



**ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ**

**ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ**

**ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ & ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ**

---

**Πτυχιακή Εργασία**

**«Το ελαιόλαδο και η συμβολή του  
στο πεπτικό σύστημα του ανθρώπου»**

**Τζουμάκας Νικόλαος**

**A.M. : 264**

**Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή**

**Τσαγκαράκης Κωνσταντίνος (Επιβλέπων)**

**Σφενδουράκης Ιωάννης**

**Λαπιδάκης Νικόλαος**

**ΣΗΤΕΙΑ, Φεβρουάριος 2023**



**HELLENIC MEDITERRANEAN UNIVERSITY**  
**SCHOOL OF HEALTH SCIENCES**  
**DEPARTMENT OF NUTRITION & DIETETICS SCIENCES**

---

**THESIS**

**for the Undergraduate Degree**

«Olive oil and its contribution to the human digestive system»

«Tzoumakas Nikolaos»

YD: 264

**Three-member Examination Committee**

Tsagarakis Konstantinos (supervisor)

Sfendourakis Ioannis

Lapidakis Nikolaos

SITIA, February 2023

Υπεύθυνη Δήλωση Συγγραφέα:

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν. 1599/1986 και τα άρθρα 2,4,6 παρ. 3 του Ν. 1256/1982, η παρούσα εργασία αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής εργασίας και δεν προσβάλλει κάθε μορφής πνευματικά δικαιώματα τρίτων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον.

Αποδέχομαι ότι η Βιβλιοθήκη μπορεί, χωρίς να αλλάξει το περιεχόμενο της εργασίας μου, να τη διαθέσει σε ηλεκτρονική μορφή μέσα από την ψηφιακή Βιβλιοθήκη της, να την αντιγράψει σε οποιοδήποτε μέσο ή/και σε οποιοδήποτε μορφότυπο, καθώς και να κρατά περισσότερα από ένα αντίγραφα για λόγους συντήρησης και ασφάλειας.

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Πριν την παρουσίαση της πτυχιακής μου εργασίας, αισθάνομαι την υποχρέωση να ευχαριστήσω ορισμένους ανθρώπους που έπαιξαν σημαντικό ρόλο στην πραγματοποίησή της.

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά, τόσο τον επιβλέποντα καθηγητή της πτυχιακής μου εργασίας, κ. Τσαγκαράκη Κωνσταντίνο, για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγησή του σε όλο το διάστημα της εκπόνησής της, όσο και τον κ. Σφενδουράκη Ιωάννη, για τις πολύτιμες συμβουλές και την καθοριστικής σημασίας στήριξή του, κατά την διάρκεια της εργασίας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους αυτούς που με στήριξαν στην προσπάθεια αυτή και ειδικότερα το σύνολο του προσωπικού του Τμήματος Επιστημών Διατροφής και Διαιτολογίας, για όλη την κατανόηση που έδειξαν κατά την διάρκεια της φοίτησής μου.

Τζουμάκας Νικόλαος, Σητεία, Φεβρουάριος 2023.

## Περίληψη

Απώτερος σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η μελέτη της συμβολής του ελαιόλαδου στο ανθρώπινο πεπτικό σύστημα. Αποφασίστηκε η ενασχόλησή μας με το συγκεκριμένο ζήτημα, λόγω των πολλαπλών ωφελειών που έχουν αναφερθεί ότι απορρέουν από την κατανάλωση ελαιόλαδου στον ανθρώπινο οργανισμό. Ωστόσο, ο σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας καλύπτεται αμιγώς μέσω ανασκόπησης της υφιστάμενης βιβλιογραφίας επί του συγκεκριμένου ζητήματος. Το ελαιόλαδο απαρτίζεται κυρίως από το μονοακόρεστο ελαϊκό οξύ, το οποίο με τη σειρά του περιλαμβάνει τριγλυκερίδια και λοιπές ενώσεις μικροσυστατικών. Η πέψη των τριγλυκεριδίων που περιλαμβάνουν το ελαϊκό οξύ είναι σύνθετη. Στο πλαίσιο αυτής, περιλαμβάνεται ένα σύνολο ενζυματικής φύσεως δράσεων και φυσικοχημικών μεταβολών. Βασισμένοι στην παραπάνω έρευνα θα προσπαθήσουμε να αποδείξουμε ότι το ελαιόλαδο διαδραματίζει πρωταγωνιστικό ρόλο στον σχηματισμό υδρογονανθράκων, που είναι εμπλουτισμένοι με το λεγόμενο ελαϊκό οξύ, το οποίο θεωρείται ιδιαίτερος ευνοϊκό στην κυτταρική σύνθεση των φωσφολιπιδίων και των τριγλυκεριδίων. Από την κατανάλωση του ελαιόλαδου προάγεται η καταστολή της έκκρισης γαστρικού οξέος. Αυτό, με τη σειρά του, κρίνεται ιδιαίτερος ευνοϊκό στην απελευθέρωση της λεγόμενης χοληκυστοκινίνης. Σε γενικές γραμμές, συνιστάται η κατανάλωση του ελαιόλαδου, καθώς συνοδεύεται από πολλαπλές ευεργετικές ιδιότητες, συμπεριλαμβανομένης της ελαχιστοποίησης των πιθανοτήτων εμφάνισης γαστρικών και στομαχικών ασθενειών στον ανθρώπινο οργανισμό.

Λέξεις-κλειδιά: Ελαιόλαδο, Σύνθεση, Πέψη, Πεπτικό Σύστημα, Συμβολή, Οφέλη.

## **Abstract**

The ultimate goal of this thesis is to study the contribution of olive oil to the human digestive system. We decided to deal with this specific issue, due to the multiple benefits that have been reported to derive from the consumption of olive oil in the human body. However, the purpose of this thesis is covered purely through a review of the existing literature on the specific issue. Olive oil is mainly composed of monounsaturated oleic acid, which in turn includes triglycerides and other compounds of trace elements. The digestion of triglycerides that include oleic acid is complex. In this context, a set of enzymatic actions and physicochemical changes is included. Based on the above research, we will try to prove that olive oil plays a leading role in the formation of hydrocarbons, which are enriched with the so-called oleic acid, which is considered particularly favorable in the cellular synthesis of phospholipids and triglycerides. The consumption of olive oil promotes the suppression of gastric acid secretion. This, in turn, is considered particularly favorable to the release of the so-called cholecystinin. In general, it is recommended to consume olive oil, as it comes with multiple beneficial properties, including minimizing the chances of gastric and stomach diseases in the human body.

*Keywords: Olive oil, Composition, Digestion, Digestive system, Contribution, Benefits.*

## Περιεχόμενα

Περίληψη .....	v
Abstract.....	vi
Περιεχόμενα .....	<b>Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.ii</b>
Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή.....	1
1.1 Σκοπός πτυχιακής εργασίας και αντικείμενο.....	1
1.2 Σπουδαιότητα μελέτης και συμβολή στην ήδη υφιατάμενη γνώση .....	1
1.3 Σύντομη ανασκόπηση κεφαλαίων .....	3
Κεφάλαιο 2: Η σύσταση του ελαιολάδου.....	5
2.1 Λιπαρά οξέα.....	5
2.2 Φωσφολιπίδια .....	7
2.3 Λοιπά συστατικά στοιχεία .....	7
Κεφάλαιο 3: Τα αντιοξειδωτικά συστατικά .....	10
3.1 Τα συνθετικά αντιοξειδωτικά .....	10
3.2 Τα φυσικά αντιοξειδωτικά.....	10
3.3 Η σημασία των αντιοξειδωτικών .....	11
3.4 Η επίδραση της αποθήκευσης του ελαιολάδου στα αντιοξειδωτικά .....	12
Κεφάλαιο 4: Το ανθρώπινο πεπτικό σύστημα .....	16
4.1 Η πρόσληψη τροφής από το στόμα .....	16
4.2 Οισοφάγος.....	18
4.3 Στομάχι .....	18
4.4 Λεπτό Έντερο .....	19
4.5 Πάγκρεας και συκώτι.....	20
<i>Πτυχιακή Εργασία</i>	vii

4.6 Χολυδόχος κύστη.....	20
4.7 Παχύ Έντερο.....	20
4.8 Πρωκτός.....	21
Κεφάλαιο 5: Η συμβολή του ελαιολάδου στο ανθρώπινο πεπτικό σύστημα.....	23
5.1 Η πέψη του ελαιολάδου κατά την έκκριση του γαστρικού οξέος .....	23
5.2 Η πέψη του ελαιολάδου στο δωδεκαδάκτυλο και στο λεπτό έντερο.....	26
5.3 Η απορρόφηση των μονογλυκεριδίων του ελαιολάδου και των ελεύθερων λιπαρών οξέων στο δωδεκαδάκτυλο .....	28
5.4 Η ενδοκυτταρική επανασύνθεση των τριγλυκειδίων.....	32
5.5 Η απορρόφηση των μικρών συστατικών ενώσεων του ελαιολάδου στο ανθρώπινο έντερο.....	33
5.6 Η ένωση των εντερικών λιποπρωτεϊνών που περιέχουν τα τριγλυκερίδια του ελαιολάδου και λοιπές δευτερεύουσες ενώσεις.....	36
Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα.....	39
Βιβλιογραφία .....	41



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1 ΣΚΟΠΟΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ

Απώτερος σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η μελέτη της συμβολής του ελαιόλαδου στο ανθρώπινο πεπτικό σύστημα. Πρόκειται για ένα ζήτημα, το οποίο προσεγγίζεται αμιγώς βιβλιογραφικά. Πιο συγκεκριμένα, για την κάλυψη του συγκεκριμένου ζητήματος συλλέχθηκαν και αναλύθηκαν δευτερογενή δεδομένα, δηλαδή δεδομένα που προκύπτουν από άλλες μελέτες και έρευνες.

Στο σημείο αυτό, τονίζεται, ότι για λόγους κάλυψης του βασικού σκοπού της παρούσας πτυχιακής εργασίας, παρατίθενται πληροφοριακά στοιχεία αναφορικά με τη σύσταση του ελαιόλαδου, των αντιοξειδωτικών συστατικών, καθώς επίσης και σχετικών με τη λειτουργία του ανθρώπινου πεπτικού συστήματος.

### 1.2 ΣΠΟΥΔΑΙΟΤΗΤΑ ΜΕΛΕΤΗΣ ΚΑΙ ΣΥΜΒΟΛΗ ΣΤΗΝ ΗΛΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΓΝΩΣΗ

Αδιαμφισβήτητα, η μεσογειακή διατροφή έχει καταστεί ένα δημοφιλές πολιτιστικό μοντέλο για τη διατροφική βελτίωση. Διαφορετικές χώρες και περιοχές της Μεσογείου διαθέτουν τις δικές τους διατροφικές παραδόσεις, αλλά σε όλες εξ αυτών, το ελαιόλαδο κατέχει κομβικό ρόλο και κεντρική θέση. Πρόσφατα δεδομένα υποδηλώνουν ότι τα συστατικά του μπορεί να διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην πρόληψη ασθενειών.

Το ελαιόλαδο μπορεί να καταναλωθεί σε φυσική κατάσταση, η οποία είναι γνωστή ως κατανάλωση έξτρα ή παρθένου ελαιόλαδου. Το εξαιρετικά παρθένο ελαιόλαδο είναι ένα είδος ελαιόλαδου, του οποίου η ελεύθερη οξύτητα, εκφραζόμενη σε ελαιϊκό οξύ,

δεν υπερβαίνει το 0,8 γραμμάρια ανά 100 γραμμάρια και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του, ήτοι το χρώμα και η γεύση του είναι έντονα. Υπάρχει ακόμα το παρθένο, (με οξύτητα έως 2 γραμμάρια ανά 100), το εξευγενισμένο (αυτό που έχει υποστεί χημική επεξεργασία), το πυρηνέλαιο και μίξη των προαναφερόμενων. Το ελαιϊκό οξύ, το οποίο αποτελεί ένα μονοακόρεστο λιπαρό οξύ, είναι το κύριο συστατικό του ελαιόλαδου. Τα επίπεδα λιπαρών οξέων ποικίλλουν κατά το διαφορετικό στάδιο ωρίμανσης των ελιών, την ποικιλία και τις συνθήκες ανάπτυξής τους. Είναι γενικά αποδεκτό ότι οι ψυχρότερες περιοχές παράγουν ελαιόλαδο με υψηλότερη μονοακόρεστη περιεκτικότητα συγκριτικά με περιοχές που διαθέτουν θερμότερα κλίματα. Η αναλογία λινελαϊκού οξέος σε έλαια, τείνει να είναι υψηλότερη στις θερμότερες περιοχές.<sup>1</sup>

Τα παρθένα και εξευγενισμένα έλαια διαφέρουν στη σύνθεση των δευτερευόντων ενώσεων που θα μπορούσαν να κυμαίνονται μεταξύ 1-3%. Τα συστατικά των δευτερευουσών ενώσεων υπάρχουν σε χαμηλές συγκεντρώσεις, αλλά είναι υπεύθυνα για τη μοναδική και ευαίσθητη γεύση του ελαιόλαδου. Τέτοιου είδους παραδείγματα είναι οι αλδεύδες, οι αλκοόλες, οι εστέρες, οι υδρογονάνθρακες, οι κετόνες και λοιπά δευτερεύοντα συστατικά. Συν τοις άλλοις, εμπεριέχονται και σημαντικές βιοδραστικές ενώσεις όπως είναι επί παραδείγματι η  $\alpha$ -τοκοφερόλη, η οποία συνοδεύεται από την ένταση της δραστηριότητας της βιταμίνης E στον ανθρώπινο οργανισμό και  $\beta$ -καροτίνη, η οποία είναι συνυφασμένη με την επάρκεια της βιταμίνης A.<sup>2</sup>

Το ελαιόλαδο, όταν εμπεριέχεται στη διατροφή, σηματοδοτεί, επίσης, την πρόσληψη φαινολικών αντιοξειδωτικών. Η ποσότητα των φαινολικών ενώσεων που εμπεριέχεται στο ελαιόλαδο εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως η ποικιλία, ο βαθμός ωρίμανσης, οι πιθανές προσβολές και το κλίμα. Η διαδικασία της λήψης ελαιόλαδου ασκεί, συν τοις άλλοις, επιρροή στην περιεκτικότητα σε φαινολικές ενώσεις.<sup>3</sup>

Οι διεργασίες με τις οποίες τα τριγλυκερίδια και οι δευτερεύουσες ενώσεις από το ελαιόλαδο αφομοιώνονται και απορροφώνται στη γαστρεντερική οδό θα περιγραφούν στο πλαίσιο της εν λόγω πτυχιακής εργασίας, προκειμένου να επισημανθεί μέσω της εν λόγω περιγραφής, ο ρόλος του ελαιόλαδου στο ανθρώπινο πεπτικό σύστημα. Ο λόγος που προσελκύσθηκε το μελετητικό ενδιαφέρον μας επί του συγκεκριμένου ζητήματος έγκειται στην θετική φήμη που επικρατεί γύρω από το θέμα της συμβολής

του ελαιόλαδου στην προστασία και προάσπιση του ανθρώπινου οργανισμού από σοβαρές νόσους και ασθένειες και ο έντονα ευεργετικός χαρακτήρας αυτού.

### 1.3 ΣΥΝΤΟΜΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΚΕΦΑΛΑΙΩΝ

Στο δεύτερο κεφάλαιο της παρούσας πτυχιακής εργασίας δίνεται έμφαση στην σύσταση του ελαιόλαδου. Πιο συγκεκριμένα, γίνεται μνεία στην υπόσταση λιπαρών οξέων, φωσφολιπιδίων και λοιπών συστατικών στοιχείων, από τα οποία απαρτίζεται το ελαιόλαδο.

Στο τρίτο κεφάλαιο επικεντρωνόμαστε στα αντιοξειδωτικά συστατικά του ελαιόλαδου. Αναλυτικότερα, γίνεται αναφορά στα λεγόμενα συνθετικά αντιοξειδωτικά, Καθώς επίσης και στα φυσικά αντιοξειδωτικά. Στη συνέχεια αναλύεται και περιγράφεται η σημασία των αντιοξειδωτικών, καθώς επίσης και η επίδραση της αποθήκευσης του ελαιόλαδου στην υπόσταση αντιοξειδωτικών συστατικών.

Στο τέταρτο κεφάλαιο περιγράφεται το ανθρώπινο πεπτικό σύστημα και η λειτουργία του. Το συγκεκριμένο κεφάλαιο είναι επιμερισμένο τα διάφορα επιμέρους στάδια που ακολουθούνται κατά την διαδικασία της πέψης. Έτσι, ξεκινά με την περίπτωση της πρόσληψης της τροφής από το στόμα και στη συνέχεια ακολουθεί το στάδιο των διεργασιών που ακολουθούνται στην περιοχή του οισοφάγου, της διάσπασης και επεξεργασίας της προσλαμβάνουσας τροφής στο στομάχι, των διεργασιών που ακολουθούνται στο λεπτό έντερο, στο πάγκρεας, στο συκώτι, στη χοληδόχο κύστη, στο παχύ έντερο και τέλος, στον πρωκτό.

