



Σχολή Επιστημών Τροφίμων

Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών

ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ, ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Η νοθεία των τροφίμων, μελέτη περίπτωσης: η νοθεία του ελαιολάδου – Μοντέλο
προσδιορισμού βέλτιστου τρόπου ανάμιξης ποσοτήτων ελαιολάδου**

MScThesis

**Food adulteration, case study: olive oil adulteration - Model
for determining the best way to mix quantities of olive oil**

Διευθυντής

Καθ. Τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων (ΠΑ.Δ.Α.) Ιωάννης
Τσάκνης



ΟΝΟΜΑΦΟΙΤΗΤΡΙΑΣ / NAME OF STUDENT
ΠΑΝΑΓΟΥΛΑ ΚΑΡΑΓΙΑΝΝΗ / PANAGOULA KARAGIANNI

ΟΝΟΜΑΕΙΣΗΓΗΤΡΙΑΣ / NAME OF THE SUPERVISOR
ΒΙΛΕΛΜΙΝΗ ΚΑΡΑΓΙΑΝΝΗ/ BILELMINI KARAGIANNI

ΑΙΓΑΛΕΩ 2021/AIGALEO 2021



Faculty of Food Sciences

Department of Food Science and Tech-

Master of Science

FOOD INNOVATION, QUALITY AND SAFETY

MSc Thesis

**Food adulteration, case study: olive oil adulteration - Model
for determining the best way to mix quantities of olive oil**

NAME OF STUDENT: PANAGOULA KARAGIANNI

NAME OF SUPERVISOR: BILELMINI KARAGIANNI

AIGALEO 2021

Έγινε δεκτή

Ο διευθυντής του ΠΜΣ:

Οι υπογράφωντες δηλώνουμε ότι έχουμε εξετάσει τη μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία (masterthesis) με τίτλο **“Η νοθεία των τροφίμων, μελέτη περίπτωσης: η νοθεία του ελαιολάδου – Μοντέλο προσδιορισμού βέλτιστου τρόπου ανάμιξης ποσοτήτων ελαιολάδου”** που παρουσιάστηκε από την **ΠΑΝΑΓΟΥΛΑ ΚΑΡΑΓΙΑΝΝΗ**, υποψήφιας για τον μεταπτυχιακό τίτλο σπουδών στην ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ, ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ και βεβαιώνουμε ότι γίνεται δεκτή.

Ημερομηνία

16/7/2021

Όνομα επιβλέποντος

Ημερομηνία

16/7/2021

Όνομα μέλους επιτροπής

Ημερομηνία

16/7/2021

Όνομα μέλους επιτροπής

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογεγραμμένη **Καραγιάννη Παναγούλα** του **Νικολάου** , με αριθμό μητρώου **19007** φοιτήτρια του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών **Καινοτομία, Ποιότητα και Ασφάλεια Τροφίμων** του Τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων της Σχολής **Επιστημών Τροφίμων** του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω ότι:

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

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

Δεν επιθυμώ την απαγόρευση πρόσβασης στο πλήρες κείμενο της εργασίας μου

Ο/Η Δηλών/ούσα
Καραγιάννη Παναγούλα



Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της μεταπτυχιακής διπλωματικής μου εργασίας, θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες σε όλους όσους συνέβαλλαν στην εκπόνησή της. Ευχαριστώ θερμά την καθηγήτριά μου, κυρία Βιλελμίνη Καραγιάννη, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε εξ' αρχής, αναθέτοντάς μου το συγκεκριμένο θέμα, την επιστημονική της καθοδήγηση, τις υποδείξεις της, την επιμονή της, τη συμπαράστασή της, τη συνεχή της υποστήριξη και το αμείωτο ενδιαφέρον που έδειξε από την αρχή μέχρι το τέλος. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές του τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων για τις γνώσεις που μας προσέφεραν. Τέλος, θα ήθελα εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στην οικογένειά μου για όλη τη στήριξη, τη συμπαράσταση και την κατανόησή τους, καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το ελαιόλαδο αποτελεί ένα φυσικό προϊόν το οποίο λαμβάνεται μόνο με μηχανικές μεθόδους από τους καρπούς (δρύπες) της ελιάς (*Olea europaea*L). Η ιστορία της παραγωγής και κατανάλωσης του χάνεται στο βάθος του χρόνου με τους λαούς των χωρών γύρω από τη λεκάνη της Μεσογείου, να γνωρίζουν ήδη από το 7,000 προ Χριστού τη σπουδαιότητά του. Πρόκειται για μία φυσική λιπαρή ύλη, με ιδιαίτερη χημική σύσταση, αποτέλεσμα της οποίας είναι η υψηλή θρεπτική της αξία, τα εξαιρετικά οργανοληπτικά της χαρακτηριστικά και η οξειδωτική της σταθερότητα. Η υψηλή ποιότητα του ελαιόλαδου αντικατοπτρίζεται και στις τεχνολογικές του ιδιότητες, καθιστώντας το ποιοτικά ανώτερο από άλλων ειδών εδώδιμα φυτικά έλαια. Το εξαιρετικά παρθένο (EVOO) και το παρθένο (VOO) ελαιόλαδο συνιστούν τις κορυφαίες ποιοτικά κατηγορίες ελαιόλαδου.

Όπως προκύπτει από τα παραπάνω, τις τελευταίες δεκαετίες, αυξάνεται συνεχώς η απήχηση των εξαιρετικής ποιότητας ελαιόλαδων στο καταναλωτικό κοινό, σε χώρες εκτός των στενών ορίων της Μεσογειακής λεκάνης, με την Ιαπωνία, τις Η.Π.Α., την Αυστραλία και την Ινδονησία να καταβάλλουν προσπάθειες εμπλοκής στην παγκόσμια αγορά του ελαιόλαδου. Η διάδοση των ευεργετικών ιδιοτήτων του ελαιόλαδου για την υγεία έχει συμβάλλει στο να παρουσιάζει την υψηλότερη χρηματιστηριακή αξία, συγκριτικά με άλλα εδώδιμα φυτικά έλαια, πχ. ηλιέλαιο.

Παράλληλα με την αύξηση της τιμής και της φήμης του ελαιόλαδου, τα τελευταία χρόνια, παρατηρείται η όλο και συχνότερη ανάμειξη του σε περιπτώσεις νοθείας (adulteration) και εξαπάτησης (fraud) του καταναλωτικού κοινού, με μείζονα στόχο την αύξηση του κέρδους. Η ανάμειξη των υψηλής ποιότητας ελαιόλαδων, με άλλα εδώδιμα φυτικά έλαια ή/και με ελαιόλαδα χαμηλότερης ποιότητας, καθώς και η σκοπίμως εσφαλμένη επισήμανση των προς διακίνηση και εμπορία προϊόντων συνιστούν τις σπουδαιότερες παραβάσεις νοθείας, στον κλάδο των φυτικών ελαίων. Η κατάσταση αυτή έχει εγείρει μεγάλη ανησυχία, όσον αφορά στον αντίκτυπο που θα έχει στην εμπιστοσύνη του καταναλωτικού κοινού, στην αγορά του ελαιόλαδου και στη βιομηχανία των τροφίμων γενικότερα. Προκειμένου να εξαλειφθούν τα δυσάρεστα αυτά φαινόμενα, οι αρμόδιες

αρχές και οι αρμόδιοι φορείς καθιστούν πιο αυστηρότο νομοθετικό πλαίσιο και διενεργούν πληθώρα ελέγχων.

Η ανίχνευση της νοθείας στα τρόφιμα και ειδικότερα στα έλαια, δεν αποτελεί καινοφανή επιστημονικό τομέα. Στο πέρασμα των χρόνων, αναπτύσσονται και βελτιστοποιούνται οι ήδη υπάρχουσες αναλυτικές μέθοδοι προκειμένου να ανιχνεύεται η νοθεία του ελαιόλαδου. Η ανίχνευση και ποσοτικοποίηση του ελαιόλαδου δεν αποτελεί μία απλή διαδικασία λόγω της ιδιαίτερης και πολύπλοκης χημικής σύστασής του. Χρωματογραφικές μέθοδοι, όπως η αέρια χρωματογραφία (GC) και η υγρή χρωματογραφία υψηλής απόδοσης ή πίεσης (HPLC) καθώς και η υγρή χρωματογραφία μάζας (LC/MS) αποτελούν τις πιο κοινές μεθόδους ανάλυσης που χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση της νοθείας του ελαιόλαδου. Οι παραπάνω αναλυτικές τεχνικές είναι ιδιαίτερα ακριβείς ως προς τα αποτελέσματα τους, ωστόσο είναι χρονοβόρες, απαιτούν άριστα καταρτισμένο και εξειδικευμένο προσωπικό για την διεξαγωγή τους, σύνθετη οργάνολογία και παρουσιάζουν υψηλό κόστος.

Παράλληλα με τις χρωματογραφικές μεθόδους ανάλυσης, αναπτύχθηκαν και διάφορες φασματοσκοπικές τεχνικές, όπως η φασματοσκοπία πυρηνικού μαγνητικού συντονισμού (NMRspectroscopy), η υπέρυθρη φασματοσκοπία (IR) και η φασματοσκοπία Raman. Η χρήση τους, συγχρόνως με χημειομετρικές τεχνικές, παρείχε εξίσου αξιόπιστα αποτελέσματα με τις χρωματογραφικές τεχνικές, ωστόσο δεν πρότεινε λύσεις στα κυριότερα μειονεκτήματα των χρωματογραφικών μεθόδων. Τα τελευταία χρόνια, έδαφος κερδίζει η εφαρμογή μία άλλης φασματοσκοπικής αναλυτικής μεθόδου, της φασματοσκοπία υπέρυθρου με μετασχηματισμό Fourier- Αποσβένουσας Ολικής Ανάκλασης (FTIR-ATR). Η FTIR-ATR συνιστά μία αναλυτική μέθοδο που παρέχει σαφή και ακριβή αποτελέσματα λόγω της δυνατότητας ταυτόχρονης ανάλυσης πολλαπλών συστατικών. Σε συνδυασμό με χημειομετρικές μεθόδους, η FTIT-ATR συνιστά μία υποσχόμενη αναλυτική μέθοδο για την επαλήθευση της αυθεντικότητας των εδωδιμων ελαίων και λιπών, λόγω της απλότητας, της ταχύτητας και της ευκολίας που προσφέρει, όσον αφορά στη προετοιμασία των δειγμάτων.

Λέξεις κλειδιά: Ελαιόλαδο, Εξαιρετικό Παρθένο Ελαιόλαδο, Νοθεία, Ανίχνευση, Αναλυτικές Μέθοδοι, Χρωματογραφία, Φασματοσκοπία.

ABSTRACT

Olive oil is a natural product, that is obtained only by mechanical means from the drupe of the olive tree (*Olea Europea L*). The history of its production and consumption is lost in the depths of time with the people of the countries around the Mediterranean basin, being familiar with its importance from 7,000 BC. Olive oil is a natural fatty substance, with unique chemical composition, which results in a high nutritional value, excellent sensory characteristics, and oxidative stability. The high-quality olive oil is reflected in the technological properties, making it qualitatively superior to other kinds of edible vegetable oils. Extra virgin (EVOO) and virgin (VOO) olive oil are the top-quality olive oil categories. As a result, its observed, in recent decades, the growing popularity of premium quality olive oils on the consumers, in countries far from the narrow limits of the Mediterranean basin, with Japan, the USA, Australia, and Indonesia to pay efforts to engage in the global olive oil market. The diffusion of the beneficial properties of olive oil for human health is leading to its highest market value, compared to other edible vegetable oils, e.g., sunflower oil.

Due to the rising price and reputation of olive oil recently, there is an increasingly frequent involvement in cases of fraud and deception of the consumers, with the main goal of developing profit. The blending of high quality (EVOO and VOO) olive oils with other edible vegetable oils and/or lower quality olive oils, as well as the deliberate mislabeling of products to be traded and marketed, constitute the most important violations of fraud in the vegetable oil industry. This situation has raised serious concerns, about the impact it will have on consumer confidence, in the olive oil market and the food industry, in general. To eliminate these unpleasant events, the competent authorities and competent bodies make more stringent the legislative framework and carry out various controls.

The detection of adulteration in food and especially in vegetable oils is not a novel scientific field. Over the years, the existing analytical methods are developed and optimized to detect the adulteration of olive oil. The detection and quantification of olive oil is not a simple procedure because of its unique and complex chemical composition. Chromatographic methods such as gas chromatography (GS), high performance or pressure liquid chromatography (HPLC), as well as liquid chromatography/ mass spectroscopy, are the most

common analytical methods used to detect olive oil adulteration. These analytical techniques are very accurate in terms of their results; however, they are time-consuming, require highly trained and specialized staff to perform them, complex equipment and they are also costly.

Along with the chromatographic methods of analysis, various spectroscopic techniques were developed, such as nuclear magnetic resonance spectroscopy (NMR spectroscopy), infrared (IR) spectroscopy, and Raman spectroscopy. Their use, next to chemometric techniques, provides equally reliable results with the chromatographic techniques but didn't give substantial solutions to the main disadvantages of chromatographic methods. As of late, the application of another analytical method, this of Fourier Transform Infrared Spectroscopy – Attenuated Total Reflectance (FTIR/ATR), is gaining ground. FTIR-ATR is an analytical method that displays clear and accurate results due to the ability to analyze multiple components simultaneously. In combination with chemometric techniques, FTIR-ATR is a promising analytical method for edible oil and fats authenticity verification, due to the simplicity, speed, and ease it offers in sample preparation.

Keywords: Olive Oil, Extra Virgin Olive Oil, Food Fraud, Adulteration, Detection, Analytical Methods, Chromatography, Spectroscopy.

Πίνακας περιεχομένων

Δήλωση συγγραφέα	4
Ευχαριστίες	5
ABSTRACT	8
Κατάλογος Εικόνων	12
Κατάλογος Σχημάτων	12
Κατάλογος πινάκων	12
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	12
1.1. Ιστορικά Στοιχεία	16
ΣΚΟΠΟΣ	18
2. ΝΟΘΕΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ	19
2.1. Ορισμός της Νοθείας Τροφίμων	19
2.2. Παραδείγματα Νοθείας Τροφίμων	22
2.3. Νοθεία Εδώδιμων Ελαίων & Ελαιόλαδου	24
2.3.1. Κυριότερα Νοθεύματα	26
2.4. Περιπτώσεις Νοθείας του Ελαιόλαδου	26
2.4.1 Περιπτώσεις Ανάκλησης Νοθευμένου Ελαιόλαδου στην Ελλάδα	27
2.5. Επιπτώσεις της Νοθείας των Τροφίμων	31
2.5.1 Οικονομικές Επιπτώσεις	31
2.5.2. Επιπτώσεις στη Δημόσια Υγεία	31
3. ΤΟ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟ	34
3.1.Ο ελαιόκαρπος	34
3.2. Τα σπουδαιότερα συστατικά του ελαιόκαρπου	35
3.3. Χημική Σύσταση Ελαιόλαδου	38
3.3.1. Σαπωνοποιησίμα Συστατικά Ελαιόλαδου	38
3.3.2. Ασαπωνοποίητα Συστατικά του Ελαιόλαδου	39
3.3.3. Υδρογονάνθρακες Ελαιόλαδου	40
3.3.4. Χρωστικές Ελαιόλαδου	40
3.3.5. Φαινολικές Ενώσεις στο Ελαιόλαδο	41
3.3.6. Αντιοξειδωτικές Ενώσεις Ελαιόλαδου	42
3.3.7. Βιταμίνες	42
3.4. Ποιοτική αξιολόγηση ελαιόλαδου	43
3.4.1. Οξύτητα	43
3.4.2. Οξειδωση	43
3.4.3. Χρώμα	44
3.4.4. Οργανοληπτική αξιολόγηση	44
4. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ	46

4.1. Εξαιρετικά Παρθένο Ελαιόλαδο (ExtraVirginOliveOil – EVOO)	46
4.2. ΠαρθένοΕλαιόλαδο (Virgin Olive Oil – VOO)	46
4.3. ΕλαιόλαδοΛαμπάντεή μειονεκτικό ελαιόλαδο (LampanteOliveOil – LOO).....	47
4.4. Ραφιναρισμένο (εξευγενισμένο) Ελαιόλαδο (RefinedOliveOil - ROO)	47
4.5. «Σύνθετο» Ελαιόλαδο.....	48
4.6. Κατηγορίες Πυρηνέλαιων	48
4.6.1. Ακατέργαστο Πυρηνέλαιο	48
4.6.2. Εξευγενισμένο Πυρηνέλαιο.....	48
4.6.3. Πυρηνέλαιο.....	48
4.7. Βιολογικές Ιδιότητες του Παρθένου Ελαιόλαδου & τα Οφέλη της Κατανάλωσης του στην Υγεία.....	49
4.7.1. Σακχαρώδης Διαβήτης	51
4.7.2. Καρδιαγγειακό Σύστημα	52
4.7.3. Καρκινογένεση	53
4.7.4. Νευροεκφυλιστικές Νόσοι.....	54
4.7.5. Λοιπές ευεργετικές ιδιότητες του ελαιόλαδου στην ανθρώπινη υγεία	54
ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	55
5. ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΤΗΣ ΝΟΘΕΙΑΣ ΤΟΥ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ.....	56
5.1. Χρωματογραφικές Μέθοδοι	58
5.1.1 Αέρια Χρωματογραφία (GasChromatography).....	58
5.1.1.2 Η αέρια χρωματογραφία ως μέσο ανίχνευσης της νοθείας του ελαιόλαδου..	61
5.1.2 Υγρή Χρωματογραφία Υψηλής Απόδοσης ή Πίεσης (HPLC)	64
5.1.2.1. Μελέτες Ανίχνευσης της Νοθείας του Ελαιόλαδου με τη Μέθοδο της HPLC	66
5.2 Φασματοφωτομετρικές Μέθοδοι	68
5.2.1 Φασματοσκοπία Υπέρυθρου με Μετασχηματισμό Fourier (FT-IR).....	69
5.2.1.1 Μελέτες ανίχνευσης της νοθείας του ελαιόλαδου με φασματοσκοπικές μεθόδους.....	70
5.2.1.2 Μελέτες ανίχνευσης της νοθείας του ελαιόλαδου με τη μέθοδο της φασματοσκοπίας υπέρυθρου με μετασχηματισμό Fourier (FT-IR).....	71
5.2.2 Φασματοσκοπία σκέδασης Raman.....	72
5.2.2.1 Μελέτες ανίχνευσης της νοθείας του ελαιόλαδου με τη μέθοδος της φασματοσκοπίας Raman.....	73
5.2.3 Φασματοσκοπία Πυρηνικού Μαγνητικού Συντονισμού (NuclearMagneticResonance)	75
5.2.3.1 Μελέτες ανίχνευσης της νοθείας του ελαιόλαδου με τη μέθοδο της φασματοσκοπίας πυρηνικού μαγνητικού συντονισμού (NMR).....	76
5.3. Μέθοδος πρίσμα – Διάγραμμα ροής.....	82
3.4. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΜΕΛΕΤΩΝ.....	83
5.5. Ποιοτική αξιολόγηση μελετών – μέθοδος Grade	85

6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	87
7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	91
Βιβλιογραφία	94
ΕλληνικήΒιβλιογραφία	109
Ιστοσελίδες.....	111

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1.1: Εξάπλωση της καλλιέργειας των ελαιόδεντρων στην λεκάνη της Μεσογείου (Tamasi et al., 2016).	14
Εικόνα 2.1: Κυριότερες κατηγορίες τροφίμων που υπόκεινται σε νοθεία (Johnson, 2014)..	23
Εικόνα 3.1.: Μορφολογία του καρπού της ελιάς (Αγροτικός συνεταιρισμός Αιχμέας).	34
Πίνακας 3.1: Περιεκτικότητα του παρθένου ελαιόλαδου σε μη γλυκεριδικά συστατικά (Κυριτσάκης, 2007).....	39
Εικόνα 4.1: Σχηματική απεικόνιση των κυριότερων κατηγοριών του ελαιόλαδου (Olive Eritome, 2019).....	49
Εικόνα 4.2: Η πυραμίδα της Μεσογειακής Διατροφής (Frank, 2003).....	50

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 1.1: Γραφική απεικόνιση της παγκόσμιας παραγωγής εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου ανά ήπειρο για το έτος παραγωγής 2018 (FAO STAT., 2019).....	14
Σχήμα 1.2: Σπουδαιότερες χώρες - παραγωγού εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου για το έτος 2018 (FAO STAT., 2019).....	15
Σχήμα 5.1: Απεικόνιση των βασικών μερών ενός αέριου χρωματογράφου (Στρατή, 2019α).....	60
Σχήμα 5.2: Απεικόνιση της οργανολογίας της Υγρής Χρωματογραφίας Υψηλής Πίεσης ή Απόδοσης (HPLC) (Στρατή, 2019β).....	65
Σχήμα 5.3: Δονητικό φάσμα διάκρισης του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου με αραβοσιτέλαιο και διάφορα μίγματα των δύο αυτών ελαίων (Philippidisetal., 2016).	74
Σχήμα 5.4: Φάσμα απορρόφησης εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου, ηλιέλαιου και μίγματος των δύο ελαίων όπως παραλείφθηκαν με τις αναλυτικές μεθόδους της φασματοσκοπίας Raman (αριστερά) και της φασματοσκοπίας ορατού (αριστερά) (Philippidisetal., 2016).	75

Κατάλογος πινάκων

Πίνακας 5.1.: Σύνοψη μελετών που αφορούν τη νοθεία του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου.	77
Πίνακας 5.2.: Συγκριτικός πίνακας παρουσίασης των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων των βασικότερων αναλυτικών μεθόδων ανίχνευσης της νοθείας του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου με έλαια χαμηλότερης ποιότητας (Meenuetal., 2019).....	84

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το ελαιόδεντρο είναι ένα αειθαλές, αιωνόβιο και καρποφόρο δέντρο. Ανήκει στην οικογένεια των Ελαϊδών ή Ελαιοειδών (*Oleaceae*) στην οποία περιλαμβάνονται συνολικά τριάντα είδη, μεταξύ των οποίων το γιασεμί, η αγριομυρτιά και η πασχαλιά (*Pellati, 2013*). Συγκριτικά με τα υπόλοιπα είδη της οικογένειας το ελαιόδεντρο είναι το μοναδικό το οποίο παρέχει βρώσιμο για τον άνθρωπο καρπό. Στη συστηματική βοτανική το ελαιόδεντρο ονομάζεται *Olea europaea*, και διακρίνονται δύο βασικές ποικιλίες, το άγριο ελαιόδεντρο ή αγριελιά (*Olea europaea* ποικ. *Oleaster*) και το καλλιεργήσιμο ελαιόδεντρο (*Olea europaea* ποικ. *Sativa*).

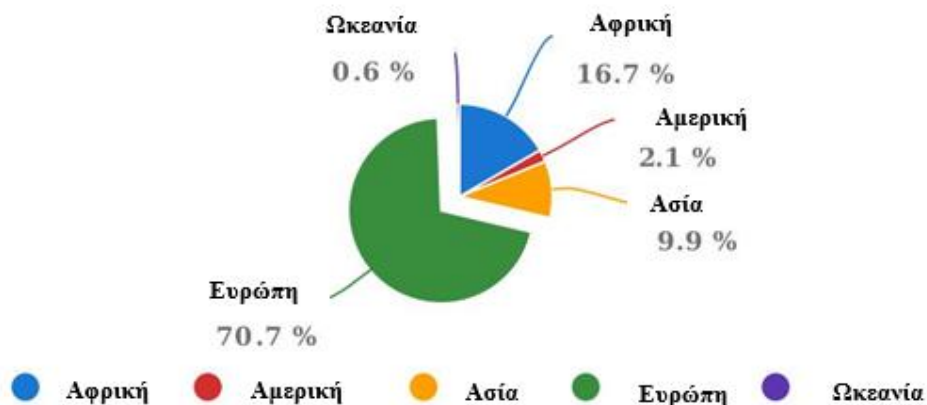
Η καλλιέργεια των ελαιόδεντρων πραγματοποιήθηκε συστηματικά για πρώτη φορά στις χώρες που βρίσκονται στα παράλια της λεκάνης της Μεσογείου γεγονός που οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στο κλίμα τους (ήπιοι χειμώνες, με συχνές βροχοπτώσεις και θερμά, ξηρά καλοκαίρια) το οποίο ευνοεί την ανάπτυξη και την καρποφορία της ελιάς. Παρόλο που αποτελεί μία από τις παλαιότερες και ευρύτερα διαδεδομένες καλλιέργειες οι εικασίες σχετικά με την ακριβή προέλευση της ως καλλιεργούμενο φυτό αποτελούν αντικείμενο αντιπαράθεσης έως σήμερα (*Bartolini et al., 2002*). Ωστόσο τα περισσότερα δεδομένα υποδεικνύουν πως καλλιεργήθηκε για πρώτη φορά στην αρχαιότητα από τους αυτόχθονες κατοίκους της Μέσης Ανατολής. Από εκεί με το πέρασμα των χρόνων και την ανάπτυξη του εμπορίου διαδόθηκε στο χώρο της Μεσογείου κι έπειτα σε όλο τον κόσμο (*Εικόνα 1.1*) (*Kapellakis et al., 2008; Breton et al., 2012*). Τα ιδιαίτερα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου και οι ωφέλιμες ιδιότητες του στην ανθρώπινη υγεία έγιναν άμεσα αντιληπτά καθιστώντας το ως τη βασική λιπαρή ύλη της Μεσογειακής Διατροφής και αναπόσπαστο συστατικό της καθημερινής δίαιτας των λαών της Μεσογείου.



Εικόνα 1.1: Εξάπλωση της καλλιέργειας των ελαιόδεντρων στην λεκάνη της Μεσογείου (Tamasi et al., 2016).

Το 2018 η παγκόσμια παραγωγή εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου ανήλθε σε 3,574,336 εκατομμύρια τόνους, από τους οποίους σχεδόν τα $\frac{3}{4}$ (70.7%) παρήχθησαν από χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Σε σημαντικά μικρότερο ποσοστό ακολούθησε η Αφρική η οποία λόγω των χωρών στο βόρειο τμήμα της, που βρίσκονται στα παράλια της λεκάνης της Μεσογείου, συνέβαλε στο 16.7% (595,432 εκατομμύρια τόνους) της παγκόσμιας παραγωγής ελαιόλαδου (Σχήμα 1.1) (FAOSTAT., 2019).

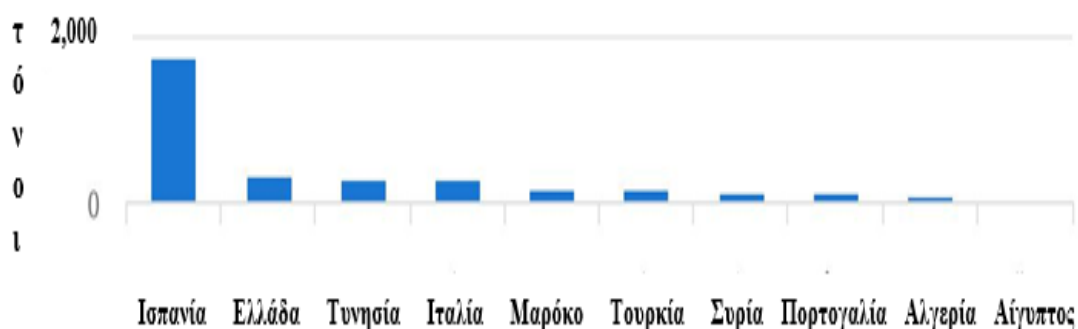
Παγκόσμια παραγωγή εξαιρετικά παρθένο ελαιόλαδου ανά ήπειρο (2018)



Σχήμα 1.1: Γραφική απεικόνιση της παγκόσμιας παραγωγής εξαιρετικά παρθένο ελαιόλαδου ανά ήπειρο για το έτος παραγωγής 2018 (FAO STAT., 2019).

Στο Σχήμα 1.1 παρουσιάζονται οι χώρες που έχουν την μεγαλύτερη συμβολή στην παγκόσμια παραγωγή εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου για το έτος 2018. Η Ισπανία είναι η μεγαλύτερη παραγωγός εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου παγκοσμίως με 1,790,309 εκατομμύρια τόνους και ακολουθείται από την Ελλάδα η οποία όμως εμφανίζει σημαντικά χαμηλότερη ετήσια παραγωγή (σ.σ. 327,718 χιλιάδες τόνους). Ακολουθούν η Τυνησία, η Ιταλία και το Μαρόκο. Παρότι την προηγούμενη δεκαετία η Ιταλία αποτελούσε σημαντικότερο παραγωγό ελαιόλαδου από την Ελλάδα όσον αφορά τις ποσότητες, πρόσφατα παρατηρείται μείωση της ετήσιας παραγωγής σε ελαιόλαδο, ειδικότερα όταν αυτό αφορά σε ελαιόλαδα υψηλής ποιότητας (FAOSTAT., 2019).

Σημαντικότερες χώρες παραγωγής εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου (2018)



Σχήμα 1.2: Σπουδαιότερες χώρες - παραγωγοί εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου για το έτος 2018 (FAO STAT., 2019).

Παρόλο που η Ευρωπαϊκή Ένωση αποτελεί τον σημαντικότερο παραγωγό και καταναλωτή (*European Commission*) εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου, οι αλλαγές στο κλίμα σε συνδυασμό με την εντατικοποίηση της γεωργίας έχουν οδηγήσει στην συστηματική καλλιέργεια των ελαιόδεντρων από χώρες στις οποίες παραδοσιακά δεν υπήρχε η καλλιέργεια των ελαιόδεντρων και άλλα φυτικά ή ζωικά λίπη συνιστούσαν τη βασική λιπαρή ύλη της διατροφής τους (*Mannina et al., 2001; Arvanitoyannis et al., 2007*).

Σήμερα τα ελαιόδεντρα τα οποία καλλιεργούνται ανά τον κόσμο ανήκουν σε περίπου 1000 καταγεγραμμένες ποικιλίες οι οποίες έχουν αναπτυχθεί στον πέρασμα του χρόνου προκειμένου να εξυπηρετούν καλύτερα τις ανάγκες της κάθε περιοχής και να προσαρμόζονται ευκολότερα στις ιδιαίτερες περιβαλλοντικές συνθήκες.

1.1. Ιστορικά Στοιχεία

Οι βρώσιμοι καρποί των ελαιόδεντρων είχαν παρατηρηθεί από τους ανθρώπους της νεολιθικής εποχής ήδη από την όγδοη χιλιετία προ Χριστού, ενώ η συστηματική καλλιέργεια των ελαιόδεντρων χρονολογείται πως ξεκίνησε έπειτα από τρεις χιλιάδες χρόνια. Οι ιστορικές αναφορές σχετικά με την περιοχή που καλλιεργήθηκαν πρώτη φορά τα ελαιόδεντρα ποικίλουν με την Κρήτη και τις ανατολικές χώρες των παραλίων της Μεσογείου να αποτελούν τους επικρατέστερους διεκδικητές. Αρχαιολογικά ευρήματα μαρτυρούν ότι η καλλιέργεια των ελαιόδεντρων πραγματοποιούνταν συστηματικά στην Κρήτη στην περίοδο του Μινωικού πολιτισμού κατά την τρίτη χιλιετία προ Χριστού (Gooch, 2005).

Στην αρχαία Ελλάδα το ελαιόδεντρο και οι καρποί του διαδραμάτιζαν σημαντικό ρόλο στην καθημερινότητα, τις παραδόσεις, τα ήθη και τα έθιμα των πολιτών. Ο μύθος θέλει την κοιτίδα του πολιτισμού στην αρχαία Ελλάδα να λαμβάνει το όνομα της προς τιμή της θεάς Αθηνάς, η οποία χάρισε στους κατοίκους της πόλης ένα ελαιόδεντρο ως σύμβολο ειρήνης, σοφίας και ευημερίας (Tamasi *et al.*, 2016). Οι ωφέλιμες και ευεργετικές ιδιότητες του ελαιόλαδου ήταν γνωστές στους αρχαίους Έλληνες όπως υποδεικνύεται από τα κείμενα. Στα Ομηρικά έπη το ελαιόλαδο αναφέρεται ως «υγρό χρυσό», ενώ στη Μινωική εποχή ήταν δείγμα ευημερίας και πλούτου. Ο Πλάτωνας συνήθιζε να διδάσκει κάτω από την σκιά ελαιόδεντρων τους μαθητές του, με τον Αριστοτέλη να περιγράφει στα κείμενα του τον τρόπο καλλιέργειας της ελιάς. Η σημασία της ελιάς αντικατοπτρίζεται και στη θέσπιση νομοθεσίας για την προστασία της από το Σόλωνα. Στην Αίγυπτο χρησιμοποιούσαν τα φύλλα τα ελιάς κατά τη διεργασία ταρίχευσης (μουμιοποίησης) των φαραώ.

Οι αθλητές στους Ολυμπιακούς Αγώνες στην Ολυμπία άλειφαν το σώμα τους με ελαιόλαδο, καθώς πίστευαν στις τονωτικές του ιδιότητες και πως αύξανε τη δύναμη τους. Επίσης, αναδείκνυε το «*κάλλος του σώματος τους*». Αντίστοιχες πρακτικές εφάρμοζαν και οι πολεμιστές (Kiple & Ornelas, 2000; Tamasi *et al.*, 2016). Ο κότινος, το πλεγμένο στεφάνι από κλαδιά αγριελιάς αποτελούσε το έπαθλο των νικητών των αγώνων έπειτα από υπόδειξη του μαντείου των Δελφών.

Το ελαιόλαδο αποτελούσε ιερό σύμβολο από την αρχαιότητα όπως υποδηλώνεται από την ευρύτατη χρήση του σε διάφορες λατρευτικές εκδηλώσεις.

Στην Αρχαία Ελλάδα χρησιμοποιούνταν κατά τις θυσίες στους βωμούς (σπονδές), ενώ άλειφαν με αυτό επιτύμβιες στήλες και ιερές πέτρες. Όσον αφορά στη σημασία της ελιάς και των καρπών της στο θρησκευτικό γίγνεσθαι είναι ποικίλες οι αναφορές που εντοπίζονται στη Βίβλο, τόσο στην Παλαιά Διαθήκη όπου το κλαδί της ελιάς αποτελεί το σύμβολο της συμφιλίωσης του ανθρώπου με το Θεό, όσον και στην Καινή διαθήκη, με την επάλειψη του ανθρώπου με ελαιόλαδο κατά το Μυστήριο της Βάπτισης να συμβολίζει την επανένωση Θεού και ανθρώπου (Ryan&Robards, 1998). Στο Κοράνι, επίσης, το ελαιόλαδο αναφέρεται ως θεραπευτικό φάρμακο (Ryan&Robards, 1998; Gooch, 2005).

ΣΚΟΠΟΣ

Η παρούσα βιβλιογραφική μελέτη εστιάζει στην καταγραφή και αξιολόγηση των σημαντικότερων αναλυτικών μεθόδων που χρησιμοποιούνται σε όλα τα στάδια της εφοδιαστικής αλυσίδας προκειμένου να ανιχνευθεί η νοθεία του ελαιόλαδου, καθώς και των παραμέτρων που καθιστούν την νοθεία του ελαιόλαδου ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα της βιομηχανίας των τροφίμων.

Παρουσιάζονται μέθοδοι ανάλυσης οι οποίες παρέχουν τη δυνατότητα ανίχνευσης της νοθείας του ελαιόλαδου με άλλα εδώδιμα φυτικά έλαια, ενώ συγχρόνως γίνεται αναφορά και στην νοθεία της ανώτερης ποιότητας ελαιόλαδου, του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου, με ελαιόλαδα που κατατάσσονται σε χαμηλότερες ποιοτικές κατηγορίες λόγω των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών τους που δεν ανταποκρίνονται στα ανώτατα διεθνή πρότυπα.

2. ΝΟΘΕΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

Τις τελευταίες δεκαετίες παρατηρείται συνεχής αύξηση των πληροφοριών στις οποίες το κοινό έχει άμεση και φθηνή πρόσβαση. Η δύναμη της πληροφόρησης γεννά νέες ανάγκες στις οποίες συγκαταλέγεται και η ανάγκη του καταναλωτικού κοινού να διευρύνει τις γνώσεις του σχετικά με την ποιότητα των διαφορετικών ειδών τροφίμων που καταναλώνει. Είναι γεγονός ότι όλο και περισσότεροι καταναλωτές επιδιώκουν να έχουν πρόσβαση σε τρόφιμα τα οποία χαρακτηρίζονται από υψηλή θρεπτική αξία, έχουν ιδιαίτερα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά και άριστη ποιότητα. Ως εκ τούτου, η αγορά των τροφίμων μεγαλώνει διαρκώς και εγκαθιδρύεται ως μίας από τις σημαντικότερες οικονομικές δραστηριότητες της ανθρωπότητας (*MeerzaandGustafson, 2020*).

Ο κλάδος των τροφίμων, ως μία επικερδής οικονομική δραστηριότητα, βρίσκεται συχνά αντιμέτωπος με προβλήματα απάτης ή νοθείας των τροφίμων (*Manning 2016*). Η συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση της αγοράς για τρόφιμα υψηλής ποιότητας (*ManningandSoon, 2014*) έχει ως απόρροια την αύξηση των περιπτώσεων απάτης ή νοθείας τα τελευταία χρόνια με εκθετικούς ρυθμούς. Σύμφωνα με το Συμβούλιο Φαρμακοποιίας των Η.Π.Α., που ελέγχει την εφοδιαστική αλυσίδα των τροφίμων όσον αφορά στη νοθεία, παρουσίασε 792 καταγεγραμμένα περιστατικά νοθείας σε μόλις ένα έτος (2011-2012), ενώ τα αντίστοιχα περιστατικά νοθείας για την τριακονταετία 1980-2010 ανέρχονταν σε 1305. Δεδομένα που προκύπτουν από τους αντίστοιχους ελεγκτικούς οργανισμούς τους Ηνωμένου Βασιλείου, παρατηρήθηκε αύξηση των περιστατικών νοθείας στα τρόφιμα της τάξη του 67% για το έτος 2012 συγκριτικά με το οικονομικό έτος 2009 (*MeerzaandGustafson, 2020*).

2.1. Ορισμός της Νοθείας Τροφίμων

Η απάτη στα τρόφιμα αποτελεί ένα σύνθετο πρόβλημα γεγονός που αντικατοπτρίζεται και από την απουσία ενιαίου νομοθετικού πλαισίου για την καταπολέμηση του φαινομένου όχι μόνο στη διεθνοποιημένη αγορά των τροφίμων (παγκοσμιοποιημένο εμπόριο), αλλά και μεταξύ των κρατών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Η απάτη στα τρόφιμα (FoodFraud) περιλαμβάνει μία πληθώρα συνθηκών και ενεργειών, μεταξύ των οποίων συγκαταλέγεται η νοθεία τους

(adulteration), η οποία αποτελεί μία από τις βασικότερες ανησυχίες όλων των εμπλεκόμενων της εφοδιαστικής αλυσίδας σε όλα τα στάδια της επεξεργασίας των τροφίμων από το χωράφι έως το πιάτο του καταναλωτή.

