

**BIOLOGICAL TREATMENT OF BIODIESEL WASTEWATER
USING A SEQUENCING BATCH REACTOR**



Chatchada Ratanachan

A Thesis Submitted in Partial Fulfilment 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
2009

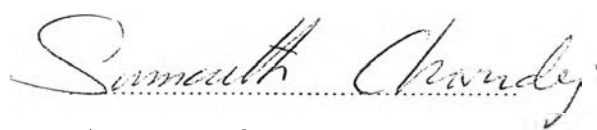
522065


Thesis Title: Biological Treatment of Biodiesel Wastewater Using
a Sequencing Batch Reactor
By: Chatchada Ratanachan
Program: Petrochemical Technology
Thesis Advisors: Assoc. Prof. Sumaeth Chavadej
Asst. Prof. Pomthong Malakul


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

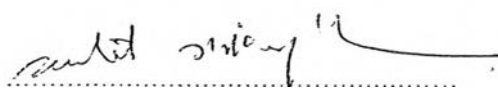

..... College Dean
(Asst. Prof. Pomthong Malakul)

Thesis Committee:


.....
(Assoc. Prof. Sumaeth Chavadej)


.....
(Asst. Prof. Pomthong Malakul)


.....
(Asst. Prof. Thammanoon Sreethawong)


.....
(Assoc. Prof. Suntud Sirianuntapiboon)

ABSTRACT

5071008063: Petrochemical Technology Program

Chatchada Ratanachan: Biological Treatment of Biodiesel
Wastewater Using a Sequencing Batch Reactor.

Thesis Advisors: Assoc. Prof. Sumaeth Chavadej, and Asst. Prof.
Pomthong Malakul, 58 pp.

Keywords: Biodegradation/ Biological Treatment/ Aerobic Treatment/ Biodiesel
Wastewater/ Sequencing Batch Reactor

Biological treatment is an appropriate method used in treating organic-containing wastewaters because of its environment safe and low treatment cost. In this research, two units of sequencing batch reactors (SBR) were used to study the biodegradation of biodiesel wastewater obtained from Bangchak Public Company Limited by using the sludge obtained from the activated sludge treating biodiesel wastewater. The SBR units, having an effective volume of 1.5 L, were operated on a fill-and-draw basis with four cycles per day at different chemical oxygen demand (COD) loading rates (0.05–0.60 kg/m³d) at room temperature. Since the studied wastewater lacked of nitrogen and phosphate, ammonium hydrogen carbonate (NH₄HCO₃) and di-potassium hydrogen orthophosphate (K₂HPO₄) were added as nutrients for the enhancement of biodiesel wastewater biodegradation. The results showed that when the COD loading rate increased, the removal efficiency decreased. Under the studied conditions, a maximum COD removal of 91.4% and TOC removal of 35.7% were achieved at the lowest COD loading rate of 0.05 kg/m³d. Moreover, the minimum F/M ratio and the highest MLSS were found to correspond to the lowest COD loading rate.

บทคัดย่อ

ัชชญา รัตนจันทร์: การบำบัดน้ำเสียจากการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลโดยวิธีทางชีวภาพในระบบถังปฏิกรณ์แบบกึ่งกะ (Biological Treatment of Biodiesel Wastewater Using a Sequencing Batch Reactor) อ. ที่ปรึกษา: รศ.ดร. สุเมธ ชวเดช และ ผศ.ดร. ปมทอง มาลากุล ณ อยุธยา 58 หน้า

การบำบัดโดยวิธีทางชีวภาพเป็นวิธีการที่เป็นที่นิยมเป็นอย่างมากในการบำบัดน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์ เนื่องการวิธีการนี้ปลอดภัยและมีค่าใช้จ่ายการบำบัดต่ำ ในการวิจัยนี้ถังปฏิกรณ์แบบกะหรือติดต่อกัน 2 หน่วย ถูกใช้เพื่อศึกษาการย่อยสลายโดยวิธีทางชีวภาพของน้ำเสียจากการผลิตไบโอดีเซลที่ได้รับจากบริษัท บางจาก จำกัด (มหาชน) โดยใช้ตะกอนจุลินทรีย์จากระบบบำบัดแบบตะกอนเร่งที่ใช้บำบัดน้ำเสียไบโอดีเซล โดยถังปฏิกรณ์แบบกะติดต่อกันมีปริมาณ 1.5 ลิตร โดยควบคุมการทำงานแบบเติมเข้าและเอาออกจำนวน 4 รอบต่อวัน ที่อัตราป้อนสารอินทรีย์ในรูปซีโอดีต่างกัน (0.05–0.60 กิโลกรัมต่อลิตรต่อวัน) ที่อุณหภูมิห้อง เนื่องจากน้ำเสียที่ศึกษานี้ขาดสารไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ดังนั้นจึงมีการเติมสารแอมโมเนียม ไฮโดรเจน คาร์บอเนตและไดโพแทสเซียม ไฮโดรเจน ออกโทรฟอสเฟตในน้ำเสีย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยสลายชีวภาพของน้ำเสียไบโอดีเซล ผลของการทดลองพบว่าเมื่ออัตราป้อนซีโอดีเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการย่อยสลายจะลดลง ภายใต้สภาวะการศึกษานี้ ค่าประสิทธิภาพการย่อยสลายซีโอดีสูงสุด 91.4% และค่าประสิทธิภาพการย่อยสลายทีโอซี (TOC) สูงสุด 35.7% พบที่อัตราป้อนซีโอดี 0.05 กิโลกรัมต่อลิตรต่อวัน นอกจากนั้น ค่าสัดส่วนอาหารต่อจำนวนแบคทีเรียน้อยที่สุดและค่าความเข้มข้นตะกอนจุลินทรีย์สูงสุดในถังปฏิกรณ์ที่ค่าอัตราป้อนซีโอดีต่ำสุด

ACKNOWLEDGEMENTS

This thesis could not have been possible without the assistance of the following individuals and organizations to whom the author would like to thank:

I am grateful for the scholarship and funding of the thesis work provided by the Petroleum and Petrochemical College, and by The Center of Excellence for Petroleum, Petrochemicals, and Advanced Materials, Thailand.

