



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ  
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΚΑΙ ΤΡΟΦΙΜΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΕΠΙΤΡΑΠΕΖΙΑΣ ΕΛΙΑΣ ΚΑΙ  
ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ

Η βιοσύνθεση των πτητικών συστατικών του ελαιόλαδου

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

του Μαρίνου-Παναγιώτη Τσετσενέκου

Που υποβάλλεται στο καθηγητικό σώμα για τη μερική εκπλήρωση των υποχρεώσεων απόκτησης Διπλώματος Μεταπτυχιακών Σπουδών στην «Τεχνολογία και Ποιότητα Επιτραπέζιας Ελιάς και Ελαιολάδου» του Τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων του Πανεπιστημίου Πελοποννήσου

Καλαμάτα

Ιανουάριος 2022



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ  
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΚΑΙ ΤΡΟΦΙΜΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΕΠΙΤΡΑΠΕΖΙΑΣ ΕΛΙΑΣ ΚΑΙ  
ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ

Η βιοσύνθεση των πτητικών συστατικών του ελαιολάδου

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία  
του Μαρίνου-Παναγιώτη Τσετσενέκου

Που υποβάλλεται στο καθηγητικό σώμα για τη μερική εκπλήρωση των υποχρεώσεων  
απόκτησης Διπλώματος Μεταπτυχιακών Σπουδών στην «Τεχνολογία και Ποιότητα  
Επιτραπέζιας Ελιάς και Ελαιολάδου» του Τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας  
Τροφίμων του Πανεπιστημίου Πελοποννήσου

Επιβλέπων: Ιωακείμ Σπηλιόπουλος, Καθηγητής

Καλαμάτα  
Ιανουάριος 2022



UNIVERSITY OF THE PELOPONNESE  
SCHOOL OF AGRICULTURE AND FOOD  
DEPARTMENT OF FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY

MASTER OF SCIENCE (M.Sc.) IN  
TECHNOLOGY AND QUALITY OF TABLE OLIVES AND OLIVE OIL

Biosynthesis of volatile compounds in olive oil

Master Thesis

By

Marinos-Panagiotis Tsetsenekos

Submitted to the faculty for the partial fulfillment of the obligations to obtain a Postgraduate Diploma in "Technology and Quality of Table Olives and Olive Oil" of the Department of Food Science and Technology of the University of the Peloponnese

Supervisor: Ioakeim Spiliopoulos, Professor

Kalamata  
January 2022

Οι υπογράφωντες δηλώνουμε ότι έχουμε εξετάσει τη μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία (master thesis) με τίτλο «**Η βιοσύνθεση των πτητικών συστατικών του ελαιολάδου**» που παρουσιάστηκε από τον/την **Μαρίνο-Παναγιώτη Τσετσενέκο** και βεβαιώνουμε ότι γίνεται δεκτή.

The signatories declare that we have examined the postgraduate diploma thesis titled “**Biosynthesis of volatile compounds in olive oil**” presented by **Marinos-Panagiotis Tsetsenekos** and we affirm that it is accepted.

**Όνοματεπώνυμο & Υπογραφή 1<sup>ου</sup> Μέλους Επιτροπής**  
(Name and Signature of 1<sup>st</sup> Commission Member):

-----  
**Όνοματεπώνυμο & Υπογραφή 2<sup>ου</sup> Μέλους Επιτροπής**  
(Name and Signature of 2<sup>nd</sup> Commission Member):

-----  
**Όνοματεπώνυμο & Υπογραφή 3<sup>ου</sup> Μέλους Επιτροπής**  
(Name and Signature of 3<sup>rd</sup> Commission Member):

-----  
Με την υποβολή αυτής της διατριβής, δηλώνω ότι το σύνολο των εργασιών που περιέχονται σε αυτή είναι το δικό μου, πρωτότυπο έργο, ότι εγώ είμαι ο μοναδικός δημιουργός τους (εκτός αν αναφέρεται διαφορετικά), ότι η αναπαραγωγή και η δημοσίευσή της από το Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου δεν θα παραβιάζει οποιαδήποτε δικαιώματα τρίτων και ότι δεν έχω υποβάλει στο παρελθόν το σύνολο ή μέρος αυτής για την απόκτηση οποιουδήποτε τίτλου.

By submitting this thesis, I declare that the entirety of the work contained therein is my own, original work, that I am the sole author thereof (save to the extent explicitly otherwise stated), that reproduction and publication thereof by the University of the Peloponnese will not infringe any third party rights and that I have not previously in its entirety or in part submitted it for obtaining any qualification.

**Όνοματεπώνυμο & Υπογραφή Υποψηφίου**  
(Surname and first name of the candidate):

-----  
Πνευματική ιδιοκτησία © Έτος Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου  
Όλα τα δικαιώματα διατηρούνται

Copyright © Year University of the Peloponnese  
All rights reserved

**Copyright © Μαρίνος-Παναγιώτης Τσετσενέκος, 2022**  
**Με επιφύλαξη κάθε δικαιώματος. All rights reserved.**

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τη συγγραφέα. Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τη συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων της Σχολής Γεωπονίας και Τροφίμων του Πανεπιστημίου Πελοποννήσου.



## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την παρούσα Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία ολοκληρώνονται οι σπουδές μου στο μεταπτυχιακό πρόγραμμα «Τεχνολογία Επιτραπέζιας Ελιάς και Ελαιόλαδου» του Τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων του Πανεπιστημίου Πελοποννήσου.

Πολλές ευχαριστίες οφείλω στους καθηγητές του Μεταπτυχιακού Προγράμματος για την άρτια κατάρτιση και συμβολή τους στην ολοκλήρωση των σπουδών μου.

Ιδιαίτερα επιθυμώ να ευχαριστήσω τον Καθηγητή μου και επιβλέποντα την παρούσα Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, κο Σπηλιόπουλο Ιωακείμ, για την αμέριστη στήριξη, υπομονή και επιστημονική κατάρτιση που τον διέκριναν κατά την διάρκεια των σπουδών μου, τόσο σε Προπτυχιακό επίπεδο, όσο και στο Μεταπτυχιακό επίπεδο.

Οφείλω να ευχαριστήσω δύο καλούς φίλους τον Σταύρο Κ. και τον Χρήστο Χ. για την πολύτιμη βοήθεια τους.

Τέλος, οφείλω να ευχαριστήσω την οικογένεια μου, για τη συμπαράσταση και για την υλική και ηθική στήριξη τους κατά την διάρκεια των Προπτυχιακών και Μεταπτυχιακών σπουδών.

## Περιεχόμενα

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ .....	13
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ .....	14
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ.....	15
1. Γενικά για το ελαιόδεντρο.....	16
1.1 Καταγωγή και εξάπλωση της ελιάς- Η σημασία της ελιάς στην Αρχαία Ελλάδα....	17
2. Σύσταση του ελαιόκαρπου- Σχηματισμός ελαιόλαδου.....	20
2.1 Σύσταση του ελαιόκαρπου.....	20
2.1.1 Νερό.....	21
2.1.2 Ελευρωπαΐνη.....	21
2.1.3 Σάκχαρα.....	22
2.1.4 Πρωτεΐνες.....	23
2.1.6 Χρωστικές.....	23
2.1.7 Ανόργανα στοιχεία.....	23
2.1.8 Οργανικά οξέα.....	24
2.2 Σχηματισμός του ελαιόλαδου.....	24
3. Από την συγκομιδή του ελαιόκαρπου στα στάδια επεξεργασίας για την παραγωγή του ελαιόλαδου στο ελαιουργείο.....	26
3.1 Παραλαβή ελαιόκαρπου.....	27
3.2 Τροφοδοσία- αποφύλλωση.....	27
3.3 Πλύσιμο.....	27
3.4 Σπάσιμο- άλεση του ελαιόκαρπου.....	28
3.5 Μάλαξη.....	29
3.6 Διαχωρισμός του ελαιόλαδου από την ελαιοζύμη.....	30
3.6.1 Πίεση.....	30
3.6.2 Φυγοκέντριση.....	31
3.6.3 Συνάφεια.....	31
3.7 Τελικός διαχωρισμός- Καθαρισμός ελαιόλαδου.....	32
4. Χημική σύσταση του ελαιόλαδου.....	33
4.1 Σαπωνοποιήσιμο κλάσμα.....	33
4.1.1 Τριγλυκερίδια.....	33
4.1.2 Μονογλυκερίδια και Διγλυκερίδια.....	34
4.1.3 Φωσφολιπίδια.....	34
4.2 Ασαπωνοποίητο κλάσμα.....	35
4.2.1 Λιπαρά οξέα.....	35
4.2.2 Στερόλες.....	37
4.2.3 Φαινόλες.....	37



4.2.4 Αλειφατικές Αλκοόλες .....	39
4.2.5 Υδρογονάνθρακες.....	39
4.2.6 Τοκοφερόλες .....	39
4.2.7 Χρωστικές.....	41
4.2.8 Τριτερπενικά οξέα.....	42
5. Κριτήρια Ποιότητας του Ελαιόλαδου .....	43
5.1 Οξύτητα.....	43
5.2 Οξειδωση.....	43
5.2.1 Αριθμός υπεροξειδίων.....	43
5.2.2 Απορρόφηση στο υπεριώδες φάσμα .....	44
5.3 Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά.....	44
6. Κατηγορίες του Ελαιόλαδου.....	46
6.1 Παρθένο ελαιόλαδο.....	46
6.1.α Εξαιρετικό παρθένο ελαιόλαδο ( extra virgin olive oil) .....	46
6.1.β Παρθένο ελαιόλαδο (virgin olive oil).....	46
6.1.γ Ελαιόλαδο λαμπάντε ( virgin olive oil lampante).....	46
6.2 Ραφινρισμένο ελαιόλαδο.....	46
6.2.1 Ελαιόλαδο .....	46
6.2.2 Ακατέργαστο ελαιόλαδο .....	47
6.3 Ραφινρισμένο πυρηνέλαιο.....	47
6.4 Πυρηνέλαιο .....	47
7.Βιοσύνθεση των πτητικών συστατικών του ελαιόλαδου.....	48
7.1 Γενικά.....	48
7.2 Σχηματισμός και σύνθεση των πτητικών συστατικών που συνεισφέρουν στο χαρακτηριστικό άρωμα του ελαιόλαδου.....	48
7.3 Ποια είναι τα πτητικά συστατικά και η επίδρασή τους στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του ελαιόλαδου .....	50
7.4 Παράγοντες που επηρεάζουν το σχηματισμό και τα επίπεδα των πτητικών συστατικών.....	53
7.4.1.Ποικιλία.....	53
7.4.2. Βαθμός ωρίμανσης του καρπού .....	55
7.4.3. Εδαφοκλιματολογικοί παράγοντες.....	55
7.4.4 Αποθήκευση.....	56
8. Επίδραση της μάλαξης στα πτητικά συστατικά του ελαιόλαδου .....	57
8.1 Επίδραση του χρόνου μάλαξης στα πτητικά συστατικά του ελαιόλαδου ...	57
8.2 Επίδραση της θερμοκρασίας μάλαξης στα πτητικά συστατικά του ελαιόλαδου.....	61
8.3 Επίδραση της ατμόσφαιρας σε επαφή με την ελαιόπαστα .....	64

<b>9. Η Επίδραση της αποθήκευσης στα πτητικά συστατικά του ελαιόλαδου .....</b>	<b>66</b>
<b>10. Συμπεράσματα.....</b>	<b>78</b>
<b>Βιβλιογραφία .....</b>	<b>79</b>

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το ελαιόλαδο θεωρείται ένα από τα κύρια προϊόντα της Μεσογειακής διατροφής. Η παραγωγή του ελαιόλαδου αποτελεί μια σύνθετη διεργασία, η οποία εξαρτάται τόσο από την ποιότητα του ελαιόκαρπου, όσο από τις παραμέτρους που εφαρμόζονται στα στάδια επεξεργασίας του στο ελαιουργείο. Το πιο κρίσιμο στάδιο επεξεργασίας θεωρείται το στάδιο της μάλαξης (θερμοκρασία- χρόνος μάλαξης), διότι συνδέεται άμεσα με την ύπαρξη των πτητικών συστατικών του ελαιόλαδου.

Αντικείμενο της παρούσας Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας είναι η βιοσύνθεση των πτητικών συστατικών του ελαιόλαδου. Πιο συγκεκριμένα, αναφέρεται ποια πτητικά συστατικά υπάρχουν στο ελαιόλαδο, ο σχηματισμός και η σύνθεση τους για το χαρακτηριστικό άρωμα που προσδίδουν στο ελαιόλαδο. Επίσης, αναφέρεται πως επιδρούν οι συνθήκες χρόνου- θερμοκρασίας της μάλαξης στα πτητικά συστατικά του ελαιόλαδου, καθώς και η αποθήκευση πως επιδρά στα πτητικά συστατικά του ελαιόλαδου.

**Λέξεις- κλειδιά:** Πτητικά συστατικά, Λιποξυγενάση, Θερμοκρασία Μάλαξης, Χρόνος Μάλαξης, Αποθήκευση ελαιόλαδου

## **ABSTRACT**

Olive oil is considered one of the main products of the Mediterranean diet. The production of olive oil is a complex process, which depends both on the quality of the olive fruit and on the parameters applied during the processing stages in the mill. The most critical stage of processing is considered to be the maceration stage (temperature and malaxation time), as it is directly linked to the presence of the volatile compounds of the olive oil.

The subject of this Master's Thesis is the biosynthesis of the volatile compounds of olive oil. More specifically, it is reported which volatile compounds are present in olive oil, their formation and their composition for the characteristic aroma they impart to olive oil. It is also mentioned how the time-temperature conditions of maceration affect the volatile compounds of olive oil, and how storage affects the volatile compounds of olive oil.

**Keywords:** Volatile compounds, Lipoxygenase, Malaxation temperature, Malaxation time, Olive oil storage

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ

LOX	Λιποξυγενάση
EVOO	Εξαιρετικό Παρθένο Ελαιόλαδο
LnA	Λινολενικό οξύ
LA	Λινελαϊκό οξύ
PPO	Πολυφαινολοξειδάση
POP	Υπεροξειδάση
TT	Λευκοσίδηρος
GG	Πρασινωπό γυαλί

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1.1: Η παγκόσμια παραγωγή του ελαιόλαδου

Πίνακας 4.1: Διακύμανση της περιεκτικότητας του ελαιόλαδου σε λιπαρά οξέα

Πίνακας 5.1: Κριτήρια ποιότητας σύμφωνα με τον κανονισμό 2568/91 της ΕΕ και το εμπορικό σήμα του ΔΣΕ

Πίνακας 6.1 : Χαρακτηριστικά διαφόρων κατηγοριών ελαιόλαδου

Πίνακας 7.1: Πτητικές ενώσεις και περιγραφές οσμών που αποδίδονται σε δείγματα παρθένου ελαιόλαδου

Πίνακας 7.2 : Περιεκτικότητα σε πτητικά συστατικά ελαιόλαδου που παραλήφθηκε από καρπούς τριών Ιταλικών ποικιλιών ελιάς ( Leccino, Dritta, Caroleo)

Πίνακας 8.1: : Συγκεντρώσεις ενώσεων C6 και C5 προερχόμενες από τα μονοπάτια λιποξυγενάσης, εκφρασμένες σε ppm, σε ελαιόλαδα που λαμβάνονται από δύο ιταλικές ποικιλίες χρησιμοποιώντας διαφορετικούς χρόνους και θερμοκρασίες μάλαξης

Πίνακας 8.2: Πτητικές ενώσεις ελαιόλαδου σε διαφορετικούς χρόνους μάλαξης

Πίνακας 8.3: Συγκεντρώσεις πτητικών συστατικών του ελαιόλαδου ποικιλίας Morisca

Πίνακας 8.4: Συγκεντρώσεις πτητικών (mg/kg) ελαιόλαδων σε διαφορετικής σύστασης ατμόσφαιρες μάλαξης

Πίνακας 8.5: Ποσότητα των πτητικών ενώσεων C6 και C5, ενώσεις από το μονοπάτι της λιποξυγενάσης που βρέθηκαν σε παρθένα ελαιόλαδα με διαφορετικές ατμόσφαιρες μάλαξης με αέρα και άζωτο, όπου m: μέσες τιμές, SD: τυπική απόκλιση

Πίνακας 9.1: Οι πτητικές ενώσεις που προσδιορίστηκαν στα δείγματα ελαιόλαδου και το εύρος των τιμών τους (εκφρασμένες ως mg 4-μεθυλ-2-πεντανόλη/kg ελαιόλαδου)

Πίνακας 9.2: Περιεκτικότητα σε πτητικές ενώσεις μετά από 12 μήνες αποθήκευσης υπό διαφορετικές συνθήκες

Πίνακας 9.3: ποσοστά πτητικών ενώσεων του EVOO τη στιγμή της συσκευασίας (t0) και των δειγμάτων EVOO που αποθηκεύτηκαν σε πρασινωπό γυαλί (GG) ή λευκοσίδηρο (TT) στους 6 και 26 °C για 125 ημέρες μετά συσκευασία

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 2.1: Τμήματα ελαιόκαρπου σε εγκάρσια τομή

Σχήμα 4.1: Χημικός τύπος τριγλυκεριδίου

Σχήμα 4.2: Χημικός τύπος γλυκερόλης, λιπαρού οξέος, τριγλυκεριδίου

Σχήμα 4.3: Χημική δομή της Τυροσόλης και Υδροξυτυροσόλης

Σχήμα 4.4: Χημική δομή της (α,β,γ,δ) τοκοφερόλης

Σχήμα 7.1: Τα κύρια μονοπάτια που εμπλέκονται στο σχηματισμό του πτητικού προφίλ των υψηλής ποιότητας παρθένων ελαιόλαδων

Σχήμα 7.2: Οδός λιποξυγενάσης για τον σχηματισμό των κύριων πτητικών συστατικών

Σχήμα 9.1: Εκατοστιαίες μεταβολές των επιμέρους προϊόντων της οδού της λιποξυγενάσης με 6 άτομα άνθρακα κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης

Σχήμα 9.2 (α και β): Μεταβολή των αλδεϋδών που είναι υπεύθυνες για τα αρνητικά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά που αναπτύσσονται στα αποθηκευμένα ελαιόλαδα με βάση την τάξη μεγέθους (α) < 0,30 mg/kg και (β) 0,50-3,00 mg/kg.

Σχήμα 9.3 (Α,Β,Γ): Αλλαγές στις αισθητήριες παραμέτρους σε δείγματα EVOO που αποθηκεύτηκαν σε πρασινωπό γυαλί (GG) ή σε λευκοσίδηρο (TT) στους 6 και 26 °C για 125 ημέρες) μετά τη συσκευασία σε σύγκριση με το EVOO τη στιγμή της συσκευασίας (t0). Α, γενικοί περιγραφείς. Β, παράμετροι οσμής. Γ, ελαττώματα

## 1. Γενικά για το ελαιόδεντρο

Η ελιά είναι αιθαλής, αιωνόβιο, καρποφόρο δένδρο και ανήκει στην οικογένεια Oleaceae. Στην οικογένεια Oleaceae ανήκουν και άλλα είδη, όπως το γιασεμί, η μελιά, το λίγουστρο, η πασχαλιά, η φιλύρα. Στο γένος Olea, μόνον η Olea europaea έχει οικονομικό ενδιαφέρον (Κυριτσάκης, 2007).

Απαντώνται τρία υποείδη: η Olea europaea var. sativa, η Olea europaea var. olivaster και η Olea europaea var. oleaster.

Το πρώτο υποείδος (Olea europaea var. Sativa), περιέχει το σύνολο των καλλιεργούμενων ποικιλιών ελιάς, οι οποίες από τεχνολογικής πλευράς χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες, ανάλογα με τον τρόπο χρησιμοποίησης του καρπού τους, οι οποίες είναι:

- α) Ποικιλίες επιτραπέζιες ή βρώσιμες που παράγουν καρπό για επιτραπέζια κατανάλωση.
- β) Ποικιλίες ελαιοποιήσιμες που παράγουν καρπό για ελαιοποίηση που προορίζονται για την παραγωγή ελαιόλαδου και
- γ) Ποικιλίες διπλής χρήσεως, δηλαδή ποικιλίες που παράγουν καρπό για ελαιοποίηση και επιτραπέζια κατανάλωση.

Το δεύτερο υποείδος (Olea europaea var. Olivaster) έχει συμπεριλάβει όλες τις αγριελιές που αυτοφύονται σε ορισμένες περιοχές της Μεσογείου.

Το τρίτο υποείδος (Olea europaea var. Oleaster), έχει συμπεριλάβει τα δενδρύλλια που προέρχονται από τον πυρήνα του ελαιόκαρπου των ποικιλιών της ήμερης ελιάς που έχουν φαινολογικά χαρακτηριστικά αγριελιάς, διαφορετικής όμως από την αυτοφύομενη.



## **1.1 Καταγωγή και εξάπλωση της ελιάς- Η σημασία της ελιάς στην Αρχαία Ελλάδα**

Η επιστημονική κοινότητα υποστηρίζει σχεδόν στο σύνολό της ότι η ελιά έλκει την καταγωγή τόσο από την Αφρική όσο και από τη Μ. Ασία, ενώ μέσω κάποιων άλλων ερευνών έχει υποστηριχθεί ότι η Συρία είναι εκείνη που διεκδικεί περισσότερο την καταγωγή της (Di Giouacchino, 2000). Μεταγενέστερα οι Φοίνικες της Τύρου που είχαν ακμάσει στην Καρχηδόνα τη μετέφεραν στην Κύπρο και στα βόρεια παράλια της Αφρικής. Κατά τη διάρκεια της ελληνορωμαϊκής εποχής η ελιά ήταν διαδεδομένη στα νησιά της Ελλάδας αλλά και στην ηπειρωτική της χώρα. Στα 600 π. Χ. οι Φωκαείς με τη σειρά τους τη διέδωσαν στην Ιταλία, στη Σικελία και τη Σαρδηνία. Όσον αφορά στην Ισπανία προκειμένου να διαδοθεί και εκεί μετέβη αφενός από τον ελληνορωμαϊκό κόσμο και αφετέρου από τον αραβικό. Αυτό πιστοποιείται από το ότι κάποιες από τις ποικιλίες έχουν λάβει λατινική και κάποιες άλλες αραβική ονομασία. Ωστόσο, είναι και άξιο αναφοράς το ότι εξαιτίας των Ισπανών εξερευνητών του 18<sup>ου</sup> αιώνα η ελιά μεταφέρθηκε στο ανατολικό ημισφαίριο αφού εκεί δεν ήταν αυτοφυής. Κατά τον ίδιο τρόπο πραγματοποιήθηκε η διάδοση της ελιάς και στην Αυστραλία μέσω της βρετανικής αποικίας. Εφόσον λάβουμε υπόψη τις ιστορικές πηγές στην Αίγυπτο και στην Ιουδαία καλλιεργούσαν την ελιά ήδη πριν από το 1500 π. Χ., ενώ χαρακτηριστικό είναι και το γεγονός ότι οι ισραηλίτες πίστευαν ότι το ελαιόλαδο ιερό το οποίο προοριζόταν για ιερείς και βασιλείς.

Γενικότερα η ελιά παγκοσμίως συμβολίζει την ειρήνη, την ευημερία, τη γνώση, τη σοφία και την ελπίδα. Έχει υποστηριχθεί ότι το δέντρο της ελιάς έκανε για πρώτη φορά την εμφάνισή του στον ελλαδικό χώρο περίπου το 12.000 π. Χ. τουλάχιστον υπό τη μορφή ενός άγριου δέντρου.

Ο πολιτισμός, η θρησκεία, η διατροφικές συνήθειες και η υγεία ήταν άρρηκτα συνδεδεμένες με το ελαιόλαδο και την ελιά. Η αξία άλλωστε της ελιάς μας είναι σήμερα γνωστή και από τον κλάδο της αρχαιολογίας η οποία μέσω της σκαπάνης ανασύρει ευρήματα τα οποία αναδεικνύουν τη σημασία της για το πολιτιστικό περιβάλλον. Δεν ήταν τυχαίο ότι στην αρχαία Ελλάδα η βρώση του ελαιολάδου θεωρούνταν εξέχουσας σημασίας για τη σωματική δύναμη αλλά και για την πνευματική διαύγεια. Στους αρχαίους χρόνους το ελαιόλαδο είχε ποικίλες χρήσεις:

1. Ο καρπός και το έλαιό της ήταν βρώσιμα.
2. Είχε συνδεθεί με της αθλητικές δραστηριότητες. Οι αθλητές άλειφαν τα σώματά τους με λάδι και σαν έπαθλο είχαν στεφάνι από αγριελιά το οποίο ονόμαζαν κότινο.
3. Για θρησκευτικές τελετές (σπονδές στους βωμούς).
4. Θεραπευτικές χρήσεις (60 φαρμακευτικές χρήσεις του λαδιού αναφέρονται στον ιπποκράτειο κώδικα της ιατρικής).
5. Παραγωγή αρωμάτων και καλλυντικών σκευασμάτων.
6. Για το φωτισμό.
7. Τη θέρμανση (τα κλαδιά και ο κορμός της ελιάς).
8. Στις τέχνες (απεικόνιση ελιάς σε αμφορείς και αγάλματα).
9. Στο πλαίσιο των καθημερινών συναλλαγών (νόμισμα με την Αθηνά φορώντας στεφάνι ελιάς). Βάσει των πρωτογενών πηγών ο Σόλωνας, ο οποίος υπήρξε νομοθέτης στην Αρχαία Ελλάδα, είχε θεσπίσει νόμους οι οποίοι απαγόρευαν την κοπή του δέντρου, ενώ ενθάρρυνε τους πολίτες να φυτεύουν καινούρια ελαιόδεντρα, που εκτός των άλλων τα θεωρούσαν ιερά σύμβολα της ζωής, της σοφίας και της ευημερίας. Ο φιλόσοφος Αριστοτέλης και αυτός με τη σειρά του μας διασώζει την αφθονία των ελαιόδεντρων στην πόλη των Αθηνών (Siggelakis, 1982). Ακόμα μέσω του Πλίνιου πληροφορούμαστε σχετικά με το πρώτο ελαιοτριβείο το οποίο μάλιστα συμπεριελάμβανε και τη χρήση αρωματικών βοτάνων στο ίδιο το ελαιόλαδο. Η καλλιέργεια της ελιάς ήταν διαδεδομένη σε αρκετές περιοχές της Ελλάδας, όπως στη Μήλο, στη Σάμο και στην Εύβοια. Μάλιστα κατά τη διάρκεια του 5<sup>ου</sup> αιώνα π. Χ. η καλλιέργειά της είχε λάβει μεγάλες διαστάσεις, ενώ και ο Ηρόδοτος θεωρούσε ότι κέντρο της καλλιέργειας της ελιάς ήταν η Αθήνα.

## 1.2 Η Παγκόσμια παραγωγή του ελαιόλαδου

Η παγκόσμια παραγωγή του ελαιόλαδου από τα έτη 2014/15 – 2019/20 παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.1. Η παραγωγή αυτή προέρχεται από χώρες όπως η Ισπανία (καλύπτει το 1/3 περίπου του συνόλου της παραγωγής), η Ιταλία, η Ελλάδα, η Πορτογαλία, η Τουρκία, κράτη της Μεσογείου και η Ν.Αμερική.

	2014/15	2015/16	2016/17	2017/18	2018/19	2019/20	Μ.Ο.	2019-2014
σε χιλ. Τόνους					προβλ.	εκτιμ.	2014-2019	(+/- %)
Ελλάδα	300	320	195	346	185	300	274,3	0,00%
Ιταλία	842,2	474,6	182,3	428,9	173,6	340	303,6	53,15%
Πορτογαλία	61	109,1	69,4	134,8	100,3	125,4	100	105,57%
Ισπανία	842,2	1403,3	1290,6	1262,2	1789,9	1230	1308	45,05%
ΕΕ (σύνολο)	1433,4	2318,9	1747	2184,5	2259,9	2007,6	1991,9	40,06%
Τουρκία	160	150	178	263	193,5	225	194,9	40,63%
Κράτη Μεσογείου	754	588	512	779,5	636	778	674,6	3,18%
Ν. Αμερική	49	42	44,5	68	47	48	49,8	-2,04%
Λουπιά	60,5	72,5	75	80	77,5	82	74,6	35,54%
<b>Σύνολο</b>	<b>2456,9</b>	<b>3171,4</b>	<b>2556,5</b>	<b>3375</b>	<b>3213,9</b>	<b>3140,6</b>	<b>2985,7</b>	<b>27,83%</b>

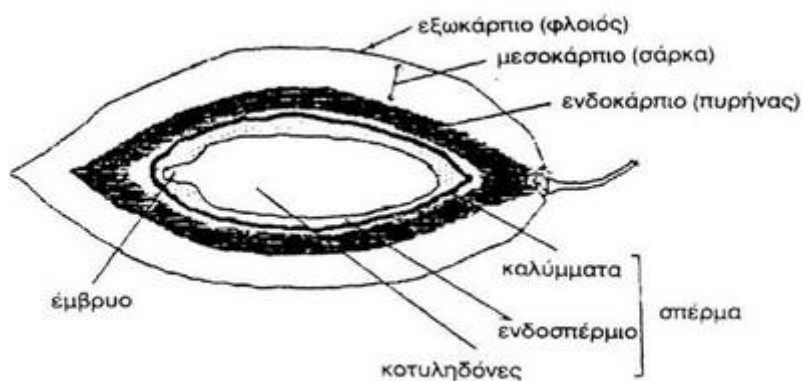
Πίνακας 1.1: Η παγκόσμια παραγωγή του ελαιόλαδου (<https://www.internationaloliveoil.org/>)

## 2. Σύσταση του ελαιόκαρπου- Σχηματισμός ελαιόλαδου

### 2.1 Σύσταση του ελαιόκαρπου

Ο καρπός της ελιάς είναι δρύπη με σχήμα ωοειδές. Η διαφορά από τις άλλες δρύπες (πυρηνόκαρπα) εντοπίζεται στη χημική σύσταση.