Στις πρακτικές απάτης στην εφοδιαστική αλυσίδα των τροφίμων παρατηρείται αντικατάσταση, προσθήκη ή εξάλειψη ενός ή περισσότερων συστατικών των τροφίμων (Lopezetal., 2014; vanRuthetal., 2018), εσκεμμένη παραποίηση ή αλλοίωση των προϊόντων για οικονομικά οφέλη (MeerzaandGustafson, 2020), καθώς επίσης και η προσθήκη ενός ή παραπάνω συστατικών σε ένα προϊόν διατροφής προκειμένου να αυξηθεί η ποσότητα αυτού του τροφίμου είτε στην αρχική του μορφή (νωπό) είτε στην τελική (επεξεργασμένη – π.χ. θέρμανση) μορφή του, γεγονός που δύναται να οδηγήσει σε απώλεια της ποιότητας και της διαθρεπτικής του αξίας (Srivastana, 2015).

Η πιο κοινή μορφή νοθείας στα τρόφιμα πραγματοποιείται με απώτερο σκοπό το οικονομικό όφελος και περιλαμβάνει την σκόπιμη αντικατάσταση ή προσθήκη μιας ουσίας σε ένα προϊόν προκειμένου να μειωθεί το κόστος παραγωγής του ή να αυξηθεί φαινομενικά η αξία του (Manning&Soon, 2014).

Στο πλαίσιο της υφιστάμενης Εθνικής Νομοθεσίας (Ν. 4235/2014) ως νοθευμένα τρόφιμα ορίζονται «τρόφιμα, στα οποία προστέθηκαν ύλες συνήθως ευτελέστερης αξίας για κερδοσκοπία ή για καλύτερη εμφάνιση των προϊόντων στην οποία δεν ανταποκρίνονται πραγματικά» (19).

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή προκειμένου να εξετάζει τις περιπτώσεις απάτης στα τρόφιμα (FoodFraud) έχει θεσπίσει τέσσερα λειτουργικά κριτήρια:

- I. **Παραβίαση της Ενωσιακής Νομοθεσίας περί Τροφίμων.**
- II. **Πρόθεση/Σκοπιμότητα.** Αφορά στις περιπτώσεις όπου η παραβίαση της νομοθεσία διαπράττεται σκόπιμα. Η σκοπιμότητα συνιστά τη μοναδική παράμετρο διαφοροποίησης της «πράξης» από το «σφάλμα». Η από πρόθεση απόκρυψη γεγονότων περιλαμβάνεται στις σκόπιμες περιπτώσεις εξαπάτησης του καταναλωτικού κοινού.
- III. **Οικονομικό όφελος.** Η συνηθέστερη συνθήκη για την εφαρμογή νοθείας στα τρόφιμα. Ο τελών την απάτη επιδιώκει την αποκόμιση οικονομικού οφέλους ή «κέρδους» με την ευρύτερη έννοια.
- IV. **Εξαπάτηση καταναλωτή.**

(20)

Όπως γίνεται αντιληπτό η απάτη στα τρόφιμα αποτελεί ένα σύνθετο πρόβλημα, με ποικίλες παραμέτρους και συνθήκες και δεν είναι εύκολο να δοθεί ένα ακριβής ορισμός που να περιλαμβάνει όλες τις περιπτώσεις. Ωστόσο, η πλειοψηφία των περιστατικών που έχουν καταγραφεί ως υποθέσεις απάτης στην εφοδιαστική αλυσίδα των τροφίμων για λόγους απλοποίησης μπορεί να κατηγοριοποιηθεί σε τρεις διακριτές ομάδες:

- **Αντικατάσταση ενός ή περισσότερων συστατικών του τροφίμου:** Πραγματοποιείται όταν υποκαθίσταται πλήρως ή μερικώς μία ή περισσότερες, συνήθως κοστοβόρες, ουσίες του τροφίμου με αντίστοιχες ουσίες μικρότερης εμπορικής αξίας και ποιότητας. Χαρακτηριστικό παράδειγμα νοθείας τροφίμων με αντικατάσταση ενός συστατικού αποτελεί η προσθήκη μελαμίνης σε βρεφικές τροφές γάλακτος με στόχο την τεχνητή αύξηση της πρωτεϊνικής σύστασης των προϊόντων, καθώς και η προσθήκη κίτριου οξέος σε χυμό λεμονιού ώστε να αυξηθεί η τιτλοδοτούμενη οξύτητα του τελικού χυμού (Mooreetal., 2012).
- **Προσθήκη ενός ή περισσότερων συστατικών του τροφίμου:** Αφορά στην προσθήκη ουσιών, συνήθως τεχνητών, προκειμένου να μην γίνει αντιληπτή από τον καταναλωτή η ύπαρξη συστατικών κατώτερης ποιότητας. Υποθέσεις νοθείας τροφίμων με προσθήκη έχουν παρατηρηθεί σε προϊόντα πάπρικας υποδεέστερης ποιότητας όπου προστίθεται το τεχνητό χρώμα *RedSudan* για την ενίσχυση της εμφάνισης (χρώματος) του προϊόντος, και η προσθήκη γλυκαντικών ουσιών ή ζάχαρης σε χυμό ρόδι κακής ποιότητας προκειμένου να μην είναι έντονη η στυφή του γεύση (Mooreetal., 2012).
- **Αφαίρεση ενός ή περισσότερων συστατικών του τροφίμου:** Έχουν σημειωθεί περιπτώσεις νοθείας κατά τις οποίες αφαιρούνται συστατικά με ιδιαίτερα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, διαθρεπτική αξία και συνεπώς υψηλό κόστος, από ένα προϊόν προκειμένου να χρησιμοποιηθούν σε κάποιο άλλο που θα αποφέρει υψηλότερο κέρδος. Αποτελεί σύνηθες φαινόμενο η απομάκρυνση των μη πολικών συστατικών της πάπρικας (λιπίδια και αρωματικές ενώσεις) για την παραγωγή αρωματικών εκχυλισμάτων και στη συνέχεια η πώληση της υποβαθμισμένης ποιότητας πάπρικας η οποία στερείται πολύτιμων συστατικών (Mooreetal., 2012).

Σημειώνεται ότι οι παραπάνω ενέργειες νόθευσης των τροφίμων, με ουσίες ή συστατικά χαμηλότερης διαθρεπτικής αξίας και ποιότητας, καθώς και η χρήση μη εδωδιμων προϊόντων (σ.σ. μελαμίνη) δύναται να επιφέρουν επιπτώσεις στην υγεία του καταναλωτικού κοινού (Tayetal., 2002).

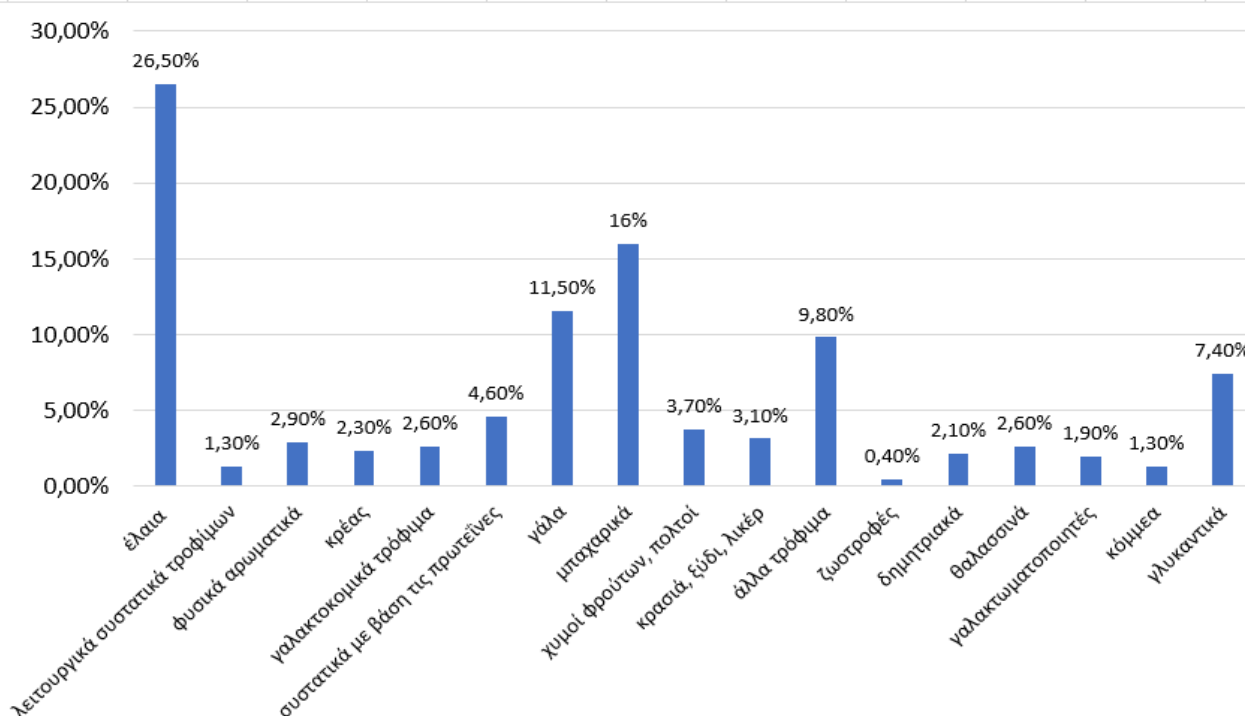
2.2. Παραδείγματα Νοθείας Τροφίμων

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα όπου η νοθεία των τροφίμων είχε ως απόρροια την έκθεση της υγείας του καταναλωτικού κοινού σε κίνδυνο, αποτελεί το σκάνδαλο ανίχνευσης μελαμίνης σε γάλα στην Κίνα (MeerzaandGustafson, 2020). Αναλυτικότερα, η μελαμίνη αποτελεί μία χημική ουσία που εντοπίζεται συνήθως στην παραγωγή πλαστικών προϊόντων, ποσότητες της οποία ανιχνεύθηκαν σε βρεφική σκόνη γάλακτος. Η κινεζική κυβέρνηση προχώρησε σε ανάκληση των νοθευμένων προϊόντων στις 11 Σεπτεμβρίου του 2008, ωστόσο είχαν ήδη δηλητηριαστεί περισσότερα από 290,000 βρέφη, ενώ έξι τουλάχιστον μωρά είχαν χάσει τη ζωή τους από την κατανάλωση των μολυσμένων αυτών βρεφικών τροφών. Η κατανάλωση μελαμίνης προκαλεί πέτρες στα νεφρά και κατά συνέπεια νεφρική ανεπάρκεια και θάνατο καθώς και επιβλαβείς επιδράσεις στο κεντρικό νευρικό σύστημα. Οι οικονομικές απώλειες του κλάδου ήταν καταστροφικές για τις εταιρίες των οποίων τα προϊόντα ήταν μολυσμένα, με την κινεζική κυβέρνηση να επιβάλλει αυστηρότατες κυρώσεις σε φυσικά και νομικά πρόσωπα που εμπλέκονταν στο σκάνδαλο (Xiu&Klein, 2010; Li&Chow, 2017).

Στις αρχές του 2013 η Ευρωπαϊκή Ένωση ήρθε αντιμέτωπη με μία κρίσιμη περίπτωση εξαπάτησης του καταναλωτικού κοινού. Ειδικότερα, τρόφιμα τα οποία προωθούνταν ως προϊόντα βοδινού κρέατος, περιείχαν στην πραγματικότητα κρέας αλόγου σε ποσοστό μεγαλύτερο του 80%. Η συγκεκριμένη δραστηριότητα πραγματοποιούνταν εν γνώση των προμηθευτών κρέατος. Οι αρχικές ανησυχίες των ειδικών για εκδήλωση πιθανών κινδύνων στη δημόσια υγεία λόγω ουσιών όπως η φαινυλοβουταζόνη δεν επαληθεύτηκαν, ωστόσο ήταν μεγάλο το αντίκτυπο στην οικονομία εξαιτίας της σημαντικής δαπάνης δημόσιων πόρων για την διεξαγωγή των ερευνών και την αποκατάσταση της εμπιστοσύνης του καταναλωτικού κοινού. Οι περιπτώσεις νοθείας των τροφίμων εκτός των σημαντικότερων επιπτώσεων που μπορεί να έχουν για την υγεία των καταναλωτών δύναται επίσης να προκαλέσουν ανησυχίες για διάφορους κοινωνικούς ή πολιτιστικούς λόγους (Johnson, 2014).

Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η ανησυχία που δημιουργείται από τις περιπτώσεις νοθείας προϊόντων κρέατος στους καταναλωτές λόγω των θρησκευτικών τους πεποιθήσεων. Η κατανάλωση χοιρινού κρέατος είναι απαγορευμένοι για τους πιστούς Μουσουλμάνους, ενώ αντίστοιχα περισσότεροι από ένα δισεκατομμύριο άνθρωποι που ασπάζονται τις Ινδουιστικές θρησκευτικές παραδόσεις τείνουν να αποφεύγουν την κατανάλωση του βόειου κρέατος (Premanandh, 2013).

Στο γράφημα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα καταγεγραμμένα περιστατικά νοθείας για τη χρονική περίοδο 1980 – 2012, ανά κατηγορία τροφίμου.



Εικόνα 2.1: Κυριότερες κατηγορίες τροφίμων που υπόκεινται σε νοθεία (Johnson, 2014).

Παρατηρείται πως περισσότερες από το ¼ των καταγεγραμμένων υποθέσεων νοθείας αφορούν σε περιπτώσεις απάτης με τρόφιμο-στόχο τα έλαια. Βασική αιτία για αυτό είναι η συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση και κοστολόγηση ελαίων υψηλής ποιότητας και διαθρεπτικής αξίας όπως το εξαιρετικά παρθένο και το παρθένο ελαιόλαδο (Gomezetal., 2016). Η πιο συνήθης πρακτική νοθείας του εξαιρετικά παρθένου (EVOO) και του παρθένου ελαιόλαδου (VOO) περιλαμβάνει την ανάμιξη του με φυτικά έλαια χαμηλότερης οικονομικής και διαθρεπτικής αξίας όπως είναι το σογιέλαιο (Flaviaetal., 2020), νοθεία που παρατηρείται κυρίως στην Κίνα. Σημαντικό ποσοστό έχει η νοθεία του γάλακτος

με τα κυριότερα περιστατικά να αφορούν σε νοθεία με νερό ή ουρία στην Ινδία, σε αραίωση της σκόνης γάλακτος με πληρωτικά (π.χ. μαλτοδεξτρίνη) στη Νότια Αμερική, καθώς και στην αντικατάσταση των λιπαρών του γάλακτος με φυτικά έλαια στη Νότιο Αμερική. Τέλος, σημαντικό μερίδιο στην «πίτα» των υποθέσεων απάτης τροφίμων κατέχει η νοθεία των μπαχαρικών με μπαχαρικά ή σσος ποιότητας και οικονομικής αξίας με διάφορες πληρωτικές ουσίες (Johnson, 2014).

2.3. Νοθεία Εδώδιμων Ελαίων & Ελαιόλαδου

Όπως προαναφέρθηκε, τα εδώδιμα έλαια και λίπη συνιστούν μία κατηγορία τροφίμων που έχει πληγεί σημαντικότερα από περιστατικά νοθείας, ιδιαίτερα τις τελευταίες δεκαετίες. Η αύξηση στην ζήτηση που παρατηρείται για το συγκεκριμένο είδος τροφίμου σχετίζεται με την ευρεία χρήση τους στη βιομηχανία των τροφίμων και στο οικιακό μαγείρεμα και στη σημασία τους στην ορθή διατροφή (Shietal., 2019). Συνήθως τα ανώτερης ποιότητας ελαιόλαδα νοθεύονται με εδώδιμα φυτικά έλαια χαμηλότερης διαθρεπτικής αξίας και ποιότητας, ωστόσο στην Ευρωπαϊκή Ένωση είχε προκαλέσει αίσθηση το 2008, η διακίνηση νοθευμένου με ορυκτέλαια ηλιέλαιου από την Ουκρανία σε αρκετές χώρες (Tahkapaetal., 2015).

Η βασική αιτία που το ελαιόλαδο αποτελεί ένα από τα τρόφιμα που νοθεύονται συνηθέστερα (Mooreetal., 2012), είναι η εμπορική του αξία που οδηγεί σε συνεχή αύξηση της τιμή του (Johnson, 2014). Η οικονομική του αξία είναι απόρροια των ανώτερων οργανοληπτικών και ποιοτικών χαρακτηριστικών που διαθέτει, καθώς και η υψηλή διαθρεπτική του αξία συγκριτικά με τα άλλα εδώδιμα φυτικά έλαια. Η νοθεία του ελαιόλαδου δεν είναι καινούριο φαινόμενο, αλλά ήρθε στο προσκήνιο τη δεκαετία του 1980, από ένα περιστατικό στην Ισπανία το οποίο είχε ως αποτέλεσμα την πρόκληση 20,000 τροφικών δηλητηριάσεων, αλλά και 400 θανάτων που συνδέθηκαν με την κατανάλωση νοθευμένου ελαιόλαδου (Jimeno, 1982; Posadaetal., 1987).

Λόγω της σημασίας της, η νοθεία του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου έχει μελετηθεί εκτενέστερα συγκριτικά με άλλα έλαια (Rodriguezetal., 2019). Το υψηλής ποιότητας εξαιρετικά παρθένο ελαιόλαδο προέρχεται συνήθως από την εκχύλιση του ελαιόκαρπου μέσω ψυχρής έκθλιψης, μία μηχανική διαδικασία, η

οποία εξασφαλίζει την διατήρηση των ευαίσθητων χημικών συστατικών του ελαίου. Δεν είναι λίγες οι περιπτώσεις που υψηλής ποιότητας ελαιόλαδο αναμιγνύεται με κατώτερης ποιότητας εξευγενισμένα ελαιόλαδα, τα οποία δύναται να περιέχουν συστατικά χαμηλής διαθρεπτικής αξίας όπως τα trans λιπαρά οξέα τα οποία απουσιάζουν από το ελαιόλαδο που έχει προκύψει μέσω της ψυχρής έκθλιψης. Συνεπώς το μίγμα ελαιόλαδων που θα παραχθεί είναι χαμηλότερης ποιότητας. Η ανίχνευση της νοθείας αποτελεί μία περίπλοκη διαδικασία και ιδιαίτερα στην περίπτωση του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου, όπου χρησιμοποιούνται έλαια παρόμοιας χημικής σύστασης (*Maggioetal., 2010*).

Η νόθευση ελαίων με υψηλή εμπορική και οικονομική αξία με φθηνότερα έλαια αποτελεί μία συνήθη πρακτική στην απάτη των τροφίμων. Όσον αφορά στο εξαιρετικά παρθένο ελαιόλαδο παρατηρείται έντονα το φαινόμενο της ανάμιξης του με φθηνά σπορέλαια όπως το ηλιέλαιο, το αραβοσιτέλαιο, το σογιέλαιο, το πυρηνέλαιο και το φοινικέλαιο (*Salah&Nofal, 2020*), καθώς και έλαια ξηρών καρπών (πχ. έλαιο φιστικιού) και ιδιαίτερα φουντουκέλαιου (*Abbas&Beaten, 2016; Maggio etal., 2010*).

Η χημική σύσταση του ελαιόλαδου είναι πολυπαραγοντική και καθορίζεται από την ποικιλία της ελιάς, τη γεωγραφική περιοχή της καλλιέργειας, τις εδαφολογικές και περιβαλλοντικές συνθήκες καθώς και το στάδιο ωρίμανσης του καρπού κατά την συγκομιδή (*Meerza&Gustafson, 2020*). Προκειμένου να πραγματοποιηθεί ανίχνευση της νοθείας του εδωδιμων φυτικών ελαίων, τα κύρια και τα δευτερεύοντα χημικά συστατικά τους μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ταυτοποίηση του είδους και της προέλευσης των ελαίων, διότι το κάθε έλαιο διαθέτει ξεχωριστά συστατικά που του προσδίδουν ταυτότητα. Ωστόσο, εξαίρεση αποτελούν τα εξευγενισμένα έλαια των οποίων τα συστατικά έχουν παραποιηθεί (*Maggioetal., 2010*). Όσον αφορά στο ελαιόλαδο, η ιδιαίτερη σύνθεση των λιπαρών οξέων του, αποτελεί το σπουδαιότερο εργαλείο για την ανίχνευση της νοθείας του με άλλα φυτικά έλαια, όπως το έλαιο καρύδας, το σογιέλαιο και το έλαιο ελαιοκράμβης (canola) σε επίπεδο νοθείας μικρότερο του 5% (*Abbas&Beaten, 2016*).

2.3.1. Κυριότερα Νοθεύματα

Τα πυρηνέλαια, το αραβοσιτέλαιο, το φυσικέλαιο, το σησαμέλαιο, το ηλιέλαιο, το σογιέλαιο και τα ιχθυέλαια, αποτελούν τα κυριότερα έλαια που έχουν καταγραφεί σε υποθέσεις νοθείας ελαιόλαδου μέχρι σήμερα. Επίσης, σε μικρότερο βαθμό έχουν αναφερθεί περιπτώσεις νοθείας του ελαιόλαδου με μικρές ποσότητες, ορυκτελαίων, ρετσινέλαιου, χοιρινού λίπους (λαρδί), καθώς και άλλων ζωικών λιπών. Σπάνια διαπιστώνεται νοθεία ελαιόλαδου με εστεροποιημένα ελαιόλαδα, δηλαδή με έλαια τα οποία προέρχονται από εστεροποίηση της γλυκερίνης με λιπαρά οξέα (Γεωργιάδου, 2013; Σπανός, 2013; Shietal., 2019). Τα έλαια αυτά επιλέγονται ως νοθεύματα του ελαιόλαδου λόγω της χαμηλής τιμής τους και συνεπώς της μεγιστοποίησης του κέρδους (Azadmard-Damirichi&Torbati, 2015;González-Casado etal., 2017).

2.4. Περιπτώσεις Νοθείας του Ελαιόλαδου

Ερευνητές του Πανεπιστημίου της Καλιφόρνια, εξέτασαν 186 δείγματα εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου που πωλούνταν στην Καλιφόρνια και διαπίστωσαν ότι το 73% των δειγμάτων από τις πέντε κορυφαίες ετικέτες εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου (τέσσερις εκ των οποίων προερχόταν από την Ιταλία) που είχαν εισαχθεί στις Ηνωμένες Πολιτείες, είτε έφεραν λανθασμένη σήμανση, είτε ήταν νοθευμένα (Duraipandianetal., 2019).

Το 2018, οι Δανέζικες αρχές εντόπισαν νοθευμένο εξαιρετικά παρθένο ελαιόλαδο το οποίο είχαν εισαγάγει από την Ελλάδα. Επρόκειτο για 15,000 λίτρα ηλιέλαιου στο οποίο είχε προστεθεί πράσινη χρωστική ουσία ώστε η εμφάνιση του να παραπέμπει σε ελαιόλαδο. Η υπόθεση αυτή επηρέασε επίσης καταστήματα τροφίμων σε γειτονικές χώρες όπως η Ολλανδία, η Γερμανία και το Βέλγιο (Mörsberger, 2019).

Οι ιταλικές αρχές σε έρευνες που διεξήγαγαν το 2012 διαπίστωσαν ότι η μεγαλύτερη εταιρία παραγωγής ελαιόλαδου είχε λανθασμένη επισήμανση διότι πουλούσε εισαγόμενο ελαιόλαδο χαμηλής ποιότητας ως εγχώριο, εξαιρετικά παρθένο ελαιόλαδο. Ακόμη, οι ιταλικές αρχές καταπολέμησης της νοθείας τροφίμων, διερεύνησαν το 2015, τις κορυφαίες ιταλικές εταιρίες παραγωγής ελαιόλαδου και διαπίστωσαν ότι 9 από τα 12 brands με τις υψηλότερες πωλήσεις έφεραν λανθασμένη επισήμανση πουλώντας χαμηλής ποιότητας ελαιόλαδο ως εξαιρετικά παρθένο. Επιπροσθέτως, ορισμένοι παραγωγοί διαπιστώθηκε ότι

χρησιμοποιούσαν χημικές ουσίες ώστε να καλύψουν τα οργανοληπτικά ελαττώματα ελαιόλαδου χαμηλής ποιότητας. Σε έρευνα που διήρκησε από το Νοέμβριο του 2015 έως το Φεβρουάριο του 2016 όσον αφορά στα εδώδιμα έλαια, οι ιταλικές αρμόδιες υπηρεσίες διαπίστωσαν ότι το εξαιρετικά παρθένο ελαιόλαδο ήταν η βασικότερη κατηγορία κατάσχεσης λόγω εμπλοκής του σε υποθέσεις απάτης τροφίμων. Ειδικότερα, κατασχέθηκαν 7,000 τόνοι ελαιόλαδου στους οποίους είχε πραγματοποιηθεί σκόπιμη νοθεία (Meerza&Gustafson, 2020).

Στην Ισπανία είδε το φως της δημοσιότητας η υπόθεση νοθείας ισπανικού ελαιόλαδου με μετουσιωμένο κραμβέλαιο (colza), με ανιλίνη, το οποίο προοριζόταν για βιομηχανική χρήση. Η κατανάλωση αυτού του νοθευμένου ελαίου είχε ως αποτέλεσμα να νοσήσουν χιλιάδες καταναλωτές και να χρειαστούν ιατρική βοήθεια, ενώ σημειώθηκαν ακόμη και θάνατοι (Σπανός, 2013).

2.4.1 Περιπτώσεις Ανάκλησης Νοθευμένου Ελαιόλαδου στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα αρμόδιος κρατικός φορέας για την ανίχνευση περιστατικών απάτης και νοθείας τροφίμων και την ανάκληση τους είναι ο Ενιαίος Φορέας Ελέγχου Τροφίμων (Ε.Φ.Ε.Τ), ο οποίος δραστηριοποιείται υπό την αιγίδα του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων.

Από τις έρευνες που διεξάγονται προκύπτει πως η Ελλάδα αντιμετωπίζει σημαντικό πρόβλημα με την νοθεία των τροφίμων. Το Εθνικό Κέντρο Έρευνας και Τεχνολογικής Ανάπτυξης με τη διενέργεια συνεχών ελέγχων για την ταυτοποίηση των χαρακτηριστικών των προϊόντων, των ζώων και των φυτών επισημαίνει ότι τα ποσοστά νοθείας κυμαίνονται από 20 έως 50%. Το Γενικό Χημείο του Κράτους διεξάγει καθημερινά ελέγχους με στόχο την ανίχνευση νοθευμένων τροφίμων εντοπίζοντας περιπτώσεις απάτης τροφίμων ακόμη και σε επώνυμα προϊόντα ονομαστικής προέλευσης όπως η φάβα Σαντορίνης, τα φασόλια Καστοριάς, τα κεράσια Έδεσσας κ.α., σε ποσοστά που αγγίζουν το 80%. Καταγγελίες για παρόμοια υποθέσεις πραγματοποιούνται και από τον Ε.Φ.Ε.Τ. αλλά και από το Κέντρο Ελέγχου και Πρόληψης Νοσημάτων (Γεωργιάδου, 2013). Παρακάτω παρατίθενται ορισμένες πρόσφατες περιπτώσεις ανάκλησης νοθευμένων ελαιόλαδων.

Το 2020 ο Ε.Φ.Ε.Τ (1), διενεργώντας ελέγχους για την προστασία των καταναλωτών και της αυθεντικότητας του Ελληνικού Ελαιόλαδου, εντόπισε διάφορα δίκτυα μη σύνομης διακίνησης νοθευμένων ελαιόλαδων. Μετά από αναλύσεις διαπίστωσε την εμπορία προϊόντων τα οποία, ενώ επισημαίνονταν ως εξαιρετικά παρθένα ελαιόλαδα, στην πραγματικότητα ήταν σπορέλαια τεχνητά χρωματισμένα, αγνώστου προελεύσεως. Συγκεκριμένα επρόκειτο για τα νοθευμένα προϊόντα με τις εξής επωνυμίες:

- «ΟΡΜΥΛΙΑ ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ»
- «ΦΥΣΙΚΟ ΑΠΟ ΤΗΝ ΣΗΤΕΙΑ ΛΑΣΙΘΙΟΥ ΚΡΗΤΗΣ»
- «ΚΡΗΤΗΣ»
- «ΕΛΙΑ ΚΑΙ ΛΑΔΙ»
- «ΕΞΑΙΡΕΤΙΚΑ ΠΑΡΘΕΝΟ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟ»

Το 2019 διαπιστώθηκε εμπορία προϊόντος Εξαιρετικά Παρθένου Ελαιόλαδου το οποίο μετά από χημικές αναλύσεις χαρακτηρίστηκε εκτός προδιαγραφών ποιότητας, διότι κατατάσσεται στην κατηγορία του πυρηνέλαιου. Επρόκειτο για το εξαιρετικά παρθένο ελαιόλαδο, με την εμπορική ονομασία «GOLDENGREECE» (2).

Το 2018 διαπιστώθηκε εμπορία προϊόντος το οποίο επισημαινόταν ως Ελαιόλαδο ενώ περιείχε σπορέλαιο σε υψηλό ποσοστό. Συγκεκριμένα, αφορούσε στο προϊόν: Ελαιόλαδο – αποτελούμενο από εξευγενισμένα ελαιόλαδα και παρθένα ελαιόλαδα, με την εμπορική ονομασία "ΠΡΩΤΕΥΣ Κλασικό" (3).

Το 2017 μετά από δειγματοληψία που διενεργήθηκε σε Εξαιρετικά Παρθένα Ελαιόλαδα κατά την οργανοληπτική αξιολόγησή τους διαπιστώθηκε ότι ήταν ελαιόλαδα κατηγορίας «ΛΑΜΠΑΝΤΕ» που καθίστανται μη εδώδιμα ως έχουν. Αναλυτικότερα, επρόκειτο για δύο παρτίδες ελαιόλαδου με ονομασία «Εξαιρετικό Παρθένο Ελαιόλαδο Λατζιμάς» (4).

Το 2016 ο ΕΦΕΤ εντόπισε διάφορα δίκτυα μη σύνομης διακίνησης νοθευμένων ή μη ασφαλών ελαιόλαδων τα οποία ενώ επισημαίνονταν ως εξαιρετικά παρθένα ελαιόλαδα, ήταν στην πραγματικότητα σπορέλαια τεχνητά χρωματισμένα, αγνώστου προελεύσεως. Συγκεκριμένα, τα νοθευμένα προϊόντα έφεραν τις εξής επωνυμίες : «ΚΡΗΤΙΚΟΝ» – «ΜΕΣΣΗΝΙΑΚΟ ΧΩΡΙΟ» – «ΜΟΝΑΣΤΗΡΙΑΚΟ» – «ΕΙΡΗΝΗ» – «BEVELLINI» – «το λιοτρίβι» – «ΑΡΩΜΑ» –

«ΕΞΑΙΡΕΤΙΚΑ ΠΑΡΘΕΝΟ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟ» καθώς και τα μη ασφαλή προϊόντα με τις επωνυμίες «ΝΕΦΕΛΗ» – «ΛΙΑΤΙΚΟ» (5).

Το 2016 ξεκίνησε η διαδικασία εξάρθρωσης συγκεκριμένου δικτύου διακίνησης νοθευμένων ελαιόλαδων στη Βόρειο Ελλάδα. Οι διακινητές πωλούσαν έλαια ως εξαιρετικά παρθένα ελαιόλαδα ή ως ελαιόλαδα, τα οποία στην ήταν πραγματικότητα σπορέλαια τεχνητά χρωματισμένα, αγνώστου προελεύσεως. Ειδικότερα, επρόκειτο για την εμπορική επιχείρηση «ΜΑΡΚΟΥΛΑΚΗΣ ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ» με έδρα τη Σταυρούπολη Θεσσαλονίκης που διακινούσε τις εμπορικές επωνυμίες «ΑΤΛΑΝΤΙΣ», «ΠΙΘΑΡΙ» και «ΑΡΚΑΔΙ» (6).

Το 2016 διαπιστώθηκε εμπορία προϊόντος το οποίο επισημαινόταν ως Εξαιρετικά Παρθένο Ελαιόλαδο ελληνικό προϊόν, ενώ βρέθηκε ότι περιείχε σπορέλαιο σε υψηλό ποσοστό και προερχόταν από την Βουλγαρία. Αφορούσε στο προϊόν το οποίο πωλούνταν ως "Εξαιρετικό Παρθένο Ελαιόλαδο", με την εμπορική ονομασία «ΑΚΡΟΠΟΛΙΣ» (7).

Το 2015 έλεγχος του ΕΦΕΤ διαπίστωσε ότι προϊόν το οποίο πωλούνταν ως «Εξαιρετικό Παρθένο Ελαιόλαδο», με την εμπορική ονομασία «ΜΑΝΗ», περιείχε σπορέλαιο σε πολύ μεγάλο ποσοστό, τεχνητά χρωματισμένο (8).

Το 2015 διαπίστωσε την εμπορία προϊόντος το οποίο ενώ επισημαινόταν ως Εξαιρετικά Παρθένο Ελαιόλαδο, ήταν στην πραγματικότητα σπορέλαιο τεχνητά κεχρωσμένο, αγνώστου προελεύσεως. Συγκεκριμένα, επρόκειτο για το προϊόν με την εμπορική ονομασία "ΕΛΘΕΑ" (9).

Το 2015 διαπίστωσε ότι το προϊόν το οποίο διακινούνταν ως «Εξτρα Παρθένο Ελαιόλαδο», με την εμπορική ονομασία «Παραγωγικό», περιείχε σπορέλαια, τεχνητά κεχρωσμένα με τη χρωστική αννάτο (10).

Το 2015 διαπιστώθηκε κατά την οργανοληπτική αξιολόγηση ελαίου που πωλούνταν ως Εξαιρετικό Παρθένο Ελαιόλαδο, ότι το ελαιόλαδο εμπίπτει στην κατηγορία «λαμπάντε» και καθίσταται μη βρώσιμο ως έχει. Ειδικότερα, επρόκειτο για το προϊόν «ΟΜΟΣΠΟΝΔΙΑ Εξαιρετικό Παρθένο Ελαιόλαδο» (11).

Το 2015 διαπιστώθηκε η διακίνηση προϊόντων τα οποία πωλούνταν ως ελαιόλαδα με τις ενδείξεις :

1. εξαιρετικό παρθένο ελαιόλαδο – ΛΑΚΩΝΙΑ
2. εξαιρετικό παρθένο ελαιόλαδο – ΜΑΝΗ ΛΑΚΩΝΙΑ

3. εξαιρετικό παρθένο ελαιόλαδο – ΜΑΝΗ ΛΑΚΩΝΙΑΣ

Όμως, αφού ελέγχθηκαν, προέκυψε ότι ήταν σπορέλαια που περιείχαν ξένη προς το ελαιόλαδο λιπαρή ύλη (12).

Το 2014 διαπιστώθηκε ότι το προϊόν με εμπορική επωνυμία «ΑΤΛΑΝΤΙΣ», το οποίο διακινούνταν από την εταιρία ΜΑΡΚΟΥΛΑΚΗΣ ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ και το οποίο πωλούνταν με την ένδειξη εξαιρετικό παρθένο ελαιόλαδο, περιείχε φυτικό έλαιο ξένο προς το ελαιόλαδο (13).

Το 2014 διαπιστώθηκε η διακίνηση Παρθένου Ελαιόλαδου, του οποίου η απορρόφηση στο υπεριώδες φάσμα υπερέβαινε το επιτρεπτό όριο. Με βάση το παραπάνω αποτέλεσμα το ελαιόλαδο εμπίπτει στην κατηγορία «Λαμπάντε» και καθιστώντας το μη βρώσιμο ως έχει. Συγκεκριμένα, επρόκειτο για το προϊόν «Παρθένο Ελαιόλαδο» ΠΑΡΓΑ (14).

Το 2014 διαπιστώθηκε η διακίνηση προϊόντων τα οποία πωλούνταν ως ελαιόλαδα με τις εξής ενδείξεις :

1. ΕΞΑΙΡΕΤΙΚΟ ΠΑΡΘΕΝΟ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟ – ΑΛΚΥΟΝΙΣ
2. ΠΑΡΑΓΩΓΟΣ

Από τον έλεγχο τους προέκυψε ότι είναι σπορέλαια τεχνητά κεχρωσμένα (15).

Το 2013 ταυτοποιήθηκε η διακίνηση προϊόντος το οποίο πωλούνταν με την ένδειξη εξαιρετικά παρθένο ελαιόλαδο, ενώ από την εξέτασή του προέκυψε ότι ήταν νοθευμένο με σογιέλαιο τεχνητά κεχρωσμένο. Επρόκειτο για το προϊόν με την εμπορική επωνυμία «ΠΑΡΝΩΝΑΣ» (16).

Το 2013 ανιχνεύθηκε η διακίνηση προϊόντος που αποτελούνταν από μίγμα σπορέλαιων τεχνητά κεχρωσμένων, το οποίο πωλούνταν με την ένδειξη εξαιρετικά παρθένο ελαιόλαδο. Αφορούσε στο προϊόν με την εμπορική επωνυμία «ΕΛΑΙΩΝΙΣ» (17).

Τέλος, το 2013 διαπιστώθηκε η διακίνηση προϊόντος που αποτελείτο από μίγμα σπορέλαιων τεχνητά κεχρωσμένων, το οποίο πωλούνταν με την ένδειξη εξαιρετικό παρθένο ελαιόλαδο. Επρόκειτο για προϊόν, σε πλαστική συσκευασία των 5 L και ημερομηνία λήξης 31-12-2014, το οποίο δεν έφερε ενδείξεις παρασκευαστή / συσκευαστή (18).

Σε όλες τις παραπάνω περιπτώσεις, ο Ε.Φ.Ε.Τ. απαίτησε την άμεση ανάκληση/απόσυρση του συνόλου της εκάστοτε παρτίδας του μη συμβατού ή νοθευμένου προϊόντος από την εσωτερική αγορά.

2.5. Επιπτώσεις της Νοθείας των Τροφίμων

Η απάτη στα τρόφιμα και η νοθεία των τροφίμων αποτελούν μείζονα προβλήματα λόγω του αρνητικού τους αντίκτυπου τόσο σε μεμονωμένα άτομα όσο και στην κοινωνία σαν σύνολο. Οι επιπτώσεις της νοθείας των τροφίμων δύναται να σχετίζονται με την οικονομία, με την υγεία του καταναλωτικού κοινού, να επιφέρουν νομικές κυρώσεις κ.α. Σύμφωνα με το άρθρο 281 του ποινικού κώδικα περί νοθείας των τροφίμων, «όποιος παρασκευάζει ή επεξεργάζεται τρόφιμα, ποτά, φάρμακα ή άλλα προϊόντα έτσι που η χρήση τους να μπορεί να προκαλέσει βλάβη στην υγεία ή κίνδυνο για τη ζωή των καταναλωτών, καθώς και όποιος θέτει σε κυκλοφορία τέτοια προϊόντα, τιμωρείται με φυλάκιση τουλάχιστον τριών μηνών». Εκτός από την φυλάκιση η Εθνική Νομοθεσία (Ν. 4235/2014) προβλέπει υψηλά χρηματικά πρόστιμα (15,000 – 80,000) για τους υπεύθυνους παραγωγής και διάθεσης νοθευμένων τροφίμων.

