

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΚΡΗΤΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ



TECHNOLOGICAL
EDUCATIONAL INSTITUTE
of CRETE

DEPARTMENT *of*
MECHANICAL
ENGINEERING

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΠΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΦΥΤΙΚΩΝ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ

ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΜΟΣΧΟΝΑΣ

A.M: 5748

ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ, 2018

ΚΑΘΗΓΗΤΕΣ ΤΡΙΜΕΛΟΥΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ

καθ. Δρ. Θρασύβουλος Μανιός

καθ. Δρ. Ιωάννης Φασουλάς

καθ. Δρ. Νικόλαος Σακκάς

Το έργο αυτό υλοποιήθηκε στο Εργαστήριο Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων & Γεωργικής Μηχανικής, του τμήματος Τεχνολόγων Γεωπόνων, της σχολής Τεχνολογίας Γεωπονίας & Τεχνολογίας Τροφίμων του ΤΕΙ Κρήτης.

Αφιερώνω την παρούσα πτυχιακή στον παππού μου Νικόλαο Μοσχονά, στην γιαγιά μου Μοσχούλα Παπαδάκη και στην υπόλοιπη οικογένειά μου που με στήριξαν όλα αυτά τα χρόνια της φοίτησης μου.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διατριβή ξεκίνησε και ολοκληρώθηκε στο Εργαστήριο Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων & Γεωργικής Μηχανικής, του τμήματος Τεχνολόγων Γεωπόνων, της σχολής Τεχνολογίας Γεωπονίας & Τεχνολογίας Τροφίμων, του ΤΕΙ Κρήτης. Αυτή τη στιγμή που το έργο έχει ολοκληρωθεί, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή Δρ. Θρασύβουλο Μανιό και τον κ. Νικόλαο Μαρκάκη για την ευκαιρία που μου έδωσαν να εργαστώ στο εργαστήριο και να προσπαθήσω να φέρω σε πέρας ένα, όπως αποδείχθηκε, δύσκολο έργο. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω ξεχωριστά τον κύριο Νικόλαο Μαρκάκη για την μεγάλη βοήθεια που μου προσέφερε στις αναλύσεις του εργαστηρίου καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος για την πολύτιμη καθοδήγησή του.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές και εργαζομένους στο Εργαστήριο Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων & Γεωργικής Μηχανικής για την υπομονή τους και την άψογη συμπεριφορά τους απέναντι μου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	IV
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	V
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	VII
ABSTRACT	IX
1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	10
1.1 ΣΚΟΠΟΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	10
1.2 ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ	10
1.3 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ.....	15
1.3.1 ΟΞΥΓΟΝΟ ΚΑΙ ΑΕΡΙΣΜΟΣ.....	15
1.3.2 ΥΓΡΑΣΙΑ	16
1.3.3 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C).....	17
1.3.4 ΟΡΓΑΝΙΚΟΣ ΑΝΘΡΑΚΑΣ (TOC).....	17
1.3.5 ΑΖΩΤΟ (N).....	18
1.3.6 Ο ΛΟΓΟΣ C/N.....	18
1.3.7 pH.....	20
1.3.8 ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ (E.C.).....	20
1.3.9 ΜΙΚΡΟΒΙΑΚΟΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ.....	20
1.3.10 ΜΕΓΕΘΟΣ ΤΕΜΑΧΙΔΙΩΝ.....	21
1.4 ΑΓΡΟΤΙΚΑ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ	21
1.5 ΠΟΣΟΤΙΚΑ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΦΥΛΛΩΝ ΕΛΙΑΣ ΚΑΙ ΚΑΤΣΙΓΑΡΟΥ	25
1.5.1 ΠΟΣΟΤΙΚΑ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΦΥΛΛΩΝ ΕΛΙΑΣ.....	25
1.5.2 ΠΟΣΟΤΙΚΑ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΤΣΙΓΑΡΟΥ	28
1.6 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ	33
2 ΥΛΙΚΑ & ΜΕΘΟΔΟΙ.....	36
2.1 ΠΡΩΤΕΣ ΥΛΕΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ, ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	36
2.2 ΠΡΟΪΟΝ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΕ ΣΤΗΝ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ	43
2.2.1 ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ.....	44
2.2.2 ΜΕΤΡΗΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	52
2.2.3 ΜΕΤΡΗΣΗ ΥΓΡΑΣΙΑΣ.....	53
2.2.4 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΞΥΤΗΤΑΣ (pH) ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ (Ec)	55
2.2.5 ΟΛΙΚΟΣ ΟΡΓΑΝΙΚΟΣ ΑΝΘΡΑΚΑΣ (TOC)	57
2.2.6 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΑΖΩΤΟΥ ΚΑΤΑ KJELDAHL	58
2.2.7 ΕΚΧΥΛΙΣΗ ΦΥΤΙΚΟΥ ΙΣΤΟΥ ΓΙΑ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟ ΚΑΛΙΟΥ (K) ΚΑΙ ΦΩΣΦΟΡΟΥ (P).....	61
2.2.8 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΛΙΟΥ (K).....	63
2.2.9 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΛΙΚΟΥ ΦΩΣΦΟΡΟΥ (P).....	69
2.2.10 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΦΑΙΝΟΛΩΝ.....	73
3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	75
3.1 ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΠΡΟΤΟΝΤΟΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΞΗΡΑΝΣΗΣ	75

3.1.1.	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ	76
3.1.2.	ΥΓΡΑΣΙΑ	78
3.1.3.	PH	79
3.1.4.	ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ (Ec)	81
3.1.5.	ΟΛΙΚΟΣ ΟΡΓΑΝΙΚΟΣ ΑΝΘΡΑΚΑΣ (TOC)	82
3.1.6.	ΆΖΩΤΟ (N)	83
3.1.7.	ΚΑΛΙΟ (K)	84
3.1.8.	ΦΩΣΦΟΡΟΣ (P)	85
3.1.9.	ΦΑΙΝΟΛΕΣ	87
4	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	89
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	91
	ΕΛΛΗΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	91
	ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	91
	ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ	93

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας αποτελεί η εξέταση και αξιολόγηση της διαδικασίας της κομποστοποίησης, που θα επιτρέπει την αξιοποίηση προ-επεξεργασμένων φυτικών και αγροτο-βιομηχανικών υπολειμμάτων μετά από ηλιακή ξήρανση και τη μετατροπή αυτών σε ένα προϊόν εμπλουτισμένο σε θρεπτικά, προκειμένου αυτό να μπορεί να χρησιμοποιηθεί συμπληρωματικά της χημικής λίπανσης, κυρίως στην καλλιέργεια της ελιάς.

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η αξιολόγηση του προϊόντος αυτού, όπως προκύπτει, μετά από κομποστοποίηση φυτικών και αγροτοβιομηχανικών υπολειμμάτων, κυρίως ως προς τις συγκεντρώσεις συγκεκριμένων θρεπτικών και πολυφαινόλων. Το προς κομποστοποίηση προϊόν έχει προκύψει μετά από ηλιακή ξήρανση φυτικών υπολειμμάτων, με προσθήκη υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων. Καινοτόμος διεργασία που διερευνάται στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας είναι η αξιοποίηση ενός ήδη εμπλουτισμένου προϊόντος (μετά από ηλιακή ξήρανση) με σημαντικές ποσότητες θρεπτικών που περιέχονται στα υγρά απόβλητα των ελαιοτριβείων, καθώς και το γεγονός της αξιοποίησης υπολειμμάτων του αγροτικού τομέα, τα οποία σε κάθε περίπτωση επιβαρύνουν τον «παραγωγό» και το περιβάλλον, όταν δε διαχειρίζονται ορθά.

Επιπρόσθετα, στην παρούσα γίνεται αναφορά στην αξιοποίηση υπολειμμάτων τα οποία είναι εμπλουτισμένα σε θρεπτικά στοιχεία, προκειμένου τα θρεπτικά αυτά να συμπυκνωθούν και να χρησιμοποιηθούν και όχι να «χαθούν». Γίνεται δηλαδή προσπάθεια ανακύκλωσης και επαναχρησιμοποίησης των θρεπτικών στοιχείων, που σε κάθε άλλη περίπτωση θα χάνονταν και δε θα αξιοποιούνταν ανάλογα.

Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, έλαβε χώρα η διαδικασία της κομποστοποίησης ενός προϊόντος, το οποίο έχει προκύψει μετά από ηλιακή ξήρανση φύλλων ελιάς με προσθήκη υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείου (κατσίγαρος), σε κομποστοποιητή με δακτυλίους. Το προς κομποστοποίηση προϊόν, το οποίο μετά από την ηλιακή ξήρανση είναι ήδη εμπλουτισμένο σε θρεπτικά, θα αξιολογηθεί ως προς τη μεταβολή των φυσικοχημικών παραμέτρων και των συγκεντρώσεων θρεπτικών κατά την πορεία, αλλά και κατά την ολοκλήρωση της διαδικασίας της κομποστοποίησης.

Κατά την πορεία της υλοποίησης της πειραματικής εργασίας, πραγματοποιήθηκαν σε καθημερινή βάση μετρήσεις της θερμοκρασίας του υλικού, σε δυο διαφορετικά βάθη του κομποστοποιητή, ενώ ανάδευση του προς κομποστοποίηση υλικού γινόταν ανάλογα με την

υγρασία αυτού, σχεδόν σε εβδομαδιαία βάση. Μετά από κάθε ανάδευση, γινόταν δειγματοληψία υλικού, προκειμένου να μετρηθούν συγκεκριμένες φυσικοχημικές παράμετροι. Πιο συγκεκριμένα, οι παράμετροι που παρακολουθήθηκαν κατά την πορεία της κομποστοποίησης ήταν, το pH, η ηλεκτρική αγωγιμότητα (Ec), το ολικό άζωτο (TN), ο ολικός φώσφορος (TP), το ολικό κάλιο (TK), ο ολικός οργανικός άνθρακας (TOC) και η συγκέντρωση πολυφαινολών του υλικού. Στο τέλος και με την ολοκλήρωση της διαδικασίας της κομποστοποίησης πραγματοποιήθηκε αξιολόγηση του παραγόμενου προϊόντος, ως προς τη μεταβολή των παραμέτρων αυτών καθ' όλη την πορεία της κομποστοποίησης.

Με την ολοκλήρωση της πειραματικής διαδικασίας, προέκυψε ότι, οι συγκεντρώσεις των θρεπτικών στοιχείων (TK, TP, TN) στο νέο παραχθέν οργανικό προϊόν παρουσίασαν σημαντική αύξηση, ενώ παράλληλα παρατηρήθηκε μείωση της συγκέντρωσης των πολυφαινολών, λόγω αποδόμησής τους κατά την κομποστοποίηση, οι οποίες δρουν τοξικά στα φυτά σε αυξημένες συγκεντρώσεις. Αυτό το γεγονός αναδεικνύει ότι, κατά την κομποστοποίηση των συγκεκριμένων υλικών παρατηρήθηκε συμπύκνωση των υπό μελέτη θρεπτικών στοιχείων.

Απώτερος στόχος της όλης διεργασίας, αποτελεί η παραγωγή ενός εμπλουτισμένου σε θρεπτικά στοιχεία και οργανική ουσία προϊόντος, προκειμένου να αξιολογηθεί, όχι μόνο ως εδαφοβελτιωτικό, αλλά και ως ένα εμπλουτισμένο προϊόν, το οποίο θα μπορούσε να αντικαταστήσει μέρος της απαιτούμενης χημικής λίπανσης σε διαφορετικές καλλιέργειες.

ABSTRACT

The aim of this thesis is the exploitation of solar dried plant residues (liquid waste of oil mill) which have undergone the process of composting and their role as a competitive soil-improver product with the chemicals. Furthermore, we assessed the product, mainly on the concentrations of nutrients and phenols. It is worth-mentioned that the exploitation of residues, which burden in any case the producer, thus desires to throw these away and in this way to affect negatively the environment.

In the context of this dissertation, it took place the process of composting of a product that has originated from solar drying of olive leaves with the addition of liquid waste of oil mills (OMW) in the compost with rings. The final product after solar drying, enriched in nutrients, will be composted, so as to be investigated and assessed the physicochemical characteristics of the final product. Moreover, we performed in daily routine measurements of the temperature of the material, in two different depths of the compost and approximately weekly, the vortex of the material. Following each vortex, we performed sampling and then analysed these samples. The analyses included the measurement of pH, Electrical Conductivity (EC), total Nitrogen (N), Phosphorus (P), Potassium (K), Total Organic Carbon (TOC) and the phenols of the material. Finally, it takes place the assessment of the final product.

The successful conduction of experiments, demonstrates that the concentrations of the nutrients (K,P,N) in the new organic biologic product have elevated significantly. This fact reveals the condensation of nutrients of the material which mixed throughout the compost. The ultimate aim of this procedure is the production of an enriched in nutrients and organic substance product, so as to be assessed, not only as a soil improver, but also as a product which could replace a part of the needed chemical fertiliser in different crops.

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΣΚΟΠΟΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η μελέτη της δυνατότητας συμπύκνωσης των θρεπτικών στοιχείων που υπάρχουν σε φυτικά είδη υπολειμμάτων, μέσα από τη διαδικασία της κομποστοποίησης. Απώτερος στόχος της διεργασίας αυτής αποτελεί η παραγωγή ενός εμπλουτισμένου σε θρεπτικά στοιχεία και οργανική ουσία προϊόντος, προκειμένου να αξιολογηθεί, όχι ως εδαφοβελτιωτικό, αλλά ως ένα προϊόν το οποίο θα μπορούσε να αντικαταστήσει μέρος της απαιτούμενης χημικής λίπανσης σε διαφορετικές καλλιέργειες.

1.2 ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ

Η κομποστοποίηση είναι μια φυσική βιολογική, ελεγχόμενη, διαδικασία αποδόμησης των οργανικών αποβλήτων, που οδηγεί στην παραγωγή κομπόστ, δηλαδή ενός οργανικού εδαφοβελτιωτικού που προσομοιάζει στο χούμο του εδάφους και συμβάλλει στην ανάπτυξη των φυτών. Ο όρος βιολογικές, αποδίδεται σε όλες εκείνες τις μεθόδους, που βασίζονται στη δράση των διαφόρων μικροοργανισμών, οι οποίοι διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στην διαδικασία της κομποστοποίησης, δεδομένου ότι είναι αυτοί που διασπών τα οργανικά συστατικά των αποβλήτων σε απλούστερα συστατικά, μη τοξικά και ενεργειακά σταθερότερα. Τέτοιου είδους συστατικά είναι για παράδειγμα το CO₂, CH₄, H₂O, κ.λπ. (Γεωργακάκης, 2003).

Συνήθως η βιολογική επεξεργασία των αποβλήτων, επιλέγεται γιατί εξυπηρετεί πολύ συγκεκριμένους σκοπούς. Τέτοιοι σκοποί είναι οι εξής:

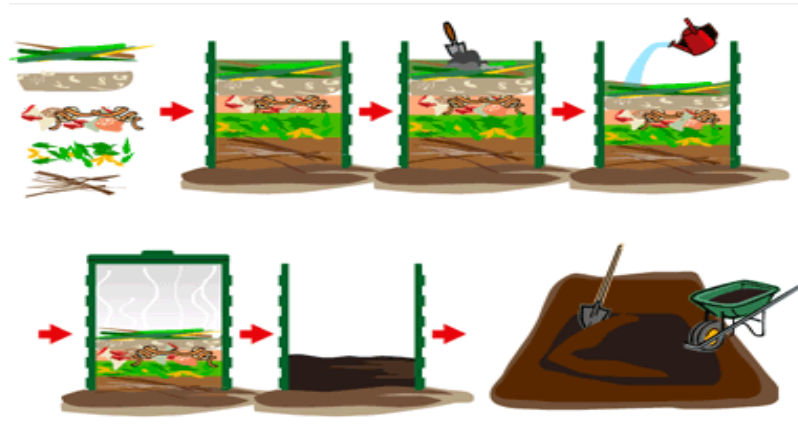
1. Η ελαχιστοποίηση των αρνητικών επιπτώσεων τόσο προς το περιβάλλον όσο και στην ανθρώπινη υγεία.
2. Η ανακύκλωση ή ανάκτηση των πολύτιμων μετάλλων για επαναχρησιμοποίηση.
3. Η παραγωγή ενός χρήσιμου τελικού προϊόντος, δηλαδή του κομπόστ.

Γενικότερα, η κομποστοποίηση μπορεί να ορισθεί ως η διαδικασία αποσύνθεσης της οργανικής ουσίας από τους μικροοργανισμούς υπό

ελεγχόμενες συνθήκες. Κατά τη διάρκεια αυτής της αποσύνθεσης, οι μικροοργανισμοί καταναλώνουν οξυγόνο ενώ ταυτόχρονα τρέφονται από την οργανική ουσία. Η κομποστοποίηση μειώνει τόσο τον όγκο όσο και τη μάζα των πρώτων υλών, μετατρέποντάς τα σε ένα οργανοχουμικό εδαφοβελτιωτικό προϊόν.

Ως αποτέλεσμα της μικροβιακής αποικοδομητικής δραστηριότητας, η θερμοκρασία του κομπόστ αυξάνεται και το pH αλλάζει ταχέως σε σύντομο χρονικό διάστημα, προκαλώντας μείωση σε κάποια είδη μικροοργανισμών και αφθονία σε άλλα. Κατά τη διαδικασία της κομποστοποίησης μπορεί να παρουσιαστούν εγγενή προβλήματα. Τα επίπεδα απόδοσης στα αρχικά στάδια της κομποστοποίησης είναι συνήθως υψηλά. Αυτό μπορεί να προκαλέσει προβλήματα, όπως ανεπιθύμητες οσμές ως αποτέλεσμα αναερόβιων συνθηκών σε τμήμα της μάζας του κομπόστ. Αερόβια αποικοδόμηση: διάσπαση πολύπλοκων οργανικών ενώσεων από μικροοργανισμούς σε απλούστερες, παρουσία οξυγόνου. Επιτυχής κομποστοποίηση απαιτεί αντικατάσταση της τυπικής μεσόφιλης αναερόβιας μικροχλωρίδας από αερόβια μικροχλωρίδα, ικανή να παράγει θερμότητα (Hultman et al., 2010).

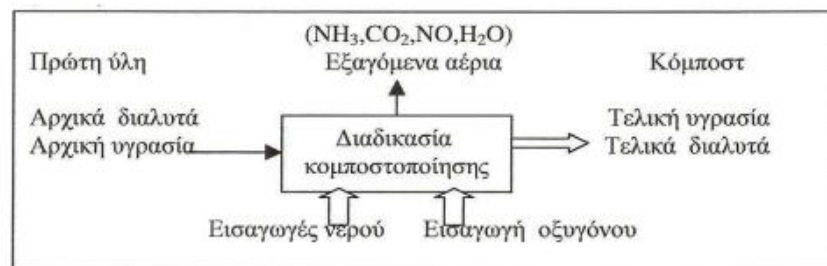
Η αερόβια κομποστοποίηση, η οποία είναι στην ουσία η αερόβια διαδικασία μικροβιακής αποικοδόμησης κατά την οποία η παραγωγή και επικείμενη μόνωση της πλεονάζουσας μεταβολικής θερμότητας του κομπόστ, μπορεί ταχέως να οδηγήσει σε παρατεταμένες θερμοκρασίες άνω των 50°C, με θερμοκρασιακό εύρος των θερμομονωμένων περιοχών από 60°C έως και 80°C (Dees & Ghiorse, 2001). Μία τυπική διαδικασία κομποστοποίησης χαρακτηρίζεται από μία σειρά σταδίων, που περιλαμβάνουν ταχεία αύξηση της θερμοκρασίας, παρατεταμένες υψηλές θερμοκρασίες και βαθμιαία πτώση της θερμοκρασίας της μάζας του κομπόστ.



Εικόνα 1: Διαδικασία κομποστοποίησης

(Πηγή: <http://kliktv.gr/2016/04/page/27/>)

Αξίζει να αναφερθεί ότι, κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης, οι μικροοργανισμοί όπως, βακτήρια, ακτινομύκητες και μύκητες είναι υπεύθυνοι για τη αποδόμηση της οργανικής ουσίας. Μια ολοκληρωμένη εικόνα της διαδικασίας της κομποστοποίησης μπορούμε να δούμε στις **Εικόνες 1 και 2**.



Εικόνα 2: Σχηματική απεικόνιση της διαδικασίας κομποστοποίησης

Στην **Εικόνα 2** αποδίδεται σχηματικά το ισοζύγιο μάζας της προς κομποστοποίηση ποσότητας. Η αρχική, ανεπεξέργαστη πρώτη ύλη, μέσω της κομποστοποίησης μετατρέπεται σε ένα υλικό με ορισμένα σταθερά χαρακτηριστικά. Η διαδικασία αυτή απαιτεί συνεχή τροφοδότηση της μάζας με υγρασία και οξυγόνο, στοιχεία απαραίτητα για τη ομαλή ολοκλήρωση της διαδικασίας. Επίσης, παρατηρείται απώλεια μάζας, η οποία οφείλεται κυρίως στην απομάκρυνση αέριας αμμωνίας (NH₃), διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), μονοξειδίου του αζώτου (NO) καθώς και στην απώλεια νερού λόγω εξάτμισης (water vapor). Εμπειρικά έχει βρεθεί ότι κατά την κομποστοποίηση ενός τόνου πρώτης ύλης, χάνονται 50 Kg ξηρής ουσίας, καταναλώνονται 53 Kg O₂

και παράγονται 73,3 Kg CO₂. Το αποτέλεσμα της κομποστοποίησης είναι η παραγωγή ώριμου κόμποστ.

Πίνακας 1: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα κομποστοποίησης
(Προσαρμοσμένο από Epstein, 1997)

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Η πλειοψηφία των στερεών αποβλήτων μπορεί να κομποστοποιηθεί. Έτσι μία εγκατάσταση κομποστοποίησης μπορεί να επεξεργαστεί τόσο αστικά όσο και βιομηχανικά απόβλητα.	Δυσάρεστες οσμές και εκπομπές βιοαερίων μπορεί να συνυπάρχουν κατά την κομποστοποίηση. Απαιτείται καλός σχεδιασμός των εγκαταστάσεων και αποτελεσματική διαχείριση.
Ελαχιστοποίηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων.	Πιθανή απαίτηση περισσότερου χώρου από άλλες τεχνολογίες διαχείρισης αποβλήτων
Μείωση χώρων υγειονομικής ταφής και μεγιστοποίηση ανακύκλωσης.	Το προϊόν πρέπει να προωθηθεί στην αγορά.
Αποικοδόμηση οργανικών ουσιών.	
Παραγωγή χρήσιμου προϊόντος.	

