



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



ΤΙΤΛΟΣ:
ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΗΣ ΟΛΙΚΗΣ ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ
ΤΟΥ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ ΠΡΟΕΡΧΟΜΕΝΟ ΑΠΟ ΕΛΑΙΟΤΡΙΒΕΙΑ
ΔΥΟ ΦΑΣΕΩΝ ΚΑΙ ΤΡΙΩΝ ΦΑΣΕΩΝ

ΦΟΙΤΗΤΕΣ: Λαμπρόπουλος Διονύσης
Τσαγκάλη Σπυριδούλα
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Καριπίδης Χαράλαμπος

ΑΡΤΑ, ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2019

**OVERVIEW OF THE TOTAL ANTIOXIDANT CAPACITY OF
OLIVE OIL USING THE TWO - PHASE AND THE THREE - PHASE
CENTRIFUGATION METHOD**

Εγκρίθηκε από τριμελή εξεταστική επιτροπή

Άρτα, 13 Σεπτεμβρίου 2019

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

1. Επιβλέπων καθηγητής
Χαράλαμπος Καριπίδης, Καθηγητής τμήματος Φυτικής Παραγωγής, Σχολής
Τεχνολόγων Γεωπόνων, Πανεπιστημίου Ιωαννίνων

2. Μέλος επιτροπής
Κωνσταντίνος Ζήσης, Μέλος ΕΔΙΠ τμήματος Φυτικής Παραγωγής, Σχολής
Τεχνολόγων Γεωπόνων, Πανεπιστημίου Ιωαννίνων

3. Μέλος επιτροπής
Παρασκευή Υφαντή, Μέλος ΕΔΙΠ τμήματος Φυτικής Παραγωγής, Σχολής
Τεχνολόγων Γεωπόνων, Πανεπιστημίου Ιωαννίνων

© Λαμπρόπουλος Διονύσης, 2019

Τσαγκάλη Σπυριδούλα

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. Allrightsreserved.

Δήλωση μη λογοκλοπής

Δηλώνω υπεύθυνα και γνωρίζοντας τις κυρώσεις του Ν. 2121/1993 περί Πνευματικής Ιδιοκτησίας, ότι η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία είναι εξ ολοκλήρου αποτέλεσμα δικής μου ερευνητικής εργασίας, δεν αποτελεί προϊόν αντιγραφής ούτε προέρχεται από ανάθεση σε τρίτους. Όλες οι πηγές που χρησιμοποιήθηκαν (κάθε είδους, μορφής και προέλευσης) για τη συγγραφή της περιλαμβάνονται στη βιβλιογραφία.

Λαμπρόπουλος Διονύσης

Υπογραφή

Τσαγκάλη Σπυριδούλα

Υπογραφή

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ολόθερμες ευχαριστίες, στον καθηγητή κο Χαράλαμπο Καριπίδη για την συνεχή συνδρομή του στην επίβλεψη, καθώς και για τις πολύτιμες συμβουλές του και την αμέριστη στήριξη και καθοδήγησή του, σε όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας πτυχιακής.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το ελαιόλαδο αποτελεί την βάση για μια ισορροπημένη και υγιεινή διατροφή, λόγω του μεγάλου ποσοστού αντιοξειδωτικών ουσιών, που θωρακίζουν την άμυνα του οργανισμού. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη, διερεύνηση και κατ'επέκταση η σύγκριση της ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας του ελαιόλαδου σε δείγματα ελαιόλαδου, που προέρχονται από τρεις ποικιλίες ελιάς, Κορωνέϊκη, Αμφίσσης, και Καλαμών, από πέντε διαφορετικές περιοχές της χώρας μας, όπως Γραμμενίτσα και Δίστρατο Άρτας, Γλυκή Θεσπρωτίας, Βρεστό Ηλείας και Ράχες Φθιώτιδας. Συνολικά χρησιμοποιήθηκαν επτά δείγματα, τα οποία συλλέχθηκαν αμέσως μετά την τελική φάση παραλαβής του ελαιόλαδου. Όλα τα δείγματα ήταν παρθένα ελαιόλαδα με οξύτητα που κυμαινόταν από 0,5 έως 1,5% σε ισοδύναμο ελαϊκού οξέος. Στα δείγματα αυτά πραγματοποιήθηκε ο προσδιορισμός της ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας τόσο στο ολικό τους κλάσμα όσο και στο μεθανολικό τους εκχύλισμα, με την φασματοφωτομετρική μέθοδο DPPH. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι, ο τρόπος επεξεργασίας του ελαιοκάρπου στο ελαιοτριβείο, επηρεάζει την διατήρηση των αντιοξειδωτικών ουσιών στο τελικό προϊόν της επεξεργασίας της ελιάς και ότι δείγματα, που προέρχονται από διφασικά ελαιοτριβεία παρουσιάζουν υψηλότερες τιμές ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας (TAC), τόσο στο ολικό τους κλάσμα όσο και στο μεθανολικό τους εκχύλισμα, σε σύγκριση με αυτά των ελαιοτριβείων τριών φάσεων. Επιπλέον συμπεραίνεται, ότι η ογκομετρούμενη οξύτητα αποτελεί δευτερεύοντα ρόλο στην TAC. Για τον λόγο αυτό, οι περαιτέρω έρευνες θα πρέπει να επικεντρωθούν στην εξέλιξη και επικράτηση ελαιοτριβείων δύο φάσεων, τα οποία εκτός από την υπεροχή τους στην παραγωγή ελαιόλαδου, με την μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε φυσικές αντιοξειδωτικές ουσίες, αποτελούν μια κατεύθυνση καθαρά «οικολογική», αφού η χρήση μικρότερης ποσότητας νερού, μειώνει και τον όγκο των παραγόμενων αποβλήτων στη βιομηχανία του ελαιόλαδου.

Λέξεις - κλειδιά: επεξεργασία ελαιοκάρπου, ελαιόλαδο, αντιοξειδωτική ικανότητα, φασματοφωτομετρία, μέθοδος DPPH.

ABSTRACT

Olive oil is considered to be the basis for a balanced and healthy diet, due to the high proportion of antioxidants in it, that shield the body's defense. The purpose of the present study is to investigate the total antioxidant capacity of olive oil in samples derived from three olive varieties, Koroneiki, Amfissis, and, Kalamon, taken from five different regions of the country, such as Grammenitsa, and Dystrato in Arta, Gliko in Thesprotia, Raches in Fthiotida, and Vrestis in Ilia. A total of seven samples were used, which were collected immediately after the final phase of the olive oil production. All samples were virgin olive oils with an acidity ranging from 0.5 to 1.5% in oleic acid equivalents. In these samples, total antioxidant capacity was determined in both their total fraction and their methanolic extract by using the DPPH spectrophotometric method. The results of the study showed that the treatment of olive oil in the olive press affects the preservation of antioxidants in the end product of olive processing and that samples from biphasic centrifugation method mills exhibit higher values of total antioxidant capacity (TAC) in their fraction as well as their methanolic extract, compared to those of the three-phase centrifugation method mills. In addition, it is concluded that volumetric acidity plays a secondary role in their total antioxidant capacity (TAC). For this reason, further research should focus on the development and prevalence of two-stage centrifugation method mills, which, in addition to their superiority in olive oil production, with the highest content of natural antioxidants, constitute a purely 'ecological' direction, since the use of a smaller amount of water also reduces the volume of waste produced in the olive oil industry.

Keywords: olive oil processing, olive oil, antioxidant capacity, spectrophotometry, DPPH method.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	i
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	ii
ABSTRACT.....	iii
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ.....	iv
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	vi
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ/ΕΙΚΟΝΩΝ.....	vii
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1 Η Ελιά.....	1
1.1.1 Προέλευση του ελαιοδέντρου.....	1
1.1.2 Βοτανικά χαρακτηριστικά του δέντρου της Ελιάς.....	5
1.1.3 Χαρακτηριστικά του ελαιόκαρπου.....	8
1.1.4 Η καλλιέργεια της ελιάς και η οικονομική της σημασία.....	10
2. ΕΛΑΙΟΛΑΔΟ.....	15
2.1 Κατηγορίες ελαιολάδου.....	16
2.2 Σύσταση ελαιολάδου - ουσίες που το απαρτίζουν.....	18
2.3 Διατροφική αξία.....	20
2.4 Σημασία για την συντηρησιμότητα του ελαιόλαδου.....	21
2.5 Η εξαγωγή του ελαιόλαδου από την ελαιοζύμη.....	25
2.5.1 Είδη Φυγοκέντρισης.....	26
2.5.2 Φυγοκέντριση Τριπλής Φάσης.....	27
2.5.3 Φυγοκέντριση Διπλής Φάσης.....	28
3. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ.....	29
2.5 Μέθοδος DPPH.....	33
4. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	36
4.1 Υλικά και Μέθοδοι.....	36
4.1.1 Προσδιορισμός ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας στο ολικό κλάσμα των δειγμάτων(TAC_{tot}) με την μέθοδο του DPPH.....	38
4.1.2 Προσδιορισμός ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας σε εκχύλισμα μεθανόλης (TAC_{meth}) με την μέθοδο του DPPH.....	42
5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	45

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	51
7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	54

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. 1: Κύριες χώρες παραγωγής ελιάς.....	11
Πίνακας 1.2: Παραχθείσα ποσότητα ελαιολάδου στα γεωγραφικά διαμερίσματα της Ελλάδας τη χρονική περίοδο2002/2003.....	13
Πίνακας 4.1: Προέλευση και οξύτητα δειγμάτων ελαιόλαδου.....	38
Πίνακας 5.1: Εξισώσεις γραμμικής παλινδρόμησης των ποσοστών της ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας του ολικού κλάσματος των επτά δειγμάτων ελαιόλαδου σε σχέση με την ποσότητα που χρησιμοποιήθηκε.	50
Πίνακας 5.2: Αποτελέσματα ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας του ολικού κλάσματος και του μεθανολικού εκχυλίσματος, εκπεφρασμένα σε ισοδύναμη ποσότητα Γαλλικού οξέος, για τα επτά δείγματα ελαιόλαδου.....	51

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ/ΕΙΚΟΝΩΝ

ΕΙΚΟΝΕΣ

Εικόνα 1.1: Το μάζεμα της ελιάς σε αμφορέα που βρίσκεται στο Βρετανικό Μουσείο	2
Εικόνα 1.2: Ο μύθος της διαμάχης μεταξύ Αθηνάς και Ποσειδώνα.....	4
Εικόνα 1.3: Η Ιερή Ελιά του Πλάτωνα επί της Ιεράς Οδού.....	5
Εικόνα 1.4: Βοτρυώδης ταξιανθία ελιάς.....	7
Εικόνα 1.5: Κορμός αιωνόβιας ελιάς στον πανέμορφο Κερκυραϊκό Ελαιώνα.....	8
Εικόνα 1.6: Κατανομή παγκόσμιας παραγωγής ελαιολάδου.....	12
Εικόνα 1.7: Παγκόσμια παραγωγή ελαιοκάρπου και ελαιόλαδου.....	14
Εικόνα 2.1: Καρποί της ελιάς και ελαιόλαδο.....	16
Εικόνα 2.2: Χημική δομή ενός τριγλυκερίδιου.....	19
Εικόνα 2.3: Η σύγχρονη διάταξη παραγωγής σε ελαιοτριβεία	26
Εικόνα 2.4: Τριφασικός διαχωριστήρας decanter.....	28
Εικόνα 2.5: Διφασικό σύστημα φυγοκέντρισης.....	29
Εικόνα 3.1: Το DPPH.....	34
Εικόνα 3.2: Η αναγωγή του DPPH σε DPPH:H.....	34
Εικόνα 4.1: Προετοιμασία δειγμάτων προερχόμενα από διαφορετικές ποικιλίες και από διαφορετικούς τύπους ελαιοτριβείων.....	37
Εικόνες 4.2, 4,3: Προσδιορισμός ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας στο ολικό κλάσμα των δειγμάτων (TAC _{tb}) με την μέθοδο του DPPH.....	39
Εικόνα 4.4: Προετοιμασία δειγμάτων σε εκχύλισμα μεθανόλης.....	42

Εικόνες 4.5, 4.6, 4.7: Ανάμειξη διαλυμάτων ελαιόλαδου σε δοκιμαστικούς σωλήνες σε ειδικό μηχάνημα ανάδευσης (vortex) και φυγοκέντριση για 5 min στις 5000 rpm.....43

Εικόνες 4,8, 4.9: Προετοιμασία δειγμάτων σε μεθανολικό εκχύλισμα για τον προσδιορισμό της ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας του ελαιόλαδου με την μέθοδο DPPH.....44

Εικόνες 4.10, 4.11 : Εκχύλιση και διαχωρισμός του λιπαρού από το υδροφιλικό κλάσμα.....45

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

Διάγραμμα 4.1: Σχέση μεταξύ των ποσοστών της μείωσης της απορρόφησης του διαλύματος του DPPH σε μήκος κύματος 515 nm και της συγκέντρωσης (mgL⁻¹) του Γαλλικού οξέος σε καθαρή μεθανόλη.....41

Διάγραμμα 5.1: Χαρακτηριστική καμπύλη της ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας (μεταβολής του ποσοστού απορρόφησης του διαλύματος του DPPH), για το ολικό κλάσμα του δείγματος ελαιόλαδου 1.....46

Διάγραμμα 5.2: Χαρακτηριστική καμπύλη της ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας, για το ολικό κλάσμα του δείγματος ελαιόλαδου 2.....46

Διάγραμμα 5.3: Χαρακτηριστική καμπύλη της ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας, για το ολικό κλάσμα του δείγματος ελαιόλαδου 3.....47

Διάγραμμα 5.4: Χαρακτηριστική καμπύλη της ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας, για το ολικό κλάσμα του δείγματος ελαιόλαδου 4.....47

Διάγραμμα 5.5: Χαρακτηριστική καμπύλη της ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας, για το ολικό κλάσμα του δείγματος ελαιόλαδου 5.....48

Διάγραμμα 5.6: Χαρακτηριστική καμπύλη της ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας, για το ολικό κλάσμα του δείγματος ελαιόλαδου 6.....48

Διάγραμμα 5.7: Χαρακτηριστική καμπύλη της ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας, για το ολικό κλάσμα του δείγματος ελαιόλαδου 7.....49

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ελαιοκομία αποτελεί στις μέρες ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που συνεισφέρει στον πρωτογενή τομέα της οικονομίας μας, καθώς βρίσκεται ανάμεσα στις χώρες με τη μεγαλύτερη παραγωγή, αλλά και κατανάλωση σε ελαιόλαδο. Η ελιά είναι γνωστή από τους αρχαίους χρόνους. Οι αρχαίοι Έλληνες απέδιδαν ιδιαίτερη σημασία στην καλλιέργεια της ελιάς και με ειδικούς νόμους του Σόλωνα παρότρυναν όσους ασχολούνταν με τη Γεωπονία την εποχή εκείνη, να δίνουν ιδιαίτερη σημασία στην ελαιοκαλλιέργεια, γιατί ήταν «Μέγιστον αγαθόν προς πάσα του βίου θεραπεία ο της ελαίας καρπός». Ο Όμηρος είχε χαρακτηρίσει το ελαιόλαδο «υγρό χρυσό», ενώ ο Ιπποκράτης είχε αναγνωρίσει τις θεραπευτικές του ιδιότητες. Η ελιά αποτελεί σύμβολο ειρήνης, σοφίας, ευημερίας, με εξέχουσα θέση στην ιστορία και τη μυθολογία των λαών της Μεσογείου. Η Ελλάδα διαθέτει το ιδανικό οικοσύστημα για την καλλιέργεια της ελιάς και εδώ παράγονται μερικές από τις καλύτερες αλλά και μοναδικές στον κόσμο ποικιλίες ελιάς λόγω της ευεργετικής επίδραση του ήλιου και της θάλασσας, των ήπιων βροχοπτώσεων, δηλαδή των προνομιακών κλιματολογικών συνθηκών του εύκρατου κλίματος.

Το ελαιόλαδο, το πολύτιμο αυτό δώρο της φύσης, έχει συνδεθεί με την καθημερινότητα και τις συνήθειες των ανθρώπων και αποτελεί τη βασικότερη πηγή λιπαρών στη Μεσογειακή διατροφή, που είναι η βάση για μια ισορροπημένη και υγιεινή διατροφή. Πολλές μελέτες έχουν δείξει την ευνοϊκή συσχέτιση του ελαιολάδου με την προδιάθεση και την πορεία διάφορων ασθενειών, όπως διάφορες μορφές καρδιοπάθειας και καρκίνου, λόγω του μεγάλου ποσοστού αντιοξειδωτικών ουσιών, ιχνοστοιχείων βιταμινών και άλλων ουσιών, όπως οι πολυφαινόλες, που θωρακίζουν την άμυνα του οργανισμού (Σεϊντης Π., 2015).

1.1 Η Ελιά

1.1.1 Προέλευση του ελαιοδέντρου

2 Τα ελαιόδεντρα είναι αναμφίβολα από τα αρχαιότερα καλλιεργούμενα δέντρα στον κόσμο. Έως σήμερα δεν έχει προσδιορίσει με ακρίβεια το αρχικό είδος από το οποίο προήλθε το δέντρο της ελιάς όπως είναι σήμερα γνωστό. Υποστηρίζεται ότι

προέρχεται από το Oleaster που συναντάται και σήμερα σε άγρια κατάσταση σε Βόρεια Αφρική, στην Πορτογαλία, στην Γαλλία, στην Ιταλία και κοντά στη Μαύρη και Κασπία Θάλασσα.

Χωρίς αμφιβολία, η ιστορία της ελιάς αρχίζει πριν να ανακαλυφθεί η γραφή. Ο Α. De Candolle στην μελέτη του “Origine des plantes cultivees”, καθώς και άλλοι ιστορικοί συγγραφείς, θεωρούν σαν πιθανό τόπο προέλευσης της ελιάς τις περιοχές της Συρίας και της Μικράς Ασίας, των οποίων οι βουνοπλαγιές είναι κατάφυτες από αγριελιές. Άλλοι πιστεύουν ότι η ελιά προέρχεται από την Αφρική (Αβησσυνία - Αίγυπτος). Στην περιοχή αυτή καλλιεργήθηκε η ελιά συστηματικά από τους Σημιτικούς λαούς και διαδόθηκε στη Κύπρο και στα βόρεια παράλια της Αφρικής (Μαρόκο, Αλγερία, Τυνησία), από τους Φοίνικες που παρουσίασαν σημαντική ακμή στην Καρχηδόνα. Ο ιστορικός Θεόφραστος αναφέρει ότι η ελιά φύτρωνε στην Κυηναϊκή χερσόνησο, στην Νότια Ιταλία, στη Συρία και Αραβία (προς την μεριά της θάλασσας), στην Αίγυπτο και αλλού.



Εικόνα 1.1: «Το μάζεμα της ελιάς» σε αμφορέα που βρίσκεται στο Βρετανικό Μουσείο. (Πηγή: <https://arxaiellinika.wordpress.com>)

Ορισμένοι υποστηρίζουν ότι η ελιά από τη Β. Συρία διαδόθηκε στα Ελληνικά νησιά και στην ηπειρωτική Ελλάδα από τους Φωκαείς και το 600π.Χ. στην Ιταλία, στη Σικελία, και στην Σαρδηνία και μετά στις υπόλοιπες Μεσογειακές χώρες. Σύμφωνα με την αρχαία ελληνική παράδοση, πατρίδα της ελιάς είναι η Αθήνα και η πρώτη ελιά φυτεύτηκε από την θεά Αθηνά στην Ακρόπολη. Οι Έλληνες ήταν ο πρώτος λαός που καλλιεργησε την ελιά

στον ευρωπαϊκό μεσογειακό χώρο. Την μετέφεραν είτε Έλληνες άποικοι είτε Φοίνικες έμποροι. Όπως αναφέρει ο Πλίνιος, κατά το 580 π.Χ, ούτε το Λάτιο, ούτε η Ισπανία, ούτε η Τύνιδα γνώριζαν την ελιά και την καλλιέργειά της. (Μεγάλη Ελληνική Εγκυκλοπαίδεια , Π. Δρανδάκη, Αθήνα). Ανεξάρτητα από την προέλευση και τον τρόπο διάδοσης της ελιάς, είναι γεγονός ότι η καλλιέργεια της εξαπλώθηκε σε μεγάλη έκταση στην Ευρωπαϊκή ήπειρο και αυτός ίσως είναι ο λόγος της γνωστής ονομασίας ελιά η Ευρωπαϊκή (*Olea europaea*).

Ειδικότερα για την λεκάνη της Μεσογείου η ελιά αποτελεί τη βασικότερη καλλιέργεια από την αρχαιότητα μέχρι σήμερα. Σύμφωνα μάλιστα με στοιχεία του Διεθνούς Συμβουλίου Ελαιόλαδου (ΔΣΕ), το 98% περίπου των ελαιόδεντρων φύονται σήμερα στην λεκάνη της Μεσογείου. Κανένα αλλά δέντρο δεν ταυτίστηκε με κάποια περιοχή, όσο η ελιά, η οποία επηρέασε καταλυτικά την εξέλιξη του πολιτισμού σε έναν χώρο όπου αναπτύχθηκαν μερικοί από τους πιο πρώιμους ανθρώπινους πολιτισμούς.

Ο καρπός της ελιάς αποτελεί βασικό στοιχείο του μεσογειακού πολιτισμού από την αρχαιότητα. Έρευνες και ευρήματα (πιθάρια, καταγραφές σε πινακίδες, απομεινάρια ελαιοτριβείων) μαρτυρούν ότι η παραγωγή ελαιόλαδου κατείχε εξέχουσα θέση στην κοινωνία και οικονομία των Μινωιτών και Μυκηναίων. Ήδη από τα μινωικά χρόνια γινόταν επεξεργασία του καρπού της ελιάς και παραγόταν ελαιόλαδο που αποθηκευόταν σε πήλινους πίθους και αμφορείς και συχνά εξάγονταν στα νησιά του Αιγαίου και την κεντρική Ελλάδα.