Στο πέμπτο κεφάλαιο αναλύεται η συμβολή του ελαιόλαδου στο ανθρώπινο πεπτικό σύστημα. Για λόγους πληρέστερης ανάλυσης, το συγκεκριμένο κεφάλαιο απαρτίζεται από τα εξής στάδια αναλύσεων: αρχικά, περιγράφεται η πέψη του ελαιόλαδου κατά την έκκριση του γαστρικού οξέος. Στη συνέχεια, περιγράφεται η πέψη του ελαιόλαδου στην περιοχή του δωδεκαδακτύλου και του λεπτού εντέρου. Κατόπιν, περιγράφεται η διαδικασία της απορρόφησης των μονογλυκεριδίων του ελαιόλαδου και των ελεύθερων λιπαρών οξέων στον δωδεκαδάκτυλο. Κατόπιν των ανωτέρω, περιγράφεται

η διαδικασία της ενδοκυτταρικής επανασύνθεσης των τριγλυκεριδίων. Στη συνέχεια, ακολουθεί η περιγραφή της απορρόφησης των μικροσυστατικών ενώσεων του ελαιόλαδου, στο ανθρώπινο έντερο. Ύστερα, περιγράφεται η διαδικασία της ένωσης των εντερικών λιποπρωτεϊνών, οι οποίες περιέχουν τα τριγλυκερίδια του ελαιόλαδου και λοιπές δευτερεύουσες ενώσεις.

Στο έκτο και τελευταίο κεφάλαιο της παρούσας πτυχιακής παρατίθενται τα γενικά συμπεράσματα που εξάγονται κατόπιν της προγενέστερης ανάλυσης που μόλις περιγράφηκε.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. Η ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ

### 2.1 ΛΙΠΑΡΑ ΟΞΕΑ

Το 98%-99% περίπου της σύστασης του ελαιόλαδου είναι κυρίως τριγλυκερίδια, δηλαδή ενώσεις (περίπου 20 διαφορετικές) λιπαρών οξέων με μόρια γλυκερίνης, υπεύθυνα για τη λιπαρή αίσθηση στο στόμα τα οποία αποκαλούμε σαπωνοποιήσιμο κλάσμα. Το υπόλοιπο 1-2% περίπου της σύστασης του ελαιόλαδου αφορά τα υπόλοιπα βιοενεργητικά συστατικά, αποτελούμενα από περισσότερες από 200 διαφορετικές ενώσεις τα οποία αποκαλούμε ασαπωνοποίητο κλάσμα.<sup>4</sup>

Όσον αφορά την περίπτωση των λιπαρών οξέων, η σύσταση του ελαιόλαδου σε αυτά είναι ασταθής, όπως συμβαίνει στην περίπτωση της συντριπτικής πλειοψηφίας των φυτικών ελαίων. Ο λόγος της αστάθειας αυτής έγκειται στην μεγάλη ποικιλομορφία των ελιών, στις διαφοροποιημένες επικρατούσες εδαφικές και κλιματικές συνθήκες της εκάστοτε περιοχής στην οποία παράγεται το ελαιόλαδο, ο βαθμός στον οποίο είναι ώριμος καρπός, καθώς επίσης και επιπρόσθετοι παρεμφερείς εξωγενείς παράγοντες.<sup>4</sup>

Τα βασικότερα λιπαρά οξέα, από τα οποία συντίθεται το ελαιόλαδο, ανήκουν στην κατηγορία των ακόρεστων λιπαρών οξέων. Τα βασικότερα λιπαρά οξέα, από τα οποία συντίθεται το ελαιόλαδο, ανήκουν στην κατηγορία των ακόρεστων λιπαρών οξέων. Σε μεγαλύτερη αναλογία βρίσκεται το μονοακόρεστο ελαϊκό (18:1). Δεύτερο σε ποσότητα είναι το λινελαϊκό λιπαρό οξύ (18:2), ενώ τα άλλα ακόρεστα οξέα που συναντώνται είναι το λινολενικό (18:3), αραχιδονικό (20:4) και το παλμιτελαϊκό οξύ (16:1). Από τα κορεσμένα σε μεγαλύτερο ποσοστό συναντάμε το παλμιτικό (16:0) και ακολουθεί το στεατικό (18:0). Υπάρχουν και άλλα οξέα σε μικρότερη ποσότητα (βεχενικό, λιγνοκερικό).<sup>4</sup>

Τα βασικά τριγλυκερίδια που βρίσκονται στο ελαιόλαδο εμπίπτουν στην κατηγορία του ελαϊκού οξέος. Τα συγκεκριμένα τριγλυκερίδια βρίσκονται σε ένα ποσοστό της τάξεως του 70-80% του βάρους του ελαιόλαδου. Ο λόγος του υψηλού αυτού ποσοστού

έγκειται στο γεγονός ότι η συγκεκριμένη κατηγορία τριγλυκεριδίων βρίσκεται σε υγρή μορφή σε θερμοκρασία δωματίου, κάτι το οποίο συμβαίνει και στην περίπτωση του ελαιόλαδου, το οποίο σε θερμοκρασία δωματίου, ομοίως, έχει υγρή μορφή.

Στο σημείο αυτό, επισημαίνεται ότι από την πλευρά της επιτροπής Codex Alimentarius, αναφορικά με τις αναλογίες των λιπών και των ελαίων, καθιερώθηκαν συγκεκριμένα ανώτατα και κατώτατα όρια αναφορικά με την περίπτωση των βασικών λιπαρών οξέων που εντοπίζονται στο ελαιόλαδο. Πιο συγκεκριμένα, η αναλογία του ελαϊκού οξέος οριοθετήθηκε σε ένα ποσοστό της τάξεως των 56 –83% του βάρους του ελαιόλαδου. Συνεχίζοντας, η αναλογία του παλμιτικού λιπαρού οξέος οριοθετήθηκε μεταξύ 7-20% και η αντίστοιχη του λινεαϊκού λιπαρού οξέος οριοθετήθηκε μεταξύ 3-20%.<sup>5</sup>

Σύμφωνα με την σύσταση του ελαιόλαδου ως προς την κατηγορία των λιπαρών οξέων οι Iverson et al.<sup>6</sup> και Gracian<sup>7</sup> προέβησαν στη διάκριση δύο επιμέρους τύπων ελαιόλαδου, ήτοι του ελαιόλαδου που διαθέτει χαμηλή περιεκτικότητα παλμιτικού και λινελαϊκού λιπαρού οξέος και η υψηλή περιεκτικότητα ελαϊκού λιπαρού οξέος και αυτού του τύπου ελαιόλαδου που διαθέτει υψηλή περιεκτικότητα στα δύο πρώτα είδη λιπαρού οξέος και χαμηλή περιεκτικότητα στο τελευταίο αναφερόμενο.

Από την πλευρά του Cimato<sup>8</sup> επισημάνθηκε ότι οι περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν στο στάδιο της παραγωγής του ελαιόλαδου διαδραματίζουν πρωταγωνιστικό ρόλο στη σύστασή του σε λιπαρά οξέα, καθώς επίσης και στην αναλογία κορεσμένων και ακόρεστων λιπαρών οξέων. Επιπροσθέτως, οι Brunì et al.<sup>9</sup> και οι Gimeno et al.<sup>10</sup>, ανέφεραν ότι η ποικιλία, η προέλευση και ο χρόνος της συγκομιδής ασκούν σημαντική επιρροή στη σύνθεση του ελαιόλαδου από τα βασικά ανωτέρω αναφερόμενα λιπαρά οξέα, ενώ πρόσθεσαν ότι εξίσου σημαντικός προσδιοριστικός παράγοντας της σύνθεσης αυτής είναι και η περιβαλλοντική θερμοκρασία. Από την άλλη πλευρά, ο Gracian<sup>7</sup> έρχεται σε διαφωνία με αυτήν την διατύπωση, καθώς υποστηρίζει ότι γεωγραφικοί και υψομετρικοί παράγοντες δεν διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην αναλογία των λιπαρών οξέων στη σύσταση του ελαιόλαδου. Με αυτό συμφωνούν και οι Osman et al.<sup>11</sup>, από τους οποίους υποστηρίχθηκε ότι η περιεκτικότητα του ελαιόλαδου σε ελαϊκό και λινελαϊκό λιπαρό οξύ διαφοροποιείται ελάχιστα μεταξύ των ελαιόλαδων που παράγονται και καλλιεργούνται στην περιοχή της Κρήτης και τα οποία προέρχονται από ελαιόδεντρα

που βρίσκονται σε διαφορετικά υψόμετρα, τα οποία διαφέρουν μεταξύ τους περίπου 300 μέτρα.<sup>12</sup>

Από την ανωτέρω ανάλυση, διαφαίνεται η δυσκολία της βέβαιης υποστήριξης για το αν οι διαφορές που παρατηρούνται στη σύνθεση των ελαιόλαδων ως προς τα λιπαρά οξέα είναι συνυφασμένες με γεωγραφικές, υψομετρικές και λοιπές περιβαλλοντικές συνθήκες ή αν είναι συνυφασμένες με επιπρόσθετους άγνωστους προσδιοριστικούς παράγοντες.

## 2.2 ΦΩΣΦΟΛΙΠΙΔΙΑ

Η σύνθεση του παρθένου ελαιόλαδου από φωσφολιπίδια είναι εξαιρετικά φτωχή. Πιο συγκεκριμένα, στο ελαιόλαδο η περιεκτικότητα των φωσφολιπιδίων κυμαίνεται μεταξύ 35 – 40 mg/kg. Το μεγαλύτερο ποσοστό των φωσφολιπιδίων που εντοπίζονται στο ελαιόλαδο πηγάζει από τον πυρήνα του ελαιόκαρπου. Επιπροσθέτως, επισημαίνεται ότι οι δημοφιλέστερες κατηγορίες φωσφολιπιδίων που εντοπίζονται στο ελαιόλαδο είναι η λεγόμενη κεφαλίνη και η λεκιθίνη. Πέραν των ανωτέρω, επισημαίνεται ότι το ελαϊκό οξύ, το οποίο προαναφέρθηκε στην κατηγορία των λιπαρών οξέων, αποτελεί το βασικότερο λιπαρό οξύ, ως προς την σύνθεση του μορίου των φωσφολιπιδίων που εντοπίζονται στο ελαιόλαδο.<sup>4</sup>

## 2.3 ΛΟΙΠΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Όπως προαναφέρθηκε, έχει επιβεβαιωθεί η περιεκτικότητα του ελαιόλαδου από μικρές ποσότητες μη τριγλυκεριδικών, συστατικών, τα οποία είναι γνωστά ως δευτερεύοντα συστατικά του ελαιόλαδου (ασαπωνοποίητο κλάσμα) και Είναι όπως είδαμε προηγουμένως, τα στοιχεία που είναι υπεύθυνα για τις κυριότερες γευστικές και

οσφραντικές ιδιότητες, δηλαδή τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά που μπορεί να συναντήσουμε σε ένα ελαιόλαδο.

Τα λοιπά συστατικά στοιχεία, επομένως, τα οποία αναφέρονται στο παρόν υποκεφάλαιο εμπίπτουν στο πλαίσιο αυτού του ασαπωνοποίητου κλάσματος. Η σύσταση του κλάσματος αυτού είναι άμεσα συνυφασμένη από τον τρόπο λήψης του ελαιόλαδου. Πιο συγκεκριμένα, σε περίπτωση κατά την οποία η λήψη του ελαιόλαδου γίνεται μέσω υδραυλικής πίεσης, τότε η περιεκτικότητά του στα συστατικά στοιχεία που συνθέτουν το συγκεκριμένο κλάσμα είναι μικρότερη, συγκριτικά με την περίπτωση του ελαιόλαδου που έχει ληφθεί μέσω εκχύλισης.<sup>4</sup>

Τα βασικότερα συστατικά στοιχεία που συνθέτουν το ασαπωνοποίητο κλάσμα του ελαιόλαδου είναι τα εξής<sup>4</sup>:

-Φαινόλες, με κυριότερες την τυροσόλη, υδροξυ-τυροσόλη, ολευρωπαΐνη, ολεοκανθάλη. Οι φαινόλες, βελτιώνουν την κατάσταση και λειτουργικότητα του καρδιαγγειακού συστήματος και έχουν αντιμικροβιακή δράση. Τα είδη των φαινολών που συναντάμε στο εξαιρετικό παρθένο ελαιόλαδο δεν υπάρχουν σε άλλες λιπαρές ουσίες, καθιστώντας το έτσι μοναδικό και διαφοροποιώντας το από άλλα κατώτερης ποιότητας φυτικά έλαια όπως τα σπορέλαια και τα ηλιέλαια.

- Τοκοφερόλες, με κύρια την α-τοκοφερόλη (βιταμίνη E). Οι τοκοφερόλες είναι λιποδιαλυτές βιταμίνες οι οποίες συνεισφέρουν τόσο στη σταθερότητα του ελαιόλαδου όσο και στην άμυνα του ανθρώπινου οργανισμού.

- Στερόλες, με επικρατέστερη την β-σιτοστερόλη. Οι στερόλες είναι λιπίδια που σχετίζονται κυρίως με την ποιότητα του ελαιόλαδου και χρησιμοποιούνται ευρέως για τον έλεγχο της γνησιότητας του. Διάφορες έρευνες έχουν δείξει ότι η συγκεκριμένη στερόλη μειώνει τη συγκέντρωση της κακής χοληστερόλης (LDL).

- Υδρογονάνθρακες, με κύριο συστατικό το σκουαλένιο. Οι υδρογονάνθρακες έχουν αντιοξειδωτική δράση και συμβάλουν τόσο στην αντοχή των ελαιόλαδων όσο και στην άμυνα του ανθρώπινου οργανισμού. Έρευνες έχουν δείξει ότι το σκουαλένιο μειώνει την κακή χοληστερόλη (LDL) και προστατεύει από τον καρκίνο.



- Πτητικές ενώσεις όλες οι ευχάριστες ή δυσάρεστες οσμές που αντιλαμβανόμαστε είτε από τη μύτη είτε από το στόμα.
- Χρωστικές, οι οποίες καθορίζουν το χρώμα ενός ελαιολάδου. Όλα τα ελαιόλαδα εμπεριέχουν καροτενοειδείς χρωστικές και γι' αυτό το λόγο έχουν ως βάση τους το κίτρινο χρώμα.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΤΑ ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ

### 3.1 ΤΑ ΣΥΝΘΕΤΙΚΑ ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΑ

Η συγκεκριμένη κατηγορία αντιοξειδωτικών αποτελεί ενώσεις φαινολικής δομής. Αυτές χρησιμοποιούνται ως επιπρόσθετα στοιχεία, στην περίπτωση των λιπαρών τροφών, και ο ρόλος τους είναι η αποτροπή και επιβράδυνση της οξείδωσής τους. Τα αντιοξειδωτικά συστατικά στοιχεία επιτρέπεται να περιέχονται στα τρόφιμα, συμπεριλαμβανομένου του ελαιόλαδου, το πολύ σε ένα ποσοστό της τάξεως του 0,02%.<sup>4</sup>

Η κατηγορία των συνθετικών αντιοξειδωτικών περιλαμβάνει αντιοξειδωτικές ουσίες που είναι περισσότερο δραστικές από τις αντίστοιχες των φυσικών αντιοξειδωτικών. Πιο συγκεκριμένα, ως συνθετικά αντιοξειδωτικά συστατικά νοούνται η βουτυλική υδροξυανισόλη, το βουτυλικό υδροξυτολουόλιο και ο γαλλικός προπυλεστεράς.<sup>4</sup>

### 3.2 ΤΑ ΦΥΣΙΚΑ ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΑ

Τα φυσικά αντιοξειδωτικά είναι φυτικές ουσίες οι οποίες έχουν αντιοξειδωτική δράση, η ένταση της οποίας είναι άμεσα συνυφασμένη από την πηγή προέλευσής τους και από τον τρόπο παραλαβής τους. Οι Gamel et al.<sup>13</sup> επισήμαναν ότι η ένταση της αντιοξειδωτικής δράσης των ουσιών που παραλαμβάνονται από φυτά δέχεται άμεση επιρροή αφενός από τον βαθμό πολικότητας του χρησιμοποιούμενου διαλύτη, κατά τη στιγμή της παραλαβής τους και αφετέρου, από τις επικρατούσες συνθήκες εκχύλισης.

Το ελαιόλαδο περιέχει τα κάτωθι φυσικά αντιοξειδωτικά:

α-τοκοφερόλη: 11,92mg/kg και γ-τοκοφερόλη: 0,72mg/kg. Στο σημείο αυτό, διευκρινίζεται ότι από την περιεκτικότητα του ελαιόλαδου στις ανωτέρω κατηγορίες

τοκοφερόλης, υπολογίζεται συνολική επίδραση βιταμίνης Ε της τάξεως του 11,99 mg/kg στο ελαιόλαδο.

-Φαινόλες: 90-260 mg/kg. Στην προκειμένη περίπτωση, διευκρινίζεται ότι όσο μεγαλύτερη είναι η περιεκτικότητα του ελαιόλαδου σε φαινόλες, τόσο μικρότερος είναι ο αριθμός των υπεροξειδίων που διαθέτει.

