



Τεχνολογικό
Πανεπιστήμιο
Κύπρου

Σχολή Μηχανικής και
Τεχνολογίας

Πτυχιακή εργασία

**ΣΥΝΘΕΣΗ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΑΦΡΩΝ ΑΝΘΡΑΚΑ:
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΩΣ ΒΙΟΚΑΤΑΛΥΤΕΣ**

Νικόλας Ξιαρής

Λεμεσός, Μάιος 2019

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΙΜΗΣ ΚΑΙ
ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΥΛΙΚΩΝ

Πτυχιακή εργασία

ΣΥΝΘΕΣΗ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΑΦΡΩΝ ΑΝΘΡΑΚΑ:
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΩΣ ΒΙΟΚΑΤΑΛΥΤΕΣ

του

Νικόλα Ξιαρή

Επιβλέπων Καθηγητής
Δρ. Γιώργος Κωνσταντινίδης

Λεμεσός, Μάιος 2019

Πνευματικά δικαιώματα

Copyright © Νικόλας Ξιαρής, 2019

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Η έγκριση της πτυχιακής εργασίας από το Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Επιστήμης και Μηχανικής Υλικών του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου Κύπρου δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα εκ μέρους του Τμήματος.

Η παρούσα πτυχιακή εργασία με τίτλο «Σύνθεση και χαρακτηρισμός αφρών άνθρακα: εφαρμογή ως βιοκαταλύτες» εκπονήθηκε κατά το ακαδημαϊκό έτος 2018-2019. Διεξήχθη υπό την επίβλεψη του Δρ. Γιώργου Κωνσταντινίδη, τον οποίο θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα και να του εκφράσω την ειλικρινή μου ευγνωμοσύνη, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε και την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με το συγκεκριμένο αντικείμενο. Συνάμα, θα ήθελα να τον ευχαριστήσω για τις πολύτιμες συμβουλές, την καθοδήγηση και το αμέριστο ενδιαφέρον που έδειξε καθ' όλη την χρονιάς άλλα και την ευκαιρία που είχα να συνεργαστώ μαζί του. Επίσης, οφείλω να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στο μεταδιδασκτορικό συνεργάτη, Δρ. Λουκά Κουτσοκέρα για τη σημαντική βοήθεια του στη διεκπεραίωση των πειραμάτων, εναπόθεσης άμορφου υδρογονωμένου άνθρακα με τη συσκευή RF PECVD αλλά και το χαρακτηρισμό τους με την τεχνική ανάκλασης ακτινών X (XRR) και την τεχνική περίθλασης ακτινών X (XRD). Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω τη διδακτορική φοιτήτρια κα Μαρία Κυριάκου, του Τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Περιβάλλοντος για το πολύτιμο χρόνο που αφιέρωσε τόσο για την πυρόλυση των δειγμάτων, όσο και για την διεκπεραίωση του πειράματος περί χρήσης των αφρών άνθρακα ως βιοκαταλύτες. Τέλος, ευχαριστώ την οικογένειά μου, η οποία μου παρείχε την απαραίτητη ηθική συμπαράσταση για την ολοκλήρωση της πτυχιακής μου εργασίας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα τελευταία χρόνια η ανάγκη για επεξεργασία και εκμετάλλευση γεωργικών αποβλήτων, ιδίως των κελυφών από ξηρούς καρπούς και των πωμάτων φελλών που χρησιμοποιούνται στην εμφιάλωση κρασιών, γίνεται ολοένα και πιο επιτακτική. Εξαιτίας της καταλυτικής τους σημασίας στην καθημερινή διατροφή του ανθρώπου, και κατά συνέπεια λόγω των σταδιακά αυξανόμενων ποσοτήτων κατανάλωσης τους, ένας σημαντικός τους όγκος καταλήγει στις χωματερές με αποτέλεσμα την επιβάρυνση αφενός του συστήματος διαχείρισης αποβλήτων και αφετέρου του περιβάλλοντος. Στα πλαίσια της κυκλικής οικονομίας εξετάστηκε η οποιαδήποτε πιθανότητα μετατροπής των πιο πάνω βιολογικών αποβλήτων σε χρήσιμα υλικά ως προς το συμφέρον του ανθρώπου και της φύσης, και πιο συγκεκριμένα η χρήση τους βιοκαταλύτες για παραγωγή βιοαιθανόλης, ως μια πολλά υποσχόμενη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Πρωταρχικό βήμα στη διαδικασία αξιοποίησης τους ήταν η κατανόηση τους ως υλικά μηχανικής και ο ενδεδειγμένος χαρακτηρισμός τους και ακολούθως η μετατροπή τους σε εξανθρακωμένα αφρώδη υλικά. Η παρούσα πτυχιακή περιορίστηκε σε (α) μια σειρά από κελύφη ξηρών καρπών (αραχίδα, φιστίκι Αιγίνης και καρύδι), (β) φελλό και (γ) συνθετικό αφρό άνθρακα. Η σύνθεση των αφρών άνθρακα επιτεύχθηκε μέσω δυο οδών: (α) της πυρόλυσης βιομάζας σε κλίβανο υπό ελεγχόμενες συνθήκες μέσω της παροχής αερίου αζώτου, και (β) της εναπόθεσης άμορφου υδρογονωμένου άνθρακα (a-C:H) στην επιφάνεια αφρού νικελίου με τη χρήση χημικής εναπόθεσης ατμών με πλάσμα (RF PECVD). Τα μικροδομικά και μορφολογικά χαρακτηριστικά των δειγμάτων μελετήθηκαν με το μικροσκόπιο ηλεκτρονικής σάρωσης (SEM). Έμφαση δόθηκε στο εσωτερικό και στη τομή των δειγμάτων σε κλίμακες της τάξης των μικρομέτρων. Παράλληλα, χρησιμοποιήθηκε φασματοσκοπία ενεργειακής διασποράς ακτινών X (EDS) για τον προσδιορισμό της στοιχειακής σύνθεσης των υπό εξέταση δειγμάτων. Επιπλέον, χρησιμοποιήθηκε το περιθλασίμετρο ακτινών X (XRD) για το καθορισμό της κρυσταλλικότητας των δειγμάτων. Τέλος, ως μια δυνητική εφαρμογή διερευνήθηκε η παραγωγή βιοαιθανόλης με τη χρήση των πιο πάνω δειγμάτων μέσω της ακινητοποίησης μικροοργανισμών *S. cerevisiae* στην επιφάνεια τους, όπου και αποδείχθηκε και η εξαιρετική τους απόδοση στην εφαρμογή αυτή.

