

# ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

## ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

Μελέτη για τον Προσδιορισμό των Τεχνικών Μείωσης των Παραγόμενων  
Αποβλήτων και Επαναχρησιμοποίηση της Μητρικής Άλμης στη Διαδικασία  
Παραγωγής της Επιτραπέζιας Ελιάς

Κανονισμός [ΕΚ] 867/2008

Ευστάθιος Ζ. Πανάγου

Λέκτορας Γ.Π.Α.

## Περιεχόμενα

1. Ο καρπός της ελιάς	3
1.1 Βοτανικά και ανατομικά χαρακτηριστικά	3
1.2 Η χημική σύσταση του καρπού	5
1.3 Οι σημαντικότερες ποικιλίες ελιάς που καλλιεργούνται στη χώρα μας	13
2. Μικροβιολογία του ελαιοκάρπου	16
2.1 Μικροβιολογία του νωπού ελαιοκάρπου	16
2.2 Μικροβιολογία κατά την αποθήκευση του ελαιοκάρπου	18
3. Μεταποίηση της επιτραπέζιας ελιάς	20
3.1 Ορισμός και εμπορικοί τύποι	20
3.2 Πράσινες ελιές Ισπανικού τύπου	22
3.3 Φυσικές μαύρες ελιές σε άλμη	24
3.4 Φυσικές μαύρες ελιές τύπου ξηράλατος	25
3.5 Μικροβιολογία της ζύμωσης	25
3.6 Έλεγχος της ζύμωσης	28
4. Συσκευασία της επιτραπέζιας ελιάς	32
4.1 Παραδοσιακή συσκευασία	32
4.2 Σύγχρονες τάσεις συσκευασίας	32
4.3 Συσκευασία σε τροποποιημένες ατμόσφαιρες	33
5. Μικροβιακή οικολογία του ελαιοκάρπου	37
6. Υγρά απόβλητα της βιομηχανίας μεταποίησης της επιτραπέζιας ελιάς	39
6.1 Μείωση του όγκου των υγρών αποβλήτων κατά την επεξεργασία του πράσινου ελαιοκάρπου με την Ισπανική μέθοδο με εξουδετέρωση του καυστικού νατρίου με αέριο διοξείδιο του άνθρακα (CO <sub>2</sub> )	40
6.2 Ζύμωση του νερού έκπλυσης του πράσινου ελαιοκάρπου κατά την επεξεργασία με την Ισπανική μέθοδο	45
6.3 Επαναχρησιμοποίηση μητρικής άλμης σε ζύμωση ελαιοκάρπου ποικιλίας Κονσερβολιά	50
6.4 Επαναχρησιμοποίηση διαλύματος καυστικής σόδας στην Ισπανική μέθοδο επεξεργασίας για μείωση του όγκου των υγρών αποβλήτων	54
6.5 Εφαρμογή του όζοντος στη μείωση του οργανικού περιεχομένου του νερού έκπλυσης του πράσινου ελαιοκάρπου κατά την επεξεργασία με την Ισπανική μέθοδο	60
6.6 Αναγέννηση και επαναχρησιμοποίηση της άλμης μετά τη ζύμωση με την Ισπανική μέθοδο	63
6.7 Επαναχρησιμοποίηση μητρικής άλμης από τη ζύμωση του φυσικού μαύρου ελαιοκάρπου	65
7. Βιβλιογραφία	68

# 1. Ο καρπός της ελιάς

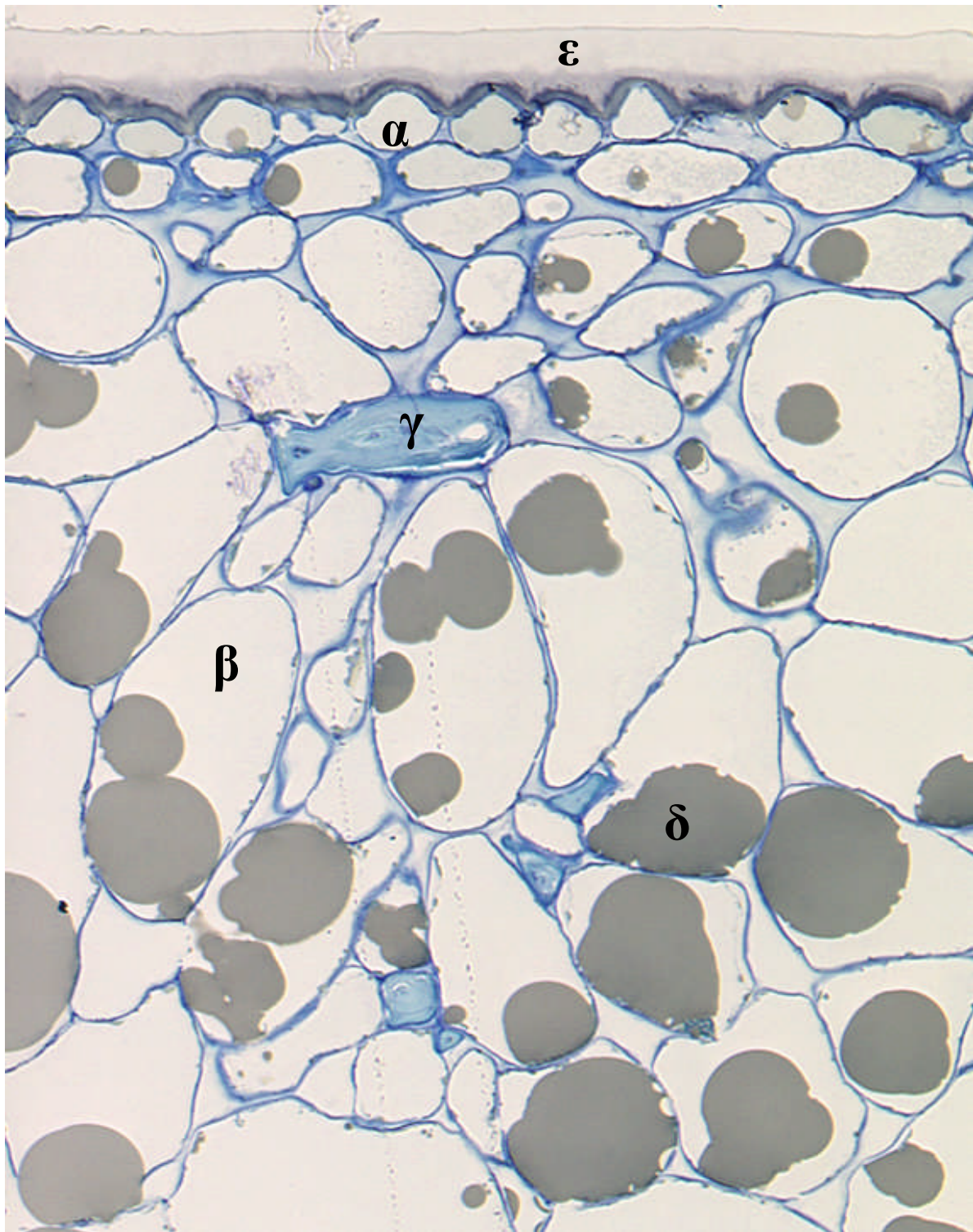
## 1.1 Βοτανικά και ανατομικά χαρακτηριστικά

Ο καρπός της ελιάς είναι δρύπη, όμοια με τις κοινές δρύπες των πυρηνοκάρπων, όπως είναι το ροδάκινο, το δαμάσκηνο, το κεράσι, το βερύκοκκο, κλπ. Το σχήμα του καρπού είναι σφαιρικό ή ελλειψοειδές, μήκους 2-3 cm και εγκάρσιας διαμέτρου 1-2 cm. Το βάρος ποικίλει από 0,5-20 g, με συνηθέστερες τιμές 3-10 g. Παρόλο που ο καρπός της ελιάς είναι δρύπη, διαφέρει ως προς τη χημική σύσταση και τους οργανοληπτικούς χαρακτήρες από τις υπολοίπες δρύπες στα ακόλουθα σημεία (Balatsouras 1972, Fernández Díez 1983):

- Τη μικρή σχετικά περιεκτικότητα της σάρκας σε σάκχαρα, που κυμαίνεται μεταξύ 2,5 και 6% (επί νωπού βάρους), έναντι 12% ή και περισσότερο των άλλων δρυπών.
- Την αυξημένη περιεκτικότητα της σάρκας σε λάδι που κυμαίνεται από 17-30% (επί νωπού βάρους) ή και περισσότερο ανάλογα με την ποικιλία, έναντι 1,5% κατά μέσο όρο των υπολοίπων δρυπών. Θα πρέπει μάλιστα να σημειωθεί ότι το λάδι στη σάρκα της ελιάς βρίσκεται κυρίως στο χυμοτόπιο υπό μορφή διακριτών σταγονιδίων, αποτελεί δηλαδή αποθησαυριστική ουσία στη σάρκα της ελιάς και όχι δομικό στοιχείο ενωμένο με λιποπρωτεΐνες, φωσφωρολιπίδια, κλπ.
- Την ύπαρξη στη σάρκα της ελιάς μίας πικρής ουσίας, της ελευρωπαΐνης, η οποία καθιστά τον καρπό μη εδώδιμο απευθείας από το δένδρο, χωρίς να προηγηθεί ειδική επεξεργασία για την απομάκρυνσή της.

Ανατομικά δεν υπάρχει διαφορά μεταξύ του καρπού της ελιάς και των υπολοίπων δρυπών, αφού και εδώ τα συστατικά μέρη του καρπού είναι τα ίδια, δηλαδή (α) το επικάρπιο ή επιδερμίδα, (β) το μεσοκάρπιο ή σάρκα και (γ) το ενδοκάρπιο ή πυρήνας. Η επιδερμίδα αποτελεί το 1,5 έως 3% του ολικού βάρους του καρπού και η κύρια λειτουργία της είναι η προστασία του καρπού από εντομολογικές και μικροβιολογικές προσβολές. Αποτελείται από παρεγχυματικά κύτταρα τα οποία είναι τοποθετημένα κατά τέτοιο τρόπο ώστε να μην αφήνουν μεσοκυττάριους χώρους μεταξύ τους (Εικόνα 1). Η συνέχεια των παρεγχυματικών κυττάρων διακόπτεται από μικρά ανοίγματα (οπές) που καλούνται στομάτια, διαμέσου των οποίων γίνεται η ανταλλαγή των αερίων ( $O_2$  και  $CO_2$ ) και της υγρασίας κατά

**Εικόνα 1.1.1:** Εγκάρσια τομή καρπού ελιάς. Διακρίνονται τα επιδερμικά κύτταρα του επικαρπίου (α), τα παρεγχυματικά κύτταρα του μεσοκαρπίου (β), οι σκληρείδες (γ), οι σταγόνες ελαιολάδου (δ) και η εφυμενίδα (ε) (Dr M.L. Parker, Institute of Food Research, Norwich, UK)



την αναπνοή του καρπού. Σύμφωνα με τον Durán Grande (1977), κάτω από τα στομάτια υπάρχει μεγάλος υποστομάτιος μεσοκυττάριος χώρος, ο οποίος καλείται αναπνευστική κοιλότητα, η οποία προεκτείνεται μέσα στο μεσοκάρπιο και αποτελεί την οδό προς το εσωτερικό του καρπού. Η επιδερμίδα είναι πλούσια σε κυτταρίνη, ημικυτταρίνη, λιγνίνη και πηκτίνη, ενώ το εξωτερικό επίστρωμα αποτελείται από κυτίνη (cutin), μία κηρώδη ουσία αδιαπέραστη στο νερό, η οποία αδιαβροχοποιεί την επιδερμίδα.

Το μεσοκάρπιο (σάρκα) αποτελεί το 70-90 % του βάρους του καρπού (Garrido Fernández και συνεργάτες 1997) και απαρτίζεται από παρεγγυματικά κύτταρα μεγάλων διαστάσεων (διαμέτρου 300-500  $\mu\text{m}$ ), μεταξύ των οποίων υπάρχουν μεσοκυττάριοι χώροι που καταλαμβάνονται κυρίως από  $\text{O}_2$  και  $\text{CO}_2$ . Μεταξύ των παρεγγυματικών κυττάρων παρεμβάλλονται σκληρείδες, δηλαδή σκληροεγγυματικά κύτταρα τα οποία διακρίνονται από εξαιρετικά παχύ και αποξυλωμένο τοίχωμα (Εικόνα 1.1.1). Σύμφωνα με τους Τσέκο και Κουκόλη (1982), οι σκληρείδες προκύπτουν από νεαρά παρεγγυματικά κύτταρα ύστερα από δευτερογενή πάχυνση του κυτταρικού τοιχώματος. Ταυτόχρονα, με την αύξηση του κυττάρου επιτελείται και η αποξύλωση, δηλαδή, ο εσωτερικός χώρος του κυττάρου περιορίζεται και ο πρωτοπλάστης νεκρώνεται. Γι'αυτό, οι σκληρείδες περιγράφονται γενικά ως νεκρά, διαφοροποιημένα μόνιμα κύτταρα που δεν συμμετέχουν στον μεταβολισμό της ελιάς, αλλά συνεισφέρουν ως σκελετικά στοιχεία. Στο μέσο των παρεγγυματικών κυττάρων διακρίνεται το χυμοτόπιο το οποίο είναι γεμάτο με κυτταρικό χυμό και περιέχει διαλυμένες όλες τις πολικές ουσίες όπως σάκχαρα, οργανικά οξέα, ταννίνες, υδατοδιαλυτές χρωστικές, ανόργανα συστατικά, κλπ. Στο χυμοτόπιο υπάρχει επίσης το λάδι υπό μορφή διακριτών σταγονιδίων. Τέλος, ακολουθεί το ενδοκάρπιο (πυρήνας) που αποτελεί το 10-30% του βάρους του καρπού και περιέχει το σπέρμα ή αμύγδαλο το οποίο με τη σειρά του αποτελεί το 1-3% του βάρους του καρπού (Garrido Fernández και συνεργάτες 1997). Θα πρέπει να σημειωθεί ότι θρεπτική και βιολογική αξία έχουν μόνο τα κύτταρα του μεσοκαρπίου αφού η μεμβράνη είναι άπεπτη και το ενδοκάρπιο απορρίπτεται κατά τη μάσηση.

## 1.2 Η χημική σύσταση του καρπού

Όπως προαναφέρθηκε, το κύριο μέρος του καρπού της ελιάς είναι το μεσοκάρπιο (σάρκα) το οποίο καταλαμβάνει 70-90% του βάρους του καρπού. Σύμφωνα με τον Μπαλατσούρα (1995), το μεσοκάρπιο αποτελείται από τα ακόλουθα: (1) υγρασία, (2) λιπαρές ουσίες, (3) σάκχαρα, (4) πρωτεΐνες, (5) φαινολικές ουσίες, (6) ελευρωπαΐνη, (7) οργανικά οξέα, (8) χρωστικές, (9) ανόργανα στοιχεία.



Η μέση σύσταση του μεσοκαρπίου υπολογίστηκε από τους Fernández Díez και συνεργάτες (1985) ως ακολούθως: υγρασία 60-75%, λιπαρές ουσίες 10-25%, ανάγοντα σάκχαρα 3-6%, μη ανάγοντα σάκχαρα < 0,3%, ίνες 1-4%, πρωτεΐνη 1-2%, οργανικά οξέα και άλατα αυτών 0,5-1,0%, φαινολικές ουσίες 2-3%, πηκτίνες <0,6%, λοιπές ενώσεις 3-7%.

#### Υγρασία της σάρκας

Η υγρασία είναι το κύριο συστατικό της επιτραπέζιας ελιάς και περιέχεται στο νωπό καρπό σε ποσοστό 65-75%, ενώ στον επεξεργασμένο από 55-60% ανάλογα με τον εμπορικό τύπο. Εξαίρεση αποτελούν οι ξηράλατες ελιές, η υγρασία των οποίων κυμαίνεται από 28-35% κατά βάρος. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι πριν από την επεξεργασία η περιεκτικότητα σε υγρασία ποικίλλει, και εξαρτάται κυρίως από το στάδιο συγκομιδής του καρπού καθώς και από το εάν το ελαιόδενδρο έχει ποτιστεί πρόσφατα οπότε τα κύτταρα βρίσκονται σε σπαργή. Κατά το στάδιο της επεξεργασίας, ο καρπός χάνει υγρασία η οποία αντισταθμίζεται μερικώς από το αλάτι που εισέρχεται στη σάρκα. Ετσι, στο τέλος της επεξεργασίας τόσο για τις μαύρες όσο και τις πράσινες ελιές υπάρχει απώλεια βάρους που είναι γνωστή στη βιομηχανία ως «φύρα».

#### Λιπαρές ουσίες

Γενικά, ο καρπός των επιτραπέζιων ποικιλιών είναι χαμηλής περιεκτικότητας σε λιπαρές ουσίες, αυτό δε αποτελεί ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά μίας ποικιλίας προκειμένου να επιλεγεί για επιτραπέζια χρήση. Η περιεκτικότητα σε λάδι θα πρέπει να κυμαίνεται από 20-25%, γιατί σε αντίθετη περίπτωση ζημιώνεται η υφή του καρπού και υπάρχει έντονη προδιάθεση για τάγγιση της ελιάς. Η ποικιλία Κονσερβολιά περιέχει ως ακατέργαστος καρπός 19-25% λιπαρές ουσίες κατά μέσο όρο (επί νωπού βάρους), ενώ στα ίδια περίπου επίπεδα κυμαίνεται και η ποικιλία Καλαμών (Μπαλατσούρας 2004). Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι λιπαρές ουσίες, ως μη πολικές, δεν εκχυλίζονται ούτε κατά την εκπίκριση του καρπού με άλκαλι, ούτε κατά την απευθείας ζύμωση σε άλμη. Ετσι η περιεκτικότητα σε λιπαρές ουσίες μετά το πέρας της ζύμωσης είναι σχεδόν η ίδια με αυτήν της πρώτης ύλης ή ελαφρώς μεγαλύτερη. Η αύξηση που παρατηρείται σε ορισμένες περιπτώσεις είναι εικονική και οφείλεται στην απώλεια υδατοδιαλυτών συστατικών από τη σάρκα του καρπού. Ο Notarnicola (1967) ανέφερε απώλεια των λιπαρών ουσιών 10% περίπου, κατά την επεξεργασία πράσινων ελιών Ισπανικού τύπου και τεχνητώς μαυρισμένων ελιών (black oxidized). Η μείωση αυτή οφείλεται στην εν “ψυχρό” σαπωνοποίηση ενός μικρού κλάσματος

των λιπαρών ουσιών, από το διαλύμα NaOH που χρησιμοποιείται και στις δύο περιπτώσεις για την εκπίκρωση των καρπών.

Οι περισσότερες λιπαρές ουσίες στον καρπό της ελιάς είναι τρι-γλυκερίδια, υπάρχουν όμως και δι-γλυκερίδια και ελεύθερα λιπαρά οξέα. Το ποσοστό των τρι-γλυκεριδίων αυξάνει γρήγορα κατά τη διάρκεια ωρίμανσης του καρπού και ανέρχεται μέχρι και 95% επί του συνόλου των λιπαρών οξέων (Vázquez Roncero και Mancha Perelló 1965, Vázquez Roncero και συνεργάτες 1965). Η περιεκτικότητα σε λιπαρές ουσίες μεταβάλλεται ακόμη και για καρπούς που προέρχονται από το ίδιο δένδρο. Συνήθως οι καρποί που βρίσκονται στα ανώτερα τμήματα του δένδρου, έχουν μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε λιπαρές ουσίες συγκριτικά με αυτούς που βρίσκονται στα χαμηλότερα σημεία και προς το εσωτερικό της κόμης (Sánchez 1994). Το κυριότερο λιπαρό οξύ είναι το ελαϊκό οξύ, ενώ ακολουθούν το παλμιτικό, στεαρικό, λινολεϊκό και λινολενικό οξύ. Η περιεκτικότητα του ελαϊκού οξέως αυξάνει με την πάροδο της ωρίμανσης του καρπού, ενώ η συγκέντρωση των υπολοίπων λιπαρών οξέων μειώνεται με την αύξηση του βάρους του καρπού, με μοναδική εξαίρεση το στεαρικό οξύ το οποίο παραμένει σταθερό με μικρές διακυμάνσεις. Το γεγονός αυτό, δηλαδή το χαμηλό ποσοστό κεκορεσμένων λιπαρών οξέων στον καρπό, καθιστά την ελιά προϊόν υψηλής βιολογικής και διατροφικής αξίας για τον σύγχρονο άνθρωπο (Verdú και Munoz 1988).

### Σάκχαρα

Τα κυριότερα σάκχαρα που περιέχονται στη σάρκα της ελιάς είναι η γλυκόζη και η φρουκτόζη, που αποτελούν το 90-95% των σακχάρων (Garrido Fernández και συνεργάτες 1997), ενώ ακολουθούν σε μικρότερο ποσοστό η σακχαρόζη και η μανιτόλη. Ορισμένοι ερευνητές (Wonder και συνεργάτες 1988) συσχετίζουν την πορεία σύνθεσης της μανιτόλης με την πορεία βιοσύνθεσης του λαδιού και την θεωρούν πρόδρομη ουσία για τον σχηματισμό του ελαιολάδου. Εκτός από τα παραπάνω σάκχαρα, μικρές ποσότητες ραμνόζης και ξυλόζης έχουν επίσης αναφερθεί από άλλους ερευνητές (Fernández Bolaños και συνεργάτες 1982). Η γλυκόζη, φρουκτόζη, σακχαρόζη και μαννιτόλη αποτελούν τα ζυμώσιμα συστατικά του μεσοκαρπίου για τους μικροοργανισμούς κατά τη διάρκεια της ζύμωσης. Οι Ελληνικές ποικιλίες επιτραπέζιας ελιάς μπορεί να χαρακτηριστούν γενικά φτωχές σε ζυμώσιμα συστατικά, συγκριτικά με τις αντίστοιχες Ισπανικές ποικιλίες. Οι Πολυμενάκος και συνεργάτες (1967), ανέφεραν ότι ο πράσινος καρπός της ποικιλίας Κονσερβολιά περιέχει μόνο 2 g ανάγοντα σάκχαρα (γλυκόζη-φρουκτόζη) ανά 100 g νωπού βάρους, ενώ ο ώριμος

καρπός της ίδιας ποικιλίας περιείχε 1,6 g. Ο Balatsouras (1980), σε πειραματικές ζυμώσεις της ποικιλίας Καλαμών αναφέρει ανάγοντα σάκχαρα 1,6 g ανά 100 g νωπού βάρους. Οι αντίστοιχες μετρήσεις για τις κυριότερες Ισπανικές ποικιλίες Gordal και Manzanilla είναι 6 και 3 g ανά 100 g νωπού βάρους αντίστοιχα (Borbolla y Alcalá και συνεργάτες 1955).

### Πρωτεΐνες

Η περιεκτικότητα του καρπού σε πρωτεΐνη είναι χαμηλή, και κυμαίνεται μεταξύ 1-3% (επί νωπού βάρους) ανάλογα με την ποικιλία, παραμένει δε σταθερή κατά την ανάπτυξη και ωρίμανση των καρπών. Παρά το γεγονός ότι ο καρπός της ελιάς δεν μπορεί να θεωρηθεί πηγή πρωτεΐνης, εντούτοις τα αμινοξέα που περιέχει είναι πολύ σημαντικά για την ανθρώπινη διατροφή. Οι Μανουκας και συνεργάτες (1973) ανέφεραν ότι το 30% των αμινοξέων που ανιχνεύθηκαν στην ποικιλία Κορωνέικη ήταν ασπαρτικό οξύ, γλουταμινικό οξύ και αργινίνη. Οι πρωτεΐνες δεν είναι μόνο απαραίτητες για τον άνθρωπο αλλά και για τα γαλακτικά βακτήρια, τα οποία για να πραγματοποιήσουν την γαλακτική ζύμωση δεν χρειάζονται μόνο σάκχαρα αλλά και αμινοξέα, τα οποία εκχυλίζονται από την σάρκα της ελιάς προς την άλμη καθιστώντας την ένα σύνθετο θρεπτικό μέσο για την ανάπτυξη των μικροοργανισμών.

Κατά την επεξεργασία του ελαιοκάρπου παρατηρείται μείωση της περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη. Ειδικότερα, ο νωπός πράσινος καρπός της ποικιλίας Κονσερβολιά περιείχε 1,4% πρωτεΐνη, και μετά τη ζύμωση με την Ισπανική μέθοδο 1,1% (Balatsouras 1964). Η μείωση αυτή οφείλεται στη μεταφορά μέρους του υδατοδιαλυτού κλάσματος των πρωτεϊνών στην άλμη.

### Φαινολικές ουσίες

Ο καρπός της ελιάς είναι πλούσιος σε φαινολικές ουσίες, η συγκέντρωση των οποίων κυμαίνεται από 1-3% επί νωπού βάρους (Fernández-Díez και συνεργάτες 1972). Η περιεκτικότητα του καρπού σε φαινολικές ουσίες εξαρτάται από την ποικιλία καθώς επίσης και από το στάδιο ωριμότητας (Amiot και συνεργάτες 1986). Η συγκέντρωση των φαινολικών ουσιών μειώνεται με την ωρίμανση του καρπού. Οι Vázquez-Roncero και συνεργάτες (1971), ανέφεραν ότι ο πράσινος καρπός των ποικιλιών Zorzalena και Verdial περιείχε κατά μέσο όρο 1,96-2% φαινολικές ουσίες, ενώ στον ώριμο καρπό η αρχική συγκέντρωση μειώθηκε σε 0,98-1%.

Η σημαντικότερη φαινολική ουσία είναι η ελευρωπαΐνη, η οποία περιέχεται σε υψηλές συγκεντρώσεις στα φύλλα του ελαιόδενδρου (60-90 mg g<sup>-1</sup> επί ξηρής βάσεως). Εκτός από την ελευρωπαΐνη, άλλες σημαντικές φαινολικές ουσίες είναι ο βερμπασκοζίτης, ο οποίος είναι



εστέρας του καφεϊκού οξέως με την υδροξυ-τυροσόλη, ο λιγουςτροζίτης, η διμεθυλελευρωπαΐνη και ο κορνοζίτης. Άλλες φαινολικές ουσίες που ανιχνεύθηκαν στον καρπό της ελιάς είναι η τυροσόλη (4-υδροξυ-φαινυλαιθανόλη), η υδροξυ-τυροσόλη και ο γλυκοζίτης της τυροσόλης.

Οι φαινολικές ουσίες θα πρέπει να απομακρυνθούν από τον καρπό προκειμένου αυτός να καταστεί εδώδιμος. Κατά την επεξεργασία της πράσινης ελιάς αυτό επιτυγχάνεται σε δύο στάδια. Το πρώτο περιλαμβάνει εμβάπτιση του καρπού σε αραιό διάλυμα καυστικού νατρίου (2-2,5%), όπου η ελευρωπαΐνη υδρολύεται προς υδροξυ-τυροσόλη και γλυκοζίτη του ελενολικού οξέως. Στο στάδιο αυτό, η συγκέντρωση της τυροσόλης, του καφεϊκού και του p-κουμαρικού οξέως αυξάνουν, ενώ άλλες φαινόλες όπως οι γλυκοζίτες της υδροξυ-τυροσόλης παραμένουν σταθεροί. Μετά το χειρισμό με το άλκαλι, οι καρποί τοποθετούνται στην άλμη, όπου η υδροξυ-τυροσόλη διαχέεται ταχύτατα από τη σάρκα της ελιάς προς την άλμη, όπου η συγκέντρωσή της παραμένει πρακτικά σταθερή σε όλη τη διάρκεια της γαλακτικής ζύμωσης. Αντίθετα, η συγκέντρωση του γλυκοζίτη του ελενολικού οξέως στην άλμη παρουσιάζει σταδιακή αύξηση κατά τις πρώτες ημέρες της ζύμωσης ενώ στη συνέχεια μειώνεται προοδευτικά και δεν ανιχνεύεται ύστερα από 100-200 ημέρες ζύμωσης. Η μείωση αυτή οφείλεται στην υδρόλυση του γλυκοζίτη στο όξινο περιβάλλον της άλμης προς γλυκόζη και ελενολικό οξύ. Άλλες φαινολικές ουσίες διαχέονται επίσης ταχύτατα προς το περιβάλλον της άλμης κατά τις πρώτες ημέρες της ζύμωσης. Έτσι, η συγκέντρωση του καφεϊκού και του p-κουμαρικού οξέως μειώνεται κατά τη διάρκεια της ζύμωσης, ενώ η συγκέντρωση της τυροσόλης παραμένει σταθερή (Brenes και συνεργάτες 1995).

### Ελευρωπαΐνη

Μία από τις φαινολικές ουσίες που βρίσκεται κατ' αποκλειστικότητα σε όλους τους ιστούς του δένδρου της ελιάς (φύλλα, ρίζα, βλαστοί, καρποί) είναι η ελευρωπαΐνη. Η παρουσία της είναι χαρακτηριστική όχι μόνο στο γένος *Olea* αλλά σε όλα σχεδόν τα γένη της οικογένειας *Oleaceae*. Η ουσία αυτή χαρακτηρίζεται ως φαινολικός γλυκοζίτης, και είναι υπεύθυνη για την πικρή γεύση του καρπού που τον καθιστά μη εδώδιμο χωρίς προηγούμενη επεξεργασία. Για το λόγο αυτό, όλες οι μέθοδοι επεξεργασίας του ελαιοκάρπου έχουν σαν πρωτεύοντα στόχο την μερική ή ολική απομάκρυνση της ελευρωπαΐνης από την σάρκα της ελιάς, ανάλογα με τον παρασκευαζόμενο εμπορικό τύπο, και σαν δευτερεύοντες στόχους τη συντήρηση του προϊόντος, τη βελτίωση των οργανοληπτικών χαρακτήρων, κλπ (Μπαλατσούρας 2004).

Εκτός όμως από την πικρή γεύση που προσδίδει η ελευρωπαΐνη στην ελιά, παρουσιάζει σημαντική αντιμικροβιακή δράση (Tassou και συνεργάτες 1991, Ruiz-Barba και συνεργάτες 1993, Tassou 1993, Tassou και Nychas 1994 1995). Η παρουσία της μπορεί να καθυστερήσει ή να παρεμποδίσει πλήρως την έναρξη της γαλακτικής ζύμωσης στις πράσινες ελιές. Η ελευρωπαΐνη παρεμποδίζει όχι μόνο την αύξηση του *Lactobacillus plantarum*, αλλά και άλλων γαλακτικών βακτηρίων που λαμβάνουν μέρος στη ζύμωση όπως ο *Lactobacillus brevis*, *Leuconostoc mesenteroides* και ο *Pediococcus cerevisiae*.

Σημαντική είναι η αντιμικροβιακή δράση της ελευρωπαΐνης στην αύξηση παθογόνων μικροοργανισμών και στην ανάπτυξη μυκήτων που παράγουν τοξίνες. Έτσι, η ελευρωπαΐνη παρεμπόδισε την αύξηση και παραγωγή εντεροτοξίνης Β του *Staphylococcus aureus* (Tassou και Nychas 1994), την αύξηση της *Salmonella* Enteritidis (Tassou και Nychas 1995), καθώς επίσης και την βλάστηση και αύξηση των спорίων του *Bacillus cereus* (Tassou και συνεργάτες 1991). Επιπλέον, η ελευρωπαΐνη καθώς και άλλες φαινολικές ουσίες όπως το βανιλλικό, p-κουμαρικό και p-υδροξυ-βενζοϊκό οξύ παρεμπόδισαν πλήρως την ανάπτυξη του *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae* και *Bacillus cereus* (Aziz και συνεργάτες 1998).

Σημαντική είναι επίσης η επίδραση της ελευρωπαΐνης στο σχηματισμό μυκοτοξινών. Οι Gourama και Bullerman (1987) ανέφεραν ότι συγκέντρωση 6 mg ml<sup>-1</sup> ελευρωπαΐνης ήταν αρκετή για να μειώσει την παραγωγή αφλατοξινών από τον *Aspergillus parasiticus* κατά 83-93%. Ανάλογα αποτελέσματα έχουν αναφερθεί από τους Mahjoub και Bullerman (1987) για τον μύκητα *Aspergillus flavus* NRRL 6555, ο οποίος είναι γνωστός για την παραγωγή αφλατοξινών.

Τέλος, σημαντική είναι η *in vitro* διάσπαση της ελευρωπαΐνης μέσω της δράσης του ενζύμου β-γλυκοζιδάση από ορισμένα στελέχη του *Lactobacillus plantarum* και του *Leuconostoc mesenteroides*, γεγονός που δημιουργεί νέες προοπτικές για την μικροβιολογική εκπίκριση της ελιάς από επιλεγμένα στελέχη γαλακτικών βακτηρίων.

### Οργανικά οξέα

Τα οργανικά οξέα περιέχονται στη σάρκα της ελιάς σε μικρές συγκεντρώσεις που κυμαίνονται από 0,5-1% επί νωπού βάρους. Η παρουσία τους όμως είναι πολύ σημαντική, εξαιτίας της ικανότητάς τους να δημιουργούν ρυθμιστικό διάλυμα κατά τη διάρκεια της ζύμωσης και της περαιτέρω συντήρησης του προϊόντος. Οι Fernández Díez και González Pellissó (1956) ανίχνευσαν οξαλικό, μηλικό και κιτρικό οξύ στις ποικιλίες Gordal, Manzanilla και Rapazalla, οι συγκεντρώσεις των οποίων κυμάνθηκαν από 0,01-0,41%. Ο

Vlahov (1976) ανέφερε επίσης την παρουσία οξαλικού, κιτρικού, μηλικού, ηλεκτρικού και τρυγικού οξέως στις ποικιλίες Ascolana και Leccino.

Ο Μπαλατσούρας (2004) ανέφερε ότι τα οργανικά οξέα είναι χωρίς σημασία για τις πράσινες ελιές Ισπανικού τύπου και για τις τεχνητά μαυρισμένες ελιές, γιατί εξουδετερώνονται στα πρώτα στάδια επεξεργασίας του καρπού από το διάλυμα του καυστικού νατρίου. Σύμφωνα με τον ίδιο ερευνητή, τα οργανικά οξέα έχουν ιδιαίτερη σημασία στη ζύμωση της φυσικής μαύρης ελιάς, γιατί εκχυλίζονται στην άλμη και δημιουργούν στα αρχικά στάδια της ζύμωσης ένα ελαφρώς όξινο περιβάλλον (pH 5,5-6,0) που είναι απαραίτητο για την ομαλή έναρξη της ζύμωσης. Νεότερα όμως πειραματικά δεδομένα από ζυμώσεις πράσινου ελαιοκάρπου με την Ισπανική μέθοδο, για τις ποικιλίες Hojiblanca (Durán Quintana και συνεργάτες 1999) και Κονσερβολιά (Spyropoulou και συνεργάτες 2001), έδειξαν ότι τα οργανικά οξέα της σάρκας όχι μόνο δεν εξουδετερώνονται κατά τον χειρισμό με το άλκαλι, αλλά εκχυλίζονται στην άλμη σε σημαντικό ποσοστό. Ορισμένα δε από αυτά (κιτρικό, μηλικό), μπορούν να μεταβολιστούν από τα γαλακτικά βακτήρια, ιδιαίτερα όταν έχουν εξαντληθεί τα ζυμώσιμα συστατικά, αυξάνοντας την ολική οξύτητα της άλμης.

### Χρωστικές

Οι χρωστικές ουσίες του καρπού έχουν ιδιαίτερη σημασία για τη βιομηχανία της επιτραπέζιας ελιάς, παρά το γεγονός ότι δεν έχουν θρεπτική αξία για τον άνθρωπο. Οι χρωστικές της ελιάς διακρίνονται σε δύο κατηγορίες, στις λιποδιαλυτές που είναι οι χλωροφύλλες και τα καροτένια, και στις υδατοδιαλυτές που είναι κυρίως οι ανθοκυάνες (Μπαλατσούρας 2004). Οι χλωροφύλλες συντίθενται στα πρώτα στάδια ανάπτυξης του καρπού και σταδιακά υποχωρούν με την πάροδο της ωρίμανσης για να αντικατασταθούν αρχικά από τα καροτένια (κίτρινο χρώμα) και τελικά από τις ανθοκυάνες στο στάδιο της μερικής ή πλήρους ωρίμανσης (χρώμα ρόδινο, ιώδες, μελανοϊώδες, μαύρο). Οι χλωροφύλλες που περιέχονται στη σάρκα της ελιάς είναι χλωροφύλλες α και β, ενώ από τα καροτένια διακρίνουμε την λουτεΐνη, β-καροτίνιο, νεοξανθίνη, νεόχρωμα, βιολοξανθίνη.

Η αποικοδόμηση της χλωροφύλλης κατά τη ζύμωση του πράσινου καρπού με την Ισπανική μέθοδο είναι συνδυασμός ενζυμικής δραστηριότητας και χημικών μεταβολών. Κατά το αρχικό στάδιο επεξεργασίας ο καρπός εμβαπτίζεται σε αραιό διάλυμα καυστικού νατρίου. Στο αλκαλικό αυτό περιβάλλον, η χλωροφύλλη μετατρέπεται σε χλωροφυλλίδιο με τη δράση του ενζύμου χλωροφυλλάση που βρίσκεται σε αφθονία σε όλους τους πράσινους φυτικούς ιστούς. Το χλωροφυλλίδιο είναι υδατοδιαλυτό και απομακρύνεται με την μετέπειτα έκπλυση

του καρπού με νερό. Περίπου 20-25% της συνολικής χλωροφύλλης του καρπού μετατρέπεται σε χλωροφυλλίδιο κατά την επεξεργασία με άλκαλι. Στη συνέχεια οι καρποί υφίστανται έκπλυση με νερό για την απομάκρυνση της περίσσειας του αλκάλειου, και εμβαπίζονται σε άλμη όπου υφίστανται γαλακτική ζύμωση. Στο όξινο περιβάλλον της άλμης, το  $Mg^{2+}$  το οποίο περιέχεται τόσο στο μόριο του χλωροφυλλιδίου όσο και στο μόριο της χλωροφύλλης αντικαθίστανται από  $H^+$  με αποτέλεσμα το σχηματισμό φαιοφορβιδίου και φαιοφυτίνης αντίστοιχα (Minguez-Monsquera και συνεργάτες 1986). Και οι δύο μορφές είναι υδατοδιαλυτές και εκχυλίζονται στην άλμη, προκαλώντας μείωση της έντασης του πράσινου χρώματος στον καρπό κατά τη διάρκεια της ζύμωσης. Σε αντίθεση με την χλωροφύλλη, τα καροτίνη είναι περισσότερο σταθερά σε αυτή την επεξεργασία και γίνονται περισσότερο εμφανή κατά το τέλος της ζύμωσης οπότε ο καρπός αποκτά χρυσοκίτρινο χρώμα (Μπαλατσούρας 1995).

Οι ανθοκυάνες συντίθενται αρχικά στην επιδερμίδα και στη συνέχεια και στο μεσοκάρπιο της ελιάς. Οι ανθοκυάνες συσσωρεύονται με την πάροδο της ωρίμανσης και η ποσότητά τους καθορίζεται από την ποικιλία της ελιάς, το στάδιο ωριμότητας και την έκθεση του καρπού στην ηλιακή ακτινοβολία. Η ποικιλία αποτελεί τον σπουδαιότερο παράγοντα για τη σύνθεση και συσσώρευση ανθοκυανών. Από τις Ελληνικές ποικιλίες, πλουσιότερη σε ανθοκυάνες στο στάδιο πλήρους ωρίμανσης είναι η ποικιλία Καλαμών και ακολουθεί η Κονσερβολιά. Σχετικά με το στάδιο ωρίμανσης, οι ανθοκυάνες αρχίζουν να συντίθενται σε συγκεκριμένο στάδιο εξέλιξης του καρπού το οποίο είναι γνωστό ως “στάδιο αλλαγής χρώματος” (turning colour). Στο στάδιο αυτό, το χρώμα του καρπού μετατρέπεται από χρυσοκίτρινο σε ελαφρώς ρόδινο, ένδειξη ότι έχει αρχίσει η παραγωγή ανθοκυανών. Τέλος, η θέση που έχει ο καρπός πάνω στο δένδρο και η ηλιακή ακτινοβολία που δέχεται κατά την διάρκεια της ανάπτυξής του καθορίζει την περιεκτικότητά του σε ανθοκυάνες. Καρποί που βρίσκονται στην περίμετρο της κόμης είναι εντονότερα χρωματισμένοι συγκριτικά με αυτούς που βρίσκονται στο εσωτερικό, λόγω της διαφορετικής ποσότητας ηλιακής ακτινοβολίας που δέχονται.

Στην περίπτωση της ζύμωσης φυσικώς μαύρων ελιών, οι ανθοκυάνες ως υδατοδιαλυτές χρωστικές, κατανέμονται μεταξύ της σάρκας και της άλμης με αποτέλεσμα την εξασθένιση του χρώματος του καρπού. Ένα σημαντικό μειονέκτημα που παρατηρείται κατά την επεξεργασία των φυσικώς μαύρων ελιών είναι ότι το χρώμα των ανθοκυανών επηρεάζεται από την τελική τιμή του pH της ζύμωσης. Έτσι, σε τιμές pH μικρότερες από 4,5 οι ανθοκυάνες έχουν πορφυρή απόχρωση, σε τιμές pH από 4,5-6,5 έχουν ιώδη έως μελανοϊώδη απόχρωση, ενώ σε μεγαλύτερες τιμές έχουν μαύρο χρώμα. Στις περισσότερες περιπτώσεις

ζύμωσης φυσικώς μαύρων ελιών, η τελική τιμή του pH διαμορφώνεται σε 3,8-4,2, γεγονός που αλλοιώνει το χρώμα του καρπού από μαύρο που είναι αρχικά (κατά τη συγκομιδή) σε πορφυρό, υποβαθμίζοντας έτσι την ποιότητα του προϊόντος. Για να αντιμετωπίσει το φαινόμενο αυτό η βιομηχανία, οι ελιές μετά την απομάκρυνσή τους από την άλμη εκτίθενται στον αέρα για 24 ώρες προκειμένου να βελτιωθεί το χρώμα τους με οξείδωση πριν την τελική τους συσκευασία και προώθηση στην αγορά.

#### Ανόργανα στοιχεία

Ο καρπός της ελιάς είναι πλούσιος σε ανόργανα στοιχεία κυρίως K, Ca, P, Na, Mg, S ενώ σε μικρότερο ποσοστό έχουν προσδιοριστεί Fe, Zn, Cu, Mn. Τα ανόργανα συστατικά ως υδατοδιαλυτά, χάνονται σε μεγάλο ποσοστό στα διάφορα στάδια επεξεργασίας του καρπού, όπως κατά την εκπίκριση, την έκπλυση με νερό, την ζύμωση, κλπ. Το μοναδικό ανόργανο στοιχείο που αυξάνεται είναι το Na λόγω της προσθήκης του στην άλμη υπό μορφή αλατος. Παρόλα αυτά το ποσοστό των ανόργανων στοιχείων που παραμένουν στη σάρκα μετά τη ζύμωση είναι αρκετά για να χαρακτηριστεί η ελιά ως τροφή πλούσια σε ανόργανα θρεπτικά στοιχεία.

### **1.3 Οι σημαντικότερες ποικιλίες επιτραπέζιας ελιάς που καλλιεργούνται στη χώρα μας**

Οι κυριότερες ποικιλίες ελιάς για επιτραπέζια χρήση είναι η Κονσερβολιά, η Καλαμών και η Χαλκιδικής (Μπαλατσούρας 2004, Garrido Fernández και συνεργάτες 1997).

- ***Κονσερβολιά***

Η Κονσερβολιά αποτελεί την κυριότερη ποικιλία στη χώρα μας και αναλογεί στο 80-85% της παραγωγής επιτραπέζιας ελιάς. Η καλλιέργειά της εντοπίζεται κυρίως στην Κεντρική Ελλάδα στις περιοχές Φθιώτιδας, Αρτας, Φωκίδας, Αιτωλοακαρνανίας, Μαγνησίας, Εύβοιας και της Λάρισας. Χαρακτηρίζεται ως μεσόκαρπη έως αδρόκαρπη ποικιλία της οποίας η παραγωγικότητα σε καρπό κυμαίνεται από 15-100 Kg ανά δένδρο ανάλογα με τη ηλικία του δένδρου, το μέγεθος της κόμης, τις καλλιεργητικές φροντίδες, κλπ. Το βάρος του καρπού κυμαίνεται μεταξύ 5-8 g κατά μέσο όρο.

Η Κονσερβολιά μοιάζει μορφολογικά με την Ισπανική ποικιλία Manzanilla, η οποία είναι και ο κυριότερος ανταγωνιστής στις διεθνείς αγορές. Χρησιμοποιείται τόσο για την παραγωγή πράσινων ελιών Ισπανικού τύπου, όσο και για την παραγωγή φυσικώς μαύρων ελιών σε άλμη. Η επιδερμίδα του καρπού είναι λεπτή και ελαστική και παρουσιάζει μεγάλη αντοχή στο ζάρωμα, γεγονός που την καθιστά ανθεκτική σε υψηλότερες συγκεντρώσεις

άλατος κατά τη ζύμωση. Συνήθως ο πράσινος καρπός είναι περισσότερο ευαίσθητος στη συρρίκνωση από τον ώριμο καρπό. Για τον λόγο αυτό, η φυσική ζύμωση της πράσινης ελιάς, δηλαδή η ζύμωση χωρίς προηγούμενη εκπίκραση με εμβάπτιση του καρπού σε διάλυμα καυστικού νατρίου, θα πρέπει πάντοτε να ξεκινά με χαμηλές συγκεντρώσεις άλατος για να αποφευχθεί το ζάρωμα της επιδερμίδας (π.χ. 4-5%) και σταδιακά να αυξάνει. Η σάρκα του καρπού είναι συμπαγής, με χαμηλή περιεκτικότητα σε λιπαρές ουσίες (20-25% επί νωπού βάρους) και σε ζυμώσιμα συστατικά (2-3% επί νωπού βάρους) (Garrido Fernández και συνεργάτες 1997). Η Κονσερβολιά ανήκει στις μικροπύρηνες ποικιλίες αφού το βάρος του πυρήνα καταλαμβάνει το 12-13% του συνολικού βάρους του καρπού. Η σχέση σάρκας/πυρήνα κυμαίνεται από 8:1 έως 10:1. Η σχέση αυτή έχει ιδιαίτερη σημασία για κάθε ποικιλία επιτραπέζιας ελιάς γιατί αποτελεί μέτρο του βρώσιμου τμήματος του καρπού σε σχέση με τον πυρήνα. Γενικά μία καλή επιτραπέζια ποικιλία ελιάς θα πρέπει να έχει σχέση σάρκας/πυρήνα μεταξύ 6:1 και 12:1 (Μπαλατσούρας 2004).

- ***Καλαμών***

Η Καλαμών είναι μία εξαιρετική ποικιλία περιορισμένης όμως διάδοσης στη χώρα μας, την οποία συναντάμε κυρίως στις περιοχές της Λακωνίας, Μεσσηνίας, Αργολίδας, Ηλείας, Κορινθίας, Φθιώτιδας και Αιτωλοακαρνανίας. Ο καρπός χρησιμοποιείται για την παραγωγή του εμπορικού τύπου φυσικής μαύρης επιτραπέζιας ελιάς με την ονομασία «χαρακτές ελιές Καλαμών σε οξάλμη». Είναι ποικιλία μεσόκαρπη με βάρος καρπού που κυμαίνεται από 3-6 g. Η σάρκα είναι πολύ συμπαγής με χαμηλή περιεκτικότητα σε λιπαρές ουσίες (25% επί νωπού βάρους) και σχετικά υψηλή περιεκτικότητα σε ζυμώσιμα συστατικά (3-3,5% επί νωπού βάρους). Η επιδερμίδα του καρπού είναι λεπτή και ελαστική και στο στάδιο της πλήρους ωριμότητας αποκτά βαθύ μαύρο χρώμα, γεγονός που καθιστά την ποικιλία κατάλληλη για την παραγωγή φυσικώς μαύρων ελιών. Ο λόγος σάρκας/πυρήνα είναι ανάλογος με αυτόν της Κονσερβολιάς. Η συγκομιδή του καρπού γίνεται στο στάδιο πλήρους ωριμότητας κατά την περίοδο Νοεμβρίου-Δεκεμβρίου.

- ***Χαλκιδικής***

Πρόκειται για επιτραπέζια ποικιλία που καλλιεργείται κυρίως στη περιοχή της Χαλκιδικής, Καβάλας, Σερρών, καθώς και σε πολλά παράλια της Βόρειας Ελλάδας. Μορφολογικά μοιάζει με την Ισπανική Gordal η οποία είναι και ο κύριος ανταγωνιστής της. Είναι ποικιλία αδρόκαρπη, με μέσο βάρος καρπού από 6-10 g. Κατά μέσο όρο 120-140



καρποί ζυγίζουν ένα χιλιόγραμμα έναντι 180-200 της Κονσερβολιάς και 220-240 της Καλαμών. Η περιεκτικότητα της σάρκας σε λιπαρές ουσίες είναι 19-20% (επί νωπού βάρους) ενώ η σχέση σάρκας/πυρήνα είναι 10:1, γεγονός που την καθιστά ιδιαίτερα ελκυστική για επιτραπέζια χρήση. Το χρώμα της ποικιλίας στο στάδιο της πλήρους ωριμότητας δεν είναι ποτέ μαύρο. Για τον λόγο αυτό, η χρήση του καρπού γίνεται αποκλειστικά και μόνο για τη παραγωγή πράσινων ελιών Ισπανικού τύπου. Αλλα μειονεκτήματα της ποικιλίας είναι η μειωμένη συνεκτικότητα της σάρκας καθώς και η χαμηλή περιεκτικότητά της σε ζυμώσιμα συστατικά (2% επί νωπού βάρους), γεγονός που καθιστά τη ζύμωσή της δύσκολη ενώ συχνά παρατηρούνται εκτροπές στη ζύμωση που οδηγούν σε αλλοίωση του τελικού προϊόντος. Ένα άλλο μειονέκτημα της ποικιλίας κατά τη ζύμωση, είναι ο σχηματισμός ενός δακτυλίου ρόδινου χρώματος στη σάρκα της ελιάς που περιβάλλει τον πυρήνα. Σύμφωνα με τον Μπαλατσούρα (2004) και Garrido Fernández και συνεργάτες (1997), ο εν λόγω δακτύλιος οφείλεται σε χρωστικές της σάρκας, κυρίως ανθοκυάνες, που όταν σχηματίζονται στο ζυμωμένο προϊόν υποβαθμίζουν την εμπορική του αξία, χωρίς όμως να επηρεάζουν τους οργανοληπτικούς χαρακτήρες του καρπού. Τα παραπάνω μειονεκτήματα καθιστούν περιορισμένη τη διάδοση της ποικιλίας στη χώρα μας.

## **2. Μικροβιολογία του ελαιοκάρπου**

### **2.1 Μικροβιολογία του νωπού ελαιοκάρπου**

Η μικροβιολογία του καρπού της ελιάς δεν έχει μελετηθεί επαρκώς, όπως έχει γίνει με την μικροβιολογία της ζύμωσής του, με αποτέλεσμα τα ερευνητικά δεδομένα που αναφέρονται στη σύνθεση της μικροχλωρίδας του νωπού καρπού να είναι περιορισμένα. Οι σημαντικότερες εργασίες είναι αυτές των Pelagatti (1980), Ercolani (1978) και Tassou (1993). Όπως προκύπτει από τα αποτελέσματα αυτών των ερευνών, οι κυρίαρχοι μικροοργανισμοί είναι τα αρνητικά κατά Gram βακτήρια (ψευδομονάδες, εντεροβακτήρια, κλπ), οι ζύμες και ακολουθούν τα γαλακτικά βακτήρια με σημαντικά μικρότερο ποσοστό (Πίνακας 2.2.1). Η σύνθεση της μικροχλωρίδας ποικίλει ανάλογα με τον τόπο και τον τρόπο δειγματοληψίας, την εποχή του χρόνου, την ωριμότητα του καρπού, τις καλλιεργητικές τεχνικές (π.χ. αρδευόμενη ή ξηρική καλλιέργεια), το μικροκλίμα της περιοχής, τη χρήση φυτοφαρμάκων, την ποικιλία της ελιάς καθώς και την κατάσταση στην οποία βρίσκεται ο καρπός (προσβολή από έντομα, μύκητες, κλπ) (Pelagatti 1980, Tassou 1993).

Για τις Ελληνικές ποικιλίες επιτραπέζιας ελιάς σημαντική είναι η εργασία της Tassou (1993), η οποία απομόνωσε και ταυτοποίησε στελέχη μικροοργανισμών από νωπούς καρπούς σε διαφορετικό στάδιο ωριμότητας (πράσινες και μαύρες ελιές) καθώς και από φύλλα των ποικιλιών Καλαμών, Κορωνέϊκη, Τσουνάτη, Θρουμπολιά και Λιανολιά. Οι δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν κατά τις ελαιοκομικές περιόδους 1987/1988 και 1988/1989 σε διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές στην Κρήτη (Ηράκλειο, Χανιά, Ρέθυμνο), στην Πελοπόννησο (Σπάρτη, Καλαμάτα) στη Νάξο και στα Σπάτα. Από τα αποτελέσματα προέκυψε ότι κατά την ελαιοκομική περίοδο 1987/1988 ποσοστό 48,5% της μικροχλωρίδας αποτελείτο από αρνητικά κατά Gram βακτήρια (ψευδομονάδες και εντεροβακτήρια), το 27,8% ήταν ζύμες και το 23,6% γαλακτικά βακτήρια. Κατά την επομένη ελαιοκομική περίοδο 1988/1989 τα αποτελέσματα είχαν διαφοροποιηθεί σημαντικά, και παρατηρήθηκαν χαμηλά ποσοστά αρνητικών κατά Gram βακτηρίων (20,7%), ενώ τα ποσοστά των ζυμών και των γαλακτικών βακτηρίων ήταν υψηλότερα (53,8% και 31,2% αντίστοιχα). Το γεγονός αυτό αποδόθηκε στον διαφορετικό χρόνο δειγματοληψίας (κατά το πρώτο έτος η δειγματοληψία έγινε τον Οκτώβριο, ενώ το δεύτερο έτος τον Νοέμβριο), τη διαφορετική γεωγραφική περιοχή και τη χρήση εντομοκτόνων που είχε προηγηθεί πριν τη δεύτερη δειγματοληψία. Από

**Πίνακας 2.2.1:** Σύνθεση της μικροχλωρίδας του νωπού ελαιοκάρπου (Pelagatti 1980, Ercolani 1991, Tassou 1993, Lavermicocca και συνεργάτες 1998).

<i>Pseudomonas</i>	<i>Lactobacillus</i>	<i>Hanseniaspora</i>
<i>Savastanoi</i>	<i>xylosus</i>	<i>osmophila</i>
<i>Fluorescens</i>	<i>plantarum</i>	<i>uvarum</i>
<i>Aeruginosa</i>	<i>curvatus</i>	<i>valbyensis</i>
<i>Bacillus</i>	<i>fermentum</i>	<i>Torulopsis</i>
<i>Subtilis</i>	<i>brevis</i>	<i>stellata</i>
<i>Megaterium</i>	<i>hilgardii</i>	<i>glabrata</i>
<i>Serratia marcescens</i>		<i>holmii</i>
<i>Erwinia carotovora</i>		<i>magnoliae</i>
<i>Klebsiella</i>	<i>Pichia</i>	<i>Cryptococcus</i>
<i>Pneumoniae</i>	<i>fermentans</i>	<i>macerans</i>
<i>Planticola</i>	<i>membranefaciens</i>	<i>albidus</i> var <i>albidus</i>
<i>Acetobacter aceti</i>	<i>polymorpha</i>	<i>laurentii</i> var <i>laurentii</i>
<i>Arthrobacter globiformis</i>	<i>terricola</i>	<i>Saccharomyces</i>
<i>Xanthomonas campestris</i>	<i>Hansenula</i>	<i>globosus</i>
<i>Gluconobacter oxydans</i>	<i>anomala</i> var. <i>anomala</i>	<i>italicus</i>
<i>Enterococcus faecium</i>	<i>anomala</i> var. <i>schneegii</i>	<i>cerevisiae</i> var. <i>ellipsoideus</i>
<i>Zygomonas mobilis</i>	<i>Candida</i>	<i>rouxii</i>
<i>Cellulomonas flavigena</i>	<i>parapsilosis</i>	<i>oleaceus</i>
<i>Leuconostoc</i>	<i>olea</i>	<i>fermentati</i>
<i>mesenteroides</i>	<i>tenuis</i>	<i>bayanus</i>
subsp. <i>mesenteroides</i>	<i>utilis</i>	<i>Debaryomyces</i>
<i>dextranicum</i>	<i>Rhodotorula</i>	<i>hansenii</i>
<i>Lactobacillus</i>	<i>glutinis</i> var <i>glutinis</i>	<i>nicotianae</i>
<i>delbrueckii</i>	<i>rubra</i>	<i>Kloeckera</i>
<i>helveticus</i>	<i>mucilaginosus</i>	<i>Apiculata</i>
<i>acidophilus</i>	<i>aurantiaca</i>	<i>Corticis</i>
<i>casei</i> subsp. <i>ramnosus</i>	<i>Brettanomyces anomalus</i>	

τα δεδομένα της μελέτης αυτής προκύπτει ότι ποσοστό 50% περίπου της συνολικής χλωρίδας του νωπού καρπού της ελιάς αποτελείται από αρνητικά κατά Gram βακτήρια. Το γεγονός αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό, δεδομένου ότι τα βακτήρια αυτά προκαλούν εκτροπές στη φυσιολογική πορεία της ζύμωσης, και αλλοιώσεις στο τελικό προϊόν με την εμφάνιση ασθενειών όπως η αεριοπάθηση (fish-eye), η ασθένεια της δυσοσμίας (zapateria), η βουτυρική και η προπιονική ζύμωση (Μπαλατσούρας 2004). Από τους μικροοργανισμούς που απομονώθηκαν σε θρεπτικό υπόστρωμα CFC και ταυτοποιήθηκαν με το σύστημα API 20 NE, το 33,3% ήταν *Pseudomonas* spp., και ιδιαίτερα *P. putida*, *P. cepacia*, *P. fluorescens* και *P. luteola*, 21,4 % *Aeromonas sobria*, 2,4 % *Aeromonas hydrophila*. Από τα στελέχη των ζυμών που ταυτοποιήθηκαν, η πλειοψηφία τους ανήκει στα γένη *Saccharomyces* spp. και *Candida* spp. ενώ από τους μύκητες απομονώθηκαν κυρίως τα γένη *Aspergillus* spp. και *Rhizopus* spp.

## 2.2 Μικροβιολογία κατά την αποθήκευση του ελαιοκάρπου

Ο καρπός της ελιάς μετά τη συγκομιδή του μεταφέρεται μέσα σε πλαστικά κιβώτια (κλούβες) χωρητικότητας 20-35 Kg στις μονάδες επεξεργασίας ή στις εγκαταστάσεις των παραγωγών. Θα πρέπει να σημειωθεί, ότι ο νωπός καρπός παρουσιάζει μετά τη συγκομιδή αναπνευστική δραστηριότητα, όπως όλα τα φρούτα και λαχανικά, και αποδεσμεύει μεγάλα ποσά θερμότητας. Για το λόγο αυτό, η μεταφορά του θα πρέπει να γίνεται όσο το δυνατόν γρηγορότερα στις μονάδες επεξεργασίας. Στη συνέχεια, ο καρπός οδηγείται αμέσως στις δεξαμενές ζύμωσης, στον πυθμένα των οποίων έχει προστεθεί προκαταβολικά μία ποσότητα άλμης προκειμένου να αποφευχθεί ο τραυματισμός του καρπού που προστίθεται πρώτος.

Αρκετά συχνά όμως οι παραγωγοί, ιδιαίτερα όταν οι τιμές δεν είναι ικανοποιητικές, αποθηκεύουν τον καρπό σε πρόχειρες δεξαμενές και τον παραδίδουν στη βιομηχανία αργότερα. Η αποθήκευση γίνεται σε δεξαμενές που περιέχουν νερό ή συνηθέστερα άλμη. Οι συνθήκες που επικρατούν κατά την αποθήκευση είναι κατά κανόνα μη ελεγχόμενες και μπορεί να ευνοήσουν την ανάπτυξη των αρνητικών κατά Gram βακτηρίων, τα οποία θα αποτελέσουν την επικρατούσα χλωρίδα και θα οδηγήσουν σε αλλοιώσεις τον καρπό, η σημαντικότερη των οποίων είναι η αεριοπάθηση (alambrado). Η αλλοίωση αυτή οφείλεται στη δράση των αρνητικών κατά Gram βακτηρίων που ανήκουν στα γένη *Enterobacter*, *Citrobacter*, *Klebsiella*, *Escherichia* (Borbolla y Alcalá και συνεργάτες 1960). Χαρακτηριστικό σύμπτωμα είναι η εμφάνιση φλукταινών στο εσωτερικό των ιστών αλλά και κάτω από την επιδερμίδα που περιέχουν αέρια ( $\text{CO}_2$  ή  $\text{CO}_2$  και  $\text{H}_2$ ). Εξωτερικά ο καρπός μοιάζει σαν να έχει χαραχθεί με λεπτό σύρμα και γι' αυτό η αλλοίωση είναι γνωστή με τον

ισπανική ονομασία ‘alambrado’ που σημαίνει ‘χάραγμα του καρπού στη μέση με σύρμα’. Σύμφωνα με τον Μπαλατσούρα (2004), η αλλοίωση είναι σοβαρότερη στις φυσικές μαύρες ελιές παρά στις πράσινες. Χαρακτηριστικό πάντως είναι ότι η αεριοπάθηση σπανίως είναι γενικευμένη και συνήθως περιορίζεται σε μικρότερο ή μεγαλύτερο ποσοστό σε κάθε μονάδα επεξεργασίας ανάλογα με τις συνθήκες υγιεινής που επικρατούν. Οι ενέργειες που θα πρέπει να πραγματοποιηθούν από τη βιομηχανία για τον περιορισμό της ανάπτυξης των εντεροβακτηρίων στην άλμη των ελιών είναι οι ακόλουθες:

- Σχολαστική καθαριότητα στους χώρους του εργοστασίου, στις δεξαμενές ζύμωσης, στον εξοπλισμό.
- Τήρηση συνθηκών υγιεινής από το προσωπικό που έρχεται σε επαφή με τον καρπό.
- Καλό πλύσιμο του καρπού με νερό υπό πίεση πριν την εμβάπτισή του στην άλμη. Οι ξένες ύλες που υπάρχουν στην επιφάνεια του καρπού και ιδιαίτερα το χώμα και η λάσπη είναι φορείς εντεροβακτηρίων
- Εμβάπτιση των καρπών σε πυκνή άλμη, χωρίς όμως να υπάρχει κίνδυνος συρρίκνωσης της επιδερμίδας του καρπού με σκοπό την παρεμπόδιση της ανάπτυξης των εντεροβακτηρίων.

### 3. Μεταποίηση της επιτραπέζιας ελιάς

#### 3.1 Ορισμός και εμπορικοί τύποι

Σύμφωνα με τον ορισμό του Διεθνούς Συμβουλίου Ελαιολάδου (IOOC 1980), ως επιτραπέζια ελιά ορίζεται το προϊόν το οποίο λαμβάνεται από υγιείς ώριμους ή επαρκώς ώριμους καρπούς της καλλιεργούμενης ελιάς (*Olea europaea sativa*), οι οποίοι όταν υποστούν την κατάλληλη επεξεργασία σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα δίνουν ένα προϊόν εδώδιμο και καλά συντηρούμενο ώστε να είναι εμπορεύσιμο.

Ο κύριος σκοπός των παραδοσιακών και σύγχρονων μεθόδων επεξεργασίας είναι η μερική ή ολική απομάκρυνση της ελευρωπαΐνης που προσδίδει πικρή γεύση στον καρπό, έτσι ώστε να καταστεί εδώδιμος και αποδεκτός από το καταναλωτικό κοινό. Ο διαχωρισμός του καρπού και των μεθόδων επεξεργασίας βασίζεται σε δύο χαρακτηριστικά, (α) την ωριμότητα του νωπού καρπού και (β) το χρώμα του τελικού προϊόντος. Με βάση τα παραπάνω, έχουν καθιερωθεί τέσσερις τύποι επιτραπέζιας ελιάς: πράσινες (green), φυσικώς μαύρες (naturally black), ξανθές (turning colour) και τεχνητώς μαύρες (black oxidized ή black ripe). Θα πρέπει να σημειωθεί, ότι ο όρος ξανθές ελιές έχει καθιερωθεί από την βιομηχανία, ενώ ο σωστός επιστημονικός όρος είναι ελιές στο στάδιο αλλαγής χρώματος (turning colour). Οι τρεις πρώτοι τύποι αναφέρονται στο χρώμα του καρπού το οποίο παραμένει πρακτικά αμετάβλητο σε όλη τη διάρκεια της επεξεργασίας. Αντίθετα, οι τεχνητώς μαύρες ελιές παρασκευάζονται είτε από πράσινες ελιές είτε από ελιές στο στάδιο αλλαγής χρώματος οι οποίες μαυρίζουν κατά την επεξεργασία τους με άλκαλι και οξείδωση με αέρα.

Για την παρασκευή των διαφόρων τύπων επιτραπέζιων ελιών υπάρχουν πολλές διαφορετικές παραλλαγές των βασικών μεθόδων επεξεργασίας, τόσο σε Εθνικό όσο και σε τοπικό επίπεδο. Το Διεθνές Συμβούλιο Ελαιολάδου έχει ομαδοποιήσει αυτές τις μεθόδους σε διάφορους εμπορικούς τύπους. Η ονομασία κάθε τύπου περιλαμβάνει πληροφορίες για την κατάσταση της πρώτης ύλης (π.χ. πράσινος, μαύρος καρπός), καθώς και την διαδικασία που ακολουθήθηκε για την εκκρίση του καρπού (επεξεργασία με άλκαλι ή απευθείας εμβάπτιση σε άλμη). Οι κυριότεροι εμπορικοί τύποι είναι οι ακόλουθοι:

- Πράσινες ελιές σε άλμη. Είναι το προϊόν που προέρχεται από πράσινους καρπούς, οι οποίοι έχουν αποκτήσει το κανονικό μέγεθός τους, είναι συνεκτικοί και υγιείς και υφίστανται εκκρίση με τη χρήση αλκαλικού διαλύματος. Ακολούθως, οι καρποί εμβάπτιζονται σε άλμη όπου υφίστανται γαλακτική ζύμωση. Σε περίπτωση όπου η



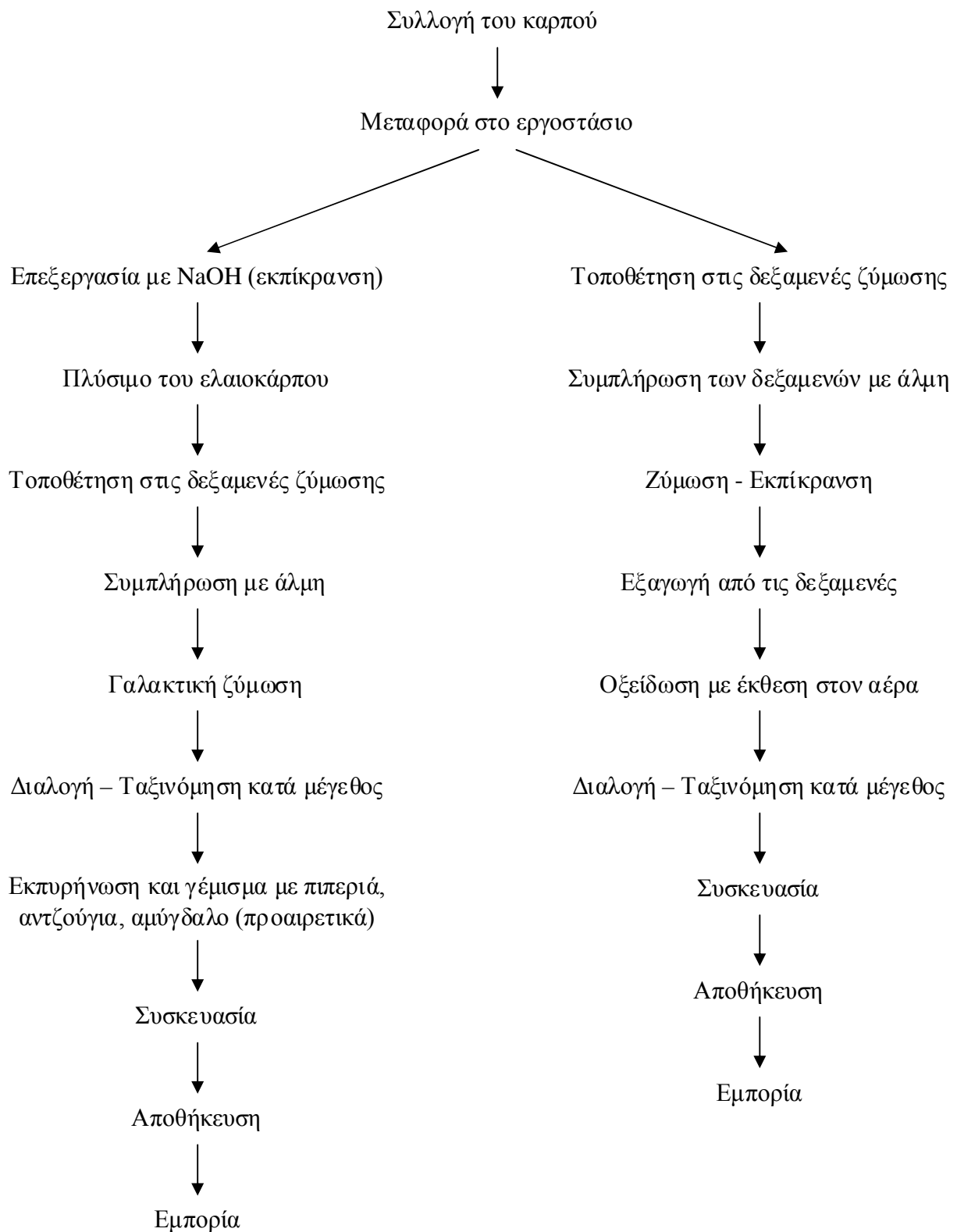
ζύμωση δεν είναι πλήρης, η συντήρηση του προϊόντος γίνεται με θερμική επεξεργασία ή με την προσθήκη συντηρητικών ουσιών. Το χρώμα του καρπού ποικίλλει από το φυσικό πράσινο μέχρι το κίτρινο (αχυρόχρουν). Ο εμπορικός αυτός τύπος φέρει επίσης την ονομασία “πράσινες ελιές Ισπανικού τύπου”.

- Φυσικές πράσινες ελιές σε άλμη. Τοποθετούνται απευθείας σε άλμη χωρίς προηγούμενη εκκρίση με διάλυμα αλκάλεως όπου υφίστανται γαλακτική ζύμωση.
- Φυσικές μαύρες ελιές σε άλμη. Είναι το προϊόν που προέρχεται από συνεκτικούς καρπούς οι οποίοι συγκομίζονται στο στάδιο πλήρους ωριμότητας ή λίγο πριν από αυτό, και τοποθετούνται απευθείας σε άλμη όπου υφίστανται μερική ή ολική γαλακτική ζύμωση. Ο χρωματισμός του τελικού προϊόντος ποικίλλει από καστανό μέχρι μαύρο με όλους τους ενδιάμεσους χρωματισμούς.
- Φυσικές μαύρες ελιές τύπου ξηράλατος. Είναι το προϊόν που προέρχεται από καρπούς στο στάδιο της πλήρους ωριμότητας ή υπερ-ωριμότητας, οι οποίοι επεξεργάζονται απευθείας με στρωμάτωση σε χονδόκοκκο αλάτι. Το τελικό προϊόν είναι συρρικνωμένο (ζαρωμένο), αρκετά αλμυρό και συντηρείται εκτός άλμης. Για τη βελτίωση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών η επιφάνεια του καρπού καλύπτεται με ελαιολάδο στο οποίο είναι δυνατόν να προστίθενται αρωματικά φυτά.
- Τσακιστές ελιές. Είναι το προϊόν που προέρχεται από ολόκληρες ελιές, συνήθως πράσινες ή στο στάδιο αλλαγής χρώματος, οι οποίες προηγουμένως έχουν υποστεί ειδική επεξεργασία με την οποία διαρρηγνύεται η σάρκα χωρίς να σπάσει ο πυρήνας, ο οποίος παραμένει ολόκληρος μέσα στον καρπό. Στη συνέχεια οι καρποί επεξεργάζονται με ελαφρύ διάλυμα αλκάλεως και εμβαπτίζονται σε άλμη όπου υφίστανται γαλακτική ζύμωση. Οι ελιές αυτές διατηρούνται εντός άλμης και εμπλουτίζονται γευστικά με την προσθήκη ξυδιού και αρωματικών φυτών.
- Χαρακτές ελιές. Είναι το προϊόν που προέρχεται κυρίως από πράσινες ή μαύρες ελιές οι οποίες χαράσσονται κατά μήκος του μεγάλου άξονα τους και τοποθετούνται σε άλμη όπου υφίστανται γαλακτική ζύμωση. Οι ελιές αυτές διατηρούνται εντός άλμης και εμπλουτίζονται γευστικά με την προσθήκη ξυδιού και αρωματικών φυτών.

### 3.2 Πράσινες ελιές Ισπανικού τύπου

Οι πράσινες ελιές είναι ο σπουδαιότερος εμπορικός τύπος επιτραπέζιας ελιάς που παραδοσιακά παράγεται στην Ισπανία. Υπολογίζεται ότι στην χώρα αυτή, η παραγωγή πράσινων ελιών ανέρχεται σε 250.000 τόννους ετησίως, επί συνόλου 360.000 τόννων παραγωγής επιτραπέζιας ελιάς, καταλαμβάνει δηλαδή ποσοστό 70%. Τα διάφορα στάδια επεξεργασίας παρουσιάζονται συνοπτικά στο Σχήμα 3.2.1. Ο καρπός συγκομίζεται την περίοδο Σεπτεμβρίου-Οκτωβρίου, κατά προτίμηση με τα χέρια και όχι με ραβδισμό ή με τη χρήση δονητών προκειμένου να αποφευχθεί ο τραυματισμός του. Στη συνέχεια, μεταφέρεται στο εργοστάσιο επεξεργασίας όπου υφίσταται εκκίκραση με εμβάπτιση σε αραιό διάλυμα καυστικού νατρίου περιεκτικότητας 1,8-2,7%. Η συγκέντρωση του αλκάλειος καθορίζεται από την θερμοκρασία, την ποικιλία της ελιάς και το βαθμό ωριμότητας του καρπού. Ο χειρισμός αυτός διαρκεί έως ότου το άλκαλι διαποτίσει τα 2/3 της σάρκας, και ακολουθεί έκπλυση με νερό προκειμένου να απομακρυνθεί η περίσσεια του αλκάλειος. Η έκπλυση ολοκληρώνεται σε 12-14 ώρες και περιλαμβάνει τρεις αλλαγές νερού. Ειδικότερα, το πρώτο φορτίο μένει σε επαφή με τον καρπό για 15 λεπτά, το δεύτερο για 2 ώρες και το τρίτο για 10-12 ώρες (μέχρι την επομένη ημέρα) (Garrido Fernández και συνεργάτες 1997). Τέλος, ο καρπός μεταφέρεται σε πολυεστερικές δεξαμενές, χωρητικότητας συνήθως 16.000 lt (9.500 Kg καρπός και 5.500-6.000 lt άλμης), όπου προστίθεται άλμη περιεκτικότητας 6-8% και υφίσταται γαλακτική ζύμωση. Η ζύμωση διαρκεί συνήθως 3-4 εβδομάδες ή περισσότερο ανάλογα με την θερμοκρασία, τη συγκέντρωση άλατος και τον αρχικό πληθυσμό γαλακτικών βακτηρίων (Ferguson και συνεργάτες 1994). Μετά το τέλος της ζύμωσης, η τιμή του pH κυμαίνεται από 3,8-4,4 και η ογκομετρούμενη οξύτητα από 0,6-0,8% ή περισσότερο. Ο καρπός παραμένει στις δεξαμενές μέχρι να συσκευαστεί και να διοχετευθεί στην αγορά. Η διακίνηση γίνεται είτε σε μεγάλα πλαστικά δοχεία, όταν οι ελιές προορίζονται για το χονδρεμπόριο, είτε σε γυάλινα βάζα ή πλαστικούς περιέκτες για το λιανεμπόριο. Στην πρώτη περίπτωση ο καρπός συσκευάζεται στη μητρική του άλμη και ανασυσκευάζεται στον τόπο προορισμού, ενώ στη δεύτερη περίπτωση χρησιμοποιείται πάντα νέα άλμη περιεκτικότητας 6-7% σε αλάτι, ενώ είναι δυνατόν να προστεθεί 0,8-1% γαλακτικό οξύ.

**Σχήμα 3.2.1:** Διάγραμμα επεξεργασίας πράσινης και φυσικώς ώριμης επιτραπέζιας ελιάς (Μπαλατσούρας 2004, Garrido Fernández και συνεργάτες 1997).



*Πράσινες ελιές Ισπανικού τύπου*

*Φυσικές μαύρες (ώριμες) ελιές*

### 3.3 Φυσικές μαύρες ελιές σε άλμη

Πρόκειται για εμπορικό τύπο ελιάς με ιδιαίτερο εθνικό αλλά και παγκόσμιο ενδιαφέρον που καταλαμβάνει το 30% περίπου της παγκόσμιας παραγωγής επιτραπέζιας ελιάς. Οι φυσικές μαύρες ελιές σε άλμη παράγονται κυρίως στην Ελλάδα, όπου αποτελούν τον επικρατέστερο εμπορικό τύπο, με ποσοστό 75% περίπου του συνόλου των παραγομένων επιτραπέζιων ελιών. Για τον λόγο αυτό οι φυσικές μαύρες ελιές σε άλμη είναι διεθνώς γνωστές με την επωνυμία 'Greek style naturally black olives'.

Τα διάφορα στάδια επεξεργασίας παρουσιάζονται στο Σχήμα 1. Ο καρπός συγκομίζεται στο στάδιο πλήρους ωριμότητας ή λίγο πριν από αυτό από τα μέσα Οκτωβρίου μέχρι τα τέλη Δεκεμβρίου. Μετά τη συγκομιδή, ο καρπός μεταφέρεται στις μονάδες επεξεργασίας όπου υποβάλλεται σε ποιοτική διαλογή, ταξινόμηση κατά μέγεθος, και τέλος εμβαπτίζεται σε άλμη περιεκτικότητας 8-10% NaCl όπου υφίσταται ζύμωση που οφείλεται σε μικτή χλωρίδα αρνητικών κατά Gram βακτηρίων, ζυμών και γαλακτικών βακτηρίων (Nychas και συνεργάτες 2002, Tassou και συνεργάτες 2002). Ταυτόχρονα, η εξασφάλιση αναερόβιων συνθηκών κατά τη διάρκεια της ζύμωσης, εμποδίζει την ανάπτυξη αερόβιων βακτηρίων, ζυμών και μυκήτων στην επιφάνεια των δεξαμενών. Τελικά, η άλμη δημιουργεί ένα εκλεκτικό περιβάλλον που ευνοεί την ανάπτυξη των γαλακτικών βακτηρίων και ζυμών. Οι δύο κατηγορίες μικροοργανισμών συνυπάρχουν σε όλη τη διάρκεια της ζύμωσης και τα χαρακτηριστικά του τελικού προϊόντος καθορίζονται από το ποιά κατηγορία επικρατεί έναντι της άλλης. Εάν επικρατήσουν τα γαλακτικά βακτήρια, θα έχουμε γαλακτική ζύμωση και το τελικό προϊόν θα έχει pH 3,8-3,9 και ογκομετρούμενη οξύτητα μεγαλύτερη από 1% (β/ο) εκφρασμένη σε γαλακτικό οξύ (Balatsouras 1990, Tassou και συνεργάτες 2002). Αντίθετα, εάν η ζύμωση είναι μικτή (γαλακτική και αλκοολική) τότε η τιμή του pH διαμορφώνεται σε υψηλότερα επίπεδα 4,5-5,5 και η ογκομετρούμενη οξύτητα μεταξύ 0,2-0,5% (Balatsouras 1990, Borcakli και συνεργάτες 1993, Tassou και συνεργάτες 2002). Η διαδικασία ολοκληρώνεται μέσα σε χρονικό διάστημα 6-9 μηνών. Για τις συνθήκες που επικρατούν στα Ελληνικά εργοστάσια η ζύμωση ολοκληρώνεται κατά τα μέσα Ιουλίου. Οι ελιές μετά τη ζύμωσή τους παραμένουν στις δεξαμενές μέχρι να διοχετευθούν στην αγορά. Ακολουθεί ποιοτική διαλογή, ταξινόμηση κατά μέγεθος και τέλος έκθεση στον ατμοσφαιρικό αέρα για 24 ώρες προκειμένου να βελτιωθεί το χρώμα τους. Οι ελιές συσκευάζονται σε πλαστικά βαρέλια χωρητικότητας 50 Kg, σε πλαστικά ή λευκοσιδηρά δοχεία χωρητικότητας από 3-13 Kg και σε γυάλινα βάζα χωρητικότητας από 500 g μέχρι 2 Kg. Σε όλες τις περιπτώσεις χρησιμοποιείται φρέσκια άλμη 6-8% σε NaCl για το γέμισμα των δοχείων. Το τελικό προϊόν χαρακτηρίζεται από ελαφρώς όξινη γεύση, μαύρο χρώμα και έχει καλά γευστικά και αρωματικά χαρακτηριστικά.

### 3.4 Φυσικές μασούρες ελιές τύπου ξηράλατος

Πρόκειται για παραδοσιακό εμπορικό τύπο ελιάς ο οποίος παρασκευάζεται σε πολλές περιοχές της Ελλάδας. Ως πρώτη ύλη χρησιμοποιείται ο καρπός της ποικιλίας Θάσου, ο οποίος συλλέγεται στο στάδιο της πλήρους ωριμότητας ή υπερ-ωριμότητας, γιατί ενδιαφέρει περισσότερο το χρώμα του καρπού και λιγότερο η υφή του, αφού το τελικό προϊόν κυκλοφορεί συρρικνωμένο. Η επεξεργασία του προϊόντος μετά τη συγκομιδή περιλαμβάνει στρωμάτωση του καρπού σε βαθιές τσιμεντένιες δεξαμενές (ύψους 2 μέτρων) μαζί με χονδρόκοκκο αλάτι σε αναλογία 30-40% επί του καρπού. Το ξηρό αλάτι δρα σαν αφυγραντικός παράγοντας και εκχυλίζει τα φυτικά υγρά από τη σάρκα του καρπού, συμπεριλαμβανομένου και του μεγαλύτερου μέρους της ελευρωπαΐνης. Τα φυτικά υγρά, που είναι κεκορεσμένα ως προς το αλάτι και τις φαινολικές ουσίες, συλλέγονται στον πυθμένα της δεξαμενής και απομακρύνονται με τη βοήθεια κρουνού που βρίσκεται στο κατώτερο σημείο. Ταυτόχρονα, η σάρκα απορροφά αλάτι το οποίο καλύπτει την υπολειπόμενη πικράδα του καρπού. Το ποσοστό του άλατος που θα απορροφηθεί, θα καθορίσει την αλμυρότητα του τελικού προϊόντος, καθώς επίσης και την τιμή της δραστηρότητας του νερού ( $a_w$ ), η οποία παίζει σημαντικό ρόλο στη διάρκεια συντήρησης.

Είναι προφανές ότι κάτω από αυτές τις συνθήκες δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί ζύμωση του καρπού παρά μόνο ωρίμανση (curing), και για τον λόγο αυτό οι ξηράλατες ελιές δεν θεωρούνται ζυμούμενα προϊόντα. Μετά από την πάροδο 2-3 μηνών οι ελιές είναι έτοιμες για κατανάλωση, υποβάλλονται σε ποιοτική διαλογή και συσκευάζονται 'εν ξηρώ' σε γυάλινα ή πλαστικά δοχεία καθώς επίσης και σε εύκαμπτες πλαστικές μεμβράνες. Τα χαρακτηριστικά του τελικού προϊόντος είναι: pH 4,5-5,5, δραστηρότητα νερού ( $a_w$ ) 0,7-0,8, υγρασία 27-33%, περιεκτικότητα σε αλάτι 8-10% (Panagou και συνεργάτες 2001, 2002).

### 3.5 Μικροβιολογία της ζύμωσης

Η ζύμωση της επιτραπέζιας ελιάς περιλαμβάνει τρία διακριτά στάδια, το προκαταρκτικό, το ενδιάμεσο και το τελικό (Tassou 1993, Μπαλατσούρας 1995, Garrido Fernández 1997). Οι μικροοργανισμοί που επικρατούν σε κάθε στάδιο παρουσιάζονται συνοπτικά στον Πίνακα 3.5.2.

#### *Προκαταρκτικό στάδιο*

Στο προκαταρκτικό στάδιο, το οποίο διαρκεί 7-14 ημέρες, αποκαθίσταται σταδιακά το ισοζύγιο κατανομής συστατικών μεταξύ σάρκας και άλμης. Στο στάδιο αυτό, επικρατούν τα αρνητικά κατά Gram αερόβια βακτήρια (*Pseudomonas* spp., *Aeromonas* spp., *Flavobacterium*

spp.) καθώς και τα εντεροβακτήρια (*Enterobacter* spp., *Citrobacter* spp., *Klebsiella* spp.), τα οποία αποτελούν την κυρίαρχη ενδογενή χλωρίδα του καρπού. Τα βακτήρια αυτά είναι δυνατόν να οδηγήσουν σε εκτροπή τη ζύμωση και να προκαλέσουν αεριοπάθηση (alambrado), μία σοβαρή ασθένεια που προσδίδει απαράδεκτα γευστικά χαρακτηριστικά στο προϊόν (Borbolla y Alcalá και συνεργάτες 1960). Σημαντική είναι επίσης η παρουσία ορισμένων θετικών κατά Gram βακτηρίων, όπως το *Clostridium butyricum* το οποίο μπορεί να προκαλέσει βουτυρική ζύμωση, καθώς επίσης και του *Bacillus* spp. το οποίο σχετίζεται με την παραγωγή πηκτινολυτικών ενζύμων που προκαλούν υποβάθμιση της υφής του καρπού. Οι παραπάνω μικροοργανισμοί επικρατούν κατά τις 2-3 πρώτες ημέρες της ζύμωσης, ενώ σταδιακά ο πληθυσμός τους μειώνεται και δεν καταμετρούνται στην άλμη μετά από 10-14 ημέρες. Ταυτόχρονα, προς το τέλος του προκαταρκτικού σταδίου, εμφανίζονται τα γαλακτικά βακτήρια που ανήκουν κυρίως στα γένη *Leuconostoc*, *Pediococcus* και *Lactococcus* (Harris 1998). Ο *Leuconostoc mesenteroides* κυριαρχεί κατά το τέλος του προκαταρκτικού σταδίου ενώ έχει αναφερθεί και η ύπαρξη του *Leuconostoc dextranicum* (Vaughn και συνεργάτες 1943).