Το λάδι της ελιάς εκτός του ότι ήταν πάντα μία από τις βασικές τροφές όλων των Μεσογειακών λαών, υπήρξε και εμπορεύσιμο προϊόν, ακόμη από τα παλιά χρόνια. Η πρώτη πληροφορία σχετικά με το εμπόριο του ελαιόλαδου αναφέρεται το 2500 π.Χ , στον εμπορικό κώδικα της εποχής εκείνης. Πέρα από πολύτιμη τροφή, ποικίλες ήταν από την αρχαιότητα οι χρήσεις του ελαιόλαδου. Θρησκευτικό σύμβολο, φάρμακο για διάφορες παθήσεις, καλλυντικό για την περιποίηση του σώματος αλλά και βοηθητικό μέσο στην υφαντική για κατεργασία των νημάτων καθώς και λιπαντικό στην επάλειψη λίθινων κατασκευών για προστασία και συντήρηση. Χρησίμευε ακόμα στην παραγωγή αρωμάτων και στην καθημερινή ζωή, ως προϊόν βασικό για τη διατροφή, το φωτισμό και τη θέρμανση (Τσιλφόγλου Σ., 2016).

Η μυθολογία αναφέρει την γνωστή αναμέτρηση του Ποσειδώνα με την Παλλάδα Αθηνά για το ποιος θα δώσει το όνομά του στην πόλη, κατά την οποία νίκησε η Αθηνά, προσφέροντας στον "κλεινόν άστν" μία ελιά, σύμβολο ειρήνης, προόδου και δύναμης. Η πόλη έδειξε την ευγνωμοσύνη της δίδοντας το όνομα της θεάς στην πόλη. Ενδεικτικό της σημασίας της ελιάς για την Αθήνα είναι ότι οι Αθηναίοι στα νομίσματά τους απεικόνιζαν την Αθηνά με στεφάνι ελιάς στο κράνος της και έναν αμφορέα με ελαιόλαδο ή ένα κλαδί ελιάς.



Εικόνα 1.2: Ο μύθος της διαμάχης μεταξύ Αθηνάς και Ποσειδώνα

(Πηγή: <https://ellas2.wordpress.com>)

Στην Ακρόπολη υπήρχε η ιερή ελιά της Αθηνάς, η πρώτη ελιά που η θεά Αθηνά χάρισε στους Έλληνες και στην Ακαδημία οι 12 ιερές ελιές, οι «μορίαί», ενδεχομένως από το μόριο-κομμάτι, καθώς αυτές προέρχονταν από μεταφυτεύσεις (μέρη/κομμάτια) της πρώτης ελιάς που δέσποζε στον βράχο της Ακροπόλεως και ο ιερός ελαιώνας από τον οποίο προερχόταν το ελαιόλαδο που δινόταν ως έπαθλο στους νικητές των Παναθηναίων.



Εικόνα 1.3: Η Ιερή Ελιά του Πλάτωνα επί της Ιεράς Οδού στην περιοχή της αρχαίας Ακαδημίας της Αθήνας, (Φωτογραφία της 3ης Μαρτίου 1901, όπως αναρτήθηκε από χρήστη στις 08-01-2017). Σήμερα ο κορμός της βρίσκεται σε ειδική προθήκη στο Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, όταν το 1976 ένα λεωφορείο έπεσε επάνω της με αποτέλεσμα να σπάσει. (Πηγή:<https://www.tilestwra.com/h-mythiki-elia-tou-platona-stin-athina-pou->)

Από την αρχαιότητα η ελιά ήταν το ιερότερο δέντρο και ακόμη και μέχρι σήμερα παραμένει ένα στοιχείο που συνδέεται άμεσα με την παράδοση αλλά και την διατροφή της χώρας μας. Το κλαδί της ελιάς αποτελούσε σύμβολο ειρήνης, σοφίας και νίκης. Ιερό σύμβολο του κύκλου της ζωής χρησιμοποιείται σε όλες τις σημαντικές στιγμές και τελετουργίες, γέννηση, βάπτισμα, γάμο και θάνατο (Γκαβιδου Ν., Ζωγράφου Έ., 2008).

Για τους ορθόδοξους χριστιανούς, το ελαιόλαδο, όπως και το σιτάρι και το κρασί, έχει τη σημασία θρησκευτικού αγαθού καθώς είναι συνδεδεμένο με τα μυστήρια του Χρίσματος και του Ευχέλαιου. Το αγιασμένο από την εκκλησία ελαιόλαδο θεωρείται από τους πιστούς φυλαχτό και βοήθεια για κάθε δύσκολη στιγμή.

1.1.2 Βοτανικά χαρακτηριστικά του δέντρου της Ελιάς

Η ελιά (*Olea europaea* L) ανήκει στην οικογένεια των Ελαιοειδών Oleaceae και απαντάται, όπως προειπώθηκε σε αφθονία στην χώρα μας. Το κύριο χαρακτηριστικό του γένους *Olea* είναι η μακροζωία και η διατήρηση της παραγωγικότητας του. Ο καρπός που

φέρει, ονομάζεται ομοίως ελιά και το έλαιο που προέρχεται από αυτόν είναι το γνωστό σε όλους ελαιόλαδο (Γιαννακοδήμος Δ., 2016).

Το γένος *Olea* περιλαμβάνει αρκετά είδη και ποικιλίες, τα κυριότερα από τα οποία περιγράφονται παρακάτω:

- Ελαία η αγρία (*Olea sylvestris*), κοινώς αγρελιά ή αγρελίδι
- Ελαία η ευρωπαϊκή (*Olea europaea*) ή κοινή, το συνηθέστερα καλλιεργούμενο είδος ανά τον κόσμο, αλλά και στη χώρα μας
- Ελαία η ισπανική (*Olea hispanica*)
- Ελαία η κρανιόμορφος (*Olea craniomorpha*), κοινώς σουβλολιά
- Ελαία η εκκρεμής (*Olea pendula*), κοινώς κρεβατοελιά
- Ελαία η κωνική (*Olea conica*) κοινώς ελιά σαλωνίτικη
- Ελαία η λευκόκαρπος (*Olea leucocarpa*)
- Ελαία η μακρόκαρπος (*Olea macrocarpa*), κοινώς αετονυχολιά
- Ελαία η μικρόκαρπος (*Olea microcarpa*), κοινώς λιανολιά ή λαδοελιά
- Ελαία η μαστοειδής (*Olea mamillaris*), κοινώς λιάστρος
- Ελαία η πρόμιος (*Olea precox*), κοινώς καλοκαιρίδα
- Ελαία η σαλέρνιος (*Olea salerniensis*), κοινώς γαϊδουρολιά
- Ελαία η στρεπτή (*Olea contorta*), κοινώς στριφτολιά

Το δέντρο της ελιάς είναι αειθαλές, σταυρογονιμοποιούμενο ανεμόφιλο, και αιωνόβιο. Το ύψος του κυμαίνεται από 5 έως 20 μέτρα και επηρεάζεται από τη ζωνρότητα του υποκειμένου ή της ποικιλίας, τις εδαφοκλιματικές συνθήκες και τις καλλιεργητικές φροντίδες.

Ο κορμός της ελιάς είναι οζώδης και καλύπτεται από τεφρόφαιο φλοιό. Τα φύλλα του είναι αντίθετα, με σχήμα λογχοειδές, όψη δερματώδη και χρώματος σκουροπράσινου στην άνω επιφάνεια και αργυρόχρουου στην κάτω αντίστοιχα. Φέρει άνθη λευκωπά, πολύ μικρά σε μέγεθος και μονοπέταλα, που σχηματίζουν ταξιανθία βότρυος και εμφανίζονται προς το τέλος Μαΐου, ενώ ο καρπός ωριμάζει και συλλέγεται κατά τα τέλη του φθινοπώρου και αρχές του χειμώνα (Ποντικής Κ.2000).



Εικόνα 1.4: Βοτρυώδης ταξιανθία ελιάς (Πηγή: <https://agrotikistegi.gr/>)

Το δέντρο της ελιάς έχει την ικανότητα να βλαστάνει ξανά ακόμα και αν τραυματιστεί ή καταστραφεί το υπέργειο τμήμα του. Ευδοκίμει σε κλίματα που είναι εύκρατα, δίχως ακρότητες θερμοκρασίας, μέσης ετήσιας θερμοκρασίας 15-20°C, αλλά και υγρασίας, για αυτό είναι ευρύτατα διαδεδομένη στη ζώνη της μεσογείου σε χώρες όπως η Ελλάδα, η Ιταλία, η Ισπανία, η Τουρκία, η Αλγερία και άλλες. Επιπρόσθετα ευδοκίμει σε αρκετές περιοχές του κόσμου, αρκεί η θερμοκρασία τους να μη φτάνει για πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα κάτω από το μηδέν. Η απόλυτη μέγιστη θερμοκρασία μπορεί να φτάσει τους 40°C χωρίς να προκαλέσει ζημιές, αλλά η ελάχιστη θερμοκρασία δεν πρέπει να πέσει κάτω από τους -7°C, γιατί οι χαμηλές θερμοκρασίες μπορεί να προκαλέσουν σοβαρές ζημιές στα δέντρα. (Ποντικής Κ.2000). Γι' αυτό και ιδιαίτερα κατάλληλες περιοχές για την καλλιέργειά της είναι οι παραθαλάσσιες.

Η ελιά προσαρμόζεται άριστα σε μεγάλη ποικιλία εδαφών με εξαίρεση τα πολύ όξινα εδάφη, ακόμη και σε λοφώδη εδάφη χαμηλής γονιμότητας, αρκεί να λιπαίνεται σωστά. Η καλλιέργεια όμως σε εδάφη γόνιμα και ποτιστικά υποβοηθά την γρήγορη και καλύτερη ανάπτυξη του δέντρου της ελιάς και αυξάνει κατά πολύ την απόδοση σε καρπό.



Εικόνα 1.5: Κορμός αιωνόβιας ελιάς στον πανέμορφο Κερκυραϊκό Ελαιώνα
(Πηγή: Προσωπικό αρχείο από επίσκεψη στο Κέντρο Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης Λευκίμης)

Τα δένδρα της φυτεύονται σε ευθείες σειρές ή σε ρομβοειδείς διατάξεις και αναλόγως με την ποικιλία και την ποιότητα του εδάφους η απόσταση μεταξύ των σειρών κυμαίνεται από 7 έως 20 μέτρα. Η περιοχή στην οποία καλλιεργούνται ελαιόδενδρα ονομάζεται «ελαιώνας» (Γιαννακοδήμος Δ., 2016).

1.1.3 Χαρακτηριστικά του ελαιόκαρπου

Ο καρπός της ελιάς είναι το κύριο προϊόν του δένδρου της ελιάς και είναι δρύπη και αποτελείται από τα 3 παρακάτω μέρη:

- το επικάρπιο ή επιδερμίδα ή φλοιό που καλύπτει το 1,5 – 3,5 % του βάρους του καρπού
- το μεσοκάρπιο ή σαρκοκάρπιο ή σάρκα που περιέχει ιστούς πλούσιους σε λάδι και σε νερό και καλύπτει το 70 - 90% του καρπού

- το ενδοκάρπιο ή πυρήνα ή κουκούτσι που αποτελεί το ξυλώδες τμήμα και καλύπτει το 10 - 30 % του καρπού

Το μέγεθος του καρπού της ελιάς επηρεάζεται από πολλούς γενετικούς, περιβαλλοντικούς και καλλιεργητικούς παράγοντες. Πολλές ποικιλίες ελιάς έχουν διαμορφωθεί με το πέρασμα του χρόνου και διαφέρουν στο μέγεθος και στο χρώμα του καρπού, στην περιεκτικότητα σε ελαιόλαδο, στα ζάχαρα και σε άλλα συστατικά και στην ποιότητα του παραγόμενου προϊόντος. Έτσι ο καρπός της ελιάς διαφέρει από ποικιλία σε ποικιλία (Κυριτσάκης Α., 1989). Με βάση τα χαρακτηριστικά τους και κυρίως την περιεκτικότητα σε ελαιόλαδο και σε ζάχαρα, το μέγεθος του καρπού και τη σχέση σάρκα προς πυρήνα οι ποικιλίες της ελιάς μπορούν να καταταχθούν στις παρακάτω κατηγορίες:

- Ελαιοποιήσιμες ποικιλίες: στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι ποικιλίες ελιάς που ο ελαιοκάρπος χρησιμοποιείται για την παραγωγή ελαιολάδου π.χ. Κορωνεϊκή, Λαδολιά.
- Επιτραπέζιες ποικιλίες: στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι ποικιλίες όπου ο καρπός χρησιμοποιείται για επιτραπέζια κατανάλωση π.χ. κονσερβολιά.

Σε μερικές από τις ελαιοποιήσιμες ποικιλίες, με ορθολογική επιλογή, έχει επιτευχθεί μεγαλύτερη απόδοση σε ελαιόλαδο χάρη σε μια αξιόλογη σμίκρυνση του πυρήνα προς όφελος της σάρκας.

Τα κύρια συστατικά του ελαιοκάρπου που μεταβάλλονται αισθητά κατά την διάρκεια της ωρίμανσης αναλύονται ως εξής:

- Νερό: Το πιο σημαντικό συστατικό του καρπού, το οποίο αντιπροσωπεύει το 70–74% του νωπού βάρους και συσσωρεύεται κυρίως στα χυμοτόπια.
- Λιπαρές ουσίες: Η περιεκτικότητα του λαδιού ή γενικότερα των λιπαρών ουσιών ανέρχεται σε ποσοστό 17-30% του βάρους της ελαιομάζας. Το λάδι είναι αδιάλυτο στο νερό, αποτελεί κύρια πηγή θερμίδων και επηρεάζει την συνεκτικότητα της σάρκας του ελαιοκάρπου. Όσο αυξάνεται η ελαιοπεριεκτικότητα τόσο ελαττώνεται η περιεκτικότητα σε νερό, ώστε το άθροισμα και των δυο να είναι σχεδόν σταθερό, αφού τα δυο αυτά συστατικά βρίσκονται σε ανταγωνισμό.
- Απλά σάκχαρα: κυρίως γλυκόζη, φρουκτόζη και σε μικρότερο ποσοστό η σακχαρόζη.

- Πολυσακχαρίτες: κυρίως κυτταρίνη, ημικυτταρίνες και τα κόμμεα. Είναι αδιάλυτοι στο νερό και με περιεκτικότητα από 3-6% της ελαιομάζας.
- Πηκτίνες: Οι πηκτίνες, και ιδιαίτερα η πρωτοπηκτίνη, ευθύνονται για τη συνεκτικότητα της σάρκας. Η περιεκτικότητα της σάρκας του ελαιοκάρπου σε πηκτίνες ανέρχεται σε 1,5%.
- Πρωτεΐνες: Το ποσοστό των πρωτεϊνών στον ελαιοκάρπο είναι μικρό και ανέρχεται στο 1,5 % του βάρους της ελαιομάζας, το οποίο ελαττώνεται ακόμη περισσότερο κατά την επεξεργασία του ελαιοκάρπου.
- Οργανικά οξέα: Απαντούνται διάσπαρτα σε μικρές ποσότητες στην σάρκα του ελαιοκάρπου, όπου εξασφαλίζεται ομοιογενές pH, του οποίου οι τιμές κυμαίνονται από 4,5-5. Τα πιο σημαντικά είναι το κιτρικό οξύ, το μηλικό οξύ και το οξαλικό οξύ.
- Ταννίνες: Σε αυτές οφείλεται η στυφή γεύση του ελαιοκάρπου και η περιεκτικότητά τους ανέρχεται σε 1,5 -2% επί του νωπού βάρους της ελαιομάζας
- Ελευρωπαΐνη: Συστατικό του καρπού στο οποίο οφείλεται η πικρή του γεύση. Πρόκειται για μια πολυφαινόλη και συναντάται σε μεγάλο βαθμό στον άγουρο ελαιοκάρπο.
- Χρωστικές ουσίες: αφενός λιποδιαλυτές, όπως χλωροφύλλη α, β και καροτίνη και υδατοδιαλυτές αφετέρου, όπως ανθοκυάνες.
- Ανόργανα συστατικά: Διαλυμένα στον κυτταρικό χυμό αλλά και ενωμένα με πηκτίνες και άλλα συστατικά του κυττάρου. Συμμετέχουν ως δομικά υλικά και εξασφαλίζουν την ρυθμιστική ικανότητα στο μεσοκάρπιο του ελαιοκάρπου (Κυριτσάκης Α., 1989).

1.1.4 Η καλλιέργεια της ελιάς και η οικονομική της σημασία

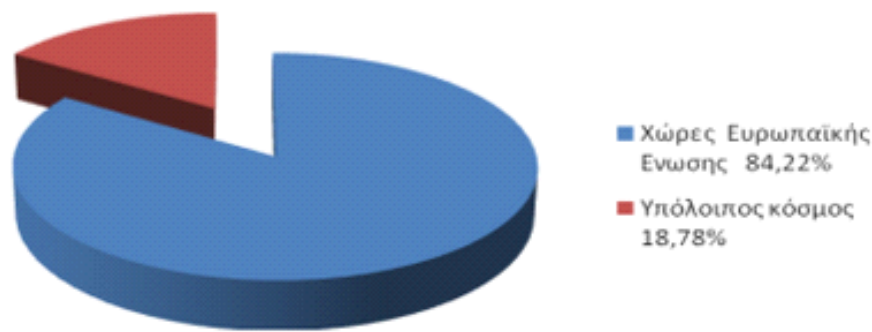
Η ελιά αποτελεί σημαντικό φυτικό είδος του Μεσογειακού οικοσυστήματος και μια σημαντική πηγή ενέργειας και θρεπτικών συστατικών για τον άνθρωπο. Τα παραγόμενα προϊόντα της ελαιοκαλλιέργειας ελιάς είναι το ελαιόλαδο και οι βρώσιμες ελιές, που αποτελούν αναπόσπαστο τμήμα της μεσογειακής διατροφής. Από τα δύο αυτά προϊόντα τη μεγαλύτερη διαιτητική αξία έχει το ελαιόλαδο. Η καλλιέργεια της ελιάς σε όλη την υφήλιο καλύπτει έκταση περίπου 100 εκατομμυρίων στρεμμάτων, ενώ καλλιεργούνται

περισσότερα από 750 εκατομμύρια ελαιόδενδρα και από αυτά, το μεγαλύτερο ποσοστό, περίπου το 98%, φύονται στην περιοχή της Μεσογείου (Ρέππας Κ., 2012).

Πίνακας 1.1: Κύριες χώρες παραγωγής ελιάς (Έτος 2011 από FAOSTAT)

A/A	Χώρα	Παραγωγή (σε τόνους)	Καλλιεργήσιμη περιοχή (σε Εκτάρια)	Απόδοση (q/εκτάριο)
1	Ισπανία	7.820.060	2.330.400	29.781
2	Ιταλία	3.182.204	1.144.420	27.806
3	Ελλάδα	2.000.000	850.000	23.529
4	Τουρκία	1.750.000	798.493	21.916
5	Μαρόκο	1.415.902	597.513	22.839
6	Συρία	1.095.043	684.490	15.997
7	Αλγερία	610.776	295.000	14.237
8	Τυνησία	562.000	1,779.950	4.848
9	Αίγυπτος	459.650	52.668	87.273
10	Πορτογαλία	443.800	343.200	12.931
	Συνολική παγκόσμια παραγωγή	19.845.300	9.634.576	20.598

Στις χώρες της Ευρώπης καλλιεργούνται 86 εκατομμύρια στρέμματα με ελαιόδενδρα από τα οποία το 92% προορίζεται για την παραγωγή του ελαιολάδου και το 8% για την παραγωγή βρώσιμων ελιών και παράγεται σχεδόν το 85 % της παγκόσμιας παραγωγής ελαιολάδου, που ανέρχεται περίπου σε 2.5 εκατομμύρια τόνοι ανά χρόνο (Εικόνα 1.6).



Εικόνα 1.6: Κατανομή παγκόσμιας παραγωγής ελαιολάδου.(Πηγή:www.fao.org).

Η ελιά καλλιεργείται σήμερα σε όλες σχεδόν τις περιφέρειες της χώρας και διαδραματίζει πρωτεύοντα ρόλο στην οικονομία της, καθώς στην ελαιοκομία δραστηριοποιούνται, κατά κύρια ή συμπληρωματική απασχόληση, περισσότερες από 450 χιλιάδες αγροτικές οικογένειες, κυρίως σε μειονεκτικές, ημιορεινές περιοχές, συμβάλλοντας καθοριστικά στην βιωσιμότητα των περιοχών αυτών, στη διατήρηση της κοινωνικής συνοχής σε αυτές καθώς και στην προστασία των εδαφών από τη διάβρωση και στην διατήρηση του φυσικού τοπίου.

Το 1997 η καλλιεργούμενη έκταση σε στρέμματα ήταν 729.343.600 Ha (εκτάριο: ισοδύναμο με 10 στρέμματα) και αυξάνεται συνεχώς. Σε σύγκριση με τη συνολική έκταση 3.498.660 Ha, που καταλαμβάνουν οι γεωργικές εκμεταλλεύσεις της χώρας γίνεται καλύτερα κατανοητός ο όγκος που καταλαμβάνει η ελαιοκαλλιέργεια στην επικράτεια της χώρας, που σήμερα καλύπτει περίπου το 20% των χρησιμοποιούμενων αγροτικών εκτάσεων της χώρας και η συμμετοχή του ελαιολάδου στο αγροτικό ΑΕΠ κυμαίνεται από 7,5% έως 10% ετησίως ανάλογα με τις αποδόσεις κάθε ελαιοκομικής χρονιάς.

Ο μεγαλύτερος αριθμός ελαιόδεντρων απαντάται στο γεωγραφικό διαμέρισμα της Πελοποννήσου φτάνοντας το 1995 περίπου τα 44 εκατομμύρια δένδρα, ενώ στην επόμενη θέση βρίσκεται το διαμέρισμα της Κρήτης με 30 εκατ. δένδρα περίπου την ίδια χρονολογία, συμμετέχοντας με ποσοστά 35,4% και 40% αντίστοιχα, στην ετήσια ελαιοπαραγωγή. Στην Περιφέρεια Δυτικής Ελλάδας, παράγονται κατά μέσο όρο 50.000 τόνοι ελαιολάδου, ενώ στην Περιφερειακή Ενότητα Αχαΐας αντιστοιχούν 16.000 τόνοι.

Σύμφωνα με το ελαιοκομικό μητρώο του νομού Ηλείας τα έτη 2004-2005 καλλιεργούνταν στο νομό 8.163.785 δένδρα σε 551.288 στρέμματα (Γιαννακοδήμος Δ., 2016).

