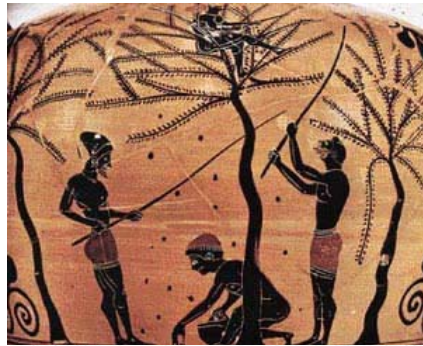


ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Νομοθεσία και μέθοδοι διαχείρισης υγρών αποβλήτων ελαιουργίας



ΤΣΑΓΓΑΡΗ ΜΑΡΙΑ

Εισαγωγή

Ο ελαιοπαραγωγικός κλάδος αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους τομείς της γεωργικής παραγωγής της χώρας μας. Η Ελλάδα είναι η Τρίτη ελαιοπαραγωγός χώρα σε παγκόσμιο επίπεδο, ενώ η ποιότητα του ελληνικού ελαιολάδου εκτιμάται ως ανώτερη των λοιπών ελαιοπαραγωγικών χωρών.

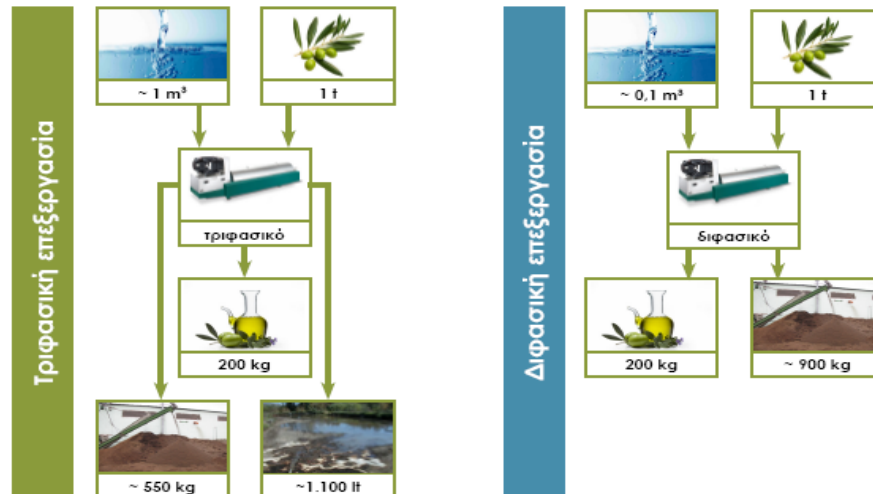
Ο κλάδος της παραγωγής ελαιολάδου αποτελείται σε εθνικό επίπεδο από περίπου 2.700 ελαιουργεία. Η γεωγραφική κατανομή των ελαιουργείων εξαρτάται από την γεωγραφική κατανομή των πληθυσμών ελαιοδέντρων. Πιο συγκεκριμένα, οι μεγαλύτεροι αριθμοί ελαιουργείων συναντώνται στην Πελοπόννησο και την Κρήτη.

Ωστόσο, παρά τα οικονομικά οφέλη, τα παραπροϊόντα της ελαιουργίας αποτελούν ένα από τα μεγαλύτερα οικολογικά προβλήματα των χωρών της Μεσογείου. Κυρίως τα υγρά απόβλητα (κατσίγαρος) καταλήγουν ακατέργαστα στο περιβάλλον, προκαλώντας διάφορες διαταραχές του οικολογικού συστήματος.

Παραγωγή ελαιολάδου και απόβλητα ελαιουργείων

Κατά την κατεργασία του ελαιοκάρπου στα ελαιουργεία, παράλληλα με το ελαιόλαδο παράγεται και μία σειρά παραπροϊόντων. Αυτά είναι ο ελαιοπυρήνας, που αποτελείται από τα αλεσμένα στερεά συστατικά του καρπού (κυρίως του κουκουτσιού), τα ελαιόφυλλα που έχουν μεταφερθεί με τον ελαιόκαρπο και μια σημαντική σε όγκο και οργανικό φορτίο ποσότητα υγρών αποβλήτων, που είναι γνωστά ως "λιοζούμι", "κατσίγαρος" ή "μούργα". Ο ελαιοπυρήνας (ή πυρηνόξυλο) δεν εκλαμβάνεται ως απόβλητο, αλλά ως χρήσιμο παραπροϊόν που αποτελεί πρώτη ύλη των πυρηνελαιουργείων.

Η επεξεργασία των καρπών της ελιάς για την εξαγωγή του ελαιόλαδου, γίνεται με την χρήση διφασικών ή τριφασικών φυγοκεντρικών διαχωριστήρων (decanter). Τα παραπροϊόντα της επεξεργασίας με τριφασικούς φυγοκεντρικούς διαχωριστήρες (τα οποία χρησιμοποιούνται από την πλειοψηφία των παραγωγών ελαιολάδου στην Ελλάδα) είναι υγρά (κατσίγαρος) και στερεά (πυρήνας), ενώ η επεξεργασία με διφασικούς φυγοκεντρικούς διαχωριστήρες δεν παράγει υγρά απόβλητα, αλλά μόνο στερεά με υψηλότερη όμως περιεκτικότητα σε νερό.



