



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΚΑΙ ΤΡΟΦΙΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΕΠΙΤΡΑΠΕΖΙΑΣ ΕΛΙΑΣ ΚΑΙ
ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ

ΥΒΡΙΔΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ
ΕΠΙΤΡΑΠΕΖΙΑΣ ΕΛΙΑΣ

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Της

Ευσταθίας Ρήγα

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 2021



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΚΑΙ ΤΡΟΦΙΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΕΠΙΤΡΑΠΕΖΙΑΣ ΕΛΙΑΣ ΚΑΙ
ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ

ΥΒΡΙΔΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ
ΕΠΙΤΡΑΠΕΖΙΑΣ ΕΛΙΑΣ

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Της

Ευσταθίας Ρήγα

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

Επιβλέπων: Δρ. Τριαντάφυλλος Τατούλης

Καλαμάτα
Απρίλιος 2021



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

HYBRID TABLE OLIVE WASTE MANAGEMENT SYSTEMS

Master Thesis

By

Efstathia Riga

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: Dr Triantafyllos Tatoulis

Kalamata
April 2021

Οι υπογράφωντες δηλώνουμε ότι έχουμε εξετάσει τη μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία (master thesis) με τίτλο «**Υβριδικά Συστήματα Διαχείρισης Αποβλήτων Επιτραπέζιας Ελιάς**» που παρουσιάστηκε από τον/την **Ρήγα Ευσταθία** και βεβαιώνουμε ότι γίνεται δεκτή.

The signatories declare that we have examined the postgraduate diploma thesis titled “**Hybrid Table Olive Waste Management Systems**” presented by **Riga Efstathia** and we affirm that it is accepted.

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

Δρ. Τατούλης Τριαντάφυλλος, Εξωτερικός συνεργάτης

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

Καπόλος Ιωάννης, Καθηγητής

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

Χριστάκης Παρασκευά, Καθηγητής

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):

Ρήγα Ευσταθία

Πνευματική ιδιοκτησία © 2021 Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου
Όλα τα δικαιώματα διατηρούνται

Copyright © 2021 University of Peloponnese
All rights reserved

Copyright © Ρήγα Ευσταθία, 2021

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.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	ii
ABSTRACT	iv
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	v
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	vi
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ	vii
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 Ιστορικά Στοιχεία	1
1.2 Βοτανική Ταξινόμηση.....	4
1.2.1 Ελαιοποιήσιμες Ποικιλίες Ελιάς	5
1.2.2 Επιτραπέζιες Ποικιλίες Ελιάς.....	6
1.3 Χαρακτηριστικά του Ελαιόδεντρου	8
1.4 Παγκόσμια & Εγχωρία Παραγωγή Ελιάς	9
1.5 Σύσταση Ελαιοκάρπου.....	11
1.6 Διαδικασία Επεξεργασίας των Κυριότερων Εμπορικών Τύπων Επιτραπέζιας Ελιάς	12
1.6.1 Επεξεργασία πράσινων ελιών (Ισπανικού τύπου).....	14
1.6.2 Επεξεργασία ελιών μαυρισμένων με οξείδωση(τύπου Καλιφόρνιας).....	15
1.6.3 Επεξεργασία Φυσικών μαύρων ελιών (Ελληνικού τύπου).....	17
1.7 Χαρακτηριστικά Αποβλήτων των Μονάδων Επεξεργασίας Επιτραπέζιας Ελιάς ...	18
1.8 Διαχείριση αποβλήτων από μονάδες επεξεργασίας επιτραπέζιας ελιάς	22
1.8.1 Φυτικοχημικές Μέθοδοι.....	25
1.8.2 Βιολογικές Μέθοδοι	28
1.8.3 Τεχνητοί Υγροβιότοποι	29
2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ	31
3. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	42
4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	50
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	52

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η διαδικασία επεξεργασίας επιτραπέζιων ελιών έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία μεγάλου όγκου αποβλήτων που προέρχονται από τα διάφορα στάδια της βιομηχανικής επεξεργασίας. Τα χημικά χαρακτηριστικά, ο μεγάλος όγκος και η εποχικότητα αυτών των αποβλήτων, τα καθιστούν ένα τεράστιο περιβαλλοντικό ζήτημα. Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η ανασκόπηση στη διεθνή βιβλιογραφία, σχετικά με τις μεθόδους επεξεργασίας υγρών αποβλήτων από μονάδες επιτραπέζιας ελιάς. Έγινε καταγραφή και μελέτη των αποτελεσμάτων από ερευνητικά πειράματα που έχουν διεξαχθεί στον τομέα της επεξεργασίας αποβλήτων επιτραπέζιας ελιάς, καθώς και σύγκριση μεταξύ των διάφορων μεθόδων επεξεργασίας. Σύμφωνα με τα ερευνητικά δεδομένα υπάρχουν αρκετές μελέτες που χρησιμοποιούν προηγμένες διαδικασίες οξείδωσης όπως είναι ο οζονισμός, η υγρή οξείδωση, οι ηλεκτροχημικές επεξεργασίες, η ηλεκτροκροκίδωση. Παράλληλα, έχουν διερευνηθεί και βιολογικές επεξεργασίες, όπως οι διεργασίες αερόβιας και αναερόβιας χώνευσης, καθώς επίσης και συστήματα επεξεργασίας, που στοχεύουν στην εξαγωγή και ανάκτηση προϊόντων προστιθέμενης αξίας, όπως είναι οι φαινόλες(διήθηση μέσω μεμβρανών). Οι περισσότερες μέθοδοι έχουν λάβει αρκετά υποσχόμενα αποτελέσματα σχετικά με την απομάκρυνση του οργανικού φορτίου από τα απόβλητα επιτραπέζιας ελιάς σε εργαστηριακά πειράματα, ωστόσο παρατηρήθηκε ότι ο συνδυασμός μεθόδων είναι αυτός που δίνει θετικά αποτελέσματα, όσον αφορά την απορρύπανση των αποβλήτων και την μείωση του λειτουργικού κόστους της διαδικασίας. Μέσω της βιβλιογραφικής ανασκόπησης που πραγματοποιήθηκε στην παρούσα εργασία, παρατηρήθηκε ότι η χρήση ενός υβριδικού συστήματος αερόβιας επεξεργασίας σε βιολογικούς αντιδραστήρες, με συνδυαστική εφαρμογή ηλεκτροχημικής οξείδωσης με ηλεκτρόδιο BDD(Διαμάντι με πρόσμιξη βορίου -Boron Doped Diamond) και εφαρμογής σε τεχνητό υγροβιότοπο, οδήγησε σε υψηλά ποσοστά απομάκρυνσης του οργανικού φορτίου και των φαινολικών συστατικών από τα απόβλητα επιτραπέζιας ελιάς, καθώς επίσης και σε ολοκληρωτικό αποχρωματισμό αυτών(Tatoulis et al., 2016b). Ένα πρόσθετο πλεονέκτημα του υβριδικού συστήματος, ήταν το χαμηλό πάγιο και λειτουργικό κόστος και η ελαχιστοποίηση της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης από την χρήση του τεχνητού υγροβιότοπου.

Λέξεις- κλειδιά: απόβλητα επεξεργασίας επιτραπέζιων ελιών, προηγμένες διαδικασίες οξείδωσης, βιολογική επεξεργασία, υβριδικό σύστημα διαχείρισης αποβλήτων επιτραπέζιας ελιάς

ABSTRACT

The processing of table olives results in the creation of a large volume of waste from the various stages of industrial processing. The chemical characteristics, the large volume and the seasonality of this waste make it a huge environmental issue. The purpose of this study was to review in the international literature on the methods of table olive waste treatments. The results of research experiments conducted in the field of table olive waste treatment were recorded and studied, as well as a comparison between the different treatment methods. According to research data there are several studies that use advanced oxidation processes such as ozonation, liquid oxidation, electrochemical treatments and electrocoagulation. At the same time, biological treatments have been investigated, such as aerobic and anaerobic digestion processes, as well as treatment systems, which aim at the extraction and recovery of value-added products, such as phenols (membrane filtration). Most of the methods have received quite promising results in terms of removing the organic load from the table olive waste in laboratory experiments, however it was observed that the combination of methods is the one that gives positive results in terms of waste decontamination and reduction of operating costs. Through this review, it was observed that the use of a hybrid aerobic treatment system in biological reactors, with a combined application of electrochemical oxidation with BDD (Boron Doped Diamond) electrode and application in constructed wetlands, has led to high percentages of organic charge and phenolic components removal, as well as in their complete discoloration (Tatoulis et al., 2016b). An additional advantage of this hybrid system was the low fixed and operating costs and the minimization of the environmental burden from the use of the constructed wetland.

Keywords: table olive waste, advanced oxidation processes, biological treatment, hybrid table olive waste management system

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Παραγωγή επιτραπέζιας ελιάς στην Ευρώπη και την Τουρκία. (Πηγή: https://ec.europa.eu).....	9
Πίνακας 2. Χημική Σύσταση Ελαιόκαρπου. (Πηγή: Therios, I., Crop production science in Horticulture: Olives.,2009)	11
Πίνακας 3. Σύνθεση των υγρών αποβλήτων που προέρχονται από την επεξεργασία πράσινων ελιών. (Πηγή: Papadaki and Mantzouridou, 2016)	20
Πίνακας 4. Σύνθεση των υγρών αποβλήτων που προέρχονται από την επεξεργασία ελιών μαυρισμένων με οξείδωση (τύπου Καλιφόρνιας). (Πηγή: Papadaki and Mantzouridou, 2016)	21
Πίνακας 5. Σύνθεση των υγρών αποβλήτων (άλμη) που προέρχονται από την επεξεργασία Φυσικών μαύρων ελιών (Ελληνικού τύπου). (Πηγή: Papadaki and Mantzouridou, 2016).....	22
Πίνακας 6. Επεξεργασίες αποβλήτων επιτραπέζιας ελιάς.....	33

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Απολιθωμένα φύλλα ελιάς που βρέθηκαν μέσα σε ηφαιστειακή στάχτη στο νησί της Σαντορίνης (Πηγή: myoliveplant.gr).....	2
Εικόνα 2: Η θεά Αθηνά προσφέρει το δέντρο της ελιάς στην πόλη της Αθήνας. (Πηγή: http://hellenicgroves.gr)	3
Εικόνα 3: Καρπός ελιάς Κορωνέϊκης ποικιλίας. (Πηγή: https://eleones-messinias.gr)	5
Εικόνα 4: Ελιά ποικιλίας Καλαμών. (Πηγή: www.pemetete.gr).....	7
Εικόνα 5: Ελιά ποικιλίας Χαλκιδικής. (Πηγή: www.pemetete.gr).....	7
Εικόνα 6: Η ποσότητα παραγωγής επιτραπέζιας ελιάς στην Ελλάδα (2010-2019) (Πηγή: https://ec.europa.eu).....	10
Εικόνα 7: Τα στάδια επεξεργασίας των τριών κύριων τύπων επεξεργασίας επιτραπέζιας ελιάς (Πηγή: Papadaki and Mantzouridou, 2016; Τατούλης, 2016).....	14
Εικόνα 8: Μέσος όγκος υγρών αποβλήτων που παράγονται από τα διάφορα στάδια των διαφόρων τύπων επεξεργασίας βρώσιμης ελιάς (Papadaki and Mantzouridou, 2016; Τατούλης, 2016).	18
Εικόνα 9: Πιθανά σενάρια εκμετάλλευσης αποβλήτων επεξεργασίας επιτραπέζιας ελιάς. (Πηγή: Papadaki and Mantzouridou, 2016; Τατούλης, 2016).....	25

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ

Χαρακτήρες Ελληνικού Αλφάβητου

A.E.B.E. : Απόβλητα Επεξεργασίας Βρώσιμης Ελίας

Π.Ο.Π.: Προστατευόμενη Ονομασία Προέλευσης

T.Y. : Τεχνητοί Υγροβιότοποι

Χαρακτήρες Λατινικού Αλφάβητου

Al: Αργίλιο (Aluminium)

BBD: Διαμάντι με πρόσμιξη βορίου (Boron Doped Diamond)

BBD/Si: ηλεκτρόδια BBD/Si (Boron Doped Diamond on Silicon–Διαμάντι με πρόσμιξη βορίου σε υπόστρωμα πυριτίου

C.O.D.: Χημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (Chemical Oxygen Demand)

CaO : Οξείδιο του ασβεστίου (Calcium oxide)

CSTR: Αντιδραστήρες πλήρους ανάμιξης και συνεχούς ροής (Continuous Stirred Tank Reactor)

Cu: Χαλκός (Copper)

d-COD: διαλυτό- χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (dissolved- Chemical Oxygen Demand)

EC: Ηλεκτρική αγωγιμότητα (Electrical Conductivity)

Fe: Σίδηρος (Ferrum)

H₂O₂: Υπεροξείδιο του υδρογόνου (Hydrogen peroxide)

HDPE : Πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας (High-density polyethylene)

IOC: Διεθνές Συμβούλιο Ελαιολάδου (International Olive Council)

KOH: Υδροξείδιο του καλίου

NaOH: Υδροξείδιο του νατρίου

O₃ : Όζον

PbO₂: οξείδιο του μολύβδου (Plumbic oxide)

PP: Πολυφαινόλες (Polyphenols)

SBR: Αντιδραστήρας διαλείποντος έργου με περιοδική λειτουργία (Sequencing Batch Reactor)

Si: Πυρίτιο (Silicon)

SS: Ανοξείδωτος Χάλυβας (Stainless steel)

T-Ph: Ολικές φαινόλες (Total Phenols)

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παραγωγή επιτραπέζιας ελιάς κατέχει ξεχωριστή θέση στην Ελλάδα και συνδέεται άμεσα με την διατροφή, τον πολιτισμό και την οικονομία της χώρας. Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται σημαντική αύξηση της ελαιοκαλλιέργειας σε πολλές περιοχές της χώρας, καθώς ο κλάδος της επιτραπέζιας ελιάς έχει αναπτύξει δυναμική πορεία με σημαντικό ποσοστό εξαγωγών. Χαρακτηριστικά είναι τα στοιχεία που δημοσίευσε το Μάρτιο το Διεθνές Συμβούλιο Ελαιολάδου (International Olive Council - IOC), που κατατάσσουν την Ελλάδα ως δεύτερο κυριότερο προμηθευτή επιτραπέζιας ελιάς των Η.Π.Α, με 35.177,2 τόνους ελληνικής παραγωγής να έχουν εισαχθεί στην αμερικανική αγορά.

Η ανάπτυξη της ελαιοκαλλιέργειας και κατά συνέπεια η εντατικοποίηση της παραγωγής επιτραπέζιας ελιάς, έχει συμβάλλει στην αύξηση της παραγόμενης ποσότητας αποβλήτων από μονάδες επεξεργασίας επιτραπέζιων ελιών, τα οποία συνήθως καταλήγουν σε διάφορους υδάτινους αποδέκτες, επιβαρύνοντας το περιβάλλον. Τα απόβλητα που προέρχονται από την επεξεργασία επιτραπέζιας ελιάς έχουν υψηλό ρυπαντικό φορτίο, έντονες οσμές και η διαχείρισή τους αποτελεί πολυσύνθετο πρόβλημα (Aggelis et al., 2001). Κρίνεται λοιπόν αναγκαία, η επεξεργασία των συγκεκριμένων αποβλήτων, ούτως ώστε να καταστεί πιο εύκολη η διαχείρισή τους και να μειωθεί η επιβάρυνση του περιβάλλοντος.

1.1 Ιστορικά Στοιχεία

Η καταγωγή της ελιάς, σύμφωνα με τα επικρατέστερα επιστημονικά στοιχεία, είναι από τη λεκάνη της Μεσογείου και τη Μέση Ανατολή. Η καλλιέργεια της, χρονολογείται πριν από 6.000 ή και 7.000 χρόνια περίπου (Κυριτσάκης, 2007). Από τη Μικρά Ασία, τη Συρία, το Ιράν και την Παλαιστίνη μεταφέρθηκε και εξαπλώθηκε στην υπόλοιπη Μεσόγειο. Από την αρχαιότητα, σύμφωνα με τον ιστορικό Θεόφραστο, η ελιά εμφανίστηκε στην Ελλάδα, στη Νότια Ιταλία, στη Συρία, στην Αίγυπτο και σε άλλες περιοχές (Κωσταλένος, 2011).

Υπάρχουν και άλλες επιστημονικές απόψεις που υποστηρίζουν ότι το δέντρο της ελιάς εμφανίστηκε αρχικά στην Αίγυπτο και προέρχεται από την Αφρική. Εκεί καλλιεργήθηκε συστηματικά και διαδόθηκε πιθανότατα από τους Φοίνικες, που ασχολούνταν με το εμπόριο, στη Μεσόγειο και στον ελλαδικό χώρο(Κυριτσάκης, 2007). Μια άλλη άποψη υποστηρίζει πως η ελιά μεταφέρθηκε από τη Συρία στα ελληνικά νησιά και από εκεί στην Νότια Ιταλία και τέλος στην Ισπανία.



Εικόνα 1: Απολιθωμένα φύλλα ελιάς που βρέθηκαν μέσα σε ηφαιστειακή στάχτη στο νησί της Σαντορίνης (Πηγή: myoliveplant.gr)

Στη μυθολογία αναφέρεται ότι την ελιά προσέφερε η θεά Αθηνά στην πόλη της Αθήνας και γι' αυτό το λόγο έγινε η καθιέρωση της ως η θεά – προστάτιδα της πόλης. Πολλοί ιστορικοί συγγραφείς, όπως ο Ηρόδοτος, κάνουν αναφορές στην καλλιέργεια της ελιάς στην αρχαιότητα και στην υψηλή διατροφική αξία των καρπών της(Μπαλατσούρας, 2004). Παράλληλα, υπάρχουν σημαντικά στοιχεία που δείχνουν ότι η ελιά καλλιεργήθηκε στην Κρήτη και πιθανότατα αποτελούσε την πηγή πλούτου του Μινωικού πολιτισμού(Κωσταλένος, 2011).



Εικόνα 2: Η θεά Αθηνά προσφέρει το δέντρο της ελιάς στην πόλη της Αθήνας. (Πηγή: <http://hellenicgroves.gr>)

Η καλλιέργεια της ελιάς κατάφερε να διαδοθεί στην Αμερική αλλά και στην Αυστραλία. Ορισμένα επιστημονικά στοιχεία αναφέρουν ότι η ελαιοκαλλιέργεια στην Νότια Αμερική(Αργεντινή, Μεξικό, Περού κ.α.) εμφανίστηκε από τα μέσα του 16ου αιώνα, ενώ ήδη από τα μέσα του 19ου αιώνα, αποτελούσε σημαντικό παράγοντα για την γεωργία και την οικονομία στην περιοχή της Καλιφόρνια(Κωσταλένος, 2011). Η ελαιοκαλλιέργεια στην Αυστραλία χρονολογείται από τα πρώτα χρόνια του 19ου αιώνα, αρχικά σε περιορισμένο βαθμό. Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1990 όμως, σημειώθηκε σημαντική αύξηση του ενδιαφέροντος για τις ελιές ως βιομηχανία και πλέον μεγάλες εκτάσεις καλύπτονται από ελιές επιτραπέζιων αλλά και ελαιοποιήσιμων ποικιλιών ελιάς(Μπαλατσούρας, 2004).

Ανεξάρτητα από τον τόπο προέλευσής της, η ελιά αποτελεί μια δυναμική καλλιέργεια για την Ελλάδα από την αρχαιότητα μέχρι και σήμερα. Είναι ένα προϊόν που συνδέεται άρρηκτα με τον ελληνικό πολιτισμό, τη διατροφή, την οικονομία και την παράδοση της χώρας.

1.2 Βοτανική Ταξινόμηση

Η καλλιεργούμενη ελιά ανήκει στα αειθαλή καρποφόρα δέντρα της οικογένειας Oleaceae, του γένους Olea και η βοτανική της ονομασία είναι Olea europaea (Μπαλατσούρας, 2004). Το είδος αυτό χωρίζεται σε δύο υποείδη : την άγρια ελιά (Olea europaea oleaster) και την ήμερη ή καλλιεργούμενη ελιά (Olea europaea sativa). Μερικά από τα κύρια βοτανικά χαρακτηριστικά της είναι :

- Λευκό σταχτί χρώμα στους ξυλοποιημένους βλαστούς.
- Φύλλα λογχοειδή και μακρόστενα τοποθετημένα σε αντίθετη διάταξη και με μικρό μίσχο.
- Άνθη τέλεια ή ατελή, λευκού έως κίτρινου χρώματος σε ταξιανθία βότρυς. Τα φύλλα της ελιάς ανανεώνονται κάθε χρόνο, μπορούν όμως να διατηρηθούν επάνω στο δέντρο έως και τρία χρόνια.
- Καρπός δρύπη, του οποίου το μέγεθος και το σχήμα (σφαιρικό, μακρόστενο, ωοειδές) διαφέρει ανάλογα και με την ποικιλία.