Πίνακας 1.2 : Παραχθείσα ποσότητα ελαιολάδου στα γεωγραφικά διαμερίσματα της Ελλάδας τη χρονική περίοδο 2002/2003

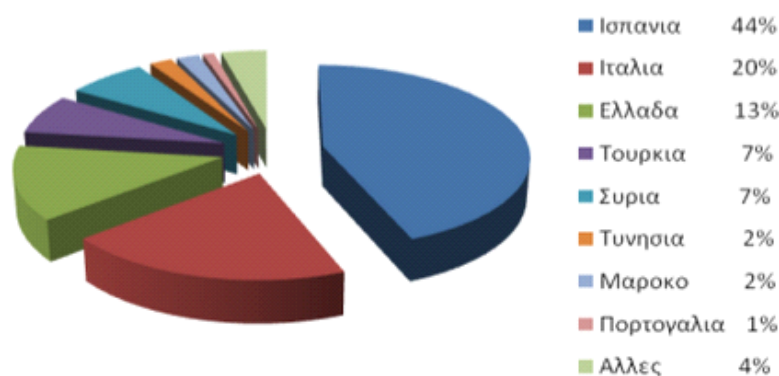
Γεωγραφικό διαμέρισμα και νομός	Παραγωγή σε τόνους		
	Βρώσιμες Ελιές	Ελιές ελαιοποιήσεως	Ελαιόλαδο
Στερεά Ελλάδα, Εύβοια	98.994	168.204	42.771
Πελοπόννησος	26.145	699.828	169.223
Ιόνια νησιά	393	134.052	27.586
Ήπειρος	12.991	59.822	3.219
Θεσσαλία	9.378	36.256	5.049
Μακεδονία	37.978	45.773	6.149
Θράκη	1.289	4.577	1.741
Νησιά Αιγαίου	1.148	53.698	84.020
Κρήτη	1.303	658.428	164.411
Σύνολο Ελλάδος	189.619	1.860.638	504.169

Το ελαιόλαδο έχει μεγαλύτερη οικονομική αξία για τη χώρα μας έναντι των βρώσιμων ελιών, καθώς τόσο η παράδοση όσο και το κλίμα της χώρας ευνοεί την καλλιέργεια της ελιάς και την παραγωγή καλής ποιότητας ελαιολάδου.

Οι σημαντικότερες ελαιοποιήσιμες ποικιλίες ελιάς που καλλιεργούνται στη χώρα σήμερα είναι η Κορωνέικη, η Λιανολιά Κερκύρας, η Κουτσουρελιά και η Μαστοειδής. Καλλιεργούνται επίσης και «μεικτές» ποικιλίες, κατάλληλες και για τις δύο χρήσεις, όπως Μεγαρίτικη, Κοθρέικη, Κολοβή και Θρουμπολιά. Τα ονόματα των ποικιλιών διαφέρουν από περιοχή σε περιοχή: η ίδια ποικιλία αποκαλείται με διαφορετικό όνομα σε διαφορετικές περιοχές, ενώ συχνά το ίδιο όνομα χρησιμοποιείται για να περιγράψει διαφορετικές ποικιλίες, με αποτέλεσμα τη δημιουργία σύγχυσης.

Η παραγωγή και διάθεση ελαιολάδου παγκοσμίως αποτελεί έναν κλάδο με σημαντική δυναμική διεθνώς τα τελευταία χρόνια. Η παγκόσμια κατανάλωση έχει αυξηθεί κατά 50% τα τελευταία 20 χρόνια, κατά κύριο λόγο στην αναγνώριση της υγιεινής διαιτητική του αξίας.

Τρεις χώρες, η Ισπανία, η Ιταλία και η Ελλάδα συγκεντρώνουν πάνω από το 75% της παγκόσμιας παραγωγής και περίπου το 50% της παγκόσμιας κατανάλωσης. Άλλοι σημαντικοί παραγωγοί στην περιοχή είναι η Τουρκία, η Πορτογαλία, η Τυνησία, το Μαρόκο, καθώς και βαλκανικές χώρες. Συνολικά, όλες αυτές οι χώρες τροφοδοτούν περίπου το 90% της παγκόσμιας αγοράς του ελαιόλαδου.



Εικόνα 1.7: Παγκόσμια παραγωγή ελαιοκάρπου και ελαιόλαδου (Έτος 2011 από FAOSTAT) (Πηγή: <https://www.ladasoil.com>)

Η Ελλάδα αποτελεί την τρίτη μεγαλύτερη ελαιοπαραγωγική χώρα στον κόσμο μετά την Ισπανία και την Ιταλία σε παγκόσμιο επίπεδο με ποσοστό παραγωγής 13 %, που αντιστοιχεί σε 300.000 έως 400.000 τόνους ανάλογα με τις επικρατούσες συνθήκες της ελαιοκομικής χρονιάς (Εικόνα 1.7). Με κριτήριο την ποιότητα όμως, η Ελλάδα

κατατάσσεται πρώτη παγκόσμια, καθώς σύμφωνα με στοιχεία του Συνδέσμου Ελληνικών Βιομηχανιών Τυποποίησης Ελαιολάδου (Σ.Ε.ΒΙ.Τ.ΕΛ.), πάνω από το 70% της Ελληνικής παραγωγής ελαιολάδου είναι εξαιρετικά παρθένο ελαιόλαδο.

Με δεδομένο το γεγονός ότι η παγκόσμια κατανάλωση ελαιολάδου αυξάνεται αργά αλλά σταθερά από 1.890.000 τόνους το 1987/88 σε 2.110.000 αντίστοιχα το 1993/94, η οικονομική σημασία της παραγωγής του ελαιολάδου εντείνεται ακόμη περισσότερο. Η κατά κεφαλή ζήτηση για ελαιόλαδο είναι ιδιαίτερα έντονη σε χώρες όπως η Ιαπωνία, ο Καναδάς και οι ΗΠΑ.

Η Ελλάδα εξάγει μεγάλες ποσότητες παρθένου ελαιολάδου, το οποίο όμως αγοράζεται σε μορφή χύμα από Ιταλικές κυρίως βιομηχανίες. Οι βιομηχανίες αυτές το χρησιμοποιούν ως βελτιωτικό στα διάφορων ειδών ελαιόλαδα που παράγουν και το προωθούν στην αγορά τυποποιημένο ως Ιταλικό, με αποτέλεσμα η χώρα να κατέχει ένα πολύ μικρό μερίδιο αγοράς στο επώνυμο τυποποιημένο παρθένο ελαιόλαδο. Οι εξαγωγές Ελληνικού ελαιολάδου σε μορφή χύμα αντιστοιχούν σε ποσοστό 90% των συνολικών εξαγωγών ελαιολάδου της χώρας (Πάντζιαρος Α. 2016).

Σημαντικό στοιχείο για τις δυνατότητες περαιτέρω ανάπτυξης του κλάδου, αποτελεί το γεγονός ότι έχουν χαρακτηριστεί 27 τύποι ελαιολάδων εγχώριας παραγωγής ως Π.Ο.Π (Προστατευόμενη Ονομασία Προέλευσης) ή Π.Γ.Ε (Προστατευόμενη Γεωγραφική Ένδειξη).

2. ΕΛΑΙΟΛΑΔΟ

Το ελαιόλαδο είναι ο φυσικός χυμός του καρπού της ελιάς και μπορεί να καταναλωθεί ακόμα και χωρίς καμία επεξεργασία. Με τον τρόπο αυτό διατηρείται η ακεραιότητα των συστατικών του, το οποίο του προσδίδει ευεργετικές ιδιότητες. Αφομοιώνεται από τον ανθρώπινο οργανισμό κατά 98% ενώ αποδίδει τον ίδιο αριθμό θερμίδων με όλα τα άλλα φυτικά έλαια που είναι το 9,3 για κάθε γραμμάριό του.



Εικόνα 2.1: Καρποί της ελιάς και ελαιόλαδο (Πηγή: <https://www.cretapost.gr/>)

Η κατάσταση του καρπού κατά τη συγκομιδή, καθορίζει και την ποιότητα του τελικού προϊόντος. Γενικά, τα χαρακτηριστικά του ελαιολάδου εξαρτώνται από την ποικιλία, την τοποθεσία, την έκθεση στο φως και τον αέρα, τις μετεωρολογικές και κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή και τις καλλιεργητικές μεθόδους που εφαρμόζονται στον ελαιώνα. Επιπλέον, το ελαιόλαδο επηρεάζεται από το χρόνο και τον τρόπο αποθήκευσης του, το χρόνο αποθήκευσης του καρπού και τις συνθήκες επεξεργασίας στο ελαιοτριβείο (Κουτουλάκου Σ., 2017).

Συμπερασματικά ελαιόλαδο είναι το έλαιο που λαμβάνεται από τους καρπούς του ελαιόδεντρου με μηχανικά αποκλειστικά μέσα και φυσικές μεθόδους ή επεξεργασίες, μετά από την πρώτη και δεύτερη συμπίεσή τους με τη μέθοδο της ψυχρής έκθλιψης, στην οποία δεν προστίθενται καθόλου χημικές ουσίες, ενώ χρησιμοποιείται μόνο μια μικρή ποσότητα θέρμανσης, που να μην προκαλούν αλλοίωση του ελαίου (Κώδικας Τροφίμων, Ποτών και Αντικειμένων Κοινής Χρήσης, Άρθρο 71, παράγραφος 1).

2.1. Κατηγορίες ελαιολάδου

Το τυποποιημένο ελαιόλαδο, διατίθεται στην κατανάλωση σε τέσσερις βασικές κατηγορίες, Εξαιρετικό παρθένο Ελαιόλαδο, Παρθένο Ελαιόλαδο, Ελαιόλαδο αποτελούμενο από Εξευγενισμένα Ελαιόλαδα και Παρθένα Ελαιόλαδα & Πυρηνέλαιο, οι οποίες πρέπει να αναγράφονται στη συσκευασία του. Επιπλέον υπάρχουν και κάποιοι άλλοι τύποι ελαιολάδων με συγκεκριμένες ιδιαιτερότητες που προκύπτουν κυρίως από

λιγότερη ή περισσότερη επεξεργασία στο τελικό προϊόν, όπως το αγουρέλαιο, τα ελαιόλαδα βιολογικής καλλιέργειας, τα αρωματικά ελαιόλαδα κ.α. (Ρέππας Κ., 2012).

Οι κατηγορίες του ελαιόλαδου σύμφωνα με το Διεθνές Συμβούλιο Ελαιόλαδου είναι οι εξής:

ΕΛΑΙΟΛΑΔΟ: Είναι το λάδι που παραλαμβάνεται αποκλειστικά και μόνο από τον καρπό της ελιάς.

ΠΑΡΘΕΝΟ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟ

- **ΕΞΑΙΡΕΤΙΚΟ ΠΑΡΘΕΝΟ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟ** (extra virgin olive oil): Πρόκειται για το καλύτερο σε ποιότητα λάδι. Έχει εξαιρετικό χρώμα, τέλειο άρωμα και γεύση, ενώ η οποιού η περιεκτικότητα σε ελεύθερα λιπαρά οξέα (οξύτητα), δεν υπερβαίνει τα 0,8 g ανά 100 g λαδιού (0,8%). Έχει έντονη φρουτώδη γεύση και άρωμα φρεσκοκομμένου καρπού ελιάς.
- **ΠΑΡΘΕΝΟ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟ**: Διαφοροποιείται από το εξαιρετικά παρθένο, όχι μόνον ως προς τον βαθμό οξύτητας, του οποίου η οξύτητα κυμαίνεται έως 2%, αλλά και γευστικά.
- **ΠΑΡΘΕΝΟ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟ – ΚΟΥΡΑΝΤΕ ή ΗΜΙ-ΦΙΝΟ** (virgin olive oil semi - fine). Παρθένο ελαιόλαδο, με καλή γεύση και καλή οσμή. Η οξύτητά του μπορεί να φτάσει μέχρι και 3,3% σε ελαϊκό οξύ.
- **ΕΛΑΙΟΛΑΔΟ ΛΑΜΠΑΝΤΕ** (virgin olive oil lampante): Παρθένο ελαιόλαδο με κακή γεύση και οσμή, η περιεκτικότητα του οποίου σε ελεύθερα λιπαρά οξέα εκφραζόμενη σε ελαϊκό οξύ υπερβαίνει τα 3,3 g ανά 100 g λαδιού (3,3%). Ο τύπος αυτός του ελαιόλαδου προορίζεται για ραφινάρισμα ή βιομηχανική χρήση.

Οι παραπάνω κατηγορίες Κουράντε και Λαμπάντε καταργήθηκαν με ισχύ από 01.11.2003 και αντικαταστάθηκαν σύμφωνα με τον Κανόνα 1989/ του 2003 με την κατηγορία «Ελαιόλαδο λαμπάντε».

ΕΞΕΥΓΕΝΙΣΜΕΝΟ ή ΡΑΦΙΝΑΡΙΣΜΕΝΟ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟ (Refined olive oil): Είναι το ελαιόλαδο που παραλαμβάνεται από παρθένο ελαιόλαδο με ραφινάρισμα που δεν προκαλεί αλλαγές στην αρχική δομή των γλυκεριδίων. Πρόκειται για ένα σχεδόν άγευστο λάδι, η οξύτητα του οποίου δεν υπερβαίνει το 0,3 % .

**ΕΛΑΙΟΛΑΔΟ - ΑΠΟΤΕΛΟΥΜΕΝΟ ΑΠΟ ΕΞΕΥΓΕΝΙΣΜΕΝΑ ΕΛΑΙΟΛΑΔΑ
& ΠΑΡΘΕΝΑ ΕΛΑΙΟΛΑΔΑ ή ΓΝΗΣΙΟ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟ ή ΑΓΝΟ ή ΚΟΥΠΕ**

(pure olive oil): Το έλαιο που λαμβάνεται από ανάμειξη εξευγενισμένου (ραφινέ) ελαιολάδου και παρθένων ελαιολάδων, εκτός από το ελαιόλαδο λαμπάντε. Έχει ευχάριστη γεύση και οσμή, μοναδικό διακριτικό άρωμα ώριμων φρούτων και φρέσκιας ελιάς, χρώμα ανοικτό κιτρινοπράσινο και οξύτητα που δεν ξεπερνά το 1%.

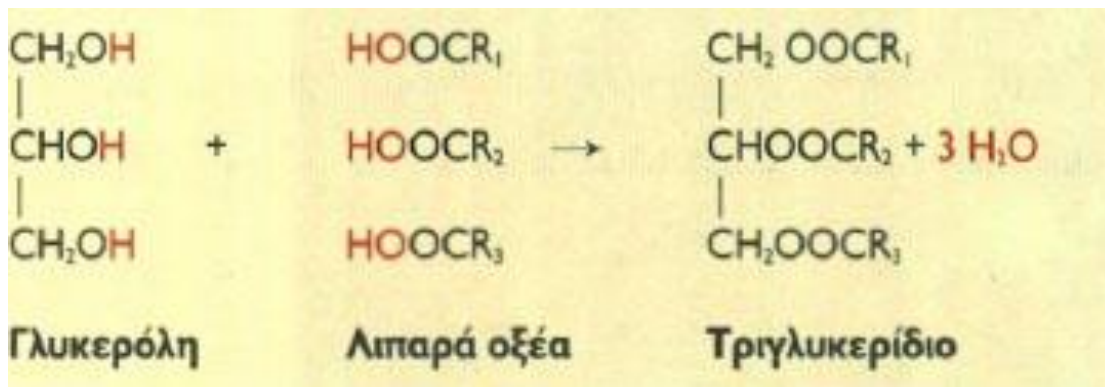
ΠΥΡΗΝΕΛΑΙΟ: Είναι το λάδι που παραλαμβάνεται από τον ελαιοπυρήνα κατόπιν επεξεργασίας με διαλύτες. Προέρχεται από την ανάμιξη ραφιναρτισμένου πυρηνέλαιου και παρθένου ελαιόλαδου, με εξαίρεση την κατηγορία ελαιόλαδου λαμπάντε, του οποίου η οξύτητα δεν ξεπερνά το 1%. Το Πυρηνέλαιο, έχει απαλή, ήπια γεύση. Θεωρείται ιδανικό για τηγάνισμα γιατί αντέχει στις υψηλές θερμοκρασίες.

ΑΓΟΥΡΕΛΑΙΟ: Το αγουρέλαιο είναι το πρώτο λάδι της ελιάς και προέρχεται από τις πιο φρέσκοιες, γερές, άγουρες και πράσινες ελιές, που δεν έχουν χτυπηθεί για να πέσουν από το δέντρο. Το λάδι του πρώτου, άγουρου καρπού, της πρώτης σοδειάς είναι ξεχωριστό και μάλιστα, σύμφωνα με το Διεθνές Συμβούλιο Ελαιολάδου, τα βασικά οργανοληπτικά κριτήρια αξιολόγησής του επικεντρώνονται σε τρία κύρια χαρακτηριστικά του, στο φρουτώδες, το πικρό και το πικάντικο, πρόκειται δηλαδή για ένα λάδι με έντονη γεύση ελιάς και άρωμα.

2.2. Σύσταση ελαιολάδου - ουσίες που το απαρτίζουν

Το ελαιόλαδο όπως και κάθε λιπαρή ύλη, είναι κυρίως μείγμα τριγλυκεριδίων, δηλαδή τριεστέρων της γλυκερόλης με ανώτερα λιπαρά οξέα. Αυτά είναι υπεύθυνα για την λιπαρή αίσθηση στην αφή και το στόμα. Τα λιπαρά οξέα παίζουν ρόλο στην παραγωγή ενέργειας και την αποθήκευση λιπιδίων στους ιστούς. Τα τριγλυκερίδια αποτελούν το «μεταφορικό μέσο» των λιπιδίων στο αίμα και την αποθηκευτική μορφή τους στους ιστούς (Κυριτσάκης Α., 1989).

Το μόριο της γλυκερόλης έχει τρεις ρίζες αλκοόλης στις οποίες μπορεί να ενωθεί με τρία μόρια λιπαρών οξέων, οπότε προκύπτουν τα τριγλυκερίδια.



Εικόνα 2.2: Χημική δομή ενός τριγλυκερίδιου (Πηγή :<http://ebooks.edu.gr/> Βιοχημεία τεχνολογικής κατεύθυνσης Γ' τάξης Γενικού Λυκείου)

Τα λιπαρά οξέα μπορεί να είναι είτε κορεσμένα, όπως το στεατικό οξύ, είτε ακόρεστα, όπως το ελαιϊκό, το λινελαϊκό, ή το λινολενικό οξύ, με ένα, δύο ή τρεις ακόρεστους διπλούς δεσμούς. Ανάλογα με τον αριθμό των διπλών δεσμών τα λιπαρά οξέα κατατάσσονται σε μονοακόρεστα, με ένα διπλό δεσμό και πολυακόρεστα με περισσότερους από έναν διπλούς δεσμούς.

Στα ακόρεστα περιλαμβάνεται από τα μονο-ακόρεστα το παλμιτελαιϊκό οξύ και το ελαιϊκό οξύ (συντομογραφικά: C18:1, καθώς περιέχει ένα μόνο διπλό δεσμό στο μόριό του), το οποίο καταλαμβάνει το μεγαλύτερο ποσοστό στο ελαιόλαδο και από τα πολύ-ακόρεστα περιλαμβάνονται το λινολενικό και το λινελαϊκό οξύ (συντομογραφικά: C18:2 καθώς περιέχει δύο διπλούς δεσμούς στο μόριό του). Στα κορεσμένα περιλαμβάνονται το παλμιτικό (συντομογραφικά:C16:0) και το στεατικό οξύ (συντομογραφικά:C18:0) που καταλαμβάνουν μικρό ποσοστό.

Διαφορές υπάρχουν ως προς τη ρευστότητα. Τα κεκορεσμένα είναι κατά κανόνα στερεά, ενώ τα ακόρεστα ρευστά. Η διάσπαση των τριγλυκεριδίων σε ελεύθερα λιπαρά οξέα είναι αυτή που δίνει την οξύτητα. Όσο χαμηλότερη είναι η ελεύθερη οξύτητα τόσο καλύτερη είναι η ποιότητα του ελαιολάδου (Ρέρη Α., 2010)

Εκτός από τα λιπαρά οξέα, το ελαιόλαδο περιέχει πλήθος αντιοξειδωτικών ουσιών, όπως είναι οι φαινόλες, οι τοκοφερόλες, οι στερόλες και τα καροτινοειδή (Μπόσκου 2004, Ψιλάκη Ν., Καστανάς Μ. 2003).

Αναλυτικότερα, το ελαιόλαδο περιέχει μικρές ποσότητες από τα παρακάτω συστατικά που προέρχονται από τον ελαιόκαρπο ή σχηματίζονται κατά την παραλαβή του, όπως :

- Ελεύθερα λιπαρά οξέα (προϊόντα υδρόλυσης των τριγλυκεριδίων)

- Φωσφατίδια (ή φωσφολιπίδια)
- Στερόλες
- Αλειφατικές αλκοόλες
- Φαινόλες
- Τοκοφερόλες
- Χρωστικές
- Πτητικές οργανικές ενώσεις
- Διάφορες ρητινοειδείς και ζελατινοειδείς ουσίες, κ.τ.λ.

Τα συστατικά του ελαιολάδου, διακρίνονται σε σαπωνοποιήσιμα (τριγλυκερίδια, φωσφολιπίδια, ελεύθερα λιπαρά οξέα κ.α) και ασαπωνοποιήτα (υδρογονάνθρακες, αλειφατικές αλκοόλες, στερόλες, φαινόλες, κα). Το 98,0-99,5% περίπου των συστατικών είναι σαπωνοποιήσιμα και το υπόλοιπο μη σαπωνοποιήσιμα. Παρά το γεγονός ότι το μη σαπωνοποιήσιμο κλάσμα είναι ποσοτικά μικρό, τα συστατικά του διαδραματίζουν σημαντικό διατροφικό και βιολογικό ρόλο και είναι υπεύθυνα για τις κυριότερες γευστικές και οσφραντικές ιδιότητες του ελαιόλαδου. (Κυριτσάκης Α., 1998)

2.3. Διατροφική αξία

Η υψηλή διατροφική αξία των προϊόντων ελιάς οφείλεται στα μονο-ακόρεστα λιπαρά οξέα, κυριότερο των οποίων είναι το ελαϊκό οξύ και στα συστατικά με αντιοξειδωτική δράση (Γιαννακοδήμος Δ., 2016).

