การประยุกต์ใช้แบคทีเรียสำเร็จรูปในการบำบัดน้ำเสีย ที่มีน้ำมันและไขมัน

นางสาว วรรษา โชติชัยสถิตย์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2541

ISBN 974-639-596 -3

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I15336429

APPLICATION OF COMMERCIAL CULTURED BACTERIA FOR THE TREATMENT OF OILY WASTEWATER

Miss. Vassa Chotchaisathit

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 1998

ISBN 974-639-596-3

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประยุกต์ใช้แบคทีเรียสำเร็จรูปในการบำบัดน้ำเสียที่มีน้ำมันและไขมัน
โดย	นางสาว วรรษา โชติชัยสถิตย์
สหสาขาวิชา	วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. เพ็ชรพร เชาวกิจเจริญ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	นายไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์

.....

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์นายแพทย์ ศุภวัฒน์ ชุติวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิพัฒน์ พัฒนผลไพบูลย์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร. เพ็ชรพร เชาวกิจเจริญ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(นายไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กำธร ธีรคุปต์)

วรรษา โชติชัยสถิตย์ : การประยุกต์ใช้แบคทีเรียสำเร็จรูปในการบำบัดน้ำเสียที่มีน้ำมันและไขมัน (APPLICATION OF COMMERCIAL CULTURED BACTERIA FOR THE TREATMENT OF OILY WASTEWATER) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร. เพ็ชรพร เชาวกิจเจริญ , อ. ที่ปรึกษา ร่วม : นายไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์ , 147 หน้า. ISBN 974-639-596-3

การศึกษาประสิทธิภาพแบคทีเรียสำเร็จรูป สำหรับการย่อยสลายน้ำเสียที่มีน้ำมันและไขมัน โดยทำการศึกษากับแหล่งน้ำเสียที่มีความเข้มข้นของน้ำมันและไขมันแตกต่างกัน 4 แหล่งน้ำเสีย ได้แก่ น้ำเสียโรงนมโฟร์โมสต์ น้ำเสียโรงงานควีนมารีน น้ำเสียห้างสรรพสินค้าโรบินสัน และน้ำเสียสังเคราะห์ ที่ระดับความเข้มข้นของน้ำมันและไขมันเฉลี่ย 450 145 378 และ 3100 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และมีค่าซีโอดีเฉลี่ย 895 1321 1450 และ 4383 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ การศึกษาใช้แบคทีเรียสำเร็จรูปที่จำหน่ายในประเทศไทย 2 ชนิด คือ แบคทีเรียสำเร็จรูป MICRO -ZIME SLB 100 ซึ่งประกอบด้วยแบคทีเรียจำพวก *Bacillus* และ MICRO -ZIME L100 ซึ่งประกอบด้วยแบคทีเรีย *Bacillus subtilis Psuedomonas* และ *Actinomyces* โดยทำการศึกษาในระดับห้องปฏิบัติการ เปรียบเทียบกับชุดควบคุมซึ่งใช้เชื้อแบคทีเรียจากหัวเชื้อในระบบบำบัดน้ำเสียของแต่ละแหล่ง

ผลการศึกษาพบว่า ชุดควบคุม (ไม่มีการเติมแบคทีเรียสำเร็จรูป) ในการบำบัดน้ำเสีย 4 แหล่งคือ น้ำเสียโรงนมโฟร์โมสต์ น้ำเสียโรงงานควีนมารีน น้ำเสียห้างสรรพสินค้าโรบินสัน และน้ำเสียสังเคราะห์ สามารถลดค่าน้ำมันและไขมันได้ร้อยละ 78.4 90 94 และ 89 ตามลำดับ และลดค่าซีโอดีได้ร้อยละ 92.4 74 92 และ 68 ตามลำดับ ส่วนการใช้แบคทีเรียสำเร็จรูป MICRO -ZIME SLB 100 ในการบำบัดสามารถลดค่าน้ำมันและไขมันได้ร้อยละ 84.6 94 97.7 และ 97 ตามลำดับ และสามารถลดค่าซีโอดี ได้ร้อยละ 94.3 78 88 และ 86.8 ตามลำดับ และสำหรับการใช้แบคทีเรียสำเร็จรูป MICRO -ZIME L100 ในการบำบัดน้ำเสีย 3 แหล่งคือ น้ำเสียโรงงานควีนมารีน น้ำเสียห้างสรรพสินค้าโรบินสัน และน้ำเสียสังเคราะห์ สามารถลดค่าน้ำมันและไขมันได้ร้อยละ 89 94 และ 96.8 ตามลำดับ และสามารถลดค่าซีโอดีได้ร้อยละ 83 86 และ 87.1 ตามลำดับ ในการบำบัดนาน 2 วัน ซึ่งมีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงสุดโดยใช้แบคทีเรียสำเร็จรูปในปริมาณ 10 มิลลิกรัมต่อลิตรของน้ำเสีย ต่อวัน ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยอโนวา สรุปได้ว่าการใช้แบคทีเรียสำเร็จรูปไม่มีผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพในการลดน้ำมันและไขมัน และค่าซีโอดี ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % แสดงว่า การใช้หัวเชื้อจากระบบบำบัดน้ำเสียที่มีน้ำมันและไขมันปนเปื้อนในชุดควบคุมสามารถกำจัดน้ำมันและไขมัน และลดค่าซีโอดีได้อย่างมีประสิทธิภาพดีและได้ผลเพียงพอแล้ว โดยไม่ต้องเติมแบคทีเรียสำเร็จรูป ในขณะที่เมื่อพิจารณาผลการลดค่าน้ำมันและไขมันในช่วงวันแรก ของผลการทดลอง ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าการใช้แบคทีเรียสำเร็จรูปมีผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพในการลดน้ำมันและไขมัน ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ส่วนการลดค่าซีโอดีไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ภาควิชา สหสาขา ลายมือชื่อนิสิต วรรษา โชติชัยสถิตย์

