



**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ**  
**ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ**

**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ**

*«Διερεύνηση της αξιοποίησης των αποβαλλόμενων φύλλων ελιάς στα  
ελαιοτριβεία ως ζωοτροφής μετά από ενσίρωση ή ως  
εδαφοβελτιωτικού μετά από κομποστοποίηση»*

**ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΑ ΠΛΑΙΣΙΑ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ**  
**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ**

**ΣΠΟΥΔΩΝ ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ &**  
**ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΤΟΥ ΓΕΩΠΟΝΙΚΟΥ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ**  
**ΑΘΗΝΩΝ**

**ΕΙΔΙΚΕΥΣΗ: «ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ»**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΓΕΩΡΓΑΚΑΚΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Γ.Π.Α**

**ΧΡΗΣΤΟΣ Δ. ΧΑΛΒΑΤΖΗΣ**

**ΑΘΗΝΑ 2013**

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

*«Διερεύνηση της αξιοποίησης των αποβαλλόμενων φύλλων ελιάς στα  
ελαιοτριβεία ως ζωοτροφής μετά από ενσίρωση ή ως  
εδαφοβελτιωτικού μετά από κομποστοποίηση»*

Μεταπτυχιακή μελέτη

Χρήστου Δ. Χαλβατζή

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Επιβλέπων Καθηγητής:

Γεωργακάκης Δημήτριος, Καθηγητής ΓΠΑ

Μέλη:

Ζέρβας Γεώργιος, Καθηγητής ΓΠΑ

Χατζηπαυλίδης Ιορδάνης, Επίκουρος Καθηγητής ΓΠΑ

Αθήνα 2013

## **Περίληψη**

Κομπόστα είναι το τελικό προϊόν της αερόβιας βιολογικής αποικοδόμησης και σταθεροποίησης των οργανικών υποστρωμάτων κάτω από συνθήκες που επιτρέπουν την ανάπτυξη υψηλών θερμοκρασιών, ως αποτέλεσμα της βιολογικά παραγόμενης θερμότητας. Το αντικείμενο της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας ήταν η εξέταση της δυνατότητας κομποστοποίησης φύλλων ελαιотριβείου με παράλληλη εξέταση φύλλων ελιάς ως ενσιρώμενη ζωοτροφή. Παρασκευάστηκαν τρεις σωροί από φύλλα ελιάς για το πείραμα της κομποστοποίησης, ενώ για το πείραμα της ενσίρωσης αποθηκεύτηκαν σε 20 πλαστικές σακούλες φύλλα ελιάς όπου ήταν αεροστεγώς κλειστές για την διατήρηση του υλικού σε χλωρή κατάσταση. Κατά τη διάρκεια του πειράματος μελετήθηκαν μια σειρά φυσικοχημικών παραμέτρων όπως: η θερμοκρασία, η υγρασία, το pH, τα Ολικά και Πτητικά στερεά, η αναπνευστική δραστηριότητα και η φυτοτοξικότητα.

## **Abstract**

Compost is the end product of the aerobic biological degradation and stabilization of organic substrates under conditions which permit the development of high temperatures as a result of heat produced biologically. The object of this thesis was to examine the possibility of composting leaves mill whilst dealing with olive leaves as silage. Was prepared three piles of olive leaves for composting experiment and the experiment of silage was stored in 20 plastic bags of olive leaves which were tightly closed to maintain the material in a green stage . During the experiment studied a number of physicochemical parameters such as temperature, moisture, pH, and the Total volatile solids , respiratory activity and phytotoxicity .

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευχαριστίες

Περίληψη

Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή

1.1	Κομποστοποίηση.....	8
1.2	Ιστορική ανασκόπηση .....	10
1.3	Ορισμός.....	11
1.4	Μικροβιολογία της κομποστοποίησης.....	11
1.4.1	Βακτήρια.....	12
1.4.2	Ακτινομύκητες.....	12
1.4.3	Μύκητες.....	13
1.5	Συστήματα κομποστοποίησης.....	13
1.5.1	Συστήματα ανοιχτού τύπου.....	14
1.5.2	Συστήματα κλειστού τύπου.....	16
1.6	Οι φάσεις της κομποστοποίησης.....	17
1.6.1	Προσδιορισμός του τέλους της φάσης σταθεροποίησης.....	18
1.7	Βασικοί παράγοντες της κομποστοποίησης.....	20
1.7.1	Μέγεθος τεμαχιδίων.....	20
1.7.2	Υγρασία.....	20
1.7.3	Άζωτο.....	20
1.7.4	Σχέση C/N .....	21
1.7.5	Οξύτητα (pH).....	21
1.7.6	Μικροβιακός πληθυσμός.....	22
1.7.7	Μικροχλωρίδα.....	22
1.7.8	Θερμοκρασία.....	22
1.7.9	Αερισμός.....	23
1.8	Υπολείμματα και απόβλητα για κομποστοποίηση.....	25
1.8.1	Ελαιοπυρήνα.....	25
1.8.2	Εκχειλισμένη ελαιοπυρήνα (πυρηνόξυλο) .....	25
1.8.3	Κλαδοκλαρα ελαιόδεντρων.....	26
1.8.4	Στέμφυλα οινοποιείων.....	26
1.8.5	Κληματίδες αμπέλου .....	26

1.8.6	Υπολείμματα θερμοκηπιακών καλλιεργειών .....	27
1.8.7	Υπολείμματα τροφών κουζίνας .....	27
1.9	Οδηγίες χρησιμοποίησης του παραγόμενου κόμποστ .....	28
1.10	Ποιότητα κόμποστ .....	29
1.10.1	Φυσικές ιδιότητες.....	29
1.10.2	Χημικές ιδιότητες.....	30
1.10.3	Βιολογικές ιδιότητες.....	31
1.11	Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της κομποστοποίησης.....	32
1.11.1	Πλεονεκτήματα.....	32
1.11.2	Μειονεκτήματα .....	34
1.12	Ειδική μεταχείριση ορισμένων οργανικών υλικών.....	36
Κεφάλαιο 2. Εισαγωγή		
2.1	Ζωοτροφές.....	38
2.2	Διάκριση ζωοτροφών.....	40
2.2.1	Χονδροειδείς ζωοτροφές.....	40
2.2.2	Συμπυκνωμένες ζωοτροφές.....	41
2.2.2.1	Φυτικής προέλευσης.....	41
2.2.2.2	Ζωικής προέλευσης.....	41
2.2.2.3	Ανόργανης προέλευσης.....	42
2.2.2.4	Σύνθετες ζωοτροφές.....	42
2.3	Εκτίμηση των ζωοτροφών.....	42
2.4	Μέθοδοι που χρησιμοποιούνται στην εκτίμηση των ζωοτροφών.....	43
2.4.1	Φυσική εκτίμηση των ζωοτροφών.....	44
2.4.2	Εκτίμηση ζωοτροφών με χημική ανάλυση.....	44
2.4.2.1	Ξήρη ουσία.....	46
2.4.2.2	Οργανική και ανόργανη ουσία-τέφρα.....	46
2.4.2.3	Αζωτούχες ουσίες.....	47
2.4.2.4	Λιπαρές ουσίες.....	47
2.4.2.5	Ινώδεις ουσίες.....	47
2.5	Προέλευση.....	48
2.6	Διατροφικές ιδιότητες και χρήση.....	50
2.7	Γενικά για την ενσίρωση.....	50
2.8	Μικροοργανισμοί που παίρνουν μέρος κατά την διαδικασία της ενσίρωσης.....	52
2.9	Τεχνικές της ενσίρωσης.....	54

2.9.1 Ψυχρή ενσίρωση.....	54
2.9.2 Θερμή ενσίρωση.....	55
2.10 Σφράγιση της νομής μέσα στο σιρό.....	56
2.11 Συμπύεση της νομής μέσα στο σιρό.....	59
2.12 Σχεδιασμός και κατασκευή των σιρών.....	62
2.13 Λήψη και χορήγηση της ενσιρωμένης νομής στα ζώα.....	63
2.13.1 Λήψη της ενσιρωμένης νομής χειρονακτικά ή με μηχανικά μέσα από το σιρό και στη συνέχεια μεταφορά και χορήγησή της στα ζώα.....	65
Κεφάλαιο 3: Πειραματική διαδικασία και αποτελέσματα.....	66
3.1 Εισαγωγή.....	66
3.2 Περιγραφή του πειράματος.....	66
3.3 Υλικά και μέθοδοι.....	67
3.3.1 Μέτρηση θερμοκρασιών σωρού.....	69
3.3.2 Μετρήσεις δειγμάτων από κάθε γύρισμα.....	70
3.3.3 Προσδιορισμός ολικών στερεών (Ο.Σ. %), πτητικών στερεών [Π.Σ. (% Ο.Σ.)] και υγρασίας.....	72
3.3.4 Φυτοτοξικότητα.....	72
3.3.5 Αναπνευστική Δραστηριότητα.....	73
Κεφάλαιο 4: Συζήτηση – Αποτελέσματα στην πειραματική διαδικασία της κομποστοποίησης.....	77
4.1 Θερμοκρασία.....	77
4.2 Υγρασία-Ολικά και πτητικά στερεά.....	80
4.3 Φυτοτοξικότητα.....	82
4.4 Αναπνευστική Δραστηριότητα.....	83
5. Συζήτηση – Αποτελέσματα στην πειραματική διαδικασία της ενσίρωσης.....	84
6. Συμπεράσματα.....	88
Βιβλιογραφία.....	89
Παράρτημα.....	91

## Ευχαριστίες

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή πραγματοποιήθηκε τον Φεβρουάριο του 2012 στο Εργαστήριο Γεωργικών Κατασκευών του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών το πείραμα παρασκευής κόμποστ (compost) από φύλλα ελαιοτριβείου με την τεχνική του αναστρεφόμενου σωρού και την τεχνική της ενσίρωσης για παραγωγή ζωοτροφής. Ο χρόνος που χρειάστηκε για να ολοκληρωθεί η πειραματική διαδικασία ήταν εννέα μήνες.

Για την πραγματοποίηση της θα ήθελα να ευχαριστήσω πρώτα από όλους τον Καθηγητή Γεωργακάκη Δημήτριο που με εμπιστεύτηκε για αυτή τη μελέτη, για όλη την πολύτιμη βοήθειά του αλλά και τις συμβουλές του όλο αυτό το διάστημα της μελέτης μου.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή Ζέρβα Γεώργιο και τον Επίκουρο Καθηγητή Χατζηπαυλίδη Ιορδάνη για την πολύτιμη βοήθεια τους καθώς και τον χρόνο τους που αφιέρωσαν για να ολοκληρωθεί η μελέτη.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω την κ. Δρούγα Μαρία για την καθοδήγηση της και την συνεργασία της κατά την διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας.

Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω τους γονείς μου και την οικογένειά μου που στέκονται δίπλα μου και με στηρίζουν με όλες της δυνάμεις τους για να φτάσω ως εδώ με τιμιότητα, κούραση, και επιμονή.

## **Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή**

### **1.1 Κομποστοποίηση**

Η αποδόμηση της οργανικής ύλης στα ανόργανα συστατικά της ουσιαστικά γίνεται στη φύση από την εμφάνιση της ζωής στον πλανήτη μας και έτσι εξασφαλίζεται η ανακύκλωση της ύλης και μ' αυτή η διατήρηση της ζωής. Ο άνθρωπος υπόκειται και ο ίδιος σ' αυτή τη διαδικασία αλλά ταυτόχρονα με την πολύπλευρη παρέμβασή του την επηρεάζει. Η παρουσία σήμερα του ανθρώπου πάνω στη γη, που ασταμάτητα διογκώνεται, η εντεινόμενη εξάντληση των πλουτοπαραγωγικών πηγών για μια υπερπαραγωγή αγαθών και η αλόγιστη καταστροφή και ρύπανση του περιβάλλοντος, διαταράσσουν τη φυσική ανακύκλωση και ισορροπία μεταξύ δόμησης και αποδόμησης της οργανικής ύλης.

Μια από τις λίγες περιπτώσεις συνεργικής δράσης και συμπόρευσης του ανθρώπου με την φύση είναι η υποβοήθηση της φύσης στη γρήγορη βιολογική αποδόμηση των οργανικών υπολειμμάτων και αποβλήτων και την επιστροφή τους στους φυσικούς αποδέκτες τους και ιδιαίτερα στο χώμα. Είναι μια αναγκαία παρέμβαση του ανθρώπου, ως ελάχιστο αντιστάθμισμα της προκαλούμενης από τον ίδιο μεγάλης παραγωγής προϊόντων και υπολειμμάτων και συμβάλλει στην αποφυγή κατάρρευσης του συστήματος της φυσικής ανακύκλωσης και των επιπτώσεών της στην διατήρηση της ζωής. Έτσι η διατάραξη της ισορροπίας μειώνεται μια και η γρήγορη αφαίμαξη ακολουθείται από μια γρήγορη και σωστή επιστροφή σε αυτό που τείνει να εξασφαλίσει την ισόρροπη ανάπτυξη και στα δύο σκέλη της ανακύκλωσης.

Η διαδικασία αυτή της βιολογικής αποδόμησης των οργανικών υπολειμμάτων και αποβλήτων κάτω από ελεγχόμενες από τον άνθρωπο συνθήκες και της παραγωγής χρήσιμου υλικού για την γεωργία, αποδίδεται με την διεθνή όρο «composting». Στα ελληνικά έχει επικρατήσει η μετάφραση «κομποστοποίηση».

Η λέξη «ελεγχόμενη» είναι ιδιαίτερα σημαντική, γιατί είναι εκείνη που διαχωρίζει τη κομποστοποίηση από τη βιολογική αποικοδόμηση που γίνεται στη φύση και είναι υπεύθυνη για την ανακύκλωση των θρεπτικών στοιχείων. Η διεργασία αυτή πραγματοποιείται από ένα πληθυσμό μικροβίων, ο οποίος ποικίλει και χρονικά και χωροταξικά στη μάζα απορριμμάτων που οδηγούνται προς κομποστοποίηση και προκαλεί την ανάπτυξη θερμοφιλικών θερμοκρασιών ως αποτέλεσμα μιας βιολογικά



παραγόμενης θερμότητας. Πιο συγκεκριμένα, οι μικροοργανισμοί αποσυνθέτουν το προς κομποστοποίηση υλικό, καθώς αυτό αποτελεί το θρεπτικό τους υπόστρωμα.

Κατά συνέπεια η κομποστοποίηση αποτελεί μια εξειδικευμένη μορφή βιοσταθεροποίησης αποβλήτων κατά τη οποία οι συνθήκες υγρασίας και αερισμού εξασφαλίζουν την ταχεία ανάπτυξη ελεγχόμενων υψηλών θερμοκρασιών ευνοϊκών για την ανάπτυξη και τη δράση θερμοφίλων μικροοργανισμών

Η δράση των μικροοργανισμών κατά την αποικοδόμηση της οργανικής ύλης έχει ως αποτέλεσμα διάφορες μεταβολές κατά την κομποστοποίηση όπως την αύξηση της θερμοκρασίας του κόμποστ, συνεχή μεταβολή του pH ακόμη και σε μικρά χρονικά διαστήματα, προκαλώντας έτσι την μείωση κάποιων μικροοργανισμών και παράλληλη αύξηση κάποιων άλλων. Για τον λόγο αυτό είναι πολύ πιθανό, κυρίως κατά τα πρώτα στάδια, να δημιουργηθούν προβλήματα όπως είναι η εμφάνιση ανεπιθύμητων οσμών ως αποτέλεσμα της δημιουργίας αναερόβιων μικροπεριβάλλοντων στη μάζα του κόμποστ.

Ένα οργανικό μίγμα μπορεί να κομποστοποιηθεί αν η περιεκτικότητά του σε οργανική ουσία είναι μεγαλύτερη από 20% και σε βιολογικά αποδομήσιμες μορφές. Για το λόγο αυτό τα υλικά που χρησιμοποιούνται ως υπόστρωμα κομποστοποίησης είναι οποιασδήποτε προέλευσης οργανικά υλικά όπως:

- Φυτικά υπολείμματα γεωργικών καλλιεργειών (λαχανικών, φρούτων, άχυρα, κ.α)
- Υπολείμματα μεταποίησης γεωργικών προϊόντων (πυρηνόξυλο, υπολείμματα εκκοκιστηρίου βάμβακος, υπολείμματα κονσερβοποιίας, κ.α)
- Στερεά απόβλητα κτηνοτροφικών μονάδων (κοπριές)
- Στερεά απόβλητα εργοστασίων (ξύλουργεία, χαρτοβιομηχανίες, κ.α)
- Στερεά αστικά απόβλητα τα οποία έχουν υποστεί στη διαδικασία διαχωρισμού αδρανών υλικών (μέταλλα, γυαλιά, κ.α)

Η οικολογική σημασία της κομποστοποίησης είναι πλέον αδιαμφισβήτητη. Η αποδόμηση της οργανικής ύλης από τους μικροοργανισμούς στη φύση είναι απαραίτητη προϋπόθεση για την ύπαρξη και την συνέχιση της ζωής στον πλανήτη.

Χωρίς τη μικροβιακή αποδόμηση της οργανικής ουσίας σε CO<sub>2</sub> η πηγή του άνθρακα για όλα τα πράσινα φυτά θα εξαντλείτο.

Για τον λόγο αυτό η κομποστοποίηση έγινε αντικείμενο μελέτης και εκμετάλλευσης καθώς όχι μόνο δεν διαταράσσεται η φυσική ισορροπία, αλλά αποτελεί και τον βασικό τρόπο αντιμετώπισης οικολογικών προβλημάτων για την αξιοποίηση των αποβλήτων της παραγωγικής διαδικασίας που αναφέρονται παραπάνω

## **1.2 Ιστορική ανασκόπηση**

Το *composting* είναι μια από τις πιο παλιές γεωργικές τεχνικές και η ιστορία του ανάγεται σε πολλούς αιώνες πριν. Μέχρι και τις αρχές του 20ου αιώνα η τεχνική αυτή παρέμενε ουσιαστικά πρωτόγονη, χωρίς κανέναν έλεγχο της βιολογικής αποδόμησης των οργανικών υλικών.

Η πρώτη βελτίωση, στην παραδοσιακή διαδικασία του *composting* εμφανίζεται μέσα στην τρίτη δεκαετία του προηγούμενου αιώνα, στην Ινδία. Ουσιαστικά πρόκειται για μια απλή συστηματοποίηση της διαδικασίας με διπλό σκοπό. Ο πρώτος ήταν ο περιορισμός της μετάδοσης ανθρωπογενών ασθενειών από τη διαχείριση των ανθρώπινων αποβλήτων και ο δεύτερος η παρασκευή οργανικού λιπάσματος προκειμένου να αυξηθεί η γεωργική παραγωγή και να καταστεί δυνατή η διατροφή των αυξημένων πληθυσμών σε αυτές τις πυκνοκατοικημένες περιοχές της Άπω Ανατολής.

Παράλληλα με τη μελέτη του *composting* ως βιολογικού φαινομένου αρχίζει και μια συστηματική προσπάθεια για την μηχανοποίηση της διαδικασίας εφαρμογής του. Πολύ μεγάλη ώθηση προς αυτή την κατεύθυνση έδωσε η σκέψη της εφαρμογής του στα δημοτικά απορρίμματα, που η παρουσία τους άρχισε να γίνεται απειλητική για το περιβάλλον και τον άνθρωπο.

### 1.3 Ορισμός

Κομποστοποίηση ή *composting* (στο διεθνή όρο) των οργανικών υπολλειμάτων ορίζεται ως η φυσική βιολογική διαδικασία αποδόμησης και σταθεροποίησης των υλικών αυτών.

Με τον όρο σταθεροποίηση εννοούμε:

1) Να αποκτήσει μια μορφή που να είναι σχετικά αδρανείς, απουσία έντονων μικροβιακών δραστηριοτήτων και διάσπαση των πολύπλοκων οργανικών μεγαλομορίων σε πιο σταθερά οργανικά και ανόργανα συστατικά.

2) Να μειωθεί ή ακόμα και να εξαφανιστεί η δυσάρεστη οσμή που μερικά οργανικά υλικά αναδίδουν.

3) Να μειωθεί ο όγκος των υλικών των υλικών αυτών καθώς και η υγρασία τους έτσι ώστε να είναι ευκολότερη και πλέον οικονομική η μεταφορά τους από το σημείο συσσώρευσης - παραγωγής στο σημείο εφαρμογής.

4) Να μειωθεί ή και να καταστραφεί πλήρως το παθογόνο για τον άνθρωπο μικροβιακό φορτίο, καθώς και παθογόνοι μικροοργανισμοί φυτών και ζώων.

5) Να μειωθεί η φυτοτοξική δράση του οργανικού φορτίου μέσα από διαδικασίες ωρίμανσης του υλικού.

6) Να παραχθεί τελικά ένα οργανικό υλικό που να επαναχρησιμοποιηθεί σε διάφορες καλλιέργειες καλύπτοντας έτσι ανάγκες σε οργανικό λίπασμα αλλά και την Ευρωπαϊκή Νομοθεσία που απαιτεί

### 1.4 Μικροβιολογία της κομποστοποίησης

Μια μεγάλη ποικιλία μεσοφιλικών, θερμοφιλικών αερόβιων μικροοργανισμών, στους οποίους περιλαμβάνονται βακτήρια, ακτινομύκητες, ζυμομύκητες και σε μικρότερο βαθμό πρωτόζωα και άλγη, έχουν ευρέως καταγραφεί στα κόμποστ.

Κάτω από τις αερόβιες συνθήκες η θερμοκρασία είναι ο σημαντικότερος παράγοντας που καθορίζει τους τύπους των μικροοργανισμών και την ποικιλία των ειδών, όπως επίσης και τον ρυθμό των μεταβολικών δραστηριοτήτων τους.

Συχνά όμως κατά τη διεργασία της κομποστοποίησης μπορεί να προκληθεί πολλαπλασιασμός και διασπορά παθογόνων ή και αλλεργιογόνων θερμοφιλικών μυκήτων και βακτηρίων.

### **1.4.1 Βακτήρια**

Τα βακτήρια είναι μονοκύτταροι, προκαρυωτικοί ετερότροφοι μικροοργανισμοί. Λόγω του μικρού τους μεγέθους έχουν σημαντικό πλεονέκτημα στην αποικοδόμηση των οργανικών ουσιών εν συγκρίσει με τους ευκαρυωτικούς μικροοργανισμούς (Boyd 1984). Ο ρυθμός μεταβολισμού αυξάνεται με την αύξηση αναλογίας επιφάνεια/όγκο. Για το λόγο αυτό οι προκαρυωτικοί μικροοργανισμοί έχουν αυξημένο ρυθμό μεταβολισμού από τους ευκαρυωτικούς. Επιπλέον τα προκαρυωτικά κύτταρα διαιρούνται με μεγαλύτερο ρυθμό από τα ευκαρυωτικά. Οι ιδιότητες αυτές των προκαρυωτικών κυττάρων είναι υπεύθυνες για τον γρήγορο ρυθμό μεταβολισμού των βακτηρίων και την κυριαρχία τους κατά την διαδικασία της κομποστοποίησης και ιδιαίτερα κατά τα πρώτα στάδια. Ανάλογα με την θερμοκρασία του κόμποστ δρουν και τα ανάλογα βακτήρια. Αρχικά, όπου οι θερμοκρασίες είναι χαμηλές δρουν τα μεσόφιλα βακτήρια (15-40 °C), ενώ όσο αυξάνεται η θερμοκρασία εξαιτίας της δράσης τους, τη θέση τους παίρνουν τα θερμοφιλα βακτήρια (40-70 °C). Από τις προσπάθειες απομόνωσης βακτηρίων από κόμποστ, κυριαρχεί το γένος *Bacillus*. Η πλειοψηφία των βακτηρίων δεν μπορεί να επιβιώσει σε pH μικρότερο του 4.0 και μεγαλύτερο του 9.5, με βέλτιστες τιμές αυτές μεταξύ 6.5 και 7.5 (Μάρη 2000).

### **1.4.2 Ακτινομύκητες**

Οι ακτινομύκητες (νηματοειδή βακτήρια) παίζουν σημαντικό ρόλο στην διάσπαση των σύνθετων και πολύπλοκων οργανικών ενώσεων, όπως κυτταρίνη, λιγνίνη, χιτίνη και πρωτεΐνες. Έχουν σημαντική δράση κατά τη διάρκεια των τελευταίων σταδίων του σχηματισμού του χούμου (φάσεις ψύξης και ωρίμανσης), όπου έχουν παραμείνει πλέον προς αποδόμηση οι πιο ανθεκτικές ενώσεις.

Όταν λοιπόν τα βακτήρια λόγω έλλειψης εύκολα αφομοιώσιμων πηγών άνθρακα περιορίζονται και ο ανταγωνισμός μειώνεται αρχίζουν να εμφανίζονται οι ακτινομύκητες. Απελευθερώνουν άνθρακα (C), νιτρικό άζωτο (NO<sub>3</sub>) και αμμωνιακό άζωτο (NH<sub>4</sub>), καθιστώντας τα θρεπτικά συστατικά διαθέσιμα στα φυτά. Τα κύρια είδη των ακτινομυκήτων που έχουν απομονωθεί από κόμποστ είναι των γενών

*Thermomonospora* sp., *Streptomyces* sp., *Thermoaktinomyces* sp., και *Micromonospora* sp. (Selman A. Waksman 1939; Erikson 1952; Fergus 1964).

### 1.4.3 Μύκητες

Οι μύκητες είναι ευκαρυωτικοί πολυκύτταροι, μη φωτοσυνθετικοί μικροοργανισμοί. Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται οι ζυμομύκητες και οι ευρωτομύκητες (μούχλα). Οι μύκητες παίζουν σημαντικό ρόλο διότι έχουν την μοναδική ικανότητα να αποικοδομούν την λιγνίνη, καθιστώντας τους απαραίτητους κατά το τελικό στάδιο της κομποστοποίησης, διευκολύνοντας έτσι τα βακτήρια να συνεχίσουν τη διάσπαση, ακόμα κι αν η κυτταρίνη έχει εξαντληθεί (Hassen 2001).

Είναι πολυάριθμοι κατά τη διάρκεια της μεσόφιλης και στην αρχή της θερμόφιλης φάσης (μέχρι 60 °C) (Brock 1967). Όταν η θερμοκρασία βρίσκεται σε πολύ υψηλά επίπεδα οι μύκητες επιβιώνουν στα εξωτερικά, ψυχρότερα στρώματα του υλικού. Από τους μύκητες έχουν απομονωθεί σε κόμποστ πολλά είδη όπως *Mucor pusillus*, *Thermoascus aurantiacus*, *Aspergillus fumigatus*, *Thielavia thermophila* (Feinstein 1975).

### 1.5 Συστήματα κομποστοποίησης

Για την επιτυχή παραγωγή ώριμου κόμποστ, κατάλληλου για γεωργική ασφαλή χρήση και απαλλαγμένου παθογόνων, είναι απαραίτητη η σωστή επιλογή της μεθόδου κομποστοποίησης. Υπάρχουν διάφορα συστήματα κομποστοποίησης, άλλα δαπανηρά και πολύπλοκα και άλλα απλούστερα και οικονομικότερα. Τα συστήματα που παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη διάδοση είναι τα συστήματα ανοικτού τύπου και τα συστήματα κλειστού τύπου.

Τα τελευταία είναι γνωστά ως εγκιβωτισμένα συστήματα

Η επιλογή του καταλληλότερου συστήματος κομποστοποίησης εξαρτάται και καθορίζεται από τα εξής :

- α) Από τη φύση και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της πρώτης ύλης που θα υποστεί κομποστοποίηση.
- β) Από το αν η πρώτη ύλη είναι διαθέσιμη όλο το έτος ή εποχιακά.

γ) Από την απόσταση του σημείου παραγωγής της πρώτης ύλης και του τόπου επεξεργασίας της.

δ) Από την επιλογή της τοποθεσίας εγκατάστασης της μονάδος κομποστοποίησης

(κατοικημένη ή όχι περιοχή).

ε) Από το δίκτυο διανομής του τελικού προϊόντος.

στ) Από τα κριτήρια ποιότητας του τελικού προϊόντος που έχει θεσπίσει ο σχετικός φορέας του κράτους,

ζ) Από το οικονομικό κέρδος της όλης διαδικασίας .

η) Από το ύψος του κεφαλαίου που είναι διαθέσιμο για αγορά εξοπλισμού και κάλυψη αναγκών σε ανθρώπινο δυναμικό. Όλοι οι παραπάνω λόγοι πρέπει να ληφθούν σοβαρά υπόψη κατά την διαδικασία επιλογής της μεθόδου κομποστοποίησης.

### **1.5.1 Συστήματα ανοιχτού τύπου (windrows)**

Η πρώτη ύλη συνήθως διαμορφώνεται σε κωνικούς σωρούς, τα σειράδια. Η μέθοδος αυτή είναι η πλέον διαδεδομένη λόγω του χαμηλού κατασκευαστικού κόστους, της απλότητας των χειρισμών που απαιτούνται και του πλεονεκτήματος της ότι είναι κατάλληλη για τη διαχείριση μεγάλων ποσοτήτων πρώτης ύλης. Διακρίνουμε την παραδοσιακή και την εντατική μορφή της . Κατά την παραδοσιακή μορφή η πρώτη ύλη στοιβάζεται σε σωρούς (piles), 2-2.5 m ύψος και 4-6 m πλάτος



Εικόνα 1. Σύστημα ανοιχτού σωρού.

Οι σωροί είναι αμορφοποίητοι και δεν δέχονται ιδιαίτερους χειρισμούς από τους παρασκευαστές για αρκετούς μήνες. Ο αερισμός πραγματοποιείται παθητικά με φυσική διάχυση διαμέσου των πόρων, και η υγρασία καθορίζεται αποκλειστικά από τις εξωτερικές συνθήκες. Δεν υπάρχει η δυνατότητα ελέγχου της θερμοκρασίας, της υγρασίας και του αερισμού.

Τα εντατικά ανοιχτά συστήματα κομποστοποίησης βασίζονται στη δημιουργία σωρών που πληρούν ορισμένες προϋποθέσεις και δομούνται σε καθορισμένα σχήματα. Οι κομποστοσωροί μπορεί να πάρουν την μορφή τριγωνικού τύπου (Windrow system) ή τραπεζοειδούς τύπου (σωροί τύπου UNI 4000). Οι διαστάσεις των σωρών εντατικής κομποστοποίησης είναι σωροί πλάτους 3-4 μέτρων και ύψους 1,5-1,8 μέτρων και θα πρέπει να λαμβάνονται σοβαρά υπόψη κατά τη διαδικασία σχηματισμού τους. Το μήκος του σωρού εξαρτάται κάθε φορά από το διαθέσιμο χώρο της μονάδας. Οι σωροί αυτού του τύπου καλούνται "σειράδια" και αποτελούν την κύρια μέθοδο κομποστοποίησης ανοικτού τύπου. Το σύστημα θεωρείται εντατικό καθώς ενσωματώνει πρακτικές επεξεργασίας που αποσκοπούν στην επιτάχυνση της διαδικασίας αποδόμησης της οργανικής ύλης και ενεργητικούς μηχανισμούς αερισμού και αναμόχλευσης. Οι συνθήκες αερισμού και υγρασίας κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης είναι ελεγχόμενες και γίνονται επεμβάσεις όποτε κριθεί απαραίτητο.

Λόγω των μεγάλων προς επεξεργασία ποσοτήτων η αναμόχλευση γίνεται μηχανικά με αναστροφείς ή ακόμα και με κοινούς φορτωτές. Κατά τη μηχανική αναμόχλευση είναι δυνατόν να γίνεται και ταυτόχρονη διαβροχή του σωρού από ψεκαστήρες οι οποίοι φέρονται επί των αναστροφέων εξασφαλίζοντας με αυτό τον τρόπο τα κατάλληλα επίπεδα υγρασίας. Επίσης οι ψεκαστήρες αυτοί χρησιμοποιούνται για τη διασπορά εμβολίου, αν αυτό κριθεί απαραίτητο. Ένας άλλος παράγοντας που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη πριν τη δημιουργία των σειραδιών είναι η δομή της πρώτης ύλης η οποία θα πρέπει να υποστεί ομογενοποίηση.