ΕΙΚΟΝΑ 1: Απόβλητα που προκύπτουν από τριφασική και διφασική επεξεργασία ελαιόκαρπου

Ο κασίγαρος συνίσταται από το υδατικό κλάσμα του χυμού του ελαιόκαρπου και από το νερό που χρησιμοποιείται στις διάφορες φάσεις παραγωγής του λαδιού στο ελαιουργείο. Ουσιαστικά πρόκειται για ένα υδατικό φυτικό εκχύλισμα, που περιέχει μία σειρά από ουσίες όπως σάκχαρα, αζωτούχες ενώσεις, οργανικά οξέα, πολυαλκοόλες, πολυφαινόλες και υπολείμματα ελαίου. Χαρακτηριστικά του κασίγαρου είναι το έντονο σκούρο καφέ μέχρι μαύρο χρώμα, η έντονη μυρωδιά ελαιολάδου, η υψηλή συγκέντρωση οργανικού φορτίου (CSB μέχρι και 220 g/l) και αναλογία CSB/BSB₅ μεταξύ 2,5 και 5 το pH μεταξύ 3 – 5,9, η υψηλή περιεκτικότητα σε πολυφαινόλες και το μεγάλο ποσοστό του σε στερεά μάζα (περίπου 20 g/l).

Τα υγρά απόβλητα ελαιουργείων, συγκαταλέγονται στα κατ' εξοχήν βεβαρημένα από πλευράς ρυπαντικού φορτίου γεωργικά βιομηχανικά απόβλητα. Συγκεκριμένα, ένα μεσαίου μεγέθους ελαιοτριβείο παράγει περίπου 1000tn απόβλητα ανά περίοδο συγκομιδής ελαιόκαρπου (Νοέμβρης-Μάρτης), με οργανικό φορτίο το οποίο ισοδυναμεί με τα ετήσια απόβλητα μιας πόλης 30.000 κατοίκων!

<i>Οργανικές ουσίες</i>		<i>Ανόργανα στοιχεία</i>	
Ολικά σάκχαρα	1 %	P	96 ppm
Αζωτούχες ενώσεις	0.28 %	K	1200 ppm
Οργανικά οξέα	0.3 %	Ca	120 ppm
Πολυαλκοόλες	1.1 %	Mg	48 ppm
Πολυπηκτίνες, τανίνες κλπ	1.37 %	Na	245 ppm
Πολυφαινόλες	0.5 %	Fe	16 ppm

A)

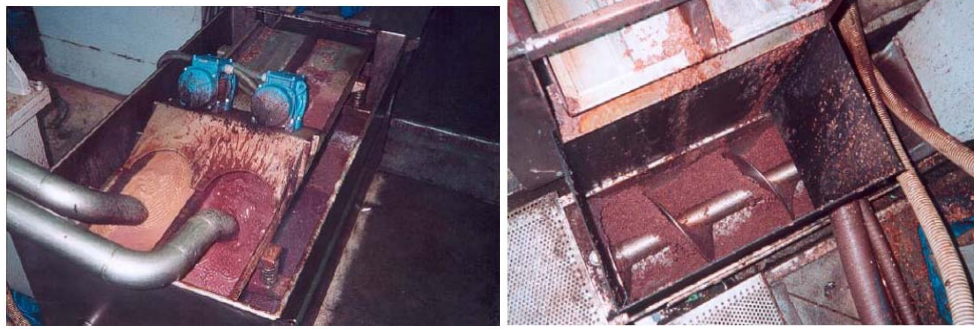
B)

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: Μέση σύσταση των υγρών αποβλήτων τριφασικών ελαιουργείων A) σε οργανικά συστατικά B) σε ανόργανα συστατικά

<i>Παράμετρος</i>	<i>Τιμή</i>
pH	4.7-5.2
ΒΑΟ (Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο)	30.000-40.000 ppm
ΧΑΟ (Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο)	45.000-60.000 ppm
Στερεά αιωρούμενα	0.9
Στερεά ολικά	4.0 %
Στερεά οργανικά	3.5 %
Στερεά ανόργανα	0.5 %

ΠΙΝΑΚΑΣ 2: Χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων τριφασικών ελαιουργείων

Τα γενικά χαρακτηριστικά όπως η υψηλή τοξικότητα, το υψηλό οργανικό φορτίο, οι εμπεριεχόμενες ουσίες δεν έχουν σημαντικές διαφορές από ελαιουργείο σε ελαιουργείο. Ωστόσο, τα διάφορα ελαιουργεία έχουν διαφορές στην ποιότητα και ποσότητα των αποβλήτων τους, όπως προκύπτει από μελέτες. Διάφοροι είναι οι παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα και ποσότητα του κατσίγαρου, όπως οι εναλλακτικοί τρόποι επεξεργασίας του ελαιόκαρπου (π.χ. κλασσικό ή φυγγοκεντρικό ελαιουργείο), οι εδαφοκλιματολογικές συνθήκες, η ποικιλία ελαιοκάρπων, η ωρίμανση του καρπού, η χρήση λιπασμάτων ή παρασιτοκτόνων, ο τρόπος συγκομιδής και αποθήκευσης.



ΕΙΚΟΝΑ 2: Υγρά απόβλητα (κατσίγαρος, αριστερά) και στερεό απόβλητο ελαιουργείων (πυρηνόζυλο)