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2541 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

3971561023 ENVIRONMENTAL SCIENCE
: MAJOR
KEY WORD: COMMERCIAL CULTURED BACTERIA / OILY WASTEWATER
VASSA CHOTCHAISATHIT : APPLICATION OF COMMERCIAL CULTURED BACTERIA FOR THE TREATMENT OF OILY WASTEWATER . THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. PETCHPORN CHAWAKITCHAREON , Ph.D. THESIS COADVISOR : Mr . CHAIYUTH KLINSUKONT , 147 pp.
ISBN 974-639-596-3

The treatability study of efficiency of commercial cultured bacteria for oily wastewater was conducted for Fat, Oil and Grease (FOG) concentrations from 4 different sources. The sources of wastewater are Foremost Factory, Queenmarine Factory, Robinson Department Store and Synthetic wastewater, which have average FOG concentrations of 450, 145, 378 and 3,100 mg/l respectively. In addition, The average Chemical Oxygen Demand (COD) concentration are 895, 1,321, 1,450 and 4,383 mg/l, respectively.Two types of commercial cultured bacteria are available in Thailand, namely MICRO-ZIME SLB 100 consisting of *Bacillus* and MICRO-ZIME L100 consisting of *Bacillus subtilis* , *Psuedomonas* and *Actinomyces*. The study was conducted in a laboratory scale, comparison was made with a control unit using seeds from existing wastewater treatment plant.

The removal efficiency of FOG of the control unit (without commercial cultured bacteria) for treating wastewater from Foremost Factory, Queenmarine Factory, Robinson Department Store and Synthetic wastewater was 78.4 %, 90%, 94% and 89% respectively and for COD 92.4%, 74%, 92% and 68%, respectively. The removal efficiency of FOG using MICRO-ZIME SLB 100 for the wastewater generated from, Foremost Factory, Queenmarine Factory, Robinson Department Store and Synthetic wastewater was 84.6%, 94%, 97.7%, and 97% , respectively and for COD 94.3%, 78%, 88%, 86.8%, respectively. The removal efficiency of FOG using MICRO-ZIME L100 for the treatment of wastewater generated from Queenmarine Factory, Robinson Department Store and Synthetic wastewater was 89%, 94%, and 96.8%, respectively and for COD 83%, 86% and 87.1%, respectively. The treatment of each batch used 10 mg of commercial cultured bacteria per 1 L of wastewater per day with an aeration time of 2 days which had the best performance. From statistic analysis using anova . It can be summarized that application of commercial cultured bacteria does not affect to the increasing of the efficiency in FOG and COD removal at 95% confidence interval. Therefore, It can be concluded that the removal efficencies of FOG and COD using seeds from existing wastewater treatment plant is effective and sufficient , not necessary to use the commercial cultured bacteria. Whereas the results of the first day has an effect to the increasing of the efficiency in FOG removal at 95% confidence interval. But the application does not affect to the increasing of COD removal at 95% confidence interval.

ภาควิชา สหสาขา ลายมือชื่อนิสิต วัสสา โชติชัยสถิตย์

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2541 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วย ความกรุณาอย่างดียิ่งของ รศ. ดร. เพ็ชรพร เชาวกิจเจริญ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่กรุณาให้คำแนะนำ ปรึกษา และเอาใจใส่ตลอดมา ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร. พิพัฒน์ พัฒนผลไพบูลย์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และผศ.ดร.กำธร ธีรคุปต์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่กรุณาตรวจทานและแก้ไข เพื่อให้วิทยานิพนธ์ได้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ คุณไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์ รองผู้ว่าการบริการ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้เมตตาอนุเคราะห์ให้คำแนะนำและปรึกษาในการวิจัย และขอขอบพระคุณ คุณสุชาติ ฑีฆกุล หัวหน้าห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย และ คุณปรีชา พลอยภัทรภิญโญ ที่กรุณาให้คำแนะนำ และพี่ๆ เพื่อนๆในห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมทุกคน ที่ให้ความช่วยเหลือ เอื้อเฟื้อสถานที่ทำการทดลอง เครื่องมืออุปกรณ์ และสารเคมีในการทำการวิจัยนี้

