



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ

Τμήμα Τεχνολογίας Τροφίμων

Διπλωματική Εργασία

Προσδιορισμός φυσικοχημικών χαρακτηριστικών
τηγανισμένων ελαίων με φασματοσκοπικές αναλύσεις

Λάγγη Παναγιώτα του Γεωργίου



Επιβλέπων καθηγητής : Σπηλιόπουλος Ιωακείμ

2015

Περιεχόμενα

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	4
Σκοπός μελέτης	5
Περίληψη	6
Abstract	7
Κεφάλαιο 1ο	8
Κεφάλαιο 2ο	11
Κεφάλαιο 3ο	19
3.1.1 Η βιολογική σημασία.....	19
3.2 Τα σημεία υπεροχής του ελαιολάδου έναντι των άλλων ελαίων.....	20
3.3 Κριτήρια ποιότητας	22
3.3.1 Οξύτητα.....	22
3.3.2 Οξειδωση.....	23
3.3.3 Χρώμα.....	25
3.3.4 Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά	25
3.4 Κατηγορίες ελαιολάδου και πυρηνελαίου που έχουν καθοριστεί από το ΔΣΕ και την ΕΕ.....	27
3.4.5 Ραφινρισμένο πυρηνέλαιο	29
3.5 Οργανοληπτική αξιολόγηση	31
3.5.1 Ομάδα θετικών χαρακτηριστικών.....	31
3.5.2 Ομάδα αρνητικών χαρακτηριστικών	32
3.5.3 Ομάδα άλλων αρνητικών χαρακτηριστικών.....	33
3.6 Άλλα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του ελαιολάδου που χρησιμοποιούνται ως κριτήρια ποιότητας.....	35
4.1.1 Σύσταση ελαιολάδου σε λιπαρά οξέα.....	39
4.1.2 Φωσφολιπίδια του ελαιολάδου	40
4.1.3 Ασαπυνοποίηση συστατικά ελαιολάδου	40
Κεφάλαιο 5ο	44
5.1.2 Γενικά για το τηγάνισμα	45
5.2 Μέθοδοι τηγανίσματος.....	46
5.2.1 Τηγάνισμα σε τηγάνι ή ρηχό τηγάνισμα (Pan frying).....	47
5.2.2 Οικιακό τηγάνισμα σε φριτέζα (Batch Deep-frying)	47
5.2.3 Συνεχές τηγάνισμα σε φριτέζα ή βαθύ τηγάνισμα (ContiniousDeep-frying)	48
5.3 Σύγκριση μεθόδων τηγανίσματος	49
5.4 Φυσικοχημικές μεταβολές των ελαίων κατά το τηγάνισμα.....	50
5.4.1 Φυσικές μεταβολές.....	51
5.4.2 Χημικές Μεταβολές	55
5.5 Παράγοντες που επηρεάζουν την αποσύνθεση του ελαίου κατά το τηγάνισμα.....	62
5.6 Προϊόντα Αποσύνθεσης	64
5.6.1 Πτητικά προϊόντα	64
5.6.2 Μη πτητικά προϊόντα αποσύνθεσης.....	65

5.7 Ασφάλεια τηγανισμένων ελαίων και τροφίμων	66
5.7.1 Επικίνδυνες ουσίες που παράγονται κατά το τηγάνισμα	66
5.8 Παράγοντες που ευθύνονται για τις επικίνδυνες ουσίες του τηγανίσματος	71
Κεφάλαιο 6ο	72
6.2 Σύγκριση ελαίων που χρησιμοποιούνται κατά το τηγάνισμα	72
6.3.1 Πλεονεκτήματα Ελαιολάδου στο τηγάνισμα.....	77
Κεφάλαιο 7ο	79
7.2.1 Βασικές μονάδες των φασματοφωτομετρικών οργάνων	82
7.3.3 Σφάλματα φασματοφωτομετρίας	85
Κεφάλαιο 8ο	86
Κεφάλαιο 9ο	91
9.1.2 Αποτελέσματα για το πυρηνέλαιο	93
9.1.3 Αποτελέσματα για το βιολογικό ελαιόλαδο	95
9.1.4 Αποτελέσματα για το ελαιόλαδο σοδειάς 2013.....	97
9.1.5 Αποτελέσματα για το ελαιόλαδο σοδειάς 2014.....	99
9.1.6 Αποτελέσματα για το ελαιόλαδο ΠΟΠ σοδειάς 2014.....	101
9.2 Συζήτηση – συμπεράσματα για το υπεριώδες φάσμα	103
10.1.1 Αποτελέσματα για το αγουρέλαιο	109
10.1.2 Αποτελέσματα για το πυρηνέλαιο	110
10.1.3 Αποτελέσματα για το βιολογικό ελαιόλαδο	111
10.1.4 Αποτελέσματα για το ελαιόλαδο σοδειάς 2013.....	112
10.1.5 Αποτελέσματα ΠΟΠ ελαιολάδου σοδειάς 2014	113
10.1.6 Αποτελέσματα ελαιολάδου σοδειάς 2014	114
10.2 Συζήτηση – συμπεράσματα για τις χλωροφύλλες.....	115
Κεφάλαιο 11°	117
Βιβλιογραφία.....	118

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Στην δημιουργία αυτής της εργασίας απαιτήθηκε χρόνος και κόπος, μα πάνω απ'όλα συλλογική προσπάθεια.

Για το λόγο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά δύο σημαντικούς ανθρώπους, χωρίς τους οποίους δεν θα υπήρχε πραγματοποιηθεί η διπλωματική αυτή. Τον κύριο Βάκρο Ιωάννη για την βοήθειά του στην επιλογή του θέματος, στην επίλυση ερωτημάτων και προβλημάτων, στη συλλογή πληροφοριών, στην καθοδήγηση των πειραματικών μελετών, μα πάνω απ'όλα για την ηθική συμπαράσταση και υπομονή του. Καθώς και τον κύριο Σπηλιόπουλο Ιωακείμ ως επιβλέπων καθηγητή μου για τις διευκολύνσεις που μου παρείχε όσον αφορά στα λειτουργικά και διαδικαστικά θέματα που αντιμετώπισα.

Τέλος οφείλω ένα ακόμα ευχαριστώ στην εταιρεία Agromim που με προμήθευσε με τις απαιτούμενες ποσότητες και ποικιλίες ελαίων για την πραγματοποίηση των πειραματικών ερευνών μου.

Σκοπός μελέτης

Το ελαιόλαδο χάρισε και χαρίζει για αιώνες την υγεία και την μακροζωία στους λαούς της Μεσογείου, οι οποίοι και το χρησιμοποίησαν ως βασικό συστατικό στην καθημερινή τους διατροφή. Η τροφική, θρεπτική και βιολογική αξία του για τον ανθρώπινο οργανισμό είναι πολύ σημαντική, γι' αυτό το ελαιόλαδο συγκαταλέγεται στη λίστα των 10 ωφελιμότερων ειδών διατροφής.

Εκτός των λιπαρών ουσιών, το ελαιόλαδο περιέχει μικρές ποσότητες άλλων συστατικών, στα οποία και οφείλονται οι ευεργετικές του ιδιότητες. Αυτά τα μικροσυστατικά είναι βιταμίνες και προβιταμίνες (Α και Ε), μέταλλα, σκουαλένιο, φυτοστερόλες και μια ολόκληρη ετερογενής τάξη φαινολικών κυρίως ουσιών.

Η παρούσα μελέτη προσπαθεί να διερευνήσει τη μεταβολή των χαρακτηριστικών του ελαιολάδου, με χρήση φασματοσκοπικών τεχνικών ως συνάρτηση του χρόνου τηγανίσματος σε μια σταθερή θερμοκρασία. Για το σκοπό αυτό επιλέχθηκαν 6 διαφορετικά δείγματα, όλα από την περιοχή της Μεσσηνίας τα οποία καλύπτουν σημαντικό εύρος ειδών ελαιολάδου. Τα δείγματα προσφέρθηκαν από την εταιρία Agrovim, την οποία και ευχαριστώ θερμά, και ήταν εξαιρετικής ποιότητας.

Περίληψη

Το ελαιόλαδο είναι ένα από τα πιο πολύτιμα έλαια, το οποίο καταναλώνεται με μεγάλη συχνότητα σε όλες τις Μεσογειακές χώρες και χαρακτηρίζεται για τη θρεπτική του αξία καθώς περιέχει πλήθος πολύτιμων μικροσυστατικών.

Το τηγάνισμα των τροφίμων θεωρείται ως μία από τις δημοφιλέστερες μεθόδους μαγειρέματος που χρησιμοποιείται τόσο σε οικογενειακό επίπεδο, όσο και στους χώρους εστίασης. Αν και τονίζεται συχνά η ανθυγιεινή φύση των τηγανιτών τροφίμων, ωστόσο έχει φανεί από πολλές μελέτες πως τα τηγανιτά τρόφιμα εμπλουτίζονται με πολύτιμα συστατικά του ελαίου, όπως βιταμίνη Ε και αντιοξειδωτικά.

Στην παρούσα πτυχιακή μελέτη, θα διερευνηθούν **βιβλιογραφικά** και θα αναλυθούν οι τρόποι με τους οποίους **μπορεί να** διεξαχθεί το τηγάνισμα με όσο το δυνατόν μικρότερες αλλοιώσεις και με τη μικρότερη δυνατή υποβάθμιση των ελαίων. Αρχικά, θα αναφερθούν τα είδη των εδώδιμων ελαίων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τηγάνισμα. Αναφέρεται ο ρόλος τους, τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά τους καθώς και τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του καθενός από αυτά. Στη συνέχεια, αναλύονται οι μέθοδοι τηγανίσματος (βαθύ – ρηχό τηγάνισμα κ.α.) και συγκρίνονται μεταξύ τους, ούτως ώστε να αποδειχτεί ποια είναι η καλύτερη και ασφαλέστερη μέθοδος για το τηγάνισμα.

Το πειραματικό μέρος της εργασίας σχετίζεται με το προσδιορισμό, μέσω φασματοσκοπικών τεχνικών, της μεταβολής των χαρακτηριστικών του ελαιολάδου με το χρόνο τηγανίσματος απουσία τροφίμου.

Πραγματοποιήθηκαν τηγανίσματα σε φριτέζα με 6 τύπους ελαίων (αγουρέλαιο, πυρηνέλαιο, βιολογικό, παρθένο σοδειάς 2014 ΠΟΠ, παρθένο σοδειάς 2014 και παρθένο σοδειάς 2013).

Εν συνεχεία, προσδιορίζονται οι φυσικές και χημικές μεταβολές που συμβαίνουν στο έλαιο κατά τη διάρκεια του τηγανίσματος **με χρήση φασματοσκοπίας ορατού – υπεριώδους.**

Abstract

Olive oil is one of the most valuable oils which is very commonly consumed in all Mediterranean countries and is characterized by its nutritious value, since it contains a multitude of valuable micro ingredients.

The frying of food is considered as one of the most popular methods of cooking and is used both within the family and in feasting places. Even though the unhealthy nature of fried food is frequently underlined, various studies have shown that fried food is actually enriched with the valuable nutrients of olive oil, such as vitamin E and antioxidants.

In the present degree thesis, (final paper), the ways by which frying with the least possible alteration and degradation of oils will be scrutinized and analyzed based on bibliography. Initially, the kinds of edible oils that can be used for frying will be mentioned. The role, organoleptic characteristics as well as the advantages and disadvantages of each of them will be mentioned. Subsequently, the methods of frying (deep- shallow, etc) are analyzed and compared, so that the best and safest method for frying will be proven.

The experimental part of the thesis concerns the specification (definition), through spectroscopic techniques, of the alteration of the characteristics of olive oil with the frying time in the absence of food. The frying was made in a deep fryer with 6 types of olive oil (green olive oil, pomace oil, biological oil, virgin crop 2014 PDO, virgin crop 2014 and virgin crop 2013).

Consequently, the natural and chemical changes that take place during the frying of oil are specified.

Κεφάλαιο 1ο

1.1 Ιστορική αναδρομή

Τα ελαιόδεντρα είναι από τα αρχαιότερα καλλιεργούμενα δέντρα στον κόσμο. Αναμφίβολα, η ιστορία της ελιάς αρχίζει πριν την ανακάλυψη της γραφής (Hygley, 1919). Μέχρι σήμερα δεν έχει προσδιοριστεί με ακρίβεια το αρχικό είδος από το οποίο προήλθε το δέντρο της ελιάς, όπως το γνωρίζουμε, αλλά και το πού, πότε και από ποιόν καλλιεργήθηκε αρχικά.

Ο A. De Candolle στη μελέτη του 'Origine des plantes cultivees, καθώς και άλλοι ιστορικοί συγγραφείς, υποστηρίζουν ότι το δέντρο της ελιάς κατάγεται από τα παράλια της Μ. Ασίας και της Συρίας, βασιζόμενοι στην ύπαρξη αυτοφυούς βλάστησης άγριας ελιάς.

Άλλοι πιστεύουν ότι η ελιά προέρχεται από την Αφρική (Αβησσυνία-Αίγυπτος). Στην περιοχή αυτή καλλιεργήθηκε η ελιά συστηματικά από τους Σημιτικούς λαούς και από εκεί διαδόθηκε στην Κύπρο και στα βόρεια παράλια της Αφρικής (Μαρόκο, Αλγερία, Τυνησία) από τους Φοίνικες που παρουσίαζαν σημαντική ακμή στην Καρχηδόνα.

Ανακαλύψεις στην περιοχή της Αιγύπτου μαρτυρούν την καλλιέργεια της ελιάς με το όνομα Tat. Γύρω όμως στα 2.000 π.Χ, οι ελαιώνες εξαφανίστηκαν και αυτό είτε γιατί καταστράφηκαν από άγνωστη αιτία, είτε το ανθρώπινο δυναμικό της εποχής εκείνης στράφηκε σε διαφορετικές πηγές παραγωγής. Υποστηρίζεται ότι μέρος κατοίκων μετακινήθηκε προς τα νότια παράλια της Κρήτης, όπου και μεταφέρθηκε, το πιθανότερο, η ελιά (Standish, 1960).

Από τη Β. Συρία η ελιά διαδόθηκε στα Ελληνικά νησιά και το 600 π.Χ. οι Φωκαείς άποικοι γνώρισαν το δέντρο της ελιάς στη ηπειρωτική Ελλάδα, την Ιταλία, την Σικελία και τη Σαρδηνία. Οι Ρωμαίοι τιμούσαν πολύ τον καρπό της ελιάς και κατ' επέκταση το λάδι και μάλιστα θεωρούσαν βάρβαρους όσους στη διατροφή τους καταλάωναν ζωικά λίπη και όχι ελαιόλαδο.

Στους Εβραίους, η ελιά ήταν γνωστή πολύ πριν την εποχή του Κέκροπα (1.500 π.Χ.). Τα αρχαιότερα κείμενα Εβραϊκών γραφών αναφέρουν

την ήμερη ελιά με το όνομα Saint. Στα εβραϊκά το όνομα της ελιάς συμβόλιζε την ειρήνη και την ευτυχία. Οι προφήτες και οι ιερείς ονομάζονταν 'κεχρισμένοι' γιατί η δοκιμασία των εκλεκτών γινόταν με επάλειψη ελαιόλαδου. Γι' αυτό και το όνομα Χριστός σημαίνει 'χρισμένος με λάδι' (ρήμα χρίω= αλείφω με λάδι).

Η πρώτη πληροφορία σχετικά με το εμπόριο του ελαιόλαδου αναφέρεται το 2.500 π.Χ.. Αποτελεί τη βασικότερη καλλιέργεια από την αρχαιότητα μέχρι σήμερα, ειδικότερα για τη λεκάνη της Μεσογείου και σύμφωνα με τα στοιχεία του Διεθνούς Συμβουλίου Ελαιόλαδου (ΔΣΕ), το 98% περίπου των ελαιόδεντρων φύονται σήμερα στην περιοχή αυτή.

1.2 Ο ρόλος του ελαιολάδου στη χώρα μας

Η Ελλάδα καταλαμβάνει την τέταρτη θέση στην παγκόσμια παραγωγή βρώσιμης ελιάς και την τρίτη στην παραγωγή ελαιολάδου.

Στη χώρα μας, η χώρα δηλαδή που συμβιώνει με το ελαιόδεντρο επί τουλάχιστον 5.000 χρόνια, 350.000 οικογένειες, οι μισές από τις οποίες βρίσκονται στην Πελοπόννησο και στην Κρήτη, ζουν από την καλλιέργεια της ελιάς. Οι περισσότεροι Έλληνες διατηρούν τους δικούς τους, μικρούς ή μεγάλους, ελαιώνες και ασχολούνται οι ίδιοι με την καλλιέργεια και την παραγωγή του προς βρώσιν ελαιολάδου.

Το ελαιόλαδο καλύπτει το 80% της καταναλισκόμενης ποσότητας ελαίων-λιπών στη χώρα μας και φαίνεται να επηρεάζεται όλο και λιγότερο, σε σχέση με το παρελθόν, από τον ανταγωνισμό των φθηνότερων σπορέλαιων.

Κάθε πολίτης αυτής της χώρας καταναλώνει κάθε χρόνο περίπου 20 κιλά ελαιόλαδο, γεγονός που δείχνει ότι αποτελεί την κυριαρχούσα λιπαρή ουσία της ελληνικής κουζίνας. Η καλλιέργεια της ελιάς στη χώρα μας καλύπτει έκταση 6 εκατομμυρίων στρεμμάτων, δηλαδή το 17% της καλλιεργούμενης γης. Υπολογίζεται πως σήμερα στην Ελλάδα λειτουργούν 2.800 ελαιοτριβεία, 220 επιχειρήσεις τυποποίησης ελαιολάδου, 26 ραφιναρίες και 5 περίπου πυρηνελαιουργεία.

1.2.1 Η ελιά στη Μεσσηνία

Στο νομό Μεσσηνίας 'γεννήθηκαν', αναπτύχθηκαν και από εκεί διαδόθηκαν, σε πολλά μέρη, δύο εκλεκτές ποικιλίες:

- 1) η «Κορωνέικη» η οποία οφείλει το όνομά της στη μικρή κωμόπολη Κορώνη, στο νότιο άκρο του νομού. Η ποικιλία αυτή χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή ελαιολάδου (Διεθνές σεμινάριο, Χανιά, 1986) και
- 2) η «Καλαμών», με κύριο προορισμό την παραγωγή επιτραπέζιας ελιάς, γνωστή για το εκπύρηνο και το τραγανό της σάρκας της, η οποία παρασκευάζεται με φυσικό τρόπο.

Το ευνοϊκό κλίμα, οι 3.000 ώρες ηλιοφάνειας το χρόνο μικρός κλήρος που επιτρέπει σε κάθε παραγωγό να περιποιηθεί κάθε ελαιόδεντρο και να μαζεύει τον ελαιόκαρπο στο σωστό βαθμό ωρίμανσης, δίνουν την άριστη ποιότητα της πρώτης ύλης. Η πληθώρα των χημικών αναλύσεων το κατατάσσει κατά 38% στην κατηγορία του έξτρα παρθένου.

Κεφάλαιο 2ο

2.1 Βοτανικά χαρακτηριστικά

Από βοτανική σκοπιά το δέντρο της ελιάς ανήκει στην οικογένεια Oleace και στο είδος *Olea europaea*. Στην βιβλιογραφία αναφέρονται και έχουν γίνει αποδεκτά τα εξής τρία υποείδη:

- *Olea europaea* var. *sativa*
- *Olea europaea* var. *olivaster*
- *Olea europaea* var. *Oleaster*

Το πρώτο υποείδος περιλαμβάνει το σύνολο των καλλιεργούμενων ποικιλιών ελιάς (*variety* ή *cultivar*), οι οποίες από τεχνολογικής πλευράς σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με τον τρόπο χρησιμοποίησης του καρπού τους:

- 1) επιτραπέζιες ή βρώσιμες ποικιλίες, που παράγουν καρπό για επιτραπέζια κατανάλωση
- 2) ελαιοποιήσιμες ποικιλίες, που παράγουν καρπό για ελαιοποίηση (παραγωγή ελαιόλαδου) και
- 3) διπλής χρήσεως ποικιλίες (*double use*), που παράγουν καρπό τόσο για ελαιοποίηση, όσο και για επιτραπέζια κατανάλωση.

Στο δεύτερο υποείδος συμπεριλαμβάνονται όλες οι αγριελιές που αυτοφύονται σ' ορισμένες περιοχές της Μεσογείου. Για την κατηγορία αυτή δεν έχουμε ξεκάθαρη εικόνα για το αν τα δέντρα τους ανήκουν σε μία ή περισσότερες ποικιλίες.

Τέλος, το τρίτο υποείδος έχει συμπεριλάβει τα δενδρύλλια που προέρχονται από τα κουκούτσια των ποικιλιών της ήμερης ελιάς που έχουν φαινορικά χαρακτηριστικά αγριελιάς διαφορετικής όμως από την αυτοφυόμενη (Μπαλατσούρας, 1997).

Η ελιά, για ν' αναπτυχθεί κανονικά και να καρποφορήσει, χρειάζεται ιδιαίτερες κλιματολογικές συνθήκες. Δεν ευδοκίμει σε περιοχές όπου η θερμοκρασία, κατά τους χειμερινούς μήνες, πέφτει κάτω από -9°C . Σε τέτοιες θερμοκρασίες υπάρχει πιθανότητα τα δέντρα να νεκρώσουν (Hartmann and Bougas, 1970).

Η ελιά είναι δέντρο αειθαλές και μπορεί να φτάσει και τα 20 μέτρα (m)

ύψος. Έχει κορμό κυλινδρικό και ανώμαλο, με αισθητά εξογκώματα σε δέντρα πολλών ετών. Ο φλοιός είναι τεφροπράσινος στα μικρά δέντρα, αλλά με την πάροδο του χρόνου αποκτά χρώμα τεφρό ή σκοτεινό. Είναι αρκετές οι φορές που δημιουργούνται κοιλότητες μέσα στον κορμό και τους βραχίονες, εξαιτίας της εμφάνισης μυκήτων.

Τα φύλλα της ελιάς είναι δερματώδη, ακέραια, βραχύμισχα, λογχοειδή. Τα άνθη είναι μικρά, κιτρινοπράσινα, με μικρό κάλυκα τεσσάρων οδόντων και αναπτύσσονται στις μασχάλες των φύλλων με μορφή βότρεων. Διακρίνονται σε δύο είδη: τα τέλεια (κανονικά) και τα ατελή. Το πρώτο είδος, έχει κανονικά ανεπτυγμένους τους στήμονες και τον ύπερο, ενώ το δεύτερο, περιέχει μόνο στήμονες και ο ύπερος είναι ατροφικός. Το γεγονός αυτό έχει πιθανή αιτία την έλλειψη νερού ή θρεπτικών συστατικών κατά την περίοδο της ανάπτυξης (Hartmann and Opitz, 1977).

2.2 Σύσταση ελαιόκαρπου

Τα χαρακτηριστικά του καρπού (σχήμα, χρώμα, βαθμός ανάπτυξης) παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία ειδών, η οποία εξαρτάται από την προέλευση και το περιβάλλον στο οποίο βρίσκεται. Ο καρπός της ελιάς είναι δρύπη με σχήμα ωοειδές που συχνά καταλήγει σε μυτερό άκρο. Το βάρος του κυμαίνεται από 1-8 γραμμάρια (gr), ενώ η διαφορά του με άλλα πυρηνόκαρπα εντοπίζεται στη χημική σύσταση.

Ο ελαιόκαρπος χωρίζεται σε τρία κύρια μέρη:

- το επικάρπιο ή φλοιό ή επιδερμίδα ή μεμβράνη, που καλύπτει το 1,5-3,5% του βάρους του ελαιόκαρπου
- το μεσοκάρπιο ή σάρκα, που περιέχει το λάδι (17-35%) και το νερό (70% του βάρους της ελιάς), καθώς και σάκχαρα και οργανικά οξέα
- το ενδοκάρπιο ή πυρήνα, που αποτελείται από το σκληρό, ξυλώδες τμήμα και αντιπροσωπεύει το 13-30% του βάρους. Σ' αυτό το τμήμα βρίσκεται ο σπόρος.

Τα κύρια συστατικά της σάρκας της ελιάς είναι:

→ το νερό

Αντιπροσωπεύει το 70% του νωπού βάρους του καρπού και επηρεάζει

σημαντικά το σχήμα του. Όταν η ποσότητα του νερού στα κύτταρα του καρπού είναι η επιθυμητή, τότε βρίσκονται σε σπαργή και το μέγεθος του ελαιόκαρπου είναι κανονικό. Αντίθετα ο καρπός συρρικνώνεται λόγω έλλειψης αυτού.

Η ποσότητα του νερού εξαρτάται από:

- 1) το στάδιο ανάπτυξης
- 2) την ποικιλία
- 3) τις συνθήκες που επικρατούν κατά την ωρίμανση και
- 4) την ελαιοπεριεκτικότητα (όσο αυτή αυξάνεται η περιεκτικότητα σε νερό μειώνεται)

(Κυριτσάκης, 2007)

→το ελαιόλαδο

Καλύπτει το 17-35% του βάρους της νωπής σάρκας και επηρεάζει με την παρουσία του τη συνεκτικότητα της. Τα συστατικά του ελαιόλαδου χωρίζονται σε:

- 1) σαπυνοποιήσιμα (τριγλυκερίδια, ελεύθερα λιπαρά οξέα, φωσφατίδια) και
- 2) ασαπυνοποιήσιμα (υδρογονάνθρακες, λιπαρές αλκοόλες, φαινόλες).

→τα σάκχαρα

Τα σάκχαρα που απαντώνται στον ελαιόκαρπο είναι η γλυκόζη, η φρουκτόζη, η μανόζη, η γαλακτόζη και η σακχαρόζη. Στο ενδοσπέρμιο παρουσιάζεται συγκέντρωση γλυκόζης και φρουκτόζης, ενώ η σακχαρόζη στο διάστημα της ωρίμανσης του καρπού, σχεδόν εξαφανίζεται.

→οι πρωτεΐνες

Βρίσκονται σε συγκέντρωση 1,5-3% και σημαντικό ρόλο στην περιεκτικότητά τους κατέχει το στάδιο ωριμότητας και η ποικιλία του καρπού. Η μεγαλύτερη συγκέντρωση πρωτεϊνών παρατηρείται στον πυρήνα του καρπού σε ποσοστό 2-5% (Αλυγιζάκης, 1982) και για το λόγο αυτό, το μέρος των πρωτεϊνών που περνάει στο ελαιόλαδο είναι πολύ μικρό. Σ' αυτές συναντώνται αρκετά αμινοξέα όπως η αργινίνη, το ασπαρτικό οξύ και το γλουταμινικό οξύ σε ποσοστό 30% των συνολικών αμινοξέων (Μανούκας και Χασαπίδου, 2001). Οι πρωτεΐνες συντελούν ως ένα βαθμό στην οξειδωτική

σταθερότητα του ελαιόλαδου κατά την αποθήκευσή του. (Hidalgo and Zamora, 2005).

→τα κόμμεα- ρητίνες

→τα οργανικά οξέα

Σ' αυτά κατατάσσονται το οξικό, το οξαλικό, το μηλονικό, το φουμαρικό, το γαλακτικό, το τρυγικό, το μηλικό και το κιτρικό οξύ (Fedeli, 1977).

→οι τανίνες

→η ελευρωπαΐνη

Είναι το κύριο συστατικό στο οποίο οφείλεται η πικρή γεύση του καρπού (Κυριτσάκης, 1993, Servili and Montedoro, 2002). Η ελευρωπαΐνη είναι μια πολυφαινόλη (παράγωγα της κουμαρίνης) και συναντάται σε όλα τα τμήματα του ελαιόδεντρου, προσδίδοντας του ανθεκτικότητα έναντι των εντόμων και των μικροοργανισμών. Η περιεκτικότητα της ελευρωπαΐνης στον καρπό της ελιάς, εξαρτάται από τον βαθμό ωρίμανσης. Συγκεκριμένα, η υψηλή συγκέντρωση ελευρωπαΐνης είναι σημαντική στον άγουρο καρπό, αντίθετα στον ώριμο περιορίζεται σε χαμηλά έως και μηδενικά επίπεδα (Αλυγιζάκης, 1982, Κυριτσάκης και Μαρκάκης, 1978).

Η ποσότητα ελευρωπαΐνης που εμφανίζεται στον ελαιόκαρπο εξαρτάται από τους εξής παράγοντες:

- 1) την ποικιλία της ελιάς
- 2) τις καλλιεργητικές φροντίδες (π.χ. λίπανση)
- 3) το περιβάλλον (π.χ. κλίμα, έδαφος)
- 4) τον βαθμό ωρίμανσης
- 5) τις συνθήκες διατήρησης και
- 6) τον τύπο και τις συνθήκες που εφαρμόζονται στο ελαιουργείο (Botiaetal., 2001).

Μελέτες έδειξαν ότι τα φύλλα της ελιάς απαρτίζονται από αντιοξειδωτικές ενώσεις, μία από αυτές είναι και η ελευρωπαΐνη σε συγκέντρωση 14% w/w, με αποτέλεσμα να χρησιμοποιούνται για ανάμειξη με υπερώριμες ελιές σε ποσοστό 2-3%, με σκοπό την παραγωγή ελαιόλαδου

πλούσιο σε γεύση και αυξημένης αντοχής στην οξείδωση. Η ελευρωπαΐνη, ως αντιοξειδωτική ένωση, μπορεί να επιβραδύνει ή να παρεμποδίσει την οξείδωση των ελαίων, αναστέλλοντας τις αντιδράσεις έναρξης και διάδοσης της αυτοοξείδωσης (Sikorski, 1997). Η πικρή γεύση που οφείλεται στην ελευρωπαΐνη, όπως αναφέρθηκε και προγενέστερα, παύει να υπάρχει κατά την αποθήκευση του φρέσκου ελαιόλαδου, λόγω ενζυματικής υδρόλυσης που υφίσταται η ίδια (Ciafardini and Zullo, 2002). Στο σημείο αυτό αξίζει να αναφέρουμε ότι εκτός των άλλων πλεονεκτημάτων παρουσιάζει και φαρμακευτικές ιδιότητες (Fedeli, 1977).

→τα ανόργανα συστατικά

Εμφανίζονται στη σάρκα του καρπού και σ' αυτά κατατάσσονται ο σίδηρος, το ασβέστιο, το κάλιο και ορισμένα ακόμη (Μανούκας και Χασαπίδου, 2001).

→χρωστικές

Οι χρωστικές είναι εκείνες που προσδίδουν το χρώμα στον καρπό. Ο πράσινος περιέχει χλωροφύλλες, ο φυσικά ώριμος 6 τουλάχιστον ανθοκυάνες, ενώ ο μαύρος περιέχει μελανίνες, οι οποίες σχηματίζονται από την οξείδωση των φαινολικών ουσιών (Κυριτσάκης, 2007).

Η σύνθεση του ελαιόκαρπου στα συστατικά αυτά διαφέρει ανάλογα με την ποικιλία, την περιοχή της καλλιέργειας της ελιάς, τη χρονιά και το στάδιο ανάπτυξης του καρπού (Κυριτσάκης, 2007). Στη χώρα μας υπολογίζεται ότι υπάρχουν γύρω στις 38 ποικιλίες ελαίων. Η ονομασία και η διάκρισή τους βασίζεται στα μορφολογικά χαρακτηριστικά, όπως είναι η εμφάνιση του δέντρου, τα φύλλα, ο καρπός, ο πυρήνας, η σχέση της σάρκας ως προς τον πυρήνα και άλλα γνωρίσματα (Αλεξάκης, 2014).

Ο καρπός των μεγαλόκαρπων ποικιλιών περιέχει μικρή συγκέντρωση ελαιόλαδου και μεγάλη συγκέντρωση σακχάρων, με αποτέλεσμα να χρησιμοποιείται για παρασκευή βρώσιμης ελιάς (επιτραπέζια). Οι μικρότερες ποικιλίες προορίζονται για παραγωγή λαδιού (ελαιοποίηση), ενώ καρποί μεσαίου μεγέθους μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο ως επιτραπέζια όσο και για ελαιοποίηση.

2.3 Ωρίμανση καρπού

Ο ελαιόκαρπος αρχίζει να σχηματίζεται μετά τη γονιμοποίηση των ανθέων, αλλά ωριμάζει από το φθινόπωρο μέχρι το χειμώνα. Το πρώτο μέρος, το οποίο αναπτύσσεται στον καρπό, είναι ο πυρήνας (ενδοκάρπιο) και ακολουθεί με γρήγορο ρυθμό η ανάπτυξη της σάρκας. Γενικά, η διαμόρφωση όλων των τμημάτων του καρπού (μεσοκάρπιο, ενδοκάρπιο) πραγματοποιείται από τον Μάιο μέχρι το δεύτερο δεκαήμερο του Ιουλίου ή και λίγο αργότερα (Κυριτσάκης, 2007).

2.3.1 Βήματα σχηματισμού ελαιόκαρπου

- 1) Ξυλοποίηση ιστών ενδοκαρπίου (η δημιουργία του πυρήνα γίνεται από τα εσωτερικά στρώματα προς τα επιφανειακά).
- 2) Σχηματισμός μεσοκαρπίου. Σε πρώτο στάδιο καταλαμβάνει ένα λεπτό στρώμα στην επιφάνεια του ενδοκαρπίου και ολοκληρώνεται η ανάπτυξή του το φθινόπωρο ή το χειμώνα (πλήρης σχηματισμός).
- 3) Αλλαγή χρώματος από πράσινο σε πρασινοκίτρινο, αχυροκίτρινο, ξανθοκόκκινο και τελικά σε ιώδες μέχρι μελανοϊώδες.
- 4) Εξαφάνιση χλωροφύλλης από τα κύτταρα του καρπού.
- 5) Η σάρκα μαλακώνει περισσότερο και η επιδερμίδα (επικάρπιο) αποκτά στιλπνότητα.
- 6) Σημειώνεται αύξηση της περιεκτικότητας σε άζωτο στο σάρκωμα και αύξηση στο ξυλώδες τμήμα.
- 7) Κατά την ολοκλήρωση του ελαιόκαρπου η περιεκτικότητα των σακχάρων μειώνεται και αυξάνεται η ελαιοπεριεκτικότητα.

2.3.2 Ρυθμός ανάπτυξης ελαιόκαρπου

Ο ρυθμός ανάπτυξης του ελαιόκαρπου, καθώς και η πορεία και ο χρόνος ωρίμανσης επηρεάζονται από τους παρακάτω παράγοντες:

-την ηλικία του ελαιόδεντρου

Στα δέντρα μικρότερης ηλικίας ο καρπός ωριμάζει γρηγορότερα λόγω αυξημένου μεταβολισμού.

-την ποικιλία

Συμβάλει σε μεγάλο βαθμό στην ταχύτητα ωρίμανσης του καρπού, εξού και οι πρώιμες ή όψιμες ποικιλίες που εμφανίζονται

-την υγιεινή κατάσταση του ελαιόδεντρου

Σε περίπτωση που τα δέντρα προσβληθούν από ασθένειες και έντομα, διαταράσσονται οι φυσιολογικές λειτουργίες τους, με αποτέλεσμα να σημειώνεται βραδεία και ατελής ωρίμανση (καρποί μικροί με άσχημη εμφάνιση και με μικρή περιεκτικότητα σε ελαιόλαδο)

- οικολογικοί παράγοντες

- 1) υγρασία
- 2) καιρικές συνθήκες (άνεμοι, βροχοπτώσεις)
- 3) θερμοκρασία
- 4) ηλιακή ακτινοβολία
- 5) φυσική και χημική σύσταση εδάφους (Κυριτσάκης, 2007).

2.4 Σχηματισμός ελαιολάδου

Έρευνες για το σχηματισμό του ελαιολάδου έχουν σημειωθεί από τον περασμένο αιώνα, με αποτέλεσμα να υπάρξουν αρκετές θεωρίες για τον τρόπο σχηματισμού. Αυτές είναι:

- 1860. Ο Ιταλός Pasquale υποστήριξε ότι το ελαιόλαδο σχηματίζεται από τη χλωροφύλλη και παρατήρησε πως κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης του καρπού σχηματίζονται σταγόνες ελαιολάδου κοντά στους χλωροπλάστες. Η μεταβολή αυτών είναι αντιστρόφως ανάλογη, δηλαδή με την αύξηση των σταγόνων παρατηρείται παράλληλη μείωση των χλωροπλάστων.

- 1862. Ο De Luca πρότεινε ότι το ελαιόλαδο προέρχεται από την αλκοόλη μαννίνη και ο σχηματισμός του αρχίζει με τη σκλήρυνση του πυρήνα. Ο μαννίνης είναι μια ασταθής αλκοόλη, βρίσκεται σ' όλα τα μέρη του φυτού και μετατρέπεται αρχικά σε άμυλο, που με τη μορφή αυτή μεταφέρεται στον καρπό κατά την περίοδο αύξησής του. Με την πρόοδο της ωρίμανσης παρατηρείται μείωση της περιεκτικότητας σε αλκοόλη και αύξηση της ελαιοπεριεκτικότητας. Στο στάδιο της αποθήκευσης παρουσιάζεται και η ολοκλήρωση της μεταβολής της αλκοόλης σε ελαιόλαδο.