Η ομογενοποίηση πραγματοποιείται με τους θρυμματιστές οι οποίοι εξασφαλίζουν την ομοιομορφία της μάζας καθώς τα τεμαχίδια που εξέρχονται από αυτούς έχουν συγκεκριμένες διαστάσεις γεγονός που βοηθάει την αποίκιση τους από μικροοργανισμούς. Ο αερισμός μπορεί να γίνεται και με ενεργητικό τρόπο με την παροχή ή την αναρρόφηση αέρα μέσω διάτρητων σωληνώσεων που βρίσκονται στη βάση των σωρών με τη βοήθεια κατάλληλου μηχανισμού. Η πρακτική αυτή μπορεί να χρησιμεύσει για τον έλεγχο της υγρασίας και της θερμοκρασίας στο εσωτερικό των σωρών (απαγωγή θερμότητας μέσω αέρα).

Πολλές φορές συνίσταται η κάλυψη των σωρών με πλαστικό ειδικού τύπου πρακτική που εξασφαλίζει αρκετά πλεονεκτήματα όπως: προστασία από την υπερβολική υγρασία και από τυχόν καταρρακτώδη βροχή, ελαχιστοποίηση της απώλειας θρεπτικών στοιχείων, ταχύτερη άνοδο της θερμοκρασίας από την πρώτη κιόλας αναστροφή και μείωση τόσο των στραγγισμάτων όσο και των αναγκών διαβροχής έως και 100%.

### **1.5.2 Συστήματα κλειστού τύπου (aerostate static pile)**

Τα συστήματα κλειστού τύπου βασίζονται στις ίδιες αρχές λειτουργίας. Το αρχικό υλικό εγκιβωτίζεται σε κατάλληλα βυτία διαφορετικών τύπων και χωρητικότητας. Ο όρος «εγκιβωτισμένα» χρησιμοποιείται εδώ με τη έννοια ότι αναφέρεται στα συστήματα εκείνα όπου το υλικό κομποστοποιείται μέσα σε κάποιο τύπο αντιδραστήρα, ασχέτως αν αυτός είναι ανοικτός ή κλειστός, και αν διαθέτει ή όχι σύστημα μηχανικής ανάμιξης. Τα συστήματα αυτά μπορεί να είναι καθέτου ροής (Earp-Thomas, Frazer-Eweson) ή συστήματα οριζοντίου ροής (Fairfield-Hardy). Τα τοιχώματα των βυτίων κατασκευάζονται έτσι ώστε να ελαχιστοποιούν τη



θερμοδυναμική ανταλλαγή μεταξύ του υλικού και του περιβάλλοντος, εξασφαλίζοντας με αυτόν τον τρόπο αποτελεσματικότερο έλεγχο των συνθηκών κομποστοποίησης. Επίσης τα συστήματα αυτά παρέχουν τη δυνατότητα αποτελεσματικότερης ρύθμισης της θερμοκρασίας μέσω ενός ηλεκτρικού συστήματος το οποίο αποτελείται από μία φτερωτή που τροφοδοτεί με αέρα το σωρό μέσω σωληνώσεων (σύστημα Rutgers, forced aeration). Έτσι επιτυγχάνεται τόσο ο αερισμός του κομποστοσώρου και η ενίσχυση της αερόβιας ζύμωσης όσο και η μείωση της θερμοκρασίας όταν αυτή ξεπεράσει κάποιο απαγορευτικό για την ύπαρξη των μικροβιακών πληθυσμών.



Εικόνα 2: Σύστημα εγκιβωτισμένου τύπου από την πειραματική διαδικασία

## 1.6 Οι φάσεις της κομποστοποίησης

Στην διαδικασία του composting οι μικροοργανισμοί αποδομούν τα οργανικά υλικά και παράγουν διοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ) νερό ( $\text{H}_2\text{O}$ ) θερμότητα και χούμο, το σχετικά σταθερό τελικό οργανικό προϊόν. Κάτω από ευνοϊκές συνθήκες η κομποστοποίηση για να ολοκληρωθεί περνάει από τέσσερις φάσεις, όπως φαίνεται παρακάτω:

**1η Φάση :** Είναι η φάση της αποικοδόμησης. Κατά τη διάρκεια της φάσης αυτής δραστηριοποιούνται κυρίως τα βακτήρια που αποτελούν και το κυρίαρχο είδος μικροοργανισμών και αρχίζουν οι αποικοδομήσεις των εύκολα διασπώμενων ουσιών

όπως σάκχαρα. Η θερμοκρασία στην φάση αυτή μπορεί να φτάσει και τους 60 °C – 65 °C ή και περισσότερο.

**2η Φάση :** Είναι η φάση του μετασχηματισμού. Η πτώση της θερμοκρασίας κάτω από τους 50 °C σηματοδοτεί την είσοδο στην φάση αυτή. Κατά την διάρκεια της φάσης αυτής οι μύκητες αναλαμβάνουν τον πρωτεύοντα ρόλο στην διάσπαση των πιο σταθερών ουσιών (ημικυτταρίνες-κυτταρίνες), ενώ η θερμοκρασία παραμένει για μεγάλο διάστημα μεταξύ 30 - 45 °C.

**3η Φάση :** Είναι η φάση της οικοδόμησης, η οποία ξεκινάει όταν η θερμοκρασία κατέλθει κάτω από τους 30 °C περίπου με την πάροδο 2 – 3 μηνών. Κατά την διάρκεια της φάσης αυτής οικοδομούνται οι χουμικές ενώσεις ( χουμικά, φουλβικά οξέα, χουμίνη ), ενώ παράλληλα εισέρχονται στο σωρό έντομα, αραχνοειδή και ο κόκκινος γαιοσκώληκας ( *Eisenia foetida* ) του οποίου ο ρόλος είναι σημαντικός για την παραγωγή των σταθερών χουμικών ενώσεων.

**4η Φάση :** Είναι η φάση της σταθεροποίησης. Κατά την διάρκεια της φάσης αυτής εξισώνεται η θερμοκρασία του σωρού με αυτή του περιβάλλοντος. Με την χρησιμοποίηση, κατά την διάρκεια της κομποστοποίησης, διαφόρων πρακτικών (επιλογή κατάλληλου τύπου σωρού, τακτικές αναστροφές, κάλυψη σωρού με συνθετικά υφάσματα, κ.α), οι υψηλές θερμοκρασίες που καταλαμβάνουν αρχικά μόνο ένα τμήμα του εσωτερικού πυρήνα του σωρού μπορούν να επεκταθούν σε όλο τον όγκο του υγειονοπιώντας έτσι ολόένα και μεγαλύτερο μέρος του. Ικανοποιητικά επίπεδα υγειονοποίησης( καταστροφή παθογόνων μικροοργανισμών ) επιτυγχάνονται όταν όλα τα τμήματα του σωρού υποστούν μια θερμοκρασία της τάξης των 55 – 60 °C για όσο το δυνατόν μεγαλύτερη διάρκεια. Για την ολοκλήρωση των τεσσάρων φάσεων στο σωρό απαιτούνται από 3 – 6 μήνες ανάλογα με το πόσες ανακινήσεις έχουν γίνει. Στο τέλος της κομποστοποίησης έχουμε μείωση στο 65 – 70 % του αρχικού όγκου υλικών.

### **1.6.1 Προσδιορισμός του τέλους της φάσης σταθεροποίησης**

Απώτερος στόχος της κομποστοποίησης είναι η παραγωγή ενός χουμικού προϊόντος το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη βελτίωση του εδάφους και στη φυτική ανάπτυξη.

Δύο όροι που παρουσιάζουν μεγάλη σύγχυση στη βιβλιογραφία είναι ο όρος «σταθεροποίηση» και ο όρος «ωρίμανση». Αυτοί οι δύο δεν είναι συνώνυμοι μεταξύ τους.

Η σταθεροποίηση είναι ένα στάδιο της αποικοδόμησης της οργανικής ουσίας και μια λειτουργία της βιολογικής δραστηριότητας. Η ωρίμανση είναι μια οργανο – χημική κατάσταση του κόμποστ η οποία δείχνει την παρουσία ή απουσία φυτοτοξικών οργανικών οξέων.

Η ωρίμανση σχετίζεται με τη φυτοτοξικότητα η οποία προκύπτει από ανόργανα χημικά και την αλατότητα του προϊόντος. Στην περίπτωση εφαρμογής ανώριμων υλικών στο έδαφος έχει ως αποτέλεσμα την ακινητοποίηση του εδαφικού αζώτου αλλά και την μείωση της συγκέντρωσης οξυγόνου με αποτέλεσμα την ανάπτυξη αναερόβιων συνθηκών στις θέσεις της μικροβιακής δράσης. Τέτοιες συνθήκες δημιουργούν ένα τοξικό περιβάλλον στα φυτά και εκδηλώνουν μειωμένο μεταβολισμό, και απορρόφηση στοιχείων.

Άλλοι παράγοντες που εμπλέκονται στη φυτοτοξικότητα και οδηγούν στην αναστολή της βλάστησης και της φυτικής ανάπτυξης είναι τα ιχνοστοιχεία, τα βαρέα μέταλλα, η αμμωνία, το CO<sub>2</sub>. Διάφορα τεστ έχουν αναπτυχθεί για τη μελέτη της σταθεροποίησης του κόμποστ, μεταξύ των οποίων η αναπνευστική δραστηριότητα (μέσω της παραγωγής CO<sub>2</sub> ή της κατανάλωσης O<sub>2</sub>) και η αυτοθέρμανση του σωρού. Μειωμένη αναπνευστική δραστηριότητα συνεπάγεται μείωση του βιοδιασπώμενου C και αυξημένη σταθεροποίηση του.

Ένα ενδεικτικό σημείο σταθεροποίησης του τελικού προϊόντος είναι όταν κατά την αποθήκευσή του για μεγάλο χρονικό διάστημα δεν θα υπερθερμανθεί και δεν θα δημιουργηθούν ανεπιθύμητες οσμές. Επίσης, μια αξιόπιστη ένδειξη του τέλους σταθεροποίησης είναι μια σταθερή πτώση της θερμοκρασίας του κόμποστ, όπως και η μη άνοδος αυτής μετά από γύρισμα. Αυτό βέβαια προϋποθέτει ότι η πτώση της θερμοκρασίας δεν οφείλεται σε κάποιον άλλο παράγοντα (έλλειψη υγρασίας) (Μήτσιου 2000).

## **1.7 Βασικοί παράγοντες της κομποστοποίησης**

Για την ομαλή εξέλιξη και ολοκλήρωση της κομποστοποίησης στο μικρότερο δυνατό χρόνο απαιτείται η αριστοποίηση ορισμένων βασικών παραγόντων, οι οποίοι και αναλύονται συνοπτικά παρακάτω.

### **1.7.1 Μέγεθος τεμαχιδίων**

Το μέγεθος των τεμαχιδίων του υλικού επηρεάζει σημαντικά τη μικροβιακή δραστηριότητα αφού ο πολυμεταχισμός του σε μικρά τεμάχια αυξάνει μεν την επιφάνεια τη δυνάμενη να προσβληθεί από τα εξωκυτταρικά ένζυμα των αποδημητικών μικροοργανισμών, αλλά και ταυτόχρονα μειώνει τα κενά του αέρα με αποτέλεσμα τη γρήγορη επικράτηση των ανεπιθύμητων αναερόβιων συνθηκών.

Ακόμη το αρχικό μέγεθος των τεμαχιδίων του υλικού επηρεάζει αναλογικά και την κοκκομετρική σύνθεση του τελικού κόμποστ και είναι γνωστό πως δεν είναι επιθυμητό να είναι σε κατάσταση σκόνης. Από πειράματα που έχουν γίνει, φαίνεται ότι το άριστο μέγεθος των τεμαχιδίων κατά την έναρξη της κομποστοποίησης, είναι μεταξύ των 1,5 και 7,5 (Diaz et al., 1993).

### **1.7.2 Υγρασία**

Το άριστο επίπεδο της υγρασίας είναι διάφορο για κάθε κατηγορία υλικού και συνδέεται άμεσα με τις υδατικές ιδιότητές του. Αν λάβουμε υπόψη μας ότι το 30% των πόρων μεταξύ των τεμαχιδίων, πρέπει να καταλαμβάνεται από αέρα, για τη διατήρηση των αερόβιων συνθηκών, γίνεται αντιληπτό ότι η περιεκτικότητα του υλικού σε νερό δεν θα πρέπει να υπερβαίνει το 70% του νερού που απαιτείται για τον κορεσμό του. Με βάση τα ανωτέρω στοιχεία, για τα περισσότερα οργανικά υλικά η άριστη υγρασία για κομποστοποίηση, κυμαίνεται από 45% (λεπτόκοκκα υλικά) μέχρι και 60% (χονδρόκοκκα υλικά) σε υγρή βάση (Schylze,1961 Cappaert et al., 1976Manios and Balis, 1983)

### **1.7.3 Άζωτο**

Σημαντικότετος είναι και ο ρόλος του αζώτου για τους μικροοργανισμούς. Το άζωτο είναι βασικό συστατικό του πρωτοπλάσματος και χωρίς αυτό οι μικροοργανισμοί δεν μπορούν να πολλαπλασιαστούν.

Το άζωτο βρίσκεται σε ικανοποιητικό ποσοστό και σε διαθέσιμες μορφές στα υπολείμματα φαγητού, στα απόβλητα κήπων και πάρκων ( ιδίως όταν έχουν γρασίδι ), στην λάσπη βιολογικών καθαρισμών και στις διάφορες κοπριές.

Αντίθετα έλλειμμα παρουσιάζεται στα ξυλώδη απορρίμματα, το χαρτί και διάφορα βιομηχανικά και οργανικά απόβλητα. Η ανάμιξη με απόβλητα πλούσια σε άζωτο είναι η ενδεικνυόμενη λύση για την κομποστοποίηση φτωχών σε άζωτο αποβλήτων. Εναλλακτικά, μπορεί να προστεθεί άζωτο σε ανόργανη μορφή π.χ. ως αζωτούχο λίπασμα.

#### **1.7.4 Σχέση C/N**

Οι μικροοργανισμοί κατά την αποδόμηση των οργανικών ενώσεων αφομοιώνουν το 1/3 περίπου του μεταβολιζόμενου άνθρακα (C) και τον υπόλοιπο τον ελευθερώνουν ως CO<sub>2</sub>. Για να γίνει όμως αυτό απαιτείται η επαρκής παρουσία αζώτου. Από τα πειραματικά δεδομένα προκύπτει ότι η άριστη τιμή της σχέσης C/N, στο προς χώνευση υλικό είναι εκείνη του 30/1 (Manios 1979). Επομένως στην περίπτωση κατά την οποία η αρχική σχέση C/N στο υλικό είναι πάνω από το 30/1, είναι αναγκαία η προσθήκη αζώτου και σε τέτοια ποσότητα που να διορθώσει την ανωτέρω σχέση στο 30/1. Το N που θα προστεθεί, μπορεί να είναι σε ανόργανη μορφή (προτιμάται η ουρία ή η νιτρική αμμωνία) ή σε οργανική μορφή ενός υλικού πλούσιου σε N όπως είναι η κοπριά των ορνίθων (Manios and Balis, 1983; Dia: et al., 1993).

#### **1.7.5 Οξύτητα (pH)**

Ως άριστο pH για το composting θεωρείται εκείνο της ελαφρώς αλκαλικής περιοχής δεδομένου ότι ευνοεί τη δραστηριότητα των βακτηρίων χωρίς να περιορίζει σημαντικά εκείνη των μυκήτων. Δεν είναι όμως απαραίτητη η διόρθωση του pH του υλικού δεδομένου ότι με την έναρξη της χώνευσης το pH ανεβαίνει στην ελαφρώς αλκαλική περιοχή εξαιτίας κυρίως της ελευθέρωσης αμμωνίας και κατά συνέπεια καλύπτεται αυτή η ανάγκη για τη βακτηριακή δραστηριότητα από την ίδια τη διαδικασία. Ακολουθεί στη συνέχεια η πτώση του pH και επομένως η δραστηριοποίηση των μυκητών για την ολοκλήρωση της κομποστοποίησης.

### **1.7.6 Μικροβιακός πληθυσμός**

Η μικροβιολογία είναι η καρδιά της διαδικασίας του composting. Ο μικροβιακός πληθυσμός συχνά φτάνει στα επίπεδα του 10%. Στο composting παίρνουν μέρος κυρίως μεσόφιλα και θερμοφιλα βακτήρια, μύκητες και ακτινομύκητες. Η θερμοκρασία είναι ο σημαντικότερος παράγοντας που επιδρά στην ανάπτυξη και την δραστηριότητα του μικροβιακού πληθυσμού.

Η αρχική αύξηση της θερμοκρασίας μέχρι τους 45 °C, λέγεται μεσοφιλική φάση. Η θερμοκρασία μπορεί μετά να φτάσει τους 45 °C ή υψηλότερα στην θερμοφιλική φάση. Η μικροβιακή δραστηριότητα μειώνεται καθώς ο διαθέσιμος άνθρακας για την θρέψη τους χρησιμοποιείται και η θερμοκρασία μειώνεται και κατεβαίνει στην θερμοκρασία περιβάλλοντος. Αυτό σημαίνει επιστροφή στο μεσοφιλικό στάδιο. Η υγρασία επηρεάζει την μικροβιακή δραστηριότητα με δύο τρόπους. Όπως όλοι οι οργανισμοί έτσι και τα μικρόβια απαιτούν νερό για τις λειτουργίες τους. Επιπλέον, σε περιεκτικότητα σε υγρασία πάνω από 60%, πιθανόν το οξυγόνο να είναι ανεπαρκές για τους αερόβιους οργανισμούς, επειδή πιθανά το ελεύθερο πορώδες έχει καλυφθεί με νερό

### **1.7.7 Μικροχλωρίδα**

Η μικροχλωρίδα που πραγματοποιεί την αερόβια βιολογική αποδόμηση των οργανικών υπολειμμάτων υπάρχει φυσιολογικά σε αυτά, προερχόμενη από το έδαφος, τον αέρα και το νερό και δεν είναι απαραίτητη επιπλέον προσθήκη μικροβιακού μολύσματος. Η προσθήκη, μικροβιακού μολύσματος, από εκείνα που κυκλοφορούν στην αγορά, μπορεί να προσφέρει μια μικρή επιτάχυνση της διαδικασίας (Manios and Balis, 1983).

### **1.7.8 Θερμοκρασία**

Αμέσως μετά τη διαμόρφωση του σωρού με το προετοιμασμένο υλικό, αρχίζει η μικροβιακή δράση που έχει ως αποτέλεσμα την ελευθέρωση θερμικής ενέργειας και εξ' αυτής άνοδο της θερμοκρασίας του σωρού. Έτσι πρώτα δύο ή τρία 24ωρα η θερμοκρασία μπορεί να υπερβεί τους 70 °C και να διατηρηθεί σε αυτό το επίπεδο για λίγες ημέρες.

Συνήθως όμως μετά από 5-10 ημέρες η θερμοκρασία αρχίζει να πέφτει εξαιτίας της εξάντλησης του διαθέσιμου οξυγόνου ή τη μείωση της υγρασίας. Σε αυτό το σημείο είναι απαραίτητη η επέμβαση οξυγόνωσης του υλικού που μπορεί να γίνει είτε με το γύρισμα (ανακάτεμα) του σωρού, είτε με την παροχή αέρα υπό πίεση στη βάση του σωρού, είτε ακόμα με αναρρόφηση των εγκλωβισμένων αερίων στη μάζα του υλικού και την αντικατάστασή τους με ατμοσφαιρικό αέρα και η προσθήκη νερού αν απαιτείται. Ως άριστη θερμοκρασία για τη μικροβιακή δραστηριότητα θεωρείται εκείνη μεταξύ των 50 και 65 °C .

### **1.7.9 Αερισμός**

Η κομποστοποίηση είναι μια αερόβια διαδικασία και ως τέτοια χρειάζεται παροχή αέρα για αναπλήρωση του οξυγόνου μέσα στη μάζα των αποβλήτων που καταναλώνεται από τους μικροοργανισμούς. Για να είναι αποτελεσματικός ο αερισμός πρέπει τα απόβλητα να έχουν «δομή» ώστε να υπάρχουν κενά ανάμεσα στα σωματίδια της μάζας που κομποστοποιείται, όπου να μπορεί να εισχωρήσει εύκολα ο φρέσκος αέρας. Αν το ποσοστό υγρασίας είναι πολύ υψηλό, το νερό καταλαμβάνει τον κενό χώρο ανάμεσα στα σωματίδια του κομπόστ και ο αερισμός γίνεται δυσχερής.

Όμως η οξυγόνωση δεν είναι η μοναδική λειτουργία του αερισμού. Εξ' ίσου βασικός είναι και ο ρόλος του στη διατήρηση της θερμοκρασίας του σωρού σε ευνοϊκά για την κομποστοποίηση επίπεδα. Όπως προαναφέρθηκε, κατά την κομποστοποίηση εκλύεται θερμότητα η οποία ανεβάζει τη θερμοκρασία του σωρού. Αν δεν ελεγχθεί, η θερμοκρασία μπορεί να φτάσει σε απαγορευτικά για τους μικροοργανισμούς επίπεδα, ξεπερνώντας τους 70°C. Σε τόσο υψηλές θερμοκρασίες, οι μικροοργανισμοί πεθαίνουν ή αδρανοποιούνται και η διεργασία επιβραδύνεται ή και σταματά εντελώς. Δηλαδή, κατά την κομποστοποίηση οι μικροοργανισμοί έχουν την τάση να «αυτοκτονήσουν θερμικά» και είναι στόχος του αερισμού να εμποδίσει την «αυτοκτονία» διατηρώντας τη θερμοκρασία γύρω στους 55 °C.

Η ποσότητα του αέρα που χρειάζεται για την ψύξη του σωρού είναι περίπου 10 φορές μεγαλύτερη από αυτή που απαιτείται για την οξυγόνωση. Καθώς ο ψυχρός εισερχόμενος αέρας θερμαίνεται, περνώντας μέσα από το σωρό, αυξάνει το σημείο κορεσμού του σε υδρατμούς. Έτσι, εξατμίζεται νερό μέσα από το σωρό και ελαττώνεται το ποσοστό υγρασίας του κομπόστ.

Επιτυγχάνεται έτσι μια «βιολογική» ξήρανση των αποβλήτων, παράλληλα με τον μετασχηματισμό τους σε πιο σταθερές μορφές.

Στα απλούστερα συστήματα κομποστοποίησης, όπου δεν υπάρχει μηχανικός αερισμός του σωρού, τόσο η οξυγόνωση όσο και η ψύξη γίνονται με «γυρίσματα» (δηλαδή με κατάλληλη ανάδευση) του σωρού. Η συχνότητα του γυρίσματος εξαρτάται από το είδος των υλικών και το στάδιο της διεργασίας, και έχει πρωταρχικό στόχο τη ρύθμιση της θερμοκρασίας του σωρού.



## **1.8 Υπολείμματα και απόβλητα για κομποστοποίηση**

Η ποιότητα του κόμποστ εξαρτάται κυρίως από την πρώτη ύλη ή από τις προσμίξεις των πρώτων υλών, αλλά επηρεάζεται και από την σωστή εφαρμογή της κομποστοποίησης. Γενικά θεωρείται καλύτερο η ανάμειξη διαφόρων υλικών (πρώτων υλών) ώστε να επιτευχθεί ένα μείγμα με τα καλύτερα δυνατά φυσικοχημικά χαρακτηριστικά (πορώδες, υγρασία, αγωγιμότητα κ.α.). Ακολουθεί μια συνοπτική αναφορά στα κυριότερα οργανικά υπολείμματα και απόβλητα που μπορούν να αποτελέσουν πρώτες ύλες για την κομποστοποίηση.

### **1.8.1 Ελαιοπυρήνα**

Σήμερα έχουμε δύο κατηγορίες ελαιοπυρήνα. Την ελαιοπυρήνα των τριφασικών ελαιοτριβείων και την ελαιοπυρήνα ή πυρηνόλυμα των διφασικών ελαιοτριβείων. Η πρώτη οδηγείται στα πυρηνελαιουργία για εκχύλιση του περιεχόμενου ελαιόλαδου και η ελαιοπυρήνα ή πυρηνόξυλο που απομένει μετά την εκχύλιση, χρησιμοποιείται ως καύσιμη ύλη. Το πυρηνόλυμα των διφασικών ελαιοτριβείων που περιέχει και το σύνολο των φυτικών υγρών του ελαιόκαρπου, έχει πολύ υψηλή υγρασία και δεν μπορεί να επεξεργαστεί από τα πυρηνελαιουργία και επομένως είναι διαθέσιμη για κομποστοποίηση.

### **1.8.2 Εκχειλισμένη ελαιοπυρήνα (πυρηνόξυλο)**

Από οικονομικής πλευράς η εκχειλισμένη ελαιοπυρήνα δεν παρουσίαζε μέχρι και σήμερα ενδιαφέρον για την παραγωγή κόμποστ, εξαιτίας της αξιοποίησής της ως καύσιμης ύλης. Λόγω μιας σειράς νομοθετικών περιορισμών που εφαρμόστηκαν για τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και των οσμών που οφείλονται σε αυτή τη χρήση, η τιμή της ελαιοπυρήνας τείνει να μειωθεί τα τελευταία χρόνια με αποτέλεσμα την αύξηση της πιθανής χρήσης της στην κομποστοποίηση. Η ελαιοπυρήνα των φυγοκεντρικών ελαιουργείων, εξαιτίας της μεγάλης περιεκτικότητας της σε νερό πολλές φορές δεν συμφέρει να μεταφερθεί από τα απομακρυσμένα ελαιουργεία στα πυρηνελαιουργία για εκχύλιση. Σε αυτές τις περιπτώσεις μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παρασκευή κόμποστ στον τόπο παραγωγής της.

Η αναλογία C/N στην ελαιοπυρήνα είναι υψηλή γεγονός που απαιτεί την προσθήκη κάποιας ποσότητας αζώτου. Η θερμοφιλή φάση της κομποστοποίησης διαρκεί το μέγιστο 10 εβδομάδες ενώ η φάση ωρίμανσης διαρκεί άλλες 8 εβδομάδες. Το τελικό κόμποστ έχει έντονα μαύρο χρώμα, με καλά φυσικοχημικά χαρακτηριστικά και ένα επαρκές επίπεδο θρεπτικών. Πλεονεκτήματα του κόμποστ της ελαιοπυρήνας γενικά, θεωρείται η μεγάλη διάρκεια παρουσίας του στο έδαφος. Το πρόβλημα γενικά των ελαιοπυρήνων είναι ότι λόγω της σύνθεσής τους έχουν μια μακρά περίοδο κομποστοποίησης και πολύ μεγάλες απώλειες ξηρής ουσίας. Ως εκ τούτου προσφέρονται περισσότερο ως συμπληρωματικό υλικό σε μείγματα με άλλες πρώτες ύλες, προσφέροντας την αυξημένη θερμική ικανότητά τους. Σημαντικό πλεονέκτημα του κόμποστ από ελαιοπυρήνες είναι ότι τα τεμαχίδια του πυρήνα του ελαιόκαρπου, λόγω της αυξημένης περιεκτικότητάς τους σε λιγνίνη, διατηρούνται επί μακρόν στο έδαφος και αποτελούν τη βάση του χούμου.

### **1.8.3 Κλαδοκλαρα ελαιόδεντρων**

Τα κλαδοκάθαρα των ελαιόδεντρων είναι ένα πολύ αξιόλογο υλικό και σε ανάμειξη με τα φύλλα ελιάς που συγκεντρώνονται στα ελαιοτριβεία και το πυρηνόλυμα των διφασικών ελαιοτριβείων μπορούν να δώσουν υψηλής ποιότητας κόμποστ. Μειονέκτημα των ελαιοκλαδοκαθαρών αποτελεί η μεγάλη διασπορά τους και το ογκώδες της φύσης τους. Ο τεμαχισμός τους από ρυμουλκούμενο μύλο και η ταυτόχρονη φόρτωσή τους στο φορτηγό που ρυμουλκεί το μύλο είναι η πλέον συμφέρουσα λύση.

### **1.8.4 Στέμφυλα οινοποιείων**

Αποτελούν μια από τις καλύτερες πρώτες ύλες για κομποστοποίηση. Αποδομούνται εύκολα και γρήγορα ακόμη και μόνα τους, ενώ το παραγόμενο κόμποστ χαρακτηρίζεται από πολύ ήπιες τιμές pH και E.C. Χαρακτηριστικό των στέμφυλων είναι η αυξημένη περιεκτικότητά τους σε N που όμως δεν είναι άμεσα διαθέσιμο στους μικροοργανισμούς. Η συγκέντρωσή τους στις μονάδες οινοποίησης κάνει πολύ εύκολη και οικονομική τη συγκέντρωση και μεταφορά τους σε μονάδες κομποστοποίησης.

### **1.8.5 Κληματίδες αμπέλου**

Είναι ένα από τα καλύτερα υλικά για κομποστοποίηση, μετά τον τεμαχισμό τους. Η μεγάλη βέβαια διασπορά τους αποτελεί σοβαρό οικονομικό πρόβλημα για τη συγκέντρωσή τους. Το παραγόμενο κόμποστ έχει πολύ καλές υδατικές ιδιότητες που πλησιάζουν εκείνες της τύρφης.

### **1.8.6 Υπολείμματα θερμοκηπιακών καλλιεργειών**

Αποτελούν μια καλή πρώτη ύλη λόγω της εύκολης συγκέντρωσής τους. Το κόμποστ που παράγεται έχει συνήθως υψηλή E.C. και αυτό αποδίδεται στο χώμα που είναι προσκολλημένο στο ριζικό σύστημα των φυτών δεδομένου ότι σ' αυτό έχουν προστεθεί αυξημένες ποσότητες χημικών λιπασμάτων. Πειραματικός έχει αποδειχτεί ότι τα φυτοφάρμακα που υπάρχουν σ' αυτά τα φυτά διασπώνται κατά την κομποστοποίηση αλλά δεν είναι γνωστό τι γίνεται με τα προϊόντα της διάσπασής τους. Η χρήση πλαστικών σπάγκων για την ανάρτηση των φυτών εντός του θερμοκηπίου έχει ως αποτέλεσμα την παρουσία τους στα υπολείμματα. Κατά την άλεση τους σε μύλους με μαχαίρια πολύ συχνά οι σπάγκοι αυτοί περιτυλίγονται στα κινούμενα μέρη και δημιουργούν σοβαρά προβλήματα στη λειτουργία των μηχανημάτων. Για το λόγο αυτό απαιτείται η χρήση μύλων με σφυριά που δεν επηρεάζονται τόσο εύκολα.

### **1.8.7 Υπολείμματα τροφών κουζίνας**

Τα υπολείμματα από τις τροφές στην κουζίνα π.χ. υπολείμματα νωπών φρούτων και λαχανικών αλλά και υπολείμματα μαγειρευμένων τροφών, εκτός κρεάτων και ψαριών, αποτελούν επίσης μια πολύ καλή πρώτη ύλη για παρασκευή κόμποστ. Η ποσότητα αυτών των υπολειμμάτων κυμαίνεται γύρω στα 200-300 gr κατά άτομο την ημέρα.

## 1.9 Οδηγίες χρησιμοποίησης του παραγόμενου κόμποστ

Το κόμποστ ανάλογα με το βαθμό ωριμότητας του μπορεί να έχει διάφορες χρήσεις. Οι σημαντικότερες είναι:

- Βελτιωτικό εδάφους.
- Συστατικό υποστρωμάτων για την ανάπτυξη καλλωπιστικών φυτών, κηπευτικών, ανθοκομικών φυτών και σε φυτώρια.
- Υπόστρωμα στις καλλιέργειες μανιταριών.
- Αποκατάσταση εδάφους σε άγονες και φτωχές σε θρεπτικά συστατικά εκτάσεις, που προέρχονται είτε από εντατική καλλιέργεια είτε από πυρκαγιές.
- Σε ΧΥΤΑ ως υλικό κάλυψης.
- Σε παλιά λατομεία ως επιφανειακό βελτιωτικό εδάφους κατά το στάδιο της αποκατάστασης.
- Σε κοινόχρηστους χώρους πρασίνου στις πόλεις καθώς και στα πρανή των εθνικών οδών για έλεγχο των διαβρωτικών φαινομένων.
- Σε γήπεδα ποδοσφαίρου και γκολφ.
- Σε αναδασώσεις.
- Σε απολυμάνσεις - εξυγιάνσεις εδαφών.
- Για την καταπολέμηση μυκήτων εδάφους, νηματωδών κ.α.