ขอขอบพระคุณทางโรงงานนมโฟร์โมสต์ โรงงานควีนมารีน และห้างสรรพสินค้าโรบินสัน ที่อนุเคราะห์น้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง

ขอขอบพระคุณ มูลนิธิ ชิน โสภณพนิช ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนการศึกษา และการวิจัยในครั้งนี้ทั้งหมด

และสุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ คุณแม่ พี่ และน้องๆ ที่ให้ความรัก ความเข้าใจ และกำลังใจเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญรูป ..... ฒ

คำอธิบายสัญลักษณ์และตัวย่อ..... ธ

บทที่

1. บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา 1

1.3 สมมติฐานการศึกษา..... 1

1.4 ขอบเขตการศึกษา..... 2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

2. การตรวจสอบเอกสาร

2.1 น้ำมันและไขมัน 3

2.2 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอ็คทิเว็ตเต็ดสลัดจ์ (Activated Sludge)..... 5

2.3 แบคทีเรียสำเร็จรูป 12

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 14

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วิธีดำเนินการวิจัย.....19

3.1.1 ขั้นเตรียมการทดลอง..... 20

3.1.2 ขั้นการศึกษาประสิทธิภาพของแบคทีเรียสำเร็จรูป..... 22

3.1.3 ขั้นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพ..... 28

3.2 แหล่งน้ำเสียที่ใช้ในการศึกษาวิจัย..... 28

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ หน้า

4. ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ผลการวิเคราะห์น้ำเสียที่ใช้ในการศึกษาวิจัย 30

4.2 การศึกษาประสิทธิภาพในการใช้แบคทีเรียสำเร็จรูป 34

4.3 การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพ 62

5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 96

รายการอ้างอิง 99

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. 102

ภาคผนวก ข. 106

ภาคผนวก ค. 112

ภาคผนวก ง. 116

ภาคผนวก จ. 122

ภาคผนวก ฉ. 135

ภาคผนวก ช. 140

ภาคผนวก ซ. 144

ภาคผนวก ฌ. 146

ประวัติผู้วิจัย 147

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

3.1 รายละเอียดของการทดลอง 20
3.2 พารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้ในการทดลอง 27
4.1 คุณลักษณะของน้ำเสีย โรงงานนมโฟร์โมสต์ 31
4.2 คุณลักษณะของน้ำเสีย โรงงานควีนมารีน 32
4.3 คุณลักษณะของน้ำเสีย ห้างสรรพสินค้าโรบินสัน 32
4.4 คุณลักษณะของน้ำเสียสังเคราะห์ 33
4.5 เปรียบเทียบผลเฉลี่ยจากทั้งสามครั้งการทดลองในแต่ละชุดการทดลอง ในวันที่ 2 87
4.6 เปรียบเทียบผลเฉลี่ยจากทั้งสามครั้งการทดลองในแต่ละชุดการทดลอง ในวันที่ 1 89
4.7 ผลการศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำมันและไขมัน ในวันที่ 2 90
4.8 ผลการคำนวณประสิทธิภาพการกำจัดน้ำมันและไขมันในวันที่ 2 ทางสถิติ 91
4.9 ผลการศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี ในวันที่ 2 91
4.10 ผลการคำนวณประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีนวันที่ 2 ทางสถิติ 92
4.11 ผลการศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำมันและไขมัน ในวันที่ 1 93
4.12 ผลการคำนวณประสิทธิภาพการกำจัดน้ำมันและไขมันในวันที่ 1 ทางสถิติ 93
4.13 ผลการศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี ในวันที่ 1 94
4.14 ผลการคำนวณประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีในวันที่ 1 ทางสถิติ 94
ก.1 คุณลักษณะของน้ำเสียโรงงานนมโฟร์โมสต์ 102
ก.2 คุณลักษณะของน้ำเสียโรงงานควีนมารีน 103
ก.3 คุณลักษณะของน้ำเสียโรบินสัน 104
ก.4 คุณลักษณะของน้ำเสียสังเคราะห์ 105
ข.1 ประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำมันและไขมัน ในน้ำเสียโรงงานควีนมารีน 106
ข.2 ประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำมันและไขมัน ในน้ำเสียโรบินสัน 107
ข.3 ประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำมันและไขมัน ในน้ำเสียสังเคราะห์ 108
ข.4 ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี ในน้ำเสียโรงงานควีนมารีน 109
ข.5 ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี ในน้ำเสียโรบินสัน 110
ข.6 ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี ในน้ำเสียสังเคราะห์ 111
ค.1 ผลการศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำมันและไขมัน ในน้ำเสีย
โรงงานนมโฟร์โมสต์ ที่ความเข้มข้นน้ำมันและไขมัน 200 มก/ล 112

