



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΧΗΜΕΙΑΣ ΚΑΙ ΒΙΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Μελέτη ποιοτικών χαρακτηριστικών του Ελαιόλαδου κατά την αποθήκευση του»

«Study of quality characteristics of olive oil during storage»

Βασιλική-Γεωργία Μιχαλοπούλου του Νικολάου

ΛΑΡΙΣΑ 2023

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Γιαννούλη Περσεφόνη (Επιβλέπουσα): Επίκουρος Καθηγήτρια Τεχνολογίας και Ποιοτικού Ελέγχου Τροφίμων Φυτικής Προέλευσης του τμήματος Βιοχημείας και Βιοτεχνολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Λεωνίδας Δημήτριος: Καθηγητής Βιοχημείας του τμήματος Βιοχημείας και Βιοτεχνολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Λιάκος Παναγιώτης: Καθηγητής Ιατρικής Βιοχημείας του τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Δομικής & Λειτουργικής Βιοχημείας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα Επίκουρο Καθηγήτρια κ. Γιαννούλη Περσεφόνη για την βοήθεια και την εμπιστοσύνη που μου έδειξε, καθώς και για την καθοδήγηση της καθ' όλη τη διάρκεια της πτυχιακής εργασίας. Θερμές ευχαριστίες στον Καθηγητή Ιατρικής Βιοχημείας κ. Λιάκο Παναγιώτη του τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας για τις πολύτιμες συμβουλές του, καθώς και τον Καθηγητή Βιοχημείας κ. Λεωνίδα Δημήτριο που δέχτηκε να είναι στη τριμελή συμβουλευτική επιτροπή.

Δε θα μπορούσα να παραλείψω τον Μεταδιδακτορικό Ερευνητή κ. Στραβοδήμο Γεώργιο για την βοήθεια και τις συμβουλές του οποιαδήποτε στιγμή τον χρειαζόμουν.

Ευχαριστώ τους γονείς μου Νικόλαο και Μαριάνθη, την αδερφή μου Κωνσταντίνα και τις γιαγιάδες μου Βάια και Καλλιόπη για τη στήριξη, τη βοήθεια, την αγάπη και την υπομονή. Ήταν και είναι δίπλα μου βράχοι σε κάθε μου βήμα ώστε να καταφέρω να εισαχθώ και ολοκληρώσω τις σπουδές μου.

Στην οικογένεια μου...

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	3
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	7
ABSTRACT.....	8

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο : ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΤΗΣ ΕΛΙΑΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ.....	9
1.1.1.ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ-ΤΟ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟ ΣΤΗΝ ΑΡΧΑΙΑ ΕΛΛΑΔΑ.....	10
1.1.2.ΤΟ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΤΟΥ ΣΗΜΕΡΑ.....	12
1.1.3.ΤΟ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟ ΣΤΗ ΔΙΑΤΡΟΦΗ ΚΑΙ ΤΑ ΟΦΕΛΗ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ.....	13
1.2. ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ.....	14
1.2.1.Η ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ.....	14
1.2.2. ΦΑΙΝΟΛΙΚΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ.....	16
1.2.3. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ.....	17
1.3.ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ.....	18
1.3.1 ΧΡΩΜΑ.....	18
1.3.2 ΟΞΥΤΗΤΑ.....	19
1.3.3 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ Κ232 & Κ270.....	20
1.3.4 ΝΟΘΕΙΑ ΤΟΥ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ.....	21
1.4 ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ.....	22
1.5 ΕΛΑΙΟΛΑΔΟ ΚΑΙ ΕΛΕΥΘΕΡΕΣ ΡΙΖΕΣ.....	23
1.6 ΕΛΑΙΟΛΑΔΟ ΚΑΙ ΤΗΓΑΝΙΣΜΑ.....	25
1.7 ΣΚΟΠΟΣ.....	26

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2° : ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

2.1 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	28
2.1.1 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΧΡΩΜΑΤΟΣ.....	29
2.1.2 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΜΕΣΩ ΤΗΣ ΣΤΑΘΕΡΗΣ ΡΙΖΑΣ DPPH.....	29
2.1.3 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ.....	31

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3° : ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

3.1.1 ΧΡΩΜΑ.....	33
3.1.2.ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΜΕΣΩ ΤΗΣ ΣΤΑΘΕΡΗΣ ΡΙΖΑΣ DPPH.....	37

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4° : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

4.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	41
-----------------------	----

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	42
-------------------	----

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η καθημερινή αναζήτηση νέων πληροφοριών για το ελαιόλαδο αποτέλεσε κίνητρο της παρούσας μελέτης στην οποία μελετήθηκε η μεταβολή βασικών ποιοτικών χαρακτηριστικών δύο μορφών ελαιολάδου – πυρηνέλαιο α) νωπό και β) μετά από θερμική επεξεργασία (τηγάνισμα). Τα δύο διαφορετικά δείγματα πυρηνέλαιου αποθηκευτήκαν για 2 μήνες σε γυάλινους διαφανείς περιέκτες και σε διαφορετικές συνθήκες συντήρησης α) φως, β) σκοτάδι, γ) ψύξη και δ) κατάψυξη. Οι ποιοτικές παράμετροι που μελετήθηκαν ήταν δύο παράμετροι του χρώματος και τα αντιοξειδωτικά μετά τον 1^ο και 2^ο μήνα αποθήκευσης. Οι μεταβολές που παρατηρήθηκαν στις χρωματικές παραμέτρους L* και b* τόσο στο νωπό όσο και στο επεξεργασμένο πυρηνέλαιο, οφείλονται κυρίως στον χρόνο αποθήκευσης και όχι ανάλογα με τον τρόπο αποθήκευσης των δειγμάτων. Η θερμική επεξεργασία ελαττώνει την αντιοξειδωτική δύναμη του πυρηνέλαιου και η αποθήκευση στο φως των γυάλινων δοχείων παρουσίασε και στα δύο είδη πυρηνέλαιου την μικρότερη % αναστολή στο σχηματισμό της ρίζας DPPH λόγω εξουδετέρωσής της. Για το νωπό πυρηνέλαιο οι ιδανικότερες συνθήκες αποθήκευσης για συντήρηση του αντιοξειδωτικού χαρακτήρα των δειγμάτων ήταν το σκοτάδι και η κατάψυξη. Αντίθετα για το θερμικά επεξεργασμένο ελαιόλαδο ήταν η ψύξη. Επομένως οι προτεινόμενοι τρόποι συντήρησης που προκύπτουν από την μελέτη αυτή, για το πυρηνέλαιο από αυτή τη μελέτη είναι διαφορετικοί για το νωπό από το θερμικά επεξεργασμένο.

ABSTRACT

The daily search for new information about olive oil motivated the present study in which the change in basic quality characteristics of two forms of olive kernel oil a) fresh and b) after heat treatment (frying) was studied. The two different kernel oil samples were stored for 2 months in transparent glass containers and under different storage conditions a) light, b) dark, c) refrigerated and d) frozen. The quality parameters studied were two parameters of color and antioxidants after the 1st and 2nd months of storage. The changes observed in the color parameters L^* and b^* in both fresh and processed kernel oil are mainly due to the storage time. No differences in parameter values were observed depending on how the samples were stored. Heat treatment reduces the antioxidant power of the seed oil and storage in the light of glass containers showed in both types of seed oil the lowest % inhibition in the formation of the DPPH radical due to its neutralization. For the fresh kernel oil, the most ideal storage conditions for preserving the antioxidant character of the samples were darkness and freezing. The opposite for thermally processed olive oil was cooling. Therefore, the suggested preservation methods, resulting from this study for the kernel oil are different for the fresh olive kernel oil from the heat-treated.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο: ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΤΗΣ ΕΛΙΑΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ

Η ελιά είναι το πιο εμβληματικό δέντρο στη Μεσόγειο (Breton C. Et al, 2009) (Εικόνα 1). Το ελαιόλαδο είναι το έλαιο το οποίο προέρχεται από τον καρπό της ελιάς (*Olea Europaea*) (Owen et al, 2000), χρησιμοποιείται καθημερινά για χρήση στο μαγείρεμα καθώς αποτελεί σημαντικό στοιχείο της Μεσογειακής Διατροφής. Οι ευεργετικές του ιδιότητες συνδέονται με τον πλούτο του σε μονοακόρεστα λιπαρά οξέα αλλά και άλλες δευτερεύουσες ενώσεις οι οποίες παίζουν σημαντικό ρόλο στην υγεία του οργανισμού (Varela and Ruiz-Roso, 2000). Το ελαιόλαδο λαμβάνεται ως επί το πλείστον με διαδικασίες ψυχρής πίεσης, χωρίς να υποβάλλεται σε εξευγενισμό διατηρώντας έτσι υψηλότερες ποσότητες σημαντικών βιοδραστικών συστατικών του ελαιοκάρπου.



Εικόνα 1: Η αρχαιότερη ελιά στο κόσμο όπου ονομάζεται ‘Μνημιακή Ελιά των Βουβών’ κι έχει ηλικία 3.000-5.000 χρόνια. Είναι ακόμη καρποφόρο δέντρο κι έχει αναδειχθεί ως δέντρο Μνημειακό λόγω τις ιδιαιτερότητας του σχήματος και τις μοναδικής αισθητικής του ανάγλυφού της. Πηγή: ΑΒΕΑ Μουσείο Ελιάς.

1.1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ - ΤΟ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟ ΣΤΗΝ ΑΡΧΑΙΑ ΕΛΛΑΔΑ

Περίπου 7.000 χρόνια πριν ξεκίνησε η ιστορία του ελαιόδεντρου. Οι αρχαίοι Έλληνες υποστήριζαν ότι η Θεά Αθηνά είχε δημιουργήσει την ελιά. Παρόλα αυτά έρευνες δείχνουν πως οι Φοίνικες έμποροι μετέφεραν τα ελαιόδεντρα στη Μεσόγειο. Ξεκίνησαν από την Ελλάδα κι ύστερα συνέχισαν έως τη Νότια Ευρώπη κι έφτασαν σε χώρες όπως η Γαλλία, η Ισπανία, η Ιταλία και η Πορτογαλία. Οι ελαιοκαλλιέργειες χρονολογείται πως ξεκίνησαν στην πρώιμη εποχή του Χαλκού δηλαδή στην 3^η χιλιετία π.Χ.

Το ελαιόδεντρο και η ελιά του ήταν ακριβά και περιζήτητα. Το λάδι από τις πράσινες ελιές ήταν ακόμη πιο πολύτιμο και θεωρούνταν πολυτέλεια για τους Έλληνες, καθώς πίστευαν ότι το λάδι υψηλής ποιότητας είναι αυτό που προέρχεται από τις πράσινες ελιές, αυτές που μαζεύονται πριν ωριμάσουν. Η μεταφορά τους λόγω της καλής ποιότητας γινόταν σε αγγεία που ονομάζονταν αμφορείς (Εικόνα 2). Η αποθήκευση των ελαιόλαδων που προέρχονταν απ' τις υπόλοιπες ποικιλίες ελιάς γίνονταν σε αγγεία που ονομαζόταν Αλάβαστρο.



Εικόνα 2: Ο "αμφορεύς" ή "αμφιφορεύς" (όπως ήταν η αρχαία ονομασία του αγγείου επειδή εφέρετο από δύο λαβές) χρησιμοποιήθηκε για τη μεταφορά υγρών, κυρίως κρασιού και λαδιού. Στο εμπόριο συχνά το χρησιμοποιούσαν ως δοχείο μεταφοράς. Οι μεγαλύτεροι αμφορείς χρησιμοποιούνταν για τη μεταφορά ελαιόλαδου και επάνω τους έφερα σφραγίδες ή επιγραφές που δήλωναν τη προέλευση του περιεχόμενου τους. Πηγή: Μουσείο κυκλαδίτικης τέχνης

Οι αρχαίοι λαοί θεωρούσαν την ελιά και το λάδι ύψιστης σημασίας καθώς η ελιά ήταν το σύμβολο της ειρήνης, της νίκης, της τιμής και της ενότητας. Για τον λόγο αυτό αποτέλεσε και σύμβολο των Ολυμπιακών Αγώνων (Εικόνα 3). Οι αθλητές βραβευόνταν με ένα στεφάνι ελιάς από 'κότινο', άγρια μόνιμη ελιά. Στους

Παναθηναϊκούς Αγώνες που διοργανώνονταν στην Αθήνα προς τιμήν της θεάς Αθηνάς, στους νικητές απονέμονταν αμφορείς (αμφορέας των Παναθηναίων) ο οποίος περιείχε μια μεγάλη ποσότητα ελαιόλαδου. Τις περισσότερες φορές οι νικητές πουλούσαν το λάδι όπου εξασφαλιζόνταν οικονομικά για τα επόμενα περίπου τρία χρόνια. Φυσικά, το ελαιόλαδο το χρησιμοποιούσαν στο μαγείρεμα, ως άρωμα, άλειμμα για τους νεκρούς ή και σαπούνι. Χρησιμοποιήθηκε επίσης, για την παραγωγή φαρμάκων και καλλυντικών: ο Ιπποκράτης το ονόμασε «ο μεγάλος θεραπευτής», ο Όμηρος «υγρός χρυσός» και ο Γαληνός το επαίνεσε για τις θετικές του επιδράσεις στην υγεία.