Επίσης, το ελαιόλαδο περιλαμβάνει, πέραν των ανωτέρω φυσικών αντιοξειδωτικών ουσιών και μικρές ποσότητες φλαβονοειδών, φαινολικών διτερπενίων, καρτοτενοειδών και λοιπών δευτερογενών αντιοξειδωτικών και μετάλλων, όπως είναι επί παραδείγματι ο σίδηρος και ο χαλκός, τα οποία είναι δύο μέταλλα που εμφανίζονται συχνά στα προϊόντα ελαίου.<sup>14</sup>

### 3.3 Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΩΝ ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΩΝ

Τα αντιοξειδωτικά διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην προάσπιση της ανθρώπινης υγείας και στη διατήρηση της καλής κατάστασης αυτής. Πιο συγκεκριμένα, έρευνες έχουν αποδείξει ότι τα φυσικά αντιοξειδωτικά προστατεύουν τις ανθρώπινες κυτταρικές μεμβράνες και εξουδετερώνουν τις ελεύθερες ρίζες οξυγόνου, προασπίζοντας τον ανθρώπινο οργανισμό από επικίνδυνες ασθένειες, όπως είναι επί παραδείγματι ο καρκίνος.<sup>15</sup>

Επιπροσθέτως, μέσω των φυσικών αντιοξειδωτικών προασπίζεται το ανθρώπινο καρδιαγγειακό σύστημα. Ο λόγος έγκειται στο γεγονός ότι η πρόσληψη φυσικών αντιοξειδωτικών αυξάνει την ανθεκτικότητα των καρδιακών αγγείων, μειώνει τους υφισταμένους φλεγμονώδεις παράγοντες, εμποδίζει την οξείδωση της χοληστερόλης (LDL) και διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη αύξηση του ελέγχου των επιπέδων στα οποία κυμαίνεται η ομοκυστεΐνη και η αρτηριακή πίεση.<sup>16</sup>

Συν τοις άλλοις, όπως προαναφέρθηκε, τα αντιοξειδωτικά διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην προάσπιση του ανθρώπινου οργανισμού από καρκινικές ασθένειες. Η συμβολή τους αυτή πραγματοποιείται λόγω της παρεμπόδισης που ασκούν στα

επικίνδυνα ένζυμα και πιο συγκεκριμένα στην προσκόλληση αυτών στους κυτταρικούς ιστούς. Επιπροσθέτως, τα φυσικά αντιοξειδωτικά προασπίζουν τον ανθρώπινο οργανισμό από καρκινικές νόσους και μέσω της αδρανοποίησης που προκαλούν στις καρκινογόνες ουσίες, οι οποίες όταν δεν αδρανοποιούνται είναι εξαιρετικά επικίνδυνες στη δημιουργία μεταλλάξεων των υγιών ανθρώπινων κυττάρων.<sup>17</sup>

Πέραν των ανωτέρω αναφερόμενων ωφελειών που προκύπτουν από τη λήψη φυσικών αντιοξειδωτικών ουσιών στον ανθρώπινο οργανισμό, ένα επιπρόσθετο όφελος που απορρέει από αυτή, είναι η βελτίωση των ανθρώπινων πνευματικών ικανοτήτων και της ψυχικής διάθεσης. Αυτό συμβαίνει λόγω του ότι τα φυσικά αντιοξειδωτικά στοιχεία δημιουργούν ένα πέπλο προστασίας των νευροδιαβιβαστών από την οξείδωσή τους και προκαλούν τη βελτίωση της εγκεφαλικής μικροκυκλοφορίας.<sup>18</sup>

Τα φυσικά αντιοξειδωτικά στοιχεία διατηρούν την ελαστικότητα του δέρματος και συμβάλλουν στην επιβράδυνση της ανθρώπινης γήρανσης, λόγω του ότι επιβραδύνουν την διάσπαση του κολλαγόνου. Συν τοις άλλοις, συμβάλλουν σε ακόμα μεγαλύτερο βαθμό στην διατήρηση της καλής σωματικής υγείας μέσω της προάσπισης των αρθρώσεων και οστών και του περιορισμού των εκφυλιστικών αλλοιώσεων και φλεγμονών.<sup>19</sup>

### **3.4 Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΤΟΥ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ ΣΤΑ ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΑ**

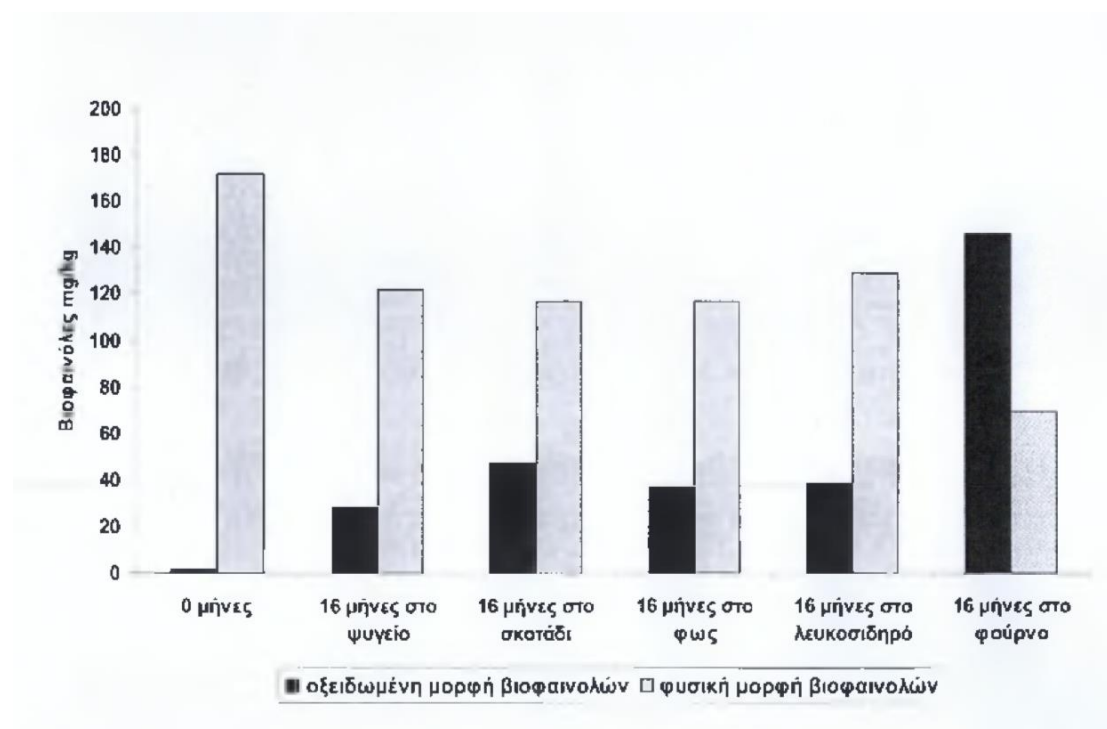
Μία από τις σημαντικότερες αιτίες υποβάθμισης του εξαιρετικού παρθένου ελαιόλαδου σε άλλη υποδεέστερη ποιοτική κατηγορία, είναι οι συνθήκες αποθήκευσης του. Η οξείδωση, είναι μια χημική αλλοίωση και συμβαίνει όταν το ελαιόλαδο έρχεται σε παρατεταμένη επαφή με το φως και με το οξυγόνο, οπότε αποκτά μια δυσάρεστη γεύση. Στο πλαίσιο της μελέτης που διεξήχθη από τους Cortesi & Rovellini<sup>20</sup> διερευνήθηκαν οι μεταβολές που επέρχονται στα αντιοξειδωτικά, κατά την αποθήκευση, ίδιου τύπου ελαιολάδου σε διαφορετικές συνθήκες. Από τη συγκεκριμένη έρευνα διαπιστώθηκε ότι μειώθηκαν σε στατιστικά σημαντικό βαθμό οι φαινόλες και

αυξήθηκαν σε εξίσου στατιστικά σημαντικό βαθμό οι οξειδωμένες μορφές τους, κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης των δύο ελαιόλαδων. Πιο συγκεκριμένα, διαπιστώθηκε ότι η μεγαλύτερη διατήρηση των εν λόγω συστατικών στοιχείων επιτεύχθηκε κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης του ελαιόλαδου στο ψυγείο, εντός λευκοσιδηρού δοχείου και κατόπιν σε συνθήκες σκοταδιού και φωτός.

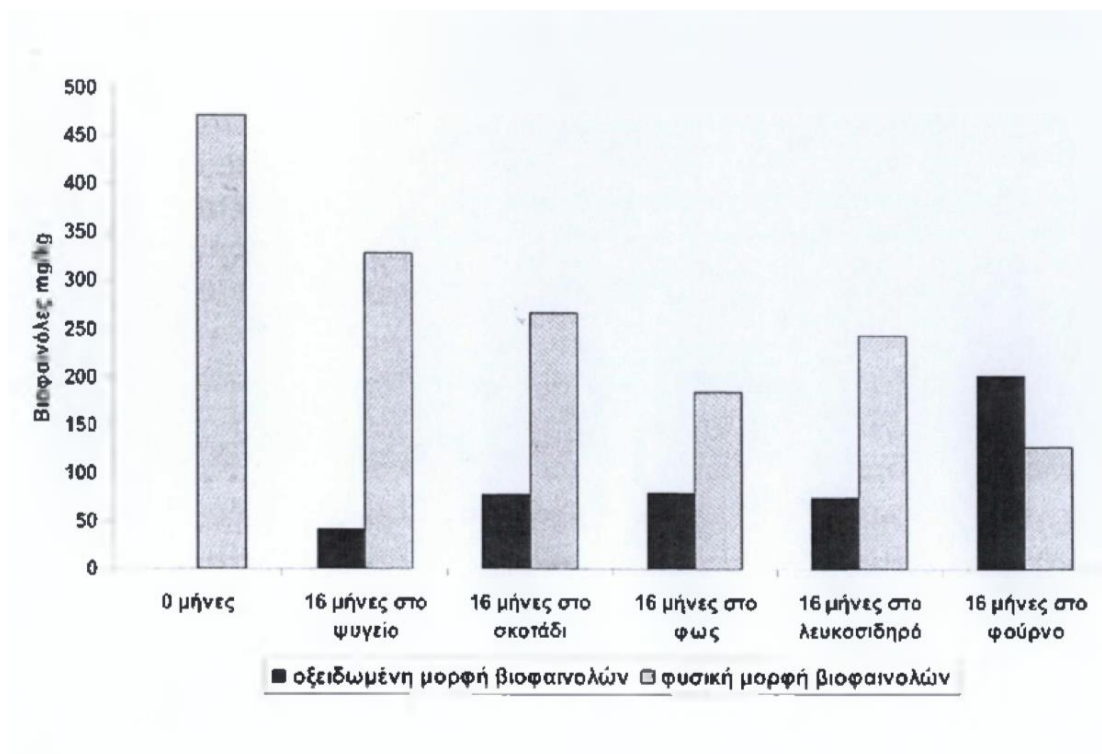
Το δεύτερο ελαιόλαδο, το οποίο διαπιστώθηκε ότι διέθετε μεγαλύτερη περιεκτικότητα βιοφαινόλων, αποδείχτηκε ότι διέθετε υψηλότερα επίπεδα ανθεκτικότητας οξείδωσης. Στο συγκεκριμένο ελαιόλαδο, σημειώθηκε στατιστικά σημαντική μείωση ελινολαιϊκού λιπαρού οξέος κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης. Την ίδια στιγμή, σημειώθηκε στατιστικά σημαντική αύξηση σε συστατικά οξείδωσής του.<sup>20</sup>

Κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης, επιπροσθέτως, σημειώθηκε μείωση της περιεκτικότητας σε φλαβονοειδή. Η ανωτέρω αναφερόμενη αποθήκευση του ελαιόλαδου σε λευκοσιδηρό αποθηκευτικό σκεύος αποδείχτηκε ότι παρέχει καλύτερες συνθήκες διατήρησης των επιμέρους συστατικών στοιχείων του, όταν αυτή βέβαια ακολουθείται από αποθήκευση στο ψυγείο και κατόπιν σε σκοτάδι και φως. Συν τοις άλλοις, η περιεκτικότητα του ελαιόλαδου σε τοκοφερόλες εμφάνισε στατιστικά σημαντική μείωση και ταυτόχρονα, στατιστικά σημαντική αύξηση σημειώθηκε στην περιεκτικότητά του σε προϊόντα οξείδωσης της τοκοφερόλης, εν καιρώ αποθήκευσής του.<sup>20</sup>

Στα ακόλουθα διαγράμματα, για λόγους βέλτιστης κατανόησης των ανωτέρω αναφερόμενων δεδομένων, αποτυπώνονται οι επιμέρους μεταβολές των συστατικών στοιχείων των δύο ελαιόλαδων, ανάλογα με τις συνθήκες αποθήκευσής τους.



Διάγραμμα 1. Μεταβολή Συστατικών Βάσει Συνθηκών Αποθήκευσης 1<sup>ου</sup> Τύπου Ελαιόλαδου<sup>4</sup>



**Διάγραμμα 2. Μεταβολή Συστατικών Βάσει Συνθηκών Αποθήκευσης 2ου Τύπου Ελαιόλαδου<sup>4</sup>**

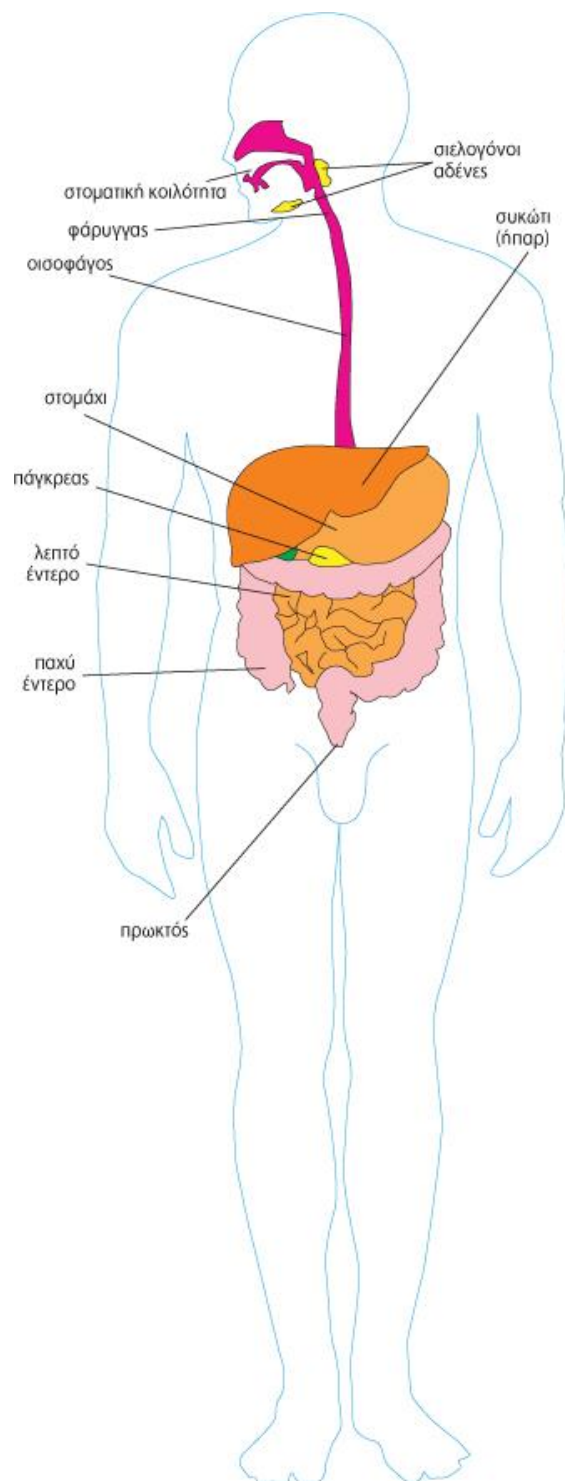
Από την ανωτέρω αποτυπωμένη εικόνα που προκύπτει από τα διαγράμματα αυτά, διαφαίνεται ότι η εντονότερη μείωση στις βιοφαινόλες εντοπίστηκε σε συνθήκες αποθήκευσης του ελαιόλαδου στους 40 βαθμούς Κελσίου. Ομοίως, σε αυτές τις αποθηκευτικές συνθήκες σημειώθηκε εντονότερη αύξηση στις οξειδωμένες μορφές βιοφαινόλης.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΤΟ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΠΕΠΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ**

### **4.1 ΠΡΟΣΛΗΨΗ ΤΡΟΦΗΣ ΑΠΟ ΤΟ ΣΤΟΜΑ**

Το ανθρώπινο πεπτικό σύστημα είναι μοναδικά σχεδιασμένο για να μετατρέπει τις προσλαμβάνουσες τροφές σε θρεπτικά συστατικά. Τα εν λόγω θρεπτικά συστατικά, εν συνεχεία χρησιμοποιούνται από το ανθρώπινο σώμα για ενέργεια, ανάπτυξη και σύνθεση των κυττάρων.<sup>21</sup> Για λόγους πληρέστερης κατανόησης των κατωτέρω περιγραφόμενων, παρατίθεται η κάτωθι εικόνα:





**Εικόνα 1. Απεικόνιση του Ανθρώπινου Πεπτικού Συστήματος (Πηγή:  
[http://ebooks.edu.gr/ebooks/v/html/8547/2250/Biologia\\_A-Gymnasiou\\_html-empl/index2\\_4.html](http://ebooks.edu.gr/ebooks/v/html/8547/2250/Biologia_A-Gymnasiou_html-empl/index2_4.html))**

Η τροφή εισέρχεται στον πεπτικό σωλήνα από το στόμα. Επί της ουσίας, η πέψη ξεκινά με την πρώτη πρόσληψη της τροφής και της εισόδου της στο ανθρώπινο σώμα. Το μάσημα, που γίνεται στο ανθρώπινο στόμα κατόπιν της πρόσληψης της τροφής, επιμερίζει το φαγητό σε μικρότερα κομμάτια τα οποία είναι πιο εύπεπτα, ενώ το σάλιο αναμιγνύεται με την τροφή για να ξεκινήσει η διαδικασία της διάσπασης του προσλαμβάνοντος φαγητού, σε τέτοια μορφή, ώστε το ανθρώπινο σώμα να είναι δυνατό να την απορροφήσει και να την χρησιμοποιήσει.<sup>21</sup>

Ο φάρυγγας είναι ο επόμενος προορισμός του προσλαμβάνοντος φαγητού. Από τον φάρυγγα, τα τρόφιμα προορίζονται προς τον οισοφάγο, που είναι το επόμενο περιγραφόμενο στάδιο.

