



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΚΑΙ ΤΡΟΦΙΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΕΠΙΤΡΑΠΕΖΙΑΣ ΕΛΙΑΣ ΚΑΙ
ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ

Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΗΣ ΕΚΠΙΚΡΑΝΣΗΣ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ
ΕΠΙΤΡΑΠΕΖΙΩΝ ΕΛΙΩΝ. ΝΕΕΣ ΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ.

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

της

Αναστασίας Νεραντζή

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

Απρίλιος 2023



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΚΑΙ ΤΡΟΦΙΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΕΠΙΤΡΑΠΕΖΙΑΣ ΕΛΙΑΣ ΚΑΙ
ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ

Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΗΣ ΕΚΠΙΚΡΑΝΣΗΣ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ
ΕΠΙΤΡΑΠΕΖΙΩΝ ΕΛΙΩΝ - ΝΕΕΣ ΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

της
Αναστασίας Νεραντζή

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

Επιβλέπουσα: Μαρίνα Παπαδέλλη, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια

Καλαμάτα

Απρίλιος 2023



UNIVERSITY OF 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

THE DEBITTERING PROCESS IN THE TABLE OLIVES PRODUCTION
- NEW TRENDS AND PROSPECTS

Master Thesis

By

Anastasia Nerantzi

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

Supervisor: Marina Papadelli, Associate Professor

Kalamata
April 2023

Οι υπογράφωντες δηλώνουμε ότι έχουμε εξετάσει τη μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία (master thesis) με τίτλο «**Η διαδικασία της εκτίκρανσης στην παραγωγή επιτραπέζιων ελιών - Νέες τάσεις και προοπτικές**» που παρουσιάστηκε από τον/την **Νεραντζή Αναστασία** και βεβαιώνουμε ότι γίνεται δεκτή.

The signatories declare that we have examined the postgraduate diploma thesis titled “**The debittering process in the table olives production - New trends and prospects**” presented by **Nerantzi Anastasia** and we affirm that it is accepted.

**Όνοματεπώνυμο & Υπογραφή 1^{ου} Μέλους Επιτροπής
(Name and Signature of 1st Commission Member):**

Μαρίνα Παπαδέλλη

**Όνοματεπώνυμο & Υπογραφή 2^{ου} Μέλους Επιτροπής
(Name and Signature of 2nd Commission Member):**

Κωνσταντίνος Παπαδημητρίου

**Όνοματεπώνυμο & Υπογραφή 3^{ου} Μέλους Επιτροπής
(Name and Signature of 3rd Commission Member):**

Κωνσταντίνα Ρεκούμη

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 University of 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):**

Αναστασία Νεραντζή

Πνευματική ιδιοκτησία © Απρίλιος 2023 Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου
Όλα τα δικαιώματα διατηρούνται

Copyright © April 2023 University of Peloponnese
All rights reserved

Copyright ©Αναστασία Νεραντζή, Απρίλιος 2023
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.

Αφιερωμένη στον Ιωσήφ - Χρυσό

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Για την ολοκλήρωση αυτής της εργασίας, ευχαριστώ θερμά την επιβλέπουσα καθηγήτριά μου κα. Μαρίνα Παπαδέλλη για τον χρόνο που μου αφιέρωσε και για τις πολύτιμες υποδείξεις που μου προσέφερε κατά τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας εργασίας. Επίσης, θέλω να ευχαριστήσω τους φίλους μου που με βοήθησαν και μου συμπαραστάθηκαν στην δύσκολη αυτή περίοδο. Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου αλλά και τη βαθύτατη ευγνωμοσύνη μου στους γονείς μου που μου παρείχαν κάθε ηθική και υλική υποστήριξη καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου και κατά τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας εργασίας μου.

Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	X
ABSTRACT.....	XI
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	XII
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	XIII
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.....	3
ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟ ΔΕΝΤΡΟ ΤΗΣ ΕΛΙΑΣ	3
1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΤΗΣ ΕΛΙΑΣ	3
1.2 Η ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΗΣ ΕΛΙΑΣ ΣΗΜΕΡΑ	4
1.3 ΒΟΤΑΝΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ	6
1.4 ΟΙ ΠΟΙΚΙΛΙΕΣ ΤΗΣ ΕΛΙΑΣ.....	7
1.5 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΕΛΑΙΟΚΑΡΠΟΥ	9
1.6 ΕΠΙΤΡΑΠΕΖΙΕΣ ΕΛΙΕΣ	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.	12
ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΕΛΑΙΟΚΑΡΠΟΥ.....	12
2.1 ΛΙΠΑΡΑ ΟΞΕΑ.....	12
2.2 ΠΡΩΤΕΪΝΕΣ	13
2.3 ΥΔΑΤΑΝΘΡΑΚΕΣ.....	14
2.4 ΒΙΤΑΜΙΝΕΣ.....	15
2.5 ΦΑΙΝΟΛΙΚΟ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ	18
2.5.1 Φαινολικά οξέα.....	18
2.5.2 Φαινολικές αλκοόλες	19
2.5.3 Φλαβονοειδή.....	19
2.5.4 Σεκοϊριδοειδή.....	20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.	22
Η ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΕΛΑΙΟΚΑΡΠΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΠΙΤΡΑΠΕΖΙΩΝ ΕΛΙΩΝ	22
3.1 ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΕΛΕΥΡΩΠΑΪΝΗΣ.....	22
3.2 ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΕΛΑΙΟΚΑΡΠΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΠΙΤΡΑΠΕΖΙΑΣ ΕΛΙΑΣ	23
3.2.1 Μέθοδος ισπανικού τύπου (επεξεργασμένες πράσινες ελιές)	24
3.3.2 Μέθοδος ελληνικού τύπου (φυσικές μαύρες ελιές)	28
3.3.3 Μέθοδος τύπου Καλιφόρνιας (τεχνητά μαύρες ελιές).....	29
3.4 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΤΙΣ ΦΑΙΝΟΛΙΚΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΕΛΑΙΟΚΑΡΠΟΥ	33
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.	41
ΝΕΕΣ ΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΣΤΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΚΠΙΚΡΑΝΣΗΣ ΤΟΥ ΕΛΑΙΟΚΑΡΠΟΥ.....	41
4.1 ΕΚΠΙΚΡΑΝΣΗ ΤΩΝ ΕΛΑΙΟΚΑΡΠΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΥΠΕΡΗΧΩΝ.....	41
4.2 ΕΚΠΙΚΡΑΝΣΗ ΤΩΝ ΕΛΑΙΟΚΑΡΠΩΝ ΜΕ ΕΝΖΥΜΑΤΙΚΗ ΟΞΕΙΑΩΣΗ ΤΩΝ ΠΟΛΥΦΑΙΝΟΛΩΝ	50

4.3	ΕΚΠΙΚΡΑΝΣΗ ΤΩΝ ΕΛΑΙΟΚΑΡΠΩΝ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΒΑΚΤΗΡΙΩΝ ΤΟΥ ΓΕΝΟΥΣ	
	<i>LACTOBACILLUS</i>	55
4.4	ΕΚΠΙΚΡΑΝΣΗ ΤΩΝ ΕΛΑΙΟΚΑΡΠΩΝ ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΚΕΝΟΥ	57
4.5	ΕΚΠΙΚΡΑΝΣΗ ΤΩΝ ΕΛΑΙΟΚΑΡΠΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ Β-ΓΛΥΚΟΣΙΔΑΣΗΣ ΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΗ	
	ΜΕ ΥΠΕΡΠΑΡΑΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΝΑΝΟΣΩΜΑΤΙΔΙΑ	60
	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	63
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	64
	ΔΙΕΘΝΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	64
	ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	69
	ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ	70

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι ελιές αποτελούν ένα από τα παλαιότερα προϊόντα διατροφής στον ανθρώπινο πολιτισμό. Με την πάροδο των χρόνων, έχουν αναπτυχθεί πολυάριθμες μέθοδοι για τη μετατροπή του ελαιόκαρπου από πικρή τροφή σε βρώσιμο τρόφιμο. Οι μέθοδοι επεξεργασίας των επιτραπέζιων ελιών βασίζονται στην ενζυμική υδρόλυση πικρών φαινολικών ενώσεων, οι οποίες εντοπίζονται φυσικά στον ελαιόκαρπο, αφού απαραίτητη προϋπόθεση για τη μετατροπή του σε βρώσιμο προϊόν είναι η απομάκρυνσή τους. Σήμερα, υπάρχουν τρεις κύριες μέθοδοι εμπορικής επεξεργασίας επιτραπέζιας ελιάς: η ελληνική, η ισπανική και η μέθοδος Καλιφόρνιας. Αυτή η εργασία βιβλιογραφικής ανασκόπησης, αρχικά παραθέτει στοιχεία σχετικά με τη χημική σύσταση του ελαιοκάρπου και πώς αυτή μεταβάλλεται κατά την επεξεργασία του με τις παραπάνω μεθόδους που εφαρμόζονται για την παραγωγή επιτραπέζιας ελιάς, οι οποίες και περιγράφονται στο εισαγωγικό μέρος της εργασίας. Το κύριο μέρος της εργασίας επικεντρώνεται στις νέες τάσεις και προοπτικές που υπάρχουν για τη διαδικασία εκπίκρυνσης του ελαιόκαρπου για την παραγωγή βρώσιμης επιτραπέζιας ελιάς.

Λέξεις κλειδιά: Επιτραπέζια ελιά, εκπίκρυνση, φαινολικές ενώσεις, ελευρωπαΐνη

ABSTRACT

Olives are one of the oldest food products in human civilization. Over the years, numerous methods have been developed to convert the olive fruit from a bitter food to an edible food. The methods applied for table olives processing are mainly based on the enzymatic hydrolysis of bitter phenolic compounds, which are naturally found in the olive fruit, since their removal is considered as necessary for turning the olive into an edible product. Today, there are three main methods of commercial processing of table olives: the Greek method, the Spanish method and the California method, which are described in the introduction section of this bibliographic study. This work initially refers to the chemical composition of the olive fruit and the changes occurred during the processing of the olive fruit with the above mentioned methods applied in the production of table olives. The main part of the study focuses on the new trends and perspectives exist for the olive fruit debittering process applied for the production of edible table olives.

Key words: Table olive, debittering, phenolic compounds, oleuropein

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1. Ευρωπαϊκές ποικιλίες ελιάς κατάλληλες για την εξαγωγή ελαιολάδου, για παραγωγή επιτραπέζιας ελιάς και διπλής χρήσης .	8
Πίνακας 2. Σταθμισμένη μέση περιεκτικότητα σε Α-τοκοφερόλη, Β-καροτένιο και βιταμίνη Β6 στις ισπανικές εμπορικές επιτραπέζιες ελιές σύμφωνα με τη μέθοδο επεξεργασίας και τις ποικιλίες.	17
Πίνακας 3 Επίδραση της μεθόδου επεξεργασίας τύπου Καλιφόρνιας στις φαινολικές ενώσεις του ελαιόκαρπου της ποικιλίας Intosso.	35
Πίνακας 4 Επιρροές των φαινολικών ενώσεων με τη μέθοδο επεξεργασίας τύπου Καλιφόρνιας της ποικιλίας Intosso (mg ένωσης ανά 100 g ελιών).	36
Πίνακας 5 Επίπεδα φαινολικών ουσιών σε ελαιόκαρπους της ποικιλίας Ascolana Tenera πριν και μετά την επεξεργασία.	38
Πίνακας 6 Επίπεδα φαινολικών ενώσεων σε ελαιόκαρπους της ποικιλίας Καλαμάτα πριν και μετά τις επεξεργασίες.	39
Πίνακας 7. Χημική σύνθεση των δειγμάτων μετά από επεξεργασία με τη βοήθεια υπερήχων (UAD) σε σύγκριση με τη συμβατική μέθοδο (CD) επεξεργασίας σε διαφορετικές συγκεντρώσεις NaOH και θερμοκρασίες	44
Πίνακας 8. Χρόνος εκπίκρυνσης σε λεπτά με τη βοήθεια υπερήχων (UAD) σε σύγκριση με τη συμβατική μέθοδο (CD) σε διαφορετικές συγκεντρώσεις NaOH και θερμοκρασίες	45
Πίνακας 9. Χημική σύνθεση των δειγμάτων ελαιόκαρπου μετά από επεξεργασία με τη βοήθεια υπερήχων σε σύγκριση με τη συμβατική μέθοδο	47
Πίνακας 10. Επίδραση της επεξεργασίας με τη βοήθεια υπερήχων και τη συμβατική μέθοδο σε νερό ή άλμη στις ιδιότητες της υφής των δειγμάτων ελαιόκαρπου	48
Πίνακας 11. Επίδραση των υπερήχων στο χρώμα των ελαιόκαρπων μετά από την επεξεργασία με τη βοήθεια υπερήχων και τη συμβατική επεξεργασία σε σύγκριση με τους ακατέργαστους ελαιόκαρπους	49
Πίνακας 12. Συγκέντρωση ελευρωπαΐνης και χημικά χαρακτηριστικά της άλμης σε ελιές της που υποβλήθηκαν σε επεξεργασία με υπερπίεση οξυγόνου.	53
Πίνακας 13. Συνθήκες που εφαρμόστηκαν για την εκπίκρυνση των ελαιόκαρπων στη μελέτη των Tamer <i>et al.</i> , 2012	58
Πίνακας 14. Αποτελέσματα της μελέτης των Tamer <i>et al.</i> , 2012	59

Κατάλογος εικόνων

Εικόνα 1. Παραγωγή επιτραπέζιων ελιών από χώρες της Ευρωπαϊκή Ένωσης.....	5
Εικόνα 2. Εξαγωγές εκτός ΕΕ ανά χώρα και καλλιεργητική περίοδο σε τόνους.	6
Εικόνα 3. Απλοποιημένο διάγραμμα του γένους <i>Olea</i> (<i>Oleaceae</i>) (Breton <i>et al.</i> , 2006).	7
Εικόνα 4. Μορφολογία ελαιοκάρπου	10
Εικόνα 5. Χημική δομή υδροξυτυροσόλης και τυροσόλης.....	19
Εικόνα 6. Χημική δομή της ελευρωπαϊνης, απομεθυλοελευρωπαϊνης και λιγκστροσίδης.....	21
Εικόνα 7. Η ελευρωπαϊνη και τα προϊόντα των χημικών μετασχηματισμών της (Garcia <i>et al.</i> , 2008).	23
Εικόνα 8. Έλεγχος διείδυσης καυστικού νατρίου κατά την παραγωγή επιτραπέζιων ελιών ισπανικού τύπου.....	25
Εικόνα 9. Μεταφορά ουσιών μεταξύ του ελαιοκάρπου και της άλμης (Ozdemir <i>et al.</i> , 2014).	29
Εικόνα 10. Έλεγχος απομάκρυνσης καυστικού νατρίου (α) πριν και (β) μετά την εφαρμογή δείκτη φαινολοφθαλεΐνης.....	31
Εικόνα 11. Διάγραμμα ροής για τις βασικότερες μεθόδους επεξεργασίας επιτραπέζιων ελιών.	32
Εικόνα 12. Κυριότερες διαφορές μεταξύ των βασικών μεθόδων επεξεργασίας του ελαιοκάρπου.	33
Εικόνα 13 Εξέλιξη της περιεκτικότητας σε υδροξυτυροσόλη της σάρκας της ελιάς κατά τη διάρκεια των σταδίων επεξεργασίας με τη μέθοδο τύπου Καλιφόρνιας (Marsilio <i>et al.</i> , 2000).....	37
Εικόνα 14 Η μοίρα των φαινολικών ενώσεων κατά τις πρώτες 12 ώρες επεξεργασίας με καυστικό νάτριο (Ambra <i>et al.</i> , 2017).	40

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Με καταγωγή από την περιοχή της Μεσογείου το ελαιόδεντρο (*Olea europaea L.*) είναι ένα ευρέως καλλιεργούμενο οπωροφόρο δέντρο παγκοσμίως (Gandul-Rojas and Gallardo-Guerrero, 2020). Ο ελαιόκαρπος ταξινομείται ως δρύπη όμως διαφέρει από τις άλλες δρύπες καθώς περιέχει πολύ χαμηλότερη περιεκτικότητα σε σάκχαρα και υψηλότερη συγκέντρωση ελαίου. Παρόλο που το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής ελαιοκάρπου χρησιμοποιείται παγκοσμίως για την παραγωγή του πολύτιμου ελαιολάδου, το 11% των παραγόμενων ελαιόκαρπων υποβάλλονται σε επεξεργασία για να καταναλωθούν ως επιτραπέζιες ελιές (Gandul-Rojas and Gallardo-Guerrero, 2020).

Το 2010 οι επιτραπέζιες ελιές προστέθηκαν στην Πυραμίδα Μεσογειακής Διατροφής εξαιτίας της υψηλής τους περιεκτικότητας σε μονοακόρεστα λιπαρά οξέα, αλλά και της υψηλής τους περιεκτικότητας σε φυτικές ίνες, μέταλλα, βιταμίνες, βιοενεργά συστατικά και αντιοξειδωτικά (Campus *et al.*, 2018). Το Διεθνές Συμβούλιο Ελιάς και Ελαιολάδου (IOOC) επίσης επισήμανε τη σημασία των επιτραπέζιων ελιών σε μια καθημερινή διατροφή, καθώς είναι το πιο δημοφιλές τρόφιμο που έχει υποστεί ζύμωση στην Ευρώπη και αντιπροσωπεύει σχεδόν 3 εκατομμύρια τόνους παγκόσμιας παραγωγής (Bach-Faig *et al.*, 2011; Uyla and Yildiz, 2014).

Περίπου 2.500 διαφορετικές ποικιλίες ελιάς αναφέρονται στον Παγκόσμιο Κατάλογο Ποικιλιών Ελιάς. Ωστόσο μόνο το 10% από αυτές είναι εμπορικά βιώσιμο και ο τρόπος χρήσης τους, δηλαδή εάν θα χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ελαιολάδου ή για την παραγωγή επιτραπέζιων ελιών ή και τα δύο, εξαρτάται από διάφορους παράγοντες (IOOC, 2013).

Οι επιτραπέζιες ελιές παρασκευάζονται από ποικιλίες με χαμηλή περιεκτικότητα σε λάδι. Το μέγεθος του ελαιόκαρπου πρέπει να είναι μεσαίο έως μεγάλο και να έχουν σωστή μορφολογία, δηλαδή αναλογία σάρκας προς πυρήνα

μεγαλύτερη από 4:1 και κατάλληλη υφή όπως ορίζεται από το Διεθνές Συμβούλιο Ελαιολάδου (Conte *et al.*, 2020).

Οι ελαιόκαρποι αποτελούνται από μια λεπτή επιδερμίδα που ονομάζεται εξωκάρπιο ή φλοιός. Επίσης, ένα μαλακό μεσοκάρπιο ή σάρκα περιβάλλει τον πυρήνα, ο οποίος περιέχει το σπέρμα (Fernández *et al.*, 1997). Με προστατευτικό ρόλο έναντι των εξωτερικών προσβολών, το εξωκάρπιο (1,5–3% του συνολικού βάρους) αποτελείται κυρίως από κυτταρίνη και κουτίνη (Frega and Lercker, 1985; Bianchi *et al.*, 1992). Το 70% έως 90% του βάρους του ελαιόκαρπου αποτελείται από το μεσοκάρπιο της ελιάς, ενώ το σπέρμα αποτελεί περίπου μόνο το 1% του συνόλου του καρπού και περιέχει κυρίως λιπίδια. Ο πυρήνας αποτελεί το 10%-30% του καρπού (Rodríguez *et al.*, 2008). Οι καρποί της ελιάς ποικίλλουν σε μέγεθος από στρογγυλό σε οβάλ και το βάρος τους μπορεί να κυμαίνεται από 0,5 έως 20 γραμμάρια (Conte *et al.*, 2020).

Ο καρπός της ελιάς περιέχει μια πικρή ουσία που ονομάζεται ελευρωπαΐνη. Αυτή κάνει αδύνατη την κατανάλωση του καρπού κατευθείαν από το δέντρο. Για αυτόν τον λόγο υπάρχουν πολλές διαφορετικές μέθοδοι επεξεργασίας όπως η ισπανική μέθοδος, η ελληνική μέθοδος και η τύπου Καλιφόρνιας που επιχειρούν να την υδρολύσουν και/ή να διαχυθεί αυτή στην άλμη ανάλογα με το είδος, το στάδιο ωρίμανσης και την ποικιλία του καρπού.

Σύμφωνα με το Διεθνές Συμβούλιο Ελαιολάδου (IOOC, 2004) οι κύριοι στόχοι της επεξεργασίας της ελιάς είναι: η απομάκρυνση της ελευρωπαΐνης προκειμένου να καταστεί η ελιά βρώσιμη, η ενίσχυση των αισθητηριακών της ιδιοτήτων και η εγγύηση της ασφάλειας των καταναλωτών. Επομένως, οι ερευνητές αναζητούν συνεχώς καινοτόμες ιδέες για την παραγωγή των επιτραπέζιων ελιών ώστε να βελτιωθεί η απόδοση και η βιομηχανική βιωσιμότητα καθώς και να αναπτυχθούν νέα προϊόντα τα οποία θα ανταποκρίνονται αποτελεσματικότερα στις αυξανόμενες απαιτήσεις των καταναλωτών (Gandul-Rojas and Gallardo-Guerrero, 2020).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Γενικά για το δέντρο της ελιάς

Το ελαιόδεντρο *Olea europaea* L. είναι ένα αειθαλές δέντρο μεσαίου μεγέθους που ευδοκμεί στο μεσογειακό κλίμα. Το ελαιόδεντρο ανάλογα με την ποικιλία μπορεί να φτάσει σε ύψος έως και τα 20 μέτρα, όμως τα ελαιόδεντρα που χρησιμοποιούνται για εμπορική παραγωγή ελιών, κλαδεύονται και φτάνουν συνήθως τα 3 με 6 μέτρα ανάλογα με τη μέθοδο συγκομιδής που χρησιμοποιεί ο κάθε παραγωγός και τα τεχνολογικά μέσα που διαθέτει. Για να εξασφαλιστεί η καρποφορία, τα ελαιόδεντρα χρειάζονται αρκετό κρύο πριν την ανθοφορία που πραγματοποιείται την άνοιξη ενώ κατά τη διάρκεια της άνοιξης ο παγετός ή οι θερμοί και ξηροί άνεμοι μπορεί να καταστούν επιζήμιοι για την καρπόδεση. Η ελιά είναι ένα αιωνόβιο δέντρο που μπορεί να επιβιώσει κάτω από δύσκολες κλιματολογικές συνθήκες ακόμη και στα πιο άγονα εδάφη και έχει την ικανότητα να αναβλαστάνει ακόμα και όταν έχει τραυματιστεί ή καταστραφεί το υπέργειο τμήμα του. Όμως αυτό δεν σημαίνει ότι θα είναι απαραίτητα και αναπαραγωγική (Κυριτσάκης, 2007).

1.1 Ιστορικά στοιχεία της καλλιέργειας της ελιάς

Η ελιά είναι ένα πολύτιμο δώρο της φύσης το οποίο συνδέεται τόσο με την ιστορία όσο και με τους πολιτισμούς της Μεσογείου. Η ιστορία της ξεκινά κατά την παλαιολιθική και νεολιθική εποχή (12^η χιλιετία). Το ελαιόδεντρο καλλιεργείται αρχικά στην περιοχή της Μεσογείου. Σύμφωνα με αρχαίες πηγές υπάρχουν αναφορές για μεγάλη παραγωγή ελαιόλαδου στην Έλβα (Βόρεια Συρία), στη Μικρά Ασία και στην Αίγυπτο. Κατά τον 6^ο αιώνα π.Χ. η διάδοση του ελαιόδεντρου επεκτείνεται προς όλες τις κατευθύνσεις. Συγκεκριμένα, φτάνει στην Κάτω Ιταλία και τη Σικελία, ενώ ταυτόχρονα διαδίδεται από την Καλαβρία μέχρι τη Λιγυρία.

Η Ελλάδα επομένως, δε μένει ανεπηρέαστη από το δώρο του θεού, όπως χαρακτηρίζεται στη Βίβλο αλλά και στο Κοράνι. Η τεράστια σημασία που είχε στη ζωή του ανθρώπου εκφράζεται μέσα από την ελληνική μυθολογία. Δεν είναι τυχαία η σύνδεση της ελιάς με την Αθήνα, την πόλη-σύμβολο του αρχαιοελληνικού πολιτισμού. Κατά τον μύθο, η Αθηνά και ο Ποσειδώνας φιλονικούσαν για την κυριαρχία και την

ονοματοδοσία της πόλης. Ο Ποσειδώνας πρόσφερε ως δώρο μία ιερή αλμυρή λίμνη ενώ η Αθηνά την ελιά η οποία ήταν γεμάτη καρπούς. Τελικά την πόλη κέρδισε η Αθηνά καθώς τα προτερήματα του ελαιόδεντρου υπερνικούσαν το δώρο του Ποσειδώνα. Η ελιά είχε μεγάλη διάρκεια ζωής, ήταν δηλαδή αιωνόβια, και παρήγαγε βρώσιμους καρπούς και ελαιόλαδο.