Το κομπόστ είναι το καλύτερο καλυπτικό, όπως και βελτιωτικό εδάφους και μπορεί να χρησιμοποιηθεί αντί για λίπασμα. Η χρήση του βελτιώνει τη δομή και την υφή του εδάφους, αυξάνει τον αερισμό του και την ικανότητά του να συγκρατεί νερό. Κάνει πιο χαλαρά τα αργιλώδη εδάφη και βοηθάει τα αμμώδη να συγκρατούν περισσότερο νερό. Η προσθήκη του, αυξάνει τη γονιμότητα του εδάφους και ενισχύει την ανάπτυξη υγιούς ριζικού συστήματος των φυτών. Η οργανική ύλη που περιέχεται σ' αυτό τροφοδοτεί τους μικροοργανισμούς οι οποίοι διατηρούν το έδαφος υγιές και ισορροπημένο. Το άζωτο, το κάλιο και ο φώσφορος θα παράγονται με φυσικό τρόπο από τους μικροοργανισμούς. Τα βακτήρια, σκουλήκια και μύκητες είναι οι οργανισμοί που αποδομούν την οργανική ύλη. Όταν αυτοί οι οργανισμοί διασπάσουν την οργανική ύλη ότι απομένει είναι το πλούσιο, εύφορο υλικό. Προσφέροντας το κατάλληλο περιβάλλον στους οργανισμούς που ζουν στον σωρό, καταφέρνουμε

να φτιάξουμε εδαφοβελτιωτικό εξαιρετικής ποιότητας και η θερμότητα που παράγεται στον σωρό τον καθαρίζει από τυχόν σπόρους ζιζανίων ή ασθένειες. Στον ακόλουθο πίνακα καταγράφεται τι επιτρέπεται και τι απαγορεύεται να απορρίπτεται μέσα στον κάδο κομποστοποίησης (**Πίνακας 2**).

Πίνακας 2: Αποδοχή και απόρριψη υλικών στον κάδο κομποστοποίησης

(Πηγή: <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9A%CE%BF%CE%BC%CF%80%CE%BF%CF%83%CF%84%CE%BF%CF%80%CE%BF%CE%AF%CE%B7%CF%83%CE%>

B7)

Πράσινα (πολύ άζωτο)	Καφετιά (πολύς άνθρακας)	Υπό προϋποθέσεις	Όχι
Γκαζόν	χαρτί κουζίνας	Ξύλα	Κόκκαλα
κλαδέματα, ξερά φύλλα	φλούδες κορμών	Λεμονόκουπες – πορτοκαλόφλουδες	απορρίμματα σκύλων/γατών
φρούτα και λαχανικά	Άχυρα		Λάδια
οικιακά φυτά	Πριονίδια		Λίπη
Φύλλα	ξεραμένη χλόη		λιπαρές ουσίες
απορρίμματα κουζίνας (π.χ. τσόφλια αβγών, υπολείμματα καφέ, φίλτρα γαλλικού καφέ)	Χαρτοπετσέτες		υπολείμματα από κρέατα/ψάρια
υπολείμματα από αφέψημα	στέλεχος καλαμποκιού		Γαλακτοκομικά
φλούδες, κοτσάνια από φρούτα και λαχανικά	Στάχτες		σπόρους ζιζανίων

κοπριά (π.χ. από αγελάδες, άλογα, κότες ή κουνέλια)			ψωμί – ζυμαρικά
φύκια ξεπλυμένα από τα άλατα με νερό		άρρωστα φυτά	
			μεταλλικά αντικείμενα
			Πλαστικά
			γυάλινα υλικά
			υπολείμματα μαγειρεμένων τροφών

1.3 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ

1.3.1 ΟΞΥΓΟΝΟ ΚΑΙ ΑΕΡΙΣΜΟΣ

Ο αερισμός με οξυγόνο διαδραματίζει σημαντικό ρόλο καθώς το οξυγόνο αποτελεί το ηλεκτρονιόφιλο στοιχείο στις αντιδράσεις της αερόβιας μικροβιακής αποικοδόμησης. Η παρουσία του αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για τη διαδικασία της κομποστοποίησης, η οποία είναι εξ' ορισμού αερόβια, αφού το οξυγόνο είναι απαραίτητο για το μεταβολισμό και τη μικροβιακή αναπνοή, καθώς και την οξείδωση των οργανικών ενώσεων. Η σύσταση του αέρα μεταξύ των σωματιδίων αρχίζει να μεταβάλλεται μόλις ξεκινήσει η βιοοξειδωτική δραστηριότητα, καθώς αυξάνει σταδιακά η συγκέντρωση του CO₂ και μειώνεται η συγκέντρωση του O₂.

Τα χαμηλά (ανεπαρκή) επίπεδα οξυγόνου οδηγούν στην ανάπτυξη αναερόβιων μικροοργανισμών και την παραγωγή ανεπιθύμητων οσμών. Ακόμα

και με κατάλληλη παροχή οξυγόνου και με αερόβιες συνθήκες γενικά στην έκταση του μείγματος, θα παράγεται σε ένα μικρό βαθμό αμμωνία και άλλες οργανικές ενώσεις. Ο σωρός πρέπει να επιτρέπει τη διαφυγή των εκλυόμενων γενικά αερίων, που θα διαχειρίζονται κατάλληλα σε σχέση με το περιβάλλον.

Η κατανάλωση O_2 είναι ανάλογη με την ένταση της μικροβιακής δραστηριότητας και σε θερμοκρασίες $45^{\circ}C-55^{\circ}C$ παρατηρείται η μέγιστη κατανάλωση οξυγόνου. Ο αερισμός κατά την κομποστοποίηση έχει διττό ρόλο: εκτός από την εξασφάλιση αερόβιων συνθηκών, η παροχή αέρα έχει στόχο και τον έλεγχο της θερμοκρασίας του σωρού, η οποία αλλιώς μπορεί να ανέλθει σε δυσμενή για τους μικροοργανισμούς επίπεδα (π.χ. άνω των $50^{\circ}C-55^{\circ}C$). Τις κατάλληλες συνθήκες αερισμού και οξυγόνου, όπως και τα επίπεδα απαραίτητης υγρασίας επιτυγχάνονται με την χρήση κομποστοποιητών.

1.3.2 ΥΓΡΑΣΙΑ

Η υγρασία αποτελεί ένα βασικό παράγοντα της διεργασίας της αποικοδόμησης, καθώς η δεύτερη πραγματοποιείται σε λεπτές υγρές μεμβράνες στην επιφάνεια των τεμαχίων των απορριμμάτων. Το μείγμα των απορριμμάτων όμως μπορεί να περιέχει παραπάνω υγρασία από όσο είναι απαραίτητη κι αυτό συμβάλλει στη παρεμπόδιση του αερισμού και στη μείωση της παροχής του οξυγόνου.

Συγκεκριμένα, η υπερβολική υγρασία έχει ως αποτέλεσμα να γεμίζουν οι πόροι μεταξύ των τεμαχίων με νερό, βελτιώνοντας την μικροβιακή αποικοδόμηση αλλά ταυτόχρονα μειώνοντας την μεταφορά του οξυγόνου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την δημιουργία αναερόβιων συνθηκών που οδηγεί στην ενεργοποίηση αναερόβιου μεταβολισμού και την παραγωγή ανεπιθύμητων οσμών κι άλλων υποπροϊόντων.

Η βέλτιστη υγρασία του υποστρώματος εξαρτάται από τη σύστασή του, το μέγεθος των σωματιδίων, τον αερισμό και τη θερμοκρασία που αναπτύσσεται. Το ιδανικό επίπεδο υγρασίας ποικίλει ανάλογα με την κατηγορία του υλικού και συνδέεται άμεσα με τις υδατικές ιδιότητες του. Κατά τη βιοσταθεροποίηση με τη μέθοδο των αναστροφών στο υλικό η ιδανική υγρασία είναι μεταξύ 40% και 50%. Για υγρασία μικρότερη του 40%, το υπόστρωμα σύντομα αφυδατώνεται εξαιτίας της μικροβιακής δραστηριότητας, με

αποτέλεσμα να λαμβάνει χώρα φυσική αλλά όχι βιολογική σταθεροποίηση. Το μέγιστο όριο για να αποφευχθεί η δημιουργία αναερόβιων συνθηκών, με τον τρόπο που περιγράφηκε παραπάνω είναι 70%. Με βάση τα ανωτέρω στοιχεία, για τα πιο πολλά οργανικά υλικά η άριστη υγρασία κυμαίνεται από 45% (για τα λεπτόκοκκα υλικά) μέχρι και 60% (για τα χονδρόκοκκα υλικά) σε υγρή βάση.

1.3.3 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)

Η αποικοδόμηση επιταχύνεται όταν επικρατούν οι θερμοκρασίες μεταξύ 32°C-60°C. Σε θερμοκρασίες κάτω των 32°C, η διαδικασία επιβραδύνεται σημαντικά, διότι ο μεταβολισμός των μικροοργανισμών επηρεάζεται αρνητικά. Αν η θερμοκρασία υπερβεί τους 60°C (πολύ πιθανόν να ξεπεράσει και τους 70°C) προκαλείται είτε αδρανοποίηση ή θερμικός θάνατος των μικροοργανισμών. Η θερμοκρασία πρέπει να ελέγχεται ώστε να παραμένει πάνω από τους 55°C για τρεις τουλάχιστον ημέρες.

Αυτό συνεπάγεται την εξαφάνιση των παθογόνων μικροοργανισμών με αποτέλεσμα την εξυγίανση του προϊόντος υλικού. Ο έλεγχος της θερμοκρασίας πρέπει να είναι συνεχής και προσεκτικός, διότι στις πολύ υψηλές θερμοκρασίες μπορεί να καταστραφούν και ομάδες μικροοργανισμών (π.χ. ακτινομύκητες) που είναι χρήσιμες στην αποδόμηση κυρίων ανθεκτικών στοιχείων όπως οι κυτταρίνες και οι λιγνίνες. Συνεπώς, η διέλευση από το θερμόφιλο πρέπει να είναι γρήγορη και στη συνέχεια η θερμοκρασία να διατηρείται σε χαμηλότερα επίπεδα. Οι θερμοκρασίες που ευνοούν τους θερμόφιλους μικροοργανισμούς κατέχουν την μεγαλύτερη σημασία διότι :

- Επιτυγχάνεται ταχύτερη αποικοδόμηση.
- Καταστρέφονται οι παθογόνοι μικροοργανισμοί.
- Η ρύθμιση της θερμοκρασίας επιτυγχάνεται με κατάλληλη ρύθμιση της συχνότητας των αναδεύσεων και της παροχής αερισμού.

1.3.4 ΟΡΓΑΝΙΚΟΣ ΑΝΘΡΑΚΑΣ (TOC)

Ο άνθρακας αποτελεί πηγή ενέργειας για τους μικροοργανισμούς, καθώς ένα μικρό κλάσμα του άνθρακα ενσωματώνεται στα κύτταρα των μικροοργανισμών. Αν η περιεκτικότητα σε άνθρακα είναι πολύ μεγάλη,

προκαλείται μια αργή αποσύνθεση που αυξάνει τον απαιτούμενο χρόνο επεξεργασίας.

1.3.5 ΑΖΩΤΟ (N)

Ακόμη το άζωτο είναι υπεύθυνο για την ανάπτυξη του μικροβιακού πληθυσμού. Η υπερβολική περιεκτικότητα σε άζωτο, δηλαδή πολύ παραπάνω από τις απαιτήσεις των μικροοργανισμών, οδηγούν στην απώλεια του με τη δημιουργία αμμωνίας ή άλλων αζωτούχων ενώσεων που προκαλούν οσμές και άλλα περιβαλλοντικά προβλήματα.

1.3.6 Ο ΛΟΓΟΣ C/N

Ο άνθρακας και το άζωτο είναι τα δυο πιο σημαντικά στοιχεία στη διεργασία της κομποστοποίησης. Ο άνθρακας αποτελεί την πηγή ενέργειας για τους μικροοργανισμούς, καθώς ένα μικρό κλάσμα του άνθρακα ενσωματώνεται στα κύτταρα των μικροοργανισμών. Ακόμη το άζωτο είναι υπεύθυνο για την ανάπτυξη του μικροβιακού πληθυσμού. Αν η περιεκτικότητα σε άνθρακα είναι πολύ μεγάλη, προκαλείται μια αργή αποσύνθεση που αυξάνει τον απαιτούμενο χρόνο επεξεργασίας. Επίσης οι μικροοργανισμοί σε διαδοχικούς βιολογικούς κύκλους, υποχρεώνονται να αναπτύσσονται οξειδώνοντας έτσι αργά το πλεόνασμα του άνθρακα μέχρι να φέρουν το λόγο C/N σε ευνοϊκές τιμές για το μεταβολισμό τους. Αν το άζωτο είναι πολύ περιορισμένο, τότε οι μικροοργανισμοί παραμένουν μικροί και καθυστερούν αρκετά να αποικοδομήσουν τον διαθέσιμο άνθρακα. Από την άλλη πλευρά, υπερβολική περιεκτικότητα σε άζωτο, δηλαδή πολύ παραπάνω από τις απαιτήσεις των μικροοργανισμών, οδηγούν στην απώλεια του με τη δημιουργία αμμωνίας ή άλλων αζωτούχων ενώσεων που προκαλούν οσμές και άλλα περιβαλλοντικά προβλήματα.

Συνεπώς, το οργανικό κλάσμα των ΑΣΑ, έχει συνήθως λόγο C/N κυμαινόμενο από 20:1 μέχρι 50:1 (μεγάλος λόγος σημαίνει π.χ. αυξημένη ποσότητα χαρτιού που προσφέρει C, έναντι υπολειμμάτων τροφών που προσφέρουν N). Η καλύτερη βιοσταθεροποίηση γίνεται όταν ο λόγος C/N κυμαίνεται από 25:1 έως 40:1 κατά βάρος. Αυξάνοντας την επιφάνεια των σωματιδίων των απορριμμάτων, μέσω αλέσματος ή τεμαχισμού, μπορεί να

αυξηθεί και η διαθεσιμότητα του άνθρακα και να επιταχυνθεί η αποικοδόμηση αν συνυπάρχει διαθεσιμότητα αζώτου.

Όσον αφορά την ρύθμιση του λόγου C/N στην όσο το δυνατόν βέλτιστη τιμή, σε απορρίμματα με υψηλό λόγο C/N εΐθισται να προστίθεται ιλύς από εγκαταστάσεις καθαρισμού λυμάτων η οποία έχει λόγο C/N περίπου ίσο με 10, ενώ για χαμηλό λόγο C/N ενδείκνυται η προσθήκη υλικών πλούσιων σε C, όπως πριονίδι, κλαδιά ή άχυρα. Το τελικό προϊόν (κομπόστ) πρέπει να ελέγχεται ώστε ο λόγος C/N να μην είναι μεγαλύτερος από 30:1 γιατί σε αντίθετη περίπτωση υπάρχει κίνδυνος κατά την εφαρμογή του κομπόστ στο έδαφος, να συνεχιστεί η αποδόμηση της οργανικής ουσίας από τους εμπεριεχόμενους μικροοργανισμούς, οι οποίοι θα απορροφήσουν ακόμη και από το έδαφος το άζωτο που είναι πολύτιμο στοιχείο ως λίπασμα για την κυτταρική τους ανάπτυξη. Ωστόσο, αυτό εξαρτάται και από τη βιοδιαθεσιμότητα του άνθρακα στο κομπόστ και θα πρέπει να εξετάζεται σφαιρικότερα, με κατάλληλες μετρήσεις του βαθμού σταθεροποίησης του κομπόστ (αναπνευστική δραστηριότητα, δυναμικό αυτοθέρμανσης κ.ά.).

Πίνακας 3: Σχέση C/N και επιλεγμένων υλικών
Πηγή ΚΟΜΠΟΣΤ (Αναστάσιος Αλκιμος 2000)

Οργανικές ουσίες	C/N
Πριονίδια - Ροκανίδια ξύλου	500:1
Χαρτικά είδη	200:1
Άχυρα Δημητριακών	15-30:30
Ζωϊκή κοπριά	15:1
Κοπριά πουλερικών	8:1
Αιματόσκονη	5:1

1.3.7 pH

Εξίσου σημαντικός παράγοντας, που χρησιμεύει στη διάγνωση ορισμένων προβλημάτων κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης. Η αρχική τιμή των ΒΑΑ είναι συνήθως κοντά στην τιμή 7. Στη συνέχεια το pH μειώνεται και αυτό οφείλεται στην δράση των μικροοργανισμών που δημιουργούν οξέα (π.χ. αμινοξέα) με τη διάσπαση των σύνθετων οργανικών ενώσεων. Έπειτα, η τιμή του αυξάνεται, επειδή αφ' ενός τα οργανικά οξέα καταναλώνονται και αφ' ετέρου, με την έναρξη της πρωτεϊνολυτικής διαδικασίας παράγεται άζωτο και αμμωνία, ενώ το υλικό μετατρέπεται σε αλκαλικό (το pH φτάνει μέχρι περίπου 8). Τελικά το pH πέφτει λίγο και τελικά σταθεροποιείται σε ελαφρά αλκαλική περιοχή (7,5 έως 8,5) ενώ για την κανονική ανάπτυξη των φυτών συνίσταται περιοχή pH από 5,5 έως 8,0.

Η βέλτιστη τιμή του pH για την ανάπτυξη και δράση των μικροοργανισμών εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά τους. Έχει αποδειχθεί ότι οι βέλτιστες τιμές για τα βακτηρίδια κυμαίνονται από 6 έως 7,5 και για τους μύκητες από 5,5 έως 8. Όταν η τιμή του pH πέσει κάτω από 6, η διαδικασία της κομποστοποίησης επιβραδύνεται. Από την άλλη πλευρά, όταν υπερβεί την τιμή 8 υπάρχει κίνδυνος για την εκπομπή ανεπιθύμητης αμμωνίας. Ο επιπλέον αερισμός αποτελεί λύση συνήθως για τη ρύθμιση του, όπως επίσης και προσθήκη ασβεστίου ή κάποιου άλλου χημικού παράγοντα.

1.3.8 ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ (E.C.)

Με τον όρο Ηλεκτρική Αγωγιμότητα (E.C.) εκφράζουμε τη συγκέντρωση των διαλυτών αλάτων στο οργανικό υλικό μας ή στο υπόστρωμα μας.

1.3.9 ΜΙΚΡΟΒΙΑΚΟΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ

Η μικροχλωρίδα που πραγματοποιεί την αερόβια βιολογική αποδόμηση των οργανικών υπολειμμάτων υπάρχει φυσιολογικά σε αυτά, προέρχεται από το έδαφος, τον αέρα και το νερό και συνεπώς δεν είναι απαραίτητη η επιπλέον προσθήκη μικροβιακού μολύσματος. Τα σημαντικότερα αθροίσματα μικροοργανισμών της κομποστοποίησης είναι τα βακτήρια, οι μύκητες και οι ακτινομύκητες.

1.3.10 ΜΕΓΕΘΟΣ ΤΕΜΑΧΙΔΙΩΝ

Σημαντικό ρόλο στη διαδικασία κομποστοποίησης έχει το μέγεθος των τεμαχίων καθώς η μικροβιακή δράση λαμβάνει χώρα στην επιφάνεια του καθενός τεμαχίου, τα τεμάχια με μεγαλύτερο εμβαδόν επιφάνειας ανά μονάδα όγκου(μεγαλύτερη επιφάνεια προσβολής), επιτρέπουν στους μικροοργανισμούς την αποικοδόμηση περισσότερου υλικού. Το βέλτιστο μέγεθος-κοκκομετρία των απορριμμάτων είναι τέτοιο ώστε να διευκολύνεται και η ροή του αέρα μέσα στη μάζα των απορριμμάτων.

Πίνακας 4: Συγκεντρωτική παρουσίαση των ιδανικών συνθηκών για ταχεία αερόβια αποικοδόμηση κατά την κομποστοποίηση
(Cooperband, 2002).

Συνθήκες	Αποδεκτές τιμές	Άριστες τιμές
Λόγος C:N	20 - 40:1	25 - 35:1
Υγρασία	40 - 65%	45 - 60%
Διαθέσιμη συγκέντρωση οξυγόνου	>5%	>10% ή/και περισσότερο
Μέγεθος μορίων του σωρού	<2.54 cm (1 ίντσα)	Ποικίλο
pH	5.5- 9.0	6.5- 8.0
Θερμοκρασία	43°C - 66 °C	54°C - 60 °C

1.4 ΑΓΡΟΤΙΚΑ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ

Με τον όρο ‘‘αγροτικά υπολείμματα’’ θεωρούμε τα κλαδοδέματα ελιάς, τον ελαιοπυρήνα, το άχυρο των σιτηρών, τα υπολείμματα αραβοσίτου, τα στελέχη βαμβακιού, τα κλαδοδέματα αμπελιών και τα κλαδοδέματα δένδρων.

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία χρησιμοποιήθηκε ένα προϊόν, το οποίο έχει προκύψει από μίξη και ηλιακή ξήρανση δυο αγροτοβιομηχανικών υπολειμμάτων, φύλλα ελιάς και υγρά απόβλητα ελαιοτριβείου (κατσίγαρος).

Η ελιά (*Olea Europaea*) είναι είδος ενδημικό στην ευρύτερη περιοχή της Μεσογείου από την τριτογενή περίοδο. Το φυτό της ελιάς είναι ελάχιστα απαιτητικό και ιδιαίτερα ανθεκτικό σε όλες τις συνθήκες. Τα φύλλα, ο καρπός και το λάδι της ελιάς κατέχουν σημαντική θέση στη γεωργία, τη διατροφή και την παραδοσιακή φαρμακοποιία και ιατρική πολλών χωρών κυρίως της Μεσογείου. Οι πρώτοι καλλιεργητές ελιάς πιστεύεται ότι ήταν οι Φοίνικες. Οι αρχαίοι Αιγύπτιοι τη χρησιμοποίησαν ως φάρμακο και για την ταρίχευση των νεκρών. Στην Παλαιά Διαθήκη (Γέννεσις 8:11), το περιστέρι έφερε στο Νώε φύλλο ελιάς μετά τον κατακλυσμό, ως σύμβολο της λήξης του κατακλυσμού.

Τα φύλλα της ελιάς περιέχουν τα ίδια βασικά στοιχεία που περιέχει και το λάδι: το απόσταγμα, δηλαδή, του καρπού της ελιάς. Η κατάλληλη στιγμή για τη συλλογή των φύλλων της ελιάς είναι τον χειμώνα πριν από τις βροχές και την άνοιξη, όταν δηλαδή οι ωφέλιμες αντιοξειδωτικές ουσίες βρίσκονται σε μεγαλύτερη συγκέντρωση.

