

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ



Μεταπτυχιακή διατριβή

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΑΠΟ ΑΠΟΒΛΗΤΑ
ΠΟΡΤΟΚΑΛΙΟΥ

ΣΤΕΛΛΑ ΣΤΑΥΡΙΝΟΥ

Λεμεσός 2016

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΑΠΟ ΑΠΟΒΛΗΤΑ
ΠΟΡΤΟΚΑΛΙΟΥ

της
Στέλλας Σταυρινού

Λεμεσός 2016

ΕΝΤΥΠΟ ΕΓΚΡΙΣΗΣ

Μεταπτυχιακή διατριβή

**ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΑΠΟ ΑΠΟΒΛΗΤΑ
ΠΟΡΤΟΚΑΛΙΟΥ**

Παρουσιάστηκε από

Στέλλα Σταυρινού

Επιβλέπων καθηγητής _____

Δρ. Μιχάλης Κουτίνας

Μέλος επιτροπής _____

Δρ. Ιωάννης Βυρίδης

Μέλος επιτροπής _____

Δρ. Πέτρος Σάββα

Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Μάιος, 2016

Πνευματικά δικαιώματα

Copyright © Στέλλα Σταυρινού, 2016

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Η έγκριση της μεταπτυχιακής διατριβής από το Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Περιβάλλοντος του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου Κύπρου δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα εκ μέρους του Τμήματος.

Η παρούσα πτυχιακή εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο των σπουδών μου στο Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Περιβάλλοντος του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου Κύπρου. Αισθάνομαι την υποχρέωση να ευχαριστήσω ιδιαίτερα όλους όσους βοήθησαν και συνέλαβαν στην ολοκλήρωση της.

Τον επιβλέποντα καθηγητή μου, Δρ. Κουτίνα Μιχάλη για την εμπιστοσύνη που έδειξε στο πρόσωπο μου με την ανάθεση της παρούσας εργασίας, αλλά και για την πολύτιμη και ουσιαστική καθοδήγηση που μου παρείχε.

Επίσης την υποψήφια διδακτορικού Μαρία Πάτσαλου, για την πολύτιμη βοήθεια της καθ' όλη την διάρκεια των πειραμάτων.

«Τα αγαθά κόποις κτώνται»

Αριστοτέλης

(384-322 π.Χ., Αρχαίος Έλληνας φιλόσοφος)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στόχος της παρούσας μελέτης είναι η σύγκριση απομονωθέντος μικροοργανισμού (*Pichia kudriavzevii*) με δυο βιομηχανικούς μικροοργανισμούς ευρέως χρησιμοποιούμενους σε βιο-διεργασίες με τελικό προϊόν την βιο-αιθανόλη. Στο πρώτο μέρος των πειραμάτων, με βάση βιβλιογραφικά δεδομένα χρησιμοποιήθηκε βιομέσο το οποίο περιείχε υδρολυμένους πολυσακχαρίτες για την εξέταση της παραγόμενης συγκέντρωσης αιθανόλης. Εξεταστήκαν διάφοροι περιοριστικοί παράγοντες για την παραγωγή του προϊόντος από τον απομονωθέντα μικροοργανισμό. Εξετάστηκε η θερμοκρασία ζύμωσης, η αντοχή του μικροοργανισμού σε ένα κατασταλτικό παράγοντα, το Δ-λιμονένιο, σε διάφορες συγκεντρώσεις. Επίσης, εξετάστηκε η παραγωγή βιο-αιθανόλης κατά την παρουσία διαφορετικών σακχάρων. Στο δεύτερο μέρος των πειραμάτων εξετάστηκαν οι μικροοργανισμοί *K. marxianus* και *S. cerevisiae*, σε σχέση με την ικανότητα τους να ζυμώνουν απλά σάκχαρα τα οποία προκύπτουν από διαφορετικές συνθήκες όξινων υδρολύσεων της φλούδας πορτοκαλιών προς βιο-αιθανόλη. Οι όξινες υδρολύσεις για τον μικροοργανισμό *P. kudriavzevii* εξετάστηκαν σε προηγούμενη μελέτη, τα αποτελέσματα της οποίας συγκρίθηκαν με την παρούσα μελέτη.