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ค.2 ผลการศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำมันและไขมัน ในน้ำเสีย
โรงงานนมโฟร์โมสต์ ที่ความเข้มข้นน้ำมันและไขมัน 700 มก/ล 112
ค.3 ผลการศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำมันและไขมัน ในน้ำเสียสังเคราะห์จาก
น้ำเสียโรงงานนมโฟร์โมสต์ ที่ความเข้มข้นน้ำมันและไขมัน 1,000 มก/ล 113
ค.4 ผลการศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำมันและไขมัน ในน้ำเสียสังเคราะห์จาก
น้ำเสียโรงงานนมโฟร์โมสต์ ที่ความเข้มข้นน้ำมันและไขมัน 2,000 มก/ล 113
ค.5 ผลการศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีในน้ำเสียโรงงานนมโฟร์โมสต์
ที่ความเข้มข้นน้ำมันและไขมัน 200 มก/ล 114
ค.6 ผลการศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีในน้ำเสียโรงงานนมโฟร์โมสต์
ที่ความเข้มข้นน้ำมันและไขมัน 700 มก/ล 114
ค.7 ผลการศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีในน้ำเสียสังเคราะห์จาก
น้ำเสียโรงงานนมโฟร์โมสต์ ที่ความเข้มข้นน้ำมันและไขมัน 1,000 มก/ล 115
ค.8 ผลการศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีในน้ำเสียสังเคราะห์จาก
น้ำเสียโรงงานนมโฟร์โมสต์ ที่ความเข้มข้นน้ำมันและไขมัน 2,000 มก/ล 115
ง.1 ผลการทดลองศึกษาประสิทธิภาพการกำจัด FOG ในน้ำเสียโรบินสัน โดยวิธี
การเติมอากาศในน้ำเสียที่มีการเติมเชื้อแบคทีเรียสำเร็จรูปก่อนเป็นเวลา 1 ชั่วโมง.....116
ง.2 ผลการทดลองศึกษาประสิทธิภาพการกำจัด COD ในน้ำเสียโรบินสัน โดยวิธี
การเติมอากาศในน้ำเสียที่มีการเติมเชื้อแบคทีเรียสำเร็จรูปก่อนเป็นเวลา 1 ชั่วโมง.....117
ง.3 ผลการทดลองศึกษาประสิทธิภาพการกำจัด FOG ในน้ำเสียสังเคราะห์ โดยวิธี
การเติมอากาศในน้ำเสียที่มีการเติมเชื้อแบคทีเรียสำเร็จรูปก่อนเป็นเวลา 1 ชั่วโมง.....118
ง.4 ผลการทดลองศึกษาประสิทธิภาพการกำจัด COD ในน้ำเสียสังเคราะห์ โดยวิธี
การเติมอากาศในน้ำเสียที่มีการเติมเชื้อแบคทีเรียสำเร็จรูปก่อนเป็นเวลา 1 ชั่วโมง.....119
ง.5 ผลการทดลองศึกษาประสิทธิภาพการกำจัด FOG ในน้ำเสียสังเคราะห์ โดยวิธี
การเติมอากาศในน้ำเสียที่มีการเติมเชื้อแบคทีเรียสำเร็จรูปก่อนเป็นเวลา 24 ชั่วโมง.....120
ง.6 ผลการทดลองศึกษาประสิทธิภาพการกำจัด COD ในน้ำเสียสังเคราะห์ โดยวิธี
การเติมอากาศในน้ำเสียที่มีการเติมเชื้อแบคทีเรียสำเร็จรูปก่อนเป็นเวลา 24 ชั่วโมง.....121
จ.1 ผลการวิเคราะห์ค่า พีเอช ดีโอ และอุณหภูมิ สำหรับการทดลองในน้ำเสีย
โรงงานนมโฟร์โมสต์ ที่ความเข้มข้นน้ำมันและไขมันเริ่มต้น 200 มก/ล.....122
จ.2 ผลการวิเคราะห์ค่า พีเอช ดีโอ และอุณหภูมิ สำหรับการทดลองในน้ำเสีย
โรงงานนมโฟร์โมสต์ ที่ความเข้มข้นน้ำมันและไขมันเริ่มต้น 700 มก/ล.....122.