Περιβαλλοντικές επιπτώσεις

Η άμεση επίπτωση του κατσίγαρου στο περιβάλλον είναι η αισθητική υποβάθμιση (οπτική ρύπανση) που προκαλεί και η οποία οφείλεται στην έντονη οσμή του και στο σκούρο χρώμα του, καθιστώντας έτσι υποβαθμισμένες τις περιοχές γύρω από τα ελαιουργεία. Αυτό αποτελεί κυρίως πρόβλημα για τα νησιά και γενικά τις παραθαλάσσιες, τουριστικές περιοχές, καθώς ο κατσίγαρος απελευθερώνεται σε μεγάλες ποσότητες στην θάλασσα. Παράλληλα, εξαιτίας του υψηλού οργανικού φορτίου που περιέχει, είναι πιθανόν να δημιουργήσει ευτροφικά φαινόμενα σε περιπτώσεις που καταλήγει σε αποδέκτες με μικρή ανακυκλοφορία νερών (κλειστούς θαλάσσιους κόλπους, λίμνες κ.τ.λ), ή στρώμα λίπους στην επιφάνεια των υδροφόρων συστημάτων (λίμνες, θάλασσα) οδηγώντας έτσι σε κίνδυνο την υδρόβια ζωή και πλήττοντας με αυτό τον τρόπο την αλιεία. Επίσης η άρδευση δασικών περιοχών με τον κατσίγαρο, ή η διοχέτευσή του στο έδαφος οδηγεί σε υποβάθμιση του εδάφους και καταστροφή της χλωρίδας. Από τα συστατικά που περιέχονται στον κατσίγαρο, οι πολυφαινόλες παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον διότι από τη μία πλευρά αποτελούν την κύρια ρυπαντική παράμετρο του κατσίγαρου, προσδίδουν στα απόβλητα τοξικές ιδιότητες έναντι των φυτών και αποδομούνται με βραδύ σχετικά ρυθμό από εξειδικευμένες ομάδες μικροοργανισμών, ενώ από την άλλη ως αντιοξειδωτικές ουσίες εμποδίζουν τη διάσπαση των λιπαρών οξέων και έτσι είναι υπεύθυνες για τη συντήρηση της ποιότητας του λαδιού στο χρόνο (χαμηλή οξύτητα) ως φυσικό συντηρητικό. Επειδή η παραγωγή του ελαιολάδου είναι μία φυσική διαδικασία, πρέπει να σημειωθεί ότι ο κατσίγαρος δεν περιέχει άλλες ουσίες που είναι ιδιαίτερα τοξικές, όπως τα βαρέα μέταλλα και οι συνθετικές οργανικές ενώσεις.

Το υψηλό οργανικό φορτίο του κατσίγαρου σε συνάρτηση με την παρουσία των πολυφαινολών δεν επιτρέπει την απευθείας διάθεση του στο περιβάλλον, αλλά καθιστά αναγκαία την πρότερη επεξεργασία του. Για την

επεξεργασία και διάθεση του κασσίγαρου έχουν δοκιμαστεί διάφορες μέθοδοι σε εργαστηριακή και πραγματική κλίμακα. Παρόλα αυτά, μέχρι σήμερα δεν έχει προταθεί μία ολοκληρωμένη λύση, αλλά έχουν εφαρμοστεί διάφορες τεχνικές κατά περίπτωση που παρουσιάζουν ορισμένα μειονεκτήματα τεχνικής ή οικονομικής φύσεως και δεν έχουν επιλύσει ικανοποιητικά το πρόβλημα.



ΕΙΚΟΝΑ 3: Εικόνες περιβαλλοντικής ρύπανσης από υγρά απόβλητα ελαιουργίας

Μέθοδοι επεξεργασίας αποβλήτων ελαιουργίας

Για να επιτευχθεί η ασφαλής διάθεση των υγρών αποβλήτων ελαιουργίας στο περιβάλλον, θα πρέπει να επιλυθούν τρία βασικά προβλήματα. Πρώτον, η αποδόμηση του πολύ υψηλού οργανικού φορτίου που διαθέτουν το οποίο χρειάζεται μεγάλες ποσότητες οξυγόνου για να αποδομηθεί (το COD του κασσίγαρου είναι μεγαλύτερο ακόμη και από αυτό των αστικών λυμάτων). Δεύτερον, η αποδόμηση των υδατοδιαλυτών κατά βάση φαινολικών ενώσεων, που περιέχονται στον κασσίγαρο. Τρίτον, θέματα που έχουν να κάνουν με την εποχικότητα παραγωγής του κασσίγαρου, που αντιστοιχεί σε περίπου 3-4 μήνες ετησίως, και κυρίως με τις μεγάλες ποσότητες που παράγονται σε περιορισμένο χρονικό διάστημα, αυξάνοντας και δυσχεραίνοντας το κόστος αποθήκευσης και μεταφοράς τους. Συνεπώς, οι μέθοδοι επεξεργασίας του κασσίγαρου πρέπει να στοχεύουν στην επίλυση αυτών των τριών προβλημάτων.

Για την αντιμετώπιση του προβλήματος διαχείρισης των αποβλήτων ελαιοτριβείων έχουν προταθεί διάφορες μέθοδοι, οι περισσότερες από αυτές όμως βρίσκονται σε πειραματικό ακόμη στάδιο. Είναι δεδομένο ότι τα

μεμονωμένα ελαιοτριβεία δεν μπορούν να επιλύσουν το πρόβλημα με ικανοποιητικό τρόπο και οποιαδήποτε αποτελεσματική μέθοδος απαιτεί συγκέντρωση αποβλήτων από πολλά ελαιοτριβεία. Οι μέθοδοι που έχουν χρησιμοποιηθεί για την επεξεργασία αποβλήτων ελαιοτριβείων με αποτελέσματα όχι πάντα ικανοποιητικά είναι:

Φυσικοχημικές μέθοδοι

1. Κατεργασία με οξείδιο ή υδροξείδιο του ασβεστίου(CaO ή Ca(OH)₂) (Κροκίδωση, καθίζηση)