2.5.1 Οικονομικές Επιπτώσεις

Η *GroceryManufacturersAssociation* εκτιμά ότι η απάτη και η νοθεία στα τρόφιμα κοστίζει στην παγκόσμια βιομηχανία τροφίμων 10 -15 δισεκατομμύρια δολάρια ετησίως, έχοντας συνέπειες στο 10% περίπου όλων των προϊόντων που διακινούνται στο εμπόριο (*Manning 2016*). Τα σκάνδαλα που σχετίζονται με την νοθεία των τροφίμων εκτός από τις άμεσες οικονομικές επιπτώσεις που επιφέρουν στα εμπλεκόμενα μέλη, δημιουργούν αμφιβολίες που κλονίζουν την εμπιστοσύνη του καταναλωτικού κοινού, στρέφοντας το προς άλλα είδη ή άλλες εταιρίες. Εκτιμάται ότι η νοθεία των τροφίμων κοστίζει στις επιχειρήσεις το 2-15% των ετήσιων εσόδων τους, λόγω χαμένων πωλήσεων, καθώς και πιθανές χρεοκοπίες εάν συνδυαστούν με δυσμενείς συνέπειες για την δημόσια υγεία (*Johnson, 2014*).

2.5.2. Επιπτώσεις στη Δημόσια Υγεία

Η πρόσληψη ποιοτικών τροφίμων εξασφαλίζει στον άνθρωπο τα απαραίτητα εφόδια (θρεπτικά συστατικά και ενέργεια) για την ανάπτυξη, αύξηση και συντήρηση των λειτουργιών του. Παράλληλα, οι σωστές διατροφικές συνήθειες σχετίζονται με ευεργετικές ιδιότητες για την υγεία του ανθρώπου. Ωστόσο, τα νοθευμένα τρόφιμα, λόγω της χαμηλής τους ποιότητας μπορεί να επηρεάσουν το σώμα και την υγεία του καταναλωτή (*Srivastava, 2015*). Η διασφάλιση της υ-

γείας του καταναλωτικού κοινού αποτελεί μείζον μέλημα στον έλεγχο των τροφίμων. Παρόλο που οι έλεγχοι στα τρόφιμα επικεντρώνονται κυρίως στους κινδύνους που μπορεί να εμφανιστούν φυσικά ή που εμφανίζονται μη εσκεμμένα στην εφοδιαστική αλυσίδα (π.χ. αλλοίωση από μικροοργανισμούς, φθορά της συσκευασίας κατά τη διακίνηση κ.α.), τα τελευταία χρόνια οι καταναλωτές, η βιομηχανία και οι αρχές συνειδητοποιούν την ολοένα και μεγαλύτερη ανάγκη ελέγχου της απάτης, της νοθείας και της εγκληματικής αμέλειας στα τρόφιμα (*Tahkapaetal., 2015*).

Συγχρόνως, υπάρχει η ανησυχία ότι σε ορισμένες περιπτώσεις η νοθεία στα τρόφιμα μπορεί να θεωρηθεί περισσότερο επικίνδυνη από τις συνήθεις απειλές για την ασφάλεια των τροφίμων (φυσικοί, χημικοί και βιολογικοί κίνδυνοι), καθώς εγκυμονεί κινδύνους για τη δημόσια υγεία οι οποίοι είναι συχνά μη συμβατικοί και δύσκολο να ανιχνευθούν (*Tahkapaetal., 2015*).

Η συχνή κατανάλωση νοθευμένων τροφίμων έχει συσχετιστεί με πρόκληση συμπτωμάτων όπως ο πονοκέφαλος, οι γαστρεντερικές διαταραχές, οι μυϊκή πόνοι και η υπνηλία. Στην Ινδία, το βούτυρο και το ghee (:διαυγασμένο βούτυρο η συνταγή του οποίου προέρχεται από την αρχαία Ινδία) νοθεύονται τακτικά με έλαιο αργεμώνης (*argemoneoil*) το οποίο είναι ιδιαίτερα τοξικό και προκαλεί υδρωπικία, μία ασθένεια που χαρακτηρίζεται από συσώρευση υγρών σε μέρη του σώματος και μπορεί να οδηγήσει ακόμη και σε παράλυση των άκρων. Η νοθεία των τροφίμων με διάφορα τεχνητά χρώματα με σκοπό τη βελτίωση της εμφάνισης τους δύναται να προκαλέσει καρκίνο. Επίσης, έχουν αναφερθεί εντερικές διαταραχές από καταναλωτές έπειτα από συχνή πρόσληψη ζάχαρης άχνης και άλλων τροφίμων που νοθεύονται με σόδα πλουσίματος (*Srivastava, 2015*).

Η κατανάλωση νοθευμένου γάλακτος και προϊόντων αυτού, με νερό, άμυλο, ουρία ή λιπαρές ύλες δύναται να επιφέρει πεπτικά προβλήματα. Η πρόσληψη νοθευμένης ζάχαρης άχνης με σκόνη κιμωλίας οδηγεί σε λοιμώξεις του στομάχου, ενώ η χρήση σκόνης τσίλι η οποία περιέχει τεχνητά χρώματα όπως SudanRed ή σκόνη τούβλων έχει συνδεθεί με πρόκληση καρκίνου του αίματος και των πνευμόνων. Ακόμη περιπτώσεις νοθείας που έχουν συσχετιστεί με την πρόκληση ασθενειών και διαταραχών στην υγεία των καταναλωτών αφορούν στην κατανάλωση νοθευμένου βουτύρου με μαργαρίνη ή άμυλο (υπεύθυνη για δηλητηριάσεις), στην πρόσληψη νοθευμένου μελιού με σιρόπι

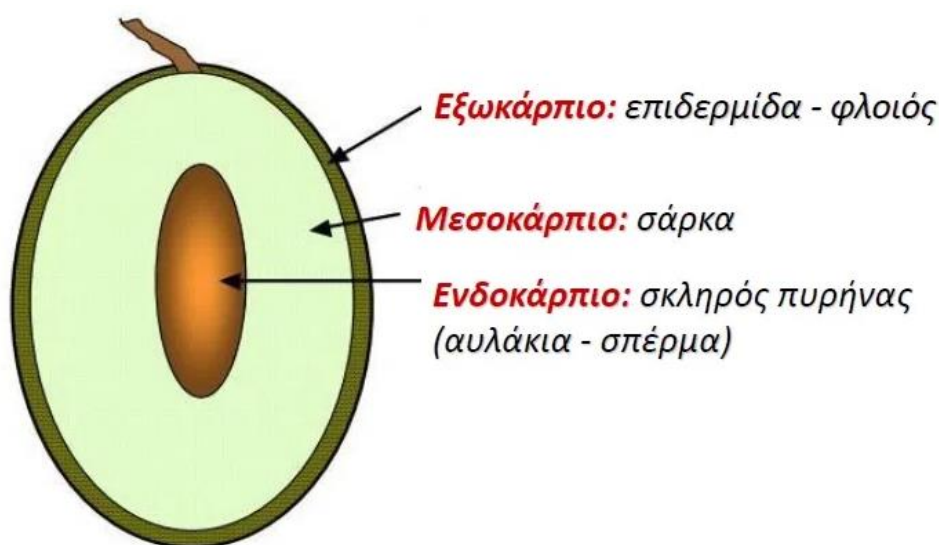
φρουκτόζης ή ζάχαρη από ζαχαροκάλαμο (στομαχικές διαταραχές), στην κατανάλωση νοθευμένων ανθρακούχων ποτών με φύλλα αλουμινίου (εμφάνιση άσθματος – πνευμονικές διαταραχές), και στην κατανάλωση νοθευμένου παγωτού με απορρυπαντικές ύλες που δύναται να προκαλέσει δερματοπάθειες και προβλήματα στους πνεύμονες κ.α. (Srivastava, 2015). Νοθεία οίνων στην Ιταλία με μεθανόλη το 1986 είχε αποτέλεσμα των θάνατο 23 ανθρώπων (Tahkapaetal., 2015).

Καταλήγοντας, έχει αποδειχτεί η συσχέτιση της κατανάλωσης νοθευμένων φυτικών εδώδιμων ελαίων με την πρόκληση διαταραχών της υγείας των καταναλωτών, με το σύνδρομο τοξικού ελαίου της Ισπανίας ή το σύνδρομο ισπανικού ελαιολάδου λόγω της πώλησης μη βρώσιμου κραμβέλαιου ως βρώσιμο εξευγενισμένο έλαιο και ακόμη και ως ελαιολάδο (Azadmard-Damirichi and Torbati 2015) να αποτελούν απτά παραδείγματα. Επιπλέον, η νοθεία του ελαιολάδου με άλλους τύπους ελαίων που προέρχονται από σπόρους, όσπρια ή ξηρούς καρπούς δύναται να έχει ακούσιες συνέπειες, εάν καταναλωθεί από άτομα με τροφικές αλλεργίες (Johnson, 2014). Στην Ισπανία το 1981, νοθεύτηκε βρώσιμο έλαιο με λάδι οχημάτων και το προκύπτον τοξικό προϊόν προκάλεσε ασθένεια σε περισσότερους από 20,000 ανθρώπους και 1663 θανάτους μεταξύ αυτών (Tahkapaetal., 2015).

3. ΤΟ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟ

3.1.Ο ελαιόκαρπος

Ο ελαιόκαρπος αποτελείται από ένα σκληρό ενδοκάρπιο, ένα σαρκώδες μεσοκάρπιο στο οποίο βρίσκεται το επιθυμητό έλαιο και ένα λεπτό περικάρπιο (επιδερμίδα-φλούδα). Το ενδοκάρπιο ή πυρήνας αποτελείται από ένα σκληρό ξυλώδες τμήμα με συνήθως ένα ενδοσπέρμιο (σπόρος) (Εικόνα 3.1.). Το μεσοκάρπιο συνιστά το τμήμα της ελιάς με το μεγαλύτερο τεχνολογικό ενδιαφέρον. Συνιστά το 70-90 % του βάρους του καρπού και είναι το μέρος στο οποίο βρίσκεται η σάρκα της ελιάς. Λόγω του πυρήνα που περιέχει ο καρπός του ελαιόδεντρου συγκαταλέγεται στις δρύπες, ενώ έχει ωοειδές σχήμα το οποίο συχνά καταλήγει σε μυτερό άκρο (*Portarenaetal., 2015*). Το μέγεθος (πλάτος και μήκος) του κυμαίνεται μεταξύ δύο-τριών εκατοστών, ενώ παρουσιάζει ποικιλομορφία και ως προς την αναλογία σάρκας – πυρήνα (*Galanakis, 2011*). Το συνολικό βάρος ενός ελαιόκαρπου κυμαίνεται μεταξύ τριών και δέκα γραμμαρίων ενώ σε σπάνιες περιπτώσεις μπορεί να φτάσει τα είκοσι γραμμάρια ή να είναι αρκετά μικρός ώστε να μην υπερβαίνει τα 0.5 g.



Εικόνα 3.1.: Μορφολογία του καρπού της ελιάς (Αγροτικός συνεταιρισμός Αιχμέας).

Η σάρκα της ελιάς αποτελείται από νερό, έλαιο (λάδι), σάκχαρα, πρωτεΐνες, κόμμεα – ρητίνες, οργανικά οξέα, ταννίνες, ελευρωπαΐνη και άλλα ανόργανα συστατικά. Τα σπουδαιότερα συστατικά του ελαιόκαρπου είναι το νερό (60-75%) και τα λιπαρά (10-25%). Η βασικότερη διαφορά της ελιάς συγκριτικά με άλλες δρύπες εντοπίζεται στη χημική της σύσταση, αφού αντίθετα με άλλες

εμφανίζει υψηλή περιεκτικότητα σε λίπη και χαμηλή περιεκτικότητα σε σάκχαρα (2-5%) (Rejano, 2010). Ωστόσο, η σύνθεση της ελιάς στα συστατικά αυτά εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ποικιλία του ελαιόδεντρου, την περιοχή της καλλιέργειας, το στάδιο ανάπτυξης του καρπού και την περίοδο της συγκομιδής (Esteves, 2010).

Για τον σχηματισμό του ελαιόκαρπου είναι απαραίτητη η γονιμοποίηση των ανθέων και η ωρίμανση του είναι μία διαδικασία που λαμβάνει χώρα από το φθινόπωρο ως το χειμώνα. Το ενδοκάρπιο είναι το πρώτο μέρος του ελαιόκαρπου που αναπτύσσεται και ακολουθεί η ανάπτυξη της σάρκας. Η διαμόρφωση του ελαιόκαρπου πραγματοποιείται από τον Μάιο έως και τέλη περίπου του Ιουλίου. Η ξυλοποίηση των ιστών του ενδοκαρπίου είναι μία διαδικασία που διαδραματίζεται βαθμιαία από το εσωτερικό προς την επιφάνεια. Όταν ολοκληρωθεί η δημιουργία του πυρήνα πραγματοποιείται με ταχύτερο ρυθμό και η ανάπτυξη του μεσοκαρπίου. Η μεταβολή του χρώματος του ελαιόκαρπου από ανοικτό πράσινο σε ιώδες σχετίζεται με την περιεκτικότητα του (και ιδίως του επικάρπιου) σε χλωροφύλλη. Στα πρώτα στάδια της ανάπτυξης της ελιάς στη σάρκα της εντοπίζεται σημαντική ποσότητα σακχάρων τα οποία με την πάροδο του χρόνου κατά την ωρίμανση ελατώνονται και αυξάνεται η ελαιοπεριεκτικότητα του καρπού (Κυριτσάκης, 2017).

3.2. Τα σπουδαιότερα συστατικά του ελαιόκαρπου

Το νερό αποτελεί ποσοτικά το βασικότερο, συστατικό του ελαιόκαρπου συνιστώντας το 70% περίπου του νωπού βάρους του. Η περιεκτικότητα του ελαιόκαρπου σε νερό καθορίζει το σχήμα του, αφού όταν τα κύτταρα βρίσκονται σε πλήρη σπαργή παρατηρείται το πλήρες μέγεθος του καρπού, ενώ όταν η περιεκτικότητα του καρπού σε νερό είναι μικρότερη από το φυσιολογικό η επιδερμίδα συρρικνώνεται. Στο νερό της σάρκας του καρπού υπάρχουν διαλυμένα πολλά συστατικά όπως σάκχαρα, οργανικά οξέα, ταννίνες και ελευρωπαΐνη. Η ποσότητα νερού που περιέχεται στον ελαιόκαρπο καθορίζεται από στάδιο της ανάπτυξης του, την ποικιλία και τις συνθήκες (εδαφολογικές και κλιματολογικές) που λαμβάνουν χώρα κατά την ωρίμανση του. Η περιεκτικότητα ελαιόκαρπου σε νερό είναι αντιστρόφως ανάλογη της περιεκτικότητας του σε έλαιο (Κυριτσάκης, 2017).

Η έντονη πικρή γεύση του καρπού της ελιάς οφείλεται στην παρουσία της ελευρωπαΐνης. Η χημική αυτή ένωση, εντοπίζεται εκτός από τον καρπό στο ελαιόλαδο, στα φύλλα της ελιάς καθώς και σε όλα τα μέρη του ελαιόδεντρου. Συνιστά τη φυσικά άμυνα της ελιάς που την προστατεύει από διάφορα έντομα και μικροοργανισμούς. Ως προς τη χημική της δομή η ελευρωπαΐνη είναι ένας εστέρας της 3,4-διυδροξυ-φαινυλ-αιθανόλης (υδρόξυ-τυροσόλη) με το β-γλυκοσυλιωμένο ελεονικό οξύ. Ανήκει στην ευρεία οικογένεια των πολυφαινολών και είναι παράγωγο της κουμαρίνης (ιριδοειδές).

Η ελευρωπαΐνη βρίσκεται σε μεγαλύτερο ποσοστό στον άγουρο καρπό της ελιάς και καθώς ωριμάζει ο ελαιόκαρπος μειώνεται και η περιεκτικότητά του σε ελευρωπαΐνη. Συνεπώς στο πρώιμο ελαιόλαδο (αγουρέλαιο) παρατηρείται υψηλότερη συγκέντρωση ελευρωπαΐνης συγκριτικά με το ελαιόλαδο που παράγεται από ώριμους καρπούς. Ωστόσο, το στάδιο ωρίμανσης του καρπού δεν συνιστά το μοναδικό παράγοντα που καθορίζει την συγκέντρωση της ελευρωπαΐνης στο ελαιόλαδο, καθώς η ποικιλία της ελιάς, οι περιβαλλοντικές συνθήκες, ο τρόπος καλλιέργειας, οι συνθήκες συντήρησης του ελαιόκαρπου έως την ελαιοποίηση αλλά και οι μέθοδοι ελαιοποίησης συμβάλλουν σημαντικά στην τελική περιεκτικότητα του ελαιόλαδου σε ελευρωπαΐνη (*Botiaetal., 2001, Visioli-etal., 2002*).

Απλά σάκχαρα όπως η γλυκόζη, η φρουκτόζη, η μανόζη, η γαλακτόζη και η σακχαρόζη, απαντώνται σε σημαντικές ποσότητες στον ελαιόκαρπο. Τα σάκχαρα αυτά παρουσιάζουν τεχνολογική σημασία για τους καρπούς που προορίζονται ως βρώσιμες επιτραπέζιες ελιές. Η περιεκτικότητα και το είδος των σακχάρων καθορίζουν τη διαδικασία της ζύμωσης και προσάπτουν στον βρώσιμο καρπό τα ιδιαίτερα οργανοληπτικά του χαρακτηριστικά. Όσον αφορά στο ελαιόλαδο η μικρή ποσοστιαία παρουσία των σακχάρων δεν προσφέρει σημαντικά στο οργανοληπτικό και θρεπτικό του προφίλ (*Patumieta., 2002*).

Η συγκέντρωση της σάρκας του ελαιόκαρπου σε πρωτεΐνες περιορίζεται στο 1.5 – 3.0 % και καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από το στάδιο της ωρίμανσης του καρπού. Στον πυρήνα της ελιάς παρατηρείται υψηλότερη συγκέντρωση πρωτεϊνών η οποία μπορεί να φτάσει και το 5%. Οι πρωτεΐνες του ελαιόκαρπου συνιστώνται από τα αμινοξέα που απαντάται συχνότερα στους φυτικούς ιστούς, ενώ η αργινίνη, το ασπαρτικό και το γλουταμινικό οξύ εντοπίζονται σε μεγάλού-

τερη ποσοστιαία συγκέντρωση στην πλειονότητα των ποικιλιών. Από το σύνολο των πρωτεϊνών του ελαιόκαρπου μόλις ένα μικρό ποσοστό βρίσκεται και στο ελαιόλαδο, το οποίο ωστόσο συμβάλλει στην οξειδωτική σταθερότητά του ελαίου, κατά την περίοδο αποθήκευσης του (*Hidalgo&Zamora, 2005*). Ακόμη το προφίλ των πρωτεϊνών του ελαιόλαδου παρέχει πληροφορίες σχετικά με την ποικιλία προέλευσης του.

Η μεταβολή του χρώματος του ελαιόκαρπου κατά τη διαδικασία της ωρίμανσης του οφείλεται σε ορισμένες χρωστικές χημικές ουσίες. Τα έντονο πράσινο χρώμα του καρπού στα πρώτα στάδια της ωρίμανσης του είναι απόρροια της παρουσίας χλωροφύλλης σε υψηλές συγκεντρώσεις. Οι ανθοκυανίνες είναι υπεύθυνες για το σκούρο κίτρινο – ιώδες χρώμα που παρουσιάζει ο ελαιόκαρπος στα τελευταία στάδια της ωρίμανσής του. Επίσης, το σχεδόν μαύρο, ιώδες χρώμα που εμφανίζουν οι ελαιόκαρποι οφείλεται σε μελανίνες που προκύπτουν από την οξείδωση μέρους των φαινολικών συστατικών που περιέχονται στον καρπό.

Το ανόργανο στοιχείο που βρίσκεται σε μεγαλύτερη ποσοστιαία συγκέντρωση στον καρπό της ελιάς είναι το κάλιο. Η περιεκτικότητα των ανόργανων στοιχείων που εντοπίζονται στην σάρκα του ελαιόκαρπου μεταβάλλεται ανάλογα με το στάδιο τη ωρίμανσης.

Η περιεκτικότητα της σάρκας του ελαιόκαρπου σε έλαιο (ελαιόλαδο) κυμαίνεται μεταξύ 17-35% επί του συνολικού νωπού βάρους. Η παρουσία του ελαιόλαδου καθορίζει την συνεκτικότητα της σάρκας.

Τα σημαντικότερα οργανικά στοιχεία που περιέχονται στον ελαιόκαρπο είναι το οξικό, το οξαλικό, το μηλικό και το κιτρικό οξύ, το σύνολο των οποίων ωστόσο δεν υπερβαίνει το 0.1% του νωπού βάρους του ελαιόκαρπου. Ακόμη έχουν παρατηρηθεί ποσότητες σε ίχνη μηλονικού, φουμαρικού, γαλακτικού και τρυγικού οξέος. Τα οργανικά αυτά οξέα απαντώνται στον καρπό είτε ελεύθερα είτε υπό την μορφή αλάτων. Παρόλα αυτά τα οργανικά οξέα δεν παρατηρούνται σε αξιόλογες ποσότητες στο ελαιόλαδο διότι συμπαρασύρονται κατά τη διαδικασία της ελαιοποίησης και απορρίπτονται με τα απόβλητα της επεξεργασίας μαζί με άλλα υδατοδιαλυτά συστατικά του καρπού (*Κυριτσάκης, 2017*).

3.3. Χημική Σύσταση Ελαιόλαδου

Το ελαιόλαδο συνιστά μία σύνθετη λιπαρή ύλη η οποία αποτελείται από ένα μείγμα περισσότερων από 200 ενώσεων (*Aielloetal., 2015*). Ως προς τη χημική του σύσταση το ελαιόλαδο αποτελείται κυρίως από μονοακόρεστα λιπαρά οξέα (MUFAs), πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (PUFAs) και κορεσμένα λιπαρά οξέα (SFAs), τα οποία εντοπίζονται κατά κύριο λόγο με τη μορφή τριγλυκεριδίων, δηλαδή τριεστέρων γλυκερόλης με ανώτερα λιπαρά οξέα (*Ballusetal., 2014*).

Παρόλο που τα τριγλυκερίδια αποτελούν το βασικό μέρος του ελαιόλαδου ως προς την ποσοστιαία συγκέντρωση (98%), στο ελαιόλαδο απαντώνται σε μικρότερες συγκεντρώσεις και άλλα συστατικά τα οποία είτε προέρχονται από τον ελαιόκαρπο είτε προκύπτουν κατά την διαδικασία ελαιοποίησης των καρπών. Αν και χαρακτηρίζονται ως δευτερεύοντα συστατικά είναι απαραίτητα και διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην θρεπτική αξία και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του ελαιόλαδου (*Servilietal., 2004; Aielloetal., 2015; Guoetal., 2018*).

Το ελαιόλαδο δεν εμφανίζει σταθερή σύσταση όσον αφορά την ποσοστιαία συγκέντρωση των ενώσεων που το αποτελούν, αφού παράγοντες όπως η ποικιλία της ελιάς, οι καλλιεργητικές, εδαφολογικές και περιβαλλοντικές συνθήκες καθώς ο βαθμός ωριμότητας του ελαιόκαρπου κατά την συγκομιδή επηρεάζουν την σύσταση του ελαιόλαδου σε αυτά (*Guoetal, 2018*).

Τα συστατικά του ελαιόλαδου διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες: στα σαπωνοποιήσιμα (τριγλυκερίδια, ελεύθερα λιπαρά οξέα και φωσφατίδια) και στα ασαπωνοποιήσιμα ή μη σαπωνοποιήσιμα στα οποία συγκαταλέγονται υδρογονάνθρακες, λιπαρές αλκοόλες, φαινόλες, τοκοφερόλες, χρωστικές, πτητικές οργανικές ενώσεις, διάφορες ρητινοειδείς και ζελατινοειδείς ουσίες κ.α. Το ασαπωνοποιήσιμο κλάσμα των συστατικών του ελαιόλαδου αποτελεί μόλις το 0.5-2.0 % του συνολικού του ποσοστού, ωστόσο εμφανίζει σημαντικό ρόλο στις τεχνολογικές ιδιότητες και τη διαθρεπτική αξία του (*Κυριτσάκης, 2017*).

3.3.1. Σαπωνοποιήσιμα Συστατικά Ελαιόλαδου

Λόγω των συστατικών του το ελαιόλαδο θεωρείται μία από τις σημαντικότερες πηγές λιπαρών οξέων. Στο ελαιόλαδο απαντώνται τόσο ακόρεστα όσο και κορεσμένα λιπαρά οξέα, ωστόσο την μεγαλύτερη ποσοστιαία συγκέντρωση εμφανίζουν τα μονοακόρεστα λιπαρά οξέα (72-77% του συνόλου των λιπιδίων)

με σπουδαιότερο εκπρόσωπο το ελαϊκό οξύ (C_{18:1}) (Beltranetal., 2004). Τα κορεσμένα λιπαρά οξέα που αποτελούν περίπου το 14% των λιπιδίων του ελαιόλαδου εκπροσωπούνται κυρίως από το παλμιτικό (C_{16:0}) και το στεατικό (C_{18:0}) οξύ. Στο ελαιόλαδο απαντώνται επίσης σε ποσοστό > 0.1% τα κορεσμένα λιπαρά οξέα μυριστικό (C_{14:0}), λαουρικό (C_{12:0}) και αραχιδικό (C_{20:0}). Η περιεκτικότητα του ελαιόλαδου σε πολυακόρεστα λιπαρά οξέα είναι μικρότερη συγκριτικά με άλλα εδώδιμα φυτικά έλαια, με το λινελαϊκό οξύ (C_{18:2}) να συνιστά το σπουδαιότερο παράδειγμα. Επίσης στο ελαιόλαδο απαντώνται σε μικρές αλλά σημαντικές ποσότητες τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα λινολενικό (C_{18:3}) και αραχιδονικό (C_{20:4}) καθώς και το μονοακόρεστο παλμιτελαϊκό (C_{16:1}) (Cirillietal., 2016).

Τα παρθένα ελαιόλαδο εμφανίζουν χαμηλή συγκέντρωση φωσφολιπιδίων η οποία κυμαίνεται μεταξύ 35 – 40 mg/kg. Το μεγαλύτερο μέρος των φωσφολιπιδίων προέρχεται από τον πυρήνα του ελαιόκαρπου, ενώ τα σημαντικότερα φωσφολιπίδια που απαντώνται στο ελαιόλαδο είναι η λεκιθίνη και η κεφαλίνη. Το ελαϊκό οξύ είναι το κυριότερο από τα λιπαρά οξέα που συνθέτουν το μόριο των φωσφολιπιδίων του ελαιόλαδου (Μαυρίδης, 2009).

3.3.2. Ασαπwnοποίηση Συστατικά του Ελαιόλαδου

Η ποσότητα και η σύσταση του ασαπwnοποίητου κλάσματος του ελαιόλαδου καθορίζεται σε σημαντικό βαθμό από τη μέθοδο με την οποία πραγματοποιείται η ελαιοποίηση των ελαιόκαρπων. Οι βασικότερες ενώσεις που συνθέτουν το ασαπwnοποίητο κλάσμα του ελαιόλαδου είναι οι υδρογονάνθρακες (και ειδικότερα το σκουαλένιο), οι στερόλες, οι τριτερπενοειδείς αλκοόλες, οι ανώτερες αλειφατικές αλκοόλες (λιπαρές αλκοόλες) καθώς και καροτενοειδή, τοκοφερόλες κ.α (Γαρδούνη, 2001). Ορισμένες από αυτές τις ενώσεις όπως οι στερόλες και τα τριτερπενοειδή αλκοολών χρησιμοποιούνται για την εξακρίβωση της αυθεντικότητας του ελαιόλαδου (Fedeli, 1993).

Πίνακας 3.1: Περιεκτικότητα του παρθένου ελαιόλαδου σε μη γλυκεριδικά συστατικά (Κυριτσάκης, 2007).

Μη γλυκεριδικά συστατικά	Παρθένο ελαιόλαδο (mg/kg)
Υδρογονάνθρακες	3800

Τοκοφερόλες	150
Φαινόλες	350
Πτητικοί εστέρες	100
Πτητικές καρβονυλικές ενώσεις (αλδεΐδες & κετόνες)	40
Αλειφατικές αλκοόλες	200
Τριτερπενοειδείς αλκοόλες & τριτερπενικές διαλκοόλες	3500
Στερόλες	500

3.3.3. Υδρογονάνθρακες Ελαιόλαδου

Οι υδρογονάνθρακες που απαντώνται στο ελαιόλαδο είναι πιθανώς παραπροϊόντα της βιοσύνθεσης των λιπαρών οξέων και δύναται να είναι εν μέρη κορεσμένοι και εν μέρη ακόρεστοι. Ωστόσο, έχουν παρατηρηθεί στο ελαιόλαδο αρωματικοί υδρογονάνθρακες όπως το ναφθαλίνιο και τα παράγωγα του. Στο κλάσμα των υδρογονανθράκων του ελαιόλαδου περιλαμβάνονται επίσης κ-αλκάνια (παραφίνες) με μήκος ανθρακικής αλυσίδας μεταξύ 11 – 30 υδατανθράκων (C₁₁-C₃₀), καθώς και υδρογονάνθρακες με διακλαδισμένη αλυσίδα. Παρόλα αυτά, ο βασικός υδρογονάνθρακας του ελαιόλαδου είναι το σκουαλένιο (τριτερπενικός υδρογονάνθρακας) το οποίο εντοπίζεται στο ελαιόλαδο σε ποσότητες που κυμαίνονται από 250-925 mg/kg, συγκέντρωση που συνιστά το 40% περίπου του συνολικού βάρους των υδρογονανθράκων, και αποτελεί πρόδρομη ένωση της βιοσύνθεσης των στερολών. Το γεγονός ότι η περιεκτικότητα των ελαίων σε σκουαλένιο ποικίλει και εξαρτάται από το είδος του ελαίου, το καθιστά δείκτη αξιολόγησης της νοθείας σε έλαια (Κυριτσάκης, 2017).

3.3.4. Χρωστικές Ελαιόλαδου

Καροτενοειδή: Η κίτρινη απόχρωση του ελαιόλαδου είναι αποτέλεσμα της ύπαρξης καροτενοειδών. Το βασικότερο καροτενοειδές που εντοπίζεται στο ελαιόλαδο είναι η λουτεΐνη (C₄₀H₅₆O₂), η οποία ανήκει στις ξανθοφύλλες. Η συγκέντρωση της λουτεΐνης στο ελαιόλαδο είναι ανάλογη της ποιότητας του και

κυμαίνεται μεταξύ 0.153 – 0.444 mg/100g, ενώ καθορίζεται ακόμη από τον τρόπο επεξεργασίας του ελαιόκαρπου. Επίσης, σημαντικά καροτενοειδή που απαντώνται στο ελαιόλαδο είναι τα καροτένια (α-, β- και γ- καροτένιο), ακόρεστοι υδρογονάνθρακες με μοριακό τύπο C₄₀H₅₆. Από τα καροτένια το σημαντικότερο είναι το β-καροτένιο το οποίο καλύπτει το 85% του συνόλου τους και ακολουθεί το α-καροτένιο με 15% (Ranalli, 1992; Γαρδούνη, 2001).

Χλωροφύλλες: Μεταξύ των χρωστικών που απαντώνται στο ελαιόλαδο βρίσκονται και οι χλωροφύλλες, με κυριότερες τη χλωροφύλλη a και τη χλωροφύλλη b, η συνολική συγκέντρωση των οποίων κυμαίνεται από 1 μέχρι 10 mg/kg. Οι χλωροφύλλες a και b έχουν κυανοπράσινο και κιτρινοπράσινο χρώμα, αντίστοιχα και είναι αυτές που προσδίδουν στο ελαιόλαδο το χαρακτηριστικό πράσινο χρώμα του. Οι χλωροφύλλες σχετίζονται με περιπτώσεις υποβάθμισης της ποιότητας του ελαιόλαδου καθώς αποικοδομούνται εύκολα παρουσία φωτός και μετατρέπονται στις αντίστοιχες φαιοφυτίνες (Ranalli, 1992).

3.3.5. Φαινολικές Ενώσεις στο Ελαιόλαδο

Το ελαιόλαδο περιέχει μία μη αμελητέα ποσότητα δευτερογενών μεταβολιτών. Οι φαινολικές ενώσεις περιλαμβάνουν πολλούς από αυτούς τους δευτερογενείς μεταβολίτες. Ο αριθμός των φαινολικών ενώσεων που υπάρχουν στον ελαιόκαρπο αυξάνεται σταδιακά κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης και έπειτα μειώνεται όσο ο ώριμος καρπός παραμένει στο δέντρο (Francoetal., 2014). Κάθε διαφορετική ποικιλία ελαιόκαρπων πρέπει να συγκομίζεται την βέλτιστη περίοδο ώστε να παραλαμβάνονται εξαιρετικής ποιότητας ελαιόλαδα με το υψηλότερο φαινολικό περιεχόμενο. Ενδογενείς και εξωγενείς παράγοντες που έχουν προαναφερθεί πως επηρεάζουν την θρεπτική αξία και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του ελαιόλαδου φαίνεται να επιδρούν και στην σύνθεση και στο περιεχόμενο των φαινολικών συστατικών του ελαιόλαδου (Ounieta., 2011).

Η συνολική συγκέντρωση φαινολικών ενώσεων του ελαιόλαδου συνήθως κυμαίνεται μεταξύ 196 και 500 mg/kg (Khalatbary, 2013). Το εξαιρετικά παρθένο ελαιόλαδο παρουσιάζει το υψηλότερο φαινολικό περιεχόμενο το οποίο κυμαίνεται από 250.77 έως 925.75 mg/kg (Kotsiou&Tasioula-Margari, 2016), χαρακτηριστικό που αποδίδεται στην ελάχιστη και μόνο με μηχανικές μεθόδους διεργασία παραλαβής του από τους ελαιόκαρπους. Αντιστρόφως, ε-

λαιόλαδα τα οποία παραλαμβάνονται έπειτα από διαδικασία εξευγενισμού στερούνται λόγο της επεξεργασίας πολλών φαινολικών συστατικών που επηρεάζουν τα βασικά οργανοληπτικά (οσμή, γεύση, εμφάνιση) χαρακτηριστικά τους (Guo *et al.*, 2018).

Το φαινολικό κλάσμα του ελαιόλαδου είναι ετερογενές, με τουλάχιστον 36 δομικά-διακριτές (διαφορετικές) φαινολικές ενώσεις να έχουν ταυτοποιηθεί. Οι ενώσεις αυτές δύνανται να κατηγοριοποιηθούν σε πέντε βασικές ομάδες, α) φαινολικά οξέα (πχ. βανιλικό οξύ), β) φαινολικές αλκοόλες (πχ. ελευρωπαΐνη), γ) σεκοϊριδοειδή (π.χ. oleocanthal), δ) φλαβονοειδή (πχ. λουτεολίνη) και ε) λιγνάνες (πχ. (+) - pinoresinol) (Cardeno *et al.*, 2013; Servilli *et al.*, 2013; Gomes *et al.*, 2015). Οι φαινολικές ενώσεις είναι απαραίτητες για την παραγωγή υψηλής ποιότητας ελαιόλαδου διότι παρέχουν αξιοσημείωτη σταθερότητα έναντι των φαινομένων οξειδωσης και σχετίζονται με τη διαθρεπτική αξία και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του ελαίου. Η υδροξυ-τυροσόλη, η τυροσόλη, η ελευρωπαΐνη και τα παράγωγα ligstroside αντιπροσωπεύουν περίπου το 90% του συνολικού φαινολικού περιεχομένου του παρθένου ελαιόλαδου (Dela Torre-Carbot *et al.*, 2005; Waterman & Lockwood, 2007a).

3.3.6. Αντιοξειδωτικές Ενώσεις Ελαιόλαδου

Η παρουσία φαινολικών ενώσεων, υδρογονανθράκων, χλωροφυλλών και καροτενοειδών διακρίνουν το ελαιόλαδο από τα άλλα εδώδιμα φυτικά έλαια τα οποία επίσης παρουσιάζουν υψηλή συγκέντρωση μονοακόρεστων λιπαρών οξέων. Αυτό οφείλεται στις σημαντικές αντιοξειδωτικές ιδιότητες που παρουσιάζουν οι ενώσεις αυτές. Τα αντιοξειδωτικά συνιστούν τις σπουδαιότερες βιοενεργές ενώσεις των φυτών, συμβάλλοντας στο οργανοληπτικό προφίλ και στη διαθρεπτική αξία των παραγόμενων προϊόντων. Όσον αφορά στο ελαιόλαδο, μεταξύ των άλλων, το προφυλάσσουν από τις διάφορες μορφές οξειδωσης κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης του (Peres *et al.*, 2016).

3.3.7. Βιταμίνες

Το ελαιόλαδο ως λιπαρή ύλη περιέχει λιποδιαλυτές βιταμίνες όπως είναι η βιταμίνη Ε καθώς και την πρόδρομη ένωση της βιταμίνης Α που είναι το β-καροτένιο (Κυριτσάκης, 2007).

3.4. Ποιοτική αξιολόγηση ελαιολάδου

Τα βασικά κριτήρια για την αξιολόγηση της ποιότητας του ελαιολάδου είναι η οξύτητα, η οξειδωση, το χρώμα και τα οργανοληπτικά του χαρακτηριστικά (άρωμα, γεύση).

3.4.1. Οξύτητα

Η περιεκτικότητα του ελαίου σε ελεύθερα λιπαρά οξέα εκφράζεται ως οξύτητα. Η οξύτητα αποτελεί μια σημαντική παράμετρο για την ποιοτική αξιολόγηση του ελαιολάδου. Μεβάση την οξύτητα, το ελαιόλαδο διακρίνεται σε φαγώσιμο ή βιομηχανικό και ανάλογα διαμορφώνεται και η τιμή του και η εμπορευσιμότητα του (*Oliveepitome*).

Οι παράγοντες που επηρεάζουν αρνητικά την οξύτητα είναι:

- Υπερώριμος ή τραυματισμένος καρπός
- Προσβολή του καρπού από τον δάκο
- Παρατεταμένη αποθήκευση του ελαιοκάρπου μετά τη συγκομιδή και μέχρι την ελαιοποίηση

3.4.2. Οξειδωση

Ο προσδιορισμός της οξειδωσης γίνεται κυρίως με τον υπολογισμό των υπεροξειδίων και τη μέτρηση της απορρόφησης στο υπεριώδες φάσμα.