Οι ποικιλίες της ελιάς διακρίνονται είτε με βάση τα μορφολογικά τους χαρακτηριστικά (καρποί, άνθη, φύλλα, πυρήνας), είτε με βάση τα παραγωγικά χαρακτηριστικά όπως: σχέση σάρκας / πυρήνα, απόδοση σε λάδι, απόδοση καρπού ανά δέντρο κ.α.. Παράλληλα, διακρίνονται σε ελαιοποιήσιμες, επιτραπέζιες και ποικιλίες διπλής χρήσεως (Μπαλατσούρας, 2004). Επιπλέον, υπάρχουν χαρακτηριστικά, όπως το χρώμα, το μέγεθος η σύνθεση και ωριμότητα της ελιάς, τα οποία επηρεάζουν την γεύση του παραγόμενου προϊόντος και οδηγούν στο συμπέρασμα ότι κάποιες ποικιλίες είναι κατάλληλες μόνο προς βρώση, ενώ άλλες είναι κατάλληλες μόνο για την παραγωγή ελαιόλαδου (www.oliveoiltimes.com).

Στη συνέχεια αναφέρονται μερικές από τις κυριότερες ελληνικές ποικιλίες ελιάς ανάλογα με την χρήση για την οποία προορίζονται.

1.2.1 Ελαιοποιήσιμες Ποικιλίες Ελιάς

Κορωνέικη

Είναι η πιο διαδεδομένη ποικιλία από τις ελιές και παράγει ένα εξαιρετικό παρθένο ελαιόλαδο υψηλής ποιότητας, χαμηλής οξύτητας. Η Κορωνέικη ποικιλία, διαλέγεται όταν είναι ακόμα πράσινη και παράγει ελαιόλαδο που έχει χρώμα χρυσό-πράσινο και είναι εξαιρετικά φημισμένο για τη φρουτώδη και φρέσκια γεύση του(www.olivenews.gr). Η Κορωνέικη ελιά εμφανίζεται συνήθως στην νότια και δυτική Πελοπόννησο και σε ορισμένες περιοχές της Κρήτης(Κωσταλένος, 2011). Από την περιοχή της Καλαμάτας παράγεται το ελαιόλαδο ΠΟΠ Καλαμάτας, το οποίο είναι ένα από τα καλύτερα εξαιρετικά παρθένα ελαιόλαδα που προέρχεται από την Κορωνέικη ποικιλία(www.minagric.gr).



Εικόνα 3: Καρπός ελιάς Κορωνέικης ποικιλίας. (Πηγή: <https://eleones-messinias.gr>)

Αθηνολιά ή Μαστοειδής

Η συγκεκριμένη ποικιλία καλλιεργείται εδώ και πολλούς αιώνες στον Ελλαδικό χώρο. Είναι ιδιαίτερα ανθεκτική στο ψύχος και το υψόμετρο. Απαιτεί ιδιαίτερες καλλιεργητικές φροντίδες, ενώ παρουσιάζει ευαισθησία στην καρπόπτωση, ιδιαίτερα σε περιοχές που πνέουν ισχυροί άνεμοι. Η Αθηνολιά είναι μια ποικιλία ελιάς, η οποία ωριμάζει αργά και η συγκομιδή των καρπών της γίνεται από τα τέλη Δεκεμβρίου μέχρι τις αρχές Ιανουαρίου. Έχει περιεκτικότητα σε λάδι 32-35% και θεωρείται από τις σημαντικότερες στον τομέα του ελληνικού ελαιολάδου(www.olivenews.gr). Όταν οι ποικιλίες Αθηνολιάς

και Κορωνέϊκης ελιάς αναμιγνύονται παράγουν ένα εξαιρετικό παρθένο ελαιόλαδο με γεμάτο σώμα και με ισορροπημένη και ιδιαίτερη φρουτώδη γεύση(www.minagric.gr).

Μανάκι

Το Μανάκι είναι μια ποικιλία ελιάς που ωριμάζει αργά. Η συγκεκριμένη ποικιλία ελιάς καλλιεργείται κυρίως στην περιοχή της Αργολίδας στην Πελοπόννησο και ευδοκίμει σε πολύ μεγάλα υψόμετρα. Η περίοδος συγκομιδής των καρπών της είναι από τα τέλη Οκτωβρίου έως τις αρχές Ιανουαρίου. Ο καρπός έχει ωοειδές σχήμα και είναι σχετικά μικρός. Η γεύση του ελαιολάδου που προέρχεται από τους καρπούς της ποικιλίας αυτής, είναι πιο απαλή και το άρωμά του θυμίζει φρούτα(www.olivenews.gr). Θεωρείται ένα από τα ποιοτικά σπουδαιότερα και περισσότερο αναγνωρίσιμα Ελληνικά Ελαιόλαδα(www.minagric.gr).

1.2.2 Επιτραπέζιες Ποικιλίες Ελιάς

Ελιές Καλαμών

Οι ελιές Καλαμών έχουν ονομαστεί έτσι λόγω της προέλευσης τους από την πόλη της Καλαμάτας στη Μεσσηνία. Τα τελευταία χρόνια η καλλιέργεια της ποικιλίας Καλαμών έχει επεκταθεί και σε άλλες περιοχές της Ελλάδας όπως η Αιτωλοακαρνανία, η Αχαΐα και η περιοχή της Λακωνίας(www.minagric.gr). Το δέντρο της ποικιλίας Καλαμών έχει τη δυνατότητα να αντέχει σε μεγάλο εύρος θερμοκρασιών και να παράγει εξαιρετικούς καρπούς(Κωσταλένος, 2011). Ο καρπός της ποικιλίας αυτής, έχει σχήμα αμυγδάλου και το χρώμα του είναι συνήθως πλούσιο σκούρο μωβ έως μαύρο. Η συγκομιδή των καρπών γίνεται με το χέρι μόνο όταν έχουν αποκτήσει το επιθυμητό χρώμα και είναι πλήρως ώριμοι για να προστατεύσουν το ευαίσθητο δέρμα τους από τους μώλωπες. Η καλύτερη εποχή για τη συγκομιδή της ποικιλίας αυτής είναι μεταξύ Δεκεμβρίου και Ιανουαρίου(Μπαλατσούρας, 2004).



Εικόνα 4: Ελιά ποικιλίας Καλαμών. (Πηγή: www.pemete.gr)

Προκείμενου να καταστούν κατάλληλες προς βρώση και να αποκτήσουν ευχάριστη γεύση, επεξεργάζονται με διάφορους τρόπους. Μερικές από της «συνταγές» που υπάρχουν είναι η τοποθέτηση τους σε άλμη αλατιού και η προσθήκη ελαιόλαδου ή/και ξυδιού από κρασί(www.pemete.gr).

Πράσινες Ελιές Χαλκιδικής

Οι πράσινες ελιές προέρχονται από την ποικιλία της Χονδρολιάς στη Χαλκιδική, που βρίσκεται στη Βόρεια Ελλάδα. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για την παραγωγή ελαιολάδου, αφού εμφανίζουν απόδοση σε λάδι 14-20% (<http://www.minagric.gr>). Ως προς την επιτραπέζια χρήση της ποικιλίας, είναι από τις πιο αναγνωρισμένες ελιές στην αγορά, λόγω του μεγάλου μεγέθους του, με σχέση σάρκα προς πυρήνα που φθάνει έως 10:1. Επιπλέον, οι καρποί που παράγονται εμφανίζουν μεγέθη που ποικίλουν από 181/200 έως 60/70 τεμάχια ανά κιλό(www.pemete.gr). Το χρώμα των καρπών είναι λαμπερό πράσινο-κίτρινο και η γεύση ελαφρώς όξινη. Η συγκομιδή τους γίνεται χειρωνακτικά συνήθως από τα μέσα Σεπτεμβρίου ή Οκτωβρίου.



Εικόνα 5: Ελιά ποικιλίας Χαλκιδικής. (Πηγή: www.pemete.gr)

Κονσερβολιά (Αμφίσσης)

Είναι ένα τυπικό είδος ελληνικής ελιάς που καλλιεργείται σχεδόν αποκλειστικά στην κεντρική Ελλάδα(Κωσταλένος, 2011). Έχει τη δυνατότητα να αναπτύσσεται σε υψόμετρο έως και 600 μέτρων, ενώ θεωρείται σχετικά ανθεκτική στο ψύχος και στο κυκλοκόνιο. Επιπλέον, δεν έχει ανάγκη από πολλά ποτίσματα και θεωρείται ιδιαίτερα παραγωγική. Η ποικιλία Αμφίσσης ή αλλιώς κονσερβολιά είναι από τις πιο διαδεδομένες επιτραπέζιες ποικιλίες στην Ελλάδα, διατίθεται σε πολλούς διαφορετικούς τύπους και αποτελεί προϊόν Π.Ο.Π. από το 1996(<http://www.minagric.gr>). Η σάρκα καταλαμβάνει ποσοστό 87 -90% του συνολικού βάρους του καρπού και το σχήμα του είναι στρογγυλό ή ωοειδές. Η ωρίμανση των καρπών της γίνεται από τα μέσα Νοέμβρη-τέλη Δεκέμβρη. Όταν προορίζεται για την παραγωγή πράσινης ελιάς ισπανικού τύπου, η συλλογή γίνεται δύο μήνες νωρίτερα(www.pemete.gr).

1.3 Χαρακτηριστικά του Ελαιόδεντρου

Η ελιά είναι ένα από τα λίγα καρποφόρα δέντρα που θεωρείται αιωνόβιο. Μπορεί να επιβιώσει για εκατοντάδες χρόνια και να φτάσει ακόμα και τα χίλια, όπως στην περίπτωση της ελιάς του Πλάτωνα(Κωσταλένος, 2011). Το ελαιόδεντρο μπορεί να παράγει νέα βλάστηση ξανά, ακόμα και αν καταστραφεί η τραυματιστεί το υπέργειο τμήμα του(Κυριτσάκης, 2007).

Σε ότι αφορά το κλίμα, η ελιά μπορεί να αποκτήσει υψηλή αντοχή και παραγωγικότητα, όταν καλλιεργείται σε εδάφη εύφορα και αρδευόμενα. Παρόλα αυτά, έχει την ικανότητα να αναπτύσσεται σε περιοχές με ξηρό και θερμό κλίμα και να παράγει καρπούς σε πετρώδη και χαμηλής γονιμότητας εδάφη(Θεριός, 2005). Η ελιά δεν μπορεί να επιβιώσει σε θερμοκρασίες κάτω των -12°C, και είναι πολύ ευαίσθητη στους παγετούς, γι' αυτό και η ανάπτυξη της στην Βόρεια Ελλάδα είναι περιορισμένη. Χρειάζεται όμως, να περάσει μια περίοδο χαμηλών θερμοκρασιών κατά τη διάρκεια του χειμώνα, προκειμένου να γίνει διαφοροποίηση των οφθαλμών της και να καρποφορήσει(Μπαλατσούρας, 2004).

Η ελαιοκαλλιέργεια παίζει σημαντικό ρόλο στη διατήρηση της οικολογικής ισορροπίας αλλά και στη βιώσιμη ανάπτυξη των περιοχών παραγωγής. Σε αρκετές περιοχές

η καλλιέργεια και η συγκομιδή της ελιάς χρησιμοποιούνται για την τουριστική ανάπτυξη και τον αγροτουρισμό συμβάλλοντας ενεργά στην ανάπτυξη της οικονομίας(Κυριτσάκης, 2007).

1.4 Παγκόσμια & Εγχωρία Παραγωγή Ελιάς

Σύμφωνα με τα πρόσφατα στοιχεία από το Διεθνές Συμβούλιο Ελαιολάδου(IOC) και την Ευρωπαϊκή Στατιστική Υπηρεσία (Eurostat), η παγκόσμια παραγωγή επιτραπέζιας ελιάς έφτασε τα 2.569.000 τόνους για το έτος 2019. Μόνο στην Ευρώπη, παράχθηκαν 693.480 τόνοι επιτραπέζιας ελιάς, εκ των οποίων οι 275.800 παράχθηκαν στην Ελλάδα. Αξιοσημείωτα νούμερα, όσον αφορά την παραγωγή επιτραπέζιας ελιάς, εμφανίζει η Ισπανία με 323.020 τόνους και η Τουρκία με 415.000 τόνους καρπού. Στον Πίνακα 1 φαίνεται η παραγωγή επιτραπέζιας ελιάς, όπως έχει διαμορφωθεί τα τελευταία χρόνια στην Ευρώπη και την Τουρκία.

Πίνακας 1. Παραγωγή επιτραπέζιας ελιάς στην Ευρώπη και την Τουρκία. (Πηγή: <https://ec.europa.eu>)

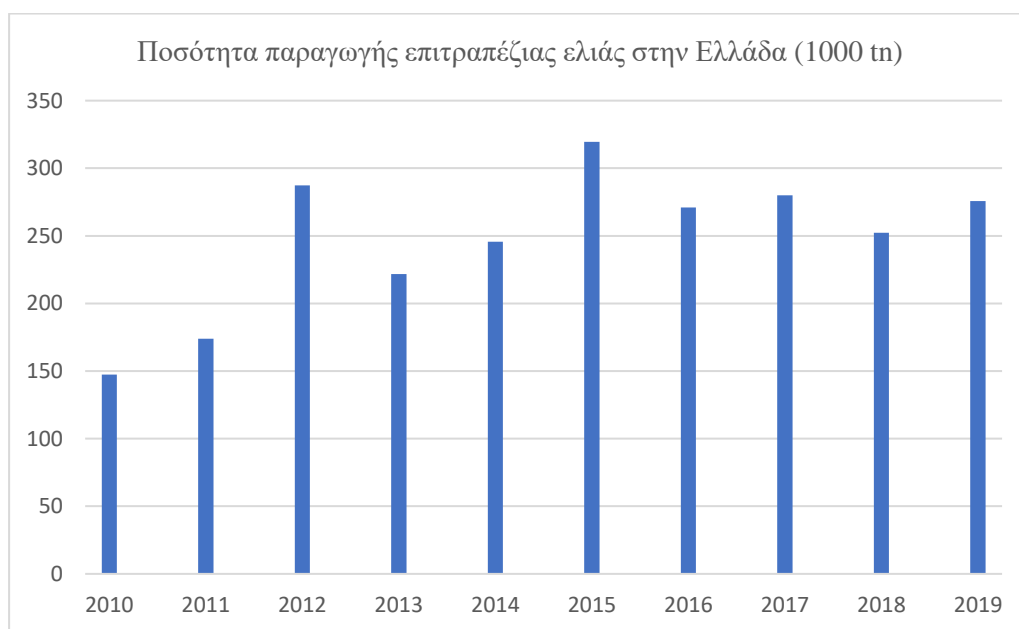
	Ευρώπη	Ελλάδα	Ισπανία	Ιταλία	Κύπρος	Πορτογαλία	Τουρκία
2010	747,30	147,46	515,59	70,41	3,01	10,29	Δ.Α.
2011	706,00	173,94	467,36	52,23	3,01	9,05	550,00
2012	786,19	287,25	400,65	82,87	3,02	11,97	480,00
2013	814,31	221,65	483,71	87,85	2,97	17,53	390,00
2014	761,99	245,71	434,81	60,24	3,50	17,40	438,00
2015	Δ.Α.	319,57	540,48	Δ.Α.	2,10	20,75	400,00
2016	872,04	271,00	511,12	71,23	1,05	17,32	430,00
2017	878,87	279,95	505,05	72,73	3,03	17,80	460,00
2018	889,64	252,37	555,03	64,49	4,05	13,18	427,00
2019	693,48	275,80	323,02	75,98	0,46	17,80	415,00

Σημείωση: Οι τιμές που αναφέρονται σε (x1000) τόνους. Δ.Α. = Δεν Αναφέρεται.

Σε ότι αφορά τις εξαγωγές, οι ΗΠΑ αποτελούν έναν από τους κυριότερους εισαγωγείς επιτραπέζιων ελιών. Σύμφωνα με τα στοιχεία από το Διεθνές Συμβούλιο

Ελαιολάδου(IOC), ο κύριος προμηθευτής επιτραπέζιας ελιάς των ΗΠΑ, ήταν η Ισπανία για το 2018/2019, κατέχοντας το 44,3% του εισαγόμενου όγκου(76.010,2 τόνους). Στη δεύτερη θέση ακολούθησε η Ελλάδα με μερίδιο 20,5%(35.177,2 τόνους) και στην τρίτη θέση βρέθηκε το Μαρόκο με 12,7%(21.882,4 τόνους). Για τις υπόλοιπες χώρες τα ποσοστά εξαγωγών στις ΗΠΑ εμφανίστηκαν μικρότερα του 5%.

Στην Εικόνα 6 εμφανίζεται η εξέλιξη της παραγωγής επιτραπέζιας ελιάς τα τελευταία χρόνια στην Ελλάδα. Οι ελληνικές ποικιλίες επιτραπέζιας ελιάς θεωρούνται από τις καλύτερες, σε παγκόσμιο επίπεδο, λόγω της εξαιρετικής ποιότητας και της ιδιαίτερης γεύσης τους, χαρακτηριστικά τα οποία συνδέονται με τις ιδιαίτερες κλιματολογικές και εδαφικές συνθήκες της χώρας.



Εικόνα 6: Η ποσότητα παραγωγής επιτραπέζιας ελιάς στην Ελλάδα (2010-2019) (Πηγή: <https://ec.europa.eu>)

Οι ελληνικές επιτραπέζιες ελιές έχουν υψηλή διατροφική αξία και περιέχουν αντιοξειδωτικά αλλά και σίδηρο. Ωστόσο η κάθε ποικιλία εμφανίζει διαφορές σε γεύση και θρεπτικά συστατικά. Σύμφωνα με στοιχεία του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, το μεγαλύτερο ποσοστό επιτραπέζιων ελιών είναι πράσινες, είτε ολόκληρες, είτε εκπυρηνωμένες και γεμιστές με διαφορά υλικά, όπως πιπεριά, αμύγδαλο κ.α.. Επίσης, σημαντικό μερίδιο της αγοράς καταλαμβάνουν και οι ελιές ποικιλίας Καλαμών και οι μαύρες ελιές(www.minagric.gr).

1.5 Σύσταση Ελαιοκάρπου

Ο καρπός της ελιάς καλείται δρύπη και αποτελείται από το επικάρπιο(επιδερμίδα), το μεσοκάρπιο(σάρκα) και το ενδοκάρπιο(πυρήνας). Ο σχηματισμός του ελαιοκάρπου αρχίζει αφού γίνει η γονιμοποίηση των ανθέων και η ωρίμανση του ξεκινάει από το φθινόπωρο. Αρχικά αναπτύσσεται ο πυρήνας και ακολουθεί η ανάπτυξη της σάρκας, που αποτελεί το 70-80% του συνολικού βάρους(Κυριτσάκης, 2007). Η χημική σύσταση της σάρκας του ελαιοκάρπου, εμφανίζει τρεις ιδιαιτερότητες που καθιστούν αναγκαία την επεξεργασία του προκειμένου να γίνει κατάλληλος προς βρώση. Οι ιδιαιτερότητες αυτές είναι η σχετικά μικρή περιεκτικότητα της σάρκας σε σάκχαρα, η αυξημένη περιεκτικότητα σε λάδι και η ύπαρξη της ελεοευρωπαϊνης, η οποία προσδίδει την πικρή γεύση στον ελαιοκάρπο(Μπαλατσούρας, 2004).

Τα κυριότερα συστατικά του ελαιοκάρπου είναι νερό, ζάχαρα, φαινολικές ενώσεις(με σημαντικότερη την ελεοευρωπαϊνη), ελεύθερα λιπαρά οξέα και φυτικές ίνες. Παράλληλα, περιέχονται σε μικρότερο ποσοστό οργανικά οξέα και ανόργανα στοιχεία.