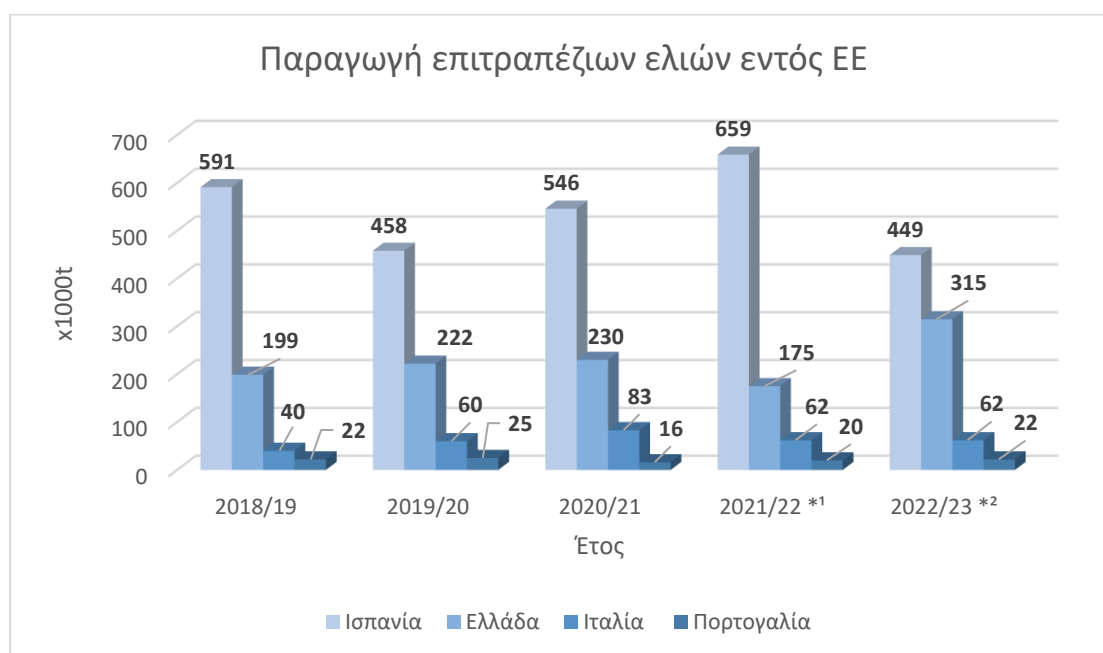
Αρχαίες πηγές μαρτυρούν πως η ελιά ξεκίνησε αρχικά να χρησιμοποιείται αποκλειστικά ως καλλωπιστικό προϊόν, όμως τον 6^ο αιώνα π.Χ. και εξής εντάχθηκε και στη διατροφή των ανθρώπων. Διαθέτει θρεπτικές ιδιότητες ενώ παράλληλα θεωρείται και ιερό φυτό. Ένα κλωνάρι από ελιά, ο κότινος, προσφερόταν ως έπαθλο στους Ολυμπιακούς Αγώνες και αποτελούσε σύμβολο τιμής. Επίσης, το ελαιόλαδο χρησιμοποιούνταν από τους αθλητές της πάλης και με λάδι άλειψαν οι άνθρωποι τους νεκρούς τοποθετώντας τους πάνω σε κλωνάρια ελιάς. Στον χριστιανισμό η ελιά εξακολουθεί να συνιστά ιερό δέντρο. Συνεπώς, η ελιά και τα παράγωγά της κατέχουν ιδιαίτερη θέση στη ζωή των Ελλήνων και η αξία της είναι διαχρονική (Vildan and Gokcen, 2013).

1.2 Η καλλιέργεια της ελιάς σήμερα

Η καλλιέργεια της ελιάς σήμερα συνεχίζει να ακμάζει γύρω από τη Μεσόγειο και να αποτελεί έναν από τους ισχυρότερους κλάδους της εξαγωγικής οικονομίας για την Ελλάδα, όπως και για άλλες Ευρωπαϊκές χώρες και όχι μόνο. Στην Ελλάδα η ελαιοκαλλιέργεια βρίσκεται στην πρώτη θέση από τις δενδροειδείς καλλιέργειες με τις κλιματολογικές συνθήκες να ευνοούν την εξάπλωση και καλλιέργεια αυτής στο μεγαλύτερο τμήμα της.

Σύμφωνα με το Διεθνές Συμβούλιο Ελαιολάδου (IOOC, 2023) για το καλλιεργητικό έτος 2021/2022 οι εξαγωγές επιτραπέζιων ελιών εκτός Ευρωπαϊκής Ένωσης έφτασαν τους 322.670 τόνους. Οι εξαγωγές της Ισπανίας για το καλλιεργητικό έτος 2021/2022 ανήλθαν σε 321.287 τόνους και της Ελλάδας σε 185.196 τόνους με εκτιμώμενη αξία να φτάνει τα 644,4 εκατομμύρια ευρώ, τοποθετώντας την στη δεύτερη θέση της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

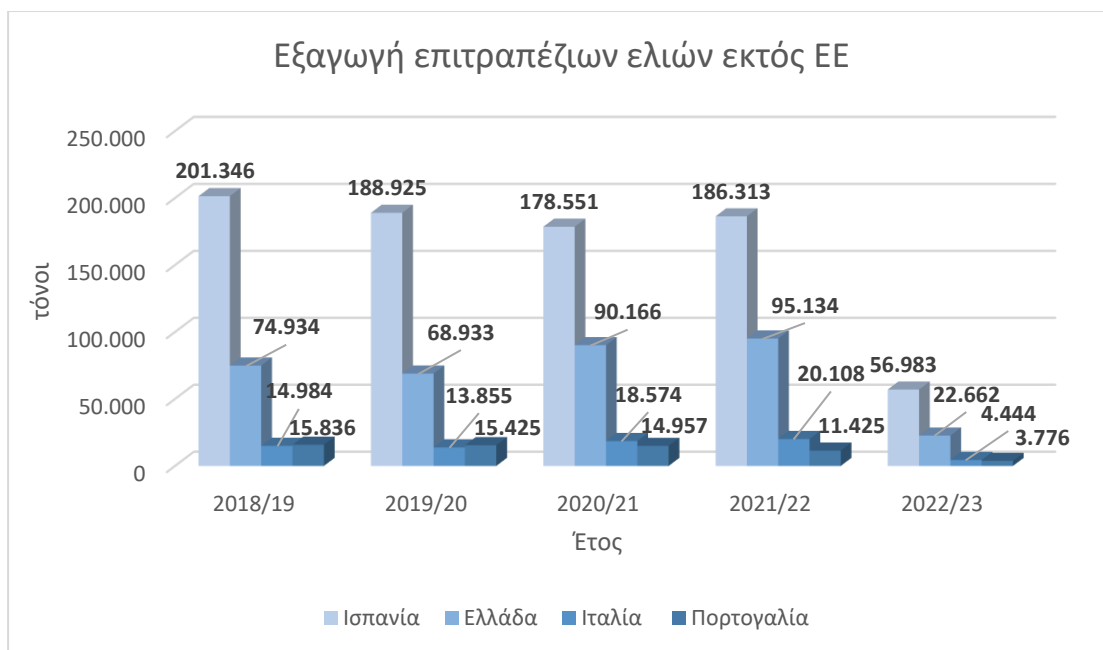
Σύμφωνα με το γράφημα της **Εικόνας 1** παρατηρούνται αρκετές διακυμάνσεις τα τελευταία χρόνια στην παραγωγή επιτραπέζιων ελιών στην Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ), με την Ισπανία να κυριαρχεί και την Ελλάδα, την Ιταλία και την Πορτογαλία να ακολουθούν. Η καλλιεργητική περίοδος 2022/23 εκτιμάται ότι θα είναι πολύ καλή για την Ελλάδα σε σχέση με τις προηγούμενες χρονιές σε αντίθεση με την Ισπανία που φαίνεται ότι θα εμφανίσει πτώση, ενώ η Ιταλία και η Πορτογαλία εικάζεται ότι θα παραμείνουν σχεδόν σταθερές σε σχέση με την προηγούμενη χρονιά (ΙΟΟC, 2023).



*¹ Τρέχουσα, *² Πρόβλεψη

Εικόνα 1. Παραγωγή επιτραπέζιων ελιών από χώρες της Ευρωπαϊκή Ένωσης.

Όσον αφορά την εξαγωγή των επιτραπέζιων ελιών σε χώρες εκτός ΕΕ (**Εικόνα 2**), η Ελλάδα την καλλιεργητική περίοδο 2020/21 σημείωσε τη μεγαλύτερη άνοδο από τις υπόλοιπες χώρες με ποσοστό αύξησης 30,8% κλείνοντας σημαντικά την ψαλίδα με την Ισπανία που είδε το αντίστοιχο ποσοστό να μειώνεται κατά 5,5%. Η Ιταλία φαίνεται και αυτή ότι έχει ανοδική πορεία ανά χρονιά, ενώ οι εξαγωγές της Πορτογαλίας εμφανίζουν αυξομειώσεις.



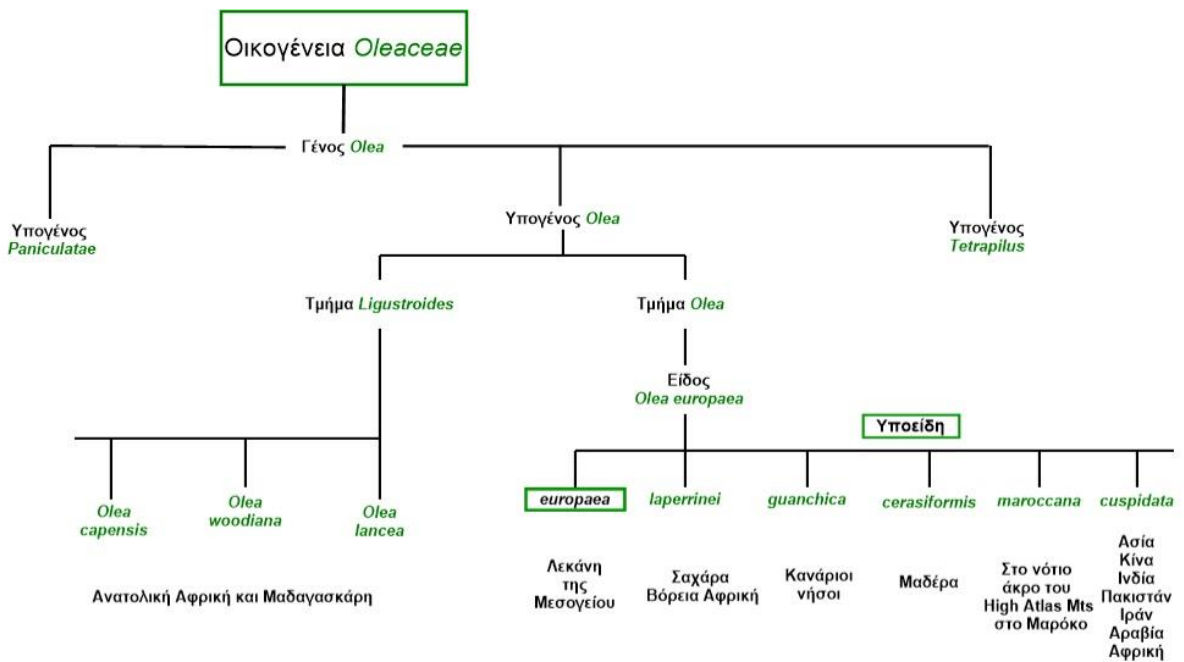
*Για το έτος 2022/23 η καλλιεργητική περίοδος είναι από Σεπτέμβριο έως Νοέμβριο.

Εικόνα 2. Εξαγωγές εκτός ΕΕ ανά χώρα και καλλιεργητική περίοδο σε τόνους.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η Ελλάδα και η Ισπανία είναι οι πιο σημαντικές εξαγωγικές χώρες επιτραπέζιων ελιών από την Ευρωπαϊκή Ένωση προς άλλες χώρες καλύπτοντας σχεδόν το 42% των παγκόσμιων εξαγωγών επιτραπέζιων ελιών.

1.3 Βοτανική ταξινόμηση

Το ελαιόδεντρο στην συστηματική βοτανική ονομάζεται *Olea europaea* με τον όρο *olea* να είναι ελληνικός. Η ελιά είναι μέλος της οικογένειας *Oleaceae* η οποία εμπεριέχει το γένος *Olea* sp. και το είδος *Olea europaea* L., το οποίο αποτελεί το μόνο καλλιεργούμενο είδος σε τροπικές και υποτροπικές περιοχές, παράγοντας καρπούς οι οποίοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για διπλή χρήση, δηλαδή ως βρώσιμη ελιά ή για την εξαγωγή ελαιολάδου. Το είδος αυτό περιλαμβάνει διάφορα υποείδη όπως φαίνεται στην **Εικόνα 3**.



Εικόνα 3. Απλοποιημένο διάγραμμα του γένους *Olea* (Oleaceae) (Breton *et al.*, 2006).

1.4 Οι ποικιλίες της ελιάς

Κάθε ελαιοπαραγωγική χώρα έχει τις δικές της τυπικές ποικιλίες ελιάς (Πίνακας 1) οι οποίες διακρίνονται σε ποικιλίες που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ελαιολάδου, σε ποικιλίες για παραγωγή επιτραπέζιων βρώσιμων ελιών και ποικιλίες διπλής χρήσης.

Οι ποικιλίες που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ελαιολάδου χαρακτηρίζονται από μεταβλητή ελαιοπεριεκτικότητα που θα πρέπει να ξεπερνάει το 16%. Το μέγεθος του καρπού είναι συνήθως μικρό έως μέτριο και ζυγίζει περίπου 1 έως 3,5 γραμμάρια.

Από την άλλη μεριά, οι ποικιλίες που προορίζονται για παραγωγή επιτραπέζιας ελιάς παρουσιάζουν μεγάλη σχέση σάρκας προς πυρήνα, ζυγίζουν περίπου από 5 έως 17 γραμμάρια και έχουν σχετικά μικρή ελαιοπεριεκτικότητα.

Τέλος, υπάρχουν ποικιλίες που προορίζονται για διπλή χρήση, δηλαδή για την παραγωγή ελαιολάδου και την παραγωγή επιτραπέζιων ελιών. Τα χαρακτηριστικά

αυτών των ελιών βρίσκονται κάπου ενδιάμεσα από τις δύο προαναφερόμενες (IOOC, 2000).

Πίνακας 1. Ευρωπαϊκές ποικιλίες ελιάς κατάλληλες για την εξαγωγή ελαιολάδου, για παραγωγή επιτραπέζιας ελιάς και διπλής χρήσης .

Χώρα	Εξαγωγή ελαιολάδου	Επιτραπέζια ελιά	Διπλής χρήσης
Ελλάδα	Κορωνέϊκη, Θρουμπολιά, Βαναολιά	Χαλκιδικής	Αμυγδαλοελιά, Καλαμών, Κονσερβολιά, Μεγαρίτικη, Αδραμυττίνη
Γαλλία	Araban, Argental, Blancal, Moiral, Pigalle, Rendonan, Sayern	Lucques	Aglandau, Grossane, Picholine, Salonenque, Tanche
Ιταλία	Barese, Bosana, Canino, Coratina, Moraiolo, Olivella, Pisciottana, Sargano, Taggiasca	Ascolana Tenera, Giarraffa, Nocellara del Belice, Oliva di Cerignola, Sant'Agostino, Santa Caterina	Carolea, Cassanese, Cellina di Nardò, Cucco, Itrana, Majatica di Ferrandina, Nocellara Etnea, Pizz'e Carroga
Ισπανία	Alomenco de Cabra, Arbequina, Branquillo, Manzanilla, Negrillo, Picual, Rechino, Torcio	Aloreña, Gordal de Granada y Sevillana, Loaime, Manzanilla de Sevilla, Mollar de Cieza, Morona	Hojiblanca, Manzanilla Cacereña, Manzanilla Prieta, Morisca, Rapasayo, Villalonga
Πορτογαλία	Alentejana, Corbancosa, Madural, Mora, Verdeal Picual, Verdeal Trasmontana	Azeitona, Negrinha	Carrasquenha, Cordovil de Castelo Branco, Cordovil de Serpa, Galega Vulgar, Maçanilha Algarvia, Redondal

Πηγή: IOOC, 2000

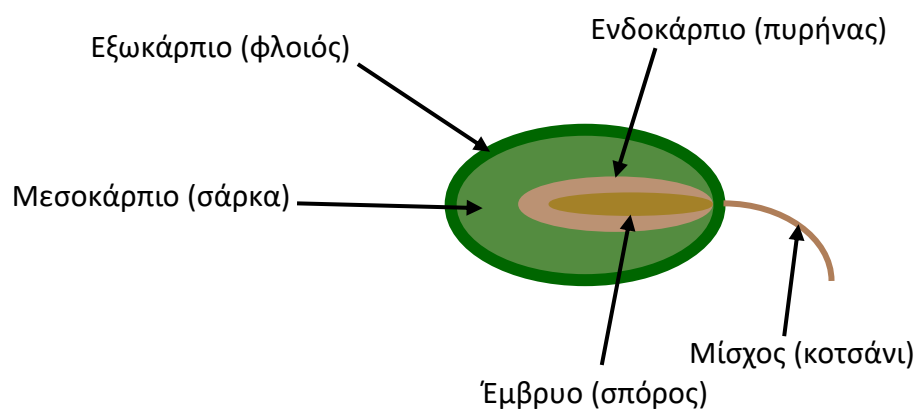
1.5 Περιγραφή του ελαιόκαρπου

Ο ελαιόκαρπος είναι δρύπη, επειδή περιέχει στο εσωτερικό του το έμβρυο που προστατεύεται από τον ξυλώδη πυρήνα και περιβάλλεται από την σάρκα που περικλείεται από τον φλοιό (Εικόνα 4).

Ο φλοιός ή αλλιώς εξωκάρπιο αποτελεί το πιο λεπτό στρώμα στον ελαιόκαρπο και αποτελείται από δύο έως τρία επιδερμικά στρώματα κυττάρων και την επιδερμίδα. Ο φλοιός δρα ως προστατευτικό ενάντια στα παράσιτα και τις μολύνσεις και αλλάζει χρώμα κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης από πράσινο σε μαύρο. Όταν υπόκειται σε επεξεργασία με άλμη συγκέντρωσης μεγαλύτερης από 10% w/v NaCl, τότε ο φλοιός συρρικνώνεται.

Το μεσοκάρπιο ή αλλιώς σάρκα αποτελείται από μεγάλα ακανόνιστα κύτταρα και ινώδη υλικά όπως κυτταρίνη και λιγνίνη, τα οποία κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης αλλάζουν μορφή, μέγεθος και λειτουργία. Στο κυτταρόπλασμα των κυττάρων του μεσοκαρπίου συντίθεται το έλαιο με την μορφή σταγονιδίων. Τα κύτταρα του μεσοκαρπίου περιέχουν χλωροφύλλη η οποία κατά την ωρίμανση σταδιακά μειώνεται. Τα δομικά συστατικά του κυττάρου (για παράδειγμα το κυτταρικό τοίχωμα) είναι αυτά που ευθύνονται για την υφή και την σφριγηλότητα της ελιάς και υπόκεινται σε αλλαγές κατά την ωρίμανση με αποτέλεσμα το μαλάκωμα του καρπού.

Στον καρπό της ελιάς βρίσκεται επίσης το ενδοκάρπιο ή αλλιώς πυρήνας που είναι κατασκευασμένο από ξυλώδη ιστό που χρησιμεύει ως προστατευτικό, διαφυλάσσοντας το έμβρυο ή αλλιώς τον σπόρο που περιέχεται μέσα σε αυτό. Αυτά τα δύο μαζί περιέχουν έλαιο σε συγκέντρωση 20-30% το οποίο έχει διαφορετική σύσταση από αυτή του ελαίου του μεσοκαρπίου. Η κάθε ποικιλία έχει διαφορετικό σχήμα και μέγεθος πυρήνα με διαφορετικά επιφανειακά χαρακτηριστικά που χρησιμοποιούνται για την αναγνώριση τους (Kailis and Harris, 2007).



Εικόνα 4. Μορφολογία ελαιοκάρπου

Το εξωκάρπιο αποτελεί το 1,5-3,5% του ελαιοκάρπου, το μεσοκάρπιο το 65-83% και ο πυρήνας το 13-30%. Το 96-98% του ελαίου εμπεριέχεται στο περικάρπιο μέρος του ελαιοκάρπου, που είναι το εξωκάρπιο μαζί με το μεσοκάρπιο, και το 2-4% ελαίου εμπεριέχεται στον πυρήνα (Fedeli, 1977).

1.6 Επιτραπέζιες ελιές

Ο όρος «επιτραπέζιες ελιές» αναφέρεται στο προϊόν που παρασκευάζεται από υγιείς καρπούς ποικιλιών καλλιεργούμενων δέντρων ελιάς τα οποία παράγουν καρπούς κατάλληλους για επεξεργασία με αλάτι. Οι καρποί αυτοί της ελιάς διατίθενται στο εμπόριο προς κατανάλωση, μετά από κατάλληλη επεξεργασία (International Agreement, 2015).

Σύμφωνα με τον Κώδικα Τροφίμων και Ποτών (1987) οι επιτραπέζιες ελιές ανήκουν στα τρόφιμα φυτικής προέλευσης διατηρημένα, έπειτα από επεξεργασία, σε άλμη, ελαιόλαδο, αλάτι ή ξύδι. Πιο συγκεκριμένα, «οι ημιώριμοι ή ώριμοι καρποί της ελιάς, διατίθενται στην κατανάλωση κατόπιν ειδικής επεξεργασίας και διατηρούνται είτε με την τοποθέτησή τους σε αλάτι, είτε με την τοποθέτηση σε άλμη, ξύδι ή ελαιόλαδο» (Κώδικας Τροφίμων και Ποτών, 1987)

Σύμφωνα με τον Codex Alimentarius (CXS 66-1981) στον οποίο αναγράφονται τα πρότυπα ποιότητας των επιτραπέζιων ελιών, οι ελιές:

- 1) παρασκευάζονται από τους υγιείς καρπούς των ποικιλιών της καλλιεργούμενης ελιάς (*Olea europaea* L.) που έχουν φτάσει στο κατάλληλο επίπεδο ωρίμανσης και επιλέγονται για την ικανότητά τους να παράγουν ελιές που είναι ιδιαίτερα κατάλληλες για επεξεργασία λόγω του όγκου, του σχήματος, της αναλογίας σάρκας προς πυρήνα, της λεπτής σάρκας, της γεύσης, της σταθερότητας και της ευκολίας απόσπασης του πυρήνα τους.
- 2) επεξεργάζονται για να αποφευχθεί η αλλοίωση και να εξασφαλιστεί η σταθερότητα του προϊόντος σε κατάλληλες συνθήκες αποθήκευσης, αφαιρείται η πικράδα του προϊόντος και διατηρείται με φυσική ζύμωση, θερμική επεξεργασία ή άλλες μεθόδους, με ή χωρίς την προσθήκη συντηρητικών.
- 3) Συσκευάζονται με ή χωρίς κατάλληλο υγρό μέσο συσκευασίας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Χημική σύσταση του ελαιόκαρπου

Η χημική σύσταση του ελαιόκαρπου είναι πολύπλοκη και εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως είναι η ποικιλία του καρπού, οι μέθοδοι άρδευσης και καλλιέργειας, οι περιβαλλοντικοί παράγοντες, η ωριμότητα και η μετασυλλεκτική επεξεργασία. Σε αντίθεση με τις άλλες δρύπες η περιεκτικότητα της σάρκας του σε έλαιο είναι 17-30% έναντι των άλλων δρύπων που είναι περίπου 1,55%, ενώ η περιεκτικότητα σε σάκχαρα είναι συγκριτικά μικρότερη 2,5-6% σε σχέση με τις υπόλοιπες δρύπες που φτάνει το 12% (Μπαλατσούρας, 2004).

Οι ελαιόκαρποι περιέχουν υψηλή ποσότητα λιπαρών οξέων, μετάλλων, βιταμινών, πρωτεϊνών και φαινολικών ουσιών που τους δίνει σημαντικό ρόλο στη διατροφή του ανθρώπου. Ακόμη, τα φυσικά αντιοξειδωτικά που περιέχουν, εκτός από το ότι προστατεύουν τον ελαιόκαρπο και το ελαιόλαδο από την οξείδωση, θεωρείται ότι προστατεύουν και τον ανθρώπινο οργανισμό από πολλές ασθένειες και πολλούς τύπους καρκίνου.

2.1 Λιπαρά οξέα

Οι ελαιόκαρποι που προορίζονται για επιτραπέζια χρήση είναι ελλειμματικοί σε λιπαρές ουσίες, όμως σύμφωνα με τον Μπαλατσούρα (2004) θεωρείται προσόν για την επιτραπέζια ελιά. Το μεγαλύτερο μέρος του κλάσματος ελαίου στις ακατέργαστες ελιές αποτελούν οι τριακυλογλυκερόλες δηλαδή ο συνδυασμός λιπαρών οξέων με εστέρες γλυκερόλης. Τα σημαντικότερα λιπαρά οξέα που βρίσκονται στο έλαιο των ελαιόκαρπων είναι το ελαϊκό οξύ, το παλμιτικό οξύ, το λινελαϊκό οξύ, το λινολενικό οξύ και το στεατικό οξύ.

Κατά το ξεκίνημα της λιπογένεσης οι ποσότητες του λινελαϊκού, του λινολενικού και του παλμιτικού οξέος βρίσκονται σε αφθονία, ενώ κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης η κατανομή αντιστρέφεται με το ελαϊκό οξύ να αυξάνεται έντονα και το στεατικό οξύ να αυξάνεται ελαφρώς.