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

จ.3 ผลการวิเคราะห์ค่า พีเอช ดีโอ และอุณหภูมิ สำหรับการทดลองในน้ำเสีย
โรงงานนมโฟร์โมสต์ ที่ความเข้มข้นน้ำมันและไขมันเริ่มต้น 1000 มก/ล.....123
จ.4 ผลการวิเคราะห์ค่า พีเอช ดีโอ และอุณหภูมิ สำหรับการทดลองในน้ำเสีย
โรงงานนมโฟร์โมสต์ ที่ความเข้มข้นน้ำมันและไขมันเริ่มต้น 2000 มก/ล.....123
จ.5 ผลการวิเคราะห์ค่า SV_{30} , MLSS และ SVI สำหรับการทดลองในน้ำเสีย
โรงงานนมโฟร์โมสต์ ที่ความเข้มข้นน้ำมันและไขมันเริ่มต้น 200 มก/ล.....124
จ.6 ผลการวิเคราะห์ค่า SV_{30} , MLSS และ SVI สำหรับการทดลองในน้ำเสีย
โรงงานนมโฟร์โมสต์ ที่ความเข้มข้นน้ำมันและไขมันเริ่มต้น 700 มก/ล.....124
จ.7 ผลการวิเคราะห์ค่า SV_{30} , MLSS และ SVI สำหรับการทดลองในน้ำเสีย
โรงงานนมโฟร์โมสต์ ที่ความเข้มข้นน้ำมันและไขมันเริ่มต้น 1000 มก/ล..... 125
จ.8 ผลการวิเคราะห์ค่า SV_{30} , MLSS และ SVI สำหรับการทดลองในน้ำเสีย
โรงงานนมโฟร์โมสต์ ที่ความเข้มข้นน้ำมันและไขมันเริ่มต้น 2000 มก/ล.....125
จ.9 ผลการวิเคราะห์ค่า พีเอช ดีโอ และอุณหภูมิ สำหรับการทดลองในน้ำเสีย
โรงงานควีนมารีน.....126
จ.10 ผลการวิเคราะห์ค่า พีเอช ดีโอ และอุณหภูมิ สำหรับการทดลองในน้ำเสีย
ห้างสรรพสินค้าโรบินสัน.....127
จ.11 ผลการวิเคราะห์ค่า พีเอช ดีโอ และอุณหภูมิ สำหรับการทดลองในน้ำเสีย
สังเคราะห์.....129
จ.12 ผลการวิเคราะห์ค่า SV_{30} , MLSS และ SVI สำหรับการทดลองในน้ำเสีย
โรงงานควีนมารีน.....130
จ.13 ผลการวิเคราะห์ค่า SV_{30} , MLSS และ SVI สำหรับการทดลองในน้ำเสีย
ห้างสรรพสินค้าโรบินสัน.....132
จ.14 ผลการวิเคราะห์ค่า SV_{30} , MLSS และ SVI สำหรับการทดลองในน้ำเสีย
สังเคราะห์.....133
ฉ.1 การกระจายของค่า F ที่ 5% และ 1% 136

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 ปฏิกิริยาและการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ที่เกิดขึ้นในกระบวนการบำบัด
ทางชีววิทยาแบบไม่ต่อเนื่อง....6
2.2 อัตราการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในช่วงต่างๆ ในระบบตะกอนเร่ง....8
3.1 ชุดการทดลองในขณะเติมอากาศ ในน้ำเสียโรบินสัน....21
3.2 ชุดการทดลองในขณะปล่อยให้ตกตะกอน ในน้ำเสียสังเคราะห์....21
3.3 แบคทีเรียสำเร็จรูป MICRO-ZIME L 100 และ MICRO-ZIME SLB 100 22
3.4 ขั้นตอนการทดลองของชุดทดลองที่ 1....24
3.5 ขั้นตอนการทดลองของชุดทดลองที่ 2....25
3.6 ขั้นตอนการทดลองของชุดทดลองที่ 3....26
4.1 จุดรวบรวมน้ำเสีย โรงงานนมโฟร์โมสต์....30
4.2 การลดลงของน้ำมันและไขมันในน้ำเสียโรงงานนมโฟร์โมสต์
ที่ความเข้มข้นน้ำมันและไขมันเริ่มต้น 200 มก/ล....35
4.3 ประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำมันและไขมันในน้ำเสียโรงงานนมโฟร์โมสต์
ที่ความเข้มข้นน้ำมันและไขมันเริ่มต้น 200 มก/ล....35
4.4 การลดลงของน้ำมันและไขมันในน้ำเสียโรงงานนมโฟร์โมสต์
ที่ความเข้มข้นน้ำมันและไขมันเริ่มต้น 700 มก/ล....36
4.5 ประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำมันและไขมันในน้ำเสียโรงงานนมโฟร์โมสต์
ที่ความเข้มข้นน้ำมันและไขมันเริ่มต้น 700 มก/ล....36
4.6 การลดลงของน้ำมันและไขมันในน้ำเสียโรงงานนมโฟร์โมสต์
ที่ความเข้มข้นน้ำมันและไขมันเริ่มต้น 1,000 มก/ล....37
4.7 ประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำมันและไขมันในน้ำเสียโรงงานนมโฟร์โมสต์
ที่ความเข้มข้นน้ำมันและไขมันเริ่มต้น 1,000 มก/ล....37
4.8 การลดลงของน้ำมันและไขมันในน้ำเสียโรงงานนมโฟร์โมสต์
ที่ความเข้มข้นน้ำมันและไขมันเริ่มต้น 2,000 มก/ล....38
4.9 ประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำมันและไขมันในน้ำเสียโรงงานนมโฟร์โมสต์
ที่ความเข้มข้นน้ำมันและไขมันเริ่มต้น 2,000 มก/ล....38
4.10 การลดลงของค่าซีโอดี ในน้ำเสียโรงงานนมโฟร์โมสต์
ที่ความเข้มข้นน้ำมันและไขมันเริ่มต้น 200 มก/ล....40