- Λίγα χρόνια αργότερα. Ο Blondeau δέχεται ότι το ελαιόλαδο σχηματίζεται από την τανίνη και την κυτταρίνη.

- 1902. Οι Hartwite και Uhlmann υποστήριξαν ότι το ελαιόλαδο σχηματίζεται στον καρπό από το σάκχαρο γλυκόζη (Παπαναστασίου, 1966).

- 1975. Ο Hess υποστηρίζει ότι το ελαιόλαδο σχηματίζεται σε τρία στάδια:

- 1) σχηματισμός λιπαρών οξέων με επανειλημμένες προσθήκες μηλονικούσυνένζυμου A (CoA) σε μόριο ακετυλίου CoA,
- 2) σχηματισμός του γλυκερινοφωσφορικού άλατος από το δι-υδρόξυ φωσφορικό άλας ακετόνης και
- 3) τα λιπαρά οξέα, ως παράγωγα CoA, μεταφέρονται στις υδροξυλικές ομάδες του φωσφορικού άλατος γλυκερίνης και ακολουθεί αποφωσφοριλίωση και ολοκλήρωση της εστεροποίησης της γλυκερίνης (Hess, 1975).

Γενικά διακρίνονται τέσσερις περίοδοι σχηματισμού του ελαιολάδου στον ελαιόκαρπο. Αυτές είναι:

- α) αρχική περίοδος (συνδέεται με την περίοδο ανάπτυξης του καρπού, κατά την οποία σχηματίζεται μικρή ποσότητα ελαιολάδου),
- β) περίοδος μεγάλης συγκέντρωσης (κατά την περίοδο αυτή σχηματίζεται σχεδόν όλη η ποσότητα του ελαιολάδου),
- γ) στατική περίοδος (χαρακτηρίζεται από σταθερή περιεκτικότητα σε ελαιόλαδο και συμπίπτει με την ωρίμανση του ελαιόκαρπου) και
- δ) περίοδος ελάττωσης (συνδέεται με τη μείωση του καρπού σε ελαιόλαδο)

Κεφάλαιο 3ο

3.1 Ο ρόλος και η σημασία των ελαίων

Τα λίπη και τα έλαια αναγνωρίζονται ως βασικές θρεπτικές ουσίες στη διατροφή του ανθρώπου. Περιέχουν την πιο συμπυκνωμένη πηγή ενέργειας από οποιοδήποτε άλλο συστατικό. Παρέχουν απαραίτητα λιπαρά οξέα τα οποία συμβάλλουν στο αίσθημα του κορεσμού μετά το φαγητό και είναι μεταφορείς λιποδιαλυτών βιταμινών που καθιστούν τα τρόφιμα πιο εύγευστα.

Ο ανθρώπινος οργανισμός χρειάζεται μια ορισμένη ποσότητα λίπους στο καθημερινό του διαιτολόγιο. Δεν μπορούμε να ζήσουμε χωρίς το λίπος στη διατροφή μας. Τα έλαια παρέχουν ενέργεια, μεταφέρουν τις λιποδιαλυτές βιταμίνες (A, D, E και K), κρατούν το σώμα μας ζεστό και προστατεύουν τα όργανα μας. Επιπλέον, συμβάλουν στη δημιουργία των οργανοληπτικών των τροφίμων.

3.1.1 Η βιολογική σημασία

Η βιολογική σημασία των λιπών και των ελαίων είναι πολύ μεγάλη και συνοψίζεται ως εξής:

- 1) Είναι δομικές μονάδες των μεμβρανών και συμμετέχουν στις διάφορες διεργασίες που γίνονται μέσω αυτών
- 2) Είναι μια άριστη πηγή ενέργειας για τον οργανισμό
- 3) Δρουν ως προστατευτικός μανδύας στην επιφάνεια διαφόρων οργάνων
- 4) Μεταφέρουν λιποδιαλυτές βιταμίνες ή έχουν ειδική δράση (Π.χ. δρουν ως ορμόνες, βιταμίνες)
- 5) Συμμετέχουν στη γεύση, στην ομαλή λειτουργία του πεπτικού συστήματος και βρίσκουν εφαρμογές στα τρόφιμα (Π.χ. βελτιωτικά τροφίμων)

(Κυριτσάκης, 1988).

3.2 Τα σημεία υπεροχής του ελαιόλαδου έναντι των άλλων ελαίων

Το ελαιόλαδο, παρόλο που είναι της ίδιας θερμικής αξίας με τα άλλα έλαια, υπερέχει αυτών, διότι:

→ Προέρχεται από το μεσοκάρπιο και όχι από ελαιούχους σπόρους. Επιπλέον, το ελαιόλαδο δρα ως άπολος διαλύτης και εκχυλίζει από το μεσοκάρπιο αρωματικές και γευστικές ουσίες. Οι περισσότερες από αυτές τις ουσίες είναι άπολες ή ελάχιστα πολικές και μερικές έχουν και αντιοξειδωτική ενεργότητα.

→ Διαχωρίζεται από την ελαιοζύμη μόνο με φυσικές μεθόδους (πίεση, αποστάλαξη, φυγοκέντρηση) και δεν υποβάλλεται σε διαδικασίες εξευγενισμού (π.χ. αποχρωματισμός, απόσμηση κλπ.). Σε τέτοιες διαδικασίες υποβάλλονται όλα σχεδόν τα σπορέλαια.

→ Το παρθένο ελαιόλαδο δεν είναι καθαρή λιπαρή ουσία, όπως είναι όλες οι άλλες, αλλά ελαιούχος μούστος που περιέχει περίπου 300 συστατικά (όπως αλκοόλες, αιθέρες, εστέρες, στερόλες, βιταμίνες κλπ.). Συνεπώς, έχει άρωμα και γεύση, ποιοτικά χαρακτηριστικά που οφείλονται στα μικροσυστατικά και όχι στα τριγλυκερίδια. Τα τριγλυκερίδια είναι άοσμα και άγευστο, λόγω του μεγάλου μοριακού βάρους τους. Επιπρόσθετα, το παρθένο ελαιόλαδο είναι η μόνη λιπαρή ουσία που τρώγεται ακατέργαστη.

→ Το ελαιόλαδο έχει αρμονική χημική σύσταση. Είναι μέσης ακορεστότητας με αριθμό ιωδίου 80-81, έναντι 130-200 των σπορέλαιων. Επιπλέον, περιέχει σε πολύ υψηλό ποσοστό το μονοακόρεστοελαϊκό οξύ (63-83%), όπως αναφέρθηκε παραπάνω, ενώ ταυτόχρονα είναι επαρκώς εφοδιασμένο για τον ανθρώπινο οργανισμό με ουσιώδη λιπαρά οξέα. Επίσης, είναι πλούσιο σε ασαπωνοποιήτα συστατικά, όπως τοκοφερόλες, φαινόλες κλπ..

→Εμφανίζει υψηλή αντοχή στο τάγγισμα, τα οποία είναι αλλοίωση βαριάς μορφής για όλες τις λιπαρές ουσίες. Μέσω της ταγγίσεως το μόριο των λιπαρών οξέων αποικοδομείται προς παράγωγα, που δεν είναι μόνο δύσσομα και κακόγουστα, αλλά και επικίνδυνα για τον ανθρώπινο οργανισμό.

Την αυξημένη αντοχή του στο τάγγισμα την οφείλει:

- 1) Στη μέση ακορεστότητα των τριγλυκεριδίων του
- 2) Στην αυξημένη περιεκτικότητα του σε τοκοφερόλες που έχουν βιταμινική αξία και αντιοξειδωτική δράση
- 3) Στην αυξημένη περιεκτικότητα του σε φαινολικές ουσίες που του εξασφαλίζουν γεύση και προστασία από το τάγγισμα
- 4) Στην αυξημένη περιεκτικότητα του σε ελαϊκό οξύ, που είναι μονοακόρεστο οξύ χωρίς μεθυλενική ομάδα μεταξύ δυο διπλών δεσμών. Μια τέτοια μοριακή διάταξη του πενταδιενίου ($-C=CH-CH_2-CH=CH-$), που λείπει από το ελαϊκό οξύ, είναι η αχίλλειος πτέρνα για τη σταθερότητα έναντι του ταγγίσματος σε όλα τα φυτικά έλαια (Μπαλατσούρας, 1997).

3.3 Κριτήρια ποιότητας

Τα βασικά κριτήρια για την αξιολόγηση της ποιότητας του ελαιολάδου είναι:

- Η οξύτητα
- Η οξειδωση
- Το χρώμα και
- Τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά (άρωμα, γεύσης).

Δεδομένου ότι καθένα από τα παραπάνω ποιοτικά κριτήρια αξιολογεί κάτι το διαφορετικό (π.χ. υδρόλυση, οξειδωση κλπ), πρέπει όλα να λαμβάνονται υπόψη για τη σωστή αξιολόγηση του ελαιολάδου (Κυριτσάκης, 1993, Χριστοπούλου, 2005). Σύμφωνα με τον Cucurachi (1975), ο καλύτερος τρόπος αξιολόγησης του ελαιόλαδο είναι αυτός ο οποίος βασίζεται στον έλεγχο των οργανοληπτικών του χαρακτηριστικών. Τα οργανοληπτικά του χαρακτηριστικά εξαρτώνται τόσο από τη σύσταση του όταν ακόμα βρίσκεται στον ελαιόκαρπο, όσο και από τις διάφορες αλλοιώσεις τις οποίες υφίσταται στα στάδια που μεσολαβούν από τον σχηματισμό του στον καρπό μέχρι την κατανάλωση (Κυριτσάκης, 2007).

3.3.10ξύτητα

Η οξύτητα αποτελεί το βασικότερο κριτήριο ποιοτικής αξιολόγησης του ελαιολάδου. Με βάση την οξύτητα, το ελαιόλαδο διακρίνεται σε εδώδιμο (φαγώσιμο) ή βιομηχανικό και ανάλογα διαμορφώνεται η τιμή του. Είναι όμως λάθος να στηριζόμαστε μόνο στο κριτήριο της οξύτητας για τον καθορισμό της τιμής του ελαιολάδου, αφού είναι δυνατόν ελαιόλαδα με μικρή οξύτητα να είναι οξειδωμένα και να έχουν υποβαθμισμένα ποιοτικά χαρακτηριστικά.

Η οξύτητα του ελαιολάδου εξαρτάται κατά κύριο λόγο από την ποιοτική κατάσταση του ελαιοκάρπου από τον οποίο προέρχεται και μεταβάλλεται πολύ λίγο μετά την παραλαβή του από αυτόν. Η μικρή αυτή αύξηση της οξύτητας του ελαιολάδου, οφείλεται κυρίως στην παρουσία υδρολυτικών ενζύμων και υγρασίας στο ίζημα (μούργα), που συγκεντρώνεται στον πυθμένα τον δοχείων αποθήκευσης και διατήρησης (Κυριτσάκης, 2007).

3.3.2 Οξείδωση

Η οξείδωση αποτελεί ένα άλλο κριτήριο ελέγχου της ποιοτικής κατάστασης του ελαιολάδου και γενικότερα των λιπαρών υλών. Η οξείδωση των λιπαρών υλών οφείλεται στη δράση πολλών παραγόντων, κυριότεροι από τους οποίους είναι: το οξυγόνο, η θερμοκρασία, το φως, τα ελεύθερα λιπαρά οξέα, οι χρωστικές και τα μέταλλα. Πιο συγκεκριμένα:

α)Οξυγόνο: για να λάβει δράση η οξείδωση χρειάζεται οξυγόνο. Το οξυγόνο έρχεται σε επαφή με τις λιπαρές ύλες είτε στη διαχωριστική επιφάνεια αέρα-λιπαρών υλών, είτε στο εσωτερικό των λιπαρών υλών όπου είναι διαλυμένο. Όσο μεγαλύτερη είναι η δι-επαφή (σε χρόνο και επιφάνεια) του οξυγόνου με τις λιπαρές ύλες, τόσο πιο εύκολα αυτές οξειδώνονται.

β)Θερμοκρασία: η θερμοκρασία επηρεάζει σημαντικά την ταχύτητα της οξείδωσης. Υψηλή θερμοκρασία στο χώρο αποθήκευσης των λιπαρών υλών επιταχύνει την οξείδωση. Πειράματα που έγιναν με καθαρούς μεθυλεστέρες λιπαρών οξέων διάφορων λιπαρών υλών, έδειξαν ότι για κάθε αύξηση της θερμοκρασίας κατά 12°C περίπου, μεταξύ 15-75°C, ο ρυθμός οξείδωσης διπλασιάζεται.

γ)Μέταλλα: τα μεταλλικά ιόντα, κυρίως ο σίδηρος και ο χαλκός, ενεργούν σαν καταλύτες στην οξειδωτική αλλοίωση των λιπαρών υλών. Στις αντιδράσεις, στις οποίες παίρνουν μέρος, τα μεταλλικά ιόντα απλώς αλλάζουν σθένος (ανάγονται και οξειδώνονται) και συνεχίζουν την καταλυτική τους δράση. Ο χαλκός δημιουργεί σοβαρότερο πρόβλημα σε σχέση με τον σίδηρο, διότι ο δεύτερος είναι λιγότερο δραστικός και παρουσιάζει μικρότερη διαλυτότητα.

δ)Ελεύθερα λιπαρά οξέα: η οξειδωτική τάγγιση των λιπαρών υλών επιταχύνεται και από την παρουσία ελεύθερων λιπαρών οξέων ακόμη και σε συγκέντρωση 0,5%. Τα λιπαρά οξέα, σε ελεύθερη μορφή, υποβοηθούν την οξείδωση δια μέσου ενός καταλυτικού μηχανισμού, όπου η καρβοξυλική

ομάδα των ελεύθερων λιπαρών οξέων καταλύει το σχηματισμό ελεύθερων ριζών, υποβοηθώντας στη διάσπαση των υπεροξειδίων.

ε) Φως, χρωστικές: επιταχύνουν την οξείδωση δια μέσου του μηχανισμού της φωτοοξείδωσης.

Ο προσδιορισμός της γίνεται κυρίως με τον υπολογισμό των υπεροξειδίων, τη μέτρηση της απορρόφησης στο υπεριώδες φάσμα (UV) και με ορισμένες άλλες τεχνικές (Κυριτσάκης, 2007).

- Αριθμός υπεροξειδίων

Ο προσδιορισμός του αριθμού υπεροξειδίων, αποτελεί βασικό κριτήριο ελέγχου του βαθμού οξείδωσης του ελαιολάδου. Για το παρθένο ελαιόλαδο, θα πρέπει ο αριθμός των υπεροξειδίων να είναι μικρότερος ή ίσος του 20, όριο το οποίο έχει καθιερώσει το Διεθνές Συμβούλιο Ελαιολάδου (ΔΣΕ) και η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ).

- Απορρόφηση στο υπεριώδες φάσμα (UV)

Ο προσδιορισμός της απορρόφησης του ελαιολάδου στο υπεριώδες φάσμα χρησιμοποιείται, κατά κανόνα, για τον έλεγχο της ποιοτικής του κατάστασης και ειδικότερα για τον προσδιορισμό του βαθμού της οξειδωτικής του αλλοίωσης. Η μέτρηση γίνεται με φασματοφωτόμετρο υπεριώδους φάσματος, στα μήκη κύματος 232 nm και 270nm. Στα 232nm εμφανίζουν μέγιστο απορρόφησης τα πρωτογενή προϊόντα της οξείδωσης (συζυγή υπεροξειδία), ενώ στα 270nm απορροφούν το μέγιστο τα δευτερογενή προϊόντα της οξείδωσης (αλδεΐδες, κετόνες).

Ο προσδιορισμός των σταθερών K_{232} και K_{270} μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για τον έλεγχο της νοθείας του ελαιολάδου με ραφινρισμένο ελαιόλαδο ή σπορέλαια, τα οποία υποβάλλονται υποχρεωτικά στη διεργασία του ραφινρίσματος, γιατί στα 232 και στα 270nm απορροφούν επίσης και τα συζυγή διένια και τριένια τα οποία προκύπτουν κατά το ραφινρίσμα (εξευγενισμένο). Στην περίπτωση λοιπόν που οι τιμές των σταθερών K_{232} και K_{270} είναι υψηλές, υπάρχει περίπτωση να έχουμε νοθεία του ελαιολάδου με ραφινρισμένα έλαια. Κατά συνέπεια, αν γίνει παράλληλα και προσδιορισμός του βαθμού οξείδωσης με τη μέθοδο των υπεροξειδίων, είναι δυνατόν να

αποφανθούμε αν οι υψηλές τιμές K_{232} και K_{270} οφείλονται σε οξείδωση ή σε νοθεία. Γενικά, υψηλές τιμές απορρόφησης στα μήκη αυτά, δείχνουν ή οξείδωση ή νοθεία ή και τα δυο.

Καλύτερη εικόνα της ποιοτικής κατάστασης του ελαιολάδου δίνει ο προσδιορισμός των απορροφήσεων σε μήκη κύματος γύρω στα 270nm και συγκεκριμένα στα 266, στα 274 και στα 270nm, με τη βοήθεια της εξίσωσης:

$$\Delta K = K_{270} - (K_{266} + K_{274}) / 2$$

Επειδή για τον υπολογισμό των απορροφήσεων εφαρμόζονται ειδικές συνθήκες, τους αποδίδεται ο χαρακτηρισμός ειδικό συντελεστής απορρόφησης.

3.3.3 Χρώμα

Το χρώμα του ελαιολάδου αποτελεί χαρακτηριστικό δείκτη ποιότητας. Διαφέρει συνήθως από ελαιόλαδο σε ελαιόλαδο και πολλές φορές επηρεάζει τις επιλογές του καταναλωτικού κοινού.

Το είδος των χρωστικών ουσιών, (χλωροφύλλες, φαιοφυτίνες, καροτίνες κλπ.), οι οποίες επικρατούν στον ελαιόκαρπο στο στάδιο της συγκομιδής, καθορίζει κατά κύριο λόγο το χρώμα του ελαιολάδου το οποίο και παραλαμβάνουμε.

Το χρώμα του ελαιολάδου είναι πράσινο στην αρχή της περιόδου συγκομιδής, όταν ο ελαιόκαρπος είναι ακόμη άγουρος και επικρατούν οι χλωροφύλλες. Με την περίοδο της ωρίμανσης του ελαιοκάρπου, το ελαιόλαδο παίρνει ένα κίτρινο προς χρυσαφί χρώμα επειδή υπάρχουν περισσότερες καροτίνες. Τέλος, ο υπερώριμος ελαιόκαρπος δίνει ελαιόλαδο με έντονα σκοτεινό χρώμα.

3.3.4 Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά

Ο έλεγχος των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών (άρωμα και γεύση) του ελαιολάδου αποτελεί το βασικότερο κριτήριο ποιοτικής αξιολόγησης. Ο οργανοληπτικός έλεγχος γίνεται από εξειδικευμένα άτομα, τους δοκιμαστές.

Στη μέθοδο όμως αυτή υπεισέρχεται και το υποκειμενικό στοιχείο του δοκιμαστή κάτι που αποτελεί μειονέκτημα.

Το ΔΣΕ γνωρίζοντας τη σημασία των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών, καταβάλει προσπάθεια για να εξευρεθεί μια περισσότερο αντικειμενική μέθοδος αξιολόγησης του ελαιολάδου, η οποία να εφαρμόζεται από όλες τις ελαιοπαραγωγικές χώρες, για μια εκτίμηση των χαρακτηριστικών αυτών σε ενιαία βάση.

Με κριτήριο τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, οι Frezotti και Manni (1956) διαφοροποίησαν τα ελαιόλαδα στις εξής κατηγορίες:

- Αγουρέλαια: προέρχονται από άγουρο ελαιόκαρπο και έχουν χαρακτηριστική πικρή γεύση.
- Πίκρα ελαιόλαδα: παραλαμβάνονται από ελαιόκαρπο, ο οποίος περιέχει μεγάλες ποσότητες φύλλων.
- Φρουτώδη: έχουν τη γεύση φρέσκου, καλής ποιότητας και φυσιολογικά ώριμου ελαιοκάρπου.
- Ελαιόλαδα με καλή γεύση: όλα τα ελαιόλαδα με τη χαρακτηριστική διακριτική γεύση, χωρίς την παρουσία δυσάρεστων οσμών.
- Ελαττωματικά: ελαιόλαδα τα οποία παρουσιάζουν γεύση και οσμή μούχλας, χωματίλας, ταγγάδας, κλπ..

Ας σημειωθεί ότι τα αγουρέλαια αποτελούν μια σημαντική κατηγορία ελαιολάδων που θα πρέπει να προτιμώνται, γιατί έχουν ευνοϊκή επίδραση στην υγεία (Κυριτσάκης, 2007).

3.4 Κατηγορίες ελαιολάδου και πυρηνελαίου που έχουν καθοριστεί από το ΔΣΕ και την ΕΕ

Το Διεθνές Συμβούλιο Ελαιολάδου (ΔΣΕ) και η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ), με αποφάσεις τους που βασίζονται σε ορισμένα κριτήρια και χαρακτηριστικά, κατατάσσουν το ελαιόλαδο σε διάφορες κατηγορίες. Σύμφωνα με το Παράρτημα Ι του Κοινοτικού Κανονισμού 865/04 'σχετικά με την Κοινή Οργάνωση Αγοράς Ελαιολάδου και Επιτραπέζιων Ελιών' οι ποιοτικές κατηγορίες των ελαιολάδων και των πυρηνελαίων επιτρέπεται να διακινούνται και να πωλούνται ενδοκοινοτικά, εφόσον περιγράφονται και ορίζονται ως εξής:

3.4.1 Παρθένο ελαιόλαδο

Είναι το έλαιο το οποίο παραλαμβάνεται από τον ελαιόκαρπο μόνο με μηχανικά ή φυσικά μέσα και κατά την παραλαβή του εφαρμόζονται συνθήκες, ιδίως θερμικές, οι οποίες δεν προκαλούν αλλοιώσεις στην ποιότητα του. Το ελαιόλαδο αυτής της κατηγορίας δεν έχει υποστεί καμία άλλη επεξεργασία πέραν της πλύσης, μετάγγισης, φυγοκέντρισης και διήθησης. Στην κατηγορία αυτή δεν περιλαμβάνονται τα εστεροποιημένα ελαιόλαδα, μείγματα άλλων λαδιών, ούτε αυτά τα οποία εκχυλίζονται με διαλύτη. Το έλαιο αυτό κατατάσσεται και ταξινομείται με τις εξής ονομασίες:

1) Εξαιρετικά παρθένο ελαιόλαδο (extra virgin olive oil)

Είναι το παρθένο ελαιόλαδο του οποίου η οξύτητα, εκφρασμένη σε ελαϊκό οξύ, δεν υπερβαίνει το 0,8%. Ο αριθμός υπεροξειδίων εκφρασμένος σε meqO_2/kg ελαίου είναι μικρότερος ή ίσος του 20, η σταθερά K_{270} μικρότερη ή ίση με 0,22 και η σταθερά ΔK μικρότερη ή ίση με 0,01.

2) Παρθένο ελαιόλαδο (virgin olive oil)

Είναι το παρθένο ελαιόλαδο του οποίου η οξύτητα, εκφρασμένη σε ελαϊκό οξύ, δεν υπερβαίνει το 2%. Ο αριθμός υπεροξειδίων και η τιμή ΔK καθορίζονται όπως και στο ελαιόλαδο της προηγούμενης κατηγορίας, ενώ η τιμή του K_{270} είναι μικρότερη ή ίση με 0,25.

3) Ελαιόλαδο λαμπάντε (virgin olive oil lampante)

Είναι το παρθένο ελαιόλαδο, του οποίου η οξύτητα, εκφρασμένη σε ελαϊκό οξύ, υπερβαίνει το 2%. Το ελαιόλαδο λαμπάντε είναι ακατάλληλο για κατανάλωση ως έχει και προορίζεται για ραφινάρισμα ή για βιομηχανική χρήση.

3.4.2 Ραφιναρισμένο ελαιόλαδο

Είναι το ελαιόλαδο το οποίο παραλαμβάνεται μετά από ραφινάρισμα παρθένων ελαιολάδων και του οποίου η οξύτητα, εκφρασμένη σε ελαϊκό οξύ, δεν είναι δυνατό να υπερβεί τα 0,3g ανά 100g ελαιολάδου, ενώ παράλληλα δεν έχει υποστεί αλλαγές στην αρχική δομή των τριγλυκεριδίων. Ο αριθμός υπεροξειδίων εκφρασμένος σε meqO_2/kg ελαίου είναι μικρότερος ή ίσος του 5, η σταθερά K_{270} μικρότερη ή ίση με 1,1 και η σταθερά ΔK μικρότερη ή ίση με 0,16.

3.4.3 Ελαιόλαδο

Είναι έλαιο το οποίο προκύπτει μετά από ανάμειξη εξευγενισμένου (ραφιναρισμένου) και παρθένου ελαιολάδου (εκτός από λαμπάντε) και του οποίου η οξύτητα εκφρασμένη σε ελαϊκό οξύ, δεν υπερβαίνει το 1%. Ο αριθμός υπεροξειδίων εκφρασμένος σε meqO_2/kg ελαίου είναι μικρότερος ή ίσος με 15, η σταθερά K_{270} μικρότερη ή ίση με 0,9 και η σταθερά ΔK μικρότερη ή ίση με 0,15.

3.4.4 Ακατέργαστο πυρηνέλαιο

Είναι το έλαιο το οποίο εξάγεται από τον ελαιοπυρήνα ως υποπροϊόν της ελαιουργίας, με τη χρήση διαλύτη. Το έλαιο αυτό δεν μπορεί να καταναλωθεί όπως είναι και πρέπει να υποστεί την επεξεργασία του εξευγενισμένου.

3.4.5 Ραφιναρισμένο πυρηνέλαιο

Είναι το έλαιο το οποίο λαμβάνεται από ραφινάρισμα του ακατέργαστου πυρηνέλαιου του οποίου η οξύτητα, εκφρασμένη σε ελαϊκό οξύ, δεν υπερβαίνει το 0,3%. Ο αριθμός υπεροξειδίων εκφρασμένος σε meqO₂/kg ελαίου είναι μικρότερος ή ίσος με 10, η σταθερά K₂₇₀ μικρότερη ή ίση με 2 και η σταθερά ΔΚ μικρότερη ή ίση με 0,2.

3.4.6 Πυρηνέλαιο

Είναι το έλαιο το οποίο αποτελείται από μείγμα ραφιναρισμένου πυρηνέλαιου και παρθένου (σε μικρό ποσοστό) του οποίου η οξύτητα, εκφρασμένη σε ελαϊκό οξύ, δεν υπερβαίνει το 1% και τα άλλα του χαρακτηριστικά είναι σύμφωνα με τα προβλεπόμενα για την κατηγορία αυτή.

Το πυρηνέλαιο σύμφωνα με τους κανονισμούς δε θεωρείται κατηγορία ελαιολάδου. Τα κυριότερα συστατικά του ελαιολάδου είναι τα τριγλυκερίδια (95-98%) και σε μικρότερες ποσότητες είναι τα διγλυκερίδια, οι εστέρες κεριών, τα ελεύθερα λιπαρά οξέα, οι τριτερπενικές αλκοόλες, οι υδρογονάνθρακες, οι στερόλες, οι φαινόλες, τα φλαβονοειδή, οι χρωστικές ουσίες, τοκοφερόλες και οι πτητικές ενώσεις (Καν. 2081/92) .

Ο πίνακας 1 που ακολουθεί παρουσιάζει τις διάφορες κατηγορίες ελαιολάδου και τα χαρακτηριστικά κάθε μίας

Πίνακας 1: Χαρακτηριστικά διαφόρων κατηγοριών ελαιολάδου

Κατηγορία Ελαιολάδου	Οξύτητα (%)	Αριθμός Υπεροξειδίων μεα ₂ /kg λαδιού	Αλογο-νομένοι διαλύτες	Κηροί mg/kg	Κορεσμένα οξέα στη θέση 2 του μορίου των τριγλυκεριδίων (%)	Στιγμα-σταδιένια (mg/kg)	Διαφορά μεταξύ της HPLC ανάλυσης και του θεωρητικού ECN42	K ₂₃₂	K ₂₇₀	K270 μετά το πέρασμα από αλουμίνα ⁽³⁾	ΔΚ (*)	Οργανο-ληπτική αξιολόγηση. Μέση τιμή Ελαττωμάτων (Md) (*)	Οργανο-ληπτική αξιολόγηση. Μέση τιμή φρουτώδους (Mf) (*)
Εξαιρετικό Παρθένο	≤0,8	≤ 20	≤ 0,20	≤ 250	≤1,3	≤ 0,15	≤ 0,2	≤ 2,50	≤ 0,20	≤ 0,10	≤ 0,01	Md = 0	Mf>0
Παρθένο	≤2,0	≤ 20	≤0,20	≤250	≤1,3	≤ 0,15	≤ 0,2	≤ 2,60	≤0,25	≤ 0,10	≤0,01	Md≤ 2,5	Mf>0
Κοινό Παρθένο	≤ 3,3	≤ 20	≤0,20	≤ 250	≤ 1,3	≤ 0,15	≤0,2	≤ 2,60	≤ 0,25	≤ 0,10	≤ 0,01	Md ≤ 6,0 (*)	—
Παρθένο Λαμπάντε	>3,3	>20	>0,20	≤ 300	≤1,3	≤ 0,50	≤ 0,3	≤ 3,70	>0,25	≤ 0,11	—	Md>6	—
Ραφιναρισμένο	≤ 0,5	≤5	≤ 0,20	≤ 350	≤ 1,5	—	≤ 0,3	≤ 3,40	≤ 1,20	—	≤ 0,16	—	—
Ελαιόλαδο	≤1,5	≤ 15	≤0,20	≤350	≤ 1,5	—	≤ 0,3	≤ 3,30	≤1,00	—	≤ 0,13	—	—
Ακατέργαστο Πυρηνέλαιο	> 0,5	—	—	>350	≤ 1,8	—	≤ 0,6	—	—	—	—	—	—
Ραφιναρισμένο Πυρηνέλαιο	≤0,5	≤ 5	≤0,20	> 350	≤ 2,0	—	≤ 0,5	≤ 2,50	≤ 2,50	—	≤ 0,25	—	—
Πυρηνέλαιο	≤1,5	≤15	≤ 0,20	> 350	≤ 2,0	—	≤ 0,5	≤ 2, 00	≤ 2,00	—	≤ 0,20	—	—

3.5 Οργανοληπτική αξιολόγηση

Όταν μιλάμε για οργανοληπτικά χαρακτηριστικά είναι εύκολο να επιτύχουμε συμφωνία μόνο για τις 4 βασικές γεύσεις: γλυκό, αλμυρό, όξινο και πικρό. Στην οργανοληπτική μέθοδο έχει καθιερωθεί επίσημο λεξιλόγιο το οποίο μπορούν να χρησιμοποιούν οι δοκιμαστές για την ποιοτική περιγραφή των οργανοληπτικών ιδιοτήτων του παρθένου ελαιολάδου (Χριστοπούλου, 2005).

Σύμφωνα με το λεξιλόγιο αυτό έχουν καθιερωθεί 19 χαρακτηριστικά, ένα ή περισσότερα των οποίων μπορεί να συναντήσει κάποιος στα ελαιόλαδα και τα οποία κατατάσσονται σε τρεις ομάδες. Την ομάδα των θετικών, την ομάδα των αρνητικών και την ομάδα των άλλων αρνητικών χαρακτηριστικών (Κυριτσάκης, 2007).

3.5.1 Ομάδα θετικών χαρακτηριστικών

1) Φρουτώδες (fruity)

Συνδυασμός γευστικών-οσφραντικών αισθήσεων, χαρακτηριστικός των ελαιολάδων που προέρχονται από υγιή και φρέσκο καρπό ο οποίος έχει συλλεχθεί με όλους τους κανόνες υγιεινής, στο βέλτιστο στάδιο ωρίμανσης. Το φρουτώδες γίνεται αντιληπτό απευθείας από τη μύτη, αλλά και κατά τη γευστική του δοκιμή και εξαρτάται κυρίως από την ποικιλία της ελιάς.

2) πικρό (bitter)

Χαρακτηριστική γεύση ελαιολάδου που προέρχεται από πράσινες ελιές ή από ελιές που μόλις αρχίζει να αλλάζει το χρώμα τους. Η πίκρα μπορεί να είναι περισσότερο ή λιγότερο ευχάριστη, κάτι το οποίο εξαρτάται από την ένταση της. Πάντως σε καμία περίπτωση δεν μπορεί να θεωρηθεί ελάττωμα.

3) πικάντικο (pungent)

Έντονη αίσθηση, χαρακτηριστική των ελαιολάδων που παράγονται στην αρχή της ελαιοκομικής περιόδου, κυρίως από πράσινες ελιές που είναι ακόμη ανώριμες. Το πικάντικο θεωρείται προτέρημα και σε καμία περίπτωση ελάττωμα. Η ένταση του πικάντικου μειώνεται κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης του ελαιολάδου.

3.5.2 Ομάδα αρνητικών χαρακτηριστικών

1) ατροχάδο (fusty)

Χαρακτηριστική οσμή και γεύση ελαιολάδου που έχει παραληφθεί από ελαιόκαρπο ο οποίος έχει αποθηκευτεί σε σωρούς και έχει υποστεί ένα προχωρημένο στάδιο αν αερόβιας ζύμωσης.

2) Μουχλιασμένο(musty)

Χαρακτηριστική οσμή και γεύση ελαιολάδων που έχουν παραληφθεί από ελιές οι οποίες έχουν προσβληθεί από μεγάλο αριθμό μυκήτων και ζυμομυκήτων.

3) Μούργα (muddy sediment)

Χαρακτηριστική οσμή και γεύση ελαιολάδου που έχει έρθει σε επαφή με το κατακάθι που καθιζάνει στις δεξαμενές αποθήκευσης του. Τρόποι αντιμετώπισης του προβλήματος αυτού είναι η απομάκρυνση της μούργας και η μετάγγιση του ελαιολάδου σε άλλο δοχείο.

4) Κρασώδες-ξυδάτο (winey-vinegary)

Χαρακτηριστική οσμή και γεύση που μας θυμίζει κρασί ή ξύδι. Αυτή η γεύση οφείλεται κυρίως σε ζύμωση στον καρπό της ελιάς που οδηγεί στο σχηματισμό οδικού οξέος, οξικού αιθυλεστέρα και αιθανόλης.

5) Μεταλλικό (metallic)

Γεύση που θυμίζει μέταλλα και χαρακτηρίζει τα ελαιόλαδα που έχουν έρθει σε παρατεταμένη επαφή με μεταλλικές επιφάνειες κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας του ελαιοκάρπου.

6) Ταγγό (rancid)

Χαρακτηριστική οσμή και γεύση ελαιολάδου που έχει υποστεί οξείδωση και είναι αδύνατο να διορθωθεί.

3.5.3 Ομάδα άλλων αρνητικών χαρακτηριστικών

1) Καμένο ή ψημένο (heated or burnt)

Χαρακτηρίζει το ελαιόλαδο που προέρχεται από υπερβολική ή και παρατεταμένη θέρμανση στο ελαιουργείο.

2) Άχυρο-ξύλο (hay-wood)

Αναφέρεται σε λάδια που προέρχονται από ελιές αφυδατωμένες και θυμίζουν ξηρό χόρτο.

3) Παχύ (rough)

Πηχτή και ζυμώδης αίσθηση που παράγεται στο στόμα από κάποια έλαια.

4) Λιπαντικό (greasy)

Οσμή και γεύση ελαιολάδου που θυμίζει πετρέλαιο, λιπαντικά ή ορυκτέλαιο.

5) Άλμη (brine)

Οσμή και γεύση ελαιολάδου που προέρχεται από ελιές που έχουν υποστεί επεξεργασία με άλμη, οι οποίες δεν έχουν πουληθεί και καταλήγουν στο ελαιουργείο για την παραγωγή λαδιού.

6) Απόνερα (waste water)

Χαρακτηριστική οσμή και γεύση ελαιολάδου που έχει έρθει σε επαφή με τα απόνερα των ελαιουργείων.

7) Σπαρτό (esparto)

Η οσμή και η γεύση που αποκτούν τα ελαιόλαδα τα οποία προέρχονται από κλασσικά ελαιουργεία (πιεστήρια) με καινούργια ελαιοδιαφράγματα (ντορμπάδες) από σπαρτό

8) Χωματίλα (earthy)

Χαρακτηρίζει ελαιόλαδα που προέρχονται από ελιές οι οποίες έχουν μαζευτεί από το έδαφος και συνοδεύονται από χώμα ή λάσπες τα οποία δεν απομακρύνθηκαν με το πλύσιμο.

9) Σκουλήκι (grubby)

Οσμή και γεύση ελαιολάδου που προέρχεται από ελιές που έχουν προσβληθεί από δάκο και κατά συνέπεια έχουν αλέσει μαζί με τις προνύμφες του εντόμου.

10) Αγγούρι (cucumber)

Οσμή και γεύση ελαιολάδου που εμφανίζεται όταν είναι συσκευασμένο σε ερμητικά κλειστά δοχεία, από λευκοσίδηρο (τενεκές), για πολύ χρόνο.

(Κυριτσάκης, 2007).

3.6 Άλλα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του ελαιολάδου που χρησιμοποιούνται ως κριτήρια ποιότητας.