Σύμφωνα με μία μελέτη που πραγματοποίησαν οι Nergiz and Engez (2000) σε ελαιόκαρπους δύο τούρκικων ποικιλιών συμπέραναν ότι το ελαϊκό οξύ αφθονεί καθ' όλη την περίοδο ωρίμανσης κατέχοντας το μεγαλύτερο ποσοστό 68,2%, ενώ κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης εμφανίζει μία μικρή κάμψη με το ποσοστό του να φτάνει το 62,8%. Ακολουθεί το παλμιτικό οξύ με περίπου 15% καθ' όλη τη διάρκεια ωρίμανσης, το λινολεϊκό που από το 7,4% που εμφάνισε τον Σεπτέμβριο έφτασε το 16,7% τον Φεβρουάριο παρουσιάζοντας την μεγαλύτερη διακύμανση και το στεατικό οξύ με 3,25% που παρουσίασε μία μικρή πτώση από την αρχή της ωρίμανσης.

Κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας των ελαιόκαρπων για την παραγωγή βρώσιμων ελιών, το κλάσμα ελαίου δεν μεταβάλλεται δραματικά. Αυτό συμβαίνει διότι μόνο οι υδατοδιαλυτές ενώσεις μπορούν να περάσουν από τον φλοιό και τη σάρκα κατά τη διάρκεια του εμποτισμού και της ζύμωσης. Έχει παρατηρηθεί ότι μικρές ποσότητες ελαίου μπορούν να χαθούν κατά τη διάρκεια επεξεργασίας με την Ισπανική μέθοδο, δηλαδή με την εμβάπτιση των καρπών στο καυστικό νάτριο. Η επαφή του καυστικού νατρίου με το έλαιο οδηγεί στην παραγωγή υδατοδιαλυτών αλάτων λιπαρών οξέων τα οποία απομακρύνονται κατά τη διάρκεια των πλύσεων (Kailis and Harris, 2007).

2.2 Πρωτεΐνες

Η περιεκτικότητα των ελαιόκαρπων σε πρωτεΐνες είναι σχετικά χαμηλή, κυμαίνεται από 1,5 έως 3,0% ανάλογα με την ποικιλία και το στάδιο ωρίμανσης. Όμως, παρά την χαμηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη η θρεπτική αξία της είναι υψηλή. Σύμφωνα με τον (Μανουκα *et al.*, 1973) όλα τα αμινοξέα που υπάρχουν στις άλλες φυτικές πρωτεΐνες βρίσκονται μόνο στον ελαιόκαρπο. Η αργινίνη, η αλανίνη, το ασπαρτικό οξύ, το γλουταμινικό οξύ και η γλυκίνη αποτελούν τα κύρια αμινοξέα που βρίσκονται στον φρέσκο ελαιόκαρπο.

Μετά από έρευνα που πραγματοποίησαν οι Montano *et al.* (2010) σε ισπανικές ποικιλίες συμπέραναν ότι η επίδραση του τρόπου επεξεργασίας είναι σημαντική και οι πράσινες ελιές και οι ελιές που έχουν εμβάπτιστεί απευθείας σε άλμη παρουσιάζουν υψηλότερες συγκεντρώσεις πρωτεϊνών από τις ώριμες ελιές. Όμως οι ελιές που έχουν επεξεργαστεί με την Ισπανική μέθοδο έχουν χαμηλότερα επίπεδα πρωτεΐνης σε σχέση

με το φρέσκο ελαιόκαρπο. Οι επιπτώσεις της επεξεργασίας στις πρωτεΐνες του ελαιόκαρπου συμβαίνουν εξαιτίας της διάχυσης των υδατοδιαλυτών πρωτεϊνών στην άλμη.

Τα κύρια αμινοξέα που βρίσκονται μετά την επεξεργασία των ελιών είναι η φαινυλαλανίνη, η λευκίνη, η βαλίνη, η ισολευκίνη, η μεθειονίνη, η αλανίνη, η τρυπροφάνη, το γλουταμινικό οξύ, το ασπαρτικό οξύ, η γλυκίνη και η προλίνη (Kailis and Harris, 2007). Αυτά όμως διαφοροποιούνται ανάλογα με τον τρόπο επεξεργασίας που θα εφαρμοστεί στον ελαιόκαρπο.

2.3 Υδατάνθρακες

Η περιεκτικότητα του ελαιόκαρπου σε υδατάνθρακες είναι περίπου 8-12% συγκριτικά χαμηλότερη σε σχέση με άλλους βρώσιμους καρπούς. Ο φρέσκος ελαιόκαρπος αποτελείται από διαλυτά (απλά) σάκχαρα όπως η γλυκόζη, η φρουκτόζη, η σακχαρόζη και η μαννιτόλη και πολυμερή (σύνθετα) σάκχαρα όπως η κυτταρίνη, η ημικυτταρίνη και η λιγνίνη.

Μετά από διάφορες αναλύσεις που πραγματοποιήσαν οι Rafael Guilin *et al.* (1991) στη σύνθεση κλάσματος ινών σε δύο ισπανικές ποικιλίες η κυτταρίνη βρέθηκε σε μεγαλύτερες ποσότητες ακολουθούμενη από τη λιγνίνη και έπειτα την ημικυτταρίνη.

Η λιγνίνη βρίσκεται στον πυρήνα του ελαιόκαρπου. Στα δομικά χαρακτηριστικά της σάρκας συμβάλλουν η κυτταρίνη και η ημικυτταρίνη όπου η ποσοστιαία σύνθεση τους και η ωριμότητα του καρπού μπορεί να επηρεάσει τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των επεξεργασμένων ελαιόκαρπων.

Όσον αφορά τα απλά σάκχαρα η γλυκόζη βρέθηκε να κυριαρχεί με 2,97% ακολουθούμενη με πολύ μικρότερες ποσότητες από τη φρουκτόζη, τη μαννιτόλη και την σακχαρόζη. Οι συνθήκες καλλιέργειας, η ποικιλία και η ωριμότητα των καρπών επηρεάζουν τα επίπεδα διαλυτών σακχάρων με την ωριμότητα να παίζει το σημαντικότερο ρόλο καθώς οι πράσινες ώριμες ελιές να έχουν τη διπλάσια ποσότητα από τις μαύρες ώριμες ελιές.

Η γλυκόζη και η φρουκτόζη αποτελούν βασικά υποστρώματα κατά τη διάρκεια της ζύμωσης. Κατά τη διάρκεια επεξεργασίας με την ισπανική μέθοδο θα πρέπει να υπάρχουν επαρκείς ποσότητες ζυμώσιμων σακχάρων ώστε να μπορέσει να ολοκληρωθεί η ζύμωση, ενώ αντίστοιχα για τις άλλες μεθόδους επεξεργασίας η ανεπαρκής ποσότητα δεν προκαλεί προβλήματα.

Την κύρια πηγή ενέργειας των ζυμωτικών μικροοργανισμών αποτελούν τα αναγωγικά σάκχαρα της ανεπεξέργαστης σάρκας του ελαιόκαρπου. Μία πρόσθετη πηγή ζάχαρης απαραίτητη για τη ζύμωση αποτελεί η υδρόλυση των πολυάριθμων γλυκοσίδων που βρίσκονται στη σάρκα της ελιάς απελευθερώνοντας διαλυτά σάκχαρα.

Προβλήματα σταθερότητας ή δευτερογενείς ζυμώσεις μπορεί να προκαλέσει η καθυστερημένη υδρόλυση των παραπάνω ενώσεων στην επεξεργασία με τις φυσικές μεθόδους που δεν έχουν επεξεργαστεί με καυστικό νάτριο.

Οι φυτικές ίνες που ανευρίσκονται στον ελαιόκαρπο δρουν ως προληπτικοί παράγοντες στις καρδιακές παθήσεις και του καρκίνου του παχέος εντέρου. Ακόμη, είναι το μόνο συστατικό του ελαιόκαρπου που καθορίζει την υφή και την πεπτικότητα του (Kailis and Harris, 2007).

2.4 Βιταμίνες

Οι βιταμίνες στο φρέσκο ελαιόκαρπο χωρίζονται στις υδατοδιαλυτές, οι οποίες είναι το ασκορβικό οξύ (βιταμίνη C), η θειαμίνη (βιταμίνη B1), η ριβοφλαβίνη (βιταμίνη β2) και η νιασίνη (βιταμίνη B6), και στις ελαιοδιαλυτές, οι οποίες είναι τα καροτένια (πρόδρομος της βιταμίνης A) και οι τοκοφερόλες (ομάδα βιταμίνης E). Το μεγαλύτερο ποσοστό των υδατοδιαλυτών βιταμινών χάνονται κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας του ελαιόκαρπου, ενώ οι ελαιοδιαλυτές παραμένουν (Kailis and Harris, 2007).

Η βιταμίνη E εμφανίζεται με τη μορφή α-τοκοφερόλης και γ-τοκοφερόλης μέσα στον ελαιόκαρπο, με τη γ-τοκοφερόλη να εμφανίζεται σε πολύ μικρότερο ποσοστό. Μετά από αναλύσεις που πραγματοποίησαν οι López *et al.* (2010) σε διάφορες ισπανικές ποικιλίες με τη μέθοδο GML (Generalized linear mode)

παρατήρησαν ότι δεν υπήρχε σημαντική διαφορά μεταξύ των διαφορετικών μεθόδων επεξεργασίας αλλά μόνο μεταξύ των ποικιλιών. Ακόμη η α -τοκοφερόλη στις επιτραπέζιες ελιές βρέθηκε σε ίση ποσότητα με άλλα φρέσκα λαχανικά όπως το μπρόκολο. Ο τεμαχισμός ή η αφαίρεση του πυρήνα στις επιτραπέζιες ελιές μειώνει τα επίπεδα της βιταμίνης E εξαιτίας της απώλειας λιπιδίων κατά τη διάρκεια αυτών των παρεμβάσεων. Αξιοσημείωτη ήταν η συγκέντρωση της βιταμίνης E κατά την επεξεργασία των ώριμων μαύρων ελαιόκαρπων, καθώς βρέθηκε με υψηλές συγκεντρώσεις. Αυτό μας αποδεικνύει ότι οι ισχυρές συνθήκες επεξεργασίας δεν επηρεάζουν την περιεκτικότητα των ελαιόκαρπων σε α -τοκοφερόλη.

Οι επιτραπέζιες ελιές μπορούν να θεωρηθούν μία καλή πηγή καροτενοειδών της προβιταμίνης A. Το β -καροτένιο είναι το μόνο καροτενοειδές της προβιταμίνης A που υπάρχει σε όλες τις επιτραπέζιες ποικιλίες και μένει αναλλοίωτο κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας ενώ το α -καροτένιο υπάρχει σε ορισμένες ποικιλίες. Σύμφωνα με τον **Πίνακα 2** οι ελιές που επεξεργάζονται με τη μέθοδο επεξεργασίας πράσινων ελαιόκαρπων θεωρούνται καλύτερη πηγή β -καροτένιου συγκριτικά με τις άλλες δύο μεθόδους. Αυτό σχετίζεται περισσότερο με το διαφορετικό βαθμό ωρίμανσης του ελαιόκαρπου και όχι με την επίδραση της επεξεργασίας. Το β -καροτένιο κατά την επεξεργασία μαύρων ώριμων ελαιόκαρπων παραμένει σταθερό καθ' όλη τη διάρκεια οξείδωσης και χρωματισμού και είναι σχετικά υψηλό.

Η βιταμίνη B6 επηρεάζεται σημαντικά από τη μέθοδο επεξεργασίας που θα ακολουθήσει στον ελαιόκαρπο (**Πίνακας 2**). Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις βρέθηκαν στις ελιές που έχουν τοποθετηθεί απευθείας στην άλμη. Σύμφωνα με τον Fernández *et al.* (1997) αυτό μπορεί να συμβαίνει εξαιτίας των ακραίων συνθηκών κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας.

Πίνακας 2. Σταθμισμένη μέση περιεκτικότητα σε Α-τοκοφερόλη, Β-καροτένιο και βιταμίνη Β6 στις ισπανικές εμπορικές επιτραπέζιες ελιές σύμφωνα με τη μέθοδο επεξεργασίας και τις ποικιλίες.

Μέθοδος επεξεργασίας	Καλλιέργεια	Α-τοκοφερόλη (mg 100g ⁻¹ *)	Β-καροτένιο (μg 100 g ⁻¹ *)	Βιταμίνη Β6 (μg 100 g ⁻¹ *)
Πράσινος ελαιόκαρπος	Gordal	1.96	259.3	22.3
	Manzanilla	3.29	311.1	11.8
	Carrasquena	2.63	327.5	15.7
	Hojiblanca	3.65	313.8	7.7
Εμβάπτιση απευθείας σε άλμη	Gordal	0.72	152.1	50.1
	Manzanilla	3.62	137.6	40.8
	Hojiblanca	5.3	37.9	31.7
	Arbequina	5.25	113.0	27.0
	Alorena	1.35	138.0	24.7
	Verdial	3.48	726.7	38.3
Ωριμος ελαιόκαρπος	Gordal	0.17	39.7	Δεν ανιχνεύτηκε
	Manzanilla	2.26	151.9	4.7
	Carrasquena	4.08	234.0	4.0
	Hojiblanca	3.96	332.0	3.8
	Cacerena	3.41	209.6	8.8

Πηγή: López *et al.* (2010)

Η βιταμίνη C υπάρχει σε δύο βιολογικά ενεργές μορφές μέσα στον ελαιόκαρπο, την AA (ασκορβικό ανιόν) και την DHA (δεϋδροασκορβικό οξύ). Συχνά, στις επιτραπέζιες ελιές προστίθεται βιταμίνη C ή αλλιώς ασκορβικό οξύ για να ρυθμίσει την οξύτητα και να αποτρέψει την οξείδωση και το καφέτιασμα των ελιών. Ο φρέσκος ελαιόκαρπος περιέχει περίπου $8.9 \pm 0.1 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ βιταμίνης C ενώ ο επεξεργασμένος ελαιόκαρπος στον οποίο δεν έχει γίνει προσθήκη ασκορβικού οξέος φτάνει περίπου $0.6 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$. Στις επεξεργασμένες ελιές που έχουν εμβαπτιστεί απευθείας στην άλμη τα επίπεδα AA είναι πάντοτε χαμηλά. Τέλος, στις επεξεργασμένες πράσινες ελιές και στις οξειδωμένες ελιές τα επίπεδα βιταμίνης C ποικίλουν ανάλογα με την προσθήκη που έχει γίνει στο τελικό προϊόν (López *et al.*, 2010).

2.5 Φαινολικό περιεχόμενο

Οι φαινολικές ενώσεις είναι τα κύρια συστατικά των προϊόντων ελιάς που ευθύνονται για την ευεργετική τους δράση. Οι φαινολικές ενώσεις αποτελούν έναν από τους κυριότερους δευτερογενείς μεταβολίτες στον ελαιόκαρπο και κυμαίνονται από 1 έως 3% του βάρους του φρέσκου πολτού. Οι βασικότερες κατηγορίες φαινολικών ενώσεων στον ελαιόκαρπο περιλαμβάνουν τα φαινολικά οξέα, τις φαινολικές αλκοόλες, τα φλαβονοειδή και τα σεκοϊριδοειδή (Vinha *et al.*, 2005).

Οι φαινολικές ουσίες προστατεύουν τον ελαιόκαρπο από τους εισβολείς και από παθογόνα όπως βακτήρια, μύκητες και ιούς. Ακόμη, είναι σημαντικές για τα αισθητηριακά χαρακτηριστικά του ελαιόκαρπου και παρουσιάζουν σημαντική βιολογική δραστηριότητα στον άνθρωπο συμβάλλοντας στην πρόληψη ασθενειών παρέχοντας αντιοξειδωτική δραστηριότητα.

Οι φαινολικές ενώσεις υδρολύονται από τα ενδογενή ένζυμα κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης και η υδρόλυσή τους συνεχίζεται κατά την επεξεργασία εκτός και αν οι υψηλές θερμοκρασίες διακόψουν τη διαδικασία (Ramirez *et al.*, 2016). Κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας ο ελαιόκαρπος υφίσταται σημαντικές απώλειες φαινολικών ενώσεων όμως οι επιτραπέζιες ελιές παραμένουν μία σημαντική πηγή τέτοιων ενώσεων.

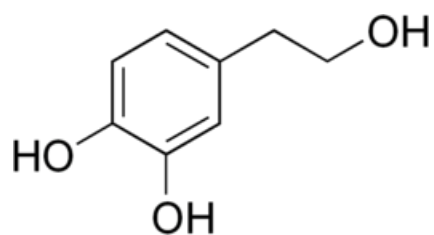
2.5.1 Φαινολικά οξέα

Τα φαινολικά οξέα που ανιχνεύονται στις ελιές είναι οι απλούστερες πολυφαινόλες και αποτελούνται από ένα φαινολικό δακτύλιο και μία ομάδα καρβοξυλικού οξέος. Οι ενώσεις αυτές μπορούν να χωριστούν είτε σε παράγωγα κινναμωμικού οξέος (C6-C3), είτε σε παράγωγα βενζοϊκού οξέος, είτε σε άλλα φαινολικά οξέα και σε παράγωγα τους. Τα κύρια φαινολικά οξέα του ελαιόκαρπου είναι: το καφεϊκό οξύ, τα χλωρογενικά οξέα όπως το φερούλικό, βανιλλικό, κουμαρικό και συριγγικό, και ο πολύπλοκος εστέρας σακχάρου-καφεϊκού οξέος, βερμπασκοσίδη.

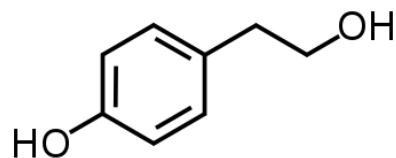
Τα επίπεδα των παραπάνω ενώσεων ποικίλλουν ανάλογα με την ποικιλία και την ωριμότητα του ελαιόκαρπου (Charoenprasert and Mitchell, 2012).

2.5.2 Φαινολικές αλκοόλες

Οι πιο άφθονες φαινολικές αλκοόλες που περιλαμβάνονται στον ελαιόκαρπο είναι η υδροξυτυροσόλη, η τυροσόλη και οι γλυκοζιτικές μορφές τους (Romero *et al.*, 2004b). Η υδροξυτυροσόλη και η τυροσόλη (**Εικόνα 5**) προέρχονται από την υδρόλυση της ελευρωπαΐνης και της λιγκστροσίδης, αντίστοιχα (Brenes *et al.*, 1995). Η υδροξυτυροσόλη περιέχει ένα τμήμα της κατεχόλης και προσφέρει ανοσοδιεγερτική, αντιοξειδωτική και αντιμικροβιακή δράση στον άνθρωπο (Charoenprasert and Mitchell, 2012).



Υδροξυτυροσόλη



Τυροσόλη

Εικόνα 5. Χημική δομή υδροξυτυροσόλης και τυροσόλης

2.5.3 Φλαβονοειδή

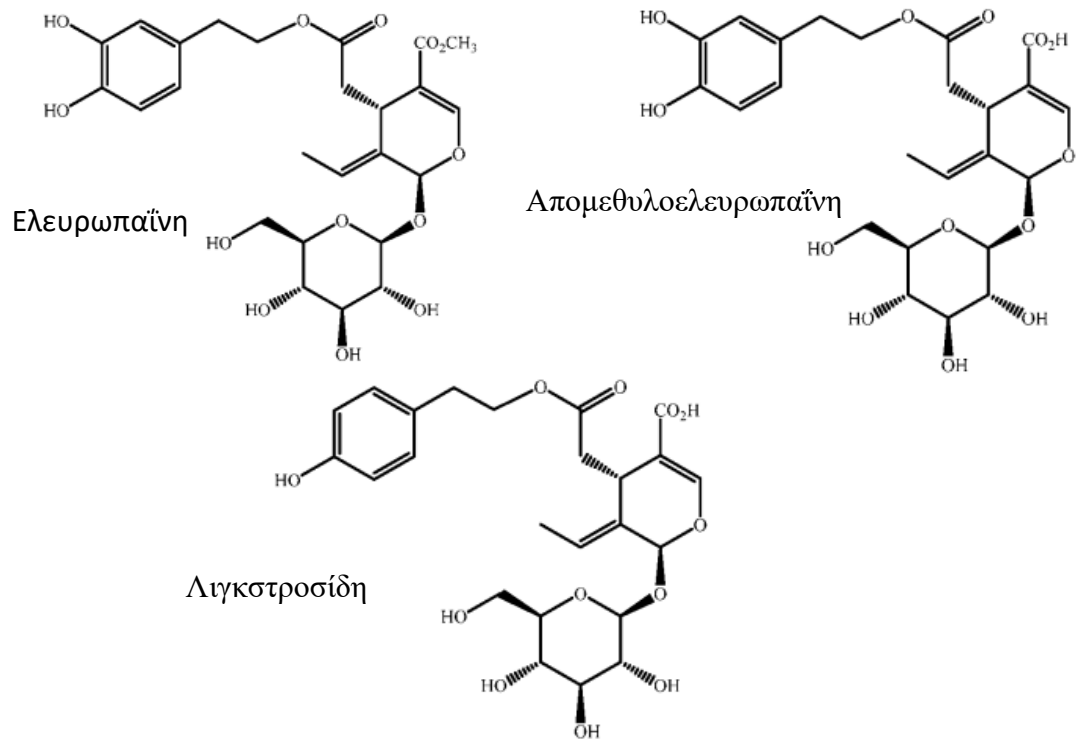
Τα φλαβονοειδή είναι η κυριότερη πηγή πρόσληψης φαινολών καθώς έχουν ισχυρή αντιοξειδωτική δράση μειώνοντας τη συχνότητα εμφάνισης καρδιακών παθήσεων και ορισμένων τύπων καρκίνου (Perez *et al.*, 2016). Η σύνθεση των φλαβονοειδών συμβάλει σημαντικά στον βιοχημικό χαρακτηρισμό των ποικιλιών ελαιοκάρπου (Vlahov, 1991). Τα φλαβονοειδή υπάρχουν από το πρώτο στάδιο

σχηματισμού του καρπού και σε όλες τις φάσεις ωρίμανσης (Shulman and Lavee, 1976). Τα κυριότερα φλαβονοειδή στον ελαιόκαρπο είναι η λουτεολίνη-7-O-γλυκοσίδη, η κυανιδίνη-3-O-γλυκοσίδη, η κυανιδίνη-3-O-ρουτινοσίδη, η ρουτίνη, η απιγενίνη-7-O-γλυκοσίδη, κερκετίνη-3-O-ραμνοσίδη και η λουτεολίνη (Vinha *et al.*, 2005).

2.5.4 Σεκοϊριδοειδή

Τα σεκοϊριδοειδή είναι φαινολικές ενώσεις οι οποίες βρίσκονται σε ελάχιστα φυτά και είναι από τις σημαντικότερες ενώσεις που αφορούν την αισθητηριακή αντίληψη της πικρότητας (Soler *et al.*, 2000; Dierkes *et al.*, 2012). Χαρακτηριστικό τους είναι η ομάδα της εξωκυκλικής 8,9-ολεφίνης, η οποία αποτελείται από ένα ελενολικό οξύ και ένα γλυκοσιδικό υπόλειμμα που είναι γνωστό και ως ελαιοσιδικός σκελετός. Τα κυριότερα σεκοϊροειδή που βρίσκονται στον ελαιόκαρπο είναι η **ελευρωπαΐνη**, η λιγκστροσίδη και η απομεθυλοελευρωπεΐνη καθώς και τα φαινολικά τους παράγωγά και τα προϊόντα υδρόλυσης, τα οποία περιλαμβάνουν την ελευρωπαΐνη αγλυκόνη, τη λιγκστροσίδη αγλυκόνη, την ελαιασίνη και την ελαιοκανθάλη, ενώσεις που είτε είναι γνωστό ότι είναι πικρές είτε πιθανολογείται ότι είναι πικρές (Charoenprasert and Mitchell, 2012).

Η ελευρωπαΐνη είναι το κύριο πικρό συστατικό που εμπεριέχεται στον ελαιόκαρπο και η πιο σημαντική φαινολική ένωση. Σχηματίζεται από τη γλυκόζη, το ελενολικό οξύ και την υδροξυτυροσόλη, με την τελευταία ένωση να συνδέεται με το υπόλοιπο τμήμα με ένα εστερικό δεσμό (Brenes and De Castro, 1998). Η διάσπαση αυτού του εστερικού δεσμού έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία μη πικρών ουσιών. Η λιγκστροσίδη είναι ένας εστέρας που αποτελείται από τυροσόλη και ελενολικό οξύ. Τα επίπεδα της ελευρωπαΐνης μειώνονται κατά την ωρίμανση ενώ τα επίπεδα της υδροξυτυροσόλης αυξάνονται. Η υδροξυτυροσόλη σύμφωνα με τους Garcia *et al.* (2008) είναι μία είναι μια ο-διφαινόλη η οποία είναι πολύ ευαίσθητη στη χημική και στην ενζυματική οξειδωση. Είναι ένα από τα ισχυρότερα αντιοξειδωτικά που περιέχονται στη φύση και έχει υψηλότερη βιολογική δράση από την ελευρωπαΐνη (Achmon Y., *et al.* 2014). Η απομεθυλοελευρωπαΐνη μπορεί να βρεθεί μόνο σε ορισμένες ποικιλίες ελιάς και επομένως μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως δείκτης ποικιλίας (Esti and Cinquanta, 1998; Amiot *et al.*, 1986).