Συγκεκριμένα, το ελαϊκό οξύ συμβάλλει στη μείωση της εμφάνισης καρδιαγγειακών παθήσεων εξαιτίας της μείωσης των επιπέδων της κακής χοληστερόλης LDL στο αίμα και της αύξησης της καλής χοληστερόλης HDL. (Ψιλάκη Ν., Καστανάς Μ., 2003).

Από την άλλη, τα συστατικά του ελαιολάδου με αντιοξειδωτική δράση εξουδετερώνουν τις ελεύθερες ρίζες οι οποίες έχουν δημιουργηθεί από την οξείδωση λιπαρών συστατικών και προσβάλλουν τα κύτταρα του οργανισμού. Οι ελεύθερες ρίζες είναι υπεύθυνες για καρδιακές παθήσεις, διάφορες μορφές καρκίνου, αρθρίτιδα και άλλες (Saga & Eide, 2017, Κοντοπρία Π., 2006, Μπόσκου Δ., 2004, Ψιλάκη Ν. & Καστανάς Μ., 2003).

Γενικότερα, το ελαιόλαδο δρα ευεργετικά και προστατευτικά προς τον οργανισμό. Βοηθά στην καλή λειτουργία της καρδιάς, μειώνοντας παράλληλα τον κίνδυνο

αθηροσκλήρωσης και εμφάνιση στεφανιαίας νόσου και δρα θετικά στο πεπτικό σύστημα (Βελεντζάς Δ., Τριάδη Δ.2002, Μαυρομούστακος Θ., 2002).

Σύμφωνα με έρευνες, το ελαιόλαδο είναι το πιο κατάλληλο λάδι για τηγάνισμα, καθώς οι αντιοξειδωτικές του ουσίες το καθιστούν σταθερό ακόμη και σε υψηλές θερμοκρασίες. Αντέχει πάνω από 200°C, σε αντίθεση με άλλα σπορέλαια, ακόμη και αν χρησιμοποιηθεί αρκετές φορές. Αυτή η άνοδος της θερμοκρασίας προκαλεί την οξείδωση των συστατικών των λαδιών με αποτέλεσμα οι ουσίες αυτές να έχουν βλαβερές συνέπειες για τον οργανισμό. Τα μονο-ακόρεστα λιπαρά οξέα και οι αντιοξειδωτικές ουσίες είναι συνυφασμένα με τη σταθερότητα του ελαιολάδου κατά την αποθήκευσή του, καθώς αποτρέπουν την οξείδωση του (Barbarise et al 2014, Muzzalupo 2012).

2.4. Σημασία για την συντηρησιμότητα του ελαιολάδου

Η εφαρμογή καλών πρακτικών κατά την διάρκεια της παραγωγής του ελαιολάδου έχει ως αποτέλεσμα την παραλαβή ελαιολάδου με χαμηλή οξύτητα. Υψηλότερη οξύτητα αποκτούν τα ελαιόλαδα, όταν ο ελαιόκαρπος έχει αποθηκευτεί σε σωρό για παρατεταμένη περίοδο. Στην περίπτωση αυτή ένας μεγάλος αριθμός από μικροοργανισμούς αναπτύσσεται στους τεράστιους σωρούς των ελιών, με αποτέλεσμα να έχουμε αύξηση της υδρόλυσης των γλυκεριδίων που παράγει ελεύθερα λιπαρά οξέα, ενώ σε ένα μικρότερο ποσοστό παράγονται μικράς αλύσεως λιπαρά οξέα (οξικό, προπιονικό, βουτυρικό, ισοβουτυρικό κ.α.) τα οποία μαζί με άλλες δυσάρεστες στην οσμή ουσίες αποδίδουν στο έλαιο την οσμή που είναι γνωστή με το όνομα ταγγάδα (Ράλλη Β., 2005).

Η ποιότητα του ελαιολάδου μπορεί να επηρεαστεί από την ποικιλία του ελαιόδεντρου, την περιοχή και τον τρόπο καλλιέργειας, το χρόνο και τρόπο συλλογής του καρπού, το χρόνο και τρόπο μεταφοράς του καρπού στο ελαιοτριβείο και την αποθήκευση (Πάσσαμ et al 2015, Κοντοπρία Π., 2006, Ψιλάκη Ν., Καστανάς Μ., 2003).

Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του ελαιολάδου καθορίζονται με εργαστηριακές μετρήσεις, που διερευνούν την ελεύθερη οξύτητα, τον βαθμό των υπεροξειδίων, την απορρόφηση στο υπεριώδες φως, την ύπαρξη μετάλλων και άλλα. Αναλυτικότερα:

Οξύτητα: Αποτελεί το βασικό κριτήριο αξιολόγησης του ελαιολάδου και ορίζεται ως η επί τοις 100 κατά βάρος περιεκτικότητα του ελαιολάδου σε ελεύθερα οξέα. Τα

ελεύθερα λιπαρά οξέα προκύπτουν ως συνέπεια της υδρόλυσης των τριγλυκεριδίων και μπορούν να μειώσουν την ποιότητα του ελαιολάδου. Πρακτικά, το καλύτερο ελαιόλαδο είναι αυτό, που η οξύτητά του δεν ξεπερνά τον 1 βαθμό (Κυριτσάκης Α. 2007, Μπόσκου Δ., 2004, Ψιλάκη Ν., Καστανάς Μ., 2003, Κώδιξ Τροφίμων και Ποτών, 1976).

Βαθμός υπεροξειδίων: Ο αριθμός υπεροξειδίων προσδιορίζει τον βαθμό οξείδωσης του ελαιολάδου σε πρωταρχικό στάδιο. Τα υπεροξειδία είναι χημικές ενώσεις που δημιουργούνται από την αντίδραση κυρίως του οξυγόνου με το ελαιόλαδο. Όσο χαμηλότερος είναι ο αριθμός υπεροξειδίων τόσο καλύτερη είναι η ποιότητα. Για ένα άριστο - καλοδιατηρημένο και φρέσκο ελαιόλαδο ο αριθμός υπεροξειδίων δεν πρέπει να υπερβαίνει σε αρχικό στάδιο το 10, με μέγιστο επιτρεπόμενο για το έξτρα παρθένο το 20. Ο αριθμός υπεροξειδίων εκφράζεται σε χιλιοστοϊσοδύναμα ενεργού οξυγόνου ανά kg λαδιού, που οξειδώνουν το ιωδιούχο κάλιο κάτω από τις συγκεκριμένες συνθήκες ανάλυσης. Ο αριθμός υπεροξειδίων αυξάνεται, όταν το προϊόν βρίσκεται σε επαφή με τον αέρα (οξυγόνο) και άρα το λάδι υποβαθμίζεται επικίνδυνα με εμφανέστατη την αλλοίωση της γεύσης του. Αυτός είναι ο βασικός λόγος για τον οποίο το ελαιόλαδο πρέπει να συσκευάζεται και να συντηρείται σε μικρές συσκευασίες και να καταναλώνεται το πολύ σε 20 ημέρες από την ημέρα που ανοίγεται η συσκευασία.

Φασματοφωτομετρική εξέταση στο υπεριώδες: Η εξέταση αυτή του ελαιολάδου στο υπεριώδες, μετρά τις απορροφήσεις σε μήκη κύματος 232nm και 270nm, που παριστάνονται με K (K_{232} , K_{270}), ο οποίος ονομάζεται συντελεστής απόσβεσης. Υπάρχει και ο δείκτης $\Delta K = K_{270} - (K_{264} + K_{276}) / 2$ που ορίζεται από μια μαθηματική σχέση υπολογισμού συντελεστών απορρόφησης υπεριώδους ακτινοβολίας. Η απορρόφηση στα 232nm, οφείλεται σε ενώσεις, τα υδροϋπεροξειδία, που παράγονται σε ένα πρωταρχικό στάδιο οξείδωσης αλλά και σε ενώσεις, συζυγή διένια, που παράγονται σε ένα ενδιάμεσο στάδιο οξείδωσης. Έτσι η τιμή του συντελεστή K_{232} αυξάνεται, όταν ο ελαιόκαρπος αποθηκεύεται για πολλές μέρες μέχρι την έκθλιψή του, αλλά και όταν το ελαιόλαδο έχει αποθηκευτεί σε άσχημες συνθήκες. Η απορρόφηση στα 270nm, οφείλεται σε ενώσεις με καρβονυλικές ομάδες, αλδεΐδες και κετόνες, οι οποίες αποτελούν δευτερογενή προϊόντα οξείδωσης, καθώς και από ενώσεις, συζυγή τριένια, που παράγονται κατά την διάρκεια της βιομηχανικής του επεξεργασίας. Έτσι η τιμή του συντελεστή απορρόφησης K_{270} εξαρτάται, από το πόσο φρέσκο είναι το ελαιόλαδο. Παλαιά ελαιόλαδα ή μείγματα με παλαιά ελαιόλαδα, έχουν αυξημένες τιμές του K_{270} . Επιπλέον, η τιμή του K_{270} αμέσως

μετά την εμφιάλωση, είναι πολύ χαμηλή και αυξάνεται με την πάροδο της ηλικίας του ελαιολάδου. Η έκθεση του ελαιολάδου στην ηλιακή ακτινοβολία και γενικότερα η αποθήκευσή του σε υψηλές θερμοκρασίες, επιταχύνουν την πρόοδο της γήρανσης. Η απορρόφηση λοιπόν του ελαιολάδου στο υπεριώδες, αποτελεί ένα σημαντικό κριτήριο της ποιότητάς του. Επί πλέον ο συντελεστής K_{270} και ο δείκτης ΔΚ χρησιμοποιούνται σαν κριτήρια γνησιότητας και ενδεχόμενης νοθείας του.

Ύπαρξη μετάλλων: Η επαφή του ελαιολάδου με μέταλλα και κυρίως με το χαλκό και το σίδηρο πρέπει να αποφεύγεται καθώς αλλοιώνουν το προϊόν μέσω της οξειδωσης. Τα σκεύη που χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση του ελαιολάδου πρέπει να είναι ανοξειδωτά ή γυάλινα και να μην αφήνουν το λάδι να έρχεται σε επαφή με τον ατμοσφαιρικό αέρα και τον ήλιο, αλλά να βρίσκονται σε σταθερή χαμηλή θερμοκρασία. Ιδανική θερμοκρασία αποθήκευσης θεωρούνται οι 10-15°C σε σκοτεινό μέρος. Το ελαιόλαδο είναι ευαίσθητο στη φωτοοξείδωση από ηλιακό φως, διάχυτο φως, ακόμα και φως από λάμπες φθορισμού (Προδρόμου Μ. 2015, Barbarisi et al, 2014, Κυριτσάκης Α., 2007, Ψιλάκη Ν., Καστανάς Μ., 2003, Kiritsakis et al, 2002).

Οι δύο πλέον συνηθισμένες αλλοιώσεις που υφίστανται το ελαιόλαδο που αποτελεί σημαντικό παράγοντα υποβάθμισή του ελαιολάδου και οφείλεται στον τρόπο αποθήκευσής του, το φως, τη θερμοκρασία και την παρουσία οξειδωτικών μετάλλων είναι:

- **Η υδρολυτική τάγγιση ή λιπόλυση:** Κατά την αλλοίωση αυτή τα τριγλυκερίδια του ελαίου υδρολύονται και παράγονται ελεύθερα λιπαρά οξέα. Η υδρόλυση των τριγλυκεριδίων, αποτέλεσμα της οποίας είναι η αύξηση της οξύτητας, επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες όπως η υγρασία, η θερμοκρασία, τα ένζυμα, όπως η λιπάση και οι διάφοροι μικροοργανισμοί
- **Η αυτοοξείδωση η οξειδωτική τάγγιση:** Κατά την αλλοίωση αυτή παράγονται καρβονυλικές ενώσεις, όπως αλδεΐδες και κετόνες, με άσχημη οσμή και με οξειδωτική διάσπαση του μορίου των γλυκεριδίων.

Συμπερασματικά, καθώς το ελαιόλαδο παλαιώνει τα επίπεδα οξύτητάς του ανεβαίνουν και προσροφά κάποιες οσμές που το περιβάλλουν, συνεπώς πρέπει να αποφεύγεται, η παρατεταμένη αποθήκευσή του. Οι ακόλουθες ιδιότητες δείχνουν ότι το ελαιόλαδο δεν είναι πλέον κατάλληλο για κατανάλωση:

- τάγγισμα

- γεύση και άρωμα κρασιού
- μεταλλική γεύση, ειδικά όταν έχει αποθηκευτεί σε μεταλλικά δοχεία.

Αναφορικά με την αποθήκευση του ελαιόλαδου, αυτό μπορεί να διατηρηθεί περισσότερο από κάθε άλλο βρώσιμο έλαιο. Εάν μάλιστα αποθηκευτεί σε κατάλληλες συνθήκες, διατηρείται για μεγάλο χρονικό διάστημα χωρίς να υποστεί τάγγιση ή να οξειδωθεί. Φυσικά, η ποιότητα του ελαιόλαδου παίζει σημαντικό ρόλο στη διάρκεια ζωής του, καθώς ελαιόλαδα χαμηλής ποιότητας έχουν διάρκεια ζωής μόλις έξι μήνες ή και λιγότερο.

Αντίθετα, ελαιόλαδα υψηλής ποιότητας είναι πλούσια σε πολυφαινόλες, που εκτός από το υγιεινό πλεονέκτημα που προσδίδουν, επιμηκύνουν σημαντικά το χρόνο ζωής των ελαιολάδων. Κατά το στάδιο της αποθήκευσης πρέπει να ελέγχεται η θερμοκρασία και η επαφή του ελαιόλαδου με νερό, στερεά συστατικά ή κολλοειδείς ακαθαρσίες για την αποφυγή ανεπιθύμητων αντιδράσεων, λιπολυτικών ή οξειδωτικών.

Πριν την αποθήκευση, το ελαιόλαδο πρέπει να απαλλαγεί από τη μούργα (το κατακάθι), επειδή λόγω των διαφόρων ζυμώσεων, υποβαθμίζεται η ποιότητά του. Η απομάκρυνση της μούργας γίνεται σε δεξαμενές καθίζησης, απουσία αέρα και φωτός.

Οι πιο κατάλληλες επιλογές δοχείων αποθήκευσης είναι οι γυάλινοι, ειδικά οι σκουρόχρωμοι, οι κεραμικοί, οι πορσελάνινοι ή από αδρανή μέταλλα, όπως είναι ο χάλυβας. Το ελαιόλαδο δεν πρέπει να αποθηκεύεται σε δοχεία που είναι κατασκευασμένα από ενεργά μέταλλα, όπως ο χαλκός ή ο σίδηρος. Η χημική αντίδραση των μετάλλων αυτών με το ελαιόλαδο μπορεί να οδηγήσει σε προϊόντα οξείδωσης και επομένως στην καταστροφή του.

Επίσης, πρέπει να αποφεύγονται τα πλαστικά δοχεία, επειδή το ελαιόλαδο έχει την τάση να προσροφά μόρια βινυλοχλωρίδιου προερχόμενα από PVC (Polyvinyl Chloride). Τελευταία χρησιμοποιείται για την συσκευασία ο πολυεστέρας του τερεφθαλικού οξέος, PET.

Το ελαιόλαδο οξειδώνεται πολύ γρήγορα, από την επαφή του με τον ατμοσφαιρικό αέρα. Για το λόγο αυτό πρέπει τα δοχεία να είναι πάντα κλειστά με σφιχτό πώμα. Αν τα δοχεία αποθήκευσης πρόκειται να χρησιμοποιηθούν ξανά πρέπει να υποστούν σχολαστικό πλύσιμο με καυστική σόδα ή άλλου είδους απορρυπαντικό.

Το ελαιόλαδο πρέπει να αποθηκεύεται σε δροσερό και σκοτεινό μέρος, μακριά από το ηλιακό φως, όπως σε κελάρι, όπου η θερμοκρασία είναι χαμηλή και σταθερή, γι αυτό καλό θα είναι να αποφεύγονται χώροι κοντά σε θερμαντικές συσκευές, όπως οι φούρνοι. Το ελαιόλαδο μπορεί να ψυχθεί ή να καταψυχθεί, χωρίς να επηρεάζεται σημαντικά η ποιότητά του. Να σημειωθεί ότι η μείωση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος αποθήκευσης θα έχει ως αποτέλεσμα την εμφάνιση κρυστάλλων, που όμως εξαφανίζονται όταν το ελαιόλαδο επανέλθει σε θερμοκρασία περιβάλλοντος.

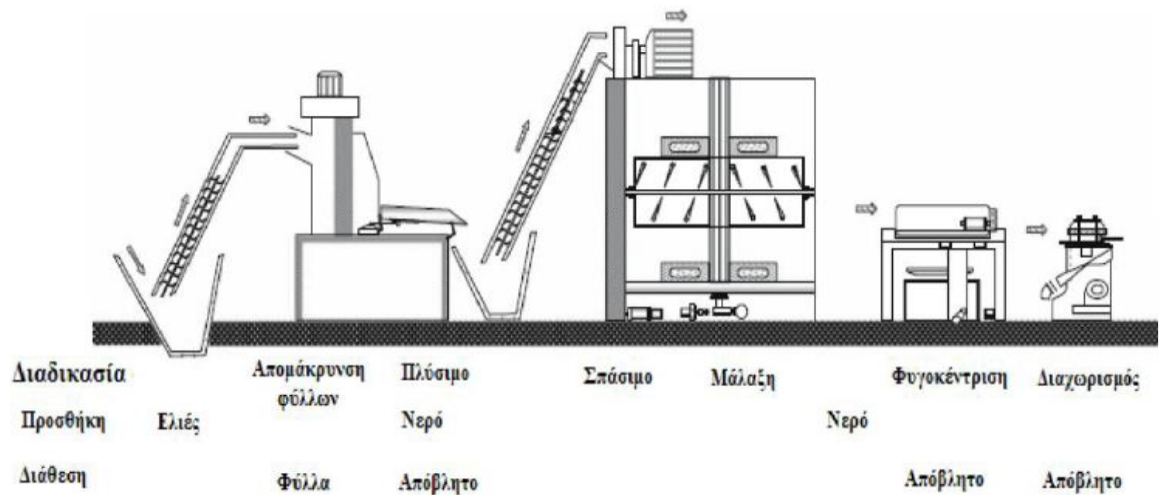
Η ιδανική θερμοκρασία για την αποθήκευση του ελαιολάδου είναι 13°C, αν και η συνήθης θερμοκρασία δωματίου των 21°C είναι κατάλληλη εφόσον παραμένει σχεδόν σταθερή. Το ελαιόλαδο στερεοποιείται στους 2°C, αλλά επανέρχεται στην υγρή κατάσταση αμέσως μόλις η θερμοκρασία αυξηθεί.

Εάν οι συνθήκες αποθήκευσης του ελαιολάδου είναι κατάλληλες, ο χρόνος ζωής του είναι τουλάχιστον δύο χρόνια. Εντούτοις, το άρωμα και η γεύση του, καθώς και όλες οι θρεπτικές του ιδιότητες διατηρούνται σε μέγιστες τιμές για ένα χρόνο. Να σημειωθεί ότι η κατανάλωση του ελαιολάδου ακόμα και μετά την ημερομηνία λήξεως του, δεν είναι επιβλαβής, αλλά το άρωμα και η γεύση του θα είναι δυσάρεστα. (Ρέππας Κ., 2012).

2.5. Η εξαγωγή του ελαιόλαδου από την ελαιοζύμη

Ο ελαιόκαρπος μετά τη συλλογή του μεταφέρεται στο ελαιοτριβείο όπου υποβάλλεται σε επεξεργασία για την παραλαβή του ελαιόλαδου, τα στάδια που ακολουθούνται είναι τα παρακάτω (Σεϊντής Π., 2015):

- Απομάκρυνση ξένων υλών - Αποφύλλωση
- Πλύσιμο ελαιόκαρπου
- Θραύση ελαιόκαρπου – Άλεση
- Μάλαξη της ελαιοζύμης
- Αραίωση της ελαιοζύμης
- Εξαγωγή ελαιόλαδου - Φυγοκέντριση



Εικόνα 2.3: Η σύγχρονη διάταξη παραγωγής σε ελαιοτριβεία
(Πηγή: https://fabe.gr/images/stories/ERGASTHRIO/ea_004.pdf)

2.5.1. Είδη Φυγοκέντρισης

Σήμερα, η αυξανόμενη χρήση της μεθόδου της Φυγοκέντρισης ως μεθόδου διαχωρισμού νερού-ελαιόλαδου-στερεών έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή ελαιόλαδου υψηλότερης ποιότητας και μεγαλύτερης ποσότητας σε σχέση με το παρελθόν (Σεϊντης Π., 2015).

Τα φυγοκεντρικά συστήματα, ανάλογα με τα προϊόντα που παράγονται στο τέλος της επεξεργασίας τους, διακρίνονται σε τριφασικά και διφασικά. Στην πλειονότητα των ελαιοτριβίων χρησιμοποιείται το φυγοκεντρικό σύστημα τριών φάσεων. Το σύστημα δύο φάσεων δεν είναι ιδιαίτερα διαδεδομένο στην χώρα μας κυρίως λόγω του ημιστερεού αποβλήτου που παράγεται, το οποίο δεν είναι επεξεργάσιμο στα πυρηνελαιουργεία. Αν και λίγες στον αριθμό, υπάρχουν ακόμη και σήμερα μονάδες στις οποίες εφαρμόζεται η «παραδοσιακή διαδικασία», κατά την οποία το ελαιόλαδο εξάγεται με πίεση σε υδραυλικό πιεστήριο. Τα τρία συστήματα διαφέρουν σημαντικά ως προς το ποσό των υγρών αποβλήτων και των άλλων παραπροϊόντων που παράγουν (Σεϊντης Π., 2015).