## 4.2 ΟΙΣΟΦΑΓΟΣ

Ο οισοφάγος είναι ένας μυϊκός σωλήνας που εκτείνεται από τον φάρυγγα στο στομάχι. Μέσω μίας σειράς επιμέρους επαναλαμβανόμενων συστολών, που ονομάζονται περισταλτισμοί, ο οισοφάγος παραδίδει την μασημένη τροφή στο στομάχι. Λίγο πριν τη σύνδεση με το στομάχι, στον οισοφάγο εντοπίζεται μία «ζώνη υψηλής πίεσης», που ονομάζεται κατώτερος σφιγκτήρας του οισοφάγου. Ο κατώτερος σφιγκτήρας είναι μία «βαλβίδα» που απώτερος σκοπός της είναι να εμποδίσει το φαγητό να επιστρέψει προς τα πίσω στον οισοφάγο. Επί της ουσίας, μέσω του κατώτερου σφιγκτήρα παρεμποδίζεται η λεγόμενη παλινδρόμηση του φαγητού στον οισοφάγο.<sup>22</sup>

## 4.3 ΣΤΟΜΑΧΙ

Το στομάχι αποτελεί ένα όργανο του ανθρώπινου σώματος, το οποίο προσομοιάζει με έναν σάκο με ισχυρά μυϊκά τοιχώματα. Εκτός από το «κράτημα» του φαγητού, το στομάχι διαδραματίζει επιπρόσθετους ρόλους, όπως επί παραδείγματι τον ρόλο του

«μίκτη» και του «μύλου άλεσης» του φαγητού. Το στομάχι, πιο συγκεκριμένα, εκκρίνει οξέα και ισχυρά ένζυμα που συνεχίζουν τη διαδικασία διάσπασης της προσλαμβάνουσας τροφής. Όταν έχει ολοκληρωθεί η επεξεργασία του προσλαμβάνοντος φαγητού στο στομάχι, το φαγητό αποτελεί πλέον ένα συνονθύλευμα υγρής συμπυκνωμένης μάζας. Εν συνεχεία, από το στομάχι, το φαγητό κινείται προς το λεπτό έντερο, αφού πρωτίστως ολοκληρωθεί το στάδιο της επεξεργασίας, που προαναφέρθηκε.<sup>23</sup>

#### 4.4 ΛΕΠΤΟ ΕΝΤΕΡΟ

Αποτελούμενο από τρία επιμέρους τμήματα, το δωδεκαδάκτυλο, τη νήστιδα και τον ειλεό, το λεπτό έντερο είναι ένας μακρύς σωλήνας, ο οποίος όπως φαίνεται στην ανωτέρω Εικόνα 1, είναι ελαφρά «τυλιγμένος» στην περιοχή της κοιλιακής χώρας του ανθρώπινου σώματος. Στο λεπτό έντερο, συνεχίζει η διαδικασία διάσπασης της τροφής, μέσω της χρησιμοποίησης ενζύμων, τα οποία απελευθερώνονται από το πάγκρεας και τη χολή από το ήπαρ. Η χολή αποτελεί μία «ένωση» που βοηθά στην πέψη του λίπους και εξαλείφει τα απόβλητα από το αίμα. Ο περισταλτισμός (συσπάσεις), ο οποίος αναφέρθηκε ανωτέρω σαν μία λειτουργία που εντοπίζεται στην περιοχή του οισοφάγου, εντοπίζεται και στο λεπτό έντερο. Στην προκειμένη περίπτωση όμως, ο σκοπός του περισταλτισμού είναι διαφορετικός από τον αντίστοιχο του περισταλτισμού του οισοφάγου. Πιο συγκεκριμένα, ο περισταλτισμός του λεπτού εντέρου βοηθά στη μετακίνηση της επεξεργασμένης από το στομάχι τροφής και στην ανάμειξή της με πεπτικές εκκρίσεις. Το δωδεκαδάκτυλο, που αποτελεί ένα σημείο του λεπτού εντέρου, είναι σε μεγάλο βαθμό υπεύθυνο για τη συνέχιση της διαδικασίας της διάσπασης της ήδη επεξεργασμένης τροφής, με τη νήστιδα και τον ειλεό να είναι κυρίως υπεύθυνα για την απορρόφηση των θρεπτικών ουσιών μέσω της κυκλοφορίας του αίματος στο ανθρώπινο σώμα.<sup>23</sup>

## 4.5 ΠΑΓΚΡΕΑΣ ΚΑΙ ΣΥΚΩΤΙ

Το πάγκρεας, μαζί με το συκώτι και τη χοληδόχο κύστη αποτελούν τρία βασικά όργανα που διαδραματίζουν καθοριστικής σημασίας ρόλο στη διαδικασία της πέψης και στην ομαλή της ολοκλήρωση. Μεταξύ άλλων λειτουργιών που διαθέτει, το πάγκρεας εκκρίνει ένζυμα προς το λεπτό έντερο. Αυτά τα ένζυμα ξεδιαλύνουν τις πρωτεΐνες, τα λίπη και τους υδατάνθρακες από την προσλαμβάνουσα τροφή.

Το συκώτι, ομοίως διαθέτει πολλαπλές λειτουργίες, αλλά δύο από τις κύριες λειτουργίες του στο πεπτικό σύστημα είναι η παραγωγή και έκκριση της χολής και ο «καθαρισμός» του αίματος που προέρχεται από το λεπτό έντερο που περιέχει τα θρεπτικά συστατικά της προσλαμβάνουσας τροφής, τα οποία μόλις απορροφήθηκαν.<sup>22</sup>

## 4.6 ΧΟΛΥΔΟΧΟΣ ΚΥΣΤΗ

Η χοληδόχος κύστη θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως μία δεξαμενή που φέρει σχήμα αχλαδιού και η οποία, όπως φαίνεται στην ανωτέρω εικόνα 1, βρίσκεται ακριβώς κάτω από το συκώτι και αποθηκεύει τη λεγόμενη χολή. Η χολή δημιουργείται στο συκώτι, όπως προαναφέρθηκε, ενώ στη συνέχεια ταξιδεύει στη χοληδόχο κύστη μέσω ενός καναλιού που ονομάζεται κυστικός αγωγός. Κατά τη διάρκεια της πρόσληψης ενός γεύματος, η χοληδόχος κύστη συστέλλεται, στέλνοντας τη χολή στο λεπτό έντερο. Μόλις τα θρεπτικά συστατικά απορροφηθούν και το εναπομείναν υγρό διέλθει από το λεπτό έντερο, αυτό που απομένει από το προσλαμβάνον φαγητό, παραδίδεται στο παχύ έντερο.<sup>23</sup>

## 4.7 ΠΑΧΥ ΕΝΤΕΡΟ

Το κόλον είναι ένας μυώδης σωλήνας μέσω του οποίου συνδέεται το πρώτο μέρος του παχέος εντέρου με το ορθό, το οποίο αποτελεί το τελευταίο μέρος του παχέος εντέρου. Πιο συγκεκριμένα, το παχύ έντερο αποτελείται από το λεγόμενο τυφλό μέρος, το οποίο αποτελεί το πρώτο μέρος του, από το ανερχόμενο (δεξιά) κόλον, το εγκάρσιο (απέναντι) κόλον, το φθίνον (αριστερά), και το σιγμοειδές κόλον (το αποκαλούμενο με τον όρο αυτόν λόγω του σχήματος "S"), το οποίο συνδέεται με το ορθό.<sup>22</sup>

Τα κόπρανα, ήτοι τα απορρίμματα που έχουν απομείνει από την πεπτική διαδικασία, διέρχονται μέσω του παχέος εντέρου, μέσω περισταλτικών κινήσεων (συστολών-συσπάσεων), πρώτα σε υγρή και εν συνεχεία σε στερεή μορφή, καθώς το νερό απομακρύνεται από τα κόπρανα. Τα κόπρανα αποθηκεύονται στο σιγμοειδές κόλον έως ότου μία «μαζική κίνηση» τα ωθήσει στο ορθό, μία ή δύο φορές σε ημερήσια βάση. Συνήθως, χρειάζονται περίπου 36 ώρες για να διέλθουν τα κόπρανα από το παχύ έντερο. Τα κόπρανα αποτελούνται κυρίως από τα απορρίμματα των προσλαμβανόντων τροφίμων και από βακτήρια. Αυτά τα βακτήρια εκτελούν πολλές χρήσιμες λειτουργίες, όπως είναι επί παραδείγματι η σύνθεση διαφόρων βιταμινών, η επεξεργασία αποβλήτων και η προστασία από επιβλαβή βακτήρια. Όταν το φθίνον κόλον γεμίζει με κόπρανα, τότε «αδειάζει» το περιεχόμενό του στο ορθό για να ξεκινήσει η διαδικασία της αφόδευσης.<sup>22</sup>

## 4.8 ΠΡΩΚΤΟΣ

Το ορθό αποτελεί έναν «θάλαμο» που συνδέει το κόλον με τον πρωκτό. Ο βασικός ρόλος του ορθού είναι να λαμβάνει τα κόπρανα από το παχύ έντερο και να προετοιμάζει τον ανθρώπινο οργανισμό για τη διαδικασία της εκκένωσης. Όταν οτιδήποτε -αέριο ή κόπρανα- διέρχεται στο ορθό, οι αισθητήρες στέλνουν αντίστοιχο μήνυμα στον ανθρώπινο εγκέφαλο. Στη συνέχεια, ο εγκέφαλος αποφασίζει εάν τα ορθικά περιεχόμενα δύνανται να απελευθερωθούν ή όχι. Εάν ναι, τότε οι σφιγκτήρες (μύες) χαλαρώνουν και το ορθό συστέλλεται, απελευθερώνοντας το περιεχόμενό του. Εάν το περιεχόμενο δεν μπορεί να αποβληθεί, οι σφιγκτήρες συστέλλονται και το ορθό

προσαρμόζεται, έτσι ώστε η αίσθηση της ανάγκης της εκκένωσης να εξαφανίζεται προσωρινά.<sup>23</sup>

Ο πρωκτός αποτελεί το τελευταίο μέρος του πεπτικού σωλήνα του ανθρώπινου οργανισμού. Αποτελείται από τους μύες του πυελικού εδάφους και τους δύο πρωκτικούς σφιγκτήρες, ήτοι τους εσωτερικούς και εξωτερικούς μύες του πρωκτού. Η φυσιολογία του άνω πρωκτού είναι προσαρμοσμένη στην ανίχνευση του ορθικού περιεχομένου. Έτσι, διέρχεται η ενημέρωση για το αν τα περιεχόμενα του ορθού είναι υγρά, αέρια ή στερεά. Ο μυς του πυελικού εδάφους δημιουργεί μία γωνία μεταξύ του ορθού και του πρωκτού, η οποία σταματά τα κόπρανα να εξέρχονται από τον ορθό όταν δεν πρέπει να συμβεί η εκκένωση. Οι πρωκτικοί σφιγκτήρες παρέχουν τον έλεγχο των κοπράνων. Ο εσωτερικός σφιγκτήρας εμποδίζει τον ανθρώπινο οργανισμό να προβαίνει στη διαδικασία της αφόδευσης σε ακατάλληλες καταστάσεις, όπως όταν επί παραδείγματι βρίσκεται στην κατάσταση ύπνου. Όταν στον ανθρώπινο οργανισμό έρχεται η επιθυμία της αφόδευσης, τότε σημαντικό ρόλο διαδραματίζει η λειτουργία του εξωτερικού σφιγκτήρα, η οποία βοηθά τον άνθρωπο να συγκρατήσει τη διαδικασία της εκκένωσης των κοπράνων μέχρι την κατάλληλη στιγμή, όπως επί παραδείγματι μέχρι την άφιξη του ανθρώπου στον χώρο της τουαλέτας.<sup>23</sup>

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΟΥ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ ΣΤΟ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΠΕΠΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

### 5.1 Η ΠΕΨΗ ΤΟΥ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΚΚΡΙΣΗ ΤΟΥ ΓΑΣΤΡΙΚΟΥ ΟΞΕΟΣ

Η πρώτη δράση που διαδραματίζεται στο μετασχηματισμό του αδιάλυτου ελαίου σε διαλυτά και απορροφήσιμα λιπίδια είναι αυτή του σχηματισμού ενός αρχικού γαλακτώματος (chyme), στο πλαίσιο του οποίου συμβαίνει η διάσπαση των τριγλυκεριδίων. Κατόπιν του εν λόγω σταδίου, επέρχεται η αύξηση του εμβαδόντος των διαιτητικών λιπιδίων. Η τελευταία αναφερόμενη διαδικασία είναι επωφελής για το ανωτέρω αναφερόμενο σχηματιζόμενο γαλάκτωμα στο στομάχι, τη στιγμή κατά την οποία σχηματίζονται σταγονίδια λιπιδίων. Κατά τη διάρκεια της αρχικής γαστρικής διαδικασίας, τα μετρίως γαλακτωματοποιημένα τριγλυκερίδια συνδέονται με τις λεγόμενες γλωσσικές και γαστρικές λιπάσες. Οι εν λόγω αναφερόμενες λιπάσες είναι παρεμφερή ένζυμα ως προς τη δομή και τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά τους.<sup>24</sup>

Η δραστηριότητα των εν λόγω αναφερόμενων λιπασών δεν προσομοιάζει με την αντίστοιχη των λιπαρών οξέων βραχείας, μεσαίας και μακράς αλυσίδας. Παραδείγματος χάριν, η λιπολυτική δράση της γαστρικής λιπάσης είναι τρεις φορές υψηλότερη στην περίπτωση των τριγλυκερισίων μέσης αλυσίδας, τα οποία εφεξής θα αναφέρονται με τη συντομογραφία MCT, από ό,τι στην περίπτωση των τριγλυκεριδίων μακράς αλυσίδας, τα οποία εφεξής θα αναφέρονται με τη συντομογραφία LCT. Τα βασικά προϊόντα της πέψης της γαστρικής φάσης είναι τα λεγόμενα διγλυκερίδια, τα οποία εφεξής θα αναφέρονται με τη συντομογραφία DG, καθώς επίσης και τα ελεύθερα λιπαρά οξέα, τα οποία εφεξής θα αναφέρονται με τη συντομογραφία FFA. Οι γλωσσικές και γαστρικές λιπάσες υδρολύουν κατά προτίμηση τον δεσμό εστέρα sn-3 (stereospecific numbering-3) με αποτέλεσμα τον σχηματισμό του λεγόμενου sn-1,2 (stereospecific numbering-1,2) DG.<sup>25</sup>

Στο σημείο αυτό, επισημαίνεται ότι η δραστηριότητα της γαστρικής λιπάσης δεν επιδρά στην υδρόλυση των φωσφολιπιδίων, τα οποία εφεξής θα αναφέρονται με τη συντομογραφία PL και των εστέρων χοληστερόλης, οι οποίοι εφεξής θα αναφέρονται με τη συντομογραφία CE. Η δράση της γαστρικής λιπάσης είναι λειτουργική στο εύρος pH που κυμαίνεται μεταξύ των τιμών 3 - 6. Στο ανθρώπινο στομάχι, επί παραδείγματι, το εν λόγω ένζυμο υδρολύει μόνο ένα ποσοστιαίο εύρος της τάξεως του 10 - 30% των προσλαμβανόμενων τριγλυκεριδίων. Αυτό, συμβαίνει λόγω της διαδικασίας αναστολής, η οποία αποτελεί απότοκο του παραγόμενου FFA μακράς αλυσίδας, τα οποία πρωτονιώνονται κυρίως σε γαστρικό pH. Το γεγονός αυτό αποτελεί την επεξήγηση της περιορισμένης λιπόλυσης των τριγλυκεριδίων υπό γαστρικές συνθήκες σχετικά με την πλήρη υδρόλυση των τριγλυκεριδίων από την παγκρεατική λιπάση στο δωδεκαδάκτυλο.<sup>26</sup>

Η παρουσία του FFA μακράς αλυσίδας, αυτή καθ' αυτή, δεν είναι ανασταλτική της λιπόλυσης. Αυτό επεξηγείται από το ότι το ελαϊκό οξύ, όταν βρίσκεται σε ποσότητες πλησίον ή ακόμη και υψηλότερες από αυτές που δημιουργούνται κατά τη διάρκεια φυσιολογικής γαστρικής λιπόλυσης, δεν προβαίνει στη μεταβολή της κινητικής της υδρόλυσης της τριολεϊνης από τη γαστρική λιπάση, σύμφωνα με τους Pafumi et al.<sup>27</sup>

Στο σημείο αυτό, επισημαίνεται η υπόσταση μίας αξιοσημάντης σύντηξης μεταξύ των σταγονιδίων λιπιδίων, πιθανώς λόγω της παρουσίας FFA, των μονογλυκεριδίων, τα οποία εφεξής θα αναφέρονται με τη συντομογραφία MG και των DG. Η εν λόγω αλλαγή της επιφάνειας σταγονιδίων στη σύνθεση λιπιδίων κατά τη διάρκεια της λιπόλυσης, θα μπορούσε να τροποποιήσει την επιφανειακή τάση ή την επιφανειακή πίεση και ως εκ τούτου, να ασκήσει σημαντική επιρροή στη σύνδεση και τη δραστηριότητα της γαστρικής λιπάσης.<sup>28</sup>

Η συσσώρευση του FFA στην επιφάνεια των σταγονιδίων οδηγεί σε αναστολή της λιπόλυσης από τη γαστρική λιπάση. Ο μηχανισμός, με τον οποίο συμβαίνει η διαδικασία αυτή, αποδίδεται στο σχηματισμό συστάδων στην επιφάνεια των σταγονιδίων λιπιδίων. Η «απομόνωση» των εν λόγω αναφερόμενων συστάδων έχει καταστήσει επιτρεπτή τη γνώση του ότι πρόκειται για σωματίδια περίπου 200 nm, τα οποία αποτελούνται κυρίως από FFA, σε ένα ποσοστό της τάξεως του 74%, καθώς και από PL, σε ένα ποσοστό της τάξεως του 16%, από MG, σε ένα ποσοστό της τάξεως



του 5%, από DG, σε ένα ποσοστό της τάξεως του 4%, από ελεύθερη χοληστερόλη, σε ένα ποσοστό της τάξεως του 1%, από τριγλυκερίδια, σε ένα ποσοστό που υπολείπεται του 1% και από τη λεγόμενη γαστρική λιπάση. Ωστόσο, ο ρόλος που διαδραματίζει το ελαιόλαδο, εν συγκρίσει με λοιπά έλαια, στην πρόληψη του σχηματισμού σωματιδίων για την επέκταση της αποτελεσματικότητας της γαστρικής λιπολυτικής δράσης, δεν είναι επαρκώς μελετημένος εξ όσων διαπιστώθηκε κατά τη διάρκεια της αναζήτησης αντίστοιχων πηγών που να το υποστηρίζουν και να το πραγματεύονται.