Τα υπεροξειδία είναι χημικές ενώσεις οι οποίες δημιουργούνται από την επίδραση του οξυγόνου (οξειδωση). Η οξειδωση μπορεί να είναι ενζυματική (δημιουργείται κατά τη διάρκεια της ελαιοποίησης από ένζυμα που υπάρχουν στον ελαιοκάρπο) ή χημική (δημιουργείται κατά τη διάρκεια αποθήκευσης του ελαιολάδου μετά την ελαιοποίηση) (*Μαυρίδης, 2009*). Οι παράγοντες που επηρεάζουν αρνητικά τον αριθμό των υπεροξειδίων είναι:

- Τραυματισμένος καρπός κατά τη συγκομιδή, αποθήκευση
- Η επαφή του ελαιολάδου με τα απόνερα
- Φως
- Θερμοκρασία
- Οξυγόνο
- Ίχνη μεταλλικών στοιχείων

(*Oliveepitome*)

Όσον αφορά την απορρόφηση στο υπεριώδες, γίνεται σεφασματοφωτόμετρο υπεριώδους φάσματος, σε διαφορετικά μήκη κύματος 232 nm και 270 nm. Στα 232 nm απορροφούν το μέγιστο τα πρωτογενή προϊόντα της οξειδωσης (συζυγίπεροξειδία), ενώ στα 270 nm απορροφούν το μέγιστο τα δευτερογενή προϊόντα της οξειδωσης (αλδεΐδες, κετόνες). Με βάση το φάσμα υπολογίζονται οι παρακάτω σταθερές:

Δείκτης K232, όπου μας δείχνει τις συνθήκες αποθήκευσης ενός ελαιολάδου

Δείκτης K270, όπου μας δείχνει το πόσο φρέσκο είναι ένα ελαιόλαδο

Δείκτης ΔΚ, όπου μας δείχνει τις περιπτώσεις νοθείας με προσμίξεις άλλων ελαίων (Μαυρίδης, 2009).

Οι παράγοντες που επηρεάζουν αρνητικά την απορρόφηση στο υπεριώδες είναι (Oliveepitome):

- Αέρας
- Φως
- Θερμοκρασία
- Ίχνη μεταλλικών στοιχείων

3.4.3. Χρώμα

Αποτελεί βασικό παράγοντα μιας οργανοληπτικής εξέτασης και σημαντικό ποιοτικό χαρακτηριστικό του ελαιολάδου. Το χρώμα εξαρτάται από τις χρωστικές που περιέχονται στο έλαιο και για το ελαιόλαδο είναι πράσινο στην αρχή της περιόδου συγκομιδής, όταν ο ελαιόκαρπος είναι ακόμη άγουρος και επικρατούν οι χλωροφύλλες. Με την πάροδο του χρόνου κατά την ωρίμανση του ελαιόκαρπου, το ελαιόλαδο παίρνει ένα κίτρινο προς χρυσαφί χρώμα επειδή υπάρχουν περισσότερες καροτίνες. Τέλικά πλέον υπερώριμο ελαιόκαρπος δίνει ελαιόλαδο με έντονα φαιό χρώμα (Μαυρίδης, 2009).

3.4.4. Οργανοληπτική αξιολόγηση

Η οργανοληπτική αξιολόγηση αφορά μόνο την κατηγορία των παρθένων ελαιόλαδων (εξαιρετικό παρθένο και παρθένο) και όχι των άλλων κατηγοριών, όπως ραφινάρισμα ελαιόλαδα και πυρηνέλαια, τα οποία έχουν παραχθεί με μη μηχανικές μεθόδους, και διαδραματίζει ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο στην ποιοτική του εκτίμηση καθώς και την αποδοχή από τον καταναλωτή.

Με κριτήριο τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά τα ελαιόλαδα διαφοροποιήσαν στα εξής κατηγορίες:

- Αγουρέλαια: Προέρχονται από άγουρο ελαιόκαρπο και έχουν χαρακτηριστική πικρή γεύση.
- Πικρά ελαιόλαδα: Παραλαμβάνονται από ελαιόκαρπο, ο οποίος περιέχει μεγάλες ποσότητες φύλλων.
- Φρουτώδη: Έχουν τη γεύση φρέσκου καλής ποιότητας και φυσιολογικά ώριμου
- ελαιοκάρπου.
- Ελαιόλαδα με καλή γεύση: Όλα τα ελαιόλαδα με την χαρακτηριστική διακριτική γεύση, χωρίς την παρουσία δυσάρεστων οσμών.
- Ελαττωματικά: Ελαιόλαδα τα οποία παρουσιάζουν γεύση και οσμή μούχλας, χωματίλας, ταγγάδας, κ.λ.π

(Μαυρίδης, 2009).

4. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ

Το ελαιόλαδο αποτελεί το «χυμό» του καρπού της ελιάς, η παραλαβή του οποίου πραγματοποιείται με την εφαρμογή μηχανικών και φυσικών μεθόδων που διασφαλίζουν κατάλληλες συνθήκες προκειμένου να μην προκληθούν αλλοιώσεις στην ποιότητα του. Το ελαιόλαδο που παραλαμβάνεται πληρώνοντας τα παραπάνω κριτήρια χαρακτηρίζεται ως παρθένο και δεν έχει υποστεί καμία άλλη επεξεργασία, πέραν της πλύσης, της μετάγγισης, της φυγοκέντρισης και της διήθησης (*Jimenez-Lopez et al., 2020*). Ελαιόλαδα των οποίων η παραλαβή πραγματοποιείται με τη βοήθεια διαλυτών, χημικών ή βιοχημικών δραστικών ουσιών καθώς και τα εστεροποιημένα ελαιόλαδα, δεν συμπεριλαμβάνονται στην κατηγορία των παρθένων ελαιόλαδων. Εξαιρούνται επίσης μείγματα ελαιόλαδου με έλαια διαφορετικού είδους, βάση του κανονισμού: *Κανονισμός (ΕΕ) 1308/2013 (International Olive Council)*. Τα ελαιόλαδα που βάση αυστηρών προδιαγραφών κατηγοριοποιούνται ως παρθένα, δεν υπόκεινται σε βιομηχανικές διεργασίες, ούτε βελτιστοποιούνται τα χαρακτηριστικά τους με χημικά μέσα, με συνέπεια να παρουσιάζουν υψηλή ποιότητα και διαθρεπτική αξία καθώς και άριστες τεχνολογικές και οργανοληπτικές ιδιότητες, παράγοντες που αντικατοπτρίζονται και στην υψηλή τιμή τους συγκριτικά με τα άλλα βρώσιμα έλαια (*Beneito-Cambra et al., 2020*).

Σύμφωνα με το Διεθνές Συμβούλιο Ελαιόλαδου (*International Olive Council*) το παρθένο ελαιόλαδο περιλαμβάνει τις εξής κατηγορίες (*Boskou, 2009*):

4.1. Εξαιρετικά Παρθένο Ελαιόλαδο (Extra Virgin Olive Oil – EVOO)

Πρόκειται για παρθένο ελαιόλαδο του οποίου η οξύτητα, εκφρασμένη σε ελαϊκό οξύ δεν υπερβαίνει το 0.8% , ο αριθμός υπεροξειδίων εκφρασμένος σε mEqO₂/kg ελαίου είναι ≤ 20, η σταθερά K₂₃₂ ≤ 2.50, σταθερά K₂₇₀ ≤ 0.22 και η σταθερά ΔK ≤ 0.01, βάση των προβλεπόμενων από την Επιτροπή για την κατηγορία αυτή (*Κανονισμός (ΕΕ) 1308/2013, International Olive Council*).

4.2. Παρθένο Ελαιόλαδο (Virgin Olive Oil – VOO)

Στην κατηγορία αυτή συγκαταλέγονται ελαιόλαδα των οποίων η οξύτητα, εκφρασμένη σε ελαϊκό οξύ δεν υπερβαίνει το 2.0% (ή 2 g ανά 100g), οι σταθερές K₂₃₂ και K₂₇₀ είναι μικρότερες ή ίσες από 2.60 και 0.25, αντίστοιχα, ενώ

όσον αφορά στο μέγιστο αριθμό υπεροξειδίων και στη μέγιστη τιμή ΔΚ θα πρέπει να πληρούνται οι προδιαγραφές του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου (*Kruzlikovaetal., 2008; Κανονισμός (ΕΕ) 1308/2013, InternationalOliveCouncil*).

4.3. ΕλαιόλαδοΛαμπάντεή μειονεκτικό ελαιόλαδο (LampanteOliveOil – LOO)

Παρθένα ελαιόλαδα των οποίων η οξύτητα εκφρασμένη σε ελαϊκό οξύ υπερβαίνει το 2.0% και των οποίων τα άλλα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά είναι σύμφωνα με τα προβλεπόμενα κριτήρια για την κατηγορία αυτή (*Κανονισμός (ΕΕ) 1308/2013, InternationalOliveCouncil*) χαρακτηρίζονται ως ελαιόλαδα λαμπάντε.

Πρόκειται για ελαιόλαδο χαμηλότερης ποιότητας από το παρθένο ελαιόλαδο στο οποίο παρατηρούνται σημαντικά ελαττώματα στα οργανοληπτικά του χαρακτηριστικά (οσμή, γεύση) και τα οποία δύναται να οφείλονται σε λανθασμένη επεξεργασία των ελαιόκαρπων ή σε αλλοίωση των καρπών της ελιάς από ακραίες καιρικές συνθήκες πριν τη συγκομιδή τους. Η ποιοτική υποβάθμιση του λαμπάντε ελαιόλαδου το καθιστά ακατάλληλο προς κατανάλωση στη μορφή αυτή για αυτό και τα λαμπάντε ελαιόλαδα προορίζονται για εξευγενισμό ή άλλη βιομηχανική χρήση (*EuropeanCommission*).

4.4. Ραφιναρισμένο (εξευγενισμένο) Ελαιόλαδο (RefinedOliveOil - ROO)

Το ραφιναρισμένο ελαιόλαδο προκύπτει από τον εξευγενισμό των μειονεκτικών ελαιόλαδων (*Jimenez-Lopezetal., 2020*) και η οξύτητα του εκφρασμένη σε ελαϊκό οξύ, δεν υπερβαίνει τα 0.3 g ανά 100g ελαιόλαδου, ενώ συγχρόνως δεν υφίστανται αλλαγές στην αρχική δομή των τριγλυκεριδίων του. Ο αριθμός υπεροξειδίων εκφρασμένος σε mEqO₂/kg ελαίου πρέπει να είναι ≤ 5 , η σταθερά $K_{270} \leq 1.1$, και η σταθερά $\Delta K \leq 0.16$ (*Κανονισμός (ΕΕ) 1308/2013, InternationalOliveCouncil*). Παρότι πρόκειται για ελαιόλαδο με οξύτητα μικρότερη του 0.5% (*Kruzlikovaetal., 2008*) η διαδικασία του εξευγενισμού έχει δυσμενείς επιπτώσεις στα οργανοληπτικά του χαρακτηριστικά για αυτό και δεν προωθείται αυτούσιο στο καταναλωτικό κοινό αλλά χρησιμοποιείται για την δημιουργία «σύνθετων ελαιόλαδων» (*EuropeanCommission*).

4.5. «Σύνθετο» Ελαιόλαδο

Το σύνθετο ελαιόλαδο είναι προϊόν ανάμειξης εξευγενισμένου και εδωδιμου παρθένου ελαιόλαδου. Η οξύτητα του σύνθετου ελαιόλαδου δεν πρέπει να υπερβαίνει το 1.0%, ο αριθμός υπεροξειδίων εκφρασμένος σε mEqO₂/kg ελαίου πρέπει να είναι ≤ 15 , η σταθερά K₂₇₀ ≤ 0.9 και η σταθερά ΔK ≤ 0.15 (Κανονισμός (ΕΕ) 1308/2013, *InternationalOliveCouncil*).

4.6. Κατηγορίες Πυρηνέλαιων

4.6.1. Ακατέργαστο Πυρηνέλαιο

Ως ακατέργαστο πυρηνέλαιο ορίζεται το έλαιο που παραλαμβάνεται έπειτα από την επεξεργασία των πυρήνων των ελαιόκαρπων (*EuropeanCommission*) με διαλυτικά μέσα ή άλλες φυσικές διεργασίες, ενώ εξαιρούνται έλαια τα οποία λαμβάνονται με διεργασίες επανεστεροποίησης ή μίγματα πυρηνέλαιου ελιάς με φυτικά έλαια διαφορετικών ειδών (Κανονισμός (ΕΕ) 1308/2013; *InternationalOliveCouncil*).

4.6.2. Εξευγενισμένο Πυρηνέλαιο

Από τον εξευγενισμό του ακατέργαστου πυρηνέλαιου προκύπτει το εξευγενισμένο πυρηνέλαιο (*EuropeanCommission*), του οποίου η περιεκτικότητα σε ελεύθερα λιπαρά οξέα, εκφραζόμενη σε ελαϊκό οξύ, δεν υπερβαίνει τα 0.3 g ανά 100 g και τα υπόλοιπα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του είναι σύμφωνα με αυτά που ορίζει η κατηγορία αυτή (Κανονισμός (ΕΕ) 1308/2013; *InternationalOliveCouncil*).

4.6.3. Πυρηνέλαιο

Το πυρηνέλαιο αποτελεί μίγμα εξευγενισμένου πυρηνέλαιου και παρθένων ελαιόλαδων, εκτός των μειονεκτικών ελαιόλαδων, τα οποία είναι κατάλληλα προς βρώση ως έχουν (*Jimenez-Lopezetal., 2020*). Η περιεκτικότητα του σε ελεύθερα λιπαρά οξέα και η οξύτητα του εκφραζόμενα σε ελαϊκό οξύ δεν πρέπει να υπερβαίνουν το 1 g ανά 100g και το 1%, αντίστοιχα (Κανονισμός (ΕΕ) 1308/2013; *InternationalOliveCouncil*; *European Commission*).

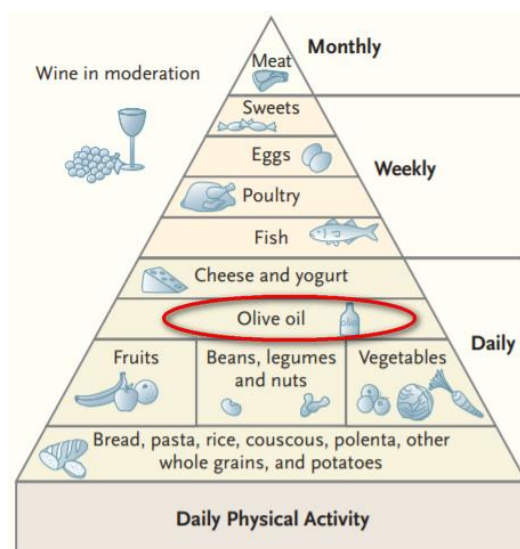


Εικόνα 4.1: Σχηματική απεικόνιση των κυριότερων κατηγοριών του ελαιόλαδου (Olive Epitome, 2019).

4.7. Βιολογικές Ιδιότητες του Παρθένου Ελαιόλαδου & τα Οφέλη της Κατανάλωσης του στην Υγεία

Μελέτες υποδεικνύουν πως οι διατροφικές συνήθειες των λαών της λεκάνης της Μεσογείου σχετίζονται με τον υψηλό, προσδόκιμο μέσο όρο ζωής που διέπει τους ανθρώπους των Μεσογειακών χωρών. Η *Μεσογειακή Διατροφή* αποτελεί ένα πρότυπο μοντέλο διατροφικών συνηθειών οι οποίες εμφανίζουν θετική επίδραση στην ανθρώπινη υγεία, ενώ παράλληλα έχει παρατηρηθεί πως συμβάλλει στη διατήρηση του φυσιολογικού βάρους και στην μειωμένη πιθανότητα εμφάνισης παχυσαρκίας (Gaforioetal., 2019). Αναλυτικότερα, στη *Μεσογειακή Διατροφή* συνίσταται η κατανάλωση μη επεξεργασμένων τροφίμων, κυρίως φυτικής προέλευσης, όπως φρούτων, λαχανικών, οσπρίων και ξηρών καρπών. Προτείνεται, τα δημητριακά και σιτηρά που χρησιμοποιούνται καθημερινά στην διατροφή για την κάλυψη των υδατανθρακικών αναγκών να είναι ολικής άλεσης ή/και αναποφλοιώτα. Όσον αφορά στα τρόφιμα ζωικής προέλευσης τα ιχθυηρά καθώς και τα πουλερικά και τα προϊόντα αυτών (σ.σ. αυγά) προτείνεται να καταναλώνονται με μέτρο σε εβδομαδιαία βάση για την κάλυψη των πρωτεϊνών αναγκών του σώματος. Ωστόσο, το ερυθρό κρέας σημειώνεται να περιλαμβάνεται στις διατροφικές συνήθειες σπανίως (λίγες φορές το μήνα). Η προτιμητέα πηγή πρόσληψης λιπαρών είναι το ελαιόλαδο, ιδίως όταν πρόκειται

για υψηλής διατροφικής και οργανοληπτικής αξίας ελαιόλαδο όπως είναι το εξαιρετικά παρθένο ελαιόλαδο (Yubero-Serrano *et al.*, 2018). Οι βασικές διατροφικές συμβουλές που συστήνονται στην *Μεσογειακή Διατροφή* παρουσιάζονται συνοπτικά στην «*πυραμίδα της Μεσογειακής Διατροφής*» (Frank, 2003).



Εικόνα 4.2: Η πυραμίδα της Μεσογειακής Διατροφής (Frank, 2003).

Οι ευεργετικές ιδιότητες που προσέφερε στην υγεία των ανθρώπων η καθημερινή κατανάλωση μικρών ποσοτήτων ελαιόλαδου ήταν γνωστές από την αρχαιότητα στον ελλαδικό χώρο. Οι σπουδαιότεροι μελετητές των επιστημών της ιατρικής και της φαρμακολογίας της εποχής, ο Ιπποκράτης («πατέρας» της ιατρικής επιστήμης), ο Κλαύδιος Γαληνός, ο Διοσκουρίδης ο Πεδάνιος και ο Διοκλής ο Καρύστιος, εξήραν τις ωφέλιμες επιδράσεις του ελαιόλαδου στην ανθρώπινη υγεία (Μπαγιώτας, 2010). Στην ταχεία και ευρεία διάδοση των φαρμακευτικών ιδιοτήτων του ελαιόλαδου συνέβαλε η δυνατότητα της απευθείας κατανάλωσης του από τους ελαιόκαρπους χωρίς να απαιτούνται εξεζητημένες μέθοδοι για την παραλαβή του. Στην πρωτόλεια αυτή μορφή του, το ελαιόλαδο διατηρεί τα ξεχωριστά οργανοληπτικά (οσμή, γεύση, εμφάνιση, υφή) του χαρακτηριστικά καθώς και τα συστατικά που του προσδίδουν την ιδιαίτερη διαθρεπτική αξία του, διακρίνοντας το από τα υπόλοιπα εδώδιμα φυτικά έλαια (Σπανός, 2013).

Οι σύγχρονες κλινικές μελέτες που λαμβάνουν χώρα στους κλάδους της ιατρικής και της διατροφολογίας ενισχύουν τις συστάσεις που προτείνουν την καθημερινή κατανάλωση μικρών ποσοτήτων εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου

λόγω των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών και επιδράσεων του στην ανθρώπινη υγεία. Τα συστατικά του ελαιόλαδου είναι η πηγή των ωφέλιμων ιδιοτήτων του, που συμβάλλουν στην διατήρηση της καλής υγείας και σχετίζονται με την μακροβιότητα και ευεξία των ανθρώπων. Έρευνα που διεξήχθη στη Κρήτη και στις περιοχές της νότιας Ιταλίας επισημαίνει τα χαμηλά ποσοστά στεφανιαίας νόσου και ορισμένων τύπου καρκίνου που εμφανίζονται από το 1960 κι έπειτα οι κάτοικοι των περιοχών αυτών, ενώ παράλληλα παρατηρεί το υψηλό προσδόκιμο ζωής. Τα γεγονότα αυτά αποδόθηκαν στην πλούσια σε εξαιρετικά παρθένο ελαιόλαδο διατροφή των ανθρώπων που συμμετείχαν στην έρευνα (Frank, 2003).

Η σημαντική διαθρεπτική και λειτουργική αξία του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου αποδίδεται κυρίως στην υψηλή περιεκτικότητά του σε μονοακόρεστα λιπαρά οξέα (ιδίως σε ελαϊκό οξύ) καθώς επίσης και στην παρουσία δευτερευόντων αλλά εξίσου σημαντικών συστατικών όπως είναι οι αλειφατικές και τριτερπενικές αλκοόλες, στερόλες (β-σιτοστερόλη), υδρογονάνθρακες (σκουαλένιο), πτητικές ενώσεις, τοκοφερόλες (α-τοκοφερόλη), χλωροφύλλη, καροτενοειδή (β-καροτένιο και λουτεΐνη) και στο υψηλό αντιοξειδωτικό φαινολικό περιεχόμενο του (Kiritsakisetal., 2018).

Τα φαινολικά συστατικά του ελαιόκαρπου και κατ' επέκταση του ελαιόλαδου, παρουσιάζουν αντιμικροβιακή, αντιοξειδωτική και αντιφλεγμονώδη δράση, συνδέονται με τον έλεγχο της υπέρτασης, δρουν κατά της αθηροσκλήρωσης, προλαμβάνουν καρδιαγγειακά επεισόδια, συμβάλλουν στην πρόληψη διαφόρων μορφών καρκινογένεσης, και στην εξομάλυνση διατροφικών διαταραχών όπως η παχυσαρκία και το μεταβολικό σύνδρομο ενώ επιπλέον προάγουν ένα νευροπροστατευτικό μηχανισμό ενάντια στη νόσο του Alzheimer (Parkinsonetal., 2016; Kiritsakisetal., 2018; Jimenez-Lopezetal., 2020).

4.7.1. Σακχαρώδης Διαβήτης

Ο σακχαρώδης διαβήτης τύπου 2 (μη ινσουλινο-εξαρτώμενος σακχαρώδης διαβήτης) είναι μία μεταβολική διαταραχή η οποία περιλαμβάνει χρόνια και ανεξέλεγκτη υπεργλυκαιμία που μπορεί να οδηγήσει σε σοβαρό τραυματισμό των νεύρων και των αιμοφόρων αγγείων του οργανισμού. Κλινικές μελέτες που πραγματοποιήθηκαν συμπεραίνουν ότι η υιοθέτηση της Μεσογειακής Διατροφής (στην οποία βασική λιπαρή ύλη είναι το εξαιρετικά παρθένο ελαιόλαδο)

δύναται να μειώσει τον κίνδυνο εμφάνισης διαβήτη τύπου 2 σε ποσοστό που κυμαίνεται από 19 έως 23% (Gaforioetal., 2019). Έχει παρατηρηθεί πως η κατανάλωση ελαιόλαδου αυξάνει την ευαισθησία στην ινσουλίνη. Ένας από τους επικρατέστερους μηχανισμούς δράσης προτείνει ότι το ελαϊκό οξύ που περιέχεται σε αφθονία στο ελαιόλαδο, βελτιώνει τη ρευστότητα της κυτταρικής μεμβράνης βελτιώνοντας τη λειτουργία του υποδοχέα της ινσουλίνης (Schwingshackletal., 2019).

4.7.2. Καρδιαγγειακό Σύστημα

Πλήθος ερευνών συσχετίζει την κατανάλωση με μέτρο εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου με τη μειωμένη πιθανότητα εμφάνισης καρδιαγγειακού νοσήματος (Visiolietal., 2019; Mehmoodetal., 2020). Φαίνεται πως το φαινολικό κλάσμα (απλές φαινόλες, λιγνάνες και σεκοϊριδοειδή) του ελαιόλαδου, συμβάλλει στην ομαλή λειτουργία του καρδιαγγειακού συστήματος προάγοντας την υγεία. Έχει παρατηρηθεί ότι η κατανάλωση υψηλής ποιότητας ελαιόλαδου σχετίζεται με μείωση της λιποπρωτεΐνης χαμηλής πυκνότητας (LDL) και αύξηση της λιποπρωτεΐνης υψηλής πυκνότητας (HDL), λόγω της αντιοξειδωτικής δράσης των φαινολικών συστατικών του ελαιόλαδου (Kiritsakisetal., 2018; Schwingshackletal., 2019). Η Ευρωπαϊκή Αρχή για την Ασφάλεια των Τροφίμων (EFSA) έχει εκδώσει ισχυρισμό υγείας σύμφωνα με τον οποίο, η πρόσληψη 5mg φαινολικών ενώσεων ημερησίως που προέρχονται από την κατανάλωση ελαιόλαδου συμβάλλουν έναντι της οξείδωσης της LDL χοληστερόλης (Gaforioetal., 2019).

Σύμφωνα με τους Romanetal., 2019; Mehmoodetal., 2020, η κατανάλωση μικρών ποσοτήτων ελαιόλαδου καθημερινά σχετίζεται με τη μείωση της πιθανότητας εμφάνισης θρόμβωσης. Η επανεξέταση 32 κλινικών μελετών οδήγησε στο συμπέρασμα ότι η κατανάλωση ελαιόλαδου συνδέεται με μικρή πιθανότητα εμφάνισης εγκεφαλικού επεισοδίου και μείωση των κινδύνων που σχετίζονται με το καρδιαγγειακό σύστημα γενικότερα, όχι όμως λόγω της περιεκτικότητας του σε πολυακόρεστα λιπαρά οξέα. Η ανάλυση αυτή υποδεικνύει ότι τα δευτερεύοντα συστατικά του ελαιόλαδου δύναται να είναι υπεύθυνα για πολλά από τα οφέλη του ελαιόλαδου στην ανθρώπινη υγεία. Ωστόσο, σε κλινική μελέτη που διεξήχθη αποκλειστικά σε γυναίκες διαπιστώθηκε αντίστροφη σχέση μεταξύ της κατανάλωσης ελαιόλαδου και της εμφάνισης εγκεφαλικού επεισοδίου (Gaforioetal., 2019).

Η υπέρταση έχει συνδεθεί άμεσα με αύξηση του κινδύνου εμφάνισης στεφανιαίας νόσου, ανακοπής καρδιάς, εκδήλωσης εγκεφαλικού επεισοδίου, καρδιακής ανεπάρκειας και περιφερικής αρτηριακής νόσου. Μελέτες αναφέρουν πως μία υγιεινή διατροφή όπου το ελαιόλαδο αποτελεί τη βασική λιπαρή ύλη μπορεί να οδηγήσει σε μείωση της αρτηριακής πίεσης (Gaforioetal., 2019). Από έρευνες προκύπτει ότι η κατανάλωση ελαιόλαδου στα πλαίσια μιας ισορροπημένης διατροφής δύναται να έχει θετική επίδραση στον έλεγχο τόσο της συστολικής όσο και της διαστολικής αρτηριακής πίεσης και στα δύο φύλλα. Ως πιθανότερη εξήγηση προτείνεται η δράση των μονοακόρεστων λιπαρών οξέων και των αντιοξειδωτικών πολυφαινολικών ενώσεων που περιέχονται στο ελαιόλαδο (Massaroetal., 2020).

4.7.3. Καρκινογένεση

Οι ελεύθερες ρίζες του οξυγόνου είναι χημικές ενώσεις ή μόρια που παράγονται κατά τον φυσιολογικό μεταβολισμό των κυττάρων στον άνθρωπο. Σε φυσιολογικές ποσότητες παρέχουν προστασία στον οργανισμό συμβάλλοντας στην καλή λειτουργία του ανοσοποιητικού συστήματος. Ωστόσο, όταν συσσωρεύονται σε υπέρμετρες ποσότητες στον οργανισμό δύναται να προκαλέσουν «προβλήματα» στα λιπίδια, τις πρωτεΐνες, το DNA και τα κύτταρα. Πολλά από αυτά τα «προβλήματα» προάγουν την καρκινογένεση. Έχει παρατηρηθεί ότι οι αντιοξειδωτικές ουσίες έχουν την ικανότητα να δεσμεύουν τις ελεύθερες ρίζες του οξυγόνου και να καταστέλλουν τη δράση τους αποτελώντας ένα εξαιρετικό σύμμαχο ενάντια στον καρκίνο. Το ελαιόλαδο είναι πλούσιο σε αντιοξειδωτικές χημικές ενώσεις όπως είναι το σκουαλένιο και οι φυτοστερόλες (πχ. σιτοστερόλη), καθιστώντας ως ένα τρόφιμο με υψηλή αντικαρκινική δράση (Μπαγιώτας, 2010).

Έρευνες που έχουν διεξαχθεί επισημαίνουν πως οι γυναίκες των χωρών της Μεσογείου εμφανίζουν χαμηλότερα ποσοστά καρκίνου του μαστού συγκριτικά με τις γυναίκες άλλων ευρωπαϊκών χωρών ή των Ηνωμένων Πολιτειών. Η Μεσογειακή Διατροφή που ακολουθείτε επί το πλείστον στις Μεσογειακές χώρες και περιλαμβάνει τρόφιμα πλούσια σε αντιοξειδωτικά όπως είναι το ελαιόλαδο εικάζεται πως ευθύνεται για την παρατήρηση αυτή (Gaforioetal., 2019).

4.7.4. Νευροεκφυλιστικές Νόσοι

Τα τελευταία χρόνια κατά την μελέτη των φαινολικών συστατικών του ελαιόλαδου, δύο ενώσεις, το oleocanthal και η oleacein έχουν προσελκύσει το επιστημονικό ενδιαφέρον λόγω των ξεχωριστών ιδιοτήτων τους στην ανθρώπινη υγεία. Οι φαινολικές αυτές ουσίες έχουν παρουσιάσει ενθαρρυντικά αποτελέσματα όσον αφορά στην αντιμετώπιση της νόσου Alzheimer αλλά και στην πρόληψη της καρκινογένεσης τόσο σε invitro όσο και σε in vivo έρευνες. Ακόμη έχουν συσχετιστεί με την μείωση των φλεγμονών και την εμφάνιση καρδιαγγειακών νοσημάτων (Lozano-Castellonetal., 2020). Η κατανάλωση ελαιόλαδου έχει συσχετιστεί επίσης με μειωμένο κίνδυνο γνωστικής εξασθένησης (Romanetal., 2019).

4.7.5. Λοιπές ευεργετικές ιδιότητες του ελαιόλαδου στην ανθρώπινη υγεία

Η κατανάλωση εξαιρετικής ποιότητας ελαιόλαδου φαίνεται να έχει ευεργετικές ιδιότητες στο πεπτικό σύστημα. Σημειώνεται ότι η πρόσληψη μικρής ποσότητας εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου πριν το γεύμα παρουσιάζει θεραπευτικές ιδιότητες αναφορικά με ασθένειες όπως η γαστρίτιδα και το έλκος δωδεκαδάκτυλου. Επιπρόσθετα, το ελαιόλαδο έχει υψηλή περιεκτικότητα σε μονοακόρεστα λιπαρά οξέα και βιταμίνη E, ουσίες που συμβάλλουν στην καλή υγεία του δέρματος και δρουν ενάντια στο σχηματισμό των ρυτίδων, καθιστώντας το βασικό συστατικό στον τομέα των καλλυντικών προϊόντων. Τέλος, το ελαιόλαδο εμφανίζει μαλακτικές και καταπραϋντικές ιδιότητες (Μπαγιώτας, 2010).

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Η συγκεκριμένη εργασία έχει σκοπό όπως έχει προαναφερθεί να μελετήσει και να ανιχνεύσει την νοθεία που συμβαίνει με διαφορά ελαία όσο αναφορά το ελαιόλαδο. Για αυτόν τον σκοπό μελετήθηκαν εικοσιπέντε έρευνες που έχουν γίνει και συγκρίθηκαν μεταξύ τους ώστε να διαπιστωθεί ποια έλαια χρησιμοποιούνται συχνότερα στην νόθευση του Ελαιόλαδου αλλά και ποιες μέθοδοι χρησιμοποιούνται. Ως μεταβλητές για να παραχθούν αποτελέσματα συλλέχθηκαν τα έξης από τις έρευνες

- 1) Η συχνότητα εμφάνισης ανά στοιχείο ελαίου που χρησιμοποιήθηκε σε κάθε έρευνα.
- 2) Ποια έρευνα ήταν και πότε δημοσιοποιήθηκε
- 3) Ποια μέθοδος ακολουθήθηκε σε κάθε έρευνα

Δυστυχώς δεν ήταν δυνατόν να βρεθεί το ποσοστό νοθείας των λοιπών ελαίων

5. ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΤΗΣ ΝΟΘΕΙΑΣ ΤΟΥ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ

Όπως προαναφέρθηκε το ελαιόλαδο αποτελεί μία από τις σπουδαιότερες οικονομικές δραστηριότητες των χωρών που βρίσκονται γύρω από τη λεκάνη της Μεσογείου (*Gomezetal., 2016*), ενώ η καλλιέργεια των ελαιόδεντρων τις τελευταίες δεκαετίες επεκτείνεται και σε άλλες ηπείρους όπου το κλίμα συμβάλλει στην ανάπτυξη τους (*Arvanitoyannis&Vlachos, 2007*). Το ελαιόλαδο αποτελεί τη βασικότερη πηγή ελαίου των Ευρωπαϊκών χωρών και αυξάνει συνεχώς τη φήμη του σε όλο τον κόσμο λόγω των εξαιρετικών οργανοληπτικών χαρακτηριστικών και των ευεργετικών ιδιοτήτων του για την υγεία των καταναλωτών (*Gouvinhasetal, 2017; Franciscoetal., 2019*).

Σύμφωνα με τα πρότυπα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, το ελαιόλαδο στο εμπόριο διακρίνεται σε τρεις βασικές κατηγορίες βάση των φυσικοχημικών και οργανοληπτικών του ιδιοτήτων: α) το εξαιρετικά παρθένο ελαιόλαδο (*extravirginoliveoil - EVOO*), β) το παρθένο ελαιόλαδο (*virginoliveoil - VOO*) και γ) το ελαιόλαδο λαμπάντε (*lampanteoliveoil - LOO*). Το εξαιρετικά παρθένο και το παρθένο ελαιόλαδο αποτελούν το «χυμό» του καρπού της ελιάς. Προκύπτουν από την εκχύλιση των ελαιόκαρπων με μηχανικές μεθόδους, απουσία οποιασδήποτε χημικής επεξεργασίας, όντας διαθέσιμα για απευθείας κατανάλωση από τον άνθρωπο. Το εξαιρετικά παρθένο ελαιόλαδο παρουσιάζει ξεχωριστή γεύση και ιδιαίτερο φρουτώδες άρωμα, ενώ το παρθένο ελαιόλαδο παρότι έχει φρουτώδη γεύση εμφανίζει μικρές ατέλειες. Αντίθετα, το ελαιόλαδο λαμπάντε έχει ξεκάθαρα δυσάρεστη οσμή και δεν είναι εδώδιμο (*Franketal., 2010*). Η κατάταξη του ελαιόλαδου σε μία από τις παραπάνω κατηγορίες βάση της γεύσης του (*flavor*) χρησιμοποιείται κυρίως από τις εξειδικευμένες ομάδες οργανοληπτικής αξιολόγησης. Ωστόσο, ο συγκεκριμένος τρόπος αξιολόγησης αμφισβητείται λόγω των μειονεκτημάτων που παρουσιάζει όπως είναι η αντικειμενικότητα των αποτελεσμάτων και η έλλειψη σωστά καταρτισμένων ομάδων αξιολόγησης σε αρκετές χώρες (*Manzanaresetal., 2019*).

Το Διεθνές Συμβούλιο Ελαιόλαδου (*InternationalOliveCouncil*) και η Ευρωπαϊκή Κοινότητα (*EuropeanCommunity*) έχουν καθορίσει παράγοντες βάση των οποίων ένα ελαιόλαδο κατατάσσεται σε μία από τις προαναφερθείσες κατηγορίες. Σε αυτούς περιλαμβάνονται φυσικοχημικές παράμετροι όπως η συγκέντρωση των ελεύθερων λιπαρών οξέων στο έλαιο, η τιμή του υπεροξειδίου

και οι συντελεστές εξάλειψης συγκεκριμένης υπεριώδους ακτινοβολίας (K232 και K270) μεταξύ άλλων αναλύσεων (Manzanaresetal., 2019).

Η αυξανόμενη φήμη του ελαιόλαδου συνεπάγεται με αύξηση της τιμής του με αποτέλεσμα να παρατηρούνται εντονότερα περιστατικά νοθείας, είτε με παράνομη ανάμειξη του με άλλα φυτικά έλαια κατώτερης ποιότητας είτε με σκοπίμως εσφαλμένη επισήμανση του (Gomezetal., 2016; Manzanaresetal., 2019). Οι εξελίξεις αυτές έχουν οδηγήσει το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο να επισημάνει ότι το ελαιόλαδο συνιστά ένα από τα τρόφιμα τα οποία εμφανίζουν υψηλό κίνδυνο για παράνομες δραστηριότητες (Parliament, 2014).

Η έκταση που έχει λάβει η νοθεία του ελαιόλαδου εγείρει μεγάλη ανησυχία όσον αφορά στον αντίκτυπο που θα έχει στην εμπιστοσύνη του καταναλωτικού κοινού στην αγορά του ελαιόλαδου. Είναι επιτακτική ανάγκη λοιπόν η ανάπτυξη σύγχρονων, ταχέων μη επεμβατικών αναλυτικών μεθόδων οι οποίες θα παρέχουν αξιόπιστα αποτελέσματα σχετικά με την ανίχνευση και την ποσοτικοποίηση της νοθείας και την εξακρίβωση της αυθεντικότητας του ελαιόλαδου, ενώ συγχρόνως δεν θα έχουν μεγάλο κόστος.

Συνήθως, οι αναλυτικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση της νοθείας στο ελαιόλαδο βασίζονται στην ταυτοποίηση ή/και στην ποσοτικοποίηση ενός ή περισσότερων, κύριων ή δευτερευόντων συστατικών του (Azadmard-Damirichi&Torbati, 2015). Η αέρια χρωματογραφία (GC) και η υγρή χρωματογραφία υψηλής απόδοσης (ή πίεσης) (HPLC) είναι οι ακριβέστερες, εγκεκριμένες αναλυτικές μέθοδοι που εφαρμόζονται για την ανίχνευση της νοθείας των εδώδιμων ελαίων. Οι χρωματογραφικές αυτές μέθοδοι όταν χρησιμοποιούνται συνδυαστικά με φασματοσκοπικές μεθόδους όπως η φασματοσκοπία μάζας (π.χ. GC-MS) παρέχουν εγκυρότερα αποτελέσματα (Shietal., 2019). Ωστόσο, η πολύπλοκη χημική σύσταση του ελαιόλαδου καθιστά απαραίτητη την συνεχή βελτίωση των αναλυτικών μεθόδων που χρησιμοποιούνται, καθώς και την ανάπτυξη νέων αναλυτικών μεθόδων. Σε αυτές περιλαμβάνονται η φασματοσκοπία μάζας με τη χρήση νέων ιοντίζουσων πηγών, η απευθείας ανάλυση σε πραγματικό χρόνο (Vaclaviketal., 2009), η φασματοσκοπία πυρηνικού μαγνητικού συντονισμού (NMRspectroscopy) (Jafarietal., 2009), η φασματοσκοπία υπέρυθρου με μετασχηματισμό Fourier (FTIR) (Lerma-Garciaetal., 2010; Meenuetal., 2019), η φασματοσκοπία Raman (Heiseetal., 2005), αναλυ-

τικές τεχνικές φθορισμού (*Poulietal., 2007*) και η θερμοδομετρία διαφορικής σάρωσης (*Chiavaroetal., 2009*). Επίσης, τα τελευταία χρόνια προκρίνεται η ανάπτυξη οργάνων – αισθητήρων όπως η ηλεκτρονική «μύτη» ή η ψηφιακή απεικόνιση (*digitalimaging*) με στόχο τη μέγιστη δυνατή μείωση του χρόνου ανάλυσης (*Meenuetal., 2019*).