Αυτά είναι:

- Η υγρασία και τα πτητικά συστατικά, δηλαδή η απώλεια βάρους του ελαιολάδου μετά από θέρμανση σε 103°C. Τα έλαια περιέχουν νερό και πτητικές ενώσεις ως αποτέλεσμα της μεθόδου παραλαβής τους. Το νερό είναι ξένο υλικό και υποβαθμίζει την ποιότητα του ελαίου.
- Προσμίξεις αδιάλυτες σε πετρελαϊκό αιθέρα (εξάνιο). Οι εφαρμογές κακών πρακτικών κατά την παραγωγή του ελαιολάδου είναι υπεύθυνη για την αύξηση της περιεκτικότητας σε αδιάλυτες προσμίξεις.
- Ιχνοστοιχεία. Αυτά διακρίνονται σε δυο ομάδες: τα διγλυκερίδια και τα βαρέα μέταλλα.

Συγκεκριμένα:

- 1) στα φυσικά λίπη επικρατούν τα τριγλυκερίδια. Σε καλής ποιότητας έλαια υπάρχουν σε μικρές ποσότητες και 1,2-διγλυκερίδια. Η αυξημένη παρουσία 1,3-διγλυκεριδίων αποτελεί ένδειξη παλαιών ή/και άσχημα συντηρημένων ελαίων.
- 2) Ως βαρέα μέταλλα ορίζουμε την ποσότητα Cu και Fe (μg/kg) σε όλους τους τύπους ελαιολάδου. Τα ίχνη σιδήρου και χαλκού μπορούν να προέρχονται από το χώμα, τα λιπάσματα ή μέσω επιμόλυνσης άλλο τον εξοπλισμό που χρησιμοποιείται κατά την επεξεργασία και αποθήκευση. Δεν είναι επιθυμητά γιατί δρουν ως προοξειδωτικά (Καραθάνος, 2007-2008).

Στον παρακάτω πίνακα αναφέρονται τα χαρακτηριστικά του ελαιολάδου, οι πληροφορίες που μπορούμε να αντλήσουμε από αυτά και οι παρατηρήσεις στις οποίες καταλήγουμε.

Πίνακας 2: Χαρακτηριστικά ελαιολάδου

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟ	ΤΑΥΤΟΤΗΤΑ ΚΑΘΕ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟΥ	ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΠΟΥ ΔΙΝΕΙ ΤΟ ΣΥΓΚΕΚΡΙΜΕΝΟ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
1. ΟΞΥΤΗΤΑ	Λιπαρά οξέα που βρίσκονται σε ελεύθερη κατάσταση κυρίως λόγω υδρόλυσης	Υψηλή οξύτητα συνήθως σημαίνει ότι το ελαιόλαδο προέρχεται από ταλαιπωρημένο ελαιόκαρπο ή ακατάλληλες συνθήκες ελαιοποίησης	Η οξύτητα υποδηλώνει υδρόλυση, οξείδωση ή ενζυματική δράση που υπέστη το ελαιόλαδο
2. ΥΠΕΡΟΞΕΙΔΙΑ	Χημικές ενώσεις που δημιουργούνται από δράση του οξυγόνου στο ελαιόλαδο	Τα υψηλά υπεροξειδία υποδηλώνουν ότι το ελαιόλαδο έχει υποστεί οξειδωτικές ή άλλες αλλοιώσεις	Τα υψηλά υπεροξειδία συνδέονται με μείωση της διάρκειας ζωής του ελαιολάδου
3. ΚΗΡΟΙ	Χημικές ενώσεις (εστέρες λιπαρών οξέων)	Ένδειξη παρουσίας πυρηνελαίου	Με την πάροδο του χρόνου αυξάνει η αρχική περιεκτικότητά τους στα υψηλής οξύτητας μειονεκτικά παρθένα ελαιόλαδα
4. ΚΟΡΕΣΜΕΝΑ ΛΙΠΑΡΑ ΟΞΕΑ ΣΤΗ ΘΕΣΗ 2	Χημικές ενώσεις (λιπαρά οξέα τριγλυκεριδίων)	Παρουσία εστεροποιημένων «συνθετικών» ελαίων	Ανιχνεύεται με μέθοδο που βασίζεται σε ενζυματική δράση
5. ΣΤΙΓΜΑΣΤΑΔΙΕΝΙΑ	Χημικές ενώσεις (στυρένια)	Ένδειξη παρουσίας ραφινέ ελαίων σε παρθένα ελαιόλαδα	Εντοπίζεται με ευαίσθητη μέθοδο ανίχνευσης εξευγενισμένων ελαίων σε παρθένο ελαιόλαδο
6. ΔΕCΝ ₄₂	Διαφορά θεωρητικής και πειραματικής περιεκτικότητας τριγλυκεριδίων, με ισοδύναμο αριθμό ατόμων άνθρακα 42	Ένδειξη παρουσίας σπορελαίων	
7. Κ ₂₃₂	Συντελεστές απορρόφησης υπεριώδους σε μήκος κύματος 232nm	Δείκτης αρχικών σταδίων οξείδωσης	Ανιχνεύεται με φασματομετρική μέθοδο ελέγχου

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟ	ΤΑΥΤΟΤΗΤΑ ΚΑΘΕ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟΥ	ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΠΟΥ ΔΙΝΕΙ ΤΟ ΣΥΓΚΕΚΡΙΜΕΝΟ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
8. K ₂₇₀	Συντελεστής απορρόφησης υπεριώδους σε μήκος κύματος 270nm	Δείκτης πρόχωρημένου σταδίου οξειδωσης	Δεδομένου ότι ορισμένα ραφινέ σπορέλαια παρουσιάζουν υψηλές τιμές K ₂₇₀ , η παράμετρος αυτή είναι δυνατόν να πληροφορεί και για πιθανή νοθεία με σπορέλαια ή και εξευγενισμένα ελαιόλαδα
9. ΔΚ	Μαθηματική σχέση υπολογισμού συντελεστών απορρόφησης υπεριώδους ακτινοβολίας		Δεδομένου ότι τα ραφινέ σπορέλαια έχουν υψηλές τιμές ΔΚ, η παράμετρος αυτή δίνει επιπλέον πληροφορίες για τυχόν νοθεία με σπορέλαια
10. ΟΡΓΑΝΟΛΗΠΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ (PANEL TEST)	Στατιστική μέθοδος προσδιορισμού οργανοληπτικών χαρακτηριστικών		
11. ΜΥΡΙΣΤΙΚΟ, ΛΙΝΟΛΕΝΙΚΟ, ΑΡΑΧΙΔΙΚΟ, ΕΙΚΟΣΕΝΙΚΟ, ΒΕΧΕΝΙΚΟ, ΛΙΓΝΟΚΗΡΙΚΟ ΟΞΥ	Χημικές ενώσεις (λιπαρά οξέα)	Περιεκτικότητες μεγαλύτερες των ποσοστών των επιτρεπτών ορίων, υποδηλώνουν αντίστοιχα την παρουσία κάποιου σπορελαίου.	
12. Trans ΙΣΟΜΕΡΗ ΛΙΠΑΡΑ ΟΞΕΑ	Χημικές ενώσεις (λιπαρά οξέα)	Ένδειξη παρουσίας ραφινέ ελαίων σε παρθένα ελαιόλαδα	Επίσης ένδειξη δραστικών συνθηκών επεξεργασίας
13. ΧΟΛΗΣΤΕΡΟΛΗ	Χημικές ενώσεις (στερόλη)	Πιθανή ένδειξη παρουσίας ζωικού λίπους	
14. ΒΡΑΣΙΚΑΣΤΕΡΟΛΗ	Χημικές ενώσεις (στερόλη)	Πιθανή ένδειξη παρουσίας σπορελαίου	Συνήθως κραμβελαίου
15. ΚΑΜΠΕΣΤΕΡΟΛΗ	Χημικές ενώσεις (στερόλη)	Πιθανή ένδειξη παρουσίας σπορελαίων	
16. ΣΤΙΓΜΑΣΤΕΡΟΛΗ	Χημικές ενώσεις (στερόλη)	Πιθανή ένδειξη παρουσίας σπορελαίων	
17. ΣΥΝΟΛΙΚΗ β-ΣΙΤΟΣΤΕΡΟΛΗ	Χημικές ενώσεις (στερόλη)	Πιθανή ένδειξη παρουσίας σπορελαίων	Ορισμένα ελαιόλαδα και πυρηνέλαια παρουσιάζουν από την φύση τους αποκλίσεις από τα όρια του κανονισμού
18. δ ⁷ -ΣΤΙΓΜΑΣΤΕΝΟΛΗ	Χημική ένωση (στερόλη)	Πιθανή ένδειξη παρουσίας σπορελαίων	Ορισμένα ελαιόλαδα και πυρηνέλαια παρουσιάζουν από την φύση τους μικρές αποκλίσεις από τα όρια του κανονισμού
19. ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΣΤΕΡΟΛΕΣ	Ποσότητα (mg) στερολών σε 1 κιλό ελαίου	Πιθανή ένδειξη παρουσίας σπορελαίων ή και πυρηνελαίων	
20. ΕΡΥΘΡΟΔΙΟΛΗ ΚΑΙ ΟΥΒΑΟΛΗ	Χημικές ενώσεις (τριτερπενικές διακοόλες)	Πιθανή ένδειξη παρουσίας πυρηνελαίου	Ορισμένα ελαιόλαδα παρουσιάζουν αποκλίσεις από τα όρια του κανονισμού
21. ΑΛΟΓΟΝΩΜΕΝΟΙ ΔΙΑΛΥΤΕΣ	Χημικές ενώσεις (φρέον, τριχλωροαιθάνιο, τριχλωροαιθυλένιο, τετραχλωροαιθυλένιο...)	Επιμόλυνση του ελαιολάδου με διάφορες τοξικές ουσίες	Η μόλυνση μπορεί να οφείλεται στο υπερκλωριωμένο νερό, σε δοχεία από τοξικές ουσίες που χρησιμοποιήθηκαν για αποθήκευση ελαιολάδων, στη χρήση ακατάλληλων χημικών κατά τον καθορισμό ελαιουργικών μηχανημάτων κ.λπ.

Κεφάλαιο 4ο

4.1 Χημική σύσταση ελαιολάδου

Το ελαιόλαδο, όπως και κάθε λιπαρή ύλη, είναι κυρίως ένα μείγμα τριγλυκεριδίων. Τα τριγλυκερίδια είναι οργανικές χημικές ενώσεις, των οποίων το μόριο τους αποτελείται από ένα μόριο γλυκερόλης, ενωμένο με τρία μόρια ανώτερων λιπαρών οξέων. Από αυτή τη σύνθεση ονομάζονται τριγλυκερίδια. Στη δομή αυτών, συμμετέχουν περίπου 50 λιπαρά οξέα, εκ των οποίων τα 16 είναι κορεσμένα, ενώ τα υπόλοιπα χαρακτηρίζονται ως ακόρεστα, γιατί από το μόριο τους λείπουν 2, 4, ή 6 άτομα υδρογόνου. Από την αναλογία των κορεσμένων και ακόρεστων λιπαρών οξέων στο μόριο του τριγλυκεριδίου καθορίζεται, κατά γενικό κανόνα, η θερμοκρασία, κατά την οποία η κατάσταση μεταβάλλεται από στερεή σε υγρή. Έτσι τα τριγλυκερίδια μπορεί να είναι στερεά σε θερμοκρασία δωματίου, όπου και χαρακτηρίζονται με τη μορφή αυτή ως λίπη, είτε να είναι υγρά, όπου ονομάζονται έλαια.

Εκτός από τα τριγλυκερίδια, το ελαιόλαδο περιέχει μικρές ποσότητες και από άλλα συστατικά που προέρχονται από τον ελαιόκαρπο ή σχηματίζονται κατά την παραλαβή του (Fedeli, 1977, Kiritsakis and Dugan, 1985, Kiritsakis, 1998)όπως:

- Ελεύθερα λιπαρά οξέα (προϊόντα υδρόλυσης των τριγλυκεριδίων)
- Φωσφατίδια ή φωσφολιπίδια
- Στερόλες
- Αλειφατικές αλκοόλες
- Φαινόλες
- Τοκοφερόλες
- Χρωστικές
- Πτητικές οργανικές ενώσεις
- Διάφορες ρητινοειδής και ζελατινοειδής ουσίες, κλπ..

Τα χαρακτηριστικά αυτά διακρίνονται σε σαπωνοποιήσιμα (τριγλυκερίδια, φωσφολιπίδια, ελεύθερα λιπαρά οξέα, κ.α.) και ασαπωνοποιήτα (υδρογονάνθρακες, αλειφατικές αλκοόλες, στερόλες, φαινόλες, κ.α.). Το 98-99,5% 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.

4.1.1 Σύσταση ελαιολάδου σε λιπαρά οξέα

Η σύσταση του ελαιολάδου καθώς και των άλλων φυτικών ελαίων σε λιπαρά οξέα δεν είναι σταθερή (Frezzoti and Manni, 1956, Vitagliano et al., 1960, Amelloti et al., 1973, Christakis et al., 1980, Υπουργείο Εμπορίου, 1966, 1969, 1970). Εξαρτάται από ποικίλους παράγοντες όπως:

- Η ποικιλία της ελιάς
- Οι εδαφικές καθώς και οι κλιματικές συνθήκες της περιοχής και
- Ο βαθμός ωριμότητας του καρπού αλλά και διάφοροι άλλοι επηρεάζουν την σύσταση του ελαιολάδου σε λιπαρά οξέα.

Τα σημαντικότερα λιπαρά οξέα του ελαιολάδου είναι ακόρεστα. Μεταξύ αυτών σε μεγαλύτερη αναλογία απαντά το μονοακόρεστοελαϊκό οξύ (C18:1). Το δεύτερο σημαντικότερο ακόρεστο λιπαρό οξύ του ελαιολάδου είναι το λινελαϊκό (C18:2). Άλλα ακόρεστα λιπαρά οξέα που απαντούν στο ελαιόλαδο σε μικρότερες ποσότητες είναι το λινολενικό (C18:3), το αραχιδικό (C20:4) και το παλμιτελαϊκό (C16:1).

Από τα κορεσμένα οξέα αυτό που βρίσκεται σε μεγαλύτερη αναλογία είναι το παλμιτικό (C16:0) και ακολουθεί το στεατικό (C18:0) (Gracian, 1968, Fedeli, 1977, Codex Alim Comm, 1970, I00C, 1984, Kiritsakis, 1998, European Union Regulation No 2568/1991).

Τα κυρία τριγλυκερίδια του ελαιολάδου είναι αυτά στα οποία απαντά το ελαϊκό οξύ, καθώς αποτελούν 70-80% του βάρους του ελαίου. Επειδή τα τριγλυκερίδια αυτά είναι υγρά σε θερμοκρασία δωματίου, το ελαιόλαδο στο σύνολο παραμένει σε υγρή μορφή.

Εκτός από τα κυρία λιπαρά οξέα που προαναφέρθηκαν, στο ελαιόλαδο απαντούν σε ποσοστό μικρότερο του 0,1% τα οξέα μυριστικό (C14:0), λαουρικό (C12:0) και αραχιδικό (C20:0). Έχουν προσδιοριστεί σε ίχνη και οξέα με 24 άτομα άνθρακα (Colakoglu, 1966). Η επιτροπή Codex Alimentarius (1970), καθιέρωσε για τα λίπη και τα έλαια τα παρακάτω όρια (ελάχιστα και μέγιστα) για τα βασικά λιπαρά οξέα του ελαιολάδου: ελαϊκό 56-83%, παλμιτικό 7-20% και λινελαϊκό 3-20%.

4.1.2 Φωσφολιπίδια του ελαιολάδου

Το παρθένο ελαιόλαδο είναι φτωχό σε φωσφολιπίδια. Η συγκέντρωση τους κυμαίνεται από 35 έως 40mg/kg. Η μεγαλύτερη ποσότητα των φωσφολιπιδίων αυτών προέρχεται από τον πυρήνα του ελαιόκαρπου. Αυτά που συναντώνται στο ελαιόλαδο είναι η λεκιθίνη και η κεφαλίνη, αλλά τον κυριότερο ρόλο τον κατέχει το ελαϊκό οξύ (Κυριτσάκης, 2007).

4.1.3 Ασαπwnοποίησητα συστατικά ελαιολάδου

Το ελαιόλαδο περιέχει σε μικρές ποσότητες μη γλυκεριδικά συστατικά, τα οποία καλούνται ως δευτερεύοντα ή ήσσονα συστατικά. Ορισμένα απ αυτά αποτελούν το ασαπwnοποίητο κλάσμα του ελαιολάδου.

Η ποσότητα και η σύσταση του κλάσματος των ασαπwnοποίητων συστατικών του ελαιολάδου, εξαρτώνται κατά κύριο λόγο από τον τρόπο με τον οποίο έχει γίνει η παραλαβή του. Ελαιόλαδο το οποίο παραλαμβάνεται με την εφαρμογή της υδραυλικής πίεσης, έχει χαμηλότερη περιεκτικότητα σε ασαπwnοποίητα συστατικά από ελαιόλαδο το οποίο παραλαμβάνεται με εκχύλιση (Fedeli and Jacini, 1971). Τα ασαπwnοποίητα αυτά συστατικά διακρίνονται στις εξής κατηγορίες:

1) Υδρογονάνθρακες

Στο ελαιόλαδο απαντώνται υδρογονάνθρακες που είναι εν μέρει κορεσμένοι και εν μέρει ακόρεστοι. Είναι πιθανότατα παραπροϊόντα της βιοσύνθεσης των λιπαρών οξέων, με κύριο συστατικό τον τριτερπενικό υδρογονάνθρακα σκουαλένιο (40% κατά βάρος), που αποτελεί πρόδρομη ένωση της βιοσύνθεσης των στερολών (Fedeli, 1977, Haman et al., 1988).

2) Καροτενοειδή

Στο ελαιόλαδο απαντώνται διάφορα καροτενοειδή, στα οποία οφείλεται η κίτρινη απόχρωσή του (Kiritsakis, 1998). Η λουτεΐνη που ανήκει στις ξανθοφύλλες, είναι το κύριο καροτενοειδές του ελαιολάδου.

3) Χλωροφύλλες

Οι χλωροφύλλες είναι υπεύθυνες για το πράσινο χρώμα του ελαιολάδου και διακρίνονται σε χλωροφύλλη α και χλωροφύλλη β. Η διαφορά μεταξύ αυτών είναι ότι η πρώτη έχει μεθύλιο (CH_3) στο τρίτο άτομο άνθρακα, ενώ η δεύτερη αλδεϋδική ομάδα (CHO). Το χρώμα της χλωροφύλλης α είναι κυανοπράσινο σε αντίθεση με τη χλωροφύλλη β που έχει κιτρινοπράσινο χρώμα. Σε περίπτωση όμως που έρθουν σε επαφή με το φως, οδηγούν στην υποβάθμιση της ποιότητας του ελαίου.

Η χλωροφύλλη με την επίδραση των οξέων μετατρέπεται εύκολα σε φαιοφυτίνη και μαγνήσιο. Η ποσότητα της χλωροφύλλης στο ελαιόλαδο εξαρτάται από:

- την ποικιλία του καρπού
- το έδαφος
- τις κλιματολογικές συνθήκες
- το στάδιο ωριμότητας του καρπού και
- τον τρόπο επεξεργασίας (Minguez et al., 1990, 1992, Rahmani, 1987, Kiritsakis, 1998).

4)Βιταμίνες

Είναι ουσίες απαραίτητες για την ομαλή λειτουργία και ανάπτυξη του οργανισμού. Η έλλειψη βιταμινών οδηγεί στην εμφάνιση ασθενειών, που είναι γνωστές ως αβιταμινώσεις. Στο ελαιόλαδο συναντάμε τη βιταμίνη E και την προβιταμίνη A (β-καροτένιο).

5)Τοκοφερόλες

Είναι ετεροκυκλικές ενώσεις μεγάλου μοριακού βάρους και διαφέρουν μεταξύ τους ως προς τον αριθμό των μεθυλικών ομάδων που έχουν στο μόριό τους ή τη θέση στην οποία βρίσκονται οι ομάδες αυτές. Η κύρια τοκοφερόλη που επικρατεί στο ελαιόλαδο είναι η α- τοκοφερόλη σε ποσοστό 88,5% του συνόλου και αμέσως μετά έρχονται οι β- και γ- τοκοφερόλη με ποσοστό 9,9% και η δ- με 1,6% (Fedeli, 1977).

6)Στερόλες

Είναι κυκλικές αλκοόλες μεγάλου μοριακού βάρους και εμφανίζουν διαλυτότητα στα λίπη, στα έλαια και στους μη πολικούς διαλύτες, ενώ στο νερό είναι αδιάλυτες. Οι στερόλες αποτελούν την κύρια τάξη των ασαπωνοποιητών συστατικών των λιπαρών υλών, όταν δεν είναι δεσμευμένες. Ανάλογα με την προέλευσή τους διακρίνονται σε ζωοστερόλες (χαρακτηρίζουν τις ζωικές λιπαρές ύλες), σε φυτοστερόλες (χαρακτηρίζουν τις λιπαρές ύλες των ανώτερων φυτών) και σε μυκοστερόλες (απαντούν στις λιπαρές ύλες κατώτερων φυτών και ιδιαίτερα στα μανιτάρια) (Κυριτσάκης, 2007).

7)Τριτερπενικά οξέα

Ένα τριτερπενικό οξύ που παίζει καθοριστικό ρόλο στις ιδιότητες του ελαιολάδου και ανήκει στη σειρά της α- αμυρίνης, είναι το ελεανολικό οξύ (oleanolic acid). Έχει ερευνηθεί ότι το οξύ αυτό συσχετίζεται με την οξειδωτική σταθερότητα του ελαιολάδου και η συγκέντρωσή του είναι μεγαλύτερη στα φύλλα παρά στον ελαιόκαρπο, καθώς και στο πυρηνέλαιο απ' ότι στο ελαιόλαδο. Αποτέλεσμα της ύπαρξής του στο πυρηνέλαιο είναι η εμφάνιση θολότητας.

8) Φαινόλες

Η συγκέντρωση των φαινολικών συστατικών που βρίσκεται στο ελαιόλαδο εξαρτάται από τους εξής παράγοντες:

- την ποικιλία του ελαιόκαρπου
- τις καλλιεργητικές φροντίδες
- τους περιβαλλοντικούς παράγοντες
- το βαθμό ωριμότητας του ελαιόκαρπου
- τις συνθήκες διατήρησης του ελαιόκαρπου πριν από την επεξεργασία στο ελαιουργείο
- τον τύπο του ελαιουργείου και
- τις συνθήκες (θερμοκρασία, ποσότητα νερού) που εφαρμόζονται στο ελαιουργείο (Kiritsakis, 1998).

Κεφάλαιο 5ο

5.1 Το τηγάνισμα ως θερμική επεξεργασία των ελαίων

5.1.1 Η ιστορία του τηγανίσματος

Το τηγάνισμα είναι μία από τις αρχαιότερες μεθόδους παρασκευής φαγητού. Πιστεύεται ότι χρησιμοποιούνταν από το 1600 π.Χ. από τους αρχαίους Αιγύπτιους. Αναφορές για το τηγάνισμα υπάρχουν από την εποχή όπου καταγράφεται η χρήση των δοχείων και των τηγανιών. Αργότερα, φαίνεται ότι από τα δοχεία και τα τηγάνια τα οποία συγκρατούσαν τους ζωμούς μαγειρέματος, ανακαλύφθηκε το τηγάνισμα ως χαρακτηριστικός τρόπος προετοιμασίας του φαγητού.

Το τηγάνισμα είναι μία πολύ διαδεδομένη και ιδιαίτερα ευπροσάρμοστη μέθοδος που χρησιμοποιείται ευρέως τόσο ως οικιακή μαγειρική μέθοδος όσο και από εταιρείες τροφοδοσίας, καταστήματα μαζικής εστίασης και βιομηχανίες τροφίμων. Κατά το τηγάνισμα αναπτύσσεται υψηλή θερμοκρασία 170 – 200°C και έτσι ο χρόνος μαγειρέματος μειώνεται σημαντικά. Τα τρόφιμα τηγανίζονται για να αναπτύξουν επιθυμητά χαρακτηριστικά που αφορούν τη γεύση, το χρώμα και την υφή. Τα έλαια χρησιμοποιούνται στο τηγάνισμα ως μέσο μεταφοράς της θερμότητας από το τηγάνι ή τη φριτέζα και απορροφώνται από το τρόφιμο. Το ποσοστό ελαίου που απορροφάται από το τρόφιμο εξαρτάται από τον τύπο του τροφίμου και το μέσο που χρησιμοποιείται για το τηγάνισμα και κυμαίνεται από 4% έως 14% του ολικού βάρους του τροφίμου (Boskou, 2003).

5.1.2 Γενικά για το τηγάνισμα

Στις μέρες μας, το τηγάνισμα αποτελεί μία από τις πιο συχνά χρησιμοποιούμενες μεθόδους μαγειρέματος διεθνώς. Η κατανάλωση τηγανιτών τροφίμων αυξάνεται συνεχώς καθώς αποτελεί ένα εύκολο και γρήγορο τρόπο μαγειρέματος που ταιριάζει στους ρυθμούς της σύγχρονης ζωής των καταναλωτών. Παράλληλα, το τηγάνισμα χρησιμοποιείται ευρέως από τη βιομηχανία τροφίμων και τα εστιατόρια.

Κατά τη διάρκεια του τηγανίσματος, το έλαιο θερμαίνεται παρουσία αέρα και υγρασίας που προέρχεται από το τρόφιμο που πρόκειται να τηγανιστεί. Το έλαιο χρησιμοποιείται σαν μέσο μεταφοράς θερμότητας στο τρόφιμο. Στις συνθήκες τηγανίσματος συμβαίνουν πολύπλοκες αντιδράσεις που μεταβάλλουν τις φυσικές και χημικές ιδιότητες του ελαίου αλλά και του τροφίμου που τηγανίζεται. Κάποιες από αυτές τις αντιδράσεις έχουν σαν αποτέλεσμα τα επιθυμητά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των τηγανιτών τροφίμων (χρώμα, γεύση, άρωμα, οσμή). Παράλληλα, όμως, είναι δυνατόν να πραγματοποιηθούν αντιδράσεις που είναι ανεπιθύμητες από διαιτολογικής και τοξικολογικής άποψης.

Ένας από τους παράγοντες που συμβάλουν στην ποιότητα του τελικού τηγανιτού τροφίμου είναι το ίδιο το έλαιο τηγανίσματος. Η αποικοδόμηση του ελαίου τηγανίσματος εξαρτάται από την σύνθεσή του σε λιπαρά οξέα, από την αρχική του κατάσταση και από την παρουσία προοξειδωτικών ή αντιοξειδωτικών. Παρόλο που είναι γνωστές οι περισσότερες μεταβολές που συμβαίνουν στο έλαιο τηγανίσματος, είναι δύσκολο να προβλεφθεί ο βαθμός υποβάθμισης του ελαίου, εξαιτίας των πολλών και διάφορων παραγόντων που εμπλέκονται. Αυτοί οι παράγοντες δεν σχετίζονται αποκλειστικά με το έλαιο τηγανίσματος αλλά και με τη διαδικασία τηγανίσματος (θερμοκρασία, διάρκεια) και με το τρόφιμο που πρόκειται να τηγανιστεί (Vitrac et al., 2000).

Όταν εφαρμόζονται ορθά οι πρακτικές τηγανίσματος, το έλαιο που απορροφάται και παραμένει στο τηγανιτό τρόφιμο, μετά το πέρας του τηγανίσματος, διατηρεί τη θρεπτική του αξία και ένα μεγάλο ποσοστό των λιποδιαλυτών του βιταμινών. Σε σχέση με τις υπόλοιπες μεθόδους τηγανίσματος, το τρόφιμο διατηρεί τις βιταμίνες του, τα μέταλλα και τα υπόλοιπα θρεπτικά συστατικά του σε μεγαλύτερο βαθμό (Warner, 2002).

5.2 Μέθοδοι τηγανίσματος

Τηγάνισμα θεωρείται η βύθιση και το μαγείρεμα του τροφίμου σε θερμό λάδι. Περιλαμβάνει τη μεταφορά θερμότητας και μάζας καθώς και πολύπλοκες αντιδράσεις μεταξύ του τροφίμου και του μέσου στο οποίο γίνεται το τηγάνισμα. Σκοπός του τηγανίσματος είναι το γρήγορο μαγείρεμα και η δημιουργία μοναδικής υφής, χρώματος, γεύσης και κρούστας.

Το τηγάνισμα είναι μία διαδικασία αφυδάτωσης με τρία ιδιαίτερα χαρακτηριστικά:

- Υψηλή θερμοκρασία ελαίου (160 – 180 °C), η οποία επιτρέπει την ταχεία μεταφορά θερμότητας και τη συντόμευση του χρόνου μαγειρέματος.
- Η θερμοκρασία του προϊόντος δεν ξεπερνά τους 100 °C, και τέλος
- Ελάχιστη εκχύλιση των υδατοδιαλυτών ενώσεων από το τρόφιμο στο έλαιο (Saguy and Dana, 2003).

Υπάρχουν πέντε τρόποι παρασκευής τηγανισμένων τροφίμων και είναι οι εξής:

- Το παραδοσιακό ρηχό τηγάνισμα σε μικρή συγκέντρωση ελαίου, το οποίο δεν καλύπτει το τρόφιμο και γίνεται στο τηγάνι (pan frying, shallow frying).
- Το παραδοσιακό βαθύ τηγάνισμα, το οποίο γίνεται σε αρκετή συγκέντρωση ελαίου, ώστε να καλύπτεται το τρόφιμο από το έλαιο και γίνεται σε κατσαρόλα (deep frying).
- Το τηγάνισμα σε ηλεκτρική φριτέζα με κάλυμμα, κατά το οποίο το τρόφιμο καλύπτεται πλήρως από το έλαιο (deep frying).
- Το τηγάνισμα σε χώρους μαζικής εστίασης εντός φριτέζας μεγάλου μεγέθους χωρίς κάλυμμα.
- Το τηγάνισμα σε βιομηχανικές φριτέζες συνεχούς τηγανίσματος κλειστού τύπου (continuous deep frying) (Saguy and Dana, 2003).

Από αυτούς τους τρόπου παρασκευής τηγανισμένων τροφίμων, τρεις είναι οι αναγνωρισμένες και σημαντικότερες μέθοδοι τηγανίσματος που χρησιμοποιούνται ευρέως: α)Τηγάνισμα σε τηγάνι (Pan frying, Shallow frying), β)Οικιακό τηγάνισμα σε φριτέζα (Batch Deep-frying), και γ)Συνεχές τηγάνισμα σε φριτέζα (Continuous Deep-frying). Αυτές οι μέθοδοι αναλύονται παρακάτω.

5.2.1 Τηγάνισμα σε τηγάνι ή ρηχό τηγάνισμα (Pan frying)

Σύμφωνα με αυτή τη μέθοδο τηγανίσματος, μία μικρή ποσότητα ελαίου τοποθετείται σε ένα ρηχό τηγάνι, όπου το τρόφιμο τηγανίζεται. Η στάθμη του ελαίου δεν ξεπερνά το ύψος του τροφίμου. Χρησιμοποιούνται εστίες θέρμανσης, τηγάνια ρηχά με χοντρό ή λεπτό πάτο, κεραμικά τηγάνια κ.α. Το τηγάνισμα σε ρηχό επίπεδο ελαίου και συνεχή ανάδευση ονομάζεται σοτάρισμα.

Σκοπός του ρηχού τηγανίσματος είναι να αποκτήσει το τρόφιμο τα ιδιαίτερα εκείνα χαρακτηριστικά που οφείλονται κυρίως στην ομοιογενή θέρμανση σε υψηλή θερμοκρασία και την απορρόφηση του εδώδιμου ελαίου. Η θερμότητα μεταδίδεται στο έλαιο και οι θερμοκρασίες κυμαίνονται από 120 έως 180 °C. Κατά τη διάρκεια του τηγανίσματος αυτού, υπάρχει μία υψηλή αναλογία επιφάνειας – όγκου, επαφή με το ατμοσφαιρικό οξυγόνο και επικρατούν υψηλές θερμοκρασίες. Το προϊόν το οποίο πρόκειται να τηγανιστεί παραμένει ακάλυπτο από το έλαιο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την απώλεια αντιοξειδωτικών σε μεγαλύτερη έκταση.

Παρόλο που τα έλαια, τα οποία χρησιμοποιούνται στο ρηχό τηγάνισμα, υφίστανται αποσύνθεση σε μικρό χρονικό διάστημα, ελάχιστη ποσότητα είναι διαθέσιμη για απορρόφηση από το τρόφιμο, εφόσον οι ποσότητες που χρησιμοποιούνται είναι πολύ μικρές (Boskou, 2003).

5.2.2 Οικιακό τηγάνισμα σε φριτέζα (Batch Deep-frying)

Αυτή η τεχνική περιλαμβάνει τη χρήση μεγαλύτερου όγκου ελαίου, έτσι ώστε να βυθίζεται η συνολική επιφάνεια των τροφίμων στο έλαιο. Μόνο ένα μικρό μέρος του ελαίου απορροφάται από το τρόφιμο, ενώ το υπόλοιπο είναι σε θέση να επαναχρησιμοποιηθεί. Η συγκεκριμένη πρακτική μπορεί να

χρησιμοποιηθεί με ραφινρισμένο έλαιο, από το οποίο έχει αφαιρεθεί το χρώμα, η οσμή και η γεύση. Επομένως, το έλαιο στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιείται ως ουδέτερο μέσο μεταφοράς θερμότητας και όχι ως βελτιωτικό γεύσης (Boskou, 2003).

5.2.3 Συνεχές τηγάνισμα σε φριτέζα ή βαθύ τηγάνισμα (Continuous Deep-frying)

Το βαθύ τηγάνισμα είναι η πιο διαδεδομένη μέθοδος που χρησιμοποιείται στις βιομηχανίες τροφίμων και σε υπηρεσίες τροφοδοσίας (Boskou, 2003). Κατά την εκτέλεση του τηγανίσματος, νωπή ύλη αφήνεται σε ζεστό έλαιο, σε θερμοκρασίες που κυμαίνονται από 140 έως 220 °C. Χρησιμοποιείται αρκετό έλαιο, ώστε να καλύψει το τρόφιμο. Το έλαιο είναι αρκετά καυτό, ώστε να σφραγίσει την επιφάνεια του τροφίμου και να δημιουργήσει μία μορφή κρούστας. Η θερμότητα μεταδίδεται με αγωγή από το καυτό έλαιο στην επιφάνεια του κρύου προϊόντος (Vitrac et al., 2000). Το αποτέλεσμα είναι η δημιουργία ενός τροφίμου με χαρακτηριστική μορφή.

Η εξωτερική ζώνη αποτελείται από την περιοχή της επιφάνειας, η οποία είναι γενικά ομαλή και έχει χρυσό-καφέ χρώμα, το οποίο είναι αποτέλεσμα της αμαύρωσης ή αντίδρασης Maillard, που λαμβάνει χώρα όταν οι υδατάνθρακες και οι πρωτεΐνες βρίσκονται στο προϊόν και αντιδρούν παρουσία θερμότητας. Το δεύτερο τμήμα της εξωτερικής ζώνης είναι κρούστα εξωτερικής επιδερμίδας που σχηματίζεται στο τρόφιμο με αφυδάτωση κατά τη διάρκεια του τηγανίσματος. (Stevenson et al., 1984).

Η εσωτερική ζώνη ή πυρήνας είναι μαγειρεμένη και υγρή και παράγεται μεμονωμένα από το τρόφιμο, το οποίο τηγανίζεται. Το γεγονός ότι η εσωτερική ζώνη μπορεί να ψηθεί, οφείλεται στην εισχώρηση της θερμότητας και συνεπάγεται αλλαγές στη γεύση και στην υφή.

Σε αυτή την τεχνική είναι δυνατόν να τηγανίζουν με οποιοδήποτε τύπο ελαίου, το οποίο χρησιμοποιείται σε συνεχή βάση (χωρίς αντικατάσταση) και το έλαιο που απορροφάται από τα τρόφιμα αντικαθίσταται συνεχώς με φρέσκο (Boskou, 2003).

5.3 Σύγκριση μεθόδων τηγανίσματος

Σε μελέτη σύγκρισης της διατροφικής αξίας των δύο πρώτων τεχνικών φαίνεται ότι το τηγάνισμα με ελαιόλαδο σε φριτέζα, μπορεί να είναι θρεπτικά καλύτερο από το τηγάνισμα σε τηγάνι. Ο λόγος είναι ότι υπάρχει πιθανή συνεργηστική δράση μεταξύ των υδρόφιλων πολυφαινόλων και των τοκοφερολών που εξηγεί την πολύ καλή αντίσταση στην οξειδωση που παρατηρείται στα τηγανίσματα αυτού του τύπου.

