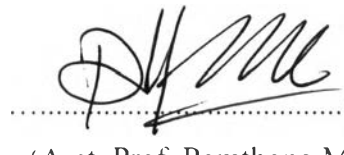
ENHANCEMENT OF SEPARATE HYDROGEN AND METHANE PRODUCTION FROM ETHANOL WASTEWATER BY MICROAERATION

Nhatthaphon Sri-ubon

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science
The Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University
in Academic Partnership with
The University of Michigan, The University of Oklahoma,
Case Western Reserve University and Institut Français du Pétrole
2015

Thesis Title:	Enhancement of Separate Hydrogen and Methane Production from Ethanol Wastewater by Microaeration
By:	Nhatthaphon Sri-ubon
Program:	Petrochemical Technology
Thesis Advisor:	Prof. Sumaeth Chavadej

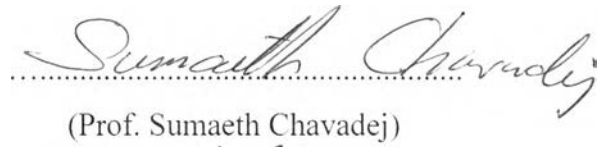
Accepted by The Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University, in partial fulfillment of the requirements for the Degree of Master of Science.



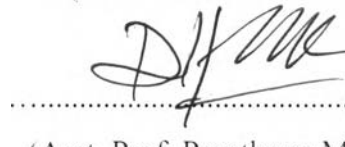
..... College Dean

(Asst. Prof. Pomthong Malakul)

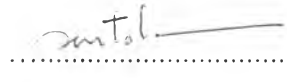
Thesis Committee:



(Prof. Sumaeth Chavadej)



(Asst. Prof. Pomthong Malakul)



(Prof. Dr. Suntud Sirianuntapiboon)

ABSTRACT

5671018063: Petrochemical Technology Program
Nhatthaphon Sri-ubon: Enhancement of Separate Hydrogen and Methane Production from Ethanol Wastewater by Microaeration.
Thesis Advisor: Prof. Sumaeth Chavadej 101 pp.
Keywords: Hydrogen and methane production/ Ethanol wastewater/ A two-stage upflow anaerobic sludge blanket system/ Microaeration

The objective of this research was to examine effects of microaeration on the separate hydrogen and methane production from ethanol wastewater using a two-stage upflow anaerobic sludge blanket reactor (UASB) system, with recycle ratio of 1:1 (methane effluent flow rate: feed flow rate) under mesophilic temperature, with and without pH control at 5.5 in hydrogen and methane production tank, respectively. The results showed that, under optimum COD loading rate of 6.0 kg/m^3 d based on the methane UASB volume (36.0 kg/m^3 d based on the hydrogen UASB volume), the methane UASB unit had the highest process performance in terms of COD removal of 55 %, a gas production rate of 27.5 l/d, CH_4 content of 74 % and a methane yield of 66.6 l/g COD applied. Under optimum COD loading rate (6 kg/m^3 d base on methane UASB tank) with the optimum oxygen supply load (4 ml O_2/L_R d), the methane production performance (COD removal of 62.5 %, a gas production rate of 45.5 l/d, CH_4 content of 75 % and a methane yield of 191.8 l/g COD applied)was maximized. Furthermore, the H_2S in the produced gas was totally removed from the methane UASB unit.

บทคัดย่อ

ณัฐพล ศรีอุบล : การเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตไฮโดรเจนและมีเทนด้วยน้ำเสียจากโรงงานผลิตเอทานอลโดยการเติมออกซิเจนในปริมาณน้อยและจำกัด (Enhancement of Separate Hydrogen and Methane Production from Ethanol Wastewater by Microaeration) อ. ที่ปรึกษา : ศ. ดร. สุเมธ ชวเดช 101 หน้า

