



Τεχνολογικό
Πανεπιστήμιο
Κύπρου

Σχολή Γεωτεχνικών
Επιστημών και
Διαχείρισης
Περιβάλλοντος

Πτυχιακή εργασία

**ΒΙΟΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΤΟΥ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ ΣΕ
ΜΕΘΑΝΙΟ ΣΕ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΑΕΡΟΒΙΑΣ ΧΩΝΕΥΣΗΣ
ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΥ ΣΙΔΗΡΟΥ ΚΑΙ ΚΙΤΡΙΚΟΥ
ΟΞΕΟΣ**

Νικόλ Ατανάσοβα

Λεμεσός, Μάιος 2024

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

Πτυχιακή εργασία

ΒΙΟΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΤΟΥ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ ΣΕ
ΜΕΘΑΝΙΟ ΣΕ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΑΕΡΟΒΙΑΣ ΧΩΝΕΥΣΗΣ ΜΕ
ΧΡΗΣΗ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΥ ΣΙΔΗΡΟΥ ΚΑΙ ΚΙΤΡΙΚΟΥ ΟΞΕΟΣ

της

Νικόλ Ατανάσοβα

Επιβλέπων Καθηγητής

Δρ. Ιωάννης Βυρίδης

Λεμεσός, Μάιος 2024

Πνευματικά δικαιώματα

Copyright © Νικόλ Ατανάσοβα, 2024

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.

Με την ολοκλήρωση της πτυχιακής μου, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους συνέβαλαν σε αυτή. Θερμές ευχαριστίες απευθύνω στον επιβλέποντα διδάσκοντα μου Δρ. Ιωάννη Βυρίδη, Αναπληρωτή καθηγητή στο τμήμα Χημικών Μηχανικών, για την υποστήριξη, τις συμβολές και την καθοδήγηση που μου παρείχε σε όλο αυτό το χρονικό διάστημα. Η ολοκλήρωση της πτυχιακής μου δεν θα ήταν εφικτή χωρίς την συμπαράσταση και την συνεχή βοήθεια της διδακτορικής φοιτήτριας Δέσποινα Κωνσταντίνου. Της εκφράζω ένα μεγάλο ευχαριστώ για όλο τον πολύτιμο χρόνο που μου πρόσφερε.

Επιπλέον, οφείλω να απευθύνω τις βαθιές ευχαριστίες μου στους φίλους και συμφοιτητές μου για τις αμέτρητες συμβουλές τους και την πολύτιμη βοήθειά τους καθ' όλο αυτό το διάστημα.

Τελευταίο αλλά εξίσου σημαντικό, ευχαριστώ κατά καρδιάς την οικογένεια μου για την ηθική υποστήριξη, στην οποία οφείλω όλα όσα έχω καταφέρει μέχρι στιγμής.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου αποτελεί μια από τις τεράστιες περιβαλλοντικές προκλήσεις με τις οποίες έρχεται αντιμέτωπος ο πλανήτης καθημερινά. Η ανάγκη διαχείρισης των αερίων αυτών με απώτερο στόχο την μείωση της ρύπανσής τους αποτελεί επείγουσα ανάγκη. Επιπλέον, σήμερα, υπάρχει η ανάγκη εύρεσης νέων πηγών ενέργειας που θα καλύπτουν τις ανάγκες του πληθυσμού. Έτσι, η διερεύνηση βιολογικών διεργασιών προς παραγωγή νέων μορφών ενέργειας αποτελεί ένα καίριο ζήτημα. Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η βιομετατροπή του διοξειδίου του άνθρακα σε μεθάνιο σε ένα σύστημα αναερόβιας χώνευσης, με αναερόβια κοκκώδης λάσπη, καθώς και η διερεύνηση της επίδρασης του κιτρικού οξέος ως συμπλοκοποιητή, αποτρέποντας έτσι τον σχηματισμό του σιδηρίτη (FeCO_3), ο οποίος αναστέλλει την αντίδραση. Από τα πειραματικά δεδομένα, βρέθηκε πως τα βακτήρια διασπούν το κιτρικό οξύ σε οξικό οξύ. Επομένως, διαφορετικές συγκεντρώσεις αντιβιοτικών (1, 2.5 και 5 mL) αξιολογήθηκαν ως πιθανή στρατηγική για την αναστολή της βιοδιάσπασης του κιτρικού οξέος. Συμπεράθηκε πως η ποσότητα των 5 mL είναι η κατάλληλη για την καθυστέρηση της διάσπασης. Επιπλέον, επιβεβαιώθηκε ότι ο σίδηρος μηδενικού σθένους, αυξάνει την παραγωγή του υδρογόνου και του μεθανίου. Τέλος, βρέθηκε πως το κιτρικό οξύ δημιουργεί σύμπλοκο με τον σίδηρο, αποτρέποντας την δημιουργία σιδηρίτη, αυξάνοντας έτσι την παραγωγή μεθανίου.