Εν έτι 1886, όπου πιθανότατα πραγματοποιήθηκε η πρώτη μελέτη που διερεύνησε την επίδραση του διαιτητικού λίπους (π.χ. ελαιόλαδου) στη γαστρική λειτουργία, όπως επισημαίνουν οι Brzozowski et al.<sup>29</sup> και οι Serrano et al.<sup>30</sup>, παρατηρήθηκε ότι η προσθήκη ελαιόλαδου σε ένα δοκιμαστικό γεύμα κατέστειλε την έκκριση του γαστρικού οξέος του ανθρώπινου στομάχου. Έκτοτε, επιπρόσθετες διεξαγόμενες μελέτες έχουν προβεί στην επιβεβαίωση του εν λόγω ευρήματος, η οποία προέκυψε από την παρουσία του ελαιόλαδου σε διάφορα τμήματα του εντερικού σωλήνα. Η ενδοαδενική χορήγηση ελαιόλαδου, από την άλλη πλευρά, αποδείχτηκε ότι συρρικνώνει τη γαστρική έκκριση στα ζώα, όπως αναφέρθηκε από τους Brzozowski et al.<sup>29</sup>, αλλά το ίδιο συμβαίνει και στους ανθρώπους, όπως επισημάνθηκε από τους Serrano et al.<sup>30</sup>, συγκριτικά με τη διατροφική PUFA (Polyunsaturated Fatty Acids), ήτοι τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα.

Στο σημείο αυτό, πρέπει να επισημανθεί, ότι το ίδιο το ελαϊκό οξύ διαθέτει γαστροπροστατευτικές δράσεις ενάντια σε κάποια πιθανή οξεία βλάβη του γαστρικού βλεννογόνου, στην περίπτωση των ζώων, όπως επισημαίνουν οι West et al.<sup>31</sup> Όμως, το ίδιο συμβαίνει και στην περίπτωση των ανθρώπων, όπως αναφέρεται από τους Konturek et al.<sup>32</sup> Είναι συνδεδεμένο, πιο συγκεκριμένα, με την απελευθέρωση μεγάλου πλήθους πεπτιδίων στο πλάσμα, συμπεριλαμβανομένης της χολοκυστοκινίνης, η οποία εφεξής και χάριν συντομίας θα αναφέρεται με την συντομογραφία CCK, της εκκριτίνης, του πεπτιδίου τυροσίνης-τυροσίνης YY, και με την καταστολή της γαστρίνης στο πλάσμα. Οι ανωτέρω δείχνουν ότι η κατανάλωση ελαιόλαδου, είναι δυνατόν να καταστεί ευεργετική στην περίπτωση πρόκλησης πεπτικών ασθενειών, όπως είναι για παράδειγμα τα γαστρικά ή δωδεκαδακτυλικά έλκη. Ομιλούμε περί περιπτώσεων ασθενειών, στις οποίες η εξασθένιση της έκκρισης του γαστρικού οξέος αποτελεί τον κυρίαρχο θεραπευτικό στόχο.

## 5.2 Η ΠΕΨΗ ΤΟΥ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ ΣΤΟ ΔΩΔΕΚΑΔΑΚΤΥΛΟ ΚΑΙ ΣΤΟ ΛΕΠΤΟ ΕΝΤΕΡΟ

Καθώς συνεχίζεται η διαδικασία της πέψης, ο πυλωρός κλείνει και το άντρο του στομάχου συστέλλεται έντονα, για τη διαδικασία της «άλεσης» των στερεών τροφών. Αυτή η συστολή προκαλεί τη μετακίνηση των περιεχομένων του άντρου από το πυλωρικό άντρο προς το σώμα του στομάχου. Αμφότερες οι δράσεις, ήτοι η άλεση και η αναδρομική πρόκληση του περιεχομένου του άντρου του στομάχου, προσφέρουν το μεγαλύτερο μέρος της μηχανικής δράσης που εμπλέκεται στην προ-εντερική γαλακτωματοποίηση των τριγλυκεριδίων, όπως ανέφεραν οι Shen et al.<sup>33</sup> Οι εν λόγω αναφερόμενες διεργασίες αποτελούν σημαντικές προϋποθέσεις για την υψηλή αποτελεσματικότητα της διαδικασίας της υδρόλυσης από την παγκρεατική λιπάση στο δωδεκαδάκτυλο.

Το γαλάκτωμα λιπιδίων εισέρχεται στο έντερο με τη μορφή λεπτών σταγονιδίων. Τα εν λόγω σταγονίδια φέρουν διάμετρο που είναι μικρότερη των 0,5 μm, όπως αναφέρεται από τους Shen et al.<sup>33</sup> Το μικρό αυτό μέγεθός τους οδηγεί σε αναλογική αύξηση της επιφάνειας των λιπιδίων, η οποία είναι εκτεθειμένη στην παγκρεατική λιπάση. Τα λιπαρά οξέα, τα οποία απελευθερώνονται από την αρχική γαστρική λιπόλυση, καθώς επίσης και τα αμινοξέα και πεπτίδια, τα οποία σχηματίζονται από τη γαστρική πρωτεολυτική δράση, καταλήγουν στη διέγερση συγκεκριμένων υποδοχέων των εντερικών επιθηλιακών κυττάρων, προκειμένου να εκκρίνουν το CCK.<sup>34</sup>

Εν συνεχεία, διεγείρεται η συστολή της χοληδόχου κύστης, όπου απελευθερώνεται η χολή στο δωδεκαδάκτυλο, η οποία όπως προαναφέρθηκε ανωτέρω στην παρούσα μελέτη, αποτελεί πεπτικό υγρό. Τα σταγονίδια λίπους, τα οποία καλύπτονται με χολικά άλατα, δεν καθίστανται προσβάσιμα στην παγκρεατική λιπάση, αλλά το ένζυμο της συν-λιπάσης καθιστά επιτρεπτή, στο μόριο παγκρεατικής λιπάσης, τη με την υδατική διεπαφή λιπιδίων. Με τον τρόπο αυτόν, διευκολύνει τη σταθεροποίηση των γαλακτωματοποιημένων τριγλυκεριδίων.<sup>33 34</sup>

Η πέψη των τριγλυκεριδίων προκαλείται, κυρίως, από την πλευρά της παγκρεατικής λιπάσης. Η λιπάση αυτή απελευθερώνεται από τον παγκρεατικό ιστό στο δωδεκαδάκτυλο, κατά τη διάρκεια της ορμονικής απόκρισης στο CCK. Η παγκρεατική λιπάση, στην βέλτιστη περίπτωση διαθέτει επίπεδο pH πλησίον του 8. Επίσης, είναι ανενεργή όταν το επίπεδο pH της είναι μικρότερο του 6. Πρόκειται, συγκεκριμένα, για ένα πεπτίδιο που απαρτίζεται από συνολικά 449 αμινοξέα που διαθέτουν μεγάλο βαθμό δομικής ομολογίας με άλλες λιπάσες. Το σύνολο των υπαρχουσών λιπασών μοιράζονται το πενταπεπτίδιο Gly-X-Ser-X-Gly ως καταλυτική θέση, αλλά η ανάλυση της τρισδιάστατης δομής της παγκρεατικής λιπάσης αποδεικνύει την αναδίπλωση του μορίου, από την οποία αντικατοπτρίζεται η εν λόγω ενεργή της θέση.<sup>35 36</sup>

Επιπλέον, πέραν των ανωτέρω, αναφέρεται ότι η παγκρεατική λιπάση δρα στο αδιάλυτο υπόστρωμα τριγλυκεριδίων και είναι απαραίτητο να προσροφηθεί στη διεπαφή ελαίου-νερού, προκειμένου να επέλθει το καταλυτικό στάδιο της ενζυματικής αντίδρασης της λιπόλυσης. Η παγκρεατική λιπάση δεν παραμένει διαρκώς προσροφημένη στη διεπαφή πετρελαίου – νερού. Αντιθέτως, δύναται να «ανταλλάσσεται» ταχύτατα μεταξύ των σταγονιδίων του ελαίου.<sup>36</sup>

Από αυτό, αποδεικνύεται και σηματοδοτείται η υπόσταση ισορροπίας μεταξύ διαλυτού και δεσμευμένου με λιπίδια PL. Πέραν της περίπτωσης της παγκρεατικής λιπάσης, τα παγκρεατικά ακκινικά κύτταρα προβαίνουν στη σύνθεση δύο πρωτεϊνών που είναι άμεσα συνυφασμένες με την παγκρεατική λιπάση. Πιο συγκεκριμένα, πρόκειται για τις PLRP1 και PLRP2 πρωτεΐνες. Για την περίπτωση της πρωτεΐνης PLRP1, η δραστηριότητά της δεν είναι γνωστή. Όμως, η πρωτεΐνη PLRP2 διαφέρει από μία φυσιολογική λιπάση στο διαθέσιμο υπόστρωμά της, στη συμπεριφορά της στα χολικά άλατα και στην εξάρτησή της από τη συν-λιπάση.<sup>36</sup>

Η παγκρεατική λιπάση διασπά τις θέσεις sn-1 και sn-3 των τριγλυκεριδίων λαμβάνοντας ως αποτέλεσμα MG και FFA τριγλυκερίδια αριθμού sn-2. Το τριγλυκερίδιο sn-2 MG είναι δυνατό να ισομεριστεί σε sn-1 MG, σε υδατικό μέσο, αλλά σπάνια εμφανίζεται, καθώς η απορρόφηση του τριγλυκεριδίου sn-2 MG καθίσταται εξαιρετικά ταχεία.<sup>25 37</sup>

Το ελαϊκό οξύ αποτελεί τον πλέον ισχυρότερο παράγοντα απελευθέρωσης του CCK, από το λεπτό έντερο στο αίμα. Αυτό, εν ολίγοις, σημαίνει ότι η κατανάλωση

ελαιόλαδου συμβάλλει στη ρύθμιση των φυσιολογικών παγκρεατικών και χολικών εκκρίσεων του ανθρώπου, όπως επισημαίνεται από αμφότερες τις μελέτες των Yago et al.<sup>38</sup> και των Krzeminski et al.<sup>39</sup> Επιπροσθέτως, πρέπει να επισημανθεί ότι το ελαϊκό οξύ αποτελεί, συν τοις άλλοις, μία δυναμική απελευθέρωση του παγκρεατικού πολυπεπτιδίου, το οποίο εφεξής κι χάριν συντομίας θα αναφέρεται με τη συντομογραφία PP. Επιπλέον, το ελαϊκό οξύ αναστέλλει την κινητικότητα του γαστρικού μυός και του λεπτού εντέρου, πιθανώς μέσω των αυξημένων επιπέδων του στο πλάσμα του πεπτιδίου YY και του εντερογλυκαγόνου.<sup>40</sup>

### **5.3 Η ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ ΤΩΝ ΜΟΝΟΓΛΥΚΕΡΙΔΙΩΝ ΤΟΥ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ ΚΑΙ ΤΩΝ ΕΛΕΥΘΕΡΩΝ ΛΙΠΑΡΩΝ ΟΞΕΩΝ ΣΤΟ ΔΩΔΕΚΑΔΑΚΤΥΛΟ**

Η απορρόφηση των μορίων των λιπιδίων διαδραματίζεται κατά μήκος των επιθηλιακών κυττάρων του λεπτού εντέρου, κυρίως στην εγγύς νήστιδα αλλά και σε επιπρόσθετα μέρη τα οποία καθίστανται περισσότερο απομακρυσμένα. Τα επιθηλιακά κύτταρα του λεπτού εντέρου εμφανίζουν μία κορυφαία κυτταρική μεμβράνη η οποία απαρτίζεται από μία πληθώρα μικροβίλιων. Τα εν λόγω αναφερόμενα μικροβίλια διαθέτουν πλάτος, προσεγγιστικά 100 nm και τα μεταξύ τους κενά είναι πολύ μικρότερα, φτάνοντας μόλις στα 5-20 nm. Οι μεταβολίτες των λιπιδίων, οι οποίοι παράγονται καθ' όλη τη διάρκεια της πέψης του ελαιόλαδου είναι περισσότερο πολικοί από τα μητρικά τριγλυκερίδια, αλλά εξακολουθούν να έχουν περιορισμένη διαλυτότητα στο υδατικό περιβάλλον του εντερικού αυλού. Ομιλούμε για την περίπτωση των τριγλυκεριδίων sn-2 MG και για την περίπτωση του FFA. Στο σημείο αυτό, επισημαίνεται ότι από την πλευρά των Hofmann & Borgstrom<sup>41 42</sup> ανακαλύφθηκε η σπουδαιότητα της λεγόμενης μικκυλιακής διαλυτοποίησης για τη διαδικασία της εντερικής απορρόφησης.