## 1.10 Ποιότητα κόμποστ

Όπως έχει αναφερθεί η τελική ποιότητα των κόμποστ καθορίζεται από την πρώτη ύλη αλλά και από τη διαδικασία κομποστοποίησης. Οι ιδιότητες που καθορίζουν την ποιότητα ενός κόμποστ χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες. Στις Φυσικές, τις Χημικές και τις Βιολογικές ιδιότητες.

### 1.10.1 Φυσικές ιδιότητες

Ένα κόμποστ χαρακτηρίζεται ως καλής ποιότητας αν έχει τις ακόλουθες φυσικές ιδιότητες:

Η **Κοκκομετρία** του να είναι διευρυμένη, δηλαδή το κόμποστ να περιλαμβάνει τεμαχίδια διαφόρων μεγεθών ώστε να σχηματίζονται μεταξύ τους πόροι διαφόρων μεγεθών δεδομένου ότι οι μικροί πόροι κρατούν νερό και οι μεγάλοι αέρα. Αυτό συμβάλλει στην εξασφάλιση για το φυτό του απαιτούμενου νερού και του απαιτούμενου αέρα ιδιαίτερα στις περιπτώσεις που τα κόμποστ χρησιμοποιούνται στην παρασκευή υποστρωμάτων.

Το **Φαινόμενο Ειδικό Βάρος** (Kg/ l) να είναι όσο γίνεται μικρότερο, δηλαδή να είναι όσο γίνεται ελαφρότερο, για να μειώνεται το ολικό κόστος μεταχείρισης και εφαρμογής του.

- Ο **Ολικός Όγκος Πόρων (%)** να είναι όσο γίνεται μεγαλύτερος για να μπορεί να συγκρατεί όσο γίνεται μεγαλύτερη ποσότητα νερού και αέρα.
- Οι **Υδατικές Ιδιότητες** να του επιτρέπουν τη συγκράτηση ικανών ποσοτήτων νερού με χαλαρές σχετικά δυνάμεις συγκράτησης, ώστε να μπορεί το φυτό να τις παραλαμβάνει και ταυτόχρονα να εξασφαλίζεται η απαιτούμενη ποσότητα αέρα. Έχει διαπιστωθεί ότι εδάφη βελτιωμένα με κόμποστ απαιτούν μικρότερες ποσότητες νερού για τη μέγιστη δυνατή απόδοση μιας καλλιέργειας.
- Οι **Ξένες Προσμίξεις** ανεπιθύμητων υλικών, π.χ. τεμαχιδίων πλαστικού, μετάλλων, γυαλιών, κλπ. να είναι μηδενικές. Η παρουσία τους υποβιβάζει τόσο την ποιότητα του υλικού αλλά και την εμπορική του αξία.

- Η **Οσμή** του να είναι γαιώδης (οσμή βρεγμένου εδάφους) που αποτελεί μια γενικά αποδεκτή και ευχάριστη οσμή. Αντίθετα οποιαδήποτε δυσάρεστη οσμή προκαλεί αποστροφή του χρήστη από το προϊόν.

### 1.10.2 Χημικές ιδιότητες

Από πλευράς χημικών ιδιοτήτων ένα κόμποστ χαρακτηρίζεται καλής ποιότητας αν έχει τις ακόλουθες χημικές ιδιότητες:

Η περιεκτικότητά του σε οργανική ουσία να είναι όσο γίνεται μεγαλύτερη και πάνω από το 50% της ξηρής του ουσίας. Τα προϊόντα αυτά προωθούνται ως φυσικά, οργανοχημικά εδαφοβελτιωτικά και θα πρέπει να πληρούν τις προϋποθέσεις του τίτλου τους.

Η σχέση του C/N να είναι χαμηλή και οπωσδήποτε κάτω του 20/1. Υπενθυμίζεται ότι κατά την έναρξη της κομποστοποίησης απαιτείται η σχέση αυτή να έχει την τιμή 30/1. Η μείωση της σχέσης προκαλείται από την ελευθέρωση άνθρακα (C) με τη μορφή CO<sub>2</sub>.

Το pH του να κυμαίνεται γύρω στην ουδέτερη ή την ελαφρώς όξινη περιοχή. Συνήθως όμως το pH των κόμποστ κυμαίνεται στην ελαφρώς αλκαλική περιοχή και αυτό θα πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη στην παρασκευή υποστρωμάτων για ανάπτυξη οξύφυλλων φυτών εκτός εδάφους.

Η E.C. να βρίσκεται σε χαμηλά επίπεδα. Σε περίπτωση αυξημένης E.C. θα πρέπει να διαπιστώνονται οι λόγοι και να γίνονται ανάλογες ενέργειες αντιμετώπισής της. Ένας τρόπος είναι η πρόσμιξή τους με άλλα υλικά που έχουν χαμηλή ή μηδενική E.C. όπως είναι η Ξανθιά τύρφη.

Η περιεκτικότητά του σε θρεπτικά στοιχεία να είναι αυξημένη. Αυτό όμως συνεπάγεται και αυξημένη E.C. και επιβάλλεται προσοχή στις εφαρμογές του. Πολύ συχνά γίνεται προσθήκη ανόργανων λιπασμάτων με στόχο να αυξήσουν τη θρεπτική τους αξία αλλά και την διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων.

Η περιεκτικότητά τους σε βαριά μέταλλα να είναι όσο γίνεται περισσότερο χαμηλή και οπωσδήποτε να μην υπερβαίνει τα επιτρεπτά όρια.

Να μην έχει καθόλου φυτοτοξική δράση. Οι φυτοτοξικές ουσίες που συνήθως εμφανίζονται στο κόμποστ είναι διάφορα οργανικά οξέα και ακόμη φαινόλες και φαινολικά παράγωγα. Συμπερασματικά αναφέρεται ότι οι φυτοτοξικές ουσίες που είτε υπάρχουν στα οργανικά υπολείμματα είτε κυρίως παράγονται κατά τη φάση της ταχείας κυρίως αποδόμησης, διασπώνται κι αυτές στα επόμενα στάδια της χώνευσης και κυρίως της ωρίμανσης. Για το λόγο αυτό είναι απαραίτητο κατά την παρασκευή των κόμποστ, τη φάση της χώνευσης να ακολουθεί περίοδος 2-3 μηνών για την ωρίμανσή τους.

### **1.10.3 Βιολογικές ιδιότητες**

Η απουσία ανθρωπογενών παθογόνων μικροοργανισμών καθορίζει την ασφάλεια ενός τέτοιου προϊόντος για την υγεία τόσο του χρήστη όσο και του καταναλωτή των παραγόμενων προϊόντων.

♦ Η απουσία ζωικών ή φυτικών παθογόνων μικροοργανισμών καθορίζει την ασφαλή χρήση του υλικού σε διάφορες καλλιέργειες χωρίς τον κίνδυνο μεταφοράς και διάδοσης ασθενειών.

♦ Η παρουσία μεγάλου αριθμού μικροοργανισμών δημιουργεί ένα πλούσιο οικοσύστημα στο οποίο οι διάφοροι μικροοργανισμοί προσφέρουν προστασία από διάφορες ασθένειες κυρίως του ριζικού συστήματος.

Η διαδικασία είναι μικροβιακή, αερόβια και θερμοφιλή

Γιατί μικροβιακή: ένας μεγάλος, ποικιλόμορφος και πολυπληθέστερος συνδυασμός διαφορετικών μικροοργανισμών (μύκητες, βακτήρια, ζύμες, ακτινομύκητες κ.α.) καθώς και οργανισμών (γαιοσκώληκες κ.α.) είναι υπεύθυνοι για τη διαδικασία αυτή.

Γιατί αερόβια: η παρουσία επαρκούς ποσότητας οξυγόνου είναι αναγκαία για τη γρήγορη, αποτελεσματική και χωρίς προβλήματα αποδόμηση της οργανικής ουσίας μέσω των αερόβιων (κυρίως) προαναφερθέντων μικροοργανισμών. Ως αερόβιες χαρακτηρίζονται οι συνθήκες εκείνες που η περιεκτικότητα σε οξυγόνο έχει πέσει χαμηλότερα του 1 %. Οι μικροοργανισμοί που επικρατούν τότε είναι κυρίως μεθανογενείς και το οξυγόνο αποτελεί τοξικό παράγοντα.

Γιατί θερμόφιλη: ως αποτέλεσμα της μικροβιακής αποδόμησης παράγεται ενέργεια που έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας των υλικών που αποδομούνται.

Ουσιαστικά κατά την κομποστοποίηση πολύπλοκα οργανικά μόρια διασπώνται κάτω από τη δράση μικροοργανισμών σε απλούστερες οργανικές ενώσεις.

## **1.11 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της κομποστοποίησης**

### **1.11.1 Πλεονεκτήματα**

Τα βασικότερα πλεονεκτήματα της κομποστοποίησης στερεών αποβλήτων μπορούν να εξαχθούν από την φιλοσοφία της αντιμετώπισης των αποβλήτων ως πηγή θρεπτικών συστατικών και όχι ως μια άχρηστη ύλη. Σύμφωνα με την αντιμετώπιση αυτή λοιπόν, το κόμποστ παρουσιάζει τα εξής πλεονεκτήματα (Rynk 1992; Αργυροπούλου 2004):

### **1. Εφαφοβελτιωτικό προϊόν**

Εφαρμόζοντας το τελικό προϊόν της κομποστοποίησης στο έδαφος, τότε εμπλουτίζουμε το έδαφος αυτό με οργανική ουσία, συμβάλλοντας έτσι στην βελτίωση της εδαφικής δομής μειώνοντας έτσι τον κίνδυνο πιθανής διάβρωσης του εδάφους. Βελτιώνει επίσης την ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων (I.A.K.), την υδατοϊκανότητα, το pH, την διαθεσιμότητα των ιχνοστοιχείων, ενώ συγχρόνως εμπλουτίζεται το έδαφος αυτό με τα βασικά θρεπτικά συστατικά, απαραίτητα για την σωστή λειτουργία των φυτών μειώνοντας τις ανάγκες για ανόργανη λίπανση (Georgakakis D 1995).

### **2. Εμπορεύσιμο προϊόν**

Λόγω των εδαφοβελτιωτικών χαρακτηριστικών του κόμποστ έχει δημιουργηθεί η δυνατότητα προώθησής του στην αγορά κυρίως για γεωργική χρήση, εκμηδενίζοντας με τον τρόπο αυτό το κόστος επεξεργασίας των αποβλήτων. Η τιμή πώλησης του κόμποστ εξαρτάται κυρίως από τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του τελικού προϊόντος καθώς και από τις πρώτες ύλες που χρησιμοποιήθηκαν για την παρασκευή του.



### **3. Μείωση των παραγόμενων οσμών και διευκόλυνση του χειρισμού των παραγόμενων στερεών αποβλήτων**

Με την δημιουργία ενός καλά οργανωμένου συστήματος κομποστοποίησης μειώνονται αισθητά οι παραγόμενες οσμές των αποβλήτων οι οποίες αποτελούν ένα βασικό πρόβλημα κατά τη λειτουργία των μονάδων αυτών τόσο για τις συνθήκες εργασίας του προσωπικού όσο και για την ευρύτερη περιοχή δράσης της μονάδας αυτής. Επίσης κατά την κομποστοποίηση μειώνεται σημαντικά ο όγκος των αποβλήτων, το βάρος καθώς και υγρασίας τους συμβάλλοντας έτσι στον ευκολότερο χειρισμό και αποθήκευση του προϊόντος αυτού (Μήτσιου 2000).

### **4. Θανάτωση παθογόνων και εξυγίανση του αρχικού υλικού**

Με τη διαδικασία της κομποστοποίησης θανατώνονται οι περισσότεροι παθογόνοι μικροοργανισμοί, οι σπόροι ζιζανίων και τα φυτοπαθογόνα, συμβάλλοντας έτσι στην εξάλειψη του κινδύνου ανάπτυξης ασθενειών. Επίσης έχουν μελετηθεί οι επισχετικές ιδιότητες του ώριμου κόμποστ, κατά τις οποίες έχει παρατηρηθεί μια βιολογική καταπολέμηση των παθογόνων της ριζόσφαιρας του εδάφους (Chen W 1987).

### **5. Βελτίωση των φυσικοχημικών ιδιοτήτων των αποβλήτων**

Το παραγόμενο κόμποστ αποτελεί ένα καλό εδαφοβελτιωτικό που έχει και ιδιότητες λίπανσης του εδάφους. Κατά την αερόβια χώνευση πραγματοποιείται μετατροπή του περιεχόμενου αζώτου σε μία πιο σταθερή οργανική μορφή. Παρόλο που αυτό οδηγεί σε μείωση του ποσοστού του αζώτου, αυτό που μένει είναι λιγότερο επιρρεπές σε έκπλυση και επιφανειακή απορροή που θα οδηγούσε σε επιπλέον μείωση αζώτου και επιβάρυνση του περιβάλλοντος. Επίσης παρουσιάζει μικρότερο λόγω C/N σε σχέση με τον αρχικό, μειώνοντας έτσι τον κίνδυνο αδρανοποίησης του εδαφικού αζώτου καθιστώντας το διαθέσιμο για τα φυτά (Μάρη 2000).

### **1.11.2 Μειονεκτήματα**

Η διαδικασία της κομποστοποίησης παρουσιάζει και ορισμένα μειονεκτήματα, τα οποία κρίνεται σκόπιμο να παρουσιασθούν, για να δοθεί μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα της μεθόδου (Αργυροπούλου 2004, Frank 2007).

#### **1. Συνολικό κόστος επεξεργασίας**

Η κομποστοποίηση, όπως κάθε διαδικασία, απαιτεί εγκαταστάσεις, εργατικό δυναμικό, καλή οργάνωση και σωστή διαχείριση. Παρόλα αυτά, η αρχική επένδυση μπορεί να είναι πολύ μικρή με την προϋπόθεση ότι θα χρησιμοποιηθούν οι υπάρχοντες εγκαταστάσεις. Αυτή όμως η προσέγγιση μπορεί να πραγματοποιηθεί μόνο στις περιπτώσεις των μικρών γεωργικών μονάδων, όπου η ποσότητα των αποβλήτων είναι μικρή, σε αντίθεση με τις μεσαίες και μεγάλες μονάδες που το κόστος είναι ασύμφορο λόγω απασχόλησης μεγάλου αριθμού προσωπικού.

Στις μονάδες αυτές κρίνεται λοιπόν απαραίτητη η αγορά επιπλέον εξοπλισμού, ο οποίος ανεβάζει αρκετά το κόστος της επένδυσης.

#### **2. Χρήση συγκεκριμένης έκτασης της μονάδας**

Για την πραγματοποίηση της κομποστοποίησης απαιτείται συγκεκριμένη έκταση, η οποία πολλές φορές είναι και στεγαζόμενη, όπου θα γίνεται η επεξεργασία, η αποθήκευση και η συσκευασία του τελικού προϊόντος

#### **3. Οσμές**

Το να ισχυριστεί κανείς ότι η διαδικασία της κομποστοποίησης είναι απαλλαγμένη από οσμές, σίγουρα θα είναι αναληθής και αποπροσανατολιστικός. Μολονότι το τελικό προϊόν είναι άοσμο, τα απόβλητα στην αρχική τους μορφή εκλύουν δύσσομα αέρια (κυρίως αμμωνία), ιδιαίτερα αν έχουν πρώτα αποθηκευτεί για κάποιο διάστημα, ενώ και κατά την διάρκεια της επεξεργασίας τους εκλύονται δυσάρεστες οσμές. Το όλο πρόβλημα μπορεί όμως να περιοριστεί και να εντοπιστεί μόνο περιοδικά και τοπικά στο χώρο της επεξεργασίας με την προϋπόθεση ότι η διαχείριση των αποβλήτων έχει σχεδιασθεί και οργανωθεί σωστά.

#### **4. Επίδραση του καιρού**

Οι καιρικές συνθήκες επιδρούν στην διαδικασία της κομποστοποίησης είτε έμμεσα είτε άμεσα, επηρεάζοντας και την πορεία χώνευσης αλλά και τις απαιτούμενες εργασίες από το προσωπικό. Όταν επικρατούν χαμηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος, τότε επιβραδύνεται η όλη διαδικασία της χώνευσης. Σε περιπτώσεις βροχής και χιονιού οι επιπτώσεις είναι ακόμα μεγαλύτερες καθώς μπορεί να προκαλέσουν πάγωμα του υλικού ή του εξοπλισμού με αποτέλεσμα την επιβράδυνση της κομποστοποίησης. Ιδιαίτερα σε περιπτώσεις σφοδρής χιονόπτωσης υπάρχει ακόμα και ο κίνδυνος διακοπής της όλης διαδικασίας έως την άνοιξη. Τέλος, σε περίπτωση που η αποθήκευση γίνεται προσωρινά σε ακάλυπτο χώρο μια ανεπιθύμητη βροχόπτωση είναι δυνατό να αυξήσει την υγρασία των αποβλήτων έχοντας σαν αποτέλεσμα την παρεμπόδιση της αερόβιας χώνευσης.

#### **5. Δυσκολίες πώλησης της κομπόστας**

Στην Ελλάδα παρόλο που τα τελευταία χρόνια έχει παρατηρηθεί αύξηση της επαγγελματικής διάθεσης του κομπόστ στην αγορά, ακόμα βρίσκεται σε πολύ πρώιμα στάδια. Η πώληση του προϊόντος απαιτεί ικανούς πωλητές που να πείθουν τους υποψήφιους αγοραστές, ένα ολοκληρωμένο δίκτυο διανομής και πώλησης, διάθεση κεφαλαίου για διαφήμιση και έρευνα για τις ανάγκες των καταναλωτών καθώς και ύπαρξη υψηλής σταθερής και πιστοποιημένης ποιότητας του τελικού προϊόντος.

#### **6. Βραδεία διαθεσιμότητα θρεπτικών συστατικών κατά την εφαρμογή του κομπόστ.**

Τα θρεπτικά συστατικά της κομπόστας βρίσκονται ως επί το πλείστον σε πολύπλοκες οργανικές μορφές και πρέπει πρώτα να ορυκτοποιηθούν στο έδαφος, πριν καταστούν διαθέσιμα στα φυτά. Ενδεικτικό είναι το γεγονός πως μόλις το 15% της ολικής συγκέντρωσης του αζώτου του κομπόστ που εφαρμόζεται στο έδαφος είναι διαθέσιμο στα φυτά κατά την πρώτη καλλιεργητική περίοδο. Επίσης, απαιτούνται μεγαλύτερες ποσότητες χωνεμένου προϊόντος από λίπασμα ώστε να καλυφθούν πλήρως οι ανάγκες λίπανσης μιας καλλιέργειας ή εναλλακτικά κάλυψη των αναγκών αυτών με την χρήση λιπάσματος, επιλογή που βαραίνει οικονομικά τον παραγωγό.

## **7. Τροφοπενίες φυτών από εφαρμογή του κόμποστ**

Οι τροφοπενίες προκαλούνται από την συνέχιση της αποδόμησης του μη χωνεμένου προϊόντος, μετά την εφαρμογή του στο έδαφος έχοντας ως αποτέλεσμα τη δέσμευση του αζώτου του εδάφους και άλλων στοιχείων από τους αποικοδομητικούς μικροοργανισμούς εις βάρος των φυτών.

## **8. Φυτοτοξικότητα ανώριμου κόμποστ**

Η φυτοτοξικότητα ενός ανώριμου κόμποστ οφείλεται σε φυτοτοξικές ουσίες που παράγονται κυρίως κατά τη διάρκεια της βιοαποδόμησης. Οι ουσίες αυτές είναι διάφορα οργανικά οξέα, φαινόλες και φαινολικά παράγωγα (Μήτσιου 2000).

Παρόλα τα προαναφερθέντα μειονεκτήματα είναι ανάγκη να τονίσουμε πως η διαδικασία της κομποστοποίησης αποτελεί την παλαιότερη και ίσως την ιδανικότερη επιλογή επεξεργασίας στερεών αποβλήτων.

Για να μπορέσει όμως να είναι μια βιώσιμη λύση, τόσο λειτουργικά όσο και οικονομικά, θα πρέπει να σχεδιαστεί και να λειτουργεί σωστά λαμβάνοντας υπόψιν όλους τους παράγοντες που σχετίζονται με την διαδικασία της κομποστοποίησης αλλά και τα προαναφερθέντα μειονεκτήματα. Επίσης θα πρέπει να αντιμετωπιστεί ως μια κερδοφόρος, δευτερεύουσα παραγωγική διαδικασία της επιχείρησης και όχι ως υποχρεωτική και επιβαρύνουσα

### **1.12 Ειδική μεταχείριση ορισμένων οργανικών υλικών**

Υπάρχουν ορισμένα οργανικά υλικά που χρειάζονται είτε ειδική μεταχείριση πριν χρησιμοποιηθούν ή απαιτούνται σε μικρές ποσότητες σε στρώσεις κατά τη δημιουργία του σωρού. Τα υλικά αυτά επιβραδύνουν τη διεργασία της κομποστοποίησης ή/και υποβαθμίζουν την ποιότητα του παραγόμενου κομπόστ. Οι παρατηρήσεις γύρω από τις ιδιότητες και τη χρήση τους παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας1: Τρόποι επίλυσης ενδεχόμενων προβλημάτων κατά την πορεία της κομποστοποίησης.

Πρόβλημα	Πιθανή αιτία	Λύση
Δυσάρεστες οσμές	Υπερβολική υγρασία Συμπίεση	Ανακατεύουμε τον σωρό προσθέτοντας ξερά υλικά (πριονίδι, ξερά χόρτα κλπ).  Ανακατεύουμε τον σωρό ή μειώνουμε το μέγεθός του.
Μυρωδιά αμμωνίας	Πολλά πράσινα υλικά (άζωτο)	Προσθέτουμε ξερά υλικά
Χαμηλή θερμοκρασία σωρού	Πολύ μικρός σωρός Πολύ λίγη υγρασία Κακός αερισμός Κρύος καιρός	Μεγαλώνουμε τον σωρό προσθέτοντας υλικά.  Καταβρέχουμε και ανακατεύουμε.  Καλύπτουμε τον σωρό με χόρτα ή ένα πλαστικό.
Υψηλή θερμοκρασία σωρού	Πολύ μεγάλος σωρός Πολλά πράσινα υλικά (πλούσια σε άζωτο)	Μειώνουμε το μέγεθος του σωρού ή ανακατεύουμε πιο συχνά.  Προσθέτουμε ξερά υλικά (πλούσια σε άνθρακα).
Τρωκτικά ή άλλα ζώα	Παρουσία υπολειμμάτων Κρέατος ή λίπη	Δεν ρίχνουμε υπολείμματα φαγητών.  Καλύπτουμε τον σωρό με πριονίδι ή χώμα.  Κλείνουμε καλά το καπάκι του κάδου

## Κεφάλαιο 2. Εισαγωγή

### 2.1 Ζωοτροφές

Γενικά, ως ζωοτροφή, από φυσιολογική σκοπιά, ορίζεται κάθε ύλη η οποία μετά την πρόσληψή της μπορεί να πεφθεί, να απορροφηθεί και να χρησιμοποιηθεί από τον οργανισμό του ζώου. Ένας πιο πλήρης ορισμός του όρου ζωοτροφή παρέχεται από τον Καλαϊσάκη (1975) σύμφωνα με τον οποίο ζωοτροφή είναι κάθε ύλη φυτικής, ζωικής ή ανόργανης προέλευσης, η οποία παράγεται φυσικά ή τεχνητά και προάγει το φαινόμενο της θρέψης, χωρίς να θίγει την υγεία του ζώου.

Επομένως, οι ζωοτροφές προκειμένου να εκπληρώσουν τον φυσιολογικό τους ρόλο, πρέπει να περιέχουν θρεπτικά συστατικά και να μην περιέχουν βλαπτικούς για την υγεία του ζώου παράγοντες ή αν περιέχουν να βρίσκονται σε ποσότητα που να μην απαγορεύουν τη χρήση τους, ενώ μπορούν να περιέχουν αδρανή συστατικά.

Θρεπτικά συστατικά είναι οι ουσίες που εμπλέκονται στα μεταβολικά φαινόμενα του ζωικού οργανισμού και του επιτρέπουν την εκδήλωση μιας ή περισσοτέρων από τις φυσιολογικές του λειτουργίες.

Τα θρεπτικά συστατικά διακρίνονται σε:

**i. Δομικά συστατικά:** Περιλαμβάνονται οι υδατάνθρακες, τα λίπη, οι πρωτεΐνες, το νερό και τα μακροστοιχεία. Είναι τα θρεπτικά συστατικά που συμβάλλουν στη διάπλαση των ιστών του σώματος.

**ii. Δυναμικά συστατικά:** Περιλαμβάνονται τα ιχνοστοιχεία και οι βιταμίνες. Τα συστατικά αυτά περιέχονται στις ζωοτροφές και στο ζωικό σώμα σε πολύ μικρές ποσότητες, ενώ η φυσιολογική τους δράση χαρακτηρίζεται από δυναμική παρέμβαση στον κυτταρικό μεταβολισμό.

Ο όρος που χρησιμοποιείται προκειμένου να υπάρχει ένα μέτρο αξιολόγησης και εκτίμησης της θρεπτικής αξίας μιας ζωοτροφής είναι η διαιτητική αξία.

Η Διαιτητική Αξία μιας Ζωοτροφής εκφράζει τον βαθμό στον οποίο η ζωοτροφή αυτή ανταποκρίνεται στην προαγωγή του φαινομένου της θρέψης χωρίς να θίγει την υγεία του ζώου.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν τη διαιτητική αξία είναι:

**1. Η θρεπτική αξία:** Εκφράζει το ενεργειακό περιεχόμενο της ζωοτροφής. Όσο μεγαλύτερη είναι η θρεπτική αξία τόσο μεγαλύτερη είναι και η συμβολή της ζωοτροφής στη κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του ζώου. Επίσης, εάν δεν καλυφθούν οι ανάγκες του ζώου σε ενέργεια, δεν είναι δυνατό να αξιοποιηθούν σε ικανοποιητικό βαθμό όλα τα άλλα θρεπτικά στοιχεία.

**2. Η πεπτικότητα της οργανικής ουσίας (ΠΟΟ):** Αποτελεί γνώμονα της καταλληλότητας της ζωοτροφής για κάθε είδος ή κατηγορία ζώου. Η ΠΟΟ είναι συνάρτηση του τύπου πέψεως του ζώου αλλά και της δομής και της υφής της ζωοτροφής.

**3. Η περιεκτικότητα σε αζωτούχες ουσίες:** Αποτελεί κριτήριο της διαιτητικής αξίας της ζωοτροφής επειδή ο οργανισμός των ζώων δεν μπορεί να συνθέσει πρωτεΐνες και άλλες απαραίτητες αζωτούχες ενώσεις εάν δεν έχει στη διάθεσή του άζωτο.

**4. Η περιεκτικότητα σε ορισμένα θρεπτικά συστατικά:** Θρεπτικά συστατικά όπως οι Ινώδεις Ουσίες, το ασβέστιο (Ca) και ο φωσφόρος (P), έχουν ευμενή ή δυσμενή επίδραση στη διαιτητική αξία μιας ζωοτροφής ανάλογα με την περιεκτικότητά τους.

**5. Η παρουσία ειδικών παραγόντων:** Διάφοροι τοξικοί παράγοντες υποβιβάζουν τη διαιτητική αξία των ζωοτροφών, ενώ η παρουσία μη ταυτοποιηθέντων παραγόντων την αυξάνει. Στους ειδικούς αυτούς παράγοντες ανήκουν και οι διάφορες χρωστικές ουσίες, οι οποίες στην περίπτωση των ορνίθων ωοπαραγωγής βελτιώνουν την ποιότητα των αυγών και το χρωματισμό της λεκίθου.

**6. Η νωπότητα, η καθαρότητα και η ελκυστικότητα:** Η νωπότητα βρίσκεται σε στενή σχέση με την ελκυστικότητα. Όταν μειώνεται σημαντικά η νωπότητα μιας ζωοτροφής και κάτω από μη καλές συνθήκες διατήρησης, τότε συμβαίνουν αλλοιώσεις λόγω της ανάπτυξης μικροοργανισμών με αποτέλεσμα τη μείωση της ελκυστικότητας. Επίσης, η παρουσία ξένων οργανικών ή ανόργανων ουσιών, όπως είναι το χώμα, η σκόνη, κτλ. μειώνει τη διαιτητική αξία.

**7. Το ευστόμαχο της ζωοτροφής:** Η ιδιότητα αυτή εκφράζεται με την ευνοϊκή επίδραση της ζωοτροφής πάνω στη δραστηριότητα των αδένων του πεπτικού συστήματος καθώς και της μικροχλωρίδας και καθορίζεται, κατά κύριο λόγο, από τη χημική σύνθεση και την υφή της ζωοτροφής.

## **2.2 Διάκριση Ζωοτροφών**

Απλή ζωοτροφή ορίζεται μια και μόνη ζωοτροφή με τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά που έχει ως φυσική ή τεχνητή πρώτη ύλη ή με αυτά που αποκτά μετά από ενδεχόμενη επεξεργασία. Επομένως, απλές είναι όλες οι επιμέρους ύλες που περιέχουν θρεπτικά συστατικά και χρησιμοποιούνται στη διατροφή των ζώων. Οι απλές ζωοτροφές υποδιαιρούνται σε χονδροειδείς και συμπυκνωμένες.

### **2.2.1 Χονδροειδείς ζωοτροφές**

Είναι εκείνες που η μονάδα βάρους τους έχει μεγάλο όγκο και μικρή περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά. Έχουν αποκλειστικά φυτική προέλευση.

Τα κύρια χαρακτηριστικά τους είναι τα εξής:

Αποτελούνται από διάφορα τμήματα των καλλιεργούμενων ή αυτοφυών φυτών (φύλλα, στελέχη, άνθη), κόνδυλοι (γεώμηλα), αποθησαυριστικές ρίζες (τεύτλα), χυμώδεις καρποί κηπευτικών (τομάτες, κολοκύθες), χυμώδεις καρποί δένδρων (μήλα, σύκα, κτλ), υποπροϊόντα θεριζοαλωνισμού, κτλ.

Χαρακτηρίζονται από υψηλή περιεκτικότητα σε ινώδεις ουσίες, που συνήθως ξεπερνά το 18% της ξηρής ουσίας. Ανάλογα με τον τρόπο συντήρησής τους διακρίνονται σε χλωρές, ενσιρωμένες και ξηρές, ύστερα από φυσική ή τεχνητή αποξήρανση.

Οι χονδροειδείς ζωοτροφές παράγονται σε μεγάλες ποσότητες ανά μονάδα επιφάνειας εδάφους και, κατά κανόνα, έχουν χαμηλό κόστος. Όμως δεν μπορούν να αξιοποιηθούν από όλα τα αγροτικά ζώα παρά μόνο από τα μηρυκαστικά, τα οποία διαθέτουν τους προστόμαχους, όπου με τη βοήθεια των μικροοργανισμών γίνεται διάσπαση των κυτταρινών και ημικυτταρινών των κυτταρικών τοιχωμάτων.

Για την καλή λειτουργία του πεπτικού συστήματος, η συμμετοχή των χονδροειδών ζωοτροφών είναι απαραίτητη στο σιτηρέσιο των μηρυκαστικών και σε ποσοστά που κυμαίνονται από 10 μέχρι και 100% της ξηρής ουσίας, ανάλογα με τη διατροφή. Σε ορισμένες περιπτώσεις, οι χονδροειδείς ζωοτροφές είναι απαραίτητες και για τη διατροφή άλλων κατηγοριών ζώων, εκτός των μηρυκαστικών, όπως π.χ. τρυφερό χλωρό ή αποξηραμένο χόρτο για ωοτόκες όρνιθες ή για χοιρομητέρες.