Αυτή είναι μια τεχνική που εφαρμόζεται αρκετά στα ελαιοτριβεία της Μαγνησίας. Γίνεται χρήση κροκιδωτικών (Ca(OH)₂) και η καθίζηση μέρους του αποβλήτου που περιλαμβάνει αυξημένες ποσότητες ρυπογόνων συστατικών. Με τη μέθοδο αυτή επιτυγχάνεται διάλυση και καθαρισμός των υγρών αποβλήτων ελαιουργίας σε ποσοστό 60-70 %, ωστόσο η μείωση του οργανικού φορτίου που επιτυγχάνεται με αυτή είναι μικρή (30-35% στην καλύτερη περίπτωση). Το απόβλητο αρχικά μεταφέρεται σε δεξαμενή και αφήνεται σε ηρεμία για 24-48 ώρες με σκοπό την καθίζηση των αιωρούμενων συστατικών. Ακολούθως η υπερκείμενη φάση μεταφέρεται σε άλλη δεξαμενή όπου προστίθεται ασβέστης σε ποσότητα 5-10 g/l υγρών αποβλήτων ελαιουργίας. Η προσθήκη του ασβέστη εξουδετερώνει τα οξέα και αυξάνει τη τιμή του pH. Τα κατακρημνισμένα άλατα συμπαρασύρουν ποσοστό των διαλυμένων ή σε αραίωση οργανικών ουσιών και τελικά επιτυγχάνεται η μείωση του ρυπαντικού φορτίου και ο μερικός αποχρωματισμός του. Το μειονέκτημα της μεθόδου είναι η δημιουργία λάσπης σε ποσοστό 20% των αρχικών υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων η οποία λόγω του όγκου της και της δυσσομίας που προσδίδει αποτελεί όχι απλά ένα μειονέκτημα αλλά ένα άλλο σοβαρό πρόβλημα. Συνεπώς αυτή η τεχνική αποτελεί πρωτοβάθμια επεξεργασία και είναι απαραίτητος ο συνδιασμός της με άλλες μεθόδους για να δώσει ικανοποιητικό βαθμό καθαρισμού των αποβλήτων.



Εικόνα 4: Διαχείριση του κασίγαρου σε δεξαμενές καθίζησης. Πραγματοποιείται μεταφορά της υπερκείμενης λεπτόρρευστης φάσης από την πρώτη δεξαμενή καθίζησης στη δεύτερη όπου και θα προστεθεί ο ασβέστης.



Εικόνα 5: Δεξαμενή καθίζησης με ασβέστωση CaO .

2. Ελαιοδιαχωρισμός

Ο ελαιοδιαχωρισμός μπορεί να γίνει είτε σε λιποσυλλέκτη είτε με επίπλευση. Με τη φυσική αυτή διεργασία αφαιρούνται οι ελαιούχες ουσίες, οι οποίες διασπώνται πιο δύσκολα από τις πρωτεΐνες και τα σάκχαρα που περιέχονται στον κασίγαρο και γενικά δημιουργούν πολλά περιβαλλοντικά προβλήματα (π.χ. εμποδίζουν τη διάλυση του οξυγόνου στον τελικό αποδέκτη).

3. Υπερδιήθηση μέσω μεμβρανών

Χρησιμοποιούνται πορώδεις μεμβράνες όπου διαχωρίζουν τις διαλυμένες ουσίες βάσει του μεγέθους τους, για την ανάκτηση χρήσιμων προϊόντων.

4. Μερική επεξεργασία σε αερόβιες λίμνες (εξατμισοδεξαμενές)

Βασική επιδίωξη της μεθόδου είναι η εξάτμιση μέσω της ηλιακής ενέργειας, του νερού που περιέχεται στον κασίγαρο σε ποσοστό 94%. Η μέθοδος της φυσικής εξάτμισης σε δεξαμενές είναι τελικά αυτή που έχει επικρατήσει στην Κρήτη. Η εξέλιξη αυτή υπήρξε απόρροια της συνεχούς αυξανόμενης πίεσης για περιορισμό της ρύπανσης ιδίως σε τουριστικές περιοχές και η βραδυπορία που παρουσίασε η έρευνα στην ανάπτυξη και εφαρμογή τεχνολογίας πρακτικά εφαρμόσιμης στη διαχείριση του κασίγαρου. Η μέθοδος είναι γνωστή από παλαιότερα και έχει γενικευθεί στην Κρήτη και σε άλλες περιοχές με ξηροθερμικό κλίμα.

Βασική προϋπόθεση για την εφαρμογή της μεθόδου είναι η ύπαρξη επαρκών εκτάσεων. Το βάθος των δεξαμενών δεν πρέπει να υπερβαίνει το 1m, αλλιώς η διεργασία θα γίνει αναερόβια, πράγμα που θα προκαλέσει ακόμα πιο έντονη δυσοσμία. Επίσης πρέπει να υπάρχει στεγανότητα ώστε να αποκλειστεί η μόλυνση του υδροφόρου ορίζοντα. Ακόμα πρέπει να λαμβάνονται μέτρα για περιοριστούν οι ενοχλήσεις από τις οσμές και την συγκέντρωση εντόμων. Ο επιφανειακός αερισμός μπορεί να βοηθήσει στην αντιμετώπιση των δυσοσμιών. Η μέθοδος των εξατμισοδεξαμενών προσφέρεται κυρίως για ξηροθερμικές περιοχές, γιατί εκεί η εξάτμιση είναι ταχύτερη. Οι βροχοπτώσεις μπορούν να δημιουργήσουν προβλήματα γι' αυτό χρειάζεται κάλυψη των δεξαμενών ώστε να αποτρέπεται η είσοδος των βρόχινων νερών.

Κανονική επεξεργασία των αποβλήτων ελαιουργείων είναι πολύ δύσκολη λόγω του υψηλού BOD. Συνεπώς η μέθοδος αυτή αποτελεί πρωτοβάθμια επεξεργασία. Μόνο με μια σειρά από βιολογικούς αερόβιους καθαρισμούς μπορεί να μειωθεί το BOD των αποβλήτων τόσο ώστε να γίνεται δεκτό από τον υδατικό αποδέκτη, αλλά το κόστος για κάτι τέτοιο θα ήταν απαγορευτικό.

Τα πλεονεκτήματα που εμφανίζουν οι εξατμισοδεξαμενές είναι:

- Είναι συμβατές με τη νομοθεσία
- Η ευκολία κατασκευής και συντήρησης
- Το σχετικά χαμηλό κόστος κατασκευής
- Το χαμηλό κόστος λειτουργίας
- Η υψηλή αποτελεσματικότητα τους
- Δεν ρυπαίνεται η θάλασσα

Τα μειονεκτήματα που εμφανίζουν, οφείλονται στο ότι:

- Η κανονική επεξεργασία των αποβλήτων ελαιουργείων είναι πολύ δύσκολη λόγω του υψηλού BOD.
- Απαιτούν ειδικά αδιαπέραστα πετρώματα ή χρήση υλικών στεγανοποιήσεως.
- Δημιουργούν ενόχληση σε αστικά κέντρα λόγω δυσοσμίας.
- Απαιτούν σωστή διαχείριση.
- Απαιτούν υπολογίσιμη έκταση.
- Απαιτούν σωστή μελέτη και κατασκευή.
- Το υψηλό κόστος μεταφοράς των αποβλήτων από τα ελαιοτριβεία στις λιμνοδεξαμενές.



Εικόνα 6: Εξατμισοδεξαμενή

Βιολογικές μέθοδοι

1. Αζωτοδεσμευτική βιολιπασματοποίηση κατσίγαρου

Σκοπός της μεθόδου είναι η παραγωγή λιπάσματος και βελτιωτικού εδάφους από τον κατσίγαρο έχοντας υπόψη την ανάγκη που υπάρχει για

βελτίωση και εμπλουτισμό των εδαφών της χώρας μας με οργανική ουσία, τις απαιτήσεις των φυτών σε θρεπτικά συστατικά και τις δυνατότητες των μικροοργανισμών του εδάφους. Η έρευνα απέδειξε ότι ο κατσίγαρος υπό αερόβιες συνθήκες εμπλουτισμού ευνοούσε την εκλεκτική επικράτηση αζωτοδεσμευτικών βακτηρίων του γένους *Azotobacter*. Τα βακτήρια αυτά απομονώθηκαν και καλλιεργήθηκαν στο εργαστήριο και έτσι αναπτύχθηκε ένα πρότυπο σύστημα βιοεπεξεργασίας κατσίγαρου. Βασική ιδέα της μεθόδου είναι ότι ένα συγκεκριμένο στέλεχος, το *Azotobacter vinelandii* αναπτύσσεται αερόβια και εκλεκτικά στον κατσίγαρο, αν έχει προηγουμένως ρυθμιστεί το pH στην αλκαλική περιοχή.

Η μεθοδολογία περιλαμβάνει δυο στάδια. Στο πρώτο ο κατσίγαρος υποβάλλεται σε κατεργασία εξουδετέρωσης της οξύτητάς του με CaO (βλ. φυσικοχημικές μέθοδοι/κροκύδωση και καθίζηση). Στο δεύτερο στάδιο το προκατεργασμένο ρευστό υφίσταται βιοεπεξεργασία εμβολίου με το κατάλληλο το στέλεχος (*Azotobacter vinelandii*, strainA) και συγχρόνως αερισμό, για χρόνο 3-5 ημέρες. Κατά τη διάρκεια αυτής της επώασης, ο κατσίγαρος αποβάλλει τις φυτοτοξικές του ιδιότητες και εμπλουτίζεται με αζωτοβακτήρια και τα μεταβολικά τους προϊόντα.

Μετά την βιοεπεξεργασία ο κατσίγαρος έχει μετατραπεί σε ένα παχύρρευστο, καστανοκίτρινο υγρό με pH 7.5-8.0, πλούσιο σε αζωτοδεσμευτικούς πληθυσμούς που όχι μόνο δεν είναι φυτοτοξικό, αλλά δρα ευεργετικά στην ανάπτυξη των φυτών και την εν γένει γονιμότητα του εδάφους.

2. Κομποστοποίηση

Ο όρος κομποστοποίηση (composting) αναφέρεται στη βιολογική οξειδωτική διαδικασία αποικοδομήσεως και σταθεροποίησης οργανικών υλικών υπό συνθήκες που οδηγούν στην ανάπτυξη θερμοκρασιών άνω των 45 °C. Το τελικό προϊόν πρέπει να είναι αρκετά σταθερό για αποθήκευση και εφαρμογή στο έδαφος χωρίς να έχει ανεπιθύμητες περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Η δυνατότητα παραγωγής compost έχει δοκιμαστεί με την ανάμιξη του κατσίγαρου με αγροτικά, δασικά, ανθρώπινα υπολείμματα ή και με εκχυλισμένο ελαιοπυρήνα (πυρηνόξυλο). Στα μειονεκτήματα της μεθόδου συγκαταλέγεται η ανάγκη πλήρους και αυτοματοποιημένου ελέγχου των συνθηκών που επηρεάζουν την διαδικασία όπως θερμοκρασία, υγρασία, O₂/CO₂ που ανεβάζουν σημαντικά το κόστος εφαρμογής.

3. Αναερόβιος βιολογικός καθαρισμός

Με την μέθοδο αυτή επιδιώκεται με αναερόβιες διαδικασίες ο καθαρισμός των αποβλήτων και παράλληλα η ανάκτηση ενέργειας με τη μετατροπή των οργανικών υλικών σε μεθάνιο (βιοαέριο). Η αναερόβια επεξεργασία θεωρείται μέθοδος κατάλληλη για την επεξεργασία αποβλήτων με υψηλό ρυπαντικό φορτίο (COD 5000-40.000 mg/l) ενώ αντίθετα η αερόβια επεξεργασία συνήθως είναι αποδοτικότερη σε απόβλητα με μικρότερο από 5000 ppm COD. Οι διεργασίες της αναερόβιας χώνευσης λαμβάνουν μέρος σε ειδικά διαμορφωμένες μονάδες τους βιοαντιδραστήρες και τα βακτήρια που λαμβάνουν μέρος είναι κυρίως οξεογόνα και μεθανογόνα τα οποία αναπτύσσονται στη μεσόφιλη και θερμόφιλη φάση και σε pH 6-9.

Στην Ελλάδα προσπάθεια παραγωγής βιοαερίου με αναερόβια ζύμωση πραγματοποιήθηκαν από τον Νταλή (1989) και το Γεωργακάκη (1993). Στην πρώτη περίπτωση τα συνολικά απόβλητα των ελαιουργείων υποβάλλονται σε αναερόβια ζύμωση με βιοαντιδραστήρια αναρροής, χωρίς κατεργασία με ασβέστη για τη ρύθμιση του pH και την αφαίρεση της ελαιώδους φάσεως (βλ. Φυσικοχημικές μέθοδοι/ελαιοδιαχωρισμός). Διαπιστώθηκε αποικοδόμηση του αρχικού ρυπαντικού φορτίου κατά 75-80% και παραγωγή 895 m³ μεθανίου από 50 tn υγρών αποβλήτων ημερησίως.

Αντίστοιχα οι Γεωργακάκης και Νταλής (1993) κατά την περίοδο 1991-1993 μελέτησαν την λειτουργία και απόδοση δυο τύπων αναερόβιων χωνευτήρων στη μεσόφιλη περιοχή των 35°C με παράλληλη παραγωγή βιοαερίου. Το παραγόμενο βιοαέριο θα μπορούσε να καλύψει ανάγκες θέρμανσης θερμοκηπίων.

Αντίστοιχα στοιχεία από την Ισπανία (Fiestas & al. 1982) αναφέρουν την δυνατότητα μείωσης κατά 80% του οργανικού φορτίου (εκφρασμένο σε BOD₅) παράγοντας παράλληλα 0,855m³ βιοαερίου (80% CH₄ και 20% CO₂) ανά kg περιοριζόμενου BOD₅. Η ενέργεια που θα μπορούσε να παραχθεί, θεωρητικά υπερκαλύπτει τις ενεργειακές ανάγκες του ελαιουργείου και της εγκατάστασης βιομεθανοποίησης.

Παρά την υψηλή απόδοση της βιομεθανοποίησης, τα επεξεργασμένα λύματα εξακολουθούν να παρουσιάζουν χαμηλή ποιότητα με οργανικό οργανικό φορτίο που ανέρχεται σε COD=2000mg/L. Έτσι η μέθοδος αυτή δεν μπορεί από μόνη της να χρησιμοποιηθεί για την ολοκληρωμένη επεξεργασία του κατσίγαρου, παρά το μικρό της κόστος. Στα μειονεκτήματα των διάφορων μεθόδων βιομεθανοποίησης συγκαταλέγονται επίσης, η

ανάγκη χρησιμοποίησης εξοπλισμού και εγκαταστάσεων μη τυποποιημένων και μεγάλου κόστους, η απαίτηση εξειδικευμένου προσωπικού που έχει σχέση με την συνεχή ρύθμιση των καταλλήλων συνθηκών ομαλής λειτουργίας της αναερόβιας ζύμωσης (ρύθμιση pH στην περιοχή δράσης των βακτηρίων, θερμοκρασίας μεταξύ 30-38 °C, κ.ά.)

Εφαρμογή στο έδαφος και σε καλλιέργειες

Η ευρεία χρήση (φυσικοχημικών ή βιολογικών) μεθόδων διαχείρισης του καστίγαρου με δυνατότητα διάθεσης τους σε υδάτινους αποδέκτες παρεμποδίζεται στο υψηλό τους κόστος, στην απαίτηση πολύπλοκου και πολυδάπανου εξοπλισμού και στην αδυναμία μείωσης του αρχικού ρυπαντικού φορτίου σε επίπεδα επιτρεπτά από την Κοινοτική Περιβαλλοντική Νομοθεσία. Γι' αυτό γίνεται προσπάθεια ανάπτυξης μεθόδων για την εφαρμογή επεξεργασμένων ή μη επεξεργασμένων υργών αποβλήτων ελαιουργίας στο έδαφος και σε καλλιέργειες.

1. Άρδευση(φερτάρδευση ή υδρολίπανση - fertirrigation)

Η μέθοδος που προτείνει την παροχέτευση του καστίγαρου σε καλλιεργημένη γη (φερτάρδευση ή υδρολίπανση - fertirrigation) έχει αρκετή ερευνητική εμπειρία με πολύ θετικά αποτελέσματα. Η διάθεση του καστίγαρου στο έδαφος γίνεται με ή χωρίς προκατεργασία, με χρήση απλής τεχνολογίας και χαμηλό κόστος, και εκμεταλλεύεται δυο βασικά χαρακτηριστικά των αποβλήτων:

- Την φυτική τους προέλευση και την φυσική επεξεργασία χωρίς προσθήκη συνθετικών χημικών ουσιών.

- Την μεγάλη λιπαντική αξία που έχουν, λόγω της αυξημένης συγκέντρωσης που εμφανίζουν σε οργανικές ουσίες και ανόργανα θρεπτικά συστατικά καλίου, φωσφόρου και ιχνοστοιχείων.

Το γεωργικό έδαφος δρώντας πολυδύναμα επί ουσιών που έχουν παροχτευτεί ενεργεί:

α) σαν φίλτρο και κατακρατά τις ουσίες που απαντούν σε αιώρημα,

β) αδιαλυτοποιεί διάφορα ιόντα,

γ) προσροφά μέσω της αργίλου και του χούμου συστατικά της προστιθέμενης ύλης,

δ) αποικοδομεί διαμέσου της βιολογικής διαδικασίας και με την δράση της μικροχλωρίδας του, πολλές οργανικές ουσίες σύντομα κάτω από κατάλληλες συνθήκες.

Ερευνητές ανέφεραν ότι η αρνητική αλληλεπίδραση του κασίγαρου στα φυτά σχετίζεται με το χρόνο που μεσολαβεί από τη διάθεση του απόβλητου μέχρι την εγκατάσταση της καλλιέργειας. Συγκεκριμένα για φύτευση σε χρονικό διάστημα 60 ημερών, από την προσθήκη κασίγαρου σε δόσεις 40-80m³/ha, δεν παρατηρήθηκε φυτοτοξικότητα. Αποτελέσματα διαφόρων ερευνών έδειξαν επίσης πως από εδάφη στα οποία είχε προστεθεί κασίγαρος υπό αερόβιες συνθήκες απομονώθηκαν ελεύθερα διαβιούντα αζωτοδεσμευτικά βακτήρια του γένους *Azotobacter*. Η δραστηριότητα αυτών των μικροοργανισμών είναι ευεργετική για το έδαφος, υπό παρουσία πρόσφορων θρεπτικών πηγών, όπου μέσω του συστήματος της νιτρογενάσης δεσμεύουν μοριακό άζωτο και παράγουν μεγάλες ποσότητες πολυμερών ουσιών που συμβάλουν στη δημιουργία σταθερών εδαφικών συσσωματωμάτων και στην γονιμότητα των καλλιεργούμενων εκτάσεων. Παράλληλα με την ευεργετική επίδραση του κασίγαρου στα παραγωγικά αποτελέσματα διαφόρων καλλιεργειών, υπάρχουν αρκετές αναφορές ερευνητών σχετικές με την συμβολή τους στην αύξηση της επισχετικής ικανότητας του εδάφους έναντι φυτοπαθογόνων όπως μύκητες του γένους *Pythium*, *Phytophthora* και *Rhizoctonia solani*. Ακόμα παρατηρήθηκε ότι η εφαρμογή του κασίγαρου στο έδαφος εμποδίζει το φαινόμενο της διάβρωσης.

Τα κυριότερα μειονεκτήματα της μεθόδου διάθεσης του κασίγαρου στο έδαφος σχετίζονται με τις υψηλές βροχοπτώσεις σε πολλές ελαιοπαραγωγικές περιοχές, οι οποίες δυσχεραίνουν το διασκορπισμό του κασίγαρου στα ελαιοπερίβολα και την επακόλουθη δημιουργία ανεπιθύμητων συνθηκών αναεροβίωσης στους εδαφικούς αποδέκτες, με την ύπαρξη, σε πολλές περιπτώσεις, αγρών με υπέδαφος αποτελούμενο από ασβεστολιθικά πετρώματα, διαπερατό σε ρυπαντικά συστατικά, που καταλήγουν κάτω από ευνοϊκές συνθήκες στους υδροφόρους ορίζοντες και τέλος στην εκτεταμένη ημιορεινή μορφολογία του εδάφους στις κύριες ελαιοπαραγωγικές ζώνες πράγμα που επιδεινώνει την δυνατότητα μεταφοράς του κασίγαρου στους τελικούς αποδέκτες.



Εικόνα 7: Εικόνα εδάφους μετά από άρδευση της καλλιεργήσιμης έκτασης με επεξεργασμένο κασίγαρο.

2. Υπεδάφια διάθεση σε βόθρους

Η μέθοδος εμπεριέχει πολλούς κινδύνους ο σημαντικότερος εκ των οποίων είναι η ρύπανση του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα και πρέπει να αποφεύγεται οπωσδήποτε.

Συνεπεξεργασία με αστικά απόβλητα

Η συνεπεξεργασία με αστικά απόβλητα μπορεί να γίνει μόνο εφόσον έχει προβλεφθεί κατά το σχεδιασμό του βιολογικού σταθμού. Αυτή η αερόβια συνεπεξεργασία με αστικά λύματα είναι δυνατή μετά από αραίωση και μέχρι πολύ υψηλούς βαθμούς αραίωσης οργανικού υλικού σε εγκαταστάσεις παρατεταμένου αερισμού. Απαιτείται τουλάχιστον αραίωση 1:100 του καστίγαρου για αποφυγή προβλημάτων χρώματος στα επεξεργασμένα απόβλητα. Η παραγωγή των υγρών αποβλήτων ενός ελαιοτριβείου κατά τη διάρκεια της ελαιοσυγκομικής περιόδου κυμαίνεται σε 1000-5000m³ ανάλογα με το μέγεθος του ελαιοτριβείου. Το ρυπαντικό φορτίο 1m³ καστίγαρου ισοδυναμεί με το ημερήσιο ρυπαντικό φορτίο 1000 περίπου ανθρώπων. Συνεπώς οι εγκαταστάσεις ενός βιολογικού σταθμού για την συνεπεξεργασία του καστίγαρου μαζί με τα αστικά λύματα θα πρέπει να δημιουργηθούν ώστε να δέχονται επιπλέον οργανικό φορτίο περίπου 15000-20000 κατοίκων ανά μέρα κατά την ελαιοσυγκομική περίοδο. Επιπλέον η μέθοδος δεν ενδείκνυται και λόγω εποχικότητας της λειτουργίας των ελαιοτριβείων καθώς πέρα της ελαιοσυγκομικής περιόδου οι εγκαταστάσεις οι οποίες έχουν δημιουργηθεί με σκοπό να διαχειρίζονται πολλή μεγαλύτερη ποσότητα αποβλήτων έχουν πολλά περισσότερα έξοδα.

