การใช้กลุ่มจุลินทรีย์ย่อยสลายน้ำมันดิบในถังหมัก

นางสาวภัทรา ศรีสุทธิวรกุล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2545
ISBN 974 - 17-2170-6
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I21044855

USING MICROBIAL CONSORTIUM FOR CRUDE OIL DEGRADATION IN REACTOR

Miss Pattra Srisutivorgul

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science in Environmental Science

Inter - department of Environmental Science

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 2002

ISBN 974 - 17 - 2170 - 6

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การใช้กลุ่มจุลินทรีย์ย่อยสลายน้ำมันดิบในถังหมัก
โดย	นางสาวภัทรา ศรีสุทธิวรกุล
สาขาวิชา	สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญวิทย์ โฆษิตานนท์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา กีระนันทน์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิพัฒน์ พัฒนผลไพบูลย์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญวิทย์ โฆษิตานนท์)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ประกิตติ์สิน สีหนนทน์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐชนัญ ลีพิพัฒน์ไพบูลย์)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภัทรา ศรีสุทธิวรกุล : การใช้กลุ่มจุลินทรีย์ย่อยสลายน้ำมันดิบในถังหมัก.
(USING MICROBIAL CONSORTIUM FOR CRUDE OIL DEGRADATION IN REACTOR) อ.ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.ชาญวิทย์ โฆษิตานนท์ ;177 หน้า. ISBN 974 - 17 - 2170 - 6

วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้เพื่อศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการย่อยสลายน้ำมันดิบในถังหมักขนาด 3 ลิตร ระดับห้องปฏิบัติการ และรวมทั้งศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการย่อยสลายน้ำมันดิบระหว่างในระดับขวดเขย่ากับในถังหมักขนาด 3 ลิตร ซึ่งถูกออกแบบขึ้นมาเพื่อใช้ในการวิจัยครั้งนี้

จากผลการทดลองการย่อยสลายน้ำมันดิบ (Tapis crude oil) พบว่า ในระดับถังหมักขนาด 3 ลิตร มีความแตกต่างจากในระดับขวดเขย่าอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้สถิติ Paired Samples Test เป็นตัวทดสอบความแตกต่างของประสิทธิภาพในการย่อยสลายน้ำมันดิบระหว่างในระดับถังหมักกับในระดับขวดเขย่าที่สภาวะเดียวกัน เท่ากับ 95.17 เปอร์เซ็นต์ และ 89.39 เปอร์เซ็นต์ ภายในระยะเวลา 7 วัน ตามลำดับ ดังนั้นจึงทำการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการย่อยสลายน้ำมันดิบในถังหมัก โดยมีการแปรผันปัจจัยต่าง ๆ คือ อัตราส่วนของหัวเชื้อที่เติมลงในระบบ ค่าความเป็นกรด - ด่างเริ่มต้นของอาหารเลี้ยงเชื้อ อัตราการให้อากาศ และการเติมสารอาหารแก่ระบบ และจากการทดลอง พบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการย่อยสลายน้ำมันดิบ (0.5 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้หัวเชื้อ 10 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตรต่อปริมาตร ในอาหาร BH broth 3 ลิตร) ได้ดีที่สุด คือ ที่สภาวะอัตราส่วนระหว่างแบคทีเรียที่ผลิตสารลดแรงตึงผิวชีวภาพได้กับกลุ่มจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายน้ำมันดิบได้ เท่ากับ 2 : 1 ความเป็นกรด - ด่างเริ่มต้น 8.0 อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และอัตราการให้อากาศเท่ากับ 1.0 v.v.m. (ปริมาตรต่อปริมาตรต่อนาที) โดยที่การเติมสารอาหารอย่างต่อเนื่องจะมีประสิทธิภาพในการย่อยสลายน้ำมันดิบได้ดีกว่าเมื่อไม่มีการเติมสารอาหาร เฉลี่ยเท่ากับ 97.91 เปอร์เซ็นต์ และ 90. 88 เปอร์เซ็นต์ ภายในระยะเวลา 24 ชั่วโมง ตามลำดับ

สหสาขาวิชา วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต.ภัทรา ศรีสุทธิวรกุล....
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา 2545

4289685020 : MAJOR INTER - DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL SCIENCE
KEY WORD : DEGRADATION/CRUDE OIL/MICROBIAL CONSORTIUM/REACTOR
PATTRA SRISUTIVORGUL : USING MICROBIAL CONSORTIUM FOR CRUDE OIL DEGRADATION IN REACTOR.THESIS ADVISOR : ASSIST.PROF.CHANVIT KOSITANON,Ph.D. 177 pp. ISBN 974 - 17 - 2170 - 6

The objectives of this research are to study crude oil degradation under optimal condition in laboratory scale fermentor and to compare efficiency of crude oil degradation between using shake flasks scale and 3 litres fermentor

The results indicated that the degradation tapis crude oil in laboratory scale different from shake flasks at confidence level 95 % significantly by paired samples test. In laboratory scale degrading crude oil 95.71 % , while in shake flasks scale degrading crude oil 89.39 % within 7 days under the same condition.

