossi et al., 2017; Visioli, Franco & Toledo, 2018; Borzi et al., 2019).

Έτερα ασαπωνοποίητα συστατικά του ελαιόλαδου με σημαντικά οφέλη για την ανθρώπινη υγεία είναι τα καροτενοειδή, με κύριο το β -καροτένιο, το οποίο και θεωρείται ως κύρια πηγή του οργανισμού για τη βιταμίνη Α. Η αντιοξειδωτική δράση των καροτενοειδών, σε συνδυασμό με την ικανότητα ρύθμισης του ανοσοποιητικού συστήματος την οποία και εμφανίζουν, συντελεί στην υψηλή προστασία έναντι ποικίλων νοσημάτων όπως είναι οι καρδιαγγειακές παθήσεις αλλά και πιθανές νεοπλασίες (Covas et al., 2015; Vazquez et al., 2019; Jimenez-Lopez et al., 2020).

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι η κατανάλωση καροτενοειδών ουσιών δύναται να δράσει προστατευτικά έναντια στην προσβολή από συγκεκριμένους ιογενείς παράγοντες. Συγκεκριμένα, στην περίπτωση του ιού των ανθρώπινων θηλωμάτων, ενός σεξουαλικά μεταδιδόμενου παθογόνου παράγοντα, η κατανάλωση υψηλών συγκεντρώσεων καροτενοειδών, όπως της λουτεΐνης, συνέβαλε στην εκδήλωση της νόσου σε ηπιότερη μορφή σε σχέση με άτομα των οποίων η ημερήσια κατανάλωση καροτενοειδών καταγράφηκε χαμηλή (Martinez-Gonzalez & Martin-Calvo, 2016; Fernandes et al., 2020).

Τα φλαβονοειδή παρουσιάζουν ομοίως προστατευτική δράση ενάντια στην προσβολή από παθογόνους μικροοργανισμούς, ενώ εξίσου σημαντική κρίνεται η αντιφλεγμονώδης και αντιοξειδωτική τους ιδιότητα (Farràs et al., 2020). Η πρόσληψη φλαβονοειδών με τη διατροφή αναστέλλει τη διαδικασία οξειδωσης της LDL, με τη δέσμευση των ελευθέρων ριζών που μετέχουν σε οξειδωτικές αντιδράσεις να συνιστά τον πυρήνα της προστατευτικής δράσης αυτών (George et al., 2019; Mazzocchi et al., 2019). Η δυνατότητα αυτή των φλαβονοειδών συντελεί στον υψηλό προστατευτικό τους ρόλο έναντι των καρδιαγγειακών παθήσεων, με δεδομένο ότι η

οξειδωση των λιποπρωτεϊνών χαμηλής πυκνότητας αποτελεί κύριο σημείο κατά τη διαδικασία εμφάνισης της αθηροσκλήρυνσης (Finicelli, Squillaro & Di Cristo, 2019; Foscolou et al., 2019).

Συστατικό του ελαιόλαδου με κύρια αντιφλεγμονώδη δράση αποτελεί η ουσία ολεοκάνθη, με το εξαιρετικά παρθένο ελαιόλαδο να εμφανίζει τις υψηλότερες συγκεντρώσεις αυτής. Η πρόσληψη ολεοκάνθης μέσω της καθημερινής διατροφής και η προστασία που παρέχει έναντι της εκδήλωσης φλεγμονώδων αντιδράσεων κρίνεται σημαντική στην προστασία από ποικίλες παθήσεις, με κύριες ανάμεσα τους τα καρδιαγγειακά νοσήματα και τις νεοπλασίες (Hardman et al., 2016; Foscolou, Critselis & Panagiotakos, 2018). Παράλληλα ενδιαφέρον παρουσιάζει η αναλγητική της δράση, η οποία τείνει να ομοιάζει με την επίδραση της λήψης κατάλληλων αναλγητικών φαρμακευτικών ουσιών, όπως είναι για παράδειγμα η ουσία ιβουπροφένη (Fernandes et al., 2020; Jimenez-Lopez et al., 2020).

3.5 Διατροφική αξία των φαινολικών ενώσεων στο ελαιόλαδο

Σημαντικές ενώσεις μεταξύ των ασαπωνοποιήτων συστατικών του ελαιόλαδου, οι φαινολικές ενώσεις, παρουσιάζουν ποικίλα οφέλη για την υγεία του ανθρώπινου οργανισμού. Η πρόσληψη φαινολικών ενώσεων με την καθημερινή διατροφή δύναται να προσδώσει αντιοξειδωτικά αλλά και αντιφλεγμονώδη αποτελέσματα, ενώ εξίσου σημαντικές είναι οι αντιπηκτικές ιδιότητες αυτών (Castro-Barquero et al., 2018; Farràs et al., 2020). Τόσο το παρθένο ελαιόλαδο όσο και το εξαιρετικά παρθένο ελαιόλαδο εμφανίζουν υψηλές συγκεντρώσεις φαινολικών ενώσεων, γεγονός που αναδεικνύει τη διατροφική τους αξία (Angeloni et al., 2017; Deiana, Serra & Corona, 2018).

Κύρια κρίνεται η προστατευτική δράση της πρόσληψης φαινολικών ενώσεων έναντι στην εκδήλωση καρδιαγγειακών παθήσεων, καθώς εντοπίζεται αυξημένη συσχέτιση ανάμεσα στην συγκέντρωση του ελαιόλαδου σε φαινολικές ενώσεις και στο επίπεδο ομαλής λειτουργικότητας του καρδιαγγειακού συστήματος (Covas et al., 2015; Hohmann et al., 2015; Sarapis, George & Marx, 2021). Ασθενείς με υψηλά επίπεδα χοληστερόλης, οι οποίοι ενσωμάτωσαν στην καθημερινή τους διατροφή τη λήψη ελαιόλαδου υψηλής περιεκτικότητας σε φαινόλες, εμφάνισαν καλύτερη λειτουργικότητα των αγγείων και επομένως ομαλότερη κυκλοφορία του αίματος εντός αυτών (Castro-Barquero et al., 2018; Deiana, Serra & Corona, 2018; Marcelino et al., 2019). Η κατανάλωση ελαιόλαδου υψηλής συγκέντρωσης σε φαινολικές ενώσεις αποδεικνύεται να παρέχει σημαντικά οφέλη έναντι της αντιδραστικής υπεραιμίας, η οποία παρατηρείται έπειτα από την

εμφάνιση ισχαιμίας στα μικρά αιμοφόρα αγγεία (Crespo et al., 2018; Estruch et al., 2018; Kouli et al., 2019).

Η προστατευτική δράση των φαινολικών ενώσεων που περιέχονται στο ελαιόλαδο έναντι των καρδιαγγειακών νοσημάτων ενισχύει την αξία της καθημερινής πρόσληψης αυτών μέσω της διατροφής. Η κατανάλωση τροφίμων, που περιλαμβάνουν ελαιόλαδο υψηλής συγκέντρωσης σε φαινολικές ενώσεις, συνδέεται με τη βέλτιστη κυκλοφορία του αίματος εντός των αιμοφόρων αγγείων (Deiana, Serra & Corona, 2018; Finicelli, Squillaro & Di Cristo, 2019; Sarapis, George & Marx, 2021). Η καταγραφή της κατάστασης λειτουργίας του καρδιαγγειακού συστήματος επιτυγχάνεται με την υλοποίηση της δοκιμασίας της αντιδραστικής υπεραιμίας, η οποία συνιστά ένα αξιόπιστο και έγκυρο δείκτη αυτής (Covas et al., 2015; Hohmann et al., 2015; Gorzynik-Debicka et al., 2018). Χαμηλές επιδόσεις στη συγκεκριμένη δοκιμασία εκλαμβάνονται ως σημεία προειδοποίησης αναφορικά με την εμφάνιση προβλημάτων στην ομαλή λειτουργία του καρδιαγγειακού συστήματος (Estruch et al., 2018; George et al., 2019; Marcelino et al., 2019).

Επιπρόσθετα, η κατανάλωση ελαιόλαδου υψηλών επιπέδων σε φαινολικές ενώσεις συνδέεται με την αύξηση της συγκέντρωσης του αίματος σε ενώσεις όπως είναι το νιτρικό οξύ. Η συγκεκριμένη ουσία παρουσιάζει σημαντικές ιδιότητες σε ό,τι αφορά τη διαδικασία διαστολής των αιμοφόρων αγγείων (Hohmann et al., 2015; Castro-Barquero et al., 2018; Sarapis, George & Marx, 2021). Σε συνδυασμό με τις υψηλές αντιοξειδωτικές ιδιότητες που παρουσιάζει η κατανάλωση ελαιόλαδου πλούσιου σε φαινολικές ενώσεις, η αύξηση της συγκέντρωσης των ουσιών αυτής της κατηγορίας συνιστά καίριο βήμα σε ό,τι αφορά την εύρυθμη λειτουργία του καρδιαγγειακού συστήματος (Deiana, Serra & Corona, 2018; Estruch et al., 2018; Kouli et al., 2019).

Σε ό,τι αφορά συγκεκριμένα τις φαινολικές ενώσεις απιγενίνη, λουτεολίνη και κερκιτρίνη ο ρόλος τους επεκτείνεται καθώς δρουν ανασταλτικά έναντι της συσσώρευσης αιμοπεταλίων. Η βάση της δράσης τους αυτής εντοπίζεται ομοίως στη δυνατότητα αυτών να αναστέλλουν τη δραστηριότητα του ενζύμου λιποξυγενάση (Deiana, Serra & Corona, 2018; Gorzynik-Debicka et al., 2018).

Εξίσου ενδιαφέρουσες χαρακτηρίζονται οι αντιφλεγμονώδεις ιδιότητες των φαινολικών ενώσεων που περιλαμβάνονται στο ελαιόλαδο. Η λήψη, μέσω της κατανάλωσης εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου, ικανοποιητικών ποσοτήτων φαινολικών ενώσεων, όπως είναι η υδροξυτυροσώλη,

συντελούν στην αναστολή της δημιουργίας προ-φλεγμονώδους λευκοτρενίου B₄ (Pang, Lumintang & Chin, 2021). Η αναστολή σε ό,τι αφορά τη διαδικασία σχηματισμού προ-φλεγμονωδών ενώσεων λευκοτρενίου B₄ εντοπίζεται και κατά τη λήψη έτερων φαινολικών ενώσεων, με κύριες μεταξύ αυτών το καφεϊκό οξύ και την τυροσόλη (Martín-Peláez, Castañer & Konstantinidou, 2017; Farràs et al., 2020).

Η ελευρωπαϊνή επίσης δύναται να λειτουργήσει ανασταλτικά έναντι της ενεργότητας του ενζύμου λιποξυγενάση, το οποίο και είναι υπεύθυνο σε ό,τι αφορά την κατάλυση της διαδικασίας σχηματισμού εικοσανοειδών λευκοτρενίου B₄. Πέραν της δράσης της αυτής, η ελευρωπαϊνή αλλά και η υδροξυτυροσόλη παρουσιάζουν αυξημένο αντιμικροβιακό χαρακτήρα, γεγονός που ενισχύει την αξία της πρόσληψης αυτών μέσω της διατροφής (Crespo et al., 2018; Finicelli, Squillaro & Di Cristo, 2019; Pang, Lumintang & Chin, 2021).

3.6 Μεσογειακή διατροφή και ελαιόλαδο

Η Μεσογειακή διατροφή περιλαμβάνει μια πληθώρα φυτικών τροφών, όπως είναι τα λαχανικά, τα φρούτα, οι ξηροί καρποί και τα όσπρια, ενώ υποστηρίζει την κατανάλωση γαλακτοκομικών προϊόντων σχεδόν καθημερινά. Σε αυτή επίσης συμπεριλαμβάνονται ψάρια και πουλερικά αλλά και κόκκινο κρέας (Martinez-Gonzalez & Martin-Calvo, 2016; Agakidis et al., 2019). Σε ό,τι αφορά συγκεκριμένα την κατανάλωση ψαριών και πουλερικών πραγματοποιείται σε μικρές ή μέτριες ποσότητες, σε αντίθεση με την κατανάλωση κόκκινου κρέατος, η οποία συνίσταται να πραγματοποιείται σε μικρές ποσότητες και όχι συχνά, με βέλτιστη προτεινόμενη συχνότητα τη μια φορά την εβδομάδα. Η κατανάλωση αλκοόλ, αν και επιτρέπεται, περιορίζεται σε μικρές συγκεντρώσεις (Davis et al., 2015; Martínez-González et al., 2015).

Βασική θέση στην Μεσογειακή διατροφή κατέχει η αυξημένη κατανάλωση ελαιόλαδου. Η παρουσία του καθημερινά στο διαιτολόγιο παρέχει υψηλές συγκεντρώσεις μονοακόρεστων λιπών, τα οποία καλύπτουν το 15-20%, με τη συνολική ημερήσια κατανάλωση λιπών να κυμαίνεται στο 25-30% του συνόλου των ημερήσιων θερμίδων (Martinez-Gonzalez & Martin-Calvo, 2016; Agakidis et al., 2019).

Το συγκεκριμένο αυτό διατροφικό σχήμα αποτελεί ένα είδος διατροφής, το οποίο χαρακτηρίζεται από χαμηλές συγκεντρώσεις σε χοληστερόλη και κορεσμένα λίπη, χάρη στην

ιδιότητα του ελαιόλαδου να σχετίζεται με το χαμηλό δείκτη κινδύνου για την εμφάνιση στεφανιαίας νόσου (Davis et al., 2015). Επιπρόσθετα, πρόκειται για ένα τρόφιμο το οποίο χαρακτηρίζεται ως το λιγότερο αθηρογόνο, καθώς οι LDL λιποπρωτεΐνες που προκύπτουν από αυτό οξειδώνονται σε μικρότερο βαθμό σε σύγκριση με άλλα λιπαρά οξέα (Martínez-González et al., 2015).

Με βάση τα ανωτέρω, η Μεσογειακή διατροφή καλύπτει το σύνολο των προϋποθέσεων μιας επαρκούς διατολογικής πρότασης. Η χαμηλή περιεκτικότητα αυτής σε κορεσμένα λιπαρά οξέα συνδυάζεται με την παροχή των απαιτούμενων υδρογονανθράκων. Το θερμιδικό σύνολο, δηλαδή η αναλογία των μονοακόρεστων λιπαρών οξέων και των υδατανθράκων ποικίλει ανάλογα με τις προσωπικές προτιμήσεις του κάθε ατόμου με βάση τις διαφοροποιήσεις που υφίστανται στην ποσότητα του ελαιόλαδου το οποίο καταναλώνεται σε καθημερινή βάση (Davis et al., 2015; Martínez-González & Martín-Calvo, 2016).