5.1. Χρωματογραφικές Μέθοδοι

Οι κύριες χρωματογραφικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση της νοθείας στο ελαιόλαδο είναι η αέρια χρωματογραφία (*GasChromatography - GC*) και η υγρή χρωματογραφία υψηλής πίεσης ή απόδοσης (*HighPressureorPerformanceLiquidChromatography – HPLC*). Οι τεχνικές αυτές παρέχουν πολύ υψηλή ακρίβεια ενώ συγχρόνως παρουσιάζουν χαμηλά όρια ανίχνευσης για τους συγκεκριμένους δείκτες των οποίων η ποσοτικοποίηση θα συμβάλει στον έλεγχο της νοθείας του ελαιόλαδου. Αναλυτικότερα, μέσω της αέριας χρωματογραφίας προσδιορίζονται ενώσεις-δείκτες όπως τα τριγλυκερίδια, οι τοκοφερόλες, οι τοκοτριενόλες, το πολικό κλάσμα, οι φαινολικές ενώσεις και οι πυροφωφυτίνες, ενώ η HPLC χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό ενώσεων-δεικτών όπως οι μεθυλεστέρες των λιπαρών οξέων (*FAMES*), των στερολών (π.χ. καμπεστερόλη και στιγμαστερόλη), της τριακυλογλυκερόλης, του στιγμασταδιένιου και διαφόρων πτητικών ενώσεων (*Meenuetal., 2019*).

5.1.1 Αέρια Χρωματογραφία (*GasChromatography*)

Στην ανάλυση των τροφίμων η αέρια χρωματογραφία χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της ταυτότητας (ποιοτική ανάλυση) και της ποσότητας (ποσοτική ανάλυση) των υπό μελέτη ενώσεων του τροφίμου-δείγματος. Η μέθοδος επιτρέπει την ανάλυση στερεών, υγρών αλλά και αερίων δειγμάτων (*Boshagh&Rostami, 2020*).

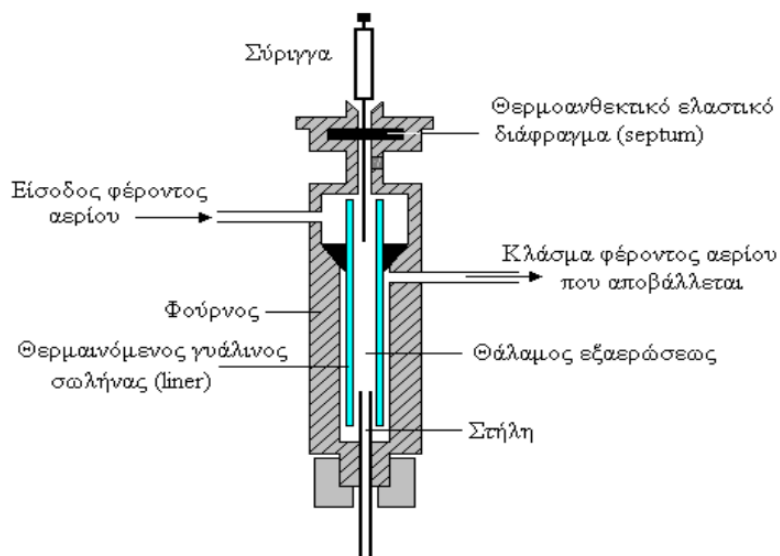
Η οργανολογία της αέριας χρωματογραφίας συμβάλλει στον διαχωρισμό των συστατικών ενός δείγματος-τροφίμου μεταξύ δύο φάσεων, της κινητής και της στατικής φάσης. Την κινητή φάση συνιστά ένα αδρανές αέριο (φέρον αέριο) το οποίο παρασύρει και μεταφέρει τα μόρια του δείγματος σε μία θερμαινόμενη στήλη. Ένα αέριο για να χρησιμοποιηθεί ως κινητή φάση στην αέρια χρωματογραφία θα πρέπει να χαρακτηρίζεται από χαμηλό ιξώδες και να είναι αδρανές ως προς τα μόρια των ενώσεων των οποίων εξετάζεται ο διαχωρισμός. Το ήλιο, το άζωτο, το αργό και το υδρογόνο αποτελούν τα συνηθέστερα

χρησιμοποιούμενα αδρανή αέρια στην GC, ενώ η τελική επιλογή του αερίου καθορίζεται από το είδος του ανιχνευτή. Το ήλιο παρουσιάζει συμβατότητα με πολλούς ανιχνευτές, είναι ασφαλέστερο από το υδρογόνο ενώ παράλληλα είναι εξίσου αποτελεσματικό με συνέπεια να επιλέγεται όλο και περισσότερο ως η κινητή φάση. Ο ανιχνευτής ιονισμού φλόγας (FID – Flame Ionization Detector) και ο ανιχνευτής θερμικής αγωγιμότητας συνιστούν τύπους ανιχνευτών που προσφέρουν μικρό χρόνο ανάλυσης σε μικρότερες θερμοκρασίες συγκριτικά με άλλους τύπους ανιχνευτών όταν χρησιμοποιούνται ως κινητή φάση φέρον αέριο ήλιο ή υδρογόνο λόγω του μικρού μοριακού βάρους και της υψηλότερης ροής τους (*Chemistry LibreTexts, 2020*).

Όσον αφορά στη στατική φάση, αυτή δύναται να αποτελείται από ένα στερεό υλικό στο οποίο κατακρατούνται οι αναλυτές ως αποτέλεσμα της φυσικής προσρόφησης με αποτέλεσμα η χρωματογραφική μέθοδος να χαρακτηρίζεται ως χρωματογραφία αερίου-στερεού. Εάν ως στατική φάση επιλεχθεί υγρό το οποίο τοποθετείται πάνω σε ένα αδρανές υλικό και βασίζεται στην κατανομή του αναλύτη μεταξύ της αέριας κινητής και της υγρής στατικής φάσης τότε η χρωματογραφική μέθοδος χαρακτηρίζεται ως χρωματογραφία αερίου-υγρού (*Chemistry LibreTexts, 2020*).

Για να πραγματοποιηθεί η ανάλυση ενός δείγματος-τροφίμου από τον αέριο χρωματογράφο αυτό θα πρέπει να είναι σε υγρή μορφή και να έχει αραιωθεί καταλλήλως. Το δείγμα μετά την επεξεργασία του εισέρχεται μέσα στη στήλη (χειροκίνητα ή με τη βοήθεια αυτόματου δειγματολήπτη) μέσω μιας μικροσύριγγας. Έτσι, το δείγμα εισέρχεται στον προθερμασμένο θάλαμο έγχυσης όπου εξατμίζεται μερικώς ή πλήρως ανάλογα με το σημείο βρασμού του. Έπειτα, το φέρον αέριο παρασύρει το εξατμισμένο δείγμα και το εισαγάγει στην τριχοειδή στήλη μέσα στο θάλαμο θέρμανσης. Η θερμοκρασία του θαλάμου θέρμανσης είναι αρκετά υψηλή ώστε να εξασφαλιστεί η πλήρης εξάτμιση του δείγματος που θα επιτρέψει την διέλευση του μέσα από την τριχοειδή στήλη χωρίς να αφήνονται «υπολείμματα». Μέσα στην κατάλληλη τριχοειδή στήλη θα πραγματοποιηθεί ο διαχωρισμός του δείγματος προτού αυτό καταλήξει στον ανιχνευτή. Στη συνέχεια, ο ανιχνευτής θα παράξει ξεχωριστό ηλεκτρικό σήμα για την κάθε ουσία που εντοπίζει και το σήμα αυτό θα μεταφερθεί στο καταγραφικό μηχάνημα το οποίο με τη σειρά του καθιστά δυνατή την ανάγνωση του

χρωματογραφήματος με σκοπό την εξαγωγή συμπερασμάτων (Λέκας και Βλάχου, 2012).



Σχήμα 5.1: Απεικόνιση των βασικών μερών ενός αέριου χρωματογράφου.

Η ταυτοποίηση (ποιοτικός προσδιορισμός) των εξεταζόμενων ουσιών πραγματοποιείται με τη σύγκριση του χρόνου κατακράτησης (tR) τους, με τους χρόνους κατακράτησης γνωστών πρότυπων ουσιών. Ο υπολογισμός του εμβαδού των σχημάτων που προκύπτουν από τις κορυφές του χρωματογραφήματος συμβάλει στην ποσοτική ανάλυση των προσδιοριζόμενων ουσιών (Λέκας & Βλάχου, 2012).

Η αέρια χρωματογραφία συνιστά μία αναλυτική μέθοδο που παρέχει ακριβή αποτελέσματα και παρουσιάζει μικρό όριο ανίχνευσης (LimitOfDetection) για μία πληθώρα συστατικών. Λόγω της μεγάλης ευαισθησίας της είναι ιδανική για τον προσδιορισμό πτητικών οργανικών ενώσεων σε συγκεντρώσεις της τάξης των partsperbillion (ppt) ή ακόμη και partspertrillion (ppt). Η μέθοδος είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική στον διαχωρισμό των προς εξέταση ουσιών από τα πολύπλοκα μίγματα τους, ενώ δεν απαιτεί σημαντική ποσότητα δείγματος. Ο εκσυγχρονισμός της μεθόδου τις τελευταίες δεκαετίες έχει ως απόρροια την ελάττωση του χρόνου έκλουσης και ανάλυσης καθώς και του κόστους της διαδικασίας (Μπακέας, 2008).

Ωστόσο, τροχοπέδη στην ευρεία χρήση της μεθόδου αποτελούν οι προδιαγραφές της στήλης. Αναλυτικότερα, για να πραγματοποιηθεί η ανάλυση

των περισσότερων πτητικών ενώσεων απαιτούνται υψηλές θερμοκρασίες (μεγαλύτερες των 380 °C) οι οποίες ενδέχεται να μην συμφωνούν με τα πρωτόκολλα ασφαλούς λειτουργίας της στήλης. Ακόμη, σε τόσο υψηλές θερμοκρασίες αυξάνεται σημαντικά και η ατμοσφαιρική πίεση του αναλυτή, με συνέπεια η αέρια χρωματογραφία να χρησιμοποιείται κυρίως για θερμικά σταθερές ενώσεις και ενώσεις των οποίων το σημείο βρασμού δεν υπερβαίνει τους 500 °C. Τέλος, είναι απαραίτητο τα συστατικά των δειγμάτων που πρόκειται να εξετασθούν να μην αντιδρούν με τα υλικά της επιλεγμένης στήλης, ενώ συνήθως απαιτείται προκατεργασία του δείγματος προτού να είναι έτοιμο προς ανάλυση (ChemistryLibreTexts, 2020).

5.1.1.2 Η αέρια χρωματογραφία ως μέσο ανίχνευσης της νοθείας του ελαιόλαδου

Η αέρια χρωματογραφία αποτελεί μία από τις βασικότερες αναλυτικές μεθόδους για τον προσδιορισμό της νοθείας των ελαιόλαδων. Στη μελέτη που πραγματοποίησαν οι *Jabeuret al.*, 2016, χρησιμοποίησαν ως δείκτη ανίχνευσης της νοθείας του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου με άλλα εδώδιμα φυτικά έλαια το προφίλ των trans λιπαρών οξέων τους. Η GC συνέβαλε στην ανίχνευση της νοθείας του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου με πυρηνέλαιο, σογιέλαιο, ηλιέλαιο, αραβοσιτέλαιο και φοινικέλαιο, όταν η συνολική τους ποσότητα στο δείγμα ήταν μεγαλύτερη ή ίση από 10, 3, 3, 2 και 10% αντίστοιχα. Επιπρόσθετα, όταν χρησιμοποιήθηκε ως δείκτης για τον έλεγχο της νοθείας του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου το 3,5-στιγμασταδιένιο (σ.σ. στεροειδής ένωση) τα όρια ανίχνευσης παρουσίασαν σημαντική βελτίωση και μειώθηκαν σε σημαντικά μικρότερες συγκεντρώσεις. Αναλυτικότερα, ήταν δυνατή η ανίχνευση της νοθείας του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου με 2% κοινό ελαιόλαδο, 0.4% πυρηνέλαιο, 1% φοινικέλαιο, 0.2% σογιέλαιο, 0.5% ηλιέλαιο και 0.1% αραβοσιτέλαιο.

Η χημική σύσταση του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου και κυρίως το προφίλ των λιπαρών οξέων του συνιστούν τους βασικότερους δείκτες που φανερώνουν τη νοθεία του με άλλα φυτικά έλαια. Στην έρευνα των *Yang et al.*, 2013, επισημαίνεται πως για τις αναλύσεις χρησιμοποιήθηκαν ως ουσίες δείκτες συγκεκριμένα λιπαρά οξέα. Ειδικότερα, υψηλότερα από τα αναμενόμενα ποσοστά εικοσανοϊκού, δοκοσανοϊκού και τετρακοσανοϊκού οξέος συνιστούσαν

ένδειξη νοθείας του ελαιόλαδου με έλαιο φιστικιού, ενώ υψηλότερα επίπεδα λινολενικού, 11-εικοσενοϊκού, ερουκικού και νευρονικού οξέος υποδείκνυαν νοθεία με έλαιο ελαιοκράμβης. Επίσης στην συγκεκριμένη μελέτη η συνδυαστική χρήση της GC με τη φασματοσκοπία μάζας (MS) παρείχε αποτελέσματα σχετικά με τη νοθεία του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου και με άλλα φυτικά έλαια όπως το αραβοσιτέλαιο και το ηλιέλαιο.

Το είδος (τύπος) του ανιχνευτή που χρησιμοποιείται κατά την χρωματογραφική ανάλυση καθορίζει σε μεγάλο βαθμό τα τελικά αποτελέσματα. Στην έρευνα των *Srigley et al., 2016*, χρησιμοποιήθηκε κατά την αέρια χρωματογραφία ανιχνευτής ιονισμού φλόγας (FID). Σε σύνολο 88 δειγμάτων εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου που εξετάστηκαν προέκυψε πως παρότι η μέθοδος είναι ικανή για την ανίχνευση της νοθείας τους με έλαιο ελαιοκράμβης, έλαιο φιστικιού, αραβοσιτέλαιο, ηλιέλαιο, σογιέλαιο και φοινικέλαιο σε ποσοστό μεγαλύτερο ή ίσο του 10%, δεν προτείνεται για την ανίχνευση της νοθείας με έλαιο φουντουκιού σε τόσο χαμηλό ποσοστό λόγω της παρόμοιας χημικής σύστασης του με το εξαιρετικά παρθένο ελαιόλαδο.

Το έλαιο φουντουκιού παρουσιάζει παρόμοια περιεκτικότητα σε τριακυλογλυκερόλη και σε ολική στερόλη με το ελαιόλαδο, ενώ συγχρόνως εμφανίζει υψηλή περιεκτικότητα σε ελαϊκό και λινολεϊκό οξύ. Οι ομοιότητες των δύο ελαίων όσον αφορά το προφίλ των λιπαρών οξέων τους έχουν ως αποτέλεσμα το έλαιο φουντουκιού να εντοπίζεται συχνά σε περιπτώσεις νοθείας του ελαιόλαδου. Η αρωματική ένωση φιλμπερτόνη (filbertone) στην οποία προσδίδεται η γεύση των φουντουκιών και στα οποία είναι παρούσα σε υψηλές συγκεντρώσεις συνιστά το βασικότερο δείκτη για την ανίχνευση της νοθείας του ελαιόλαδου με έλαιο φουντουκιού. Εκτός από τον εντοπισμό της φιλμπερτόνης η ανίχνευση της νοθείας του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου με έλαιο φουντουκιού πραγματοποιείται και με ανάλυση του κλάσματος των λιπιδίων τους (*Abbas&Baeten, 2016*).

Σε μελέτη 11 διαφορετικών δειγμάτων ελαιόλαδου από την περιοχή της Μεσογείου οι *Cercaci et al., 2003*, χρησιμοποίησαν την αέρια χρωματογραφία ως αναλυτική μέθοδο για την ανίχνευση της νοθείας του ελαιόλαδου με έλαιο φουντουκιού. Ως ουσίες-δείκτες επιλέχθηκαν το στερολικό κλάσμα του ελαιόλαδου και ειδικότερα οι ελεύθερες και οι εστεροποιημένες στερόλες του ελαιόλα-

δου οι οποίες εμφανίζουν διαφορές από τις αντίστοιχες του ελαίου του φουντουκιού. Τα αποτελέσματα έδειξαν επιτυχή ανίχνευση της νοθείας από τη μέθοδο εφόσον το έλαιο του φουντουκιού βρισκόταν σε ποσοστό μεγαλύτερο του 10% στο τελικό μίγμα.

Στις μεθόδους αέριας χρωματογραφίας που πραγματοποιούνται για την ανίχνευση της νοθείας του ελαιόλαδου ως ουσίες-δείκτες χρησιμοποιούνται συχνά χημικές ενώσεις που ανήκουν στις στερόλες όπως είναι η καμπεστερόλη και η στιγμαστερόλη. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η έρευνα των *Al-Ismailetal., 2010*, οι οποίοι χρησιμοποίησαν τις παραπάνω στερόλες ως δείκτες για την ανίχνευση της νοθείας του ελαιόλαδου με αραβοσιτέλαιο, σογιέλαιο, ηλιέλαιο και βαμβακέλαιο σε συγκεντρώσεις 5, 10 και 20% επί του συνολικού δείγματος. Τα αποτελέσματα ήταν ενθαρρυντικά υποδεικνύοντας δυνατότητα ανίχνευσης του νοθεύματος ακόμη και στην χαμηλότερη συγκέντρωση σε όλες τις περιπτώσεις.

Επίσης, οι *Jabeuretal., 2014*, χρησιμοποιώντας την αέρια χρωματογραφία με ανιχνευτή ιονισμού φλόγας (FID) μελέτησαν την νοθεία του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου με αραβοσιτέλαιο. Ειδικότερα, όταν επιλέχθηκε η Δ7-στιγμαστεινόλη ως ουσία δείκτης ο προσδιορισμός της νοθείας ήταν δυνατός ακόμη και όταν το ποσοστό του αραβοσιτέλαιου στο ελαιόλαδο ήταν μόλις 1%. Η επιλογή της καμπεστερόλης ως ουσίας δείκτη αύξησε το όριο ανίχνευσης της μεθόδου καθώς για να εντοπιστεί η νοθεία απαιτούνταν τουλάχιστον 4 % αραβοσιτέλαιο στο μίγμα ελαιόλαδου-αραβοσιτελαίου.

Οι *Websteretal., 2000*, διενεργώντας τη μέθοδο της αέριας χρωματογραφίας με ανιχνευτή ιονισμού φλόγας εξέτασαν δείγματα παρθένου και εξευγενισμένου ελαιόλαδου ως προς τη σύνθεση των n-αλκανίων τους προκειμένου να προσδιορίσουν εάν η σύνθεση τους για το κάθε έλαιο ήταν μοναδική και, επομένως εάν θα μπορούσε το σύνολο των υδρογονανθράκων να χρησιμοποιηθεί για την ανίχνευση της νοθείας του ελαιόλαδου. Έτσι, προσδιορίστηκε πως τα αλκάνια του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου αποτελούνταν από υδρογονθρακικές αλυσίδες που είχαν από 23 έως 33 άτομα άνθρακα ($nC_{23} - nC_{33}$). Τα αποτελέσματα αυτά προστέθηκαν σε μία υπάρχουσα βάση δεδομένων στην οποία βρισκόταν δεδομένα από άλλα φυτικά έλαια όπως η ελαιοκράμβη, το ηλιέλαιο, το αραβοσιτέλαιο, το φοινικέλαιο, το έλαιο καρύδας, το έλαιο φιστικιού και το σογιέλαιο και ακολούθησε στατιστική ανάλυση τους με τη μέθοδο των

κυρίων συνιστωσών (PCA). Τα αποτελέσματα υπέδειξαν πλήρη διάκριση του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου από τα υπόλοιπα εδώδιμα φυτικά έλαια (0.5%), καθώς και διάκριση των διαφορετικών γεωγραφικών περιοχών από τις οποίες προερχόταν τα ελαιόλαδα.

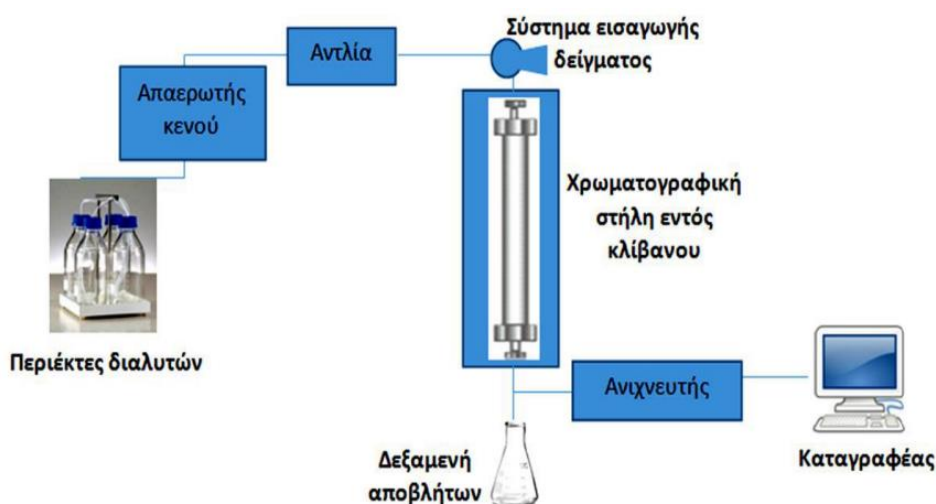
5.1.2 Υγρή Χρωματογραφία Υψηλής Απόδοσης ή Πίεσης (HPLC)

Η υγρή χρωματογραφία υψηλής απόδοσης ή πίεσης αποτελεί την ευρύτερα χρησιμοποιούμενη χρωματογραφική αναλυτική μέθοδο προκειμένου να προσδιοριστούν και να αναλυθούν ποσοτικά περίπλοκα μίγματα. Στην πραγματικότητα πρόκειται για την εξέλιξη και βελτιστοποίηση της μεθόδου της χρωματογραφίας στήλης (*Sabourianetal., 2020*). Στην χρωματογραφική αυτή μέθοδο η διαβίβαση της υγρής κινητής φάσης, στην οποία χρησιμοποιούνται αδρανείς διαλύτες (σ.σ. οργανικοί διαλύτες, νερό, ρυθμιστικά διαλύματα), μέσα από την στατική φάση η οποία αποτελείται από πολύ μικρής διαμέτρου και επομένως μεγάλης αντίστασης σωματίδια υψηλής διαχωριστικής απόδοσης (σ.σ. πυριτική πηκτή ή πολυμερείς ενώσεις), πραγματοποιείται υπό ελεγχόμενη πίεση η οποία μπορεί να φτάσει και τις 400 ατμόσφαιρες (*ChemLibreTexts, 2020*). Ανάλογα με το είδος της στατικής φάσης η μέθοδος HPLC αποδίδει χρωματογραφικούς διαχωρισμούς σύμφωνα με τις αρχές της προσρόφησης-κατανομής, ή της ιοντο-ανταλλαγής ή της μοριακής διήθησης.

Τα βασικά όργανα και μέρη ενός συγκροτήματος HPLC, τα οποία λειτουργούν ως ένα ενιαίο σύνολο με τις κατάλληλες συνδέσεις είναι: α) οι υάλινες φιάλες (reservoirs) των υγρών διαλυτών της κινητής φάσης, β) ο θάλαμος εισαγωγής του δείγματος ή εγχυτής δείγματος (injector), γ) η στήλη ανάλυσης (analyticalcolumn) του δείγματος, δ) οι αντλίες πίεσης (pumps) για την ροή των διαλυτών με την πολυ-βαλβίδα ανάμιξης και προγραμματισμού ροής των διαλυτών και τα ηλεκτρονικά μέρη για την ρύθμιση τους (solventprogrammer), ε) ο ανιχνευτής (detector), ή οι ανιχνευτές, για την ανίχνευση των διαχωρισμένων συστατικών του δείγματος, στ) ο ολοκληρωτής (integrator) ή υπολογιστής για την επεξεργασία των αποτελεσμάτων και ζ) ο καταγραφέας (recorder) για την καταγραφή του χρωματογραφήματος. Ο θάλαμος εισαγωγής του δείγματος, η στήλη ανάλυσης και οι αντλίες πίεσης για τη ροή των διαλυτών αποτελούν το

κυρίως όργανο τον «υγροχρωματογράφο» (LC), ενώ ο υπολογιστής και ο καταγραφέας συνιστούν το σύστημα πληροφοριών (DataSystems) (Βασιλειάδου, 2012).

Στην HPLC, το δείγμα υπό μορφή διαλύματος, εισάγεται σε έναν ειδικό μεταλλικό θάλαμο (εγχυτής) με ειδική σύριγγα. Το διάλυμα δεν οδηγείται απευθείας στη στήλη αλλά μπορεί να παραμείνει στο θάλαμο αναμονής του εγχυτή. Όταν κρίνεται σκόπιμο ο αναλυτής επιλέγει να απελευθερώσει τους διαλύτες μέσα στον θάλαμο αναμονής προκειμένου να παραλάβουν το δείγμα και να το οδηγήσουν προς τη στήλη. Η διαδικασία του χρωματογραφικού διαχωρισμού αρχίζει με την εισαγωγή του δείγματος στη στήλη. Αφού το δείγμα εισέλθει στην κορυφή της στήλης, με τη βοήθεια των διαλυτών της κινητής φάσης, τα συστατικά του δείγματος μεταφέρονται με διαφορετική ταχύτητα έκλουσης το καθένα και εξέρχονται ένα-ένα από τη στήλη κατευθυνόμενα προς τον ανιχνευτή. Ο διαχωρισμός των συστατικών του δείγματος είναι απόρροια της αλληλεπίδρασης μεταξύ της κινητής και της στατικής φάσης. Ο διαχωρισμός βασίζεται στις διαφορετικές των φυσικών ιδιοτήτων των διαχωριζομένων συστατικών (σημείο ζέσεως, πολικότητα, ηλεκτρικό φορτίο, μέγεθος μορίων, κλπ.), οι οποίες διαφοροποιούν την φυσικοχημική συγγένεια κάθε συστατικού ως προς τις δύο φάσεις (Κοντογιάννης, 2016).



Σχήμα 5.2: Απεικόνιση της οργανολογίας της Υγρής Χρωματογραφίας Υψηλής Πίεσης ή Απόδοσης (HPLC)

Η Υγρή Χρωματογραφία Υψηλής Απόδοσης ή Πίεσης (HPLC) είναι μία αρκετά αυτοματοποιημένη αναλυτική μέθοδος η οποία παρέχει ακριβή αποτελέσματα και εμφανίζει μεγάλη ευαισθησία ακόμη και σε πολύ χαμηλά όρια ανίχνευσης. Είναι μία ταχεία μέθοδος στην οποία μπορούν να αναλυθούν συγχρόνως περισσότερα του ενός δείγματα. Επίσης, δεδομένου πως επιτρέπει να χρησιμοποιηθούν πολύ μικρότερου μεγέθους σωματίδια του υλικού της στήλης εξασφαλίζει μεγαλύτερη επιφάνεια αλληλεπίδρασης μεταξύ της στατικής φάσης και των μορίων των συστατικών του δείγματος που τη διαπερνούν με συνέπεια τον βέλτιστο διαχωρισμό των συστατικών μέσα στο μίγμα (*ChemLibreTexts, 2020*).

5.1.2.1. Μελέτες Ανίχνευσης της Νοθείας του Ελαιόλαδου με τη Μέθοδο της HPLC

Προκειμένου να ελέγξουν τα όρια ανίχνευσης της νοθείας που προσφέρει η HPLC σε δείγματα εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου τα οποία είχαν αναμιχθεί με έλαιο φουντουκιού οι *Zabaras&Gordon, 2004*, χρησιμοποίησαν ως ουσίες δείκτες τα πολικά συστατικά των ελαίων. Αναλυτικότερα, εφάρμοσαν υγρή χρωματογραφία υψηλής απόδοσης ανεστραμμένης φάσης (πολικότητα κινητής φάσης > πολικότητα στατικής φάσης) με φασματοφωτομετρικό ανιχνευτή υπεριώδους-ορατού (UV-Vis). Τα αποτελέσματα έκριναν τη μέθοδο κατάλληλη για την ανίχνευση της νοθείας του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου ακόμη και σε περιπτώσεις που μόλις το 5% του συνολικού δείγματος αφορά σε έλαιο φουντουκιού, ενώ συγχρόνως υψηλή ήταν και η ακρίβεια ($90.0 \pm 4.2\%$) τους. Ωστόσο, οι *Salivaras&McCurdy, 1992*, χρησιμοποιώντας την ίδια μέθοδο για την ανίχνευση της νοθείας εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου με έλαιο ελαιοκράμβης δεν παρατήρησαν τόσο χαμηλά όρια ανίχνευσης (δυνατότητα ανίχνευσης της νοθείας μόνο όταν το έλαιο ελαιοκράμβης υπερέβαινε το 7.5% στο συνολικό δείγμα), πιθανώς λόγω της ομοιότητας που παρατηρείται στη σύνθεση των λιπαρών οξέων των δύο εξεταζόμενων ελαίων.

Η μέθοδος της υγρής χρωματογραφίας υψηλής απόδοσης ανεστραμμένης φάσης εξετάστηκε και από τους *Bakreetal., 2015*, για την ανίχνευση της νοθείας εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου με ηλιέλαιο. Ειδικότερα, ως ουσία-δείκτης επιλέχθηκε η α-τοκοφερόλη, ενώ παρασκευάστηκαν και αναλύθηκαν μίγματα με τελική συγκέντρωση ηλιέλαιου σε ελαιόλαδο 5, 10, 15 και 20%. Τα δεδομένα που εξήχθησαν υπέδειξαν γραμμική αύξηση της α-τοκοφερόλης στα

νοθευμένα δείγματα. Η μέθοδος αυτή θα μπορούσε να ανιχνεύσει την νοθεία του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου με ηλιέλαιο ακόμη κι αν αυτό αποτελούσε μόλις το 5% του συνολικού κλάσματος ελαίων.

Οι *Jabeuretal.*, 2014, χρησιμοποίησαν την HPLC ως αναλυτική μέθοδο για την ανίχνευση της νοθείας του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου με άλλα φυτικά εδώδιμα έλαια. Ως ουσίες-δείκτες πρότειναν τα λιπαρά οξέα και ειδικότερα το λινολενικό οξύ. Η μέθοδος υπέδειξε ανίχνευση της νοθείας του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου όταν αυτό αναμιγνυόταν με σογιέλαιο σε ποσοστό άνω του 5%. Ακόμη, η HPLC μπορούσε να εντοπίσει τη νοθεία του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου με σογιέλαιο, αραβοσιτέλαιο και ηλιέλαιο όταν η συγκέντρωσή τους στο τελικό δείγμα ανερχόταν σε 3, 2 και 4%, αντίστοιχα, ωστόσο ως ουσίες-δείκτες χρησιμοποιούνταν το προφίλ των *trans* λιπαρών οξέων που περιεχόταν στα έλαια.

Στην μελέτη των *Christopoulouetal.*, 2004, ως ουσίες-δείκτες για την ανίχνευση της νοθείας του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου με άλλα φυτικά εδώδιμα έλαια χρησιμοποιήθηκαν οι τριακυλογλυκερόλες. Ειδικότερα, η μέθοδος κρίθηκε κατάλληλη για την ανίχνευση της νοθείας του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου με σογιέλαιο, έλαιο καρυδιού, έλαιο ελαιοκράμβης, πυρηνέλαιο, έλαιο φιστικιού και σιναπέλαιο όταν η συνολική συγκέντρωσή τους στο τελικό μίγμα ήταν πάνω από 5%. Ωστόσο, στην περίπτωση των ελαίων που προερχόταν από φουντούκι ή αμύγδαλο δεν επιτεύχθηκε η ανίχνευση τους στο τελικό δείγμα σε τόσο χαμηλές συγκεντρώσεις. Οι τριακυλογλυκερόλες χρησιμοποιήθηκαν ως δείκτες για την ανίχνευση της νοθείας του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου με σογιέλαιο και από τους *Fasciotti&PereiraNetto*, 2010. Στη έρευνα τους μελέτησαν τα όρια ανίχνευσης της νοθείας του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου με εξευγενισμένα ελαιόλαδα, σογιέλαιο και μίγματα αυτών που μπορούν να εντοπιστούν από την HPLC.

Η μέθοδος της HPLC με ανιχνευτή UV χρησιμοποιήθηκε και από τους *Carrancoetal.*, 2018, προκειμένου να ερευνηθούν ποιοτικά και ποσοτικά την νοθεία του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου με άλλα εδώδιμα φυτικά έλαια χαμηλότερης διαθρεπτικής και οικονομικής αξίας. Τα αποτελέσματα ήταν ενθαρρυντικά και υπέδειξαν εντοπισμό της νοθείας όταν στο συνολικό κλάσμα του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου είχε προστεθεί διαφορετικό έλαιο σε ποσοστό άνω του 2.5 %.

Η HPLC αποτελεί μία αναλυτική μέθοδο η οποία συνδυάζεται με άλλες μεθόδους προκειμένου να εξαχθούν ακριβέστερα αποτελέσματα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η έρευνα των *Criado-Navarro et al., 2019*, κατά την οποία μελετήθηκε η ανίχνευση της νοθείας εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου με τις ακόλουθες τρεις εμπορικές ετικέτες ελαιόλαδου: του παρθένου ελαιόλαδου, του εξευγενισμένου ελαιόλαδου και του πυρηνέλαιου. Η μέθοδος που εφαρμόστηκε ήταν η υγρή χρωματογραφία σε συνδυασμό τη διαδοχική φασματοφωτομετρία μάζας (LC-MS/MS). Οι ουσίες-δείκτες που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση ήταν τα γλυκεροφωσφολιπίδια (GPL) των προς εξέταση ελαιόλαδων. Παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά στη συγκέντρωση των γλυκεροφωσφορατιδικών οξέων (PAs) και των γλυκεροφωσφατιδυλοαιθανολαμινών (PEs). Αναλυτικότερα τα PAs βρέθηκαν σε χαμηλές συγκεντρώσεις στα παρθένα ελαιόλαδα και σε υψηλές συγκεντρώσεις στα δείγματα εξευγενισμένων ελαιόλαδων, οδηγώντας στο συμπέρασμα ότι το προφίλ των GPL των ελαιόλαδων μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως δείκτης ποιότητας και ανίχνευσης της νοθείας του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου με έλαια χαμηλότερης ποιότητας.

Η χρωματογραφία υδρόφιλης αλληλεπίδρασης (Hydrophilic Interaction Chromatography -HILIC) είναι μία παραλλαγή της υγρής χρωματογραφίας κανονικής φάσης που επικαλύπτεται εν μέρει με άλλες χρωματογραφικές μεθόδους όπως η χρωματογραφία ιόντων και η υγρή χρωματογραφία αντίστροφης φάσης. Οι *Calvano et al., 2010*, μελέτησαν τη ανίχνευση της νοθείας του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου με έλαιο φουντουκιού μέσω αυτής της αναλυτικής μεθόδου, χρησιμοποιώντας ως ουσίες δείκτες τα πολικά συστατικά των ελαίων. Προέκυψε ότι μέσω της μεθόδου αυτής είναι δυνατή η ανίχνευση της νοθείας του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου όταν το έλαιο φουντουκιού βρίσκεται σε ποσοστό μεγαλύτερο ή ίσο του 5% στο δείγμα.

5.2 Φασματοφωτομετρικές Μέθοδοι

Η φασματοσκοπία ή η φασματοφωτομετρία είναι η μελέτη του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος μιας πηγής ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας σε ένα εύρος συχνοτήτων. Η φασματοφωτομετρία μπορεί να ορισθεί ως ο επιστημονικός κλάδος που «μετρά το φάσμα του φωτός», είτε το απορροφούμενο είτε το διερχόμενο είτε το εκπεμπόμενο, από μία χημική ουσία ή από ένα διάλυμα ουσίας. Με τις φασματοφωτομετρικές μεθόδους μετράται η απορρόφηση που υφίσταται μία

δέσμη μονοχρωματικού φωτός κατά την διέλευση της από ένα διάλυμα ουσίας γνωστής ή άγνωστης συγκέντρωσης (Ανδρικόπουλος, 2015).

Η φασματοσκοπία χρησιμοποιείται κυρίως για τον υπολογισμό της συγκέντρωσης διαφόρων γνωστών ουσιών σε διαλύματα, για την ταυτοποίηση διαφόρων ουσιών, καθώς και για την παρακολούθηση της κινητικής διαφόρων αντιδράσεων (Ανδρικόπουλος, 2015).

5.2.1 Φασματοσκοπία Υπέρουθρου με Μετασχηματισμό Fourier (FT-IR)

Η μέθοδος της υπέρυθρης φασματοσκοπίας βασίζεται στην απορρόφηση υπέρυθρης ακτινοβολίας από τα μόρια μιας ένωσης τα οποία διεγείρονται σε υψηλότερες στάθμες δόνησης ή περιστροφής. Η προέλευση των απορροφήσεων στο IR φάσμα είναι αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας με το ηλεκτρικό δίπολο ενός μορίου (Stuart, 2004). Κάθε μόριο απορροφά συγκεκριμένες μόνο συχνότητες υπέρυθρης ενέργειας, έτσι, το φάσμα που προκύπτει από την απορρόφηση υπέρυθρης ακτινοβολίας ενός μορίου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ταυτοποίηση της μοριακής σύνθεσης μίας άγνωστης ένωσης και κατ' επέκταση της ίδιας της ένωσης (Banwell & MaCash 1994; Schmitt & Flemming 1998; Yang & Irudayaraj 2003). Επομένως, υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της θέσης των δεσμών που απορροφούν στο υπέρυθρο και των χημικών δομών των μορίων (Argyri, et al., 2014).

Η υπέρυθρη περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος εκτείνεται από το τέλος του ορατού φάσματος έως την περιοχή των μικροκυμάτων, δηλαδή μεταξύ 0.7 μm έως 300 μm (ή 10 - 14,000 cm^{-1}) και διακρίνεται σε τρεις περιοχές οι οποίες συνιστούν και τις περιοχές ενδιαφέροντος για την υπέρυθρη (IR) φασματοσκοπία. Οι περιοχές αυτές είναι: το εγγύς υπέρυθρο φάσμα (*NIR near-infrared*) που κυμαίνεται μεταξύ 0.75 έως 2.5 μm και αντιστοιχεί στους κυματαριθμούς 14,000 - 4,000 cm^{-1} , το μέσο υπέρυθρο (*MIR mid-infrared*) φάσμα που κυμαίνεται μεταξύ 2.5 - 25 μm και αντιστοιχεί στους κυματαριθμούς 4000 - 400 cm^{-1} και το άπω υπέρυθρο φάσμα (*FIR far-infrared*) φάσμα που κυμαίνεται μεταξύ 25 - 300 μm και αντιστοιχεί στους κυματαριθμούς 400 - 10 cm^{-1} . Στο μέσο υπέρυθρο φάσμα (*MIR*) παρατηρούνται οι βασικές μεταβολές στην δόνηση των μορίων λόγω απορρόφησης ακτινοβολίας (Theophanides, 2002; Κουή, 2005).