Εικόνα 6. Χημική δομή της ελευρωπαΐνης, απομεθυλοελευρωπαΐνης και λιγκστροσίδης

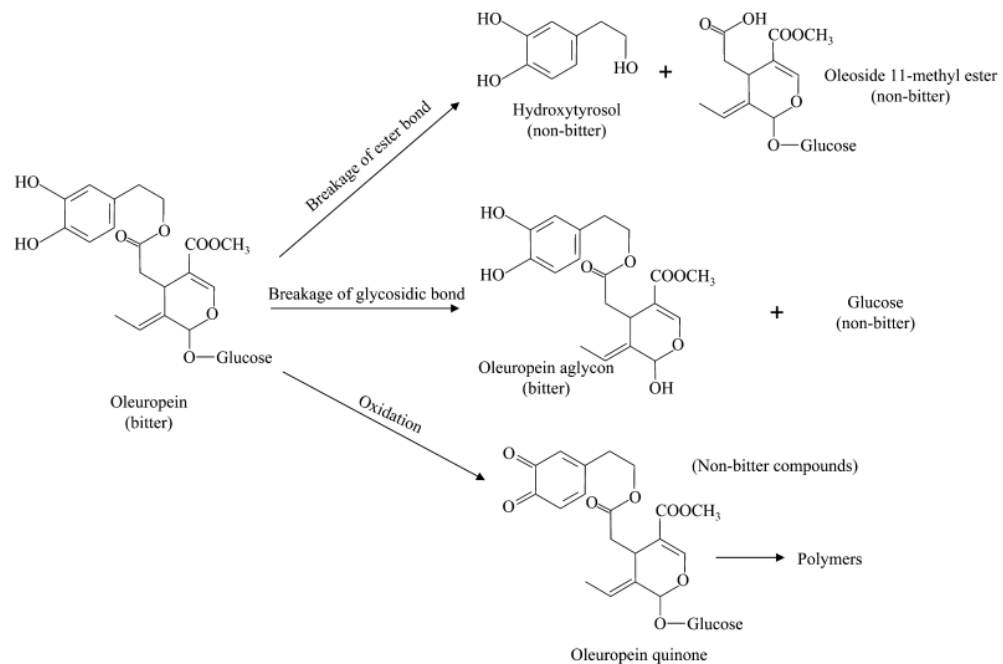
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Η επεξεργασία του ελαιόκαρπου για την παραγωγή επιτραπέζιων ελιών

Ο ελαιόκαρπος δεν μπορεί να καταναλωθεί απευθείας από το δέντρο ανεξάρτητα από το στάδιο ωρίμανσης που βρίσκεται. Η σάρκα του είναι πικρή και στυφή και χρειάζεται επεξεργασία για να γίνει κατάλληλη για κατανάλωση. Ωστόσο, υπάρχουν και κάποιες εξαιρέσεις όπως είναι η ελληνική ποικιλία Θρουμπολιά που οι καρποί της είναι βρώσιμοι και μπορούν να καταναλωθούν απευθείας από το δέντρο.

3.1 Απομάκρυνση ελευρωπαϊνης

Ο σκοπός της επεξεργασίας των ελαιόκαρπων είναι η απομάκρυνση της πικρής γεύσης αυτών που σχετίζεται κυρίως με την παρουσία της ελευρωπαϊνης (Bianchi, 2003). Οι μέθοδοι επεξεργασίας του ελαιόκαρπου βασίζονται στην αλκαλική ή την ενζυμική υδρόλυση της ελευρωπαϊνης ή στη διάχυσή της στην άλμη. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται μείωση της ελευρωπαϊνης η οποία μετατρέπεται σε ουσίες που δεν είναι πικρές (Fernández *et al.*, 1997). Η αλκαλική υδρόλυση πραγματοποιείται με τη διάσπαση του εστερικού δεσμού του μορίου ελευρωπαϊνης δημιουργώντας προϊόντα που δεν είναι πικρά, όπως η υδροξυτυροσόλη και η γλυκοσίδη του ελενολικού οξέος (García *et al.*, 2008). Όσον αφορά την ενζυμική υδρόλυση της ελευρωπαϊνης (**Εικόνα 7**), αυτή επιτυγχάνεται με τη δράση της β-γλυκοσιδάσης και οδηγεί στο σχηματισμό γλυκόζης και ελευρωπαϊνης αγλυκόνης (Ramírez *et al.*, 2016). Επιπλέον, ενδογενείς εστεράσες του ελαιοκάρπου υδρολύουν τον εστερικό δεσμό της ελευρωπαϊνης και σχηματίζεται υδροξυτυροσόλη και ένα παράγωγο γλυκόζης (Amiot *et al.*, 1989). Κατά τη διάρκεια εμβάπτισης του ελαιόκαρπου σε διάλυμα άλμης η ελευρωπαϊνη και τα υδατοδιαλυτά στοιχεία όπως σάκχαρα, βιταμίνες και ανόργανα άλατα εξάγονται από τον ελαιόκαρπο και διαχέονται στην άλμη, ενώ η το αλάτι εισέρχεται στον ελαιόκαρπο (García *et al.*, 2008). Τέλος, η οξειδωση της ελευρωπαϊνης περιλαμβάνει την ενζυματική υδροξυλίωση των μονοφαινολών σε ο-διφαινόλες και έπειτα των ο-διφαινολών σε κινόνες (Antolovich *et al.*, 2004).



Εικόνα 7. Η ελευρωπαΐνη και τα προϊόντα των χημικών μετασχηματισμών της (Garcia *et al.*, 2008).

3.2 Μέθοδοι επεξεργασίας του ελαιοκάρπου για την παραγωγή επιτραπέζιας ελιάς

Οι ελαιόκαρποι που προορίζονται για επιτραπέζια χρήση πρέπει να καλλιεργούνται, να συλλέγονται, να αποθηκεύονται και να μεταφέρονται με κατάλληλες μεθόδους προκειμένου να ελαχιστοποιούν τις φυσικές και χημικές αλλαγές καθώς και τη μικροβιακή επιμόλυνση.

Για την επιλογή της κατάλληλης επεξεργασίας λαμβάνεται υπόψιν το στάδιο ωριμότητας που βρίσκεται ο ελαιόκαρπος. Η επεξεργασία κάνει τον ελαιόκαρπο πιο εύγεστο και τον προστατεύει από τις φυσικές φθορές κάνοντάς τον να μπορεί να διατηρηθεί για μεγάλα χρονικά διαστήματα χωρίς να χάνει τις θρεπτικές του ιδιότητες. Η κάθε ποικιλία έχοντας διαφορετικά φυσικοχημικά χαρακτηριστικά, αντιδράει ποικιλοτρόπως κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας γι' αυτό δεν συνιστάται η μικτή επεξεργασία διαφορετικών ποικιλιών ελιάς.

Οι επιτραπέζιες ελιές πρέπει να παράγονται με αποδεκτές τεχνολογίες κάτω από ασφαλείς συνθήκες για τους καταναλωτές και τηρώντας τους κανόνες ορθής υγιεινής πρακτικής.

Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι όπου μπορούμε να επεξεργαστούμε τον ελαιόκαρπο προκειμένου να γίνει βρώσιμος και η επιλογή της μεθόδου συνήθως εξαρτάται από το στάδιο ωρίμανσης που βρίσκεται ο ελαιόκαρπος. Οι κύριες μέθοδοι επεξεργασίας είναι: η ισπανικού τύπου, η ελληνικού τύπου και η τύπου Καλιφόρνιας.

3.2.1 Μέθοδος ισπανικού τύπου (επεξεργασμένες πράσινες ελιές)

Η επεξεργασία με τη μέθοδο ισπανικού τύπου πραγματοποιείται σε πράσινους ελαιόκαρπους κατά την περίοδο της ωρίμανσης που το χρώμα τους από ανοιχτό πράσινο γίνεται ελαφρώς κιτρινοπράσινο και έχουν φτάσει το φυσιολογικό τους μέγεθος. Οι καρποί πρέπει να είναι συμπαγείς, υγιείς, χωρίς σημάδια και να αντέχουν σε ελαφριά πίεση.

Σε αυτή τη μέθοδο επεξεργασίας οι καρποί επεξεργάζονται με «αλυσίβα» δηλαδή με διάλυμα καυστικού νατρίου ώστε να απομακρυνθεί μέσω υδρόλυσης το μεγαλύτερο μέρος του πικρού γλυκοζίτη, ελευρωπαΐνη. Αρχικά βυθίζονται σε διάλυμα καυστικού νατρίου συγκέντρωσης από 1.3 – 2.6% όπου παραμένουν σε αυτό από 8-12 ώρες. Η συγκέντρωση του καυστικού νατρίου και ο χρόνος παραμονής εξαρτώνται από την ποικιλία της ελιάς, την ωριμότητα και τη θερμοκρασία που λαμβάνει χώρα η επεξεργασία. Κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας η διείσδυση του καυστικού νατρίου πρέπει να φτάσει στα 2/3 ή 3/4 της απόστασης από την επιφάνεια του καρπού έως τον πυρήνα. Προκειμένου να ελεγχθεί ο βαθμός διείσδυσης του καυστικού νατρίου στον ελαιόκαρπο πραγματοποιούνται τομές κατά μήκος αυτού και ξυστά από τον πυρήνα (**Εικόνα 8**). Η απόσταση που έχει διανύσει το καυστικό νάτριο εμφανίζεται με βαθύ πράσινο χρώμα.



Εικόνα 8. Έλεγχος διείσδυσης καυστικού νατρίου κατά την παραγωγή επιτραπέζιων ελιών ισπανικού τύπου

Η διείσδυση δεν πρέπει να φτάνει έως τον πυρήνα καθώς το τμήμα του ελαιοκάρπου στο οποίο δεν έχει διεισδύσει το καυστικό νάτριο διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά και στις τελικές μηχανικές επεμβάσεις που μπορεί να ακολουθήσουν, όπως είναι η αφαίρεση του πυρήνα, ο τεμαχισμός κ.ά. Γι' αυτό, είναι σημαντικό να γίνει προταξινόμηση των ελαιόκαρπων πριν από τη διαδικασία της εκπίκρασης ώστε να υπάρξει ομοιογενής διείσδυση του καυστικού νατρίου σε όλους τους ελαιόκαρπους, ανεξάρτητα από το μέγεθός τους.

Ο χρόνος διείσδυσης και η συγκέντρωση του καυστικού νατρίου παίζουν καθοριστικό ρόλο στο χρώμα και την υφή του τελικού προϊόντος, αφού η μη ικανοποιητική διείσδυση του καυστικού νατρίου δεν θα επιτρέψει την απαιτούμενη υδρόλυση της ελευρωπαΐνης, με αποτέλεσμα να προκληθούν προβλήματα στην επακόλουθη ζύμωση εξαιτίας της ανασταλτικής δράσης της ελευρωπαΐνης και των προϊόντων της στους μικροοργανισμούς.

Μετά την επεξεργασία με το καυστικό νάτριο οι ελαιόκαρποι υφίστανται πλύσεις με νερό ώστε να απομακρυνθεί το μεγαλύτερο μέρος καυστικού νατρίου από τη σάρκα τους. Από τη θερμοκρασία των πλύσεων εξαρτάται ο σχηματισμός οξέων έχοντας σημαντικό ρόλο στην μετέπειτα ζύμωση αφού μειώνουν το pH σε κατάλληλες τιμές ώστε να αναπτυχθούν βακτήρια γαλακτικού οξέος. Ο αριθμός και η διάρκεια των πλύσεων παίζουν σημαντικό ρόλο καθώς επηρεάζουν τις συγκεντρώσεις από τα αναγωγικά σάκχαρα και μπορεί να προκαλέσουν προβλήματα στις μετέπειτα ζυμώσεις. Ένας άλλος παράγοντας που επηρεάζεται από τον αριθμό και τη διάρκεια των πλύσεων είναι η τιτλοδοτούμενη οξύτητα των ελαιόκαρπων αφού οι τιμές της επηρεάζουν την τελική τιμή του pH αυτών, παράγοντας που διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην πρόκληση αλλοιώσεων στο τελικό προϊόν. Επίσης, ο αυξημένος αριθμός πλύσεων μπορεί να εξαντλήσει τα ζυμούμενα σάκχαρα και τα θρεπτικά συστατικά γενικότερα, με αποτέλεσμα να απαιτείται η μετέπειτα προσθήκη αυτών προκειμένου να ολοκληρωθεί η διαδικασία ζύμωσης. Η θερμοκρασία του νερού κατά το τελικό στάδιο πλύσης δεν πρέπει να υπερβαίνει τους 20°C, καθώς θερμοκρασία υψηλότερη από τους 20°C ευνοεί την ανάπτυξη των Gram αρνητικών βακτηρίων.

Έπειτα από το πλύσιμο οι ελαιόκαρποι τοποθετούνται στην άλμη (υδατικό διάλυμα χλωριούχου νατρίου) κατά την οποία πραγματοποιείται η ζύμωσή τους. Αρχικά η άλμη περιέχει μόνο χλωριούχο νάτριο, όμως μετά την εκχύλιση διάφορων θρεπτικών συστατικών από τους ελαιόκαρπους η άλμη μετατρέπεται σε κατάλληλο μέσο καλλιέργειας στο οποίο μεταξύ άλλων αναπτύσσονται τα οξυγαλακτικά βακτήρια και οι ζύμες που επιτελούν την απαιτούμενη ζύμωση για την παραγωγή του τελικού προϊόντος. Η συγκέντρωση του χλωριούχου νατρίου επηρεάζει την ταχύτητα εκχύλισης των θρεπτικών συστατικών από την άλμη, την περιεκτικότητα των υδατανθράκων στην άλμη και την ιοντική ισχύ αυτής. Οι μεγάλες συγκεντρώσεις NaCl μπορούν να προκαλέσουν συρρίκνωση στους ελαιόκαρπους ενώ οι χαμηλές συγκεντρώσεις δεν θα μπορέσουν να εμποδίσουν την ανάπτυξη ανεπιθύμητων βακτηρίων που επιτελούν για παράδειγμα βουτυρική ζύμωση και οδηγούν στη δημιουργία ανεπιθύμητων οσμών. Η συγκέντρωση της αρχικής άλμης πρέπει να είναι περίπου 9 έως 11 °Bé. Η συγκέντρωση θα πρέπει να ρυθμίζεται ανάλογα με την ποικιλία και την ωριμότητα του ελαιόκαρπου και το στάδιο της ζύμωσης, ώστε να επιτυγχάνεται καλή υφή στο προϊόν και σταθερότητα κατά την αποθήκευση (Fernández *et al.*, 1997).

Η πρώτη φάση της ζύμωσης λαμβάνει χώρα από την εμβάπτιση των ελαιόκαρπων στην άλμη έως την ανάπτυξη των γαλακτοβακτηρίων, η οποία πραγματοποιείται μετά από περίπου 48-72 ώρες. Σε αυτή τη φάση οι περισσότεροι από τους μικροοργανισμούς που υπάρχουν προέρχονται από εξωτερικούς παράγοντες όπως είναι οι αντλίες, ζυμωτήρες και άλλα υλικά και εξαρτήματα που έρχονται σε επαφή με τους ελαιόκαρπους και την άλμη. Γι' αυτό είναι σημαντικό να εφαρμόζονται ορθές υγιεινές πρακτικές. Η παρουσία μικρού πληθυσμού αρνητικών κατά Gram βακτηρίων είναι επιθυμητή ώστε να επιφέρει μείωση του pH προκειμένου να αναπτυχθούν οι γαλακτοβακτήρια.

Η δεύτερη φάση ζύμωσης ξεκινάει όταν το pH της άλμης φτάσει περίπου στην τιμή 6.0 και έχει διάρκεια περίπου δύο εβδομάδες. Σε αυτή τη φάση επικρατούν τα γαλακτοβακτήρια, ενώ τα αρνητικά κατά Gram βακτήρια μειώνονται μέχρι να εξαφανιστούν. Κάμψη εμφανίζει ο πληθυσμός των ζυμών όπως και τα γαλακτοβακτήρια *Leuconostoc* και *Pediococcus*.

Η τρίτη φάση ζύμωσης χαρακτηρίζεται από την ανάπτυξη γαλακτοβάκιλλων, κυρίως του είδους *Lactobacillus plantarum* που είναι υπεύθυνο για την ολοκλήρωση της ζύμωσης και άλλων γαλακτοβάκιλλων όπως *L.casei*, *L. fermentum*, *L. cellobiosus*, *L. coryniformis* και *L. previs*. Κατά τη διάρκεια ανάπτυξης του *Lactobacillus plantarum* αυξάνεται η οξύτητα και οι τιμές του pH πέφτουν σε τιμές χαμηλότερες από 4.0. Όταν εξαντληθούν τα ζυμώσιμα σάκχαρα οι γαλακτοβάκιλλοι αρχίζουν και μειώνονται.

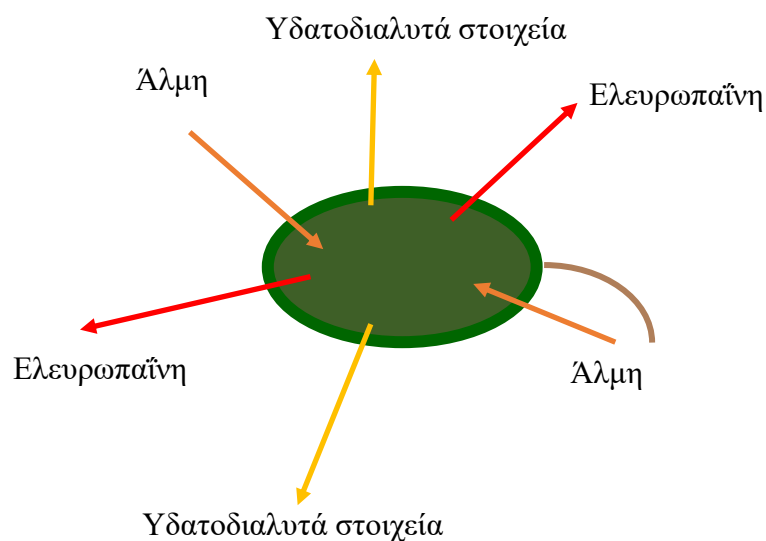
Τέλος, η τέταρτη φάση ξεκινάει όταν τελειώσει η κύρια γαλακτική ζύμωση. Χαρακτηριστικά της είναι η αύξηση της πτητικής οξύτητας και του pH, με μείωση του γαλακτικού οξέος. Το μόνο γένος που αναπτύσσεται κατά τη διάρκεια αυτής της φάσης είναι το *Propionibacterium* και λαμβάνει χώρα όταν τα επίπεδα του άλατος δεν ελέγχονται κατά τους θερινούς μήνες. Η ανάπτυξη των προπιονοβακτηρίων έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση στις τιμές του pH κατά 0.4 ή και περισσότερο, τη μείωση του γαλακτικού οξέος, την αύξηση της πτητικής οξύτητας και την υποβάθμιση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών του. Για την αποφυγή της ανάπτυξης των προπιονοβακτηρίων τα επίπεδα του άλατος θα πρέπει να είναι πάνω από 8% και του pH κάτω από 4.0 (Fernández *et al.*, 1997).

3.3.2 Μέθοδος ελληνικού τύπου (φυσικές μαύρες ελιές)

Η επεξεργασία με τη μέθοδο ελληνικού τύπου οδηγεί στην παραγωγή ελιών, που είναι γνωστές και με το όνομα μη επεξεργασμένες ελιές, πραγματοποιείται σε ελαιόκαρπους που συλλέγονται όταν είναι πλήρως ώριμοι ή λίγο πριν την πλήρη ωρίμανσή τους. Το χρώμα τους μπορεί να ποικίλλει ανάλογα με την ποικιλία, την περιοχή και το χρόνο που συγκομίζονται και να είναι κοκκινόμαυρο, ιώδες μαύρο, βαθύ ιώδες, πρασινόμαυρο ή βαθύ καστανό.

Η εκπίκραση των φυσικών μαύρων ελιών γίνεται με την τοποθέτησή τους απευθείας σε άλμη, συγκέντρωσης 8 έως 10 °Bé, χωρίς καμία άλλη επεξεργασία όπως για παράδειγμα προσθήκη καυστικού νατρίου. Συγκεκριμένα η υδατοδιαλυτή ελευρωπαΐνη και άλλες φαινολικές ουσίες που ευθύνονται για την πικρή γεύση της ελιάς, διαχέονται από τον ελαιόκαρπο στην άλμη με αποτέλεσμα την εκπίκραση αυτού. Επίσης, κατά τη διάρκεια της παραμονής των ελαιόκαρπων στην άλμη πραγματοποιείται φυσική ζύμωση αυτών μέσω μίας πολύπλοκης μικροχλωρίδας βακτηρίων και ζυμομυκήτων. Η ζύμωση που υφίστανται οι ελαιόκαρποι οφείλεται στη μικτή μικροχλωρίδα από γαλακτικά βακτήρια, ζύμες και αρνητικά κατά Gram βακτήρια. Όπως και στην περίπτωση του ισπανικού τύπου, στην άλμη πραγματοποιείται η φυσική ζύμωση. Όμως, η διαδικασία εκτελείται πιο αργά σε αντίθεση με την επεξεργασία με τη μέθοδο ισπανικού τύπου, εξαιτίας της αργής εκχύλισης των θρεπτικών συστατικών στην άλμη και της παρουσίας της ελευρωπαΐνης σε αυτήν.

Στην **Εικόνα 9** φαίνεται η ανταλλαγή ουσιών μεταξύ του ελαιόκαρπου και της άλμης. Η διαδικασία της ζύμωσης χρειάζεται συχνούς φυσικοχημικούς και μικροβιολογικούς ελέγχους.



Εικόνα 9. Μεταφορά ουσιών μεταξύ του ελαιόκαρπου και της άλμης (Ozdemir *et al.*, 2014).

Η όλη διαδικασία εκτίκρανσης και ζύμωσης ολοκληρώνεται περίπου σε διάστημα 8-12 μηνών. Οι παράγοντες που επηρεάζουν τον ρυθμό εκτίκρανσης είναι η ποικιλία, η περιοχή, ο βαθμός ωριμότητας, η θερμοκρασία, η συγκέντρωση της άλμης και το pH (Μπαλατσούρας, 2004).

Μετά το τέλος της ζύμωσης οι ελιές εκτίθενται στον ατμοσφαιρικό αέρα για 2-3 ημέρες ώστε να βελτιώσουν το χρώμα του εξωκάρπιου.

Ένα τελευταίο βήμα εκτίκρανσης μπορεί να πραγματοποιηθεί κατά την τοποθέτηση τους στην τελική συσκευασία προσθέτοντας φρέσκια άλμη όπου κάνει τους ελαιόκαρπους λίγο πιο γλυκούς αν και μία ελαφριά πικρή γεύση παραμένει στο τελικό προϊόν (Fernández *et al.*, 1997).

3.3.3 Μέθοδος τύπου Καλιφόρνιας (τεχνητά μαύρες ελιές)

Η επεξεργασία με τη μέθοδο Καλιφόρνιας ή αλλιώς τεχνητός μαύρες ελιές πραγματοποιείται σε ελαιόκαρπους που συλλέγονται μετά την πλήρη ανάπτυξη και

πριν την πλήρη ωρίμανση. Είναι σημαντικό ο ελαιόκαρπος να μην συλλέγεται όταν είναι πλήρως ώριμος καθώς το τελικό προϊόν θα υστερεί σε συνεκτικότητα υφής.

Οι ελαιόκαρποι αμέσως μετά τη συλλογή τους θα πρέπει να εμβαπτιστούν σε διάλυμα άλμης περιεκτικότητας 5-8% όπου μπορούν να διατηρηθούν για μεγάλο χρονικό διάστημα. Κατά την αποθήκευσή τους στην άλμη και εξαιτίας της μεταφοράς της επιφυτικής μικροχλωρίδας των ελαιόκαρπων στην άλμη πραγματοποιείται μία ασθενής γαλακτική ζύμωση (Balatsouras and Vaughn, 1958).

Για την παρεμπόδιση ανάπτυξης ανεπιθύμητων μικροοργανισμών κατά την αποθήκευση και τη δημιουργία αερίων μπορεί να γίνει προσθήκη υδροχλωρικού, οξικού ή γαλακτικού οξέος.

Ο ελαιόκαρπος επεξεργάζεται διαδοχικά με διαλύματα καυστικού νατρίου για διάφορες χρονικές περιόδους έως ότου να επιτευχθεί προοδευτική διείδυση του καυστικού νατρίου σε όλη του την σάρκα. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η εκκίκραση των ελαιόκαρπων. Η συγκέντρωση του καυστικού νατρίου εξαρτάται από την ωριμότητα, την ποικιλία, τη θερμοκρασία στην οποία λαμβάνει χώρα η επεξεργασία και τον βαθμό που θέλουμε να φτάσει η διείδυση.

Έπειτα από κάθε επεξεργασία με το καυστικό νάτριο, οι ελαιόκαρποι τοποθετούνται σε νερό και οξειδώνονται με διοχέτευση αέρα υπό πίεση σε αυτό. Με αυτό τον τρόπο η οξείδωση των πολυφαινολικών ενώσεων επιφέρει ένα πλήρες μαύρισμα της επιδερμίδας των ελαιόκαρπων και έναν ομοιόμορφο χρωματισμό της σάρκας. Ο αριθμός των διαδοχικών πλύσεων μετά το καυστικό νάτριο κυμαίνεται μεταξύ τριών και πέντε. Για να ελέγξουμε εάν το καυστικό νάτριο έχει πλήρως απομακρυνθεί, τοποθετούμε δείκτη φαινολοφθαλεΐνης 1% πάνω στον ελαιόκαρπο, αφού πρώτα έχουμε πραγματοποιήσει τομές κατά μήκος του και ξυστά από τον πυρήνα όπως την **Εικόνα 10**. Η εμφάνιση ροζ-φούξια χρώματος μας δείχνει ότι το καυστικό νάτριο δεν έχει απομακρυνθεί πλήρως και ότι οι πλύσεις πρέπει να συνεχιστούν μέχρι να μην εμφανίζεται κάποιο χρώμα όταν τοποθετούμε φαινολοφθαλεΐνη επάνω στον κομμένο ελαιόκαρπο.



