Production of Hydrogen and Methane by Two Stage Fermentation of Food Waste

A thesis submitted by

Gamal Kamel Mohamed Hassan
(M.SC in chemistry 2014)

For the Requirement of the Degree

Of

Doctor of Philosophy(Ph.D)

to

Chemistry Department

Faculty of Science

Ain Shams University

2019

Production of Hydrogen and Methane by Two Stage Fermentation of Food Waste

Submitted By

Gamal Kamel Mohamed Hassan

This Ph.D thesishas been approved for submission by supervisors:

Thesis supervisors	**APPROVED**
Prof Dr. ***Mohamed Mahmoud Abo-Aly*** Professor of inorganic chemistry Faculty of Science - Ain Shams University	……..
Prof. Dr. ***Fatma Abd El-Hameed El-Gohary*** Professor of Wastewater Treatment technologies Water Pollution Research Department National Research Center	……..

Head of Chemistry Department

Prof. Dr. Ayman Ayoub Abdel-Shafi

Approval Sheet

Ph.D. Thesis

Production of Hydrogen and Methane by Two Stage Fermentation of Food Waste

Name of the candidate: ***Gamal Kamel Mohamed Hassan***

This thesis has been approved for submissionby:

Thesis supervisors	**SIGNATURE**
Prof. Dr. ***Mohamed Mahmoud Abo-Aly***	…….
Professor of Inorganic Chemistry - Faculty of Science - Ain Shams University	
Prof. Dr. ***Fatma Abd El-Hameed El-Gohary***	…….
Professor of Water Pollution Research - National Research Centre	
	APPROVED
Government Committee	
Prof. Dr. ***Mohamed Mahmoud Abo-Aly***	…….
Professor of Inorganic Chemistry - Faculty of Science - Ain Shams University	
Prof. Dr. ***Fatma Abd El-Hameed El-Gohary***	…….
Professor of Water Pollution Research - National Research Centre	
Prof. Dr.	…….
Professor of	
Dr.	…….
Associate professor of	

Head of Chemistry Department

Prof. Dr. Ayman Ayoub Abdel-Shafi

كلية العلوم

قسم الكيمياء

"انتاج الهيدروجين والميثان على مرحلتين باستخدام تخمير فضلات الطعام

"

رسالة مقدمة من

جمال كامل محمد حسن

(ماجستير كيمياء تحليلية٢٠١٤)

للحصول على درجة دكتوارة الفلسفة فى العلوم

(كيمياء غير عضوية)

إلى

قسم الكيمياء

كلية العلوم

جامعة عين شمس

٢٠١٩

كلية العلوم

قسم الكيمياء

اسم الطالب : جمال كامل محمد حسن

الدرجة العلمية : دكتواره الفسلفة فى العلوم (كيمياء)

القسم التابع له: الكيمياء

الكلية: العلوم

الجامعة: عين شمس

سنة التخرج: ٢٠٠٩

سنة المنح:٢٠١٩

كلية العلوم

قسم الكيمياء

" انتاج الهيدروجين والميثان على مرحلتين باستخدام تخمير فضلات الطعام "

رسالة مقدمة من

جمال كامل محمد حسن

لجنة الإشراف: التوقيع

أ.د/محمد محمود ابو على .....

أستاذ الكيمياء غير عضوية – قسم الكيمياء – كلية العلوم – جامعة عين شمس

أ.د/ فاطمة عبد الحميد الجوهرى .....

أستاذ باحث – بحوث تلوث المياة – المركز القومي للبحوث

رئيس قسم الكيمياء

أ.د/ ايمن ايوب عبد الشافى

كلية العلوم
قسم الكيمياء
رسالة دكتوارة الفلسفة في العلوم (كيمياء)
اسم الطالب : **جمال كامل محمد حسن**

عنوان الرسالة :

" انتاج الهيدروجين والميثان على مرحلتين باستخدام تخمير فضلات الطعام

"

اسم الدرجة: دكتوارة الفلسفة في العلوم تخصص كيمياء

لجنة الإشراف:

أ.د/محمد محمود ابو على .....
أستاذ الكيمياءغير عضوية – كلية العلوم – جامعة عين شمس
أ.د/ فاطمة عبد الحميد الجوهرى .....
أستاذ باحث – بحوث تلوث المياة – المركز القومي للبحوث
تاريخ البحث : / /٢٠١٩