Λέξεις κλειδιά: Αναερόβια χώνευση; Βιοαέριο; Κιτρικό οξύ; Σίδηρος

ABSTRACT

The greenhouse effect is one of the huge environmental challenges that the planet faces every day. The need to manage these gases with the ultimate goal of reducing their pollution is an urgent need. In addition, today, there is a need to find new sources of energy that will meet the needs of the population. Thus, the investigation of biological processes to produce new forms of energy is a key issue. The aim of this work is the bioconversion of carbon dioxide into methane in an anaerobic digestion system, with anaerobic granular sludge, as well as the investigation of the effect of citric acid as a complexing agent, thus preventing the formation of siderite (FeCO_3), which inhibits the reaction. From the experimental data, it was found that the bacteria break down the citric acid into acetic acid. Therefore, different concentrations of antibiotics (1, 2.5 and 5 mL) were evaluated as a potential strategy to inhibit citric acid biodegradation. It was concluded that the amount of 5 mL is suitable for delaying the breakdown. Furthermore, zero-valent iron has been confirmed to increase the production of hydrogen and methane. Finally, it was found that citric acid forms a complex with iron, preventing the formation of ironite, thus increasing methane production.

Keywords: Anaerobic digestion; Biogas; Citric acid; Iron

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	v
ABSTRACT.....	vi
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	vii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	x
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ	xi
ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ	xiii
ΑΠΟΔΟΣΗ ΟΡΩΝ	xiv
1 Εισαγωγή	1
1.1 Γενικά	1
1.2 Αναερόβια Χώνευση.....	2
1.2.1 Στάδια αναερόβιας χώνευσης	3
1.2.1.1 Υδρόλυση.....	4
1.2.1.2 Οξειογένεση	5
1.2.1.3 Οξικογένεση	6
1.2.1.4 Μεθανογένεση	7
1.2.2 Παράγοντες που επηρεάζουν την αναερόβια χώνευση	8
1.2.2.1 Θερμοκρασία	8
1.2.2.2 pH.....	9
1.2.2.3 Διαλύτης	9
1.2.2.4 Υδραυλικός χρόνος παραμονής (HRT)	9
1.2.2.5 Υπόστρωμα	10
1.2.2.6 Αναλογία C/N	11
1.2.2.7 Οργανικός ρυθμός φόρτωσης	11
1.2.2.8 Περιεκτικότητα σε στερεό προς νερό	12

1.2.2.9	Ανάμιξη/ανάδευση.....	12
1.2.2.10	Ειδική επιφάνεια του υποστρώματος.....	13
1.2.2.11	Τοξικότητα.....	13
1.2.3	Αναερόβια κοκκώδες ιλύς	13
1.3	Βιοαέριο.....	15
1.3.1	Αναβάθμιση	15
1.3.2	Εφαρμογές	16
1.4	Χρήση χημικών για μετατροπή του διοξειδίου του άνθρακα σε μεθάνιο στην αναερόβια χώνευση	17
1.4.1	Διτανθρακικό νάτριο	17
1.4.2	Σίδηρος μηδενικού σθένους.....	18
1.4.2.1	Δημιουργία σιδηρίτη και απομάκρυνσή του	19
1.4.3	Κιτρικό οξύ	20
1.4.4	2-βρωμοαιθανοσουλφονικό (BES).....	21
1.4.5	Αντιβιοτικά	21
1.5	Σκοπός	21
2	Μεθοδολογία Έρευνας.....	22
2.1	Γενική ιδέα.....	22
2.2	Συνθήκες πειραμάτων, όργανα και μετρήσεις.....	22
2.2.1	Αναερόβιες Συνθήκες	22
2.2.2	Συνθήκες Θερμοκρασίας	23
2.2.3	Συνθήκες pH	24
2.2.4	Μέτρηση Πίεσης.....	24
2.2.5	Αέρια Χρωματογραφία (GC).....	26
2.2.6	Μετρήσεις Αέριας Σύστασης.....	27
2.2.7	Υγρή Χρωματογραφία Υψηλής Απόδοσης (HPLC)	29

2.2.8	Μετρήσεις Υγρής Σύστασης.....	30
2.2.9	Μέθοδος Φασματοφωτομετρίας.....	31
2.2.10	Μέτρηση Σιδήρου (Fe^{2+} , Fe^{3+}).....	32
2.3	Πειράματα.....	33
2.3.1	Πείραμα 1	33
2.3.2	Πείραμα 2	34
2.3.3	Πείραμα 3	35
3	Αποτελέσματα.....	37
3.1	Αποτελέσματα Πειράματος 1	37
3.2	Αποτελέσματα Πειράματος 2	42
3.3	Αποτελέσματα Πειράματος 3	44
4	Συμπεράσματα	50
5	Προοπτικές.....	52
6	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	54