Η χρήση ενός διαχωριστήρα Φυγοκεντρικού τύπου εμφανίζει τόσο πλεονεκτήματα όσο και μειονεκτήματα:

Πλεονεκτήματα:

- Για την εγκατάστασή του απαιτείται έκταση 60% μικρότερη από την αντίστοιχη ενός υδραυλικού πιεστηρίου.
- Έχει μικρό κόστος εργατικών, μειωμένο έως και σε ποσοστό 70%.
- Η επεξεργασία του ελαιοκάρπου πραγματοποιείται με πλήρως αυτοματοποιημένο τρόπο και με την μικρότερη εξάρτηση του ελαιοτριβείου από εργατικά χέρια.
- Εξασφαλίζει άριστες συνθήκες για την τήρηση καθαριότητας σε όλη τη παραγωγική γραμμή κ την μεγαλύτερη απόδοση σε ελαιόλαδο.

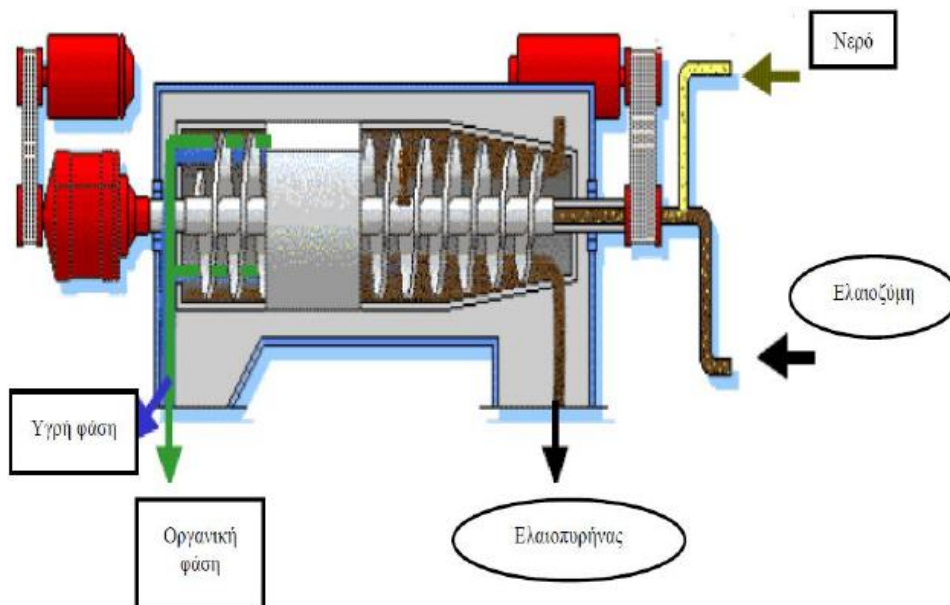
Μειονεκτήματα:

- Έχει υψηλό κόστος αγοράς, εγκατάστασης και συντήρησης του απαιτούμενου εξοπλισμού, καθώς και εξειδικευμένο προσωπικό για το χειρισμό του.
- Εμφανίζει υψηλή κατανάλωση σε ηλεκτρική ενέργεια και κυρίως σε νερό, που σε πολλές περιοχές είναι δυσεύρετο.
- Παράγει ελαιοπυρήνα με ποσοστό υγρασίας 50-65%, σε σχέση με αυτή που παράγεται από τα υδραυλικά πιεστήρια όπου έχει 25% υγρασίας, και συνεπώς απαιτεί την κατανάλωση περισσότερης ηλεκτρικής ενέργειας για την απομάκρυνση της στο Decanter.
- Παρουσιάζει αραίωση των φυσικών αντιοξειδωτικών (τοκοφερόλες και φαινόλες) και μείωση του ποσοστού που παραμένει στο ελαιόλαδο, με συνέπεια την παραγωγή μη ποιοτικού ελαιολάδου. (Παντζιαρος Α. 2016).

2.5.2. Φυγοκέντριση Τριπλής Φάσης

Η τριφασική διαδικασία είναι μια συνεχής διαδικασία (continuous process) που έχει αντικαταστήσει την παραδοσιακή μέθοδο. Χρονολογείται από τη δεκαετία του 1970-1980. Οι αλεσμένες ελιές τοποθετούνται σε ένα τριφασικό φυγοκεντρικό διαχωριστήρα (decanter) όπου τα διαφορετικά μέρη (ελαιόλαδο, απόνερα, ελαιοπυρήνας) διαχωρίζονται με την επίδραση της φυγοκέντρου δυνάμεως. Το κύριο μειονέκτημα της μεθόδου είναι οι μεγάλες ποσότητες ύδατος που απαιτούνται και συνεπώς η παραγωγή σημαντικού όγκου υγρών αποβλήτων που προκαλούν ρύπανση. Υπολογίζεται ότι από 1000 kg καρπό,

παράγονται 500 kg ελαιοπυρήνα (περιεκτικότητα σε υγρασία 50 %) και 1200 kg υγρά απόβλητα (Σεϊντης Π., 2015)..

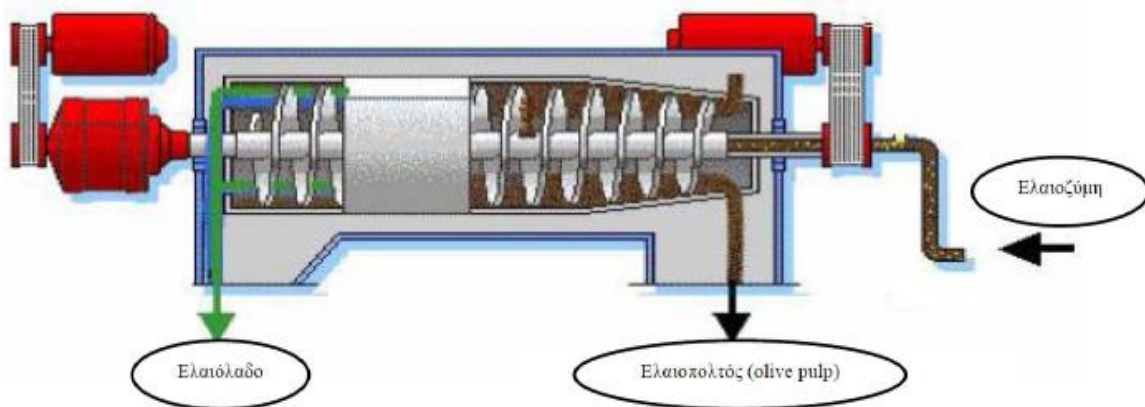


Εικόνα 2.4: Τριφασικός διαχωριστήρας decanter (Πηγή: https://fabe.gr/images/stories/ERGASTHRIO/ea_004.pdf)

2.5.3. Φυγοκέντριση Διπλής Φάσης

Τα τελευταία χρόνια έχουν τεθεί σε λειτουργία και στη χώρα μας ελαιοτριβεία δύο φάσεων, ή όπως λέγονται «οικολογικών» με στόχο την μείωση του όγκου των παραγόμενων αποβλήτων στη βιομηχανία ελαιολάδου και τη άρση της αναγκαιότητας χρήσης υψηλών ποσοτήτων νερού κατά τη επεξεργασία του ελαιοκάρπου για την παραλαβή του ελαιολάδου. Αποτελούν φυγοκεντρικούς διαχωριστήρες που εμφανίστηκαν σε βιομηχανική κλίμακα στην Ισπανία τη δεκαετία 1990.

Διευκρινίζεται στο σημείο αυτό, ότι στα φυγοκεντρικά ελαιοτριβεία τριών φάσεων για την παραλαβή του ελαιολάδου από το ελαιοκάρπο απαιτείται αραίωση της ελαιοζύμης με μεγάλη ποσότητα νερού. Αντίθετα στα ελαιοτριβεία δύο φάσεων ο φυγοκεντρικός δεν χρειάζεται αραίωση της ελαιοζύμης με νερό και τη διαχωρίζει τελικά σε δύο μέρη (ελαιολάδο και ελαιοπυρήνα) (Εικόνα 2.5).



Εικόνα 2.5: Διφασικό σύστημα φυγοκέντρισης
(Πηγή: https://fabe.gr/images/stories/ERGASTHRIO/ea_004.pdf)

Η χρήση τέτοιων φυγοκεντριτών μειώνει στο ελάχιστο τη ποσότητα υγρών αποβλήτων που παράγονται κατά την επεξεργασία του ελαιοκάρπου και συνεπώς περιορίζεται το πρόβλημα διάθεσης τους. Παράλληλα τα φυγοκεντρικά ελαιοτριβεία δύο φάσεων έχουν την ίδια ή και ελαφρά καλύτερη απόδοση ελαιόλαδου από τα φυγοκεντρικά τριών φάσεων. Υπολογίζεται ότι κατά την επεξεργασία 1000 kg καρπού παράγονται 800 kg περίπου υγρής ελαιοπυρήνας. Σοβαρό, όμως, μειονέκτημα της μεθόδου είναι ότι η ελαιοπυρήνας που προκύπτει έχει αυξημένη υγρασία και είναι δύσκολος στο χειρισμό, στη μεταφορά και την επεξεργασία. Επιπλέον, ξηραίνεται με αργό ρυθμό και έχει υψηλό ρυπαντικό φορτίο (Πάντζιαρος Α. 2016).

3. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ

Κλινικές δοκιμές και επιδημιολογικές μελέτες έχουν αποδείξει τη συσχέτιση μεταξύ της πρόσληψης φρούτων και λαχανικών και της συχνότητας εμφάνισης ασθενειών, όπως καρδιολογικών ασθενειών, νεοπλασιών και ασθενειών σχετικών με το γήρας. Τα αντιοξειδωτικά συστατικά που περιέχονται στα τρόφιμα, στα οποία συμπεριλαμβάνονται τα φαινολικά συστατικά, οι βιταμίνες E και C, καθώς επίσης και τα καροτενοειδή, θεωρείται ότι είναι τα συστατικά εκείνα, που προστατεύουν από τις σχετικές με το οξειδωτικό στρες ασθένειες.

Οι ελεύθερες ρίζες και άλλες ενεργές ενώσεις οξυγόνου παράγονται με μεταβολικές και φυσιολογικές διαδικασίες και μπορεί να προκαλέσουν επιβλαβείς οξειδωτικές αντιδράσεις στους οργανισμούς, οι οποίοι τις αποβάλλουν μέσω ενζυματικών και μη ενζυματικών αντιοξειδωτικών μηχανισμών. Κάτω από ειδικές συνθήκες, η αύξηση των οξειδωτικών ουσιών και η μείωση των αντιοξειδωτικών δεν μπορεί να αποτραπεί και κατά συνέπεια, η οξειδωτική ισορροπία μεταπίπτει προς την οξειδωτική κατάσταση. Έτσι, το οξειδωτικό στρες αυξάνεται. (Κυριτσάκης Α.,1998)

Γενικά, ως αντιοξειδωτικά χαρακτηρίζονται οι ενώσεις που αναστέλλουν την οξείδωση ή παρεμποδίζουν τις αντιδράσεις που προωθούνται από το οξυγόνο ή τα υπεροξείδια. Πολλές από αυτές τις ενώσεις, όπως για παράδειγμα οι τοκοφερόλες, χρησιμοποιούνται ως συντηρητικά σε διάφορα προϊόντα, σε τρόφιμα, όπως στα λίπη και τα έλαια, σε σαπούνια και καλλυντικά, με σκοπό την πρόληψη της οξείδωσής τους και του σχηματισμού ανεπιθύμητων προϊόντων.

Στον τομέα της διατροφής, ως αντιοξειδωτικά ορίζονται συνθετικά ή φυσικά συστατικά, τα οποία προστίθενται ή περιέχονται στα τρόφιμα με σκοπό να προλάβουν ή να περιορίσουν την αλλοίωσή τους από την επίδραση του οξυγόνου του αέρα.

Στην βιοχημεία και ιατρική, τα αντιοξειδωτικά είναι ένζυμα ή άλλες οργανικές ενώσεις, όπως η βιταμίνη Ε και το β-καροτένιο, τα οποία έχουν τη δυνατότητα να προστατεύουν τους ιστούς από τις καταστροφικές επιδράσεις της οξείδωσης.

Στη βιολογία, ως αντιοξειδωτικό χαρακτηρίζεται μία χημική ένωση που μειώνει σημαντικά το αποτέλεσμα της επίδρασης ενεργών ενώσεων οξυγόνου ή αζώτου, στην κανονική φυσιολογική κατάσταση των ανθρώπων.

Ένα αντιοξειδωτικό μπορεί να καταναλώνει ενεργές ενώσεις οξυγόνου (Reactive Oxygen Species, ROS), ώστε να σταματά τις αλυσιδωτές αντιδράσεις των ριζών ή να παρεμποδίζει την εξ αρχής γέννηση των ενεργών οξειδωτικών ενώσεων. Τα αντιοξειδωτικά συχνά περιλαμβάνουν αναστολείς αντιδράσεων ελευθέρων ριζών, συμπλεκτικά μεταλλοϊόντων και μεταλλικά στοιχεία τα οποία βρίσκονται στο ενεργό κέντρο αντιοξειδωτικών ενζύμων. Για παράδειγμα το σελήνιο είναι ένας συμπαράγοντας των σεληνοπρωτεϊνών, οι οποίες μειώνουν τα υπεροξείδια σε υδατικά συστήματα.

Εξαιτίας της πολυπλοκότητας της σύνθεσης των τροφίμων, ο διαχωρισμός και η μεμονωμένη μελέτη του κάθε αντιοξειδωτικού είναι χρονοβόρα, δαπανηρή και ενδεχομένως μη αποτελεσματική, λόγω των πιθανών συνεργιστικών αλληλεπιδράσεων μεταξύ των αντιοξειδωτικών συστατικών σε ένα μίγμα τροφίμου (Ρέππας Κ., 2012).

Διάφορες μεθοδολογίες έχουν αναπτυχθεί και εφαρμοστεί για τον ποσοτικό προσδιορισμό διαφόρων αντιοξειδωτικών συστατικών στο ελαιόλαδο, αλλά η χρήση μίας τιμής που να χαρακτηρίζει το αντιοξειδωτικό δυναμικό του ελαιολάδου συνολικά είναι μεγάλο πλεονέκτημα. Έτσι, εισάγεται ο όρος της ολικής αντιοξειδωτικής ενεργότητας (Total Antioxidant Capacity, TAC), για την εκτίμηση της οποίας έχουν αναπτυχθεί διάφορες αναλυτικές μέθοδο (Μηνιώτη Α. 2009).

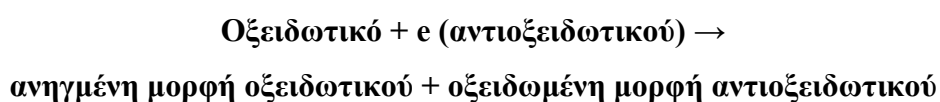
Η επιλογή μίας μεθόδου ολικής αντιοξειδωτικής ενεργότητας είναι αρκετά δύσκολη, αφού υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός μεθόδων που υποστηρίζουν ότι μετράνε την ολική αντιοξειδωτική ενεργότητα. Το κύριο πρόβλημα των μεθόδων αυτών είναι η έλλειψη στοιχείων επικύρωσης, τα οποία αποδεικνύουν ότι μετράνε αξιόπιστα την αντιοξειδωτική ενεργότητα των τροφίμων και των βιολογικών δειγμάτων.

Οι μέθοδοι γενικά διαφέρουν στα χρησιμοποιούμενα συστήματα, στις συνθήκες αντίδρασης, στην τεχνική ανίχνευσης και στις μεθόδους ποσοτικοποίησης. Γενικά, βασίζονται κυρίως στην ικανότητα της αντιοξειδωτικής ουσίας να δώσει ηλεκτρόνια ή άτομα υδρογόνου και διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

- στις μεθόδους που βασίζονται σε αντιδράσεις μεταφοράς ατόμου υδρογόνου, (hydrogen atom transfer reaction based assays, HAT) και
- στις μεθόδους που βασίζονται σε αντιδράσεις μεταφοράς ηλεκτρονίου (single electron transfer reaction based assays, ET).

Είναι εξαιρετικά δύσκολη η σύγκριση των αποτελεσμάτων που λαμβάνονται από διαφορετικές μεθόδους. Οι ET μέθοδοι είναι οι πιο διαδεδομένες και συχνά χρησιμοποιούμενες για την εκτίμηση της ολικής αντιοξειδωτικής ενεργότητας (total antioxidant capacity, TAC). Περιλαμβάνουν δύο συστατικά στο μίγμα της αντίδρασης, το αντιοξειδωτικό και το οξειδωτικό.

Η αντίδραση που λαμβάνει χώρα είναι η εξής:



Το οξειδωτικό προσλαμβάνει ένα ηλεκτρόνιο από το αντιοξειδωτικό οδηγώντας σε αλλαγή του χρώματος του πρώτου. Ο βαθμός αλλαγής του χρώματος είναι ανάλογος με την συγκέντρωση του αντιοξειδωτικού. Το τελικό σημείο της αντίδρασης, που προσδιορίζεται φωτομετρικά, είναι το σημείο όπου το χρώμα παύει να αλλάζει και φτάνει σε πλατώ.

Η μεταβολή της απορρόφησης ΔΑ συναρτήσει της συγκέντρωσης του αντιοξειδωτικού δίνει μία γραμμική καμπύλη ως ένα σημείο που στο τέλος εμφανίζει πλατώ. Η κλίση της γραμμής αντανακλά την αναγωγική ικανότητα του αντιοξειδωτικού, η οποία εκφράζεται ως ισοδύναμη αυτής του αντιοξειδωτικού Trolox (Trolox equivalent, TE) ή του γαλλικού οξέος (Gallic acid equivalent, GAE). Αυτές οι μέθοδοι μοιάζουν με τις οξειδοαναγωγικές μεθόδους της κλασσικής χημικής ανάλυσης (Μηνιώτη Α. 2009).

Οι σπουδαιότερες και συχνότερα χρησιμοποιούμενες μέθοδοι εκτίμησης της αντιοξειδωτικής ικανότητας είναι (Pérry Α. 2010):

- **Μέθοδος DPPH:** Πρόκειται για μία κοινώς χρησιμοποιούμενη μέθοδο εκτίμησης της TAC του ελαιολάδου. Βασίζεται στην αλληλεπίδραση της σταθερής χημικής ρίζας DPPH, με μια αντιοξειδωτική ουσία, που έχει σαν αποτέλεσμα στον αποχρωματισμό του πορφυρού διαλύματος της ρίζας DPPH εξαιτίας της αντίδρασης στην οποία αυτή καταναλώνεται από τα αντιοξειδωτικά. Ο βαθμός του αποχρωματισμού μετρείται φασματοφωτομετρικά στα 515 nm. (Williams et al., 2004, Molyneux, 2004).
- **Μέθοδος ABTS :** Υπάρχουν πολλές παραλλαγές της μεθόδου, αλλά βασίζεται στην ίδια αρχή με την προηγούμενη μέθοδο με τη διαφορά ότι προηγείται η ενεργοποίηση της δραστικής ρίζας ABTS (Miller, 1996).
- **Μέθοδος FRAP** (Ferric Reducing Antioxidant Power - Αντιοξειδωτική Ισχύς Αναγωγής Τρισθενούς Σιδήρου): Στηρίζεται στην αναγωγή ενός συμπλόκου του τρισθενούς σιδήρου από το αντιοξειδωτικό προς ένα προϊόν με έντονο μπλε χρώμα. Η αντιοξειδωτική δράση εκτιμάται από την αύξηση της απορρόφησης (Benzie & Strain, 1996).
- **Μέθοδος ORAC** (Oxygen Radical Absorbance Capacity Assay- Ικανότητα Απορροφητικότητας Ριζών Οξυγόνου): Η μέθοδος αυτή μετά την αναγέννηση ελευθέρων ριζών και την προσθήκη αντιοξειδωτικών παρακολουθεί την επιβράδυνση ή αναστολή της οξείδωσης του υποστρώματος. Βασίζεται στην

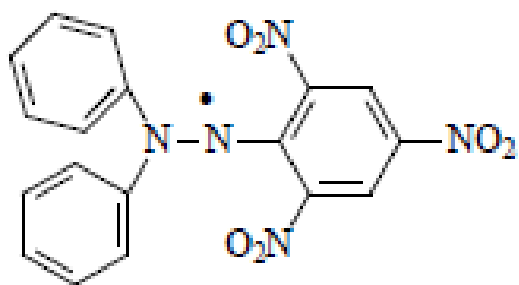
αναστολή παραγωγής των ελευθέρων ριζών παρουσία των αντιοξειδωτικών και έχει σαν αποτέλεσμα την ελάττωση του φθορισμού ορισμένων ουσιών (πχ. φυκοερυθρίνες) (Cao & Prior, 1999; Huang et al., 2002).

- **Μέθοδος TRAP** (Total Radical Antioxidant Potential - Συνολικό Δυναμικό Παγίδευσης Ριζών Υπεροξειδίου): Βασίζεται σε μία αντίδραση ριζών περοξυλίου, η οποία αναστέλλεται με την προσθήκη αντιοξειδωτικών. Εκτίμηση της αντιοξειδωτικής ικανότητας γίνεται είτε με την μέτρηση της κατανάλωσης οξυγόνου, είτε μέσω της μείωσης φθορισμού όταν ουσίες όπως η φυκοερυθρίνη, συμμετέχουν στην αντίδραση (Wayner et al, 1985, Shahin et al., 2007).
- **Μέθοδος PCL** (Photochemiluminescence - Χημειοφωταύγεια): Η μέθοδος βασίζεται στην ικανότητα της λουμινόλης και συγγενών ενώσεων να εκπέμπουν φως υπό τη ροή των ελευθέρων ριζών. Η ένταση του παραγόμενου φωτός κατά τη διάρκεια των αντιδράσεων της χημειοφωταύγειας είναι συνάρτηση της συγκέντρωσης σουπεροξειδίου. Η παρουσία των αντιοξειδωτικών προκαλεί μία πτώση της έντασης (Poron & Lewin, 1999).
- **Μέθοδος TOSC** (Total Oxidant Scavenging Capacity): Η μέθοδος βασίζεται σε μια αντίδραση οξείδωσης, η οποία αναστέλλεται παρουσία αντιοξειδωτικών με αποτέλεσμα τη μείωση των προϊόντων (αιθυλένιο) της αντίδρασης. Η μείωση αυτή, μπορεί να προσδιοριστεί με αέρια χρωματογραφία (Winston et al., 1998).

Ο προσδιορισμός της αντιοξειδωτικής δράσης πρέπει να γίνεται χρησιμοποιώντας τουλάχιστον δύο ή περισσότερες μεθόδους και στο τέλος πρέπει να συγκρίνονται οι γενικές τάσεις των τιμών της αντιοξειδωτικής δράσης για το κάθε δείγμα (Frankel et al, 2000).