Τα μικκύλια αποτελούν μικροσκοπικά σωματίδια, τα οποία έχουν μέγεθος που εκτείνεται μεταξύ 3-6 nm και περιλαμβάνουν μόρια χολικού άλατος. Επιπροσθέτως, τα μικκύλια συσσωματώνουν το λεγόμενο τριγλυκερίδιο sn-2 MG και το FFA, ενώ

εκθέτουν τα πολικά άκρα των χολικών αλάτων, επιτρέποντας τη διάλυσή τους στο νερό. Οι ιδιότητες των χολικών αλάτων επιτρέπουν στα μικύλλια να προσεγγίσουν το τριγλυκερίδιο sn-2 MG και το FFA στο περίγραμμα της κορυφαίας κυτταρικής μεμβράνης που αποτελείται από μικροβίλια, κατά μήκος του μη αναδευόμενου στρώματος νερού, το οποίο διαθέτει πάχος που εκτείνεται μεταξύ 50-500  $\mu\text{m}$ .<sup>43</sup>

Ωστόσο, υπάρχουν, συν τοις άλλοις, μη μικκυλιακοί μηχανισμοί για την απορρόφηση των λιπιδίων. Όταν τα σταγονίδια γαλακτώματος συρρικνώνονται κατά τη διάρκεια της λιπόλυσης, τότε εξωθούνται υγρές κρυσταλλικές δομές μονοστρωματικών και πολυστρωματικών κυστιδίων ή λιποσωμάτων sn-2 MG και FFA. Τα συστατικά αυτά σχηματίζονται συνεχώς, αλλά διαλύονται γρήγορα σε μικύλλια στις κατάλληλες συγκεντρώσεις χολικού άλατος.<sup>44</sup>

Επίσης, σημειώνεται η πιθανή αναπλήρωση μεικτών μικκυλίων, τα οποία έχουν απωλέσει λιπίδια, κατά τη διαδικασία απορρόφησης από την πλευρά των εντεροκυττάρων. Αυτό συμβαίνει όταν η συγκέντρωση των χολικών αλάτων υπερβαίνει την κρίσιμη συγκέντρωση μικκυλίου, η οποία εκτείνεται μεταξύ 3-5,4 mM, σχηματίζοντας μεγαλύτερα σωματίδια σχήματος δίσκου, τα οποία διαθέτουν υδροδυναμική ακτίνα, προσεγγιστικού μέγεθος της τάξεως των 200 Å, το οποίο ορισμένες φορές εκτείνεται και μεταξύ 400-600 Å, σε περίπτωση κατά την οποία η ποσότητα των λιπιδίων αυξάνεται περαιτέρω.<sup>45</sup>

Από την άλλη πλευρά, καθίσταται, συν τοις άλλοις, δυνατό να εντοπιστούν υποκύτταρα συσσωματώματα, χαρακτηριστικά παραδείγματα των οποίων είναι η χοληστερόλη και τα λεγόμενα λυσοφωσφολιπίδια.<sup>46</sup>

Ωστόσο, έχει καταστεί πλέον ευρύτερα γνωστό ότι τα μικύλλια και τα λιποσώματα συνυπάρχουν στον εντερικό αυλό, αλλά λόγω του ότι ανταλλάσσουν διαρκώς sn-2 MG και FFA, οι σχετικοί ρόλοι τους στη μεταφορά λιπιδίων εξακολουθούν να είναι ασαφείς.<sup>33</sup>

Στο σημείο αυτό, επισημαίνεται ότι τα σωματίδια που φέρουν ικανό αριθμό λιπιδίων, ώστε να έχουν τη δυνατότητα να φτάσουν στο στρώμα νερού χωρίς να αναδευτούν, δεν δύνανται να είναι μεγαλύτερα από το πλάτος των κενών των ιδίων των μικροβιότοπων. Τα μικύλλια και τα υποκύτταρα αποτελούν τα κυρίαρχα μέσα

επιτυχούς προσέγγισης του sn-2 MG και του FFA στη μεμβράνη των μικροβίλων. Εκεί, το επικρατές όξινο μικροκλίμα, το οποίο διαθέτει επίπεδο pH που κυμαίνεται μεταξύ 5,3-6, προάγει αφενός τον μικροκύτταρο διαχωρισμό και αφετέρου την πρωτονίωση λιπαρών οξέων. Με αυτόν τον τρόπο, επομένως, διευκολύνει την παθητική διάχυση του FFA κατά μήκος της κυτταρικής μεμβράνης.<sup>47</sup>

Τα εντεροκύτταρα, καθίσταται επίσης δυνατόν να προσλαμβάνουν το FFA, μέσω διεργασιών που εξαρτώνται από την ενέργεια και μέσω φορέα. Μάλιστα, η διεργασία μέσω φορέα καθίσταται διεθνώς γνωστή με τον όρο “carrier-mediated”. Ως φορείς, νοούνται οι πρωτεΐνες που έχουν τη δυνατότητα να διαπερνούν την κυτταρική μεμβράνη. Μία πρωτεΐνη δέσμευσης λιπαρών οξέων, η οποία εφεξής και χάριν συντομίας θα αναφέρεται με την συντομογραφία FABP, εντοπίζεται στις κορυφές και στις πλευρικές περιοχές του villus και στην κρύπτη αυτού.<sup>48</sup>

Ο ανωτέρω αναφερόμενος φορέας διαδραματίζει σημαντικό ρόλο σε χαμηλές συγκεντρώσεις του FFA. Αυτό πιθανότατα συμβαίνει για λόγους διασφάλισης επαρκούς πρόσληψης λιπιδικών θρεπτικών ουσιών. Από την άλλη πλευρά, η παθητική διάχυση κυριαρχεί σε υψηλές συγκεντρώσεις του FFA. Άλλες πρωτεΐνες, συμπεριλαμβανομένων των GP330 (megalin), CD36, SR-BI και cavolin έχουν τη δυνατότητα της δέσμευσης των λιπιδίων και των αντίστοιχων σχετικών μεταβολιτών.<sup>49</sup>

Οι ανωτέρω αναφερόμενοι μεταφορείς εντοπίζονται στην ανωτέρω αναφερόμενη κυτταρική μεμβράνη που αποτελείται από πολλά μικροβίλια και διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στις περιπτώσεις διαιτών, οι οποίες είναι πλούσιες σε λίπη. Τα σημεία στα οποία διαδραματίζουν καθοριστικότερο ρόλο και εμφανίζονται σε μεγαλύτερο βαθμό οι εν λόγω φορείς, είναι η νήστιδα, ο δωδεκαδάκτυλος και ο ειλεός. Μάλιστα, η σπουδαιότητα και η ένταση του βαθμού έκφρασης και υπόστασής τους επισημαίνεται με την σειρά αναφοράς των ανωτέρω αναφερόμενων περιοχών, με αυτήν της νήστιδας να είναι εντονότερη και του ειλεού ασθενέστερη, ενώ στην περίπτωση το δωδεκαδακτύλου η δυναμική της έκφρασής τους είναι μέτρια. Ενδιαφέρον εμφανίζει το γεγονός ότι λοιπές πιθανές δεσμευτικές πρωτεΐνες, εξειδικευμένα στην περίπτωση του FFA μακράς αλυσίδας, δύνανται να έχουν κλωνοποιηθεί σε λιποκύτταρα, όπως χαρακτηριστικά επισημάνθηκε από τους Shaffer & Lodish<sup>50</sup>, καθώς επίσης και στην



περιοχή του λεπτού εντέρου (FATP4), κάτι που επισημάνθηκε από τους Hermann et al.<sup>51</sup>

Οι διαφορές στον ρυθμό απορρόφησης του FFA έχουν περιγραφεί ως συνάρτηση του μήκους της αλυσίδας και του αριθμού και της θέσης των διπλών δεσμών. Πρόκειται για κάτι που έχει αναφερθεί από τους Mu & Hoy.<sup>25</sup>

Στο σημείο αυτό, επισημαίνεται ότι τα λιπαρά οξέα βραχείας αλυσίδας, τα οποία κυμαίνονται μεταξύ 2-4 ατόμων άνθρακα, καθώς επίσης και αυτά της μεσαίας αλυσίδας, τα οποία κυμαίνονται μεταξύ 6-12 ατόμων άνθρακα, απορροφώνται ταχύτερα, συγκριτικά με την περίπτωση των λιπαρών οξέων που διαθέτουν περισσότερα από 14 άτομα άνθρακα. Ο λόγος αυτού έγκειται στο ότι οι πρώτες αναφερόμενες περιπτώσεις λιπαρών οξέων δεν χρειάζονται μικροκυτταρική διαλυτοποίηση. Αντιθέτως, χρειάζονται διαλυτοποίηση η οποία είναι απλά δεσμευμένη στην αλβουμίνη. Έτσι, καθίσταται εφικτή η απευθείας μεταφορά τους στο ήπαρ από τις φλέβες. Συν τοις άλλοις, επισημαίνεται ότι ο βαθμός ακορεσμού διευκολύνει τη διαλυτοποίηση και την απορρόφηση των λιπαρών οξέων.<sup>24</sup>

Η κατανομή των λιπαρών οξέων στα διαιτητικά τριγλυκερίδια καθορίζει εάν τα λιπαρά οξέα απορροφώνται ως FFA ή υπό τη μορφή sn-2 MG. Στο σημείο αυτό, επισημαίνεται ότι έχει αποδειχθεί υπόσταση γραμμικής συσχέτισης μεταξύ της παρουσίας λινελαϊκού οξέος στη θέση sn-2, αλλά όχι στην περίπτωση λοιπών στερεοειδικών θέσεων, του μορίου τριγλυκεριδίων και του επιπέδου του αραχιδονικού οξέος στο πλάσμα (20:4n-6), υποδεικνύοντας ότι μόνο η θέση 2 διατηρείται καθ' όλη τη διάρκεια της απορρόφησης και των υπολειπόμενων μεταβολικών διεργασιών.<sup>52</sup>

Συγκεκριμένα, στην περίπτωση του ελαιόλαδου, επισημαίνεται ότι μέχρι και ένα ποσοστό της τάξεως του 95% των συνολικών λιπαρών οξέων στη θέση sn-2 είναι MUFA (Monounsaturated Fatty Acids), δηλαδή μονοακόρεστα λιπαρά οξέα, και κυρίως, είναι ελαϊκά οξέα. Αυτό, συνεπάγεται ότι το ελαιόλαδο ενεργεί ως προμηθευτής υδρογονανθράκων, οι οποίοι είναι πλούσιοι σε ελαϊκό οξύ, για λόγους κυτταρικής σύνθεσης τριγλυκεριδίων και φωσφολιπιδίων.<sup>53</sup>

## 5.4 Η ΕΝΔΟΚΥΤΤΑΡΙΚΗ ΕΠΑΝΑΣΥΝΘΕΣΗ ΤΩΝ ΤΡΙΓΛΥΚΕΡΙΔΙΩΝ

Από την πλευρά του FABP δεσμεύονται τα FFA και εν συνέχεια μεταφέρονται εντός του εντεροκυττάρου στο ομαλό ενδοπλασματικό δίκτυο. Εκεί, εντοπίζονται τα ένζυμα της σύνθεσης των λιπιδίων. Στο σημείο αυτό, επισημαίνεται ότι καθίσταται γνωστή η στην υπόσταση δύο ισότυπων του FABP. Πρόκειται αφενός για το I-FABP και αφετέρου για το L-FABP. Πρόκειται για δύο ισότυπους που καθίστανται διαφοροποιημένοι ως προς τη δεσμευτική τους ειδικότητα. Από τη μία πλευρά, το I-FABP δεσμεύεται έντονα με το FFA, ενώ από την άλλη πλευρά, το L-FABP δεσμεύεται κατά προτίμηση με το sn-2 MG και άλλους συνδέτες.<sup>54</sup>

Η επανασύνθεση των τριγλυκεριδίων ξεκινά με την ενεργοποίηση του FFA στο ακυλο-CoA. Σε αυτή τη μορφή, τα λιπαρά οξέα μεταφέρονται διαδοχικά σε sn-2 MG, από MG και DG ακυλοτρανσφεράσες. Αυτά τα ένζυμα σχηματίζουν ένα σύμπλεγμα, το οποίο καθίσταται γνωστό με την ονομασία «τριγλυκεριδική συνθετάση», όπως επισημάνθηκε από τους Lehner & Kuksis.<sup>55</sup>

Η ανωτέρω αναφερόμενη διαδικασία ευνοεί τη στερεοειδική επανακυλίωση στη θέση sn-1. Επιπροσθέτως, συμβάλλει στο 80% της ανασύνθεσης των εντερικών τριγλυκεριδίων στην κατάσταση τροφοδοσίας. Από την άλλη πλευρά, το ακυλ-συνένζυμο A δύναται, επίσης, να μεταφερθεί σε α-γλυκεροφωσφορικό άλας, το οποίο προέρχεται από το μεταβολισμό της γλυκόζης. Η μεταφορά αυτή, είναι δυνατόν να καταστεί εφικτή μέσω της διόδου του φωσφατιδικού οξέος, η οποία αντιπροσωπεύει το υπόλοιπο 20%. Επομένως, η ποσότητα FFA που συγκεντρώνεται στο εντεροκύτταρο αποτελεί τον περιοριστικό παράγοντα της επανασύνθεσης των τριγλυκεριδίων. Η σημασία των MG ακυλτρανσφεράσης και α-γλυκεροφωσφορικού άλατος εξαρτάται από την παροχή sn-2 MG.<sup>25</sup>

Στο σημείο αυτό, επισημαίνεται ότι η ρύθμιση της επανασύνθεσης των τριγλυκεριδίων αποτελεί μία πολύπλοκη διαδικασία. Πιο συγκεκριμένα, στο πλαίσιο της διαδικασίας αυτής περιλαμβάνονται τα στάδια της μεταγραφής και μετα-μεταγραφής που ανταποκρίνονται σε συγκεκριμένες ορμόνες, τους λεγόμενους μεταβολίτες.<sup>56</sup>



Ένα υψηλό διατροφικό επίπεδο MCT καθίσταται δυνατό να επιβραδύνει την επανασύνθεση των τριγλυκεριδίων και το σχηματισμό λιποπρωτεϊνών. Αυτό συμβαίνει, τη στιγμή κατά την οποία τα λιπαρά οξέα που παρέχουν τα τριγλυκερίδια και οι λιποπρωτεΐνες, μεταφέρονται απευθείας στο ήπαρ.<sup>25</sup>

Τα LCT, ιδιαίτερα εκείνα που φέρουν πολυακόρεστα λιπαρά οξέα μακράς αλυσίδας της οικογένειας n-3, μειώνουν επίσης την επανασύνθεση των τριγλυκεριδίων με ανταγωνιστικές και ανασταλτικές επιδράσεις των εικοσαπεντανοϊκών-CoA, με λοιπά ακυλο-CoA και DG ακυλτρανσφεράσες, αντίστοιχα.<sup>57</sup>

Όλες οι ανωτέρω απόρροιες αποτελούν μέρος μίας αλυσίδας γεγονότων, η οποία ξεκίνησε αρχικά με την αναστολή της ενεργοποίησης του LXR (υποδοχείς X ήπατος), το οποίο ενεργοποιεί περαιτέρω το SREBP-1 (ρυθμιστική πρωτεΐνη-1 και δεσμευτικό στοιχείο στερόλης), έναν άμεσο ενεργοποιητή γονιδίων για λιπαρά οξέα και την σύνθεση των γλυκερολιπιδίων. Το στεατικό οξύ, το οποίο εφεξής και χάριν συντομίας θα αποκαλείται με την συντομογραφία SFA, δεν διαθέτει ανασταλτική επίδραση στο LXR, ενώ τα ακόρεστα λιπαρά οξέα προάγουν διαφορετικά επίπεδα ανασταλτικής δράσης, ήτοι το ελαϊκό οξύ<λινελαϊκό οξύ<α-λινολενικό οξύ, το οποίο ισούται με το αραχιδονικό οξύ.<sup>58</sup>

## **5.5 Η ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ ΤΩΝ ΜΙΚΡΩΝ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ ΕΝΩΣΕΩΝ ΤΟΥ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ ΣΤΟ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΕΝΤΕΡΟ**

Στο πλαίσιο της μελέτης του Borel<sup>59</sup>, υπογραμμίστηκε υπόσταση πολλαπλών κενών που υφίστανται στο γνωστικό υπόβαθρο επί του ζητήματος του μεταβολισμού των λιποδιαλυτών βιοδραστικών ενώσεων και των παραγόντων που ασκούν επιρροή στην απορρόφησή τους.

Πιο συγκεκριμένα, υφίστανται αμφιλεγόμενες μελέτες οι οποίες είναι επικεντρωμένες στο ζήτημα της απορρόφησης φαινολικών ενώσεων, στην περίπτωση του έξτρα παρθένου ελαιόλαδου. Αναλυτικότερα, οι απλές φαινόλες είναι δυνατόν να απορροφηθούν στο έντερο, ωστόσο ελάχιστα δεδομένα είναι διαθέσιμα, αναφορικά με

τα φαινολικά παράγωγα. Ένα σημαντικό πρόβλημα στη μελέτη της απορρόφησης των φαινολικών ενώσεων στην περίπτωση του ανθρώπινου οργανισμού, είναι η αποδόμησή τους από μικροοργανισμούς στο παχύ έντερο. Πρόκειται για μία διαδικασία, η οποία οδηγεί σε υπερεκτίμηση της απορροφούμενης ποσότητας όταν ελέγχεται η διαδικασία της απέκκρισης των κοπράνων.<sup>60</sup>

Η δομή των φαινολικών ενώσεων ασκεί σημαντική επίδραση στους μηχανισμούς της εντερικής απορρόφησης. Οι πιο διαδεδομένες δομικές παράμετροι είναι το μοριακό βάρος, η γλυκοσυλίωση και η εστεροποίηση. Πρόκειται για κάτι που έχει επισημανθεί στη μελέτη των Scalbert & Williamson.<sup>60</sup>

Επιπροσθέτως, έχει περιγραφεί η παθητική διάχυση, μέσω της λιπιδικής διπλής στιβάδας της επιθηλιακής κυτταρικής μεμβράνης, για την περίπτωση των πιο πολικών φαινολικών ενώσεων, όπως είναι για παράδειγμα η υδροξυτυροσόλη και η τυροσόλη. Πρόκειται για περιπτώσεις που έχουν επισημανθεί στη μελέτη των Manna et al.<sup>61</sup> Ωστόσο, από την πλευρά των Hollman et al.<sup>62</sup>, έχει επισημανθεί ότι μεγαλύτερα μόρια ως γλυκοσίδες παράγωγα, θα μπορούσαν να απορροφηθούν μέσω ενός μεταφορέα γλυκόζης.

Δεδομένου ότι οι μεταβολίτες των ούρων από αυτά τα μόρια είναι η υδροξυτυροσόλη και η τυροσόλη, καθίσταται, επιπροσθέτως, πιθανή η υδρόλυση των γλυκοσυλιωμένων μορίων στο γαστρεντερικό σωλήνα. Πρόκειται για μία διαδικασία που δύναται να συμβεί πριν από την απορρόφησή τους ή στο εντερικό κύτταρο, στο αίμα ή ακόμα και στο ήπαρ, μετά την απορρόφηση. Επιπροσθέτως, είναι δυνατόν να συμβεί και στην ελαιοευρωπαϊνή και τη λιγκροσίδη aglycons (p-HPEAEA).<sup>63</sup>

Όπως όμως αναφέρουν οι Scalbert, A., & Williamson<sup>60</sup> δεν αποδεικνύεται η μη ενζυματική απο-γλυκοζυλίωση στο ανθρώπινο σώμα. Ωστόσο, τα κύτταρα του γαστρεντερικού βλεννογόνου είναι δυνατό να συμμετέχουν στην παραγωγή, ενώ την ίδια στιγμή η μικροχλωρίδα του παχέος εντέρου εκκρίνει δραστικές β-γλυκοσιδάσες.<sup>60</sup>

Η απορρόφηση των κυρίως φαινολικών ενώσεων λαμβάνει χώρα στο λεπτό έντερο, όπως καθίσταται αντιληπτό στην περίπτωση ατόμων με ειλεοστομία, αναφορικά με τη μελέτη των Vissers et al.<sup>63</sup> Πρόσθετη απορρόφηση είναι δυνατόν να παραχθεί στο κόλον, όπως χαρακτηριστικά αναφέρουν οι μελέτες των Williamson et al.<sup>64</sup> και των

Scalbert et al.<sup>65</sup> Ωστόσο, ορισμένες μελέτες δείχνουν ότι αυτή η διαδικασία θα συμβεί σε περίπτωση κατά την οποία οι φαινολικές ενώσεις αποικοδομούνται μερικώς από την μικροχλωρίδα του παχέος εντέρου. Χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιας μελέτης είναι αυτή που διεξήχθη από τους Scalbert & Williamson<sup>60</sup>.