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.11 ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี ในน้ำเสียโรงงานนมโฟร์โมสต์ ที่ความเข้มข้นน้ำมันและไขมันเริ่มต้น 200 มก/ล 40
4.12 การลดลงของซีโอดี ในน้ำเสียโรงงานนมโฟร์โมสต์ ที่ความเข้มข้นน้ำมันและไขมันเริ่มต้น 700 มก/ล 41
4.13 ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี ในน้ำเสียโรงงานนมโฟร์โมสต์ ที่ความเข้มข้นน้ำมันและไขมันเริ่มต้น 700 มก/ล 41
4.14 การลดลงของซีโอดี ในน้ำเสียโรงงานนมโฟร์โมสต์ ที่ความเข้มข้นน้ำมันและไขมันเริ่มต้น 1,000 มก/ล 42
4.15 ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี ในน้ำเสียโรงงานนมโฟร์โมสต์ ที่ความเข้มข้นน้ำมันและไขมันเริ่มต้น 1,000 มก/ล 42
4.16 การลดลงของซีโอดี ในน้ำเสียโรงงานนมโฟร์โมสต์ ที่ความเข้มข้นน้ำมันและไขมันเริ่มต้น 2,000 มก/ล 43
4.17 ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี ในน้ำเสียโรงงานนมโฟร์โมสต์ ที่ความเข้มข้นน้ำมันและไขมันเริ่มต้น 2,000 มก/ล 43
4.18 การลดลงของน้ำมันและไขมัน ชุดควบคุม ในน้ำเสียโรงงานควีนมารีน 45
4.19 ประสิทธิภาพการกำจัดน้ำมันและไขมัน ชุดควบคุมในน้ำเสียโรงงานควีนมารีน 45
4.20 การลดลงของน้ำมันและไขมัน ชุดที่เติม L 100 ในน้ำเสียโรงงานควีนมารีน 45
4.21 ประสิทธิภาพการกำจัดน้ำมันและไขมัน ชุดที่เติม L 100 ในน้ำเสียโรงงานควีนมารีน 46
4.22 การลดลงของน้ำมันและไขมัน ชุดที่เติม SLB 100 ในน้ำเสียโรงงานควีนมารีน 46
4.23 ประสิทธิภาพการกำจัดน้ำมันและไขมัน ชุดที่เติม SLB 100 ในน้ำเสียโรงงานควีนมารีน 46
4.24 การลดลงของค่าซีโอดี ชุดควบคุม ในน้ำเสียโรงงานควีนมารีน 48
4.25 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี ชุดควบคุมในน้ำเสียโรงงานควีนมารีน 48
4.26 การลดลงของค่าซีโอดี ชุดที่เติม L 100 ในน้ำเสียโรงงานควีนมารีน 48
4.27 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี ชุดที่เติม L 100 ในน้ำเสียโรงงานควีนมารีน 49
4.28 การลดลงของค่าซีโอดี ชุดที่เติม SLB 100 ในน้ำเสียโรงงานควีนมารีน 49
4.29 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี ชุดที่เติม SLB 100 ในน้ำเสียโรงงานควีนมารีน 49
4.30 การลดลงของน้ำมันและไขมัน ชุดควบคุม ในน้ำเสียโรบินสัน 51
4.31 ประสิทธิภาพการกำจัดน้ำมันและไขมัน ชุดควบคุมในน้ำเสียโรบินสัน 51