Σε αντίθεση με τις συμβατικές αναλυτικές μεθόδους, η φασματοσκοπία υπέρυθρου με μετασχηματισμό Fourier (FT-IR) συνιστά μία ταχεία, μη επεμβατική μέθοδο, η οποία δεν απαιτεί τη χρήση εξειδικευμένου αναλώσιμου ή αντιδραστηρίου, παρέχοντας στους χρήστες τη δυνατότητα να συλλέγουν ολοκληρωμένα φάσματα σε λίγα δευτερόλεπτα επιτρέποντας συγχρόνως την αξιολόγηση πολυάριθμων δειγμάτων τροφίμων (*Ellisetal., 2002; 2004; Ammoretal., 2009*).

5.2.1.1 Μελέτες ανίχνευσης της νοθείας του ελαιόλαδου με φασματοσκοπικές μεθόδους

Με τη βοήθεια της φασματοσκοπίας υπεριώδους-ορατού (UV-Vis) οι *Torrecillaetal., 2010*, προσπάθησαν να προσδιορίσουν ποσοτικά τη νοθεία του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου με ελαιόλαδα χαμηλότερων ποιοτικά κατηγοριών. Η μέθοδος παρείχε ικανοποιητικά αποτελέσματα για την ανίχνευση της νοθείας του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου τόσο με εξευγενισμένα ελαιόλαδα όσο και με εξευγενισμένα πυρηνέλαια υποδεικνύοντας ιδιαίτερα χαμηλά όρια ανίχνευσης, 0.6 και 1.4%, αντίστοιχα. Η ίδια μέθοδος χρησιμοποιήθηκε για την ανίχνευση της νοθείας του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου με αραβοσιτέλαιο, σογιέλαιο, ηλιέλαιο και έλαιο φουντουκιού. Ως ουσίες δείκτες χρησιμοποιήθηκαν κορεσμένα και ακόρεστα λιπαρά οξέα των ελαίων. Η μέθοδος μπορούσε να ανιχνεύσει την νοθεία όταν το ποσοστό του αραβοσιτελαίου, του σογιέλαιου, του ηλιέλαιου και του ελαίου φουντουκιού ήταν υψηλότερο από 10, 5, 5, και 10%, αντίστοιχα, στο συνολικό δείγμα.

Η μέθοδος της φασματοσκοπίας ορατού έχει χρησιμοποιηθεί επίσης από τους *Meenuetal., 2019*, για την ανίχνευση της νοθείας του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου με άλλα εδωδιμα φυτικά έλαια δίνοντας ακριβή

Στην μελέτη των *Vanstoneetal., 2018*, εξετάστηκε η φασματοσκοπία εγγύς υπέρυθρου (NIR) ως αναλυτική μέθοδος για την ανίχνευση της νοθείας του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου με εδωδιμα φυτικά έλαια. Το εύρος φασμάτων που εξετάστηκαν κυμαινόταν μεταξύ $12,000-4,000\text{ cm}^{-1}$ και η διακριτική ικανότητα της μεθόδου είχε ορισθεί στα 8 cm^{-1} . Τα δείγματα ελαίων προετοιμάστηκαν πριν από την ανάλυση με θέρμανση στους $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ για 6 λεπτά. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η μέθοδος είχε ικανότητα ανίχνευσης της νοθείας όταν το

συνολικό ποσοστό του αραβοσιτελαίου, του ηλιέλαιου, του σογιέλαιου και του κραμβέλαιου υπερέβαινε στο τελικό μίγμα το 20, 20, 15 και 10%, αντίστοιχα.

Η μέθοδος της NIR φασματοσκοπίας εφαρμόστηκε επίσης από τους *Mendesetal., 2015*, που εξέτασαν 60 δείγματα εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου τα οποία είχαν νοθευτεί με σογιέλαιο σε γνωστές συγκεντρώσεις. Λαμβάνοντας φάσματα μεταξύ των $12,000-4,000\text{ cm}^{-1}$ και επιλέγοντας τη διακριτική ικανότητα της μεθόδου στα 4 cm^{-1} , πέτυχαν να ανιχνεύσουν τη νοθεία στο μόλις 1.76 % των συνολικών δειγμάτων.

Ωστόσο, όταν επανέλαβαν τις αναλύσεις των δειγμάτων μέσω της φασματοσκοπίας υπέρυθρου μετασχηματισμού Fourier, από τα φάσματα που έλαβαν στο εύρος $4000-350\text{ cm}^{-1}$, μπόρεσαν να αυξήσουν το όριο ανίχνευσης της μεθόδου και να εντοπίσουν τη νοθεία στο 4.89% των δειγμάτων (*Mendesetal.,2015*).

5.2.1.2 Μελέτες ανίχνευσης της νοθείας του ελαιόλαδου με τη μέθοδο της φασματοσκοπίας υπέρυθρου με μετασχηματισμό Fourier (FT-IR)

Η λήψη φασμάτων, μέσω της φασματοσκοπίας υπέρυθρου με μετασχηματισμό Fourier – αποσβένουσας ολικής ανάκλασης (FTIR-ATR), φυτικών ελαίων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον διαχωρισμό μεταξύ ελαιόλαδων διαφορετικών κατηγοριών αλλά και ελαιόλαδων από διάφορα φυτικά έλαια όπως ηλιέλαιο, αραβοσιτέλαιο, ελαίου ελαιοκράμβης ή ελαίου σόγιας. Οι χαρακτηριστικές φασματικές ταινίες των τριγλυκεριδίων που περιέχουν ακόρεστα λιπαρά οξέα έχει παρατηρηθεί ότι συνιστούν το βασικό μηχανισμό διάκρισης. Επιπλέον, τα αποτελέσματα τα οποία παραλήφθηκαν έδειξαν ότι η FTIR-ATR μπορεί να αποτελέσει μία αποτελεσματική αναλυτική μέθοδο για τον έλεγχο των μιγμάτων ελαίων που περιέχουν ελαιόλαδο. Ακόμη κι όταν μόνο ημι-ποσοτικοποίηση είναι εφικτή η μέθοδος είναι κατάλληλη για την διαλογή εδώδιμων μιγμάτων ελαίων με την διακριτική ικανότητα της μεθόδου να επιτρέπει τον καθορισμό της αναλογίας του ελαιόλαδου σε μίγμα φυτικών ελαίων ($>$ ή $<$ 50% w/w), κριτήριο που ικανοποιεί τις απαιτήσεις της Ευρωπαϊκής νομοθεσίας (*Mataetal., 2012*).

Η φασματοσκοπία υπέρυθρου (IR) συνδυαστικά με χημειομετρικές τεχνικές, έχει χρησιμοποιηθεί για την ανίχνευση της νοθείας του ελαιόλαδου με φουντουκέλαιο σε ποσοστό ακόμα και κάτω του 10% (*Beatenetal., 2005*;

Groselj *et al.*, 2008), με ηλιέλαιο και αραβοσιτέλαιο (Ozdemir & Ozturk, 2007), με ηλιέλαιο (Tay *et al.*, 2002), με αραβοσιτέλαιο, φουντουκέλαιο, έλαιο σόγιας και ηλιέλαιο (Kasemsumran *et al.*, 2005). Η φασματοσκοπία υπέρυθρου μετασχηματισμού Fourier (FTIR) έχει χρησιμοποιηθεί επίσης για την ταυτοποίηση της αυθεντικότητας εξαιρετικού παρθένου ελαιόλαδου από ηλιέλαιο, αραβοσιτέλαιο, σογιέλαιο και φουντουκέλαιο όταν το ποσοστό τους στο τελικό μείγμα ήταν άνω του 5% (Lerma-Garcia *et al.*, 2010), εξαιρετικού παρθένου ελαιόλαδου από ηλιέλαιο και αραβοσιτέλαιο όταν αυτά βρίσκονται σε ποσοστό άνω του 5% (Gurdeniz & Ozen, 2009) και εξαιρετικού παρθένου ελαιόλαδου με ηλιέλαιο και σογιέλαιο με όριο ανίχνευσης το 6% και σησαμέλαιο και αραβοσιτέλαια με όριο ανίχνευσης το 9% (Vlachos *et al.*, 2006). Όπως γίνεται αντιληπτό πρόκειται για μία αναλυτική μέθοδο η οποία κερδίζει συνεχώς έδαφος στον τομέα την ανάλυση για την νοθεία των τροφίμων και η οποία εξελίσσεται συνεχώς.

5.2.2 Φασματοσκοπία σκέδασης Raman

Η φασματοσκοπία Raman είναι μία μέθοδος μη-ελαστικής σκέδασης φωτός και πήρε το όνομα της από τον C.V. Raman οποίος παρατήρησε για πρώτη φορά το 1928 το αντίστοιχο φαινόμενο. Η μέθοδος αυτή στηρίζεται στην αλληλεπίδραση της ύλης με την ακτινοβολία. Αναλυτικότερα, στηρίζεται στην ανελαστική σκέδαση της μονοχρωματικής ακτινοβολίας από μόρια ύλης, και αφορά στην ανταλλαγή ενέργειας μεταξύ του φωτονίου και του μορίου. Η ενέργεια του σκεδαζόμενου φωτονίου διαφέρει από την ενέργεια του προσπίπτοντος και η αυτή η διαφορά της ενέργειας η οποία πρέπει να διατηρείται σταθερή αναπληρώνεται ή δαπανάται από την αλλαγή στην ενέργεια του μορίου. Αυτή η ενεργειακή μεταβολή εκφράζεται ως διαφορά στην περιστροφική ή δονητική ενέργεια του μορίου. Η ενέργεια του φωτονίου δίνει πληροφορίες για την ενεργειακή κατάσταση του μορίου ή τμημάτων του μορίου. Όπως και η υπέρυθρη φασματοσκοπία έτσι και η φασματοσκοπία Raman αναπτύσσεται συνεχώς και βελτιστοποιείται καθώς εξελίσσεται ο κλάδος της πληροφορικής (Ράπτης, 2016).

Η φασματοσκοπία Raman αποτελεί μία ταχεία, μη επεμβατική αναλυτική μέθοδο για την διεκπεραίωση της οποίας δεν απαιτείται προετοιμασία του δείγματος. Κάθε ουσία αποδίδει ένα χαρακτηριστικό φάσμα Raman που αφορά

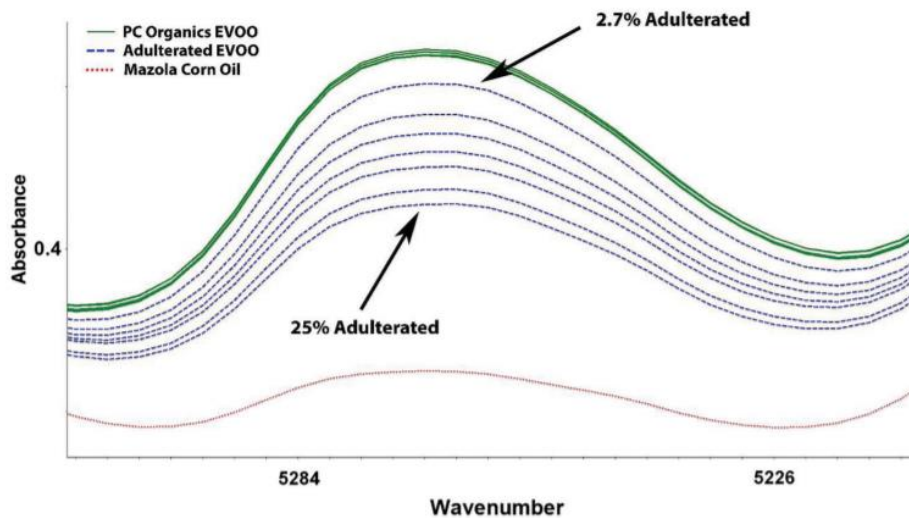
στο μοριακό του αποτύπωμα. Οι ζώνες Raman αντιστοιχούν σε δονήσεις δεσμών χαρακτηριστικών ομάδων και συνεπώς τα φάσματα Raman παρέχουν πληροφορίες σχετικά με τη μοριακή δομή των δειγμάτων (*Philippidisetal., 2016*).

5.2.2.1 Μελέτες ανίχνευσης της νοθείας του ελαιόλαδου με τη μέθοδος της φασματοσκοπίας Raman

Στην έρευνα τους οι *López-Díezetal., 2003*, μελέτησαν την δυνατότητα ανίχνευσης της νοθείας του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου με έλαιο φουντουκιού μέσω της φασματοσκοπίας Raman και της χημειομετρίας. Το εύρος του φάσματος που μελετήθηκε αντιστοιχούσε στους 12,000 -4,000 cm^{-1} κυματαριθμούς και η διακριτική ικανότητα της μεθόδου είχε ορισθεί στα 8 cm^{-1} . Κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η φασματοσκοπία Raman αποτελεί μία αναλυτική μέθοδο που παρέχει τη δυνατότητα διάκρισης μεταξύ ελαίων τα οποία έχουν παρόμοια χημική σύσταση. Στον συνδυασμό της φασματοσκοπίας Raman και της χημειομετρίας στηρίχθηκαν και οι *Zhangetal., 2011a; 2011b*, προκειμένου να ερευνήσουν την νοθεία του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου με σογιέλαιο, αραβοσιτέλαιο, έλαιο ελαιοκράμβης και ηλιέλαιο.

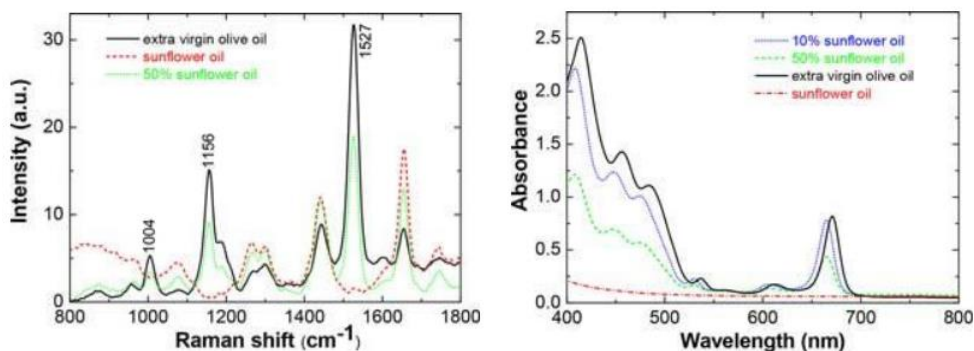
Οι *Mendesetal., 2015*, εξέτασαν 60 δείγματα εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου τα οποία είχαν νοθευτεί με διαφορετικές, γνωστές συγκεντρώσεις σογιέλαιου. Ως αναλυτική μέθοδος επιλέχθηκε η φασματοσκοπία Raman στο εύρος μεταξύ 3500–50 κυματαριθμών cm^{-1} . Η διακριτική ικανότητα της μεθόδου είχε ορισθεί στους 4 κυματαριθμούς cm^{-1} . Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η ανίχνευση της νοθείας του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου με σογιέλαιο ήταν δυνατή με ποσοστό σφάλματος μόλις 1.57 %.

Η χρήση της φασματοσκοπίας Raman ως εργαλείο για την ανίχνευση της νοθείας του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου με άλλα φυτικά έλαια (αραβοσιτέλαιο και ηλιέλαιο) μελετήθηκε εκτενώς από τους *Philippidisetal., 2016*, οι οποίοι μεταξύ των άλλων δημιούργησαν το ακόλουθο δονητικό φάσμα στο οποίο παρέχονται χρήσιμες πληροφορίες για την διάκριση των ελαίων.



Σχήμα 5.3: Δονητικό φάσμα διάκρισης του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου με αραβοσιτέλαιο και διάφορα μίγματα των δύο αυτών ελαίων (Philippidis et al., 2016).

Η ίδια ομάδα ερευνητών για την ανίχνευση της νοθείας του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου από την Κρήτη με ηλιέλαιο επέλεξε να συγκρίνει την ικανότητα δύο φασματοσκοπικών μεθόδων, της φασματοσκοπίας Raman και της φασματοσκοπίας ορατού (360/400 - 700/800 nm). Αναλυτικότερα όσον αφορά στο φασματοφωτόμετρο Raman το εύρος φάσματος που επιλέχθηκε κυμαινόταν μεταξύ 12,000–4,000 cm^{-1} κυματαριθμών, ενώ η διακριτική ικανότητα της μεθόδου ορίστηκε στους 4 cm^{-1} κυματαριθμούς. Ως πηγή φωτός λειτούργησε λέιζερ που εξέπεμπε στα 786 nm. Στο φασματοφωτόμετρο ορατού το εύρος του φάσματος που εξετάστηκε κυμαινόταν μεταξύ 400-800nm και η διακριτική ικανότητα της μεθόδου ορίστηκε στα 2nm. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η φασματοσκοπία Raman συνιστά αποδοτικότερη μέθοδο ανίχνευσης της νοθείας του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου με ηλιέλαιο διότι παρουσίασε χαμηλότερο όριο ανίχνευσης (3.5%) συγκριτικά με τη φασματοσκοπία ορατού (5.5%), αντίστοιχα, για τα ίδια δείγματα, όπως φαίνεται και στα ακόλουθα σχήματα.



Σχήμα 5.4: Φάσμα απορρόφησης εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου, ηλιέλαιου και μίγματος των δύο ελαίων όπως παραλείφθηκαν με τις αναλυτικές μεθόδους της φασματοσκοπίας Raman (αριστερά) και της φασματοσκοπίας ορατού (αριστερά) (Philippidisetal., 2016).

5.2.3 Φασματοσκοπία Πυρηνικού Μαγνητικού Συντονισμού (NuclearMagneticResonance)

HNMR φασματοσκοπία στηρίζεται στις ιδιότητες των πυρήνων των ατόμων όπως είναι η μαγνητική ροπή και η αυτοστροφορμή (spin) των στοιχειωδών σωματιδίων του πυρήνα ενός ατόμου. Το spin του πυρήνα ενός ατόμου είναι απόρροια του αριθμού των νουκλεονίων (πρωτονίων και νετρονίων) που διαθέτει. Συνεπώς, η ικανότητα του πυρήνα ενός ατόμου να εμφανίζει spin εξαρτάται από τον ατομικό και μαζικό αριθμό του. Έτσι, υπάρχουν άτομα των οποίων οι πυρήνες εκδηλώνουν την ιδιότητα της αυτοστροφορμής (π.χ. ^1H , ^2H , ^{13}C , ^{15}N , ^{31}P) και άτομα των οποίων οι πυρήνες δεν παρουσιάζουν spin (π.χ. ^{12}C , ^{14}C , ^{16}O) και συνεπώς δεν δύναται να μελετηθούν μέσω φασματοσκοπίας NMR. Στον πυρηνικό μαγνητικό συντονισμό, συμμετέχουν μόνο τα ασύζευκτα πυρηνικά spin. Οι πυρήνες ατόμων με spin υπό την επίδραση ισχυρού στατικού μαγνητικού πεδίου, όταν ακτινοβολούνται διεγείρονται και κατά την αποδιέγερσή τους εκπέμπουν σήμα που φτάνει στον ανιχνευτή (Γεωργακοπούλου, 2018; Ζουμπουλάκης, 2019).

Η φασματοσκοπία πυρηνικού μαγνητικού συντονισμού (NMRS) χρησιμοποιείται ευρέως στον τομέα της επιστήμης των τροφίμων τα τελευταία χρόνια προσφέροντας χρήσιμα αποτελέσματα, καθιστώντας τη ένα σημαντικό εργαλείο στην ποιοτική και ποσοτική ανάλυση σύνθετων υδατικών μειγμάτων, όπως είναι το ελαιόλαδο (Olmo-Cunilleraetal., 2019). Συνιστά μία ταχεία, μη καταστρεπτική προς το δείγμα αναλυτική μέθοδο για την ανίχνευση της νοθείας του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου, ενώ συγχρόνως παρέχει ακριβή αποτελέσματα. Ωστόσο, εμφανίζει υψηλό κόστος συγκριτικά με άλλες αναλυτικές μεθόδους (Meenuetal., 2019).

5.2.3.1 Μελέτες ανίχνευσης της νοθείας του ελαιόλαδου με τη μέθοδο της φασματοσκοπίας πυρηνικού μαγνητικού συντονισμού (NMR)

Στην μελέτη των *García-González et al., 2004*, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της φασματοσκοπίας πυρηνικού μαγνητικού συντονισμού προκειμένου να ανιχνευθεί η νοθεία του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου με έλαιο φουντουκιού. Η αναλυτική αυτή μέθοδος εφαρμόστηκε στους πυρήνες των ατόμων ^1H και ^{13}C προκειμένου να ληφθούν ποιοτικές και ποσοτικές χημικές πληροφορίες από τα δεδομένα συντονισμού (resonance data). Τα φάσματα που προέκυψαν από το ^1H παρείχαν κρίσιμες πληροφορίες για σημαντικές ενώσεις όπως τα λιπαρά οξέα, οι αλδεΐδες, τα τερπένια και οι στερόλες των ελαίων. Μέσω της ακτινοβολίας του ^{13}C «εκπέμφθηκαν» πληροφορίες σχετικά με την κατανομή της θέσης του ακυλίου στο τμήμα της γλυκερόλης των προς εξέταση ελαίων. Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων προκύπτει πως η μέθοδος παρέχει αξιόπιστα αποτελέσματα για την ανίχνευση της νοθείας του ελαιόλαδου με έλαιο φουντουκιού όταν αυτό βρίσκεται σε ποσοστό μεγαλύτερο του 8% στο συνολικό δείγμα.

Οι *Fragaki et al., 2005*, στήριξαν τη μελέτη τους στις ιδιότητες του πυρήνα του ατόμου ^{31}P και με τη βοήθεια της μεθόδου της φασματοσκοπίας NMR μελέτησαν τη νοθεία σε 34 δείγματα εξαιρετικά παρθένο ελαιόλαδο από διάφορες περιοχές της Ελλάδας τα οποία είχαν αναμιχθεί με διαφορετικές συγκεντρώσεις δειγμάτων εξευγενισμένων και λαμπαντε ελαιόλαδων. Η νοθεία ήταν δυνατό να εντοπιστεί όταν το ποσοστό του εξευγενισμένου ή λαμπαντε ελαιόλαδου που είχε προστεθεί στο εξαιρετικά παρθένο ελαιόλαδο ήταν άνω του 5%. Στην ίδια πειραματική μέθοδο στηρίχθηκε και ο *Dais, 2009*, προκειμένου να μελετήσει την ανίχνευση της νοθείας του εξαιρετικά παρθένο ελαιόλαδου με άλλα φυτικά έλαια.

Οι *Torrecilla et al., 2010*, εξέτασαν την νοθεία του εξαιρετικά παρθένο ελαιόλαδου με αραβοσιτέλαιο, σογιέλαιο, ηλιέλαιο και έλαιο φουντουκιού καταλήγοντας στο συμπέρασμα ότι η νοθεία είναι ανιχνεύσιμη μέσω της φασματοσκοπίας NMR όταν τα παραπάνω έλαια βρίσκονται στο τελικό μίγμα ελαιόλαδο-φυτικό έλαιο σε ποσοστό υψηλότερο του 10, 5, 5 και 10 %, αντίστοιχα. Για την εφαρμογή της μεθόδου λήφθηκαν υπόψη η περιεκτικότητα των ελαίων σε κορεσμένα λιπαρά οξέα, ελαϊκό και λινελαϊκό οξύ και αναλύθηκαν τα φασματοσκοπικά δεδομένα από τις ^{31}P NMR και ^1H NMR.

Στην έρευνα των *Jiang et al., 2018*, για την ανίχνευση της νοθείας του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου με σογιέλαιο «επιστρατεύτηκε» η φασματοσκοπία ^1H NMR. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η νοθεία ήταν δυνατό να εντοπιστεί όταν το ποσοστό του σογιέλαιου στο τελικό δείγμα υπερέβαινε το 4.5%.

Επιπλέον, για τον έλεγχο της νοθείας του ελαιόλαδου έχουν προταθεί αναλυτικά πρωτόκολλα τα οποία χρησιμοποιούν τη μέθοδο της φασματοσκοπίας πολυπυρηνικής υψηλής ανάλυσης (high-resolution multinuclear) NMR για τα άτομα ^1H , ^{13}C και ^{31}P (*Dais & Hatzakis, 2013*).

Στον πίνακα που ακολουθεί αναγράφονται μελέτες που προαναφέρθηκαν και αφορούν τη νοθεία του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου με άλλα έλαια με τις κυριότερες αναλυτικές τεχνικές, GC, HPLC, NIR, FTIR, Raman, NMR, UV. Οι βάσεις δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν για την εύρεση των μελετών είναι η scopus, η scienceDirect και η google.scholar με λέξεις κλειδιά όπως: Extra Virgin Olive Oil, Food Fraud, Adulteration, Detection, Analytical Methods, Chromatography, Spectroscopy. Οι μελέτες που επιλέχθηκαν είναι μετά το 2000 για όσο το δυνατόν πιο πρόσφατα και έγκυρα αποτελέσματα.

Πίνακας 5.1.: Σύνοψη μελετών που αφορούν τη νοθεία του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου.

Βιβλιογραφία	Τίτλος άρθρου ή δημοσίευσης	Αναλυτική μέθοδος	Μέγεθος δείγματος	Νοθεύματα	Ευρήματα
Jabeur et al., 2016	Extra-Virgin Olive Oil and Cheap Vegetable Oils: Distinction and Detection of Adulteration as Determined by GC and Chemometrics	GC	10 μL	πυρηνέλαιο, σογιέλαιο, ηλιέλαιο, αραβοσιτέλαιο και φοινικέλαιο.	Ανίχνευση της νοθείας με πυρηνέλαιο, σογιέλαιο, ηλιέλαιο, αραβοσιτέλαιο και φοινικέλαιο, όταν η συνολική τους ποσότητα στο δείγμα ήταν μεγαλύτερη ή ίση από 10, 3, 3, 2 και 10% αντίστοιχα
		GC	10 μL	ελαιόλαδο, πυρηνέλαιο, φοινικέλαιο, σογιέλαιο, ηλιέλαιο και αραβοσιτέλαιο	Ανίχνευση της νοθείας του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου με 2% κοινό ελαιόλαδο, 0.4% πυρηνέλαιο, 1% φοινικέλαιο, 0.2% σογιέλαιο, 0.5% ηλιέλαιο και 0.1% αραβοσιτέλαιο
Yang et al., 2013	Detection and Identification of Extra Virgin Olive Oil Adulteration by GC-MS Combined with Chemometrics	GC	1 μL	έλαιο ελαιοκράμβης	Υψηλότερα από τα αναμενόμενα ποσοστά εικοσανοϊκού, δοκοσανοϊκού και τετρακοσανοϊκού οξέος συνιστούσαν ένδειξη νοθείας του ελαιόλαδου με έλαιο φιστικιού, ενώ υψηλότερα επίπεδα λινολενικού, 11-εικοσενοϊκού, ερουκικού και

					νευρονικού οξέος υποδείκνυαν νοθεία με έλαιο ελαιοκράμβης.
Srigley et al., 2016	Authenticity Assessment of Extra Virgin Olive Oil: Evaluation of Desmethylsterols and Triterpene Dialcohols	GC	1 μ L	έλαιο ελαιοκράμβης, έλαιο φιστικιού, αραβοσιτέλαιο, ηλιέλαιο, σογιέλαιο, έλαιο φουντουκιού και φοινικέλαιο	Ανίχνευση της νοθείας με έλαιο ελαιοκράμβης, έλαιο φιστικιού, αραβοσιτέλαιο, ηλιέλαιο, σογιέλαιο και φοινικέλαιο όταν αυτά βρίσκονται σε ποσοστό μεγαλύτερο ή ίσο του 10%. Αδυναμία ανίχνευσης της νοθείας με έλαιο φουντουκιού
Cercaci et al., 2003	Solid-phase extraction–thin-layer chromatography–gas chromatography method for the detection of hazelnut oil in olive oils by determination of esterified sterols	GC	-	έλαιο φουντουκιού	Ανίχνευση της νοθείας με έλαιο φουντουκιού όταν αυτό βρίσκεται σε ποσοστό μεγαλύτερο του 10% στο τελικό μίγμα
Al-Ismaïl et al., 2010	Detection of olive oil adulteration with some plant oils by GLC analysis of sterols using polar column	GC	-	αραβοσιτέλαιο, σογιέλαιο, ηλιέλαιο και βαμβακέλαιο	Ανίχνευση νοθείας με αραβοσιτέλαιο, σογιέλαιο, ηλιέλαιο και βαμβακέλαιο, όταν βρίσκονται σε ποσοστό άνω του 5%
Jabeur et al., 2014	Detection of Chemlali Extra-Virgin Olive Oil Adulteration Mixed with Soybean Oil, Corn Oil, and Sunflower Oil by Using GC and HPLC	GC	1 μ L	αραβοσιτέλαιο	Ανίχνευση της νοθείας με αραβοσιτέλαιο όταν αυτό βρίσκεται σε ποσοστό 1%
		HPLC	-	Σογιέλαιο, αραβοσιτέλαιο και ηλιέλαιο	Ανίχνευση της νοθείας του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου με σογιέλαιο σε ποσοστό άνω του 5%, αραβοσιτέλαιο 2% και ηλιέλαιο 4%
Zabaras & Gordon, 2004	Detection of pressed hazelnut oil in virgin olive oil by analysis of polar components: improvement and validation of the method	HPLC	1 ml	έλαιο φουντουκιού	Ανίχνευση της νοθείας του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου με έλαιο φουντουκιού όταν αυτό βρίσκεται σε ποσοστό άνω του 5%
Bakre et al., 2015	Rapid determination of alpha tocopherol in olive oil adulterated with sunflower oil by reversed phase high-performance liquid chromatography	HPLC	-	Ηλιέλαιο	Ανίχνευση της νοθείας του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου με ηλιέλαιο όταν αυτό βρίσκεται σε ποσοστό άνω του 5%

Christopoulou et al., 2004	Effectiveness of determinations of fatty acids and triglycerides for the detection of adulteration of olive oils with vegetable oils	HPLC	-	σογιέλαιο, έλαιο καρυδιού, έλαιο ελαιοκράμβης, πυρηνέλαιο, έλαιο φιστικιού και σιναπέλαιο	Ανίχνευση της νοθείας του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου όταν η συγκέντρωσή τους στο μίγμα ήταν πάνω από 5%
Carranco et al., 2018	Authentication and Quantitation of Fraud in Extra Virgin Olive Oils Based on HPLC-UV Fingerprinting and Multivariate Calibration	HPLC-UV	10 μL	Διάφορα έλαια	Ανίχνευση της νοθείας όταν στο συνολικό κλάσμα του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου είχε προστεθεί διαφορετικό έλαιο σε ποσοστό άνω του 2.5 %
Calvano et al., 2010	Detection of hazelnut oil in extra-virgin olive oil by analysis of polar components by micro-solid phase extraction based on hydrophilic liquid chromatography and MALDI-ToF mass spectrometry	Χρωματογραφία υδρόφιλης αλληλεπίδρασης (HILIC)	1 ml	έλαιο φουντουκιού	Ανίχνευση της νοθείας του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου με έλαιο φουντουκιού όταν αυτό βρίσκεται σε ποσοστό μεγαλύτερο ή ίσο του 5%
Torrecilla et al., 2010	Self-organizing maps and learning vector quantization networks as tools to identify vegetable oils and detect adulterations of extra virgin olive oil	φασματοσκοπία υπεριώδους-ορατού (UV-Vis)	-	αραβοσιτέλαιο, σογιέλαιο, ηλιέλαιο και ελαίου φουντουκιού	Ανιχνεύσει της νοθείας με αραβοσιτέλαιο, σογιέλαιο, ηλιέλαιο και ελαίου φουντουκιού όταν αυτά βρίσκεται σε ποσοστό άνω του 10, 5, 5, και 10%, αντίστοιχα
Vanstone et al., 2018	Detection of the adulteration of extra virgin olive oil by near-infrared spectroscopy and chemometric techniques	φασματοσκοπία εγγύς υπέρυθρου (NIR)	-	αραβοσιτελαίου, του ηλιέλαιου, του σογιέλαιου και του κραμβέλαιου	Ανίχνευσης της νοθείας όταν το συνολικό ποσοστό του αραβοσιτελαίου, του ηλιέλαιου, του σογιέλαιου και του κραμβέλαιου υπερέβαινε στο τελικό μίγμα το 20, 20, 15 και 10%, αντίστοιχα
Mendes et al., 2015	Quantification of Extra-virgin Olive Oil Adulteration with Soybean Oil: a Comparative Study of NIR, MIR, and Raman Spectroscopy Associated with Chemometric Approaches	Raman	-	Σογιέλαιο	Ανίχνευση νοθείας του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου με ποσοστό σφάλματος μόλις 1.57 %.

Philippidis et al., 2016	Comparative Study using Raman and Visible Spectroscopy of Cretan Extra Virgin Olive Oil Adulteration with Sunflower Oil	Raman	-	Ηλιέλαιο	Ανίχνευση της νοθείας του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου όταν αυτό βρίσκεται σε ποσοστό άνω του 3.5%
		Φασματοσκοπία ορατού (UV)	-	Ηλιέλαιο	Ανίχνευση της νοθείας του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου όταν αυτό βρίσκεται σε ποσοστό άνω του 5.5%
García-González et al., 2004	Using ¹ H and ¹³ C NMR techniques and artificial neural networks to detect the adulteration of olive oil with hazelnut oil	NMR	50-100 mL	έλαιο φουντουκιού	Ανίχνευση της νοθείας του ελαιόλαδου όταν αυτό βρίσκεται σε ποσοστό άνω του 8%
Fragaki et al., 2005	Detection of Extra Virgin Olive Oil Adulteration with Lampante Olive Oil and Refined Olive Oil Using Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy and Multivariate Statistical Analysis	NMR	100-150 mg	έλαιο λαμπάντε	Ανίχνευση της νοθείας του ελαιόλαδου όταν αυτό βρίσκεται σε ποσοστό άνω του 5%
Jiang et al., 2018	Comparison of ¹⁹ F and ¹ H NMR spectroscopy with conventional methods for the detection of extra virgin olive oil adulteration	NMR	0.5 mL	Σογιέλαιο	Ανίχνευση της νοθείας του ελαιόλαδου όταν αυτό βρίσκεται σε ποσοστό άνω του 4.5%
Torrecilla et al., 2010	Self-organizing maps and learning vector quantization networks as tools to identify vegetable oils and detect adulterations of extra virgin olive oil	NMR	-	αραβοσιτέλαιο, σογιέλαιο, ηλιέλαιο και έλαιο φουντουκιού	Ανίχνευση της νοθείας του ελαιόλαδου με αραβοσιτέλαιο, σογιέλαιο, ηλιέλαιο και έλαιο φουντουκιού όταν αυτά βρίσκονταν σε ποσοστό άνω του 10, 5, 5 και 10 %, αντίστοιχα
Groselj et al., 2008	The use of FT-MIR spectroscopy and counter-propagation artificial neural networks for tracing the adulteration of olive oil	FT-MIR	-	έλαιο φουντουκιού	Ανίχνευση της νοθείας έξτρα παρθένου ελαιόλαδου σε ποσοστό κάτω του 10%
Lerma-Garcia et al., 2010	Authentication of extra virgin olive oils by	FTIR	2 μL	ηλιέλαιο, αραβοσιτέλαιο, σο-	Ανίχνευση της νοθείας όταν αυτά βρίσκονταν σε ποσοστό άνω του 5%

	Fourier transform infrared spectroscopy			γιέλαιο και έλαιο φουντουκιού	
Vlachos et al., 2006	Applications of Fourier transform-infrared spectroscopy to edible oils	FTIR	2 μL	Αραβοσιτέλαιο, σησαμέλαιο, σογιέλαιο και ηλιέλαιο	Ανίχνευση της νοθείας με αραβοσιτέλαιο και σησαμέλαιο όταν αυτά βρίσκονταν σε ποσοστό άνω του 9%, ενώ με σογιέλαιο και ηλιέλαιο σε ποσοστό άνω του 6%
Gurdeniz & Ozen, 2009	Detection of adulteration of extra-virgin olive oil by chemometric analysis of mid-infrared spectral data	FTIR	-	μείγμα αραβοσιτέλαιο-ηλιέλαιο, βαμβακέλαιο και κραμβέλαιο	Ανίχνευση της νοθείας όταν αυτά βρίσκονταν σε ποσοστό άνω του 5%
Kasemsumran et al., 2005	Partial least squares processing of near-infrared spectra for discrimination and quantification of adulterated olive oils	NIR	-	αραβοσιτέλαιο, έλαιο φουντουκιού, σογιέλαιο και ηλιέλαιο	Ανίχνευση της νοθείας με αραβοσιτέλαιο, έλαιο φουντουκιού, σογιέλαιο και ηλιέλαιο όταν αυτά βρίσκονταν σε ποσοστό άνω του 2.39, 2.08, 1.87 και 2.77%, αντίστοιχα
Zarezadehet al., 2020	Fraud detection and quality assessment of olive oil using ultrasound	Υπέρηχοι	-	Κοινό έλαιο τηγανίσματος	Ανίχνευση της νοθείας του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου με μεγάλη ακρίβεια, όταν το νόθευμα βρισκόταν σε ποσοστό άνω του 5%.

Στον Πίνακα 5.1. παρουσιάζονται συνοπτικά οι ερευνητικές εργασίες που μελετήθηκαν προκειμένου να εξαχθούν συμπεράσματα σχετικά με τις δυνατότητες των συγκεκριμένων αναλυτικών μεθόδων, όσον αφορά στην ανίχνευση της νοθείας του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου με ελαιόλαδα χαμηλότερων ποιοτικά κατηγοριών ή εδώδιμων φυτικών ελαίων μικρότερης εμπορικής και διαθρεπτικής αξίας.