This study showed that the optimal condition for degradation of the tapis crude oil in laboratory scale was pH 8.0 , temperature was 25 celsius , aeration rate 1.0 v.v.m. (volume per volume per minute) , and seeding ratio of biosurfactant producer to mixed culture was 2 : 1, which efficiency of degradation total hydrocarbons by addition nutrient in continuous culture was the better in batch culture. The total hydrocarbons in continuous culture and batch culture were reduced by 97.91 % and 90.88 % within 24 hours, respectively.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Inter - Department of Environmental Science
Field of study Environmental Science
Academic year 2002

Student's signature.....
Advisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยการให้คำปรึกษาแนะนำและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญวิทย์ โฆษิตานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้วิจัยจึงใคร่ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา กีระนันทน์ คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิพัฒน์ พัฒนผลไพบูลย์ ผู้อำนวยการหลักสูตรสหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความอนุเคราะห์ให้ทุนยกเว้นค่าเล่าเรียน และทุนผู้ช่วยสอนแก่ผู้วิจัย เมื่อปีการศึกษา 2543 ผู้วิจัยจึงใคร่ขอกราบขอบพระคุณด้วยความเคารพเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิพัฒน์ พัฒนผลไพบูลย์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.ประกิตติ์สิน สีหนนทน์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณัฐชนัญ ลีพิพัฒน์ไพบูลย์ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ได้ให้คำแนะนำตลอดจนข้อคิดเห็นต่างๆอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่องานวิจัยนี้ตลอดจนแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณสหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย และภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์หาวิทยาลัย ที่ให้ความอนุเคราะห์ในด้านสถานที่ เครื่องมืออุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ตลอดจนรวมถึงเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการและเจ้าหน้าที่ห้องธุรการทุกท่าน ภาควิชาจุลชีววิทยา ที่ช่วยให้คำแนะนำช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกยามเมื่อผู้วิจัยมีปัญหาในการทำวิจัย ทำให้ผู้วิจัยสามารถดำเนินงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงได้ดี

ขอกราบขอบพระคุณทบวงมหาวิทยาลัย,บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ,สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(สสวท.) และมูลนิธิชินโสภณพานิช ที่ให้ทุนวิจัยในการทำวิทยานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณ พี่สุนีย์ ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความช่วยเหลือในเรื่องสารมาตรฐานไฮโดรคาร์บอนบางตัว และให้คำแนะนำช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกยามเมื่อผู้วิจัยมีปัญหาในการทำวิจัยจนสำเร็จลุล่วงได้ดี และขอขอบคุณ คุณศรายุทธ จิตรานนท์ ที่ให้กำลังใจ ความช่วยเหลือและคำแนะนำในเรื่องเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยบางส่วน และคุณฆริกา คุ้มไทย ที่เป็นเพื่อนร่วมทุกข์ร่วมสุขกันตลอดระยะเวลาในการทำการวิจัย ตลอดจนพี่ ๆ เพื่อน ๆ น้อง ๆ ในห้องปฏิบัติการ 453 ภาควิชาจุลชีววิทยา ที่ให้ความช่วยเหลือ กำลังใจและมิตรภาพที่ดีต่อผู้วิจัย จนงานวิจัยนี้สำเร็จได้ดี

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อณรงค์ชัย ศรีสุทธิวรกุล และคุณแม่สมบัติ ศรีสุทธิวรกุล ที่ให้การสนับสนุน ทุ่มเทแรงกายแรงใจส่งเสียให้การศึกษา ให้ความช่วยเหลือและกำลังใจแก่ผู้วิจัยในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ตลอดมา และขอขอบคุณพี่ ๆ น้อง ๆ เพื่อน ๆ และญาติพี่น้องทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือ ความห่วงใย แก่ผู้วิจัยมา ณ โอกาสนี้ด้วย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ฌ

สารบัญรูป..... ฎ

บทที่

1 บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย..... 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 3

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 4

2.1 ลักษณะสมบัติของปิโตรเลียมหรือน้ำมันดิบ..... 4

2.2 แหล่งกำเนิดของมลภาวะจากน้ำมันหรือสารไฮโดรคาร์บอน..... 12

2.3 การปนเปื้อนของน้ำมันดิบในสิ่งแวดล้อม..... 13

2.4 สถิติน้ำมันรั่วไหลในประเทศไทย..... 24

2.5 ผลกระทบของน้ำมันต่อสิ่งแวดล้อม..... 29

2.6 การกำจัดคราบน้ำมัน..... 33

2.7 จุลินทรีย์ที่ย่อยสลายไฮโดรคาร์บอน..... 36

2.8 การแพร่กระจายของจุลินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายไฮโดรคาร์บอน..... 42

2.9 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการย่อยสลายไฮโดรคาร์บอนของจุลินทรีย์..... 43

