



Βιολογική αποδόμηση λιπών και ελαίων στα συστήματα συλλογής αποβλήτων

Ο ρόλος της βιολογικής ενίσχυσης
(bioaugmentation)

Εισαγωγή

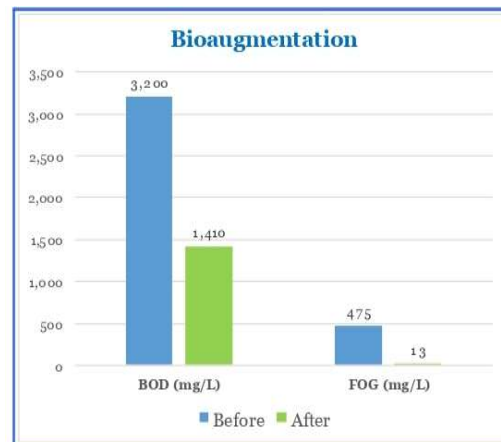
Συνήθως δεν αντιλαμβανόμαστε τα συστήματα συλλογής αποβλήτων σαν βιολογικές διεργασίες, αλλά στην πραγματικότητα βιολογικές διεργασίες συμβαίνουν μέσα στα αποχετευτικά δίκτυα και τα συναφή συστήματα όπως αντλιοστάσια και λιποπαγίδες. Στα αστικά λύματα συνήθως η πλειοψηφία των μικροοργανισμών είναι τα κοπρανώδη βακτήρια αλλά υπάρχουν και άλλα είδη που προέρχονται από άλλες πηγές όπως π.χ. τη προετοιμασία των τροφίμων, το σφουγγάρισμα των χώρων παραγωγής κλπ. Αυτοί οι μικροοργανισμοί μπορεί να είναι αερόβιοι (δηλαδή μπορούν να επιβιώσουν μόνο με την παρουσία μοριακού οξυγόνου), επαμφοτερίζονες ή υποχρεωτικά αναερόβιοι.

Καθώς τα απόβλητα και τα συναφή αιωρούμενα υλικά ρέουν μέσα στις σωληνώσεις των συστημάτων συλλογής, οι μικροοργανισμοί προκαλούν την βιοαποικοδόμηση του οργανικού υλικού. Οι μικροοργανισμοί που ήδη υπάρχουν στα απόβλητα καταναλώνουν το διαθέσιμο μοριακό οξυγόνο αλλά και το οξυγόνο από άλλες πηγές όπως π.χ. το οξυγόνο που βρίσκεται στα νιτρικά ιόντα στα σημεία των αποχετεύσεων όπου στο νερό επικρατούν αναερόβιες συνθήκες.

Ο μεταβολισμός των μικροοργανισμών στις συνθήκες αυτές έχει σαν αποτέλεσμα:

- Την αναγωγή των θειικών ιόντων που συνήθως βρίσκονται στο νερό και τη μετατροπή τους σε υδρόθειο
- Την απελευθέρωση αμμωνίας
- Τη μερική διάσπαση των οργανικών ουσιών και τη μετατροπή τους σε πτητικά οξέα και άλλες οσμηρές ουσίες
- Την αποδόμηση των λιπαρών οξέων και τη μετατροπή τους σε λιπαρά οξέα και μονο- και δι- γλυκερίδια

Αυτή η φυσική διεργασία όμως προκαλεί διάφορες ανεπιθύμητες επιπτώσεις. Άσχημες οσμές, τοξική ατμόσφαιρα, διάβρωση και βούλωμα των σωληνώσεων. Η χρήση μικροοργανισμών που περιέχονται στα βιοχημικά προϊόντα αυξάνει τον πληθυσμό των επιθυμητών μικροοργανισμών που αποδομούν το υδρόθειο, τα λιπαρά οξέα και τα λίπη.



Η βιολογική ενίσχυση μπορεί επίσης να μειώσει το βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (Biochemical Oxygen Demand, BOD) μέσα στα συστήματα συλλογής αποβλήτων μειώνοντας έτσι το εισερχόμενο φορτίο στα κατάντη συστήματα επεξεργασίας αποβλήτων.