Παρά τις πιθανές διαφοροποιήσεις που δύναται να ανακύψουν, η Μεσογειακή διατροφή με την κατανάλωση του ελαιόλαδου ως κύριο συστατικό της, αναδεικνύεται σε μια βέλτιστη διατροφική επιλογή, η οποία χάρη στην πληθώρα των συστατικών του προσφέρει ποικίλα και αξιόλογα ευεργετικά αποτελέσματα σε ό,τι αφορά την υγεία και μακροζωία του ατόμου (Martínez-González et al., 2015).

4 Η ΑΞΙΑ ΤΗΣ ΕΛΕΥΡΩΠΑΪΝΗΣ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ

4.1 Χημική δομή και ιδιότητες

Οι φαινολικές ενώσεις συνιστούν μια ομάδα ενώσεων, οι οποίες περιέχουν ένα ή περισσότερα υδροξύλια, τα οποία εντοπίζονται απευθείας συνδεδεμένα με ένα ή και περισσότερους αρωματικούς ή ετεροκυκλικούς δακτύλιους. Μεταξύ των φαινολικών ενώσεων καταγράφεται και η ελευρωπαϊνή, η οποία αποτελεί εστέρα ελενολικού οξέος (Imran et al., 2018; Chaari, 2020).

Συγκεκριμένα, η ελευρωπαϊνή είναι μια φαινολική σεκοϊριδοειδή γλυκοσίδη. Πρόκειται για ένωση, η οποία αποτελείται από ένα σεκοϊριδοειδές, το ελενολικό οξύ, μια πολυφαινόλη, την β-3,4- διυδροξυ-φαινυλαιθανόλη και από ένα μόριο γλυκόζης (Sun, Frost & Liu, 2017; Badr, Attia & Al-Rasheed, 2020). Η κατηγορία των σεκοϊριδοειδών, στις οποίες ανήκει, όπως αναφέρθηκε η ελευρωπαϊνή, απαντάται αποκλειστικά σε φυτά της οικογένειας *Oleaceae* (Carnevale et al., 2018; Mohammad-Beigi et al., 2019).

Η φαινολική αυτή ένωση εντοπίζεται στα φύλλα και στους καρπούς του ελαιόδενδρου αλλά και στα παράγωγα αυτού, όπως είναι το ελαιόλαδο, συνιστώντας την κυρίαρχη φαινολική ένωση σε αυτό. Ειδικότερα, σε ό,τι αφορά το ελαιόλαδο η ελευρωπαϊνή αποτελεί την ένωση, η οποία, μαζί με την υδροξυτυροσόλη, θεωρούνται υπεύθυνες για την ιδιαίτερα έντονη γεύση του αλλά και την σταθερότητα την οποία επιδεικνύει κατά την διαδικασία οξείδωσης του (Sun, Frost & Liu, 2017; Ahamad et al., 2019; Chaari, 2020).

Παρά το γεγονός ότι η ελευρωπαϊνή αναφέρεται ως το κύριο συστατικό των φύλλων του ελαιόδενδρου, έτερα συστατικά, όπως είναι η υδροξυτυροσόλη και λοιπά φλαβονοειδή, δύναται να περικλείονται σε συγκεντρώσεις υψηλότερες σε σχέση με τα επίπεδα της ελευρωπαϊνης (Carrera-Gonzalez et al., 2013; Fki et al., 2020). Η ελευρωπαϊνή εντοπίζεται στους καρπούς του ελαιόδενδρου και στο ελαιόλαδο, αλλά οι συγκεντρώσεις της είναι σαφώς χαμηλότερες από ότι στα φύλλα αυτού (Carnevale et al., 2018). Συγκεκριμένα, η περιεκτικότητα της ελευρωπαϊνης στα φύλλα του ελαιόδενδρου ανέρχεται από 1 έως και 14%, σε αντίθεση με τις συγκεντρώσεις αυτής στο ελαιόλαδο, οι οποίες κυμαίνονται από 0.005 έως 0.12% (Gentile, Uccella & Sivakumar, 2017; Imran et al., 2018).

Τα επίπεδα της φαινολικής αυτής ένωσης στον ελαιόκαρπο δύναται να αποτελέσουν ένδειξη της ωρίμανσης αυτού με δεδομένο ότι κατά την πορεία της ωρίμανσης του καρπού, η ποσότητα της ελευρωπαϊνης εντός αυτού ελαττώνεται (Mohammad-Beigi et al., 2019; Chaari, 2020). Συγχρόνως, η ποσότητα αυτής δύναται να διαφέρει από ποικιλία σε ποικιλία, αλλά και από εποχή σε εποχή συγκομιδής. Στην πράξη η ποσότητα αυτής καταγράφεται να είναι αυξημένη κατά την άνοιξη και ιδίως σε νεαρά και περισσότερο πράσινα φύλλα (Carnevale et al., 2018; Imran et al., 2018).

Είναι σαφές ότι η παρουσία και οι συγκεντρώσεις των φαινολικών ενώσεων διαδραματίζουν ένα ιδιαίτερος σημαντικό ρόλο στην ποιότητα, τόσο του ελαιόκαρπου όσο και του ελαιόλαδου. Η ελευρωπαϊνη ειδικότερα συμβάλλει στην απόδοση του χρώματος στους ώριμους ελαιόκαρπους και στην πικρή ιδιαίτερη γεύση του (Sun, Frost & Liu, 2017; Carnevale et al., 2018; Fki et al., 2020).

Ποικίλες αποκαλύπτονται να είναι οι ωφέλιμες ιδιότητες της συγκεκριμένης φαινολικής ένωσης, με τη συμβολή της στην ανθρώπινη υγεία να καταγράφεται ιδιαίτερος σημαντική. Εξαιρετικά ενδιαφέρονσα κρίνεται η αντιμικροβιακή της δράση, όπως και οι αντιφλεγμονώδεις ιδιότητες αυτής (Crespo et al., 2018; Finicelli, Squillaro & Di Cristo, 2019; Pang, Lumintang & Chin, 2021).

Παράλληλα, ισχυρή εντοπίζεται η αντιοξειδωτική της δράση, συμπεριλαμβανομένης της αναστολής της διαδικασίας οξείδωσης των λιποπρωτεϊνών χαμηλής πυκνότητας και της εξουδετέρωσης των ελευθέρων ριζών (Ahamad et al., 2019; Badr, Attia & Al-Rasheed, 2020). Ο ρόλος της στην προστασία ενάντια της αθηρωμάτωσης καθώς και ο καρδιοπροστατευτικός της ρόλος σε περιπτώσεις εμφάνισης καρδιοτοξικότητας, ανάγουν την ελευρωπαϊνη σε μια από τις σημαντικότερες ουσίες που περικλείονται στο ελαιόλαδο (Sun, Frost & Liu, 2017; Nediani et al., 2019).

Τα πολλαπλά ιατρικά οφέλη της κατανάλωσης ελευρωπαϊνης αναγνωρίστηκαν με αφορμή το αναμφίβολα μικρό ποσοστό εκδήλωσης νεοπλασιών αλλά και καρδιαγγειακών παθήσεων σε κατοίκους των χωρών της Νότιας Ευρώπης και συγκεκριμένα της Μεσογείου. Στο σημείο αυτό προβλήθηκε η αξία της υιοθέτησης της Μεσογειακής διατροφής, η οποία βασίζεται στην χρήση του ελαιόλαδου, ως κύριο λιπαρό μέσο (Martinez-Gonzalez & Martin-Calvo, 2016; Agakidis et al., 2019).

Η απουσία σημείων τοξικότητας της ελευρωπαϊνης και επομένως της εκδήλωσης πιθανών παρενεργειών λόγω της λήψης αυτής ενισχύουν την πρόταση κατανάλωσης συνιστώμενων δόσεων αυτής, με απώτερο στόχο την εκμείωση των θετικών της συνεπειών (Song et al., 2017; Ahamad et al., 2019; Chaari, 2020).

4.2 Αντιοξειδωτική δράση

Η ισχυρή αντιοξειδωτική της δραστηριότητα αποτελεί την κυριότερη ιδιότητα της ελευρωπαϊνης, η οποία χαρακτηρίζεται από την υψηλή της ικανότητα να εντοπίζει και να δεσμεύει τις ελεύθερες ρίζες (Gentile, Uccella & Sivakumar, 2017). Ποικίλες μελέτες τόσο *in vivo* όσο και *in vitro* έχουν αποδείξει την ικανότητά της να απορροφά επιτυχώς την ελεύθερη ρίζα DPPH. Η ικανότητα αυτή της ελευρωπαϊνης καταγράφεται να αγγίζει υψηλότερα επίπεδα ακόμη και συγκρινόμενη με συνθετικές αντιοξειδωτικές ενώσεις, όπως είναι το συνθετικό βουτυλ-υδροξυτολουόλιο (BHT) (Carrera-Gonzalez et al., 2013; Mohammad-Beigi et al., 2019).

Ο αυξημένος αντιοξειδωτικός χαρακτήρας της ελευρωπαϊνης αποδόθηκε στη δυνατότητά της να αποβάλλει ηλεκτρόνια, σημείο το οποίο αποτελεί βασικό πεδίο στην ικανότητα δέσμευσης των ελευθέρων ριζών (Gentile, Uccella & Sivakumar, 2017; Ruzzolini et al., 2018). Ένα σύνολο μελετών επιχείρησε να αποσαφηνίσει την σχέση που υφίσταται ανάμεσα στη δομή της φαινολικής αυτής ένωσης και στην αυξημένη δραστηριότητα της. Συμπερασματικά, η υψηλή αντιοξειδωτική της δράση αποτελεί απόρροια της παρουσίας ομάδων υδροξυλίου στη δομή αυτής, και συγκεκριμένα το τμήμα 1,2 – δι-υδροξυβενζόλιο της ένωσης (Ahamad et al., 2019; Kucukgul et al., 2020). Οι ομάδες υδροξυλίων, οι οποίες και αποτελούν τμήμα της, χαρακτηρίζονται από την υψηλή τους ικανότητα να δρουν ως δότες υδρογόνου προκειμένου να επιτύχουν την αναστολή της διαδικασίας της οξείδωσης (Ruzzolini et al., 2018; Mohammad-Beigi et al., 2019; Chaari, 2020).

Η ικανότητα που παρουσιάζει η ελευρωπαϊνη σε ό,τι αφορά την προστασία των κυτταρικών μεμβρανών από την οξείδωση λιπιδίων, η οποία προκαλείται λόγω της παρουσίας μετάλλων, βασίζεται στο σύνολο των δραστηριοτήτων χηλικοποίησης αυτών, αλλά και στην δραστηριότητα που παρουσιάζουν οι ελεύθερες ρίζες (Gentile, Uccella & Sivakumar, 2017; Kucukgul et al., 2020). Σε μελέτη τους, οι Czerwińska, Kiss και Naruszewicz (2012) κατέληξαν ότι η συγκεκριμένη φαινολική ένωση έχει τη δυνατότητα να καταστείλει την παραγωγή δραστικών μορίων οξυγόνου (O_2), και συγκεκριμένα ανιόντων υπεροξειδίου, υποχλωριόδου οξέος και

υπεροξειδίου του υδρογόνου, δραστικά μόρια του οξυγόνου, αλλά και ενώσεων του αζώτου (N), όπως είναι ο υπεροξυνιτρίτης και το νιτρικό οξείδιο (Czerwińska, Kiss & Naruszewicz, 2012).

4.3 Αντικαρκινική δράση

Κύριες μεταξύ των πολυφαινολικών ενώσεων, οι οποίες αναδεικνύουν προστατευτική δράση ενάντια της εμφάνισης νεοπλασιών, είναι οι ενώσεις υδροξυτυροσόλη και ελευρωπαΐνη. Συγκεκριμένα, βασιζόμενες στην υψηλή αντιοξειδωτική τους δράση έχουν την ιδιότητα να συμβάλλουν στην μείωση της διαδικασίας εκφυλισμού των κυττάρων (Carrera-Gonzalez et al., 2013; Ahmad et al., 2017; Leto et al., 2021).

Η αντιοξειδωτική και αντιμεταλλαξιγόνος δράση της ελευρωπαΐνης βασίζεται στον εξαιρετικό προστατευτικό της ρόλο σε ό,τι αφορά την πρόκληση βλαβών στο γενετικό υλικό των κυττάρων λόγω των ελευθέρων ριζών. Για το λόγο αυτό και χαρακτηρίζεται ως ένα ισχυρό μέσο στον αγώνα πρόληψης και θεραπείας διάφορων καρκινικών τύπων (Boss et al., 2016; Song et al., 2017; Emma et al., 2021; Gioti et al., 2021; Zorić et al., 2021).

Η αντικαρκινική δράση της ελευρωπαΐνης καθορίστηκε μέσα από ένα σύνολο μελετών, τόσο *in vivo* όσο και *in vitro*. Μέσω αυτών αποκαλύφθηκε η ικανότητα αυτής της φαινολικής ένωσης να επιφέρει την αναστολή της κινητικότητας, της διεισδυτικότητας και της ικανότητας πολλαπλασιασμού και ανάπτυξης των νεοπλασματικών κυττάρων (Ahmad et al., 2017; Goldsmith et al., 2018; Imran et al., 2018; Zorić et al., 2021).

Παράλληλα, η λήψη επαρκών ποσοτήτων αυτής δύναται να προκαλέσει την στρογγυλοποίηση των καρκινικών κυτταρικών σχηματισμών, μέσα από τη διαδικασία της διάσπασης του κυτταρικού σκελετού της ακτίνης (Boss et al., 2016). Οι ιδιότητές της αυτές είναι εμφανείς σε ένα σύνολο καρκινικών σειρών, με κύριες μεταξύ αυτών το αδenoκαρκίνωμα του μαστικού αδένου, το αδenoκαρκίνωμα των νεφρικών κυττάρων, το γλοιοβλάστωμα, και το κακοήθες μελάνωμα του λεμφικού κόμβου στο δέρμα (Carrera-Gonzalez et al., 2013; Song et al., 2017; Emma et al., 2021; Gioti et al., 2021).