## 2.2.2 Συμπυκνωμένες ζωοτροφές

Είναι εκείνες που η μονάδα βάρους τους έχει μικρό όγκο και μεγάλη περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά. Έχουν φυτική, ζωική ή ανόργανη προέλευση. Οι συμπυκνωμένες ζωοτροφές ταξινομούνται με βάση την προέλευσή τους (φυτική ή ζωική) και τα κύρια θρεπτικά τους συστατικά (ενέργεια ή πρωτεΐνη). Τα κύρια χαρακτηριστικά τους σχετίζονται άμεσα με την ταξινόμηση τους.

### 2.2.2.1 Φυτικής προέλευσης:

1. Οι Δημητριακοί καρποί (αραβόσιτος, σιτάρι, κριθάρι, βρώμη, κτλ) καλλιεργούνται για τους σπόρους τους. Έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες (45 – 70%) και σχετικά μικρή σε αζωτούχες ουσίες (8 – 14%).

2. Τα Σπέρματα. Αυτά που προέρχονται από ψυχανθή, είτε χαρακτηρίζονται από την υψηλή περιεκτικότητά τους σε αζωτούχες και λιπαρές ουσίες (π.χ. σπέρματα σόγιας και αραχίδας, αντίστοιχα), είτε από υψηλή περιεκτικότητα σε αζωτούχες ουσίες και υδατάνθρακες (σπέρματα κουκιών, βίκου, λούπινων, κτλ). Τα σπέρματα άλλων φυτών (π.χ. ηλιάνθου, λίνου, σησαμιού, κτλ.) περιέχουν υψηλό ποσοστό ινωδών ουσιών λόγω των περιβλημάτων στα οποία περικλείονται.

3. Υποπροϊόντα Γεωργικών Βιομηχανιών: Κύρια προϊόντα είναι τα πίτυρα, τα κτηνάλευρα, οι πλακούντες και τα αλέσματα.

### 2.2.2.2 Ζωικής προέλευσης:

1. Γάλα & υποπροϊόντα επεξεργασίας γάλακτος, είτε νωπό είτε αφυδατωμένο είτε μετά την αφαίρεση του λίπους (άπαχο γάλα) είτε ως τυρόγαλα.

2. Κρεατάλευρα & οστεοκρεατάλευρα, τα οποία παράγονται μετά από βρασμό υπό πίεση του σώματος ή μερών του σώματος των ζώων, αφαίρεση του μεγαλύτερου μέρους του περιεχόμενου λίπους, αφυδάτωση και άλεση, ενώ δεν περιέχουν το δέρμα των ζώων, τις τρίχες ή τα φτερά καθώς και το περιεχόμενο του πεπτικού σωλήνα. Ανάλογα με την αναλογία σάρκας προς οστά διακρίνονται σε κρεατάλευρα και οστεοκρεατάλευρα.

3. Ιχθυάλευρα, τα οποία παράγονται από ολόκληρα ψάρια ή από μέρη του σώματος μεγάλων ψαριών.

4. Ζωικά λίπη & Έλαια, τα οποία παράγονται κατά την παραγωγή κρεαταλεύρων ενώ τα έλαια κατά την παραγωγή ιχθυαλεύρων.

#### **2.2.2.3. Ανόργανης προέλευσης:**

1. Περιλαμβάνονται όλες οι ανόργανες ύλες που χρησιμοποιούνται ως πηγή ανόργανων στοιχείων, τα οποία αποτελούν θρεπτικά συστατικά για τα ζώα.
2. Χρησιμοποιούνται μαρμαρόσκονη, κτηνοτροφικό φωσφορικό διασβέστιο και το μαγειρικό αλάτι.
3. Για τα ιχνοστοιχεία χρησιμοποιούνται κυρίως θειούχα ή χλωριούχα άλατα των αντίστοιχων ιχνοστοιχείων.

#### **2.2.2.4 Σύνθετες ζωοτροφές**

Είναι οι ζωοτροφές που προέρχονται από ομοιογενή ανάμειξη δύο ή περισσότερων απλών ζωοτροφών. Τα χαρακτηριστικά των σύνθετων ζωοτροφών προέρχονται από τα χαρακτηριστικά των επιμέρους απλών ζωοτροφών που αναμειγνύονται μεταξύ τους

### **2.3 Εκτίμηση των ζωοτροφών**

Η ανάγκη για εκτίμηση των ζωοτροφών είναι γενικά αποδεκτό ότι ο καλύτερος εκτιμητής της ποιότητας μιας ζωοτροφής ή ενός σιτηρεσίου είναι η απόδοση του ζώου που χορηγείται.

Όμως, η απόδοση του ζώου είναι το αποτέλεσμα της επίδρασης της ζωοτροφής, με τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά της, στο φαινόμενο της θρέψης.

Επομένως, είναι ανάγκη να εξευρεθούν μέθοδοι εκτίμησης των ζωοτροφών οι οποίες να στοχεύουν στην ικανοποιητική πρόβλεψη της απόδοσης του ζώου με σκοπό την οικονομική, κατά το δυνατό, παραγωγή ζωικών προϊόντων υψηλής βιολογικής αξίας.

Σήμερα, η εκτίμηση των ζωοτροφών περιλαμβάνει τη χρησιμοποίηση μεθόδων περιγραφής τους οι οποίες ιδιαίτερη έμφαση δίνουν στον προσδιορισμό συγκεκριμένων χημικών συστατικών, χωρίς ωστόσο να υποβαθμίζονται τα φυσικά χαρακτηριστικά της εξεταζόμενης ζωοτροφής. Οι μέθοδοι αυτοί ουσιαστικά θα λέγαμε ότι αντανακλούν στο δυναμικό ή αλλιώς στην ικανότητα των ζωοτροφών να εφοδιάζουν τον ζωικό οργανισμό με τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά και να υποστηρίζουν έτσι διαφορετικά επίπεδα της

ζωικής απόδοσης. Σε τελικό στάδιο, τα αποτελέσματα των μεθόδων εκτίμησης ζωοτροφών χρησιμοποιούνται στα διατροφικά συστήματα τα οποία συνδυάζονται με διάφορες εξισώσεις πρόβλεψης προκειμένου να προσδιοριστεί και επιτευχθεί ένα επιθυμητό επίπεδο της ζωικής απόδοσης από συγκεκριμένα σιτηρέσια.

Πρακτικά, ο σκοπός της εκτίμησης των ζωοτροφών είναι η βελτιστοποίηση της αποδοτικότητας χρησιμοποίησής τους εκ μέρους του ζωικού οργανισμού και τελικά το οικονομικό κέρδος στον παραγωγό. Για το σκοπό αυτό, είναι σημαντικός ο προσδιορισμός του θρεπτικού δυναμικού (δηλαδή όλων των επιμέρους θρεπτικών συστατικών) των κυριότερων ζωοτροφών και η ανάγκη εξεύρεσης των ενδεδειγμένων συμπληρωμάτων με σκοπό την αποφυγή θρεπτικής ανεπάρκειας στο ζωικό οργανισμό και τη βελτίωση της απόδοσης του ζώου.

Επίσης, οι περισσότερες ζωοτροφές δεν είναι σταθερές στην περιεκτικότητά τους σε θρεπτικά συστατικά. Ελάχιστες μόνο ζωοτροφές είναι σταθερές στη σύνθεσή τους και δεν απαιτούν συνήθως χημική ανάλυση (Schingoethe, 1991).

## **2.4 Μέθοδοι που χρησιμοποιούνται στην εκτίμηση των ζωοτροφών**

Το πρώτο βήμα στη διατροφή των αγροτικών ζώων είναι ο προσδιορισμός των θρεπτικών τους αναγκών. Επομένως, θα πρέπει να καταρτιστεί ένα σιτηρέσιο που να παρέχει σε τέτοια αναλογία τα θρεπτικά συστατικά ώστε να καλύπτει τις ανάγκες του ζώου. Η κατάρτιση του σιτηρεσίου γίνεται ορθά μόνο όταν είναι διαθέσιμη επαρκής πληροφορία για τις ζωοτροφές που το απαρτίζουν.

Οι ζωοτροφές, από την άλλη πλευρά, εμφανίζουν διακυμάνσεις σε ότι αφορά την περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά που οφείλονται σε διάφορους παράγοντες.

Πριν αναφέρθηκε ότι οι απλές ζωοτροφές διακρίνονται σε χονδροειδείς και συμπυκνωμένες. Στη διατροφή των μηρυκαστικών δεσπόζουν οι χονδροειδείς ζωοτροφές και ειδικότερα το χόρτο βοσκής, είτε με την απευθείας βόσκηση είτε έπειτα από συντήρηση του χλωρού χόρτου βοσκής, συνήθως ως ενσίρωμα (silage). Τα περισσότερα ενσιρώματα γίνονται από χλωρό χόρτο ή από καλλιέργειες διαφόρων λιβαδικών φυτών και δημητριακών (π.χ. αραβόσιτος).

Οι συμπυκνωμένες ζωοτροφές έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες (π.χ. δημητριακοί καρποί) ή σε πρωτεΐνη (π.χ. σογιάλευρο) και μπορούν να χορηγηθούν

ανάλογα με το επιδιωκόμενο επίπεδο της ζωικής απόδοσης που έχει καθοριστεί. Εξαιτίας της φύσης τους, οι συμπυκνωμένες τροφές έχουν μικρή διακύμανση στη σύνθεσή τους σε αντίθεση με το χόρτο βοσκής που είναι η σύνθεσή του εξαρτάται από το στάδιο ανάπτυξης κατά τη συγκομιδή (ή τη βόσκηση), τα φυτικά είδη που το συνθέτουν, την αναλογία φύλλων προς μίσχων, τη λίπανση κτλ. Έτσι, το νεαρό χόρτο, έπειτα από αζωτούχο λίπανση, έχει υψηλή συγκέντρωση σε πρωτεϊνικές και μη πρωτεϊνικές αζωτούχες ουσίες αλλά χαμηλή σε διαλυτούς και αδιάλυτους(κυτταρικά τοιχώματα) υδατάνθρακες.

Η σύνθεση του ενσίρωματος τείνει να αντανακλά αυτό των καλλιεργειών που αποτελείται κατά το χρόνο εναπόθεσης στο σιρό, τουλάχιστον σε ότι αφορά την περιεκτικότητα σε κυτταρικά τοιχώματα.

Οι σημαντικές διαφορές, όταν παρατηρούνται, οφείλονται: (i) στη μείωση του pH του ενσίρωματος λόγω της ζύμωσης των διαλυτών υδατανθράκων για το σχηματισμό οργανικών οξέων (κυρίως γαλακτικού οξέος) από τα αντίστοιχα βακτήρια, και (ii) στο γεγονός ότι η πρωτεόλυση, δηλαδή η διάσπαση των πρωτεϊνών, η οποία μερικώς γίνεται από τα φυτικά ένζυμα, αυξάνει την αναλογία του μη πρωτεϊνικού αζώτου στο παραγόμενο ενσίρωμα.

#### **2.4.1 Φυσική εκτίμηση ζωοτροφών**

Η φυσική εκτίμηση των ζωοτροφών περιλαμβάνει την εξέταση μιας σειράς παραγόντων που περιλαμβάνουν την εκτίμηση της νωπότητας και της καθαρότητας των ζωοτροφών.

- Εκτίμηση της νωπότητας των ζωοτροφών. Η νωπότητα των ζωοτροφών διατηρείται μέσα σε ένα χρονικό διάστημα, το εύρος του οποίου εξαρτάται από τη φύση της ζωοτροφής και τις συνθήκες του περιβάλλοντος (θερμοκρασία, υγρασία).

Η εκτίμηση της νωπότητας διενεργείται με έλεγχο της οσμής και της γεύσης τους, ο οποίος συμπληρώνεται με μικροβιακό έλεγχο.

- Εκτίμηση της καθαρότητας των ζωοτροφών. Η εκτίμηση της καθαρότητας έχει ως σκοπό την αναζήτηση και τον προσδιορισμό του ποσοστού των ξένων υλών στην εξεταζόμενη ζωοτροφή. Ο βαθμός καθαρότητας εκφράζεται με το ποσοστό (%) των ξένων υλών (π.χ. χώμα) στην ξηρή ουσία της ζωοτροφής. Η εκτίμηση της καθαρότητας γίνεται με κοσκίνισμα ή πλύση της εξεταζόμενης ζωοτροφής, ώστε να διαχωριστούν οι

ξένες ύλες και από τη διαφορά του βάρους, πριν και μετά το διαχωρισμό των ξένων υλών, υπολογίζεται ο βαθμός καθαρότητας της ζωοτροφής.

#### **Χαρακτηριστικά Ενσίρωματος:**

- Ευχάριστη υπόξινη – γαλακτική μυρωδιά.
- Ευχάριστη γεύση (όχι πικρή και ξινή).
- Απουσία μούχλας ή γλοιώδους εμφάνισης.
- Ομοιομορφία υγρασίας & χρώματος.
- Γενικά πρασινωπό ή καστανό ενσίρωμα είναι καλό.
- Το σκούρο καστανό χρώμα δείχνει ότι κατά τη διαδικασία παραγωγής εφαρμόστηκε υψηλή θερμοκρασία.

#### **2.4.2 Εκτίμηση ζωοτροφών με χημική ανάλυση**

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, είναι αποδεκτό ότι ο καλύτερος εκτιμητής της ποιότητας μιας τροφής ή ενός σιτηρεσίου είναι η απόδοση του ζώου. Όμως, η πρόσληψη, η πεπτικότητα και η αποδοτικότητα χρησιμοποίησης της τροφής είναι χαρακτηριστικά που προσδιορίζουν την απόδοση του ζώου, με τη διακύμανση στην πρόσληψη της τροφής να ισοδυναμεί με το 60-90% της διακύμανσης της πεπτής ενέργειας.

Επομένως είναι σκόπιμο να μετρηθούν όλα εκείνα τα χαρακτηριστικά της τροφής που σχετίζονται πιο στενά με την πρόσληψη και την πεπτικότητα. Τα χημικά κλάσματα που έχουν συνδεθεί με την πρόσληψη και την πεπτικότητα περιλαμβάνουν τις ινώδεις ουσίες (ακαθάριστη κυτταρίνη), τη λιγνίνη και την πρωτεΐνη.

Η χημική ανάλυση μιας ζωοτροφής θα πρέπει να περιλαμβάνει τον προσδιορισμό των Ινωδών Ουσιών, της λιγνίνης και της πρωτεΐνης(αζωτούχες ουσίες) στη ξηρή ουσία της εξεταζόμενης ζωοτροφής.

Επίσης, οι χημικές αναλύσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν ώστε να προσδιοριστούν παράγοντες στις ζωοτροφές που μπορεί να περιορίζουν την απόδοση του ζώου. Αυτό πραγματοποιείται μόνο όταν ένας αντιδιατροφικός παράγοντας περιορίζει την παραγωγή, καθώς τότε καθίσταται ο πιο σημαντικός παράγοντας για ανάλυση.

Επιπλέον, οι χημικές αναλύσεις μπορούν να παρέχουν χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με τα πραγματικά χημικά συστατικά που επιδρούν στην πέψη (Van Soest, 1994).

Η χημική ανάλυση κατά θρεπτικό συστατικό, παρά το γεγονός ότι είναι δαπανηρή και χρονοβόρα, μπορεί να παρέχει σημαντικές βιοχημικές πληροφορίες, οδηγώντας έτσι στην καλύτερη κατανόηση των παραγόντων που μπορεί να περιορίζουν την απόδοση του ζώου.

Παρόλα αυτά, οι χημικές μέθοδοι δεν μπορούν να δώσουν έναν απευθείας υπολογισμό της θρεπτικής αξίας, αλλά βασίζονται στη στατιστική συσχέτιση για τον υπολογισμό της πεπτικότητας και της πρόσληψης τροφής.

Συμπερασματικά, θα πρέπει να αναφερθεί ότι η χημική ανάλυση αποτελεί το πρώτο βασικό στάδιο για τον προσδιορισμό της διαιτητικής αξίας μιας ζωοτροφής, η οποία επιτρέπει τον προσδιορισμό της περιεκτικότητας των ζωοτροφών σε διάφορες κατηγορίες θρεπτικών συστατικών ή την ύπαρξη τοξικών και άλλων αντιδιατροφικών παραγόντων που επηρεάζουν δυσμενώς τη διαιτητική αξία μιας ζωοτροφής.

Επομένως, η χημική ανάλυση δεν δίνει μια πλήρη εικόνα της διαιτητικής αξίας μιας ζωοτροφής αλλά προσδιορίζει την αξία μιας ζωοτροφής σε ότι αφορά την ικανότητα προμήθειας στο ζώο ενός ή περισσότερων θρεπτικών συστατικών.

#### **2.4.2.1 Ξηρή Ουσία**

Παρόλο που από πολλούς ερευνητές ο προσδιορισμός της ξηρής ουσίας(ΞΟ) μιας ζωοτροφής δεν θεωρείται ως καθ' αυτό χημικός προσδιορισμός, ο ακριβής προσδιορισμός της ΞΟ είναι απαραίτητος για τον προσδιορισμό των οποιονδήποτε άλλων χημικών συστατικών. Τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων θα πρέπει να αναφέρονται με βάση τη ΞΟ προκειμένου να είναι δυνατή η σύγκριση των ζωοτροφών. Επιπλέον, ο ακριβής προσδιορισμός της ΞΟ είναι ένα κρίσιμο κριτήριο για τον ισόρροπο καταρτισμό σιτηρεσίων στα μηρυκαστικά αγροτικά ζώα.

#### **2.4.2.2 Οργανική και ανόργανη ουσία τέφρα**

Με τον όρο ανόργανα στοιχεία νοούνται τα στοιχεία που βρίσκονται στον οργανισμό με τη μορφή ανόργανων αλάτων ή τα στοιχεία που λαμβάνονται με τη μορφή αυτή κατά την αποτέφρωση του εξεταζόμενου δείγματος τροφής. Η περιεκτικότητα του ζωικού σώματος σε τέφρα κυμαίνεται μεταξύ 2 –5% και ποικίλει ανάλογα με τη φυλή, το είδος, την ατομικότητα, την ηλικία και την παχυντική κατάσταση του ζώου. Τόσο στο ζωικό σώμα όσο και στις ζωοτροφές απαντώνται περί τα 45 ανόργανα στοιχεία. Από αυτά, τα

απαραίτητα για τον οργανισμό ανόργανα στοιχεία, μιας και εξυπηρετούν βασικές φυσιολογικές λειτουργίες, διακρίνονται σε μακροστοιχεία και ιχνοστοιχεία ανάλογα με τη συγκέντρωσή τους τόσο στο σώμα των ζώων όσο και στα σιτηρέσιά τους.

### **2.4.2.3 Αζωτούχες Ουσίες**

Ο προσδιορισμός των διαφόρων μορφών αζώτου που περιέχονται στις διάφορες ζωοτροφές παρουσιάζει αξιόλογο ενδιαφέρον. Οι αζωτούχες ουσίες της τροφής διακρίνονται σε λευκωματοειδείς και μη. Οι λευκωματοειδείς ουσίες αποτελούν συνήθως το 95 – 98% των αζωτούχων ουσιών της τροφής ενώ στις μη λευκωματοειδείς ανήκουν οι αμίνες, τα πεπτίδια, κτλ

### **2.4.2.4 Λιπαρές ουσίες**

Οι λιπαρές ουσίες αποτελούν ομάδα θρεπτικών ουσιών που απαντάται τόσο στους φυτικούς όσο και στους ζωικούς ιστούς. Διαδραματίζουν σπουδαιότατο ρόλο στον οργανισμό και απαντώνται σε όλα τα κύτταρά του.

Οι λιπαρές ουσίες έχουν μια κοινή ιδιότητα: είναι αδιάλυτες στο νερό και διαλυτές στους οργανικούς διαλύτες (π.χ. πετρελαϊκός αιθέρας). Από λειτουργικής πλευράς το λίπος διακρίνεται σε αποταμιευτικό και οργανωτικό.

### **2.4.2.5 Ινώδεις ουσίες**

Με τον όρο “ινώδεις ουσίες” νοούνται τα συστατικά των κυτταρικών τοιχωμάτων των φυτών, δηλαδή περιέχει κυτταρίνη, ημικυτταρίνες και λιγνίνη:

- Η κυτταρίνη προέρχεται από πολυμερισμό της β-D-γλυκόζης (το μόριό τους αποτελείται από μακριές και μη διακλαδισμένες αλυσίδες που σχηματίζονται από 200 – 2000 ρίζες β-D-γλυκόζης). Η διάσπαση της κυτταρίνης στο πεπτικό σύστημα γίνεται με ένζυμα που παράγουν οι μικροοργανισμοί που βρίσκονται στους προστομάχους των μηρυκαστικών και στο τυφλό έντερο του ίππου. Η μικροβιακή διάσπαση της κυτταρίνης δίνει ως τελικά προϊόντα τα Πτητικά Λιπαρά Οξέα καθώς και τα αέρια CH<sub>4</sub> και CO<sub>2</sub>
- Οι ημικυτταρίνες με υδρόλυση με αραιά οξέα και αλκάλια αποδίδουν εξόζες, πεντόζες και συχνά ουρονικά οξέα, τα οποία χρησιμεύουν ως αποτοξινωτικοί παράγοντες για τον οργανισμό. Δεν προσβάλλονται από τα πεπτικά ένζυμα παρά μόνο από τα ένζυμα των μικροοργανισμών των προστομάχων των μηρυκαστικών.

- Η λιγνίνη είναι ένα άμορφο υλικό, το οποίο παρέχει χημική και βιολογική αντοχή στα φυτικά κυτταρικά τοιχώματα καθώς και μηχανική σταθερότητα στο φυτό. Είναι μια άκρως αδρανής ουσία, παρουσιάζει μεγάλη ανθεκτικότητα στη χημική διάσπαση και επομένως είναι ανθεκτική στη δράση των πεπτικών ενζύμων. Πρακτικά θεωρείται εντελώς άπεπτη για όλα τα είδη ζώων. Πρέπει να τονιστεί ότι το κλάσμα των ινωδών ουσιών δεν περιέχει όλη την ποσότητα της κυτταρίνης, των ημικυτταρινών και της λιγνίνης της ζωοτροφής.

Επομένως, οι ινώδεις ουσίες αρχικά προορίζονται να αποτελέσουν ένα ενδεικτικό μέσο του άπεπτου, σχετικά, μέρους της τροφής με τη διαφορά ότι ένα μεγάλο μέρος αυτών μπορεί να πεφθεί από τα μηρυκαστικά αγροτικά ζώα. Επίσης μια μικρής έκτασης πέψη της κυτταρίνης και άλλων ανώτερων πολυσακχαριτών ορισμένων τροφών λαμβάνει χώρα στο τυφλό τμήμα του παχέος εντέρου των μονογαστρικών μετά από μικροβιακή δραστηριότητα. Γενικά, η πεπτικότητα των ινωδών ουσιών μιας ζωοτροφής εξαρτάται από την περιεκτικότητα της τροφής σε λιγνίνη καθώς και από την επίδρασή της στο ρυθμό διόδου του σιτηρεσίου μέσω του πεπτικού σωλήνα.

## **Ενσίρωση ελαιοφύλλων ως ζωοτροφή**

### **2.5 Προέλευση**

Τα ενσιρωμένα νομευτικά χόρτα προκύπτουν από τα αντίστοιχα χλωρά χόρτα με την εφαρμογή της μεθόδου συντήρησης τους που ονομάζεται ενσίρωση. Πρέπει να σημειωθεί ότι γενικά τα προϊόντα της ενσίρωσης είναι γνωστά με την ονομασία ενσιρώματα.

Η περιεκτικότητα των ενσιρωμένων χόρτων σε θρεπτικές ουσίες (ενεργειακές και μη), καθώς και οι διατροφικές ιδιότητες τους, με άλλα λόγια η θρεπτική και γενικά η διατροφική αξία τους, εξαρτάται λίγο ή πολύ τόσο από τους παράγοντες που αναφέρονται για την περίπτωση των χλωρών χόρτων, όσο και την εφαρμοζόμενη τεχνική ενσίρωσης τους.

Η χρησιμοποίηση των ελαιοφύλλων στη διατροφή των προβάτων είναι γνωστή στους Έλληνες κτηνοτρόφους. Κατά τη συγκομιδή του ελαιοκάρπου αποκόπτονται μικροί βλαστοί και ελαιόφυλλα τα οποία απομακρύνονται στα σύγχρονα ελαιουργεία με αναρρόφηση για να μην προσδώσουν πικρή γεύση στο ελαιόλαδο. Τα ελαιόφυλλα αυτά



συνήθως παραμένουν σε σωρούς στο προαύλιο των ελαιουργείων, χωρίς καμία αξιοποίηση.

Η μέση ετήσια ποσότητα των ελαιοφύλλων που απομακρύνεται κατά τη συγκομιδή του ελαιοκάρπου στην Ελλάδα ανέρχεται περίπου σε 62.500 τόνους, ποσότητα που αντιστοιχεί στο 5% του συγκομισθέντος ελαιοκάρπου (Ζέρβας κ.α.,1993)

Τα ελαιόφυλλα των ελαιουργείων έχουν σχετικά υψηλότερη περιεκτικότητα σε ολικές λιπαρές ουσίες από τα ελαιόφυλλα που συνελέγησαν κατευθείαν από τα ελαιόδεντρα.

Η διαφορά αυτή οφείλεται στο γεγονός ότι τα ελαιόφυλλα έρχονται σε επαφή με τον ελαιοκάρπο κατά τη συγκομιδή και τους πρώτους χειρισμούς στο ελαιουργείο και ρυπαίνονται με λιπαρές ουσίες.

Τα ελαιόφυλλα, παρά την πικρή τους γεύση, είναι πολύ ελκυστικά στα πρόβατα. Η πικρή τους γεύση οφείλεται σε μια ουσία που περιέχουν, την ελαιοπαίνη, η οποία όμως διασπάται στο όξινο περιβάλλον του ηνύστρου και έτσι δεν προσδίδει καμιά ιδιαίτερη γεύση ή οσμή στο γάλα.

Συμπερασματικά μπορεί να ειπωθεί ότι τα ελαιόφυλλα των ελαιουργείων είναι ένα υποπροϊόν που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως χονδροειδής ζωοτροφή στη διατροφή μηρυκαστικών ζώων περιορίζοντας τη χρήση του χόρτου μηδικής το οποίο χρησιμοποιείται ευρέως στον Ελλαδικό χώρο. Επειδή όμως παράγονται σε μεγάλες ποσότητες και σε σχετικά μικρό χρονικό διάστημα, δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν όλα σε νωπή κατάσταση και υπόκεινται σύντομα σε αλλοιώσεις κυρίως από προσβολές μυκήτων.

Το πρόβλημα αυτό φαίνεται ότι μπορεί να αντιμετωπισθεί με επιτυχία, εφαρμόζοντας τη μέθοδο της ενσίρωσης για συντήρησή τους με αποτέλεσμα να μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο σύνολό τους σε μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Η θρεπτική αξία των ελαιοφύλλων είναι σχετικά καλή παρά τη χαμηλή τους περιεκτικότητα σε αζωτούχες ουσίες.

## 2.6 Διατροφικές ιδιότητες και χρήση

Τα ενσιρωμένα νομευτικά χόρτα έχουν μεγαλύτερη διατροφική αξία (θρεπτική αξία, ελκυστικότητα, όρια περιορισμού στην χρήση τους κλπ.) από αυτή των αντίστοιχων ξηρών και προσεγγίζουν εκείνη των χλωρών χόρτων.

Δηλαδή αποθηκεύονται και παρέχουν την δυνατότητα χορήγησης τους στα ζώα όλες τις εποχές του έτους.

Γενικά, τα ενσιρώματα σε αντίθεση με τα ξηρά χόρτα. Δεν είναι δυνατό να μεταφέρονται από τον αρχικό χώρο όπου παρασκευάστηκαν σε άλλο για να αποθηκευτούν με ασφάλεια έστω και για 1ημέρα. Ωστόσο τα ενσιρωμένα χόρτα, όπως άλλωστε και τα ξηρά χόρτα, αποτελούν τις βασικές χονδροειδής ζωοτροφές των σταβλισμένων μηρυκαστικών, και ιδίως των βοοειδών.

Υπό τις Ελληνικές συνθήκες, έχουμε τη γνώμη ότι χωρίς την χρήση των ενσιρωμένων χόρτων δεν είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί μια ορθολογική διατροφή των σταβλισμένων μηρυκαστικών και ιδίως των βοοειδών.

## 2.7 Γενικά για την ενσίρωση

Η ενσίρωση είναι μία μέθοδος συντήρησης των χλωρών νομευτικών χόρτων και γενικά ζωοτροφών που έχουν μεγαλύτερη υγρασία του 60% σε χυμώδη κατάσταση. Βασίζεται στην δημιουργία συνθηκών μέσα σε ειδικούς χώρους τους ονομαζόμενους σίρους που να ευνοούν την ανάπτυξη των αναερόβιων μικροοργανισμών της εκεί τοποθετούμενης χλωρομάζας που προκαλούν γαλακτική ζύμωση (παραγωγή γαλακτικού οξέως) ή παράλληλα και οξική (παραγωγή οξικού οξέως), ώστε να παρεμποδίζεται ή να αναστέλλεται η δραστηριότητα των λοιπών μικροοργανισμών - κυρίως των αερόβιων – που είναι οι υπαίτιοι των ανεπιθύμητων ζυμώσεων.

Δηλαδή, της σήψης (επιβλαβής κυρίως για την συντήρηση της χλωρομάζας) και της βουτυρικής ζύμωσης (επιζήμια για την ποιότητα των ενσιρωμένων χόρτων).

Η ενσίρωση είναι μια αρκετά παλιά μέθοδος συντήρησης των χλωρών χόρτων. Επινοήθηκε και πρωτοεμφανίστηκε στην πράξη από τον Γάλλο Goffard το 1873(Jean – Blean & Jore – d’Arce, 1950). Στην συνέχεια, διαδόθηκε το 1871 στις ΗΠΑ και από κει στον Καναδά, την Αυστραλία και τη Ν.Α. Αμερική.

Ωστόσο, στην Ευρώπη μέχρι το τέλος του πρώτου παγκόσμιου πολέμου (1914-1918) η ενσίρωση δεν έτυχε ευρείας διάδοσης.

Η μέθοδος όμως αυτή, από το 1918 αποκτά καινούργιο ενδιαφέρον, κυρίως στις σκανδιναβικές χώρες, αλλά και στην Ελβετία και στην Γερμανία. Ειδικότερα, στην Φινλανδία δόθηκε μεγάλη ώθηση στην εφαρμογή της ενσίρωσης μετά της μελέτες του Α.Ι. Virtanen, ο οποίος μπόρεσε να εφαρμόσει επιτυχώς την εν λόγω μέθοδο συντήρησης των χλωρών χόρτων με την προσθήκη στην προς ενσίρωση χλωρομάζα διαλύματος υδροχλωρικού οξέως.

Η ενσίρωση ως μέθοδος συντήρησης γενικά ζωοτροφών παρουσιάζει τα ακόλουθα πέντε πλεονεκτήματα:

- Εξαρτάται ελάχιστα από τις καιρικές συνθήκες και επομένως μπορεί να εφαρμόζεται παντού σε όλες σχεδόν τις χώρες ανεξαρτήτου κλίματος.
- Αποτελεί τη μοναδική διέξοδο για την συντήρηση χλωρών χόρτων ή γενικά ζωοτροφών που ξηραίνονται δύσκολα στον αέρα ή μετά την ξήρανση τους δεν καταναλώνονται ευχάριστα από τα ζώα. Τέτοιες ζωοτροφές είναι τα χλωρά φυτά καλαμποκιού, σόργου και ηλίανθου (ηλιοστρόφι), καθώς και ορισμένα βιομηχανικά υποπροϊόντα κ.ά.
- Συνεπάγεται την διατήρηση λίγο ή πολύ των διατροφικών χαρακτηριστικών των χλωρών χόρτων –και των χυμωδών ζωοτροφών- ή και βελτιώνει την ελκυστικότητα των χλωρών χόρτων, όταν αυτή είναι μικρή.
- Εφαρμόζεται εύκολα για όλα τα είδη των χλωρών χόρτων και για τις ποικίλες χυμώδεις χονδροειδής ζωοτροφές, ανεξάρτητα της διατιθέμενης κάθε φορά ποσότητας τους. Και τέλος,
- Ελευθερώνει γρήγορα το έδαφος και επιτρέπει την αναβλάστηση των φυτών ή την επαναχρησιμοποίηση τους.