Το διάγραμμα που εμφανίζεται πιο πάνω δείχνει την μείωση του BOD αλλά και των λιπών ελαίων (Fat, Oil, Greases FOG) μετά από τη χρήση βιοχημικών προϊόντων .

Βιολογική ενίσχυση

Στην βιολογική ενίσχυση, ο φυσικός πληθυσμός των βακτηρίων στα συστήματα συλλογής, ενισχύεται με ένα κονσόρτσιουμ, προεπιλεγμένων, προσαρμοσμένων μικροοργανισμών για να προωθήσει την δράση των αυτόχθονων μικροοργανισμών προς μια επιθυμητή κατεύθυνση. Τα προϊόντα βιοενίσχυσης παρασκευάζονται για να δημιουργήσουν μια ευέλικτη βιομάζα ικανή να λειτουργήσει σε ένα ευρύ φάσμα συνθηκών (pH, θερμοκρασία, συγκέντρωση οξυγόνου κλπ.) και για ένα ευρύ φάσμα οργανικών ενώσεων.

Τα περισσότερα από αυτά τα προϊόντα περιέχουν αρκετά διαφορετικά είδη και στελέχη μικροοργανισμών που δουλεύουν συντεταγμένα ώστε να «μεταλλοποιήσουν» τις πολύπλοκες οργανικές ουσίες που βρίσκονται στα απόβλητα, διασπώντας τες όσο το δυνατόν περισσότερο. Το τελικό προϊόν αυτής της διεργασίας είναι το διοξείδιο του άνθρακα. Κάθε είδος ή αποικία (όπως η οικογένεια μέσα στα είδη) έχει διαφορετικές ικανότητες. Πολλοί διαφορετικοί τύποι μικροοργανισμών χρησιμοποιούνται με στόχο την επίτευξη της πιο γρήγορης βιοαποικοδόμησης του μεγαλύτερου φάσματος οργανικών ρυπαντών κάτω από τις συνθήκες που δικαιολογημένα αναμένονται να επικρατούν μέσα στα αποχετευτικά συστήματα.

Βιολογική αποδόμηση των FOG

Η βελτιωμένη αποδόμηση των λιπών και ελαίων με τη χρήση της βιοενίσχυσης είναι ένα καλό παράδειγμα για τα πλεονεκτήματα που προσφέρει αυτή η τεχνολογία. Τα λίπη αποτελούνται από ένα μόριο γλυκερόλης στο οποίο συνδέονται χημικά έως και τρεις πλευρικές αλυσίδες λιπαρών οξέων μέσω εστερικών δεσμών. Φυσικά εξωκυτταρικά ένζυμα, όπως οι λιπάσες και οι εστεράσες, διασπούν τους δεσμούς γλυκερόλης-λιπαρών οξέων. Μεμονωμένα ένζυμα μπορεί να δρουν μόνο σε λίπη με συγκεκριμένα μήκη αλυσίδας λιπαρών οξέων ή μπορεί να

διασπούν μόνο τους δεσμούς με τους άνθρακες 1 και 3 της γλυκερόλης, αφήνοντας ένα μερικώς αποικοδομημένο μονο- ή δι-γλυκερίδιο.

Τα λιπαρά οξέα που απελευθερώνονται σε αυτή τη διαδικασία μεταφέρονται από τους μικροοργανισμούς μέσα στο κυτταρικό τους τοίχωμα και βιοδιασπώνται εσωτερικά.

Τα ένζυμα μπορούν να στοχεύσουν λιπαρά οξέα ενός συγκεκριμένου εύρους μηκών αλυσίδας και παρουσία ή απουσία διπλών δεσμών (ακορεστότητα). Έτσι, ένα καλό προϊόν βιοενίσχυσης για την αποικοδόμηση λίπους πρέπει να περιέχει μια ποικιλία μικροοργανισμών και τα ένζυμα που παράγουν για να μεταβολίσουν την μεγάλη ποικιλία λιπών που υπάρχουν στα λύματα.