Σε μια προσπάθεια καταγραφής της θετικής δράσης της ελευρωπαΐνης στην εξέλιξη του καρκίνου του μαστού, επιχειρήθηκε, σε μορφή πρότυπης θεραπείας, η χορήγηση αυτής. Εντοπίστηκε αναστολή του πολλαπλασιασμού των καρκινικών κυττάρων και προκλήθηκε

απόπτωση αυτών σε επίπεδα ανάλογα των χορηγούμενων δόσεων της συγκεκριμένης ουσίας. Απόρροια της δράσης αυτής υπήρξε η διαταραχή στην εξέλιξη του κύκλου της κυτταρικής διαίρεσης, συγκεκριμένα από το μεσοφασικό στάδιο G1 στο στάδιο S, ενώ εξίσου σημαντική υπήρξε η αύξηση των επιπέδων απόπτωσης των καρκινικών κυττάρων (Lu et al., 2019; Messeha et al., 2020; Griñan-Lison et al., 2021).

Η δράση της ελευρωπαϊνης κατά την καθυστέρηση του κυτταρικού πολλαπλασιασμού εντοπίζεται στη φάση S και πραγματοποιείται μέσα από την ενεργοποίηση της αποπτωτικής διαδικασίας κατά το μιτοχondριακό μονοπάτι, παρεμποδίζοντας την κυτταρική διαίρεση στη συγκεκριμένη φάση και αναστέλλοντας την λειτουργικότητα της πρωτεϊνης NF-κβ, μιας προ-καρκινογονικής πρωτεϊνικής ένωσης (Ruzzolini et al., 2018; Messeha et al., 2020).

Μέσω των συγκεκριμένων ευρημάτων αναδείχθηκε η αξία της συγκεκριμένης φαινολικής ένωσης στην πορεία της εξέλιξης των νεοπλασιών και κατοχυρώθηκε ο υψηλός αντικαρκινικός της ρόλος. Ειδικότερα, στην περίπτωση του καρκίνου του μαστού, η δράση της εντοπίστηκε να είναι άκρως επιλεκτική, με την επιρροή της να περιορίζεται αυστηρώς στις νεοπλασματικές σειρές, αφήνοντας πλήρως ανηπερέαστα τα φυσιολογικά κύτταρα, σημείο υψηλού ενδιαφέροντος, το οποίο χρήζει περαιτέρω μελέτης (Boss et al., 2016; Lu et al., 2019; Griñan-Lison et al., 2021).

Η αυξημένη αποτελεσματικότητα της δράσης της ελευρωπαϊνης ενάντια των καρκινικών σειρών μελετήθηκε και σε ό,τι αφορά τα κύτταρα του γλοιώματος C6. Ο πολλαπλασιασμός αυτών εντοπίστηκε ότι αναστέλλεται κατά την χορήγηση ελευρωπαϊνης, με τη δραστηριότητα αυτής να καταγράφεται αρκετά υψηλή (Imran et al., 2018; Nediani et al., 2019).

Έτερες νεοπλασίες, των οποίων η εξέλιξη επηρεάζεται από τη χορήγηση ελευρωπαϊνης, αποτελούν ο καρκίνος του δέρματος, ο καρκίνος της ουροδόχου κύστης, ο καρκίνος του ήπατος, ο καρκίνος του παγκρέατος, ο καρκίνος του προστάτη, ο καρκίνος των οστών και η λευχαιμία, όπου συγκεκριμένα παρατηρείται έντονη αντι-πολλαπλασιαστική δράση ενάντια στα λευχαιμικά κύτταρα μέσα από την ενεργοποίηση της διαδικασίας της απόπτωσης (Ahmad et al., 2017; Song et al., 2017; Goldsmith et al., 2018; Emma et al., 2021; Leto et al., 2021).

Σε κάθε περίπτωση η υψηλή συμμετοχή της συγκεκριμένης ένωσης στην αναστολή και στον έλεγχο του πολλαπλασιασμού των καρκινικών κυττάρων προσελκύει το ενδιαφέρον αναφορικά με τις πιθανά θετικά αποτελέσματα της λήψης αυτής, τόσο στην προστασία ενάντια

στην εμφάνιση νεοπλασιών, όσο και στην εξέλιξη της πορείας αυτών (Carrera-Gonzalez et al., 2013; Boss et al., 2016; Gioti et al., 2021).

4.4 Αντιμικροβιακή και αντιφλεγμονώδης δράση

Η ελευρωπαΐνη, καθώς και λοιπές φαινολικές ενώσεις στο ελαιόλαδο, με κύρια την ένωση τυροσόλη, παρουσιάζουν αυξημένη δράση ενάντια των προκαρυωτικών μικροοργανισμών (βακτηρίων), η οποία υπερβαίνει την βακτηριοκτόνο δράση των φαινολικών ενώσεων έτερων τροφίμων (Crespo et al., 2018; Finicelli, Squillaro & Di Cristo, 2019; Pang, Lumintang & Chin, 2021).

Η λήψη ελευρωπαΐνης οδηγεί στην αύξηση της παραγωγής του νιτρικού οξειδίου σε μακροφάγα, των οποίων έχει προηγηθεί η ενεργοποίηση από λιπο-πολυσακχαρίτες και επομένως συντελεί στην ενίσχυση της λειτουργικής ενεργότητας αυτών (Martín-Peláez, Castañer & Konstantinidou, 2017). Η αντιφλεγμονώδης δράση της συγκεκριμένης ουσίας συνδέεται ισχυρά με την αναστολή της δράσης της λιποξυγενάσης και με την παραγωγή του λευκοτριενίου B₄ (Crespo et al., 2018; Farràs et al., 2020).

Η φλεγμονώδης αντίδραση συνιστά αμυντική διαδικασία του οργανισμού, κατά την οποία ενεργοποιούνται τα λευκά αιμοσφαίρια του αίματος προκειμένου να παράγουν ουσίες ικανές να παρέχουν προστασία στον οργανισμό σε περιπτώσεις διάρρηξης της επιφάνειας του δέρματος, τραυματισμού ιστού ή σε περιπτώσεις πιθανής μόλυνσης από παθογόνους παράγοντες (Zorić et al., 2021). Στο σημείο του τραύματος οι πληγέντες ιστοί απελευθερώνουν φλεγμονώδεις κιτοκίνες ή μορίων μεσολαβητών. Η παραγωγή των προ της φλεγμονής μεσολαβητών ελέγχεται από τον πυρηνικό παράγοντα Kappa β (NF- κβ), ο οποίος διαδραματίζει ένα καίριο ρόλο στην σύνθετη αυτή οδό της μεταγωγής σήματος (Larussa et al., 2017; Martín-Peláez, Castañer & Konstantinidou, 2017; Varela-Eirín et al., 2020).

Στο πεδίο της επιτυχούς ανάπτυξης παραγόντων, ικανών να αναστείλουν τη φλεγμονώδη αντίδραση, ως κομβικό σημείο αναγνωρίζεται η στόχευση και η αναστολή της παραγωγής και της δραστηριοποίησης των μεσολαβητών της αντίδρασης. Οι υψηλές αντιοξειδωτικές ιδιότητες της ελευρωπαΐνης σχετίζονται σημαντικά με τη δυνατότητα αυτής να εμφανίζει ένα ισχυρό

αντιφλεγμονώδες προφίλ, επιδεικνύοντας μια ενδιαφέρουσα δράση στο πλαίσιο της αναστολής της φλεγμονής (Finicelli, Squillaro & Di Cristo, 2019; Pang, Lumintang & Chin, 2021).

4.5 Καρδιαγγειακό σύστημα

Ο καρδιοπροστατευτικός ρόλος της ελευρωπαΐνης, όπως και των ενώσεων β -σιτοστερόλη και ελαϊκό οξύ, βασίζεται στη δυνατότητά τους να συμβάλλουν ενδοκυτταρικά στη μείωση των ελευθέρων ριζών του οξυγόνου (Zhang, Liu & Li, 2018; Xing, Xu & Yao, 2021). Η ικανότητά της να απομακρύνει τις ελεύθερες ρίζες του οξυγόνου αλλά και των νιτρικών μονοξειδίων, σε συνδυασμό με τη συμβολή της στην μείωση του σχηματισμού νιτρικών ιόντων, καθιστά την ελευρωπαΐνη ένα σημαντικό παράγοντα στην προστασία της εύρυθμης λειτουργίας του καρδιαγγειακού συστήματος (Omar, 2010; Nediani et al., 2019). Παράλληλα, η ελευρωπαΐνη παρουσιάζει υψηλότερη ικανότητα αντιοξειδωτικής δραστηριότητας σε σύγκριση με το λιποδιαλυτό ανάλογο της τοκοφερόλης, οδηγώντας στη μείωση των συνολικών επιπέδων της χοληστερόλης και παρεμποδίζοντας την εκδήλωση οξειδωτικού μυοκαρδιακού επεισοδίου (Sun, Frost & Liu, 2017; Zhang, Liu & Li, 2018).

Ποικίλες έρευνες επιχείρησαν να αποσαφηνίσουν τον καρδιοπροστατευτικό ρόλο της ελευρωπαΐνης, μέσα από τη μελέτη *in vivo* μοντέλων. Με βάση τα ευρήματα αυτών αποδείχθηκε ότι η χορήγηση ελευρωπαΐνης έχει ως απόρροια την μείωση των συγκεντρώσεων της αμινο-τρανσφεράσης αλανίνης (ALT), της αμινο-τρανσφεράσης ασπαρτικού (AST), της κρεατινικής φωσφοκινάσης (CPK), της κρεατίνης φωσφοκινάσης – MB (CPK- MB) και τέλος της γαλακτικής δεϋδρογινάσης (LDH) [Xing, Xu & Yao, 2021].

Στο πεδίο της μελέτης της προστατευτικής δράσης της ελευρωπαΐνης εξετάστηκαν τα σημαντικά της αποτελέσματα ενάντια στην εκδήλωση καρδιοτοξικότητας, όπου μελέτες της ιστοπαθολογίας της καρδιάς υπέδειξαν ότι η συγκεκριμένη φαινολική ένωση έχει τη δυνατότητα να μειώνει την προκαλούμενη κυτταροπλασματική κενотоπία στα κύτταρα του μυοκαρδίου (Zhang, Liu & Li, 2018). Σε μια προσπάθεια πλήρους αποσαφήνισης του ρόλου της ελευρωπαΐνης, αποδείχθηκε ότι μειώνει σημαντικά τα επίπεδα οξικού άλατος και συγχρόνως συμβάλλει στην αύξηση των επιπέδων των αμινοξέων, αποκαθιστώντας σε επαρκή βαθμό της μεταβολικές αλλαγές στον ιστό του μυοκαρδίου και επαναφέροντας αυτές σε φυσιολογικά σχετικά επίπεδα (Nediani et al., 2019).

Η βελτιστοποίηση του καρδιακού ενεργειακού μεταβολισμού και η αποκατάσταση των μεταβολικών αλλαγών σε φυσιολογικά επίπεδα χάρη στην επίδραση της ελευρωπαΐνης συνέβαλε στην υψηλή της αξία στην προστασία έναντι καρδιαγγειακών παθήσεων (Sun, Frost & Liu, 2017; Zhang, Liu & Li, 2018). Σε περιπτώσεις καρδιακών μεταβολικών αλλαγών λόγω της παρουσίας παχυσαρκίας η επίδραση της ελευρωπαΐνης στην βελτίωση του καρδιακού ενεργειακού μεταβολισμού υπήρξε άκρως ωφέλιμη. Η πρόσληψη της φαινολικής αυτής ένωσης συνδέεται με την οξειδωση των λιπιδίων αλλά και την αυξημένη κατανάλωση του οξυγόνου (Xing, Xu & Yao, 2021).

Συγχρόνως, βασικό σημείο της επίδρασης της ελευρωπαΐνης στην αποκατάσταση των μεταβολικών αλλαγών στον μυοκαρδιακό ιστό αποτελεί η μείωση των επιπέδων λιπιδίων και υπεροξειδίου του υδρογόνου, ενώ εξίσου σημαντική κρίνεται η ενίσχυση των αντιοξειδωτικών ουσιών στον ιστό αυτό, με κύριες μεταξύ αυτών τις ουσίες SOD, CAT και GSH-Px. Συνεπώς, σε περιστατικά ισχαιμικής μυοκαρδιοπάθειας το αντιοξειδωτικό προφίλ της ελευρωπαΐνης συνεισφέρει ισχυρά στο καρδιοπροστατευτικό αποτέλεσμα (Sun, Frost & Liu, 2017; Xing, Xu & Yao, 2021).

Σε ό,τι αφορά τον προστατευτικό ρόλο της ελευρωπαΐνης έναντι της εμφάνισης αθηροσκλήρυνσης, η αντι-αθηρωματική της δράση σχετίζεται σε υψηλό βαθμό τη μείωση της προσκόλλησης των μονοκύτταρων στην περιοχή του ενεργοποιημένου επιθηλιακού ιστού των αιμοφόρων αγγείων, καθώς και στην ελάττωση του ρυθμού έκφρασης του μορίου αγγειακής προσκόλλησης I (vascular cell adhesion molecule I) [Omar, 2010; Nediani et al., 2019].

Συγχρόνως, στην αναστολή της παθογένεσης της αθηροσκλήρυνσης σημαντικό σημείο αποτελεί η παρεμπόδιση της υπεροξειδωσης των μεμβρανικών λιπιδίων, κατάσταση η οποία παρατηρείται σε περιπτώσεις μείωσης της συγκέντρωσης της οξειδωμένης γλουταθειόνης. Σε ασθενείς, οι οποίοι έχουν υιοθετήσει ένα διατροφικό σχήμα στο οποίο ενσωματώνεται η λήψη επαρκών ποσοτήτων ελευρωπαΐνης, καταγράφεται μειωμένη απελευθέρωση της οξειδωμένης γλουταθειόνης (Sun, Frost & Liu, 2017). Η συγκεκριμένη ένωση απελευθερώνεται με άμεσους ρυθμούς κατά την επαναιμάτωση της καρδιάς σε ισχαιμικούς ασθενείς, συνθήκη η οποία αναιρείται στην περίπτωση που έχει προηγηθεί της ισχαιμίας η χορήγηση ελευρωπαΐνης (Xing, Xu & Yao, 2021).