Τα φύλλα της ελιάς έχουν χρησιμοποιηθεί στην παραδοσιακή ιατρική ως αντιυπερτασικά, αγγειοδιασταλτικά, αντιρρευματικά, διουρητικά, αντιπυρετικά και υπογλυκαιμικά. Σύγχρονες φαρμακολογικές μελέτες έχουν δείξει την αντιχοληστερολαιμική, αγγειοδιασταλτική, υποτασική και αντιμικροβιακή δράση τους ενώ νέες δράσεις είναι υπό μελέτη.



Τα απόβλητα των ελαιουργείων αποτελούν ένα από τα πιο σημαντικά περιβαλλοντικά προβλήματα της Μεσογείου. Κατά την κατεργασία του ελαιοκάρπου στα ελαιουργεία, παράλληλα με το ελαιόλαδο παράγεται και μία σειρά παραπροϊόντων. Αυτά είναι ο ελαιοπυρήνας, που αποτελείται από τα αλεσμένα στερεά συστατικά του καρπού, τα **ελαιόφυλλα** που έχουν μεταφερθεί με τον ελαιόκαρπο και μια σημαντική σε όγκο και οργανικό φορτίο ποσότητα υγρών αποβλήτων, που είναι γνωστά ως ‘‘λιοζούμι’’, ‘‘κατσίγαρος’’ ή ‘‘μούργα’’.

Στις μεσογειακές χώρες η συνολική ποσότητα παραγωγής υγρών αποβλήτων ξεπερνά τα 30 εκατομμύρια κυβικών μέτρων κάθε χρόνο. Στην

Ελλάδα, η συνολική παραγωγή υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων είναι περίπου 1.5 εκατομμύριο κυβικά μέτρα ετησίως, αφού υπάρχουν γύρω στα 2.500 ελαιοτριβεία σε ολόκληρη την Ελλάδα. Τα υγρά απόβλητα των ελαιουργείων αποτελούν πηγή ρύπανσης των εδαφών και των υδάτινων πόρων εξαιτίας του υψηλού οργανικού φορτίου που έχουν. Το οργανικό φορτίο αποτελείται από δύσκολες αλλά και εύκολα βιοδιασπώμενες ενώσεις. Τα περισσότερα ελαιουργεία, παραδοσιακά και τριφασικά έχουν δυναμικότητας 10-20 tn ελαιόκαρπου ανά ημέρα. Το γεγονός αυτό έχει ως συνέπεια να προκύπτουν ημερησίως 8m^3 και 15m^3 αντιστοίχως υγρά απόβλητα την ημέρα.

Τα υγρά απόβλητα των ελαιοτριβείων έχουν τα παρακάτω χαρακτηριστικά :

- Έντονο σκούρο καφέ έως σχεδόν μαύρο χρώμα
- Έντονο χαρακτηριστικό άρωμα
- Υψηλό οργανικό φορτίο, όπου μέρος αυτού είναι δύσκολα αποικοδομήσιμο με την αναλογία COD/BOD₅ να κυμαίνεται μεταξύ 2,5 και 5
- pH που κυμαίνεται από 3 έως 6 (ελαφρώς όξινο)
- Υψηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα
- Υψηλό περιεχόμενο σε πολυφαινόλες
- Υψηλό περιεχόμενο σε στερεή ύλη

Τα υγρά απόβλητα του ελαιοτριβείου ανήκουν στη κατηγορία των γεωργικών αποβλήτων. Επηρεάζονται από κάποιους παράγοντες για αυτό το λόγο υπάρχει ένα εύρος των τιμών των παραμέτρων που χαρακτηρίζουν τη σύσταση του κατσίγαρου.

- Ποικιλία των ελιών
- Ηλικία ωρίμανσης των καρπών των ελαιόδεντρων
- Κλιματολογικές συνθήκες
- Τύπο του εδάφους
- Τύπο της τεχνολογίας παραγωγής και τρόπος διαχωρισμού

ελαιόλαδου από την ελαιοζύμη.

- Χρήση φυτοφαρμάκων και λιπασμάτων
- Χρόνο συγκομιδής και αποθήκευσης πριν την επεξεργασία.

Οι χαρακτηριστικές παράμετροι των υγρών αποβλήτων των ελαιουργείων και το εύρος τιμών τους παρουσιάζονται στον ακόλουθο **Πίνακα 5**.

Πίνακας 5: Εύρος τιμών φυσικοχημικών παραμέτρων υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων (Sierra J. et al., 2001)

Παράμετροι	Τιμές
PH	4.5 – 6
EC ₂₅ (dS/m)	8 – 22
BOD ₅ (mg/l)	35.000 - 100.000
COD (mg/l)	40.000 - 195.000
Lipids (mg/l)	300 - 23.000
Organic matter (g/l)	40 – 165
Mineral matter (g/l)	5-14
Ponyphenols (mg/l)	3.000-24.000
N (g/l)	5 – 15
P (g/l)	0.3 - 1.1
K (g/l)	2.7 - 7.2
Ca (g/l)	0.12 - 0.75
Mg (g/l)	0.10 - 0.40
Na (g/l)	0.04 - 0.90
Solids (%)	5.5 - 17.6

Η σύνθεση του υγρού αποβλήτου των ελαιοτριβείων αποτελείται από 83-94% νερό, 4 -16% οργανική ύλη (πηκτίνες, λιπίδια, πρωτεΐνες, πολυαλκοόλες, πολυσακχαρίδια, οργανικά οξέα, αλκοόλες, αλδεϋδες, οργανικά μόρια χαμηλού μοριακού βάρους) και 0,4-2,5% ανόργανη ύλη που βρίσκεται υπό μορφή ανόργανων αλάτων (άλατα του ανθρακικού οξέος, φωσφορικά άλατα, ιόντα νατρίου, καλίου, ασβεστίου, σιδήρου, χαλκού, μαγνησίου, μαγγανίου, ψευδαργύρου και χλωρίου) (Cabrera, *et. al.*, 1996).

Το πιο σημαντικό μέρος του οργανικού κλάσματος από ποσοτικής

απόψεως, καταλαμβάνουν τα σάκχαρα, ενώ οι πολυφαινόλες και οι λιπαρές ουσίες, μολονότι υποδεέστερες ποσοτικά, από ποιοτικής απόψεως είναι τα πιο σημαντικά συστατικά, διότι σε αυτά οφείλονται οι χαρακτηριστικές ιδιότητες των υγρών αποβλήτων των ελαιοτριβείων. Οι φαινολικές ενώσεις είναι ευρέως διαδεδομένες στα φυτικά προϊόντα και περιλαμβάνουν, απλές φαινόλες, φαινολικά οξέα, φαινυλο-αλκοόλες και φλαβονοειδή.

Οι οργανικές ουσίες των υγρών αποβλήτων των ελαιοτριβείων μπορούν να διαχωριστούν σε ενώσεις:

- εύκολης και άμεσης αφομοίωσης από οργανισμούς, όπως σάκχαρα, οργανικά οξέα, αμινοξέα
- πολυμερή ή βιοαποικοδομήσιμα, όπως πρωτεΐνες, ημικυταρρίνες, πηκτίνες
- δύσκολα διασπώμενα συστατικά όπως φαινόλες, τανίνες μεγαλομοριακές λιπαρές ουσίες.

Το COD των αποβλήτων του φυγοκεντρικού ελαιοτριβείου έχει μικρότερη τιμή από το κλασικό, λόγω της αραίωσης του με μεγαλύτερες ποσότητες νερού. Τα παραδοσιακά ελαιοτριβεία παράγουν περίπου 400lt υγρών αποβλήτων ανά τόνο ελαιόκαρπου, ενώ τα φυγοκεντρικά 1000lt υγρών αποβλήτων ανά τόνο ελαιόκαρπου, λόγω της μεγάλης χρησιμοποίησης νερού κατά την εξαγωγή του ελαιόλαδου (Rana *et al.*, 2003).

1.5 ΠΟΣΟΤΙΚΑ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΦΥΛΛΩΝ ΕΛΙΑΣ ΚΑΙ ΚΑΤΣΙΓΑΡΟΥ

1.5.1 ΠΟΣΟΤΙΚΑ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΦΥΛΛΩΝ ΕΛΙΑΣ

Στα φύλλα της ελιάς αλλά και στον καρπό και στο λάδι, περιέχονται αρκετές φαινολικές ενώσεις και παράγωγα. Σημαντικότερες από τις ενώσεις αυτές είναι η ελαιοευρωπαϊνή (oleuropein) και η υδροξυτυροσόλη (3,4-διυδροξυφαινυλαιθανόλη). Μεταξύ άλλων στο εκχύλισμα των φύλλων της ελιάς έχουν απομονωθεί επίσης και άλλοι 3,4-διυδροξυφαινυλεστέρες και γλυκοζίδια

φλαβονοειδών κυρίως της ρουτίνης και λουτεολίνης. (Ghisalberti EL.,1998, Le Tutour B and Guedon D., 1992) Οι ιδιότητες των φύλλων της ελιάς έχουν αποδοθεί κατά κύριο λόγο στα ιριδοειδή του φύλλου της ελιάς και ειδικότερα στα σεκοϊριδοειδή ελαιοευρωπαϊνή και υδροξυτυροσόλη. (Ghisalberti EL.,1998, Le Tutour B and Guedon D., 1992) Η ελαιοευρωπαϊνή υπάρχει και στον καρπό της ελιάς, είναι το πικρό συστατικό που εξουδετερώνεται με την κατεργασία του ελαιοκάρπου. Οι δύο αυτές ουσίες είναι γνωστές και για τις αντιοξειδωτικές τους ιδιότητες (Owen RW, *et al.*, 2000), ενώ θεωρείται ότι δίνουν στο δέντρο της ελιάς αντοχή κατά των βλαβών από έντομα και βακτήρια. Πάντως το συνολικό εκχύλισμα των φύλλων της ελιάς, εμφανίζει μεγαλύτερη αντιοξειδωτική ικανότητα από τα δύο αυτά συστατικά. (Le Tutour B and Guedon D., 1992) Αρκετά από τα συστατικά του φύλλου της ελιάς, και ειδικότερα η ελαιοευρωπαϊνή, η τυροσόλη, η υδροξυτυροσόλη και οι εστέρες τους και ορισμένα φαινολικά οξέα όπως το καφεϊκό και το βανιλικό, υπάρχουν στον καρπό και στο λάδι της ελιάς. (Visioli F and Galli C.,1998)

Η πρώτη επίσημη αναφορά για τη χρήση των φύλλων της ελιάς στην ιατρική χρονολογείται από το 1854, όταν ο Hanbury ανέφερε στην επιθεώρηση *Pharmaceutical Journal* μια απλή συνταγή για τη χρήση του υδατικού εκχυλίσματος των φύλλων της ελιάς ως αντιπυρετικό. Από τις αρχές του 20^{ου} αιώνα υπάρχουν αναφορές στη βιβλιογραφία για την σύσταση και τη δράση των φύλλων της ελιάς. (Bourquelot E, Vintilesco J., 1938) Ειδικότερα αναφέρονται αντιοξειδωτική (Ghisalberti EL.,1998, Le Tutour B and Guedon D.,1992, Owen RW.*et al.*, 2000), αντιμικροβιακή (Ghisalberti EL.,1998, Walter Jr WM. *et al.*, 1973) αντυπερτασική (Ghisalberti EL.,1998, Visioli F and Galli C. 1998, Visioli F and Galli C.,1994, Ziyat A. *et al.*,1997) αγγειοδιασταλτική (Zarzuelo A. *et al.*,1991) και υπογλυκαιμική (Gonzalez M. *et al.*, 1992) δράση για το εκχύλισμα των φύλλων ή για μεμονωμένα συστατικά του.

Το εκχύλισμα των φύλλων της ελιάς και η ίδια η ελαιοευρωπαϊνή, έχει βρεθεί ότι έχουν ισχυρή μικροβιοκτόνο δράση *in vitro*. (Ghisalberti EL., 1998, Walter Jr WM. *et al.*, 1973) Ειδικότερα το εκχύλισμα έχει βρεθεί ότι είναι αποτελεσματικό *in vitro* κατά πολλών παθογόνων που συμπεριλαμβάνουν τους

ιούς της γρίπης, του έρπητα, μύκητες και βακτήρια. Ωστόσο, δεν έχει επαρκώς αποδειχθεί η δραστικότητα *in vivo*. Ακόμη έχει βρεθεί αντισυμπληρωματική δράση κάποιων φλαβονοειδών του φύλλου της ελιάς όπως η απιγενίνη και η λουτεολίνη. (Pieroni A. *et al.*, 2006) Τα φύλλα της ελιάς, με τη μορφή εκχυλίσματος έχουν επίσης χρησιμοποιηθεί στην παραδοσιακή ιατρική ως αντινεοπλασματικά. Η δράση αυτή των φύλλων της ελιάς αποτελεί τελευταία αντικείμενο έρευνας (Owen RW *et al.*, 2000)

Κλινικά δεδομένα για τη χρήση των φύλλων της ελιάς στην θεραπεία της υπέρτασης, υπάρχουν ήδη από τη δεκαετία του 1950. (Ghisalberti EL 1998) Η επίδραση που παρουσιάζουν τα ελάσσονα συστατικά, κυρίως τα φλαβονοειδή της ελιάς στα καρδιαγγειακά νοσήματα ανασκοπήθηκε πρόσφατα. (Visioli F and Galli C.,1998) Επώαση LDL χοληστερόλης με ελαιοευρωπαϊνή και η υδροξυτυροσόλη, βρέθηκε ότι μειώνει την απώλεια βιταμίνης E μετά από προσθήκη CuSO_4 και ότι αναστέλλει το σχηματισμό προϊόντων λιπιδικής υπεροξειδωσης όπως ισοπροστάνια, λιπούπεροξείδια και μηλονική διαλδεύδη.

Άλλες δράσεις των πολυφαινόλων του φύλλου της ελιάς, περιλαμβάνουν την αναστολή της συγκόλλησης των αιμοπεταλίων, ελαττωμένη παραγωγή εικοσανοϊκού οξέος από ενεργοποιημένα λευκοκύτταρα και αυξημένη παραγωγή μονοξειδίου του αζώτου (NO) από μακροφάγα ποντικού μετά από επίδραση ενδοτοξίνης. Οι πρώτες δράσεις, πιθανόν να επιδρούν στο σχηματισμό θρόμβων και στη φλεγμονή ενώ η τελευταία πιθανόν να παίζει ρόλο στην προστασία κατά των παρασίτων. (Visioli F and Galli C.,1998)

Δεν έχει ακόμα λυθεί το ζήτημα για το κατά πόσο τα φλαβονοειδή και οι πολυφαινόλες απορροφούνται από τη δίαιτα και αν έχουν αυτές τις δράσεις *in vivo*, αν και για το πρώτο ζήτημα πρόσφατα βρέθηκε μια δοσοεξαρτώμενη απορρόφηση. Τα πειραματικά στοιχεία δείχνουν ότι οι φαινόλες που υπάρχουν στο φυτό της ελιάς ελαττώνουν την οξειδωση της LDL χοληστερόλης σε πειραματόζωα. (Visioli F and Galli C.,1998)

Σε μελέτες που έγιναν σε αρουραίους βρέθηκε ότι το εκχύλισμα των φύλλων της ελιάς έχει υπογλυκαιμική δράση και αντιδιαβητική δράση σε αρουραίους με διαβήτη που προκλήθηκε από αλοξάνη. (Ghisalberti EL., 1998, Gonzalez M., *et al.*, 1992) Η δράση αυτή ήταν διαφορετική ανάλογα με την εποχή που μαζεύτηκαν τα φύλλα με μέγιστη δραστηριότητα κατά την περίοδο του χειμώνα και μάλιστα το Φεβρουάριο. (Gonzalez M., *et al.*, 1992)

Ήδη στην αμερικανική αγορά, αλλά και στο διαδίκτυο, κυκλοφορούν από διάφορες εταιρείες εκχυλίσματα φύλλων της ελιάς (olive leaf extract) ως συμπληρώματα διατροφής, σε μορφή δισκίων. Η συνιστώμενη χρήση τους είναι ως αντιμικροβιακά και ενισχυτικά του ανοσοποιητικού συστήματος. Ειδικότερα η κατανάλωση του εκχυλίσματος του φύλλου της ελιάς, συνιστάται για ενίσχυση του ανοσοποιητικού συστήματος ή ως φυσικό αντιμικροβιακό σε μυκητιάσεις και σε ιώσεις όπως η γρίπη και ο έρπης και τέλος συνίσταται για τη χρόνια κόπωση.

Τα φύλλα της ελιάς αποτελούν μια άφθονη και φθηνή πρώτη ύλη για την παραλαβή δραστικών συστατικών με φαρμακευτική δράση. Ορισμένες από τις ουσίες αυτές, όπως η ελαιουρωπαΐνη και η υδροξυτυροσόλη, υπάρχουν σε μικρότερες ποσότητες και στο ελαιόλαδο, το οποίο όμως λόγω της διατροφικής και οικονομικής του αξίας δεν προσφέρεται για την παραλαβή ουσιών. Οι πρώτες ενδείξεις για την δυνατότητα χρήσης των συστατικών των φύλλων της ελιάς για φαρμακευτικούς σκοπούς είναι ιδιαίτερα ενθαρρυντικές.

1.5.2 ΠΟΣΟΤΙΚΑ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΤΣΙΓΑΡΟΥ

Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων των ελαιοτριβείων είναι το έντονο σκούρο χρώμα. Αυτό το χρώμα οφείλεται στη παρουσία τανινών που περιέχονται στο φλοιό του ελαιοκάρπου και στα φαινολικά μόρια, που βρίσκονται σε αναλογία απλών φαινολικών ενώσεων και πολυφαινολών οι οποίες αποτελούν σκουρόχρωμες ενώσεις. Το απόβλητο γίνεται πιο σκούρο κατά την αποθήκευσή του στις εξατμισοδεξαμενές εξαιτίας των αντιδράσεων οξειδωσης και πολυμερισμού των πολυφαινολών που

λαμβάνουν χώρα. Για το σκούρο χρώμα οφείλεται ένα πολυμερές μόριο που προκύπτει από διάφορες απλές φαινολικές ενώσεις. Το μόριο αυτό έχει συνδεθεί χημικά με τη λιγνίνη και τα χουμικά οξέα. Ίσως παράγεται κατά την ενζυμική αφυδρογόνωση κατά τον πολυμερισμό φαινολών (Niaounakis, 2004).

Επίσης, οι τανίνες δεν αποτελούν κίνδυνο για τους ανθρώπους, τα ζώα ή τα φυτά, αλλά δημιουργούν οπτική ρύπανση, όταν τα απόβλητα διοχετεύονται σε ποτάμια, χείμαρρους, αγρούς, αφού έχουν την ικανότητα να βάφουν το χρώμα, σχεδόν ανεξίτηλα.

Οι φυτοτοξικές ιδιότητες των υγρών αποβλήτων των ελαιουργείων οφείλονται σε φαινολικές ενώσεις, πτητικά, οργανικά οξέα (οξικό οξύ και φορμικό οξύ), πολυ-αλκοόλες και άλλα μόρια. Με αυτόν τον τρόπο ο κατσίγαρος επηρεάζει την ορμονική λειτουργία των φυτών, νεκρώνει τα νεαρά σποριόφυτα, αποκόπτει τα φύλλα και τους καρπούς, εμποδίζει την ανάπτυξη των σπόρων και των νέων φυτών ιδιαίτερα τα ποώδη φυτά.

Όταν όλα τα προηγούμενα συστατικά βρεθούν σε υψηλές συγκεντρώσεις, δηλαδή να γίνει απευθείας διάθεσης των υγρών αποβλήτων των ελαιοτριβείων σε καλλιεργήσιμες εκτάσεις, τότε επηρεάζουν αρνητικά ιδιαίτερα τα φυτά που βρίσκονται σε βλαστικό στάδιο. Η διάθεση του κατσίγαρου σε καλλιέργειες αγρωστωδών, υπό επεξεργασμένο και ελεγχόμενο τρόπο, δηλαδή σε χαμηλές συγκεντρώσεις, δεν προκαλούν κίνδυνο φυτοτοξικότητας, δεν υπάρχει αρνητική επίδραση στην βλαστικότητα και στη φυσιολογική πρόωμη ανάπτυξη των φυτών. Οι κατάλληλες δόσεις κατσίγαρου κυμαίνονται από 40 έως 80 m³/ha (D'annile, bonari, Della, 2004).

Επίσης, οι αρνητικές επιδράσεις των υγρών αποβλήτων των ελαιοτριβείων στα φυτά μετά από άρδευση, οφείλονται στην υψηλή αγωγιμότητα, το χαμηλό pH, και την τοξικότητα ορισμένων ιόντων που περιέχουν (Paredes *et al.*, 1987).

Η παρουσία υψηλού οργανικού φορτίου, υψηλές συγκεντρώσεις σε φαινόλες και τανίνες και η υψηλή περιεκτικότητα σε αιωρούμενα στερεά είναι υπεύθυνα για την υψηλή τοξικότητα σε μικροοργανισμούς. Οι τανίνες μπορεί να είναι πολύ τοξικές αλλά μπορούν να αποικοδομηθούν βιολογικά, ενώ οι πολυφαινόλες έχουν αντιμικροβιακή δραστηριότητα. Οπότε επηρεάζουν

αρνητικά τις βιολογικές διαδικασίες επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων, αφού είναι δύσκολα βιοαποικοδομήσιμες αν και έχουν μικρή τοξικότητα. Δοκιμές σε έκθεση τριών υδρόβιων οργανισμών (*Vibrio fischeri*, *Thamnocephalus platyurus*, *Daphnia magna*) οδήγησε σε υψηλές τιμές οξείας τοξικότητας (Ραίχαιο *et al.*, 1999).