Ο ελαιόκαρπος χωρίζεται σε τρία κύρια μέρη, στο επικάρπιο, στο μεσοκάρπιο και στο ενδοκάρπιο (Σχήμα 2.1).



Σχήμα 2.1: Τμήματα ελαιόκαρπου σε εγκάρσια τομή (Braadbaart et al., 2016).

Το επικάρπιο ή επιδερμίδα ή μεμβράνη, καλύπτει το 1,5-3,5 % του βάρους του καρπού.

Το μεσοκάρπιο ή σάρκα καλύπτει το 70-90% του καρπού

Το ενδοκάρπιο ή πυρήνας αποτελείται από το σκληρό ξυλώδες τμήμα, με συνήθως ένα και πολύ σπάνια δύο ενδοσπέρμια (σπόροι).

Τα κύρια συστατικά της σάρκας της ελιάς είναι:

1. Νερό
2. Ελευρωπαϊνή
3. Σάκχαρα
4. Πρωτεΐνες
5. Ελαιόλαδο
6. Χρωστικές
7. Ανόργανα στοιχεία
8. Οργανικά στοιχεία

### **2.1.1 Νερό**

Το νερό είναι από τα βασικά συστατικά του ελαιόκαρπου και αντιπροσωπεύει το 70% περίπου του νωπού βάρους. Η ποσότητα του νερού στο νωπό ελαιόκαρπο, επηρεάζει σημαντικά το σχήμα του. Το σχήμα του καρπού είναι κανονικό, όταν τα κύτταρα βρίσκονται σε πλήρη σπαργή και συρρικνώνεται όταν το ποσοστό του νερού είναι μικρότερο από το κανονικό.

Μέσα στο νερό του κυτταρικού χυμού βρίσκονται διαλυμένα σάκχαρα, οργανικά οξέα, η ελευρωπαϊνή και άλλα συστατικά. Η ποσότητα του νερού που υπάρχει στον ελαιόκαρπο εξαρτάται από το στάδιο ανάπτυξης του, την ποικιλία και τις συνθήκες οι οποίες επικρατούν κατά την ωρίμανση. Όσο αυξάνεται η ελαιοπεριεκτικότητα, τόσο ελαττώνεται η περιεκτικότητα σε νερό (Κυριτσάκης, 2007).

### **2.1.2 Ελευρωπαϊνή**

Η ελευρωπαϊνή είναι το κύριο συστατικό του καρπού στο οποίο οφείλεται η πικρή γεύση του (Κυριτσάκης, 1993). Την ουσία αυτή την βρίσκουμε στον ελαιόκαρπο, στο ελαιόλαδο, στα φύλλα της ελιάς και σε όλα τα μέρη του ελαιόδεντρου και το κάνει ανθεκτικό στα έντομα κι σε διαφόρους μικροοργανισμούς.

Η ελευρωπαϊνή, είναι μια πολυφαινόλη και ανήκει σε μία ομάδα παραγώγων της κουμαρίνης, τα οποία ονομάζονται Σεκοϊριδοειδή (secoiridoids). Είναι ένας εστέρας της 3,4-διυδροξυ-φαινυλ-αιθανόλης ( υδροξυ-τυροσόλη) με το β-γλυκοσυλιωμένο ελεονικό οξύ.

Η παρουσία της ελευρωπαϊνης καθώς και άλλων φαινολικών ενώσεων , όπως η άγλυκη ελευρωπαϊνή, η υδροξυτυροσόλη, η τυροσόλη και το φερουλικό οξύ στον ελαιόκαρπο, μειώνεται αισθητά από τον Σεπτέμβριο έως το τέλος της συγκομιδής. Επομένως, η ελευρωπαϊνή βρίσκεται σε μεγαλύτερο ποσοστό στον άγουρο ελαιόκαρπο, ενώ στον ώριμο η περιεκτικότητα είναι μικρότερη καις τον υπερώριμο την συναντάμε σε χαμηλά έως μηδενικά επίπεδα. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο οι ώριμες ελιές πικρίζουν λιγότερο από τις άγουρες ελιές. Το χρώμα των μαύρων ελιών οφείλεται, κατά ένα μέρος, στα προϊόντα οξείδωσης της ελευρωπαϊνης.

Η ποσότητα της ελευρωπαϊνης που υπάρχεις το ελαιόλαδο εξαρτάται:

1. Ποικιλία της ελιάς
2. Καλλιεργητικές φροντίδες (π.χ. λίπανση)
3. Περιβάλλον (π.χ. κλίμα, έδαφος)
4. Βαθμός ωριμότητας του ελαιόκαρπου
5. Συνθήκες διατήρησης του ελαιόκαρπου μέχρι την επεξεργασία
6. Τύπος του ελαιουργείου και οι συνθήκες (π.χ. θερμοκρασία, ποσότητα νερού)

Η ποικιλία της ελιάς καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την περιεκτικότητα του καρπού σε ελευρωπαϊνη, ανεξάρτητα από τον χρόνο συγκομιδής του. Οι μικρόκαρπες ποικιλίες ελιάς χαρακτηρίζονται από μεγάλη περιεκτικότητα σε ελευρωπαϊνη, σε αντίθεση με τις ποικιλίες με μεγάλο μέγεθος καρπού (Ranalli et al., 2006).

Υψηλή συγκέντρωση ελευρωπαϊνης προσδίδει μια ιδιαίτερη πικρή γεύση στο φρέσκο ελαιόλαδο. Κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης του ελαιόλαδου, μειώνεται η πικρή γεύση. Η εξαφάνιση της πικρής γεύσης του φρέσκου ελαιόλαδου κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης οφείλεται στην ενζυματική υδρόλυση του πικρού συστατικού ελευρωπαϊνη. Σύμφωνα με τους Ciafardini και Zullo (2002), μια πλούσια μικροχλωρίδα βρίσκεται στο φρέσκο ελαιόλαδο, η οποία σταδιακά καθιζάνει στον πυθμένα του δοχείου αποθήκευσης. Από την δράση της μικροχλωρίδας αυτής εξαρτάται και η ποσότητα της ελευρωπαϊνης που απομένει τελικά στο ελαιόλαδο και που επηρεάζει την πικράδα.

Σε γενικές γραμμές θα λέγαμε ότι η ελευρωπαϊνη ως αδιάλυτη στο ελαιόλαδο, δεν συνιστά κύριο πρόβλημα για τον ελαιοποιήσιμο καρπό αφού το μεγαλύτερο μέρος της απομακρύνεται με τα φυτικά υγρά (απόνερα). Στις ελιές που προορίζονται για βρώσιμες, η ελευρωπαϊνη απομακρύνεται με συνεχή πλυσίματα (Παρασκευή ελιών τύπου Καλαμών) είτε με προσθήκη διαλύματος καυστικού νατρίου και πλυσίματα (πράσινες τύπου Ισπανίας).

### **2.1.3 Σάκχαρα**

Στον καρπό της ελιάς συναντάμε απλά σάκχαρα, όπως η γλυκόζη, η φρουκτόζη, η μανόζη, η γαλακτόζη και η σακχαρόζη. Όσον αφορά για την σακχαρόζη απαντάται σε πολύ μικρότερες ποσότητες και σχεδόν εξαφανίζεται με την ωρίμανση του καρπού, Στο ενδοσπέρμιο διαπιστώνεται παρουσία γλυκόζης και σε μικρότερες ποσότητες φρουκτόζης.

Η ποσότητα των σακχάρων του καρπού έχει ιδιαίτερη σημασία για τις βρώσιμες ποικιλίες. Μεγάλη ποσότητα σακχάρων είναι επιθυμητή στην περίπτωση παρασκευής πράσινων ελιών τύπου Ισπανίας, γιατί κατά τη γαλακτική ζύμωση από τα σάκχαρα που υπάρχουν στον καρπό σχηματίζεται γαλακτικό οξύ το οποίο συντηρεί τις ελιές και τους προσδίδει μία ιδιαίτερη γεύση.

#### **2.1.4 Πρωτεΐνες**

Η συγκέντρωση των πρωτεϊνών στον ελαιόκαρπο κυμαίνεται από 1,5-3%. Η περιεκτικότητα εξαρτάται από το στάδιο ωριμότητας και την ποικιλία. Στον πυρήνα του καρπού η ποσότητα σε πρωτεΐνες είναι λίγο μεγαλύτερη και κυμαίνεται από 2,5-5% ( Αλυγιζάκης, 1982). Στις πρωτεΐνες του ελαιόκαρπου περιέχονται σχεδόν όλα τα αμινοξέα που συναντάμε στους άλλους φυτικούς ιστούς, όπως η αργινίνη, ασπαρτικό οξύ και γλουταμικό οξύ. Συγκεκριμένα, αυτά τα αμινοξέα αντιπροσωπεύουν το 30% περίπου των αμινοξέων που υπάρχουν στον καρπό των ποικιλιών κορωνέικη, θρουμπολιά και μεγαρίτικη.

Πολύ μικρό μέρος των πρωτεϊνών του καρπού περνά στο ελαιόλαδο. Οι πρωτεΐνες αυτές συμβάλλουν σε κάποιο βαθμό στην οξειδωτική σταθερότητα του ελαιόλαδου κατά τον χρόνο της αποθήκευσης. Μάλιστα με βάση τα χαρακτηριστικά των πρωτεϊνών των διαφόρων ελαιόλαδων μπορεί να ανατρέξει κανείς, με τις σύγχρονες τεχνικές ταυτοποίησης, στην ποικιλία από την οποία προέρχεται το ελαιόλαδο.

#### **2.1.5 Ελαιόλαδο**

Το ελαιόλαδο κατέχει το 17- 35% του βάρους της νωπής σάρκας και επηρεάζει με την παρουσία του την συνεκτικότητα της.

#### **2.1.6 Χρωστικές**

Ο καρπός που περιέχει χλωροφύλλες δίνει έντονο πράσινο χρώμα, ο φυσικά ώριμος περιέχει τουλάχιστον έξι ανθοκυάνες ενώ ο μαύρος περιέχει μελανίνες οι οποίες σχηματίζονται από την οξείδωση των φαινολικών ουσιών. Έτσι το χρώμα του καρπού από πράσινο που είναι αρχικά, μεταβάλλεται σε πορφυρό ή μαύρο, εξαιτίας της αλλαγής των χρωστικών.

#### **2.1.7 Ανόργανα στοιχεία**

Στη σάρκα του καρπού της ελιάς απαντώνται και ανόργανα στοιχεία, όπως το κάλιο, ο σίδηρος, το ασβέστιο και ορισμένα άλλα στοιχεία.

### **2.1.8 Οργανικά οξέα**

Στον καρπό της ελιάς βρίσκονται ορισμένα οξέα, όπως το οξικό, το οξαλικό το μηλονικό το φουμαρικό, το γαλακτικό, το τρυγικό, το μηλικό και το κιτρικό ( Fedeli, 1977). Η περιεκτικότητα του οξαλικού κυμαίνεται από 0,10-0,17%, του κιτρικού από 0,10-0,15% και του μηλικού από 0,01-0,07% στο νωπό καρπό. Τα οξέα αυτά βρίσκονται είτε σε μορφή αλάτων, είτε ελεύθερα (Αλυγιζάκης, 1982).

Γενικά τα οξέα του καρπού της ελιάς συμπαρασύρονται κατά την επεξεργασία του καρπού στο ελαιουργείο και μεταφέρονται στα απόνερα μαζί με άλλα υδατοδιαλυτά συστατικά του.

### **2.2 Σχηματισμός του ελαιόλαδου**

Όσον αφορά για τον σχηματισμό του ελαιόλαδου στον ελαιόκαρπο αποτέλεσε αντικείμενο έρευνας από τον περασμένο αιώνα. Πολλές θεωρίες εκφράστηκαν από επιστήμονες. Αρχικά, το 1860 , ο Pasquale υποστήριξε ότι το ελαιόλαδο σχηματίζεται από την χλωροφύλλη. Έπειτα, ο De Luca, διατύπωσε άλλη θεωρία, σύμφωνα με την οποία το ελαιόλαδο προέρχεται από την αλκοόλη μαννίνη και ο σχηματισμός του αρχίζει με την σκλήρυνση του πυρήνα. Αργότερα, ο Blondeau ανέφερε ότι το ελαιόλαδο σχηματίζεται από την ταννίνη και την κυτταρίνη. Τελικά, ο Hess (1975) διατύπωσε μια θεωρία, η οποία θεωρείται η επικρατέστερη για τον σχηματισμό του ελαιόλαδου, η οποία περιλαμβάνει τρία στάδια. Αρχικά, σχηματίζονται λιπαρά οξέα με επανειλημμένες προσθήκες μηλονικού συνενζύμου A (CoA) σε μόριο ακέτυλο CoA. Κατά την προσθήκη του μορίου του μηλονικού, γίνεται αποκαρβοξυλίωση και έτσι κάθε φορά επιμηκύνεται το μόριο του οξέος μόνο από τα δύο άτομα του άνθρακα. Μία ομάδα ενζύμων διευκολύνει τις αντιδράσεις συμπύκνωση, της αναγωγής και της αφυδάτωσης, οι οποίες χρειάζονται για τη συμπλήρωση της σύνθεσης του μορίου των λιπαρών οξέων του ελαιόλαδου. Στη συνέχεια, σχηματίζεται το γλυκερινο-φωσφορικό άλας από το δι-υδροξυ φωσφορικό άλας ακετόνης. Στο τελευταίο στάδιο τα λιπαρά οξέα , ως παράγωγα CoA, μεταφέρονται στις υδροξυλικές ομάδες του φωσφορικού άλατος γλυκερίνης. Ακολουθεί απόφωσφορυλίωση και ολοκλήρωση της εστεροποίησης της γλυκερίνης. Γενικά διακρίνονται τέσσερις περίοδοι (φάσεις) σχηματισμού του ελαιόλαδου στον ελαιόκαρπο. Αυτές είναι:

1. αρχική περίοδος ( συνδέεται με την περίοδο ανάπτυξης του καρπού κατά την οποία σχηματίζεται μικρή ποσότητα του ελαιόλαδου).
2. περίοδος μεγάλης συγκέντρωσης ( κατά την περίοδο αυτή σχηματίζεται σχεδόν όλη η ποσότητα του ελαιόλαδου).



3. στατική περίοδος ( χαρακτηρίζεται από σταθερή περιεκτικότητα σε ελαιόλαδο και συμπίπτει με την ωρίμανση του ελαιόκαρπου )
4. περίοδος ελάττωσης ( συνδέεται με τη μείωση της περιεκτικότητας του καρπού σε ελαιόλαδο, γιατί χάνεται κάποια ποσότητα του ελαιόλαδου από τον καρπό, κυρίως όταν αυτός φέρει οπές λόγω εντομολογικών προσβολών ή έχει χτυπήματα και συμπίπτει με το στάδιο της υπερωρίμανσης).

Ο σχηματισμός του ελαιόλαδου στον ελαιόκαρπο αρχίζει κυρίως μετά τα μέσα Ιουλίου. Τον Ιούνιο, υπάρχει συνήθως μικρή περιεκτικότητα σε ελαιόλαδο ( κάτω του 1%). Από το δεύτερο δεκαήμερο του Ιουλίου και μετά αρχίζει βαθμιαία η αύξηση των ελαιοσταγονιδίων, τόσο στο σαρκώδες μέρος όσο και στον πυρήνα. Η διάμετρος των ελαιοσταγονιδίων φθάνει κατά μέσο όρο τα 39 μικρά αν και μερικές φορές πλησιάζει τα 63 μικρά. Όταν τα ελαιοσταγονίδια είναι μεγάλα, καταλαμβάνουν σχεδόν ολόκληρο το χώρο του πρωτοπλάσματος και είναι πιθανόν να παραμορφώνουν το κύτταρο με την πίεση την οποία ασκούν στις κυτταρικές μεμβράνες. Πολλές φορές, στο ίδιο κύτταρο συνυπάρχουν μια μεγάλη σταγόνα και μερικές γύρω από αυτή (Κυριτσάκης, 2007).

Για την παραλαβή του ελαιόλαδου από τον καρπό είναι απαραίτητη η μετατροπή του ελαιόκαρπου σε ελαιοζύμη, δηλαδή ο τεμαχισμός αυτού σε μικρότερα τεμαχίδια ώστε να είναι δυνατή η απελευθέρωση των ελαιοσταγονιδίων.

Στην αρχή το ελαιόλαδο συναντάται διάχυτο μέσα στα κύτταρα του καρπού και μετά σχηματίζονται σταγονίδια, οι διαστάσεις των οποίων αυξάνονται συνεχώς. Τα σταγονίδια αυτά καταλαμβάνουν ολόκληρο το εσωτερικό των κυττάρων.

### **3. Από την συγκομιδή του ελαιόκαρπου στα στάδια επεξεργασίας για την παραγωγή του ελαιόλαδου στο ελαιουργείο.**

Η συγκομιδή του ελαιόκαρπου αρχίζει από αρχές Οκτωβρίου έως και τα τέλη του Φεβρουαρίου. Πιο ειδικότερα, η συγκομιδή πρέπει να γίνεται στο άριστο στάδιο της ωρίμανσης (στάδιο βιομηχανικής ωρίμανσης). Στο στάδιο αυτό παρατηρείται η μέγιστη ελαιοπεριεκτικότητα και καλύτερη ποιότητα του ελαιόλαδου. Το στάδιο της βιομηχανικής ωρίμανσης φαίνεται να συμπίπτει με την αλλαγή του χρώματος του καρπού από πρασινοκίτρινο σε μελανοιώδες. Η συγκομιδή πιο νωρίς ( άγουρος καρπός) έχει ως αποτέλεσμα τη μικρή περιεκτικότητα σε ελαιόλαδο, ενώ καθυστερημένη συγκομιδή του ελαιόκαρπου ( υπερώριμος καρπός) συνεπάγεται σε ελαιόλαδο κατώτερης ποιότητας. Κατά το στάδιο αυτό ( υπερώριμος καρπός), ο καρπός χάνει βάρος και όγκο, ενώ παράλληλα σημειώνεται μερική υδρόλυση των τριγλυκεριδίων του ελαιόλαδου και αύξηση της οξύτητας του. Αμέσως μετά την συγκομιδή, ο ελαιόκαρπος μεταφέρεται στο ελαιουργείο όπου επιβάλλεται να γίνεται ο διαχωρισμός του με κριτήριο:

1. την ποικιλία
2. τον τρόπο συγκομιδής (δηλαδή αν μαζεύτηκε ο ελαιόκαρπος απευθείας από το δένδρο ή από το έδαφος)
3. 3.την κατάσταση στην οποία βρίσκεται ο καρπός (υγιής ή προσβεβλημένος από δάκο κτλ. )

Κάθε κατηγορία πρέπει να υποβληθεί σε χωριστή επεξεργασία. Καλό είναι να αρχίζουμε από την καλύτερη ποιότητας ελαιόκαρπο, έχοντας υπόψη ότι το καλής ποιότητας ελαιόλαδο προέρχεται από υγιή ελαιόκαρπο αμέσως μετά την συγκομιδή.

Τα βασικά στάδια της επεξεργασίας του ελαιόκαρπου είναι τα εξής:

- Παραλαβή ελαιόκαρπου
- Τροφοδοσία- αποφύλλωση
- Πλύσιμο
- Σπάσιμο- άλεση του ελαιόκαρπου
- Μάλαξη
- Διαχωρισμός του ελαιόλαδου από την ελαιοζύμη
- Τελικός διαχωρισμός- καθαρισμός του ελαιόλαδου

### **3.1 Παραλαβή ελαιόκαρπου**

Ο χρόνος που μεσολαβεί από την συγκομιδή του ελαιόκαρπου έως την επεξεργασία του θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μικρότερος, έτσι ώστε να αποφευχθεί η υποβάθμιση της ποιότητας του τελικού προϊόντος λόγω της ανάπτυξης μυκήτων και άλλων αλλοιώσεων. Το καταλληλότερο υλικό στο οποίο τοποθετείται ο ελαιόκαρπος για την μεταφορά του στον προορισμό επεξεργασίας του είναι τα πλαστικά κιβώτια ( κλούβες). Σε περίπτωση που η επεξεργασία του ελαιόκαρπου δεν είναι άμεση, η εξασφάλιση του αποθηκευτικού χώρου με χαμηλή θερμοκρασία και κατάλληλο αερισμό στο χώρο του τελικού προορισμού του ελαιόκαρπου θα βοηθούσε αποτελεσματικά στη βελτίωση της ποιότητας του τελικού προϊόντος.

### **3.2 Τροφοδοσία- αποφύλλωση**

Στην πρώτη φάση της επεξεργασίας ο ελαιόκαρπος τοποθετείται στη λεκάνη τροφοδοσίας του ελαιουργείου απ' όπου οδηγείται στο αποφυλλωτήριο με μεταφορική ταινία ή αναβατόριο με ατέρμονα κοχλία. Από τα δύο συστήματα μεταφοράς του ελαιόκαρπου ο ατέρμονας κοχλίας μειονεκτεί γιατί συνθλίβει τον καρπό και οδηγεί σε απώλειες του ελαιόλαδου στο πλυντήριο.

Η απομάκρυνση των φύλλων της ελιάς είναι επιβεβλημένη γιατί όταν συνθλίβονται μαζί με τον ελαιόκαρπο το ελαιόλαδο αποκτά πικρίζουσα γεύση και εμπλουτίζεται με μεγάλη ποσότητα χλωροφύλλης η οποία κατά την διάρκεια της διατήρησης του παρουσίας φωτός, επιδρά αρνητικά στην προστασία της ποιότητας. Η παρουσία βέβαια μικρής ποσότητας φύλλων ( σε ποσοστό περίπου 3%) στον ελαιόκαρπο, είναι δυνατόν να αυξήσει την αντοχή του ελαιόλαδου στην οξείδωση κατά την διατήρηση του σε συνθήκες απουσίας φωτός. Αυτό συμβαίνει διότι η παρουσία των φύλλων εμπλουτίζει το ελαιόλαδο σε φαινόλες οι οποίες δρουν ως φυσικά αντιοξειδωτικά. Επομένως δεν συνιστάται η πλήρης απομάκρυνση των φύλλων από τον ελαιόκαρπο.

### **3.3 Πλύσιμο**

Το πλύσιμο του ελαιόκαρπου αποτελεί μία από τις πιο βασικές διεργασίες για την επεξεργασία του ελαιόλαδου στο ελαιουργείο. Στο στάδιο αυτό πραγματοποιείται η απομάκρυνση των ξένων υλών (σκόνη, χώμα κ.α.) που μεταφέρει ο ελαιόκαρπος και έτσι εμποδίζεται ο σχηματισμός αλκαλογαιωδών μιγμάτων. Επιπλέον, με το πλύσιμο απομακρύνονται και τυχόν ίχνη φυτοφαρμάκων που παραμένουν στον ελαιόκαρπο από τους ψεκασμούς, οι οποίοι δυστυχώς πολλές φορές πραγματοποιούνται λίγο πριν την

συγκομιδή. Για το πλύσιμο 1000 kg ελαιόκαρπου, είναι αναγκαία μία ποσότητα νερού περίπου 100- 120 λίτρα.

### **3.4 Σπάσιμο- άλεση του ελαιόκαρπου**

Έπειτα από το πλύσιμο του ελαιόκαρπου πραγματοποιείται η μεταφορά του με τη βοήθεια μεταφορικού κοχλία στο σπαστήρα για άλεση. Η άλεση αποτελεί το πρώτο κύριο στάδιο της επεξεργασίας του ελαιόκαρπου για την παραλαβή του ελαιόλαδου και είναι η ίδια όποια και αν είναι η μέθοδος διαχωρισμού που θα ακολουθήσει.

Κατά την άλεση του ελαιόκαρπου πραγματοποιείται σύνθλιψη των μεμβρανών των κυττάρων και ελευθερώνονται σταγονίδια ελαιόλαδου. Αυτά τα ελεύθερα σταγονίδια συγκεντρώνονται και σχηματίζουν σταγόνες πολλών διαφορετικών μεγεθών, οι οποίες έρχονται σε άμεση επαφή με την υδατική φάση της πάστας, προερχόμενες από το φυτικό νερό και από το νερό που απομένει από το πλύσιμο που εφαρμόζεται στις ελιές πριν από τη σύνθλιψη.

Οι λιποπρωτεϊνικές μεμβράνες σχηματίζονται συνήθως με πρωτεΐνες οι οποίες είναι διαλυμένες στο νερό. Οι πρωτεΐνες δίνουν στις σταγόνες σημαντική σταθερότητα και τις βοηθούν να παραμείνουν απλωμένες σε όλο το υδατικό μέσο, μερικές φορές σχηματίζοντας γαλακτωματοποιημένα συστήματα.

Η σύνθλιψη διαδραματίζει πολύ σημαντικό ρόλο στη διαδικασία εξαγωγής λαδιού, επειδή η μέθοδος και ο εξοπλισμός που χρησιμοποιούνται έχουν άμεσο αντίκτυπο στις επόμενες διαδικασίες παραγωγής ελαιόλαδου (μάλαξη, διαχωρισμός κτλ.) και κυρίως στην απόδοση και την ποιότητα του λαδιού (Barranco et. al. 2004).

Αρχικά το σπάσιμο του ελαιόκαρπου γινόταν με ελαιόμυλους με κωνικές ή σφαιρικές πέτρες. Σήμερα με την βοήθεια της τεχνολογίας χρησιμοποιούνται μεταλλικοί σπαστήρες με σφυριά ή με δίσκους

Οι μεταλλικοί σπαστήρες έχουν σχεδόν στο σύνολό τους εκτοπίσει τους ελαιόμυλους γιατί έχουν:

1. μικρότερο μέγεθος
2. μεγαλύτερη απόδοση
3. μικρότερο κόστος και
4. δυνατότητα συνεχούς λειτουργίας και εύκολου καθαρισμού.

Παρουσιάζουν ωστόσο και κάποια μειονεκτήματα λόγω της μεγάλης ταχύτητας με την οποία περιστρέφονται, φθείρονται εύκολα και επιβαρύνουν το ελαιόλαδο με ίχνη μετάλλου.

Γενικά, η άλεση του ελαιόκαρπου πρέπει να γίνεται σε ολιγόστροφα μηχανήματα διότι η μεγάλη ταχύτητα προκαλεί αύξηση της θερμοκρασίας στην ελαιοζύμη και συντελεί στο σχηματισμό γαλακτωμάτων (Κυριτσάκης, 2007).

### **3.5 Μάλαξη**

Η μάλαξη της ελαιοζύμης η οποία προκύπτει από το σπάσιμο-άλεση του ελαιόκαρπου αποτελεί το πιο βασικό στάδιο επεξεργασίας του, σε όλα ανεξαρτήτως των συστήματα παραλαβής του ελαιόλαδου, διότι κατά την διαδικασία αυτή πραγματοποιείται η συνένωση των μικρών ελαιοσταγονιδίων σε μεγαλύτερες σταγόνες ελαιόλαδου. Η συνένωση αυτή είναι απαραίτητη για το διαχωρισμό του ελαιόλαδου από τα φυτικά υγρά.

Η διεργασία της μάλαξης λαμβάνει χώρα σε ειδικούς μαλακτήρες, οι οποίοι αποτελούνται από μία λεκάνη διαφορετικού σχήματος και χωρητικότητας ανάλογα με τον τύπο του ελαιουργείου. Οι μαλακτήρες διακρίνονται σε οριζόντιους ή κάθετους. Κατά κανόνα τα τοιχώματα των μαλακτών είναι διπλά και ανάμεσα τους κυκλοφορεί ζεστό νερό για την θέρμανση της ελαιοζύμης. Η θέρμανση είναι αναγκαία γιατί βοηθά την έξοδο του λαδιού από τα φυτικά υγρά, αφού η υψηλή θερμοκρασία μειώνει το ιξώδες και τα ελαιοσταγονίδια κινούνται και συνενώνονται γρηγορότερα και η απόδοση είναι μεγαλύτερη. Όμως, αν ξεπεραστεί η οριακή θερμοκρασία με σκοπό να εξαχθεί μεγαλύτερη ποσότητα ελαιόλαδου υπάρχει δυσμενής επίδραση στην ποιότητα του ελαιόλαδου, διότι καταστρέφονται τα πτητικά συστατικά και παρατηρείται μεταβολή στο χρώμα, καθώς επίσης και αύξηση στην οξύτητα του. Για αυτό τον λόγο καλό θα είναι η θερμοκρασία μάλαξης να μην ξεπερνά τους 27 ° C ( Kiritsakis, 1998).

Η ανάμειξη της ελαιοζύμης επιτυγχάνεται με περιστρεφόμενο έλικα, ο οποίος διαθέτει μικρό αριθμό πτερυγίων και κινείται με πολύ αργό ρυθμό. Ένας καλός μαλακτήρας πρέπει να διαθέτει μηχανισμό ρύθμισης της ταχύτητας περιστροφής του έλικα ώστε ανάλογα με την φύση της ελαιοζύμης να ρυθμίζονται και οι στροφές. Σε μια κανονική ελαιοζύμη η ταχύτητα κίνησης των πτερυγίων θα πρέπει να είναι 18- 20 στροφές/ λεπτό. Τυχόν παράταση του χρόνου μάλαξης οδηγεί στην δημιουργία και σχηματισμό γαλακτωμάτων, τα οποία δυσκολεύουν το διαχωρισμό του ελαιόλαδου. Για ώριμο ελαιόκαρπο χρόνος μάλαξης 20-30 λεπτά, θεωρείται ικανοποιητικός. Κατά την μάλαξη θα πρέπει να έχουμε τη μεγαλύτερη δυνατή επαφή των ελαιοσταγονιδίων

μεταξύ τους, πράγμα που εμποδίζει το σχηματισμό γαλακτωμάτων και επομένως συντελεί ακόμη στην προστασία της ποιότητας του ελαιόλαδου (Mendoza A., 1975).