Πίνακας 2. Χημική Σύσταση Ελαιοκάρπου. (Πηγή: Therios, I., *Crop production science in Horticulture: Olives*, 2009)

ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ	ΒΑΡΟΣ (%)
ΝΕΡΟ	50 – 70
ΛΙΠΑΡΕΣ ΟΥΣΙΕΣ	10 – 30
ΑΝΑΓΩΓΙΚΑ ΖΑΧΑΡΑ	2 – 6
ΜΗ ΑΝΑΓΩΓΙΚΑ ΖΑΧΑΡΑ	0,1 – 0,3
ΠΡΩΤΕΙΝΕΣ	1 – 2
ΦΥΤΙΚΕΣ ΙΝΕΣ	1 – 4
ΦΑΙΝΟΛΙΚΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ	1 – 3
ΟΡΓΑΝΙΚΑ ΟΞΕΑ	0,5 – 1,0
ΠΗΚΤΙΝΕΣ	0,3 – 0,6
ΑΝΟΡΓΑΝΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ	0,6 – 1,0
ΛΟΙΠΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	3 - 7

Οι ελιές περιέχουν μονοακόρεστα λιπαρά οξέα, σημαντικές ποσότητες βιταμίνης Α και καροτενοειδών και είναι πλούσιες σε τοκοφερόλες. Όσον αφορά τα ιχνοστοιχεία που απαντώνται στους καρπούς των ελιών, αναφέρονται το κάλιο, ο φώσφορος, το σίδηρο, το ασβέστιο, το μαγνήσιο και το νάτριο (ειδικά στους καρπούς που ζυμώνονται σε άλμη). Πρόσφατες μελέτες έχουν δείξει ότι ο ελαιόκαρπος αποτελεί ένα προϊόν πλούσιο σε θρεπτικά συστατικά, με σημαντικά διατροφικά οφέλη στην υγεία του ανθρώπου.

1.6 Διαδικασία Επεξεργασίας των Κυριότερων Εμπορικών Τύπων Επιτραπέζιας Ελιάς

Η διαδικασία επεξεργασία της επιτραπέζιας ελιάς, περιλαμβάνει τα στάδια της εκκίκρασης και της ζύμωσης. Κατά τη διάρκεια των σταδίων προεπεξεργασίας και κύριας επεξεργασίας για την παρασκευή των επιτραπέζιων ελιών, χρησιμοποιούνται και καταναλώνονται μεγάλες ποσότητες νερού για το πλύσιμο των ελαιόκαρπων, την εκκίκραση και τη ζύμωση.

Ο αρμόδιος οργανισμός, ο οποίος περιγράφει τις διάφορες τεχνικές και διαδικασίες που ακολουθούνται στην επεξεργασία της βρώσιμης ελιάς και ορίζει τη συσκευασία και τις ποιοτικές κατηγορίες των τελικών προϊόντων είναι το Διεθνές Συμβούλιο Ελαιολάδου(International Olive Council - IOC). Σε αρκετές χώρες παραγωγής έχουν αναπτυχθεί και εσωτερικά πρότυπα, τα οποία έχουν καθορίσει διαφορετικές εμπορικές συσκευασίες και έχουν καθιερώσει τις κατάλληλες ποιοτικές κατηγορίες, με παρόμοιο τρόπο με εκείνον που καθιερώνει το Διεθνές Συμβούλιο Ελαιολάδου(IOC, 2016).

Οι διάφορες μέθοδοι επεξεργασίας της επιτραπέζιας ελιάς στοχεύουν στον περιορισμό της πικρής γεύσης, που οφείλεται στην ελεοευρωπαϊνή, στην εξασφάλιση της συντήρησης του τελικού προϊόντος, μέσω της μείωσης του pH και της δράσης των γαλακτικών βακτηρίων και στην βελτίωση της ποιότητας του τελικού προϊόντος, επιδρώντας στη γεύση, το άρωμα, την υφή και άλλα χαρακτηριστικά του προϊόντος.

Ανάλογα με την μέθοδο που χρησιμοποιείται για την εκκίκραση του ελαιόκαρπου, παρατηρούνται δυο κύριες μέθοδοι επεξεργασίας:

α) Ελιές επεξεργασμένες με καυστικό νάτριο(NaOH), στις οποίες η διαδικασία εκκίκρασης πραγματοποιείται μέσω της εμβάπτισης των καρπών σε αραιό διάλυμα καυστικού νατρίου.

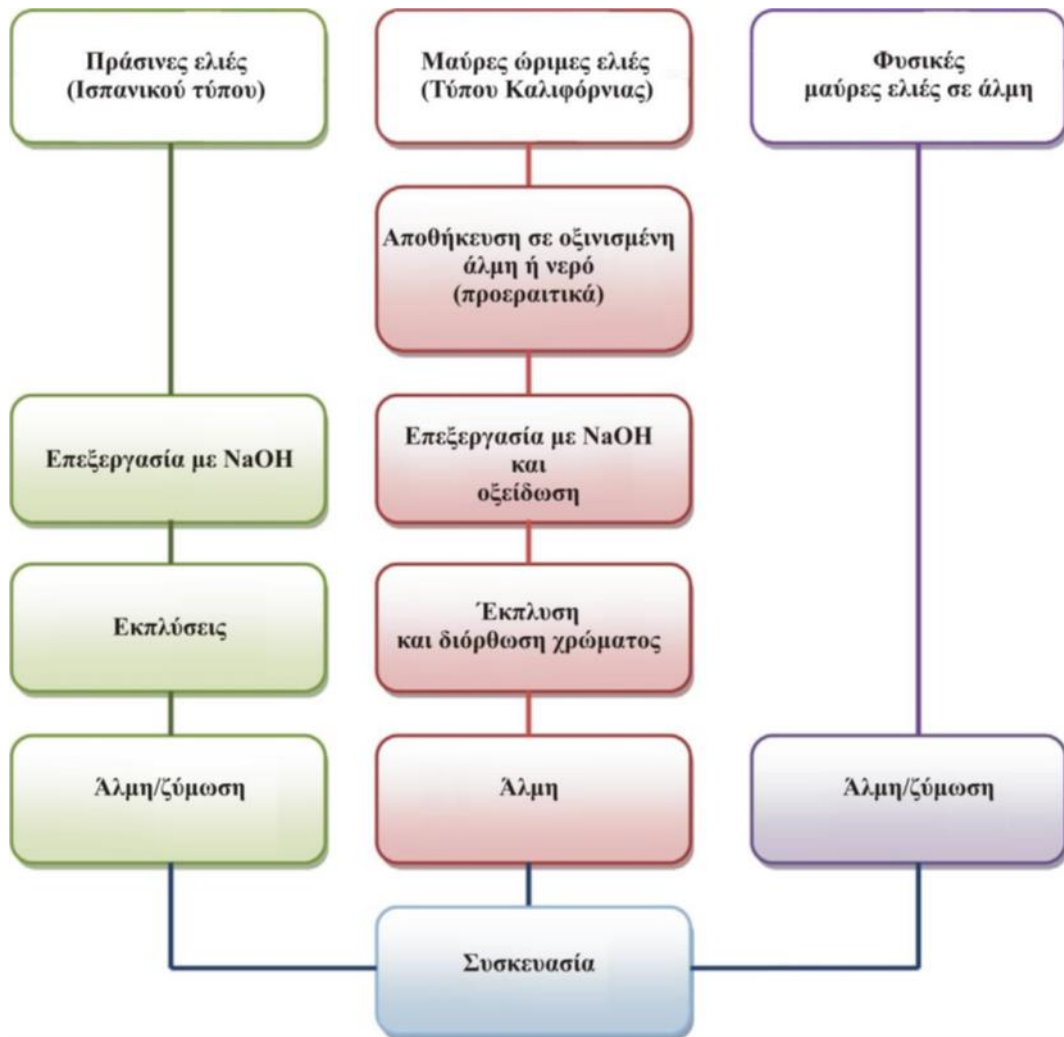
β) Άμεσα συντηρημένες σε άλμη ή φυσικές ελιές, όπου η εκπίκραση γίνεται με απευθείας εμβάπτιση των καρπών σε διάλυμα άλμης. Με αυτόν τον τρόπο παραμένει ένα μικρό ποσοστό ελεοευρωπαϊνης που προσδίδει πικρή γεύση στο τελικό προϊόν.

Ανάλογα με τον τύπο επιτραπέζιας ελιάς, διακρίνονται τρεις κύριες κατηγορίες με τις ανάλογες μεθόδους επεξεργασίας:

α) Πράσινες ελιές(Ισπανικού τύπου). Η εκπίκραση των καρπών γίνεται μέσω εμβάπτισης των καρπών σε διάλυμα NaOH και στη συνέχεια τοποθετούνται σε διάλυμα άλμης, όπου υφίστανται γαλακτική ζύμωση.

β) Ελιές μαυρισμένες με οξείδωση(τύπου Καλιφόρνιας). Η εκπίκραση γίνεται μέσω εμβάπτισης των καρπών σε διάλυμα καυστικού νατρίου(NaOH) και το τεχνητό μαύρισμα επιτυγχάνεται μέσω της διαδικασίας οξείδωσης των φαινολικών ουσιών (Μπαλατσούρας, 2004).

γ) Φυσικές μαύρες ελιές(Ελληνικού τύπου). Στην κατηγορία αυτή δεν χρησιμοποιείται καθόλου διάλυμα NaOH και οι καρποί τοποθετούνται απευθείας σε άλμη. Στη συνέχεια ζυμώνονται με τη βοήθεια διαφόρων μικροοργανισμών και το τελικό προϊόν θεωρείται εντελώς φυσικό, καθώς έχει υποστεί μόνο βιολογική επεξεργασία.



Εικόνα 7: Τα στάδια επεξεργασίας των τριών κύριων τύπων επεξεργασίας επιτραπέζιας ελιάς (Πηγή: Paradaki and Mantzouridou, 2016; Τατούλης, 2016)

Παρακάτω περιγράφονται αναλυτικά οι μέθοδοι που ακολουθούνται στην επεξεργασία των κυριότερων εμπορικών τύπων επιτραπέζιας ελιάς.

1.6.1 Επεξεργασία πράσινων ελιών (Ισπανικού τύπου)

Σύμφωνα με κριτήρια που καθορίζονται από το Διεθνές Συμβούλιο Ελαιολάδου (IOC) στις επιτραπέζιες ελιές διεθνούς εμπορίου, οι πράσινες ελιές (ισπανικού τύπου) είναι ο εμπορικός τύπος που παράγεται από καρπούς που συγκομίζονται κατά την περίοδο ωρίμανσης όταν φτάσουν σε κανονικό μέγεθος, αλλά πριν από τον χρωματισμό της επιδερμίδας. Για την εφαρμογή αυτής της μεθόδου επεξεργασίας, το χρώμα των καρπών κατά την συγκομιδή τους θα πρέπει να είναι πράσινο ή κίτρινο-πράσινο.

Η τεχνική επεξεργασίας των πράσινων ελιών ξεκινάει με την εκπίκρωση των ελιών με την χρήση αραιού διαλύματος καυστικού νατρίου(NaOH). Η συγκέντρωση καυστικού νατρίου εξαρτάται από το στάδιο ωρίμανσης του καρπού, την ποικιλία ελιάς και τη θερμοκρασία περιβάλλοντος(Μπαλατσούρας, 2004). Για να επιτευχθεί ομοιόμορφη εκπίκρωση, θα πρέπει να έχει προηγηθεί ταξινόμηση των καρπών κατά μέγεθος. Στη συνέχεια ακολουθεί έκπλυση των καρπών με αρκετές αλλαγές νερού(2 – 3 αλλαγές) ούτως ώστε να απομακρυνθεί το μεγαλύτερο ποσοστό καυστικού νατρίου. Σήμερα, λόγω περιβαλλοντικών ζητημάτων, στις περισσότερες περιπτώσεις η έκπλυση πραγματοποιείται μόνο μία φορά και διαρκεί περίπου 12-14 ώρες προκειμένου να μειωθεί ο συνολικός όγκος των αποβλήτων που παράγονται από τη διαδικασία επεξεργασίας(Fendri et al., 2013).

Έπειτα, ακολουθεί η διαδικασία της ζύμωσης. Αρχικά, οι ελιές μεταφέρονται σε ειδικές δεξαμενές στις οποίες προστίθεται αλάτι(10– 12 %). Τα συστατικά της σάρκας του καρπού σε συνδυασμό με τα υπολείμματα NaOH, μεταφέρονται στο διάλυμα άλμης και γίνεται εκκίνηση της γαλακτικής ζύμωσης. Καθώς προχωρά η διαδικασία, εμφανίζονται τα γαλακτικά βακτήρια του γένους *Lactobacillus*, τα οποία είναι υπεύθυνα για την αποδόμηση των θρεπτικών συστατικών και τον έλεγχο της γαλακτικής ζύμωσης. Η ιδανική συγκέντρωση άλατος κατά το δεύτερο στάδιο της ζύμωσης είναι 5.5– 6.5 %, ενώ η τιμή του pH δεν πρέπει να είναι μικρότερη του 5. Το τρίτο στάδιο της ζύμωσης διαρκεί έως ότου εξαντληθούν τα ζυμώσιμα συστατικά του διαλύματος και το pH αποκτήσει τιμή 3.8– 4.0, προκειμένου να εξασφαλιστεί η ορθή συντήρηση του προϊόντος.

Μετά το τέλος της διαδικασίας ζύμωσης, οι ελιές διατηρούνται στο διάλυμα άλμης, ενώ γίνεται προσθήκη αλατιού ανά 5-7 ημέρες προκειμένου να διατηρεί συγκέντρωση >8.0% και να μην αποκτήσει «ζάρες» ο καρπός(Πανάγου, 2019).

1.6.2 Επεξεργασία ελιών μαυρισμένων με οξείδωση(τύπου Καλιφόρνιας)

Σύμφωνα με τη διαδικασία επεξεργασίας, οι τεχνητά μαυρισμένες ελιές συγκομίζονται όταν έχουν πράσινο χρώμα και κατά συνέπεια εμφανίζουν συνεκτικότητα και συμπαγή υφή. Το μαύρισμα των ελιών αποκτάται από την οξείδωση των πολυφαινόλων του μεσοκαρπίου μέσω της εμβάπτισης των καρπών σε διάλυμα καυστικού νατρίου (Μπαλατσούρας, 2004). Η εκπίκρωση των καρπών με την εφαρμογή αυτής της μεθόδου είναι πλήρης και οι ελιές δεν υφίστανται ζύμωση.

Σε περίπτωση που δεν είναι δυνατή η άμεση επεξεργασία των καρπών και είναι ανάγκη να αποθηκευτούν μέχρι την επεξεργασία τους, ακολουθούνται δυο μέθοδοι συντήρησης: α) μέσα σε διάλυμα άλμης και β) μέσα σε διάλυμα χωρίς αλάτι(salt free solution) (Πανάγου, 2019).

Σύμφωνα με την πρώτη μέθοδο, οι καρποί τοποθετούνται σε διάλυμα άλμης με αρχική συγκέντρωση άλατος 5-7% που στη συνέχεια αυξάνεται σταδιακά σε 8-10%. Η τιμή του pH πρέπει να είναι μικρότερη του 4.3 για αυτό και γίνεται προσθήκη οξικού οξέος, ούτως ώστε να αποφευχθεί η ανάπτυξη ζυμών που προκαλούν αλλοιώσεις του προϊόντος. Σημαντικός παράγοντας για την αποφυγή αλλοιώσεων είναι και η διατήρηση αερόβιων συνθήκων, η οποία μπορεί να επιτευχθεί με την παροχή αέρα εντός της δεξαμενής. Στην περίπτωση της δεύτερης μεθόδου, γίνεται αποθήκευση των καρπών σε διάλυμα χωρίς αλάτι στο οποίο εμπεριέχονται : βενζοϊκό οξύ(0,3%), οξικό οξύ(>2.0%) χλωριούχο ασβέστιο(0.3%) και επικρατούν αναερόβιες συνθήκες(Πανάγου, 2019). Η πρακτική αυτή ξεκίνησε να εφαρμόζεται σαν λύση στο πρόβλημα της διάθεσης της άλμης ύστερα από την προσωρινή συντήρηση των καρπών(Τατούλης, 2016).

Κατά τη διαδικασία επεξεργασίας των τεχνητά μαυρισμένων ελιών, γίνεται εμβάπτιση σε διάλυμα καυστικού νατρίου(1.5%) και στη συνέχεια ακολουθεί πλύσιμο των καρπών και οξείδωση με ρεύμα αέρα μέσω συμπιεστή. Η διάρκεια του πλυσίματος είναι 24 ώρες ενώ η οξείδωση διαρκεί 3- 12 ώρες μέχρι να αποκτήσουν οι καρποί ομοιόμορφο μαύρισμα. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται άλλες δυο φορές με διάλυμα NaOH 1%, ούτως ώστε το διάλυμα να διεισδύσει μέχρι τον πυρήνα. Στη συνέχεια, ακολουθεί πλύσιμο των καρπών προκειμένου να απομακρυνθούν τα υπολείμματα NaOH και το pH του μεσοκαρπίου να αποκτήσει τιμή 7.0 -8.0(Πανάγου, 2019). Έπειτα, προκειμένου να σταθεροποιηθεί το μαύρο χρώμα των ελαιόκαρπων, γίνεται εμβάπτιση σε διάλυμα γλυκονικού ή γαλακτικού σιδήρου για 10– 24 ώρες(Πανάγου, 2019) και ακολούθως, οι καρποί τοποθετούνται σε μεταλλικούς περιέκτες(κονσερβοποίηση) με την προσθήκη άλμης(2-3% αλάτι) και γαλακτικού σιδήρου 0.02%. Αφού κλείσουν οι συσκευασίες, γίνεται αποστείρωση και ο χρόνος ποικίλει ανάλογα με την χωρητικότητα της συσκευασίας(1– 3 kg) και την θερμοκρασία. Μια συσκευασία 3kg χρειάζεται να παραμείνει στους 121.1 °C για τουλάχιστον 50 λεπτά(Πανάγου 2019).

1.6.3 Επεξεργασία Φυσικών μαύρων ελιών (Ελληνικού τύπου)

Η συγκεκριμένη μέθοδος αποτελεί μια φυσική επεξεργασία των ελαιόκαρπων. Σύμφωνα με τον παραδοσιακό τρόπο, οι ελιές τοποθετούνται απευθείας σε άλμη με συγκέντρωση άλατος 10 - 12%, σε αναερόβιες συνθήκες και στη συνέχεια γίνεται εκκίνηση της γαλακτικής ζύμωσης(Μπαλατσούρας, 2004). Η ζύμωση επιτυγχάνεται μέσα σε δεξαμενές, οι οποίες κλείνουν αεροστεγώς και διαρκεί 5- 8 μήνες τουλάχιστον. Στην αρχή πραγματοποιείται από τις ζύμες ενώ στη συνέχεια επικρατούν τα οξυγαλακτικά βακτήρια, τα οποία σχηματίζουν γαλακτικό οξύ ως κύριο προϊόν του μεταβολισμού των θρεπτικών συστατικών που διαχέονται από τη σάρκα του καρπού στην άλμη.

Στις επιχειρήσεις επεξεργασίας επιτραπέζιας ελιάς ακολουθείται μια διαφορετική προσέγγιση και οι ελιές τοποθετούνται σε άλμη με συγκέντρωση άλατος 6.0– 7.0 %, η οποία διατηρείται σταθερή με την προσθήκη NaCl ανά διαστήματα, κατά τη διάρκεια της ζύμωσης. Με αυτό τον τρόπο η άλμη αποτελεί ένα ρυθμιστικό διάλυμα το οποίο ευνοεί την ανάπτυξη των οξυγαλακτικών βακτηρίων, έναντι των ζυμών. Η διαδικασία ολοκληρώνεται σε 8-12 μήνες και το τελικό προϊόν εμφανίζει pH 3.8- 4.0 και οξύτητα 0.6- 1.0 %, εκφρασμένη σε γαλακτικό οξύ(Πανάγου, 2019).