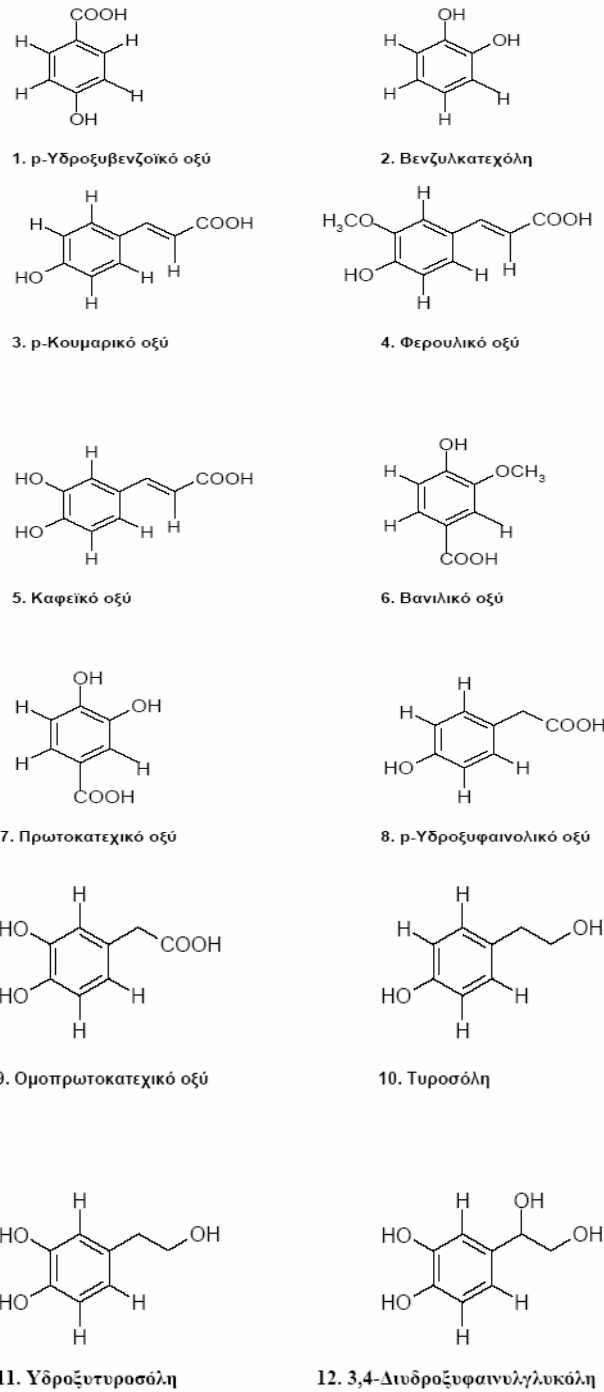
Τα υγρά απόβλητα των ελαιοτριβείων προκάλεσαν παρεμποδιστική δράση στην ανάπτυξη παθογόνων μυκήτων του γένους *Phytophthora* και *Fusarium*, *in vitro* και σε πειράματα με φυτά (Argeiti, 2001). Επίσης, ο κατσίγαρος έχει ισχυρή παρεμποδιστική δράση σε πολλά είδη εδαφογενών βακτηρίων και μυκήτων (*Lactobacillus*, *Bacillus*, *Chaetomium*, *Geotrichum*, *Rhizoctonia*) λόγω της υψηλής περιεκτικότητας του σε φαινολικά συστατικά. Όμως αρκετοί ερευνητές αναφέρουν την ύπαρξη μικροοργανισμών (*Torulopsis utilis*, *Saccharomyces* και *Candida*) όπου μπορούν να παράγουν αποικίες στα υγρά απόβλητα με δυνατότητα αποτοξικοποίησής τους (Ραίχαιο, 1999). Έρευνα έδειξε ότι η διάθεση του κατσίγαρου στο έδαφος, αύξησε το πληθυσμό των βακτηρίων συγκριτικά με το πληθυσμό του φυσικού εδάφους χωρίς διάθεση κατσίγαρου. Τα είδη των βακτηρίων που επωφελήθηκαν ήταν τα μη σπορογόνα gram θετικών ακτινομύκητων, σε αντίθεση με τα σπορογόνα βακίλων (Paredes *et al.*, 1986).

Η διάθεση των υγρών αποβλήτων των ελαιοτριβείων είναι ένα σοβαρό πρόβλημα για τους ελαιοπαραγωγούς και για τις μεσογειακές χώρες εξαιτίας του κινδύνου ρύπανσης. Η τοξικότητα και η ισχυρή αντιοξειδωτική δράση αυτών των αποβλήτων αφορά τη συγκέντρωση των φαινολών, συστατικό που προκαλεί δύσκολη αποδόμηση (Mekki *et al.*, 2007). Οι φαινόλες υπάρχουν σε όλα τα φυτά, οι οποίες ποικίλουν για κάθε είδος φυτού και στα διάφορα μέρη του. Στο ελαιόδεντρο υπάρχουν στα φύλλα και στον ελαιόκαρπο.

Φαινολικές ενώσεις είναι οι ουσίες που αποτελούνται από ένα βενζολικό δακτύλιο ο οποίος περιέχει μία ή περισσότερες υδροξυλομάδες. Η συγκέντρωση τους στο ελαιόλαδο επηρεάζεται από την ωριμότητα του ελαιόκαρπου, τον τρόπο και τον χρόνο αποθήκευσης, τύπο ελαιοτριβείου και από τις κλιματολογικές συνθήκες κάθε περιοχής (Ryan, 1998). Στο λάδι και τα υγρά απόβλητα των ελαιοτριβείων οι φαινολικές ενώσεις που υπάρχουν,

χαρακτηρίζονται ως πολυφαινόλες. Αυτός ο όρος έχει καθιερωθεί, χωρίς να σημαίνει ότι όλες οι φαινόλες είναι αρωματικοί υδρογονάνθρακες με περισσότερες από 2 υδροξυλομάδες. Για παράδειγμα το κιναμικό οξύ, το ελενολικό οξύ, το σικιμικό οξύ και το κουινικό οξύ φέρονται σαν φαινολικά οξέα, παρόλο που βρίσκεται ένας αρωματικός δακτύλιος ή μια υδροξυλομάδα.

Κατά τη διάρκεια αποθήκευσης του ελαιοκάρπου μειώνεται η συγκέντρωση πολυφαινολών λόγω οξειδωτικών και υδρολυτικών διαδικασιών. Λόγω της υδατοδιαλυτότητας των πρωτεϊνών και πολυσακχαριτών, κατά την παραγωγή ελαιόλαδου, επηρεάζουν τις φαινολικές ενώσεις με μερική διάλυση, όπου στη συνέχεια απομακρύνονται με τα απόνερα (Tsimidou, 1992). Η τυροσόλη και η υδροξυτυροσόλη είναι κύρια φαινολικά συστατικά που βρίσκονται στο ελαιόλαδο. Υπάρχουν και άλλα φαινολικά συστατικά που βρίσκονται στο ελαιόλαδο όπως ελαιοευρωπαϊνή, καφεϊκό οξύ, βανιλλικό οξύ, συριγγικό οξύ, p-κουμαρικό οξύ, o-κουμαρικό οξύ, φερουλικό οξύ, σιναπικό οξύ, p-υδροξυβενζοϊκό οξύ, πρωτοκατεχικό οξύ, γαλλικό οξύ, γεντιστικό οξύ, το σικιμικό οξύ, p-φαινυλοξικό. και οι ενώσεις θυμόλη, καρβακρόλη και οι φλαβονοειδείς ενώσεις καμφερόλη, απιγενίνη, και κερκετίνη (Χριστοφορίδου & M.Kemal, 2001). Οι φαινολικές ενώσεις που υπάρχουν στον κασίγαρο είναι τα φαινολικά οξέα, φλαβονοειδή, φαινολικές αλκοόλες και παρουσιάζονται στην **Εικόνα 3**.



Εικόνα 3: Φαινολικές ενώσεις που βρίσκονται στον κασίγαρο (Knupp, G., *et al.*, 1996)

Οι φαινολικές ενώσεις όπως επισημάνθηκε ήδη είναι υδατοδιαλυτές. Έτσι εξαιτίας των μεγάλων ποσοτήτων νερού που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ελαιόλαδου στα φυγοκεντρικά ελαιοτριβεία τριών φάσεων, μεγάλο ποσοστό φαινολών που περιέχονται στον ελαιόκαρπο μεταφέρονται στα υγρά

απόβλητα. (Κυριτσάκης, 1988) Περισσότερες από 30 φαινολικές ενώσεις έχουν προσδιοριστεί στα υγρά απόβλητα, το γεγονός αυτό είναι υπεύθυνο για την υψηλή τοξικότητα του κατσίγαρου. Διάφορες συγκεντρώσεις φαινολικών συστατικών του κατσίγαρου παρουσιάζονται στον **Πίνακα 6** που ακολουθεί.

Πίνακας 6: Συγκεντρώσεις φαινολικές συστατικών του κατσίγαρου (Lesage – Meessen, L., *et al*, 2001)

Φαινολικά Συστατικά	Εύρος Τιμών (mg/L)
tyrosol	5 - 100
hydroxytyrosol	35 - 130
Caffeic acid	4 - 12
Elenolic acid	17 - 1430
luteolin	2 - 623
Cinnamic acid	1 - 118

Εκτός από την διατήρηση της ποιότητας του ελαιόλαδου η αντιοξειδωτική δράση των φαινολών προκαλεί θεραπευτικές ιδιότητες στον άνθρωπο (μείωση καρδιαγγειακών παθήσεων) (Briante, 2003).

1.6 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ

Όσον αφορά τα αγροτικά υπολείμματα, που αποτελούν και το ενδιαφέρον της παρούσας μελέτης, ισχύουν τα εξής (ΚΥΑ - 50910/2727, ΦΕΚ Β' 1909/22.12.2003):

Υφιστάμενη κατάσταση: Τα αποσυρόμενα γεωργικά προϊόντα οδηγούνται προς ταφή σε ειδικούς χώρους (ΧΥΤΑ) που δεν πληρούν τις απαιτούμενες προϋποθέσεις για την τελική διάθεση των συγκεκριμένων αποβλήτων.

Στόχοι & Δράσεις: Επιδιώκεται η αξιοποίησή τους, ως πηγή οργανικής ουσίας και ενέργειας (βιοαέριο). Το παραγόμενο κομπόστ μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε αγροτικές καλλιέργειες, καθώς και για την επανένταξη στο φυσικό περιβάλλον «τραυματισμένων» φυτικών ανάγλυφων ή και σε άλλες εφαρμογές.

Έρευνες σχετικές με τα υγρά απόβλητα των ελαιοτριβείων (O.M.W.) απέδειξαν ότι ο κασίγαρος αποτελεί ένα πλούσιο και εκλεκτικό μέσο για τον πολλαπλασιασμό των βακτηριδίων που δεσμεύουν το άζωτο. Αυτή η εκλεκτικότητα των υγρών αποβλήτων των ελαιοτριβείων έναντι των αζωτοδευμετικών μικροοργανισμών του εδάφους οδήγησε στην ιδέα ότι τα βακτήρια αυτά διαθέτουν ενδεχομένως την ικανότητα να βιομετατρέπουν τα απόβλητα. Οπότε, το υψηλό οργανικό φορτίο του κασίγαρου, που περιέχει τα βασικά μολυσματικά και φυτοτοξικά συστατικά, μπορεί να χρησιμοποιηθεί από μικροβιακές κοινότητες που αναπτύσσονται από τέτοιους μικροοργανισμούς.

Η σύσταση των αποβλήτων (κασίγαρος) για τον ίδιο ελαιοκάρπο εξαρτάται κυρίως από τις ποσότητες του νερού που χρησιμοποιούνται στις φάσεις επεξεργασίας μεταξύ διαφόρων ελαιοτριβείων, οι οποίες διαφέρουν στους διάφορους τύπους αλλά και μπορεί να ποικίλουν σημαντικά ακόμα και για τον ίδιο τύπο ελαιοτριβείου ανάλογα με την εφαρμοζόμενη πρακτική. Πέραν αυτού, οι διακυμάνσεις στη σύσταση των αποβλήτων εξαρτώνται από την ποιότητα του νερού, την ποικιλία και το στάδιο ωρίμανσης του ελαιοκάρπου.

Συνεπώς, γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι με την κομποστοποίηση:

- Εξοικονομείται ενέργεια διότι η παραγόμενη κομπόστα υποκαθιστά ή τουλάχιστον μειώνει σημαντικά τη χρήση των αζωτούχων λιπασμάτων, τα οποία με την σειρά τους είναι απαραίτητα για τις καλλιέργειες. Με αυτόν τον τρόπο, επιτυγχάνεται μείωση της αντίστοιχης ενέργειας που δαπανάται για την παραγωγή των αζωτούχων λιπασμάτων.
- Εξασφαλίζει ταχεία μείωση του όγκου αλλά και του βάρους του αρχικού υλικού εξαιτίας της εξάτμισης του νερού που υπάρχει στο αρχικό υλικό και της αποδόμησης των οργανικών του υλικών. Με αυτόν τον τρόπο, αυξάνεται η συγκέντρωση των θρεπτικών υλικών ανά μονάδα όγκου και ταυτόχρονα μειώνεται το κόστος αποθήκευσης και μεταφοράς.
- Εξουδετερώνει τις δυσάρεστες οσμές και ταυτόχρονα απαλλάσσει τα υλικά από την παρουσία διάφορων οργανισμών που κατά κανόνα συνοδεύουν τα αποσυντιθέμενα απορρίμματα και οι οποίοι αποτελούν ξενιστές επικίνδυνων ασθενειών για τη δημόσια υγεία.

- Το υλικό εξυγιαίνεται. Αυτό συμβαίνει επειδή στις παρατεταμένες υψηλές θερμοκρασίες που αναπτύσσονται κατά τη διάρκεια της θερμοφίλης φάσης, θανατώνονται όλοι οι σπόροι ζιζανίων, οι παθογόνοι μικροοργανισμοί καθώς και τα παράσιτα που ενδεχομένως να υπάρχουν στο αρχικό υλικό.
- Το ώριμο κομπόστ βελτιώνει τη σταθερότητα και την γονιμότητα του εδάφους καθώς δεν εκδηλώνονται διάφορα φυτοτοξικά φαινόμενα όπως συμβαίνει στο μη κομποστοποιημένο αρχικό υλικό και ταυτόχρονα δρα ευεργετικά στη ριζόσφαιρα των φυτών.
- Η κομποστοποίηση απορριμμάτων υψηλής υγρασίας αυξάνει την χωρητικότητα και την αποτελεσματικότητα της λειτουργίας των μονάδων καύσης.
- Τέλος, αυξάνει τη χωρητικότητα των χωματερών καθώς τα οργανικά κλάσματα καταλαμβάνουν ένα μεγάλο ποσοστό στο σύνολο των απορριμμάτων.

2 ΥΛΙΚΑ & ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 ΠΡΩΤΕΣ ΥΛΕΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ, ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Ως πρώτη ύλη στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε ένα προϊόν, το οποίο είχε προκύψει από ηλιακή ξήρανση φύλλων ελιάς, εμπλουτισμένο με υγρά απόβλητα ελαιοτριβείου. Πιο συγκεκριμένα, σε τσιμεντένια δεξαμενή, στο αγρόκτημα του ΤΕΙ Κρήτης, σε περίπου 400lt φύλλων ελιάς προστέθηκαν συνολικά 3.455lt OMW, κατά την ηλιακή ξήρανση, σε μια περίοδο περίπου επτά μηνών (19/02/2015-15/09/2015). Τόσο τα φύλλα ελιάς, όσο και τα υγρά απόβλητα, προήλθαν από τις εγκαταστάσεις ενός Ελαιοτριβείου της περιοχής «Σταυράκια» του Νομού Ηρακλείου Κρήτης.



Εικόνα 4: Δεξαμενές εντός των οποίων πραγματοποιήθηκε η ηλιακή ξήρανση και εν συνεχεία η κομποστοποίηση.



Εικόνα 5: Γενική εσωτερική άποψη του θερμοκηπίου της ηλιακής ξήρανσης με όλες τις τσιμεντένιες και πλαστικές δεξαμενές



Εικόνα 6: Τσιμεντένια δεξαμενή με κοπριά χοίρων (αριστερά) και φύλλα ελιάς (δεξιά)



Εικόνα 7: Υγρά απόβλητα ελαιοτριβείου που χρησιμοποιήθηκαν στη διαδικασία της ηλιακής ξήρανσης



Εικόνα 8: Μεγάλος σάκος γεμάτος με φύλλα ελιάς



Εικόνα 9: Ογκομέτρηση και ζύγιση φύλλων ελιάς



Εικόνα 10: Γέμισμα της τσιμεντένιας δεξαμενής με φύλλα ελιάς



Εικόνα 11: Γεμάτη δεξαμενή με φρέσκα φύλλα ελιάς



Εικόνα 12: Κατά τη διάρκεια της ηλιακής ξήρανσης των φύλλων ελιάς



Εικόνα 13: Τσιμεντένια δεξαμενή γεμισμένη με φύλλα ελιάς και παραμέτρους ελαιοτριβείου (OMW) κατά τη διάρκεια της ηλιακής ξήρανσης

Πίνακας 7: Αθροιστικά αποτελέσματα των φυσικοχημικών παραμέτρων (N, K, P, Φαινόλες) από τον κατσίγαρο (OMW) και τα φύλλα των ελαιόδεντρων κατά τη διάρκεια της Ηλιακής Ξήρανσης

Παράμετροι	Φύλλα ελιάς	
	Από	Έως
N (%)	1.10	1.39
K (%)	0.30	4.20
P (%)	0.08	0.49
Phenols (g gallic acid/Kg)	n.m	7.06

n.m: not measured, μη μετρήσιμο

Πίνακας 8: Φυσικοχημικές Παράμετροι υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείου (OMW) που χρησιμοποιήθηκαν στην ηλιακή ξήρανση

Παράμετροι	Τιμές
Ph	4,9
EC (mS/cm)	6,7
N (mg/l)	2.185
K (mg/l)	5.380
P (mg/l)	248
TOC (%)	23,0
NO ₃ (mg/l)	100
NH ₄ ⁺ (mg/l)	2,0
Phenols (g gallic acid/l)	5,4

Πίνακας 9: Προσθήκη κασίγαρου κατά τη διάρκεια της ηλιακής ξήρανσης σε τιμεντένια δεξαμενή γεμάτη με φύλλα ελιάς

Solar Drying of olive leaves with OMW addition OLIVE LEAVES DRYING - OL-D			
<i>Fresh leaves volume: 500 lt Wet weight: 20lt = 3,5Kg moisture 58,8%)</i>			
Date of OMW addition	Samples coding	Day	OMW addition (Lt)
19/02/15	1F	1	
19/02/15			100
26/02/15			120
10/03/15			90
18/03/15			60
26/03/15			60
07/04/15			40
17/04/15	2F	57	
17/04/15			75
21/04/15			60
24/04/15			100
28/04/15			60
30/04/15			90
04/05/15			60
05/05/15			45
11/05/15			225
13/05/15	3F	83	
18/05/15			90
20/05/15			60
26/05/15			150
02/06/15			150
03/06/15	4F	104	
08/06/15			90
10/06/15			90
25/06/15			150
29/06/15			90
07/07/15	5F	138	150
16/07/15			500
05/08/15			450
06/08/15	6F	168	
15/09/15			300
Total		168	3.455

Στον ακόλουθο πίνακα καταγράφονται όλοι οι φυσικοχημικοί παράμετροι που μετρήθηκαν και πώς αυτοί μεταβλήθηκαν με την πάροδο της ηλιακής ξήρανσης των φύλλων ελιάς (1, 57, 83, 104, 138, 168 ημέρες). Ο αρχικός όγκος των φύλλων ελιάς ανερχόταν στα 500 lt και προστέθηκε OMW (κατσίγαρος) ποικίλου όγκου (0, 470, 715, 450, 570, 950 lt). Αρχικά, το pH ήταν 6,03 και στο τέλος (6F) 5,73, η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) 1,16 mS/cm αρχικά και στο τέλος (6F) 4,62 mS/cm. Το Άζωτο αρχικά ήταν 1,10% και στο τέλος (6F) 1,39 % , το Κάλιο 0,30% αρχική μέτρηση και στο τέλος (6F) 4,20% και ο Φώσφορος αρχικά 0,08 % και τελική τιμή (6F) 0,49 %. Ο Ολικός Οργανικός Άνθρακας (TOC) 63,63 % αρχικά και στο τέλος (6F) 71,68%, το νιτρικό άλας 63,06 mg/kg και στο τέλος (6F) 114,07 mg/kg και οι φαινόλες αρχικά ανύπαρκτες και στο τέλος (6F) 7,06 g gallic acid/kg.

Πίνακας 10: Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά κατά τη διάρκεια της ηλιακής ξήρανσης των φύλλων ελιάς

Παράμετροι	Ηλιακή ξήρανση φύλλων ελιάς (OL-D)					
	Αρχικός όγκος φύλλων ελιάς 500 (lt)					
	OMW προσθήκη (lt)					
	0	470	715	450	570	950
	Ημέρες ηλιακής ξήρανσης					
	1	57	83	104	138	168
Κωδικοποίηση δειγμάτων						
	1F	2F	3F	4F	5F	6F
pH	6,03	8,47	6,70	5,93	5,93	5,73
EC (mS/cm)	1,16	4,27	5,83	10,20	6,10	4,62
Nitrogen (%)	1,10	1,13	1,24	1,26	1,31	1,39
Potassium (%)	0,30	1,14	2,07	2,66	3,35	4,20
Phosphorus (%)	0,08	0,18	0,36	0,39	0,42	0,49
TOC (%)	63,63	59,00	60,86	60,41	63,88	71,68
Nitrate (mg/kg)	63,06	152,93	189,00	247,33	240,00	114,07
Phenols (g gallic acid/ kg)		4,36	5,56	6,15	6,88	7,06

2.2 ΠΡΟΪΟΝ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΕ ΣΤΗΝ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ

Το τελικό παραγόμενο προϊόν που προέκυψε από την διαδικασία της ηλιακής ξήρανσης αποτέλεσε την πρώτη ύλη που χρησιμοποιήθηκε στην κομποστοποίηση, στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας. Το τελικό προϊόν από την ηλιακή ξήρανση των φύλλων ελιάς κομποστοποιήθηκε σε κομποστοποιητή με δακτυλίους. Κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης προστέθηκε μόνο νερό για έλεγχο της υγρασίας. Χρησιμοποιήθηκε ένας κομποστοποιητής των 700 λίτρων, με διαστάσεις κάθε δακτυλίου 70*70cm και ύψους 10cm. Το πείραμα υλοποιήθηκε εντός θερμοκηπίου, στις εγκαταστάσεις του αγροκτήματος του ΤΕΙ Κρήτης. Στις ακόλουθες παραγράφους παρουσιάζονται οι μετρήσεις και αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια του πειράματος. Σημειώνεται ότι οι αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν στο Εργαστήριο Αξιοποίησης Φυσικών πόρων & Γεωργικής Μηχανικής.

Το τελικό παραγόμενο προϊόν της ηλιακής ξήρανσης χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα ως πρώτη ύλη για κομποστοποίηση. Σχετικό φωτογραφικό υλικό παρατίθεται ακολούθως.