Εικόνα 3: Διαμόρφωση και συμπίεση επίγειου σωρού ενσίρωσης.

## **2.8 Μικροοργανισμοί που παίρνουν μέρος κατά την διαδικασία της ενσίρωσης**

Στα προς ενσίρωση χλωρά χόρτα και γενικά στις ζωοτροφές που επιδέχονται ενσίρωση συναντιούνται διάφοροι μικροοργανισμοί. Οι πιο συνηθεις απ' αυτούς είναι εκείνη που σημειώνονται στον πίνακα :

Πίνακας 2: Μικροοργανισμοί κατά την διαδικασία της ενσίρωσης.

	Συνθήκες ανάπτυξης		
	Ευνοϊκή θερμ/σία	Ευνοϊκό pH	Είδη ζύμωσης
<b>I. Μικροοργανισμοί της Οικογένειας</b> <i>Lactobacillaceae</i> (αναερόβιοι)			
<b>α) φυλή : Streptococceae</b> <i>Diplococcus spp.</i> <i>Streptococcus spp.</i> <i>Leuconostoc spp.</i>	15-35 °C " "	≥3 " "	Γαλακτική " Γαλακτική και οξική Γαλακτική
<i>Lactobacillus caucassius</i> " <i>lactis</i> " <i>acidophilus</i> " <i>helveticus</i> " <i>bifitus</i> " <i>bulgaricus</i> " <i>thermophilus</i> " <i>dubruki</i>	35-47 °C " " " " 45-62 °C " "	" " " " " " " "	" " " " " " " "
<b>β) φυλή : Lactobacillae</b> <i>Streptobacterium casei</i> " <i>plantarium</i> " <i>leichmanii</i> <i>Betabacterium brevis</i> " <i>buchneris</i> " <i>pastorianus</i> " <i>fermenti</i>	28-32 °C " " " " " " 35-40 °C	" " " " " " " "	" " " Γαλακτική και οξική " " " "
<b>II. Διάφοροι άλλοι μικροοργανισμοί</b>			
<i>Bacillus spp.</i> (αερόβιοι) <i>Micrococcus spp.</i> " <i>Sarcina spp.</i> "	25-30 °C " "	>6 " "	Σήψη " "
Κολιβάκιλλοι, προαιρετικά αερόβιοι	27-35 °C	>4,5	Οξική, κυρίως
Κλωστηρίδια, αναερόβια	35-40 °C	>4,2	Βουτυρική, κυρίως
Βακτηρίδια χρωμογόνα, αερόβια	25-30 °C	>6	Σήψη
Ζύμες, αερόβιες και προαιρετικά αναερόβιες	20-40 °C	2,5	"
Ευρώτες, υποχρεωτικά αερόβιοι	"	"	"

Κατά την διαδικασία της ενσίρωσης επιδιώκεται πάντα η δημιουργία συνθηκών που ευνοούν την ανάπτυξη των μικροοργανισμών της οικογένειας *Lactobacillaceae*. Κι αυτό, γιατί με την ανάπτυξη των εν λόγω μικροοργανισμών επιτυγχάνονται τα ακόλουθα:

- Παράγεται σύντομα και σε επαρκή ποσότητα γαλακτικό οξύ που συντελεί στην πτώση του pH σε τέτοιες τιμές, στις οποίες δεν είναι δυνατόν να επιβιώνουν οι “διάφοροι άλλοι μικροοργανισμοί” που είναι σε θέση να παράγουν βουτυρικό και οξικό οξύ ή και να προκαλούν σήψεις, σε περίπτωση βέβαια που οι συνθήκες αναερόβιωσης στην χλωρομάζα δεν εξασφαλιστούν τόσο γρήγορα.
- Σχηματίζεται οξικό οξύ σε περιορισμένη ποσότητα, αλλά επαρκή για να πάρει το ενσίρωμα ευχάριστη οσμή. Και
- Δεν παράγεται βουτυρικό οξύ που ως δύσοσμο υποβαθμίζει την ποιότητα του ενσιρώματος και είναι δυνατό, αν ξεπεράσει ορισμένα όρια να θέσει σε κίνδυνο και την υγεία των ζώων.

## 2.9 Τεχνικές της ενσίρωσης

Για την παραγωγή ενσιρωμένων χόρτων ή γενικά ζωοτροφών υπάρχουν 2 τεχνικές:

1. Η ψυχρή ενσίρωση.
2. Η θερμή ενσίρωση.

### 2.9.1 Ψυχρή ενσίρωση

Είναι μια τεχνική ενσίρωσης που εφαρμόζεται περισσότερο υπό τις συνήθεις θερμοκρασίες που επικρατούν στις εύκρατες ζώνες τις εποχές που υπάρχουν χλωρά χόρτα, ώριμα προς ενσίρωση. Η ιδανική θερμοκρασία περιβάλλοντος για την εφαρμογή της ψυχρής ενσίρωσης είναι η κατώτερη των 28 °C. Κατά τη διενέργεια της εν λόγω ενσίρωσης επιδιώκεται η δημιουργία συνθηκών ανάπτυξης των ψυχρόφιλων αναερόβιων μικροοργανισμών που ευνοούν αποκλειστικά την γαλακτική ζύμωση.

Έτσι δημιουργείται ένα pH γύρω στο 3,5, που συνεπάγεται τον θάνατο των λοιπών μικροοργανισμών που ευνοούν τη βουτυρική και την οξική ζύμωση ή ακόμη την σήψη. Για την διασφάλιση των συνθηκών ανάπτυξης των μικροοργανισμών προς την παραπάνω κατεύθυνση, λαμβάνονται τα διάφορα μέτρα, όπως η αποφυγή ανύψωσης της θερμοκρασίας άνω των 30 ή 35 °C, η διασφάλιση κατάλληλου υποστρώματος για την ανάπτυξη και την επικράτηση των μικροοργανισμών της γαλακτικής ζύμωσης, αποφυγή ή επιδίωξη προχωρημένης μάρανσης των προς ενσίρωση χόρτων.

## 2.9.2 Θερμή ενσίρωση

Είναι μια τεχνική ενσίρωσης που εφαρμόζεται σε περιοχές, όπου δεν είναι δυνατή η εφαρμογή της προηγούμενης τεχνικής –δηλαδή της ψυχρής ενσίρωσης- λόγω των υψηλών θερμοκρασιών του περιβάλλοντος (>28 °C). Κατά τη θερμή ενσίρωση επιδιώκεται η δημιουργία συνθηκών για την ανάπτυξη των θερμοφίλων αναερόβιων μικροοργανισμών που ευνοούν σχεδόν αποκλειστικά την γαλακτική ζύμωση, όπως είναι των γενών *Lactobacillus* και το *Betabacterium fermenti*.

Η διασφάλιση συνθηκών ενσίρωσης κατά την παραπάνω κατεύθυνση επιτυγχάνεται αρχικά με την τοποθέτηση της προς ενσίρωση ζωοτροφής στο σιρό χωρίς μεγάλη συμπίεση (σε χαλαρά στρώματα). Έτσι, υπάρχει πάντοτε λίγος αέρας που συνεργεί σε κάποιες οξειδώσεις που θα κάνουν την θερμοκρασία γρήγορα στο εσωτερικό της ζωοτροφής να ξεπεράσει τους 35 °C (35-50 °C), ώστε να ευνοηθεί η ανάπτυξη των θερμοφίλων μικροοργανισμών.

Στη συνέχεια, οι εν λόγω συνθήκες διασφαλίζονται με την άσκηση επαρκούς συμπίεσης της προς ενσίρωση ζωοτροφής και, αμέσως μετά, με την αεροστεγή σφράγιση του σιρού, ώστε να εκδιωχθεί ο τυχόν υπόλοιπος αέρας ή να αποτραπεί νέα είσοδος του. Η ύπαρξη αέρα θα επέτρεπε την συνέχιση των οξειδώσεων με αποτέλεσμα η θερμοκρασία στο εσωτερικό του να ξεπεράσει τους 50 °C, που είναι ένα ακραίο προς τα άνω όριο για την δράση των θερμοφίλων μικροοργανισμών.

Επιπλέον, όταν η θερμοκρασία ξεπεράσει τους 50 °C, οι απώλειες των προς ενσίρωση ζωοτροφών σε θρεπτικές ουσίες είναι πολύ μεγάλες. Πάντως, και αν ακόμη η θερμοκρασία δεν υπερβεί τους 50 °C, η θερμή ενσίρωση συνοδεύεται πάντοτε με μεγάλες απώλειες των προς ενσίρωση ζωοτροφών σε θρεπτικές ουσίες.

Αν οι απώλειες αυτές εκφραστούν σε νομοετικές μονάδες (ενέργεια) ανέρχονται μέχρι 40% (Delage 1972) και είναι περισσότερες από εκείνες που παρατηρούνται κατά την ψυχρή ενσίρωση. Για αυτό το λόγο άλλωστε, η εφαρμογή της θερμής ενσίρωσης αποφεύγεται κατά το δυνατόν στη πράξη και είναι ήδη πολύ περιορισμένη.

Δεν θα ήταν υπερβολή να λεχθεί ότι η τεχνική της θερμής ενσίρωσης ζωοτροφών, τουλάχιστον στις εύκρατες χώρες, έχει εγκαταλειφθεί.

Η ενσίρωση της χλωρής νομής γίνεται, είτε αμέσως μετά το κόψιμο της νομής, είτε αργότερα μετά από προηγούμενη μάρανση της στον αγρό, αυτό εξαρτάται από το είδος του φυτού, τις καιρικές συνθήκες και τον τύπο του σιρού. Σημαντικό ρόλο στην επιτυχία της ενσίρωσης παίζει ο τρόπος διατήρησης και ο βαθμός προφύλαξης της νομής μέσα στο σιρό. Γι' αυτό πρέπει να δίνεται μεγάλη σημασία στην εκλογή και στην κατασκευή κατάλληλου τύπου σιρού.

Σήμερα απαντώνται στην πράξη διάφοροι τύποι σιρών, από απλούς ταφροειδής χωρίς τοιχώματα, μέχρι και κατακόρυφους, τελείως αεροστεγής με αυτόματη πλήρωση και εκκένωση ( Γεωργακάκης, 2010).

### **2.10 Σφράγιση της νομής μέσα στο σιρό.**

Η σφράγιση του σιρού αφορά την κάλυψη της νομής με αεροστεγή και υδατοστεγή τρόπο με τη βοήθεια ειδικών ανθεκτικών μαλακών πλαστικών φύλλων. Η σφράγιση γίνεται αμέσως μόλις η νομή φθάσει στο επιθυμητό ύψος (15 - 20% πάνω από τα τοιχώματα). Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στη σφράγιση των "ώμων" του σιρού, δηλαδή κατά μήκος της γραμμής επαφής των τοιχωμάτων με την άνω επιφάνεια της νομής, γιατί εκεί παρατηρούνται και οι μεγαλύτερες απώλειες

Παλαιότερα, ως υλικά σφράγισης χρησιμοποιούνταν χώμα, πηλός, υγρό χόρτο κλπ. Χωρίς ικανοποιητικά αποτελέσματα. Σήμερα με την τεχνολογική εξέλιξη στον τομέα των πλαστικών και με την πλατιά διάδοση των πλαστικών φύλλων, η σφράγιση των σιρών γίνεται αποκλειστικά με ειδικά μαλακά φύλλα πολυαιθυλενίου. Όσον αφορά στο πάχος και στο χρώμα σήμερα έχει επικρατήσει το πάχος των 0,10 - 0, 15 mm και το μαύρο χρώμα





Εικόνα 4: Ελαιοφύλλα αποθηκευμένα αεροστεγώς από την πειραματική διαδικασία.

Το πάχος και το χρώμα αυτό προτιμήθηκε τελικά, λόγω της μικρής ανθεκτικότητας των διαφανών φύλλων πολυαιθυλενίου θερμοκηπίου, που αρχικά δοκιμάστηκαν, ακόμη με πάχος 0,15 mm. Γενικά, τα ειδικά μαύρα μαλακά φύλλα πολυαιθυλενίου πάχους 0,10-0,15mm μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο μία φορά. Παχύτερα όμως φύλλα μέχρι 0,20 mm μπορούν, εφόσον υποστούν καλή μεταχείριση, να χρησιμοποιηθούν περισσότερες φορές.

Η προετοιμασία του σιρού για πλήρωση και σφράγιση συνίσταται στην απαλλαγή του δαπέδου του σιρού από τυχόν υπολείμματα παλαιότερης ενσιρωμένης νομής ή χόματος που είναι δυνατόν να μολύνουν την καινούργια νομή, καθώς επίσης και στην τοποθέτηση πάνω στα τοιχώματα των απαραίτητων πλαστικών φύλλων για τη σφράγιση της νομής μέσα στο σιρό. Έτσι, πριν από την έναρξη της διαδικασίας εναπόθεσης της νομής στο σιρό, προηγείται η τοποθέτηση των πλαστικών φύλλων, που προορίζονται για τη σφράγιση των "ώμων" του σιρού.

Τα φύλλα αυτά απλώνονται πάνω στη λεία εσωτερική παρειά των τοιχωμάτων ή σε ολόκληρη την την επιφάνειά τους, μέχρι βάθος 1,0 m από την κορυφή. Στη δεύτερη περίπτωση προσκολλούνται πάνω στην παρειά με κοινό ασφαλτικό παρασκεύασμα

Η προσκόλληση αυτή διενεργείται λίγες εβδομάδες πριν από την έναρξη της διαδικασίας ενσίρωσης. Η επάλειψη του ασφαλτικού παρασκευάσματος (π.χ. χυτή άσφαλτος, άσφαλτος στεγανοποίησης, κλπ) γίνεται με τη βοήθεια μαλακής βούρτσας. Πάνω από την κορυφή των τοιχωμάτων, τα πλαστικά φύλλα αναδιπλώνονται σε αναμονή της πλήρωσης του σιρού με νομή.

Η τοποθέτηση των προαναφερθέντων φύλλων πάνω στις παρειές των τοιχωμάτων γίνεται 15 περίπου λεπτά της ώρας μετά την επάλειψή τους με το ασφαλτικό παρασκεύασμα. Η επάλειψη αυτή συνιστάται να γίνεται σε ολόκληρη την εσωτερική επιφάνεια των τοιχωμάτων για την προστασία τους από τα οξέα της ενσιρωμένης νομής. Τα χρησιμοποιούμενα φύλλα είναι δυνατόν να είναι λωρίδες ενιαίου μήκους ή κομμάτια λωρίδων για διευκόλυνση των χειρισμών.

Στη δεύτερη περίπτωση συνιστάται η αλληλοκάλυψή τους στα άκρα, καθώς και η συγκόλληση μεταξύ τους με το ασφαλτικό παρασκεύασμα.

Τέλος πρέπει να προετοιμάζονται πίσω από το κλειστό άκρο του σιρού, από το οποίο θα αρχίσει και η εναπόθεση των φορτίων της νομής, το "ρολό" του ενιαίου κορυφαίου πλαστικού φύλλου, το οποίο ξετυλίγεται πάνω στην ελεύθερη επιφάνεια της νομής, κάθε φορά που η τελευταία φθάνει στο επιθυμητό ύψος μέσα στο σιρό.

Όσον αφορά στο απαιτούμενο προσωπικό για την τοποθέτηση πλαστικών φύλλων κατά τη σφράγιση της νομής, τούτο εξαρτάται από τις διαστάσεις του σιρού. Πάντως δεν πρέπει να είναι λιγότερο από δύο άτομα. Συνηθέστερα χρειάζονται 3 ή 4 άτομα.

Αμέσως μόλις η νομή σε ένα τμήμα του σιρού φτάσει στο επιθυμητό ύψος, όπως προαναφέρθηκε, αρχίζει η σφράγιση της αρχικά με τη σφράγιση των 'ώμων' του σιρού με τα πλαστικά φύλλα τα οποία πριν από την έναρξη της διαδικασίας έχουν τοποθετηθεί, είτε σε απόσταση 1,00 - 1,20 m από τα τοιχώματα, είτε σε τρόπο ώστε να αλληλοκαλύπτονται κατά 1,00 m περίπου στο μέσο του πλάτους του σιρού.

Μετά τη σφράγιση των "ώμων" του σιρού, ακολουθεί η σφράγιση της ελεύθερης επιφάνειας της νομής με το σταδιακό ξετύλιγμα του ενιαίου 'ρολού' πλαστικού φύλλου από το κλειστό άκρο του σιρού. Το εκτυλισσόμενο με τον τρόπο αυτό ενιαίο πλαστικό φύλλο σιγά - σιγά από το ένα άκρο του σιρού προς το άλλο και ενώ εξελίσσεται η πλήρωση (περίπτωση μεθόδου σφήνας Dorset), θα πρέπει να έχει πλάτος κατά 1 - 2 μέτρα

μεγαλύτερο από το πλάτος της άνω επιφάνειας της νομής, για υπερκάλυψη των τοιχωμάτων.

Άριστη πρακτικά σφράγιση και εξασφάλιση ιδανικών συνθηκών διατήρησης της νομής μέσα στο σιρό είναι δυνατό να επιτευχθεί με την κάλυψη του δαπέδου και της εσωτερικής παρειάς των τοιχωμάτων με πλαστικά φύλλα, την εναπόθεση πάνω σε αυτά της νομής και στη συνέχεια, αφού τελειώσει η πλήρωση, με σφράγιση της ελεύθερης επιφάνειας της νομής με πρόσθετα πλαστικά φύλλα. Με ειδικούς συνδετήρες μπορούν να ενωθούν αεροστεγώς τα άκρα των παραπάνω φύλλων με τα φύλλα των τοιχωμάτων και έτσι η νομή να περιβάλλεται από παντού με πλαστικά φύλλα.

Παρά τα άριστα αποτελέσματα, η μέθοδος αυτή δεν είναι πάντοτε οικονομικά συμφέρουσα λόγω των σημαντικά αυξημένων διαστάσεων των απαιτούμενων πλαστικών φύλλων. Γενικά, το κριτήριο για την επιλογή του είδους της τεχνικής σφράγισης, που πρόκειται να εφαρμοστεί σε κάθε περίπτωση, είναι τόσο το κόστος προμήθειας και τοποθέτησης των απαραίτητων υλικών δηλαδή πλαστικών φύλλων και ενδεχομένως ασφαλικού παρασκευάσματος, όσο και η ποιότητά τους.

## **2.11 Συμπίεση της νομής μέσα στο σιρό.**

Η συμπίεση μπορεί να διακριθεί στην προσωρινή και στη μόνιμη. Η προσωρινή συμπίεση πραγματοποιείται κατά τη διάρκεια της πλήρωσης του σιρού, με τη βοήθεια των οχημάτων μεταφοράς και εναπόθεσης της νομής.

Η συμπίεση αυτή, αντίθετα με παλαιότερη αντίληψη δεν θα πρέπει για κανένα λόγο να αποβαίνει σε βάρος της άμεσης σφράγισης της νομής, όταν και όπου αυτή φτάνει στο επιθυμητό ύψος μέσα στο σιρό. Αντίθετα, η προσωρινή συμπίεση επιδιώκεται να είναι κατά το δυνατό συνεχής καθόλη τη διάρκεια εναπόθεσης των φορτίων νομής και τμηματικής κάλυψής της μέσα στο σιρό.

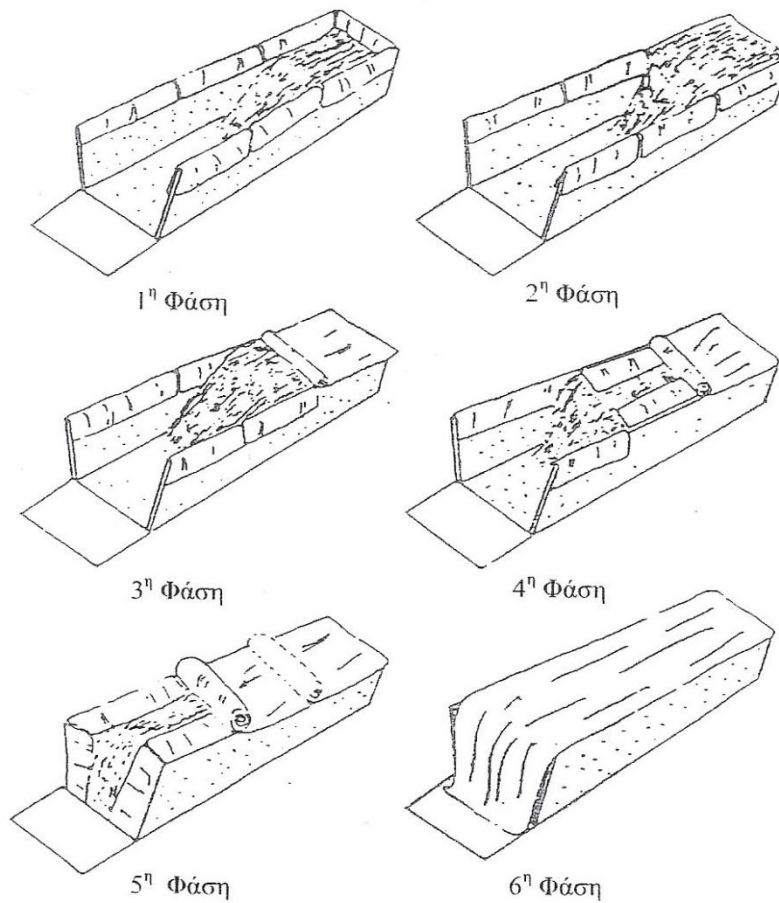
Η προσωρινή συμπίεση αποκτά τόσο μικρότερη πρακτική σημασία, όσο η νομή είναι περισσότερο υγρή και ψιλοτεμαχισμένη και τέλος όσο μεγαλύτερο ύψος έχει ο σιρός, καθόσον επαρκεί η συμπίεση, που επιτυγχάνεται με το βάρος των υπερκείμενων στρωμάτων της νομής.

Σήμερα έχει επικρατήσει πλήρως σχεδόν ο τεμαχισμός της νομής σε μήκη της τάξης των 0,50 μέχρι 2,00 cm με αποτέλεσμα, η προσωρινή συμπίεση να περιορίζεται πρακτικά μόνο κατά το χρονικό διάστημα πλήρωσης του σιρού.

Μετά την ολοκλήρωση της πλήρωσης του σιρού και της σφράγισης τη νομής με πλαστικά φύλλα, ακολουθεί η μόνιμη συμπίεσή της με την προσθήκη διαφόρων βαρέων υλικών, όπως δεμάτων αχύρου, ελαστικών αυτοκινήτων, στρωμνής αχύρου και σάκκων με άμμο ή χώμα. Τα υλικά συμπίεσης μπορεί να καλύπτουν μέρος ή όλη την άνω επιφάνεια των πλαστικών φύλλων σφράγισης της νομής.



Εικόνα 5: Επίγειος σιρός σε σωρό κατά την κάλυψη με πλαστικό και παλιά ελαστικά



ΠΛΗΡΩΣΗ ΚΑΙ ΣΦΡΑΓΙΣΗ ΤΑΦΡΟΕΙΔΩΝ ΣΙΡΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΣΦΗΝΑΣ DORSET

ΤΡΟΠΟΙ ΣΦΡΑΓΙΣΗΣ ΤΗΣ ΝΟΜΗΣ ΜΕΣΑ ΣΤΟ ΣΙΡΟ ΜΕ ΠΛΑΣΤΙΚΑ ΦΥΛΛΑ



Εικόνα 6: Τρόποι πλήρωσης και σφράγισης της νομής σε σιρούς.



Η επιλογή του κατάλληλου υλικού συμπίεσης θα εξαρτηθεί τελικά από το κόστος και την ευχέρεια προμήθειάς τους. Προτιμούνται τα υλικά που αφθονούν στην περιοχή, καθόσον είναι μικρότερου κόστους.

Πολύ κατάλληλα υλικά συμπίεσης θεωρούνται οι μισογεμάτοι σάκοι με χώμα ή άμμο λόγω της εύκολης χρήσης και της αποτελεσματικότητάς τους.(δεν παρασύρονται από τον άνεμο ή τη βροχή) και ακολουθούν τα δέματα (μπάλες) άχυρου.

Προορισμός της μόνιμης συμπίεσης είναι η συγκράτηση των πλαστικών φύλλων στη θέση τους και σε στενή επαφή με τη νομή, καθώς και η προστασία τους από φθορές, όπως π.χ. σκισίματα από πουλιά ή έντονο κυματισμό, λόγω ισχυρών ανέμων, με αποτέλεσμα την είσοδο αέρα και νερού βροχής στη νομή. Τέλος, τα υλικά συμπίεσης προστατεύουν τα πλαστικά φύλλα (πολυμερισμός, ελάττωση αντοχής) και την νομή (ανάπτυξη υψηλών θερμοκρασιών ,καταστροφή βιταμινών π.χ. καροτινών κλπ.) από την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας.

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται για τη μόνιμη συμπίεση των "ώμων" του σιρού, για τους οποίους πρέπει να χρησιμοποιούνται κατά προτίμηση οι σάκοι με χώμα ή άμμο. Για τη συμπίεση της υπόλοιπης ελεύθερης επιφάνειας της νομής μπορεί να χρησιμοποιούνται ελαστικά αυτοκινήτων ή μπάλες άχυρου ή ακόμα καλύτερα, όπου αυτό είναι δυνατό, να απλώνεται χώμα, άμμος ή στρωμένη άχυρου ομοιόμορφα σε ολόκληρη την επιφάνεια του σιρού μέχρι τη δημιουργία στρώσης πάχους 0,15 - 0,20 m. Για αποφυγή διασκορπισμού της στρώσης του χώματος ή της στρωμένης άχυρου από τον άνεμο και τη βροχή, συνιστάται η σπορά του με δημητριακούς καρπούς, όπως κριθαριού, βρώμης κλπ, ώστε με την ανάπτυξη και δικτύωση του ριζικού συστήματός τους, να σταθεροποιηθεί το υλικό συμπίεσης.

Κατά την εκκένωση του σιρού μπορεί να κόβεται και να αφαιρείται κατά λωρίδες, μήκους όσο το πλάτος του σιρού.

## **2.12 Σχεδιασμός και κατασκευή των σιρών**

Οι σιροί, αποτελούν τις κατασκευές μέσα στις οποίες τοποθετείται η χλωρή νομή, προκειμένου να διατηρηθεί μέχρι την κατανάλωσή της από τα ζώα, και ως εκ τούτου, πρέπει να πληρούν μαζί και με τα χρησιμοποιούμενα για τη σφράγιση πλαστικά φύλλα, τις απαιτούμενες προϋποθέσεις για την εξασφάλιση μιας άριστης ποιοτικά ενσιρωμένης νομής. Οι συνθήκες αυτές, δηλαδή αναερόβιο περιβάλλον και στεγανότητα έναντι των

νερών της βροχής εξασφαλίζονται με την καλή κατασκευή των τοιχωμάτων των σιρών, τη στεγανότητα τους στον αέρα και στο νερό και την καλή διευθέτηση της θέσης του σιρού, έτσι ώστε να αποφεύγεται η είσοδος επιφανειακών νερών.

### **2.13 Λήψη και χορήγηση της ενσιρωμένης νομής στα ζώα**

Υπάρχουν διάφοροι μέθοδοι λήψης και χορήγησης της ενσιρωμένης νομής στα ζώα, κάθε μία από τις οποίες παρουσιάζει, όπως είναι φυσικό, διάφορα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Η μέθοδος, που τελικά θα υιοθετηθεί, είναι ένας από τους παράγοντες, που συντελούν στον καθορισμό των διαστάσεων και της θέσης του σιρού.

Κατά την επιλογή, αλλά και την εφαρμογή μιας μεθόδου λήψης και χορήγησης ενσιρωμένης νομής στα ζώα, θα πρέπει να αποφεύγεται η σπατάλη της, καθόσον η αποτελεσματική μέθοδος λήψης και χορήγησης είναι εξ ίσου σημαντική με την επίτευξη μιας άριστης διαδικασίας ενσίρωσης.

Πριν από το 'άνοιγμα' ενός σιρού και καθόλο το χρονικό διάστημα από τη σφράγιση της νομής μέχρι τη λήψη και χορήγησή της στα ζώα, που μπορεί να φθάσει και τους 12 μήνες, θεωρείται σημαντική η περιοδική εξέταση του ίδιου του σιρού και της ενσιρωμένης νομής μέσα σ'αυτόν.

Οι υπαίθριοι σιροί πρέπει να περιφράσσονται για να αποφεύγεται το σχίσιμο και η διασπορά του υλικού σφράγισης, καθώς επίσης και η ποιοτική υποβάθμιση της νομής από την προσέγγιση των ζώων, τα οποία μπορεί να φτάσουν ν'ανέβουν ακόμα και πάνω στο σιρό. Τέλος παρακολουθείται ο σιρός για έγκαιρη προστασία του από την είσοδο νερών βροχής ή επιφανειακών νερών μέσα σε αυτόν.

Η σπατάλη της νομής είναι δυνατό να οφείλεται:

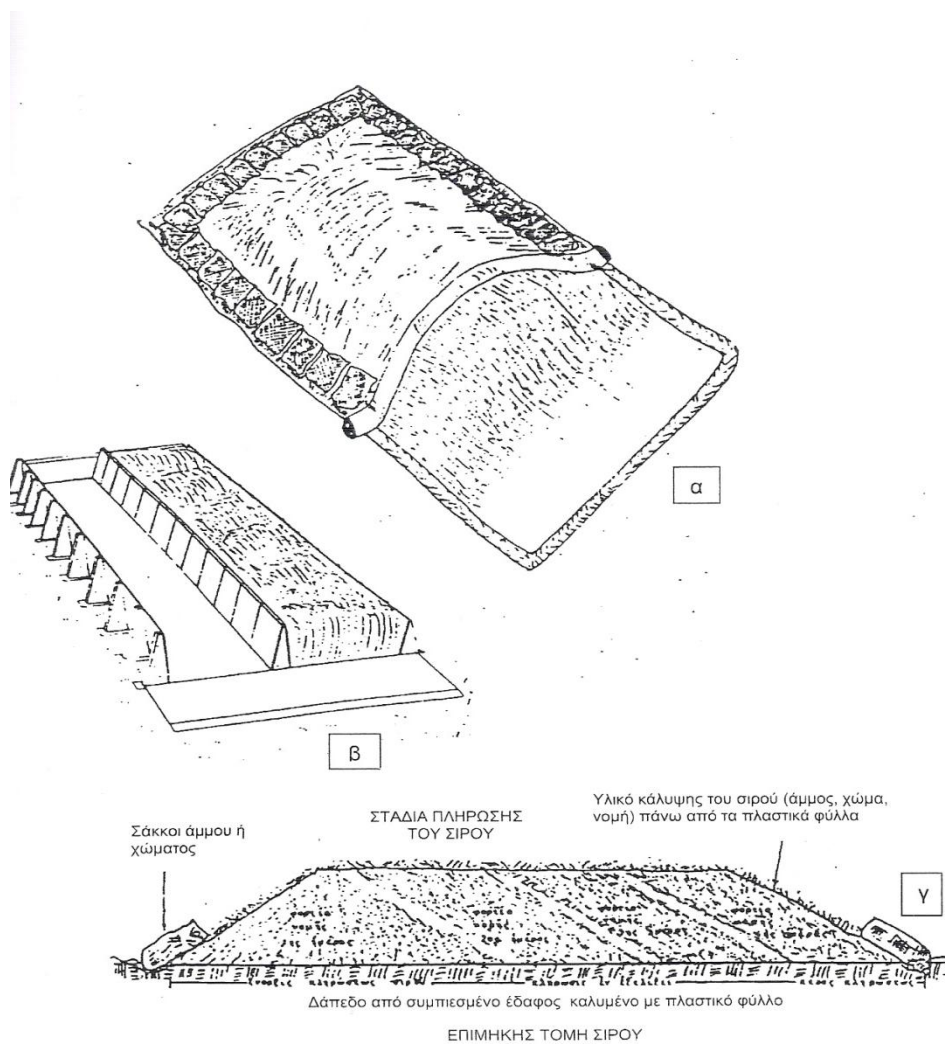
Σε υπερβολικές δόσεις χορήγησής της στα ζώα. Η περίσσειά της δεν καταναλώνεται και με το χρόνο γίνεται ανεπιθύμητη στα ζώα και έτσι αχρηστεύεται.