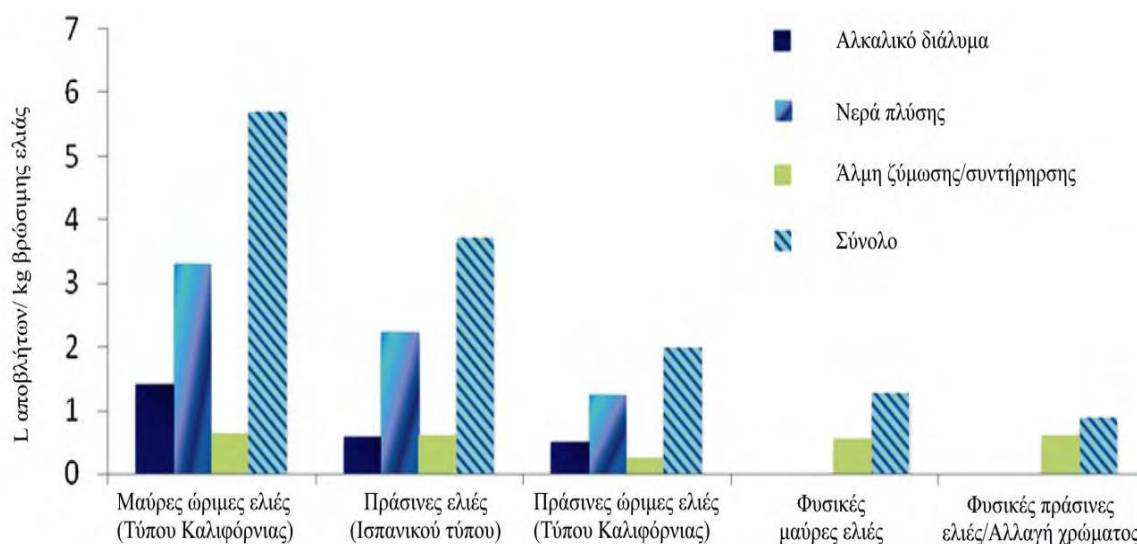
Κατά την διάρκεια της ζύμωσης σε αναερόβιες συνθήκες, εμφανίζονται αλλοιώσεις σε μερικούς καρπούς, γνωστές και ως «αεροθάλαμοι». Το φαινόμενο οφείλεται στην παραγωγή CO₂, που εμφανίζεται λόγω της αναπνοής του καρπού και της δραστηριότητας των εντεροβακτηρίων, τα οποία υπάρχουν σε μεγάλους πληθυσμούς κατά το πρώτο στάδιο της ζύμωσης. Προκειμένου να αποφεύγονται τέτοια φαινόμενα αλλοίωσης των καρπών, εφαρμόζεται η αερόβια μέθοδος κατά τη διάρκεια της ζύμωσης, όπου διοχετεύεται αέρας εντός της δεξαμενής για να απομακρυνθεί το CO₂. Η παροχή αέρα θα πρέπει να εφαρμοστεί στις 30- 45 πρώτες ημέρες ούτως ώστε να ελαχιστοποιηθεί ο κίνδυνος εμφάνισης των αεροθαλάμων και μπορεί να είναι συνεχής(0.1 λίτρο αέρα/ ώρα/ λίτρο χωρητικότητας δεξαμενής) ή ασυνεχής(0.3 λίτρα αέρα/ ώρα/ λίτρο χωρητικότητας δεξαμενής) (Πανάγου, 2019).

Τα οφέλη που προκύπτουν από την εφαρμογή της αερόβιας μεθόδου στην επεξεργασία των φυσικών μαύρων ελιών, είναι η μείωση του ποσοστού των καρπών με αλλοιώσεις, καθώς και η επιτάχυνση της διαδικασίας της ζύμωσης, λόγω της εφαρμογής αέρα που προκαλεί ταχύτερη διάχυση των ζυμώσιμων συστατικών στην άλμη. Επίσης, το τελικό προϊόν που παράγεται εμφανίζει βελτιωμένο χρώμα και γεύση. Όσον αφορά τα

φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του τελικού προϊόντος, το pH κυμαίνεται από 3.6 έως 4.5, η ογκομετρούμενη οξύτητα από 0.4– 1.0%, ενώ η συγκέντρωση NaCl θα πρέπει να διατηρείται ανάμεσα σε 8– 10%(Πανάγου, 2019).

1.7 Χαρακτηριστικά Αποβλήτων των Μονάδων Επεξεργασίας Επιτραπέζιας Ελιάς

Η παραγωγή και η επεξεργασία της βρώσιμης ελιάς, παράγει υγρά απόβλητα με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και η επεξεργασία τους αποτελεί μια αρκετά δύσκολη διαδικασία. Τα υγρά απόβλητα που προκύπτουν απαντώνται σε μεγάλες ποσότητες με υψηλή συγκέντρωση οργανικού φορτίου και υψηλές συγκεντρώσεις φαινολικών ενώσεων. Παράλληλα, εμφανίζουν ορισμένες ιδιαιτερότητες σε ότι αφορά την αυξημένη περιεκτικότητα σε χλωριούχο νάτριο και καυστική σόδα, υλικά που χρησιμοποιούνται στην παρασκευή συγκεκριμένων εμπορικών τύπων επιτραπέζιας ελιάς(Μπαλατσούρας, 2004). Κατά συνέπεια, αποτελούν έναν σημαντικό περιβαλλοντικό κίνδυνο και η διάθεση τους στο περιβάλλον χρειάζεται ιδιαίτερη διαχείριση.



Εικόνα 8: Μέσος όγκος υγρών αποβλήτων που παράγονται από τα διάφορα στάδια των διαφόρων τύπων επεξεργασίας βρώσιμης ελιάς (Paradaki and Mantzouridou, 2016; Τατούλης, 2016).

Τα υγρά απόβλητα που προέρχονται από μονάδες επεξεργασίας ελιάς περιέχουν ένα αρκετά μεγάλο ποσοστό νερού, καθώς και ανόργανες και οργανικές ύλες και διαφέρουν ανάλογα με την εποχή, την ποικιλία, το έδαφος και τη διαδικασία επεξεργασίας που ακολουθείται. Ο μεγαλύτερος όγκος παραγομένων αποβλήτων έχει βρεθεί ότι προέρχεται από την διαδικασία επεξεργασίας των τεχνητά μαύρων ελιών με οξειδωση(τύπου Καλιφόρνιας), καθώς απαιτούνται περισσότερες εμβαπτίσεις των καρπών σε διαλύματα NaOH και αρκετά πλυσίματα του καρπού προκειμένου να απομακρυνθεί το καυστικό νάτριο. Η μέθοδος επεξεργασίας πράσινων ελιών(Ισπανικού τύπου) χαρακτηρίζεται επίσης, από σημαντικό όγκο παραγομένων αποβλήτων, καθώς γίνεται εφαρμογή διαλύματος NaOH και ακολουθούν ένα έως και τρία πλυσίματα του καρπού. Η μέθοδος επεξεργασίας των φυσικών μαύρων ελιών(Ελληνικού τύπου) κρίνεται ως η διαδικασία με τον μικρότερο παραγόμενο όγκο υγρών αποβλήτων(Τατούλης, 2016).

Τα απόβλητα που προκύπτουν από την επεξεργασία επιτραπέζιας ελιάς αποτελούνται κυρίως από σάκχαρα, οξέα, και φαινολικές ενώσεις, οι οποίες συντελούν στην αύξηση συγκέντρωσης του χημικά απαιτούμενου οξυγόνου(Chemical Oxygen Demand - COD) και κατά συνέπεια του οργανικού φορτίου(Papadaki and Mantzouridou, 2016).

Κατά τη μέθοδο επεξεργασίας πράσινων ελιών(Ισπανικού τύπου), παράγονται απόβλητα τα οποία περιέχουν σημαντικές συγκεντρώσεις NaOH, έχουν υψηλό pH(10-12), περιέχουν σημαντική ποσότητα NaCl, λόγω της άλμης και η τιμή του COD κυμαίνεται από 16g O₂/L έως και 19g O₂/L(Kopsidas, 1992; Aggelis et al., 2001; Fendri et al., 2013; Ferrer-Polonio et al., 2016; Papadaki and Mantzouridou, 2016; Τατούλης, 2016)

Από το διάλυμα NaOH και τα νερά έκπλυσης, παράγονται απόβλητα με σημαντική περιεκτικότητα σε φαινόλες, σάκχαρα, οργανικά και ανόργανα διαλυτά στερεά, με υψηλή τιμή pH(10.0 – 12.0) και υψηλή συγκέντρωση NaOH(έως 9.0 g/L). Αντίθετα, το διάλυμα της άλμης χαρακτηρίζεται από υψηλή συγκέντρωση NaCl(67.8 g/L), μεγάλη ηλεκτρική αγωγιμότητα(81.4 mS/cm) και pH κοντά στο 4. Στον Πίνακα 3, παρουσιάζεται η σύνθεση των υγρών αποβλήτων που προέρχονται από την επεξεργασία πράσινων ελιών(Ισπανικού τύπου).

Πίνακας 3. Σύνθεση των υγρών αποβλήτων που προέρχονται από την επεξεργασία πράσινων ελιών. (Πηγή: Papadaki and Mantzouridou, 2016)

Παράμετρος	Αλκαλικό διάλυμα		Νερά πλύσης		Άλμη	
	Μέση τιμή	Εύρος	Μέση τιμή	Εύρος	Μέση τιμή	Εύρος
pH	12.1	9.5–13.2	10.0	7.2–11.5	4.0	3.6 – 4.6
Οξύτητα (g λακτικού οξέος/L)	-	-	-	-	8.0	3.5 – 15.0
Ηλεκτρική αγωγιμότητα (mS/cm)	12.1	9.4 – 35.0	10.2	-	81.4	53.1 - 94.2
COD (g O₂/L)	18.8	9.4–35.0	16.1	0.3–35.0	15.9	6.8–26.0
BOD (g O₂/L)	9.5	3.1–20.0	11.0	0.1–21.0	10.6	2.2–20.0
Οργανικά διαλυμένα στερεά (g/L)	21.9	13.1–30.0	24.2	19.1–30.0	18.8	13.6–25.2
Ανόργανα διαλυμένα στερεά (g/L)	21.9	15.4–35.0	20.0	6.8–54.3	73.9	20.9–110.0
Ολικά αιωρούμενα στερεά (g/L)	2.03	0.10–3.42	0.07	0.03–0.10	0.81	0.08–2.00
Ολικές φαινόλες (g/L)	1.78	0.21–4.00	2.32	0.45–4.00	2.78	0.18–6.00
Σάκχαρα (g/L)	6.6	4.9–9.0	6.4	4.7–9.0	–	–
Ολικό Kjeldahl άζωτο (g/L)	0.58	0.50–0.75	–	–	0.32	0.27–0.36
NaOH (g/L)	9.0	6.9–11.0	1.5	0.9–2.0	-	-
NaCl (g/L)	0.0005	0–0.0010	0.0005	0–0.0010	67.8	52.0–90.0
Cl⁻ (g/L)	0.32	0.00–0.60	0.30	0.00–0.60	49.1	36.4–62.7

Όπως φαίνεται και από τον Πίνακα 3, η σύνθεση των υγρών αποβλήτων που προέρχονται από το διάλυμα NaOH και τα νερά πλύσης, διαφέρει σε μεγάλο βαθμό από την σύνθεση της άλμης. Το ίδιο συμβαίνει και στην περίπτωση της επεξεργασίας ελιών μαυρισμένων με οξείδωση(τύπου Καλιφόρνιας), όπου παρατηρούνται διαφορές στη σύνθεση των διαλυμάτων NaOH και των νερών πλύσης των καρπών, με το διάλυμα γλυκονικού σιδήρου, που χρησιμοποιείται στην διαδικασία. Στον Πίνακα 4 παρουσιάζεται η σύνθεση των υγρών αποβλήτων που προέρχονται από την επεξεργασία ελιών μαυρισμένων με οξείδωση(τύπου Καλιφόρνιας).

Πίνακας 4. Σύνθεση των υγρών αποβλήτων που προέρχονται από την επεξεργασία ελιών μαυρισμένων με οξείδωση (τύπου Καλιφόρνιας). (Πηγή: Paradaki and Mantzouridou, 2016)

Παράμετρος	Αλκαλικό διάλυμα		Νερά πλύσης		Γλυκονικό διάλυμα
	Μέση τιμή	Εύρος	Μέση τιμή	Εύρος	Μέση τιμή
pH	11.89	11.70–12.11	9.93	6.90–13.60	3.7
COD (g O₂/L)	2.4	2.0–2.6	4.1	3.5–6.7	1.5
BOD (g O₂/L)	–	–	3.1	1.4–5.0	-
Οργανικά στερεά (g/L)	–	–	12.3	5.7–22.9	–
Οργανικά διαλυμένα στερεά (g/L)	14.5	12.1–19.3	24.0	3.1–36.6	43.4
Ανόργανα διαλυμένα στερεά (g/L)	4.5	2.4–6.9	6.2	3.2–8.1	7.3
Πτητικά αιωρούμενα στερεά (g/L)	–	–	2.5	0.3–4.6	–
Ολικό Kjeldahl άζωτο (g/L)	–	–	25.0	–	–
Ολικές φαινόλες (g/L)	0.42	0.18–0.59	0.29	0.12–0.64	0.80
NaOH (g/L)	5.9	4.3–8.9	–	–	-

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η επεξεργασία των φυσικών μαύρων ελιών (Ελληνικού τύπου), είναι η διαδικασία από την οποία παράγεται ο μικρότερος όγκος υγρών αποβλήτων, λόγω της απουσίας των διαλυμάτων καυστικού νατρίου και των νερών έκπλυσης. Ωστόσο, το κύριο απόβλητο της διαδικασίας, η άλμη, εμφανίζει υψηλότερη συγκέντρωση οργανικού φορτίου και φαινολικών ενώσεων. Στον Πίνακα 5 παρουσιάζεται η σύνθεση των υγρών αποβλήτων που προέρχονται από την επεξεργασία Φυσικών μαύρων ελιών(Ελληνικού τύπου).

Πίνακας 5. Σύνθεση των υγρών αποβλήτων (άλμη) που προέρχονται από την επεξεργασία Φυσικών μαύρων ελιών (Ελληνικού τύπου). (Πηγή: Paradaki and Mantzouridou, 2016)

Παράμετρος	Μέση τιμή	Εύρος
pH	4.31	3.60–5.00
Ηλεκτρική αγωγιμότητα (mS/cm)	111.5	-
COD (g O ₂ /L)	32.3	11.0–60.0
BOD (g O ₂ /L)	24.0	3.0–38.3
Οργανικά διαλυμένα στερεά (g/L)	101.3	95.3–118.8
Ολικά αιωρούμενα στερεά (g/L)	0.13	0.10–0.15
Ολικές φαινόλες (g/L)	4.3	3.2–5.2
NaCl (g/L)	66.4	56.0–77.0
Cl ⁻ (g/L)	39.4	33.3–45.5

Όπως παρατηρείται, η τιμή του COD(11.0– 60.0g O₂/L), είναι η υψηλότερη που εμφανίζεται ανάμεσα σε όλους τους τύπους υγρών αποβλήτων από τις διαδικασίες επεξεργασίας των τριών κύριων τύπων επιτραπέζιας ελιάς. Το περιβαλλοντικό πρόβλημα της διάθεσης των υγρών αποβλήτων εντείνεται από την εποχικότητα της παραγωγής της επιτραπέζιας ελιάς, καθώς ο μεγαλύτερος όγκος παράγεται σε ένα περιορισμένο χρονικό διάστημα 2- 4 μηνών.

1.8 Διαχείριση αποβλήτων από μονάδες επεξεργασίας επιτραπέζιας ελιάς

Το περιβαλλοντικό πρόβλημα της διάθεσης των υγρών αποβλήτων από μονάδες επεξεργασίας επιτραπέζιας ελιάς, αποτελεί σημαντικό ζήτημα το οποίο χρειάζεται άμεση λύση προκειμένου να σταματήσει η ρύπανση και η υποβάθμιση του περιβάλλοντος.

Σε πολλές μεσογειακές χώρες, τα υγρά αποβλήτα επεξεργασίας επιτραπέζιων ελιών, απορρίπτονται συνήθως χωρίς καμία επεξεργασία σε ποτάμια, μικρά ρέματα ή απευθείας /στη θάλασσα, επιβαρύνοντας έτσι σε μεγάλο βαθμό τα οικοσυστήματα αυτά(Μουντζογιάννη, 2016). Σε μερικές περιπτώσεις, μεταφέρονται σε ανοιχτές δεξαμενές - λίμνες εξάτμισης, όπου γρήγορα εμφανίζονται αναερόβιες συνθήκες, οι οποίες οδηγούν σε ανάπτυξη δυσάρεστων οσμών και πληθυσμών εντόμων(Τατούλης, 2019). Υπάρχει επίσης και ο κίνδυνος της υποβάθμισης του τοπίου λόγω της μόλυνσης των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων.

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις, προσδιορίζονται από τον τρόπο διάθεσής τους στο περιβάλλον και τις συνέπειες που εμφανίζονται στα οικοσυστήματα(αποδέκτες) στα οποία αυτά καταλήγουν. Οι αποδέκτες είναι συνήθως το έδαφος και τα επιφανειακά και υπόγεια υδατικά συστήματα. Υπάρχουν όμως και κοινωνικές επιπτώσεις, οι οποίες αφορούν στον τρόπο διάθεσης των αποβλήτων και τους πιθανούς κινδύνους για την ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον, αλλά και στην περιβαλλοντική υποβάθμιση των περιοχών διάθεσης(Beltran-Heredia et al., 2000; Aggelis et al., 2001).

Στόχος μιας «πράσινης» και αειφορικής πολιτικής, η οποία ακολουθείται στην Ευρώπη τα τελευταία χρόνια είναι και η ανακύκλωση και αξιοποίηση των αγροτικών αποβλήτων. Οι πρακτικές επεξεργασίας και διαχείρισης αποβλήτων από μονάδες επεξεργασίας επιτραπέζιας ελιάς στοχεύουν στην μείωση του ρυπαντικού φορτίου των αποβλήτων, ώστε να μεταφέρονται στο περιβάλλον με λιγότερο επιβαρυνόμενη σύνθεση και να αποφεύγεται η διατάραξη της ισορροπίας των οικοσυστημάτων. Επίσης, σημαντικό στόχο αποτελεί και η επεξεργασία των αποβλήτων, προκειμένου να ανακτηθούν προϊόντα(π.χ. βιοαέριο, φαινόλες), που θα χρησιμοποιηθούν σε άλλους τομείς και θα φέρουν περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη. Τα τελευταία χρόνια γίνεται προσπάθεια για την ανάπτυξη μεθόδων επεξεργασίας αποβλήτων επιτραπέζιων ελιών, που θα συνδυάζουν την δημιουργία οικονομικού κέρδους για τους παραγωγούς αποβλήτων αλλά και την προστασία του περιβάλλοντος.

Οι σημαντικότερες μέθοδοι επεξεργασίας των αποβλήτων που προέρχονται από επεξεργασία επιτραπέζιων ελιών διακρίνονται σε:

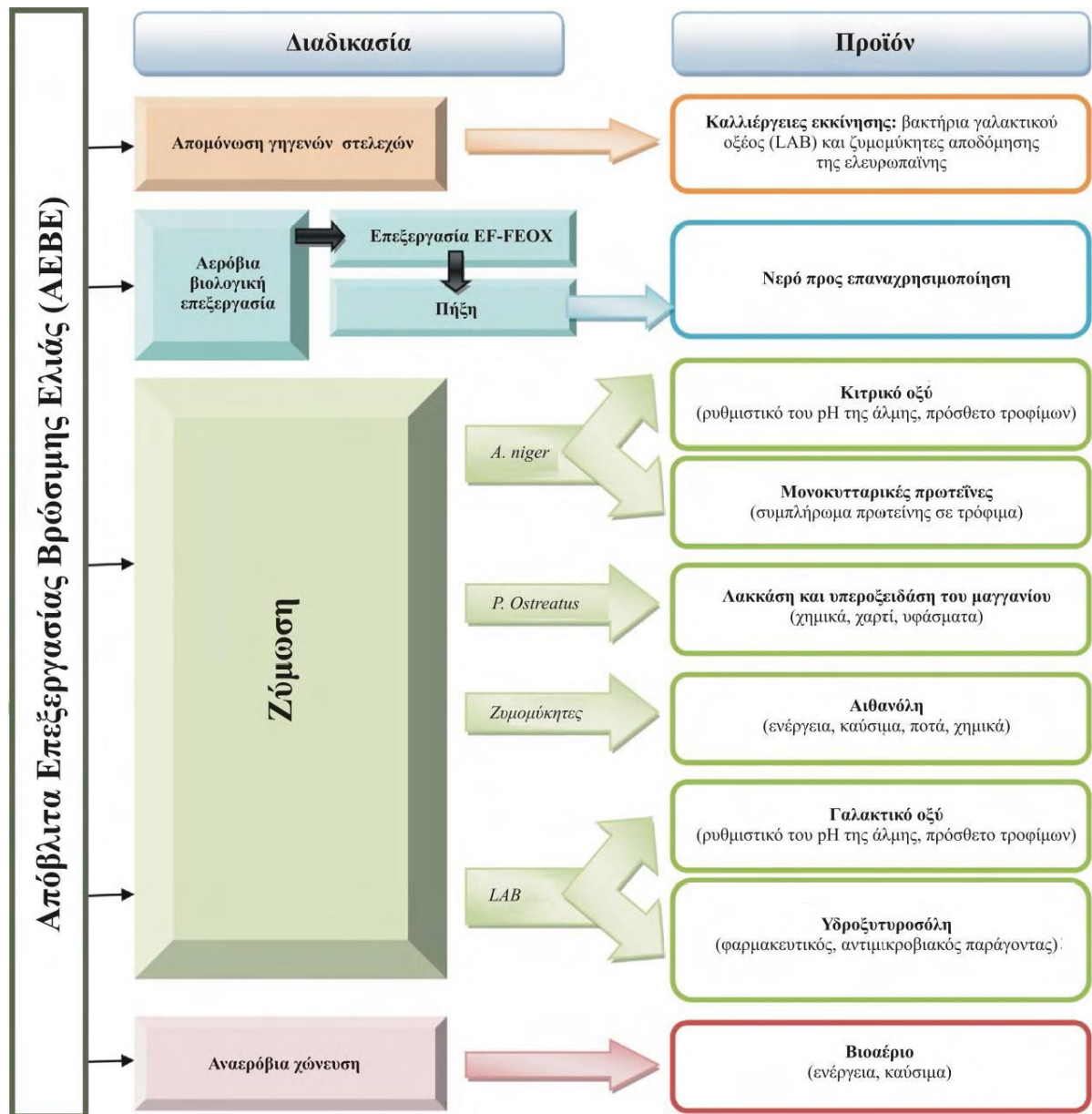
- Φυσικοχημικές
- Βιολογικές
- Τεχνητοί υγροβιότοποι

Από τις σημαντικότερες φυσικοχημικές μεθόδους που έχουν αναπτυχθεί και εφαρμόζονται στην επεξεργασία των αποβλήτων επιτραπέζιας ελιάς, παρουσιάζεται η οξείδωση με όζον, καθώς και η οξείδωση με τη χρήση του αντιδραστηρίου Fenton. Επίσης σημαντικές είναι η υγρή οξείδωση, η ηλεκτροχημική οξείδωση και η διήθηση μέσω μεμβρανών. Οι πρακτικές επεξεργασίας περιλαμβάνουν την χρήση πρόσθετων χημικών ενώσεων και είναι σε πολλές περιπτώσεις οικονομικά ασύμφορες.