Εικόνα 14: Γέμισμα του κομποστοποιητή με τα ηλιακά ξηραθέντα φύλλα ελιάς



Εικόνα 15: Προσθήκη δακτυλίων στον κομποστοποιητή και συνέχεια γεμίσματος



Εικόνα 16: Κλείσιμο του κομποστοποιητή

2.2.1. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ

Η εργαστηριακή εξέταση των εδαφών γίνεται σε δείγματα, τα οποία

μεταφέρονται στο εργαστήριο. Η ανάλυση και ο προσδιορισμός των εδαφικών ιδιοτήτων απαιτεί υπομονή, γνώση και εφαρμογή των κατάλληλων, διεθνών αποδεκτών μεθόδων. Επομένως, θα πρέπει να καταβάλλεται ιδιαίτερη προσπάθεια στη λήψη ενός «αντιπροσωπευτικού» δείγματος, ώστε τα αποτελέσματα να έχουν εφαρμογή τουλάχιστον στον χώρο από τον οποίο προήλθε κάθε δείγμα.

Η δειγματοληψία γινόταν κάθε φορά που κάναμε ανάδευση του κομπόστ πριν και μετά την ανάδευση, από τρεις διαφορετικές θέσεις αντίστοιχα. Όταν αδειάζαμε τον κομποστοποιητή και αφού τελειώναμε την ανάδευση και στήναμε τους δακτυλίους για να γεμίσουμε, τότε λαμβάναμε εκ νέου δείγμα. Δειγματοληψία γινόταν λίγα εκατοστά κάτω απ την επιφάνεια του κομποστοποιητή, από το κέντρο και από το κάτω μέρος του τόσο στο άδειασμα όσο και στο γέμισμα. Κατά την δειγματοληψία, πριν αναχωρήσουμε από το εργαστήριο για να παρέλθουμε στο θερμοκήπιο (όπου βρισκόταν το κομπόστ) χρειαζόταν να πάρουμε μια κούτα με τα ακόλουθα:

- Φωτογραφική μηχανή (για την καταγραφή και φωτογράφιση των ακτινομυκήτων)
- Σακούλες για δείγματα κωδικοποιημένα
- Κουτάλι
- Σέσουλα
- Κεσεδάκια για υγρασία (3 για κάθε κομποστοποιητή) που τα έχουμε ζυγίσει, κωδικοποιημένα
- Κόλλα Α4 κενή
- Μολύβι

Μόλις κατέβουμε στο χώρο των κομποστοποιητών, μετράμε τους δακτυλίους που έχει κάθε κομποστοποιητής και καταγράφουμε το νούμερό τους. Επιπλέον, καταγράφουμε τις θερμοκρασίες, (καταγράφονται (2) τιμές). Μία θερμοκρασία καταγράφεται από την κορυφή και σε βάθος 15cm και άλλη μία θερμοκρασία από την μέση του κομποστοποιητή. Ξεκινάμε να βγάζουμε τους δακτυλίους έναν-έναν και λαμβάνουμε φωτογραφίες. Τέλος, καταγράφουμε την κατάσταση του υλικού μας όσον αφορά την ανάπτυξη των ακτινομυκήτων. **(Εικόνα 17)**



Εικόνα 17: Αφαίρεση δακτυλίων για την ανάδευση του υλικού

Καθώς βγάζουμε τους δακτυλίους λαμβάνουμε δείγμα για υγρασία:

1. 1 κεσεδάκι από την κορυφή (15cm)
2. 1 κεσεδάκι από την μέση
3. 1 κεσεδάκι από τον πάτο

Αναδεύουμε καλά το υλικό μας και φωτογραφίζουμε όλη την διαδικασία. Μετά την ανάδευση, παίρνουμε ένα σακουλάκι με αρκετό υλικό για τις ξηράνσεις. Ζυγίζουμε έναν κουβά 20 lt. και καταγράφουμε το καθαρό βάρος του. Στη συνέχεια, γεμίζουμε τους κομποστοποιητές με το υλικό μας και καταγράφουμε τους δακτυλίους που χρησιμοποιήσαμε κατά το γέμισμα. Τέλος, αφού καταγράψαμε τις νέες μετρήσεις τις θερμοκρασίας, σκεπάζουμε τον κομποστοποιητή μας, καθαρίζουμε τα εργαλεία μας και επιστρέφουμε στο εργαστήριο για να γίνουν οι εργαστηριακές αναλύσεις.

Η διαδικασία της κομποστοποίησης των φύλλων ελιάς έλαβε χώρα από τις 4 Νοεμβρίου 2015 μέχρι αρχές Μαρτίου 2016. Οι μετρήσεις της θερμοκρασίας πραγματοποιούνταν σε καθημερινή βάση και η δειγματοληψία μετά από κάθε γέμισμα. Συνολικά έγιναν 11 αναδεύσεις. Μερικές φωτογραφίες από την κομποστοποίηση των φύλλων ελιάς παρουσιάζονται παρακάτω.

1^η Ανάδευση



2^η Ανάδευση





3^η Ανάδευση



4^η Ανάδευση



5^η Ανάδευση



6^η Ανάδευση



7^η Ανάδευση



8^η Ανάδευση



9^η Ανάδευση



10^η Ανάδευση





2.2.2. ΜΕΤΡΗΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ

Η θερμοκρασία κομποστοποίησης καταγράφεται σε ημερήσια βάση με ηλεκτρονικό θερμόμετρο, σε βάθος 20 cm σε διάφορα σημεία σε κάθε σειράδιο. Η ημερήσια θερμοκρασία του κάθε σειραδίου προκύπτει ως ο μέσος όρος αυτών των μετρήσεων. Στην προκειμένη περίπτωση, χρησιμοποιήθηκε το ψηφιακό θερμόμετρο: DTM NiCr-Ni Typ K. Το θερμόμετρο αυτό αποτελείται από 2 μέρη, τον μακρύ μεταλλικό άξονα με χειρολαβή μήκους 1,2 μέτρα ο οποίος φέρει στην άκρη διμεταλλική ακίδα Νικελίου-Χρωμίου, και το ψηφιακό όργανο το οποίο αναγράφει τις ενδείξεις σε οθόνη LCD. Η μέτρηση της θερμοκρασίας πραγματοποιείται βυθίζοντας το μεταλλικό σώμα του θερμομέτρου με τέτοιο τρόπο ώστε ο μεταλλικός άξονας να είναι καλυμμένος με κομπόστ περίπου μέχρι τη μέση, σε τρία διαφορετικά σημεία του κομπόστ δηλαδή στην κορυφή, στη μέση και στη βάση έτσι ώστε να καταγράψουμε τρεις διαφορετικές θερμοκρασίες, αφού πρώτα σταθεροποιηθεί η ένδειξη της οθόνης. **(Εικόνα 18)**



Εικόνα 18: Φορητό Θερμόμετρο

2.2.3. ΜΕΤΡΗΣΗ ΥΓΡΑΣΙΑΣ

Ο προσδιορισμός της υγρασίας στα δείγματα αποσκοπεί στο να εκτιμηθεί κατά πόσο η έλλειψη ή η περίσσεια νερού αποτελεί περιοριστικό παράγοντα στη διαδικασία της κομποστοποίησης.

Όπως έχει επισημανθεί η υγρασία κάτω από 45% δημιουργεί πρόβλημα στους μικροοργανισμούς που αποδομούν την οργανική ουσία, ενώ η υγρασία πάνω από 70% δημιουργεί αναερόβιες συνθήκες. Συνεπώς, η διατήρηση της υγρασίας στα επιθυμητά επίπεδα αποτελεί βασικό παράγοντα για την ομαλή έκβαση της διαδικασίας και επηρεάζει τις εργασίες κατά τις αναδεύσεις του σωρού (προσθήκη υγρασίας με ψεκάσμο συγκεκριμένων λίτρων). Στα δείγματα που επιστρέψαμε στο εργαστήριο μετά την ανάδευση ακολουθήθηκε η παρακάτω διαδικασία.

Διαδικασία προσδιορισμού της σχετικής υγρασίας (%) σε οργανικό υλικό.

Η διαδικασία προσδιορισμού της υγρασίας περιλαμβάνει τα παρακάτω βήματα:

1. Τεμαχίζουμε το υλικό μας όσο το δυνατόν σε μικρότερα κομμάτια με προσοχή για να μην αλλοιώσουμε τα χαρακτηριστικά του.

2. Ζυγίζουμε τις άδειες, στεγνές και καθαρές κάψες (Τιμή Α) (**Εικόνα 19**).

3. Τοποθετούμε μια μικρή ποσότητα δείγματος στην κάθε κάψα στην οποία και σημειώνουμε με κάποιο κωδικό το υλικό που μετράμε.

4. Επαναζυγίζουμε τις κάψες (Τιμή Β).

5. Τοποθετούμε την κάψα στο φούρνο στους 105°C για 24 ώρες (1 ημέρα) (**Εικόνα 20**).

6. Την επόμενη μέρα, βγάζουμε την κάψα από το φούρνο και τη ζυγίζουμε (Τιμή Γ).



Εικόνα 19: Ηλεκτρικός ζυγός ακριβείας



Εικόνα 20: Φούρνος Ξήρανσης

Η υγρασία υπολογίζεται με βάση την παρακάτω εξίσωση:

$$Y \% = \frac{G - A}{B - A} \times 100$$

2.2.4. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΞΥΤΗΤΑΣ (pH) ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ (Ec)

Είναι γνωστό ότι με το pH εκφράζουμε την συγκέντρωση των ιόντων H και OH. Επιπλέον, επηρεάζει έμμεσα την αποδόμηση του υλικού δεδομένου ότι ασκεί καθοριστικό ρόλο στο φάσμα των αναπτυσσόμενων μικροοργανισμών. Ως άριστο pH για το κομπόστ 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 διότι πριν την έναρξη της χώνευσης το pH ανεβαίνει στην ελαφρώς αλκαλική περιοχή εξαιτίας κυρίως της ελεύθερης αμμωνίας.

Με την αγωγιμότητα (Ec) εκφράζουμε τη συγκέντρωση των διαλυτών αλάτων στο οργανικό υλικό μας ή στο υπόστρωμα. Η υψηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα δεν αποτελεί μειονέκτημα για τη διαδικασία του κομπόστ αλλά απαιτείται, ιδιαίτερη προσοχή ως προς την ποσότητα που θα εφαρμοστεί κατά στρέμμα ή ως προς την αναλογία συμμετοχής του στην παρασκευή υποστρωμάτων.

Υλικά και όργανα για τον προσδιορισμό pH και Ec με νερό σε αναλογία 1:1 ½ είναι:

- ❖ Κύλινδρος εσωτερικής διαμέτρου 42 mm $\pi^2 = 13.85\text{cm}^2$ και ύψος 58mm, με χωρητικότητα 80cm³. **(Εικόνα 21)**
- ❖ Βαρύδιο για τη συμπίεση των δειγμάτων μέσα στον κύλινδρο βάρους 1385 (0,1 kg / cm³). **(Εικόνα 21)**
- ❖ Πλαστικό ποτήρι ζέσεως.
- ❖ Πορσελάνινο χωνί Buchner.
- ❖ Πεχάμετρο – αγωγιμόμετρο.



Εικόνα 21: Κύλινδρος και βαρύδιο

Προκειμένου να υπολογιστεί το pH και η E_c ακολουθείται η εξής διαδικασία: Αρχικά με την προσθήκη νερού στο υπόστρωμα φέρνουμε μακροσκοπικά την υγρασία του περίπου σε $rF=1.5$. Έπειτα, τοποθετούμε τους δύο κυλίνδρους στη βάση τους και γεμίζουμε τον κάτω (μικρό κύλινδρο) και μέχρι τη μέση του επάνω (μεγάλο κύλινδρο). Τοποθετούμε το βαρύδιο και μετά κόβουμε με μαχαίρι τον κάτω κύλινδρο και τον αδειάζουμε σε πλαστικό ποτήρι. Στη συνέχεια, προσθέτουμε 120ml απιονισμένο νερό αναλογίας 1:1 $\frac{1}{2}$ κατά όγκο και ανακατεύουμε επί 15 λεπτά. Αφήνουμε το δείγμα μέσα στο νερό για 2 ώρες και μετά τοποθετούμε το διηθητικό χαρτί σε πορσελάνινο χωνί Buchner και διηθούμε όλη νύχτα. Τέλος, στο διήθημα μετράμε το pH και την αγωγιμότητα (Εικόνα 22 - 23).



Εικόνα 22: Πεγάμετρο



Εικόνα 23: Ηλεκτρικό αγωγιμόμετρο

2.2.5. ΟΛΙΚΟΣ ΟΡΓΑΝΙΚΟΣ ΑΝΘΡΑΚΑΣ (TOC)

Προκειμένου να αναλυθεί ο οργανικός άνθρακας πρέπει το δείγμα να ξηραθεί στους 105°C. Στη συνέχεια, το δείγμα περνάει από το μύλο άλεσης 1mm και μετά μια μικρή ποσότητα περνάει από το δεύτερο μύλο ο οποίος το κάνει σαν πούδρα (σκόνη). Μια μικρή ποσότητα δείγματος 0,01-0,02 γραμμάρια από την ζυγαριά ακριβείας (τεσσάρων δεκαδικών) τοποθετείται σε κάψα και στη συνέχεια αυτή μπαίνει στην υποδοχή του T.C. (μετράμε μόνο

T.C. γιατί το I.C. θεωρητικά-πρακτικά από μετρήσεις είναι μηδέν). (Εικόνα 24)

Το μηχάνημα του οργανικού άνθρακα έχει ρυθμιστεί για να δώσει τη μέτρηση T.C. όπου λαμβάνουμε τα αποτελέσματα. Το αποτέλεσμα που δίνει υπολογίζεται σε mg (παράδειγμα 0,0147gr – 7000mg T.C. ή 14.7mg – 7mg).

$$\mathbf{T.O.C.= T.C + I.C.}$$



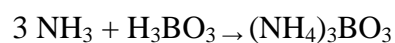
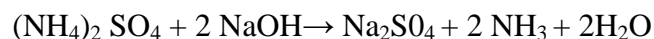
Εικόνα 24: Μηχάνημα μέτρησης TOC

2.2.6. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΑΖΩΤΟΥ ΚΑΤΑ KJELDAHL

Ορισμένη ποσότητα ξηρού δείγματος τοποθετείται στον πυθμένα ενός σωλήνα καύσης. Η οργανική ουσία οξειδώνεται με θεικό οξύ παρουσία καταλύτη, το άζωτο (εκτός από αυτό των νιτρικών) μετατρέπεται ποσοτικά σε αμμωνία και αυτή σε θεικό αμμώνιο.



Το θεικό αμμώνιο σε θερμό αλκαλικό περιβάλλον διασπάται και παράγεται αμμωνία, η οποία ψύχεται και διαβιβάζεται σε διάλυμα βορικού οξέος όπου δεσμεύεται με την μορφή βορικού αμμωνίου. Ακολουθεί ογκομέτρηση με θεικό οξύ. Ο όγκος του πρότυπου διαλύματος HCl που καταναλώθηκε μετατρέπεται σε ποσότητα αζώτου. Οι αντιδράσεις παραγωγής και δέσμευσης της αμμωνίας έχουν ως εξής:



Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν είναι:

1. Αναλυτική ζυγαριά

2. Συσκευή Kjeldahl (**Εικόνα 25**)
3. Προχοίδα των 50ml με διαβάθμιση 0,05ml
4. Μαγνητικός αναδευτήρας
5. Ποτήρια ζέσεως των 250ml.



Εικόνα 25: Συσκευή Kjeldahl

Τα αντιδραστήρια που χρησιμοποιήθηκαν είναι:

1. Διάλυμα καυστικού νατρίου NaOH 32% w/v – sodium hydroxide.
2. Διάλυμα βορικού οξέος H₃BO₃ 2,5% w/v – boric acid
3. Ταμπλέτες kjeltabs CX
4. Δείκτης βορικού οξέος (δείκτης Kjeldahl)
5. Πυκνό θειικό οξύ H₂SO₄ 95-98% - sulphuric acid
6. Διάλυμα θειικού οξέος H₂SO₄ 1N - sulphuric acid
7. Διάλυμα θειικού οξέος H₂SO₄ 0,05N - sulphuric acid

Η διαδικασία μέτρησης του αζώτου γίνεται ως εξής: Η συσκευή αποτελείται από δύο τμήματα: το μηχάνημα της πέψης και το σύστημα απόσταξης varodest. Τα δείγματα που χρησιμοποιούνται είναι προετοιμασμένα σύμφωνα με τη διαδικασία προετοιμασίας που αντιστοιχεί σε κάθε τύπο δείγματος (χώμα, φυτικός ιστός, κομπόστ και άλλα).

- Σε αναλυτική ζυγαριά ζυγίζεται συγκεκριμένη ποσότητα δείγματος

(παράδειγμα σε χώμα ή λάσπη η ποσότητα είναι 1-2 γραμμάρια, σε φυτικό ιστό 1-2 γραμμάρια και σε κομπόστ 1-5 γραμμάρια) με χρήση χαρτιού ζυγίσματος και τοποθετείται στην ειδική κυλινδρική φιάλη της συσκευής, χωρητικότητας 250ml περίπου.

- Τοποθετούνται τα εξής αντιδραστήρια: α) 20ml H₂SO₄ (στο τοίχωμα της φιάλης για να μην αφρίζουν τα δείγματα) β) 2 kjeltabs. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται 7 φορές με χρήση δείγματος και 1 φορά χωρίς να τοποθετηθεί δείγμα. Έτσι στο τέλος είναι έτοιμες 8 φιάλες. Η φιάλη χωρίς δείγμα αποτελεί το “τυφλό” δείγμα.
- Τοποθετούνται στη συσκευή για να γίνει η πέψη.
- Ανοίγουμε τη βρύση.
- Κλείνουμε τις φιάλες με ειδικά πώματα και ανοίγουμε την συσκευή.
- Η θερμοκρασία ρυθμίζεται πατώντας το κουμπί set και χρησιμοποιώντας τα βελάκια ταυτόχρονα.
- Το πρόγραμμα θερμοκρασιών και χρόνου υπάρχει στη συσκευή ανάλογα με το τύπο του δείγματος.
- Αφού τελειώσει το πρόγραμμα σηκώνουμε τα φιαλίδια χωρίς να απομακρύνουμε τα πώματα και τα τοποθετούμε στην ειδική θέση. Αυξάνουμε τη ροή της βρύσης για να φύγουν εντελώς οι ατμοί και να κρυσώσουν για τουλάχιστον 30 λεπτά. Οι ατμοί αυτοί είναι πολύ επικίνδυνοι για το αναπνευστικό σύστημα. Για αυτό το λόγο, το τμήμα αυτό της Kjeldahl βρίσκεται στον απαγωγό.
- Η συσκευή ανοίγει και περιμένουμε να δείξει η ένδειξη P.
- Παράλληλα, σε ποτήρι ζέσεως στα 250ml προσθέτουμε 50ml από το διάλυμα του βορικού οξέος και 3-4 σταγόνες δείκτη Kjeldahl και το τοποθετούμε σε ειδική θέση μέσα στη συσκευή.
- Η κυλινδρική φιάλη με το δείγμα τοποθετείται σε ειδική θέση στη συσκευή. Προσοχή: χρησιμοποιούμε γάντι για το φούρνο.
- Αν η ένδειξη στην οθόνη είναι P, πατάμε το ‘run’ και ξεκινάει το πρόγραμμα.
- Όταν τελειώσει, αν έχει παραμείνει υγρό στη φιάλη, πατάμε ‘empty’ για να φύγει.

- Παίρνουμε το ποτήρι και τιτλοδοτούμε με διάλυμα H_2SO_4 0,05N και καταγράφουμε τον όγκο που καταναλώνεται.
- Απομακρύνουμε την κυλινδρική φιάλη φορώντας γάντι και τοποθετούμε νέο δείγμα και νέο ποτήρι με βορικό.
- Όταν τελειώσουμε με τα δείγματα, κλείνουμε τη βρύση.

Ο υπολογισμός των επιπέδων του αζώτου γίνεται με βάση τις παρακάτω εξισώσεις ανάλογα σε τι μέγεθος επιθυμούμε να εκφράσουμε την συγκέντρωση:

1.

$$\%N = \frac{1,4 * c * (V - Vb)}{\text{βάρος δείγματος σε gr}}$$

2.

$$mgN/L = \frac{14000 * c * (V - Vb)}{\text{όγκος δείγματος σε mL}}$$

3.

$$\frac{mgN}{K} \text{ ή } ppmN$$

Όπου:

C: η συγκέντρωση του τιτλοδοτικού διαλύματος σε N.

V: ο όγκος του τιτλοδοτικού διαλύματος σε mL που απαιτήθηκε κατά την τιτλοδότηση του δείγματος.

Vb: ο όγκος του τιτλοδοτικού διαλύματος σε mL που απαιτήθηκε κατά τη τιτλοδότηση του τυφλού δείγματος.

2.2.7. ΕΚΧΥΛΙΣΗ ΦΥΤΙΚΟΥ ΙΣΤΟΥ ΓΙΑ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟ ΚΑΛΙΟΥ (K) ΚΑΙ ΦΩΣΦΟΡΟΥ (P).

Προκειμένου να προσδιοριστούν οι ολικές ποσότητες των διαφόρων θρεπτικών στοιχείων K, Na, P, Ca, Mg και ιχνοστοιχείων, εκτός του αζώτου είναι αναγκαία η μετατροπή αυτών, σε μορφή ενός ανόργανου άλατος. Αυτό

επιτυγχάνεται με την καύση της λειοτροβημένης οργανικής ουσίας, των φύλλων ή άλλων φυτικών ιστών με μία από τις γνωστές μεθόδους, όπως η μέθοδος της ξηρής καύσης που παρουσιάζεται παρακάτω.

Τα υλικά και τα όργανα που χρησιμοποιούνται είναι :

- Αναλυτικός ζυγός
- Σιφόνι
- Φούρνος αποτέφρωσης (**Εικόνα 27**)
- Κάψες πορσελάνης (**Εικόνα 26**)
- Χωνιά και φίλτρα Whatman No 40
- Ογκομετρικές φιάλες των 50 ml
- Πλάκα θέρμανσης



Εικόνα 26: Κάψες πορσελάνης



Εικόνα 27: Φούρνος αποτέφρωσης

Το αντιδραστήριο που τοποθετείται είναι το διάλυμα υδροχλωρικού οξέος HCL:1M hydrochloric acid.

Πρωτόκολλο

Μετά το άλεσμα, μέρος του δείγματος τοποθετείται στο φούρνο στους 90 °C-105°C για τουλάχιστον δυο ώρες προκειμένου να απομακρυνθεί πλήρως η υγρασία. Αμέσως μετά, ζυγίζουμε περίπου 1gr δείγματος σε κάψα πορσελάνης και καταγράφουμε την ακριβή μέτρηση του. Στη συνέχεια, η κάψα τοποθετείται στον φούρνο αποτέφρωσης στους 550°C μέχρι το δείγμα να ασπρίσει (περίπου 2,5 ώρες). Αφού ολοκληρωθεί η καύση, η κάψα τοποθετείται σε θερμαινόμενη πλάκα και προστίθενται 5 ml διαλύματος HCL 1M.