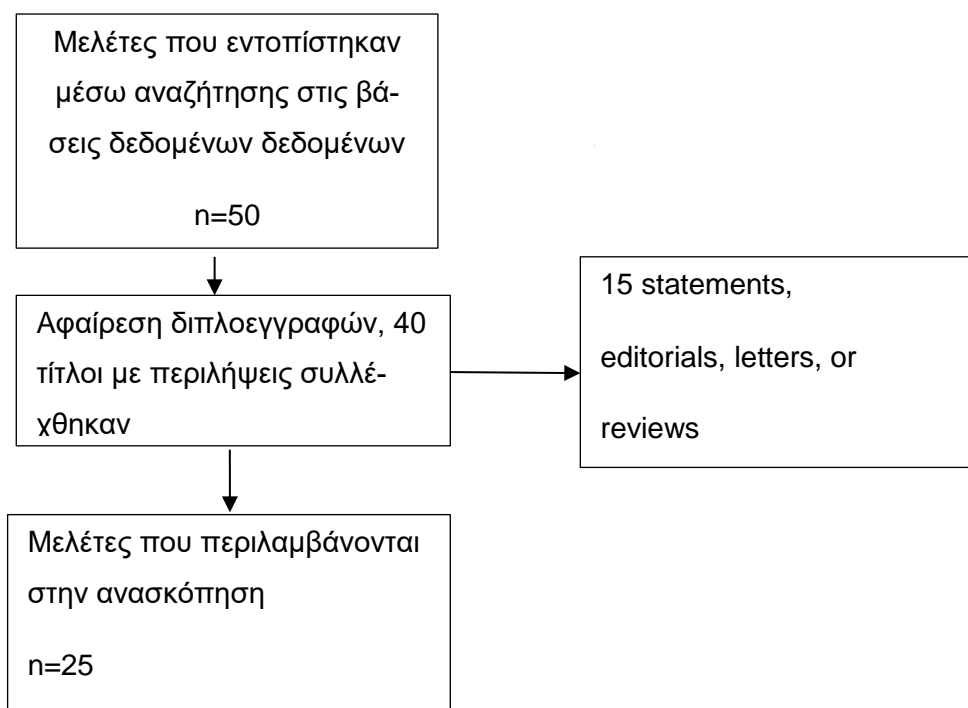
Οι μέθοδοι ανάλυσης δύναται να κατηγοριοποιηθούν σε χρωματογραφικές και φασματοσκοπικές. Ειδικότερα, στις χρωματογραφικές τεχνικές ανάλογα με το είδος της κινητής φάσης που έχει επιλεγεί για την εκάστοτε ανάλυση διακρίνονται η αέρια (GC) και η υγρή (HPLC) χρωματογραφία. Αντίστοιχα, στις φασματοφωτομετρικές αναλυτικές μεθόδους συγκαταλέγονται η φασματοσκοπία Raman, η φασματοσκοπία υπέρυθρου με μετασχηματισμό Fourier (FTIR) και η φασματοσκοπία πυρηνικού μαγνητικού συντονισμού (NMR).

Μέσω της ανάπτυξης και εφαρμογής μιας αναλυτικής μεθόδου επιδιώκεται η παραλαβή άμεσων και αξιόπιστων αποτελεσμάτων, χωρίς να απαιτούνται πολλοί οικονομικοί πόροι, ενώ συγχρόνως είναι επιθυμητό η μέθοδος να

εφαρμόζεται από το ερευνητικό προσωπικό με τον μικρότερο δυνατό κόπο. Παράλληλα, είναι σημαντικό να μην απαιτούνται επίπονες διεργασίες προετοιμασίας των προς εξέταση δειγμάτων και το σύνολο των διαδικασιών ανάλυσης να πραγματοποιείται στον ελάχιστο δυνατό χρόνο.

Όπως προκύπτει από τις μελέτες, οι χρωματογραφικές τεχνικές ανάλυσης παρουσιάζουν χαμηλότερα όρια ανίχνευσης της νοθείας συγκριτικά με τις φασματοσκοπικές μεθόδους παρέχοντας συγχρόνως αξιόπιστα αποτελέσματα. Ταυτόχρονα, όταν διενεργούνται παράλληλα με άλλες χημειομετρικές ή αναλυτικές μεθόδους (π.χ. GC/MS, HPLC-UV) παρέχουν υψηλής ακρίβειας πληροφορίες. Ωστόσο, η οργανολογία των χρωματογραφικών αναλυτικών μεθόδων είναι πολυπλοκότερη από την αντίστοιχη οργανολογία των φασματοσκοπικών τεχνικών και απαιτεί άρτια εκπαιδευμένο και καταρτισμένο ερευνητικό προσωπικό για την διεξαγωγή τους. Ακόμη, μέσω των φασματοφωτομετρικών αναλυτικών μεθόδων μειώνεται σημαντικά ο χρόνος που απαιτείται για τη εξαγωγή των συμπερασμάτων, αφού πρόκειται για τεχνικές στην πλειοψηφία των οποίων δεν εφαρμόζεται ή απαιτείται η ελάχιστη δυνατή κατεργασία του δείγματος.

5.3. Μέθοδος πρίσμα – Διάγραμμα ροής



3.4. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΜΕΛΕΤΩΝ

Καμία από τις μελέτες δεν χρησιμοποιεί διάστημα εμπιστοσύνης (95%) όπως συστήνεται από το GRADE, και προχωρούν σε σημειακές εκτιμήσεις. Το γεγονός αυτό δεν αποτελεί μειονέκτημα για τις 4 από τις 25 μελέτες (Yang et al., 2013, Carranco et al., 2018, Mendes et al., 2015, Kasemsumran et al., 2005) που περιλαμβάνουμε στη συστηματική ανασκόπηση. Στη συγκεκριμένη περίπτωση αποτελεί ορθή στατιστική πρακτική καθώς οι κατανομές δειγματοληψίας των ποσοστών νοθείας σε κάθε περίπτωση προσεγγίζονται από την κατανομή Poisson. Έτσι οι μελέτες δίνουν απλά τη σημειακή εκτίμηση του ποσοστού συνοδευόμενη από την τυπική απόκλιση. Στις υπόλοιπες ωστόσο μελέτες όπου τουλάχιστον μερικά από τα ποσοστά νοθείας φαίνεται να προσεγγίζονται από την διωνυμική κατανομή θα μπορούσαν να κατασκευαστούν 95% exact confidence intervals. Για τους λόγους αυτούς δεν στάθηκε δυνατή η κατασκευή Forest plot. Επιπλέον μέσω στατιστικών ελέγχων προέκυψε αστάθεια στα αποτελέσματα: Με τη χρήση του Cochran's Q ελέγχου ($\chi^2=40.5, df=24, p\text{-value}=0.03$) οδηγηθήκαμε σε απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης περί ομοιογένειας των μελετών σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας $\alpha=5\%$. Με βάση τα παραπάνω, η μελέτη μας επικεντρώθηκε στη συστηματική ανασκόπηση και στην ποιοτική αξιολόγηση των συγκεκριμένων μελετών με το σύστημα GRADE.

Συστηματική ανασκόπηση: Είναι ένα είδος δευτεροβάθμιας έρευνας η οποία περιλαμβάνει τη χρήση επεξηγηματικών αναπαραξίμων και συστηματικών μεθόδων για να συλλέξει, να ασκήσει κριτική και να συνδυάσει όλες τις εμπειρικές αποδείξεις προκειμένου να απαντήσει σε ένα ερευνητικό ερώτημα

Μετα ανάλυση: ένας ειδικός τύπος μοντελοποίησης

- **Ορισμός:** Συνδυασμός των αποτελεσμάτων πολλών μελετών με τρόπο που να είναι δυνατή η εξαγωγή συμπερασμάτων για την αποτελεσματικότητα μιας θεραπείας/παρέμβασης.
- Η μονάδα στατιστικής ανάλυσης εδώ δεν είναι το άτομο/ασθενής αλλά η μελέτη.

Μια μετα-ανάλυση περιλαμβάνει 4 στάδια:

- 1 - Ταυτοποίηση των μελετών καθώς και των δεδομένων που προέρχονται από αυτές τις μελέτες.
- 2- Εγκαθίδρυση κριτηρίων επιλεξιμότητας για το ποιες μελέτες θα περιληφθούν και ποιες θα αποκλεισθούν.
- 3 - Εξαγωγή δεδομένων.
- 4 - Στατιστική ανάλυση αυτών των δεδομένων. Σε περίπτωση που μια συστηματική ανασκόπηση περιλαμβάνει και στατιστικό μετασχηματισμό των αποτελεσμάτων ονομάζεται στατιστική ανάλυση.

Πίνακας 5.2.: Συγκριτικός πίνακας παρουσίασης των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων των βασικότερων αναλυτικών μεθόδων ανίχνευσης της νοθείας του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου με έλαια χαμηλότερης ποιότητας (Meenuetal., 2019).

Μέθοδοι ανίχνευσης νοθείας ελαιόλαδου	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
GC	<ul style="list-style-type: none"> • Κλασσική μέθοδος προσδιορισμού νοθείας ελαιόλαδου • Υψηλή ευαισθησία και αποτελεσματικότητα • Παροχή υψηλής ακρίβειας • Γρήγορος διαχωρισμός και ανάλυση του δείγματος • Απαιτείται μικρή ποσότητα δείγματος • Μερική προετοιμασία του δείγματος • Μη επεμβατική • Υψηλή αναπαραγωγιμότητα 	<ul style="list-style-type: none"> • Η υψηλή θερμοκρασία του θαλάμου μπορεί να υποβαθμίσει το υπό εξέταση δείγμα
HPLC	<ul style="list-style-type: none"> • Εύκολη μεθοδολογία • Παροχή έγκυρων και αναπαραγωγίμων αποτελεσμάτων • Ταχεία με υψηλή διακριτική ικανότητα 	<ul style="list-style-type: none"> • Δαπανηρή τεχνική • Χρονοβόρα εξαγωγή δείγματος • Δυσκολία ανάπτυξης νέων μεθόδων
RAMAN	<ul style="list-style-type: none"> • Μη επεμβατική μέθοδος • Δεν απαιτείται προετοιμασία του δείγματος • Κατάλληλη για μικρή ποσότητα δείγματος • Δυνατότητα ανάλυσης συσκευασμένων δειγμάτων • Ταχεία μέθοδος 	<ul style="list-style-type: none"> • Το λέιζερ υψηλής έντασης μπορεί να προκαλέσει θερμική υποβάθμιση του δείγματος • Ο φθορισμός του δείγματος μπορεί να επηρεάσει το φάσμα Raman
IR	<ul style="list-style-type: none"> • Δεν απαιτείται προετοιμασία του δείγματος • Μη καταστρεπτική και ταχεία μέθοδος • Υψηλή αναπαραγωγιμότητα 	<ul style="list-style-type: none"> • Χρονοβόρα ανάλυση των παραγόμενων δεδομένων και δημιουργία των μοντέλων βαθμονόμησης
NMR	<ul style="list-style-type: none"> • Σύντομος χρόνος ανάλυσης • Εύκολη προετοιμασία δείγματος • Μη καταστρεπτική μέθοδος 	<ul style="list-style-type: none"> • Υψηλό κόστος οργανολογίας και αναλώσιμων υλικών • Χαμηλός βαθμός ευαισθησίας

5.5. Ποιοτική αξιολόγηση μελετών – μέθοδος Grade

Για τη GRADE (Βαθμολόγηση Συστάσεων, Αξιολόγηση, Ανάπτυξη και Αποτίμηση) και στο πλαίσιο μιας συστηματικής επανεξέτασης, η «ποιότητα» αποτυπώνει την πεποίθησή μας ότι οι εκτιμήσεις περί του αποτελέσματος είναι ορθές. Κατά την αξιολόγηση του υποβληθέντος αρχείου, η ομάδα αξιολόγησης χρησιμοποιεί τον ίδιο ορισμό, αλλά στο πλαίσιο των στοιχείων (σύνολο μελετών) που συμπεριλαμβάνονται στο αρχείο που υπέβαλε ο Κάτοχος. Η ποιότητα των στοιχείων αξιολογείται για κάθε έκβαση (και όχι για κάθε μελέτη), αλλά η τελική αξιολόγηση αναφέρεται στο σύνολο των αξιολογούμενων μελετών. Η GRADE αξιολογεί την ποιότητα των στοιχείων σε 4 επίπεδα: υψηλή, μέτρια, χαμηλή και πολύ χαμηλή. Η εν λόγω αξιολόγηση δεν εφαρμόζεται σε μεμονωμένες μελέτες, αλλά σε ένα σύνολο στοιχείων (σύνολο μελετών) (Meader *et al.*, 2014).

1. Ως υψηλή ποιότητα νοείται η υψηλή βεβαιότητα για τα αποτελέσματα (Νόημα: Είμαστε πεπεισμένοι ότι το πραγματικό αποτέλεσμα βρίσκεται κοντά σε εκείνο του εκτιμώμενου αποτελέσματος)
2. Ως μέτρια ποιότητα νοείται η μέτρια βεβαιότητα για τα αποτελέσματα (Νόημα: Έχουμε μέτρια εμπιστοσύνη στο εκτιμώμενο αποτέλεσμα: Το πραγματικό αποτέλεσμα πιθανόν να βρίσκεται κοντά στο εκτιμώμενο αποτέλεσμα, αλλά είναι δυνατόν να διαφέρει σημαντικά).
3. Ως χαμηλή ποιότητα νοείται η χαμηλή βεβαιότητα για τα αποτελέσματα (Νόημα: Η εμπιστοσύνη που έχουμε στο εκτιμώμενο αποτέλεσμα είναι περιορισμένη: Το πραγματικό αποτέλεσμα μπορεί να διαφέρει σημαντικά από το εκτιμώμενο αποτέλεσμα).
4. Ως πολύ χαμηλή ποιότητα νοείται η πολύ χαμηλή βεβαιότητα για τα αποτελέσματα (Νόημα: Η εμπιστοσύνη που έχουμε στο εκτιμώμενο αποτέλεσμα είναι πάρα πολύ λίγη: Το πραγματικό αποτέλεσμα είναι πιθανό να διαφέρει σημαντικά από το εκτιμώμενο αποτέλεσμα).

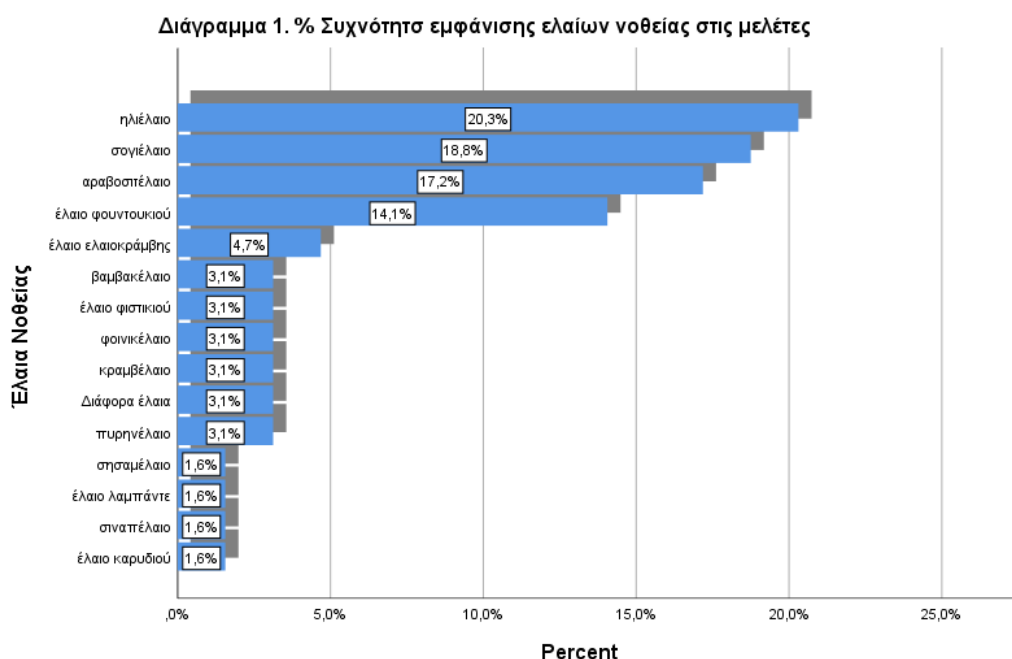
Προκειμένου να αξιολογηθεί εάν θα πρέπει να αξιολογηθεί δυσμενώς η ποιότητα των στοιχείων λόγω ανακρίβειας, η ομάδα αξιολόγησης πρέπει να χρησιμοποιήσει σωρευτικά τα εξής 2 κριτήρια:

- Το διάστημα εμπιστοσύνης 95% είναι επαρκώς στενό και αποκλείει το μηδενικό αποτέλεσμα.
- Ο αριθμός των συμμετεχόντων που συμπεριελήφθησαν στις αναλυόμενες μελέτες είναι ίσος με ή μεγαλύτερος από το «βέλτιστο πληροφοριακό μέγεθος (OIS)» (το OIS αποκτάται υπολογίζοντας τον αριθμό των ασθενών που χρειάζεται να συμπεριληφθούν σε μια μελέτη με επαρκή στατιστική ισχύ).

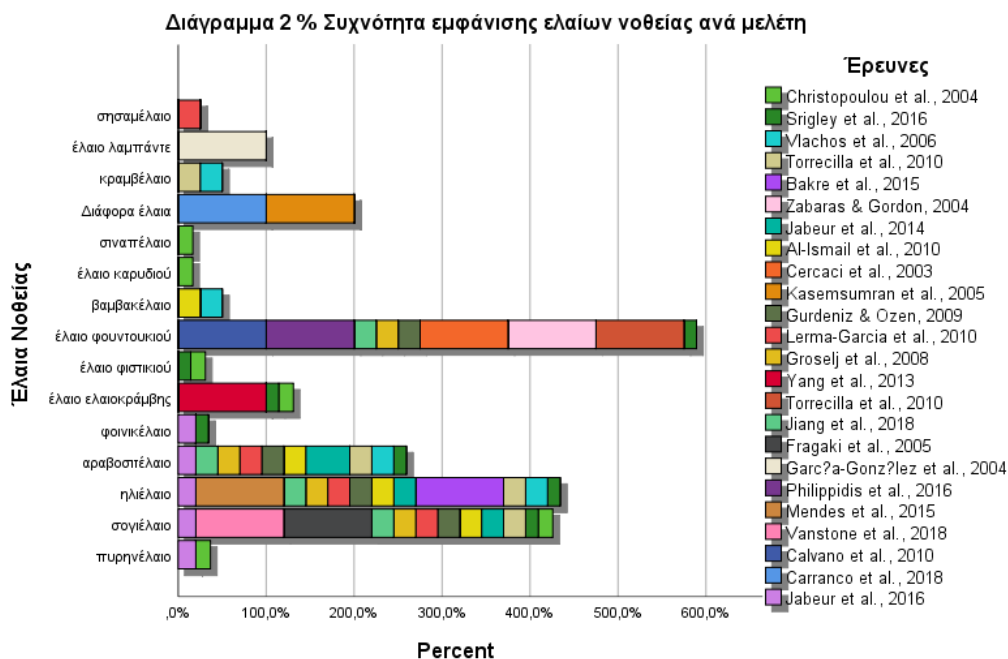
Το κύριο κριτήριο για την αξιολόγηση της ακρίβειας είναι το διάστημα εμπιστοσύνης 95% γύρω από την ισχύουσα διαφορά ανάμεσα στην ομάδα παρέμβασης και την ομάδα ελέγχου για κάθε έκβαση. Γενικώς, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη το διάστημα εμπιστοσύνης γύρω από το απόλυτο αποτέλεσμα και όχι το σχετικό αποτέλεσμα. Εννοιολογικά, το διάστημα εμπιστοσύνης 95% μπορεί να ερμηνευθεί ως το διάστημα εντός του οποίου, στο 95% των περιπτώσεων, βρίσκεται η πραγματική τιμή (Meader *et al.*, 2014).

6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στον παραπάνω Διάγραμμα διακρίνεται η συνολική συχνότητα εμφάνισης των ελαίων νοθείας για όλες τις έρευνες που μελετήθηκαν. Όπως γίνεται αντιληπτό την μεγαλύτερη ποσοστιαία εμφάνιση έχουν τα έλαια (ηλιέλαιο 20,31%, σογιέλαιο 18,75%, αραβοσιτέλαιο 17,19% και έλαιο φουντουκιού ποσοστό 16,06%). Για τα υπόλοιπα έλαια η συχνότητα εμφάνισής τους στις έρευνες ήταν πολύ μικρή και περιορισμένη.



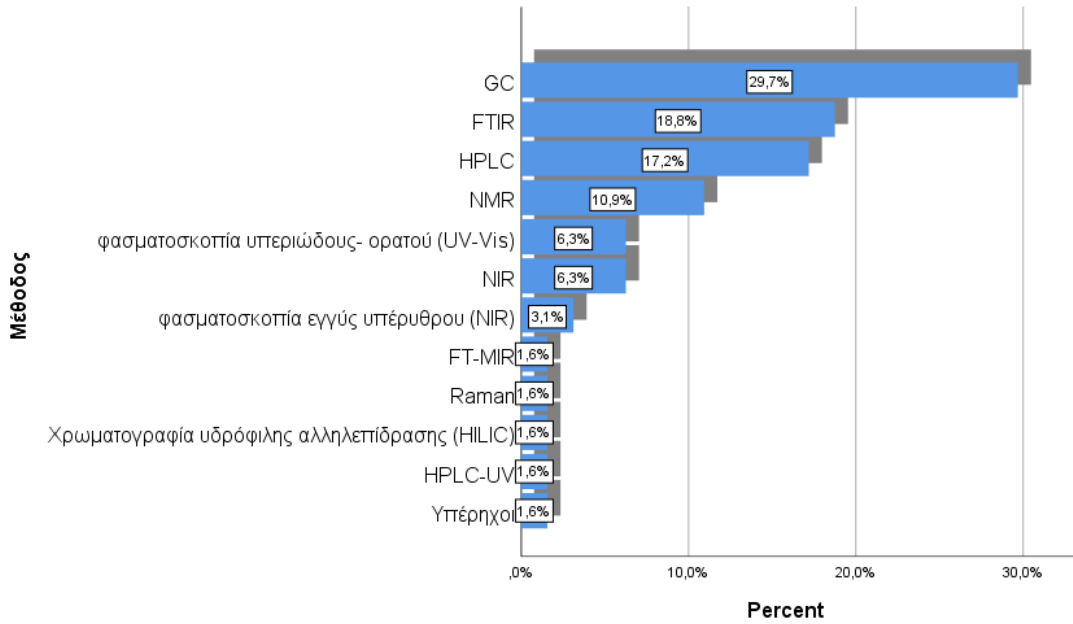
Εξάλλου, στο επόμενο διάγραμμα φαίνεται η συχνότητα εμφάνισης ελαίων νοθείας ανά έρευνα.



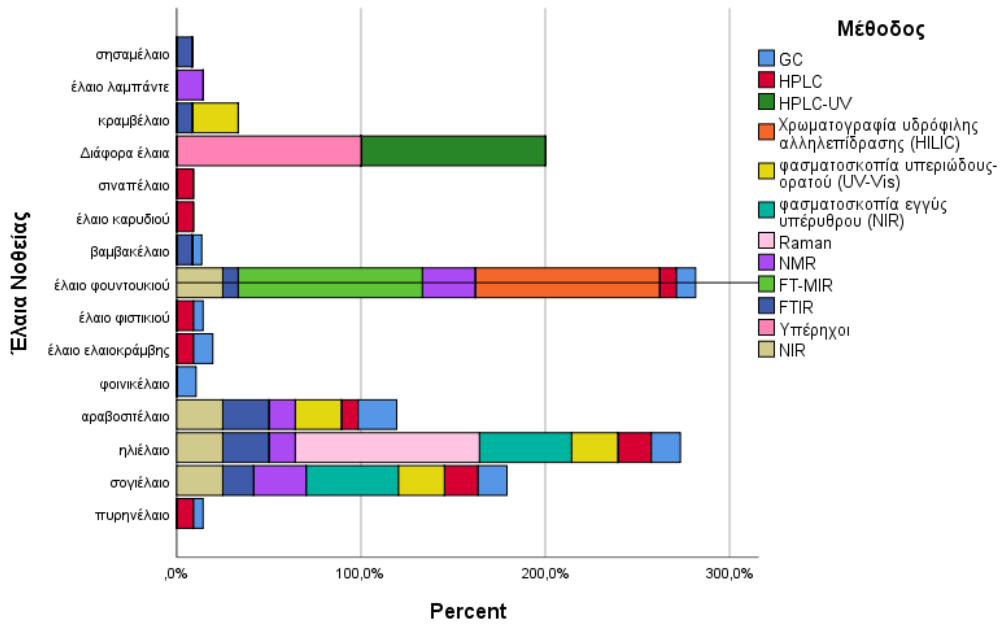
Η προηγούμενη ένδειξη επιβεβαιώνεται από το διάγραμμα 2 καθώς όπως διακρίνεται το Ηλιέλαιο, το Σογιέλαιο, το Αραβοσιτέλαιο και το Έλαιο Φουντουκιού εμφανίζονται στην πλειονότητα των ερευνών. Ποιο συγκεκριμένα το Ηλιέλαιο χρησιμοποιήθηκε σαν έλαιο νοθείας σε 13 από τις 25 έρευνες ποσοστό 52% , το Σογιέλαιο σε 12 από τις 25 ποσοστό 48% το Αραβοσιτέλαιο σε 11 από τις 25 ποσοστό 44% και το Έλαιο Φουντουκιού σε 9 από τις 25 ποσοστό 36%. Δηλαδή το 52% των ερευνών που μελετήθηκαν χρησιμοποίησε Ηλιέλαιο ως έλαιο Νοθείας. Βέβαια είναι αναγκαίο να επισημανθεί ότι πολλές έρευνες χρησιμοποίησαν παραπάνω από ένα έλαια νοθείας.

Στον παραπάνω διάγραμμα 3 διακρίνουμε τις μεθόδους που ακολουθήθηκαν από το σύνολο των εικοσιπέντε ερευνών. Η μέθοδος GC φαίνεται ότι είναι η πιο διαδεδομένη καθώς το 29,69% των ερευνών χρησιμοποίησαν την μέθοδο αυτή και ακολουθεί ως η επόμενη πιο διαδεδομένη η μέθοδος FTIR σε ποσοστό 18,75% και η Τρίτη πιο διαδεδομένη είναι η HPLC σε ποσοστό 17,19%.

Διάγραμμα 3 % Συμμετοχή μεθόδων που χρησιμοποιήθηκαν



Διάγραμμα 4. % Συχνότητα των μεθόδων ανίχνευσης που χρησιμοποιήθηκαν ανά έλαιο νοθείας



Στο διάγραμμα 4 επιβεβαιώνεται η ένδειξη ότι τα πιο συχνά έλαια νοθείας ανιχνεύτηκαν με τις πιο διαδεδομένες μεθόδους. Πιο συγκεκριμένα οι πλειοψηφία της ανίχνευσης του Αραβοσιτέλαιου έγινε με την μέθοδο ανίχνευσης GC και FTIR δηλαδή τις δύο πιο συχνές μεθόδους. Επίσης το ίδιο ισχύει και για το Ηλιέλαιο αλλά και το Σογιέλαιο.

Πίνακας : Περίληψη εκτίμησης ποιότητας ποσοτικών μελετών

A/A	Μελέτη	Υπάρχουν σαφείς ερευνητικές ερωτήσεις ή στόχοι;	Ο ερευνητικός σχεδιασμός ήταν κατάλληλος για την επίτευξη των στόχων της έρευνας;	Είναι η στρατηγική δειγματοληψίας σχετική για την αντιμετώπιση του ποσοτικού ερευνητικού ζητήματος;	Είναι σαφής η στρατηγική συλλογής	Αναφέρεται το ποσοστό απόκρισης;	Είναι σαφές πώς συλλέχθηκαν τα δεδομένα	Ήταν η ανάλυση κατάλληλη για τους σκοπούς και τις μεθόδους;	Έχει δοθεί η κατάλληλη μέριμνα για τον τρόπο με τον οποίο τα ευρήματα σχετίζονται με το πλαίσιο, π.χ. τόπος που συλλέχθηκαν τα δεδομένα;
1	Jabeur et al., 2016	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ασαφές	Ναι	Ναι	Ασαφές
2	Yang et al., 2013	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ασαφές	Ναι	Ναι	Ναι
3	Srigley et al., 2016	Ναι	Ναι	Όχι	Ασαφές	Ασαφές	Ναι	Ναι	Ασαφές
4	Cercaci et al., 2003	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ασαφές	Ναι	Ναι	Ναι
5	Al-Ismael et al., 2010	Ναι	Ναι	Όχι	Ασαφές	Ασαφές	Ναι	Ναι	Ασαφές
6	Jabeur et al., 2014	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ασαφές	Ναι	Ναι	Ασαφές
7	Zabaras & Gordon, 2004	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ασαφές	Ναι	Ναι	Ασαφές
8	Bakre et al., 2015	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ασαφές	Ναι	Ναι	Ασαφές
9	Christopoulou et al., 2004	Ναι	Ναι	Όχι	Ασαφές	Ασαφές	Ναι	Ναι	Ασαφές
10	Carranco et al., 2018	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ασαφές	Ναι	Ναι	Ασαφές
11	Calvano et al., 2010	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ασαφές	Ναι	Ναι	Ασαφές
12	Torrecilla et al., 2010	Ναι	Ναι	Όχι	Ασαφές	Ασαφές	Ναι	Ναι	Ασαφές
13	Vanstone et al., 2018	Ναι	Ναι	Όχι	Ασαφές	Ασαφές	Ναι	Ναι	Ασαφές
14	Mendes et al., 2015	Ναι	Ναι	Όχι	Ασαφές	Ασαφές	Ναι	Ναι	Ναι
15	Philippidis et al., 2016	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ασαφές	Ναι	Ναι	Ασαφές
16	García-González et al., 2004	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ασαφές	Ναι	Ναι	Ασαφές
17	Fragaki et al., 2005	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ασαφές	Ναι	Ναι	Ασαφές
18	Jiang et al., 2018	Ναι	Ναι	Όχι	Ασαφές	Ασαφές	Ναι	Ναι	Ασαφές
19	Torrecilla et al., 2010	Ναι	Ναι	Όχι	Ασαφές	Ασαφές	Ναι	Ναι	Ασαφές
20	Groselj et al., 2008	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ασαφές	Ναι	Ναι	Ασαφές
21	Lerma-Garcia et al., 2010	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ασαφές	Ναι	Ναι	Ασαφές
22	Vlachos et al., 2006	Ναι	Ναι	Όχι	Ασαφές	Ασαφές	Ναι	Ναι	Ασαφές
23	Gurdeniz & Ozen, 2009	Ναι	Ναι	Όχι	Ασαφές	Ασαφές	Ναι	Ναι	Ασαφές
24	Kasemsumran et al., 2005	Ναι	Ναι	Όχι	Ασαφές	Ασαφές	Ναι	Ναι	Ναι
25	Zarezadeh et al., 2020	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ασαφές	Ναι	Ναι	Ασαφές

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Μεταξύ των εδώδιμων φυτικών ελαίων, το ελαιόλαδο αποτελεί τη λιπαρή ύλη με την υψηλότερη δημοτικότητα και εμπορική αξία. Η υψηλή διαθρεπτική του αξία, τα εξαιρετα οργανοληπτικά του χαρακτηριστικά και οι ιδιαίτερες τεχνολογικές του ιδιότητες, καθιστούν το ελαιόλαδο τη σπουδαιότερη φυτική, λιπαρή ύλη (Meeuuetal., 2019). Με γνώμονα αυτούς τους παράγοντες, τα ελαιόλαδα κατατάσσονται βάση αυστηρών προδιαγραφών σε ποιοτικές κατηγορίες με τα παρθένα και εξαιρετικά παρθένα ελαιόλαδα να συνιστούν την κορωνίδα των εδώδιμων φυτικών ελαίων (IOC, 2019).

Ο κλάδος των φυτικών ελαίων αποτελεί έναν επικερδή και ταχύτατα αναπτυσσόμενο τομέα της βιομηχανίας των τροφίμων ο οποίος όμως βάλλεται από όλο και περισσότερα σκάνδαλα νοθείας. Την τελευταία δεκαετία οι περιπτώσεις νοθείας και προσπάθειας εξαπάτησης του καταναλωτικού κοινού που έχουν εντοπιστεί υποδεικνύουν πως σχεδόν το 25% του συνόλου περιπτώσεων νοθείας αφορά στα φυτικά έλαια (deLangeetal., 2013). Δεσπόζουσα θέση σε αυτό το αρνητικό φαινόμενο κατέχει το εξαιρετικά παρθένο ελαιόλαδο το οποίο για οικονομικούς κυρίως λόγους νοθεύεται με ελαιόλαδα χαμηλότερης ποιότητας ή με άλλα εδώδιμα φυτικά έλαια τα οποία δεν παρουσιάζουν τα ιδιαίτερα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του (Garcia-Gonzalezetal., 2018).

Στην προσπάθεια ανίχνευσης της νοθείας των τροφίμων και των ελαίων ειδικότερα έχουν αναπτυχθεί αναλυτικές μέθοδοι οι οποίες βελτιστοποιούνται συνεχώς προκειμένου να παρέχουν άμεσα και αξιόπιστα αποτελέσματα (Cavannaetal., 2020). Οι χρωματογραφικές και οι φασματοσκοπικές τεχνικές αποτελούν τις πλέον διαδεδομένες αναλυτικές μεθόδους ανίχνευσης της νοθείας των εδώδιμων ελαίων.

Οι σπουδαιότερες χρωματογραφικές τεχνικές που χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση της νοθείας του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου είναι η αέρια χρωματογραφία (GC) και η υγρή χρωματογραφία υψηλής απόδοσης (HPLC). Ανάλογα με τις ουσίες-δείκτες, οι συγκεκριμένες αναλυτικές μέθοδοι μπορεί να διενεργηθούν παράλληλα με άλλες χημειομετρικές ή φασματοσκοπικές τεχνικές όπως είναι η αέρια χρωματογραφία – φασματομετρία μάζας (GC-MS) και η χρωματογραφία υδρόφιλης αλληλεπίδρασης (HILIC). Οι διαφοροποιήσεις στις κλασσικές χρωματογραφικές τεχνικές συμβάλλουν στην μελέτη περισσότερων

ουσιών-δεικτών εξασφαλίζοντας χαμηλότερα όρια ανίχνευσης (LOD). Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η χρήση της HILIC στην προσπάθεια ανίχνευσης της νοθείας εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου με φουντουκέλαιο, μέθοδος η οποία δύναται να εντοπίσει την νοθεία όταν το ποσοστό του φουντουκέλαιου είναι $\geq 5\%$ (Calvanoetal., 2010), εν αντιθέσει με την αέρια (Srigleyetal., 2016) και την υγρή χρωματογραφία υψηλής απόδοσης (Christopoulouetal., 2004), των οποίων η δυνατότητα ανίχνευσης της νοθείας του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου με φουντουκέλαιο είναι εφικτή εφόσον τον ποσοστό του τελευταίου υπερβαίνει το 10% στο μίγμα.

Το εξαιρετικά παρθένο ελαιόλαδο παρουσιάζει ιδιαίτερα περίπλοκη χημική σύσταση η οποία όμως όσον αφορά στο προφίλ των λιπαρών οξέων εμφανίζει αρκετές ομοιότητες με έλαια που παράγονται από ξηρούς καρπούς, όπως το φουντουκέλαιο και το αμυγδαλέλαιο. Οι ομοιότητες αυτές καθιστούν δυσδιάκριτη τη νοθεία του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου από τα έλαια αυτά συγκριτικά με άλλα εδώδιμα φυτικά έλαια όπως το ηλιέλαιο και το αραβοσιτέλαιο, κατά την ανάλυση των οποίων οι χρωματογραφικές μέθοδοι παρουσιάζουν ιδιαιτέρως χαμηλά όρια ανίχνευσης των ουσιών-δεικτών και κατ' επέκταση της νοθείας (Jabeuretal., 2014).

Τις τελευταίες δεκαετίες οι φασματοσκοπικές τεχνικές χρησιμοποιούνται ευρέως στις αναλύσεις των τροφίμων για τον προσδιορισμό της ποιότητας ή της οξειδωτικής σταθερότητας καθώς επίσης και στην ταυτοποίηση τους, λόγω της υψηλής ευαισθησίας και των άμεσων αποτελεσμάτων που παρέχουν συγχρόνως με τη δυνατότητα διεξαγωγής της ανάλυσης απευθείας στο δείγμα χωρίς να απαιτείται προηγούμενη κατεργασία του (Afsah-Heirietal., 2019; McGrathetal., 2018; Valandetal., 2020). Επιπρόσθετα, συγκριτικά με τις καθιερωμένες χρωματογραφικές μεθόδους ανάλυσης, οι φασματοφωτομετρικές τεχνικές είναι συνήθως λιγότερο χρονοβόρες και κοστοβόρες. Για τους λόγους αυτούς, οι φασματοσκοπικές τεχνικές βελτιστοποιούνται προκειμένου να διενεργούνται ανεξάρτητα ή παράλληλα με άλλες αναλυτικές μεθόδους για τον έλεγχο της ποιότητας και τον εντοπισμό της νοθείας στα τρόφιμα (Lohumietal., 2015; Sorensenetal., 2016).

Όσον αφορά στα αποτελέσματα των ερευνών που αναλύθηκαν σε αυτή την μελέτη οι φασματοσκοπικές τεχνικές παρουσίασαν σε ορισμένες περιπτώ-

σεις ακόμη και τέσσερις φορές (Vanstoneetal., 2018) υψηλότερα όρια ανίχνευσης (LOD) συγκριτικά με τις χρωματογραφικές τεχνικές για την ανίχνευση της νοθείας του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου με άλλα εδώδιμα φυτικά έλαια. Όπως και στις χρωματογραφικές μεθόδους ανάλυσης ήταν δυσδιάκριτη η νοθεία του ελαιόλαδου με έλαια ξηρών καρπών (π.χ. φουντουκέλαιο) λόγω της παρόμοιας εικόνας που παρουσιάζουν ως προς τα ελεύθερα λιπαρά οξέα τους.

Παρόλο που οι χρωματογραφικές τεχνικές εμφανίζουν χαμηλότερα όρια ανίχνευσης της νοθείας των τροφίμων, η πολύπλοκη οργανολογία τους, το υψηλό κόστος των αναλύσεων τους και η χρονοβόρα κατεργασία των δειγμάτων που απαιτείται, καθιστούν επιτακτική την ανάγκη για τη βελτιστοποίηση των φασματοσκοπικών τεχνικών προκειμένου να προστεθεί ένα ακόμη «εργαλείο» στην προσπάθεια εξάλειψης φαινομένων εξαπάτησης στα τρόφιμα.

Βιβλιογραφία

Abbas, O. & Baeten, V., 2016. *Advances in the Identification of Adulterated Vegetable Oils*, *Advances in Food Authenticity Testing*, pp. 519–542.

Aiello A., Guccione G.D., Accardi G., Caruso C., 2015. What olive oil for healthy ageing? *Maturitas* 80:117–118.

Al-Ismael, K. M., Alsaed, A. K., Ahmad, R. & Al-Dabbas, M., 2010. *Detection of olive oil adulteration with some plant oils by GLC analysis of sterols using polar column*, *Food Chemistry*, 121(4), pp. 1255–1259.

Ammor M.S., Argyri A., Nychas G.-J.E., 2009. Rapid monitoring of the spoilage of minced beef stored under conventionally and active packaging conditions using Fourier transform infrared spectroscopy in tandem with chemometrics. *Meat Sci.* 81, 507-514.

Argyri Anthoula A., Efstathios Z. Panagou and George - John Nychas, 2014. *Monitoring Microbial Spoilage of Foods by Vibrational Spectroscopy (FT-IR & Raman)*.

Arroyo-Manzanares Natalia, Franziska Gabriel, Azahara Caprio, Lourdes Arce, 2019. Use of whole electrophoretic profile and chemometric tools for the differentiation of three olive oil qualities. *Talanta*, 197, 175-180.