2.10 หลักเกณฑ์ที่บ่งชี้ถึงการย่อยสลายไฮโดรคาร์บอนของจุลินทรีย์..... 48

2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 50

3 วิธีดำเนินการวิจัย..... 57

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย..... 57

3.2 เคมีภัณฑ์ที่ใช้ในงานวิจัย..... 58

3.3 จุลินทรีย์ที่ใช้ในการวิจัย..... 59

3.4 น้ำมันดิบที่ใช้ในการศึกษา..... 60

บทที่		หน้า
	3.5 ส่วนประกอบของระบบถังหมักที่ใช้	60
	3.6 การเก็บตัวอย่างจากระบบถังหมัก	63
	3.7 การเตรียมหัวเชื้อ	63
	3.8 การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ	64
	3.9 การเลี้ยงกลุ่มจุลินทรีย์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการย่อยสลายน้ำมันดิบระหว่างในขวดเขย่ากับถังหมัก และศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการย่อยสลายน้ำมันดิบในถังหมัก	65
	3.10 การวิเคราะห์ปริมาณไฮโดรคาร์บอนและจำนวนจุลินทรีย์	69
4	ผลการวิจัย	71
	4.1 องค์ประกอบที่มีอยู่ในน้ำมันดิบ (Tapis crude oil) ที่ใช้ในงานวิจัยนี้	71
	4.2 การลดลงของน้ำมันดิบเมื่อไม่เติมจุลินทรีย์	74
	4.3 การเปรียบเทียบอัตราการลดลงของน้ำมันดิบระหว่างในขวดเขย่ากับในถังหมักระดับห้องปฏิบัติการ	75
	4.4 การศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการย่อยสลายน้ำมันดิบในถังหมักระดับห้องปฏิบัติการ	79
5	สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	110
	รายการอ้างอิง	119
	ภาคผนวก	133
	ภาคผนวก ก สูตรและวิธีเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ	134
	ภาคผนวก ข สีย้อมและสารเคมีที่ใช้ทดลอง	136
	ภาคผนวก ค วิธีการย้อมแกรม (Gram stain)	137
	ภาคผนวก ง สถิติที่ใช้ในการแปลผลเปรียบเทียบปริมาณไฮโดรคาร์บอนทั้งหมดที่เหลือ(%)ระหว่างในระดับถังหมัก ขนาด 3 ลิตร กับในระดับขวดเขย่า	138
	ภาคผนวก จ องค์ประกอบบางประการของน้ำมันดิบ	142
	ภาคผนวก ฉ ตัวอย่างการคำนวณหาปริมาณไฮโดรคาร์บอนที่เหลืออยู่ในระบบถังหมักขนาด 3 ลิตร	143
	ภาคผนวก ช โครมาโทแกรมจากการทดลองที่สภาวะต่าง ๆ	150
	ภาคผนวก ซ คำศัพท์และมาตราที่ใช้ในด้านน้ำมันบางคำ	176
	ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์	177

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบของน้ำมันดิบ..... 4

ตารางที่ 2.2 จุดเดือดต่าง ๆ ของลำดับส่วนของน้ำมันดิบ..... 5

ตารางที่ 2.3 ความสามารถในการละลายน้ำของไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัวและอะโรมาติกที่อุณหภูมิห้อง..... 23

ตารางที่ 2.4 แสดงสาเหตุของการรั่วไหลของน้ำมันทั่วโลกในช่วง พ.ศ. 2519 - 2538 24

ตารางที่ 2.5 แสดงการเกิดน้ำมันรั่วไหลของประเทศไทยในแต่ละปี..... 26

ตารางที่ 2.6 แสดงสาเหตุการเกิดน้ำมันรั่วไหลของประเทศไทยแยกตามขนาดในช่วงปี พ.ศ. 2516 - 2541..... 27

ตารางที่ 2.7 แสดงประเภทของน้ำมันที่รั่วไหลของประเทศไทยในช่วงปี พ.ศ. 2516 - 2541..... 28

ตารางที่ 2.8 แสดงพื้นที่ที่เกิดน้ำมันรั่วไหลของประเทศไทยในช่วงปี พ.ศ. 2516 - 2541..... 29

ตารางที่ 2.9 สรุปข้อดีและข้อเสียของแต่ละวิธีในการกำจัดคราบน้ำมันออกจากสิ่งแวดล้อม 35

ตารางที่ 2.10 จุลินทรีย์ที่พบมากในแหล่งที่มีการปนเปื้อนของน้ำมันและสามารถย่อยสลายปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน (Petroleum hydrocarbon) และ/หรือสารอนุพันธ์ของไฮโดรคาร์บอน (Derivertives)..... 38

ตารางที่ 3.1 ปริมาณไฮโดรคาร์บอนทั้งหมดที่เหลือที่สภาวะที่เหมาะสมแบบ Batch ที่ระยะเวลาต่าง ๆ..... 67

ตารางที่ 4.1 ค่า Retention time ของ นอร์มอล - อัลเคนในน้ำมันดิบ (Tapis Crude oil) เมื่อวิเคราะห์ด้วยแคพิลารี่ก๊าซโครมาโทกราฟี..... 72