Ακολουθεί θέρμανση (όχι βρασμός) μέχρι να αρχίσουν να βγαίνουν ατμοί από την κάψα. Η θέρμανση βοηθά στο να διαλυθούν ευκολότερα τα διάφορα άλατα. Μετά, σε ογκομετρική φιάλη των 50 ml τοποθετείται ένα μικρό χωνί και πάνω του ένα φίλτρο Whatman No 40. Ρίχνουμε το περιεχόμενο της κάψας μέσα στο φίλτρο και ακολουθούν 3 εκπλύσεις της κάψας με απιονισμένο νερό. Αφού περάσουν από το φίλτρο ξεπλένουμε 3 φορές. Απομακρύνουμε το χωνί και η ογκομετρική φιάλη συμπληρώνεται με νερό μέχρι την χαραγή. Έπειτα, το διάλυμα μεταφέρεται σε άλλη φιάλη όπου αναγράφεται ο αριθμός του δείγματος και φυλάσσεται στο ψυγείο. Ακολουθούν μετρήσεις (π.χ. K, Na, P, κ.α)

2.2.8. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΛΙΟΥ (K)

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΛΙΟΥ (K) ΣΕ ΦΥΤΙΚΟ ΙΣΤΟ

1. Υλικά και όργανα

- Σιφόνια των 5, 10, και 20 ml
- Ογκομετρικές φιάλες των 1000 ml
- Ποτήρια ζέσεως των 50 ml
- Φλογοφωτόμετρο

2. Αντιδραστήρια

Πρότυπο διάλυμα καλίου K:100 ppm χρησιμοποιώντας χλωριούχο κάλιο KCL Potassium chloride.

3. Πρωτόκολλο

Χρησιμοποιούνται τα δείγματα του φυτικού ιστού μετά την εκχύλιση (βλ. εκχύλιση δειγμάτων φυτικού ιστού).

Τα εκχυλίσματα του φυτικού ιστού αραιώνονται συνήθως στην αναλογία 1X10. Ωστόσο δεν είναι υποχρεωτικό. Το σημαντικό είναι οι μετρήσεις να μην πέφτουν κάτω από το όριο ανίχνευσης του οργάνου και να βρίσκονται μέσα στο εύρος των συγκεντρώσεων των standards διαλυμάτων. Έτσι, αν δεν αραιωθούν τα δείγματα τότε γίνεται η μέτρηση στο φλογοφωτόμετρο χωρίς καμία άλλη επεξεργασία. Εάν γίνει η αραιώση π.χ. 1x10 τότε: Σε μικρό γυάλινο φιαλίδιο προσθέτουμε 1 ml από το δείγμα και 9 ml νερό. Ο τελικός όγκος είναι 10 ml αλλά αυτή η ποσότητα φτάνει για τη μέτρηση στο φλογοφωτόμετρο. Ακολουθεί η μέτρηση με το φλογοφωτόμετρο. Τέλος, τα νέα διαλύματα μπορούν να διατηρηθούν στο ψυγείο.

Για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης του K στο δείγμα είναι απαραίτητη η ύπαρξη μιας σχέσης που να συνδέει την ένδειξη του φλογοφωτόμετρου με την συγκέντρωση του διαλύματος που μετράται κάθε φορά. Γι' αυτό το λόγο, χρησιμοποιούνται διαλύματα γνωστής συγκέντρωσης (πρότυπα) και καταγράφονται οι τιμές που δίνουν στο φλογοφωτόμετρο. Το αποτέλεσμα είναι η χάραξη μια καμπύλης. Η καμπύλη αυτή συνδέει τις ενδείξεις του οργάνου με τις συγκεντρώσεις.

Σε ογκομετρικές φιάλες του 1 L προστίθενται αντίστοιχα 10, 25, 50, 75, 100 mL από το πρότυπο διάλυμα 100 ppm. Στη συνέχεια, συμπληρώνεται κάθε φιάλη με νερό μέχρι την χαραγή. Τα διαλύματα φυλάσσονται σε φιάλες πολυαιθυλενίου και σε θερμοκρασία περιβάλλοντος για όσο διάστημα χρειαστεί.

Τρόπος χρήσης του φλογοφωτόμετρου

❖ ΑΝΟΙΓΜΑ-ΜΕΤΡΗΣΗ

- ❖ Γεμίζουμε με απιονισμένο νερό το σωληνάκι (πίσω).
- ❖ Γεμίζουμε ένα ποτήρι ζέσεως με απιονισμένο νερό και το τοποθετούμε στη θέση του δειγματολήπτη με το σωληνάκι δειγματοληψίας μέσα σε αυτό. Προσέχουμε ώστε το σωληνάκι δειγματοληψίας να είναι πάντα βυθισμένο σε κάποιο υγρό είτε είναι δείγμα, ή νερό καθ' όλη τη διάρκεια της λειτουργίας του οργάνου.
- ❖ Ελέγχουμε εάν το όργανο και η αντλία αέρα είναι στην πρίζα.
- ❖ Ανοίγουμε τη φιάλη προπανίου και την αντλία αέρα.
- ❖ Ανοίγουμε τη συσκευή και περιμένουμε να δείξει το μανόμετρο της φιάλης 2,2 bar. Αν όχι, το ρυθμίζουμε.
- ❖ Επιλέγουμε το φίλτρο να είναι στη θέση K αν μετράμε κάλιο και Na αν μετράμε νάτριο.
- ❖ Τον διακόπτη 'course' τον βάζουμε στη θέση 2 εκτός εάν δε μας επιτρέπεται να κάνουμε τη βαθμονόμηση του μηχανήματος.
- ❖ Αφήνουμε το όργανο για περίπου 30 mins να λειτουργήσει.
- ❖ Στη συνέχεια χρησιμοποιούμε σαν δείγμα απιονισμένο νερό και ρυθμίζουμε τον διακόπτη 'blank' ώστε η ένδειξη να είναι μηδέν.
- ❖ Έπειτα, χρησιμοποιούμε το πρότυπο διάλυμα των 100 ppm K και με τον διακόπτη 'fine' ρυθμίζουμε την ένδειξη να είναι 100.
- ❖ Επανατοποθετούμε το απιονισμένο νερό στη θέση του δείγματος για λίγη ώρα προκειμένου να καθαρίσει το όργανο. Παρατηρούμε ότι η ένδειξη του μηχανήματος είναι μηδέν.
- ❖ Ξεκινάμε να μετράμε τα standards διαλύματα με σειρά από τη μικρότερη συγκέντρωση στη μεγαλύτερη (π.χ. 10, 25, 50, 75 ppm) και λαμβάνουμε τις μετρήσεις.
- ❖ Ξεπλένουμε εκ νέου με απιονισμένο νερό και μετά μετράμε τα δείγματα μας χωρίς τη χρήση απιονισμένου ενδιάμεσα.
- ❖ ΚΛΕΙΣΙΜΟ
- ❖ Δουλεύουμε με δείγμα το απιονισμένο νερό πολλές φορές πριν το κλείσιμο.
- ❖ Κλείνουμε τη φιάλη.
- ❖ Περιμένουμε να σβήσει η ένδειξη 'flame on'.

- ❖ Κλείνουμε την αντλία αέρα.
- ❖ Κλείνουμε το όργανο.



Εικόνα 28: Όργανο μέτρησης καλίου

Υπολογισμός του αποτελέσματος

Αρχικά, πρέπει να υπολογιστούν οι συγκεντρώσεις του K των διαλυμάτων που χρησιμοποιήθηκαν. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, για να γίνει αυτό φτιάχνεται μια καμπύλη με τη βοήθεια των πρότυπων διαλυμάτων. Συγκεκριμένα, στον υπολογιστή (π.χ. Excel, Origin) τοποθετούνται οι συγκεντρώσεις των πρότυπων διαλυμάτων (άξονας x) και οι αντίστοιχες ενδείξεις του φλογοφωτόμετρου (άξονας y) και παρασκευάζεται ένα γράφημα. Το πρόγραμμα χρησιμοποιώντας τη μέθοδο των ελάχιστων τετραγώνων δίνει την ευθεία που περιγράφει τη σχέση μεταξύ της συγκέντρωσης και απορρόφησης. Η εξίσωση της ευθείας αυτής έχει την ακόλουθη μορφή :

$$y = \alpha x + \beta$$

όπου :

y= ένδειξη του φλογοφωτόμετρου

x= συγκέντρωση του διαλύματος

α = κλίση της ευθείας

β = τετμημένη επί την αρχή

Η γραμμή τάσης, που επιλέχθηκε από το πρόγραμμα για να

αναπαρασταθεί η ευθεία που περιγράφει τη σχέση της ένδειξης του φλογοφωτόμετρου με τη συγκέντρωση, είναι πολύ αξιόπιστη όταν η τιμή R-τετράγωνο της τάσης ισούται με 1 ή προσεγγίζει το 1 (ελάχιστη τιμή λαμβάνεται η 0,98).

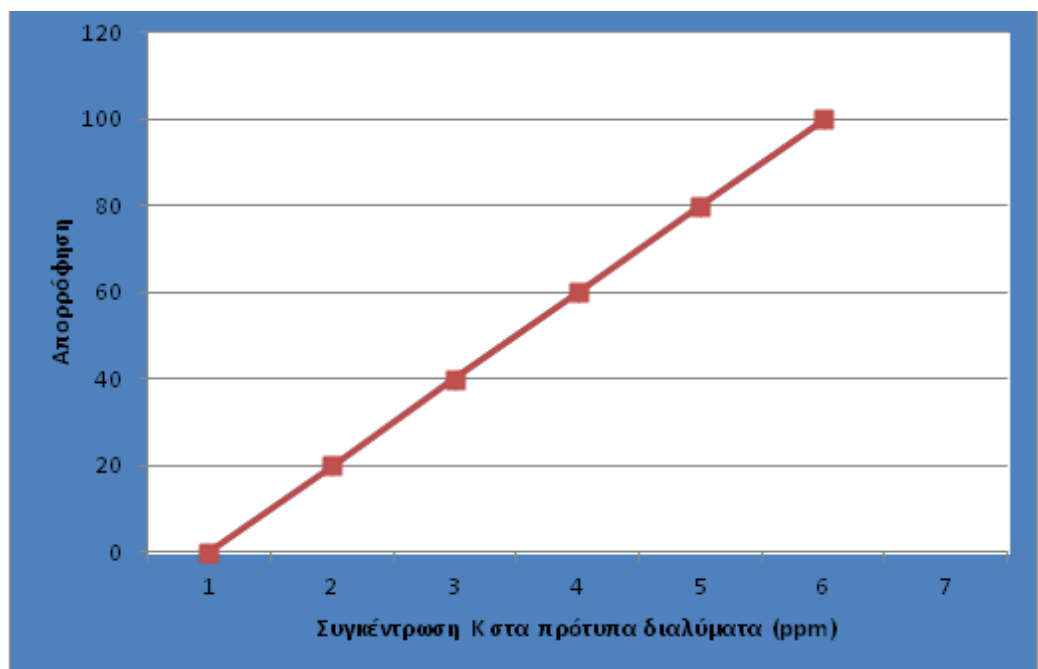
Εφόσον γνωρίζουμε τη σχέση που ενώνει τη συγκέντρωση με την ένδειξη του φλογοφωτόμετρου, μπορούμε να υπολογίσουμε τη συγκέντρωση των δειγμάτων χρησιμοποιώντας τις τιμές απορρόφησης που μετρήσαμε. Έτσι, λύνουμε την παραπάνω εξίσωση ως προς x :

$$x = \frac{y - \beta}{\alpha}$$

όπου όλα είναι γνωστά (τα α και β τα δίνει το πρόγραμμα, το y είναι η τιμή που μετρήσαμε).

$$y=1,0044x+3,6429$$

$$R^2= 0,9926$$



Γράφημα 1: Πρότυπη γραφική αναπαράσταση Κ

Οι συγκεντρώσεις του K που υπολογίζονται με αυτόν τον τρόπο είναι σε ppm στο διάλυμα. Αυτές οι τιμές πρέπει να μετατραπούν σε mg στο εκχύλισμα και να εκφραστούν σε ποσοστό % στο φυτικό ιστό. Για το λόγο αυτό γίνονται οι παρακάτω υπολογισμοί.

Έστω ότι μετρήθηκαν στο άγνωστο δείγμα 13 ppm K. Αν έχει γίνει αραιώση, τα 13 ppm πρέπει να πολλαπλασιαστούν με τον βαθμό της αραιώσης (π.χ. αν η αραιώση είναι 1×10 τότε τα 13 ppm πρέπει να πολλαπλασιαστούν με 10 δηλαδή $10 \times 13 = 130$ ppm) και μετά να ακολουθήσουν τα παρακάτω βήματα:

Έτσι τα 1000000 mg περιέχουν 13 mg Καλίου

$$50000 \text{ mg (50 mL)} \quad X = ;$$

Άρα **X = 0,65 mg K** στο εκχύλισμα.

Επειδή για την εκχύλιση χρησιμοποιήθηκαν π.χ. 1,0015 g φυτικού ιστού έχουμε

Στα 1,0015 g φυτικού ιστού υπάρχουν **0,65 mg K**

$$1000 \quad X = ;$$

Άρα $X = 0,065 \text{ mg K}^+$

Άρα, η περιεκτικότητα του φυτικού ιστού σε K είναι **0,0065 %**.

Καθαρισμός

1. Αραιώνουμε καλά τα αντιδραστήρια που έχουν περισσέψει και τα ρίχνουμε στον νεροχύτη.
2. Τα δείγματα στις ογκομετρικές φιάλες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για άλλες μετρήσεις.
3. Τα standards διατηρούνται για πολύ μεγάλο διάστημα.
4. Πλένουμε πολύ καλά τα μέσα που χρησιμοποιήσαμε (π.χ. φιάλες, σιφώνια, κτλ) MONO με νερό βρύσης και μετά με απιονισμένο νερό.
5. Επιστρέφουμε τα πάντα στη σωστή θέση τους.
6. Καθαρίζουμε σχολαστικά τη περιοχή όπου εργαστήκαμε.

2.2.9. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΛΙΚΟΥ ΦΩΣΦΟΡΟΥ (P).

Τα υλικά και τα όργανα για την τεχνική αυτή είναι:

- Σιφόνι 1,5,10ml
- Ογκομετρικές φιάλες των 50ml
- Φασματοφωτόμετρο (**Εικόνα 29**)

Τα αντιδραστήρια που χρειάστηκαν για την ανάλυση είναι:

- Βαναδομολυβδαινικό αμμώνιο.
- Πρότυπο διάλυμα P:50ppm χρησιμοποιώντας δισόξινο φωσφορικό κάλιο (KH_2PO_4).

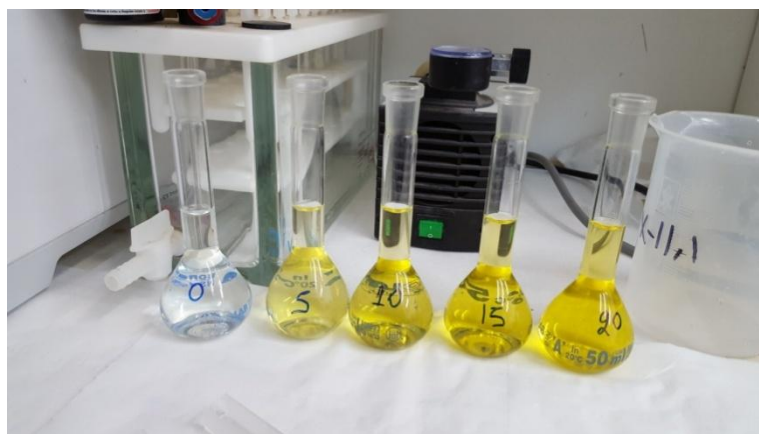


Εικόνα 29: Φασματοφωτόμετρο

Χρησιμοποιούμε δείγματα φυτικού ιστού μετά την εκχύλιση. Το δείγμα του φυτικού ιστού μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως έχει. Υπάρχει περίπτωση όμως να γίνει αραίωση (συνήθως 1x10) οπότε να είναι αυτό το νέο stock διάλυμα. Τότε σε ογκομετρική φιάλη των 50 ml προστίθενται 10ml από το stock διάλυμα και 10ml από το αντιδραστήριο του βαναδομολυβδαινικού αμμωνίου και ανακατεύονται. Η φιάλη συμπληρώνεται με νερό μέχρι τη χαραγή και καλύπτεται με parafilm, ανακινείται καλά οπότε εμφανίζεται το χαρακτηριστικό κίτρινο χρώμα. Μετά από 30mins, μετράται η απορρόφηση σε φασματοφωτόμετρο και σε μήκος κύματος 470nm.

Για την παρασκευή των πρότυπων διαλυμάτων (**Εικόνα 30**) ώστε να

προσδιορισθεί η συγκέντρωση P στο δείγμα είναι απαραίτητη η ύπαρξη μιας σχέσης που να συνδέει την ένδειξη του φασματοφωτόμετρου με τη συγκέντρωση του διαλύματος που μετράται κάθε φορά. Για αυτό το λόγο χρησιμοποιούνται διαλύματα γνωστής συγκέντρωσης και μετράται η απορρόφηση τους. Το αποτέλεσμα είναι η χάραξη μιας καμπύλης. Η καμπύλη αυτή συνδέει τις ενδείξεις του οργάνου με τις συγκεντρώσεις των διαλυμάτων. Όλα τα πρότυπα διαλύματα παρασκευάζονται από τα ίδια αντιδραστήρια που παρασκευάζονται και τα δείγματα. Επίσης, τα πρότυπα παρασκευάζονται πριν τον χρωματισμό των δειγμάτων έτσι ώστε αν υπάρξει πρόβλημα με τη διαδικασία ή τα αντιδραστήρια να εντοπιστεί και να λυθεί.



Εικόνα 30: Πρότυπα διαλύματα

Οι συγκεντρώσεις των πρότυπων διαλυμάτων πρέπει να είναι κοντά στη περιοχή όπου υπολογίζεται ότι είναι οι συγκεντρώσεις των δειγμάτων μας. Έστω ότι δείγματα μας υπολογίζονται στην περιοχή 5-10ppm. Τα πρότυπα διαλύματα που παρασκευάζονται έχουν συγκέντρωση 0-5-10-15 και 20 ppm. Το τυφλό διάλυμα 0 ppm χρησιμεύει για τη ρύθμιση του μηδενός της κλίμακας της απορρόφησης του οργάνου.

Σε ογκομετρικές φιάλες των 50ml προστίθενται 0,5,10,15,20ml P αντίστοιχα από το διάλυμα των 50ppm. Στη συνέχεια σε κάθε μία προστίθενται 10ml βαναδομολυβδαινικού αμμωνίου και ανακατεύονται. Τέλος, προστίθεται νερό μέχρι τη χαραγή και ανακινούνται καλά. Το 0 ppm διάλυμα χρωματίζεται

πολύ ελαφριά κίτρινο.

Τρόπος χρήσης του φασματοφωτόμετρου.

- Το όργανο τίθεται σε λειτουργία από τον διακόπτη και αφήνεται για 30mins να θερμανθεί χωρίς να πατάμε κανένα πλήκτρο.
- Ελέγχουμε στην οθόνη αν το όργανο μετράει απορρόφηση.
- Αν όχι, πατάμε MODE και επιλέγουμε απορρόφηση (Absorbance Abs) χρησιμοποιώντας τα βέλη που βρίσκονται κάτω από την οθόνη.
- Με τον υποδοχέα της κυψελίδας κενό και το κάλυμμα του οργάνου κλειστό επιλέγεται το επιθυμητό μήκος κύματος 470nm χρησιμοποιώντας τα βέλη που βρίσκονται στον κύκλο.
- Ανοίγουμε το σκέπασμα του χώρου υποδοχής της κυψελίδας και τοποθετούμε την κυψελίδα με το τυφλό 0 ppm. Το βελάκι πάνω στη κυψελίδα πρέπει να είναι προς το μπροστινό μέρος του οργάνου και με τις δύο διαφανείς πλευρές της κυψελίδας σύμφωνα με το βέλος που υπάρχει δίπλα στον υποδοχέα.
- Πατάμε ZERO προκειμένου να μηδενιστεί η ένδειξη 0 abs.
- Βγάζουμε το τυφλό και τοποθετούμε το δείγμα κατά τον ίδιο τρόπο.
- Λαμβάνουμε τη μέτρηση.
- Αρχικά μετράμε τα πρότυπα διαλύματα προκειμένου να φτιάξουμε την καμπύλη και στη συνέχεια τα άγνωστα δείγματα.

Για να υπολογιστούν οι συγκεντρώσεις P των διαλυμάτων στις ογκομετρικές φιάλες όπου έγινε η ανάπτυξη του χρώματος ακολουθείται η εξής διαδικασία. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, αρχικά φτιάχνεται μια καμπύλη με τη βοήθεια των προτύπων διαλυμάτων. Συγκεκριμένα, στον υπολογιστή τοποθετούνται οι συγκεντρώσεις των πρότυπων διαλυμάτων (άξονας x) και οι αντίστοιχες τους μετρήσεις απορρόφησης (άξονα y) και παρασκευάζεται ένα γράφημα. Το πρόγραμμα χρησιμοποιώντας τη μέθοδο των ελάχιστων τετραγώνων δίνει την ευθεία που περιγράφει τη σχέση μεταξύ συκέντρωσης και απορρόφησης. Η εξίσωση της ευθείας αυτής έχει τη μορφή:

$$y = \alpha x + \beta$$

Όπου: y = απορρόφηση

X = συγκέντρωση του διαλύματος

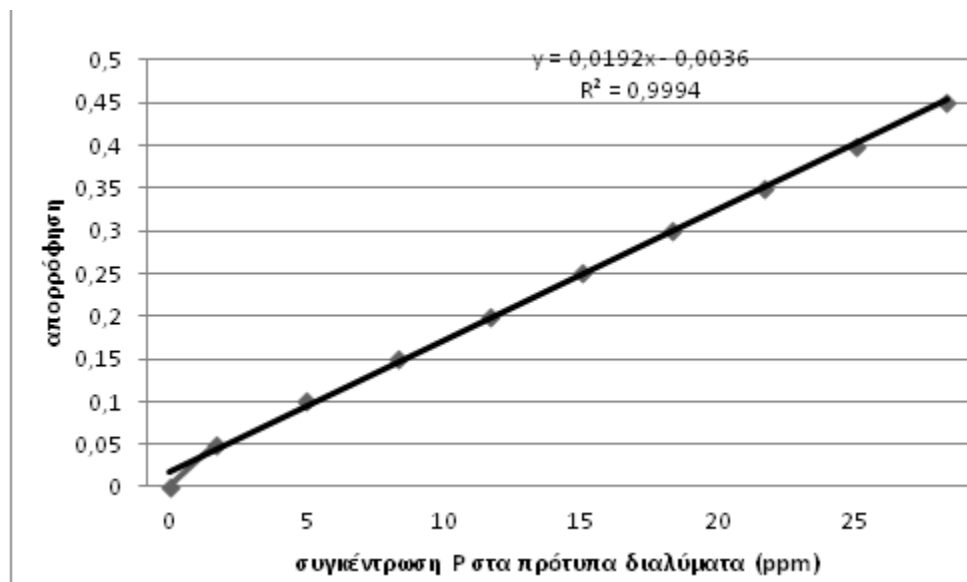
α = κλίση της ευθείας και

β = τετμημένη επί την αρχή

Η γραμμική τάσης, που επιλέχθηκε από το πρόγραμμα για να αναπαρασταθεί η ευθεία που περιγράφει τη σχέση της απορρόφησης με τη συγκέντρωση, είναι πολύ αξιόπιστη όταν η τιμή R-τετράγωνο της τάσης ισούται με 1 ή προσεγγίζει το 1 (ελαχίστη τιμή 0,98).