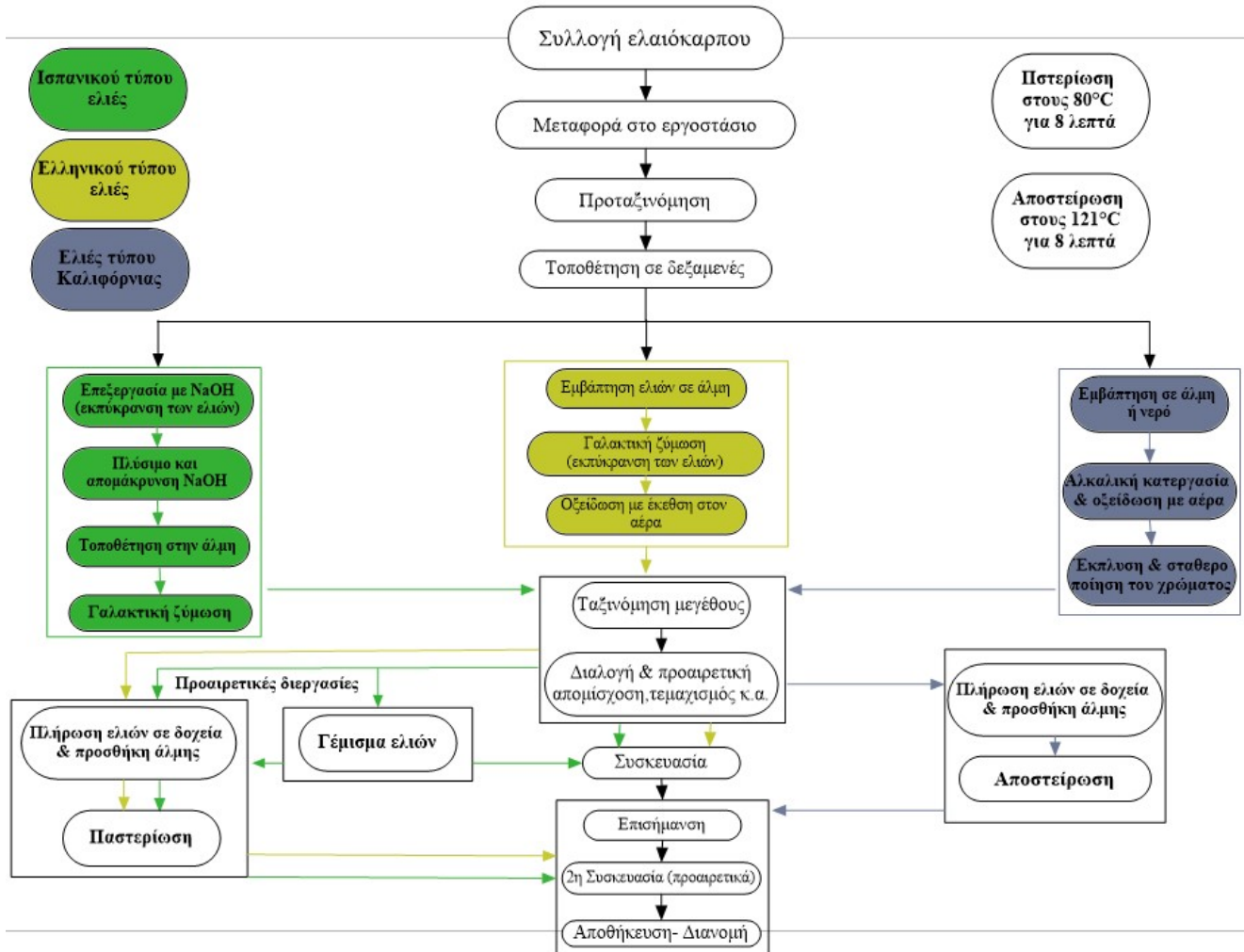
(α)

(β)

Εικόνα 10. Έλεγχος απομάκρυνσης καυστικού νατρίου (α) πριν και (β) μετά την εφαρμογή δείκτη φαινολοφθαλεΐνης

Τέλος, στο τελικό πλύσιμο προστίθεται γλυκονικός σίδηρος για να επιτευχθεί η σταθεροποίηση του χρώματος που έχει προηγηθεί με την οξείδωση. Έπειτα οι ελαιόκαρποι τοποθετούνται με διάλυμα άλμης 3% σε γυάλινα βάζα ή ανοξείδωτα δοχεία και επεξεργάζονται θερμικά (Fernández *et al.*, 1997).

Όλες οι παραπάνω μέθοδοι επεξεργασίας που πραγματοποιούνται, ώστε να καταστεί ο ελαιόκαρπος βρώσιμος περιγράφονται στο παρακάτω διάγραμμα ροής (Εικόνα 11).



Εικόνα 11. Διάγραμμα ροής για τις βασικότερες μεθόδους επεξεργασίας επιτραπέζιων ελιών.

Οι κυριότερες διαφορές μεταξύ των τριών μεθόδων επεξεργασίας περιγράφονται στην **Εικόνα 12**.

Μέθοδος επεξεργασίας	Ισπανικού τύπου	Τύπου Καλιφόρνιας	Ελληνικού τύπου
Χρόνος συγκομιδής του ελαιόκαρπου	Κατά την περίοδο ωρίμανσης	Μετά την πλήρη ανάπτυξη και πριν την πλήρη ωρίμανση	Κατά την πλήρη ωρίμανση
Τρόπος επεξεργασίας	Εμβάπτιση σε NaOH	Εμβάπτιση σε NaOH	Εμβάπτιση σε NaCl
Απομάκρυνση ελευρωπαΐνης	Χημική υδρόλυση	Χημική υδρόλυση	Αργή διάχυση στην άλμη
Διάρκεια ζύμωσης	3-7 μήνες	0	8-12 μήνες
Συντήρηση	Άλμη - παστερίωση	Αποστείρωση	Άλμη - παστερίωση

Εικόνα 12. Κυριότερες διαφορές μεταξύ των βασικών μεθόδων επεξεργασίας του ελαιόκαρπου.

3.4 Επίδραση της επεξεργασίας στις φαινολικές ενώσεις του ελαιόκαρπου

Κατά την εμβάπτιση του ελαιόκαρπου σε οποιοδήποτε μέσο επεξεργασίας ξεκινάει η διάχυση των ουσιών από το εσωτερικό του ελαιόκαρπου στο περιβάλλοντα μέσο επεξεργασίας και αντίστροφα. Οι ουσίες που διαχέονται από τα διάφορα μέρη του ελαιόκαρπου αλληλοεπιδρούν με το μέσο προκαλώντας χημικές αντιδράσεις που δίνουν υδρόφιλες και υδατοδιαλυτές ουσίες.

Κατά την επεξεργασία με τη μέθοδο Ισπανικού τύπου ή τύπου Καλιφόρνιας, η μετατροπή της ακατέργαστης ελιάς σε επιτραπέζια προαπαιτεί τη διεύθυνση και τη δράση διαλυμάτων καυστικού νατρίου ποικίλης συγκέντρωσης από την εξωτερική επιδερμική περιοχή του επικαρπίου έως τα βαθύτερα μέρη του μεσοκαρπίου.

Μετά από παρατηρήσεις που πραγματοποίησαν οι Marsilio and Lanza (1995) με οπτικό και ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης ανακάλυψε ότι το εξωκάρπιο ενός ελαιόκαρπου καλύπτεται από ένα συνεχές, καλά αναπτυγμένο, εξωτερικό στρώμα κηρός ποικίλου πάχους. Η επεξεργασία με καυστικό νάτριο μειώνει το πάχος του κηρώδους αυτό υλικού και επιφέρει δομικές τροποποιήσεις τόσο στο επικάρπιο όσο

και στο μεσοκάρπιο. Οι αλλαγές αυτές είναι συγκεκριμένες για κάθε ποικιλία όμως εξαρτώνται από τη συγκέντρωση και τη θερμοκρασία.

Η επεξεργασία των ακατέργαστων ελαιόκαρπων αλλάζει αρκετά το προφίλ των φαινολικών ενώσεων επηρεάζοντας τόσο τις οργανοληπτικές ιδιότητες όσο και την αντιοξειδωτική ικανότητα του τελικού προϊόντος.

Η μέθοδος επεξεργασίας τύπου Καλιφόρνιας οδηγεί σε μικρότερες συγκεντρώσεις φαινολικών ενώσεων και ιδιαίτερα της υδροξυτυροσόλης στις παραγόμενες ελιές ενώ η μέθοδοι επεξεργασίας ελληνικού και ισπανικού τύπου οδηγούν σε πιο αξιόλογα επίπεδα φαινολικών ενώσεων στο τελικό προϊόν. Το καυστικό νάτριο προκαλεί υδρολυτική διάσπαση του εστερικού δεσμού στην ελευρωπαΐνη μεταξύ υδροξυτυροσόλης και ελαιοσίδη-11-μεθυλεστέρα αυξάνοντας τις συγκεντρώσεις τους.

Η βερμπασκοσίδη υδρολύεται και παράγει τη μη πικρή υδροξυτυροσόλη και το καφεϊκό οξύ. Η υδρόλυση της λιγκστροσίδης παράγει την τυροσόλη και τον ελαιοσίδη-11-μεθυλεστέρα. Κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας με το καυστικό νάτριο μειώνονται τα επίπεδα ρουτίνης και λουτεολίνης-7-γλυκοζίτη εξαιτίας της υδρόλυσης των γλυκοσιδών. Ακόμη, οι πλύσεις φέρουν μειώσεις στη συγκέντρωση των φαινολών των ελαιόκαρπων εξαιτίας της διάχυσης τους στο νερό έκπλυσης (Charoenprasert and Mitchell, 2012).

Τις αλλαγές των φαινολικών ουσιών μελέτησε ο Bianchi (2003) σε ελαιόκαρπους που επεξεργάστηκαν με τη μέθοδο Καλιφόρνιας. Η μελέτη πραγματοποιήθηκε σε ελαιόκαρπους της ποικιλίας Intosso. Στους ακατέργαστους πράσινους ελαιόκαρπους βρέθηκαν φαινολικές ενώσεις όπως η ελευρωπαΐνη, ο ελαιοσίδη-11-μεθυλεστέρας, η υδροξυτυροσόλη, η τυροσόλη και τα αγλυκόνια ελευρωπαΐνης. Κατά τη συντήρησή τους στην άλμη η ελευρωπαΐνη εξαφανίστηκε σχεδόν εντελώς ενώ η υδροξυτυροσόλη και τα αγλυκόνια ελευρωπαΐνης αυξήθηκαν σημαντικά. Δραματικές αλλαγές εμφανίστηκαν κατά την αλκαλική αερόβια επεξεργασία και οι κύριες φαινόλες που παρέμειναν ήταν η τυροσόλη και η υδροξυτυροσόλη (**Πίνακας 3**).

Πίνακας 3 Επίδραση της μεθόδου επεξεργασίας τύπου Καλιφόρνιας στις φαινολικές ενώσεις του ελαιόκαρπου της ποικιλίας Intosso.

Φαινολικές ενώσεις	Ακατέργαστοι ελαιόκαρποι	Αποθηκευμένοι σε άλμη	Επεξεργασία τύπου Καλιφόρνιας
Τυροσόλη	40	63	152
Υδροξυτυροσόλη	57	395	1030
Βανιλικό οξύ	3	-	-
Αγλυκόνια ελευρωπαϊνης	55	380	13
Ελαιοσίδη-11-μεθυλεστέρα	140	120	Tr.
Ελευρωπαϊνη	1650	10	-
Ρουτίνη και λουτεολίνη-7-0-γλυκοσίδη	10	-	-

Τιμές σε mg ένωσης ανά 100 g ελιών

Πηγή: Bianchi, 2003

Οι Charoenprasert και Mitchell (2012) μελέτησαν επίσης τις μεταβολές των φαινολικών ενώσεων κατά τη διάρκεια αποθήκευσης και επεξεργασίας με τη μέθοδο τύπου Καλιφόρνιας και παρατήρησαν τη δραματική μείωση της ελευρωπαϊνης κατά την αποθήκευση των ελαιόκαρπων σε άλμη για 4 μήνες. Ακόμη, παρατήρησαν την αύξηση των προϊόντων αγλυκόνιων ελευρωπαϊνης, της υδροξυτυροσόλης και της τυροσόλης. Τη μείωση των φλαβονοειδών λουτεολίνη-7-γλυκοσίδη και ρουτίνης. Τέλος, τη σταθερότητα της συγκέντρωσης της βερμπασκοσίδης καθ' όλη τη διάρκεια αποθήκευσης (**Πίνακας 4**).

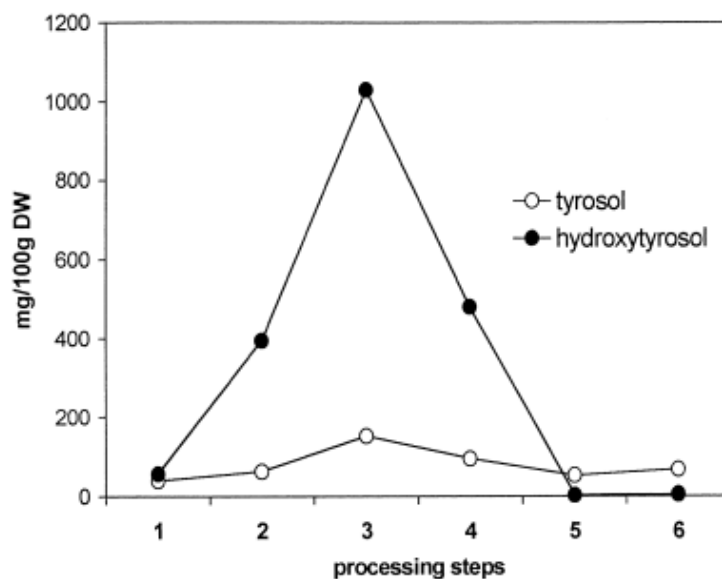
Πίνακας 4 Επιρροές των φαινολικών ενώσεων με τη μέθοδο επεξεργασίας τύπου Καλιφόρνιας της ποικιλίας Intosso (mg ένωσης ανά 100 g ελιών).

Φαινολικές ενώσεις	Ακατέργαστοι ελαιόκαρποι	Αποθηκευμένοι σε άλμη	Επεξεργασία τύπου Καλιφόρνιας
Τυροσόλη	40	63	152
Υδροξυτυροσόλη	57	395	1030
Βανιλικό οξύ	3	-	-
Ελευρωπαΐνη αγλυκόνη 1	2	70	-
Ελευρωπαΐνη αγλυκόνη 2	20	185	2
Ελευρωπαΐνη αγλυκόνη 3	33	135	11
Ελαιοσίδη-11-μεθυλεστέρα	140	120	Tr
Ελευρωπαΐνη	1650	10	-
Ρουτίνη	8	-	-
Λουτεολίνη-7-0-γλυκοσίδη	2	-	-

Τιμές σε mg ένωσης ανά 100 g ελιών

Πηγή: Charoenprasert και Mitchell, 2012

Οι Marsilio *et al.* (2000) κατέγραψαν (**Εικόνα 13**) την εξέλιξη της περιεκτικότητας υδροξυτυροσόλης και τυροσόλης κατά τη διάρκεια όλων των σταδίων επεξεργασίας με τη μέθοδο επεξεργασίας τύπου Καλιφόρνιας. Παρατήρησαν τη δραματική μείωση της υδροξυτυροσόλης εξαιτίας της διάχυσης και της αραίωσης μέσα στο νερό λόγω της υψηλής της υδατοδιαλυτότητας. Η τυροσόλη παρέμεινε σχετικά αμετάβλητη με το τελικό προϊόν να εμφανίζει παρόμοιες συγκεντρώσεις με τον ακατέργαστο ελαιόκαρπο.



Εικόνα 13 Εξέλιξη της περιεκτικότητας σε υδροξυτυροσόλη της σάρκας της ελιάς κατά τη διάρκεια των σταδίων επεξεργασίας με τη μέθοδο τύπου Καλιφόρνιας (Marsilio *et. al.*, 2000).

(1: φρέσκοι ελαιόκαρποι, 2: αποθηκευμένοι σε άλμη, 3: επεξεργασία με αλυσίδα και οξείδωση με αέρα, 4: πλύσιμο ελαιόκαρπων, 5: επεξεργασία με άλατα σιδήρου, 6: αποστειρωμένοι ελαιόκαρποι)

Κατά την επεξεργασία με τη μέθοδο ισπανικού τύπου η ελευρωπαϊνή υδρολύεται με αποτέλεσμα την αύξηση της υδροξυτυροσόλης και της ελαιοσίδη-11-μεθυλεστέρα και η τυροσόλη προϊόν υδρόλυσης της λιγκστροσίδης διαχέονται στο περιβάλλοντα μέσο. Έπειτα από την επίτευξη της ισορροπίας κατά τη ζύμωση η υδροξυτυροσόλη και η τυροσόλη παραμένουν σταθερές. Η ελαιοσίδη-11-μεθυλεστέρας μειώνεται εξαιτίας της μετατροπής της ένωσης σε ελενολικό οξύ και γλυκόζη λόγω όξινων συνθηκών. Κατά τη διάρκεια της ζύμωσης μειώνονται οι συγκεντρώσεις της λουτεολίνης-7-γλυκοζίτη, του καφεϊκού οξέος, του π-κουμαρικού οξέος και της ελευρωπαϊνης. Κατά την επεξεργασία με τη μέθοδο ελληνικού τύπου τα ολικά φαινολικά είναι υψηλότερα σε σχέση με τις δύο προηγούμενες μεθόδους λόγω της φυσικής ζύμωσης.

Οι Charoenprasert και Mitchell (2012) μελέτησαν ελαιόκαρπους που ήταν της ίδιας ποικιλίας και είχαν το ίδιο στάδιο ωριμότητας και τις επεξεργάστηκαν με τις μεθόδους ελληνικού και ισπανικού τύπου. Παρατήρησαν παρόμοιες τάσεις στις

συγκεντρώσεις των φαινολικών ενώσεων, με την τυροσόλη και την υδροξυτυροσόλη να έχουν τις υψηλότερες συγκεντρώσεις και στις δύο μεθόδους επεξεργασίας. (Πίνακας 5)

Πίνακας 5 Επίπεδα φαινολικών ουσιών σε ελαιόκαρπους της ποικιλίας Ascolana Tenera πριν και μετά την επεξεργασία.

Φαινολικές ενώσεις	Ακατέργαστοι ελαιόκαρποι	Μέθοδος ισπανικού τύπου	Μέθοδος ελληνικού τύπου
Τυροσόλη	189	51	89
Βανιλικό οξύ	103	16	26
Υδροξυτυροσόλη	945	221	510
3,4-διυδροξυ-φαινυλγλυκόλ	125	3	2
Αγλυκόνη 1	65	-	1
Αγλυκόνη 2	358	-	12
Αγλυκόνη 3	117	-	12
Ελεοσίδη-11-μεθυλεστέρας	262	4	56
Ελευρωπαΐνη	1028	-	2
Λουτεολίνη-7-0-γλυκοσίδη	88	-	-
Ρουτίνη	26	-	-

Τιμές σε mg/kg πολτού ελαιόκαρπου

Πηγή: Charoenprasert and Mitchell (2012)

Ο Salis *et al.* (2021) μελέτησαν τις αλλαγές που υπέστησαν οι φαινολικές ουσίες της ποικιλίας Καλαμάτα πριν και μετά τις μεθόδους επεξεργασίας ελληνικού και ισπανικού τύπου με δύο αναλυτικές μεθόδους: υγρή χρωματογραφία υψηλής

απόδοσης (HPLC-DAD) και φασματομετρία μάζας μετά από υγρή χρωματογραφία υπερυψηλής απόδοσης (LC-(ESI)-MS/MS). Οι φαινολικές ενώσεις που ταυτοποιήσαν και ποσοτικοποιήσαν ήταν η υδροξυτυροσόλη, η τυροσόλη, η βερμπασκοσίδη, η ρουτίνη, η ελευρωπαΐνη και η λουτεολίνη. Στους επεξεργασμένους ελαιόκαρπους παρατήρησαν τη σημαντική αύξηση της συγκέντρωσης της βερμπασκοσίδης και της υδροξυτυροσόλης και τη σημαντική μείωση της ρουτίνης. (Πίνακας 6)

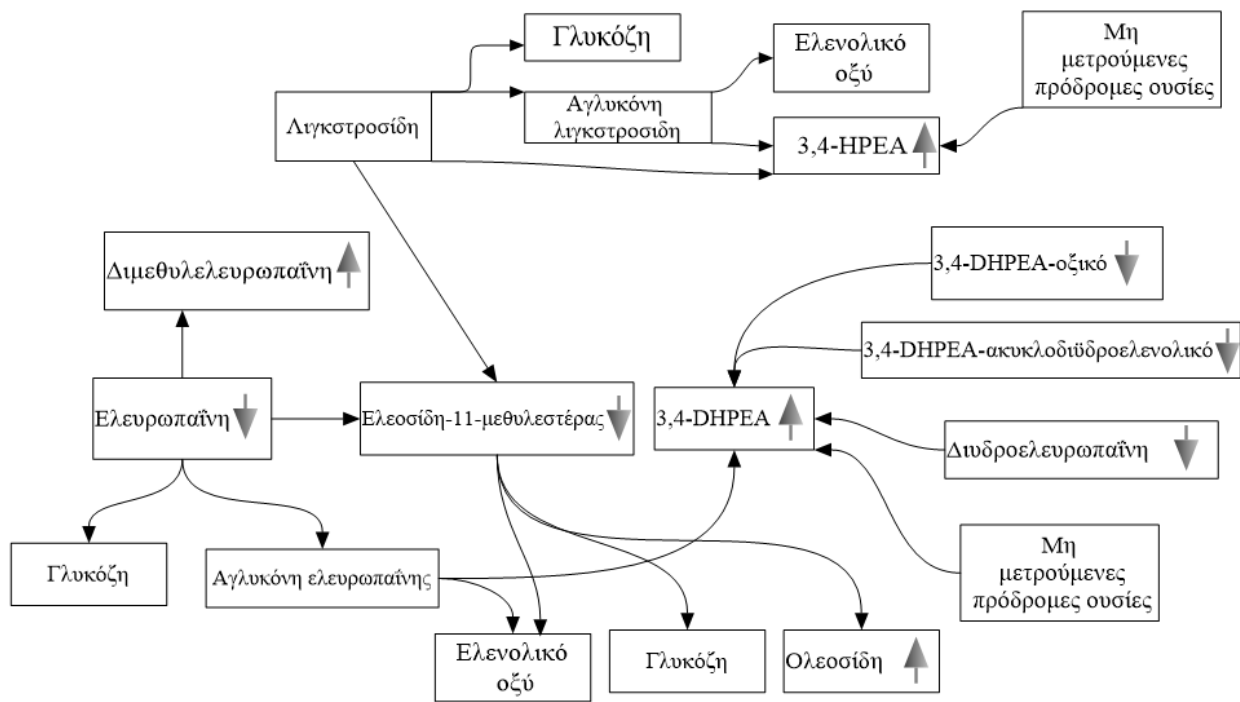
Πίνακας 6 Επίπεδα φαινολικών ενώσεων σε ελαιόκαρπους της ποικιλίας Καλαμάτα πριν και μετά τις επεξεργασίες.

Φαινολικές ενώσεις (μg/gr)	HPLC-DAD			LC-(ESI)-MS/MS		
	Ακατέργα στοι ελαιόκαρπ οι	Μέθοδ ος ελληνι κού τύπου	Μέθοδ ος ισπανι κού τύπου	Ακατέργα στοι ελαιόκαρπ οι	Μέθοδ ος ελληνι κού τύπου	Μέθοδ ος ισπανι κού τύπου
Υδροξυτυρο σόλη	273.43	367.83	333.96	ηq	90.66	63.10
Τυροσόλη	215.56	84.33	123.66	37.23	18.26	27.93
Βερμπασκοσ ίδη	31.50	504.26	453.66	28.33	332.03	283.80
Ρουτίνη	653.80	5.50	3.40	296.03	17.70	6.63
Ελευρωπαΐν η	nd	nd	nd	7.66	5.80	2.90
Λουτεολίνη	106.06	92.40	118.6	144.23	228.2	245.46

nd: μη ανιχνεύσιμο, *ηq*: μη ποσοτικοποίησιμο, HPLC-DAD: υγρή χρωματογραφία υψηλής απόδοσης, LC-(ESI)-MS/MS: φασματομετρία μάζας μετά από υγρή χρωματογραφία υπερυψηλής απόδοσης

Πηγή: Salis *et al.*, 2021

Οι Ambra *et al.* (2017) απεικόνισαν σχηματικά τις μεταβολές που υφίστανται οι φαινολικές ενώσεις κατά την επεξεργασία με καυστικό νάτριο τις πρώτες 12 ώρες εφαρμογής του (2,9 βαθμοί Baumé) (Εικόνα 14).



Εικόνα 14 Η μοίρα των φαινολικών ενώσεων κατά τις πρώτες 12 ώρες επεξεργασίας με καυστικό νάτριο (Ambra *et al.*, 2017).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Νέες τάσεις και προοπτικές στη διαδικασία εκπίκρυνσης του ελαιόκαρπου

Ιδιαίτερα σημαντικό στάδιο της επεξεργασίας των ελαιόκαρπων είναι η απομάκρυνση της πικρής γεύσης και η μετατροπή τους σε βρώσιμο προϊόν. Όπως είδαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο κατά τη διάρκεια των μεθόδων επεξεργασίας ο πικρός γλυκοζίτης ελευρωπαΐνη μειώνεται σημαντικά, είτε με έκπλυση είτε με υδρόλυση. Η επεξεργασία των ελαιόκαρπων με άλμη ή με καυστικό νάτριο είναι οι κυριότερες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται. Όμως, αυτές οι μέθοδοι επεξεργασίας παρουσιάζουν ορισμένα μειονεκτήματα. Η επεξεργασία των ελαιόκαρπων με άλμη χρειάζεται αρκετούς μήνες μέχρι να ολοκληρωθεί η ζύμωση και να απομακρυνθεί το μεγαλύτερο κομμάτι της ελευρωπαΐνης. Επιπλέον, οι ελαιόκαρποι συγκρατούν υψηλή περιεκτικότητα άλατος μετά την επεξεργασία. Από την άλλη, η επεξεργασία με καυστικό νάτριο προκαλεί απώλειες διαλυτών και θρεπτικών συστατικών και παράγει υψηλές ποσότητες λυμάτων.

