

# Εφαρμογή της βιοτεχνολογίας στην επεξεργασία των αποβλήτων ελαιουργείων στην Ελλάδα

## Περίληψη

των

Ε. Κατσγιάννου,

Επιστ. Συνεργάτη

Μ. Τσέζου,

Καθηγητή

Τμ. Μηχανικών

Μεταλλείων-Μετ/γών

Ε.Μ.Π.

Η Ελλάδα είναι η τρίτη ελαιοπαραγωγός χώρα σε παγκόσμια κατάταξη. Πρόσφατα στατιστικά στοιχεία αναφέρουν ετήσια παραγωγή ελαιολάδου, της τάξεως των 400.000 τόνων, προερχόμενη από περίπου 2.000 ελαιοτριβεία, τα οποία εκτιμάται ότι παράγουν ταυτόχρονα, 2.500.000 τόνους μικτών αποβλήτων, με υψηλότατο οργανικό φορτίο. Το υψηλό οργανικό φορτίο, η διασπορά των αποβλήτων σε πολλές μικρές μονάδες ανά την επικράτεια και η ταυτόχρονη παρουσία οργανικών χημικών ενώσεων, όπως οι πολυφαινόλες, δημιουργούν σοβαρότατες περιβαλλοντικές επιπτώσεις κατά την διάθεση των αποβλήτων στο περιβάλλον. Οι προτεινόμενες τεχνολογίες επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων των ελαιουργείων δεν έχουν αποδειχθεί πλήρως ικανές να αντιμετωπίσουν το πρόβλημα. Το εργαστήριο Περιβαλλοντικής Μηχανικής του Τομέα Μεταλλουργίας και Τεχνολογίας Υλικών του Ε.Μ.Π., σε συνεργασία με Μονάδες Παραγωγής, Πανεπιστήμια και Ερευνητικά Ιδρύματα του Νότου της Ευρωπαϊκής Ένωσης, μελετούν σε πιλοτική κλίμακα τη δυνατότητα επίλυσης του προβλήματος επεξεργασίας και αξιοποίησης των αποβλήτων των ελαιουργείων, με την χρήση βιολογικών αντιδραστικών ικανών να επεξεργασθούν τα απόβλητα και να παράγουν οργανικό λίπασμα. Στο κείμενο που ακολουθεί, δίδονται σχήματα απλών διαγραμμάτων ροής, ισοζύγια μάζας και ενδεικτικές τιμές των κυριότερων παραμέτρων που χαρακτηρίζουν την ποιότητα των αποβλήτων των ελαιουργείων. Σκιαγραφούνται μέθοδοι διάθεσης των αποβλήτων των ελαιουργείων, σε σχέση με την εφαιρμοζόμενη τεχνολογία παραγωγής ελαιολάδου.

## 1. Εισαγωγή.

Η εντατικοποίηση της γεωργικής παραγωγής στην Ελλάδα και η υιοθέτηση νέων σύγχρονων τεχνολογιών, παρέσυρε την ελληνική παραγωγή ελαιολάδου (τρίτη παγκοσμίως, με ποσοστό γύρω στο 15% και ετήσιες επιδόσεις 170.000 - 390.000 τόνους ελαιόλαδο), σε μια αυξητική τάση της τάξης του 2,5% ετησίως, κατά μέσο όρο. Η αύξηση αυτή δημιούργησε συγχρόνως έντονες αρνητικές επιπτώσεις στο φυσικό περιβάλλον, που προέρχονται κυρίως από τα υγρά απόβλητα των ελαιουργείων (Υ.Α.Ε.), γνωστά ως λιοζύμια, κασιόγαρος ή μούργες.

Οι περιοχές που πλήττονται ιδιαίτερα είναι οι κατ' εξοχήν ελαιοπαραγωγές, Κρήτη (35% της ελληνικής παραγωγής κατά την ελαιοκομική περίοδο 1993/94), Μεσσηνία (11,5%), Κέρκυρα (6,1%), Ηλεία (4,6%), Λακωνία (4,7%) και νησιά του Ιονίου και του Αιγαίου.

Ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της ελληνικής παραγωγής ελαιολάδου - και κατά συνέπεια της δημιουργίας αντίστοιχων όγκων υγρών αποβλήτων ελαιουργείων - είναι η εποχικότητα της λειτουργίας, η γεωγραφική δια-

σπορά, η σχετικά μικρή δυναμικότητα, ο μεγάλος αριθμός των ελαιουργείων και οι τοπικά σημαντικές διακυμάνσεις του όγκου παραγωγής από έτος σε έτος.

Από το σύνολο των ελληνικών ελαιουργείων, το 80% είναι ιδιωτικά και ως επί το πλεί-

στον αυτοματοποιημένης λειτουργίας, το 71% έχουν δυναμικότητα υψηλότερη από 1.000 τόνους ελαιοκάπου ανά οκτά-

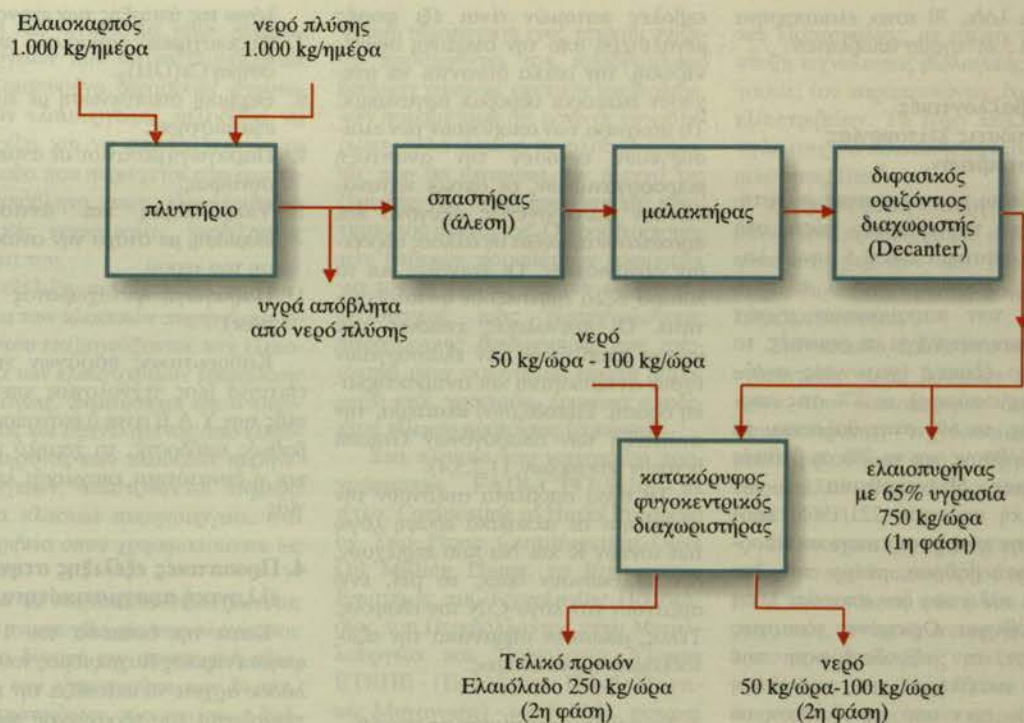
ωρο, το 14% επεξεργάζονται 1.000 - 500 τόνους και το υπόλοιπο 3%, 500-300 τόνους ελαιοκάμπο το οκτάωρο. Ο αριθμός τους, από 5.300 το 1960, μειώθηκε σε 3.760 το 1970 και για το 1998 εκτιμάται γύρω στα 2.400. Στο ίδιο διάστημα η ελληνική παραγωγή ελαιολάδου διπλασιάστηκε (1).