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.32 การลดลงของน้ำมันและไขมัน ชุดที่เติม L 100 ในน้ำเสียโรบินสัน....51
4.33 ประสิทธิภาพการกำจัดน้ำมันและไขมัน ชุดที่เติม L 100 ในน้ำเสียโรบินสัน....52
4.34 การลดลงของน้ำมันและไขมัน ชุดที่เติม SLB 100 ในน้ำเสียโรบินสัน....52
4.35 ประสิทธิภาพการกำจัดน้ำมันและไขมัน ชุดที่เติม SLB 100 ในน้ำเสียโรบินสัน....52
4.36 การลดลงของค่าซีโอดี ชุดควบคุม ในน้ำเสียโรบินสัน....54
4.37 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี ชุดควบคุมในน้ำเสียโรบินสัน....54
4.38 การลดลงของค่าซีโอดี ชุดที่เติม L 100 ในน้ำเสียโรบินสัน.... 54
4.39 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี ชุดที่เติม L 100 ในน้ำเสียโรบินสัน....55
4.40 การลดลงของค่าซีโอดี ชุดที่เติม SLB 100 ในน้ำเสียโรบินสัน....55
4.41 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี ชุดที่เติม SLB 100 ในน้ำเสียโรบินสัน....55
4.42 การลดลงของน้ำมันและไขมัน ชุดควบคุม ในน้ำเสียสังเคราะห์....57
4.43 ประสิทธิภาพการกำจัดน้ำมันและไขมัน ชุดควบคุมในน้ำเสียสังเคราะห์....57
4.44 การลดลงของน้ำมันและไขมัน ชุดที่เติม L 100 ในน้ำเสียสังเคราะห์....57
4.45 ประสิทธิภาพการกำจัดน้ำมันและไขมัน ชุดที่เติม L 100 ในน้ำเสียสังเคราะห์....58
4.46 การลดลงของน้ำมันและไขมัน ชุดที่เติม SLB 100 ในน้ำเสียสังเคราะห์....58
4.47 ประสิทธิภาพการกำจัดน้ำมันและไขมัน ชุดที่เติม SLB 100 ในน้ำเสียสังเคราะห์....58
4.48 การลดลงของค่าซีโอดี ชุดควบคุม ในน้ำเสียสังเคราะห์....60
4.49 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี ชุดควบคุมในน้ำเสียสังเคราะห์....60
4.50 การลดลงของค่าซีโอดี ชุดที่เติม L 100 ในน้ำเสียสังเคราะห์....60
4.51 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี ชุดที่เติม L 100 ในน้ำเสียสังเคราะห์....61
4.52 การลดลงของค่าซีโอดี ชุดที่เติม SLB 100 ในน้ำเสียสังเคราะห์....61
4.53 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี ชุดที่เติม SLB 100 ในน้ำเสียสังเคราะห์....61
4.54 การลดลงของน้ำมันและไขมันเฉลี่ย ทั้งสามครั้งการทดลอง ในน้ำเสียโรงงานควีนมารีน....63
4.55 ประสิทธิภาพการกำจัดน้ำมันและไขมันเฉลี่ย ทั้งสามครั้งการทดลอง ในน้ำเสียโรงงานควีนมารีน....63
4.56 การลดลงของน้ำมันและไขมัน ในวันที่ 3 ของทั้งสามครั้งการทดลอง ในน้ำเสียโรงงานควีนมารีน....64

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.57 ประสิทธิภาพการกำจัดน้ำมันและไขมัน ในวันที่ 3 ของทั้งสามครั้งการทดลอง ในน้ำเสียโรงงานควีนมารีน....64

4.58 การลดลงของน้ำมันและไขมันเฉลี่ย ทั้งสามครั้งการทดลอง ในน้ำเสียโรงงานควีนมารีน....65

4.59 ประสิทธิภาพการกำจัดน้ำมันและไขมันเฉลี่ย ทั้งสามครั้งการทดลอง ในน้ำเสียโรงงานควีนมารีน....65

4.60 การลดลงของซีโอดีเฉลี่ย ทั้งสามครั้งการทดลอง ในน้ำเสียโรงงานควีนมารีน....67

4.61 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีเฉลี่ย ทั้งสามครั้งการทดลอง ในน้ำเสียโรงงานควีนมารีน....67

4.62 การลดลงของซีโอดี ในวันที่ 3 ของทั้งสามครั้งการทดลอง ในน้ำเสียโรงงานควีนมารีน....68

4.63 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี ในวันที่ 3 ของทั้งสามครั้งการทดลอง ในน้ำเสียโรงงานควีนมารีน....68

4.64 การลดลงของซีโอดีเฉลี่ย ทั้งสามครั้งการทดลอง ในน้ำเสียโรงงานควีนมารีน....69

4.65 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีเฉลี่ย ทั้งสามครั้งการทดลอง ในน้ำเสียโรงงานควีนมารีน....69

4.66 การลดลงของน้ำมันและไขมันเฉลี่ย ทั้งสามครั้งการทดลอง ในน้ำเสียโรบินสัน....71

4.67 ประสิทธิภาพการกำจัดน้ำมันและไขมันเฉลี่ย ทั้งสามครั้งการทดลอง ในน้ำเสียโรบินสัน....71