Εξίσου βασικό πεδίο αποτελεί ο έλεγχος της αρτηριακής πίεσης, με την ελευρωπαΐνη να διαδραματίζει ένα σημαντικό επίσης ρόλο. Η πρόσληψη κατάλληλων ποσοτήτων αυτής από ασθενείς με υπέρταση επιφέρει την μείωση τόσο της διασταλτικής όσο και της συστολικής αρτηριακής πίεσης (Nediani et al., 2019). Παράλληλα, σημαντική κρίνεται και η ελάττωση των επιπέδων των λιποπρωτεϊνών χαμηλής πυκνότητας αλλά και των τριγλυκεριδίων (Sun, Frost & Liu, 2017; Zhang, Liu & Li, 2018).

4.6 Νευρικό σύστημα

Ένα σύνολο νευροεκφυλιστικών ασθενειών παρουσιάζει θετικά αποτελέσματα σε σχέση με την πρόσληψη ελευρωπαΐνης. Τόσο η ελευρωπαΐνη συγκεκριμένα όσο και γενικότερα οι πολυφαινολικές ενώσεις, οι οποίες περιλαμβάνονται στο ελαιόλαδο, εγείρουν ένα αξιόλογο νευροπροστατευτικό χαρακτήρα, αποδεικνύοντας το σαφή σημαντικό τους ρόλο στην εξέλιξη των νευροεκφυλιστικών νοσημάτων (Kucukgul et al., 2020; Salis et al., 2020).

Μελέτες, οι οποίες βασίσθηκαν σε πειράματα *in vivo*, εντόπισαν μια ισχυρή επίδραση της ελευρωπαΐνης σε ό,τι αφορά την έκφραση κύριων υποδοχέων του νευρικού αυξητικού παράγοντα καθώς και του εγκεφαλικού νευροτροφικού παράγοντα, σε περιοχές αυξημένης κρισιμότητας στο μεταχιακό σύστημα, οι οποίες διαδραματίζουν ένα άκρως ουσιώδη ρόλο στην ομαλή λειτουργία των διαδικασιών της μνήμης και της μάθησης (Khalatbary, 2013; Badr, Attia & Al-Rasheed, 2020). Επιπρόσθετα, εντοπίστηκε μια υψηλού επιπέδου αύξηση στα επίπεδα των παραγόντων αυτών και ιδίως του εγκεφαλικού νευροτροφικού παράγοντα, ενός πρωτεϊνικού παράγοντα υπεύθυνου για την υποστήριξη της ομαλής ανάπτυξης και της εύρυθμης λειτουργίας των νευρικών κυττάρων του εγκεφάλου (Kucukgul et al., 2020; Salis et al., 2020).

Ομοίως ενδιαφέρουσα αποκαλύπτεται η επίδραση της λήψης ελευρωπαΐνης σε ό,τι αφορά την νόσο του Parkinson, μια προοδευτική νευροεκφυλιστική διαταραχή, η οποία χαρακτηρίζεται από κινητικές και μη κινητικές εκδηλώσεις. Ο ισχυρός αντιοξειδωτικός χαρακτήρας της ελευρωπαΐνης είναι υπεύθυνος για τα θετικά αποτελέσματα αυτής στην θεραπευτική προσέγγιση της συγκεκριμένης διαταραχής (Omar 2010; Khalatbary, 2013). Πέρα από τις αυξημένες αντιοξειδωτικές ιδιότητες της, η ελευρωπαΐνη παρουσιάζει επίσης σημαντικές ιδιότητες ενάντια στη διαδικασία της απόπτωσης. Ο αντι-αποπτωτικός της χαρακτήρας δύναται να αποτελέσει τη βάση για τη χρήση αυτής στη θεραπεία της νόσου του Parkinson αλλά και άλλων

νευροεκφυλιστικών παθήσεων. Παρά τα σαφώς ενθαρρυντικά αποτελέσματα που ανακύπτουν στο πεδίο αυτό, απαιτείται περαιτέρω διερεύνηση της θετικής επίδρασης της φαινολικής αυτής ένωσης σε νοσήματα αυτής της κατηγορίας (Angeloni et al., 2017; Salis et al., 2020).

Η κατανάλωση ελευρωπαϊνης πέρα από την συμβολή της, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, στην μείωση του αθηρωματικού δείκτη, συνεισφέρει εξίσου σημαντικά στην ελάττωση του εγκεφαλικού οιδήματος αλλά και στη μείωση του αιματο-εγκεφαλικού φραγμού. Σε περιστατικά ισχαιμίας και επαναιμάτωσης η ελευρωπαϊνη συντελεί στη βελτίωση του νευρολογικού ελλείματος, σημείο αυξημένης σημασίας στην εξέλιξη της υγείας του ασθενούς (Khalatbary, 2013; Nediani et al., 2019).

4.7 Πεπτικό σύστημα

Ο γαστροπροστατευτικός ρόλος της ελευρωπαϊνης αναδεικνύεται μέσω ποικίλων διακριτών μηχανισμών και σχετίζεται ισχυρά, τόσο με τις αντιοξειδωτικές όσο και με τις αντιφλεγμονώδεις δυνατότητες αυτής. Κύρια ιδιότητα της ελευρωπαϊνης στο πεδίο των γαστροπροστατευτικών της αποτελεσμάτων αποτελεί η ικανότητα αυτής να διατηρεί την ακεραιότητα της κυτταροπλασματικής μεμβράνης, ενώ παράλληλα ενδυναμώνει το φραγμό του βλεννογόνου, σημείο αυξημένης σημασίας κατά την άμυνα ενάντια των εξωγενώς προκαλούμενων βλαβών που αποτελεί την πρώτη γραμμή των αμυντικών μηχανισμών (Agakidis et al., 2019).

Μελέτη *in vivo* αποκάλυψε την θετική δράση της χορήγησης της ελευρωπαϊνης σε πειραματόζωα, τα οποία παρουσίαζαν γαστρικές βλάβες. Συγκεκριμένα, η ελευρωπαϊνη συνέβαλε στη μείωση των αλλοιώσεων στο γαστρικό βλεννογόνο, ενώ συγχρόνως λειτούργησε ενισχυτικά έναντι της δραστηριότητας των αντιοξειδωτικών ενζύμων. Παράλληλα, έδρασε αναστέλλοντα τη διαδικασία υπεροξειδωσιών των λιπιδίων (Yin et al., 2019).

Έτερος μηχανισμός που υποστηρίζει τον προστατευτικό ρόλο της ελευρωπαϊνης αποτελεί η δυνατότητα αυτής να παρεμποδίζει τους προ-φλεγμονώδεις μεσολαβητές, με αποτέλεσμα την αυξημένη μείωση της γαστρικής προ φλεγμονής (Nediani et al., 2019). Εξίσου σημαντικό πεδίο αποτελεί και η επαγωγή από την ελευρωπαϊνη των αποκρίσεων απόπτωσης. Μέσω των δράσεων αυτών η ελευρωπαϊνη δύναται να επιφέρει τη μείωση της αιμορραγίας αλλά και των αλλοιώσεων ελκώδους μορφής, οδηγώντας σταδιακά στη βελτίωση της εικόνας των ιστών (Yin et al., 2019).

Σημαντικός κρίνεται επίσης ο προστατευτικός ρόλος της ελευρωπαϊνης σε ό,τι αφορά το ήπαρ. Σε περιπτώσεις ηπατικών παθήσεων η λήψη ελευρωπαϊνης οδηγεί στην μείωση των συγκεντρώσεων της τρανσαμινάσης του πλάσματος, με αποτέλεσμα την ελάττωση των σημείων νέκρωσης του ήπατος και συγχρόνως την ενίσχυση της λειτουργικότητας αυτού. Η δράση της παρουσιάζεται εξίσου σημαντική σε περιστατικά ίνωσης του ήπατος αλλά και νέκρωσης αυτού, όπου αναδεικνύεται σε ισχυρό μέσο προστασίας της ηπατικής δομής και λειτουργίας (Fki et al., 2020).

4.8 Ελευρωπαϊνη και σακχαρώδης διαβήτης

Τα θετικά αποτελέσματα της κατανάλωσης του ελαιόλαδου σε ασθενείς με σακχαρώδη διαβήτη κρίνονται ιδιαίτερος σημαντικά και έχουν αναλυθεί εκτενώς. Σε ό,τι αφορά την δράση της ελευρωπαϊνης και τον αντιδιαβητικό της ρόλο, έχει αποδειχθεί σε πρότερες μελέτες η αύξηση της εκκριτικής ικανότητας του παγκρέατος σε ινσουλίνη, έπειτα από την επώαση αυτού σε εκχύλισμα ελιάς εμπλουτισμένο με ελευρωπαϊνη (Ahamad et al., 2019). Η χρήση της ελευρωπαϊνης σε πειράματα *in vivo* οδήγησε στην μείωση των συγκεντρώσεων της γλυκόζης στο αίμα, ενώ συγχρόνως προκάλεσε την αύξηση της δραστηριότητας των αντιοξειδωτικών ενζύμων στο ήπαρ και στα νεφρά. Ταυτόχρονα, καταγράφηκε μια έντονη μείωση της λειτουργικότητας των οργάνων αυτών (Alkhatib, Tsang & Tuomilehto, 2018; Del Ben et al., 2020).

Ομοίως, η κατανάλωση ελευρωπαϊνης από διαβητικούς ασθενείς παρουσιάζει έντονα υπογλυκαιμικά αποτελέσματα, με απόρροια μια σημαντική ελάττωση της υπεργλυκαιμίας μετά από γεύμα, η οποία δύναται να προκληθεί λόγω των υψηλών εκκρίσεων της ορμόνης ινσουλίνης και της αυξημένης αντίστασης των κυττάρων σε αυτή (Ahamad et al., 2019; Zhang, Zhao & Wang, 2021). Η επίδραση της ελευρωπαϊνης στα νησίδια του Langerhans στο πάγκρεας καταγράφεται άμεση και επιφέρει αξιολογικά αποτελέσματα (Alkhatib, Tsang & Tuomilehto, 2018).

Στο πλαίσιο αυτό η κατανάλωση εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου σε ημερήσια βάση και ιδιαίτερος σε ελαιόλαδου υψηλής συγκέντρωσης σε ελευρωπαϊνη προκαλεί την μείωση των επιπέδων της γλυκαιμίας (Carnevale et al., 2018; Del Ben et al., 2020; Zhang, Zhao & Wang, 2021). Επιπρόσθετα, δύναται να επιτελέσει άκρως προληπτικό ρόλο σε υγιά άτομα χάρη στην ικανότητα του να αυξάνει τα επίπεδα της χοληστερίνης HDL (Zhang, Zhao & Wang, 2021).

5 ΣΥΖΗΤΗΣΗ

5.1 Συστάσεις για μελλοντική έρευνα

Η παρούσα μελέτη επιχείρησε να αποτυπώσει τα ευρήματα πρόσφατων ερευνών αναφορικά με το ρόλο της ελευρωπαΐνης του ελαιόλαδου στην ανθρώπινη υγεία. Μέσω της παρουσίασης αυτών αναδεικνύεται ο αναμφισβήτητος σημαντικός ρόλος της φαινολικής αυτής ένωσης και η αξία της στην καθημερινή διατροφή του ατόμου. Είναι σαφές ότι πρόκειται για μια ένωση αυξημένου διατροφικού ενδιαφέροντος, καθώς παρέχει υψηλό προστατευτικό ρόλο ενάντια σε ένα σύνολο νοσημάτων, με κυρίαρχα τις καρδιαγγειακές παθήσεις και τις νεοπλασίες.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει ιδιαίτερος η αντικαρκινική της δράση, η οποία εκτείνεται σε ένα σύνολο νεοπλασιών με άκρως ενθαρρυντικά αποτελέσματα. Η σημασία της ελευρωπαΐνης στον αγώνα με στόχο τον έλεγχο του πολλαπλασιασμού των καρκινικών σειρών αποδεικνύεται καιρία και επηρεάζει καρκινικούς τύπους όπως είναι ο καρκίνος του μαστού, ο καρκίνος του δέρματος, ο καρκίνος της ουροδόχου κύστης, ο καρκίνος του ήπατος, ο καρκίνος του παγκρέατος, ο καρκίνος του προστάτη, ο καρκίνος των οστών και η λευχαιμία.

Εξίσου όμως σημαντική εμφανίζεται η συμβολή της ελευρωπαΐνης στην διαχείριση έτερων χρόνιων νοσημάτων, τα οποία δυσχεραίνουν τη διαβίωση του ατόμου και απειλούν τη βιωσιμότητά του. Μεταξύ αυτών καταγράφονται η νόσος του Parkinson, ο σακχαρώδης διαβήτης και η νόσος Alzheimer αλλά και σοβαρά καρδιαγγειακά νοσήματα. Κρίνεται συνεπώς βασική η περαιτέρω μελέτη της επίδρασης της φαινολικής αυτής ένωσης ενάντια στις ασθένειες αυτές και η πιθανή προσθήκη αυτής σε ελπιδοφόρα θεραπευτικά σχήματα.

5.2 Συζήτηση - Συμπεράσματα

Η Μεσογειακή διατροφή, με κύριο συστατικό της το ελαιόλαδο, έχει αναγνωρισθεί ως βέλτιστη διατροφική επιλογή. Τα οφέλη της κατανάλωσης ελαιόλαδου επεκτείνονται σε ποικίλους τομείς της ανθρώπινης υγείας, στρέφοντας το επιστημονικό ενδιαφέρον στην περιεκτικότητά του σε συγκεκριμένες χημικές ενώσεις και στην ανάλυση της συμβολής αυτών στην ευζωία και

μακροζωία του ατόμου (Davis et al., 2015; Martinez-Gonzalez & Martin-Calvo, 2016; Agakidis et al., 2019).

Η ελευρωπαΐνη αποτελεί συστατικό των φύλλων και του καρπού του ελαιόδενδρου και συνιστά μια από τις κυριότερες φαινολικές ενώσεις. Η ποσότητα αυτής δύναται να παρουσιάζει διακυμάνσεις και καθορίζεται από την ποικιλία του ελαιόδενδρου καθώς και από τη χρονική περίοδο της συγκομιδής. Κατά την ελαιοποίηση ένα τμήμα αυτής της ένωσης εντοπίζεται στο ελαιόλαδο (Carnevale et al., 2018; Imran et al., 2018).

Πλήθος μελετών έχει υλοποιηθεί με στόχο την αποσαφήνιση των ενδεχόμενων ευεργετικών ιδιοτήτων της ελευρωπαΐνης στην ανθρώπινη υγεία. Μέσω των ευρημάτων αυτών αποκαλύπτονται οι ποικίλες ωφέλιμες επιδράσεις της συγκεκριμένης φαινολικής ένωσης, με τη συμβολή της στην ανθρώπινη υγεία να καταγράφεται ιδιαίτερος σημαντική (Crespo et al., 2018; Finicelli, Squillaro & Di Cristo, 2019).