#### Ενδιάμεσο στάδιο

Το στάδιο αυτό, το οποίο διαρκεί 2-3 εβδομάδες, επικρατούν σε μία φυσιολογική ζύμωση τα γαλακτικά βακτήρια, και κυρίως οι κόκκοι που ανήκουν στα γένη *Leuconostoc* (ετεροζυμωτικός) και *Pediococcus* (ομοζυμωτικός) (González Cancho και Duran Quintána 1981). Παράλληλα, η οξύτητα της άλμης σταδιακά αυξάνει και το pH μειώνεται, ώστε να δημιουργηθεί ευνοϊκό περιβάλλον για την ανάπτυξη των γαλακτοβακίλλων. Προς το τέλος του σταδίου αυτού παρουσιάζουν μείωση τα γαλακτικά βακτήρια του γένους *Leuconostoc* ενώ σταδιακά εμφανίζεται ο *Lactobacillus plantarum*. Η διάρκεια του σταδίου αυτού δεν θα πρέπει να υπερβεί τις 20-25 ημέρες, διαφορετικά υπάρχει σοβαρός κίνδυνος εκτροπής της ζύμωσης (Garrido Fernández και συνεργάτες 1997).



**Πίνακας 3.5.2:** Μικροοργανισμοί που συμμετέχουν στη ζύμωση της επιτραπέζιας ελιάς (Vaughn και συνεργάτες 1969, Fernández Díez 1985, Tassou 1993, Garrido Fernández και συνεργάτες 1997)

Γαλακτικά βακτήρια	Αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί
Προκαταρκτικό στάδιο	
<i>Streptococcus</i> spp.	<i>Aeromonas</i> spp.
<i>Pediococcus</i> spp.	<i>Aerobacter</i> spp.
<i>Leuconostoc mesenteroides</i>	<i>Enterobacter</i> spp.
<i>Leuconostoc dextranicum</i>	<i>Escherichia coli</i>
	<i>Pseudomonas</i> spp.
	<i>Bacillus polymyxa</i>
	<i>Bacillus macerans</i>
	<i>Clostridium</i> spp.
	<i>Flavobacterium</i> spp.
Ενδιάμεσο στάδιο	
<i>Leuconostoc mesenteroides</i>	
<i>Lactobacillus plantarum</i>	
Τελικό στάδιο	
<i>Lactobacillus plantarum</i>	<i>Candida</i> spp.
<i>Lactobacillus brevis</i>	<i>Pichia</i> spp.
<i>Lactobacillus pentosus</i>	<i>Hansenula</i> spp.
<i>Lactobacillus buchneri</i>	<i>Rhodotorula</i> spp.
	<i>Saccharomyces</i> spp.
	<i>Debaryomyces</i> spp.
	<i>Propionibacterium</i> spp.

### Τελικό στάδιο

Στο στάδιο αυτό επικρατούν οι γαλακτοβάκιλλοι και κυρίως ο *Lactobacillus plantarum* μαζί με τους *L. brevis*, *L. bucheri* και *L. fermentum* σε μικρότερους όμως πληθυσμούς (Tassou 1993). Το στάδιο αυτό ολοκληρώνεται όταν εξαντληθούν όλα τα ζυμώσιμα συστατικά στην άλμη. Πρακτικά, αυτό σημαίνει ότι η τιμή του pH διαμορφώνεται σε 3,8-3,9 και η ογκομετρούμενη οξύτητα σε 0,8-1% (w/v) ή και περισσότερο. Κατά τη ζύμωση, συνυπάρχουν και ζύμες μαζί με τα γαλακτικά βακτήρια, οι οποίες ανήκουν στα γένη *Candida*, *Hansenula*, *Pichia*, *Saccharomyces*, *Debaryomyces*, *Rhodotorula*, *Kluyveromyces* (Marquina και συνεργάτες 1992, Garrido-Fernández και συνεργάτες 1997). Η συνεισφορά των ζυμών στη ζύμωση της επιτραπέζιας ελιάς δεν έχει διευκρινιστεί πλήρως μέχρι σήμερα. Πιστεύεται πάντως ότι με την παραγωγή πτητικών ουσιών κυρίως αιθανόλης και ακεταλδεϋδης συμβάλλουν στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του προϊόντος, κυρίως στην οσμή.

Ισπανοί ερευνητές (González-Cancho και συνεργάτες 1980, Garrido-Fernández και συνεργάτες 1997), αναφέρουν ότι κατά τη ζύμωση της επιτραπέζιας ελιάς υπάρχει και τέταρτο διακριτό στάδιο το οποίο διαρκεί από τη στιγμή που θα ολοκληρωθεί η γαλακτική ζύμωση, και για όσο χρονικό διάστημα οι ελιές θα παραμείνουν στις δεξαμενές. Κύριο χαρακτηριστικό του σταδίου αυτού είναι η μικρή αύξηση της τιμής του pH της άλμης, κατά 0,1-0,2 μονάδες, με παράλληλη μείωση της συγκέντρωσης του γαλακτικού οξέως. Οι μικροοργανισμοί που έχουν προσδιοριστεί στο στάδιο αυτό, εκτός από τα γαλακτικά βακτήρια και τις ζύμες, ανήκουν στο γένος *Propionibacterium*, ο πληθυσμός των οποίων εάν δεν ελεγχθεί έγκαιρα είναι δυνατόν να προκαλέσει προπιονική ζύμωση σε βάρος του γαλακτικού οξέως. Τα τελικά προϊόντα που σχηματίζονται είναι προπιονικό και οξικό οξύ τα οποία υποβαθμίζουν τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του τελικού προϊόντος, προσδίδοντας οσμή βουτύρου στις ελιές. Για να αντιμετωπιστεί το φαινόμενο αυτό θα πρέπει η αλατοπεριεκτικότητα της άλμης να αυξηθεί σταδιακά στο 8,5-9,5% αργά την άνοιξη ή νωρίς το καλοκαίρι, εάν οι ελιές δεν έχουν διατεθεί στην αγορά. Η συγκέντρωση αυτή του άλατος σε συνδυασμό με τιμές pH άλμης μικρότερες από 4,0 μπορεί να αναστείλει πλήρως την ανάπτυξη των εν λόγω βακτηρίων.

### 3.6 Ελεγχος της ζύμωσης

Οι κυριότεροι παράγοντες που είναι υπεύθυνοι για την επιτυχή έναρξη και ολοκλήρωση της ζύμωσης είναι (α) ενδογενείς (intrinsic) όπως το pH, η ενεργότητα

νερού, η διαθεσιμότητα θρεπτικών στοιχείων, τα οργανικά οξέα, η παρουσία αντι-μικροβιακών ουσιών (π.χ. ελευρωπαΐνη), η δομή της επιδερμίδας του καρπού και (β) εξωγενείς (extrinsic) όπως η θερμοκρασία ζύμωσης, η συγκέντρωση NaCl, η προσθήκη ζυμώσιμων συστατικών, η χρήση καλλιεργειών εκκίνησης (Spyropoulou και συνεργάτες 2001). Ο έλεγχος των παραμέτρων αυτών, καθορίζει τη σύνθεση και τον πληθυσμό της μικροβιακής χλωρίδας, επιλέγει τις διαφορετικές ομάδες μικροοργανισμών που κατευθύνουν τη ζύμωση, και επηρεάζει τη σύνθεση των μεταβολικών προϊόντων των μικροοργανισμών.

**Έλεγχος της θερμοκρασίας:** Ο έλεγχος της θερμοκρασίας κατά τη ζύμωση σε επίπεδα όπου τα γαλακτικά βακτήρια παρουσιάζουν τη μέγιστη δραστηριότητά τους (20-25 °C), αποτελεί ίσως τον σημαντικότερο παράγοντα για τον έλεγχο της πορείας της ζύμωσης. Η διατήρηση σταθερής θερμοκρασίας μπορεί να γίνει είτε με θέρμανση του χώρου μέσα στον οποίο είναι εγκατεστημένες οι δεξαμενές είτε με διοχέτευση μέρους της άλμης μέσα από εναλλάκτη θερμότητας. Η πρώτη λύση δεν είναι εφικτή λόγω του μεγάλου κόστους, ενώ η δεύτερη έχει δώσει ικανοποιητικά αποτελέσματα στην Ισπανία χωρίς όμως να εφαρμόζεται στη χώρα μας. Μία ιδιαίτερα επιτυχής εναλλακτική λύση είναι η τοποθέτηση των δεξαμενών ζύμωσης μέσα στο έδαφος προκειμένου να εκμεταλλευτούμε τις μικρότερες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας του εδάφους. Η λύση αυτή εφαρμόζεται από μερικές βιομηχανίες στη χώρα μας κυρίως για τη ζύμωση του πράσινου ελαιοκάρπου. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ο έλεγχος της θερμοκρασίας δεν αποτελεί ιδιαίτερο πρόβλημα για τις πράσινες ελιές οι οποίες συγκομίζονται νωρίς το φθινόπωρο και ζυμώνονται σε περίοδο (Οκτώβριο-Νοέμβριο) όπου οι θερμοκρασίες στις περισσότερες περιοχές της Ελλάδας είναι ήδη αρκετά υψηλές (15-20°C). Αντίθετα, σημαντικό πρόβλημα υπάρχει στη ζύμωση της φυσικής μαύρης ελιάς η οποία συγκομίζεται αργότερα (Νοέμβριο-Δεκέμβριο), η ζύμωσή της οποίας διακόπτεται από τις χαμηλές θερμοκρασίες του χειμώνα και αρχίζει εκ νέου την Ανοιξη.

**Έλεγχος και συνεχής διόρθωση της αλατοπεριεκτικότητας της άλμης:** Η αρχική συγκέντρωση του άλατος στην άλμη κυμαίνεται από 6-10% ανάλογα με την ποικιλία, το στάδιο ωριμότητας και τον τρόπο επεξεργασίας της επιτραπέζιας ελιάς (Balatsouras 1990). Η συγκέντρωση αυτή μειώνεται σημαντικά, περίπου στο μισό, όταν αποκατασταθεί το ισοζύγιο μεταξύ σάρκας του καρπού και άλμης (Εξαρχος και

Λεγάκις 1968). Κάτω από χαμηλές συγκεντρώσεις άλατος είναι δυνατόν να επικρατήσουν τα αρνητικά κατά Gram βακτήρια και να οδηγήσουν σε εκτροπή τη ζύμωση, με τη δημιουργία σοβαρών ασθενειών όπως η αεριοπάθηση και η zapateria. Για τον λόγο αυτό είναι απαραίτητος ο έλεγχος και η συμπλήρωση της άλμης με χονδρό αλάτι σε τακτά χρονικά διαστήματα ώστε η αλατοπεριεκτικότητα να επανέλθει στο αρχικό επίπεδο. Η απαραίτητη ποσότητα άλατος προστίθεται στην επιφάνεια της δεξαμενής ζύμωσης ενώ η διάλυση και ομογενοποίησή της επιτυγχάνεται με κυκλοφορία της άλμης μέσω ειδικής φορητής αντλίας. Σημαντική είναι επίσης η προσθήκη άλατος μετά το πέρας της ζύμωσης και εφόσον οι ελιές θα παραμείνουν στις δεξαμενές ζύμωσης κατά το καλοκαίρι. Σε αυτή την περίπτωση η συγκέντρωση του άλατος θα πρέπει να αυξηθεί στο 8,5-9,0% προκειμένου να αποτραπεί η ανάπτυξη των προπιονικών βακτηρίων τα οποία θα προκαλέσουν ανεπιθύμητη βουτυρική ζύμωση στο προϊόν.

**Οξίνιση της άλμης:** Πραγματοποιείται τη στιγμή που οι ελιές εμβαπτίζονται στην άλμη προκειμένου να μειωθεί η αρχική τιμή του pH σε 4,0-4,5 προκειμένου να παρεμποδιστεί η δράση των αρνητικών κατά Gram βακτηρίων που επικρατούν στο προκαταρκτικό στάδιο της ζύμωσης. Σκοπός του χειρισμού αυτού, είναι η μείωση της χρονικής διάρκειας του προκαταρκτικού σταδίου στο ελάχιστο, δημιουργώντας τις κατάλληλες συνθήκες για την επικράτηση των γαλακτικών βακτηρίων. Ο απλούστερος τρόπος οξίνισης της άλμης που εφαρμόζεται σε μεγάλη κλίμακα από τις βιομηχανίες είναι με τη χρήση γαλακτικού οξέως του εμπορίου, ενώ είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν και άλλα οξέα όπως οξικό οξύ και υδροχλωρικό οξύ κατάλληλο για τρόφιμα (Garrido Fernández και συνεργάτες 1997).

**Εμβολιασμός της άλμης με καλλιέργειες εκκίνησης (*starter cultures*):** Η χρήση καλλιεργίων εκκίνησης από επιλεγμένα στελέχη γαλακτικών βακτηρίων, τα οποία έχουν απομονωθεί από τη φυσική χλωρίδα της ελιάς, μπορεί να βοηθήσει σημαντικά στην εξασφάλιση μίας ελεγχόμενης ζύμωσης και στη δημιουργία τελικού προϊόντος με συγκεκριμένα φυσικοχημικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά. Η χρήση καθαρών στελεχών γαλακτικών βακτηρίων στη ζύμωση της επιτραπέζιας ελιάς αν και δεν είναι σύγχρονη παραμένει σε πειραματικό επίπεδο και δεν εφαρμόζεται ευρύτατα σε βιομηχανική κλίμακα (Holzapfel 2001). Οι δυσκολίες έγκεινται στην επιλογή μη καταλλήλων στελεχών γαλακτικών βακτηρίων, στην έλλειψη ζυμώσιμων συστατικών

καθώς και αμινοξέων και βιταμινών, στην αλατοπεριεκτικότητα της άλμης, στη θερμοκρασία ζύμωσης, στο pH της άλμης, στην παρουσία παρεμποδιστικών ουσιών (π.χ. φαινολικές ουσίες) (Montaño και συνεργάτες 2000).

Τα κυριότερα στελέχη που χρησιμοποιούνται σήμερα για την δημιουργία καλλιεργιών εκκίνησης είναι ο *Lactobacillus plantarum* και *Lactobacillus pentosus*, τα οποία είναι κυρίως υπεύθυνα για τη ζύμωση της επιτραπέζιας ελιάς. Τα στελέχη κυκλοφορούν στο εμπόριο σε λυοφιλωμένη μορφή, και πριν προστεθούν στην άλμη θα πρέπει να δραστηριοποιηθούν σε κατάλληλο θρεπτικό μέσο καλλιέργειας. Το καταλληλότερο θρεπτικό μέσο καλλιέργειας για την δραστηριοποίηση του *Lactobacillus plantarum* αποτελείται από NaCl (10 g), γλυκόζη (10 g), εκχύλισμα ζύμης (3 g) σε ένα λίτρο απεσταγμένο νερό (pH 6,4). Ανεξαρτήτως πάντως της σύστασης του θρεπτικού μέσου καλλιέργειας, θα πρέπει να προστίθεται σε αυτό αλάτι σε περιεκτικότητα 4-5% προκειμένου η καλλιέργεια εκκίνησης να προσαρμοστεί καλύτερα στο περιβάλλον της άλμης.

Θα πρέπει να τονιστεί, ότι η μέχρι σήμερα επιλογή των καθαρών καλλιεργιών γαλακτικών βακτηρίων στηριζόταν αποκλειστικά και μόνο στην παραγωγή γαλακτικού οξέως (Holzapfel 2001, Sánchez και συνεργάτες 2001). Νεώτερες όμως έρευνες έχουν δείξει ότι ορισμένα στελέχη διαθέτουν ιδιαίτερα χαρακτηριστικά όπως ικανότητα διάσπασης της ελευρωπαΐνης (Ciafardini και συνεργάτες 1994), παραγωγή βακτηριοσινών (Ruiz-Barba και συνεργάτες 1994), ικανότητα ζύμωσης σε χαμηλές θερμοκρασίες (Durán-Quintana και συνεργάτες 1999). Τα χαρακτηριστικά αυτά δημιουργούν νέους ορίζοντες στις βιομηχανίες μεταποίησης της επιτραπέζιας ελιάς, και μπορεί να οδηγήσουν σε ασφαλέστερα, περισσότερο φυσικά και μεγαλύτερης διατροφικής αξίας προϊόντα.

## **4. Συσκευασία της επιτραπέζιας ελιάς**

### **4.1 Παραδοσιακή συσκευασία**

Ο παραδοσιακός τρόπος συσκευασίας και διακίνησης της επιτραπέζιας ελιάς γίνεται σε πλαστικά δοχεία χωρητικότητας έως 200 Kg σε ελιές τα οποία διαθέτουν βιδωτό σκέπασμα. Η συσκευασία του προϊόντος στα δοχεία αυτά γίνεται κυρίως για το χονδρεμπόριο, ενώ όταν οι ελιές φτάσουν στον τελικό τους προορισμό ανασυσκευάζονται σε μικρότερα δοχεία προκειμένου να προωθηθούν στην λιανική κατανάλωση. Επίσης, χρησιμοποιούνται ευρύτατα τα λευκοσιδηρά δοχεία χωρητικότητας έως 13 Kg σε ελιές, τα οποία παρουσιάζουν σημαντικό πλεονέκτημα έναντι των πλαστικών, λόγω της ανθεκτικότητά τους στη θερμική επεξεργασία. Τα δοχεία αυτά θα πρέπει να φέρουν στην εσωτερική επιφάνειά τους ειδική επικάλυψη (λάκα) ώστε να αντέχουν στη διάβρωση, δεδομένου ότι το περιβάλλον της άλμης είναι αρκετά όξινο. Σήμερα, στις μεγάλες βιομηχανικές μονάδες υπάρχουν 2-3 γραμμές συσκευασίας εκ των οποίων μία τροφοδοτεί πλαστικά βαρέλια χωρητικότητας 50 Kg και άνω, μία δεύτερη τροφοδοτεί πλαστικά ή λευκοσιδηρά δοχεία από 3 έως 13 Kg σε ελιές και τέλος μία τρίτη που τροφοδοτεί λευκοσιδηρά κουτιά ή γυάλινα βάζα χωρητικότητας μέχρι 5 Kg ελιές (Μπαλατσούρας 2004).

Το συσκευασμένο προϊόν είτε αποθηκεύεται προσωρινά στις αποθήκες της βιομηχανίας, είτε διακινείται απευθείας στην αγορά. Για τη λιανική κατανάλωση οι ελιές συσκευάζονται κυρίως σε γυάλινα δοχεία βάρους από 250-500 g σε ελιές. Ειδικά για τις φυσικές μαύρες ελιές τύπου ξηράλατος, η συσκευασία και διακίνηση στη χονδρική αγορά γίνεται ‘εν ξηρώ’, χωρίς δηλαδή την προσθήκη άλμης σε ξύλινα ή πλαστικά κιβώτια. Για την διακίνηση στην λιανική αγορά οι ελιές συσκευάζονται σε γυάλινα δοχεία ή εύκαμπτες πλαστικές μεμβράνες.

### **4.2 Σύγχρονες τάσεις συσκευασίας**

Σήμερα, οι επιτραπέζιες ελιές εκτός από τα κλασικά γυάλινα και λευκοσιδηρά δοχεία, συσκευάζονται σε εύκαμπτες πλαστικές μεμβράνες στις οποίες ο ελεύθερος χώρος (headspace) της συσκευασίας καλύπτεται είτε με φρέσκια άλμη, είτε δημιουργείται κενό με την απομάκρυνση του αέρα από την συσκευασία (vacuum packaging), είτε διοχετεύεται αέριο ( $N_2$ ,  $CO_2$ ) ή μίγμα αερίων (gas-flush packaging). Τελευταία, χρησιμοποιούνται και οι πολυστρωματικές πλαστικές μεμβράνες οι οποίες

διαμορφώνονται σε άκαμπτους περιέκτες (σκαφάκια) μέσα στους οποίους τοποθετείται το προϊόν. Στους περιέκτες διοχετεύεται αέριο με την βοήθεια ειδικού κλειστικού μηχανήματος και στη συνέχεια επικολλάται εύκαμπτη πολυστρωματική μεμβράνη χαμηλής διαπερατότητας, συνήθως αιθυλενο-βινυλική αλκοόλη (EVOH). Η εν λόγω συσκευασία είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική για την ‘εν ξηρώ’ συσκευασία και διακίνηση της επιτραπέζιας ελιάς και εφαρμόζεται ήδη σε μικρή κλίμακα στη συσκευασία της ξηράλατης ελιάς Θάσου. Ειδικότερα, για τις ποικιλίες Κονσερβολιά, Καλαμών και Χαλκιδικής, ο περιέκτης συμπληρώνεται με φρέσκια άλμη ενώ κατά το κλείσιμο της συσκευασίας αφαιρείται ο αέρας από τον ελεύθερο χώρο (headspace) δημιουργώντας κενό. Η συσκευασία αυτή κερδίζει όλο και περισσότερο έδαφος στις εξαγωγές των Ελληνικών ποικιλιών επιτραπέζιας ελιάς στις χώρες της Δυτικής Ευρώπης και προορίζεται κυρίως για το λιανικό εμπόριο.

#### **4.3 Συσκευασία σε τροποποιημένες ατμόσφαιρες**

##### **Συσκευασία υπό κενό**

Η πρώτη μορφή συσκευασίας σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα που εφαρμόστηκε εμπειρικά είναι η συσκευασία υπό κενό. Το προϊόν τοποθετείται σε πλαστική μεμβράνη χαμηλής διαπερατότητας σε οξυγόνο ( $<5 \text{ ml m}^{-2} \text{ day}^{-1} \text{ atm}^{-1}$ ), απομακρύνεται ο αέρας με τη βοήθεια συσκευής κενού και τέλος η συσκευασία σφραγίζεται. Κάτω από ικανοποιητικό κενό, η συγκέντρωση του οξυγόνου ελαττώνεται σε τιμές μικρότερες από 1% (ο/ο). Όταν η συσκευασία υπό κενό χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με ψύξη έχει πολλά πλεονεκτήματα, όπως η μείωση της απώλειας βάρους του προϊόντος λόγω αφυδάτωσης, η διατήρηση του χρώματος, της υφής και η εν γένει αύξηση του χρόνου ζωής. Η χρήση της συσκευασίας υπό κενό ενδείκνυται για σκληρά κυρίως τρόφιμα (π.χ. σκληρά τυριά, νωπά κρέατα, κλπ), ενώ αντίθετα δεν συνιστάται για μαλακά προϊόντα αφού το κενό προκαλεί μη αντιστρεπτή παραμόρφωση του τροφίμου. Στην περίπτωση της επιτραπέζιας ελιάς, η χρήση της συσκευασίας υπό κενό ενδείκνυται για τις πράσινες ελιές οι οποίες έχουν συνεκτικότερη υφή, και για τις ελιές τύπου ξηράλατος οι οποίες είναι ήδη συρρικνωμένες, ενώ δεν χρησιμοποιείται συνήθως στις φυσικές μαύρες ελιές γιατί ζημιώνεται ανεπανόρθωτα η υφή τους και παραμορφώνεται το σχήμα του καρπού.



## **Συσκευασία με αέρια**

Τα κυριότερα αέρια που χρησιμοποιούνται στην συσκευασία με τροποποιημένες ατμόσφαιρες είναι τα ακόλουθα:

**Οξυγόνο:** Το οξυγόνο είναι ίσως το πιο σημαντικό αέριο που χρησιμοποιείται τόσο στο μεταβολισμό των αερόβιων μικροοργανισμών όσο και στην αναπνοή των φυτικών ιστών. Συμμετέχει επίσης, σε ενζυμικές αντιδράσεις όπως στην ενζυματική καστανώση των ιστών φρούτων και λαχανικών (Ooraikul και Stiles 1991), στην οξυγόνωση της μυογλοβίνης στο κρέας (Young και συνεργάτες 1988), στην οξείδωση του λίπους και την οξείδωση ευαίσθητων βιταμινών και αρωμάτων. Ειδικότερα για την επιτραπέζια ελιά, θα πρέπει να τονιστεί ότι ο καρπός δεν παρουσιάζει μεταβολική δραστηριότητα μετά την ζύμωση, και συνεπώς η παρουσία οξυγόνου στην συσκευασία δεν είναι επιθυμητή, γιατί επιτρέπει την ανάπτυξη μυκήτων καθώς επίσης και οξειδωτικών ζυμών. Οι μικροοργανισμοί αυτοί παράγουν πηκτινολυτικά ένζυμα που υποβαθμίζουν την υφή της ελιάς (Balatsouras και Vaughn 1958).

**Αζώτο:** Το άζωτο είναι αδρανές, άγευστο αέριο με μικρή διαλυτότητα στο νερό και στο λίπος το οποίο χρησιμοποιείται συνήθως για την αντικατάσταση του οξυγόνου με σκοπό την επιβράδυνση της οξείδωσης και του ταγγίσματος των τροφίμων. Επίσης το άζωτο μπορεί να δράσει με επιτυχία ως πληρωτικό υλικό και να εμποδίσει την κατάρρευση της συσκευασίας ειδικά σε τρόφιμα που έχουν συσκευαστεί σε ατμόσφαιρα πλούσια σε διοξείδιο του άνθρακα. Δεν παρουσιάζει αντιμικροβιακές ιδιότητες, μπορεί όμως να επιδράσει άμεσα στους αερόβιους μικροοργανισμούς επιβραδύνοντας την ανάπτυξή τους (Farber 1991). Ιδιαίτερης σημασίας είναι η εφαρμογή της ατμόσφαιρας αζώτου στην ‘εν ξηρώ’ συσκευασία της ξηράλατης ελιάς Θάσου, η παρουσία του οποίου μειώνει δραστικά το ποσοστό μυκητολογικών προσβολών κατά την συντήρηση του προϊόντος.

**Διοξείδιο του άνθρακα:** Το διοξείδιο του άνθρακα αποτελεί έναν ισχυρό βακτηριοστατικό παράγοντα, ο οποίος παρατείνει τόσο την φάση προσαρμογής (lag phase) όσο και τον χρόνο γενεάς (generation time) των μικροοργανισμών, με αποτέλεσμα την μείωση του ρυθμού ανάπτυξης. Σύμφωνα με το Farber (1991) οι πιθανοί μηχανισμοί δράσης του διοξειδίου του άνθρακα είναι οι ακόλουθοι:

- Διάλυση του διοξειδίου του άνθρακα στην κυτταρική μεμβράνη με επακόλουθη διαστολή, διάρρηξη και τροποποίηση της λειτουργίας της.
- Μεταβολή στο ενδοκυτταρικό pH με επακόλουθη διαταραχή της ισορροπίας των ενδοκυτταρικών ενζύμων.
- Παρεμπόδιση των ενζύμων ή μείωση του ρυθμού δράσης τους.
- Αλλαγή των φυσικοχημικών ιδιοτήτων των πρωτεϊνών.

Η συγκέντρωση στην οποία το διοξείδιο του άνθρακα είναι δραστικό εξαρτάται από τις ιδιότητες του τροφίμου, το είδος του μικροοργανισμού και από άλλους οικολογικούς παράγοντες όπως το pH, η θερμοκρασία, η παρουσία άλλων διαλυτών, κ.ά. Η ανασταλτική δράση του διοξειδίου του άνθρακα αυξάνει γραμμικά με την αύξηση της συγκέντρωσής του μέχρι 50-60% (Gill και Tan 1980), υψηλότερες όμως συγκεντρώσεις μπορεί να δημιουργήσουν προβλήματα όπως κατάρρευση της συσκευασίας, ιδιαίτερα σε τρόφιμα με υψηλή περιεκτικότητα υγρασίας ή λίπους, αποχρωματισμός και δημιουργία όξινης γεύσης ιδιαίτερα σε κρέατα και πουλερικά. Το διοξείδιο του άνθρακα είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικό έναντι των αρνητικών κατά Gram βακτηρίων τα οποία είναι περισσότερο ευαίσθητα στο αέριο από τα θετικά κατά Gram βακτήρια. Επίσης, το διοξείδιο του άνθρακα είναι αποτελεσματικό σε τρόφιμα των οποίων η αλλοιογόνος χλωρίδα αποτελείται από αρνητικά κατά Gram αερόβια ψυχρότροφα βακτήρια. Για τον λόγο αυτό, η έρευνα για την εφαρμογή του διοξειδίου του άνθρακα έχει επικεντρωθεί σε τρόφιμα με ιδιαίτερη οικονομική σημασία όπως το νωπό κρέας, τα πουλερικά και τα ιχθυρά. Σχετικά με το χρόνο εφαρμογής του, το διοξείδιο του άνθρακα αυξάνει τη φάση προσαρμογής και μειώνει το ρυθμό ανάπτυξης κατά τη διάρκεια της λογαριθμικής φάσης των μικροοργανισμών. Συνεπώς όσο πρωϊότερα συσκευάζεται το προϊόν, τόσο αποτελεσματικότερη θα είναι η δράση του διοξειδίου του άνθρακα. Σημαντικός επίσης παράγοντας για την δράση του διοξειδίου του άνθρακα είναι η θερμοκρασία συντήρησης του προϊόντος. Γενικά, η παρεμποδιστική του δράση αυξάνει με την μείωση της θερμοκρασίας λόγω αυξημένης διαλυτότητας του αερίου στην υδατική φάση του προϊόντος σε χαμηλές θερμοκρασίες. Ιδιαίτερης σημασίας είναι η εφαρμογή του διοξειδίου του άνθρακα στην συσκευασία της επιτραπέζιας ελιάς λόγω της παρεμποδιστικής του δράσης στην ανάπτυξη μυκήτων και οξειδωτικών ζυμών, όπως αναφέρθηκε παραπάνω.

**Μίγματα αερίων:** Τα παραπάνω αέρια μπορεί να χρησιμοποιούνται είτε μόνα τους, είτε να αναμιγνύονται σε διάφορες ποσοστιαίες αναλογίες και να σχηματίζουν μίγματα αερίων. Τα μίγματα αερίων που χρησιμοποιούνται σήμερα στις συσκευασίες τροποποιημένων ατμοσφαιρών διακρίνονται σε δύο κυρίως κατηγορίες, τα ημι-αδρανή μίγματα που περιέχουν  $\text{CO}_2/\text{N}_2$  ή  $\text{O}_2/\text{CO}_2/\text{N}_2$  και τα πλήρως αντιδρώντα μίγματα που περιέχουν  $\text{CO}_2$  ή  $\text{O}_2/\text{CO}_2$ . Η επιλογή της εκάστοτε κατηγορίας αερίων εξαρτάται από την φύση των προς συσκευασία τροφίμων.

## 5. Μικροβιακή οικολογία του ελαιόκαρπου

Η σύνθεση της ενδογενούς μικροχλωρίδας των νωπών καρπών εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως η ποικιλία και το στάδιο ωριμότητας, η εποχή του χρόνου, το μικροκλίμα της περιοχής, ανατομικά χαρακτηριστικά, καθώς επίσης και από τη χρήση φυτοφαρμάκων. Ο ρόλος των μικροοργανισμών στην επιφάνεια των φυτικών ιστών δεν είναι πλήρως γνωστός. Η επικρατέστερη άποψη είναι ότι η παρουσία της ενδογενούς μικροχλωρίδας στους φυτικούς ιστούς παρεμποδίζει την ανάπτυξη παθογόνων μικροοργανισμών, κυρίως λόγω ανταγωνισμού στην αφομοίωση θρεπτικών στοιχείων (Blakeman 1985). Επιπλέον, έχει αναφερθεί ότι η παρουσία ορισμένων ειδών γαλακτικών βακτηρίων προστατεύει τους φυτικούς ιστούς από παθογόνους μικροοργανισμούς, με την παραγωγή αντιμικροβιακών ουσιών όπως π.χ. οργανικών οξέων και βακτηριοσινών (Visser και συνεργάτες 1986).

Η ενδογενής μικροχλωρίδα του νωπού καρπού της ελιάς αποτελείται κυρίως από αερόβια αρνητικά κατά Gram βακτήρια, στα οποία επικρατεί το γένος *Pseudomonas* spp., ενώ ακολουθούν σε μικρότερους πληθυσμούς γαλακτικά βακτήρια, ζύμες και μύκητες. Ο καρπός μετά τη συγκομιδή εμβαπτίζεται απευθείας σε άλμη όπου λαμβάνει χώρα φυσική ζύμωση, δηλαδή ζύμωση η οποία οφείλεται στην υπάρχουσα ενδογενή χλωρίδα. Η σύνθεση της μικροχλωρίδας στην αρχή της ζύμωσης είναι παρόμοια με αυτή που υπάρχει στο νωπό καρπό (Tassou 1993). Οι κυριότεροι παράγοντες που κατευθύνουν τη ζύμωση διακρίνονται σε (α) ενδογενείς (intrinsic) όπως το pH, η ενεργότητα νερού, η διαθεσιμότητα θρεπτικών στοιχείων, τα οργανικά οξέα, η παρουσία αντι-μικροβιακών ουσιών (π.χ. ελευρωπαΐνη), η δομή της επιδερμίδας του καρπού και (β) εξωγενείς (extrinsic) όπως η θερμοκρασία ζύμωσης, η συγκέντρωση NaCl, η προσθήκη ζυμώσιμων συστατικών, η χρήση καλλιεργειών εκκίνησης (Bobillo και Marshall 1992, García García και συνεργάτες 1992, Montaña και συνεργάτες 1993, Durán Quintana και συνεργάτες 1999, Spyropoulou και συνεργάτες 2001). Ο έλεγχος των παραμέτρων αυτών κατά την επεξεργασία του καρπού, καθορίζει τη σύνθεση της μικροχλωρίδας κατά τη διάρκεια της ζύμωσης και επηρεάζει τον σχηματισμό των μεταβολικών προϊόντων των μικροοργανισμών.

Επιπλέον, προκειμένου να ελέγξουμε αποτελεσματικότερα την ανάπτυξη και τη δραστηριότητα της μικροχλωρίδας, είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε περισσότερες

πληροφορίες σχετικά με τη κατανομή των μικροοργανισμών στους φυτικούς ιστούς. Το γεγονός αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό στην περίπτωση της επιτραπέζιας ελιάς, όπου η επιδερμίδα του καρπού καλύπτεται από την εφυμενίδα, η οποία όχι μόνο περιορίζει τη διάχυση των θρεπτικών στοιχείων στην άλμη, αλλά ταυτόχρονα παρεμποδίζει την είσοδο των μικροοργανισμών στο εσωτερικό του καρπού. Ιδιαίτερη περίπτωση αποτελούν οι φυσικές μαύρες ελιές τύπου ξηράλατος, γιατί οι καρποί δεν εμβαπτίζονται σε άλμη και ως εκ τούτου δεν υφίστανται γαλακτική ζύμωση. Για τον λόγο αυτό, χρησιμοποιείται διεθνώς ο όρος “ωρίμανση” (curing) και όχι “ζύμωση” για την περιγραφή της επεξεργασίας του καρπού. Η επιλογή της τελικής ενδογενούς μικροχλωρίδας βασίζεται αποκλειστικά και μόνο στην επίδραση του άλατος, που δημιουργεί δυσμενές περιβάλλον για την ανάπτυξη των περισσότερων μικροοργανισμών. Οι χαμηλές τιμές ενεργότητας νερού ( $a_w$ ) που διαμορφώνονται στο τελικό προϊόν, επιτρέπουν την ανάπτυξη μόνο αλόφιλων μικροοργανισμών, κυρίως ζυμών και μυκήτων (Panagou και συνεργάτες 2002).

Η κυριότερη ποικιλία που χρησιμοποιείται στη χώρα μας για την παρασκευή του εν λόγω εμπορικού τύπου είναι η ποικιλία της Θάσου. Η ποικιλία αυτή αποτελεί κλώνο της ποικιλίας Θρουμπολιά, της οποίας ο καρπός παρουσιάζει την ιδιορρυθμία να κεπικρίζει επάνω στο δένδρο, όταν εισέρχεται στο στάδιο της πλήρους ωριμότητας σε συνδυασμό με τις κατάλληλες κλιματολογικές συνθήκες. Σύμφωνα με παλαιότερη βιβλιογραφική αναφορά (Καλογερέας 1932), η εκκρίση του καρπού οφείλεται στην ανάπτυξη του μύκητα *Phoma oleae* μέσα στη σάρκα της ελιάς, ο οποίος υδρολύει την ελευρωπαΐνη με την παραγωγή ενζύμων. Η υδρόλυση της ελευρωπαΐνης με τη χρήση ενζύμων, ιδιαίτερα με το ένζυμο β-γλυκοζιδάση, είναι τεκμηριωμένη βιβλιογραφικά τόσο για τα βακτήρια όσο και για τους μύκητες (Ciafardini και Zullo 2000). Πέραν όμως της παρατήρησης του ανωτέρω ερευνητή, η παρουσία του *Phoma oleae* δεν έχει αναφερθεί σε άλλες εργασίες μέχρι σήμερα. Σε νεώτερες έρευνες (Παπαμιχαήλ και Μπαλατσούρας 1972), απομονώθηκε από τη σάρκα του καρπού μύκητας του γένους *Alternaria*, ο οποίος είναι γνωστός αφενός για την παραγωγή μυκοτοξινών, και αφετέρου για την ανάπτυξή του σε χαμηλές τιμές ενεργότητας νερού ( $a_w$  0,90). Θα πρέπει να σημειωθεί ότι, οι βιβλιογραφικές αναφορές για την οικολογία της ξηράλατης ελιάς είναι ανύπαρκτες λόγω του περιορισμένου ενδιαφέροντος που παρουσιάζει ο συγκεκριμένος εμπορικός τύπος. Ομως, το θέμα παρουσιάζει εξαιρετικό επιστημονικό ενδιαφέρον λόγω της παρουσίας μυκήτων στη σάρκα, οι οποίοι ενδεχομένως σχετίζονται με την παραγωγή μυκοτοξινών.

## 6. Υγρά απόβλητα της βιομηχανίας μεταποίησης της επιτραπέζιας ελιάς

Τα υγρά απόβλητα της μεταποιητικής βιομηχανίας των επιτραπέζιων ελιών διαφέρουν σημαντικά τόσο ως προς τον τελικό τους όγκο όσο και ως προς τη χημική τους σύσταση, ανάλογα με τον επιδιωκόμενο εμπορικό τύπο του τελικού προϊόντος. Γενικά τα υγρά απόβλητα διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες, συγκεκριμένα:

- Υγρά απόβλητα από την έκπλυση των καρπών,
- Διάλυμα καυστικού νατρίου που χρησιμοποιείται για την εκπίκριση του καρπού κατά την Παρασκευή ορισμένων εμπορικών τύπων (π.χ. πράσινες ελιές Ισπανικού τύπου),
- Άλμη που προέρχεται από τη ζύμωση του καρπού, η οποία περιέχει αλάτι αλλά και ανόργανα και οργανικά συστατικά.

Τα υγρά απόβλητα χαρακτηρίζονται από αλκαλική ή όξινη αντίδραση όταν περιέχουν καυστικό νάτριο ή οξέα αντίστοιχα. Παράλληλα περιέχουν και σημαντικό φορτίο πολυφαινολών οι οποίες αποικοδομούνται δύσκολα και με αργό ρυθμό. Η διάθεση και επεξεργασία των υγρών αποβλήτων από την επεξεργασία της επιτραπέζιας ελιάς είναι δύσκολο να γίνουν δεκτά για επεξεργασία διαμέσου των μονάδων βιολογικού καθαρισμού, γι' αυτό η αντιμετώπιση του προβλήματος μπορεί να γίνει είτε με μείωση του όγκου των παραγομένων αποβλήτων, είτε με αναγέννηση της μητρικής άλμης με σκοπό την επαναχρησιμοποίησή της. Ανάλογα με τον εμπορικό τύπο του τελικού προϊόντος ο όγκος των παραγόμενων υγρών αποβλήτων κυμαίνεται σε:

- 1,5-3 λίτρα υγρών αποβλήτων ανά κιλό επεξεργασμένου πράσινο ελαιοκάρπου με την Ισπανική μέθοδο,
- 0,5 λίτρα υγρών αποβλήτων ανά κιλό επεξεργασμένου φυσικά ώριμου (μαύρου) ελαιοκάρπου,
- 1,5-6 λίτρα υγρών αποβλήτων ανά κιλό τεχνητά μαυρισμένου (με οξείδωση) ελαιοκάρπου,
- 0,5 λίτρα υγρών αποβλήτων ανά κιλό επεξεργασμένου πράσινου ελαιοκάρπου ή καρπού στο στάδιο χρώματος στροφής (χωρίς εκπίκριση με καυστικό νάτριο).

Περισσότερες πληροφορίες για τη φυσικοχημική σύσταση των υγρών αποβλήτων κατά την επεξεργασία της επιτραπέζιας ελιάς παρουσιάζονται στο Παράρτημα Α (Χρήση Υποπροϊόντων Ελιάς και Ελαιολάδου), Παράρτημα Β (Διαχείριση Αποβλήτων) και Παράρτημα Γ όπου παρουσιάζονται συγκεντρωτικά οι μηχανικές, φυσικοχημικές και βιολογικές μέθοδοι για την διαχείριση των αποβλήτων.

#### **6.1 Μείωση του όγκου των υγρών αποβλήτων κατά την επεξεργασία του πράσινου ελαιοκάρπου με την Ισπανική μέθοδο με εξουδετέρωση του καυστικού νατρίου με αέριο διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>).**

Πρόσφατα Ιταλοί ερευνητές (Marsilio et al., 2008) με τη χρήση αερίου διοξειδίου του άνθρακα κατάφεραν να εξουδετερώσουν την περίσσεια καυστικού νατρίου κατά την επεξεργασία πράσινου ελαιοκάρπου με την Ισπανική μέθοδο, αντικαθιστώντας πλήρως το στάδιο της έκπλυσης του καρπού μετά την εκπίκριση με διάλυμα καυστικού νατρίου, μειώνοντας τον όγκο των υγρών αποβλήτων κατά 80% περίπου. Η μέθοδος μειώνει την απώλεια ζυμώσιμων συστατικών (σακχάρων) στο στάδιο της έκπλυσης του καρπού, ενώ παράλληλα επιτρέπει την αύξηση και επικράτηση των γαλακτικών βακτηρίων. Θα πρέπει να σημειωθεί όμως ότι η μεγάλη ρυθμιστική ικανότητα της άλμης, λόγω της υψηλής δεσμευμένης οξύτητας, μειώνει την επίδραση των οργανικών οξέων στη μείωση της τιμής του pH.

Σύμφωνα με τους ίδιους ερευνητές πράσινος ελαιόκαρπος υποβλήθηκε σε χειρισμό με άλκαλι (2%) και στη συνέχεια χωρίστηκε σε δύο παρτίδες. Η πρώτη παρτίδα (Α) υποβλήθηκε σε 3 διαδοχικές εκπλύσεις με νερό σε χρονικό διάστημα 28 ωρών για την απομάκρυνση της περίσσειας του αλκάλεως και στη συνέχεια ο καρπός τοποθετήθηκε σε άλμη 7% για ζύμωση. Η δεύτερη παρτίδα (Β) τοποθετήθηκε απευθείας σε νερό όπου και παρέμεινε για 12 ώρες. Στη συνέχεια διοχετεύτηκε αέριο διοξείδιο του άνθρακα με ροή 3 λίτρα/λεπτό, προκειμένου να εξουδετερωθεί η περίσσεια του αλκάλεως, και τέλος προστέθηκε αλάτι σε επίπεδο 7%. Κατά τη διάρκεια της ζύμωσης μετρήθηκε η τιμή του pH, η δεσμευμένη οξύτητα, τα σάκχαρα, τα οξυγαλακτικά βακτήρια, οι ζύμες και τα εντεροβακτήρια.

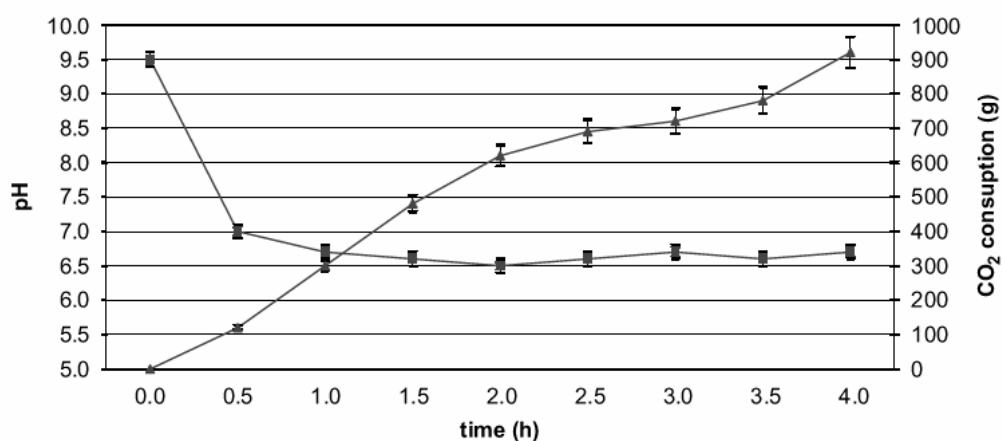
Η μεταβολή της τιμής του pH στην παρτίδα Β παρουσιάζεται στο Σχήμα 6.1.1. Παρατηρούμε ότι με την πάροδο του χρόνου είχαμε αύξηση της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα στο διάλυμα και ταυτόχρονη μείωση της τιμής του pH. Η μείωση του pH ήταν ταχύτατη μέσα με 1,5-2 ώρες μέχρι την τιμή 6,5, αλλά δεν



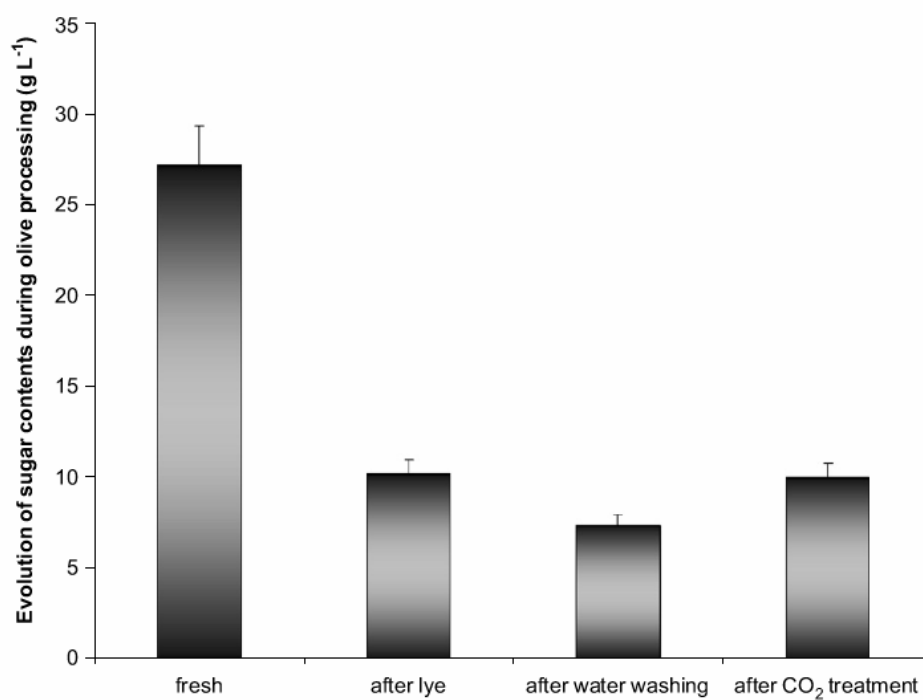
μειώθηκε περαιτέρω, παρά τη συνεχιζόμενη αύξηση της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα στο διάλυμα, λόγω της ρυθμιστικής ικανότητας του συστήματος. Τα σάκχαρα μειώθηκαν σε 17,5 γραμ./λίτρο μετά την εκπίκριση με καυστικό νάτριο (Σχήμα 6.1.2) και παρέμειναν σταθερά κατά το χειρισμό με διοξείδιο του άνθρακα. Αντίθετα στην παρτίδα Α (παραδοσιακή Ισπανική μέθοδος) παρατηρήθηκε μείωση της συγκέντρωσης των σακχάρων σε 12,5 γραμ./λίτρο, ενισχύοντας έτσι την αποτελεσματικότητα του χειρισμού με διοξείδιο του άνθρακα στη διατήρηση υψηλότερης συγκέντρωσης σακχάρων στην ελιά με σημαντικά πλεονεκτήματα κατά τη ζύμωση του καρπού.

Επιπλέον, η οξύτητα είναι μια σημαντική παράμετρος στη ζύμωση της ελιάς που οφείλεται στην παρουσία ασθενών οργανικών οξέων, ορισμένα από τα οποία βρίσκονται στον καρπό (μηλικό, κιτρικό, οξαλικό) ενώ άλλα είναι αποτέλεσμα μικροβιακής δραστηριότητας (γαλακτικό, οξεϊκό). Τα οξέα αυτά σε συνδυασμό με τα άλατά τους δημιουργούν ρυθμιστική ικανότητα στην άλμη και διατηρούν το pH σε κατάλληλο επίπεδο ώστε να ευνοείται η ανάπτυξη των γαλακτικών βακτηρίων. Η μεταβολή της ρυθμιστικής ικανότητας της άλμης μεταξύ των δύο ζυμώσεων παρουσιάζεται στο Σχήμα 6.1.3.

Είναι σημαντικό να γνωρίζουμε ότι μικρή τιμή ρυθμιστικής ικανότητας αυξάνει τον κίνδυνο αλλοίωσης στο τελικό προϊόν αφού μικρή μεταβολή της οξύτητας οδηγεί με μεγάλη αύξηση της τιμής του pH. Από το Σχήμα 6.1.3 προκύπτει ότι ο χειρισμός με το διοξείδιο του άνθρακα παρουσίασε μεγαλύτερη τιμή ρυθμιστικής ικανότητας μεταξύ pH 3,0-3,5, συνεπώς ο χειρισμός αυτός ήταν λογότερο επιτυχής για τη μείωση της δεσμευμένης οξύτητας και συνεπώς της τιμής του pH. Κατά τη διάρκεια της ζύμωσης σε χρονικό διάστημα 60 ημερών η τιμή του pH στην παραδοσιακή ζύμωση της παρτίδας Α διαμορφώθηκε στο 3,8 που είναι σε συμφωνία με τον κανονισμό του Διεθνούς Συμβουλίου Ελιάς (International Olive Council). Αντίθετα στο χειρισμό με διοξείδιο του άνθρακα η τιμή του pH στο ίδιο χρονικό διάστημα διαμορφώθηκε σε 4,6 γεγονός που σημαίνει ότι για ασφαλή συντήρηση του προϊόντος θα πρέπει να πραγματοποιηθεί πρόσθετη οξίνιση. Παράλληλα, θα πρέπει να διοχετευθεί μικρότερη συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα στο διάλυμα, σταματώντας πρακτικά την παροχή αερίου όταν το pH του διαλύματος φτάσει στην τιμή 7,0-7,5 μειώνοντας τη ρυθμιστική ικανότητα της άλμης με σκοπό την επίτευξη χαμηλότερης τιμής pH στο τέλος της ζύμωσης.



**Σχήμα 6.1.1:** Μεταβολή του pH και της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα κατά την εξουδετέρωση της περίσσειας του αλκάλειου.

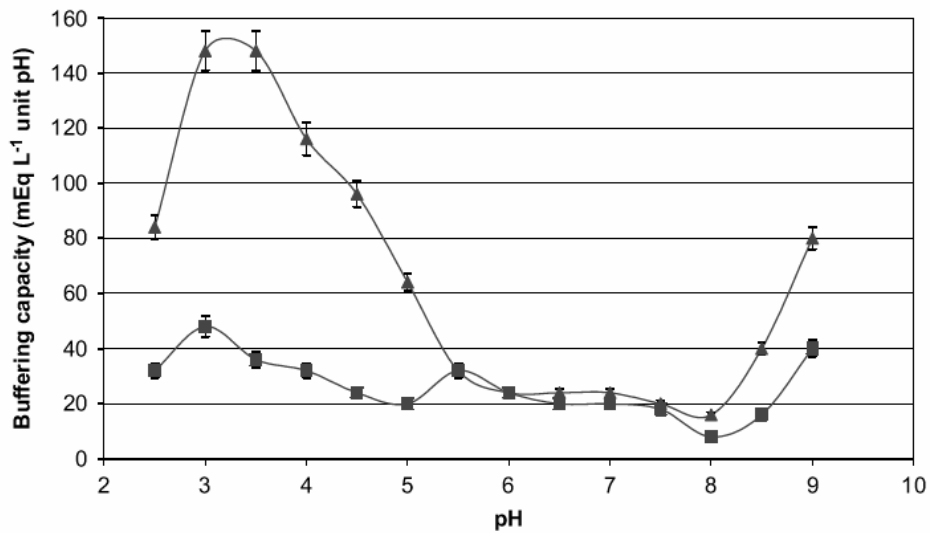


**Σχήμα 6.1.2:** Μεταβολή της συγκέντρωσης των σακχάρων κατά την επεξεργασία του καρπού.

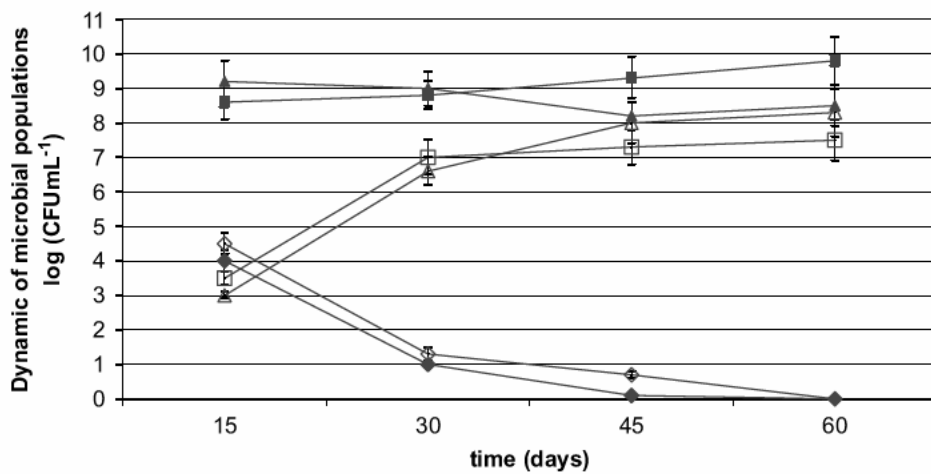
Σχετικά με την πορεία της ζύμωσης προκύπτει ότι αυτή πραγματοποιήθηκε χωρίς προβλήματα όσον αφορά στην αλληλουχία των διαφόρων ομάδων μικροοργανισμών στο χειρισμό με το διοξείδιο του άνθρακα (Σχήμα 6.1.4). Συγκεκριμένα, τα εντεροβακτήρια που θεωρούνται δείκτες αλλοίωσης, υπήρχαν και στις δύο ζυμώσεις, αλλά με την πάροδο του χρόνου και τη μείωση της τιμής του pH, ο πληθυσμός τους μειώθηκε και δεν επιβίωσαν για χρονικό διάστημα μεγαλύτερο των 45 ημερών. Τα οξυγαλακτικά βακτήρια επικράτησαν κατά τη ζύμωση, ιδιαίτερα κατά τις πρώτες 30 ημέρες της ζύμωσης, γεγονός που αποδεικνύει ότι η χρήση του διοξειδίου του άνθρακα για την εξουδετέρωση της περίσσειας του αλκάλεως δεν είχε καμία σημαντική επίδραση στην εξέλιξη της μικροχλωρίδας κατά τη ζύμωση.

Παράλληλα με τις άλλες αναλύσεις, πραγματοποιήθηκε και οργανοληπτική δοκιμή στις ελιές στις ακόλουθες παραμέτρους: χρώμα καρπού, οσμή, οξύτητα, πικράδα, συνεκτικότητα και τραγανότητα σάρκας, αλατότητα. Το αποτέλεσμα της οργανοληπτικής αξιολόγησης έδειξε ότι ο χειρισμός με το διοξείδιο του άνθρακα προσέδωσε στον καρπό μία περισσότερο όξινη γεύση συγκριτικά με την παραδοσιακή ζύμωση Ισπανικού τύπου που έγινε άμεση αντιληπτή από τους δοκιμαστές.

Η παραπάνω έρευνα των Ιταλών επιστημόνων κατέληξε στο συμπέρασμα ότι είναι δυνατή η χρήση του αερίου διοξειδίου του άνθρακα για την εξουδετέρωση της περίσσειας του αλκάλεως κατά την εκπίκριση του πράσινου ελαιοκάρπου με καυστικό νάτριο. Η μέθοδος αυτή μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική μείωση του όγκου των υγρών αποβλήτων αφού αντικαθιστά πλήρως το στάδιο του πλυσίματος του καρπού μετά τον χειρισμό με το άλκαλι. Θα πρέπει να τονιστεί ότι το στάδιο αυτό δημιουργεί τον μεγαλύτερο όγκο υγρών αποβλήτων, αφού από τα 1,5-3 λίτρα υγρών αποβλήτων που δημιουργούνται κατά την επεξεργασία 1 κιλού πράσινου ελαιοκάρπου με την Ισπανική μέθοδο, ποσότητα 0,5-2,0 λίτρα δημιουργείται από το στάδιο του πλυσίματος του καρπού μετά την εκπίκριση με το καυστικό νάτριο.



**Σχήμα 6.1.3:** Ρυθμιστική ικανότητα της άλμης κατά την παραδοσιακή επεξεργασία (■) και με εξουδετέρωση της περίσσειας του αλκάλειου με καυστικό νάτριο (▲) μετά από χρονικό διάστημα 15 ημερών ζύμωσης.



**Σχήμα 6.1.4:** Μεταβολή του μικροβιακού πληθυσμού κατά τη ζύμωση του καρπού. Οξυγαλακτικά βακτήρια στην παρτίδα A (■) και B (▲), ζύμες στην παρτίδα A (□) και B (Δ), και εντεροβακτήρια στην παρτίδα A (♦) και B (◇).

## 6.2 Ζύμωση του νερού έκπλυσης του πράσινου ελαιοκάρπου κατά την επεξεργασία με την Ισπανική μέθοδο.

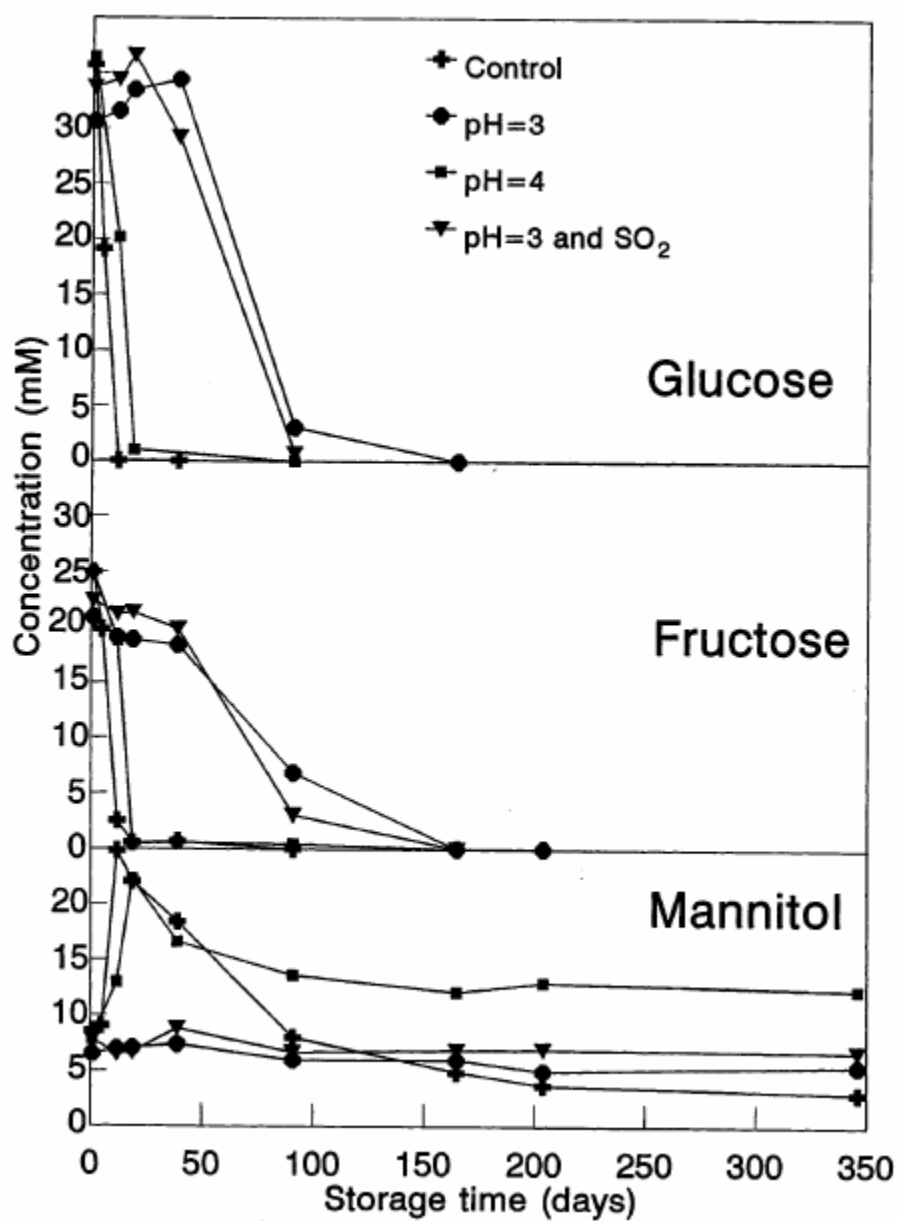
Είναι γνωστό ότι το νερό που χρησιμοποιείται για το πλύσιμο του ελαιοκάρπου μετά το χειρισμό με το καυστικό νάτριο περιέχει υψηλό οργανικό περιεχόμενο που αποτελείται από σάκχαρα (6-10 γραμ./λίτρο) και φαινολικές ουσίες (4-6 γραμ./λίτρο), κυρίως υδροξυ-τυροσόλη, ενώ το pH του διαλύματος είναι αλκαλικό (9-12). Η παρουσία υψηλής συγκέντρωσης φαινολικών ουσιών καθιστά την επεξεργασία των υγρών αυτών αποβλήτων δύσκολη από τις μονάδες βιολογικού καθαρισμού και η διαχείρισή τους γίνεται με διάθεση σε λεκάνες εξάτμισης. Πρόσφατα, Ισπανοί ερευνητές (Castro και Brenes, 2001) μετά από πειραματισμό ενός έτους, ανέφεραν ότι το νερό από τις εκπλύσεις του καρπού μπορεί να ζυμωθεί μετά από κατάλληλη ρύθμιση του pH και να δώσει ένα τελικό προϊόν που θα περιέχει γαλακτικό οξύ και υψηλή συγκέντρωση του αντιοξειδωτικού υδροξυ-τυροσόλη.

Σύμφωνα με τους ερευνητές, πράσινος ελαιόκαρπος επεξεργάστηκε με την Ισπανική μέθοδο, με εμβάπτιση σε διάλυμα καυστικού νατρίου 2% για 7 ώρες. Στη συνέχεια ακολούθησε ένα πλύσιμο του καρπού με νερό για 12 ώρες. Το νερό της έκπλυσης τοποθετήθηκε σε δοχεία PVC και παρέμεινε σε θερμοκρασία περιβάλλοντος για ένα χρόνο, αφού προηγήθηκε οξίνιση με υδροχλωρικό οξύ (6N) σε pH 3 και 4. Παράλληλα σε ένα δοχείο έγινε οξίνιση σε pH 3 και ταυτόχρονα προστέθηκε μεταθειώδες νάτριο (sodium metabisulfite) σε αναλογία 0,4 γραμ./λίτρο. Συνολικά μελετήθηκαν τέσσερις περιπτώσεις, δηλ. 4 δοχεία που περιείχαν 50 λίτρα νερού έκπλυσης το κάθε ένα: (α) μάρτυρας, δηλ. νερό έκπλυσης χωρίς κανένα χειρισμό, (β) νερό με pH 4,0, (γ) νερό με pH 3,0 και (δ) νερό με pH 3,0 και μεταθειώδες νάτριο (sodium metabisulfite) σε αναλογία 0,4 γραμ./λίτρο. Δείγματα από κάθε δοχείο αναλύθηκαν για ένα χρόνο προκειμένου να προσδιοριστεί η μεταβολή των σακχάρων (γλυκόζη, φρουκτόζη, σουκρόζη, μανιτόλη), των οργανικών οξέων (γαλακτικό, οξικό, προπιονικό) και των πολυφαινολών (υδροξυ-τυροσόλη, τυροσόλη, *p*-κουμαρικό οξύ, καφεϊκό οξύ). Επιπλέον, πραγματοποιήθηκαν και μικροβιολογικές αναλύσεις για την απαρίθμηση των γαλακτικών βακτηρίων, ζυμών και εντεροβακτηρίων.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι παρά την αντιμικροβιακή δράση των πολυφαινολών της ελιάς, παρατηρήθηκε αυθόρμητη ζύμωση των σακχάρων σε όλα

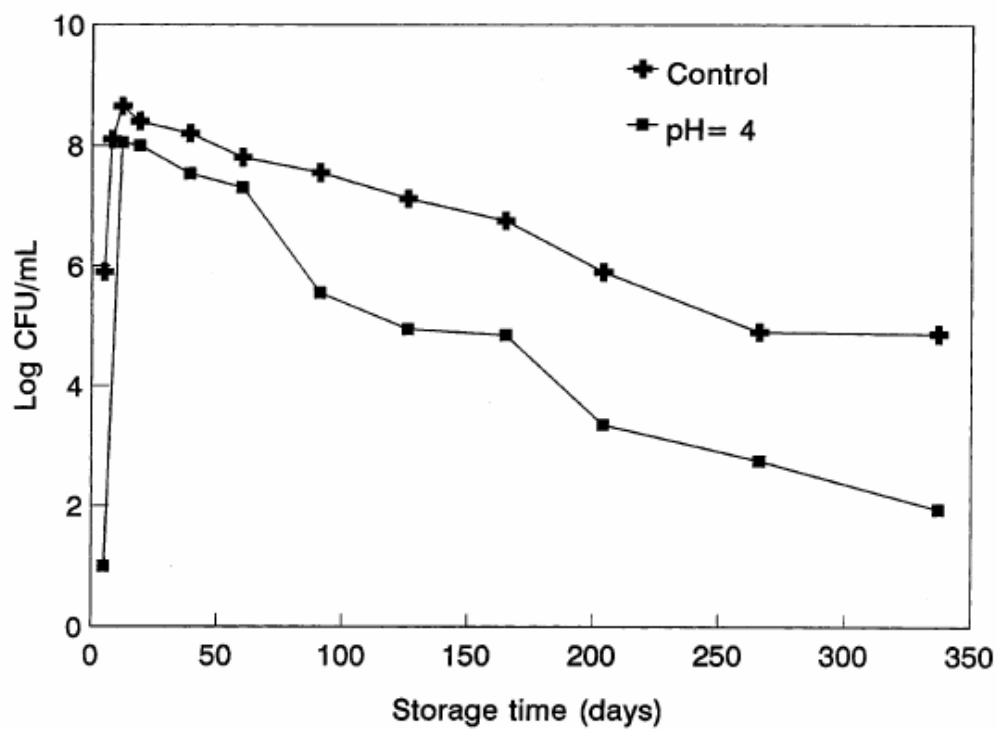
τα δοχεία κατά τη διάρκεια της συντήρησης του νερού έκπλυσης (Σχήμα 6.2.1). Συγκεκριμένα, στα δοχεία που δεν έγινε αρχική οξίνιση ή το pH ρυθμίστηκε στην τιμή 4, οι συγκεντρώσεις της γλυκόζης και φρουκτόζης μειώθηκαν ταχύτατα στις πρώτες 10-20 ημέρες. Αντίθετα στα δοχεία όπου έγινε εντονότερη οξίνιση σε pH 3 παρατηρήθηκε πιο αργός ρυθμός κατανάλωσης των σακχάρων. Πάντως και σε αυτή την περίπτωση η συγκέντρωση των σακχάρων ήταν μικρή μετά από 50-100 ημέρες. Είναι χαρακτηριστικό ότι ημανιτόλη δεν ζυμώθηκε από τους μικροοργανισμούς, αλλά η συγκέντρωσή της αυξήθηκε σε όλη τη διάρκεια των μετρήσεων, γεγονός που δείχνει ότι οι μικροοργανισμοί δεν είχαν τη δυνατότητα να την μεταβολίσουν.

Σχετικά με τη μεταβολή του πληθυσμού των γαλακτικών βακτηρίων (Σχήμα 6.2.2), δεν παρατηρήθηκε καθόλου αύξηση σε νερό έκπλυσης του οποίου το pH είχε ρυθμιστεί στο 3 με την προσθήκη υδροχλωρικού οξέως. Αντίθετα, αύξηση παρατηρήθηκε μόνο στο μάρτυρα (χωρίς αρχική οξίνιση) και στο δοχείο με pH 4. Από τους δύο χειρισμούς μεγαλύτερος πληθυσμός γαλακτικών βακτηρίων παρατηρήθηκε στον μάρτυρα, αφού είναι γνωστό ότι η προσθήκη υδροχλωρικού οξέως για οξίνιση μπορεί να προκαλέσει καθυστέρηση στην αύξηση του πληθυσμού των γαλακτικών βακτηρίων. Αντίθετα με τα γαλακτικά βακτήρια, οι ζύμες κατάφεραν να αναπτυχθούν σε όλες τις περιπτώσεις, με μεγαλύτερο πληθυσμό σε νερό έκπλυσης με pH 3 (Σχήμα 6.2.3). Όμως η προσθήκη μεταθειώδους νατρίου προκάλεσε αρχική καθυστέρηση στον πληθυσμό των ζυμών. Θα πρέπει πάντως να σημειωθεί ότι σε ορισμένα δοχεία του μάρτυρα (νερό έκπλυσης χωρίς οξίνιση) παρατηρήθηκε ανάπτυξη άσχημων οσμών που οφείλεται στην ανάπτυξη βακτηρίων του γένους *Clostridium* spp.

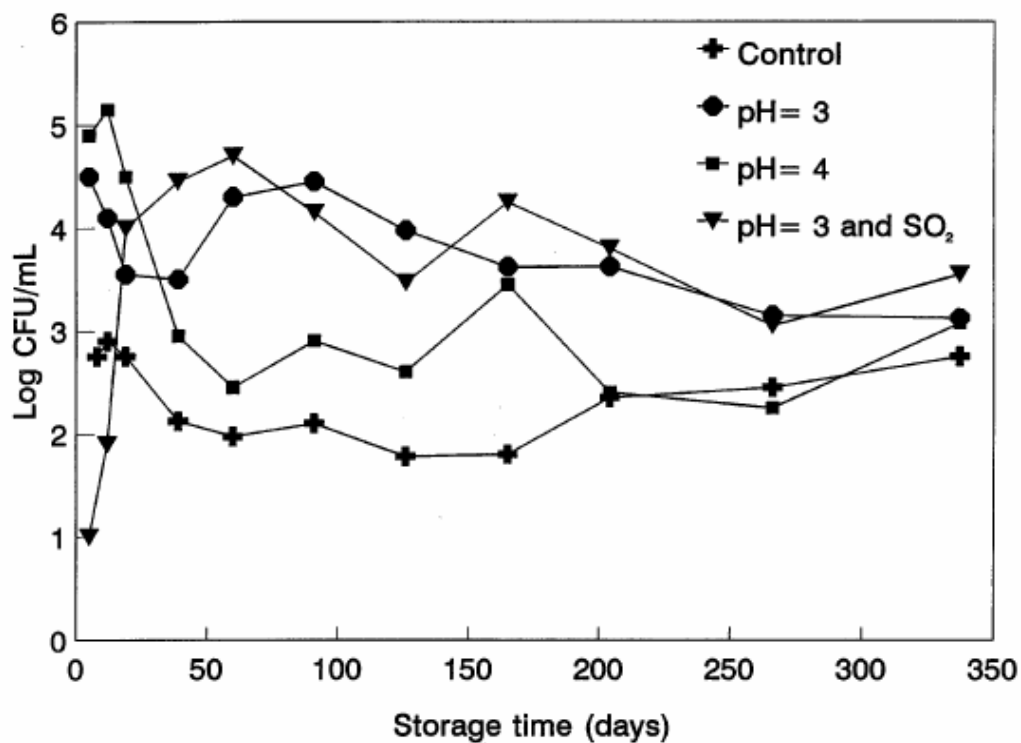


**Σχήμα 6.2.1:** Μεταβολή της γλυκόζης, φρουκτόζης και μανιτόλης κατά τη ζύμωση του νερού έκπλυσης για χρονικό διάστημα 350 ημερών.





Σχήμα 6.2.2: Μεταβολή του πληθυσμού των γαλακτικών βακτηρίων στο νερό της έκπλυσης ελαιοκάρπου με την Ισπανική μέθοδο.



Σχήμα 6.2.3: Μεταβολή του πληθυσμού των ζυμών στο νερό της έκπλυσης ελαιοκάρπου με την Ισπανική μέθοδο.

Ένα σημαντικό προϊόν της ζύμωσης των νερών έκπλυσης ήταν το γαλακτικό οξύ, σημαντική ποσότητα του οποίου μετρήθηκε στο μάρτυρα και στο δοχείο που το pH είχε ρυθμιστεί στο 4, αφού οι δύο αυτές συνθήκες επέτρεψαν την αύξηση των γαλακτικών βακτηρίων και την συνακόλουθη παραγωγή γαλακτικού οξέως (Πίνακας 6.2.1). Στα δοχεία όπου πραγματοποιήθηκε πιο έντονη οξίνιση (pH 3) δεν μετρήθηκε γαλακτικό οξύ δεδομένου ότι στην περίπτωση αυτή είχαμε αύξηση μόνο των ζυμών. Είναι επίσης χαρακτηριστικό ότι το οξικό οξύ ανιχνεύτηκε από την πρώτη ημέρα της ζύμωσης του νερού έκπλυσης σε όλα τα δοχεία. Σημαντική συγκέντρωση του οργανικού αυτού οξέως παρατηρήθηκε στον μάρτυρα και στο δοχείο με pH 4 και είναι αποτέλεσμα της μικροβιακής δραστηριότητας είτε των ετεροζυμωπικών γαλακτικών βακτηρίων, είτε των εντεροβακτηρίων. Πάντως η ζύμωση των σακχάρων και παραγωγή γαλακτικού οξέως οδήγησε σταδιακά στη μείωση της τιμής του pH ακόμη και εκεί όπου δεν προηγήθηκε οξίνιση (δηλ. στον μάρτυρα) με αποτέλεσμα από 10,6 να μειωθεί σε 4,3. Η παραγωγή αιθανόλης σχετίζεται με την δραστηριότητα των ζυμών, ιδιαίτερα σε pH 3 όπου δεν παρατηρήθηκε ανάπτυξη γαλακτικών βακτηρίων.

Σχετικά με την παρουσία φαινολικών συστατικών στο νερό της έκπλυσης, θα πρέπει να σημειωθεί ότι η συγκέντρωσή τους ήταν σημαντική, ιδίως για την υδροξυ-τυροσόλη (Πίνακας 6.2.2). Μείωση της υδροξυ-τυροσόλης παρατηρήθηκε όταν το νερό της έκπλυσης οξινίστηκε σε pH 3 λόγω πιθανότατα κατακρήμνισης ενός μέρους της υδροξυ-τυροσόλης. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η παρουσία της υδροξυ-τυροσόλης σε υψηλή συγκέντρωση δεν εμπόδισε την ζύμωση των νερών έκπλυσης από τα γαλακτικά βακτήρια, παρά την έντονη παρεμποδιστική δράση που έχουν οι φαινολικές ουσίες στην αύξηση των γαλακτικών βακτηρίων. Μείωση της συγκέντρωσης κατά την οξίνιση παρατηρήθηκε και για την τυροσόλη, αν και η συγκέντρωση της φαινολικής αυτής ουσίας ήταν μικρότερη από την υδροξυ-τυροσόλη.

Συμπερασματικά, τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής δείχνουν ότι το νερό που προκύπτει από την έκπλυση του πράσινου ελαιόκαρπου μετά το στάδιο της εκτίκρισης με καυστικό νάτριο, μπορεί να υποστεί αυθόρμητη ζύμωση, ο έλεγχος της οποίας μπορεί να γίνει με ρύθμιση του pH μέσω οξίνισης με υδροχλωρικό οξύ. Όταν το pH είναι μεγαλύτερο από 4 τότε επικρατούν τα γαλακτικά βακτήρια με επακόλουθο τη δημιουργία γαλακτικού οξέως ως κύριο μεταβολικό προϊόν της ζύμωσης.

**Πίνακας 6.2.1:** Μεταβολή ορισμένων φυσικοχημικών χαρακτηριστικών στη ζύμωση του νερού έκπλυσης του ελαιοκάρπου κατά την επεξεργασία με την Ισπανική μέθοδο.

Parameter	Storage method							
	Control		pH 3		pH 4		pH 3 and SO <sub>2</sub>	
	1 day	365 days	1 day	365 days	1 day	365 days	1 day	365 days
Lactic acid (mM)	ND <sup>a</sup>	119(33) <sup>b</sup>	ND	ND	ND	154(8)	ND	ND
Acetic acid (mM)	16(1)	169(2)	12(2)	19(1)	15(1)	135(18)	11(1)	29(4)
Ethanol (mM)	26(2)	146(23)	20(3)	451(62)	23(1)	236(29)	17(2)	520(59)
pH	10.6	4.3	3.0	2.7	4.0	3.4	3.0	2.8
Colour ( <i>A</i> <sub>440</sub> – <i>A</i> <sub>700</sub> )	0.67(0.13)	0.74(0.04)	0.48(0.02)	0.58(0.06)	0.70(0.06)	0.73(0.03)	0.35(0.04)	0.42(0.05)

**Πίνακας 6.2.2:** Μεταβολή των φαινολικών συστατικών κατά τη ζύμωση του νερού έκπλυσης του πράσινου ελαιοκάρπου.

Compound	Storage method							
	Control		pH 3		pH 4		pH 3 and SO <sub>2</sub>	
	1 day	365 days	1 day	365 days	1 day	365 days	1 day	365 days
Hydroxytyrosol (mM)	31.4(1.3) <sup>a</sup>	29.3(2.1)	22.9(4.0)	22.3(3.3)	31.6(1.6)	30.4(1.5)	24.4(3.2)	24.2(3.2)
Tyrosol (mM)	3.2(0.1)	2.7(0.1)	2.4(0.4)	3.0(0.2)	3.0(0.2)	3.0(0.2)	2.4(0.2)	2.0(0.4)
Caffeic acid (mM)	0.4(0.1)	ND <sup>b</sup>	0.3(0.1)	ND	0.3(0.1)	ND	0.3(0.1)	ND
<i>p</i> -coumaric acid (mM)	0.5(0.1)	ND	0.3(0.1)	ND	0.5(0.1)	ND	0.4(0.1)	ND

### 6.3 Επαναχρησιμοποίηση μητρικής άλμης σε ζύμωση ελαιοκάρπου ποικιλίας Κονσερβολιά.

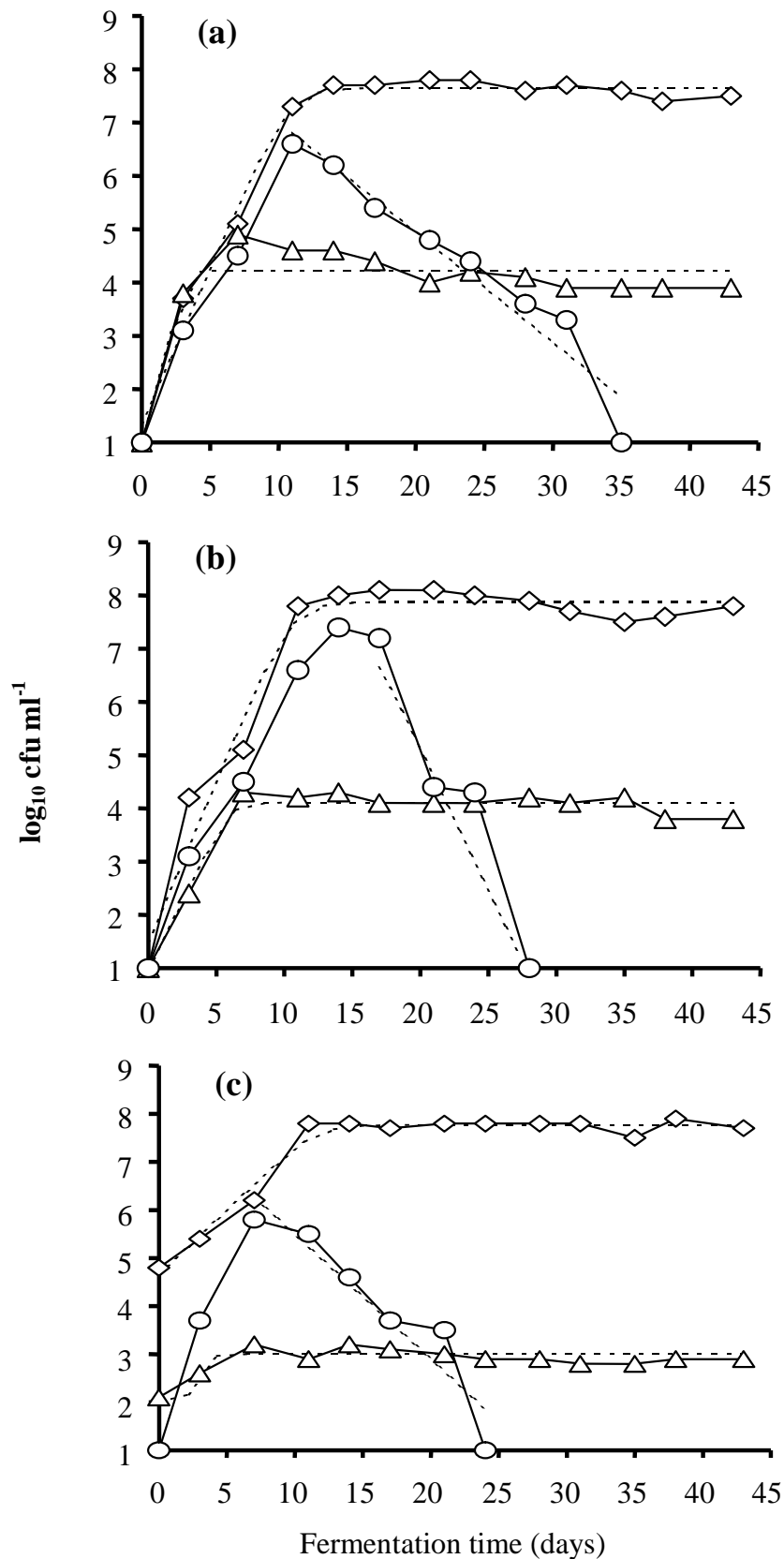
Η εργασία αυτή πραγματοποιήθηκε από Έλληνες ερευνητές (Panagou και Katsaboxakis, 2006) και είχε ως σκοπό τη μελέτη της επίδρασης διαφορετικών διορθωτικών παρεμβάσεων στη ζύμωση πράσινου ελαιοκάρπου ποικιλίας κονσερβολιά. Οι παρεμβάσεις περιλάμβαναν: (α) αρχική οξίνιση της άλμης με προσθήκη 0,2% γαλακτικού οξέως (μάρτυρας-συνήθης βιομηχανική πρακτική), (β) εξουδετέρωση της υπολειπόμενης αλκαλικότητας της άλμης με προσθήκη 2,5% (ο/ο) διαλύματος υδροχλωρικού οξέως (HCl) 1N, (γ) αντικατάσταση της αρχικής άλμης σε ποσοστό 20% με άλμη από προηγούμενη ζύμωση.

Ο καρπός αρχικά υποβλήθηκε σε διαδικασία εκτίκρισης με εμβάπτιση σε διάλυμα 2% NaOH για 7,5 ώρες σε θερμοκρασία περιβάλλοντος (20-25°C). Ακολούθησε έκπλυση με νερό στις 4 και 10 ώρες. Σε όλες τις περιπτώσεις η αρχική

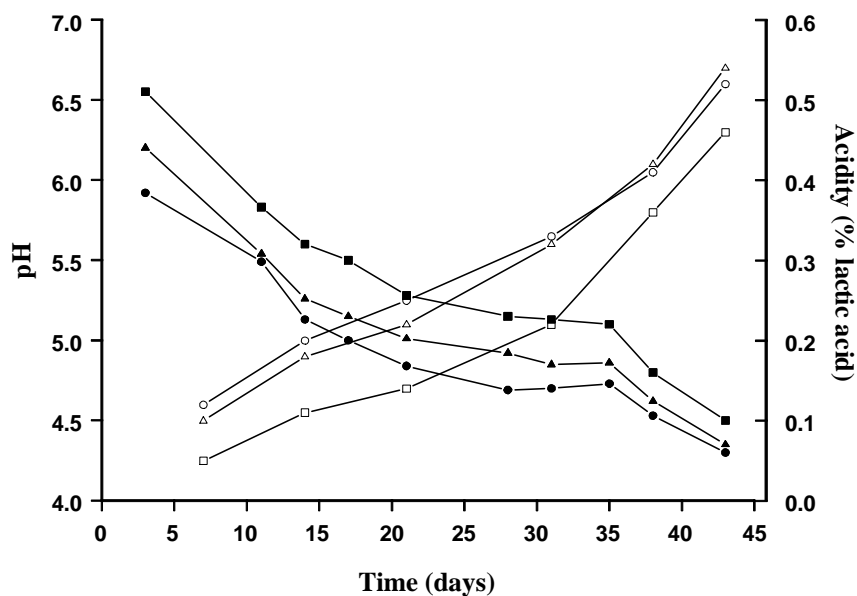
άλμη ήταν 6% και παρέμεινε στο επίπεδο αυτό κατά την αποκατάσταση του ισοζυγίου μεταξύ καρπού και άλμης. Κατά τη διάρκεια της ζύμωσης έγιναν μικροβιολογικές αναλύσεις που περιλάμβαναν απαρίθμηση των γαλακτικών βακτηρίων, ζυμών και εντεροβακτηρίων. Παράλληλα πραγματοποιήθηκαν και φυσικοχημικές αναλύσεις για τον προσδιορισμό του pH και της ολικής ογκομετρούμενης οξύτητας για συνολικό διάστημα ζύμωσης 40 ημερών περίπου, καθώς επίσης και ανάλυση των οργανικών οξέων (γαλακτικό, οξικό, ηλεκτρικό, κιτρικό) της άλμης σε υγρή χρωματογραφία υψηλής απόδοσης (HPLC).

