



Τεχνολογικό
Πανεπιστήμιο
Κύπρου

Σχολή Γεωτεχνικών Επιστημών
και Διαχείρισης Περιβάλλοντος

Πτυχιακή εργασία

**Ανάπτυξη βιοδιεργασίας παραγωγής αιθέριων ελαίων,
πολυφαινολικών ενώσεων, καροτενοειδών και βακτηριακής
κυτταρίνης από απόβλητα μεταποίησης πορτοκαλιού**

Νατάσα Καρέτσου

Λεμεσός, Μάιος 2022

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Πτυχιακή εργασία

Ανάπτυξη βιοδιεργασίας παραγωγής αιθέριων ελαίων,
πολυφαινολικών ενώσεων, καροτενοειδών και βακτηριακής
κυτταρίνης από απόβλητα μεταποίησης πορτοκαλιού

της

Καρέτσου Νατάσας

Επιβλέπων Καθηγητής

Δρ. Μιχαήλ Κουτίνας

Λεμεσός, Μάιος 2022

Πνευματικά δικαιώματα

Copyright © Νατάσα Καρέτσου, 2022

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

Η παρούσα πτυχιακή εργασία εκπονήθηκε στο Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου, στο τμήμα Χημικών Μηχανικών και συγκεκριμένα στα Εργαστήρια Περιβαλλοντικών Βιοδιεργασιών.

Η ολοκλήρωση της διπλωματικής αυτής εργασίας θα ήταν αδύνατη χωρίς την πολύτιμη συμβολή του καθηγητή μου, Δρ. Μιχαήλ Κουτίνα, και της άριστης συνεργασίας που είχαμε. Θα ήθελα να του εκφράσω ένα βαθύ ευχαριστώ για την εμπιστοσύνη, το ενδιαφέρον του και τη βοήθεια που μου προσέφερε καθ' όλη τη διάρκεια της προσπάθειάς μου.

Επιπλέον, ευχαριστώ θερμά την υποψήφια Διδάκτορα του τμήματος Χημικών Μηχανικών, Παναγιώτα Καρανικόλα, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε και τον πολύτιμο χρόνο που διέθεσε για να με καθοδηγήσει και να μου δώσει σημαντικές επεξηγήσεις πάνω στο θέμα. Η βοήθειά της έπαιξε σημαντικό ρόλο στην ολοκλήρωση της εργασίας μου.