Ως κυριότερο χαρακτηριστικό αυτής της ένωσης αναδεικνύεται η ισχυρή αντιοξειδωτική της δραστηριότητα, η οποία χαρακτηρίζεται από την υψηλή της ικανότητα να αναγνωρίζει και να δεσμεύει τις ελεύθερες ρίζες (Gentile, Uccella & Sivakumar, 2017). Η ισχυρή αντιοξειδωτική της δράση συμπεριλαμβάνει την αναστολή της διαδικασίας οξείδωσης των λιποπρωτεϊνών χαμηλής πυκνότητας (Ahamad et al., 2019). Η αντιοξειδωτική ικανότητα της ελευρωπαΐνης καταγράφεται να ανέρχεται σε υψηλά επίπεδα, τα οποία υπερβαίνουν ακόμη και τη δραστηριότητα συνθετικών αντιοξειδωτικών ενώσεων (Mohammad-Beigi et al., 2019).

Ο ιδιαίτερα αυξημένος αντιοξειδωτικός χαρακτήρας της συγκεκριμένης φαινολικής ένωσης αποδίδεται στη δυνατότητα αποβολής ηλεκτρονίων που τη χαρακτηρίζει, σημείο το οποίο συνιστά ένα καίριο στάδιο σε ό,τι αφορά στην ικανότητα δέσμευσης των ελευθέρων ριζών (Gentile, Uccella & Sivakumar, 2017). Επιπρόσθετα, η υψηλή αντιοξειδωτική της δράση αποτελεί συνέπεια της ύπαρξης στη δομή αυτής ομάδων υδροξυλίου, οι οποίες χαρακτηρίζονται από την υψηλή τους ικανότητα να δρουν ως δότες υδρογόνου (Ahamad et al., 2019; Mohammad-Beigi et al., 2019).

Σε ό,τι αφορά τον προστατευτικό ρόλο των πολυφαινολικών ενώσεων ενάντια στην εμφάνιση νεοπλασιών, οι κυριότερες εξ αυτών οι οποίες παρουσιάζουν υψηλή προστατευτική δράση είναι οι ενώσεις υδροξυτυροσόλη και ελευρωπαΐνη. Συγκεκριμένα, η αντικαρκινική ιδιότητα της ελευρωπαΐνης προκύπτει χάρη στην αντιοξειδωτική και αντιμεταλλαξιγόνο δράση της

και βασίζεται στον προστατευτικό της ρόλο έναντι στην πρόκληση βλαβών στο γενετικό υλικό των κυττάρων λόγω των ελευθέρων ριζών (Boss et al., 2016; Song et al., 2017; Emma et al., 2021). Η υψηλή αντικαρκινική δράση της ελευρωπαϊνης αποκαλύφθηκε χάρη στην ικανότητα αυτής της φαινολικής ένωσης να προκαλεί την αναστολή της κινητικότητας, της διεισδυτικότητας και της ικανότητας πολλαπλασιασμού και ανάπτυξης των νεοπλασματικών κυττάρων (Ahmad et al., 2017).

Η θετική επίδραση της ελευρωπαϊνης καταγράφεται αξιολογη έναντι διακριτών νεοπλασματικών τύπων και έχουν μελετηθεί εκτενώς τα οφέλη αυτής. Συγκεκριμένα, σε ό,τι αφορά στην εξέλιξη του καρκίνου του μαστού, η χορήγηση της ελευρωπαϊνης επιχειρήθηκε ως μια μορφή πρότυπης θεραπείας ενάντια σε αυτή τη νεοπλασία. Η λήψη αυτής οδήγησε στην αναστολή του πολλαπλασιασμού των καρκινικών κυττάρων και προκλήθηκε απόπτωση αυτών, σημείο το οποίο κρίνεται ιδιαίτερος ελπιδοφόρο. Τα επίπεδα της απόπτωσης εντοπίστηκαν να είναι ανάλογα των χορηγούμενων δόσεων της συγκεκριμένης φαινολικής ουσίας (Ruzzolini et al., 2018; Lu et al., 2019; Griñan-Lison et al., 2021). Η ελευρωπαϊνη προκάλεσε επομένως την καθυστέρηση του κυτταρικού πολλαπλασιασμού μέσω της ενεργοποίησης της αποπτωτικής διαδικασίας και επιτεύχθηκε η αναστολή της ανεξέλεγκτης κυτταρικής διαίρεσης (Messeha et al., 2020).

Μέσω έτερων μελετών αναδείχθηκε η αξία της ελευρωπαϊνης στην πορεία της εξέλιξης και άλλων νεοπλασιών κατοχυρώνοντας τον υψηλό αντικαρκινικό της ρόλο. Συγκεκριμένα, αυξημένη αποτελεσματικότητα της δράσης της καταγράφηκε ενάντια των καρκινικών σειρών όπως τα κύτταρα του γλοιώματος C6, των οποίων ο πολλαπλασιασμός εντοπίστηκε ότι αναστέλλεται χάρη στην χορήγηση ελευρωπαϊνης (Nediani et al., 2019). Η υψηλή συμμετοχή της συγκεκριμένης ένωσης στην αναστολή και στον έλεγχο του πολλαπλασιασμού των καρκινικών κυττάρων υποστηρίζει σθεναρά τα υψηλά θετικά αποτελέσματα της λήψης αυτής με στόχο την προστασία ενάντια στην εμφάνιση νεοπλασιών αλλά και τον έλεγχο της εξέλιξης της πορείας αυτών (Carrera-Gonzalez et al., 2013; Boss et al., 2016; Gioti et al., 2021).

Εξίσου σημαντικός κρίνεται και ο αντιμικροβιακός της ρόλος, καθώς η ελευρωπαϊνη, αλλά και οι λοιπές φαινολικές ενώσεις στο ελαιόλαδο, εμφανίζουν αυξημένη δραστηριότητα ενάντια των παθογόνων μικροοργανισμών. Καίρια επίσης είναι και η αντιφλεγμονώδης δράση της συγκεκριμένης ουσίας, η οποία συνδέεται ισχυρά με την αναστολή της δράσης της λιποξυγενάσης και με την παραγωγή του λευκοτριενίου B₄ (Crespo et al., 2018; Farràs et al., 2020). Το ισχυρό

αντιφλεγμονώδες προφίλ σχετίζεται με τις υψηλές αντιοξειδωτικές ιδιότητες της ελευρωπαΐνης, η οποία επιδεικνύει μια άκρως ενδιαφέρουσα ικανότητα στο πλαίσιο της διαδικασίας της αναστολής της φλεγμονής (Finicelli, Squillaro & Di Cristo, 2019).

Ομοίως σημαντικός είναι και ο καρδιοπροστατευτικός ρόλος της ελευρωπαΐνης, ο οποίος βασίζεται στη δυνατότητα αυτής να συμμετέχει ενδοκυτταρικά στη μείωση των ελευθέρων ριζών του οξυγόνου (Xing, Xu & Yao, 2021). Επιπρόσθετα η υψηλή ικανότητα αντιοξειδωτικής δραστηριότητας που χαρακτηρίζει την ελευρωπαΐνη οδηγεί στη μείωση των συνολικών επιπέδων της χοληστερόλης και παρεμποδίζει την εκδήλωση οξειδωτικού μυοκαρδιακού επεισοδίου (Sun, Frost & Liu, 2017). Παράλληλα, η συγκεκριμένη φαινολική ένωση έχει τη δυνατότητα να επιφέρει την μείωση της προκαλούμενης κυτταροπλασματικής κενοτοπίας στα κύτταρα του μυοκαρδίου (Zhang, Liu & Li, 2018). Βασική είναι και η συμβολή της στην αύξηση των επιπέδων των αμινοξέων, με αποτέλεσμα να αποκαθιστά σε επαρκή βαθμό τις μεταβολικές αλλαγές στον ιστό του μυοκαρδίου και να τις επαναφέρει σε φυσιολογικά σχετικά επίπεδα (Xing, Xu & Yao, 2021).

Ο προστατευτικός ρόλος της ελευρωπαΐνης έναντι της εμφάνισης αθηροσκλήρυνσης είναι επίσης άξιος ενδιαφέροντος. Η αντι-αθηρωματική της δράση σχετίζεται σε υψηλό βαθμό με τη μείωση της προσκόλλησης των μονοκύτταρων στην περιοχή του ενεργοποιημένου επιθηλιακού ιστού των αιμοφόρων αγγείων. Εξίσου βασικό πεδίο αποτελεί ο έλεγχος της αρτηριακής πίεσης, όπου η ελευρωπαΐνη διαδραματίζει κυρίαρχο ρόλο. Μέσω της πρόσληψης κατάλληλων ποσοτήτων αυτής ασθενείς με υπέρταση δύναται να επιτύχουν την μείωση τόσο της διασταλτικής όσο και της συστολικής αρτηριακής πίεσης (Nediani et al., 2019).

Οι πολυφαινολικές ενώσεις, οι οποίες περιλαμβάνονται στο ελαιόλαδο, και ειδικότερα η ελευρωπαΐνη, εγείρουν ένα αξιόλογο νευροπροστατευτικό χαρακτήρα, αναδεικνύοντας ένα σαφή και καίριο ρόλο σε ό,τι αφορά την εξέλιξη των νευροεκφυλιστικών νοσημάτων (Kucukgul et al., 2020). Η επίδραση της ελευρωπαΐνης χαρακτηρίζεται ισχυρή στη διαδικασία της έκφρασης κύριων υποδοχέων του νευρικού αυξητικού παράγοντα αλλά και του εγκεφαλικού νευροτροφικού παράγοντα, σε περιοχές αυξημένης κρισιμότητας στο μεταίχμιακό σύστημα. Προκειται για περιοχές, οι οποίες κατέχουν ουσιαστικό ρόλο στην ομαλή λειτουργία των διαδικασιών της μνήμης και της μάθησης (Badr, Attia & Al-Rasheed, 2020).

Επιπρόσθετα, ο ισχυρός αντιοξειδωτικός χαρακτήρας της ελευρωπαΐνης είναι υπεύθυνος για τα θετικά αποτελέσματα της λήψης αυτής κατά την θεραπευτική προσέγγιση της νόσου του

Parkinson (Khalatbary, 2013). Ομοίως σημαντικός είναι και ο γαστροπροστατευτικός ρόλος της συγκεκριμένης ένωσης, ο οποίος αναδεικνύεται μέσα από ποικίλους και διακριτούς μηχανισμούς που σχετίζονται ισχυρά με τις αντιοξειδωτικές καθώς και με τις αντιφλεγμονώδεις δυνατότητες αυτής (Nediani et al., 2019). Συγκεκριμένα, η ελευρωπαΐνη συμβάλει στη μείωση των αλλοιώσεων στο γαστρικό βλεννογόνο και ταυτόχρονα μπορεί να λειτουργεί ενισχυτικά έναντι στη δραστηριότητα των αντιοξειδωτικών ενζύμων. Μέσω της δράσης της η φαινολική αυτή ένωση έχει την ιδιότητα να επιτυγχάνει τη μείωση της αιμορραγίας και των αλλοιώσεων ελκώδους μορφής, επαναφέροντας σταδιακά τη βελτίωση της εικόνας των ιστών (Yin et al., 2019).

Ο προστατευτικός ρόλος της ελευρωπαΐνης επεκτείνεται και σε ό,τι αφορά το ήπαρ όπου σε περιπτώσεις ηπατικών παθήσεων η λήψη ελευρωπαΐνης επιφέρει τη μείωση των συγκεντρώσεων της τρανσαμινάσης του πλάσματος, έχοντας ως αποτέλεσμα την ελάττωση των σημείων νέκρωσης του ήπατος και ταυτόχρονα την ενίσχυση της λειτουργικότητας αυτού (Fki et al., 2020).

Τα θετικά αποτελέσματα της κατανάλωσης του ελαιόλαδου είναι ιδιαίτερος ενθαρρυντικά στην περίπτωση των ασθενών με σακχαρώδη διαβήτη. Η σύσταση του ελαιόλαδου σε φαινολικές ενώσεις και ιδίως σε ελευρωπαΐνη κρίνεται ωφέλιμη, με τη συγκεκριμένη ένωση να αποκαλύπτει ένα ισχυρό αντιδιαβητικό ρόλο (Ahamad et al., 2019). Η χρήση της ελευρωπαΐνης οδηγεί στην μείωση των συγκεντρώσεων της γλυκόζης στο αίμα και προκαλεί την αύξηση της δραστηριότητας αντιοξειδωτικών ενζύμων στο ήπαρ και στα νεφρά (Alkhatib, Tsang & Tuomilehto, 2018; Del Ben et al., 2020). Συνεπώς, η κατανάλωση ελευρωπαΐνης από διαβητικούς ασθενείς εμφανίζει υψηλά υπογλυκαιμικά αποτελέσματα, τα οποία οδηγούν μια σημαντική ελάττωση της υπεργλυκαιμίας μετά από γεύμα που οφείλεται στις υψηλές εκκρίσεις της ορμόνης ινσουλίνης και στην αυξημένη αντίσταση των κυττάρων σε αυτή (Ahamad et al., 2019).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Abenavoli, L., Milanović, M., Milić, N., Luzzza, F., & Giuffrè, A.M. (2019). Olive oil antioxidants and non-alcoholic fatty liver disease. *Expert Review of Gastroenterology & Hepatology*, 13(8), 739-749. <https://doi.org/10.1080/17474124.2019.1634544>
- Agakidis, C., Kotzakioulafi, E., Petridis, D., Apostolidou, K., & Karagiozoglou-Lampoudi, T. (2019). Mediterranean Diet Adherence is Associated with Lower Prevalence of Functional Gastrointestinal Disorders in Children and Adolescents. *Nutrients*, 11(6), 128-133. <https://doi.org/10.3390/nu11061283>
- Ahamad, J., Toufeeq, I., Khan, M., Ameen, M., Anwer, E., Uthirapathy, S., Mir, S., & Ahmad, J. (2019). Oleuropein: A natural antioxidant molecule in the treatment of metabolic syndrome. *Phytotherapy Research*, 33(12), 3112-3128. <https://doi.org/10.1002/ptr.6511>
- Ahmad F., Fayyaz, S., Silva, A. S., Sureda, A., Nabavi, S., Mocan, A., Nabavi, S., & Bishayee, A. (2017). Oleuropein and Cancer Chemoprevention: The Link is Hot. *Molecules*, 22(5), 700-705. <https://doi.org/10.3390/molecules22050705>
- Alkhatib, A., Tsang, C., & Tuomilehto, J. (2018). Olive Oil Nutraceuticals in the Prevention and Management of Diabetes: From Molecules to Lifestyle. *International Journal of Molecular Sciences*, 19(7), 202-224. <https://doi.org/10.3390/ijms19072024>
- Angelis, A., Antoniadi, L., Stathopoulos, P., Halabalaki, M., & Skaltsounis, L.(2018). Oleocanthalic and Oleaceinic acids: New compounds from Extra Virgin Olive Oil (EVOO). *Phytochemistry Letters*, 26, 190-194, <https://doi.org/10.1016/j.phytol.2018.06.020>
- Angeloni, C., Malaguti, M., Barbalace, M., & Hrelia, S. (2017). Bioactivity of olive oil phenols in neuroprotection. *International Journal of Molecular Sciences*, 18(11), 223-230. <https://doi.org/10.3390/ijms18112230>
- Aresta, A., Damascelli, A., De Vietro, N., & Zambonin, C. (2020). Measurement of squalene in olive oil by fractional crystallization or headspace solid phase microextraction coupled with gas chromatography. *International Journal of Food Properties*, 23(1), 1845-1853. <https://doi.org/10.1080/10942912.2020.1833033>
- Abbattista, R., Losito, I., Castellaneta, A., De Ceglie, C. Calvano, C., & Cataldi, T. (2020). Insight into the Storage-Related Oxidative/Hydrolytic Degradation of Olive Oil Secoiridoids by Liquid Chromatography and High-Resolution Fourier Transform Mass Spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 68(44), 12310-12325. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c04925>
- Badr, A., Attia, H., & Al-Rasheed, N. (2020). Oleuropein Reverses Repeated Corticosterone-Induced Depressive-Like Behavior in mice: Evidence of Modulating Effect on Biogenic Amines. *Scientific reports*, 10(1), 3336. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-60026-1>