Σε χορήγησή της χύμα πάνω στο δάπεδο, όπου είναι δυνατό να πατηθεί από τα ζώα και να ρυπανθεί με απόβλητα ή χώμα, οπότε γίνεται αδύνατη η κατανάλωσή της

Από μη επιμελημένη λήψη της νομής από το σιρό ή χορήγησή της αντί σε φάτνη, πάνω στο δάπεδο μπροστά από τη θέση των ζώων, με αποτέλεσμα τα τελευταία να την

διασκορπίζουν προσπαθώντας να τη φτάσουν με το στόμα τους και έτσι αχρηστεύεται μια σημαντική ποσότητα από αυτήν

Όσον αφορά στην εξέταση της νομής κατά το παραπάνω χρονικό διάστημα αυτή συνίσταται στη λήψη δειγμάτων από τρία ή τέσσερα σημεία του σιρού. Τα σημεία λήψης των δειγμάτων της νομής καθορίζονται κατά προτίμηση στις περιοχές του σιρού όπου τα πλαστικά φύλλα αλληλοκαλύπτονται και έτσι αποφεύγεται η διάνοιξη οπών και κατ' επέκταση η είσοδος του αέρα μέσα στη νομή.



Ταφροειδείς σιροί χωρίς τοιχώματα (α), (γ) και με τοιχώματα (β)

Εικόνα 7: Ταφροειδείς σιροί.



### **2.13.1 Λήψη της ενσιρωμένης νομής χειρονακτικά ή με μηχανικά μέσα από το σιρό και στη συνέχεια μεταφορά και χορήγησή της στα ζώα**

Χαρακτηριστικό του τρόπου αυτού λήψης της ενσιρωμένης νομής από το σιρό είναι η κοπή και στη συνέχεια η μεταφορά της στο χώρο διατροφής των ζώων. Η κοπή και η παραλαβή της νομής από το 'μέτωπο' του σιρού γίνεται με τα χέρια ή με μηχανικό τρόπο

#### **1.Με τα χέρια.**

Ο τρόπος αυτός κοπής εφαρμόζεται σε περιορισμένη κλίμακα σήμερα γιατί απαιτεί πολλά εργατικά και κόπο και δεν επιτρέπει την αυτοματοποίηση της διαδικασίας λήψης και χορήγησης της νομής στα ζώα. Εν τούτοις, μπορεί να βρει εφαρμογή σε μικρές εκμεταλλεύσεις μη εντατικής, κατά το μάλλον ή ήττον, μορφής.

#### **2.Με μηχανικά μέσα.**

Είναι ο κατ' εξοχήν εφαρμοζόμενος τρόπος λήψης της νομής από ένα σιρό σήμερα, λόγω των πολλών πλεονεκτημάτων τα οποία παρουσιάζει. Για τη μηχανική κοπή χρησιμοποιούνται διάφορα μηχανήματα σχεδιασμένα για το σκοπό αυτό, τα οποία συνεχώς εξελίσσονται με στόχο την πλήρη αυτοματοποίηση της διατροφής των ζώων με χαμηλό κατά το δυνατό κόστος.

Ένας απλός και συνηθισμένος μηχανικός τρόπος λήψης της νομής και μεταφοράς της στα ζώα είναι ο κοινός ελκυστήρας εφοδιασμένος με εμπρόσθιο φορτωτή και πλατφόρμα μεταφοράς.

Κατά την επί του δαπέδου διατροφή, η νομή εναποτίθεται πάνω σε αυτό, συνήθως πίσω από ένα συρμάτινο σχοινί ή μικρό τοίχιο από σκυρόδεμα, ώστε να αποφεύγεται ο διασκορπισμός της από τα ζώα. Εάν διατρέφονται όλα τα ζώα μαζί προβλέπεται ένα πλάτος 0,75 m για κάθε ένα από αυτά στο χώρο διατροφής.

## **Κεφάλαιο 3:**

### **Πειραματική διαδικασία και αποτελέσματα**

#### **3.1 Εισαγωγή**

Σκοπός του πειράματος ήταν η εξέταση της δυνατότητας κομποστοποίησης φύλλων ελιάς προερχόμενα από ελαιοτριβείο με την τεχνική των αναστρεφόμενων σωρών για παρασκευή κόμποστ (compost) και η δυνατότητα ενσίρωσης τους με σκοπό τη χρήση τους ως ζωοτροφή.

#### **3.2 Περιγραφή του πειράματος**

Τον Φεβρουάριο του 2012 ξεκίνησε στο Εργαστήριο Γεωργικών Κατασκευών του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών το πείραμα παρασκευής κόμποστ (compost) από φύλλα ελιάς με την τεχνική των αναστρεφόμενων σωρών, παράλληλα με το πείραμα της ενσίρωσης των ελαιοφύλλων για την χρησιμοποίησή τους ως ζωοτροφή. Ο χρόνος που χρειάστηκε για να ολοκληρωθεί η πειραματική διαδικασία ήταν εννέα μήνες.

Ως χώρος του πειράματος επελέγη και διαμορφώθηκε κλειστό στεγασμένο δωμάτιο του Εργαστηρίου Γεωργικών Κατασκευών για τον βέλτιστο έλεγχο του πειράματος και την προστασία του από ανεπιθύμητους περιβαλλοντικούς παράγοντες, όπως πιθανές βροχοπτώσεις και υψηλή άμεση ηλιακή ακτινοβολία, καθώς το πείραμα ξεκίνησε στο τέλος της ελαιοκομικής περιόδου τον μήνα Φεβρουάριο και ολοκληρώθηκε τον μήνα Οκτώβριο.

Για τις ανάγκες του πειράματος κομποστοποίησης χρησιμοποιήθηκαν τρεις κάδοι κομποστοποίησης ωφέλιμου όγκου 300L μέσα στους οποίους τοποθετήθηκαν τα ελαιοφυλλα.

Κατά την διάρκεια της κομποστοποίησης η ανάδευση του κάθε σωρού γίνονταν χειρονακτικά με φτυάρι. Στην επιφάνεια και στο κέντρο των σωρών αυτών τοποθετήθηκε από ένα ψηφιακό θερμόμετρο μεγίστου - ελαχίστου για την καταγραφή των θερμοκρασιών των δειγμάτων και ένα ακόμα στον περιβάλλοντα χώρο για την μέτρηση της θερμοκρασίας του.

Παράλληλα γινόταν έλεγχος της θερμοκρασίας, όπου σύμφωνα με τις τιμές της, και σε συνδυασμό πάντα και με τους υπόλοιπους παράγοντες που επηρεάζουν την

κομποστοποίηση, πραγματοποιούνταν αναμόχλευση του υλικού των κάδων χειρονακτικά για επαναερισμό, εμπλουτισμό με οξυγόνο και πτώση των υψηλών θερμοκρασιών που αναπτύσσονταν στους κομποστοποιητές.

Κατά την πειραματική διαδικασία προσδιορίζονταν επίσης εργαστηριακά το pH, τα ολικά και πτητικά στερεά καθώς και μεταβολή του όγκου των υλικών. Τέλος μετρήθηκαν η φυτοτοξικότητα του κόμποστ και η αναπνευστική δραστηριότητά του.

Ταυτόχρονα με την κομποστοποίηση διενεργήθηκε στον ίδιο χώρο του εργαστηρίου πείραμα ενσίρωσης ελαιόφυλλων. Πρόκειται για την προσπάθεια ενσίρωσης φύλλων ελιάς, προερχόμενα από ελαιοτριβείο όπως ακριβώς και αυτά που οδηγήθηκαν για κομποστοποίηση. Προσπαθώντας να δημιουργηθούν οι ιδανικές συνθήκες ενσίρωσης διατηρώντας αναερόβιες συνθήκες για τη χλωρή συντήρηση των φύλλων, χρησιμοποιήθηκαν πλαστικές σακούλες 20 συνολικά όπου και τοποθετήθηκαν τα φύλλα με μέσο βάρος η κάθε μία περίπου στα 15kg. Οι σακούλες κλείστηκαν αφαιρώντας όσο το δυνατό περισσότερο από τον εγκλωβισμένο αέρα μεταξύ των φύλλων και αφού χωροθετήθηκαν τοποθετήθηκαν πάνω σε κάθε μία ισοβαρείς σάκοι των 25 kg που προϋπήρχαν στο εργαστήριο με σκοπό την σταθερή πίεση κατά την διάρκεια του πειράματος.

### **3.3 Υλικά και μέθοδοι**

Για το πείραμα της κομποστοποίησης όπως και για αυτό της ενσίρωσης χρησιμοποιήθηκαν τα φύλλα ελιάς που αποβάλλονται από τα ελαιοτριβεία πριν τη διαδικασία της παραγωγής του ελαιόλαδου και συγκεκριμένα από τον διαχωρισμό τους από τον καρπό με το σύστημα της αποφύλλωσης.

Η πρώτη ύλη προήλθε από ελαιοτριβείο στην περιοχή του Χιλιομοδίου Κορινθίας σε εποχή που πλησίασε το τέλος της ελαιοκομικής περιόδου.

Οι κομποστοποιητές που χρησιμοποιήθηκαν είναι της εταιρίας GARANTIA® τύπου Eco Master, από πλαστικό υλικό, διατίθενται στο εμπόριο και είναι διάτρητοι σε όλες τις πλευρικές επιφάνειές τους για τον βέλτιστο αερισμό του υλικού, διαθέτουν καπάκι στην άνω επιφάνειά τους ώστε να μην αποβάλλεται θερμότητα προς τον περιβάλλοντα χώρο. Τέλος διαθέτει δύο μεγάλες αντικριστά τοποθετημένες πόρτες εξαγωγής του υλικού, με μήκος ίσο με το πλάτος του κάδου για την πιο εύκολη αναμόχλευσή του. Οι διαστάσεις των κομποστοποιητών με Μήκος x Πλάτος x Ύψος 60x60x90 cm, και ωφέλιμου όγκου

300L όπου και συμπληρώθηκαν με φύλλα ελιάς. Η ανάδευση του υλικού γίνονταν χειρονακτικά με φτυάρι.

Για την ενσίρωση χρησιμοποιήθηκαν 20 πλαστικές σακούλες ως επανάληψη της διαδικασίας. Σε κάθε μία τοποθετήθηκαν περίπου 15 kg φύλλα και μετά την σφράγιση τους σε αναερόβιες συνθήκες και την ισοβαρή πίεση των σακιών όπως έχει προαναφερθεί ξεκίνησε η διαδικασία της ενσίρωσης.



Εικόνα 8: Διαδικασία ενσίρωσης ελαιόφυλλων από την πειραματική διαδικασία.



Εικόνα 9: Κομποστοποιητές της εταιρείας GARANTIA® από την πειραματική διαδικασία.

### 3.3.1 Μέτρηση θερμοκρασιών σωρού

Μια από τις βασικότερες μετρήσεις όπου έγιναν στους σωρούς ήταν αυτή της θερμοκρασίας του. Στο επάνω σημείο και στο κέντρο των σωρών αυτών τοποθετήθηκε από ένα ψηφιακό θερμομέτρο μεγίστου - ελαχίστου για την καταγραφή των θερμοκρασιών των δειγμάτων και ένα ακόμα στον περιβάλλοντα χώρο για την μέτρηση της θερμοκρασίας του

Στην προκειμένη περίπτωση χρησιμοποιήθηκε το ψηφιακό θερμομέτρο που αποτελείται από δύο μέρη την ακίδα που φέρει στην άκρη και το ψηφιακό όργανο το οποίο αναγράφει τις ενδείξεις σε LCD οθόνη. Η μέτρηση της θερμοκρασίας πραγματοποιούνταν στο κέντρο του σωρού βυθίζοντας το μεταλλικό τμήμα (ακίδα) του θερμομέτρου στην επάνω πλευρά του σωρού με κάθετη φόρα και βάθος περίπου 40-50 εκατοστά (cm).

Επειδή όμως η εξωτερική θερμοκρασία περιβάλλοντος επηρέαζε την εσωτερική θερμοκρασία του σωρού, πραγματοποιούνταν και μια μέτρηση της εξωτερικής θερμοκρασίας προκειμένου να γίνουν οι απαραίτητοι συσχετισμοί



Εικόνα 10: Κάδος κομπόστ με τοποθέτηση θερμομέτρου σε τρία σημεία από την πειραματική διαδικασία.

### **3.3.2 Μετρήσεις δειγμάτων από κάθε γύρισμα**

Όπως έχει αναφερθεί στην εισαγωγή αυτού του κεφαλαίου, κατά τη διάρκεια του πειράματος εφαρμόστηκε η τακτική του αναστρεφόμενου σωρού. Συγκεκριμένα πραγματοποιήθηκαν οκτώ αναστροφές (γυρίσματα) και έγιναν οκτώ δειγματοληψίες.

Η δειγματοληψία πραγματοποιείται λαμβάνοντας υλικό ποσότητας περίπου 300 gr από το σωρό του κάθε κομποστοποιητή πριν και μετά το γύρισμα. Μετά το γύρισμα ο σωρός λαμβάνει ξανά το αρχικό του σχήμα.

Κατά την διάρκεια του πειράματος γινόταν σχεδόν τακτικός έλεγχος της θερμοκρασίας, όπου σύμφωνα με τις τιμές της, και σε συνδυασμό πάντα και με τους υπόλοιπους παράγοντες που επηρεάζουν την κομποστοποίηση, πραγματοποιούνταν αναμόχλευση του υλικού των κομποστοποιητών χειρονακτικά για επαναερισμό, εμπλουτισμό με οξυγόνο και πτώση των υψηλών θερμοκρασιών που αναπτύσσονταν στους κομποστοποιητές.





Εικόνα 11: Έναρξη της πειραματικής διαδικασίας ( Φεβρουάριος 2013).



Εικόνα 12: Τελικό στάδιο κομποστοποίησης (Οκτώβριος 2013).

### **3.3.3 Προσδιορισμός ολικών στερεών (Ο.Σ. %), πτητικών στερεών [Π.Σ. (% Ο.Σ.)] και υγρασίας**

Αρχικά με την βοήθεια ενός ζυγού Explorer® Pro ακριβείας  $\pm 0,0001\text{g}$  ζυγίζουμε τις πορσελάνινες κάψες μέσα στις οποίες θα τοποθετήσουμε το δείγμα μας. Αφού γίνει η μέτρηση τοποθετείτε και το δείγμα μας και τις ζυγίζουμε ξανά. Τέλος, τοποθετούνται σε φούρνο ξήρανσης Memmert (Type U15) στους  $105\text{ }^\circ\text{C}$  για 24 ώρες.

Κατόπιν αφού τις αφήσουμε να κρυώσουν τις ζυγίζουμε εκ νέου και υπολογίζουμε :

i. Νωπό δείγμα (βάρος δείγματος πριν την ξήρανση, Ν.Δ.)

ii. Ξηρό δείγμα (βάρος δείγματος μετά την ξήρανση, Ξ.Δ.)

Τα ολικά στερεά υπολογίζονται ως εξής :

$$\text{Ο.Σ. \%} = 100 * \text{Ξ.Δ.} / \text{Ν.Δ.}$$

Η υγρασία υπολογίζεται έμμεσα :

$$\text{ΥΓΡΑΣΙΑ \%} = 100 - \text{Ο.Σ. \%}$$

Ακολούθως, οι κάψες τοποθετούνται σε φούρνο αποτέφρωσης Thermolyne Sybron (Type 1400 Furnace) στους  $550\text{ }^\circ\text{C}$  για 24 ώρες. Την επομένη και αφού πρώτα κρυώσουν τις ξαναζυγίζουμε και υπολογίζουμε την τέφρα (βάρος δείγματος μετά την αποτέφρωση, Τ).

Τα πτητικά στερεά υπολογίζονται ως ποσοστό των ολικών στερεών ως εξής :

$$\text{Π.Σ. (\%Ο.Σ.)} = 100 * (\text{Ξ.Δ.} - \text{T}) / \text{Ξ.Δ.}$$

### **3.3.4 Φυτοτοξικότητα**

Για τον προσδιορισμό της φυτοτοξικότητας δημιουργήθηκε εκχύλισμα δείγματος υλικού από το τελικό προϊόν της διαδικασίας μετά από ανάμειξή του με νερό σε αναλογία 5:1 κ.β. (διαλύονται 50 γραμμάρια ξηρής ουσίας του δείγματος σε 250 ml απιονισμένου νερού) αντίστοιχα και συνεχή ανάδευση επί 2 ώρες. Από το προκείμενο εκχύλισμά έγινε διαβροχή με ποσότητα 4ml, απορροφητικού χαρτιού και σε τριβλεία τοποθετήθηκαν 20 σπόροι κάρδαμου στο κάθε ένα.



Για τον κάθε χειρισμό χρησιμοποιήθηκαν τρία τριβλεία-επαναλήψεις και βγήκε ο μέσος όρος. Επίσης δημιουργήθηκαν και τρία τριβλεία-μάρτυρες όπου έγινε διαβροχή των σπόρων κάρδαμου μόνο με απιονισμένο νερό. Στη συγκεκριμένη περίπτωση έγιναν και 3 επαναλήψεις σε αναλογία 8:1 κ.β. για την αποφυγή μηδενικής βλαστικότητας λόγω πυκνού εκχυλίσματος πράγμα που αποδείχτηκε περιττό. Τα τριβλεία στη συνέχεια αφήνονται σε σκοτεινό χώρο και σταθερή θερμοκρασία δωματίου για διάστημα τριών ημερών. Μετά γίνεται καταμέτρηση των σπόρων που βλάστησαν και προκύπτουν αντίστοιχα ποσοστά βλαστικότητας.

### **3.3.5 Αναπνευστική Δραστηριότητα**

#### **Προετοιμασία δειγμάτων**

Για την μέτρηση της αναπνευστικής δραστηριότητας του κόμποστ αρχικά πήραμε δείγμα από διάφορα σημεία του σωρού όπου το ανακατέψαμε το υλικό και το περάσαμε από κόσκινο διαμέτρου 5mm. Αφού συλλέχθηκε το υλικό μετρήθηκε το ποσοστό υγρασίας του κάθε δείγματος, ώστε να γίνει και η απαραίτητη διόρθωσή της πριν από την τελική μέτρηση. Η υγρασία και στα τρία δείγματα υπολογίσθηκε περί τα 54%. Στη συνέχεια τοποθετήσαμε μέσα σε ειδικές σφαιρικές φιάλες 80gr δείγματος.

#### **Περιγραφή αναπνευσίμετρου**

Η ένταση της αναπνευστικής δραστηριότητας μπορεί να εκτιμηθεί με την βοήθεια μίας παραλλαγής του ηλεκτρολυτικού αναπνευσίμετρου των Birch & Friend (Manios V. 1983). Η αρχή της μεθόδου βασίζεται στην ποσοτική αναπλήρωση του καταναλισκόμενου οξυγόνου από το κόμποστ, με οξυγόνο που παράγεται μετά από ηλεκτρόλυση. Η ποσότητα επομένως του καταναλισκόμενου οξυγόνου μπορεί να εκτιμηθεί από τον όγκο του υδρογόνου που παράγεται κατά την ηλεκτρόλυση, το οποίο μπορεί εύκολα να συλλεχθεί και να ογκομετρηθεί.

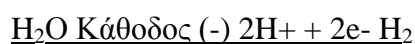
Το υπό εξέταση λοιπόν υλικό, μεταφέρεται μέσα σε ειδικές σφαιρικές φιάλες όπου στο εσωτερικό κάθε φιάλης και πάνω στην επιφάνεια του κόμποστ τοποθετείται ένα φιαλίδιο που περιέχει 2 ml διαλύματος KOH 4N.

Μέσα στο φιαλίδιο αυτό εμβαπτίζουμε απορροφητικό χαρτί μεγέθους τέτοιο ώστε να προεξέχει του φιαλιδίου και να είναι διπλωμένο σαν 'ακορντεόν', αυξάνοντας με αυτόν τον τρόπο την επιφάνεια του διαλύματος του KOH και κατ' επέκταση την ικανότητα δέσμευσης του CO<sub>2</sub>

Στη φιάλη προσαρμόζεται αεροστεγώς, με την βοήθεια αλοιφής σιλικόνης κενού, το ειδικά διαμορφωμένο πώμα το οποίο φέρει στρόφιγγα και πλάγιο σωλήνα που είναι συνδεδεμένος μέσω ελαστικού σωλήνα με το ηλεκτρόδιο παραγωγής οξυγόνου στο ποτήρι που βρίσκεται εξωτερικά της συσκευής. Οι φιάλες τοποθετούνται στις ειδικά διαμορφωμένες περιοχές μέσα σε υδάτινο λουτρό σταθερής θερμοκρασίας 25 °C. Στο ίδιο ποτήρι βρίσκεται σε ανεστραμμένη θέση προχοΐδα των 50ml η οποία είναι γεμάτη και περιέχει διάλυμα H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (0.2N) όπως επίσης και το ποτήρι το οποίο έχει υπερχειλίσει με το ίδιο διάλυμα.

Η πλήρωση της ανεστραμμένης προχοΐδας πραγματοποιείται διά αναρροφήσεως μέσω της στρόφιγγας, με την βοήθεια ελαστικού σωλήνα και σύριγγας, διατηρώντας κατά την αναρρόφηση το ποτήρι γεμάτο με το διάλυμα H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (0.2N). Στο εσωτερικό άνοιγμα της προχοΐδας που βρίσκεται βυθισμένο στο ποτήρι, υπάρχει προσαρμοσμένο το ηλεκτρόδιο παραγωγής υδρογόνου. Οι ακίδες Pt των δύο ηλεκτροδίων συνδέονται με ηλεκτρική πηγή συνεχούς ρεύματος (12-24 V, 10 A) μέσω γεφυρών Hg. Το διάλυμα του H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> στην προχοΐδα που εκτοπίζεται από το εκλύομενο υδρογόνο, υπερχειλίζει μέσω του ποτηριού σε χωνί απορροής και συλλέγεται ώστε να επαναχρησιμοποιηθεί. Τέλος ρυθμίζεται προσεκτικά το ηλεκτρόδιο οξυγόνου μέχρις ότου η ακίδα του Pt βυθιστεί στο διάλυμα H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> μέσα στο ποτήρι, έτσι κλείνει το ηλεκτρικό κύκλωμα και αρχίζει η υδρόλυση. Τότε κλείνουμε την στρόφιγγα, ανυψώνουμε προσεκτικά το ηλεκτρόδιο μέχρις ότου διακοπεί η υδρόλυση και αρχίζουμε τις μετρήσεις μας.

Ηλεκτρόλυση διαλύματος H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (ηλεκτρόδια Pt):



Το παραγόμενο οξυγόνο οδεύει προς το εσωτερικό της φιάλης ενώ το παραγόμενο υδρογόνο συλλέγεται στην ανεστραμμένη προχοΐδα και ογκομετρείται. Έτσι το κύκλωμα ανοίγει και κλείνει αυτόματα, ανάλογα με τις ανάγκες του δείγματος σε οξυγόνο.

Ο παραγόμενος όγκος του υδρογόνου υπολογίζεται βάση του τύπου:

$$V_0 = \frac{\left( (B - \delta - \frac{10hq}{d}) * V \right)}{P_0(1 + \alpha\theta)}$$

Όπου:  $V_0$ : ο διορθωμένος όγκος υδρογόνου ( 0 °C).

$V$ : ο όγκος του υδρογόνου στην προχοΐδα (ml) στο χρόνο  $t$

$B$ : η βαρομετρική πίεση τη στιγμή της ανάγνωσης του όγκου

$\delta$ : η τάση ατμών του διαλύματος  $H_2SO_4$  0,2 N (=17 mm Hg)

$h$ : το ύψος της στήλης του  $H_2SO_4$  στην προχοΐδα τη στιγμή της ανάγνωσης του όγκου

$q$ : η πυκνότητα του διαλύματος  $H_2SO_4$  0,2 N (= 1,012 g/cm<sup>3</sup>)

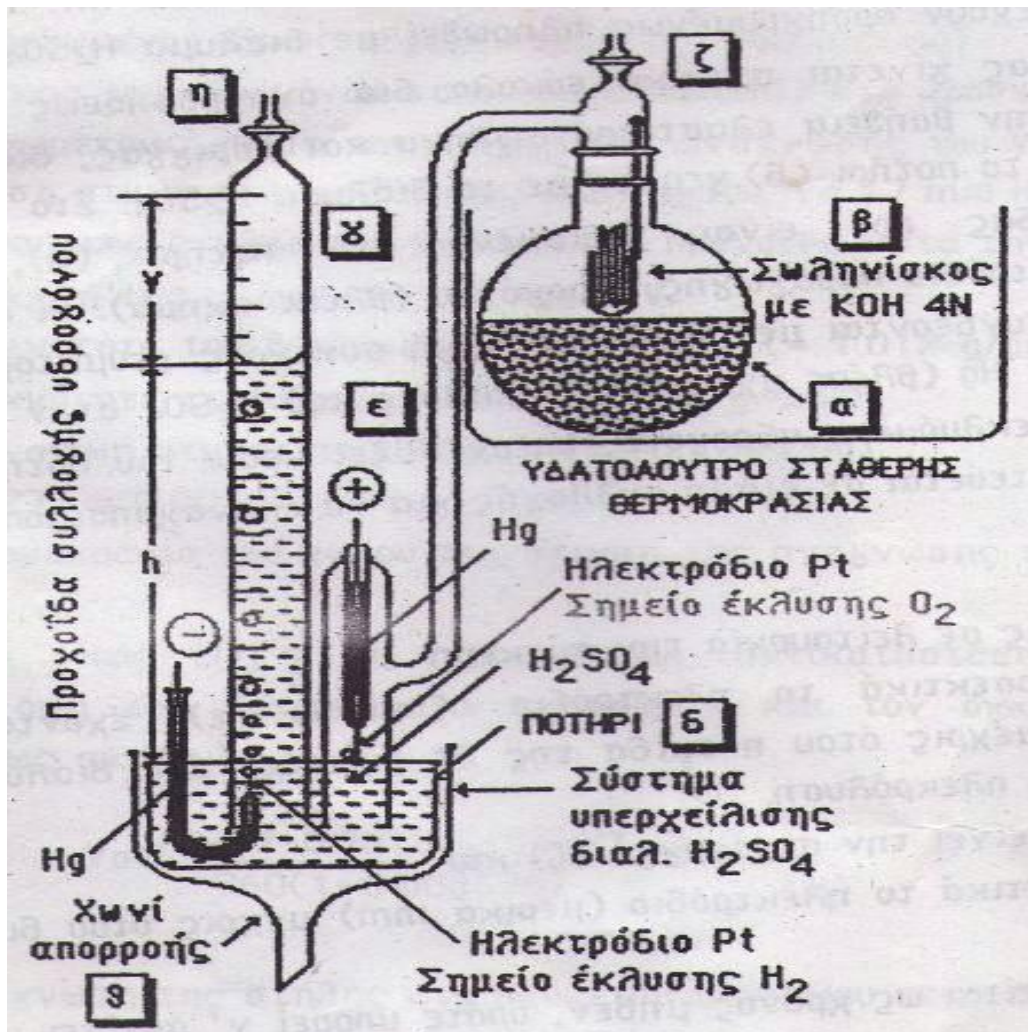
$d$ : η πυκνότητα του υδραργύρου (= 13,596 g/cm<sup>3</sup>)

$P_0$ : η κανονική ατμοσφαιρική πίεση (= 760 mm Hg)

$\alpha$ :  $1/273 = 0,00367$

$\theta$ : η θερμοκρασία του χώρου τη στιγμή της ανάγνωσης

Από την επεξεργασία των στοιχείων παραγωγής υδρογόνου είναι ευχερής ο υπολογισμός της αναπνευστικής δραστηριότητας. Κάθε τιμή  $V_0$  αντιστοιχεί  $V_0/2$  σε όγκο οξυγόνου. Ο ρυθμός κατανάλωσης οξυγόνου αντιστοιχεί στην κλίση της ευθείας που σχηματίζεται μεταξύ χρόνου και όγκου του οξυγόνου που καταναλώνεται από το δείγμα. Η αναπνευστική δραστηριότητα των δειγμάτων εκφράστηκε σαν όγκος κατανάλωσης οξυγόνου ανά λεπτό και ανά γραμμάριο ξηρού δείγματος. Ο συνολικός χρόνος λήψης των μετρήσεων τέθηκε σε ενενήντα λεπτά ώστε τα αποτελέσματα του πειράματος να είναι συγκρίσιμα από άποψη χρόνου επώασης.



Εικόνα 13: Ηλεκτρολυτική συσκευή για την μέτρηση της έντασης της αναπνοής σε δείγματα εδάφους.

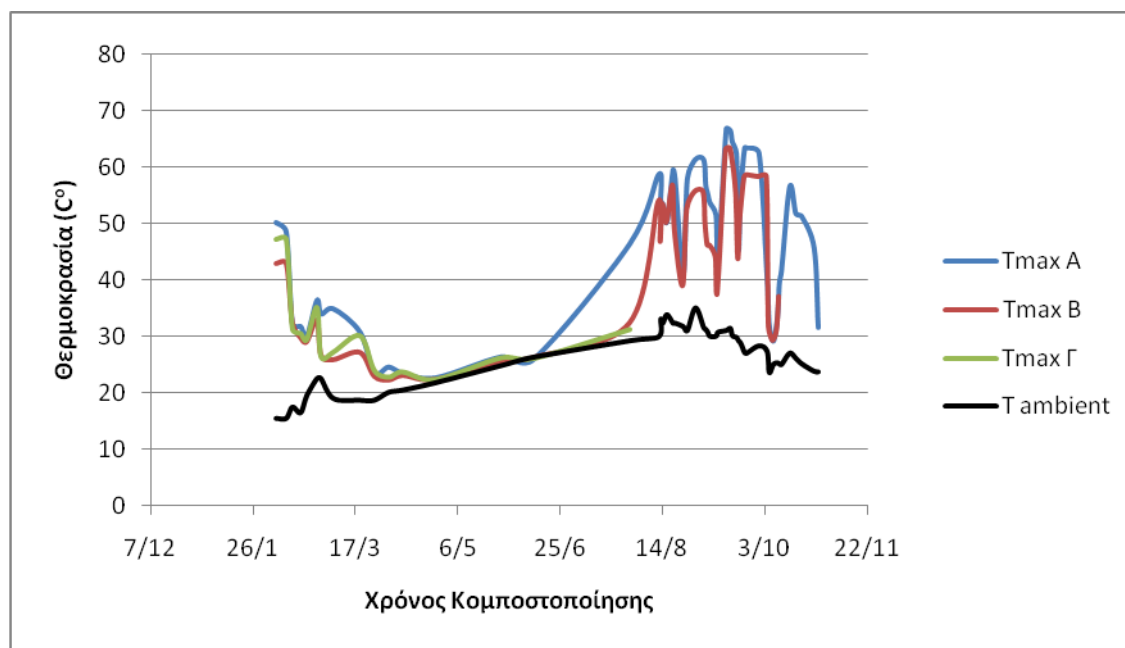
## 4. Συζήτηση – Αποτελέσματα στην πειραματική διαδικασία της κομποστοποίησης.