Arvanitoyannis, I.S. and Vlachos, A., 2007. Implementation of physicochemical and sensory analysis in conjunction with multivariate analysis towards assessing olive oil authentication/ adulteration. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 47(5), 441 – 498.

Arvanitoyiannis S. Ioannis and Vlachos Antonios, 2007. Implementation of Physicochemical and Sensory Analysis in Conjunction with Multivariate analysis towards Assessing Olive Oil Authentication/Adulteration. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 47:5, 441-498.

Azadmard-Damirichi, S. & Torbati, M., (2015), *Adulterations in some edible oils and fats and their detection methods*, *Journal of Food Quality and Hazards Control* 2, pp. 38-44.

- Baeten, V., Antonio, J., Pierna, F., Dardenne, P., Meurens, M., Garciða-González, D. L., 2005. Detection of the presence of hazelnut oil in olive oil by FT-Raman and FT-MIR spectroscopy. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 6201–6206.
- Bakre, S. M., Gadmale, D. K., Toche, R. B., Gaikwad, V. B., (2015), *Rapid determination of alpha tocopherol in olive oil adulterated with sunflower oil by reversed phase high-performance liquid chromatography*, *Journal of Food Science and Technology* 52 (5), pp. 3093-3098.
- Ballus C.A., Meinhart A.D., de Souza Campos F.A., da Silva L.F.D.O., de Oliveira A.F., Godoy H.T., 2014. A quantitative study on the phenolic compound, tocopherol and fatty acid contents of monovarietal virgin olive oils produced in the southeast region of Brazil. *Food Res Int* 62:74–83.
- Banwell, C.N. and E.M. Mccash. 1994. *Fundamentals of Molecular Spectroscopy*. McGraw- Hill. London.
- Bartolini G, Petruccelli R, Tindall HD., 2002. Classification, origin, diffusion and history of the olive. Tindal HD, Menini UG, Eds. Rome: FAO.
- Beltran G., del Rio C., Sanchez S., Martínez L., 2004. Influence of harvest date and crop yield on the fatty acid composition of virgin olive oils from cv. Picual. *J Agric Food Chem* 52:3434–3440.
- Beneito-Cambra, M., Moreno-González, D., García-Reyes, J. F., Bouza, M., Gilbert-López, B. & Molina-Díaz, A., (2020), *Direct analysis of olive oil and other vegetable oils by mass spectrometry: a review*, 132.
- Boshagh, F. & Rostami, K., (2020), *A review of measurement methods of biological hydrogen*, *International Journal of Hydrogen Energy*.
- Boskou, D. (2009). Culinary applications of olive oil- minor constituents and cooking. In Boskou, D. (Ed.) *Olive Oil-Minor Constituents and Health*. 1st ed, p. 1 - 6. Boca Raton FL: CRC.

- Botía J.M., Ortuño A., Benavente-García O., A.G. Báidez A.G., Frías J., Marcos D., Del Río, J.A., 2001. Modulation of the biosynthesis of some phenolic compounds in *Olea europaea* L. fruits: their influence on olive oil quality. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49 (1), pp. 355-358
- Breton CM, Warnock P, Bervillé AJ, 2012. Origin and history of the olive. In: *Olive germplasm. The olive cultivation, table olive and olive oil industry in Italy*. Muzzalupo I, Ed. InTechOpen, pp. 3-22.
- Calvano, C. D., Aresta, A. & Zambonin, C. G., (2010), *Detection of hazelnut oil in extra-virgin olive oil by analysis of polar components by micro-solid phase extraction based on hydrophilic liquid chromatography and MALDI-ToF mass spectrometry*, *Journal of Mass Spectrometry*, 45(9), pp. 981–988.
- Cardeno A., Sanchez-Hidalgo M., Alarcon-De-La-Lastra C., 2013. An up-date of olive oil phenols in inflammation and cancer: molecular mechanisms and clinical implications. *Curr Med Chem* 20:4758–4776.
- Carranco, N., Farrés-Cebrián, M., Saurina, J. & Núñez, O., (2018), *Authentication and Quantitation of Fraud in Extra Virgin Olive Oils Based on HPLC-UV Fingerprinting and Multivariate Calibration*, *Foods*, 7(4), pp. 44.
- Cercaci, L., Rodriguezestrada, M. & Lercker, G., (2003), *Solid-phase extraction–thin-layer chromatography–gas chromatography method for the detection of hazelnut oil in olive oils by determination of esterified sterols*, *Journal of Chromatography A*, 985(1-2), pp. 211–220.
- Chemistry Libre Texts, (2020), Gas Chromatography. Διαθέσιμο στο: [https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Analytical_Chemistry/Supplemental_Modules_\(Analytical_Chemistry\)/Instrumental_Analysis/Chromatography/Gas_Chromatography](https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Analytical_Chemistry/Supplemental_Modules_(Analytical_Chemistry)/Instrumental_Analysis/Chromatography/Gas_Chromatography) (Τελευταία επίσκεψη 30/11/2020).
- Chiavaro, E., Vittadini, E., Rodriguez-Estrada, M. T., Cerretani, L., Capelli, L., & Bendini, A., 2009. Differential scanning calorimetry detection of high oleic sunflower oil as an adulterant in extra-virgin olive oil. *Journal of Food Lipids*, 16, 227–244.

Christopoulou, E., Lazaraki, M., Komaitis, M. & Kaselimis, K., (2004), *Effectiveness of determinations of fatty acids and triglycerides for the detection of adulteration of olive oils with vegetable oils*, Food Chemistry, 84(3), pp. 463–474.

Cirilli M., Bellincontro A., Urbani S., Servili M., Esposito S., Mencarelli F., Muleo R., 2016. On field monitoring of fruit ripening evolution and quality parameters in olive mutants using a portable NIR-AOTF device. Food Chem 199:96–104.

Criado-Navarro I, Mena-Bravo, A, Calderón-Santiago M, Priego-Capote, F., (2019), *Determination of glycerophospholipids in vegetable edible oils: Proof of concept to discriminate olive oil categories*, Food Chemistry, 299.

Dais, P. & Hatzakis, E., (2013), *Quality assessment and authentication of virgin olive oil by NMR spectroscopy: A critical review*, Analytica Chimica Acta, 765, pp. 1–27.

Dais, P., (2009), *³¹P NMR spectroscopy on olive oil quality control and authentication*, INFORM - International News on Fats, Oils and Related Materials, 20(11), pp. 725-728.

De la Torre-Carbot K., Jauregui O., Gimeno E., Castellote A.I., Lamuela-Raventos RM, Lopez-Sabater M.C., 2005. Characterization and quantification of phenolic compounds in olive oils by solid-phase extraction, HPLC-DAD, and HPLC-MS/MS. J Agric Food Chem 53:4331–4340.

Duraipandian, S., Petersen, J. C. & Lassen, M., (2019), *Authenticity and Concentration Analysis of Extra Virgin Olive Oil Using Spontaneous Raman Spectroscopy and Multivariate Data Analysis*, Applied Sciences, 9, pp. 2433.

Ellis D.I., Broadhurst D., Kell D.B., Rowland J.J., Goodacre R., 2002. Rapid and quantitative detection of the microbial spoilage of meat by Fourier transform infrared spectroscopy and machine learning. Appl. Environ. Microbiol. 68, 2822-2828.

Ellis D.I., Broadhurst, D., Goodcare, R., 2004. Rapid and quantitative detection of the microbial spoilage of beef by Fourier transform infrared spectroscopy and machine learning. *AnalChim Acta*, 514, 193-201.

Esteves da Silva JCG (2010) Chemometric classification of cultivars of olives: perspectives on portuguese olives- olives and olive oil in health and disease prevention. *Olives Olive Oil Health Dis Prev*: 33–42.

European Commission, *Olive oil an overview of the production and marketing of olive oil in the EU*.

FAO STAT, Database, 2019.

Fasciotti, M., & Pereira Netto, A. D., (2010), *Optimization and application of methods of triacylglycerol evaluation for characterization of olive oil adulteration by soybean oil with HPLC–APCI-MS–MS*, *Talanta*, 81(3), pp.1116–1125.

Fedeli E., 1993. *Olive Oil Technology*.

Flavia T. Borghi, Priscilla C. Santos, Francine D. Santos, Marcia H.C. Nascimento, Thanya Correa, Mirelly Cesconetto, Andre A. Pires, Araceli V.F.N. Ribeiro, Valdemar Lacerda Jr, Wanderson Romao, Paulo R. Filgueiras, 2020. Quantification and classification of vegetable oils in extra virgin olive oil samples using a portable near-infrared spectrometer associated with chemometrics. *Microchemical Journal* 159, 105544.

Fragaki, G., Spyros, A., Siragakis, G., Salivaras, E. & Dais, P., (2005), *Detection of Extra Virgin Olive Oil Adulteration with Lampante Olive Oil and Refined Olive Oil Using Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy and Multivariate Statistical Analysis*, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(8), pp. 2810–2816.

Francisco, V., Ruiz-Fernández, C., Lahera, V., Lago, F., Pino, J., Skaltsounis, L., González-Gay, M. A., Mobasher, A., Gómez, R., Scotece, M., & Gualillo, O., 2019. Natural molecules for healthy lifestyles: Oleocanthal from extra virgin olive oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 67(14), 3845–3853.

Franco M.N., Galeano-Díaz T., López O., Fernández-Bolanos J.G., Sánchez J., De Miguel C., Martín-Vertedor D., 2014. Phenolic compounds and antioxidant capacity of virgin olive oil. *Food Chem* 163:289–298.

Frank, B., (2003), *The Mediterranean Diet and Mortality – Olive oil and beyond*, The New England journal of Medicine, 348, pp. 2595-2596.

Frankel E.N., Mailer R.J., Schoemaker C.F., Wang S.C., Flynn J.D., 2010. Tests indicate that imported “extra virgin” olive oil often fails international and USDA standards Robert Mondavi Institute for Wine and Food Science (2010), pp. 1-10.

Gaforio, J. J , Visioli, F., Alarcón-de-la-Lastra, C., Castañer, O., Delgado-Rodríguez, M., Fitó, M., Hernández, A. F., Huertas, J. R., Martínez-González, M. A., Menendez, J. A., Osada, J., Papadaki, A., Parrón, T., Pereira, J. E., Rosillo, M. A., Sánchez-Quesada, C., Schwingshackl, L., Toledo, E. & Tsatsakis, A. M., (2019), *Virgin Olive Oil and Health: Summary of the III International Conference on Virgin Olive Oil and Health Consensus Report, JAEN (Spain) 2018*, Nutrients, 11(9), pp. 2039.

Galanakis C.M., 2011. Olive fruit dietary fiber: components, recovery and applications. Trends Food Sci Technol 22:175–184.

García-González, D. L., Mannina, L., D’Imperio, M., Segre, A. L. & Aparicio, R., (2004), *Using ¹H and ¹³C NMR techniques and artificial neural networks to detect the adulteration of olive oil with hazelnut oil*, European Food Research and Technology, 219(5), pp. 545–548.

Gomes V.P.M, Torres C., Rodriguez-Borges J.E., Paiva-Martins F., 2015. A Convenient Synthesis of Hydroxytyrosol Monosulfate Metabolites. J Agric Food Chem 63:9565–9571.

Gomez-Caravaca A.M., R.M. Maggio, L. Cerretani, 2016. Chemometric applications to assess quality and critical parameters of virgin and extra-virgin olive oil. A review, Anal. Chim. Acta 913, 1–21.

Gomez-Caravaca A.M., Maggio R.M. & Cerretani L., (2016), *Chemometric applications to assess quality and critical parameters of virgin and extra-virgin olive oil*, A review, Anal. Chim. Acta, 913, pp. 1–21.

Gooch, E., 2005. Ten plus one things you may not know about olive. *Epikouria Magazine*, Fall/Spring. Available online: <http://www.epikouria.com/issue1/10+1-things-olives.php>

Gouvinhas, I., Machado, N., Sobreira, C., Domínguez-Perles, R., Gomes, S., Rosa, E., & Barros, A., 2017. Critical review on the significance of olive phytochemicals in plant physiology and human health. *Molecules*, 22(11).

Groelj, N., Marjan Vracko, M., Fernández Pierna, J. A., Baeten, V., & Novic, M., 2008. The use of FT-MIR spectroscopy and counter-propagation artificial neural networks for tracing the adulteration of olive oil. *Acta Chimica Slovenica*, 55, 935–941.

Guo Zebin, Jia Xiangze, Zheng Zhichang, Lu Xu, Zheng Yafeng, Zheng Baodong, Xiao Jianbo., 2018. Chemical composition and nutritional function of olive oil (*Olea europaea* L.): A review. *Phytochem Rev*, 17:1091-1110.

Gurdeniz, G., & Ozen, B., 2009. Detection of adulteration of extra-virgin olive oil by chemometric analysis of mid-infrared spectral data. *Food Chemistry*, 116, 519–525.

Heise, H. M., Damm, U., Lampen, P., Davies, A. N., & McIntyre, P. S., 2005. Spectral variable selection for partial least squares calibration applied to authentication and quantification of extra virgin olive oils using Fourier transform Raman spectroscopy. *Applied Spectroscopy*, 59, 1286–1294.

<https://www.efet.gr/index.php/el/consumers/paraplanisi-notheia>

International Olive Council (<https://www.internationaloliveoil.org/olive-world/olive-oil/>Τελευταία επίσκεψη 31/11/2020).

Jabeur, H., Zribi, A. & Bouaziz, M., (2016), Extra-Virgin Olive Oil and Cheap Vegetable Oils: Distinction and Detection of Adulteration as Determined by GC and Chemometrics, *Food Analytical Methods*, 9, pp. 712–723.

Jabeur, H., Zribi, A., Makni, J., Rebai, A., Abdelhedi, R. & Bouaziz, M., (2014), *Detection of Chemlali Extra-Virgin Olive Oil Adulteration Mixed with Soybean*

Oil, Corn Oil, and Sunflower Oil by Using GC and HPLC, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 62(21), pp. 4893–4904.

Jafari, M., Kadivar, M., & Keramat, J., 2009. Detection of adulteration in Iranian olive oils using instrumental (GC, NMR, DSC) methods. Journal of the American Oil Chemists' Society, 86, 103–110.

Jiang, X. Y., Li, C., Chen, Q.Q. & Weng, X.C., (2018), *Comparison of ¹⁹F and ¹H NMR spectroscopy with conventional methods for the detection of extra virgin olive oil adulteration*, Grasas Y Aceites, 69(2).

Jiménez-Carvelo, A. M., Osorio, M. T., Koidis, A., González-Casado, A., & Cuadros-Rodríguez, L., (2017), *Chemometric classification and quantification of olive oil in blends with any edible vegetable oils using FTIR-ATR and Raman spectroscopy*, LWT, Food Science and Technology, 86, pp. 174–184.

Jimenez-Lopez, C., Carpena, M., Lourenço-Lopes, C., Gallardo-Gomez, M., Lorenzo, J. M., Barba, F. J., Prieto, M. A. & Simal-Gandara, J., (2020), *Bioactive Compounds and Quality of Extra Virgin Olive Oil*, Foods, 9, pp. 1014.

Jimeno, S., (1982), *The Spanish toxic symptoms*, Trends in Analytical Chemistry, 1, pp. 4–6.

Johnson, R., (2014), *Food Fraud and “Economically Motivated Adulteration” of Food and Food Ingredients*, Congressional Research Service.

Kapellakis IE, Tsagarakis KP, Crowther JC, 2008. Olive oil history, production and by-product management. Rev Environ Sci Biotechnol, 7:1-26.

Kasemsumran, S., Kang, N., Christy, A., & Ozaki, Y., 2005. Partial least squares processing of near-infrared spectra for discrimination and quantification of adulterated olive oils. Spectroscopy Letters, 38, 839–851.

Khalatbary A.R., 2013. Olive oil phenols and neuroprotection. Nutr Neurosci 16:243–249.

Kiple KF, Ornelas KC, 2000. Olive oil. The Cambridge world history of food. New York: Cambridge University Press.

Kiritsakis, K., Evangelou, E., Sakellaropoulos, N. & Kiritsakis, A., (2018), *Olive Oil Processing, Categories, Nutritional Benefits, and Byproducts*, Handbook of Vegetables and Vegetable Processing, Volume II, Second Edition. Edited by Muhammad Siddiq and Mark A. Uebersax, pp. 745-760.

Kotsiou K., Tasioula-Margari M., 2016. Monitoring the phenolic compounds of Greek extra-virgin olive oils during storage. *Food Chem* 200:255–262.

Kruzlikova, D., Mocak, J., Katsoyannos, E. & Lankmayr, E., (2008), *Classification and characterization of olive oils by UV-Vis absorption spectrometry and sensorial analysis*, *Journal of Food and Nutrition Research*, 47(4), pp. 181-188.

Lerma-Garcia, M. J., Ramis-Ramos, G., Herrero-Martinez, J. M., & Simo-Alfonso, E. F., 2010. Authentication of extra virgin olive oils by Fourier transform infrared spectroscopy. *Food Chemistry*, 118, 78–83.

Li, W. C. & Chow, C. F., (2017), *Adverse child health impacts resulting from food adulterations in the Greater China Region*, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97, pp. 3897–3916.

Lopez M.I., Trullós E., Callao M.P., Ruisánchez I., 2014. Multivariate screening in food adulteration: Untargeted versus targeted modelling. *Food Chem.* 147, 177-181.

López-Díez, E. C., Bianchi, G. & Goodacre, R., (2003), *Rapid Quantitative Assessment of the Adulteration of Virgin Olive Oils with Hazelnut Oils Using Raman Spectroscopy and Chemometrics*, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(21), pp. 6145–6150.

Lozano-Castellón, J., López-Yerena, A., Rinaldi de Alvarenga, J. F., Romero Del Castillo-Alba, J., Vallverdú-Queralt, A., Escribano-Ferrer, E. & Lamuela-Raventós, R. M. (2020), *Health-promoting properties of oleocanthal and oleacein: Two secoiridoids from extra-virgin olive oil*, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(15), pp. 2532-2548.

Maggio, R. M., Cerretani, L., Chiavaro, E., Kaufman, T. S. & Bendini, A., (2010), *A novel chemometric strategy for the estimation of extra virgin olive oil adulteration with edible oils*, *Food Control*, 21(6), pp. 890–895.

- Mannina, L., Patumi, M., Proietti, N., Bassi, D. and Segre, A.L., 2001. Geographical characterization of Italian extra virgin olive oils using high-field ¹H NMR spectroscopy. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 2687–2696.
- Manning, L. & Soon, J. M., (2014), *Developing systems to control food adulteration*, *Food Policy*, 49, pp. 23–32.
- Manning, L., (2016), *Food fraud: policy and food chain*, *Current Opinion in Food Science*, 10, pp. 16–21.
- Massaro, M., Scoditti, E., Carluccio, M. A., Calabriso, N., Santarpino, G., Verri, T. & Raffaele De Caterina, (2020), Effects of Olive Oil on Blood Pressure: Epidemiological, Clinical, and Mechanistic Evidence, *Nutrients*, 12, pp. 1548.
- Mata A.P., Dominguez-Vidal A., Bosque-Sendra J.M., Ruiz-Medina A., Cuadros-Rodriguez L., Ayora-Canada M., 2012. Olive oil assessment in edible oil blends by means of ATR-FTIR and chemometrics. *Food Control* 23, 449-455.
- Meader, N., King, K., Llewellyn, A., Norman, G., Brown, J., Rodgers, M., ... Stewart, G. (2014). A checklist designed to aid consistency and reproducibility of GRADE assessments: development and pilot validation. *Systematic Reviews*, 3(1).
- Meenu, M., Cai, Q. & Xu, B., (2019), A critical review on analytical techniques to detect adulteration of extra virgin olive oil, *Trends in Food Science & Technology*, 91, pp. 391-408.
- Meerza, S. I. A. & Gustafson, C. R., (2020), *Consumers' Response to Food Fraud: Evidence from Experimental Auctions*, *Journal of Agricultural and Resource Economics*, 45(2), pp. 219–23.
- Mehmood, A., Usman, M., Patil, P., Zhao, Z. & Wang, C., (2019), *A review on management of cardiovascular diseases by olive polyphenols*, *Food Science & Nutrition*.

Mendes, T. O., da Rocha, R. A., Porto, B. L. S., de Oliveira, M. A. L., dos Anjos, V. de C. & Bell, M. J. V., (2015), *Quantification of Extra-virgin Olive Oil Adulteration with Soybean Oil: a Comparative Study of NIR, MIR, and Raman Spectroscopy Associated with Chemometric Approaches*, *Food Analytical Methods*, 8(9), pp. 2339–2346.

Moore, J. C., Spink, J. & Lipp, M., (2012), *Development and Application of a Database of Food Ingredient Fraud and Economically Motivated Adulteration from 1980 to 2010*, *Journal of Food Science*, 77(4).

Mörsberger, F., (2019), Danish food inspectors discovered adulterated olive oil from Greece. Available in: <https://www.agrolab.com/en/agrolab-radar-2018-juli/1486-greek-olive-oil-sold-in-denmark-was-counterfeit.html>

oliveepitome, (2019), Κατηγορίες ελαιολάδων. Διαθέσιμο στο: <https://www.oliveepitome.com/katigories-elaioladwn/> (Τελευταία επίσκεψη 13/12/2020)

Olmo-Cunillera, A., López-Yerena, A., Lozano-Castellón, J., Tresserra-Rimbau, A., Vallverdú-Queralt, A. & Pérez, M., (2019), NMR Spectroscopy: A Powerful Tool for the Analysis of Polyphenols in Extra Virgin Olive Oil, *Journal of the Science of Food and Agriculture*.

Oliveepitome, κριτήρια ποιότητας ελαιολάδου. Διαθέσιμο στο: https://www.oliveepitome.com/ta-kritiria-poiotitas-tou-elaio-ladou/?fbclid=IwAR1Xw3l22yba6_C8sNtec0IVbOtAwT9M05DX5fDM1VEoy-gHGIwkffWPTIOQ

Ouni Y., Taamalli A., Gomez-Caravaca A.M., Segura-Carretero A., Fernandez-Gutierrez A., Zarrouk M., 2011. Characterisation and quantification of phenolic compounds of extra-virgin olive oils according to their geographical origin by a rapid and resolute LC–ESI-TOF MS method. *Food Chem* 127:1263–1267.

Ozdemir, D., & Ozturk, B., 2007. Near infrared spectroscopic determination of olive oil adulteration with sunflower and corn oil. *Journal Food and Drug Analysis*, 15, 40–47.

Parkinson, L. & Cicerale, S., 2016. *The Health Benefiting Mechanisms of Virgin Olive Oil Phenolic Compounds*, *Molecules*, 21, pp. 1734.

Patumia M., R. d'Andriab, Marsilioc V., Fontanazzaa G., Morellib G., Lanzac B., 2002. Olive and olive oil quality after intensive monocone olive growing (*Olea europaea* L., cv. Kalamata) in different irrigation regimes. *Food Chemistry* 77, 27-34.

Pellati R., 2013. *La storia di ciò che mangiamo*. Fondazione per lo studio degli alimenti e della nutrizione. Torino: Daniela Piazza Editore.

Peres F., Martins L.L., Mourato M., Vitorino C., Antunes P., Ferreira- Dias S., 2016. Phenolic compounds of 'Galega Vulgar' and 'Cobrancosa' olive oils along early ripening stages. *Food Chem* 211:51–58.

Philippidis, A., Poulakis, E., Papadaki, A. & Velegrakis, M., 2016. Comparative Study using Raman and Visible Spectroscopy of Cretan Extra Virgin Olive Oil Adulteration with Sunflower Oil. *Analytical Letters*, 50(7), pp. 1182–1195.

Portarena S., Farinelli D., Lauteri M., Famiani F., Esti M., Brugnoli E., 2015. Stable isotope and fatty acid compositions of monovarietal olive oils: implications of ripening stage and climate effects as determinants in traceability studies. *Food Control* 57:129–135.

Posada M, Castro M, Kilbourne E, Diaz-de Rojas F, Abaitua I, Tabuenca J, Vioque J (1987), *Toxic-oil syndrome: case reports associated with the ITH oil refinery in Sevilla*, *Food and Chemical Toxicology*, 25, pp. 87–90.

Poulli, K. I., Mousdis, G. A., & Georgiou, C. A., 2007. Rapid synchronous fluorescence method for virgin olive oil adulteration assessment. *Food Chemistry*, 105, 369–375.

Premanandh, J., (2013), *Horse meat scandal - A wake-up call for regulatory authorities*, *Food Control*, 34, pp. 568-569.

Ranalli, A., 1992. Carotenoids in virgine olive oils. Effect on technology.

Rejano L., 2010. Chemical composition of fermented green olives: acidity, salt, moisture, fat, protein, ash, fiber, sugar, and polyphenol. Elsevier, Amsterdam.

- Rodríguez, C. D., Gagneten, M., Farroni, A. E., Percibaldi, N. M. & Buera, M. P., (2019), *FT-IR and untargeted chemometric analysis for adulterant detection in chia and sesame oils*, *Food Control*, 105, pp. 78-85.
- Roman, G. C., Jackson, R. E., Reis, J., Roman, A. N., Toledo, J. B. & Toledo, E., (2019), *Extra-virgin olive oil for potential prevention of Alzheimer disease*, *Revue neurologique*.
- Ryan, D., Robards, K., 1998. Phenolic compounds in olives. *Analyst*, 123, 31R–44R.
- Sabourian, R., Mirjalili, S. Z., Namini, N., Chavoshy, F., Hajimahmoudi, M. & Safav, M., (2020), *HPLC methods for quantifying anticancer drugs in human samples: A systematic review*, *Analytical Biochemistry*.
- Salah, W. A. & Nofal, M. (2020), *Review of Some Adulteration Detection Techniques of Ed-ible Oils*, *Journal of the Science of Food and Agriculture*.
- Salivaras, E. & McCurdy, A. R., 1992. *Detection of olive oil adulteration with canola oil from triacylglycerol analysis by reversed-phase high-performance liquid chromatography*, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 69(9), pp. 935–938.
- Schmitt, J. and H.-C. Flemming. 1998. FTIR-spectroscopy in microbial and material analysis. *Biodeterior. Biodegrad.* 41: 1–11.
- Schwingshackl, L., Morze, Z. & Hoffmann, G., (2019), *Mediterranean diet and health status: Active ingredients and pharmacological mechanisms*, *British Journal of Pharmacology*, pp. 1-17.
- Servili M, Selvaggini R, Esposto S, Taticchi A, Montedoro G, Morozzi G., 2004. Health and sensory properties of virgin olive oil hydrophilic phenols: agronomic and technological aspects of production that affect their occurrence in the oil. *J Chromatogr A*. 1054(1-2):113-27. PMID: 15553137.
- Servili M., Sordini B., Esposto S., Urbani S., Veneziani G., Di Maio I., Taticchi A., 2013. Biological activities of phenolic compounds of extra virgin olive oil. *Antioxidants* 3:1–23.

- Shi, J., Yuan, D., Hao, S., Wang, H., Luo, N., Liu, J. & Chen, Z., (2019), *Stimulated Brillouin scattering in combination with visible absorption spectroscopy for authentication of vegetable oils and detection of olive oil adulteration*, *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 206, pp. 320–327.
- Srigley, C. T., Oles, C. J., Kia, A. R. F., Mossoba, M. M., (2016), *Authenticity Assessment of Extra Virgin Olive Oil: Evaluation of Desmethylsterols and Triterpene Dialcohols*, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 93(2), pp. 171-181.
- Srivastava, S., (2015), *Food adulteration affecting the nutrition and health of human beings*, *Journal of Biological Sciences and Medicine*, 1(1), pp. 65-70.
- Stuart B., 2004. *Infrared Spectroscopy: Fundamentals and Applications*, ATTS-Analytical Techniques in the Sciences Series, ISBN:978-0-470-85428-0.
- Tahkapaa, S., Maijala, R., Korkeala, H. & Nevas, M., 2015. *Patterns of food frauds and adulterations reported in the EU rapid alarm system for food and feed and in Finland*, *Food Control*, 47, pp. 175-184.
- Tamasi Gabriella, Bonechi Claudia, Belyakova Anastasiya, Pardini Alessio, Rossi Claudio, 2016. *The Olive Tree, a Source of Antioxidant Compounds*. Department of Biotechnologies, Chemistry and Pharmacy, University of Siena.
- Tay, A., Singh, R. K., Krishnan, S. S., & Gore, J. P., 2002. *Authentication of olive oil adulterated with vegetable oils using Fourier transform infrared spectroscopy*. *LWT – Food Science and Technology*, 35, 99–103.
- Tay, A., Singh, R., Krishnan, S. & Gore, J. P., (2002), *Authentication of olive oil adulterated with vegetables oils using Fourier transform infrared spectroscopy*, *LWT Journal of Food Science and Technology*, 35, pp. 99–103.
- Theophanides T., 2002. *Introduction to Infrared Spectroscopy*, *Infrared Spectroscopy*, Materials Science, Engineering and Technology, T. Theophanides (Ed.), InTech, pp. 1-10.

Torrecilla, J. S., Rojo, E., Domínguez, J. C. & Rodríguez, F., (2010), *A Novel Method To Quantify the Adulteration of Extra Virgin Olive Oil with Low-Grade Olive Oils by UV-Vis*, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 58(3), pp. 1679–1684.

Torrecilla, J. S., Rojo, E., Oliet, M., Domínguez, J. C. & Rodríguez, F., (2010), *Self-organizing maps and learning vector quantization networks as tools to identify vegetable oils and detect adulterations of extra virgin olive oil*, 20th European Symposium on Computer Aided Process Engineering, pp. 313–318.

Vaclavik, L., Cajka, T., Hrbek, V., & Hajslova, J., 2009. Ambient mass spectrometry employing direct analysis in real time (DART) ion source for olive oil quality and authenticity assessment. *Analytica Chimica Acta*, 645, 56–63.

van Ruth S.M., Luning P.A., Silvis I.C.J., Yang Y., Huisman W., 2018. Differences in fraud vulnerability in various food supply chains and their tiers. *Food Control* 84, 375-381.

Vanstone, N., Moore, A., Martos, P. & Neethirajan, S., (2018). *Detection of the adulteration of extra virgin olive oil by near-infrared spectroscopy and chemometric techniques*, *Food Quality and Safety*, 2(4), pp. 189–198.

Visioli Francesco, Poli Andrea, Galli Claudio, 2002. Antioxidant and Other Biological Activities of Phenols from Olives and Olive Oil. John Wiley & Sons, Inc. *Med Res Rev*, 22, No. 1, 65–75.

Visioli, F., Davalos, A., López de las Hazas, M. C., Crespo, M. C. & Tomé-Carneiro, J., (2019), *An overview of the pharmacology of olive oil and its active ingredients*, The British Pharmacological Society, pp. 1-15.

Vlachos, N., Skopelitis, Y., Psaroudaki, M., Konstantinidou, V., Chatzilazarou, A., & Tegou, E., 2006. Applications of Fourier transform-infrared spectroscopy to edible oils. *Analytica Chimica Acta*, 573–574, 459–465.

Waterman E., Lockwood B., 2007a. Active components and clinical applications of olive oil. *Altern Med Rev* 12:331–343.

Webster, L., Simpson, P., Shanks, A. M. & Moffat, C. F., (2000), *The authentication of olive oil on the basis of hydrocarbon concentration and composition*, *The Analyst*, 125(1), pp. 97–104.

Xiu, C. & Klein, K. K., (2010). *Melamine in milk products in China: Examining the factors that led to deliberate use of the contaminant*. *Food Policy*. 35, pp. 463–470.

Yang, H. and Irudayaraj, J., 2003. Rapid detection of foodborne microorganisms on food surface using Fourier transform Raman spectroscopy. *J. Mol. Struct.* 646: 35–43.

Yang, Y., Ferro, M. D., Cavaco, I. & Liang, Y., 2013. *Detection and Identification of Extra Virgin Olive Oil Adulteration by GC-MS Combined with Chemometrics*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 61(15). pp. 3693–3702.

Yubero-Serrano, E. M., Lopez-Moreno, J., Gomez-Delgado, F. & Lopez-Miranda, J., (2018), *Extra virgin olive oil: More than a healthy fat*, *European Journal of Clinical Nutrition*.

Zabaras, D. & Gordon, M., (2004). *Detection of pressed hazelnut oil in virgin olive oil by analysis of polar components: improvement and validation of the method*. *Food Chemistry*. 84(3). pp. 475–483.

Zamora R, Hidalgo FJ., 2005. Coordinate contribution of lipid oxidation and Maillard reaction to the nonenzymatic food browning. *CritRevFoodSciNutr*. 45(1):49-59. doi: 10.1080/10408690590900117. PMID: 15730188.

Zarezadeh M. R, Aboonajmi M., Ghasemi Varnamkhasti M., (2020). Fraud detection and quality assessment of olive oil using ultrasound. *FoodSciNutr*. 4;9(1), pp. 180-189.

Ελληνική Βιβλιογραφία

Ανδρικόπουλος Κ. Νικόλαος, 2015. *Ανάλυση Τροφίμων: Θεωρία Μεθοδολογίας – Οργανολογίας και Εργαστηριακές Ασκήσεις*. Β΄ Έκδοση. ISBN: 978-960-87371-9-8.

Αποστολου, Ι. & Φερεντινου, Σ., (2006), *Πτυχιακή Εργασία: Ελεγχος Ποιοτητας Ελαιολαδου Στη Παραγωγή Και Στο Λιανικο Εμποριο*, Σχολη Διοικησης & Οικονομιας Τμημα Συνεταιριστικων Οργανωσεων & Εκμεταλλευσων.

Βασιλειάδου, Α., (2012), Πτυχιακή εργασία - Ιστορική αναδρομή και χημική ανάλυση, Ανώτατη Εκκλησιαστική Ακαδημία Θεσσαλονίκης Πρόγραμμα Σπουδών Διαχείρισης Εκκλησιαστικών Κειμήλιων.

Γαρδούνη, Α., 2001. Πτυχιακή Εργασία. *Προσδιορισμός Στιγμασταδιενίου σε Ραφιναρισένα Ελαιόλαδα*. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Γεωργακοπούλου, Ι., (2018). Διπλωματική εργασία, *Μεταβολομική ανάλυση βιολογικών υγρών για την ανίχνευση βιοδεικτών, μέσω Φασματοσκοπίας NMR*, Πανεπιστήμιο Πατρών.

Γεωργιάδου, Δ., (2013). Πτυχιακή εργασία: *Η νοθεία των τροφίμων, μελέτη περίπτωσης η νοθεία του ελαιόλαδου*, ΑΤΕΙ Καλαμάτας.

Ζουμπουλάκης, Π., (2019). Βασικές αρχές Φασματοσκοπίας μάζας και Πυρηνικού Μαγνητικού Συντονισμού, Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών «Καινοτομία, Ποιότητα και Ασφάλεια Τροφίμων».

Κανονισμός (ΕΕ) Αριθ. 1308/2013 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου.

Κοντογιάννης, Χ. (2016). Ενόργανη Ανάλυση Ι, Ανοιχτά ακαδημαϊκά μαθήματα, Πανεπιστήμιο Πατρών.

Κουή Μ., 2005. Μέθοδοι και Τεχνικές Ανάλυσης και Χαρακτηρισμού των Υλικών, ΕΜΠ, Αθήνα.

Λέκας, Μ. και Βλαχου, Λ., (2012). Πτυχιακή Εργασία, Ανάπτυξη Ποιοτικής & Ποσοτικής Μεθοδολογίας Προσδιορισμού Αλκοόλης με Χρήση Αέριας Χρωματογραφίας, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Καβάλας.

Μαυρίδης Αναστάσιος, 2009. Πτυχιακή Εργασία: *Προσδιορισμός Νοθείας σε Ελληνικά Εξαιρετικά Παρθένα Ελαιόλαδα με τη μέθοδο των 3,5-Στιγμασταδιενίων*. Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Θεσσαλονίκης. Σχολή Τεχνολογίας Τροφίμων και Διατροφής. Τμήμα Τεχνολογίας Τροφίμων.

Μπαγιωτάς, Α., (2010). Διπλωματική εργασία: *Έρευνα αγοράς και η επίδραση της διαφήμισης στην κατανάλωση ελαιολάδου*, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Μπακέας, Ε., (2008). Αεριοχρωματογραφία (GasChromatography), Πανεπιστημιακές διαλέξεις, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Ράπτης Ι., 2016. Συμπληρωματικές Σημειώσεις για το Εργαστήριο «Φασματοσκοπία Raman» του μαθήματος «Μέθοδοι Χαρακτηρισμού Υλικών». Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Σχολή Εφαρμοσμένων Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών, Τομέας Φυσικής.

Σπανός, Α., (2013). Πτυχιακή εργασία: *Χημική σύσταση, ιδιότητες και επίδραση του ελαιόλαδου στην υγεία του ανθρώπου*, ΑΤΕΙ Καλαμάτας.

Ιστοσελίδες

Αγροτικός συνεταιρισμός Αιχ-

μέας <https://aixmeas.gr/%CF%83%CF%85%CE%B3%CE%BA%CE%BF%CE%BC%CE%B9%CE%B4%CE%B7-%CE%B4%CE%B9%CE%B1%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%B7-%CE%BA%CE%B1%CE%B9-%CE%BC%CE%B5%CF%84%CE%B1%CF%86%CE%BF%CF%81%CE%B1-%CF%84%CE%B7%CF%83-%CE%B5%CE%BB/%CE%B5%CE%BB%CE%B9%CE%B1-6-2/>

- 1) <https://www.efet.gr/index.php/el/enimerosi/deltia-typou/anakliseis-cat/item/4955-diakinisi-nothevmenon-elaioladon>
- 2) <https://www.efet.gr/files/pdf/anakliseis/476049.PDF>
- 3) <https://www.efet.gr/files/pdf/anakliseis/430010.PDF>
- 4) <https://www.efet.gr/files/pdf/anakliseis/376088.PDF>
- 5) <https://www.efet.gr/files/pdf/anakliseis/376010.PDF>
- 6) <https://www.efet.gr/files/pdf/anakliseis/360020.PDF>
- 7) <https://www.efet.gr/files/pdf/anakliseis/346025.PDF>
- 8) <https://www.efet.gr/files/pdf/anakliseis/310043.PDF>
- 9) <https://www.efet.gr/files/pdf/anakliseis/330011.PDF>
- 10) <https://www.efet.gr/files/pdf/anakliseis/316025.PDF>

- 11) <https://www.efet.gr/files/pdf/anakliseis/322019.PDF>
- 12) <https://www.efet.gr/files/pdf/anakliseis/296001.PDF>
- 13) <https://www.efet.gr/files/pdf/anakliseis/294003.PDF>
- 14) <https://www.efet.gr/files/pdf/anakliseis/292001.PDF>
- 15) <https://www.efet.gr/files/pdf/anakliseis/282001.PDF>
- 16) <https://www.efet.gr/files/pdf/anakliseis/168002.PDF>
- 17) <https://www.efet.gr/files/pdf/anakliseis/146003.PDF>
- 18) <https://www.efet.gr/files/pdf/anakliseis/146002.PDF>
- 19) https://www.kodiko.gr/nomologia/download_fek?f=fek/2014/a/fek_a_32_2014.pdf&t=62efd048dba53d0bca0a8ac9bd88fdcd
- 20) <https://www.efet.gr/index.php/el/consumers/paraplanisi-notheia>