ตารางที่ 4.2 ค่า Retention time ของ นอร์มอล - อัลเคนมาตรฐาน..... 73

ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบปริมาณไฮโดรคาร์บอนทั้งหมดที่เหลือในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีการผสมน้ำมันดิบ (Tapis crude oil) 0.5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ในชุดควบคุมที่ไม่มีการเติมจุลินทรีย์ที่เวลาต่าง ๆ กัน ระหว่างในระดับขวดเขย่ากับในระดับถังหมัก 30 ลิตร ณ อุณหภูมิ 20 °ซ ความเป็นกรด - ด่างเริ่มต้นเท่ากับ 8.0 และความเร็วรอบในการเขย่า 250 รอบต่อนาที สำหรับขวดเขย่าและอัตราการให้อากาศเท่ากับ 1.0 v.v.m. (โดยปริมาตรต่อปริมาตรต่อนาที) สำหรับถังหมัก..... 74

หน้า

ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบปริมาณไฮโดรคาร์บอนที่เหลือ (%) ที่อุณหภูมิ 20 °ซ , ค่าความเป็นกรด - ด่างเริ่มต้นของอาหารเลี้ยงเชื้อ เท่ากับ 8.0 , ที่ไม่มีการเติมจุลินทรีย์ (ชุดควบคุม) และมีการเติมจุลินทรีย์ด้วย อัตราส่วนเชื้อแบคทีเรียที่ผลิตสารลดแรงตึงผิวชีวภาพได้ต่อกลุ่มจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายน้ำมันดิบได้ เท่ากับ 2 : 1 ระหว่างในระดับขวดเขย่ากับในระดับถังหมัก..... 76

ตารางที่ 4.5 เปรียบเทียบปริมาณไฮโดรคาร์บอนทั้งหมดที่เหลืออยู่ระหว่าง อัตราส่วนเชื้อแบคทีเรียที่ผลิตสารลดแรงตึงผิวชีวภาพได้ต่อกลุ่มจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายน้ำมันดิบได้ เท่ากับ 1 : 1 กับอัตราส่วนเชื้อแบคทีเรียที่ผลิตสารลดแรงตึงผิวชีวภาพได้ต่อกลุ่มจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายน้ำมันดิบได้ เท่ากับ 2 : 1 ที่ภาวะอุณหภูมิ 30 °ซ ค่าความเป็นกรด - ด่างเริ่มต้น เท่ากับ 8.0 อัตราการให้อากาศ เท่ากับ 1.0 v.v.m. (โดยปริมาตรต่อปริมาตรต่อนาที)..... 81

ตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบปริมาณไฮโดรคาร์บอนทั้งหมดที่เหลืออยู่โดยแปรผันค่าความเป็นกรด - ด่าง เริ่มต้น เป็น 6.0 , 7.0 , และ 8.0 ที่ภาวะอุณหภูมิเท่ากับ 30 °ซ อัตราการให้อากาศเท่ากับ 1.0 v.v.m (โดยปริมาตรต่อปริมาตรต่อนาที) และอัตราส่วนเชื้อแบคทีเรียที่ผลิตสารลดแรงตึงผิวชีวภาพได้ต่อกลุ่มจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายน้ำมันดิบได้ เท่ากับ 2 : 1 กับชุดควบคุมที่ไม่มีการเติมจุลินทรีย์..... 87

ตารางที่ 4.7 เปรียบเทียบปริมาณไฮโดรคาร์บอนทั้งหมดที่เหลืออยู่แปรผันอุณหภูมิเท่ากับ 25 °ซ , 30 °ซ , 35 °ซ ที่ภาวะค่าความเป็นกรด – ด่างเริ่มต้นเท่ากับ 8.0 อัตราการให้อากาศเท่ากับ 1.0 v.v.m (โดยปริมาตรต่อปริมาตรต่อนาที) และอัตราส่วนเชื้อแบคทีเรียที่ผลิตสารลดแรงตึงผิวชีวภาพได้ต่อกลุ่มจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายน้ำมันดิบได้ เท่ากับ 2 : 1 กับชุดควบคุมที่ไม่มีการเติมจุลินทรีย์ที่อุณหภูมิ 25 °ซ , 30 °ซ , 35 °ซ 93

หน้า

ตารางที่ 4.8 เปรียบเทียบปริมาณไฮโดรคาร์บอนทั้งหมดที่เหลืออยู่โดยแปรผันอัตราการให้อากาศเท่ากับ 0.1 v.v.m , 0.5 v.v.m , 1.0 v.v.m (โดยปริมาตรต่อปริมาตรต่อนาที) ที่ภาวะอุณหภูมิเท่ากับ 25 °ซ ค่าความเป็นกรด – ด่างเริ่มต้นเท่ากับ 8.0 และอัตราส่วนเชื้อแบคทีเรียที่ผลิตสารลดแรงตึงผิวชีวภาพได้ต่อกลุ่มจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายน้ำมันดิบได้ เท่ากับ 2 : 1 กับชุดควบคุมที่ไม่มีการเติมจุลินทรีย์ ที่อัตราการให้อากาศเท่ากับ 0.1 v.v.m , 0.5 v.v.m , 1.0 v.v.m (โดยปริมาตรต่อปริมาตรต่อนาที) 99

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 ตัวอย่างของพาราฟิน..... 6

รูปที่ 2.2 ตัวอย่างของแนฟทีน..... 6

รูปที่ 2.3 ตัวอย่างของสารพวกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน..... 8