First of all, I gratefully acknowledge my thesis advisors, Asst. Prof. Pomthong Malakul and Assoc. Prof. Sumaeth Chavadej, for their encouragement, valuable guidance, and support. Moreover, I would like to thank them especially for providing many necessary things throughout this work.

Thanks are also extended to Bangchak Public Company Limited, for kindly providing the biodiesel wastewater and Thai Oleochemical Company Limited, for kindly providing the sludge sample.

I would also like to thank C.P.O. Poon Arjpru and staff of the Petroleum and Petrochemical College for their help and useful suggestions, and Mr. Robert Wright for his English advice.

Finally, I would like to express my deepest gratitude to my parents, my brother, my sister, and my friends who always stand by and encourage me. My academic achievement is dedicated to them.

TABLE OF CONTENTS

	PAGE
Title Page	i
Abstract (in English)	iii
Abstract (in Thai)	iv
Acknowledgements	v
Table of Contents	vi
List of Tables	viii
List of Figures	ix
 CHAPTER	
I INTRODUCTION	1
 II LITERATURE REVIEW	 3
 III EXPERIMENTAL	 16
3.1 Materials and Equipment	16
3.2 Methodology	16
3.2.1 SBR Set-up and Operation	16
3.2.2 Aerobic Biodegradation Study	18
 IV RESULTS AND DISCUSSION	 23
4.1 Effect of nutrient ratio	23
4.2 Effect of COD loading rate	32
4.3 GC results	39
 V CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS	 41
 REFERENCES	 42

CHAPTER	PAGE
APPENDICES	46
Appendix A Experimental Data of effect of nutrient ratio	46
Appendix B Experimental Data of effect of COD loading rate	52
CURRICULUM VITAE	56

LIST OF TABLES

TABLE		PAGE
2.1	Characteristics of biodiesel wastewaters from Bangchak Petroleum Public Company Limited	4
3.1	The period of time per cycle in SBR operation	17
3.2	Volume of filling and decanting at each COD loading rate using 4 cycles per day	19
3.3	The volume of sample each BOD scale	21
4.1	Effluent BOD of the studied SBR system operated at two different COD loading rates with and without nutrient supplementation	29

LIST OF FIGURES

FIGURE	PAGE
2.1 Pathways of Microbial utilization of hydrocarbons.	7
3.1 Flow diagram of SBR system.	17
3.2 Photograph of the studied SBR system.	18
4.1 Profiles of effluent COD at a COD loading rate of 0.10 kg/m ³ d with and without nutrient supplementation.	24
4.2 Profiles of COD removal at a COD loading rate of 0.10 kg/m ³ d with and without nutrient supplementation.	24
4.3 Profiles of effluent COD at a COD loading rate of 0.60 kg/m ³ d with and without nutrient supplementation.	25
4.4 Profiles of COD removal at a COD loading rate of 0.60 kg/m ³ d with and without nutrient supplementation.	26
4.5 Profiles of effluent TOC at a COD loading rate of 0.10 kg/m ³ d with and without nutrient supplementation.	27
4.6 TOC removal at a COD loading rate of 0.10 kg/m ³ d with and without nutrient supplementation.	27
4.7 Profiles of effluent TOC at a COD loading rate of 0.60 kg/m ³ d with and without nutrient supplementation.	28
4.8 TOC removal at a COD loading rate of 0.60 kg/m ³ d with and without nutrient supplementation.	28
4.9 Profiles of microbial concentration in the SBR operated at a COD loading rate of 0.10 kg/m ³ d with and without nutrient supplementation.	30
4.10 Profiles of microbial concentration in the SBR operated at a COD loading rate of 0.60 kg/m ³ d with and without nutrient supplementation.	30

FIGURE	PAGE
4.11 Profiles of effluent SS of the SBR operated at a COD loading rate of 0.10 kg/m ³ d with and without nutrient supplementation.	31
4.12 Profiles of effluent SS of the SBR operated at a COD loading rate of 0.60 kg/m ³ d with and without nutrient supplementation.	32
4.13 Profiles of effluent COD at different COD loading rates with nutrient supplementation.	33
4.14 COD removal at different COD loading rates with nutrient supplementation.	33
4.15 Effect of COD loading rate on TOC removal efficiency of the studied SBR with nutrient supplementation.	34
4.16 Effluent TOC at different COD loading rates with nutrient supplementation.	35
4.17 TOC removal at different COD loading rates with nutrient supplementation.	35
4.18 Effect of COD loading rate on TOC removal efficiency of the SBR system with nutrient supplementation.	36
4.19 Effect of COD loading rate on effluent BOD of the SBR system with nutrient supplementation.	37
4.20 Effect of COD loading rate on BOD removal efficiency of the SBR system with nutrient supplementation.	37
4.21 Effect of COD loading rate on microbial concentration in the SBR system with nutrient supplementation.	38
4.22 Effect of COD loading rate on effluent SS of the studied SBR with nutrient supplementation.	39
4.23 The organic compounds in the dilute biodiesel wastewater before aerobic treatment.	40

FIGURE		PAGE
4.24	The organic compounds in the dilute biodiesel wastewater after aerobic treatment.	40