Η συλλογή του ελαιοκάπου αρχίζει στα μέσα Οκτωβρίου στην Κρήτη και Μεσσηνία και διαρκεί μέχρι τον Ιανουάριο ή και Μάρτιο, ενώ στην Κέρκυρα μπορεί να επεκταθεί μέχρι και τον Μάιο. Η διάρκεια της περιόδου εντατικής λειτουργίας των ελαιοτριβείων κυμαίνεται μεταξύ 75 και 120 ημερών, ενώ η μέγιστη ένταση (εικοσιτετράωρη λειτουργία), παρατηρείται από τον Νοέμβριο μέχρι και τον Ιανουάριο. Πάνω από το 90% των ελαιουργείων στην Ελλάδα, λειτουργούν σήμερα με την τριφασική φυγοκεντρική τεχνολογία και τα υπόλοιπα με την παραδοσιακή τεχνολογία διαχωρισμού του ελαιολάδου με διήθηση (υδραυλικό πιεστήριο).

Σε όλες τις περιπτώσεις ο ελαιοκάμπος πλένεται με νερό, θρυμματίζεται, μαλάσσεται και ακολούθως, διαχωρίζεται η ελαιώδης φάση.

Στην παραδοσιακή τεχνολογία του





Σχήμα 1. Διάγραμμα ροής διαδικασιών στη διφασική φυγοκεντρική τεχνολογία παραγωγής ελαιολάδου.

υδραυλικού πιεστήριου, ο θρυμματισμός και η μάλαξη γίνονται με ογκώδεις περιστρεφόμενους λίθινους κυλίνδρους ( μυλόπετρες ) και ο διαχωρισμός του μείγματος ελαιολάδου / φυτικών υγρών από τα στερεά απόβλητα - που περιέχουν τα θρύμματα των ελαιοπυρήνων - με διήθηση μέσω υφασμάτων φίλτρων υπό πίεση (υδραυλικό πιεστήριο). Κατά την μάλαξη, συνενώνονται τα μικρά ελαοσταγονίδια προς μεγαλύτερα, για να καταστεί δυνατός ο τελικός διαχωρισμός της ελαιώδους φάσης που υποβοηθείται με την προσθήκη νερού στον ελαιοδιαχωριστήρα. Τα υγρά απόβλητα των παραδοσιακών ελαιοτριβείων, ανέρχονται κατά μέσο όρο σε  $0,6 \text{ m}^3$  ανά τόνο ελαιοκάρπου, ενώ το προϊόν, σε περίπου 25% του ελαιοκάρπου.

Τα χαρακτηριστικά αυτής της παραγωγικής διαδικασίας (διαλείποντος έργου), δεν επιτρέπουν τον πλήρη αυτοματισμό της παραγωγής. Το μειονέκτημα αυτό καλύπτει η «τριφασική» φυγοκεντρική τεχνολογία, κατά την οποία ο ελαιοκαρπός αρχικά

πλένεται με νερό, απαλλάσσεται από τα φύλλα σε έναν αεροδιαχωριστήρα και ακολούθως, υπόκειται σε άλεση κατά την οποία θρυμματίζονται οι πυρήνες και ελευθερώνονται τα μικρά ελαοσταγονίδια από τους φυτικούς ιστούς.

Στη συνέχεια, η ελαιόμαζα (ενδεχομένως μετά από προσθήκη νερού έως 40%, αναλόγως της υφής της), αναδεύεται περίπου μισή ώρα, σε οριζόντιο κυλινδρικό δοχείο (μαλακτήρας) που θερμαίνεται εξωτερικά με νερό ( $37-42^\circ\text{C}$ ). Μετά τον μαλακτήρα, η ελαιόμαζα φθάνει σε οριζόντιο φυγοκεντρικό διαχωριστήρα (Decanter) όπου διαχωρίζεται ο ελαιοπυρήνας από το μίγμα ελαιολάδου και φυτικών υγρών του ελαιοκάρπου. Η φάση του ελαιοπυρήνα, η οποία περιέχει 35-45% υγρασία, καταλήγει στο πυρηνελαιουργείο για την εκχύλιση του πυρηνέλαιου. Ακολουθεί νέα προσθήκη νερού και διαχωρίζεται μια δεύτερη φάση, το προϊόν (ελαιόλαδο) από την τρίτη φάση των υγρών αποβλήτων. Τα υγρά απόβλητα περιέχουν τα φυτικά υγρά (15% στε-

ρεά) με όλα τα οργανικά (14-15%) και ανόργανα (1-2%) συστατικά του ελαιοκάρπου. Κατά μέσο όρο, από 100 τόνους ελαιοκάρπου παράγονται 105 τόνοι υγρών αποβλήτων, 35-45 τόνοι ελαιοπυρήνα και 25 τόνοι ελαιολάδου.