- Borello, E., & Domenici, V. (2019). Determination of Pigments in Virgin and Extra-Virgin Olive Oils: A Comparison between Two Near UV-Vis Spectroscopic Techniques. *Foods*, 8(1), 16-18. <https://doi.org/10.3390/foods8010018>
- Borzì, A., Biondi, A., Basile, F., Luca, S., Vicari, E., & Vacante, M.(2019). Olive Oil Effects on Colorectal Cancer. *Nutrients*, 11(1), 28-32. <https://doi.org/10.3390/nu11010032>
- Boskou, D. (2015). Olive Fruit, Table Olives, and Olive Oil Bioactive Constituents. *Olive and Olive Oil Bioactive Constituents*, 1-30. <https://doi.org/10.1016/B978-1-63067-041-2.50007-0>
- Boss, A., Bishop, K., Marlow, G., Barnett, M., & Ferguson, L. (2016). Evidence to Support the Anti-Cancer Effect of Olive Leaf Extract and Future Directions. *Nutrients*, 8(8), 513. <https://doi.org/10.3390/nu8080513>
- Bozdogan Konuskan, D., & Mungan, B. (2016). Effects of Variety, Maturation and Growing Region on Chemical Properties, Fatty Acid and Sterol Compositions of Virgin Olive Oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 93(11), 1499-1508. <https://doi.org/10.1007/s11746-016-2904-8>
- Brkić Bubola, K., Lukić, M., Mofardin, I., Butumović, A., & Koprivnjak, O. (2017). Filtered vs. naturally sedimented and decanted virgin olive oil during storage: Effect on quality and composition. *LWT Food Science and Technology*, 84, 370-377. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.05.069>
- Carnevale, R., Silvestri, R., Loffredo, L., Novo, M., Cammisotto, V., Castellani, V., Bartimoccia, S., Nocella, C., & Violi, F. (2018). Oleuropein, a component of extra virgin olive oil, lowers postprandial glycaemia in healthy subjects. *British journal of clinical pharmacology*, 84(7), 1566-1574. <https://doi.org/10.1111/bcp.13589>
- Carrera-Gonzalez, M., Ramirez-Exposito, M., Mayas, M., & Martinez-Martos, J. (2013). Protective role of oleuropein and its metabolite hydroxytyrosol on cancer. *Trends in Food Science & Technology*, 31(2), 92-99. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2013.03.003>
- Castillo-Luna, A., Criado-Navarro, I., Ledesma-Escobar, C., López-Bascón, M., & Priego-Capote, F. (2021). The decrease in the health benefits of extra virgin olive oil during storage is conditioned by the initial phenolic profile. *Food Chemistry*, 336, 237-241. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127730>
- Castro-Barquero, S., Lamuela-Raventós, R., Doménech, M., & Estruch, R. (2018). Relationship between Mediterranean Dietary Polyphenol Intake and Obesity. *Nutrients*, 10(10), 15-23. <https://doi.org/10.3390/nu10101523>
- Chaari, A. (2020). Inhibition of human islet amyloid polypeptide aggregation and cellular toxicity by oleuropein and derivatives from olive oil. *International Journal of Biological Macromolecules*, 162, 284-300. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.06.170>
- Covas, M., De la Torre, R., & Fitó, M. (2015). Virgin olive oil: A key food for cardiovascular risk protection. *British Journal of Nutrition*, 113(2), 19-28. <https://doi.org/10.1017/S0007114515000136>

- Crespo, M., Tomé-Carneiro, J., Dávalos, A., & Visioli, F. (2018). Pharma-Nutritional Properties of Olive Oil Phenols. Transfer of New Findings to Human Nutrition. *Foods*, 7(6), 88-90. <https://doi.org/10.3390/foods7060090>
- Crizel, R., Hoffmann, J., Zandoná, G., Lobo, P., Jorge, R., & Chaves, F. (2020). Characterization of Extra Virgin Olive Oil from Southern Brazil. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 122(4), 1900347. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201900347>
- Cuomo, F., Cinelli, G., Chirascu, C., Marconi, E., & Lopez, F. (2020). Antioxidant Effect of Vitamins in Olive Oil Emulsion. *Colloids and Interfaces*, 4(2), 18-23. <https://doi.org/10.3390/colloids4020023>
- Czerwińska, M., Kiss, A., & Naruszewicz, M. (2012). A comparison of antioxidant activities of oleuropein and its dialdehydic derivative from olive oil, oleacein. *Food Chemistry*, 131(3), 940-947. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.09.082>
- Davis, C., Bryan, J., Hodgson, J., & Murphy, K. (2015). Definition of the Mediterranean Diet; A Literature Review. *Nutrients*, 7(11), 9139-9153. <https://doi.org/10.3390/nu7115459>
- De Alvarenga, J., Quifer-Rada, P., Francetto Juliano, F., Hurtado-Barroso, S., Illan, M., Torrado-Prat, X., & Lamuela-Raventós, R.M. (2019). Using Extra Virgin Olive Oil to Cook Vegetables Enhances Polyphenol and Carotenoid Extractability: A Study Applying the *sofrito* Technique. *Molecules*, 24(8), 1555. <https://doi.org/10.3390/molecules24081555>
- De Bruno, A., Romeo, R., Piscopo, A., & Poiana, M. (2021). Antioxidant quantification in different portions obtained during olive oil extraction process in an olive oil press mill. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101(3), 1119-1126. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10722>
- Dehghani, F., Morvaridzadeh, M., Pizarro, A., Rouzitalab, T., Khorshidi, M., Izadi, A., Shidfar, F., Omid, A., & Heshmati, J. (2021). Effect of extra virgin olive oil consumption on glycemic control: A systematic review and meta-analysis. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 31(7), 1953-1961. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2021.02.017>
- Deiana, M., Serra, G., & Corona, G. (2018). Modulation of intestinal epithelium homeostasis by extra virgin olive oil phenolic compounds. *Food & Function*, 8, 4085-4099. <https://doi.org/10.1039/c8fo00354h>
- Del Ben, M., Nocella, C., Loffredo, L., Bartimoccia, S., Cammisotto, V., Mancinella, M., Angelico, F., Valenti, V., Cavarretta, E., Carnevale, R., & Violi, F. (2020). Oleuropein-enriched chocolate by extra virgin olive oil blunts hyperglycaemia in diabetic patients: Results from a one-time 2-hour post-prandial cross over study. *Clinical Nutrition*, 39(7), 2187-2191. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2019.09.006>
- Diamantakos, P., Ioannidis, K., Papanikolaou, C., Tsolakou, A., Rigakou, A., Melliou, E., & Magiatis, P. (2021). A New Definition of the Term “High-Phenolic Olive Oil” Based on Large Scale Statistical Data of Greek Olive Oils Analyzed by qNMR. *Molecules*, 26(4), 1115. <https://doi.org/10.3390/molecules26041115>

- Emma, M., Augello, G., Di Stefano, V., Azzolina, A., Giannitrapani, L., Montalto, G., Cervello, M., & Cusimano, A. (2021). Potential Uses of Olive Oil Secoiridoids for the Prevention and Treatment of Cancer: A Narrative Review of Preclinical Studies. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(3), 1234. <https://doi.org/10.3390/ijms22031234>
- Estruch, R., Ros, E., Salas-Salvadó, J., Covas, M., Corella, D., & Arós, F. (2018). Primary prevention of cardiovascular disease with a mediterranean diet supplemented with extra-virgin olive oil or nuts. *The New England Journal of Medicine*, 378, e34. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1800389>
- Farràs, M., Martínez-Gili, L., Portune, K., Arranz, S., Frost, G., Tondo, M., & Blanco-Vaca, F. (2020). Modulation of the Gut Microbiota by Olive Oil Phenolic Compounds: Implications for Lipid Metabolism, Immune System, and Obesity. *Nutrients*, 12(8), 2200. <https://doi.org/10.3390/nu12082200>
- Fernandes, J., Fialho, M., Santos, R., Peixoto-Plácido, C., Madeira, T., Sousa-Santos, N., Virgolino, A., Santos, O., & Vaz Carneiro, A. (2020). Is olive oil good for you? A systematic review and meta-analysis on anti-inflammatory benefits from regular dietary intake. *Nutrition*, 69, 110559. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2019.110559>
- Finicelli, M., Squillaro, T., & Di Cristo, F. (2019). Metabolic syndrome, Mediterranean diet, and polyphenols: Evidence and perspectives. *Journal of Cellular Physiology*, 234(5), 5807-5826. <https://doi.org/10.1002/jcp.27506>
- Fki, I., Sayadi, S., Mahmoudi, A., Daoued, I., Marrekchi, R., & Ghorbel, H. (2020). Comparative Study on Beneficial Effects of Hydroxytyrosol- and Oleuropein-Rich Olive Leaf Extracts on High-Fat Diet-Induced Lipid Metabolism Disturbance and Liver Injury in Rats. *BioMed research international*, 1315202. <https://doi.org/10.1155/2020/1315202>
- Foscolou, A., Critselis, E., & Panagiotakos, D. (2018). Olive oil consumption and human health: A narrative review. *Maturitas*, 118, 60-66. <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2018.10.013>
- Foscolou, A., Critselis, E., Tyrovolas, S., Chrysohoou, C., Sidossis, L., Naumovski, N., Matalas, A., & Rallidis, L., Polychronopoulos, E., Ayuso-Mateos, J., Haro, J., & Panagiotakos, D. (2019). The Effect of Exclusive Olive Oil Consumption on Successful Aging: A Combined Analysis of the ATTICA and MEDIS Epidemiological Studies. *Foods*, 8(1), 20-25. <https://doi.org/10.3390/foods8010025>
- García, J., Hueso, A., & Gómez-del- Campo, M. (2020). Deficit irrigation during the oil synthesis period affects olive oil quality in high-density orchards (cv. Arbequina). *Agricultural Water Management*, 230, 105858. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.105858>
- Gavahian, M., Khaneghah, A., Lorenzo, J., Munekata, P., Garcia-Mantrana, I., Collado, M., Meléndez-Martínez, A., & Barba, F. (2019). Health benefits of olive oil and its components: Impacts on gut microbiota antioxidant activities, and prevention of noncommunicable diseases. *Trends in Food Science & Technology*, 88, 220-227. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.03.008>

- Gentile, L., Uccella, N., & Sivakumar, G. (2017). Oleuropein: Molecular Dynamics and Computation. *Current Medicinal Chemistry*, 24(39), 4315-4328. <https://doi.org/10.2174/0929867324666170912102623>
- George, E., Marshall, S., Mayr, H., Trakman, G., Tatucu-Babet, O., Lassemillante, A., Bramley, A., Reddy, A., Forsyth, A., Tierney, A., Thomas, C., Itsiopoulos, C., & Marx, W. (2019). The effect of high-polyphenol extra virgin olive oil on cardiovascular risk factors: A systematic review and meta-analysis. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(17), 2772-2795. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1470491>
- Gimeno, E., Castellote, A., Lamuela-Raventós, R., De la Torre, M., & López-Sabater, M. (2002). The effects of harvest and extraction methods on the antioxidant content (phenolics, α -tocopherol, and β -carotene) in virgin olive oil. *Food Chemistry*, 78(2), 207-211. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(01\)00399-5](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(01)00399-5)
- Gioti, K., Papachristodoulou, A., Benaki, D., Aligiannis, N., Skaltsounis, A., Mikros, E., & Tenta, R. (2021). Assessment of the Nutraceutical Effects of Oleuropein and the Cytotoxic Effects of Adriamycin, When Administered Alone and in Combination, in MG-63 Human Osteosarcoma Cells. *Nutrients*, 13(2), 354. <https://doi.org/10.3390/nu13020354>
- Goldsmith, C., Bond, D., Jankowski, H., Weidenhofer, J., Stathopoulos, C., Roach, P., & Scarlett, C. (2018). The Olive Biophenols Oleuropein and Hydroxytyrosol Selectively Reduce Proliferation, Influence the Cell Cycle, and Induce Apoptosis in Pancreatic Cancer Cells. *International journal of molecular sciences*, 19(7), 1930-1937. <https://doi.org/10.3390/ijms19071937>
- Górska-Warsewicz, H., Rejman, K., Laskowski, W., & Czczotko, M. (2019). Butter, Margarine, Vegetable Oils, and Olive Oil in the Average Polish Diet. *Nutrients*, 11(12), 2935. <https://doi.org/10.3390/nu11122935>
- Gorzynik-Debicka, M., Przychodzen, P., Cappello, F., Kuban-Jankowska, A., Marino Gammazza, A., Knap, N., Wozniak, M., & Gorska-Ponikowska, M. (2018). Potential Health Benefits of Olive Oil and Plant Polyphenols. *International Journal of Molecular Sciences*, 19(3), 686-693. <https://doi.org/10.3390/ijms19030686>
- Griñan-Lison, C., Blaya-Cánovas, J., López-Tejada, A., Ávalos-Moreno, M., Navarro-Ocón, A., Cara, F., González-González, A., Lorente, J., Marchal, J., & Granados-Principal, S. (2021). Antioxidants for the Treatment of Breast Cancer: Are We There Yet? *Antioxidants*, 10(2), 190-205. <https://doi.org/10.3390/antiox10020205>
- Hardman, R., Kennedy, G., Macpherson, H., Scholey, A., & Pipingas, A. (2016). Adherence to a Mediterranean-style diet and effects on cognition in adults: a qualitative evaluation and systematic review of longitudinal and prospective trials. *Frontiers in Nutrition*, 3, 16-22. <https://doi.org/10.3389/fnut.2016.00022>
- Hohmann, C., Cramer, H., Michalsen, A., Kessler, C., Steckhan, N., Choi, K., & Dobos, G. (2015). Effects of high phenolic olive oil on cardiovascular risk factors: A systematic review and meta-analysis. *Phytomedicine*, 22(6), 631-640. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2015.03.019>