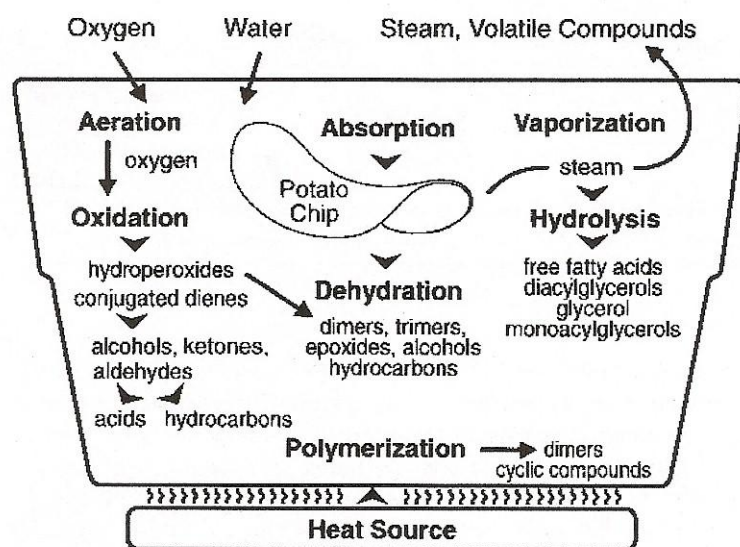
Επιπρόσθετα, στο τηγάνισμα σε τηγάνι, το τρόφιμο εφόσον μένει ακάλυπτο από το έλαιο, έρχεται σε επαφή με το ατμοσφαιρικό οξυγόνο και έτσι επιτυγχάνεται η οξειδωση. Αποτέλεσμα αυτού, είναι η μεγαλύτερη καταστροφή των ευπαθών διατροφικών στοιχείων π.χ. βιταμίνη C (Andrikopoulos et al., 2002).

Προκειμένου να παραχθεί τηγανισμένο προϊόν καλής ποιότητας, η θερμοκρασία του ελαίου πρέπει να είναι σωστή, σε απόλυτη σχέση με τη διαδικασία μαγειρέματος και το χρόνο που αυτή απαιτεί. Πρέπει δηλαδή, να είναι τέτοια, ώστε να εξασφαλίσει ότι στο χρόνο που απαιτείται για να παρασκευαστεί το προϊόν, ο πυρήνας του θα είναι επαρκώς μαγειρεμένος και συγχρόνως η εξωτερική επιφάνεια δεν θα είναι υπερβολικά ψημένη. Κατά κανόνα, τα μικρότερα κομμάτια των τροφίμων μπορούν να τηγανιστούν σε υψηλότερη θερμοκρασία ελαίου από τα μεγαλύτερα. Το τηγάνισμα κάτω από μέτριες θερμοκρασίες απαιτεί περισσότερο χρόνο και ταυτόχρονα αυξάνει την απορρόφηση ελαίου από τα τρόφιμα. Αντίθετα, το τηγάνισμα σε υψηλές θερμοκρασίες, μειώνει το χρόνο τηγανίσματος, αλλά, ενώ τα τρόφιμα μπορούν να φαίνονται τηγανισμένα στο περίβλημά τους, μπορεί ακόμα και να είναι άψητα εσωτερικά (Mc Savage and Trevisan, 2001).

5.4 Φυσικοχημικές μεταβολές των ελαίων κατά το τηγάνισμα

Το βαθύ τηγάνισμα αποτελεί μία πολύ συχνή μέθοδο μαγειρέματος, η οποία προσδίδει στο τρόφιμο τα επιθυμητά του χαρακτηριστικά όπως είναι η γεύση, το άρωμα, το χρυσαφί-καφετί χρώμα και η τραγανιστή υφή, όπως αναφέρθηκε παραπάνω (Warner, 2002).

Το τρόφιμο είναι πλήρως εμβαπτισμένο μέσα στο έλαιο τηγανίσματος, με αποτέλεσμα να λαμβάνουν χώρα διάφορες αντιδράσεις και μεταβολές σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα (Fritsch, 1981). Τέτοιες αντιδράσεις είναι η αφυδάτωση της επιφάνειας του τροφίμου, η απορρόφηση του ελαίου, ο σχηματισμός ενώσεων που προσδίδουν γεύση και άρωμα, ο χρωματισμός της επιφάνειας του τροφίμου κ.α. (εικόνα 1). Επίσης, εξαιτίας των ακραίων συνθηκών που επικρατούν στο βαθύ τηγάνισμα, το έλαιο τηγανίσματος υποβαθμίζεται (Dobarganes et al., 2000).



Εικόνα 1: Φυσικοχημικές μεταβολές των ελαίων κατά το τηγάνισμα. (Warner, 2002)

Κατά τη διάρκεια του τηγανίσματος, σε θερμοκρασία περίπου 190 °C, το έλαιο τηγανίσματος υπόκειται σε οξειδωτική και θερμική αποικοδόμηση με αποτέλεσμα το σχηματισμό πτητικών και μη πτητικών προϊόντων, τα οποία μεταβάλλουν τις λειτουργικές, οργανοληπτικές και θρεπτικές ιδιότητες των ελαίων.

Τα τελευταία 30 χρόνια, έχουν μελετηθεί εκτενώς οι φυσικές και χημικές μεταβολές που συμβαίνουν στο τηγάνισμα καθώς και η μεγάλη ποικιλία των ενώσεων αποικοδόμησης που παράγονται στα έλαια τηγανίσματος.

Οι φυσικές και χημικές μεταβολές είναι δυνατόν να συνδεθούν μεταξύ τους. Τα μη πτητικά προϊόντα αποικοδόμησης προξενούν φυσικές μεταβολές στα έλαια τηγανίσματος, όπως αύξηση του ιξώδους, του χρώματος και του αφρισμού του ελαίου. Οι χημικές μεταβολές που συμβαίνουν στο τηγάνισμα αυξάνουν τη συγκέντρωση των ελεύθερων λιπαρών οξέων, τις καρβονυλικές και πολυμερείς ενώσεις, ενώ μειώνουν την ακορεστότητα των λιπαρών οξέων, όπως φαίνεται στον πίνακα 5. Παράλληλα οι χημικές μεταβολές επηρεάζουν την ποιότητα γεύσης, την σταθερότητα και την θρεπτική αξία του ελαίου (Warner, 2002).

Πίνακας 3: Επίδραση των φυσικών και χημικών μεταβολών στο βαθύ τηγάνισμα

	Φυσικές Μεταβολές	Χημικές Μεταβολές
Αύξηση	Ιξώδους, χρώματος, αφρισμού	Ελεύθερων λιπαρών οξέων, καρβονυλικών ενώσεων, Μ.Β.(μοριακό βάρος)
Μείωση	Σημείο καπνού	Ακορεστότητα, γευστικής ποιότητας, θρεπτικής αξίας (απαραίτητα λιπαρά οξέα)

Αυξομειώσεις διαφόρων χαρακτηριστικών των ελαίων κατά τη διάρκεια του τηγανίσματος (Warner, 2002).

5.4.1 Φυσικές μεταβολές

Η μελέτη των φυσικών μεταβολών που συμβαίνουν κατά το τηγάνισμα είναι απαραίτητη για την κατανόηση του τρόπου με τον οποίο το έλαιο τηγανίσματος και τα προϊόντα αποικοδόμησης του αλληλεπιδρούν με το τρόφιμο που τηγανίζεται (Warner, 2002).

Στις βασικές φυσικές μεταβολές περιλαμβάνονται η αφυδάτωση της επιφάνειας του τροφίμου μέσω της συνεχούς εξάτμισης της υγρασίας του, η ανταλλαγή των λιπιδίων προς δύο κατευθύνσεις, δηλαδή από το έλαιο τηγανίσματος προς το τρόφιμο και από το τρόφιμο προς το έλαιο, καθώς και η απόσταξη με υδρατμούς ενώσεων που προσδίδουν γεύση και οσμή. Αυτές οι μεταβολές αποτελούν τις βασικές παραμέτρους που επηρεάζουν την ενεργειακή πυκνότητα, την υφή και την οσμή των τηγανιτών τροφίμων (Dobarganes et al., 2000).

Πολλοί παράγοντες επηρεάζουν τη μεταφορά θερμότητας και μάζας, συμπεριλαμβανομένων των θερμικών και φυσικών ιδιοτήτων του τροφίμου και του ελαίου, του σχήματος και το μεγέθους του τροφίμου, και της θερμοκρασίας του ελαίου.

Οι φυσικές μεταβολές που υφίστανται τα έλαια κατά το τηγάνισμά τους αφορούν το ιξώδες, το χρώμα, τη γεύση, το άρωμα, την απορρόφηση στο UV, την τάση ατμών, τον αφρισμό, το δείκτη διάθλασης, τα σημεία καπνού, ανάφλεξης και καύσης και τη διηλεκτρική σταθερά (Blumenthal, 1991). Φυσικές μεταβολές συντελούνται όμως και στο τρόφιμο, όπως η ζελατινοποίηση του αμύλου και η μετουσίωση των πρωτεϊνών.

Αν και υπάρχουν συγκεκριμένες μέθοδοι για την εκτίμηση της υποβάθμισης ενός ελαίου, η απόρριψή του συνήθως σε χώρους μαζικής εστίασης γίνεται με οπτική μακροσκοπική εξέταση στις περισσότερες περιπτώσεις. Η τεχνική αυτή απόρριψης ενός ελαίου δεν συνίσταται, και θα πρέπει ένα έλαιο να αντικαθίσταται, όταν παρατηρείται μεταβολή σε μία ή περισσότερες από αυτές τις φυσικές ιδιότητες (Warner, 2002).

→ Πυκνότητα

Η αύξηση των επιπέδων των πολυμερών κατά τη διάρκεια του τηγανίσματος οδηγεί σε αύξηση της πυκνότητας του ελαίου (Gertzetal., 2000).

→ Ιξώδες

Το ιξώδες ενός ελαίου εξαρτάται άμεσα από την υποβάθμιση που έχει υποστεί κατά το τηγάνισμα. Η αύξηση του ιξώδους οφείλεται στο σχηματισμό

διμερών και πολυμερών προϊόντων, επομένως η τιμή του αυξάνεται όσο αυξάνονται τα διαδοχικά τηγανίσματα. Επιπλέον, η αύξηση του ιξώδους οφείλεται και στο μήκος της αλυσίδας των εστέρων των λιπαρών οξέων και στον τύπο του ελαίου, αντίστοιχα. Το ιξώδες μπορεί να χρησιμοποιηθεί, λοιπόν, ως μέθοδος ελέγχου της ποιότητας του ελαίου, εφόσον η αλλαγή του σχετίζεται με το ποσοστό των ολικών πολικών συστατικών (Gertz et al., 2000).

→ Διηλεκτρική σταθερά

Κατά τη θερμική υποβάθμιση του ελαίου η διηλεκτρική σταθερά του αυξάνεται, εξαιτίας της αύξησης των επιπέδων των πολικών ενώσεων από τις αντιδράσεις οξειδωσης και υδρόλυσης των τριγλυκεριδίων (Gertz et al., 2000).

→ Δείκτης Διάθλασης

Ο δείκτης διάθλασης ενός ελαίου αυξάνεται με τη θέρμανσή του, λόγω της αύξησης των προϊόντων πολυμερισμού (Gertzetal., 2000).

→ Χρώμα

Τα καροτενοειδή και η χλωροφύλλη είναι υπεύθυνα για το χρώμα των ελαίων. Η μεταβολή του χρώματος αποτελεί, σαν φυσική μεταβολή, ένα δείκτη υποβάθμισης των ελαίων κατά τη διάρκεια του τηγανίσματος. Κατά τη διάρκεια του τηγανίσματος, το χρώμα του ελαίου σκουραίνει, γεγονός που επηρεάζει και το χρώμα του τηγανιζόμενου τροφίμου. Η αλλαγή αυτή του χρώματος, οφείλεται στη διαλυτοποίηση των προϊόντων των αντιδράσεων Maillard που σχηματίζονται στο τρόφιμο. Οι αντιδράσεις αυτές επιταχύνονται με την αύξηση της θερμοκρασίας.

Επιπρόσθετα, η αλλαγή του χρώματος αποδίδεται και στην αντίδραση των αλδεϋδών που προέρχονται από την αποσύνθεση των τριγλυκεριδίων με αμινο – παράγωγα προς ενώσεις σκούρου χρώματος (Gertz et al., 2000).

→ Γεύση – Άρωμα

Η ανάπτυξη δυσάρεστης οσμής και γεύσης στο έλαιο οφείλεται στην παρατεταμένη οξειδωση. Η δυσάρεστη οσμή και γεύση αυτή μεταφέρεται και στο τρόφιμο, μέσω του απορροφόμενου ελαίου και επηρεάζει αρνητικά την αποδοχή του προϊόντος από τον καταναλωτή (Takeoka et al., 1996).

→ Απορρόφηση στο UV

Βρίσκει εφαρμογή στον ποσοτικό προσδιορισμό των πολυακόρεστων οξέων και στην εκτίμηση του βαθμού οξειδωσης (Takeoka et al., 1996).

→ Τάση ατμών

Η τάση ατμών σχετίζεται με το σημείο βρασμού του ελαίου. Τα τριγλυκερίδια που αποτελούνται από λιπαρά οξέα με μεγάλη ανθρακική αλυσίδα έχουν χαμηλή τάση ατμών, γι' αυτό δεν εξατμίζονται, ενώ τα μονό- και τα διγλυκερίδια και τα ελεύθερα λιπαρά οξέα έχουν υψηλή τάση ατμών. Αυξανόμενης της ανθρακικής αλυσίδας μειώνεται η τάση ατμών αυτού του λιπαρού οξέος και αυξάνεται αντίστοιχα το σημείο βρασμού (Takeoka et al., 1996).

→ Αφρισμός ελαίου

Κατά το τηγάνισμα παρατηρείται αύξηση του αφρισμού, λόγω δημιουργίας κάποιων ενεργών ουσιών όπως τα μονογλυκερίδια, τα διγλυκερίδια, τα ελεύθερα λιπαρά οξέα και των σαπώνων τους που προκύπτουν από τις αντιδράσεις με τα τρόφιμα (Takeoka et al., 1996).

→ Σημεία καπνού, ανάφλεξης και καύσης

Τα σημεία καπνού, ανάφλεξης και καύσης μιας λιπαρής ύλης καθορίζουν τη σταθερότητά της, όταν θερμαίνεται παρουσία αέρα. Το σημείο καπνού είναι η θερμοκρασία στην οποία ανιχνεύεται η έναρξη του καπνίσματος. Το σημείο ανάφλεξης είναι η θερμοκρασία στην οποία τα πτητικά προϊόντα παράγονται με ικανοποιητικό ρυθμό, ώστε να αναφλεχθούν. Τα ελεύθερα λιπαρά οξέα

είναι περισσότερο πτητικά από τα τριγλυκερίδια, με αποτέλεσμα τα σημεία καπνού, ανάφλεξης και καύσης των ελαίων να εξαρτώνται από την περιεκτικότητα σε αυτά, και να μειώνονται κατά τη διάρκεια του τηγανίσματος, λόγω της υδρόλυσης που λαμβάνει χώρα. Η ακορεστότητα ενός ελαίου δεν επιδρά καθόλου ή επιδρά ελάχιστα στα σημεία καπνού, ανάφλεξης και καύσης.

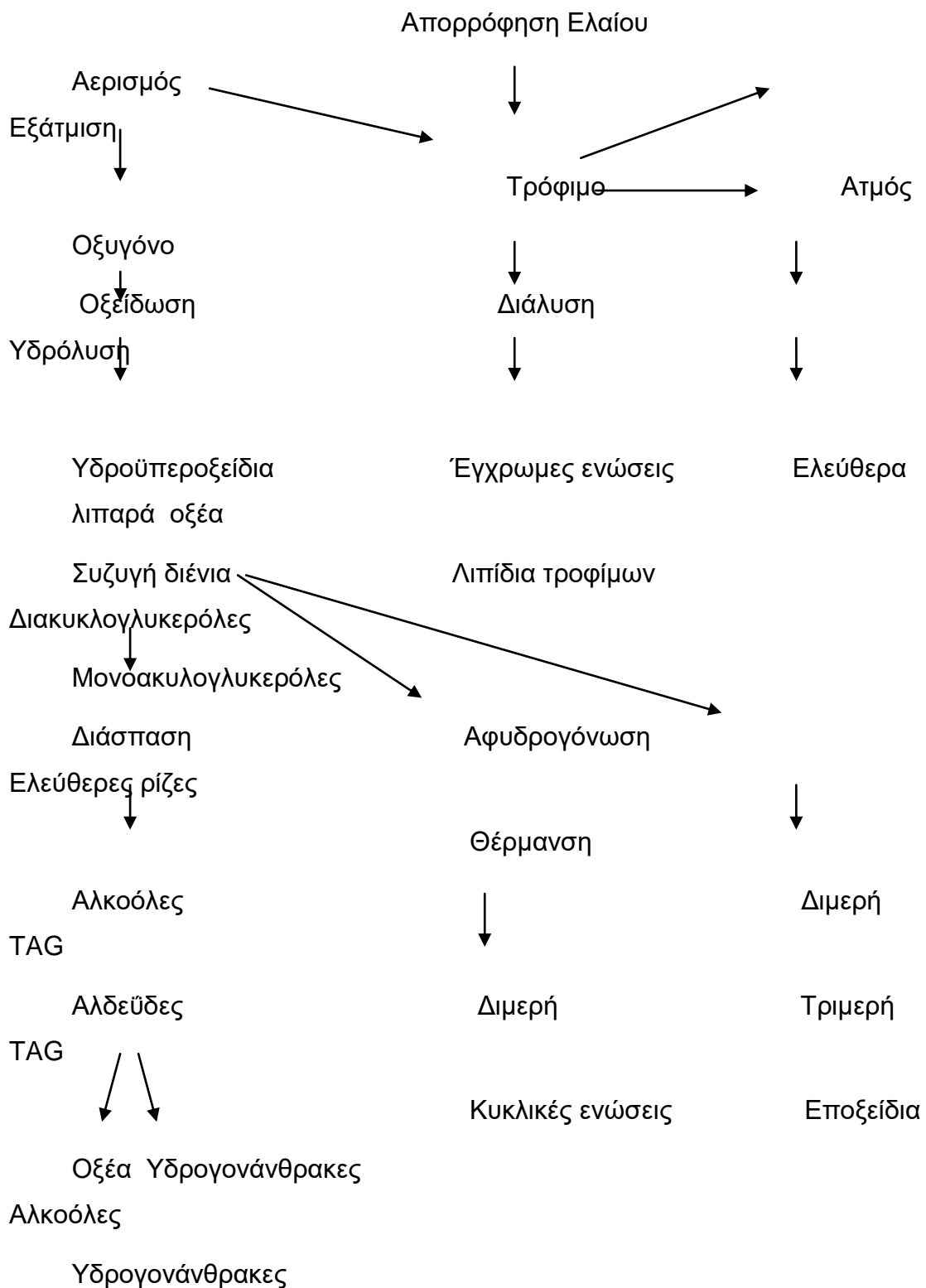
Οι προαναφερθείσες φυσικές παράμετροι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον έλεγχο της ποιότητας των τηγανισμένων ελαίων και τον προσδιορισμό του βαθμού υποβάθμισής τους (Takeokaetal., 1996).

5.4.2 Χημικές Μεταβολές

Τα έλαια ευθύνονται κάποιες φορές για την παραγωγή ανεπιθύμητης γεύσης στα τρόφιμα, εάν είναι πολλές φορές χρησιμοποιημένα ή είναι κακής ποιότητας. Αυτό συμβαίνει, διότι καθώς τα έλαια τηγανίζονται, μεταφέρουν θερμότητα στα τρόφιμα και βοηθούν στην παραγωγή της χαρακτηριστικής γεύσης των τηγανιτών τροφίμων.

Στο βαθύ τηγάνισμα, λαμβάνουν χώρα διάφορες χημικές διαδικασίες υποβάθμισης όπως: η υδρόλυση, η οξειδωση, ο πολυμερισμός και η ισομερείωση, καθώς το έλαιο τηγανίσματος αποικοδομείται προς σχηματισμό πτητικών και μη πτητικών (μονομερών και πολυμερών) ενώσεων (εικόνα 2). Με τη συνεχόμενη θέρμανση και το τηγάνισμα, αυτές οι ενώσεις αποικοδομούνται περαιτέρω μέχρι τα προϊόντα διάσπασής τους να συσσωρευτούν σε επίπεδα που παράγουν οσμές και δυνητικά τοξικά αποτελέσματα, καθιστώντας το έλαιο ακατάλληλο για τηγάνισμα (Warner, 2002). Οι ποσότητες αυτών των ενώσεων που δημιουργούνται καθώς και η χημική τους δομή εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, συμπεριλαμβανομένου του τύπου του ελαίου και του τροφίμου, των συνθηκών τηγανίσματος και της διαθεσιμότητας σε οξυγόνο (Wessels, 1983). Ακόμα, τα προϊόντα των χημικών αντιδράσεων αλληλεπιδρούν, παράγοντας ένα πολύπλοκο μίγμα προϊόντων (Warner, 2002).

Στην εικόνα 2 που ακολουθεί απεικονίζονται οι χημικές μεταβολές επιγραμματικά.



Εικόνα 2: Χημικές Μεταβολές που λαμβάνουν χώρα κατά το τηγάνισμα (Gertzetal., 2000)

Οι χημικές αντιδράσεις που συμβαίνουν στα έλαια τηγανίσματος καθώς και στο τρόφιμο που τηγανίζεται περιγράφονται και αναλύονται παρακάτω.

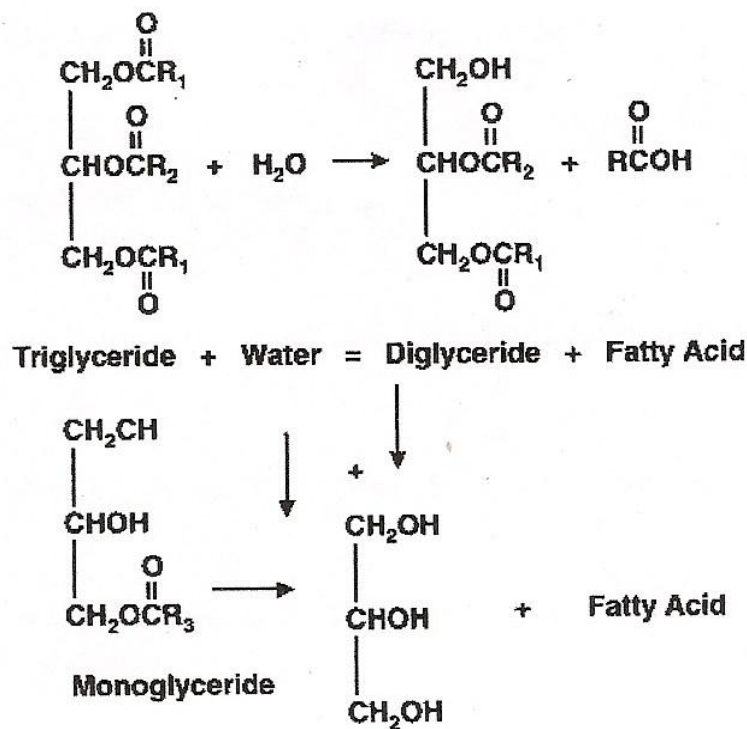
→ Υδρόλυση

Η κυριότερη χημική μεταβολή που παρατηρείται κατά τη διάρκεια του τηγανίσματος είναι η υδρόλυση. Καθώς το τρόφιμο τοποθετείται μέσα στο έλαιο σε θερμοκρασία τηγανίσματος, ο αέρας και η υγρασία προκαλούν μία σειρά αλληλένδετων αντιδράσεων (εικόνα 3). Η υγρασία και ο ατμός προκαλούν υδρόλυση των τριγλυκεριδίων, από την οποία παράγονται μονό- και διγλυκερίδια και τελικώς ελεύθερα λιπαρά οξέα (Moreira et al., 1995). Η γλυκερόλη που είναι πτητική σε θερμοκρασίες πάνω από τους 150 °C, εξατμίζεται μερικώς και η ισορροπία της αντίδρασης μετατοπίζεται προς την παραγωγή περισσότερων προϊόντων υδρόλυσης (Pokorny, 1989). Παράλληλα, η γλυκερόλη αφυδατώνεται και προκύπτει μία ακόρεστη αλδεΐδη, η ακρολεΐνη, στην οποία οφείλεται η δυσάρεστη οσμή των ελαίων κατά το τηγάνισμα (Kochhar and Gertz, 2004).

Η έκταση της υδρόλυσης είναι μια συνάρτηση πολλών παραγόντων, όπως είναι η θερμοκρασία του ελαίου, η έκταση της επιφάνειας αλληλεπίδρασης ανάμεσα στο έλαιο και στην υγρασία του τροφίμου, το ποσό της υγρασίας και του ατμού, επειδή η υγρασία υδρολύει το έλαιο γρηγορότερα από τον ατμό (Pokorny, 1989).

Η υδρόλυση, δηλαδή, εξαρτάται από την περιεκτικότητα του τροφίμου σε νερό, από τη θερμοκρασία τηγανίσματος (όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία, τόσο πιο εκτεταμένη είναι η υδρόλυση), από το ρυθμό αντικατάστασης του ελαίου (όσο μεγαλύτερος είναι ο ρυθμός αυτός, τόσο μικρότερη είναι η ανάπτυξη των ελεύθερων λιπαρών οξέων), καθώς και από τη συσσώρευση καμένων υπολειμμάτων τροφίμου στο σκεύος τηγανίσματος (αυτή η συσσώρευση επιτείνει το σχηματισμό των ελεύθερων λιπαρών οξέων) (Warner, 2002).

Τα ελεύθερα λιπαρά οξέα και τα όξινα προϊόντα χαμηλού μοριακού βάρους που προκύπτουν από την παχιά οξείδωση ενισχύουν την υδρόλυση παρουσία ατμού κατά τη διάρκεια του τηγανίσματος (Pokorny, 1989).



Εικόνα 3: Αντιδράσεις υδρόλυσης των ελαίων κατά το τηγάνισμα (Warner, 2002).

Τα υδρολυτικά προϊόντα μειώνουν τη σταθερότητα των ελαίων που χρησιμοποιούνται στο τηγάνισμα και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως δείκτες για τον υπολογισμό της ζωής τους π.χ. τα ελεύθερα λιπαρά οξέα (Warner, 2002). Όμως, ένα μέρος των ελεύθερων λιπαρών οξέων χάνεται μέσω του ατμού κατά το τηγάνισμα. Έτσι, ο προσδιορισμός των διγλυκεριδίων μερικές φορές προτιμάται από την ανάλυση των ελεύθερων λιπαρών οξέων, αφού τα διγλυκερίδια κατακρατούνται από το έλαιο τηγανίσματος (Kochhar and Gertz, 2004).

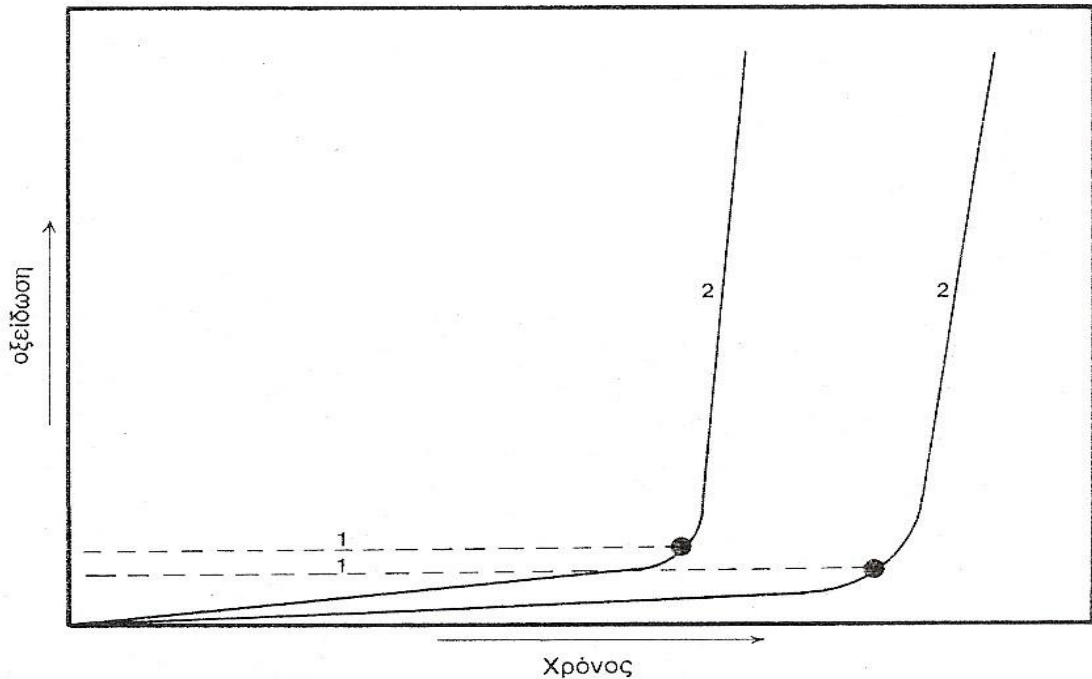
→Θερμική Οξείδωση

Τα έλαια κατά το τηγάνισμα οξειδώνονται. Αυτοοξείδωση των λιπών και ελαίων καλείται η αντίδρασή τους με το οξυγόνο απουσία φωτός σε χαμηλή θερμοκρασία. (εικόνα 4). Είναι μία αυτοκαταλυόμενη αντίδραση που έχει τρία στάδια: την εισαγωγή, τη διάδοση και τον τερματισμό. Θα πρέπει βέβαια να σημειωθεί ότι το ελαιόλαδο συγκεκριμένα είναι πολύ ανθεκτικό στην οξείδωση (αυτοοξείδωση) εξαιτίας της μικρής περιεκτικότητας σε πολυακόρεστα λιπαρά οξέα και εξαιτίας της παρουσίας φυσικών αντιοξειδωτικών (Kocchar and Gertz, 2004). Η αυτοοξείδωση μπορεί να περιγραφεί σε τρία στάδια: 1.εισαγωγή 2.διάδοση 3.τερματισμός. Αυτά τα στάδια περιγράφονται αναλυτικά ως εξής:

1. Εισαγωγή: Στο στάδιο αυτό, το οποίο είναι γνωστό και σαν στάδιο έναρξης, η οξείδωση προχωρεί με αργό ρυθμό. Σαν στάδιο εισαγωγής ορίζεται η χρονική περίοδος πριν από την εμφάνιση της ανεπιθύμητης οσμής και γεύσης, όπου η κατανάλωση ατμοσφαιρικού οξυγόνου είναι σχετικά μικρή. Ο χρόνος που διαρκεί η εισαγωγή, ποικίλλει για τις διάφορες κατηγορίες των ελαίων. (εικόνα 4) και επηρεάζεται από αρκετούς παράγοντες οι οποίοι επιδρούν στο ρυθμό της αντίδρασης.

2. Διάδοση: Όταν συμπληρωθεί η περίοδος της εισαγωγής, η οξείδωση προχωρεί με μεγαλύτερο ρυθμό. Το σημείο επί της καμπύλης, όπου το δείγμα αρχίζει να μυρίζει και να αποκτά γεύση ταγγισμένου προϊόντος συμπίπτει, με την αρχή του σταδίου της διάδοσης (εικόνα 4), γνωστού και σαν στάδιο πολλαπλασιασμού.

3. Τερματισμός: Κατά το στάδιο αυτό η οξείδωση τερματίζεται, διότι τα προϊόντα τα οποία σχηματίζονται είναι αδρανή και έχουν χάσει πια το χαρακτήρα των ελεύθερων ριζών που είναι απαραίτητες για να προχωρήσει η οξείδωση.



Εικόνα 4: Απόδοση των σταδίων εισαγωγής και διάδοσης σε δύο έλαια διαφορετικής αντοχής στην οξείδωση (1. Στάδιο εισαγωγής, 2. Στάδιο διάδοσης) (Κυριτσάκης, 2007).

→ Πολυμερισμός

Ο πολυμερισμός συμβαίνει κατά τη διάρκεια του τηγανίσματος, περιλαμβάνοντας μεγάλη ποικιλία χημικών αντιδράσεων που έχουν ως αποτέλεσμα το σχηματισμό ενώσεων με μεγάλο μοριακό βάρος και πολικότητα. Πολυμερή είναι δυνατόν να σχηματιστούν από ελεύθερες ρίζες ή από τριγλυκερίδια μέσω της αντίδρασης Diels–Alder. Τα κυκλικά λιπαρά οξέα μπορούν να σχηματιστούν εντός ή μεταξύ τριγλυκεριδίων. Διμερή των λιπαρών οξέων μπορούν να σχηματιστούν μεταξύ δύο λιπαρών οξέων που ανήκουν στα ίδια ή σε διαφορετικά τριγλυκερίδια. Καθώς τα παραπάνω μόρια συνεχίζουν να συνδέονται λαμβάνονται πολυμερή με μεγάλο μοριακό βάρος. Καθώς τα πολυμερισμένα προϊόντα αυξάνονται μέσα στο έλαιο τηγανίσματος, παράλληλα αυξάνεται και το ιξώδες του ελαίου (Warner, 2002).

→ Ισομερείωση

Ισομερείωση καλείται η διαδικασία μετατροπής των ακόρεστων λιπαρών οξέων από cis σε trans διαμόρφωση σε υψηλές θερμοκρασίες (Goburdhum et al., 2001). Τα trans λιπαρά οξέα είναι ακόρεστα λιπαρά οξέα στα οποία τα άτομα του άνθρακα βρίσκονται σε αντίθετες κατευθύνσεις κατά μήκος του διπλού δεσμού. Τα περισσότερα λίπη και έλαια περιέχουν μόνο cis διπλούς δεσμούς, στους οποίους τα άτομα του άνθρακα βρίσκονται προς την ίδια πλευρά του διπλού δεσμού (Mensink and Katan, 1990). Η οξείδωση και η μερική υδρογόνωση προωθούν τον ισομερισμό των cis μορφών σε trans. Η παρατεταμένη θέρμανση έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του σχηματισμού trans λιπαρών οξέων (Kiritsakis et al., 1989).

5.5 Παράγοντες που επηρεάζουν την αποσύνθεση του ελαίου κατά το τηγάνισμα

Η κατανόηση των μηχανισμών θερμικής αποικοδόμησης των τηγανισμένων ελαίων είναι δύσκολη, διότι εξαρτάται από πολλές μεταβλητές, όπως είναι η ακορεστότητα των λιπαρών οξέων, η θερμοκρασία των ελαίων, η απορρόφηση του οξυγόνου, η μεταφορά των μετάλλων από το σκεύος τηγανίσματος στο έλαιο και η φύση του τροφίμου. Μία σειρά παραγόντων που επηρεάζουν τις αντιδράσεις της υδρόλυσης, της θερμικής οξειδωσης και του πολυμερισμού και εν τέλει επηρεάζουν το τηγανισμένο έλαιο, παρουσιάζονται στον πίνακα 4 (Warner, 2002).

Η υποβάθμιση του ελαίου μπορεί να ελεγχθεί ή ακόμη και να αποτραπεί με κατάλληλη διαχείριση αυτών των παραγόντων. Για παράδειγμα, για να βοηθήσει την παρεμπόδιση της επιδείνωσης του ελαίου τηγανίσματος, η επιλογή ενός φρέσκου ελαίου με καλή αρχική ποιότητα, όχι υψηλό βαθμό οξειδωσης, χαμηλά επίπεδα πολυακόρεστων λιπαρών οξέων και χαμηλά επίπεδα μετάλλων, οδηγεί σε μικρότερη τελική υποβάθμιση. Η προσθήκη υλών με αντιοξειδωτικές και αντικαπνιστικές ιδιότητες μπορεί επίσης να συμβάλει στη διατήρηση της ποιότητας ενός ελαίου (Gordon and Kourimska, 1995).

Πίνακας 4: Παράγοντες που έχουν επιπτώσεις στην αποσύνθεση του ελαίου τηγανίσματος.

Έλαιο/Τρόφιμο/Πρόσθετες ουσίες	Διαδικασία
Ακορεστότητα λιπαρών οξέων	Θερμοκρασία ελαίου
Είδος ελαίου	Χρόνος τηγανίσματος
Είδος τροφίμου	Αερισμός/ Απορρόφηση οξυγόνου
Μέταλλα στο έλαιο/στο τρόφιμο	Σκεύος τηγανίσματος
Αρχική ποιότητα ελαίου	Συνεχές ή διακοπτόμενο τηγάνισμα
Προϊόντα αποικοδόμησης στο έλαιο	Ρυθμός τηγανίσματος
Αντιοξειδωτικά	Μεταφορά θερμότητας
Αντικαπνιστικά	Ρυθμός αντικατάστασης, ενδιάμεση προσθήκη ελαίου, φιλτράρισμα του ελαίου/καθαρισμός σκεύους

(Warner, 2002).

5.6. Προϊόντα Αποσύνθεσης

Κατά τη διάρκεια του τηγανίσματος, σχηματίζονται πτητικά και μη πτητικά προϊόντα αποσύνθεσης. Τα τρόφιμα που τηγανίζονται σε αυτά τα έλαια μπορεί να περιέχουν μία σημαντική ποσότητα των προϊόντων αποσύνθεσης για να προκαλέσουν τα πιθανά δυσμενή αποτελέσματα στην ασφάλεια, τη γεύση, τη σταθερότητα γεύσης, το χρώμα και τη σύσταση των τηγανισμένων τροφίμων. Αν και οι πτητικές ενώσεις είναι πρώιστα αρμόδιες για τη γεύση – και θετικά και αρνητικά – τα θερμικά πολυμερή δεν έχουν άμεσα επιπτώσεις στη γεύση. Επομένως, τα θερμικά πολυμερή μπορούν να υπάρξουν σε ένα εδωδιμο προϊόν, αλλά οι συνθήκες που οδηγούν στο σχηματισμό τους δεν αντιμετωπίζονται συνήθως στην εμπορική πρακτική (Warner, 2002).