Παράλληλα, στην επεξεργασία των αποβλήτων επιτραπέζιας ελιάς χρησιμοποιούνται και βιολογικές μέθοδοι. Οι βιολογικές μέθοδοι αναφέρονται στις διαδικασίες αερόβιας και αναερόβιας χώνεψης των μικροοργανισμών που εμπεριέχονται στα υγρά απόβλητα βρώσιμων ελιών και στοχεύουν στην μείωση του περιεχόμενου χημικά απαιτούμενου οξυγόνου(COD). Εμφανίζουν σχετικά χαμηλό λειτουργικό κόστος σε σχέση με τα συστήματα που χρησιμοποιούνται στις φυσικοχημικές μεθόδους.

Οι Τεχνητοί Υγροβιότοποι αποτελούν μια αποτελεσματική πρακτική για την επεξεργασία διαφόρων λυμάτων με χαμηλό πάγιο και λειτουργικό κόστος. Παρόλο που η χρήση της μεθόδου για την επεξεργασία των αποβλήτων επιτραπέζιας δεν έχει μελετηθεί διεξοδικά, έχει αναπτυχθεί μια συνδυαστική μέθοδος επεξεργασίας υγρών αποβλήτων τυροκομείου και επεξεργασίας βρώσιμης ελιάς, η οποία έχει δώσει ικανοποιητικά αποτελέσματα(Tatoulis et al., 2015).

Τα απόβλητα από την επεξεργασία της επιτραπέζιας ελιάς, εμφανίζουν μερικές ιδιαιτερότητες, όπως το υψηλό φαινολικό φορτίο και το αλκαλικό pH και για αυτό το λόγο δεν είναι όλες οι τεχνολογίες επεξεργασίας και αξιοποίησης αποβλήτων εφαρμόσιμες. Οι Papadaki & Mantzouridou (2016) και Τατούλης (2016) παρουσιάζουν μια σχηματική ανάλυση(Εικόνα 8), των διαδικασιών που ακολουθούνται στην επεξεργασία της επιτραπέζιας ελιάς, καθώς και τα προϊόντα που προκύπτουν προς αξιοποίηση.



Εικόνα 9: Πιθανά σενάρια εκμετάλλευσης αποβλήτων επεξεργασίας επιτραπέζιας ελιάς. (Πηγή: Papadaki and Mantzouridou, 2016; Τατούλης, 2016)

1.8.1 Φυσικοχημικές Μέθοδοι

Στις φυσικοχημικές μεθόδους που εφαρμόζονται στην επεξεργασία των αποβλήτων επιτραπέζιας ελιάς, ανήκει η οξειδωση με όζον, η οξειδωση με τη χρήση του

αντιδραστηρίου Fenton, η υγρή οξείδωση, η ηλεκτροχημική οξείδωση και η διήθηση μέσω μεμβρανών.

Οξείδωση με όζον

Το όζον λειτουργεί σαν απολυμαντικό και καταστρέφει τους παθογόνους μικροοργανισμούς και την πλειοψηφία των ενώσεων που είναι υπεύθυνες για την ανεπιθύμητη γεύση και οσμή του νερού, ειδικά όλες τις φαινολικές ενώσεις, που απαντούν στα υγρά απόβλητα (Μαντζαβίνος, 2015). Το όζον παράγεται με τη σύνδεση ισχυρά διεγερμένων μορίων ή ατόμων οξυγόνου με αλλά μόρια οξυγόνου (Μαντζαβίνος, 2015). Η διαδικασία οξείδωσης με τη χρήση όζοντος είναι απλή διεργασία από την οποία παράγονται τα προϊόντα της οξείδωσης και το οξυγόνο, για αυτό και θεωρείται «φιλική» προς το περιβάλλον.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, από πλήθος ερευνητικών εργασιών που υπάρχουν στην βιβλιογραφία, τα οποία παρουσιάζονται αναλυτικά στο δεύτερο κεφάλαιο της εργασίας (Πίνακας 6), η οξείδωση με όζον φέρει ικανοποιητικά αποτελέσματα στην επεξεργασία των αποβλήτων επιτραπέζιας ελιάς, απομακρύνοντας μεγάλο ποσοστό πολυφαινολών και χρώματος. Ωστόσο, δεν φαίνεται να απομακρύνει στον επιθυμητό βαθμό το οργανικό φορτίο των αποβλήτων και έτσι συστήνεται ο συνδυασμός της μαζί με άλλη μέθοδο επεξεργασίας αποβλήτων.

Οξείδωση με τη χρήση του αντιδραστηρίου Fenton

Η συγκεκριμένη μέθοδος πραγματοποιείται με προσθήκη στο απόβλητο μίγματος υπεροξειδίου του υδρογόνου (H_2O_2) και θεικού σιδήρου ($FeSO_4$) (Kotsou et al., 2004). Σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία, η εν λόγω μέθοδος εφαρμόστηκε στην επεξεργασία αποβλήτων επιτραπέζιας ελιάς και τα αποτελέσματα έδειξαν μικρή μείωση του οργανικού φορτίου και των φαινολών. Ως εκ τούτου, προτείνεται ο συνδυασμός της μεθόδου με κάποια άλλη προκειμένου να είναι αποτελεσματική.

Υγρή οξείδωση

Η υγρή οξείδωση είναι μια μέθοδος που εφαρμόζεται στα υγρά απόβλητα, σε υψηλές θερμοκρασίες (125 – 300 °C) και υψηλή πίεση (5 – 200 bar) (Μαντζαβίνος, 2019). Η μέθοδος βασίζεται στην οξείδωση οργανικών και ανόργανων ενώσεων μέσω της

αυξημένης συγκέντρωσης οξυγόνου, που δημιουργείται από τις συνθήκες υψηλής πίεσης και θερμοκρασίας. Σύμφωνα με τις έρευνες που πραγματοποιήθηκαν, με τη χρήση της μεθόδου απομακρύνθηκε σημαντικό ποσοστό οργανικού φορτιού και φαινολών, όμως διαπιστώθηκε ότι η απαιτούμενη ενέργεια είναι μεγάλη, όπως και ο χρόνος παραμονής των αποβλήτων στον αντιδραστήρα προκειμένου να έχουμε μια ικανοποιητική απόδοση(Λουκάκης, 2010).

Ηλεκτροχημική οξείδωση

Η ηλεκτροχημική οξείδωση βασίζεται στη διέλευση ηλεκτρικού ρεύματος μεταξύ των ηλεκτροδίων μιας ηλεκτροχημικής κυψέλης, όπου βρίσκεται ή διέρχεται το λύμα και στις χημικές μετατροπές που λαμβάνουν χώρα στην επιφάνεια των ηλεκτροδίων(Μαντζαβίνος, 2019). Η διεργασία επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες, όπως η ένταση του ρεύματος, τα υλικά των ηλεκτροδίων, το pH, η θερμοκρασία και η συγκέντρωση του οργανικού φορτιού των αποβλήτων(Μαντζαβίνος, 2019).

Τα μειονεκτήματα της μεθόδου είναι η μεγάλη κατανάλωση ενέργειας και το εξειδικευμένο προσωπικό που απαιτείται, όπως επίσης και η ανάγκη επιπλέον επεξεργασίας του αποβλήτου, προκειμένου να απομακρυνθεί ο ηλεκτρολύτης από αυτό και να ολοκληρωθεί η οξείδωση(Λουκάκης, 2010).

Σε ότι αφορά τα ηλεκτρόδια, σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, έχουν χρησιμοποιηθεί διάφορα υλικά όπως ο λευκόχρυσος και ο γραφίτης. Μια ενδιαφέρουσα διεργασία ηλεκτρολυτικής οξείδωσης είναι η DiaCell® , κατά την οποία εφαρμόζονται ηλεκτρόδια BBD/Si(Boron Doped Diamond on Silicon–Διαμάντι με πρόσμιξη βορίου σε υπόστρωμα πυριτίου(Deligiorgis et al., 2008; Τατούλης 2016). Τα πειραματικά αποτελέσματα έδειξαν ότι η εφαρμογή της μεθόδου στα απόβλητα επιτραπέζιων ελιών, οδηγεί σε πλήρη διάσπαση των φαινολικών ενώσεων, αλλά προσφέρει μικρή μείωση του οργανικού φορτίου και του χρώματος του αποβλήτου και για αυτό συστήνεται περαιτέρω επεξεργασία του αποβλήτου με χρήση άλλης μεθόδου(Τατούλης , 2016).

Διήθηση μέσω μεμβρανών

Μέσω της διήθησης μεμβρανών γίνεται ανάκτηση πολύτιμων συστατικών ουσιών από τα υγρά απόβλητα επιτραπέζιας ελιάς(όπως φαινολικές, αντιοξειδωτικές ουσίες, βιταμίνες κ.α.), χωρίς προσθήκη πρόσθετων υλικών(Τατούλης, 2016). Οι μεμβράνες που

χρησιμοποιούνται σε αυτή τη τεχνολογία βασίζονται σε διαφορετικές αρχές λειτουργίας αναλόγως το μέγεθος των σωματιδίων που εμπεριέχονται στα απόβλητα που θέλουμε να διαχωρίσουμε. Οι τεχνολογίες που διακρίνονται είναι: η μικρό-διήθηση(microfiltration-MF), η υπερδιήθηση(ultrafiltration-UF), η νανοδιήθηση(nanofiltration-NF) και η αντίστροφη ώσμωση(reverse osmosis-RO) αποτελούν διεργασίες για την ανάκτηση και τον καθαρισμό των πολυφαινολών από τα απόβλητα μονάδων βρώσιμης ελιάς(Τατούλης, 2016). Η διεργασία της υπερδιήθησης επιδιώκει την απομάκρυνση όλων των φαινολικών ενώσεων και μπορεί να χρησιμοποιηθεί κυρίως προς μείωση του οργανικού φορτίου των αποβλήτων επιτραπέζιας ελιάς, σε συνδυασμό με χρήση άλλης μεθόδου για μεγαλύτερη απόδοση.

1.8.2 Βιολογικές Μέθοδοι

Οι βιολογικές μέθοδοι αναφέρονται στις διαδικασίες αερόβιας και αναερόβιας χώνεψης των μικροοργανισμών που εμπεριέχονται στα υγρά απόβλητα βρώσιμων ελιών και στοχεύουν στην μείωση του χημικά απαιτούμενου οξυγόνου(COD). Εμφανίζουν σχετικά χαμηλό λειτουργικό κόστος σε σχέση με τα συστήματα που χρησιμοποιούνται στις φυσικοχημικές μεθόδους. Σύμφωνα με την βιβλιογραφία, τα συστήματα επεξεργασίας αποβλήτων επιτραπέζιας ελιάς που χρησιμοποιούνται και έχουν ικανοποιητικά αποτελέσματα σε ότι αφορά την απομάκρυνση οργανικού φορτίου είναι τόσο αερόβια, όσο και αναερόβια.

Αερόβια επεξεργασία

Η βιολογική τεχνολογία αερόβιας επεξεργασίας συντελεί στην απομάκρυνση του οργανικού φορτίου σε μεγάλο ποσοστό. Από την άλλη μεριά, σε ότι έχει να κάνει με την απομάκρυνση των φαινολών και των αρωματικών ενώσεων από τα απόβλητα, τα ποσοστά παραμένουν χαμηλά.

Η αερόβια επεξεργασία υγρών αποβλήτων μπορεί να γίνει με διεργασίες ενεργού ιλύος ή διεργασίες προσκολλημένης ανάπτυξης. Στην πρώτη περίπτωση, οι μικροοργανισμοί αιωρούνται στο υγρό απόβλητο και σχηματίζουν βιοκροκίδες. Επίσης, απαιτείται μεγάλος όγκος και επιφάνεια προκειμένου να υπάρχει επαφή με το οξυγόνο από το μεγαλύτερο μέρος των αποβλήτων(Κούγκολος, 2007). Στις διεργασίες προσκολλημένης ανάπτυξης, χρησιμοποιούνται χαλίκια ή πλαστικό υλικό πλήρωσης, πάνω στο οποίο

διοχετεύεται το απόβλητο και αναπτύσσονται οι μικροοργανισμοί και σχηματίζονται βιοϋμένες(Τατούλης, 2019).

Σύμφωνα με τα διεθνή ερευνητικά δεδομένα, έχει χρησιμοποιηθεί η προσθήκη συγκεκριμένων μικροοργανισμών(μύκητες), στην αερόβια επεξεργασία αποβλήτων επιτραπέζιας ελιάς, η οποία σε συνδυασμό με τη ρύθμιση διάφορων παραμέτρων όπως η θερμοκρασία, το οξυγόνο κ.α., έδωσε θετικά αποτελέσματα για την απομάκρυνση του οργανικού φορτίου των αποβλήτων(Lasaridi et al., 2010; Ayed et. al., 2013). Στον Πίνακα 6 φαίνονται αναλυτικά οι παράμετροι και τα αποτελέσματα.

Αναερόβια επεξεργασία

Η αναερόβια χώνευση είναι μια βιολογική διεργασία, που συμβαίνει όταν γίνεται αποσύνθεση οργανικής ύλης σε ένα αναερόβιο περιβάλλον, με την παρουσία ενός συνόλου μικροβίων(Κορνάρος, 2019). Από την τεχνολογία αναερόβιας επεξεργασίας, η οποία χρησιμοποιείται σε απόβλητα με υψηλή συγκέντρωση οργανικού φορτίου, προκύπτουν προϊόντα όπως είναι το βιοαέριο, που αποτελεί ανανεώσιμη πηγή ενέργειας και το κομπόστ, που είναι πλούσιο σε άζωτο και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως λίπασμα(Μουντζογιάννη, 2016).

Η ιδιαιτερότητα των υγρών αποβλήτων επιτραπέζιας ελιάς είναι η αυξημένη συγκέντρωση φαινολών, η οποία καθιστά δύσκολη την αναερόβια επεξεργασία τους με σκοπό τη χρήση βιοαερίου(Τατούλης, 2016). Αυτό συμβαίνει επειδή στα απόβλητα επιτραπέζιας ελιάς η συγκέντρωση των ολικών φαινολών μπορεί να αγγίξει και την τιμή 4 g/L(Papadaki and Mantzouridou, 2016), ενώ, η συγκέντρωση φαινολικών ενώσεων πάνω από 0.34 g/L δρα ανασταλτικά στην παραγωγή μεθανίου(Beltran et al., 2008).

Η πρακτική της αναερόβιας χώνευσης χρειάζεται τη συνδυαστική δράση μια άλλης μεθόδου επεξεργασίας, προκειμένου να καταστεί αποδοτική. Στο δεύτερο κεφάλαιο και συγκεκριμένα στον Πίνακα 6, αναφέρονται τα ερευνητικά δεδομένα από τον συνδυασμό μεθόδων όπως είναι η χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας και οξειδωσης Fenton πριν την αναερόβια χώνευση(Benitez et al., 2001).

1.8.3 Τεχνητοί Υγροβιότοποι

Οι Τεχνητοί Υγροβιότοποι είναι ένα φυσικό σύστημα, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την επεξεργασία υγρών αποβλήτων. Ως φυσικό σύστημα επεξεργασίας

υγρών αποβλήτων, θα μπορούσαμε να ορίσουμε μια περιοχή εντός της οποίας λειτουργούν και συνεργάζονται φυτά, μικροοργανισμοί και έδαφος, προκειμένου να μειωθεί το ρυπαντικό φορτίο του αποβλήτου, το οποίο διοχετεύεται εκεί για επεξεργασία(Μανιός, 2009). Βασίζονται στη χρησιμοποίηση φυτών και η παροχή των αποβλήτων σε τέτοια συστήματα διενεργείται πάνω ή κάτω από την επιφάνεια του εδάφους(Reed S.C. and Crites R.W., 1984). Η απομάκρυνση των ρύπων επιτυγχάνεται μέσω της δράσης των μικροοργανισμών του ριζικού συστήματος των φυτικών ειδών, σε συνδυασμό με την διεργασία της εξατμισοδιαπνοής(Μουντζογιάννη, 2016).

Η πρακτική αυτή προσφέρει το συνδυασμό εντατικής χρήσης της γης, χαμηλή κατανάλωση ενέργειας, μαζί με ένα χαμηλό κόστος κατασκευής και λειτουργίας. Ένα τέτοιο σύστημα έχει λιγότερες λειτουργικές απαιτήσεις, σε σχέση με ένα συμβατικό σύστημα επεξεργασίας και η εφαρμογή του είναι πιο εφικτή σε περιοχές με απομακρυσμένες τοποθεσίες(HaimingWu et al., 2015). Στο σχεδιασμό ενός συστήματος τεχνητού υγροβιότοπου πρέπει να ληφθούν πολλοί παράγοντες υπόψη, όπως η κλίση και η διαπερατότητα του εδάφους, οι χρήσεις γης στην περιοχή και το μικροκλίμα του εδάφους(Κούγκολος, 2007).

Σύμφωνα με ερευνητικά πειράματα που έχουν διεξαχθεί σε απόβλητα ελαιοτριβείων, χρειάζεται να γίνει προεργασία προκειμένου να χαμηλώσουν οι τιμές συγκέντρωσης του οργανικού φορτίου, για να μπορέσει να γίνει διάθεση στον τεχνητό υγροβιότοπο(Τατούλης, 2016). Μέσα από συνεχή έρευνα, αναπτύχθηκε μια πολύ αποτελεσματική μέθοδος επεξεργασίας υγρών αποβλήτων τυροκομείου και επεξεργασίας βρώσιμης ελιάς συνδυαζόμενη με χρήση τεχνητού υγροβιότοπου ως στάδιο μετεπεξεργασίας και τελικού αποδέκτη, η οποία αποτελεί μια ολοκληρωμένη μέθοδο επεξεργασίας αποβλήτων(Τατούλης, 2019).

2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ

Ο τομέας παραγωγής και μεταποίησης της επιτραπέζιας ελιάς, έχει σημειώσει μεγάλη ανάπτυξη τα τελευταία χρόνια και καταλαμβάνει σημαντικό ποσοστό της αγροτοβιομηχανίας στην χώρα μας. Οι μονάδες επεξεργασίας και μεταποίησης επιτραπέζιας ελιάς έχουν αυξηθεί και κατά συνέπεια έχει μεγαλώσει και ο όγκος των παραγόμενων αποβλήτων, κυρίως υγρών, που προέρχονται από την διαδικασία επεξεργασίας. Τα συγκεκριμένα απόβλητα προκαλούν μεγάλη περιβαλλοντική όχληση, λόγω των χαρακτηριστικών τους, τα οποία είναι το υψηλό οργανικό φορτίο, η μεγάλη περιεκτικότητα σε φαιολικό περιεχόμενο, η υψηλή αλατότητα αλλά και η αγωγιμότητα (Rincon-Llorente et al., 2018). Επιπλέον, οι ποσότητες στις οποίες παράγονται, καθώς και η εποχικότητα στην παραγωγή τους, καθιστούν την διαχείρισή τους ακόμα πιο δύσκολη.

