



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΚΑΙ ΤΡΟΦΙΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΕΠΙΤΡΑΠΕΖΙΑΣ ΕΛΙΑΣ ΚΑΙ
ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ

ΥΒΡΙΔΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΓΡΩΝ
ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΕΛΙΑΣ
ΜΕ ΑΕΡΟΒΙΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟ

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία
Της
Σοφίας Μπαξεβάνη

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
Φεβρουάριος 2023



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΚΑΙ ΤΡΟΦΙΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΕΠΙΤΡΑΠΕΖΙΑΣ ΕΛΙΑΣ ΚΑΙ
ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ

ΥΒΡΙΔΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΓΡΩΝ
ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΕΛΙΑΣ
ΜΕ ΑΕΡΟΒΙΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟ

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Της

Σοφίας Μπαξεβάνη

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
Φεβρουάριος 2023



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

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

HYBRID LIQUID TREATMENT PROCESSES
OLIVE WASTE
BY AEROBIC BIOLOGICAL METHOD

Master Thesis

By

Sofia Baxevani

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

Supervisor: Dr Triantafyllos Tatoulis

Kalamata

Febrouari 2023

Οι υπογράφωντες δηλώνουμε ότι έχουμε εξετάσει τη μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία (master thesis) με τίτλο «Υβριδικές διεργασίες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων ελιάς με αερόβια βιολογική μέθοδο» που παρουσιάστηκε από την Σοφία Μπαξεβάνη και βεβαιώνουμε ότι γίνεται δεκτή.

The signatories declare that we have examined the postgraduate diploma thesis titled “Hybrid liquid treatment processes olive waste by aerobic biological method” presented by Sofia Baxevani and we affirm that it is accepted.

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

Δρ. Τριαντάφυλλος Τατούλης.....

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

Δρ. Ιωάννης Καπόλος.....

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

Δρ. Ιωάννα Παπαδέλλη.....

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

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

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

Σοφία Μπαξεβάνη



Πνευματική ιδιοκτησία © 2023 Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου

Όλα τα δικαιώματα διατηρούνται

Copyright © 2023 University of the Peloponnese

All rights reserved

Copyright © Σοφία Μπαξεβάνη, 2023

Με επιφύλαξη κάθε δικαιώματος. All rights reserved.

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

*Η παρούσα εργασία είναι αφιερωμένη,
στην οικογένειά μου*

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα εργασία αφορά μέρος του προγράμματος μεταπτυχιακών σπουδών στη Σχολή Γεωπονίας και Τροφίμων του Τμήματος Γεωπονίας και Τροφίμων, με τίτλο «Υβριδικές διεργασίες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων ελιάς με αερόβια βιολογική μέθοδο».

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή της διπλωματικής μου εργασίας, κύριο Τριαντάφυλλο Τατούλη, για την ευκαιρία που μου έδωσε να συνεργαστώ μαζί του. Μία συνεργασία που πιστεύω υπήρξε καίρια και αποτελεσματική. Οι υποδείξεις και οι οδηγίες για την εύρεση και επεξεργασία του υλικού ήταν ιδιαίτερα πολύτιμες και χρήσιμες.

Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου, ιδιαίτερα, για την δυνατότητα που μου πρόσφερε να πραγματοποιήσω τις μεταπτυχιακές μου σπουδές και τη στήριξη που μου έδωσαν κατά τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας μου.

Μπαξεβάνη Σοφία,

Φεβρουάριος 2023

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	iv
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	v
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ	vi
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	vii
ABSTRACT	viii
1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1 Ιστορία της Ελιάς	1
1.2 Βοτανικά χαρακτηριστικά.....	3
1.3 Κλίμα και Έδαφος	3
1.4 Πολλαπλασιασμός.....	4
1.5 Ποικιλίες	4
1.6 Εγκατάσταση ελαιώνα.....	6
1.7 Καλλιεργητικές φροντίδες	7
1.8 Εχθροί - Ασθένειες	9
1.9 Συγκομιδή	10
1.10 Επεξεργασία ελαιόκαρπου για εξαγωγή ελαιολάδου	12
1.10.1 Αποφύλλωση	12
1.10.2 Πλύσιμο.....	12
1.10.3 Άλεση.....	12
1.10.4 Μάλαξη	13
1.10.5 Διαχωρισμός ελαιολάδου από ελαιοζύμη.....	13
1.10.6 Καθαρισμός ελαιολάδου	15
1.10.7 Αποθήκευση	15
1.10.8 Τυποποίηση	16
1.10.9 Ποιότητα ελαιολάδου.....	16
1.10.10 Κατηγορίες ελαιόλαδου	16
1.10.11 Απόβλητα ελαιουργείων.....	17
1.10.12 Παγκόσμια και εγχώρια παραγωγή ελαιολάδου	18
1.11 Παραγωγή βρώσιμης ελιάς	20
1.11.1 Μέθοδοι επεξεργασίας	20
1.11.2 Ποιότητα επιτραπέζιας ελιάς.....	24
1.11.3 Εμπόριο επιτραπέζιας ελιάς.....	24
1.11.4 Απόβλητα επεξεργασίας βρώσιμης ελιάς.....	26

1.12 Περιβάλλον – Υγρά Απόβλητα	27
1.12.1 Ποιοτικά Χαρακτηριστικά Υγρών Αποβλήτων	28
2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	35
2.1 Φυσικές μέθοδοι	35
2.1.1 Αραίωση.....	35
2.1.2 Φυγοκέντρωση	35
2.1.3 Διαχωρισμός με μεμβράνες.....	36
2.1.4 Φιλτράρισμα.....	36
2.2 Φυσικοχημικές μέθοδοι	36
2.2.1 Οξειδωση με όζον (O ₃)	37
2.2.2 Οξειδωση με τη χρήση αντιδραστήρα Fenton.....	37
2.2.3 Υγρή οξειδωση	37
2.2.4 Ηλεκτροχημική οξειδωση	37
2.3 Θερμικές μέθοδοι	38
2.3.1 Θερμοφυσικές μέθοδοι.....	38
2.3.2 Μη αντιστρεπτές θερμοχημικές μέθοδοι.....	38
2.3.3 Μέθοδος λιμνών	39
2.4 Βιολογικές μέθοδοι.....	40
2.4.1 Αερόβια επεξεργασία.....	40
2.4.2 Αναερόβια χώνευση- Αναερόβιες διεργασίες	41
2.4.3 Διάθεση στο έδαφος.....	42
2.4.4 Μέθοδος Κομποστοποίησης.....	42
2.5 Μηχανικές μέθοδοι.....	43
2.5.1 Διήθηση.....	43
2.5.2 Επίπλευση	43
2.5.3 Καθίζηση.....	43
2.6 Νομοθετικό πλαίσιο.....	44
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ	46
3.1 Αραίωση	46
3.2 Φυγοκέντρωση.....	46
3.3 Διαχωρισμός με μεμβράνες.....	47
3.4 Οξειδωση με όζον (O ₃)	47
3.5 Οξειδωση με τη χρήση αντιδραστήρα Fenton.....	48
3.6 Υγρή οξειδωση.....	48
3.7 Ηλεκτροχημική οξειδωση	48
3.8 Εξάτμιση - Απόσταξη.....	49

3.9 Καύση - Πυρόλυση.....	49
3.10 Λίμνες εξάτμισης.....	49
3.11 Αερόβια επεξεργασία.....	50
3.11.1 Ενεργός ιλύς	50
3.12 Αναερόβιες διεργασίες – Αναερόβια χώνευση.....	51
3.13 Κομποστοποίηση	52
3.14 Διήθηση	52
3.15 Επίπλευση	53
3.16.....	53
Καθίζηση	53
4. ΥΒΡΙΔΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ	55
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	67
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	68

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1. Συγκομιδή ελαιόκαρπου σε μελανόμορφο αγγείο.....σελ.	1
Εικόνα 2. Πολλαπλασιασμός ελιάς με εμβολιασμό.....σελ.	4
Εικόνα 3. Ελιά Κορωνέικη.....σελ.	5
Εικόνα 4. Ελιά Καλαμών.....σελ.	6
Εικόνα 5. Ο σπουδαιότερος εχθρός της ελιάς, ο δάκος.....σελ.	9
Εικόνα 6. Συγκομιδή καρπών ελιάς με το χέρι.....σελ.	11
Εικόνα 7. Συγκομιδή καρπών ελιάς με ελαιοραβδιστικό.....σελ.	11
Εικόνα 8. Μάλαξη ελαιοζύμης.....σελ.	13
Εικόνα 9. Τριφασικό Φυγοκεντρικό σύστημα ελαιοτριβείου.....σελ.	14
Εικόνα 10. Διφασικό Φυγοκεντρικό σύστημα ελαιοτριβείου.....σελ.	15
Εικόνα 11. Ελαιοδεξαμενές κατασκευασμένες από αδρανές υλικό.....σελ.	16
Εικόνα 12. Κατηγορίες ελαιόλαδου.....σελ.	16
Εικόνα 13. Χείμαρροι αποβλήτων από τα ελαιοτριβεία.....σελ.	18

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

- Πίνακας 1. Κυριότερες χώρες παραγωγής ελαιολάδου παγκοσμίως 2009/10.....σελ. 19
- Πίνακας 2. Κυριότερες χώρες παραγωγής ελαιολάδου στην Ευρωπαϊκή Ένωση 2009/10.....σελ. 19
- Πίνακας 3. Μέση παγκόσμια παραγωγή επιτραπέζιων ελιών την περίοδο 2009/10-2019/20.....σελ. 25
- Πίνακας 4. Μέση παγκόσμια κατανάλωση επιτραπέζιων ελιών την περίοδο 2009/10-2019/20.....σελ. 25
- Πίνακας 5. Μέση παγκόσμια ποσότητα εξαγωγής επιτραπέζιων ελιών κατά την περίοδο 2009/10-2019/20.....σελ. 25
- Πίνακας 6. Μέση παραγωγή επιτραπέζιων ελιών των χωρών της ΕΕ την περίοδο 2009/10-2019/20.....σελ. 26
- Πίνακας 7. Μέση κατανάλωση επιτραπέζιων ελιών των χωρών της ΕΕ την περίοδο 2009/10-2019/20.....σελ. 26
- Πίνακας 8. Μέση ποσότητα εξαγωγής επιτραπέζιων ελιών της ΕΕ κατά την περίοδο 2009/10-2019/20.....σελ. 26
- Πίνακας 9. Χαρακτηριστικά αποβλήτων από τις διάφορες επεξεργασίες παραγωγής ελαιολάδου.....σελ. 31
- Πίνακας 10. Μέση σύσταση υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων.....σελ. 31
- Πίνακας 11. Παροχή αποβλήτων ανάλογα με τον τύπο του ελαιοτριβείου.....σελ. 33
- Πίνακας 12. Σύνθεση υγρών αποβλήτων από την εφαρμογή Ισπανικής μεθόδου επεξεργασίας επιτραπέζιας ελιάς.....σελ. 33
- Πίνακας 13. Σύνθεση υγρών αποβλήτων κατά την επεξεργασία φυσικών μαύρων ελαιόκαρπων.....σελ. 34
- Πίνακας 14. Κύρια χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων από την επεξεργασία επιτραπέζιων ελιών.....σελ. 34

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ

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

Cu: Χαλκός (Copper)

NaOH: Υδροξείδιο του νατρίου

O₃ : Όζον

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ελαιοκαλλιέργεια είναι ένας παραδοσιακός, αλλά και δυναμικά αναπτυσσόμενος οικονομικός τομέας της αγροτικής παραγωγής, ιδίως στις μεσογειακές χώρες. Η επεξεργασία του ελαιοκάρπου για την παραγωγή ελαιολάδου, όπως και η επεξεργασία της ελιάς για επιτραπέζια χρήση, παράγουν τεράστιες ποσότητες υγρών αποβλήτων. Τα απόβλητα των ελαιοτριβείων, τα οποία έχουν σκούρο χρώμα με δυσάρεστη οσμή, αποτελούνται κυρίως από νερό, με υψηλή περιεκτικότητα σε οργανικές ενώσεις (κυρίως φαινόλες και πολυφαινόλες) και χαμηλή σε ανόργανες ενώσεις (όπως κάλιο και φώσφορο), καθώς και λίπη. Συνήθως, αποθηκεύονται σε ανοιχτές λίμνες ή απορρίπτονται χωρίς επεξεργασία και έτσι προκαλούν σοβαρά προβλήματα στο περιβάλλον. Το νερό είναι η σημαντικότερη ουσία για τη ζωή στη γη. Όλα τα άβια και έμβια όντα, πρέπει να έχουν νερό για να επιβιώσουν. Επιπλέον, η ραγδαία αστικοποίηση και η βιομηχανοποίηση παράγουν αρκετούς ρύπους (οικιακοί, βιομηχανικοί, γεωργικοί κ.α.) οι οποίοι απορρίπτονται στο περιβάλλον, συχνά ακατέργαστοι και είναι ιδιαίτερα τοξικοί για τους ζωντανούς οργανισμούς. Επομένως, έχει καταστεί ουσιαστική ανάγκη για το περιβάλλον σήμερα, η προστασία του νερού από τους ρύπους και η χρήση οικονομικά αποδοτικών και αειφόρων μεθόδων επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων. Η πολυπλοκότητα και η παρουσία τοξικών ενώσεων και η υψηλή περιεκτικότητα σε οργανική ύλη των υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων περιορίζουν την αποτελεσματικότητα των διαφόρων τεχνικών που είναι γενικά αποτελεσματικές για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων. Η επεξεργασία των υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων, δεν φαίνεται να είναι εφικτή με τη χρήση μεμονωμένων φυσικών, χημικών ή βιολογικών διεργασιών και επομένως οι συνδυασμένες διεργασίες, είναι αυτές που οδηγούν σε ικανοποιητικά αποτελέσματα στην απομάκρυνση της οργανικής ύλης και των τοξικών ενώσεων των υγρών αποβλήτων. Οι συμβατικές μέθοδοι έχουν αρκετά μειονεκτήματα, ωστόσο, οι συνδυασμένες βιολογικές μέθοδοι και τα θετικά αποτελέσματά τους έχουν προσελκύσει πολύ μεγαλύτερη προσοχή τα τελευταία χρόνια.

Λέξεις κλειδιά: υγρά απόβλητα, ελαιοτριβεία, ελαιόλαδο, επιτραπέζια ελιά, αερόβιες βιολογικοί μέθοδοι

ABSTRACT

Olive growing is a traditional, but also a dynamically growing economic sector of agricultural production, especially in Mediterranean countries. The processing of the olive fruit for the production of olive oil, as well as the processing of olives for table use, produces huge quantities of liquid waste. The waste from oil mills, which is dark in colour and has an unpleasant odour, consists mainly of water, with a high content of organic compounds (mainly phenols and polyphenols) and low in inorganic compounds (such as potassium and phosphorus), as well as fats. Usually, stored in open ponds or disposed without treatment and thus cause serious problems to the environment. Water is the most important substance for life on earth. All living and non-living organisms must have water to survive. In addition, rapid urbanisation and industrialisation produce (domestic, industrial, agricultural and other pollutants.) which are discharged into the environment, often untreated and highly toxic to living organisms. It has therefore become essential for the environment today the protection of water from pollutants and the use of cost-effective and sustainable methods of treating wastewater. The complexity and presence of toxic compounds and the high organic matter content of mill effluents limits the effectiveness of the various techniques which are generally effective for the treatment of urban wastewater. The treatment of liquid mill wastewater does not seem to be feasible using individual physical, chemical or biological processes and it is therefore the combined processes that are the most appropriate, procedures the ones that lead to satisfactory results in the removal of organic matter and toxic compounds in the wastewater. Conventional methods have several disadvantages, however, the combined biological methods and their positive results have attracted much more attention in recent years.

Keywords: liquid wastewater, oil mills, olive oil, table olives, aerobic biological methods

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ελιά, δέντρο πολύτιμο τόσο για την ομορφιά του όσο και για τον καρπό του, αποτελεί αναπόσπαστο τμήμα του μεσογειακού χώρου από τα προϊστορικά χρόνια. Για την καταγωγή του δέντρου έχουν εκφραστεί πολλές απόψεις, στηριζόμενες σε αρχαιολογικά ευρήματα πολλών περιοχών της λεκάνης της Μεσογείου. Η πιο παλιά αναφορά για την καλλιέργεια της ελιάς στον πλανήτη είναι στο χωριό Φυλλιά στη χώρα μας, το 4800 π.Χ. (Trump, 1980).

Δέντρο της μεσογειακής λεκάνης, η ελιά επηρέασε καταλυτικά την εξέλιξη του πολιτισμού σε έναν χώρο όπου αναπτύχθηκαν μερικοί από τους πιο πρώιμους ανθρώπινους πολιτισμούς. Η σύνδεση της με τη διατροφή και τη λατρεία αποτελεί σημαντικό φαινόμενο που εισχωρεί στη μυθολογία των μεσογειακών λαών και διαμορφώνει λατρευτικές πρακτικές και συνήθειες, αρκετές από τις οποίες διατηρούνται μέχρι και σήμερα. Η καλλιέργεια της ελιάς αποτελεί πολιτισμικό ορόσημο στην εξέλιξη του μεσογειακού πολιτισμού (Νίκος, Μαρία Ψιλάκη, Ηλίας Καστανάς, 1999).

1.1 Ιστορία της Ελιάς

Η ιστορία της ελιάς, χρονολογείται εδώ και 7.000 χρόνια και συνδέεται με τη ζωή, την καθημερινότητα και τις συνήθειες των ανθρώπων της Μεσογείου. Οι ιστορικοί καθιστούν την λεκάνη της Μεσογείου ως το μέρος όπου πρωτοεμφανίστηκαν τα ελαιόδεντρα (Απόστολος Κυριτσάκης, 2007).



Εικόνα 1. Συγκομιδή ελαιόκαρπου σε μελανόμορφο αγγείο. Πηγή: kambourisolives.gr

Η ελιά έφτασε στην αρχαία Ελλάδα την εποχή του Χαλκού, θέτοντας τις ρίζες της σε ένα ιδανικό περιβάλλον, ιδανικό για την καλύτερη καλλιέργεια ελιάς στον κόσμο. Οι αρχαίοι Έλληνες χρησιμοποιούσαν τις ελιές ως κύρια πηγή λίπους αντί για ζωικό λίπος, επειδή νόμιζαν ότι ήταν ανθυγιεινό, δεδομένου ότι οι βάρβαροι έτρωγαν με αυτόν τον τρόπο.

Για την παραγωγή του ελαιολάδου, οι αρχαίοι Έλληνες χρησιμοποιούσαν λίθινα πιεστήρια και σκάφες από πηλό για να παράγουν εξαιρετικής ποιότητας ελαιόλαδο, το οποίο δεν είναι πολύ διαφορετικό από το παρθένο ελαιόλαδο που παράγεται σήμερα (Ιωάννης Θεριός, 2005).

Τα οφέλη για την υγεία και οι θεραπευτικές ιδιότητες του ελαιολάδου αναφέρθηκαν για πρώτη φορά από τον Ιπποκράτη, τον πατέρα της ιατρικής, ο οποίος χρησιμοποιούσε το ελαιόλαδο για να θεραπεύσει τους ασθενείς του. Το ελαιόλαδο ονομάστηκε επίσης υγρό χρυσάφι από τον Όμηρο (Νίκος Ψιλάκης κ.α., 1999).

Οι Έλληνες ήταν ο πρώτος λαός που καλλιέργησε ελιές στον ευρωπαϊκό χώρο της Μεσογείου. Η ελιά συντρόφεψε τους Έλληνες τόσο σε εποχές ευμάρειας, όσο και σε εποχές στέρησης. Οι καρποί της ελιάς, το λάδι της, αλλά και τα κλαδιά της, χρησιμοποιήθηκαν στο εμπόριο, έθρεψαν και μεγάλωσαν υγιεινά γενιές και γενιές, πρόσφεραν μακροζωία και προστασία από διάφορες αρρώστιες. Η Ελιά για τους Έλληνες είναι ένα ευλογημένο δέντρο, ένα πολύτιμο δώρο της φύσης που έχει συνδεθεί με την ιστορία και τον πολιτισμό της Ελλάδος. Ο καρπός της ελιάς ήταν ιερός από την αρχαιότητα.

Η ελιά ήταν το σύμβολο σοφίας και ειρήνης, το ιερό δέντρο της αρχαίας πόλης των Αθηνών. Σύμφωνα με την ελληνική μυθολογία, ο Δίας αποφάσισε ότι η πόλη θα πρέπει να δοθεί είτε στον Ποσειδώνα ή στην Αθηνά, ανάλογα με το ποιος θα προσφέρει το πιο χρήσιμο δώρο. Ο Ποσειδώνας χτύπησε το έδαφος με την τρίαινά του και μια πηγή με θαλασσινό νερό εμφανίστηκε, ενώ η Αθηνά χτύπησε το γυμνό έδαφος με το δόρυ της και ξεφύτρωσε μια ελιά. Οι άνθρωποι επέλεξαν το δώρο της Αθηνάς και η πόλη πήρε το όνομά της (Απόστολος Κυριτσάκης, 2007, Ιωάννης Θεριός, 2005).

Από το 776 π.Χ. στους Ολυμπιακούς αγώνες, το μοναδικό βραβείο που έπαιρνε ο ολυμπιονίκης ήταν ο «κότινος» ένα στεφάνι φτιαγμένο από κλαδί ελιάς και συμβόλιζε την ειρήνη και την υποχρεωτική ανακωχή στην αρχαιότητα, σε όλο τον κόσμο, κατά

τη διάρκεια των αγώνων. Η ιστορία του ελαιόλαδου συνοδεύει την ελληνική ιστορία για περισσότερα από 4.000 χρόνια (Ιωάννης Θερίος, 2005).

1.2 Βοτανικά χαρακτηριστικά

Η ονομασία του δέντρου της ελιάς στη συστηματική βοτανική είναι *Olea europaea*. Προέλευση του όρου *olea* είναι Ελληνική. Η ελιά ανήκει στην οικογένεια των ελαϊδών (*Oleaceae*), η οποία περιλαμβάνει γύρω στα 30 είδη. Η ελιά είναι το μόνο είδος της οικογένειας που δίνει βρώσιμο καρπό (Απόστολος Κυριτσάκης, 2007).

Είναι δέντρο αείφυλλο, δηλαδή δεν ρίχνει τα φύλλα αλλά τα κρατάει σε όλη τη διάρκεια του έτους. Με αντίθετα, λογχοειδή και δερματώδη φύλλα, τα οποία είναι σκουροπράσινα στην πάνω επιφάνεια και αργυρόχρωμα στην κάτω. Έχει την ανάγκη ψύχους κατά τον χειμώνα για να μπορέσουν οι οφθαλμοί να διαφοροποιηθούν σε ανθοταξίες. Τα άνθη της είναι λευκωπά και διατάσσονται κατά μασχαλιαίες φοβοειδής ταξιανθίες. Δεν έχουν όλες οι ποικιλίες την ίδια ανάγκη σε ψύχος (Γιάννης Ζαρμπούτης κ.α., 2009).

Οι καρποί της είναι ωοειδείς, ελλειπσοειδείς ή στρογγυλές, περισσότερο ή λιγότερο σαρκώδεις ρύπες, αρχικά με πράσινη επιδερμίδα, η οποία γίνεται κοκκινωπή έως μελανή κατά την ωρίμανση και αποξηλωμένο, οστεώδη, σκληρό και προσκολλημένο στη σάρκα πυρήνα με ένα-δύο σπέρματα (Γιάννης Ζαρμπούτης κ.α., 2009, Ιωάννης Θερίος, 2005).

1.3 Κλίμα και Έδαφος

Η ελιά καλλιεργείται και ευδοκιμεί στο μεσογειακό κλίμα και ειδικότερα μεταξύ 30° και 45° γεωγραφικό πλάτος. Ευδοκιμεί στο μεγαλύτερο μέρος της Ελλάδας και μέχρι υψόμετρο 800-1000 μέτρα. Θέλει ήπιο και βροχερό χειμώνα και ζεστό και ξηρό καλοκαίρι. Οι ελαιοκομικές περιοχές έχουν μέση ετήσια θερμοκρασία 15-20°C, ελάχιστη -4°C και μέγιστη 40°C. Θερμοκρασίες -10°C το χειμώνα μπορεί να προκαλέσουν ζημιά στο δέντρο (Γιάννης Ζαρμπούτης κ.α., 2009, Ιωάννης Θερίος, 2005).

Ως προς το έδαφος, δεν είναι απαιτητικό δέντρο και αναπτύσσεται ακόμη και σε φτωχά, ξηρά, χαλικώδη και ασβεστώδη εδάφη. Τα καταλληλότερα όμως εδάφη για κανονική καρποφορία είναι τα βαθιά αμμοπηλώδη, που είναι επαρκώς εφοδιασμένα με άζωτο, κάλιο, φώσφορο και νερό. Αναπτύσσονται και παράγουν σε εδάφη μετρίως όξινα ή αλκαλικά (Γιάννης Ζαρμπούτης κ.α., 2009, Ιωάννης Θερίος, 2005).

1.4 Πολλαπλασιασμός

Η ελιά πολλαπλασιάζεται είτε εγγενώς με σπόρο ή αγενώς με μοσχεύματα και παραφυάδες. Τα σπορόφυτα, μετά την ανάπτυξη τους, εμβολιάζονται για να αποδώσουν τις ιδιότητες του μητρικού δέντρου από το οποίο έχουν προέλθει. Ο εμβολιασμός γίνεται με όρθιο ταφ(Τ) γύρω στα τέλη Φεβρουαρίου. Ένα μήνα μετά τον εμβολιασμό, τα δενδρύλλια κόβονται πάνω από το εμβόλιο και αφήνονται να αναπτυχθούν (Γιάννης Ζαρμπούτης κ.α., 2009).



Εικόνα 2. Πολλαπλασιασμός ελιάς με εμβολιασμό. Πηγή: myoliveplant.gr

Ο αγενής πολλαπλασιασμός εφαρμόζεται ευρέως καθώς είναι οικονομικός και δίνει δέντρα όμοια με τα μητρικά και δέντρα που μπαίνουν νωρίτερα σε καρποφορία σε σχέση με τα σπορόφυτα. Προτιμώνται μοσχεύματα που κόβονται από περιοχές του κορμού κοντά στο λαιμό των δέντρων. Σπανιότερα πολλαπλασιάζεται με παραφυάδες (Γιάννης Ζαρμπούτης κ.α., 2009).

1.5 Ποικιλίες

Καλλιεργούνται διάφορες ποικιλίες που διαφέρουν ως προς το μέγεθος του καρπού που δίνουν. Κατατάσσονται σε μικρόκαρπες, μεσόκαρπες και αδρόκαρπες. Οι μικρού μεγέθους ελιές χρησιμοποιούνται για παραγωγή λαδιού ενώ οι μεγαλόκαρπες (αδρόκαρπες) χρησιμοποιούνται ως βρώσιμες (Γιάννης Ζαρμπούτης κ.α., 2009).

Ελιές που πάνε κυρίως για παραγωγή λαδιού είναι η Κορωνέικη (κρητικιά, λιανολιά, ψιλολιά). Η λιανολιά της Κρήτης, της Πελοποννήσου, της Σάμου και άλλων νησιών. Ανθεκτική ποικιλία μεγάλης απόδοσης και εκλεκτής ποιότητας ελαιολάδου,

εγκλιματισμένη σε ξηροθερμικές περιοχές. Περιέχει 15-27% ελαιόλαδο (Νίκος Ψιλάκης κ.α.,1999).