5.6.1 Πτητικά προϊόντα

Κατά τη διάρκεια του τηγανίσματος (βαθύ τηγάνισμα), καθώς το έλαιο θερμαίνεται συνεχώς ή περιοδικά παρουσία του αέρα, και η θερμική και οξειδωτική αποσύνθεση του ελαίου εμφανίζεται, παράγονται πτητικά και μη πτητικά προϊόντα αποσύνθεσης (πίνακας 5). Ακόμα και στα απλά μοντέλα τηγανίσματος, χωρίς τρόφιμα, σχηματίζονται εκατοντάδες πτητικές ενώσεις, οι οποίες σε θερμοκρασία τηγανίσματος, εγκαταλείπουν το έλαιο με αποτέλεσμα η σύνθεση του διαλύματος να μεταβάλλεται συνεχώς (Dobarganes et al., 2000).

Υπάρχει δυσκολία στο να καθορισθεί ο μηχανισμός εκατοντάδων πτητικών ενώσεων που βρίσκονται στα έλαια τηγανίσματος ή στα τηγανιτά τρόφιμα (Takeoka et al., 1996).

Για όλους αυτούς τους λόγους, η ταυτοποίηση των πτητικών ενώσεων που παράγονται από την αντίδραση του ελαίου τηγανίσματος και συστατικών των τροφίμων αποτελεί μία δύσκολη διαδικασία (Dobarganes et al., 2000).

Πίνακας5: Πτητικά και μη πτητικά προϊόντα αποσύνθεσης κατά το τηγάνισμα των ελαίων.

Πτητικά	Μη πτητικά
Υδρογονάνθρακες	Μονοακυκλογλυκερίδια
Κετόνες	Διακυκλογλυκερίδια
Αλδεΐδες	Οξειδωμένα τριακυκλογλυκερίδια
Αλκοόλες	Διμερή τριακυκλογλυκερίδια
Εστέρες	Τριμερή τριακυκλογλυκερίδια
Λακτόνες	Πολυμερή τριακυκλογλυκερίδια
	Ελεύθερα λιπαρά οξέα

(Warner, 2002).

5.6.2 Μη πτητικά προϊόντα αποσύνθεσης

Τα μη πτητικά προϊόντα αποσύνθεσης σε υπερβολικά χρησιμοποιημένα έλαια τηγανίσματος περιλαμβάνουν πολυμερή τριγλυκεριδίων, παράγωγα οξειδωμένων τριγλυκεριδίων, κυκλικές ενώσεις και προϊόντα διάσπασης (Perkins, 1996). Το μη πολυμερισμένο τμήμα των ελαίων περιλαμβάνει κυρίως αναλλοίωτα τριγλυκερίδια σε συνδυασμό με τα οξειδωμένα παράγωγά τους. Παράλληλα, περιλαμβάνει μονο- και διγλυκερίδια, ατελή γλυκερίδια, τριγλυκερίδια με κυκλικά λιπαρά οξέα και με διμερή λιπαρών οξέων, καθώς και οποιοδήποτε άλλο μη πτητικό συστατικό (Warner, 2002).

Οι Rojoka και Perkins(1987), κατηγοριοποίησαν τα μη πτητικά προϊόντα αποσύνθεσης σε πολικούς και μη πολικούς πολυμερείς μεθυλεστέρες των λιπαρών οξέων και σε μονομερείς μεθυλεστέρες των λιπαρών οξέων με

αναλλοιώτους, αλλοιωμένους, (οξειδωμένους, κυκλοποιημένους, ισομερισμένους κλπ.) και ατελείς εστέρες λιπαρών οξέων.

5.7 Ασφάλεια τηγανισμένων ελαίων και τροφίμων

Η ανησυχία όσον αφορά τις διατροφικές πτυχές και την ασφάλεια των ελαίων, που υφίστανται υποβάθμιση κατά το τηγάνισμα, ολοένα και αυξάνεται. Έχουν ήδη διεξαχθεί πολλές δοκιμές σε πειραματόζωα για τον προσδιορισμό των κινδύνων που προκύπτουν από την κατανάλωση υποβαθμισμένων ελαίων τηγανίσματος και εφαρμόζονται διάφορες μέθοδοι ελέγχου της ποιότητας των τηγανισμένων ελαίων.

5.7.1 Επικίνδυνες ουσίες που παράγονται κατά το τηγάνισμα

Έχει διαπιστωθεί, από πολλούς επιστήμονες, ότι η θέρμανση των ελαίων έχει σαν αποτέλεσμα το σχηματισμό δυνητικά επικίνδυνων ενώσεων για την υγεία του ανθρώπου. Οι ενώσεις αυτές μπορεί να είναι αναστολείς ενζύμων, ουσίες που συμβάλλουν στη διάσπαση βιταμινών, προϊόντα οξείδωσης του λίπους, ουσίες που προκαλούν ερεθισμό του γαστρεντερικού συστήματος, δυνητικά μεταλλαξογόνες ουσίες κ.α. (Clark and Serbia, 1991).

Τα υπερβολικά θερμασμένα έλαια έχουν αποδειχθεί τοξικά σε πειραματόζωα. Παράλληλα, έχουν παρατηρηθεί υψηλοί δείκτες θνησιμότητας. Τα ολικά πολικά συστατικά των τηγανισμένων ελαίων, σε υπερβολικά μεγάλες δόσεις, οδηγούν στην εμφάνιση των παρακάτω συμπτωμάτων:

- α) καθυστέρηση της ανάπτυξης
- β) διόγκωση των νεφρών και του ήπατος
- γ) διαταραχή των ενζυμικών συστημάτων

Σε αντίθεση με τα παραπάνω, τα έλαια τα οποία θερμαίνονται σε φριτέζα κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες, δεν δημιουργούν ανεπιθύμητες συνέπειες ακόμα και αν χρησιμοποιούνται σε μακροχρόνιες δοκιμές θρέψης (Billek, 2000).

Σύμφωνα με τους Sanders and T.A.B. (1989), οι ενώσεις των υποβαθμισμένων ελαίων που έχουν χαρακτηριστεί ως τοξικές είναι οι

παρακάτω:

- Υδροϋπεροξειδία
- Υδροξυ λιπαρά οξέα
- Καρβονυλικές ενώσεις
- Κυκλικά μονομερή
- Διμερή και πολυμερή
- Πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες
- Οξειδωμένες στερόλες
- Δεκαδιενάλη (trans, trans-2,4-δεκαδιενάλη)
- Ακρυλαμίδιο

1) Υδροϋπεροξειδία

Το πρώτο στάδιο στην οξειδωση των ελαίων είναι ο σχηματισμός υδροϋπεροξειδίων, τα οποία είναι ασταθή σε καυτό έλαιο, αλλά μπορούν να ξαναδημιουργηθούν όταν το έλαιο αφηθεί σε ηρεμία για να κρυώσει και κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης των τηγανιτών τροφίμων (Billek, 2000). Τα λιπιδικάυδροϋπεροξειδία μπορούν να ενεργοποιήσουν ή να απενεργοποιήσουν συγκεκριμένα ένζυμα. Έχει αναφερθεί ότι τα υδροϋπεροξειδία του λινελαϊκού οξέος αναστέλλουν τη δράση των ριβονουκλεασών, της πεψίνης, της θρυψίνης και των παγκρεατικών λιπασών (Sanders and T.A.B., 1989).

Τα υδροϋπεροξειδία απορροφώνται σε πολύ μικρό ποσοστό από τον οργανισμό αλλά υδρολύονται από τις λιπάσες με τον ίδιο ρυθμό που υδρολύονται και τα αρχικά τριγλυκερίδια. Όλα τα υδροϋπεροξειδία χαμηλού μοριακού βάρους είναι πολύ τοξικά, όταν χορηγούνται ενδοφλέβια, αλλά είναι σχετικά αβλαβή όταν δίνονται ως τροφή μέσω του γαστρεντερικού σωλήνα, όπου και μετατρέπονται μέσω της ενζυμικής διάσπασης, σε υδροξυ-οξέα (Billek, 2000).

2) Υδροξύ – λιπαρά οξέα

Τα δευτερεύοντα προϊόντα της οξειδωσης των ελαίων είναι τα κυρίως υπεύθυνα για τις οξείες βιολογικές συνέπειες. Το κοινό σύμπτωμα που προκαλείται από το σχηματισμό των λιπαρών οξέων, που φέρουν ομάδες υδροξυλίου από τα υδροϋπεροξειδία των λιπαρών οξέων, είναι διάρροια.

Πολλοί ερευνητές μελέτησαν εκτεταμένα τα υδροξυλιωμένα λιπαρά οξέα. Έτρεφαν πειραματόζωα με τροφές που περιείχαν μέχρι και 20% λιπαρά οξέα που σχηματίζονταν από την υδρόλυση του σογιέλαιου. Το έλαιο αυτό είχε μεγάλη απορρόφηση από τον οργανισμό, εκτός από αυτό με τον υψηλότερο βαθμό υδροξυλίωσης, όπου παρατηρήθηκε μειωμένη απόδοση θρέψης και υψηλή θνησιμότητα. Τα υδροξυλιωμένα έλαια προκάλεσαν βλάβη στο ήπαρ, αύξηση των τριγλυκεριδίων και της χοληστερόλης του αίματος (Alexander, 1986).

3) Καρβονυλικές ενώσεις

Οι καρβονυλικές ενώσεις είναι δευτερεύοντα προϊόντα οξειδωσης, που σχηματίζονται από την αποσύνθεση των υδροϋπεροξειδίων. Έχει αποδειχθεί από την ανάλυση Ames, ότι οι καρβονυλικές ενώσεις έχουν ασθενή μεταλλαξιγόνο δράση. Από την υπεροξείδωση των λιπών και ελαίων, σχηματίζεται η μηλονικήδιαλδεύδη, η οποία είναι τόσο μεταλλαξιγόνα όσο και καρκινογόνα ουσία (Sanders and T.A.B., 1989).

4) Κυκλικά μονομερή

Τα μονομερή κυκλικά λιπαρά οξέα σχηματίζονται κυρίως από το λινελαϊκό και λινολενικό οξύ, κατά τη θέρμανση των φυτικών ελαίων σε θερμοκρασίες 200° C και άνω. Τέτοιες θερμοκρασίες αναπτύσσονται κατά το τηγάνισμα και κατά τον εξευγενισμό των ελαίων, ειδικά κατά το στάδιο της απόσμησης.

Έχει αναφερθεί ότι τα κυκλικά μονομερή, ως παραπροϊόντα τηγανίσματος, επηρεάζουν τη δράση των μεταβολικών ενζύμων αλλά η τοξικότητά τους δεν μπορεί να επιβεβαιωθεί, αφού και άλλες ενώσεις άγνωστης δομής μπορεί να είναι υπεύθυνες για την παρατηρούμενη τοξικότητα.

5) Διμερή και πολυμερή

Τα ακόρεστα τριγλυκερίδια πολυμερίζονται σε θερμοκρασίες τηγανίσματος. Δημιουργούνται καινούριοι δεσμοί μεταξύ των μορίων του λίπους, που οδηγούν στη δημιουργία διμερών, τριμερών και υψηλά πολυμερισμένων τριγλυκεριδίων. Τα πολυμερισμένα συστατικά των ελαίων τηγανίσματος απορροφώνται ελάχιστα από το γαστρεντερικό σύστημα αλλά είναι δυνατόν να αλληλεπιδράσουν με το περιεχόμενο του γαστρεντερικού αυλού και να επηρεάσουν την απορρόφηση των λιποδιαλυτών βιταμινών. Η υδρόλυση των διμερών και πολυμερών των τριγλυκεριδίων, από την παγκρεατική λιπάση, δυσχεραίνεται καθώς αυξάνεται το μοριακό βάρος αυτών των ενώσεων. Γενικά τα πολυμερή και διμερή των τριγλυκεριδίων δεν παρουσιάζουν τοξικές δράσεις στον οργανισμό (Sanders and T.A.B., 1989).

6) Πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες

Οι πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες είναι πιθανόν τοξικές ουσίες και γνωστά καρκινογόνα. Ως προς το σχηματισμό καρκινογόνων υδρογονανθράκων, η θέρμανση των λιπών και ελαίων σε θερμοκρασίες τηγανίσματος, μπορεί να θεωρηθεί ασφαλής (Sanders and T.A.B., 1989).

7) Οξειδωμένες στερόλες

Υπάρχει συνεχώς αυξανόμενο ενδιαφέρον όσον αφορά τα προϊόντα οξείδωσης των στερολών, εξαιτίας των ενδεχομένων δυσμενών συνεπειών στην υγεία του ανθρώπου. Τα προϊόντα οξείδωσης της χοληστερόλης, έχουν εξεταστεί για πιθανή μεταλλαξογόνο, κυτταροτοξική και καρκινογόνο δράση. Πιστεύεται ότι οι οξυστερόλες, σε δόσεις μεγαλύτερες από αυτές που λαμβάνονται μέσω της τροφής, καταστέλλουν τη βιοσύνθεση της ενδογενούς χοληστερόλης και προκαλούν καταστροφή των αρτηριών (Boskou, 2002).

8) trans, trans-2,4-δεκαδιενάλη

Η οξειδωτική αποσύνθεση των πολυακόρεστωντριγλυκεριδίων, οδηγεί στο σχηματισμό ενός μίγματος αλδευδών. Οι πολυακόρεστες αυτές αλδεύδες είναι δραστικά προϊόντα για τα οποία έχει τεκμηριωθεί όταν εμφανίζουν διάφορες κυτταροτοξικές και γονιδοτοξικές επιδράσεις. Σύμφωνα με τους Kaliora et al. (2003), η trans, trans-2,4-δεκαδιενάλη προκαλεί in vitro οξείδωση της LDL χοληστερόλης.

Παράλληλα έχει αποδειχθεί πειραματικά ότι παρουσιάζει γονιδοτοξική και κυτταροτοξική δράση σε A-549 κύτταρα, τα οποία σχετίζονται με τον καρκίνο του πνεύμονα, και προκαλεί οξειδωτικές βλάβες στο DNA. Επίσης, η trans, trans-2,4-δεκαδιενάλη έχει συσχετιστεί με αθηροσκλήρυνση σε επιδημιολογικές μελέτες.

Τέλος, έχει βρεθεί ότι προκαλεί καθυστέρηση της ανάπτυξης των επιθυλιακών κυττάρων του πνεύμονα καθώς και οξειδωτικό στρες σε αυτά.

9) Ακρυλαμίδιο

Το ακρυλαμίδιο πιθανολογείται να είναι γονιδοτοξικό, καρκινογόνο και ότι προκαλεί περιφερική νευροπάθεια. Μεταβολίζεται στην εποξειδικήγλυκιδαμίδα, η οποία επίσης θεωρείται νευροτοξική (Gertz and Klostermann, 2002).

5.8 Παράγοντες που ευθύνονται για τις επικίνδυνες ουσίες του τηγανίσματος

Σύμφωνα με τους Varela et al. (1980), υπάρχουν πολλοί παράγοντες που ευθύνονται για τον βαθμό και την έκταση των ζημιών που επιφέρει το τηγάνισμα και είναι οι ακόλουθοι:

- Το είδος της λιπαρής ουσίας και κυρίως ο βαθμός ακορεστότητάς της και η αντοχή της στη θερμοοξειδωση
- Η υγιεινή της κατάσταση, μέτρο της οποίας είναι η ελεύθερη οξύτητά της, ο δείκτης υπεροξειδίου κ.α.
- Το ύψος της θερμοκρασίας στην οποία γίνεται το τηγάνισμα του ελαίου
- Ο τρόπος με τον οποίο γίνεται το τηγάνισμα, που μπορεί να είναι στεγνό τηγάνισμα από τις δύο πλευρές ή τηγάνισμα με εμβάπτιση του τροφίμου στο έλαιο τηγανίσματος
- Η αλληλεπίδραση μεταξύ τηγανιζόμενου τροφίμου και ελαίου
- Η διάρκεια τηγανίσματος
- Η χρησιμοποίηση τηγανιού ή χύτρας για το τηγάνισμα του τροφίμου
- Η χρήση της ίδιας ποσότητας ελαίου για επανειλημμένα τηγανίσματα, πραγματοποιούμενα μέσα σε χρονικό διάστημα ημερών ή εβδομάδων
- Η εκχύλιση βαρέων μετάλλων (χαλκού ή σιδήρου) από το μέσο τηγανίσματος μέσα στη μάζα του ελαίου κατά την διάρκεια του τηγανίσματος.

Κεφάλαιο 6ο

6.1 Το ελαιόλαδο ως καταλληλότερο έλαιο για τηγάνισμα.

Τα έλαια που χρησιμοποιούνται κατά τη διάρκεια του τηγανίσματος είναι πολλά όπως αναφέρθηκαν παραπάνω. Βέβαια κατά το τηγάνισμά τους προκύπτουν διάφορες φυσικές και χημικές μεταβολές στα έλαια με πολλά αρνητικά αποτελέσματα στον ανθρώπινο οργανισμό. Όλες οι λιπαρές ουσίες, κατά τη διάρκεια του τηγανίσματος, υπόκεινται σε αλλοιώσεις θερμοοξειδωτικής φύσεως, που είναι κατά περίπτωση ήπιες ή σοβαρές, ανάλογα με την κατηγορία στην οποία ανήκει η κάθε λιπαρή ουσία και του τρόπου χρησιμοποιήσεώς τους για το τηγάνισμα. Γι' αυτό το λόγο θα πρέπει να διερευνηθεί και να αναλυθεί η καταλληλότητα των ελαίων ως προς το τηγάνισμα. Παρακάτω θα αναλυθούν οι διαφορές μεταξύ των ελαίων τηγανίσματος, καθώς και τα οφέλη και πλεονεκτήματα του ελαιολάδου έναντι των υπόλοιπων σπορελαίων για τη χρήση τους στο τηγάνισμα (Μπαλατσούρας, 1997).

6.2 Σύγκριση ελαίων που χρησιμοποιούνται κατά το τηγάνισμα

Σύμφωνα με τον Varella (1980), αξιολογήθηκε με διάφορα πειράματα το ελαιόλαδο συγκριτικά με άλλες λιπαρές ουσίες, ως προς την καταλληλότητά του για τηγάνισμα. Έτσι, διαπιστώθηκε ότι το ελαιόλαδο σχημάτιζε μία λεπτή κρούστα στο εξωτερικό των τηγανιτών τροφίμων με αυξημένη λιποπεριεκτικότητα, ενώ οι άλλες λιπαρές ουσίες σχημάτιζαν παχύτερη κρούστα, πτωχότερη όμως σε λιπαρή ουσία. Οπότε, αποδείχτηκε το ελαιόλαδο πλεονεκτικότερο έναντι των άλλων λιπαρών ουσιών διότι δίνει κρούστα λεπτότερη και περισσότερο τραγανή, με συνέπεια να διατηρείται για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Επίσης, το ελαιόλαδο αποδείχτηκε περισσότερο εύπεπτο από ο, τι οι άλλες λιπαρές ουσίες.

Όπως έχει προαναφερθεί, υπάρχει ένας «μύθος» ότι τα σπορέλαια είναι τα καταλληλότερα έλαια για τηγάνισμα. Διάφορα πειράματα αμφισβητούν αυτό το δεδομένο. Με βάση τη μοριακή δομή των τριγλυκεριδίων, θα πρέπει να σχηματίζονται ελάχιστες υπεροξειδικές ελεύθερες ρίζες και τοξικά παράγωγα,

όταν το τηγάνισμα γίνεται με έλαια πλούσια σε κορεσμένα λιπαρά οξέα, ενώ αναμένεται σχηματισμός στο μέγιστο, αν το έλαιο είναι πλούσιο σε πολυακόρεστα λιπαρά οξέα.

Έτσι, αποδεικνύεται πόσο ατυχής και άστοχη είναι η προτίμηση των σπορέλαιων για το τηγάνισμα των διαφόρων τροφίμων, σε οικιακή και βιομηχανική χρήση. Στην προκειμένη περίπτωση, το ευρύ καταναλωτικό κοινό υπήρξε θύμα μίας αδίστακτης και αστήριχτης διαφήμισης και προπαγάνδας για χρησιμοποίηση των ακατάλληλων σπορέλαιων στο τηγάνισμα, τα οποία είναι πλούσια σε πολυακόρεστα λιπαρά οξέα.

Το ελαιόλαδο, επειδή είναι πλούσιο στο μονοακόρεστο λιπαρό οξύ, ελαϊκό οξύ, και πτωχό σε πολυακόρεστα λιπαρά οξέα και, επιπλέον επειδή είναι αρκετά εφοδιασμένο με φυσικές αντιοξειδωτικές ουσίες, προσφέρεται για επάλληλα τηγανίσματα περισσότερο από ότι τα σπορέλαια (Μπαλατσούρας, 1997).

Κατά τους Viola et al (1980), το παρθένο ελαιόλαδο αποδείχτηκε περισσότερο ανθεκτικό στη θερμοοξειδωση. Το λινελαϊκό οξύ περιέχεται σε μικρότερα ποσοστά στο ελαιόλαδο από ότι στα σπορέλαια και αντέχει σε ήπια θέρμανση.

Εν συνεχεία, η πεπτικότητα των πρωτεϊνών που τηγανίζονται σε ελαιόλαδο, μειώνεται ελάχιστα και μάλιστα λιγότερο από ότι στα σπορέλαια.

Επιπρόσθετα, τα σπορέλαια που είναι πλούσια σε πολυακόρεστα λιπαρά οξέα είναι περισσότερο ζημιογόνα στο ήπαρ του ανθρώπου σε σχέση με το ελαιόλαδο, το οποίο πειραματικά προξένησε σοβαρή ηπατική στεάτωση.

Οι Alexander et al. (1978), μελέτησαν τις επιπτώσεις των νεφρών σε μία διατροφή που είχε ως βάση λιπαρές ουσίες και διαπίστωσε:

- Εκφυλισμό των κυττάρων
- Νεκρώσεις των σωληνίσκων
- Συσσώρευση κοκκίων που παρεμποδίζουν τη λειτουργία των αγωγών

Οι ζημιές ήταν πολύ μικρότερες στην περίπτωση του ελαιολάδου, από ότι στην περίπτωση των σπορέλαιων, και το συμπέρασμα ήταν ότι τα νεφρά

σε σύγκριση με τα άλλα όργανα του σώματος, ζημιώνονται λιγότερο από τις τηγανισμένες λιπαρές ουσίες.

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, το ελαιόλαδο, ακόμη και όταν θερμανθεί για σύντομο χρονικό διάστημα στους 200 °C, διατηρεί τις χολεκκριτικές και τις χολαγωγικές του ιδιότητες και δεν δρα επιβλαβώς στην κανονική λειτουργία του ήπατος και των άλλων οργάνων του ανθρώπινου οργανισμού (Beatriz et al., 1994).

Επιπλέον, τα άτομα τα οποία ήδη πάσχουν από γαστρίτιδα, έλκος, ανωμαλίες ήπατος- χολής κ.α. έδειξαν ότι τα φαγητά που τηγανίστηκαν με ελαιόλαδο δεν επιδείνωσαν την κατάστασή τους όταν το τηγάνισμα γινόταν σε χαμηλή θερμοκρασία και ολοκληρωνόταν σε σύντομο χρονικό διάστημα.

Γενικά, τα τηγανιτά τρόφιμα δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται με υπερβολή, διότι αν το ανθρώπινο διαιτολόγιο δεν είναι ισορροπημένο, τότε δημιουργούνται προβλήματα όχι μόνο σε ανθρώπους που ήδη πάσχουν από κάποιο νόσημα αλλά και σε ανθρώπους τελείως υγιής.

Σε πολλά πειράματα, το ελαιόλαδο διατήρησε την πεπτικότητά του, ακόμη και όταν χρησιμοποιήθηκε για επάλληλα τηγανίσματα. Επίσης, πολύ ικανοποιητική αποδείχτηκε η πεπτικότητα των υδατανθράκων και των πρωτεϊνών στα τηγανιτά τρόφιμα με ελαιόλαδο. Επιπλέον, δεν υπήρξε καμία διαφορά στη γεύση, όταν το ελαιόλαδο χρησιμοποιήθηκε σε επάλληλα τηγανίσματα.

Το ελαιόλαδο είναι το ακριβότερο από όλα τα φυτικά έλαια. Παρόλα αυτά είναι φυσικό προϊόν και συνεισφέρει, όσο κανένα έλαιο στο άρωμα και τη γεύση του τελικού προϊόντος. Τρόφιμα που τηγανίζονται με ελαιόλαδο, αποκτούν την υψηλή τους γευστικότητα με κατανάλωση μικρής ποσότητας ελαίου, σε σύγκριση με τα σπορέλαια.

Τέλος, στο τηγάνισμα με ελαιόλαδο απαιτείται λιγότερο έλαιο αναλογικά από ότι στα σπορέλαια, διότι δεν διαποτίζει το τρόφιμο στο σύνολό του. Επιπλέον, όση ποσότητα ελαιολάδου μείνει, μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί γιατί δεν οξειδώνεται και δεν αλλοιώνεται εύκολα. Οπότε η σχέση: ποιότητα τηγανιτών τροφίμων / τιμή ελαιολάδου, είναι περισσότερο οικονομική.

Συμπερασματικά, με βάση τα ανωτέρω αποτελέσματα, το ελαιόλαδο, και ιδιαίτερα το παρθένο, αν και είναι η πιο ακριβή λιπαρή ουσία και για πολλές χώρες δυσεύρετη, συγκεντρώνει ευεργετικές ιδιότητες για την υγεία του ανθρώπου και για τη σωστή διατροφή του, με αποτέλεσμα να δικαιώνεται η υψηλή τιμή του σε σύγκριση με τις άλλες λιπαρές ουσίες. Το ελαιόλαδο, σε σύγκριση με τα υπόλοιπα έλαια, είναι το πιο κατάλληλο από τα έλαια τηγανίσματος και μπορεί να χρησιμοποιηθεί πολλές φορές, και θα πρέπει να χρησιμοποιείται για το τηγάνισμα όταν οι οικονομικοί λόγοι κυρίως δεν θέτουν φραγμούς (Μπαλατσούρας, 1997).

6.3 Οφέλη ελαιολάδου

Το ελαιόλαδο, και ειδικά το παρθένο ελαιόλαδο, έχει διάφορα οφέλη ως προς τα τηγανιτά έλαια και τρόφιμα. Περιέχει έναν μεγάλο αριθμό δομικών ετερογενών συστατικών σε χαμηλές συγκεντρώσεις, μεταξύ αυτών και τα μικροσυστατικά του ελαιολάδου: βιταμίνες, όπως οι τοκοφερόλες (βιταμίνη E), φαινόλες, υδρογονάνθρακες (σκουαλένιο), στερόλες, αρωματικές ενώσεις και φυτοστερόλες.

Μεγάλος αριθμός μελετών έχει δείξει τα ωφέλιμα αποτελέσματα των συστατικών αυτών. Το σκουαλένιο ιδιαίτερα έχει αποδειχθεί ότι έχει αντικαρκινογόνο δράση. Επομένως, η σχετικά υψηλή περιεκτικότητα σε σκουαλένιο και φυτοστερόλες είναι ένα ακόμη πολύτιμο χαρακτηριστικό, που μεγεθύνει τα ωφέλιμα αποτελέσματα του ελαιολάδου στην ανθρώπινη υγεία.

Οι παραπάνω ουσίες είναι υπεύθυνες για τη μοναδική οσμή και γεύση του ελαιολάδου. Επίσης, αυξάνουν τη σταθερότητά του και βεβαίως παρεμποδίζουν επιβλαβείς διαδικασίες όπως είναι η υπεροξειδωση των λιπιδίων. Επομένως, η παρουσία όλων αυτών των ενώσεων, αποτελεί επιπλέον λόγο για τον οποίο θα πρέπει να συστήνεται το ελαιόλαδο ως κύρια πηγή λίπους στην καθημερινή διατροφή του ανθρώπου.

Κάθε έλαιο παρουσιάζει έναν ωφέλιμο χρόνο ζωής στη διάρκεια του οποίου μπορεί να χρησιμοποιηθεί με ασφάλεια για τηγάνισμα. Έχει αναφερθεί ότι το ελαιόλαδο μπορεί να χρησιμοποιηθεί με ασφάλεια δύο με τρεις φορές συνεχόμενα.

Τέλος, έχει προταθεί η χρήση μίγματος (50/50) ελαιολάδου και καλαμποκέλαιου για καθημερινή χρήση στο οικιακό τηγάνισμα, στις περιπτώσεις που υπάρχουν οικονομικοί λόγοι (Μπαλατσούρας, 1997).

6.3.1 Πλεονεκτήματα Ελαιολάδου στο τηγάνισμα

Το ελαιόλαδο θεωρείται το καταλληλότερο έλαιο για το τηγάνισμα. Τα βασικά συμπεράσματα στα οποία έχουν καταλήξει πολλοί ερευνητές σε διάφορες επιστημονικές εργασίες που έχουν γίνει κατά καιρούς σε όλο τον κόσμο όπως τεκμηριώνονται με αντίστοιχα πειράματα και μετρήσεις αποδεικνύουν ότι το ελαιόλαδο όχι μόνο δεν είναι κατώτερο από τα σπορέλαια στο τηγάνισμα, αλλά αντίθετα πλεονεκτεί σε πολλά σημεία (Μπόσκου et al., 2008).

Αρχικά, το ελαιόλαδο καλής ποιότητας καίγεται και «καπνίζει» στους 210 °C, ενώ τα περισσότερα σπορέλαια καίγονται και «καπνίζουν» σε χαμηλότερες θερμοκρασίες περίπου στους 180 °C. Επομένως, τα σπορέλαια διασπώνται σε επιβλαβείς για την υγεία ενώσεις ευκολότερα με θέρμανση από ότι το ελαιόλαδο.

Δεύτερον, όταν καταναλώνει κάποιος τηγανισμένα έλαια αυξάνει η πηκτικότητα (πήξη) του αίματός του, γι' αυτό και δεν συνιστώνται τα τηγανιτά στους ανθρώπους που έχουν πρόβλημα με την καρδιά και τα αγγεία τους. Όταν όμως χρησιμοποιείται ελαιόλαδο, η επίδραση στην πήξη του αίματος είναι μικρότερη από τα σπορέλαια.

Τρίτον, το ελαιόλαδο σχηματίζει λεπτότερη και πιο τραγανή «κρούστα» επάνω στα τηγανισμένα τρόφιμα και γενικά τα «διαποτίζει» λιγότερο. Έτσι, τα φαγητά που είναι τηγανισμένα με ελαιόλαδο είναι πιο «ελαφρά» γιατί έχουν λιγότερες θερμίδες, ενώ παράλληλα καταναλώνουν λιγότερο λάδι στο τηγάνισμα.

Τέταρτον, η κατανάλωση τηγανιτών τροφίμων σε ελαιόλαδο, αυξάνει λιγότερο τα τριγλυκερίδια του αίματος, συγκριτικά με τα σπορέλαια. Επίσης, τα τρόφιμα που τηγανίζονται σε ελαιόλαδο χωνεύονται καλύτερα και είναι θρεπτικότερα για τον ανθρώπινο οργανισμό.

Πέμπτον, το ελαιόλαδο, όταν χρησιμοποιηθεί για τηγάνισμα πρώτη φορά, πρέπει να φιλτράρεται (σουρώνεται) και να φυλάσσεται σε μέρος σκοτεινό με χαμηλές θερμοκρασίες. Έτσι, μπορεί να χρησιμοποιηθεί, χωρίς σοβαρές αλλοιώσεις για πολλά τηγανίσματα. Δεν ωφελεί να αναμιγνύεται με μη τηγανισμένο ελαιόλαδο, όταν πρόκειται να επαναχρησιμοποιηθεί.

Επιπρόσθετα, το ελαιόλαδο είναι ίσως το ακριβότερο από άλλα φυτικά ή ζωικά λάδια. Είναι, όμως, φυσικό προϊόν και οι περισσότεροι συμφωνούν πως δίνει καλύτερο άρωμα και γεύση στα φαγητά.

Τέλος, το ελαιόλαδο βοηθάει:

- Στην καλή λειτουργία του εντέρου
- Στη μείωση των γαστρικών υγρών
- Στο σωστό μεταβολισμό των διαβητικών και κατά συνέπεια στην ισορροπία των τιμών του σακχάρου.
- Στην αναζωογόνηση του δέρματος
- Στο γεγονός ότι δεν περιέχει καθόλου χοληστερόλη (Κυριτσάκης, 2007).

Σύμφωνα με όλα τα παραπάνω το ελαιόλαδο πλεονεκτεί έναντι όλων των σπορέλαιων. Τα τηγανισμένα φαγητά με ελαιόλαδο υπερέχουν από πλευράς υγιεινής κατάστασης (καρδιοπάθειες), διατροφικής ασφάλειας (καρκινογένεσις) αλλά και γευστικότητας. Επομένως, χωρίς αμφιβολία είναι το πλέον καταλληλότερο έλαιο για τηγάνισμα τροφίμων.

Κεφάλαιο 7ο

7.1 Φασματοφωτομετρία υπεριώδους-ορατού

Η φασματοφωτομετρία απορροφήσεως αποτελεί αναμφίβολα μία από τις σημαντικότερες αναλυτικές τεχνικές, η οποία χρησιμοποιείται κυρίως για τον ποσοτικό προσδιορισμό ουσιών, με συσχέτιση του ποσοστού απορροφήσεως ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας προς τη συγκέντρωση της ουσίας που είναι υπεύθυνη για την απορρόφηση (ποσοτική φασματοφωτομετρία).

Το φως ταξιδεύει μέσω του διαστήματος με τη μορφή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων σε διάφορα **μήκη κύματος**. Ολόκληρο το φάσμα μήκους κύματος αντιπροσωπεύει το ηλεκτρομαγνητικό φυτόφασμα. Το φασματοφωτόμετρο μελετά τη αλληλεπίδραση μεταξύ φωτός και ύλης **σε συγκεκριμένες περιοχές του φάσματος**, με σκοπό να εξάγει πληροφορίες σχετικά με **τις ιδιότητες της ύλης που μελετάται** (Lee et al., 2011).

Το τμήμα του μορίου, που είναι υπεύθυνο για την απορρόφηση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, καλείται χρωμοφόρο και η εμφάνιση των χαρακτηριστικών ταινιών απορροφήσεων, των διαφόρων χρωμοφόρων ομάδων σ' ένα φάσμα απορροφήσεως, είναι ενδεικτική για την ύπαρξη των ομάδων αυτών στο μόριο. **Συγκεκριμένα για τα λάδια η εξέταση τόσο στο ορατό όσο και στο υπεριώδες μπορεί να δώσει σημαντικές πληροφορίες για τη σύσταση και την ποιότητα του ελαιολάδου.**

Η φασματοφωτομετρική εξέταση στο υπεριώδες είναι οι απορροφήσεις στα μήκη κύματος που καθορίζονται στη μέθοδο και εκφράζονται ως ειδικές αποσβέσεις

$E_{1\text{cm } 1\%}$ (η απόσβεση διαλύματος 1% του ελαίου στον καθορισμένο διαλύτη σε πάχος 1cm), συμβατικά παριστάμενες με K (που ονομάζεται επίσης συντελεστής απόσβεσης). Ο δείκτης ΔK είναι το κριτήριο διάκρισης μεταξύ ενός παρθένου ελαιολάδου κακής ποιότητας και ενός παρθένου ελαιολάδου νοθευμένου με ραφινέ ελαιόλαδο.

Το UV φάσμα (υπεριώδες) περιλαμβάνει την ηλεκτρονική απορρόφηση των λιπαρών οξέων. Συγκεκριμένα σε μήκος κύματος 230-270nm δείχνει

υψηλή απορρόφηση όταν είναι παρόντα συζευγμένα δι- και τρι- μονοακόρεστα λιπαρά οξέα. Γι' αυτό το λόγο οι απορροφήσεις στα 232nm και 270nm και τα αντίστοιχα K_{232} και K_{270} , παρέχουν μια επίσημη μέθοδο ελέγχου ποιότητας ελαιολάδου, η οποία είναι ικανή να ανιχνεύσει την οξείδωση και τη νοθεία του προϊόντος μέσω των ραφιναρισμένων. Επίσης στα 300-400nm παρέχονται πληροφορίες για τις πολυφαινόλες (Jimenez Marquez, 2013, Cerretani et al., 2005).

Το VIS φάσμα (ορατό) αποκαλύπτει την παρουσία βαφών και χρωμάτων (Wrolstad et al., 2005). Οι χλωροφύλλες α και β και τα παράγωγά τους (φαιοφυτίνες), καροτενοειδή και φλαβονοειδή, όπως οι ανθοκυάνες, παρουσιάζουν δικά τους χαρακτηριστικά στο ορατό φάσμα. Με τον όρο φως ορίζεται η περιοχή της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που βλέπει το ανθρώπινο μάτι και περιλαμβάνει τις ακτινοβολίες με μήκη κύματος 400-700nm. Στην ορατή περιοχή του φάσματος απορροφώνται ενώσεις που εμφανίζουν εκτεταμένη συζυγία (πάνω από 4-6 διπλούς δεσμούς που εναλλάσσονται με απλό δεσμό). Στα 270nm απορροφούν διένια και τριένια (συζυγιακοί δεσμοί), καθώς επίσης αλδεΐδες και κετόνες. Όσο αυξάνονται οι συζυγιακοί δεσμοί, αυξάνεται και το μήκος κύματος στο οποίο απορροφά η ένωση.