- Ilak Peršurić, A., & Težak Damijanić, A. (2021). Connections between Healthy Behaviour, Perception of Olive Oil Health Benefits, and Olive Oil Consumption Motives. *Sustainability*, 13(14), 763-770. <https://doi.org/10.3390/su13147630>
- Imran, M., Nadeem, M., Gilani, S., Khan, S., Sajid, M., & Amir, R. (2018). Antitumor Perspectives of Oleuropein and Its Metabolite Hydroxytyrosol: Recent Updates. *Journal of Food Science*, 83(7), 1781-1791. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14198>
- Inciani, A., Serra, C., Atzeri, A., Melis, M., Serreli, G., Bandino, G., Sedda, P., Campus, M., Tuberoso, C., & Deiana, M. (2016). Extra virgin olive oil phenolic extracts counteract the pro-oxidant effect of dietary oxidized lipids in human intestinal cells. *Food and Chemical Toxicology*, 90, 171-180. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2016.02.015>
- Jimenez-Lopez, C., Carpena, M., Lourenço-Lopes, C., Gallardo-Gomez, M., Lorenzo, J.M., Barba, F., Prieto, M., & Simal-Gandara, J. (2020). Bioactive Compounds and Quality of Extra Virgin Olive Oil. *Foods*, 9(8), 1014-1020. <https://doi.org/10.3390/foods9081014>
- Jukić Špika, M., Perica, S., Žanetić, M., & Škevin, D. (2021). Virgin Olive Oil Phenols, Fatty Acid Composition and Sensory Profile: Can Cultivar Overpower Environmental and Ripening Effect? *Antioxidants*, 10(5), 689. <https://doi.org/10.3390/antiox10050689>
- Khalatbary, A. (2013). Olive oil phenols and neuroprotection. *Nutritional Neuroscience*, 16(6), 243-249. <https://doi.org/10.1179/1476830513Y.0000000052>
- Klimova, B., Novotný, M., Kuca, K., & Valis, M. (2019). Effect Of An Extra-Virgin Olive Oil Intake On The Delay Of Cognitive Decline: Role Of Secoiridoid Oleuropein? *Neuropsychiatric disease and treatment*, 15, 3033-3040. <https://doi.org/10.2147/NDT.S218238>
- Kouli, G., Panagiotakos, D., & Kyrou, I. (2019). Olive oil consumption and 10-year (2002-2012) cardiovascular disease incidence: the ATTICA study. *European Journal of Nutrition*, 58, 131-138. <https://doi.org/10.1007/s00394-017-1577-x>
- Kouka, P., Chatzieffraimidi, G., Raftis, G., Stagos, D., Angelis, A., Stathopoulos, P., Xynos, N., Skaltsounis, A., Tsatsakis, A., & Kouretas, D. (2018). Antioxidant effects of an olive oil total polyphenolic fraction from a Greek *Olea europaea* variety in different cell cultures. *Phytomedicine*, 47, 135-142. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2018.04.054>
- Kucukgul, A., Isgor, M., Duzguner, V., Atabay, M., & Kucukgul, A. (2020). Antioxidant Effects of Oleuropein on Hydrogen Peroxide-Induced Neuronal Stress- An **In Vitro** Study. *Anti-inflammatory & anti-allergy agents in medicinal chemistry*, 19(1), 74-84. <https://doi.org/10.2174/1871523018666190201145824>
- Kyçyk, O., Aguilera, M., Gaforio, J., Jiménez, A., & Beltrán, G. (2016). Sterol composition of virgin olive oil of forty-three olive cultivars from the World Collection Olive Germplasm Bank of Cordoba. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(12), 4143-4150. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7616>

- Larussa, T., Oliverio, M., Suraci, E., Greco, M., Placida, R., Gervasi, S., Marasco, R., Imeneo, M., Paolino, D., Tucci, L., Gulletta, E., Fresta, M., Procopio, A., & Luzza, F. (2017). Oleuropein Decreases Cyclooxygenase-2 and Interleukin-17 Expression and Attenuates Inflammatory Damage in Colonic Samples from Ulcerative Colitis Patients. *Nutrients*, 9(4), 388-391. <https://doi.org/10.3390/nu9040391>
- Lanza, B., & Ninfali, P. (2020). Antioxidants in Extra Virgin Olive Oil and Table Olives: Connections between Agriculture and Processing for Health Choices. *Antioxidants*, 9(1), 38-41. <https://doi.org/10.3390/antiox9010041>
- Leto, G., Flandina, C., Crescimanno, M., Giammanco, M., & Sepporta, M. (2021). Effects of oleuropein on tumor cell growth and bone remodelling: Potential clinical implications for the prevention and treatment of malignant bone diseases. *Life Sciences*, 264, 118694. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2020.118694>
- Li, X., Flynn, J., & Wang, S. (2019). The Effects of Variety, Growing Region, and Drought Stress on Fatty Acid and Sterol Compositions of California Olive Oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 96(3), 215-230. <https://doi.org/10.1002/aocs.12192>
- Lu, H., Zhu, J., Zhang, Z., Shen, W., Jiang, S., Long, Y., Wu, B., Ding, T., Huan, F., & Wang, S. (2019). Hydroxytyrosol and Oleuropein Inhibit Migration and Invasion of MDA-MB-231 Triple-Negative Breast Cancer Cell via Induction of Autophagy. *Anti-Cancer Agents in Medicinal Chemistry*, 19(16), 1983-1990. <https://doi.org/10.2174/1871520619666190722101207>
- Lucci, P., Bertoz, V., Pacetti, D., Moret, S., & Conte, L. (2020). Effect of the Refining Process on Total Hydroxytyrosol, Tyrosol, and Tocopherol Contents of Olive Oil. *Foods*, 9(3), 284-292. <https://doi.org/10.3390/foods9030292>
- Luzi, F., Pannucci, E., Clemente, M., Grande, E., Urciuoli, S., Romani, A., Torre, L., Puglia, D., Bernini, R., & Santi, L. (2021). Hydroxytyrosol and Oleuropein-Enriched Extracts Obtained from Olive Oil Wastes and By-Products as Active Antioxidant Ingredients for Poly (Vinyl Alcohol)-Based Films. *Molecules*, 26(7), 2104. <https://doi.org/10.3390/molecules26072104>
- Marcelino, G., Hiane, P., Freitas, K., Santana, L., Pott, A., Donadon, J., & Guimarães, R. (2019). Effects of Olive Oil and Its Minor Components on Cardiovascular Diseases, Inflammation, and Gut Microbiota. *Nutrients*, 11(8), 1826-1831. <https://doi.org/10.3390/nu11081826>
- Martakos, I., Kostakis, M., Dasenaki, M., Pentogennis, M., & Thomaidis, N. (2020). Simultaneous Determination of Pigments, Tocopherols, and Squalene in Greek Olive Oils: A Study of the Influence of Cultivation and Oil-Production Parameters. *Foods*, 9(1), 27-31. <https://doi.org/10.3390/foods9010031>
- Martínez-Beamonte, R., Sanclemente, T., Surra, J., & Osada, J. (2020). Could squalene be an added value to use olive by-products? *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(3), 915-925. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10116>
- Martín-García, B., Verardo, V., León, L., De la Rosa, R., Arráez-Román, D., Segura-Carretero, A., & Gómez-Caravaca, A. (2019). GC-QTOF-MS as valuable tool to evaluate the influence of

- cultivar and sample time on olive leaves triterpenic components. *Food Research International*, 115, 219-226. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.08.085>
- Martínez-González, M., Salas-Salvadó, J., Corella, R., Fitó, M., & Ros, E., (2015). Benefits of the Mediterranean Diet: Insights From the PREDIMED Study. *Progress in Cardiovascular Diseases*, 58(1), 50-60. <https://doi.org/10.1016/j.pcad.2015.04.003>
- Martinez-Gonzalez, M., & Martin-Calvo, N. (2016). Mediterranean diet and life expectancy; beyond olive oil, fruits, and vegetables. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, 19(6), 401-407. <https://doi.org/10.1097/MCO.0000000000000316>
- Martín-Peláez, S., Castañer, O., & Konstantinidou, V. (2017). Effect of olive oil phenolic compounds on the expression of blood pressure-related genes in healthy individuals. *European Journal of Nutrition*, 56, 663-670. <https://doi.org/10.1007/s00394-015-1110-z>
- Martín-Peláez, S., Castañer, O., Solà, R., Motilva, M., Castell, M., Pérez-Cano, F., & Fitó, M. (2016). Influence of Phenol-Enriched Olive Oils on Human Intestinal Immune Function. *Nutrients*, 8(4), 210-213. <https://doi.org/10.3390/nu8040213>
- Mastralexi, A., & Tsimidou, M. (2021). On the Squalene Content of CV Chondrolia Chalkidikis and Chalkidiki (Greece) Virgin Olive Oil. *Molecules*, 26(19), 6007. <https://doi.org/10.3390/molecules26196007>
- Mateos, R., Sarria, B., & Bravo, L. (2020). Nutritional and other health properties of olive oil. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(20), 3506-3521. <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1698005>
- Mazza, E., Fava, A., & Ferro, Y. (2018). Effect of the replacement of dietary vegetable oils with a low dose of extravirgin olive oil in the mediterranean diet on cognitive functions in the elderly. *Journal of Translational Medicine*, 16(1), 3-10. <https://doi.org/10.1186/s12967-018-1386-x>
- Mazzocchi, A., Leone, L., Agostoni, C., & Pali-Schöll, I. (2019). The Secrets of the Mediterranean Diet. Does [Only] Olive Oil Matter? *Nutrients*, 11(12), 294-301. <https://doi.org/10.3390/nu11122941>
- Medina, E., Romero, C., & Brenes, M. (2018). Residual Olive Paste as a Source of Phenolic Compounds and Triterpenic Acids. *The European Journal of Lipid Science and Technology*, 120(4), 1700368. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201700368>
- Melguizo-Rodríguez, L., Manzano-Moreno, F., Illescas-Montes, R., Ramos-Torrecillas, J., de Luna-Bertos, E., Ruiz, C., & García-Martínez, O. (2019). Bone Protective Effect of Extra-Virgin Olive Oil Phenolic Compounds by Modulating Osteoblast Gene Expression. *Nutrients*, 11(8), 1722. <https://doi.org/10.3390/nu11081722>
- Melero, V., Assaf-Balut, C., Torre, N., Jiménez, I., Bordiú, E., Valle, L., Valerio, J., Familiar, C., Durán, A., Runkle, I., Miguel, M., Montañez, C., Barabash, A., Cuesta, M., Herraiz, M., Izquierdo, N., Rubio, M., & Calle-Pascual, A. (2020). Benefits of Adhering to a Mediterranean Diet Supplemented with Extra Virgin Olive Oil and Pistachios in Pregnancy

- on the Health of Offspring at 2 Years of Age. Results of the San Carlos Gestational Diabetes Mellitus Prevention Study. *Journal of Clinical Medicine*, 9(5), 1454.
<https://doi.org/10.3390/jcm9051454>
- Messeha, S., Zarmouh, N., Asiri, A., & Soliman, K. (2020). Gene Expression Alterations Associated with Oleuropein-Induced Antiproliferative Effects and S-Phase Cell Cycle Arrest in Triple-Negative Breast Cancer Cells. *Nutrients*, 12(12), 3755.
<https://doi.org/10.3390/nu12123755>
- Mikrou, T., Pantelidou, E., Parasyri, N., Papaioannou, A., Kapsokefalou, M., Gardeli, C., & Mallouchos, A. (2020). Varietal and Geographical Discrimination of Greek Monovarietal Extra Virgin Olive Oils Based on Squalene, Tocopherol, and Fatty Acid Composition. *Molecules*, 25(17), 3818. <https://doi.org/10.3390/molecules25173818>
- Mingchih, F., Tsai, C., Wu, G., Tseng, S., Cheng, H., Kuo, C., Hsu, C., Kao, Y., Shih, D., & Chiang, Y. (2015). Identification and quantification of Cu-chlorophyll adulteration of edible oils. *Food Additives & Contaminants: Part B*, 8(3), 157-162.
<https://doi.org/10.1080/19393210.2015.1025861>
- Mohammad-Beigi, H., Aliakbari, F., Sahin, C., Lomax, C., Tawfike, A., Schafer, N., Amiri-Nowdijeh, A., Eskandari, H., Møller, I., Hosseini-Mazinani, M., Christiansen, G., Ward, J. L., Morshedi, D., & Otzen, D. (2019). Oleuropein derivatives from olive fruit extracts reduce α -synuclein fibrillation and oligomer toxicity. *The Journal of biological chemistry*, 294(11), 4215-4232. <https://doi.org/10.1074/jbc.RA118.005723>
- Montesano, D., Rocchetti, G., Cossignani, L., Senizza, B., Pollini, L., Lucini, L., & Blasi, F. (2019). Untargeted Metabolomics to Evaluate the Stability of Extra-Virgin Olive Oil with Added *Lycium barbarum* Carotenoids during Storage. *Foods*, 8(6), 170-179.
<https://doi.org/10.3390/foods8060179>
- Navas-López, J., Cano, J., de la Rosa, R., Velasco, L., & León, L. (2020). Genotype by environment interaction for oil quality components in olive tree. *European Journal of Agronomy*, 119, 126115. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2020.126115>
- Nediani, C., Ruzzolini, J., Romani, A., & Calorini, L. (2019). Oleuropein, a Bioactive Compound from *Olea europaea* L., as a Potential Preventive and Therapeutic Agent in Non-Communicable Diseases. *Antioxidants*, 8(12), 565-578.
<https://doi.org/10.3390/antiox8120578>
- Oliveras-López, M., Berná, G., Jurado-Ruiz, E., López-García de la Serrana, H., & Martín, F. (2014). Consumption of extra-virgin olive oil rich in phenolic compounds has beneficial antioxidant effects in healthy human adults. *Journal of Functional Foods*, 10, 475-484.
<https://doi.org/10.1016/j.jff.2014.07.013>
- Olmo-García, L., Bajoub, A., Monasterio, R., Fernández-Gutiérrez, A., & Carrasco-Pancorbo, A. (2018). Development and validation of LC-MS-based alternative methodologies to GC-MS for the simultaneous determination of triterpenic acids and dialcohols in virgin olive oil. *Food Chemistry*, 239, 631-639. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.06.142>