Όπως, αναφέραμε και προηγουμένως κατά την διάρκεια της μάλαξης, αλλά και των άλλων φάσεων επεξεργασίας στο ελαιουργείο, θα πρέπει να αποφεύγεται κατά το δυνατό, η επαφή της ελαιοζύμης με τον ατμοσφαιρικό αέρα, διότι έτσι υπάρχουν απώλειες στα αρωματικά συστατικά του ελαιόλαδου και έναρξη της οξειδωτικής τάγγισης. Ακόμα, μικρή ποσότητα του αέρα είναι δυνατό να εγκλωβιστεί στο ελαιόλαδο και να προκαλέσει οξείδωση (τάγγιση) κατά τον χρόνο αποθήκευσης. Οι μαλακτήρες κάθετης διάταξης αποδεικνύεται να εξασφαλίζουν καλύτερη προστασία της ελαιοζύμης από τον αέρα σε σχέση με τους μαλακτήρες οριζόντιας διάταξης (Κυριτσάκης 2007).

### **3.6 Διαχωρισμός του ελαιόλαδου από την ελαιοζύμη**

Ο διαχωρισμός του ελαιόλαδου επιτυγχάνεται με την πίεση, την φυγοκέντριση ή με την εκλεκτική διήθηση (συνάφεια).

#### **3.6.1 Πίεση**

Εικάζεται ότι από τότε που άρχισε η καλλιέργεια της ελιάς χρονολογείται και η χρήση της πίεσης για τον διαχωρισμό του ελαιόλαδου από τα άλλα συστατικά της ελαιοζύμης. Στα πολύ παλιά ελαιουργεία τόσο το σπάσιμο του ελαιόκαρπου όσο και η πίεση που χρειαζόταν για τον διαχωρισμό του ελαιόλαδου, εφαρμοζόταν από τον ίδιο το άνθρωπο ή με τα ζώα με τη χρήση κατάλληλων μηχανισμών. Με την εφαρμογή της πίεσης διαχωρίζεται το ελαιόλαδο από την ελαιοζύμη. Κατά την εφαρμογή της πίεσης τα ελαιοδιαφράγματα προσφέρουν στην βέλτιστη διασπορά της ελαιοζύμης σε λεπτότερο διαμερισμό και δρουν διηθητικά μέσα εμποδίζοντας το πέρασμα της στερεάς φάσης ενώ επιτρέπουν την έξοδο της υγρής φάσης. Ο διαχωρισμός είναι υλοποιήσιμος αν η στερεά φάση συναντά αντίσταση στη μετατόπιση της, μεγαλύτερη από αυτή που προβάλλει στη υγρή φάση. Τα υδραυλικά πιεστήρια που χρησιμοποιούνται στα κλασσικά ελαιοτριβεία έχουν πια εκτοπιστεί από τους φυγοκεντρικούς διαχωριστήρες των φυγοκεντρικών ελαιοτριβείων. Αυτό συνέβη διότι ασχέτως τα πλεονεκτήματα που εμφανίζει η υδραυλική μέθοδος π.χ. το χαμηλό κόστος του μηχανολογικού εξοπλισμού, η δαπάνη μικρής ποσότητας ενέργειας, το ότι ο ελαιοπυρήνας έχει λιγότερη υγρασία και μικρό ποσοστό ελαιόλαδου και την μικρή ποσότητα απόνερων χαρακτηρίζεται και από κάποια σοβαρά μειονεκτήματα. Τέτοια, είναι όπως ότι είναι μία ασυνεχής διαδικασία, το ότι η ελαιοζύμη που παραμένει στα

ελαιοδιαφράγματα αλλοιώνεται προκαλώντας αλλοίωση του ελαιόλαδου, καθώς επίσης έχει υψηλό κόστος (Κυριτσάκης, 2007).

### **3.6.2 Φυγοκέντριση**

Η φυγοκέντριση θεωρείται μία σχετικά νέα τεχνική διαχωρισμού του ελαιόλαδου από την ελαιοζύμη και βασίζεται στη διαφορά ειδικού βάρους, που παρουσιάζουν τα συστατικά της ελαιοζύμης (ελαιόλαδο, νερό και στερεά συστατικά). Ο διαχωρισμός γίνεται δια μέσου ενός οριζόντιου φυγοκεντριτή (Decanter).

Οι φυγοκεντρικοί διαχωριστήρες αποτελούνται από ένα κυλινδρικό κωνικό δοχείο. Μια μικρή διαφορά ανάμεσα στην ταχύτητα με την οποία περιστρέφονται τα διάφορα επί μέρους εξαρτήματα του εσωτερικού τμήματος του φυγοκεντριτή ενώ τα άλλα δύο συστατικά της ελαιοζύμης (ελαιόλαδο και νερό) ωθούνται προς το άλλο άκρο. Ο ελαιοπυρήνας διοχετεύεται προς τα έξω με την βοήθεια ενός σωλήνα.

Επομένως στα ελαιουργεία φυγοκεντρικού τύπου η ελαιοζύμη μετά την μάλαξη σε μαλακτήρα οριζόντιας ή κάθετης διάταξης αραιώνεται με νερό και στη συνέχεια φυγοκεντρείται δια μέσου φυγοκεντριτή, όπου πραγματοποιείται ο διαχωρισμός της σε τρεις φάσεις (Κυριτσάκης, 2007).

Τελευταία εμφανιστήκαν στην ελαιουργική αγορά τα decanter δύο φάσεων στα οποία δεν προστίθενται νερό για τον διαχωρισμό των συστατικών της ελαιοζύμης. Πιο συγκεκριμένα τα decanter δύο φάσεων πλεονεκτούν έναντι αυτών των τριών φάσεων, διότι περιορίζουν αισθητά το πρόβλημα της ρύπανσης του περιβάλλοντος (ελάχιστη απαίτηση ύδατος, αποφυγή υγρών αποβλήτων), καθώς επίσης το παραγόμενο ελαιόλαδο περιέχει περισσότερες φαινολικές ουσίες που κάνουν το ελαιόλαδο πιο ανθεκτικό στην οξείδωση. Για αυτό τον λόγο το decanter δύο φάσεων θεωρείται και ως οικολογικό (ΙΟΟC, 1984).

### **3.6.3 Συνάφεια**

Εκτός από την πίεση και τη φυγοκέντριση, για την παραλαβή του ελαιόλαδου από την ελαιοζύμη χρησιμοποιείται και η συνάφεια. Το μηχάνημα στο οποίο επιτυγχάνεται η συνάφεια για την παραλαβή του ελαιόλαδου είναι γνωστό με το όνομα Sinolea. Την Sinolea αποτελούν 6000 περίπου μεταλλικά ελάσματα από ειδικό κράμα μετάλλου που παρουσιάζει μεγάλη εκλεκτική συνάφεια με το ελαιόλαδο.

Όταν τα μεταλλικά ελάσματα έρχονται σε επαφή με την ελαιοζύμη, λόγω της μεγάλης συνάφειας ελαιόλαδου- μετάλλου συγκροτούν μικρές ποσότητες ελαιόλαδου, το οποίο στη συνέχεια απομακρύνεται με μορφή σταγόνων και συγκεντρώνεται σε

ειδική λεκάνη. Τα φυτικά υγρά και μέρος του ελαιόλαδου που δε συγκρατήθηκε από τα ελάσματα, παραμένουν στην ελαιοζύμη. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται πολλές φορές και έτσι απομακρύνεται το μεγαλύτερο μέρος του ελαιόλαδου. Η απόδοση αυτής της τεχνικής επηρεάζεται από τα χαρακτηριστικά της ελαιοζύμης, τον χρόνο επεξεργασίας και από την ποικιλία.

Το ελαιόλαδο που λαμβάνεται με τη μέθοδο της συνάφειας είναι γνωστό ως σινόλεα και είναι εξαιρετικής ποιότητας. Το ελαιόλαδο αυτό διατηρεί όλα τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του καρπού της ελιάς. Το ελαιόλαδο που παραμένει στην ελαιοζύμη παραλαμβάνεται μετά από προσθήκη νερού, περαιτέρω μάλαξη και φυγοκέντριση. Ο συνδυασμός των δύο μεθόδων έχει απόδοση, σχεδόν 99%.

### **3.7 Τελικός διαχωρισμός- Καθαρισμός ελαιόλαδου**

Όποια μέθοδος ( πίεση, φυγοκέντριση, συνάφεια) και αν εφαρμοστεί για τον διαχωρισμό και την παραλαβή του ελαιόλαδου από την ελαιοζύμη, απαραίτητο για τον τελικό καθαρισμό του είναι το πέρασμα από τον ελαιοδιαχωριστήρα.

Ο ελαιοδιαχωριστήρας αποτελείται από τον σταθερό κορμό και το κινητό τύμπανο το οποίο περιστρέφεται με μεγάλο αριθμό στροφών (6000-7000 rpm). Ένας μεγάλος αριθμός κωνικών δίσκων είναι κατάλληλα προσαρμοσμένος σε αυτό. Η υγρή φάση κατανέμεται σε λεπτά στρώματα πάνω στην περιμετρική επιφάνεια κάθε δίσκου και έτσι η επίδραση της φυγοκεντρικής δύναμης, με την εφαρμογή της οποίας διαχωρίζεται τελικά το ελαιόλαδο από τα απόνερα και τις ξένες ύλες γίνεται πιο αποτελεσματική.

Το ελαιόλαδο στην τελική του έξοδο από τον διαχωριστήρα, θα πρέπει να είναι παχύρρευστο. Η θερμοκρασία του νερού που προστίθεται στο στάδιο αυτό πρέπει να μην ξεπερνά τους 27 °C για να μην καταστρέφονται τα αρωματικά συστατικά του ελαιόλαδου.

Οι παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν τον τελικό διαχωρισμό – καθαρισμό του ελαιόλαδου είναι οι εξής:

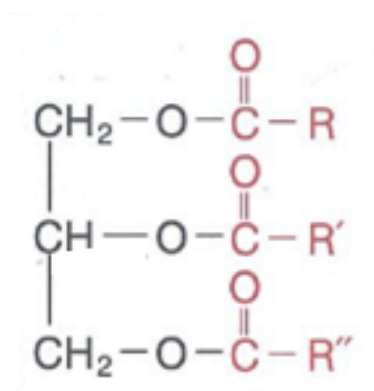
- Ειδικό βάρος: Όσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά του ειδικού βάρους των συστατικών της υγρής φάσης τόσο ευκολότερος είναι ο διαχωρισμός τους.
- Σχήμα και διαστάσεις σταγονιδίων: Όσο πιο μεγάλα είναι τα σταγονίδια του μείγματος τόσο πιο γρήγορα γίνεται ο διαχωρισμός. Τα μικρά σταγονίδια συντελούν στον σχηματισμό γαλακτωμάτων. Τα λεία και στρογγυλά σταγονίδια διαχωρίζονται ευκολότερα από τα «ανώμαλα» και επιμήκη.



- Ιξώδες: Όσο πιο ρευστή είναι η υγρή φάση τόσο πιο γρήγορα διαχωρίζεται.
- Θερμοκρασία: Η θερμοκρασία διευκολύνει το διαχωρισμό, αλλά αλλοιώνει την ποιότητα.

#### 4. Χημική σύσταση του ελαιόλαδου

Το ελαιόλαδο είναι ελαιούχος χυμός προερχόμενος από το μεσοκάρπιο που περιέχει 300 περίπου συστατικά στα οποία οφείλεται η γεύση το άρωμα και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και όχι στην ύπαρξη των τριγλυκεριδίων που είναι άοσμα και άγευστα. Το ίδιο το λαδί δρα ως άπολος διαλυτής που εκχυλίζει τις αρωματικές και γευστικές ουσίες από το μεσοκάρπιο (Διαμαντίδης, 1994).



Σχήμα 4.1: Χημικός τύπος τριγλυκεριδίου (Σπηλιόπουλος, 2008).

Όπως συμβαίνει σε όλα τα φυτικά έλαια, έτσι και το ελαιόλαδο αποτελείται από το σαπωνοποιήσιμο κλάσμα (τριγλυκερίδια) και το μη σαπωνοποιήσιμο κλάσμα (δευτερεύοντα συστατικά).

#### 4.1 Σαπωνοποιήσιμο κλάσμα

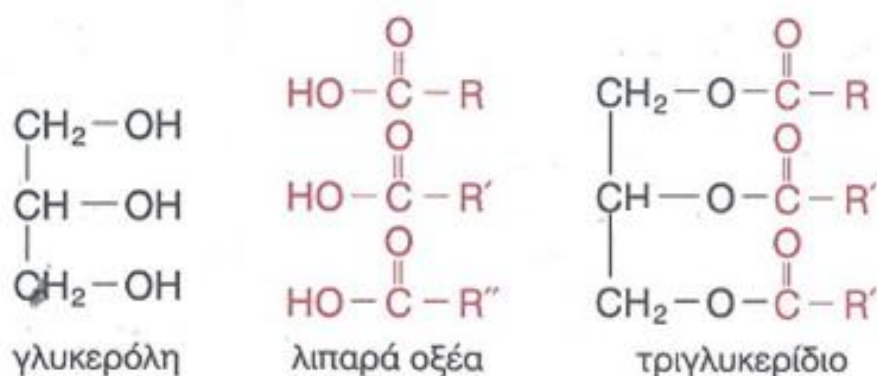
Το σαπωνοποιήσιμο κλάσμα αποτελείται από λιπίδια που όταν κατεργαστούν με NaOH ή KOH δίνουν αλκοόλες και υδατοδιαλυτά άλατα των λιπαρών οξέων(άλατα = σάπωνες) ( Διαμαντίδης, 1994). Το σαπωνοποιημένο κλάσμα αντιστοιχεί στο 99% του ελαίου και τα συστατικά του είναι τα εξής:

- Τριγλυκερίδια
- Διγλυκερίδια
- Μόνογλυκερίδια
- Φωσφολιπίδια

##### 4.1.1 Τριγλυκερίδια

Τα τριγλυκερίδια είναι εστέρες της γλυκερόλης με λιπαρά οξέα. Η γλυκερόλη είναι αλκοόλη που έχει τρεις υδροξυλομάδες ( OH). Κάθε OH σχηματίζει εστέρα με ένα μόριο λιπαρού οξέος, δηλαδή τα τρία τριγλυκερίδια είναι τριεστέρες της γλυκερόλης.

Το τριγλυκερίδιο μπορεί να αποτελείται από το ίδιο λιπαρό οξύ οπότε ονομάζεται απλό τριγλυκερίδιο ή από διαφορετικά λιπαρά οξέα οπότε ονομάζεται μικτό τριγλυκερίδιο. Τα τριγλυκερίδια που προέρχονται από φυτικές πρώτες ύλες ονομάζονται έλαια και σε θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι υγρά, ενώ αυτά που προέρχονται από ζωικούς οργανισμούς ονομάζονται λίπη και είναι στερεά ή ημιστέρεα. Αυτό γίνεται, διότι τα έλαια έχουν μεγάλο ποσοστό ακόρεστων λιπαρών οξέων, που έχουν χαμηλά σημεία τήξεως, ενώ τα λίπη αποτελούνται κυρίως από κορεσμένα λιπαρά οξέα που έχουν υψηλά σημεία τήξεως( Σπηλιόπουλος, 2010).



Σχήμα 4.2: Χημικός τύπος γλυκερόλης, λιπαρού οξέος, τριγλυκεριδίου (Σπηλιόπουλος, 2008).

#### 4.1.2 Μονογλυκερίδια και Διγλυκερίδια

Τα μονογλυκερίδια και τα διγλυκερίδια είναι προϊόντα ατελούς βιοσύνθεσης των τριγλυκεριδίων ή υδρολυτικής διάσπασης των τριγλυκεριδίων. Η περιεκτικότητά τους εξαρτάται από την αποθήκευση του ελαιόλαδου (διάρκεια, θερμοκρασία, ατμόσφαιρα, φωτισμός) ( Διαμαντίδης, 1994).

#### 4.1.3 Φωσφολιπίδια

Τα φωσφολιπίδια αποτελούνται από ένα μόριο γλυκερόλης δύο μόρια λιπαρού οξέος, ένα μόριο φωσφορικού οξέος και ένα μόριο ακόμη, μικρότερο, καλούμενο γενικά πολικό μόριο (Διαμαντίδης, 1994).

Σύμφωνα με τον Κυριτσάκη (2007) το ελαιόλαδο περιέχει μικρές συγκεντρώσεις σε φωσφολιπίδια που κυμαίνονται από 30- 45 mg/kg. Η μεγαλύτερη ποσότητα των φωσφολιπιδίων αυτών προέρχεται από τον πυρήνα του ελαιοκάρπου. Τα φωσφολιπίδια που υπάρχουν στο ελαιόλαδο είναι η λεκιθίνη, η κεφαλίνη, η φωσφατιδυλοσερίνη, η φωσφατιδυλοαιθανολαμίνη, η φωσφατιδυλοχολίνη και η φωσφατιδυλοϊνσιτόλη.

Το ελαϊκό οξύ είναι το κυριότερο από τα λιπαρά οξέα που συνθέτουν το μόριο των φωσφολιπιδίων του ελαιολάδου.

## **4.2 Ασαπωνοποίητο κλάσμα**

Το Ασαπωνοποίητο κλάσμα, αποτελείται από ενώσεις που όταν κατεργαστούν με NaOH ή KOH, δεν υδρολύονται σε απλούστερα μόρια. Το ασαπωνοποίητο κλάσμα αντιστοιχεί στο 1-2 %. Η ποσότητα και η σύσταση του κλάσματος των ασαπωνοποίητων συστατικών του ελαιόλαδου εξαρτώνται κυρίως από τον τρόπο που έχει γίνει η παραλαβή του ( Διαμαντίδης, 1994). Τα συστατικά που περιέχονται στο ασαπωνοποίητο κλάσμα είναι τα εξής:

- Λιπαρά οξέα
- Στερόλες
- Φαινόλες
- Αλειφατικές αλκόολες
- Υδρογονάνθρακες
- Τοκοφερόλες
- Χρωστικές
- Τριτερπενικά οξέα

### **4.2.1 Λιπαρά οξέα**

Τα λιπαρά οξέα είναι γραμμικά αλειφατικά καρβοξυλικά οξέα που διαθέτουν 12 έως 20 άτομα C. Διακρίνονται σε κορεσμένα και σε ακόρεστα λιπαρά οξέα που περιέχουν ένα ή περισσότερους διπλούς δεσμούς με cis γεωμετρία. Τα ακόρεστα λιπαρά οξέα που περιέχουν ένα διπλό δεσμό, όπως το ελαϊκό οξύ, ονομάζονται μονοακόρεστα λιπαρά οξέα, ενώ αυτά που περιέχουν περισσότερους διπλούς δεσμούς, όπως το λινελαϊκό και λινολενικό οξύ, ονομάζονται πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (Σπηλιόπουλος, 2008).

Τα λιπαρά οξέα βισουντίθονται στα φύλλα και μετακινούνται στο καρπό όπου σχηματίζονται τα τριγλυκερίδια. Το 1% των λιπαρών οξέων βρίσκεται ελεύθερο στο ελαιόλαδο και το υπόλοιπο με την μορφή τριγλυκεριδίων.

Η σύσταση των φυτικών ελαίων και φυσικά του ελαιόλαδου δεν είναι σταθερή και εξαρτάται από τους εξής παράγοντες:

- Η ποικιλία της ελιάς
- Οι εδαφοκλιματολογικές συνθήκες της περιοχής

- Ο βαθμός ωριμότητας του καρπού επηρεάζει την σύσταση του ελαιόλαδου σε λιπαρά οξέα.

Τα σημαντικότερα λιπαρά οξέα του ελαιόλαδου είναι τα ακόρεστα. Σε μεγαλύτερη αναλογία είναι το ελαϊκό οξύ (C 18:1). Το δεύτερο σημαντικότερο ακόρεστο λιπαρό οξύ του ελαιόλαδου είναι το λινελαϊκό οξύ (C18:2). Άλλα ακόρεστα λιπαρά οξέα που απαντούν στο ελαιόλαδο σε μικρές ποσότητες είναι το Λινολενικό οξύ (C18:3), το Αραχιδονικό οξύ (C20:4) και το Παλμιτελαϊκό οξύ (C16:1).

Από τα κορεσμένα οξέα σε μεγαλύτερη αναλογία απαντά το Παλμιτικό οξύ (C16:0) και ακολούθως το Στεατικό οξύ (C18:0).

<b>Λιπαρό οξύ</b>	<b>% περιεκτικότητα</b>
<b>Ελαϊκό οξύ (18:1)</b>	<b>56-83</b>
<b>Λινελαϊκό οξύ (18:2)</b>	<b>7,5-20</b>
<b>Παλμιτολεϊκό (16:1)</b>	<b>0,5-3,5</b>
<b>Παλμιτικό οξύ (16:0)</b>	<b>3,5-20</b>
<b>Στεατικό οξύ (18:0)</b>	<b>0,3-3,5</b>
<b>Λινολενικό οξύ (18:1)</b>	<b>0-1,5</b>
<b>Μυριστικό οξύ (14:0)</b>	<b>0-0,05</b>

**Πίνακας 4.1:** Διακύμανση της περιεκτικότητας του ελαιόλαδου σε λιπαρά οξέα (<http://www.fao.org/3/y2774e/y2774e04.htm> και <https://static.oliveoiltimes.com/library/ioc-olive-oil-standard.pdf>).

Με κριτήριο την σύσταση του ελαιόλαδου σε λιπαρά οξέα, ο Iverson et al. (1965) και ο Gracian (1968), διέκριναν δυο τύπους ελαιόλαδου. Ο ένας περιλαμβάνει ελαιόλαδα με χαμηλή περιεκτικότητα σε λινελαϊκό και παλμιτικό οξύ και υψηλή σε ελαϊκό οξύ (π.χ. Ελληνικά, Ιταλικά και Ισπανικά ελαιόλαδα), ενώ ο άλλος χαρακτηρίζεται από σχετικά υψηλή περιεκτικότητα σε λινελαϊκό και παλμιτικό οξύ και χαμηλότερη από τα καθορισμένα όρια σε ελαϊκό οξύ (π.χ. Τυνησιακά ελαιόλαδα) (Κυριτσάκης, 2007).

#### 4.2.2 Στερόλες

Οι στερόλες είναι κυκλικές αλκοόλες μεγάλου μοριακού βάρους. Απαντώνται σε όλες τις φυσικές λιπαρές ύλες είτε ελεύθερες (μεγαλύτερο ποσοστό) είτε δεσμευμένες με τη μορφή εστέρων σε λιπαρά οξέα ή ενωμένες με σάκχαρα ή πρωτεΐνες. Είναι διαλυτές στα λίπη, στα έλαια και στους μη πολικούς διαλύτες και αδιάλυτες στο νερό.

Συμφώνα με τον EC Regulation (2568, 1991) τα όρια στερολών κυμαίνονται από 1000-2000 mg / kg. Οι επικρατέστερες φυτοστερόλες του ελαιολάδου είναι η β-σιτοστερόλη (70-90%), η αβεναστερόλη και η καμπεστερόλη. Σε ίχνη βρίσκονται οι στερόλες 20: stigmasterol, cholesterol, brassicasterol, chlosterol, ergosterol, sitostanol, campestanol, Δ7-avenasterol, Δ7-cholestenol, Δ7- campestenol, Δ7-stigmastanol, Δ5,23-stigmastadienol, Δ5,24-stigmastadienol, Δ7,22-ergostadienol, Δ7,24-ergostadienol, 24-methylene-cholesterol, 22,23- dihydrobrassicasterol.

Σύμφωνα με έρευνα των (Mariani et al., 1991), κατέληξαν στα εξής συμπεράσματα:

- Λάδι που προέρχεται από καρπό του πρώτου σταδίου ωρίμανσης περιέχει περισσότερες στερόλες από ό,τι λάδι από καρπό της τελευταίας φάσης ωρίμανσης.
- Οι στερόλες συντίθεται σε κάποια φάση ωρίμανσης του καρπού και στη συνέχεια αραιώνονται με την πρόοδο ωρίμανσης και την αύξηση της ελαιοπεριεκτικότητας του.

#### 4.2.3 Φαινόλες

Οι φαινόλες είναι ενώσεις που περιέχουν τουλάχιστον ένα βενζολικό δακτύλιο και ένα ή περισσότερα υδροξύλια στο βενζολικό δακτύλιο. Οι φαινόλες ως πολικές ενώσεις, είναι κατά κανόνα υδατοδιαλυτές, ελάχιστα λιποδιαλυτές και παρουσιάζουν αντιοξειδωτική δράση. Λόγω της αντιοξειδωτικής τους δράσης συμβάλλουν στην παρεμπόδιση ή την επιβράδυνση της οξείδωσης των ελαίων.

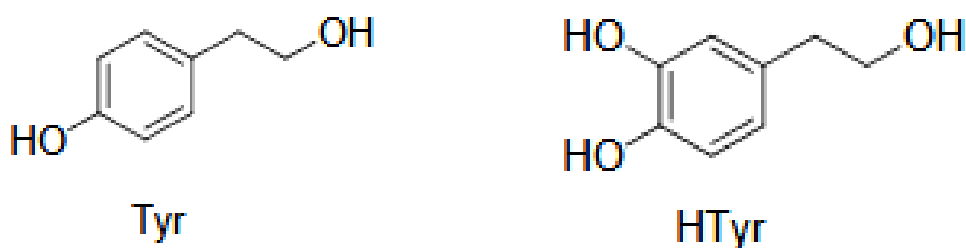
Σύμφωνα με τον Κυριτσάκη (1993), η σάρκα της ελιάς είναι ιδιαίτερα πλούσια σε φαινορικά συστατικά, τα οποία έχουν βρεθεί στο ελαιόλαδο. Επίσης, οι (Montedoro et al., 1969) ισχυρίστηκαν ότι στα φύλλα και στον ελαιόκαρπο υπάρχουν φαινορικά αντιοξειδωτικά, μέρος των οποίων μεταφέρεται στο ελαιόλαδο.

Η συγκέντρωση των φαινολικών συστατικών, που απαντούν στο παρθένο ελαιόλαδο, εξαρτάται από:

- Ποικιλία του ελαιόκαρπου
- Καλλιεργητικές φροντίδες
- Περιβαλλοντικοί παράγοντες
- Βαθμός ωριμότητας καρπού
- Συνθήκες διατήρησης του ελαιόκαρπου πριν από την επεξεργασία στο ελαιουργείο
- Τύπος του ελαιουργείου
- Συνθήκες( θερμοκρασία, ποσότητα νερού), που εφαρμόζονται στο ελαιουργείο

Η συγκέντρωση των φαινολικών ουσιών που πρέπει να περιέχονται στο ελαιόλαδο κυμαίνεται από 150-300 mg/ kg . Οι κυριότερες φαινόλες που βρίσκονται στο ελαιόλαδο σε ελεύθερη και δεσμευμένη μορφή είναι η τυροσόλη και υδροξυτυροσόλη ( αντιοξειδωτική δράση). Εκτός από τις δύο αυτές φαινολικές ενώσεις στο ελαιόλαδο έχουν ανιχνευθεί και φαινολικά οξέα, όπως το καφεϊκό, το πρωτοκατεχικό και διάφορα άλλα οξέα.

Όπως προαναφέραμε, εκτός από την προστασία του ελαιόλαδου από το τάγγισμα που παρουσιάζουν οι πολυφαινόλες, συμβάλλουν και στην διαμόρφωση του οργανοληπτικού χαρακτήρα. Πιο συγκεκριμένα, συγκέντρωση μεταξύ 150-200 mg ανά λίτρον λαδιού εξασφαλίζει ευχάριστη, γλυκιά και φρουτώδη γεύση. Οι ίδιες ουσίες με επικρατέστερη την υδροξυτυροσόλη , όταν περιέχονται σε 200-300 mg ανά λίτρο, εξασφαλίζουν φρουτώδη, πικάντικη και ελαφρώς πικρή γεύση, αποδεκτή όμως από τον καταναλωτή. Ενώ συγκεντρώσεις άνω των 300 και μέχρι 900 mg φαινολικών ουσιών/ kg, το λάδι αποκτά πικρή, αποκρουστική (βρώμικη) γεύση, μη αποδεκτή από τον καταναλωτή (Μπαλατσούρας, 2007).