Αναερόβια συγχώνευση με άλλα αγροβιομηχανικά απόβλητα

Με την αναερόβια συγχώνευση με άλλα αγροβιομηχανικά απόβλητα (τυροκομεία, σταφυδεργοστάσια, κονσερβοποιεία) εξασφαλίζεται η λειτουργία των συστημάτων επεξεργασίας όλο τον χρόνο. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται πιλοτικά στην Ηλεία όπου υπάρχει ποικιλία αγροβιομηχανικών μονάδων, αλλά δεν εμφανίζει μεγάλες δυνατότητες εφαρμογής στην Μαγνησία.

Αξιοποίηση αποβλήτων ελαιουργίας (πρόσθετα τροφίμων)

Σε άλλες χώρες έχει γίνει προσπάθεια για την αξιοποίηση του κασίγαρου σε βιομηχανικό επίπεδο για διάφορα προϊόντα. Πολλά συστατικά που περιέχονται στον κασίγαρο είναι πολύτιμα ως πρόσθετα τροφίμων (αντιοξειδωτικά), ως συστατικά σε απορρυπαντικά κ.α. Επίσης τα τελευταία χρόνια έχει επιτευχθεί σε εργαστηριακή, προς το παρόν, κλίμακα η ανάκτηση των πολυφαινολών από τον κασίγαρο με χρήση μεμβρανών, ώστε να χρησιμοποιηθούν στη βιομηχανία αρωμάτων και φαρμάκων. Η εκμετάλλευση των αποβλήτων με την παραπάνω μέθοδο φαίνεται ότι είναι τεχνικά δυνατή, αλλά είναι νωρίς για να είναι εφικτή η εφαρμογή της σε μεγάλη κλίμακα.

Αντικατάσταση τριφασικών από διφασικούς φυγοκεντρικούς διαχωριστές.

Η μετατροπή των ελαιουργείων από τριφασικά σε διφασικά είναι μια διαδικασία που μειώνει σημαντικά τον όγκο του απαιτούμενου νερού στο ελαιουργείο και κατά συνέπεια τον όγκο των παραγόμενων υγρών αποβλήτων, αλλά μεταθέτει την αντιμετώπιση του προβλήματος σε ένα μίγμα πυρήνα-κασίγαρου.

Νομοθεσία για την διαχείριση υγρών αποβλήτων ελαιουργίας

Η διαχείριση των υγρών αποβλήτων ελαιουργίας δεν διέπεται από συγκεκριμένες νομοθετικές οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, εξαιτίας του γεγονότος ότι τα απόβλητα αυτά παράγονται ως επί το πλείστον σε χώρες της Μεσογείου. Η Κοινοτική Οδηγία 91/271/EEC με θέμα «Επεξεργασία αστικών υγρών αποβλήτων» αφορά μόνο στην προστασία του περιβάλλοντος από τις επιβλαβείς επιπτώσεις λόγω διάθεσης αστικών και αγροτικών υγρών αποβλήτων. Κατά συνέπεια, είναι απαραίτητη η κατάλληλη επεξεργασία των υγρών αποβλήτων πριν την διάθεσή τους σε υδατικούς αποδέκτες και μόνο σε περίπτωση προ-επεξεργασίας υπάρχει δυνατότητα επαναχρησιμοποίησής τους.

Στην Ελλάδα σήμερα υπάρχουν 2.700 ελαιοτριβεία. Η ετήσια παραγωγή ελαιολάδου στην Ελλάδα, είναι περίπου 300.000 τόνοι. Τα υγρά απόβλητα τα οποία παράγονται υπολογίζονται σε 1.200.000 τόνους. Ωστόσο, στην Ελλάδα, δεν υπάρχουν συγκεκριμένοι κανόνες όσον αφορά στη διάθεση των υγρών αποβλήτων ελαιουργίας. Οι βασικές αρχές διαχείρισης των υγρών αποβλήτων ελαιουργίας βασίζονται στον Νόμο 1650/86 «Περί προστασίας του περιβάλλοντος» σύμφωνα με τον οποίο οι ιδιοκτήτες των ελαιοτριβείων είναι υποχρεωμένοι να καταθέσουν μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Η πιο πρόσφατη υπουργική εγκύκλιος ΥΜ/5784/23-1-1992 (Νο 4419/23-10-1992) αναφέρεται σε προβλήματα που προκαλούνται από την διάθεση των υγρών αποβλήτων ελαιουργίας και την αναγκαιότητα ανάπτυξης μεθόδων προ-επεξεργασίας ώστε να αποφεύγεται η απευθείας διάθεση σε υδατικούς αποδέκτες. Οι εκάστοτε Νομαρχίες είναι οι αρμόδιοι φορείς για τη υιοθέτηση κατάλληλων μεθόδων διαχείρισης.

Οι άδειες λειτουργίας των ελαιοτριβείων χορηγούνται υπό την προϋπόθεση εφαρμογής κατάλληλων μεθόδων διαχείρισης των υγρών αποβλήτων ελαιουργίας, μερικές απ' τις οποίες, όπως προαναφέρθηκε, είναι η διάθεση σε κατάλληλα διαμορφωμένες εξατμισοδεξαμενές, η προ-επεξεργασία με υδράσβεστο πριν τη διάθεση και ο κλασματικός διαχωρισμός μέσω φυσικής καθίζησης όπου λαμβάνει χώρα περαιτέρω διαχείριση του κάθε κλάσματος ξεχωριστά. Ωστόσο, δεν υπάρχει μια και μόνο μέθοδος η οποία μπορεί να εξασφαλίσει αποδοτική επεξεργασία των υγρών αποβλήτων ελαιουργίας και με χαμηλό κόστος εφαρμογής για μια ελαιοπαραγωγική μονάδα, δεδομένης της γεωγραφικής διασποράς των ελαιοτριβείων και του μικρού μεγέθους των εγκαταστάσεων.

Βιβλιογραφία:

- www.google.gr