Λέξεις κλειδιά: Αφροί Άνθρακα; SEM; XRD; Βιοεξανθρακώματα; Βιοκαταλύτες

ABSTRACT

In recent years, the need for agricultural waste processing and exploitation, and in particular nut shells and wine bottle corks, is becoming increasingly imperative. Due to their catalytic importance in the daily human nutrition, and consequently due to the increasing consumption needs, a significant volume of them ends up in the dumps, resulting in a burden on both the solid waste management system and the environment. Within the framework of circular economy, any possibility of converting the above bio-waste into useful materials in the interest of humanity and nature (valorisation process), and in particular their application for bioethanol production, as a promising renewable energy source, was examined. The initial step in their exploitation process, was their understanding as engineering materials and their in-depth characterization and subsequently their conversion into carbonaceous foam materials. This study was limited to (a) a series of nutshells from peanuts, pistachios and walnuts, (b) cork and (c) synthetic carbon foam. The synthesis of carbon foams was achieved via two pathways: (a) pyrolysis of biomass in a furnace under controlled conditions through the supply of nitrogen gas; and (b) deposition of hydrogenated amorphous carbon (a-C:H) on the nickel's foam surface using Radio Frequency Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition (RF PECVD). The microstructural and morphological characteristics of the samples (prior and after pyrolysis) were studied using Scanning Electron Microscopy (SEM). Emphasis was placed on the inside and cross-sections of the samples at scales of the micrometre range. At the same time, an Energy-Dispersive X-Ray Spectroscopy (EDS) was used to determine the elemental composition of the test samples. In addition, the X-Ray Diffractometer (XRD) was used to determine the crystallinity of the samples. Finally, as a potential application, the bioethanol production using the produced biochars was investigated by immobilizing *S. cerevisiae* microorganisms on their surface, where their excellent performance in this application was proven.

Keywords: Carbon Foams; SEM; XRD; Biochar; Biocatalysts