Κρίνεται λοιπόν αναγκαία η εφαρμογή ενός αποτελεσματικού συστήματος διαχείρισης των απόβλητων που προέρχονται από τις μονάδες επεξεργασία επιτραπέζιας ελιάς, προκειμένου να συνεχίζεται η λειτουργία τους χωρίς να επιβαρύνεται το περιβάλλον. Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι που μπορούν να εφαρμοστούν για την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων με σκοπό την πιο εύκολη διαχείρισή τους, οι οποίες εμφανίζουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Ο σκοπός είναι η εύρεση ενός αποτελεσματικού συστήματος επεξεργασίας αποβλήτων από τις μονάδες επεξεργασία επιτραπέζιας ελιάς, το οποίο θα είναι οικονομικό, λειτουργικό και εφαρμόσιμο.

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η ανασκόπηση της διεθνούς βιβλιογραφίας, σχετικά με την επεξεργασία αποβλήτων από μονάδες επιτραπέζιας ελιάς. Έγινε καταγραφή και μελέτη των αποτελεσμάτων από ερευνητικά πειράματα που έχουν διεξαχθεί στον τομέα της επεξεργασίας υγρών αποβλήτων επιτραπέζιας ελιάς, καθώς και σύγκριση μεταξύ των διάφορων μεθόδων επεξεργασίας. Η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε ήταν η αναζήτηση σε διάφορες μηχανές αναζήτησης όπως η Science Direct (<https://www.sciencedirect.com>), η Elsevier (<https://www.elsevier.com>), η Academia.edu (<https://www.academia.edu>), η Microsoft Academic Research (<https://academic.microsoft.com/>) και η Google scholar (<http://scholar.google.com>). Ως κύριο κριτήριο αναζήτησης των διάφορων μεθόδων επεξεργασίας, ορίστηκε το είδος των χρησιμοποιούμενων αποβλήτων να προέρχεται από επιτραπέζιες ελιές. Αρχικά έγινε ανασκόπηση ερευνητικών εργασιών των τελευταίων πέντε

ετών. Ωστόσο, κρίθηκε αναγκαία η ανασκόπηση ερευνητικών μελετών, οι οποίες έχουν δημοσιευθεί από το έτος 2000 και έπειτα, προκειμένου να επιτευχθεί όσο το δυνατόν περισσότερη κάλυψη του αντικειμένου. Παρόλο που έχουν γίνει σημαντικά επιτεύγματα στον τομέα της επεξεργασίας υγρών αποβλήτων, η πραγματικότητα είναι πως η έρευνα σχετικά με την επεξεργασία των αποβλήτων που προέρχονται από μονάδες επιτραπέζιων ελιών είναι ακόμα σε πρώιμα στάδια.

Στο πρώτο μέρος της εργασίας αναφέρονται στοιχεία σχετικά με την παραγωγή και τη σύσταση των αποβλήτων από επεξεργασία επιτραπέζιας ελιάς. Στο δεύτερο μέρος της εργασίας, παρουσιάζονται οι αναφορές που υπάρχουν στη διεθνή βιβλιογραφία για την επεξεργασία των αποβλήτων επιτραπέζιας ελιάς. Στον Πίνακα 6 που ακολουθεί, εμφανίζεται μια συγκεντρωτική καταγραφή των ερευνητικών δεδομένων που ανακτήθηκαν από τις πειραματικές εργασίες και στην συνέχεια γίνεται ανάλυση και σύγκριση των αποτελεσμάτων.

Πίνακας 6. Επεξεργασίες αποβλήτων επιτραπέζιας ελιάς.

Τύπος αποβλήτου	Διεργασία	Τρόπος λειτουργίας	Αρχικό d-COD (g/L)	Χρόνος (d)	Απομάκρυνση d-COD (%)	Αρχική συγκέντρωση φαινολών (mg*L ⁻¹)	Απομάκρυνση φαινολών (%)	Αποχρωματισμός (%)	Άλλοι παράμετροι	Αναφορά
A.E.B.E ⁱ	Οζονισμός	πίεση O ₃ ⁱⁱ : 0.090.38 kPa		5 min 10 min		0.89-3.84 x 10 ⁵	12-75 23-100			Beltran et al., 1999
A.E.B.E	Υγρή οξειδωση	500m/L H ₂ O ₂ ⁱⁱⁱ	1.24 5.15	30- 120min	Μέχρι 58		100	Μέχρι 90		Katsoni et al., 2008
A.E.B.E + Inoculum M.E. Αστικών λυμάτων	Οζονισμός Οζονισμός + UV Αερόβια επεξεργασία Οζονισμός και αερόβια επεξεργασία	- Αιωρούμενη ανάπτυξη Αιωρούμενη ανάπτυξη	3.1-4.24 3.05-4.4 3.18 4.76 (4.76) 3.314.84	8h 8h 7 7 7	82-92 88-96 87-89 89 96-97				O ₃ =40L /h	Benitez et al., 2002

ⁱ A.E.B.E. = Απόβλητα Επεξεργασίας Βρώσιμης Ελιάς

ⁱⁱ O₃ : Οζον

ⁱⁱⁱ H₂O₂: υπεροξείδιο του υδρογόνου

Τύπος αποβλήτου	Διεργασία	Τρόπος λειτουργίας	Αρχικό d-COD (g/L)	Χρόνος (d)	Απομάκρυνση d-COD (%)	Αρχική συγκέντρωση φαινολών (mg*L ⁻¹)	Απομάκρυνση φαινολών (%)	Αποχρωματισμός (%)	Άλλοι παράμετροι	Αναφορά
A.E.B.E (πράσινες)	Οξονισμός		Δ.Α.	24 72	Δ.Α. ^{iv}	3.4	97 99,4			Bravo et al., 2007
A.E.B.E	Ηλεκτροχημική επεξεργασία	Ηλεκτρόδια BBD/Si ^v	10.0	μέχρι 14h	73	ΔΑ	83,1	89,2	ένταση 30 A	Deligiorgis et al., 2008
A.E.B.E (πράσινες)	Ηλεκτροκροκίδωση	Ηλεκτρόδιο Ανόδου/ Καθόδου Αλουμίνιο/ Σίδηρο	6.85	50 min	40	0,42	75	Σχεδόν 100	20–25°C 25 mA / cm ²	Garcia – Garcia et al., 2011
A.E.B.E	Διήθηση με μεμβράνες		21.64±0.010	4h		2,13	99,5			Kiai et al., 2014
A.E.B.E (πράσινες)	Υπερδιήθηση		7.25±0.26		36-66	0.559±0.002	<10	79-84,1		Garcia Ivars et al., 2015
A.E.B.E (μάυρες)	Αερόβια βιολογική επεξεργασία	Αιωρούμενη ανάπτυξη	0.70-2.2	10h	92	ΔΑ	ΔΑ	ΔΑ		Borja et Al.,1993

^{iv} Δ.Α. = Δεν Αναφέρεται

^v Si : Πυρίτιο (Silicon)

Τύπος αποβλήτου	Διεργασία	Τρόπος λειτουργίας	Αρχικό d-COD (g/L)	Χρόνος (d)	Απομάκρυνση d-COD (%)	Αρχική συγκέντρωση φαινολών (mg*L ⁻¹)	Απομάκρυνση φαινολών (%)	Αποχρωματισμός (%)	Άλλοι παράμετροι	Αναφορά
A.E.B.E (πράσινες)	Αερόβια επεξεργασία	Διαλείπουσα λειτουργία	9.57-41.60	7	49-67	0.59-2.60	92-100	ΔΑ		Beltran et. al., 2008
A.E.B.E από εκτίκρυνση πράσινων ελίων	Αερόβια επεξεργασία	Αιωρούμενη ανάπτυξη	16.523.5 (16.5)	10 5	71.6-75.9 66.8	1.11-1.38	0	ΔΑ		Aggelis et. al., 2001
A.E.B.E (πράσινες)	Βιολογική επεξεργασία (Aspergillus niger με glucose 0.3%)	Αιωρούμενη ανάπτυξη μη συνεχούς λειτουργίας	13.70±0.20	4	64	PP: 0.49±0.01	48	62		Ayed et. al., 2013
A.E.B.E (μάυρες)	Αερόβια βιολογική διεργασία	Αιωρούμενη ανάπτυξη Διαλείπουσα λειτουργία	1.605.64	5.6	73-81	0.050-0.168	44-50	ΔΑ		Beltran Heredia et. al., 2000

Τύπος αποβλήτου	Διεργασία	Τρόπος λειτουργίας	Αρχικό d-COD (g/L)	Χρόνος (d)	Απομάκρυνση d-COD (%)	Αρχική συγκέντρωση φαινολών (mg*L ⁻¹)	Απομάκρυνση φαινολών (%)	Αποχρωματισμός (%)	Άλλοι παράμετροι	Αναφορά
A.E.B.E από εκπίκραση πράσινων ελιών	Αναερόβια επεξεργασία	CSTR ^{vi}	23.5 23.5	50 50	49 42.6	1.11 1.11	PP ^{vii} : 12.6 PP: 10.8	ΔΑ ΔΑ		Aggelis et. al., 2001
A.E.B.E (πράσινες)	Αναερόβια χώνευση		0.60-3.0	90h	81-94	3.70-18.50	ΔΑ	ΔΑ		Beltran et. al., 2008
A.E.B.E	Αερόβια βιολογική διεργασία	Αιωρούμενη ανάπτυξη (<i>Aspergillus niger</i>) Διαλείπουσα λειτουργία	NaOH ^{viii} : 5 -21,6 KOH ^{ix} : 3 – 8,4 g/L	5	60-87	75 – 875 mg gallic acid/L	27-36			Lasaridi et al., 2010

^{vi} CSTR: Αντιδραστήρες πλήρους ανάμιξης και συνεχούς ροής (Continuous Stirred Tank Reactor)

^{vii} PP: Πολυφαινόλες (Polyphenols)

^{viii} NaOH : Υδροξείδιο του νατρίου

^{ix} KOH : Υδροξείδιο του καλίου

Τύπος αποβλήτου	Διεργασία	Τρόπος λειτουργίας	Αρχικό d-COD (g/L)	Χρόνος (d)	Απομάκρυνση d-COD (%)	Αρχική συγκέντρωση φαινολών (mg·L ⁻¹)	Απομάκρυνση φαινολών (%)	Αποχρωματισμός (%)	Άλλοι παράμετροι	Αναφορά
A.E.B.E	Ηλεκτροχημική Οξείδωση	Ηλεκτρόδια BDD& PbO ₂ ^x		2h 2h	40 75				110 mA / m ²	Gargouri et al., 2017
A.E.B.E	Ηλεκτροχημική οξείδωση Αναερόβια χώνευση	Βιοηλεκτροχημικό σύστημα (BESs) Αναερόβια διεργασία Εμβολιασμός με μικροοργανισμούς/ Ανάπτυξη βιοφιλμ	23.8 g/L ⁻¹	15	32	1177 (Hydroxytyrosol) 178 (Tyrosol)	61-88 40-59	ΔΑ		Marone et al., 2016
A.E.B.E (άλμη)	Βιολογική επεξεργασία και διήθηση με μεμβράνες	SBR ^{xi} αντιδραστήρας Υπερδιήθηση (UF) Νανοδιήθηση (NF)	6920 mg·L ⁻¹ 1922 835	0-40	80 (125 mg·L ⁻¹)	789 207 43	71 100	ΔΑ	pH 4.3 ± 0.2	Ferrer-Polonio et al., 2016

^x PbO₂: οξείδιο του μολύβδου

^{xi} SBR: Αντιδραστήρας διαλείποντος έργου με περιοδική λειτουργία (Sequencing Batch Reactor)

Τύπος αποβλήτου	Διεργασία	Τρόπος λειτουργίας	Αρχικό d-COD (g/L)	Χρόνος (d)	Απομάκρυνση d-COD (%)	Αρχική συγκέντρωση φαινολών (mg*L ⁻¹)	Απομάκρυνση φαινολών (%)	Αποχρωματισμός (%)	Άλλοι παράμετροι	Αναφορά
A.E.B.E (πράσινες)	Αερόβια επεξεργασία (<i>Aspergillus niger</i>) Χημ. οξείδωση Fenton (0,5g/L) Καθίζηση CaO ^{xiii}	Διαλείπουσα λειτ. Συνεχής λειτ. H ₂ O ₂ : 2,4,6,8 g/L Εναιώρημα νερού 10%, pH 12	12 12 0,83 – 0,9	1 - 3 3h 2h	70 34-72 38.01- 69.26	0.32 0.32 0.051	41 (Total ph) 85 (Simple ph) 78.9 - 94.7 68.7 - 89.3	ΔΑ	pH=2.2	Kotsou <i>et al.</i> , 2004
A.E.B.E	Αερόβια επεξεργασία & Ηλεκτροχημική Οξείδωση	SBR (0,5 L / min) Ηλεκτρόδιο BDD	7500 mg 5100mg	8 30-240min	96,5 38-63	2.9 -6.7 mg/L	64,5 100	0 100%	187,5 mA / cm ²	Tatoulis <i>et al.</i> , 2016a

^{xiii} CaO : Οξείδιο του ασβεστίου (Calcium oxide)

Τύπος αποβλήτου	Διεργασία	Τρόπος λειτουργίας	Αρχικό d-COD (g/L)	Χρόνος (d)	Απομάκρυνση d-COD (%)	Αρχική συγκέντρωση φαινολών (mg*L ⁻¹)	Απομάκρυνση φαινολών (%)	Αποχρωματισμός (%)	Άλλοι παράμετροι	Αναφορά
A.E.B.E.	Αερόβια επεξεργασία & Ηλεκτροχημική Οξείδωση	SBR αιωρούμενης-επανακυκλοφορία αέρα Ηλεκτρόδιο BDD Δεξαμενές HDPE ^{xiii}	5,5 -15,0	6-8 90min	49,1-82,7 80,3 - 96,5 <125mg/l	10-500 mg/L <100 mg/L	57,3 - 67 43 - 64,5 100 78 75	100		Tatoulis et al., 2016b
A.E.B.E (μαυρης)	Χημική κροκίδωση και διήθηση με μεμβράνες	Flocculant 1,2,3,4 (mg/L) UF (UF-125) NF (NF 270 and NP 010) RO (BW 30 and SW30)	67,840 ± 350(mgL ⁻¹)		35.5 65.5 80.7 & 79 99.8 & 99.9				SS=378 4 ± 75 (mg/L) EC:	Ozbey-Unala et al., 2018

^{xiii} HDPE : High-density polyethylene

Τύπος αποβλήτου	Διεργασία	Τρόπος λειτουργίας	Αρχικό d-COD (g/L)	Χρόνος (d)	Απομάκρυνση d-COD (%)	Αρχική συγκέντρωση φαινολών (mg*L ⁻¹)	Απομάκρυνση φαινολών (%)	Αποχρωματισμός (%)	Άλλοι παράμετροι	Αναφορά
									134 ± 2.5 (mS/cm)	
A.E.B.E από εκπίκρυνση	Ηλεκτροκροκίδωση	Ηλεκτρόδια (Al, Cu, SS, Fe) ^{xiv}	20124 ± 72.6 (mgL ⁻¹)	60Min	78.51%	3330 ± 14.12	90.44	97.93%	Density 15.0 mA cm ⁻²	Niazmand et al., 2019
A.E.B.E (μαυρης)	Αερόβια επεξεργασία & Ηλεκτροκροκίδωση	Αερόβια επεξεργασία Ηλεκτρόδια (Al, Fe)	3000 (mgL ⁻¹)	50	42,5	630(mgL ⁻¹)	83,9	85,3		Benekos et al., 2019

^{xiv} Al: Αργίλιο (Aluminium), Cu: Χαλκός (Copper), SS: Ανοξείδωτος Χάλυβας (Stainless steel), Fe: Σίδηρος (Ferrum)

Στον παραπάνω πίνακα παρουσιάζονται διαφορές μέθοδοι που μπορούν να εφαρμοστούν στην τεχνολογία της επεξεργασίας αποβλήτων επιτραπέζιας ελιάς. Όπως παρατηρείται, στις περισσότερες περιπτώσεις, η συνδυαστική χρήση των μεθόδων οδηγεί σε καλύτερα αποτελέσματα όσον αφορά την απομάκρυνση των ρύπων. Ωστόσο, η εφαρμογή των μεθόδων έχει μελετηθεί μέσω πειραμάτων σε εργαστηριακή κλίμακα και χρειάζεται περαιτέρω σχεδιασμός προκειμένου να βρεθεί ένα αποτελεσματικό σύστημα επεξεργασίας αποβλήτων, του οποίου το κόστος θα το καθιστά εφαρμόσιμο από τις μονάδες επεξεργασίας αποβλήτων επιτραπέζιας ελιάς.

3. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η συνεχόμενη αύξηση στην βιομηχανία της παραγωγής επιτραπέζιας ελιάς που παρατηρείται τα τελευταία στην Ελλάδα, συμβαδίζει με την αύξηση του όγκου των παραγόμενων αποβλήτων από τις μονάδες επεξεργασίας επιτραπέζιας ελιάς. Οι επιτραπέζιες ελιές μπορούν να παραχθούν με τρεις διαφορετικές μεθόδους που είναι φυσικές μαύρες ελιές σε άλμη(Ελληνικού τύπου), πράσινες ελιές(Ισπανικού τύπου) και ελιές μαυρισμένες με οξείδωση(τύπου Καλιφόρνιας).

Το μεγαλύτερο ποσοστό των αποβλήτων οφείλεται στα νερά έκπλυσης των ελαιόκαρπων κατά τα στάδια επεξεργασίας τους, καθώς και στα νερά που χρησιμοποιούνται για την πλύση και τον καθαρισμό του εξοπλισμού και του χώρου εγκατάστασης της μονάδας επεξεργασίας(Mulinacci et al., 2001). Εκτός από το γεγονός ότι παράγεται ένας τεράστιος όγκος υγρών αποβλήτων, μεγάλο πρόβλημα αποτελεί και η εποχικότητα αυτών καθώς, παράγονται μεταξύ Σεπτεμβρίου και Νοεμβρίου μετά τη συγκομιδή της ελιάς(Ferrer-Polonio et al., 2016).

Αυτό που συμβαίνει επί του παρόντος, ως συνηθέστερη επεξεργασία των αποβλήτων από την επεξεργασία βρωσίμων ελιών είναι η αποθήκευση αυτών των αποβλήτων σε μεγάλες τεχνητές λίμνες εξάτμισης(εδαφοδεξαμενες) όπου, κατά τη διάρκεια της ξηρής περιόδου, τα λύματα εξατμίζονται εξαιτίας της εξάτμισης. Αυτές οι πρακτικές δεν αποτελούν λύση στο πρόβλημα, καθώς οι λίμνες εξάτμισης εξαρτώνται πλήρως από το μικροκλίμα και μπορούν να έχουν ως επακόλουθο έναν σημαντικό αριθμό επιπτώσεων, όπως είναι οι κακές οσμές, ο πολλαπλασιασμός των εντόμων και η μόλυνση των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων(Kopsidas et al, 1992; Rincon Llorente et al, 2018).

Όπως φαίνεται και στον Πίνακα 6 έχουν διεξαχθεί αρκετές ερευνητικές μελέτες σχετικά με την επεξεργασία αποβλήτων από μονάδες επεξεργασίας επιτραπέζιων ελιών, αλλά η πραγματικότητα είναι ότι χρειάζεται να γίνει περαιτέρω έρευνα, για να μπορούν να εφαρμοστούν σε βιομηχανικό επίπεδο. Σύμφωνα με την ανασκόπηση των διαδικασιών που μελετήθηκαν, υπάρχουν αρκετές μελέτες που χρησιμοποιούν προηγμένες διαδικασίες οξείδωσης όπως είναι ο οζονισμός(Beltran et al., 1999; Benítez et al., 2002), η υγρή οξείδωση(Katsoni et al., 2008), η αντίδραση του Fenton(Kotsou et al., 2004), ηλεκτροχημικές επεξεργασίες(Deligiorgis et al., 2008; Marone et al., 2016), η ηλεκτροκροκίδωση(García-García, et al., 2011; Niazmand et al., 2019).