Η εργασία αποτελείται από τρία κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο, όπου είναι κυρίως το θεωρητικό μέρος της εργασίας, πραγματοποιείται βιβλιογραφική ανασκόπηση σχετικά με τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του πορτοκαλιού και περιγράφονται διάφοροι τρόποι επεξεργασίας αποβλήτων από βιομηχανίες παραγωγής χυμού πορτοκαλιού. Στη συνέχεια, γίνεται αναλυτική αναφορά του παραγόμενου προϊόντος, της αιθανόλης, καθώς και των μικροοργανισμών που εξετάστηκαν στην παρούσα μελέτη. Επίσης, γίνεται μια σύντομη αναφορά στις μεθόδους προ-επεξεργασίας της φλούδας πορτοκαλιών. Στο δεύτερο κεφάλαιο (πειραματικό μέρος) αναλύονται οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν για την εκπόνηση των πειραμάτων. Τέλος, στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η ανάλυση και συζήτηση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν μέσα από τα πειράματα.

Από τη συνολική θεώρηση των αποτελεσμάτων της παρούσας μελέτης διαπιστώθηκε πως ο μικροοργανισμός *P. kudriavzevii* παράγει υψηλές συγκεντρώσεις αιθανόλης σε θερμοκρασία ζύμωσης 42 °C, με μέγιστο τα 54,56 g/L στις 24,5 ώρες. Επιπρόσθετα, σε θερμοκρασίες υψηλότερες των 42 °C ανιχνεύτηκαν πολύ χαμηλά ποσοστά αιθανόλης. Ενώ μια διαφορά θερμοκρασίας μόλις 2 βαθμών κελσίου μείωσε την παραγωγή αιθανόλης περίπου κατά 5 g/L. Επίσης, μέχρι σε 0,01 % (v/v) συγκέντρωση ελαίου πορτοκαλιού σε θερμοκρασία ζύμωσης

42 °C παρατηρήθηκε αναστολή της λειτουργίας του μικροοργανισμού για 42 ώρες με παραγωγή αιθανόλης 33,23 g/L. Για μεγαλύτερες συγκεντρώσεις ελαίου πορτοκαλιού, 0,05 % (v/v) και 0,025 % (v/v), παρατηρήθηκαν χαμηλότερες συγκεντρώσεις αιθανόλης, 20,73 g/L και 23,31 g/L αντίστοιχα. Κλείνοντας, παρατηρήθηκε η ικανότητα του μικροοργανισμού να καταναλώνει τα σάκχαρα που εμπεριέχονται στην φλούδα των πορτοκαλιών (γλυκόζη, φρουκτόζη, σακχαρόζη, γαλακτόζη, ξυλόζη) με ταυτόχρονη παραγωγή παρόμοιων συγκεντρώσεων αιθανόλης περίπου 4,99 g/L, εκτός της ξυλόζης όπου ανιχνεύτηκαν πολύ χαμηλότερες συγκεντρώσεις αιθανόλης ($\approx 1,90$ g/L).

Στα πειράματα βελτιστοποίησης όξινης υδρόλυσης παρατηρήθηκαν ίδιες συγκεντρώσεις αιθανόλης σε ίδιες συνθήκες όξινης υδρόλυσης, διαφέροντας όμως στη διάρκεια της ζύμωσης. Η βέλτιστη συνθήκη υδρόλυσης ήταν στους 116 °C για 10 λεπτά, όπου η ζύμη *K. marxianus* παρήγαγε μόλις 4,57 g/L στις 20 ώρες, ενώ η ζύμη *S. cerevisiae* παρήγαγε 4,21 g/L στις 64 ώρες. Η ζυμώσεις των δύο μικροοργανισμών έγιναν σε θερμοκρασία 42 °C, βέλτιστη θερμοκρασία ζύμωσης για τον απομονωθέντα μικροοργανισμό. Καταλήγουμε στο συμπέρασμα πως σε βιομηχανική κλίμακα θα ήταν καλύτερη η χρήση του απομονωθέντα μικροοργανισμού, αφού σύμφωνα με προηγούμενη μελέτη παρήγαγε μέχρι 6,69 g/L στις 43 ώρες. Εν κατά κλειδί, για οικονομικά κριτήρια, η θερμοκρασία 42 °C που επιλέχθηκε για τις ζυμώσεις μειώνει της ανάγκες ψύξης του βιο-αντιδραστήρα (παραγωγή θερμότητας κατά την ζύμωση) καθώς επίσης ελαχιστοποιεί την πιθανότητα μόλυνσης από ανεπιθύμητους μικροοργανισμούς.