3.1. Μέθοδος DPPH

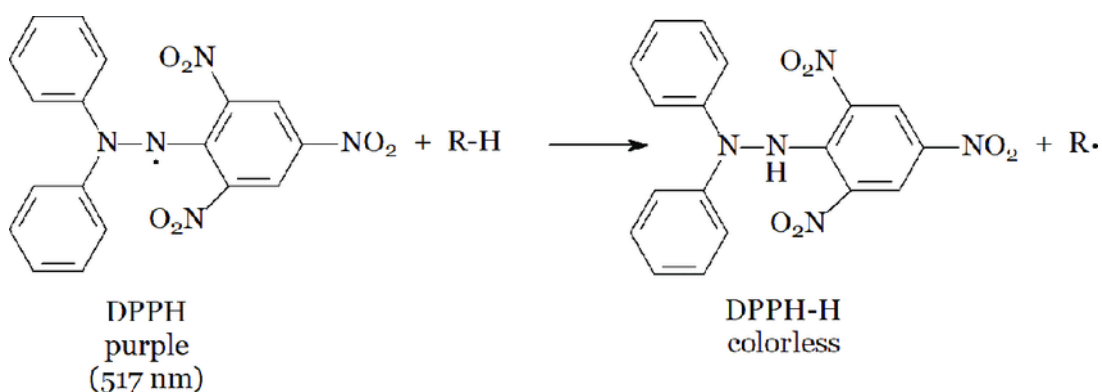
Η μέθοδος παρουσιάστηκε το 1995 από τους Brand- Williams et al. Ανήκει στις ευρέως χρησιμοποιούμενες μεθόδους για την εκτίμηση αντιοξειδωτικής ικανότητας φυτικών δειγμάτων (Brand-Williams et al, 1995). Η μέθοδος χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της αντιοξειδωτικής ικανότητας, βασιζόμενη στην ικανότητα αλληλεπίδρασης των αντιοξειδωτικών μορίων με μία από τις λίγες σταθερές και εμπορικά διαθέσιμες οργανικές ρίζες αζώτου, το DPPH (2,2-δι(4-tert-οκτυλφαινυλο)-1-πυκρλυδραζίλιο).



Εικόνα 3.1: Το DPPH (Πηγή: <https://en.wikipedia.org/wiki/DPPH>)

Η ρίζα DPPH μπορεί να αδρανοποιηθεί, είτε μέσω προσθήκης ενός ηλεκτρονίου (single electron transfer, SET) είτε μέσω προσθήκης ενός ατόμου υδρογόνου (hydrogen atom transfer, HAT) (Prior et al., 2005). Η 1,1 διφαινυλ-2-πικρυλδραζύλιο (DPPH') είναι μία σταθερή ρίζα, φέρει μωβ χρώμα και απορροφά στα 517nm.

Όταν προστεθεί μια ουσία με αντιοξειδωτική δράση τότε η ρίζα 1,1 διφαινυλ-2-πικρυλδραζύλιο (DPPH') ανάγεται, και μετατρέπεται σε 1,1-διφαινυλ-2-πικρυλδραζίνη (DPPH:H), (Εικόνα 3.2).



Εικόνα 3.2: Η αναγωγή του DPPH σε DPPH:H

(Πηγή : Το DPPH (Πηγή: <https://en.wikipedia.org/wiki/DPPH>)

Η αναγωγή της ρίζας έχει σαν αποτέλεσμα, την μεταβολή του χρώματος του διαλύματος, από μωβ σε κίτρινο, μεταβολή, που είναι ανάλογη της συγκέντρωσης της αντιοξειδωτικής ουσίας και την αντίστοιχη μείωση της οπτικής απορρόφησης στα 517nm. Η μεταβολή της απορρόφησης προσδιορίζεται φωτομετρικά (Ρέρη Α. 2010).

Η διαδικασία που ακολουθείται γενικά έχει ως εξής: Το διάλυμα DPPH σε μεθανόλη (3,9 mL, 25 mg L⁻¹) αναμιγνύεται με το διάλυμα του δείγματος (0,1 mL) σε κυψελίδα και παρακολουθείται η απορρόφηση της αντίδρασης στα 515 nm για 30 min ή μέχρι να λάβει

σταθερή τιμή. Το ποσοστό % του DPPH που παραμένει (% DPPH_{rem}) σε σχέση με το αρχικό DPPH_{T=0} εκφράζεται ως:

$$\% \text{ DPPH}_{rem} = 100 \times [\text{DPPH}]_{rem} / [\text{DPPH}]_{r=0}$$

όπου το %DPPH_{rem} είναι αντιστρόφως ανάλογο της συγκέντρωσης των αντιοξειδωτικών. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται με τη τιμή IC₅₀ του αντιοξειδωτικού, διότι έτσι τα αποτελέσματα είναι ανεξάρτητα από την αρχική απορρόφηση του διαλύματος της ρίζας DPPH, δηλαδή το αρχικό σήμα.

Ο χρόνος που απαιτείται για την ολοκλήρωση της αντίδρασης υπολογίζεται από την κινητική καμπύλη του DPPH με το αντιοξειδωτικό και είναι γνωστός ως T IC₅₀.

Η κινητική συμπεριφορά των αντιοξειδωτικών κατηγοριοποιείται σύμφωνα με το χρόνο που απαιτείται για την εμφάνιση ενός πλατό, δηλαδή για να φτάσει η απορρόφηση του μίγματος της αντίδρασης σε σταθερή τιμή:

- γρήγορα αντιοξειδωτικά, <5 min,
- ενδιάμεσα αντιοξειδωτικά, 5-30 min,
- αργά αντιοξειδωτικά, >30 min.

Η μέθοδος DPPH είναι τεχνικά απλή αλλά παρουσιάζει μερικά μειονεκτήματα που περιορίζουν τη χρήση της. Το DPPH αποτελεί μία πολύ σταθερή ρίζα αζώτου, που δεν δείχνει όμως ομοιότητα με τις πολύ ενεργές υπεροξυ-ρίζες που παίρνουν μέρος στην λιπιδική υπεροξείδωση. Πολλά αντιοξειδωτικά που θα αντιδρούσαν γρήγορα με υπεροξυ-ρίζες, αντιδρούν αργά ή καθόλου με το DPPH. Αυτό εκφράζεται με τις τιμές του TIC₅₀ που κυμαίνονται μεταξύ 1,15 min για το ασκορβικό οξύ και 103 min για την ρουτίνη (rutin). Συνεπώς, η αντιοξειδωτική ενεργότητα ενός μίγματος αντιοξειδωτικών δεν μπορεί να ρυθμιστεί ή να προβλεφθεί (Pérry A. 2010).

Επίσης, η κινητική μεταξύ του DPPH και των αντιοξειδωτικών δεν είναι γραμμική σε σχέση με τις συγκεντρώσεις του DPPH. Για το λόγο αυτό είναι προτιμότερο να εκφράζεται η αντιοξειδωτική ενεργότητα με χρήση της IC₅₀.

Αν και η μέθοδος φαίνεται να περιλαμβάνει μία αντίδραση μεταφοράς ατόμου υδρογόνου, πρόσφατη έρευνα έδειξε ότι η αντίδραση μεταξύ φαινολών και DPPH βασίζεται σε αντίδραση μεταφοράς ηλεκτρονίου. Το κρίσιμο στάδιο για την ταχύτητα της

αντίδρασης αυτής περιλαμβάνει μία διαδικασία ταχείας μεταφοράς ηλεκτρονίου από τα φαινοξυ-ανιόντα (ArO-) στη ρίζα DPPH.

Η μεταφορά του ατόμου υδρογόνου από το ουδέτερο μόριο ArOH στο DPPH γίνεται πολύ αργά σε διαλύτες που είναι ισχυροί πρωτονιοδέκτες, όπως η μεθανόλη και η αιθανόλη. Αναφέρεται επίσης ότι η παρουσία μικρών ποσοτήτων οξέων ή βάσεων μπορεί να επηρεάσει δραματικά την ισορροπία ιονισμού των φαινολών και να προκαλέσει την μείωση ή την ενίσχυση αντίστοιχα των μετρούμενων σταθερών ταχύτητας (Μηνιώτη Α. 2009).

4. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη και εκτίμηση της ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας του ελαιόλαδου με την φασματοφωτομετρική μέθοδο DPPH, λαμβάνοντας τιμές από επτά δείγματα παρθένου ελαιόλαδου προερχόμενο διαφορετικές ελληνικές περιοχές και ποικιλίες αφενός, αλλά και από ελαιοτριβεία δύο και τριών φάσεων αφετέρου, με σκοπό την μέτρηση και κατ' επέκταση τη σύγκριση και εν τέλει την εκτίμηση της αντιοξειδωτικής δράσης του ελαιολάδου, το οποίο αποτελεί ένα από τα σπουδαιότερα φυτικά εκχυλίσματα, που περιλαμβάνονται στη μεσογειακή διατροφή.

4.1. Υλικά και Μέθοδοι

Τα δείγματα ελαιόλαδου που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη προέρχονταν από τρεις ποικιλίες ελιάς:

- Κορωνέϊκη,
- Αμφίσσης,
- Καλαμών,

τα οποία ελήφθησαν από πέντε διαφορετικές περιοχές:

- Γραμμενίτσα Άρτας,
- Δίστρατο Άρτας,

- Γλυκή Θεσπρωτίας,
- Βρεστό Ηλείας,
- Ράχες Φθιώτιδας.

Συνολικά χρησιμοποιήθηκαν επτά δείγματα, τα οποία συλλέχθηκαν αμέσως μετά τους διαχωριστήρες των ελαιοτριβείων, δηλαδή την τελική φάση παραλαβής του ελαιόλαδου.



Εικόνα 4.1: Προετοιμασία δειγμάτων προερχόμενα από διαφορετικές ποικιλίες και από διαφορετικούς τύπους ελαιοτριβείων

Δύο δείγματα προέρχονταν από ελαιοτριβεία δύο φάσεων επεξεργασίας της ελαιοζύμης και τα υπόλοιπα πέντε από ελαιοτριβεία τριών φάσεων. Όλα τα δείγματα ήταν παρθένα ελαιόλαδα με οξύτητα που κυμαίνονταν από 0,5 έως 1,5% σε ισοδύναμο ελαϊκού οξέος.

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 4.1) δίνονται αναλυτικά τα χαρακτηριστικά προέλευσης και οξύτητας των δειγμάτων που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη.

Πίνακας 4.1 : Προέλευση και οξύτητα δειγμάτων ελαιόλαδου

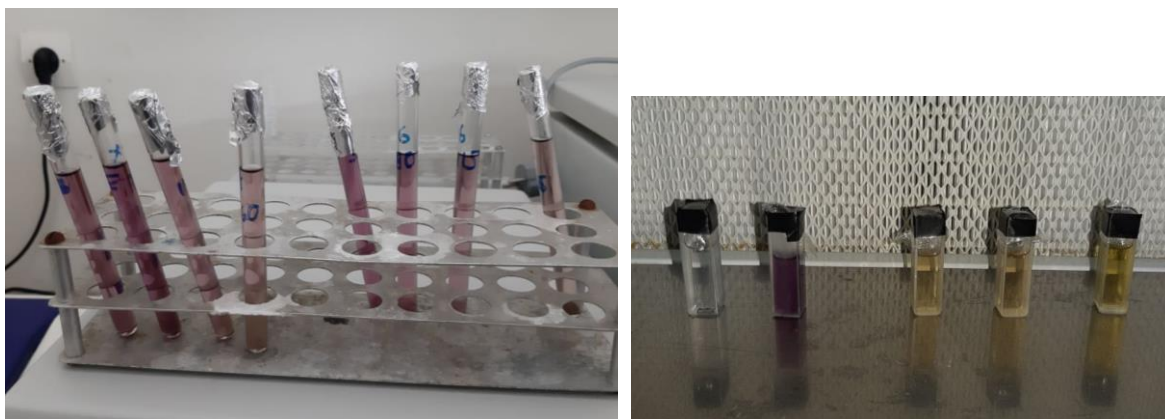
Αριθμός δείγματος	Ποικιλία Ελιάς	Περιοχή καλλιέργειας	Τρόπος επεξεργασίας	Οξύτητα (%)
1	Αμφίσσης	Γραμμενίτσα Άρτας	Τριών φάσεων	0,5
2	Κορωνέϊκη	Γραμμενίτσα Άρτας	Τριών φάσεων	1,5
3	Καλαμών	Ράχες Φθιώτιδας	Τριών φάσεων	0,6
4	Κορωνέϊκη	Βρεστό Ηλείας	Δύο φάσεων	1,0
5	Κορωνέϊκη	Δίστρατο Άρτας	Δύο φάσεων	0,6
6	Καλαμών	Γλυκή Θεσπρωτίας	Τριών φάσεων	0,5
7	Αμφίσσης	Γλυκή Θεσπρωτίας	Τριών φάσεων	0,6

Στα δείγματα αυτά έγινε προσδιορισμός της ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας τόσο στο ολικό τους κλάσμα όσο και στο μεθανολικό τους εκχύλισμα με την μέθοδο του DPPH.

4.1.1. Προσδιορισμός ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας στο ολικό κλάσμα των δειγμάτων (TAC_{tot}) με την μέθοδο του DPPH.

Ως βασικό (standard) αντιδραστήριο χρησιμοποιήθηκε διάλυμα ποσότητας 130 $\mu\text{Mol DPPH}$ σε οξικό αιθυλεστέρα (διαλύεται ποσότητα 5 mg DPPH σε 100 ml οξικού αιθυλεστέρα). Το διάλυμα αυτό έχει ένα έντονο πορφυρό χρωματισμό και σε φασματοφωτόμετρο ορατού-υπεριώδους, παρουσιάζει στην παραπάνω συγκέντρωση τιμές απορρόφησης της τάξεως του 1,2 περίπου, σε μήκος κύματος των 515 nm. Από το κάθε δείγμα ελαιόλαδου ελήφθησαν ποσότητες των 20, 80, 120, και 180 mg, οι οποίες τοποθετήθηκαν σε υάλινους δοκιμαστικούς σωλήνες των 5 mL. Ακολούθως έγινε

προσθήκη 4 mL του αντιδραστηρίου του DPPH και αμέσως μετά ανάδευση και σφράγιση των δοκιμαστικών σωλήνων με parafilm και τοποθέτηση των σωλήνων σε σκοτεινό μέρος (Μηνιώτη Α., 2009). Οι αντιοξειδωτικές ουσίες που περιέχονται στα δείγματα του ελαιόλαδου αντιδρούν με το DPPH ποσοτικά και προκαλούν αποχρωματισμό του αντιδραστηρίου.



Εικόνες 4.2, 4.3: Προσδιορισμός ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας στο ολικό κλάσμα των δειγμάτων (TAC_{bt}) με την μέθοδο του DPPH

Μετά από 60 min το περιεχόμενο έκαστου δοκιμαστικού σωλήνα μεταφερόταν σε υάλινη κυψελίδα του φασματοφωτόμετρου και καταγραφόταν η ένδειξη του οργάνου. Ο μηδενισμός του φασματοσφωτόμετρου γινόταν με καθαρό αιθυλεστέρα.

Παράλληλα με την μέτρηση του κάθε δείγματος έγινε και μέτρηση της απορρόφησης του standard διαλύματος του DPPH, ως μάρτυρας (A_0). Τα αποτελέσματα της μείωσης της απορρόφησης του DPPH (A_{60}) λόγω της ποσότητας των αντιοξειδωτικών που περιέχονταν στις τέσσερις ποσότητες ελαιόλαδου του κάθε δείγματος εκφράζονταν ως ποσοστό ($\Delta A_{\%}$) μείωσης της απορρόφησης του αρχικού διαλύματος του DPPH (A_0) σύμφωνα με τον ακόλουθο τύπο:

$$\Delta A_{\%} = \left(\frac{A_0 - A_{60}}{A_0} \right) \times 100$$

Όπου :

$\Delta A_{\%}$: Ποσοστό μείωσης της απορρόφησης του αρχικού διαλύματος του DPPH.

A_0 : Αρχική τιμή απορρόφησης του διαλύματος DPPH (μάρτυρας) ή αλλιώς απορρόφηση σε χρόνο 0.

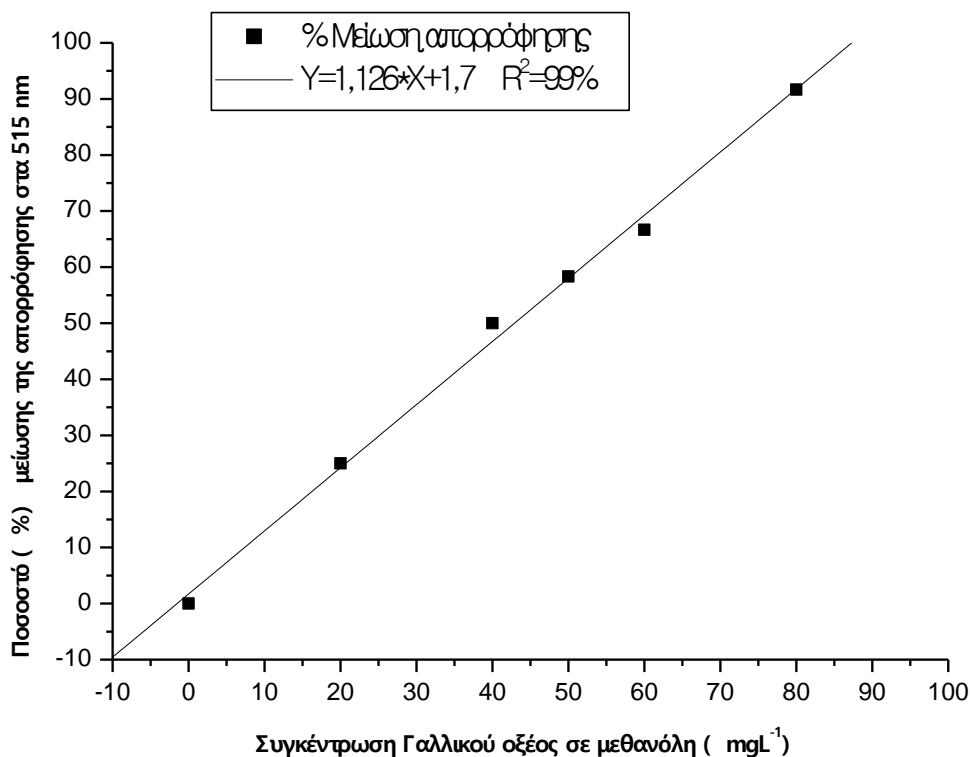
A₆₀: Τιμή απορρόφησης του DPPH μετά από την προσθήκη ποσότητας ελαιόλαδου, μετά από 60 min

Από τις τέσσερις τιμές ποσοστών μείωσης της απορρόφησης της αρχικής τιμής του DPPH στο φασματοφωτόμετρο (515 nm) και οι οποίες αντιστοιχούν στις τέσσερις ποσότητες ελαιόλαδου που χρησιμοποιήθηκαν από το κάθε δείγμα, καταρτίστηκε η χαρακτηριστική καμπύλη του κάθε δείγματος ελαιόλαδου που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα εργασία και η οποία συσχετίζει την ποσότητα του ελαιόλαδου, με την ελάττωση της απορρόφησης του standard αντιδραστηρίου του DPPH στα 515 nm (και κατ' επέκταση με έμμεσο τρόπο με την ολική αντιοξειδωτική του ικανότητα) και είναι χαρακτηριστική για το κάθε δείγμα ελαιόλαδου. Οι καμπύλες αυτές είναι στην πραγματικότητα ευθείες γραμμές και η εξίσωση της γραμμικής παλινδρόμησης των τιμών απορρόφησης στα 515 nm πάνω στην ποσότητα του ελαιόλαδου, αποδίδει αλγεβρικά την σχέση μεταξύ ποσότητας ελαιόλαδου και ποσοστού μείωσης της απορρόφησης του DPPH, για το κάθε δείγμα ελαιόλαδου.

Από τις γραμμικές εξισώσεις αυτές, υπολογίστηκε η ποσότητα εκείνη του κάθε δείγματος ελαιόλαδου, η οποία προκαλεί μείωση κατά 50% της αρχικής απορρόφησης του standard διαλύματος του DPPH (των 4 mL) ή αλλιώς IC₅₀ (Inhibitory Concentration 50%). Η τιμή αυτή ανάγεται στην αντίστοιχη ποσότητα μιας γνωστής αντιοξειδωτικής ουσίας, όπως είναι το Γαλλικό οξύ στην περίπτωση του ελαιόλαδου, που έχει το ίδιο αποτέλεσμα στην μείωση της απορρόφησης του αντιδραστηρίου του DPPH (ελάττωση κατά 50%), ονομάζεται «Ισοδύναμο Γαλλικού Οξέος» και αριθμητικά εκφράζεται είτε σε mMol είτε σε mg Γαλλικού Οξέος ανά kg ελαιόλαδου.

Για την αντιστοίχιση αυτή πρώτα καταρτίστηκε πρότυπη καμπύλη (ευθεία) που σχετίζει την ποσότητα του Γαλλικού οξέος σε διάλυμα με μεθανόλη (mgL⁻¹) σε συνάρτηση με την μείωση του ποσοστού της απορρόφησης ποσότητας 4 mL του standard διαλύματος του DPPH, μετά από την αντίδραση του γαλλικού οξέος DPPH. Για την υλοποίηση της καμπύλης αναφοράς του Γαλλικού οξέος χρησιμοποιήθηκαν διαλύματα Γαλλικού οξέος σε μεθανόλη με συγκεντρώσεις 20, 40, 50, 60, και 80 mgL⁻¹. Από το κάθε διάλυμα ελήφθησαν ποσότητες των 170 μL, που τοποθετήθηκαν σε δοκιμαστικούς σωλήνες των 5 mL. Ακολούθως έγινε η προσθήκη των 4 mL του standard διαλύματος του DPPH και τοποθετήθηκαν σε σκοτεινό μέρος. Μετά από 60 min έγινε η μέτρηση της απορρόφησης του κάθε διαλύματος και υπολογίστηκε το ποσοστό μείωσης της

απορρόφησής του. Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται η πρότυπη καμπύλη γαλλικού οξέος – DPPH, που προσδιορίστηκε στην παρούσα μελέτη.



Διάγραμμα 4.1: Σχέση μεταξύ των ποσοστών της μείωσης της απορρόφησης του διαλύματος του DPPH σε μήκος κύματος 515 nm και της συγκέντρωσης (mgL⁻¹) του Γαλλικού οξέος σε καθαρή μεθανόλη.

Σύμφωνα με την παραπάνω εξίσωση της γραμμικής παλινδρόμησης των τιμών των ποσοστών μείωσης της απορρόφησης του φωτός των 515 nm από το DPPH, πάνω στις τιμές της συγκέντρωσης του Γαλλικού οξέος, η κατά το ήμισυ μείωση των ποσοστών απορρόφησης αντιστοιχεί σε συγκέντρωση γαλλικού οξέος της τάξεως των 40 mgL⁻¹. Επομένως η ποσότητα γαλλικού οξέος που περιέχεται στα 170 μL(που χρησιμοποιήθηκαν για να αντιδράσουν με τα 4mL του standard διαλύματος του DPPH) θα είναι:

$$\frac{170 \times 40}{10^6} = 68 \times 10^{-4} \text{mg}$$

Η ποσότητα αυτή αντιστοιχεί στην ποσότητα του ελαιόλαδου(διαφορετική για το κάθε δείγμα) που προκαλεί ελάττωση κατά 50% της απορρόφησης των 4mL του standard διαλύματος του DPPH. Με αναγωγή της ποσότητας αυτής (της τάξεως των mg) στο kg, προκύπτει η Ολική Αντιοξειδωτική Ικανότητα που αφορά το ολικό κλάσμα του κάθε

δείγματος ελαιόλαδου, Total Antioxidant Capacity (TAC_{tot}), του κάθε δείγματος εκπεφρασμένη σε ισοδύναμο Γαλλικού οξέος.

Για παράδειγμα, έστω ότι Q mg από ένα δείγμα ελαιόλαδου προκαλούν μείωση κατά 50% της απορρόφησης του διαλύματος του DPPH(IC_{50}), τότε η ποσότητα (TAC_{tot}) γαλλικού οξέος που αντιστοιχεί στο kg αυτού του δείγματος θα είναι:

$$TAC_{tot} = \frac{68 \times 10^{-4} \times 10^6}{IC_{50}} = \frac{68 \times 10^2}{IC_{50}} \text{ mg GA/kg ελαίου}$$

4.1.2. Προσδιορισμός ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας σε εκχύλισμα μεθανόλης (TAC_{meth}) των δειγμάτων ελαιόλαδου με την μέθοδο του DPPH.

Η εκχύλιση των δειγμάτων του ελαιόλαδου, έγινε με διάλυμα το οποίο αποτελείται από 4 μέρη μεθανόλης και 1 μέρος νερού, σε δυο στάδια. Από κάθε δείγμα ελήφθη 1g ελαιόλαδου στο οποίο προστέθηκαν 0,5 Ml εκχυλιστικού διαλύματος.



Εικόνα 4.4: Προετοιμασία δειγμάτων σε εκχύλισμα μεθανόλης

Ακολούθως έγινε ανάμειξη του ελαίου με το εκχυλιστικό διάλυμα σε ανακινητή (vortex) και αμέσως μετά με φυγοκέντριση για 5 min στις 5000 rpm το μείγμα διαχωρίστηκε στην λιπαρή και υδρόφιλη φάση. Στο επόμενο στάδιο απομακρύνθηκε με

μικροπιπέτα το αρχικό υδρόφιλο κλάσμα, προστέθηκαν άλλα 0,5 mL εκχυλιστικού και εφαρμόστηκε η ίδια διαδικασία εκχύλισης και διαχωρισμού του λιπαρού από το υδρόφιλο κλάσμα. Στο τελικό στάδιο τα δύο υδρόφιλα κλάσματα αναμείχθηκαν (Μηνιώτη, 2009)



Εικόνες 4.5, 4.6, 4.7: Ανάμειξη διαλυμάτων ελαιόλαδου σε δοκιμαστικούς σωλήνες σε ειδικό μηχάνημα ανάδευσης (vortex) και φυγοκέντρωση για 5 min στις 5000 rpm

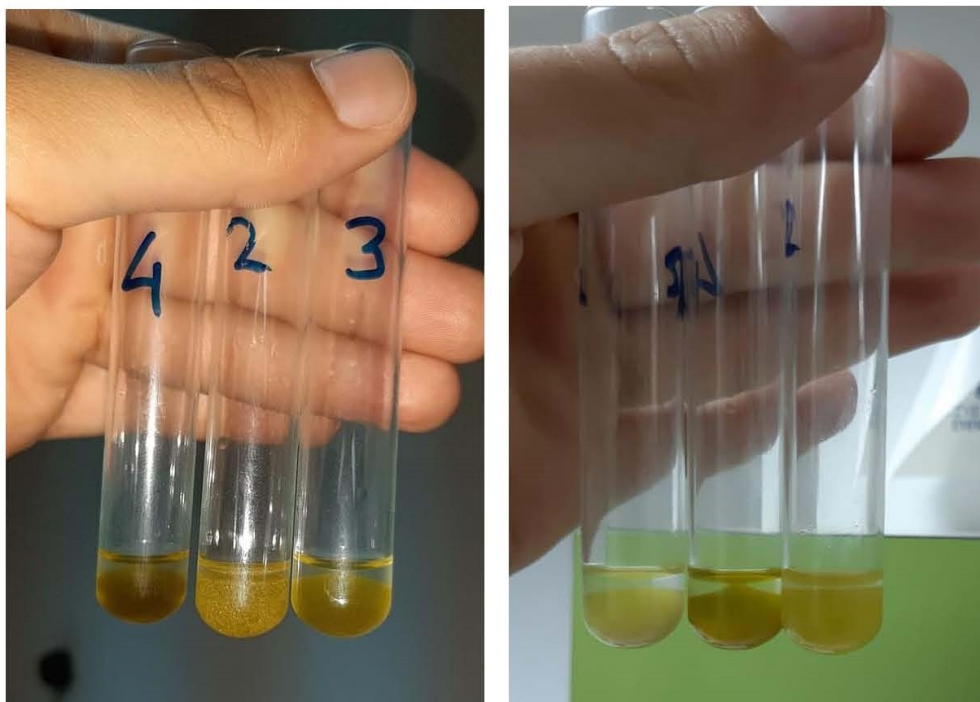
Ο προσδιορισμός της ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας στο μεθανολικό εκχύλισμα των δειγμάτων έγινε με παρόμοιο τρόπο όπως στο ολικό τους κλάσμα. Σε υάλινους δοκιμαστικούς σωλήνες των 5 mL προστέθηκαν 170 μ L μεθανολικού εκχυλίσματος και στην συνέχεια προστέθηκαν 4 mL του standard διαλύματος του DPPH. Μετά από ελαφρά

ανάμειξη εκχυλίσματος και αντιδραστηρίου, οι δοκιμαστικοί σωλήνες τοποθετήθηκαν σε σκοτεινό μέρος και μετά από 60 min έγινε ο προσδιορισμός της μείωσης της απορρόφησης του αντιδραστηρίου του DPPH.



Εικόνες 4,8, 4.9: Προετοιμασία δειγμάτων σε μεθανολικό εκχύλισμα για τον προσδιορισμό της ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας του ελαιόλαδου με την μέθοδο DPPH

Δεδομένου ότι για τον προσδιορισμό της ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας στο μεθανολικό εκχύλισμα, χρησιμοποιήθηκε ο ίδιος όγκος (170 μ L) εκχυλίσματος με τον όγκο των διαλυμάτων του γαλλικού οξέος (κατά τον προσδιορισμό της πρότυπης καμπύλης απορρόφησης του) και παράλληλα σε κάθε kg ελαιόλαδου αντιστοιχεί 1 L εκχυλιστικού διαλύματος μεθανόλης – νερού, οι τιμές της συγκέντρωσης του γαλλικού οξέος (mgL^{-1}) που αντιστοιχούν στο εκάστοτε ποσοστό μείωσης της απορρόφησης του DPPH, αφορούν την ισοδύναμη ποσότητα Γαλλικού οξέος (σε mg) που περιέχεται στο μεθανολικό εκχύλισμα ανά kg του εκάστοτε δείγματος ελαιόλαδου.



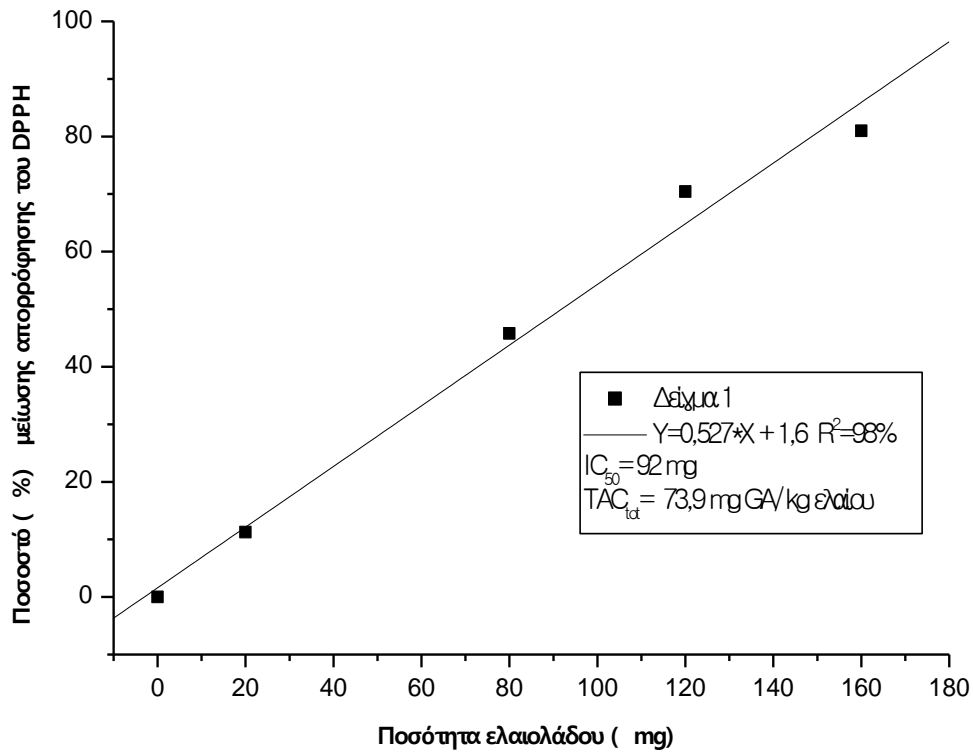
Εικόνες 4.10, 4.11 : Εκχύλιση και διαχωρισμός του λιπαρού από το υδροφιλικό κλάσμα

Για παράδειγμα, αν στο μεθανολικό εκχύλισμα ενός δείγματος, η τιμή του ποσοστού μείωσης της απορρόφησης του DPPH είναι A%, τότε σύμφωνα με την εξίσωση της πρότυπης καμπύλης του Γαλλικού οξέος, η ισοδύναμη ποσότητα γαλλικού οξέος που περιέχεται στο μεθανολικό του εκχύλισμα, θα είναι:

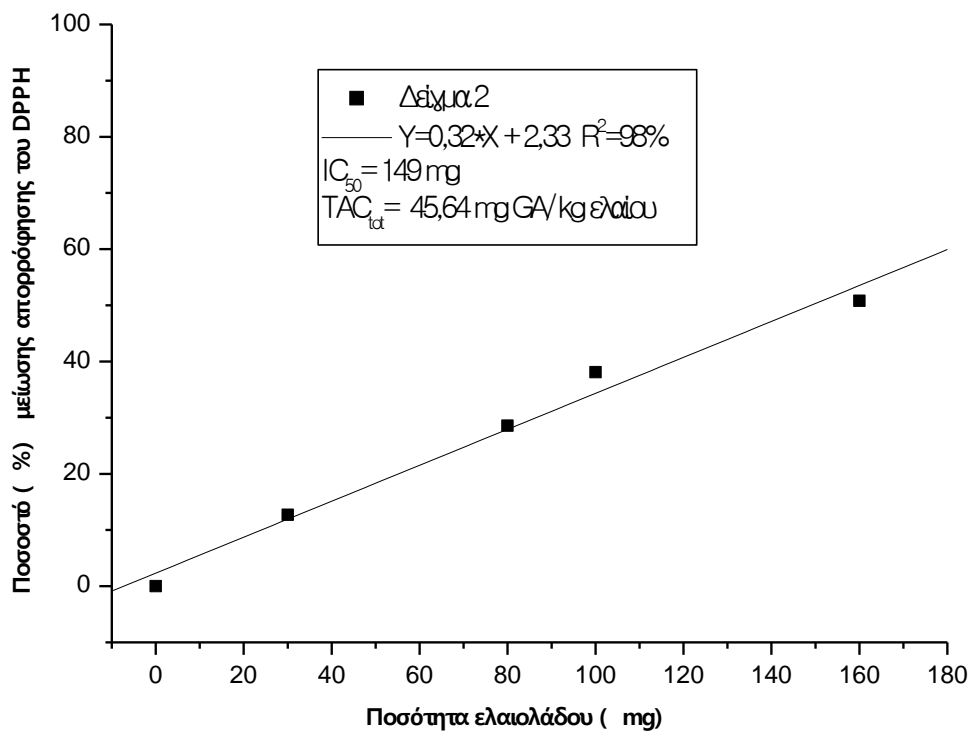
$$TAC_{\text{meth}} = \frac{(A - 1,7)}{1,126} \text{ mg/kg}$$

5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

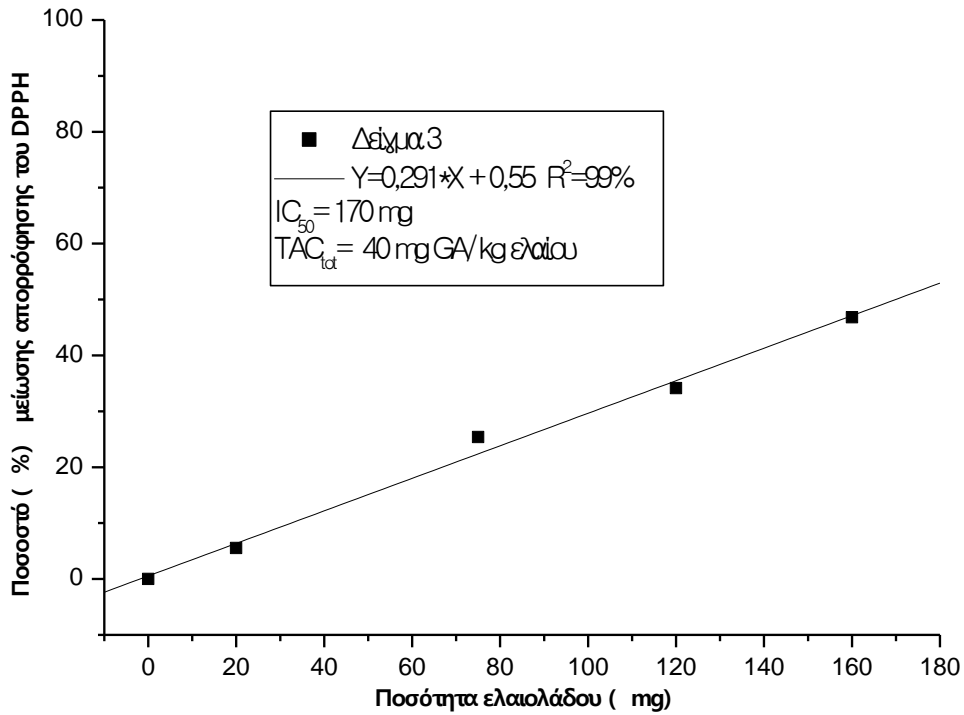
Στις ακόλουθες εικόνες παρουσιάζονται οι χαρακτηριστικές καμπύλες μείωσης της απορρόφησης του DPPH για το ολικό κλάσμα των δειγμάτων ελαιόλαδου που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία. Οι γραμμικές εξισώσεις αποδίδουν την σχέση μεταξύ ποσότητας ελαιόλαδου και ποσοστών ελάττωση της απορρόφησης του DPPH. Οι τιμές IC₅₀, την ποσότητα εκείνη που ελαττώνει κατά 50% την απορρόφηση των 4 mL DPPH. Οι τιμές TAC_{tot} αφορούν την ισοδύναμη ποσότητα σε Γαλλικό οξύ (GA) ανά kg ελαιόλαδου από το κάθε δείγμα.



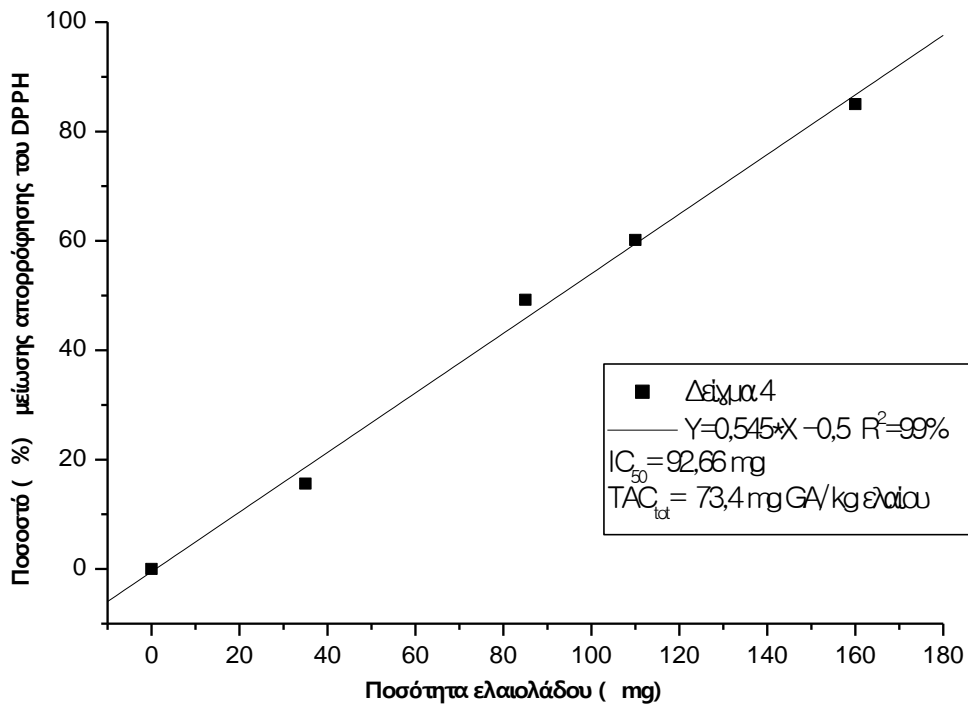
Διάγραμμα 5.1: Χαρακτηριστική καμπύλη της ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας (μεταβολής του ποσοστού απορρόφησης του διαλύματος του DPPH), για το ολικό κλάσμα του δείγματος ελαιόλαδου 1.



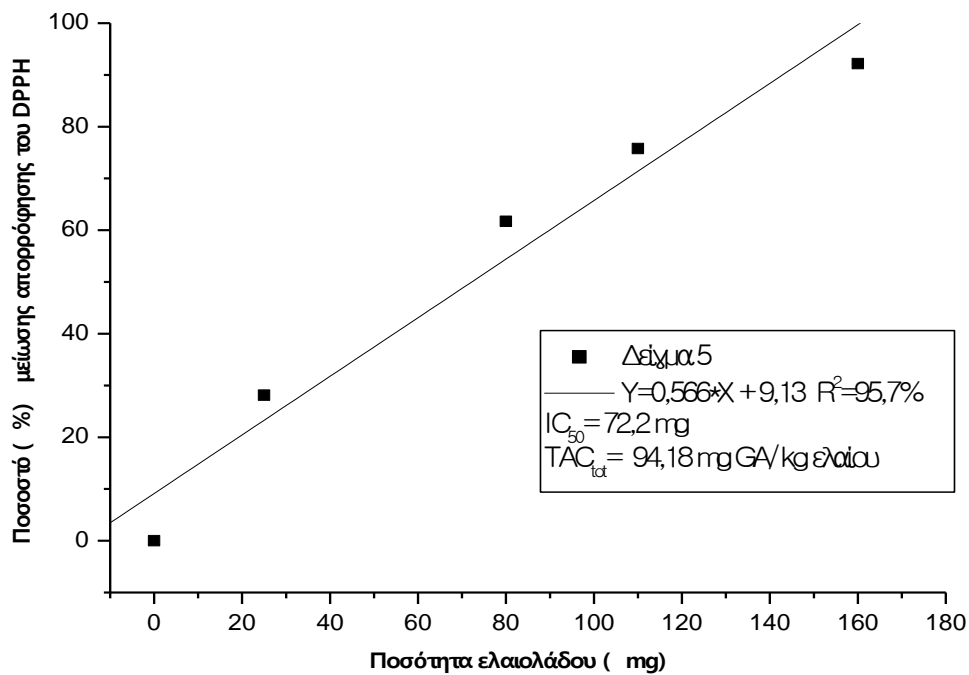
Διάγραμμα 5.2: Χαρακτηριστική καμπύλη της ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας, για το ολικό κλάσμα του δείγματος ελαιόλαδου 2.



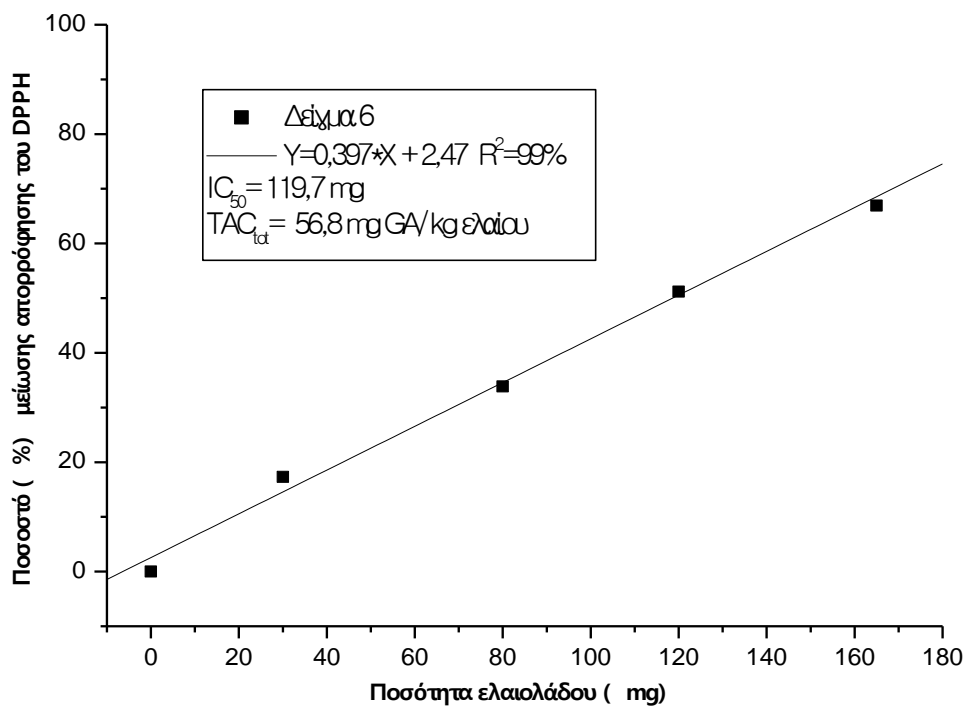
Διάγραμμα 5.3: Χαρακτηριστική καμπύλη της ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας, για το ολικό κλάσμα του δείγματος ελαιολάδου 3.



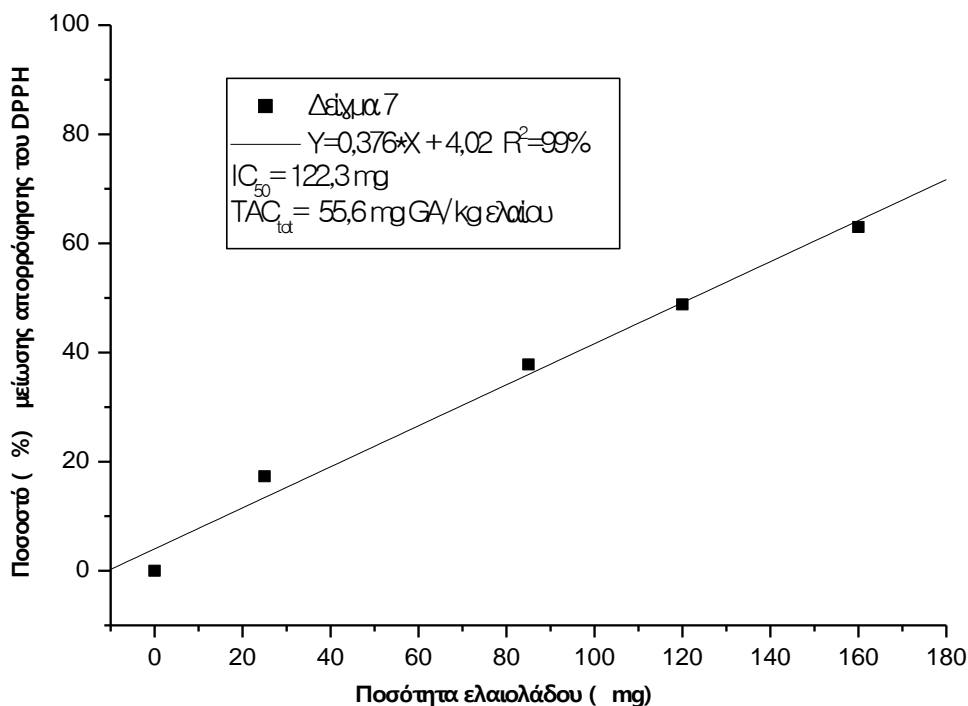
Διάγραμμα 5.4: Χαρακτηριστική καμπύλη της ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας, για το ολικό κλάσμα του δείγματος ελαιολάδου 4.



Διάγραμμα 5.5: Χαρακτηριστική καμπύλη της ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας, για το ολικό κλάσμα του δείγματος ελαιόλαδου 5.



Διάγραμμα 5.6: Χαρακτηριστική καμπύλη της ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας, για το ολικό κλάσμα του δείγματος ελαιόλαδου 6.



Διάγραμμα 5.7: Χαρακτηριστική καμπύλη της ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας, για το ολικό κλάσμα του δείγματος ελαιόλαδου 7.

Η μείωση των ποσοστών απορρόφησης από το DPPH των δειγμάτων του ελαιόλαδου στα 515 nm, ακολουθεί σε κάθε περίπτωση ένα γραμμικό πρότυπο μεταβολής (γραμμική παλινδρόμηση πάνω στην ποσότητα ελαιόλαδου), με άλλα λόγια σε κάθε δείγμα ελαιόλαδου η μείωση των ποσοστών της απορρόφησης του φωτός σε μήκος κύματος στα 515 nm αυξάνεται με σταθερό ρυθμό που αποδίδεται με την κλίση της εκάστοτε γραμμικής εξίσωσης παλινδρόμησης (Πίνακας 5.1).

Πίνακας 5.1: Εξισώσεις γραμμικής παλινδρόμησης των ποσοστών της ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας του ολικού κλάσματος των επτά δειγμάτων ελαιόλαδου σε σχέση με την ποσότητα που χρησιμοποιήθηκε.

Μεταχείριση	Εξίσωση					
	παλινδρόμησης ($Y=b*X+a$)	F_{reg}	BE	P	R^2	n
Δείγμα 1	$Y=0,527*X+1,6$	237,9	1 και 3	<0,001	0,98	5
Δείγμα 2	$Y=0,320*X+2,33$	170	1 και 3	<0,001	0,98	5
Δείγμα 3	$Y=0,291*X+0,55$	379,73	1 και 3	<0,001	0,96	5
Δείγμα 4	$Y=0,545*X-0,5$	586,8	1 και 3	<0,001	0,99	5
Δείγμα 5	$Y=0,566*X+9,13$	101,2	1 και 3	0,002	0,96	5
Δείγμα 6	$Y=0,397*X+2,47$	489,5	1 και 3	<0,001	0,99	5
Δείγμα 7	$Y=0,376*X+4,02$	204,8	1 και 3	<0,001	0,99	5

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 5.2), παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα των προσδιορισμών της ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας, τόσο το ολικό κλάσμα (TAC_{tot}) όσο και στο μεθανολικό εκχύλισμα (TAC_{meth}), των επτά δειγμάτων ελαιόλαδου που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία. Η ταξινόμηση έγινε με φθίνουσα σειρά της TAC_{tot} , για καλύτερη ερμηνεία των αποτελεσμάτων.

Πίνακας 5,2: Αποτελέσματα ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας του ολικού κλάσματος και του μεθανολικού εκχυλίσματος, εκπεφρασμένα σε ισοδύναμη ποσότητα Γαλλικού οξέος, για τα επτά δείγματα ελαιόλαδου

Αριθμός δείγματος	TAC _{tot} mg GA/kg oil	TAC _{meth} mg GA/kg oil	Οξύτητα (%)	Τρόπος επεξεργασίας
ΔΕΙΓΜΑ 5	94,18	38,32	0,6	Δύο φάσεων
ΔΕΙΓΜΑ 4	74,4	20,7	1,0	Δύο φάσεων
ΔΕΙΓΜΑ 1	73,9	16,12	0,5	Τριών φάσεων
ΔΕΙΓΜΑ 6	56,8	12,2	0,5	Τριών φάσεων
ΔΕΙΓΜΑ 7	55,6	10,2	0,6	Τριών φάσεων
ΔΕΙΓΜΑ 2	45,64	8,28	1,5	Τριών φάσεων
ΔΕΙΓΜΑ 3	40	10,9	0,6	Τριών φάσεων

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Όπως έχει ήδη αναφερθεί στο εισαγωγικό μέρος της παρούσας εργασίας, το ελαιόλαδο είναι πλούσιο σε ποικίλες αντιοξειδωτικές ουσίες, οι οποίες το προστατεύουν από τα φαινόμενα αυτοοξειδωσης και οξειδωτικής τάγγισης, ενώ παράλληλα το καθιστούν ένα από τα πολυτιμότερα συστατικά στην ανθρώπινη διατροφή. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας, ο τρόπος επεξεργασίας του ελαιοκάρπου στο ελαιοτριβείο και ο τρόπος παραλαβής της λιπαρής φάσης (ελαιόλαδο) από την ελαιοπυρήνα, αποτελούν τον κυριότερο παράγοντα που επηρεάζει την διατήρηση των αντιοξειδωτικών ουσιών στο τελικό προϊόν της επεξεργασίας της ελιάς στο ελαιοτριβείο.

Πράγματι, από τα επτά δείγματα ελαιόλαδου που αναλύθηκαν στην παρούσα εργασία, τις υψηλότερες τιμές ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας (TAC), τόσο στο ολικό τους κλάσμα όσο και στο μεθανολικό τους εκχύλισμα, παρουσίασαν τα δείγματα που

παραλείφθηκαν από ελαιοτριβεία δύο φάσεων. Η ογκομετρούμενη οξύτητα έχει δευτερεύοντα ρόλο στην TAC καθώς ελαιόλαδα προερχόμενα από ελαιοτριβεία τριών φάσεων, αν και κατηγορίας «έξτρα παρθένο» με ογκομετρούμενη οξύτητα 0,5 % και 0,6%, βρέθηκαν με χαμηλότερη TAC από ότι το δείγμα 4, το οποίο αν και είχε οξύτητα 1 % παρουσίασε σημαντικά υψηλότερη TAC.

Η μόνη διαφορά μεταξύ των φυγοκεντρικών ελαιοτριβείων τριών φάσεων και δύο φάσεων είναι ο τύπος του κύριου φυγοκεντριτή (Decanter), ενώ όλα τα υπόλοιπα μηχανήματα επεξεργασίας της ελιάς για την εξαγωγή του ελαιόλαδου, παραμένουν τα ίδια, όπως και τα στάδια επεξεργασίας της. Οι φυγοκεντριτές τριών φάσεων διαχωρίζουν την ελαιοζύμη σε τρία κλάσματα, την λιπαρή φάση (ελαιόλαδο), υδατική φάση (νερό) και την στερεή φάση (ελαιοπυρήνα). Στους φυγοκεντριτές δύο φάσεων η ελαιοζύμη διαχωρίζεται σε δύο κλάσματα. Την λιπαρή φάση (το ελαιόλαδο) και την ελαιοπυρήνα, εντός της οποίας παραμένει και το υδατικό κλάσμα της ελαιοζύμης. Η διαφορά αυτή θεωρείται ότι δεν επηρεάζει την σύσταση του εκάστοτε ελαιόλαδου.

Οι διαφορές που παρατηρούνται στην σύσταση του ελαιόλαδου και ιδιαίτερα η περιεκτικότητα σε αντιοξειδωτικές ουσίες επηρεάζεται από τον τρόπο επεξεργασίας της ελαιοζύμης πριν τον φυγοκεντριτή, κατά την διάρκεια της μάλαξης. Στα τριφασικά ελαιοτριβεία είναι σύνηθες να προστίθεται νερό στην ελαιοζύμη και να γίνεται η μάλαξη σε υψηλότερη θερμοκρασία από την συνιστώμενη, με σκοπό την επιτάχυνση της διαδικασίας συνένωσης των ελαιοσταγονιδίων για την διαχωρισμό του ελαίου από τα υπόλοιπα υγρά της ελαιοζύμης. Αυτή η πρακτική δεν έχει καμία επίδραση στην ποσότητα του παραγόμενου ελαιόλαδου ούτε και στην περιεκτικότητα της ελαιοπυρήνας σε νερό, αφού ο φυγοκεντριτής αναλαμβάνει την απομάκρυνση του πρόσθετου νερού. Επίδρα αρνητικά όμως στην σύνθεση του ελαιόλαδου καθώς πολλά από τα συστατικά του, τα οποία έχουν μεγάλη αντιοξειδωτική ικανότητα, είναι πτητικά αλλά και υδατοδιαλυτά, όπως είναι οι διάφορες φαινολικές ουσίες που περιέχονται στον ελαιοκαρπο και η παραπάνω μεταχείριση κατά την μάλαξη προκαλεί σημαντική ελάττωση της περιεκτικότητας του ελαιόλαδου στις ουσίες αυτές.

Αντίθετα η προσθήκη νερού στην ελαιοζύμη και η αύξηση της θερμοκρασίας της κατά την μάλαξη, δεν είναι απαραίτητες ενέργειες. Επιπλέον η χρήση νερού αυξάνει την υγρασία της ελαιοπυρήνας κάτι που είναι εντελώς ανεπιθύμητο κατά την μετέπειτα χρήση της στα πυρηνελαιουργεία.

Ο μόνος τρόπος διατήρησης των πτητικών και υδατοδιαλυτών ουσιών στο ελαιόλαδο κατά την επεξεργασία της ελαιοζύμης, ανεξάρτητα από τον τύπο του φυγοκεντριτή, είναι ο επαρκής χρόνος μάλαξης στους μαλακτήρες. Αυτός πιθανά είναι και ο λόγος που το δείγμα 1 είχε υψηλές τιμές τόσο στο ολικό του κλάσμα (TAC_{tot}), όσο και στο μεθανολικό του εκχύλισμα (TAC_{meth}), αντίστοιχες με εκείνες από τα δείγματα 4 και 5 που παραλήφθηκαν από ελαιοτριβεία δύο φάσεων.

Τέλος, τα ελαιοτριβεία δύο φάσεων, εκτός από την υπεροχή τους στην παραγωγή ελαιόλαδου, με την μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε φυσικές αντιοξειδωτικές ουσίες, οι οποίες προσδίδουν μεγαλύτερο χρόνο στην διατήρησή του, αποτελούν μια κατεύθυνση καθαρά «οικολογική», όπως αναλύθηκε και σε προηγούμενη ενότητα, αφού η χρήση μικρότερης ποσότητας νερού, μειώνει και τον όγκο των παραγόμενων αποβλήτων στη βιομηχανία του ελαιόλαδου, πράγμα προφανώς επιθυμητό στον σύγχρονο κόσμο, με τα πολυάριθμα περιβαλλοντικά προβλήματα που αντιμετωπίζει.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Βελεντζάς Δ., Τριάδη Δ., *Ισορροπημένη Διατροφή - Μεσογειακή Δίαιτα*, Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων, Έκδοση Δ, Αθήνα, 2002.
2. Γιαννακοδήμος Δ., *Η συμπεριφορά των καταναλωτών ως προς την αγορά του βιολογικού ελαιολάδου κατά την περίοδο της οικονομικής κρίσης*, Πανεπιστήμιο Πειραιώς, 2016.
3. Γκαβιδου Ν., Ζωγράφου Έ., *Ελαιόλαδο, χημική σύνθεση και Ιδιότητες*, Αλεξάνδρειο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Θεσσαλονίκης, 2008.
4. Κοντοπρία Π., *Μελέτη οξειδωτικής ικανότητας ελαιόλαδου στην περιοχή της Μεσσηνίας με την μέθοδο Rancimat*, Τμήμα Οικιακής Οικονομίας και Οικολογίας, 2006.
5. Κουτουλάκου Σ., *Ο ρόλος του ποιοτικού έλεγχου του ελαιόλαδου ως μέσο τεκμηρίωσης του HACCP*, Ανώτατο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης, 2017.
6. Κυριτσάκης Α., *Το ελαιόλαδο: Χημική σύνθεση, Τεχνολογία, Ποιοτικός Έλεγχος, Βιολογική Αξία*, Β΄ Έκδοση, Θεσσαλονίκη, Αγροτικές Συνεταιριστικές Εκδόσεις, 1989.
7. Κυριτσάκης Α., *Ελαιόλαδο, ΣΥΜΒΑΤΙΚΟ ΚΑΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟ, ΒΡΩΣΙΜΗ ΕΛΙΑ-ΠΑΣΤΑ ΕΛΙΑΣ*, Δ΄ έκδοση, Copy City digital, Θεσσαλονίκη, 2007.
8. Κώδιξ Τροφίμων, *Ποτών και Αντικειμένων Κοινής Χρήσεως Μέρος Β΄. Επίσημοι Μέθοδοι Εξετάσεως Τροφίμων και Ποτών*, Αθήνα 1976.
9. Μαυρομούστακος Θ., *Ελιά: Πολιτισμός – Υγεία – Παράδοση – Θρησκεία*, Εθνικό Ίδρυμα Ερευνών, Χημεία και Διατροφή, Αθήνα, 2002.
10. Μηνιώτη Α., *Ανάπτυξη νέων μεθόδων προσδιορισμού ολικής αντιοξειδωτικής ενεργότητας και εφαρμογή στο ελαιόλαδο*, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, 2009.
11. Μπόσκου Δ., *Χημική Σύσταση και Διατροφική Αξία του Ελαιολάδου*, Εθνικό Ίδρυμα Ερευνών, Χημεία και Διατροφή, Αθήνα, 2002.

12. Μπόσκου Δ., *Χημεία Τροφίμων*, Ε΄ έκδοση, Θεσσαλονίκη, Εκδόσεις Γαρταγάνη, 2004.
13. Πάντζιαρος Α., *Σχεδιασμός νέας διεργασίας παραγωγής ελαιολάδου και επεξεργασίας αποβλήτων ελαιοτριβείου*, Πανεπιστήμιο Πατρών, 2016.
14. Πάσσαμ Χ. et al. *Μετασυλλεκτική μεταχείριση καρπών και λαχανικών*. Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών, Ζωγράφου, 2015.
15. Ποντίκης Κ., *Ειδική Δενδροκομία τόμος Γ΄ Ελαιοκομία*, Σταμούλη, Αθήνα, 2000.
16. Προδρόμου Μ., *Προσρόφηση βαρέων και ραδιοτοξικών μετάλλων σε ακατέργαστα και χημικά τροποποιημένα παραπροϊόντα βιομάζας*, Πανεπιστήμιο Κύπρου, Τμήμα Χημείας, 2015.
17. Ράλλη Β., *Ποιότητα ελαιολάδου*, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Καλαμάτας, 2005.
18. Ρέππας Κ., *Επιχειρηματικό σχέδιο για τη δημιουργία τυποποιητικής εξαγωγικής μονάδας ελαιολάδου*, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, 2012.
19. Ρέρη Ε., *Μελέτη της αντιοξειδωτικής δράσης εκχυλισμάτων από μέντα, φασκόμηλο και τσάι με συνδυασμό in vitro μεθόδων*, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, 2010.
20. Σειντης Π., *Αξιοποίηση οργανικών αποβλήτων στην Ελλάδα στο πλαίσιο της βιωσιμότητας. Η περίπτωση του ελαιολάδου*, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, 2015.
21. Τσιλφόγλου Σ., *Μελέτη παραγωγής ελαιολάδου με υψηλά ποσοστά φυσικών πολυφαινόλων*, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, 2016.
22. Τσιτσικλή Ε., *Ελαιόλαδο και διατροφικές αξίες*, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Καλαμάτας, 2012.
23. Ψιλάκη Ν., Καστανάς Μ., *Ο πολιτισμός της ελιάς, Το ελαιόλαδο, Ιστορία, Λαογραφία, μυθολογία, υγεία, διατροφή (και 345 συνταγές με βάση το ελαιόλαδο)*. Εκδόσεις ΚΑΡΜΑΝΩΦ, Ηράκλειο, 2003.

ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Barbarisi C. et al. *Shelf-life of Extra Virgin Olive Oils from Southern Italy. Current Nutrition & Food Science*, 2014.
2. Benzie IFF, Strain JJ, *The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay*, Anal Biochem, 239, 70-76, 1996.
3. Cao G, Prior RL, *The measurement of oxygen radical absorbance capacity in biological samples*, Methods Enzymol, 299, 50-62, 1999.
4. Frankel EN, Meyer AS, *The problems of using onedimensional methods to evaluate multifunctional food and biological antioxidants*, J Sci Food Agric, 80: 1925-1941, 2000.
5. Huang D, Ou B, Hampsch-Woodill M, Flanagan JA, Prior RL, *High-throughput assay of oxygen radical absorbance capacity (ORAC) using a multichannel liquid handling system coupled with a microplate fluorescence reader in 96-well format'*, J Agric Food Chem, 50, 4437-4444, 2002.
6. Kiritsakis A, Kanavouras A, Kiritsakis K. *Chemical Analysis, quality control and packaging issues of olive oil*. Eur. J. Lipid Sci. Technol. 2002;104:ps 628-638.
7. Miller NJ, Rice-Evans C, Davies MJ, Gopinathan V, Milner A, *"A novel method for measuring antioxidant capacity and its application to monitoring the antioxidant status in premature neonates"*. Clinical Science, 84: 407—412, 1993.
8. Muzzalupo Innocenzo. *Olive Germplasm-The Olive Cultivation, Table Olive and Olive Oil Industry in Italy*. Croatia: InTech; 2012.
9. Molyneux P, *The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity*, J. Sci. Technol., 26(2): 211-219, 2004.
10. Popov I, Lewin G, *Antioxidative homeostasis: characterisation by means of chemiluminescent technique*, Meth Enzymol, 300: 437-456, 1999.

11. Shahin Sharif A, Naresh K, Abhinav L, Angad S, Hallihosur S, Abhishek S, Utpal B, *Indian medicinal herbs as sources of antioxidants*, Food Research International, 41(1): 1-15, 2007.
12. Wayner DDM, Burton GW, Ingold KU, Locke S, *A fluorescence-based method for measuring total plasma antioxidant capability*, Free Radic. Biol. Med, 18: 29-36, 1985.
13. Williams RJ, Spencer JPE, Rice-Evans C, *Flavonoids: Antioxidants or signaling molecules*, Free Radical Biology & Medicine, 36 (7): 838-849, 2004.
14. Winston GW, Regoli F, Dugas AJ, Fong JH, Blanchard KA, *A rapid gas chromatographic assay for determining oxyradical scavenging capacity of antioxidants and biological fluids*, Free Radical Biol Med, 24: 480-493, 1998.

ΔΙΚΤΥΑΚΟΙ ΤΟΠΟΙ

1. <https://arxaiaellinika.wordpress.com>
2. <https://ellas2.wordpress.com>
3. <https://www.tilestwra.com/h-mythiki-elia-tou-platona-stin-athina-pou->
4. <https://agrotikistegi.gr/>
5. <https://www.fao.org>
6. <http://ebooks.edu.gr/>
7. https://fabe.gr/images/stories/ERGASTHRIO/ea_004.pdf
8. <https://en.wikipedia.org/wiki/DPPH>