รูปที่ 2.4 สารประกอบของกำมะถันที่พบในน้ำมันดิบ..... 9

รูปที่ 2.5 สารประกอบของออกซิเจนที่พบในน้ำมันดิบ..... 10

รูปที่ 2.6 สารประกอบไนโตรเจนที่พบในน้ำมันดิบ..... 11

รูปที่ 2.7 การกระจายตัวของน้ำมันดิบสู่สิ่งแวดล้อมทางบก..... 15

รูปที่ 2.8 ลักษณะการกระจายตัวของน้ำมันลงสู่ลิ่งแวดล้อมทางน้ำ..... 18

รูปที่ 2.9 โครงสร้างของสารลดแรงตึงผิว..... 48

รูปที่ 3.1 ลักษณะโคโลนีของกลุ่มจุลินทรีย์ที่ใช้ในการทดลอง..... 60

รูปที่ 3.2 ถังหมักที่ใช้ในการทดลอง..... 61

รูปที่ 3.3 ระบบถังหมักที่ใช้ในการทดลอง..... 61

รูปที่ 3.4 โรตามิเตอร์ (Rota meter)..... 62

รูปที่ 3.5 เครื่องมือที่สร้างขึ้นเพื่อช่วยทำให้ตัวอย่างผสมกันดีขึ้นก่อนการเก็บตัวอย่าง.. 63

รูปที่3.6 การติดตั้งเครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดลองการให้สารอาหารแบบต่อเนื่อง (Continuous)..... 68

รูปที่ 4.1 เปรียบเทียบปริมาณไฮโดรคาร์บอนทั้งหมดที่เหลืออยู่ระหว่างในระดับขวดเขย่าและระดับถังหมักทั้งที่มีการเติมจุลินทรีย์และไม่มีการเติมจุลินทรีย์..... 76

รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำมันดิบที่เหลือทั้งหมด (%) จากการย่อยสลายของเชื้อผสมและการเจริญของเชื้อผสม (จำนวนเซลล์ที่มีชีวิต,Log(CFU/ml)) ซึ่งเปรียบเทียบระหว่างในระดับขวดเขย่ากับในระดับถังหมัก ขนาด 3 ลิตร ในระดับห้องปฏิบัติการ เมื่อเลี้ยงเชื้อในอาหารเหลว BH ที่มีน้ำมันดิบ 0.5 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 20°ซ ค่าความเป็นกรด - ด่างเริ่มต้นของอาหารเลี้ยงเชื้อ เท่ากับ 8.0 และอัตราส่วนเชื้อแบคทีเรียที่ผลิตสารลดแรงตึงผิวชีวภาพได้ต่อกลุ่มจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายน้ำมันดิบได้ เท่ากับ 2 :1..... 77

หน้า

รูปที่ 4.3 เปรียบเทียบปริมาณไฮโดรคาร์บอนทั้งหมดที่หายไป (%) จากการระเหยและจากการย่อยสลายน้ำมันดิบโดยกลุ่มจุลินทรีย์ ระหว่างในระดับถังหมักกับในระดับขวดเขย่า..... 78

รูปที่ 4.4 เปรียบเทียบปริมาณไฮโดรคาร์บอนทั้งหมดที่เหลืออยู่ระหว่างอัตราส่วนเชื้อแบคทีเรียที่ผลิตสารลดแรงตึงผิวชีวภาพได้ต่อกลุ่มจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายน้ำมันดิบได้ เท่ากับ 1 : 1 กับ อัตราส่วนเชื้อแบคทีเรียที่ผลิตสารลดแรงตึงผิวชีวภาพได้ต่อกลุ่มจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายน้ำมันดิบได้ เท่ากับ 2 :1ที่ภาวะอุณหภูมิเท่ากับ 30 °ซ ความเป็นกรด – ด่างเริ่มต้น เท่ากับ 8.0 อัตราการให้อากาศเท่ากับ 1.0 v.v.m (โดยปริมาตรต่อปริมาตรต่อนาที)..... 82

รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไฮโดรคาร์บอนทั้งหมดที่เหลือ (%) กับค่าการดูดกลืนแสงที่ 600 นาโนเมตร เปรียบเทียบอัตราส่วนเชื้อแบคทีเรียที่ผลิตสารลดแรงตึงผิวชีวภาพได้ต่อกลุ่มจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายน้ำมันดิบได้ เท่ากับ 1 : 1 กับอัตราส่วนเชื้อแบคทีเรียที่ผลิตสารลดแรงตึงผิวชีวภาพได้ต่อกลุ่มจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายน้ำมันดิบได้ เท่ากับ 2 : 1 ที่ภาวะอุณหภูมิเท่ากับ 30 °ซ ความเป็นกรด – ด่างเริ่มต้น เท่ากับ 8.0 อัตราการให้อากาศเท่ากับ 1.0 v.v.m (โดยปริมาตรต่อปริมาตรต่อนาที)..... 83

รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไฮโดรคาร์บอนทั้งหมดที่เหลือ (%) กับการเจริญเติบโตของกลุ่มจุลินทรีย์ เปรียบเทียบอัตราส่วนเชื้อแบคทีเรียที่ผลิตสารลดแรงตึงผิวชีวภาพได้ต่อกลุ่มจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายน้ำมันดิบได้ เท่ากับ 1 : 1 กับอัตราส่วนเชื้อแบคทีเรียที่ผลิตสารลดแรงตึงผิวชีวภาพได้ต่อกลุ่มจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายน้ำมันดิบได้ เท่ากับ 2 : 1 ที่ภาวะอุณหภูมิเท่ากับ 30 °ซ ความเป็นกรด – ด่างเริ่มต้น เท่ากับ 8.0 อัตราการให้อากาศเท่ากับ 1.0 v.v.m (โดยปริมาตรต่อปริมาตรต่อนาที)... 84

รูปที่ 4.7 เปรียบเทียบปริมาณไฮโดรคาร์บอนทั้งหมดที่หายไป (%) จากการระเหยและจากการย่อยสลายน้ำมันดิบโดยกลุ่มจุลินทรีย์ระหว่างอัตราส่วนเชื้อแบคทีเรียที่ผลิตสารลดแรงตึงผิวชีวภาพได้ต่อกลุ่มจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายน้ำมันดิบได้ เท่ากับ 1 : 1 กับอัตราส่วนเชื้อแบคทีเรียที่ผลิตสารลดแรงตึงผิวชีวภาพได้ต่อกลุ่มจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายน้ำมันดิบได้ เท่ากับ 2 : 1 ที่ภาวะอุณหภูมิเท่ากับ 30 °ซ ความเป็นกรด – ด่างเริ่มต้น เท่ากับ 8.0 อัตราการให้อากาศเท่ากับ 1.0 v.v.m (โดยปริมาตรต่อปริมาตรต่อนาที)..... 85

หน้า

รูปที่ 4.8 เปรียบเทียบปริมาณไฮโดรคาร์บอนทั้งหมดที่เหลืออยู่โดยแปรผันค่าความเป็นกรด – ด่างเริ่มต้น เป็น 6.0 , 7.0 และ 8.0 ที่ภาวะอุณหภูมิเท่ากับ 30 °ซ อัตราการให้อากาศเท่ากับ 1.0 v.v.m (โดยปริมาตรต่อปริมาตรต่อนาที) และอัตราส่วนเชื้อแบคทีเรียที่ผลิตสารลดแรงตึงผิวชีวภาพได้ต่อกลุ่มจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายน้ำมันดิบได้ เท่ากับ 2 : 1 กับชุดควบคุมที่ไม่มีการเติมจุลินทรีย์..... 88

รูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไฮโดรคาร์บอนทั้งหมดที่เหลือ (%) กับการเจริญเติบโตของกลุ่มจุลินทรีย์ เปรียบเทียบปริมาณไฮโดรคาร์บอนทั้งหมดที่เหลืออยู่โดยแปรผันค่าความเป็นกรด – ด่างเริ่มต้น เป็น 6.0 , 7.0 และ 8.0 ที่ภาวะอุณหภูมิเท่ากับ 30 °ซ อัตราการให้อากาศเท่ากับ 1.0 v.v.m (โดยปริมาตรต่อปริมาตรต่อนาที) และอัตราส่วนเชื้อแบคทีเรียที่ผลิตสารลดแรงตึงผิวชีวภาพได้ต่อกลุ่มจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายน้ำมันดิบได้ เท่ากับ 2 : 1 กับชุดควบคุมที่ไม่มีการเติมจุลินทรีย์..... 89

รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไฮโดรคาร์บอนทั้งหมดที่เหลือ (%) กับค่าการดูดกลืนแสงที่ 600 นาโนเมตร เปรียบเทียบปริมาณไฮโดรคาร์บอนทั้งหมดที่เหลืออยู่โดยแปรผันค่าความเป็นกรด – ด่างเริ่มต้น เป็น 6.0 , 7.0 และ 8.0 ที่ภาวะอุณหภูมิเท่ากับ 30 °ซ อัตราการให้อากาศเท่ากับ 1.0 v.v.m (โดยปริมาตรต่อปริมาตรต่อนาที) และอัตราส่วนเชื้อแบคทีเรียที่ผลิตสารลดแรงตึงผิวชีวภาพได้ต่อกลุ่มจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายน้ำมันดิบได้ เท่ากับ 2 : 1 กับชุดควบคุมที่ไม่มีการเติมจุลินทรีย์..... 90

รูปที่ 4.11 เปรียบเทียบปริมาณไฮโดรคาร์บอนทั้งหมดที่หายไป (%) จากการระเหยและจากการย่อยสลายน้ำมันดิบโดยกลุ่มจุลินทรีย์โดยแปรผันค่าความเป็นกรด – ด่างเริ่มต้น เป็น 6.0 , 7.0 และ 8.0 ที่ภาวะอุณหภูมิเท่ากับ 30 °ซ อัตราการให้อากาศเท่ากับ 1.0 v.v.m (โดยปริมาตรต่อปริมาตรต่อนาที) และอัตราส่วนเชื้อแบคทีเรียที่ผลิตสารลดแรงตึงผิวชีวภาพได้ต่อกลุ่มจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายน้ำมันดิบได้ เท่ากับ 2 : 1 กับชุดควบคุมที่ไม่มีการเติมจุลินทรีย์.... 91