Τα λίπη είναι ελάχιστα διαλυτά στο νερό και τείνουν να πήζουν στην επιφάνεια του νερού ή σε στερεές επιφάνειες. Συνεπώς, τα ένζυμα που εμπλέκονται στην αποικοδόμηση του λίπους είναι σε θέση να το αποικοδομήσουν μόνο στην επιφάνεια του νερού. Αυτό παρέχει περιορισμένη πρόσβαση και τείνει να επιβραδύνει τη διαδικασία βιοαποικοδόμησης. Όταν οι μικροοργανισμοί βρίσκονται σε περιβάλλον λιπών, συνθέτουν και εκκρίνουν φυσικούς βιολογικούς επιφανειοδραστικούς παράγοντες για να αυξήσουν την επιφάνεια του λίπους και να επιταχύνουν την αποικοδόμηση.

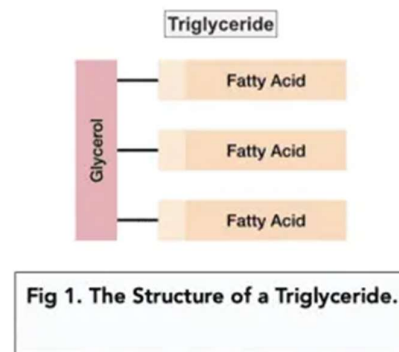


Fig 1. The Structure of a Triglyceride.

Μέση σύσταση λιπαρών οξέων σε διάφορα συνηθισμένα είδη λιπών και
 ελαίων (%)*

	Λαυρικό	Μυριστικό	Παλμιτικό	Στεατικό	Ελαϊκό	Λινολεϊκό	Λινελαϊκό
Λίπη							
Βούτυρο (αγελαδιν ό)	3	11	27	12	29	2	1
Λίπος ζωϊκό	-	3	24	19	43	3	1
Λαρδί	-	2	26	14	44	10	-
Έλαια							
Λάδι κανόλας	-	-	4	2	62	22	10
Λάδι καρύδας†	47	18	9	3	6	2	-
Αραβοσιτ έλαιο	-	-	11	2	28	58	1
Ελαιόλαδ ο	-	-	13	3	71	10	1
Φυστικέλα ιο	-	-	11	2	48	32	-
Σογιέλαιο	-	-	11	4	24	54	7

*Σύνολο μικρότερο από 100 υπονοεί παρουσία λιπαρών οξέων με λιγότερα από 12 άτομα άνθρακα ή περισσότερα από 18 άτομα άνθρακα.

† Το λάδι καρύδας είναι ιδιαίτερα κορεσμένο. Περιέχει ένα ασυνήθιστα υψηλό ποσοστό κορεσμένων λιπαρών οξέων C8, C10 και C12 χαμηλής θερμοκρασίας τήξης.

Οι φωτογραφίες
 δεξιά δείχνουν
 «Πριν» και «Μετά»
 τη χρήση
 βιοχημικών
 προϊόντων για
 την βιολογική
 αποικοδόμηση
 των FOG



Φόρμουλες των προϊόντων

Τα προϊόντα βιοενίσχυσης έχουν σχεδιαστεί για να δημιουργούν μια ποικίλη βιομάζα ικανή να λειτουργεί σε ένα ευρύ φάσμα συνθηκών (pH, θερμοκρασία, συγκέντρωση οξυγόνου, κ.λπ.), σε ένα ευρύ φάσμα οργανικών ουσιών.