**Σχήμα 4.4:**Χημική δομή της Τυροσόλης και Υδροξυτυροσόλης (Ryan D., et al 1998).

#### **4.2.4 Αλειφατικές Αλκοόλες**

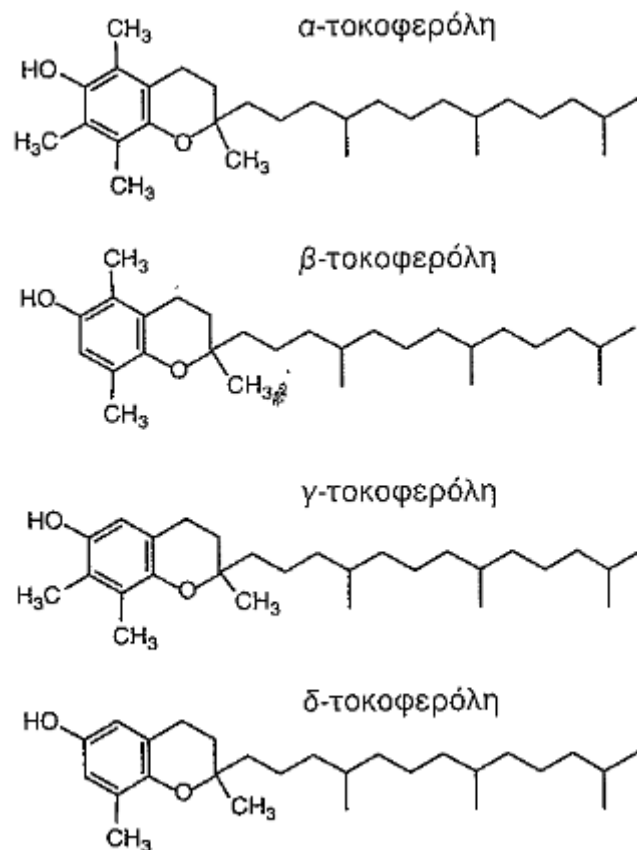
Οι αλειφατικές αλκοόλες, είναι κορεσμένες λιπαρές αλκοόλες με ζυγό αριθμό ατόμων άνθρακα C22, C24, C26, C28. Η συγκέντρωση των αλειφατικών αλκοολών κυμαίνεται έως 250 mg/kg, ποσοστό 1% των ασαπυνοποίητων συστατικών. Οι αλειφατικές αλκοόλες μειώνονται με την πρόοδο ωρίμανσης του ελαιόκαρπου. Στο ελαιόλαδο έχουν βρεθεί οι διτερπενικές αλκοόλες, η φυτόλη και η γερανυλογερανιόλη (Mariani, 1991).

#### **4.2.5 Υδρογονάνθρακες**

Πρόκειται για χημικές ενώσεις που αποτελούνται από άτομα άνθρακα και υδρογόνου. Στο ελαιόλαδο υπάρχουν κορεσμένοι και ακόρεστοι υδρογονάνθρακες, που αποτελούν το κυριότερο και σπουδαιότερο συστατικό του ασαπυνοποίητου κλάσματος του ελαιόλαδου, διότι φθάνει σε ποσοστό 30-50% του συνόλου. Το κυριότερο συστατικό του κλάσματος των υδρογονανθράκων είναι ο τριτερπενικός υδρογονάνθρακας σκουαλένιο, που αποτελεί πρόδρομη ένωση της βιοσύνθεσης των στερολών και των περισσότερων συστατικών του ασαπυνοποίητου κλάσματος (τριτερπενικές αλκοόλες, τριτερπενικά οξέα). Επίσης, στην αυξημένη περιεκτικότητα του σκουαλενίου οφείλεται η υψηλή τιμή του αριθμού ιωδίου του ελαιόλαδου. Με βάση τα βιβλιογραφικά δεδομένα, η συγκέντρωση του σκουαλενίου στο ελαιόλαδο κυμαίνεται από 900- 9300 mg/Kg.

#### **4.2.6 Τοκοφερόλες**

Οι τοκοφερόλες είναι ετεροκυκλικές ενώσεις μεγάλου μοριακού βάρους. Στο ελαιόλαδο απαντώνται σε τέσσερις μορφές, την α, β, γ και δ τοκοφερόλη.



**Σχήμα 4.6:** Χημική δομή της (α,β,γ,δ) τοκοφερόλης (Μάταλα, 2007).

Η α-Τοκοφερόλη ( Βιταμίνη E) αποτελεί το 90% των τοκοφερολών του ελαιόλαδου. Η β- μαζί με την γ- αποτελούν το 8,5% και η δ-, 1,6% του συνόλου των τοκοφερολών. Η συνολική συγκέντρωση των τοκοφερολών στο ελαιόλαδο ποικίλει. Η διακύμανση, η οποία παρατηρείται στη συγκέντρωση των επιμέρους τοκοφερολών του ελαιόλαδου εξηγείται από την βαθμιαία καταστροφή τους.

Όλες οι τοκοφερόλες αποτελούν φυσικά αντιοξειδωτικά των ελαίων, καθώς παρουσιάζουν αντιοξειδωτική δράση, η οποία αυξάνεται από την α- προς την δ-. Η σταθερότητα μάλιστα του ελαιόλαδου στην οξείδωση οφείλεται και στην παρουσία των τοκοφερολών οι οποίες οξειδώνονται εύκολα. Εκτός, από αντιοξειδωτική δράση, οι τοκοφερόλες παρουσιάζουν και βιταμινική δράση, η οποία αυξάνεται αντίθετα με την αντιοξειδωτική τους ικανότητα, δηλαδή από την δ- προς την α-. Ακόμα, ο προσδιορισμός της συγκέντρωσης των τοκοφερολών στο ελαιόλαδο, είναι απαραίτητος διότι συμβάλλει υπό προϋποθέσεις στην ανίχνευση νοθείας του ελαιόλαδου με άλλα φυτικά έλαια (Μάταλα, 2007).



#### 4.2.7 Χρωστικές

Οι χρωστικές που είναι υπεύθυνες για το χρώμα του ελαιόλαδου είναι οι χλωροφύλλες και τα καροτένοειδή.

- Χλωροφύλλες

Οι χλωροφύλλες που υπάρχουν στο ελαιόλαδο είναι η χλωροφύλλη a και b. Η χλωροφύλλη a έχει κυανοπράσινο χρώμα, ενώ η χλωροφύλλη b είναι κιτρινοπράσινη και είναι αυτές που δίνουν το χαρακτηριστικό πράσινο χρώμα στο ελαιόλαδο. Ωστόσο, αποτελούν και αιτία που οφείλεται η υποβάθμιση της ποιότητας του ελαιόλαδου, όταν έλθει σε επαφή με το φως. Οι χρωστικές αυτές αποικοδομούνται εύκολα και μετατρέπονται στις αντίστοιχες φαιοφυτίνες. Τα προϊόντα διάσπασης της φαιοφυτίνης χρησιμοποιούνται ως δείκτες σταθερότητας ενός ελαιόλαδου στην οξείδωση (Boskou, 2006).

Η ποσότητα της χλωροφύλλης στο ελαιόλαδο εξαρτάται από:

- Ποικιλία του καρπού
- Έδαφος
- Κλιματολογικές συνθήκες
- Στάδιο ωριμότητας του καρπού
- Τρόπος επεξεργασίας

Η συνολική συγκέντρωση των χλωροφυλλών ( a και b) στα φρέσκα παρθένα ελαιόλαδα κυμαίνεται από 1 μέχρι 10 mg/kg ( μπορεί να είναι και ψηλότερη), ενώ των φαιοφυτινών ( a και b) από 0,2 μέχρι 24 mg/kg. Με την ωρίμανση του καρπού καθώς και με το χρόνο αποθήκευσης του ελαιόλαδου μειώνεται η περιεκτικότητα του ελαιόλαδου σε χλωροφύλλες. Επίσης, ένα χαρακτηριστικό των χρωστικών αυτών, είναι ότι καταστρέφονται από το φως. Άλλο ένα γνώρισμα των χρωστικών αυτών είναι παρουσία φωτός επιταχύνουν την οξείδωση των πλούσιων σε ακόρεστα λιπαρά οξέα του ελαιόλαδου, επειδή δρουν ως φωτο-ευαισθητοποιητές και ευνοούν τον σχηματισμό, ενώ στο σκοτάδι παρουσιάζουν αντιοξειδωτική δράση (Boskou 2006).

- Καροτενοειδή

Στο ελαιόλαδο υπάρχουν διάφορα καροτενοειδή στα οποία οφείλεται η κίτρινη απόχρωση του ελαιόλαδου, όπως η λουτεΐνη που ανήκει στις ξανθοφύλλες και τα καροτένια ( $\alpha$ -,  $\beta$ - και  $\gamma$ - καροτένιο), ακόρεστοι υδρογονάνθρακες. Το επικρατέστερο από αυτά είναι το  $\beta$ -καροτένιο που αποτελεί το 85% του συνόλου των καροτένιων και ακολουθεί το  $\alpha$ -καροτένιο με 15% (Boskou, 2006).

Η συγκέντρωση στα Ελληνικά ελαιόλαδα κυμαίνεται από 0,2-3,9 mg/kg για την λουτεΐνη και 0,4-5,1 mg/kg για το  $\beta$ -καροτένιο. Η συγκέντρωση των καροτενίων επηρεάζεται από τους εξής παράγοντες:

- Ποικιλία του καρπού
- Έδαφος
- Κλιματολογικές συνθήκες
- Στάδιο ωριμότητας του καρπού
- Τρόπος επεξεργασίας

#### 4.2.8 Τριτερπενικά οξέα

Τα τριτερπενικά οξέα είναι πεντακυκλικά τριτερπενοειδή. Στις ελιές αντιπροσωπεύουν το 90- 95% των λιπιδίων της επιδερμίδας. Τα πεντακυκλικά τριτερπενοειδή που περιέχονται κατά κύριο λόγο σε μεγάλες ποσότητες στις ελιές είναι το μασλινικό και το ελεανολικό οξύ.

Σύμφωνα με έρευνες, τα τριτερπενικά οξέα βρίσκονται στο επικάρπιο των ελιών σε ποσοστό μεγαλύτερο του 60% των συνολικών κηρών, με το ελεανολικό και το μασλινικό οξύ να βρίσκεται σε παρόμοιες συγκεντρώσεις (Bianchi, 2003). Αντίθετα στο ενδοκάρπιο η συγκέντρωση των τριτερπενικών οξέων είναι χαμηλότερη σε σύγκριση με το επικάρπιο, και το μασλινικό οξύ αποτελεί το συστατικό που είναι σε μεγαλύτερη συγκέντρωση.

Το ελεανολικό οξύ συνδέεται με την οξειδωτική σταθερότητα του ελαιόλαδου. Το μασλινικό οξύ είναι ένα τριτερπενοειδές το οποίο βρίσκεται στους κηρούς της επιφάνειας της ελιάς. Έχει παρατηρηθεί πως το μασλινικό οξύ έχει αντιοξειδωτικές, αντιφλεγμονώδης και αντικαρκινικές ιδιότητες. Η χημική δομή του μασλινικού οξέος διαφέρει από αυτή του ελεανολικού ως προς μία υδροξυλομάδα που διαθέτει επιπλέον το πρώτο από τα δύο (Μπαλατσούρας, 1997).

## 5. Κριτήρια Ποιότητας του Ελαιόλαδου

### Γενικά

Τα κύρια κριτήρια για την αξιολόγηση της ποιότητας του ελαιόλαδου, είναι τα εξής:

- Η οξύτητα
- Η οξείδωση
- Τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά ( άρωμα, γεύση)

### 5.1 Οξύτητα

Η οξύτητα θεωρείται το βασικότερο κριτήριο ποιοτικής κατάταξης του ελαιόλαδου. Με βάση την οξύτητα, το ελαιόλαδο διακρίνεται σε βρώσιμο ή βιομηχανικό ελαιόλαδο. Η οξύτητα του ελαιόλαδου εξαρτάται πρωτίστως από την ποιοτική κατάσταση του ελαιόκαρπου από τον οποίο προέρχεται και μεταβάλλεται πολύ λίγο μετά την παραλαβή του από αυτόν. Η μικρή αύξηση της οξύτητας του ελαιόλαδου, μετά την παραλαβή του από τον ελαιόκαρπο, οφείλεται κυρίως στην παρουσία υδρολυτικών ενζύμων και υγρασίας στο ίζημα (μούργα), που συγκεντρώνεται στον πυθμένα των δοχείων αποθήκευσης και διατήρησης (ΕΦΕΤ, 2015).

### 5.2 Οξείδωση

Η οξείδωση αποτελεί άλλο βασικό εργαλείο ελέγχου της ποιοτικής κατάστασης του ελαιόλαδου και γενικότερα των λιπαρών υλών. Ο προσδιορισμός επιτυγχάνεται με τον υπολογισμό των υπεροξειδίων, τη μέτρηση της απορρόφησης στο υπεριώδες φάσμα και με άλλες τεχνικές. Οι σπουδαιότερες είναι, με τον προσδιορισμό του αριθμού των υπεροξειδίων και η απορρόφηση στο υπεριώδες φάσμα ( ΕΦΕΤ, 2015).

#### 5.2.1 Αριθμός υπεροξειδίων

Όσον αφορά για το παρθένο ελαιόλαδο ο αριθμός των υπεροξειδίων πρέπει να είναι μικρότερος ή ίσος του 20 (Πίνακας 5.1), όριο το οποίο έχει καθιερώσει το ΔΣΕ και η ΕΕ.

						Οργανοληπτική Αξιολόγηση	
Κατηγορία	Οξύτητα	K270	K232	ΔΚ	Αριθμός Υπεροξειδίων	Ενδιάμεση τιμή (Με) Φρουτώδους	Ενδιάμεση τιμή (Με) ελαττωμάτων
Εξαιρετικό	≤0,8	≤0,22	≤2,50	≤0,01	≤20	>0	=0
Παρθένο	≤2,0	≤0,25	≤2,50	≤0,01	≤20	>0	≤2,5
Κοινό	≤3,3	≤0,25	≤2,60	≤0,01	≤20	0	>2,5 ≤6,0
Μειονεκτικό	>2 (ή >3,3)	-	-	-	-	-	>6,0
Ραφιναρισμένο	≤0,3	≤1,10	-	≤0,16	≤5	-	-
Ελαιόλαδο	≤1,0	≤0,90	-	≤0,15	≤15	-	-

**Πίνακας 5.1:** Κριτήρια ποιότητας σύμφωνα με τον κανονισμό 2568/91 της ΕΕ και το εμπορικό σήμα του ΔΣΕ( <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/HTML/?uri=OJ:L:2019:250:FULL&from=EN>).

### 5.2.2 Απορρόφηση στο υπεριώδες φάσμα

Ο προσδιορισμός της απορρόφησης του ελαιόλαδου στο υπεριώδες φάσμα εφαρμόζεται ως επι το πλείστον για τον έλεγχο της ποιοτικής κατάστασης και για τον προσδιορισμό της οξειδωτικής του αλλοίωσης. Η μέτρηση πραγματοποιείται σε φασματοφωτόμετρο υπεριώδους φάσματος στα 232 nm και 270 nm. Στα 232 nm απορροφούν το μέγιστο τα πρωτογενή προϊόντα της οξείδωσης (συζυγή υπεροξειδία), ενώ στα 270 nm απορροφούν το μέγιστο τα δευτερογενή προϊόντα της οξείδωσης (αλδεΐδες, κετόνες).

Ο προσδιορισμός των σταθερών K232 και K270 χρησιμοποιείται και για τον έλεγχο νοθείας του ελαιόλαδου με ραφιναρισμένο ελαιόλαδο ή σπορέλαια, τα οποία υποβάλλονται στη διεργασία του ραφινάρισματος γιατί στα 232 nm και 270 nm απορροφούν επίσης και τα συζυγή διένια και τριένια τα οποία προκύπτουν κατά το ραφινάρισμα (εξευγενισμό). Αν οι τιμές των K232 και K270 είναι υψηλές, πιθανολογείται να υπάρχει νοθεία του ελαιόλαδου με ραφιναρισμένα ελαιόλαδα. Γενικά. Υψηλές τιμές απορρόφησης στα μήκη αυτά, αποδεικνύει οξείδωση ή νοθεία ή και τα δυο.

### 5.3 Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά

Τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά (άρωμα, γεύση) του ελαιόλαδου αποτελούν και αυτά το βασικό μέρος για την ποιοτική αξιολόγηση του. Ο οργανοληπτικός έλεγχος πραγματοποιείται από ειδικευμένα άτομα, τους δοκιμαστές. Στη μέθοδο αυτή υπεισέρχεται και το υποκειμενικό στοιχείο του κάθε δοκιμαστή, το οποίο αποτελεί μειονέκτημα.

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

Αγουρέλαια: Προέρχονται από άγουρο καρπό και έχουν χαρακτηριστική πικρή γεύση.

Πικρά ελαιόλαδα: Παραλαμβάνονται από ελαιόκαρπο, ο οποίος περιέχει μεγάλες ποσότητες φύλλων.

Φρουτώδη: Έχουν την γεύση φρέσκου καλής ποιότητας και φυσιολογικά ώριμου καρπού.

Ελαιόλαδα με καλή γεύση: Όλα τα ελαιόλαδα με την χαρακτηριστική γεύση, χωρίς την παρουσία δυσάρεστων οσμών.

Ελαττωματικά: Ελαιόλαδα με γεύση και οσμή μούχλας, χωματίλας, ταγγάδας κ.λ.π.

## **6. Κατηγορίες του Ελαιόλαδου**

Το Διεθνές Συμβούλιο Ελαιόλαδου και η Ευρωπαϊκή Ένωση ( ΕΕ), με δικές τους αποφάσεις, βάσει κριτηρίων και χαρακτηριστικών, κατατάσσουν το ελαιόλαδο σε διάφορες κατηγορίες.

### **6.1 Παρθένο ελαιόλαδο**

Είναι το ελαιόλαδο που παραλαμβάνεται από τον ελαιόκαρπο με μηχανικά ή φυσικά μέσα και κατά την παραλαβή του εφαρμόζονται συνθήκες, ιδίως θερμικές, οι οποίες δεν προκαλούν αλλοιώσεις στην ποιότητα του. Το ελαιόλαδο αυτό δεν έχει υποστεί καμία άλλη επεξεργασία από την πλύση, μετάγγιση, φυγοκέντριση και διήθηση. Στην κατηγορία αυτή δεν ανήκουν τα εστεροποιημένα ελαιόλαδα, μείγματα άλλων λαδιών, ούτε αυτά που εκχυλίζονται με διαλύτη. Το παρθένο ελαιόλαδο περιλαμβάνει τις εξής κατηγορίες ( Μπαλατσούρας, 2007).

#### **6.1.α Εξαιρετικό παρθένο ελαιόλαδο ( extra virgin olive oil)**

Είναι το παρθένο ελαιόλαδο, του οποίου η οξύτητα εκφρασμένη σε ελαϊκό οξύ δεν υπερβαίνει το 0,8 ( Μπαλατσούρας, 2007).

#### **6.1.β Παρθένο ελαιόλαδο (virgin olive oil)**

Είναι παρθένο ελαιόλαδο του οποίου η οξύτητα εκφρασμένη σε ελαϊκό οξύ δεν υπερβαίνει το 2% (<https://www.internationaloliveoil.org/olive-world/olive-oil/>)

#### **6.1.γ Ελαιόλαδο λαμπάντε ( virgin olive oil lampante)**

Είναι παρθένο ελαιόλαδο με οξύτητα εκφρασμένη σε ελαϊκό οξύ, που υπερβαίνει το 2%. Το ελαιόλαδο λαμπάντε είναι ακατάλληλο για κατανάλωση ως έχει και προορίζεται για ρφινάρισμα ή βιομηχανική χρήση ( Μπαλατσούρας, 2007).

## **6.2 Ραφιναρισμένο ελαιόλαδο**

Είναι το ελαιόλαδο, το οποίο παραλαμβάνεται μετά από ραφινάρισμα παρθένων ελαιόλαδων και του οποίου η οξύτητα, εκφρασμένη σε ελαϊκό οξύ, δεν υπερβαίνει τα 0,3g ανά 100g ελαιόλαδου, ενώ δεν έχει υποστεί αλλαγές στην αρχική δομή των τριγλυκεριδίων.

### **6.2.1 Ελαιόλαδο**

Είναι το ελαιόλαδο το οποίο προκύπτει μετά από ανάμειξη εξευγενισμένου (ραφιναρισμένου) και παρθένου ελαιόλαδου ( εκτός από λαμπάντε) και του οποίου, η οξύτητα, εκφρασμένη σε ελαϊκό οξύ, δεν υπερβαίνει το 1%.

## 6.2.2 Ακατέργαστο ελαιόλαδο

Είναι το έλαιο το οποίο εξάγεται από τον ελαιοπυρήνα ως υποπροϊόν της ελαιουργίας, με την χρήση διαλύτη. Το έλαιο αυτό δεν είναι βρώσιμο και πρέπει να επεξεργασθεί με την διαδικασία του εξευγενισμού ( Μπαλατσούρας, 2007).

## 6.3 Ραφινάρισμένο 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% (<https://www.internationaloliveoil.org/olive-world/olive-oil/>).

## 6.4 Πυρηνέλαιο

Είναι το έλαιο, το οποίο αποτελείται από μείγμα ραφινάρισμένου πυρηνέλαιου και παρθένου σε μικρό ποσοστό του οποίου η οξύτητα εκφρασμένη σε ελαϊκό οξύ, δεν υπερβαίνει το 1% και του οποίου τα άλλα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά είναι σύμφωνα με τα προβλεπόμενα για την κατηγορία αυτή (<https://www.internationaloliveoil.org/olive-world/olive-oil/>).

Στον Πίνακα 6.1 αναφέρονται συγκεντρωτικά τα χαρακτηριστικά της ποιότητας του ελαιολάδου.

Κατηγορία	Οξύτητα (%) (*)	Δείκτης υπεροξείδων mEq O <sub>2</sub> /kg (*)	Κηροί mg/kg (**)	Κορεσμένα λιπαρά οξέα στη θέση 2 του τριγλυκεριδίου (%)	Σπινθηροειδή - για mg/kg (j)	Διαφορά ECN42 HPLC και ECN 42 θεωρητικός υπολογισμός	K <sub>12</sub> (*)	K <sub>13</sub> (*)	Δέλτα-Κ (*)	Οργανοληπτική αξιολόγηση Διάμεση τιμή του ελαττώματος (Md) (*)	Οργανοληπτική αξιολόγηση Διάμεση τιμή του φρουτέδους (Mf) (*)
1. Εξαιρετικό παρθένο ελαιόλαδο	≤ 0,8	≤ 20	≤ 250	≤ 1,5	≤ 0,15	≤ 0,2	≤ 2,50	≤ 0,22	≤ 0,01	Md = 0	Mf > 0
2. Παρθένο ελαιόλαδο	≤ 2,0	≤ 20	≤ 250	≤ 1,5	≤ 0,15	≤ 0,2	≤ 2,60	≤ 0,25	≤ 0,01	Md ≤ 2,5	Mf > 0
3. Ελαιόλαδο λαμπάντε	> 2,0	-	≤ 350 (j)	≤ 1,5	≤ 0,50	≤ 0,3	-	-	-	Md > 2,5 (j)	-
4. Εξευγενισμένο ελαιόλαδο	≤ 0,3	≤ 5	≤ 350	≤ 1,8	-	≤ 0,3	-	≤ 1,10	≤ 0,16	-	-
5. Σύνθετο ελαιόλαδο αποτελούμενο από εξευγενισμένα ελαιόλαδα και παρθένα ελαιόλαδα	≤ 1,0	≤ 15	≤ 350	≤ 1,8	-	≤ 0,3	-	≤ 0,90	≤ 0,15	-	-
6. Ακατεργασμένο πυρηνέλαιο	-	-	> 350 (j)	≤ 2,2	-	≤ 0,6	-	-	-	-	-
7. Εξευγενισμένο πυρηνέλαιο	≤ 0,3	≤ 5	> 350	≤ 2,2	-	≤ 0,5	-	≤ 2,00	≤ 0,20	-	-
8. Πυρηνέλαιο	≤ 1,0	≤ 15	> 350	≤ 2,2	-	≤ 0,5	-	≤ 1,70	≤ 0,18	-	-

(i) Αθροισμα ισομερών που θα μπορούσαν να διαχωριστούν (ή όχι) με τριχοειδή στήλη.

(j) Η εάν η διάμεση τιμή του ελαττώματος είναι κατώτερη από ή ίση του 2,5 και η διάμεση τιμή του φρουτέδους ισούται με 0.

(k) Τα έλαια με περιεκτικότητα σε κηρούς που περιλαμβάνεται μεταξύ 300 και 350 mg/kg θεωρούνται ελαιόλαδα λαμπάντε αν οι αλειφατικές αλκοόλες είναι κατώτερες από ή ίσες με 350 mg/kg ή αν το ποσοστό σε ερυθροδιόλη και ουβαόλη είναι κατώτερο από ή ίσο του 3,5.

(l) Τα έλαια με περιεκτικότητα σε κηρούς που περιλαμβάνεται μεταξύ 300 και 350 mg/kg θεωρούνται ακατέργαστα πυρηνέλαια αν οι ολικές αλειφατικές αλκοόλες είναι ανώτερες από 350 mg/kg και αν το ποσοστό σε ερυθροδιόλη και ουβαόλη είναι ανώτερο του 3,5.

**Πίνακας 6.1 :** Χαρακτηριστικά διαφόρων κατηγοριών ελαιολάδου (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32003R1989&from=ES>).

## **7.Βιοσύνθεση των πτητικών συστατικών του ελαιόλαδου**

### **7.1 Γενικά**

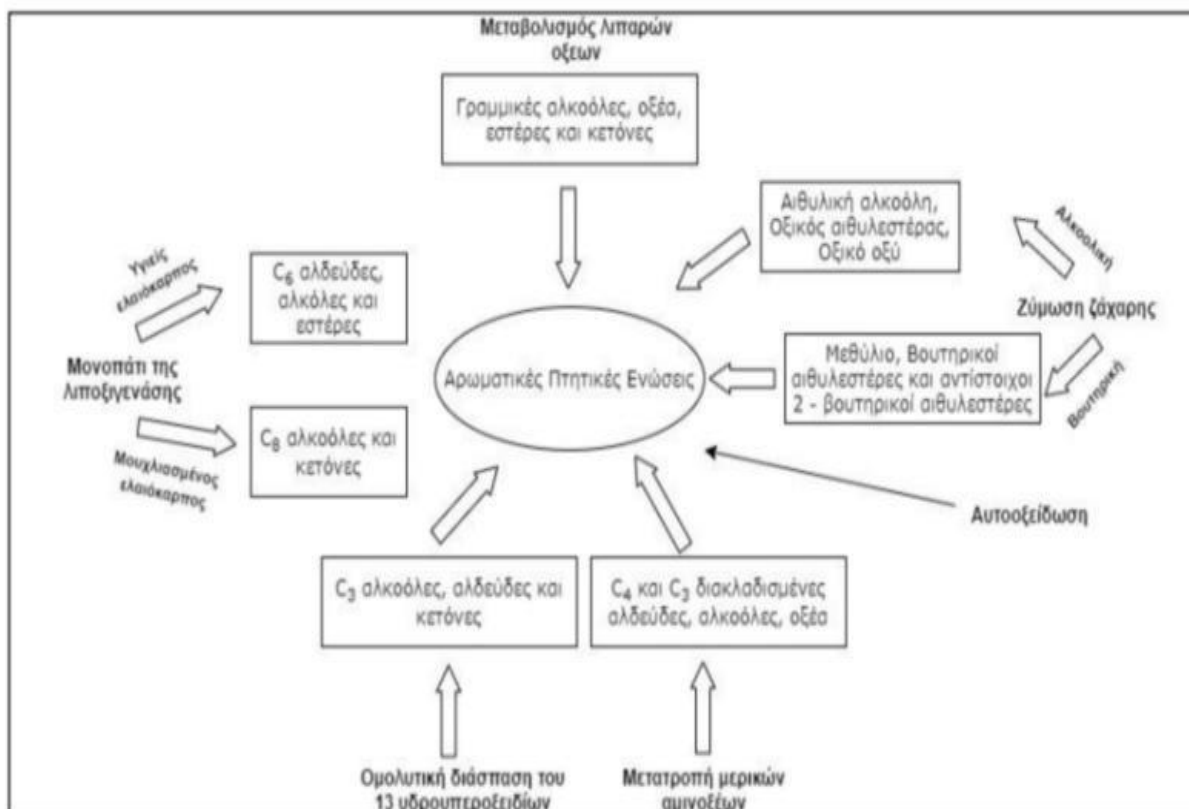
Το παρθένο ελαιόλαδο (VOO), θεωρείται από τα κύρια προϊόντα της μεσογειακής διατροφής. Το ξεχωριστό άρωμα και η μοναδική γεύση του ελαιόλαδου οφείλεται στη παρουσία των πτητικών και μη πτητικών συστατικών, τα οποία απαντούν σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις. Περίπου 280 ενώσεις έχουν ανιχνευτεί στο πτητικό κλάσμα των παρθένων ελαιόλαδων. Αυτές είναι Υδρογονάνθρακες (80 ενώσεις), Αλκοόλες (45), Αλδεΐδες (44), Κετόνες (26), Οξέα (13), Αιθέρες (5) κ.α. Από τις ενώσεις αυτές 67 έχουν βρεθεί σε επίπεδα μεγαλύτερα από το όριο οσμής και συμβάλλουν στην δημιουργία του αρώματος του παρθένου ελαιόλαδου. Από αυτές οι 20 συμβάλλουν στην δημιουργία χαρακτηριστικών της γεύσης του ελαιόλαδου (Boskou, 2006).

### **7.2 Σχηματισμός και σύνθεση των πτητικών συστατικών που συνεισφέρουν στο χαρακτηριστικό άρωμα του ελαιόλαδου**

Στον ελαιόκαρπο υπάρχουν τέσσερις κύριες ομάδες ενζύμων, οι οποίες διαμορφώνουν τα χημικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του ελαιόλαδου. Οι ομάδες β- γλυκοσιδάση και λιποξυγενάση (LOX) αναπτύσσουν κυρίως θετικά χαρακτηριστικά στο ελαιόλαδο, ενώ οι ομάδες πολυφαινολοξειδάση ( PPO) και υπεροξειδάση (POD) αναπτύσσουν οξειδωτικές, αρνητικές επιδράσεις (Peres, 2017) .