4.68 การลดลงของน้ำมันและไขมัน ในวันที่ 3 ของทั้งสามครั้งการทดลอง ในน้ำเสียโรบินสัน....72

4.69 ประสิทธิภาพการกำจัดน้ำมันและไขมัน ในวันที่ 3 ของทั้งสามครั้งการทดลอง ในน้ำเสียโรบินสัน....72

4.70 การลดลงของน้ำมันและไขมันเฉลี่ย ทั้งสามครั้งการทดลอง ในน้ำเสียโรบินสัน....73

4.71 ประสิทธิภาพการกำจัดน้ำมันและไขมันเฉลี่ย ทั้งสามครั้งการทดลอง ในน้ำเสียโรบินสัน....73

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.72 การลดลงของซีโอดีเฉลี่ย ทั้งสามครั้งการทดลอง ในน้ำเสียโรบินสัน.....75

4.73 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีเฉลี่ย ทั้งสามครั้งการทดลอง ในน้ำเสียโรบินสัน.....75

4.74 การลดลงของซีโอดี ในวันที่ 3 ของทั้งสามครั้งการทดลอง ในน้ำเสียโรบินสัน.....76

4.75 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี ในวันที่ 3 ของทั้งสามครั้งการทดลอง ในน้ำเสียโรบินสัน.....76

4.76 การลดลงของซีโอดีเฉลี่ย ทั้งสามครั้งการทดลอง ในน้ำเสียโรบินสัน.....77

4.77 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีเฉลี่ย ทั้งสามครั้งการทดลอง ในน้ำเสียโรบินสัน.....77

4.78 การลดลงของน้ำมันและไขมันเฉลี่ย ทั้งสามครั้งการทดลองในน้ำเสียสังเคราะห์.....79

4.79 ประสิทธิภาพการกำจัดน้ำมันและไขมันเฉลี่ย ทั้งสามครั้งการทดลอง ในน้ำเสียสังเคราะห์.....79

4.80 การลดลงของน้ำมันและไขมัน ในวันที่ 3 ของทั้งสามครั้งการทดลอง ในน้ำเสียสังเคราะห์.....80

4.81 ประสิทธิภาพการกำจัดน้ำมันและไขมัน ในวันที่ 3 ของทั้งสามครั้งการทดลอง ในน้ำเสียสังเคราะห์.....80

4.82 การลดลงของน้ำมันและไขมันเฉลี่ย ทั้งสามครั้งการทดลอง ในน้ำเสียสังเคราะห์.....81

4.83 ประสิทธิภาพการกำจัดน้ำมันและไขมันเฉลี่ย ทั้งสามครั้งการทดลอง ในน้ำเสียสังเคราะห์.....81

4.84 การลดลงของซีโอดีเฉลี่ย ทั้งสามครั้งการทดลอง ในน้ำเสียสังเคราะห์.....83

4.85 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีเฉลี่ย ทั้งสามครั้งการทดลอง ในน้ำเสียสังเคราะห์.....83

4.86 การลดลงของซีโอดี ในวันที่ 3 ของทั้งสามครั้งการทดลอง ในน้ำเสียสังเคราะห์.....84

4.87 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี ในวันที่ 3 ของทั้งสามครั้งการทดลอง ในน้ำเสียสังเคราะห์.....84

4.88 การลดลงของซีโอดีเฉลี่ย ทั้งสามครั้งการทดลอง ในน้ำเสียสังเคราะห์.....85

4.89 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีเฉลี่ย ทั้งสามครั้งการทดลอง ในน้ำเสียสังเคราะห์..... 85

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

ซ. 1 ผังแสดงกระบวนการบำบัดน้ำเสียของโรงงานนมโฟร์โมสต์.....143

ซ. 2 ผังแสดงกระบวนการบำบัดน้ำเสียของโรงงานควีนมารีน 144

ซ. 3 ผังแสดงกระบวนการบำบัดน้ำเสียของห้างสรรพสินค้าโรบินสัน สาขารัชดาภิเษก 145

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

AS = ระบบบำบัดน้ำเสียแอคติเวตเตดสลัดจ์ (Activated Sludge)

BOD = ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (Biochemical Oxygen Demand)

COD = ความต้องการออกซิเจนทางเคมี (Chemical Oxygen Demand)

DO = ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen)

F/M = อัตราส่วนอาหารต่อจุลินทรีย์ (Food to microrganisms)

FOG = ค่าน้ำมันและไขมัน (Fat Oil and Grease)

MLSS = ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำตะกอน (Mixed Liquor Suspended Solids)

MLVSS = ปริมาณของแข็งแขวนลอยระเหยง่ายในน้ำตะกอน (Mixed Liquor Volatile Suspended Solids)

SS = ค่าของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids)

SV_{30} = ปริมาณตะกอน ในเวลา 30 นาที (Sludge Volume)

SVI = ดัชนีการตกตะกอน (Sludge Volume Index)