Εικόνα 3. Ελιά Κορωνέικη. Πηγή: green-organic.gr

Η Κερκυραϊκή καλλιεργείται στην Κέρκυρα και σε πολλές περιοχές της Δυτικής Ελλάδας. Χρειάζεται αυξημένη υγρασία για να ευδοκιμήσει. Το λάδι της είναι καλής ποιότητας και η περιεκτικότητά της ανέρχεται στο 20% περίπου (Νίκος Ψιλάκης κ.α.,1999).

Η Τσουνάτη καλλιεργείται σε μερικές περιοχές των Χανίων, του Ρεθύμνου, στη Λακωνία κ.α. Στην Ανατολική Κρήτη τη λένε μουρατολιά και στη Δυτική τσουνολιά, γιατί έχει χαρακτηριστική θηλή. Παράγει καλής ποιότητας λάδι, με ελαιοπεριεκτικότητα 25-30% και αντέχει σε χαμηλές θερμοκρασίες (Νίκος Ψιλάκης κ.α.,1999).

Από τις βρώσιμες ποικιλίες διακρίνουμε τις Πράσινες ελιές που ανήκουν στην οικογένεια της κονσερβοελιάς. Συλλέγονται από το δέντρο από τα τέλη Σεπτεμβρίου έως τα μέσα Οκτωβρίου. Ο καρπός είναι πρώιμα κομμένος και με την κατάλληλη επεξεργασία είναι έτοιμος προς βρώση σε μικρό χρονικό διάστημα από τη συγκομιδή του (Απόστολος Κυριτσάκης, 2007).

Οι Μαύρες ελιές ανήκουν στην οικογένεια της κονσερβοελιάς. Συλλέγονται από τα δέντρα από τα μέσα Νοεμβρίου έως τα μέσα Ιανουαρίου. Ο καρπός είναι ώριμος όταν μαζεύεται από το δέντρο. Οι μαύρες ελιές είναι διαδεδομένες σε ξένες αγορές με πολλές ονομασίες (Μαύρες Άμφισσας, Μαύρες Αγρινίου, Μαύρες Βόλου) ανάλογα με τον τόπο παραγωγής (Ιωάννης Θεριός, 2005).

Οι ελιές Καλαμών είναι μια εξαιρετική ποικιλία επιτραπέζιας ελιάς. Καλλιεργείται κυρίως στους νομούς Λακωνίας, Μεσσηνίας και σε σημαντική έκταση της ευρύτερης

περιοχής του Αγρινίου. Ο καρπός συλλέγεται ώριμος από το Νοέμβριο έως τα Χριστούγεννα. Η ποικιλία αυτή είναι και παγκοσμίως η πιο γνωστή επιτραπέζια ελιά (Ιωάννης Θεριός, 2005).



Εικόνα 4. Ελιά Καλαμών. Πηγή: green-organic.gr

Η Χαλκιδική καλλιεργείται εξ' ολοκλήρου σχεδόν στη Χαλκιδική. Ο καρπός είναι πρώιμα κομμένος και με την κατάλληλη επεξεργασία είναι έτοιμος προς βρώση σε μικρό χρονικό διάστημα από τη συγκομιδή του. Οι ελιές Χαλκιδικής έχουν συνήθως μεγάλο μεγέθους καρπού (Νίκος Ψυλάκης κ.α.,1999).

Η Θρουμποελιά καλλιεργείται σε νησιά του Αιγαίου (Χίο, Σάμο, Νάξο) στην Κρήτη και στη Θάσο. Έχει την ιδιότητα κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης να ξεπικρίζει πάνω στο δέντρο από μόνη της (Νίκος Ψυλάκης κ.α.,1999).

Τις Πράσινες Τσακιστές θα τις συναντήσουμε σε πολλές ελληνικές περιοχές, κυρίως της Πελοποννήσου και της Στερεάς Ελλάδας. Συλλέγονται από το δέντρο από τα τέλη Σεπτεμβρίου έως τα μέσα Οκτωβρίου. Ο καρπός είναι πρώιμα κομμένος και με την κατάλληλη επεξεργασία είναι έτοιμος προς βρώση σε μικρό χρονικό διάστημα από τη συγκομιδή του. Οι τσακιστές ελιές με λεμόνι και μάραθο σε ελαιόλαδο αποτελούν εξαιρετικό ορεκτικό.

Η Δαμασκηνοελιά καλλιεργείται κυρίως στην περιοχή Αργολίδας-Αρκαδίας. Είναι η ελιά με το μεγαλύτερο σε μέγεθος καρπό, που συχνά ξεπερνά τα 20 γραμμάρια και είναι γνωστή κυρίως με το όνομα Γαϊδουρελιά (Ιωάννης Θεριός, 2005).

1.6 Εγκατάσταση ελαιώνα

Εάν το χωράφι προέρχεται από εκχέρσωση, δηλαδή καλυπτόταν πριν με δέντρα και θάμνους, θα πρέπει να αφεθεί σε αγρανάπαυση για μία τετραετία ή να καλλιεργηθεί για 1-2 χρόνια με ετήσια φυτά όπως σιτηρά ή ψυχανθή, ώστε να γίνει δυνατή η απομάκρυνση όλων των ριζών και να αποφευχθεί η προσβολή των δενδρυλλίων της

ελιάς από διάφορους μύκητες. Εάν υπάρχουν πολυετή ζιζάνια, θα πρέπει να καταπολεμηθούν με βαθιές αρόσεις (45-50cm) το καλοκαίρι και ζιζανιοκτόνα πριν γίνει η φύτευση (Κωνσταντίνος Ποντίκης, 2000).

Η θέση που επιλέγεται για την εγκατάσταση του ελαιώνα πρέπει να είναι κατάλληλος για άρδευση και μηχανική καλλιέργεια. Η προετοιμασία του εδάφους περιλαμβάνει ισοπέδωση, βαθιά άροση και στράγγιση, η οποία πρέπει να γίνεται πριν από τη φύτευση. Επίσης περιλαμβάνει την απομάκρυνση μεγάλων λίθων που αποτελούν εμπόδιο για τα γεωργικά μηχανήματα. Τα φυτά που χρησιμοποιούνται προέρχονται είτε από εμβολιασμό είτε από μοσχεύματα (Ιωάννης Θεριός, 2005).

Τα δενδρύλλια φυτεύονται κατά τετράγωνα ή ορθογώνια ή κατά ρόμβους ή κατά ισοϋψείς καμπύλες σε εδάφη με κλίση. Οι αποστάσεις πρέπει να είναι μεγάλες, με μέσο όρο 10 δέντρα ανά στρέμμα και εξαρτώνται από το έδαφος, την ποικιλία και τον τρόπο διαμόρφωσης της κόμης. Τα τελευταία χρόνια, τα χαμηλά θαμνώδη σχήματα έχουν γίνει πιο δημοφιλή και μπορούν να φυτευτούν σε μικρότερες αποστάσεις. Η φύτευση γίνεται τον Νοέμβριο μέχρι το Μάρτιο (Γιάννης Ζαρμπούτης κ.α., 2009, Ιωάννης Θεριός, 2005).

1.7 Καλλιεργητικές φροντίδες

Τα πρώτα χρόνια γίνονται συχνές αρδεύσεις και φρεζαρίσματα για καταστροφή των ζιζανίων. Η συγκαλλιέργεια το χειμώνα με ορισμένα χορτοδοτικά φυτά όπως ο βίκος, το τριφύλλι, τα κουκιά είναι χρήσιμη καθώς εμπλουτίζουν το έδαφος με οργανική ουσία η οποία είναι χρήσιμη για το δέντρο (Γιάννης Ζαρμπούτης κ.α., 2009).

Η καλλιέργεια της ελιάς είναι συνήθως ξηρική, καθώς το δέντρο είναι ανθεκτικό στη ξηρασία. Ωστόσο, η έλλειψη υγρασίας κατά την κρίσιμη περίοδο σχηματισμού ανθοταξιών έως και την καρπόδεση επιδρά αρνητικά και συντελεί στην ακαρπία της ελιάς. Το καλοκαίρι ποτίσματα δρουν ευνοϊκά στην παραγωγή της ελιάς (Γιάννης Ζαρμπούτης κ.α., 2009).

Η λίπανση και ιδιαιτέρως η αζωτούχος λίπανση, βοηθάει το δέντρο να καρπίζει κάθε χρόνο. Η αζωτούχος λίπανση, σε συνδυασμό με το ορθολογικό κλάδεμα και την άρδευση του ελαιώνα, μειώνει την παρεννιαυτοφορία και αυξάνει τον αριθμό και το βάρος των καρπών, αυξάνοντας έτσι τη συνολική παραγωγή (Γεώργιος Κούντριας, 2014). Τα αζωτούχα λιπάσματα είναι προτιμότερο να δίνονται τέλος Δεκεμβρίου ή Ιανουαρίου, γιατί η διαφοροποίηση των ανθοφόρων οφθαλμών, η ανάπτυξη των

ανθικών μερών και η καρπόδεση λαμβάνουν χώρα από 1 Μαρτίου - 15 Ιουνίου και το άζωτο πρέπει να είναι διαθέσιμο κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου. Το άζωτο σε ξηρικούς ελαιώνες χορηγείται υπό μορφή θειικής αμμωνίας το χειμώνα. Σε αρδευόμενους ως θειική αμμωνία το χειμώνα και ως νιτρική αμμωνία την εαρινή-θερινή περίοδο (Ιωάννης Θεριός, 2005).

Η φωσφορική λίπανση εφαρμόζεται μόνο όταν υπάρχουν ενδείξεις αντίδρασης των δέντρων στο φώσφορο. Μπορεί να δοκιμαστεί σε εδάφη φτωγά και αβαθή, με υψηλό ανθρακικό ασβέστιο ή με χαμηλό pH. Επίσης, σε εδάφη που λιπαίνονται επί σειρά ετών με υψηλές ποσότητες αζώτου. Η καλιούχος λίπανση γίνεται συνήθως το χειμώνα (Ιωάννης Θεριός, 2005).

Για την αναγνώριση των θρεπτικών προβλημάτων της ελιάς μπορεί να χρησιμοποιηθεί η μέθοδος της φυλλοδιαγνωστικής. Λαμβάνονται δείγματα από ολόκληρα φύλλα με μίσχο, από το μέσο των βλαστών του έτους. Η εποχή δειγματοληψίας είναι ο χειμώνας, γιατί τότε παρατηρείται σταθεροποίηση των συγκεντρώσεων των θρεπτικών στοιχείων. Ο απαιτούμενος αριθμός φύλλων κατά δείγματα είναι 80-100 και προέρχεται από βλαστούς που δεν φέρουν καρποφορία και κατανέμονται σε όλες τις πλευρές της κόμης των δέντρων (Ιωάννης Θεριός, 2005).

Το κλάδεμα των ελαιόδεντρων είναι μία σημαντική εργασία, που αποσκοπεί στην προσαρμογή της ανάπτυξης και της καρποφορίας των δέντρων, στις εδαφοκλιματικές συνθήκες της περιοχής και στις καλλιεργητικές επιδιώξεις, ιδιαίτερα στη διευκόλυνση της συγκομιδής, η οποία αποτελεί και το σπουδαιότερο πρόβλημα της ελαιοκαλλιέργειας σήμερα (Κωνσταντίνος Ποντίκης, 2000).

Στα νεαρά δέντρα σκοπός του κλαδέματος είναι η δημιουργία ενός ανθεκτικού σκελετού και ενός σχήματος που θα ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις. Κατά την πρώτη βλαστική περίοδο στα νεαρά δέντρα αφήνονται τρεις πλάγιοι βλαστοί σε ύψος 30-60 cm από το έδαφος. Οι υπόλοιποι βλαστοί και παραφυάδες αφαιρούνται. Στα παραγωγικά δέντρα, στόχος είναι η εξασφάλιση όσο το δυνατόν σταθερής απόδοσης των δέντρων και καλής ποιότητας καρπού. Ενώ στα ηλικιωμένα δέντρα, η αποφυγή της εξάντλησης με τα χρόνια και η επαναφορά των δέντρων σε επιθυμητά σχήματα και μεγέθη (Κωνσταντίνος Ποντίκης, 2000).

Συνηθέστερο σχήμα είναι το κυπελλοειδές κλάδεμα, που εφαρμόζεται κάθε δύο χρόνια μετά τη συγκομιδή των ελιών, για ανανέωση των καρποφόρων οργάνων.

Επίσης, όταν υπάρχει μεγάλο ποσό καρπόδεσης γίνεται ένα αραίωμα των καρπών για να αποφευχθεί η υπερβολική καρποφορία, που έχει ως αποτέλεσμα την εξασθένηση του δέντρου, την παραγωγή μικρών καρπών και ελάχιστη καρποφορία την επόμενη χρονιά (Γιάννης Ζαρμπούτης κ.α., 2009).

1.8 Εχθροί - Ασθένειες

Ο σημαντικότερος εχθρός της ελιάς είναι ο δάκος. Πρόκειται για ένα δίπτερο έντομο, όπως οι μύγες και έχει 3-5 γενιές το χρόνο. Το τέλειο έντομο γεννάει τα αυγά του μέσα στους καρπούς μετά τον Αύγουστο και οι προνύμφες που προκύπτουν ανοίγουν στοές και κατατρώγουν τη σάρκα του ελαιόκαρπου που πέφτει πριν ωριμάσει. Από την προσβολή του τέλειου εντόμου, εξωτερικά του καρπού εμφανίζονται καφέ στίγματα. Για την καταπολέμηση του γίνονται συστηματικοί ψεκασμοί που αρχίζουν από Απρίλιο-Μάιο έως και τον Αύγουστο (Γιάννης Ζαρμπούτης κ.α., 2009).



Εικόνα 5. Ο σπουδαιότερος εχθρός της ελιάς, ο δάκος.

Πηγή: e-thessalia.gr

Ένας άλλος σοβαρός εχθρός είναι ο πυρηνοτρήτης ο οποίος προσβάλλει τα δέντρα κατά την εποχή της βλάστησης. Έχει 3 γενιές το χρόνο, με την πρώτη να προσβάλλει τα φύλλα, η δεύτερη τα άνθη και η τρίτη τους καρπούς, προκαλώντας σοβαρή ζημιά και καρπόπτωση. Καταπολεμείται με ψεκασμούς με οργανοφωσφορικά (Γιάννης Ζαρμπούτης κ.α., 2009).

Από την άλλη η βαμβακάδα επιτίθεται στα άνθη και στις άκρες των νέων βλαστών. Αυτό το έντομο, έχει προνύμφες ανοιχτού πράσινου χρώματος οι οποίες ζουν σε αποικίες και τρέφονται με τους χυμούς του δέντρου εκκρίνοντας ένα λευκό, χνουδωτό υλικό, το οποίο είναι ακίνδυνο για το ελαιόδεντρο. Αντιθέτως, μπορεί να ευνοήσει την

εμφάνιση της καπνιάς (ασθένεια), η οποία πρέπει να αντιμετωπιστεί. Όχι όμως κατά την περίοδο της άνθησης.

Σοβαρές ζημιές προκαλεί το λεκάνιο, που απομυζεί τους χυμούς και εξαντλεί το δέντρο, προκαλώντας αποφύλλωση. Προσβάλλει τόσο τα φύλλα, όσο και τα κλαδιά. Για την καταπολέμηση του γίνονται 1-2 ψεκασμοί τον Ιούλιο-Αύγουστο, κατά των κινούμενων προνυμφών της πρώτης γενεάς που στερούνται ασπιδίου (Ιωάννης Θεριός, 2005).

Από τους μύκητες, το κυκλοκόνιο προκαλεί ζημιές φυλλόπτωσης και μείωση της διαφοροποίησης των ανθέων και της καρπόδεσης. Εμφανίζεται συχνότερα σε βροχερές χρονιές. Προσβάλλει κυρίως τα φύλλα στο κατώτερο μέρος των δέντρων και σε μέρη που δεν εκτίθενται εύκολα στο φως και που αερίζονται δύσκολα (Ιωάννης Θεριός, 2005).

Το γλοιοσπόριο προσβάλλει τους ώριμους καρπούς και μάλιστα στο στάδιο αλλαγής του χρώματος. Προκαλεί σκοτεινόχρωμες κηλίδες στους καρπούς, που με ευνοϊκές συνθήκες υγρασίας επεκτείνονται και οδηγούν σε μαλακή σήψη του καρπού. Ο μύκητας υπό μορφή σπορίων δραστηριοποιείται σε πεσμένους καρπούς και το φθινόπωρο μολύνει τους ώριμους καρπούς. Για την αντιμετώπιση του, γίνονται 1-2 ψεκασμοί την περίοδο Οκτωβρίου-Νοεμβρίου με χαλκούχα μυκητοκτόνα (Ιωάννης Θεριός, 2005).

Από τα βακτήρια ζημιές προκαλεί ο καρκίνος της ελιάς, που σχηματίζει μαύρους όγκους στους βλαστούς και ο οποίος καταπολεμείται δύσκολα. Τα προσβεβλημένα κλαδιά νεκρώνονται. Οι μολύνσεις γίνονται κατά τη διάρκεια υγρών καιρικών συνθηκών, τι περιόδους του φθινοπώρου, του χειμώνα ή της άνοιξης. Για την αποφυγή του μπορούν να γίνουν προληπτικές επεμβάσεις, όπως να κλαδεύονται καλά τα δέντρα ώστε να αερίζεται το εσωτερικό της κόμης, να γίνεται ψεκασμός από το φθινόπωρο ως την άνοιξη με χαλκούχα μυκητοκτόνα, καθώς ψεκασμοί μετά από παγετό ή χαλάζι κ.α. (Γιάννης Ζαρμπούτης κ.α., 2009).

1.9 Συγκομιδή

Οι ελιές συγκομίζονται αφού φτάσουν στο κατάλληλο στάδιο ωριμότητας, συνήθως αργά το φθινόπωρο. Ο καρπός προς το τέλος της αύξησης του διέρχεται από διάφορα στάδια χρώματος και ωριμάζει τελείως 7-8 μήνες μετά την ανθοφορία. Το μέγεθος είναι καλό κριτήριο για ορισμένες ποικιλίες βρώσιμης ελιάς.

Ωστόσο βέβαια, η εποχή συγκομιδής ποικίλει ανάλογα με τον τελικό προορισμό του καρπού (κονσερβοποίηση, ελαιοποίηση). Επομένως, ανάλογα με τον τρόπο επεξεργασίας του καρπού μαζεύονται σε τρία διαφορετικά στάδια. Σε πρώτο στάδιο συγκομίζονται οι καρποί που θα κονσερβοποιηθούν (πράσινοι), σε δεύτερο στάδιο οι καρποί που θα κονσερβοποιηθούν ώριμοι (μαύροι). Σε τρίτο στάδιο συγκομίζονται οι καρποί που προορίζονται για παραγωγή λαδιού. Στην περίπτωση αυτή, το μάζεμα του καρπού πρέπει να γίνεται την εποχή που περιέχει το περισσότερο λάδι και που είναι καλύτερης ποιότητας, δηλαδή όταν είναι πλήρως ώριμος (<http://www.gaiapedia.gr/gaiapedia/index.php/>).

Η συλλογή του ελαιόκαρπου γίνεται με το χέρι, με τη βοήθεια απλών χειροκίνητων μηχανημάτων και πλαστικών διχτυών ή με τη χρήση μηχανικών δονητών. Οι ελιές που θα χρησιμοποιηθούν για κονσερβοποίηση (πράσινες ή μαύρες) μαζεύονται από τα δέντρα με τα χέρια και στη συνέχεια τοποθετούνται προσεκτικά σε πλαστικά τελάρα μεταφοράς. Οι μαύρες ελιές απαιτούν μεγαλύτερη προσοχή στη συγκομιδή, γιατί έχουν μαλακή σάρκα και υπάρχει κίνδυνος να τραυματιστούν και έτσι να γίνουν ακατάλληλοι για κονσερβοποίηση. Μετά τη συγκομιδή, οι καρποί τοποθετούνται σε πλαστικά τελάρα μεταφοράς, ξύλινα κιβώτια ή υφασμάτινους σάκους που επιτρέπουν τον αερισμό και μεταφέρονται χωρίς καθυστέρηση στο ελαιοτριβείο. Οι πλαστικές σακούλες δεν είναι κατάλληλο μέσο μεταφοράς. Η προστασία του καρπού από το δάκο και η γρήγορη μεταφορά του στο ελαιοτριβείο εξασφαλίζουν λάδι εκλεκτής ποιότητας με πολύ χαμηλή οξύτητα (<http://www.gaiapedia.gr/gaiapedia/index.php/>).



Εικόνα 6. Συγκομιδή καρπών ελιάς με το χέρι.

Πηγή: stepagro.gr



Εικόνα 7. Συγκομιδή καρπών

ελιάς με ελαιοραβδιστικό. Πηγή: elaiaskarpos.gr

1.10 Επεξεργασία ελαιόκαρπου για εξαγωγή ελαιολάδου

Ο ελαιόκαρπος από ελαιοποιήσιμες ή επιτραπέζιες ποικιλίες, αμέσως μετά τη συγκομιδή μεταφέρεται με σάκους στο ελαιοτριβείο, όπου διαχωρίζεται με βάση την ποικιλία, τον τρόπο συγκομιδής και την κατάσταση στην οποία βρίσκεται (υγιής ή προσβεβλημένος από ασθένεια) (Ιωάννης Θεριός, 2005).

Κάθε κατηγορία επεξεργάζεται ξεχωριστά. Ξεκινώντας από τον καλύτερης σε ποιότητα ελαιόκαρπο, καθώς καλής ποιότητας ελαιόλαδο προέρχεται από υγιή ελαιόκαρπο αμέσως μετά τη συγκομιδή (Κυριτσάκης, 1993).

1.10.1 Αποφύλλωση

Στην πρώτη φάση της επεξεργασίας, ο ελαιόκαρπος τοποθετείται στη λεκάνη τροφοδοσίας του ελαιουργείου απ' όπου οδηγείται στο αποφυλλωτήριο με μεταφορική ταινία. Κατά τη μεταφορά αυτή γίνεται αφαίρεση των φύλλων, γιατί όταν συνθλίβονται μαζί με τον ελαιόκαρπο το ελαιόλαδο αποκτά πικρή γεύση και εμποτίζεται με μεγάλη ποσότητα χλωροφύλλης. Κατά τη διάρκεια της συντήρησης του λαδιού η χλωροφύλλη απορροφά φως με αποτέλεσμα φωτοοξειδωσης του λαδιού και υποβάθμισης της ποιότητας του (Απόστολος Κυριτσάκης, 2007, Ιωάννης Θεριός, 2005).

1.10.2 Πλύσιμο

Ακολουθεί το πλύσιμο του καρπού, όπου απομακρύνονται οι ξένες ύλες (σκόνη, χώμα) και τυχόν ίχνη φυτοφαρμάκων που παραμένουν από τους ψεκασμούς, καθώς μπορεί να υποβαθμίσουν την ποιότητα του λαδιού και να προσδώσουν χρώμα ή οσμές (Απόστολος Κυριτσάκης, 2007, Ιωάννης Θεριός, 2005).

1.10.3 Άλεση

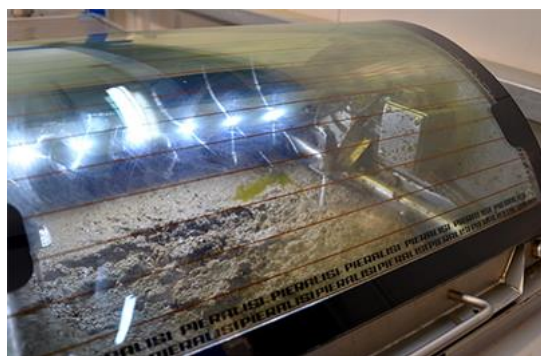
Μετά το πλύσιμο ο ελαιόκαρπος μεταφέρεται με τη βοήθεια μεταφορικού κοχλία στο σπαστήρα για άλεση, που αποτελεί το πρώτο κύριο στάδιο της επεξεργασίας για την παραλαβή του ελαιολάδου. Στα κλασικά ελαιοτριβεία (πιεστήρια) η άλεση γίνεται στους ελαιόμυλους. Ο ελαιόμυλος περιστρέφεται με πολύ αργό ρυθμό και έτσι επιτυγχάνεται σπάσιμο του ελαιοκάρπου με μερική μάλαξη της ελαιοζύμης (Απόστολος Κυριτσάκης, 2007).

Στα νέου τύπου ελαιοτριβεία (φυγοκεντρικά) χρησιμοποιούνται μεταλλικοί σπαστήρες, που είναι κυρίως σφυρόμυλοι. Λειτουργούν με μεγάλο αριθμό στροφών και προκαλούν το σπάσιμο του ελαιόκαρπου κατά τη πώση από τη χοάνη τροφοδοσίας.

Όμως, λόγω της μεγάλης ταχύτητας με την οποία περιστρέφονται, φθείρονται εύκολα και επιβαρύνουν με ίχνη μετάλλου το ελαιόλαδο (Απόστολος Κυριτσάκης, 2007).

1.10.4 Μάλαξη

Η μάλαξη της ελαιοζύμης, η οποία προκύπτει από το σπάσιμο του ελαιοκάρπου αποτελεί το πιο βασικό στάδιο επεξεργασίας, γιατί συντελεί στη συνένωση των μικρών ελαιοσταγονιδίων σε μεγάλες σταγόνες ελαιολάδου. Η διεργασία της μάλαξης γίνεται σε ειδικούς μαλακτήρες, όπου τα τοιχώματά τους είναι διπλά και ανάμεσα τους κυκλοφορεί ζεστό νερό για τη θέρμανση της ελαιοζύμης. Οι υψηλές θερμοκρασίες πρέπει να αποφεύγονται, διότι καταστρέφουν τα αρωματικά συστατικά του ελαιολάδου (Απόστολος Κυριτσάκης, 2007, Ιωάννης Θεριός, 2005).



Εικόνα 8. Μάλαξη ελαιοζύμης. Πηγή: karapatas-olivepress.gr

Για καλής ποιότητας ελαιόλαδο η άλεση πρέπει να γίνεται σύντομα, η ταχύτητα περιστροφής των μηχανημάτων να είναι μικρή και η θερμοκρασία του νερού μέτρια. Οι περιστρεφόμενες επιφάνειες πρέπει να είναι κατασκευασμένες από ανοξείδωτο χάλυβα και η ταχύτητα κίνησης των πτερυγίων να είναι 18-20 στροφές/λεπτό. Παράταση του χρόνου μάλαξης συντελεί στη δημιουργία γαλακτωμάτων τα οποία δυσκολεύουν το διαχωρισμό του ελαιολάδου. Ενδεικτικός χρόνος μάλαξης είναι τα 30 λεπτά. Καλό είναι να αποφεύγεται η επαφή της ελαιοζύμης με τον ατμοσφαιρικό αέρα, γιατί έχουμε απώλειες σε αρωματικά συστατικά του ελαιολάδου και έναρξη οξειδωτικής τάγγισης (Απόστολος Κυριτσάκης, 2007, Ιωάννης Θεριός, 2005).