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η μερική αντικατάσταση της αρχικής άλμης με μητρική άλμη από προηγούμενη ζύμωση αποδείχθηκε ο πλέον επιτυχής χειρισμός γιατί ελαχιστοποίησε την πιθανότητα εκτροπής της ζύμωσης αφού τα εντεροβακτήρια επιβίωσαν μόνο για 24 ημέρες από την έναρξη της ζύμωσης (Σχήμα 6.3.1), ενώ τα γαλακτικά βακτήρια επικράτησαν έναντι των ζυμών οι οποίες παρουσίασαν το χαμηλότερο πληθυσμό σε σχέση με τους άλλους χειρισμούς. Θετική ήταν επίσης η επίδραση της επαναχρησιμοποίησης της μητρικής άλμης από προηγούμενη ζύμωση στην πορεία του pH και της ολικής ογκομετρούμενης οξύτητας (Σχήμα 6.3.2). Ο αμέσως καλύτερος χειρισμός ήταν αυτός με το υδροχλωρικό οξύ, όμως θα πρέπει να γίνει με ιδιαίτερη προσοχή γιατί υπερβολική προσθήκη οξέως θα δυσχεράνει τη δράση των γαλακτικών βακτηρίων και επομένως την πορεία όλης της ζύμωσης. Η ανάλυση των επιμέρους οργανικών οξέων έδειξε ότι η επαχρησιμοποίηση ενός μέρους της άλμης από προηγούμενη ζύμωση οδήγησε σε επιτυχή γαλακτική ζύμωση, με υψηλότερη συγκέντρωση γαλακτικού οξέως συγκριτικά με τις άλλες ζυμώσεις (Πίνακας 6.3.1)

Συνεπώς, η μερική αντικατάσταση της μητρικής άλμης με άλμη από προηγούμενη ζύμωση συμβάλλει στη δημιουργία γαλακτικής ζύμωσης με αποτέλεσμα τη χαμηλότερη τιμή pH και υψηλότερη τιμή ολικής ογκομετρούμενης οξύτητας. Παράλληλα, ο χρόνος επιβίωσης των εντεροβακτηρίων που συχνά οδηγούν τη ζύμωση σε εκτροπή ήταν ο μικρότερος συγκριτικά με τους άλλους χειρισμούς. Τα αποτελέσματα ήταν θετικά δεδομένου ότι η άλμη από προηγούμενη ζύμωση, με την προϋπόθεση ότι έχει πραγματοποιηθεί επιτυχώς η γαλακτική ζύμωση, διαθέτει την αυτόχθονη μικροχλωρίδα που αποτελείται κυρίως από γαλακτικά βακτήρια μεγάλης ζυμωτικής ικανότητας (*Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus pentosus*) και ζύμες, ενώ παράλληλα περιέχει και οργανικά οξέα με επικρατέστερο το γαλακτικό οξύ.



**Σχήμα 6.3.1:** Μεταβολή του πληθυσμού των γαλακτικών βακτηρίων ( $\diamond$ ), ζυμών ( $\Delta$ ) και εντεροβακτηρίων ( $\circ$ ) κατά τη ζύμωση πράσινου ελαιοκάρπου ποικιλίας Κονσερβολιά με οξίνιση της αρχικής άλμης με 0,2% γαλακτικό οξύ (a), εξουδετέρωση της υπολειπόμενης αλκαλικότητας με HCl (b) και αντικατάσταση της αρχικής άλμης σε ποσοστό 20% με άλμη από προηγούμενη ζύμωση (c).



**Σχήμα 6.3.2:** Μεταβολή του pH και της οξύτητας κατά τη ζύμωση πράσινου ελαιοκάρπου ποικιλίας Κονσερβολιά με (α) οξίνιση της αρχικής άλμης με 0,2% γαλακτικό οξύ (□, ■), (β) εξουδετέρωση της υπολειπόμενης αλκαλικότητας με HCl (△,▲) και (γ) αντικατάσταση της αρχικής άλμης σε ποσοστό 20% με άλμη από προηγούμενη ζύμωση (○,●).

**Πίνακας 6.3.1:** Μεταβολή της συγκέντρωσης των οργανικών οξέων (mM) στην άλμη κατά τη ζύμωση του πράσινου ελαιοκάρπου με την Ισπανική μέθοδο.

Fermentation process	Time (days)	Organic acids (mM) <sup>e</sup>			
		Lactic	Acetic	Succinic	Citric
Control <sup>a</sup>	0	nd <sup>d</sup>	nd	nd	nd
	14	14.2 <sup>a</sup>	nd	6.4 <sup>a</sup>	9.5 <sup>a</sup>
	28	21.6 <sup>b</sup>	13.4 <sup>a</sup>	8.1 <sup>b</sup>	nd
	43	44.6 <sup>c</sup>	18.8 <sup>b</sup>	8.9 <sup>c</sup>	nd
HCL process <sup>b</sup>	0	nd	nd	nd	nd
	14	16.3 <sup>d</sup>	nd	nd	3.1 <sup>b</sup>
	28	30.9 <sup>e</sup>	12.3 <sup>c</sup>	5.4 <sup>d</sup>	nd
	43	67.8 <sup>f</sup>	16.1 <sup>d</sup>	5.3 <sup>d</sup>	nd
Brine re-use process <sup>c</sup>	0	17.6 <sup>g</sup>	5.2 <sup>e</sup>	1.6 <sup>e</sup>	nd
	14	32.1 <sup>h</sup>	8.4 <sup>f</sup>	5.2 <sup>d</sup>	3.5 <sup>b</sup>
	28	56.3 <sup>i</sup>	13.1 <sup>a</sup>	12.1 <sup>f</sup>	nd
	43	73.4 <sup>j</sup>	18.6 <sup>g</sup>	12.2 <sup>f</sup>	nd

<sup>a</sup> Μάρτυρας, άλμη οξινισμένη με 2% γαλακτικό οξύ

<sup>b</sup> Άλμη οξινισμένη με 25% 1N υδροχλωρικό οξύ

<sup>c</sup> Άλμη στην οποία ποσοστό 20% αντικαταστάθηκε από μητρική άλμη προηγούμενης ζύμωσης

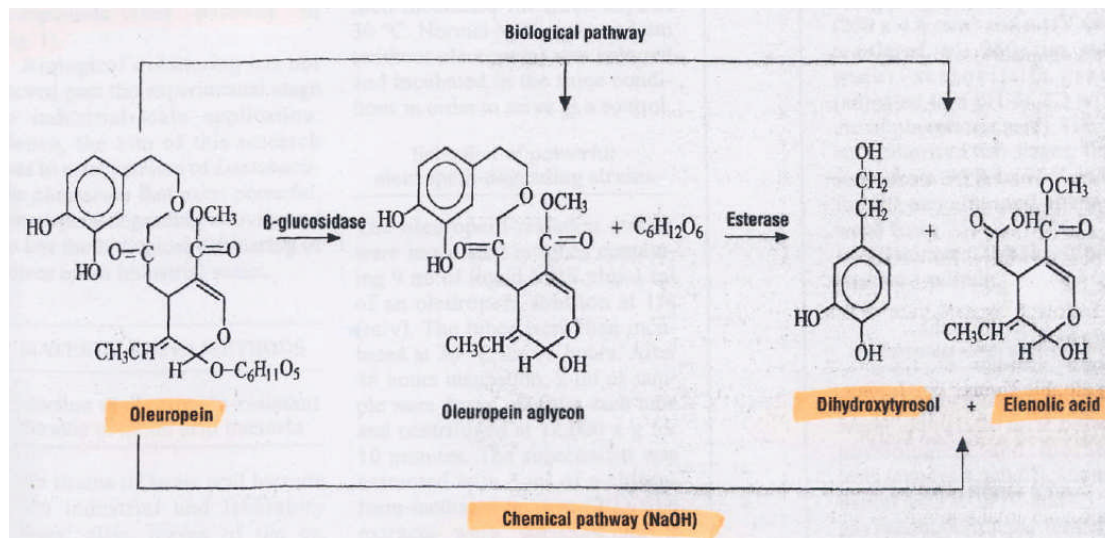
Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν ότι η επαναχρησιμοποίηση της μητρικής άλμης μπορεί να αποτελέσει μία συμπληρωματική λύση στη διαχείριση των υγρών αποβλήτων των μεταποιητικών μονάδων της επιτραπέζιας ελιάς, η δε εφαρμογή της μπορεί να γίνει τόσο στην πράσινη ελιά Ισπανικού τύπου όσο και στη φυσική μαύρη ελιά. Στην μελέτη αυτή επαναχρησιμοποιήθηκε ποσοστό 20% άλμης από προηγούμενη ζύμωση, χωρίς να δημιουργήσει προβλήματα στη πορεία της ζύμωσης. Αντιθέτως, λόγω της μικροχλωρίδας και των οργανικών οξέων που περιείχε έδρασε ευεργετικά, βελτιώνοντας τα χαρακτηριστικά της ζύμωσης. Το ποσοστό της επαναχρησιμοποίησης της μητρικής άλμης μπορεί να αυξηθεί μετά από ανάλογες δοκιμές για να καθοριστεί η μέγιστη συγκέντρωση που μπορεί να χρησιμοποιηθεί χωρίς να προκαλέσει προβλήματα στην πορεία της ζύμωσης.

#### **6.4 Επαναχρησιμοποίηση διαλύματος καυστικής σόδας στην Ισπανική μέθοδο επεξεργασίας για μείωση του όγκου των υγρών αποβλήτων.**

Για την επεξεργασία του πράσινου ελαιοκάρπου με την Ισπανική μέθοδο μετά τη συγκομιδή στο κατάλληλο στάδιο, ακολουθεί εμβάπτιση σε αραιό διάλυμα καυστικής σόδας. Με την εμβάπτιση της ελιάς στο διάλυμα της καυστικής σόδας αρχικά προσβάλλεται η επιδερμίδα και στη συνέχεια το άλκαλι περνά σταδιακά μέσα στη σάρκα της ελιάς και προχωρεί προς τον πυρήνα του καρπού. Κατά τη διαδρομή αυτή προκαλούνται σημαντικές αλλαγές στη δομή της σάρκας του καρπού καθώς επίσης και χημικές αντιδράσεις αλλαγές και τροποποιήσεις στα μόρια των φαινολικών ουσιών μεταξύ των οποίων και η ελευρωπαΐνη, δηλαδή η πικρή ουσία που περιέχεται στην ελιά και έτσι επιτυγχάνεται η εκπίκριση. Συγκεκριμένα, ο χειρισμός με το καυστικό νάτριο υδρολύει την ελευρωπαΐνη σε υδροξυτυροσόλη και γλυκοζίτη του ελενολικού οξέως (Σχήμα 6.4.1). Στη συνέχεια όταν ο καρπός μεταφερθεί στην άλμη ακολουθεί γρήγορη διάχυση της υδροξυτυροσόλης από τον καρπό στη άλμη, η συγκέντρωση της οποίας παραμένει σταθερή σε όλη τη διάρκεια της γαλακτικής ζύμωσης. Αντίθετα, η συγκέντρωση του γλυκοζίτη του ελενολικού οξέως στην άλμη αυξάνει κατά τις πρώτες 100-200 ημέρες της ζύμωσης και στη συνέχεια μειώνεται σταδιακά. Παράλληλα, άλλα φαινολικά συστατικά διαχέονται από τη σάρκα της ελιάς στην άλμη όπως τυροσόλη, καφεϊκό οξύ, *p*-κουμαρικό οξύ (Soler-Rivas και συνεργάτες 2000). Η επεξεργασία της πράσινης Κονσερβολιάς με καυστική σόδα δεν



παρουσιάζει ιδιαίτερα προβλήματα. Έχει αρκετά συνεκτική σάρκα και αντέχει συγκεντρώσεις καυστικής σόδας 2,0 –2,4% ανάλογα με την ταχύτητα διεύδυσης που επιθυμούμε. Η συνήθης πρακτική που ακολουθείται είναι ότι παρακολουθείται η διαδικασία με τομές στη σάρκα της ελιάς και το αλκαλι αφήνεται να διεύδύσει στα 2/3 της σάρκας. Ακολουθούν 2-3 πλύσεις σε νερό διάρκειας 5-10 ωρών πριν οι ελιές εμβαπτιστούν σε άλμη για ζύμωση.



**Σχήμα 6.4.1:** Διάγραμμα αποικοδόμησης της ελευρωπαίνης.

Μια σημαντική βελτίωση στην επεξεργασία της πράσινης Κονσερβολιάς και της Χαλκιδικής, είναι η επαναχρησιμοποίηση των διαλυμάτων της καυστικής σόδας που εφαρμόζεται σήμερα ελάχιστα στη χώρα μας. Επαναχρησιμοποίηση σημαίνει ότι ενισχύω το αρχικό διάλυμα της καυστικής σόδας στο τέλος της διαδικασίας με προσθήκη καυστικής σόδας στο επιθυμητό επίπεδο, και το χρησιμοποιώ δεύτερη φορά, τρίτη κ.ο.κ. Η τεχνική αυτή εφαρμόζεται από ορισμένες μονάδες δεν έχει όμως γενικευθεί όπως θα περίμενε κανείς, παρότι συνεπάγεται μείωση κόστους και κυρίως σημαντική μείωση του όγκου των αποβλήτων και προστασία του περιβάλλοντος. Υπολογίζεται ότι από ένα κιλό πράσινης ελιάς που επεξεργάζεται με την Ισπανική μέθοδο με τη συνήθη διαδικασία παράγονται περίπου 3,8 λίτρα αποβλήτων. Τα 4/5 από αυτά είναι αλκαλικά διαλύματα, που προέρχονται τόσο από το στάδιο της εκκρίσης όσο και από τα στάδια της έκπλυσης με νερό που ακολουθεί για την απομάκρυνση της περίσσειας του αλκάλειου, ενώ το 1/5 των υγρών αποβλήτων προέρχεται από άλμες της ζύμωσης. Ένα μεγάλο μέρος από αυτά τα απόβλητα απορρίπτεται στο περιβάλλον με σοβαρές συνέπειες για το περιβάλλον.

Μια τυπική σύσταση υγρών αποβλήτων κατά την επεξεργασία της επιτραπέζιας ελιάς παρουσιάζεται στον Πίνακα 6.4.1. Θα πρέπει να τονιστεί ότι η σύνθεση των χαρακτηριστικών αυτών μπορεί να παρουσιάζει διακυμάνσεις ανάλογα με την ποικιλία της ελιάς, τη μέθοδο συγκομιδής, τον τρόπο επεξεργασίας, κλπ. Η επεξεργασία επιτραπέζιας ελιάς στην ΕΕ συμβάλλει στη δημιουργία υγρών αποβλήτων σε ποσό μεγαλύτερο των 750.000 τόνων ανά έτος που πρέπει να επεξεργαστούν πριν διατεθούν σε κάποιον αποδέκτη.

**Πίνακας 6.4.1:** Σύνθεση υγρών αποβλήτων από τη μεταποίηση της επιτραπέζιας ελιάς με την Ισπανική μέθοδο.

Φυσικοχημικό Χαρακτηριστικό	Διάλυμα NaOH & Νερό πλυσίματος	Άλμη
pH	9 -13	4
NaOH [g/L]	1,1-1,5	-
NaCl [g/L]	-	6-10
Ελεύθερη οξύτητα [g γαλακτικού οξέως/L]	-	6-15
Πολυφαινόλες [g tannic acid/L]	4,1-6,3	5-7
COD [g O <sub>2</sub> /L]	23-28	10-20
BOD <sub>5</sub> [g O <sub>2</sub> /L]	15-25	9-15
Διαλυτά οργανικά στερεά [g/L]	30-40	10-20

COD = Χημική απαίτηση σε οξυγόνο

BOD = Βιοχημική απαίτηση σε οξυγόνο

Σε σχετική δοκιμή που πραγματοποιήθηκε στο Ινστιτούτο Τεχνολογίας Γεωργικών Προϊόντων του ΕΘΙΑΓΕ, μελετήθηκε η επαναχρησιμοποίηση του διαλύματος καυστικής σόδας σε πράσινη κονσερβολιά. Στο αρχικό διάλυμα η συγκέντρωση καυστικού νατρίου ήταν 2,2%. Μετά την πρώτη χρήση γίνονταν μέτρηση της περιεκτικότητας σε καυστική σόδα και επαναφορά στο αρχικό επίπεδο (2,2%) με προσθήκη στερεού NaOH, για δεύτερη χρήση. Η ίδια διαδικασία επαναλήφθηκε για 6 φορές. Οι ελιές όλων των περιπτώσεων υποβλήθηκαν χωριστά σε ζύμωση σε άλμη, με την αυτή διαδικασία. Τα αποτελέσματα της δοκιμής έδειξαν ότι δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές στη συμπεριφορά του καρπού κατά τη ζύμωση, αλλά και στα ποιοτικά χαρακτηριστικά της ελιάς και στο χρώμα, τόσο στο τέλος της ζύμωσης όσο και κατά τη συντήρηση. Υπολογίζεται ότι με 5 επαναχρησιμοποιήσεις του αρχικού διαλύματος της καυστικής σόδας θα έχουμε μια μείωση του όγκου των αποβλήτων κατά 20.000 τόνους. Επί πλέον αν μειώσουμε τις πλύσεις από τρεις σε δύο που είναι τεχνολογικά εφικτό, θα έχουμε μια επί πλέον μείωση κατά 25.000 τόνους.

Σύμφωνα με Ισπανούς ερευνητές (Garrido Fernández και συνεργάτες 1997) η επαναχρησιμοποίηση του διαλύματος της καυστικής σόδας δεν έχει αρνητική επίπτωση στην μετέπειτα πορεία της ζύμωσης όσον αφορά την τιμή του pH, την ολική ογκομετρούμενη οξύτητα και τη δεσμευμένη οξύτητα (Πίνακας 6.4.2). Από τον πίνακα αυτό προκύπτει ότι μετά από 14 επαναχρησιμοποιήσεις του αρχικού διαλύματος της καυστικής σόδας, η τιμή του pH κατά τη ζύμωση του καρπού κυμάνθηκε από 3,75-3,85, η τιμή της ογκομετρούμενης οξύτητας ήταν μεγαλύτερη από 1%, ενώ η τιμή της δεσμευμένης οξύτητας ήταν μικρότερη από 0,14 N. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι σε έναν επιτυχή κύκλο πλυσιμάτων της ελιάς για την απομάκρυνση της περίσσειας της καυστικής σόδας η τιμή της δεσμευμένης οξύτητας θα πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 0,10-0,12 N ή διαφορετικά 100-120 m Eq/l.

**Πίνακας 6.4.2:** Επίδραση της επαναχρησιμοποίησης του διαλύματος καυστικού νατρίου στα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά της ζύμωσης μετά από 130 ημέρες.

Re-use number	pH	Titrateable acidity (g lactic/l)	Combined acidity (m Eq/l)
R <sub>2</sub>	3.90	10.1	110
R <sub>3</sub>	3.85	9.9	110
R <sub>4</sub>	3.85	10.7	107
R <sub>5</sub>	3.80	10.5	110
R <sub>6</sub>	3.80	11.5	110
R <sub>7</sub>	3.80	12.0	114
R <sub>8</sub>	3.70	12.4	106
R <sub>9</sub>	3.75	11.8	106
R <sub>10</sub>	3.70	14.1	111
R <sub>11</sub>	3.80	12.4	115
R <sub>12</sub>	3.75	11.5	106
R <sub>13</sub>	3.80	12.2	114
R <sub>14</sub>	3.85	13.2	122

Titrateable acidity = Ολική ογκομετρούμενη οξύτητα  
Combined acidity = Δεσμευμένη οξύτητα

Οι ίδιοι ερευνητές αναφέρουν επιπλέον ότι η επαναλαμβανόμενη χρήση του διαλύματος καυστικής σόδας οδηγεί σταδιακά σε αύξηση του οργανικού φορτίου και ιδιαίτερα στα διαλυμένα οργανικά και ανόργανα συστατικά, στις πολυφαινόλες και στη βιοχημική απαίτηση σε οξυγόνο (BOD) (Πίνακας 6.4.3), με κυριότερο χαρακτηριστικό τα διαλυμένα οργανικά συστατικά η συγκέντρωση των οποίων σχεδόν τριπλασιάζεται. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η επαναχρησιμοποίηση του

διαλύματος της καυστικής σόδας δεν παρουσιάζει μικροβιολογικά προβλήματα αφού το pH είναι υψηλό (>12) και δεν επιτρέπει την ανάπτυξη μικροοργανισμών. Οι συνθήκες αυτές είναι δυσμενείς για την ανάπτυξη ακόμη και των βακτηριακών σπορίων. Παρόλα αυτά θα πρέπει να σημειωθεί ότι βακτηριακά σπόρια του γένους *Bacillus* είναι δυνατόν να επιβιώσουν σε διάλυμα 1% NaOH. Για το λόγο αυτό, η επαναχρησιμοποίηση του διαλύματος καυστικής σόδας θα πρέπει να γίνει όσο το δυνατόν συντομότερα μετά την απομάκρυνση του πρώτου φορτίου των καρπών. Από τη στιγμή όπου η συγκέντρωση ρυθμιστεί σε τιμή μεγαλύτερη από 2% ο κίνδυνος μικροβιολογικής επιμόλυνσης ελαχιστοποιείται.

Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δοθεί στον προσδιορισμό της συγκέντρωσης του καυστικού νατρίου κατά τη ρύθμιση του διαλύματος. Σήμερα, χρησιμοποιούνται συνήθως πυκνόμετρα για τη μέτρηση της συγκέντρωσης είτε του αλατιού στην άλμη είτε του καυστικού νατρίου στο διάλυμα εκκρίσης και τα αποτελέσματα εκφράζονται σε βαθμούς °Be. Στην περίπτωση της επαναχρησιμοποίησης του διαλύματος της καυστικής σόδας κάτι τέτοιο δεν είναι εφικτό, γιατί τα επαναχρησιμοποιούμενα διαλύματα έχουν προοδευτικά αυξανόμενη συγκέντρωση διαλυμένων συστατικών τα οποία επιδρούν στη μέτρηση του πυκνομέτρου. Είναι επομένως απαραίτητο ο προσδιορισμός της συγκέντρωσης της καυστικής σόδας στο διάλυμα να γίνεται με τιτλοδότηση με κάποιο οξύ.

**Πίνακας 6.4.3:** Μεταβολή των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών κατά την επαναχρησιμοποίηση του διαλύματος καυστικής σόδας στην επεξεργασία Ισπανικού τύπου.

Φυσικοχημική παράμετρος	1 <sup>η</sup> χρήση NaOH	14 <sup>η</sup> χρήση NaOH
pH	12,1	12,0
Υπολειπόμενο NaOH [g/L]	8,4	9,1
Διαλυμένη οργανική ουσία [g/L]	14,4	48,1
Διαλυμένη ανόργανη ουσία [g/L]	16,2	35,4
Πολυφαινόλες [g tannic acid/L]	1,32	2,9
BOD <sub>5</sub> [g O <sub>2</sub> /L]	18,13	39,8

Σύμφωνα με τις τελευταίες ανηλήψεις Ισπανών ερευνητών του Ινστιτούτου de la Grasa της Σεβίλλης (Segovia Bravo και συνεργάτες 2007), το θέμα της μείωσης του όγκου των υγρών αποβλήτων κατά τη διαδικασία της εκκρίσης του ελαιοκάρπου που επεξεργάζεται με την Ισπανική μέθοδο, μπορεί να αντιμετωπιστεί με

επαναχρησιμοποίηση του διαλύματος της καυστικής σόδας η οποία θα χρησιμοποιηθεί για το ξεπίκρισμα πολλών φορτίων ελαιοκάρπου. Παράλληλα, ο όγκος των υγρών αποβλήτων που παράγονται στο στάδιο της έκπλυσης του καρπού μπορεί να αντιμετωπιστεί με τροποποίηση του αριθμού των φορτίων του νερού. Ο Μπαλατσούρας (2004) αναφέρει ότι τα φορτία του νερού έκπλυσης μπορεί να μειωθεί σε ένα, αντί για δύο ή τρία, σε περίπτωση όπου έχουμε παρατεταμένη επαφή του ελαιοκάρπου με το νερό (μέχρι 18-20 ώρες). Σκοπός της έκπλυσης είναι η μείωση της δεσμευμένης οξύτητας ή υπολειπόμενης αλκαλικότητας σε συγκεντρώσεις 0,10-0,12 N. Στο σημείο αυτό είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι το καυστικό νάτριο που παραμένει στη σάρκα του καρπού μετά την έκπλυση διαχέεται σταδιακά στην άλμη κατά την πορεία της ζύμωσης με αποτέλεσμα να αυξάνει η δεσμευμένη οξύτητα και συνεπώς η ρυθμιστική ικανότητα της άλμης. Αυτό έχει σαν συνέπεια την παρεμπόδιση της μείωσης της τιμής του pH σε επιθυμητά επίπεδα που θα καθορίζουν το τέλος της ζύμωσης. Για το λόγο αυτό είναι σημαντικό η δεσμευμένη οξύτητα στο τέλος του σταδίου της έκπλυσης να μην είναι μεγαλύτερη από 0,14 N. Σημαντική είναι επίσης η οξίνιση της άλμης με προσθήκη ισχυρών ανόργανων οξέων (π.χ. υδροχλωρικό οξύ) στα πρώτα στάδια της ζύμωσης προκειμένου να μειωθεί η δεσμευμένη οξύτητα. Σύμφωνα με τους Garrido Fernández και συνεργάτες (1997) είναι δυνατόν να εξαλειφθεί εντελώς το στάδιο της έκπλυσης του καρπού με μερική εξουδετέρωση του καυστικού νατρίου με προσθήκη υδροχλωρικού οξέως (food grade, κατάλληλο για τρόφιμα) σε συγκέντρωση που δεν θα υπερβεί το 0,75% του όγκου της άλμης. Η προσθήκη του οξέως θα πρέπει να γίνει σε δύο στάδια για να μην επηρεάσει αρνητικά την ανάπτυξη των μικροοργανισμών, ιδιαίτερα των γαλακτικών βακτηρίων κατά τη ζύμωση. Η μισή ποσότητα θα προστεθεί στην αρχή της ζύμωσης και η υπόλοιπη μετά το στάδιο της ενεργού (έντονης) ζύμωσης. Σύμφωνα πάντως με υπολογισμούς, συνδυασμός της επαναχρησιμοποίησης του διαλύματος καυστικού νατρίου με περιορισμό του νερού έκπλυσης σε ένα φορτίο, μπορεί να μειώσει το φορτίο των υγρών αποβλήτων κατά 66.6%. Η επίδραση των διαφορετικών φορτίων έκπλυσης του καρπού, δηλ. ένα πλύσιμο ή κανένα πλύσιμο, σε σχέση με την παραδοσιακή επεξεργασία, σε ορισμένες φυσικοχημικές παραμέτρους στην άλμη ζύμωσης της ποικιλίας Gordal παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.4.4 (Garrido Fernández και συνεργάτες 1997). Η εξάλειψη του σταδίου έκπλυσης του καρπού οδήγησε σε αυξημένες τιμές ολικής ογκομετρούμενης οξύτητας, οργανικής και ανόργανης ουσίας καθώς επίσης και χημικής απαίτησης σε οξυγόνο (COD). Παράλληλα, η



περιεκτικότητα σε πολυφαινόλες αυξήθηκε ελάχιστα λόγω κυρίως της χαμηλής συγκέντρωσης πολυφαινολών στην συγκεκριμένη ποικιλία ελιάς.

**Πίνακας 6.4.4:** Κύρια φυσικοχημικά χαρακτηριστικά κατά την επεξεργασία με την Ισπανική μέθοδο της ποικιλίας Gordal με ένα ή χωρίς κανένα φορτίου νερού έκπλυσης.

Φυσικοχημική παράμετρος	Παραδοσιακή επεξεργασία	1 φορτίο νερού	Χωρίς έκπλυση
pH	3,85	3,85	3,90
Περιεκτικότητα σε NaCl [g/L]	56	50	52
Ογκομετρούμενη οξύτητα [g/L]	7,3	10,6	12,4
Πολυφαινόλες [g tannic acid/L]	3,4	4,1	4,7
Ανόργανα διαλυτά στερεά [g/L]	23,9	26,3	35,8
COD [g O <sub>2</sub> /L]	9,4	15,9	19,5

## 6.5 Εφαρμογή του όζοντος στη μείωση του οργανικού περιεχομένου του νερού έκπλυσης του πράσινου ελαιοκάρπου κατά την επεξεργασία με την Ισπανική μέθοδο.

Τα υγρά απόβλητα που προέρχονται από το φορτίο του νερού που χρησιμοποιείται για την έκπλυση του καρπού μετά την επεξεργασία με το καυστικό νάτριο είναι ένα σημαντικό πρόβλημα στην επεξεργασία του πράσινου ελαιοκάρπου με την Ισπανική μέθοδο. Τα απόβλητα αυτά χαρακτηρίζονται από αλκαλικό pH που κυμαίνεται μεταξύ 9-12, και υψηλό οργανικό περιεχόμενο (30-40 g/L) που περιλαμβάνει 4-6 g/L πολυφαινόλες και 6-10 g/L σάκχαρα. Η διαχείριση των αποβλήτων μέσω του συστήματος βιολογικού καθαρισμού δεν είναι εφικτή, λόγω της παρουσίας πολυφαινολών, για το λόγο αυτό διοχετεύονται σε λεκάνες εξάτμισης με τα γνωστά προβλήματα (π.χ. μεγάλος χρόνος εξάτμισης, δημιουργία άσχημων οσμών) για τις γειτονικές περιοχές. Πρόσφατα, Ισπανοί ερευνητές (Segovia Bravo και συνεργάτες 2007) ανέφεραν ότι η διοχέτευση όζοντος μέσα από τον όγκο των υγρών αποβλήτων μείωσε σημαντικά τη συγκέντρωση των πολυφαινολών στο νερό της έκπλυσης, ενώ η περιεκτικότητα σε σάκχαρα δεν επηρεάστηκε. Για το σκοπό αυτό, ποσότητα 1 L από νερό έκπλυσης πράσινου ελαιοκάρπου, ο οποίος προηγουμένως είχε υποβληθεί σε χειρισμό εκπίκρισης με χρήση διαλύματος καυστικού νατρίου 2,5% για 8 ώρες, υποβλήθηκε σε χειρισμό με αέριο όζον (0,000727 g O<sub>3</sub>/h) με παροχή 200 L/ώρα για 24 και 72 ώρες αντίστοιχα. Τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά

που μετρήθηκαν με υγρή χρωματογραφία υψηλής απόδοσης (HPLC) περιλάμβαναν μετρήσεις φαινολικών ουσιών, σακχάρων, γαλακτικού οξέως και αιθανόλης. Παράλληλα μετρήθηκε με φασματοφωτόμετρο το χρώμα των διαλυμάτων μετά την επεξεργασία με το όζον, ως η διαφορά απορρόφησης σε δύο μήκη κύματος, 440 και 700 nm αντίστοιχα καθώς επίσης και το pH. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το νερό της έκπλυσης πριν από τον χειρισμό με το όζον περιείχε υψηλή συγκέντρωση υδροξυτυροσόλης (2 g/L περίπου) και γλυκοζίτη της υδροξυτυροσόλης (1 g/L περίπου) (Πίνακας 6.5.1).

**Πίνακας 6.5.1:** Σύνθεση του νερού έκπλυσης πριν και μετά το χειρισμό με το όζον για 24 και 72 ώρες.

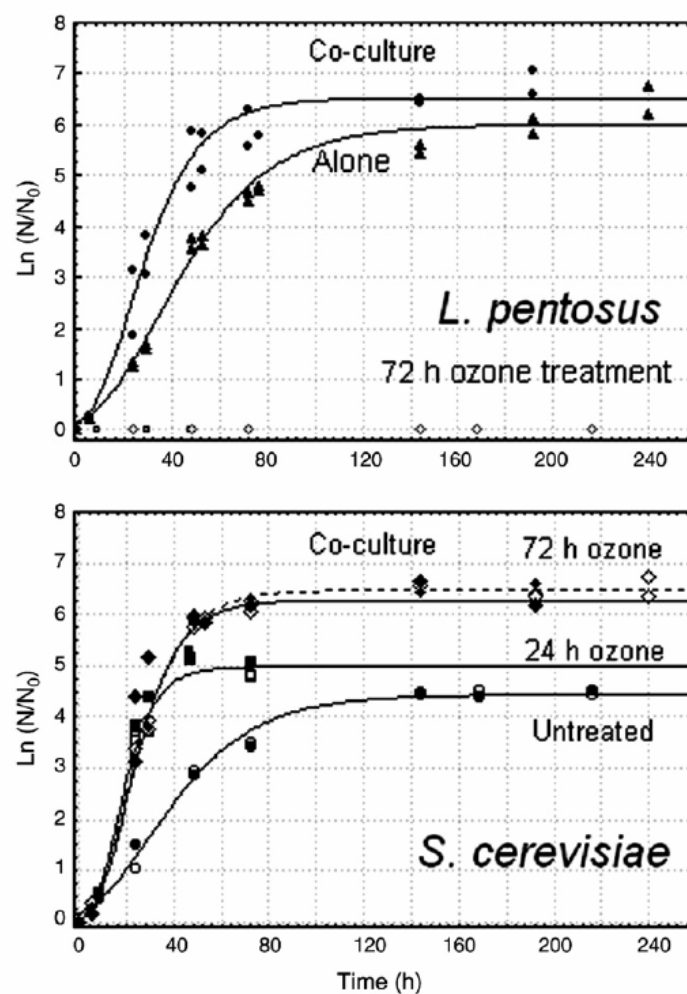
	Original	Ozonated 24 h	Ozonated 72 h
Fermentable substrate (g/L)			
Glucose	2.46	2.53	2.35
Sucrose	n.d.	n.d.	n.d.
Fructose	1.21	1.19	1.11
Mannitol	1.25	1.22	1.19
Total	4.92	4.94	4.65
Phenols (g/L)			
Hydroxytyrosol glucoside	0.94	n.d.	n.d.
Hydroxytyrosol	1.82	n.d.	n.d.
Tyrosol glucoside	0.06	n.d.	n.d.
Tyrosol	0.38	0.10	0.02
Caffeic acid	0.05	n.d.	n.d.
<i>p</i> -cumaric acid	0.1	n.d.	n.d.
Luteolin-7-glucoside	0.04	n.d.	n.d.
Total	3.40	0.10	0.02
pH value	10.50	5.37	4.68
Color ( $A_{440}-A_{700}$ )	2.39	0.71	0.16

Άλλες φαινολικές ουσίες που ανιχνεύτηκαν περιλάμβαναν τυροσόλη και γλυκοζίτη της τυροσόλης, *p*-κουμαρικό οξύ, καφεϊκό οξύ. Η συγκέντρωση των σακχάρων ήταν 5 g/L με κύριους εκπροσώπους τη γλυκόζη, φρουκτόζη και μανιτόλη. Ο χειρισμός με το όζον είχε σημαντική επίδραση στα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του νερού έκπλυσης. Συγκεκριμένα, η διοχέτευση όζοντος για χρονικό διάστημα 24 ωρών συνέβαλε στην καταστροφή των περισσότερων φαινολικών ουσιών, με εξαίρεση την τυροσόλη, της οποίας παρόλα αυτά η συγκέντρωση μειώθηκε. Χρειάστηκε η διοχέτευση όζοντος για 72 ώρες προκειμένου να μειωθεί η συγκέντρωση της τυροσόλης σε ακόμη μικρότερη συγκέντρωση. Από τα στοιχεία αυτά προκύπτει ότι



το όζον αποτελεί μια απλή και ταχεία μέθοδο για την απομάκρυνση των περισσότερων φαινολικών ουσιών από το νερό της έκπλυσης με εξαίρεση την τυροσόλη λόγω ίσως της περισσότερο σταθερής δομής του μορίου της. Είναι επίσης σημαντικό ότι η αρχική συγκέντρωση των σακχάρων δεν μειώθηκε, ενώ η τιμή του pH παρουσίασε σημαντική μείωση από 10,50 σε 4,68 μετά από 72 ώρες επεξεργασία των νερών της έκπλυσης με όζον. Τέλος, το χρώμα του διαλύματος μειώθηκε με αποτέλεσμα να γίνει περισσότερο ανοιχτόχρωμο.

Η δυνατότητα χρήσης του νερού έκπλυσης μετά την επεξεργασία με το όζον ως υπόστρωμα για την ανάπτυξη μικροοργανισμών για τη ζύμωση, μελετήθηκε με τη χρήση ενός γαλακτικού βακτηρίου (*Lactobacillus pentosus*) και μίας ζύμης (*Saccharomyces cerevisiae*), τα οποία εμβολιάστηκαν στο νερό της έκπλυσης είτε μόνα τους είτε με συγκαλλιέργεια (Σχήμα 6.5.1).



**Σχήμα 6.5.1:** Μεταβολή του πληθυσμού του επιλεγμένου γαλακτικού βακτηρίου (*L. pentosus*) και της ζύμης (*Saccharomyces cerevisiae*) σε νερό έκπλυσης χωρίς χειρισμό με όζον (untreated) και με χειρισμό για 24 και 72 ώρες.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το γαλακτικό βακτήριο δεν μπόρεσε μόνο του ή σε συγκαλλιέργεια να αναπτυχθεί τόσο στο νερό της έκπλυσης χωρίς χειρισμό με όζον, αλλά και στην περίπτωση της εφαρμογής του όζοντος για 24 ώρες. Αντίθετα, μπόρεσε να αναπτυχθεί μετά από 72 ώρες εφαρμογή του όζοντος στο διάλυμα. Τέλος, η ζύμη μπόρεσε να αναπτυχθεί σε όλες τις περιπτώσεις.

#### **6.6 Αναγέννηση και επαναχρησιμοποίηση της άλμης μετά τη ζύμωση με την Ισπανική μέθοδο.**

Σύμφωνα με όσα έχουν αναφερθεί μέχρι τώρα στη επεξεργασία του πράσινου ελαιοκάρπου με την Ισπανική μέθοδο, το διάλυμα του καυστικού νατρίου που χρησιμοποιείται για εκπίκριση του καρπού θα πρέπει να επαναχρησιμοποιείται αρκετές φορές για μείωση του όγκου των υγρών αποβλήτων που παράγονται. Αναφέρεται ότι η επαναχρησιμοποίηση του ίδιου φορτίου αλκάλεως για 7-10 φορές, μετά βέβαια από διόρθωση της συγκέντρωσης του NaOH από κάθε χρήση, έδωσε ικανοποιητικά αποτελέσματα (Μπαλατσούρας 2004). Σε αντίθεση όμως με το διάλυμα του καυστικού νατρίου, η μητρική άλμη που προκύπτει από τη ζύμωση έχει ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που κάνουν την επαναχρησιμοποίησή της αρκετά δύσκολη. Συγκεκριμένα, η μητρική άλμη περιέχει υψηλή συγκέντρωση άλατος, πολυφαινόλες και γαλακτικό οξύ, μέρος του οποίου είναι σε δεσμευμένη μορφή (combined acidity) με αποτέλεσμα να παρουσιάζει μεγάλη ρυθμιστική ικανότητα, ενώ η τιμή του pH είναι όξινη (3,8-4,4). Σύμφωνα με όσα αναφέρουν Ισπανοί ερευνητές (Garrido Fernández και συνεργάτες 1997), η επαναχρησιμοποίηση της άλμης σε νέες ζυμώσεις την επόμενη παραγωγική περίοδο, οδηγεί σε αύξηση της δεσμευμένης οξύτητας της άλμης με συνέπεια η τελική τιμή του pH να είναι υψηλή, ακόμη και στην περίπτωση όπου έχουμε έντονη ζύμωση από τους μικροοργανισμούς. Παράλληλα, η σταδιακή αύξηση της συγκέντρωσης των πολυφαινόλων συντελεί στη μείωση της δραστηριότητας των γαλακτικών βακτηρίων, ενώ πολύ συχνά παρατηρείται εκτροπή της ζύμωσης και σχηματισμός δύσοσμων ουσιών. Σύμφωνα πάντα με τους ίδιους ερευνητές, η χρήση της μητρικής άλμης, μετά από κατάλληλη αναγέννηση, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για τη συσκευασία του τελικού προϊόντος, λόγω της περιεκτικότητάς της σε αλάτι και γαλακτικό οξύ, δύο κύρια συστατικά που περιέχονται στο συσκευασμένο τελικό προϊόν.

Για να χρησιμοποιηθεί η αναγεννημένη άλμη, θα πρέπει να είναι απαλλαγμένη από αιωρούμενα στερά σωματίδια (suspended solids) και να είναι άχρωμη. Ο «αποχρωματισμός» της μητρικής άλμης μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη χρήση (α) ρητινών (resins), (β) γαιών αποχρωματισμού (decolouring earths), και (γ) ενεργού άνθρακα (activated carbon). Σύμφωνα με παλαιότερη μελέτη (Brenes Balbuena και Garrido Fernández 1988), 2-5 γραμ. ρητίνες/100 ml άλμης έχουν την ικανότητα να κατακρατούν το χρώμα και τις πολυφαινόλες, ενώ έχουν ελάχιστη επίδραση (μείωση) στην οξύτητα (Πίνακας 6.6.1). Παράλληλα, η ρητίνη μπορεί να αναγεννηθεί με ακετόνη και να χρησιμοποιηθεί 20 φορές.

**Πίνακας 6.6.1:** Αναγέννηση μητρικής άλμης από επεξεργασία πράσινου ελαιοκάρπου με την Ισπανική μέθοδο με χρήση ιοντο-ανταλλακτικών ρητινών (από Brenes Balbuena και Garrido Fernández 1988).

Χαρακτηριστικό	Μητρική άλμη	Αναγεννημένη άλμη			
		3 g ρητίνη/100 ml		7 g ρητίνη/100 ml	
		XAD-2 <sup>(γ)</sup>	XAD-4 <sup>(δ)</sup>	XAD-2	XAD-4
Χρώμα άλμης <sup>(α)</sup>	0,450	0,260	0,223	0,140	0,100
Πολυφαινόλες <sup>(β)</sup>	3,05	2,50	1,67	1,65	0,90
Οξύτητα	7,7	7,4	6,7	6,5	6,0
pH	4,00	4,00	4,02	4,05	4,10

<sup>(α)</sup> το χρώμα της άλμης προσδιορίστηκε με φασματοφωτόμετρο ως η διαφορά της απορρόφησης μεταξύ δύο μηκών κύματος, 440 και 700 nm.

<sup>(β)</sup> προσδιορίστηκαν ως ταννικό οξύ (g/L άλμης).

<sup>(γ), (δ)</sup> εμπορικός τύπος ρητίνης.

Οι γαίες αποχρωματισμού χρησιμοποιούνται ήδη κατά τη διαδικασία του ραφινάρισματος του ελαιολάδου, αλλά η εφαρμογή τους δεν ήταν ιδιαίτερα επιτυχής στην άλμη γιατί προσδίδουν ένα πρασινωπό χρώμα με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατή η χρήση της ως άλμη συσκευασίας. Γενικά όμως η χρήση τους στην αναγέννηση της μητρικής άλμης από την επεξεργασία της επιτραπέζιας ελιάς δεν ενδείκνυται.

Η χρήση του ενεργού άνθρακα είναι η πλέον αποτελεσματική μέθοδος για τον αποχρωματισμό της άλμης. Αναφέρεται (Garrido Fernández 1979) ότι ποσότητα 10 γραμ. ενεργού άνθρακα ανά λίτρο άλμης αποχρωματίζει τη μητρική άλμη σε ποσοστό 90% σε χρόνο 10 λεπτών, ενώ παράλληλα η οξύτητα δεν επηρεάζεται σημαντικά. Ο ίδιος ερευνητής ανέφερε ότι ο ενεργός άνθρακας είναι επίσης αποτελεσματικός στην

απομάκρυνση των πολυφαινολών από τη μητρική άλμη. Συγκεκριμένα, ποσότητα 50 γραμ. ανά λίτρο άλμης απομάκρυναν το σύνολο σχεδόν των πολυφαινολών (Πίνακας 6.6.2), ενώ με την εφαρμογή του ενεργού άνθρακα η χημική απαίτηση σε οξυγόνο (COD) μειώθηκε στο μισό περίπου.

**Πίνακας 6.6.2:** Επίδραση της συγκέντρωσης του ενεργού άνθρακα στη συγκέντρωση των πολυφαινολών και της Χημικής Απαίτησης σε Οξυγόνο κατά την αναγέννηση μητρικής άλμης (από Garrido Fernández 1979).

Συγκέντρωση ενεργού άνθρακα (g/L άλμης)	Υπολειπόμενες πολυφαινόλες (mg/L)	COD (g O <sub>2</sub> /L)
0 (αρχική άλμη)	990	9,51
10	917	7,83
20	187	6,54
30	64	5,70
40	28	5,10
50	5	4,50

Βέβαια, θα πρέπει να σημειωθεί ότι η αποδοτικότητα της μεθόδου εξαρτάται από το είδος του ενεργού άνθρακα που χρησιμοποιείται, γι' αυτό θα πρέπει να γίνονται πάντα οι σχετικές δοκιμές για την επιλογή του περισσότερο αποτελεσματικού τύπου ενεργού άνθρακα.

## 6.7 Επαναχρησιμοποίηση μητρικής άλμης από τη ζύμωση του φυσικού μαύρου ελαιοκάρπου.

Η επεξεργασία της φυσικής μαύρης ελιάς έχει τον μικρότερο όγκο υγρών αποβλήτων συγκριτικά με τους υπόλοιπους εμπορικούς τύπους επιτραπέζιας ελιάς. Το κυριότερο πρόβλημα προέρχεται από τη μητρική άλμη μετά το τέλος της ζύμωσης, η οποία είναι πλούσια σε πολυφαινόλες (περίπου 5 g/L άλμης), κυρίως ανθοκυάνες, καθώς επίσης και σε οργανικές ουσίες, γεγονός που οφείλεται στο προχωρημένο στάδιο ωρίμανσης που συλλέγεται ο καρπός για τον συγκεκριμένο εμπορικό τύπο (Πίνακας 6.7.1). Υπολογίζεται ότι η μητρική άλμη αποτελεί το 22% του όγκου των υγρών αποβλήτων της βιομηχανίας μεταποίησης φυσικής μαύρης

ελιάς, όμως περιέχει το 70% του ρυπαντικού τους φορτίου (Μπαλατσούρας 2004). Έχει υπολογιστεί ότι η συγκέντρωση του οργανικού φορτίου της μητρικής άλμης κυμαίνεται από 150-175 g/L και είναι ανάλογη με αυτή του φορτίου των υγρών αποβλήτων των ελαιοτριβείων. Η περιεκτικότητα σε αλάτι κυμαίνεται από 6-10% ή και περισσότερο μερικές φορές. Από τον παρακάτω πίνακα προκύπτει ότι η μητρική άλμη δεν είναι δυνατόν να διατεθεί σε μονάδα βιολογικού καθαρισμού ασπικών λυμμάτων, πριν προηγουμένως υποβληθεί σε επεξεργασία για τη μείωση του αρχικού της φορτίου με σκοπό την ανάκτηση (αναγέννηση) προκειμένου να αποκτήσει φυσικοχημικά χαρακτηριστικά που θα επιτρέψουν την ανακύκλωσή της.

**Πίνακας 6.7.1:** Ρυπαντικό φορτίο μητρικής άλμης από τη ζύμωση της φυσικής μαύρης ελιάς (από Garrido Fernandez 1978).

Χαρακτηριστικά	Μητρική άλμη από διαφορετικές ζυμώσεις			
	Δείγμα 1	Δείγμα 2	Δείγμα 3	Δείγμα 4
pH	4,40	4,40	4,25	3,60
Αλάτι (g/L)	56,0	59,0	77,0	76,0
Οργανικά διαλυτά στερεά	95,4	118,8	95,7	95,3
BOD (g O <sub>2</sub> /L)	37,9	34,8	38,3	-
Πολυφαινόλες (g ταννικού οξέως/L)	4,4	4,2	5,1	3,2

Στον τομέα αυτό έχει μελετηθεί η επεξεργασία της μητρικής άλμης με χλώριο, καθώς επίσης με γαίες αποχρωματισμού και ενεργό άνθρακα (Garrido-Fernández 1978). Συγκεκριμένα, οι πολυφαινόλες οξειδώθηκαν εύκολα με τη προσθήκη χλωρίου στη μητρική άλμη, σχηματίζοντας ίζημα που καθιζάνει στον πυθμένα της δεξαμενής. Ο ίδιος ερευνητής αναφέρει ότι με την εφαρμογή του χλωρίου η τελική συγκέντρωση των πολυφαινολών μπορεί να μειωθεί σε 0,4 g/L από την αρχική τιμή των 4-5 g/L περίπου (Πίνακας 6.7.1). Από τον ίδιο πίνακα προκύπτει ότι η αποτελεσματικότητα του χλωρίου ήταν μεγαλύτερη όσο μικρότερη ήταν η τιμή του pH της μητρικής άλμης. Στο τέλος της επεξεργασίας η άλμη είναι απαλλαγμένη από το κόκκινο χρώμα των ανθοκυανών και χαρακτηρίζεται από ελαφρύ υποκίτρινο χρώμα, με ελαφρά οσμή χλωρίου και γλυκίσουσα γεύση. Θα πρέπει πάντως να σημειωθεί ότι η εφαρμογή του χλωρίου σε βιομηχανική κλίμακα χρειάζεται περαιτέρω μελέτη λόγω των

χλωριωμένων παραγώγων (ουσιών) που σχηματίζονται στην άλμη και των πιθανών τοξικών συνεπειών που μπορεί να επιφέρουν. Σε δοκιμές ζύμωσης φυσικής μαύρης ελιάς που πραγματοποίησαν άλλοι ερευνητές (Durán-Quintana και Garrido-Fernández 1978) με αναγεννημένη άλμη με τη μέθοδο αυτή διαπιστώθηκε σημαντική μείωση της ενδογενούς μικροχλωρίδας των ζυμών, πιθανότατα λόγω του σχηματισμού κάποιων παραγώγων ουσιών που έχουν ανασταλτική δράση στη μικροχλωρίδα της ζύμωσης. Η εφαρμογή των γαιών αποχρωματισμού ήταν λίγο περισσότερο αποτελεσματική από την περίπτωση της αναγέννησης της μητρικής άλμης από τη ζύμωση του πράσινου ελαιοκάρπου, αλλά η απαραίτητη ποσότητα που χρειάζεται για αποχρωματισμό της μητρικής άλμης είναι σημαντικά υψηλότερη που καθιστά τη μέθοδο μη συμφέρουσα οικονομικά (Μπαλατσούρας 2004). Καλύτερα αποτελέσματα, όπως και στη περίπτωση της αναγέννησης της μητρικής άλμης από τη ζύμωση του πράσινου ελαιοκάρπου, έδωσε η χρήση ενεργού άνθρακα η εφαρμογή του οποίου έγινε σε θερμοκρασία περιβάλλοντος (20-25°C) και σε pH 4,5. Με τον τρόπο αυτό οι πολυφαινόλες της μητρικής άλμης προσροφώνται στον ενεργό άνθρακα και με τον τρόπο αυτό η άλμη ξεπικρίζει. Παράλληλα, μεγάλο ποσοστό των όξινων συστατικών απομακρύνεται με αποτέλεσμα η τιμή του pH να ανεβαίνει. Έτσι, σε περίπτωση επαναχρησιμοποίησης της άλμης για ζύμωση νέου φορτίου ελαιοκάρπου, θα πρέπει να γίνει οξίνιση με υδροχλωρικό οξύ, ή εναλλακτικά με οξικό οξύ για καλύτερο οργανοληπτικό αποτέλεσμα. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι μέτρο της αποτελεσματικότητας του αποχρωματισμού είναι η υπολειπόμενη κάθε φορά συγκέντρωση των πολυφαινολών που δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τη συγκέντρωση του 1 γραμμαρίου ανά λίτρο άλμης. Παρόλα αυτά όμως, αυτή η συγκέντρωση είναι δυνατόν να προσδώσει στην άλμη πορφυρό χρώμα. Τέλος, η συγκέντρωση του άλατος δεν επηρεάζεται από τη χρήση του ενεργού άνθρακα και μπορεί να διορθωθεί προκειμένου να φτάσει στο επιθυμητό επίπεδο για τη ζύμωση με νέο φορτίο ελαιοκάρπου. Η διαδικασία της ζύμωσης με αναγεννημένη άλμη είτε αυτούσια είτε με διάλυση ήταν ομαλή, αν και ο πληθυσμός των ζυμών ήταν μικρότερος συγκριτικά με ζυμώσεις που έγιναν με νέα άλμη, ενώ παράλληλα παρατητήθηκε και υψηλότερο ποσοστό καρπών με αεριοπάθηση (gas pockets). Εν κατακλείδι, αναγεννημένη άλμη ενός κύκλου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ζύμωση, αλλά άλμη που θα έχει αναγεννηθεί 2-3 φορές είναι ακατάλληλη για ζύμωση. Στην περίπτωση αυτή θα πρέπει η άλμη να χρησιμοποιείται μετά από κατάλληλες

διορθώσεις ως άλμη πλήρωσης περιεκτών κατά τη συσκευασία του τελικού προϊόντος.

## 7. Βιβλιογραφία

- Amiot, M.J., Fleuriet, A. and Macheix, J.J. (1986) Importance and evolution of phenolic compounds in olive during growth and maturation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **34**, 823-826.
- Aziz, N.H., Farag, S.E., Mousa, L.A.A. and Abo Zaid, M.A. (1998) Comparative antibacterial and antifungal effects of some phenolic compounds. *Microbios*, **93**, 43-54.
- Balatsouras, G.D. (1990) Edible olive cultivars, chemical composition of fruit, harvesting, transportation, processing, sorting and packaging, styles of black olives, deterioration, quality standards, chemical analysis, nutritional and biological value of the end product. In: *Olio d'oliva e olive da tavola: tecnologia e qualità*. Istituto Sperimentale per la Elaiotecnica. pp. 291-330, Pescara, Italy.
- Balatsouras, G.D. (1980) Nutritive and biological value of the Greek table olives. 3rd International Congress on the Biological Value of Olive Oil. Chania, Greece.
- Balatsouras, G.D. (1972) The chemistry and technology of naturally black olives. A series of lectures delivered to the Centre for the Improvement and Demonstration of Olive Production Technique. pp. 1-45. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome.
- Balatsouras, G.D. (1964) Composition chimique des olives noires de Grèce. Variations de quelques constituants en fonction de la region de production. *Información Oleicola Internacional*, **28**, 131-156.
- Balatsouras, G.D. and Vaughn, R.S. (1958) Some fungi that might cause softening of storage olives. *Food Research*, **23**, 235-243.
- Blakeman, J.P. (1985) Ecological succession of leaf surface micro-organisms in relation to biological control. In: *Biological control on the Phylloplane* (edited by Windels, C.E. and Lindow, S.E.). pp. 6-30, The American Phytopathological Society, USA.



- Bobillo, M. and Marshall, V.M. (1992) Effect of acidic pH and salt on acid end-products by *Lactobacillus plantarum* in aerated, glucose limited continuous culture. *Journal of Applied Bacteriology*, **73**, 67-70.
- Borbolla y Alcala, J.M.R., Fernández Díez, M.J. and González Cancho, F. (1960) Estudios sobre el aderezo de aceitunas verdes. XIX. Nuevas experiencias sobre el alambrado. *Grasas y Aceites*, **11**, 256-260.
- Borbolla y Alcala, J.M.R., Fernández Díez, M.J. and González Pellissó, F. (1955) Cambios en la composición de la aceituna durante su desarrollo. *Grasas y Aceites*, **5**, 5-22.
- Borcakli, M., Özay, G., Alperden, I., Özsan, E. and Erdek, Y. (1993) Changes in chemical and microbiological composition of two varieties of olive during fermentation. *Grasas y Aceites*, **44**, 253-258.
- Brenes, M., Rejano Navarro, L., García, P. and Sánchez, A. (1995) Biochemical changes in phenolic compounds during Spanish-style green olive processing. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **43**, 2702-2706.
- Brenes Balbuena, M. and Garrido Fernández, A. (1988) Regeneración de salmueras de aceitunas verdes estilo español con resinas cambiadoras de iones. *Grasas y Aceites*, **39**, 22-27.
- Castro, A. and Brenes, M. (2001) Fermentation of washing waters of Spanish-style green olive processing. *Process Biochemistry* **36**, 797-802.
- Ciafardini, G. and Zullo, B.A. (2000)  $\beta$ -glucosidase activity in olive brine during the microbiological debittering process. *Advances in Food Science*, **22**, 69-76.
- Ciafardini, G., Marsilio, V., Lanza, B. and Pozzi, N. (1994) Hydrolysis of oleuropein by *Lactobacillus plantarum* strains associated with olive fermentation. *Applied and Environmental Microbiology*, **60**, 4142-4147.
- Durán Grande, M. (1977) Estudio morfológico de los estomas y de las áreas estomáticas del fruto de *Olea europea* L. *Bol. R. Soc. Espanola Hist. Nat.* **75**, 23-41.
- Durán Quintana, M.C., García García, P. and Garrido Fernández, A. (1999) Establishment of conditions for green olive fermentation at low temperature. *International Journal of Food Microbiology*, **51**, 133-143.
- Durán-Quintana, M.C. and Garrido-Fernández, A. (1978) Aceitunas negras al natural en salmuera II. Características de la fermentación en salmueras regeneradas. *Grasas y Aceitas*, **29**, 197-201.

- Εξαρχου, Κ.Δ. και Λεγάκι, Φ.Α. (1968) Διερεύνησις χαρακτηριστικών τινών της εφαρμοζόμενης εις την πράξιν μεθόδου επεξεργασίας και διατηρήσεως εντός άλμης των μαύρων βρώσιμων ελαιών. Δελτίον Εργασιών του Ινστιτούτου Τεχνολογίας Φυτικών Προϊόντων. Σελ. 43-70, Λυκόβρυσις, Αθήναι.
- Ercolani, G.L. (1978) *Pseudomonas savastanoi* and other bacteria colonizing the surface of olive leaves in the field. *Journal of General Microbiology*, **109**, 245-257.
- Farber, J.M. (1991) Microbiological aspects of modified atmosphere packaging technology – a review. *Journal of Food Protection*, **54**, 58-70.
- Ferguson, L., Sibbett, G.S. and Martin, G.C. (1994) Olive production manual. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, Oakland, CA, Publication 3353.
- Fernández Bolaños, J., Fernández Díez, M.J., Rivas Moreno, M. and Gil Serrano, A. (1982) Azúcares y polioles en aceitunas verdes. Identificación y determinación cuantitativa por cromatografía sobre papel. *Grasas y Aceites*, **33**, 208-211.
- Fernández Díez, M.J. (1983) Olives. In: Biotechnology (edited by Rehm, H.J. and Reed, G.). pp. 379-397. Verlag Chemie, Weinheim.
- Fernández Díez, M.J., Garrido-Fernández, A., González Cancho, F., Durán-Quintana, M.C. and Cordon Casanueva, J.L. (1972) Elaboración de aceitunas negras de mesa. Instituto de la Grasa, Sevilla, Spain.
- Fernández Díez, M.J. and González Pellissó, F. (1956) Cambios en la composición de la aceituna durante su desarrollo. Acidez y pH del jugo. Determinación de ácidos oxálico, cítrico y málico. *Grasas y Aceites*, **7**, 185-189.
- García García, P., Durán Quintana, M.C., Brenes Balbuera, M., and Garrido Fernández, A. (1992) Lactic fermentation during the storage of ‘Aloreña’ cultivar untreated green table olives. *Journal of Applied Bacteriology*, **73**, 324-330.
- Garrido-Fernández, A., Fernández Díez, M.J. and Adams, M.R. (1997) Table olives: Production and Processing. Chapman & Hall, London.
- Garrido-Fernández, A. (1979) Regeneración de salmueras de aceitunas verdes estilo español mediante la adsorción con carbon activo. *Grasas y Aceites*, **30**, 5-10.
- Garrido-Fernández, A. (1978) Aceitunas negras al natural en salmuera. V. Ensayos de regeneración de salmueras de fermentación. *Grasas y Aceites*, **29**, 111-118.
- Gill, C.O. and Tan, K.H. (1980) Effect of carbon dioxide on growth of meat spoilage bacteria. *Applied and Environmental Microbiology*, **39**, 317-319.

- González Cancho, F. and Durán Quintana, M.C. (1981) Bacterias cocáceas del ácido láctico en le aderezo de aceitunas verdes. *Grasas y Aceites*, **32**, 373-379.
- González Cancho, F., Rejano Navarro, L. and Borbolla y Alcalá, J.M.R. (1980) La formación de ácido propiónico durante la conservación de las aceitunas verdes de mesa. Microorganismos responsables. *Grasas y Aceites*, **31**, 245-250.
- Gourama, H. and Boullerman, L.B. (1987) Effects of oleuropein on growth and aflatoxin production by *Aspergillus paraciticus*. *European Food Research and Technology*, **20**, 226-228.
- Harris, L.J. (1998) The microbiology of vegetable fermentation. In: Microbiology of fermented foods (edited by Wood, B.J.B.). pp. 45-72. Blackie Academic & Professional, UK.
- Holzapfel, W.H. (2001) Appropriate starter culture technologies for small-scale fermentation in developing countries. *International Journal of Food Microbiology*, **75**, 197-212.
- IOOC, (1980) International Olive Oil Council. Unified qualitative standard applying to table olives in international trade, Madrid, Spain.
- Καλογερέα, Σ.Α. (1932) Αι βρώσιμα Ελαία. Σελ. 38-39. Εκδόσεις Ερμής, Αθήνα.
- Lavermicocca, P. and Surico, G. (1987) Presenza epifitica di *Pseudomonas syringae* pv. savastanoi e di altri batteri sull' olivo e sull' oleandro. *Phytopathologia Mediterranea*, **26**, 65-72.
- Mahjoub, A. and Bullerman, L.B. (1987) Effects of nutrients and inhibitors in olives on aflatoxigenic molds. *Journal of Food Protection*, **50**, 959-963.
- Manoukas, A.G., Mazomenos, B. and Patrino, A. (1973) Amino acid composition of three varieties of olive fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **21**, 215-217.
- Marquina, D., Peres, C., Caldas, F.V., Marques, J.F., Peinado, J.M. and I. Spencer-Martins (1992) Characterization of the yeast population in olive brines. *Letters in Applied Microbiology*, **14**, 279-283.
- Marsilio, V., Russi, F., Iannucci, E. and Sabatini, N. (2008) Effects of alkali neutralization with CO<sub>2</sub> on fermentation, chemical parameters and sensory characteristics in Spanish-style green olives. *LWT*, **41**, 796-802.
- Mínguez-Monsquera, I.M., Garrido-Fernández, J. and Pereda Marin, J. (1986) Incidencia del proceso de aderezo sobre los pigmentos cloroplásticos inicialmente

- prossentes en frutos de olivo de las variedades Manzanilla y Hojiblanca. *Grasas y Aceites*, **37**, 320-325.
- Montaño, A., Sánchez, A.H. and Castro, A. (2000) Changes in the amino acid composition of green olive brine due to fermentation by pure culture of bacteria. *Journal of Food Science*, **65**, 1022-1027.
- Montaño, A., Bobillo, M. and Marshall, V.M. (1993) Effect of sodium chloride on metabolism of two strains of *Lactobacillus plantarum* isolated from fermenting green olives. *Letters in Applied Microbiology*, **16**, 315-318.
- Μπαλατσούρας, Γ.Δ. (2004) Η επιτραπέζια ελιά: Ποικιλίες, Χημική Σύσταση, Εμπορικοί Τύποι, Ποιοτικά Χαρακτηριστικά, Συσκευασία, Εμπορία. Αθήνα.
- Nychas, G.-J.E., Panagou, E.Z., Parker, M.L., Waldron, K.W. and Tassou, C.C. (2002) Microbial colonization of naturally black olives during fermentation and associated biochemical activities in the cover brine. *Letters in Applied Microbiology*, **34**, 173-177.
- Ooraikul, B. (1991) Modified atmosphere packaging of bakery products. In: Modified atmosphere packaging of food (edited by Ooraikul, B. and Stiles, M.E.). pp. 49-117. Ellis Horwood Limited, UK.
- Panagou, E.Z. and Katsaboxakis, C.Z. (2006) Effect of different brining treatments on the fermentation of cv. Conservolea green olives processed by the Spanish method. *Food Microbiology*, **23**, 199-204.
- Panagou, E.Z., Tassou, C.C. and Katsaboxakis, K.Z. (2002) Microbiological, physicochemical and organoleptic changes in dry-salted olives of Thassos variety stored under different modified atmospheres at 4 and 20 °C. *International Journal of Food Science and Technology*, **36**, 1-7.
- Panagou, E.Z., Tassou, C.C. and Katsaboxakis, K.Z. (2001) Organoleptic, microbiological and physicochemical changes of dry-salted olives of Thassos variety stored under different conditions. In: Food Flavours and Chemistry – Advances of the New Millennium (edited by Spanier, A.H., Shahidi, F., Parliament, T.H., Mussinan, C., Ho, C.T. and Tratras Contis, E.). pp. 497-504. The Royal Society of Chemistry, Cambridge.
- Παπαμχαήλ, Β. και Μπαλατσούρα, Γ. (1972) Αυτόματη εκπίκριση της ελιάς θρούμπα. Εκθεση αποτελεσμάτων ερευνητικού προγράμματος. Εκδοση Ανωτάτης Γεωπονικής Σχολής Αθηνών.

- Pelagatti, O. (1980) About the lactic acid bacteria and yeasts characteristic of some varieties of *Olea europea* L. *Annals de la Instituto Sperimentale per la Elaiotecnica* VIII.
- Πολυμενάκου, Ν., Μπαλατσούρα, Γ. και Παπαμιχαήλ, Β. (1967) Η επίδρασις του τρόπου της βιομηχανικής επεξεργασίας και της πορείας ζυμώσεως επί της χημικής συστάσεως των πρασίνων ελαιών. Έκδοση του Υπουργείου Γεωργίας, Αθήνα.
- Ruiz-Barba, J.L., Cathcart, D.P., Warner, P.J. and Jiménez-Díaz, R. (1994) Use of *Lactobacillus plantarum* LPCO10, a bacteriocin producer, as a starter culture in Spanish style green olive fermentation. *Applied and Environmental Microbiology*, **60**, 2059-2064.
- Ruiz-Barba, J.L., Brenes Balbuera, M., Jiménez-Díaz, R., Garcia Garcia, P. and Garrido-Fernández, A. (1993) Inhibition of *Lactobacillus plantarum* by polyphenols extracted from two different kinds of olive brine. *Journal of Applied Bacteriology*, **74**, 15-19.
- Sánchez, A.H., Rejano, L., Montañó, A. and de Castro, A. (2001) Utilization at high pH of starter cultures of lactobacilli for Spanish-style green olive fermentation. *International Journal of Food Science and Technology*, **67**, 115-122.
- Sánchez, J. (1994) Lipid photosynthesis in olive fruit. *Progress in Lipid Research*, **33**, 97-104.
- Segovio-Bravo, K.A., Arroyo López, F.N., García García, P., Durán Quintana, M.C., Garrido Fernández, A. (2007). Treatment of green table olive solutions with ozone. Effect on their polyphenol content and on *Lactobacillus pentosus* and *Saccharomyces cerevisiae* growth. *International Journal of Food Microbiology*, **114**, 60-68.
- Soler-Rivas, C., Espin, J.C. and Wichers, H.J. (2000) Oleuropein and related compounds. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **80**, 1013-1023.
- Spyropoulou, K.E., Chorianopoulos, N.G., Skandamis, P.N. and Nychas, G.-J.E. (2001) Control of *Escherichia coli* O157:H7 during the fermentation of Spanish-style green table olives (*conservolea* variety) supplemented with different carbon sources. *International Journal of Food Microbiology*, **66**, 3-11.
- Tassou, C.C., Panagou, E.Z. and Katsaboxakis, C.Z. (2002) Microbiological and physicochemical changes of naturally fermented black olives at various temperatures and NaCl levels in brines. *Food Microbiology*, **19**, 605-615.

- Tassou, C.C. and Nychas, G.-J.E. (1995) Inhibition of *Salmonella enteritidis* by oleuropein in broth and in a model food system. *Letters in Applied Microbiology*, **20**, 120-124.
- Tassou, C.C. and Nychas, G.-J.E. (1994) Inhibition of *Staphylococcus aureus* by olive phenolic in broth and in a model food system. *Journal of Food Protection*, **57**, 120-124.
- Tassou, C.C. (1993) Microbiology of olives with emphasis on the antimicrobial activity of phenolic compounds. PhD Thesis, University of Bath, UK.
- Tassou, C.C., Nychas, G.-J.E. and Board, R.G. (1991) Effect of phenolic compounds and oleuropein on the germination of *Bacillus cereus* T spores. *Biotechnology and Applied Biochemistry*, **13**, 231-237.
- Τσέκου, Ι.Β. και Κουκόλη, Ε.Δ. (1982) Βοτανική. Εκδοτικός οίκος Αφών Κυριακίδη, Θεσσαλονίκη.
- Vázquez Roncero, A., Maestro Durán, R. and Graciani Constante, E. (1971) Changes in polyphenols during olive fruit growth. *Grasas y Aceites*, **22**, 366-370.
- Vázquez Roncero, A. and Mancha Perelló, M. (1965) Componentes químicos de la aceituna. La presencia de diglicéridos naturales en la aceituna y el aceite de oliva virgen. *Grasas y Aceites*, **16**, 13-16.
- Vázquez Roncero, A., Vioque, E. and Mancha Perelló, M. (1965) Componentes químicos de la aceituna. Variaciones de los componentes liposolubles durante la maduración. *Grasas y Aceites*, **16**, 17-23.
- Vaughn, R.H., Douglas, H.C. and Gililand, J.R. (1943) Production of Spanish-type green olives. California Agricultural Experimental Station. pp. 1-82. Berkeley.
- Verdú Mataix, F.J. and Muñoz, M.V. (1988) El aceite de oliva (Bases para el futuro). Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca. Dirección General de Investigación y Extensión Agraria, Sevilla, Spain.
- Visser, R., Holzapfel, W.H., Bezuidenhout, J.J. and Kotze, J.M. (1986) Antagonism of lactic acid bacteria against phytopathogenic bacteria. *Applied and Environmental Microbiology*, **52**, 552-555.
- Vlachov, G. (1976) Gli acidi organici delle olive: Il rapporto malico/citrico quelle indice de maturazione. *Annals de l' Instituto Sperimentale per la Elaiotecnica II*, 93-112.

- Wonder, M., Lavee, S. and Epstein, E. (1988) Identification and seasonal changes of glucose, fructose and mannitol in relation to oil accumulation during fruit development in *Olea europea* (L.). *Scientia Horticulturae*, **36**, 47-54.
- Young, L.L., Reviere, R.D. and Cole, A.B. (1988) Fresh red meats: a place to apply modified atmospheres. *Food Technology*, **42**, 65-69.



# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α



## Χρήση υποπροϊόντων ελιάς και ελαιολάδου



Το φυλλάδιο αυτό, αποτελεί μέρος μίας σειράς 12 φυλλαδίων με τίτλο «*Η εγκυκλοπαίδεια της ελιάς*», που εκδίδεται στο πλαίσιο του προγράμματος **TDC-OLIVE** και αφορά τη συλλογή πληροφοριών σχετικά με τον τομέα του ελαιολάδου και της επιτραπέζιας ελιάς.

Η έκδοση αυτή πραγματοποιήθηκε με την υποστήριξη της Ευρωπαϊκής Ένωσης, στο πλαίσιο του προγράμματος «Ευρωπαϊκό δίκτυο Κέντρων Διάδοσης Τεχνολογίας για τη βελτίωση των μικρομεσαίων επιχειρήσεων στον τομέα του ελαιολάδου και της επιτραπέζιας ελιάς» (FOOD-CT-2004-505524). Η δράση αυτή εντάσσεται στο 6<sup>ο</sup> Πρόγραμμα Πλαίσιο για την Έρευνα και Τεχνολογική Ανάπτυξη και ειδικότερα στη Θεματική Ενότητα 5, «Ποιότητα και Ασφάλεια Τροφίμων».

Σε καμία περίπτωση δεν εκφράζει τις απόψεις και τις προσδοκίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τη μελλοντική πολιτική στον τομέα αυτό.



Το φυλλάδιο αυτό συντάχθηκε από το Technologie Transfer Zentrum (TTZ) - Bremerhaven για να συμπεριληφθεί στην Εγκυκλοπαίδεια της Ελιάς και μεταφράστηκε στα ελληνικά από το Ινστιτούτο Τεχνολογίας Γεωργικών Προϊόντων του Εθνικού Ιδρύματος Αγροτικής Έρευνας (ΕΘΙΑΓΕ). Το Ινστιτούτο Τεχνολογίας Γεωργικών Προϊόντων δεν φέρει καμία ευθύνη για την ακρίβεια των πληροφοριών που περιέχονται στο φυλλάδιο. Δεν επιτρέπεται η με οποιοδήποτε τρόπο αναπαραγωγή του για εμπορικούς σκοπούς.

## Εισαγωγή

Τα Κέντρα Διάδοσης Τεχνολογίας (Technology Dissemination Centers, TDCs) αποτελούν ένα Ευρωπαϊκό δίκτυο τεσσάρων κέντρων, στην Ελλάδα, Ισπανία, Ιταλία και Γερμανία, με σκοπό την παροχή υποστήριξης στις μικρομεσαίες επιχειρήσεις (ΜΜΕ) του κλάδου.

Κύριος στόχος του δικτύου είναι η δημιουργία σύγχρονων ΜΜΕ, με εξειδικευμένο προσωπικό που να χρησιμοποιεί νέες τεχνολογίες για την πρόσβαση στην πληροφόρηση και γενικά να χρησιμοποιεί καινοτομικά τεχνολογικά συστήματα. Επιπλέον, το πρόγραμμα φιλοδοξεί να συνδέσει τις ΜΜΕ με τα ερευνητικά κέντρα και ινστιτούτα.

Παράλληλα, στόχος του προγράμματος είναι η βελτίωση της ποιότητας του προϊόντος, καθώς και η διαχείριση, ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση των αποβλήτων που παράγει η επιχείρηση, με τη διοργάνωση εκπαιδευτικών σεμιναρίων και την παροχή πληροφοριών σε θεματικές ενότητες που ενδιαφέρουν τις επιχειρήσεις.

Τέλος, στο πλαίσιο του προγράμματος, θα υλοποιηθεί μία σειρά ενεργειών και δράσεων με σκοπό την αλλαγή της νοοτροπίας των καταναλωτών της Κεντρικής και Βόρειας Ευρώπης, ώστε να αυξηθεί η κατανάλωση ελαιολάδου και επιτραπέζιας ελιάς



**ΣΥΜΜΕΤΕΧΟΝΤΕΣ**



Centro de Información y Documentación Científica



Instituto de la Grasa



Instituto Madrileño de Investigación y Desarrollo Rural, Agrario y Alimentario (IMIDRA)



Istituto Sperimentale per la Elaiotecnica



National Agricultural Research Foundation, Institute of Technology of Agricultural Products



Technologie - Transfer - Zentrum



Bundesforschungsanstalt Für Ernährung und Lebensmittel - BFEL



Unilever



Asociación Agraria de Jóvenes Agricultores

Sabina-Agrícola

Agricultural Association Agio Apostolon Vion



Alcubilla 2000 S.L.



Improtechnology Limited



Biozoon GmbH



## Πίνακας Περιεχομένων

<u>Παραγωγή επιτραπέζιας ελιάς και ελαιολάδου</u>	5
<u>Τύποι αποβλήτων και υποπροϊόντων</u>	7
<u>Παραγωγή επιτραπέζιων ελιών</u>	7
<u>Παραγωγή ελαιολάδου</u>	8
<u>Γενικές αρχές για τη διαχείριση των υποπροϊόντων</u>	11
<u>Ελαχιστοποίηση και βελτιωμένες τεχνολογίες</u>	11
<u>Διαχείριση στερεών αποβλήτων</u>	11
<u>Διαχείριση υγρών αποβλήτων</u>	13
<u>Επαναχρησιμοποίηση και εφαρμογή υποπροϊόντων</u>	17
<u>Επαναχρησιμοποίηση πολύτιμων συστατικών</u>	18
<u>Διάφορες μέθοδοι εφαρμογής</u>	20
<u>Βιοαποκατάσταση και λιπασματοποίηση</u>	20
<u>Ζύμωση στερεάς κατάστασης</u>	20
<u>Ξήρανση</u>	20
<u>Απολίπωση</u>	20
<u>Αεριοποίηση</u>	20
<u>Παρακολούθηση και έλεγχος</u>	21
<u>Βάσεις δεδομένων</u>	21
<u>Αγορές για νέα προϊόντα</u>	21
<u>Κόστος αποτέφρωσης</u>	23
<u>Κόστος αεριοποίησης - πυρόλυσης</u>	24
<u>Κόστος μηχανικής επεξεργασίας</u>	25
<u>Κόστος λιπασματοποίησης</u>	25
<u>Κόστος αναερόβιας επεξεργασίας</u>	26
<u>Άλλα σχετικά προγράμματα</u>	27
<u>Αναφορές</u>	28

## Παραγωγή επιτραπέζιας ελιάς και ελαιολάδου

### Γνωρίζετε ότι:

Ο κυριότερος παραγωγός επιτραπέζιας ελιάς και ελαιολάδου είναι η Ευρωπαϊκή Ένωση με ποσοστό μεγαλύτερο από 80%. Η βιομηχανία επιτραπέζιας ελιάς και ελαιολάδου προσφέρει σημαντικό αριθμό θέσεων εργασίας στον αγρο-διατροφικό τομέα, με περισσότερες από 800.000 θέσεις εργασίας.

Η παραγωγή ελαιολάδου αποτελεί σημαντικό γεωργικό και διατροφικό τομέα στην Ευρώπη. Κατά τη διάρκεια του 2003/2004, παρήχθησαν στην ΕΕ 2.282.650 τόνοι ελαιολάδου σε αρκετές χιλιάδες ελαιολιβεύς [1]. Η πλειοψηφία των ελαιολιβεύς είναι μικρές επιχειρήσεις, οικογενειακής κυρίως μορφής, που σε πολλές περιπτώσεις απασχολούν λιγότερους από 10 εργαζόμενους.

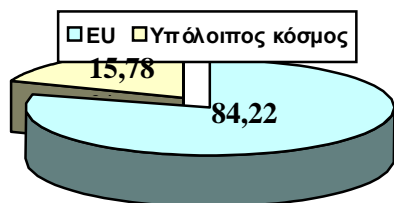
Παγκοσμίως παράγονται 2.766.773 τόνοι ελαιολάδου, εκ των οποίων το 82,5% παράγεται στην Ευρώπη [1]. Εάν δε λάβουμε υπόψη τις υποψήφιες χώρες για ένταξη στην Ευρωπαϊκή Ένωση, το ποσοστό αυξάνεται σχεδόν μέχρι το 89% [3].

Με μέσο ετήσιο ποσοστό αύξησης μεγαλύτερο του 4% [2], οι επιτραπέζιες ελιές και το ελαιόλαδο αποτελούν έναν από τους ταχύτερα αναπτυσσόμενους αγρο-διατροφικούς κλάδους στην Ευρώπη. Σε όλο και περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες το ελαιόλαδο έχει γίνει μέρος της καθημερινής διατροφής. Περισσότεροι από 12.000.000 τόνοι ελιών καλλιεργούνται ετησίως στα κράτη-μέλη της ΕΕ [2], από τις οποίες παράγονται πάνω από 2.000.000 τόνοι ελαιολάδου σε περίπου 12.000 ελαιολιβεύς [2].

Η βιομηχανία ελαιολάδου είναι πρωταρχικής σπουδαιότητας για την οικονομία της Ευρωπαϊκής Ένωσης και αποτελεί έναν από τους μεγαλύτερους μεταποιητικούς τομείς, ο οποίος παρέχει εργασία σε 800.000 ανθρώπους [3]. Επιπλέον, ποσοστό 90% των επιχειρήσεων που δραστηριοποιούνται στο χώρο είναι μικρές ή μεσαίου μεγέθους επιχειρήσεις. Στην περίπτωση της επιτραπέζιας ελιάς, η Ευρωπαϊκή Ένωση είναι και πάλι ο μεγαλύτερος παραγωγός διεθνώς (40-45%), με ποσότητες κατά την τελευταία παραγωγική περίοδο μεταξύ 500.000 και 600.000 τόνων, επί συνόλου παγκόσμιας συνολικής παραγωγής 1.300.000 τόνων [2]. Ο τομέας αυτός περιλαμβάνει περίπου 600 επιχειρήσεις στην ΕΕ.

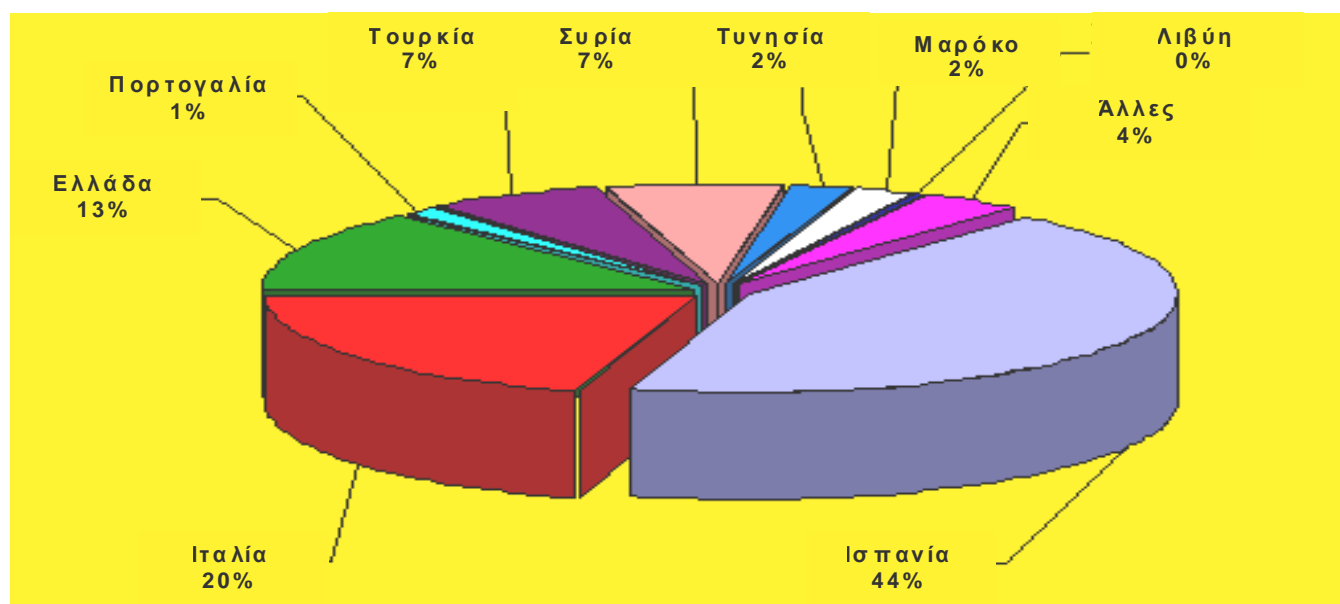
Από το 1980 έως σήμερα η έκταση της καλλιέργειας της ελιάς στην Ευρώπη έχει διπλασιαστεί. Με περισσότερα από 4.000.000 εκτάρια είναι ο δεύτερος σημαντικότερος αγρο-διατροφικός τομέας στην Ευρώπη. Η αύξηση και των δύο κλάδων (ελιά-ελαιόλαδο) αποτελεί μια θετική οικονομική ανάπτυξη, καθώς οι μονάδες επεξεργασίας βρίσκονται κυρίως στη λιγότερο αναπτυγμένη περιοχή της νότιας Ευρώπης.

Η παραγωγή ελαιολάδου είναι συγκεντρωμένη στις χώρες της λεκάνης της Μεσογείου: Ισπανία, Πορτογαλία, Ιταλία, Ελλάδα, Τουρκία, Τυνησία και Μαρόκο. Αυτές οι επτά χώρες μόνες τους αποτελούν το 89% της παγκόσμιας παραγωγής όπως παρουσιάζεται στην Εικ. 2.



Εικ. 1: Παραγωγή ελαιολάδου σε τόνους. [2]

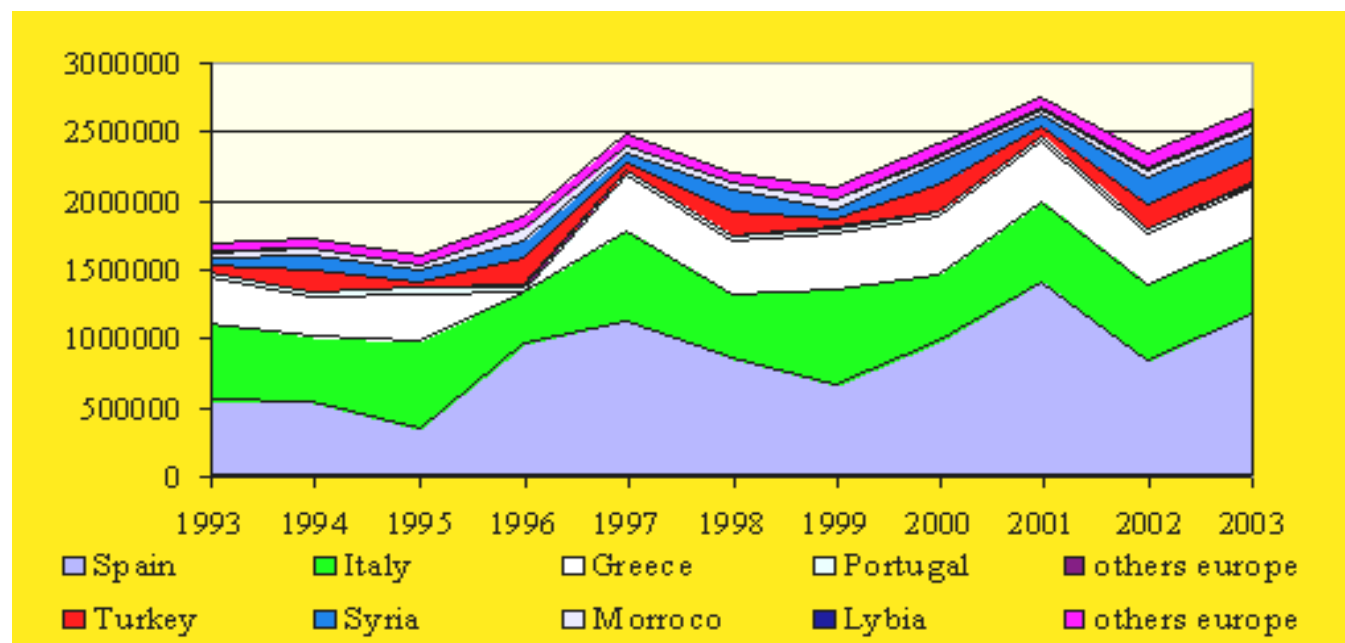
### Χρήση υποπροϊόντων ελιάς και ελαιολάδου



**Εικ. 2:** Παραγωγή ελιάς το 2003 σε διεθνές επίπεδο. [3]

Η εξέλιξη της παγκόσμιας παραγωγής κατά τη διάρκεια των τελευταίων δέκα ετών παρουσιάζεται στη ακόλουθη γραφική παράσταση. Η παραγωγική τάση για κάθε χώρα αυξάνει, αλλά η μεγάλη επιρροή των δύο σημαντικότερων παραγωγών χωρών δημιούργησε υψηλό επίπεδο αβεβαιότητας σε παραγωγικό επίπεδο. Πράγματι, το γεγονός ότι η παραγωγή της Ιταλίας και της Ισπανίας μεταβλήθηκε πολύ περισσότερο από τις υπόλοιπες χώρες, εξηγεί την υψηλή αστάθεια της παγκόσμιας παραγωγής.

Τέλος, θα πρέπει να αναφερθεί ότι αυξάνεται και η παραγωγή άλλων χωρών, όπως της Αυστραλίας και των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής.



**Εικ. 3:** Παραγωγή ελαιολάδου στον κόσμο τα τελευταία 10 χρόνια. [3]



## Τύποι αποβλήτων και υποπροϊόντων

### Χρήσιμοι όροι και συντομογραφίες:

**Βιολογική απαίτηση σε οξυγόνο (BOD<sub>5</sub>):** Η ποσότητα διαλυμένου οξυγόνου που καταναλώνεται σε πέντε ημέρες από βιολογικές διεργασίες που διασπούν την οργανική ουσία.

**Χημική απαίτηση σε οξυγόνο (COD):** Η ποσότητα οξυγόνου (σε mg/l) που απαιτείται για την οξείδωση των οργανικών και ανόργανων ενώσεων.