### 4.1 Θερμοκρασία

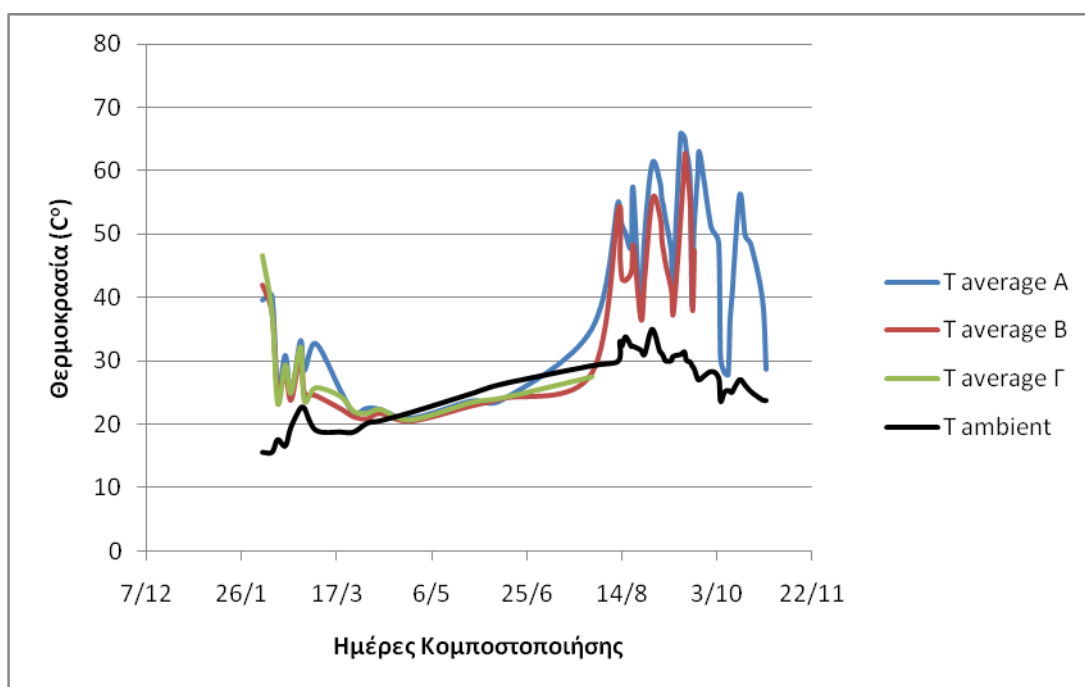
Καθόλη τη διάρκεια του πειράματος ελεγχόταν η θερμοκρασία του κόμποστ αποτελώντας έναν από τους πιο βασικούς παράγοντες για την πορεία της κομποστοποίησης. Σύμφωνα με τις τιμές της θερμοκρασίας του κόμποστ αποφασίζοταν η αναμόχλευσή του ώστε να επαναερισθεί το δείγμα μας και να εμπλουτιστεί με οξυγόνο απαραίτητο για τη δράση των μικροοργανισμών. Ειδικότερα, αναμόχλευση γινόταν όταν η θερμοκρασία παρουσίαζε συνεχή πτωτική τάση, όταν παρέμενε σταθερή σε διάστημα μερικών ημερών ή όταν αυτή κινούταν σε επίπεδα υψηλότερα των 65°C. Η αναμόχλευση συνεχίστηκε μέχρις ότου η θερμοκρασία δεν σημείωνε άλλη άνοδο.

Μετά την έξοδο του κόμποστ από τους κομποστοποιητές και κατά την διάρκεια της ωρίμανσης η μέτρηση της θερμοκρασίας γινόταν σε τακτά χρονικά διαστήματα καθώς και οι μεταβολές της ήταν μικρές και ακολουθούσε κατά κύριο λόγο την θερμοκρασία του περιβάλλοντος.

Η μεταβολή της θερμοκρασίας του υλικού φαίνεται στο διάγραμμα που ακολουθεί και συγκρίνεται χαρακτηριστικά με την θερμοκρασία του περιβάλλοντα χώρου.



Γράφημα 1. Συγκριτικό διάγραμμα μεγίστων θερμοκρασιών με το χρόνο.



**Γράφημα 2. Συγκριτικό διάγραμμα μέσων θερμοκρασιών με το χρόνο.**

Με την έναρξη της κομποστοποίησης και την εισαγωγή του υλικού στους κομποστοποιητές παρατηρήθηκε μια αυξημένη θερμοκρασία στο εσωτερικό σε σχέση πάντα με αυτή του περιβαλλοντος. Αυτή η αυξημένη θερμοκρασία και των τριών χειρισμών παρατηρήθηκε κατά τις πρώτες 30 περίπου μέρες. Από τον Απρίλιο μέχρι και τον Ιούλιο υπάρχει μια ομαλή σταθερότητα της θερμοκρασίας με ελαφρά αυξητική τάση.

Στις 12 Ιουλίου έγινε αναμόχλευση και διαβροχή του υλικού και στους 3 κάδους κομπόστ με μέση τιμή υλικού στους 40 °C. Ύστερα από αυτή την διαδικασία οι κάδοι μειώθηκαν από τρεις σε δύο. Στην συνέχεια στις 19 Αυγούστου λόγω της υψηλής θερμοκρασίας της περιόδου διαμορφώνονται τιμές υψηλές, και το υλικό επηρεάζεται και αποκτά 60 °C.

Η φάση αυτή ονομάζεται θερμοφιλή η οποία χαρακτηρίζεται από εκτεταμένες υψηλές θερμοκρασίες δίνοντας έτσι την ευκαιρία στους θερμοφίλους μικροοργανισμούς και συγκεκριμένα τα θερμοφιλά βακτήρια να εγκατασταθούν στην κομπόστα. Η θερμοκρασία αυτή είναι επικίνδυνη για τους μικροοργανισμούς του κομποστ και εφαρμόζεται η τεχνική του αναστρεφόμενου σωρού έτσι ώστε να πετύχουμε αερισμό δηλαδή οξυγόνο και πτώση της θερμοκρασίας.

Η διαδικασία αυτή είχε ως στόχο την μείωση της θερμοκρασίας και εφαρμόστηκε όλες τις φορές που παρατηρήθηκε αυτή η απαγορευτική θερμοκρασία, γεγονός που φαίνεται και στο διάγραμμα. Μετά την αναστροφή της 12<sup>ης</sup> Ιουλίου που το υλικό μειώθηκε κατά 1/3, η αναστροφή που θα ακολουθήσει περίπου 40 ημέρες μετά, θα καταλήξει σε μια περαιτέρω μείωση του υλικού στο 1/3 του αρχικού πράγμα που σημαίνει ότι οι χειρισμοί που θα ακολουθήσουν θα γίνονται στον εναπομείναντα κομποστοποιητή.

Κατά την διάρκεια των γυρισμάτων την περίοδο του Αυγούστου και συγκεκριμένα στις 24/08/13 η θερμοκρασία του υλικού έδινε τιμές στους 58-60 °C από μετρήσεις επιφανείας και πυθμένα, έπειτα όμως από αναστροφή του υλικού και σε διάρκεια 15 λεπτών παίρνουμε τιμές στους 40 °C. Αυτή η κατακόρυφη πτώση οφείλεται στον αερισμό του υλικού που επηρεάζεται από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Ωστόσο μετά το γύρισμα η παραμονή της θερμοκρασίας σε υψηλές τιμές διατηρείται για ελάχιστο χρονικό διάστημα και μας οδηγούν σε επαναλαμβανόμενους αερισμούς . Από το τελευταίο γύρισμα του Οκτωβρίου οι υψηλές θερμοκρασίες αρχίζουν να υποχωρούν σε σχέση με την θερμοκρασία του περιβάλλοντος που τελικά καταλήγει να συμβαδίζει με κομποστοποιημένο υλικό.



## 4.2 Υγρασία-Ολικά και πτητικά στερεά

Εκτός από την μεταβολή της μέγιστης θερμοκρασίας ελεγχόταν σε τακτικά χρονικά διαστήματα και η μεταβολή της υγρασίας του κόμποστ.

Διόρθωση της υγρασίας του κόμποστ θα γινόταν με προσθήκη νερού κατά την αναμόχλευση του υλικού όταν το επίπεδο της υγρασίας που θα προσδιοριζόταν εργαστηριακά θα ήταν κάτω από τα αποδεκτά όρια του 40% (Γεωργακάκης 1999). Πρακτικά όμως η εκτίμηση του επιπέδου της υγρασίας για την προσθήκη επιπλέον νερού γινόταν με βάση την εμφάνιση και την υφή του υλικού και στη συνέχεια επιβεβαιωνόταν εργαστηριακά.

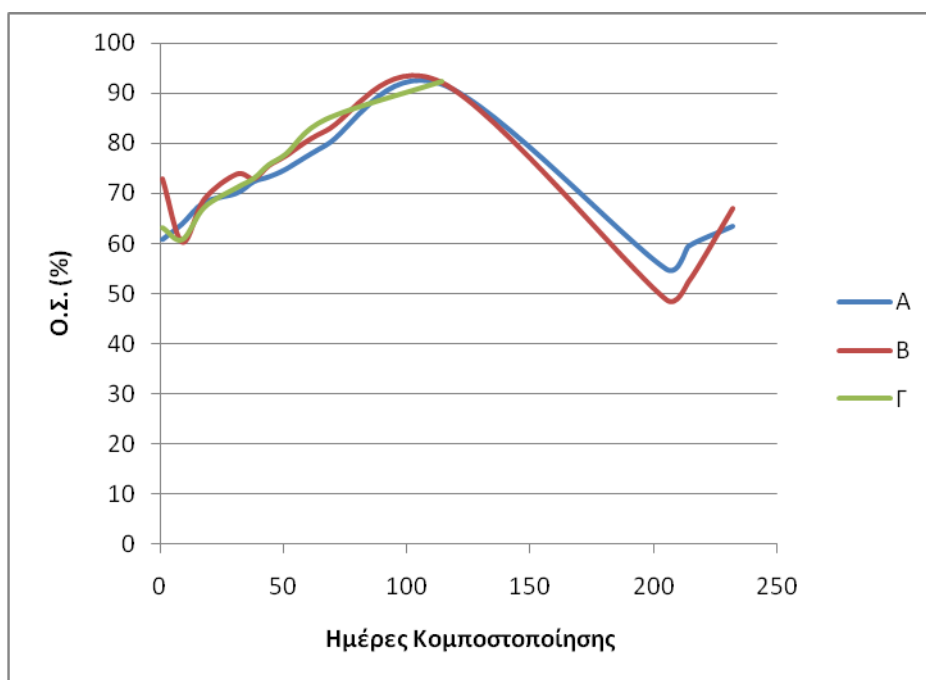


Εικόνα 14: Διαβροχή των ελαιόφυλλων από την πειραματική διαδικασία.

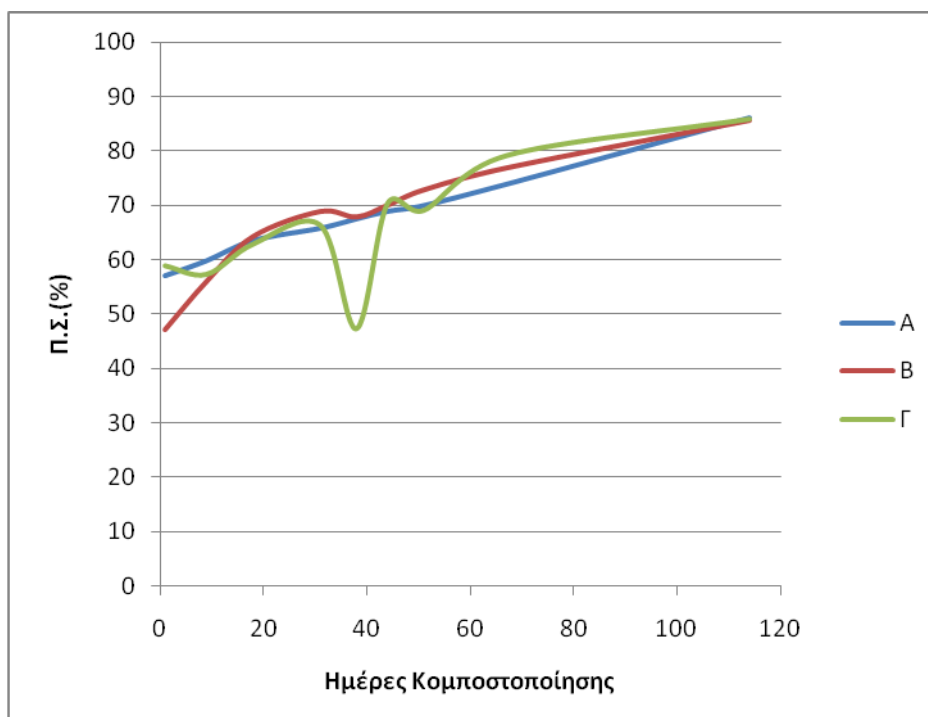
Οι μετρήσεις των ολικών και πτητικών στερεών μας προσδιόριζαν την υγρασία του δείγματος και τα ανόργανα συστατικά. Αυτές οι μετρήσεις καθόριζαν την αναμόχλευση του υλικού και οι διακυμάνσεις τους μας καθόριζαν και την πορεία της κομποστοποίησης.



Ακολουθούν διάγραμμα των αποτελεσμάτων, που παρουσιάζεται το πως αυτά διαμορφώνονται σε σχέση με τον χρόνο της διαδικασίας.



**Γράφημα 3. Συγκριτικό διάγραμμα ολικών στερεών με το χρόνο.**



**Γράφημα 4. Συγκριτικό διάγραμμα πτητικών στερεών με το χρόνο.**

Σύμφωνα με το διάγραμμα παρατηρούμε ότι υπάρχει μια ομαλή πορεία των ολικών στερεών με ελάχιστες διακυμάνσεις όπου έχουμε μια ανοδική τάση κατά της πρώτες 100 ημέρες και έπειτα μία ομαλή και σταθερή μείωση προς το τέλος της πορείας τους. Οι μετρήσεις όλων των επαναλήψεων δείχνουν να συμβαδίζουν καθόλη την πορεία του πειράματος πράγμα που μας επιβεβαιώνει την ομοιογένεια του υλικού και την ομαλή του πορεία.

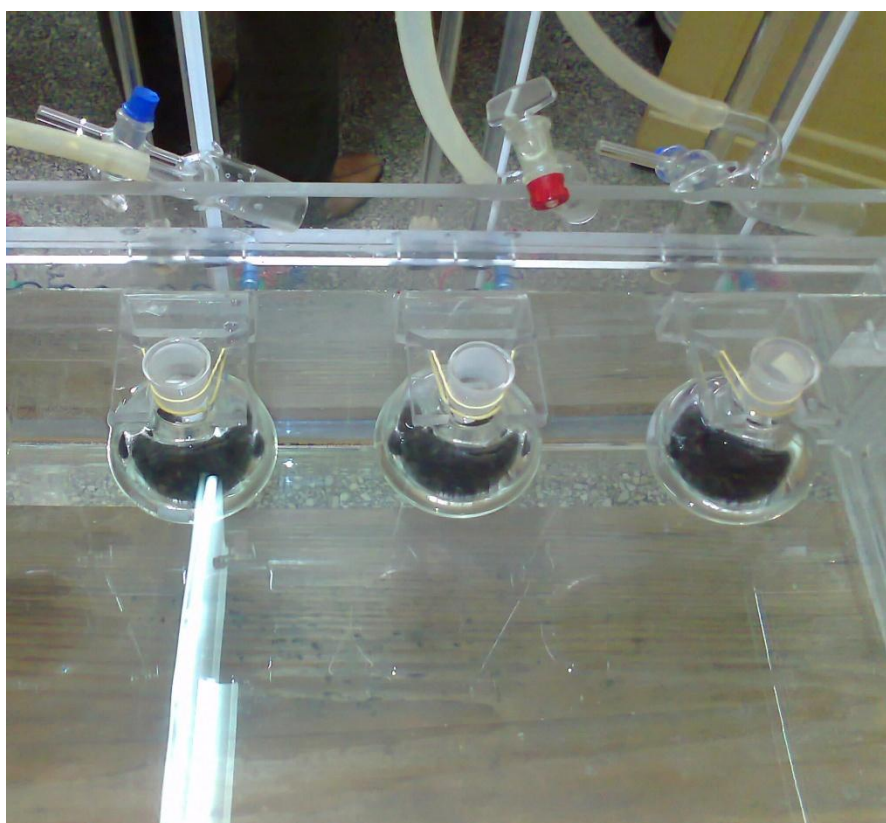
Τα πτητικά στερεά έχουν σταθερή πορεία στην διάρκεια της κομποστοποίησης και στους τρεις κάδους. Μια ξαφνική πτώση που εμφανίζεται στο διάγραμμα για τον 3ο κάδο στις 40 – 50 ημέρες του πειράματος πιθανόν να οφείλεται σε μή αντικειμενικό δείγμα κατά τη διαδικασία της μέτρησης καθόσον παρατηρούμε και οι 3 κάδοι να ακολουθούν μια ομαλή και σταθερή πορεία. Μετά τον τρίτο μήνα του πειράματος παρατηρούμε ότι οι μετρήσεις σε πτητικά στερεά διακόπηκαν αφού δώσαμε περισσότερο βάση σε αυτές των ολικών στερεών.

### **4.3 Φυτοτοξικότητα**

Το τεστ της φυτοτοξικότητας είχε σαν σκοπό την παρατήρηση του τελικού προϊόντος ως προς την επίδραση στην βλαστικότητα και κατά συνέπεια στην ανάπτυξη των φυτών. Σε σύγκρισή με τα τριβλεία μάρτυρες παρατηρούμε ότι δεν επηρεάστηκε η βλαστικότητα των σπόρων κάρδαμου από την παρουσία του εκχυλίσματος του κομπόστ. Πιο συγκεκριμένα η βλαστικότητα στους μάρτυρες ήταν κατά μέσο όρο 85% και στα τριβλεία με το εκχύλισμα που παράχθηκε από το κομπόστ πλησίαζε κατά μέσο όρο το 80%. Η σύγκριση των δύο ποσοστών μας επιτρέπει να παρατηρήσουμε ότι το εκχύλισμα δεν επηρεάζει ιδιαίτερα την βλαστικότητα και κατά συνέπεια δεν θεωρείται φυτοτοξικό. Το pH του εκχυλίσματος που χρησιμοποιήθηκε στα τριβλεία μετρήθηκε και μας έδωσε τιμή στο 9. Στο μήκος των ριζιδίων του μάρτυρα και του εκχυλίσματος κομπόστ παρατηρείται ομοιομορφία που κυμάνθηκε στο 1,5cm.

#### 4.4 Αναπνευστική Δραστηριότητα

Για την εκτίμηση της αναπνευστικής δραστηριότητας του υλικού καθώς και ο ρυθμός κατανάλωσης του οξυγόνου με το χρόνο, υπολογίστηκε η μέση κλίση του α' δείγματος σε 0,9991 του β' δείγματος 0,9996 και του γ' δείγματος σε 0,999. Οι παραπάνω μετρήσεις μας δείχνουν ότι δεν υπήρχαν αποκλίσεις στα δείγματα και έτσι επιβεβαιώνεται ότι οι χειρισμοί που έγιναν στο υλικό ήταν ομοιόμορφοι και δεν υπήρξαν διαφορές στην κομποστοποίηση του υλικού που έγινε σε 3 διαφορετικές επαναλήψεις. Λαμβάνοντας υπόψη ότι μεγάλη κλίση συνεπάγεται υψηλός ρυθμός κατανάλωσης οξυγόνου και επομένως μεγάλη ενεργότητα του δείγματος, συμπεραίνουμε ότι στο υλικό έχει επέλθει σχετική σταθεροποίηση.



Εικόνα 15: Δείγματα για εξέταση της αναπνευστικής δραστηριότητας από την πειραματική διαδικασία.

## 5. Συζήτηση – Αποτελέσματα στην πειραματική διαδικασία της ενσίρωσης.

Σκοπός της διαδικασίας της ενσίρωσης ήταν η δημιουργία ενός τελικού προϊόντος με όλα τα χαρακτηριστικά ενός ενσιρωμένου υλικού. Η τελική του διάθεση έχει ως σκοπό την ζωοτροφή αλλά στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται και μια επιπλέον εναλλακτική χρήση του στο κομμάτι των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και συγκεκριμένα στην παραγωγή βιοαερίου.

Όσον αφορά στα δεδομένα που προέκυψαν από χημική ανάλυση του ενσιρωμένου υλικού από το Εργαστήριο Διατροφής Αγροτικών Ζώων, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η μεταβολή των στοιχείων αυτών και συγκεκριμένα στις αζωτούχες, στις λιπαρές και στις ινώδεις ουσίες παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 3: Αποτελέσματα της χημικής ανάλυσης των δειγμάτων (αποτελέσματα σε % του προξηραμένου δείγματος).

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΔΕΙΓΜΑ	ΞΟ	ΤΕΦΡΑ	ΑΖΩΤΟΥΧΕΣ ΟΥΣΙΕΣ	ΛΙΠΑΡΕΣ ΟΥΣΙΕΣ	ΙΝΩΔΕΣ ΟΥΣΙΕΣ
03/04/2013	Ελαιόφυλλα	50,77	7,88	9,14	2,40	17,16
30/05/2013	Ελαιόφυλλα	52,53	4,57	5,21	3,63	8,69
30/05/2013	Ενσιρ. 1 Αραβ.	18,02	0,78	1,19	0,55	6,28
30/05/2013	Ενσιρ. 2 Αραβ.	20,04	0,87	1,38	0,51	5,84
30/05/2013	Ενσιρ. 3 Αραβ.	19,67	0,85	1,38	0,46	5,40

Πίνακας 4: Αποτελέσματα της χημικής ανάλυσης των δειγμάτων (αποτελέσματα σε % του αρχικού δείγματος).

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΔΕΙΓΜΑ	ΞΟ	ΤΕΦΡΑ	ΑΖΩΤΟΥΧΕΣ ΟΥΣΙΕΣ	ΛΙΠΑΡΕΣ ΟΥΣΙΕΣ	ΙΝΩΔΕΣ ΟΥΣΙΕΣ
30/05/2013	Ελαιόφυλλα	96,34	8,71	9,92	6,91	16,55
30/05/2013	Ενσιρ. 1 Αραβ.	95,61	4,34	6,62	3,07	34,84
30/05/2013	Ενσιρ. 2 Αραβ.	95,27	4,35	6,89	2,56	29,13
30/05/2013	Ενσιρ. 3 Αραβ.	94,66	4,33	7,01	2,36	27,46

Στον Πίνακα 1 βλέπουμε την χημική ανάλυση προξηραμένου δείγματος ενσιρώματος όπου σε διάστημα ενός περίπου μήνα οι αζωτούχες και οι ινώδεις ουσίες έχουν πτώση ενώ παρατηρείται αύξηση στις λιπαρές.

Για τη μέτρηση του pH και της EC προηγήθηκε μια διαδικασία που περιείχε αραίωση του υλικού σε αναλογία 5:1 και ανάδευσή του για 2 ώρες. Από τη διαδικασία αυτή προέκυψαν οι παρακάτω μετρήσεις:

Πίνακας 5: Αποτελέσματα μέτρησης pH και αγωγιμότητας

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΔΕΙΓΜΑ	ΝΕΡΟ/ΔΕΙΓΜΑ	p.H	EC
16/09/2013	Ελαιόφυλλα	5:1	8,01±0.03	1859 ±22Ms/cm

Μια επιπλέον παρατήρηση που θα μπορούσε να γίνει για το ενσιρωμένο υλικό είναι και οι φυσικοχημικές ιδιότητες που απέκτησε στην τελική του μορφή. Οι χημικές αναλύσεις που προηγήθηκαν μας έδωσαν μια αναλυτική περιεκτικότητα του υλικού σε ενώσεις και ουσίες. Το τελικό προϊόν δείχνει να έχει και τα φυσικά χαρακτηριστικά του ενσιρώματος. Βλέποντάς το παρατηρούμε ένα ομοιόμορφο πράσινο χρώμα χωρίς την παρουσία μούχλας που θα μπορούσε να προκαλέσει η υγρασία που και αυτή είναι ομοιόμορφη σε όλο το υλικό. Έχει επίσης μια ευχάριστη υπόξινη γαλακτική μυρωδιά που συναντάμε στα τυποποιημένα ενσιρώματα του εμπορίου. Όλα αυτά μας επιβεβαιώνουν το βαθμό επιτυχίας της ενσίρωσης και την τελική επιβεβαίωση μας έδωσε η δοκιμή του ως ζωοτροφή, πράγμα που ήταν ο αρχικός σκοπός της πειραματικής διαδικασίας. Δοκιμάσαμε να αντικαταστήσουμε την ζωοτροφή προβάτων με τα ενσιρωμένα ελαιόφυλλα του πειράματος και έδειξαν να τα δέχονται όπως φαίνεται και στις φωτογραφίες που ακολουθούν.



Εικόνα 16: Ενσίρωμα ελαιόφυλλων σε αιγοπρόβατα από την πειραματική διαδικασία.



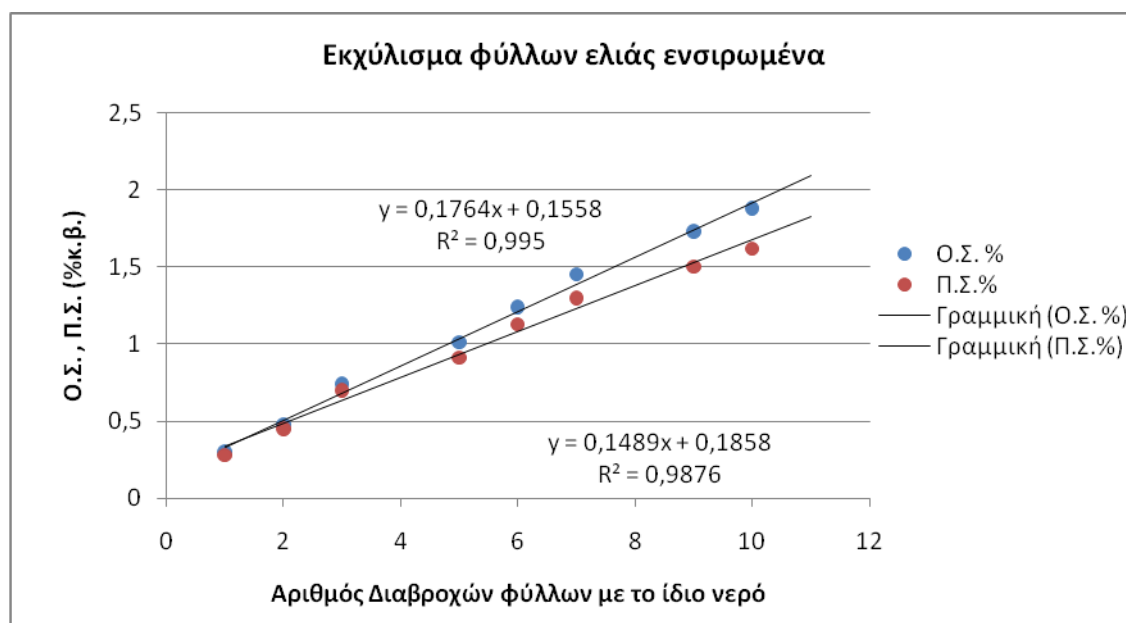
Εικόνα 17: Ενσίρωμα ελαιόφυλλων σε αιγοπρόβατα από την πειραματική διαδικασία.



Το ενσιρωμένο προϊόν από τα φύλλα ελιάς που δημιουργήθηκε στο εργαστήριο εκτός από ζωοτροφή αποφασίστηκε να χρησιμοποιηθεί και ως πρώτη ύλη σε άλλο πείραμα που θα ακολουθήσει και θα έχει ως σκοπό την παραγωγή βιοαερίου. Στο Εργαστήριο Γεωργικών Κατασκευών παράλληλα διενεργούνται και πειράματα παραγωγής βιοαερίου από μίγματα γεωργοκτηνοτροφικών αποβλήτων.

Εκχύλισμα του ενσιρώματος με νερό θα συνδυαστεί με άλλα υλικά για ένα βέλτιστο μίγμα παραγωγής βιοαερίου. Στα πλαίσια της συνέχισης λοιπόν του ενσιρώματος ως πρώτη ύλη για επόμενο πείραμα, δοκιμάσαμε την ικανότητα του να ξεπλένεται από νερό παρασύροντας στο εκχύλισμα συστατικά των ενσιρωμένων φύλλων. Η διαδικασία θεωρείται απλή αφού το ήδη ενσιρωμένο προϊόν αναμιγνύεται με νερό και στην συνέχεια διαχωρίζεται.

Θέλοντας να παρατηρήσουμε τα χαρακτηριστικά αυτού του ξεπλύματος και κατά πόσο επηρεάζονται με συνεχείς επαναλαμβανόμενες αναμειξεις, έγινε η δοκιμή που θα περιγραφεί. Αναμίξαμε ενσιρωμένα φύλλα ελιάς με νερό σε σχέση 1:1 κατ' όγκο (1kg νερού για 266gr ενσιρώματος) και στην συνέχεια τα διαχωρίσαμε. Στο ίδιο διαχωρισμένο υγρό έγινε η ίδια διαδικασία με φρέσκα ενσιρωμένα φύλλα και σταματήσαμε στις 10 επαναλήψεις. Σε κάθε διαχωρισμό μετρήθηκαν ολικά και πτητικά στερεά και η διακύμανση τους παρουσιάζεται στο διάγραμμα που ακολουθεί.



**Γράφημα 5. Συγκριτικό διάγραμμα Ολικών και Πτητικών Στερεών από εκχύλισμα ελαιόφυλλων.**

Παρατηρούμε μία αυξητική τάση των ολικών στερεών που ξεκινά από το 0,3% και φτάνει στη 10η επανάληψη το 2% . Το τελικό εκχύλισμα που προέκυψε από τη 10η επανάληψη είχε pH 5.07. Τα ολικά στερεά που παρουσιάζει το εκχύλισμα είναι χαμηλά ποσοτικά και πιθανή περαιτέρω συνέχιση των επαναλήψεων να τα αυξήσει σύμφωνα με την αυξητική γραμμή τάσης του διαγράμματος. Αυτή ήταν απλώς μια προκαταρκτική διαδικασία για μία νέα πειραματική εργασία που μπορεί να προσδώσει μια ακόμη εναλλακτική στα ενσιρωμένα φύλλα ελιάς.