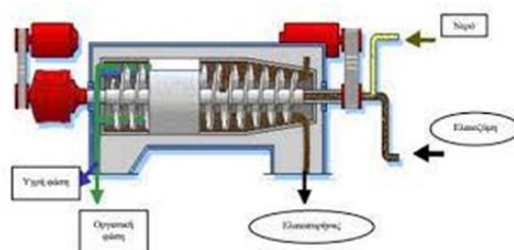
1.10.5 Διαχωρισμός ελαιολάδου από ελαιοζύμη

Το λάδι διαχωρίζεται με διάφορες μεθόδους, όπως Υδραυλική πίεση και Φυγοκέντρηση με μηχανήματα που ονομάζονται Decanters. Με την πρώτη μέθοδο, οι ελιες πιέζονται με υδραυλική πίεση για να συνθλιβούν και διαχωρίζεται το ελαιόλαδο

και το νερό από το στερεό υπόλοιπο (ελαιοπυρήνα). Ακολουθεί ο διαχωρισμός του ελαιολάδου από το νερό και τις ξένες ύλες με κάθετους διαχωριστήρες (Ιωάννης Θεριός, 2005).

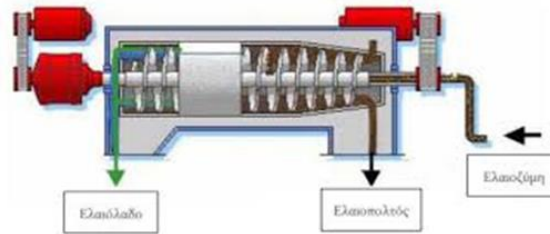
Η εφαρμογή της πίεσης για το διαχωρισμό του ελαιολάδου από τα άλλα συστατικά της ελαιοζύμης χρονολογείται από τότε που άρχισε η καλλιέργεια της ελιάς. Στα πολύ παλιά ελαιουργεία το σπάσιμο του ελαιοκάρπου και η πίεση που απαιτούνταν για το διαχωρισμό του ελαιολάδου εφαρμοζόταν από τον ίδιο τον άνθρωπο ή από ζώα με τη χρήση κατάλληλων μηχανισμών. Για το διαχωρισμό του ελαιόλαδου από την ελαιοζύμη στα πιεστήρια, η ελαιοζύμη μετά από τη μάλαξη που δέχεται, τοποθετείται σε λεπτά στρώματα επάνω σε ελαιοδιαφράγματα ομοιόμορφα, με ειδικό δοσοδότη (Απόστολος Κυριτσάκης, 2007).

Τα Φυγοκεντρικά μηχανήματα διακρίνονται σε τριφασικά και διφασικά. Με τα Decanters εξασφαλίζεται υψηλό ποσοστό διαχωρισμού του λαδιού (Ιωάννης Θεριός, 2005). Στα τριφασικά η ελαιοζύμη μετά τη μάλαξη σε μαλακτήρα οριζόντιας ή κάθετης διάταξης αραιώνεται με νερό και στη συνέχεια φυγοκεντρείται διά μέσου του φυγοκεντριτή, όπου γίνεται ο διαχωρισμός της σε τρεις φάσεις (Απόστολος Κυριτσάκης, 2007).



Εικόνα 9. Τριφασικό Φυγοκεντρικό σύστημα ελαιοτριβείου. Πηγή: dSPACE.aua.gr

Στα διφασικά δεν προστίθεται νερό για τον διαχωρισμό των συστατικών της ελαιοζύμης και πλεονεκτούν έναντι των τριών φάσεων, καθώς περιορίζεται αισθητά το πρόβλημα της ρύπανσης του περιβάλλοντος και το παραγόμενο ελαιόλαδο περιέχει περισσότερες φαινολικές ουσίες και για το λόγο αυτό είναι πιο ανθεκτικό στην οξείδωση. Τα διφασικά είναι γνωστά και ως οικολογικά (Απόστολος Κυριτσάκης, 2007, Ιωάννης Θεριός, 2005).



Εικόνα 10. Διφασικό Φυγοκεντρικό σύστημα ελαιοτριβείου. Πηγή: dspace.aua.gr

1.10.6 Καθαρισμός ελαιολάδου

Οποιαδήποτε μέθοδος κι αν εφαρμοστεί για το διαχωρισμό και την παραλαβή του ελαιολάδου από την ελαιοζύμη, απαραίτητο για τον τελικό καθαρισμό του είναι το πέρασμα του από τον ελαιοδιαχωριστήρα. Ο ελαιοδιαχωριστήρας φέρει ένα περιστρεφόμενο τύμπανο και διαχωρίζει το λάδι από το νερό και τον ελαιοπυρήνα με βάση το ειδικό βάρος. Το ελαιόλαδο στην τελική του έξοδο από τον διαχωριστήρα, θα πρέπει να είναι παχύρευστο (Απόστολος Κυριτσάκης, 2007, Ιωάννης Θεριός, 2005).

1.10.7 Αποθήκευση

Για την αποθήκευση του ελαιολάδου χρησιμοποιούνται ελαιοδεξαμενές, οι οποίες πρέπει να είναι κατασκευασμένες από αδρανές υλικό, όπως ο ανοξείδωτος χάλυβας. Το ελαιόλαδο αλλοιώνεται κατά το χρόνο αποθήκευσης του και εξαρτάται από τις συνθήκες αποθήκευσης. Η κύρια αλλοίωση είναι η οξείδωση. Εκτός από την οξείδωση, δημιουργείται και η μούργα, κατάλοιπα τα οποία περιέχουν μεγάλες ποσότητες ζυμώσιμων σακχάρων και πρωτεϊνών, συστατικά τα οποία προέρχονται από τον ελαιόκαρπο (Απόστολος Κυριτσάκης, 2007).

Οι δεξαμενές αποθήκευσης του ελαιολάδου θα πρέπει να είναι κατασκευασμένες από υλικά αδιαπέραστα από το ελαιόλαδο, ώστε να καθαρίζονται εύκολα πριν από κάθε χρήση. Να προφυλάσσουν επίσης το ελαιόλαδο από το φως και τον αέρα και να τοποθετούνται σε μία σταθερή θερμοκρασία γύρω στους 10°C. Υψηλότερες θερμοκρασίες επιταχύνουν την οξείδωση, ενώ χαμηλότερες προκαλούν θόλωμα στο ελαιόλαδο ή ακόμα και πήξη οπότε γίνεται δυσάρεστο (Απόστολος Κυριτσάκης, 2007).



Εικόνα 11. Ελαιοδεξαμενές κατασκευασμένες από αδρανές υλικό. Πηγή: gargalianoionline.gr

1.10.8 Τυποποίηση

Η τυποποίηση του ελαιολάδου πρέπει να γίνεται σε κατάλληλα δοχεία για την καλύτερη διατήρηση, εμπορία και διακίνηση του. Η κατάλληλη συσκευασία και τυποποίηση είναι απόλυτη ανάγκη, ιδιαίτερα σήμερα που η διακίνηση του έχει αυξηθεί σημαντικά. Τα δοχεία που χρησιμοποιούνται για την συσκευασία είναι συνήθως από λευκοσίδηρο, πλαστικό ή γυαλί. Το γυαλί εξασφαλίζει καλύτερη διατήρηση της ποιότητας (Απόστολος Κυριτσάκης).

1.10.9 Ποιότητα ελαιολάδου

Η κατάταξη της ποιότητας του ελαιολάδου ακολουθεί τα διεθνή πρότυπα που διαχωρίζουν τον τρόπο παραγωγής, το βαθμό της οξύτητας και βασικά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά. Η γεύση, το άρωμα και το χρώμα αποτελούν τις τρεις δειγματοληπτικές σταθερές που χρησιμοποιούνται διεθνώς για την αξιολόγηση και ποιοτική κατάταξη του προϊόντος. Καλό ελαιόλαδο είναι εκείνο που έχει ευχάριστη γεύση και άρωμα (Νίκος Ψιλάκης κ.α., 1999).

1.10.10 Κατηγορίες ελαιόλαδου



Εικόνα 12. Κατηγορίες ελαιόλαδου. Πηγή: stalida.gr

1.10.10.1 Παρθένο ελαιόλαδο

Το παρθένο ελαιόλαδο, είναι φυσικό προϊόν, χωρίς παρεμβάσεις που είναι δυνατόν να αλλοιώσουν τα φυσικά χαρακτηριστικά του γνωρίσματα. Παραλαμβάνεται με μηχανικά ή φυσικά μέσα από τον ελαιόκαρπο, δεν έχει υποστεί κανενός είδους επεξεργασία και η θερμοκρασία που αναπτύσσεται κατά τη διαδικασία παραλαβής του, που δεν ξεπερνά τους 33°C, δεν υποβαθμίζει την ποιότητά του. Οι κατηγορίες που περιλαμβάνει είναι το εξαιρετικό παρθένο ελαιόλαδο (εκλεκτής ποιότητας), το παρθένο ελαιόλαδο (άψογη οσμή και γεύση) και το ελαιόλαδο λαμπάντε (όχι τόσο καλή γεύση και οσμή) (Νίκος Ψιλάκης κ.α., 1999).

1.10.10.2 Ραφινρισμένο ελαιόλαδο

Πρόέρχεται από λάδια τύπου λαμπάντε. Η δυσάρεστη γεύση και οσμή μπορεί να βελτιωθεί μετά την επεξεργασία που ακολουθείται στο ραφινάρισμα του. Το κυριότερο πρόβλημα του ελαίου είναι η υποβάθμιση των χαρακτηριστικών του, μέσω της αλλοίωσης των βιταμινών και άλλων χρήσιμων ουσιών που περιέχει, όπως οι τοκοφερόλες. Το χρώμα του είναι ανοιχτό κίτρινο, χωρίς οσμή και με ελαφριά γεύση που δεν προκαλεί ενδιαφέρον (Νίκος Ψιλάκης κ.α., 1999).

1.10.10.3 Ελαιόλαδο

Πρόκειται για επεξεργασμένο ελαιόλαδο (ραφινρισμένο) στο οποίο προστίθεται παρθένο προκειμένου να βελτιωθούν τα χαρακτηριστικά του (Νίκος Ψιλάκης κ.α., 1999).

1.10.10.4 Πορηνέλαιο

Είναι το έλαιο το οποίο εξάγεται από τον ελαιοπυρήνα ως υποπροϊόν της ελαιουργίας. Το έλαιο δεν μπορεί να καταναλωθεί όπως είναι και πρέπει να υποστεί την επεξεργασία του εξευγενισμού. Η οσμή και η γεύση του χαρακτηρίζονται ως ικανοποιητικές και το χρώμα είναι ανοιχτό κίτρινο (Απόστολος Κυριτσάκης, 2007, Νίκος Ψιλάκης κ.α., 1999).

1.10.11 Απόβλητα ελαιουργείων

Στον ελαιόκαρπο εκτός από το λάδι, περιέχονται και μεγάλες ποσότητες νερού που ανέρχεται σε 40-50%. Το νερό αυτό μαζί με το νερό που προστίθεται στις διάφορες φάσεις επεξεργασίας αποτελούν τα απόβλητα του ελαιουργείου. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση παράγονται κάθε χρόνο περισσότεροι από 10 εκατομμύρια τόνοι αποβλήτων από τα ελαιουργεία (Απόστολος Κυριτσάκης, 2007, Ιωάννης Θεριός, 2005).

Κατά τη φυγοκέντριση και το διαχωρισμό του ελαιολάδου σε φυγοκεντρικές δύο ή τριών φάσεων, προκύπτουν μεγάλες ποσότητες υγρών αποβλήτων και η διαχείριση τους παρουσιάζει σοβαρό πρόβλημα, καθώς εμφανίζουν υψηλή βιοτοξικότητα λόγω της μεγάλης συγκέντρωσης φαινολικών και λιπαρών συστατικών και του συνολικά υψηλού οργανικού τους φορτίου (Απόστολος Κυριτσάκης, 2007).



Εικόνα 13. Χείμαρροι αποβλήτων από τα ελαιοτριβεία. Πηγή: tovima.gr

Τα απόβλητα των ελαιουργείων κατατάσσονται στα πολύ τοξικά αγροτοβιομηχανικά απόβλητα. Προκαλούν ρύπανση του εδάφους και επιβαρύνουν τα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα στις ελαιουργικές περιοχές της Μεσογείου. Τα απόβλητα διοχετεύονται σε διάφορους αποδέκτες, όπως ρέματα, χείμαρρους, λίμνες, θάλασσα και έδαφος (Απόστολος Κυριτσάκης, 2007).

Ως αποτέλεσμα, είναι να διαταράσσουν τη βιολογική ισορροπία των οικοσυστημάτων στα οποία καταλήγουν και έχουν δυσμενείς επιπτώσεις. Λόγω της μεγάλης φυτοτοξικότητάς τους, προκαλούνται μεγάλες ζημιές σε γεωργικές καλλιέργειες και στην υδρόβια πανίδα. Η ανάγκη για καθαρό περιβάλλον είναι επιτακτική. Το γεγονός αυτό καθιστά επείγουσα την αναζήτηση λύσεων για τη διαχείριση των αποβλήτων (Απόστολος Κυριτσάκης, 2007).

1.10.12 Παγκόσμια και εγχώρια παραγωγή ελαιολάδου

Η παραγωγή ελαιόλαδου όπως και η παραγωγικότητα ανά περιοχή παρουσιάζει μεταβολές ανάλογα με την ελαιοκομική χρονιά. Η Ισπανία είναι ο μεγαλύτερος παραγωγός ελαιόλαδου στον κόσμο. Παράγει το 41% του ελαιόλαδου που καταναλώνεται παγκοσμίως, ένα εντυπωσιακό ποσό. Η Ιταλία παράγει το 20% του ελαιόλαδου που καταναλώνεται στον κόσμο, και σε αντίθεση με την Ισπανία, έχει τη φήμη ή τον τίτλο, ότι παράγει το καλύτερο ελαιόλαδο στον κόσμο. Η Ελλάδα παράγει περίπου το 12% του ελαιόλαδου που καταναλώνεται στον κόσμο. Η Τουρκία είναι μία

ακόμη χώρα με χιλιετή παράδοση στην κατανάλωση και παραγωγή ελαιολάδου με ποσοστό παραγωγής 5%. Για την Τυνησία, το ποσοστό παραγωγής ελαιολάδου ανέρχεται στο 5%, το οποίο αντιπροσωπεύει το 40% των γεωργικών εξαγωγών ολόκληρης της χώρας και εξάγοντας τη συντριπτική πλειοψηφία σε χώρες όπως οι Ηνωμένες Πολιτείες. Η Συρία φτάνει το 5% παραγωγής, μαζί με το Μαρόκο. Ενώ η Πορτογαλία μόλις το 1% (economiafinanzas.com).

Σε ευρωπαϊκό επίπεδο, η χώρα με τη μεγαλύτερη παραγωγή είναι η Ισπανία με ποσοστό 62%, ακολουθεί η Ιταλία με ποσοστό 20%, τρίτη είναι η Ελλάδα με ποσοστό 14% και οι υπόλοιπες χώρες παράγουν το 4%. Συγκεκριμένα, στην Ελλάδα οι περιοχές που έχουν τη μεγαλύτερη παραγωγή ελαιόλαδου είναι η Κρήτη με ποσοστό 40%, ακολουθεί η Πελοπόννησος με ποσοστό 35%, η Στερεά Ελλάδα με 10% και οι υπόλοιπες περιοχές παράγουν το 15% της παραγωγής ελαιόλαδου στην Ελλάδα (grelia.gr).

Πίνακας 1. Κυριότερες χώρες παραγωγής ελαιολάδου παγκοσμίως 2009/10. Πηγή: Κωνσταντίνος Κωνσταντίνου, 2012

Ισπανία	41%
Ιταλία	20%
Ελλάδα	12%
Τουρκία	5%
Τυνησία	5%
Συρία	5%
Μαρόκο	5%
Πορτογαλία	1%
Λοιπές	6%

Πίνακας 2. Κυριότερες χώρες παραγωγής ελαιολάδου στην Ευρωπαϊκή Ένωση 2009/10. Πηγή: Κωνσταντίνος Κωνσταντίνου, 2012

Ισπανία	62%
Ιταλία	20%
Ελλάδα	14%
Πορτογαλία	3%
Λοιπές	1%

1.11 Παραγωγή βρώσιμης ελιάς

Από την παγκόσμια ποσότητα ελιών που παράγεται ετησίως ένα μικρό μέρος καταναλώνεται ως βρώσιμη ελιά. Ο νωπός ελαιόκαρπος αλλοιώνεται γρήγορα αν δεν ληφθούν τα απαραίτητα μέτρα συντήρησης. Τα κύρια μέσα συντήρησης είναι τα οξέα και το αλάτι. Οι ελιές διατηρούνται συνήθως σε νερό που περιέχει αλάτι μέχρι την επεξεργασία τους. Οι μέθοδοι παρασκευής βρώσιμης ελιάς ποικίλουν στα διάφορα μέρη του κόσμου και συνήθως παίρνουν το όνομα του τόπου όπου αναπτύχθηκαν (Απόστολος Κυριτσάκης, 2007).

Η συγκομιδή γίνεται με το χέρι για αποφυγή τραυματισμού των καρπών και υποβάθμιση της ποιότητας τους. Ο καρπός μεταφέρεται στα εργοστάσια επεξεργασίας ελιάς, όπου γίνεται ποιοτικός έλεγχος (ασθένειες, ελαττώματα). Με την παραλαβή του, αποθηκεύεται σε πλαστικές δεξαμενές με νερό που περιέχει την κατάλληλη ποσότητα χλωριούχου νατρίου (Ιωάννης Θεριός, 2005).

1.11.1 Μέθοδοι επεξεργασίας

Οι τρεις σπουδαιότερες εμπορικοί μέθοδοι επεξεργασίας είναι η Ισπανική, η Ελληνική και η Καλιφόρνιας.

1.11.1.1 Ισπανική μέθοδος

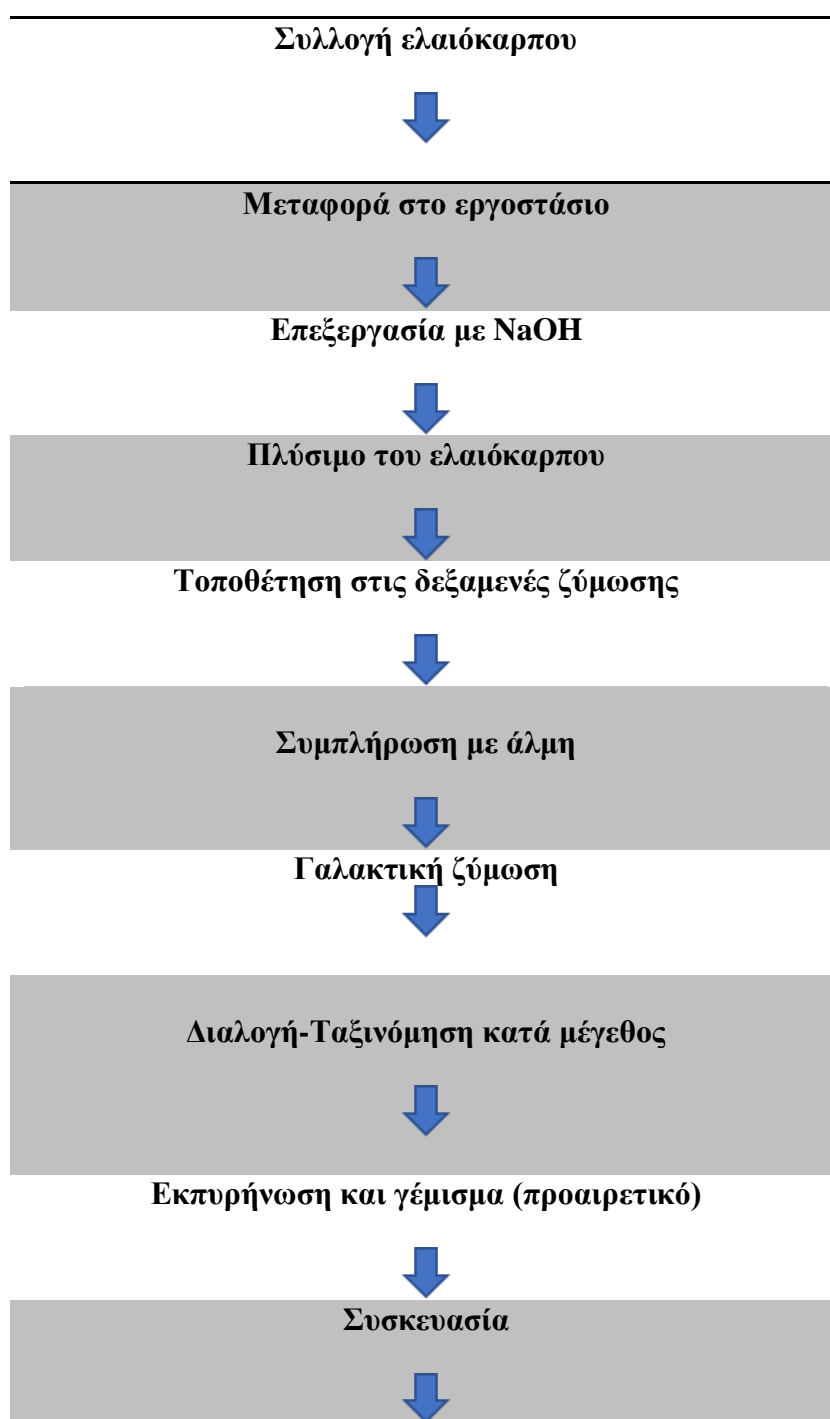
Η Ισπανική μέθοδος βασίζεται στη γαλακτική ζύμωση, κατά την οποία τα σάκχαρα του καρπού μετατρέπονται σε γαλακτικό οξύ, που μαζί με την άλμη συντηρεί τις ελιές και τις δίνει χαρακτηριστική γεύση (Μπαλατσούρας, 1995). Για τη μέθοδο αυτή οι ελιές πρέπει να συγκομίζονται όταν είναι ακόμη πράσινες ή κιτρινοπράσινες. Κατάλληλη περίοδος είναι το πρώτο δεκαπενθήμερο Σεπτεμβρίου (Απόστολος Κυροτσάκης, 2007).

Οι ελιές βυθίζονται σε διάλυμα καυστικής σόδας και παραμένουν έως ότου εισχωρήσει η καυστική σόδα στα 2/3 της σάρκας. Κατά το διάστημα αυτό πρέπει να αποφεύγεται η επαφή τους με τον αέρα διότι, λόγω της οξείδωσης των χρωστικών που περιέχουν, μαυρίζουν στο αλκαλικό περιβάλλον. Η καυστική σόδα καταστρέφει την πικρή ουσία ελευρωπαΐνη και βελτιώνει τη γεύση της ελιάς (Αποστόλης Κυριτσάκης, 2007).

Την εκτίκρυνση ακολουθούν αρκετά πλυσίματα με νερό, μέχρι να απομακρυνθεί όλη σχεδόν η καυστική σόδα. Έπειτα οι ελιές τοποθετούνται σε άλμη και αφήνονται να υποστούν γαλακτική ζύμωση σε υπέργειες ή υπόγειες δεξαμενές. Όταν ο καιρός είναι

ψυχρός χρειάζονται τρεις ή και περισσότεροι μήνες για να υποστούν γαλακτική ζύμωση οι ελιές, ενώ όταν ο καιρός είναι ζεστός αρκεί ένας μήνας περίπου (Αποστόλης Κυριτσάκης, 2007).

Οι ελιές πριν συσκευαστούν σε δοχεία, κυρίως γυάλινα βάζα, διαχωρίζονται κατά μέγεθος και ποιότητα. Επίσης, μπορεί να ακολουθήσει αφαίρεση του πυρήνα και έπειτα γέμισμα των ελιών με αμύγδαλο ή πιπεριά (Απόστολος Κυριτσάκης, 2007, Ιωάννης Θεριός, 2005).



Αποθήκευση



Εμπορία

Διάγραμμα ροής παρασκευής επιτραπέζιων ελιών Ισπανικού τύπου

1.11.1.2. Ελληνικές μέθοδοι

Όσον αφορά την Ελληνική μέθοδο παρασκευής βρώσιμων ελιών υπάρχουν διάφοροι τύποι, όπως η μαύρη ελιά σε άλμη, η Καλαμών, η Θρούμπα κ.α.

- Μαύρη ελιά σε άλμη

Η Κονσερβολιά είναι η κυριότερη ποικιλία που χρησιμοποιείται. Ο ελαιόκαρπος αφήνεται να ωριμάσει επάνω στο δέντρο και συγκομίζεται με τα χέρια μέσα Νοεμβρίου έως τέλος Δεκεμβρίου, έπειτα τοποθετείται σε τελάρα και μεταφέρεται στο εργοστάσιο προς επεξεργασία. Κατατάσσονται σε μέγεθος και έπειτα τοποθετούνται σε δεξαμενή με άλμη (Απόστολος Κυριτσάκης, 2007, Ιωάννης Θεριός, 2005).

Κατά τη διάρκεια συντήρησης γίνεται ζύμωση που μειώνει την ποσότητα της πικρής ουσίας (ελευρωπαΐνη), κάποια πικράδα μένει αλλά μετριάζεται από την αλμυρή γεύση. Όταν η ζύμωση σταματήσει και η πικράδα μειωθεί σημαντικά, τότε οι ελιές είναι έτοιμες να τυποποιηθούν (Ιωάννης Θεριός, 2005).

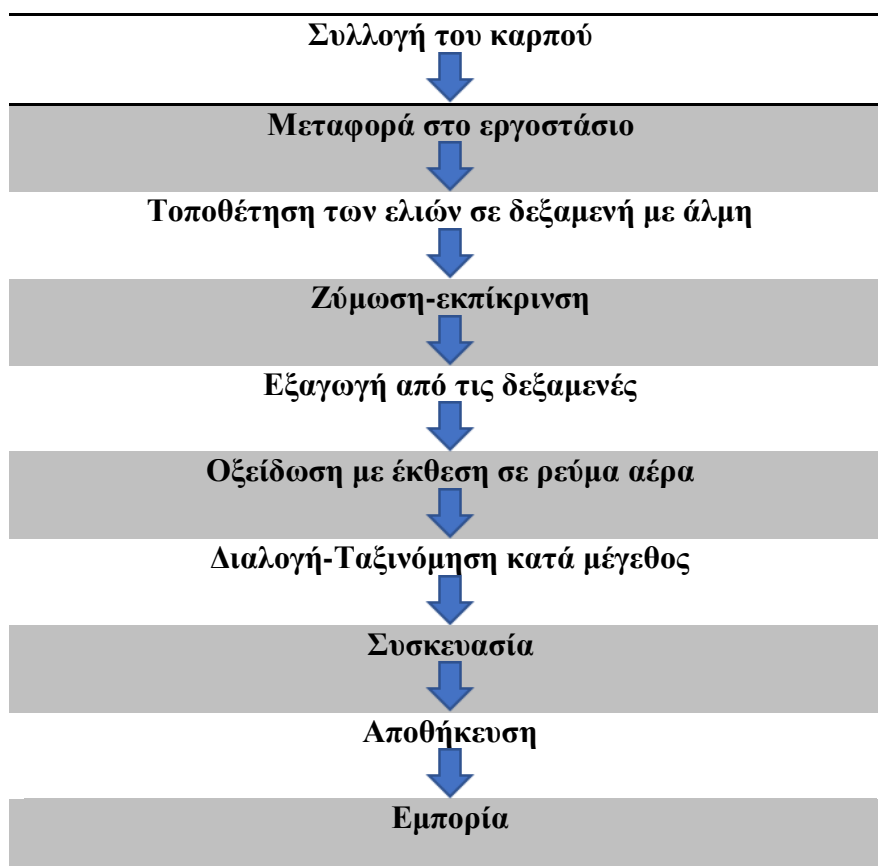
- Καλαμών

Γι' αυτόν τον τύπο χρησιμοποιείται κυρίως η ποικιλία Καλαμών. Οι καρποί συγκομίζονται Νοέμβριο-Δεκέμβριο, όταν έχουν μαυρίσει. Η ποικιλία αυτή έχει λιγότερη πικράδα από τις μαύρες ελιές σε άλμη. Χαράσσονται κατά μήκος και τοποθετούνται για μία εβδομάδα σε άλμη, που αλλάζεται πολλές φορές στην περιόδο αυτών των ημερών. Κατόπιν τοποθετούνται σε ξύδι 1-2 ημέρες και στη συνέχεια συσκευάζονται σε δοχεία στα οποία προστίθεται ξύδι και ελαιόλαδο (Απόστολος Κυριτσάκης, 2007, Ιωάννης Θεριός, 2005).