Εφόσον γνωρίζουμε τη σχέση που ενώνει τη συγκέντρωση με την απορρόφηση μπορούμε να υπολογίσουμε τη συγκέντρωση των δειγμάτων χρησιμοποιώντας τις τιμές απορρόφησης που μετρήσαμε. Έτσι λύνουμε την παραπάνω εξίσωση ως προς x :

$$x = \frac{y - \beta}{\alpha}$$



Γράφημα 2: Η ευθεία που σχηματίζεται από τις τιμές της απορρόφησης και τις αντίστοιχες συγκεντρώσεις των προτύπων διαλυμάτων.

Οι συγκεντρώσεις P που υπολογίζονται με αυτόν τον τρόπο είναι σε ppm και είναι οι συγκεντρώσεις των διαλυμάτων στις ογκομετρικές φιάλες των 50ml. Οι τιμές αυτές όμως πρέπει να μετατραπούν σε ppm στο εκχύλισμα και να εκφραστούν σε ποσοστό % στο φυτικό ιστό. Για το λόγο αυτό γίνονται οι παρακάτω υπολογισμοί : Έστω ότι μετρήθηκαν στο άγνωστο δείγμα 5ppm P. Αν έχει γίνει αραίωση, τα 5ppm πρέπει να πολλαπλασιαστούν με τον βαθμό της αραίωσης και μετά να ακολουθήσουν τα παρακάτω βήματα.

Η μέτρηση 5ppm σημαίνει ότι:

Στα 1.000.000 mg διαλύματος υπάρχουν 5 mg P

Στα 50.000 mg 50ml διαλύματος υπάρχουν X;

Άρα $X=0,25\text{mg P}$ στην ογκομετρική φιάλη που αναπτύχθηκε το χρώμα.

Ο P όμως που υπάρχει στην ογκομετρική φιάλη υπήρχε στα 10ml εκχυλίσματος, άρα χρειάζεται να γίνει αναγωγή σε όλο το εκχύλισμα, το οποίο έχει όγκο 50ml έτσι:

Στα 10ml εκχυλίσματος υπήρχαν 0,25mg P

Στα 50ml εκχυλίσματος υπήρχαν X;

Άρα $X=1,25\text{mg P}$

Η ποσότητα αυτή του P υπήρχε σε συγκεκριμένη ποσότητα φυτικού ιστού που εκχυλίστηκε και το βάρος αυτής είναι γνωστό. Έστω ότι κάηκαν και εκχυλίστηκαν 1,2365g φυτικού ιστού, τότε προκύπτει:

Στα 1,2365mg φυτικού ιστού υπάρχουν 1,25mg P

Στα 100mg φυτικού ιστού X;

Άρα $X=0,101$

Άρα η περιεκτικότητα του φυτικού ιστού σε P είναι 0,101%.

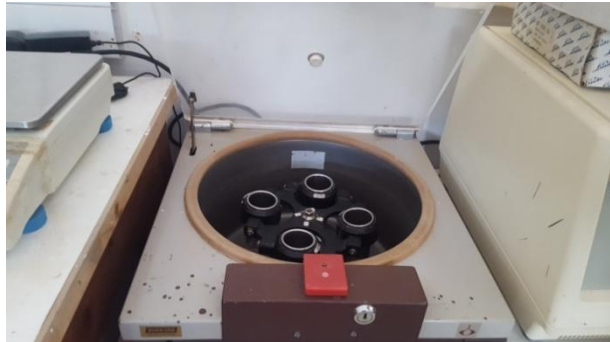
2.2.10. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΦΑΙΝΟΛΩΝ

Οι φαινόλικές ενώσεις, σε υψηλές συγκεντρώσεις προκαλούν τοξικότητες στα φυτά. Τα κόμποστ πρέπει να είναι απαλλαγμένα υψηλές συγκεντρώσεις φαινολών. Για να μετρήσουμε την συγκέντρωση των φαινολών

θα έπρεπε πρώτα να τις εκχυλίσουμε από το κόμποστ. Στη συνέχεια προσδιορίζονται στο εκχύλισμα με τη μέθοδο των Folin & Ciocalteu.

Extraction Fluid για κόμποστ

Σε 2 lt απιονισμένου νερού (με PH περίπου ίσο με 5,8) προσθέτω περίπου 7 σταγόνες μίγματος *sulfuric acid / nitric acid* (60/40), ώστε το PH του τελικού extraction να γίνει 4,2. Έπειτα σε 10 gr κόμποστ προσθέτω 200 ml extraction και αναδεύεται για 18 ώρες σε τράπεζα δόνησης. Ακολουθεί φυγοκέντρηση (**Εικόνα 31**) και διήθηση σε glass fiber. Μετά, αραιώνω το εκχύλισμα σε 1:50 και το μετράω στο φασματοφωτόμετρο.



Εικόνα 31: Μηχάνημα Φυγοκέντρησης

3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1.ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΠΡΟΤΟΝΤΟΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΞΗΡΑΝΣΗΣ

Πρόκειται για κομποστοποίηση ενός προϊόντος ηλιακής ξήρανσης, το οποίο προήλθε από μίξη φύλλων ελιάς με υγρά απόβλητα ελαιτριβείου. Το τελικό αυτό προϊόν κομποστοποιήθηκε, με προσθήκη νερού. Ακολούθως, παρουσιάζεται ο Συγκεντρωτικός Πίνακας (Πίνακας 11) των αποτελεσμάτων της κομποστοποίησης που εμπεριέχει όλες τις υπό μελέτη παραμέτρους

Πίνακας 11: Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων κομποστοποίησης

Παράμετροι	Αρχικός όγκος φύλλων ελιάς κομπόστ 700 (lt) = 430Kg (230kg d.w. με 46% υγρασία)										
	Ημέρες										
	1	22	34	42	48	71	79	94	100	113	121
	Κωδικοποίηση δειγμάτων										
	1OL	2OL	3OL	4OL	5OL	6OL	7OL	8OL	9OL	10OL	11P
pH	6,50	7,03	7,33	7,57	7,50	7,83	7,93	8,10	8,97	8,27	8,80
Ηλεκτρική Αγωγιμότητα (mS/cm)	4,80	5,20	6,10	6,78	7,27	7,93	8,21	8,77	9,34	9,31	9,67
Άζωτο(%)	1,52	1,96	2,35	2,73	2,75	2,80	2,82	2,85	3,03	3,07	3,10
Κάλιο(%)	4,32	4,68	5,28	4,51	5,13	5,34	5,50	5,49	6,12	5,70	6,02
Φώσφορος(%)	0,49	0,25	0,12	0,23	0,44	0,46	0,51	0,55	0,56	0,59	0,68
Ολικός Οργανικός Άνθρακας (%)	69,79	80,36	77,72	73,32	74,50	68,31	67,85	68,02	67,23	66,92	65,43
Φαινόλες (g gallic acid/kg)	7,63	7,68	6,71	6,04	5,81	5,12	4,77	4,17	3,73	2,34	1,10

Στον παραπάνω πίνακα παρατηρούμε την αυξομείωση των τιμών των φυσικοχημικών παραμέτρων από την έναρξη του πειράματος ως το τέλος. Επίσης αναφέρονται οι ποσότητες των υλικών που χρησιμοποιήσαμε και το ποσοστό της υγρασίας. Οι τιμές είναι κατανεμημένες για κάθε δείγμα που λάβαμε από τις 11 αναδεύσεις που έλαβαν χώρα. (**Πίνακας 11**)

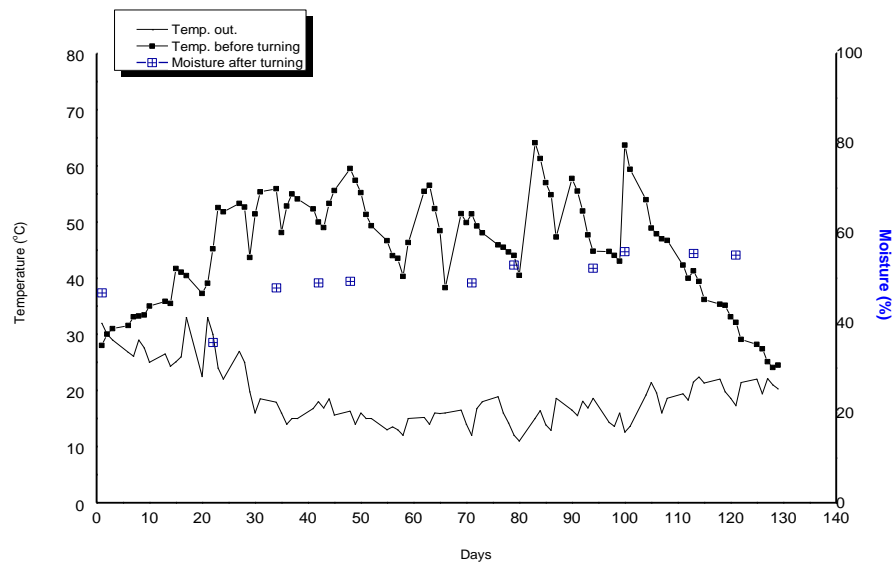
3.1.1. ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ

Η θερμοκρασία μετριόταν σε καθημερινή βάση (με εξαίρεση τα σαββατοκύριακα) και σημειώναμε τις μέγιστες θερμοκρασίες από τρία διαφορετικά σημεία του κομποστοποιητή (15cm από την επιφάνεια του υλικού, στην καρδιά του υλικού και κοντά στην πυθμένα αυτού) βρίσκοντας τον μέσο όρο αυτού, κάθε ημέρα, ο οποίος αναγράφεται στο **Γράφημα 3**.

Ανάλογα με τη πορεία της θερμοκρασίας, δηλαδή όταν είχε πτωτική πορεία, γινόταν αναστροφή. Ο υψηλότερος μέσος όρος της θερμοκρασίας του κομποστοποιητή παρατηρήθηκε στις 8/02/2016 ο οποίος ήταν 64,10°C ενώ ο μικρότερος παρατηρήθηκε στις 10/03/2016 όπου ήταν 24,10°C. Όπως παρατηρούμε στο ακόλουθο γράφημα, η θερμοκρασία έπεφτε μετά από κάθε αναστροφή. Επίσης, μετρούσαμε την εξωτερική θερμοκρασία, όπου η μεγαλύτερη θερμοκρασία παρατηρήθηκε στις 20/11/2015 και 24/11/15 και ήταν 33°C, ενώ η μικρότερη παρατηρήθηκε στις 22/01/2016 και ήταν 11°C. Παρακάτω υπάρχει το **Γράφημα 3** με την καθημερινή πορεία της εξωτερικής θερμοκρασίας και του μέσου όρου της θερμοκρασίας του κομποστοποιητή. Επίσης, υπάρχει ο **Πίνακας 12** με τις μετρήσεις της θερμοκρασίας.

Πίνακας 12: Συγκεντρωτικός πίνακας θερμοκρασίας και υγρασίας

Αριθμός ημέρας	Ημερομ. μέτρησης	Εξωτ. Θερμοκρ.	Μ.Ο. Θερμοκρασίας	Ποσοστό Υγρασίας (%)
1	04/11/15	32,00	28,00	47%
22	25/11/15	30,00	36,60	36%
34	07/12/15	17,90	37,25	48%
42	15/12/15	18,00	52,65	49%
48	21/12/15	16,30	55,90	49%
71	13/01/16	12,00	43,55	49%
79	21/01/16	12,00	48,45	53%
94	05/02/16	18,60	40,50	52%
100	11/02/16	12,60	54,85	56%
113	24/02/16	21,50	43,00	55%
121	03/03/16	17,30	47,00	55%



Γράφημα 3: Προφίλ θερμοκρασίας και υγρασίας για τα φύλλα ελιάς μετά την ηλιακή ξήρανση στον κομποστοποιητή με την προσθήκη νερού

Η κομποστοποίηση διήρκησε 121 ημέρες. Στην αρχή της κομποστοποίησης η θερμοκρασία του υλικού ανερχόταν έως και τους 45°C. Μετά από κάθε ανάδευση γινόταν προσθήκη νερού για διόρθωση της υγρασίας και παρατηρούνταν αμέσως μετά πτώση αυτής, ωστόσο όμως, χαρακτηριστική είναι η σημαντική αύξηση της θερμοκρασίας του υλικού μετά την τέταρτη ανάδευση, όπου αυτή ανήλθε στους 52,65°C. Μετά από 11 αναδέψεις ολοκληρώθηκε η κομποστοποίηση, καθώς μετά από ανάδευση του υλικού η θερμοκρασία αυτού παρέμενε στα επίπεδα της θερμοκρασίας περιβάλλοντος.

3.1.2. ΥΓΡΑΣΙΑ

Ανωτέρω απεικονίζονται στο **Γράφημα 3** οι τιμές του μέσου όρου της υγρασίας κατά την διάρκεια της κομποστοποίησης. Παρατηρούμε ότι η μέγιστη υγρασία καταγράφηκε κατά την 9^η ανάδευση και ήταν 56% ενώ η μικρότερη 36% κατά την 2^η ανάδευση. Όπως προαναφέραμε, τα επιθυμητά επίπεδα υγρασίας για την ταχεία και ομαλότερη κομποστοποίηση κυμαίνονται σε ποσοστά 40%-70%. Παρατηρούμε ότι είμαστε επιτυχώς μέσα σε αυτά τα επίπεδα καθώς η τελική υγρασία κυμαίνεται σε ποσοστό 55%-56%. Έτσι συμπεραίνουμε ότι κατά την βιοσταθεροποίηση του υλικού μας είχαμε εξασφαλίσει ιδανική υγρασία. Αν τα επίπεδα υγρασίας ξεπερνούσαν το 70%, αυτό θα είχε ως αποτέλεσμα την δημιουργία αναερόβιων συνθηκών, καθώς οι πόροι των τεμαχίων θα γέμιζαν με νερό μειώνοντας την μεταφορά οξυγόνου. Αντίθετα αν το ποσοστό έπεφτε κάτω από 40% , το υπόστρωμα του υλικού θα αφυδατωνόταν με αποτέλεσμα να δυσκολεύει την αποικοδόμηση των μικροοργανισμών. Η βέλτιστη υγρασία του υποστρώματος εξαρτάται από τη σύστασή του, από το μέγεθος των σωματιδίων, από τον αερισμό και από τη θερμοκρασία που αναπτύσσεται.

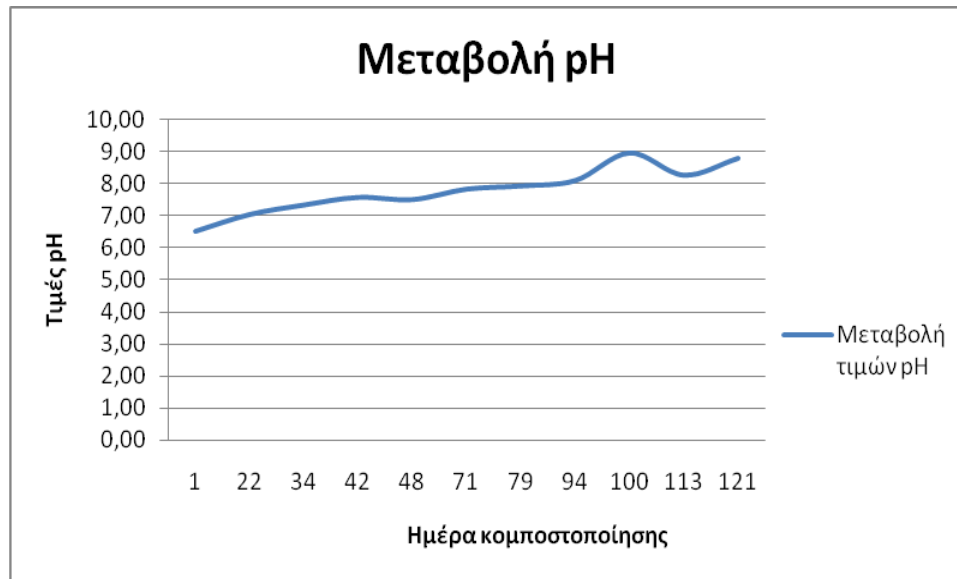
Πίνακας 13: Ποσοστό Υγρασίας ανά αναστροφή

Ημέρα μέτρησης	Υγρασία (%)
1	47%
22	36%
34	48%
42	49%
48	49%
71	49%
79	53%
94	52%
100	56%
113	55%
121	55%

3.1.3. pH

Μετά τη δειγματοληψία από κάθε αναστροφή, εφαρμόζοντας την τεχνική του προσδιορισμού του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας E.C. με νερό στην αναλογία 1:1 ½ και χρησιμοποιώντας την ηλεκτρονική συσκευή μέτρησης, υπολογίζαμε το pH του δείγματος κάθε αναστροφής. Η μικρότερη μέτρηση pH ήταν 6,50 και παρατηρήθηκε στο αρχικό υλικό. Στη συνέχεια, το pH είχε μια ανοδική πορεία. Η άνοδος του pH κατά τη διάρκεια της χώνευσης οφείλεται στην ελευθέρωση NH₄-N και στη δημιουργία NH₄OH στη συνέχεια. Η πτώση προς το τέλος της διαδικασίας οφείλεται στην νιτροποίηση του NH₄OH. Αναλυτικότερα, στην αρχή το pH μειώνεται και αυτό οφείλεται στην δράση των μικροοργανισμών που δημιουργούν οξέα (π.χ. αμινοξέα) με τη διάσπαση των σύνθετων οργανικών ενώσεων. Στη συνέχεια όμως παρατηρείται αύξηση, επειδή αφ' ενός τα οργανικά οξέα καταναλώνονται και αφ' ετέρου, με την έναρξη της πρωτεϊνολυτικής διαδικασίας παράγεται άζωτο και αμμωνία και το υλικό μετατρέπεται σε αλκαλικό. Οι επιθυμητές τιμές είναι μεταξύ 5,5-8,5.

(Πίνακας 14, Γράφημα 4)



Γράφημα 4: Μεταβολή του pH κατά την διάρκεια της κομποστοποίησης

Πίνακας 14: Μεταβολή του pH κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης

Ημέρα κομποστοποίησης	Στάδιο κομποστοποίησης	pH
	Εγκατάσταση	
1	1η ανάδευση	6,50
22	2η ανάδευση	7,03
34	3η ανάδευση	7,33
42	4η ανάδευση	7,57
48	5η ανάδευση	7,50
71	6η ανάδευση	7,83
79	7η ανάδευση	7,93
94	8η ανάδευση	8,10
100	9η ανάδευση	8,97
113	10η ανάδευση	8,27
121	11η ανάδευση	8,80

3.1.4. ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ (E.C.)

Με τη βοήθεια του ηλεκτρικού αγωγιμόμετρου μετρούσαμε την ηλεκτρική αγωγιμότητα (E.C.) υπολογισμένη σε mS/cm. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα παρουσίαζε μία ανοδική πορεία από την αρχή με μέγιστο σημείο 9,67 mS στην 11^η αναστροφή και ελάχιστο το αρχικό δείγμα με 4,80 mS/cm. (Πίνακας 15)

Πίνακας 15: Μεταβολή E.C. κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης

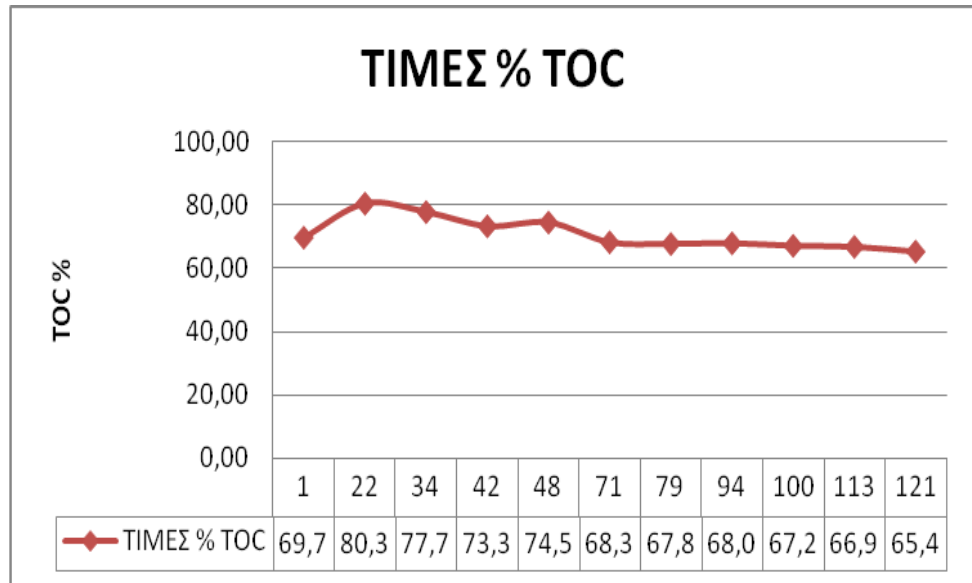
Ημέρα κομποστοποίησης	Στάδιο κομποστοποίησης	E.C. (mS/cm)
	Εγκατάσταση	
1	1η ανάδευση	4,80
22	2η ανάδευση	5,20
34	3η ανάδευση	6,10
42	4η ανάδευση	6,78
48	5η ανάδευση	7,27
71	6η ανάδευση	7,93
79	7η ανάδευση	8,21
94	8η ανάδευση	8,77
100	9η ανάδευση	9,34
113	10η ανάδευση	9,31
121	11η ανάδευση	9,67

3.1.5. ΟΛΙΚΟΣ ΟΡΓΑΝΙΚΟΣ ΑΝΘΡΑΚΑΣ (TOC)

Ο ολικός άνθρακας (TOC) και κατά συνέπεια η οργανική ουσία της σημείωσαν σταδιακά απώλεια όπως ήταν αναμενόμενο λόγω της απώλειας οργανικής ουσίας ως CO₂ μέσω της μικροβιακής δραστηριότητας. Το μέγιστο ποσοστό οργανικού άνθρακα παρατηρήθηκε στο αρχικό υλικό και ήταν 80,36 %, ενώ το μικρότερο ποσοστό παρατηρήθηκε στη 11^η ανάδευση και ήταν 65,43%.