Τέλος, ευχαριστώ πολύ την οικογένειά μου για την απεριόριστη συμπαράσταση που μου παρείχαν κατά τη διάρκεια των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η βιομηχανία επεξεργασίας εσπεριδοειδών (BEE) για χυμούς και συμπυκνώματα αποτελεί έναν από τους μεγαλύτερους υποτομείς επεξεργασίας φρούτων που παράγει τεράστιες ποσότητες μη χρησιμοποιούμενων πλευρικών ρευμάτων αποβλήτων. Η παγκόσμια βιομηχανική παραγωγή αποβλήτων φλούδας εσπεριδοειδών υπερβαίνει τους 24×10^6 τόνους ετησίως. Μια επιπλέον επιβάρυνση των BEE αφορά τις σημαντικές ποσότητες υγρών λυμάτων που απορρίπτονται, οι οποίες ανέρχονται έως και 17 m^3 ανά τόνο επεξεργασμένου φρούτου. Τα βιομηχανικά λύματα που προκύπτουν αποτελούνται κυρίως από νερό που χρησιμοποιείται για καθαρισμό, θέρμανση και ψύξη εργοστασίων και νερό που παράγεται από την εξαγωγή αιθέριων ελαίων και τη συμπύκνωση χυμού. Τα υγρά απόβλητα επεξεργασίας εσπεριδοειδών (YAEΕ) χαρακτηρίζονται από μεγάλη μεταβλητότητα οργανικών φορτίων, αιωρούμενων και καθιζόντων στερεών καθώς και από διαλυτές ή αδιάλυτες ενώσεις, όπως σάκχαρα, βιοδραστικές ενώσεις και οργανικά οξέα. Συγκεκριμένα, το YAEΕ που προκύπτει από την ανάκτηση αιθέριων ελαίων με φυγοκέντρηση περιέχει έως και 50 g L^{-1} σάκχαρα, 1.1 g L^{-1} πολυφαινόλες (Ισοδύναμα Γαλλικού Οξέος), 196.4 mg L^{-1} αιθέρια έλαια και 6% ολικά στερεά, τα οποία είναι πλούσια σε βιοδραστικές ενώσεις όπως τα καροτενοειδή. Στην παρούσα εργασία αναπτύχθηκε ένα βιοδιωλιστήριο για την παρασκευή προϊόντων υψηλής προστιθέμενης αξίας και βακτηριακής κυτταρίνης με τη χρήση του υγρού αποβλήτου που παράγεται από τη βιομηχανική διαδικασία με στόχο την ανάκτηση αιθέριων ελαίων. Συγκεκριμένα, η εργασία αυτή επικεντρώθηκε στην ανάκτηση πολυφαινολών μέσω προσρόφησης αξιολογώντας διαφορετικούς τύπους ρητινών και βιοεξανθρακώματος, όγκους υγρού και ρυθμούς ροής. Η προσροφητική ρητίνη XAD16N εμφάνισε την υψηλότερη ικανότητα προσρόφησης, ενώ η XAD7HP έδειξε την υψηλότερη ικανότητα εκρόφησης. Επιπλέον, μια σειρά οργανικών διαλυτών εφαρμόστηκε για την ανάκτηση καροτενοειδών από το στερεό κλάσμα των λυμάτων που αποδίδει έως και 3.7 mg g^{-1} χρησιμοποιώντας Δ – λιμονένιο και οξικό οξύ, ενώ το πλούσιο σε σάκχαρα υγρό που παραμένει χρησιμοποιήθηκε σε μικροβιακές ζυμώσεις για παραγωγή βακτηριακής κυτταρίνης επιτυγχάνοντας παραγωγή έως και 5.3 g L^{-1} βιοπολυμερούς.

Λέξεις κλειδιά: απόβλητα βιομηχανίας επεξεργασίας εσπεριδοειδών, πολυφαινόλες, ρητίνες, καροτενοειδή, βακτηριακή κυτταρίνη

ABSTRACT

Citrus processing industry (CPI) for juice and concentrate constitutes one of the largest fruit processing sub-sectors generating increasing quantities of underutilized side-streams. The worldwide industrial generation of citrus peel waste exceeds 24×10^6 t per year. An additional burden of CPIs concerns the significant amounts of wastewater disposed, which constitute up to 17 m^3 per t of processed fruit. The industrial effluents that occur mainly constitute water used for factory cleaning, heating and cooling and water produced by essential oils extraction and juice concentration. Citrus processing wastewater (CPWW) is characterized by large variability of organic loads, suspended and settling solids as well as soluble or insoluble compounds, such as sugars, bioactive compounds and organic acids. Specifically, CPWW resulting from the recovery of essential oils by citrus pomace and processing water centrifugation contains up to 50 g L^{-1} sugars, 1.1 g L^{-1} polyphenols (Gallic Acid Equivalents), 196.4 mg L^{-1} of essential oils and 6% of total solids, which are rich in bioactive compounds such as carotenoids. Herein, an integrated biorefinery approach was used for the manufacture of high-added value commodities and the production of bacterial cellulose using the CPWW emitted from the industrial process aimed for the recovery of essential oils. Specifically, the present work focused on polyphenols recovery through adsorption evaluating different types of resins and biochar, effluent volumes, and flowrates. The adsorption resin XAD16N exhibited the higher adsorption capacity while the XAD7HP showed the higher desorption capacity. Furthermore, a range of food-grade organic solvents was applied for carotenoids recovery from the solid fraction of the wastewater yielding up to 3.7 mg g^{-1} using limonene and acetic acid, while the remaining sugar-rich wastewater was employed in microbial fermentations for bacterial cellulose production achieving the manufacture of up to 5.3 g L^{-1} of biopolymer.

Keywords: Citrus industry processing waste, polyphenols, resins, carotenoids, bacterial cellulose