Για να πραγματοποιηθούν μετρήσεις στο **ορατό, VIS**, χρησιμοποιούμε το φασματοφωτόμετρο με τον ίδιο τρόπο όπως και στο UV, με τη μόνη διαφορά ότι στο ορατό φάσμα δεν κάνουμε αραίωση στα δείγματα.

Στην πράξη όλο το φάσμα απορρόφησης (ορατό-υπεριώδες), μπορεί να θεωρηθεί μια οπτική υπογραφή, ένα είδος δακτυλικού αποτυπώματος του ελαιολάδου. Τα στοιχεία της φασματοσκοπίας μπορούν να επεξεργαστούν κατάλληλα, ώστε να αποκτηθεί συσχέτιση στους δείκτες ποιότητας, στη γεωγραφική προέλευση, στην ανθεκτικότητα του προϊόντος, όπως επίσης και στην ανίχνευση νοθείας.

7.2 Οργανολογία φασματοφωτομετρίας υπεριώδους-ορατού

Το φάσμα UV-VIS είναι μία από τις πιο δημοφιλείς μεθόδους μέτρησης της συμβατικής αναλυτικής χημείας (Mellon, 1950, Bauman, 1962). Για τη μέτρηση της απορρόφησης, όπως αναφέρεται και παραπάνω, χρησιμοποιούνται φωτόμετρα και φασματοφωτόμετρα. Η ονομασία φωτόμετρο αναφέρεται στη μέτρηση της ισχύος (εντάσεως) της ακτινοβολίας και απομονώνει μια στενή περιοχή έτσι ώστε να εμφανίζεται το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα. Στα φασματοφωτόμετρα, η απομόνωση της μονοχρωματικής δέσμης γίνεται με μονοχρωμάτορα και ταξινομούνται σε καταγραφικά (αυτογραφικά) ή μη, σε φασματοφωτόμετρα υπεριώδους ή ορατού ή υπεριώδους-ορατού ή υπερύθρου, σε φασματοφωτόμετρα απλής (μονής) ή διπλής δέσμης κλπ.. Όλα τα φασματοφωτόμετρα περιέχουν τις ίδιες βασικές δομικές μονάδες, δηλαδή:

- 1) μία πηγή ακτινοβολίας σταθερής ισχύος, που αναφέρεται και ως πηγή φωτός ή απλώς πηγή,
- 2) έναν επιλογέα μήκους κύματος για την απομόνωση της επιθυμητής ακτινοβολίας,
- 3) μια κυψελίδα για την τοποθέτηση του δείγματος,
- 4) έναν ανιχνευτή ακτινοβολίας, που μετατρέπει το οπτικό σήμα σε ηλεκτρικό (μεταλλάκτης) και
- 5) ένα σύστημα μετρήσεως, το οποίο συνήθως περιλαμβάνει ενισχυτή του σήματος και όργανο αναγνώσεως.

Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα είναι ότι:

- 1) έχει άμεση μέτρηση: ελάχιστη ή καθόλου προετοιμασία δειγμάτων, συνεπώς η ανάλυση είναι απλή, γρήγορη και δεν απαιτεί χειρονακτική παρέμβαση,
- 2) λόγω της μικρής ποσότητας δείγματος που απαιτεί δεν προκαλεί ζημιά στο δείγμα και

- 3) παρουσιάζει συμβατότητα για χρήση σε βιομηχανίες μέσω συμπαγών οργάνων.

Παρά τη βασική ομοιότητα των φασματοφωτομέτρων, δεν υπάρχει ένα φασματοφωτόμετρο, το οποίο να καλύπτει ολόκληρο το υπεριώδες, το ορατό και το υπέρυθρο. **Ο λόγος γι αυτό είναι οι διαφορετικές πηγές ακτινοβολίας και ο τρόπος με τον οποίο η ακτινοβολία αλληλεπιδρά με την ύλη.** Έτσι συνήθως υπάρχουν όργανα που μετρούν στο ορατό και υπεριώδες έχοντας δύο διαφορετικές πηγές ακτινοβολίας και όργανα που μετρούν στο υπέρυθρο έχοντας διαφορετικό σχεδιασμό και πηγή ακτινοβολίας. Συνήθως έχουμε φασματοφωτόμετρο ορατού (340-800nm), φασματοφωτόμετρο υπεριώδους-ορατού (190-800nm) και φασματοφωτομέτρου υπέρυθρου (2-15μm). Η περιοχή λειτουργίας του φασματοφωτομέτρου καθορίζεται από:

- 1) την περιοχή των μηκών κύματος της ακτινοβολίας που παρέχεται από την πηγή,
- 2) από την διαπερατότητα των οπτικών τμημάτων του (μονοχρωμάτορας, κυψελίδα) και
- 3) από τη φασματική απόκριση του ανιχνευτή.

7.2.1 Βασικές μονάδες των φασματοφωτομετρικών οργάνων

α) Πηγές ακτινοβολίας

Στην υπεριώδη περιοχή χρησιμοποιείται η λυχνία εκκενώσεως υδρογόνου (ή δευτερίου), η οποία παράλληλα με τη συνεχή ακτινοβολία (160-365nm) εκπέμπει και γραμμική ακτινοβολία σε μεγαλύτερα μήκη κύματος, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη ρύθμιση της κλίμακας μηκών κύματος ενός μονοχρωμάτορα. Το περίβλημα της λυχνίας αποτελείται από χαλαζία ή από ύαλο με παράθυρο από χαλαζία, γιατί ο ύαλος δεν επιτρέπει τη δίοδο της υπεριώδους ακτινοβολίας. Μία πολύ ισχυρότερη πηγή είναι η λυχνία ξένου, υψηλής πίεσεως, που χρησιμοποιείται και στην ορατή περιοχή.

Στην ορατή περιοχή χρησιμοποιείται λυχνία πυρακτώσεως βολφραμίου, στην οποία σπείραμα από σύρμα βολφραμίου που βρίσκεται

μέσα σε υάλινο περίβλημα, πυρακτώνεται με ηλεκτρικό ρεύμα και φωτοβολεί

β) Επιλογείς μήκους κύματος

Στην ποσοτική φασματοφωτομετρική ανάλυση χρησιμοποιείται κατά κανόνα στενή περιοχή μηκών κύματος, διότι με αυτόν τον τρόπο αυξάνεται η εκλεκτικότητα, η ευαισθησία και η περιοχή συγκεντρώσεων στην οποία ισχύει ο νόμος του Beer.

Η απομόνωση της επιθυμητής στενής περιοχής επιτυγχάνεται με (οπτικό) φίλτρο ή με μονοχρωμάτορα (πρίσμα ή φράγμα περιθλάσεως).

γ) Κυψελίδες

Ανάλογα με την περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, το υλικό κατασκευής των κυψελίδων ποικίλλει. Συγκεκριμένα στο υπεριώδες χρησιμοποιείται χαλαζίας και ύαλος ή πλαστικό για το ορατό.

δ) Ανιχνευτές

Τα κύρια χαρακτηριστικά ποιότητας ενός ανιχνευτή ακτινοβολίας είναι:

- απόκριση σε ευρεία περιοχή του φάσματος,
- υψηλή ευαισθησία ώστε να είναι δυνατή η ανίχνευση των ασθενών ακτινοβολιών,
- μικρός χρόνος αποκρίσεως,
- παραγωγή ηλεκτρικού σήματος που επιδέχεται εύκολα ενίσχυση,
- μικρό και σταθερό σήμα θορύβου και
- μεγάλη περιοχή γραμμικότητας μεταξύ παραγόμενου σήματος και ισχύος της ακτινοβολίας που προσπίπτει στον ανιχνευτή.

Οι συνηθέστεροι ανιχνευτές είναι τα φωτοβολταϊκά κύτταρα, οι φωτολυχνίες και οι φωτοπολλαπλασιαστές.

ε) Ενισχυτής και όργανο αναγνώσεως (μετρήσεως)

Το ηλεκτρικό σήμα στην έξοδο του ανιχνευτή ενισχύεται και η ανάγνωση του μετρητή δείχνεται στο φασματοφωτόμετρο, ως ένδειξη μιας κλίμακας ή υπό ψηφιακή μορφή, ή καταγράφεται σε ποτενσιομετρικό καταγράφεα.

στ) Τύποι φασματοφωτομέτρων

Αν και όλα τα φασματοφωτόμετρα αποτελούνται από τις ίδιες βασικές μονάδες, υπάρχουν πολλές διαφορές μεταξύ τους, ανάλογα με την περιοχή διαφοροποίησης ενός οργάνου, τον κατασκευαστή, την απαιτούμενη διαχωριστικότητα και ακρίβεια. Τα φασματοφωτόμετρα διακρίνονται σε φασματοφωτόμετρα απλής ή διπλής δέσμης.

ζ) Έλεγχος και βαθμονόμηση του φασματοφωτομέτρου

Επιτυγχάνεται με τη βοήθεια της γραμμικής ακτινοβολίας λυχνίας Hg ή H₂, ή τις οξείες κορυφές απορρόφησης ειδικών υαλικών φίλτρων.

7.3 Μεθοδολογία

7.3.1 Φάσμα απορρόφησης στο ορατό υπεριώδες

Το φάσμα απορρόφησης μιας ουσίας είναι μια γραφική παράσταση που δείχνει πως μεταβάλλεται η απορρόφηση συναρτήσει του μήκους κύματος της ακτινοβολίας. Η απορρόφηση του δείγματος εξαρτάται από πολλές μεταβλητές, που αφορούν το όργανο ή το χημικό σύστημα. Γι' αυτό κάθε φάσμα πρέπει να συνοδεύεται και από τα εξής δεδομένα: α) τον τύπο του οργάνου που χρησιμοποιήθηκε, β) την ταχύτητα σαρώσεως, γ) το πάχος της κυψελίδας, δ) το ενεργό εύρος ταινίας του μονοχρωμάτορα και ε) όλα τα σχετικά χημικά δεδομένα, όπως διαλυτή, συγκέντρωση, pH, θερμοκρασία κλπ..

7.3.2 Πορεία φασματοφωτομετρικής ποσοτικής ανάλυσης.

Τα σπουδαιότερα στάδια μιας φασματοφωτομετρικής αναλύσεως είναι:

- 1) Η επιλογή της απορροφούσας ουσίας και η λήψη του φάσματος απορρόφησης της (εάν δεν είναι ήδη γνωστό),
- 2) Η επιλογή του καταλληλότερου μήκους κύματος,

- 3) Η κατασκευή της καμπύλης αναφοράς και
- 4) Η μέτρηση της απορροφήσεως του διαλύματος του αγνώστου και ο υπολογισμός της συγκεντρώσεώς του από την καμπύλη αναφοράς.

7.3.3 Σφάλματα φασματοφωτομετρίας

Οι συνηθέστερες πηγές σφαλμάτων στη φασματοφωτομετρία είναι:

- 1) Όργανα. Στα φασματοφωτόμετρα απλής δέσμης σφάλματα μπορούν να προκύψουν από μεταβολές στην ισχύ της πηγής ακτινοβολίας, την απόκριση (ευαισθησία) του ανιχνευτή, τον ηλεκτρικό θόρυβο, την τοποθέτηση της κυψελίδας και του μήκους κύματος. Για την ελαχιστοποίηση του σφάλματος αναλύσεως πρέπει να ελέγχονται περιοδικά τόσο η βαθμονόμηση των οργάνων, όσο και η καμπύλη αναφοράς (ή η μέτρηση ενός προτύπου), ιδίως όταν αυτή πρόκειται να χρησιμοποιηθεί επί μακρόν για πολυάριθμα δείγματα, για να εξακριβωθεί μήπως με την πάροδο του χρόνου έχουν υπεισέλθει σφάλματα που προκαλούνται από μεταβολές στα αντιδραστήρια ή στο περιβάλλον.
- 2) Προσωπικά σφάλματα. Τα συνηθέστερα προσωπικά σφάλματα προέρχονται από κακό χειρισμό των οργάνων. Το εσωτερικό και το εξωτερικό των κυψελίδων πρέπει να διατηρείται απόλυτα καθαρό, ενώ τα διαλύματα πρέπει να είναι απαλλαγμένα από αιωρήματα, τα οποία είναι δυνατόν να προκαλέσουν σκέδαση της ακτινοβολίας.
- 3) Ακαθαρσίες (προσμίξεις). Λόγω της μικρής συγκεντρώσεως των φασματοφωτομετρικά προσδιοριζόμενων ουσιών, οι ακαθαρσίες των αντιδραστηρίων και του διαλύτη είναι δυνατόν να είναι της ίδιας τάξεως μεγέθους με αυτές και να προκαλέσουν μεγάλα σχετικά σφάλματα.
- 4) Απορροφούσες παρεμποδίζουσες ουσίες. Εάν στο δείγμα συνυπάρχουν και άλλες ουσίες εκτός από την προσδιοριζόμενη, οι οποίες απορροφούν στην ίδια περιοχή μηκών κύματος με αυτή, αυτές απομακρύνονται πριν από τη μέτρηση της απορροφήσεως ή δεσμεύονται με καλυπτικά αντιδραστήρια.
- 5) Χημικές παρεμποδίσεις. Αυτές είναι δυνατόν να οφείλονται, είτε σε δευτερεύουσες αντιδράσεις (υδρόλυση ή διάσπαση της προσδιοριζόμενης ουσίας, αντίδραση αυτής με τον αέρα κλπ.), είτε σε συμμετοχή της προσδιοριζόμενης ουσίας σε χημικές ισορροπίες.

Κεφάλαιο 8^ο.

Πειραματικό μέρος

8.1 Αναλύσεις ελαιολάδου, υλικά και μέθοδοι

Στα υπό εξέταση δείγματα ελαιολάδου έγιναν μια σειρά αναλύσεων για να προσδιοριστεί η ποιοτική κατηγορία στην οποία ανήκουν, αφού πρώτα είχαν τηγανιστεί, χωρίς προσθήκη τροφίμου, σε θερμοκρασία 180°C με χρήση φριτέζας, έτσι ώστε η θερμοκρασία να παραμένει σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια του τηγανίσματος. Οι αναλύσεις που διεκπεραιώθηκαν ήταν οι εξής:

- προσδιορισμός των ειδικών συντελεστών απορρόφησης **στο υπεριώδες**
- προσδιορισμός της χλωροφύλλης **με φασματοσκοπία απορρόφησης στο ορατό.**

8.1.1 Προσδιορισμός των ειδικών συντελεστών απορρόφησης

Ο προσδιορισμός των ειδικών συντελεστών απορρόφησης ή διαφορετικά των συντελεστών K_{232} , K_{270} και της σχέσης ΔΚ, αποσκοπεί στον έλεγχο της ποιότητας ενός **ελαίου**, την κατάσταση συντήρησής του και τις μεταβολές που έχουν επέλθει σ' αυτό μέσα από τεχνολογικές διαδικασίες.

Η Σταθερά K_{232} :

Η απορρόφηση στα 232 nm οφείλεται στο σχηματισμό υδροϋπεροξειδίων και συζυγών διενίων.

→ Πρακτική σημασία: Η σταθερά K_{232} δείχνει το ενδιάμεσο ποσοστό οξειδωσης των συστατικών του ελαιολάδου. Αν η τιμή της K_{232} είναι μεγάλη αυτό οφείλεται σε έρπουσα, πολύ αργή ή μη μοντέρνα διαδικασία παραγωγής. Η τιμή αυτής της σταθεράς είναι αυξημένη π.χ., αν οι ελιές πριν από την έκθλιψη αποθηκεύονται για πολλές ημέρες. Η ανωτάτη ποιότητα ελαιολάδου, δηλαδή

το εξαιρετικό παρθένο ελαιόλαδο έχει τιμές της K_{232} μεταξύ 1,5 και 2,5.

Η σταθερά K_{270} :

Η απορρόφηση στα 270 nm οφείλεται στο σχηματισμό δευτερογενών προϊόντων οξειδωσης (καρβονυλικές ενώσεις, συζυγή τριένια).

→ Πρακτική σημασία: Η σταθερά K_{270} δείχνει το ποσοστό μείωσης της ανθεκτικότητας στην οξείδωση. Η τιμή αυτής της σταθεράς εξαρτάται από το πόσο φρέσκο είναι το ελαιόλαδο. Παλαιά ελαιόλαδα ή μείγματα με παλαιά ελαιόλαδα έχουν αυξημένες τιμές της K_{270} . Η τιμή αυτής της σταθεράς είναι πολύ χαμηλή αμέσως μετά την εμφιάλωση και αυξάνεται με την πάροδο της ηλικίας του ελαιολάδου. Η έκθεσή του στην ηλιακή ακτινοβολία ή σε υψηλές θερμοκρασίες επιταχύνουν την πρόοδο της γήρανσης. Η ανώτατη ποιότητα ελαιολάδου, ήτοι το εξαιρετικό παρθένο ελαιόλαδο έχει κατά κανόνα τιμές της K_{270} μεταξύ 0,15 και 0,22.

→ Αντιδραστήρια

- Φασματοφωτομετρικά καθαρό ισοοκτάνιο (2,2,4-τριμεθυλοπεντάνιο). Η ελάχιστη διαπερατότητα θα πρέπει να είναι 40% στα 220nm και 95% στα 250nm, όταν οι διαλύτες αυτοί συγκρίνονται με αποσταγμένο νερό.

→ Συσκευές

- Φασματοφωτόμετρο υπεριώδους φάσματος σε μήκη κύματος 232nm, 266nm, 270nm και 274nm.

→ Διαδικασία

- Διηθείται το ελαιόλαδο αν δεν είναι διαυγές.
- Ζυγίζεται με ακρίβεια περίπου 0,04g λαδιού σε δοκιμαστικό σωλήνα.
- Προστίθεται διαλύτης σε αναλογία με την ποσότητα του λαδιού που ζυγίστηκε 1:100.
- Το μείγμα αναμειγνύεται καλά σε συσκευή vortex και καλύπτεται με parafilm.

- Γεμίζεται κυψελίδα πάχους 1cm και μετράται η απορρόφηση στα 232nm, 266nm, 270nm και 274nm σε μήκος κύματος 190-800nm.

Για τον προσδιορισμό της σχέσης ΔK χρησιμοποιούμε τον παρακάτω τύπο:

$$\Delta K = K_{270} [(K_{266} + K_{274})]/2$$

Τα επιμέρους K υπολογίζονται ως εξής:

- $K_{232} = A_{232}/(4 \times \text{βάρος})$
- $K_{266} = A_{266}/(4 \times \text{βάρος})$
- $K_{270} = A_{270}/(4 \times \text{βάρος})$
- $K_{274} = A_{274}/(4 \times \text{βάρος})$

8.1.2 Προσδιορισμός της χλωροφύλλης

Η χλωροφύλλη είναι μία από τις χρωστικές των φυτικών ελαίων. Σ' αυτήν οφείλεται το πράσινο χρώμα τους. Η συγκέντρωση της χλωροφύλλης στο ελαιόλαδο είναι υψηλή και εξαρτάται από το βαθμό ωριμότητας του ελαιόκαρπου, την περιεκτικότητά του σε ελαιόφυλλα, τον τύπο του ελαιουργείου και τις συνθήκες που εφαρμόστηκαν.

Η χλωροφύλλη που περιέχεται στο ελαιόλαδο μπορεί να προσδιοριστεί με τη χρήση ορατού φασματοφωτόμετρου, μετρώντας την απορρόφηση στα 630nm, 670nm και 710nm (Κυριτσάκης, 2007).

→ Όργανο

- Φασματοφωτόμετρο ορατού (πριν χρησιμοποιηθεί πρέπει να θερμαίνεται και να ρυθμίζεται).

→ Διαδικασία

- Τοποθετείται στη θέση του μάρτυρα και στη θέση του δείγματος από μια κυψελίδα με τετραχλωράνθρακα και ρυθμίζεται το φασματοφωτόμετρο ώστε να δείχνει απορρόφηση μηδέν (διαπερατότητα 100%) στο μήκος κύματος που θα γίνει η μέτρηση.

- Απομακρύνεται η κυψελίδα, η οποία βρίσκεται στη θέση που προορίζεται για το δείγμα και τοποθετείται η κυψελίδα που περιέχει το προς εξέταση δείγμα.
- Μετράται η απορρόφηση στο συγκεκριμένο μήκος κύματος.
- Επαναλαμβάνεται η ίδια διαδικασία και για τα άλλα μήκη κύματος.

Για τον υπολογισμό της περιεκτικότητας του δείγματος σε χλωροφύλλη χρησιμοποιούμε τον παρακάτω τύπο:

$$\text{Χλωροφύλλη (mg/kg)} = 345,3 (A_{670} - 0,5 \times A_{630} - 0,5 \times A_{710}) L$$

όπου:

A= απορρόφηση

L= πάχος κυψελίδας σε cm

8.2 Πειραματική πορεία στο υπεριώδες φάσμα

Αρχικά τηγανίσαμε σε φριτέζα στους 180°C τα προς εξέταση έξι έλαια. Στο πρώτο δείγμα δεν είχε επιδράσει η θερμοκρασία (τυφλό), έτσι ώστε να χρησιμοποιηθεί ως μέτρο σύγκρισης με τα επόμενα δείγματα, που έχουν υποστεί θερμική επεξεργασία για 5, 10, 20, 30, 60 και 120 λεπτά. Έχοντας συλλέξει τα δείγματα για το κάθε έλαιο ξεχωριστά σε αποστειρωμένα δοχεία με πώμα, παραλαμβάνουμε με πιπέτα ποσότητα και ζυγίζεται σε ζυγό ακριβείας. Η ζύγιση επιτυγχάνεται σε δοκιμαστικό σωλήνα, αφού έχουμε αφαιρέσει το απόβαρο και μετράμε 0,04g.. Σε κάθε ζύγιση σημειώνουμε την ακριβή ποσότητα που παίρνουμε, έτσι ώστε να προσθέσουμε την απαραίτητη συγκέντρωση διαλύτη (ισοοκτάνιο). Το διάλυμα έλαιο-ισοοκτάνιο αναμιγνύεται σε συσκευή vortex, με αποτέλεσμα να γίνει ομοιογενές. Στη συνέχεια, γεμίζουμε την κυψελίδα με διάλυμα από κάθε σωλήνα. Καθαρίζουμε προσεκτικά την εξωτερική επιφάνεια της κυψελίδας, ώστε να μην έχει δακτυλιές και να μας δώσει το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα. Οι κυψελίδες τοποθετούνται στο φασματοφωτόμετρο σε ειδική για το προσδιοριζόμενο διάλυμα (s → sample) και ειδική θέση για το τυφλό (R → reference). Το τυφλό διάλυμα χρησιμοποιείται για να ισοροπηθούν τα φαινόμενα απορρόφησης από τα τοιχώματα της κυψελίδας καθώς και ανάκλασης της δέσμης φωτός από αυτά. Για αντιστάθμιση αυτών των φαινομένων συγκρίνεται η ισχύς της δέσμης που διαπερνά το διάλυμα του διαλύτη, με την ισχύ της δέσμης που διαπερνά την κυψελίδα, όταν αυτή περιέχει μόνο το διαλύτη.

8.3 Πειραματική πορεία για των προσδιορισμό των χλωροφυλλών

Η πειραματική διαδικασία για τον προσδιορισμό των χλωροφυλλών στο ορατό φάσμα είναι πιο απλή από αυτή στο υπεριώδες. Έχοντας τα λάδια έτοιμα στο αποστειρωμένο δοχείο, παραλαμβάνουμε μικρή ποσότητα από το καθένα, τόσο όσο για να γεμίσει η κυψελίδα του οργάνου. Τοποθετούμε αυτή με το έλαιο, αφού καθαρίσουμε προσεκτικά την εξωτερική επιφάνειά της, στο φασματοφωτόμετρο και παίρνουμε τις απορροφήσεις σε εύρος μήκους κύματος 400-800nm.

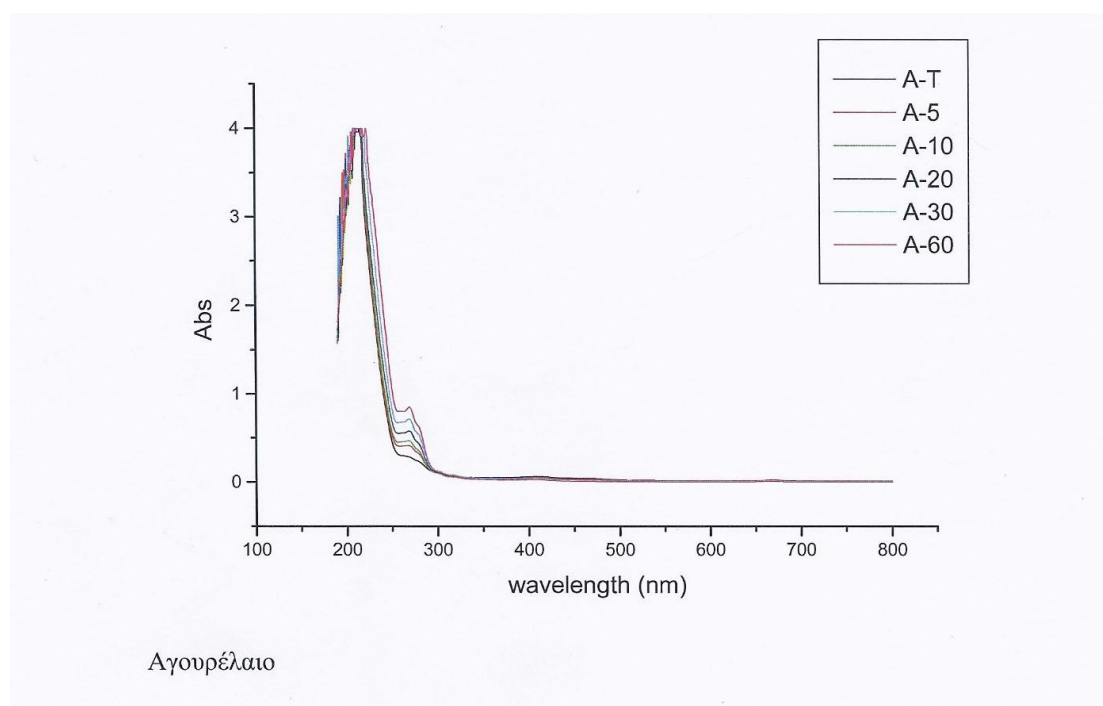
Κεφάλαιο 9^ο

9.1 Αποτελέσματα στο υπεριώδες φάσμα

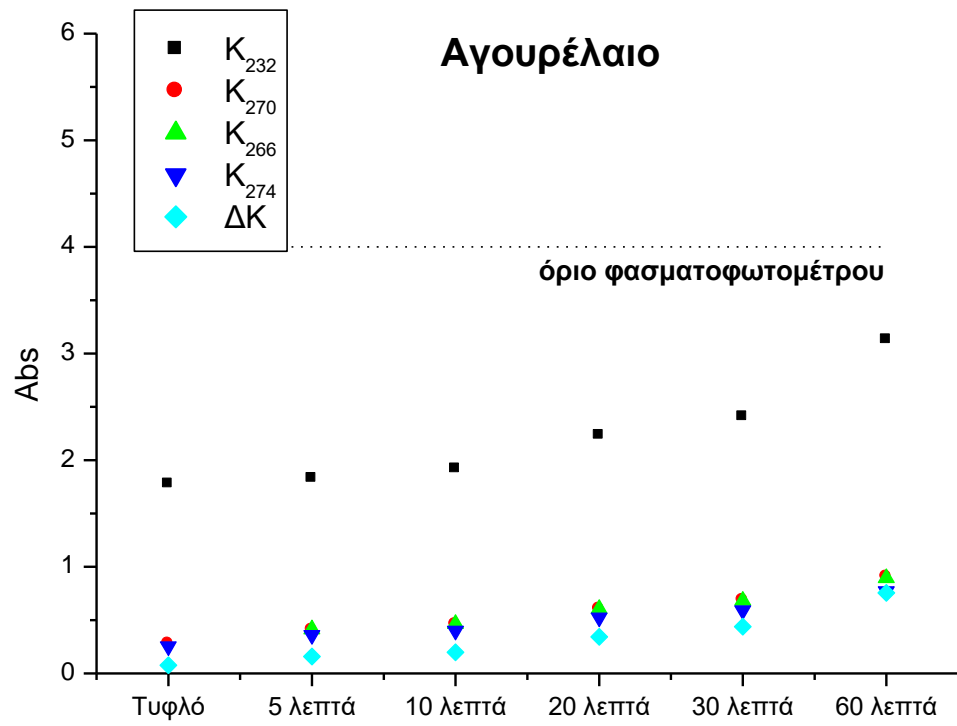
Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των διαφόρων δειγμάτων ελαιολάδου με φασματοσκοπική ανάλυση στο υπεριώδες.

9.1.1 Αποτελέσματα για το αγουρέλαιο

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται το φάσμα απορρόφησης για το αγουρέλαιο

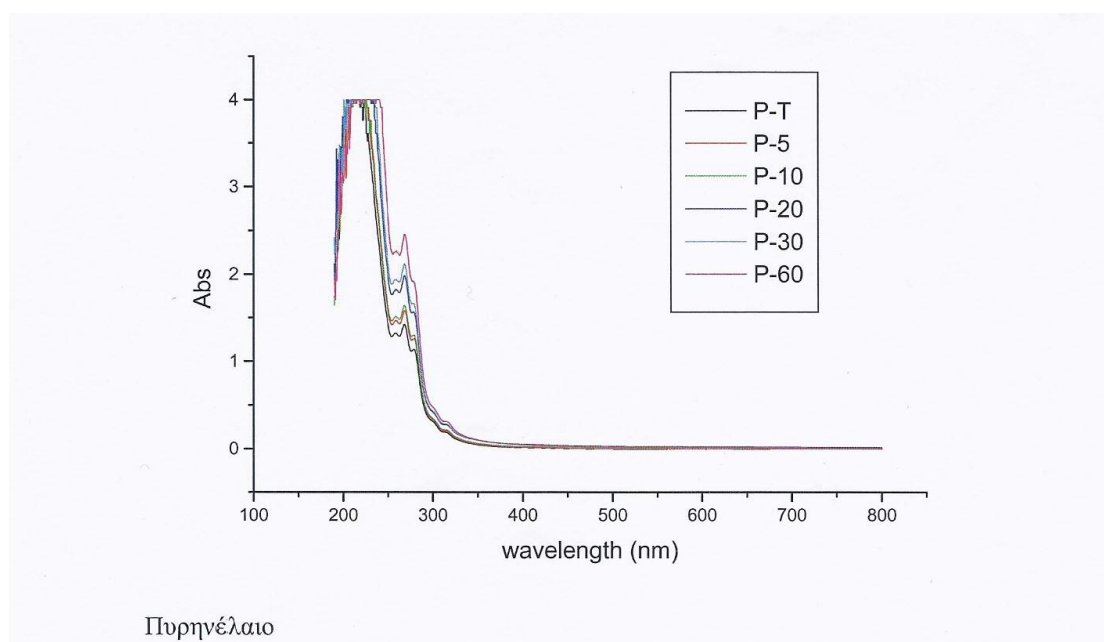


α/α	Αγουρέλαιο	K ₂₃₂	K ₂₇₀	K ₂₆₆	K ₂₇₄	ΔK
1	Τυφλό	1,776	0,278	0,29	0,254	0,076
2	5 λεπτά	1,829	0,408	0,414	0,361	0,158
3	10 λεπτά	1,918	0,459	0,464	0,401	0,199
4	20 λεπτά	2,232	0,606	0,605	0,524	0,342
5	30 λεπτά	2,406	0,688	0,682	0,591	0,438
6	60 λεπτά	3,128	0,907	0,895	0,771	0,756

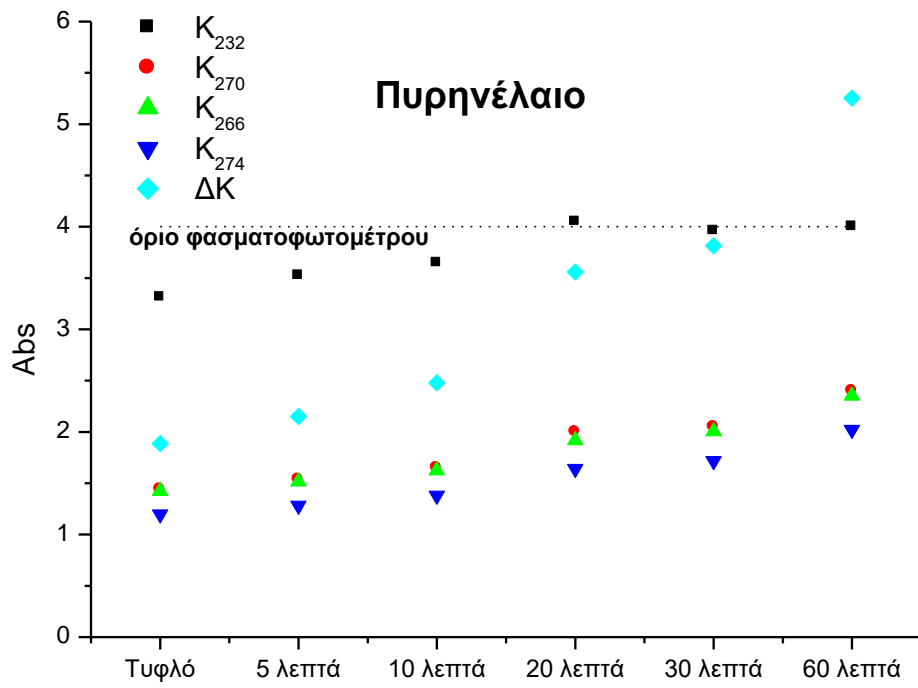


9.1.2 Αποτελέσματα για το πυρηνέλαιο

Απεικόνιση στο φάσμα υπεριώδους

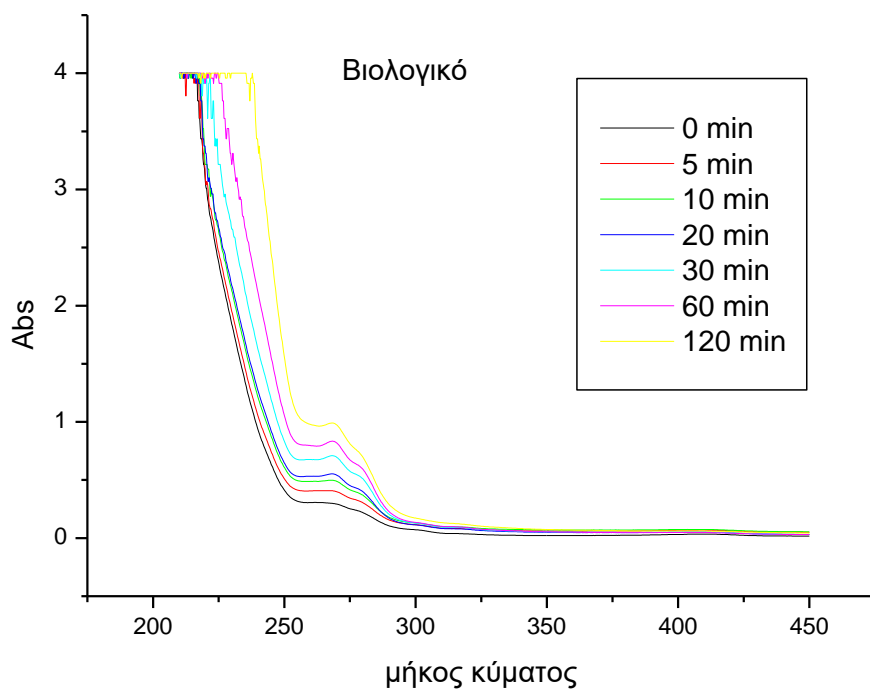


α/α	Πυρηνέλαιο	K ₂₃₂	K ₂₇₀	K ₂₆₆	K ₂₇₄	ΔK
1	Τυφλό	3,314	1,440	1,423	1,198	1,887
2	5 λεπτά	3,524	1,538	1,515	1,282	2,151
3	10 λεπτά	3,648	1,650	1,624	1,380	2,478
4	20 λεπτά	4,049	2	1,917	1,641	3,558
5	30 λεπτά	3,960	2,049	2,005	1,718	3,814
6	60 λεπτά	4	2,402	2,352	2,022	5,253



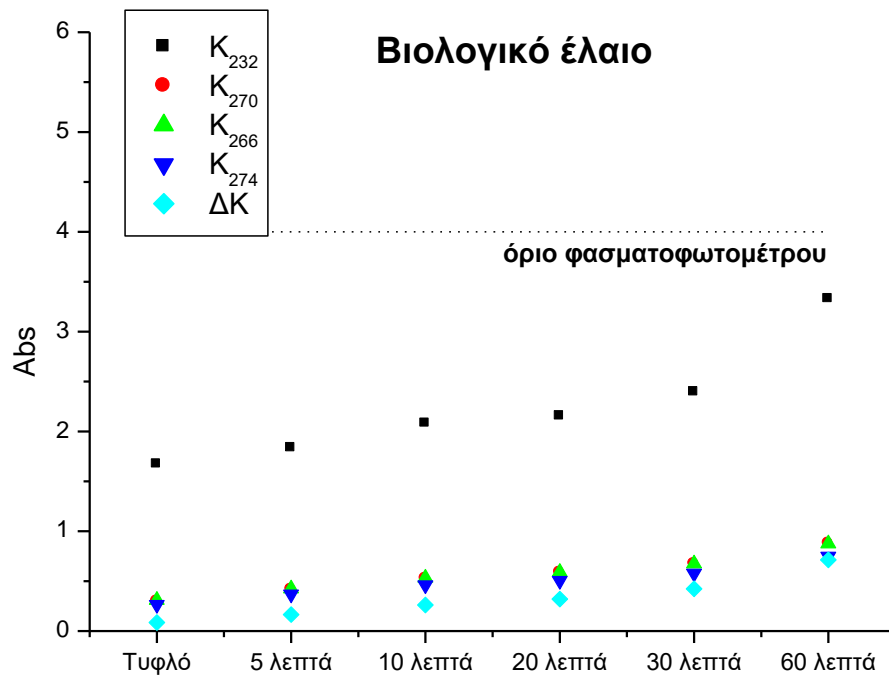
9.1.3 Αποτελέσματα για το βιολογικό ελαιόλαδο

Αρχικά θα παρουσιάσουμε σε διάγραμμα το φάσμα του βιολογικού ελαιολάδου στο υπεριώδες.