Στις μέρες μας, οι καταναλωτές ενδιαφέρονται ολοένα και περισσότερο για φρέσκα, υγιεινά τρόφιμα που είναι ασφαλή και έχουν υποστεί ελάχιστη επεξεργασία. Παράλληλα, η ταχέως αναπτυσσόμενη βιομηχανία τροφίμων απαιτεί νέες και εναλλακτικές τεχνολογίες που να προσφέρουν μικρότερο χρόνο επεξεργασίας και να δημιουργούν ελάχιστο όγκο αποβλήτων.

Στόχος αυτού του κεφαλαίου είναι να δώσει πληροφορίες σχετικά με τις σύγχρονες τεχνικές επεξεργασίας που χρησιμοποιούνται για την εκπίκρυνση των ελαιόκαρπων και την πλήρη αντικατάσταση του καυστικού νατρίου ή της άλμης.

4.1 Εκπίκρυνση των ελαιόκαρπων με τη χρήση υπερήχων

Οι υπερήχοι είναι μία από τις νεότερες και ταχύτερα αναπτυσσόμενες μη θερμικές μεθόδους επεξεργασίας και ανάλυσης τροφίμων. Η τεχνολογία υπερήχων θεωρείται ασφαλέστερη συγκριτικά με άλλες νέες τεχνικές, μη τοξική, φιλική προς το

περιβάλλον και αποδεκτή από το κοινό λόγω της χρήσης τους για απεικονιστικούς διαγνωστικούς ελέγχους. Χρησιμοποιούν την ενέργεια που παράγεται από ηχητικά κύματα σε πολύ υψηλές συχνότητες που δεν μπορούν να γίνουν αντιληπτά από τον άνθρωπο.

Η εκχύλιση με τη βοήθεια υπερήχων χρησιμοποιεί ακουστική σπηλαίωση για να προκαλέσει μοριακή κίνηση του διαλύτη και του δείγματος προσφέροντας πλεονεκτήματα όπως: βελτιωμένη απόδοση, μειωμένο χρόνο εκχύλισης, χαμηλή κατανάλωση διαλύτη και υψηλό επίπεδο αυτοματισμού σε σύγκριση με τις συμβατικές τεχνικές εκχύλισης (Aday *et al.*, 2012).

Μέχρι στιγμής δεν υπάρχουν άλλες μελέτες στη διεθνή βιβλιογραφία που να αναφέρονται στην χρήση υπερήχων για την εκπίκρωση των ελαιόκαρπων παρά μόνο αυτές των Habibi *et al.* (2015a, 2015b). Στην πρώτη από αυτές οι ερευνητές αξιολόγησαν την ικανότητα των υπερήχων να προκαλούν εκπίκρωση στον ελαιόκαρπο, σε διαφορετικές συγκεντρώσεις καυστικού νατρίου και θερμοκρασίας. Στη δεύτερη αξιολόγησαν την αποτελεσματικότητα των υπερήχων να εκπικρίζουν τους ελαιόκαρπους χωρίς την χρήση καυστικού νατρίου και τη σκοπιμότητα επέκτασης αυτής της διαδικασίας.

Οι δύο αυτές μελέτες πραγματοποιήθηκαν σε δείγματα ελιών ίδιας ποικιλίας, από τον ίδιο ελαιώνα και συγκομίστηκαν το Σεπτέμβριο του 2012 στο τέλος της ωρίμανσής τους. Ακόμη, οι ελαιόκαρποι διατηρήθηκαν με τον ίδιο τρόπο στους 4 °C και χρησιμοποιήθηκαν τα ίδια χημικά μέσα για την πραγματοποίηση των πειραμάτων.

Στην εργασία των Habibi *et al.* (2015a) η εκπίκρωση των ελαιόκαρπων πραγματοποιήθηκε σε τρεις διαφορετικές θερμοκρασίες, 25, 30 και 35 °C με εφαρμογή υπερήχων με σταθερή συχνότητα 35 kHz και ισχύ 40 W. Οι συγκεντρώσεις καυστικού νατρίου που χρησιμοποιήθηκαν ήταν 1.50, 1.75 και 2.00 % (w/v). Η επιταχυνόμενη εκπίκρωση με υπερήχους πραγματοποιήθηκε σε λουτρό χωρητικότητας 900 mL και διαστάσεις 190 × 85 × 60 mm. Οι 40 ελαιόκαρποι που χρησιμοποιήθηκαν τοποθετήθηκαν σε 500 mL προετοιμασμένου διαλύματος εκπίκρωσης ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι διακυμάνσεις μεταξύ των ελαιόκαρπων. Οι ελαιόκαρποι μεταφέρθηκαν απευθείας στο λουτρό υπερήχων και ακολούθησε ένα πρόγραμμα

ενεργοποίησης-απενεργοποίησης διάρκειας 20 λεπτών. Για τον έλεγχο της θερμοκρασίας η ενεργοποίηση κρατούσε 5 λεπτά και η απενεργοποίηση 15 λεπτά. Για τη συμβατική εκπίκραση οι ελαιόκαρποι τοποθετήθηκαν στο διάλυμα εκπίκρασης και στον επωαστήρα, ώστε να ελέγχεται η θερμοκρασία. Έπειτα από αυτή τη διαδικασία εκπίκρασης, οι ελαιόκαρποι πλύθηκαν με νερό βρύσης, ώστε μετά από τη χρωματομετρική αντίδραση με φαινολοφθαλεΐνη το καυστικό νάτριο να μην είναι πια οπτικά ανιχνεύσιμο. Σε αυτή τη μελέτη, η διείδυση του καυστικού νατρίου έφτασε έως τον πυρήνα για μεγαλύτερη ακρίβεια και ο ρυθμός διείδυσης υπολογίστηκε μετρώντας το βάθος διείδυσης κατά συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα.

Στην εργασία των Habibi *et al.* (2015b) η εκπίκραση των ελαιόκαρπων σε νερό ή άλμη συγκέντρωσης 15% NaCl πραγματοποιήθηκε με τέσσερις διαφορετικούς τρόπους εκπίκρασης στους 25 °C. Ο πρώτος ήταν εκπίκραση με υπερήχους σε νερό, ο δεύτερος ήταν η συμβατική εκπίκραση με νερό, ο τρίτος ήταν η εκπίκραση με υπερήχους σε άλμη και, τέλος, ο τέταρτος ήταν η συμβατική εκπίκραση με άλμη. Οι αναλογίες ελιάς : νερού και ελιάς : άλμης ήταν 1:1,15. Το λουτρό υπερήχων που χρησιμοποιήθηκε ήταν χωρητικότητας 900 mL και διαστάσεων 190 × 85 × 60 mm³. Η συχνότητα υπερήχων που χρησιμοποιήθηκε ήταν 35 kHz και η ισχύς 40 W. Το πρόγραμμα που ακολουθήθηκε ήταν για 10 λεπτά εκπομπή κυμάτων και για 50 λεπτά διακοπή. Η όλη διαδικασία εκπίκρασης συνεχίστηκε έως ότου οι φαινολικές ενώσεις των ελαιόκαρπων να μειωθούν περίπου στο 50%.

Μετά την πειραματική διαδικασία η μελέτη των Habibi *et al.* (2015a) παρουσίασε σημαντικές αυξήσεις στην περιεκτικότητα της υγρασίας σε σχέση με το ανεπεξέργαστο δείγμα, ενώ δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεθόδων εκπίκρασης που εφαρμόστηκαν (Πίνακας 7). Η περιεκτικότητα σε ανόργανα άλατα μειώθηκε περισσότερο από 75% σε σχέση με το ανεπεξέργαστο δείγμα ενώ οι λιπαρές ουσίες έδειξαν μία ελαφριά αύξηση. Η τέφρα έδειξε επίσης μείωση λόγω των πλύσεων που ακολούθησαν μετά την επεξεργασία με το καυστικό νάτριο, οι οποίες απομάκρυναν τις υδατοδιαλυτές ενώσεις.

Πίνακας 7. Χημική σύνθεση των δειγμάτων μετά από επεξεργασία με τη βοήθεια υπερήχων (UAD) σε σύγκριση με τη συμβατική μέθοδο (CD) επεξεργασίας σε διαφορετικές συγκεντρώσεις NaOH και θερμοκρασίες

Τύποι επεξεργασίας	Θερμοκρασία °C	Συγκέντρωση	Υγρασία	Ανόργανα	Λιπαρές	Τέφρα
		NaOH (% w/v)	(%)	άλατα (%)	ουσίες (%)	(%)
UAD	25	1.50	84.084	1.262	8.693	0.458
		1.75	84.133	1.262	8.669	0.455
		2.00	84.383	1.213	8.692	0.453
	30	1.50	83.462	1.250	8.693	0.453
		1.75	84.180	1.285	8.672	0.457
		2.00	83.799	1.225	8.692	0.454
	35	1.50	83.845	1.262	8.693	0.452
		1.75	83.591	1.286	8.691	0.461
		2.00	84.494	1.213	8.687	0.452
CD	25	1.50	84.299	1.261	8.678	0.460
		1.75	83.871	1.286	8.686	0.455
		2.00	83.974	1.213	8.669	0.457
	30	1.50	84.401	1.237	8.676	0.452
		1.75	83.562	1.287	8.673	0.457
		2.00	83.633	1.250	8.693	0.458
	35	1.50	84.377	1.250	8.673	0.452
		1.75	84.102	1.224	8.672	0.452
		2.00	83.977	1.287	8.693	0.452
Ακατέργαστοι ελαιόκαρποι			71.133	1.707	8.295	1.848

Πηγή: Habibi *et al.*, 2015a

Ακόμη, παρατήρησαν ότι ο ρυθμός διείδυσης του καυστικού νατρίου στη σάρκα του ελαιόκαρπου επηρεάζεται από τη συγκέντρωση του καυστικού νατρίου, τη θερμοκρασία και την ωριμότητα της ελιάς, όπως είχαν συμπεράνει και οι Maldonado *et al.* (2011).

Σημαντικές διαφορές παρατηρούνται στην εκπίκρωση των ελαιόκαρπων μεταξύ των μεθόδων επεξεργασίας και αναφέρονται στον **Πίνακα 8**. Η επεξεργασία με τη βοήθεια υπερήχων χρειάστηκε λιγότερο χρόνο για την εκπίκρωση των ελαιόκαρπων σε σχέση με τη συμβατική μέθοδο.

Πίνακας 8. Χρόνος εκπίκρυνσης σε λεπτά με τη βοήθεια υπερήχων (UAD) σε σύγκριση με τη συμβατική μέθοδο (CD) σε διαφορετικές συγκεντρώσεις NaOH και θερμοκρασίες

Συγκέντρωση NaOH (%, w/v)	UAD			CD		
	25 °C	30 °C	35 °C	25 °C	30 °C	35 °C
1.5	411,67	325.00	215.67	501.67	481.67	415.00
1.75	353.33	291.67	190.00	431.67	333.33	258.33
2.00	270.00	190.00	171.67	381.67	258.33	221.67

Πηγή: Habibi *et al.*, 2015a

Αλλαγές σταθερότητας και μειωμένη σκληρότητα παρατηρήθηκε κατά τη διάρκεια των επεξεργασιών. Η σταθερότητα των δειγμάτων μειώθηκε πιο γρήγορα, όταν η επεξεργασία έγινε με τη βοήθεια υπερήχων σε σχέση με τη συμβατική μέθοδο επεξεργασίας. Κατά τη διάρκεια της αύξησης της συγκέντρωσης του καυστικού νατρίου και της θερμοκρασίας η σταθερότητα μειώθηκε ακόμη γρηγορότερα.

Σημαντικές αλλαγές σε σχέση με τους ακατέργαστους ελαιόκαρπους βρέθηκε στη μικροδομή των επεξεργασμένων ελαιόκαρπων. Στα μη επεξεργασμένα δείγματα η κυτταρική δομή ήταν περίπου 30 μm, ενώ στα επεξεργασμένα βρέθηκε αρκετά μεγαλύτερη που έφτανε έως 200 μm. Αυτό οφείλεται στη διάλυση και αφαίρεση των επιδερμικών κυττάρων του εξωκαρπίου που προκαλεί η επεξεργασία με το καυστικό νάτριο, αυξάνοντας την ορατότητα των περιγραμμάτων των κυττάρων και επιφέροντας σημαντική μείωση στο πάχος (Marsilio *et al.* 1996). Οι μικροδομές μεταξύ των μεθόδων δεν έδειξαν σημαντικές διαφορές, όμως στη μέθοδο επεξεργασίας με τη

βοήθεια υπερήχων τα δείγματα διατήρησαν καλύτερα την κυτταρική τους ακεραιότητα γεγονός που μπορεί να οφείλεται στον μικρότερο χρόνο επεξεργασίας που χρειάστηκε με τη βοήθεια των υπερήχων. Η περιεκτικότητα στη συγκέντρωση των φαινολικών, των φλαβονοειδών και της αντιοξειδωτικής δραστηριότητας μειώθηκε σημαντικά μετά από τις μεθόδους επεξεργασίας σε σχέση με το ακατέργαστο δείγμα. Όμως, οι μέθοδοι επεξεργασίας δεν είχαν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Τέλος, στο προφίλ των λιπαρών οξέων, όπως και στο χρώμα των επεξεργασμένων ελαιόκαρπων, δεν βρέθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεθόδων επεξεργασίας.

Από την πειραματική διαδικασία της μελέτης των Habibi *et al.* (2015b) παρατηρήθηκε ότι ο χρόνος εκπικράνσης με τη μέθοδο επεξεργασίας με τη βοήθεια υπερήχων ήταν πιο σύντομος σε σχέση με τη συμβατική μέθοδο. Όμως, δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεθόδων επεξεργασίας με τη βοήθεια υπερήχων στο νερό ή την άλμη, ούτε μεταξύ των μεθόδων επεξεργασίας με τη συμβατική μέθοδο στο νερό ή την άλμη.

Η χημική σύσταση των ελαιόκαρπων παρουσίασε αλλαγές έπειτα από τη μέθοδο επεξεργασίας σε σχέση με τους ακατέργαστους ελαιόκαρπους. Σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεθόδων επεξεργασίας παρατηρήθηκαν στην περιεκτικότητα της υγρασίας λόγω οσμωτικών πιέσεων. Ακόμη, διαφορές βρέθηκαν στην περιεκτικότητα της υγρασίας μεταξύ των δειγμάτων που επεξεργάστηκαν με τη βοήθεια υπερήχων και με τη συμβατική μέθοδο. Τα δείγματα που εκπικράνθηκαν με το νερό παρουσίασαν χαμηλότερη περιεκτικότητα σε τέφρα σε σχέση με τα δείγματα που εκπικράνθηκαν με άλμη. Η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη, λίπος και υδατάνθρακες δεν παρουσίασε σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεθόδων επεξεργασίας (Πίνακας 9).

Πίνακας 9. Χημική σύνθεση των δειγμάτων ελαιόκαρπου μετά από επεξεργασία με τη βοήθεια υπερήχων σε σύγκριση με τη συμβατική μέθοδο

Μέθοδος επεξεργασίας	Υγρασία (%)	Τέφρα (%)	Πρωτεΐνες (%)	Λιπαρά (%)	Υδατάνθρακες (%)
UADW	83.16	2.40	6.16	29.31	62.31
CDW	80.89	2.79	6.14	29.19	62.05
UADB	70.22	26.55	4.69	21.81	47.15
CDB	67.56	23.90	4.81	22.13	48.92
Ακατέργαστοι ελαιόκαρποι	71.10	6.40	5.91	29.07	58.62

UADW: εκπίκρυνση με τη βοήθεια υπερήχων σε νερό

CDW: συμβατική μέθοδος εκπίκρυνσης σε νερό

UADB: εκπίκρυνση με τη βοήθεια υπερήχων σε άλμη

CDB: συμβατική μέθοδος εκπίκρυνσης σε άλμη

Πηγή: Habibi *et al.*, 2015b

Η σταθερότητα και η σκληρότητα των επεξεργασμένων ελαιόκαρπων παρουσίασαν μείωση σε σχέση με τους ακατέργαστους ελαιόκαρπους. Μικρότερη μείωση στη σκληρότητα εμφάνισαν οι ελαιόκαρποι που επεξεργάστηκαν με το νερό είτε με τη βοήθεια υπερήχων είτε με τη συμβατική μέθοδο. Ελαφρές μειώσεις παρατηρήθηκαν στα δείγματα που πραγματοποιήθηκε επεξεργασία σε σχέση με τα μη επεξεργασμένα. Η ελαστικότητα μειώθηκε επίσης στα επεξεργασμένα δείγματα, ενώ η μασητικότητα έδειξε τη μεγαλύτερη μείωση μεταξύ των επεξεργασμένων και των ακατέργαστων ελαιόκαρπων (**Πίνακας 10**).

Πίνακας 10. Επίδραση της επεξεργασίας με τη βοήθεια υπερήχων και τη συμβατική μέθοδο σε νερό ή άλμη στις ιδιότητες της υφής των δειγμάτων ελαιόκαρπου

Μέθοδος επεξεργασίας	Σταθερότητα (g/sec)	Σκληρότητα (g)	Συνοχή	Ελαστικότητα	Μαστικότητα
UADW	646.65	377.41	0.362	0.464	62.29
CDW	600.24	376.86	0.345	0.447	58.57
UADB	593.12	346.68	0.378	0.499	61.97
CDB	535.12	320.15	0.371	0.479	56.87
Ακατέργαστοι ελαιόκαρποι	808.97	521.51	0.389	0.516	105.18

UADW: εκτίκραση με τη βοήθεια υπερήχων σε νερό

CDW: συμβατική μέθοδος εκτίκρασης σε νερό

UADB: εκτίκραση με τη βοήθεια υπερήχων σε άλμη

CDB: συμβατική μέθοδος εκτίκρασης σε άλμη

Πηγή: Habibi *et al.*, 2015b

Τα αποτελέσματα των συγκεντρώσεων φαινολικών και φλαβονοειδών και της αντιοξειδωτικής δράσης ήταν παρόμοια με τη μελέτη των Habibi *et al.* (2015a). Ωστόσο και σε αυτή τη μελέτη δεν βρέθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των διαφορετικών μεθόδων επεξεργασίας, παρά μόνο μεταξύ των ελαιόκαρπων που υπέστησαν επεξεργασία και των ακατέργαστων ελαιόκαρπων. Τα λιπαρά οξέα δεν έδειξαν σημαντικές αλλαγές μετά την εκτίκραση με τις μεθόδους επεξεργασίας, όπως επίσης και οι μέθοδοι επεξεργασίας δεν είχαν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους.

Το χρώμα των ελαιόκαρπων είναι ένα σημαντικό κριτήριο ποιότητας για την επιλογή ή απόρριψή τους από τους καταναλωτές. Το χρώμα των ακατέργαστων ελαιόκαρπων ανάλογα με το στάδιο ωρίμανσής τους κυμαίνεται από κίτρινο – πράσινο σε μωβ – μαύρο. Ο φλοιός των ελαιόκαρπων περιέχει χλωροφύλλη α και β (πράσινο χρώμα), καρετονοειδή και υδατάνθρακες (κίτρινο χρώμα) και ανθοκυάνες (μωβ με μαύρο χρώμα). Μετά τη διαδικασία της εκτίκρασης η παράμετρος φωτεινότητας L μειώθηκε σημαντικά σε όλες τις μεθόδους επεξεργασίας. Χαμηλότερες τιμές εμφάνισαν οι μέθοδοι επεξεργασίας με τη βοήθεια υπερήχων. Οι χαμηλές τιμές μπορεί να οφείλονται στο φαινόμενο της σπηλαιώσης, το οποίο καθορίζει διάφορες φυσικές και χημικές αντιδράσεις (Adekunte *et al.* 2010). Η παράμετρος κόκκινου χρώματος a και η παράμετρος κίτρινου χρώματος b είχαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των

επεξεργασμένων και ακατέργαστων ελαιόκαρπων ενώ η συνολική χρωματική διαφορά δεν έδειξε σημαντική διαφορά μεταξύ των επεξεργασμένων ελαιόκαρπων (**Πίνακας 11**).

Πίνακας 11. Επίδραση των υπερήχων στο χρώμα των ελαιόκαρπων μετά από την επεξεργασία με τη βοήθεια υπερήχων και τη συμβατική επεξεργασία σε σύγκριση με τους ακατέργαστους ελαιόκαρπους

Μέθοδος Επεξεργασίας	L	a	b
UADW	19.00	2.00	5.75
CDW	28.50	-1.75	13.00
UADB	16.50	0.00	4.25
CDB	22.00	0.00	3.25
Ακατέργαστοι ελαιόκαρποι	59.75	-35.50	53.50

UADW: εκπίκρυνση με τη βοήθεια υπερήχων σε νερό

CDW: συμβατική μέθοδος εκπίκρυνσης σε νερό

UADB: εκπίκρυνση με τη βοήθεια υπερήχων σε άλμη

CDB: συμβατική μέθοδος εκπίκρυνσης σε άλμη

L : παράμετρος φωτεινότητας από το μαύρο στο λευκό (0 έως 100)

a: από το πράσινο στο κόκκινο (-128 έως +127)

b: από το μπλε στο κίτρινο (-128 έως +127)

Πηγή: Habibi *et al.*, 2015b

Με βάση τα αποτελέσματα των μελετών συμπεραίνουμε ότι η εκπίκρυνση με τη βοήθεια υπερήχων μπορεί να μειώσει τον χρόνο επεξεργασίας των επιτραπέζιων ελιών σε σχέση με τη συμβατική μέθοδο χωρίς να υπάρξουν αλλαγές στη χημική σύσταση και στις οργανοληπτικές ιδιότητες του ελαιόκαρπου. Ακόμη, η μείωση του αριθμού των πλύσεων και η χρήση καυστικού νατρίου κατά την επεξεργασία κάνει ακόμα πιο φιλική προς το περιβάλλον την επεξεργασία με τη βοήθεια υπερήχων. Τέλος, χρειάζεται να γίνουν περισσότερες έρευνες σχετικά με τη διερεύνηση των διαφορετικών συνθηκών, όπως είναι η ισχύς και η συχνότητα κατά τη χρήση των υπερήχων για τη διαδικασία της εκπίκρυνσης των ελαιόκαρπων.

4.2 Εκπίκρυνση των ελαιόκαρπων με ενζυματική οξείδωση των πολυφαινολών

Οι Garcia *et al.* (2008) πραγματοποίησαν μελέτη στην εκπίκρυνση των ελαιόκαρπων υποβάλλοντάς τες σε υπερπίεση οξυγόνου ή αέρα για μία έως τρεις ημέρες. Η μέθοδος εφαρμόστηκε για την εκπίκρυνση πράσινων και μαύρων ελαιόκαρπων με τη χρήση αραιού διαλύματος καυστικού νατρίου. Σκοπός αυτής της μελέτης ήταν η αξιολόγηση μία νέας μεθόδου εκπίκρυνσης, η οποία βασίζεται στην ενζυματική οξείδωση των πολυφαινολών και ιδιαίτερα της οξείδωσης του φαινολικού γλυκοζίτη ελευρωπαΐνη από το ένζυμο οξειδάση πολυφαινόλης (PPO) χωρίς να σπάσουν οι ιστοί, μέσω υπερπίεσης οξυγόνου.

Η μελέτη πραγματοποιήθηκε σε ελαιόκαρπους της ποικιλίας Manzanilla που συγκομίστηκαν έχοντας κιτρινοπράσινο χρώμα, τοποθετήθηκαν σε οξινισμένη άλμη (5% NaCl, 0,7% οξικό οξύ) και αποθηκεύτηκαν σε αναερόβιες συνθήκες για διάστημα τεσσάρων μηνών. Τέσσερα ακόμη δείγματα διατηρημένων ελαιόκαρπων αγοράστηκαν από εργοστάσιο επιτραπέζιων ελιών. Οι δύο ήταν της ποικιλίας Hojiblanca και οι άλλες δύο της ποικιλίας Manzanilla. Τα δείγματα αυτά αποθηκεύτηκαν σε οξινισμένη άλμη και διατηρήθηκαν υπό αερόβιες συνθήκες. Όλα τα πειράματα πραγματοποιήθηκαν δύο φορές.

Για την πραγματοποίηση της οξείδωσης χρησιμοποιήθηκε ένα ερμητικά κλειστό βάζο που περιείχε ελαιόκαρπους, στο οποίο εισχώρησε οξυγόνο ή αέρας μέσω βαλβίδας. Ύστερα αποβλήθηκε το οξυγόνο ή ο αέρας μέσω της βαλβίδας εξόδου για πέντε λεπτά και το βάζο υπέστη υπερπίεση. Έπειτα, το βάζο επωάστηκε σε θάλαμο σταθερής θερμοκρασίας στους 20 ή 40 °C όπου μετά το πέρας της διαδικασίας ο ρυθμός οξείδωσης ελέγχθηκε οπτικά.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι ελαιόκαρποι μετά την παραμονή τους σε οξινισμένη άλμη για το διάστημα τεσσάρων μηνών δεν είχαν χάσει της πικρή τους γεύση, ούτε μετά την έκθεσή τους σε αέρα για πέντε ημέρες. Αντίθετα, οι ελαιόκαρποι που υποβλήθηκαν σε υπερπίεση με οξυγόνο (0,3 bar) και αέρα σκούρυναν, από κίτρινο-καφέ σε καφέ, γεγονός που οφείλεται στην οξείδωση της ελευρωπαΐνης στην κινόνη της και τον πολυμερισμό της κινόνης και η πικρή τους γεύση αφαιρέθηκε

πλήρως. Το εσωτερικό τους άρχισε να σκουραίνει με την πάροδο του χρόνου και η οξείδωση προχωρούσε ομοιόμορφα από το εξωκάρπιο έως τον πυρήνα.

Γρηγορότερος ρυθμός οξείδωσης παρατηρήθηκε στα δείγματα που εκτέθηκαν σε καθαρό οξυγόνο από αυτά που εκτέθηκαν σε αέρα. Η αύξηση της θερμοκρασίας επίσης εμφάνισε επίδραση στο ρυθμό οξείδωσης μειώνοντας το χρόνο. Ακόμη, οι εκπυρηνωμένες ελιές μείωσαν το χρόνο οξείδωσης σχεδόν στο μισό. Από τις 30 ώρες που χρειάστηκαν οι ολόκληρες ελιές, οι εκπυρηνωμένες χρειάστηκαν μόλις 12 ώρες. Αυτό συμβαίνει λόγω της διάχυσης του οξυγόνου και από το εσωτερικό και από το εξωκάρπιο του ελαιόκαρπου. Άλλη μία μεταβλητή που επηρέασε τον ρυθμό οξείδωσης ήταν το μέγεθος των ελαιόκαρπων. Στους ελαιόκαρπους με μεγαλύτερο μέγεθος ο ρυθμός οξείδωσης ήταν χαμηλότερος. Η ωρίμανση του καρπού παίζει επίσης ρόλο στο ρυθμό οξείδωσης καθώς οι ώριμες ελιές Manzanilla οξειδώθηκαν με βραδύτερο ρυθμό.

Ανεξάρτητα από τον τρόπο οξείδωσης που χρησιμοποιήθηκε, οι ελαιόκαρποι δεν έφτασαν το μαύρο χρώμα που εμφανίζεται στους ελαιόκαρπους που επεξεργάζονται με την μέθοδο Καλιφόρνιας. Η παράμετρος φωτεινότητας L μειώθηκε από 52 σε 30 και η παράμετρος του κίτρινου χρώματος b από 34 σε 10. Το προϊόν που προκύπτει μας δίνει ένα νέο χρωματισμό που δεν αντιστοιχεί στις εμπορικά πράσινες ή μαύρες ελιές. Το χρώμα των ποικιλιών Manzanilla που διατηρήθηκαν σε εργαστηριακή κλίμακα ήταν πιο σκούρο, το οποίο μπορεί να αποδοθεί στις αναερόβιες συνθήκες που διατηρήθηκαν.

Το pH στη σάρκα του ελαιόκαρπου μετρήθηκε περίπου στην τιμή 4.0, το οποίο θεωρείται χαμηλό για να πραγματοποιηθεί γρήγορη χημική οξείδωση. Με αυτή τη μέτρηση οι ερευνητές συμπέραναν ότι η οξείδωση των πολυφαινολών πραγματοποιήθηκε κυρίως μέσω ενζυματικής οξείδωσης.

Επίσης, οι Goupy *et al.* (1991) και οι Ben-Shalom *et al.* (1977) διαπίστωσαν ότι κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης η δραστηριότητα της πολυφαινολικής οξείδωσης μειώθηκε και αυτό μπορεί να συσχετιστεί με το βραδύτερο ρυθμό οξείδωσης που βρέθηκε σε ένα δείγμα ώριμων ελαιόκαρπων.

Για να διευκρινιστεί η σχέση που έχει η δραστηριότητα των οξειδωμένων πολυφαινολών και του καφέ χρώματος οι Garcia *et al.* (2008) πραγματοποίησαν ένα νέο πείραμα. Σε αυτό, παρατήρησαν ότι οι πολυφαινόλες των μην παστεριωμένων δειγμάτων χάθηκαν μετά από 30 ώρες οξείδωσης. Οι παστεριωμένες δεν παρουσίασαν ομοιόμορφο ή πλήρες μαύρισμα μετά από 145 ώρες οξείδωσης και ανιχνεύτηκε υπολειμματική συγκέντρωση ελευρωπαϊνης, ενώ η πικρή γεύση παρέμεινε. Με αυτά τα αποτελέσματα επιβεβαιώθηκε ότι η χημική οξείδωση των πολυφαινολών έχει μικρότερη συμβολή στην εκτίκρυνση των ελαιόκαρπων συγκριτικά με την ενζυμική αντίδραση. Παρ' όλα αυτά, η συγκέντρωση της ελευρωπαϊνης στην οξινισμένη άλμη μειώνεται συγκριτικά με τους ακατέργαστους ελαιόκαρπους, ενώ η πικρή γεύση παραμένει ακόμα και όταν η συγκέντρωση της ελευρωπαϊνης είναι χαμηλή. Ακόμη, έπειτα από οξείδωση που πραγματοποιήθηκε στις δύο ποικιλίες σε 40 ώρες, η ελευρωπαϊνή δεν ανιχνεύθηκε στην σάρκα των ελαιόκαρπων.

Προβληματισμούς προκαλεί στη βιομηχανία τροφίμων η ενζυματική οξείδωση των πολυφαινολών εξαιτίας των αλλαγών που επιφέρει στο χρώμα των ελαιόκαρπων. Τέλος, η ενζυματική οξείδωση μαζί με την υπερπίεση οξυγόνου ή αέρα επιφέρει θετικά αποτελέσματα στην εκτίκρυνση των ελαιόκαρπων.

Αργότερα, έρχεται η μελέτη των Ramirez *et al.* (2016) με στόχο να βελτιστοποιήσει τη μέθοδο και να μελετήσει σε βάθος την οξείδωση των πολυφαινολών. Η μελέτη πραγματοποιήθηκε σε ελαιόκαρπους της ποικιλίας Hojiblanca και της ποικιλίας Manzanilla που συγκομίστηκαν τις καλλιεργητικές περιόδους 2012/1013 και 2013/2014 με κιτρινοπράσινο χρώμα. Οι ελαιόκαρποι τοποθετήθηκαν σε οξινισμένη άλμη με συγκέντρωση 6% NaCl και 1% οξικού οξέος. Οι ελαιόκαρποι της καλλιεργητικής περιόδου 2012/2013 ελήφθησαν μετά από 4, 6 και 7 μήνες συντήρησης τους στην άλμη, ενώ οι ελαιόκαρποι της καλλιεργητικής περιόδου 2013/2014 μετά από έναν μήνα συντήρησης τους στην άλμη.

Αρχικά οι ελιές υποβλήθηκαν σε υπερπίεση οξυγόνου 0,3 bar για 5 ημέρες που διατηρήθηκαν για μεγάλο χρονικό διάστημα στην άλμη. Η συγκέντρωση της ελευρωπαϊνης σε ορισμένες ποικιλίες μειώθηκε ελαφρά συμπεραίνοντας ότι ο χρόνος συντήρησης στην οξινισμένη άλμη παίζει σημαντικό ρόλο για την επιτυχία της μεθόδου.

Μετά από την μελέτη των Ramirez *et al.* (2016) φαίνεται η πλήρης απομάκρυνση της ελευρωπαϊνης στην ποικιλία Hojiblanca κατά τη διάρκεια της οξειδωτικής επεξεργασίας έπειτα από τη διατήρηση τους στην άλμη για 180 ημέρες, ενώ στην ποικιλία Manzanilla η ελευρωπαϊνή παρέμεινε ανεξάρτητα από τις ημέρες επεξεργασίας που διατηρήθηκε στην άλμη (**Πίνακας 12**). Αυτό μπορεί να συσχετιστεί με την υψηλή συγκέντρωση ελευρωπαϊνης που είχαν οι ακατέργαστοι ελαιόκαρποι και όχι με τις συνθήκες οξύτητας ή το pH της άλμης ή τον χρόνο συντήρησης.

Πίνακας 12. Συγκέντρωση ελευρωπαϊνης και χημικά χαρακτηριστικά της άλμης σε ελιές που υποβλήθηκαν σε επεξεργασία με υπερπίεση οξυγόνου.

Δείγμα	Ημέρες στην άλμη	Πριν από την οξείδωση (mmol kg ⁻¹)	Μετά από την οξείδωση (mmol kg ⁻¹)	% Μείωση	pH	Οξύτητα (εκφρασμένη ως % γαλακτικού οξέος)
Manzanilla 1	120	11.35	8.13	28.4	3.71	0.40
Manzanilla 2	120	7.45	4.73	36.5	3.70	0.37
Hojiblanca 1	180	0.89	0	100	3.84	0.31
Hojiblanca 2	180	0.40	0	100	3.92	0.35
Hojiblanca 3	180	0.27	0	100	3.87	0.32
Manzanilla 3	210	0.98	0.61	37.8	3.70	0.26
Manzanilla 4	210	2.18	1.10	49.5	3.67	0.32
Manzanilla 5	210	2.22	0.05	97.8	3.92	0.52
Manzanilla 6	210	3.12	0.78	75.0	3.75	0.59
Manzanilla 7	210	1.10	0.52	52.7	3.58	0.46

* ελιές καλλιεργητικής περιόδου 2012/2013

* Οι ελαιόκαρποι, ελήφθησαν από δεξαμενές όπου είχαν διατηρηθεί σε οξιτισμένη άλμη

Πηγή: Ramirez *et al.*, 2016

Όπως είδαμε στην μελέτη των Garcia *et al.* (2008) η οξείδωση των πολυφαινολών πραγματοποιείται μέσω ενζυματικής οξείδωσης. Οι αποτυχημένες

δοκιμές συνέβησαν με ελιές που διατηρήθηκαν για μεγάλο χρονικό διάστημα, γεγονός που υποδηλώνει τη σημασία του χρόνου συντήρησης. Η δραστηριότητα της οξειδάσης των πολυφαινολών αυξάνεται με την ωρίμανση του ελαιόκαρπου αλλά μειώνεται με την παραμονή του ελαιόκαρπου στην οξινισμένη άλμη (Ortega-García *et al.*, 2008; Ramírez *et al.*, 2015). Αυτό έχει ως συνέπεια τη μείωση της δραστηριότητας των ενδογενών ενζύμων και ιδιαίτερα της πολυφαινολικής οξειδάσης, όταν οι ελαιόκαρποι συντηρούνται για μεγάλο χρονικό διάστημα στην οξινισμένη άλμη.

Λαμβάνοντας υπόψη την ενζυμική δραστηριότητα, οι Ramírez *et al.* (2016) επανέλαβαν το πείραμα διατηρώντας τις ελιές για μόνο ένα μήνα στην οξινισμένη άλμη. Τα αποτελέσματα έδειξαν τη μείωση της συγκέντρωσης της ελευρωπαΐνης σε όλους τους ελαιόκαρπους μετά από την οξείδωση, ανεξάρτητα από την ποικιλία σε μόλις ένα μήνα. Όμως, αυτό σήμαινε ότι οι μεταποιητές θα έπρεπε να οξειδώσουν όλες τις ελιές τους σε ένα με δύο μήνες και να τις πουλήσουν αμέσως. Γι' αυτό το λόγο, σχεδίασαν ένα καινούργιο πείραμα όπου οι ελαιόκαρποι θα πρέπει να τοποθετηθούν στην ίδια άλμη που ήταν πριν από την οξείδωσή τους. Έτσι, οι μεταποιητές κρατώντας την αρχική άλμη που είχαν οι ελαιόκαρποι πριν την οξείδωσή τους μπορούν να συντηρήσουν τους ελαιόκαρπους για διάστημα περίπου έξι μηνών.

Η παράμετρος φωτεινότητας L και η παράμετρος κίτρινου χρώματος b μειώθηκαν σε όλους της ελαιόκαρπους και το χρώμα του ελαιόκαρπου άλλαξε από κίτρινο-καφέ σε καφέ έπειτα από τη διατήρησή τους στην άλμη για ένα μήνα και την οξείδωσή τους. Ακόμη, παρατηρήθηκε ότι το χρώμα των ελαιόκαρπων που οξειδώθηκαν μετά από ένα μήνα συντήρησης άνοιξε ελαφρώς κατά την αποθήκευσή τους για έξι μήνες αλλά δεν εμφανίστηκαν καθόλου αισθητικά ελαττώματα.

Μετά από αυτές τις μελέτες μπορούμε να πούμε ότι η εκκίκραση των ελαιόκαρπων μπορεί να γίνει διατηρώντας τους σε οξινισμένη άλμη και με την έκθεσή τους σε υπερπίεση οξυγόνου. Όμως, αυτή η ελπιδοφόρος μέθοδος θα πρέπει δοκιμαστεί και σε άλλες ποικιλίες από διάφορες χώρες.

4.3 Εκπίκρυνση των ελαιόκαρπων με τη χρήση βακτηρίων του γένους *Lactobacillus*

Η εκπίκρυνση των ελαιόκαρπων μπορεί να γίνει με τη χρήση βακτηρίων του γένους *Lactobacillus*. Πολλές μελέτες έχουν δείξει ότι είδη και στελέχη *Lactobacillus* sp. μπορούν να υδρολύσουν τον πικρό γλυκοζίτη ελευρωπαϊνή κάνοντας τον ελαιόκαρπο βρώσιμο.

Οι Marsilio *et al.* (1996) μελέτησαν *in vitro* την υδρόλυση της ελευρωπαϊνής και του παραγώγου της αγλυκόνης, από τα ελευρωπαϊνολυτικά στελέχη *Lactobacillus plantarum* που απομονώθηκαν από άλμη επιτραπέζιας ελιάς. Για τη μελέτη χρησιμοποιήθηκαν μέσα ανάπτυξης εμβολιασμένα με το ελευρωπαϊνολυτικό στέλεχος B21 *L. plantarum* συγκέντρωσης 1.9×10^{10} cfu/ml τα όποια απομονώθηκαν από άλμη ελιάς και με *L. plantarum* ATCC 8014 συγκέντρωσης 2.9×10^{10} cfu/ml. Η συγκέντρωση της ελευρωπαϊνής ήταν 0,5% και 1% (w/v), αντίστοιχα. Οι καλλιέργειες επώαστηκαν στους 30 °C για τέσσερις ημέρες. Στη συνέχεια έγινε ανάλυση με αέρια χρωματογραφία (GC) και με αέρια χρωματογραφία/ φασματοφωτομετρία μάζας (GC/MS). Η μελέτη έδειξε σημαντική μείωση της ελευρωπαϊνής με την πάροδο του χρόνου, ενώ ταυτόχρονα υπήρχε αύξηση των παραγώγων αγλυκόνης τα οποία αργότερα αποικοδομήθηκαν σε υδροξυτυροσόλη. Οι μετρήσεις των συγκεντρώσεων ελευρωπαϊνής οι οποίες πραγματοποιήθηκαν σε διαφορετικούς χρόνους επώασης έδειξαν ότι η ελευρωπαϊνή μειώθηκε κατά 99% σε μόλις 11 ημέρες και σταδιακά άρχισε να μετατρέπεται σε αγλυκόνη. Μετά την πλήρη εξαφάνιση της ελευρωπαϊνής, η υδροξυτυροσόλη ξεκίνησε να αυξάνεται δραματικά και μετά από επώαση δύο εβδομάδων έφτασε στο μέγιστο. Τα στελέχη *L. plantarum* εμφάνισαν παρόμοια ελευρωπαϊνολυτική δράση καθώς η υδρόλυση των παράγωγων προϊόντων πραγματοποιήθηκε με την ίδια διαδικασία. Τα αποτελέσματα αυτά μπορούν να ερμηνευτούν ως αποτέλεσμα βακτηριακής δραστηριότητας, διότι η ελευρωπαϊνή παραμένει σταθερή με το πέρασμα του χρόνου σε μη εμβολιασμένο μέσο καλλιέργειας.

Ωστόσο, τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης των Marsilio *et al.* (1996) δεν είναι αντιπροσωπευτικά, καθώς πραγματοποιήθηκαν σε μέσο καλλιέργειας. Επομένως, διαφέρουν από τα πραγματικά συστήματα ελιάς και απαιτείται περαιτέρω έρευνα.

Αργότερα, οι Servili *et al.* (2006) πραγματοποίησαν σε πιλοτική κλίμακα ελεγχόμενη ζύμωση μαύρων ελαιόκαρπων των ποικιλιών Itrana και Leccino με χρήση του βακτηρίου *Lactobacillus pentosus* 1MO, προκειμένου να μελετήσουν τη συντόμευση του χρόνου εκπίκρασης. Τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής έδειξαν τη βιολογική υδρόλυση της ελευρωπαϊνης μέσα σε οχτώ ημέρες από την προσθήκη του βακτηριακού στελέχους στην άλμη των ελαιόκαρπων, ενώ κατά τη διάρκεια της βιολογικής εκπίκρασης με αυθόρμητη ζύμωση χρειάζονται έξι μήνες ή και περισσότεροι. Η διαδικασία αυτή, εφαρμόζεται πλέον σε ορισμένες περιπτώσεις και σε βιομηχανική κλίμακα.

Οι Romero και Poiana (2006) αξιολόγησαν 20 στελέχη του βακτηριακού γένους *Lactobacillus* και την ικανότητά τους να υδρολύουν την ελευρωπαϊνή σε διάφορες συγκεντρώσεις ελευρωπαϊνης (1, 3, 6 g dm⁻³) και άλμης (0, 4, 6, 8% w/v). Τα περισσότερα στελέχη έδειξαν καλή δραστηριότητα στην υδρόλυση της ελευρωπαϊνης σε χαμηλές συγκεντρώσεις άλατος και ελευρωπαϊνης, ενώ όταν η συγκέντρωση άλατος και ελευρωπαϊνης αυξήθηκε, αυτή η ικανότητα μειώθηκε δραματικά. Η μελέτη έδειξε ότι μετά από 24 ώρες χωρίς την προσθήκη άλατος και συγκέντρωση ελευρωπαϊνης 1 g dm⁻³ τα στελέχη *L. plantarum* υδρόλυσαν περισσότερο από το 70% του γλυκοζίτη. Τα *L. pentosus* έδειξαν χαμηλότερη υδρολυτική δραστηριότητα υδρολύοντας το 60% του γλυκοζίτη σε 24 ώρες, ενώ σε 120 ώρες το ποσοστό αυξήθηκε στο 67%. Σε 120 ώρες τα στελέχη του *L. plantarum* υδρόλυσαν το 96% της ελευρωπαϊνης. Αυξάνοντας την συγκέντρωση άλατος τα *L. plantarum* μείωσαν την υδρολυτική τους δραστηριότητα, ενώ η υδρολυτική δραστηριότητα των *L. pentosus* δεν επηρεάστηκε από την αύξηση της συγκέντρωσης του άλατος. Η αύξηση της ελευρωπαϊνης σε 3 g dm⁻³ οδήγησε σε χαμηλή δραστηριότητα των βακτηρίων στην υδρόλυση της ελευρωπαϊνης. Μόνο ένα στέλεχος του *L. plantarum* υδρόλυσε περισσότερο από το 95% αυτής μετά από 48 ώρες. Το ίδιο στέλεχος αποδείχθηκε εξίσου ικανό και όταν η συγκέντρωση της ελευρωπαϊνης ήταν 6g dm⁻³ και υδρόλυσε το 93% μετά από 48 ώρες και το 95% μετά από 120 ώρες.

Οι μελέτες των Marsilio *et al.* (1996), των Servili *et al.* (2006) και των Romero and Poiana (2006) έδειξαν ότι η χρήση βακτηρίων του γένους *Lactobacillus* μπορεί να υδρολύσουν την ελευρωπαϊνή σε σύντομα χρονικά διαστήματα αντικαθιστώντας άλλες μεθόδους επεξεργασίας, όμως χρειάζονται περισσότερες έρευνες πάνω σε αυτό.

4.4 Εκπίκρυνση των ελαιόκαρπων με εφαρμογή κενού

Οι Tamer *et al.* (2012) πραγματοποίησαν για πρώτη φορά μελέτη πάνω στην εκπίκρυνση των πράσινων ελαιόκαρπων της ποικιλίας Domat με τη μέθοδο εφαρμογής κενού (Vacuum Impregnation, VI) χρησιμοποιώντας διαλύματα χλωριούχου νατρίου και καυστικού νατρίου. Η μέθοδος εφαρμογής κενού προκαλεί γρήγορες αλλαγές στην τελική σύνθεση του προϊόντος με τη βοήθεια της δράσης του υδροδυναμικού μηχανισμού. Ο υδροδυναμικός μηχανισμός είναι η ανταλλαγή μαζών του εξωτερικού υγρού στο εσωτερικό του προϊόντος μέσα από τους τριχοειδείς πόρους και ρυθμίζεται από τη διαστολή ή συμπίεση που δέχεται μέσω αέρα. Η μέθοδος αυτή μειώνει σημαντικά το χρόνο επεξεργασίας και επηρεάζεται από το πορώδες του ελαιόκαρπου και τις μηχανικές ιδιότητές του. Με αυτό τον τρόπο η εφαρμογή κενού ξεπερνάει το φράγμα του φλοιού του ελαιόκαρπου και έτσι γίνεται ευκολότερα η ανταλλαγή καυστικού νατρίου από το εξωτερικό διάλυμα και ουσιών του εσωτερικού του καρπού και κατά συνέπεια η εκπίκρυνση γίνεται γρηγορότερα (Andres *et al.*, 2001).

Η εφαρμογή του κενού στην εργασία των Tamer *et al.* (2012) περιλαμβάνει δύο σκέλη. Το πρώτο αφορά την απομάκρυνση του αέρα από το δοχείο δεχόμενο πίεση (50-100 mbar) και η διατήρησή του στο κενό μέχρι να εξασφαλιστεί ότι ο αέρας έχει διαφύγει από το προϊόν μέσα από τους τριχοειδείς του πόρους. Με αυτόν τον τρόπο το διάλυμα διεισδύει στο προϊόν μέσα από τους πόρους απομακρύνοντας το υπολειπόμενο αέριο έως ότου επιτευχθεί η ισορροπία πίεσης. Το δεύτερο είναι η επαναφορά του δοχείου στην ατμοσφαιρική πίεση και η διατήρησή του για ένα χρονικό διάστημα.

Στην εν λόγω μελέτη, οι ελαιόκαρποι συγκομίστηκαν τον Οκτώβριο του 2010, όταν είχαν κιτρινοπράσινο χρώμα από έναν ελαιώνα της Τουρκίας. Χρησιμοποιήθηκαν διαλύματα NaCl (3 %), NaOH (1,5 %) και NaOH (1,5 %) + NaCl (3 %) σε ατμοσφαιρικές συνθήκες και υπό κενό (68 kPa), σε συνολικά έξι επαναλήψεις. Οι ελαιόκαρποι είχαν παρόμοιο βάρος, μέγεθος και αναλογία σάρκα προς πυρήνα. Σκοπός της μελέτης ήταν η αξιολόγηση των φυσικοχημικών αλλαγών κατά τη διάρκεια της εκπίκρυνσης με διαλύματα χλωριούχου νατρίου και καυστικού νατρίου που εφαρμόστηκαν με ή χωρίς εφαρμογή κενού.

Ο **Πίνακας 13** περιγράφει τις συνθήκες που εφαρμόστηκαν κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας των ελαιόκαρπων. Μπορούμε να δούμε ότι ο συνδυασμός καυστικού νατρίου (1,5%) με χλωριούχο νάτριο (3%) και εφαρμογή κενού 68 kPa χρειάστηκε λιγότερο χρόνο εκπίκρυνσης σε σχέση με τις άλλες συνθήκες που εφαρμόστηκαν. Όμως, από τον **Πίνακα 14** μπορούμε να δούμε ότι σε αυτήν την περίπτωση υπήρξε και η μεγαλύτερη απώλεια φαινολικών ενώσεων.

Πίνακας 13. Συνθήκες που εφαρμόστηκαν για την εκπίκρυνση των ελαιόκαρπων στη μελέτη των Tamer *et al.*, 2012

Δείγμα	Διάλυμα (w/v)	Συνθήκες κενού	Χρόνος επεξεργασίας
1.1	NaCl (3%)	Ατμοσφαιρική πίεση	45 μέρες
1.2	NaCl (3%)	68 kPa κενού	11 ώρες
2.1	NaOH (1.5%)	Ατμοσφαιρική πίεση	48 ώρες
2.2	NaOH (1,5%)	68 kPa κενού	8 ώρες
3.1	NaOH (1.5%) + NaCl (3%)	Ατμοσφαιρική πίεση	47 ώρες
3.2	NaOH (1.5%) + NaCl (3%)	68 kPa κενού	6 ώρες

Από τα αποτελέσματα που δίνονται στον **Πίνακα 14** μπορούμε να δούμε ότι η τέφρα δεν είχε σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεξεργασμένων ελαιόκαρπων. Παρατηρήθηκε όμως σημαντική αύξηση μετά την επεξεργασία των ελαιόκαρπων. Οι ελαιόκαρποι που ζυμώθηκαν για 45 ημέρες σε NaCl (3 %) εμφάνισαν την υψηλότερη πρωτεΐνη και τη μεγαλύτερη συγκέντρωση ολικών φαινολών. Η ελευρωπαΐνη μειώθηκε σε όλες τις συνθήκες επεξεργασίας σε σχέση με το ακατέργαστο δείγμα εξαιτίας της υδρόλυσης που υπέστη μέσα σε λίγες ώρες. Οι φαινολικές ενώσεις δεν είχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με τους ακατέργαστους ελαιόκαρπους και παρέμειναν μία σημαντική πηγή φαινολικών. Όμως, τα δείγματα που εκπικράνθηκαν με την επεξεργασία υπό εφαρμογή κενού είχαν μεγαλύτερη μείωση ολικών φαινολικών από τα δείγματα που εκπικράνθηκαν υπό ατμοσφαιρικές συνθήκες. Η αντιοξειδωτική δράση σε μερικά δείγματα μειώθηκε ελάχιστα σε σχέση με το ακατέργαστο δείγμα.

Πίνακας 14. Αποτελέσματα της μελέτης των Tamer *et al.*, 2012

Δείγματα	Συνολική τέφρα (% w/w)	Πρωτεΐνη (% w/w)	Ελευρωπαΐνη (ABS)	Συνολικές φαινόλες (mg GAE/100g)	Αντιοξειδωτική δράση (%)
Ακατέργαστος ελαιόκαρπος	0.36	0.88	0.347	114.05	34.21
1.1	2.79	1.26	0.133	101.22	25.89
1.2	2.60	0.55	0.084	91.53	29.16
2.1	2.60	0.92	0.064	100.26	23.75
2.2	2.84	0.56	0.055	92.22	13.72
3.1	2.96	0.50	0.103	99.03	27.74
3.2	2.61	0.55	0.065	89.61	21.71

Η παράμετρος φωτεινότητας L και η παράμετρος του κίτρινου χρώματος b μειώθηκαν κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας ενώ η παράμετρος ερυθρότητας a αυξήθηκε. Οι παράμετροι δείχνουν ότι το χρώμα της επιφάνειας των ελαιόκαρπων σκούρυνε με το πέρασμα του χρόνου και αυτό οφείλεται στην αποικοδόμηση από το φως των παραγώγων χλωροφύλλης που υπάρχουν στους ελαιόκαρπους, κυρίως της φαιοφυτίνης, η οποία έχει βρεθεί ότι είναι η κύρια ένωση.

Τέλος, το δείγμα που υπέστη εκκίκραση με καυστικό νάτριο υπό ατμοσφαιρικές συνθήκες ήταν αυτό που προτιμήθηκε για την σκληρότητά του, ενώ το δείγμα που υπέστη εκκίκραση με καυστικό νάτριο και χλωριούχο νάτριο ήταν αυτό που είχε την καλύτερη ποιότητα ως προς το χρώμα, την αλατότητα αλλά και την ταγγή γεύση.

Με βάση τα αποτελέσματα της μελέτης που αναλύθηκε παραπάνω (Tamer *et al.*, 2012) μπορούμε να πούμε ότι η μέθοδος εκκίκρασης με εφαρμογή κενού θεωρείται μία νέα τάση πολλά υποσχόμενη. Είναι σημαντικό όμως να γίνουν περαιτέρω έρευνες για να ελαχιστοποιηθεί η συγκέντρωση των αλκαλίων και άλατος και να αποσαφηνιστούν οι λεπτομέρειες όλων των διεργασιών ώστε να εξασφαλιστεί όσον το δυνατόν γίνεται, ένα βέλτιστο διατροφικά προϊόν.

4.5 Εκτίκρανση των ελαιόκαρπων με την εφαρμογή β-γλυκοσιδάσης συνδεδεμένη με υπερπαραμαγνητικά νανοσωματίδια

Η ενζυματική υδρόλυση της ελευρωπαΐνης πραγματοποιείται από την υδρόλυση του γλυκοσιδικού δεσμού της μέσω της δράσης του ενζύμου β-γλυκοσιδάση που έχει ως αποτέλεσμα το σχηματισμό της γλυκόζης και της αγλυκόνης της ελευρωπαΐνης. Οι γλυκοσιδάσες καταλύουν την υδρόλυση των γλυκοσιδικών δεσμών και αποτελούν σημαντική ομάδα ενζύμων για τη βιοχημική, βιοϊατρική και βιομηχανική εφαρμογή τους (Briante *et al.*, 2000).

Στη μελέτη των Savas *et al.* (2018) το ένζυμο β-γλυκοσιδάση ακινητοποιήθηκε με υπερπαραμαγνητικά νανοσωματίδια (SPMNs) και στη συνέχεια το ακινητοποιημένο ένζυμο χρησιμοποιήθηκε για τη διαδικασία της εκτίκρανσης πράσινων ώριμων ελαιόκαρπων της τουρκικής ποικιλίας Edermit, που συγκομίστηκαν το 2014. Λόγω των υπερπαραμαγνητικών νανοσωματιδίων, το σύστημα μπορεί να αφαιρεθεί και να χρησιμοποιηθεί ξανά πολλές φορές για τη διαδικασία της εκτίκρανσης. Συγκεκριμένα, η ελεύθερη β-γλυκοσιδάση που απομονώθηκε από ελαιόκαρπους (E), η αντίστοιχη ακινητοποιημένη σε υπερπαραμαγνητικά νανοσωματίδια β-γλυκοσιδάση (IE), η ελεύθερη β-γλυκοσιδάση του εμπορίου (CE) και η αντίστοιχη ακινητοποιημένη σε υπερπαραμαγνητικά νανοσωματίδια β-γλυκοσιδάση του εμπορίου (ICE) αξιολογήθηκαν για την ικανότητά τους να συμβάλλουν στη διαδικασία της υδρόλυσης της ελευρωπαΐνης. Ακόμη, αξιολογήθηκαν η εκτίκρανση με την χρήση νερού (W), με τη μέθοδο χάραξης του ελαιόκαρπου (S) και με επεξεργασία με καυστικό νάτριο (NaOH).

Όπως έχει αναφερθεί και προηγουμένως, στην ενζυματική υδρόλυση, η ελευρωπαΐνη υδρολύεται από τη δράση της β-γλυκοσιδάσης και μετατρέπεται σε γλυκόζη και στην πολυφαινόλη που ονομάζεται ελευρωπαΐνη αγλυκόνη. Η χρήση της β-γλυκοσιδάσης για την υδρόλυση της ελευρωπαΐνης επιφέρει προϊόντα πλούσια σε φαινολικές ουσίες και υψηλά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά. Το ένζυμο β-γλυκοσιδάση δεν είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί ξανά. Όμως, τα υπερπαραμαγνητικά νανοσωματίδια μπορούν να ακινητοποιήσουν το ένζυμο β-γλυκοσιδάση και έτσι αυτό μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί.

Η μελέτη αυτή (Savas *et al.*, 2018), βασίζεται στην επαναχρησιμοποίηση του ενζύμου β- γλυκοσιδάση για την εκπίκρυνση των ελαιόκαρπων. Η ακινητοποίηση του ενζύμου έγινε σε υπερπαραμαγνητικά νανοσωματίδια. Στη μελέτη χρησιμοποιήθηκαν ένζυμα από διαφορετικές πηγές καθώς μπορεί να περιέχουν διαφορετικές ιδιότητες και σταθερότητες. Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν ότι η β-γλυκοσιδάση του εμπορίου έχει υψηλότερη ενζυμική δραστηριότητα από τη β-γλυκοσιδάση του ελαιόκαρπου. Αυτό μπορεί να συμβαίνει γιατί η β-γλυκοσιδάση του εμπορίου έχει μυκητιακή προέλευση και τα ακινητοποιημένα ένζυμα της β-γλυκοσιδάσης προσδιορίστηκαν ως πιο σταθερά. Αντίθετα, η ακινητοποιημένη σε υπερπαραμαγνητικά νανοσωματίδια β-γλυκοσιδάση και η αντίστοιχη ελεύθερη β-γλυκοσιδάση δεν είχαν σημαντική διαφορά. Επιπλέον, κατά την εκπίκρυνση των ελαιόκαρπων με νερό, αυτοί έχασαν μόνο το 0,33% της συγκέντρωσης της ελευρωπαϊνης καταδεικνύοντάς την ως ακατάλληλη για τη χρήση της σε βιομηχανική κλίμακα. Η επεξεργασία με την μέθοδο χάραξης του ελαιόκαρπου προκάλεσε σημαντική μείωση της ελευρωπαϊνης μετά από 33 ημέρες. Η επεξεργασία με την ακινητοποιημένη σε υπερπαραμαγνητικά νανοσωματίδια β-γλυκοσιδάση ήταν πιο αποτελεσματική από την ελεύθερη εμπορική β-γλυκοσιδάση καθώς προκάλεσε μείωση της ελευρωπαϊνης κατά 50% μετά από 6 ώρες επώασης, ενώ μετά από 22 ώρες επώασης η συγκέντρωση της ελευρωπαϊνης είχε σχεδόν εξαφανιστεί.

Ακόμη, η ελεύθερη εμπορική β-γλυκοσιδάση και η ακινητοποιημένη σε υπερπαραμαγνητικά νανοσωματίδια β-γλυκοσιδάση SPMNs αξιολογήθηκαν σε διαφορετικές συγκεντρώσεις β- γλυκοσιδάσης (0.25 %, 0.5% και 1%). Η εμπορική β-γλυκοσιδάση και η ακινητοποιημένη μορφή (1%) μείωσαν τη συγκέντρωση της ελευρωπαϊνης κατά 62,05% και 80,01% έπειτα από 6 ώρες, αντίστοιχα, ενώ μειώθηκε πλήρως έπειτα από 22 ώρες.

Τέλος, αξιολογήθηκε η δυνατότητα διαδοχικών χρήσεων του ακινητοποιημένου ενζύμου και διαπιστώθηκε ότι είναι ακόμη ενεργό και μετά την τέταρτη χρήση. Ωστόσο, δεν είναι το ίδιο αποτελεσματικό, όπως τις πρώτες τρεις φορές.

Με βάση τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής (Savas *et al.*, 2018) μπορούμε να πούμε ότι αυτή η μέθοδος έχει γρήγορα αποτελέσματα στη διαδικασία εκπίκρυνσης

της ελευρωπαϊκής και μπορεί να αποτελέσει μία οικονομική λύση στην παραγωγή επιτραπέζιων ελιών σε βιομηχανική κλίμακα, όμως χρειάζεται να γίνουν περισσότερες μελέτες.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η επιτραπέζια ελιά συνιστά σημαντικό στοιχείο της Μεσογειακής διατροφής. Επίσης, συμβάλλει σημαντικά στην οικονομία της χώρας μας, καθώς αποτελεί εξαγωγίμο προϊόν σε διεθνές επίπεδο κατέχοντας σημαντική θέση εξαγωγών σε Ευρωπαϊκό επίπεδο. Όσον αφορά τη θρεπτική της αξία, η σπουδαιότητά της είναι εξίσου σημαντική, διότι διαθέτει ευεργετικές ιδιότητες για τον άνθρωπο και αποτελεί πλούσια πηγή θρεπτικών συστατικών όπως: λιπαρά οξέα, πρωτεΐνες, βιταμίνες και φαινολικές ενώσεις.

Στόχος της παρούσας μελέτης ήταν αρχικά να παραθέσει στοιχεία της χημικής σύστασης του ελαιόκαρπου πριν και μετά την επεξεργασία με τους τρεις βασικούς τρόπους εκκίκρασης και η διερεύνηση των νέων τρόπων εκκίκρασης για την παραγωγή επιτραπέζιων ελιών. Συγκεκριμένα, αναφέρθηκαν πέντε νέοι τρόποι εκκίκρασης που ελαχιστοποιούν σημαντικά τη χρήση καυστικού νατρίου και άλατος, οι οποίοι με περισσότερη έρευνα θα μπορούσαν να εφαρμοστούν από τις βιομηχανίες μειώνοντας έτσι το λειτουργικό, οικονομικό και περιβαλλοντικό κόστος.

Τα αποτελέσματα των νέων μεθόδων εκκίκρασης φαίνεται να είναι αρκετά ενθαρρυντικά και αποτελεσματικά για τη μείωση της χρήσης καυστικού νατρίου και του χρόνου εκκίκρασης του ελαιόκαρπου, κρατώντας σταθερά τις οργανοληπτικές τους ιδιότητες και τα θρεπτικά στοιχεία, αλλά και για την ελαχιστοποίηση των παραγόμενων αποβλήτων. Η μείωση του χρόνου απομάκρυνσης του πικρού γλυκοζίτη, ελευρωπαΐνης, θα αποτελέσει λύση σε αυτήν την τόσο χρονοβόρα διαδικασία. Το χαμηλό λειτουργικό κόστος των μεθόδων, δίνει κίνητρο στις βιομηχανίες μεταποίησης για την χρήση και εφαρμογή τους. Ωστόσο, χρειάζονται να γίνουν περαιτέρω έρευνες και μελέτες προτού εφαρμοστούν στις βιομηχανίες μεταποίησης.

Βιβλιογραφία

Διεθνής Βιβλιογραφία

Aday M. S., Temizkan R., Büyükcan M.B. and Caner C., (2012): An innovative technique for extending shelf life of strawberry: Ultrasound, *LWT - Food Science and Technology*

Adekunte, A., Tiwari, B., Cullen, P., Scannell, A., and O'Donnell, C. (2010): Effect of sonication on colour, ascorbic acid and yeast inactivation in tomato juice., *Food Chemistry*, p. 500-507

Ambra R., Natella F., Bello C., Lucchetti S., Forte V. and Pastore G., (2017): Phenolics fate in table olives (*Olea europaea* L. cv. Nocellara del Belice) debittered using the Spanish and Castelvetro methods, *Food Research International*

Amiot M. J., Fleuriet A. and Macheix J. J., (1986): Importance and evolution of phenolic compounds in olive during growth and maturation, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, p. 822–826.

Amiot, M. J., Fleuriet, A., and Macheix J. J. (1989): Accumulation of oleuropein derivatives during olive maturation. *Phytochemistry*, p. 67-69.

Achmon Y., Fishman A., (2014): The antioxidant hydroxytyrosol: Biotechnological production challenges and opportunities, *Applied Microbiology and Biotechnology*, p. 1119–1130

Andres A., Salvatori D., Albors A., Chiralt A. and Fito P., (2001): Vacuum impregnation viability of some fruits and vegetables. In: Osmotic dehydration and vacuum impregnation applications in food industries, *Technomic Publishing Company*, p. 53–59

Antolovich M., Bedgood Jr. D.R., Bishop A. G., Jardine D., Prenzler P. D. and Robards K., (2004): LC-MS Investigation of oxidation Products of phenolic antioxidants, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, p. 962-971

Bach-Faig, A., Berry, E.M., Lairon, D., Reguant, J., Trichopoulou, A., Dernini, S., Medina, F.X., Battino, M., Belahsen, R., Miranda, G., *et al.*(2011): Mediterranean diet pyramid today. Science and cultural updates. *Public Health Nutrition*, p. 2274–2284.

Balatsouras, G.D. and Vaughn. R.H., (1958): Some fungi that might cause softening of stored olives. *Food Res.* 23:235

Ben-Shalom N., Kahn V., Harel E. and Mayer A. M., (1977): Olive catechol oxidase-change during fruit development, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, p. 545–550.

Bianchi G., (2003): Lipids and phenols in table olives, Bianchi G., (2003): Lipids and phenols in table olives, *Europeam Journal Of Lipid Science and Technology*, p. 229-242

Bianchi, G., Murelli, C. and Vlahov G., (1992): Surface waxes from olive fruits. *Phytochemistry*, p. 3503–3506.

Brenes, M. and De Castro A., (1998): Transformation of oleuropein and its hydrolysis products during Spanish-style green olive processing, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, p. 353–358

Brenes, M., Rejano, L., Garcia, P., Sanchez, A. H., Garrido, A. (1995): Biochemical changes in phenolic compounds during Spanish-style green olive processing. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, p. 2702–2706

Breton C., Medail F., Berville A., (2006): De l'olivier à l'oléastre: origine et domestication de l'Olea europaea L. dans le Bassin méditerranéen, *Cahiers Agricultures*, p. 329-336

Briante R., Cara F., Febbraio F., Barone R, Piccialli G, Carolla R, Mainolfi P., Napoli L., Patumi M., Fontanazza G and Nucci R., (2000): Hydrolysis of oleuropein by recombinant b-glycosidase from hyperthermophilic archaeon Sulfolobus solfataricus immobilised on chitosan matrix, *Journal of Biotechnology*, p. 275–286

Campus, M. Degirmencioglu, N. and Comunian R., (2018): Technologies and Trends to Improve Table Olive Quality and Safety, *Frontiers in Microbiology*

Charoenprasert S. and Mitchell A., (2012): Factors Influencing Phenolic Compounds in Table Olives (Olea europaea), *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, p7081-7095

Conte P., Fadda C., Caro A., Urgeghe P. P. and Piga A., (2020): Table Olives: An Overview on Effects of Processing on Nutritional and Sensory Quality, *Foods*

Codex Alimentarius, (2013): STANDARD FOR TABLE OLIVES CXS 66-1981
Adopted in 1981. Revised in 1987

Dierkes G., Krieger S., Dück R., Bongartz A., Schmitz O. J., and H. Hayen, (2012):
High-performance liquid chromatography-mass spectrometry profiling of phenolic
compounds for evaluation of olive oil bitterness and pungency, *Journal of Agricultural
and Food Chemistry*, p. 7597–7606

Esti, M., Cinquanta, L., La Notte E., (1998): Phenolic compounds in different olive
varieties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, p. 32–35.

Fedeli E. (1977): Lipids of olives, *Progress in the Chemistry of Fats and other Lipids*
, p. 57-74

Frega, N. and Lercker, G., (1985): La composizione dei lipidi della drupa di olivo
durante maturazione, *Agrochimica*, p. 300–308.

Gandul-Rojas B. and Gallardo-Guerrero L., (2020): Characterization and Processing
of Table Olives: A Special Issue, *Foods*

Garcia A., Romero C., Medina E., Garcia P., Castro A. and Brenes M., (2008):
Debittering of Olives by Polyphenol Oxidation, *Journal of Agricultural and Food
Chemistry*, p. 11862–11867

Garrido-Fernández A., Fernández-Díez M.J. and Adams R.M., (1997): Table Olives:
Production and Processing, 1st ed., Chapman and Hall: London, UK,

Goupy P., Fleuriet A., Amiot M. J. and Macheix J. J. (1991): Enzymatic browning,
oleuropein content, and diphenol oxidase activity in olive cultivars (*Olea europaea* L.),
Journal of the Science of Food and Agriculture, p. 92–95.

Guilin R., (1991): Fibre fraction carbohydrates in *Olea europaea* (Gordal and
Manzanilla var.), *Journal article*, p. 173-178

Habibi M, Golmakani M. T., Farahnaky A., Mesbahi G. and Majzoobi M., (2016b):
NaOH-free debittering of table olives using power ultrasound, *Food Chemistry*

Habibi, M., Golmakani, M.T., Mesbahi, G., Majzoobi, M. and Farahnaky, A.,
(2016a): Ultrasound-accelerated debittering of olive fruits, *Innovative Food Science
and Emerging Technologies*

International Agreement on Olive Oil and Table Olives, 2015

- International Olive Oil Council, (IOOC) (2000): World catalogue of olive varieties
- International Olive Oil Council (IOOC), (2013): The World Catalogue of Olive Varieties—Olive Germplasm, Cultivars and World-Wide Collections; International Olive Oil Council: Madrid, Spain
- International Olive Oil Council, (IOOC), (2004): Trade Standard Applying to Table Olives; International Olive Oil Council: Madrid, Spain
- Maldonado, M. B., Zuritz, C. A., Wuilloud, R. G., Bageta, C. R., Terreni, J., and Sánchez, M. J., (2011): A simple model of the diffusion phenomena taking place during the debittering process of green table olives. *Grasas y Aceites*, p. 39-48
- Manoukas, A.G., Mazomenos, B., Patrinoú, M.A. (1973): Amino Acid Compositions of Three Varieties of Olive Fruit, *Journal article*, p. 215-217
- Marsilio V. and Lanza B., (1995): Effect of lye treatment on the nutritional and microstructural characteristics of table olives (*Olea europaea* L.). *Rev. Esp. Ciencia Tecnología Alimentos*, p.178-19
- Marsilio V., Campestre C. and Lanza B., (2000): Phenolic compounds change during California-style ripe olives processing, *Food Chemistry*, p.55-60
- Marsilio V., Lanza B. and Pozzi N., (1996): Progress in Table Olive Debittering: Degradation in vitro of Oleuropein and Its Derivatives by *Lactobacillus plantarum*, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, p. 593–597
- Marsilio, V., Lanza, B. and Angelis, M. D., (1996): Olive Cell Wall Components: Physical and Biochemical Changes during Processing. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, p. 35-43
- Montaño A., Sánchez A., López-López A., Castro A. and Rejano L. (2010): Chemical Composition of Fermented Green Olives: Acidity, Salt, Moisture, Fat, Protein, Ash, Fiber, Sugar, and Polyphenol, *Olives and Olive Oil in Health and Disease Prevention*, p. 291-297
- Nergiz C. and Engez Y. (2000): Compositional variation of olive fruit during ripening, *Food Chemistry*, p. 55-59

Ortega-Garcia, F., Blanco, S., Peinado, M.A. and Peragon, J. (2008): Polyphenol oxidase and its relationship with oleuropein concentration in fruits and leaves of olive (*Olea europaea*) cv. “Picual” trees during fruit ripening, *Tree Physiology*, p. 45–54.

Ozdemir Y., Guven E. and Ataturk A. O., (2014): Understanding the Characteristics of Oleuropein for Table Olive Processing, *Journal of Food Processing & Technology*

Pérez-Cano FJ, Castell M. (2016): Flavonoids, inflammation and immune system. *Nutrients*, p. 659-662

Ramirez E., Brenes M., Garcia P., Medina E., and Romero C., (2016): Oleuropein hydrolysis in natural green olives: importance of the endogenous enzymes, *Food Chemistry*, p. 204–209,

Ramirez E., Gandul-Rojas B., Romero C., Brenes M. and Gallardo-Guerrero L., (2015): Composition of pigments and colour changes in green table olives related to processing type, *Food Chemistry*, p. 115–124

Ramirez E., Garcia P., Brenes M. and Romero C., (2016): Evaluation of chemical components of debittered olives undergone preservation and polyphenol oxidation, *Journal of Agricultural and Food Technology*, p. 1674-1679

Rodríguez G., Lama A., Rodríguez R., Jiménez A., Guillén R. and Fernández-Bolaños J., (2008): Olive stone an attractive source of bioactive and valuable compounds. *Bioresource Technology*, p. 5261–5269.

Romero F. and Poiana M., (2006): Ability of commercially available *Lactobacillus* strains as starter in brinning and debittering of table olives, *Acta alimentaria*, p. 49-60

Romero C, Brenes M, Garcia P, Garcia A, Garrido A. (2004b): Polyphenol changes during fermentation of naturally black olives, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, p. 1973–1979.

Salis C., Papadakis I. E., Hagidimitriou M., (2021): Identification and quantification of phenolic compounds in fresh and processed table olives of cv. ‘Kalamata’, *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*

Savas E., Kaya M. Y., Karaagac O., Onat S., Kockar H., Yavas H. AND Kockar F, (2018): Novel debittering process of green table olives: application of β -glucosidase bound onto superparamagnetic nanoparticles, *CYTA Journal of food*, p. 840-847

Servili M., Settani L., Veneziani G., Esposto S., Massitti O., Taticchi A., Urbani S. Montedoro G. F. and Corsetti A., (2006): The Use of *Lactobacillus pentosus* 1MO To Shorten the Debittering Process Time of Black Table Olives (Cv. Itrana and Leccino), *Journal of the Science of Food and Agriculture*, p. 3869–3875

Shulman Y and Lavee S, (1976): Endogenous cytokinins in maturing Manzanillo olive fruits. *Plant Physiology*, p. 490-492.

Soler R. C., Espi J. C., and Wichers H. J., (2000): Review oleuropein and related compounds, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, p. 1013–1023

Kailis S. and Harris D., (2007): Producing table olives

Tamer C. E., İncedayı B., Yıldız B. and Çopur O. U., (2012): The Use of Vacuum Impregnation for Debittering Green Olives, *Food and Bioprocess Technology*, p. 3604–3612

Uyla V. and Yildiz G. (2014): The Historical Development and Nutritional Importance of Olive and Olive Oil Constituted an Important Part of the Mediterranean Diet, *Food Science and Nutrient*, p. 1092–1101

Vildan U. and Gökçen Y., (2013): The Historical Development and Nutritional Importance of Olive and Olive Oil Constituted an Important Part of the Mediterranean Diet, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, p. 1092-1101

Vinha A. F., Ferreres F., Silva B. M., Valentao P., Gonçalves A., Pereira J. A., Oliveira M. B., Seabra R. M. and Andrade P. B., (2005): Phenolic profiles of Portuguese olive fruits (*Olea europaea* L.): influences of cultivar and geographical origin. *Food Chemistry* p. 561–568

Vlahov G., (1991): Flavanoids in Three Olive (*Olea europaea*) Fruit Varieties during Maturation, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, p. 157-159

Ελληνική Βιβλιογραφία

Κυριτσάκης Απόστολος, Ελαιόλαδο, 2007, Εκδ. Publish City

Κώδικας Τροφίμων και Ποτών, 1987

Μπαλατσούρας, Η επιτραπέζια ελιά, 2004, Εκδ. Πελεκάνος

ΙΟΟC, Παγκόσμια εγκυκλοπαίδεια ελιάς, 2000

Ηλεκτρονικές πηγές

International Olive Oil Council (ΙΟΟC), [EXPORT FIGURES OF TABLE OLIVES
IN THE EUROPEAN UNION \(EU-27\) \(internationaloliveoil.org\)](https://www.internationaloliveoil.org/03-03-2023/export-figures-of-table-olives-in-the-european-union-eu-27) , 03-03-2023