Εικόνα 3: Απονομή ενός αθλητή στην Αρχαία Ελλάδα. Ως έπαθλο απονέμεται ένα στεφάνι από φύλλα αγριελιάς ‘κότινο’, ένα κλαδί ελιάς από το ιερό δέντρο Καλλιστέφανος καθώς και ένας αμφορέας με λάδι.

Πηγή: *Οι Ολυμπιακοί Αγώνες στην Αρχαία Ελλάδα, Εκδόσεις Σαββάλα, Koursi, M (ed). The Olympic Games in Ancient Games. Ekdotike Athenon, Athens, 2003*

1.1.2. ΤΟ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΤΟΥ ΣΗΜΕΡΑ

Η Ελλάδα συγκαταλέγεται στις κορυφαίες ελαιοπαραγωγικές χώρες στον κόσμο. Η Ιταλία και η Ισπανία είναι οι μεγαλύτεροι καταναλωτές ελαιόλαδου στην Ευρωπαϊκή Ένωση, με κατανάλωση ετησίως 500.000 τόνους η κάθε μια. Η Ελλάδα έχει τη μεγαλύτερη κατά κεφαλήν κατανάλωση ελαιόλαδου στην Ευρωπαϊκή Ένωση, με περίπου 12 κιλά ανά άτομο ετησίως σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Οι προτιμήσεις ελαιόλαδου από χώρα σε χώρα αλλάζει. Για παράδειγμα, στην Ιταλία και στην Ελλάδα, η πλειονότητα του λαδιού που καταναλώνεται είναι η κατηγορία του εξαιρετικά παρθένου, ενώ στην Ισπανία αυτή η κατηγορία αντιπροσωπεύει λιγότερο από το ήμισυ της κατανάλωσης. Παρόλα αυτά στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης οι

καταναλωτές έχουν την τάση να στρέφονται προς την κατανάλωση των έξτρα παρθένων ελαιόλαδων. Σήμερα, κάθε περιοχή της Ελλάδας παράγει ελαιόλαδο με εκπληκτικά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά καθώς ξεχωρίζουν τόσο σε γεύση όσο και σε ποιότητα. Αυτό οφείλεται στην ποικιλία της ελιάς, στο έφορο έδαφος, στο υψόμετρο και στις κλιματολογικές συνθήκες της κάθε περιοχής. Τα Ελληνικά ελαιόλαδα χωρίζονται με κάποιες ενδείξεις αναγνώρισης ποιότητας όπου έχει θέσει η Ευρωπαϊκή Επιτροπή.

Αυτές είναι:

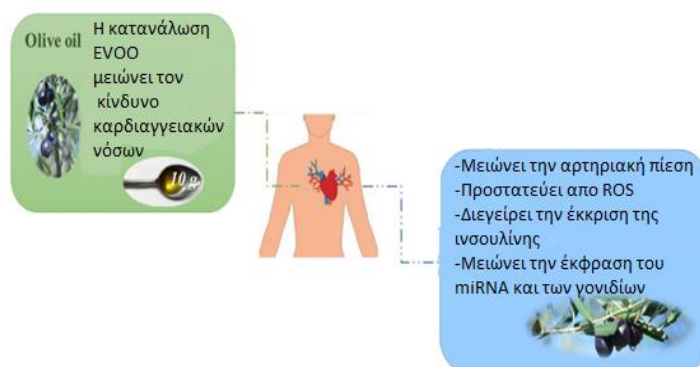
1. *Προστατευμένη Ονομασία Προέλευσης (ΠΟΠ-Καν. 510/2006)*: Ελαιόλαδα που παράγονται σε μια συγκεκριμένη περιοχή, σε έναν συγκεκριμένο τόπο και επεξεργάζονται ή μεταποιούνται αποκλειστικά εντός των τόπων αυτών.
2. *Προστατευμένη Γεωγραφική Ένδειξη (ΠΓΕ-Καν.510/2006)*: Ελαιόλαδα τα οποία μπορεί να παράγονται σε μια συγκεκριμένη περιοχή, η επεξεργασία και η μεταποίηση όμως, να γίνονται σε κάποια άλλη. Οι παραγωγοί είναι απαραίτητο να καταγράψουν με πλήρη λεπτομέρεια με όλες τις συνθήκες παραγωγής και μεταχείρισης κι έτσι να κατοχυρώσουν τα δικαιώματά τους.

1.1.3 ΤΟ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟ ΣΤΗ ΔΙΑΤΡΟΦΗ ΚΑΙ ΤΑ ΟΦΕΛΗ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ

Το ελαιόλαδο είναι μια καλή καθημερινή επιλογή της διατροφής μας. Σύμφωνα με την Αμερικανική Καρδιολογική Εταιρεία τα έλαια πρέπει να περιορίζονται σε δύο έως τρεις μερίδες από ένα κουταλάκι του γλυκού το καθένα, την ημέρα. Όλα τα έλαια έχουν περίπου 120 θερμίδες ανά κουταλιά της σούπας. Το Michigan State University Extension επισημαίνει πως ο καταναλωτής πρέπει να προσέχει να μην προσθέτει επιπλέον λάδι στη διατροφή του και να αντικαταστήσει με πιο υγιεινά έλαια τα ανθυγιεινά που χρησιμοποιεί ήδη.

Το ελαιόλαδο έχει αρκετές θετικές επιδράσεις στην αναστολή των παθογόνων που προκαλούν τροφιμογενή νοσήματα (Εικόνα 4). Θετικά οφέλη στην υγεία προσδίδουν οι προβιοτικοί μικροοργανισμοί που περιέχει όπως *L.acidophilus* και *B.Bifidum*. Επιπλέον, έχει αποδειχθεί πως η κατανάλωση ελαιόλαδου μπορεί να ρυθμίσει τη μικροχλωρίδα του εντέρου (Conterno et al., 2017; Liehr et al., 2017; Prieto et al., 2018),

την αρτηριακή πίεση (Tang et al., 2018), τη παχυσαρκία, τον διαβήτη τύπου II, την καρδιαγγειακή νόσο, την υπερχοληστερολαιμία, τον καρκίνο και το μεταβολικό σύνδρομο (Alu'datt et al., 2017).



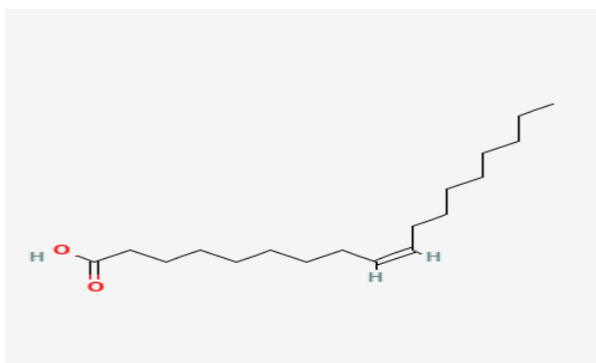
Εικόνα 4: Θετικές επιδράσεις ελαιόλαδου στις καρδιαγγειακές νόσους. Πηγή: (Mohsen Gavahiana, *et.al*, 2019)

1.2 ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ

Για περίπου 3.000 χρόνια οι κάτοικοι της Κρήτης και του Αιγαίου Πελάγους καταναλώναν λίπος ως υγρό αντί για στερεό, με το ελαιόλαδο να είναι η πρώτη τους επιλογή για γαστρονομικούς λόγους. Οι ελιές κατά μέσο όρο αποτελούνται από 22% λάδι, 50% νερό, 1,6% πρωτεΐνη, 19,1% υδατάνθρακες, 5,8% κυτταρίνη και 1,5% μέταλλα (Haumann 1996, 890).

1.2.1 Η ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ

Το ελαιόλαδο αποτελείται από ένα σύνολο τριγλυκεριδίων. Τα τριγλυκερίδια του ελαίου έχουν κυρίως μονοακόρεστα λιπαρά οξέα τα οποία κάνουν το λίπος πιο ρευστό και μειώνουν το σημείο τήξης του. Το πιο κοινό μονοακόρεστο λιπαρό οξύ στο ελαιόλαδο είναι το ελαϊκό οξύ (18:1). Το ελαϊκό οξύ είναι το κύριο συστατικό που κάνει ξεχωριστό το ελαιόλαδο από άλλα έλαια. (Εικόνα 5)



Εικόνα 5: Το ελαιϊκό οξύ

Πηγή: (https://commonchemistry.cas.org/detail?cas_rn=112-80-1)

Τα πολύ ακόρεστα λιπαρά οξέα που βρίσκονται στο ελαιόλαδο είναι δύο: το λινολεϊκό οξύ (18:2) και το άλφα-λινολενικό οξύ (18:3). Αυτά τα δύο πολύ ακόρεστα λιπαρά οξέα ονομάζονται απαραίτητα λιπαρά, που σημαίνει ότι είναι σημαντικό να λαμβάνονται συστηματικά στη διατροφή μας.

Ως προς τα κορεσμένα λιπαρά οξέα στο ελαιόλαδο περιλαμβάνονται: το παλμιτικό οξύ (16:0) και το στεατικό οξύ (18:0).

Εκτός από τα λιπαρά οξέα το ελαιόλαδο περιέχει μικρές ποσότητες φωσφατιδίων (π.χ. λεκιθίνη), χρωστικές ουσίες, υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, γευστικές ενώσεις, στερόλες και ρητινώδεις ουσίες.

Επιπροσθέτως, περιέχει ουσίες που διαθέτουν σημαντικές αντιοξειδωτικές ιδιότητες, όπως τοκοφερόλες (βιταμίνη E) και φαινολικές ενώσεις (το καφεϊκό και φερουλικό οξύ). Οι φαινολικές ενώσεις υπάρχουν στο μεσοκάρπιο της ελιάς και είναι κυρίως υδατοδιαλυτές. Η διατήρηση των τοκοφερολών και των φαινολικών ενώσεων είναι σημαντική κατά την επεξεργασία της ελιάς, καθώς συμβάλλουν στη διάρκεια ζωής του ελαιόλαδου (Haumann 1996, 891; Clark, Hunsiker and Megremis 1990, 262–3) επιπροσθέτως, απομακρύνουν τις ελεύθερες ρίζες οι οποίες έχουν αρνητικό αντίκτυπο στον οργανισμό. Ελαιόλαδα πλούσια σε φαινολικές ενώσεις έχουν αποδειχτεί πως δεν είναι νοθευμένα και τα συνηθέστερα είναι η ποικιλία των έξτρα παρθένων ελαιόλαδων. Όσα ελαιόλαδα παρασκευάζονται μέσω της διαδικασίας ψυχρής έκθλιψης διατηρούν μεγάλη ποσότητα φαινολικών ενώσεων στα ποιοτικά τους χαρακτηριστικά.

Τέλος, έχει αποδειχθεί πως οι θρεπτικές του ουσίες, προσφέρουν αρκετά πλεονεκτήματα σε σχέση με τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα κορεσμένα λίπη ζωικής προέλευσης (π.χ το βούτυρο).



Εικόνα 6: Εξαιρετικό παρθένο ελαιόλαδο, πλούσια οφέλη για την υγεία. Καταναλώνεται ωμό ή μαγειρεμένο. Για να πάρει πιστοποίηση το εξαιρετικό παρθένο ελαιόλαδο θα πρέπει να περάσει από δύο διαφορετικά τεστ οξύτητας, ενώ το ελαιϊκό οξύ είναι αναγκαίο να είναι 0,8 γρ. ανά 100 γρ. ελαίου Πηγή: iStock

1.2.2 ΦΑΙΝΟΛΙΚΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ

Το παρθένο ελαιόλαδο περιέχει φαινολικά συστατικά τα οποία επηρεάζουν την σταθερότητα και το άρωμα του. Φαινόλες, ονομάζονται οι ενώσεις που περιέχουν τουλάχιστον ένα βενζολικό δακτύλιο κι ένα ή περισσότερα υδροξύλια στο βενζολικό δακτύλιο.