Τα παρθένα ελαιόλαδα εξαιρετικής ποιότητας αποτελούνται από πλήθος πτητικών ενώσεων που παράγονται μέσω διαφόρων «μονοπατιών» του ελαιόκαρπου και πιο συγκεκριμένα των μονοπατιών λιποξυγενάσης (LOX) και του μεταβολισμού λιπαρών οξέων ή αμινοξέων (Σχήμα 7.1). Εκτός από τη συμβολή πολλών πτητικών ενώσεων, που αφορούν τα παραπάνω «μονοπάτια», η συμβολή άλλων ενώσεων, που πηγάζουν από διαδικασίες αυτοοξειδωσης, συμβάλλουν και αυτές άμεσα στο τελικό άρωμα των ελαιόλαδων. Άλλα προϊόντα μεταβολισμού , που προκύπτουν από ζυμώσεις, μετατροπή μερικών αμινοξέων, από ενζυματική δράση μούχλας ή οξειδωτικής διεργασίας, έχουν άμεση σχέση με την γεύση του παρθένου ελαιόλαδου. Όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 7.1, διάφορες άλλες ενώσεις, συγκεκριμένα οι καρβονυλικές ενώσεις, οι αλκοόλες, οι εστέρες και οι υδρογονάνθρακες συμβάλλουν και αυτές στο προφίλ αρώματος του ελαιόλαδου (Shaker, 2020).



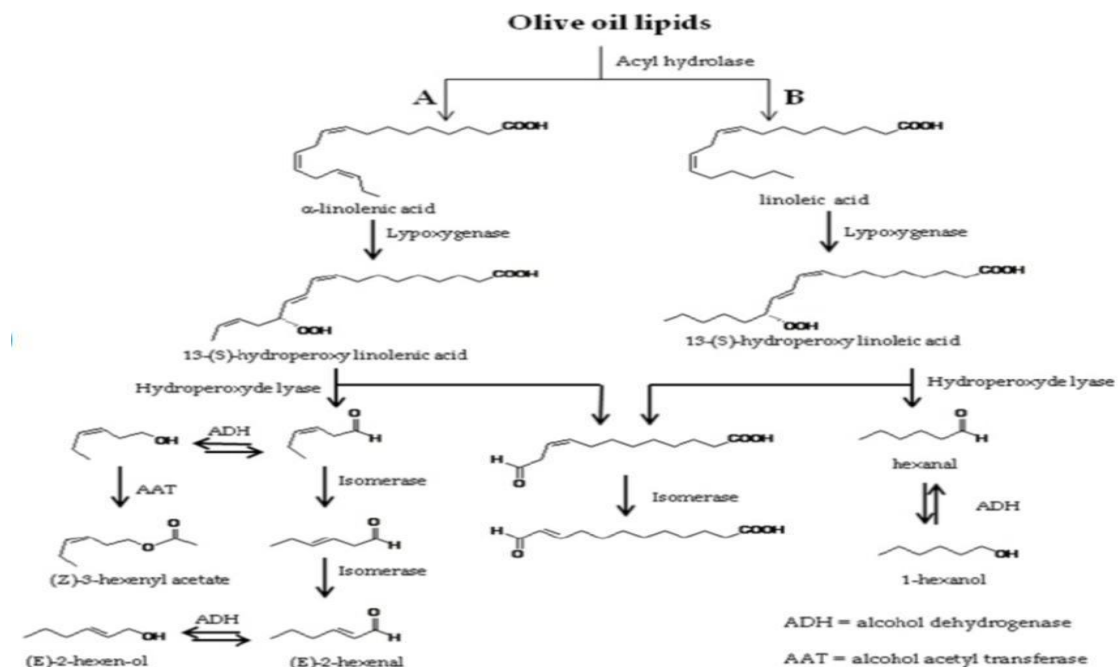


**Σχήμα 7.1:** Τα κύρια μονοπάτια που εμπλέκονται στο σχηματισμό του πτητικού προφίλ των υψηλής ποιότητας παρθένων ελαιόλαδων (Marco, 2012).

Οι πτητικές ενώσεις, οι οποίες διαμορφώνουν το άρωμα παρθένου ελαιόλαδου, είναι ουσίες χαμηλού μοριακού βάρους (<300 Da), υψηλής πτητικότητας, επαρκής υδατοδιαλυτότητας, αρκετής λιποδιαλυτότητας (Angerosa et al., 2002).

Στην διεργασία σπασίματος και μάλαξης του ελαιόκαρπου σημειώνονται αλλαγές στην χημική σύσταση του ελαιόλαδου, η οποία συμβαίνει με την ενεργοποίηση ενζύμων του ελαιόκαρπου λόγω της διάρρηξης των κυτταρικών ιστών. Το μονοπάτι της λιποξυγενάσης ξεκινά από την οξείδωση λιπαρών οξέων λινολενικό και το λινελαϊκό οξύ. Από την ενζυμική αποικοδόμηση των 13-μονουδροξυπεροξειδίων των οξέων αυτών με την καταλυτική δράση μιας λυάσης δημιουργείται ο σχηματισμός της εξανάλης και (Z)-3-εξανάλης. Η ισομερείωση της (Z)-3-εξανάλης οφείλεται στη καταλυτική δράση μιας ισομεράσης, που αποτέλεσε ο σχηματισμός της (E)-2-εξανάλης. Με αναγωγή της εξανάλης, της (Z)-3-εξανάλης και της (E)-2-εξανάλης που καταλύεται από μια δευδρογονάση αλκοολών, σχηματίζονται η εξενόλη, η (Z)-3-εξενόλη και η (E)-2-εξενόλη. Η εξενόλη και η (Z)-3-εξενόλη εστεροποιούνται με τη δράση μιας ακετυλοτρανσφεράσης προς οξικό εξυλεστέρα και οξικό (Z)-3-εξυλεστέρα. Το κλάσμα των πτητικών ενώσεων, υψηλής ποιότητας παρθένων

ελαιόλαδων, περιλαμβάνει τις ενώσεις C6 και C5, και ειδικότερα τις ακόρεστες και κορεσμένες αλδεΐδες C6. Η ύπαρξη άλλων πτητικών ενώσεων, όπως της C7 – C11 μονοακόρεστης αλδεΐδης, C6 – C10 διενάλης, C5 διακλαδισμένες αλδεΐδες και αλκοόλες και μερικές C8 κετόνες, σε σχετικά υψηλές συγκεντρώσεις, στο άρωμα του παρθένου ελαιόλαδου, συνδέονται με δυσάρεστες νότες. Όταν το πιο κυρίαρχο μονοπάτι είναι το μονοπάτι της λιποξυγενάσης, το άρωμα ελαιόλαδου δεν θα είναι ελαττωματικό. Το μονοπάτι αυτό κυριαρχεί στα λάδια υψηλής ποιότητας (Boskou et al., 2006).



Σχήμα 7.2: Μονοπάτι λιποξυγενάσης για τον σχηματισμό των κύριων πτητικών συστατικών (Benincasa et al., 2003).

### 7.3 Ποια είναι τα πτητικά συστατικά και η επίδρασή τους στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του ελαιόλαδου

Το ελαιόλαδο παρουσιάζει μοναδική γεύση και άρωμα λόγω συγκεκριμένων πτητικών συστατικών, που ανήκουν σε διάφορες χημικές κατηγορίες. Τέτοιες είναι οι αλειφατικοί και αρωματικοί υδρογονάνθρακες, οι αλειφατικές και τριτερπενικές αλκοόλες, αλδεΐδες, κετόνες, αιθέρες, εστέρες και παράγωγα φουρανίου και θειοφαινίου (Kiritsakis et al., 1998).

Οι κύριες πτητικές ενώσεις του ελαιόλαδου που συμβάλλουν στις θετικές ιδιότητες του αρώματος του ελαιόλαδου (φρουτώδες, πικάντικο και πικρό) είναι το εξάνιο, η (E)-εξα-2-ενάλη, η εξάνιο-1-όλη και η 3-μεθυλβουτάνη--1όλη. Επομένως, οι πτητικές ενώσεις, οι οποίες είναι υπεύθυνες για τις περισσότερες αισθητηριακές ιδιότητες των

ελαιόλαδων, παίζουν σημαντικό ρόλο στην αξιολόγηση της συνολικής ποιότητας του λαδιού που έχει αποφασιστική επίδραση στην αποδοχή του από τους καταναλωτές.

Τα αισθητήρια ελαττώματα, σχετίζονται επίσης με την σύνθεση των πτητικών συστατικών του ελαιόλαδου και, συνήθως, συνδέονται με χημική οξείδωση και εξωγενή ένζυμα που εμπλέκονται στη μικροβιακή δραστηριότητα. Η χημική οξείδωση είναι υπεύθυνη για το σχηματισμό μη ευχάριστων αρωματικών ενώσεων, όπως η πέντ-2-ενάλη και η επτ-2-ενάλη. Οι δυσάρεστες αισθητήριες νότες μπορούν να ομαδοποιηθούν σε πέντε κατηγορίες: ατροχάδο / μούργα, μουχλιασμένο / υγρασία / χωματίλα, κρασώδες – ξυδάτο / όξινο – ξυνό, μεταλλικό και ταγγό (Escuderos et al., 2007). Η υγρασία, σχετίζεται με την παρουσία πτητικών ενώσεων C<sub>8</sub> (π.χ. οκτ-1-εν-3-όλη και σε μικρότερο βαθμό οκτ-1-εν-3-όνη) και λιπαρών οξέων (Morales et al., 2005). Είναι μια χαρακτηριστική γεύση ελαιόλαδου που παράγεται από ελιές προσβεβλημένες με μύκητες και ζύμες λόγω ακατάλληλης αποθήκευσης. Η αίσθηση του ατροχάδου/μούργας είναι ένα ελάττωμα που συνδέεται με την παρουσία αιθυλ-βουτανοϊκού, προπανοϊκού και βουτανοϊκού οξέος, η οποία πρόκειται για μια χαρακτηριστική γεύση ελαιόλαδου από ελιές αποθηκευμένες σε σωρούς που έχουν υποστεί προχωρημένο στάδιο αναερόβιας ζύμωσης (Morales et al. 2005). Επιπλέον, η παρουσία οξικού οξέος, αιθανόλης, 3-μεθυλβουταν-1-όλης και οξικού αιθυλεστέρα συμβάλλει στην δημιουργία της αίσθησης κρασώδους λόγω της ζύμωσης των ελιών. Το τάγγισμα του ελαιόλαδου οφείλεται στην οξείδωση του, συνδέεται με την εμφάνιση αλδεϋδών με δυσάρεστη οσμή (Morales et al, 1997). Τα έλαια που συνδέονται με την μεταλλική οσμή, πρόκειται για έλαια που ενώνονται με μεταλλικές επιφάνειες, κατά την επεξεργασία, και οφείλεται στην εμφάνιση της πεντ-1-εν-3-όνης. Η εμφάνιση της πεντ-1-εν-3-όνης συσχετίζεται επίσης θετικά με την πικρή και πικάντικη γεύση, ενώ το εξάνιο συνδέεται αρνητικά με αυτά τα χαρακτηριστικά, ανάλογα με τις τελικές ποσότητες. Η Ζ-εξ-3-ενα-1-όλη και η Ε-εξ-2-ενάλη συσχετίζονται αρνητικά με τα πικρά και πικάντικα χαρακτηριστικά, αντίστοιχα. Άλλα κοινά ελαττώματα των ελαιόλαδων, όπως η χωματίλα και το αγγούρι σχετίζονται με τις μη καλές πρακτικές συντήρησης του ελαιόλαδου.

Παρακάτω, στον Πίνακα 7.1 παρουσιάζονται οι πτητικές ενώσεις και περιγραφές οσμών που αποδίδονται σε δείγματα παρθένου ελαιόλαδου.

Χημική ένωση	Αίσθηση όσφρησης	Οργανοληπτική Αξιολόγηση
οξικός μεθυλεστέρας		Πράσινο (ξηροί καρποί)
οκτένιο	Διαλύτης	πράσινο ( γρασίδι)
οξικός αιθυλεστέρας	γλυκό, αρωματικό	ελαφρώς πικρό, πικάντικο
2-βουτανόνη	εύωσμο, ευχάριστο	ντομάτα, μήλο
3-μεθυλβουτανάλη	γλυκό, φρουτώδης	μήλο
1,3-εξαδιέν-5-υνιο		πράσινο (πράσινος ελαιόκαρπος
Αλκοόλη	γλυκό, μήλο	άλλο ώριμο φρούτο
αιθυλοφουράνιο	γλυκό	γλυκό
προπανοϊκός αιθυλεστέρας	πλυκό, φράουλα, μήλο	γλυκό
αλειφαϊκές αλκοόλες	πικάντικο, όξινο φρούτο	
3-πεντανόνη	γλυκό	γλυκό
4-μεθυλοπενταν-2-όνη	γλυκό	πράσινο
πεντ-1-εν-3-όνη	γλυκό, φράουλα	γλυκό
2-μεθυλβουτ-2-εναλη	διαλύτης	ώριμο φρούτο (ελιές, ξηρό ξύλο)
2-μεθυλβουτ-3-ενολη		ελαφρώς πικρό
υδρογονάνθρακας	γλυκό, μήλο	γλυκό
μεθυλοβενζόλιο	κόλλα, διαλύτης	πολύ ώριμο φρούτο
οξικός βοτυλεστέρας	πράσινο, πικάντικο, γλυκό	γλυκό
εξανάλη	πράσινο, μήλο	γλυκό
Υδρογονάνθρακας	γλυκό, αρωματικό	γλυκό
προπανοϊκός μεθυλοβουτυλεστέρας	αρωματικό, κετόνη	ελιά, μήλο
2-μεθυλ-1-προπανόλη	οξικός αιθυλεστέρας	πράσινο
(E)-2-πεντάνιο	πράσινο, μήλο	ώριμο φρούτο (μαλακό φρούτο)
αλκοόλη ( γενικά)	λιπαρό	ανεπιθύμητο (ταγγισμένο)
(Z)-2-πεντάνιο	πράσινο, ευχάριστο	Πολύ ώριμο φρούτο
αιθυλοβενζόλιο	ισχυρό	πικρή γεύση (αποξηραμένα πράσινα βότανα)
(E)-3-εξανάλη	αγκινάρα, πράσινο	αγκινάρα
(Z)-3-εξανάλη	πράσινο, πράσινα φύλλα	πράσινο
1-πεντεν-3-ολη	υγρή γη	ανεπιθύμητο
οξικός 3-μεθυλοβουτύλεστέρας	μπανάνα	ελαφρώς φρουτώδες
επταν-2-όνη	φρουτώδες	ώριμο φρούτο
(E)-2-εξανάλη	πικρά αμύγδαλα	πικρό
(Z)-2-εξανάλη	φρουτώδες, αμύγδαλα	οσμή αμυγδαλού, πικρή γεύση
2-μεθυλοβουτάν-1-όλη	ιχθυέλαιο	
3-μεθυλο-2-βουτενυλεστέρας	σαν στόκος, δυσάρεστο	ώριμο φρούτο
δωδεκένιο		ελαφρώς πικρή γεύση
πεντάν-1-ολη	πικάντικο	ώριμο φρούτο
αιθενυλοβενζόλιο		φρουτώδες
3-μεθυλο-βουτανόλη		δυσάρεστο (μαγιά)
οξικός αιθυλεστέρας	γλυκό, φρουτώδες	πράσινο (χλωδής)
κετόνη	φρουτώδες, σαν μανιτάρι	πράσινο
οκταν-2-όνη	μούχλα	δυσάρεστο
3-(4-μεθυλ-πεντενυλ) φουράνιο	σαν δυνατό χρώμα	πολύ ώριμο φρούτο
οξικός 3-εξενυλεστέρας	πράσινη μπανάνα, πράσινα φύλλα	πράσινο
(Z)-2-πεντεν-1-ολη	μπανάνα	πράσινο (γρασίδι)
6-μεθυλ-5-επτεν-2-όνη	φρουτώδες	πικρή γεύση (αποξηραμένα πράσινα βότανα)
εννεάν-2-όνη	φρουτώδες	μήλο
Εξαν-1-ολη	φρουτώδες, αρωματικό, απαλό	τραχιά αίσθηση στο στόμα και μυρωδιά
(E)-3-εξεν-1-ολη		πράσινο φύλλο, ξηρή καρποί
2,4-εξαδιενάλη		ώριμο φρούτο
(E)-2-εξεν-1-ολη	πράσινο, γρασίδι	πράσινο (κομμένο πράσινο γρασίδι)
οξικό οξύ		ανεπιθύμητο
δεκανοϊκός μεθυλεστερας		πράσινο φύλο, ξηρή καρποί
τριδεκένιο		πικρό (αμύγδαλο)
(Z)-3-εξεν-1-ολη	μπανάνα	πράσινη μπανάνα

**Πίνακας 7.1:** Πτητικές ενώσεις και περιγραφές οσμών που αποδίδονται σε δείγματα παρθένου ελαιόλαδου (Kiritsakis, 1998).

## **7.4 Παράγοντες που επηρεάζουν το σχηματισμό και τα επίπεδα των πτητικών συστατικών**

Ο σχηματισμός και η συγκέντρωση των πτητικών συστατικών στο ελαιόλαδο συνδέεται με πολλούς παράγοντες οι οποίες περιέχουν την ποικιλία, τον βαθμό ωρίμανσης του καρπού, τις συνθήκες αποθήκευσης του καρπού πριν την εξαγωγή του ελαιόλαδου και τις συνθήκες που επικρατούν κατά τη διάρκεια της μάλαξης.

### **7.4.1. Ποικιλία**

Ο ελαιόκαρπος που ανήκει σε διαφορετικές ποικιλίες ελιάς παραλαμβάνονται ελαιόλαδα με διαφορετική σύσταση σε πτητικά συστατικά και κατά συνέπεια με διαφορετικά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, ακόμα και από τα δένδρα του ίδιου ελαιώνα. Είναι αξιοσημείωτο ότι συστατικά όπως η οκτανάλη, η εννεανάλη και η 2-εξανάλη καθώς και η παρουσία των πτητικών αλκοολών όπως είναι η προπανόλη, η αμυλική αλκοόλη, η 2-εξενόλη και η επτανόλη, χαρακτηρίζουν την ποικιλία του ελαιόκαρπου. Επίσης στον Πίνακα 7.2 παρουσιάζεται η περιεκτικότητα σε πτητικά συστατικά ελαιόλαδου που παραλήφθηκε από τρεις Ιταλικές ποικιλίες ελαιόκαρπου ( Ποικιλία Leccino, Ποικιλία Dritta, Ποικιλία Caroleo) (Κυριτσάκης, 2007).

Συστατικά	Συγκέντρωση (mg/kg)		
	Ποικιλία Leccino	Ποικιλία Dritta	Ποικιλία Caroleo
Οκτάνιο	10,3	29	39,8
Οξικός Αιθυλεστέρας	0,6	2,4	3,6
2-Μεθυλοβουτανάλη	5,7	2,3	3,1
3-Μεθυλοβουτανάλη	7,9	2,4	1,5
Αιθανόλη	16,5	33,9	50,2
Πενταν-3-όνη	6,1	32,2	31,1
1-Πεντεν-3-ονη	8,3	6,1	5,3
Εξανάλη	28,9	38,0	26,8
2-Μεθυλοπροπαν-1-ολη	2,3	7,2	10,5
Trans-2-πεντεν-1-άλη	1,3	1,1	1XNH
1-Πεντεν-3-ολη	7,3	12,5	12,7
Ισοαμυλική αλκοόλη	6,6	18,4	29,7
Trans-2-εξανάλη	438,5	255,1	121,0
Πενταν-1-όλη	0,9	1,3	1,8
2-Πεντεν-1-όλη	6,1	10,4	9,2
Εξαν-1-όλη	10,0	32,2	40,8
3-Εξεν-1-όλη ( cis )	4,7	8,1	77,5
Trans-2-εξενόλη	26,6	48,0	45,0
Οξικό οξύ	1,9	1,5	2,4
Οκταν-1-όλη	3,6	4,8	5,6
2-Βουταν-1-όλη	3,5	2,6	2,4
<b>Σύνολο</b>	<b>597,6</b>	<b>549,5</b>	<b>520,0</b>

**Πίνακας 7.2 :** Περιεκτικότητα σε πτητικά συστατικά ελαιόλαδου που παραλήφθηκε από καρπούς τριών Ιταλικών ποικιλιών ελιάς ( Leccino, Dritta, Caroleo ) (Κυριτσάκης, 2007).

#### **7.4.2. Βαθμός ωρίμανσης του καρπού**

Σύμφωνα με κάποιους επιστήμονες στα πρώιμα στάδια ωρίμανσης η ποσότητα των C6 αλδευδών και αλκοολών είναι ίδια. Η αλλαγή του χρώματος από πρασινοκίτρινο σε μελανοιώδες συνεπάγεται με την μέγιστη συγκέντρωση των C6 αλδευδών. Όσο ολοκληρώνεται η ωρίμανση του ελαιόκαρπου παρουσιάζεται μείωση των περισσότερων αλδευδών που σχηματίζονται από το μονοπάτι της λιποξυγενάσης και κυρίως της E-εξ-2-ενάλης (το κυριότερο πτητικό συστατικό των Ευρωπαϊκών ελαιόλαδων) με εξαίρεση την Z-εξ-3-ενάλη (Κυριτσάκης, 2007).

#### **7.4.3. Εδαφοκλιματολογικοί παράγοντες**

Οι εδαφοκλιματολογικοί παράγοντες εξαρτώνται από τις περιβαλλοντικές συνθήκες, το χώμα (τύπος και δομή) και τις κλιματικές συνθήκες οι οποίες είναι η θερμοκρασία και η βροχόπτωση. Η ελιά καλλιεργείται σε διάφορα υψόμετρα με αποτέλεσμα οι κλιματολογικές συνθήκες να είναι διαφορετικές. Όλα αυτά έχουν επιπτώσεις στα χημικά και αισθητήρια προφίλ των ελαιόλαδων. Τα μονοποικιλιακά ελαιόλαδα, που λαμβάνονται από ελιές που καλλιεργούνται σε μεγαλύτερα υψόμετρα, είναι γενικά πιο γλυκά και έχουν ισχυρότερο ποώδες άρωμα, σε σύγκριση με αυτά που παράγονται με ελιές που καλλιεργούνται σε χαμηλότερα υψόμετρα (Marco D. et al, 2012).

Η άρδευση, μια πρακτική που έχει μελετηθεί επαρκώς, φαίνεται να προκαλεί μείωση της οξειδωτικής σταθερότητας των πτητικών ελαιόλαδου λόγω της ταυτόχρονης μείωσης του περιεχομένου ελαϊκού οξέος και φαινολικών ενώσεων (Tovar et al., 2002). Σύμφωνα με τους Servili et al. (2007) η διαθεσιμότητα του νερού στο ελαιόδεντρο έχει αξιοσημείωτη επίδραση στη συγκέντρωση πτητικών ενώσεων, όπως οι κορεσμένες με C6 και ακόρεστες αλδεΐδες, αλκοόλες και εστέρες. Με απλά λόγια, η ελλειμματική άρδευση των ελαιόδεντρων φαίνεται να είναι ευεργετική όχι μόνο λόγω των θετικών επιδράσεων στην διαχείριση του νερού αλλά και με τη βελτιστοποίηση της ποιότητας του ελαιόλαδου. Οι Baccouri et al. (2008) ανέφεραν αύξηση της συνολικής συγκέντρωσης αρώματος των λαδιών Chetouil που λαμβάνονται από δέντρα υπό συνθήκες άρδευσης σε σύγκριση με παρόμοια από μη αρδευόμενα δέντρα.

#### **7.4.4 Αποθήκευση**

Η έκθεση στο φως, η θερμοκρασία και η συγκέντρωση οξυγόνου, ο χρόνος αποθήκευσης και τα υλικά δοχείων είναι επίσης καθοριστικοί παράγοντες για την αποθήκευση του ελαιόλαδου. Η Stefanoudaki (2010), αξιολογώντας την αποθήκευση του ελαιόλαδου με έκθεση στον αέρα, τα επίπεδα ορισμένων αρνητικών αισθητήριων συστατικών, όπως η πεντεν-3-όλη και η εξανάλη, αυξήθηκαν ενώ άλλα θετικά, όπως το Ε-εξεν-2-αλη μειώθηκαν. Η πλήρωση του χώρου κεφαλής με αδρανές αέριο μπορεί να μειώσει την αλλοίωση.



## 8. Επίδραση της μάλαξης στα πτητικά συστατικά του ελαιόλαδου

### 8.1 Επίδραση του χρόνου μάλαξης στα πτητικά συστατικά του ελαιόλαδου

Πολλές μελέτες υπάρχουν για την επίδραση της μάλαξης στα πτητικά συστατικά του ελαιόλαδου. Οι περισσότερες μελέτες αφορούν Ιταλικές και Ισπανικές ποικιλίες ελαιόκαρπου σε εργαστηριακό και βιομηχανικό επίπεδο.

Στον Πίνακα 8.1 παρουσιάζεται η μεταβολή της συγκέντρωσης των πτητικών συστατικών δύο ποικιλιών ελιάς ( Coratina cv, Frantoio cv) σε συνάρτηση με την διάρκεια της μάλαξης.

	25°C					35°C				
	15'	30'	45'	60'	90'	15'	30'	45'	60'	90'
<i>Coratina cv</i>										
Εξανάλη	1.1	1.2	1.0	1.3	1.6	0.3	0.6		0.9	1.5
Εξαναλ-1-ολη	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.1	0.1		0.2	0.3
Οξικός εξυλεστέρας	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0
Trans-2-εξανάλη	12.6	18.3	15.2	18.7	21.2	15.9	20.8		26.5	33.4
Trans-2-εξέν-1-όλη	0.2	0.2	0.3	0.4	0.5	0.3	0.4		0.5	0.9
Cis-3-εξέν-1-όλη	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.2	0.2		0.2	0.3
Οξικός Cis-3-εξυλεστέρας	0.8	0.8	0.4	0.2	0.3	0.2	0.2		0.1	0.1
Διμερή πεντανίου	0.7	0.6	0.7	0.8	0.8	0.6	0.7		0.6	0.7
1-πεντεν-3-ονη	0.6	0.8	0.8	0.7	0.9	0.5	0.4		0.4	0.4
Trans-2-πεντενάλη	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2		0.1	0.1
1-πεντεν-3-ολη	0.4	0.5	0.5	0.5	0.7	0.3	0.5		0.5	0.7
Trans-2-πεντεν-1-όλη	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1		0.1	0.1
Cis-2-πεντεν-1-όλη	0.5	0.6	0.7	0.7	1.0	0.5	0.7		0.7	0.9
<i>Frantoio cv</i>										
Εξανάλη	0.7	1.7	1.6	2.2	4.3	1.3	1.0	1.7	2.2	4.5
Εξαναλ-1-ολη	0.4	0.4	0.5	0.2	0.3	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
Οξικός εξυλεστέρας	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1
Trans-2-εξανάλη	30.9	39.1	53.4	60.0	61.9	27.8	30.3	45.3	39.4	49.7
Trans-2-εξέν-1-όλη	0.4	0.6	0.7	0.7	1.0	0.4	0.4	0.7	0.8	1.6
Cis-3-εξέν-1-όλη	0.5	0.3	0.4	0.3	0.5	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2
Οξικός Cis-3-εξυλεστέρας	1.5	1.3	1.2	0.7	0.7	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2
Διμερή πεντανίου	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.5	0.4	0.6	0.6	0.6
1-πεντεν-3-ονη	0.6	0.9	1.0	0.9	0.9	0.5	0.6	0.6	0.6	0.4
Trans-2-πεντενάλη	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2
1-πεντεν-3-ολη	0.3	0.4	0.5	0.5	0.6	0.2	0.3	0.4	0.4	0.5
Trans-2-πεντεν-1-όλη	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1
Cis-2-πεντεν-1-όλη	0.5	0.6	0.8	0.8	1.2	0.3	0.5	0.6	0.6	0.8

**Πίνακας 8.1:** Συγκεντρώσεις ενώσεων C6 και C5 προερχόμενες από τα μονοπάτια λιποξυγενάσης, εκφρασμένες σε ppm, σε ελαιόλαδα που λαμβάνονται από δύο ιταλικές ποικιλίες χρησιμοποιώντας διαφορετικούς χρόνους και θερμοκρασίες μάλαξης (Angerosa et al., 2001).

Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από το πείραμα είναι ότι οι αλκοόλες C6 και C5 και οι καρβονυλικές ενώσεις (trans-2-εξανάλη και η εξανάλη), αυξήθηκαν με το χρόνο μάλαξης. Συγκεκριμένα, η trans-2-εξανάλη στην ποικιλία Coratina αυξήθηκε κατά 70% περίπου από τα 15 στα 90 λεπτά μάλαξης και η εξανάλη κατά 45% για τον

ίδιο χρόνο. Στην ποικιλία Frantoio οι αυξήσεις ήταν πολύ μεγαλύτερες 100% και 514% αντίστοιχα. Στην περίπτωση των εστέρων C6 παρουσιάστηκε μείωση. Συγκεκριμένα, στην ποικιλία Coratina ο οξικός cis-3-εξενύλικος εστερας μειώθηκε κατά 62% από τα 30 λεπτά και μετά ενώ στην ποικιλία Frantoio επίσης μειώθηκε κατά 53% περίπου στον ίδιο χρόνο. Αξιοσημείωτη παρατήρηση που διακρίνεται στον Πίνακα 8.1 είναι ότι η εξανάλη η οποία θεωρείται μια από τις πιο σημαντικές ενώσεις που συντελούν στο άρωμα του ελαιόλαδου, λόγω του χαμηλού της ορίου όσφρησης, φαίνεται να ευνοείται με το πέρασμα του χρόνου μάλαξης. Αντίθετα, ο σχηματισμός και των δύο εστέρων C6 διαμέσου του λινολεϊκού και του λινολενικού οξέως, που συμβάλλουν στην αντίληψη του φρουτώδους, επηρεάζονται αρνητικά από τον χρόνο μάλαξης. Η αύξηση του χρόνου μάλαξης προκάλεσε την αύξηση της trans-2-εξεν-1-όλης. Σε μικρότερο βαθμό επηρεάστηκαν οι συγκεντρώσεις των C5 ενώσεων. Οι πιο σημαντικές απώλειες εντοπίστηκαν για την 1-πεντεν-3-όλη, η οποία σε προηγούμενη έρευνα βρέθηκε να σχετίζεται με πικρές και πικάντικες αισθήσεις (Angerosa et al., 2001).

Η μελέτη από τους Yorulmaz et al. (2016) είχε ως σκοπό να εξετάσει την επίδραση του χρόνου μάλαξης στην Τούρκικη ποικιλία ελιάς Edremit yaglik. Η μεταβολή στις πτητικές ενώσεις κατά τη διάρκεια της μάλαξης δίνεται στον Πίνακα 8.2.

Χημικές ενώσεις	Χρόνος μάλαξης (min)							
	10	20	30	40	50	60	70	80
Αιθανόλη	261,79	135,07	584,08	738,46	156,68	234,30	301,35	242,58
1,3-Πενταδιένιο	27,93	30,07	37,98	30,48	71,74	44,74	74,93	66,41
Οξικό Οξύ	102,44	67,75	88,18	34,61	88,69	44,02	53,67	59,07
3-πεντανόνη	42,37	17,86	92,64	81,38	202,15	137,41	102,71	146,04
2-αιθυλοφουράνιο	18,11	3,40	14,87	14,75	2,62	5,65	2,66	4,25
3-μεθυλο-1-βουτανόλη	10,07	6,91	12,35	5,30	10,26	10,18	29,49	28,14
Trans-2-πεντενάλη	35,46	25,91	36,17	28,82	23,75	23,87	29,49	28,14
Τολουένιο	16,43	11,01	33,84	14,71	22,64	23,87	28,62	35,40
Trans-2-πεντεν-1-όλη	49,54	57,83	54,04	54,85	60,47	84,18	102,43	50,81
Εξανόλη	3844,51	1892,44	3212,24	2171,73	2584,84	2597,18	2368,74	909,60
Εξαμεθυλοκυκλοτρισιλοεξάνιο	79,73	52,03	96,79	51,34	146,13	99,01	83,85	75,22
Trans-2-εξενάλη	609,92	437,42	305,11	111,65	319,45	459,24	462,15	257,48
Trans-3-εξέν-1-όλη	394,03	229,48	2702,28	1574,14	1495,32	2017,83	2277,16	2683,27
Trans-2-εξέν-1-όλη	-	-	119,03	24,54	56,97	152,96	116,42	78,15
1-εξανόλη	347,41	232,32	902,57	456,69	554,48	881,01	924,67	1103,05
1,3-διμεθυλοβενζόλιο	-	-	1,23	-	2,20	1,99	2,18	1,31
2-επτανόνη	12,64	-	8,21	-	-	-	1,39	-
2-προπενόλο-Κυκλοπεντάνιο	49,83	30,83	70,55	53,08	43,87	68,77	47,91	63,98
Επτανάλη	4,63	3,46	9,20	5,74	4,57	7,76	7,98	6,60
2,4-εξαδιενάλη	434,61	41,50	365,20	396,05	164,59	220,72	106,54	225,62
3-αιθυλο-1,5-οκταδιένιο	465,77	275,48	766,21	533,20	275,81	702,53	715,82	641,00
Οκταμεθυλοκυκλοτρισιλοεξάνιο	22,08	10,46	14,10	29,35	7,34	5,08	11,58	13,11
Οξικός Trans-3-εξενυλεστέρρας	319,18	269,04	497,20	355,98	227,31	616,84	502,80	414,00
Οξικός εξυλεστέρρας	122,13	56,96	180,61	129,32	84,60	189,92	167,26	135,26
dL-Λεμονένιο	1,67	1,95	4,37	-	8,53	-	3,69	1,48
Βενζολμεθανόλη	-	-	3,48	1,39	-	3,03	2,87	3,74
3,7-διμεθυλο-trans-1,3,6-οκτατριένιο	2,75	-	20,37	5,41	-	15,57	15,67	12,32
Trans-7-μεθυλ-1,6-διοξασπινόλη	5,66	-	9,76	5,81	3,98	3,86	7,33	7,67
Έννεανάλη	41,15	34,93	130,79	78,32	54,05	115,84	120,38	54,12
Φαινυλαιθανόλη	7,45	6,50	29,76	20,21	7,17	27,94	34,52	38,28
Δεκαμεθυλοκυκλοπεντασιλοξάνιο	86,01	34,93	61,71	71,71	80,31	66,67	58,48	59,03
Βενζοϊκός 2-υδροξυμεθυλεστέρρας	1,11	-	6,89	2,88	2,61	6,47	7,21	20,55
Δωδεκαμεθυλοκυκλοεξασιλοξάνιο	43,35	13,06	27,85	34,99	35,34	35,04	27,96	30,73
α-κοπαεnio	16,33	11,66	29,08	20,02	13,74	28,28	28,58	27,45
Σεσκιτερπένιο	24,02	26,48	99,72	46,28	27,22	86,72	86,31	85,06
γ-κουρκουμένιο	0,81	2,75	5,78	2,84	2,01	4,52	12,02	11,08
1-(1,5-διμεθυλο-4-εξενυλ)-4-μεθυλοβενζόλιο	15,58	10,46	64,95	31,34	17,44	55,65	57,02	32,31
Τετραδεκαμεθυλοκυκλοεπτασιλοξάνιο	-	-	-	10,85	11,60	4,02	2,05	3,87
E, E-α-φαρνεσίνη	4,61	6,54	95,34	19,38	6,58	61,25	42,42	10,74
β-Σεσκιφελανδρένη	5,19	4,72	28,59	9,70	5,47	22,52	14,62	10,74
1,6-διοξυκυκλοδωδεκαν-7,12-διόνη	19,22	-	-	7,93	19,44	-	-	-

Πίνακας 8.2: Πτητικές ενώσεις ελαιολάδου σε διαφορετικούς χρόνους μάλαξης (Yorulmaz et al. 2016).

Σε αυτή την μελέτη η εξανάλη είναι η πιο άφθονη πτητική ένωση των εξαιρετικά παρθένων ελαιόλαδων (Kalua et al., 2007). Η συγκέντρωση της εξανάλης επηρεάστηκε κατά την διάρκεια της μάλαξης. Στην αρχή της διαδικασίας της ζύμωσης της ελαιόπαστας, η συγκέντρωση της εξανάλης, ήταν στη μέγιστη τιμή και όταν η ελαιόπαστα ζυμώθηκε για 80 λεπτά, η συγκέντρωσή της μειώθηκε .

Η trans-2-εξενάλη ήταν η δεύτερη σημαντική αλδεύδη του δείγματος του ελαιόλαδου. Οι μεταβολές της trans-2-εξενάλης κατά τη διάρκεια της μάλαξης βρέθηκαν να είναι στατιστικά ασήμαντες, αλλά η μέγιστη ποσότητα αυτής της ένωσης επιτεύχθηκε όταν εφαρμόστηκε ο ελάχιστος χρόνος μάλαξης (10 λεπτά).

Η τρίτη εξαιρετική πτητική ένωση των ελαιόλαδων που ελέγχθηκε, ήταν το 3-αιθυλο-1,5-οκταδιένιο το οποίο παρουσίασε αλλοιώσεις κατά την επεξεργασία, αλλά όταν η ελαιόπαστα ζυμώθηκε για 30 και 70 λεπτά, αυξήθηκε και έφτασε στη μέγιστη ποσοτητα.

Οι 2,4-εξαδιενάλη και trans-3-εξεν-1-ολη ήταν τα άλλα πιο άφθονα πτητικά των υπό ανάλυση δειγμάτων. Η συγκέντρωση της 2,4-εξαδιενάλης μειώθηκε κατά την διάρκεια της επεξεργασίας ενώ η ποσότητα της trans-3-εξεν-1-όλης αυξήθηκε με την αύξηση του χρόνου μάλαξης. Ακόμα, η μεγάλη διάρκεια της μάλαξης είχε θετική επίδραση στην συγκέντρωση της trans-3-εξεν-1-όλης, η οποία έχει αναφερθεί ότι είναι ένας από τους κύριους δείκτες ωρίμανσης του ελαιόλαδου. Άλλες αλδεύδες που αναγνωρίστηκαν ήταν οι trans-2-πεντενάλη, επτανάλη και εννεανάλη. Οι αλλαγές της trans-2-πεντενάλης και της επτανάλης κατά την διάρκεια της μάλαξης ήταν στατιστικά επουσιώδης, αλλά η συγκέντρωση της εννεανάλης παρουσίασε σημαντικές μεταβολές σε διαφορετικούς χρόνους μάλαξης και έφθασε στην μέγιστη τιμή της στα 30 λεπτά.

Στην περίπτωση των αλκοολών, διακρίνουμε αύξηση στην 1-εξανόλη της οποίας η συγκέντρωση έφθασε την μέγιστη τιμή της όταν ο χρόνος μάλαξης αυξήθηκε στα 80 λεπτά. Ίδια αποτελέσματα παρατηρήθηκαν για την φαινυλαιθανόλη και την φαινυλομεθανόλη. Ομοίως, στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα επιτεύχθηκαν για την trans-3-εξεν-1-ολη, οξικό άλας και trans-7-μεθυλ-1,6- διοξασπαινόλη. Αξιόλογες μεταβολές δεν παρατηρήθηκαν για τις συγκεντρώσεις της αιθανάλης, trans-2-πεντενάλη και trans-2-εξέν-1-όλης.

Από την ομάδα των υδρογονανθράκων ο κυρίαρχος υδρογονάνθρακας των ελαιόλαδων βρέθηκε να είναι το σεσκιτερπένιο (που κυριαρχεί στο έλαιο του ginger), του οποίου η μέγιστη τιμή της συγκέντρωσής του μετρήθηκε στα 30 min χρόνου

μάλαξης. Επίσης αξιοσημείωτες μεταβολές μετρήθηκαν στις συγκεντρώσεις των trans 3,7-διμεθυλο-1,3,6-οκτατριένιο, γ-κουρκουμένιο, 1-(1,5-διμεθυλο 4-εξενυλ)- 4-μεθυλοβενζόλιο και β-σεσκιφελανδρένη (3-(1,5-διμεθυλο 4-εξενυλ)-6-μεθυλεν -1-κυκλοεξένιο).

Από τις κετόνες η ποσότητα της 3-πεντανόνης αυξήθηκε σημαντικά με την αύξηση του χρόνου της μάλαξης ενώ αντίθετα μειώθηκε η ποσότητα της 2-επτανόνης.

## **8.2 Επίδραση της θερμοκρασίας μάλαξης στα πτητικά συστατικά του ελαιόλαδου**

Όπως προκύπτει από τον Πίνακα 8.1 μπορούμε να εξάγουμε συμπεράσματα που αφορούν την θερμοκρασία μάλαξης στα πτητικά συστατικά. Σύμφωνα με τους Angerosa et al. (2001) η συγκέντρωση της εξανάλης με την αύξηση της θερμοκρασίας δεν επηρεάστηκε ιδιαίτερα. Αντίθετα, ο σχηματισμός και των δύο εστέρων C6 από το λινολενικό και λινολεϊκό οξύ, που συμβάλλουν στη δημιουργία του ευχάριστου φρουτώδους, επηρεάστηκε αρνητικά από την αύξηση της θερμοκρασίας. Η αύξηση της trans-2-εξεν-1-όλης επηρεάστηκε από την αύξηση της θερμοκρασία μάλαξης. Οι συγκεντρώσεις των C5 ενώσεων επηρεάστηκαν επίσης από την αύξηση της θερμοκρασίας. Η μεγαλύτερη μείωση παρατηρήθηκε στην 1-πεντεν-3-όνη η οποία σε προηγούμενη μελέτη έχει βρεθεί να συνδέεται με την αίσθηση του πικρού και πικάντικου.

Λαμβάνοντας υπόψη την μελέτη των Reboredo et al. (2014) εξέτασαν την επίδραση της μάλαξης ως προς τον χρόνο και την θερμοκρασία της ποικιλίας Morisca, η οποία πρόκειται για μια ισπανική ποικιλία που καλλιεργείται στην βορειοδυτική Ισπανία σε βιομηχανικό επίπεδο. Στο πείραμα δοκιμάστηκαν δύο θερμοκρασίες (20/30°C) και δύο χρόνοι μάλαξης (30/90 min). Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την μελέτη (Πίνακας 8.3) είναι ότι σε χρόνο μάλαξης (90 λεπτά) οι περισσότερες ενώσεις C6 υπέστησαν διακυμάνσεις με την αύξηση της θερμοκρασίας. Οι C6 αλδεΐδες, αλκοόλες και εστέρες που προέρχονται από το λινολενικό οξύ ( trans-2-εξανάλη, Cis-3-εξενυλεστέρας, Cis-3-εξεν-1-όλη) και το λινολεϊκό οξύ ( εξανάλη, 1—εξανόλη και οξικός εξυλεστέρας) μειώθηκε. Αντιθέτως, παρατηρήθηκε μόνο αύξηση στις αλκοόλες C6 από το λινολενικό οξύ ( trans-2-εξεν-1-όλης) που ήταν μεγαλύτερη στις ακραίες θερμοκρασίες των 30 βαθμών Κελσίου και χρόνου των 90 min.

Το συμπέρασμα που προκύπτει είναι ότι παρουσιάστηκε μείωση των C6 σε υψηλές θερμοκρασίες, για τις πτητικές ενώσεις των C5 παρατηρήθηκε αύξηση όταν ο

χρόνος μάλαξης ήταν στα 30 min, καθώς και αύξηση της συνολικής ποσότητας των ενώσεων C5 στους 30 °C. Στα 90 min μάλαξης οι ενώσεις C5 του λινολενικού οξέως μειώθηκαν και οι ενώσεις C5 του λινολενικού οξέως αυξήθηκαν ελάχιστα.

Πηθικά συστατικά	Συγκεντρώσεις σε (ng/g)			
	30 min μάλαξη		30 min μάλαξη	
	20 °C	30°C	20°C	30°C
<b>Ενώσεις C6</b>				
Trans-2-εξενάλη	2037	2204	1867	1096
<b>C6/LnA-αλδεΐδες</b>	2037	2204	1867	1096
Cis-3-εξεν-1-όλη	1003	1011	1104	897
Trans-3-εξεν-1-όλη	12,2	11,8	13,3	13,7
Trans-2-εξεν-1-όλη	2162	531	1787	2586
Cis-2-εξεν-1-όλη	7,7	4,7	11	14,1
<b>C6//LnA-αλκοόλες</b>	3185	1559	2915	3511
Οξικό Cis-3-εξενύλιο	667	764	764	210
Trans-2-οξικός εξενυλεστέρης	4,9	4,7	5,9	6
<b>C6/LnA-εστέρες</b>	672	769	770	216
Εξανάλη	415	455	412	284
<b>C6/LA-αλδεΐδες</b>	415	455	412	284
1-εξανόλη	1574	986	2360	1840
<b>C6/LA-αλκοόλες</b>	1574	986	2360	1840
Οξικό εξύλιο	113	118	134	57,4
<b>C6/LA-εστέρες</b>	113	118	134	57,4
<b>Ενώσεις C5</b>				
Trans-2-πεντανάλη	17,7	24,4	15,5	12,1
<b>C5/LnA-αλδεΐδες</b>	17,7	24,4	15,5	12,1
1-πεντεν-3-όλη	650	765	624	634
Cis-2πεντεν-1-όλη	160	156	168	167
Trans-2-πεντεν-1-όλη	44,3	52,1	40,9	49,7
<b>C5/LnA-αλκοόλες</b>	854	973	833	851
1-πεντεν-3-όνη	205	589	173	24,2
<b>C5/LnA-κετόνες</b>	205	589	173	24,2
Πεντανάλη	102	176	121	92,9
<b>C5/LA-αλδεΐδες</b>	102	176	121	92,9
1-πεντανόλη	55,7	30,1	36,9	89,1
<b>C5/LA-αλκοόλες</b>	55,7	30,1	36,9	89,1
3-πεντανόνη	517	340	448	565
<b>C5/LA-κετόνες</b>	517	340	448	565
<b>Σύνολο</b>	9747	8223	10085	8639

Πίνακας 8.3: Συγκεντρώσεις πηθικών συστατικών του ελαιόλαδου ποικιλίας Morisca (Reboredo et.al, 2014)

### **8.3 Επίδραση της ατμόσφαιρας σε επαφή με την ελαιόπαστα**

Οι Clovodeo et al (2014), αναφέρονται στη χρήση του  $N_2$  κατά τη διάρκεια της μάλαξης. Συγκεκριμένα, το  $N_2$  όχι μόνο μειώνει την οξειδωτική αποδόμηση των φαινολικών συστατικών, αλλά, ταυτόχρονα, τροποποιεί τα πτητικά συστατικά του ελαιολάδου. Η εξέλιξη των πτητικών συστατικών στις ελαιόπαστες κατά τη διάρκεια της μάλαξης μελετήθηκε για να δείξει την επίδραση της συγκέντρωσης του  $O_2$  στο σχηματισμό των αρωμάτων λόγω της δραστηριότητας της λιποξυγενάσης από τους (Servili et al., 2008). Τα αποτελέσματα της έρευνας τους έδειξαν πως η συγκέντρωση του  $O_2$  επιδρά σημαντικά στο σχηματισμό αρωμάτων. Η παρουσία της λιποξυγενάσης διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην επίτευξη αυτού του αποτελέσματος. Εντούτοις, οι Clovodeo et al (2014), υποστηρίζουν πως ο σχηματισμός των πτητικών συστατικών σχετίζεται επίσης με την ποσότητα του οξυγόνου, το οποίο ενσωματώνεται από τις ελαιόπαστες κατά την σύνθλιψη των ελαιόκαρπων.

Στην έρευνα τους οι Servili et al (2008) μελέτησαν επίσης τη συγκέντρωση των πτητικών ουσιών χρησιμοποιώντας διάφορες περιεκτικότητες σε  $O_2$  της ατμόσφαιρα μάλαξης. Για τις ανάγκες του πειράματος τους χρησιμοποιήθηκαν οι ποικιλίες ελαιόκαρπου Coratina και Ogliarola σε βιομηχανικό επίπεδο, τα αποτελέσματα του οποίου φαίνονται στο Πίνακα 8.4. Σύμφωνα, με τα αποτελέσματα του πειράματος διαπιστώνονται σημαντικές διαφορές στη σύνθεση των πτητικών ενώσεων ανάμεσα στις διαφορετικές συνθήκες μάλαξης. Χαρακτηριστικές είναι οι διαφορές που παρουσιάζονται στις αλκοόλες C5 και C6, αλλά και μεταξύ των δύο ποικιλιών η συγκέντρωση των πτητικών ενώσεων δεν σχετίζεται με τη συγκέντρωση του  $O_2$  κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας των ελαιόκαρπων.



Αργική μερική πίεση O <sub>2</sub> στον θάλαμο του μαλακτήρα σε (kPa)				
	0	30	50	100
<b>Ποικιλία Ogliarola</b>				
<b>Αλδεύδες</b>				
2-πεντενάλη	291,5	343,00	247,5	269,5
εξανάλη	939,50	1.546,00	1.011,50	1.499,50
2-εξανάλη (E)	43.645,00	39.130,00	37.315,00	38.170,00
<b>Αλκοόλες</b>				
1-πεντανόλη	28,5	128	122,5	158
2-πεντεν-1-όλη (E)	55,5	63,00	50,5	38,5
1-πεντεν-3-όλη	567	871,00	690	809,5
1-εξανόλη	8.357,00	9.699,00	11.660,00	13.675,00
3-εξεν-1-όλη (E)	35	41,00	47,5	61,5
3-εξεν-1-όλη (Z)	286,5	434,00	341	400,5
2-εξεν-1-όλη (E)	7.662,50	8.616,00	9.355,00	9.780,00
<b>Ποικιλία Coratina</b>				
<b>Αλδεύδες</b>				
2-πεντενάλη (E)	548,5	509,70	636,7	613
εξανάλη	1.187,00	1.624,30	1.532,10	1.744,00
2-εξανάλη (E)	51.565,00	52.900,00	54.340,50	53.920,00
<b>Αλκοόλες</b>				
1-πεντανόλη	40	54,30	39,4	48
2-πεντεν-1-όλη (E)	87,5	67,00	105,8	105
1-πεντεν-3-όλη	890	820,00	1.093,50	1.185,00
1-εξανόλη	2.326,00	3.694,20	1.788,00	2.170,00
3-εξεν-1-όλη (E)	25,5	31,00	20	21
3-εξεν-1-όλη (Z)	561	513,60	486,3	498
2-εξεν-1-όλη (E)	3.654.50	5.905.00	3.350.10	4.185.00

**Πίνακας 8.4:** Συγκεντρώσεις πτητικών (mg/kg) ενώσεων σε διαφορετικής σύστασης ατμόσφαιρες μάλαξης (Servilli et al., 2008).

Τέλος, σύμφωνα με τους Tamborrino et al. (2010) όταν χρησιμοποιήθηκε αέρας στον θάλαμο του μαλακτήρα τα εξαγόμενα ελαιόλαδα περιείχαν πολύ υψηλότερες ποσότητες πτητικών ουσιών από τα ελαιόλαδα που παράχθηκαν με την παρουσία N<sub>2</sub>.

Πτητικά συστατικά	100% οξυγόνο		100% Νάτριο	
Εξανάλη	11.6	0.5	3.1	0.1
Trans-2-εξανάλη	147.3	5.8	43.5	2.1
1-εξανόλη	45.2	3.1	3.9	0.7
Trans-2-εξεν-1-όλη	11.9	0.3	4.6	0.9
Cis-3-εξεν-1-όλη	7.7	0.4	1.4	0.1
Cis-2-πεντεν-1-όλη	3.6	0.1		

**Πίνακας 8.5:** Ποσότητα των πτητικών ενώσεων C<sub>6</sub> και C<sub>5</sub>, ενώσεις από το μονοπάτι της λιποξυγενάσης που βρέθηκαν σε παρθένα ελαιόλαδα με διαφορετικές ατμόσφαιρες μάλαξης με αέρα και άζωτο, όπου m: μέσες τιμές, SD: τυπική απόκλιση (Tamborrino et al., 2010).

## 9. Η Επίδραση της αποθήκευσης στα πτητικά συστατικά του ελαιόλαδου

Πολλές μελέτες έχουν δημοσιευθεί όσον αφορά για την επίδραση της αποθήκευσης στα πτητικά συστατικά του ελαιόλαδου. Οι μελέτες που αναλύονται στα παρακάτω άρθρα σχετίζονται με την επίδραση της θερμοκρασίας, του χρόνου και των υλικών συσκευασίας που επιδρούν στα πτητικά συστατικά του ελαιόλαδου.

Σε μελέτη που πραγματοποιήθηκε από την Kotsiou et al.( 2014), εξέτασαν τις αλλαγές που πραγματοποιήθηκαν σε ελληνικά εξαιρετικά παρθένα ελαιόλαδα στο πτητικό προφίλ κατά τη διάρκεια αποθήκευσης τους. Τα δείγματα ελαιόλαδου συλλέχτηκαν από περιοχές της δυτικής Ελλάδας σε δύο ελαιοκομικές περιόδους 2007-2008 και 2010-2011. Τα δείγματα που εξετάστηκαν ήταν η Κορωνέικη από Ζάκυνθο και Κεφαλονιά, Λιανολιά από Κέρκυρα και Πρέβεζα, Ασπρολιά από Λευκάδα, Θιακή από Κεφαλονιά και Ντόπια ποικιλία Ζακύνθου. Τα δείγματα μεταφέρθηκαν σε σκουρόχρωμα γυάλινα μπουκάλια (κενό 0,5%) και αποθηκεύτηκαν για 18 μήνες. Κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης οι θερμοκρασίες που επικρατούσαν ήταν χαμηλές από 18 °C ( $12 \pm 6^\circ\text{C}$ ), εκτός από την περίοδο του καλοκαιριού όπου η θερμοκρασία έφτασε τους 25 °C ( $20 \pm 5^\circ\text{C}$ ). Αυτές οι συνθήκες θεωρούνται ιδανικές συνθήκες αποθήκευσης.

Στη συγκεκριμένη μελέτη για τον προσδιορισμό των πτητικών ενώσεων χρησιμοποιήθηκε η τεχνική μικροεκχύλισης στερεάς φάσης (SPME) σε συνδυασμό με αέρια χρωματογραφία – φασματομετρία μάζας (GC–MS) με στόχο την εκτίμηση των μεταβολών που πραγματοποιούνται στη σύσταση του πτητικού κλάσματος κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης εξαιρετικών παρθένων ελαιόλαδων από πέντε ελληνικές ποικιλίες.

Οι ενώσεις που προσδιορίστηκαν στα δείγματα ελαιόλαδου δίνονται στον πίνακα 9.1.

A/A	Ένωση	Ντόπια Ζακύνθου	Κορωνέικη	Θιακή	Λιανολιά	Ασπρολιά
1	αιθανόλη	0,60-2,15	0,00-2,54	0,00-0,40	0,00-1,67	0,00-0,55
2	1,3- πενταδιένιο (E)	0,04-0,20	0,05-0,20	0,00-0,15	0,00-0,14	0,00-0,05
3	οξικό οξύ	0,00-0,65	0,00-0,29	0,00	0,00-0,30	0,00
4	1-πεντεν-3-όλη	0,15-0,45	0,00-0,38	0,00-0,10	0,00-0,02	0,00-0,10
5	1-πεντεν-3-όνη	0,43-1,70	0,15-1,02	0,00-0,40	0,00-0,30	0,00-0,16
6	3-πεντανόνη	0,08-0,36	0,00-0,31	0,00	0,00-0,02	0,00-0,23
7	πεντανάλη	0,00-0,15	0,00-0,11	0,00-0,10	0,00	0,00-0,10
8	3-μεθυλ-1-βουτανόλη	0,00-0,14	0,00-0,15	0,00	0,00	0,00
9	2-πεντανάλη (E)	0,00-0,26	0,00-0,13	0,00	0,00	0,00
10	2-πεντεν-1-όλη (Z)	0,17-0,70	0,05-0,85	0,00	0,00-0,58	0,00-0,45
11	3-εξανάλη (Z)	0,00-0,76	0,00-1,61	0,00-0,55	0,00-0,90	0,00-0,20
12	εξανάλη	1,44-1,80	0,72-2,05	0,78-1,85	0,36-2,90	0,65-1,85
13	3-εξεν-1-όλη (Z)	0,00-0,19	0,00-0,24	0,00-0,13	0,00-0,32	0,00-0,26
14	2-εξανάλη (E)	17,96-31,32	13,59-35,28	16,75-33,31	18,00-39,15	15,46-26,27
15	2-εξεν-1-όλη (E)	0,20-1,96	0,19-2,40	0,00-0,59	0,35-3,45	0,17-2,00
16	1-εξανόλη	0,27-2,95	0,00-3,00	0,16-0,83	0,00-3,34	0,39-1,48
17	επτανάλη	0,00	0,00	0,00	0,00-0,12	0,00
18	2,4-εξαδιανάλη (E)	0,00-0,98	0,00-2,56	0,00-1,52	0,00-2,82	0,59-1,10
19	α-πινένιο	0,66-0,99	0,55-1,35	0,23-0,54	0,00-2,99	0,00-0,35
20	3-αιθυλ-1,5-οκταδιένιο	0,64-1,19	0,62-1,72	0,22-0,68	0,00-0,42	0,08-0,38
21	2-επτενάλη (E)	0,09-0,16	0,00-0,14	0,00	0,00-0,15	0,00-0,09
22	1-επτανόλη	0,00-0,07	0,00-0,12	0,00-0,06	0,00-0,10	0,00-0,09
23	βενζαλδεΐδη	0,00-0,20	0,00-0,23	0,00-0,21	0,00-2,00	0,00-0,15
24	εξανοϊκό οξύ	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00-0,02
25	6-μεθυλ-5-επτεν-2-ονη	0,00-0,89	0,00-0,45	0,00	0,00-1,89	0,00-0,72
26	υδρογονάνθρακας	0,96-1,55	0,14-1,84	0,31-0,90	0,00-0,66	0,00-0,34
27	1,2,4-τριμεθυλβενζόλιο	0,82-1,52	0,29-2,11	0,40-1,00	0,00-1,02	0,00-0,51
28	οξικός 3-εξενυλεστέρας (Z)	0,00-1,17	0,57-5,70	2,19-5,24	0,00-1,50	0,40-4,22
29	οκτανάλη	0,00-0,02	0,00	0,00	0,00-0,02	0,00
30	οξικός εξυλεστέρας	0,00-0,34	0,28-1,90	1,21-3,00	0,00-0,30	0,54-2,75
31	Λεμονένιο	0,00-2,06	0,00-2,60	0,00-0,20	0,00-2,45	0,00-0,77
32	3,7-διμεθυλ-1,3,6-οκτατριένιο (E)	0,90-9,06	0,00-1,47	0,00-0,52	0,00-2,21	0,11-0,40
33	1-οκτανόλη	0,00-0,10	0,00-0,08	0,00-0,12	0,00-0,13	0,00-0,13
34	εννεανάλη	0,49-0,99	0,25-0,88	0,15-0,38	0,18-0,96	0,21-0,93
35	4,8-διμεθυλ-1,3,7-εννεατριένιο (E)	1,02-2,43	0,11-1,73	0,00-0,52	0,09-0,56	0,00-0,10
36	1-εννεανόλη	0,00-0,20	0,00-0,24	0,00-0,12	0,00-0,22	0,00-0,20
37	2-δαδεκένιο (E)	3,05-6,80	0,70-5,70	0,00-1,87	0,00-5,44	0,00-0,26
38	εννεανικό οξύ	0,00-0,25	0,00	0,00	0,00-0,12	0,00-0,62
39	α-κοπαένιο	0,00-0,08	0,00-0,18	0,00-0,08	0,00	0,00-0,40
40	α-φαρνεσένιο (E)	0,12-1,44	0,00-0,21	0,06-0,22	0,00-0,83	0,00

**Πίνακας 9.1:** Οι πτητικές ενώσεις που προσδιορίστηκαν στα δείγματα ελαιόλαδου και το εύρος των τιμών τους (εκφρασμένες ως mg 4-μεθυλ-2-πεντανόλη/kg ελαιόλαδου).