- Omar, S. (2010). Cardioprotective and neuroprotective roles of oleuropein in olive. *Saudi pharmaceutical journal*, 18(3), 111-121. <https://doi.org/10.1016/j.jsps.2010.05.005>
- Pang, K., Lumintang, J., & Chin, K. (2021). Thyroid-Modulating Activities of Olive and Its Polyphenols: A Systematic Review. *Nutrients*, 13(2), 520-529. <https://doi.org/10.3390/nu13020529>
- Pedan, V., Popp, M., Rohn, S., Nyfeler, M., & Bongartz, A. (2019). Characterization of Phenolic Compounds and Their Contribution to Sensory Properties of Olive Oil. *Molecules*, 24(11), 2041. <https://doi.org/10.3390/molecules24112041>
- Piroddi, M., Albin, A., Fabiani, R., Giovannelli, L., Luceri, C., Natella, F., Rosignoli, P., Rossi, T., Taticchi, A., Servili, M., & Galli, F. (2017). Nutrigenomics of extra-virgin olive oil: A review. *BioFactors*, 43(1), 17-41. <https://doi.org/10.1002/biof.1318>
- Plasquy, E., García Martos, J., Florido, M., Sola-Guirado, R., & García Martín, J. (2021). Cold Storage and Temperature Management of Olive Fruit: The Impact on Fruit Physiology and Olive Oil Quality-A Review. *Processes*, 9(9), 1540-1543. <https://doi.org/10.3390/pr9091543>
- Quintero-Flórez, A., Pereira-Caro, G., & Sánchez-Quezada, C. (2018). Effect of olive cultivar on bioaccessibility and antioxidant activity of phenolic fraction of virgin olive oil. *European Journal of Nutrition*, 57, 1925-1946. <https://doi.org/10.1007/s00394-017-1475-2>
- Ramírez-Anaya, J., Castañeda-Saucedo, M., Olalla-Herrera, M., Villalón-Mir, M., Serrana, H., & Samaniego-Sánchez, C. (2019). Changes in the Antioxidant Properties of Extra Virgin Olive Oil after Cooking Typical Mediterranean Vegetables. *Antioxidants*, 8(8), 240-246. <https://doi.org/10.3390/antiox8080246>
- Reboredo-Rodríguez, P., Varela-López, A., Forbes-Hernández, T., Gasparri, M., Afrin, S., Cianciosi, D., Zhang, J., Manna, P., Bompadre, S., Quiles, J., Battino, M., & Giampieri, F. (2018). Phenolic Compounds Isolated from Olive Oil as Nutraceutical Tools for the Prevention and Management of Cancer and Cardiovascular Diseases. *International Journal of Molecular Sciences*, 19(8), 230-235. <https://doi.org/10.3390/ijms19082305>
- Rigacci, S. (2015). Olive oil phenols as promising multi-targeting agents against Alzheimer's disease. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 863, 1-20. https://doi.org/10.1007/978-3-319-18365-7_1
- Rodríguez-López, P., Lozano-Sanchez, J., Borrás-Linares, I., Emanuelli, T., Menéndez, J., & Segura-Carretero, A. (2020). Structure–Biological Activity Relationships of Extra-Virgin Olive Oil Phenolic Compounds: Health Properties and Bioavailability. *Antioxidants*, 9(8), 679-685. <https://doi.org/10.3390/antiox9080685>
- Romani, A., Ieri, F., Urciuoli, S., Noce, A., Marrone, G., Nediani, C., & Bernini, R. (2019). Health Effects of Phenolic Compounds Found in Extra-Virgin Olive Oil, By-Products, and Leaf of *Olea europaea* L. *Nutrients*, 11(8), 1770-1776. <https://doi.org/10.3390/nu11081776>
- Rossi, M., Caruso, F., Kwok, L., Lee, G., & Caruso, A. (2017). Protection by extra virgin olive oil against oxidative stress in vitro and in vivo. Chemical and biological studies on the health

- benefits due to a major component of the Mediterranean diet. *PLOS ONE*, 12(12), e0189341. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0189341>
- Ruzzolini, J., Peppicelli, S., Andreucci, E., Bianchini, F., Scardigli, A., Romani, A., la Marca, G., Nediani, C., & Calorini, L. (2018). Oleuropein, the Main Polyphenol of *Olea europaea* Leaf Extract, Has an Anti-Cancer Effect on Human BRAF Melanoma Cells and Potentiates the Cytotoxicity of Current Chemotherapies. *Nutrients*, 10(12), 1950. <https://doi.org/10.3390/nu10121950>
- Salis, C., Papageorgiou, L., Papakonstantinou, E., Hagidimitriou, M., & Vlachakis, D. (2020). Olive Oil Polyphenols in Neurodegenerative Pathologies. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 1195, 77-91. https://doi.org/10.1007/978-3-030-32633-3_12
- Sanchez- Rodríguez, E., Biel-Glesson, S., Fernandez-Navarro, J., Calleja, M., Espejo-Calvo, J., Gil-Extremera, B., de la Torre, R., Fito, M., Covas, M., Vilchez, P., Alche, J., Martinez de Victoria, E., Gil, A., & Mesa, M. (2019). Effects of Virgin Olive Oils Differing in Their Bioactive Compound Contents on Biomarkers of Oxidative Stress and Inflammation in Healthy Adults: A Randomized Double-Blind Controlled Trial. *Nutrients*, 11(3), 555-561. <https://doi.org/10.3390/nu11030561>
- Sánchez-Rodríguez, M., Sánchez-López, E., Marinas., A., Urbano, F., & Caridad, J. (2020). Functional approach and agro-climatic information to improve the estimation of olive oil fatty acid content from near-infrared data. *Food Science & Nutrition*, 8(1), 351-360. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1312>
- Sarapis, K., George, E., & Marx, W. (2021). Extra virgin olive oil high in polyphenols improves antioxidant status in adults: a double-blind, randomized, controlled, cross-over study (OLIVAUS). *European Journal of Nutrition*, 2(3), 21-39. <https://doi.org/10.1007/s00394-021-02712-y>
- Scoditti, E., Massaro, M., Carluccio, M., Pellegrino, M., & Wabitsch, M. (2015). Additive Regulation of Adiponectin Expression by the Mediterranean Diet Olive Oil Components Oleic Acid and Hydroxytyrosol in Human Adipocytes. *PLOS ONE*, 10(6), e0128218. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0128218>
- Shavakhi, F., Moradi, P., & Azimi, M. (2021). Evaluation of the Fatty Acids Composition and Quality of Olive Oil Produced in Different Provinces of Iran. *Journal of Agricultural Research*, 18(67), 141-158. <https://cutt.ly/wWHuB5z>
- Shen, J., Wilmot, K., Ghasemzadeh, N., Molloy, D., Burkman, G., Mekonnen, G., Gongora, M., Quyyumi, A., & Sperling, L. (2015). Mediterranean Dietary Patterns and Cardiovascular Health. *Annual Review of Nutrition*, 35(1), 425-449. <https://doi.org/10.1146/annurev-nutr-011215-025104>
- Shendi, E., Ozay, D., & Ozkaya, M. (2020). Effects of filtration process on the minor constituents and oxidative stability of virgin olive oil during 24 months storage time. *OCL - Oilseeds and fats, Crops and Lipids*, 27, 37-40. <https://doi.org/10.1051/ocl/2020030>

- Song, H., Lim, D., Jung, J., Cho, H., Park, S., Kwon, G., Kang, Y., Lee, K., Choi, M., & Park, J. (2017). Dietary oleuropein inhibits tumor angiogenesis and lymphangiogenesis in the B16F10 melanoma allograft model: a mechanism for the suppression of high-fat diet-induced solid tumor growth and lymph node metastasis. *Oncotarget*, 8(19), 32027-32042. <https://doi.org/10.18632/oncotarget.16757>
- Sun, W., Frost, B., & Liu, J. (2017). Oleuropein, unexpected benefits!. *Oncotarget*, 8(11), 17409. <https://doi.org/10.18632/oncotarget.15538>
- Tanno, R., Kato, S., Shimizu, N., Ito, J., Sato, S., Ogura, Y., Sakaino, M., Sano, T., Eitsuka, Shigefumi Kuwahara, T., Miyazawa, T., & Nakagawa, K. (2020). Analysis of oxidation products of α -tocopherol in extra virgin olive oil using liquid chromatography–tandem mass spectrometry. *Food Chemistry*, 306, 23-34. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125582>
- Tarhan, I., Ismail, A., & Kara, H. (2017). Quantitative determination of free fatty acids in extra virgin olive oils by multivariate methods and Fourier transform infrared spectroscopy considering different absorption modes. *International Journal of Food Properties*, 20(1), 790-797. <https://doi.org/10.1080/10942912.2017.1312437>
- Uncu, O., & Ozen, B. (2020). Importance of some minor compounds in olive oil authenticity and quality. *Trends in Food Science & Technology*, 100, 164-176. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.04.013>
- Varela-Eirín, M., Carpintero-Fernández, P., Sánchez-Temprano, A., Varela-Vázquez, A., Paíno, C. L., Casado-Díaz, A., Continente, A., Mato, V., Fonseca, E., Kandouz, M., Blanco, A., Caeiro, J., & Mayán, M. (2020). Senolytic activity of small molecular polyphenols from olive restores chondrocyte redifferentiation and promotes a pro-regenerative environment in osteoarthritis. *Aging*, 12(16), 15882-15905. <https://doi.org/10.18632/aging.103801>
- Vazquez, A., Sanchez-Rodriguez, E., Vargas, F., Montoro-Molina, S., Romero, M., Espejo-Calvo, J., Vilchez, P., Jaramillo, S., Olmo-García, L., Carrasco-Pancorbo, A., de la Torre, R., Fito, M., Covas, M., Martínez de Victoria, E., & Mesa, M.D. (2019). Cardioprotective Effect of a Virgin Olive Oil Enriched with Bioactive Compounds in Spontaneously Hypertensive Rats. *Nutrients*, 11(8), 1728. <https://doi.org/10.3390/nu11081728>
- Venturini, D., Colado Simão, A., Ragassi Urbano, M., & Dichi, I. (2015). Effects of extra virgin olive oil and fish oil on lipid profile and oxidative stress in patients with metabolic syndrome. *Nutrition*, 31(6), 834-840. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2014.12.016>
- Verkempinck, S., Salvia-Trujillo, L., Moens, L., Carrillo, C., Van Loey, A., Hendrickx, M., & Grauwet, T. (2018). Kinetic approach to study the relation between *in vitro* lipid digestion and carotenoid bioaccessibility in emulsions with different oil unsaturation degree. *Journal of Functional Foods*, 41, 135-147. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.12.030>
- Visioli, F., Franco, M., & Toledo, E. (2018). Olive oil and prevention of chronic diseases: summary of an international conference. *Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Diseases*, 28(7), 649-656. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2018.04.004>

- Wang, H., & Wan, X. (2021). Effect of chlorophyll fluorescence quenching on quantitative analysis of adulteration in extra virgin olive oil. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 248, 1386-1399. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2020.119183>
- Xia, Z., Han, Y., Du, H., McClements, D., & Xiao, T. (2020). Exploring the effects of carrier oil type on *in vitro* bioavailability of β -carotene: A cell culture study of carotenoid-enriched nanoemulsions. *LWT Food Science and Technology*, 134, 202-224. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110224>
- Xing, C., Xu, L., & Yao, Y. (2021). Beneficial role of oleuropein in sepsis-induced myocardial injury. Possible Involvement of GSK-3 β /NF-kB pathway. *Acta chirurgica brasileira*, 36(1), e360107. <https://doi.org/10.1590/ACB360107>
- Yin, M., Jiang, N., Guo, L., Ni, Z., Al-Brakati, A., Othman, M., Abdel Moneim, A., & Kassab, R. (2019). Oleuropein suppresses oxidative, inflammatory, and apoptotic responses following glycerol-induced acute kidney injury in rats. *Life Science*, 232, 116634. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2019.116634>
- Zhang, W., Liu, X., & Li, Q. (2018). Protective Effects of Oleuropein Against Cerebral Ischemia/Reperfusion by Inhibiting Neuronal Apoptosis. *Medical science monitor : international medical journal of experimental and clinical research*, 24, 6587-6598. <https://doi.org/10.12659/MSM.912336>
- Zhang, Z., Zhao, H., & Wang, A. (2021). Oleuropein alleviates gestational diabetes mellitus by activating AMPK signaling. *Endocrine connections*, 10(1), 45-53. <https://doi.org/10.1530/EC-20-0466>
- Zielińska, A., Wójcicki, K., Klensporf-Pawlik, D., Dias-Ferreira, J., Lucarini, M., Durazzo, A., Lucariello, G., Capasso, R., Santini, A., Souto, E., & Nowak, I. (2020). Chemical and Physical Properties of Meadowfoam Seed Oil and Extra Virgin Olive Oil: Focus on Vibrational Spectroscopy. *Journal of Spectroscopy*, 120-129. <https://doi.org/10.1155/2020/8870170>
- Zorić, N., Kopjar, N., Rodriguez J., Tomić, S., & Kosalec, I. (2021). Protective effects of olive oil phenolics oleuropein and hydroxytyrosol against hydrogen peroxide-induced DNA damage in human peripheral lymphocytes. *Acta Pharmaceutica*, 71(1), 131-141. <https://doi.org/10.2478/acph-2021-0003>