**NaOH:** Καυστικό νάτριο, γνωστό επίσης και ως καυστική σόδα.

**KCl:** Χλωριούχο κάλιο.

**NaCl:** Χλωριούχο νάτριο, κοινώς γνωστό και ως αλάτι.

**Πολυφαινόλες:** είναι μια ομάδα χημικών ενώσεων, που βρίσκονται στα φυτά και χαρακτηρίζονται από την παρουσία περισσότερων της μιας φαινολικών ομάδων (γνωστών επίσης και ως καρβολικό οξύ, με χημικό τύπο C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>OH), οι οποίες είναι υπεύθυνες για το χρωματισμό μερικών φυτών. Οι πολυφαινόλες έχουν αποδειχθεί ότι έχουν ισχυρή αντιοξειδωτική δράση.

**OMWW:** Υγρά απόβλητα ελαιτριβείων ή απόνερα (Olive Mill Waste Water).

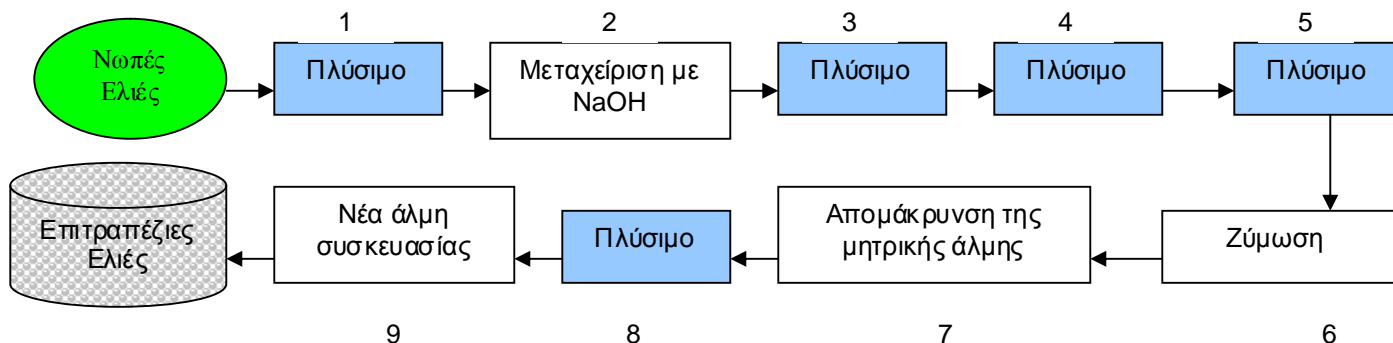
**OOW:** Απόβλητα ελαιολάδου (Olive Oil Waste).

Ο όγκος και το είδος των αποβλήτων και των υποπροϊόντων εξαρτάται από τον τρόπο παραγωγής, ο οποίος είναι διαφορετικός στην περίπτωση της επιτραπέζιας ελιάς (8% των καλλιεργούμενων ελαιόδενδρων) και του ελαιολάδου (92% των καλλιεργούμενων ελαιόδενδρων).

### Παραγωγή επιτραπέζιας ελιάς

Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι για την επεξεργασία της επιτραπέζιας ελιάς, κοινό σημείο των οποίων είναι το τελικό στάδιο της διαδικασίας που περιλαμβάνει τη ζύμωση.

Η συνηθέστερη μέθοδος επεξεργασίας γίνεται με τη χρήση καυστικού νατρίου για την εκπίκριση του καρπού (Ισπανική μέθοδος με ποσοστό >70%). Η διαδικασία περιλαμβάνει εννέα βήματα (Σχήμα 4). Μετά από το πλύσιμο (1), οι ελιές εμβαπτίζονται σε διάλυμα καυστικού νατρίου (NaOH) για εκπίκριση (2). Το καυστικό νάτριο υδrolύει την ελευρωπαΐνη (υπεύθυνη για την πικρή γεύση των καρπών) σε υδροξυτυροσόλη και γλυκοζίτη του ελενολικού οξέως. Στη συνέχεια, οι ελιές ξεπλένονται με νερό (3,4,5) και εμβαπτίζονται σε άλμη όπου υφίστανται γαλακτική ζύμωση, με τη βοήθεια των γαλακτικών βακτηρίων (6). Πριν τη συσκευασία αφαιρείται η μητρική άλμη (7), οι ελιές πλένονται (8) και συσκευάζονται σε διάλυμα νέας άλμης (9).



Σχήμα 4: Διάγραμμα ροής επεξεργασίας επιτραπέζιων ελιών

Επιπλέον, είναι γνωστές τρεις άλλες μέθοδοι επεξεργασίας της επιτραπέζιας ελιάς, που καταλαμβάνουν ποσοστό αγοράς 30% στην ΕΕ και περιλαμβάνουν:

**Φυσικές μαύρες ελιές (Ελληνικός τύπος):** οι καρποί δεν εμβαπτίζονται σε καυστικό νάτριο, αλλά ζυμώνονται άμεσα σε άλμη, η οποία είναι το μόνο υγρό απόβλητο που παράγεται σε αυτήν την περίπτωση.

**Ελιές μαυρισμένες με οξείδωση (Τύπος Καλιφόρνιας):** οι καρποί ξεπικρίζουν με εμβάπτιση σε καυστικό νάτριο και μαυρίζουν με οξείδωση. Το τελικό προϊόν δεν είναι ζυμωμένο, για το λόγο αυτό αποστειρώνεται κατά τη συσκευασία του σε μεταλλικούς ή γυάλινους περιέκτες. Η σταθεροποίηση του μαύρου χρώματος γίνεται με προσθήκη διαλυμάτων αλάτων σιδήρου.

**Μη ζυμούμενες πράσινες ελιές:** οι ελιές ξεπικρίζουν με διάλυμα NaOH και συσκευάζονται χωρίς να ζυμωθούν προηγουμένως.

Η τυπική σύνθεση των υγρών αποβλήτων των μεταποιητικών μονάδων επιτραπέζιας ελιάς παρουσιάζεται στον Πίνακα 1. Εντούτοις, η σύνθεση αυτή μπορεί να ποικίλει αρκετά ανάλογα με την ποικιλία της ελιάς, τη μέθοδο συγκομιδής, κλπ.

Αν και η επεξεργασία της επιτραπέζιας ελιάς έχει βελτιωθεί σημαντικά την τελευταία δεκαετία, εντούτοις για κάθε κιλό επεξεργασμένου καρπού δημιουργούνται περίπου 1,2 λίτρα υγρών αποβλήτων. Μόνο για την παραγωγή επιτραπέζιων ελιών, το ποσό των υγρών αποβλήτων που επεξεργάζεται και απορρίπτεται στο περιβάλλον ανέρχεται σε περισσότερους από 750.000 τόνους ετησίως.

**Πίνακας 1:** Κύρια χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων από τις επιτραπέζιες ελιές [1].

Παράμετρος	Διάλυμα NaOH & νερό πλυσίματος	Άλμη
pH	9 - 13	4
NaOH [g/L]	1,1-1,5	-
NaCl [g/L]	-	6-10
Ελεύθερη οξύτητα [g γαλακτικό οξύ/L]	-	6-15
Πολυφαινόλες [g tannic acid/L]	4,1-6,3	5-7
COD [g O <sub>2</sub> /L]	23-28	10-20
BOD <sub>5</sub> [g O <sub>2</sub> /L]	15-25	9-15
Πτητικά οργανικά στερεά [g/L]	30-40	10-20

## Παραγωγή Ελαιολάδου

### Χρήσιμοι όροι και συντομογραφίες:

**Κατσίγαρος (Alpechin):** υγρά απόβλητα από τη διαδικασία εξαγωγής του ελαιολάδου.

**Υγρός πυρήνας (Alperujo):** παράγεται από τα διφασικά ελαιουργικά συγκροτήματα και περιλαμβάνει τον πυρήνα στον οποίο έχουν ενσωματωθεί τα απόβλητα.

**Πυρήνας:** το στερεό υπόλειμμα της ελιάς μετά την εξαγωγή του ελαιολάδου.

**kWh:** Μονάδα για τη μέτρηση της ενέργειας. Αντιστοιχεί σε ένα κιλοβάτ (kW) ενέργειας που χρησιμοποιείται για μια ώρα και αναφέρεται συνήθως σε ηλεκτρική ενέργεια. 1 kW·h = 3,600,000 joules.

**Χιλιοθερμίδα (kcal, kilocalorie):** Η θερμίδα (συντομογραφία cal) είναι μονάδα ενέργειας που είναι ίση με το ποσό της θερμότητας που απαιτείται για να αυξηθεί η θερμοκρασία ενός γραμμαρίου ύδατος κατά 1°C σε πίεση 1 atm.

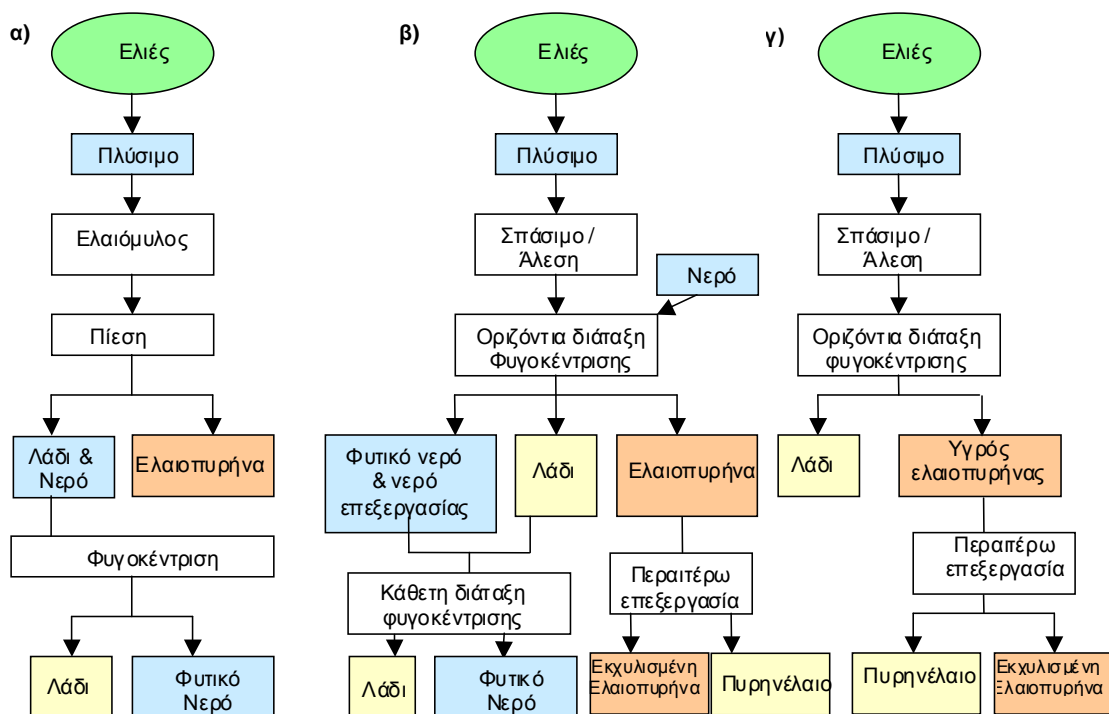
Σήμερα, δύο διαφορετικές διαδικασίες εξαγωγής του ελαιολάδου χρησιμοποιούνται ευρέως οι οποίες βασίζονται στη φυγοκέντρωση. Τα φυγοκεντρικά συγκροτήματα, ανάλογα με τα προϊόντα που δίνουν στο τέλος της επεξεργασίας, διακρίνονται σε τριών και δύο φάσεων. Επιπλέον, εφαρμόζεται η "παραδοσιακή διαδικασία", κατά την οποία το ελαιολάδο εξάγεται με πίεση σε υδραυλικό πιεστήριο. Τα τρία συστήματα διαφέρουν σημαντικά ως προς το ποσό και τη σύνθεση των υγρών αποβλήτων και των άλλων υποπροϊόντων που παράγουν.

Η παραδοσιακή επεξεργασία και η διαδικασία των τριών φάσεων παράγει τρία προϊόντα, το ελαιόλαδο, τα απόνερα (κατσίγαρος) και τον ελαιοπυρήνα. Η παραδοσιακή μέθοδος (Σχήμα 5α) είναι μια ασυνεχής (batch) διαδικασία που περιλαμβάνει δύο φάσεις στη συμπίεση του αλεσμένου ελαιοκάρπου. Η υγρή φάση διαχωρίζεται αργότερα προκειμένου να παραληφθεί το ελαιόλαδο. Σε αυτήν την περίπτωση το υποπροϊόν είναι μια πούλπα που δεν δημιουργεί υγρά απόβλητα. Από 1.000 kg ελιών, παράγονται περίπου 350 kg στερεού κλάσματος (περιεκτικότητα νερού περίπου 25%) και περίπου 450 kg υγρών αποβλήτων. Εντούτοις, αν και προκαλεί λιγότερη ρύπανση στο περιβάλλον, αυτή η διαδικασία παραγωγής είναι ασυνεχής, γεγονός που δε θεωρείται πάντα πλεονέκτημα για τη σύγχρονη βιομηχανία.

Η 3-φασική διαδικασία, που αντικαθιστά την παραδοσιακή μέθοδο, χρησιμοποιείται ευρέως σήμερα για την εξαγωγή του ελαιολάδου. Χρονολογείται από τη δεκαετία του 1970-1980. Οι αλεσμένες ελιές τοποθετούνται σε ένα 3-φασικό ελαιουργικό συγκρότημα (decanter), όπου διαχωρίζονται τα διάφορα κλάσματα (Σχήμα 5β). Το κύριο μειονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι η μεγάλη ποσότητα του νερού που απαιτείται και συνεπώς η παραγωγή υγρών αποβλήτων που προκαλούν σοβαρή ρύπανση. Έτσι, από 1000 kg καρπού παράγονται 500 kg στερεού μέρους (με περίπου 50% περιεκτικότητα νερού) και περίπου 1200 kg υγρών αποβλήτων.

Πριν από μερικά χρόνια, εμφανίστηκε ένα νέο σύστημα στην αγορά, το 2-φασικό ελαιουργικό συγκρότημα (αποκαλούμενο επίσης και "οικολογικό σύστημα"). Σε αυτήν τη διαδικασία (Σχήμα 5γ), τα τελικά προϊόντα είναι το ελαιόλαδο και ο ελαιοπυρήνας στον οποίο ενσωματώνονται τα απόνερα. Το σημαντικότερο πλεονέκτημα του συστήματος είναι η μειωμένη κατανάλωση νερού και η έλλειψη υγρών αποβλήτων. Υπολογίζεται ότι για κάθε κιλό επεξεργασμένου ελαιοκάρπου παράγονται 800 κιλά υγρής ελαιοπυρήνας. Σοβαρό όμως μειονέκτημα της μεθόδου είναι ότι η ελαιοπυρήνα που προκύπτει (alperujo) έχει αυξημένη υγρασία και είναι δύσκολη στο χειρισμό, στη μεταφορά και την επεξεργασία. Επιπλέον, ξηραίνεται με αργό ρυθμό και έχει υψηλό ρυπαντικό φορτίο.

Για την ευρωπαϊκή βιομηχανία ελαιολάδου, υπολογίζεται ότι καταναλώνονται περισσότεροι από 8.000.000 τόνοι νερού ενώ συγχρόνως παράγονται περισσότεροι από 4.600.000 τόνοι υγρών αποβλήτων και 6.800.000 τόνοι στερεών αποβλήτων (ελαιοπυρήνα).



**Σχήμα 4:** Διάγραμμα ροής των 3 διαφορετικών διαδικασιών παραγωγής ελαιολάδου:

α) Παραδοσιακή, β) 3-φασική, γ) 2-φασική.

Κατά την εξαγωγή του ελαιολάδου, παράγονται διάφορα υποπροϊόντα που χρησιμοποιούνται κυρίως για την παραγωγή ελαιολάδου δεύτερης φυγοκέντρισης, για ζωοτροφή, για παραγωγή ενέργειας ή για διάθεση απευθείας στο έδαφος. Μια συνοπτική περιγραφή των υποπροϊόντων αυτών παρουσιάζεται παρακάτω:

**Φύλλα και πέτρες** – τα προϊόντα αυτά μπορεί να υποβληθούν σε πυρόλυση κάτω από αναγωγικές συνθήκες ή να αεριοποιηθούν με παράλληλη παραγωγή ενέργειας. Οι χειρισμοί αυτοί μπορεί να αποτελέσουν μια εναλλακτική λύση σε περιβαλλοντικά προβλήματα που δημιουργούνται κατά την πρόσχωση (θάψιμο) των φύλλων στο έδαφος ή την καύση τους [7].

**Ελαιοπάστα χωρίς κουκούτσια (Olive pulp)** – υπόλειμμα που απομένει όταν ο πυρήνας (κουκούτσι) έχει διαχωριστεί από τη σάρκα του ελαιοκάρπου πριν την εφαρμογή πίεσης. Το προϊόν αυτό έχει υψηλή περιεκτικότητα σε υγρασία και είναι δύσκολο να αποθηκευθεί ή να επεξεργαστεί περαιτέρω.

**Ακατέργαστη ελαιοπυρήνα (Crude olive cake)** – περιέχει μικρή ποσότητα ελαίου (πυρηνέλαιο) το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για θέρμανση, ως συμπλήρωμα ζωοτροφών ή να προστεθεί στο έδαφος ως βελτιωτικό.

**Εξαντλημένη ελαιοπυρήνα (πυρηνόξυλο)** – μετά την εξαγωγή του πυρηνελαίου, το ινώδες υλικό που απομένει, αποτελείται από λιγνίνη και κυταρίνη. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για λίπανση, καύση, θέρμανση, συμπλήρωμα ζωοτροφών ή να προστεθεί στο έδαφος σαν βελτιωτικό.

Μια λεπτομερής σύγκριση των υποπροϊόντων που λαμβάνονται από το 2-φασικό και 3-φασικό σύστημα εξαγωγής ελαιολάδου παρουσιάζεται στον Πίνακα 3. Η μελέτη έχει γίνει με διαφορετικές ποικιλίες ελαιοκάρπου, η σύνθεση των οποίων ήταν: υγρασία (48 - 51%) και λάδι (19 - 23%).

**Πιν. 2:** Χαρακτηριστικά των στερεών αποβλήτων από την επεξεργασία 3 φάσεων. [4]

Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των στερεών αποβλήτων από τη διαδικασία 3-φάσεων (φυγοκέντρωση)	
Υγρασία (%) (ξηράνση στους 105 °C)	52,05
pH (αραίωση 1:10)	5,20
Συνολικό άζωτο (%)	0,96
Συνολικός φωσφόρος (%)	0,56
Συνολικός οργανικός άνθρακας (%)	60,45
Αναλογία άνθρακα προς άζωτο (C/N)	62,97
Συνολικός οργανικός άνθρακας που εξάγεται (%)	30,85
Χουμποποιημένα έγχρωμα οργανικά εκχυλίσματα (%)	11,40
Μη χουμποποιημένα έγχρωμα οργανικά εκχυλίσματα (%)	18,45
Βαθμός Χουμποποίησης (DH) (%)	36,95
Ποσοστό Χουμποποίησης (HR) (%)	18,86
Δείκτης Χουμποποίησης (HI)	1,65

**Πιν. 3:** Σύγκριση των υποπροϊόντων που λαμβάνονται από τη 2-φασική και 3-φασική επεξεργασία [5].

(τιμές με το ίδιο γράμμα δεν είναι στατιστικά σημαντικές σε  $p < 0,05$ )

Μέθοδος εξαγωγής	Δύο φάσεις	Τρεις φάσεις
Ικανότητα εξαγωγής ελαίου	86% <sup>a</sup>	85% <sup>a</sup>
<b>Ελαιοπυρήνας</b>		
Ποσότητα (kg/100kg ελιών)	72,5 <sup>a</sup>	50,7 <sup>b</sup>
Υγρασία (%)	57,5 <sup>a</sup>	50,7 <sup>b</sup>
Έλαιο (%)	3,16 <sup>a</sup>	3,18 <sup>a</sup>
Έλαιο (% ξηρά ουσία)	7,44 <sup>a</sup>	6,68 <sup>a</sup>
Έλαιο (kg/100kg ελιών)	2,28 <sup>a</sup>	1,60 <sup>b</sup>
Ξηρός πυρήνας (kg/100kg ελιών)	30,7 <sup>a</sup>	23,9 <sup>b</sup>
<b>Φυτικά υγρά</b>		
Ποσότητα (λίτρα/100kg ελιών)	8,30 <sup>a</sup>	97,2 <sup>b</sup>
Έλαιο (g/λίτρο)	13,4 <sup>a</sup>	12,6 <sup>a</sup>
Έλαιο (kg/100kg ελιών)	0,14 <sup>a</sup>	1,20 <sup>b</sup>
Ξηρό υπόλειμμα (kg/100kg ελιών)	1,20 <sup>b</sup>	8,3 <sup>b</sup>
Έλαιο σε υποπροϊόντα (kg/100kg ελιών)	2,42 <sup>a</sup>	2,80 <sup>a</sup>

### Γενικές αρχές για τη χρήση των υποπροϊόντων

Η βιομηχανία ελαιολάδου παράγει μεγάλες ποσότητες αποβλήτων και υποπροϊόντων, περίπου 35 kg στερεών αποβλήτων (ακατέργαστη ελαιοπυρήνα) και 100 λίτρα υγρών αποβλήτων (απόνερα) δημιουργούνται κατά την επεξεργασία 100 kg ελαιοκάρπου. Τέτοιες ποσότητες υποπροϊόντων έχουν αρνητική επίδραση στο περιβάλλον.

Συνεπώς, έχουν εξεταστεί πολλοί τρόποι για εναλλακτική χρησιμοποίηση των υποπροϊόντων αυτών (π.χ. χρησιμοποίηση ως πηγή θρεπτικών ουσιών για τα εκτρεφόμενα ζώα).[8]

Η εξαγωγή ελαιολάδου πραγματοποιείται σήμερα με το παραδοσιακό σύστημα ασυνεχούς λειτουργίας (κλασικός μύλος) ή με το πιο πρόσφατο φυγοκεντρικό σύστημα συνεχούς λειτουργίας (φυγοκεντρικός μύλος). Και οι δύο μέθοδοι παράγουν δύο ειδών απόβλητα, στερεά και υγρά. Το μεγαλύτερο πρόβλημα δημιουργείται από τα υγρά απόβλητα των ελαιοτριβείων, τα οποία έχουν μεγάλο όγκο και ρυπογόνο δράση, με BOD<sub>5</sub> (Biological Oxygen Demand – Βιολογική Απαιτήση Οξυγόνου σε 5 ημέρες) 20.000-35.000 mg/L, COD (Chemical Oxygen Demand, Χημική Απαιτήση Οξυγόνου) 20.000-35.000 mg/L και αρκετά χαμηλό pH (4-6). Το οργανικό περιεχόμενο των υγρών αποβλήτων είναι πολύ υψηλό, εάν αναλογιστεί κανείς ότι η μέση περιεκτικότητα μιας συνηθισμένης εγκατάστασης βιολογικού καθαρισμού είναι 400-800 mg/L. Τα υγρά απόβλητα, ή όπως αλλιώς λέγονται «μαύρο νερό», είναι τοξικά και προκαλούν μεγάλα προβλήματα στις περιοχές καλλιέργειας των ελαιόδενδρων σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες. Η συνολική παραγωγή υγρών αποβλήτων στην Ελλάδα είναι περίπου 1.500.000 τόνοι ετησίως, ενώ ο αριθμός των ελαιοτριβείων ανέρχεται σε 3.500 περίπου.

## Ελαχιστοποίηση και βελτιωμένες τεχνολογίες

### Διαχείριση στερεών αποβλήτων

#### Εφαρμογή στο έδαφος

Η εφαρμογή στο έδαφος αποβλήτων γεωργικών βιομηχανιών (με τη μορφή λιπάσματος, λάσπης, κλπ), είναι μια συνηθισμένη εναλλακτική λύση διάθεσης των υποπροϊόντων αυτών. Η μέθοδος εκμεταλλεύεται την περιεκτικότητα των αποβλήτων σε θρεπτικά συστατικά για την ανάπτυξη των καλλιεργούμενων φυτών, ενώ επίσης μπορεί να δράσει και ως εδαφοβελτιωτικό. Ο στόχος είναι να μεγιστοποιηθεί η διάθεση θρεπτικών στοιχείων στο έδαφος, ελαχιστοποιώντας ταυτόχρονα τους κινδύνους ρύπανσης. Οι πιο κοινές μέθοδοι εφαρμογής είναι ο ψεκασμός ή η ενσωμάτωση υγρών ή στερεών αποβλήτων στην επιφάνεια ή μέσα στο έδαφος αντίστοιχα.

Με τον απαραίτητο έλεγχο (δοκιμές, κατάλληλος χρόνος εφαρμογής, κλπ), η διάθεση των αποβλήτων μπορεί να εμπλουτίσει το έδαφος με θρεπτικά συστατικά, περιορίζοντας ταυτόχρονα τη δυσοσμία, ενώ παράλληλα το έδαφος προστατεύεται από φαινόμενα διάβρωσης.

Αυτή η μέθοδος έχει το πλεονέκτημα της μεγάλης αποδοτικότητας και της μικρής κατανάλωσης ενέργειας. Το κυριότερο μειονέκτημα είναι ότι η χρήση μεγάλων ποσοτήτων μπορεί να προκαλέσει οξίνιση των εδαφών και προβλήματα στην ομαλή ανάπτυξη των καλλιεργειών [14].

#### Κομποστοποίηση

Κομποστοποίηση είναι η αερόβια αποικοδόμηση της οργανικής ουσίας σε εδαφικό υλικό που λέγεται χούμος. Η αποικοδόμηση προκαλείται από την ενζυματική διάσπαση των αποβλήτων με τη βοήθεια των μικροοργανισμών του εδάφους, οι οποίοι χρησιμοποιούν την οργανική ουσία ως υπόστρωμα. Η αερόβια αποικοδόμηση των οργανικών ουσιών και η ανοργανοποίησή τους σε διοξείδιο του άνθρακα, νερό και ανόργανα άλατα, συνοδεύονται από μείωση της μάζας τους κατά 40 έως 50%. Τα στερεά οργανικά απόβλητα τοποθετούνται σε σωρούς. Λόγω της έντονης μικροβιακής δραστηριότητας στην πρώτη φάση αποικοδόμησης, πραγματοποιούνται εξώθερμες αντιδράσεις που αυξάνουν τη θερμοκρασία του σωρού σε 70-80°C, συμβάλλοντας στην παστερίωση των αποβλήτων. Θα πρέπει επιπλέον να εξασφαλιστεί ενεργητικός ή παθητικός αερισμός του σωρού, προκειμένου να γίνει γρήγορη και πλήρης αποικοδόμηση της οργανικής ουσίας. Η διαδικασία ολοκληρώνεται μετά από μια περίοδο 3-4 μηνών. Το κυριότερο πρόβλημα κατά την αερόβια αποικοδόμηση των στερεών αποβλήτων της ελιάς είναι η δημιουργία ανεπιθύμητων οσμών. Για το σκοπό αυτό, χρησιμοποιούνται βιο-φίλτρα για τη συγκράτηση των δύσοσμων αερίων που δημιουργούνται, τα οποία αυξάνουν το κόστος της εγκατάστασης επεξεργασίας.

Το κομπόστ είναι ένα πολύτιμο προϊόν που μπορεί να χρησιμοποιηθεί με πολλούς τρόπους όπως:

- βελτίωση της υφής και της βιολογικής δραστηριότητας των εδαφών
- βιοαποκατάσταση μολυσμένων εδαφών
- έλεγχο ασθενειών των φυτών και των ζώων



- λίπανση, έλεγχο της διάβρωσης του εδάφους και ανάπτυξη τοπίου
- αναδάσωση και αποκατάσταση υγροτόπων
- ανανέωση βιοτόπων

### Αναερόβια χώνευση



**Εικ. 6:** Αναερόβια δεξαμενή ζύμωσης στερεών αποβλήτων για παραγωγή ενέργειας

Η αναερόβια ζύμωση ή χώνευση των στερεών οργανικών αποβλήτων είναι μια ευρέως εφαρμοσμένη τεχνολογία. Μια τεχνολογική λύση είναι να ρυθμιστεί η περιεκτικότητα των αποβλήτων σε νερό στο 90% τουλάχιστον (υγρή ζύμωση) και να γίνει η επεξεργασία σε βιο-αντιδραστήρα ανάμιξης, όπως στην επεξεργασία της υγρής κοπριάς. Η δεύτερη λύση είναι η επεξεργασία των αποβλήτων, των οποίων η περιεκτικότητα σε νερό έχει ρυθμιστεί προηγουμένως σε 60-70%, σε βιο-αντιδραστήρα σταθερής κλίνης.

Το πρώτο στάδιο στη διαδικασία της αναερόβιας αποσύνθεσης είναι η οξίνιση, όπου πραγματοποιείται υδρόλυση των οργανικών ενώσεων. Το δεύτερο στάδιο, που είναι αυστηρά αναερόβιο, περιλαμβάνει τη δημιουργία μεθανίου. Υπάρχουν διάφορες τεχνολογικές λύσεις: τα δύο στάδια μπορούν να πραγματοποιηθούν σε έναν αντιδραστήρα (επεξεργασία ενός σταδίου) ή σε δύο ξεχωριστούς αντιδραστήρες (επεξεργασία δύο σταδίων). Ποσοστό 40-50% περίπου της οργανικής ουσίας μετατρέπεται σε βιο-αέριο, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας.

### Αποτέφρωση/καύση

Τα απόβλητα χρησιμοποιούνται ως καύσιμη ύλη, από την οποία μπορεί να ανακτηθεί θερμότητα και να παραχθεί ηλεκτρική ενέργεια, π.χ. από 1 τόνο στερεών αποβλήτων ελαιουργείων, μπορεί να ανακτηθούν 400.000 kcal ( $\approx 465\text{kWh}$ ) [6]. Η καύση τους γίνεται σε ελεγχόμενες εγκαταστάσεις αποτέφρωσης αποβλήτων. Η παραγόμενη τέφρα μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη γεωργία ως πηγή ανόργανων θρεπτικών στοιχείων, γεγονός που επιτρέπεται νομοθετικά μόνο σε μερικά κράτη-μέλη της ΕΕ. Η διαδικασία αποτέφρωσης διέπεται από αυστηρούς περιβαλλοντικούς κανονισμούς. Η οδηγία 2000/76 [16] για την αποτέφρωση των αποβλήτων, σχεδιάστηκε για να αποτρέψει ή για να περιορίσει όσο είναι δυνατό τις αρνητικές συνέπειες στο περιβάλλον, ειδικότερα στη ρύπανση από εκπομπή σωματιδίων στον αέρα, στο χώμα, στα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα, καθώς και στους κινδύνους που προκύπτουν για την ανθρώπινη υγεία. Αυτός ο στόχος θα επιτευχθεί με τη θέσπιση αυστηρών συνθηκών λειτουργίας και τεχνικών απαιτήσεων, με τον καθορισμό οριακών τιμών εκπομπών για τις εγκαταστάσεις αποτέφρωσης εντός της Κοινότητας και επίσης μέσω της συμμόρφωσης με τις απαιτήσεις της οδηγίας 75/442/ΕΟΚ [17], που καλύπτει τις εγκαταστάσεις αποτέφρωσης.

Τα περισσότερα απόβλητα από τις αγρο-διατροφικές βιομηχανίες, παρουσιάζουν πρόβλημα στην καύση λόγω της υψηλής περιεκτικότητας σε νερό. Εάν το ενεργειακό περιεχόμενο των αποβλήτων είναι χαμηλό, απαιτούνται πρόσθετα μέσα για να υποστηρίξουν τη διαδικασία αποτέφρωσης. Οι βιομηχανικές εγκαταστάσεις αποτέφρωσης είναι επιπλέον εφοδιασμένες με συσκευές δέσμευσης των αιωρούμενων σωματιδίων και των καυσαερίων.

Αυτή η μέθοδος παρουσιάζει ορισμένα μειονεκτήματα με κυριότερο την χαμηλή ανάκτηση ενέργειας και τη συσσώρευση μεγάλων ποσοτήτων τέφρας. [14]

### Πυρόλυση/αεριοποίηση

Αυτή η διαδικασία εφαρμόζεται πολύ σπάνια και μετατρέπει την οργανική ύλη σε συνθετικό αέριο (syngas) που αποτελείται κυρίως από μονοξείδιο του άνθρακα και υδρογόνο. Το αέριο αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ή ατμό ή ως βασικό χημικό αντιδραστήριο. Τα απόβλητα τοποθετούνται στον εξεαρωτή (gasifier) ως ξηρά απόβλητα ή ως ιλύς και στην συνέχεια αντιδρούν με ατμό κάτω από συνθήκες απουσίας οξυγόνου, σε υψηλή θερμοκρασία και χαμηλή πίεση. Τα προϊόντα αυτής της διαδικασίας είναι συνθετικό αέριο (syngas), συμπυκνωμένο νερό, στερεά και υγρά υπολείμματα.

Το συνθετικό αέριο, εκτός από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία μιας σειράς προϊόντων όπως καύσιμα, πίσσα, χημικές ουσίες ή βιομηχανικά αέρια. [8]

Τα κυριότερα μειονεκτήματα της μεθόδου είναι η δημιουργία υγρών και στερεών υπολειμμάτων, καθώς επίσης και ο σχηματισμός συμπυκνωμένου νερού. [14]

### Διαχείριση υγρών αποβλήτων

Η διαχείριση των υγρών αποβλήτων των ελαιотριβείων είναι πολύ δύσκολη, κυρίως λόγω του υψηλού οργανικού φορτίου (COD, BOD) και της παρουσίας αντιμικροβιακών ουσιών (πολυφαινόλες, ελευρωπαΐνη). Επιπλέον, ο κύριος όγκος των αποβλήτων παράγεται σε μικρή χρονική περίοδο (από τα μέσα Οκτωβρίου μέχρι τον Ιανουάριο ή Φεβρουάριο το αργότερο) και δεν επιμερίζεται σε όλη τη διάρκεια του έτους.

Οι μέθοδοι επεξεργασίας που χρησιμοποιούνται σήμερα, αντιμετωπίζουν μερικώς το πρόβλημα και δεν υπάρχει, μέχρι σήμερα τουλάχιστον, μια μέθοδος που να μπορεί να αντιμετωπίσει ολοκληρωτικά τα υγρά απόβλητα, που αποτελούν το σημαντικότερο περιβαλλοντικό πρόβλημα για τη βιομηχανία του ελαιολάδου. Παρακάτω παρουσιάζονται συνοπτικά οι σημαντικότερες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται σήμερα για την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων, με τους κυριότερους περιορισμούς τους η κάθε μια.

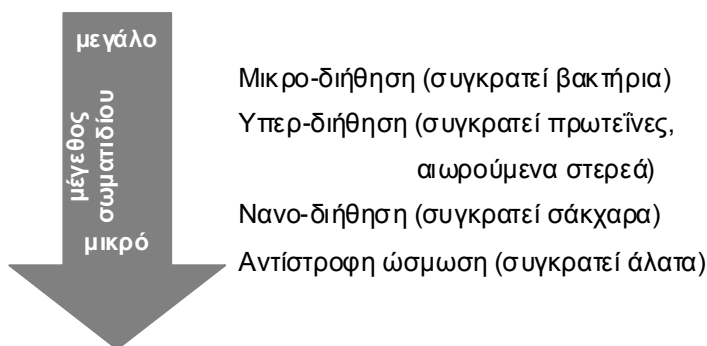
### Διήθηση (φιλτράρισμα)

Το φιλτράρισμα χρησιμοποιείται για την απομάκρυνση στερεών συστατικών από τα υγρά απόβλητα, όπως άργιλος, ιλύς, οργανική ουσία, ιζήματα από άλλες επεξεργασίες, Fe (σίδηρο), Mn (μαγγάνιο) και μικροοργανισμούς. Ο διαχωρισμός γίνεται με τη βοήθεια ενός πορώδους μέσου (ύφασμα ή φίλτρο), το οποίο συγκρατεί τα στερεά συστατικά και επιτρέπει τη διέλευση της υγρής φάσης. Τα φίλτρα μπορεί να είναι στρώματα άμμου, χαλικιού, ξυλάνθρακα ή ενεργού άνθρακα, που βοηθούν στην απομάκρυνση και των μικρότερων σωματιδίων. Το φιλτράρισμα καθαρίζει το νερό και ενισχύει την αποτελεσματικότητα της απολύμανσης [9]. Η μέθοδος μπορεί να εφαρμοστεί μόνη της ή ως προ-επεξεργασία, πριν από την εφαρμογή άλλης τεχνολογίας. Ο εξοπλισμός διήθησης μπορεί να λειτουργήσει φυσικά ή βεβιασμένα με εφαρμογή πίεσης ή κενού. Τα υπολείμματα της επεξεργασίας απομακρύνονται ή ανακυκλώνονται. [14]

### Διαχωρισμός με μεμβράνες

Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται για την απομάκρυνση αιωρούμενων, κολλοειδών και διαλυτών στερεών. Όλες οι τεχνολογίες διαχωρισμού μεμβρανών χρησιμοποιούν μια ημιπερατή ή πορώδη μεμβράνη, η δομή και τα χαρακτηριστικά της οποίας καθορίζουν το είδος του διαχωρισμού.

Ανάλογα με το μέγεθος των πόρων, η μέθοδος αυτή διακρίνεται σε:



Πριν την εφαρμογή της μεθόδου, είναι απαραίτητο να γίνει προ-φιλτράρισμα ώστε να απομακρυνθούν τα μεγάλα μεγέθους αιωρούμενα στερεά σωματίδια. Αυτή η μέθοδος δεν είναι ιδιαίτερα κατάλληλη για υγρά απόβλητα με υψηλό ρυπαντικό φορτίο.

Η τεχνολογία μεμβρανών είναι αρκετά αποτελεσματική για την ελαχιστοποίηση των αποβλήτων των ελαιουργείων, αλλά είναι συνήθως τεχνολογία υψηλού κόστους. [14]

### Επεξεργασία ενεργούς ιλύος

Με τη μέθοδο αυτή, η διαδικασία καθαρισμού πραγματοποιείται σε δεξαμενές όπου τα υγρά απόβλητα αναμιγνύονται με κατάλληλους μικροοργανισμούς (μικροβιακή βιομάζα) με ταυτόχρονη παροχή αέρα. Οι μικροοργανισμοί είναι βακτήρια, με τα οποία πραγματοποιείται η διαδικασία αποικοδόμησης. Το σύστημα αυτό ονομάζεται «ενεργός ιλύς». Η βιομάζα ανακυκλώνεται για να αποκτήσει υψηλή πυκνότητα μικροοργανισμών για βιοδιάσπαση.

Η επεξεργασία οδηγεί στην παραγωγή υψηλών ποσοτήτων ιλύος, διοξειδίου του άνθρακα και αμμωνίας. Ένα μέρος της ιλύος ανακυκλώνεται στη δεξαμενή αερισμού και το υπόλοιπο διατίθεται περαιτέρω.

Πρόσφατα, βιο-αντιδραστήρες μεμβρανών (MBRs), εφοδιασμένοι με μεμβράνες υπερδιήθησης ή μικροδιήθησης, αποτελούν μια ελπιδοφόρο εναλλακτική λύση σε σχέση με τα συμβατικά συστήματα ενεργούς ιλύος. Τα συστήματα αυτά είναι συμπαγή (αποφεύγοντας τη δεξαμενή καθίζησης) και υψηλής απόδοσης (με συγκεντρώσεις ιλύος 2-3 φορές



μεγαλύτερες από τα συμβατικά συστήματα). Είναι κατάλληλα για υγρά απόβλητα γεωργικών βιομηχανιών που παρουσιάζουν υψηλό COD. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται για υγρά απόβλητα με BOD <3000 mg/L. Για το λόγο αυτό, αποτελεί συνήθως δεύτερο στάδιο επεξεργασίας, μόλις μειωθεί το υψηλό BOD<sub>5</sub> (20.000-35.000 mg/L) των υγρών αποβλήτων των ελαιοουργείων. [14]

### **Αναερόβια επεξεργασία**

Η αναερόβια βιολογική επεξεργασία των υγρών αποβλήτων πραγματοποιείται απουσία ατμοσφαιρικού οξυγόνου και οδηγεί στη μετατροπή των διαλυτών οργανικών ουσιών σε βιο-αέριο μέσω διαδικασίας ζύμωσης, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή ενέργειας. Η μέθοδος αυτή δημιουργεί μικρά ποσά ιλύος, τα οποία μπορούν να διατεθούν στο έδαφος ως βελτιωτικό.

Η μέθοδος εφαρμόζεται συνήθως σε υγρά απόβλητα με υψηλό BOD (BOD<sub>5</sub> > 3000 mg/L) και αντιπροσωπεύει το πρώτο στάδιο της επεξεργασίας, δεδομένου ότι πολύ συχνά είναι απαραίτητη και περαιτέρω επεξεργασία (π.χ. με τη μέθοδο της ενεργούς ιλύος). [14]

### **Κατακρήμνιση**

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται για να απομακρύνει τις διαλυμένες ουσίες από τα απόνερα με την προσθήκη ενός χημικού παράγοντα που ευνοεί τη συγκόλληση των αιωρούμενων σωματιδίων. Ο παράγοντας αυτός παρεμποδίζει τις ηλεκτροστατικές δυνάμεις που συγκρατούν τα σωματίδια σε αιώρηση. Υπάρχουν τέσσερα βασικά στάδια στη διαδικασία: ρύθμιση του pH, πήξη, διάγνωση και διήθηση. Η μέθοδος της κατακρήμνισης εφαρμόζεται κυρίως σε υγρά απόβλητα που περιέχουν μη βιο-διασπόμενες ουσίες. [14]

### **Κροκίδωση**

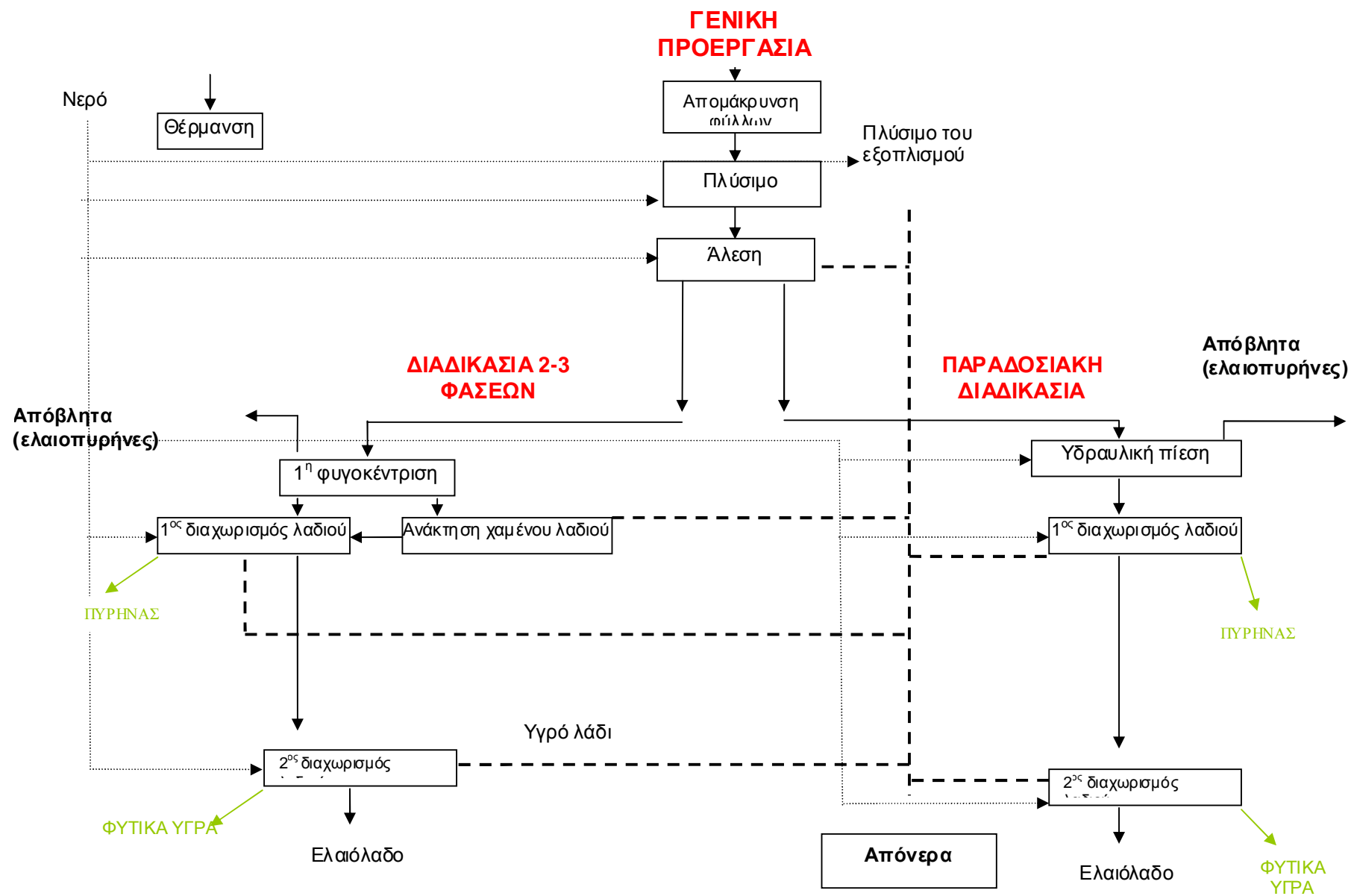
Η μέθοδος αυτή προκαλεί τη συνένωση μικρών κολλοειδών σωματιδίων (<1 μm) σε μεγαλύτερα, τα οποία επικάθονται ως ίζημα ή επιπλέουν ή διηθούνται. Σε μερικές περιπτώσεις οι διαλυτές κολλοειδείς ουσίες αφαιρούνται με συνδυασμό χημικών ουσιών που προκαλούν κροκίδωση-πήξη. Τα συνηθέστερα πηκτικά μέσα είναι τα άλατα αλουμινίου, σιδήρου (Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>, FeCl<sub>3</sub>) και ο ασβέστης. Επιπλέον, χρησιμοποιούνται και συνθετικά οργανικά πολυμερή όπως οι πολυηλεκτρολύτες. Μια συχνή παρενέργεια της μεθόδου είναι η δυσοσμία του ιζήματος που σχηματίζεται. [14]

### **Αποτέφρωση**

Η αποτέφρωση είναι η καταστροφή του οργανικού περιεχομένου των υγρών αποβλήτων μέσω οξειδωσης με αέρα σε υψηλές θερμοκρασίες, που συνοδεύεται με πλήρη εξάτμιση του νερού. Η μέθοδος αυτή είναι κατάλληλη για τα υγρά απόβλητα των ελαιοτριβείων λόγω του υψηλού ποσοστού οργανικής ουσίας που περιέχουν. Όσο υψηλότερο είναι το οργανικό φορτίο των αποβλήτων, τόσο περισσότερο ευνοείται η τεχνολογία της αποτέφρωσης, σε σύγκριση με την μηχανική-βιολογική επεξεργασία. Οι θάλαμοι αποτέφρωσης των υγρών αποβλήτων είναι ρευστής ή σταθερής κλίνης, ενώ υπάρχουν και θάλαμοι με περιστρεφόμενους σωλήνες για συνδυασμένη αποτέφρωση στερεών και υγρών αποβλήτων. Το κύριο πρόβλημα της μεθόδου είναι η υψηλή κατανάλωση ενέργειας και ο σχηματισμός τέφρας και καυσαερίων. [14]

### **Απόσταξη/εξάτμιση**

Η μέθοδος χρησιμοποιεί τη θερμότητα για να εξατμίσει και να απομακρύνει ένα ή περισσότερα συστατικά από τα υγρά απόβλητα. Μειώνει τον αρχικό όγκο του διαλύματος και παράλληλα συμπυκνώνει τις μη πτητικές ουσίες. Η μέθοδος μπορεί μερικές φορές να συνδυαστεί με μείωση της πίεσης (π.χ. κενό). Η απόσταξη μπορεί να εφαρμοστεί με ιδιαίτερη επιτυχία σε υγρά απόβλητα ελαιοτριβείων που παρουσιάζουν υψηλό ρυπαντικό φορτίο. Είναι αξιόπιστη, αλλά ιδιαίτερα ακριβή στην εφαρμογή της και με μεγάλη κατανάλωση ενέργειας. [14]



Εικ 5: Διάγραμμα ροής για τα παραδοσιακά, 2-φασικά και 3-φασικά ελαιοτριβεία [9]

### Χρήση υποπροϊόντων

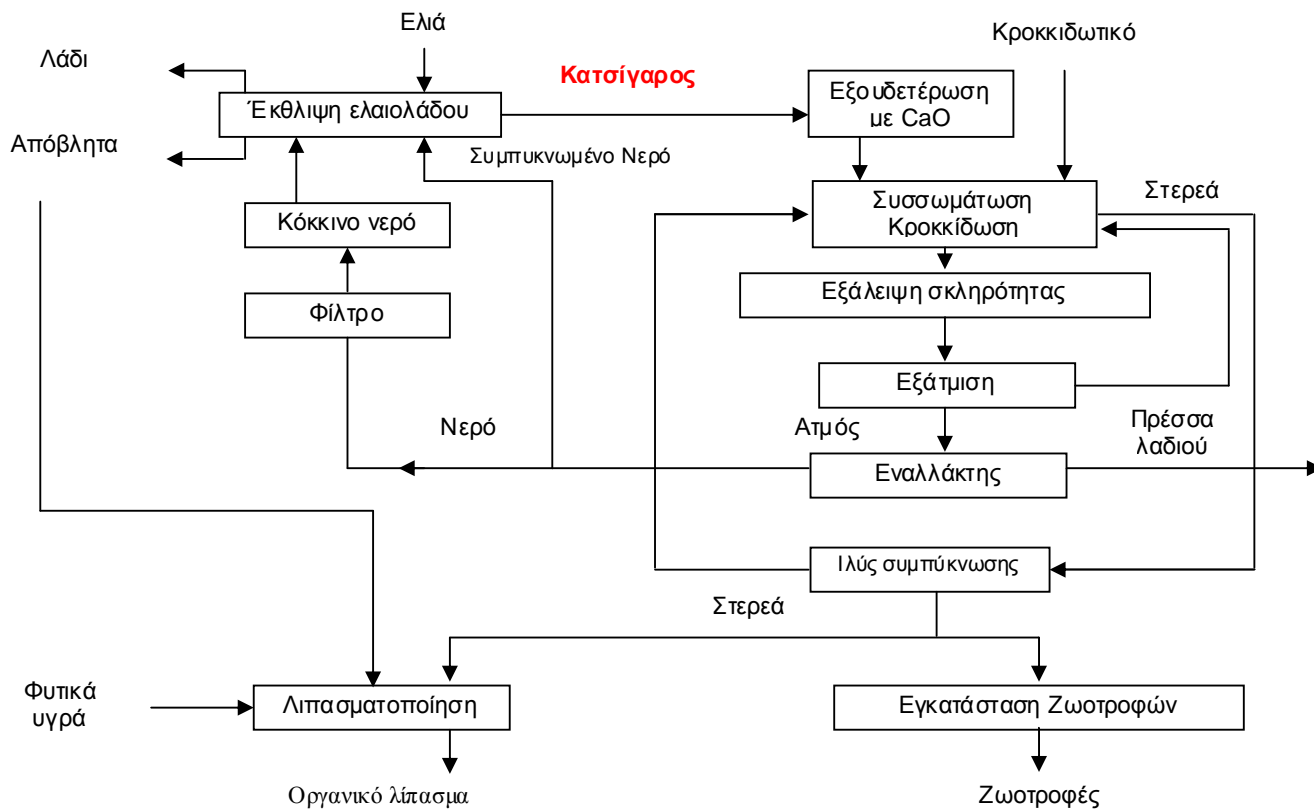
Οι χρήσεις των υποπροϊόντων του ελαιολάδου παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα, όπου φαίνονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της κάθε περίπτωσης.

Μια σημαντική έρευνα για την επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων ελαιουργείων, δείχνει ότι περιέχουν 4,5 g/L ολικά στερεά, εκ των οποίων 1,5 g/L είναι ανόργανα άλατα, κυρίως καλιούχα, που μπορεί να χρησιμοποιηθούν ως θρεπτικά συστατικά για την παραγωγή βιομάζας αλγών, πλούσιας σε πρωτεΐνες, υδατάνθρακες και πολυακόρεστα λιπαρά οξέα. [10]

**Πιν. 4:** Χρήσεις των υποπροϊόντων των ελαιολιβείων

Χρήση	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα	Πηγή
Λίπασμα (για τους ελαιώνες)	Εύκολη, άμεση εφαρμογή στο έδαφος.	Δυσσομία. Ρύπανση υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα (πολλές χώρες έχουν θεσπίσει περιορισμούς στις ποσότητες που διαθέτουν, λόγω της υψηλής απαίτησης σε COD). Ζημιές στα ελαιόδενδρα (ιδίως στις ρίζες)	-Ramos, A. <i>et al.</i> (1995). -The Olive Oil Sources (2001).
Δημιουργία κομπόστ και βιοαποκατάσταση	Υψηλής ποιότητας προϊόν, πλούσιο σε άζωτο.	Μεγάλη περίοδος ωρίμανσης. Χρειάζονται πρόσθετα μέτρα για να αποτραπεί η δυσσομία.	-Improlive, UCM (2000). -Carter, B. (2001).
Παραγωγή βιο-αερίου	Αποδοτική μέθοδος.	Απαιτείται εξειδικευμένος εξοπλισμός. Υψηλό κόστος.	-Tekin, A. <i>et al.</i> (2000).
Ζωοτροφή	Χαμηλό κόστος.	Χαμηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη. Έλλειψη λυσίνης. Υψηλή περιεκτικότητα σε κυτταρίνη. Πικρή γεύση	-Clemente, A. <i>et al.</i> (1997). -Haddadin, M. <i>et al.</i> (1999).
Καύσιμα, εμπορικός ξυλάνθρακας	Φιλικός προς το περιβάλλον και βιο-διασπόμενος.	Χαμηλή θερμαντική αξία.	-Alexander, C. (2001).
Ανάκτηση ενέργειας (π.χ. ο πυρήνας χρησιμοποιείται ως καύσιμο για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας)	Υψηλή αποδοτικότητα (η θερμαντική αξία είναι 3.600 - 3.700 kcal/kg και η υγρασία 10-14%)	Ατμοσφαιρική ρύπανση (υπάρχει οριακή τιμή εκπομπών για τα βιο-καύσιμα στην Ιταλία, την Ισπανία και σύντομα στην Πορτογαλία. Τα όρια αυτά αναμένεται να περιορίσουν τη χρήση της ελαιοπυρήνας ως βιο-καύσιμο).	-Torre, M. <i>et al.</i> (1995). -Mariani, G. <i>et al.</i> (1992).
Ενεργός άνθρακας	Υψηλή ικανότητα προσρόφησης.	Υψηλή σχέση κόστους-αξίας (cost/value ratio).	-Gharabed, S. <i>et al.</i> (1998). - Baçaoui, A. <i>et al.</i> (1998).

## Χρήση υποπροϊόντων ελιάς και ελαιολάδου



**Εικ. 4:** Η διαδικασία επεξεργασίας του κασιόγαρου. [15]

## Επαναχρησιμοποίηση πολύτιμων συστατικών

**Γνωρίζετε ότι:**

Οι ελιές και το ελαιόλαδο έχουν υψηλό περιεχόμενο φαινολικών και αντι-οξειδωτικών ουσιών, όπως η ελεωρρωπαΐνη και η υδροξυ-τυροσόλη, οι οποίες έχουν θετική επίδραση ενάντια στον καρκίνο και στις καρδιαγγειακές παθήσεις.

Είναι γνωστό ότι οι ελεύθερες ρίζες διαφόρων ουσιών είναι υπεύθυνες για την εμφάνιση αρκετών παθολογικών καταστάσεων, όπως ο καρκίνος και οι παθήσεις του καρδιαγγειακού συστήματος. Για αυτό το λόγο, έχει αυξηθεί το ενδιαφέρον της επιστημονικής κοινότητας, τα τελευταία χρόνια, για τη δράση των φυσικών αντι-οξειδωτικών ουσιών. Μερικές από αυτές, όπως οι τοκοφερόλες, τα καροτινοειδή, τα φωσφολιπίδια και οι φαινολικές ενώσεις, περιέχονται στο ελαιόλαδο και του προσδίδουν ευεργετικές ιδιότητες για την ανθρώπινη υγεία [11]. Οι ενώσεις αυτές μπορεί να βρεθούν και στα υπο-προϊόντα του ελαιολάδου.

Οι **φαινολικές ουσίες** είναι συστατικά των φυτών με ισχυρά αντι-οξειδωτικές ιδιότητες, που αποτρέπουν την οξειδωση των λιπιδίων στις αρτηρίες και τη συσσώρευση της LDL (λιποπρωτεΐνη χαμηλής πυκνότητας) στα τοιχώματα των αρτηριών, γεγονός που προκαλεί καρδιακές παθήσεις. Οι ουσίες αυτές αναγνωρίζονται από την πικρή γεύση τους [12].

Η **ελευρωπαΐνη** είναι υπεύθυνη για την πικρή γεύση του ελαιοκάρπου και έχει επίσης αντι-οξειδωτικές και αντι-φλεγμονώδεις ιδιότητες. Περιέχεται σε μεγάλη ποσότητα στα φύλλα της ελιάς (90 mg/g επί ξηρού βάρους), καθώς επίσης και σε όλα τα μέρη του δένδρου (βλαστός, κορμός, κλπ) [13].

Η **υδροξυ-τυροσόλη** είναι φαινολική ουσία με αντι-οξειδωτική δράση που προέρχεται από την ενζυματική διάσπαση της ελευρωπαΐνης. Η δράση των παραπάνω ουσιών στην εξουδετέρωση των ελευθέρων ριζών είναι μεγαλύτερη από το εμπορικό συντηρητικό 3,5-di-tert-butyl-4-hydroxytoluene (BHT) ή από τη βιταμίνη C [11]. Τα φλαβονοειδή, όπως η τυροσόλη και η υδροξυ-τυροσόλη, είναι ισχυρότερα αντιοξειδωτικά ακόμα και από το συνδυασμό των βιταμινών C και E. Στον ελαιοκάρπο βρίσκονται φαινολικά οξέα, φλαβονοειδή και σεεκκιδόϊδιο (secoiridoids), με τις φαινολικές ενώσεις να αντιπροσωπεύουν ποσοστό 1-3% (β/ο) [14]. Στα φύλλα, το 19% (β/β) είναι ελευρωπαΐνη και το 1,8% φλαβονοειδή [16]. Εκτός από αυτές τις πολυφαινόλες, υπάρχουν και άλλα χρήσιμα συστατικά στα υπολείμματα του ελαιολάδου.

Η **μανιτόλη** είναι θρεπτική γλυκαντική ουσία (σε σύγκριση με τις μη θρεπτικές, όπως η ασπαρτάμη και η σακχαρίνη), σταθεροποιητής, αφυγραντικό μέσο και διογκωτικός παράγοντας στα τρόφιμα και τα συμπληρώματα διατροφής. Είναι ένας από τους πολλούς υδατάνθρακες που χαρακτηρίζεται ως πολυαλκοόλη. Η χημική δομή της μανιτόλης επιτρέπει την πιο αργή απορρόφησή της από το σώμα σε σχέση με τα κοινά σάκχαρα. Επομένως, έχει μικρότερη επίδραση στη συγκέντρωση ινσουλίνης στο αίμα, καθιστώντας την κατάλληλη ως πρόσθετη ουσία σε τρόφιμα για διαβητικούς. Επιπλέον, δεν συμβάλλει στη δημιουργία τερηδόνας στα δόντια.

Τα αποτελέσματα των ερευνών αποδεικνύουν ότι τα εκχυλίσματα των υγρών αποβλήτων του ελαιολάδου έχουν ισχυρή αντι-οξειδωτική δράση και μπορεί να αποτελέσουν μια οικονομική πηγή φυσικών αντι-οξειδωτικών, αξιοσημείωτη μέχρι τώρα (δεν είναι εμπορικά αξιοποιήσιμη λόγω του υψηλού κόστους και της χαμηλής αποδοτικότητας της επεξεργασίας για την παραλαβή των συστατικών αυτών).

Τα κύρια συστατικά των υπολειμμάτων του ελαιολάδου συνοψίζονται στον ακόλουθο πίνακα. Οι περισσότερες από τις πιθανές εφαρμογές είναι ήδη εμπορικά διαθέσιμες.

**Πιν. 5:** Κύρια συστατικά των υπολειμμάτων ελαιολάδου.

Συστατικό	Συγκέντρωση στον ελαιοπυρήνα (g/100g εκχυλισμένου και αποξηραμένου πυρήνα)	Οφέλη	Πιθανή εφαρμογή	Πηγή
-Πολυφαινόλες: • Ελευρωπαΐνη • Τοκοφερόλες • Υδροξυ-τυροσόλη • Τυροσόλη -Φλαβονοειδή (κουερσιτίνη, λουτεολίνη, απιγενίνη,	0,29-0,27	-Μείωση του κινδύνου καρδιακών παθήσεων. -Προστασία του καρδιαγγειακού ιστού. -Αντικαρκινική δράση. -Αντιοξειδωτική δράση. -Αντιφλεγμονώδες.	-Συμπληρώματα διατροφής -Καλλυντικά -Φαρμακολογία -Υγιεινές τροφές	-Ibanez, E. <i>et al.</i> (2000). - Clemente, A. <i>et al</i> (1997). -De la Puerta, R. <i>Et al.</i> (2000). -Giacosa, O.(2000).
Φυτικές ίνες	70,0-79,3	Αντικαρκινική δράση: Βοηθούν στη λειτουργία των εντέρων.	-Τρόφιμα	-Clemente, A. <i>et al</i> (1997).
Τέφρα	3,54-4,75	Υψηλή ικανότητα απορρόφησης.	-Καλλυντικά	-Clemente, A. <i>et al</i> (1997).
Πολυαλκοόλες: μανιτόλη	107,1-195,4*	Γλυκαντική ουσία, σταθεροποιητής	-Πρόσθετα διαιτητικών τροφίμων -Καλλυντικά	-Clemente, A. <i>et al</i> (1997).
Τριτερπενικές ενώσεις		Φυσικές χρωστικές και αρώματα	-Καλλυντικά	-Gil, M. <i>et al.</i> (1997).

\*mg/100g ξηράς ουσίας

## Διάφορες μέθοδοι εφαρμογής

Λόγω της μεγάλης ποικιλομορφίας των ρύπων που περιέχονται στα αποβλήτων των ελαιотριβείων, είναι απαραίτητη η χρήση διαφορετικών τεχνολογιών για την απομάκρυνσή τους. Οι περισσότερες από τις ακόλουθες μεθόδους που αναφέρονται, έχουν εξεταστεί σε εργαστηριακή βάση και μερικές μόνο από αυτές σε βιομηχανική κλίμακα. Στην περίπτωση των αποβλήτων των 2-φασικών ελαιουργικών συγκροτημάτων, οι περισσότεροι διαδεδομένες μέθοδοι επεξεργασίας είναι: ξήρανση/εξάτμιση, θερμική επεξεργασία, βιολογική επεξεργασία και επεξεργασία με μύκητες. Η παρασκευή οργανικού λιπάσματος (κομπόστ) και ζωοτροφών θα μπορούσαν να είναι τα τελικά προϊόντα που λαμβάνονται από την επεξεργασία. Για τα υγρά απόβλητα, οι πιθανές μέθοδοι επεξεργασίας είναι αερόβια επεξεργασία, διήθηση, υπερ-διήθηση, διήθηση μέσω μεμβρανών, υγρή οξείδωση, κατακρήμνιση/κροκίδωση, προσρόφηση, εξάτμιση, ηλεκτρόλυση.

## Βιοαποκατάσταση και Λιπασματοποίηση

Η παραγωγή οργανικού λιπάσματος και η χρήση του στη γεωργία έχει αποδειχθεί η καταλληλότερη μέθοδος για την επεξεργασία των αποβλήτων των ελαιουργείων. Έχει απομονωθεί και ταυτοποιηθεί η βακτηριακή μικροχλωρίδα των αποβλήτων και έχει μελετηθεί η συμπεριφορά τους στη βιοαποκατάσταση του υγρού και στερεού κλάσματος. Τα υγρά απόβλητα είναι κατάλληλα για αναερόβια επεξεργασία, αλλά θα πρέπει να υποβληθούν σε συμπληρωματική επεξεργασία με τη μέθοδο της ενεργούς ιλύος.

Μια καινοτόμος επεξεργασία, βασισμένη στη χρήση υπεροξειδίου του υδρογόνου ( $H_2O_2$ ), επιτρέπει τη μετατροπή των αποβλήτων, μόνων τους ή σε ανάμειξη με άλλα γεωργικά ογκώδη απόβλητα, σε χουμοποιημένο οργανικό υπόστρωμα κατάλληλο για γεωργική χρήση.

Η χημική σύνθεση των αποβλήτων είναι κατάλληλη για δημιουργία λιπάσματος, αλλά η φυσική τους δομή και η έλλειψη πορώδους δεν επιτρέπουν αυτήν την επεξεργασία. Η προσθήκη ξυλώδους υλικού ή άχυρου, ως διογκωτικού παράγοντα δεν είναι εφικτή στις περισσότερες περιπτώσεις, καθώς τα υλικά αυτά δεν είναι διαθέσιμα κοντά σε περιοχές όπου καλλιεργούνται ελιές. [19]

## Ζύμωση στερεάς κατάστασης

Στην περίπτωση αυτή, γίνεται εμπλουτισμός του υποστρώματος με μικροβιακή πρωτεΐνη, με σκοπό τη δημιουργία αμινοξέων, με δυνατότητα χρήσης ως ζωοτροφή. [19]

## Ξήρανση

Η μέθοδος περιλαμβάνει τη χρήση ξηραντήρων ρευστοποιημένης/κινούμενης κλίνης. Οι λειτουργικές συνθήκες ξήρανσης των αποβλήτων σε ρευστοποιημένες/κινούμενες κλίνες έχουν μελετηθεί στο παρελθόν και βελτιστοποιηθεί. Η μέθοδος είναι εφικτή σε βιομηχανική κλίμακα, αλλά απαιτούνται περαιτέρω δοκιμές για υψηλότερες αποδόσεις. Χρησιμοποιώντας ξηραντήρα δακτυλίου (ring dryer), η υγρασία των αποβλήτων μειώνεται περίπου σε 10-15%. Το αποξηραμένο προϊόν αποτελείται από τεμάχια πυρήνα, τμήματα της επιδερμίδας και της σάρκας του καρπού ή συσσωματώματα. [19]

## Απολίπωση

Η αφαίρεση του ελαιολάδου από τα απόβλητα είναι δυνατή με συμπληρωματική φυγοκέντρωση δύο φάσεων. Σε πειραματικές εγκαταστάσεις ερευνήθηκαν διάφορες διαδικασίες ή διαφορετικές παράμετροι διαδικασιών, όπως π.χ. με/χωρίς το διαχωρισμό πυρήνων, το χρόνο μάλαξης, τα ένζυμα, την προσθήκη νερού, την άλεση ή το συνδυασμό αυτών. Το τελικό προϊόν που προκύπτει, ανήκει στην κατηγορία ποιότητας "ελαιόλαδο", αλλά έχει χαμηλή περιεκτικότητα σε στερόλες. [19]

## Αεριοποίηση

Τα απόβλητα, τα οποία προηγουμένως έχουν υποβληθεί σε απολίπωση, υποβάλλονται σε καύση και απαέρωση σε ρευστοποιημένη/κινούμενη κλίνη. Το αέριο που λαμβάνεται μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. [19]

## Συλλογή στοιχείων και βάσεις δεδομένων

Η συλλογή δεδομένων αφορούσε κυρίως 13 τεχνικές επεξεργασίας αποβλήτων από 3-φασικά φυγοκεντρικά συστήματα. Από την έρευνα αποδείχθηκε ότι η 2-φασική διαδικασία φυγοκέντρωσης παρουσιάζει σαφή πλεονεκτήματα.

Προσδιορίστηκαν τελικά πέντε κύριες διαδικασίες κατάλληλες για την επεξεργασία των αποβλήτων: ξήρανση (φυσική, μηχανική), καύση, αερόβια επεξεργασία (κομποστοποίηση), αναερόβια επεξεργασία και επεξεργασία με μύκητες.

Επιπλέον, πραγματοποιήθηκε έρευνα πεδίου (survey) σε 11 περιοχές στην Ελλάδα και 18 στην Ισπανία, σύμφωνα με την οποία η διαχείριση των αποβλήτων γίνεται κυρίως σε μεγάλες δεξαμενές εξάτμισης ή/και χρησιμοποιούνται ως καύσιμη ύλη. Οι μέθοδοι αυτοί δεν βρίσκονται σε συμφωνία με τις αρχές της ΕΕ. Συλλογή δεδομένων για το σκοπό αυτό υπάρχει, με μορφή βάσεων δεδομένων στο διαδίκτυο. [19, 20]

Είναι χαρακτηριστικό ότι υπάρχει έλλειψη πληροφόρησης σχετικά με τα όρια εφαρμογής και την οικονομική βιωσιμότητα για την κάθε μέθοδο αξιοποίησης των αποβλήτων. Το γεγονός αυτό σημαίνει ότι οι αποφάσεις λαμβάνονται σε "ατμόσφαιρα" αυξανόμενων δυσκολιών και μειωμένης ακρίβειας. Η επιλογή της καλύτερης μεθόδου για τη διαχείριση και αξιοποίηση των αποβλήτων πρέπει να είναι ξεχωριστή για την κάθε περίπτωση και εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως δυναμικότητα παραγωγής, περιφερειακά χαρακτηριστικά, βιομηχανικά, αγρονομικά, οικολογικά χαρακτηριστικά, νομοθεσία, κλπ.

### Αγορές Νέων Προϊόντων

#### Χρήσιμοι Όροι και Συντομογραφίες:

**kW:** kilowatt, είναι μονάδα μέτρησης ισχύος που ισοδυναμεί με χίλια Watt (είναι ισοδύναμη με 1 joule ανά δευτερόλεπτο (1 J/s), ή σε ηλεκτρικές μονάδες, 1 volt-ampere (1 VA).

**MWe:** Mega-Watt, μονάδα μέτρησης ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από εργοστάσια.

**MWh:** Mega-Watt ηλεκτρικής ενέργειας ανά ώρα.

Η επεξεργασία του ελαιολάδου χαρακτηρίζεται από μεγάλη κατανάλωση νερού και παραγωγή αποβλήτων με υψηλό οργανικό περιεχόμενο. Οι περισσότερες μονάδες, υποβάλλουν τα απόβλητά τους σε προκαταρκτική επεξεργασία πριν τη διάθεσή τους στις δημοτικές εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού. Ο μεγάλος όγκος των αποβλήτων αυξάνει το κόστος διάθεσης, ενώ παράλληλα το υψηλό ρυπαντικό φορτίο δυσκολεύει την επεξεργασία στις εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού. Η καύση και η αεριοποίηση έχουν αποδοτικότητα μεταξύ 65-70%, η γρήγορη πυρόλυση 45-60%, η αναερόβια χώνευση ή κομποστοποίηση 35-50%.



**Πιν. 6:** Συγκριτική δαπάνη διαφόρων μεθόδων επεξεργασίας και διάθεσης δημοτικών στερεών αποβλήτων (MSW, municipal solid wastes) σε διάφορες χώρες της ΕΕ. [15] (WTE= waste-to-energy, αναλογία αποβλήτων/ενέργειας)

Χώρα	Πρόληψη	Μέθοδοι επεξεργασίας/διάθεσης						Σύνολο	
		Λιπασματοποίηση	Ανακύκλωση	Αποτέφρωση		Διάθεση στο έδαφος		Εκτός άμεσης διάθεσης στο έδαφος	Με άμεση διάθεση στο έδαφος
				WTE	Μη WTE	Άμεσα	Έμμεσα		
	(€/ton)	(€/ton)	(€/ton)	(€/ton)	(€/ton)	(€/ton)	(€/ton)	(€/ton)	(€/ton)
Αυστρία	35	81	23	105		55	55	62	61
Βέλγιο	26	74	14	98		49	49	55	55
Δανία	24	76	14	100		51	51	61	60
Φινλανδία	24	80	17	103		54	54	64	64
Γαλλία	37	78	20	102		52	52	59	58
Γερμανία	35	76	18	100		50	50	56	56
Ελλάδα	40	79	22			53		56	56
Ιρλανδία	57	81	28			55		59	59
Ιταλία	28	79	18	103		53	53	51	51
Λουξεμβούργο	24	78	26	102		52	52	64	64
Ολλανδία	31	75	17	100		50	50	56	56
Πορτογαλία	40	84	24			58		59	59
Ισπανία	43	78	21	101		52	52	54	54
Σουηδία	24	77	14	100		51	51	62	61
Ην.Βασίλειο	20	75	14	100		50	50	43	43
<b>EU-15</b>	<b>31</b>	<b>77</b>	<b>18</b>	<b>101</b>		<b>52</b>	<b>51</b>	<b>54</b>	<b>54</b>

**Πιν. 7:** Συγκριτική δαπάνη διαφόρων μεθόδων πρόληψης και επεξεργασίας/διάθεσης δημοτικών στερεών αποβλήτων (MSW, municipal solid wastes) σε διάφορες χώρες της ΕΕ. [15] (WTE= waste-to-energy, αναλογία αποβλήτων/ενέργειας)

Χώρα	Μέθοδοι επεξεργασίας/διάθεσης						Σύνολο	
	Λιπασματοποίηση	Ανακύκλωση	Αποτέφρωση		Διάθεση στο έδαφος		Εκτός άμεσης διάθεσης στο έδαφος	Με άμεση διάθεση στο έδαφος
			WTE	Μη WTE	Άμεση	Έμμεση		
	(€/ton)	(€/ton)	(€/ton)	(€/ton)	(€/ton)	(€/ton)	(€/ton)	(€/ton)
Αυστρία	81	8	105		55	55	59	59
Βέλγιο	74	1	98	119	49	49	71	69
Δανία	76	-3	100		51	51	66	65
Φινλανδία	80	-2	103		54	54	69	68
Γαλλία	78	7	102	123	52	52	70	69
Γερμανία	76	5	100		50	50	54	54
Ελλάδα		5			53		47	47
Ιρλανδία		14			55		49	49
Ιταλία		5		124	53	53	49	49
Λουξεμβούργο	78	21	102		52	52	66	65
Ολλανδία	75	-1	100	120	50	50	58	57
Πορτογαλία	84	10			58		55	55
Ισπανία	78	9	101	122	52	52	50	50
Σουηδία	77	-3	100		51	51	67	65
Ην.Βασίλειο		2	100	120	50	50	46	46
<b>EU-15</b>	<b>77</b>	<b>5</b>	<b>100</b>	<b>122</b>	<b>52</b>	<b>51</b>	<b>56</b>	<b>55</b>

## Δαπάνες αποτέφρωσης

Οι δαπάνες βασίζονται σε:

- Κόστος για την απόκτηση γης
- Μέγεθος εγκατάστασης
- Ποσοστό χρησιμοποίησης των εγκαταστάσεων
- Απαιτήσεις για την επεξεργασία των αερίων
- Επεξεργασία και διάθεση/επανάκτηση υπολειμμάτων τέφρας
- Αποδοτικότητα ενεργειακής ανάκτησης και κέρδος που προκύπτει
- Ανάκτηση μετάλλων και κέρδος που προκύπτει
- Φόροι

**Πιν. 8:** Σχετικές δαπάνες αποτέφρωσης. [15]

Απόδοση <sup>(1)</sup> (τόνοι ανά έτος)	Οικονομικά στοιχεία	
	Δαπάνη κεφαλαίου <sup>(2)</sup> (€)	Λειτουργικές δαπάνες <sup>(3)</sup> (€ ανά έτος)
20.000	25.000.000	950.000
50.000	45.000.000	1.750.000
100.000	90.000.000	4.000.000
200.000	160.000.000	6.800.000

<sup>(1)</sup>: Η αναλογία «Βιοδιασπόμενων Δημοτικών Αποβλήτων» (Biodegradable Municipal Waste, BMW) ανέρχεται χαρακτηριστικά σε 50–70% του ετήσιου όγκου αποβλήτων.

<sup>(2)</sup>: Συμπεριλαμβάνεται το κόστος εγκατάστασης της μονάδας επεξεργασίας, χωρίς τη δαπάνη για την αγορά γης, το κόστος της αρχικής μελέτης και τη σχετική φορολογία. Οι τιμές του πίνακα αφορούν τη Δανία. Στην κεντρική Ευρώπη το κόστος των εγκαταστάσεων είναι 1,5–2 φορές υψηλότερο, ειδικά στη Γερμανία. [21]

<sup>(3)</sup>: Λειτουργικές δαπάνες, εξαιρουμένων των δαπανών μεταφοράς, διάθεσης των υπολειμμάτων, δαπανών προσωπικού και εισοδήματος που προκύπτει από την πώληση των υποπροϊόντων και της ενέργειας που παράγεται. Οι λειτουργικές δαπάνες περιλαμβάνουν το ετήσιο κόστος συντήρησης, το οποίο ανέρχεται σε 3% των δαπανών του αρχικού κεφαλαίου. [22]

## Κόστος Αεριοποίησης - Πυρόλυσης

**Πιν. 9:** Σχετικές δαπάνες αεριοποίησης – πυρόλυσης. [15]

Απόδοση (τόνοι ανά έτος)	Οικονομικά στοιχεία	
	Δαπάνη κεφαλαίου <sup>(1)</sup> (€)	Λειτουργικές δαπάνες <sup>(2)</sup> (€ ανά έτος)
20.000	(8.000.000)-15.000.000	800.000
50.000	35.000.000	1.200.000
100.000	60.000.000	2.100.000
200.000	90.000.000-100.000.000	3.300.000

<sup>(1)</sup>: Συμπεριλαμβάνει το κόστος εγκατάστασης της μονάδας επεξεργασίας, χωρίς τη δαπάνη για την αγορά γης, το κόστος της αρχικής μελέτης και τη σχετική φορολογία. Οι τιμές του πίνακα αφορούν τη Δανία. Στην κεντρική Ευρώπη το κόστος των εγκαταστάσεων είναι 1,5–2 φορές υψηλότερο, ειδικά στη Γερμανία. [22]

<sup>(2)</sup>: Λειτουργικές δαπάνες, εξαιρουμένων των δαπανών μεταφοράς, διάθεσης των υπολειμμάτων, δαπανών προσωπικού, καθώς και εισοδήματος που προκύπτει από την πώληση των υποπροϊόντων και της ενέργειας που παράγεται. Οι λειτουργικές δαπάνες περιλαμβάνουν και το κόστος των χημικών υλικών όπως, οξυγόνο, φυσικό αέριο, άζωτο και ασβεστόλιθο, καθώς επίσης και το ετήσιο κόστος συντήρησης που ανέρχεται σε 3% του κόστους του αρχικού κεφαλαίου. [22]

Ο αριθμός του απαραίτητου προσωπικού ανέρχεται σε 25–40 άτομα, ανάλογα με τη μέθοδο επεξεργασίας, την περιοχή εγκατάστασης της μονάδας, τον αριθμό του διοικητικού προσωπικού που απασχολείται. Το κόστος για μια απλή εγκατάσταση αεριοποίησης βιομάζας για ξυλώδη απόβλητα, που περιέχουν 45% υγρασία κατά βάρος, ανέρχεται σε περίπου 1.000.000 € ανά 1.000 kW. [23]

Σε πρόσφατη μελέτη παρουσιάζονται τα τεχνικά και οικονομικά στοιχεία τριών υποθετικών εγκαταστάσεων παραγωγής ενέργειας από καύση αποβλήτων στην περιοχή Castilla y Leon, με καθαρή παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας που ανέρχεται σε 10-22 MWe. Η καθαρή απόδοση σε ηλεκτρική ενέργεια υπολογίστηκε σε 22-25%. Οι δαπάνες εκμετάλλευσης ήταν 75 €/MWh για εγκαταστάσεις 10 MWe και 58 €/MWh για εγκαταστάσεις 22 MWe. Η τεχνολογία αυτή έχει εφαρμοστεί σε μεγάλη κλίμακα και μπορεί να θεωρηθεί ως ώριμη τεχνολογία.

### Κόστος Μηχανικής Επεξεργασίας

Πριν την επεξεργασία των αποβλήτων σε εγκαταστάσεις αποτέφρωσης, σε βιολογικό καθαρισμό ή με άλλη μέθοδο, πολύ συχνά θα πρέπει να υποβληθούν σε προ-επεξεργασία με μηχανικά μέσα. Η προ-επεξεργασία περιλαμβάνει ταξινόμηση, φυσική επεξεργασία, μεταφορά, σταθεροποίηση, κλπ. [24]

Τα έξοδα μεταφοράς σχετίζονται άμεσα με την απόσταση, με τιμή που κυμαίνεται μεταξύ 7-20 €/τόνο. Οι δαπάνες επεξεργασίας κυμαίνονται από 50-100 €/τόνο, ανάλογα με τη δυναμικότητα.

Οι δαπάνες αρχικού κεφαλαίου ή επένδυσης βρίσκονται σε υψηλότερα επίπεδα από τις λειτουργικές δαπάνες.

### Κόστος Λιπασματοποίησης

Περιλαμβάνει τις ακόλουθες κατηγορίες δαπανών:

- Δαπάνες για την αγορά γης
- Απαιτήσεις σε επιφάνεια εδάφους ανά μονάδα απόδοσης της εγκατάστασης
- Μέγεθος μονάδας
- Ποσοστό χρησιμοποίησης εγκαταστάσεων
- Επιλογή τεχνολογίας, ειδικά ο βαθμός (και η τεχνολογική πολυπλοκότητα) της διαδικασίας ελέγχου
- Καθαρότητα διαχωρισμού των πηγών
- Η φύση και η διάρκεια των συμβάσεων και των εισερχομένων υλικών
- Εισοδήματα από την πώληση του προϊόντος, σχετικά με την ποιότητα της πρώτης ύλης και την ωριμότητα του τελικού προϊόντος

Η λιπασματοποίηση είναι ιδιαίτερα κατάλληλη ως επεξεργασία που αποτρέπει τη διάθεση των οργανικών αποβλήτων στο έδαφος. Τα κύρια πλεονεκτήματα είναι ότι παρασκευάζεται ένα χρήσιμο και ενδεχομένως πολύτιμο προϊόν από τα απόβλητα και ελαχιστοποιούνται οι αρνητικές επιπτώσεις από την απευθείας διάθεσή τους στο έδαφος, όπως η παραγωγή αερίου και ο σχηματισμός προϊόντων έκπλυσης με υψηλό BOD<sub>5</sub>.

Το κυριότερο εμπόδιο της μεθόδου είναι η αποτελεσματική χρήση του τελικού προϊόντος. Υπάρχει μικρό ενδιαφέρον για δημόσιες ή ιδιωτικές επενδύσεις για την κατασκευή εγκαταστάσεων λιπασματοποίησης, εάν το τελικό προϊόν που παράγεται δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί λόγω ανεπαρκούς ποιότητας.

**Πιν. 10:** Λιπασματοποίηση χωρίς βεβιασμένο αερισμό. [15]

Οικονομικά στοιχεία		
Απόδοση (τόνοι ανά έτος)	Δαπάνες κεφαλαίου <sup>(1)</sup> (€)	Λειτουργικές δαπάνες <sup>(2)</sup> (€)
2.000	300.000	130.000
5.000	600.000	240.000
10.000	900.000	400.000
20.000	1.300.000	730.000
50.000	2.200.000	1.350.000
100.000	4.500.000	2.600.000

**Πιν. 11:** Λιπασματοποίηση με βεβιασμένο αερισμό. [15]

Οικονομικά στοιχεία		
Απόδοση (τόνοι ανά έτος)	Δαπάνες κεφαλαίου <sup>(1)</sup> (€)	Λειτουργικές δαπάνες <sup>(2)</sup> (€)
2.000	550.000-800.000	270.000
5.000	950.000-1.500.000	550.000
10.000	1.600.000-2.700.000	950.000
20.000	2.700.000-4.700.000	1.600.000
50.000	5.400.000-9.400.000	2.700.000
100.000	9.400.000-16.100.000	5.400.000

<sup>(1)</sup>: Συμπεριλαμβάνονται η δαπάνη για την αγορά της γης, η δαπάνη μελέτης προγραμματισμού και κατασκευής των εγκαταστάσεων.

<sup>(2)</sup>: Λειτουργικές δαπάνες εκτός των δαπανών διάθεσης υπολειμμάτων, μισθών προσωπικού, των εισοδημάτων από τις πωλήσεις των υπολειμμάτων - υποπροϊόντων. [25]

### Κόστος Αναερόβιας Επεξεργασίας (Χώνευσης)

Η αναερόβια επεξεργασία είναι κατάλληλη για τα υγρά απόβλητα των ελαιοτριβείων. Παράγεται βιο-αέριο το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για θέρμανση ή παραγωγή ενέργειας, υπό τον όρο ότι υπάρχει αγορά για το προϊόν αυτό.

**Πιν. 12:** Χωριστή χώνευση, ξηρή μέθοδος. [15]

Οικονομικά στοιχεία		
Απόδοση <sup>(1)</sup> (τόνοι ανά έτος)	Δαπάνες κεφαλαίου <sup>(2)</sup> (€)	Λειτουργικές δαπάνες <sup>(3)</sup> (€ ανά έτος)
5.000	2.900.000-3.100.000	120.000
10.000	5.300.000-5.600.000	220.000
20.000	9.500.000-10.00.000	400.000

**Πιν. 13:** Συν-χώνευση, υγρή μέθοδος. [15]

<b>Απόδοση <sup>(1)</sup></b> (τόνοι ανά έτος)	<b>Οικονομικά στοιχεία</b>	
	<b>Δαπάνες κεφαλαίου <sup>(2)</sup></b> (€)	<b>Λειτουργικές δαπάνες <sup>(3)</sup></b> (€ ανά έτος)
20.000	3.700.000-4.500.000	130.000
50.000	4.600.000-5.500.000	150.000
100.000	10.500.000-12.500.000	350.000

<sup>(1)</sup>: Η αναλογία BMW (Biodegradable Municipal wastes, Βιοαποδομούμενα δημοτικά απόβλητα) ανέρχεται σε περίπου 100% της ετήσιας εισαγωγής.

<sup>(2)</sup>: Περιλαμβάνει το κόστος της εγκατάστασης, εκτός από τη δαπάνη του μηχανολογικού εξοπλισμού για τη μετατροπή του βιο-αερίου, των φόρων και της δαπάνης της αρχικής μελέτης. [26]

<sup>(3)</sup>: Εξαιρούνται οι δαπάνες μεταφοράς, διάθεσης υπολειμμάτων, αμοιβές προσωπικού, εισοδήματα από πωλήσεις των υποπροϊόντων, καθώς επίσης και εισοδήματα από την πώληση της ενέργειας. Οι λειτουργικές δαπάνες περιλαμβάνουν τις ετήσιες δαπάνες συντήρησης εκτιμώμενες σε 4% του κόστους του αρχικού κεφαλαίου. [27]

Οι δαπάνες προσωπικού ποικίλουν από εγκατάσταση σε εγκατάσταση και κυμαίνονται από 5–15 άτομα για κάθε 100.000 τόνους ανά χρόνο και εγκατάσταση. Οι συνολικές λειτουργικές δαπάνες, εκτός των εξόδων μεταφοράς, μπορεί να ανέλθουν σε 6 € ανά τόνο [28]. Η μέση κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στις εγκαταστάσεις είναι περίπου 0,2 kWh ανά κυβικό μέτρο παραγόμενου βιο-αερίου και η κατανάλωση θερμότητας κατά την επεξεργασία είναι 0,83 kWh ανά κυβικό μέτρο βιο-αερίου.