Παράλληλα, έχουν διερευνηθεί και βιολογικές επεξεργασίες, όπως είναι η αναερόβια επεξεργασία (Aggelis, et al., 2001; Beltrán, et al., 2008) και οι διεργασίες αερόβιας χώνευσης (Borja, et al., 1993; Beltrán, et al., 2008). Επιπλέον, έχει διεξαχθεί σημαντική έρευνα σχετικά με τα συστήματα που χρησιμοποιούν μύκητες (*Aspergillus niger*) και έχουν λάβει αρκετά υποσχόμενα αποτελέσματα σχετικά με την απομάκρυνση του οργανικού φορτίου από τα απόβλητα επιτραπέζιας ελιάς (Lasaridi et al., 2010; Ayed et al., 2013), όπως επίσης και συστήματα διήθησης μέσω μεμβρανών, που στοχεύουν στην εξαγωγή και ανάκτηση προϊόντων προστιθέμενης αξίας, όπως είναι οι φαινόλες (Kiai et al., 2014).

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των έρευνών, κατά τις οποίες εξετάστηκαν βιολογικές επεξεργασίες αερόβιας και αναερόβιας χώνευσης, στα απόβλητα επιτραπέζιων ελιών, παρατηρήθηκε ότι η αερόβια επεξεργασία των αποβλήτων που προέρχονται από επιτραπέζιες ελιές, πετυχαίνει αρκετά μεγάλο ποσοστό απομάκρυνσης του οργανικού φορτίου, καθώς και μια σημαντική μείωση της περιεκτικότητας σε φαινολικές ενώσεις. Συγκεκριμένα, η πειραματική μελέτη αερόβιας επεξεργασίας των Beltran, et al. (2008), έδειξε ποσοστό απομάκρυνσης του χημικά απαιτούμενου οξυγόνου (COD) από απόβλητα πράσινων επιτραπέζιων ελιών που φτάνει το 67%, ενώ η απομάκρυνση των φαινολών άγγιζε το 100%. Στην ίδια μελέτη, με την διεργασία αναερόβιας χώνευσης, επιτεύχθηκε μια σημαντική απομάκρυνση COD με ποσοστό που κυμαίνεται μεταξύ 81 και 94%. Σε άλλη εργασία των Beltran-Heredia et al. (2000), στην οποία μελετήθηκε η αερόβια βιολογική επεξεργασία των αποβλήτων που προέρχονται από μαύρες επιτραπέζιες ελιές, τα ποσοστά απομάκρυνσης COD και φαινολών βρέθηκαν 73 – 81% και 45 - 50% αντίστοιχα.

Σε μελέτη που διεξάχθηκε από τους Aggelis et al. (2001), αξιολογήθηκε η επίδραση της αερόβιας επεξεργασίας σε απόβλητα προερχόμενα από εκπίκρωση πράσινων ελιών. Σε αυτή τη λειτουργία αιωρούμενης ανάπτυξης, τα απόβλητα που χρησιμοποιήθηκαν εμφάνιζαν αρχική συγκέντρωση COD 16,5 g/L και αρχική συγκέντρωση φαινολών 1,35 g / L. Αυτή η αερόβια διεργασία φάνηκε να έχει ως αποτέλεσμα μεγάλο ποσοστό απομάκρυνσης COD (71,6-75,9%). Ωστόσο, δεν φάνηκε να επηρεάζει την περιεκτικότητα σε φαινολικές ενώσεις, με το ποσοστό απομάκρυνσης να παραμένει στο 0%. Ως ένα πρόσθετο μειονέκτημα της μεθόδου, εμφανίστηκε η υψηλή παραγωγή βιομάζας λόγω του αερόβιου μεταβολισμού που συμβαίνει μέσα στο απόβλητο και η ανάγκη για ρύθμιση του pH.

Η αναερόβια χώνευση έχει καθιερωθεί ως μέθοδος επεξεργασίας υγρών αποβλήτων, ειδικότερα όταν στόχος της διαδικασίας, εκτός από την μείωση του ρυπαντικού φορτίου των αποβλήτων είναι και η παραγωγή υποπροϊόντων, όπως το βιοαέριο. Ωστόσο η υψηλή περιεκτικότητα σε φαινολικές ενώσεις των απόβλητων επιτραπέζιων ελιών, παρεμποδίζει την δημιουργία μεθανίου. Σύμφωνα με τους Beltran, et al.(2008), όταν στα απόβλητα εμφανίζεται συγκέντρωση φαινολικών ενώσεων σε τιμές πάνω από 0,34 g/L, τότε η παραγωγή μεθανίου αναστέλλεται, καθώς η τιμή αυτή είναι δεκαπλάσια της τιμής κατά την οποία παρατηρείται ο μεγαλύτερος ρυθμός παραγωγής μεθανίου. Οι Aggelis et al.(2001), αξιολόγησαν την αναερόβια χώνευση ως επεξεργασία αποβλήτων επιτραπέζιων ελιών, με την χρήση αντιδραστήρα πλήρους ανάμιξης και συνεχούς ροής(CSTR). Και στις δύο μελέτες επισημάνθηκε η ανάγκη για προ- επεξεργασία των αποβλήτων με άλλη βιολογική μέθοδο προκειμένου να γίνει απομάκρυνση των φαινολών και να περιοριστεί η δυσκολία στην εφαρμογή της αναερόβιας χώνευσης.

Μια διεργασία που μελετήθηκε από τους Beltran, et al.(1999) και τους Bravo et al.(2007), στον τομέα της επεξεργασίας επιτραπέζιων ελιών είναι ο οζονισμός. Σύμφωνα με τους ερευνητές, η διαδικασία οζονισμού που εφαρμόστηκε οδήγησε σε μεγάλο ποσοστό απομάκρυνσης των φαινολών από τα χρησιμοποιούμενα απόβλητα, το οποίο άγγιξε το 100% στην πρώτη μελέτη, ενώ στην δεύτερη πλησίασε το 99,5%. Ο οζονισμός χρησιμοποιήθηκε συνδυαστικά με αερόβια επεξεργασία σε ερευνητική μελέτη από τους Benitez et al.(2002), κατόπιν της οποίας παρατηρήθηκε μεγάλο ποσοστό απομάκρυνσης του COD(82 – 97%). Επίσης, σε αυτή τη μελέτη έγινε αξιολόγηση της χρήσης του οζονισμού σε συνδυασμό με την υπεριώδη ακτινοβολία(UV). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι ο καλύτερος συνδυασμός προέκυψε από την συνδυαστική εφαρμογή οζονισμού και υπεριώδους ακτινοβολίας που οδήγησε σε απομάκρυνση 88% COD. Όπως παρατηρήθηκε στις περισσότερες περιπτώσεις, η εφαρμογή του οζονισμού στην διαδικασία επεξεργασίας των αποβλήτων επιτραπέζιας ελιάς, είναι μια εξαιρετική προ-επεξεργασία, για περαιτέρω βιολογική επεξεργασία, όπως η αερόβια χώνευση, λόγω των θετικών αποτελεσμάτων που φάνηκαν στην απομάκρυνση φαινολικών ενώσεων και στην αφαίρεση του COD 80-90%. Ωστόσο, όπως αναφέρεται και στην μελέτη των Ayed et al.(2017), ο κύριος ανασταλτικός παράγοντας στην εφαρμογή αυτής της διαδικασίας είναι το υψηλό κόστος της παραγωγής όζοντος σε συνδυασμό με τη σύντομη περίοδο ημιζωής του.

Μια ακόμη προηγμένη διαδικασία οξείδωσης είναι η διεργασία της υγρής οξείδωσης, η οποία μελετήθηκε από τους Katsoni et al.(2008). Κατά τη διάρκεια της μελέτης αξιολογήθηκε η επίδραση διάφορων παραγόντων στα απόβλητα επιτραπέζιας

ελιάς, όπως η αρχική συγκέντρωση COD(1,24 – 5,15 g/L), ο χρόνος λειτουργίας(30–120 λεπτά), και η εφαρμογή H₂O₂(500 mg / L) ως πρόσθετο οξειδωτικό κατά την διαδικασία οξείδωσης υγρού αέρα. Παρατηρήθηκε σημαντική επίδραση στην απομάκρυνση COD, όπως επίσης και στην απομάκρυνση των φαινολών. Κατά τις βέλτιστες συνθήκες, οι οποίες βρέθηκαν να είναι: αρχική συγκέντρωση COD 1,24 g/L, χρόνος 120 λεπτά και H₂O₂ 0 mg / L, η απομάκρυνση των φαινολών έφτασε το ποσοστό 100%, ο αποχρωματισμός άγγιξε το 90% και η μείωση του COD ήταν 58% .

Ο συνδυασμός αερόβιας επεξεργασίας με τη χρήση *Aspergillus niger* και αντιδραστήριου Fenton σε απόβλητα επιτραπέζιας ελιάς μελετήθηκε από τους Kotsou et al.(2004). Στο πρώτο στάδιο της αερόβιας επεξεργασίας με τη χρήση *Aspergillus niger*, παρατηρήθηκε μείωση του COD σε ποσοστό 70%, ενώ η απομάκρυνση σε συνολικές και απλές φαινόλες ήταν 41% και 85%, αντίστοιχα. Κατά τη διάρκεια του σταδίου οξείδωσης χρησιμοποιήθηκε αντιδραστήριο Fenton και αξιολογήθηκε η επίδραση της συγκέντρωσης H₂O₂. Όπως παρατηρήθηκε, οι διαφορετικές συγκεντρώσεις(2, 4, 6, 8 g H₂O₂ / L) δεν επηρέασαν με διαφορετικό τρόπο την απομάκρυνση των φαινολών. Μετά την εφαρμογή με αντιδραστήριο Fenton, η απομάκρυνση του COD ήταν σε ποσοστό 34-72%, το pH μειώθηκε στο 2,2, ενώ η συνολική απομάκρυνση των φαινολών ήταν 78,9-94,7 %. Ένα σημαντικό μειονέκτημα αυτού του συστήματος είναι η παρουσία υπεροξειδίου του υδρογόνου στο τέλος της διαδικασίας, ενώ επιπλέον παρατηρήθηκε ότι επιτεύχθηκαν μικρότερα ποσοστά μείωσης του COD σε σύγκριση με τις διαδικασίες οζονισμού.

Η χρήση μυκήτων στην επεξεργασία των αποβλήτων επιτραπέζιας ελιάς είναι ευρέως διαδεδομένη, κυρίως ως στάδιο προ-επεξεργασίας της αναερόβιας επεξεργασίας. Έχει αποδειχθεί ότι αρκετά στελέχη του μύκητα *Aspergillus niger* συντελούν στην μείωση της συγκέντρωσης των φαινολικών ενώσεων και στον αποχρωματισμό των υγρών αποβλήτων, πιθανότατα λόγω της ικανότητας τους να εκκρίνουν διάφορα ένζυμα με καταλυτική δράση(Kyriacou et al., 2005).

Σε ερευνητική μελέτη που έκαναν οι Lasaridi et al.(2010), χρησιμοποιήθηκαν απόβλητα επιτραπέζιας ελιάς με συγκέντρωση καυστικού νατρίου(NaOH) και απόβλητα επιτραπέζιας ελιάς με συγκέντρωση υδροξειδίου του καλίου(KOH) χρησιμοποιώντας αραιώσεις των 100, 85, 70, 55 και 40%. Όλα τα δείγματα με τις διαφορετικές συγκεντρώσεις, εμβολιάστηκαν με στελέχη του μύκητα *Aspergillus niger*. Τα αποτελέσματα έδειξαν ικανότητα απομάκρυνσης COD σε ποσοστό εύρους 60-87% για το NaOH και 50-87% για την εφαρμογή με το KOH. Σε ότι αφορά την απομάκρυνση των φαινολών, εμφανίστηκε ένα ποσοστό απομάκρυνσης 27-36% στα απόβλητα με NaOH. Οι

Ayed et al.(2013) αξιολόγησαν ένα σύστημα βιολογικής επεξεργασίας με τη χρήση *Aspergillus niger*, με το οποίο επιτεύχθηκε απομάκρυνση του COD σε ποσοστό 64%, απομάκρυνση των φαινολών σε ποσοστό 48% και αποχρωματισμός του αποβλήτου 62%.

Μια ακόμα σημαντική διεργασία που έχει αναπτυχθεί είναι η επεξεργασία μέσω διήθησης μεμβρανών, η οποία στοχεύει στην εξαγωγή και ανάκτηση προϊόντων προστιθέμενης αξίας. Οι φαινόλες είναι ισχυρά αντιοξειδωτικά, τα οποία μπορούν να εξαχθούν από τον καρπό της ελιάς. Η επίδραση τριών εμπορικών μεμβρανών στη συγκέντρωση φαινολών σε απόβλητα επιτραπέζιας ελιάς εξετάστηκε από τους Kiai et al.(2014) και έδειξε ποσοστό εξαγωγής 99,5%. Σε μελέτη των Garcia Ivars et al.(2015), εφαρμόστηκε υπερδιήθηση και τα αποτελέσματα έδειξαν απομάκρυνση του COD σε ποσοστό εύρους 36-66% και αποχρωματισμό του αποβλήτου 79-84,1%. Η απομάκρυνση των φαινολών κυμάνθηκε σε ποσοστά χαμηλότερα του 10%. Οι Ferrer-Polonio et al.(2016), εφάρμοσαν την διήθηση μεμβρανών σε συνδυασμό με βιολογική επεξεργασία με αντιδραστήρες διαλείποντος έργου με περιοδική λειτουργία(SBR). Δοκίμασαν διαφορετικές αναερόβιες και αερόβιες αναλογίες και αξιολόγησαν ως σημαντική την αναλογία κατά την οποία επιτεύχθηκε μείωση COD 82,3% και απομάκρυνση συνολικών φαινολών σε ποσοστό 77,9%. Σε συνέχεια της μελέτης, αξιολογήθηκε ένας συνδυασμός συστήματος SBR με υπερδιήθηση και νανοδιήθηση. Όπως αναφέρεται στα αποτελέσματα, με το SBR επιτεύχθηκε 80% απομάκρυνση COD και 71% μείωση της συνολικής συγκέντρωσης φαινολών. Με την προσθήκη των διαδικασιών υπερδιήθησης και νανοδιήθησης, η τιμή συγκέντρωσης COD διαμορφώθηκε μικρότερη από 125 mg / L, με την τελική απομάκρυνση COD να κυμαίνεται σε ποσοστό $45,9 \pm 1,9\%$. Παράλληλα, αφαιρέθηκαν εντελώς το χρώμα και η θολότητα των αποβλήτων.

Η ηλεκτροκροκίδωση(electrocoagulation) είναι μια προηγμένη τεχνολογία επεξεργασίας αποβλήτων και στοχεύει στην απορρύπανση των αποβλήτων μέσω της χρήσης ηλεκτροδίων από αργίλιο(Al), σίδηρο(Fe) ή μαγνήσιο(Mg), ως άνοδο, προκειμένου να σχηματιστούν κροκίδες $Al(OH)_3$, $Fe(OH)_3$ και $Mg(OH)_2$ αντίστοιχα. Η εφαρμογή ενός συστήματος ηλεκτροκροκίδωσης ως προ-επεξεργασία αποβλήτων πράσινων επιτραπέζιων ελιών, μελετήθηκε από τους García-García et al.(2011) και τα αποτελέσματα έδειξαν μείωση COD σε ποσοστό 40% και σχεδόν πλήρη αποχρωματισμό αποβλήτου, υπό τις βέλτιστες συνθήκες(20–25°C, 50 λεπτά, 25 mA/ cm²). Από τους διάφορους συνδυασμούς ηλεκτροδίων που αξιολογήθηκαν στη συγκεκριμένη έρευνα, παρατηρήθηκε ότι ο βέλτιστος συνδυασμός είναι η χρήση Al στην άνοδο και Fe στην κάθοδο, καθώς τότε παρατηρήθηκε η μεγαλύτερη απομάκρυνση COD και χρώματος.

Η επεξεργασία της ηλεκτροκροκίδωσης ακολουθούμενη από διήθηση μέσω μεμβρανών εξετάστηκε και από τους Niazmand et al.(2019), όπου αξιολογήθηκαν υλικά όπως αργίλιο(Al), χαλκός(Cu), ανοξειδωτο ατσάλι(SS) και σίδηρο(Fe), ως ηλεκτρόδια. Το ηλεκτρόδιο Al έδωσε τα καλύτερα αποτελέσματα, σε ότι αφορά την απομάκρυνση του COD(78,51%), την αφαίρεση των ολικών φαινολών(90,44%) και τον αποχρωματισμό του αποβλήτου(97,93%). Σε μια άλλη μελέτη των Benekos et al.(2019) χρησιμοποιήθηκε ένα σύστημα ηλεκτροκροκίδωσης με χρήση ηλεκτροδίων Al και Fe σαν μέθοδος επεξεργασίας αποβλήτων επιτραπέζιας ελιάς σε συνδυασμό με αερόβια προ-επεξεργασία. Πραγματοποιήθηκαν πειράματα σε αντιδραστήρες σε εργαστηριακή και πιλοτική κλίμακα για τον προσδιορισμό της αποτελεσματικότητας της μεθόδου, από όπου φάνηκε ότι το ηλεκτρόδιο Al φαίνεται να είναι το καταλληλότερο υλικό ηλεκτροδίων, προκειμένου να επιτευχθεί μείωση COD και αποχρωματισμός τόσο στα με αερόβια προ-επεξεργασία, όσο και στα μη επεξεργασμένα απόβλητα. Επίσης τα ηλεκτρόδια αλουμινίου κατανάλωσαν λιγότερη ενέργεια από τα ηλεκτρόδια σιδήρου. Η υψηλότερη αρχική συγκέντρωση COD είχε ως αποτέλεσμα χαμηλότερη απόδοση του συστήματος και για τα δυο ηλεκτρόδια που χρησιμοποιήθηκαν. Οι Benekos et al.(2019), κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η ηλεκτροκροκίδωση θα μπορούσε να συνδυαστεί με βιολογικές μεθόδους επεξεργασίας σε ένα υβριδικό σύστημα για την αύξηση της συνολικής απόδοσης αφαίρεσης ρύπων του συστήματος.

Τα αποτελέσματα επιβεβαίωσαν ότι η ηλεκτροκροκίδωση είναι μια γρήγορη και αποτελεσματική διεργασία απορρύπανσης των αποβλήτων επιτραπέζιας ελιάς και μπορεί να συνδυαστεί μαζί με άλλες μεθόδους, όπως η διήθηση μέσω μεμβρανών και η αερόβια επεξεργασία.

Σε ερευνητική μελέτη των Deligiorgis et al.(2008), τα υγρά απόβλητα από τη διαδικασία έκπλυσης των μαύρων επιτραπέζιων ελιών, υποβλήθηκαν σε επεξεργασία χρησιμοποιώντας ηλεκτρόδια BDD(Boron Doped Diamond), με σκοπό την αξιολόγηση της επίδρασης στην απομάκρυνση COD και φαινολών. Τα πειραματικά αποτελέσματα έδειξαν ότι η εφαρμογή της μεθόδου στα απόβλητα επιτραπέζιων ελιών, υπό τις βέλτιστες συνθήκες(αρχικό COD: 10 g / L, ένταση: 30 A, χρόνος λειτουργίας: 14 h) οδήγησε σε απομάκρυνση COD σε ποσοστό 73%. Το ερώτημα που προέκυψε από τα αποτελέσματα της μελέτης των Deligiorgis et al.(2008), ήταν κατά πόσο η τρέχουσα ένταση, η οποία βρισκόταν κοντά στην μέγιστη τιμή που συνιστά ο κατασκευαστής(35 A), θα μπορούσε να επηρεάσει τη συνολική λειτουργία του συστήματος. Αυτό συνδέεται με το γεγονός ότι όσο υψηλότερη είναι η αρχική συγκέντρωση COD μέσα στα απόβλητα, τόσο υψηλότερη

διαμορφώνεται και η θερμοκρασία, κατά την οποία θα πρέπει να λειτουργεί ο αντιδραστήρας και η οποία θα μπορούσε να επιφέρει αρνητικές συνέπειες για την λειτουργία του. Οι Gargouri et al.(2017), πραγματοποίησαν μια μελέτη σύγκρισης μεταξύ των ηλεκτροδίων BDD και PbO₂(διοξειδίο του μολύβδου), εφαρμόζοντας τα ως άνοδοι κατά την επεξεργασία αποβλήτων από νερά έκπλυσης επιτραπέζιων ελιών. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η χρήση ηλεκτροδίων BDD παρουσίασε υψηλότερο ρυθμό οξείδωσης από αυτόν που επιτεύχθηκε με το ηλεκτρόδιο διοξειδίου μολύβδου. Υπό τις βέλτιστες συνθήκες(2 ώρες, 110 mA / m²), το ηλεκτρόδιο BDD παρουσίασε απομάκρυνση COD σε ποσοστό 97%, ενώ το ηλεκτρόδιο διοξειδίου μολύβδου παρουσίασε απομάκρυνση COD σε ποσοστό 71%.