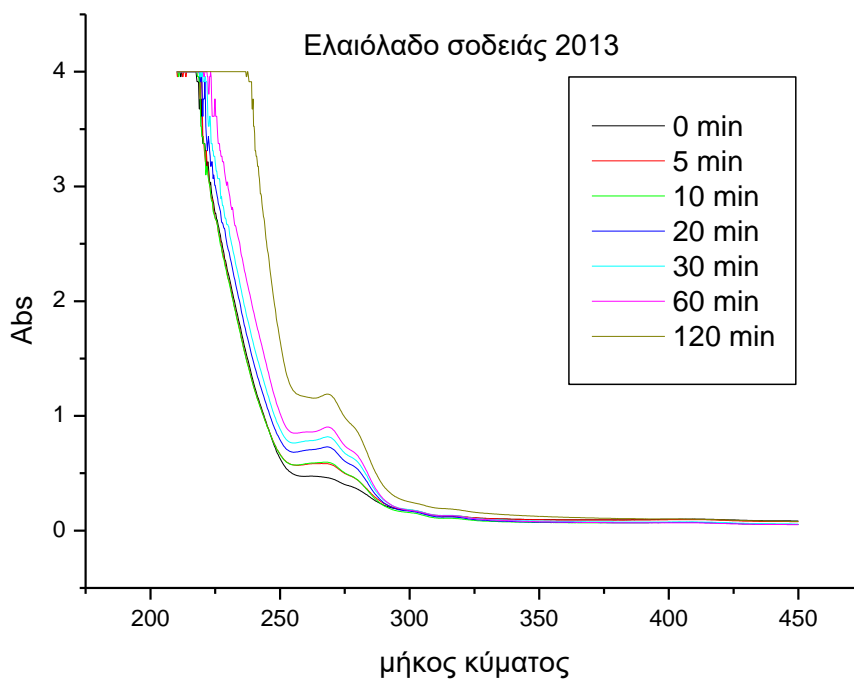
α/α	Βιολογικό	K ₂₃₂	K ₂₇₀	K ₂₆₆	K ₂₇₄	ΔΚ
1	Τυφλό	1,670	0,298	0,309	0,265	0,086
2	5 λεπτά	1,834	0,416	0,425	0,369	0,165
3	10 λεπτά	2,079	0,526	0,533	0,461	0,261
4	20 λεπτά	2,152	0,587	0,590	0,505	0,321
5	30 λεπτά	2,394	0,674	0,675	0,578	0,422
6	60 λεπτά	3,327	0,878	0,876	0,748	0,713
7	120 λεπτά	3,960	0,963	0,967	0,834	0,867

Στον παρακάτω πίνακα εμφανίζονται οι ειδικοί συντελεστές απορρόφησης.

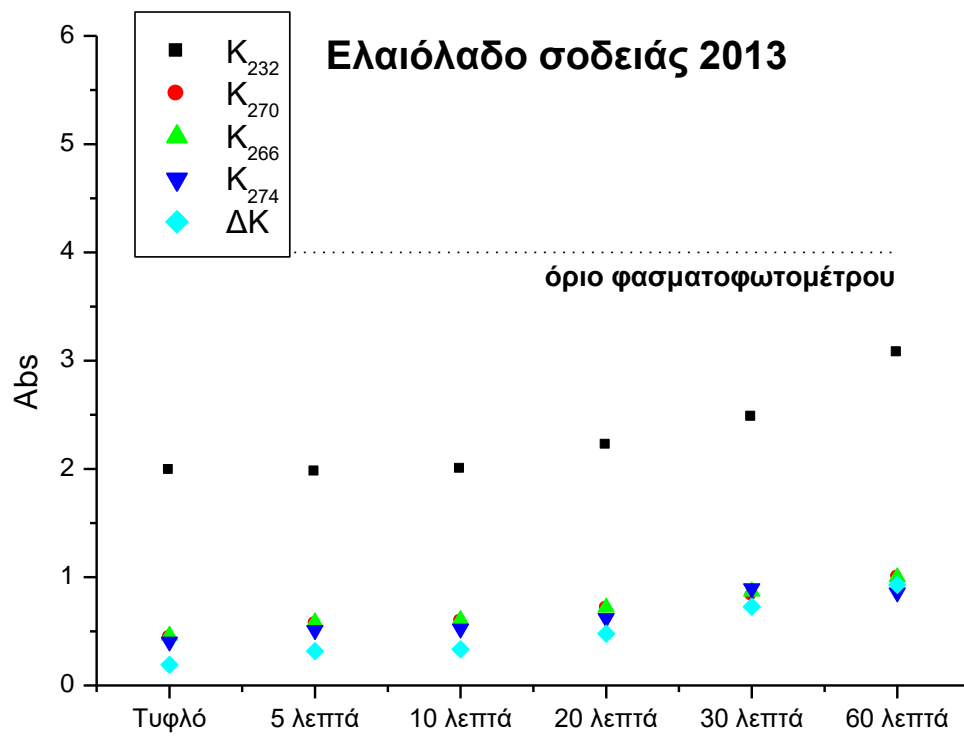


9.1.4 Αποτελέσματα για το ελαιόλαδο σοδειάς 2013

Ο πίνακας που ακολουθεί απεικονίζει το φάσμα στο υπεριώδες για το ελαιόλαδο σοδειάς 2013.

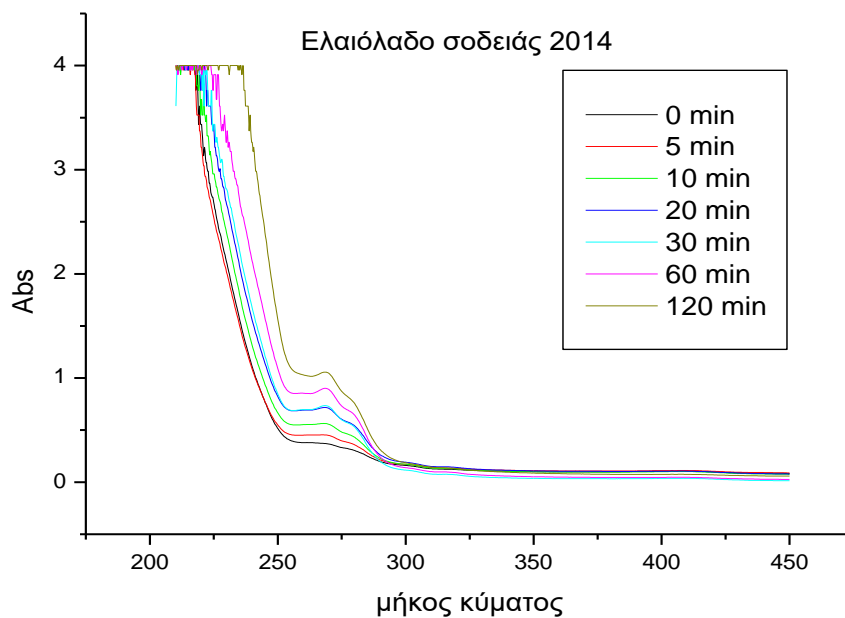


α/α	Ελαιόλαδο σοδειάς 2013	K ₂₃₂	K ₂₇₀	K ₂₆₆	K ₂₇₄	ΔK
1	Τυφλό	1,986	0,444	0,461	0,403	0,192
2	5 λεπτά	1,972	0,571	0,585	0,51	0,317
3	10 λεπτά	1,996	0,593	0,605	0,523	0,334
4	20 λεπτά	2,219	0,714	0,721	0,621	0,479
5	30 λεπτά	2,478	0,824	0,869	0,896	0,727
6	60 λεπτά	3,073	1	1	0,858	0,929
7	120 λεπτά	3,824	1,117	1,122	0,970	1,168

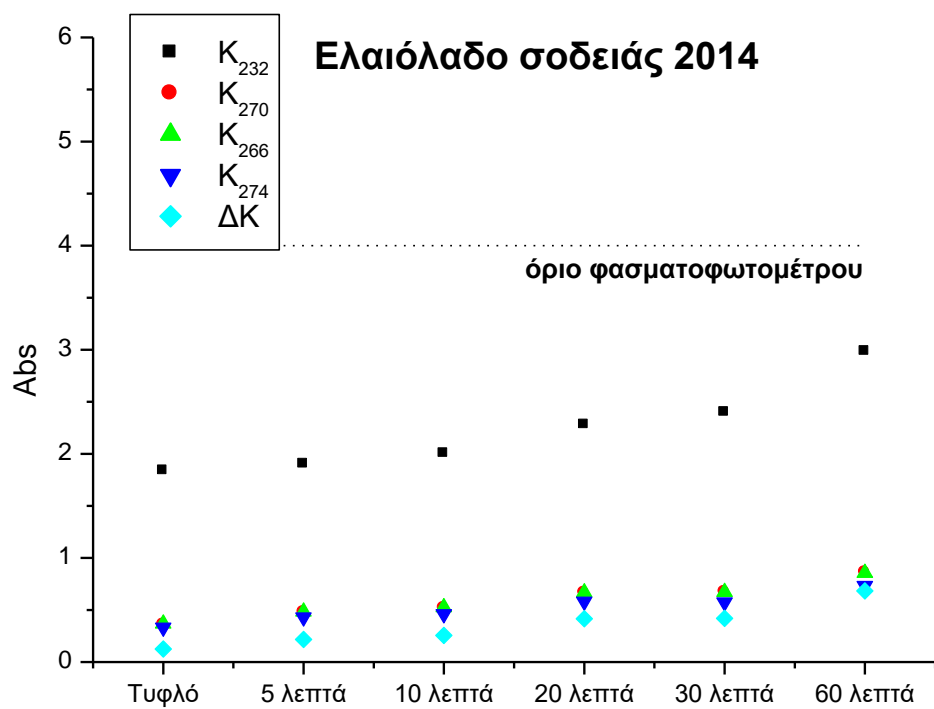


9.1.5 Αποτελέσματα για το ελαιόλαδο σοδειάς 2014

Απεικόνιση του φάσματος του ελαιολάδου σοδειάς 2014 στο υπεριώδες.

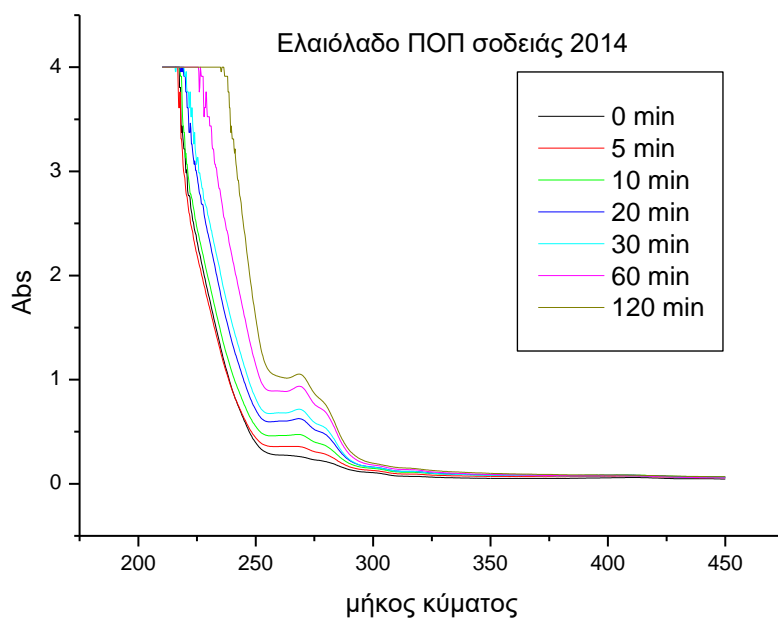


α/α	Ελαιόλαδο σοδειάς 2014	K ₂₃₂	K ₂₇₀	K ₂₆₆	K ₂₇₄	ΔK
1	Τυφλό	1,837	0,359	0,369	0,332	0,126
2	5 λεπτά	1,901	0,476	0,483	0,430	0,217
3	10 λεπτά	2,003	0,519	0,525	0,461	0,256
4	20 λεπτά	2,278	0,665	0,668	0,582	0,416
5	30 λεπτά	2,398	0,674	0,672	0,574	0,420
6	60 λεπτά	2,984	0,861	0,856	0,732	0,684
7	120 λεπτά	3,839	0,998	0,997	0,860	0,927

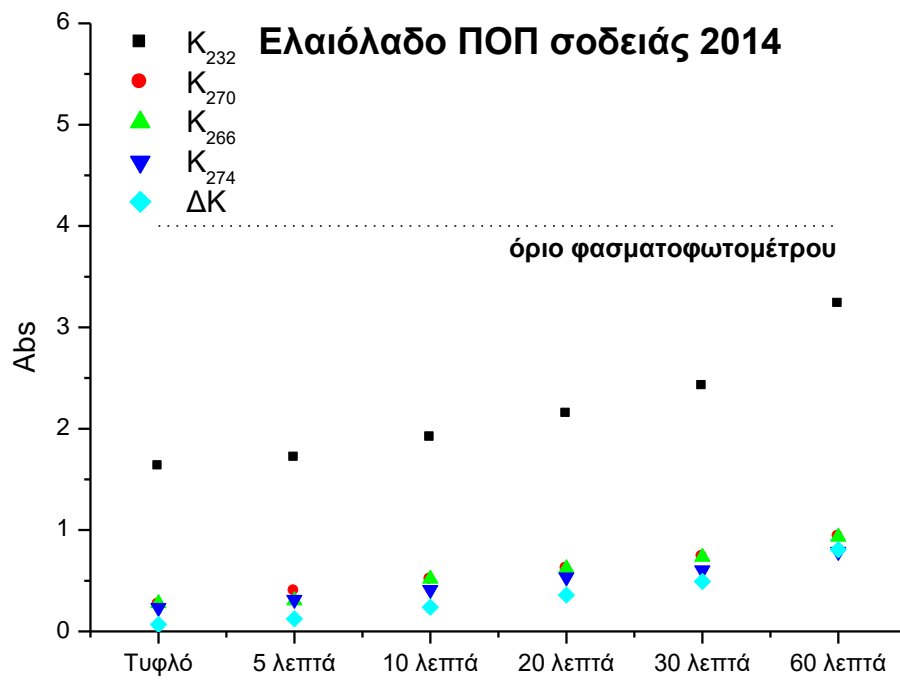


9.1.6 Αποτελέσματα για το ελαιόλαδο ΠΟΠ σοδειάς 2014

Παρακάτω εμφανίζεται το διάγραμμα στο υπεριώδες φάσμα για το ελαιόλαδο ΠΟΠ.



α/α	Ελαιόλαδο σοδειάς 2014 ΠΟΠ	K ₂₃₂	K ₂₇₀	K ₂₆₆	K ₂₇₄	ΔK
1	Τυφλό	1,630	0,263	0,276	0,233	0,067
2	5 λεπτά	1,715	0,396	0,305	0,314	0,123
3	10 λεπτά	1,915	0,512	0,519	0,41	0,238
4	20 λεπτά	2,149	0,619	0,622	0,534	0,358
5	30 λεπτά	2,421	0,736	0,735	0,604	0,493
6	60 λεπτά	3,233	0,937	0,932	0,786	0,805
7	120 λεπτά	4,145	1,073	1,074	0,925	1,072



9.2 Συζήτηση – συμπεράσματα για το υπεριώδες φάσμα

Από τα αποτελέσματα της φασματοφωτομετρικής ανάλυσης του αγουρέλαιου στο υπεριώδες και σύμφωνα με τον πίνακα 1, καταλήγουμε σε μία σειρά συμπερασμάτων. Αναλυτικότερα, παρατηρούμε πως η σταθερά K_{232} για το τυφλό δείγμα, βρίσκεται στα επιθυμητά όρια, κάτι που παύει να ισχύει με το πέρασμα του χρόνου, κατά το τηγάνισμα του ελαίου, γιατί σημειώνεται μικρή αύξηση. Η σταθερά K_{270} , φαίνεται να υπερβαίνει σε μικρό βαθμό την επιθυμητή τιμή (πίνακας 1) και με την επίδραση της θερμοκρασίας, η τιμή αυτή ολοένα και αυξάνεται. Παρόμοια επίδραση έχουμε και στη σταθερά ΔK . Στη συνέχεια, απεικονίζοντας τις τιμές του πίνακα σε διάγραμμα, βλέπουμε όλες οι σταθερές να παρουσιάζουν ανοδική πορεία σε συνάρτηση με τον χρόνο. Οι σταθερές ΔK και K στις απορροφήσεις 270nm, 266nm και 274nm, συγκλίνουν και κάποιες ακόμα ταυτίζονται, ενώ η σταθερά K_{232} σημειώνεται σε υψηλότερα επίπεδα με πιο έντονη άνοδο, εντός του ορίου του φασματοφωτομέτρου.

Το επόμενο υπό εξέταση έλαιο είναι το πυρηνέλαιο, όπου το τυφλό δείγμα αυτού παρουσιάζει μεγάλες αποκλίσεις από τα επιτρεπτά όρια. Η αύξηση των τιμών γίνεται εντονότερη με το πέρασ της χρονικής περιόδου τηγανίσματος. Η απεικόνιση των αποτελεσμάτων, όπως φαίνεται και στο διάγραμμα, παρουσιάζει ιδιομορφίες, διότι η τιμή K_{232} και η σταθερά ΔK πλησιάζουν μεταξύ τους και υπερβαίνουν το όριο του οργάνου.

Στη συνέχεια εξετάσαμε ένα βιολογικό έλαιο, το οποίο παρουσιάζει μεγάλες ομοιότητες με τις τιμές και τη συμπεριφορά του αγουρέλαιου.

Προς ανάλυση ήταν επίσης δύο ελαιόλαδα ίδιας ποικιλίας, αλλά διαφορετικής σοδειάς. Ένα της χρονιάς 2013 και ένα του 2014. Παρουσιάζουν σημαντικές ομοιότητες, τόσο στον συντελεστή K για τα διάφορα μήκη κύματος και τη σταθερά ΔK , όσο και στην απεικόνιση του διαγράμματος.

Τέλος, ολοκληρώνεται η φασματοφωτομετρική ανάλυση στο υπεριώδες με το ΠΟΠ ελαιόλαδο σοδειάς 2014. Για τον συντελεστή K_{232} , η μέτρηση του τυφλού δείγματος είναι στα αποδεκτά όρια, αλλά παρουσιάζει όπως και τα παραπάνω, αύξηση κατά τη διάρκεια της θέρμανσης. Κάτι αντίστοιχο συμβαίνει και με τη σταθερά K_{270} , με τη μόνη διαφορά ότι η τιμή του τυφλού δείγματος είναι ελάχιστα αυξημένη από το όριο της κατηγορίας αυτής.

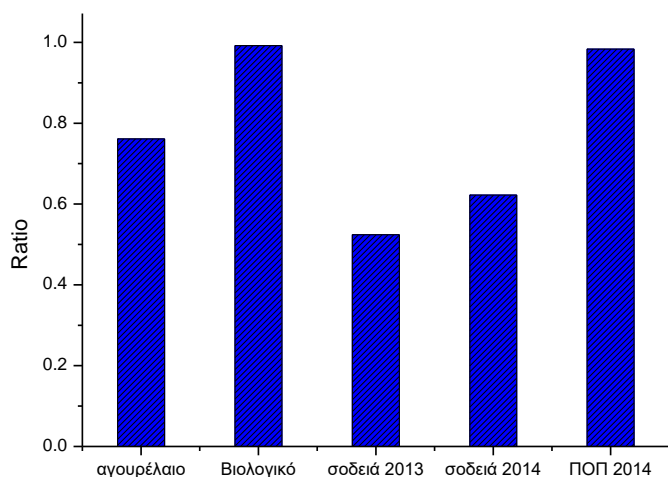
Στο διάγραμμα του ελαίου, εμφανίζεται σταδιακή αύξηση του συντελεστή απορρόφησης σε συνάρτηση με τον χρόνο και βρίσκεται εντός του ορίου του φασματοφωτομέτρου.

Προκειμένου να μελετήσουμε πιο από τα δείγματα ελαιολάδου αντιστέκεται καλύτερα στις μεταβολές λόγω τηγανίσματος υπολογίζουμε το λόγο

$$R = \frac{A_{60}^{232} - A_0^{232}}{A_0^{232}}$$

Ο λόγος αυτός μπορεί να θεωρηθεί ως ένα μέτρο, έστω αρχικό, που μας δείχνει πόσο αντιστέκεται στις μεταβολές το ελαιόλαδο. Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του τόσο μεγαλύτερες αλλαγές παρατηρούμε στη τιμή του K

Τα αποτελέσματα φαίνονται στο σχήμα που ακολουθεί



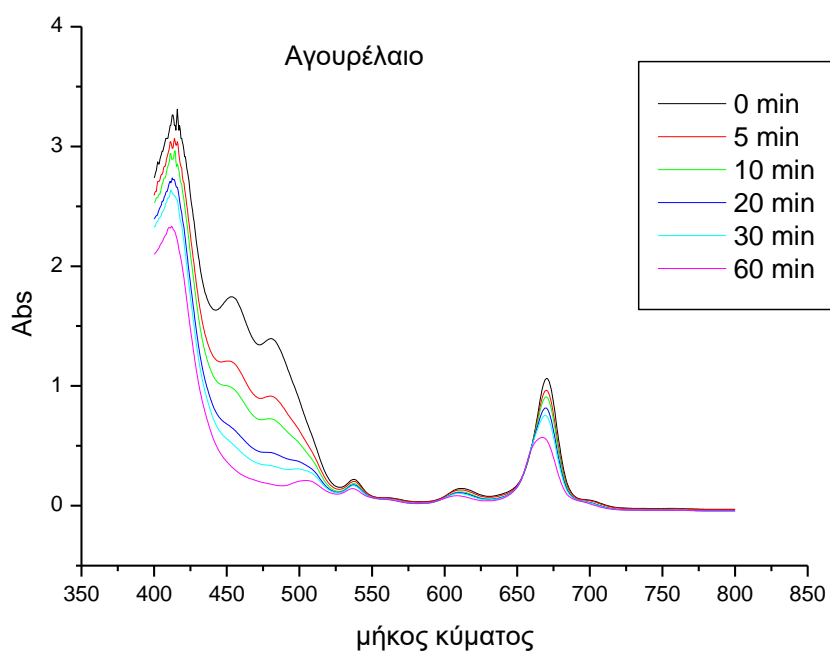
Από το σχήμα βλέπουμε ότι τα ελαιόλαδα βιολογικό και το ΠΟΠ είναι αυτά που εμφανίζουν λιγότερες αντοχές στο τηγάνισμα. Ακολουθεί το αγουρέλαιο. Η σειρά κατάταξης μας δείχνει ότι όσο πιο καλής ποιότητας θεωρείται το λάδι τόσο πιο ευαίσθητο είναι

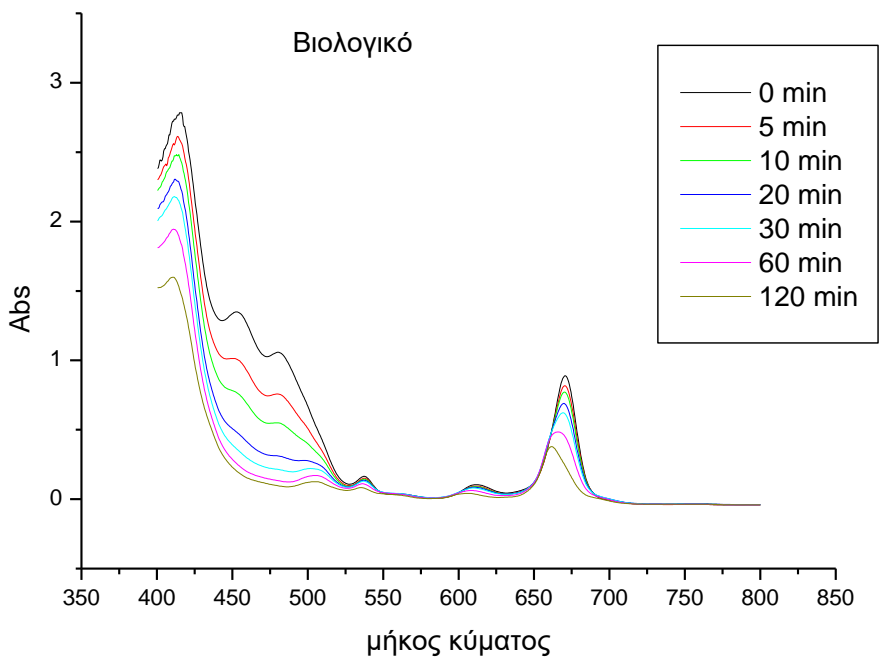
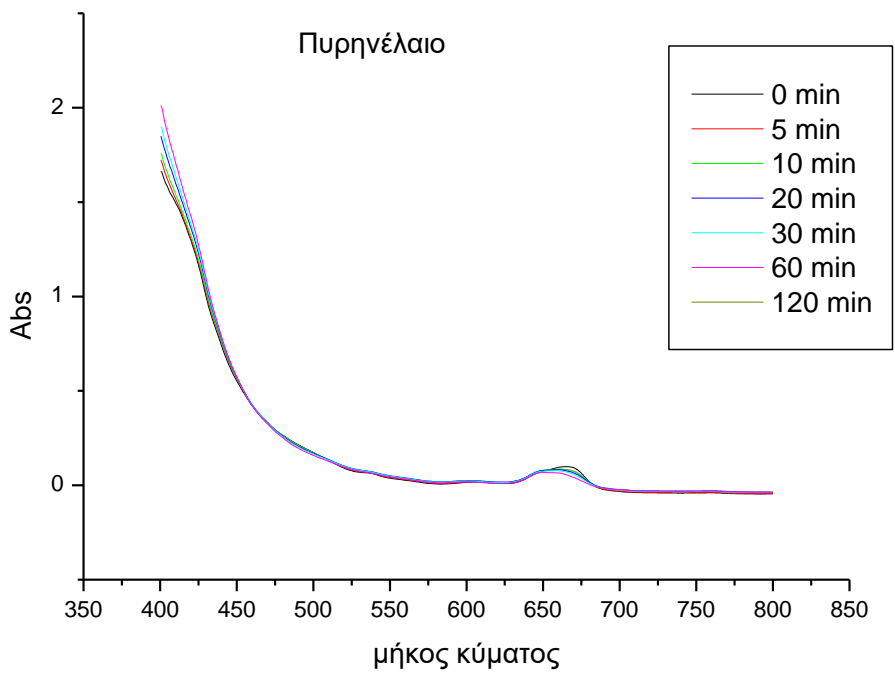
Συνοψίζοντας, αν κάνουμε μια σύγκριση μεταξύ των παραπάνω ελαίων, συμπεραίνουμε πως χαμηλότερης ποιοτικής αξίας είναι το πυρηνέλαιο και ίσως να μπορούμε να το χαρακτηρίσουμε ραφινρισμένο, διότι ο συντελεστής K_{232} ξεπερνά το όριο που έχει τεθεί για την κατηγορία αυτή. Αντιθέτως, τα άλλα ελαιόλαδα παρουσιάζουν παρόμοια ποιοτικά χαρακτηριστικά, με μια μικρή διαφορά, που τα καθιστά καταλληλότερα, να εμφανίζουν το αγουρέλαιο και το βιολογικό ελαιόλαδο.

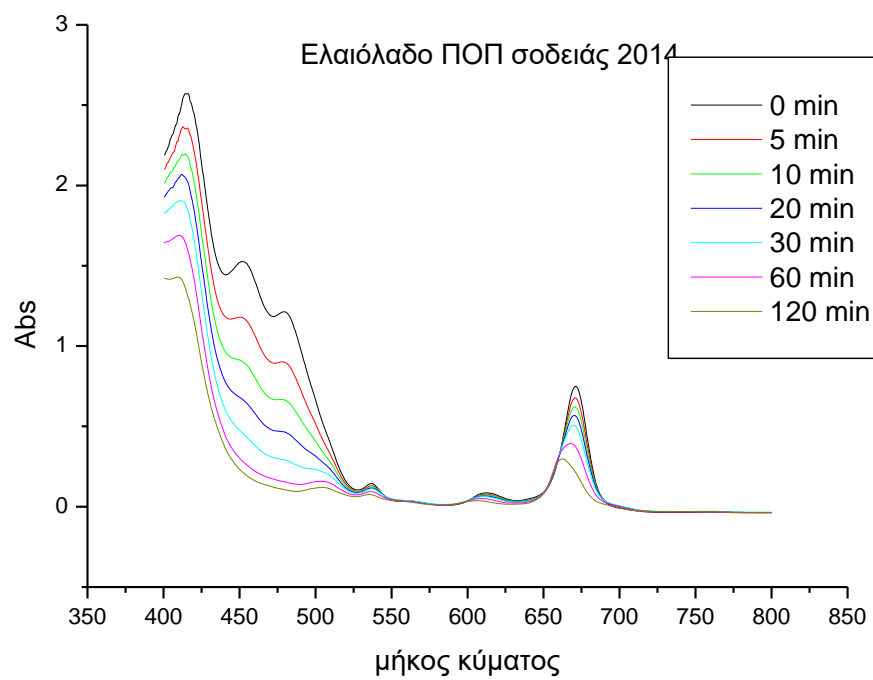
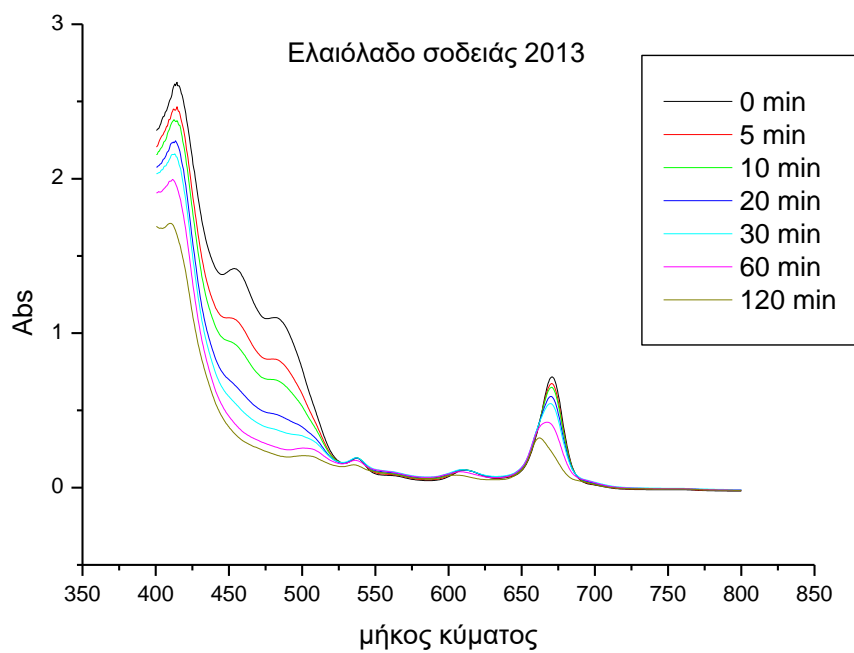
Κεφάλαιο 10ο

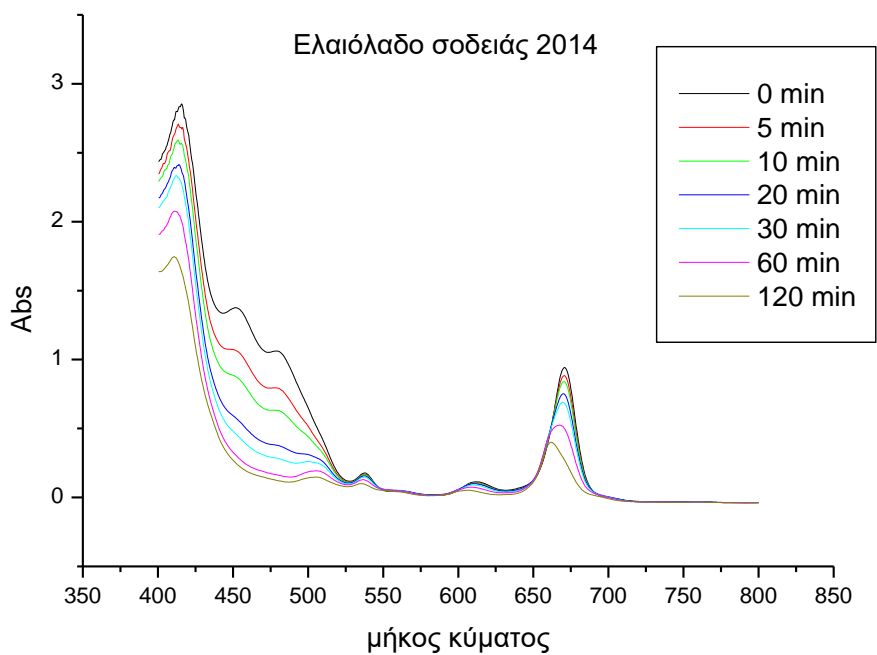
10.1 Αποτελέσματα για τις χλωροφύλλες στο ορατό φάσμα

Τα φάσματα στο ορατό των δειγμάτων ελαιολάδου παρουσιάζονται στα διαγράμματα που ακολουθούν.





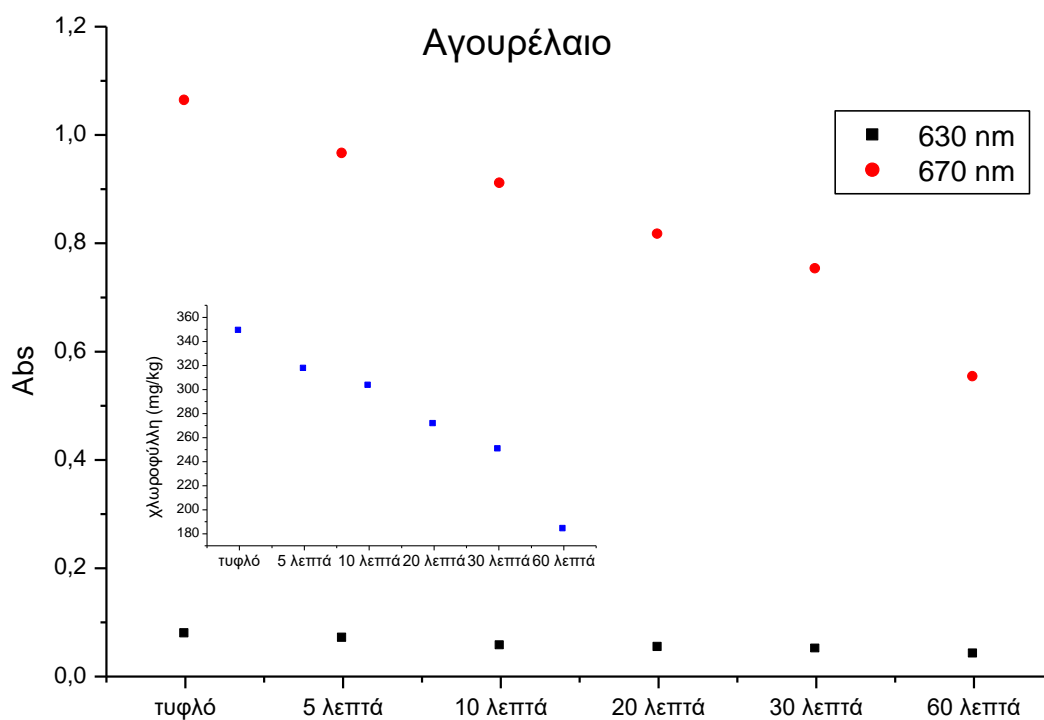




Τα αποτελέσματα των χλωροφυλλών παρουσιάζονται παρακάτω με μορφή πινάκων και διαγραμμάτων.