Όπως παρατηρείται από τον Πίνακα 9.1 τα κυριότερα πτητικά συστατικά, τα οποία προέρχονται από το λινελαϊκό και λινολενικό οξύ, μέσω του βιοσυνθετικού μονοπατιού της λιποξυγενάσης, είναι ενώσεις με C6 [εξανάλη, 1-εξανόλη, οξικός εξυλεστέρας από το λινελαϊκό οξύ και (Z)-3-εξανάλη, (E)-2-εξανάλη, (E)-2-εξεν-1-όλη, (Z)-3-εξεν-1-όλη, οξικός (Z)-3-εξενυλεστέρας από το λινολενικό οξύ] και C5 (1-πεντεν-3-όλη, 1-πεντεν-3-όνη, 3-πεντανόνη, πεντανάλη, (E)- 2-πεντενάλη και (Z)-2-πεντεν-1-όλη), ενώσεις που είναι υπεύθυνες για τα θετικά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά (Hatanaka, 1993; Olias et al., 1993).

Η (E)-2-εξενάλη ήταν η πιο άφθονη ένωση του πτητικού κλάσματος και η συγκέντρωσή της κυμαινόταν από 13,59-39,15 mg/kg. Το άρωμα της (E)-2-εξενάλης μοιάζει με αυτό του «φρεσκοκομμένου γρασιδιού», «πράσινων φύλλων», «πράσινου μήλου» και «πικραμύγδαλου» (Aparicio et al., 2002; Luna et al., 2006; Morales et al., 2005; Reiners et al., 1998). Η εξανάλη και η (Z)-3-εξενάλη σε συγκεντρώσεις από 0 ως 3,50 mg/kg. Αξιοσημείωτο, είναι ότι αν και η (Z)-3-εξενάλη εμφανίζεται σε μικρότερες συγκεντρώσεις από την (E)-2-εξενάλη, προσφέρει σε μεγάλο βαθμό στο «πράσινο άρωμα» λόγω του χαμηλού κατωφλιού οσμής (Aparicio et al., 2002; Luna et al., 2006; Morales et al., 2005; Reiners et al., 1998).

Η (Z)-3-εξενάλη βρέθηκε σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις στα δείγματα της Κορωνέικης ποικιλίας (μέχρι 1,61 mg/kg), ενώ ακολουθούσαν τα δείγματα της Λιανολιάς, της Ντόπιας Ζακύνθου και της Θιακής (μέχρι 0,90 mg/kg). Στα δείγματα της Ασπρολιάς η (Z)-3-εξενάλη βρέθηκε σε συγκεντρώσεις μικρότερες των 0,20 mg/kg.

Οι συνολικές συγκεντρώσεις των εξαν-1-όλη, (E)-2-εξεν-1-όλη και (Z)-3-εξεν-1-όλη συγκέντρωσαν τιμές από 0 ως 3,45 mg/kg. Αυτές οι ενώσεις στη βιβλιογραφία έχουν συσχετιστεί με τα αρώματα «ώριμο φρουτώδες», «πικρό» και «απαλό πράσινο», ενώ η συνεισφορά τους στο αρωματικό προφίλ είναι μικρότερη σε σχέση με αυτή των αλδευδών λόγω του υψηλότερου κατωφλιού οσμής (Aparicio et al., 2002).

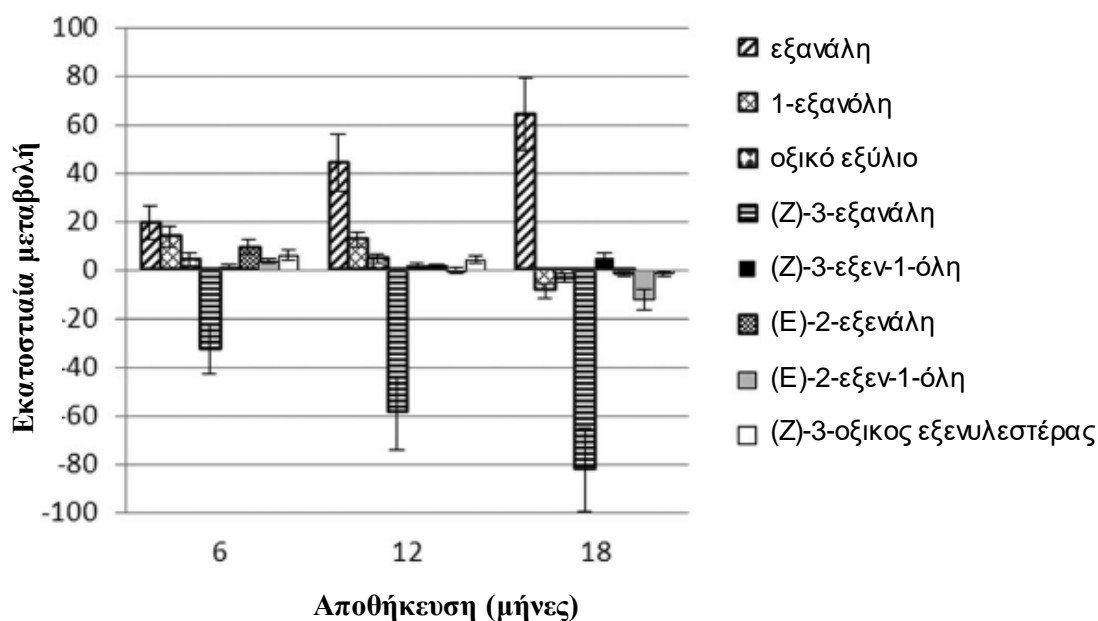
Ο οξικός (Z)-3-εξενυλεστέρας και ο οξικός εξυλεστέρας, είναι υπεύθυνοι για το άρωμα του «φρουτώδους», «πράσινης μπανάνας», «πράσινων φύλλων», «λουλουδιών» και γενικά για τα πιο γλυκά αρώματα, βρέθηκαν σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις στα ελαιόλαδα από τις ποικιλίες Κορωνέικη, Ασπρολιά και Θιακή (ως 7,04 mg/kg) ενώ στα ελαιόλαδα Λιανολιάς και Ντόπιας Ζακύνθου δεν πέρασαν τα 1,80 mg/kg.

Οι πτητικές ενώσεις με C5 όπως είναι η 1-πεντεν-3-όλη, η 1-πεντεν-3-όνη, η 3-πεντανόνη, η πεντανάλη, η (E)-2-πεντενάλη και η (Z)-2-πεντεν-1-όλη, οι οποίες προέρχονται από το λινελαϊκό και το λινολενικό οξύ μέσω του βιοσυνθετικού μονοπατιού της λιποξυγενάσης, βρέθηκαν κυρίως στα ελαιόλαδα της Κορωνέικης και της Ντόπιας Ζακύνθου, σε συγκεντρώσεις που συνολικά δεν ξεπερνούσαν τα 3,50 mg/kg. Αυτές οι ενώσεις ευθύνονται για θετικές οργανοληπτικές ιδιότητες που θυμίζουν «πράσινο», «γλυκό», «φράουλες» κ.α. (Aparicio et al., 2002).

Επίσης ανιχνεύθηκαν και κάποιοι υδρογονάνθρακες, ωστόσο ο ρόλος αυτών των ενώσεων στο άρωμα του ελαιόλαδου δεν είναι πλήρως διευκρινισμένος. Μεταξύ αυτών των ενώσεων εντοπίζονται τερπενικοί υδρογονάνθρακες, όπως το α-κοπαένιο, το λεμονένιο, το trans-β-οκιμένιο και το φαρνεσένιο, οι οποίες δίνουν το άρωμα «ευκαλύπτου», «λεμονιού», «χόρτου», «κίτρου», «βοτάνων», «ξύλου» κ.α (Temime et al., 2006).

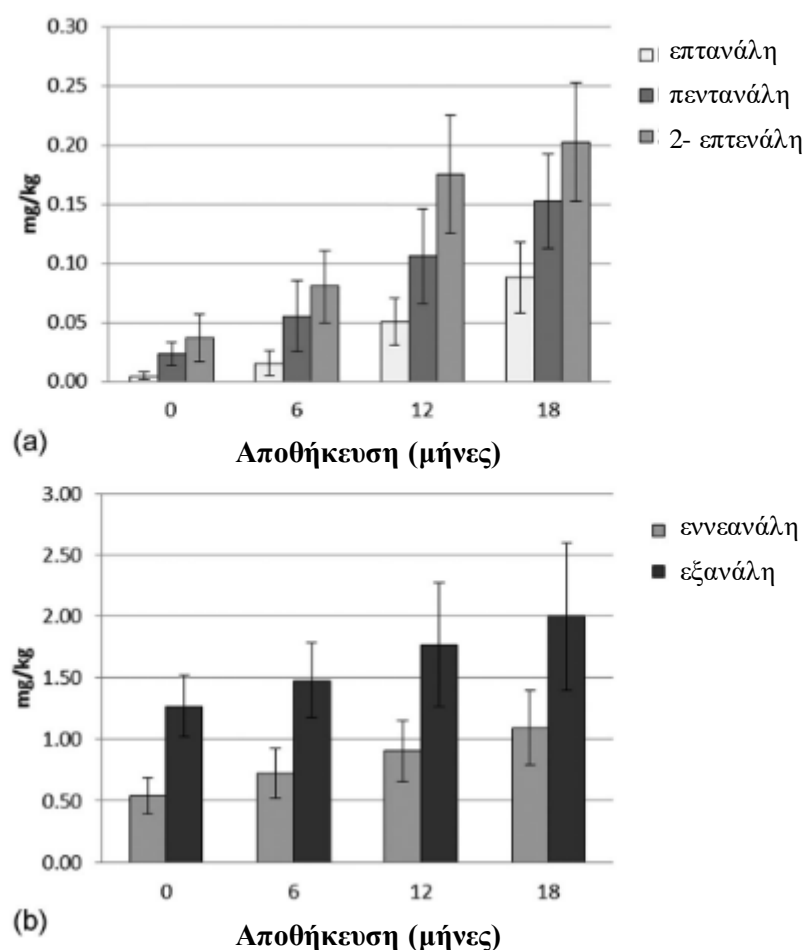
Τέλος, στα φρέσκα δείγματα οι ενώσεις που είναι υπεύθυνες για τα αρνητικά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, όπως η εννεανάλη, η επτανάλη, η (E)-2-επτενάλη, η οκτανάλη, η 3-μεθυλ-2-βουτανόλη καθώς και κάποια καρβοξυλικά οξέα βρέθηκαν σε ιδιαίτερα μικρές συγκεντρώσεις δεδομένου ότι τα επιλεγθέντα δείγματα ήταν υψηλής ποιότητας.

Για τις αλλαγές που πραγματοποιήθηκαν στη σύσταση των πτητικών ενώσεων στους 18 μήνες αποθήκευσης εξετάστηκαν οι μεταβολές που πραγματοποιήθηκαν στις ενώσεις με C6 προερχόμενες από το βιοσυνθετικό μονοπάτι της λιποξυγενάσης, καθώς και τις μεταβολές στα δευτερογενή προϊόντα οξείδωσης. Όσον αφορά, για τις ενώσεις C6 οι μεταβολές που πραγματοποιήθηκαν δεν ήταν στατιστικά σημαντικές (p.0,05) για τις περισσότερες ενώσεις. Συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε μείωση στην (Z)-3-εξανάλη (μείωσης έως 100% στους 18 μήνες σε πολλά δείγματα) και την εξανάλη (αύξηση έως 80% στους 18 μήνες) (Σχήμα 8.1).



**Σχήμα 9.1:** Εκατοστιαίες μεταβολές των επιμέρους προϊόντων της οδού της λιποξυγενάσης με 6 άτομα άνθρακα κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης.

Για τις μεταβολές στα δευτερογενή προϊόντα οξείδωσης που είναι υπεύθυνες για το οργανοληπτικό ελάττωμα του ταγγού, στα φρέσκα δείγματα οι συγκεντρώσεις της εξανάλης και της εννεανάλης είχαν συγκεντρώσεις μεταξύ 0,36-2,05 και 0,15-1,23 mg/kg αντίστοιχα, ενώ η πεντανάλη, η επτανάλη και η (E)-2-επτενάλη βρέθηκαν σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις (0,00-0,16 mg/kg). Μεταξύ των προϊόντων οξείδωσης η επτανάλη, η (E)-2-επτενάλη και η πεντανάλη παρουσίασαν τη μεγαλύτερη τάση για αύξηση (Σχήμα 8.2α) ενώ ακολουθούν η εξανάλη και η εννεανάλη (σχήμα 9.2β). Υπενθυμίζεται, ότι η εξανάλη και η εννεανάλη υπάρχουν και στα φρέσκα ελαιόλαδα ενώ η επτανάλη, η (E)-2-επτενάλη και η πεντανάλη σχηματίζονται κυρίως κατά την αποθήκευση, οι τελευταίες μπορούν να θεωρηθούν δείκτες οξείδωσης. Επιπλέον, η επτανάλη, η (E)-2-επτενάλη και η πεντανάλη χαρακτηρίζονται από μικρό κατώφλι οσμής με συνέπεια η συνεισφορά τους στα αρνητικά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά να είναι σημαντική.



**Σχήμα 9.2:** Μεταβολή των αλδευδών που είναι υπεύθυνες για τα αρνητικά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά που αναπτύσσονται στα αποθηκευμένα ελαιόλαδα με βάση την τάξη μεγέθους (α) < 0,30 mg/kg και (β) 0,50-3,00 mg/kg.

Σε μια άλλη μελέτη από τους Cairo et al (2021), αντικείμενο μελέτης υπήρξε δείγμα εξαιρετικού παρθένου ελαιόλαδου από την Ισπανική ποικιλία Arbequina. Τα δείγματα του ελαιόλαδου αποθηκεύτηκαν σε πέντε συνθήκες αποθήκευσης έως και 12 μήνες, όπως:

- Περίπτωση 1 (C1):-  $23 \pm 2$  °C στο σκοτάδι
- Περίπτωση 2 (C2): θερμοκρασία δωματίου  $23 \pm 2$  °C με φως
- Περίπτωση 3 (C3): θερμοκρασία δωματίου  $23 \pm 2$  °C στο σκοτάδι
- Περίπτωση 4 (C4): :  $30 \pm 2$  °C στο σκοτάδι
- Περίπτωση 5 (C5):  $40 \pm 2$  °C στο σκοτάδι

Στη συγκεκριμένη μελέτη για τον προσδιορισμό των πτητικών ενώσεων χρησιμοποιήθηκε η τεχνική μικροεκχύλισης στερεάς φάσης (SPME) σε συνδυασμό με αέρια χρωματογραφία – φασματομετρία μάζας (GC–MS).

Στον Πίνακα 9.2 παρουσιάζεται η συγκέντρωση των πτητικών ενώσεων του EVOO της ποικιλίας Arbequina, όταν ήταν φρέσκο καθώς και μετά 12 μήνες αποθήκευσης για τις πέντε συνθήκες αποθήκευσης, καθώς και το κατώφλι της ανίχνευσης μιας οσμής.

Χημικές Ενώσεις	Fresh EVOO (Month 0)	C1	C2	C3	C4	C5	Αίσθηση Όσφρησης
Αιθανόλη	14,74	15,81	14,37	15,68	13,2	10,46	Μήλο, Γλυκό
Προπανοϊκός αιθυλεστέρας	0,1	0,1	0,09	0,01	0,09	0,08	Φράουλα, Μήλο, Φρουτάδες
4-μεθυλ-πενταν-2-ονη	0,13	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	Φράουλα, Φρουτάδες, Γλυκό
Αιθανοϊκός βουτυλεστέρας	0,05	0,04	0,04	0,04	0,05	0,04	Φρουτάδες, Πικάντικο, Γλυκό
Εξανάλη	6,26	6,52	6,97	7,08	7,66	8,6	Πράσινο μήλο, Γρασιάκι
2-μεθυλ-βουταν-1-όλη	0,12	0,12	0,11	0,12	0,11	0,09	Κρασαάδες-ξυδάτο
3-μεθυλ-βουταν-1-όλη	0,27	0,29	0,27	0,28	0,26	0,21	Άγριο-ξύλο, Γλυκό
(E)-2-εξανάλη	15,28	18,7	18,34	19,36	18,94	18,26	Πικρά αμύγδαλα
Εξαν-1-όλη	5,76	5,85	5,89	5,55	5,5	5	Φρουτάδες, Αρωματικό
(E)-2-εννεανάλη	0,12	0,21	1,93	0,48	2,03	4,58	Λατάρ, Ταγγό
(E)-2-εξαν-1-όλη	7,51	7,85	7,76	7,88	7,79	7,49	Γρασιάκι, Φρουτάδες, Πικρο
Οξικό οξύ	6,15	6,58	7,24	7,27	7,56	8,04	Εισό, Κρασαάδες
Προπανοϊκό οξύ	0,21	0,2	0,26	0,38	0,47	0,56	Πικάντικο, Εισό, Μούχλα
1-οκτανόλη	0,18	0,14	0,15	0,13	0,17	0,18	-
Βουτανοϊκό οξύ	0,33	0,17	0,16	0,15	0,18	0,2	Ταγγό
Σύνολο	57,23	62,74	63,74	64,64	64,17	63,94	

**Πίνακας 9.2:** Περιεκτικότητα σε πτητικές ενώσεις μετά από 12 μήνες αποθήκευσης υπό διαφορετικές συνθήκες.

Οι κύριες ενώσεις του φρέσκου ελαιόλαδου ήταν αλδεΐδες, αλκοόλες και εστέρες, πτητικές ενώσεις που παράγονται από το μονοπάτι της λιποξυγενάσης, που αποτελούν κύριο χαρακτηριστικό του φρέσκου εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου. Η (E)-2-

εξενόλη, η εξανάλη, η 1-εξενόλη και η (E)-2-εξενόλη ήταν από τις πιο άφθονες ενώσεις. Μετά την αποθήκευση του EVOO υπό διαφορετικές συνθήκες, μια αύξηση σε πτητικές ενώσεις όπως εξανάλη και (E)-2-εξενάλη παρατηρήθηκε. Επιπλέον, εκεί υπήρξαν σημαντικές αυξήσεις σε ενώσεις που παράγονται από την αυτοοξειδωση του EVOO, όπως πχ το προπιονικό και οξικό οξύ και (E)-2-εννεανάλη, όπου η θερμοκρασία είναι ο παράγοντας για τον σχηματισμό αυτών των ενώσεων ( Frankel 1985).

Η μεγαλύτερη αύξηση στο προπιονικό οξύ από 0,21 σε 0,56 mg/kg παρατηρήθηκε κατά την υψηλότερη θερμοκρασία αποθήκευσης (C5). Η παρουσία οξέων στο ελαιόλαδο έχει συνδεθεί με την οξείδωση των ενώσεων αλδεϋδης που σχηματίζονταν προηγουμένως από την αυτοοξειδωση των ακόρεστων λιπαρών οξέων. Έτσι, η αύξηση του προπιονικού οξέος μπορεί να είναι αποτέλεσμα αυτοοξειδωσης του λινολενικού οξέος, μέσω του σχηματισμού του 16-υδροϋπεροξειδίου, για να δώσει προπανάλη, η οποία με την οξείδωση θα σχηματίσει προπιονικό οξύ. Σύμφωνα με δεδομένα της βιβλιογραφίας, το προπιονικό οξύ προσδίδει ελαττωματικές αισθητηριακές νότες στο VOO, όπως ξινό και μουχλιασμένο (Morales et al., 2014).

Η (E)-2-εννεανάλη αυξήθηκε σχεδόν σε όλες τις συνθήκες αποθήκευσης, με τη θερμοκρασία να είναι ο πιο σημαντικός παράγοντας για το σχηματισμό του, αυξανόμενος στην κατάσταση (C5) από 0,12 mg/kg σε 4,58 mg/kg μετά από 12 μήνες αποθήκευσης. Το φως ήταν ένας άλλος παράγοντας που συνέβαλε στο σχηματισμό του (E)-2-εννεανάλη, καθώς η θερμοκρασία δωματίου με φως (C2) έφτασε τα 1,93 mg/kg και η θερμοκρασία δωματίου χωρίς φως (C3) έφτασε μόλις τα 0,47 mg/kg μετά από 12 μήνες αποθήκευσης. Η αποθήκευση σε θερμοκρασία δωματίου με φως ήταν επίσης παρόμοια με την αποθήκευση στους 30 °C στο σκοτάδι (C4) (Choe et al.2006).

Γενικά, τα αυξημένα επίπεδα των πτητικών ενώσεων κατά την αποθήκευση θα μπορούσαν να είναι αποτέλεσμα της αποσύνθεσης των υδροϋπεροξειδίων που σχηματίζονται κατά την αυτοοξειδωση και φωτοοξειδωση των ελαιόλαδων που υπόκεινται σε συνθήκες αυξημένης θερμοκρασίας και παρουσίας φωτός, αντίστοιχα.

Η εξανάλη, αυξήθηκε προοδευτικά σε όλες τις συνθήκες αποθήκευσης μεταξύ 4 και 44%, φθάνοντας στα υψηλότερα επίπεδα μετά από 5 μήνες αποθήκευσης κατά τη συνθήκη C5, φτάνοντας σε μια τιμή 9,17 mg/kg. Αυτή η πτητική ένωση έχει δύο μονοπάτια σχηματισμού, μία μέσω του βιοσυνθετικού μονοπατιού της λιποξυγενάσης κατά την επεξεργασία του ελαίου και το άλλο μέσω της αυτοοξειδωσης. Επομένως, η περιεκτικότητα σε εξανάλη στην αρχική τιμή (φρέσκο EVOO) προέρχεται από την



άλωση της ελιάς και τη διαδικασία μαλάξης της πάστας ελιάς, ενώ η αύξηση της εξανάλης κατά την αποθήκευση οφείλεται στην αυτοοξειδωση των λιπιδίων. Η εξανάλη συμβάλλει στην αντίληψη μιας γλυκοπράσινης αισθητηριακής νότας στο EVOO όταν η συγκέντρωσή της ξεπερνά τα 0,075 mg/kg, αλλά συμβάλλει επίσης στην ταγγή αντίληψη όταν υπάρχει υψηλότερη συγκέντρωση ( Aidos et al. 2002).

Σύμφωνα με τους Youssef et al. η (E)-2-εξανάλη ήταν η πιο άφθονη πτητική ένωση στο φρέσκο EVOO με συγκέντρωση 15,3 mg/kg . Η (E)-2-εξανάλη αυξήθηκε σταδιακά σε όλες τις συνθήκες αποθήκευσης μέχρι τον 7ο μήνα, με επιταχυνόμενη άνοδο μέχρι το τέλος του 12μηνου, φτάνοντας την τιμή του 19,36 mg/kg όταν φυλάσσεται σε θερμοκρασία δωματίου στο σκοτάδι (C3). Η (E)-2-εξανάλη, σχηματίζεται από το μονοπάτι της λιποξυγενάσης, από το 13-υδροϋπεροξυλινολενικό οξύ και ευθύνεται για οργανοληπτικές ιδιότητες του πικραμύγδαλου . Στη διάρκεια αποθήκευσης, αυτή η ένωση θα μπορούσε επίσης να σχηματιστεί με αυτοοξείδωση. Οι Lobo-Prieto et al.(2020) παρατήρησαν μείωση της (E)-2-εξανάλης σε VOO που εκτέθηκαν στο φως.

Η αιθανόλη παρουσίασε υψηλές συγκεντρώσεις (14,7 mg/kg), αν και αυτό ήταν χαμηλότερο από το όριο οσμής των 30 mg/kg. Τα επίπεδα αιθανόλης μειώθηκαν σε όλη τη διάρκεια των συνθηκών αποθήκευσης, ιδιαίτερα σε συνθήκες υψηλότερης θερμοκρασίας, Περίπτωση(C5) του Πίνακα 9.2 φθάνοντας σε τιμή 10,46 mg/kg. Υψηλά επίπεδα αιθανόλης και ελεύθερης οξύτητας στο ελαιόλαδο έχει συσχετιστεί με το σχηματισμό αιθυλεστέρα, γεγονός που θα μπορούσε να εξηγήσει τη μείωση της αιθανόλης με την πάροδο του χρόνου. Στην περίπτωση του VOO, η ενζυμική οξείδωση μέσω της λιποξυγενάσης είναι η κύρια οδός για επιθυμητές πράσινες και φρουτώδεις γεύσεις, ενώ η χημική οξείδωση είναι η κύριος συντελεστής στην αλλοίωση του VOO.

Ο Sanmartin et al. (2018) μελέτησε την επίδραση της θερμοκρασίας της συσκευασίας και της αποθήκευσης σε ένα εξαιρετικά παρθένο ελαιόλαδο. Τα υλικά συσκευασίας ήταν από λευκοσίδηρο και πράσινα γυάλινα μπουκάλια στους 6 και 26°C. Η αποθήκευση διήρκεσε για 125 μέρες. Στον Πίνακα 9.3 παρουσιάζονται τα ποσοστά των πτητικών ενώσεων του ελαιόλαδου.

Χημικές Ενώσεις	t0	GG 6	GG 26	TT 6	TT 26
(E)-2-πεντεν-1-όλη	1.00	1.10	0.90	1.00	0.90
Εξανάλη	2.2	2.30	2.80	2,1	2.30
(E)-2-εξανάλη	40.30	41.70	40.00	38.70	36.80
1-εξανόλη	13.40	13.40	12.20	11.60	12.40
(Z)-2-οξικός πεντενυλεστέρας	-	-	0.50	-	0.70
3-αθυλ-1,5-οκταδιένο	1.30	1.30	1.30	1.20	1.20
6-μεθυλ-5-επτεν-2-ονη	0.80	-	0.50	2.70	2.20
3,7-δεκαδιένο	4.20	4.00	4.20	3.80	3.70
(Z)-3-οξικός εξυλεστέρας	13.70	13.30	12.80	12.70	12.70
1-οξικός εξυλεστέρας	3.90	3.50	3.70	3.20	3.30
(E)-2-οξικός εξυλεστέρας	0.50	0.70	0.70	0.70	0.80
Λιμονένιο	-	-	0.40	1.20	0.30
(E)-β-οικιμένιο	3.70	3.60	3.40	3.80	2.60
Εννεανάλη	1.30	1.20	1.70	1.40	1.60
4,8-διμεθυλ-1,3,7-εννεατριένο	0.80	0.90	0.80	0.90	0.80
π-δω δεκάνιο	-	-	-	-	0.70
(E)-2-δω δεκάνιο	5.60	5.60	6.00	6.40	6.90
α-κοπαένιο	1.00	0.90	1.30	1.10	1.40
(E,E)-α-fame σεπε	4.20	3.70	4.00	5.00	4.30
C6 Αλδεΐδες	42.5	44.0	42.8	40.8	39.1
C6 Αλκοόλες	13.40	13.40	12.20	11.60	12.40
C6 Εστέρες	18.10	17.50	17.20	16.60	16.80
Άλλα οξυγονωμένα παράγωγα	3.10	2.30	3.60	5.10	6.80
Άλλα παραγ. Υδρογονανθράκων	13.90	14.50	15.00	14.70	16.10
Μονοτερπένια	3.70	3.60	3.80	5.00	2.90
Σεσατερπένια	5.20	4.60	5.30	6.10	5.70
<b>Σύνολο</b>	<b>99.90</b>	<b>99.90</b>	<b>99.90</b>	<b>99.90</b>	<b>99.90</b>

**Πίνακας 9.3:** Ποσοστό πτητικών ενώσεων EVOO τη στιγμή της συσκευασίας (t0) και των δειγμάτων EVOO που αποθηκεύτηκαν σε πράσινο γυαλί (GG) ή λευκοσίδηρο (TT) στους 6 και 26 °C για 125 ημέρες μετά συσκευασία.