Οι φαινολικές ενώσεις ανήκουν στη κατηγορία φυσικών αντιοξειδωτικών που βρίσκονται στο ελαιόλαδο. Τις συναντάμε στα φύλλα της ελιάς και στον καρπό (Reboredo-Rodriguez, et al., 2014). Έχει διαπιστωθεί πως οι πρώτες φαινολικές ενώσεις απομονώθηκαν από φύλλα ελιάς και εμπόδισαν την οξείδωση στο ελαιόλαδο της ίδιας ελιάς όπου προστέθηκαν, ενώ όταν προστέθηκαν σε άλλα έλαια, αύξησαν την αντοχή του στην οξείδωση, ενώ το ίδιο το ελαιόλαδο αλλοιώθηκε αρκετά (El Riachy, et al., 2011). Οι κυριότερες φαινολικές ενώσεις είναι η τυροσόλη και η υδρόξυ-τυροσόλη οι οποίες εμφανίζουν έντονη αντιοξειδωτική δράση. Εκτός από αυτές τις δύο κύριες ενώσεις, στο ελαιόλαδο έχουν ανιχνευτεί κι άλλες όπως: το καφεϊκό (3,4 διυδροξυ-κιμικό), το πρωτοκατεχικό (3,4 διυδροξυβενζοϊκό). Να τονιστεί πως έλαια πλούσια σε φαινολικές ενώσεις είναι το έξτρα παρθένο ελαιόλαδο και παρθένο ελαιόλαδο. Οι φαινόλες λόγω των δακτυλίων τους συμβάλλουν στη προστασία των

λιπιδίων του αίματος από το οξειδωτικό στρες και γενικότερα στην υγεία του ανθρώπου.

1.2.3 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ

Υπάρχουν διάφορες κατηγορίες ελαιόλαδου οι οποίες κατατάσσονται σύμφωνα με κάποιες παραμέτρους όπου χωρίζονται σε φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του ελαιόλαδου όπως η οξύτητα, ο αριθμός υπεροξειδίων, η περιεκτικότητα σε λιπαρά οξέα, η σύσταση σε στερόλες και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, όπως η ευχάριστη γεύση (φρουτώδης, πικρό, πικάντικο) ή τα αρνητικά χαρακτηριστικά (ταγγό, μουχλιασμένο, ξιδάτο).

Κατηγορίες ελαιόλαδου (κανονισμός (ΕΕ) 2022/2104 της Επιτροπής):

Παρθένα Ελαιόλαδα:

A) Εξαιρετικό παρθένο ελαιόλαδο: η κατηγορία με την υψηλότερη ποιότητα. Είναι φρουτώδης και η οξύτητα του δεν ξεπερνά το 0,8%

B) Παρθένο ελαιόλαδο: σε χαμηλό επίπεδο παρουσιάζει κάποια οργανοληπτικά ελαττώματα. Η οξύτητα του δεν πρέπει να υπερβαίνει το 2%

C) Μειονεκτικό ελαιόλαδο/λαμπάντε: ανήκει στη κατηγορία κατώτατης ποιότητας με οξύτητα πάνω από 2%. Έχει πολλά χαρακτηριστικά ελαττώματα και δεν έχει φρουτώδη γεύση. Χρησιμοποιείται για βιομηχανικούς σκοπούς.

Άλλες κατηγορίες ελαιόλαδου:

A) Εξευγενισμένο ή Ραφιναρισμένο Ελαιόλαδο: προκύπτει από τον εξευγενισμό του μειονεκτικού ελαιόλαδου (δεν πωλείται στη λιανική αγορά). Έχει βαθμό οξύτητας έως 0,3%

B) Ελαιόλαδο που αποτελείται από εξευγενισμένα και παρθένα ελαιόλαδα: προκύπτει από την ανάμειξη εξαιρετικού παρθένου ελαιόλαδου και εξευγενισμένου ελαιόλαδου. Έχει βαθμό οξύτητας έως 1%

C) Ακατέργαστο πυρηνέλαιο: εφόσον γίνει εξαγωγή του ελαίου από τις ελιές τότε οι ελαιοπυρήνες γίνονται σαν πολτός. Το έλαιο που προέρχεται από τον πολτό των ελαιοπυρήνων ονομάζεται ακατέργαστο πυρηνέλαιο.

D) Εξευγενισμένο Ελαιόλαδο: όταν το ακατέργαστο πυρηνέλαιο υπόκειται σε ανάμειξη με παρθένο ελαιόλαδο.

Ε) Πυρηγέλαιο: όταν το εξευγενισμένο ελαιόλαδο υπόκειται σε ανάμειξη με παρθένο ελαιόλαδο.

1.3 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ

Τα βασικά κριτήρια για την εκτίμηση ποιότητας του ελαιόλαδου είναι η οξύτητα, η οξειδωση (τάγγισμα), το χρώμα και τα οργανοληπτικά του χαρακτηριστικά (άρωμα και γεύση). Η καλύτερη κατηγοριοποίηση του ποιοτικού ελαιόλαδου είναι αυτή που συνδέεται με τα οργανοληπτικά του χαρακτηριστικά (Cancilla, et al., 2014).

1.3.1 ΧΡΩΜΑ

Το χρώμα των τροφίμων είναι μια ιδιότητα που σχετίζεται στενά με την αποδοχή ή την απόρριψή τους από τους καταναλωτές. Γενικά, οι καταναλωτές συνδέουν τα παρατηρούμενα χρώματα με πιθανά αρώματα και γεύσεις του προϊόντος (Moyano et al., 2010). Το χαρακτηριστικό χρώμα ενός ελαιόλαδου εξαρτάται από τη συγκέντρωση και την αναλογία των διαφόρων χρωστικών. Πολλοί καταναλωτές θεωρούν πως το λάδι με έντονο πράσινο χρώμα είναι δείγμα υψηλής ποιότητας. Είναι όμως αλήθεια αυτό; Το χρώμα του ελαιόλαδου εξαρτάται έντονα από την ποικιλία του καρπού.

Εξίσου σημαντικό ρόλο παίζουν οι χρωστικές οι οποίες ταξινομούνται σε χρωστικές χλωροφύλλης, υπεύθυνες για πράσινες αποχρώσεις και τα καροτενοειδή, υπεύθυνα για τις κίτρινες αποχρώσεις (Giuffrida et al., 2011). Η χρωματολογία του ποιοτικού ελαιόλαδου ξεκινάει από το χρυσό κίτρινο έως το βαθύ πράσινο. Η αυτοοξειδωση του ελαιόλαδου οδηγεί σε απώλειες χρωστικών με αποτέλεσμα τον αποχρωματισμό του (Aparicio-Ruiz & Gandul-Rojas, 2014).



Εικόνα 7: ‘Όσο πιο πράσινο το ελαιόλαδο τόσο καλύτερη η ποιότητα του..’, Μύθος ή Αλήθεια; Το χρώμα δεν αποτελεί από μόνο του ένδειξη καλής ή κακής ποιότητας. Συσχετίζεται με την ωριμότητα του καρπού κατά τη συγκομιδή. Αυτό που πρέπει να προσέχει ο καταναλωτής είναι πως το ξεθωριασμένο χρώμα είναι ένδειξη προσμίξεων ενώ αποχρώσεις στο χρώμα του χαλκού πιθανότατα το λάδι να είναι σε προχωρημένο στάδιο οξείδωσης. Πηγή: Kanakis Olive Oil.

1.3.2 ΟΞΥΤΗΤΑ

Η οξύτητα του ελαιόλαδου υποδηλώνει τη περιεκτικότητά του σε ελαϊκό οξύ και είναι από τα πιο σημαντικά ποιοτικά κριτήρια όπως και είναι αυτή που θα καθορίσει τελικώς αν το λάδι είναι κατάλληλο φαγώσιμο ή όχι. Μπορούμε να την προσδιορίσουμε με τη μέθοδο της τιτλοδότησης των ελευθέρων λιπαρών οξέων των ελαίων, κατόπιν αραίωσης τους από διάφορους διαλύτες.

Η οξύτητα θα πρέπει υποχρεωτικά να αναγράφεται σε κάθε δοχείο που περιέχει λάδι και συνήθως εκφράζεται επί τοις %. Όσο πιο αυξημένο επί τοις % είναι η οξύτητα τόσο περισσότερα ελεύθερα λιπαρά οξέα εμπεριέχονται στο λάδι. Το ελαιόλαδο χωρίζεται σε φαγώσιμο και βιομηχανικό αναλόγως αν αυτό έχει οξύτητα $< 3.3\%$ ή μεγαλύτερη αντίστοιχα (Διεθνές Συμβούλιο Ελαιόλαδου). Πολλά καθορίζονται από την οξύτητα όπως η ποιοτική κατάταξη, η τιμή του ελαίου και η διαβάθμιση (Clodoveo, 2012).

Να τονιστεί πως χαμηλή οξύτητα δεν συνεπάγεται απαραίτητα και με καλό λάδι διότι μπορεί το ελαιόλαδο να υστερεί σε άλλα χαρακτηριστικά. Οι καταναλωτές όμως θα πρέπει να προτιμούν λάδι με μικρή οξύτητα (Servili& Montedoro ,2002).

Πιο συγκεκριμένα στις ελληνικές ελαιοπαραγωγικές περιοχές καλό λάδι θεωρείται εκείνο που η οξύτητά του δεν ξεπερνά το 0,5% v/v σε περιεκτικότητα ελαϊκού οξέος (0,5 βαθμούς).

Το ελαιόλαδο με αυξημένη οξύτητα κάνει 'αισθητή' την παρουσία του στη στοματική κοιλότητα, προσδίδει μία ιδιαίτερη 'τσουχτερή' επίγευση και το κάνει να μην είναι τόσο ευχάριστο. (Κυριτσάκης, 2007).



Εικόνα 8: Μέτρηση οξύτητας με τη μέθοδο τιτλοδότησης. Πηγή: Προσωπικό αρχείο.

1.3.3 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ K_{232} ΚΑΙ K_{270}

Οι συντελεστές απόσβεσης εκφράζουν την απορρόφηση σε υπεριώδες φως και την κατάσταση οξείδωσης του ελαιόλαδου. Για τον λόγο αυτό μπορούν να αξιολογηθούν εργαστηριακά με φασμαφωτομετρική μέθοδο. Το δείγμα μετράτε σε μήκος κύματος 232 nm και 270 nm. Η απορρόφηση στα 232 οφείλεται στην παρουσία συζυγών διενίων και στα 270 στην παρουσία τριενίων που αυξάνονται ιδιαίτερα από τη διαδικασία οξείδωσης κατά τη διάρκεια της θερμικής επεξεργασίας (Maggio et al., 2011; Dunn,

2008). Όσο αυξημένη είναι η απορρόφηση, τόσο οξειδωμένο και κακής ποιότητας είναι το έλαιο. (Κυριτσάκης, 2007). Κατά τη θερμική επεξεργασία, ειδικά κατά το τηγάνισμα (Daskalaki et al., 2009) ακόμη και με παρουσία τροφίμου (Andrikopoulos et al., 2002; Casal et al., 2010) παρατηρείτε αύξηση των απορροφήσεων ανεξαρτήτου κατηγορίας ελαιόλαδου και χρόνου τηγανίσματος.

Επιπροσθέτως, ο συντελεστής K270 μπορεί να μας δείξει πόσο φρέσκο είναι το λάδι ή αν αυτό έχει νοθευτεί με άλλα έλαια. Επιπλέον, η φασματοφωτομετρική μέθοδος μας δίνει πληροφορίες για τον έλεγχο ποιότητας του ελαίου (Casale M. Et al. 2012). Η μέτρηση των δύο συντελεστών απόσβεσης K232 και K270 μας δίνει λεπτομέρειες για τη ποιότητα λιπών, την κατάσταση συντήρησης του όπως και για τις θερμικές επεξεργασίες που έχει δεχθεί.

1.3.4 ΝΟΘΕΙΑ ΤΟΥ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ

Σε επιστημονική βιβλιογραφία είναι δυνατόν να βρεθούν πάρα πολλές ορολογίες σχετικά με τη νοθεία του ελαιόλαδου. Μέχρι σήμερα όμως δεν υπάρχει κάποιος εναρμονισμένος ορισμός για την ‘απάτη’ του ελαίου σε διεθνές ή ευρωπαϊκό επίπεδο. Βάση νομοθεσίας η νοθεία τροφίμων περιλαμβάνει μόνο δίωξη οικονομικού ή χρηματοοικονομικού κέρδους μέσω εξαπάτησης καταναλωτών. (EU commission website food fraud section: (2016); Serious Fraud Office (SFO) nd, ; Food Standard Agency (FSA),; Food and Drug Administration (FDA) - Food Defense,; Elliott, 2014).

Κατά κύριο λόγο το εξαιρετικό παρθένο ελαιόλαδο (EVOO) είναι το πιο ακριβό λάδι στην αγορά. Λόγω του υψηλού κόστους του και της μεγάλης ζήτησης κάποιοι έμποροι προκειμένου να επωφεληθούν, αναμειγνύουν μικρή ποσότητα EVOO με αρκετή ποσότητα λαδιών χαμηλής ποιότητας προκειμένου να εξαπατήσουν τους καταναλωτές και να αποκτήσουν οικονομικό όφελος. Η νοθεία του EVOO με φυτικά έλαια χαμηλού κόστους και κακής ποιότητας μπορεί να προκαλέσουν σοβαρά προβλήματα υγείας (Guimet, Ferré, & Boqué, 2005).