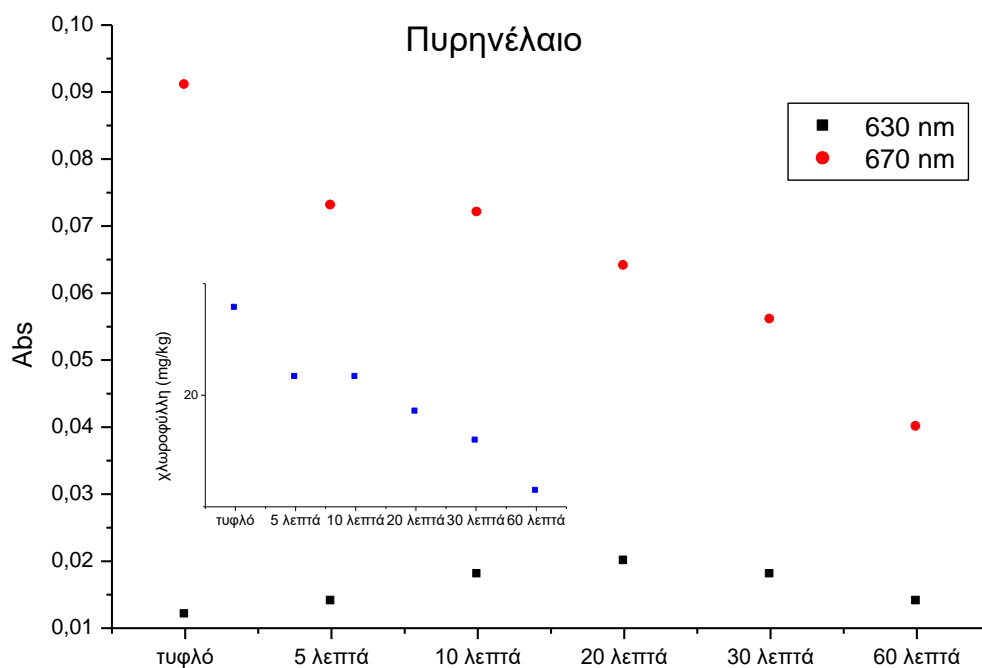
10.1.1 Αποτελέσματα για το αγουρέλαιο

α/α	Αγουρέλαιο	A ₆₃₀	A ₆₇₀	A ₇₁₀	Χλωροφύλλη (mg/kg)
1	τυφλό	0,078	1,062	0,028	348,4
2	5 λεπτά	0,07	0,964	0,023	316,8
3	10 λεπτά	0,056	0,909	0,009	302,7
4	20 λεπτά	0,053	0,815	0,008	270,9
5	30 λεπτά	0,05	0,751	0,005	249,8
6	60 λεπτά	0,041	0,552	0	183,5



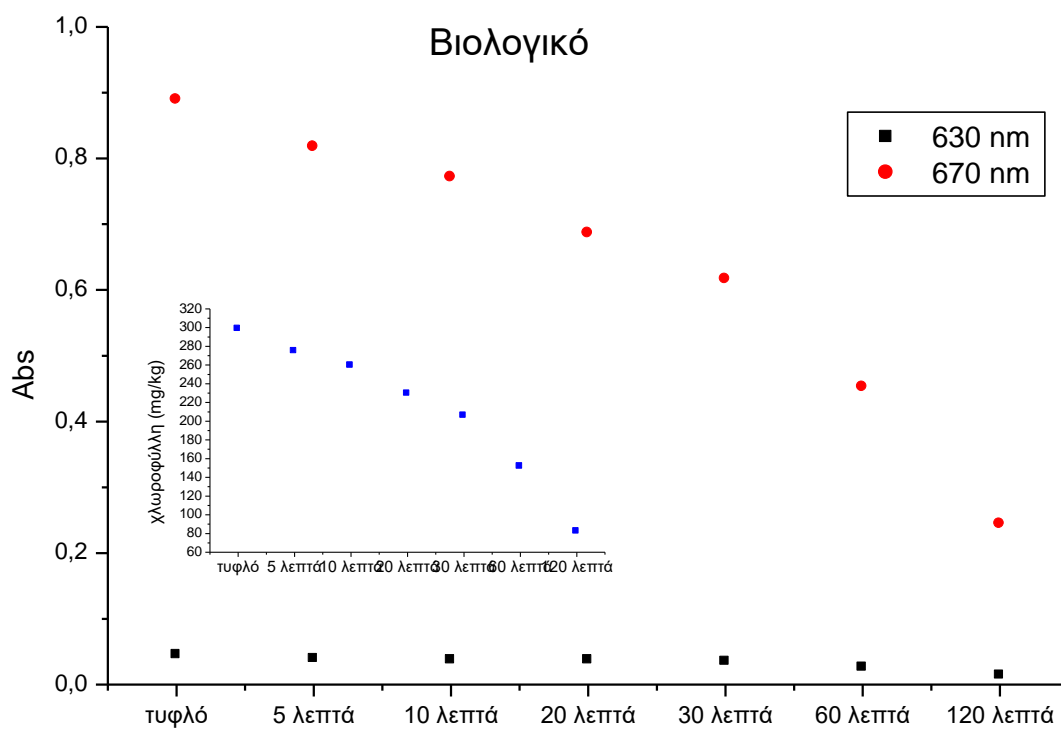
10.1.2 Αποτελέσματα για το πυρηνέλαιο

α/α	Πυρηνέλαιο	A ₆₃₀	A ₆₇₀	A ₇₁₀	Χλωροφύλλη (mg/kg)
1	τυφλό	0,012	0,091	0,009	27,8
2	5 λεπτά	0,014	0,073	0,007	21,6
3	10 λεπτά	0,018	0,072	0,001	21,6
4	20 λεπτά	0,02	0,064	0,001	18,5
5	30 λεπτά	0,018	0,056	0,002	15,9
6	60 λεπτά	0,014	0,04	0	11,4



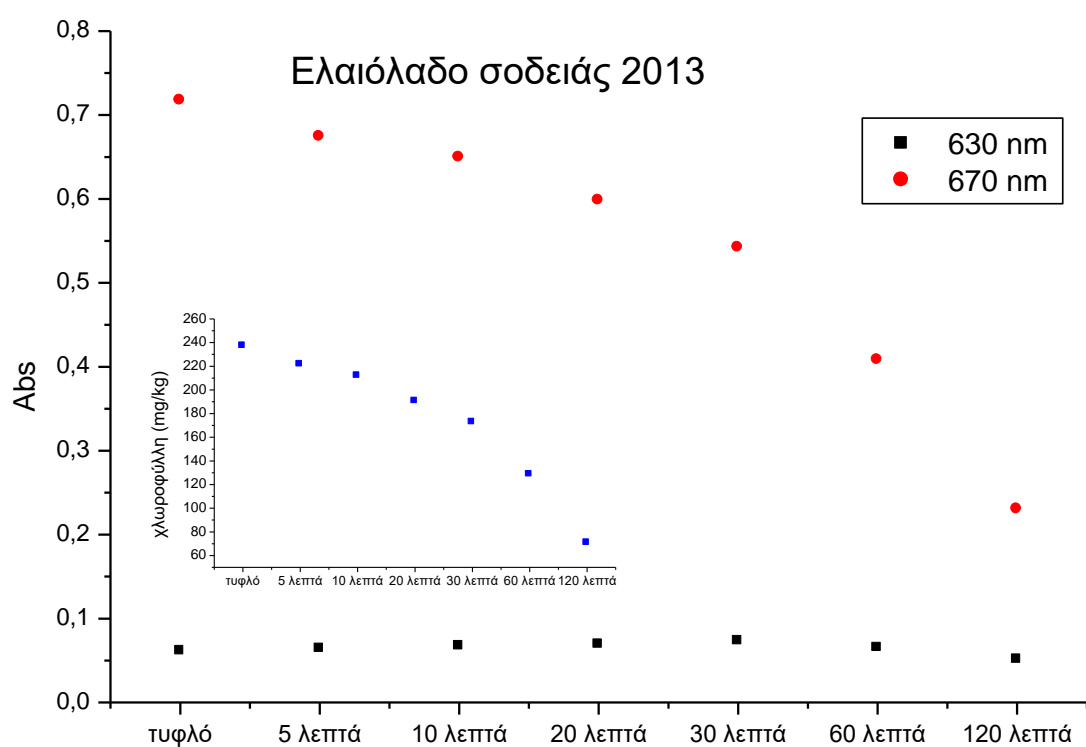
10.1.3 Αποτελέσματα για το βιολογικό ελαιόλαδο

α/α	Βιολογικό	A ₆₃₀	A ₆₇₀	A ₇₁₀	Χλωροφύλλη (mg/kg)
1	τυφλό	0,045	0,889	0,005	298,3
2	5 λεπτά	0,039	0,817	0,005	274,5
3	10 λεπτά	0,037	0,771	0,005	259
4	20 λεπτά	0,037	0,686	0,008	229,1
5	30 λεπτά	0,035	0,616	0,007	205,5
6	60 λεπτά	0,026	0,452	0,003	151,1
7	120 λεπτά	0,014	0,244	0	81,8



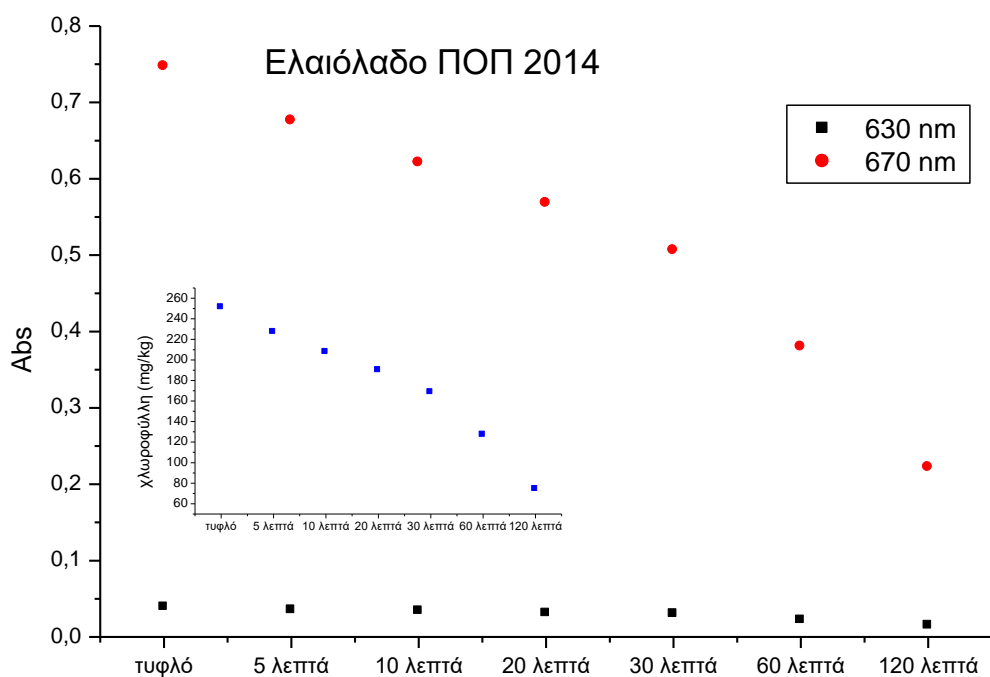
10.1.4 Αποτελέσματα για το ελαιόλαδο σοδειάς 2013

α/α	Ελαιόλαδο σοδειάς 2013	A ₆₃₀	A ₆₇₀	A ₇₁₀	Χλωροφύλλη (mg/kg)
1	Τυφλό	0,061	0,717	0,001	236,9
2	5 λεπτά	0,064	0,674	0,002	221,3
3	10 λεπτά	0,067	0,649	0,005	211,7
4	20 λεπτά	0,069	0,598	0,007	190,3
5	30 λεπτά	0,073	0,542	0,012	172,5
6	60 λεπτά	0,065	0,408	0,008	128,3
7	120 λεπτά	0,051	0,23	0,001	70,4



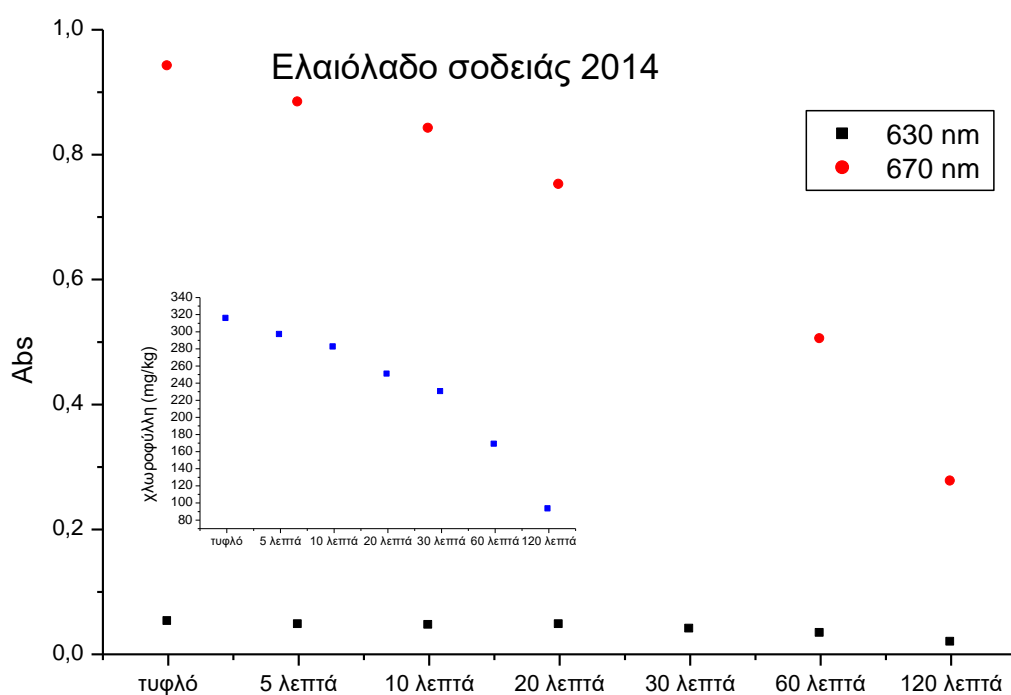
10.1.5 Αποτελέσματα ΠΟΠ ελαιολάδου σοδειάς 2014

α/α	Ελαιόλαδο ΠΟΠ σοδειάς 2014	A ₆₃₀	A ₆₇₀	A ₇₁₀	Χλωροφύλλη (mg/kg)
1	τυφλό	0,039	0,747	0,001	251
2	5 λεπτά	0,035	0,676	0,002	227
3	10 λεπτά	0,034	0,621	0,007	207,4
4	20 λεπτά	0,031	0,568	0,006	189,7
5	30 λεπτά	0,03	0,506	0,007	168,3
6	60 λεπτά	0,022	0,38	0,004	126,7
7	120 λεπτά	0,015	0,222	0	74,1



10.1.6 Αποτελέσματα ελαιολάδου σοδειάς 2014

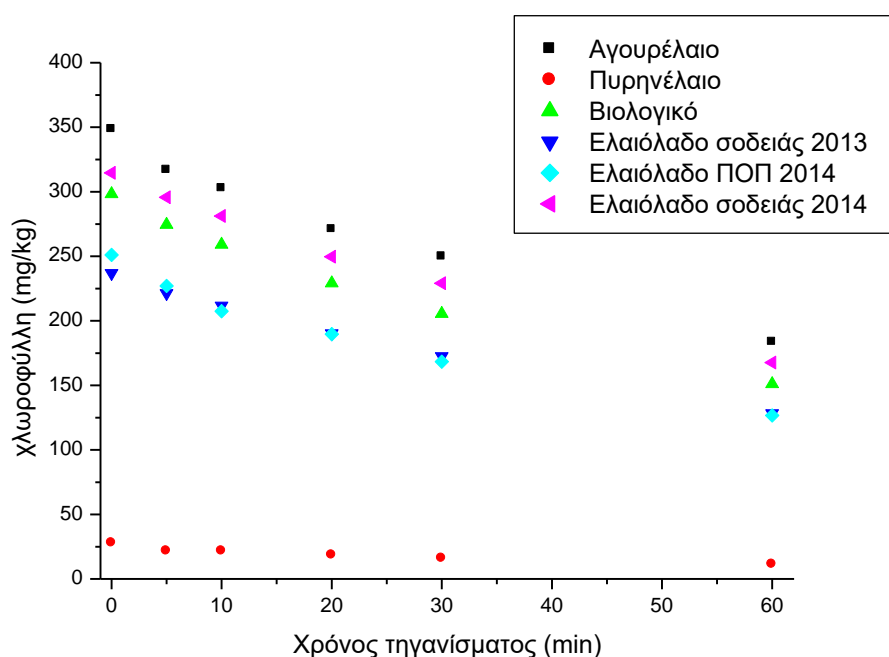
α/α	Ελαιολάδο σοδειάς 2014	A ₆₃₀	A ₆₇₀	A ₇₁₀	Χλωροφύλλη (mg/kg)
1	τυφλό	0,052	0,941	0,008	314,6
2	5 λεπτά	0,047	0,883	0,006	295,7
3	10 λεπτά	0,046	0,841	0,007	281,2
4	20 λεπτά	0,047	0,751	0,009	249,7
5	30 λεπτά	0,04	0,686	0,005	229,1
6	60 λεπτά	0,033	0,504	0,004	167,6
7	120 λεπτά	0,019	0,276	0	92



10.2 Συζήτηση – συμπεράσματα για τις χλωροφύλλες

Από τα παραπάνω αποτελέσματα και την απεικόνιση αυτών στα διαγράμματα παρατηρούμε πως η συγκέντρωση των χλωροφυλλών, σε όλα τα έλαια που έχουμε προς ανάλυση, παρουσιάζει αισθητή μείωση σε συνάρτηση με τον χρόνο.

Από το παρακάτω διάγραμμα μπορούμε να παρατηρήσουμε τη μείωση αυτή συγκρίνοντας τα έλαια μεταξύ τους.



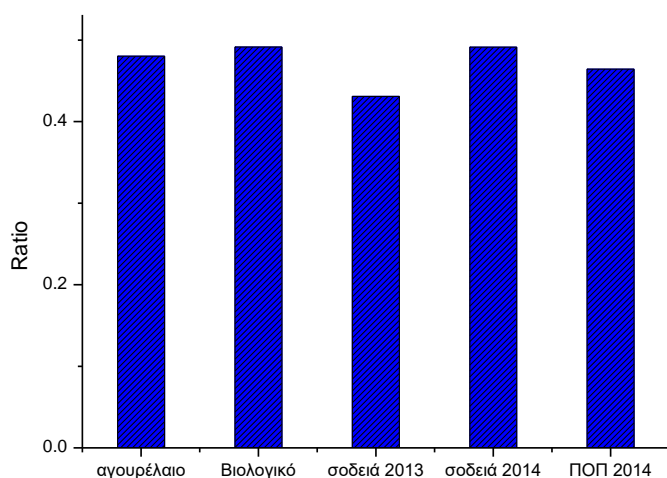
Το πυρηνέλαιο είναι το μοναδικό έλαιο που σημειώνει μηδενική σχεδόν συγκέντρωση χλωροφυλλών, σε σχέση με τα υπόλοιπα και αυτό γιατί δεν παρουσιάζει καμία πτώση κατά τη διάρκεια του χρόνου τηγανίσματος, όπως δείχνει η εικόνα των υπολοίπων, αλλά μια σταθερή πολύ χαμηλή τιμή.

Το αγουρέλαιο εμφανίζει την υψηλότερη συγκέντρωση χλωροφυλλών καθ' όλη τη διάρκεια του τηγανίσματος και αμέσως μετά ακολουθούν το ελαιόλαδο σοδειάς 2014, το βιολογικό και τέλος το ελαιόλαδο σοδειάς 2013 που συμπίπτει με το ΠΟΠ ελαιόλαδο σοδειάς 2014.

Προκειμένου να μελετήσουμε πιο από τα δείγματα ελαιολάδου αντιστέκεται καλύτερα στις μεταβολές λόγω τηγανίσματος υπολογίζουμε το λόγο $R =$

$$\frac{A_0^{670} - A_{60}^{670}}{A_0^{670}}$$

Ο λόγος αυτός μπορεί να θεωρηθεί ως ένα μέτρο, έστω αρχικό, της μετατροπής των χλωροφυλλών στο ελαιόλαδο. Τα αποτελέσματα φαίνονται στο σχήμα που ακολουθεί



Όπως μπορούμε να δούμε από το σχήμα οι μεταβολές είναι παρόμοιες για όλα τα ελαιόλαδα (πλην πυρηνέλαιου) γεγονός που μας δείχνει ότι η επίδραση του χρόνου τηγανίσματος στην ποσότητα των χλωροφυλλών δεν είναι συνάρτηση της ποιότητας ή της ποικιλίας του ελαιολάδου.

Ολοκληρώνοντας λοιπόν, συμπεραίνουμε πως το αγουρέλαιο είναι εκείνο που παρουσιάζει την μεγαλύτερη αντοχή και τη διατήρηση των χαρακτηριστικών του, δηλαδή το χρώμα του ελαίου που είναι υπεύθυνες οι χλωροφύλλες.

Κεφάλαιο 11^ο

- Βιολογικό και το ΠΟΠ είναι αυτά που εμφανίζουν λιγότερες αντοχές στο τηγάνισμα.
- Χαμηλότερης ποιοτικής αξίας είναι το πυρηνέλαιο
- Το βιολογικό έλαιο παρουσιάζει μεγάλες ομοιότητες με τις τιμές και τη συμπεριφορά του αγουρέλαιου
- το πυρηνέλαιο παρουσιάζει μεγάλες αποκλίσεις από τα επιτρεπτά όρια
- Οι ειδικοί συντελεστές απορρόφησης παρουσιάζουν τιμές στα επιτρεπτά όρια και για τα πέντε δείγματα ελαίων.
- Το βιολογικό και το ΠΟΠ εμφανίζουν λιγότερες αντοχές στο τηγάνισμα.
- Το πυρηνέλαιο είναι το μοναδικό έλαιο που σημειώνει μηδενική σχεδόν συγκέντρωση χλωροφυλλών
- Το αγουρέλαιο εμφανίζει την υψηλότερη συγκέντρωση χλωροφυλλών καθ' όλη τη διάρκεια του τηγανίσματος
- η συγκέντρωση των χλωροφυλλών, σε όλα τα έλαια που έχουμε προς ανάλυση, παρουσιάζει αισθητή μείωση σε συνάρτηση με τον χρόνο.
- η επίδραση του χρόνου τηγανίσματος στην ποσότητα των χλωροφυλλών δεν είναι συνάρτηση της ποιότητας ή της ποικιλίας του ελαιολάδου.
- το αγουρέλαιο είναι εκείνο που παρουσιάζει την μεγαλύτερη αντοχή και τη διατήρηση των χαρακτηριστικών του
- Ο συντελεστής απορρόφησης στα διάφορα μήκη κύματος για τα δείγματα των ελαιολάδων βρισκόταν εντός του ορίου του φασματοφωτομέτρου, σε αντίθεση με το πυρηνέλαιο.

Βιβλιογραφία

- Alexander J. C., Chanin B.E. and Morau E.T. (1978) Nutritional effects of fresh, laboratory heated and pressure deep fry fats. *J. Food Sci.* 48, 1289.
- Alexander, J.C., (1986). Heated and oxidized fats. In: *Dietary Fat and Cancer* 1p, C., P., F. Burt, A.E. Rogers And C. Mottling, Eds. Alan R. Lists, New York.
- Amellotti, G., Dachetta, A., Grieco, D., and Martin, K. 1973. Analysis of pressed olive oils in Liguria in relation to the olive harvesting period. *Riv. Ital. delle Sost. Grasse.* 50:350.
- Andrikopoulos, N.K., Kalogeropoulos, K. Falirea, A. Barbagianni, N., (2002). Performance of virgin oil and vegetable shortening During deep-frying and pan-frying of potatoes. *Inter. J. FoodSci. Tech.*, 37: 177-190.
- Bauman, R. P. (1962). *Absorption Spectroscopy*, John Wiley & Sons Inc., New York.
- Beatriz M., Oliveira P.P. and Ferreira M.A. (1994). Evolution of the quality of the oil and the product in semi-industrial frying *Grasas y Aceites.* 45: 113-118.
- Billek, G., (2000). Health aspects of thermoxidized oils and fats. *European Journal of Lipid Science and Technology*
- Blumenthal, M.M., (1991). A new look at the Chemistry and Physics of deep fat frying. *Food Technology*, 45: 68-71, 94.
- Boskou, D., (2002). *Frying Fats*. In: *Chemical and Functional Properties of Food Lipids*. Eds. Sikorski, Z.E., Kolakowska, A., CRS Press
- Boskou, D., (2003). *Frying fats* In: *Chemical and functional properties of food lipids*. Eds. : Kolakowska A., Sikorski Z.E.,CRC Press.
- Botia, J., Marcos, D., Del Rio, J. A. 2001. Modulation of the biosynthesis of some phenolic compounds in *Olea europea* L. fruits: their influence on olive oil quality. *J.Agric. Food Chem.* 49:355.
- Cerretani, L., Bendini, A., Rotondi, A., Lercker, G. & Gallina Toschi, T. (2005). Analytical comparison of monovarietal virgin olive oils obtained by both a continuous industrial plant and a low-scale mill. *European Journal of Lipid Science and Technology*, Vol. 107, pp. 93-100.
- Christakis, G., Fordyce, M.K. and Kurtz, C. S. 1980. The biological aspects of olive oil. *Proceedings of the 3rd International Congress on the Biological value of olive oil.*
- Ciafardini, G. and Zullo, B. 2002. Microbiological activity in stored olive oil. *International Journal of Food Microbiology.* 75:111.
- Clark, W. L., and Serbia, G.W., (1991). Safety aspects of frying fats and oils. *Food Technology*, 45: 84-89.
- Codex Alimentarius Commission. WHO/FAO. 1970. Recommended International Standard olive oil, virgin and refined olive residue oil. CAR/RS-33.

- Colakoglou, M. 1966. Donneesanalytiques. Nouvelles sur les huiles de olives. Rev. Franc. Des Crops Gras. 13 Annee. 4:261.
- Cucurachi, A. 1975. Final operations in Olive Oil Technology. Moreno Martinez, J.M., Editor. FAO, Rome.
- Dobarganes, G., Marquez-Ruiz, G., Velasco, J., (2000). Interactions between fat and food during deep-frying. Eur. J. Lipid Sci. Technol., 102: 521-528.
- Eur. J. Lipid Sci. Technol., 102: 529-538.
- European Union (EU) Regulation. No 2568 (1991).
- Fedeli, E. 1977. Lipids of olives. Prog. Chem. Fats and other Lipids 15:57. Pergamon Press. Printed in Great Britain.
- Fedeli, E. and Jacini, G. 1971. Lipid composition of vegetable oils. Advances in Lipid Research. 9:335.
- Frezzotti, G. and Manni, M. 1956. Olive oil processing in rural mills. FAO, Rome. Agricultural development, paper No 58.
- Fritsch, C.W., (1981). Measurement of frying fat deterioration. Journal American Oil Chemists Society, 58: 272-274.
- Gertz, C., (2000). Chemical and physical parameters as quality indicators of used frying fats. Eur. J. Lipid Sci. Technol., 102: 543-551.
- Gertz, C., Klostermann, S., Kochhar, S.P., (2002). Testing and comparing oxidative stability of vegetable oils and fats at frying temperature. European Journal of Lipid Science Technology 102: 543-551.
- Goburdhun, D., Lalloo S.B.J., Musruck, R., (2001). Evaluation of soybean quality during conventional frying by FTIR and some chemical indexes. Int. J. Food Sci. Nutr., 52: 31-42.
- Gordon, M.H., and Kourimska, L., (1995). Effect of antioxidants on losses of tocopherols during deep-fat frying. Food Chemistry 52 (2).
- Gracian, T. 1968. The chemistry and analysis of olive oil. In Analysis and Characterization of Oils. Fats and Fat Products. Boekenoogen, H. A., Editor. Inter. Publ. a Division of John Wiley & Sons. New York.
- Haman, Y., Chaouch, A. and Lesgards, G. 1988. Analysis of unsaponifiable constituents of olive oils by HPLC using electrochemical detection. Annal. Des Falsif. Exp. Chim. et Toxicol. 81:11.
- Hartmann, H.T. and Bougas, P.C. 1970. Olive production in Greece. Econ. Bot. 24:443.
- Hartmann, H.T. and Oritz, K.W. 1977. Olive production in California. Division of Agricultural Sciences, University of California. Leaflet 2474.
- Hess, D. 1975. Plant Physiology. Springer-Verlag, N. Y.
- Hess, D. 1975. Plant Physiology. Springer-Verlag, N.Y.
- Hurley, J. 1919. The tree, the olive, the oil in the old and new world. Trustee Albany College of pharmacy, Trustee of Ray Rock, Tubercular sanitarium Member state of Pharmacy.
- IL (USA)
- Jimenez Marquez, A. (2003). Monitoring carotenoid and chlorophyll pigments in virgin olive oil by visible-near infrared transmittance spectroscopy. Journal of Near Infrared Spectroscopy, Vol. 11, pp. 219-226.

- Kaliora, A., C., Andrikopoulos, N., K., Dedousis, G., V., Z., Chiou, A., Mylona, A., (2003). Medium polarity lipids from fried oils promote LDL oxidation in vitro. *Ital. J. Food Sci.*, 15: 511-520
- Kiritsakis, A. 1998. *Olive Oil. – Second Edition, From the Tree to the table.* Food and Nutrition Press, Inc., Trumbull, Connecticut, 006611, USA.
- Kiritakis, A. and Dugan, L. R. 1985. Studies in photo oxidation of olive oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 62. 892.
- Kiritsakis, A. 1998. *Olive oil from the tree to the table, Second Edition,* Food and Nutrition Press Inc., Trumbull, Connecticut 06611, USA.
- Kochhar, S.P., Gertz, C., (2004). New theoretical and practical aspects of the frying process. *Eur. J. Lipid SciTechnol.*,106: 722-727.
- Lee, C. H.& Hill, T. W. (2011). *Light-Matter Interaction.* Wiley online library, DOI:10.1002/9783527619016.index
- Mc Savage, J., Trevisan, S., 2001. The use and abuse of frying oil, *Food Serv.Technol.* 1: 85-92.
- Mellon, M. G. (1950). *Analytical Absorption Spectroscopy,* John Wiley & Sons Inc., New York.
- Mensink, R.P., and Katan, M.B., (1990). Effect of dietary trans fatty acids on high density and low-density lipoprotein cholesterol level in healthy subjects. *New Eng. J. Med.*
- Minguez-Mosquera, M.I., Rojas Gandul, B. and Gallardo Guerrero, M.L. 1992. Rapid method of quantification of chlorophylls and carotenoids in virgin olive oil by high performance liquid chromatography. *J. Agric. Food Chem.* 40:60.
- Minguez-Mosquera, M.I., Rojas Gandul, B., Fernandez Garrido, J. and Gallardo Guerrero, M.L. 1990. Pigments present in virgin olive oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 67:192.
- Moreira, R., Palau, J., Sun X., (1995). Simultaneous heat and mass transfer during the deep fat frying of tortilla chips. *J. Food Proc. Eng.*, 18: 307.
- Pokorny, J., (1989). Flavor Chemistry of deep fat frying in oil. In: *Flavor Chemistry of lipid Foods.* Eds. Min, D. B., Smouse, T.H., American Oil Chemist's Society, Champaign,
- Saguy, I.S., Dana, D. (2003). Integrated approach to deep fat frying: engineering nutrition, health and consumer aspects, *Journal of Food Engineering* 56: 143-152.
- Sanders, T.A.B., (1989). Nutritional aspects of rancidity. In: *Rancidity in foods. Second Edition.* Eds. Allen, J. C., Hamilton, R. J., Elsevier Applied Science, New York.
- Servill, M., Monterodo, G. 2002. Contribution of phenolic compounds to virgin olive oil quality. *Eur. J. Lip. Sci. Technol.*104:602.
- Sikorski, E. Z. 1997. *Chemical and functional properties of food Lipids.* CRC Press, USA.
- Standish, R. 1960. *The first of trees. The story of the olive.* Phoenix House Ltd, London.
- Stevenson, S. G., Vaisey-Genser, M., Eskin, N.A.M., (1984). Quality control in the use of deep frying oils. *J. Am.Oil Chem. Soc.*, 61: 1102-1108

- Takeoka, G., Perrina, C., Buttery, R., (1996). Volatile Constituents of Used Frying Oils. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 44: 654-660.
- Varella, G. 1980. Nutritional aspects of olive oil in the frying process. Proceedings of the third International Congress on the biological value of olive oil. Έκδοση Ι.Υ.Ε. Χανίων σε συνεργασία με το Διεθνές Συμβούλιο Ελαιολαδο. Χανιά – Κρήτη, 8-12 Σεπτεμβρίου.
- Viola, P., Peddi, G. and Tonelli, V. 1980. Valore nutrizionale dell' olio di olive in relazione ai trattamenti a caldo. Proceedings of the third International Congress on the biological value of olive oil. Έκδοση Ι.Υ.Ε. Χανίων σε συνεργασία με το Διεθνές Συμβούλιο Ελαιολαδο. Χανιά – Κρήτη, 8-12 Σεπτεμβρίου.
- Vitagliano, M., Leone, A.M., and Vodret, A. 1960. Determining the purity of olive oil by gas chromatography. *Olearia* 14:177.
- Vitrac, O., Trystramb, G. Raoult-Wacka, A.-L., (2000). Deep-fat frying of food: heat and mass transfer, transformations and reactions inside the frying material.
- Warner, K., (2002). Chemistry of Frying Oils. In: *FOOD LIPIDS: chemistry, nutrition and biotechnology*. Eds. Akoh, C.C., Min D.B., Marsel Dekker, New York (USA)
- Wessels, H., (1983). Determination of polar compounds in frying fats. *Pure Appl. Chem.*, 55: 1381
- Wrolstad, R. E., Acree, T. E., Decker, E. A., Penner, M. H., Reid, D. S., Schwartz, S. J., Shoemaker, C. F. & Sporns, P. (2005). *Handbook of Food Analytical Chemistry, Pigments, Colorants, Flavours, Texture, and Bioactive Food Components*, J. Wiley & Sons, Hoboken.
- Αλέξανδρος Σ. Αλεξάκης. Το ελαιολαδο και η παραγωγή του. Εκδόσεις Μιχάλη Σιδερη, Αθήνα, 1998.
- Αλυγιζάκης, Μ. 1982. Επεξεργασία και κονσερβοποίηση της επιτραπέζιας ελιάς. Εκδοτικός Οίκος Ν. Μαυροματης & ΣΙΑ ΕΠΕ, Αθήνα.
- Διεθνές Σεμινάριο Χανιά (1986): Βελτίωση ποιότητας ελαιολάδου.
- Θ.Π. Χατζηγιάννου, Μ.Α. Κουππάρη, Ενόργανη Ανάλυση, Αθήνα, 2010.
- Καν. 2081/92. Περί προϊόντων προστατευόμενης ονομασίας προέλευσης.
- Κυριτσάκης, 2007. Ελαιολαδο Συμβατικό και Βιολογικό, Βρώσιμη Ελιά- Πάστα Ελιάς. Θεσσαλονίκη, 2007.
- Κυριτσάκης, Α. και Μαρκακης, Π. 1978. Η επιτραπέζια ελιά και η επεξεργασία της. *Νέα Αγροτ. Επιθ.* 10:348.
- Κυριτσάκης, Α., 1993. Το ελαιολαδο. Αγροτικές Συνεταιριστικές Εκδόσεις, Θεσσαλονίκη.
- Κυριτσάκης, Α., Τσιγκου, Α., Πολυμενοπουλος, Ζ., 1989, «Αυτόματος προσδιορισμός της αντοχής του ελαιολάδου και των άλλων λιπαρών υλών στην οξειδωση». Πρακτικά 2^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων, Αθήνα, σελ. 545-560.
- Μανουκας, Α. και Χασαπιδου, Μ. 2001. Χημική σύσταση και βιολογική αξιολόγηση της ελιάς με έμφαση στις τοκοφερολες. *Biologia Gallo-hellenica*. 27:47.

- Μπαλατσούρας, Γ. 1997. Αντιοξειδωτικές ουσίες στο ελαιολαδο και στις άλλες λιπαρές ύλες. Το ελαιολαδο pp. 204. Σύνδεσμος Ελληνικών Βιομηχανιών Τυποποίησης Ελαιολάδου.
- Παπαναστασιου Λ. Π. 1996. Σύγχρονη Ελαιουργία. Η τεχνολογία των ελαίων. Εκδοτικός Οίκος Σπύρος-Σπυρου και Υιός, Αθηνά.
- Υπουργείο Εμπορίου, Διεύθυνση Χημικών και Τεχνολογικών Ερευνών 1966, 1969 και 1970. Μελέτη επι του Ελληνικού Ελαιολάδου, Αθηνά.
- Χριστοπούλου, Ε. 2005. Αναλυτικά κριτήρια αξιολόγησης του ελαιολάδου. 1^ο Πανελλήνιο Συνέδριο. Σύγχρονες τάσεις στον τομέα των λιπών και ελαίων. Ελληνικό φόρουμ λιποειδων, Εθνικό Ίδρυμα Ερευνών, 8-9 Ιουνίου, Αθηνά.