Πίνακας 16: Μεταβολή T.O.C. κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης

Ημέρα κομποστοποίησης	Στάδιο κομποστοποίησης	TOC %
	Εγκατάσταση	
1	1η ανάδευση	69,79
22	2η ανάδευση	80,36
34	3η ανάδευση	77,72
42	4η ανάδευση	73,32
48	5η ανάδευση	74,50
71	6η ανάδευση	68,31
79	7η ανάδευση	67,85
94	8η ανάδευση	68,02
100	9η ανάδευση	67,23
113	10η ανάδευση	66,92
121	11η ανάδευση	65,43



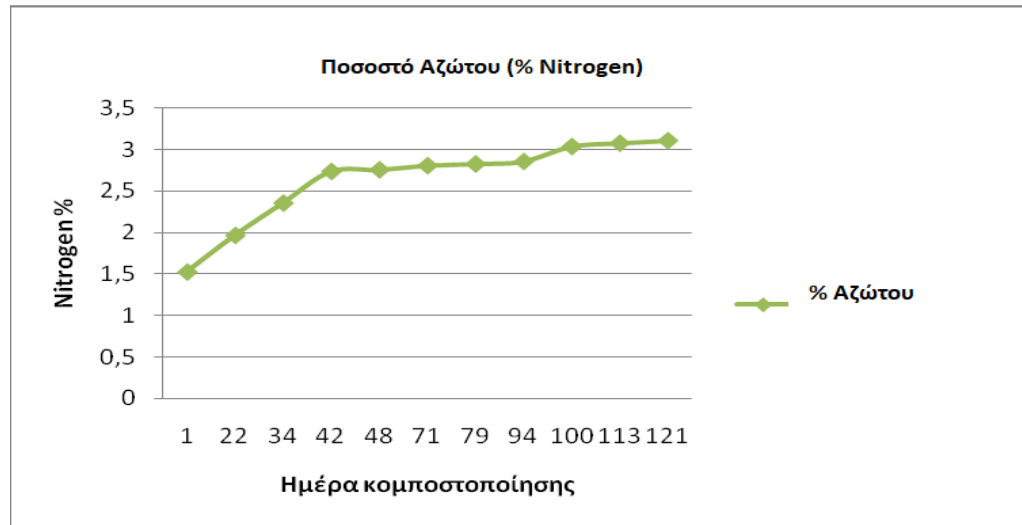
Γράφημα 5: Μεταβολή του ποσοστού του οργανικού άνθρακα κατά την διάρκεια της κομποστοποίησης

3.1.1. ΑΖΩΤΟ (N)

Όπως φαίνεται από το παρακάτω πίνακα (Πίνακας 17), το ποσοστό συγκέντρωσης του αζώτου στο προς κομποστοποίηση υλικό παρουσίασε σημαντική αύξηση. Πιο συγκεκριμένα, από περίπου 2% ανήλθε στο 3%.

Πίνακας 17: Μεταβολή % Αζώτου κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης

Ημέρα κομποστοποίησης	Στάδιο κομποστοποίησης	Ποσοστά Αζώτου (%)
	Εγκατάσταση	
1	1η ανάδευση	1,52
22	2η ανάδευση	1,96
34	3η ανάδευση	2,35
42	4η ανάδευση	2,73
48	5η ανάδευση	2,75
71	6η ανάδευση	2,8
79	7η ανάδευση	2,82
94	8η ανάδευση	2,85
100	9η ανάδευση	3,03
113	10η ανάδευση	3,07
121	11η ανάδευση	3,1

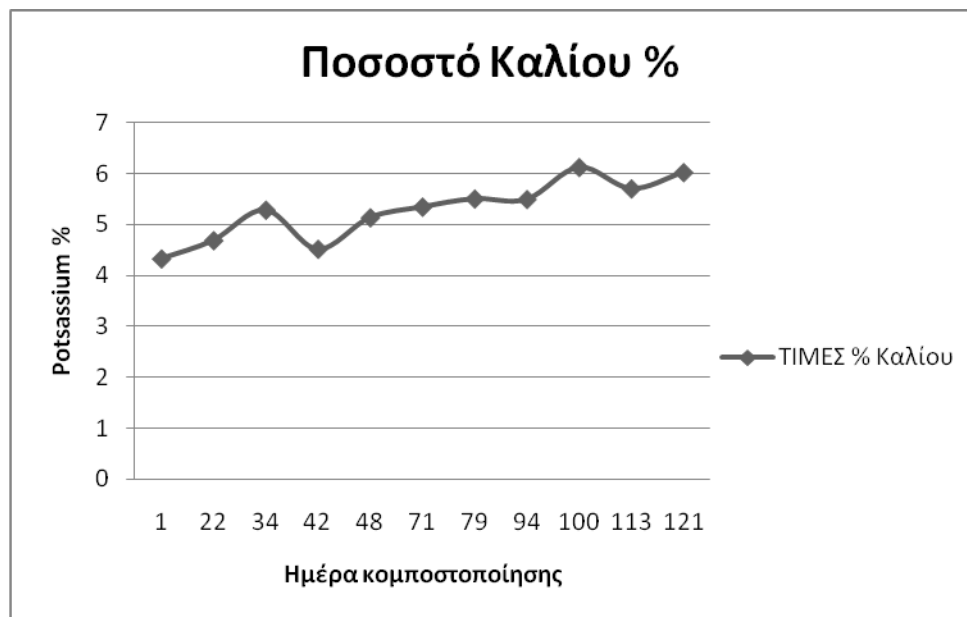


Γράφημα 6: Μεταβολή ποσοστού αζώτου (% N) κατά την διάρκεια της κομποστοποίησης.

3.1.2. ΚΑΛΙΟ (K)

Πίνακας 18: Τιμές ποσοστού καλίου (% K) κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης.

Μέρες	1	22	34	42	48	71	79	94	100	113	121
Αναδεύσεις	1OL	2OL	3OL	4OL	5OL	6OL	7OL	8OL	9OL	10OL	11P
Κάλιο - Potassium (%)	4,32	4,68	5,28	4,51	5,13	5,34	5,50	5,49	6,12	5,70	6,02



Γράφημα 7: Μεταβολή καλίου (K) κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης.

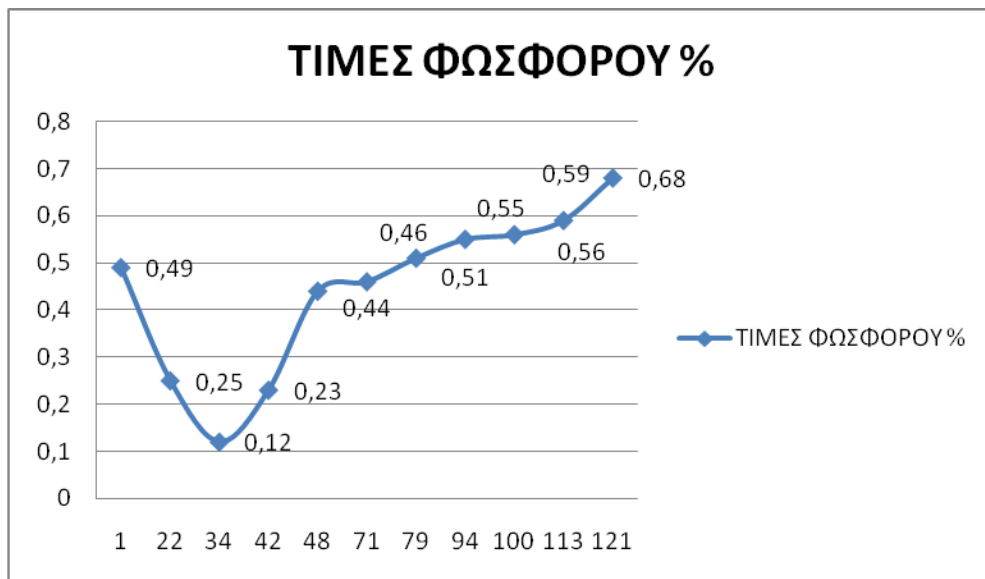
Από τα παραπάνω παρατηρείται μια σημαντική αύξηση της συγκέντρωσης του καλίου κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης, από περίπου 4 στις 6 μονάδες (%).

3.1.3. ΦΩΣΦΟΡΟΣ (P)

Στις τιμές του φώσφορου (P) παρατηρήθηκε ότι μετά τις πρώτες 3 αναδεύσεις είχαμε απότομη πτώση από 0,49% σε 0,12%, γεγονός που θα μπορούσε να αιτιολογηθεί σε λανθασμένη μέτρηση, καθώς σε αμέσως επόμενες δειγματοληψίες η τιμή αυτή ανέρχεται στα ίδια περίπου επίπεδα με τις αρχικές τιμές. Έτσι, μετά την 4^η ανάδευση τα επίπεδα φωσφόρου άρχισαν να αυξάνονται σταδιακά φτάνοντας την τελική τιμή 0,68%, στην 11^η ανάδευση. Ακόμα και στις τιμές του φωσφόρου λοιπόν, παρατηρείται επίσης αύξηση, αν και όχι τόσο σημαντική, όσο αυτή του καλίου (Πίνακας 19, Γράφημα 8)

Πίνακας 19: Μεταβολή Φωσφόρου (P) κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης.

Ημέρα κομποστοποίησης	Στάδιο κομποστοποίησης	Επίπεδα Φωσφόρου (%)
	Εγκατάσταση	
1	1η ανάδευση	0,49
22	2η ανάδευση	0,25
34	3η ανάδευση	0,12
42	4η ανάδευση	0,23
48	5η ανάδευση	0,44
71	6η ανάδευση	0,46
79	7η ανάδευση	0,51
94	8η ανάδευση	0,55
100	9η ανάδευση	0,56
113	10η ανάδευση	0,59
121	11η ανάδευση	0,68



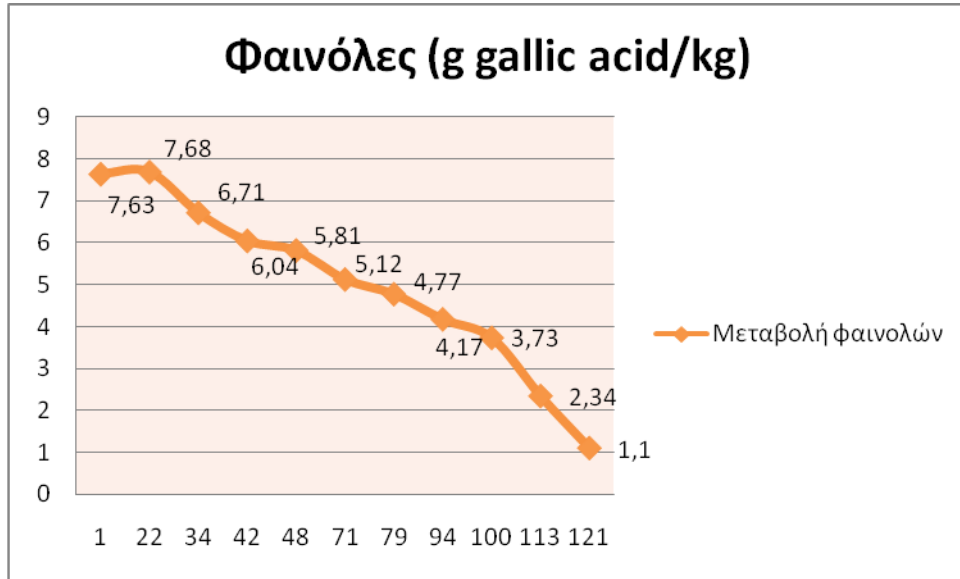
Γράφημα 8: Μεταβολή ποσοστών Φωσφόρου (% P) κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης.

3.1.4. ΦΑΙΝΟΛΕΣ

Οι φαινόλες από την εγκατάσταση βλέπουμε ότι κυμαίνονται σε υψηλά επίπεδα πάνω από 7 g gallic acid/ kg. Μετά την 3^η ανάδευση παρουσιάζουν εμφανή μείωση όπου και συνεχίζεται αυτή η καθοδική πορεία μέχρι και την 11^η αναστροφή. Η αρχική τιμή ήταν 7,63 g gallic acid/ kg ενώ η τελική 1,10 g gallic acid/ kg. (Πίνακας 20, Γράφημα 9). Θα μπορούσε λοιπόν να αναφερθεί ότι πιθανά, κατά την κομποστοποίηση να πραγματοποιείται αποδόμηση των φαινολών, μειώνοντας σημαντικά την φυτοτοξικότητα του τελικού προϊόντος, σε σχέση με το αρχικό.

Πίνακας 20: Μεταβολή των Φαινολών.

Ημέρα κομποστοποίησης	Στάδιο κομποστοποίησης	Φαινόλες (g gallic acid/ kg)
	Εγκατάσταση	
1	1η ανάδευση	7,63
22	2η ανάδευση	7,68
34	3η ανάδευση	6,71
42	4η ανάδευση	6,04
48	5η ανάδευση	5,81
71	6η ανάδευση	5,12
79	7η ανάδευση	4,77
94	8η ανάδευση	4,17
100	9η ανάδευση	3,73
113	10η ανάδευση	2,34
121	11η ανάδευση	1,1



Γράφημα 9: Μεταβολή των φαινολών.

4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συνολικά η διαδικασία διαρκεί περίπου 11 εβδομάδες. Στα πλαίσια της παρούσας πτυχιακής εργασίας έλαβαν χώρα 11 αναστροφές (μία ανά εβδομάδα), ώστε να φτάσουμε το προϊόν μας στα κατάλληλα επίπεδα χρήσης και χρονικά η διαδικασία διήρκησε 130 ημέρες.

Συγκεντρωτικά, στον ακόλουθο **Πίνακα 21**, παρουσιάζονται οι αρχικές και τελικές επί τις εκατό τιμές των υπό μελέτη θρεπτικών.

Πίνακας 21: Συγκεντρώσεις (%) θρεπτικών υλικού κομποστοποίησης

Παράμετροι	Φύλλα Ελιάς	
	Από	Έως
N (%)	1.52	3.10
K (%)	4.32	6.02
P (%)	0.5	0.68
Φαινόλες (g gallic acid/Kg)	7.63	1.1

Παρατηρούμε ότι η συγκέντρωση του αζώτου (N) αυξήθηκε από 1.52% σε 3.10%. Η συγκέντρωση του καλίου (K) αυξήθηκε από 4.32% στο 6.02% και του φωσφόρου (P) από 0.49% στο 0.68%. Από την άλλη, οι συγκέντρωση των φαινολών παρουσίασε σημαντική μείωση κατά την κομποστοποίηση, από 7.63 (g gallic acid/Kg) στα 1.10 (g gallic acid/Kg), συμβάλλοντας σημαντικά στη μείωση της φυτοτοξικότητας του τελικού παραγόμενου προϊόντος.

Από το πείραμα που πραγματοποιήθηκε, αποδείχτηκε ότι το προϊόν που χρησιμοποιήθηκε ως πρώτη ύλη για κομποστοποίηση, παρουσίασε σημαντικά βελτιωμένα χαρακτηριστικά, συμβάλλοντας από τη μια στην παραγωγή ενός

οργανικού προϊόντος, με αυξημένες συγκεντρώσεις θρεπτικών και από την άλλη, στην αξιοποίηση υπολειμμάτων του αγροτοβιομηχανικού τομέα.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΛΛΗΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Γεωργακάκης Δ. (2009). Διαχείριση Αποβλήτων. Τεύχος 3ο. Δευτεροβάθμια (Βιολογική) Επεξεργασία Γεωργο–Βιομηχανικών Αποβλήτων. Μέρος Β'. Αερόβιες Διεργασίες. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Κυριτσάκης, Α.Κ. (1988). Το ελαιόλαδο. Αγροτικές Συνεταιριστικές Εκδόσεις, Θεσσαλονίκη 1989

Χριστοφορίδου Σ. (2001). «Μελέτη φασμάτων NMR μίας και δύο διαστάσεων προτύπων πολυφαινολών. Μία πρώτη προσέγγιση προσδιορισμού πολυφαινολών στο παρθένο ελαιόλαδο». Μεταπτυχιακό Δίπλωμα Ειδίκευσης. Ηράκλειο Κρήτης.

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Argeiti, G., Ehaliotis, C., Katsaris, P., Zervakis, G. and K. Papadopoulou (2001). Effect of olive mill wastes on soil-borne phytopathogenic fungi. *Phytopathologia Mediterranea* 40: 201 (abstract)
- Bourquelot E, Vintilesco J (1938). “Oleuropein”, a new glucoside from *Olea Europaea* L. *J Pharm Chim* 28: 303-314
- Briante, R., Febbraio, F. and R. Nucci (2003). Antioxidant Properties of Low Molecular Weight
- Cabrera, F, Lopez, R., Martinez-Bortiu, A, Dupuy de Lomeb, E, and J.M. Murillo (1996). Land Treatment of Olive Oil Mill Wastewater. *International Biodeterioration & Biodegradation*. 215 – 225
- Cooperband L. (2002). The art and science of composting. A resource for farmers and compost producers. University of Wisconsin-Madison.
- D’Annibale, A, Casa, R., Pierucceti, F., Ricci, M. and R. Marabottini (2004) *Lentinula edodes* removes phenols from olive – mill wastewater: impact on durum wheat (*Triticum durum* Desf.). germinability. *Chemosphere* 54
- Dees P. & Ghiorse W. (2001). Microbial diversity in hot synthetic compost as revealed by PCR-amplified rRNA sequences from cultivated isolates and extracted DNA. *FEMS Microbial Ecology* 35: 207 – 216.
- Epstein, E. (1997). The science of composting. CRC Press. Boca Raton. Florida.

- Ghisalberti EL (1998) Biological and pharmacological activity of naturally occurring iridoids and secoiridoids. *Phytomedicine* 5 (2): 147-163
- Gonzalez M, Zarzuelo A, Gamez MJ Utrilla MP, Jimenez J and Osuna I (1992) Hypoglycemic activity of olive leaf. *Planta Medica* 58: 513-515
- Haug R. T. (1986). Composting process desing criteria, part 3, aeration. *BioCycle*, 26: 53-57.
- Hultman J., Vasara T., Partanen P., Kurola J., Kontro M.H., Paulin L., Auvinen. P. & Romantschuk M. (2010). Determination of fungal succession during municipal solid waste composting using a cloning-based analysis. *Journal of Applied Microbiology*. 108: 472 – 487.
- Le Tutour B and Guedon D (1992) Antioxidative activities of *Olea Europaea* leaves and related phenolic compounds. *Phytochemistry* 31(4): 1173-1178
- McKinley VL. Vestal JR. (1985). Physical and chemical correlates of microbial activity and biomass in composting municipal sewage sludge. *Appl Environ Microbiol*. 50 (6): 1395-403.
- Mekki, A., Dhouib, A. and S. Sayadi (2007) Polyphenols dynamics and phytotoxicity in a soil amended by olive mill wastewaters. *Journal of Environmental Management* 84, 134–140
- Niaounakis, M. and Halvadakis, C.P. (2004), “Olive Mill Waste Management. Literature Review and Patent Survey” Typothito-George Dardanos, Athens, Greece
- Owen RW, Giacosa A, Hull WE, Haubner R, Spiegelhalter B, Bartsch H (2000) The antioxidant/anticancer potential of phenolic compounds isolated from olive oil *Eur J Cancer* 36: 1235-1247
- Paixao, S. M., Mendonca, E., Picado, A. and A. M. Anselmo (1999). Acute toxicity evaluation of Olive Mill Wastewaters: A comparative study of three aquatic organisms. *Inc. Environ. Toxicology* 14, 263-269
- Paredes, M. J., Monteoliva – Sanchez, M., Moreno, E., Perez, J., Ramos – Cormenzana, A. and J. Martinez (1986) Effect of wastewaters from olive oil extraction plants on the bacterial population of soil. *Chemosphere* 15, 59-664.
- Paredes, M. J., Moreno, E., Ramos – Cormenzana, A. and J. Martinez (1987). Characteristics of soil after pollution with wastewaters from olive oil extraction plants. *Chemosphere* 16, 1557-1564.
- Pieroni A, Heimler D, Pieters L, Van Poel B and Vlieinck AJ (1996) In vitro anti-complementary activity of flavonoids from olive (*Olea europaea* L.) leaves. *Pharmazie* 51: 765-768
- Rana, G., Rinaldi, M. and M. Introna (2003). Volatilisation of substances after spreading olive oil waste water on the soil in a Mediterranean environment. *Agriculture, Ecosystems and*

Environment 96, 49–58

- Ryan, D and K. Robards (1998). Phenolic compounds in olive. *Analyst*, 123, 31R-44R
- Strom P. F. (1985). Effect of temperature on bacterial species diversity in thermophilic solid-waste composting. *Appl. Environ. Microbiol.*, 50:899- 905.
- Tsimidou, M., Papadopoulos, G. and D. Boskou. (1992). Phenolic compounds and stability of virgin olive oil- Part . *Food Chemistry* 45, 141-144.
- Visioli F and Galli C (1994) Oleuropein protects low density lipoprotein from oxidation. *Life Sciences* 55(24):1965-1971
- Visioli F and Galli C (1998) The effect of minor constituents of olive oil on cardiovascular disease: New findings *Nutr Rev* 56(5 Pt 1): 142-147
- Walter Jr WM, Fleming HP and Etchells JL (1973) Preparation of antimicrobial compounds by hydrolysis of oleuropein from green olives. *Applied Microbiology* 26(5): 773-776
- Zarzuelo A, Duarte J, Jimenez J, Gonzales M and Utrilla P (1991) Vasodilator effect of olive leaf. *Planta Medica* 57:417-419
- Ziyat A, Leggsyer A, Mekhfi H, Dassouli A, Serhrouchni M, Benjelloun W (1997) Phytotherapy of hypertension and diabetes in oriental Morocco *J Ethnopharmacol* 58: 45-54

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

- <http://kliktv.gr/2016/04/page/27/>
- <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9A%CE%BF%CE%BC%CF%80%CE%BF%CF%83%CF%84%CE%BF%CF%80%CE%BF%CE%AF%CE%B7%CF%83%CE%B7>