Για το λόγο αυτό υπάρχουν γρήγορες, ακριβής αναλυτικές μέθοδοι προς ανίχνευση νοθευμένου ελαίου.

Μέχρι και λίγα χρόνια πριν φορείς, είτε δημόσιοι είτε ιδιωτικοί για να προσδιορίσουν την γνησιότητα του ελαιόλαδου χρησιμοποιούσαν φυσικές ή χημικές μεθόδους για να υπολογίσουν τους συντελεστές K232 και K270 σε συνδυασμό με άλλες τεχνικές. Αργότερα, αφού εξετάστηκε εκτενέστερα από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή αποτέλεσαν την βάση για νέες σύγχρονες μεθόδους. Ενδεικτικές μέθοδοι οι οποίες είναι επίσημα αναγνωρισμένες από το Διεθνές Συμβούλιο Ελαιόλαδου καθώς και από την Ευρωπαϊκή Ένωση είναι:

- Προσδιορισμός στερολών
- Αντίδραση πολυβρωμιδίων
- Προσδιορισμός αλειφατικών αλκοολών
- Προσδιορισμός σκουαλενίου
- Προσδιορισμός κηρών
- Προσδιορισμός των trans-ακόρεστων ή των trans-ισομερών των ακόρεστων λιπαρών οξέων
- Ανάλυση τριγλυκεριδίων
- Προσδιορισμός στιγμασταδιενίων

1.4 ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ

Το ελαιόλαδο έχει γίνει γνωστό για τα οφέλη του στην υγεία. Η σωστή αποθήκευση παίζει σημαντικό ρόλο στη διατήρηση της θρεπτικής του αξίας και στην αποφυγή της αλλοίωσης του. Όταν το ελαιόλαδο εκτεθεί σε οξυγόνο, φως και θερμότητα, μπορεί να γίνει ταγγό (= έντονη οξείδωση ελαιόλαδου, αλλοίωση σε γεύση και οσμή). Η σωστή αποθήκευση, όμως, μπορεί να αποτρέψει το τάγγισμα. [Οι ειδικοί του κλάδου συνιστούν την αποθήκευση του λαδιού σε θερμοκρασία μεταξύ 13°C έως 16°C. Η αποθήκευσή του σε συνήθη θερμοκρασία δωματίου 23-24°C είναι καλή, αλλά αν ο χώρος αποθήκευσης του λαδιού είναι πιο ζεστός τότε προτείνεται ψύξη του ελαιολάδου για διατήρηση ποιότητας].

Η αποθήκευση στη κατάψυξη είναι η καλύτερη για μακροχρόνια κατανάλωση όλων των ελαιόλαδων εκτός από τα εξαιρετικά παρθένα. Το παγωμένο ελαιόλαδο θα στερεοποιηθεί και θα θολώσει σε χαμηλές θερμοκρασίες. Αυτό δεν αλλάζει τα οφέλη για την υγεία ή τη θρεπτική του αξία. Η επαναφορά του ελαιόλαδου σε θερμοκρασία δωματίου για μικρό χρονικό διάστημα επαναφέρει την υγρή υφή και το χρώμα του.

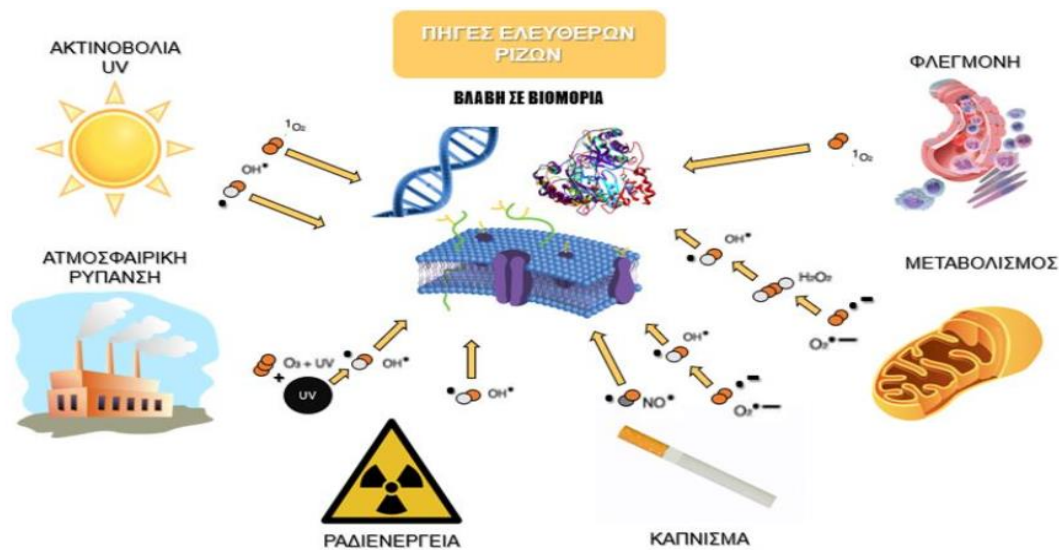
Τα δοχεία με διαυγές γυαλί είναι ικανοποιητικά για αυτό το σκοπό, καθώς το ψυγείο τις περισσότερες φορές είναι σκοτεινό. Πολλά νοικοκυριά αγοράζουν λάδι από εμπόρους ή από σούπερ μάρκετ το οποίο είναι αποθηκευμένο σε τενεκέδες ή σε πλαστικά μπουκάλια. Για εύκολη και γρήγορη χρήση προτιμάται η διατήρηση μικρής ποσότητας λαδιού σε θερμοκρασία δωματίου σε γυάλινα βαζάκια της αγοράς με φιμέ χρώμα. Το φιμέ χρώμα στο γυαλί έχει την ιδιότητα να κρατά έξω τον αέρα και το φως γι' αυτό και χαρακτηρίζεται ως ιδανικό δοχείο για σύντομη διαφύλαξη του λαδιού. Αποφεύγεται το πλαστικό δοχείο καθώς μπορεί να επιφέρει επιβλαβείς ουσίες. Για καλύτερη ποιότητα το λάδι φυλάσσεται σε σκοτεινό μέρος μακριά από διάφορους αγωγούς θερμότητας. Συγκριτικά με άλλα προϊόντα μακροχρόνιας συντήρησης όπως για παράδειγμα το κρασί, το λάδι με το πέρασ του χρόνου δεν αλλοιώνεται. Το ελαιόλαδο σταδιακά διασπάτε, το επίπεδο οξύτητας αυξάνεται και η γεύση με την οσμή εξασθενούν. Ιδανική ημερομηνία κατανάλωσης για καλύτερη ποιότητα προτείνεται εντός ενός έτους από την αγορά.

1.5 ΕΛΑΙΟΛΑΔΟ ΚΑΙ ΕΛΕΥΘΕΡΕΣ ΡΙΖΕΣ

Ως ελεύθερη ρίζα ονομάζεται ένα μόριο ή άτομο, που διαθέτει ένα ή παραπάνω ασύζευκτα ηλεκτρόνια στην εξωτερική στοιβάδα σθένους (Jenkins 1988). Το φαινόμενο αυτό οφείλεται είτε στη προσθήκη είτε στην αφαίρεση ενός ηλεκτρονίου απ' την εξωτερική ηλεκτρονιακή στοιβάδα (Mylonas & Kouretas 1999). Τα μόρια αυτά είναι ιδιαίτερα ασταθή και μπορούν για το λόγο αυτό να αντιδρούν και να οξειδώνουν άλλα μόρια. Στον οργανισμό, οι ελεύθερες ρίζες έχουν τη δυνατότητα να αντιδράσουν με διάφορα βιομόρια επηρεάζοντας έτσι τη φυσιολογική τους λειτουργία. Οι ελεύθερες ρίζες αποτελούν μια ετερογενή ομάδα μορίων. Η απλούστερη ομάδα είναι το άτομο του υδρογόνου με ένα πρωτόνιο και ένα ηλεκτρόνιο. Αναλόγως πιο είναι κεντρικό άτομο, οι ελεύθερες ρίζες μπορούν να ανήκουν στις δραστικές μορφές οξυγόνου (Reactive Oxygen Species, ROS), τις δραστικές μορφές αζώτου (Reactive Nitrogen Species, RNS), τις δραστικές μορφές θείου (Reactive Sulphur Species, RSS) και τις δραστικές μορφές χλωρίου (Reactive Chlorine Species, RCIS). Οι κατηγορίες RNS, RSS, RCIS έχουν τη δυνατότητα να αντιδράσουν με τις ROS οι οποίες είναι πιο συνηθισμένες στον οργανισμό (Veskoukis et al. 2012a). Στην κατηγορία των ROS ανήκουν οι ρίζες υδροξυλίου ($\text{OH}\cdot$), ρίζες σουπεροξειδίου ($\text{O}_2\cdot^-$), περοξυλίου ($\text{ROO}\cdot$),

αλκοξυλίου ($\text{RO}\cdot$), υδροπεροξυλίου ($\text{HO}_2\cdot$), ακόμη και οι μη ρίζες υπεροξειδίου του υδρογόνου (H_2O_2), υποχλωριώδες οξύ (HOCl), υποβρωμιώδες οξύ (HOBr), όζον (O_3) και μονήρες οξυγόνο (O_2). Οι ελεύθερες ρίζες μπορούν να παραχθούν είτε από ενδογενείς είτε από εξωγενείς πηγές. Ενδογενώς επιτυγχάνεται με τη διαδικασία της οξειδωτικής φωσφορύλιωσης όπου πραγματοποιείται στην εσωτερική μεμβράνη των μιτοχονδρίων (Di Meo and Venditti 2001).

Εξωγενώς πραγματοποιείται από διάφορους ετερογενείς παράγοντες, όπως είναι το όζον, η ατμοσφαιρική ρύπανση, ο καπνός του τσιγάρου, η ηλιακή και η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία και τα βιομηχανικά απόβλητα. Αρκετά φάρμακα, επίσης, ευθύνονται για την παραγωγή ελευθέρων ριζών αλλά και άλλες ξενοβιοτικές ουσίες, όπως ποικίλες τοξίνες, εντομοκτόνα και το αλκοόλ. Η ισορροπημένη διατροφή παίζει σημαντικό ρόλο για την αποφυγή ελευθέρων ριζών στον οργανισμό (Ames 1981; Halliwell and Gutteridge 2015).



Εικόνα 9: Ενδογενής και εξωγενής παράγοντες δημιουργίας ελευθέρων ριζών. Οι ελεύθερες ρίζες δημιουργούνται σε κύτταρα διαμέσου αρκετών φυσικών και βιοχημικών διαδικασιών Πηγή: (Packirisamy, Subbulakshmi, 2013).

1.6 ΕΛΑΙΟΛΑΔΟ ΚΑΙ ΤΗΓΑΝΙΣΜΑ

Το τηγάνισμα με λάδι ή λίπος είναι μια από τις δημοφιλέστερες μαγειρικές διαδικασίες παγκοσμίως, τόσο για βιομηχανικές όσο και για οικιακές διαδικασίες παρασκευής τροφίμων. Τα τηγανητά προϊόντα έχουν μοναδικές οργανοληπτικές ιδιότητες, συμπεριλαμβανομένης της γεύσης, της υφής και της εμφάνισης, όπου κάνουν τους καταναλωτές να τα απολαμβάνουν. Παρά τις συστάσεις ειδικών για καθημερινή υγιεινή διατροφή η προτίμηση των καταναλωτών για τηγανιτά προϊόντα αυξάνεται συνεχώς. Σημαντικό ρόλο παίζει ότι η διαδικασία προετοιμασίας και κατανάλωσης του προϊόντος δεν είναι χρονοβόρα (Sánchez-Muniz and Bastida, 2006) και θεωρείται ότι προκαλεί ίσες ή και μικρότερες απώλειες θρεπτικών συστατικών σε σύγκριση με άλλες κοινές μαγειρικές διαδικασίες (Fillion and Henry, 1998).

Υπάρχουν τρεις αναγνωρισμένες μέθοδοι τηγανίσματος (McSavage J et al.2001) :

- Τηγάνισμα σε τηγάνι/ Pan- Frying , Shallow Frying
- Οικιακό τηγάνισμα σε φριτέζα/ Batch Deep Frying
- Συνεχές τηγάνισμα σε φριτέζα/ Continuous Deep Frying

Κατά το τηγάνισμα σε τηγάνι ή αλλιώς ρηχό τηγάνισμα, το προϊόν μαγειρεύεται σε έλαιο ή λίπος του οποίου η στάθμη δεν πρέπει να καλύπτει πλήρως το προϊόν. Στην ουσία, ένα μέρος του τρόφιμου ή και ολόκληρο απορροφάει μεγάλη ποσότητα του ελαίου (McSavage J et al.2001). Η θερμοκρασία της μεθόδου αυτής κυμαίνεται από 120°C- 180°C. Ο σκοπός της μεθόδου αυτής είναι το προϊόν να αποκτήσει μοναδικά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά τηγανιτού που οφείλονται στην υψηλή θερμοκρασία και την απορρόφηση εδώδιμου ελαίου. (Μπόσκου Γ., Οργάνωση και Διαχείριση Μονάδων Διατροφής, 2005).