จุดประสงค์ของงานวิจัยนี้คือการศึกษาผลกระทบของการเติมออกซิเจนในปริมาณน้อยและจำกัดต่อกระบวนการผลิตไฮโดรเจนและมีเทนด้วยน้ำเสียจากโรงงานผลิตเอทานอลในถังปฏิกรณ์แบบต่อเนื่องสองขั้นตอนภายใต้อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5.5 ในถังผลิตไฮโดรเจน และไม่มีการควบคุมความเป็นกรด-ด่างในถังผลิตมีเทนซึ่งอัตราการป้อนกลับของน้ำเสียเอทานอลจากถังผลิตมีเทนไปยังถังผลิตไฮโดรเจนถูกกำหนดที่ 1:1 จากการศึกษาพบว่าสภาวะที่ผลิตก๊าซไฮโดรเจนได้สูงสุดคือที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 6.0 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน ซึ่งคำนวณด้วยขนาดถังผลิตมีเทน(หรือ 36.0 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรต่อวันซึ่งคำนวณด้วยขนาดถังผลิตไฮโดรเจน) สามารถกำจัดสารอินทรีย์ได้ร้อยละ 55 อัตราการผลิตก๊าซรวม 27.5 ลิตรต่อวัน ก๊าซมีเทนที่ผลิตได้ร้อยละ 68.0 ผลได้ของก๊าซมีเทน 66.1 มิลลิลิตรของก๊าซมีเทนต่อกรัมของสารอินทรีย์ที่ถูกป้อน จากนั้นเติมออกซิเจนในอัตรา 4.0 มิลลิลิตรต่อปริมาณถังมีเทนต่อวันที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 6.0 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรต่อวันพบว่า สามารถกำจัดสารอินทรีย์ได้ถึงร้อยละ 62.5 อัตราการผลิตก๊าซ 45.5 ลิตรต่อวัน ก๊าซมีเทนที่ผลิตได้ร้อยละ 72.5 ผลได้ของก๊าซมีเทน 191.8 มิลลิลิตรของก๊าซมีเทนต่อกรัมของสารอินทรีย์ที่ถูกป้อนในสภาวะเดียวกันนี้ยังสามารถกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่ผลิตได้จนหมดอีกด้วย

ACKNOWLEDGEMENTS

This thesis work could be completely successful with the assistance of many following persons and organizations.

Firstly, I would like to give special thanks to my advisor Prof. Sumaeth Chavadej who provides the valuable knowledge and offers me many ideas to solve many problems. I would also like to extend my sincere appreciation for all kind suggestions throughout this research.

I also sincere thank Asst. Prof. Pomthong Malakul Na Ayudhaya and Prof. Suntud Sirianannpaiboon for being my thesis committee and comment. This thesis would not have been possible without the knowledge received from all the lecturers and staff at the Petroleum and Petrochemical College.

This research work was partially supported by Chulalongkorn University (CU-56-900-FC), The Thailand Research Fund (TRF) Senior Research Scholar Grant (RTA578008) and Sapthip Co., Ltd., Lopburi, Thailand for providing ethanol wastewater throughout this research work.

In addition, I would like to convey thankfulness for the partial scholarship and partial funding of the thesis work provided by The Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University, Thailand and The Center of Excellence for Petroleum, on Petrochemical and Materials Technology, Thailand for providing laboratory facilities.

To my advisor group members and my friends, I would like to thank all of you for your help, support and suggestions that help this project could be success conveniently.

Finally, I would like to thank my family for the support and spirit. I always appreciate your love and kindness for giving me the opportunity for pursuing a Master's Degree at the Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University.

TABLE OF CONTENTS

CHAPTER **PAGE**

CHAPTER **PAGE**

CHAPTER **PAGE**

CHAPTER **PAGE**

LIST OF TABLES

LIST OF FIGURES

FIGURE **PAGE**

FIGURE **PAGE**

ABBRREVIATIONS

ABBREVIATION	DESCRIPTION
ABR	Anaerobic Baffled Reactor
AEBR	Anaerobic Expanding-Bed Reactor
AMBR	Anaerobic Migrating Blanket Reactor
ASBR	Anaerobic Sequencing Batch Reactor
COD	Chemical Oxygen Demand
COD:N:P	Chemical Oxygen Demand: Nitrogen: Phosphorus ratio
d	Day
g	Gram
HRT	Hydraulic Retention Time
L_R	Reactor Volume
ml	Milliliter
MLVSS	Microbial Liquor Volatile Suspended Solid
mM	Millimolar
SHPR	Specific Hydrogen Production Rate
SMPR	Specific Methane Production Rate
TS	Total Solid
TSS	Total Suspended Solid
UASB	Upflow Sludge Balnket Reactor
VSS	Volatile Suspended Solid

LIST OF SYMBOLS

SYMBOL	DESCRIPTION
τ	Hydraulic retention time