## 6. Συμπεράσματα

- Σύμφωνα με τα βιβλιογραφικά δεδομένα και την παρατήρηση της πειραματικής διαδικασίας που ολοκληρώθηκε επιτυχώς, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι τα φύλλα ελιάς των ελαιотριβείων μπορούν να καταλήξουν σε κομποστοποιημένο προϊόν.
- Κατά την διαδικασία της κομποστοποίησης ο αρχικός όγκος του δείγματος μειώθηκε δίνοντας μας στο τέλος ένα προϊόν στο 1/3 του αρχικού όγκου.
- Το τεστ της φυτοτοξικότητας επιβεβαίωσε ότι πρόκειται για ένα εδαφοβελτιωτικό προϊόν που δεν θα παρουσιάσει πρόβλημα φυτοτοξικότητας καθώς η βλαστικότητα του έφτασε το 80% ποσοστό ανταγωνιστικό αυτού του μάρτυρα.
- Εκχύλισμα των ενσιρωμένων φύλλων έχει χαρακτηριστικά που θα μπορούσε να δοκιμαστεί ως πρώτη ύλη σε μίγμα για παραγωγή βιοαερίου.
- Τα ελαιόφυλλα των ελαιотριβείων μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως χονδροειδή ζωοτροφή στη διατροφή των μηρυκαστικών ζώων.
- Μέτρια περιεκτικότητα των ελαιόφυλλων σε αζωτούχες ουσίες δίχως να αλλοιώνει την θρεπτική τους αξία.
- Τα αιγοπρόβατα έδειξαν έντονη επιθυμία και ελκυστικότητα στο ενσίρωμα των ελαιόφυλλων



## Βιβλιογραφία

- Boyd, R. F. (1984). *General Microbiology*, Times Mirror/Mosby College Publishing.
- Brock, T. D. (1967). "Micro-organisms Adapted to High Temperatures " *Nature Journal* 214: 882-884.
- Chen W, H. H. A. J. S. A. F. (1987). "Factors Affecting Suppression of Pythium Damping-off in Container Media Amended with Composts." *Phytopathology* 77: 755-760.
- Feinstein, M. O. M. M. S. (1975). "Microbiology of Municipal Solid Waste Composting." *Journal of Microbiology* 19: 113-151.
- Frank, F. (2007). *Επίδραση της προσθήκης Θειϊκού οξέος στην κομποστοποίηση αποβλήτων πτηνοτροφείων. Αξιοποίηση Φυσικών Πόρων & Γεωργικής Μηχανικής. Αθήνα, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών. Bachelor.*
- Georgakakis D, S. S., Tsavdaris A, Bakouli I (1995). *Use Of Solid Swine And Poultry Residues To Produce High Quality Compost In Mixture With Lignite And Other Agricultural Residues. Zeli, Fthiotida, AFI KARAPATIS S.A.*
- Hassen, A. (2001). "Microbial Characterization During Composting of Municipal Solid Waste." *Journal of Bioresource Technology* 80: 217-225.
- Manios V., Balis C. (1983). *Respirometry to determine optimum conditions for the biodegradation of extracted olive press-cake. Soil Biol. Biochem.* 15(1): 75 –83
- Rynk, R. (1992). *On - Farm Composting Handbook*. NY, Cooperative Extension.
- Schingoethe, D.J. 1991. *Pyproduct feeds: feed analysis and interpretation. Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* 7, 577-584.
- Selman A. Waksman, W. W. U., T. C. Cordon (1939). " *Thermophilic Actinomycetes and Fungi in Soils and in Composts.*" *Soil Science - SOIL SCI* 47: 37-62.
- Van Soest, P.J. 1994. *Nutritional Ecology of the Ruminant*. Cornell University Press, Ithaca, New York, 476 pp
- Αργυροπούλου, Κ. (2004). *Διερεύνηση της δυνατότητας Εξουδετέρωσης των Οσμών κατά την Κομποστοποίηση Στερεών Αποβλήτων Πτηνοτροφείων με Μηχανικό Σύστημα Τύπου 'OKADA'. Αξιοποίηση Φυσικών Πόρων & Γεωργικής Μηχανικής. Αθήνα, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών. Bachelor.*
- Γεωργακάκης, Δ. (2010) *Πανεπιστημιακές σημειώσεις από το μάθημα « Στοιχεία Γεωργικών Κατασκευών» Μέρος Α Αναθεωρημένη Έκδοση Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.*

Ζέρβας, Γ., Φέγγερος, Κ., Μιχαλόχρηστας, Δ., Βασταρδής, Ι., 1993. Εκτίμηση διαιτητικής αξίας ενσιρωμένων ελαιόφυλλων. *Επιθεώρηση Ζωοτεχνικής Επιστήμης*, 17:39-55.

Ζέρβας Γ., Π. Καλαϊσάκης και Κ. Φεγγερός. 2004. *Διατροφή αγροτικών ζώων. Β' Έκδοση. Εκδόσεις Σταμούλη. Αθήνα.*

Κανδρέλης Σ. Ρούκος Χ. Κουτσούκης Χ (2009) *Εργαστηριακές σημειώσεις από το μάθημα «Βασικής Διατροφής Αγροτικών Ζώων» Τ.Ε.Ι Ηπείρου Τμήμα Ζωικής Παραγωγής, Άρτα.*

Μάρη, Ι. (2000). *Αναπνευσμετρική Εκτίμηση της Πορείας Σταθεροποίησης Οργανικών Υποστρωμάτων υπό Συνθήκες Αερόβιας Θερμόφιλης Χώνευσης (Composting). Αθήνα, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών. Διδακτορική Διατριβή.*

Μήτσιου, Χ. (2000). *Δοκιμές Συγκομποστοποίησης προεπεξεργασμένων αποβλήτων πτηνοτροφείων αυγοπαραγωγής και φυσικά αφυδατωμένων αποβλήτων ελαιοτριβείου. Αξιοποίηση Φυσικών Πόρων & Γεωργικής Μηχανικής. Αθήνα, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.*

Παπαχαράλαμπος Κ. (2013) *«Κομποστοποίηση μείγματος αποβλήτων πτηνοτροφείου με τυρόγαλα πριν και μετά τη χρήση του τελευταίου για την παραγωγή βιοαερίου», Πτυχιακή Μελέτη, Τμήματος Αξιοποίηση Φυσικών Πόρων & Γεωργικής Μηχανικής. Αθήνα, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών*

Σκιαδά, Β. (2011). *Μελέτη της Μικροβιακής Ποικιλότητας κατά τη Συγκομποστοποίηση Στερών και Υγρών Αγροτοβιομηχανικών Υποπροϊόντων με τη Χρήση Μοριακών Τεχνικών. Αξιοποίηση Φυσικών Πόρων & Γεωργικής Μηχανικής. Αθήνα, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.*

Τσαμασφύρας Ν (2012) *« Παραγωγή βιοαερίου από εκχύλισμα ενσιρώματος αραβοσίτου με υγρά μηχανικού διαχωρισμού αποβλήτων βουστασίου στη μεσόφιλη περιοχή. Τεχνικό – οικονομική διερεύνηση εφαρμογής των αποτελεσμάτων σε βουστάσιο γαλακτοπαραγωγής στην Βοιωτία.» Μεταπτυχιακή Μελέτη, Τμήματος Αξιοποίηση Φυσικών Πόρων & Γεωργικής Μηχανικής. Αθήνα, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.*

## Παράρτημα:

**Πίνακας 1: Αποτελέσματα μετρήσεων των παρακάτω παραμέτρων κομποστοποίησης.**

ΚΑΔΟΙ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΜΕΓΙΣΤΗ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΕΛΑΧΙΣΤΗ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ
		T (MAX) ( °C) Σωρού	T (MIN) ( °C) Σωρού	ΜΕΓΙΣΤΗ T (MAX)	ΕΛΑΧΙΣΤΗ T (MIN)
ΚΑΔΟΣ Νο 1	6/2/2013	50,1	29	20	11
ΚΑΔΟΣ Νο 2	6/2/2013	42,9	41,1		
ΚΑΔΟΣ Νο 3	6/2/2013	47,1	46		
<b>ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΑΝΑΜΟΧΛΕΥΣΗ</b>	<b>11/2/2013</b>	48,4	32,1	21	10
<b>ΚΑΔΟΣ Νο 2 ΑΝΑΜΟΧΛΕΥΣΗ</b>	<b>11/2/2013</b>	42,9	32,4		
<b>ΚΑΔΟΣ Νο 3 ΑΝΑΜΟΧΛΕΥΣΗ</b>	<b>11/2/2013</b>	47,1	28,1		
ΚΑΔΟΣ Νο 1	14/2/2013	32,1	17,9	23	12
ΚΑΔΟΣ Νο 2	14/2/2013	32,4	17,4		
ΚΑΔΟΣ Νο 3	14/2/2013	31,3	15,1		
ΚΑΔΟΣ Νο 1	18/2/2013	31,7	29,9	22	11
ΚΑΔΟΣ Νο 2	18/2/2013	29,8	26,9		
ΚΑΔΟΣ Νο 3	18/2/2013	30,5	28,1		
ΚΑΔΟΣ Νο 1	21/2/2013	29,9	19,6	26	13
ΚΑΔΟΣ Νο 2	21/2/2013	29,1	18,6		
ΚΑΔΟΣ Νο 3	21/2/2013	29,4	20,3		
ΚΑΔΟΣ Νο 1	28/2/2013	33,9	23	30	15
ΚΑΔΟΣ Νο 2	28/2/2013	26,7	23,4		
ΚΑΔΟΣ Νο 3	28/2/2013	26,4	20,9		
<b>ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΑΝΑΜΟΧΛΕΥΣΗ</b>	<b>27/2/2013</b>	36,3	29,9		
<b>ΚΑΔΟΣ Νο 2 ΑΝΑΜΟΧΛΕΥΣΗ</b>	<b>27/2/2013</b>	32,9	29,1		
<b>ΚΑΔΟΣ Νο 3 ΑΝΑΜΟΧΛΕΥΣΗ</b>	<b>27/2/2013</b>	35,1	29,2		
ΚΑΔΟΣ Νο 1	28/2/2013	33,9	23	30	15
ΚΑΔΟΣ Νο 2	28/2/2013	26,7	23,4		

ΚΑΔΟΣ Νο 3	28/2/2013	26,4	20,9		
ΚΑΔΟΣ Νο 1	6/3/2013	34,8	30,6	25	13
ΚΑΔΟΣ Νο 2	6/3/2013	25,9	23,2		
ΚΑΔΟΣ Νο 3	6/3/2013	27,2	24,2		
ΚΑΔΟΣ Νο 1	19/3/2013	30,7	19,9	24	13,4
ΚΑΔΟΣ Νο 2	19/3/2013	27,2	17,8		
ΚΑΔΟΣ Νο 3	19/3/2013	30,1	18,6		
ΚΑΔΟΣ Νο 1	26/3/2013	23,5	19,9	24	13,4
ΚΑΔΟΣ Νο 2	26/3/2013	23	19,4		
ΚΑΔΟΣ Νο 3	26/3/2013	24	19,9		
ΚΑΔΟΣ Νο 1	2/4/2013	24,5	20,4	24,1	16,1
ΚΑΔΟΣ Νο 2	2/4/2013	22,3	19,5		
ΚΑΔΟΣ Νο 3	2/4/2013	22,8	20,6		
ΚΑΔΟΣ Νο 1	9/4/2013	23,4	21,1	24,6	16,3
ΚΑΔΟΣ Νο 2	9/4/2013	23,1	20,4		
ΚΑΔΟΣ Νο 3	9/4/2013	23,7	20,8		
ΚΑΔΟΣ Νο 1	25/4/2013	22,6	19,1	27,6	15,9
ΚΑΔΟΣ Νο 2	25/4/2013	22,4	18,7		
ΚΑΔΟΣ Νο 3	25/4/2013	22,4	18,9		
ΚΑΔΟΣ Νο 1	27/5/2013	26,3	20,9	31	18,6
ΚΑΔΟΣ Νο 2	27/5/2013	25,6	20,3		
ΚΑΔΟΣ Νο 3	27/5/2013	26,2	20,6		
ΚΑΔΟΣ Νο 1	12/6/2013	25,9	21,6	31,6	21
ΚΑΔΟΣ Νο 2	12/6/2013	26,3	21,9		
ΚΑΔΟΣ Νο 3	12/6/2013	26,1	22,1		
<b>ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΠΟ ΑΝΑΜΟΧΛΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΒΡΟΧΗ</b>	<b>29/7/2013</b>	46,4	23,3	33,1	25,2
<b>ΚΑΔΟΣ Νο 2 ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΠΟ ΑΝΑΜΟΧΛΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΒΡΟΧΗ</b>	<b>29/7/2013</b>	32,4	23,7		
<b>ΚΑΔΟΣ Νο 3 ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΠΟ ΑΝΑΜΟΧΛΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΒΡΟΧΗ</b>	<b>29/7/2013</b>	31,2	23,6		
ΚΑΔΟΣ Νο 1	2/8/2013	51,4	28,8		

ΚΑΔΟΣ Νο 2	2/8/2013	51,2	28,7		
ΚΑΔΟΣ Νο 1	12/8/2013	58,6	51,4	36,7	23,1
ΚΑΔΟΣ Νο 2	12/8/2013	53,8	28,7		
ΚΑΔΟΣ Νο 1	13/8/2013	53,9	53,3	36,8	29,1
ΚΑΔΟΣ Νο 2	13/8/2013	46,8	45,5		
ΚΑΔΟΣ Νο 1	14/8/2013	53,4	49,8	36,1	28,4
ΚΑΔΟΣ Νο 1	16/8/2013	50,2	50,1	35,4	32,2
ΚΑΔΟΣ Νο 1	19/8/2013	59,4	36,5	36,5	28,1
ΚΑΔΟΣ Νο 2	19/8/2013	56,8	31,6	36,5	28,1
<b>ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ- ΑΝΑΜΟΧΛΕΥΣΗ</b>	20/8/2013	57,8	56,8	36,1	28,4
<b>ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΥΘΜΕΝΑ ΑΝΑΜΟΧΛΕΥΣΗ</b>	20/8/2013	48,8	47,3	36,1	28,4
ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	24/8/2013	58,3	57,3	36	27,4
ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΥΘΜΕΝΑ	24/8/2013	49,6	48,8	36	27,4
<b>ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΠΟ ΑΝΑΜΟΧΛΕΥΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ</b>	<b>24/8/2013</b>	41	34		
<b>ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΠΟ ΑΝΑΜΟΧΛΕΥΣΗ ΠΥΘΜΕΝΑ</b>	<b>24/8/2013</b>	39	34		
ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	26/8/2013	57,9	41,6	34,5	27,5
ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΥΘΜΕΝΑ	26/8/2013	52,6	34,5	34,5	27,5
ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	30/8/2013	61,3	61,1	36,6	33,4
ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΥΘΜΕΝΑ	30/8/2013	55,7	55,6	36,6	33,4
ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	3/9/2013	61,2	55,6	35,1	27,8
ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΥΘΜΕΝΑ	3/9/2013	55,6	49,8		
ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	4/9/2013	56,6	55,1	34,4	27,9
ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΥΘΜΕΝΑ	4/9/2013	49,8	47,9	34,4	27,9

ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	5/9/2013	55,1	53,6		
ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΥΘΜΕΝΑ	5/9/2013	46,2	47,8	34,6	26,7
ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	6/9/2013	53,6	51,4	33,4	26,6
ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΥΘΜΕΝΑ	6/9/2013	46,2	44,1	33,4	26,6
ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	9/9/2013	51,4	43,6	33,9	26,1
ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΥΘΜΕΝΑ	9/9/2013	44,1	38,1	33,9	26,1
ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	10/9/2013	43,6	42,1	33,4	26,2
ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΥΘΜΕΝΑ	10/9/2013	38,1	37,2	33,4	26,2
<b>ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΠΟ ΑΝΑΜΟΧΛΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΒΡΟΧΗ</b>	<b>10/9/2013</b>	36,6	28,1	32,3	29,1
ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	14/9/2013	66,7	65,1	34,7	27,2
ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΥΘΜΕΝΑ	14/9/2013	63,1	43,4		
ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	16/9/2013	66,4	64,3	36,7	26
ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΥΘΜΕΝΑ	16/9/2013	63,4	61,7		
ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	17/9/2013	64,3	62,2	34,7	25,4
ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΥΘΜΕΝΑ	17/9/2013	61,7	59,1		
ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	19/9/2013	62,2	55,3	33,7	25,9
ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΥΘΜΕΝΑ	19/9/2013	55,3	52	33,7	25,9
<b>ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΠΟ ΑΝΑΜΟΧΛΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΒΡΟΧΗ</b>	<b>19/9/2013</b>	55,3	30,9		
<b>ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΠΟ ΑΝΑΜΟΧΛΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΒΡΟΧΗ</b>	<b>19/9/2013</b>	59,1	31,1	32,5	31,3
ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	20/9/2013	45,3	32,2	32,8	25,6
ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΥΘΜΕΝΑ	20/9/2013	43,8	32,3		

ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	21/9/2013	55,6	45,3	31,4	26,2
ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΥΘΜΕΝΑ	21/9/2013	51	43,8		
ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	23/9/2013	63,3	55,6	30,1	24,1
ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΥΘΜΕΝΑ	23/9/2013	58,1	51		
ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	24/9/2013	63,3	62,4	30,3	23,6
ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΥΘΜΕΝΑ	24/9/2013	58,6	58		
ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	30/9/2013	62,4	39,9	32,4	24,1
ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΥΘΜΕΝΑ	30/9/2013	58,3	38,9		
ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	4/10/2013	39,9	31,9	32,1	22,4
ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΥΘΜΕΝΑ	4/10/2013	58,3	31,7		
ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	5/10/2013	31,9	29,1	26,3	20,9
ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΥΘΜΕΝΑ	5/10/2013	31,8	29,3		
ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	7/10/2013	29,1	27,1	27,4	20,4
ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΥΘΜΕΝΑ	7/10/2013	29,3	27,5		
<b>ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΠΟ ΑΝΑΜΟΧΛΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΒΡΟΧΗ</b>	<b>7/10/2013</b>	26,8	22,3	28,1	21,8
ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	9/10/2013	33,3	22,3	29,3	21,3
ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΥΘΜΕΝΑ	9/10/2013	31,3	22,7		
ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	10/10/2013	39,5	33,3	28,5	21,7
ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΥΘΜΕΝΑ	10/10/2013	37,1	32,3		
ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	11/10/2013	45,4	41,4	28,7	21,3
ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΚΕΝΤΡΟ	11/10/2013	41,6	38,5		

ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΥΘΜΕΝΑ	11/10/2013	37,1	34,9		
ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	12/10/2013	56,1	50,6		
ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΚΕΝΤΡΟ	12/10/2013	51,7	51,1		
ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΥΘΜΕΝΑ	12/10/2013				
ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	15/10/2013	47,3	46	30,7	23,2
ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΚΕΝΤΡΟ	15/10/2013	56,4	55,9		
ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΥΘΜΕΝΑ	15/10/2013	51,7	51,1		
ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	18/10/2013	46,1	32,7	30,5	21,6
ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΚΕΝΤΡΟ	18/10/2013	51,7	47,8		
ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΥΘΜΕΝΑ	18/10/2013	56,4	51,1		
ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	21/10/2013	39,2	33,8	29,5	20,6
ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΚΕΝΤΡΟ	21/10/2013	51,1	45,5		
ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΥΘΜΕΝΑ	21/10/2013	47,8	43,1		
<b>ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΑΝΑΜΟΧΛΕΥΣΗ ΜΕΤΡΗΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ</b>	<b>27/10/2013</b>	33,8	26,3	27,7	19,8
<b>ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΑΝΑΜΟΧΛΕΥΣΗ ΜΕΤΡΗΣΗ ΚΕΝΤΡΟ</b>	<b>27/10/2013</b>	45,5	34,1		
<b>ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΑΝΑΜΟΧΛΕΥΣΗ ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΥΘΜΕΝΑ</b>	<b>27/10/2013</b>	43,1	34,4		
ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	29/10/2013	29,7	25,4	27,8	19,6
ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΚΕΝΤΡΟ	29/10/2013	31,5	25,7		
ΚΑΔΟΣ Νο 1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΥΘΜΕΝΑ	29/10/2013	30,4	26,3		



**Πίνακας 2: Ολικών και Πτητικών στερεών .**

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΚΑΔΟΙ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ	Ο.Σ.%κ.β.	Π.Σ. %κ.β	Π.Σ.%Ο.Σ
18/2/2013	ΚΑΔΟΣ Νο 1	60,86	57,04	93,72
18/2/2013	ΚΑΔΟΣ Νο 2	72,91	47,14	67,29
18/2/2013	ΚΑΔΟΣ Νο 3	63,09	58,88	93,33
27/2/2013	ΚΑΔΟΣ Νο 1	63,98	59,80	93,47
27/2/2013	ΚΑΔΟΣ Νο 2	60,23	55,98	92,94
27/2/2013	ΚΑΔΟΣ Νο 3	60,68	57,31	94,44
6/3/2013	ΚΑΔΟΣ Νο 1	68,29	63,52	93,01
6/3/2013	ΚΑΔΟΣ Νο 2	68,84	64,25	93,34
6/3/2013	ΚΑΔΟΣ Νο 3	67,19	62,84	93,53
19/3/2013	ΚΑΔΟΣ Νο 1	70,10	65,80	93,87
19/3/2013	ΚΑΔΟΣ Νο 2	73,81	68,85	93,28
19/3/2013	ΚΑΔΟΣ Νο 3	71,08	66,33	93,31
26/3/2013	ΚΑΔΟΣ Νο 1	72,42	67,51	93,22
26/3/2013	ΚΑΔΟΣ Νο 2	72,91	67,85	93,04
26/3/2013	ΚΑΔΟΣ Νο 3	72,98	47,35	64,89
2/4/2013	ΚΑΔΟΣ Νο 1	73,36	68,90	93,91
2/4/2013	ΚΑΔΟΣ Νο 2	75,51	70,00	92,69
2/4/2013	ΚΑΔΟΣ Νο 3	75,69	70,29	92,87
9/4/2013	ΚΑΔΟΣ Νο 1	74,90	69,97	93,42
9/4/2013	ΚΑΔΟΣ Νο 2	77,50	72,82	93,96
9/4/2013	ΚΑΔΟΣ Νο 3	77,87	69,04	88,71
25/4/2013	ΚΑΔΟΣ Νο 1	79,61	73,90	92,82
25/4/2013	ΚΑΔΟΣ Νο 2	82,46	76,85	93,19
25/4/2013	ΚΑΔΟΣ Νο 3	84,79	79,08	93,27
12/6/2013	ΚΑΔΟΣ Νο 1	91,88	86,13	93,74
12/6/2013	ΚΑΔΟΣ Νο 2	92,19	85,59	92,85
12/6/2013	ΚΑΔΟΣ Νο 3	92,37	85,78	92,86
10/9/2013	ΚΑΔΟΣ Νο 1	54,97		
10/9/2013	ΚΑΔΟΣ Νο 1	48,71		
19/9/2013	ΚΑΔΟΣ Νο 1	59,49		
19/9/2013	ΚΑΔΟΣ Νο 1	52,24		
7/10/2013	ΚΑΔΟΣ Νο 1	63,50		
7/10/2013	ΚΑΔΟΣ Νο 1	66,97		

**Πίνακας 3: Τιμές ολικών και πτητικών στερεών ενσιρώματος.**

29/10/2013	Ο.Σ	Π.Σ.	Π.Σ.%
<b>ΕΝΣ.Α1</b>			
<b>ΕΝΣ.Α2</b>	<b>46,75</b>	<b>42,43</b>	<b>90,77</b>
<b>1 ΔΕ1</b>			
<b>1 ΔΕ2</b>	<b>37,92</b>	<b>34,61</b>	<b>91,27</b>
1 ΔΥ1			
1 ΔΥ2	<b>0,30</b>	<b>0,28</b>	<b>92,94</b>
2 ΔΥ1			
2 ΔΥ2	<b>0,48</b>	<b>0,45</b>	<b>93,78</b>
3 ΔΥ1			
3 ΔΥ2	<b>0,74</b>	<b>0,68</b>	<b>92,14</b>
4 ΔΥ1			
4 ΔΥ2	<b>1,24</b>	<b>1,13</b>	<b>91,09</b>
5 ΔΥ1			
5 ΔΥ2	<b>1,01</b>	<b>0,91</b>	<b>89,63</b>
<b>6 ΔΕ1</b>			
<b>6 ΔΕ2</b>	<b>36,02</b>	<b>32,87</b>	<b>91,25</b>
7 ΔΥ1			
7 ΔΥ2	<b>1,45</b>	<b>1,30</b>	<b>89,59</b>
8 ΔΥ1			
8 ΔΥ2	<b>1,73</b>	<b>1,50</b>	<b>86,92</b>
9 ΔΥ1			
9 ΔΥ2	<b>1,88</b>	<b>1,62</b>	<b>86,24</b>

ΕΝΣ.Α= ΕΝΣΙΡΩΜΑ ΑΡΧΙΚΟ  
 1ΔΕ= 1ή Διαβροχή Ενσιρώματος  
 1ΔΥ= Υγρά 1ής Διαβροχής  
 2ΔΥ= Υγρά 2ής Διαβροχής

1L ΕΝΣΙΡΩΜΑ= 266gr  
 Ph=5,07  
 ΕΝΣΙΡΩΜΑ/ΝΕΡΟ=1/1

**Πίνακας4: Αποτελέσματα βλαστικότητας σπόρων κάρδαμου.**

Μάρτυρες	Σπόροι
1	15
2	17
3	18

5/1	Σπόροι
1	16
2	18
3	14
pH:9,12	

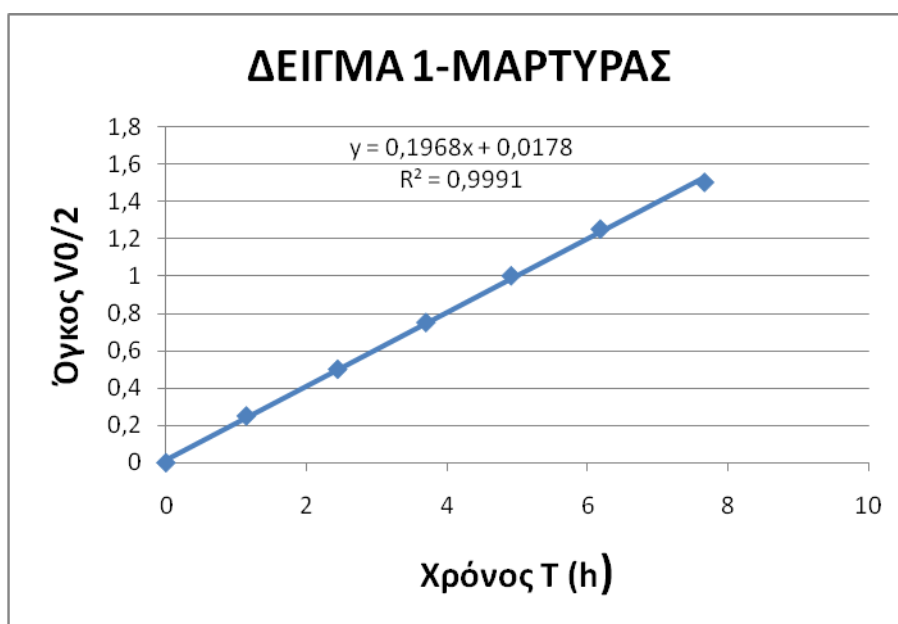
8/1	Σπόροι
1	15
2	15
3	16
pH:9,55	

**Πίνακας 5 : Τιμες και αποτελέσματα της αναπνευστικής δραστηριότητας του κομπόστ σε 3 δείγματα.**

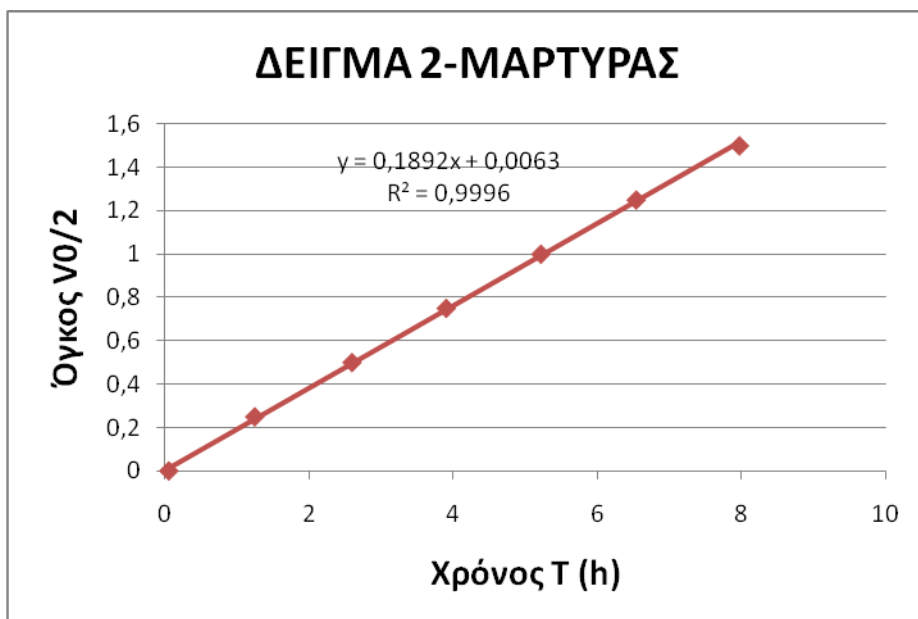
α/α	ΧΡΟΝΟΣ (t)  σε ώρες (h)	ΒΑΡ.ΠΙΕΣΗ  mm Hg	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ  °C	ΑΝΑΓΝΩΣΗ (ml) ΣΤΗΝ ΠΡΟΧΟΪΔΑ	ΔΙΟΡΘΩΜΕΝΗ ΤΙΜΗ V <sub>0</sub>	V <sub>o</sub> /2
<b>Αναπνευστική δραστηριότητα δείγματος Νο1</b>						
1	0	754,5	21,5	50	0	0
2	0,25	754,5	21,5	47,7	2,286301389	1,143150694
3	0,5	754,5	21,5	45,1	4,884950098	2,442475049
4	0,75	754,5	21,5	42,6	7,39779597	3,698897985
5	1	754,5	21,5	40,2	9,823174864	4,911587432
6	1,25	754,5	21,5	37,7	12,36320169	6,181600844
7	1,5	754,5	21,5	34,8	15,32700643	7,663503213
<b>Αναπνευστική δραστηριότητα δείγματος Νο2</b>						
1	0	754,5	21,5	49,9	0,099160334	0,049580167
2	0,25	754,5	21,5	47,5	2,485664919	1,242832459
3	0,5	754,5	21,5	44,8	5,185759381	2,592879691
4	0,75	754,5	21,5	42,2	7,801138244	3,900569122
5	1	754,5	21,5	39,6	10,43151656	5,215758278
6	1,25	754,5	21,5	37	13,07689432	6,538447158
7	1,5	754,5	21,5	34,2	15,9425372	7,971268602
<b>Αναπνευστική δραστηριότητα δείγματος Νο3</b>						
1	0	754,5	21,5	50	0	0
2	0,25	754,5	21,5	47,6	2,38597206	1,19298603
3	0,5	754,5	21,5	44,9	5,085467431	2,542733716
4	0,75	754,5	21,5	42,3	7,700269393	3,850134696
5	1	754,5	21,5	40	10,02586667	5,012933337
6	1,25	754,5	21,5	37,4	12,66893683	6,334468413
7	1,5	754,5	21,5	34,5	15,63467197	7,817335983

**Πίνακας6: Αποτελέσματα μέσης τιμής και τυπικής απόκλισης της αναπνευστικής δραστηριότητας.**

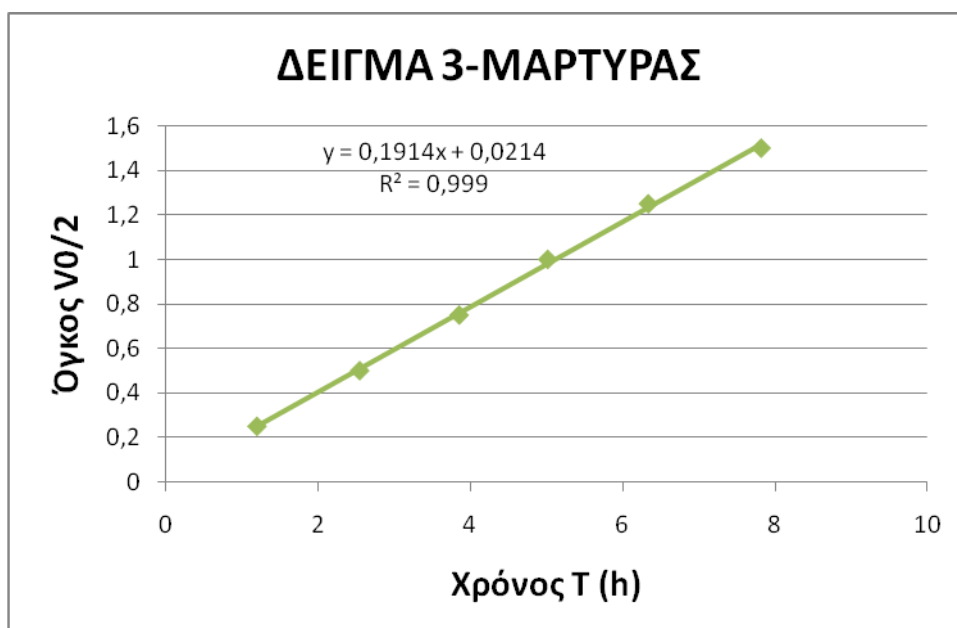
Δείγματα	a cm <sup>3</sup> /h /36,8g	a cm <sup>3</sup> /h /100g	average	τυπική απόκλιση
δείγμα 1	0,1968	0,534782609	0,523007246	0,007850242
δείγμα 2	0,1892	0,514130435		
δείγμα 3	0,1914	0,520108696		



**Διάγραμμα 1: Ρυθμός κατανάλωσης οξυγόνου με το χρόνο δείγμα 1**



**Διάγραμμα 2:** Ρυθμός κατανάλωσης οξυγόνου με το χρόνο δείγμα 2



**Διάγραμμα 3:** Ρυθμός κατανάλωσης οξυγόνου με το χρόνο δείγμα 3

## Φωτογραφικό υλικό

