Η διαδικασία του οικιακού τηγανίσματος σε φριτέζα καταλαμβάνει τη μεγαλύτερη χρήση λαδιού, έτσι ώστε το τρόφιμο να βυθίζεται στο λάδι. Έτσι, μόνο ένα μικρό μέγεθος λαδιού απορροφάτε από το τρόφιμο. (McSavage J et al.2001). Η θερμοκρασία του οικιακού τηγανίσματος κυμαίνεται από 140°C- 220°C (Μπόσκου Γ., Οργάνωση και Διαχείριση Μονάδων Διατροφής, 2005).

Η τεχνική του συνεχούς τηγανίσματος σε φριτέζα καταλαμβάνει την εισαγωγή ολόκληρου του τρόφιμου σε συσκευή τηγανίσματος, η οποία έχει πάρα πολύ μεγάλο

όγκο λαδιού. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται κυρίως στην εστίαση ή σε βιομηχανίες τροφίμων (McSavage J et al.2001).

Οι υψηλές θερμοκρασίες που χρησιμοποιούνται κατά το τηγάνισμα, η παρουσία οξυγόνου και του νερού, προκαλούν σημαντικές χημικές αλλαγές στα έλαια. Πιο συγκεκριμένα προκαλούν οξείδωση, πολυμερισμό και υδρόλυση (Paul and Mittal, 1997· Saguy and Dana, 2003), αναπόφευκτα μειώνοντας την διάρκεια ζωής του, ενώ επηρεάζουν άμεσα την ποιότητα του τηγανισμένου φαγητού (Kochhar, 2001). Αυτές οι χημικές αντιδράσεις επηρεάζονται από τον τύπο και την ποιότητα του λαδιού, τις ιδιότητες των τροφίμων και την αναλογία τροφής/ελαίου, μεταξύ άλλων παραμέτρων (Saguy και Dana, 2003).

1.7 ΣΚΟΠΟΣ

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μέτρηση μεταβολής των ποιοτικών χαρακτηριστικών κατά την αποθήκευση του ελαιόλαδου. Μελέτη έγινε σε πυρηνέλαιο νωπό καθώς και έπειτα από θερμική επεξεργασία με τη τεχνική ‘οικιακό τηγάνισμα σε φριτέζα’ Batch Deep Frying. Όλα τα δείγματα αποθηκευτήκαν σε ίδια δοχεία αλλά σε διαφορετικές συνθήκες φως, σκοτάδι, ψύξη και κατάψυξη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2°: ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

2.1 ΥΛΙΚΑ & ΜΕΘΟΔΟΙ

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία χρησιμοποιήθηκε εμπορικό ελαιόλαδο και συγκεκριμένα πυρηνέλαιο. Το πυρηνέλαιο αποθηκεύτηκε για 2 μήνες σε νωπή μορφή και σε επεξεργασμένη αφού επεξεργάστηκε θερμικά έπειτα από οικιακό τηγάνισμα πατάτας για 20 min σε φριτέζα (Batch Deep Frying). Οι συνθήκες αποθήκευσης ήταν διαφορετικές καθώς τα βάζα με διαυγές γυαλί που περιείχαν το πυρηνέλαιο τοποθετήθηκαν στο φως, στο σκοτάδι, στους 4°C (συντήρηση) και στους -20°C (κατάψυξη). Οι μετρήσεις των ποιοτικών χαρακτηριστικών έγιναν την ημέρα 0, στον 1ο μήνα και στον 2ο μήνα.



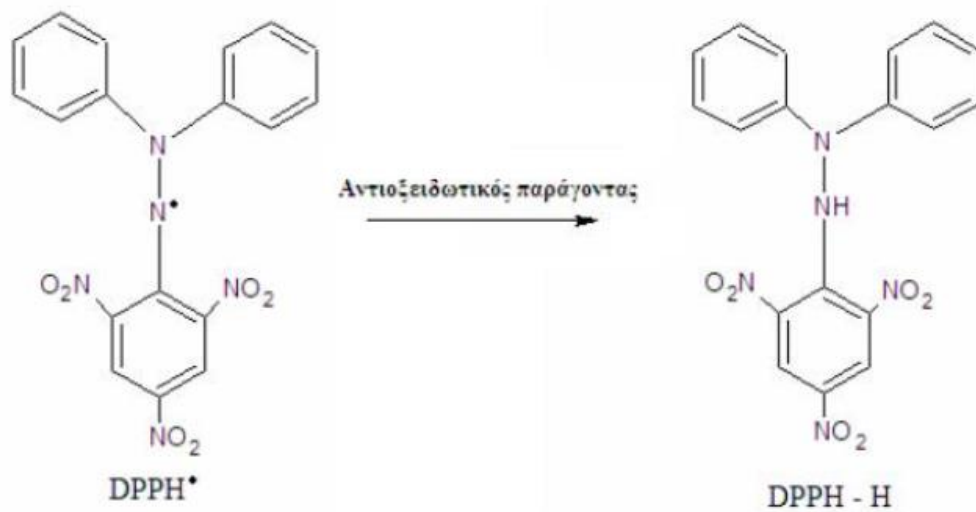
Εικόνα 10: *Πυρηνέλαιο ημέρα 0.*

2.1.1 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ

Για το χρώμα χρησιμοποιήθηκαν πλαστικά επίπεδα μικρά τρυβλία στα οποία προστέθηκαν 15ml λάδι. Η μέτρηση έγινε με τη βοήθεια του μηχανήματος MiniScan Xe plus by Hander Lab. Ο προσδιορισμός έγινε σύμφωνα με το χρωματικό μοντέλο CIELab μετρώντας τους παράγοντες L^* , a^* και b^* .

2.1.2 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΜΕΣΩ ΤΗΣ ΣΤΑΘΕΡΗΣ ΡΙΖΑΣ DPPH.

Η μέθοδος εκτίμησης της αντιοξειδωτικής ικανότητας μέσω της αναγωγής της σταθερής ελεύθερης ρίζας DPPH• πραγματοποιήθηκε για πρώτη φορά από τους Brand-Williams et al. (1995). Η μέθοδος αποτελεί μία παραλλαγή της αρχικής μεθόδου και είναι μία από τις πιο χαρακτηριστικές δοκιμασίες για την εκτίμηση της αντιοξειδωτικής δράσης (Spanou et al. 2008; Veskoukis et al. 2012b). Η εκτίμηση της αντιοξειδωτικής ικανότητας βασίζεται στην αλληλεπίδραση των εξεταζόμενων μορίων ή δειγμάτων με τη σταθερή ρίζα 1,1-διφαινυλ-2-πικρυλυδραζύλιο (DPPH•). Η ρίζα DPPH• μπορεί να αδρανοποιηθεί μέσω προσθήκης ενός ατόμου υδρογόνου (Prior et al. 2005). Είναι μία σταθερή οργανική ρίζα αζώτου, η οποία έχει μωβ χρώμα και απορροφά στα 515 nm. Όταν στο διάλυμα της ρίζας προστεθεί μία ουσία με αντιοξειδωτική δράση τότε το DPPH• ανάγεται με την προσθήκη ενός ατόμου υδρογόνου (ή ηλεκτρονίου) και μετατρέπεται στην DPPH-H, η οποία έχει κίτρινο χρώμα, με αποτέλεσμα τη μείωση της οπτικής απορρόφησης. Η μεταβολή της απορρόφησης υπολογίζεται φωτομετρικά (Prior et al. 2005)



Εικόνα 11: Χημική δομή DPPH(αριστερά) και DPPH-H (δεξιά).

Αντιδραστήρια:

1. Ρίζα DPPH
2. Μεθανόλη (MeOH)
3. Trolox για τη παρασκευή πρότυπης καμπύλης

Αρχικά προστέθηκαν τα διαλύματα της εξεταζόμενης ουσίας, ύστερα η μεθανόλη και τέλος το διάλυμα της ρίζας. Στη συνέχεια τα δείγματα αναδεύτηκαν στο vortex, επώαστηκαν στο σκοτάδι για 30' και τέλος μετρήθηκε η απορρόφηση στο φωτόμετρο στα 515 nm. Ο μηδενισμός του φωτόμετρου έγινε με 1ml μεθανόλης (τυφλό). Το διάλυμα της ρίζας χρησιμοποιήθηκε σαν δείγμα ελέγχου (control). Παρασκευάστηκε πρότυπη καμπύλη. Τα πειράματα επαναλήφθηκαν τρεις φορές. (Sicari Vincenzo 2016)

Για την ανάλυση των αποτελεσμάτων υπολογίστηκαν οι μέσες τιμές της απορρόφησης στα 515 nm για κάθε δείγμα, καθώς και η τυπική απόκλιση κάθε μέσης τιμής. Η % Αναστολή (δηλαδή η εξουδετέρωση) της ρίζας DPPH υπολογίστηκε με τον τύπο:

$$\% \text{ Αναστολή} = (\text{Απορρόφηση control} - \text{απορρόφηση δείγματος}) / \text{Απορρόφηση control} \times 100$$

2.1.3. Στατιστική Ανάλυση

Στα πλαίσια της πτυχιακής εργασίας όλες οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν 3 φορές. Η στατιστική ανάλυση έγινε με το IBM SPSS STATISTICS 26 και Χρησιμοποιήθηκε η μη παραμετρική διαδικασία της μονόδρομης ανάλυσης της διασποράς Kruskal–Wallis κατά βαθμίδες. Επομένως ως επίπεδο σημαντικότητας 5% και με σημαντικά στατιστικές διαφορές όταν $p < 0,05$. Στις στατιστικές αναλύσεις τα αποτελέσματα παρουσιάζονται ως μέσος όρος \pm τυπικό σφάλμα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο : ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στη παρούσα πτυχιακή μελέτη όπως προαναφέρθηκε έγινε προσδιορισμός του χρώματος του ελαίου και η μέτρηση αντιοξειδωτικών μέσω της σταθερής ρίζας DPPH. Παρακάτω παρατίθενται τα αποτελέσματα των συγκεκριμένων μετρήσεων. Οι αναλύσεις επαναλήφθηκαν τρεις (3) φορές.



Εικόνα 12: Νωπό Πυρηνέλαιο 1^{ος} μήνας σε διαφορετικές συνθήκες (φως, σκοτάδι, συντήρηση, κατάψυξη) από αριστερά προς δεξιά. Το τελευταίο δείγμα στη φωτογραφία είναι στη θερμοκρασία των -20°C. Οι μετρήσεις γίνανε σε όλα τα δείγματα σε Θ°C περιβάλλοντος.

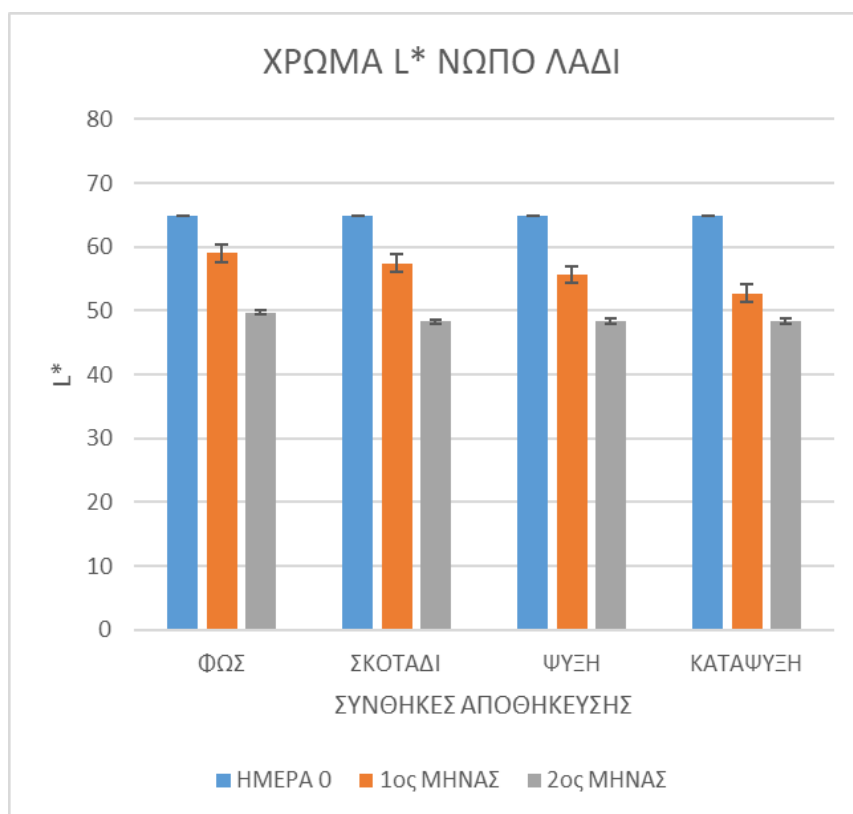


Εικόνα 13: Θερμικά Επεξεργασμένο Πυρηνέλαιο 2^{ος} μήνας σε διαφορετικές συνθήκες (φως, σκοτάδι, 5°C, -20°C) από αριστερά προς δεξιά. Το τελευταίο δείγμα στη φωτογραφία είναι στη θερμοκρασία των -20°C. Οι μετρήσεις γίνανε σε όλα τα δείγματα σε Θ°C περιβάλλοντος.

3.1.1 ΧΡΩΜΑ

Κατά την αποθήκευση του νωπού και του επεξεργασμένου πυρηνέλαιου, με το πέρας 2 μηνών παρατηρήθηκαν αλλαγές και αλλοιώσεις στο χρώμα τους. Σε ορισμένες περιπτώσεις όπως για παράδειγμα στο φως η αλλαγή χρώματος είναι ορατή ακόμη και με γυμνό μάτι, φυσικά με αυτό δεν είναι απαραίτητο να αλλοιωθούν και τα ποιοτικά του χαρακτηριστικά. Πιο συγκεκριμένα πραγματοποιήθηκε μέτρηση του χρώματος στο νωπό και επεξεργασμένο πυρηνέλαιο την ημέρα 0, στον 1^ο μήνα και στον 2^ο μήνα

Ακολουθούν αποτελέσματα των παραγόντων L^* (Γράφημα 1&2) και b^* . Με αυτούς τους παράγοντες προσδιορίζουμε την φωτεινότητα και το κίτρινο χρώμα των δειγμάτων αντίστοιχα

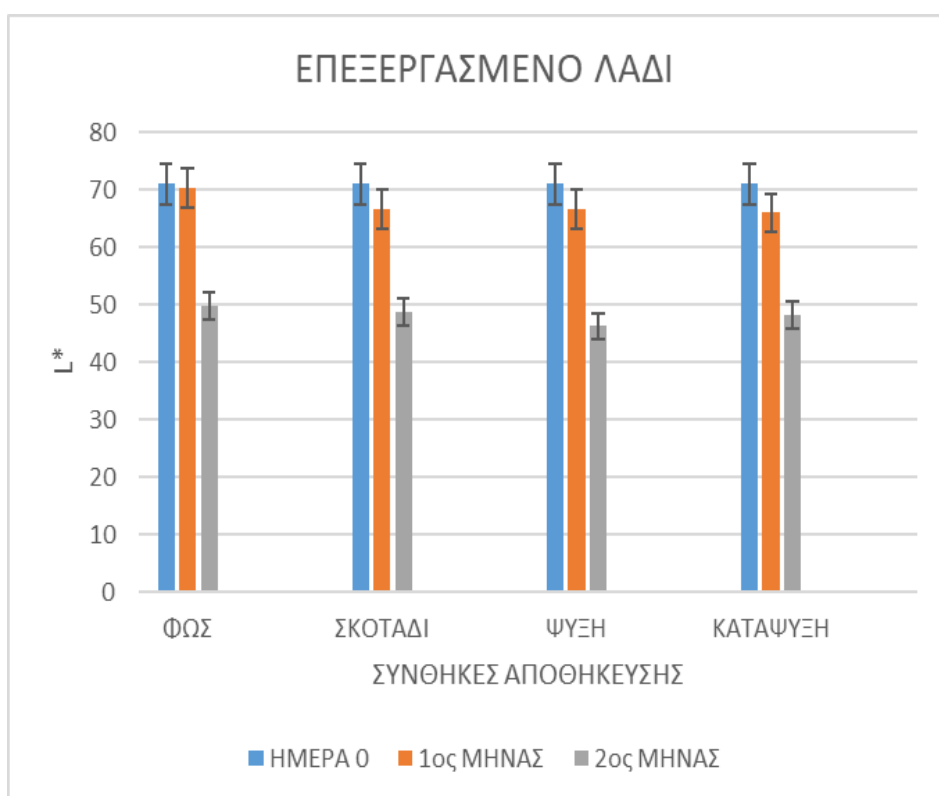


Γράφημα 1: Μετρήσεις του παράγοντα χρώματος L^* στο νωπό πυρηνέλαιο κατά την αποθήκευση του σε ίδια δοχεία για 2 μήνες σε τέσσερις διαφορετικές συνθήκες αποθήκευσης

Η μέτρηση του χρώματος L^* του νωπού πυρηνέλαιου παρατηρούμε ότι διαφέρει με τον χρόνο αποθήκευσης κατά την διάρκεια των 2 μηνών και συγκεκριμένα παρατηρείται πτώση στην τιμή της φωτεινότητας και στις τέσσερις μεταχειρίσεις. Επίσης οι

μεταβολές αυτές οφείλονται στον χρόνο αποθήκευσης αποκλειστικά και όχι στο τρόπο αποθήκευσης φως, σκοτάδι, ψύξη και κατάψυξη αφού δεν εμφάνισαν μεταξύ τους στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Στη συνέχεια το ίδιο πείραμα επαναλήφθηκε με θερμικά επεξεργασμένο πυρηνέλαιο ίδιας παρτίδας στο οποίο προηγουμένως είχαν για 20 min τηγανιστεί πατάτες. Τα αποτελέσματα μέτρησης της χρωματικής παραμέτρου L^* φαίνονται στο Γράφημα 2. Στο επεξεργασμένο ελαιόλαδο, η παράμετρος L^* έχει την ίδια συμπεριφορά με το νωπό καθώς οι μεταβολές που παρατηρούνται οφείλονται στον χρόνο αποθήκευσης και όχι στις συνθήκες αποθήκευσης των δειγμάτων. όπου προσδιορίζουμε την φωτεινότητα των δειγμάτων στο νωπό και στο επεξεργασμένο πυρηνέλαιο στατιστικά παρατηρούμε ότι δεν υπάρχει κάποια στατιστική σημαντικότητα από την ημέρα 0, στον 1^ο μήνα. Στον 2ο μήνα όμως παρατηρήσαμε αλλαγές στη φωτεινότητα.



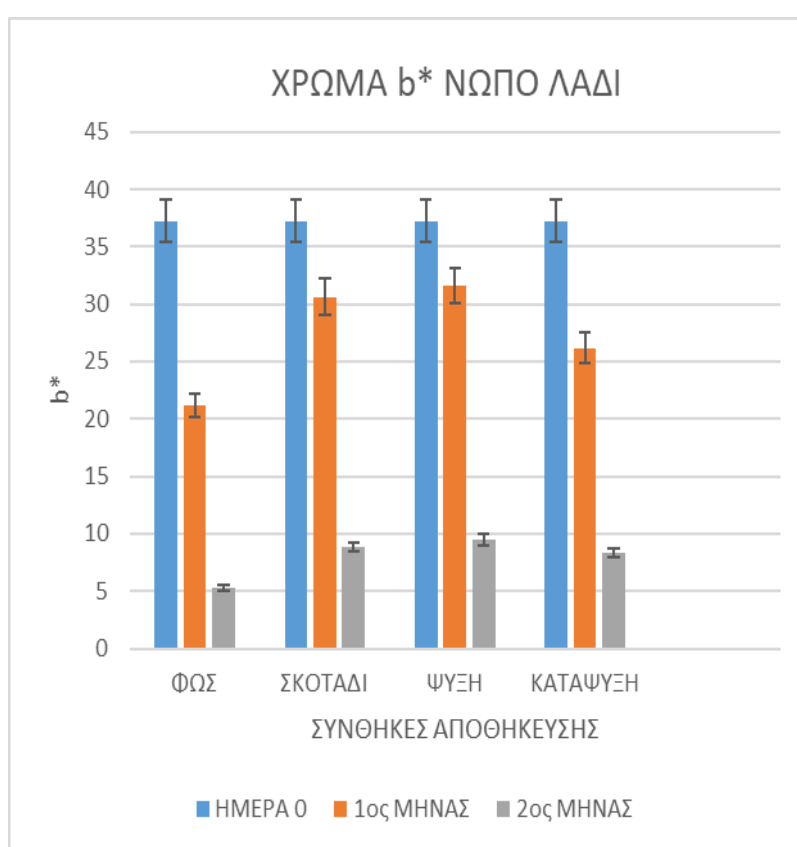
Γράφημα 2: Μετρήσεις του παράγοντα χρώματος L^* στο θερμικά επεξεργασμένο πυρηνέλαιο κατά την αποθήκευση του σε ίδια δοχεία για 2 μήνες σε τέσσερις διαφορετικές συνθήκες αποθήκευσης

Συγκριτικά ο παράγοντας L^* έχει υψηλότερες τιμές στο επεξεργασμένο πυρηνέλαιο από ότι στο νωπό για όλες τις μεταχειρίσεις την μέρα 0 και μετά από 1 μήνα

αποθήκευσης. Αντίθετα μετά από αποθήκευση 2 μηνών στο φως στο σκοτάδι στην ψύξη και στην κατάψυξη η φωτεινότητα και στα δύο δείγματα νωπό και θερμικά επεξεργασμένο πυρηνέλαιο παραμένει η ίδια.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα δείγματα έχουν διαφορές ως προς το χρώμα που γίνονται αντιληπτές με το μάτι όμως η φωτεινότητα είναι παράμετρος που αναφέρεται στην αντανάκλαση του φωτός. Επομένως οι διαφορές στο L^* γίνονται λιγότερο αντιληπτές οργανοληπτικά.

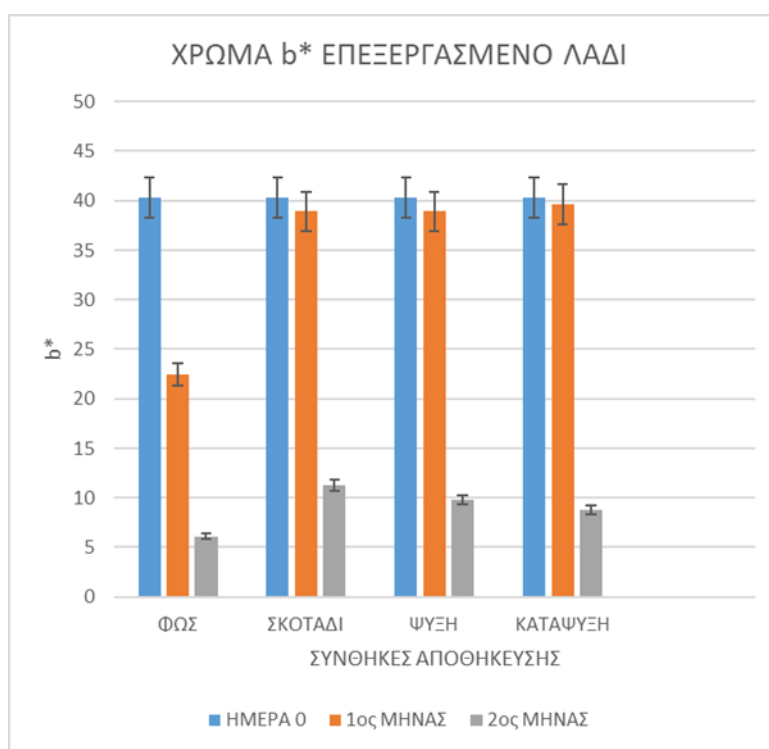
Μία άλλη χρωματική παράμετρο που μετρήθηκε ήταν η παράμετρος b^* η οποία δείχνει το κίτρινο – μπλε χρώμα. Κατά τη μέτρηση της παραμέτρου αυτής παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές τόσο στο νωπό όσο και στο θερμικά επεξεργασμένο πυρηνέλαιο.



Γράφημα 3: Μετρήσεις του παράγοντα χρώματος b^* στο νωπό πυρηνέλαιο κατά την αποθήκευση του σε ίδια δοχεία για 2 μήνες σε τέσσερις διαφορετικές συνθήκες αποθήκευσης

Σε αντίθεση με τη μέτρηση της φωτεινότητας L^* η παράμετρος b^* των αποθηκευμένων δειγμάτων νωπού πυρηνελαίου στο φως εμφάνισε χαμηλότερες τιμές τόσο μετά από έναν μήνα αποθήκευσης όσο και μετά από δύο μήνες αποθήκευσης. Κατά την αποθήκευση του νωπού πυρηνελαίου στο σκοτάδι και στην ψύξη δεν παρατηρήθηκαν

στατιστικά σημαντικές διαφορές κατά τη διάρκεια αποθήκευσης του ενός και δυο μηνών. Ενώ στην κατάψυξη παρατηρήθηκαν μικρότερες τιμές με στατιστικά σημαντικές διαφορές μόνο μετά από έναν μήνα αποθήκευσης σε σχέση με τον ίδιο χρόνο αποθήκευσης στο σκοτάδι και στην ψύξη και μεγαλύτερες τιμές b^* σε σχέση με το αντίστοιχο δείγμα που αποθηκεύτηκε στο φως. Οι μετρήσεις της χρωματικής παραμέτρου b^* στα δείγματα του νωπού πυρηνέλαιου δεν παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μετά από δύο μήνες αποθήκευσης στο σκοτάδι, στη ψύξη και στην κατάψυξη.