- Θρούμπες

Χρησιμοποιούνται πλήρως ώριμοι καρποί, οι οποίοι αφήνονται στο δέντρο μέχρι να πέσουν στο έδαφος και έπειτα συλλέγονται. Οι καρποί πλένονται σε νερό και

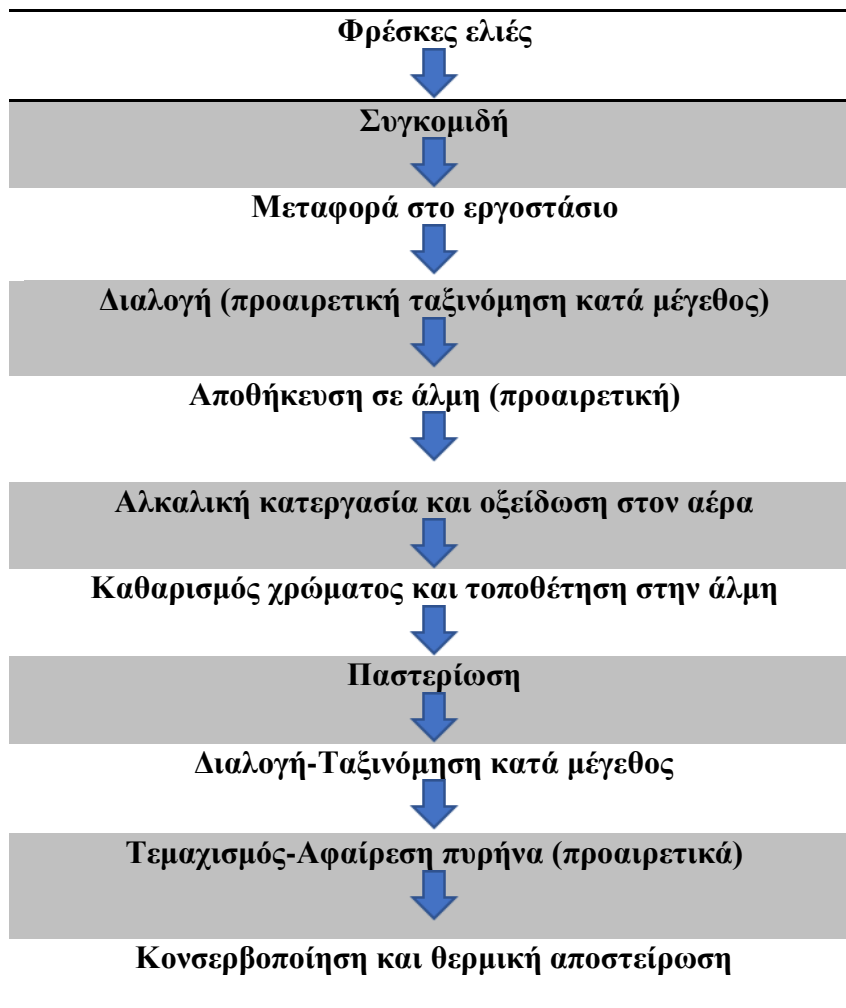
τοποθετούνται σε κοφίνια στα οποία προστίθεται χοντρό αλάτι όπου παραμένουν έτσι για δύο μέρες για ελαφριά ζύμωση. Με το αλάτι παρατηρείται συρρίκνωση και αφυδάτωση των καρπών, καθώς και αφαίρεση της ελευρωπαΐνης. Η μέθοδος μειονεκτεί στο ότι οι καρποί δεν συντηρούνται για μεγάλο διάστημα και μουχλιάζουν. Για τη μέθοδο αυτή χρησιμοποιούνται κυρίως οι ποικιλίες Μεγαρίτικη και Θασίτικη. Στο τελικό προϊόν μπορεί να προστεθεί ρίγανη, άνιθος κ.α. Οι ελιες αυτές είναι αρκετά αλμυρές (Ιωάννης Θεριός, 2005).



Διάγραμμα ροής επεξεργασίας ελιών ελληνικού τύπου

1.11.1.3. Μέθοδοι Καλιφόρνιας

Στην μέθοδο Καλιφόρνιας οι ελιές παρασκευάζονται με τρεις διαφορετικές μεθόδους. Η μία είναι παρόμοια με την Ισπανική, δηλαδή η ελιά εκπικρύνεται και υποβάλλεται σε γαλακτική ζύμωση. Στις άλλες δύο η ελιά εκπικρύνεται και κονσερβοποιείται ως πράσινη ή μαύρη, χωρίς ζύμωση (Απόστολος Κυριτσάκης, 2007).



Διάγραμμα ροής παρασκευής μαύρων ελιών σε άλμη τύπου Καλιφόρνιας

1.11.2 Ποιότητα επιτραπέζιας ελιάς

Η ποιότητα της επιτραπέζιας ελιάς πρέπει να εξασφαλίζει την υγεία του καταναλωτή, τη θρεπτική αξία του προϊόντος, την άριστη εμφάνιση (σκληρότητα και γυαλιστερή επιφάνεια) και τις οργανοληπτικές ιδιότητες (χρώμα, οσμή, γεύση, υφή) (Ιωάννης Θεριός, 2005).

Οι βρώσιμες ελιές περιέχουν αρκετά συστατικά με ιδιαίτερη διατροφική αξία. Η περιεκτικότητα των συστατικών ποικίλει ανάλογα με τον τρόπο παρασκευής της ελιάς. Σχεδόν όλα τα θρεπτικά συστατικά που συναντώνται στο ελαιόλαδο βρίσκονται και στις βρώσιμες ελιές και κάποια από αυτά είναι οι πρωτεΐνες, οι υδατάνθρακες, οι βιταμίνες κ.α. (Απόστολος Κυριτσάκης, 2007).

1.11.3 Εμπόριο επιτραπέζιας ελιάς

Η Ελλάδα αποτελεί τη δεύτερη μεγαλύτερη χώρα παραγωγής επιτραπέζιων ελιών στην Ευρωπαϊκή Ένωση και είναι η δεύτερη χώρα σε εξαγωγές. Η παραγωγή

επιτραπέζιων ελιών υπήρξε τομέας υψηλής ανάπτυξης στην Ελλάδα τις δύο τελευταίες δεκαετίες. Το 80% της παραγωγής εξάγεται. Η Ισπανία είναι η μεγαλύτερη χώρα παραγωγής και η Ευρώπη αντιπροσωπεύει περισσότερο από το ένα τρίτο της συνολικής παγκόσμιας παραγωγής επιτραπέζιων ελιών. Μόνο τέσσερις χώρες έχουν σημαντική παραγωγή επιτραπέζιων ελιών και είναι η Ισπανία, η Ελλάδα, η Ιταλία και η Πορτογαλία (Χρήστος Ρετσινάς, 2020).

Πίνακας 3. Μέση παγκόσμια παραγωγή επιτραπέζιων ελιών την περίοδο 2009/10-2019/20. Πηγή: Μαρία Κούτλου, 2020

Ευρωπαϊκή Ένωση	30%
Αίγυπτος	17%
Τουρκία	15%
Αλγερία	8%
Συρία	4%
Μαρόκο	4%
Αργεντινή	4%
Περού	2%
Λοιπές	12%

Πίνακας 4. Μέση παγκόσμια κατανάλωση επιτραπέζιων ελιών την περίοδο 2009/10-2019/20. Πηγή: Μαρία Κούτλου, 2020

Ευρωπαϊκή Ένωση	22%
Αίγυπτος	14%
Τουρκία	12%
Αλγερία	8%
ΗΠΑ	8%
Συρία	4%
Βραζιλία	4%
Ιράν	2%
Περού	1%
Λοιπές	20%

Πίνακας 5. Μέση παγκόσμια ποσότητα εξαγωγής επιτραπέζιων ελιών κατά την περίοδο 2009/10-2019/20. Πηγή: Μαρία Κούτλου, 2020

Ευρωπαϊκή Ένωση	39%
Αίγυπτος	13%
Μαρόκο	12%
Τουρκία	10%
Αργεντινή	10%
Περού	4%
Συρία	1%
Λοιπές	7%

Πίνακας 6. Μέση παραγωγή επιτραπέζιων ελιών των χωρών της ΕΕ την περίοδο 2009/10-2019/20. Πηγή: Μαρία Κούτλου, 2020

Ισπανία	68%
Ελλάδα	21%
Ιταλία	7%
Πορτογαλία	2%
Κύπρος	0,3%
Λοιπές	0,01%

Πίνακας 7. Μέση κατανάλωση επιτραπέζιων ελιών των χωρών της ΕΕ την περίοδο 2009/10-2019/20. Πηγή: Μαρία Κούτλου, 2020

Ισπανία	31%
Ιταλία	20%
Γαλλία	9%
Γερμανία	8%
Ηνωμένο Βασίλειο	6%
Ελλάδα	2%
Βουλγαρία	2%
Βέλγιο	2%
Σουηδία	1%
Πορτογαλία	1%
Λοιπές	14%

Πίνακας 8. Μέση ποσότητα εξαγωγής επιτραπέζιων ελιών της ΕΕ κατά την περίοδο 2009/10-2019/20. Πηγή: Μαρία Κούτλου, 2020

Ισπανία	66%
Ελλάδα	23%
Πορτογαλία	4%
Λοιπές	5%

1.11.4 Απόβλητα επεξεργασίας βρώσιμης ελιάς

Η διαδικασία παρασκευής είναι διαφορετική για κάθε τύπο βρώσιμης ελιάς και γι' αυτό το λόγο η ποσότητα των παραγόμενων αποβλήτων είναι διαφορετική σε κάθε περίπτωση.

Κατά την παρασκευή πράσινης ελιάς τύπου Ισπανίας παράγονται υγρά απόβλητα των οποίων η ποσότητα και η σύσταση κυμαίνεται ανάλογα με την ποικιλία και το μέγεθος της ελιάς, τη μέθοδο επεξεργασίας και τη δυναμικότητα του κάθε εργοστασίου. Η διαδικασία της εκπρίκρυνσης που απαιτείται για τις πράσινες ελιές δημιουργεί και τις

μεγαλύτερες ποσότητες αποβλήτων. Τα απόβλητα αυτά παρουσιάζουν υψηλό ρυπαντικό φορτίο(Απόστολος Κυριτσάκης, 2007).

Λόγω την χημικής τους σύνθεσης αλλά και κυρίως λόγω της αυξανόμενης ποσότητας, επιβαρύνουν το φυσικό περιβάλλον όλο και περισσότερο. Αποδέκτες της μόλυνσης από τα απόβλητα είναι οι υδάτινοι όγκοι. Όταν τα απόβλητα καταλήγουν σε ρυάκια, λίμνες ή την θάλασσα προκαλούν με τα σάκχαρα που περιέχουν την ανάπτυξη μεγάλου αριθμού μικροοργανισμών. Οι μικροοργανισμοί αυτοί καταναλώνουν μεγάλες ποσότητες οξυγόνου δημιουργώντας συνθήκες ασφυξίας για τα υδρόβια ζώα και τα ψάρια. Επίσης, μπορεί να παράγουν τοξικές ουσίες για τα υδρόβια ζώα (Ιωάννης Θεριός, 2005).

1.12 Περιβάλλον – Υγρά Απόβλητα

Η πλειοψηφία των ανθρώπινων δραστηριοτήτων δημιουργεί απόβλητα ή απορρίματα. Τα απόβλητα διακρίνονται σε στερεά και σε υγρά, ενώ τα αστικά και βιομηχανικά υγρά απόνερα καλούνται και λύματα. Τα υγρά απόβλητα δημιουργούνται από μία σειρά χρήσεων και εφαρμογών σε κατοικίες, σε εμπορικές και βιομηχανικές εγκαταστάσεις από το νερό που παρέχεται σε έναν οικισμό. Τα απόβλητα ήταν και είναι ένα δυσάρεστο πρόβλημα εξαιτίας της προκαλούμενης ρύπανσης στο περιβάλλον κατά τη συλλογή, τη μεταφορά και τη τελική τους διάθεση (Γεώργιος Χάλκος, 2016).

Το νερό αποτελεί σημαντικό παράγοντα ύπαρξης ζωής στη Γη. Θεωρείται και είναι από τους σημαντικότερους φυσικούς πόρους, καθώς οι χρήσεις του είναι ποικίλες και αναγκαίες για την ανάπτυξη και τη διατήρηση της ζωής. Έτσι χρησιμοποιείται ως πόσιμο, ως αρδεύσιμο για τη γεωργία, ως απαραίτητο συστατικό ανάπτυξης των υδρόβιων μορφών ζωής, καθώς και σε πολλές παραγωγικές διαδικασίες στη βιομηχανία, την ενέργεια και αλλού (Γεώργιος Χάλκος, 2016).

Το πρόβλημα της υδατικής ρύπανσης παρατηρείται κοντά σε παράκτιες περιοχές, ενώ τα απόβλητα αυτά είναι φορείς βακτηρίων. Ο υπερβολικός εμπλουτισμός με θρεπτικά συστατικά που καταλήγουν στη θάλασσα από ποταμούς και υπονόμους προκαλεί τον ευτροφισμό με υπέρμετρη ανάπτυξη των φυτικών κυρίως οργανισμών και διατάραξη της υπάρχουσας ισορροπίας (Γεώργιος Χάλκος, 2016).

Η αύξηση της υδατικής χλωρίδας με την υπερανάπτυξη των υδρόβιων φυτών και του φυτοπλαγκτόν με τη σειρά της προκαλεί υπερκατανάλωση του οξυγόνου του νερού. Τελικά, τα φυτά για να αποικοδομηθούν καταναλώνουν το περισσότερο από το

διαλυμένο οξυγόνο και αυτό οδηγεί πολλά ψάρια στο θάνατο από ασφυξία (Γεώργιος Χάλκος, 2016).

1.12.1 Ποιοτικά Χαρακτηριστικά Υγρών Αποβλήτων

1.12.1.1 Φυσικά χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων

Τα φυσικά χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων περιλαμβάνουν την ολική περιεκτικότητα σε στερεά συστατικά, την οσμή, τη θερμοκρασία, το χρώμα, τη θολερότητα κ.α.

➤ Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία ανάλογα με τη γεωγραφική θέση κυμαίνεται με μέσο όρο στους 10-20°C. Είναι υψηλότερη από τη θερμοκρασία του πόσιμου νερού επειδή ένα μέρος του νερού θερμαίνεται κατά τις διάφορες ανθρώπινες δραστηριότητες. Επιδρά σημαντικά στις χημικές αντιδράσεις. Γι' αυτό και ο προσδιορισμός της στα υγρά απόβλητα είναι σημαντικός. Αυξανόμενη θερμοκρασία μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική μείωση του διαλυμένου οξυγόνου, επηρεάζοντας τους οργανισμούς που ζουν στους υδάτινους αποδέκτες (Αλκηστις-Θεοδώρα Λέκκα, 2013).

➤ Οσμή

Οι οσμές προκύπτουν συνήθως από εκλυόμενα αέρια στην αποσύνθεση οργανικών ουσιών ή ουσιών που προστίθενται στο απόβλητο. Η οσμή μπορεί να μετρηθεί με οργανοληπτικές μεθόδους ή με ενόργανη ανάλυση (Αλκηστις-Θεοδώρα Λέκκα, 2013).

➤ Χρώμα

Το χρώμα συνδέεται με το χρόνο παραγωγής των υγρών αποβλήτων. Τα φρέσκα απόβλητα εμφανίζουν καφέ-γκρίζο χρώμα που σταδιακά μεταβάλλεται σε σκούρο γκρι και τέλος σε μαύρο, λόγω της δημιουργίας αναερόβιων συνθηκών (Αλκηστις-Θεοδώρα Λέκκα, 2013).

➤ Ολική περιεκτικότητα σε στερεά συστατικά

Ολική περιεκτικότητα σε στερεά συστατικά υγρών αποβλήτων, ονομάζεται το στερεό υλικό που απομένει μετά από εξάτμιση στους 103-105°C. Τα ολικά στερεά (Total Solids-TS) κατηγοριοποιούνται σε διηθήσιμα (Filterable Solids-FS) και αιωρούμενα (Suspended Solids-SS). Για τη διήθηση των ολικών στερεών χρησιμοποιούνται διηθητικές μεμβράνες από οργανικά πολυμερή ή γυάλινες ίνες. Η μάζα των στερεών

αφυδατωμένων συστατικών που παραμένουν στο φίλτρο μετά την εξάτμιση του νερού, διαφοροποιούνται σε ολικά διηθήσιμα (TDS), δηλαδή μάζα του υπολείμματος που απομένει και ολικά αιωρούμενα στερεά (TSS) (Αλκηστις-Θεοδώρα Λέκκα, 2013).

➤ Αγωγιμότητα

Με την αγωγιμότητα εκτιμάται η ποιότητα της επεξεργαζόμενης εκροής (Αλκηστις-Θεοδώρα Λέκκα, 2013).

1.12.1.2. Χημικά χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων

Στα χημικά χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων περιλαμβάνονται χημικές ενώσεις και στοιχεία οργανικής και ανόργανης προέλευσης. Τα οργανικά συστατικά διακρίνονται σε εύκολα και δύσκολα βιοαποικοδομήσιμα (Αλκηστις-Θεοδώρα Λέκκα, 2013).

➤ Πρωτεΐνες

Οι πρωτεΐνες είναι μακρομόρια που προέρχονται από τροφές φυτικής ή ζωικής προέλευσης. Λόγω της ύπαρξης θείου στα μόρια τους, όταν βρίσκονται σε πολύ μεγάλες συγκεντρώσεις κατά την αποσύνθεση τους εκλύουν δυνατές οσμές (Αλκηστις-Θεοδώρα Λέκκα, 2013).

➤ Υδατάνθρακες

Οι υδατάνθρακες αποτελούνται από άνθρακα, υδρογόνο και οξυγόνο. Είναι βιοδιασπάσιμοι (άμυλο, σάκχαρα, κυτταρίνη) (Αλκηστις-Θεοδώρα Λέκκα, 2013).

➤ Οργανικά συστατικά (N και P)

Τα οργανικά συστατικά (άζωτο και φώσφορος) είναι θρεπτικά στοιχεία απαραίτητα για την ανάπτυξη πολλών οργανισμών, όπως οι μικροοργανισμοί. Σε μικρές ποσότητες είναι απαραίτητα για τη βιολογική επεξεργασία. Άλλα φαινόμενα, όπως του ευτροφισμού, κάνουν απαραίτητη τη συγκέντρωσή τους, αφού αποτελούν σημαντική παράμετρο της ποιότητας επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων (Αλκηστις-Θεοδώρα Λέκκα, 2013).

➤ Λίπη και Έλαια

Τα λίπη και τα έλαια είναι ενώσεις που δεν διασπώνται εύκολα από βακτήρια, ενώ μπορούν να προκαλέσουν προβλήματα αν δεν απομακρυνθούν από τα απόβλητα πριν

τη διάθεση τους στη φύση, δημιουργώντας προβλήματα σε πολλούς ζωντανούς οργανισμούς (Άλκηστις-Θεοδώρα Λέκκα, 2013).

➤ Βαρέα μέταλλα

Είναι στοιχεία, όπως ο χαλκός, το νικέλιο και ο υδράργυρος, που αντιδρούν με τα μικροβιακά ένζυμα αναστέλλοντας ή επιβραδύνοντας το μεταβολισμό τους. Σε υψηλές θερμοκρασίες πρέπει να απομακρύνονται από τα απόβλητα γιατί γίνονται τοξικά, τερατογόνα και καρκινογόνα (Άλκηστις-Θεοδώρα Λέκκα, 2013).

➤ BOD

Όταν η οργανική ύλη αποσυντίθενται, οι μικροοργανισμοί, όπως τα βακτήρια και οι μύκητες, τρέφονται από τα υλικά της αποσύνθεσης και προκαλείται οξείδωση. Το βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD), μετρά την ποσότητα οξυγόνου που καταναλώνεται από τους μικροοργανισμούς στη διαδικασία αποσύνθεσης οργανικών ουσιών στο νερό. Όσο περισσότερο οξυγόνο χρησιμοποιούν οι μικροοργανισμοί, τόσο μεγαλύτερο είναι το βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο, αφήνοντας λιγότερο οξυγόνο για την υπόλοιπη υδρόβια χλωρίδα και πανίδα (Άλκηστις-Θεοδώρα Λέκκα, 2013).

➤ COD

Το χημικά απαιτούμενο οξυγόνο είναι η ποσότητα οξυγόνου που απαιτείται για χημική οξείδωση των οργανικών στοιχείων ενός υγρού αποβλήτου. Χρησιμοποιείται συνήθως για τη μέτρηση της ποσότητας των οργανικών ενώσεων στο νερό (Άλκηστις-Θεοδώρα Λέκκα, 2013).

➤ Ολικός Οργανικός Άνθρακας

Ολικός οργανικός άνθρακας (TOC), είναι το ποσό του άνθρακα που δεσμεύεται σε μια οργανική ένωση και χρησιμοποιείται συχνά ως ένας μη ειδικός δείκτης της ποιότητας του νερού. Εκφράζει το συνολικό οργανικό φορτίο σε ένα δείγμα ύδατος (Άλκηστις-Θεοδώρα Λέκκα, 2013).

Πίνακας 9. Χαρακτηριστικά αποβλήτων από τις διάφορες επεξεργασίες παραγωγής ελαιολάδου. Πηγή: <http://www.gaiapedia.gr>

Χαρακτηριστικά αποβλήτων	Παραδοσιακή	Τριών φάσεων	Δύο φάσεων
Στερεό υπόλειμμα (kg/tn καρπού)	330	500	800
Υγρά απόβλητα (lt/tn καρπού)	600	1.200	250
Φυτικό νερό των υγρών αποβλήτων (%)	94	90	99
BOD ₅ υγρών αποβλήτων (gr/lt)	100	80	10
Πολυφαινόλες στα υγρά απόβλητα (mg/lt)	203	164	200
Δείκτης πικρότητας	1,4	0,5	-

Πίνακας 10. Μέση σύσταση υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων. Πηγή: <http://www.gaiapedia.gr>

Χαρακτηριστικά	Τιμή (γραμμάρια/λίτρο)
Ολικά στερεά	14-126
Πτητικά οργανικά στερεά	12-105
Ολικά αιωρούμενα στερεά	0,4-24
Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο	25-162
Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο	9,2-100
Ολικό οργανικό άζωτο	0,009-3,2
Ολικός φώσφορος	Τχνη-1,4

	Χαρακτηριστικά αποβλήτων ελαιοτριβείων	Κλασικό	Φυγοκεντρικό
Μέγεθος	pH	4,5-5,5	4,7-5,2
Ρυπογόνο δυναμικό	Χημικά απαιτούμενο οξύγονο (gr/l)	120-130	45-60
	Βιοχημικά απαιτούμενο οξύγονο (gr/l)	90-100	35-48
	Αιωρούμενα στερεά (%)	0,1	0,9
	Ολικά στερεά (%)	12	6
	Ολικά οργανικά στερεά (%)	10,5	5,5
	Ολικά ανόργανα στερεά (%)	1,5	0,5
Οργανικές ουσίες (%)	Ολικά σάκχαρα	2-8	0,5-2,6
	Αζωτούχες ενώσεις	0,5-2	1,7-2,4
	Οργανικά οξέα	0,5-1	0,2-0,4
	Πολυαλκοόλες	1-1,5	0,3-0,5
	Πηκτίνες, τανίνες	1-1,5	0,2-0,5
	Πολυφαινόλες	2-2,4	0,3-0,8
	Λίπη	0,03-1	0,5-2,3
Ανόργανα στοιχεία (%)	Φώσφορος (P)	0,11	0,03
	Κάλιο (K)	0,72	0,27
	Ασβέστιο (Ca)	0,07	0,02
	Μαγνήσιο (Mg)	0,04	0,01
	Νάτριο (Na)	0,09	0,03

Πίνακας 11. Παροχή αποβλήτων ανάλογα με τον τύπο του ελαιοτριβείου. Πηγή:
<http://www.gaiapedia.gr>

Τύπος ελαιοτριβείου	Δυναμικότητα-μέγεθος σε Kg/h		Παροχή αποβλήτων m ³
Κλασικό	Πολύ μικρό	500	7,8
	Μικρό	550-1.000	7,8-15,6
	Μεσαίο	1.000-1.250	15,6-19,5
	Μεγάλο	1.250-2.000	19,5-31,2
	Πολύ μεγάλο	2.000	31,2-62,4
Φυγοκεντρικό	Μεσαίο	1.000-1.250	26,4-33
	Μεγάλο	1.250-2.000	33-52,8
	Πολύ μεγάλο	2.000	52,8-105,6

Πίνακας 12. Σύνθεση υγρών αποβλήτων από την εφαρμογή Ισπανικής μεθόδου επεξεργασίας επιτραπέζιας ελιάς. Πηγή: Παναγιώτης Κρητικός, 2018

Παράμετρος	Αλκαλικό διάλυμα		Νερά πλύσης		Άλμη	
	Μέση τιμή	Εύρος	Μέση τιμή	Εύρος	Μέση τιμή	Εύρος
pH	12,1	9,5-13,2	10	7,2-11,5	4	3,6-4,6
Οξύτητα	-	-	-	-	8	3,5-15
Ηλεκτρική αγωγιμότητα	12,1	11,1-13	10,2	-	81,4	53,1-94,2
COD	18,8	9,4-35	16,1	0,3-35	15,9	6,8-26
BOD	9,5	3,1-20	11	0,1-21	10,6	2,2-20
Οργανικά διαλυμένα στερεά	21,9	13,1-30	24,2	19,1-30	18,8	13,6-25,2
Ανόργανα διαλυμένα στερεά	21,9	15,4-35	20	6,8-54,3	73,9	20,9-110
Ολικά αιωρούμενα στερεά	2,03	0,1-3,42	0,07	0,03-0,1	0,81	0,08-2
Ολικές φαινόλες	1,78	0,21-4	2,32	0,45-4	2,78	0,18-6
Σάκχαρα	6,6	4,9-9	6,4	4,7-9	-	-
Ολικό άζωτο	0,58	0,5-0,75	-	-	0,32	0,27-0,36
NaOH	9	6,9-11	1,5	0,9-2	-	-
NaCl	0,0005	0-0,001	0,0005	0-0,001	67,8	52-90
Cl	0,32	0-0,6	0,3	0-0,6	49,1	36,4-62,7

Πίνακας 13. Σύνθεση υγρών αποβλήτων κατά την επεξεργασία φυσικών μαύρων ελαιόκαρπων. Πηγή: Παναγιώτης Κρητικός, 2018

Παράμετρος	Μέση τιμή	Εύρος
pH	4,31	3,60-5
Ηλεκτρική αγωγιμότητα	111,5	-
COD	32,3	11-60
BOD	24	3-38,3
Οργανικά διαλυμένα στερεά	101,3	95,3118,8
Ολικά αιωρούμενα στερεά	0,13	0,1-0,15
Ολικές φαινόλες	4,3	3,2-5,2
NaCl	66,4	56-77
Cl	39,4	33,3-45,5

Πίνακας 14. Κύρια χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων από την επεξεργασία επιτραπέζιων ελιών. Πηγή: Παναγιώτης Κρητικός, 2018

Χαρακτηριστικά	NaOH-Νερό πλύσης	Άλμη
pH	9-13	4
NaOH	1,1-1,5	-
NaCl	-	6-10
Ελεύθερη οξύτητα	-	6-15
Πολυφαινόλες	4,1-6,3	5-7
COD	23-28	10-20
BOD	15-25	9-15
Διαλυτά οργανικά στερεά	30-40	10-20

2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Τα υγρά απόβλητα εμφανίζουν ισχυρή τοξικότητα και φυτοτοξικότητα. Για τη διαχείριση των υγρών αποβλήτων υπάρχουν αρκετές φυσικές, φυσικοχημικές, βιολογικές και σε συνδυασμό διεργασίες.