Στην ΕΕ, η αναερόβια επεξεργασία χρησιμοποιείται γενικά στη Γερμανία, στις Κάτω Χώρες και στη Δανία, εξελίσσεται στην Ισπανία και την Πορτογαλία και χρησιμοποιείται σε περιορισμένο βαθμό σε άλλες χώρες όπως η Σουηδία, το Ην. Βασίλειο και η Γαλλία.

Με βάση τις λίγες σχετικά εγκαταστάσεις επεξεργασίας στην Ευρώπη (σε σχέση με τη διάθεση στο έδαφος, την αποτέφρωση και τη λιπασματοποίηση), το καθαρό κόστος επεξεργασίας ποικίλλει μεταξύ 60 και 150 €/τόνο.

### Άλλα σχετικά προγράμματα

- Impel Olive Oil (Δίκτυο Impel)
- Κινητές και ευέλικτες εγκαταστάσεις επεξεργασίας αποβλήτων για μικρού και μεσαίου μεγέθους ελαιοτριβεία (MOWOM)
- Ανάπτυξη εγκαταστάσεων επεξεργασίας αποβλήτων ελαιοτριβείων με ηλιακή απόσταξη (SOLARDIST)
- Χρήση υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων για την παραγωγή βιομάζας *Scenedesmus obliquus*.
- Χρησιμοποίηση των τροποποιημένων φαινολών ελαιοπυρήνων για την προετοιμασία συγκολλητών τύπου resol.

## Αναφορές

- [1] ANONYMOUS, Faostat Database, [www.fao.org](http://www.fao.org) [last Access on: 19.11.2004]
- [2] ANONYMOUS, International Olive Oil Council, [www.internationaloliveoil.org](http://www.internationaloliveoil.org) [last Access on 22.11.2004]
- [3] ANONYMOUS, Food and agriculture organization of the United Nations, [www.fao.org](http://www.fao.org) [last Access on 23.11.2004]
- [4] ANONYMOUS, Consiglio Nazionale delle Rizerche, [www.cnr.it](http://www.cnr.it) [last Access on 23.11.2004]
- [5] AMIRANTE, P. *et al.*, (1993), *Olivae* n° 48, 43.
- [6] ANONYMOUS, PIA, Italy AWARENET Projekt Member, [www.pia.it](http://www.pia.it)
- [7] ZABANIOTOU *et al.*, (2000): Management of olive residues by thermochemical conversion. Proc. 5th International Conference on Environmental Pollution, Chemical engineering department of A.U.TH., Thessaloniki, Greece, p. 694-699.
- [8] ALCAIDE E.M. AND NEFZAOU A., (1996), Recycling of Olive Oil by-Products: Possibilities of utilization in Animal nutrition, International Biodeterioration & Biodegradation, p. 227-235, Elsevier Science Limited, UK
- [9] ISRAILIDES C.J., VLYSSIDES A. G., *et al.* (1996), Olive oil Waste treatment with the use of an electrolysis system, Proc. 2<sup>nd</sup> Specialized Conference on Pretreatment of Industrial Wastewaters, 16-18/10/1996, IAWQ Greek National Committee, Athens, Greece, p. 840-843.
- [10] SANCHEZ, S. *et al.* (2004), Use of Industrial waste waters from olive-oil extraction in the biomass production of *Scenedesmus Obliquus*. 2<sup>nd</sup> World Conference on Biomass for Energy, Industry and Climate protection, 10-14 May 2004, Rome, Italy, **1**, p.342.
- [11] VISIOLI, F. *et al.*, (1995): Waste waters from olive oil production are rich in natural antioxidants, *Experientia*, **51**, p. 32-34.
- [12] SOLER- RIVAS, C. *et al.*, (2000): Oleuropein and related compounds. *J. Sci.Food Agric.* **80**, p. 1013-1023.
- [13] SERVILLI, M. *et al.*, (1996): Antioxidant activity of tocopherols and phenolic compounds of virgin olive oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 1996, **73**, 1589-1593.
- [14] BRENES, G. *et al.*, (1993): Phenolic compounds in Spanish olive oils. *J. Agric. Food Chem.* 1999, **47**, p. 3535-3540.
- [15] ANONYMOUS, (2004), Handbook for the prevention and minimisation of waste and valorisation of by-products in European agro-food industries, Agro food wastes minimisation and reduction network - AWARENET, p. 349
- [16] LE TUTOUR, B. *et al.*, (1992): Antioxidative activities of *Olea europaea* leaves and related phenolic compounds. *Phytochem* **31 (4)**, 1173-1178.
- [17] ANONYMOUS, European Commission, Directive 2000/76/EC of the European parliament and of the council of 4 December 2000 on the incineration of waste - Official Journal of the European Communities (28.12.2000)  
Online available: [http://europa.eu.int/comm/environment/wasteinc/newdir/2000-76\\_en.pdf](http://europa.eu.int/comm/environment/wasteinc/newdir/2000-76_en.pdf)
- [18] ANONYMOUS, Council of the European Communities, Council Directive on Waste 75/442/EEC (15 07 1975)  
Online available:  
[http://europa.eu.int/smartapi/cgi/sga\\_doc?smartapi!celexplus!prod!DocNumber&lg=en&type\\_doc=Directive&an\\_doc=1975&nu\\_doc=442](http://europa.eu.int/smartapi/cgi/sga_doc?smartapi!celexplus!prod!DocNumber&lg=en&type_doc=Directive&an_doc=1975&nu_doc=442)

- [19] ANONYMOUS, (2000): IMPROLIVE- Improvements of treatments and validation of the liquid-solid waste from the two-phases olive oil extraction.
- [20] ANONYMOUS, Improlive project website, [www.ucm.es/info/improliv/](http://www.ucm.es/info/improliv/) [last Access on 25.11.2004]
- [21] ANONYMOUS, (1995) Danish Energy Agency, Progress report on the Economy of Centralised Biogas Plants, Danish Energy Agency.
- [22] MCOS/Cowi, (1999): "Waste management, a strategy for Dublin. Feasibility study of thermal treatment of waste for the Dublin region, report on siting and environmental issues", report by M. C. O'Sullivan and CO Ltd. Consulting Engineers, Dublin and Cowi Consulting Engineers and Planners A/A, Copenhagen. In collaboration with Vestforbrændingen WTE Plant, Copenhagen, A. Beenackers, University of Groningen, Netherlands, J. Petts, University of Birmingham, M. Murphy, Murphy and Associates, Dublin.
- [23] DIMITRIOS TSOTSOS (2001): Biodegradable municipal waste management in Europe European Environment Agency, Topic report 15/2001
- [24] R. OETJEN-DEHNE, B. WINKLER (2000): Kostenseitiger Vergleich verschiedener Entsorgungsoptionen mit thermischer Behandlung und Verwertung, Berlin 2000
- [25] WANNHOLT (1999): Biological treatment of domestic waste in closed plants in Europe – Plant visit reports". RVF Report 98:8. ISSN 1103-4092. RVF – The Swedish Association of Waste Management and RFV Service AB, Malmö. 321 pp
- [26] HJELLNES (1993): Evaluation of cost data on alternative treatment concepts. Internal project report, prepared for Bergen Municipality, Norway, on treatment facilities for biodegradable waste. References and reading list 2 Cowi AS and Cowi AS,.
- [27] HJELLNES, (1997): Evaluation of cost data on alternative treatment concepts. Internal project report, prepared for Oslo Renholdsverk (waste company), Norway, on treatment facilities for biodegradable waste. Cowi AS and Cowi AS.
- [28] LINBOE, H.H. *et al.* (1995): Progress report on the economy of centralised biogas plants, Edited by J. Christensen. Publisher: Danish Energy Agency, Copenhagen. 34 pp.



# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β



## Διαχείριση Αποβλήτων



Η «Εγκυκλοπαίδεια της Ελιάς» είναι μία συλλογή 12 εκδόσεων που αποτελούν μέρος του προγράμματος TDC-OLIVE, το οποίο σαν στόχο έχει τη συλλογή πληροφοριών σχετικά με τον τομέα του ελαιολάδου και της επιτραπέζιας ελιάς.

Η έκδοση αυτή πραγματοποιήθηκε με την υποστήριξη της Ευρωπαϊκής Ένωσης στο πλαίσιο του προγράμματος «Ευρωπαϊκό Δίκτυο Κέντρων Διάδοσης Τεχνολογίας για τη βελτίωση των μικρομεσαίων επιχειρήσεων στον τομέα του ελαιολάδου και της επιτραπέζιας ελιάς» (FOOD-CT-2004-505524). Η δράση αυτή εντάσσεται στο 6<sup>ο</sup> Πρόγραμμα Πλαίσιο και ειδικότερα στη Θεματική Ενότητα 5 «Ποιότητα και Ασφάλεια Τροφίμων».

Το φυλλάδιο αυτό, σε καμία περίπτωση δεν εκφράζει τις απόψεις και τις προσδοκίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τη μελλοντική πολιτική στον τομέα του ελαιολάδου και της επιτραπέζιας ελιάς.



Το φυλλάδιο αυτό συντάχθηκε από το Bremerhaven Technology Transfer Center προκειμένου να συμπεριληφθεί στην «Εγκυκλοπαίδεια της Ελιάς» και μεταφράστηκε στα ελληνικά από το Ινστιτούτο Τεχνολογίας Γεωργικών Προϊόντων του Εθνικού Ιδρύματος Αγροτικής Έρευνας (ΕΘΙΑΓΕ). Το Ινστιτούτο Τεχνολογίας Γεωργικών Προϊόντων δεν φέρει καμία ευθύνη για την ακρίβεια των πληροφοριών που περιέχονται στο φυλλάδιο. Δεν επιτρέπεται η με οποιοδήποτε τρόπο αναπαραγωγή του για εμπορικούς σκοπούς.

## Εισαγωγή

Τα Κέντρα Διάδοσης Τεχνολογίας (Technology Dissemination Centers, TDCs) αποτελούν ένα Ευρωπαϊκό δίκτυο τεσσάρων κέντρων, στην Ελλάδα, Ισπανία, Ιταλία και Γερμανία, με σκοπό την παροχή υποστήριξης στις μικρομεσαίες επιχειρήσεις (ΜΜΕ) του κλάδου.

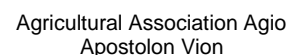
Κύριος στόχος του δικτύου είναι η δημιουργία σύγχρονων ΜΜΕ, με εξειδικευμένο προσωπικό που να χρησιμοποιεί νέες τεχνολογίες για την πρόσβαση στην πληροφόρηση και γενικά να χρησιμοποιεί καινοτομικά τεχνολογικά συστήματα. Επιπλέον, το πρόγραμμα φιλοδοξεί να συνδέσει τις ΜΜΕ με τα ερευνητικά κέντρα και ινστιτούτα.

Παράλληλα, στόχος του προγράμματος είναι η βελτίωση της ποιότητας του προϊόντος, καθώς και η διαχείριση, ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση των αποβλήτων που παράγει η επιχείρηση με τη διοργάνωση εκπαιδευτικών σεμιναρίων και την παροχή πληροφοριών σε θεματικές ενότητες που ενδιαφέρουν τις επιχειρήσεις.

Τέλος, στο πλαίσιο του προγράμματος, θα υλοποιηθεί μία σειρά ενεργειών και δράσεων με σκοπό την αλλαγή της νοοτροπίας των καταναλωτών της Κεντρικής και Βόρειας Ευρώπης, ώστε να αυξηθεί η κατανάλωση ελαιολάδου και επιτραπέζιας ελιάς.



### PARTNERS



## Πίνακας Περιεχομένων

<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b>	<b>1</b>
ΟΡΟΛΟΓΙΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΕΙΤΑΙ ΓΙΑ ΤΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΤΩΝ ΕΛΑΙΟΤΡΙΒΕΙΩΝ	3
ΤΥΠΟΙ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ: ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	3
<b>ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΕΛΑΙΟΚΑΡΠΟΥ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ</b>	<b>4</b>
ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΠΙΤΡΑΠΕΖΙΑΣ ΕΛΙΑΣ	4
ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ	5
<b>ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΕΛΑΙΟΤΡΙΒΕΙΩΝ</b>	<b>12</b>
ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΩΝ ΗΔΗ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ	15
<b>ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ</b>	<b>15</b>
<b>ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ</b>	<b>15</b>
ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ	16
Διήθηση	16
Επίπλευση	16
Καθίζηση	17
Απολίπωση	17
ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ	17
Λίμνες εξάτμισης	17
Μέθοδος Ενεργού Ιλύος	17
Απομάκρυνση αμμωνιακού αζώτου	18
Απομάκρυνση φωσφόρου	18
Γενική περιγραφή μεθόδου	19
Αναερόβια επεξεργασία	19
ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ	20
Διαχωρισμός με μεμβράνες	20
Αποτέφρωση	21
Εξάτμιση και απόσταξη	22
Συσσωμάτωση	22
Καθίζηση	22
Οξείδωση / Αναγωγή και Αποτοξικοποίηση	23
Προσρόφηση	23
<b>ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ</b>	<b>23</b>
<b>ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ</b>	<b>24</b>
Διαχωρισμός, ταξινόμηση, εσχαρισμός	24
Συμπίεση	24
Ξήρανση	24
<b>ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ</b>	<b>25</b>
Διάθεση στο έδαφος	25
Κομποστοποίηση	25
Αναερόβια ζύμωση / χώνευση	26
<b>ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ</b>	<b>27</b>
Πυρόλυση	27
Αεριοποίηση	27
Αποτέφρωση	27
Απόθεση	28
<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b>	<b>28</b>
<b>ΑΝΑΦΟΡΕΣ</b>	<b>29</b>

### Γνωρίζετε ότι:

- Ο κύριος παραγωγός επιτραπέζιας ελιάς και ελαιολάδου είναι η Ευρωπαϊκή Ένωση με ποσοστό πάνω από 80%.
- Η βιομηχανία επιτραπέζιας ελιάς και ελαιολάδου προσφέρει σημαντικό αριθμό θέσεων εργασίας στον αγρο-διατροφικό τομέα, με περισσότερες από 800.000 απασχολούμενα άτομα.
- Ετησίως εντός της ΕΕ παράγονται περισσότεροι από 12.000.000 τόνοι ελαιοκάρπου.
- Ποσοστό 80% περίπου της μάζας του επεξεργασμένου ελαιοκάρπου καταλήγει στα υγρά και στερεά απόβλητα.

### Εισαγωγή

Ο κλάδος της επιτραπέζιας ελιάς και του ελαιολάδου αποτελεί σημαντικό γεωργικό τομέα στην Ευρώπη. Είναι χαρακτηριστικό ότι ποσοστό άνω του 82% του ελαιολάδου παράγεται από μικρές, οικογενειακής μορφής επιχειρήσεις στην ευρωπαϊκή περιοχή της Μεσογείου και αντιστοιχεί σε 2.282.650 τόνους ελαιολάδου (περίοδος 2003/2004). [1]

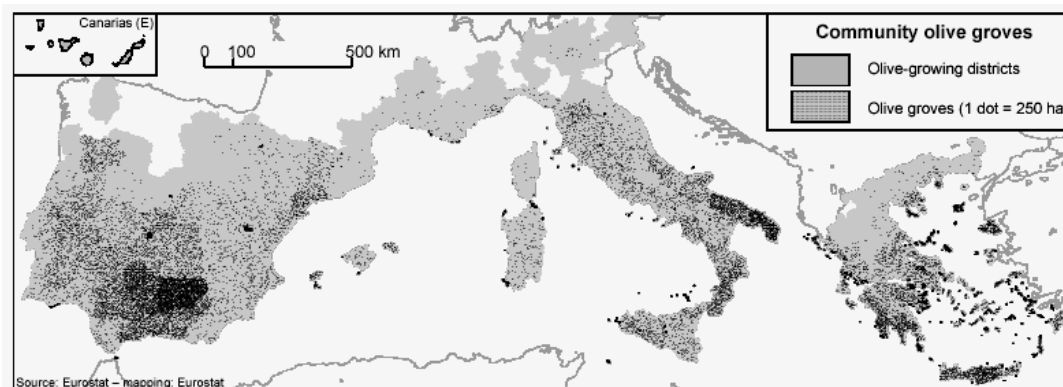
Περισσότεροι από 12.000.000 τόνοι ελιών καλλιεργούνται ετησίως στα κράτη-μέλη της ΕΕ [1], από τις οποίες παράγονται πάνω από 2.000.000 τόνοι ελαιολάδου σε περίπου 12.000 ελαιολαοειδείς [1]. Η μεγάλη πλειοψηφία των καρπών (~92%) υποβάλλονται σε επεξεργασία για παραγωγή ελαιολάδου, ενώ το 8% για επιτραπέζια χρήση. Στην περίπτωση της επιτραπέζιας ελιάς, η Ευρωπαϊκή Ένωση είναι και πάλι ο μεγαλύτερος παραγωγός διεθνώς (40-45%), με ποσότητες κατά την τελευταία παραγωγική περίοδο μεταξύ 500.000 και 600.000 τόνων, επί συνόλου παγκόσμιας συνολικής παραγωγής 1.300.000 τόνων [1].

Βάσει των ποσοτήτων που παράγονται και επεξεργάζονται, προκύπτει ότι η βιομηχανία της επιτραπέζιας ελιάς και του ελαιολάδου είναι πρωταρχικής σημασίας για την οικονομία της ΕΕ. Αποτελεί κύριο τομέα εργασίας στην βιομηχανία τροφίμων της ΕΕ και προσφέρει εργασία σε 800.000 άτομα εντός της ΕΕ. Ποσοστό 90% περίπου των μεταποιητικών μονάδων του κλάδου ανήκει στην κατηγορία των μικρο-μεσαίων επιχειρήσεων [1].

Οι περιοχές στην Ευρώπη όπου καλλιεργούνται ελαιόδενδρα έχουν διπλασιαστεί από το 1980 μέχρι σήμερα και ανέρχονται σε 4.000.000 εκτάρια περίπου. Ο ελαιοκομικός κλάδος είναι ο δεύτερος σημαντικότερος αγρο-διατροφικός κλάδος στην ΕΕ, με μέσο ετήσιο ποσοστό αύξησης μεγαλύτερο από 4%. Το ποσοστό κατανάλωσης αυξήθηκε επίσης και αποτελεί σημαντικό μέρος της καθημερινής διατροφής όχι μόνο στις παραδοσιακές μεσογειακές χώρες, αλλά και στη βόρεια Ευρώπη. Η κατανάλωση αυξήθηκε τα 4 τελευταία έτη πάνω από 35% στην Ευρώπη και πάνω από 15% στις ΗΠΑ [1, 2].

Ετησίως, τα απόβλητα της επεξεργασίας του ελαιοκάρπου ανέρχονται σε 30 εκατομμύρια  $m^3$  [3, 4] εκ των οποίων το 60% είναι υγρά και το 40% στερεά απόβλητα. Η Ισπανία το 2002 παρήγαγε 4.303.700 τόνους ελαιοκάρπου, ο συνολικός όγκος αποβλήτων ανήλθε σε 3,5 εκατομμύρια τόνους (~80% της παραγωγής), από τους οποίους 2,1 εκατομμύρια τόνοι ήταν υγρά απόβλητα και 1,4 εκατομμύρια στερεά απόβλητα.

**Εικ. 1:** Κοινοτικοί ελαιώνες τα έτη 1999/2000 [5].



## Ορολογία που χρησιμοποιείται για τα απόβλητα των ελαιοτριβείων

Η ορολογία που σχετίζεται με τα απόβλητα είναι αποτέλεσμα των διαφορετικών μεθόδων εξαγωγής του ελαιολάδου και δεν είναι τυποποιημένη αλλά εξαρτάται από την κάθε χώρα παραγωγής. Η ορολογία που χρησιμοποιείται στην περιοχή της Μεσογείου παρουσιάζεται στον Πίνακα 1.

**Πίνακας 1:** Ορολογία για τα απόβλητα [6]

Όνομα	Περιγραφή
Alperujo, orujo de dos fases, alperujo (E)	Υγρή ελαιοπυρήνα (προκύπτει από τα 2-φασικά φυγοκεντρικά ελαιοουργικά συγκροτήματα)
Orujo, orujo de tres fases (E)	Στερεό απόβλητο από τα 3-φασικά φυγοκεντρικά ελαιοουργικά συγκροτήματα και τα υδραυλικά πιεστήρια
Πυρήνας (EL)	
Pomace (I)	
Grignons (F)	
Husks (I/TU)	
Orujillo (E)	Πυρηνόξυλο
Alpechín (E)	Υγρά απόβλητα από τα 3-φασικά φυγοκεντρικά ελαιοουργικά συγκροτήματα και τα υδραυλικά πιεστήρια
Απόνερα ή κασίγαρος (EL)	
Jamila (I)	
Alpechín-2 (E)	Υγρά απόβλητα από την επεξεργασία του υγρού ελαιοπυρήνα (δεύτερη φυγοκέντρωση, έλαιο <i>repasso</i> , κλπ.)
Απόνερα ή κασίγαρος (EL)	
Jamila-2 (I)	
Oil Cake/Press Cake	Στερεό υπόλειμμα μετά την πρώτη έκθλιψη του πλήρους ελαιοκάρπου μετά από πίεση ή φυγοκέντρωση
Vegetable water/Fruit water (UK)	Φυτικά υγρά από την πίεση του ελαιοκάρπου

UK- English; E-Spanish; EL- Ελληνικά; I-Italian; TU,-Tunisian; F-French

## Τύποι αποβλήτων: Γενική περιγραφή

Η αύξηση της παραγωγής ελαιοκάρπου συμβαδίζει με την αύξηση του όγκου των αποβλήτων και των υποπροϊόντων, προκαλώντας σημαντική υποβάθμιση του περιβάλλοντος. Οι ποσότητες και η σύνθεση των αποβλήτων ποικίλλουν αρκετά και επηρεάζονται από τους ακόλουθους παράγοντες (Επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, 1992):

- ➔ Το είδος της επεξεργασίας
- ➔ Την ποικιλία των καρπών
- ➔ Το μέγεθος της καλλιεργούμενης έκτασης
- ➔ Τη χρήση φυτοφαρμάκων και λιπασμάτων
- ➔ Το χρόνο συγκομιδής και το στάδιο ωριμότητας
- ➔ Το κλίμα και τις καιρικές συνθήκες

Ένα μεσαίου μεγέθους ελαιοτριβείο έχει δυναμικότητα περίπου 10 – 20 τόνους ελαιοκάρπου/ημέρα και η παραγωγή υγρών αποβλήτων υπολογίζεται σε 0,4 m<sup>3</sup>/τόνο επεξεργασμένου καρπού περίπου. Ο μέσος όρος του όγκου των υγρών αποβλήτων σε ημερησία βάση ανέρχεται μέχρι 8 m<sup>3</sup> [6].

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, τα υγρά απόβλητα είναι το κύριο μέρος των αποβλήτων κατά την επεξεργασία του ελαιοκάρπου [5,7,8,9]. Στις περιοχές επεξεργασίας της επιτραπέζιας ελιάς και του ελαιολάδου, τα απόβλητα που προέρχονται από την βιομηχανία αντιπροσωπεύουν σχεδόν τα ¾ της συνολικής παραγωγής αποβλήτων [10]. Αυτό οφείλεται στις μεγάλες ποσότητες νερού που είναι απαραίτητες στα διάφορα στάδια επεξεργασίας του καρπού, καθώς επίσης και για την πλύση του εξοπλισμού της μονάδας, ο οποίος πλένεται μέχρι 3 φορές ημερησίως. Για ένα μέσης δυναμικότητας ελαιοτριβείο η μέση απαίτηση νερού για την πλύση του εξοπλισμού υπολογίζεται σε 0,07 λίτρα/kg καρπού περίπου. Αυτό σημαίνει ότι για μία ποσότητα 100.000 kg καρπών την ημέρα, η μέση ζήτηση νερού μόνο για το πλύσιμο του εξοπλισμού είναι 7000 λίτρα.



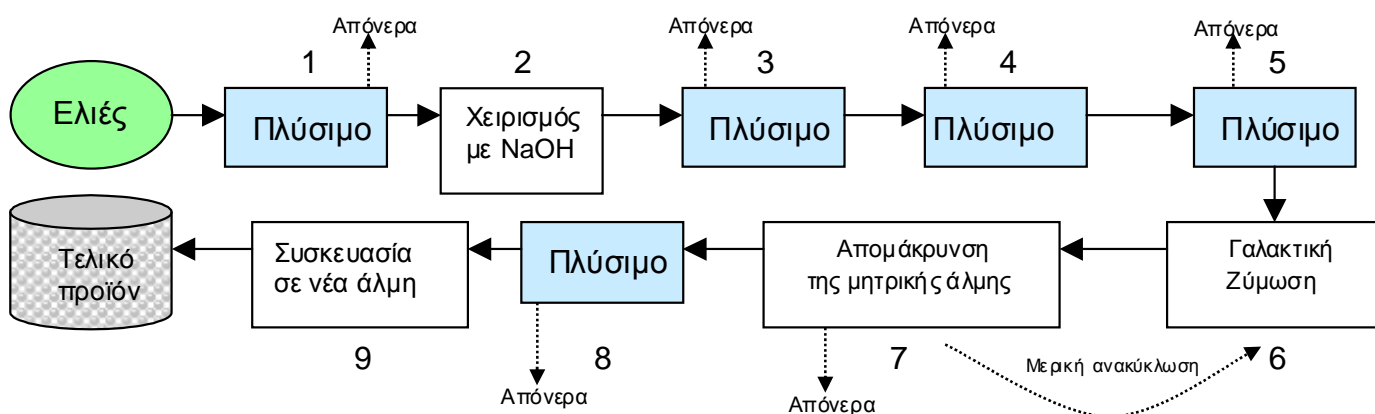
Τα απόβλητα περιέχουν στερεά και υγρά συστατικά. Η αναλογία μεταξύ ελαίου, ύδατος και στερεών συστατικών εξαρτάται κυρίως από την πρώτη ύλη, την τεχνολογία επεξεργασίας και τον τύπο του τελικού προϊόντος. Το στάδιο ωριμότητας επηρεάζει τη σύνθεση του προϊόντος και των αποβλήτων. Ένας καρπός με μέσο βάρος 8,4 g, περιέχει 7 g νερό, 0,57 g έλαιο, 0,47 g υδατάνθρακες, 0,2 g φυτικές ίνες, 0,08 g πρωτεΐνες, 0,083 g ανόργανα άλατα και 0,03 g βιταμίνες. Η περιεκτικότητα σε νερό μειώνεται με την ωρίμανση (από πράσινη σε μαύρη ελιά) μέχρι 2 g ενώ αυξάνεται η περιεκτικότητα του ελαίου [3, 4].

Το νερό του αλεσμένου ελαιοκάρπου περιέχει μέταλλα όπως άζωτο, σίδηρο, κάλιο και επίσης οργανικά συστατικά όπως σάκχαρα, οργανικά οξέα, πηκτίνη και πολυφαινόλες. Όλα αυτά τα συστατικά αυξάνουν το οργανικό φορτίο των αποβλήτων και οι απλές εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού δεν είναι σε θέση να απομακρύνουν τα ρυπογόνα αυτά συστατικά από τα υγρά απόβλητα. Τιμές COD (χημική απαίτηση οξυγόνου, chemical oxygen demand) 80-200 g/L και BOD<sub>5</sub> (βιολογική απαίτηση οξυγόνου, biological oxygen demand) 50-100 g/L δεν είναι σπάνιες σε υγρά απόβλητα από την επεξεργασία του ελαιοκάρπου [14]. Είναι χαρακτηριστικό ότι σε μια μέση μονάδα βιολογικού καθαρισμού αστικών λυμάτων οι τιμές COD και BOD<sub>5</sub> κυμαίνονται μεταξύ 400 και 800 mg/L. Επιπλέον, το κύριο φορτίο των αποβλήτων από την επεξεργασία του ελαιοκάρπου επικεντρώνεται σε μια μικρή χρονική περίοδο κατά τη διάρκεια του έτους (από Νοέμβριο μέχρι Φεβρουάριο).

## Επεξεργασία ελαιοκάρπου και παραγόμενα απόβλητα

### Παραγωγή επιτραπέζιας ελιάς

Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι για την επεξεργασία της επιτραπέζιας ελιάς, κοινό σημείο των οποίων είναι το τελικό στάδιο της διαδικασίας που περιλαμβάνει τη ζύμωση. Η συνηθέστερη μέθοδος για την παραγωγή επιτραπέζιων ελιών (ιδίως πράσινων) είναι η λεγόμενη Ισπανική μέθοδος. Το παρακάτω σχήμα παρουσιάζει διαγραμματικά την παραγωγή αυτού του εμπορικού τύπου:



**Εικόνα 2.** Διάγραμμα ροής επεξεργασίας πράσινου ελαιοκάρπου με την Ισπανική μέθοδο

Από τα συνολικά εννέα στάδια της επεξεργασίας του καρπού, τα πέντε αφορούν πλύσιμο και τη δημιουργία υγρών αποβλήτων. Είναι απαραίτητα τρία πλυσίματα μετά την επεξεργασία με το καυστικό νάτριο (6-10 ώρες), έτσι ώστε να απομακρυνθεί η περίσσεια του αλκάλειου από τη σάρκα του καρπού. Το καυστικό νάτριο υδrolύει την ελευρωπαΐνη, που είναι υπεύθυνη για την πικρή γεύση των καρπών) σε δύο επιμέρους συστατικά την υδροξυτυροσόλη και το γλυκοζίτη του ελενολικού οξέως. Το καυστικό νάτριο ξεπικρίζει τις ελιές και η ζύμωση διασφαλίζει τη διάχυση της υδροξυτυροσόλης και του ελενολικού οξέως από τη σάρκα του καρπού στο υγρό μέσο της ζύμωσης (άλμη) [12,13,14]. Η ζύμωση είναι ανάλογη με εκείνη άλλων λαχανικών (π.χ. αγγούρι) και οφείλεται σε γαλακτικά βακτήρια (*Lactobacillus plantarum* και *Lactobacillus pentosus*). Η συνολική διάρκεια ζύμωσης κυμαίνεται από 100-200 ημέρες [12,13,14,15].

Μια τυπική σύσταση των υγρών αποβλήτων κατά την επεξεργασία της επιτραπέζιας ελιάς παρουσιάζεται στον Πίνακα 2. Εντούτοις, η σύνθεση των χαρακτηριστικών μπορεί να παρουσιάζει διακυμάνσεις ανάλογα με την ποικιλία της ελιάς, τη μέθοδο συγκομιδής, κλπ. Για την επεξεργασία 1 kg επιτραπέζιων ελιών απαιτούνται περίπου 1,2 λίτρα νερού. Η

ετήσια παραγωγή επιτραπέζιας ελιάς στην ΕΕ αντιστοιχεί σε ποσό μεγαλύτερο των 750.000 τόνων υγρών αποβλήτων που πρέπει να επεξεργαστούν πριν διατεθούν σε κάποιον αποδέκτη.

**Πίνακας 2:** Κύρια χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων από τις επιτραπέζιες ελιές [6].

Χαρακτηριστικό	NaOH & Νερό πλύσης	Άλμη
pH	9 -13	4
NaOH [g/L]	1,1-1,5	-
NaCl [g/L]	-	6-10
Ελεύθερη οξύτητα [g γαλακτικού οξέως/L]	-	6-15
Πολυφαινόλες [g tannic acid/L]	4,1-6,3	5-7
COD [g O <sub>2</sub> /L]	23-28	10-20
BOD <sub>5</sub> [g O <sub>2</sub> /L]	15-25	9-15
Διαλυτά οργανικά στερεά [g/L]	30-40	10-20

### Παραγωγή ελαιολάδου

Η παραγωγή ελαιολάδου εντοπίζεται σε τρία σημεία:

- I. *Ελαιοτριβεία*, που επεξεργάζονται ελιές και παράγουν ελαιόλαδο, υγρά και στερεά απόβλητα
- II. *Εγκαταστάσεις εξευγενισμού (ραφινάριες)*, όπου το μη κατάλληλο για ανθρώπινη κατανάλωση ελαιόλαδο υποβάλλεται σε ειδική επεξεργασία
- III. *Πυρηνελαιουργεία*, όπου ο ελαιοπυρήνας υποβάλλεται σε επεξεργασία και εξάγεται το πυρηνέλαιο

Η επεξεργασία του ελαιολάδου μπορεί να διαιρεθεί σε επτά βήματα:

#### 1. Παραλαβή του καρπού

Μετά τη συγκομιδή οι ελιές παραδίδονται στις μεταποιητικές μονάδες για επεξεργασία το ταχύτερο δυνατόν. Η μεταφορά τους γίνεται σε πλαστικά τελάρα (κλούβες) με οπές αερισμού ή πλαστικούς σάκους. Σε περίπτωση που χρειάζεται να αποθηκευθεί ο καρπός θα πρέπει να είναι για μικρό χρονικό διάστημα σε χώρο με καλό αερισμό.

#### 2. Πλύσιμο

Οι ελιές τοποθετούνται αρχικά στη χοάνη παραλαβής ελαιοκάρπου και στη συνέχεια με μεταφορική ταινία οδηγούνται στο αποφυλλωτήριο, όπου απομακρύνονται τα φύλλα και άλλα φερτά υλικά. Ακολουθεί πλύσιμο για την απομάκρυνση ξένων υλών (σκόνη, χώμα, κλπ). Το νερό μπορεί να ανακυκλωθεί μετά από κατακρήμνιση των στερεών συστατικών ή διήθηση. Απαιτούνται περίπου 100 - 120 λίτρα νερού για την πλύση 1000 kg ελαιόκαρπου. Μετά το πλύσιμο ακολουθεί η άλεση του καρπού σε ελαιόμυλο ή σπαστήρα.

#### 3. Σπάσιμο-άλεση ελαιοκάρπου

Στα παραδοσιακά ελαιοτριβεία η άλεση του καρπού γίνεται με κυλινδρικές μολόπετρες. Στις σύγχρονες μονάδες χρησιμοποιούνται μεταλλικοί μύλοι, σφυρόμυλοι και σπαστήρες με οδοντωτούς δίσκους. Εάν οι ελιές που υποβάλλονται σε επεξεργασία είναι παγωμένες ή πολύ ξηρές, προστίθεται μια μικρή ποσότητα νερού (100 - 150 λίτρα ανά 1000 kg καρπού).

#### 4. Μάλαξη

Μετά την άλεση, η ελαιοζύμη αναμειγνύεται στο μαλακτήρα μετά την προσθήκη ζεστού νερού. Η μάλαξη αποτελεί βασικό στάδιο της επεξεργασίας και συντελεί στη συνένωση των μικρών ελαιосταγονιδίων σε μεγαλύτερες σταγόνες λαδιού. Για τη διευκόλυνση της διαδικασίας η ελαιοζύμη θερμαίνεται στους 28-30°C [3]. Στο μαλακτήρα προστίθεται νερό μέχρι και 100% της ποσότητας της ελαιοζύμης, πριν την εξαγωγή του ελαιολάδου σε διφασικό ή τριφασικό φυγοκεντρικό σύστημα.

## 5. Παραλαβή του ελαιολάδου

Η **παραδοσιακή μέθοδος της πίεσης** και η διαδικασία των τριών φάσεων παράγουν το παρθένο ελαιόλαδο και δύο τύπους αποβλήτων: τα υγρά απόβλητα (κασιόγαρος) και τα στερεά απόβλητα (ελαιοπυρήνας). Η παραδοσιακή μέθοδος είναι μια ασυνεχής διαδικασία (batch type process) που διαφοροποιείται σε δύο φάσεις με τη πίεση των αλεσμένων καρπών. Η υγρή φάση (μίγμα νερού/λαδιού) διαχωρίζεται αργότερα προκειμένου να ληφθεί το ελαιόλαδο. Υπολογίζεται ότι από 1.000 kg καρπού παράγονται περίπου 350 kg ελαιοπυρήνα (περιεκτικότητα σε υγρασία ~25%) και περίπου 450 kg υγρά απόβλητα (απόνερα). Εντούτοις, αν και είναι πιο οικολογική, η τεχνική αυτή είναι ασυνεχής, γεγονός που αποτελεί μειονέκτημα για τη σύγχρονη βιομηχανία.

Η **3-φασική διαδικασία** είναι μια συνεχής διαδικασία (continuous process) που έχει αντικαταστήσει την παραδοσιακή μέθοδο. Οι αλεσμένες ελιές τοποθετούνται σε ένα 3-φασικό φυγοκεντρικό διαχωριστήρα (decanter), όπου τα διαφορετικά μέρη (ελαιόλαδο, απόνερα, ελαιοπυρήνας) διαχωρίζονται με την επίδραση της φυγοκέντρου δύναμews. Το κύριο μειονέκτημα της μεθόδου είναι οι μεγάλες ποσότητες ύδατος που απαιτούνται και συνεπώς η παραγωγή σημαντικού όγκου υγρών αποβλήτων που προκαλούν ρύπανση. Υπολογίζεται ότι από 1000 kg καρπό, παράγονται 500 kg ελαιοπυρήνα (περιεκτικότητα σε υγρασία ~50%) και 1200 kg υγρά απόβλητα.

Πριν μερικά χρόνια ένα νέο συνεχές σύστημα εμφανίστηκε στην αγορά, το **2-φασικό σύστημα** (επίσης ονομαζόμενο και "οικολογικό σύστημα"). Σε αυτήν τη διαδικασία δεν προστίθεται επιπλέον νερό στην ελαιοζύμη. Τα τελικά προϊόντα της επεξεργασίας είναι το ελαιόλαδο και η ελαιοπυρήνα στην οποία έχουν ενσωματωθεί τα απόνερα (υγρή ελαιοπυρήνα). Κατά την επεξεργασία 1000 Kg καρπού παράγονται 800 περίπου kg αποβλήτων. Κύριο μειονέκτημα της μεθόδου είναι η δύσκολη διαχείρισή τους λόγω του υψηλού ποσοστού υγρασίας.

## 6. Καθαρισμός του ελαιολάδου

Τα στερεά σωματίδια (τεμαχίδια σάρκας, φλοιού, θρύμματα πυρηνόξυλου, κλπ) που βρίσκονται διαλυμένα στην υγρή φάση, το βάρος των οποίων υπολογίζεται σε ποσοστό 0,5-1% επί του συνολικού βάρους της υγρής φάσης, απομακρύνονται με τη χρήση παλινδρομικά κινούμενων κόσκινων (κόσκινα απολάσπωσης). Ακολουθεί ο τελικός διαχωρισμός του ελαιολάδου από τα φυτικά υγρά με τη χρήση φυγοκεντρικών ελαιοδιαχωριστήρων.

Όπως ήδη αναφέρθηκε, εφαρμόζονται τρεις διαφορετικές επεξεργασίες για την παραλαβή του ελαιολάδου: η παραδοσιακή, η 3-φασική και η 2-φασική. Οι διάφορες επεξεργασίες διαφέρουν σημαντικά στον όγκο και τη σύνθεση των αποβλήτων που παράγουν. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι διαφορές μεταξύ των τριών διαδικασιών:

**Πίνακας 3:** Σύγκριση ορισμένων χαρακτηριστικών αποβλήτων από τις διάφορες επεξεργασίες παραγωγής ελαιολάδου

	Παραδοσιακή	3 Φάσεων	2 Φάσεων
<b>Στερεό υπόλειμμα [kg/τόνο καρπού]</b>	330	500	800
<b>Υγρά απόβλητα [L/τόνο καρπού]</b>	600	1200	250
<b>Φυτικό νερό των υγρών αποβλήτων [%]</b>	94	90	99
<b>BOD<sub>5</sub> υγρών αποβλήτων [g/L]</b>	100	80	10
<b>Πολυφαινόλες στα υγρά απόβλητα [mg/L]</b>	203	164	200
<b>Δείκτης Πικρότητας</b>	1,4	0,5	-

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει ότι το 2-φασικό σύστημα δημιουργεί μεγαλύτερο όγκο στερεού υπολείμματος, παράγει όμως μικρότερα ποσά υγρών αποβλήτων και χαμηλότερες τιμές BOD<sub>5</sub>. Είναι επίσης χαρακτηριστικό ότι η περιεκτικότητα του ελαιολάδου σε πολυφαινόλες είναι μικρότερη στο τριφασικό σύστημα λόγω των υψηλών ποσών προστιθέμενου νερού [7]. Τέλος, το ελαιόλαδο που προκύπτει από τη διφασική επεξεργασία είναι υψηλής ποιότητας και σταθερό στην οξείδωση [16, 17].

Γενικά, η ευρωπαϊκή βιομηχανία ελαιολάδου καταναλώνει πάνω από 8.000.000 τόνους νερού, ενώ παράγονται περισσότεροι από 4.600.000 τόνοι υγρών αποβλήτων και 6.800.000 τόνοι στερεών αποβλήτων (πυρήνα). Ο

ακόλουθος πίνακας παρουσιάζει τις διαφορές στην απόδοση των διαφόρων επεξεργασιών σε σύγκριση με την απαίτηση ύδατος και την παραγωγή αποβλήτων [1, 3, 4].

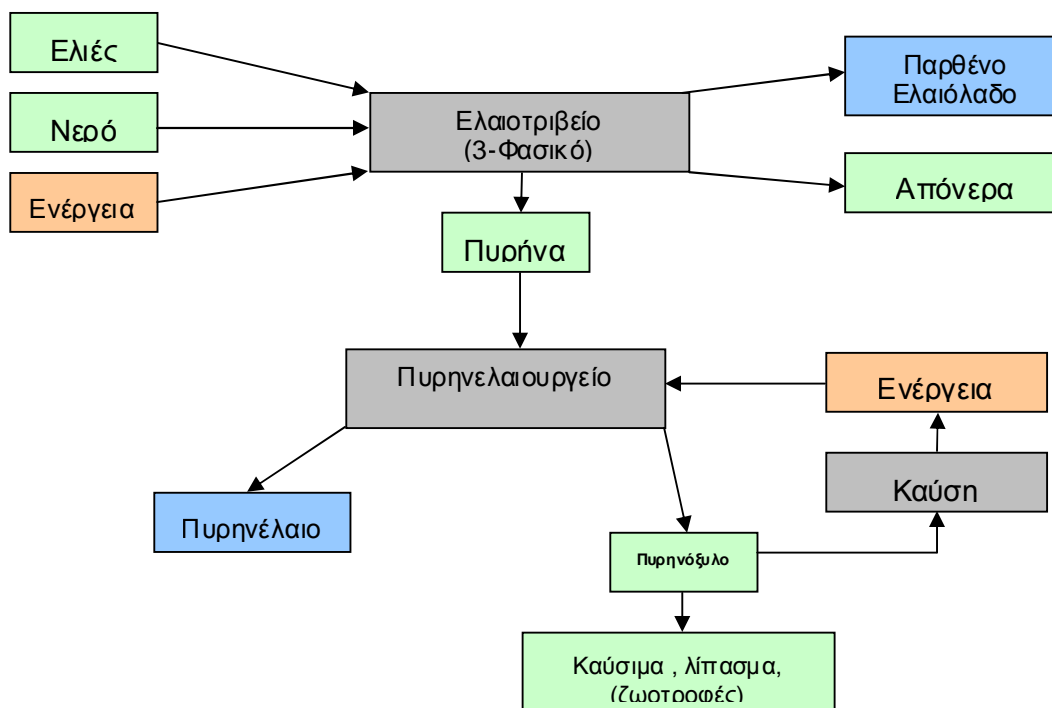
**Πίνακας 4:** Αποδοτικότητα επεξεργασίας – κατανάλωση νερού – παραγόμενα απόβλητα [18]

	E	I	EL	P
<b>Ποσότητα ελαιολάδου (kg/kg καρπού)</b>				
Παραδοσιακό σύστημα (πίεση)	n.d.	0,20	0,21	0,22
3-φασικό σύστημα	n.d.	0,13	0,21	0,2
2-φασικό σύστημα	0,194	0,19	0,20	0,2
Εξαγωγή πυρήνα	n.d.	0,02	n.d.	n.d.
<b>Ποσότητα νερού (L/kg καρπού)</b>				
Παραδοσιακό σύστημα (πίεση)	n.d.	0,1-0,2	0-0,5	0,47
3-φασικό σύστημα	n.d.	0,6-0,7	n.d.	0,85
2-φασικό σύστημα	0,1	n.d.	n.d.	0,14
<b>Στερεά απόβλητα (kg/kg καρπού)</b>				
Παραδοσιακό σύστημα (πίεση)	n.d.	0,3-0,35	0,35-0,46	0,43
3-φασικό σύστημα	n.d.	0,55-0,6	0,32-0,35	0,53
2-φασικό σύστημα	0,775	0,70-0,8	0,8	0,79
<b>Υγρά απόβλητα (L/kg καρπού)</b>				
Παραδοσιακό σύστημα (πίεση)	n.d.	0,4-0,45	0,92 (0,75-0,85)	0,85
3-φασικό σύστημα	n.d.	0,70-0,8	1,67 (3,0-3,5)	1,15
2-φασικό σύστημα	n.d.	n.d.	n.d.	0,18

E- Ισπανία, I- Ιταλία, EL- Ελλάδα, P- Πορτογαλία; n.d.- δεν υπάρχουν δεδομένα

### Ανασκόπηση της διαχείρισης αποβλήτων ελαιοτριβείων

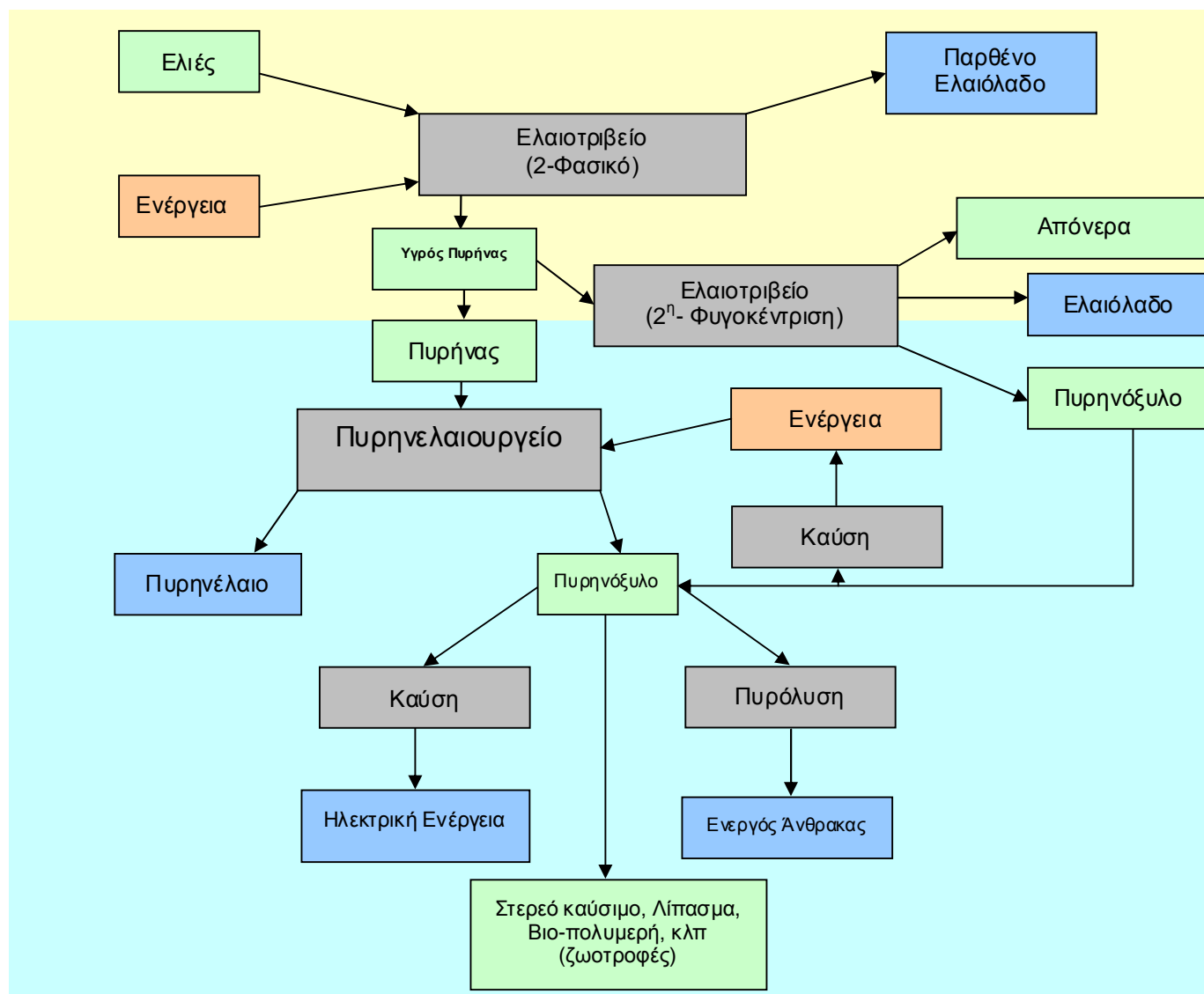
Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τη διαχείριση των αποβλήτων διαφέρουν ανάλογα με τη χώρα και την περιοχή. Για παράδειγμα, στην Ελλάδα και στην Ιταλία χρησιμοποιείται ευρύτατα το τριφασικό σύστημα. Τα απόβλητα χρειάζονται ξεχωριστή επεξεργασία για την υγρή φάση (απόνερα) και τη στερεή φάση (πυρήνας), σε ειδικές εγκαταστάσεις όπου χρησιμοποιούνται οργανικοί διαλύτες (εξάνιο) για την εξαγωγή του πυρηνελαίου. Μέρος του πυρήνα μετά την εξαγωγή του ελαίου (πυρηνόξυλο), χρησιμοποιείται ως καύσιμη ύλη κατά τη ξήρανση του υγρού ελαιοπυρήνα. Το πυρηνόξυλο πωλείται ως στερεό καύσιμο για κεραμικούς φούρνους, τσιμεντένους κλιβάνους, οικιακή θέρμανση, κλπ, ως πρώτη ύλη για λίπανση και ως πρόσθετη ουσία για ζωοτροφές.



#### Επεξηγήσεις:

Επεξεργασία	Τελικό προϊόν	Πρώτη ή ενδιάμεση ύλη
Ελαιοτριβείο (3-Φασικό)	Παρθένο Ελαιόλαδο	Απόνερα
Πυρηνελαιουργείο	Πυρηνέλαιο	Πυρηνόξυλο
Καύση	Καύσιμα, λίπασμα, (ζωοτροφές)	

**Σχήμα 3:** Επεξεργασία του ελαιοπυρήνα με τη 3-φασική φυγοκεντρική μέθοδο [6]



#### Επεξηγήσεις:

Επεξεργασία	Τελικό προϊόν	Πρώτη ή ενδιάμεση ύλη
Ελαιοτριβείο (2-Φασικό)	Παρθένο Ελαιόλαδο	Υγρός Πυρήνας
Ελαιοτριβείο (2η - Φυγοκέντρωση)	Απόνερα, Ελαιόλαδο	Πυρηνόξυλο
Πυρηνελαιουργείο	Πυρηνέλαιο	Πυρηνόξυλο
Καύση	Ενέργεια, Ηλεκτρική Ενέργεια	Πυρηνόξυλο
Πυρόλυση	Ενεργός Άνθρακας	Πυρηνόξυλο
	Στερεό καύσιμο, Λίπασμα, Βιο-πολυμερή, κλπ (ζωοτροφές)	Πυρηνόξυλο

**Σχήμα 4:** Επεξεργασία του ελαιοπυρήνα με τη 2-φασική φυγοκεντρική μέθοδο [6]

Στην Ισπανία και ειδικότερα στις νότιες περιοχές, όπου η παραγωγή προέρχεται σχεδόν αποκλειστικά από μεσαίου και μεγάλου μεγέθους συνεταιρισμούς, η δίφασική μέθοδος εξαγωγής του ελαιολάδου χρησιμοποιείται σε ποσοστό 95%. Το κύριο απόβλητο που παράγεται από τη διαδικασία αυτή είναι η υγρή ελαιοπυρήνα (alperujo στα Ισπανικά). Μια δεύτερη φυγοκέντρωση της υγρής ελαιοπυρήνας παράγει το λάδι δεύτερης φυγοκέντρωσης (gerasso) καθώς επίσης και υγρά απόβλητα, ο όγκος των οποίων είναι μικρότερος από τα υγρά απόβλητα του τριφασικού συστήματος. Η υγρή ελαιοπυρήνα μετά την μείωση της υγρασίας μπορεί με ειδική επεξεργασία με οργανικούς διαλύτες να δώσει το πυρηνέλαιο. Τέλος το πυρηνόξυλο, που απομένει μετά την απομάκρυνση του λαδιού από τον πυρήνα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν καύσιμη ύλη, καθώς και για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με εγκαταστάσεις μικρού μεγέθους (15 MWatt). Μια νέα εφαρμογή είναι η παραγωγή ενεργού άνθρακα [6,3].

Το διφασικό σύστημα παράγει 60% περισσότερο υγρή ελαιοπυρήνα σε σχέση με τη συνηθισμένη ελαιοπυρήνα που παράγεται από το τριφασικό σύστημα. Το πρόβλημα είναι ιδιαίτερα σημαντικό στις μεγάλες μεταποιητικές μονάδες, που σε περίοδο αιχμής παράγουν μεγάλες ποσότητες υγρής ελαιοπυρήνας που δύσκολα επεξεργάζονται. Υπάρχουν επίσης περαιτέρω προβλήματα σχετικά με τη μεταφορά του υγρού αυτού αποβλήτου και της σχετικής δαπάνης μεταφοράς.

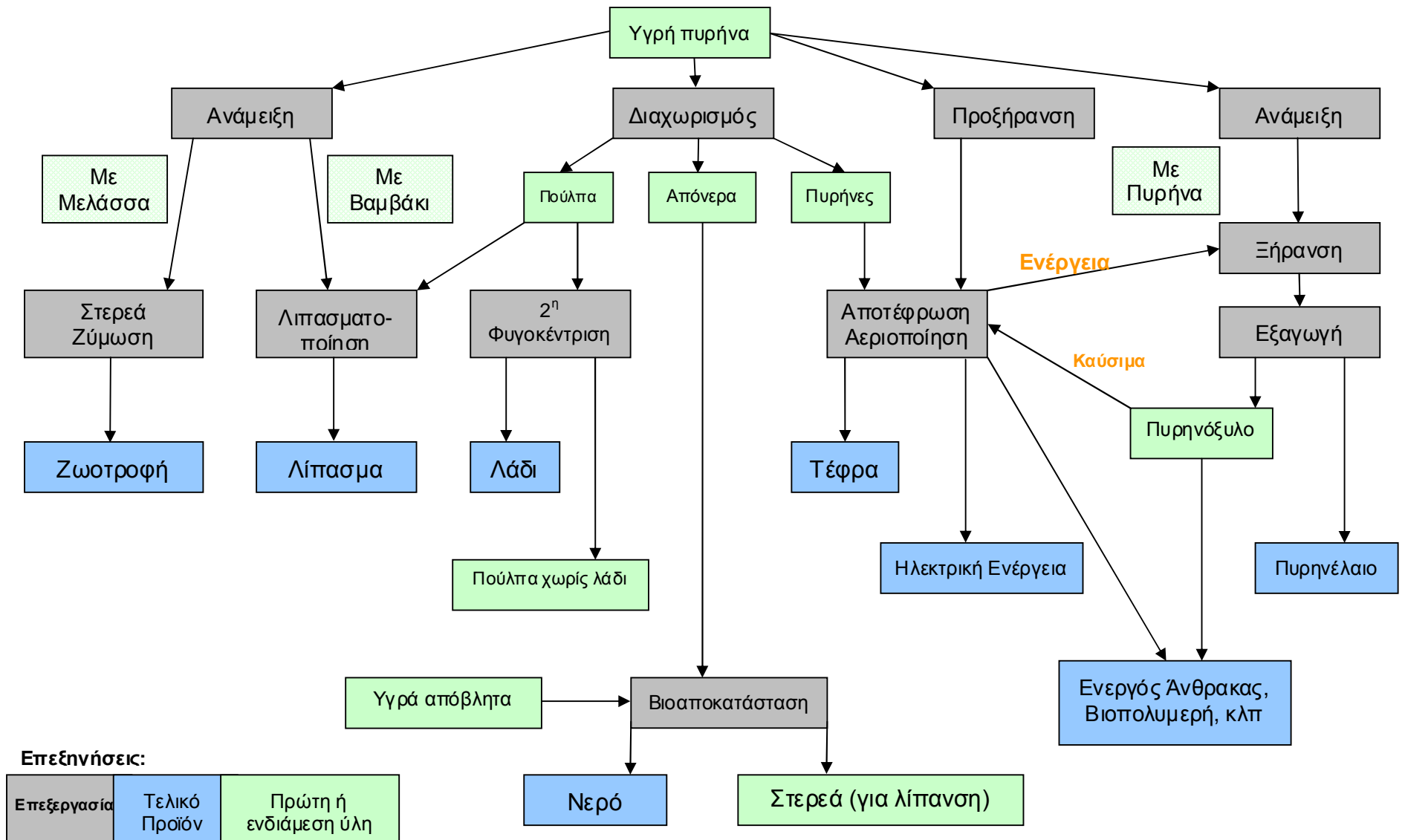
Από διάφορες μελέτες που έχουν γίνει, είναι γνωστό ότι μια μέση δυναμικότητα επεξεργασίας της υγρής ελαιοπυρήνας, σε βιομηχανική κλίμακα που εφαρμόζει εναλλακτικές επεξεργασίες, είναι περίπου 15 τόνοι/ώρα. Αντιστοιχεί σε ένα αρκετά μεγάλο ποσό αποβλήτων, κατάλληλο για εναλλακτικές εφαρμογές όπως η λίπανση, η ελεγχόμενη καύση, η αεριοποίηση και η παραγωγή ζωοτροφών.

Η ανάμιξη της υγρής ελαιοπυρήνας από τα διφασικά συστήματα με άλλα απόβλητα, όπως μελάσες και υπο-προϊόντα επεξεργασίας βάμβακος, θα βελτίωνε την παραγωγή ζωοτροφών με υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη, καθώς επίσης και την παραγωγή υψηλής ποιότητας οργανικού λιπάσματος. Παράλληλα, ολοκλήρωση των μεθόδων θερμικής επεξεργασίας θα βελτιστοποιήσει τις δαπάνες και τις περιβαλλοντικές επιδράσεις, πχ καύση των πυρήνων για ξήρανση, μερική ξήρανση της ελαιοπυρήνας, αεριοποίηση για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Με βάση την υπάρχουσα έρευνα και τις διαθέσιμες τεχνικές, μία ολοκληρωμένη επεξεργασία της υγρής ελαιοπυρήνας που προκύπτει από το διφασικό σύστημα περιγράφεται στο παρακάτω σχήμα:



## Διαχείριση Αποβλήτων



**Σχήμα 1:** Ολοκληρωμένη διαχείριση υγρού ελαιοπυρήνα από διφασικό φυγοκεντρικό ελαιουργικό συγκρότημα [6]

### Ανασκόπηση των κυριότερων εφαρμοσμένων μεθόδων και τεχνολογιών επεξεργασίας

Τα παρακάτω στοιχεία προέρχονται από το πρόγραμμα INASOOP και αποτελούν μια έκθεση σχετικά με τις τεχνικές και τις τεχνολογίες παραγωγής ελαιολάδου και επιτραπέζιων ελιών στις παραγωγές χώρες της ΕΕ. Τα δεδομένα προέρχονται από μια πρόσφατη έρευνα με ερωτηματολόγια στην Ελλάδα, Ιταλία και Ισπανία. Συγκεκριμένα, ο σκοπός των ερωτηματολογίων ήταν να εξακριβωθεί ο αριθμός των ελαιοτριβείων, τα συστήματα ελαιοποίησης που εφαρμόζονται, καθώς επίσης και οι μέθοδοι επεξεργασίας επιτραπέζιων ελιών.

Οι ακόλουθοι πίνακες αντιπροσωπεύουν και συνοψίζουν τα αποτελέσματα των ερευνών για τις τεχνολογίες και τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται αυτήν την περίοδο στην Ελλάδα, την Ισπανία και την Ιταλία, για την επεξεργασία των αποβλήτων που παράγονται κατά την επεξεργασία της επιτραπέζιας ελιάς και την εξαγωγή του ελαιολάδου. [19]

**Πίνακας 3:** Τεχνολογίες για την επεξεργασία, διάθεση και εκμετάλλευση των διαλυμάτων της άλμης και του NaOH. [19]

Τεχνολογία	Χώρες		
	ΕΛΛΑΔΑ	ΙΤΑΛΙΑ	ΙΣΠΑΝΙΑ
Απευθείας διάθεση στη θάλασσα, στα ποτάμια, κλπ.	Τα υγρά απόβλητα της βιομηχανίας βρώσιμης ελιάς διατίθενται με τον τρόπο αυτό.	---	---
Επεξεργασία σε κατάλληλες εγκαταστάσεις.	---	Το 80% των υγρών αποβλήτων της βιομηχανίας βρώσιμης ελιάς επεξεργάζεται με τον τρόπο αυτό.	---
Εξάτμιση του ύδατος.	---	---	Μέρος των υγρών αποβλήτων της βιομηχανίας βρώσιμης ελιάς υποβάλλεται σε εξάτμιση του ύδατος μέχρι να ληφθεί ένα στερεό υπόλειμμα, ενώ ο ατμός συμπυκνώνεται και επαναχρησιμοποιείται.
Επαναχρησιμοποίηση του διαλύματος NaOH	---	Γίνεται σε μικρή κλίμακα.	Ένα μεγάλο μέρος του NaOH επαναχρησιμοποιείται σε διαδοχικές επεξεργασίες.

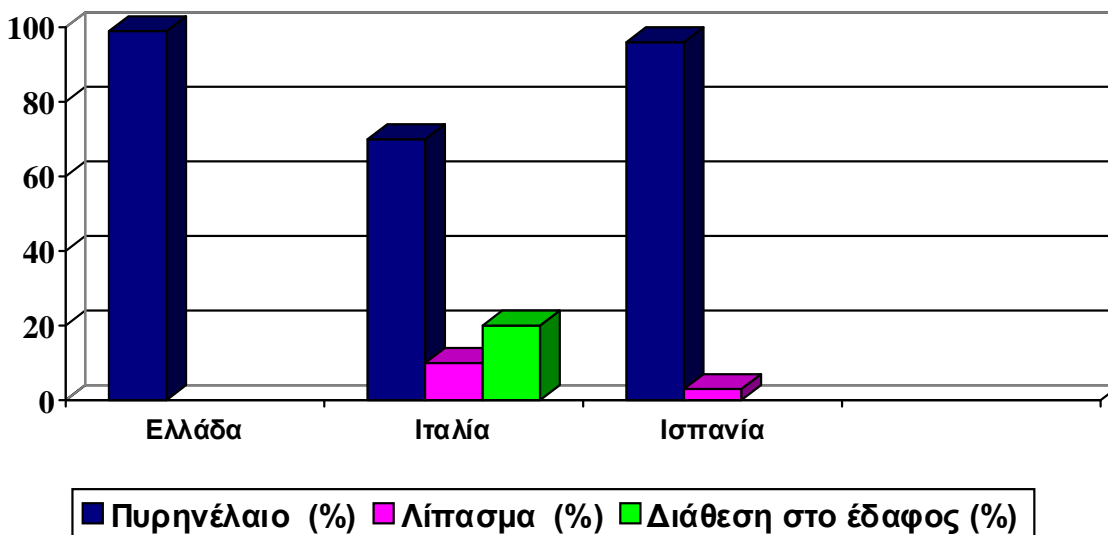
**Πίνακας 4:** Τεχνολογίες για τη διαχείριση των αποβλήτων των ελαιοτριβείων [19]

Τεχνολογία	Χώρες		
	ΕΛΛΑΔΑ	ΙΤΑΛΙΑ	ΙΣΠΑΝΙΑ
Δεξαμενές εξάτμισης	Το 98% των αποβλήτων επεξεργάζεται με τον τρόπο αυτό	---	Μια σημαντική ποσότητα αποβλήτων επεξεργάζεται με τον τρόπο αυτό
Διάθεση στο έδαφος	Ποσοστό 1-2%	Περίπου 95%	Ένα μικρό ποσοστό των αποβλήτων επεξεργάζεται κατ' αυτόν τον τρόπο.
Υπερ-διήθηση και αντίστροφη όσμωση	---	---	Ένα μικρό μέρος των αποβλήτων διαχειρίζεται με τη μέθοδο αυτή
Χημικός καθαρισμός	---	---	Η ποσότητα των αποβλήτων που επεξεργάζονται με τη μέθοδο αυτή έτσι δεν είναι διαθέσιμη.

**Πίνακας 5:** Τεχνολογίες που εφαρμόζονται οριακά για τη διαχείριση των αποβλήτων ελαιοτριβείων [19]

Τεχνολογία	Χώρες		
	ΕΛΛΑΔΑ	ΙΤΑΛΙΑ	ΙΣΠΑΝΙΑ
Διάθεση στο έδαφος	Ποσοστό 1-2%	---	---
Λιπασματοποίηση	Ποσοστό 1-2%	Ποσοστό 1-2%	---
Κροκίδωση με χρήση ηλεκτρισμού	---	---	Σκοπός είναι η κροκίδωση του οργανικού περιεχομένου των αποβλήτων με τη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας.
Αποτέφρωση	---	---	Καύση της οργανικής ουσίας μετά την εξάτμιση του ύδατος
Απολίπωση	---	---	Σκοπός είναι η απομάκρυνση της λιπαρής φάσης και η περαιτέρω εξάτμιση της υγρής φάσης.

## Διαχείριση Αποβλήτων



**Σχήμα 2:** Ποσοστό χρήσης του ελαιοπυρήνα σε κάθε χώρα [19]

**Πίνακας 6:** Τεχνολογίες διαχείρισης του ελαιοπυρήνα [19]

Τεχνολογία	Χώρες		
	ΕΛΛΑΔΑ	ΙΤΑΛΙΑ	ΙΣΠΑΝΙΑ
Εξαγωγή πυρηνελαίου	Το 99% του πυρήνα χρησιμοποιείται για την εξαγωγή ελαίου. Το κόστος επεξεργασίας ανέρχεται σε 100 €/t πυρήνα περίπου.	Το 60-70% του πυρήνα χρησιμοποιείται για την εξαγωγή ελαίου. Το κόστος μεταφοράς είναι 5 €/t πυρήνα περίπου.	Το 96% του πυρήνα χρησιμοποιείται για εξαγωγή ελαίου. Το κόστος δεν είναι διαθέσιμο.
Λιπασματοποίηση	---	Περίπου 10% του πυρήνα χρησιμοποιείται ως λίπασμα. Το κόστος της μεταφοράς είναι περίπου 5 €/t πυρήνα.	Περίπου 3% του πυρήνα χρησιμοποιείται για λίπασμα. Το κόστος είναι σχεδόν μηδενικό.
Διάθεση στο έδαφος	---	Περίπου 20-30% του πυρήνα χρησιμοποιείται ως λίπασμα και διατίθεται απευθείας στο καλλιεργούμενο έδαφος.	---

**Πίνακας 7:** Τεχνολογίες που εφαρμόζονται οριακά στην επεξεργασία του ελαιοπυρήνα [19]

Τεχνολογία	Χώρες		
	ΕΛΛΑΔΑ	ΙΤΑΛΙΑ	ΙΣΠΑΝΙΑ
Λιπασματοποίηση	Ποσοστό 1% του παραγόμενου πυρήνα	Ποσοστό 10% του παραγόμενου πυρήνα	Ποσοστό 3% του παραγόμενου πυρήνα
Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με καύση του πυρήνα	---	---	Γίνεται προσπάθεια για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με καύση αποξηραμένου πυρήνα
Χρήση του πυρήνα ως καύσιμη ύλη	---	Ποσοστό 10% του πυρήνα από τα τριφασικά συστήματα χρησιμοποιείται ως καύσιμη ύλη	Σε πειραματικό στάδιο βρίσκεται η μετατροπή του πυρήνα σε λεπτό άνθρακα
Λάδι 2 <sup>ης</sup> φυγοκέντρισης (repasso)	---	---	Μερικά ελαιοτριβεία καθώς και βιομηχανίες πυρηνελαίου εξαγωγή ελαιόλαδο με φυγοκέντρωση
Χρήση για ζωοτροφή	---	---	Μετά την απομάκρυνση των θραυσμάτων του πυρήνα

## Διαχείριση Αποβλήτων

Από τα απόβλητα που δημιουργούνται κατά την επεξεργασία των επιτραπέζιων ελιών και του ελαιολάδου, οι φαινολικές και οργανικές ουσίες, που είναι υπεύθυνες για τις υψηλές τιμές BOD<sub>5</sub> και COD, θεωρούνται οι πιο προβληματικές κατά την επεξεργασία (Annesini, 1983).

Το γεγονός αυτό σχετίζεται με τη χαμηλή συγκέντρωση αζώτου και την υψηλή συγκέντρωση αργά διασπώμενων ενώσεων (πχ τανίνες). Τα υγρά απόβλητα των ελαιοτριβείων (OMW) έχουν υψηλό οργανικό περιεχόμενο και θα υπέθετε κανείς ότι είναι πλήρως βιο-διασπώμενα, όμως μερικά συστατικά όπως οι πολυφαινόλες και τα λιπίδια αποσυντίθενται με βραδύτερο ρυθμό από άλλους τύπους αποβλήτων, π.χ. από την επεξεργασία ζάχαρης. Η αποδοτική επεξεργασία των υγρών αποβλήτων απαιτεί γρήγορη και πλήρη βιοδιάσπαση των ρύπων με οικονομική λειτουργία των μονάδων επεξεργασίας.

Η μεγάλη ποικιλομορφία των συστατικών απαιτεί διαφορετικές τεχνολογίες και μεθόδους για την εξάλειψη ή την ελαχιστοποίηση των δυσμενών επιδράσεων στο περιβάλλον. Μερικές μέθοδοι για την επεξεργασία των υγρών και στερεών αποβλήτων από την παραγωγή ελαιολάδου παρουσιάζονται παρακάτω. Αρχικά, οι μέθοδοι αυτοί στοχεύουν στη μείωση του οργανικού περιεχομένου και του όγκου των αποβλήτων. Στη πράξη, συνδυάζονται συχνά μεταξύ τους, δεδομένου ότι τα αποτελέσματά τους παρουσιάζουν διαφορές.

Η αερόβια επεξεργασία των υγρών αποβλήτων είναι αποτελεσματική μόνο εάν το οργανικό περιεχόμενο είναι σχετικά χαμηλό (πχ ο λόγος BOD/COD < 1 g/L) [26], ενώ η αναερόβια επεξεργασία είναι αποδοτική σε περίπτωση υψηλού οργανικού φορτίου (λόγος BOD/COD > 1 g/L). Επομένως η υψηλή συγκέντρωση οργανικών και ανόργανων συστατικών καθιστά ακατάλληλη την άμεση επεξεργασία με την χρήση αερόβιων και αναερόβιων μεθόδων. Συχνά είναι απαραίτητο να εφαρμοστεί συνδυασμός διαφορετικών διαδικασιών για αποτελεσματική επεξεργασία.

## Διαχείριση υγρών αποβλήτων

Όπως ήδη αναφέρθηκε, τα υγρά απόβλητα των ελαιοτριβείων αποτελούν ένα από τα σημαντικότερα περιβαλλοντικά προβλήματα της Μεσογείου. Τα υγρά απόβλητα που παράγονται κατά την επεξεργασία της επιτραπέζιας ελιάς και του ελαιολάδου χαρακτηρίζονται από υψηλό οργανικό και ανόργανο φορτίο, που καθιστά δύσκολη την επεξεργασία τους. Η ρυπαντική ικανότητα των υγρών αποβλήτων από την επεξεργασία της ελιάς είναι εκατό φορές μεγαλύτερη από τα στερεά απόβλητα. Ο απλούστερος τρόπος διάθεσης (που εφαρμόζεται σήμερα στην Ιταλία) είναι η εφαρμογή τους στο έδαφος, γεγονός που δημιουργεί προβλήματα λόγω της τοξικής επίδρασης των πολυφαινολών και της ρύπανσης του

υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα. Μόνο το νερό από το πλύσιμο του ελαιόκαρπου μετά την παράδοσή του στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για άρδευση, επειδή έχει χαμηλό οργανικό φορτίο. [28]

Μέχρι τώρα δεν υπάρχει καμία τεχνολογικά και οικονομικά βιώσιμη λύση. Γενικά η επεξεργασία των υγρών αποβλήτων μπορεί να διακριθεί σε τρία μέρη ανάλογα με το είδος της επεξεργασίας:

**Πίνακας 8:** Κύριες τεχνολογίες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων ελαιουργείων. [29]

<b>Μηχανική επεξεργασία</b>	Καθίζηση, μηχανικός διαχωρισμός, επίπλευση, εσχαρισμός
<b>Βιολογική επεξεργασία</b>	Διάθεση στο έδαφος, εξάτμιση σε ανοικτές δεξαμενές, επεξεργασία ενεργού ιλύος, αναερόβια επεξεργασία
<b>Φυσικοχημική επεξεργασία</b>	Κατακρήμνιση, κροκίδωση, επίπλευση, οξείδωση/αναγωγή, προσρόφηση, αποτέφρωση, εξάτμιση, διαχωρισμός με μεμβράνες

Η μηχανική και φυσική επεξεργασία διαχωρίζει τα υγρά απόβλητα σε διαλυτά και μη-διαλυτά συστατικά, με αποτέλεσμα τη μείωση του οργανικού περιεχομένου κατά 40-60%. [31]

### Μηχανικοί μέθοδοι επεξεργασίας

#### Διήθηση (Filtration)

Η διήθηση είναι μια από τις παλαιότερες μεθόδους για την απομάκρυνση των στερεών από τα υγρά απόβλητα. Τα στερεά περιλαμβάνουν άργιλο και ιλύ, οργανική ουσία, ιζήματα από άλλες επεξεργασίες, σίδηρο, μαγγάνιο και μικροοργανισμούς. Ο διαχωρισμός γίνεται με τη βοήθεια πορώδους υλικού που συγκρατεί τα στερεά και επιτρέπει τη διέλευση της υγρής φάσης. Τα φίλτρα μπορεί να είναι στρώματα άμμου, αμμοχάλικου ή ενεργού άνθρακα που βοηθούν στην αφαίρεση και των πιο μικρών μορίων. Η διήθηση καθαρίζει το νερό και ενισχύει την αποτελεσματικότητα της απολύμανσης [24].

Μπορεί να εφαρμοστεί μόνη της ή σε συνδυασμό με άλλη τεχνολογία επεξεργασίας. Η διήθηση μπορεί να γίνει είτε φυσικά (με βαρύτητα), είτε βεβιασμένα με εφαρμογή πίεσης στην πλευρά εισόδου ή με εφαρμογή κενού στην πλευρά εξόδου των αποβλήτων. Συνήθως, η διήθηση χρησιμοποιείται για την απομάκρυνση των στερεών υλικών από τα υγρά απόβλητα που μπορεί να εμποδίσουν την περαιτέρω επεξεργασία (πχ φράξιμο σωλήνων). Η διήθηση για την απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών από τα υγρά απόβλητα βασίζεται στις μεθόδους διαχωρισμού μεμβρανών.

#### Επίπλευση (Flotation)

Η επίπλευση είναι μια μηχανική μέθοδος διαχωρισμού των αιωρούμενων στερεών από τα υγρά απόβλητα. Η χρήση ενός αερίου στο σύστημα, όπως αέρα ή αζώτου, διευκολύνει το διαχωρισμό. Η αρχή της μεθόδου είναι απλή. Το αέριο διοχετεύεται υπό πίεση στα απόβλητα σχηματίζοντας λεπτές φυσαλίδες και προσροφάται στην επιφάνεια των στερεών, μειώνοντας το ειδικό βάρος και διευκολύνοντας το διαχωρισμό. Για τη διευκόλυνση της διαδικασίας χρησιμοποιούνται χημικές ουσίες όπως:

- I. Ουσίες που προκαλούν αφρισμό (foaming chemicals). Η δημιουργία αφρού σταθεροποιεί τις φυσαλίδες και τον αφρό στην επιφάνεια της δεξαμενής. Σε διαφορετική περίπτωση, εάν σταματήσει ο σχηματισμός φυσαλίδων και αφρού, τα αιωρούμενα στερεά θα κατακρημνιστούν.
- II. Ουσίες που καθιστούν τα αιωρούμενα στερεά υδρόφοβα. Με τη χρήση των ουσιών αυτών, τα αιωρούμενα στερεά προσκολλώνται ευκολότερα στις φυσαλίδες του αέρα και κινούνται προς την επιφάνεια. Αυτοί οι χημικοί παράγοντες καλούνται επίσης συλλέκτες (collectors).
- III. Μερικοί ρυθμιστικοί παράγοντες όπως ρυθμιστές pH, ουσίες που προκαλούν κροκίδωση, κλπ.

Εφαρμόζονται διάφοροι τύποι επίπλευσης, οι οποίοι διαφέρουν κυρίως στον τρόπο που παράγονται οι φυσαλίδες. Η Επίπλευση με Διαλυμένο Αέρα (Dissolved Air Flotation) είναι η ευρύτερη μέθοδος που εφαρμόζεται λόγω της αποτελεσματικότητας στην απομάκρυνση μεγάλου εύρους στερεών. Μέχρι τώρα η επίπλευση χρησιμοποιούνταν μόνο σε πειραματικό στάδιο για την επεξεργασία των αποβλήτων των ελαιοτριβείων. Η επίπλευση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αφαίρεση της πολύ λεπτής φάσης ελαίου (γαλάκτωμα) στα απόβλητα, αλλά η εφαρμογή παραμένει οριακή λόγω της χαμηλής αναλογίας δαπάνης/όφελος. [27, 28, 22, 29]

Ορισμένα ερευνητικά αποτελέσματα δείχνουν ότι είναι δυνατό να αφαιρεθεί η λιγνίνη και πολυμερή της λιγνίνης από τα υγρά απόβλητα με διήθηση. Τα συστατικά αυτά μπορεί να διασπαστούν στη συνέχεια από κάποιους μύκητες (π.χ. *Actinobacteria*), που χρησιμοποιούν την λιγνίνη ως θρεπτικό υπόστρωμα. [30]

### Καθίζηση (Sedimentation)

Η καθίζηση στηρίζεται στην μεγαλύτερη πυκνότητα των μορίων από αυτή του νερού για την απομάκρυνσή τους από την υδατική φάση. Η διαδικασία μπορεί να είναι φυσική (κατακρήμνιση λόγω βαρύτητας) ή εξαναγκασμένη (σε φυγοκεντρικό διαχωριστή ή κυκλώνα).

Μετά από την αφαίρεση των ογκωδών στερεών, τα υγρά απόβλητα ρέουν στις δεξαμενές πρωτοβάθμιας καθίζησης, όπου η ταχύτητα ροής μειώνεται και τα αιωρούμενα υλικά βυθίζονται στον πυθμένα της δεξαμενής. Σε αυτό το στάδιο απομακρύνεται το 50% περίπου των διαλυμένων στερεών και το 35% του BOD<sub>5</sub>. Επίσης, τα συστατικά που επιπλέουν όπως το έλαιο συλλέγονται από την επιφάνεια των δεξαμενών. Το υλικό που καθιζάνει (πρωτοβάθμια ιλύς) συλλέγεται σε μια χοάνη και οδηγείται για περαιτέρω επεξεργασία. Μερικές φορές χρησιμοποιείται ασβέστης για τον έλεγχο των ανεπιθύμητων οσμών. [31]

### Απολίπωση (Degreasing)

Πριν την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων στο σύστημα βιολογικού καθαρισμού, θα πρέπει πρώτα να απομακρυνθεί η λιπαρή φάση με τη χρήση παγίδας λιπών, δεδομένου ότι εμποδίζουν τη ομαλή λειτουργία των βιολογικών εγκαταστάσεων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων. Παράγοντας αποφασιστικής σημασίας για την επιλογή του κατάλληλου συστήματος απολίπωσης είναι το μέγεθος των ελαιοσταγονιδίων. Όσο μεγαλύτερα είναι τα σταγονίδια, τόσο μεγαλύτερη είναι η τάση τους να σχηματίσουν ένα φίλμ ελαίου στην επιφάνεια του νερού, για την απομάκρυνση του οποίου χρησιμοποιούνται ειδικές συσκευές, οι απολιπωτές (oil skimmer). Οι συσκευές αυτές είναι ιμάντες ή δίσκοι από χάλυβα ή πλαστικό που βυθίζονται συνεχώς στα υγρά απόβλητα. Το έλαιο προσκολλάται στην υδρόφιλη φάση και στη συνέχεια απομακρύνεται από την επιφάνεια.

Στην περίπτωση που τα σταγονίδια του ελαίου είναι πολύ μικρά ή η συγκέντρωση του ελαίου είναι χαμηλή, χρησιμοποιούνται οι φυγοκεντρικοί διαχωριστές ή διαχωριστές βαρύτητας.

## Βιολογικές μέθοδοι επεξεργασίας

### Λίμνες Εξάτμισης (Lagoons)

Οι λίμνες εξάτμισης είναι μία από τις παλαιότερες μεθόδους για την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων. Αποτελεί ικανοποιητική τεχνική για την επεξεργασία υγρών αποβλήτων με μικρό ρυπαντικό φορτίο. Οι βιολογικές μέθοδοι επεξεργασίας βασίζονται στη δράση μικροοργανισμών που αποικοδομούν τα οργανικά συστατικά των αποβλήτων σε απλούστερα, αβλαβή και ενεργειακά σταθερότερα προϊόντα. Το κύριο μειονέκτημα των λιμνών εξάτμισης είναι οι μεγάλες επιφάνειες που απαιτούνται και η μεγάλη περίοδος επεξεργασίας που διαρκεί περισσότερο από 60 ημέρες. [32]

Σήμερα οι λίμνες εξάτμισης χρησιμοποιούνται για "αποθήκευση" και εξάτμιση του ύδατος, ενώ παράλληλα έχουμε και διαχωρισμό των στερεών από την υγρή φάση με καθίζηση. Το μέγιστο ποσοστό εξάτμισης μπορεί να φθάσει σε τιμές 1m<sup>3</sup> ανά 1m<sup>2</sup> κατά τη διάρκεια ενός μήνα. Μετά την εξάτμιση των υγρών αποβλήτων, τα στερεά που απομένουν χρησιμοποιούνται ως λίπασμα. [20]

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 δυσοσμία που αναδύεται από τα υγρά απόβλητα, η οποία είναι αντιληπτή σε μεγάλη απόσταση. Ο ρυθμός εξάτμισης εξαρτάται από το κλίμα και μπορεί να διαρκέσει μερικές εβδομάδες. Στο τέλος της διαδικασίας παραμένει μια ελαιούχος και υγρή λάσπη. [32, 20]

### Μέθοδος Ενεργού Ιλός (Activated Sludge)

Οι πρώτες εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων δημιουργήθηκαν στις αρχές της δεκαετίας του 1930. Κύριος σκοπός τότε ήταν η απομάκρυνση των μη διαλυτών στερεών (π.χ. άμμος, περιττώματα). Τα διαλυμένα συστατικά (οργανικές ενώσεις, άζωτο, και φωσφόρος) απορρίπτονταν στα ποτάμια [33]. Τα αποτελέσματα ήταν τοξικά και δημιούργησαν συνθήκες ευτροφισμού στους υδατικούς αποδέκτες. Η πρώτη βιολογική επεξεργασία υγρών αποβλήτων επικεντρώθηκε στην αποικοδόμηση των οργανικών πηγών άνθρακα.



Σήμερα, η κατάσταση έχει αλλάξει ριζικά και τα πρότυπα ποιότητας στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων είναι πολύ υψηλά. Η μέθοδος εστιάζεται στη βιολογική επεξεργασία των υγρών αποβλήτων, λόγω της χαμηλότερης λειτουργικής δαπάνης και της υψηλότερης αποδοτικότητας σε σύγκριση με τη χημική επεξεργασία [34]. Η μέθοδος της ενεργούς ιλύος είναι η περισσότερο διαδεδομένη βιολογική επεξεργασία υγρών αποβλήτων στον κόσμο [35]. Η βιομάζα αποτελείται από βακτήρια, που είναι υπεύθυνα για τη διαδικασία αποικοδόμησης και πρωτόζωα που τρώνε τα βακτήρια. Η διαδικασία αυτή της βιοκένωσης (biocenosis) καλείται ενεργή υλής.

Η διαδικασία αποικοδόμησης οδηγεί στην παραγωγή υψηλών ποσοτήτων ιλύος, διοξείδιο του άνθρακα και νιτρικά ιόντα ( $\text{NO}_3^-$ ). Η ιλύς ανακυκλώνεται μερικώς στη δεξαμενή αερισμού και το πλεόνασμα θα πρέπει να υποβληθεί σε κάποια επεξεργασία πριν διατεθεί για περαιτέρω χρήση.

Βελτιώσεις στην επεξεργασία των αποβλήτων οδήγησαν στην τροποποίηση της μεθόδου από μια δεξαμενή αερόβιας επεξεργασίας, σε ένα συνδυασμό δεξαμενών που περιλαμβάνουν αερόβιες, ανοξικές (anoxic, δηλ. συνθήκες όπου το διαλυμένο οξυγόνο είναι μεταξύ 0-0,5 ppm) και αναερόβιες συνθήκες, οι οποίες απομακρύνουν ανόργανα στοιχεία όπως το άζωτο και ο φωσφόρος [35].

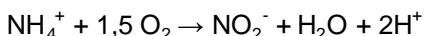
Για να γίνουν κατανοητές αυτές οι διαδικασίες, θα πρέπει να αναφερθούν σύντομα μερικά βασικά στοιχεία.

### Απομάκρυνση Αμμωνιακού Αζώτου

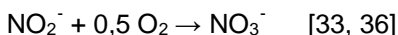
Οι αζωτούχες ενώσεις όπως η αμμωνία, τα νιτρώδη και νιτρικά άλατα προκαλούν το φαινόμενο του ευτροφισμού και είναι επικίνδυνες για την ανθρώπινη υγεία [33, 35]. Η απομάκρυνση του αζώτου από τα υγρά απόβλητα χωρίζεται σε δύο φάσεις: νιτροποίηση (nitrification) και απονιτροποίηση (denitrification). Αυτό οδηγεί στην οξειδωση της οργανικής ουσίας καθώς επίσης και στην αναγωγή των νιτρικών σε νιτρώδη, και τέλος σε οξείδια του αζώτου και αέριο άζωτο [35, 36].

Η νιτροποίηση πραγματοποιείται σε έντονα οξειδωτικές συνθήκες και περιλαμβάνει δύο στάδια:

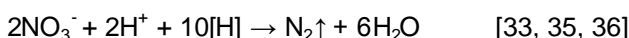
1. Μετατροπή των αμμωνιακών ιόντων σε νιτρώδη με τη δράση νιτροβακτηρίων του γένους Nitrosomonas:



2. Μετατροπή των νιτρώδων ιόντων σε νιτρικά με τη δράση νιτροβακτηρίων του γένους Nitrobacter



Η απονιτροποίηση είναι το δεύτερο στάδιο στην απομάκρυνση του αζώτου από τα υγρά απόβλητα, κατά το οποίο οι μικροοργανισμοί προσλαμβάνουν την απαραίτητη ενέργεια για την αναπαραγωγή τους από την αναγωγή των νιτρικών σε αέριο άζωτο. Για την αναγωγή των νιτρικών σε άζωτο απαιτείται οπωσδήποτε μία πηγή άνθρακα που μπορεί να προέρχεται από τις διαλυτές οργανικές ενώσεις των ακατέργαστων αποβλήτων. Η ακόλουθη σχέση παρουσιάζει αυτήν τη διαδικασία:

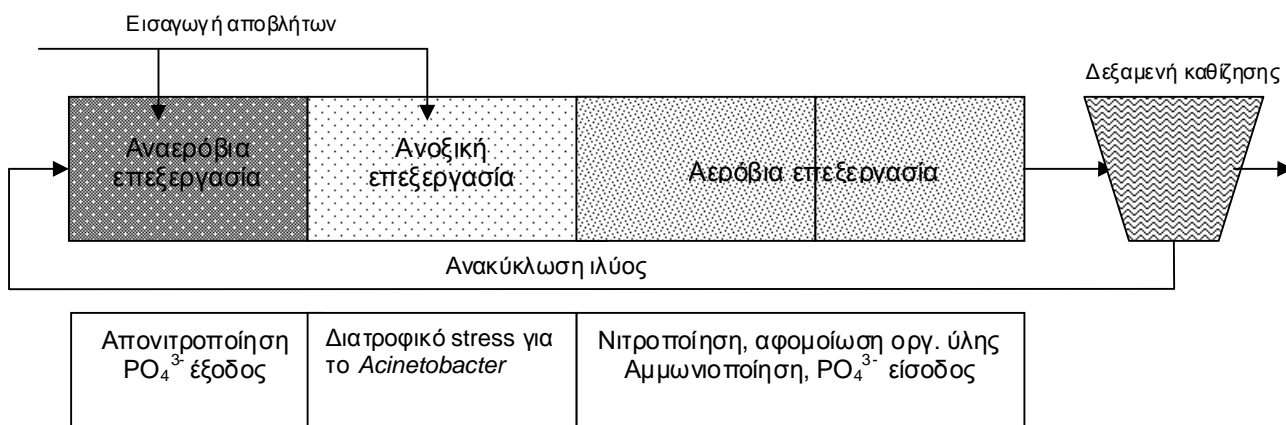


### Απομάκρυνση Φωσφόρου

Ο φωσφόρος είναι σε μεγαλύτερο βαθμό υπεύθυνος για τη δημιουργία συνθηκών ευτροφισμού, συγκριτικά με το άζωτο, προκαλώντας σημαντική αύξηση στην πληθυσμιακή πυκνότητα των αλγών. Το αποτέλεσμα είναι η μείωση του διαλυμένου οξυγόνου στους υδατικούς αποδέκτες και η θανάτωση των υδρόβιων οργανισμών.

Κατά τη βιολογική επεξεργασία των αποβλήτων, ένα μέρος του στοιχείου αυτού ενσωματώνεται στη κυτταρική βιομάζα ως απαραίτητο συστατικό της δομής της, ενώ η περίσσεια μπορεί να απομακρυνθεί είτε με βιολογική διεργασία είτε με χημική καθίζηση. Σήμερα συμβαίνει συχνά να απομακρύνεται ο φωσφόρος από τα υγρά απόβλητα με χημική διεργασία (καθίζηση), χρησιμοποιώντας χημικά πρόσθετα  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  και  $\text{FeCl}_3$ . Ο φωσφόρος καταβυθίζεται είτε ως άλας ασβεστίου ή άλας σιδήρου. Τα ιζήματα παραλαμβάνονται είτε στην πρωτογενή είτε στη δευτερογενή λάσπη. Το μειονέκτημα της μεθόδου είναι το αυξημένο κόστος, λόγω της χημικής επεξεργασίας, ενώ παράλληλα παράγονται υψηλά ποσά κατακρημνισμένης λάσπης, η οποία πρέπει να απορριφθεί. [34]

### Γενική περιγραφή της μεθόδου



**Σχήμα 3:** Διάγραμμα ροής με μερικές σημαντικές λειτουργίες στην επεξεργασία των υγρών αποβλήτων. [33]

Η μέθοδος της ενεργούς υλός περιλαμβάνει τη χρήση διαφορετικών μικροοργανισμών όπως βακτήρια, νηματοειδή βακτήρια, πλεντάζωα ή τριχόποδα (rotifers), πρωτόζωα και φύκη (algae) [37]. Είναι σημαντικό κατά τη διαδικασία της ενεργούς υλός η υπάρχουσα μικροχλωρίδα να σχηματίζει συσσωματώματα, τα οποία καθίζουν εύκολα, δημιουργώντας διαυγή απόβλητα με χαμηλή συγκέντρωση αιωρούμενων στερεών. [37] Για την επιτυχία της μεθόδου είναι επίσης σημαντικό να γνωρίζουμε τους τύπους βακτηρίων και τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους. [38]

Πρόσφατα, βιο-αντιδραστήρες μεμβρανών (MBRs), με εξωτερική ή εσωτερική μονάδα μικρο-διήθησης (microfiltration) και υπερδιήθησης (ultrafiltration) αρχίζουν να αποτελούν ελπιδοφόρα εναλλακτική λύση στα συμβατικά συστήματα της ενεργούς υλός. Τα συστήματα αυτά είναι συμπαγή (αποφεύγοντας τη δεξαμενή καθίζησης), υψηλής απόδοσης (με συγκεντρώσεις λάσπης 2-3 φορές μεγαλύτερες από τα συμβατικά συστήματα) και ικανά για επεξεργασία υγρών αποβλήτων της βιομηχανίας τροφίμων με υψηλό COD.

Αυτή η μέθοδος (ενεργός υλός) χρησιμοποιείται για υγρά απόβλητα με  $BOD < 3000 \text{ mg/L}$  και χρησιμοποιείται ως δεύτερο στάδιο για την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων ελαιουργείων, μόλις δηλαδή μειωθεί το υψηλό  $BOD_5$  ( $20.000-35.000 \text{ mg/L}$ ) που αντιστοιχεί στα απόβλητα αυτά. [39]

Οι μικροοργανισμοί χρησιμοποιούν τους ρύπους στα απόβλητα ως θρεπτικό υπόστρωμα, οξειδώνοντάς τους σε  $CO_2$  και παράλληλα δημιουργούν νέα βιομάζα (ή λάσπη). Η ενεργός υλός αξιοποιείται συνήθως για την αφαίρεση διαλυμένων κολλοειδών ρύπων από τα υγρά απόβλητα που βρίσκονται σε χαμηλή συγκέντρωση. Υψηλές συγκεντρώσεις ρύπων στα υγρά απόβλητα και αργές κινητικές απομάκρυνσης των ρύπων, καθιστούν τη μέθοδο το ακατάλληλο για άμεση επεξεργασία και αποτελεσματική απομάκρυνση των πολυφαινολών και χρωστικών ουσιών (τανίνες).

### Αναερόβια επεξεργασία (Anaerobic treatment)

Η αναερόβια επεξεργασία αποτελεί κατάλληλη μέθοδο για την απομάκρυνση του οργανικού φορτίου από ιδιαίτερα μολυσμένα υγρά απόβλητα. Πραγματοποιείται από βακτήρια που δεν χρειάζονται οξυγόνο για την αποικοδόμηση των οργανικών ενώσεων από τα υγρά απόβλητα. Η αναερόβια επεξεργασία γίνεται όμως με βραδύτερο ρυθμό, επειδή αυτοί οι μικροοργανισμοί έχουν χαμηλότερη μεταβολική δραστηριότητα αποικοδόμησης από ότι οι αερόβιοι, με αποτέλεσμα η αναερόβια επεξεργασία να είναι περισσότερο ευαίσθητη από την αερόβια μέθοδο. Η αναερόβια επεξεργασία των αποβλήτων εφαρμόζεται όλο και περισσότερο επειδή επιτρέπει την ανάκτηση σημαντικής ποσότητας μεθανίου για χρήση ως πηγή ενέργειας. Επιπλέον, κατά την αναερόβια επεξεργασία παράγονται σημαντικά μικρότερες ποσότητες υλός (λάσπης). Τα υγρά απόβλητα των ελαιουργείων είναι κατάλληλα για αναερόβια επεξεργασία, καθώς το ρυπαντικό φορτίο αποτελείται από οργανικές και διαλυτές ενώσεις, όπως σάκχαρα, πηκτίνη, κ.λ.π. Όμως η παραγωγή μεθανίου (methanogenesis) συχνά παρεμποδίζεται στη βιολογική επεξεργασία των υγρών αποβλήτων ελαιολιτριβείων. Οι υψηλές συγκεντρώσεις COD και  $BOD_5$  (πάνω από  $7 \text{ g/L}$ ), η παρουσία πολυφαινολών και λιπαρών οξέων στα υγρά απόβλητα προκαλούν αστάθεια στο μεταβολισμό των μικροοργανισμών και συμβάλλουν στη συσώρευση πηκτικών λιπαρών οξέων. [20]

Εάν το οργανικό και ανόργανο φορτίο των αποβλήτων δεν είναι υψηλό, είναι δυνατόν η επεξεργασία να γίνει σε εγκαταστάσεις αστικών λυμάτων.

Η επεξεργασία με τη μέθοδο της ενεργούς ιλύος έχει μεγάλη ικανότητα αφαίρεσης COD και BOD<sub>5</sub> (έως και 80 – 85% του ολικού φορτίου), αλλά μόνο εάν ο ρυθμός λειτουργίας είναι της τάξεως των 2-4 g/L ανά ημέρα. [20]

### Φυσικοχημικές μέθοδοι επεξεργασίας

Η αποτελεσματική επεξεργασία των υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων περιλαμβάνει την κατάλληλη προ-επεξεργασία με μεθόδους όπως η διήθηση, η συσσωμάτωση (flocculation) και το φιλτράρισμα. Με την επιλογή του καλύτερου χημικού παράγοντα (πολυηλεκτρολύτη) για συσσωμάτωση, είναι δυνατό να αποβληθεί σημαντικό ποσοστό κολλοειδών σωματιδίων από τα υγρά απόβλητα, τα οποία θα αφαιρεθούν στη συνέχεια με ένα φίλτρο άμμου (sand-bed). Το τελικό στάδιο περιλαμβάνει διήθηση μέσω μεμβρανών που εξασφαλίζει συνολική μείωση του οργανικού φορτίου κατά 95%. Η μέθοδος αυτή βρίσκεται σε πειραματικό στάδιο και θα μπορούσε να αποτελέσει μια μελλοντική λύση. [22, 23]

### Διαχωρισμός με μεμβράνες (Membrane separation)

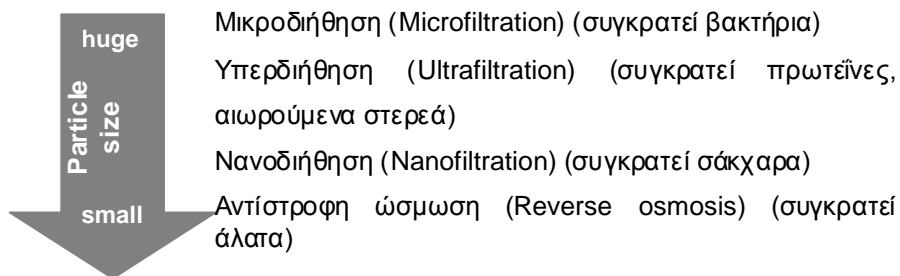
Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται για την απομάκρυνση αιωρούμενων, κολλοειδών και διαλυμένων ουσιών από τα υγρά απόβλητα. Χρησιμοποιείται μια ημιπερατή ή πορώδη μεμβράνη, η οποία λειτουργεί σαν φυσικό φράγμα μέσω του οποίου οι ουσίες είτε περνούν είτε παρακρατούνται ανάλογα με το μέγεθός τους. Η δομή και τα χαρακτηριστικά της μεμβράνης καθορίζουν τη φύση του διαχωρισμού. Κοινό χαρακτηριστικό όλων των διαδικασιών διήθησης με μεμβράνες είναι η εφαρμογή πίεσης, η οποία αναγκάζει το διάλυμα να περάσει μέσω της πορώδους μεμβράνης και να επιτευχθεί εκλεκτικός διαχωρισμός. Η διαπερατότητα εξαρτάται από το μέγεθος των μορίων και των πόρων των μεμβρανών.

Τα συστήματα διαχωρισμού με μεμβράνες μπορεί να διαχωρίσουν σε:

- |                    |  |
|--------------------|--|
| ➔ Στερεά από αέρια | ➔ Αέρια από υγρά                       |
| ➔ Στερεά από υγρά  | ➔ Υγρά από υγρά                        |
| ➔ Αέρια από αέρια  | ➔ Διαλυμένα ή κολλοειδή υλικά από υγρά |

Η τεχνολογία των μεμβρανών χρησιμοποιείται για τη συγκέντρωση (concentration), τον καθαρισμό (purification) και την κλασματοποίηση (fractionation) και είναι αποτελεσματική για την ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση πρώτων υλών, προϊόντων και νερού. Εφαρμόζεται για τη συγκέντρωση των υγρών στη βιομηχανία επεξεργασίας τροφίμων. [22]

Γενικά, ο διαχωρισμός με μεμβράνες διακρίνεται ανάλογα με το μέγεθος των πόρων σε:



Πριν το διαχωρισμό με μεμβράνες είναι απαραίτητο ένα στάδιο προ-φιλτραρίσματος ώστε να αφαιρεθούν τα μεγάλα αιωρούμενα στερεά.

Έχει υποστηριχτεί ότι η τεχνολογία των μεμβρανών επιτρέπει το διαχωρισμό ουσιών υψηλής προστιθέμενης αξίας από τα υγρά απόβλητα των ελαιοτριβείων (π.χ. πολυφαινόλες) [20], αλλά μέχρι σήμερα δεν υπάρχει καμία δεν υπάρχει καμία μονάδα που να αξιοποιεί τα υγρά απόβλητα προς την κατεύθυνση αυτή. Ο διαχωρισμός με μεμβράνες δεν είναι κατάλληλος για υγρά απόβλητα υψηλού ρυπαντικού φορτίου από την παραγωγή ελαιολάδου, γιατί δημιουργούν προβλήματα στην ομαλή λειτουργία των μεμβρανών λόγω φραξίματος των πόρων και φαινομένων συσσωμάτωσης

και προσρόφησης, γεγονός που συμβάλλει στη δημιουργία ενός στρώματος γλοιώδους υφής στην επιφάνεια των μεμβρανών.

Τα λιπαρά οξέα, που βρίσκονται στα υγρά απόβλητα των ελαιοτριβείων, μπορούν επίσης να μειώσουν την απόδοση του συστήματος των μεμβρανών. Τα λιπαρά οξέα μπορούν να φράξουν τους πόρους και να μειώσουν τη ροή διαμέσου των μεμβρανών, λόγω της ικανότητάς τους να προσροφώνται στις υδρόφοβες επιφάνειες, όπως αυτές των μεμβρανών. [20, 40] Η τεχνολογία των μεμβρανών είναι αποτελεσματική στην επεξεργασία των υγρών αποβλήτων ελαιουργείων μόνο όταν το υψηλό ρυπαντικό φορτίο έχει μειωθεί προηγουμένως με άλλες μηχανικές ή βιολογικές μεθόδους. Η τεχνολογία αυτή είναι υψηλού κόστους για την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων των ελαιουργείων. [39]

Ένα αποτελεσματικό σύστημα διήθησης που χρησιμοποιεί μεμβράνη είναι η νανοδιήθηση (nanofiltration). Η νανοδιήθηση είναι μια μέθοδος φιλτραρίσματος που χρησιμοποιεί μεμβράνες για να διαχωρίσει διαφορετικά ρευστά ή ιόντα. Δεν είναι τόσο αποτελεσματική μέθοδος όπως η αντίστροφη όσμωση, αλλά απαιτεί λιγότερη ενέργεια για να εκτελέσει το διαχωρισμό. Η νανοδιήθηση είναι αποτελεσματική για το διαχωρισμό σακχάρων, δισθενών αλάτων, βακτηρίων, πρωτεϊνών, σωματιδίων, χρωστικών ουσιών και άλλων συστατικών που έχουν μοριακό βάρος μεγαλύτερο από 1000 daltons. Η νανοδιήθηση και η αντίστροφη όσμωση επηρεάζονται από το φορτίο των προς επεξεργασία σωματιδίων. Έτσι, σωματίδια με μεγαλύτερο φορτίο είναι πιθανότερο να απορριφθούν. Η μέθοδος της διήθησης δεν είναι αποτελεσματική για οργανικές ουσίες μικρού μοριακού βάρους, όπως η μεθανόλη. [41]

**Πίνακας 9:** Παροχή και διαπερατές παράμετροι [42]

Συστατικό	Είσοδος	Έξοδος	Απόρριψη [%]
Βακτήρια [No/mL]	108	0	100
Αιωρούμενα στερεά [mg/L]	1.090	0	100
COD [mg/L]	8.950	705	92
BOD <sub>5</sub> [mg/L]	5.970	500	92
Έλαιο/λίπος [mg/L]	150	0	100
Διαλυτά στερεά [mg/L]	150	0	100

Συνδυασμός συστήματος νανοδιήθησης με εξατμιστή «κύματος» (flash evaporator), μειώνει τον όγκο των υγρών αποβλήτων κατά 75%. Η υγρή φάση που εξέρχεται από το σύστημα επαναχρησιμοποιείται στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας για να μειώσει τη δαπάνη του χρησιμοποιούμενου ύδατος. Μερικές πειραματικές εγκαταστάσεις διαχωρίζουν τα λιπαρά οξέα από τα υγρά απόβλητα με υπερδιήθηση. Το σύστημα ανακτά περίπου 900 kg λιπαρά οξέα /ημέρα με δαπάνη περίπου 1,13 US\$/ kg ανακτημένου προϊόντος [43].

### Αποτέφρωση (Incineration)

Η αποτέφρωση είναι η καταστροφή του οργανικού περιεχομένου των αποβλήτων παρουσία αέρα σε υψηλή θερμοκρασία, που συνοδεύεται από πλήρη εξάτμιση του ύδατος. Η επεξεργασία αυτή είναι αποτελεσματική για τα υγρά απόβλητα των ελαιουργείων λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς τους σε οργανική ουσία. Όσο υψηλότερο είναι το οργανικό περιεχόμενο των υγρών αποβλήτων (οργανική ουσία τουλάχιστον 10%), τόσο αποτελεσματικότερη είναι η τεχνολογία αποτέφρωσης σε σύγκριση με την μηχανική-βιολογική επεξεργασία. Ο φούρνος ρευστοποιημένης κλίνης (fluid bed oven) ή οι θάλαμοι στατικής αποτέφρωσης (static incineration chambers) χρησιμοποιούνται γενικά για αποτέφρωση των υγρών αποβλήτων, ενώ οι θάλαμοι αποτέφρωσης με περιστροφικούς σωλήνες (rotary tube ovens) χρησιμοποιούνται για συνδυασμένη αποτέφρωση στερεών και υγρών αποβλήτων. [22]

Τα υγρά απόβλητα ψεκάζονται στο θάλαμο αποτέφρωσης υπό μορφή λεπτών σταγονιδίων μέσω ειδικών ακροφυσίων, επιτυγχάνοντας έτσι την καλύτερη ανάμιξη με τον θερμό αέρα. Η θερμοκρασία αποτέφρωσης κυμαίνεται από 650°C μέχρι 1600°C περίπου. Το ιξώδες των υγρών αποβλήτων είναι εξαιρετικής σημασίας, επειδή ενεργεί ως υπόστρωμα (feed) και θα πρέπει να είναι μικρότερο από 10.000 SSU (Saybolt Universal Seconds). Ως μέτρο σύγκρισης αναφέρουμε ότι ιξώδες 10.000 SSU αντιστοιχεί στο ιξώδες του μελιού, ενώ τα φυτικά έλαια έχουν ιξώδες 200 SSU περίπου.

Όλοι οι τύποι αποτεφρωτήρων μπορεί να λειτουργήσουν σε καθεστώς πυρόλυσης και μειωμένου οξυγόνου [44]. Το κυριότερο πρόβλημα είναι η σχηματιζόμενη τέφρα και τα καυσαέρια, η διαχείριση των οποίων είναι δαπανηρή. [20, 39, 45]

### Εξάτμιση και απόσταξη (Evaporation and Distillation)

Αυτές οι μέθοδοι επεξεργασίας συμπυκνώνουν το οργανικό και ανόργανο περιεχόμενο των υγρών αποβλήτων ελαιουργείων καθώς επίσης και της μη-πητικές διαλυμένες ουσίες με εξάτμιση. Η ενέργεια για την εξάτμιση προέρχεται από θερμότητα καύσης ή από φυσική πηγή (ήλιος). Το μειονέκτημα αυτών των διαδικασιών σχετίζεται με την επεξεργασία και τη διάθεση των προϊόντων που προκύπτουν, όπως η διάθεση των ημιστερεών υπολειμμάτων. Τα υπολείμματα αυτά μπορεί να χρησιμοποιηθούν ως ζωοτροφή, αλλά η χρήση τους είναι περιορισμένη λόγω της πικρής γεύσης και της υψηλής περιεκτικότητας σε κάλιο. [20, 22]

Είναι γνωστό ότι τα στερεά υπολείμματα έχουν υψηλό ενεργειακό περιεχόμενο που χρησιμοποιείται συχνά για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Το νερό που εξατμίζεται μπορεί να συμπυκνωθεί και χρησιμοποιείται στη γραμμή επεξεργασίας της μεταποιητικής μονάδας. Ο συμπυκνωμένος ατμός από την έξοδο της τουρμπίνας μεταφέρεται στο λέβητα και χρησιμοποιείται ως κινητήριος δύναμη για τις μηχανές. Μετά την απομάκρυνση του νερού (ξήρανση), το στερεό υπόλειμμα μπορεί να αποτεφρωθεί και να συμβάλει στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ή το συμπύκνωμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως λίπασμα. Η αποδοτικότητα της εξάτμισης υπολογίζεται στο 50% των ολικών διαλυμένων στερεών.

Η μέθοδος της απόσταξης εφαρμόζεται για ιδιαίτερα μολυσμένα υγρά απόβλητα ελαιωτριβίων ή αλατούχα απόβλητα από βιομηχανίες ψαριών ή κρέατος ή για την αναγέννηση ιοντο-ανταλλακτικών ρητινών [22]. Το συμπυκνωμένο στερεό υλικό που προκύπτει από την εξάτμιση μπορεί να καεί και να παρέχει θερμική ενέργεια στις εγκαταστάσεις του εργοστασίου. Όμως η καύση απαιτεί περαιτέρω επεξεργασία των αερίων που δημιουργούνται. Ένα επιπλέον πρόβλημα είναι το συμπύκνωμα από την απόσταξη το οποίο δεν είναι από καθαρό νερό και περιέχει κλάσματα πηκτικών λιπαρών οξέων και αλκοολών. Αυτές οι ενώσεις είναι υπεύθυνες για τις υψηλές τιμές COD (πάνω από 3 g COD/L) και απαιτείται πρόσθετη επεξεργασία του συμπυκνώματος πριν από τη διάθεσή του. [20]

Αυτήν την περίοδο η ΕΕ χρηματοδοτεί ένα πρόγραμμα για την ανάπτυξη εγκαταστάσεων απόσταξης που λειτουργούν με ηλιακή ενέργεια για την επεξεργασία υγρών αποβλήτων ελαιουργείων. Το όνομα του προγράμματος είναι SOLARDIST ([www.solardist.info](http://www.solardist.info)).

### Συσσωμάτωση (Flocculation)

Η συσσωμάτωση αναφέρεται στη χημική αποσταθεροποίηση των κολλοειδών διασπορών εξαιτίας της προσθήκης κατάλληλων ηλεκτρολυτών, οι οποίοι μειώνουν το φορτίο των κολλοειδών σωματιδίων, με αποτέλεσμα να μειώνονται οι ηλεκτροστατικές απωστικές δυνάμεις και τα κολλοειδή τεμαχίδια να σχηματίζουν μεγαλύτερα συσσωματώματα τα οποία καθιζάνουν ως ίζημα.

Η παράγοντες που ευνοούν τη συσσωμάτωση είναι η βαθμίδα (gradient) ταχύτητας, ο χρόνος και το pH. Ο χρόνος και η ταχύτητα αποτελούν σημαντικούς παράγοντες για την κροκιδωση-συσσωμάτωση των σωματιδίων. Επιπλέον το pH είναι ένας σημαντικός παράγοντας στην απομάκρυνση των κολλοειδών. Συχνά είναι απαραίτητη η προσθήκη ενός χημικού αντιδραστηρίου (πολυ-ηλεκτρολύτη) που ονομάζεται κροκιδωτικό μέσο που προάγει τη συσσωμάτωση. [47, 22] Σε ορισμένες περιπτώσεις, για την επεξεργασία των αποβλήτων σφαγείων, οι διαλυτές κολλοειδείς ουσίες αφαιρούνται με συνδυασμό συσσωμάτωσης-κροκιδωσης. [22]

Δυστυχώς αυτή η διαδικασία δεν είναι πολύ αποδοτική για τη μείωση των ρύπων στο OMWW. Τα περισσότερα οργανικά συστατικά του OMWW είναι δύσκολο να κατακρημνιστούν, όπως τα σάκχαρα ή τα πηκτικά οξέα. Είναι κατάλληλο μόνο για την αφαίρεση των υπόλοιπων ανασταλμένων στερεών μετά από τη βιολογική επεξεργασία. [20]

### Καθίζηση (Precipitation)

Η μέθοδος της καθίζησης χρησιμοποιείται για την απομάκρυνση των διαλυμένων ουσιών από τα απόβλητα, με την προσθήκη ενός χημικού παράγοντα που ευνοεί τη συσσωμάτωση των σωματιδίων, παρεμποδίζοντας τις ηλεκτροστατικές δυνάμεις που τα κρατούν χωριστά. Υπάρχουν τέσσερα βασικά στάδια στη διαδικασία: ρύθμιση pH, συσσωμάτωση, διαύγαση και διήθηση. Η καθίζηση είναι μέθοδος απομάκρυνσης του ρυπαντικού φορτίου από τα απόβλητα υπό μορφή στερεού ιζήματος. Το ίζημα εμφανίζεται μόνο όταν το διάλυμα είναι υπερκορεσμένο. Υπερκορεσμός σημαίνει ότι ένα διάλυμα περιέχει περισσότερες διαλυμένες ουσίες από εκείνες που θα μπορούσαν να βρίσκονται διαλυμένες. [48] Η μέθοδος αυτή είναι πολύ χρήσιμη στην επεξεργασία των υγρών αποβλήτων, όπου μια



χημική αντίδραση μπορεί να δημιουργήσει ένα στερεό ίζημα από το διάλυμα, το οποίο στη συνέχεια μπορεί να απομακρυνθεί με φιλτράρισμα, φυγοκέντριση ή να χωριστεί διαφορετικά από την υγρή φάση. [22, 39]

### **Οξειδωση/Αναγωγή και Αποτοξικοποίηση (Oxidation/Reduction and Detoxification)**

Μια μεγάλη ποικιλία συστατικών των αποβλήτων, συμπεριλαμβανομένων τοξικών ουσιών, μπορεί να καταστραφεί ή να αποτοξινωθεί μέσω οξειδοαναγωγικών αντιδράσεων. Η χημική οξείδωση χρησιμοποιεί οξειδωτικά μέσα όπως το υπεροξείδιο του υδρογόνου ( $H_2O_2$ ) ή το χλώριο για να μειωθεί το COD και BOD<sub>5</sub> και για να απομακρυνθεί τόσο το οργανικό όσο και το οξειδούμενο ανόργανο ρυπαντικό φορτίο. Η διαδικασία οξείδωσης ενισχύεται όταν εφαρμόζονται τα οξειδωτικά μέσα σε συνδυασμό με υπεριώδη ακτινοβολία. [22]

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται σπάνια για την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων, λόγω των μεγάλων ποσοτήτων οξειδωτικών μέσων που χρειάζονται για την επεξεργασία του υψηλού οργανικού φορτίου των αποβλήτων. Μετά την οξείδωση, οι χημικές ουσίες παραμένουν στην υδατική φάση και είναι αδύνατο να επεξεργαστούν περαιτέρω βιολογικά.

### **Προσρόφηση (Adsorption)**

Η προσρόφηση είναι η φυσική σύνδεση αερίων ή διαλυμένων ουσιών στην επιφάνεια των στερεών, ιδιαίτερα σε πορώδη στερεά. Χρησιμοποιείται κυρίως ενεργός άνθρακας ως παράγοντας προσρόφησης. Η προσρόφηση εφαρμόζεται στις ακόλουθες περιπτώσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων: εξάλειψη οσμών, χρώματος ή γεύσης, ανάκτηση διαλυτών, καθαρισμός υγρών αποβλήτων, απομάκρυνση τοξικών ουσιών από τα απόβλητα, όπως φυτοφάρμακα, φαινόλες κλπ. [22]

## **Διαχείριση στερεών αποβλήτων**

Όπως έχει ήδη αναφερθεί οι μεσογειακές χώρες παράγουν ετησίως μεγάλες ποσότητες στερεών αποβλήτων από την επεξεργασία του ελαιοκάρπου, που προκαλούν σοβαρά περιβαλλοντικά προβλήματα. Το υλικό αυτό περιέχει επίσης υψηλό οργανικό και ανόργανο περιεχόμενο το οποίο είναι δύσκολο στη διαχείριση, όπως ακριβώς και τα υγρά απόβλητα από την επεξεργασία των ελιών. Τα στερεά απόβλητα έχουν υψηλό περιεχόμενο COD και BOD<sub>5</sub>, πολυφαινόλες που εμποδίζουν τη δραστηριότητα βακτηρίων και μυκήτων, υψηλή περιεκτικότητα σε λιπαρά οξέα, κλπ. Η απόρριψη των αποβλήτων στο περιβάλλον ή η διάθεση τους στο έδαφος χωρίς προηγούμενη επεξεργασία, δεν αποτελεί λύση του προβλήματος, αλλά καθιστά την κατάσταση χειρότερη δεδομένου ότι υπάρχει κίνδυνος μόλυνσης του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα. Ο Πίνακας 12 συνοψίζει τα τυπικά χαρακτηριστικά των στερεών υπολειμμάτων από την παραγωγή ελαιολάδου.

**Πίνακας 10:** Χαρακτηριστικά στερεών υπολειμμάτων [18]

Παράμετρος	2-φασικό Decanter				3- φασικό Decanter			Πιεστήριο Ελιών			Εξαγωγή Πυρηνελαίου		
	E	P	I	EL	P	I	EL	P	I	EL	P	I	EL
Υγρασία (%)	65	75	70	62-70	65	50	45-55	35	25	30	10		60
				56,8			50,2			27,2			
Υπόλοιπο έλαιο (%)	2.5	3	3-4	4,65	5	3-4	4,5-7	8	6-7	6-11	1	0,5	
							3,89			8,7			
Πυρήνας (%)	13-15	(40)	15-17		(40)	30	39-49	(40)	40	60-65	50	60	
Θερμидική αξία (kcal/kg)		<4000			< 3000			< 2000			4 00	3.000-	3.000-
												3.500	4.000

Key: E- Spain; I- Italy; EL- Greece; P- Portugal

Στον Πίνακα 13 παρουσιάζονται οι κύριες τεχνολογίες για την επεξεργασία των στερεών αποβλήτων ελαιοτριβείων:

**Πίνακας 11:** Κύριες τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται στην επεξεργασία των στερεών αποβλήτων ελαιοτριβείων [18]

<b>Μηχανική επεξεργασία (προ-επεξεργασία)</b>	Μηχανικός διαχωρισμός, ταξινόμηση, διαλογή, συμπίεση, ξήρανση
<b>Βιολογική επεξεργασία</b>	Εφαρμογή στο έδαφος, κομποστοποίηση, αναερόβια ζύμωση / χώνευση
<b>Θερμική επεξεργασία</b>	Πυρόλυση, αεριοποίηση, αποτέφρωση
<b>Απόθεση</b>	Διάθεση σε χώρους υγειονομικής ταφής

### Μηχανική επεξεργασία (Mechanical treatment)

#### Διαχωρισμός, ταξινόμηση, εσχαρισμός

Η προϋπόθεση για την ανακύκλωση των αποβλήτων είναι ο διαχωρισμός ή η ταξινόμηση των διαφορετικών συστατικών των αποβλήτων σύμφωνα με το μέγεθος και την πυκνότητα των σωματιδίων. Τα πολύτιμα κλάσματα των αποβλήτων, τα οποία θα πρέπει να ταξινομηθούν από ένα μίγμα αποβλήτων, είναι δυσκολότερο να ανακυκλωθούν. Για το διαχωρισμό χρησιμοποιούνται διαφορετικές μέθοδοι διήθησης και εσχαρισμού. [22]

#### Συμπίεση

Ο υγρός ελαιοπυρήνας και η στερεά φάση που προέρχεται από τα υγρά απόβλητα συμπιέζονται μέσω δίσκων (μεταλλικών ή υφασμάτων) για την παραγωγή ξηρού ελαιοπυρήνα ή ξηρών υπολειμμάτων και υγρών αποβλήτων. Τα στερεά απόβλητα καταβυθίζονται σε μια σχάρα. Ειδικά ξέστρα απομακρύνουν το υπόλειμμα από τους δίσκους και το μεταφέρουν σε ειδική χοάνη. Που καταλήγει στο θάλαμο συμπίεσης, όπου το υλικό υποβάλλεται σε συμπίεση μέσα σε έναν ειδικά διαμορφωμένο σωλήνα και αποβάλλεται σε πλαστικούς ή άλλους περιέκτες. [3]

#### Ξήρανση

Ο απλούστερος τρόπος για την ξήρανση των στερεών αποβλήτων είναι η εξάτμιση της υγρής φάσης με διασπορά των αποβλήτων στο έδαφος. Η εφαρμογή της μεθόδου εμφανίζει προβλήματα όπως δυσοσμία και πιθανότητα ρύπανσης του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα εάν το έδαφος δεν είναι κατάλληλο και η υγρή φάση κινείται προς τα βαθύτερα στρώματα του εδάφους.

Πρόσφατα, χρησιμοποιήθηκε ένας ξηραντήρας που συνδυάζει ρευστοποιημένη και κινούμενη κλίνη. Το κυριότερο πρόβλημα της μεθόδου είναι ο έλεγχος της κυκλοφορίας των στερεών αποβλήτων και του θερμού αέρα για τη δημιουργία του κατάλληλου μίγματος ροής στερεών μέσω της ρευστοποιημένης κλίνης για βέλτιστη ξήρανση. Ο θερμός αέρας παράγεται από ένα καυστήρα προπανίου ή εναλλακτικά από την καύση των αποξηραμένων στερεών αποβλήτων. Η θερμοκρασία ποικίλει μεταξύ 160–400°C.

Η επεξεργασία του υγρού ελαιοπυρήνα σε ξηραντήρα μειώνει την περιεκτικότητα σε νερό (υγρασία) κατά 10 έως 15%. Το προϊόν που λαμβάνεται είναι μια σκόνη που περιέχει όλα τα τμήματα του ελαιοκάρπου μετά την πίεση, όπως επιδερμίδα, πυρήνες, κλπ. Ο ξηρός ελαιοπυρήνας μπορεί να υποβληθεί σε επεξεργασία με οργανικούς διαλύτες (πχ εξάνιο) προκειμένου να ληφθεί το πυρηνέλαιο. Οι δαπάνες παραγωγής 1 Lt πυρηνελαίου από τη διαδικασία ξήρανσης είναι χαμηλότερες από 0,2 €. [6] Εναλλακτικά, ο υγρός ελαιοπυρήνας θα μπορούσε να είναι υποβληθεί σε απόσταξη υπό κενό προκειμένου να απομακρυνθεί η υγρασία και ταυτόχρονα να παραληφθεί το πυρηνέλαιο.

### Βιολογική επεξεργασία (Biological treatment)

#### Διάθεση στο έδαφος

Η διάθεση των αποβλήτων στο έδαφος υπό μορφή λιπάσματος, λάσπης ή άλλων αποβλήτων επεξεργασίας τροφίμων, είναι συχνά μια προσιτή εναλλακτική λύση διάθεσης αποβλήτων για τη βιομηχανία. Η μέθοδος αυτή εκμεταλλεύεται την περιεκτικότητα των αποβλήτων σε θρεπτικά συστατικά για την ανάπτυξη των καλλιεργειών, ενώ παράλληλα η ενσωμάτωσή τους στο έδαφος λειτουργεί και ως εδαφοβελτιωτικό. Ο αντικειμενικός σκοπός είναι η μεγιστοποίηση της θρεπτικής χρήσης τους, ελαχιστοποιώντας ταυτόχρονα τον κίνδυνο ρύπανσης. Οι πιο κοινές μέθοδοι εφαρμογής των στερεών αποβλήτων στο έδαφος είναι (α) η διασπορά στην επιφάνεια του εδάφους και (β) η ενσωμάτωση στο έδαφος (σε βάθος 10-25 cm). Με τον απαραίτητο έλεγχο (δοκιμή, χρόνος εφαρμογής) η διάθεση των αποβλήτων στο έδαφος



αυξάνει την περιεκτικότητα των εδαφών σε θρεπτικά στοιχεία, περιορίζει τις δυσάρεστες οσμές και προστατεύει από τη διάβρωση. Στα μειονεκτήματα της μεθόδου περιλαμβάνεται η οξίνιση των εδαφών και η μετάδοση ασθενειών σε φυτά και ζώα. [39] Στην Ιταλία, υπάρχει η δυνατότητα διάθεσης του ελαιοπυρήνα στις καλλιεργούμενες εκτάσεις, σύμφωνα με το νόμο 574/1996. Σημαντική έρευνα έχει πραγματοποιηθεί μέχρι σήμερα για την ελεγχόμενη διάθεση των υγρών και στερεών αποβλήτων στο έδαφος. Τα αποτελέσματα ήταν θετικά και παρουσιάζουν βελτίωση της οργανικής ουσίας του εδάφους και διατήρηση του αριθμού και των ειδών των μικροοργανισμών που υπάρχουν στο έδαφος. Το στερεό υπόλειμμα χρησιμοποιείται ως λίπασμα ή εδαφοβελτιωτικό και το σχετικό κόστος της επεξεργασίας είναι μόνο τα έξοδα μεταφοράς (περίπου 5 €/τόνο ελαιοπυρήνα. [19]

### Κομποστοποίηση

Με τον όρο κομποστοποίηση εννοούμε την αερόβια αποικοδόμηση της οργανικής ουσίας των αποβλήτων σε ένα οργανικό υλικό που καλείται χούμος, που είναι χρήσιμο στην ανάπτυξη των καλλιεργειών. Η αποικοδόμηση οφείλεται στην ενζυματική διάσπαση του οργανικού περιεχομένου των αποβλήτων από τους μικροοργανισμούς του εδάφους (βακτήρια, μύκητες, έντομα, κλπ.). Η αποικοδόμηση της οργανικής ουσίας σε νερό, ανόργανα άλατα και διοξείδιο του άνθρακα, συνοδεύεται από μείωση της μάζας των στερεών αποβλήτων κατά 40-50% περίπου. Κατά την επεξεργασία, τα στερεά απόβλητα τοποθετούνται σε σωρούς. Λόγω της έντονης βιολογικής δραστηριότητας των βακτηρίων κατά την πρώτη φάση αποικοδόμησης, λαμβάνουν χώρα εξώθερμες αντιδράσεις που οδηγούν σε αύξηση της θερμοκρασίας στο εσωτερικό του σωρού (70-80°C), συμβάλλοντας παράλληλα στην παστερίωση των στερεών αποβλήτων. Για την γρήγορη και πλήρη αποικοδόμηση της οργανικής ουσίας θα πρέπει να εξασφαλιστεί ενεργητικός ή παθητικός αερισμός του σωρού. Η διαδικασία κομποστοποίησης ολοκληρώνεται μετά από περίοδο 3-4 μηνών.

Το λίπασμα είναι ένα πολύτιμο προϊόν και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για διάφορους λόγους όπως:

- ➔Βελτίωση της υφής και της βιολογικής δραστηριότητας των εδαφών, καθώς και για τη βιο-αποκατάσταση μολυσμένων εδαφών
- ➔Έλεγχος ασθενειών για τα φυτά και τα ζώα
- ➔Λίπανση, μείωση της διάβρωσης και αρχιτεκτονική τοπίου
- ➔Αναδάσωση, αποκατάσταση υγροτόπων

Η προετοιμασία του σωρού των στερεών αποβλήτων και η διαδικασία κομποστοποίησης περιλαμβάνει τα ακόλουθα στάδια:

I. Ανάλυση της πρώτης ύλης, συμπεριλαμβανομένης της υγρασίας και ιδιαίτερα της αναλογίας C/N.

II. Προετοιμασία του σωρού:

- ➔Τα στερεά απόβλητα των ελαιοτριβείων περιέχουν μεγάλες ποσότητες υγρασίας που εμποδίζουν το σχηματισμό των σωρών για την κομποστοποίηση. Για το λόγο αυτό είναι απαραίτητη η προσθήκη ινώδους στερεού υλικού, όπως π.χ. υπολείμματα δέντρων, προκειμένου να βελτιωθεί η φυσική δομή του σωρού. Η αναλογία θα πρέπει να είναι κατάλληλη ώστε να δημιουργηθεί ικανοποιητικό πορώδες που θα επιτρέψει τον επαρκή αερισμό του σωρού. Παράλληλα, θα πρέπει να δημιουργηθεί η σωστή αναλογία C/N (π.χ. 25-30).
- ➔Η ανάμιξη των αποβλήτων με ινώδη στερεά υλικά μπορεί να οδηγήσει σε μεγάλη αναλογία C/N και για το λόγο αυτό είναι απαραίτητη η προσθήκη N, που μπορεί να προέρχεται από λάσπη αστικών λυμάτων, προκειμένου να δημιουργηθεί ικανοποιητική αναλογία C/N.
- ➔Τα στερεά απόβλητα μπορεί να περιέχουν σημαντικές ποσότητες αντιμικροβιακών ουσιών, όπως πολυφαινόλες, που εμποδίζουν τη δράση των μικροοργανισμών. Η προσθήκη μικρής ποσότητας ενός υλικού πλούσιου σε μικροοργανισμούς, όπως λάσπη (ιλύς) αστικών λυμάτων ή υλικό από τη θερμόφιλη φάση της κομποστοποίησης, επιταχύνει την έναρξη της κομποστοποίησης, παρέχοντας μικροοργανισμούς για ταχεία επικράτηση και βιολογική δραστηριότητα.

III. Κομποστοποίηση:

- ➔Ο σωρός θα πρέπει να ανακατεύεται περιοδικά για να διατηρηθούν οι βέλτιστες συνθήκες για αερόβια μικροβιακή δραστηριότητα, δηλ. παροχή οξυγόνου, απομάκρυνση της θερμότητας και του CO<sub>2</sub>, της υγρασίας και για την αποφυγή αναερόβιων συνθηκών και δυσοσμίας.
- ➔Στη θερμόφιλη φάση της κομποστοποίησης, η θερμοκρασία θα πρέπει να ελέγχεται καθημερινά και να διατηρείται μεταξύ 70-80°C. Όταν η θερμοκρασία αρχίζει να μειώνεται, οι σωροί πρέπει να ανακατεύονται

μία φορά την ημέρα προκειμένου να ομογενοποιηθεί το μίγμα και να ενισχυθεί η διαδικασία της αποικοδόμησης. Η βιο-οξειδωτική φάση της κομποστοποίησης θεωρείται ολοκληρωμένη όταν η θερμοκρασία του σωρού γίνει σχεδόν ίδια με αυτή του περιβάλλοντος. Σε αυτή την περίπτωση σταματά το ανακάτεμα του σωρού και το μίγμα αφήνεται να ωριμάσει για περίπου ένα μήνα.

➔ Η περιεκτικότητα του σωρού σε υγρασία πρέπει να ελέγχεται καθημερινά κατά τη διάρκεια της βιο-οξειδωτικής φάσης κομποστοποίησης και να διατηρείται μεταξύ 50-60% με την προσθήκη της απαραίτητης ποσότητας νερού, προκειμένου να διατηρηθούν οι αερόβιες συνθήκες και να μεγιστοποιηθεί η αποσύνθεση των οργανικών υλικών. [49, 6]

Το τελικό προϊόν είναι υψηλής ποιότητας και κατάλληλο για γεωργική χρήση ως λίπασμα. Αντιπροσωπεύει ένα είδος ανακύκλωσης των οργανικών και ανόργανων ουσιών που δεν απαιτεί την παρουσία χημικής ή βιολογικής επεξεργασίας.

Το κυριότερο πρόβλημα για την εφαρμογή του κομποστ από τα στερεά απόβλητα των ελαιοτριβείων είναι η παρουσία ανεπιθύμητων οσμών και η δημιουργία νερού στράγγισης που απαιτεί συμπληρωματικό χειρισμό. Η απομάκρυνση των αερίων που σχηματίζονται κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης γίνεται με τη χρήση βιοφίλτρων, τα οποία αυξάνουν τη συνολική δαπάνη της τεχνολογικής επεξεργασίας. [22, 50]

Δεδομένου ότι οι λειτουργικές δαπάνες και οι δαπάνες προσωπικού είναι χαμηλές, η διαδικασία αυτή μπορεί να γίνει αποδεκτή από τις μεταποιητικές μονάδες, όμως η οικονομική βιωσιμότητα μιας μονάδας κομποστοποίησης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη δυνατότητα πώλησης του τελικού προϊόντος. Δεδομένου ότι τα ελαιοτριβεία λειτουργούν εποχικά, περίπου τρεις μήνες ετησίως, θα πρέπει να επιλεγεί μια μέθοδος που να μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για άλλους τύπους αποβλήτων.

### Αναερόβια ζύμωση/χώνευση (Anaerobic fermentation/digestion)

Η αναερόβια χώνευση των στερεών αποβλήτων είναι μια διαδικασία που παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τη διαχείριση των αποβλήτων και αποτελεί μια ευρέως εφαρμοσμένη τεχνολογία.

Μια τεχνολογική λύση είναι η ρύθμιση της υδατοπεριεκτικότητας των αποβλήτων σε 90% τουλάχιστον (υγρή ζύμωση) και η επεξεργασία τους σε μικτό βιολογικό αντιδραστήρα (που χρησιμοποιείται επίσης και για τα υγρά απόβλητα). Η δεύτερη λύση είναι η επεξεργασία των αποβλήτων, με περιεκτικότητα νερού 60–70%, σε βιο-αντιδραστήρα σταθερής κλίνης.

Το πρώτο στάδιο στην αναερόβια επεξεργασία είναι η οξίνιση, όπου λαμβάνει χώρα υδρόλυση των οργανικών ουσιών. Το δεύτερο στάδιο που είναι αυστηρά αναερόβιο είναι ο σχηματισμός του μεθανίου. Υπάρχουν διαφορετικές τεχνολογικές προσεγγίσεις: τα δύο στάδια μπορεί να πραγματοποιηθούν σε έναν αντιδραστήρα (διαδικασία ενός σταδίου, one step process) ή σε δύο χωριστούς αντιδραστήρες (διαδικασία δύο σταδίων, two step process). Ποσοστό 40–50% περίπου της οργανικής ουσίας μετατρέπεται σε βιοαέριο, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας. Το κύριο μειονέκτημα είναι η παραγωγή λάσπης (ιλύος) χαμηλής αξίας. [39]

Η ζύμωση στερεών υποπροϊόντων (solid state fermentation) είναι μια επεξεργασία κατά την οποία ο ελαιοπυρήνας χρησιμοποιείται ως υπόστρωμα για την ανάπτυξη διάφορων μικροοργανισμών (μύκητες, ζύμες και βακτήρια). Δυστυχώς, η αναερόβια επεξεργασία δεν είναι η καταλληλότερη μέθοδος για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων των ελαιοτριβείων. Αυτό οφείλεται στη χαμηλή περιεκτικότητα νερού των στερεών αποβλήτων που προκαλεί προβλήματα κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας, ιδιαίτερα αποβλήματα αποφράξεων. Ένας άλλος λόγος είναι το μεγάλο χρονικό διάστημα που απαιτείται για την έναρξη της διαδικασίας (starting-up time), ιδιαίτερα μετά από μια μεγάλη περίοδο παύσης λειτουργίας της μονάδας. Επιπλέον, η μέθοδος απαιτεί περαιτέρω προ-επεξεργασία, όπως προσθήκη ύδατος, που οδηγεί σε αύξηση των λειτουργικών δαπανών. Η εμπειρία από το παρελθόν δείχνει ότι η αναερόβια ζύμωση/χώνευση είναι μη οικονομικά συμφέρουσα μέθοδος επεξεργασίας. [6]

### Θερμική επεξεργασία (Thermal treatment)

#### Πυρόλυση (Pyrolysis)

Η χρήση θερμότητας για την αποσύνθεση των στερεών αποβλήτων, απουσία  $O_2$ , καλείται πυρόλυση. [52]

Αυτή η διαδικασία εφαρμόζεται σπάνια και μετατρέπει οποιοδήποτε υλικό που περιέχει άνθρακα σε ένα συνθετικό αέριο (syngas) που αποτελείται κυρίως από μονοξείδιο του άνθρακα και υδρογόνο. Απόβλητα με υψηλή θερμιδική αξία που μπορούν να απελευθερώσουν μεγάλο ποσό θερμότητας είναι τα πιο κατάλληλα για αυτήν την μέθοδο. Το συνθετικό αέριο (syngas) μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ή ατμού ή ως βασικό χημικό αντιδραστήριο. Τα απόβλητα τροφοδοτούνται στον εξαερωτή ως ξηρά ή υδαρή απόβλητα και αντδρούν με ατμό κάτω από απουσία οξυγόνου, σε υψηλή θερμοκρασία και πίεση. Τα προϊόντα αυτής της διαδικασίας είναι, εκτός από το συνθετικό αέριο, συμπυκνωμένο νερό, καθώς επίσης και στερεά και υγρά υπολείμματα.

Το συνθετικό αέριο (syngas) εκτός από τη χρήση του για παραγωγή ενέργειας, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία μίας σειράς προϊόντων όπως καύσιμα, λιπαντικά πίσσας, χημικές ουσίες και βιομηχανικά αέρια. [53]

Μερικά μειονεκτήματα της μεθόδου είναι η δημιουργία υγρών και στερεών υπολειμμάτων καθώς επίσης και μεγάλες ποσότητες συμπυκνωμένου νερού που απαιτεί περαιτέρω διαχείριση. [39]

Η πυρόλυση εφαρμόζεται με επιτυχία στο ξύλο, στην κυτταρίνη, στην αποξηραμένη λάσπη (ιλύ), στα απόβλητα φρούτων και λαχανικών με περιεκτικότητα νερού περίπου 5%.

### **Αεριοποίηση (Gasification)**

Η αεριοποίηση της βιομάζας είναι μια νέα φυσικοχημική μέθοδος, ειδικά για την επεξεργασία του ελαιοπυρήνα από τον οποίο έχει αφαιρεθεί το λάδι. Η μέθοδος βασίζεται στο συνδυασμό ενός ρευστοποιημένου (fluidised) και ενός κινούμενου συστήματος (moving system). Η διάταξη του εξαερωτή (gasifier) περιλαμβάνει διάφορες ζώνες αντίδρασης. Στο κατώτατο τμήμα υπάρχει μια ρευστοποιημένη κλίνη, που διατηρεί την απαραίτητη καύση (εξώθερμη αντίδραση) η οποία εξασφαλίζει τη διατήρηση της θερμικής ισορροπίας μέσα σε ολόκληρο τον αντιδραστήρα. Στο ανώτερο τμήμα του εξαερωτή υπάρχει μια κινούμενη κλίνη, στην οποία δεν πραγματοποιείται καύση αλλά μια σειρά ενδόθερμων αεριοποιήσεων. Η μέθοδος βασίζεται στο γεγονός ότι το αέριο που φθάνει στο ανώτερο τμήμα του εξαερωτή περιέχει χαμηλή συγκέντρωση οξυγόνου και έχει υψηλή θερμοκρασία 800-850°C. Το αποτέλεσμα είναι ότι η διαδικασία αεριοποίησης μπορεί να πραγματοποιηθεί μόνο στο ανώτερο τμήμα του εξαερωτή.

Οι μεταβλητές λειτουργίας είναι η θερμοκρασία, η αναλογία αέρα/νερού που επηρεάζει τη σύνθεση του παραγόμενου αερίου και τη θερμαντική ισχύ. Η απόδοση της αεριοποίησης είναι: ποσοστό 50% των στερεών καίγονται και το υπόλοιπο αεριοποιείται.

Η τυπική σύνθεση του παραγόμενου αερίου είναι: 7% - 10% H<sub>2</sub>, 2,5% - 6% CH<sub>4</sub>, 6% - 18% CO, 0,06% - 1,6% C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> και 64% -84% CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O. [3, 6]

### **Αποτέφρωση (Incineration)**

Τα απόβλητα μπορεί να καούν σε ελεγχόμενες εγκαταστάσεις αποτέφρωσης αποβλήτων ή σε λιγότερο ελεγχόμενους φούρνους καύσης. Τα απόβλητα χρησιμοποιούνται ως καύσιμο υλικό, από το οποίο μπορεί να ανακτηθεί θερμότητα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Έτσι, από 1 τόνο επεξεργασμένων αποβλήτων ελίων μπορεί να παραχθεί 400.000 kcal (≈465kWh) [22]. Η τέφρα που απομένει μετά την επεξεργασία μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη γεωργία ως πηγή ανόργανων αλάτων, μια πρακτική που δεν επιτρέπεται σε όλα τα κράτη μέλη της ΕΕ. Η μέθοδος της αποτέφρωσης υπόκειται σε αυστηρή περιβαλλοντική νομοθεσία. Η Οδηγία 2000/76 [55] για την αποτέφρωση των αποβλήτων τέθηκε σε ισχύ για να εμποδίσει ή να περιορίσει όσο το δυνατό περισσότερο τις αρνητικές συνέπειες στο περιβάλλον, με έμφαση στη ρύπανση του αέρα, του εδάφους, των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων, με τους επακόλουθους κινδύνους για την ανθρώπινη υγεία. Ο στόχος αυτός θα επιτευχθεί με τη θέσπιση οριακών τιμών εκπομπής για τις εγκαταστάσεις αποτέφρωσης και συν-αποτέφρωσης (co-incineration) αποβλήτων εντός της Κοινότητας και επίσης μέσω της εφαρμογής της Οδηγίας 75/442/ΕΟΚ [56] που καλύπτει τις εγκαταστάσεις αποτέφρωσης και συν-αποτέφρωσης.

Τα περισσότερα απόβλητα των βιομηχανιών τροφίμων δεν προσφέρονται για αποτέφρωση και καύση λόγω της υψηλής περιεκτικότητας σε υγρασία. Εάν το ενεργειακό περιεχόμενο των αποβλήτων είναι χαμηλό απαιτείται περαιτέρω απομάκρυνση νερού ή προσθήκη καυσίμου υλικού προκειμένου να υποστηριχθεί η διαδικασία της αποτέφρωσης. Οι εγκαταστάσεις αποτέφρωσης βιομηχανικών αποβλήτων απαιτούν ειδικές συσκευές για την επεξεργασία αερίων και της τέφρας που παράγονται. Η μέθοδος της αποτέφρωσης δεν έχει βρει ευρεία εφαρμογή γιατί τα απόβλητα διατίθενται χωρίς αξιοποίηση, η ενεργειακή ανάκτηση είναι χαμηλή και η τέφρα απορρίπτεται. [39]

## Απόθεση (Deposition)

### Διάθεση σε χώρους υγειονομικής ταφής (Land filling)

Η κομποστοποίηση είναι η καλύτερη εναλλακτική λύση για την επεξεργασία στερεών αποβλήτων από τις αγρο-διατροφικές βιομηχανίες. Τα υπολείμματα που δεν μπορεί να ανακυκλωθούν, να κομποστοποιηθούν ή να αξιοποιηθούν ενεργειακά διατίθενται σε χώρους υγειονομικής ταφής. Με την πάροδο όμως του χρόνου, τα απόβλητα υφίστανται βιολογικούς και χημικούς μετασχηματισμούς με αποτέλεσμα το σχηματισμό βιο-αερίου και υγρού αποστράγγισης (στραγγίσματα) που απαιτούν ιδιαίτερο χειρισμό. Συγκεκριμένα, το νερό στράγγισης θα πρέπει να συλλεχθεί και να υποβληθεί σε βιολογικό καθαρισμό για να μην ρυπάνει τον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα, ενώ το αέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας. [20, 22]

## Περίληψη

Συνοψίζοντας, θα πρέπει να τονιστεί ότι η μέθοδος επεξεργασίας των αποβλήτων εξαρτάται όχι μόνο από ενδογενείς παράγοντες αλλά κυρίως από τη δυναμικότητα παραγωγής των ελαιοτριβείων. Είναι προφανές ότι η επεξεργασία θα πρέπει να είναι οικονομικά βιώσιμη για το μέγεθος των ελαιοτριβείων, για το λόγο αυτό δεν υπάρχουν "γενικές" λύσεις και κάθε περίπτωση θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι τοπικές, περιφερειακές και τεχνικές ιδιαιτερότητες. [6, 18, 19, 22]

## Βιβλιογραφικές αναφορές

- 1 ANONYMOUS: Food and agriculture organization of the United Nations, Online under URL: [www.fao.org](http://www.fao.org) [last Access on 23.03.2005]
- 2 ANONYMOUS: International Olive Oil Council, Online under URL: [www.internationaloliveoil.org](http://www.internationaloliveoil.org) [last Access on 23.03.2005]
- 3 ANONYMUS: Online under URL: <http://www.oliveoilsource.com> [last Access on 25.03.2005]
- 4 MULINACCI, N., *et al.* (2001): Polyphenolic Content in Olive Oil Waste Waters and Related Olive Samples, Journal of Agricultural and Food Chemistry (2001) **49**: 1005 – 1009.
- 5 ANONYMUS (2003): European Communities: Statistics and focus. Online under URL: [http://www.eds-destatistik.de/en/downloads/sif/nn\\_03\\_38.pdf](http://www.eds-destatistik.de/en/downloads/sif/nn_03_38.pdf) [last Access on 25.03.2005]
- 6 ARAGÓN, J.M., KARAGOUNI, A., BOLLE, F., GEISSEN, K., DANIL, P., RUSSEL, N., BALIS, C., (2000): Project IMPROLIVE - Improvements of Treatments and Validation of the Liquid-Solid Waste from the Two-Phase Olive Oil Extraction (FAIR CT96-1420) - Final Report - Annex A2, Pages: 72.
- 7 VOSSEN, P. (1997): Spanish olive oil production-Technical report on the olive oil production tour, University of California, Santa Rosa, USA. Pages: 22.
- 8 ANONYMUS: Online under URL: <http://www.dsmz.de> [last Access: 29.03.2005]
- 9 SALVADOR, M.D., ARANDA, F., GÓMEZ-ALONSO, S., FREGAPANE, G. (2000): Quality characteristics of Cornicabra virgin olive oil, Res. Adv. In Oil Chemistry (2000) **1**: 31 – 39.
- 10 MULINACCI, N., *et al.* (2001): Polyphenolic Content in Olive Oil Waste Waters and Related Olive Samples, Journal of Agricultural and Food Chemistry (2001) **49**: Page: 1005 – 1009.
- 11 FIORENTINO, A., *et al.* (2003): Environmental effects caused by olive oil mill wastewaters: Toxicity comparison of low-molecular-weight phenol components, Journal of Agricultural and Food Chemistry (2003) **51**: Page: 1005 – 1009.
- 12 SOLER- RIVAS, Γ., ESPIN, J.C., WICHERS, H.J. (2000): Review oleuropein and related compounds, Journal of the Science of Food and Agriculture (2000) **80**, Page: 1013-1023.
- 13 UCCELLA, N. (2001): Olive biophenols: Biomolecular characterisation, distribution and phytoalexin histochemical localisation in the drupes, Trends in Food Science and Technology (2001) **11**, Page: 315-327.
- 14 TERNES, W. (2000): Naturwissenschaftliche Grundlagen der Lebensmittelzubereitung, Behr Verlag GmbH und Co. Hamburg, 2. Auflage, Pages: 762.
- 15 SÁNCHEZ, A.H., REJANO, L., MONTANO, A. DE CATRO, A. (2000) : Utilization at high pH of starter cultures of lactobacilli for Spanish-style green olive fermentation, International Journal of Food Microbiology (2001) **67**: 115 – 122.
- 16 SALVADOR, M.D., ARANDA, F., GÓMEZ-ALONSO, S., FREGAPANE, G. (2000): Quality characteristics of Cornicabra virgin olive oil, Res. Adv. In Oil Chemistry (2000) **1**: 31 – 39.
- 17 GÓMEZ-ALONSO, S., DESAMPARADOS, S., FREGAPANE, G. (2002): Phenolic compounds profile of Cornicabra virgin olive oil, Journal of Agricultural and Food Chemistry (2002) **50**: 6812 – 6817.

- 18 ANONYMOUS (2003): European Union Network for the Implementation and Enforcement of Environmental Law - IMPEL Olive Oil Project, Online under URL: <http://europa.eu.int/comm/environment/impel> [last Access: 07.04.2005]
- 19 ANONYMOUS (2004): Project INASOOP - Integrated Approach to Sustainable Olive Oil and Table Olive Production (COLL-CT-2003-500467) - Report on Relevant Olive Oil and Table Olives Production Techniques and Technologies, Pages: 20.
- 20 ROZZI, A., MALPEI, F. (1996): Treatment and Disposal of Olive Mill Effluents, International Biodeterioration & Biodegradation (1996), Elsevier, Page: 135 – 144.
- 21 ANONYMOUS, Online available under URL: [http://www.geawiegand.com/ndk\\_website/geawiegand/cmsdoc.nsf/WebDoc/ndkw67whkh](http://www.geawiegand.com/ndk_website/geawiegand/cmsdoc.nsf/WebDoc/ndkw67whkh) [last Access: Access: 16.03.2005]
- 22 ANONYMOUS, (2004): Handbook for the prevention and minimisation of waste and valorisation of by-products in European agro-food industries, Agro food wastes minimisation and reduction network - AWARENET, Pages: 349.
- 23 ANONYMOUS, Online available under URL: <http://www.aquatec-engineering.com/engl-src/aqua.htm> [last Access: 16.03.2005]
- 24 ISRAILIDES C.J., VLYSSIDES A. G., *et al.* (1996): Olive oil Waste treatment with the use of an electrolysis system, Proc. 2nd Specialized Conference on Pretreatment of Industrial Wastewaters, 16-18/10/1996, IAWQ Greek National Committee, Athens, Greece, Pages: 840-843.
- 25 BRENES, G. *et al.*, (1993): Phenolic compounds in Spanish olive oils. J. Agric. Food Chem. 1999, **47**, Pages: 3535-3540.
- 26 HAMDI, M., BOUHAMED, H., ELLOUZ, R. (1991): Optimization of the fermentation of olive mill waste-waters by *Aspergillus niger*, Applied Microbiology and Biotechnology, Springer-Verlag, Volume 36, Number 2, Pages: 285 – 288.
- 27 ANONYMOUS, Online available under URL: <http://www.westech-inc.com/daf.html> [last Access: 16.03.2005]
- 28 ANONYMOUS, Online available under URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Flotation> [last Access: 16.03.2005]
- 29 ANONYMOUS, Online available under URL: <http://www.ekof.de/grafik/Flotation%20a.jpg> [last Access: 16.03.2005]
- 30 PEREZ, J., MUNOZ-DORADO, J., DE LA RUBIA, T., MARTYNEZ, J. (2001): Biodegradation and biological treatments of cellulose, hemicelluloses and lignin: an overview, Int Microbiol(2002) **5**, Springer-Verlag, Page: 53–63.
- 31 ANONYMOUS, Online available under URL: [http://www.bcua.org/WPC\\_VT\\_WasteWaterPrimarySedimentation.htm](http://www.bcua.org/WPC_VT_WasteWaterPrimarySedimentation.htm) [last Access: 16.03.2005]
- 32 ANONYMOUS, Online available under URL: [http://www.italocorotondo.it/tequila/partier\\_section/belgium\\_english/be\\_lag\\_waste\\_water.htm](http://www.italocorotondo.it/tequila/partier_section/belgium_english/be_lag_waste_water.htm) [last Access: 16.03.2005]
- 33 CYL, C.: Kläranlage Bremen-Seehausen Weitergehende Abwasserreinigung Belebungs anlage BC – Grundlagen der Nährstoffelimination, Verfasser: Zentralbereich III.4, Bau- und Anlagentechnik, Bremer Entsorgungsbetriebe, 52 Pages.
- 34 LEMMER, H., GRIEBE, T., FLEMMING, H.-C. (1996): Ökologie der Abwasserorganismen, Springer Verlag Berlin Heidelberg, Pages: 313.



- 35 DRYSDALE, GD, KASAN, HC., BUX, Φ., (1999): Denitrification by heterotrophic bacteria during activated sludge treatment, *Water SA*, Vol. 25 (No 3): 357-362,
- 36 SCHLEGEL, H.G., (1992): *Allgemeine Mikrobiologie* Georg Thieme Verlag Stuttgart – New York, Siebte Auflage, Pages: 634.
- 37 LACKO, N., BUX, F., KASAN H.C., (1999): Survey of filamentous bacteria in activated sludge plants in KwaZulu-Natal, *Water SA*, Vol. 25 (No. 1): 63 – 68.
- 38 DABERT, P., DELGENÈS, R., MOLETTA R., GODON, J.J., (2002): Contribution of molecular microbiology to the study in water pollution removal of microbial community dynamics, *Re/View in Environmental Sciences & Bio/Technology*, (2002) 1 - Kluwer Academic Publishers: 39 – 49.
- 39 BRENES, G. *et al.*, (1993): Phenolic compounds in Spanish olive oils. *J. Agric. Food Chem.* 1999, 47: 3535-3540.
- 40 Brinck, J., Jönsson, A.-S., Jönsson, B., Lindau, J. (1998): Influence of the pH on the adsorptive fouling of ultrafiltration membranes by fatty acid, *Journal of Membrane Sciences* (2000) **164**, Elsevier: 187 – 194
- 41 ANONYMOUS, Online available under URL: [http://www.gewater.com/library/tp/834\\_Nanofiltration\\_.jsp](http://www.gewater.com/library/tp/834_Nanofiltration_.jsp) [last Access: 08.04.2005]
- 42 ANONYMOUS, Online available under URL: [http://www.gewater.com/library/tp/223\\_Nanofiltration-109\\_Olive.jsp](http://www.gewater.com/library/tp/223_Nanofiltration-109_Olive.jsp) [last Access: 04.04.2005]
- 43 DANGEL, A. R., AUSTRUKIS, D., PALMATEER, J. (1995): Fatty Acid Separation from Hydrolyzer Wastewater by Ultrafiltration, *Environmen6tal Progress*, Vol. 14, No. 1: Page: 65-68.
- 44 ANONYMOUS, Online available under URL: <http://www.rpi.edu/dept/chem-eng/Biotech-Environ/incinerator.html> [last Access: 28.03.2005]
- 45 ANONYMOUS, Online available under URL: [www.rec.hu/twinning/trainingMaterial/Berghoff/wasteincineration\\_directive.ppt](http://www.rec.hu/twinning/trainingMaterial/Berghoff/wasteincineration_directive.ppt) [last Access: 28.03.2005]
- 46 ANONYMOUS, Online available under URL: [http://www.geawiegand.com/ndk\\_website/geawiegand/cmsdoc.nsf/WebDoc/ndkw67whkh](http://www.geawiegand.com/ndk_website/geawiegand/cmsdoc.nsf/WebDoc/ndkw67whkh) [last Access: 28.03.2005]
- 47 ANONYMOUS, Online available under URL: <http://www.lenntech.com/coagulation-flocculation.htm> [last Access: 28.03.2005]
- 48 ANONYMOUS, Online available under URL: <http://en.wikipedia.org/wiki/Supersaturated> [last Access: 28.03.2005]
- 49 ANONYMOUS (2003): EU Project SOLARDIST - Development of a solar distillation waste water treatment for olive oil mills (EESD: EVK1-CT-2002-30028), Reports on: Composting laboratory test report, Composting process design, Evaluation report on the composting process.
- 50 ANONYMOUS, Online available under URL: <http://www.hri.ac.uk/recoveg/respics.htm> [last Access: 28.03.2005]
- 51 MOHAMAD I. AL-WIDYAN, ADNAN, I. KHAIR, GHASSAN TASHTOUSH (2002): Briquettes Of Olive Cake as a Potential Source of Thermal Energy, *Journal of Solid Waste Technology and Management*, Vol. 28, No. 2.
- 52 ANONYMOUS, Online available under URL: <http://www.rpi.edu/dept/chem-eng/Biotech-Environ/incinerator.html> [last Access: 14.04.2005]
- 53 ALCAIDE E.M. AND NEFZAUI A., (1996), Recycling of Olive Oil by-Products: Possibilities of utilization in Animal nutrition, *International Biodeteriotation & Biodegradation*, Elsevier Science Limited, UK, Page: 227-235.



- 54 ANONYMOUS, Online available under URL:<http://www.rpi.edu/dept/chem-eng/Biotech-Environ/incinerator.html> [last Access: 28.03.2005]
- 55 LE TUTOUR, B. *et al.*, (1992): Antioxidative activities of *Olea europaea* leaves and related phenolic compounds. *Phytochem* **31** (4), 1173-1178.
- 56 ANONYMOUS, European Commission, Directive 2000/76/EC of the European parliament and of the council of 4 December 2000 on the incineration of waste - Official Journal of the European Communities (28.12.2000), Online available under URL:[http://europa.eu.int/comm/environment/wasteinc/newdir/2000-76\\_en.pdf](http://europa.eu.int/comm/environment/wasteinc/newdir/2000-76_en.pdf) [last Access 24.03.2005]
-

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

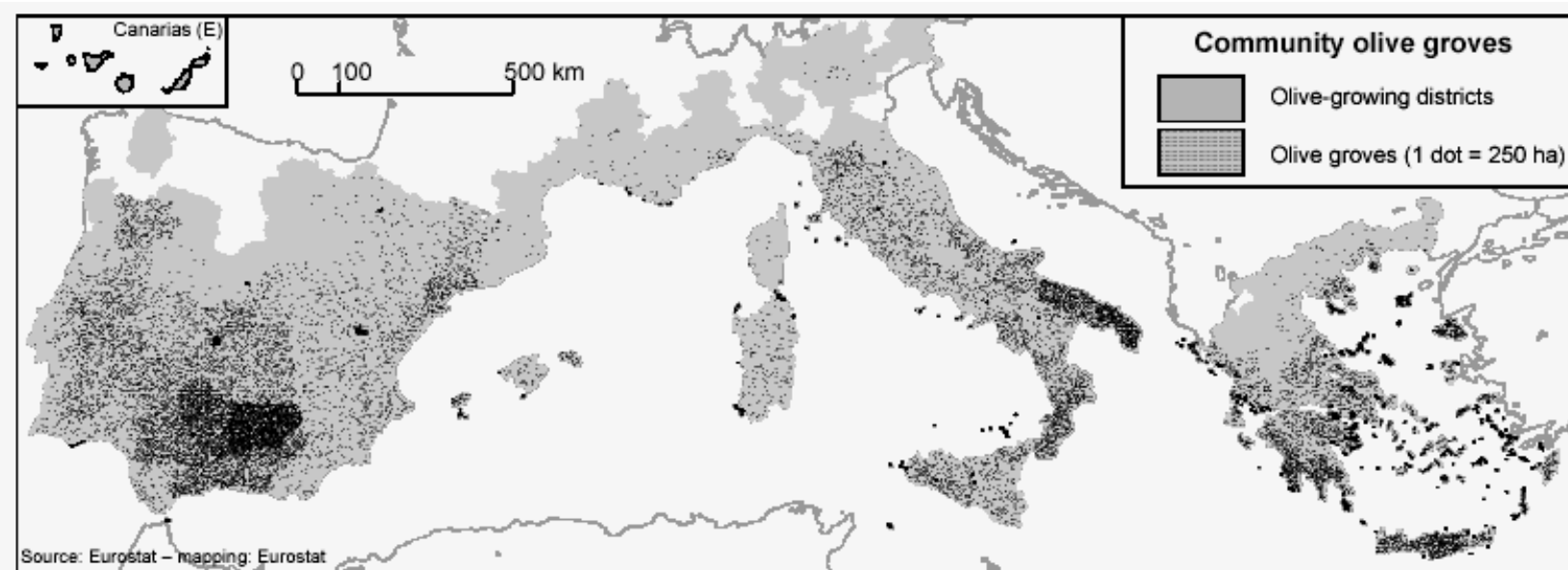
# **Topic 1:**

## **Olive and Olive Oil Production**

### **- Statistics -**

## Topic 1: Olive and Olive Oil Production

### Olive Statistics



Community Olive Groves in the years 1999/2000. [ FAOSTAT]

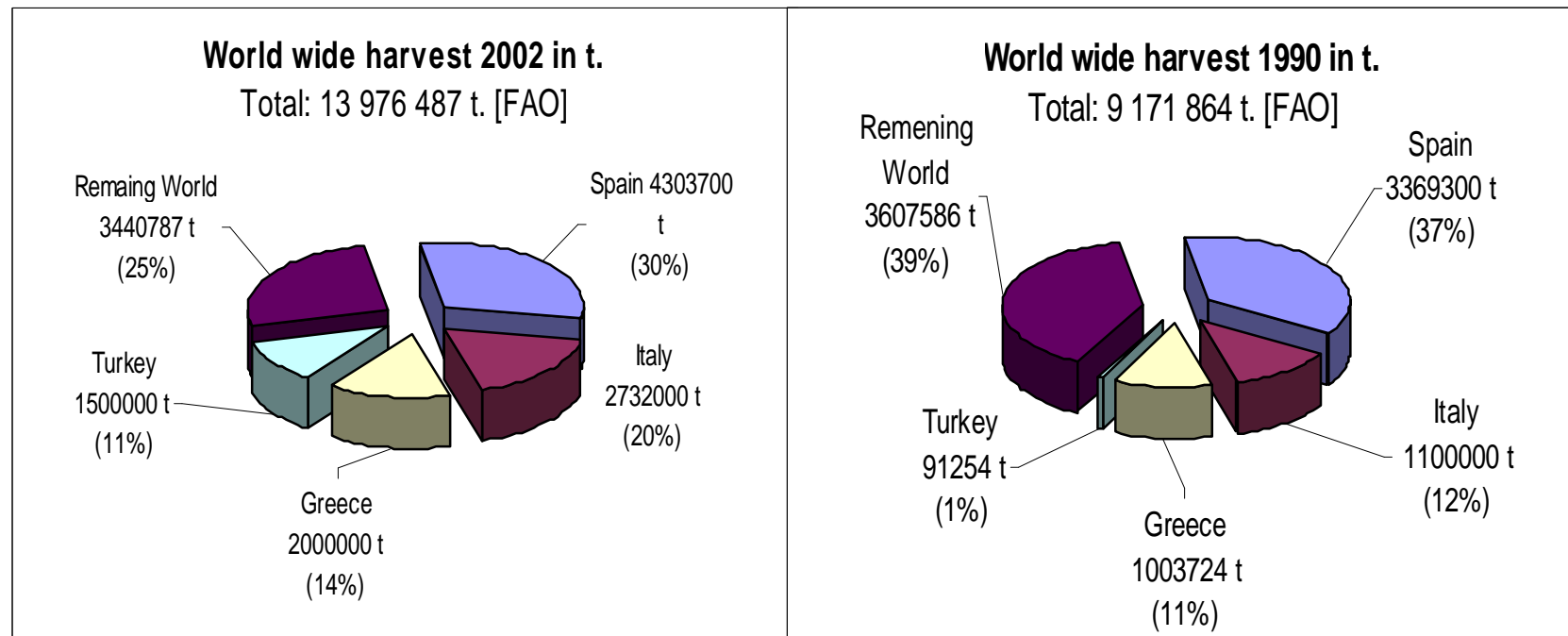
- Olive and olive oil sector is Europe's important agricultural sector
- Olive oil industry is of prime importance to the economy of the European Union
- It is among one of the largest industry sectors in the Union, which provides jobs for 800.000 people in Europe
- Over 82 % of produced olive oil is manufactured in small family owned olive mills

## Topic 1: Olive and Olive Oil Production

### Olive Statistics



➤ Including the Associated Candidate Countries and Turkey, the figure rises up to almost 89 %

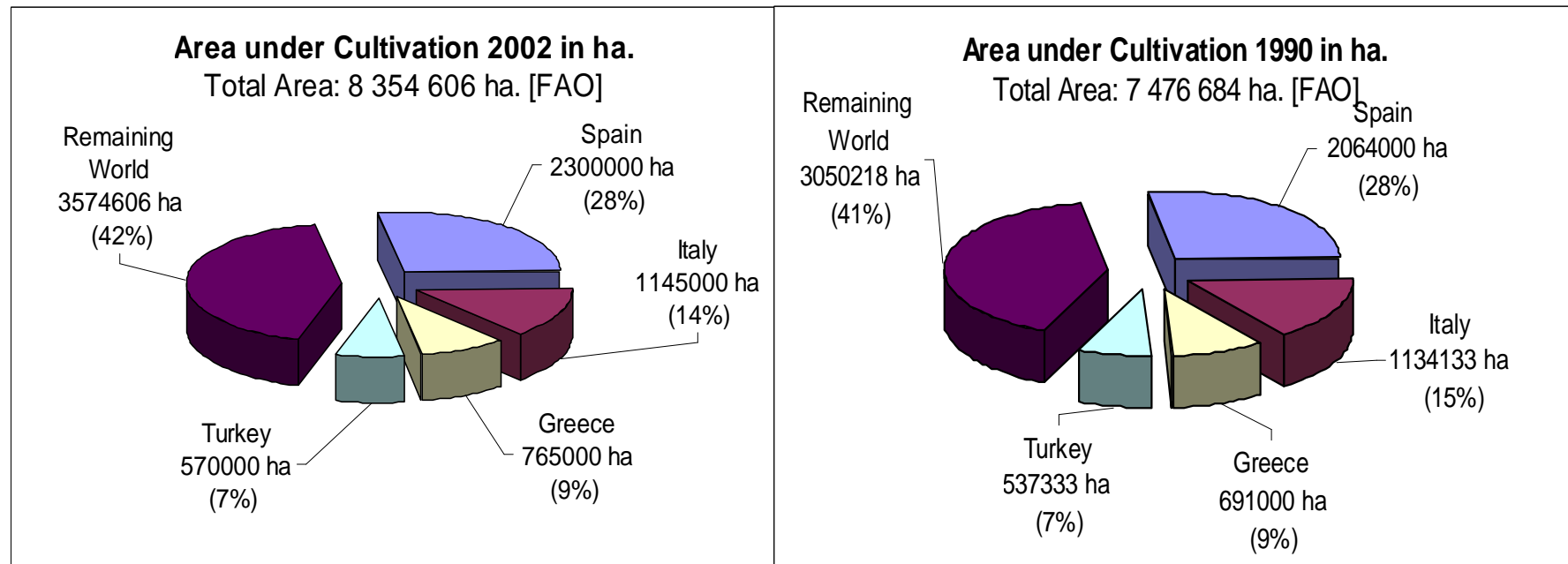


## Topic 1: Olive and Olive Oil Production



### Olive Statistics

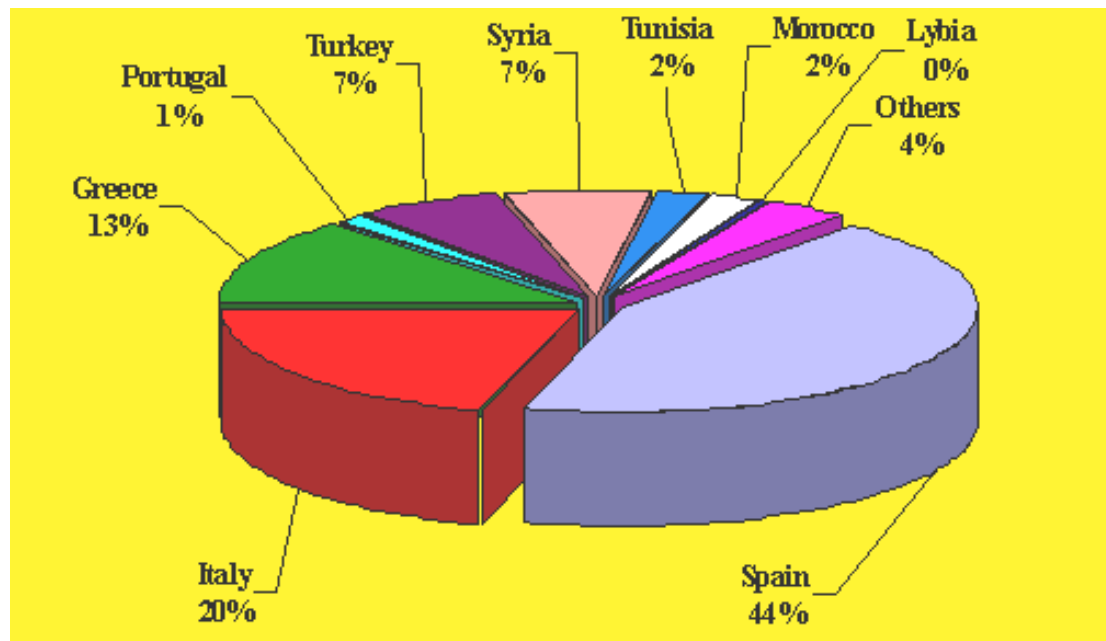
- Since 1980 the growth area has doubled to today
- Average annual growth rate is 4 %
- Table olives and olive oil production is one of the fastest growing agro-food sector in Europe





## Topic 1: Olive and Olive Oil Production

### Olive Statistics



World's Main producing countries in 2003

# **Topic 1:**

## **Olive and Olive Oil Production**

### **- Terminological Terms and Shortcuts -**

## Topic 1: Olive and Olive Oil Production

### Terminological Terms and Shortcuts



Term	Description
Flesh, pulp (UK)	Soft, fleshy part of the olive fruit
Stone/pit/husk (UK)	Nut, hard part of the olive
Kernel, seed (UK)	Softer, inner part of the nut
Alpeorujo, orujo de dos fases, alperujo (E)	Very wet solid waste from the two-phase decanters
Orujo, orujo de tres fases (E)	Wet solid waste from the three-phase decanters and presses
Pirina (EL/TR)	
Pomace (I)	
Grignons (F)	
Husks (I/TU)	
Orujillo (E)	De-oiled orujo, de-oiled alpeorujo

Key: UK- English; E-Spanish; EL- Greek; I-Italian; TU,-Tunisian; TR-Turkish; F-French

## Topic 1: Olive and Olive Oil Production

### Terminological Terms and Shortcuts



Term	Description
Alpechín (E) Margine (EL) Jamila (I)	Liquid waste from the three-phase decanters and presses
Alpechín-2 (E) Margine-2 (EL) Jamila-2 (I)	Liquid fractions from secondary alpeorujo treatments (second decanting, <i>repaso</i> , etc.)
Oil Cake/Press Cake	Remaining solid residue (cake) after filtration or pressing process
Vegetable water/Fruit water (UK)	Pressed water from the fruits

Key: UK- English; E-Spanish; EL- Greek; I-Italian; TU,-Tunisian; TR-Turkish; F-French

- ***μm***: Mu meter
  - unit which corresponds to the micrometre
  - one millionth of a metre ( $1 \times 10^{-6}$  m)
  - equivalent to one thousandth of a millimetre
  
- ***In-Situ***: "in place"
  - to examine exactly in place where it occurs “without removing”
  
- ***w/v***: weight per volume
  
- ***w/w***: weight per weight

- ***kW***: Kilowatt, (one thousand watts)
  - unit for measuring power
  - is the SI derived unit for power
  - equivalent to 1 joule per second (1 J/s),
  - in electrical units 1 volt-ampere (1 V · A)
  
- ***kWh***: Unit for measuring energy
  - corresponds to one kilowatt (kW) of power used in one hour
  - commonly used for electrical energy. 1 kW·h = 3.600.000 joules

- ***MWe***: Mega-Watt
  - unit for measuring the output of a power plant
  - MWh: Mega-Watt of electrical output per hour
  
- ***kcal***: kilocalorie.
  - calorie is a unit of energy
  - equals the amount of heat necessary to raise the temperature of 1 gram of water by 1 degree Celsius, at a pressure of 1 atm.
  
- ***OMWW***: Olive Mill Waste Water(-s)
  
- ***OMW***: Olive Mill Waste



- ***BOD5***: The amount of dissolved oxygen consumed in five days by biological processes breaking down organic matter
- ***COD***: The amount of oxygen in mg/l required to oxidize both organic and oxidisable inorganic compounds
- ***NaOH***: Sodium hydroxide - also known as caustic soda or lye

- ***KCl***: Potassium chloride
  - occurs naturally as the mineral sylvite
  - and also in combination with sodium chloride as sylvinite
  
- ***NaCl***: Sodium chloride
  - known as common salt, table salt, or halite
  
- ***N***: Nitrogen
  - usually colourless, odourless, and tasteless and
  - mostly inert diatomic non-metal gas.
  - constitutes 78 percent of Earth's atmosphere
  - is a constituent of all living tissues

➤  $NO_2$ : Nitrite

- form of nitrogen commonly found in the soil
- produced by the chemical modification of ammonium by specialized bacteria
- toxic to plants and animals at high concentrations.
- is also known as carcinogens

➤  $NO_3^-$ : Nitrate

- important source of nitrogen in fertilizers
- as potassium nitrate (saltpetre) and ammonium nitrate
- Nitrates must be used quickly by plants
- are easily lost through leaching or denitrification by bacteria

➤  **$NH_3$** : Ammonia

- at standard temperature and pressure,  $NH_3$  is a gas
- characteristic pungent odour.
- Its main use: production of fertilizers, explosives and polymers
- can be used directly as a fertilizer
- allows the continuous growing of nitrogen dependent crops, without crop rotation

➤  **$NH_4$** : Ammonium

- ammonium salts are water soluble
- ammonium ions are a toxic waste product of animals metabolism
- is excreted unchanged in the urine by animals

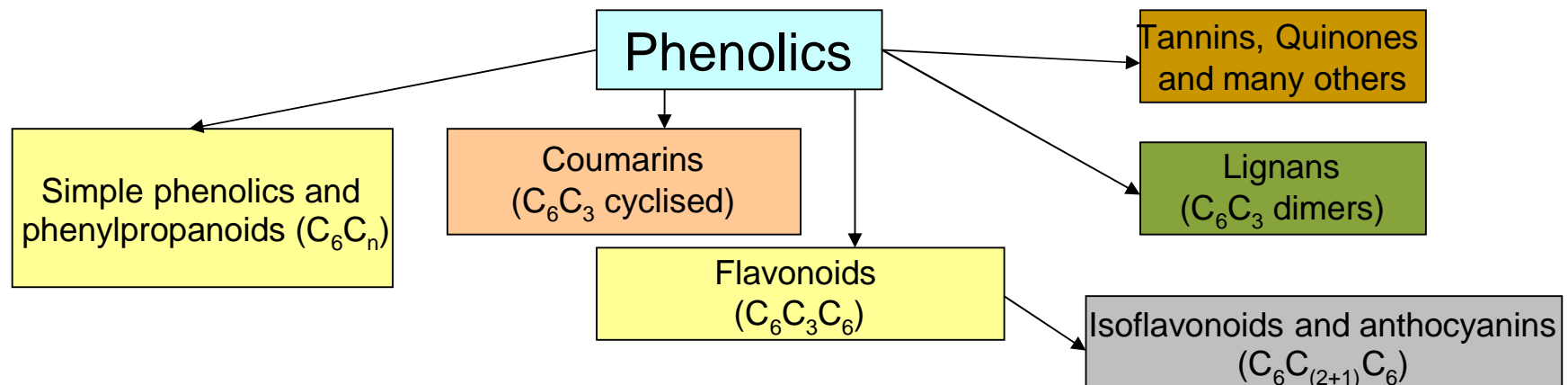
### Terminological Terms and Shortcuts

- ***pH***: Potential of hydrogen
  - also referred as Latin *pondus hydrogenii*
  - is a measure of activity of hydrogen ions (H<sup>+</sup>) in a solution
  - its acidity or alkalinity value is an approximate number
  - between 0 and 14
  - indicates whether a solution is:
    - acidic (pH < 7)
    - neutral (pH = 7)
    - basic/alkaline (pH > 7)
  
- ***O<sub>2</sub>*** – Oxygen
  
- ***H<sub>2</sub>O*** – Water

#### ➤ Polyphenols:

- group of vegetable chemical substances
- characterized by the presence of more than one phenolic group
- known as carbolic acid ( $C_6H_5OH$ )
- responsible for the colouring and flavour of some plants
- shown to be strong antioxidants
- wide range of bioactivities

#### Types of Phenolics



➤ The amount and types of wastes and by-products depends on the production method distinguishing between:

➤ Table Olive Production



➤ Olive Oil Production



# **Topic 1:**

## **Olive and Olive Oil Production - Production Processes –**

### ***Table Olives***

### Table Olive Production

- For table olive production EU is the leading world wide producer
- The average EU production is 500 to 650.000 tons/year
- This corresponds to 45 – 50 % of the world production
- The average total world production of table olives is 1.3 mio. Tons/year
- This sector encompasses approximately 600 companies in the EU

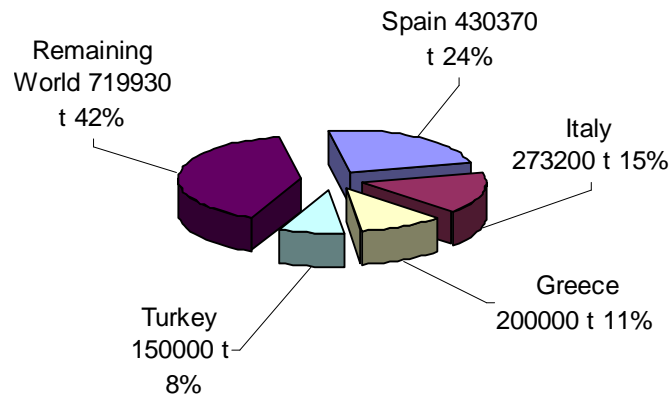
## Topic 1: Olive and Olive Oil Production



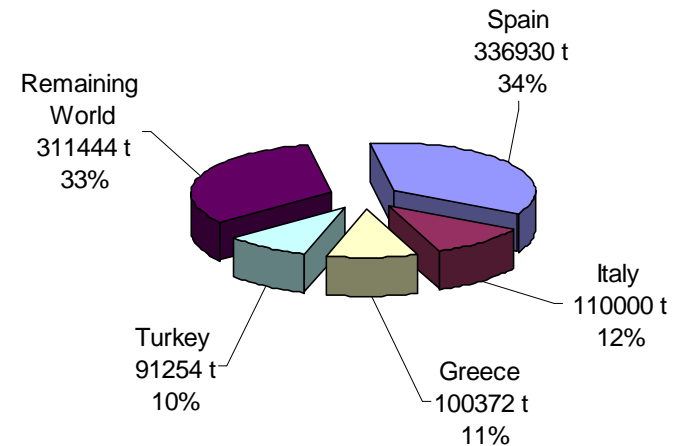
### Table Olive Production

- Comparison of the last 12 years development for table olive production
- World production in 2003/2004 was 1.581.000 t table olives
- From them 767.000 t was produced in the EU

**Produced Table Olives 2002 in t**  
Total World: 1.773.500 t [IOOC]

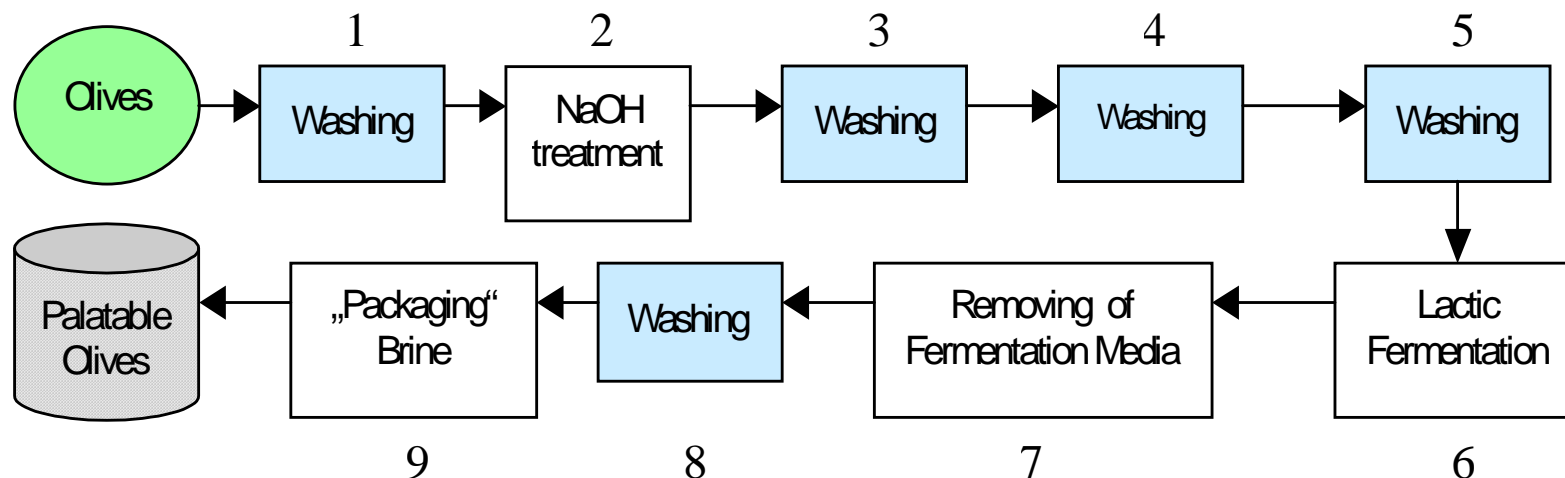


**Produced Table Olives 1990 in t**  
Total World: 950.000 t [IOOC]



### Table Olive Production

- Different methods are used:
- Final process is in most cases fermentation
  - Most used one: “Spanish Style” (approx. 70 % )



Flow scheme of processing table olives

### Table Olive Production

- Spanish Style Process consists of nine steps:
  - Washing fresh olives
  - Debittering with a NaOH solution:
    - NaOH hydrolyses oleuropein into hydroxytyrosol and elenolic acid glycoside
    - Oleuropein - responsible for the bitterness in olives
  - Olives are rinsed/washed with water 3 times to remove lye
  - Fermentation: olives are placed into NaCl or KCl brine lactic fermentation induced by lactic acid bacteria (100-200 days):
    - Hydroxytyrosol and the elenolic acid diffuse from the fruit flesh into the fermentation media
  - Fermentation media is removed
  - Final washing step
  - Packaging in brine solution

- Further used methods (approx. 30 %):
  - Greek style:
    - olives are not treated with lye
    - directly fermented in brine
    - Brine is the only wastewater generated in this case
  - Californian Style:
    - Olives are oxidised and blackened by lye
    - Successive exposure to the air
    - Addition of iron salts<sup>3</sup>
  - Unfermented Green Olives
    - Olives are debittered with a solution of NaOH and NaCl

### Table Olive Production

- For processing of 1 kg table olives averagely 1.2 litre of fresh water is needed
- It corresponds to more than 920.000 t of waste water for the yield produced in the EU for 2003/2004
- This waste water has to be treated and disposed off
- The composition of the waste water varies
- Depends on olive variety, harvesting time and method, production method, etc.



## Topic 1: Olive and Olive Oil Production



### Table Olive Production

➤ Typical composition of 1 litre waste water from the table olive production:

Characteristics	Lye and Wash Water	Brine
pH	9 -13	4
NaOH [g/L]	1,1-1,5	-
NaCl [g/L]	-	6-10
Free acidity [g lactic acid/L]	-	6-15
Polyphenols [g tannic acid/L]	4,1-6,3	5-7
COD [g O <sub>2</sub> /L]	23-28	10-20
BOD <sub>5</sub> [g O <sub>2</sub> /L]	15-25	9-15
Soluble organic solids [g/L]	30-40	10-20

# **Topic 1:**

## **Olive and Olive Oil Production -Production Processes –**

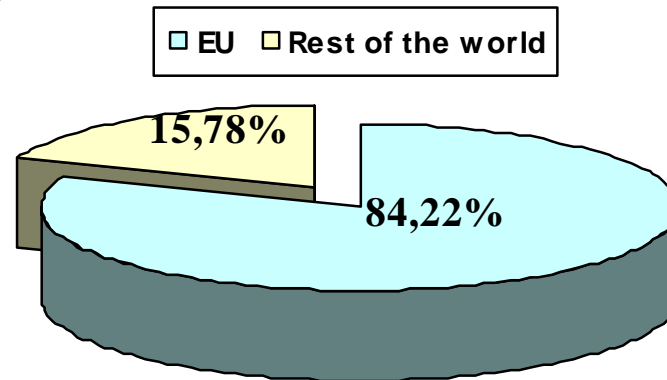
### ***Olive Oil***

## Topic 1: Olive and Olive Oil Production



### Olive Oil Production

- 2.766.773 tons of olive oil are produced in the world
- Season 2003/2004 produce 2.282.650 tons of olive oil in 12000 olive mills in the EU
- It corresponds with over 84 % of the World Production
- Majority of olive mills are small enterprises
- In many cases family-owned and with less than 10 workers
- Over 90 % of enterprises are SMEs which are directly or indirectly employed with the Olive Sector

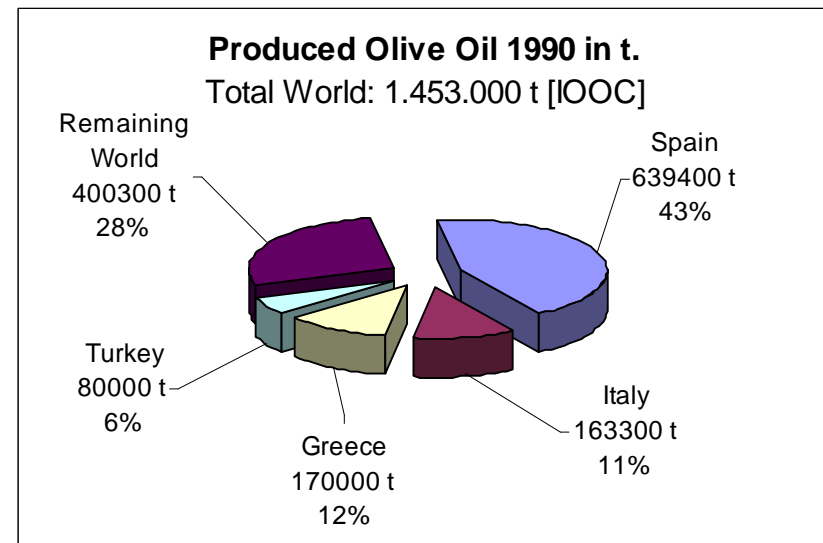
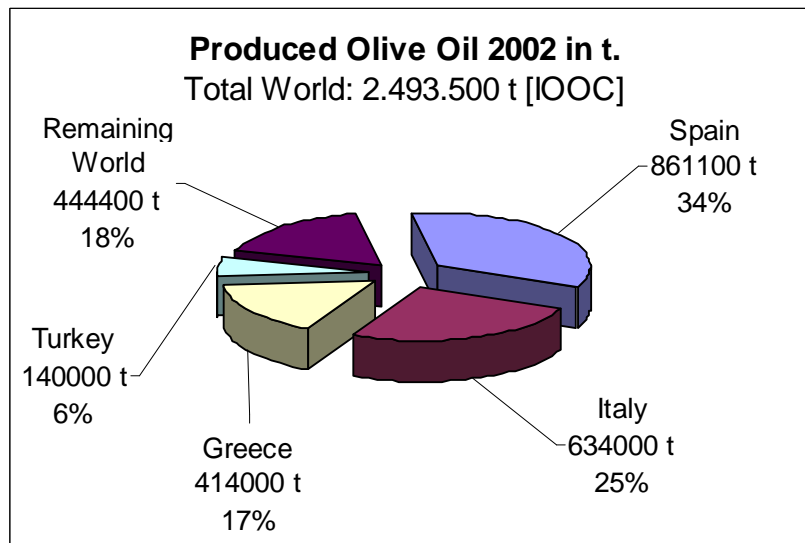


## Topic 1: Olive and Olive Oil Production



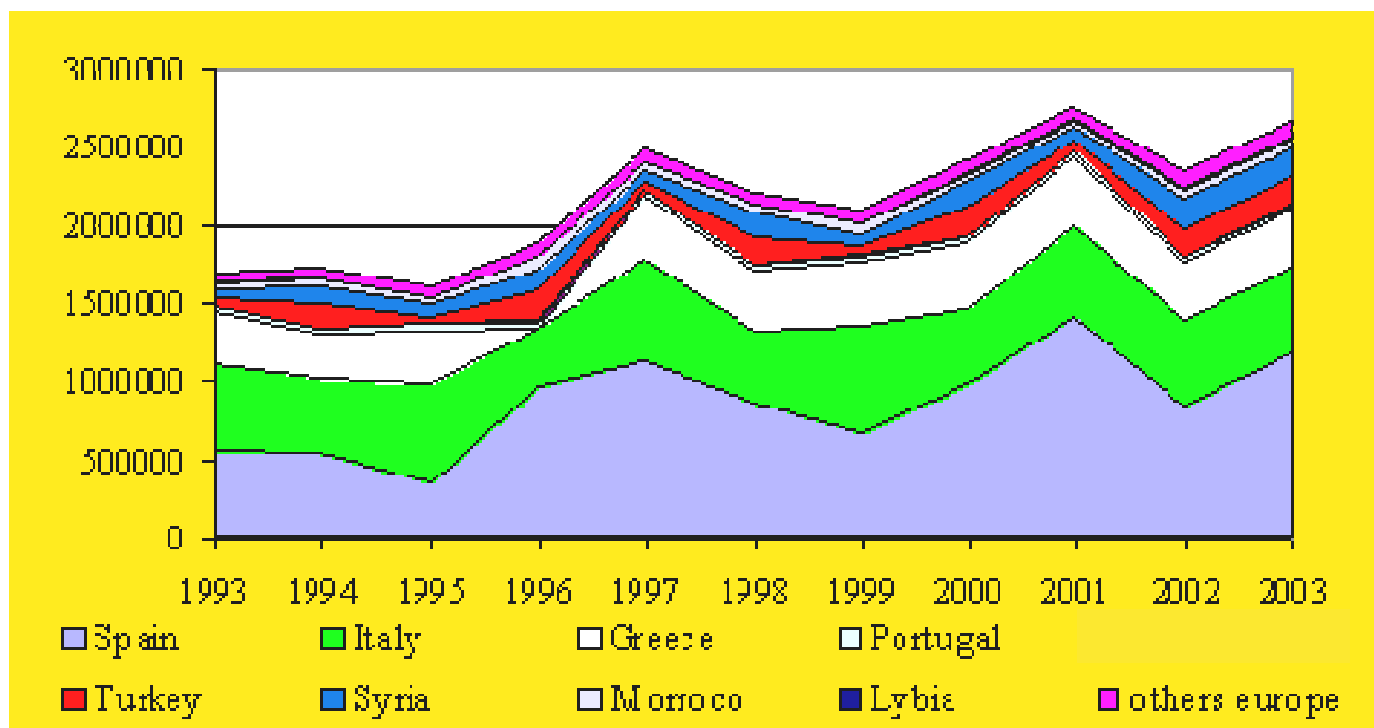
### Olive Oil Production

- Comparison of the last 12 year development for olive oil production
- World production in 2003/2004 was 3.164.500 t olive oil
- From them 2.448.000 t was produced in the EU
- It is an increase of over 21 % compared to the season 2002/2003



## Topic 1: Olive and Olive Oil Production

### Olive Oil Production



Production development of olive oil  
in the last 10 years

### Olive Oil Production

#### Evolution in the production:

- Consumer demand leads to change the production method
- Production trend by country is ascending
- High level of uncertainty in the production level
- Production in Italy and Spain changed much more than the one of the other producing countries

- Modern Olive oil production divides into three activity fields:
  - I. Oil mills, process oil, waste water and solid waste
  - II. Refineries, refines non-consumable oil
  - III. Processing plants to process oil from extraction residues and wastes

### Olive Oil Production

- Processes used today for olive oil production:
  - Traditional process
  - 3-Phase decanter
  - 2-Phase decanter
  
- 2 and 3-Phase Decanting system is similar concerning their oil yield
  
- Differ in the amount and composition of the different by-product fractions



## Topic 1: Olive and Olive Oil Production



### Olive Oil Production

- The traditional process was applied until the begin of the 80-ties of the last century
- Modern processing systems displace the traditional method
- Today the traditional method is very rarely used
- Usually only for processing of small amounts of organic olive oil
- Traditional method is a batch extraction



- Only two phases by pressing the previously milled olive
- Liquid phase is separated later to obtain oil
- By-product is a plastic paste
- Advantage: avoid the production of vegetable water
- 1.000 kg of olives generate:
  - 350 kg solid fraction (water content about 25 %)
  - 450 kg wastewater
- Ecological process in comparison with modern processes
- Not always seen as an advantage for producer

- First the 3-phase decanter was widely used
- Since last 12-15 years a 2-phase decanter displace the 3-phase processing method
- To obtain most valuable virgin olive oil, the olives have to be processed at low temperature ( $< 40^{\circ}\text{C}$ )
- The oil production can be divided into seven steps:

### Olive Oil Production

#### 1. Delivery

- Olives are delivered and stored very short
- Transport and storage in boxes in adequate amounts to prevent dents
- Dent lowers quality of the olive:
  - oil is pressed out of the tissue
  - fruit is vulnerable against parasites and microbes

#### 2. Washing

- Pre-treatment: removing leaves, wood particles and other disturbing solids
- Often the olives are directly processed without a prior washing step
- 100 - 120 L / 1000 kg olives are required for washing
- Washing water can be recycled into the process after filtration

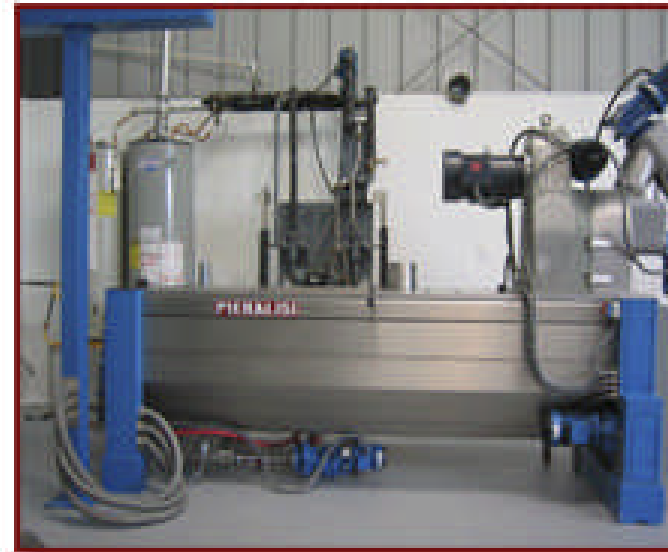
### Olive Oil Production

#### 3. Grinding

- Traditional process: olives (incl. pits) are ground up in a stone mill into a homogeneous pulp
- Modern processes: metal mills and hammer mills are used
- 100 - 150 L /1000 kg olives are added when frozen or very dry olives are processed



[Valparadiso]



[Pieralisi]

### Olive Oil Production

#### 4. Mixing of the olive pulp

- After grinding, the olive pulp is mixed in the malaxeur
- Malaxation help the coagulation and development of favoured large oil droplets
- The pulp is heated up to 28 °C to:
  - breakdown of olive cells
  - create large oil droplets
- Improve oil separation process
- Up to 100 % water are added before conveying the pulp into the two-phase- or three-phase decanter



Industrial Beater

### Olive Oil Production

#### 5. Oil extraction

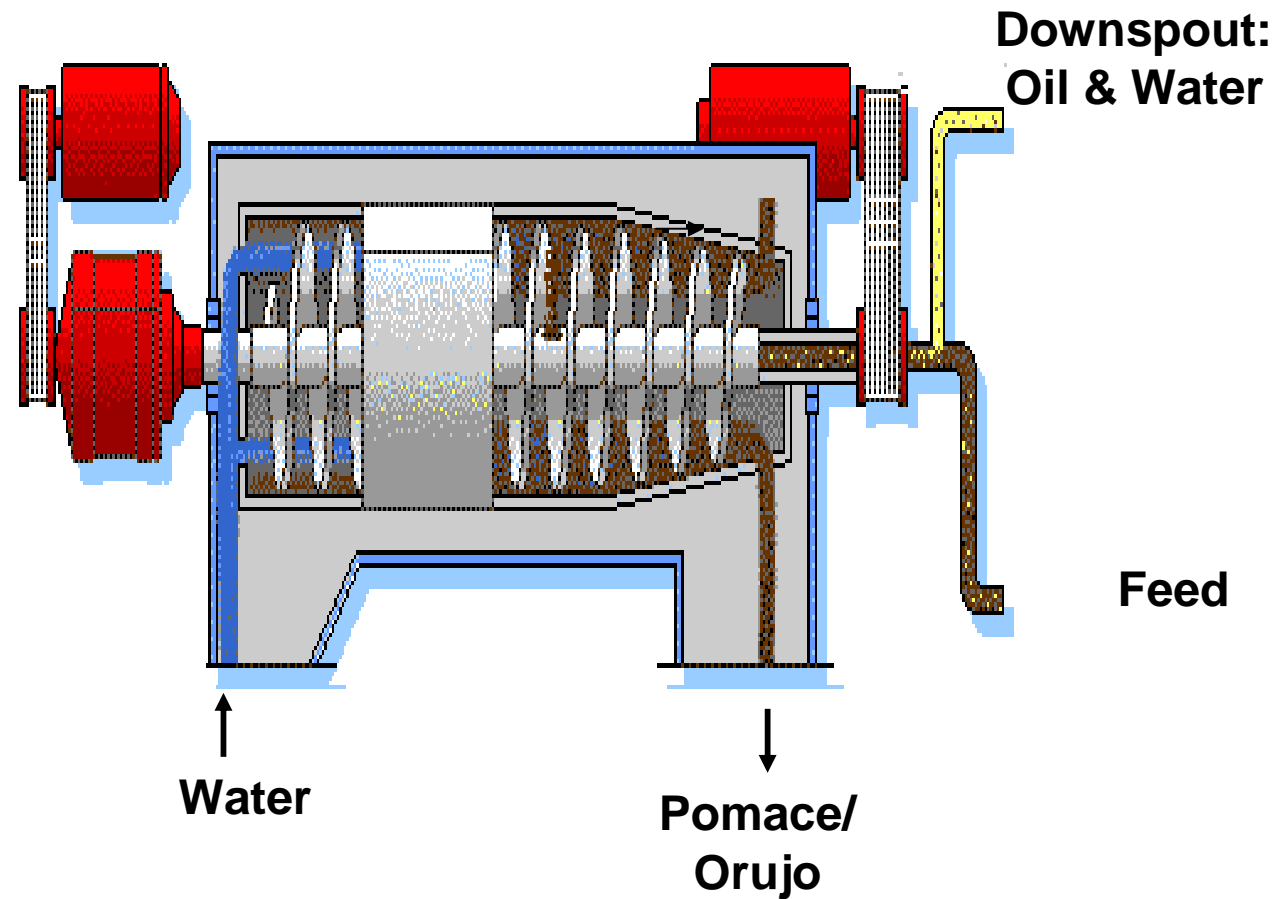
- The 3-phase process:
  - Continuous process that replaces the traditional method
  - Is the most widely used for intensive production
  - Milled olives are applied directly to a 3-phase decanter
  - The different fractions (oil, water, sludge) are separated
  - Main disadvantages:
    - ☹ Huge amounts of water needed
    - ☹ Consequently the production of waste water which cause pollution
- 1000 kg of processed olives generates:
  - 1200 kg of waste water
  - 500 kg solid fraction (water content about 50 %)

## Topic 1: Olive and Olive Oil Production

### Olive Oil Production



#### Oil extraction - Decanter





### Olive Oil Production

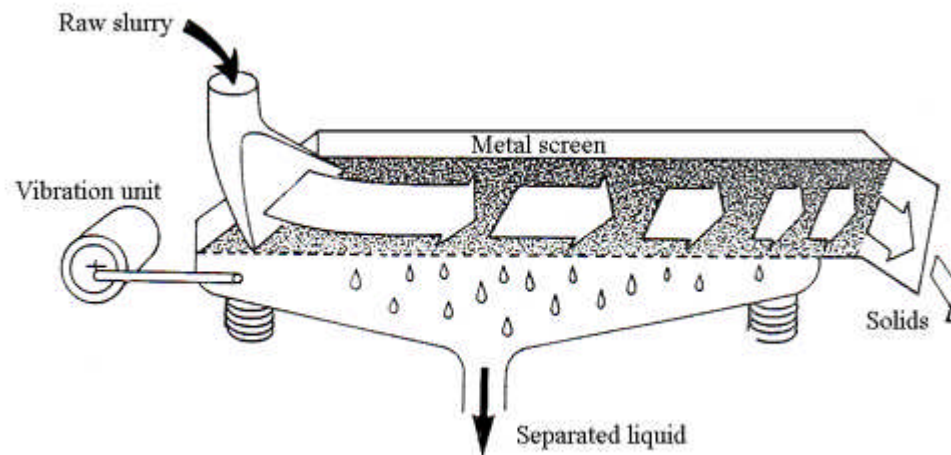
#### 5. Oil extraction (II):

- 12- 15 years ago the **2-phase system** appeared on the market, (also called “ecological system”).
- Is a continuous system
- The stream of the grinded olives is separated in a 2-phase decanter No water is added
- System enables to reduce fresh water consumption and the elimination of wastewater streams.
- Disadvantage:
  - paste-like residue (Alpeorujo = alpechin+orujo) is produced.
  - from 1000 kg olives 800 kg Alperujo is processed
  - comprises both: solids and vegetable water
  - poses difficulties for disposal
  - dries out very slowly
  - is very polluting

### Olive Oil Production

#### 6. Purification of the oil

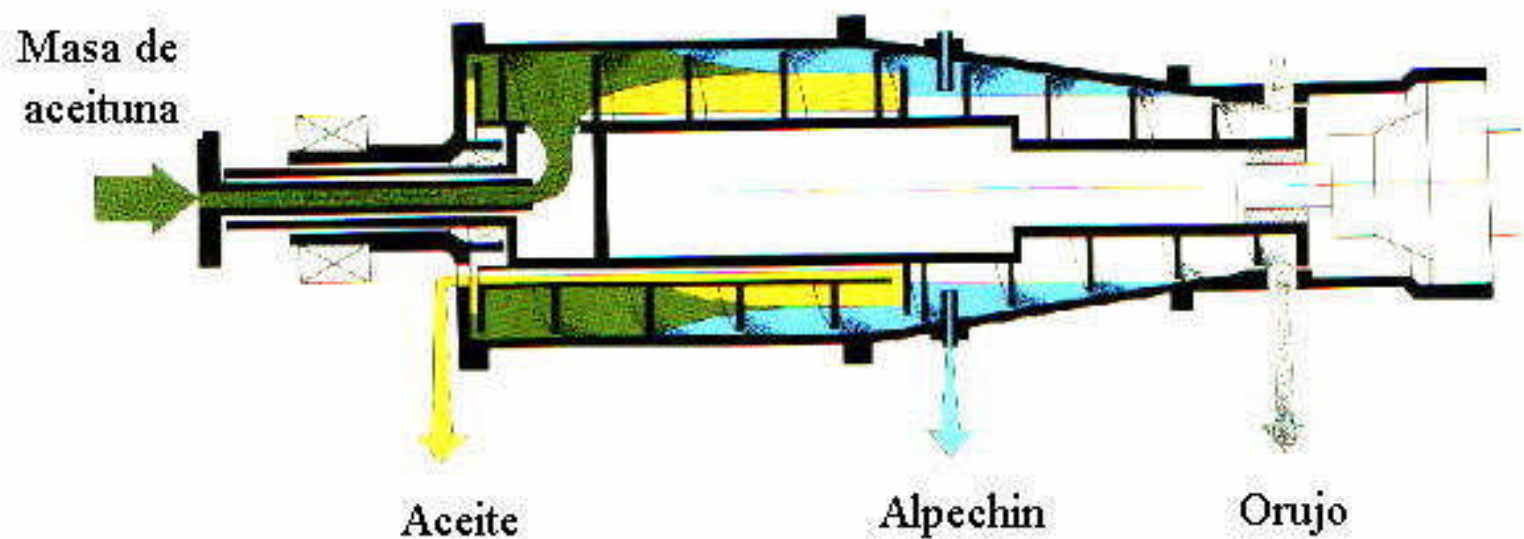
- Use of vibrating screens
- Removing of fine solved solids from the oil
- 100 - 150 L/1000 kg of centrifuged oil are added to the purification process
- Enables separation of small waste water quantities and suspended solids that accompany the oil extraction



#### 7. Extraction of residual oil

- Decanter waste water (usually 3-phase) is treated in a centrifuge for extraction of residual oil
- Oil is centrifuged twice and is pumped into a storage tank
- Solid waste from traditional and 3-phase decanter contains about 4 - 6 % oil
- Alpeorujo from the 2-phase decanter contains about 2-3,5 % oil
- Usually the waste is completely dried
- Remaining oil is extracted using hexane as solvent
- Some oil mills use the press solid waste directly as fuel for heating of water

#### Schematic extraction of residual oil

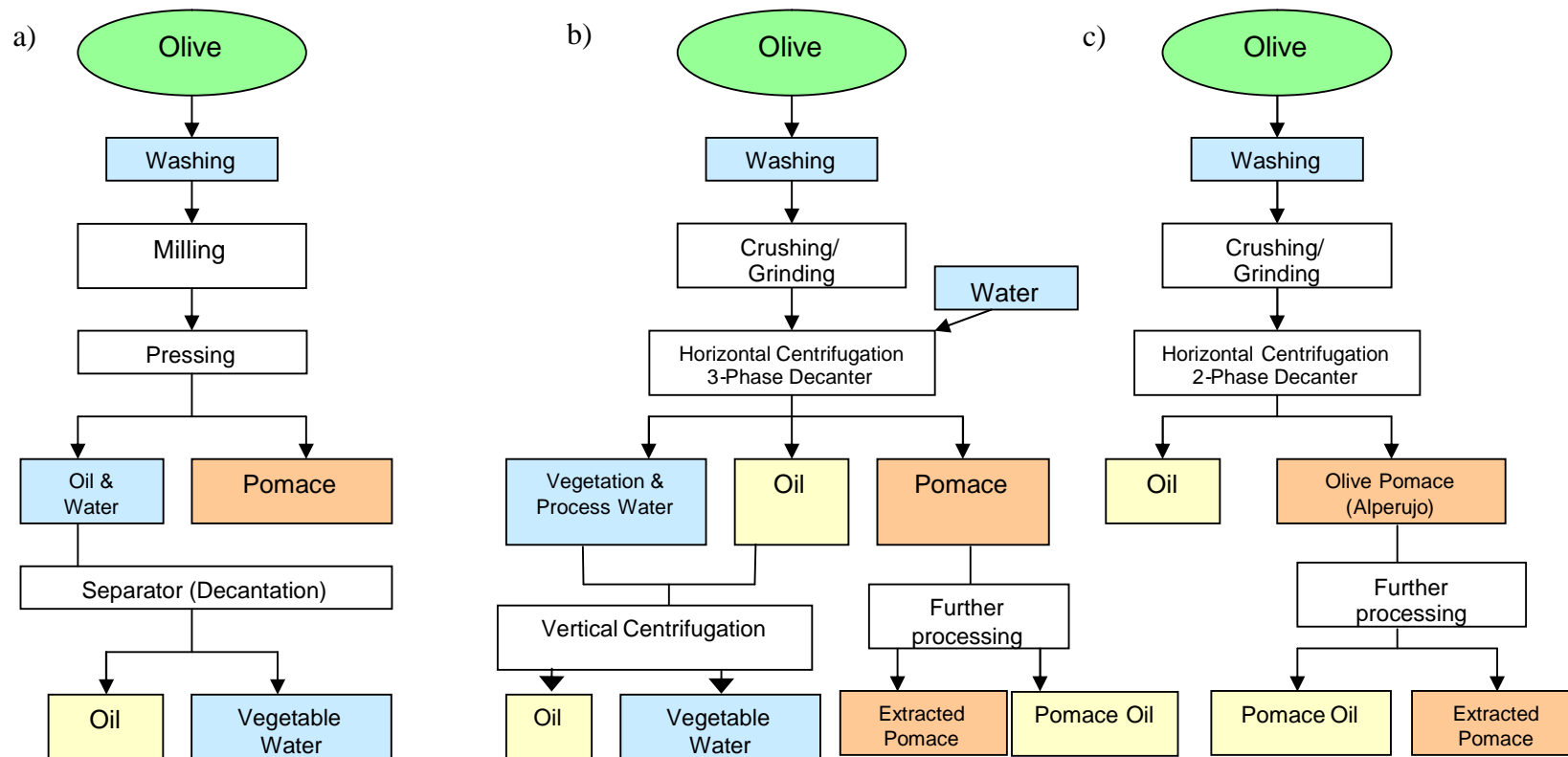


# Topic 1: Olive and Olive Oil Production

## Olive Oil Production



➤ Flow schemes of the 3 different olive oil production processes:



Traditional process

3-phase decanter

2-phase decanter

## Topic 1: Olive and Olive Oil Production

### Olive Oil Production



- The modern systems has similar oil yield of the first press
- Differs significantly in amount and composition of the waste/by-product fractions
- Fractions composed mainly of solid-liquid phases or a kind of slurry



Alpechín Concentrate



Alpechín Tanks

➤ Main differences between the Oil Extraction Methods:

	Traditional Press	3 Phase	2 Phase
<b>Solid Residues [kg/t Olives]</b>	330	500	800
<b>Waste Water [L/t Olives]</b>	600	1200	250
<b>Fruit Water of Waste Water [%]</b>	94	90	99
<b>BOD<sub>5</sub> Waste Water [g/L]</b>	100	80	10
<b>Polyphenols in Waste Water [mg/L]</b>	203	164	200

- Polyphenol content in the 3-phase low
- Dilution by addition of water

# Topic 1: Olive and Olive Oil Production

## Olive Oil Production



➤ Main differences between the input and output for the three extraction methods:

Production process	Input	Amount of Input	Output	Amount of Output
Traditional	Olives	1000 kg	oil	200 kg
	Washing Water	0,1-0,12 m <sup>3</sup>	solid waste (ca. 25 % water + 6 % oil)	400 kg
	Energy	40-63 kWh	waste water (ca. 88 % water)	600 kg
3-phase	Olives	1000 kg	oil solid waste (ca. 50 % water + 4 % oil)	200 kg
	Washing Water	01,-0,12 m <sup>3</sup>	waste water (ca. 94 % water + 1 % oil)	500-600 kg
	Fresh Water for decanter	0,5-1 m <sup>3</sup>		1000-1200 kg
	Water to polish the impure oil	ca. 10 L		
	Energy	90-117 kWh		
2-phase	Olives	1000 kg	oil	200 kg
	Washing Water	0,1-0,12 m <sup>3</sup>	solid waste (ca. 60 % water+3 % oil)	800-950 kg
	Energy	< 90-117 kWh		



## Topic 1: Olive and Olive Oil Production



### Olive Oil Production

- Detailed differences between the traditional and the 2 and 3 phase olive oil production:

Extraction Art:	2- phases	3- phases
Oil extraction capacity	86 %	85 %
<b>Pomace</b>		
Quantity (kg/100kg of olives)	72.5	50.7
Moisture (%)	57.5	50.7
Oil (%)	3.16	3.18
Oil (% dry material)	7.44	6.68
Oil (kg/100kg of olives)	2.28	1.60
Dry pomace (kg/100kg of olives)	30.7	23.9
<b>Vegetable waters</b>		
Quantity (liters/100kg of olives)	8.30	97.2
Oil (g/liter)	13.4	12.6
Oil (kg/100kg of olives)	0.14	1.20
Dry residual (kg/100kg of olives)	1.20	8.3
Oil in by-products (kg/100kg of olives)	2.42	2.80

- 2-phase system produce the greatest weight of solid waste
- it has the highest moisture content, but produces least amount of water

## Topic 1: Olive and Olive Oil Production



### Olive Oil Production

- Comparison of the process efficiency for the used methods in the three main producing countries:

	E	I	EL
<b>kg olive oil/kg of olive</b>			
Traditional (press-systems)	n.d.	0,20	0.21
Decanter centrifuges, 3-phase	n.d.	0,13	0.21
Decanter centrifuges, 2-phase	0.194	0,19	0.20
Pomace extraction	n.d.	0,02	n.d.
<b>Litre water used/kg of olive</b>			
Traditional (press-systems)	n.d.	0,1-0,2	0-0.5
Decanter centrifuges, 3-phase	n.d.	0,6-0,7	n.d.
Decanter centrifuges, 2-phase	0.1	n.d.	n.d.
<b>kg of solid waste(sludge)/kg of olive</b>			
Traditional (press-systems)	n.d.	0,3-0,35	0.35-0.46
Decanter centrifuges, 3-phase	n.d.	0,55-0,6	0.32-0.35
Decanter centrifuges, 2-phase	0.775	0,70-0,8	0.8
<b>Litre of liquid effluent/kg of olive</b>			
Traditional (press-systems)	n.d.	0,4-0,45	0.92 (0.75-0.85)
Decanter centrifuges, 3-phase	n.d.	0,70-0,8	1.67 (3-3.5)
Decanter centrifuges, 2-phase	n.d.	n.d.	n.d.

Key: E- Spain; I- Italy; EL- Greece; n.d.- no data.

## Topic 1: Olive and Olive Oil Production



### Olive Oil Production

- Estimated processed olives in 2001
- Corresponding amounts of produced residues in E, I, EL

Country	Milled olives [t]	Traditional		3-Phase Decanter		2-Phase Decanter
		OMW [m <sup>3</sup> ]	Pomace [t]	OMW [m <sup>3</sup> ]	Pomace [t]	"Alpeorujo"
Spain	5.338.500	-	-	533.850	266.925	4.083.953
Italy	2.646.833	476.430	317.620	1.720.442	860.221	112.490
Greece	2.081.501	124.890	83.260	1.665.201	832.601	176.928
<b>Total</b>	10.066.834	601.320	400.880	3.919.493	1.959.747	4.373.371

# **Topic 2:**

## **Olive and Olive Oil Production**

### **- Treatment of Liquid Waste -**

- Quantities and composition of wastes vary and are influenced by:
  - Type of production process
  - Type of olives
  - Area under cultivation or arable soil
  - Use of pesticides and fertilisers
  - Harvest time, stage of maturity
  - Climate/weather conditions

## Topic 2: Treatment of Liquid Waste

- Average olive fruit weight is approx. 8.4 g
- Water content decreases with the ripeness progress (from green to black olive)
- Up to 2 g and the fat/oil content increase instead

Constituents	Pulp [w/w %]	Stone [w/w %]	Seed [w/w %]
Water	50-60	9,3	30
Oil	15-30	0,7	27,3
Constituents containing Nitrogen	2-5	3,4	10,2
Sugar	3-7,5	41	26,6
Cellulose	3-6	38	1,9
Minerals	1-2	4,1	1,5
Polyphenols	2-2,25	0,1	0,5-1
Others	-	3,4	2,4

## Topic 2: Treatment of Liquid Waste

- Water of crushed olives contains:
  - minerals: nitrogen, iron, potassium
  - organic components: sugars, organic acids, pectin and polyphenols
- These components increase the organic load
- COD of 80-200 **g/L** and BOD<sub>5</sub> of 50-100 **g/L** usual in the waste water from olive processing
- Municipal waste water treatment plants not able to remove the polluting components
- Average municipal waste water treatment plant are between 400 and 800 **mg/L**

## Topic 2: Treatment of Liquid Waste

- Main load of olive process water concentrates on the harvest time (from November until February)
- Approx. 80 % from the olive processing incurred as waste from which corresponds to:
  - approx. 60 % liquid
  - approx. 40 % to solid waste (Pomace)
- Yearly approx. 30 million m<sup>3</sup> of waste is processed
- Average sized olive mill capacity of about 10 to 20 tons of olives/day
- Has a process- specific waste water (Alpechin) production of around 0,4 m<sup>3</sup>/t fruits
- Daily average produced waste water volume is up to 8 m<sup>3</sup>

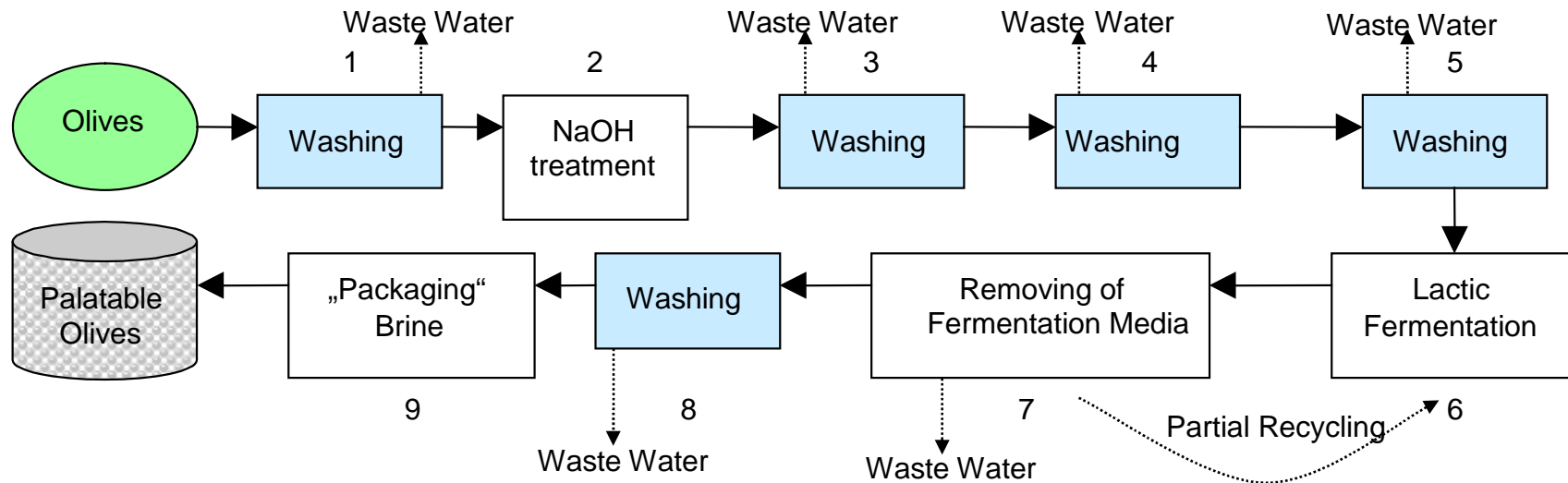


## Topic 2: Treatment of Liquid Waste

### From Table Olive Production



➤ 1.2 litre fresh is need for production of 1 kg table olives



## Topic 2: Treatment of Liquid Waste

### From Table Olive Production



- Yearly European table olive production corresponds to more than 750.000 tons of waste water
- This amount has to be treated and disposed off
- Main polluting factor: the NaOH load in the waste water
- Fermentation media is partially recycled and used as inoculate
- Remaining media contains slowly degradable compounds and Hydroxytyrosol and Elenolic Acid

- Biggest problem in olive oil process is the Olive Oil Mill Waste Water (OMWW):
  - high in volume and polluting charge
  - quite low pH 4-6
  - low concentration of Nitrogen and the appreciable concentration of slowly degradable compounds (e.g. tannins)
  - antimicrobial compounds (Polyphenols)
- Olive oil waste or also called black water
- Is a toxic effluent that results during the production of olive oil
- A major pollutant and cause great problems in olive cultivation areas
- Represents nearly  $\frac{3}{4}$  of the total waste production

## Topic 2: Treatment of Liquid Waste

### From Table Olive Production



- Additionally source of waste water: washing water
- Processing equipment is washed up to 3 times a day
- Mill with an average process amount needs averagely 0.07 L/kg fruits water for washing of equipment
- For process of 100.000 kg fruits/day 7000 L water are need for washing of equipment
- Contains mentioned solid and liquid contaminants like polyphenols, fat/oil, minerals, particulate matter etc.
- Ratio between the different components depends on raw material, processing technology and type of product

## Topic 2: Treatment of Liquid Waste

### From Table Olive Production



- Different production method means different waste
  - e.g. second decanting of alpeorujo (Repaso)
  - Produces a new type of waste water, but it increases environmental problem
- Simplest way: dump waste and waste water onto fields
- But irrigation of waste water on fields is problematic:
  - due to toxic effect of polyphenol content
  - cause contamination of ground water
- Only water from fruit washing step after the delivery can be used for irrigation
- It is almost free of a high organic load

## Topic 2: Treatment of Liquid Waste

- Generally treatment of waste water from the olive processing can be divided into three main parts:

<b>Mechanical treatment</b>	Sedimentation, mechanical separation (like filtration), flotation, sieving, screening
<b>Biological treatment</b>	Land application, lagooning or constructed wetlands, activated sludge treatment, anaerobic treatment
<b>Physical-Chemical treatment</b>	Precipitation, flocculation, flotation, oxidation/reduction, adsorption, incineration, evaporation, membrane separation

- Mechanical and physical treatment separates waste water into dissolved and non-dissolved constituent
- These steps reduce organic load by 40-60 %

# ***Currently Applied Methods***

## Topic 2: Treatment of Liquid Waste



### Currently Applied Methods

➤ Technology currently in use for treatment, disposal and exploitation of lyes' and brines' from the table olive production:

Technology name	Countries		
	GREECE	ITALY	SPAIN
Disposal in the sea, rivers, etc.	In Greece, the liquid residues of the table olives industry are discharged in this way.	---	---
Purification in the appropriate plants.	---	In Italy, a 80% of the liquid residues of the table olives industry is treated in this way.	---
Evaporation of water.	---	---	In Spain, part of the liquid residues of the table olives industry is treated by the forced evaporation of the water until to obtain a solid and the vapour to condensate for reuse.
Lye water reusability	---	In part this reuse is carried out in Italy also.	In Spain, a large part of the lye is still utilized in successive treatments.



## Topic 2: Treatment of Liquid Waste

### Currently Applied Methods



#### ➤ Technologies currently in use for oil mill wastewater treatment

Technology name	Countries		
	GREECE	ITALY	SPAIN
Evaporation in shallow open earthen lagoons	98% of wastewater produced in Greece is treated in this way.	---	An important quantity of wastewater produced in Spain is treated in this way.
Spreading on cultivated soil	1-2% of wastewater produced in Greece is utilized in this way.	Nearly 95% of wastewater produced in Italy is utilized spreading it on cultivated soil. In presence of potable water areas, mineral or thermal, and in frozen, snow covered or water saturated soils, it is forbidden to spread vegetable water and a treatment is needed (La Spezia area and any area of the Tuscany)	A small part of wastewater produced in Spain is utilized in this way.
Ultra-filtration and reverse osmosis	---	---	A small quantity of wastewater produced in Spain is treated in this way.
Chemical purification	---	---	The quantity of wastewater produced in Spain and treated in this way is not available.

## Topic 2: Treatment of Liquid Waste



### Currently Applied Methods

➤ Technologies only marginally employed to treat, to dispose, to exploit olive mill wastewater

Technology name	Countries		
	GREECE	ITALY	SPAIN
Spreading on cultivated soil	1-2% of wastewater produced in Greece is utilized in this way		---
Use for compost preparation	1-2% of wastewater produced in Greece is utilized in this way.	1-2% of wastewater produced in Italy is utilized in this way.	---
Electrocoagulation	---	---	The purpose is the coagulation of the organic matter by means of electricity.
Incineration	---	---	Combustion of the organic matter after the evaporation of the water
Degradation of greasy	---	---	The purpose is the degradation of the fatty layer and to favour the process of evaporation and decomposition of olive mill wastewater.

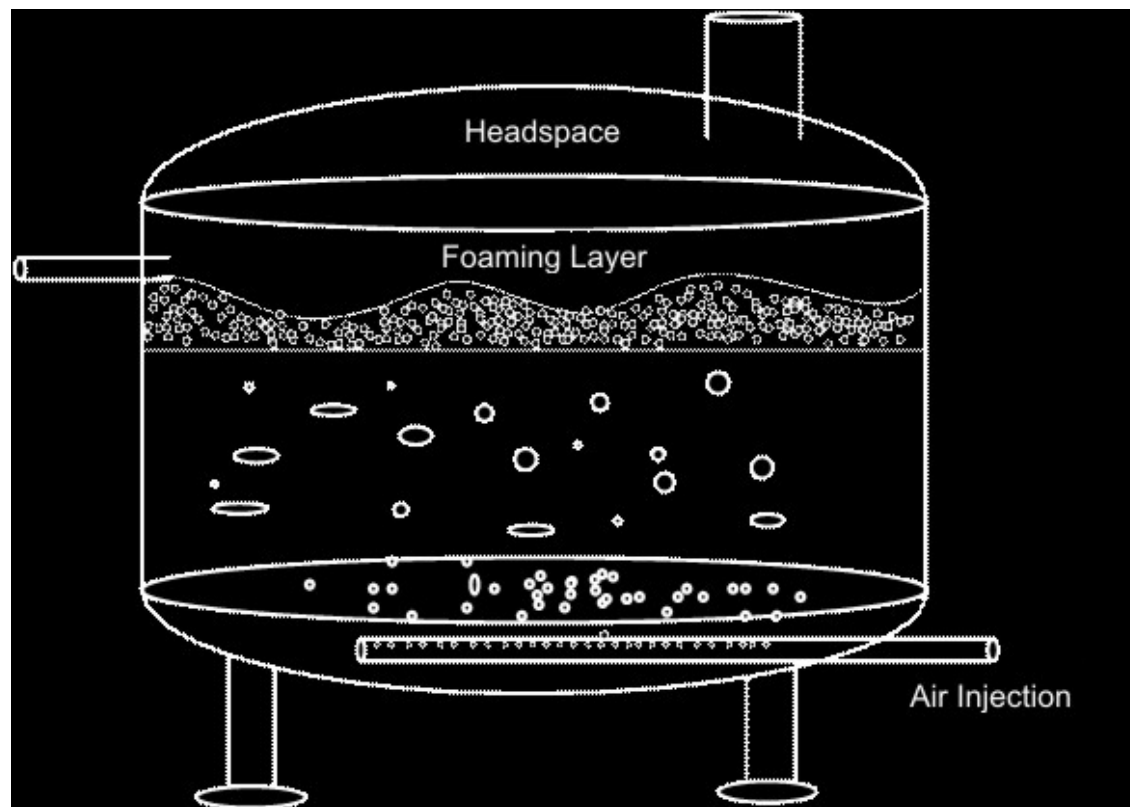
# ***Mechanical methods***

### Mechanical methods

#### Flotation

- Mechanical method for separation of fine grained mixtures by air or nitrogen bubbles
- Technique relies on differences in the surface properties of different particles
- Principle:
  - gas (air or nitrogen) is dissolved into a liquid (water) under pressure
  - is the driving force for separation
  - sudden release of pressure causes to come out of gas from solution and form microscopic bubbles
  - these bubbles adhere to solids and raise them to the surface
  - foaming chemicals (collectors) stabilises the air bubbles and the foam on the water surface

#### Flotation



[tramfloc.com]

### Mechanical methods

#### Flotation(II)

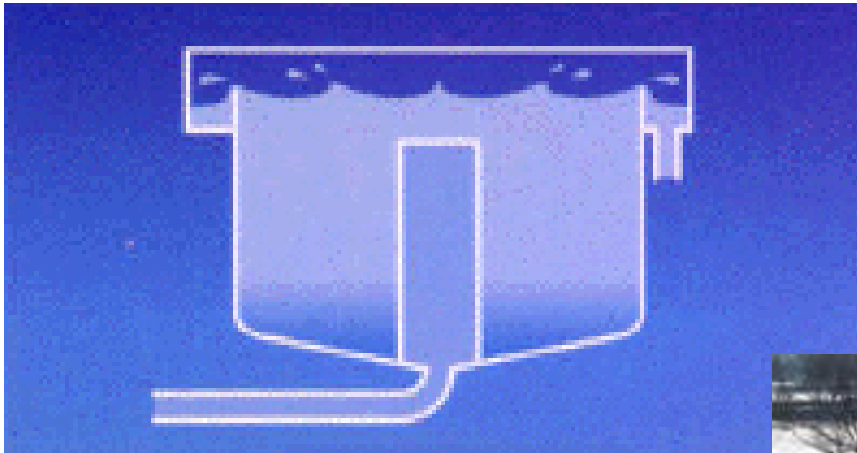
- Is applied when gravity settlement is not appropriate:
  - particles have poor gravity settling characteristics
  - density difference between suspended particles and water is low
  - to remove Oils and greases
- For OMWW treatment flotation is used in laboratory pilot stage
- can be used for removing of emulsion in the OMWW
- Application remains critical due to the cost benefit ratio
- Research show the possibility to remove lignin and lignin like polymers from the OMWW
- Lignin can be degraded by some fungi (e.g. Actinobacteria) which use it as a nutrient source

### Mechanical methods

#### Sedimentation

- Use higher density of particles than of water
- Particles settle down in function of their size and density
- Process can be:
  - natural: settling of particles in chamber or basin
  - water flows into settling tanks where flow velocity is reduced
  - waste and suspended material is allowed to settle to the bottom of the tanks
  - forced: centrifugal separator or cyclone separator

#### Sedimentation-Tanks





### Mechanical methods

#### Sedimentation (II)

- Around 50 % of suspended solids and 35 % of the  $BOD_5$  can be removed in this step
- As a part of the primary treatment, floatable components like oil and grease are collected from the surface by skimmers
- Settled primary sludge is collected and pumped to the sludge thickeners
- Lime is used for odour control

### Mechanical methods

#### Degreasing

- Before waste water enters the sewage, oil and grease have to be separated
- Oil and grease disturbs the function of biological wastewater treatment plants
- For selection of the degreasing technology, size of oil or grease droplets in waste water is decisive:
  - the bigger the droplets, the more they tend form closed film on the water surface

### Mechanical methods

#### Degreasing (II)

➤ For removing of the oil films from the water surface oil skimmers are used:

- oil skimmers are belts or disks of steel or plastic
- dip continuously into the water and the oil attaches to the surface
- attached oil or grease is continuously removed from the surface of the skimmer and separately collected

### Mechanical methods

#### Degreasing - Skimmer



[ [www.abanaki.com](http://www.abanaki.com) ]



### Mechanical methods

#### Degreasing (III)

➤ In case that oil droplets are very small or the concentration of oil in the water is low:

- centrifugal or gravital separators are used

➤ Centrifugal separators separates light oil components or a centrifugal force (in sedimentation tank)

➤ average amount of separated olive oil from waste water is of 0,5 – 1,5 Vol.-%

➤ In case of emulsion in waste water, metal salts are added

- metal salts destroys the emulsion: oil binds to metal hydroxides
- can be removed via filtration, sedimentation or flotation

# ***Biological treatment methods***

#### Lagooning

- One of the oldest methods for treatment of waste water
- Was/is an extensive technique of purification and particularly for the treatment of waters with weak polluting load
- Based on the purification properties of the aquatic biocenoses (by means of bacteria, fauna and flora).
- Decomposing of the organic load relies on the bacterial and protozoa metabolism, quite identical to the waste water treatment plant
- Main disadvantage of Lagooning is that large surfaces are required and the treatment period lasts more than 60 days

#### Lagooning





#### Lagooning (II)

- Nowadays lagoons are used for “storage” and evaporation of water to separate solids from water
- Lagoons or basins are especially used for the evaporation of washing water from the machines
- Average volumetric capacity of 3000 m<sup>3</sup>
- Maximum evaporation rates can reach values of 1 m<sup>3</sup> per 1 m<sup>2</sup> during one month
- For speed-up the evaporation process, the water from the basin is re-circulated and sprayed again into the basin
- After solar drying, remaining and treated solids can be use as fertilizer

#### Lagooning (III)

- Lagoons or basins are very simple and low cost applications
- But can contaminate ground water due to leakage
- Lagooning is quite inefficient, due to:
  - the inefficiency of the biological system
  - the evaporation putrid odours and allures insects
  - evaporation depends on climatic conditions and take few week
  - oily and wet sludge remains and has to be disposed off

### Biological treatment methods

#### Activated Sludge

- First “waste water plants” were used only for the removal of non dissolved components (e.g. sand, faeces)
- Dissolved components (organic compounds, nitrogen, and phosphor) were led on into the rivers
- Results were toxic and eutrophic conditions in the rivers and in the environment
- First biological waste water treatment focused on the elimination of organic carbon sources
- Nowadays focus is on the biological waste water treatment:
  - lower operating cost
  - higher efficiency in comparison to the chemical treatment
  - most widely applied biological waste water treatment in the world

#### Activated Sludge (II)

- Biomass consists bacteria, which are responsible for degradation process, and protozoa that eat the bacteria
- This biocenosis is called activated sludge
- Degradation process leads to the production of high quantities of sludge,  $\text{CO}_2$  (Carbon dioxide) and  $\text{NO}_3^-$  (Nitrate)
- Sludge is recycled to the aeration tank
- Surplus of sludge has to be treated or disposed
- Improvements were induced by modifying of aerobic reactor to a multi reactor with anaerobic, anoxic and aerobic zones
- Makes it possible to remove nitrogen and phosphorous

#### Activated Sludge (III): Removal of Nitrogen

- Nitrogen compounds such ammonia, nitrite or nitrate are eutrophic and hazardous to human health
- Elimination of nitrogen from waste water divides into two processes: nitrification and denitrification:
  - oxidation of organic matter and reduction of the nitrates into nitrites into nitrous oxides and nitrogen gas
- The nitrification divides into two subparts:
  - Ammonium oxidising bacteria convert ammonia into nitrite:
$$\text{NH}_4^+ + 1,5 \text{ O}_2 \rightarrow \text{NO}_2^- + \text{H}_2\text{O} + 2\text{H}^+$$
  - Nitrite oxidising bacteria convert nitrite into nitrate:
$$\text{NO}_2^- + 0,5 \text{ O}_2 \rightarrow \text{NO}_3^-$$

#### Activated Sludge (IV): Removal of Nitrogen

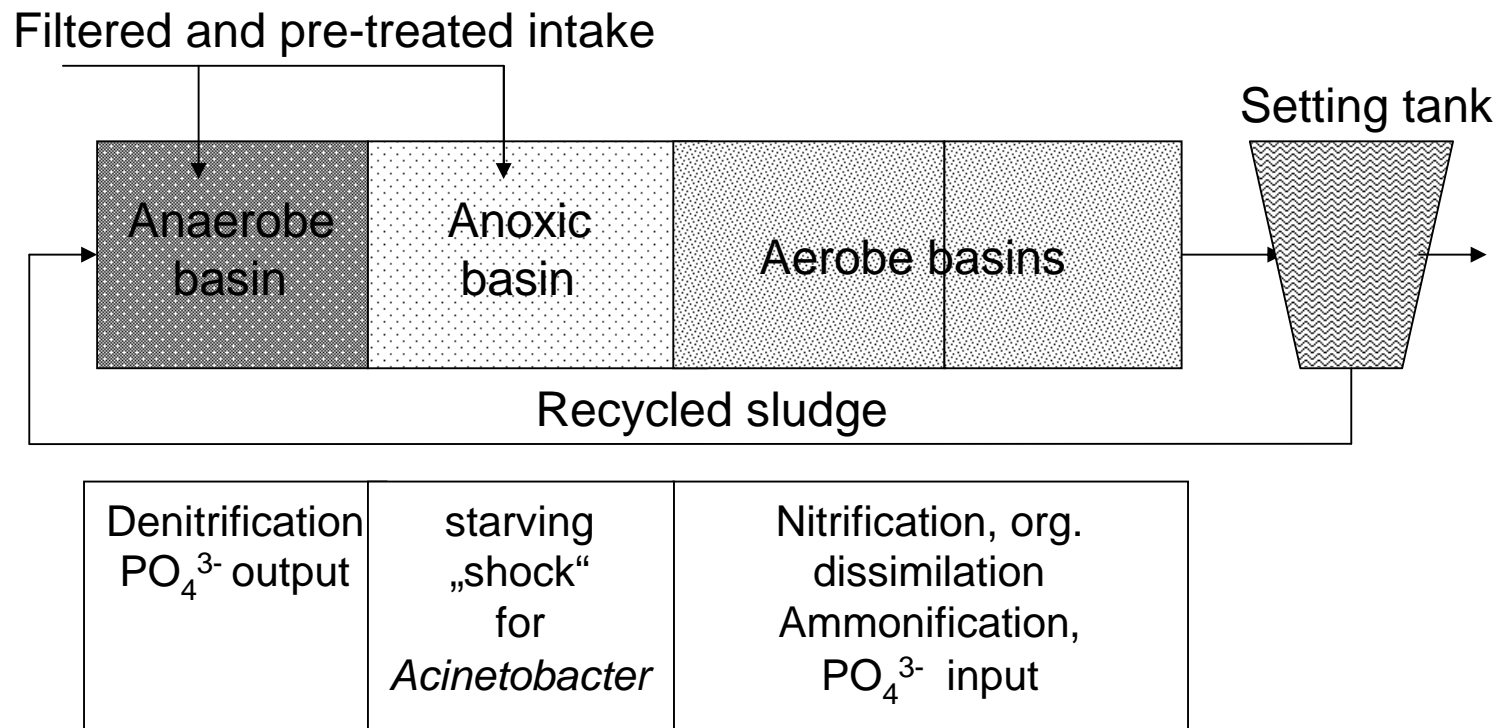
- Denitrification the second step in elimination of nitrogen from waste water
- Nitrate is reduced to molecular nitrogen under anaerobic conditions, in the absence of molecular oxygen
- In the most ways, the nitrate is oxidising into nitrogen and it gases out from the waste water
- De-Nitrifying bacteria need organic matter to grow
- Therefore a source of organic carbon like “fresh” waste water has to be added
- It enables the elimination of nitrogen:



#### Activated Sludge (V): Phosphorous Removal

- Phosphor is responsible more than nitrogen for the eutrophic conditions in water
- Induce and increase algae reproduction
- Result: kill fish and other organisms caused by decrease of dissolved oxygen
- Nowadays phosphorous is often removed from waste water by chemical precipitation with iron salts
- Huge disadvantage:
  - Is expensive due the production of high amounts of precipitated sludge, which must be disposed

### Activated Sludge (VI) Process Overview





#### Activated Sludge (VII)

- Activated sludge comprises different population of micro-organisms
- Essential for activated sludge process that micro flora form flocs
- Flocs settle out and produce clear effluent with a low suspended solids concentration
- Recently membrane bioreactors with external or submerged MF (microfiltration) and UF (ultrafiltration) membrane are a alternative to conventional activated sludge systems

### Biological treatment methods

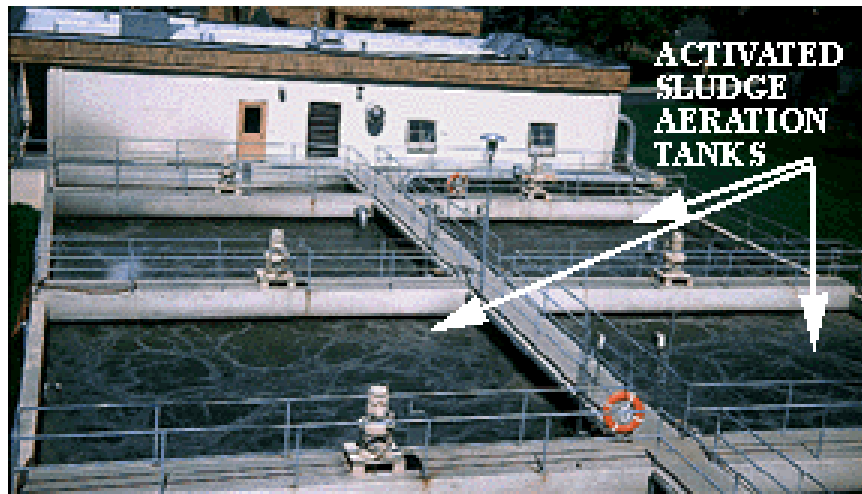
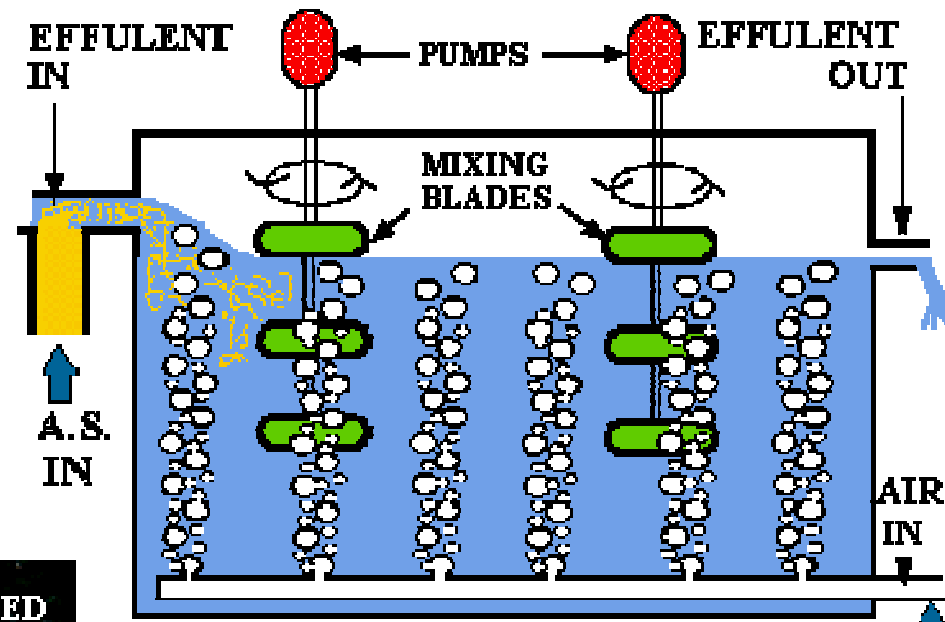
#### Activated Sludge (VIII)

- Very adequate for high COD/BOD loaded waste waters from food industry
- Mainly for wastewater with  $\text{BOD} < 3000 \text{ mg/L}$
- Micro-organisms degrade solved pollutants as nutritional intake
- Oxidising them with oxygen to  $\text{CO}_2$  and activated sludge is usually exploited
- Remove dissolved colloidal pollutants from the OMWW at low concentration
- High concentration of pollutants in the OMWW and slow removal kinetics of pollutants made it unsuitable for direct treatment and efficient removal of polyphenols and colorants (tannins)

## Topic 2: Treatment of Liquid Waste

### Biological treatment methods

### Activated Sludge Aeration Tank



#### Activated Sludge (IX) Anaerobic treatment

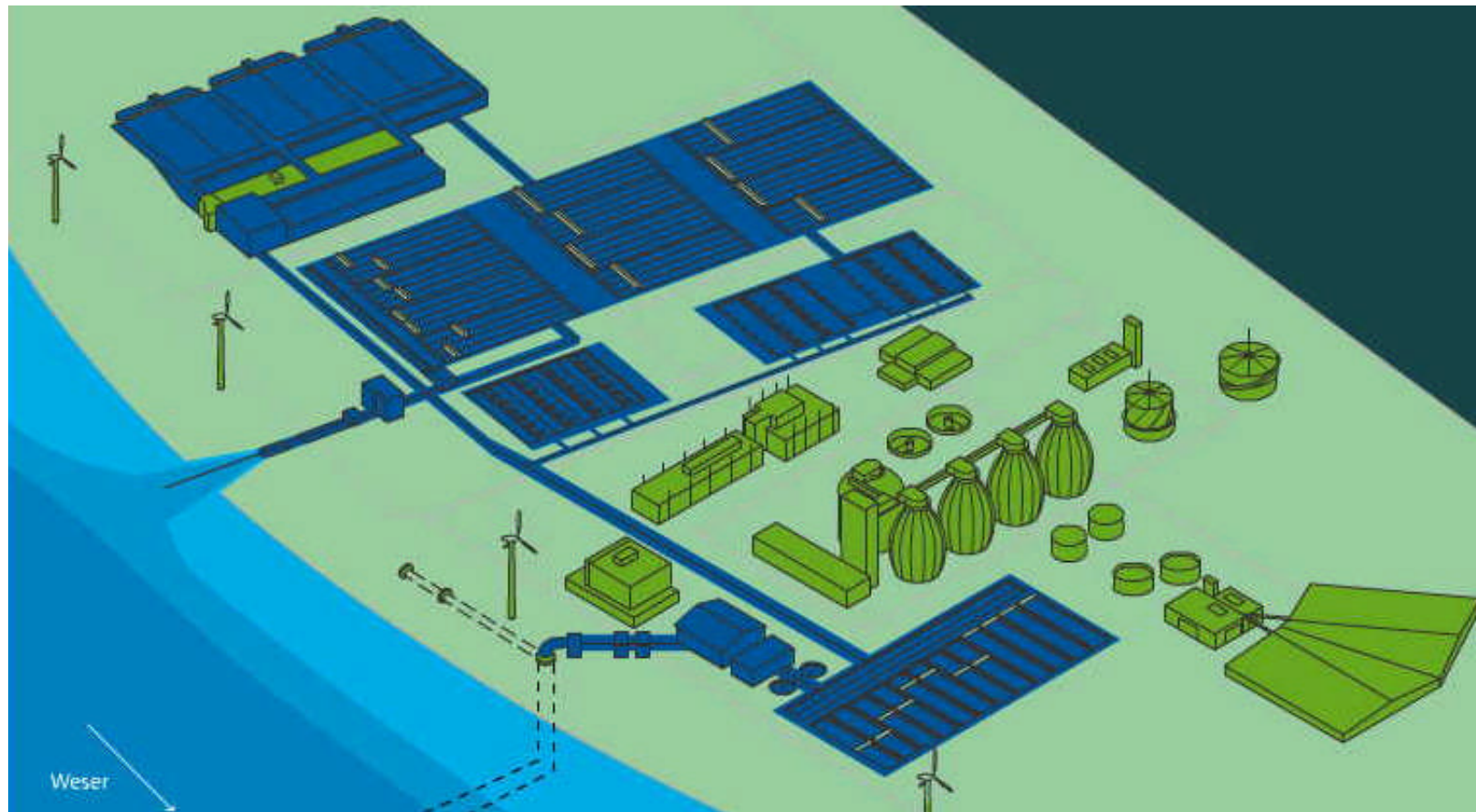
- Anaerobic waste water treatment is suitable for removal of organic loads from highly contaminated waste waters
- Carried out by bacteria which decompose organic compounds from the waste water without oxygen
- Slower degradation rate than the aerobic process due to lower metabolism rate Anaerobic treatment is increasingly
- Allows the appreciable recovery of methane for the use as energy source
- Positive side effect: production of much less sludge

## Topic 2: Treatment of Liquid Waste

### Biological treatment methods



### Overview Waste Water Treatment Plant



### Biological treatment methods

#### Activated Sludge (X) Anaerobic treatment

- OMWW are suitable for anaerobic treatment
- OMWW polluting load is made up of organic and soluble compounds: sugars, pectin, etc.
- Methanogenesis is often hindered in the biological OMWW treatment by:
  - high concentrations of COD and BOD5 loads (over 7 g/L)
  - polyphenols and/or oleic acids induce metabolism instability and build up volatile fatty acids

#### Activated Sludge (XI) Anaerobic treatment

- If organic and inorganic load is not high it is possible to discharge amounts of OMWW to domestic sewage treatment plants
- Experimental investigations show an improvement in the performed removing of polluting components
- This correlates to the fact that the OMWW is “diluted” and the deficient of nitrogen in OMWW is balanced
- Activated sludge treatment has high efficiency of removal of COD and BOD<sub>5</sub>
- Up to 80 – 85 % of the total load, but only if the operating volumetric load rates in the range of 2-4 g/L day-1

# ***Physical-Chemical treatment methods***



## Topic 2: Treatment of Liquid Waste



### Physical-Chemical treatment methods

- Combined treatment of OMWW could involve an effective pre-treatment, involving:
  - fine straining, flocculation and filtration
- Selection of optimal flocculating agent, eliminates high dissolved and particulate organic matter from the OMWW
- Flocs can be removed cost effective by a sand-bed filter
- Final step consists of special membrane filtration step
- Ensures a total reduction of organic load of up to 95%
- Still under investigation but could be a solution for the future

#### Membrane Separation

- Processes are applied to remove suspended, colloidal, and dissolved solutes from waste water
- Membrane separation processes use a semi-permeable or porous membrane
- Has to be supported against the high-pressure difference by supporting devices
- Membrane is a thin physical barrier:
  - through which substances can either pass (the permeate)
  - or be rejected and retained (the retentate)
- Structure and characteristic of membrane layers determinate the nature of separation

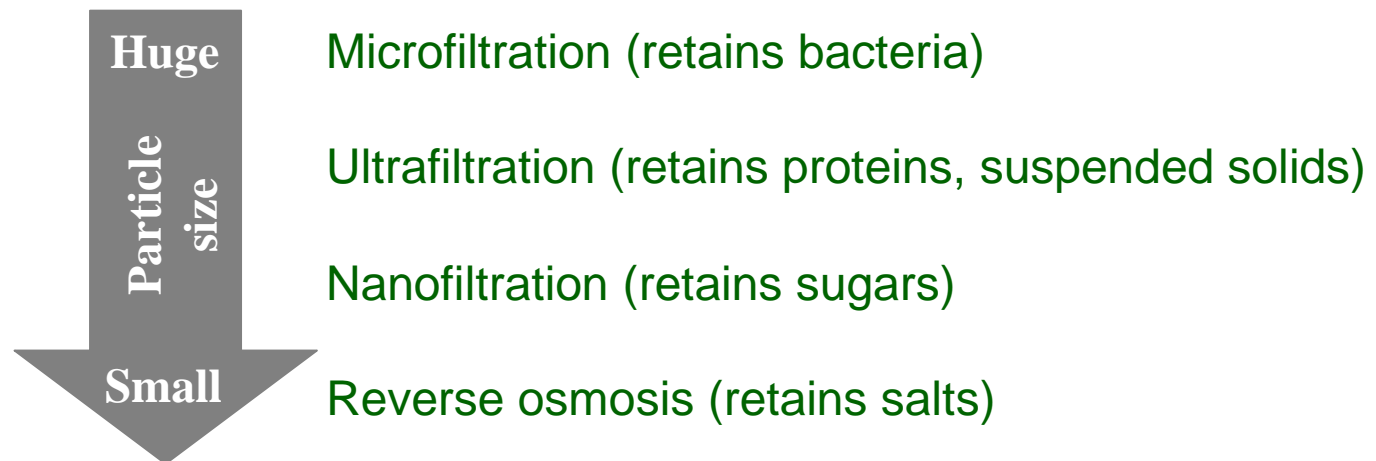
#### Membrane Separation (II)

- Common to membrane filtration processes: it is a pressure driven filtration technique
- A solution is forced through a porous membrane to achieve selective separation
- Permeate passes depending on the molecular size and the membrane pore size
- Membrane systems can separate:

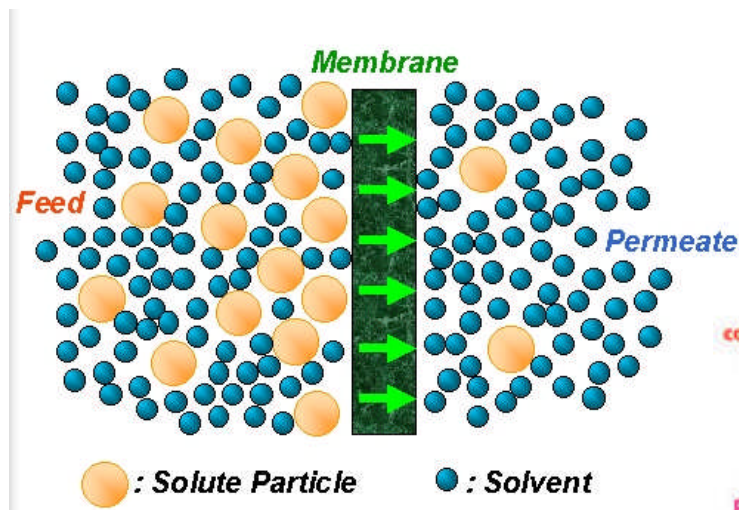
Solids from gases	Solids from liquids
Gases from gases	Gases from liquids
Liquids from liquids	Dissolved material from liquids

### Membrane Separation (III)

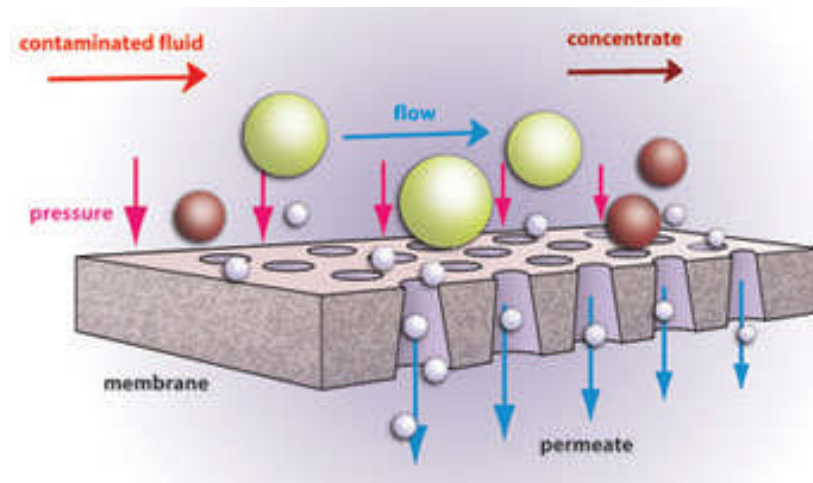
- Membrane technology is used for concentration, purification and fractionation
- Effective for both: recovery and re-use of raw materials, products and water
- Applied for concentration of liquids in food processing industry
- Membrane separations are classified according to the pore size:



## Membrane Separation



[[www.yale.edu](http://www.yale.edu)]

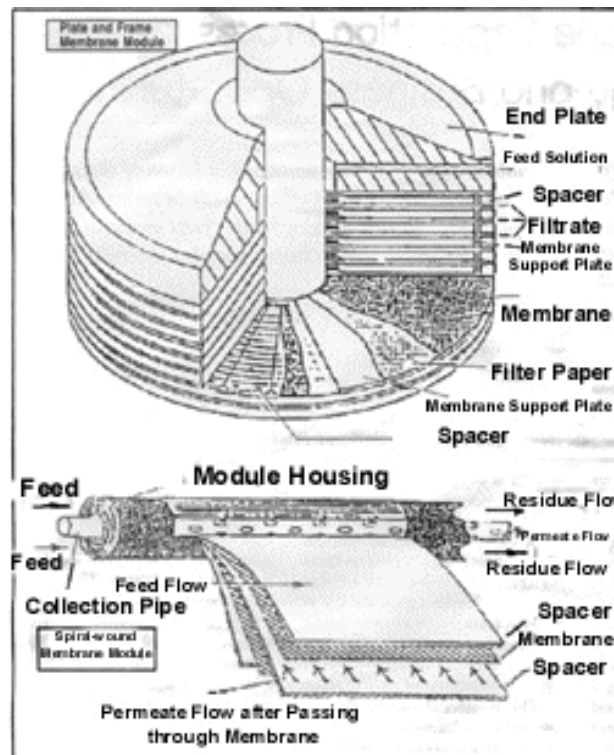


[[www.sovereign-publications.com](http://www.sovereign-publications.com)]

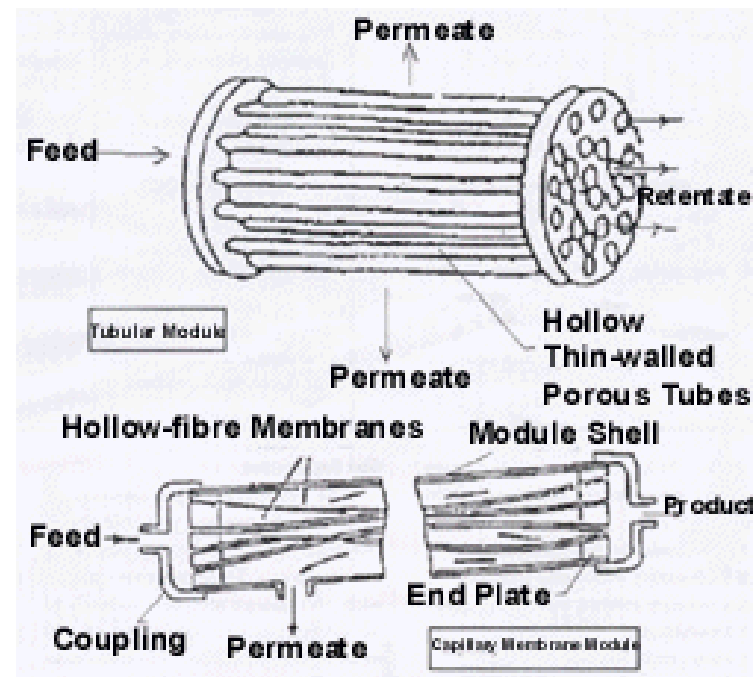
## Topic 2: Treatment of Liquid Waste

### Physical-Chemical treatment methods

### Membrane Separation – Schematic Diagrams



[[www.tifac.org.in](http://www.tifac.org.in)]



### Membrane Separation (III)

- Prior a pre-filtration stage is necessary to remove large suspended solids
- Membrane technologies allow separating valuable compounds from the OMWW with high added value, like: polyphenols, flavours
- Not suitable for the untreated waste water from the oil production
- Fouling causes troubles due to pore blocking, solute aggregation and adsorption phenomena
- Leads to the formation of a cake or a gel layer on the surface of the membranes
- Blocking occurs when solution is retained by the membrane
- Difficult to avoid and to differentiate the fouling mechanisms

#### Membrane Separation (IV)

- Fatty acids from OMWW can also decrease the separation performance of the membrane:
  - have a high adsorption potential on the filter membranes (hydrophobic surface)
  - can finally block the pores and thus reduce the flux of permeate
- Membrane technologies are quite effective for waste minimization and up-grading of OMWW only:
  - when highly fouling components are already removed by other mechanical or biological waste water treatment processes
- The membrane technologies are usually of high cost in the OMWW treatment



#### Membrane Separation (V)

- One effective filtration system is the Nanofiltration
- Nanofiltration is a form of filtration that use membranes to preferentially separate different fluids or ions
- Not such fine filtration process as reverse osmosis
- Does not require the same energy to perform the separation
- Capable of concentrating sugars, divalent salts, bacteria, proteins, particles, dyes
- Other constituents that have a molecular weight greater than 1000 daltons

#### Membrane Separation (VI)

- Nanofiltration and reverse osmosis are affected by the charge of the particles being rejected
- Particles with larger charges are more likely to be rejected than others
- Method is not effective on small molecular weight organics, such as methanol



[<http://ehiwatermain.com>]

### Membrane Separation (VII)

➤ Comparison of Feed and Permeate Parameters of OMWW by using a Nonofilter:

Constituent	Feed	Permeate	Rejection [%]
Bacteria [No/mL]	108	0	100
Suspended solids [mg/L]	1,090	0	100
COD [mg/L]	8,950	705	92
BOD <sub>5</sub> [mg/L]	5,970	500	92
Oil/Grease [mg/L]	150	0	100
Dissolved solids [mg/L]	150	0	100

#### Membrane Separation (VIII)

- Nanofiltration system in conjunction with a flash evaporator, reduce the volume of OMWW stream by 75%
- Permeate from the nanofiltration system is reused in the processing plant to reduce water costs
- Some pilot plants separate fatty acids from waste water by using ultrafiltration methods
- System recovers approx. 900 kg fatty acids/day at costs of around 1.13 US\$/recovered kg

#### Incineration

- Is the destruction of organic wastewater components via oxidation:
  - air based oxygen at high temperatures accompanied by a complete evaporation of the water
- Process is very well suitable for OMWW due to high percentage of organic matter:
  - the higher the load of the waste water (at least 10 % organic matter)
  - the more favourable is the incineration technology in comparison to mechanical-biological treatment

#### Incineration (II)

- Fluid bed oven or static incineration chambers are generally used for incineration of waste water
- Whereas rotary tube ovens, are applied for combined incineration of solid and liquid wastes
- Characteristics of liquid injection are:
  - waste water is sent through nozzles and is atomised into small droplets
  - allows that droplets will get a greatest possible mixing with hot air
  - operating temperature inside the incineration device ranges from approx. 650 °C up to over of 1600 °C

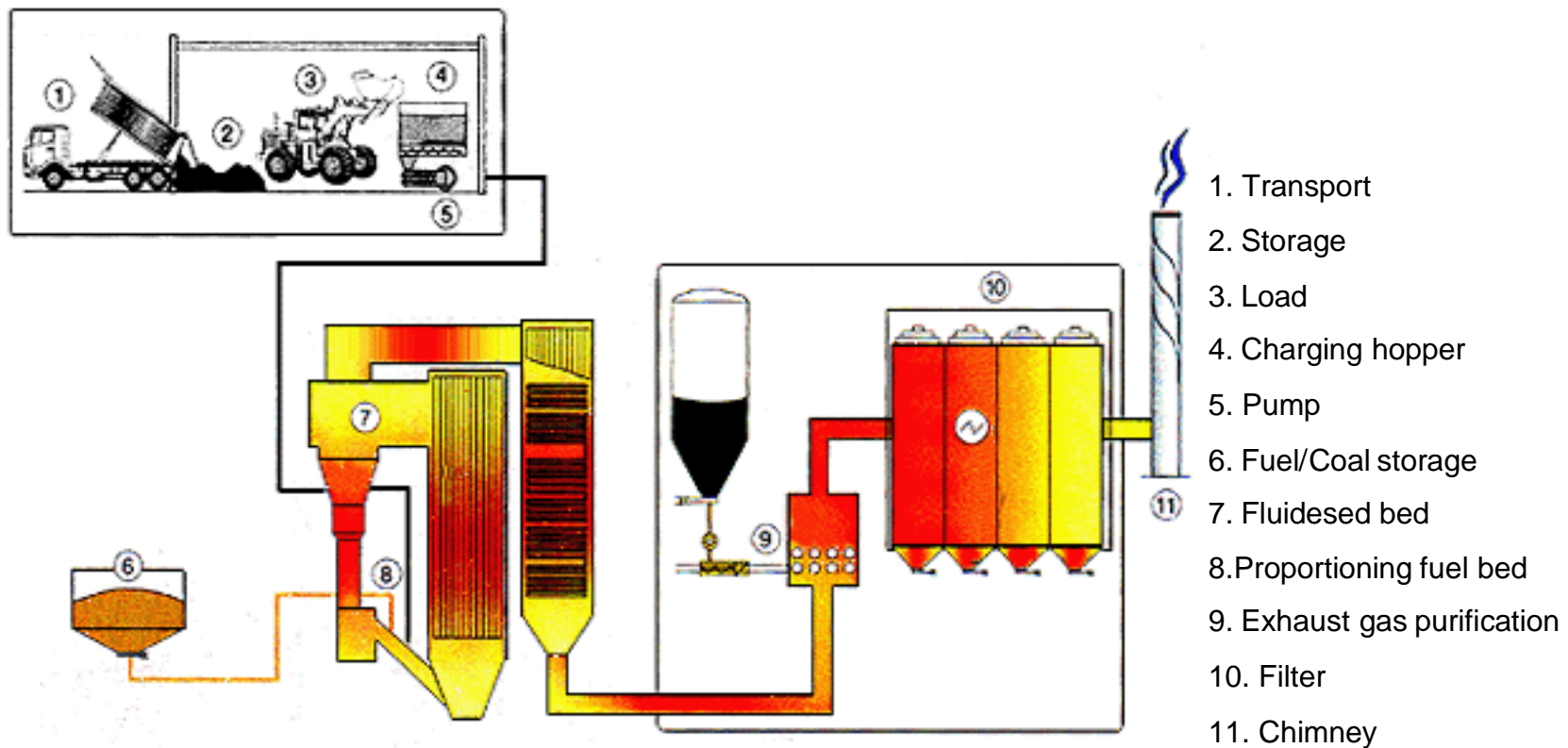
#### Incineration (III)

- Viscosity of waste water is of an enormous importance:
  - it acts as feed and it has to have a viscosity less than viscosity of honey
- Incinerators can be also operated in pyrolysis and oxygen starved mode
- Main problems:
  - ashes and exhaust gas has to be treated sometimes in an expensive way
  - wastewater is disposed off with high energy consumption

## Topic 2: Treatment of Liquid Waste

### Physical-Chemical treatment methods

### Incineration





#### Evaporation and Distillation

- Concentrate organic and inorganic content of OMWW by evaporation of dissolved non-volatile substances from waste water
- Energy for evaporation can be provided by combustion heat input or natural source (sun)
- Disadvantage of the processes is treatment and disposal of produced products:
  - emissions
  - disposal of concentrated semi-solid residues
- Sometimes residues were used as animal feed
- Limited due to the bitterness and the high concentration of potassium

#### Evaporation and Distillation (II)

- Solid residues can have a high energy content
- De-watering (or drying) solid residues can be incinerated
- Often used for the generation of electrical energy
- Evaporated water is condensed and used as process water
- Condensed turbine exhaust steam is used as for a turbine
- Generated power can be used for the own electricity

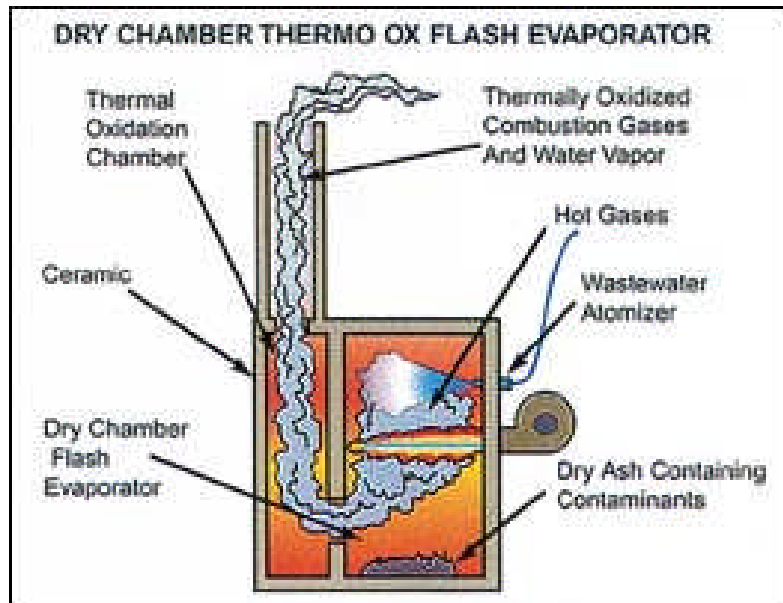
#### Evaporation and Distillation (III)

- Evaporation efficiency is approx. at 50 % concentration rate of total dissolved solids
- Evaporation plant mainly consists of a falling film evaporator and a forced circulation evaporator as high concentrator
- The concentrate can be also used as fertilizer
- Evaporator type is selected in view of specific product properties

## Topic 2: Treatment of Liquid Waste

### Physical-Chemical treatment methods

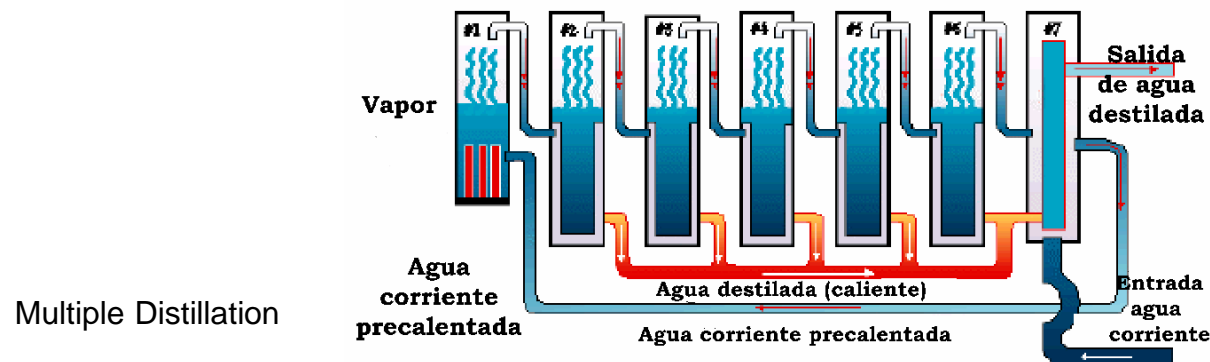
### Evaporation and Distillation



[[www.esemag.com](http://www.esemag.com)]



Vapor Compression Distillation [[www.erarecycles.com](http://www.erarecycles.com)]



#### Evaporation and Distillation (III)

- Distillation is mainly applied for highly contaminated wastewater:
  - OMWW
  - saline wastewater from fish or meat industry
  - regeneration of ion exchange resins
- Concentrated remaining solid material can be burned and provide thermal energy to the distillation plant
- Combustion causes further treatment of the gases
- Second problem is the condensate from the distillation:
  - it is not of pure water
  - contain fractions of volatile fatty acids and alcohols
- Responsible for high COD values (over 3 g COD/L)
- Necessary for additional treatment of distillate prior to discharge

### Flocculation

- Refers to water treatment processes that combine or “coagulate” small colloidal particles ( $<1\mu\text{m}$ ) to large particles
- Method agglomerates destabilised particles into a micro-floc
- Micro-flocs agglomerate into a bulky floccules which can settle down as a huge floc
- Factors, which promote flocculation, are:
  - velocity gradient
  - time and pH

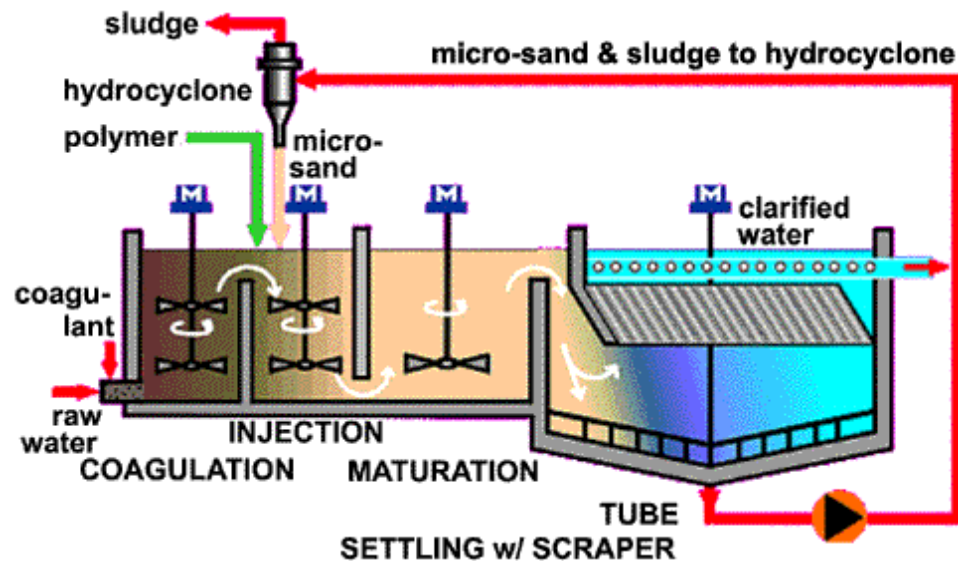
#### Flocculation(II)

- Time and velocity gradients are important factors for coagulation-flocculation of particles
- pH is a main factor in the removal of colloids
- Often addition of reagent called flocculant or a flocculant aid promote the formation of the flocs
- Process not very efficient for the reduction of OMWW pollutants
- Most organic components of OMWW are difficult to precipitate, like sugars or volatile acids
- Only suitable for removing of residual suspended solids after biological treatment

## Topic 2: Treatment of Liquid Waste

### Physical-Chemical treatment methods

### Flocculation Tank Overview





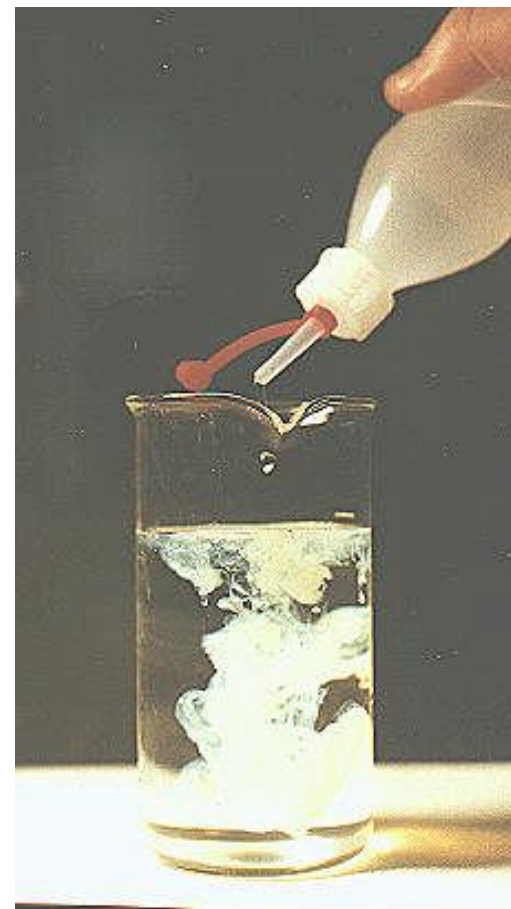
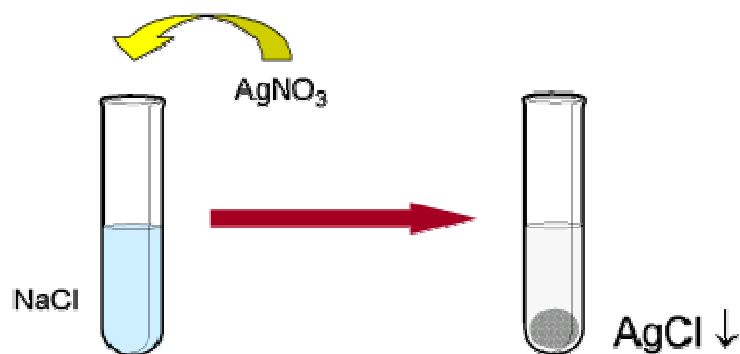
#### Precipitation

- Method to eliminate contaminants that are dissolved or suspended in solution by adding a chemical agent
- Four basic stages in the process: pH adjustment, coagulation, clarification and filtration
- Precipitate occurs only when the solution is supersaturated
- Super saturation is when a solution contains more dissolved substances than could be dissolved
- Very useful in the waste water treatment, whereby a chemical reaction can produce a solid
- To be filtered, centrifuged, or otherwise separated from the liquid portion

## Topic 2: Treatment of Liquid Waste

### Physical-Chemical treatment methods

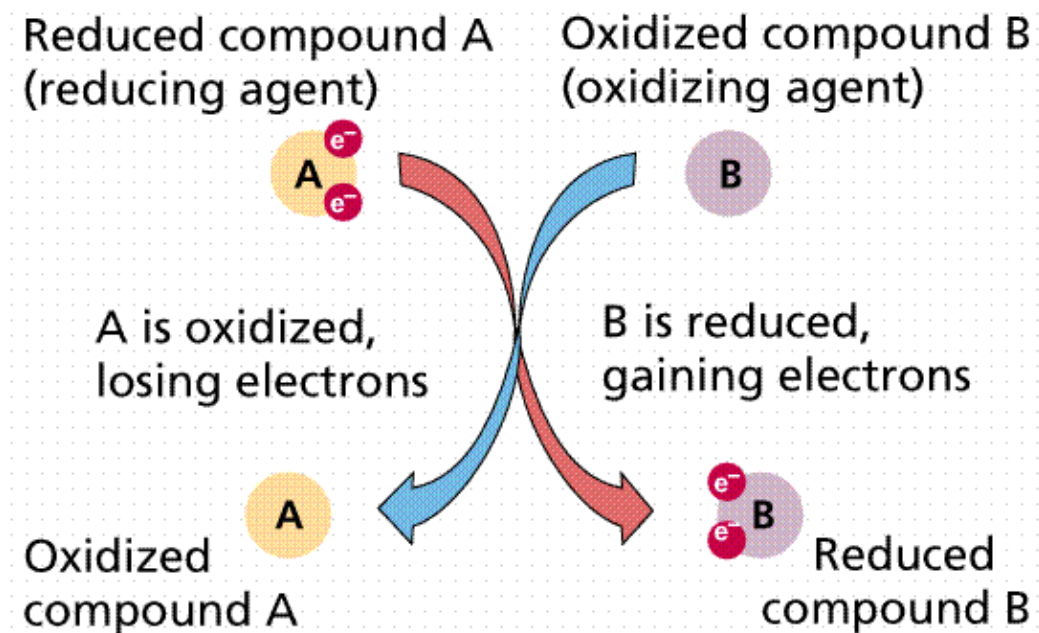
### Precipitation



#### Oxidation/reduction and detoxification

- Wastewater components including toxic substances can be destroyed or detoxified via redox (Reduction-Oxidation) processes
- Chemical oxidation uses oxidants:
  - hydroxid peroxide ( $\text{H}_2\text{O}_2$ )
  - chlorine to reduce the COD and  $\text{BOD}_5$
- Remove organic and oxidisable inorganic pollutants in effluents
- Oxidation process is enhanced in combination with UV
- Very rarely used for treatment of OMWW due to high amount of oxidising agents
- After oxidation treatment contaminants remain in the waste water
- Often not possible to further biological treatment

## Oxidation/reduction and detoxification



[[www.emc.maricopa.edu](http://www.emc.maricopa.edu)]

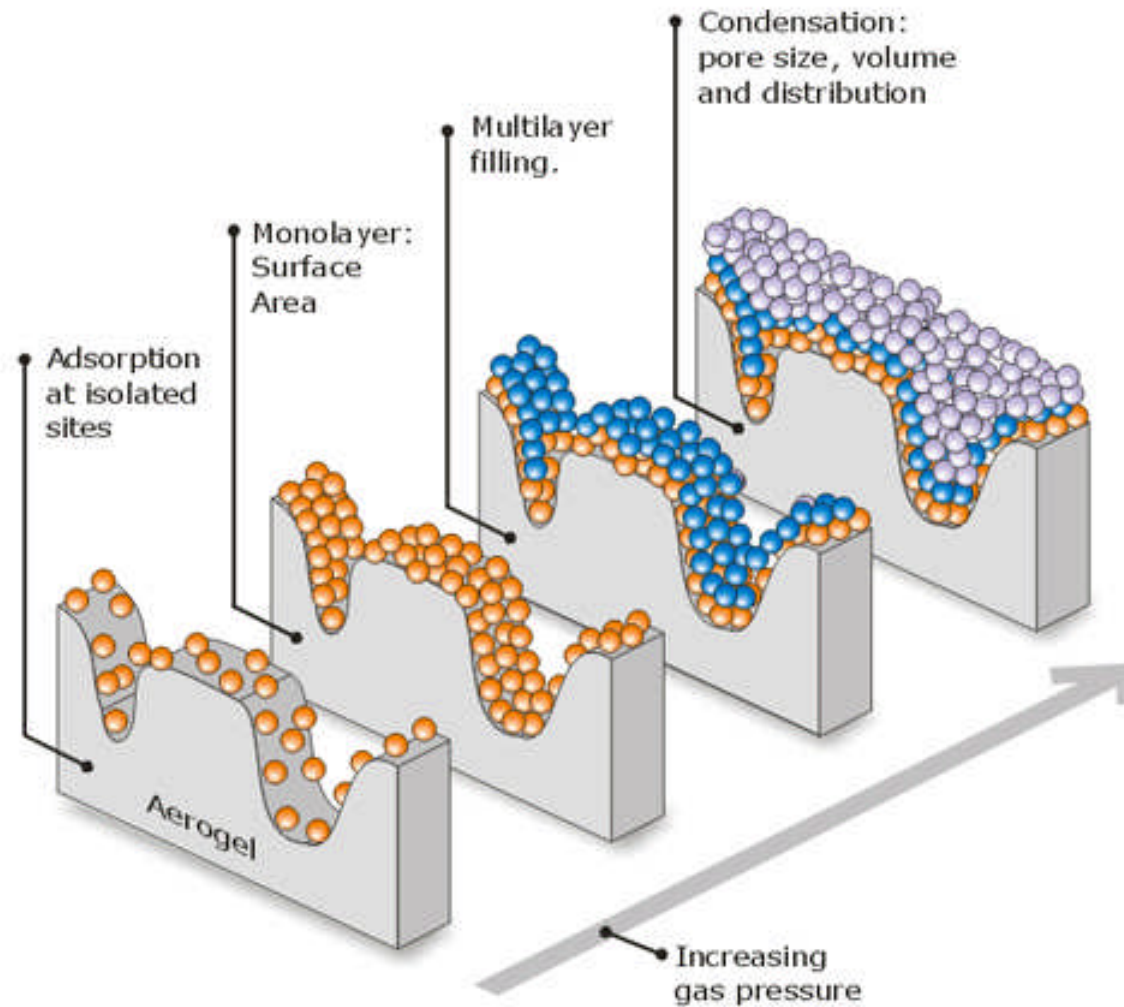
#### Adsorption

- Physical binding of gases or dissolved or dispersed substances to the surface of solids, especially porous solids
- Mainly activated carbon is applied as adsorbing agent
- Adsorption is applied in the following fields of wastewater treatment:
  - elimination of odour
  - colour or flavour compounds
  - recovery of solvents
  - purification of refinery waste water
  - elimination of toxic waste water components like pesticides, phenols etc.

## Topic 2: Treatment of Liquid Waste

### Physical-Chemical treatment methods

### Adsorption



# ***Resume***

### Resume

- Great variety of components requires different technologies and methods
- To eliminate or minimise harmful effects on the environment
- The corresponded method to the current state of the art are economically feasible
- In the first place these methods are designed to eliminate organic components and to reduce the mass
- In practice these processes are often combined since their effects differ widely
- Up to now very differing treatment methods for OMWW are still under development or study stage



## Topic 2: Treatment of Liquid Waste



### Resume

#### ➤ Today's feasible combination of alternatives for treat of OMWW

Method	Advantage	Disadvantage
Direct Land Deposition	<ul style="list-style-type: none"><li>- Improved fertility because of K, Mg and organic matter content</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Ground water contamination</li><li>- High salinity</li><li>- Legal Limitations</li><li>- Negative effects on vegetation if certain levels are surpassed due to polyphenol content</li></ul>
Basin Evaporation	<ul style="list-style-type: none"><li>- Low cost</li><li>- No specialised workers required</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Large land surfaces needed</li><li>- Putrid odours and insects</li><li>- Ground water contamination if the insulation of the basin is not correct</li></ul>
Thermal Concentration	<ul style="list-style-type: none"><li>- Faster system</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- High power consumption cost</li><li>- Crust formation in the evaporator</li></ul>
Anarobic Digestion	<ul style="list-style-type: none"><li>- Low energy consumption</li><li>- Methane production</li><li>- Stabilised sludge</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Expensive installation</li><li>- Long running-in phase: incompatible with seasonal demands</li></ul>

# **Topic 3:**

## **Olive and Olive Oil Production**

### **- Treatment of Solid Waste -**

### Introduction

- Mediterranean countries produce annually large amounts of olive cake
- That impose disposal and environmental problems
- Material has a high organic and mineral content and is very difficult to manage
- Due to high content of COD and BOD<sub>5</sub>, of polyphenols inhibits fungi and bacterial activity, high fatty acid content, etc.
- Dump or landfill the waste without a pre-treatment is not a solution of the environmental problem
- It makes the situation worse, since leakage contaminate groundwater

## Topic 3: Treatment of Solid Waste



### Solid Residue Characteristic

- Solid residue characteristics divided by the extraction method and country

Parameter	2-phase Decanter				3-phase Decanter			Olive Press			Pomace-oil extraction		
	E	P	I	EL	P	I	EL	P	I	EL	P	I	EL
Moisture (%)	65	75	70	62-70	65	50	45-55	35	25	30	10		60
				56.8			50.2			27.2			
Residual oil (%)	2.5	3	3-4	4.65	5	3-4	4.5-7	8	6-7	6-11	1	0.5	
							3.89			8.7			
Stone (%)	13-15	(40)	15-17		(40)	30	39-49	(40)	40	60-65	50	60	
Calorific value (kcal/kg)		<4000			< 3 000			< 2 000			4 200	3.000-3.500	3.000-4.000

Key: E- Spain; I- Italy; EL- Greece; P- Portugal

## Topic 3: Treatment of Solid Waste



### Treatment Technologies

- Generally treatment of solid wastes from the olive processing can be divided into four parts
- Main technologies used in the treatment of Solid OMW are:

<b>Mechanical treatment (Pre-Treatment)</b>	Mechanical separation, sorting, screening, pressing, drying
<b>Biological treatment</b>	Land application, composting, anaerobic fermentation/digestion
<b>Thermal treatment</b>	Pyrolysis, gasification, incineration
<b>Deposition</b>	Land filling

# ***Mechanical methods***

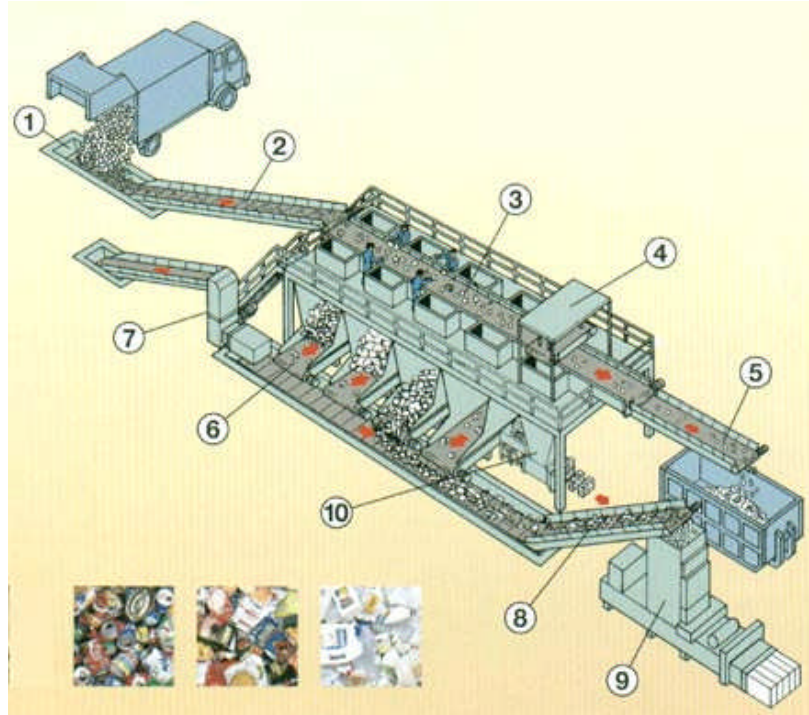
### Mechanical methods

#### Separation, sorting, screening

- Prerequisite for re-cycling of olive wastes is the separation
- Sorting of different waste components in function of particle size and density
- Valuable waste fractions, from a mixture of wastes, are more difficult to recycle
- Mainly use for separation of liquid, wet and paste like residues
- Different filtration and sieve methods are used

## Topic 3: Treatment of Solid Waste

### Mechanical methods



#### Basic units of simple sorting station:

1. Reception area
2. Feeding conveyor to sorting area
3. Sorting belt
4. Magnetic separator
5. Ejection of waste material
6. Storage silos
7. Shredder (e.g. Paper)
8. Feeding conveyor to the press
9. Baling press
10. Bale press for metal scraps





### Mechanical methods

#### Pressing

- Solid wastes in the sewage settles down on a filter screen
- Screw scraper removes press cake from mats
- Filter cake falls into a charging hopper
- Filter cake is collected in the pressing chamber, where the pressing of occurs
- Pressed material is subjected to additional compacting inside a specially shaped ejector pipe
- OMW (pomace or orujo) and filtered solid wastes from waste water are pressed through mats (consist of metal or cloths)
- Use to produce dry pomace (or orujo) or dry residues and waste water

### Mechanical methods

#### Drying

- Simplest way to dry wastes: evaporation by dispersion of wet solid waste onto ground
- Usually collected in vaporization ponds or directly conveyed into the drainage ditch
- Cause problems of smell and might contaminate ground water if the ground is not prepared
- Remaining liquid not only vaporises, but also sink into the ground
- Currently a combination of fluidised and moving bed dryer is used
- Main problem: control of circulation of solids and hot air to obtain almost-perfect-mixing flow to get an optimal drying

### Mechanical methods

#### Drying (II)

- Hot air is produced with a propane gas heater or alternatively by combustion of the dried solid waste
- Drying temperature can vary between 160 – 400 °C
- Treatment of alpeorujo in a dryer reduces the water content (humidity) of 10 to 15 %
- Dried product is a powder: contain all fragments from a olive fruit after pressing (skin, pits, etc)

### Mechanical methods

#### Drying (III)

- Dried orujo can be extracted with organic solvent (e.g. hexane) to obtain the orujo oil
- Production costs of 1 L of orujo oil from drying process is lower than 0,2 Euro
- Alternatively wet material could be vapour distilled to dry and to remove oil from waste material

# ***Biological methods***

### Biological methods

#### Land application

- Land application or land treatment of wastes is affordable waste disposal alternative for the food industry
- Nutritional content of these wastes can act as soil conditioner for crop production
- Objectives are: to maximise nutrient use while minimising pollution hazards
- Most common land application methods:
  - land spreading or subsurface injection (10-25 cm)
  - spread liquid or solid waste on or into the soil

### Land Application



### Injection



### Biological methods

#### Land application (II)

- Necessary control can add nutrients to the soils while limiting odours and protecting surface
- Advantage:
  - high efficiency and low energy consumption
- Disadvantage:
  - can be problematic if danger of animal and plant epidemics exists
  - can cause acidification of the soil



### Biological methods

#### Land Application (III)

- Italy, there is possible to spread olive pomace (or orujo) from the olive oil production onto cultivation fields
- Permitted by the Italian law 574 from the year 1996
- Research effects of controlled spreading of waste water and solid wastes (de-oiled) were positive:
  - improvement of organic matter of soil
  - maintenance of the number and species of micro organisms present in the soil
- Solid residue is utilized as fertilizer or amendment of the agricultural soil
- Relative treatment cost are transport cost: approx. 5 €/t pomace

### Biological methods

#### Composting

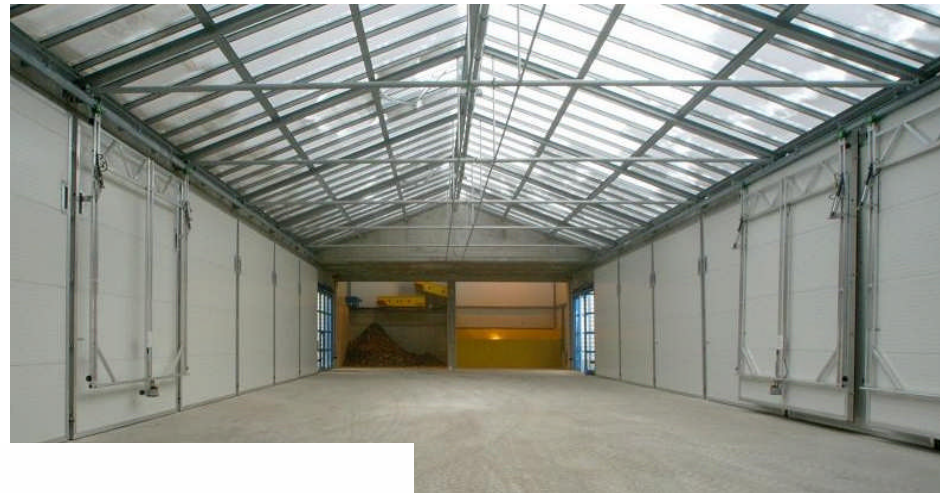
- Aerobic degradation of organic material into soil-like material called humus
- Composting produces a material useful for plant growth
- Degradation occurs by enzymatic digestion of wastes by soil micro organisms: bacteria, fungi, insects, etc.
- They use the organic matter as substrate
- Aerobic degradation of organic substances and mineralization into  $\text{CO}_2$ , water and inorganic salts is accompanied by a mass reduction of 40 to 50 %

## Topic 3: Treatment of Solid Waste

### Biological methods



### Composting



### Biological methods

#### Composting (II)

- Organic waste is built up to piles:
  - to intense biological activity of bacteria in the first degradation phase
  - exothermal reactions take place, leading to temperatures of 70 to 80 °C inside the pile
  - heating effect leads to a pasteurisation of the waste material
- Active or passive aeration of the heap guarantee a rapid and complete aerobic degradation of the biodegradable organic matter
- Composting process is completed after a period of 3 to 4 month

### Biological methods

#### Composting (III)

- Compost is a valuable product
- Can be used for several purposes such as:
  - additive for improvement of texture and biological activity for bioremediation for contaminated soils
  - disease control for plants and animals
  - fertiliser, for re-cultivation, erosion control and landscaping
  - reforestation, wetlands restoration
  - habitat revitalisation

#### Composting (IV)

- preparation of composting pile and the composting process from solid OMW residues can be divided into:
  1. Analysis of the raw material, including moisture, C and N content (ratio)



Turnover of the composting pile consist OMW

#### Composting (V)

##### 2. Pile preparation including:

- OMW sludge contains very large amounts of water
- Water is not adequate to prepare composting piles
- Necessary to mix OMW with fibrous, solid material, e.g. straw
- Obtain better physically-structured piles for composting:
  - proportions must be selected in order to obtain adequate structure
  - satisfy requirements for free air space and an optimal value of the C/N ratio (i.e., 25-30)

#### Composting (VI)

- Mix of OMW sludge with fibrous, solid materials may result in large C/N ratios
- It may be necessary to add an N source (e.g. domestic sewage sludge) to obtain an adequate C/N ratio
- OMW sludge may contain significant amounts of microbial activity inhibitors, such as polyphenols
- Addition of small amount of:
  - material rich in micro-organisms, such as domestic sewage sludge
  - material in the thermophilic phase of composting
- Help to boost the start of composting process by providing rapid colonization and biological activity



### Biological methods

#### Composting (VII)

#### 3. Composting:

- Pile must be turned periodically to :
  - maintain optimum conditions for aerobic microbial activity
  - supply oxygen, to remove heat, to remove CO<sub>2</sub>
  - remove moisture
  - avoid anaerobic conditions and odour generation
- In the thermophilic phase, the temperature must be monitored daily and maintain between 70-80 °C
- If the temperature decrease, piles must be turned daily:
  - to homogenize the mixture and stimulate the process

### Biological methods

#### Composting (VIII)

#### 3. Composting (II):

- Bio-oxidative phase of composting will be completed:
  - when the temperature of piles reaches a constant value close to the ambient temperature
- Pile turning must be then stopped:
  - allowed the mixture to mature over a period of about one month
- Moisture content of the pile must be monitored daily during the entire bio-oxidative phase of composting:
  - maintained between 50-60 %
  - if necessary by adding water
  - maintain also aerobic conditions
  - maximize organic decomposition

### Biological methods

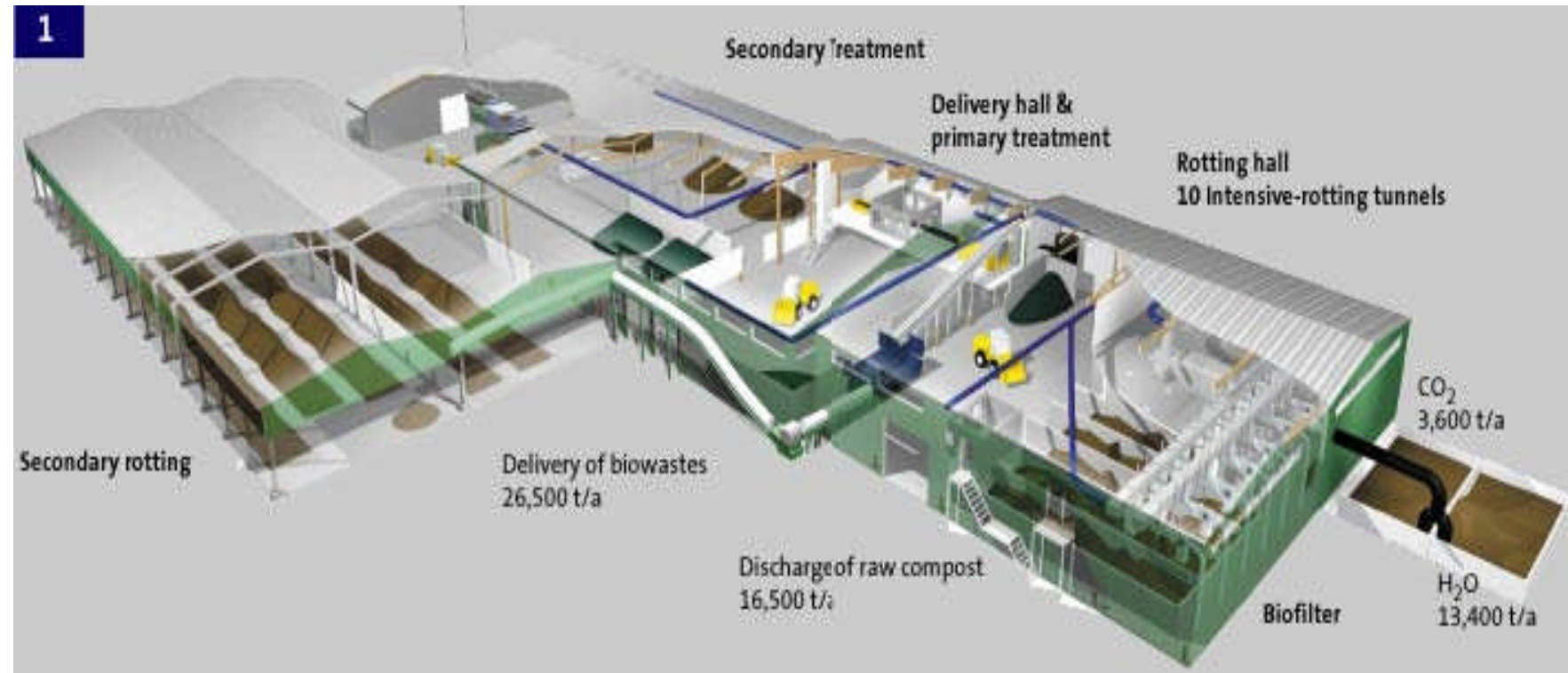
#### Composting (IX)

- Final product is of high quality and well suited to be used as fertiliser in agriculture
- Represents a recycle in agriculture
- Organic and mineral substances generated from the same agricultural soil and not modified by chemical or biological treatments
- Main problem of the application of composting from olive by-products is:
  - odour emission
  - drainage water has to be treated

## Topic 3: Treatment of Solid Waste

### Biological methods

### Composting (IXb)



### Biological methods

#### Composting (X)

- Applied biofilters treat the aspired gas from composting piles:
  - increase the whole technology costs
- Operational and personal costs are rather low
- Process might be accepted by plant operators:
  - but costs of a composting plant strongly depend on the sales potential for the final product
- Olive mills are operated in campaigns:
  - mainly three months/year
  - a method has to be chosen which can be used for other types of waste
- Or a method which has a short starting-up time after a certain shutdown period

### Biological methods

#### Composting (XI)

- Pulp from processed olives represents a wet basis of 60 % of the alpeorujo
- pH value ranges from pH 4.6 to 4.8 (acid)
- Further limiting factor is the absence of free porosity: basis which is to be composted is a wet oil pulp
- Pomace is also utilized to produce compost and can be used also as soil fertiliser
- Solid residues from the olive oil processing is a serious waste and difficult to manage and to recycle
- But it is rich in organic and inorganic constituents, especially in the plant nutrient potassium

### Biological methods

#### Anaerobic fermentation/digestion

- Is a process that has become a major focus of interest in waste management
- Is a widely applied technology
- One technological solution is:
  - to adjust the water content of the waste to at least 90 % to get wet fermentation
  - treat it in a completely mixed bioreactor, which is applied for liquid manure



#### Anaerobic fermentation/digestion (II)

- Second solution is:
  - treatment of solid waste with a water content of 60 to 70 % in a fixed bed bioreactor
- First step of anaerobic degradation process is acidification:
  - hydrolysis of organic substances
- Second step:
  - strictly anaerobic: formation of methane
- Different technological solutions:
  - both steps can be realised in one reactor (one step process)
  - or in two separate reactors (two step processes)



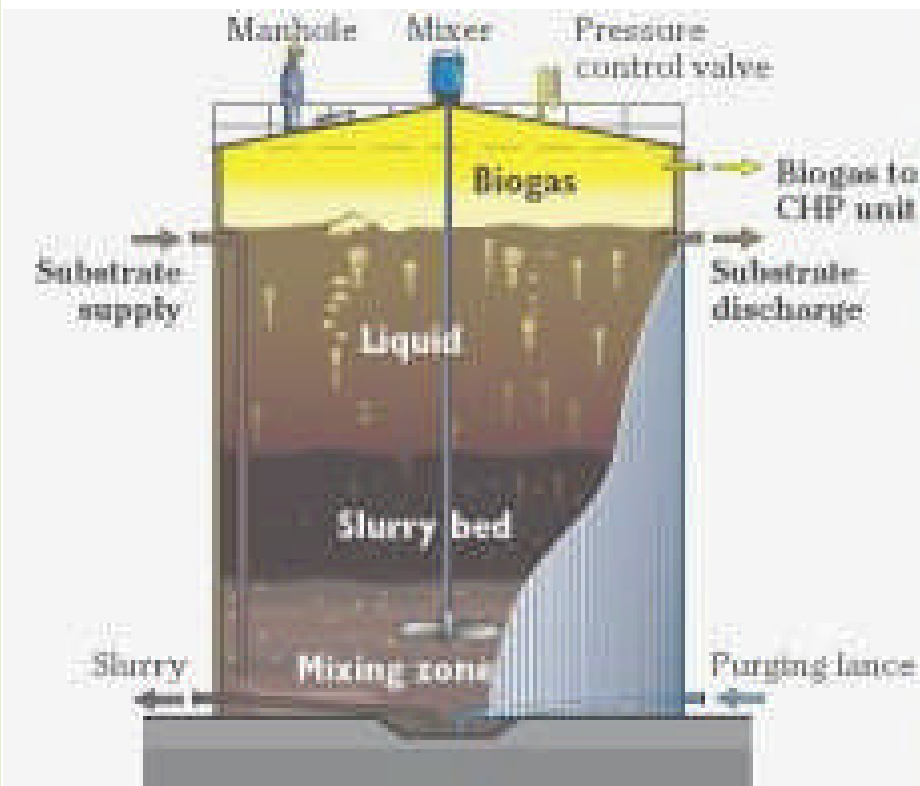
#### Anaerobic fermentation/digestion (II)

- Approx. 40 - 50 % of organic matter can be transformed to biogas
- Methane can be used to produce electric energy and heat
- Main disadvantage is the production of low value sludge
- Alpeorujo can be limited used as substrate for growth of different micro organisms (fungi, yeasts and bacteria)
- Anaerobic treatment is not well suited as the one and only treatment method for solid olive wastes
- Correlated to the low water content in the solid waste:
  - cause problems during the treatment, especially with clogging

## Topic 3: Treatment of Solid Waste

### Biological methods

### Anaerobic fermentation/digestion (II)



#### Anaerobic fermentation/digestion (III)

- Further disadvantage in the treatment of alpoerujo:
  - long starting-up time of the process after a longer shutdown period
  - needs further pre-treatment methods
  - requires the addition of water
  - leads to additional costs
- Experience shows, that anaerobic fermentation/digestion is an economically not suitable treatment method for OMW
- Still under investigation:
  - optimisation of the protein content to obtain animal feeding material
  - anaerobic digestion processes in the treatment of olive wastes

# ***Thermal Treatment***

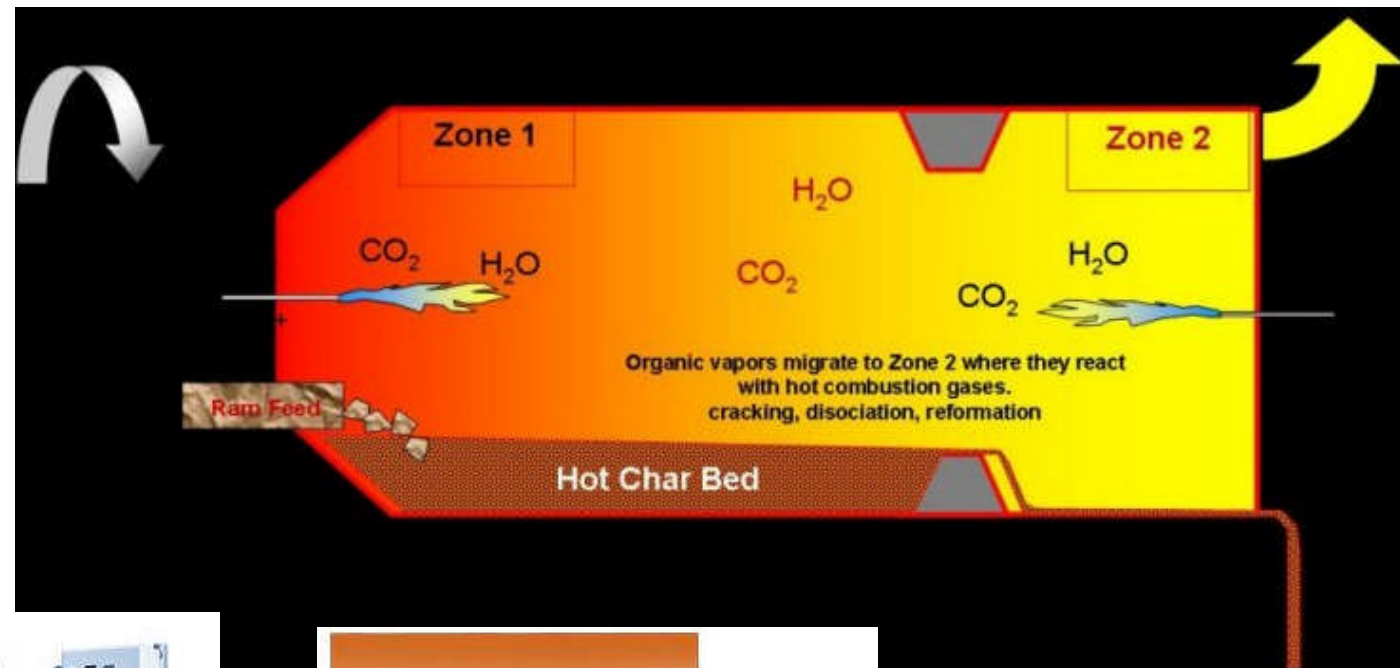
#### Pyrolysis

- Use of heat to decompose the mixed solid waste in an  $O_2$  deficit or  $O_2$  free environment
- Process is very rarely applied and converts any carbon containing material into a synthesis gas
- Syngas composed primarily of carbon monoxide and hydrogen
- Wastes with high caloric value are most appropriate: release great heat content
- Syngas can be used as fuel to generate electricity/steam or as basic chemical reactant

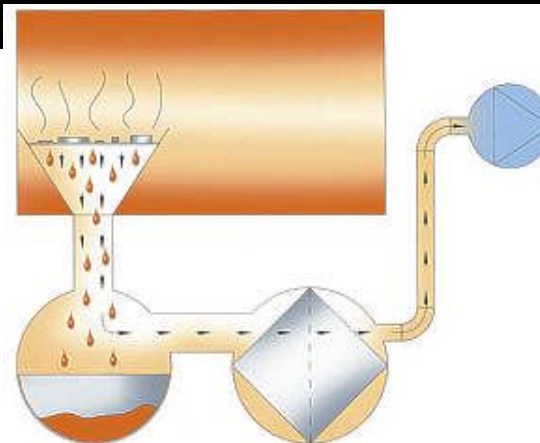
## Topic 3: Treatment of Solid Waste

### Thermal Treatment

### Pyrolysis



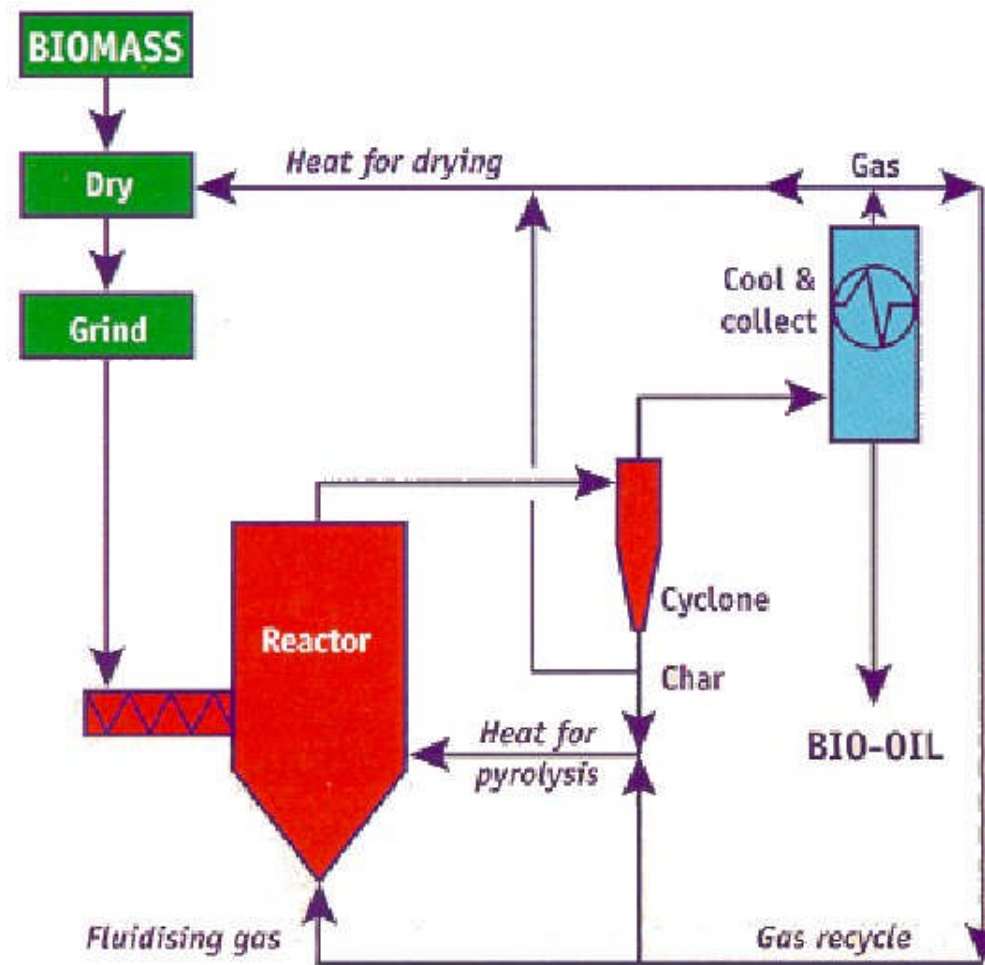
[[www.econ.co.at](http://www.econ.co.at)]



#### Pyrolysis (II)

- Wastes are fed to the gasifier as dry wastes or slurry
- They react with steam under oxygen exclusion at high temperatures and pressure in a reducing atmosphere
- Processed products besides Syngas are: condensed water, solid and liquid residues
- Syngas can be also processed to produce a range of marketable products such as fuels, tar oils, chemicals or industrial gases

#### Pyrolysis (II)





#### Pyrolysis (II)

##### ➤ Disadvantage:

- liquid and solid pyrolysis residues, and condense water has to be treated
- products of pyrolysis, including combustible gases and various solids, are difficult to manage
- additional cost factors.

##### ➤ Gasification and pyrolysis are successfully applied on:

- wood, cellulose, dried sludge, vegetable waste or fruit waste at water contents of approx. 5%.

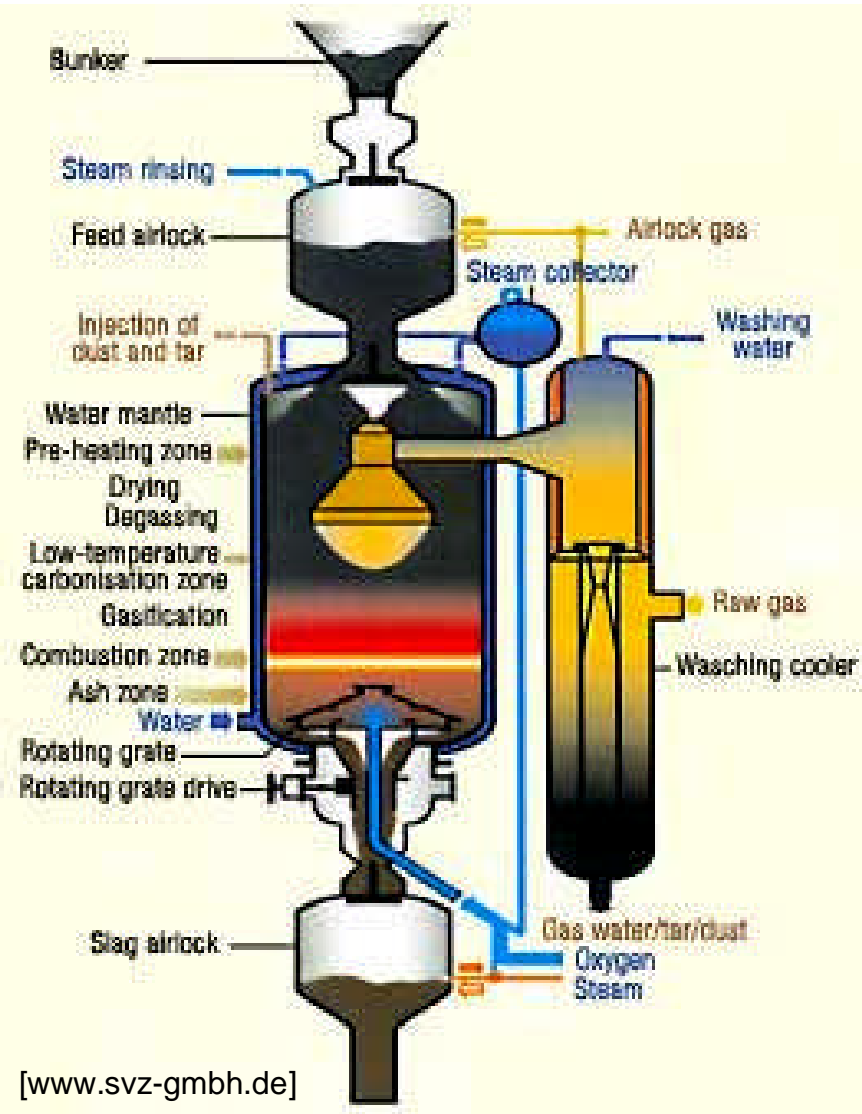
#### Gasification

- Gasification of biomass is a new physiochemical treatment method for de-oiled alpeorujo and pits
- Method do not serve for pure combustion or burning
- Useful and feasible for gasification of de-oiled orujo and pits with air/water
- Obtained flue gas can be used for energy recovery
- System base on a combination of a fluidised and moving system

## Topic 3: Treatment of Solid Waste

### Thermal Treatment

### Gasification (II)



[http://nett21.gec.jp]

### Gasification (II)

➤ Composes a especial configuration of the gasifiers reactor zones:

- in the bottom part a fluidised bed is maintained for the required combustion (exothermic reaction)
- exothermic reaction is necessary to maintain the thermal balance inside the whole reactor
- in the upper part a moving bed no combustion process takes place but an endothermic gasification processes
- base on the fact that raising gas that reaches the upper part contains a very low concentration of oxygen
- additionally it has a high temperature of 800-850 °C
- The result is: gasification process can be only performed in the upper part of the gasifier.

#### Gasification (III)

- Operation variables are: temperature, air/water ratio
- Variables influence the composition of the flue gas and the heating power
- Gasification yield is:
  - 50 % of the solids are burned
  - 50 % suffer the heat treatment and are gassed out
- Low heating value of flue gas is similar to other biomass gasification
- Typical composition of the flue gas is:
  - 7 %-10 %  $H_2$ ; 2.5 %-6 %  $CH_4$ ; 6 %-18 %  $CO$ ; 0.06 %-1.6 %  $C_2H_4$  and 64 %-84 % of no combustible gases, mainly  $CO_2$ ,  $N_2$ ,  $H_2O$

#### Incineration

- Wastes can be burned in controlled waste incineration plants or in less controlled oven systems
- Wastes are used as combustible material
- Heat can be recovered to produce electrical energy:
  - from 1 ton of processed olives waste, 400.000 kcal (465 kWh) can be recovered
- Remaining ashes can be used for agriculture as a source of mineral salts
- Incineration processes are subjected to strict environmental regulations in the EU

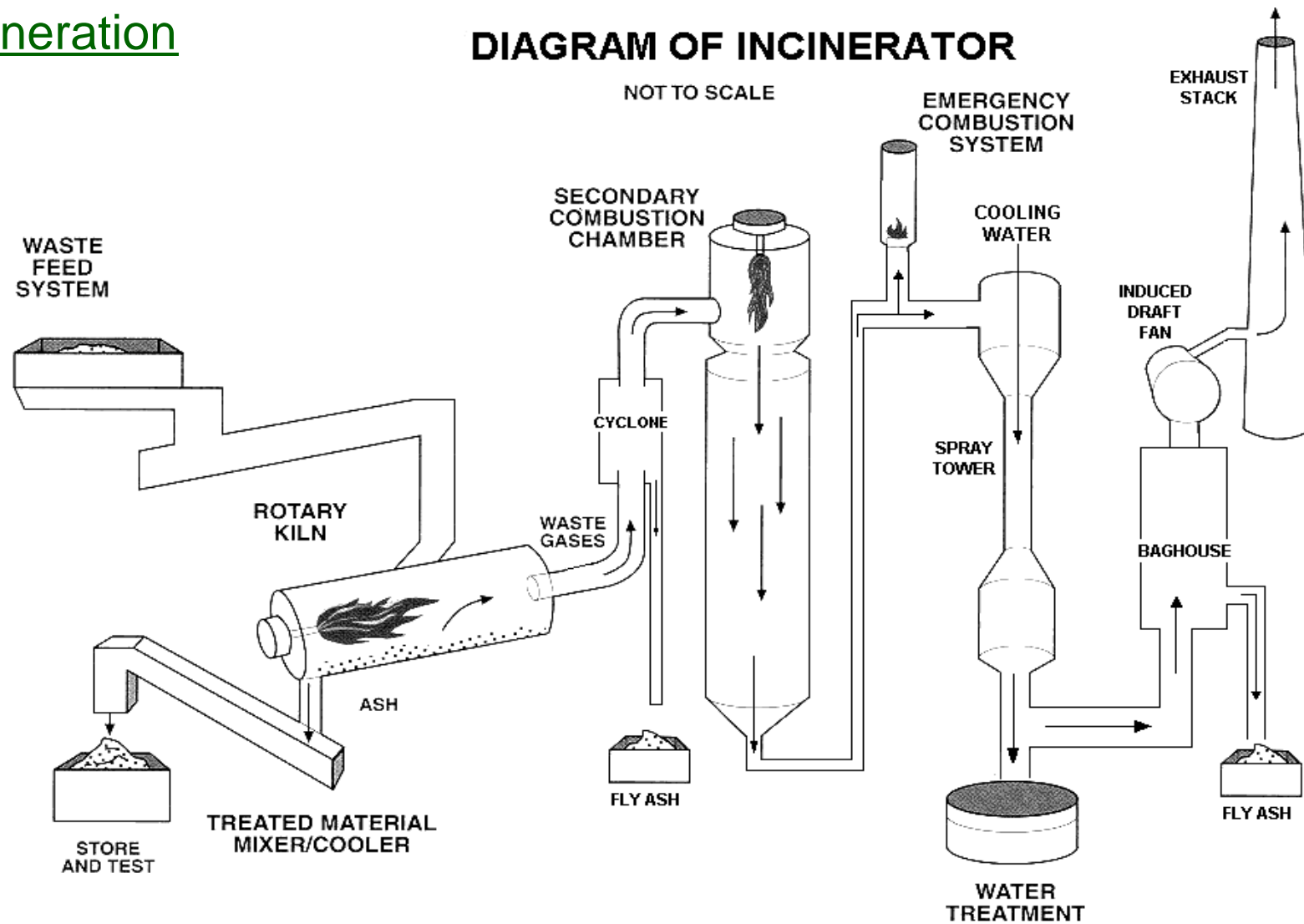
## Topic 3: Treatment of Solid Waste

### Thermal Treatment

### Incineration

#### DIAGRAM OF INCINERATOR

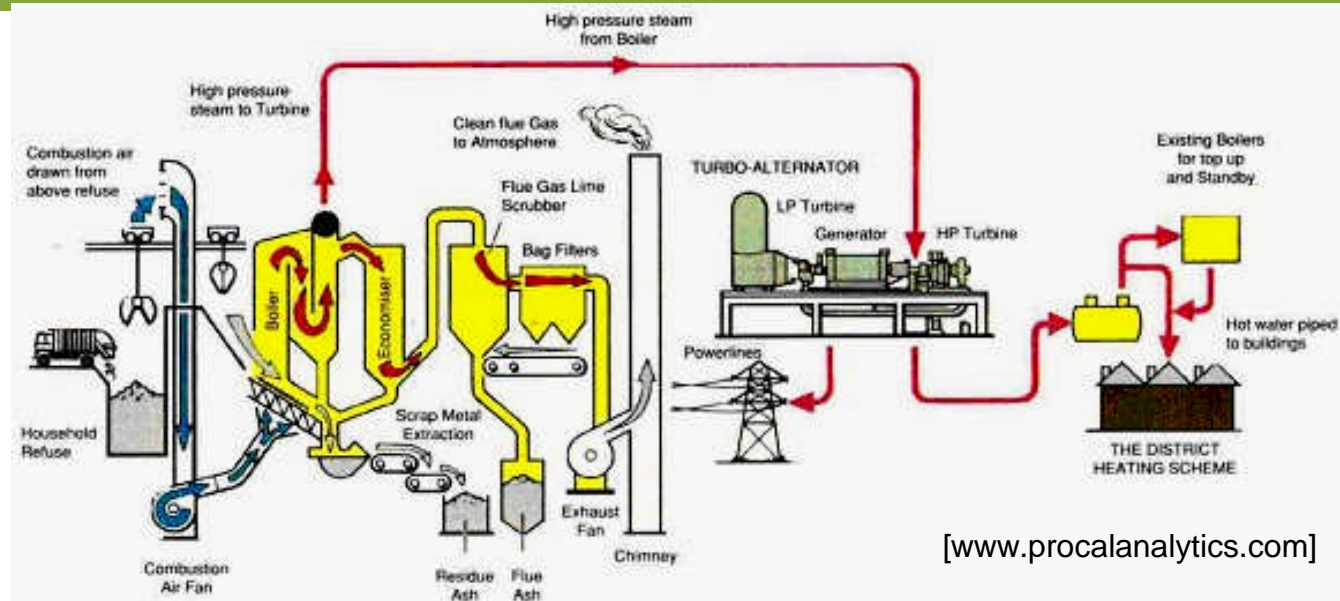
NOT TO SCALE



## Topic 3: Treatment of Solid Waste

### Thermal Treatment

### Incineration



[http://reslab.com.au]



#### Incineration (II)

- Directive 2000/76 on the incineration prevent/limit as far as practicable negative effects on the environment:
  - in particular pollution by emissions into air, soil, surface water and groundwater
  - resulting risks to human health, from the incineration and co-incineration of waste
- Aims can be met by means of stringent operational conditions and technical requirements
- Directive 75/442/EEC covers requirements for incineration and co-incineration plants.

#### Incineration (III)

- Most wastes from agro-food industries are problematic for incineration and combustion:
  - due to the high water content
- Further de-watering is needed or addition of fuel is required when energy content of waste is low
- Suitable process for high load OMW:
  - incineration is a self sustained process and can be coupled to the evaporation processes

# ***Deposition***

### Deposition

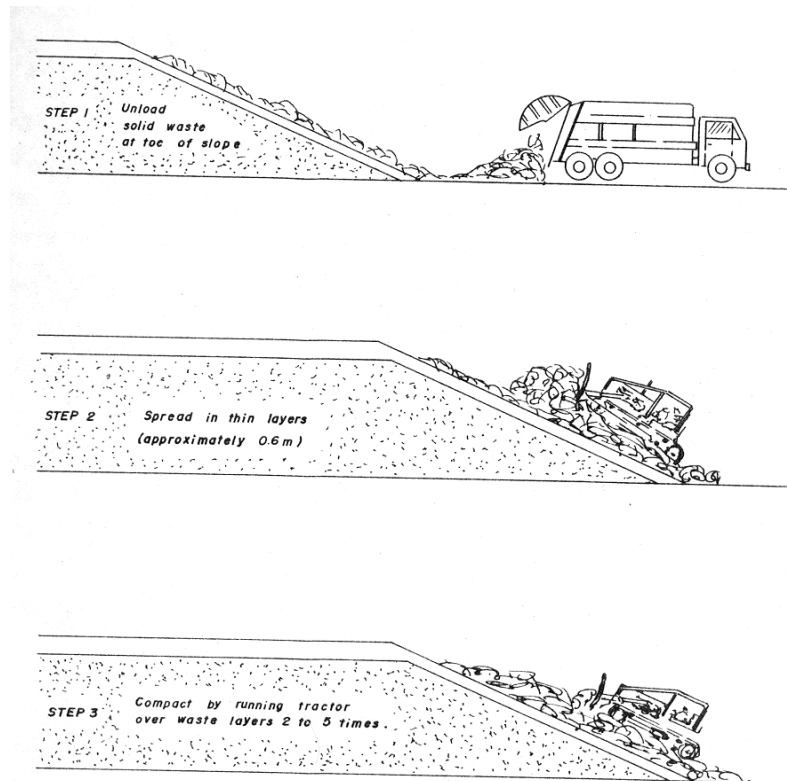
#### Land Filling

- Residues which cannot be further used, recycled, composted or energetically valorised, are dumped in a sanitary landfill
- Deposited wastes are subjected to biological and chemical transformations
- Time on the landfill body leads to the formation of drainage water and landfill gas
- It should be collected and treated
- Landfill gas can be combusted to produce electric power and heat energy
- Composting is the better alternative to treat solid wastes from the agro-food industry

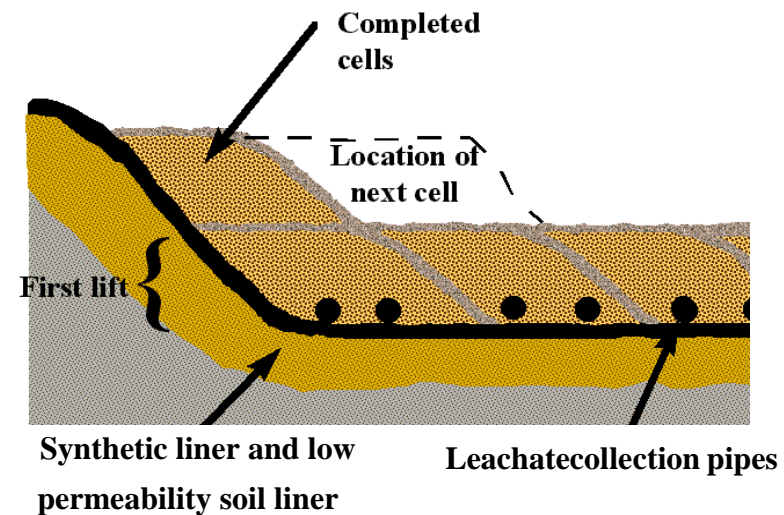
## Topic 3: Treatment of Solid Waste

### Deposition

### Land Filling



### MSWLF Cross-section



# ***Resume***

### Resume

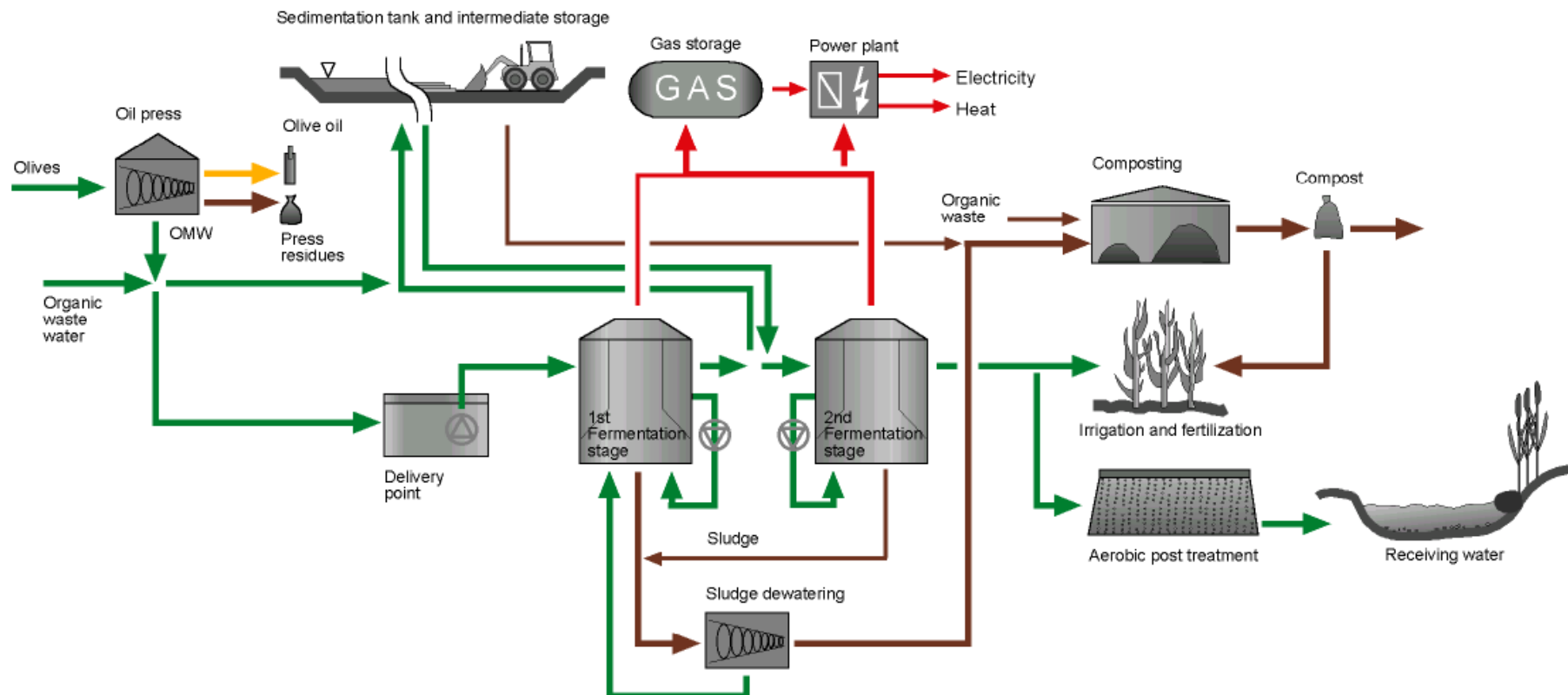
- Separation of the residues from the olive production into pulp, liquid fraction (Alperujo, etc.) and pits
- Allow application of selective treatments and techniques such as composting, bioremediation and gasification
- Until now there are no technologically and economically suitable solutions available
- Type of treatment depends not only on intrinsic factors but also on the scenario and production capacity of the olive mills and extraction plants
- There are not “general” solutions, like in a book
- Every case has to be studied particularly allowing for these local, regional and technical circumstances

## Topic 3: Treatment of Solid Waste

### Resume



## Treatment of Solid and Liquid Wastes





### Resume

- The possible treatment methods were presented
- But these methods have to be examined rather critically
- Up to now very differing treatment methods for OMW are still under development or study stage
- Concerning, not only the olive oil industry, but the whole agro food sector:
- **It should always be considered that sophisticated methods without following profitable use of the final product are not useful**

# **Topic 4:**

## **By-Product Reusing and Up-grading**

## **Topic 4:** By-Product Re-using and upgrading

- Overview on main wastes and by-products
- Current strategies for re-use or valorization of residues from the olive and olive oil production
- Costs for treatment of wastes and by-products
- Strategies for the recovery of valuable compounds from olive mill waste
- Current research activities in by-product upgrading

## Topic 4: By-Product Re-using and upgrading

### Types of wastes and by-products from the Olive Oil Production

- Leaves and stones
- Olive pulp
- Crude Olive Cake
- Exhausted Olive Cake after second pressing or extraction
- Washing waters (from olives washing and machine washing)

## Topic 4: By-Product Re-using and upgrading

### European Olive Oil Industry

- More than 8.000.000 tons fresh water consumed
- More than 4.600.000 tons waste water produced
- More than 6.800.000 tons solid waste (pomace) produced

## Topic 4: By-Product Re-using and upgrading

### Amount of Wastes and By-Products

➤ Per 100 kg of treated olives:

- 35 kg solid waste (crude olive cake)
- 100 L liquid waste (olive mill waste waters OMWW)

## Topic 4: By-Product Re-using and upgrading

### Amount of Wastes and By-Products

- Residual solids (leaves and olive kernels) does not cause significant solid wastes
- Olive oil mill wastewaters: the biggest problem
  - BOD<sub>5</sub> 20.000-35.000 mg/L
  - COD 20.000-35.000 mg/L
  - pH 4-6
- Usual communal waste water treatment plant: 400-800 mg/L

## Topic 4: By-Product Re-using and upgrading

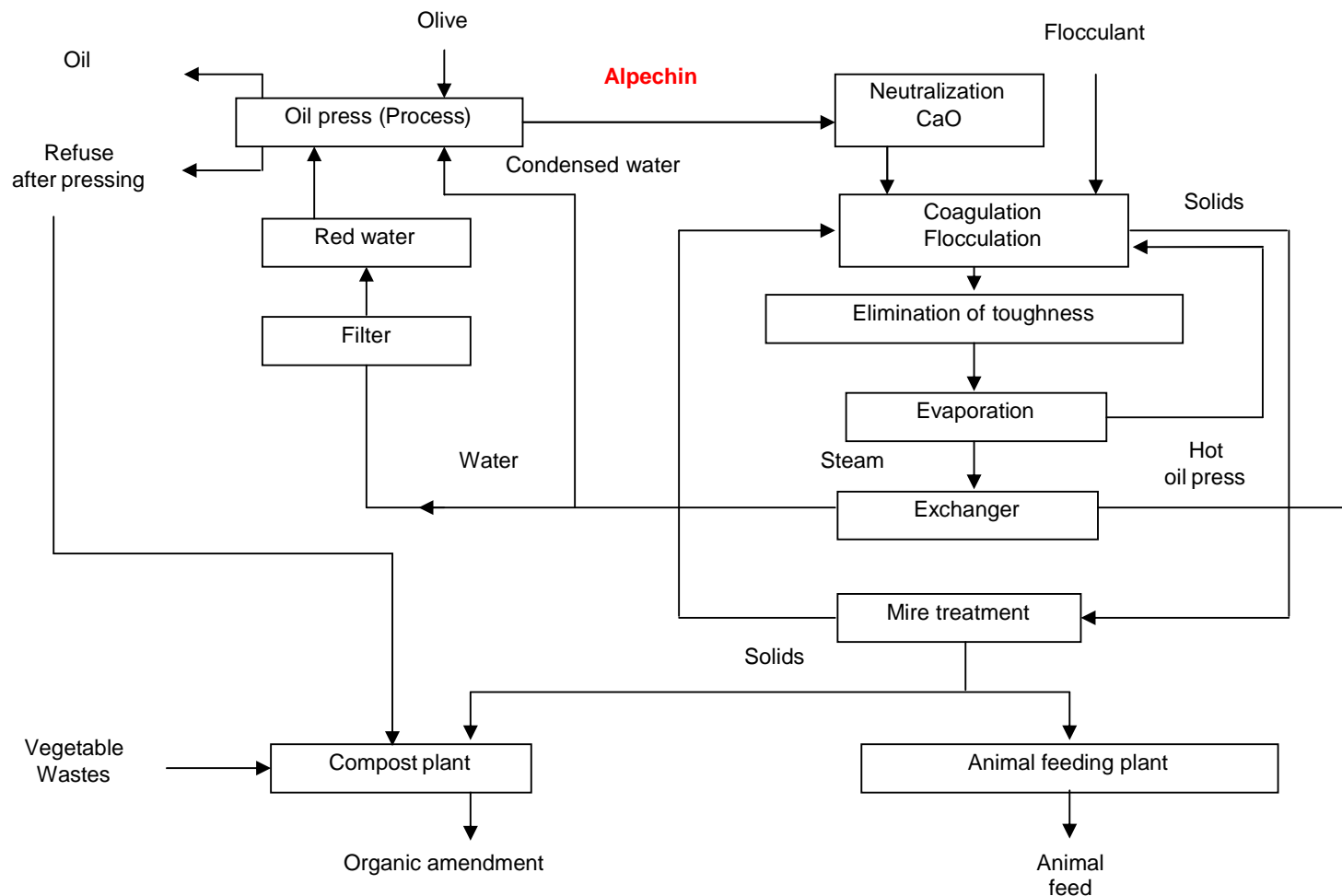
### ➤ Actual uses of Olive Residues:

Uses	Advantages	Disadvantages	Source
Fertilizer (for the olive orchards)	Easy, direct land spreading.	Odour. Problem with ground water contamination. Many countries have restrictions on quantities to dispose due to the high level of chemical oxygen demand. Tree roots may burn.	-Ramos, A. <i>et al.</i> (1995). -The Olive Oil Sources (2001).
Composting and bioremediation	Minimise the emissions. Great quality, Nitrogen rich material.	Long maturation period. Needs carbon-bulking agents to prevent odour.	-Improlive, UCM (2000). -Carter, B. (2001).
Bio-gas production	Good output	Special devices are needed. Very high costs.	-Tekin, A. <i>et al.</i> (2000).
Animal feed	Cheap.	Low protein content Lysine-deficient High cellulose contain Bitter (non feed able)	-Clemente, A. <i>et al.</i> (1997). -Haddadin, M. <i>et al.</i> (1999).
Fuel, commercially sold charcoal.	Environmentally non-polluting and biodegradable.	Non-valuable due to very low heat value.	-Alexander, C. (2001).
Energy recovery (e.g. the pomace is used as fuel for electricity production)	High efficiency.(Its calorific value is 3.600-3.700 kcal/kg and the humidity 10-14 %)	Air pollution. (It exists Emission Limit Values for biomass fuels in Italy and Spain, and they will be introduced in Portugal soon Which is expected to be a limitation for potential use of pomace as biomass fuel)	-Torre, M. <i>et al.</i> (1995). -Mariani, G. <i>et al.</i> (1992).
Activated carbon	High adsorption capacity.	Non-valuable due to the cost-value ratio.	-Gharaibed, S. <i>et al.</i> (1998). - Baçaoui, A. <i>et al.</i> (1998).



## By-products reuse and application

### ➤ The Alpechin treatment process



## Topic 4: By-Product Re-using and upgrading

### Strategies for re-use and valorisation of by-products

#### ➤ Land Application:

- objectives: maximise nutrient use while minimising pollution hazards
- the most common land application methods:
- land spreading or subsurface injection (10-25 cm) of liquid or solid waste on or into the soil, respectively
- very affordable waste disposal alternative for industry
- takes advantage of the nutrient content of these wastes for crop production and can act as soil conditioner as well
- can add nutrients to the soils while limiting odours and protecting surface

## Topic 4: By-Product Re-using and upgrading

### Strategies for re-use and valorisation of by-products

#### ➤ Composting:

- compost is a valuable substrate for agriculture and horticulture
- aerobic breakdown of organic material into soil-like material called humus
- aerobic degradation of organic substances and mineralization to CO<sub>2</sub>, water and inorganic salts is accompanied by a mass reduction of 40 to 50 %
- exothermal reaction (temperatures of 70 to 80 °C inside the heap)
- disadvantages:
  - odour emission
  - drainage water that have to be treated

## Topic 4: By-Product Re-using and upgrading

### Costs for by-product valorisation

#### ➤ Composting Costs:

- Composting with forced aeration

Economic information		
Capacity (tons per annum)	Typical capital costs (EUR)	Typical operating costs (EUR)
2.000	550.000-800.000	270.000
5.000	950.000-1.500.000	550.000
10.000	1.600.000-2.700.000	950.000
20.000	2.700.000-4.700.000	1.600.000
50.000	5.400.000-9.400.000	2.700.000
100.000	9.400.000-16.100.000	5.400.000

## Topic 4: By-Product Re-using and upgrading

### Costs for by-product valorisation

#### ➤ Composting Costs:

- Composting without forced aeration

Economic information		
Capacity (tons per annum)	Typical capital costs (EUR)	Typical operating costs (EUR)
2.000	300.000	130.000
5.000	600.000	240.000
10.000	900.000	400.000
20.000	1.300.000	730.000
50.000	2.200.000	1.350.000
100.000	4.500.000	2.600.000

## Strategies for Re-use and Valorisation of By-Products

### ➤ Anaerobic digestion (I):

- absence of atmospheric oxygen
- conversion of soluble organic substances into biogas through biological fermentation
- results low amounts of sludge, which can be brought out on agricultural land as fertilizer
- widely applied technology
- 1-st step: acidification
- 2-nd step: formation of methane
- different technological solutions
- one step process: these two steps can be realised in one reactor
- two step process: in two separate reactors

## Strategies for Re-use and Valorisation of By-Products

### ➤ Anaerobic digestion (II):

- applied for highly organically contaminated waste waters, slurries and sludge ( $\text{BOD}_5 > 3000 \text{ mg/L}$ )
- 40 to 50 % of the organic matter is transformed to biogas (used to produce electric energy and heat)
- main disadvantage: high investment costs
- first step for the treatment
- a post treatment (e.g. de-watering of the sludge and aerobic waste water treatment) is very often necessary

## Topic 4: By-Product Re-using and upgrading

### Costs for by-product valorisation

- Anaerobic digestion (AD) Costs:
  - Separate digestion, dry method

Economic information		
Capacity (tons per annum)	Typical capital costs (EUR)	Typical operating costs (EUR)
5.000	2.900.000-3.100.000	120.000 p.a.
10.000	5.300.000-5.600.000	220.000 p.a.
20.000	9.500.000-10.00.000	400.000 p.a.



## Topic 4: By-Product Re-using and upgrading

### Costs for by-product valorisation

- Anaerobic digestion (AD) Costs:
  - Co-digestion, wet method

Economic information		
Capacity (tons per annum)	Typical capital costs (EUR)	Typical operating costs (EUR)
20.000	3.700.000-4.500.000	130.000 p.a.
50.000	4.600.000-5.500.000	150.000 p.a.
100.000	10.500.000-12.500.000	350.000 p.a.

## Topic 4: By-Product Re-using and upgrading

### Strategies for re-use and valorisation of by-products

#### ➤ Incineration/Combustion:

- destruction of organic material (incl. contaminated waste water) via oxidation at high temperatures accompanied by a complete evaporation contained water
- very well suitable method: the higher the organic load, the more favourable is the incineration technology
- heat can produce electrical energy (e.g. from 1 ton of processed olives waste, 400.000 kcal (465 kWh)
- disadvantages
- waste is disposed off without valorisation
- energy recovery is low
- ash is dumped
- energy and nutrient content of the waste are not used

## Topic 4: By-Product Re-using and upgrading

### Costs for by-product valorisation

#### ➤ Incineration Costs:



Capacity (tons per annum)	Typical capital costs (EUR)	Typical operating costs (EUR)
20.000	25.000.000	950.000 p.a.
50.000	45.000.000	1.750.000 p.a.
100.000	90.000.000	4.000.000 p.a.
200.000	160.000.000	6.800.000 p.a.

## Topic 4: By-Product Re-using and upgrading

### Different Application Methods

#### ➤ Fermentation and use as Animal Feed:

- solid state fermentation:
  - enrichment of the substrate in proteins
  - use as an animal feed after drying
  - drying is feasible for industrial scale
  - the humidity of the alperujo is reduced to approx. 10-15 %
  - the dried material can be formulated as a pellet

## Reutilisation of valuable compounds

### ➤ Compounds found in Olive Oil Residues:

- Phenolic compounds: strong antioxidant
- Oleuropein: antioxidant, anti-inflammatory
- Hydroxytyrosol: antioxidant
- Mannitol: nutritive sweetener

## Topic 4: By-Product Re-using and upgrading

### Reutilisation of valuable compounds

#### ➤ Compounds found in Olive Oil Residues (II):

- alpechin” extracts have:
  - powerful antioxidant activity
  - represents a cheap, source of natural antioxidants
  - not commercially available because of the expensive and low yields procedures known for their production

## Topic 4: By-Product Re-using and upgrading

### Reutilisation of valuable compounds

#### ➤ Main Components of the Olive Oil Residues:

Organic substance	Contents in olive pomace (g/ 100g of extracted dried olive pomace)	Benefits	Possible application
-Polyphenols:	0.29-0.27	-Decrease the risk of heart disease.	-Food additives
·Oleuropein		-Protect cardiovascular tissue.	-Cosmetics
·Tocopherols		-Anticancer.	-Pharmacology
·Hydroxytyrosol		-Antioxidant	-Health food
·Tyrosol		-Antiinflammatory	
-Flavonoids (apigenin, quercetin, luteolin...)			
Fibre	70.0-79.3	Anticancer: Favour the intestinal transit.	-Food
Ash	3.54-4.75	High absorption capacity.	-Cosmetics
Polyalcohols:	107,1-195.4*		-Dietetics food additives
mannitol		Nutritive sweetener, stabilizer	-Cosmetics
Triterpenoids		Natural pigments and aromas	-Cosmetics

## Topic 4: By-Product Re-using and upgrading

### Strategies for re-use and valorisation of by-products

- Strategies to recover valuable compounds from the waste water:
  - filtration
  - membrane separation
  - precipitation/Separation

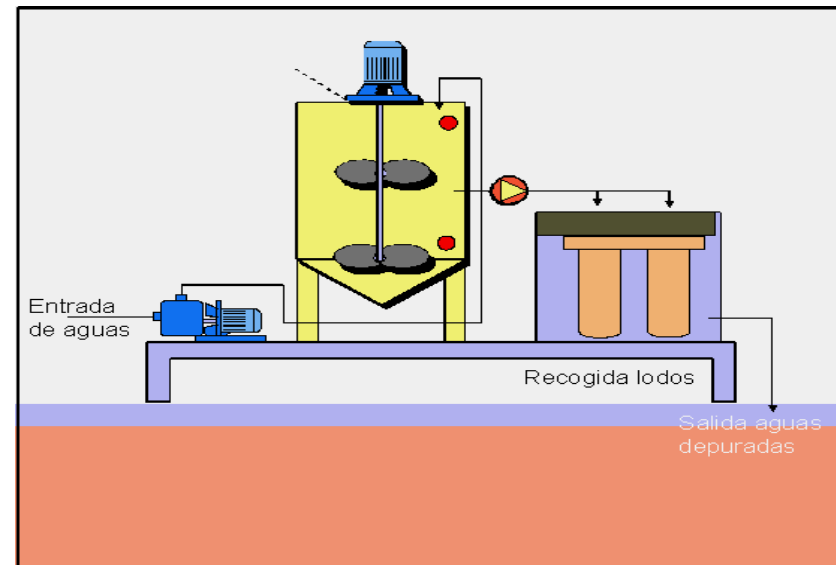


## Topic 4: By-Product Re-using and upgrading

### Strategies to recover valuable compounds

#### ➤ Filtration:

- removal of solids (organic matter, precipitates from other treatments) from the wastewater
- the separation is done by means of a porous medium, screen or filter cloth, which retains the solids and allows the liquid to pass through



## Topic 4: By-Product Re-using and upgrading

### Strategies to recover valuable compounds (II)

#### ➤ Membrane Separation:

- pre-filtration stage is necessary
- not suitable for highly fouling wastewater
- advantage: quite effective for waste minimization and up-grading of OMWW
- disadvantage: high cost
- removal of suspended, colloidal, and dissolved solutes instead of soluble and dispersed substances as it was before from wastewater
- semi-permeable or porous membrane supported against the high pressure difference by supporting devices

## Topic 4: By-Product Re-using and upgrading

### Strategies to recover valuable compounds (III)

#### ➤ Membrane Separation (II):

- classification of membrane according to the pore size (it determinates the nature of the separation)



Microfiltration (retains bacteria)

Ultrafiltration (retains proteins, suspended solids)

Nanofiltration (retains sugars)

Reverse osmosis (retains salts)



## Topic 4: By-Product Re-using and upgrading

### Strategies to recover valuable compounds (III)

#### ➤ Precipitation

- eliminate dissolved substances out of the solution by adding a chemical agent that encourages the particles to stick together (by inhibiting electrostatic forces which hold them apart)
- mainly applied in wastewater that contains non-biodegradable substances



## Topic 4: By-Product Re-using and upgrading

### Strategies to recover valuable compounds (IV)

#### ➤ Flocculation:

- soluble colloidal substances are removed by combining flocculation-coagulation chemicals
- side effect: smell from the screened material
- combines or “coagulates” small colloidal particles (<1 µm) to large particles
- large particles:
  - settle down as sediment
  - can be floated
  - can be filtered

## Topic 4: By-Product Re-using and upgrading

### Other related projects and research outlook

- Impel Olive Oil project (Impel Network) Network for the implementation and enforcement of environmental law
- INASOOP: Integrated approach to sustainable olive oil and table olive production
- IMPROLIVE: Improvement of treatments and validation of the liquid solid waste from the two phase olive oil extraction
- MOWOM: Mobile and flexible wastewater treatment plant for small and medium sized olive mills

## Topic 4: By-Product Re-using and upgrading

### Other related projects and research outlook

- SOLARDIST: Development of a solar distillation wastewater treatment plant for olive oil mills
- Use of industrial waste waters from olive-oil extraction in the biomass production of *Scenedesmus Obliquus*
- Utilisation of phenol-modified olive stones in the preparation of resol-type adhesives