Γράφημα 4: Μετρήσεις του παράγοντα χρώματος b^* στο επεξεργασμένο πυρηνέλαιο κατά την αποθήκευση του σε ίδια δοχεία για 2 μήνες σε τέσσερις διαφορετικές συνθήκες αποθήκευσης

Γενικά ο παράγοντας b^* στο νωπό και επεξεργασμένο πυρηνέλαιο εμφανίζει στατιστικά σημαντικές διαφορές από τον πρώτο μήνα αποθήκευσης στο φως οι οποίες συνεχίζονται και τον δεύτερο μήνα αποθήκευσης. Στο επεξεργασμένο πυρηνέλαιο δεν παρατηρήσαμε τον πρώτο μήνα αποθήκευσης στις υπόλοιπες τρεις μεταχειρίσεις – αποθήκευση στο σκοτάδι, ψύξη και κατάψυξη στατιστικά σημαντικές διαφορές σε αντίθεση με το νωπό ελαιόλαδο.

Η θερμική επεξεργασία στο πυρηνέλαιο οδήγησε στη μετατροπή της χλωροφύλλης σε πιο σταθερές δομές π.χ. φαιοφυτίνες που είναι πιο σταθερές δομές και έχουν χρώμα

καστανοπράσινο ή φαιοφορβίδια, γλωρίνες και πουρπουρίνες που είναι καστανές. Επομένως ενισχύουν και συντηρούν την κίτρινη απόχρωση στο αποθηκευμένο λάδι στην ψύξη. Γι αυτό οι τιμές b^* είναι υψηλότερες στο θερμικά επεξεργασμένο ελαιόλαδο σε αντίθεση με το νωπό. Στην κατάψυξη η χαμηλή θερμοκρασία και η μετατροπή του λαδιού σε πάγο ενισχύει το φαινόμενο της οξειδωσης και ως συνέπεια και τα δύο λάδια νωπό και επεξεργασμένο έχουν χαμηλές και παραπλήσιες τιμές μετά από 2 μήνες αποθήκευσης.

Έλαια τα οποία δεν είναι αποθηκευμένα σωστά παρουσιάζουν μια θολούρα στο χρώμα τους. Αυτό σημαίνει ότι το λάδι οξειδώνεται (ταγγίζει) (El. Riachy, et al, 2011) Αξίζει να σημειωθεί πως οι παράμετροι του χρώματος πρέπει να μελετηθούν και σε μεγαλύτερο χρόνο αποθήκευσης για να περιγραφεί καλύτερα η αλλαγή των ποιοτικών χαρακτηριστικών με τον χρόνο και τις συνθήκες αποθήκευσης του πυρηνέλαιου.

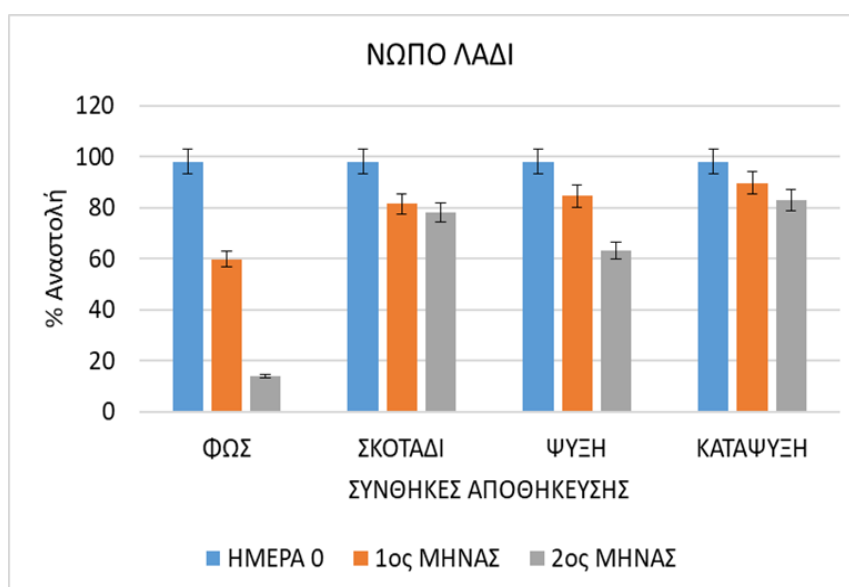
3.1.2 ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΜΕΣΩ ΤΗΣ ΣΤΑΘΕΡΗΣ ΡΙΖΑΣ DPPH

Ένα άλλο ποιοτικό χαρακτηριστικό που μελετήθηκε στο νωπό και επεξεργασμένο πυρηνέλαιο ήταν η αντιοξειδωτική ικανότητα των δειγμάτων μέσω της σταθερής ρίζας DPPH. Πιο συγκεκριμένα πραγματοποιήθηκε μέτρηση της αντιοξειδωτικής ικανότητάς για το νωπό και θερμικά επεξεργασμένο πυρηνέλαιο την ημέρα μηδέν, στον ένα μήνα και στους δύο μήνες. Σε όλες τις μετρήσεις τα δείγματα ήταν αποθηκευμένα σε ίδιου τύπου γυάλινους διαφανείς περιέκτες στο φως και στο σκοτάδι σε θερμοκρασία δωματίου, στη ψύξη και στη κατάψυξη για δύο μήνες. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι από τη στιγμή που τα δείγματα αποθηκεύτηκαν παρατηρήθηκε μείωση της αναστολής σχηματισμού DPPH λόγω εξουδετέρωσης στο νωπό και επεξεργασμένο πυρηνέλαιο.

Στο Γράφημα 5 απεικονίζεται η % αναστολή στο σχηματισμό της ρίζας DPPH λόγω εξουδετέρωσής της, στο νωπό πυρηνέλαιο κατά την αποθήκευση του σε ίδιου τύπου δοχεία για 2 μήνες σε τέσσερις διαφορετικές συνθήκες αποθήκευσης, φως, σκοτάδι, ψύξη, κατάψυξη. Παρατηρούμε πτώση της % αναστολής στο σχηματισμό της ρίζας DPPH λόγω εξουδετέρωσης κατά την αποθήκευση των διαφανών γυάλινων δοχείων του ελαιόλαδου για 1 μήνα στο φως, το σκοτάδι και στη ψύξη ενώ δεν παρατηρήθηκαν

στατιστικά σημαντικές διαφορές κατά την αποθήκευση του λαδιού στην κατάψυξη για την ίδια χρονική περίοδο.

Στη συνέχεια της αποθήκευσης για 2 μήνες το δείγμα που αποθηκεύτηκε στο φως εμφάνισε τη μικρότερη αναστολή στο σχηματισμό της ρίζας DPPH λόγω φαινομένων φωτοξειδωσης ενώ δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές από τον πρώτο μήνα αποθήκευσης στον δεύτερο στα δείγματα που αποθηκεύτηκαν στο σκοτάδι. Επίσης μετά από 2 μήνες αποθήκευσης δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στα δείγματα που αποθηκεύτηκαν στο σκοτάδι και στην κατάψυξη. Τέλος η ψύξη ελάττωσε την % αναστολή στο σχηματισμό της ρίζας DPPH λόγω εξουδετέρωσής της, στα δείγματα που αποθηκεύτηκαν σε αυτές συνθήκες σε σχέση με αυτά που αποθηκεύτηκαν στο σκοτάδι και στην κατάψυξη.



Γράφημα 5: Απεικονίζεται η % αναστολή στο σχηματισμό της ρίζας DPPH λόγω εξουδετέρωσής της, στο νωπό πυρηνέλαιο κατά την αποθήκευση του σε ίδιου τύπου δοχεία για 2 μήνες σε τέσσερις διαφορετικές συνθήκες αποθήκευσης, φως, σκοτάδι, ψύξη, κατάψυξη

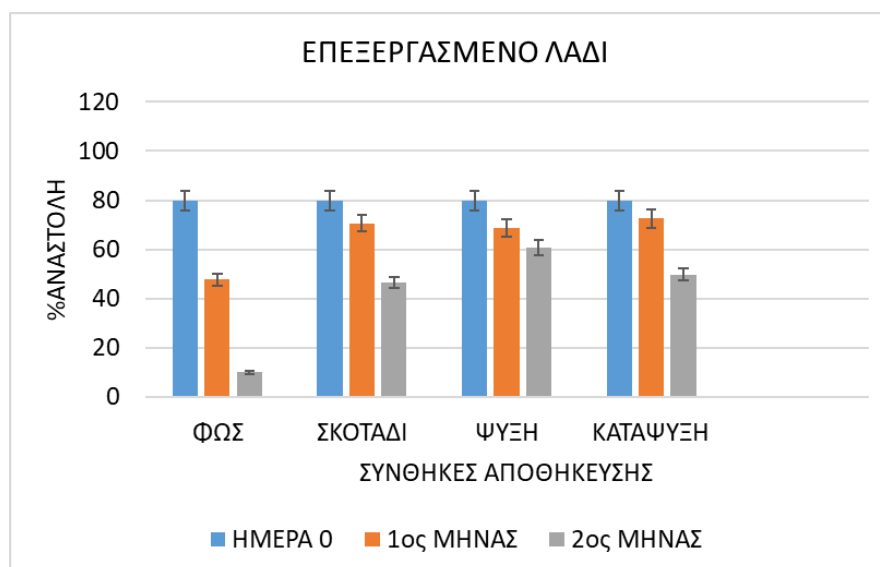
Από τα παραπάνω αποτελέσματα ο ιδανικότερος τρόπος αποθήκευσης των γυάλινων περιεκτών για τη διάρκεια αποθήκευσης για 1 μήνα ως προς τα αντιοξειδωτικά είναι η ψύξη, το σκοτάδι και η κατάψυξη ενώ κατά την διάρκεια αποθήκευσης των δειγμάτων για δύο μήνες είναι το σκοτάδι και η κατάψυξη. Η αποθήκευση στο φως δεν θεωρήθηκε ευνοϊκή για το ελαιόλαδο γιατί το γυαλί αποτελεί φράγμα οξυγόνου, και δεν περνάει μέσα από αυτό στο λάδι. Έτσι αποφεύγεται η απώλεια σημαντικών συστατικών που αλλοιώνονται όταν εκτεθούν σε αυτό, αλλά όμως η επίδρασης του

φωτός επιτρέπεται και έτσι προκαλείται οξειδωτική τάγγιση, λόγω φωτοοξείδωσης με αποτέλεσμα την υποβάθμιση του ελαιόλαδου.

Αν και τα περισσότερα από τα εξαιρετικά παρθένα ελαιόλαδα συσκευάζονται εμπορικά σε γυάλινες φιάλες ως ένδειξη υψηλής ποιότητας, αυτό το δοχείο δεν διατηρεί καθ' όλη τη διάρκεια της εμπορικής του ζωής, τα αισθητηριακά και θρεπτικά χαρακτηριστικά για τα οποία το προϊόν εκτιμάται τόσο πολύ. Επομένως ανάλογα με τα είδη των ελαίων την ανθεκτικότητα στη συντήρηση και στην επεξεργασία, το είδος του περιέκτη σίγουρα παρατηρούνται αλλαγές σε ποιοτικά τους χαρακτηριστικά κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης τους.

Τα αποτελέσματα αυτά της έρευνας για το πυρηνέλαιο είναι σε συμφωνία με άλλες έρευνες της διεθνούς βιβλιογραφίας για άλλους τύπους ελαιόλαδου, (Ana Isabel Méndez & Elena Falqué 2007). Η κατάψυξη ως καλός τρόπος συντήρησης του έξτρα παρθένου ελαιόλαδου προτάθηκε και στην έρευνα που έγινε κατά την συντήρηση του για 18 μήνες (Mulinacci, Nadia et al 2013).

Στα πλαίσια της παρούσας πτυχιακής το ίδιο λάδι αφού χρησιμοποιήθηκε στο τηγάνισμα πατάτας αποθηκεύτηκε με τον ίδιο ακριβώς τρόπο όπως και το νωπό πυρηνέλαιο και υπολογίστηκε και σε αυτά τα δείγματα η % αναστολή στο σχηματισμό της ρίζας DPPH λόγω εξουδετέρωσής της Γράφημα 6.



Γράφημα 6: Απεικονίζεται η % αναστολή στο σχηματισμό της ρίζας DPPH λόγω εξουδετέρωσής της, στο θερμικά επεξεργασμένο πυρηνέλαιο κατά την αποθήκευση του σε ίδιου τύπου δοχεία για 2 μήνες σε τέσσερις διαφορετικές συνθήκες αποθήκευσης, φως, σκοτάδι, ψύξη, κατάψυξη

Η % αναστολή στο πυρηνέλαιο μειώθηκε κατά την θερμική επεξεργασία. Όμως όπως στο νωπό όμοια και στο θερμικά επεξεργασμένο μετά την αποθήκευση για 1 μήνα ως ιδανικότεροι τρόποι αποθήκευσης για αυτόν τον παράγοντα είναι το σκοτάδι, η ψύξη και η κατάψυξη και λιγότερο στο φως. Μετά από δύο μήνες αποθήκευσης η μεγαλύτερη % αναστολή στο θερμικά επεξεργασμένο πυρηνέλαιο παρατηρήθηκε κατά την αποθήκευση στην ψύξη κάτι που είναι σε αντίθεση με τα αποτελέσματα της αποθήκευσης του νωπού ελαιόλαδου. Επομένως η σωστή αποθήκευση και θερμοκρασία του ελαιόλαδου παίζει σημαντικό ρόλο στη διατήρηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών του, (Fakas et al., 2010; Garcia et al., 1995; Vichi et al., 2009). Ο οργανισμός καταναλωτών της Ισπανίας προτείνει το πυρηνέλαιο ως το κατάλληλο έλαιο για τηγάνισμα και την επαναχρησιμοποίηση του έως και 4 φορές. Μια άλλη σχετική μελέτη τηγανισμένου ελαίου απορρίπτει την επαναχρησιμοποίηση του διότι χάνει τα ποιοτικά του χαρακτηριστικά και προτείνει σε κάθε τηγάνισμα φρέσκο λάδι. Στη παρούσα μελέτη παρατηρήθηκε η μείωση των αντιοξειδωτικών και με την επεξεργασία αλλά και την αποθήκευση σε διαφορετικές συνθήκες. Άρα, το νωπό ελαιόλαδο υπερτερεί σε σχέση με το θερμικά επεξεργασμένο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το ελαιόλαδο από την αρχαιότητα αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι στη ζωή των ανθρώπων. Βάση των συστατικών που περιέχει προσδίδει ευεργετικές ιδιότητες στην υγεία. Η παρούσα διπλωματική μελέτησε ποιοτικά χαρακτηριστικά του πυρηνέλαιου, δύο παραμέτρους στο χρώμα και την αντιοξειδωτική του ικανότητα κατά την αποθήκευση του υπό δύο χειρισμούς (νωπό και επεξεργασμένο) και σε τέσσερις διαφορετικές συνθήκες (φως, σκοτάδι, ψύξη και κατάψυξη).

Σύμφωνα με τα παραπάνω αποτελέσματα οι μεταβολές που παρατηρήθηκαν στις χρωματικές παραμέτρους L^* και b^* τόσο στο νωπό όσο και στο επεξεργασμένο πυρηνέλαιο, οφείλονται κυρίως στον χρόνο αποθήκευσης. Δεν παρατηρήθηκαν διαφοροποιήσεις των τιμών των παραμέτρων ανάλογα με τον τρόπο αποθήκευσης των δειγμάτων.

Η θερμική επεξεργασία ελαττώνει την αντιοξειδωτική δύναμη του πυρηνέλαιου και η αποθήκευση στο φως των γυάλινων δοχείων παρουσίασε και στα δύο είδη πυρηνέλαιου την μικρότερη % αναστολή στο σχηματισμό της ρίζας DPPH λόγω εξουδετέρωσής της.

Όσον αφορά το νωπό πυρηνέλαιο οι ιδανικότερες συνθήκες αποθήκευσης για συντήρηση του αντιοξειδωτικού χαρακτήρα των δειγμάτων ήταν το σκοτάδι και η κατάψυξη. Αντίθετα για το θερμικά επεξεργασμένο ελαιόλαδο ήταν η ψύξη.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Andrikopoulos, N., Kalogeropoulos, N., Falirea, A., & Barbagianni, M. (2002). *Performance of virgin olive oil and vegetable shortening during domestic deep-frying and pan-frying of potatoes. International Journal of Food Science and Technology* (32), pp. 177–190.
2. Anonymous 1996 ,CIE L*,a*,b* Color Scale HunterLab ,Application Note , Vol.8 ,NO.7
3. Anna Isabel Méndez, Elena Falqué, *Effect of storage time and container type on the quality of extra-virgin olive oil, Food Control, Volume 18, Issue 5, 2007, Pages 521-529, ISSN 0956-7135,*
4. Alvarruiz A., Pardo J.E, Copete M.E, Miquel C., Rabadan A., Lopez E., Alvarez- Orti M. (2020). *Evolution of virgin olive oil during Long-term storage. Journal of Oleo Science* 69, (8) 809-814.
5. A.D Trendel (1991). *Farce and Tragedy in South Italian Vase-Painting in eds. Tom Rasmussen and Nigel Spivey, Looking an Greek Vases (Cambridge: Cambridge University Press,151-182.*
6. A. Lolis, A.V Badeka , M.G Kontominas.(2019). *Effect of –in-box packing material on quality characteristics of extra virgin olive oil stored under household and abuse temperature conditions, Food Packaging and Shelf life,21.*
7. Boskou, D. (1996) *Olive Oil. Chemistry and Technology, AOCS Press, Champaign ,Illinois*
8. Boardman J., Black-Figure A. (1974). *London: Thames & Hudson. 167-170.*
9. Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C. *Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. Lebensm Wiss Technol* 28:25-30, 1995
10. Broadbent D.A. (2003). *A critical Review of the development of the CIE1931 RGB Color-Matching Function , Wiley Periodicals, Inc , Vol.29, Number 4, pp.267-272.*
11. Casale M. et. Al. *Characterisation of PDO olive oil Chianti Classico by non-selective (UV-visible, NIR and MIR spectroscopy) and selective (fatty acid composition) analytical techniques, Elsevier Analytica Chemica Acta, Volume 112. Pp 56-63.*
12. Clark A. (2002). *Understanding Greek Vases, A guide to terms, Styles and Techniques (Los Angeles: The J. Paul Getty Museum.*
13. Casal Susana, Malheiro Ricardo, Sendas Artur , Beatriz P.P. Oliveira, Jose Alberto Pereira.(2010) *Olive oil stability under deep-frying conditions. Food and chemical toxicology* 48. 2972-2979.
14. Clodoveo M.L., (2012). *Malaxation: influence on virgin olive oil quality Past present and future - an overview, Trends Food Sci Tech, 25(1): 13 – 23.*

15. Clodoveo M.L , Composeo S, Bernado De Gennaro , Pascuzzi S., Roselli L. (2014). *In the ancient word , virgin olive oil was called 'liquid gold' by Homer and 'the great healer' by Hippocrates. Why has this mythic image been forgotten?. Food Research International* 62,1062-1068.
16. Clodoveo M.L., (2012). *Malaxation: influence on virgin olive oil quality Past present and future - an overview, Trends Food Sci Tech*, 25(1): 13 – 23.
17. Casadei Enrico , Valli Enrico ,Panni Filippo, et al. (2021). *Emerging trends in olive oil fraud and possible countermeasures. Food Control* 124,107902.
18. Daskalaki, D., Kefi, G., Kotsiou, K., & Tasioula-Margari, M. (2009). *Evaluation of phenolic compounds degradation in virgin olive oil during storage and heating. Journal of Food and Nutrition Research* (48), pp. 31– 41.
19. El Riachy M., Priego-Capote F., León L., Rallo L., de Castro L., & Dolores M., (2011). *Hydrophilic antioxidants of virgin olive oil Part 2: biosynthesis and biotransformation of phenolic compounds in virgin olive oil as affected by agronomic and processing factors, Eur J Lipid Sci Tech*, 113(6):692 – 707.
20. Frankel E.N., (2010). *Chemistry of extra virgin olive oil: adulteration, oxidative stability, and antioxidants, J Agric Food Chem*, 58(10): 5991 – 6006.
22. Gutierrez-Rosales F., Garrido-Fernandez J., Gallardo-Guerrero L., Gandul Rosas B. and Minguéz-Mosquera I. (1992). *Action of chlorophylls on the stability of virgin olive oil. Journal of the American Oil Chemists' Society*, 69.
23. Giese J. (2003). *Color Measurements in Foods. Food Technology*, Vol 57, No12.
24. Gutfinger T. (1980). *Polyphenols in Olive Oils*.
25. Gavahian M, Khaneghah, Lorenzo J.M., Munekata P.E.S, Garcia-Mantrana I., Collado M.C. , Melenez-Martinez , Barba F.I. (2019). *Health Benefits of olive oil it's components: Impacts on gut microbiota antioxidant activities and prevention of noncommunicable disease. Trends in Food Science and Technology* 88,220-227.
26. Grigg D., (2001). *Olive oil, the Mediterranean and the world, Geo Journal*, 53 (2): 163–172.
27. Mancebo-Compos V, Salvador M.D. & Fregapare and minor components and oxidation indices of virgin oil during 21 months ,storage at room temperature, *Food Chemistry*,100 (2007),pp 36-42
28. Mohsen Gavahiana, Amin ,Mousavi Khaneghahb ,José M.Lorenzo et.al (2019) *Health benefits of olive oil and its components: Impacts on gut microbiota antioxidant activities, and prevention of noncommunicable diseases, Trends in Food Science & Technology Volume 88, June 2019, Pages 220-227*
29. Mulinacci, Nadia & Ieri, Francesca & Ignesti, G. & Romani, Annalisa & Michelozzi, Marco & Creti, D. & Innocenti, Marzia & Calamai, Luca. (2013). *The freezing process helps to preserve the quality of extra virgin*

- olive oil over time: A case study up to 18months. Food Research International. 54. 2008-2015.*
30. Owen, Giacosa, Hull Spiegel halder Bartsch, (2000) *Phenolic compounds and squalene in olive oils: the concentration and antioxidant potential of total phenols, simple phenols, secoiridoids, lignans and squalene. Food and Chemical Toxicology Vol. 38, Issue 8, August 2000, Pages 647-659*
 31. Packirisamy, Subbulakshmi. (2013). *ANTIOXIDANTS IN PERIODONTAL DISEASES. CRITICAL REVIEW IN PHARMACEUTICAL SCIENCES. 2. 7-12.*
 32. Prior RL, Wu X, Schaich K. *Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. J Agric Food Chem 53:4290-302, 2005.*
 33. Schwingshackl L., & Hoffmann G., (2014). *Monounsaturated fatty acids, olive oil and health status: a systematic review and meta-analysis of cohort studies, Lipids in Health and Disease, (13): 154.*
 34. Servili M., & Montedoro G., (2002). *Contribution of phenolic compound to virgin olive oil quality, Eur J Lipid Sci Technol., (104): 602 - 613.*
 35. Spanou C, Bourou G, Dervishi A, Aligiannis N, Angelis A, Komiotis D, Skaltsounis AL, Kouretas D. *Antioxidant and chemopreventive properties of polyphenolic compounds derived from Greek legume plant extracts. J Agric Food Chem 56(16):6967-76, 2008*
 36. *Towards a wicking rapid test for rejection assessment of reused fried oils: Results and analysis for extra virgin olive oil John S. Lioumbas, Angelos Zamanis, Thodoris D. Karapantsios*
 37. *Lorenzo Guerrini a, Ferdinando Corti a, *, Lorenzo Cecchi b, Nadia Mulinacci b, Luca Calamai a, Piernicola Masella a, Giulia Angeloni a, Agnese Spadi a, Alessandro Parenti. Use of refrigerated cells for olive cooling and short-term storage: Qualitative effects on extra virgin olive oil*
 38. Faustino, H., Gil, N., Baptista, C. & Duarte, A. P. *Antioxidant activity of lignin phenolic compounds extracted from kraft and sulphite black liquors. Molecules 15, 9308–9322 (2010)*
 39. Fedeli E, (1993). *Olive Oil Technology.*

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Ανδρικόπουλος ,Τροφογνωσία. 15^ο Κεφάλαιο, Φυτικά λίπη και έλαια.
2. Επίσημη Εφημερίδα Ευρωπαϊκής Ένωσης , Παράρτημα ΙΙ , 022.001 σελ. 29-30, 2008.
3. Επίσημη Εφημερίδα Ευρωπαϊκής Ένωσης , Παράρτημα ΙΧ, L 90/55 ,2013.
4. Επίσημη Εφημερίδα Ευρωπαϊκής Ένωσης , Παράρτημα ΙΙΙ, 022.001 σελ.31-32,2008.
5. Κυριτσάκης Α., 2007. *Το ελαιόλαδο: Συμβατικό και Βιολογικό. 4η έκδ. βελτιωμ. και επανζ. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Λ. Ακριτίδη Ο.Ε.*
6. Κυριτσάκης Α., (2007). *Ελαιόλαδο, Ιδιωτική Έκδοση, Θεσσαλονίκη.*