لجنة التحكيم:

أ.د/محمد محمود ابو على .....
أستاذ الكيمياءغير عضوية – كلية العلوم – جامعة عين شمس
أ.د/ فاطمة عبد الحميد الجوهرى .....
أستاذ باحث ـ بحوث تلوث المياة – المركز القومي للبحوث
أ.د/ رجب رياض امين السقا .....
أستاذ بكلية الهندسة – جامعة النهضة
أ.د/ احمد السيد محمود ضاهر .....
أستاذ الكيمياء غير العضوية – هيئة المواد النووية

الدراسات العليا :
ختم الإجازة :أجيزت الرسالة بتاريخ
/ /٢٠١٩

موافقة مجلس الكلية / /٢٠١٩ **موافقة مجلس الجامعة** / /٢٠١٩

جامعة عين شمس
كلية العلوم
قسم الكيمياء

شكـــــــــر

اشكر السادة الأساتذة الذين قاموا بالإشراف وهم :

١- أ.د/محمد محمود ابو على

أستاذ الكيمياء غير عضوية – قسم الكيمياء – كلية العلوم – جامعة عين شمس

٢- أ.د/ فاطمة عبد الحميد الجوهرى

أستاذ باحث– قسم بحوث تلوث المياة – شعبة بحوث البيئة – المركز القومي للبحوث

:

ثم الأشخاص الذين تعاونوا معى فى البحث وهم :

١- أ.د/ الان جوى

أستاذ الهندسة– قسم الطاقة المتجددة – كلية الهندسة– جامعة جنوب ويلز

٢- د/ جيمى ماسنت

أستاذ الهندسة– قسم الطاقة المتجددة – كلية الهندسة– جامعة جنوب ويلز

:

وكذلك الهيئات الآتية :

١ – المركز القومي للبحوث

٢ – قسم بحوث تلوث المياة

٣ – كلية العلوم جامعة عين شمس

٤ – جامعة جنوب ويلز

Acknowledgments

First and foremost, all praises and sincere thanks are to **ALLAH.**

I wish to express my sincere appreciation to Prof. Dr. **Mohamed Mahmoud Abo-Aly**, Professor of Inorganic Chemistry, Faculty of Science, Ain Shams University, for his valuable guidance, helpful suggestions, continuous encouragement, supervision and support during this work.

I would like to express my sincere thanks, full respect and deep gratitude to Prof. Dr. **Fatma Abd El-Hameed El-Gohary**, Professor of Water Pollution Research - National Research Centre, for her patient supervision, inspiring guidance, critical comments, suggestions, and the never-ending support, she displayed throughout this study.

I sincerely express my deepest gratitude to Prof. Dr. **Alan Guwy**, Head of the Sustainable Environment Research Centre, Faculty of Computing, Engineering and Science, University Of South Wales, UK for hosting me for almost 2 years for doing this work. I appreciate his support, enthusiasm, and valuable discussion.

Thanks, appreciation and gratitude are due to Dr. **Jaime Massanet-Nicolau**,Sustainable Environment Research Centre, Faculty of Computing, Engineering and Science,

University Of South Wales, UK, for providing necessary knowledge, laboratory facilities and valuable discussions during almost all of this work.

I dedicate this PhD to my mother's soul (Aisha Korny Salem). I hope my God to forgive her and this work doing as ongoing charity.

I wish to express my warm and sincere thanks and appreciation to my wife Eng. Aml Samy, for supporting me during my work. Really I don't find any word to express my thanks and my gratitude to her.

I would like to thank Water Research Department, National Research Centre and Faculty of Computing, Engineering and Science, University Of South Wales, UK and Faculty of Science, Ain Shams University, for all the facilities provided.

Finally, I would like to thank my father, my brother Hussein and his wife Heba, my sisters Nora and her husband Ramadan, Naira and Nourhan, and finally, my daughter Aisha for their love, support and devotion throughout my Ph.D. fulfillment.

Gamal Kamel Mohamed Hassan

Assistant researcher, Water Research Department, National Research Centre.

Contents

List of Tables