Τα αποτελέσματα που λήφθηκαν από αυτή τη μελέτη είναι ότι η (E)-2-εξανάλη ήταν το κύριο συστατικό σε όλα τα δείγματα ελαίου που αντιπροσωπεύει περίπου το 40% των συνολικών πτητικών ενώσεων. Άλλες ενώσεις που υπήρχαν σε σχετικά υψηλές συγκεντρώσεις ήταν η 1-εξανόλη και ο οξικός (Z)-3-εξυλεστέρας που αντιπροσωπεύουν περίπου το 13%, ενώ το 3,7-δεκαδιένο, ο οξικός 1-εξυλεστέρας και το (E)-β-οικιμένιο έδειξαν τιμές υψηλότερες από 3%. Αυτά τα αποτελέσματα συμφωνούν ουσιαστικά με αυτά που αναφέρθηκαν από τους Ouni et al. (2011), αν και οι ποιοτικές και ποσοτικές διαφορές στη σύνθεση εξαρτώνται από τα επίπεδα και τη δραστηριότητα των ενζύμων που εμπλέκονται στη σύνθεση πτητικών ενώσεων.

Τα παρθένα ελαιόλαδα διατήρησαν μια σχεδόν παρόμοια σύνθεση στις πτητικές ενώσεις σε όλες τις συνθήκες αποθήκευσης. Συγκεκριμένα, τα δείγματα t0, GG6 και GG26 (πράσινο γυαλί στους 26 °C) παρουσιάζουν μεγάλες ομοιότητες μεταξύ τους, επιβεβαιώνοντας ότι το γυαλί επιτρέπει την καλύτερη διατήρηση των χαρακτηριστικών του λαδιού. Επιπλέον, και στις δύο ομάδες το λάδι που αποθηκεύεται

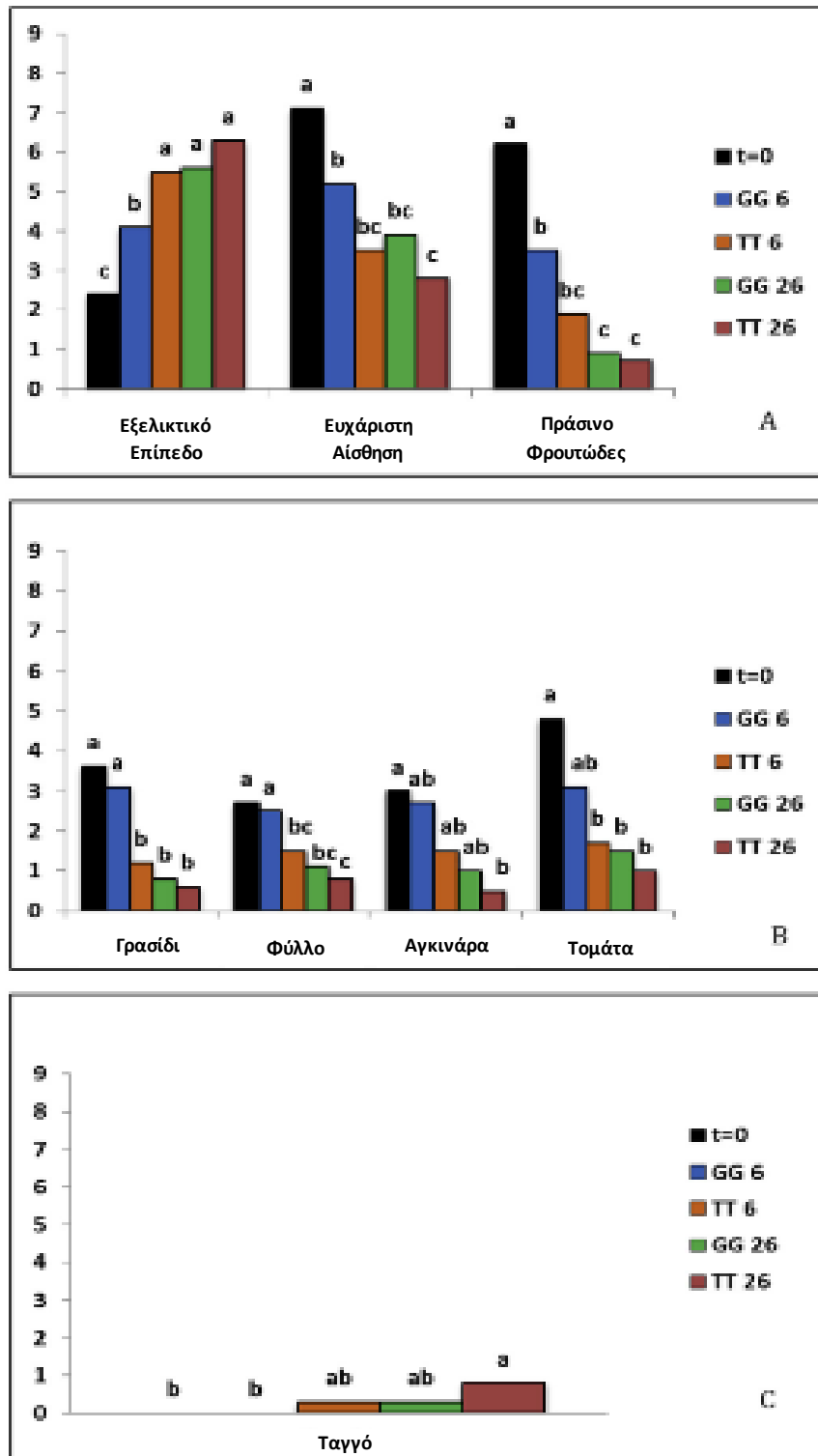
σε υψηλότερη θερμοκρασία δείχνει τη μεγαλύτερη διαφορά από το  $t_0$  μέρες, υποδηλώνοντας ότι η πτητική σύνθεση του λαδιού ποικίλλει περισσότερο, όταν αυξάνεται η θερμοκρασία αποθήκευσης.

Μεταξύ των πτητικών  $C_6$  (Angerosa et al., 1999) που είναι υπεύθυνα για τις πράσινες ιδιότητες, η (E)-2-εξανάλη ήταν η μόνη που έδειξε μείωση (-12%) στο TT26 σε σύγκριση με το GG6 (Πίνακας 9.3). Σε προηγούμενη μελέτη (Angerosa et al., 1999) παρατηρήθηκε μείωση της συγκέντρωσης των ενώσεων από το μονοπάτι LOX, ανάλογα με το χρόνο αποθήκευσης των καρπών, ακόμη και αν πραγματοποιήθηκε σε ιδανικές συνθήκες (χαμηλή θερμοκρασία), που είναι πιο εμφανής για μεγαλύτερους χρόνους αποθήκευσης (Oueslati et al., 2018).

Η αλειφατική κετόνη 6-μεθυλ-5-επτεν-2-όνη αυξήθηκε κατά την αποθήκευση σε TT (6 και 26 °C), παρουσιάζοντας αυξήσεις κατά 3,3 και 4,5 φορές στους 6 και 26 °C, αντίστοιχα (Πίνακας 9.3).

Επίσης, οι Sanmartin et al. (2018) εξέτασαν τις αισθητήριες παραμέτρους στα δείγματα ελαιόλαδου που αποθηκεύτηκαν σε πράσινο γυαλί (GG) ή σε λευκοσίδηρο (TT) στους 6 και 26 °C για 125 ημέρες μετά τη συσκευασία σε σύγκριση με το EVOO τη στιγμή της συσκευασίας. Αυτό που προκύπτει από το πείραμα είναι ότι σε όλα τα δείγματα λαδιού, η συνολική ευχαρίστηση και το πράσινο φρουτώδες μειώθηκαν στο τέλος της περιόδου αποθήκευσης σε σύγκριση με το  $t_0$  (Σχήμα 9.3). Παρά το γεγονός ότι τα δείγματα που αποθηκεύτηκαν στους 26 °C ήταν τα πιο επηρεασμένα, το λάδι που αποθηκεύτηκε σε GG στους 6 °C παρουσίασε διπλάσια αύξηση στην εξελικτική κατάσταση και μειώσεις στην πλήρη ευχαρίστηση και την αντίληψη του πράσινου φρούτου κατά 27 και 43%, αντίστοιχα, σε σύγκριση με  $t_0$  (Σχήμα 9.3). Αυτό δείχνει ότι ακόμη και η αποθήκευση σε χαμηλή θερμοκρασία δεν μπορεί να αποφύγει την απώλεια θετικών αισθητηριακών ιδιοτήτων που είναι χαρακτηριστικές του EVOO (Bertuccioli et al., 2014). Ωστόσο, το GG6 ήταν το μόνο δείγμα που διατήρησε την οσφρητική αίσθηση του χόρτου, των φύλλων, της αγκινάρας και της ντομάτας σε τιμές κοντά σε αυτές που παρατηρήθηκαν στο  $t_0$  (Σχήμα. 9.3B). Γενικά, το TT26 ήταν το δείγμα που επηρεάστηκε περισσότερο από τις συνθήκες αποθήκευσης και η ταυτόχρονη μείωση της (E)-2-εξανάλης θα μπορούσε, εν μέρει, να εξηγήσει τη μείωση της αντίληψης των πράσινων χαρακτηριστικών (Πίνακας 9.3, Σχήμα 9.3). Στην πραγματικότητα, οι πτητικές ενώσεις που είναι υπεύθυνες για τις πράσινες ιδιότητες των παρθένων ελαιολάδων παράγονται μέσω της ενζυμικής οξείδωσης του λινολεϊκού και του λινολενικού οξέος (Angerosa et al., 1999). Το TT26 έδειξε επίσης την

υψηλότερη παρουσία τάγγου αρώματος (Σχήμα. 9.3C) υποδεικνύοντας ότι, υπό αυτές τις συνθήκες αποθήκευσης, διεργασίες οξείδωσης έλαβαν χώρα στο συγκεκριμένο δείγμα Έτσι, η θερμοκρασία αντιπροσωπεύει ένα κρίσιμο χαρακτηριστικό για τις οξειδωτικές αλλαγές που λαμβάνουν χώρα στο EVOO, με την οξείδωση να είναι η κύρια υπεύθυνη για την ποιοτική υποβάθμιση του ελαιόλαδου, καθώς οδηγεί στην ανάπτυξη δυσάρεστων γεύσεων και ως εκ τούτου στην οξειδωτική τάγγιση. Το GG6 ήταν το μόνο δείγμα που δεν παρουσίαζε ελαττώματα, ενώ το TT6 και GG26 παρουσίαζαν ίδια ένταση, ενώ το TT26 την μεγαλύτερη ένταση.



**Σχήμα 9.3:** Αλλαγές στις αισθητήριες παραμέτρους σε δείγματα EVOO που αποθηκεύτηκαν σε πρασινωπό γυαλί (GG) ή σε λευκοσίδηρο (TT) στους 6 και 26 °C για 125 ημέρες) μετά τη συσκευασία σε σύγκριση με το EVOO τη στιγμή της συσκευασίας (t0). Α, συνολικοί περιγραφικοί δείκτες Β, παράμετροι οσμής. Γ, ελαττώματα.

## 10. Συμπεράσματα

Το ελαιόλαδο θεωρείται, παραδοσιακό, μεσογειακό προϊόν, του οποίου η ποιότητα είναι άμεσα συνδεδεμένη με τον τρόπο καλλιέργειας, τον τρόπο και χρόνο συγκομιδής, τον τρόπο ελαιοποίησης και τον τρόπο αποθήκευσης του. Όλα αυτά τα χαρακτηριστικά το καθιστούν πολύτιμο έλαιο, συγκριτικά με άλλα φυτικά έλαια. Η σύσταση του ελαιόλαδου 98% περίπου από λιπαρές ύλες, όμως το 2% περίπου διαδραματίζει σημαντικό ρόλο τόσο στο ίδιο προϊόν, όσο για την διατήρηση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών του (γευστικών και οσφραντικών ιδιοτήτων). Σε αυτό το ποσοστό ανήκουν οι πτητικές ενώσεις οι οποίες προσδίδουν ευχάριστες ή δυσάρεστες οσμές. Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την παρούσα εργασία είναι ότι, ελαιόλαδα υψηλής ποιότητας (παρθένο ελαιόλαδο) είναι πλούσια σε ενώσεις C<sub>5</sub> και C<sub>6</sub>. Όταν κυριαρχεί το μονοπάτι της λιποξυγενάσης το άρωμα του ελαιόλαδου δεν είναι ελαττωματικό. Τα πτητικά συστατικά διαφέρουν ανά ποικιλία ελιάς, καθώς και στα διάφορα στάδια ωρίμανσης (άγουρος, ώριμος καρπός) παρατηρείται διαφορετική ποσότητα των πτητικών συστατικών. Ως προς την θερμοκρασία μάλαξης, ιδανική θερμοκρασία είναι να μην ξεπερνά τους 27°C, διότι έχει ως αποτέλεσμα την καταστροφή των πτητικών συστατικών. Ιδανικός χρόνος μάλαξης θεωρούνται ικανοποιητικά τα 20-30 λεπτά μάλαξης. Η χρήση N<sub>2</sub> κατά τη διάρκεια της μάλαξης συμβάλλει στη μείωση της οξειδωτικής αποδόμησης των συστατικών. Κατά την αποθήκευση του ελαιόλαδου, ενώσεις όπως η επτανάλη, πεντανάλη, (E)-2-επτανάλη, εννεανάλη και εξανάλη που είναι υπεύθυνες για το ταγγό παρουσίασαν αύξηση στους 18 μήνες. Τα δείγματα ελαιόλαδου σε συσκευασία γυαλιού στους 6 και 26 °C διατήρησαν την συγκέντρωση των πτητικών συστατικών σε σχέση με τα αντίστοιχα δείγματα ελαιόλαδου σε λευκοσίδηρο στους 6 και 26 °C που αποθηκεύτηκαν για 125 μέρες.

## Βιβλιογραφία

- Αλυγιζάκης, Μ. (1982). Επεξεργασία και κονσερβοποίηση της επιτραπέζιας ελιάς. Αθήνα: Εκδόσεις Ν. Μαυρομάτης & ΣΙΑ ΕΠΕ.
- Διαμαντίδης, Γ. (1994). Εισαγωγή στη Βιοχημεία- 2<sup>η</sup> Έκδοση. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις UNIVERSITY STUDIO PRESS.
- ΕΦΕΤ., (2015). Κανόνες Εμπορίας & Επισημάνσης Ελαιόλαδου. Αθήνα.
- Κυριτσάκης, Α. (2007). Ελαιόλαδο συμβατικό και βιολογικό βρώσιμη ελιά-πάστα ελιάς. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Copy city digital.
- Κυριτσάκης, Α. (2007). Τεχνολογία και Έλεγχος Ποιότητας Ελαιόλαδου και Λιπαρών Υλών. Θεσσαλονίκη. Εκδόσεις Copy city digital.
- Κυριτσάκης, Α. (1993). ΕΛΙΑ ΚΑΙ ΛΑΔΙ. Καλαμάτα: ΕΤΒΑ.
- Μπαλατσούρας, Γ. (1997). Τόμος Δεύτερος Το Ελαιόλαδο. Αθήνα: Εκδόσεις ΣΕΒΙΤΕΛ.
- Σπηλιόπουλος, Ι. (2008). Βασική Οργανική Χημεία. Αθήνα: Εκδόσεις Σταμούλη.
- Σπηλιόπουλος, Ι., (2010). Βασική Οργανική Χημεία. Αθήνα: Εκδόσεις Σταμούλη.
- Μάταλα, Α., Γιαννακούλια, Μ. (2007), Εισαγωγή στη Διατροφή του Ανθρώπου. Αθήνα: Εκδόσεις Παρισιάνου
- Aidos, I., Lourenclo, S., Padt, A. Luten, J., Boom, R., (2002), Stability of crude herring oil produced from fresh byproducts: Influence of temperature during storage. *J. Food Sci.* 2002, 67, pp. 3314–3320.
- Angerosa, F., Basti, C., Vito, R., (1999), Virgin Olive Oil Volatile Compounds from Lipoxygenase Pathway and Characterization of Some Italian Cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47, 836-839. <http://dx.doi.org/10.1021/jf980911g>
- Angerosa, F., Mostallino, R., Basti, C., Vito, R., (2001), Influence of malaxation temperature and time on the quality of virgin olive oils. *Food Chemistry* Vol. 72, pp. 19-28. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(00\)00194-1](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(00)00194-1)
- Angerosa, F., (2002), Influence of volatile compounds on virgin olive oil quality evaluated by analytical approaches and sensor panels. *European Journal of Lipid Science Technology* Vol. 104, pp. 639–660. [https://doi.org/10.1002/1438-9312\(200210\)104:9/103.0.CO;2-U](https://doi.org/10.1002/1438-9312(200210)104:9/103.0.CO;2-U)

- Aparicio, R., Luna, G., (2002), Characterization of monovarietal virgin olive oils. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 104, pp.614–627. [https://doi.org/10.1002/1438-9312\(200210\)104:9/103.0.CO;2-L](https://doi.org/10.1002/1438-9312(200210)104:9/103.0.CO;2-L)
- Baccouri, O., Bendini, A., Cerretani, L., Guerfel, M., Baccouri, B., Lercker, G., Zarrouk, M., Miled, D.D.B., (2008), Comparative study on volatile compounds from Tunisian and Sicilian monovarietal virgin olive oils. *Food Chemistry*, 111, 322-328. DOI: 10.1016/j.foodchem.2008.03.066
- Benicasa C., De Nino A., Lombardo N., Perri E., Sindona G., Tagarelli A., (2003), Assay of Aroma Active Components of Virgin Olive Oils from Southern Italian Regions by SPME-GC/Ion Trap Mass Spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Vol 51, pp. 733- 741. <https://doi.org/10.1021/jf0258095>
- Bertuccioli, M., Monteleone, E., (2014), The sensory quality of extra-virgin olive oil. In: Peri, C. (Ed.), *The Extra-Virgin Olive Oil Handbook*. Wiley, Chichester, West Sussex, UK, pp. 35- 56.
- Boskou, D., Blekas G., Tsimidou M., (2006), Olive Oil Composition .DOI:10.1201/9781439832028.pt2
- Braadbaart F., Marinova E., Sarpaki A., (2016), Charred olive stones: experimental and archaeological evidence for recognizing olive processing residues used as fuel. *Veget Hist Archaeobot*. <http://doi.org/10.1007/s00334-016-0562-2>
- Caipo L., Sandoval A., Sepúlveda B., Fuentes E., Valenzuela R., Metherel A., Romero N., (2021), Effect of Storage Conditions on the Quality of Arbequina Extra Virgin Olive Oil and the Impact on the Composition of Flavor-Related Compounds (Phenols and Volatiles). *Foods* 2021, 10(9), 2161; <https://doi.org/10.3390/foods10092161>
- Choe, E., Min, D.B., (2006), Mechanisms and Factors for Edible Oil Oxidation. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 2006, 5, 169–186.
- Ciafardini, G., Zullo, B., (2002), Microbiological activity in stored olive oil. *International Journal of Food Microbiology*. pp 75-111.
- Clodoveo, M., (2012), Malaxation: Influence on virgin olive oil quality . Past, present and future – An overview. *Trends in food science & technology* 25, pp. 13 – 23. DOI: 10.1016/j.tifs.2011.11.004



- Clodoveo, M. L., Hachicha, H., Kotti, F., Scarascia Mugnozza, G., & Gargouri, M., (2014), Mechanical strategies to increase nutritional and sensory quality of virgin olive oil by modulating the endogenous enzyme activities. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13, pp. 135–154. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12054>
- Di Giovacchino, L., Hardwood, J., Aparicio, R., (2000), Technological aspects. *Handbook of olive oil. Analysis and properties*. Aspen Publications, pp 17–59.
- Escuderos, M.E., Uceda, M., Sánchez, S., Jiménez, A., (2007), Instrumental technique evolution for olive oil sensory analysis. *European Journal of Lipid Science and Technology* 109, pp.536–546. <https://doi.org/10.1002/ejlt.200600239>
- Fedeli, E., (1977), Lipids of olives. *Prog. Chem. Fats and other Lipids*, pp. 15-57. Pergamon Press. Printed in Great Britain.
- Frankel, E.N., (1985), Chemistry of autoxidation: Mechanism, products and flavor significance. In *Flavor Chemistry of Fats and Oils*; Min, D.B., Smouse, T.H., Eds.; The American Oil Chemists Society AOCs: Champaign, IL, USA, pp. 11–37.
- Hatanaka, A., (1993), The biogenesis of green odour by green leaves. *Phytochemistry*, 34, pp. 1201–1218.
- Inarejos-García, Antonio, M., Gómez-Rico, A., Salvador M. D., Fregapane G., (2009), Influence of malaxation conditions on virgin olive oil yield, overall quality and composition, *Euro Food Res Technol* (2009) 228, pp.671–677. DOI 10.1007/s00217-008-0977-9
- Kalua, C. M., Bedgood, D. R., Bishop, A. G., & Prenzler, P. D., (2006), Changes in volatile and phenolic compounds with malaxation time and temperature during virgin olive oil production. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 54, pp. 7641-7651. <https://doi.org/10.1021/jf061122z>
- Kalua, C. M., Allen, M. S., Bedgood J., D., Bishop, A. G., Prenzler, P. D., & Robards, K., (2007), Olive oil volatile compounds, flavour development and quality: a critical review. *Food Chemistry*, 100, pp. 273-286. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.09.059>
- Kiritsakis, A.K., (1998), Flavour components of olive oil – A review, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, Vol. 75, no. 6. <https://doi.org/10.1007/s11746-998-0205-6>

- Kotsiou, K., Tasioula-Margari M., (2014), Changes occurring in the volatile composition of Greek virgin olive oils during storage: Oil variety influences stability. 30 October 2014. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201400231>
- Lobo-Prieto, A., Tena, N., Aparicio-Ruiz, R., Morales, M.T., García-González, D.L., (2020), Tracking sensory characteristics of virgin olive oils during storage: Interpretation of their changes from a multiparametric perspective. *Molecules*, 25, pp. 1686-1689.
- Luna, G., Morales, M.T., Aparicio, R., (2006), Characterisation of 39 varietal virgin olive oils by their volatile compositions. *Food Chemistry*, 100, pp. 243-252. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.05.069>
- Mariani, C., Venturini, S., Fedeli, E., (1991), Individuazione di oli semi basso contenuto di sterol in oli di olive. Nota 2. *Riv. Ital. Sostanze Grasse*, 68, pp.283-286.
- Marco, D.R., Gomes S., Costa Freitas, A., Cabrita M., Garcia, A., (2012), Olive Oil Composition: Volatile Compounds, Olive Oil - Constituents, Quality, Health Properties and Bioconversions,. DOI: 10.5772/28512
- Mendoza, A., (1975), Milling-Malaxation. In olive oil technology. Moreno Martinez, J.M. Editor. FAO Rome.
- Morales, M. T., Rios, J. J., Aparicio, R., (1997), Changes in the volatile composition of virgin olive oil during oxidation: flavors and off flavors. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45, pp.2666–2673. <https://doi.org/10.1021/jf960585>
- Morales, M. T., Luna, G., Aparicio, R., (2005), Comparative Study of Virgin Olive oil sensory Defects. *Food Chemistry* Vol. 91, pp. 293-301. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.06.011>
- Montedoro, G., Cantarelli, C., (1969), Phenolic compounds in olive oils. *Riv. Ital. delle Sost. Grasse*. pp. 46-115.
- Montedoro, G., Bertuccioli, M., Anichini, F., (1978), Aroma Analysis of Virgin Olive Oil by Head Space Volatiles Extraction Techniques, in *Flavor of Foods and Beverages*, edited by G. Charalampous and G. Inglet. Academic Press, New York, pp. 247–281.
- Olías, J. M., Pérez, A. G., Ríos, J. J., Sanz, L. C., (1993), Aroma of virgin olive oil: Biogenesis of the “green” odor notes. *J. Agric. Food Chem.*, 41, pp.2368–2373.

Oueslati, I., Krichene, D., Manaï, H., Taamalli, W., Zarrouk, M., Flamini, G.,(2018),Monitoring the volatile and hydrophilic bioactive compounds status of fresh and oxidized Chemlali virgin olive oils over olive storage times. *Food Res. Int.*, 112, pp.425-433.

Ouni, Y., Flamini, G., Issaoui, M., Nabil, B.Y., Cioni, P.L., Hammami, M., et al., (2011), Volatile compounds and compositional quality of virgin olive oil from Oueslati variety: influence of geographical origin. *Food Chem.*

Peres, F., Martins, L.,Ferreira-Dias, S., (2017), Influnce of enzymes and technology on virgin olive oil composition. *Crit Rev Food Sci Nutr.*, 57(14), pp.3104-3126. doi: [10.1080/10408398.2015.1092107](https://doi.org/10.1080/10408398.2015.1092107)

Ranalli, A., Contento, S., Schiavone, C., Simone, N., (2001), Malaxing temperature affects volatile and phenol composition as well as other analytical features of virgin olive oil. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 103, pp. 228–238. [https://doi.org/10.1002/1438-9312\(200104\)103:43.0.CO;2](https://doi.org/10.1002/1438-9312(200104)103:43.0.CO;2)

Ranalli,A., Contento, S., Lucera, L., Di Febo, M., Marchegiani, D., Di Fonzo,V., (2006), Factors affecting the contents of iridoid oleuropein in olive leaves. *J.Agric. Food Chem*, pp. 54:434.

Reboredo-Rodríguez, P., González-Barreiro, C., Cancho-Grande, B., Simal-Gándara, C., (2014), Improvements in the malaxation process to enhance the aroma quality of extra virgin olive oils. *Food Chemistry*, vol.158, pp.534-545.

Reiners, J., Grosch, W.,(1999), Concentration of 4-methoxy-2-methyl-2-butanethiol in Spanish virgin olive oils. *Food Chemistry*, 64(1), pp.45-47. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(98\)00094-6](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(98)00094-6)

Ryan, D., Robards, K.,(1998), Phenolic compounds in olives. *Analyst*, Vol. 123, pp.31-44. DOI: 10.1039/A708920A

Salas, J.J., Harwood, J.L., Martínez-Force, E.,(2013), Lipid metabolism in olive: Biosynthesis of triacylglycerols and aroma components. In *Handbook of Olive Oil*Springer, 13, pp. 97–127.

Sánchez, J., Harwood L., (2002), Biosynthesis of triacylglycerols and volatiles in olives. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 104, pp. 564–573. [https://doi.org/10.1002/1438-9312\(200210\)104:9/103.0.C](https://doi.org/10.1002/1438-9312(200210)104:9/103.0.C)

- Sanmartin, C., Venturi, F., Sgherri, C., Nari, A., Macaluso, M., Flamini, G., Quartacci, M.F., Taglieri, I., Andrich, G., Zinnai, A., (2018), The effects of packaging and storage temperature on the shelf-life of extra virgin olive oil. *Heliyon*, 4, pp.1-17. doi: 10.1016/j.heliyon.2018. e00888
- Servili, M., Esposito, S., Lodolini, E., Selvaggini, R., Taticchi, A., Urbani, S., Montedoro, G., Serravalle, M., Gucciservili, R., (2008), Irrigation Effects on Quality, Phenolic Composition, and Selected Volatiles of Virgin Olive Oils Cv. Leccino. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, pp.6609-6618. DOI: 10.1021/jf070599n
- Shaker, M., Basuny, M., (2020), Sensory Analysis of Olive Oil. *Crimson Publishers Wings to the Research*, 3(1), pp.1-7.
- Siggelakis, C., (1982), *Elaiodentro: Ellinikes kai Ksenes Poikilies*. (Olive tree: Greek and foreign varieties). 6th edn. Elaiourgiki Co., pp 34-37.
- Stefanoudaki, E., Williams, M., Harwood, J., (2010), Changes in virgin oil characteristics during different storage conditions. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 112(8), pp.906-914. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201000066>
- Tamborrino, A., Clodoveo, M.L., Leone, A., Amirante, P., and Paice, G. A., (2010), The Malaxation Process: Influence on Olive Oil Quality and the Effect of the Control of Oxygen Concentration in Virgin Olive Oil, *Olives and Olive Oil in Health and Disease Prevention*, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374420-3.00009>
- Temime, S.B., Taamali, W., Baakouri, B., Abaza, L., Daouz, D., Zarrouk, M., (2006), CHANGES IN OLIVE OIL QUALITY OF CHÉTOUI VARIETY ACCORDING TO ORIGIN OF PLANTATION. *Journal of food Lipids*, 13, pp.88-99. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4522.2006.00036.x>
- Tovar, M., Romero, M., Alegre, S., Girona, J., Motilva, M., (2002), Composition and organoleptic characteristics of oil from Arbequina olive (*Olea europaea* L) trees under deficit irrigation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82, pp. 1755-1763. <https://doi.org/10.1002/jsfa.1246>
- Yorulmaz, A., Yıldırım, A., Duran, M., Kula, O., Kıvrak, M., (2016), Impact of malaxation on quality and compositional characteristics of edremit yağlık olive oil, *Journal of food processing and preservation*, DOI: 10.1111/jfpp.13291
- Youssef, O., Guido, F., Manel, I., Ben Youssef, N., Luigi, C.P., Mohamed, H., Daoud, D., Mokhtar, Z., (2011), Volatile compounds and compositional quality of virgin olive

oil from Oueslati variety: Influence of geographical origin. Food Chem., 124,pp. 1770–1776.

Διαδικτυακές Πηγές

(τελευταία επίσκεψη: 18/12/2021).

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/HTML/?uri=OJ:L:2019:250:FULL&from=EN> (τελευταία επίσκεψη: 12/11/2021).

<https://www.internationaloliveoil.org/olive-world/olive-oil/> (τελευταία επίσκεψη: 12/10/2021).

<https://www.internationaloliveoil.org/> (τελευταία επίσκεψη: 15/11/2021).

<https://static.oliveoiltimes.com/library/ioc-olive-oil-standard.pdf> (τελευταία επίσκεψη: 14/02/2022).

<http://www.fao.org/3/y2774e/y2774e04.htm> (τελευταία επίσκεψη: 15/02/2022).