Σύμφωνα με ένα “in vivo” μοντέλο, η υδροξυτυροσόλη και η τυροσόλη απορροφώνται με δοσοεξαρτώμενο και μη κορεσμένο τρόπο στους ανθρώπινους οργανισμούς, όπως επισημάνθηκε από τους Vissiolli et al.<sup>66</sup> Αυτό συμβαίνει, λαμβάνοντας υπόψη την υπόσταση ενός αμφίδρομου μηχανισμού παθητικής διάχυσης σε περίπτωση in vitro λήψης της υδροξυτυροσόλης από ανθρώπινα εντερικά κύτταρα Caco-2.<sup>61</sup>

Ένας καθοριστικός παράγοντας στη βιοδιαθεσιμότητα των καροτενοειδών είναι η απελευθέρωσή τους από τη μήτρα τροφής (food matrix) και η διάλυσή τους στη φάση των λιπιδίων, όπως αναφέρει ο Parker<sup>67</sup>. Πράγματι, τα καροτενοειδή απορροφώνται καλύτερα όταν καταναλώνονται έλαια, όπως είναι για παράδειγμα το έξτρα παρθένο ελαιόλαδο, συγκριτικά με την περίπτωση κατανάλωσης φρούτων και λαχανικών. πρόκειται για ένα στοιχείο που έχει επιβεβαιωθεί από την μελέτη των De Pee & West<sup>68</sup>.

Οι φυσιολογικές δόσεις των καροτενοειδών είναι δυνατόν να διαχέονται παθητικά στον εντερικό βλεννογόνο, αλλά, υφίσταται η διαδικασία της μεταφοράς, που προκαλείται από τον φορέα στα κύτταρα Caco-2 για στην περίπτωση της λουτεΐνης, όπως επισημάνθηκε από τους Reboul et al.<sup>69</sup> Ωστόσο, το β-καροτένιο είναι δυνατόν να μετατραπεί σε βιταμίνη Α στον εντερικό βλεννογόνο, κάτι που δεν είναι δυνατό να συμβεί με την περίπτωση της λουτεΐνης, η οποία απορροφάται χωρίς την υπόσταση μοριακών αλλαγών.<sup>70</sup>

Οι μηχανισμοί απορρόφησης της α-τοκοφερόλης, ήτοι της βιταμίνης Ε, δεν είναι επαρκώς τεκμηριωμένοι. Πιο αναλυτικά, η γαστρική εκκένωση της α-τοκοφερόλης ακολουθεί την αντίστοιχη που παρουσιάζεται στην περίπτωση των λιπιδίων, σύμφωνα με τους Borel et al.<sup>71</sup> Αυτή διαδικασία, ωστόσο, κρίνεται εύλογη, λόγω του ότι πρόκειται για μία λιποδιαλυτή ουσία.

Ωστόσο, δεν υφίστανται σημαντικές μεταβολικές μεταβολές της α-τοκοφερόλης από το ελαιόλαδο στο στομάχι του ανθρώπου, αλλά τα εντεροκύτταρα καθίστανται υπεύθυνα για την απορρόφησή της. Μετά τη διαδικασία της εντερικής απορρόφησης,

η α-τοκοφερόλη μπαίνει σε χυλομικρόνια, τα οποία καθίστανται ευρέως γνωστά με τη συντομογραφία CM. Τα χυλομικρόνια εκκρίνονται περαιτέρω στη συστηματική κυκλοφορία μέσω των λεμφικών αγγείων.<sup>72</sup>

## 5.6 Η ΕΝΩΣΗ ΤΩΝ ΕΝΤΕΡΙΚΩΝ ΛΙΠΟΠΡΩΤΕΙΝΩΝ ΠΟΥ ΠΕΡΙΕΧΟΥΝ ΤΑ ΤΡΙΓΛΥΚΕΡΙΔΙΑ ΤΟΥ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ ΚΑΙ ΛΟΙΠΕΣ ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΥΣΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ

Το λεπτό έντερο είναι δυνατό να προχωρήσει στην έγκριση δύο διαφορετικών λιποπρωτεϊνών. Οι λιποπρωτεΐνες αυτές είναι πλούσιες σε τριγλυκερίδια και πιο συγκεκριμένα, πρόκειται για τα λεγόμενα CM και τις λιποπρωτεΐνες πολύ χαμηλής πυκνότητας, οι οποίες εφεξής και χάριν συντομίας θα αναφέρονται με την συντομογραφία VLDL. Πιο συγκεκριμένα, τα CM σχηματίζονται μετά τη λήψη λίπους από την προσλαμβάνουσα τροφή, ενώ τα VLDL αποτελούν τις βασικές λιποπρωτεΐνες που εκκρίνονται κατά τη διάρκεια της νηστείας, ήτοι της ελλιπούς διατροφής.<sup>25</sup>

Τα εντερικά κύτταρα του ανθρώπινου οργανισμού, όπως είναι επί παραδείγματι τα λεγόμενα Caco-2, χρησιμοποιούνται εκτενώς για τη μελέτη του σχηματισμού και της έκκρισης των λιποπρωτεϊνών. Αν και αρκετά ερωτήματα πάνω στο συγκεκριμένο ζήτημα παραμένουν ακάλυπτα, ωστόσο, οι περισσότεροι από τους κυτταρικούς μηχανισμούς που εμπλέκονται στην εντερική συγκρότηση λιποπρωτεϊνών, οι οποίες είναι πλούσιες σε τριγλυκερίδια, περιγράφονται σε αρκετές μελέτες, όπως είναι για παράδειγμα αυτή των Cartwright et al.<sup>73</sup>

Τα κυριότερα κυτταρικά διαμερίσματα του εντεροκυττάρου, περιοχή στην οποία πραγματοποιείται η ανωτέρω αναφερόμενη συγκρότηση των λιποπρωτεϊνών, διαθέτουν ένα τραχύ και ομαλό ενδοπλασματικό δίκτυο, ήτοι RER και SER, καθώς και τα λεγόμενα συστήματα ή συμπλέγματα Golgi, γνωστά και ως δικτυοσώματα. Επιπροσθέτως, η πρόσφατα συνθεμένη πρωτεΐνη τύπου apoB-48 και τα τριγλυκερίδια συσσωρεύονται στην μεμβράνη SER και μεταφέρονται στον αυλό (lumen) σε ένα μικροσωμικό στάδιο πρωτεΐνης μεταφοράς τριγλυκεριδίων, η οποία εφεξής και χάριν

συντομίας θα αποκαλείται μεταξύ των τομογραφία MTP. Στο σημείο αυτό, επισημαίνεται η υπόσταση ορισμένων διαφόρων μεταξύ των CM και VLDL, οι οποίες αμέσως μόλις σχηματιστούν παραμένουν σε ξεχωριστά κυστίδια χωρίς να αναμειγνύονται, έως ότου τελικά εκκριθούν στη λέμφη.<sup>73</sup>

Η βασική διαφορά στα μοντέλα συγκρότησης για την περίπτωση των CM και VLDL έγκειται στο ότι για τη συγκρότηση της VLDL υφίσταται ο σχηματισμός ενός ενδιάμεσου προδρόμου. Πρόκειται, συγκεκριμένα, για ένα μικρό και πυκνό σωματίδιο πλούσιο σε apoB, που αργότερα συγχωνεύεται με πλούσια σε τριγλυκερίδια και apoB ανεπαρκή σωματίδια για να σχηματίσουν τη λιποπρωτεΐνη. Μία άλλη διαφορά είναι ότι για τη συναρμολόγηση της CM υπάρχει ένα κρίσιμο στάδιο περιορισμού του ρυθμού συγκρότησης, με τη μεταφορά τριγλυκεριδίων και apoB-48. Ωστόσο, τα βήματα περιορισμού του ρυθμού στη συγκρότηση της VLDL περιλαμβάνουν την κίνηση της apoB-100 μέσα στον αυλό RER, πυκνών σωματιδίων από τον RER στον αυλό SER, και πιθανώς το σχηματισμό σωματιδίων πλούσιων σε τριγλυκερίδια. Στο τελευταίο βήμα, τα δύο μοντέλα συγκρότησης συμπίπτουν.<sup>25 73</sup>

Αυτό σημαίνει ότι οι νέες λιποπρωτεΐνες μετακινούνται σε συμπλέγματα Golgi και κυστίδια για να παρασκευαστούν για εξοκτυτάρη, μέσω της μεμβράνης του πλάσματος. Η εν λόγω έκκριση λαμβάνει χώρα μέσω της βασικής μεμβράνης των εντεροκυττάρων και των λιποπρωτεϊνών που εισέρχονται στα λεμφικά τριχοειδή των εντερικών μικροβίων, τα οποία διεισδύουν σε λεμφικά κανάλια, διέρχοντας στη συστηματική κυκλοφορία μέσω του θωρακικού αγωγού. Η VLDL εντοπίζεται στη λέμφη κατά τη διάρκεια χρονικών περιόδων νηστείας, δηλαδή ανεπαρκούς πρόσληψης τροφής. Κατά τη διάρκεια αυτών των περιόδων, λοιπόν, εντοπίζεται συνεχής έκκριση της VLDL. Από την άλλη πλευρά, η έκκριση CM προκαλείται μόνο στην κατάσταση μετά την κυκλοφορία, όπου η έκκριση της VLDL είναι κορεσμένη. Μελέτες που περιλαμβάνουν την έγχυση λιπιδίων στα ζώα και την αλληλεπίδραση των λιπιδίων στο *in vitro* μοντέλο ανθρώπινων εντερικών κυττάρων έχουν αποδείξει ότι τα φωσφολιπίδια και τα τριγλυκερίδια προκαλούν το σχηματισμό VLDL και CM, αντίστοιχα.<sup>25</sup>

Ένα διαδοχικό μοντέλο συγκρότησης της CM περιλαμβάνει τρία ανεξάρτητα γεγονότα, τα οποία είναι τα κάτωθι:

- (1) Συγκρότηση παλαιών λιποπρωτεϊνών
- (2) Σύνθεση πλούσιων σε τριγλυκερίδια λιπιδικών σταγονιδίων
- (3) Επέκταση πυρήνα και σύνθεση νεοεμφανιζόμενων λιποπρωτεϊνών με σύντηξη παλαιών λιποπρωτεϊνών με σταγονίδια λιπιδίων.<sup>74</sup>

Στο σημείο αυτό, αξιοπρόσεκτο είναι το γεγονός ότι η απορρόφηση των φαινολικών ενώσεων στον άνθρωπο δεν πραγματοποιείται μέσω διαδικασιών που είναι συνυφασμένες με την συγκρότηση της CM, αν και οι φαινολικές ενώσεις συμβάλλουν σημαντικά στην ενίσχυση της αντιοξειδωτικής ικανότητας του πλάσματος κατά τη μεταγευματική φάση.<sup>75</sup>

Από την άλλη πλευρά, τα καροτενοειδή φαίνεται να μεταφέρονται αποκλειστικά σε λιποπρωτεΐνες. Μάλιστα, αξιοπρόσεκτες ποσότητες διαφορετικών καροτενοειδών, όπως είναι για παράδειγμα το β-καροτένιο, έχουν εντοπιστεί στην ανθρώπινη CM μετά την κατάποση, ως ελαιορητίνη, όπως αναφέρεται από τους Perez-Galvez et al.<sup>76</sup> και ως άμεσα λαχανικά και φρούτα, όπως αναφέρεται από τους Cardinault et al.<sup>77</sup>

Αξιοπρόσεκτο κρίνεται το γεγονός ότι το β-καροτένιο ενσωματώνεται καλύτερα στην CM όταν καταναλώνεται σε γεύμα που περιέχει LCT παρά σε γεύμα που περιέχει μόνο MCT. Πρόκειται για κάτι που επισημάνθηκε από τους Borel et al.<sup>59</sup> Οι μελετητές, συγκεκριμένα, προτείνουν ότι η απορρόφηση των καροτενοειδών σε περίπτωση κατανάλωσης ελαιόλαδου, μπορεί να βελτιωθεί ιδιαίτερα. Επομένως, το ελαιόλαδο λειτουργεί διπλά ως φυσικός προμηθευτής και ως συν-παράγοντας για την απορρόφηση των καροτενοειδών, κάτι που έχει ιδιαίτερη σημασία για την έλλειψη βιταμίνης A.<sup>59</sup>

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το ελαιόλαδο είναι ένα λιπαρό πλούσιο σε μονοακόρεστο ελαϊκό οξύ, το οποίο αποτελείται κυρίως από τριγλυκερίδια και μικρότερες ενώσεις. Όπως και στην περίπτωση λοιπών μακροθρεπτικών συστατικών, η πέψη και η απορρόφηση των τριγλυκεριδίων αποτελεί μία σύνθετη διαδικασία. Πρόκειται για μία διαδικασία, που περιλαμβάνει ένα συνονθύλευμα ενζυματικών δράσεων και δραστηριοτήτων, καθώς επίσης και μία αλυσίδα φυσικοχημικών μεταρρυθμίσεων και μεταβολών.

Συγκεκριμένα, στην περίπτωση του ανθρώπινου οργανισμού, η υδρόλυση των τριγλυκεριδίων του ελαιόλαδου ξεκινά στην περιοχή του στομάχου. Στο στομάχι, λοιπόν, πραγματοποιείται η μετατροπή σε οξύ γαστρική λιπάση, ενώ η υδρόλυση των τριγλυκεριδίων συνεχίζεται στο δωδεκαδάκτυλο, με τις συνεργικές δράσεις των γαστρικών και εξαρτώμενων από την κολίπαση παγκρεατικών λιπασών και της έκκρισης της λεγόμενης χολής. Η γαστρική λιπόλυση επιφέρει ως απότοκο την υδρόλυση ενός ποσοστού που προσεγγιστικά κυμαίνεται μερταξύ 10-30% των προσλαμβανόμενων τριγλυκεριδίων. Έτσι, δημιουργούνται κυρίως διγλυκερίδια, γνωστά ως DG, καθώς επίσης και ελεύθερα λιπαρά οξέα.

Η ανωτέρω περιγραφόμενη διαδικασία διευκολύνει την επακόλουθη υδρόλυση τριγλυκεριδίων με παγκρεατική λιπάση, επιτρέποντας τη λεγόμενη γαλακτωματοποίηση του λίπους. Η παγκρεατική λιπάση διασπά τις θέσεις sn-1 και sn-3 των τριγλυκεριδίων και της DG λαμβάνοντας μονογλυκερίδια sn-2.

Διαφορετικοί μεταβολίτες λιπιδίων απορροφώνται ταχύτατα κατά μήκος των επιθηλιακών κυττάρων του λεπτού εντέρου. Ως εκ των ανωτέρω, το ελαιόλαδο δρα ως προμηθευτής της δημιουργίας και του σχηματισμού υδρογονανθράκων, οι οποίοι είναι πλούσιοι σε ελαϊκό οξύ και αυτό, με τη σειρά του ευνοεί την κυτταρική σύνθεση τριγλυκεριδίων και φωσφολιπιδίων. Η απορρόφηση των ως επί το πλείστον μικρών ενώσεων του ελαιόλαδου διαδραματίζεται στο λεπτό έντερο, ως φυσικό ή παράγωγο.

Εν κατακλείδι, σε σύγκριση με τις δίαιτες πλούσιες σε πολυακόρεστα λιπαρά οξέα, το ελαιόλαδο καταστέλλει την έκκριση του γαστρικού οξέος και αποτελεί έναν ισχυρό

παράγοντα απελευθέρωσης του πεπτιδίου της χοληκυστοκινίνης. Αυτό συνεπάγεται ότι η κατανάλωση ελαιόλαδου δύναται να καταστεί ευεργετική στις περιπτώσεις εμφάνισης πεπτικών και στομαχικών νόσων, ενώ παράλληλα με την κατανάλωση του, ελαχιστοποιούνται και οι πιθανότητες πρόκλησης τέτοιου είδους νόσων.