Ένα υβριδικό σύστημα, το οποίο συνδυάζει την εφαρμογή αερόβιας επεξεργασίας και την ηλεκτροχημική οξείδωση με τη χρήση του ηλεκτροδίου BDD, εφαρμόστηκε σε απόβλητα επιτραπέζιας ελιάς από τους Tatoulis et al.(2016a). Στην συγκεκριμένη μελέτη, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι βέλτιστες συνθήκες λειτουργίας του συστήματος επιτευχθήκαν με την χρήση αντιδραστήρα SBR (0,5 L / min) και αρχική συγκέντρωση COD 7500 mg / L. Μετά την λειτουργία του συστήματος παρατηρήθηκε απομάκρυνση COD κατά 96,5% και μείωση συγκέντρωσης των φαινολών κατά 64,5%, αλλά δεν επιτεύχθηκε αποχρωματισμός του αποβλήτου. Όταν χρησιμοποιήθηκε το ηλεκτρόδιο BDD συνδυαστικά με την αερόβια διαδικασία, επιτεύχθηκε αποχρωματισμός του αποβλήτου και απομάκρυνση COD και φαινολών, εντός 30-240 λεπτών, ανάλογα με την αρχική συγκέντρωση COD που υπήρχε στο απόβλητο.

Ένα διαφορετικό υβριδικό σύστημα επεξεργασίας αποβλήτων μελετήθηκε από τους Marone et al.(2016). Στη συγκεκριμένη διεργασία χρησιμοποιήθηκε ηλεκτροχημική οξείδωση με τη χρήση γραφίτη ως ηλεκτρόδιο, σε συνδυασμό με ένα σύστημα αναερόβιας χώνευσης. Όταν εφαρμόστηκε στα απόβλητα επιτραπέζιων ελιών, παρατηρήθηκε απομάκρυνση σε ποσοστά 61 - 88% και 40 -59%, των φαινολικών ενώσεων υδροξυτυροσόλη και τυροσόλη αντίστοιχα, ωστόσο το COD μειώθηκε μόνο κατά 32%.

Σε ερευνητική μελέτη που πραγματοποιήθηκε από τους Tatoulis et al.(2016b), παρουσιάστηκε ένα υβριδικό σύστημα επεξεργασίας αποβλήτων επιτραπέζιας ελιάς που συνδυάζει την εφαρμογή αερόβιας επεξεργασία μέσω αντιδραστήρα SBR με ανακυκλοφορία αέρα 0,5 L/min, την εναπόθεση σε συνέχεια, του αποβλήτου σε τεχνητό υγροβιότοπο και την εφαρμογή ηλεκτροχημικής οξείδωσης με ηλεκτρόδιο BDD. Το σύστημα λειτούργησε δίνοντας θετικά αποτελέσματα για την απομάκρυνση του COD από τα απόβλητα αλλά και για την μείωση των φαινολικών ενώσεων. Μελετήθηκαν απόβλητα

με διαφορετικές αρχικές συγκεντρώσεις COD από 5500 έως 15.000 mg/L και τα ποσοστά απομάκρυνσης COD κυμάνθηκαν από 80,3 έως 96,5%, ενώ οι αντίστοιχες τιμές για την απομάκρυνση των φαινολών διαμορφώθηκαν από 43 – 64,5%. Στην συνέχεια, τα απόβλητα διατέθηκαν σε τεχνητό υγροβιότοπο οριζόντιας υπόγειας ροής και παρατηρήθηκε μείωση του COD κατά 62 – 70% στο εξαγόμενο από τον υγροβιότοπο απόβλητο. Επιπρόσθετα, εφαρμόστηκε ηλεκτροχημική οξείδωση με ηλεκτρόδιο BDD, η οποία οδήγησε σε ολοκληρωτικό αποχρωματισμό του αποβλήτου.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τη βιομηχανία επιτραπέζιων ελιών παράγονται μεγάλες ποσότητες υγρών αποβλήτων ετησίως. Τα απόβλητα που προέρχονται από την επεξεργασία επιτραπέζιων ελιών, χαρακτηρίζονται από μεγάλη συγκέντρωση οργανικής ύλης, υψηλή περιεκτικότητα σε φαινολικά συστατικά και υψηλό δείκτη αλατότητας. Επίσης, οι ποσότητες στις οποίες παράγονται, αλλά και η εποχικότητα τους αποτελούν σοβαρό πρόβλημα. Προς το παρόν, δεν έχει καθοριστεί κάποια εφαρμόσιμη διαδικασία επεξεργασίας και απορρύπανσης για αυτά τα απόβλητα με αποδεκτά αποτελέσματα και η συνηθέστερη πρακτική που εφαρμόζεται από τις βιομηχανίες, είναι η αποθήκευση των αποβλήτων σε μεγάλες λίμνες εξάτμισης. Η πρακτική αυτή έχει οδηγήσει σε μεγάλο αριθμό σχετικών προβλημάτων, όπως η δυσσομία, η αύξηση των εντόμων και η μόλυνση του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα. Κρίνεται λοιπόν αναγκαία, η έρευνα για ανάπτυξη νέων τεχνολογιών επεξεργασίας των αποβλήτων επιτραπέζιας ελιάς, οι οποίες θα είναι ικανές να εφαρμοστούν σε βιομηχανική κλίμακα.

Στην παρούσα μελέτη, έγινε ανασκόπηση των ερευνητικών μελετών που έχουν πραγματοποιηθεί σε διεθνές επίπεδο τα τελευταία είκοσι έτη, προκειμένου να γίνει μια προσπάθεια αξιολόγησης των μεθόδων επεξεργασίας, ως προς την αποτελεσματικότητα τους στην απορρύπανση των αποβλήτων επιτραπέζιας ελιάς. Υπάρχουν αρκετές πολλά υποσχόμενες μέθοδοι επεξεργασίας αποβλήτων επιτραπέζιας ελιάς, οι οποίες δίνουν θετικά αποτελέσματα όσον αφορά την απομάκρυνση των ρύπων από τα απόβλητα. Για παράδειγμα, η επεξεργασία μέσω διήθησης μεμβρανών, η οποία στοχεύει στην εξαγωγή και ανάκτηση προϊόντων προστιθέμενης αξίας(φαινόλες) εξετάστηκε από τους Kiai et al.(2014) και έδειξε ποσοστό εξαγωγής 99,5%. Η μέθοδος αυτή, παρά την αποτελεσματικότητά της, εμφανίζει ένα πολύ σημαντικό μειονέκτημα, που είναι το υψηλό πάγιο και λειτουργικό κόστος, κάτι που καθιστά την εφαρμογή της αρκετά δύσκολη σε μια βιομηχανία. Παράλληλα, οι βιολογικές μέθοδοι, που είναι θεωρητικά πιο οικονομικές, δεν επαρκούν για να απομακρύνουν το οργανικό φορτίο των αποβλήτων επιτραπέζιων ελιών.

Ανάμεσα στις μεθόδους που μελετήθηκαν, η συνδυαστική χρήση προηγμένων τεχνικών οξειδωσης, με ένα βιολογικό στάδιο είναι μια αρκετά αποτελεσματική μέθοδος απορρύπανσης των αποβλήτων επιτραπέζιας ελιάς. Η εφαρμογή ηλεκτροχημικής οξειδωσης με τη χρήση ηλεκτροδίου BDD και βιολογικής επεξεργασίας, φάνηκε να είναι μια πολλά υποσχόμενη εναλλακτική λύση. Θετικά αποτελέσματα παρουσιάστηκαν και από τη εφαρμογή ενός υβριδικού συστήματος αερόβιας επεξεργασίας σε βιολογικούς

αντιδραστήρες, της ηλεκτροχημικής οξείδωσης με ηλεκτρόδιο BDD και της εφαρμογής σε τεχνητό υγροβιότοπο (Tatoulis et al., 2016b). Στο συγκεκριμένο σύστημα επεξεργασίας, τα αποτελέσματα έδειξαν υψηλά ποσοστά απομάκρυνσης του οργανικού φορτίου και των φαινολικών συστατικών από τα απόβλητα επιτραπέζιας ελιάς, καθώς επίσης και ολοκληρωτικό αποχρωματισμό αυτών. Ένα επιπλέον πλεονέκτημα του συστήματος ήταν το χαμηλό πάγιο και λειτουργικό κόστος και η ελαχιστοποίηση της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης από την χρήση του τεχνητού υγροβιότοπου.

Θα μπορούσαμε λοιπόν να συμπεράνουμε ότι η λύση στο πρόβλημα των αποβλήτων επιτραπέζιας ελιάς, βρίσκεται στους συνδυασμούς των μεθόδων επεξεργασίας και στα υβριδικά συστήματα διαχείρισης αποβλήτων επιτραπέζιας ελιάς. Ωστόσο, κρίνεται αναγκαία η περαιτέρω έρευνα και μελέτη διαφορετικών συστημάτων επεξεργασίας αποβλήτων επιτραπέζιας ελιάς, τα οποία θα μπορούν να συνδυάζουν υψηλή απόδοση, μαζί με ενδεχόμενη ανάκτηση υποπροϊόντων υψηλής αξίας και χαμηλό λειτουργικό κόστος προκειμένου να είναι εφαρμόσιμα από τις βιομηχανικές μονάδες επεξεργασίας επιτραπέζιων ελιών.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Διεθνής Βιβλιογραφία

- Aggelis G.G., H.N. Gavala, G. Lyberatos, (2001). Combined and separate aerobic and anaerobic biotreatment of green olive debittering wastewater. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 0 (3): 283–292.
- Ayed L., N. Chammam, N. Asses, M. Hamdi, (2013). Optimization of biological pretreatment of green table olive processing wastewaters using *Aspergillus niger*. *Journal of Bioremediation & Biodegradation*, 5 (1): 1–10.
- Ayed, L., Asses, N., Chammem, N., Othman, N. B., and Hamdi, M. (2017). Advanced oxidation process and biological treatments for table olive processing wastewaters: constraints and a novel approach to integrated recycling process: a review. *Biodegradation* 28, 125–138.
- Beltran F.J., J.F. Garcia-Araya, J. Frades, P. Alvarez, O. Gimeno, (1999). Effects of single and combined ozonation with hydrogen peroxide or UV radiation on the chemical degradation and biodegradability of debittering table olive industrial wastewaters. *Water Research*, 33: 723–732.
- Beltrán, J., Gonzalez, T., and Garcia, J. (2008). Kinetics of the biodegradation of green table olive wastewaters by aerobic and anaerobic treatments. *J. Hazard. Mater.* 154, 839–845.
- Beltrán-Heredia, J., Torregrosa, J., Domínguez, J. R., and García, J. (2000a). Aerobic biological treatment of black table olive washing wastewaters: effect of an ozonation stage. *Process Biochem.* 35, 1183–1190
- Benekos, A.K., Zampeta, C., Argyriou, R., Economou, C.N., Triantaphyllidou, I.-E., Tatoulis, T.I., Tekerlekopoulou, A.G., Vayenas, D.V., (2019) Treatment of table olive processing wastewaters using electrocoagulation in laboratory and pilot-scale reactors. *Process Saf. Environ. Prot.*, 131, 38–47.
- Benítez, F. J., Acero, J. L., González, T., and García, J. (2001). Ozonation and biodegradation processes in batch reactors treating black table olives washing wastewaters. *Ind. Eng. Chem. Res.* 40, 3144–3151.
- Benítez, F. J., Acero, J. L., Gonzalez, T., and Garcia, J. (2002b). The use of ozone, ozone plus UV radiation, and aerobic microorganisms in the purification of some agro-industrial wastewaters. *J. Environ. Sci. Health A* 37, 1307–1325.

- Borja R, Martin A, Garrido A (1993). Anaerobic digestion of black olive wastewater. *Bioresource Technology*, 45:27–32.
- Deligiorgis A., N.P. Xekoukoulotakis, E. Diamadopoulos, D. Mantzavinos, (2008). Electrochemical oxidation of table olive processing wastewater over borondoped diamond electrodes: treatment optimization by factorial design. *Water Research*, 42: 1229–1237.
- Fendri, I., Chamkha, M., Bouaziz, M., Labat, M., Sayadi, S., and Abdelkafi, S. (2013). Olive fermentation brine: biotechnological potentialities and valorization. *Environ. Technol.* 34, 181–193.
- Ferrer-Polonio, E., García-Quijano, N. T., Mendoza-Roca, J. A., Iborra-Clar, A., and Pastor-Alcañiz, L. (2016a). Effect of alternating anaerobic and aerobic phases on the performance of a SBR treating effluents with high salinity and phenols concentration. *Biochem. Eng. J.* 113, 57–65.
- García-García, P., López-López, A., Moreno-Baquero, J. M., and Garrido-Fernández, A. (2011). Treatment of wastewaters from the Green table olive packaging industry using electro-coagulation. *Chem. Eng. J.* 170, 59–66.
- Gargouri, B., Gargouri, O. D., Khmakhem, I., Ammar, S., Abdelhèdi, R., and Bouaziz, M. (2017). Chemical composition and direct electrochemical oxidation of table olive processing wastewater using high oxidation power anodes. *Chemosphere* 166, 363–371.
- Haiming W., Jian Z., Huu H. N., Wenshan G., Zhen H., Shuang L., Jinlin F., Hai L. (2015). A review on the sustainability of constructed wetlands for wastewater treatment: Design and operation. *Bioresour. Technol.* 175, 594-601..
- Katsoni, A., Frontistis, Z., Xekoukoulotakis, N. P., Diamadopoulos, E., and Mantzavinos, D. (2008). Wet air oxidation of table olive processing wastewater: determination of key operation parameters by factorial design. *Water Res.* 42, 3591–3600.
- Kiai, H., García-Payo, M. C., Hafidi, A., and Khayet, M. (2014). Application of membrane distillation technology in the treatment of table olive wastewaters for phenolic compounds concentration and high quality water production. *Chem. Eng. Process.* 86, 153–161.
- Kopsidas G.C. (1992), Wastewater from the preparation of table olives. *Water Research*, 26(5): 629–631

- Kotsou, M., Kyriacou, A., Lasaridi, K., and Pilidis, G. (2004). Integrated aerobic biological treatment and chemical oxidation with Fenton's reagent for the processing of green table olive wastewater. *Process Biochem.* 39, 1653–1660.
- Kyriacou, A., Lasaridi, K. E., Kotsou, M., Balis, C., and Pilidis, G. (2005). Combined bioremediation and advanced oxidation of green table olive processing wastewater. *Process Biochem.* 40, 1401–1408.
- Lasaridi, K. E., Chroni, C., Fortatos, S., Chatzipavlidis, I., and Kyriacou, A. (2010). Estimating the bioremediation of green table olive processing wastewater using a selected strain of *Aspergillus Niger*. *Desalinat. Water Treat.* 23, 26–31.
- Marone, A., Carmona-Martínez, A. A., Sire, Y., Meudec, E., Steyer, J. P., Bernet, N., et al. (2016). Bioelectrochemical treatment of table olive brine processing wastewater for biogas production and phenolic compounds removal. *Water Res.* 100, 316–325.
- Mulinacci N., Romani A., Galardi C., Pinelli P., Giaccherini C., Vincieri F.F, (2001). Polyphenolic content in olive oil waste waters and related olive samples. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49: 1005-1009.
- Niazmand R., Jahani M., Kalantarian S., (2019). Treatment of olive processing wastewater by electrocoagulation: An effectiveness and economic assessment. *Journal of Environmental Management*, 248: 109262.
- Ozbey-Unala B., Balcik-Canbolata C., Dizgeb N., Keskinlera B. (2018) Treatability studies on optimizing coagulant type and dosage in combined coagulation/membrane processes for table olive processing wastewater. *Journal of Water Process Engineering*, 26: 301-307.
- Papadaki, E., and Mantzouridou, F. T. (2016). Current status and future challenges of table olive processing wastewater valorization. *Biochem. Eng. J.* 112, 103–113.
- Reed, S C, and Crites, R W. (1984) *Handbook of land treatment systems for industrial and municipal wastes*. United States: N. p. Web.
- Rincon-Llorente B., De la Lama-Calvente D., Fernández-Rodríguez M. J., Borja-Padilla R. (2018). Table Olive Wastewater: Problem, Treatments and Future Strategy. A Review. *Front. Microbiol.* 9:1641.
- Tatoulis, T. I., Tekerlekopoulou, A. G., Akrotas, C. S., Pavlou, S. & Vayenas, D. V. (2015). Aerobic biological treatment of second cheese whey in suspended and attached growth reactors. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 90(11): 2040-2049

- Tatoulis, T. I., Zapantiotis, S., Frontistis, Z., Akratos, C. S., Tekerlekopoulou, A. G., Pavlou, S., et al. (2016a). A hybrid system comprising an aerobic biological process and electrochemical oxidation for the treatment of black table olive processing wastewaters. *Int. Biodeterior. Biodegrad.* 109, 104–112.
- Tatoulis T. I., Stefanakis A., Frontistis Z., Akratos C. S., Tekerlekopoulou A. G., Mantzavinou D., Vayenas D. V. (2016b) Treatment of table olive washing water using trickling filters, constructed wetlands and electrooxidation. *Environ Sci Pollut Res.* <https://doi.org/10.1007/s11356-016-7058-6>.
- Therios, I. (2009). *Crop production science in Horticulture: Olives*. UK: CABI Publishing

Ελληνική Βιβλιογραφία

- Κυριτσάκης Α. Κ. (2007). *Ελαιόλαδο*. (4^η Έκδοση) Θεσσαλονίκη: Copy City.
- Θεριός Ι. Ν. (2005). *Ελαιοκομία*. Θεσσαλονίκη: Γαρταγάνης.
- Κορνάρος Μ. (2019). *Σημειώσεις του Μαθήματος: Διαχείριση αποβλήτων επιτραπέζιας ελιάς και ελαιολάδου*. Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου, Καλαμάτα.
- Κούγκολος Γ.Α. (2007). *Εισαγωγή στην περιβαλλοντική μηχανική*. Αθήνα: Τζιόλα.
- Κωσταλένος Γ.Δ. (2011). *Στοιχεία Ελαιοκομίας*. Γαλατάς Τροιζηνίας: Κωσταλένος Γ.Δ.
- Λουκάκης Χ. (2010). *Αποτοξικοποίηση αποβλήτων ελαιοτριβείων με οξειδωτικές διαδικασίες Fenton*. Διδακτορική διατριβή. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
- Μανιός Θ. (2009). *Σημειώσεις του Μαθήματος: Τεχνητοί Υγροβιότοποι*. Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης.
- Μαντζαβίνος Δ. (2015). *Τεχνολογία Περιβάλλοντος: Επεξεργασία Βιομηχανικών Υγρών Αποβλήτων, Υγρή Οξείδωση*. Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα.
- Μαντζαβίνος Δ. (2019). *Σημειώσεις του Μαθήματος: Διαχείριση αποβλήτων επιτραπέζιας ελιάς και ελαιολάδου*. Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου, Καλαμάτα.
- Μουντζογιάννη Α. (2016). *Ηλεκτροχημική οξείδωση αποβλήτων τυροκομείου και μονάδων επεξεργασίας βρώσιμης ελιάς*. Μεταπτυχιακή διατριβή. Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα.
- Μπαλατσούρας Γ. (2004). *Η Επιτραπέζια Ελιά*. Αθήνα: Έμβρυο.
- Πανάγου Ε. (2019). *Σημειώσεις του Μαθήματος: Σύγχρονη τεχνολογία παραγωγής επιτραπέζιας ελιάς*. Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου, Καλαμάτα.

Τατούλης Τ. (2016). Βιολογική επεξεργασία υγρών αποβλήτων αγροτοβιομηχανικών μονάδων. Διδακτορική διατριβή. Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα.

Τατούλης Τ. (2019). Σημειώσεις του Μαθήματος: Διαχείριση αποβλήτων επιτραπέζιας ελιάς και ελαιολάδου. Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου, Καλαμάτα.

Ηλεκτρονικές Πηγές (Web Links)

<http://hellenicgroves.gr>

<https://ec.europa.eu> (Eurostat)

<https://eleones-messinias.gr>

<https://www.internationaloliveoil.org> (International Olive Council – IOC)

www.minagric.gr

www.myoliveplant.gr

www.olivenews.gr

www.oliveoiltimes.com

www.pemete.gr