Διαφοροποίηση της πρακτικής της ανωτέρω περιγραφείσης τριφασικής τεχνολογίας, αποτελεί η λεγόμενη διφασική τεχνολογία παραγωγής ελαιολάδου, σχηματικό διάγραμμα της οποίας δίδεται στο Σχήμα 1. Με την διφασική φυγοκεντρική τεχνολογία μετά την πλύση και μάλαξη, διαχωρίζονται στον οριζόντιο φυγοκεντρικό διαχωριστήρα (Decanter) δύο μόνο φάσεις: η πρώτη φάση είναι το προϊόν (ελαιόλαδο) και η δεύτερη φάση τα παραπροϊόντα, τα οποία είναι μίγμα του ελαιοπυρήνα και των υγρών αποβλήτων. Η νέα τεχνολογία των δύο φάσεων, φιλοδοξεί να μειώσει αισθητά τον όγκο των υγρών αποβλήτων, καθώς με εξαίρεση την πλύση του ελαιοκάρπου δεν απαιτείται σημαντική προσθήκη νερού. Κατά μέσο όρο από 100 τόνους ελαιοκάρπου παράγονται

25 τόνοι λάδι, 70 τόνοι ελαιοπυρήνα και μόνο 5 m<sup>3</sup> υγρών αποβλήτων.

## 2. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις λειτουργίας ελαιοτριβείων.

Με βάση τις υπάρχουσες παρατηρήσεις για τον ελληνικό χώρο, στο χρονικό διάστημα των 2-5 μηνών λειτουργίας του ελαιοτριβείου, το 60% περίπου των παραγόμενων υγρών αποβλήτων καταλήγει σε ρεματιές, το 20% στο έδαφος (γαιτονικές ακαλιέργητες εκτάσεις), το 8% στις αποχετεύσεις, το 6% στην θάλασσα, το 2% σε βόθρους και το 2% σε βαθείες κοιλάδες. Η νομοθεσία με την υπουργική απόφαση 221/1965, προβλέπει την ύπαρξη σηπτικού και απορροφητικού βόθρου, μέτρο που δεν τηρείται αλλά και δεν αποτελεί λύση στο πρόβλημα. Ορισμένες νομαρχίες απαιτούν την εξουδετέρωση των υγρών αποβλήτων με προσθήκη  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  πριν από την διάθεση σε ρεματιές, μέτρο που επίσης καταστρατηγείται ή τηρείται πλημμελώς. Ο έλεγχος από πλευράς πολιτείας, γενικά, δεν είναι αυστηρός επειδή δεν υπάρχει ουσιαστικά οικονομικά εφικτή και αποτελεσματική τεχνολογική λύση, παρά το γεγονός ότι έχουν προταθεί σε διεθνές επίπεδο διάφορες μέθοδοι, για την επεξεργασία των αποβλήτων των ελαιοτριβείων.

Η περίοδος λειτουργίας των ελαιοτριβείων συμπίπτει με την εποχή έντονων βροχοπτώσεων, γεγονός που οξύνει τα προβλήματα μόλυνσης του υδροφόρου ορίζοντα, τα οποία προκύπτουν από την ανεξέλεγκτη διάθεση των υγρών αποβλήτων των ελαιοτριβείων. Οι αρνητικές επιδράσεις της μόλυνσης από τα υγρά απόβλητα είναι πολλαπλές και αλυσιδωτές. Η πανίδα των χειμάρρων που καταστρέφεται αποτελεί τμήμα της διατροφής ενδημικών πουλιών και ψαριών. Η έλλειψη οξυγόνου στα νερά οφείλεται στο αυξημένο οργανικό φορτίο, στο γαλάκτωμα που δημιουργείται επιφανειακά και στις καθιζήσεις. Έχουν παρατηρηθεί ομαδικοί θάνατοι ψαριών από ασφυξία σε εκβολές ποταμών της Κρήτης. Σχετικές μετρήσεις έδειξαν ότι η μέση τιμή συγκέντρωσης φαινολών σε

εκβολές ποταμών είναι έξι φορές μεγαλύτερη από την ανώτατη συγκέντρωση, την οποία δύναται να ανεχθούν διάφοροι υδρόβιοι οργανισμοί. Τα σάκαχα των αποβλήτων των ελαιοτριβείων ευνοούν την ανάπτυξη μικροοργανισμών, οι οποίοι καταναλώνουν δευτερογενώς οξυγόνο και προκαλούν ασφυξία σε άλλους υδρόβιους οργανισμούς. Οι φαινόλες και τα λιπαρά οξέα εμφανίζουν φυτοτοξικότητα. Οι φαινολικές ενώσεις των υγρών αποβλήτων των ελαιοτριβείων έχουν αντιμικροβιακή και αντιβακτηριακή δράση. Εμποδίζουν, ιδιαίτερα, την ανάπτυξη των σπορογόνων Grammi θετικών βακτηρίων, (1,2,3,4).

Τα υγρά απόβλητα αυξάνουν την αλατότητα σε αλκαλικά εδάφη λόγω των ιόντων K και Na που περιέχουν, δεν αλλοιώνουν όμως το pH, ενώ αυξάνουν τον λόγο C/N του εδάφους. Τέλος, μειώνουν σημαντικά την αζωτοδέσμευση στο έδαφος.

## 3. Τεχνικές επεξεργασίας υγρών αποβλήτων.

Οι μέθοδοι αξιοποίησης ή ελεγχόμενης διάθεσης των υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων που έχουν προταθεί διεθνώς, είτε έχουν βρει πρακτική εφαρμογή σε μικρή κλίμακα μόνο, είτε βρίσκονται ακόμη σε ερευνητικό στάδιο και περιλαμβάνουν (1,5):

1. Χρήση για άρδευση και λίπανση διαφόρων καλλιεργειών λόγω υψηλής περιεκτικότητας σε K, Na, P, Mg και οργανικές ουσίες. Η υψηλή αλατότητα και η φυτοτοξικότητα των πολυφαινολών περιορίζουν τις δυνατότητες ανάπτυξης των φυτών.
2. Άμεση απόρριψη στο έδαφος.
3. Διάθεση σε δεξαμενές ή τεχνητές λίμνες για εξάτμιση, όπου τα στερεά υπολείμματα χρησιμοποιούνται σαν λίπασμα, ενδεχομένως σε μίγμα με άλλα αγροτικά υπολείμματα.
4. Χρήση των υγρών αποβλήτων σε ζύμωση αγροτικών υποπροϊόντων για παραγωγή στερεών καυσίμων.
5. Παραγωγή μονοκυτταρικής πρωτεΐνης για ζωτροφές με ζύμωση.
6. Αερόβιο βιολογικό καθαρισμό που παρουσιάζει σοβαρά προβλήματα

- λόγω της ύπαρξης των φαινολών.
7. Φυσικοχημικό καθαρισμό με προσθήκη  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .
8. Θερμική συμπίκνωση με ειδικούς εξατμιστήρες.
9. Παραγωγή μεθανίου σε αναερόβιες συνθήκες.
10. Υπερδιήθηση και αντίστροφη ώσμωση, με στόχο την ανακύκλωση του νερού.
11. Παραγωγή φυτοχώματος (compost).

Καθοριστικός παράγων για την επιτυχία μίας τεχνολογίας επεξεργασίας των Υ.Α.Ε είναι ο ικανοποιητικός βαθμός απόδοσης, το χαμηλό κόστος και η δυνατότητα εποχιακής λειτουργίας.

## 4. Προοπτικές εξέλιξης στην ελληνική πραγματικότητα

Κατά την δεκαετία του 1970, ο φυγοκεντρικός διαχωρισμός του ελαιολάδου άρχισε να εκτοπίζει την παλαιά τεχνολογία του υδραυλικού πιεστηρίου και επεβλήθη πλήρως στα μέσα της δεκαετίας του 1980. Μια άλλη εναλλακτική τεχνολογία, η Sinolea, βασισμένη στην εκλεκτική συνάφεια του ελαιολάδου με ειδικά χρώματα, δεν κατόρθωσε να επεκταθεί.

Το 1992 εισήχθη μία διαφοροποίηση της τεχνολογίας του φυγοκεντρικού διαχωρισμού του ελαιολάδου, που ανταγωνίζεται έντονα την επικρατούσα τριφασική τεχνολογία και είναι η διφασική φυγοκεντρική τεχνολογία που περιγράφεται σε προηγούμενη παράγραφο. Το σοβαρό μειονέκτημα της τεχνολογίας αυτής που οι υποστηρικτές της αποκαλούν «οικολογική παραγωγή άθρεμου ελαιολάδου», είναι το υψηλό ποσοστό υγρασίας (65-70%) του παραπροϊόντος (ελαιοπυρήνας), που καθιστά απαγορευτικό το κόστος μεταφοράς και επεξεργασίας (ξήρανση, εκχύλιση) στα κλασικά πυρηνελαιοτριβεία. Αποτέλεσμα, είναι να στερούνται τα ελαιοτριβεία διφασικής τεχνολογίας, ένα σημαντικό έσοδο από την πώληση του ελαιοπυρήνα. Αυτός είναι ο σημαντικότερος λόγος για τον οποίο η νέα διφασική φυγοκεντρική τεχνολογία δεν έχει βρει ακόμη ευρεία εφαρμογή. Η σχεδιαζόμενη

ίδρυση και λειτουργία νέων πυρηνελαουργιών που θα επεξεργάζονται τον ελαιοπυρήνα διαφαικών φυγοκεντρικών ελαιοπυρήνων, φιλοδοξεί να διαχωρίζει και να εκμεταλλεύεται το ελαιόλαδο που περιέχεται στα ημιστερεά απόβλητα των ελαιοτριβείων διαφαικής τεχνολογίας, κερδίζοντας την αξία του.

Η εξέλιξη αυτή απειλεί την λειτουργία των κλασικών πυρηνελαουργιών που επεξεργάζονται τον ελαιοπυρήνα των ελαιοτριβείων τριφαικής τεχνολογίας. Σημειώνεται ότι ο εκχυλισμένος και εξαντλημένος από ελαιόλαδο πυρήνας των κλασικών πυρηνελαουργιών, επιστρέφεται σήμερα από τα κλασικά πυρηνουργεία, στα ελαιοτριβεία όπου χρησιμοποιείται ως καύσιμο.

Από τα παραπάνω συμπεραίνεται ότι, αν αναπτυχθεί μια τεχνολογία που καθιστά δυνατή την οικονομική αξιοποίηση του ελαιοπυρήνα των διαφαικών ελαιοτριβείων, τότε ανοίγει ο δρόμος για την επέκταση των διαφαικών ελαιοτριβείων και στην Ελλάδα. Η διαφαική τεχνολογία έχει επεκταθεί ιδιαίτερα στην Ισπανία, όπου το 90%, περίπου, των ελαιοτριβείων λειτουργεί με διαφαικούς Decanters. Σε συνδυασμό με την έλλειψη οργανικών λιπασμάτων στην γεωργική παραγωγή και την αναμενόμενη ανάπτυξη των βιολογικών καλλιεργειών στην Ελλάδα, η προοπτική της παραγωγής οργανοχημικού λιπάσματος (compost) με την βιοτεχνολογική διαδικασία της αερόβιας ζύμωσης (λιπασματοποίηση, composting) του πλούσιου σε οργανικές ουσίες ελαιοπυρήνα των διαφαικών ελαιοπυρήνων, αποτελεί μία δυνατότητα που φαίνεται ελκυστική. Η τεχνοοικονομική αξιολόγηση ενός τέτοιου σχεδίου προϋποθέτει τον προσδιορισμό βασικών χημικών, φυσικών και βιολογικών παραμέτρων όχι μόνο σε εργαστηριακή, αλλά κυρίως, σε πιλοτική κλίμακα, που θα επιτρέψει τον έλεγχο της ζύμωσης των αποβλήτων και της ποιότητας του προϊόντος. Ο προσδιορισμός των βασικών παραμέτρων απαιτείται για τον σχεδιασμό και τον έλεγχο της λειτουργίας μιας βιοτεχνολογικής παραγωγικής διαδικασίας, που αποσκοπεί στην οικονομικά εφικτή παραγωγή ενός χρήσιμου, ποιοτικά αποδεκτού τελικού προϊόντος (compost).

Στα πλαίσια του κοινοτικού προγράμματος FAIR-CT97-3620, με τίτλο, Composting of Husks Produced by Two Phase Centrifugation Olive Oil Milling Plants, το Εργαστήριο Επιστήμης και Τεχνολογίας Προστασίας του Περιβάλλοντος στην Μεταλλουργία και Τεχνολογία Υλικών ΕΤΕΠΕ - (Εργαστήριο Περιβαλλοντικής Μηχανικής) - του Ε.Μ.Π., εκπονεί ερευνητική εργασία σε συνεργασία με Πανεπιστήμια της Ιταλίας, Ισπανίας

και Πορτογαλίας, με στόχο την ανάπτυξη τεχνολογίας βιολογικής επεξεργασίας του παραπροϊόντος διαφαικών ελαιοτριβείων. Το έργο περιλαμβάνει τη λειτουργία πιλοτικής μονάδας δυναμικότητας 10m<sup>3</sup>.

Η πρώτη φάση του έργου περιλαμβάνει τον προσδιορισμό σημαντικών φυσικών, χημικών και βιολογικών παραμέτρων της πρώτης ύλης για την λιπασματοποίηση.

Στον πίνακα 1, δίδονται ορισμένες ενδεικτικές τιμές βασικών παραμέτρων του ελαιοπυρήνα διαφαικής φυγοκεντρικής τεχνολογίας, που προσδιορίστηκαν από το Εργαστήριο Περιβαλλοντικής Μηχανικής του Ε.Μ.Π.

Τα στοιχεία της πρώτης φάσης του ανωτέρω ερευνητικού έργου τροφοδοτούν την επόμενη φάση του σχεδιασμού ενός, συνεχούς λειτουργίας, αντιδραστήρα βιολογικής επεξεργασίας της πρώτης ύλης. Στόχος είναι ο προσδιορισμός λειτουργικών παραμέτρων, για τον σχεδιασμό μονάδων μεγαλύτερης δυναμικότητας.

Πίνακας 1. Ποιοτικά χαρακτηριστικά αποβλήτων διαφαικής φυγοκεντρικής τεχνολογίας (χαρακτηριστικές τιμές).

|             |                    |
|-------------|--------------------|
| Υγρασία     | 64-70% w/w         |
| pH          | 5.6-5.8            |
| Τέφρα       | 11-14% w/w στερεών |
| C/N         | 80-110             |
| Αγωγιμότητα | 2700-4000 $\mu$ S  |
| Φαινόλες    | 3-6% w/w           |
| Λιπαρά      | 11-8.0% w/w        |
| TKN         | 0.1-0.20% w/w      |

## Βιβλιογραφία.

1. Ανδρεάδης Γ., Βορεάδου Κ., ΓΕΩΤΕΕ Κρήτης. Διαχείριση αποβλήτων ελαιοπυρήνων. Ημερίδα, 31-3-1989, Ηράκλειο.
2. Garcia-Barionuevo A. et al., Environ. Toxicol. Chemistry (12 ), 225 - 230, (1993).
3. Sorlini G, et al., FAO Intern. Sympos. Olive Oil by-products valorisation. Seville, Spain, March, (1985).
4. Puebla M.A. et al., Toxicol. Environ., ( 42 ), 87 - 92, (1994).
5. Μπαλής, Κ. και Συνεργάτες. Ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης των υγρών αποβλήτων των ελαιοπυρήνων. Χανιά, 9-10, 5 - (1991). ΓΕΩΤΕΕ.