Τα λιπαρά οξέα σε ουδέτερο ή βασικό pH δρουν ως σάπωνες και μπορούν να αυξήσουν τη διαλυτότητα των λιπών, αλλά παρουσία ασβεστίου και άλλων μεταλλικών ιόντων καθιζάνουν και συχνά σχηματίζουν τις αποθέσεις στους υπονόμους που προκαλούν απόφραξη. Επομένως, είναι απαραίτητο η διαδικασία αποικοδόμησης να μειώσει σημαντικά τη συγκέντρωση των λιπαρών οξέων καθώς και των αρχικών λιπών. Ένα καλό προϊόν βιοενίσχυσης για την αποικοδόμηση λιπών πρέπει να περιέχει μια ποικιλία μικροβίων και τα ένζυμα που παράγουν για να μεταβολίσουν την μεγάλη ποικιλία λιπών που εμφανίζονται στα λύματα.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι τα προϊόντα που διαλυτοποιούν μόνο τα λίπη (π.χ., διαλύτες και επιφανειοδραστικές ουσίες που υπάρχουν στα προϊόντα καθαρισμού) επιτρέπουν την επαναπόθεση των λιπών κατόπιν όταν τα δραστικά συστατικά αραιώνονται. Αυτό μπορεί να προκαλέσει μπλοκαρίσματα και υπερβολική φόρτωση κατόπιν στη μονάδα επεξεργασίας λυμάτων. Τα ένζυμα που υδρολύουν μόνο τα λίπη για να απελευθερώσουν λιπαρά οξέα μακράς αλυσίδας βασίζονται στα βακτήρια που υπάρχουν ήδη για να ολοκληρώσουν την αποικοδόμηση και αυτή συχνά είναι ατελής. Επομένως, είναι σημαντικό να επιλέγετε προϊόντα που περιέχουν μεγάλο αριθμό και ποικιλία μικροβίων.

Τεχνολογία Εφαρμογής Προϊόντων

Διάφορες τεχνολογίες χρησιμοποιούνται για τη δοσολογία των μικροοργανισμών στο σύστημα, ώστε να μεγιστοποιηθεί η ικανότητά τους να αναπτύσσονται και να προσκολλώνται σε στερεές επιφάνειες όταν οι συνθήκες είναι ευνοϊκές.

Τα συστήματα διανομής φυσιγγίων δοσολογούν τακτικά ένα υψηλής συγκέντρωσης υγρό βιολογικό εναιώρημα (π.χ. κάθε 7 ή 14 λεπτά) για να διασφαλίσουν ότι οι μικροοργανισμοί προστίθενται όταν η ροή του νερού δεν είναι πολύ υψηλή, πολύ ζεστή ή πολύ συμπυκνωμένη σε απολυμαντικό.

Οι δοσομετρικές αντλίες με χρονοδιακόπτη μπορούν να παρέχουν υγρά

προϊόντα τη νύχτα, όταν η δραστηριότητα είναι χαμηλή, για να διασφαλίσουν ότι οι μικροοργανισμοί έχουν χρόνο να αναπτυχθούν πριν από την επόμενη εργάσιμη ημέρα.

Τα στερεά προϊόντα βραδείας αποδέσμευσης απελευθερώνουν συνεχώς μικροοργανισμούς, θρεπτικά συστατικά και άλλους αυξητικούς παράγοντες καθώς διαλύονται. Αυτά τα προϊόντα μπορούν να τοποθετηθούν σε λιποπαγίδες, σταθμούς ανύψωσης/άντλησης και συστήματα συλλογής και απαιτούν ελάχιστη συντήρηση εκτός από την αντικατάσταση μετά από 30-60 ημέρες.

Τα ξηρά προϊόντα έχουν συνήθως τον υψηλότερο αριθμό μικροοργανισμών και τη μεγαλύτερη διάρκεια ζωής. Αυτά μπορούν να προστεθούν απευθείας σε σταθμούς ανύψωσης/άντλησης και μονάδες επεξεργασίας λυμάτων όπου ο χρόνος υδραυλικής συγκράτησης είναι τουλάχιστον αρκετές ώρες για να διασφαλιστεί ότι οι μικροοργανισμοί έχουν χρόνο να πολλαπλασιαστούν από σπόρια, να αναπτυχθούν και να προσκολληθούν σε επιφάνειες πριν ξεπλυθούν. Εάν εφαρμόζονται σε περιοχές με σύντομους χρόνους συγκράτησης, θα πρέπει να προενυδατωθούν με ανάδευση ή αερισμό του προϊόντος σε νερό για 2-4 ώρες. Τα ξηρά προϊόντα μπορούν να εφαρμοστούν χειροκίνητα ή με αυτόματο τροφοδότη ξηρού προϊόντος.