หน้า

รูปที่ 4.12 เปรียบเทียบปริมาณไฮโดรคาร์บอนทั้งหมดที่เหลืออยู่โดยแปรผันอุณหภูมิในการเลี้ยงเชื้อผสม เป็น 25 °ซ , 30 °ซ และ 35 °ซ ที่ภาวะค่าความเป็นกรด – ด่างเริ่มต้น เท่ากับ 8.0 อัตราการให้อากาศเท่ากับ 1.0 v.v.m (โดยปริมาตรต่อปริมาตรต่อนาที) และอัตราส่วนเชื้อแบคทีเรียที่ผลิตสารลดแรงตึงผิวชีวภาพได้ต่อกลุ่มจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายน้ำมันดิบได้ เท่ากับ 2 : 1 กับ ชุดควบคุมที่ไม่มีการเติมจุลินทรีย์ ที่ 25 °ซ , 30 °ซ และ 35 °ซ..... 94

รูปที่ 4.13 เปรียบเทียบค่าจำนวนเซลล์ที่มีชีวิต (logCFU/ml) ระหว่างอัตราส่วนเชื้อแบคทีเรียที่ผลิตสารลดแรงตึงผิวชีวภาพได้ต่อกลุ่มจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายน้ำมันดิบได้ เท่ากับ 2 : 1 กับ ชุดควบคุมที่ไม่มีการเติมจุลินทรีย์ โดยแปรผันอุณหภูมิในการเลี้ยงเชื้อผสม เป็น 25 °ซ , 30 °ซ และ 35 °ซ ที่ภาวะค่าความเป็นกรด – ด่างเริ่มต้น เท่ากับ 8 .0 อัตราการให้อากาศเท่ากับ 1.0 v.v.m (โดยปริมาตรต่อปริมาตรต่อนาที) 95

รูปที่ 4.14 เปรียบเทียบค่าการดูดกลืนแสงที่ 600 นาโนเมตร ระหว่างอัตราส่วนเชื้อแบคทีเรียที่ผลิตสารลดแรงตึงผิวชีวภาพได้ต่อกลุ่มจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายน้ำมันดิบได้ เท่ากับ 2 : 1 กับ ชุดควบคุมที่ไม่มีการเติมจุลินทรีย์ โดยแปรผันอุณหภูมิ เป็น 25 °ซ , 30 °ซ และ 35 °ซ ที่ภาวะค่าความเป็นกรด – ด่างเริ่มต้น เท่ากับ 8 .0 อัตราการให้อากาศเท่ากับ 1.0 v.v.m (โดยปริมาตรต่อปริมาตรต่อนาที)..... 96

รูปที่ 4.15 เปรียบเทียบปริมาณไฮโดรคาร์บอนทั้งหมดที่หายไป (%) จากการระเหยและจากการย่อยสลายน้ำมันดิบโดยกลุ่มจุลินทรีย์โดยแปรผันอุณหภูมิในการเลี้ยงเชื้อผสม เป็น 25 °ซ , 30 °ซ และ 35 °ซ ที่ภาวะค่าความเป็นกรด – ด่างเริ่มต้น เท่ากับ 8.0 อัตราการให้อากาศเท่ากับ 1.0 v.v.m (โดยปริมาตรต่อปริมาตรต่อนาที) และอัตราส่วนเชื้อแบคทีเรียที่ผลิตสารลดแรงตึงผิวชีวภาพได้ต่อกลุ่มจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายน้ำมันดิบได้ เท่ากับ 2 : 1 กับ ชุดควบคุมที่ไม่มีการเติมจุลินทรีย์ ที่ 25 °ซ , 30 °ซ และ 35 °ซ..... 97

หน้า

รูปที่ 4.16 เปรียบเทียบปริมาณไฮโดรคาร์บอนทั้งหมดที่เหลืออยู่โดยแปรผันอัตราการให้อากาศในการเลี้ยงเชื้อผสม เป็น 0.1 v.v.m (โดยปริมาตรต่อปริมาตรต่อนาที), 0.5 v.v.m (โดยปริมาตรต่อปริมาตรต่อนาที) และ 1.0 v.v.m (โดยปริมาตรต่อปริมาตรต่อนาที) ที่ภาวะค่าความเป็นกรด – ด่างเริ่มต้น เท่ากับ 8.0 อุณหภูมิเท่ากับ 25 °ซ และอัตราส่วนเชื้อแบคทีเรียที่ผลิตสารลดแรงตึงผิวชีวภาพได้ต่อกลุ่มจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายน้ำมันดิบได้ เท่ากับ 2 : 1 กับ ชุดควบคุมที่ไม่มีการเติมจุลินทรีย์ ที่ 0.1 v.v.m , 0.5 v.v.m และ 1.0 v.v.m (โดยปริมาตรต่อปริมาตรต่อนาที)..... 100