2.1 Φυσικές μέθοδοι

Για την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων έχουν εφαρμοστεί απλές φυσικές μέθοδοι όπως η αραίωση, η καθίζηση, το φιλτράρισμα, η επίπλευση, ο διαχωρισμός με μεμβράνες και η φυγοκέντρωση. Μεμονωμένα καμία από αυτές τις μεθόδους δεν είναι αρκετή για να μειώσει το οργανικό φορτίο και την τοξικότητα των υγρών αποβλήτων σε επιτρεπτά όρια. Χρησιμοποιούνται συνήθως ως μέθοδοι προεπεξεργασίας, πριν οδηγηθούν σε άλλες διεργασίες (Αλέξανδρος Ρούτσης, 2018).

2.1.1 Αραίωση

Η αραίωση είναι μία από τις πιο συχνά εφαρμοζόμενες και φθηνές μεθόδους προεπεξεργασίας των υγρών αποβλήτων (Αλέξανδρος Ρούτσης, 2018). Στοχεύει στην ελάττωση του οργανικού φορτίου, μέσω της αναλογικής ανάμιξης με απόβλητα με μικρό οργανικό φορτίο (Μιλτιάδης Τζουγανάκης, 2019). Η εφαρμογή αυτής της μεθόδου βελτιώνει την καταλληλότητα της διάθεσης των αποβλήτων αυτών στο έδαφος και ενισχύει την ανάπτυξη της χλωρίδας της περιοχής. Η αραίωση των υγρών αποβλήτων μειώνει τη φυτοτοξικότητα τους και βελτιώνει τα χαρακτηριστικά του εδάφους (Αλέξανδρος Ρούτσης, 2018).

2.1.2 Φυγοκέντρωση

Η φυγοκέντρωση αποτελεί μία διεργασία διαχωρισμού φάσεων. Λόγω διαφορετικής πυκνότητας, γίνεται διαχωρισμός υγρού-στερεού κλάσματος, αλλά και διαχωρισμός της ποσότητας ελαιολάδου από το υγρό κλάσμα. Με τη φυγοκέντρωση επιτυγχάνεται απομάκρυνση έως και 70% του συνολικού COD. Η αποδοτικότητα απομάκρυνσης και μείωσης των ποιοτικών παραμέτρων των υγρών αποβλήτων καθιστά την φυγοκέντρωση ως μία από τις απολεσματικότερες μεμονωμένες φυσικές μεθόδους προεπεξεργασίας (Αλέξανδρος Ρούτσης, 2018, Μιλτιάδης Τζουγανάκης, 2019).

2.1.3 Διαχωρισμός με μεμβράνες

Ο διαχωρισμός με μεμβράνες είναι μία φυσική διεργασία διαχωρισμού που βασίζεται στο διαφορετικό μέγεθος των σωματιδίων του κάθε συστατικού που περιέχεται σε ένα υγρό μίγμα (Αλέξανδρος Ρούτσης, 2018). Οι μεμβράνες είναι λεπτά φύλλα από πλαστικό ή κεραμικό που επιτρέπουν επιλεκτικά τη διέλευση σωματιδίων. Μπορεί να επιτευχθεί υψηλή συγκράτηση πολυφαινολών και COD, ώστε κατά την έξοδο τους τα υγρά απόβλητα να δίνουν νερό κατάλληλο για βιομηχανική χρήση.

Μειονέκτημα της διεργασίας αυτής είναι το υψηλό κόστος λειτουργίας και η ανάγκη εξειδικευμένου προσωπικού. Ακόμη, λόγω της υψηλής συγκέντρωσης πηκτικών που περιέχουν τα υγρά απόβλητα, η αποτελεσματικότητα των μεμβρανών περιορίζεται αν δεν προηγηθεί η απομάκρυνση τους (Μιλτιάδης Τζουγανάκης, 2019).

2.1.4 Φιλτράρισμα

Το Φιλτράρισμα είναι μία από τις πιο συνηθισμένες διεργασίες για το διαχωρισμό μιγμάτων που περιέχουν αιωρούμενα στερεά και κολλοειδή σωματίδια. Συντελείται υπό κανονικές συνθήκες ή υπό συνθήκες υψηλής πίεσης. Επιτυγχάνει σημαντικό ποσοστό μείωσης του COD και έχει χαμηλό οικονομικό κόστος, αλλά έχει πολύ αργούς ρυθμούς εξέλιξης. Έχει καταγραφεί επιτυχία μείωσης COD στα 58g/L από αρχική συγκέντρωση 160g/L, κατά την επεξεργασία υγρών αποβλήτων με φιλτράρισμα (Αλέξανδρος Ρούτσης, 2018).

2.2 Φυσικοχημικές μέθοδοι

Οι φυσικοχημικές μέθοδοι επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων διενεργούνται όταν οι φυσικές μέθοδοι δεν αρκούν για την εξάλειψη του συνολικού ρυπογόνου φορτίου που φέρουν τα υγρά απόβλητα. Επίσης, χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με τις φυσικές μεθόδους, με σκοπό τη βελτίωση της αποτελεσματικότητάς των εφαρμοζόμενων διεργασιών. Οι φυσικοχημικές διεργασίες ενεργούν και ως προπαρασκευαστικό στάδιο πριν από τις βιολογικές διεργασίες, εξουδετερώνοντας τα τοξικά συστατικά των υγρών αποβλήτων (Αλέξανδρος Ρούτσης, 2018).

Στις φυσικοχημικές μεθόδους που εφαρμόζονται για την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων, ανήκει η οξειδωση με όζον, η οξειδωση με τη χρήση αντιδραστήρα Fenton, η υγρή οξειδωση και ηλεκτροχημική οξειδωση.

2.2.1 Οξείδωση με όζον (O₃)

Το όζον δρα ως απολυμαντικό, καταστρέφοντας τους παθογόνους μικροοργανισμούς και μεγάλο ποσοστό των ενώσεων που ευθύνονται για την ανεπιθύμητη γεύση και οσμή του νερού, κυρίως των φαινολικών ενώσεων, που υπάρχουν στα υγρά απόβλητα. Η διαδικασία οξείδωσης με τη χρήση όζοντος είναι μία απλή διεργασία, από την οποία παράγονται τα προϊόντα της οξείδωσης και το οξυγόνο και θεωρείται ασφαλής προς το περιβάλλον. Μέσα από έρευνες, διαπιστώθηκε ότι η οξείδωση με όζον φέρει ικανοποιητικά αποτελέσματα στην επεξεργασία των αποβλήτων επιτραπέζιας ελιάς, απομακρύνοντας μεγάλο ποσοστό πολυφαινολών και χρώματος. Ωστόσο, συστήνεται ο συνδυασμός της με άλλη μέθοδο επεξεργασίας αποβλήτων για την απομάκρυνση του οργανικού φορτίου των αποβλήτων στον επιθυμητό βαθμό (Ευσταθία Ρήγα, 2021).

2.2.2 Οξείδωση με τη χρήση αντιδραστήρα Fenton

Η μέθοδος αυτή πραγματοποιείται με την προσθήκη μίγματος υπεροξειδίου του υδρογόνου (H₂O₂) και θεικού σιδήρου (FeSO₄) στα απόβλητα. Από την εφαρμογή της μεθόδου προέκυψε μικρή μείωση του οργανικού φορτίου και των φαινολών των αποβλήτων. Προτείνεται ο συνδυασμός της μεθόδου με κάποια άλλη ώστε να είναι αποτελεσματικότερη (Ευσταθία Ρήγα, 2021).

2.2.3 Υγρή οξείδωση

Στη μέθοδο με οργανική οξείδωση, οι οργανικές ουσίες των υγρών αποβλήτων οξειδώνονται από τη διοχέτευση οξυγόνου (O₂) σε θερμοκρασία μεταξύ 120-300°C και πίεσης 10-220 bar. Σύμφωνα με έρευνες, με την διεργασία αυτή, μπορεί να επιτευχθεί αφαίρεση φαινόλης έως 98% και απομάκρυνση COD έως 99,9% από αραιωμένα υγρά απόβλητα, μετά από κατεργασία περίπου τριών λεπτών. Παρόλο τα επιθυμητά αποτελέσματα της μεθόδου, έχει μεγάλο κόστος ως προς την υποδομή αλλά και τη λειτουργία, καθώς και στις υψηλές αέριες εκπομπές ρύπων (Ευσταθία Ρήγα, 2021, Μιλτιάδης Τζουγανάκης, 2019).

2.2.4 Ηλεκτροχημική οξείδωση

Η ηλεκτροχημική οξείδωση λαμβάνει χώρα σε αντιδραστήρα όπου διοχετεύεται ηλεκτρικό ρεύμα στην άνοδο και την κάθοδο. Στην άνοδο του αντιδραστήρα συγκεντρώνονται οι δυσδιάσπαστες ενώσεις των υγρών αποβλήτων όπου ηλεκτρολύονται και οξειδώνονται. Πειραματικά αποτελέσματα έδειξαν ότι η εφαρμογή της μεθόδου οδηγεί σε πλήρη διάσπαση των φαινολικών ενώσεων, χωρίς όμως σημαντική μείωση του COD και του χρώματος του αποβλήτου. Τα μειονεκτήματα της

μεθόδου είναι η μεγάλη κατανάλωση ενέργειας και το εξειδικευμένο προσωπικό που απαιτείται (Ευσταθία Ρήγα, 2021, Μιλτιάδης Τζουγανάκης, 2019).

2.3 Θερμικές μέθοδοι

Οι μέθοδοι αυτής της κατηγορίας έχουν ένα κοινό, περιλαμβάνουν όλες τη συμπύκνωση των αποβλήτων με μείωση του περιεχόμενου νερού, που οδηγεί σε μείωση του τελικού όγκου των αποβλήτων. Χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες, η πρώτη περιλαμβάνει την εξάτμιση και απόσταξη, που είναι θερμοφυσικές μέθοδοι. Η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει μη αντιστρεπτές θερμοχημικές μεθόδους, όπως την καύση και την πυρόλυση. Η τρίτη κατηγορία περιλαμβάνει συνδυασμό από φυσικές και βιολογικές μεθόδους και αφορά τη μέθοδο λιμνών (Σοφία Ντόλια, 2006).

2.3.1 Θερμοφυσικές μέθοδοι

Σε αυτές τις μεθόδους (εξάτμιση και απόσταξη), υπάρχει σχηματισμός ενός συμπυκνώματος, μελάσα ή συμπυκνωμένης πάστας και ενός πτητικού ρεύματος που αποτελείται, από υγρό ατμό και πτητικές ουσίες. Αυτές οι διαδικασίες δίνουν μία σημαντική μείωση του COD και BOD (Σοφία Ντόλια, 2006).

Η εξάτμιση των υγρών αποβλήτων μειώνει τον όγκο κατά 70-75%, ενώ το απόσταγμα που παράγεται είναι ελεύθερο στερεών με 80% χαμηλότερο COD και χαμηλότερο ολικό άζωτο, ενώ το υπόλειμμα είναι σε στερεή μορφή με 15% υγρασία και δεν έχει οσμές (Σοφία Ντόλια, 2006).

Η διαδικασία μπορεί εύκολα να γίνει χρησιμοποιώντας βιομηχανικούς εξατμιστήρες. Το υπόλειμμα που παράγεται μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως τροφή για τα ζώα, λίπασμα ή να ξαναμπει στη διαδικασία απόσταξης. Ο συμπυκνωμένος ατμός μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο στάδιο του πλυσίματος των ελιών στα ελαιοτριβεία. Απαιτείται πολλή ενέργεια για τη θέρμανση των υγρών αποβλήτων, σε θερμοκρασίες, στις οποίες αρχίζουν να εξατμίζονται (Σοφία Ντόλια, 2006).

2.3.2 Μη αντιστρεπτές θερμοχημικές μέθοδοι

Είναι οι πιο θεμελιώδεις και καταστροφικές τεχνικές, οι οποίες περιορίζουν οποιαδήποτε πιθανότητα περαιτέρω χρήσης των αποβλήτων. Και οι δύο τεχνικές (καύση και πυρόλυση) χρησιμοποιούνται για τη διάσπαση-αποσύνθεση των συμπυκνωμένων διαλυμάτων των υγρών αποβλήτων, συμπληρωματικά με άλλες επεξεργασίες. Ωστόσο και οι δύο τεχνικές προκαλούν περιβαλλοντικά προβλήματα, λόγω της απελευθέρωσης τοξικών ουσιών με τη μορφή αερίων, απαιτούν μεγάλη

κατανάλωση ενέργειας, πολύ ακριβές υπηρεσίες και παράγουν ενεργειακά απόβλητα (Σοφία Ντόλια, 2006).

2.3.2.1 Κάυση

Είναι μία μέθοδος που χρησιμοποιείται ευρέως για τη διάθεση απόβλητων υλικών, αλλά το πρόβλημα με τα υγρά απόβλητα είναι ότι περιέχουν περίπου 80-90% νερό και έτσι είναι αδύνατο να υποστούν καύση χωρίς προξήρανση. Η διαδικασία αυτή επομένως, είναι κατάλληλη για πολύ συμπυκνωμένα υγρά απόβλητα. Ακόμη, η παραγωγή των αποβλήτων είναι εποχιακή, αυτό σημαίνει ότι εάν ο αποτεφρωτήρας πρόκειται να δουλεύει όλο το χρόνο, απαιτούνται απόβλητα για καύση από άλλες δραστηριότητες (Σοφία Ντόλια, 2006).

2.3.2.2 Πυρόλυση

Η πυρόλυση χρησιμοποιείται κυρίως για τη διάσπαση συμπυκνωμένων διαλυμάτων υγρών αποβλήτων. Κατά τη διάρκεια της καύσης, τα ανόργανα άλατα του συμπυκνωμένου διαλύματος λιώνουν και καλύπτουν τους σωλήνες του λέβητα, καθιστώντας τους μη λειτουργικούς (Σοφία Ντόλια, 2006).

2.3.3 Μέθοδος λιμνών

Με τη χρήση μεγάλων λιμνών (τεχνικών λιμνών εξάτμισης ή λιμνών αποθήκευσης), η ενέργεια του ήλιου χρησιμοποιείται για να επιταχύνει τη διαδικασία εξάτμισης και ξήρανσης των υγρών αποβλήτων, τα οποία διασπώνται μέσω μίας φυσικής βιολογικής διαδρομής σε περίοδο 7-8 μηνών. Κατά την περίοδο αποθήκευσης, λαμβάνουν χώρα διάφορες διαδικασίες, όπως εξάτμιση του νερού, εξάτμιση των πτητικών συστατικών, αποικοδόμηση και υδρόλυση του οργανικού υλικού και επίδραση της ηλικιακής ακτινοβολίας στη δομή του οργανικού υλικού (Σοφία Ντόλια, 2006).

Οι περισσότερες χώρες της Μεσογείου διαθέτουν τα υγρά απόβλητα σε τεχνητές λίμνες εξάτμισης. Ορισμένες διαθέτουν αδιαπέραστο στρώμα στον πυθμένα και άλλες χρησιμοποιούν το έδαφος σαν υλικό δέκτη. Η μέθοδος αυτή ουσιαστικά, είναι μία από τις πρώτες διαδικασίες που χρησιμοποιήθηκαν για τη διάθεση των υγρών αποβλήτων (Σοφία Ντόλια, 2006).

Οι λίμνες εξάτμισης είναι απλές εφαρμογές, χαμηλού κόστους, αλλά υπάρχει κίνδυνος ρύπανσης του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα, εάν η μόνωση της λεκάνης δεν είναι σωστή ή εάν υπάρξει κάποια διαρροή. Κύριο μειονέκτημα της μεθόδου είναι η έντονη δυσσομία που αναδύεται από τα υγρά απόβλητα, η οποία είναι αντιληπτή σε

μεγάλη απόσταση. Στο τέλος της διαδικασίας παραμένει μία ελαιούχος και υγρή λάσπη (Δημήτρης Ρεβενιώτης, Νίκος Τσαμάνδουρας, 2008).

2.4 Βιολογικές μέθοδοι

Οι βιολογικές μέθοδοι περιλαμβάνουν τη χρήση μικροοργανισμών για την απομάκρυνση οργανικής ύλης και άλλων ρύπων. Η χρήση των μικροοργανισμών στοχεύει στη μείωση των λιπών, των ελαίων, του BOD, του COD, των αιωρούμενων σωματιδίων και την εξάλειψη δυσάρεστων οσμών. Οι μέθοδοι διακρίνονται σε αερόβιες και αναερόβιες διεργασίες χώνεψης ή ζύμωσης (Αλέξανδρος Ρούτσης, 2018).

2.4.1 Αερόβια επεξεργασία

Η αερόβια επεξεργασία αποβλήτων χρησιμοποιείται για τον καθαρισμό των λυμάτων και την μετατροπή τους σε πιο χρήσιμα υλικά, ή σε φιλικά προς το περιβάλλον απόβλητα. Συντελεί στην απομάκρυνση του οργανικού φορτίου σε μεγάλο ποσοστό, αλλά τα ποσοστά των φαινολών και των αρωματικών ενώσεων παραμένουν χαμηλά. Η αερόβια επεξεργασία μπορεί να γίνει με διεργασίες ενεργού ιλύος ή προσκολλημένης ανάπτυξης (Αλέξανδρος Ρούτσης, 2018, Ευσταθία Ρήγα, 2021).

Η τεχνική της αερόβιας επεξεργασίας με τη χρήση ενεργού ιλύος, βασίζεται στη δημιουργία και συντήρηση ενός πληθυσμού αερόβιων μικροοργανισμών, παρέχοντας θρεπτικές ενώσεις και υψηλές ποσότητες διαλυμένου οξυγόνου σε αυτούς. Οι μικροοργανισμοί οξειδώνουν τις οργανικές ενώσεις και χρησιμοποιούν ορισμένες από αυτές για την παραγωγή βιομάζας (Ευθαλία Χατζησυμεών, 2009).

Σε αυτά τα συστήματα, τα στερεά σωματίδια βρίσκονται υπό τη μορφή αιωρήματος εντός των αποβλήτων μαζί με αέρα, μικροοργανισμούς και θρεπτικά συστατικά σε μεγάλες δεξαμενές. Ο αέρας ανανεώνεται με τη χρήση αναδευτήρων και έτσι παρέχεται η κατάλληλη ποσότητα οξυγόνου για τον μεταβολισμό των μικροοργανισμών. Σχηματίζεται ένα ίζημα σε μορφή λάσπης, το οποίο καθιζάνει και ένα υπερκείμενο επεξεργασμένο υγρό (Αλέξανδρος Ρούτσης, 2018).

Τα σημαντικότερα είδη μικροοργανισμών που υπάρχουν σε ένα σύστημα ενεργού ιλύος είναι τα *Acinetobacter*, *Arthrobacter*, *Achromobacter*, *Alkaligenes*, *Bacillus*, *Citromonas*, *Chromobacterium*, *Flavobacterium*, *Flexibacter*, *Micrococcus*, *Pseudomonas*, *Zooglea* και τα βακτηρίδια *Nitrosomonas* και *Nitrobacter*.

2.4.1.1 Μέθοδος ενεργού ιλύος

Η μέθοδος ενεργού ιλύος είναι η περισσότερο διαδεδομένη βιολογική επεξεργασία υγρών αποβλήτων στον κόσμο. Η βιομάζα αποτελείται από βακτήρια, που είναι υπεύθυνα για τη διαδικασία αποικοδόμησης και πρωτόζωα που τρώνε τα βακτήρια. Η διαδικασία αυτή καλείται ενεργού ιλύος. Με τη διαδικασία αποικοδόμησης παράγονται υψηλές ποσότητες ενεργού ιλύος, διοξείδιο του άνθρακα και νιτρικά ιόντα. Η ιλύς ανακυκλώνεται μερικώς στη δεξαμενή αερισμού, όπου παραμένει κάποιο πλεόνασμα και δέχεται επιπλέον επεξεργασία, πριν διατεθεί σε περαιτέρω χρήση (Ειρήνη Κουρκούτα, Ιωάννης Ηλιόπουλος, 2017).

Η ενεργός ιλύς χρησιμοποιείται για την απομάκρυνση κολλοειδών ρύπων χαμηλής συγκέντρωσης στα υγρά απόβλητα. Λόγω των υψηλών συγκεντρώσεων ρύπων που εμφανίζονται στα υγρά απόβλητα, αλλά και της αργής κινητικής αφαίρεσης των ρύπων, η μέθοδος θεωρείται ακατάλληλη για την άμεση επεξεργασία και απομάκρυνση των πολυφαινολών και χρωστικών ουσιών που βρίσκονται στα υγρά απόβλητα (Κλεοπάτρα Δρόσου, Κωνσταντίνα Κωνσταντινίδου, 2020).

2.4.2 Αναερόβια χώνευση- Αναερόβιες διεργασίες

Η αναερόβια χώνευση αποτελείται από μία σειρά μικροβιολογικών διεργασιών, που μετατρέπουν τις οργανικές ενώσεις σε μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα. Παρόλο που η προεπεξεργασία και η έπειτα κατεργασία είναι επίσης αναγκαίες, η αναερόβια επεξεργασία θεωρείται κατάλληλη για τον καθαρισμό των υγρών αποβλήτων. Οι κύριοι λόγοι γι' αυτό, είναι η ικανότητα επεξεργασίας με υψηλό οργανικό φορτίο, οι χαμηλές ενεργειακές απαιτήσεις και η παραγωγή μεθανίου, το οποίο μπορεί να αξιοποιηθεί μετά από κατάλληλη επεξεργασία (Ελισάβετ Μισύρη, 2017).

Οι αναερόβιες διεργασίες πραγματοποιούνται κυρίως από βακτήρια και έχουν τρία στάδια. Στο πρώτο στάδιο, τα αναερόβια βακτήρια υδρολύουν πολύπλοκες οργανικές ενώσεις, όπως πολυσακχαρίτες και πολυφαινόλες. Στο δεύτερο στάδιο, τα μόρια αυτά μετατρέπονται σε οργανικά οξέα όπως οξικό, γαλακτικό και μυρμηρικό οξύ και αλκοόλη. Στο τελευταίο στάδιο, τα μεθανογόνα βακτήρια, τα οποία είναι ευαίσθητα στις μεταβολές του pH και της θερμοκρασίας, μετατρέπουν τα οργανικά οξέα σε βιοαέριο (μείγμα 60-80% μεθανίου και άλλα αέρια, κυρίως διοξείδιο του άνθρακα) (Ελισάβετ Μισύρη, 2017).

2.4.3 Διάθεση στο έδαφος

Τα υπολείμματα που δεν μπορούν να ανακυκλωθούν ή να αξιοποιηθούν διατίθενται σε χώρους υγειονομικής ταφής. Ωστόσο, με την πάροδο του χρόνου, τα απόβλητα υφίστανται βιολογικούς και χημικούς μετασχηματισμούς, με αποτέλεσμα το σχηματισμό βιοαερίου και υγρού αποστράγγισης, που απαιτούν ιδιαίτερο χειρισμό. Το νερό θα πρέπει να συγκεντρωθεί και να υποβληθεί σε βιολογικό καθαρισμό, ώστε να μην μολύνει τον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα, ενώ το αέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας (Αχιλλέας Δελής, 2013).

2.4.4 Μέθοδος Κομποστοποίησης

Τα υγρά απόβλητα των ελαιοτριβείων χαρακτηρίζονται από υψηλή φυτοτοξικότητα, περιέχουν σημαντικές ποσότητες φαινολικών συστατικών, λιπιδίων και οργανικών οξέων. Περιέχουν όμως και μεγάλα ποσοστά οργανικής ύλης και πληθώρα φυτικών θρεπτικών συστατικών, τα οποία μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν ως λίπασμα σε γεωργικές πρακτικές. Η κομποστοποίηση, είναι μία σύγχρονη μέθοδος η οποία εκμεταλλεύεται τα απόβλητα για την παραγωγή λιπασμάτων (Αλέξανδρος Ρούτσης, 2018).

Γενικά, η κομποστοποίηση είναι μία φυσική αερόβια διεργασία, που τα οργανικά υλικά σταθεροποιούνται και μετατρέπονται σε ένα άλλο υλικό, που ονομάζεται κομπόστ. Το κομπόστ είναι ένα υλικό πλούσιο σε θρεπτικά συστατικά, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω και έχει αρκετά καλές ιδιότητες ως εδαφοβελτιωτικό. Οι παράγοντες που καθορίζουν την κομποστοποίηση είναι η υγρασία, η περιεκτικότητα σε αποδομήσιμο άνθρακα, ο λόγος C/N, ο λόγος C/P, το pH και η θερμοκρασία (Μιλτιάδης Τζουγανάκης, 2019).

Η διαδικασία μπορεί να γίνει αποδεκτή από τις μεταποιητικές μονάδες, λόγω του χαμηλού λειτουργικού και εργατικού κόστους. Όμως, η οικονομική βιωσιμότητα μίας μονάδας κομποστοποίησης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη δυνατότητα πώλησης του τελικού προϊόντος. Δεδομένου ότι τα ελαιοτριβεία λειτουργούν εποχικά, περίπου τρεις μήνες το χρόνο, θα πρέπει να επιλεγεί μία μέθοδος που να μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για άλλους τύπους αποβλήτων (Αχιλλέας Δελής, 2013).

2.5 Μηχανικές μέθοδοι

2.5.1 Διήθηση

Η διήθηση είναι μία από τις παλαιότερες μεθόδους απομάκρυνσης των στερεών από τα υγρά απόβλητα. Τα στερεά περιλαμβάνουν άργιλο, ιλύ, οργανικές ουσίες, ιζήματα, σίδηρο, μαγγάνιο και μικροοργανισμούς. Ο διαχωρισμός επιτυγχάνεται με τη βοήθεια πορώδους υλικού που συγκρατεί τα στερεά υλικά και επιτρέπει τη διέλευση της υγρής φάσης. Τα φίλτρα μπορεί να είναι στρώματα άμμου, αμμοχάλικου ή ενεργού άνθρακα που βοηθούν στην απομάκρυνση μέχρι και των πιο μικρών μορίων (Αχιλλέας Δελής, 2013).

Η μέθοδος της διήθησης μπορεί να εφαρμοστεί μόνη της ή σε συνδυασμό με άλλη τεχνολογία επεξεργασίας σαν προεπεξεργασία. Συνήθως, χρησιμοποιείται μετά την καθίζηση ή την κροκίδωση. Η διήθηση βασίζεται στις μεθόδους διαχωρισμού μεμβρανών. Η απομάκρυνση του COD είναι ικανοποιητική, αλλά από μελέτες παρατηρήθηκε σχηματισμός αδιαπέραστου στρώματος στερεών και λιπών, καθιστώντας τη χρησιμοποίηση μόνο αυτής της μεθόδου πρακτικά αδύνατη (Αχιλλέας Δελής, 2013).

2.5.2 Επίπλευση

Η μέθοδος στηρίζεται στην απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών από φυσαλίδες που δημιουργούνται με τη διοχέτευση αέρα στα υγρά απόβλητα. Ο διαχωρισμός γίνεται σε δεξαμενές που διέρχονται τα υγρά απόβλητα. Στις δεξαμενές διοχετεύεται από τον πυθμένα αέρας υπό πίεση, που σχηματίζει φυσαλίδες καθώς ανεβαίνει στην επιφάνεια, στις οποίες προσροφούνται τα αιωρούμενα στερεά, τα οποία στη συνέχεια απομακρύνονται από την επιφάνεια (Μιλτιάδης Τζουγανάκης, 2019).

2.5.3 Καθίζηση

Η καθίζηση είναι μία ευρεία μέθοδος επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων καθώς είναι φθηνή και απαιτεί απλές εγκαταστάσεις ελάχιστου λειτουργικού κόστους. Βασίζεται στην επίδραση της βαρύτητας και στα διαφορετικά ειδικά βάρη των συστατικών των αποβλήτων, που οδηγούν τελικά στο διαχωρισμό τους σε φάσεις. Τα απόβλητα αφήνονται σε ηρεμία σε μεγάλες δεξαμενές, για διάστημα 10 ημερών, με αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται ο διαχωρισμός των σωματιδίων που βρίσκονται στον όγκο των αποβλήτων. Στη συνέχεια, με ξεχωριστές διεργασίες, γίνεται η διάθεση του υγρού κλάσματος και της ιλύος (Αλέξανδρος Ρούτσης, 2018, Μιλτιάδης Τζουγανάκης, 2019).

2.6 Νομοθετικό πλαίσιο

Τα απόβλητα των ελαιοτριβείων, κατατάσσονται και αντιμετωπίζονται στην γενική κατηγορία των «βιομηχανικών και βιοτεχνικών αποβλήτων» και ειδικότερα στα «απόβλητα φυτικών ελαίων και λιπών» (Βασίλης Λιόγκας, 2006).

Στην Ελλάδα, μέχρι και το 1987, τα υγρά απόβλητα ελαιοτριβείων διοχετεύονταν χωρίς περιορισμούς σε φυσικούς αποδέκτες, κυρίως σε χείμαρρους, ποτάμια ή και στη θάλασσα. Μετέπειτα, η Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση υποχρέωσε τους υπεύθυνους των ελαιοτριβείων να καταθέτουν μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων, κατά την διάρκεια ανανέωσης της άδειας λειτουργίας της επιχείρησής τους, που βασιζόταν στην Ε1β/221/22-1-65 Υγειονομική Απόφαση. Σύμφωνα με τη νομοθεσία αυτή, απαγορεύεται η ανεξέλεγκτη διάθεση των υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων σε υδάτινους αποδέκτες, ενώ υποχρεώνει τους ιδιοκτήτες των ελαιοτριβείων να κατασκευάσουν συστήματα επεξεργασίας και δεξαμενές εξάτμισης (Σοφία Ντόλια, 2006).

Παρακάτω παρατίθενται η νεότερη σχετική ελληνική νομοθεσία.

1. Υ.Α. οικ. 127402/1487/Φ15/2016 (ΦΕΚ 3924/Β' 7.12.2016)
«Τροποποίηση της υπ'αρ. Φ. 15/4187/266/2012 (Β'1275) κοινής απόφασης των Υπουργών Ανάπτυξης, Ανταγωνιστικότητας και Ναυτιλίας και Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής «Καθορισμός Πρότυπων Περιβαλλοντικών Δεσμεύσεων (ΠΠΔ), κατά κλάδο δραστηριότητας στην Άδεια Εγκατάστασης-Λειτουργίας, για τις δραστηριότητες που εμπίπτουν στο πεδίο εφαρμογής του Ν. 3982/2011 και κατατάσσονται στην Β κατηγορία του άρθρου 1 του Ν. 4014/11».
2. Αρ. Πρωτ. οικ. 214245/2012 (ΦΕΚ/--12.11.2012)
«Γενικές κατευθύνσεις εφαρμογής του όρου Ε3 της με α.π. Φ.15/4187/266 ΚΥΑ (ΦΕΚ 1275/Β/11-4-2012) όσον αφορά εγκατάσταση εδαφοδεξαμενών εκτός γηπέδου ελαιουργείων».
3. Εγκ. οικ. 12550/744/Φ15/2012 (ΦΕΚ/--2.11.2012)
«Το παρόν αφορά στην παροχή γενικών κατευθύνσεων εφαρμογής του όρου Ε3 της με α.π. Φ.15/4187/266 ΚΥΑ (ΦΕΚ 1275/Β/11-4-2012) για την κατασκευή

και λειτουργία νέων εδαφοδεξαμενών εντός του γηπέδου ελαιουργείου ή σε όμορο γήπεδο».

4. Υ.Α. Φ.15/4187/266/2012 (ΦΕΚ 1275/Β'11.4.2012)
«Καθορισμός Πρότυπων Περιβαλλοντικών Δεσμεύσεων (ΠΠΔ), κατά κλάδο δραστηριότητας, στην Άδεια Εγκατάστασης-Λειτουργίας, για τις δραστηριότητες που εμπίπτουν στο πεδίο εφαρμογής του Ν.3982/11 και κατατάσσονται στην Β Κατηγορία του Άρθρου 1 του Ν.4014/11».
5. Υ.Α. 1958/2012 (ΦΕΚ 21/Β'13.1.2012)
Κατάταξη δημόσιων και ιδιωτικών έργων και δραστηριοτήτων σε κατηγορίες και υποκατηγορίες σύμφωνα με το Άρθρο 1 παράγραφος 4 του Ν. 4014/21.09.2011 (Φ.Ε.Κ. Α'209/2011)».
6. Εγκ. οικ. 205988/2011 (ΦΕΚ/--14.12.2011)
«Διευκρινήσεις επί των θεμάτων που τίγονται στο άρθρο 12 του Νόμου 4014/2011, σχετικά με την άδεια διάθεσης λυμάτων ή βιομηχανικών αποβλήτων».
7. Υ.Α. οικ. 145116/2011 (ΦΕΚ 354/Β'8.3.2011)
«Καθορισμός μέτρων, όρων και διαδικασιών για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων και άλλες διατάξεις».

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

3.1 Αραίωση

Όταν το οργανικό φορτίο των υγρών αποβλήτων από τα ελαιοτριβεία είναι χαμηλό σε σχέση με τον πληθυσμό της γύρω περιοχής, τα υγρά απόβλητα ελαιοτριβείων μπορούν να διατίθενται στις υπάρχουσες μονάδες επεξεργασίας αστικών λυμάτων. Όταν το οργανικό φορτίο των υγρών αποβλήτων των ελαιοτριβείων είναι υψηλό, τότε θα ήταν πιο κατάλληλη ανεξάρτητη επεξεργασία. Η μέθοδος της αραίωσης από μόνη της μειώνει τη συγκέντρωση των υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων, ωστόσο οι μεγάλες ποσότητες νερού που απαιτούνται την καθιστούν ανεπιθύμητη σε περιοχές με περιορισμένες πηγές νερού (Boari G. et al., 1990).

3.2 Φυγοκέντρωση

Αποδείχθηκε ότι η μέθοδος της φυγοκέντρωσης είναι αρκετά καλή και ικανή για τον τέλειο διαχωρισμό των αιωρούμενων σωματιδίων, το οποίο με τη σειρά του, βελτιώνει την απομάκρυνση του COD και την ανάκτηση του ελαίου. Η απομάκρυνση του COD έφτασε το 70% και η ανάκτηση του ελαίου το 30-50%. Σε διαφορετικό χημικό περιβάλλον (pH=2) παρατηρήθηκε μεγαλύτερη ανάκτηση ελαίου στα 47%, ενώ η μείωση του COD ήταν στα 68%. Παρόλα αυτά όμως, η ποιότητα των ανακτώμενων ελαίων είναι χαμηλή λόγω της υδρόλυσης τους. Με την προσθήκη ασβέστη και την κατακρήμνιση αλάτων των λιπαρών οξέων παρουσιάστηκε μεγαλύτερη μείωση του COD (83%) αλλά η ανάκτηση ελαίου ήταν πολύ χαμηλή (12%) (Mitrakas M. et al., 1996).

Η απλότητα της μεθόδου φυγοκέντρωσης και η ανάκτηση του ελαίου αποτελούν ένα σημαντικό πλεονέκτημα της τεχνικής, από τη στιγμή που μπορεί να ανακυκλωθεί το έλαιο. Μία τυπική απώλεια ελαίου ενός ελαιοτριβείου μικρής κλίμακας κυμαίνεται στο 1-1,5%. Μία ανάκτηση της τάξης των 0,3-07% (30-50%), αποτελεί ένα σημαντικό οικονομικό όφελος, το οποίο μπορεί να καλύψει το κόστος επένδυσης και τα κόστη λειτουργίας της διαδικασίας. Ωστόσο, παρόλο που η μείωση του COD με τη χρήση της φυγοκέντρωσης ανέρχεται στο 70%, τα υγρά απόβλητα ακόμα περιέχουν 50-70 g/L του COD. Αυτό οφείλεται στο διαλυμένο οργανικό φορτίο και δεν μπορεί να αφαιρεθεί ούτε με φυσική ούτε με χημική επεξεργασία. Η λύση είναι η χρήση βιολογικών μεθόδων, για την περαιτέρω επεξεργασία των φυγοκεντρημένων υγρών αποβλήτων

και μείωση του COD σε αποδεκτά επίπεδα, όμως είναι μία πολύ ακριβή λύση, ειδικά για τα μικρά ελαιοτριβεία (Mitrakas M. et al., 1996).

3.3 Διαχωρισμός με μεμβράνες

Η μικροδιήθηση, η υπερδιήθηση και η αντίστροφη ώσμωση αποτελούν τις ευρύτερα εφαρμοζόμενες διεργασίες μεμβράνης.

Με τη διεργασία της μικροδιήθησης, μπορούν να διαχωριστούν σωματίδια με διάμετρο μεγαλύτερη από 0,1-10μm, με αποτέλεσμα να απομακρύνονται ολοκληρωτικά τα κολλοειδή συστατικά (Σοφία Ντόλια, 2006).

Η υπερδιήθηση έχει σαν όριο την διάμετρο σωματιδίων έως 0,1 μm. Με τη διεργασία αυτή μπορούν να εξαλειφθούν εκτός από τα κολλοειδή συστατικά, τα λιπίδια και οι φαινολικές ενώσεις. Ωστόσο, διαλυμένα συστατικά που συντελούν στην υψηλή τιμή του COD των υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων, δεν απομακρύνονται ικανοποιητικά. Η υπερδιήθηση, αν και επιτρέπει την αφαίρεση μεγάλων ποσών λιπιδίων και πολυφαινολών. Έχει χαμηλή επιλεκτικότητα (Halet F. et al., 1997, Jemmett M.T. et al., 1983).

Το κατασκευαστικό κόστος της μεθόδου αυτής είναι εξαιρετικά υψηλό, καθώς αποτελείται από πολύπλοκες μηχανικές διεργασίες, που απαιτούν εξειδικευμένο προσωπικό. Λόγω του εύκολου κορεσμού των μεμβρανών από τις πτητικές ουσίες που περιέχονται στα απόβλητα, υπάρχει σημαντική μείωση της απόδοσης της μεθόδου και αυξάνεται αισθητά το λειτουργικό κόστος. (Tsagaraki E. et al., 2006).

Για όλους τους ανωτέρω λόγους, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι οι μέθοδοι διαχωρισμού με μεμβράνες δεν είναι κατάλληλες για την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων ισχυρού ρυπαντικού φορτίου, λόγω περιορισμένης αποτελεσματικότητας της μείωσης του οργανικού φορτίου, αλλά και του υψηλού κατασκευαστικού και λειτουργικού κόστους τους (Tsagaraki E. et al., 2006).

3.4 Οξείδωση με όζον (O₃)

Με τη μέθοδο του όζοντος το COD μειώνεται κατά 42-55% και το φαινολικό φορτίο 75%, ενώ επιδρά στις αρωματικές ενώσεις κατά 67%. Αν το όζον συνδυαστεί με υπεροξείδιο του υδρογόνου (H₂O₂) ή με ακτινοβολία UV η μείωση του COD βελτιώνεται στο 80-90%, του φαινολικού φορτίου μειώνεται στο 40-60%, ο

αποχρωματισμός φτάνει το 90% και οι αρωματικές ενώσεις κατά 98% εξαφανίζονται (Ayed L. et al., 2017).

3.5 Οξείδωση με τη χρήση αντιδραστήρα Fenton

Κατά την εφαρμογή της μεθόδου, οι τιμές του COD ήταν μεταξύ 6.500-13.550 mg/L. Στην τριήμερη επεξεργασία παρατηρήθηκε μείωση του COD 56% την πρώτη μέρα, 71% τη δεύτερη μέρα και 74% την τρίτη μέρα με ταυτόχρονη μείωση του pH στα 3,6, ενώ οι φαινολικές ενώσεις επηρεάστηκαν κατά 40%. Η διαδικασία είναι ακριβή από οικονομικής άποψης λόγω της χρήσης του σιδήρου (Kotsou M. et al., 2004).

3.6 Υγρή οξείδωση

Σε πείραμα όπου εφαρμόστηκε η μέθοδος, μετρήθηκε το COD ίσο με 51.500 mg/L, το pH με 4,5 μονάδες, το χρώμα έντονο σκούρο καφέ-μαύρο με έντονη οσμή. Το δείγμα αραιώθηκε σε 5.000 mg/L με αποτέλεσμα το pH του δείγματος να γίνει ουδέτερο και για το λόγο αυτό προστέθηκε θειικό οξύ (H_2SO_4). Επιπλέον προστέθηκαν 500 mg/L υπεροξείδιο του υδρογόνου (H_2O_2) ως πρόσθετος οξειδωτικός παράγοντας. Έπειτα από πολλές δοκιμές το COD έλαβε τιμές από 1.240-5.150 mg/L, η αντίδραση δοκιμάστηκε σε χρόνους από 30-180 λεπτά σε θερμοκρασίες από 140-180 °C και το pH κυμάνθηκε από 3-7 μονάδες. Κάτω από αυτές τις συνθήκες τα αποτελέσματα ήταν να μειωθεί το φαινολικό φορτίο 75-100%, οι αρωματικές ενώσεις 19-57% και το COD 27-58%. Δυσκολία της μεθόδου είναι η απόκτηση του απαιτούμενου εξοπλισμού, καθώς απαιτεί αρκετά χρήματα και λειτουργεί κάτω από υψηλές θερμοκρασίες και πιέσεις, αλλά το λειτουργικό του κόστος είναι χαμηλό, ειδικά όταν επεξεργάζονται απόβλητα υψηλού οργανικού φορτίου (πάνω από 20.000 mg/L) (Katsoni A. et al., 2008).

3.7 Ηλεκτροχημική οξείδωση

Για την επεξεργασία υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείου χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος ηλεκτροχημικής οξείδωσης, όπου μετά από 10 ώρες ηλεκτρόλυσης το COD μειώθηκε κατά 93% και τα ολικά φαινολικά συστατικά κατά 99,4%. Η κατανάλωση ενέργειας ήταν 26,5 k Wh/kg COD. Από τα αποτελέσματα φαίνεται ότι η μέθοδος δεν είναι κατάλληλη για ολική οξείδωση των αποβλήτων. Ωστόσο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως προεπεξεργασία, καθώς στις πρώτες 3 ώρες ηλεκτρόλυσης υπάρχει μείωση του COD κατά 76% και των φαινολών κατά 93%, με χρησιμοποιούμενη ενέργεια ανά kg COD να είναι 4,73%. Τα μειονεκτήματα της ηλεκτροχημικής οξείδωσης είναι το υψηλό κόστος, η ανάγκη επιπλέον επεξεργασίας του ηλεκτρολύτη (αλατιού) που

χρησιμοποιήθηκε σε μεγάλες συγκεντρώσεις και η απαίτηση για έμπειρο προσωπικό (Israilides C.J. et al., 1997).

3.8 Εξάτμιση - Απόσταξη

Κατά την εφαρμογή των μεθόδων αυτών σχηματίζονται δύο διαφορετικά ρεύματα, ένα της συμπυκνωμένης ελαιόπαστας ή συμπυκώματος και ένα που αποτελείται από ατμό και πτητικές ουσίες. Η εξάτμιση των υγρών αποβλήτων θεωρείται αρκετά αποδοτική μέθοδος, μειώνοντας το συνολικό όγκο των υγρών αποβλήτων σε ποσοστό 70-75%. Στο απόσταγμα οι τιμές του COD μειώνονται κατά 80% και του ολικού αζώτου (N) 90%, ενώ το υπόλειμμα είναι σε στερεή μορφή με μόνο 15% υγρασία και χωρίς οσμές (Νιαουνάκης Μ. et al., 2004).

Κατά την εφαρμογή της μεθόδου γίνεται χρήση εξατμιστήρων βιομηχανικής κλίμακας. Πλεονέκτημα αποτελεί το γεγονός ότι το απόσταγμα που προκύπτει ως τελικό προϊόν, μπορεί να εκμεταλλευτεί εμπορικά είτε ως ζωοτροφή, είτε ως λίπασμα. Αν και αυτές οι διαδικασίες μειώνουν σημαντικά τον όγκο των αποβλήτων, επηρεάζονται από πολλούς παράγοντες όπως η διαδικασία εκχύλισης, ο βαθμός ωρίμανσης της ελιάς και κυρίως το χρόνο αποθήκευσης της. Το κύριο μειονέκτημα σχετίζεται με την ανάγκη μετεπεξεργασίας των υγρών αποβλήτων και τη διαχείριση του πτητικού ρεύματος των παραγόμενων εκπομπών (Νιαουνάκης Μ. et al., 2004).

3.9 Καύση - Πυρόλυση

Οι μέθοδοι καταστρέφουν εντελώς τα απόβλητα, αποκλείοντας κάθε πιθανότητα επαναχρησιμοποίησής τους και για το λόγο αυτό εφαρμόζονται για την επεξεργασία υψηλού ρυπαντικού φορτίου των υγρών αποβλήτων. Η εφαρμογή τους απαιτεί σύγχρονες και δαπανήρες εγκαταστάσεις, οι οποίες πρέπει να διαθέτουν σύστημα διαχείρισης των εκπομπόμενων τοξικών αερίων που παράγονται κατά τη διαδικασία. Πλεονεκτήματα των μεθόδων είναι η δυνατότητα ανάκτησης της ενέργειας και η επαναχρησιμοποίησης της από τη μονάδα για την κάλυψη των αναγκών της, καθώς και η μεγάλη μείωση του όγκου των αποβλήτων (Paraskeva P., Diamadopoulos E., 2006).

3.10 Λίμνες εξάτμισης

Η εφαρμογή των αποβλήτων στις λίμνες εξάτμισης χαρακτηρίζεται για την απλότητα της και το χαμηλό κόστος λειτουργίας της. Σκοπός της είναι η εξάτμιση και ξήρανση των υγρών αποβλήτων μέσω της έκθεσης τους στην ηλιακή ενέργεια. Κατά την παραμονή των αποβλήτων εντός των δεξαμενών λαμβάνουν χώρα διεργασίες, όπως η

εξάτμιση του περιεχόμενου νερού και των πτητικών ενώσεων και η βιολογική αποικοδόμηση και υδρόλυση του οργανικού φορτίου. Συχνά όμως, η μέθοδος προκαλεί περιβαλλοντικής φύσεως ζητήματα λόγω των οσμών που δημιουργούνται από την αποσύνθεση των αποβλήτων. Μειονεκτήματα της μεθόδου μπορεί να είναι η διαρροή υγρού προς το υπέδαφος με πιθανή ρύπανση του υδροφόρου οριζοντα, σε περίπτωση που δεν έχει σχεδιαστεί, κατασκευαστεί και χωροθετηθεί σωστά η εγκατάσταση. Ταυτόχρονα, τέτοιες δεξαμενές είναι πλήρως εκτεθειμένες στις καιρικές συνθήκες με δυσμενείς επιπτώσεις κυρίως κατά τους χειμερινούς μήνες. Πρόκειται για χρονοβόρα μέθοδο που απαιτεί ανάλογα με τις κλιματολογικές συνθήκες παραμονή των αποβλήτων ακόμα και για περίοδο 8 μηνών. Ανάλογα με την ποσότητα των παραγόμενων αποβλήτων απαιτεί την εξασφάλιση μεγάλων εκτάσεων. Η μέθοδος συνιστάται για την επεξεργασία υγρών αποβλήτων μικρού σχετικά ρυπαντικού φορτίου (Cabrera F. et al., 1996).

3.11 Αερόβια επεξεργασία

Σε επεξεργασία υγρών αποβλήτων ελειοτριβείου, ανάμιξαν τα υγρά απόβλητα με μικροοργανισμούς που απομονώθηκαν από την ίδια πηγή. Οι μικροοργανισμοί αυτοί ήταν οι *Candida boidinii*, *Geotrichum candidum*, *Penicillium sp.* και *Aspergillus niger*, επιτυγχάνοντας μείωση των φαινολικών ενώσεων κατά 40-73% και του COD κατά 45-78% (AissamH. et al., 2007).

Σε άλλη μελέτη, ταυτοποίησαν στελέχη που ανήκουν στα γένη *Geotrichum*, *Saccharomyces*, *Pichia*, *Rhodotorula*, και *Candida*, τα οποία έδειξαν αποτελεσματικότητα στη μείωση τιμών των φαινολικών ενώσεων και του COD από τις αρχικές τους συγκεντρώσεις (Bleve G. et al., 2011).

3.11.1 Ενεργός ιλύς

Στη μέθοδο αυτή σωματίδια βρίσκονται υπό μορφή αιωρήματος εντός των αποβλήτων μαζί με αέρα, μικροοργανισμούς και θρεπτικά συστατικά σε μεγάλες δεξαμενές. Στις περισσότερες περιπτώσεις ο αέρας ανανεώνεται με χρήση αναδευτήρων και έτσι παρέχεται η κατάλληλη ποσότητα οξυγόνου για τον μεταβολισμό των μικροοργανισμών. Σχηματίζεται ένα ίζημα σε μορφή λάσπης, το οποίο καθιζάνει και ένα υπερκείμενο επεξεργασμένο υγρό (Doble M., Kumar A., 2005).

Μεγάλο ρόλο παίζει και ο χρησιμοποιούμενος μικροοργανισμός, διαφορετικά βακτηριακά στελέχη αποδίδουν διαφορετικά στη μείωση του οργανικού φορτίου και

στην ελάττωση του COD των αποβλήτων. Διάφορα βακτηριακά στελέχη που έχουν χρησιμοποιηθεί στην επεξεργασία υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων συνοψίζονται παρακάτω (Paraskeva P. et al., 2006).

Καλλιέργεια	Μείωση οργανικής ύλης	Μείωση φαινολών
<i>Yarrowia lipopytica</i>	20-40% COD	Ναι
<i>Ganoderma australe</i>	29% COD	35-40%
<i>Geotrichum spp.</i>	55% COD	46,6%
<i>Aspergillus spp.</i>	52.5% COD	44,3%
<i>Candida tropicalis</i>	62.8% COD	51,7%
<i>Panus tigrinus</i>	-	70%
<i>Pleurotus spp.</i>	-	69-76%
<i>Aspergillus terreus</i>	66% COD	-
<i>Pleurotus ostreatus</i>	-	64-67%
<i>Coriolus versicolor</i>	63%	90%
<i>Funalia trojii</i>	70%	93%
<i>Lentinula edodes</i>	73-80% TOC	88,5%

3.12 Αναερόβιες διεργασίες – Αναερόβια χώνευση

Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί αρκετά αποτελεσματικές τεχνολογίες που χρησιμοποιούν αντιδραστήρες με αναερόβιους μικροοργανισμούς, οι οποίοι μετατρέπουν το οργανικό φορτίο των αποβλήτων σε βιοαέριο. Οι αντιδραστήρες αυτοί έχουν ικανοποιητικούς υδραυλικούς χρόνους παραμονής και μπορούν να επεξεργαστούν μεγάλο φορτίο COD ημερησίως έως και 24 kg COD/m³. Ωστόσο, παρουσιάζουν μειονεκτήματα, όπως ότι είναι αρκετά ευαίσθητοι στις αλλαγές σύστασης τροφοδοσίας, ειδικότερα στη συγκέντρωση ορισμένων ιόντων και στην παρουσία τοξικών συστατικών (Rajeshwari K.V. et al., 2000).

Στις περισσότερες επεξεργασίες υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων με αναερόβιες διεργασίες, τα υγρά απόβλητα είναι είτε πολύ αραιωμένα, είτε έχουν συνεπεξεργαστεί με άλλα απόβλητα κυρίως αστικά λύματα. Τα αποτελέσματα της εφαρμογής των μεθόδων αυτών έδειξαν μείωση του οργανικού φορτίου 80-85% σε βέλτιστη θερμοκρασία 35°C. Σε πιο συμπυκνωμένα λύματα οι αναερόβιες διεργασίες είναι ασταθής με μεικτά αποτελέσματα, εξαιτίας των ανασταλτικών παραγόντων που υπάρχουν στα υγρά απόβλητα, όπως υψηλή συγκέντρωση φαινολών και καλίου (Aveni A., 1984).

Μία μέθοδος που έχει ερευνηθεί ως προπαρασκευαστικό στάδιο της αναερόβιας χώνευσης, είναι το φιλτράρισμα των υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείου διαμέσου

φίλτρων άμμου. Βρέθηκε ότι η μέθοδος μπορεί να αυξήσει την απομάκρυνση του COD χωρίς επεξεργασία στο 40% ενώ μετά τη διήθηση στο 58%. Όταν το δείγμα υποβλήθηκε σε επεξεργασία με ενεργό άνθρακα σε σκόνη μετά από διήθηση με άμμο, η μείωση του COD κατά την αναερόβια επεξεργασία αυξήθηκε στο 68% σε σύγκριση με το 40% για το μη επεξεργασμένο δείγμα (Sabbah I. et al., 2004).

3.13 Κομποστοποίηση

Η προετοιμασία της σωρού των αποβλήτων και η διαδικασία κομποστοποίησης περιλαμβάνει τρία στάδια. Το πρώτο αφορά την ανάλυση της πρώτης υλης, το δεύτερο την προετοιμασία της σωρού και το τρίτο την κομποστοποίηση. Κατά τη διαδικασία της κομποστοποίησης, η σωρός θα πρέπει να ανακατεύεται περιοδικά, ώστε να διατηρηθούν οι βέλτιστες συνθήκες για αερόβια μικροβιακή δραστηριότητα, δηλαδή παροχή οξυγόνου, απομάκρυνση της θερμότητας και του CO₂, της υγρασίας και για την αποφυγή αναερόβιων συνθηκών που είναι υπεύθυνες για δυσοσμία. Η θερμοκρασία θα πρέπει να ελέγχεται καθημερινά και να διατηρείται μεταξύ 70-80%. Όταν η θερμοκρασία αρχίζει να μειώνεται πρέπει να ανακατεύονται μία φορά την ημέρα προκειμένου να ομογενοποιηθεί το μίγμα και να ενισχυθεί η διαδικασία της αποικοδόμησης. Το τελικό προϊόν είναι υψηλής ποιότητας και κατάλληλο για γεωργική χρήση ως λίπασμα (Vlyssides A.G. et al., 1996).

Το κυριότερο πρόβλημα για την εφαρμογή του κομπόστ είναι η παρουσία ανεπιθύμητων οσμών και η δημιουργία νερού στράγγισης που απαιτεί συμπληρωματικό χειρισμό. Οι λειτουργικές δαπάνες και οι δαπάνες προσωπικού είναι χαμηλές και γι' αυτό το λόγο μπορεί να γίνει αποδεκτή από τις μονάδες, όμως εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη δυνατότητα πώλησης του τελικού προϊόντος (Vlyssides A.G. et al., 1996).

3.14 Διήθηση

Σύμφωνα με διάφορες μελέτες, η απομάκρυνση του COD χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της διήθησης είναι αρκετά ικανοποιητική. Έχει χαμηλό κόστος κεφαλαίου, αλλά παρουσιάζει σημαντικό μειονέκτημα, λόγω αργού ρυθμού εξέλιξης. Συνήθως, τα σχηματιζόμενα ιζήματα φράζουν τα φίλτρα οδηγώντας στη μείωση της αποδοτικότητας με αποτέλεσμα να απαιτείται συχνή αντικατάσταση του υλικού φίλτρανσης. Ως συνέπεια έχει την αύξηση του λειτουργικού κόστους, καθιστώντας τη μέθοδο ασύμφορη και πρακτικά σχεδόν αδύνατη. Έχει καταγραφεί έπειτα από

επεξεργασία υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείου με αρχική συγκέντρωση COD 160 g/L μείωση στα 58 g/L (Mitrakas M. et al.,1996).

3.15 Επίπλευση

Έχει εφαρμοστεί η μέθοδος επίπλευσης διαλυμένου αέρα σε δεξαμενή περίπου 1.000 L με ακατέργαστα υγρά απόβλητα ελαιοτριβείου ή προεπεξεργασμένα με προσθήκη H_2SO_4 για μείωση του pH και προσθήκη $Ca(OH)_2$ για τη δημιουργία αλκαλικού pH. Παράλληλα γίνονται αλλαγές στην αρχική πίεση του νερού τροφοδοσίας και στο χρόνο παραμονής, με σκοπό την εύρεση των βέλτιστων συνθηκών λειτουργίας. Παρατηρήθηκε μία πολύ μικρή απομάκρυνση στερεών του 2,8% εξαιτίας της παρουσίας υψηλών συγκεντρώσεων αιωρούμενων και κolloειδών ουσιών. Η παρουσία αυτών των ουσιών περιόρισε και την μείωση του COD και την ανάκτηση ελαίων και λιπών περίπου στο 30%. Καλύτερα αποτελέσματα απομάκρυνσης COD και ανάκτησης ελαίων και λιπών παρατηρήθηκαν σε όξινο pH=22. Ένα επιπρόσθετο μειονέκτημα της επίπλευσης είναι ότι τα έλαια που ανακτώνται πρέπει να εξαχθούν από τον αφρό της μονάδας επίπλευσης διαλυμένου αέρα (Mitrakas M. et al.,1996).

3.16 Καθίζηση

Η καθίζηση είναι μία φθηνή διεργασία χάρη στην απαίτηση απλών εγκαταστάσεων ελάχιστου λειτουργικού κόστους. Βασίζεται στην επίδραση της βαρύτητας και στα διαφορετικά ειδικά βάρη των συστατικών των αποβλήτων που οδηγούν τελικά σε διαχωρισμό των συστατικών σε φάσεις. Η φάση που βρίσκεται στον πυθμένα, αποτελεί το 20-25% του συνολικού όγκου, η ενδιάμεση φάση περιέχει πολλά διαλυτά συστατικά και αποτελεί το 60-70% του συνολικού όγκου και η φάση επίπλευσης αποτελείται από λίπη και έλαια στο 5-10% του συνολικού όγκου των υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων (Paraskeva P. et al., 2006).

Με την μέθοδο αυτή επιτυγχάνεται μείωση της ποσότητας των υγρών αποβλήτων σε ποσοστό 70-75%. Αυτό οφείλεται κυρίως στο διαχωρισμό φάσεων και στην αφυδάτωση, αλλά δεν συνεπάγεται και αποδόμηση οργανικής ύλης, ενώ καταγράφεται σημαντική μείωση του BOD. Το εναπομείναν συμπύκνωμα και το υπερκείμενο υγρό χρήζουν περαιτέρω επεξεργασίας και η αφαίρεση τους γίνεται απευθείας από την δεξαμενή καθίζησης με κατάλληλα μηχανολογικά μέσα, έτσι ώστε να αποφεύγεται η διατάραξη της σχετικής ηρεμίας (Paraskeva P. et al., 2006).

Ακόμη, έχει εφαρμοστεί σαν μεταγενέστερο στάδιο προεπεξεργασίας υγρών αποβλήτων έπειτα από μία διεργασία ηλεκτροκροκίδωσης παρουσιάζοντας ικανοποιητικά αποτελέσματα. Η ηλεκτροκροκίδωση προκάλεσε τον πολυμερισμό των φαινολικών συστατικών και βελτίωσε την αποτελεσματικότητα της καθίζησης, καθώς μειώθηκε κατά 76,2% το φαινολικό περιεχόμενο, 75% η θολότητα και 71% τα αιωρούμενα στερεά. Παράλληλα, ο συνδυασμός των δύο μεθόδων μείωσε το COD κατά 43% και αποχρωμάτισε τα απόβλητα κατά 90% (Khoufi S. et al., 2007).

Τεχνικές επεξεργασίας υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων. Πηγή: Paraskeva P. et al., 2006

Είδος επεξεργασίας	Αποτελέσματα	Παρατηρήσεις
Φυσικοχημική επεξεργασία	Μείωση COD 30-50%, με συνδυασμό μεθόδων 80-95%	Φυγοκέντρωση, διήθηση
Αναερόβια χώνευση	Μείωση COD 60-80% με χρόνο παραμονής 2-5 ημέρες, 90% με αύξηση χρόνου	Αραίωση
Αναερόβια χώνευση μετά από φυσικοχημική επεξεργασία	Μείωση COD κατά 50-70% έως 95%, φαινολικών ουσιών άνω των 90%	Διήθηση, οξείδωση
Αναερόβια χώνευση μετά από αερόβια προεπεξεργασία	Μείωση COD 40-60% στην προεπεξεργασία, φαινολικών ουσιών 60-90% και τοξικότητας	Προεπεξεργασία με επιλεγμένα στελέχη αερόβιων μικροοργανισμών
Αερόβια επεξεργασία	Μείωση COD 58-74% ανάλογα το οργανικό φορτίο και το χρόνο παραμονής, 81-84% για μεγαλύτερους χρόνους	Ενεργός ίλος, Λίμνες
Συνδυαστικές βιολογικές μέθοδοι	90% μείωση COD και φαινολικών ενώσεων	Συνδυασμός δύο και τριών μεθόδων
Αναερόβια χώνευση με άλλα απόβλητα	Μείωση COD 75-90% ανάλογα την αραίωση και την μετέπειτα επεξεργασία	Βιολογική επεξεργασία με άλλα απόβλητα π.χ. αστικά
Συνδυαστικές μέθοδοι	Μείωση COD 80-99%	Συνδυασμοί οξείδωσης – Βιολογικής επεξεργασίας, Διαχωρισμού με μεμβράνες

4. ΥΒΡΙΔΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

Έχουν γίνει ερευνητικές προσπάθειες, όσον αφορά τα υβριδικά συστήματα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων με αερόβια βιολογική μέθοδο και παρακάτω φαίνονται τα αποτελέσματα αυτών των μεθόδων.

- ❖ Asli S. Ciggin et al., 2021. Co-metabolism of olive mill wastewater in sequencing batch reactor under aerobic conditions after Fenton-based oxidation.

Είναι γνωστό ότι τα υγρά απόβλητα ελαιοτριβείων είναι ένα πολύπλοκο και ισχυρό απόβλητο με περιεκτικότητα σε COD που συχνά υπερβαίνει τα 100 g/L, μαζί με σημαντικά επίπεδα ανθεκτικών και τοξικών χημικών ουσιών, όπως πολυφαινόλες, τανίνες, λιπαρά οξέα κ.α.

Η μελέτη διερεύνησε πειραματικές συνθήκες για να καταστεί δυνατός ο συν-μεταβολισμός των υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείου, που έχουν υποστεί προεπεξεργασία με οξείδωση με βάση το Fenton, όταν συνδυάζονται με ένα συμβατό απόβλητο σε αντιδραστήρα διαδοχικών παρτίδων (SBR). Για το σκοπό αυτό, χρησιμοποιήθηκε ως συνθετικό υπόστρωμα μίγμα πεπτόνης.

Η διεργασία SBR -αντιδραστήρα διαλείποντος έργου με περιοδική λειτουργία (Sequencing Batch Reactor) έχει εγγενή θετικά χαρακτηριστικά για να χρησιμεύει ως τέλειο εργαλείο για μελέτες βιοαποικοδόμησης. Τα πειράματα SBR εργαστηριακής κλίμακας διεξήχθησαν με έναν πλήρως αναμειγμένο, αερόβιο αντιδραστήρα με όγκο εργασίας 4,5 L. Η λειτουργία του συστήματος περιλάμβανε τέσσερις κύκλους την ημέρα, καθένας με συνολικό χρόνο κύκλου 6 h.

Το επίπεδο COD του μείγματος πεπτόνης διατηρήθηκε σταθερό στα 400 mg/L, ώστε να προσομοιωθεί ένα σχετικά ασθενές λύμα. Μετά τον εγκλεισμό της βιομάζας στο συνθετικό υπόστρωμα, η λειτουργία του SBR συνεχίστηκε για 105 ημέρες με σταδιακά αυξανόμενη προσθήκη αποβλήτων σε τέσσερις διαδοχικές φάσεις με αυξήσεις COD μεταξύ 40 και 100 mg/L και χωρίς προσθήκη αποβλήτων στην τελευταία φάση. Ο συν-μεταβολισμός με πλήρη απομάκρυνση του βιοαποικοδομήσιμου COD μπορούσε να διατηρηθεί υπό κυκλικές συνθήκες σταθερής κατάστασης κάθε φάσης.

Απόδοση απομάκρυνσης COD από συστήματα SBR που επεξεργάζονται μείγμα πεπτόνης

Διάρκεια κύκλου ώρες	Αρχικό COD mg/L	SBR Ημέρες	COD εκροής mg/L	COD απομάκρυνση mg/L
24	565	10	32	94,33
12	300	20	40-60	86,67
12	555	10	66	88,11
24	1.300	8	160	87,69
8	400	8	51	87,25

Η μελέτη συνηγορεί υπέρ του συν-μεταβολισμού, ως νέας και βιώσιμης προσέγγισης της διαχείρισης των υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων, όταν αραιώνονται κατάλληλα με λύματα ή συμβατικά λύματα και υποβάλλονται από κοινού σε βιολογική επεξεργασία. Πιστεύεται ότι η προτεινόμενη προσέγγιση ενσωματώνει όλα τα επιστημονικά και πρακτικά χαρακτηριστικά για να προσφέρει την αναμενόμενη λύση για τη βιομηχανία αυτή.

- ❖ El Hajjouji H. et al., 2006. Treatment of olive mill waste-water by aerobic biodegradation: An analytical study using gel permeation chromatography, ultraviolet-visible and Fourier transform infrared spectroscopy.

Στο Μαρόκο η βιομηχανία φυτικών ελαίων παράγει περίπου 72.000 τόνους υγρών αποβλήτων ετησίως. Τα υγρά απόβλητα ελαιοτριβείων δεν υφίστανται καμία επεξεργασία και συχνά χύνονται στους αγωγούς της πόλης, αποθηκεύονται σε λιμνοδεξαμενές εξάτμισης ή διασπείρονται απευθείας στο έδαφος. Η επίδραση στο περιβάλλον είναι αρνητική, με αποτέλεσμα το έδαφος να κορεστεί, να προκαλείται ρύπανση των υπόγειων υδάτων και του υδροφόρου ορίζοντα, τοξικότητα για τα φυτά και παραγωγή δυσάρεστων οσμών.

Η παρούσα μελέτη συνίσταται στην επεξεργασία υγρών αποβλήτων ελιάς σε αερόβιο περιβάλλον, παρουσία εδαφικών μικροοργανισμών. Τα εν λόγω υγρά απόβλητα επεξεργάστηκαν με αερόβια χώνευση σε μίνι χωνευτήρα πολυαιθυλενίου για 20 ημέρες. Ο αερισμός ήταν με τη μορφή ενός μόνιμου ρεύματος αέρα μέσω του χωνευτήρα και η θερμοκρασία της ζύμωσης ήταν στους 25°C. Τα λύματα αραιώθηκαν 10 φορές και εμπλουτίστηκαν με θειικό αμμώνιο για να μειωθεί ο λόγος C/N από 60 σε 45.

Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείου στην αρχική κατάσταση και μετά τη χώνευση

	pH	C/N	COD g/L	Πολυφαινόλες g/L
Αρχική κατάσταση	5	45	19,2	1,67
Μετά τη χώνευση	7,6	16	2,6	0,12

Οι μικροοργανισμοί μείωσαν σημαντικά το ρυπαντικό φορτίο με μείωση του COD 86,5% και των πολυφαινολών 92%. Το ένζυμο λακκάση, είναι αυτό που δρα στις πολυφαινόλες μετακινώντας ένα ηλεκτρόνιο από την ομάδα υδροξυλίου και η οξειδωτική δράση της λακκάσης στις πολυφαινόλες οδηγεί στη δημιουργία ολιγομερών και πολυμερών.

- ❖ Fakharedine N. et al., 2005. Chemical and spectroscopic analysis of organic matter transformation during aerobic digestion of olive-mill waste-waters.

Τα απόβλητα που παράγονται σε ελαιοτριβεία που παράγουν ελαιόλαδο υποβλήθηκαν σε επεξεργασία, παρουσία και απουσία φυσικών φωσφορικών αλάτων και διαφόρων στελεχών μικροοργανισμών και προσδιορίστηκε ο βαθμός μετατροπής και η σταθερότητα τους για χρήση στη γεωργία. Τα λύματα συλλέχθηκαν στην έξοδο μίας τριφασικής μονάδας φυγοκέντρησης που βρίσκεται στο Μαρόκο. Μεταφέρθηκαν σε φιάλες των 5 λίτρων και διατηρήθηκαν στο ψυγείο έως ότου χρησιμοποιηθούν για επεξεργασία κα ανάλυση.

Οι δοκιμές αερόβιας επεξεργασίας (T1=όξινο απόβλητο + εμβόλιο I, T2=εκροή εξουδετερωμένη με φυσικό φωσφορικό άλας + εμβόλιο I, T3=εκροή εξουδετερωμένη με φυσικό φωσφορικό άλας + εμβόλιο 2) πραγματοποιήθηκαν σε μίνι χωνευτήρες πολυαιθυλενίου 2,5 λίτρων υπό σταθερή ροή αέρα, σε θερμοκρασία περιβάλλοντος 25°C. Οι ζυμώσεις πραγματοποιήθηκαν με ένα από τα δύο εμβόλια. Το εμβόλιο I προερχόταν από το έδαφος και αποτελούνταν κυρίως από μούχλα και ζύμες. Το έμβολιο II περιλάμβανε μικροοργανισμούς που απομονώθηκαν από συμπυκνωμένα απόβλητα ελαιοτριβείων και αποτελούνταν από μούχλα και ζύμη.

Δοκιμές αερόβιας αγωγής (T1, T2 και T3)- 20 ημέρες θεραπείας	Αρχικό COD	Απομάκρυνση COD (%)	Μείωση πολυφαινολών
T1 (όξινα λύματα + εμβόλιο I)	168 g/L	58%	90%
T2 (τα λύματα εξουδετερώνονται με φωσφορικό άλας + εμβόλιο I)		86%	92%
T3 (λύματα εξουδετερωμένα με φωσφορικό άλας + εμβόλιο II)		58%	92%

Οι μεταχειρίσεις συνεχίστηκαν για 20 ημέρες και λαμβάνονταν δείγματα των 150 ml κάθε 48 ώρες. Η πτώση του COD ήταν 58,3% για τις μεταχειρίσεις T1 και T3, ενώ έφτασε το 86,5% με τη μεταχείριση T2. Η μεταβολή του COD άρχισε να επιβραδύνεται από την όγδοη μέρα. Η μείωση του επιπέδου των πολυφαινολών έφθασε περίπου το 90%, ανεξάρτητα από τον τύπο της επεξεργασίας που ακολουθήθηκε. Οι δοκιμές αυτές επιβεβαίωσαν ότι η επεξεργασία T2 φαίνεται να είναι πιο αποτελεσματική για την επεξεργασία των λυμάτων ελαιοτριβείου, ώστε να παράγονται λύματα πλούσια σε σταθερή οργανική ύλη.

- ❖ Fadila K. et al., 2002. Aerobic biodegradation and detoxification of wastewaters from the olive oil industry.

Η ανάπτυξη και βιοαποικοδόμηση των πολυφαινολών από τρεις μικροοργανισμούς, *Geotrichum sp.*, *Aspergillus sp.* και *Candida tropicalis*, μελετήθηκαν σε υγρά απόβλητα ελαιοτριβείων. Οι τρεις αυτοί μικροοργανισμοί επιλέχθηκαν καθώς μειώνουν σημαντικά το COD και τη συγκέντρωση των πολυφαινολών. Τα αρχικά υγρά απόβλητα που χρησιμοποιήθηκαν στην μελέτη προέρχονταν από ένα εργοστάσιο παραγωγής ελαιολάδου στο Μαρόκο, το οποίο χρησιμοποιεί μία παραδοσιακή διακοπτόμενη διαδικασία για την εξαγωγή ελαιολάδο. Τα δείγματα συλλέχθηκαν σε δοχεία των 2 και 10 λίτρων και διατηρήθηκαν στο ψυγείο στους 4°C.

pH, συγκεντρώσεις βιομάζας και ποσοστά αποάκρυνσης COD, ολικών φαινολών και αναγωγικών σακχάρων που ζυμώθηκαν με *Geotrichum sp.*

COD	pH	COD (%)	Φαινόλες (%)	Αναγωγικά σάκχαρα (%)	Βιομάζα (g/L)
30	7,5	48	33	94	9
40	7,6	47	31	92	16
60	6,8	32	34	81	11
120	6,3	11	7	74	6

pH, συγκεντρώσεις βιομάζας και ποσοστά αποάκρυνσης COD, ολικών φαινολών και αναγωγικών σακχάρων που ζυμώθηκαν με *Aspergillus sp.*

COD	pH	COD (%)	Φαινόλες (%)	Αναγωγικά σάκχαρα (%)	Βιομάζα (g/L)
30	7	40	44	94	8,2
40	7,7	39	33	92	12,8
60	7,2	32	48	84	11,1
120	6,8	12	6	67	7,6

pH, συγκεντρώσεις βιομάζας και ποσοστά αποάκρυνσης COD, ολικών φαινολών και αναγωγικών σακχάρων που ζυμώθηκαν με *Candida tropicalis*

COD	pH	COD (%)	Φαινόλες (%)	Αναγωγικά σάκχαρα (%)	Βιομάζα (g/L)
30	7,1	47	53	81	6
40	6,8	53	50	87	11
60	6,6	54	58	85	12
120	5,7	18	17	83	9

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι παρατηρήθηκε άμεση επίδραση της συγκέντρωσης του COD (απομάκρυνση του) και των ολικών φαινολικών ενώσεων. Καθώς αυξάνεται η συγκέντρωση του COD, το ποσοστό COD και της μετατροπής των ολικών φαινολών μειώνονται. Η μετατροπή του COD κυμάνθηκε μεταξύ 11% και 48% με το *Geotrichum sp.*, μεταξύ 12% και 40% με το *Aspergillus sp.* και μεταξύ 18% και 54% με το *Candida tropicalis*. Από την άλλη μεριά παρατηρήθηκε επίσης άμεση επίδραση της

συγκέντρωσης του COD στην απομάκρυνση των φαινολικών ενώσεων. Τα ποσοστά απομάκρυνσης των ολικών φαινολικών ενώσεων μειώθηκαν όταν αυξήθηκε η αρχική συγκέντρωση COD.

Φαίνεται να υπάρχει μεγάλο ενδιαφέρον για την χρήση αυτών των τριών μικροοργανισμών. Η βιολογική προεπεξεργασία θα πρέπει να αποτελεί μία πιθανή προσέγγιση, όταν οι αναερόβιες διεργασίες χρησιμοποιούνται ως δεύτερο στάδιο, με σκοπό την απαλλαγή του μεγαλύτερου ποσοστού των τοξικών ουσιών.

- ❖ Tziotzios G. et al., 2007. Aerobic biological treatment of olive mill wastewater by olive pulp bacteria.

Σκοπός της εργασίας ήταν η χρήση βακτηρίων ελαιοκάρπου για την απομάκρυνση του COD και των φαινολικών ενώσεων από τα υγρά απόβλητα χρησιμοποιώντας αντιδραστήρες σταθερής κλίνης σε φυάλη, εργαστήριο και πιλοτική κλίμακα, υπό μη αποστειρωμένες αερόβιες συνθήκες. Τα ελαιόλαδα ελήφθησαν από δύο ελαιουργεία (τριφασικά φυγοκεντρικά) που βρίσκονται στο Αγρίνιο. Αμέσως μετά τη δειγματοληψία τα απόβλητα διατηρήθηκαν στους -20°C καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος. Το δείγμα A αναφέρεται στα υγρά απόβλητα που χρησιμοποιήθηκαν για τις πειραματικές σειρές στους αντιδραστήρες flask, ενώ το δείγμα B αναφέρεται στα υγρά απόβλητα που χρησιμοποιήθηκαν στους αντιδραστήρες σταθερής κλίνης πάγκου και πιλοτικής κλίμακας.

Κατά τη διάρκεια των πειραμάτων μετρήθηκαν διάφορες παράμετροι, όπως ολικά αιωρούμενα στερεά (TSS), πτητικά αιωρούμενα στερεά (VSS), διαλυμένο COD, BOD και οι φαινολικές ενώσεις. Καθ' όλη τη διάρκεια των πειραμάτων στους αντιδραστήρες σταθερής κλίνης σε φυάλη και σε εργαστηριακή κλίμακα η θερμοκρασία ήταν σταθερή στους 28°C και το pH κυμαινόταν από 5,5 και 7,2 στο τέλος του πειράματος. Η μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία στον αντιδραστήρα σταθερής κλίνης πιλοτικής κλίμακας κυμαινόταν μεταξύ $6-20^{\circ}\text{C}$ και το pH από 5,5 έως 7,4 στο τέλος του πειράματος.

Σύθεση υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείου

Παράμετροι	Δείγμα A	Δείγμα B
TSS (g/L)	59,69	41,01
VSS (g/L)	55,65	34,03
Διαλυμένες φαινόλες (g/L)	6,70	2,90
COD (g/L)	50,72	15,05

BOD (g/L)	35,79	10,64
pH	5,18	5,50

Το αρχικό εμβόλιο βακτηρίων ελήφθη από πολτό ελιάς. Η πηγή αυτή επιλέχθηκε δεδομένου ότι οι ελιές και τα υγρά απόβλητα ελαιοτριβείων περιέχουν σημαντική ποσότητα φαινολικών. Αρχικά, χρησιμοποιήθηκε οξικό νάτριο ως πηγή άνθρακα. Όταν καταγράφηκε πλήρης αποικοδόμηση της φαινόλης μεταφέρθηκε εμβόλιο στους αντιδραστήρες, το οποίο περιείχε υγρά απόβλητα και το κατάλληλο θρεπτικό μέσο.

Απομάκρυνση COD και φαινολικών ενώσεων με βακτήρια ελαιοπολτού
σε αντιδραστήρες φιαλών 1L (όγκος εργασίας 0,5 L)

Ημέρες	Αραιώσεις OMW (%)	Απομάκρυνση COD (%)	Μείωση πολυφαινολών (%)
11	20	86,14	82,62
23	50	87,42	86,01
30	100	91,11	90,44

Με βάση τα αποτελέσματα της μελέτης συμπεραίνεται ότι η χρήση αυτόχθονων βακτηριακών πληθυσμών από πολτό ελιάς παρέχει ορίσμενο πλεονέκτημα και εξασφαλίζει ανθεκτικότητα σε διάφορες συνθήκες. Οι αντιδραστήρες σταθερής κλίνης αποδείχθηκαν πολλά υποσχόμενος εξοπλισμός για την απομακρυνση του COD και των φαινολικών ενώσεων των υγρών αποβλήτων. Η επίτευξη τόσο υψηλών ποσοστών απομάκρυνσης με τη χρήση μικτών καλλιιεργειών από πολτό ελαιοκάρπου υποδεικνύει μία εφικτή, οικονομική και αποτελεσματική τεχνική για τη βιοαποικοδόμηση των υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων.

- ❖ Tatoulis Triantafyllos I. et al., 2016. A hybrid system comprising an aerobic biological process and electrochemical oxidation for the treatment of black table olive processing wastewaters.

Η παρούσα εργασία επικεντρώνεται στην αερόβια βιοαποικοδόμηση των υγρών αποβλήτων μαύρης επιτραπέζιας ελιάς, με τη χρήση βιολογικών συστημάτων αιωρούμενης και συνδεδεμένης ανάπτυξης με μικτές, αερόβιες, αυτόχθονες καλλιέργειες. Τα υγρά απόβλητα προέκυψαν από την παραγωγή μαύρης επιτραπέζιας ελιάς στο Αγρίνιο. Οι κύριες ιδιότητες τους ήταν ως εξής, COD 5-25 g/L, BOD 0,9-11 g/L, ολικές φαινολικές ενώσεις 2,9-6,7 g/L, pH 4-6 και αλατότητα 58,5-84 g/L.

Όλα τα πειράματα πραγματοποιήθηκαν είτε με δείγματα που είχαν συλλεχθεί πρόσφατα είτε με δείγματα που είχαν αποθηκευτεί στους 4°C στο σκοτάδι για τρεις ημέρες το πολύ. Πριν από τη χρήση, τα δείγματα αφαιρέθηκαν από το ψυκτικό δωμάτιο και σταθεροποιήθηκαν σε θερμοκρασία δωματίου.

Αρχικές τιμές		
COD	BOD	Ολικές φαινολικές ενώσεις
5-25 g/L	0,9-11 g/L	2,9-6,7 g/L

Για την επιλογή αυτόχθονων μικροοργανισμών, απόβλητα σε συγκέντρωση C7500 χρησιμοποιήθηκαν ως υπόστρωμα για την ανάπτυξη μικροοργανισμών. Ο χρόνος περίπου που ήταν αναγκαίος για να επιτευχθούν οι μέγιστοι ρυθμοί αποικοδόμησης του COD ήταν δύο μήνες. Πειράματα με τρεις διαφορετικές συγκεντρώσεις C5500, C7500 and C15000 πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση αντιδραστήρων φιάλης αιωρούμενης ανάπτυξης, χρησιμοποιώντας την καλλιέργεια που προέκυψε από την προηγούμενη διαδικασία. Οι κύκλοι επαναλήφθηκαν έως ότου καταγραφεί ο μέγιστος ρυθμός αποικοδόμησης του COD, τουλάχιστον τρεις κύκλοι για κάθε συγκέντρωση υγρών αποβλήτων.

Αντιδραστήρας φιάλης αιωρούμενης ανάπτυξης			
	C5500	C7500	C15000
Ημέρες	6	8	7
COD	71,70%	82,70%	49,10%
Φαινολικές ενώσεις	67%	63%	57,30%

Ακόμη, μελετήθηκε αντιδραστήρας σταθερής κλίνης όγκου 6 L. Κατά την έναρξη λειτουργίας του αντιδραστήρα σταθερής κλίνης χρησιμοποιήθηκε εμβόλιο (0,5 L) εμπλουτισμένης καλλιέργειας και προστέθηκε στο υγρό απόβλητο.

Αντιδραστήρας συσκευασμένης κλίνης πιλοτικής κλίμακας			
	C5500	C7500	C15000
Ημέρες	2	5	3
COD	75,50%	81,80%	73,80%
Φαινολικές ενώσεις	11,10%	51,30%	40,30%

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την παρούσα μελέτη δείχνουν ότι η χρήση μικτών αυτόχθονων μικροοργανισμών από υγρά απόβλητα μαύρων επιτραπέζιων ελιών, παρέχει ορισμένο πλεονέκτημα και εξασφαλίζει ανθεκτικότητα σε διάφορες περιβαλλοντικές και λειτουργικές συνθήκες. Οι αντιδραστήρες μπορούν αποτελεσματικά να αποσυνθέσουν το COD και τις φαινολικές ενώσεις, φθάνοντας σε απομάκρυνση έως και 82% στο COD και 67% στις φαινολικές ενώσεις.

- ❖ Kotsou Maria et al., 2003. Integrated aerobic biological treatment and chemical oxidation with Fenton's reagent for the processing of green table olive wastewater.

Σε αυτή τη μελέτη, υγρά απόβλητα από την επεξεργασία πράσινης επιτραπέζιας ελιάς επεξεργάστηκαν αερόβια με τη χρήση του *Aspergillus niger*. Ο αντιδραστήρας Fenton χρησιμοποιήθηκε ως δευτερογενές στάδιο επεξεργασίας, για την οξείδωση των ανθεκτικών οργανικών ενώσεων ή των μεταβολιτών που δεν μπορούσαν να οξειδωθούν βιολογικά. Τα φυσικά υγρά απόβλητα ελήφθησαν από τη βιομηχανική μονάδα της Στυλίδας στη Λαμία. Πριν τη βιολογική τους επεξεργασία το pH ρυθμίστηκε στα 4,5-4,8 και οι τιμές του COD κυμάνθηκαν από 6,5-13,55 g/L. Η αερόβια βιολογική επεξεργασία πραγματοποιήθηκε σε βιοαντιδραστήρα στήλης με φυσαλίδες, υπό μη αποστειρωμένες συνθήκες. Τα πειράματα πραγματοποιήθηκαν σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, 25°C. Ο βιοαντιδραστήρας λειτούργησε σε λειτουργία παρτίδας 3 ημερών, ακολουθούμενη από συνεχή λειτουργία με 2 ημέρες.

Μετά από μία ημέρα λειτουργίας παρτίδας, η απομάκρυνση του COD ήταν 51%, τη δεύτερη μέρα έφτασε το 71% και την τρίτη μέρα το 74%. Κατά τη φάση της συνεχούς λειτουργίας η μέση απομάκρυνση του COD ήταν περίπου 70%. Η μέση τιμή του pH της εισροής ρυθμίστηκε στο 4,6 και μειώθηκε περίπου στο 3,6 ως αποτέλεσμα της

δραστηριότητας του *Aspergillus niger*, ενός μύκητα γνωστού για την παραγωγή όξινων μεταβολικών προϊόντων. Κατά τη διάρκεια της συνεχούς φάσης της βιολογικής επεξεργασίας, η συνολική απομάκρυνση των φαινολών ήταν 41%, ενώ η απλή φαινολική απομάκρυνση ήταν πιο αποτελεσματική και έφτασε το 85%. Αυτό αποδόθηκε στο γεγονός ότι οι φαινολικές ενώσεις με υψηλό μοριακό βάρος, δεν είναι εύκολα βιοδιασπώμενες. Αντίθετα, οι απλές φαινολικές ενώσεις είναι ιδιαίτερα τοξικές, αλλά βιοδιασπώμενες.

Στην παρούσα μελέτη, παρατηρήθηκε επίσης αύξηση της συγκέντρωσης των οργανικών οξέων μετά τη χρήση του αντιδραστήρα Fenton. Η τιμή του pH μειώθηκε από 3,3 σε 2-2,7, το COD μεταξύ 34-72% και οι φαινολικές ενώσεις μεταξύ 64-91%.

Η αερόβια βιολογική επεξεργασία των υγρών αποβλήτων πράσινης επιτραπέζιας ελιάς, αποτελεί μία αποτελεσματική μέθοδο για τη μείωση του οργανοχημικού και φαινολικού φορτίου αυτού του τύπου υγρών αποβλήτων. Ένα σημαντικό πλεονέκτημα για τη χρήση ενός επιλεγμένου είδους, όπως το *Aspergillus niger*, για τη βιολογική επεξεργασία είναι η άμεση έναρξη της διεργασίας, η οποία μπορεί να είναι πολύ σημαντική στην περίπτωση εποχιακής παραγωγής μεγάλων ποσοτήτων υγρών αποβλήτων. Η προσθήκη ενός επόμενου σταδίου χημικής οξειδωσης με τον αντιδραστήρα Fenton, επιτρέπει τον αποτελεσματικό έλεγχο του οργανικού φορτίου και της περιεκτικότητας σε φαινόλες του τελικού αποβλήτου.

- ❖ Beltran-Heredia Jesus et al., 1999. Aerobic biological treatment of black table olive washing wastewaters: effect of an ozonation stage.

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η αποικοδόμηση των υγρών αποβλήτων από βιομηχανία παραγωγής μαύρης ελιάς. Η διεργασία πραγματοποιήθηκε σε πρώτη φάση με απλή αερόβια χώνευση και αργότερα σε δεύτερη φάση με συνδυασμένη επεξεργασία, με προεπεξεργασία με οζονισμό ακολουθούμενη από αερόβια αποικοδόμηση. Στόχος και στις δύο περιπτώσεις ήταν η μείωση του COD και η ολική περιεκτικότητα σε φαινόλες. Τα υγρά απόβλητα προήλθαν από βιομηχανική μονάδα της περιοχής της νοτιοδυτικής Ισπανίας. Η φυσικοχημική σύνθεση των λυμάτων είχε ως εξής, COD 600 g/L, BOD 500 g/L και πολυφαινόλες 18 g/L.

Τα πειράματα αερόβιας αποικοδόμησης διεξήχθησαν σε αντιραστήρα πλήρους ανάμιξης παρτίδων. Η θερμοκρασία ήταν σταθερή στους 28°C. Αρχικά, ο βιολογικός αντιδραστήρας εμβολιάστηκε με ενεργό ιλύ που λήφθηκε από μία δημοτική μονάδα

επεξεργασίας λυμάτων. Όταν ολοκληρώθηκε η περίοδος εγκλιματισμού ξεκίνησαν τα πειράματα αερόβιας αποικοδόμησης όπου και διήρκησαν από 4-6 ημέρες και περιοδικά. Τα πειράματα οζονισμού διεξήχθησαν σε έναν πλήρως αναμεμειγμένο χημικό αντιδραστήρα παρτίδας, εφοδιασμένο με ένα κάλυμμα που περιείχε εισόδους για τη διοχέτευση του αερίου και την ανάδευση και εξόδους για τη δειγματοληψία και τον εξαερισμό.

Με τη διαδικασία βιολογικής αποικοδόμησης δεν υπήρξε πρακτικά καμία επίδραση στη μείωση του COD και των πολυφαινολών. Παρόλα αυτά, στη συνδυασμένη διαδικασία που αποτελείται από οξείδωση με όζον ακολουθούμενη από αερόβια βιολογική αποικοδόμηση υπήρξαν μεταβολές. Στο στάδιο του οζονισμού πραγματοποιήθηκαν πέντε πειράματα μεταβάλλοντας τη θερμοκρασία και το pH. Κατά τη διάρκεια του οζονισμού παρατηρήθηκε απομάκρυνση του COD και της περιεκτικότητας των πολυφαινολών. Οι μετατροπές του COD μετά από 3 ώρες αντίδρασης κυμαίνονταν μεταξύ 24 και 33% ανάλογα με τις συνθήκες λειτουργίας. Οι μέσες μετατροπές των πολυφαινολών ήταν περίπου 50%. Μόλις ολοκληρώθηκε η προεπεξεργασία με οζονισμό, πραγματοποιήθηκαν τέσσερα πειράματα αερόβιας αποικοδόμησης. Οι μειώσεις του COD ήταν της τάξης του 70-74%, ενώ η μείωση των πολυφαινολών είχε παρόμοια τιμή με εκείνη χωρίς προεπεξεργασία, γύρω στο 50%.

Επομένως, τα αποτελέσματα που προέκυψαν υποδεικνύουν μία μικρή βελτίωση των παραμέτρων για την αερόβια βιολογική επεξεργασία, όταν εφαρμόζεται ένα στάδιο προεπεξεργασίας με οζονισμό.

- ❖ Khani Mohammad Reza et al., 2020. Olive mill wastewater (OMW) Treatment by hybrid processes of electrocoagulation/catalytic ozonation and biodegradation.

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να προσδιοριστεί η αποτελεσματικότητα του συνδυασμού ηλεκτρόλυσης και οζονισμού, για τη μείωση οργανικού φορτίου υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείου. Το πείραμα πραγματοποιήθηκε σε αντιδραστήρα παρτίδας. Για τη διαδικασία της ηλεκτρόλυσης ο χρόνος αντίδρασης ήταν στα 45 λεπτά, με απόδοση απομάκρυνσης των πολυφαινολών και του COD στο 75 και 80% αντίστοιχα. Στη συνέχεια, τα επεξεργασμένα απόβλητα εισήλθαν στη διαδικασία οζονισμού. Μετά από 90 λεπτά επεξεργασίας η απομάκρυνση του COD ήταν στο 56% και των πολυφαινολών στο 44%.

Τα υγρά απόβλητα οδηγήθηκαν σε βιολογικό αντιδραστήρα και εξετάστηκε η αποτελεσματική απομάκρυνση του COD και των πολυφαινόλων. Ως αποτέλεσμα της όλης διεργασίας ήταν η απομάκρυνση του COD να φτάσει το 98,4% και οι πολυφαινόλες το 97,2%. Ο συνδυασμός των δύο αυτών διεργασιών φαίνεται ότι είναι αρκετά αποτελεσματικός, για την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα απόβλητα των ελαιοτριβείων αποτελούν ένα σοβαρό περιβαλλοντικό πρόβλημα, ιδιαίτερα στις ελαιοπαραγωγικές χώρες της Μεσογείου, όπου παράγονται μεγάλες ποσότητες αποβλήτων, σε σύντομο χρονικό διάστημα κάθε χρόνο. Το πρόβλημα είναι ιδιαίτερα έντονο στην Ελλάδα, καθώς και στην παραγωγή ελαιολάδου, αλλά και στην παραγωγή επιτραπέζιας ελιάς είναι από τις χώρες που κατέχουν υψηλή θέση στον κόσμο και στην οποία ο ελαιόκαρπος επεξεργάζεται κυρίως σε μικρά αποκεντρωμένα ελαιοτριβεία. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τα απόβλητα, οφείλονται κυρίως στη χημική τους σύσταση και στο υψηλό οργανικό τους φορτίο. Η σοβαρότητα του προβλήματος, έχει οδηγήσει την επιστημονική κοινότητα στην διερεύνηση διάφορων μεθόδων και τεχνολογιών, για την διαχείριση των αποβλήτων από τα ελαιοτριβεία. Οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται σήμερα για την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων από τα ελαιοτριβεία, είναι οι φυσικοχημικές και οι βιολογικές. Οι φυσικές διεργασίες, όπως διάλυση, εξάτμιση, καθίζηση, διήθηση και φυγοκέντρωση, δεν είναι σε θέση να μειώσουν από μόνες τους το οργανικό φορτίο και την τοξικότητα των υγρών αποβλήτων σε αποδεκτά από τη νομοθεσία όρια. Οι βιολογικές επεξεργασίες από την άλλη, θεωρούνται φιλικές προς το περιβάλλον, αξιόπιστες και οικονομικά αποδεκτές. Σε αυτές περιλαμβάνονται η αερόβια και η αναερόβια επεξεργασία.

Στην παρούσα εργασία, έγινε ανασκόπηση ερευνητικών μελετών και πειραμάτων που έχουν πραγματοποιηθεί σε διεθνές επίπεδο για την αξιολόγηση υβριδικών μεθόδων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων. Τα αποτελέσματα των μεθόδων φάνηκαν να είναι αρκετά θετικά και αποτελεσματικά όσον αφορά την απομάκρυνση των ρύπων από τα απόβλητα. Οι βιολογικές μέθοδοι έχουν ένα σημαντικό πλεονέκτημα έναντι των υπολοίπων, αυτό του χαμηλού πάγιου και λειτουργικού κόστους τους. Η λύση στο πρόβλημα των υγρών αποβλήτων φαίνεται να βρίσκεται στους συνδυασμούς των αερόβιων βιολογικών μεθόδων επεξεργασίας και στα υβριδικά συστήματα διαχείρισης των υγρών αποβλήτων ελιάς. Ωστόσο, απαραίτητη είναι η περαιτέρω έρευνα και μελέτη μεθόδων, που σε συνδυασμό θα δίνουν υψηλή απόδοση, ανάκτηση υποπροϊόντων υψηλής αξίας και χαμηλό λειτουργικό κόστος, κάτι που αποτελεί βασική προϋπόθεση για τις βιομηχανικές μονάδες επεξεργασίας σήμερα, λόγω των αυξημένων εξόδων για την κάλυψη των ενεργειακών τους αναγκών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Διεθνής Βιβλιογραφία

Aissam H., Penninckx M.J., Benlemlih M., (2007). Reduction of phenolics content and COD in olive oil mill wastewaters by indigenous yeasts and fungi. *World Journal of Microbiology & Biotechnology*.

Asli S. Ciggin, Anousheh Irvanian, Serdar Dogruel, Derin Orhon, (2021). Co-metabolism of olive mill wastewater in sequencing batch reactor under aerobic conditions after Fenton-based oxidation.

Aveni A. (1984). Biogas recovery from olive-oil mill wastewater by anaerobic digestion. *Anaerobic Digestion and Carbohydrate Hydrolysis of Waste*.

Ayed L. , Asses N., Chammem N., Ben Othman N., 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.

Beltran-Heredia Jesus, Torregrosa Joaquin, Dominguez Joaquin R., Garcia Juan, (1999). Aerobic biological treatment of black table olive washing wastewaters: effect of an ozonation stage.

Bleve G., Lezzi C., Chiriatti M., D'Ostuni I., Tristezza M., Di Venere D., Sergio L., Mita, G., Grieco F., (2011). Selection of nonconventional yeasts and their use in immobilized form for the bioremediation of olive oil mill wastewaters. *Bioresource Technology*.

Boari, G., Mancini, IM., (1990), Combined treatments of urban and olive mill effluents in Apulia Italy.

Cabrera F., Lopez R., Martinez-Bordiu A., Dupuy de Lome and Murillo J.M. (1996). *Land Treatment of Olive Oil Mill Wastewater*.

El Hajjouji H., Fakharedine N., Ait Baddi G., Winterton P., Bailly J.R., Revel J.C., HaWdi M., (2006). Treatment of olive mill waste-water by aerobic biodegradation: An analytical study using gel permeation chromatography, ultraviolet-visible and Fourier transform infrared spectroscopy.

Fadila K., Chahlaouia A., Ouahbib A., Zaida A., Borjac R., (2002). Aerobic biodegradation and detoxification of wastewaters from the olive oil industry.

Fakharedine N., El Hajjouji H., Ait Baddi G., Revel J.C, Hafidi M, (2005). Chemical and spectroscopic analysis of organic matter transformation during aerobic digestion of olive-mill waste-waters.

Halet, F., Belhocine, D., Grib, H., Louncini, H., Pauss, A., Mameri., N., (1997), Treatment of oil mill washing water by ultrafiltration, 3rd Int symp on environmental biotechnology.

Israilides C.J., Vlyssides A.G., Mourafeti V.N. & Karvouni G. (1997) *Olive Oil Wastewatre Treatment with the Use of an Electrolysis System*.

- Jemmett, M.T., Leo, P., Kapsiotis, G.D., Carrieri, C., (1983), Experiences of inverse osmosis and ultrafiltration of olive vegetation waters with even membrane unit of measurement.
- Katsoni A., Frontistis Z., Xekoukoulotakis N.P., Diamadopoulos E., Mantzavinos D., (2008) Wet air oxidation of table olive processing wastewater: Determination of key operating parameters by factorial design.
- Khani Mohammad Reza, Mahdizadeh Hakimeh, Kannan Karthik, Kalankesh5 , Bahram Kamarehei Laleh Ranandeh, Baneshi Mohammad Mehdi, Shahamat Yousef Dadban (2020). Olive mill wastewater (OMW) Treatment by hybrid processes of electrocoagulation/catalytic ozonation and biodegradation.
- Kotsou M., Kyriacou A., Lasaridi K., Pilidis G., (2004) Integrated aerobic biological treatment and chemical oxidation with Fenton's reagent for the processing of green table olive wastewater.
- Mitrakas, M., Papageorgiou, G., Docoslis, A., Sakellaropoulos, G., (1996) Evaluation of various pretreatment methods for olive oil mill wastewaters.
- Mukesh Doble, Anil Kumar, (2005) CHAPTER 3 - Aerobic and Anaerobic Bioreactors. Biotreatment of Industrial Effluents.
- Niaounakis M., Halvadakis C. P., (2004). Olive-Mill Waste Management- Literature Review and Patent Survey.
- Paraskeva P., Diamadopoulos E. (2006). Technologies for olive mill wastewater (OMW) treatment: a review. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*.
- Rajeshwari K.V., M. Balakrishnan, A. Kansal, Kusum Lata, V.V.N. Kishore. (2000). State-of-the-art of anaerobic digestion technology for industrial wastewater treatment. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.
- Sabbah I., Marsook T., Basheer S., (2004). The effect of pretreatment of anaerobic activity of olive mill wastewater using batch and continuous systems. *Process Biochem*.
- Sonia Khoufi, Firas Feki, Sami Sayadi. (2007). Detoxification of olive mill wastewater by electrocoagulation and sedimentation processes.
- Tatoulis Triantafyllos I., Zapantiotis Stamoulis, Frontistis Zacharias, Akratos Christos S., Tekerlekopoulou Athanasia G., Pavlou Stavros, Mantzavinos Dionissios, Vayenas Dimitrios V., (2016). A hybrid system comprising an aerobic biological process and electrochemical oxidation for the treatment of black table olive processing wastewaters.
- Tsagaraki E., Lazarides H.N., Petrotos K.B., (2006). Olive Mill Wastewater Treatment.
- Tziotzios G., Michailakis S., Vayenas D.V., (2007). Aerobic biological treatment of olive mill wastewater by olive pulp bacteria.

Vlyssides, A.G., Bouranis, D.L., Loizidou, M., Karvouni, G., (1996), Study of a demonstration plant for the co-composting of olive-oil-processing wastewater and solid residue.

Ελληνική Βιβλιογραφία

- Ασημακόπουλος Θ. (2010). Μεταπτυχιακή Διατριβή. Διαχείριση αποβλήτων βιομηχανιών μεταποίησης τροφίμων. Εφαρμογή για τον κλάδο της χυμοποιείας. Μυτιλήνη.
- Δελής Α. (2013). Πτυχιακή Εργασία. Αξιοποίηση αποβλημάτων ελαιουργίας (ελαιοπυρήνα) για παραγωγή ζωοτροφών. Καλαμάτα.
- Ζαρμπούτης Γ., Γκακή Α., (2009). 2^η Έκδοση. Εκδόσεις Ίων.Γεωργικές καλλιέργειες. Αθήνα.
- Ηλιόπουλος Ι., Κουρκούτα Ε. (2017). Πτυχιακή Εργασία. Κατασκευή σε εργαστηριακή κλίμακα μιας πιλοτικής εγκατάστασης επεξεργασίας υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων. Πάτρα.
- Θέριος Ι. (2005). Εκδόσεις Γαρταγάνης. Ελαιοκομία. Θεσσαλονίκη.
- Κούτλου Μ. (2020). Μεταπτυχιακή Διπλωματική εργασία. Η ποιότητα των επιτραπέζιων ελιών. Οι απόψεις των καταναλωτών και των καλλιεργητών. Θεσσαλονίκη.
- Κυριτσάκης Α. (2007). 4^η Έκδοση. Ελαιόλαδο. Συμβατικό και βιολογικό. Βρώσιμη ελιά-Πάστα ελιάς. Θεσσαλονίκη.
- Κωνσταντινίδου Κ., Δρόσου Κ. (2020). Πτυχιακή Εργασία. Επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων φυγοκεντρικών ελαιοτριβείων δύο φάσεων με χρήση φυσικών αργίλων. Πάτρα.
- Κωνσταντίνου Κ. (2012). Μεταπτυχιακή Εργασία. Στρατηγικός σχεδιασμός του κλάδου τυποποιημένου ελαιολάδου στην Ελλάδα. Μελέτη περίπτωσης. Αθήνα.
- Λέκκα Α. Θ. (2013). Πτυχιακή εργασία. Επεξεργασία υγρών αποβλήτων. Περιγραφή και λειτουργία μονάδας επεξεργασίας λυμάτων Ιωαννίνων. Ηράκλειο.
- Νινιός Γ. (2014). Πτυχιακή Εργασία. Περιγραφή μίας τυπικής γεωργικής εκμετάλλευσης στο Δήμο Άριος. Προβλήματα και τρόποι βελτίωσης του εισοδήματος των κατοίκων. Καλαμάτα.
- Ντόλια Σ. (2006). Μεταπτυχιακή Εργασία. Διαχείριση αποβλήτων ελαιουργείων. Ανασκόπηση ερευνών και προβλήματα. Πειραιάς.
- Ρήγα Ε. (2021). Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία. Υβριδικά συστήματα διαχείρισης αποβλήτων επιτραπέζιας ελιάς. Καλαμάτα.
- Ρούτσης Α. (2018). Διπλωματική Εργασία. Τεχνολογίες διαχείρισης αποβλήτων ελαιοτριβείων. Αθήνα.

Τζιώτζιου Γ. (2007). Βιολογική επεξεργασία υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων. Αγρίνιο.

Τζουγανάκης Μ. (2009). Μεταπτυχιακή Εργασία. Απόβλητα ελαιοεργείων διερεύνηση δυνατότητας κεντρικής διαχείρισης και παραγωγής ελαιοευρωπείνης από τα ελαιόφυλλα. Ρέθυμνο.

Φωτεινόπουλος Ι., Νταρακάς Ε. (2018). Διαχείριση αποβλήτων ελαιοτριβείων. Η περίπτωση του Νομού Μεσσηνίας. Εργαστήριο Τεχνικής και Σχεδιασμού Περιβάλλοντος, Α.Π.Θ.

Χάλκος Γ. (2016). Εκδόσεις Δίσιγμα. Οικονομική φυσικών πόρων και περιβάλλοντος.

Χατζησυμεών Ε. (2009). Επεξεργασία υγρών αποβλήτων κατεργασίας ελιάς με εφαρμογή χημικών και βιολογικών διεργασιών. Χανιά.

Ψιλάκης Ν., Ψιλάκη Μ., Καστανάς Η., (1999). Εκδόσεις Κρμάνωρ. Ο πολιτισμός της ελιάς. Το ελαιόλαδο. Ιστορία-Λαογραφία-Μυθολογία-Υγεία-Διατροφή. Ηράκλειο.

Ηλεκτρονικές Πηγές (Web Links)

<https://kambourisolives.gr/elia/>

<https://green-organic.gr/product/%CE%B5%CE%BB%CE%B9%CE%AC-%CE%BA%CE%BF%CF%81%CF%89%CE%BD%CE%AD%CE%B9%CE%BA%CE%B7/>

<https://green-organic.gr/product/%ce%b5%ce%bb%ce%af%ce%b1-%ce%ba%ce%b1%ce%bb%ce%b1%ce%bc%cf%8e%ce%bd/>

<https://www.stepagro.gr/sigkomidi-elias-tropoi-sigkomidis-epoxi-sigkomidis>

<https://elaiaskarpos.gr/%CE%B5%CF%80%CE%B1%CE%B3%CE%B3%CE%B5%CE%BB%CE%B5%CE%B1%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE-%CF%87%CF%84%CE%AD%CE%BD%CE%B1-%CE%B3%CE%B9%CE%B1-8-%CF%86%CE%BF%CF%81%CE%AD%CF%82-%CF%80%CE%B9%CE%BF-%CE%B3%CF%81%CE%AE/2042/>

<https://www.tovima.gr/2008/11/25/archive/xeimarroi-apoblitwn-apo-ta-elaiotribeia/>

<http://www.gaiapedia.gr/gaiapedia/index.php/%CE%A3%CF%85%CE%B3%CE%BA%CE%BF%CE%BC%CE%B9%CE%B4%CE%AE%CE%B5%CE%BB%CE%B9%CE%AC%CF%82>

<http://www.gaiapedia.gr/gaiapedia/index.php/%CE%91%CF%80%CF%8C%CE%B2%CE%BB%CE%B7%CF%84%CE%B1%CE%B5%CE%BB%CE%B1%CE%B9%CE%BF%CF%84%CF%81%CE%B9%CE%B2%CE%B5%CE%AF%CE%BF%CF%85>

https://www.elinyae.gr/sites/default/files/2019-07/3924B_2016.1481623119577.pdf

https://www.elinyae.gr/sites/default/files/2019-07/214245_12.1429863656078.pdf

https://www.elinyae.gr/sites/default/files/2019-07/12550_2012.1429862836968.pdf
https://www.elinyae.gr/sites/default/files/2019-07/1275b_12.1337849921937.pdf
https://www.elinyae.gr/sites/default/files/2019-07/21b_12.1327489513781.pdf
https://www.elinyae.gr/sites/default/files/2019-07/205988_2012.1429864225437.pdf
https://www.elinyae.gr/sites/default/files/2019-07/354b_11.1299678795406.pdf
<http://digilib.teiemt.gr/jspui/bitstream/123456789/6274/1/STEF662006.pdf>
<https://www.economiafinanzas.com/el/mayor-productor-de-aceite-de-oliva/>

ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ ΠΟΛΥ!