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Brenes, M., Garcia, A., Garcia, P., Rios, J.J., & Garrido, A. (1999). Phenolic compounds in Spanish olive oils. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 47, 3535-3540.
2. Boskou, D., Simopoulos, A., & Visioli, F. (2000). Olive oil in Mediterranean diets. *World Rev. of Nutrition and Diet*, 87, 56-77.
3. Di Giovacchino, L., Solinas, M., & Miccoli, M. (1994). Effect of extraction system on the quality of virgin olive oil. *Journal of American Oil Chemists' Society*, 71, 1189-1194.
4. Κυριτσάκης, Α. (2007). Το ελαιόλαδο, βιολογικό ή συμβατικό, πάστα ελιάς. Αθήνα: Αγροτικές Συνεταιριστικές Εκδόσεις.
5. Κυριτσάκης, Α. (1998). Το ελαιόλαδο. Αθήνα: Αγροτικές Συνεταιριστικές Εκδόσεις.
6. Iverson, S.J., Oftedal, O.T., Bowen, W.D., Boness, D.J., & Sampugna, J. (1995). Prenatal and postnatal transfer of fatty acids from mother to pup in the hooded seal. *Journal of Comparative Physiology B*, 165, 1–12.
7. Gracian, J. (1968). *Analysis and Characterization of Oils, Fats and Fat Products*. London: Wiley.
8. Cimato, A. (1990). Effect of agronomic factors on virgin olive oil quality. *Science and Technique*, 31, 20-31.
9. Bruni, U., Cortesi, N., & Fiorino, P. (1994). Influence of agricultural techniques, cultivation and origin area on characteristics of virgin olive oil and on levels of some of its minor components. *Olivae*, 53, 28–34.
10. Gimeno, E., Castellote, A. I., Lamuela-Raventós, R. M., De la Torre, M. C., & López-Sabater, M. C. (2002). The effects of harvest and extraction methods on the antioxidant content (phenolics,  $\alpha$ -tocopherol, and  $\beta$ -carotene) in virgin olive oil. *Food Chemistry*, 78(2), 207–211.

11. Osman, M., Metzidakis, I., Gerasopoulos, D., & Kiritsakis, A. (1994). Qualitative changes in olive oil collected from trees grown at two altitudes. *Revista Italianna della Sostanze Grasse*, LXXI, 187-190.
12. Portarena, S., Leonardi, L., Scartazza, A., Lauteri, M., Baldacchini, C., Farinelli, D., & Brugnoli, E. (2019). Combining analysis of fatty acid composition and  $\delta^{13}\text{C}$  in extra-virgin olive oils as affected by harvest period and cultivar: Possible use in traceability studies. *Food Control*, 105, 151-158.
13. Gamel, T., Kiritsakis, A., & Petrakis, C. (1999). Effect of phenolic extracts on trans fatty acid formation during frying. *Grasasaceites*, 50(6), 421-425.
14. Kiritsakis, A., & Shahidi, F. (2017). Olive Oil Quality and its Relation to the Functional Bioactives and their Properties. In A. Kiritsakis and F. Shahidi (Eds.), *Olives and Olive Oil as Functional Foods: Bioactivity, Chemistry and Processing*, First Edition (pp. 205-219). UK: John Wiley & Sons.
15. Yoshihara, D., Fujiwara, N., & Suzuki, K. (2010). Antioxidants: Benefits and risks for long-term health. *Maturitas*, 67(2), 103–107.
16. Kay, C. D., Gebauer, S. K., West, S. G., & Kris-Etherton, P. M. (2010). Pistachios Increase Serum Antioxidants and Lower Serum Oxidized-LDL in Hypercholesterolemic Adults. *The Journal of Nutrition*, 140(6), 1093–1098.
17. Bast, A., & Haenen, G. R. M. M. (2013). Ten misconceptions about antioxidants. *Trends in Pharmacological Sciences*, 34(8), 430–436.
18. Salganik, R. I. (2001). The Benefits and Hazards of Antioxidants: Controlling Apoptosis and Other Protective Mechanisms in Cancer Patients and the Human Population. *Journal of the American College of Nutrition*, 20(sup5), 464S–472S.
19. Ristow, M. (2014). Unraveling the Truth About Antioxidants: Mitohormesis explains ROS-induced health benefits. *Nature Medicine*, 20(7), 709–711.
20. Cortesi, N., & Rovellini, P. (2004). Oxidative status of extra virgin olive oils: HPLC evaluation. *Italian Journal of Food Science*, 16(3), 333-342.

21. Ψαρρός Ν., & Σταυρίδου, Ε.(2002). Η περιπέτεια της τροφής μέσα στο ανθρώπινο σώμα: αντιλήψεις των παιδιών της Ε' τάξης του δημοτικού σχολείου για τη δομή και τη λειτουργία του πεπτικού συστήματος του ανθρώπου. Παιδαγωγική επιθεώρηση, 34.
22. Gomez, J. (2008). Πεπτικό σύστημα και διατροφή. Αθήνα: εκδόσεις κλειδάριθμος.
23. Rogers, K. (2010). The digestive system. UK: Britannica & Rosen Educational Services.
24. Ramirez, M., Amate, L., & Gil, A. (2001). Absorption and distribution of dietary fatty acids from different sources. *Early Human Development*, 65, S95-S101.
25. Mu, H., & Hoy, C.E. (2004). The digestion of dietary triacylglycerols. *Progress in Lipid Research*, 43, 105-133.
26. Armand, M., Pasquier, B., Andre, M., Borel, P., Senft, M., Peyrot, J., Salducci, J., Portugal, H., Jaussan, V., & Lairon, D. (1999). Digestion and absorption of 2 fat emulsions with different droplet sizes in the human digestive tract. *American Journal of Clinical Nutrition*, 70, 1096-1106.
27. Pafumi, Y., Lairon, D., de la Porte, P.L., Juhel, C., Storch, J., Hamosh, M., & Armand, M. (2002). Mechanisms of inhibition of triacylglycerol hydrolysis by human gastric lipase. *Journal of Biology and Chemistry*, 277, 28070-28079.
28. Gargouri, Y., Pieroni, G., Ferrato, F., & Verger, R. (1987). Human gastric lipase. A kinetic study with dicaprin monolayers. *European Journal of Biochemistry*, 169, 125-129.
29. Brzozowski, T., Konturek, P.C., Konturek, S.J., Kwiecien, S., Pajdo, R., Brzozowska, I., & Hahn, E.G. (1998). Involvement of endogenous cholecystokinin and somatostatin in gastroprotection induced by intraduodenal fat. *Journal of Clinical Gastroenterology*, 27, S125-S137.
30. Serrano, P., Yago, M.D., Mañas, M., Calpena, R., Mataix. J., & Martinez-Victoria, E. (1997). Influence of type of dietary fat (olive and sunflower oil)

- upon gastric acid secretion and release of gastrin, somatostatin, and peptide YY in man. *Digestive Diseases and Science*, 42, 626-633.
31. West, S.D., Helmer, K.S., Chang, L.K., Cui, Y., Greeley, G.H., & Mercer, D.W. (2003). Cholecystokinin secretagogue-induced gastroprotection: role of nitric oxide and blood flow. *American Journal of Physiology and Gastrointestive Liver Physiology*, 284, G399-G410.
32. Konturek, J.W., Hengst, K., Konturek, S.J., Sito, E., Stachura, J., & Domschke, W. (1998). Physiological role of cholecystokinin in gastroprotection in humans. *American Journal of Gastroenterology*, 93, 2385-2390.
33. Shen, H., Howles, P., & Tso, P. (2001). From interaction of lipidic vehicles with intestinal epithelial cell membranes to the formation and secretion of chylomicrons. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 50, S103-S125.
34. Blow, D. (1991). Lipases reach the surface. *Nature*, 351, 444-445.
35. Lowe, M.E. (1997). Structure and function of pancreatic lipase and colipase. *Annual Reviews of Nutrition*, 17, 141-158.
36. Lowe, M.E. (2002). The triglyceride lipases of the pancreas. *Journal of Lipid Research*, 43, 2007-2016.
37. Ros, E. (2000). Intestinal absorption of triglyceride and cholesterol. Dietary and pharmacological inhibition to reduce cardiovascular risk. *Atherosclerosis*, 151, 357-379.
38. Yago, M., Martinez-Victoria, E., Mañas, M., Martinez, M. , & Mataix, J. (1997). Plasma Peptide YY and Pancreatic Polypeptide in Dogs After Long-Term Adaptation to Dietary Fats of Different Degrees of Saturation: Olive and Sunflower Oil. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 8(9), 502–507.
39. Krzeminski, R., Gorinstein, S., Leontowicz, H., Leontowicz, M., Gralak, M., Czerwinski, J., & Trakhtenberg, S. (2003). Effect of Different Olive Oils on Bile Excretion in Rats Fed Cholesterol-Containing and Cholesterol-Free Diets. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(19), 5774–5779.

40. Ohtani, N., Sasaki, I., Naito, H., Shibata, C., & Matsuno, S. (2001). Mediators for fat-induced ileal brake are different between stomach and proximal small intestine in conscious dogs. *Journal of Gastrointestine Surgery*, 5, 377-382.
41. Hofmann, A.F., & Borgstrom, B. (1962). Physico-chemical state of lipids in intestinal content during their digestion and absorption. *Fed. Procedures*, 21, 43-50.
42. Hofmann, A.F., & Borgstrom, B. (1964). The intraluminal phase of fat digestion in man: the lipid content of the micellar and oil phases of intestinal content obtained during fat digestion and absorption. *Journal of Clinical Investments*, 43, 247-257.
43. Wilson, F.A., Sallee, V.L., & Dietschy, J.M. (1971). Unstirred water layers in intestine: rate determinant of fatty acid from micellar solutions. *Science*, 174, 1031-1033.
44. Hernell, O., Staggers, J.E., & Carey, M.C. (1990). Physical- chemical behaviour of dietary and biliary lipids during intestinal digestion and absorption. 2. Phase analysis and aggregation states of luminal lipids during duodenal fat digestion in healthy adult human beings. *Biochemistry*, 29, 2041--2056.
45. Carey, M.C., Small, D.M., & Bliss, C.M. (1983). Lipid digestion and absorption. *Annual Reviews of Physiology*, 45, 651-677.
46. Shoemaker, D.C., & Nichols, J.W. (1990). Hydrophobic interaction of lysophospholipids and bile salts at submicellar concentrations. *Biochemistry*, 29, 5837-5842.
47. Shiau, Y.F., & Levine, G.M. (1980). pH dependence of micellar diffusion and dissociation. *American Journal of Physiology*, 239, G177-G182.
48. Stremmel, W. (1988). Uptake of fatty acids by jejunal mucosal cells is mediated by a fatty acid binding membrane protein. *Journal of Clinical Investments*, 82, 2001-2010.

49. Abumrad, N.A., Sfeir, Z., Connelly, M.A., & Coburn, C. (2000). Lipid transporters: membrane transport systems for cholesterol and fatty acids. *Current Opinion of Clinical Nutrition Metabolic Care*, 3, 255-262.
50. Shaffer, J.E. & Lodish, H.F. (1994). Expression cloning and characterization of a novel adipocyte long chain fatty acid transport protein. *Cell*, 79, 427-436.
51. Hermann, T., Buchkremer, F., Gosh, I., Hall, A.M., Bernlohr, D.A, Stremmel, W., Coe, N.R., Smith, A.J., Frohnert, B.I., Watkins, P.A., & Bernlorh D.A. (1999). The fatty acid transport protein (FATP1) is a very long chain acyl-CoA synthetase. *Journal of Biology and Chemistry*, 274, 36300-36304.
52. Renaud, S.C., Ruf, J.C., & Petithory, D. (1995). The positional distribution of fatty acids in palm oil and lard influences their biologic effects in rats. *Journal of Nutrition*, 125, 229-237.
53. Abia, R., Perona, J.S., Pacheco, Y.M., Montero E., Muriana, F.J.G., & Ruiz-Gutierrez, V. (1999). Postprandial triacylglycerols from dietary virgin olive oil are selectively cleared in humans. *Journal of Nutrition*, 129, 2184-2191.
54. Storch, J., & Thumser, A.E. (2000). The fatty acid transport function of fatty acid-binding proteins. *Biochim. and Biophysical Acta*, 1486, 28-44.
55. Lehner, R., Kuksis, A. (1995). Triacylglycerol synthesis by purified triacylglycerol synthetase of rat intestinal mucosa. Role of acyl-CoA acyltransferase. *Journal of Biology and Chemistry*, 270, 13630-13636.
56. Coleman, R.A., & Lee, D.P. (2004). Enzymes of triacylglycerol synthesis and their regulation. *Progressive Lipid Research*, 43, 134-176.
57. Berge, R.K., Madsen, L., Vaagenes, H., Tronstad, K.J., Gottlicher, M., & Rustan, A.C. (1999). In contrast with docosahexaenoic acid, eicosapentaenoic acid and hypolipidaemic derivatives decrease hepatic synthesis and secretion of triacylglycerol by decreased diacylglycerol acyltransferase activity and stimulation of fatty acid oxidation. *Biochem. Journal*, 343, 191-197.
58. Ou, J., Tu, H., Shan, B., Luk, A., DeBose-Boyd, R.A., Bashmakov, Y., Goldstein, J.L., & Brown, M.S. (2001). Unsaturated fatty acids inhibit transcription of the

- sterol regulatory element binding protein-1c (SREBP-1c) gene by antagonizing ligand-dependent activation of the LXR. *Proceedings of the National Academic Sciences*, 98, 6027-6032.
59. Borel, P. (2003). Factors affecting intestinal absorption of highly lipophilic food microconstituents (fat-soluble vitamins, carotenoids and phytosterols). *Clinical Chem. Lab. Medication*, 41, 979-994.
60. Scalbert, A., & Williamson, G. (2000). Dietary intake and bioavailability of polyphenols. *Journal of Nutrition*, 130, 2073S-2085S.
61. Manna, C., Galletti, P., Maisto, G., Cucciolla, V., D'Angelo, S., & Zappia, V. (2000). Transport mechanism and metabolism of olive oil hydroxytyrosol in Caco-2 cells. *FEBS Lett.*, 470, 341-344.
62. Hollman, P.C., & Katan, M.B. (1999). Absorption, metabolism and bioavailability of flavonoids. In Rice-Evans C.A. and Packer L. (Eds.) *Flavonoids in health and disease* (pp. 483-522). New York: Marcell Decker.
63. Vissers, M.N, Zock, P.L., Roodenburg, A.J.C., Leenen, R., & Katan, M.B. (2002). Olive oil phenols are absorbed in humans. *Journal of Nutrition*, 132, 409-417.
64. Williamson, G., Day, A.J., Plumb, G.W., & Couteau, D. (2000). Human metabolic pathways of dietary flavonoids and cinnamates. *Biochem. Soc. Trans.*, 28, 16-22.
65. Scalbert, A., Morand, C., Manach, C., & Rémésy, C. (2002). Absorption and metabolism of polyphenols in the gut and impact on health. *Biomedical Pharmacother.*, 56, 276-282.
66. Visioli, F., Galli, C., Bornet, F., Mattei, A., Patelli, R., Galli, G., & Caruso, D. (2000). Olive oil phenolics are dose-dependently absorbed in humans. *FEBS Lett.*, 468, 159-160.
67. Parker, R.S. (1996). Absorption, metabolism, and transport of carotenoids. *FASEB Journal*, 10, 542-551.

68. De Pee, S., & West, C.E. (1996). Dietary carotenoids and their role in combating vitamin A deficiency: a review of the literature. *European Journal of Clinical Nutrition*, 53, S38-S53.
69. Reboul, E., Abou, L., Mikail, C., Ghiringhelli, O., Andre, M., Gleize, B., Kaloustian, J., Portugal, H., & Amiot, M. (2003). Lutein is apparently absorbed by a carrier-mediated transport process in Caco-2 cells. *Clinical Nutrition*, 22, S103.
70. Olmedilla, B., Granado, F., Blanco, I. (2001). *Carotenoides y Salud Humana*. Ed. Fundación Española de la Nutrición.
71. Borel, P., Pasquier, B., Armand, M., Tyssandier, V., Grolier, P., Alexandre-Gouabau, M.C., Andre, M., Senft, M., Peyrot, J., Jaussan, V., Layron, D., & Azais-Braesco, V. (2001). Processing of vitamin A and E in the human gastrointestinal tract. *American Journal of Physiology. Gastrointest. and Liver Physiology*, 280, G95-G103.
72. Herrera, E., Barbas, C. (2001). Vitamin E: action, metabolism and perspectives. *Journal of Physiology and Biochemistry*, 57, 43-56.
73. Cartwright, I.J., Plonné, D., Higgins, J.A. (2000). Intracellular events in the assembly of chylomicrons in rabbit enterocytes. *Journal of Lipid Research*, 41, 1728-1739.
74. Hussain, M.M. (2000). A proposed model for the assembly of chylomicrons. *Atherosclerosis*, 148, 1-15.
75. Bonanome, A., Pagnan, A., Caruso, D., Toia, A., Xamin, A., Fedeli, E., Berra, B., Zamburlini, A., Ursini, F., Galli, G. (2000). Evidence of postprandial absorption of olive oil phenols in humans. *Nutrition and Metab. Cardiovasc. Disease*, 10, 111-120.
76. Perez-Galvez, A., Martin, H.D., Sies, H., & Stahl, W. (2003). Incorporation of human carotenoids from paprika oleoresin into human chylomicrons. *British Journal of Nutrition*, 89, 787-793.



77. Cardinault, N., Tyssandier, V., Grolier, P., Winklhofer-Roob, B.M., Ribalta, J., Bouteloup-Demange, C., Rock, E., & Borel, P. (2003). Comparison of the postprandial chylomicron carotenoid responses in young and older subjects. *European Journal of Nutrition*, 42, 315-323.