รูปที่ 4.17 เปรียบเทียบค่าจำนวนเซลล์ที่มีชีวิต (logCFU/ml) ระหว่างอัตราส่วนเชื้อแบคทีเรียที่ผลิตสารลดแรงตึงผิวชีวภาพได้ต่อกลุ่มจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายน้ำมันดิบได้ เท่ากับ 2 : 1 กับที่ไม่มีการเติมจุลินทรีย์ โดยแปรผันอัตราการให้อากาศในการเลี้ยงเชื้อผสม เป็น 0.1 v.v.m (โดยปริมาตรต่อปริมาตรต่อนาที), 0.5 v.v.m (โดยปริมาตรต่อปริมาตรต่อนาที) และ 1 v.v.m (โดยปริมาตรต่อปริมาตรต่อนาที) ที่ภาวะค่าความเป็นกรด – ด่างเริ่มต้น เท่ากับ 8.0 อุณหภูมิเท่ากับ 25 °ซ 101

รูปที่ 4.18 เปรียบเทียบค่าการดูดกลืนแสงที่ 600 นาโนระหว่างอัตราส่วนเชื้อแบคทีเรียที่ผลิตสารลดแรงตึงผิวชีวภาพได้ต่อกลุ่มจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายน้ำมันดิบได้ เท่ากับ 2 : 1 กับที่ไม่มีการเติมจุลินทรีย์ โดยแปรผันอัตราการให้อากาศในการเลี้ยงเชื้อผสม เป็น 0.1 v.v.m (โดยปริมาตรต่อปริมาตรต่อนาที), 0.5 v.v.m (โดยปริมาตรต่อปริมาตรต่อนาที) และ 1 v.v.m (โดยปริมาตรต่อปริมาตรต่อนาที) ที่ภาวะค่าความเป็นกรด – ด่างเริ่มต้น เท่ากับ 8.0 อุณหภูมิเท่ากับ 25 °ซ 102

รูปที่ 4.19 เปรียบเทียบปริมาณไฮโดรคาร์บอนทั้งหมดที่หายไป (%) จากการระเหยและจากการย่อยสลายน้ำมันดิบโดยกลุ่มจุลินทรีย์โดยแปรผันอัตราการให้อากาศในการเลี้ยงเชื้อผสม เป็น 0.1 v.v.m (โดยปริมาตรต่อปริมาตรต่อนาที), 0.5 v.v.m (โดยปริมาตรต่อปริมาตรต่อนาที) และ 1 v.v.m (โดยปริมาตรต่อปริมาตรต่อนาที) ที่ภาวะค่าความเป็นกรด – ด่างเริ่มต้น เท่ากับ 8.0 อุณหภูมิเท่ากับ 25 °ซ และอัตราส่วนเชื้อแบคทีเรียที่ผลิตสารลดแรงตึงผิวชีวภาพได้ต่อกลุ่มจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายน้ำมันดิบได้ เท่ากับ 2 : 1 กับ ชุดควบคุมที่ไม่มีการเติมจุลินทรีย์

หน้า

ที่ 0.1 v.v.m , 0.5 v.v.m และ 1.0 v.v.m (โดยปริมาตรต่อปริมาตรต่อนาที)..... 103

รูปที่ 4.20 ความสัมพันธ์ของปริมาณไฮโดรคาร์บอนทั้งหมดที่เหลือกับการเจริญเติบโตของกลุ่มจุลินทรีย์ในภาวะที่เหมาะสม เมื่อมีการใช้เกลือแร่ในรูปของอาหารเลี้ยงเชื้อ Bushnell and Haas และน้ำมันดิบ (Tapis crude oil) 0.5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ที่ไม่มีการเติมสารอาหารในถังหมัก..... 106

รูปที่ 4.21 ความสัมพันธ์ของปริมาณไฮโดรคาร์บอนทั้งหมดที่เหลือกับค่าการดูดกลืนแสงที่ 600 นาโนเมตรในภาวะที่เหมาะสม เมื่อมีการใช้เกลือแร่ในรูปของอาหารเลี้ยงเชื้อ Bushnell and Haas และน้ำมันดิบ (Tapis crude oil) 0.5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ที่ไม่มีการเติมสารอาหารในถังหมัก..... 107

รูปที่ 4.22 ความสัมพันธ์ของปริมาณไฮโดรคาร์บอนทั้งหมดที่เหลือกับการเจริญเติบโตของกลุ่มจุลินทรีย์ (จำนวนเซลล์ที่มีชีวิต : logCFU/ml) ในภาวะที่เหมาะสม เมื่อมีการใช้เกลือแร่ในรูปของอาหารเลี้ยงเชื้อ Bushnell and Haas และน้ำมันดิบ (Tapis crude oil) 0.5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ที่มีการเติมสารอาหารอย่างต่อเนื่องในถังหมัก..... 108

รูปที่ 4.23 ความสัมพันธ์ของปริมาณไฮโดรคาร์บอนทั้งหมดที่เหลือกับค่าการดูดกลืนแสงที่ 600 นาโนเมตร ในภาวะที่เหมาะสม เมื่อมีการใช้เกลือแร่ในรูปของอาหารเลี้ยงเชื้อ Bushnell and Haas และน้ำมันดิบ(Tapis crude oil) 0.5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ที่มีการเติมสารอาหารอย่างต่อเนื่องในถังหมัก..... 109

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย