การแยกจุลินทรีย์ที่ผลิตสารลดแรงตึงผิวชีวภาพและการผลิตสารลดแรงตึงผิวชีวภาพ

นางสาว อารีย์ กังฉิน

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาจุลชีววิทยาทางอุตสาหกรรม ภาควิชาจุลชีววิทยา
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2542

ISBN 974-333-173-5

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ISOLATION OF BIOSURFACTANT-PRODUCING MICRO-ORGANISM(S) AND BIOSURFACTANT PRODUCTION

Miss Aree Chongchin

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Industrial Microbiology
Department of Microbiology
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 1999

ISBN 974-333-173-5

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การแยกจุลินทรีย์ที่ผลิตสารลดแรงตึงผิวชีวภาพและการผลิตสารลดแรงตึงผิวชีวภาพ
โดย	นางสาวอารีย์ กั่งฉิน
ภาควิชา	จุลชีววิทยา
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุเทพ ธนียวัน
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ จิราภรณ์ ธนียวัน

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุชาดา กีระนันทน์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. กาญจณา จันทองจีน)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุเทพ ธนียวัน)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ จิราภรณ์ ธนียวัน)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ไพเราะ ปิ่นพานิชการ)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.อมร เพชรสม)

อารีย์ กังฉิน : การแยกจุลินทรีย์ที่ผลิตสารลดแรงตึงผิวชีวภาพและการผลิตสารลดแรงตึงผิวชีวภาพ (ISOLATION OF BIOSURFACTANT-PRODUCING MICRO-ORGANISM(S) AND BIOSURFACTANT PRODUCTION)
อ. ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.สุเทพ ธนียวัน อ.ที่ปรึกษาร่วม : ผศ. จิราภรณ์ ธนียวัน ,
122 หน้า.ISBN 974-333-173-5

การคัดแยกแบคทีเรียจากตัวอย่างที่เก็บจากแหล่งต่างๆ 19 ตัวอย่างได้ 108 สายพันธุ์พบว่า แบคทีเรียสายพันธุ์ A41 ซึ่งแยกได้จากน้ำทะเล ที่ดอนหอยหลอด จ.สมุทรสงคราม สามารถผลิตสารลดแรงตึงผิวชีวภาพดีที่สุด เมื่อจำแนกเชื้อพบว่าอยู่ในสกุล *Pseudomonas* เมื่อวิเคราะห์สารที่ทำบริสุทธิ์บางส่วนที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อที่มีกลูโคสเป็นแหล่งคาร์บอนด้วย TLC พบมีส่วนประกอบ 4 ส่วนที่มีค่า R_f เท่ากับ 0.33 0.53 0.83 และ0.92 ตามลำดับ ซึ่งต่างจากเซอร์แฟกตินมาตรฐานที่ผลิตจาก *Bacillus subtilis* ผลการวิเคราะห์โดย HPLC และ HPLC-MS พบว่า สารนี้มีค่ามวลต่อประจุอยู่ระหว่าง 573 – 1494 m/z ซึ่งที่ค่ามวลต่อประจุ 1034 1322 และ 1494 ต่างจากค่ามวลโมเลกุลของแรมโนลิปิดที่ผลิตจาก *Pseudomonas* spp. อื่น ซึ่งมีค่ามวลโมเลกุลในช่วง 334 ถึง 816 *Pseudomonas* sp.สายพันธุ์ A41 สามารถผลิตสารลดแรงตึงผิวชีวภาพได้ปริมาณสูงเมื่อเลี้ยงเชื้อในอาหารเหลวกำหนดสูตรที่มีน้ำมันปาล์ม 2%w/v เป็นแหล่งคาร์บอน แอมโมเนียมไนเตรท 0.3 %w/v เป็นแหล่งไนโตรเจน และเฟอรัสซัลเฟต 4.3 มก./ล. เป็นแหล่งเกลือแร่ที่จำเป็น ภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตสารลดแรงตึงผิวคือ ใช้หัวเชื้ออายุ 15 ชม. ที่ปริมาณ 8 %v/v ควบคุมพีเอชของอาหารเลี้ยงเชื้อเท่ากับ 7.0 ในภาวะขวดเขย่าที่อัตราเร็ว 200 รอบต่อนาที อุณหภูมิห้อง(30±2 ^{0}ซ) เป็นเวลา 30 ชม. สารลดแรงตึงผิวที่ได้มีค่าแรงตึงผิวต่ำสุด 29 mN/m มีค่าจุดวิกฤตของการเกิดไมเซลล์(CMC) 240 มก./ล. ซึ่งมีค่าต่ำกว่าโซเดียมโดเดซิลซัลเฟต(SDS) ซึ่งเป็นสารลดแรงตึงผิวทางเคมี มีความเสถียรต่อพีเอชในช่วง 2 – 10 และมีความเสถียรต่ออุณหภูมิ 60 และ 100 ^{0}ซ เป็นเวลา 5 ชม. ยังคงลดแรงตึงผิวได้เมื่ออยู่ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 25 %w/v และสามารถก่อเกิดอิมัลชันกับสารประกอบไฮโดรคาร์บอนหลายชนิดได้แก่ เฮกซาเดกเคน ไซโคลเฮกเซน เบนซีน ไซลีน เคโรซีนและน้ำมันพาราฟิน

ภาควิชา จุลชีววิทยา
สาขาวิชา จุลชีววิทยาทางอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา 2542

ลายมือชื่อนิสิต.....น.ส.อารีย์ กังฉิน.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

Key words: Biosurfactant, *Pseudomonas* sp. , palm oil

AREE CHONGCHIN : ISOLATION OF BIOSURFACTANT- PRODUCING MICRO-ORGANISM(S) AND BIOSURFACTANT PRODUCTION

THESIS ADVISOR: ASSIST.PROF. SUTHEP THANIYAVARN, Ph.D.

AND ASSIST. PROF.JIRAPORN THANIYAVARN 122 pp. ISBN 974-333-173-5

Isolation of 19 samples collected from various places yield 108 bacterial isolates. Among them it was found that bacterium strain A41 isolation from sea water at Donhoylod, Samuthsongkram province later on classified in the genus *Pseudomonas* is the best biosurfactant producer. TLC analysis of partially purified products upon cultivation by the use of glucose as C-source revealed 4 components with R_f value of 0.33, 0.53, 0.83 and 0.92 respectively. These are found differ from that of standard biosurfactant from *Bacillus subtilis*. Result from HPLC and HPLC-MS indicate the compound possesses mass between 573 – 1494 m/z by which those with mass of 1034, 1322 and 1494 m/z are difference from molecular mass of rhamnolipids from other *Pseudomonas* spp. which possesses molecular mass between 334-816. This *Pseudomonas* sp.A41 gave high yield of biosurfactant upon cultivated by the use of 2% w/v palm oil as carbon source,0.3 %w/v NH_4NO_3 as nitrogen source and 4.3 mg/l ferrous sulfate as essential mineral. Optimum condition for the production of biosurfactant are inoculum age of 15 hrs. at 8% v/v , initial pH of 7.0 , 200 rpm, room temperature (30±2 °C) for 30 hrs. The biosurfactant yielded could lower surface tension down to 29 mN/m with CMC value of 240 mg/l which is lower than that of SDS, a chemical surface active agent. The product is stable at pH 2-10 and temperature of 60 and 100 °C for 5 hrs. that could still lower surface tension when present in 25% w/v sodium chloride solution and form emulsion with number of hydrocarbon compounds such as hexadecane, cyclohexane, benzene, kerosene and paraffin oil.

ภาควิชา จุลชีววิทยา
สาขาวิชา จุลชีววิทยาทางอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา 2542

ลายมือชื่อนิสิต น.ส.อารีย์ ช่างจิน
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลือจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุเทพ ธนียวัน และผู้ช่วยศาสตราจารย์ จิราภรณ์ ธนียวัน โดยได้กรุณาให้คำแนะนำ ปรึกษา รวมทั้งแนวคิดต่างๆ ให้การทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นอย่างดียิ่ง ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณในความเมตตาเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.กาญจณา จันทองจีน รองศาสตราจารย์ ดร.ไพเราะ ปิ่นพานิชการ และรองศาสตราจารย์ ดร. อมร เพชรสม ที่ได้กรุณารับเป็นประธานกรรมการ และกรรมการการสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ สมาคมมูลนิธินิสิตเก่าจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ให้ทุนการศึกษาเป็นเงิน 15,000 บาท เป็นเวลา 2 ปีการศึกษา (ปีการศึกษา 2539 และ2541) และบัณฑิตวิทยาลัยที่ยกเว้นค่าเล่าเรียนและค่าธรรมเนียมพิเศษ ในแต่ละปีการศึกษา

ขอขอบคุณสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ(สวทช.)ที่ให้ทุนอุดหนุนในงานวิจัยนี้ และขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยนี้เช่นกัน

ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ เพ็ญพรรณ ยังคง อนุสาสกหอพักนิสิตหญิงที่อนุญาตให้อยู่หอพักนิสิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จนจบการศึกษา

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านในภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย รวมทั้งพี่ ๆ เพื่อน ๆ ที่เป็นกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์นี้เป็นอย่างดี ตลอดจนเจ้าหน้าที่ทุกท่านในภาควิชา ที่ได้ให้ความช่วยเหลือด้วยดีตลอดมา

ขอขอบพระคุณ คุณสุนันท์ รังษีกาญจน์ส่อง ที่ได้ให้คำแนะนำช่วยเหลือในด้านการวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง HPLC

ขอขอบคุณ คุณวรดิเรก มรรคทรัพย์ ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือในการบันทึกภาพ และให้ยืมคอมพิวเตอร์สำหรับพิมพ์วิทยานิพนธ์ ฉบับนี้เป็นอย่างดี

ท้ายสุดนี้ขอกราบของพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และน้องๆ ที่ได้ให้การสนับสนุนเป็นกำลังใจแก่ผู้วิจัยในการทำวิทยานิพนธ์ ฉบับนี้ตลอดมา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ซ

สารบัญรูป..... ญ

คำย่อ..... ฐ

บทที่

1. บทนำ.....1

2. อุปกรณ์ เคมีภัณฑ์และวิธีดำเนินการทดลอง.....31

3. ผลการทดลอง.....45

4.สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง.....91

รายการอ้างอิง.....98

ภาคผนวก.....106

ประวัติผู้เขียน.....122

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	น้ำหนักโมเลกุลของสารแรมโนลิปิดแต่ละชนิด	8
2	สารลดแรงตึงผิวกลุ่มต่างๆที่เชื้อจุลินทรีย์สามารถผลิตได้และสมบัติของสาร	21
3	เปรียบเทียบค่าแรงตึงผิว และค่า CMC ของสารลดแรงตึงผิวชีวภาพ กับสารลดแรงตึงผิวสังเคราะห์บางชนิด	23
4	ตัวอย่างสารลดแรงตึงผิวชีวภาพที่มีการจดสิทธิบัตรแล้ว	24
5	ผลสรุปการคัดเลือกเชื้อที่มีความสามารถผลิตสารลดแรงตึงผิวชีวภาพได้	46
6	ค่าแรงตึงผิว และเปอร์เซ็นต์การลดลงของส่วนน้ำใสที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อที่คัดเลือกได้ 27 สายพันธุ์ ในอาหาร YM	47
7	ค่าแรงตึงผิว เปอร์เซ็นต์การลดลงและค่าการกระจายตัวของน้ำมันของส่วนน้ำใสที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อ โดยใช้อาหาร YM + 3%NaCl ของเชื้อ 12 สายพันธุ์ที่คัดเลือกได้	48
8	ผลการทดสอบเพื่อการจำแนกเชื้อแบคทีเรียสายพันธุ์ A41	50
9	ผลการทดสอบการใช้แหล่งคาร์บอนของเชื้อแบคทีเรียสายพันธุ์ A41	51
10	ผลการเจริญของ *Pseudomonas* sp.สายพันธุ์A41 พีเอช ค่าแรงตึงผิว เปอร์เซ็นต์การลดลงและค่าการกระจายตัวของน้ำมันเมื่อเลี้ยงเชื้อในอาหารเหลวชนิดต่างๆ	53
11	ค่า R_f ของสารลดแรงตึงผิวที่ผลิตจาก *Pseudomonas* sp. สายพันธุ์ A41 เมื่อใช้กลูโคสเป็นแหล่งคาร์บอนในการเลี้ยงเชื้อ	54
12	ค่ามวลต่อประจุของสารลดแรงตึงผิวที่ผลิตจาก *Pseudomonas* sp. สายพันธุ์ A41 ที่วิเคราะห์ด้วยวิธี HPLC-MS	55
13	ผลของแหล่งคาร์บอนต่อการผลิตสารลดแรงตึงผิวจาก *Pseudomonas* sp. สายพันธุ์ A41 เมื่อมี 0.4 %w/v แอมโมเนียมไนเตรทเป็นแหล่งไนโตรเจนในอาหารกำหนดสูตร	68
14	ผลของปริมาณน้ำมันปาล์มต่อการผลิตสารลดแรงตึงผิวจาก *Pseudomonas* sp.สายพันธุ์ A41 เมื่อมี 0.4 %w/v แอมโมเนียมไนเตรทเป็นแหล่งไนโตรเจนในอาหารกำหนดสูตร	68

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

15 ผลของแหล่งไนโตรเจนต่อการผลิตสารลดแรงตึงผิวจาก *Pseudomonas* sp.สายพันธุ์A41 เมื่อมีน้ำมันปาล์มเป็นแหล่งคาร์บอนในอาหารเหลวกำหนดสูตร.....69

16 ผลของปริมาณแอมโมเนียมไนเตรทต่อการผลิตสารลดแรงตึงผิวชีวภาพจาก *Pseudomonas* sp.สายพันธุ์A41 เมื่อมีน้ำมันปาล์มเป็นแหล่งคาร์บอนในอาหารกำหนดสูตร.....70

17 ผลของอายุและปริมาณหัวเชื้อต่อการผลิตสารลดแรงตึงผิวชีวภาพจาก *Pseudomonas* sp.สายพันธุ์ A41 74

18 ผลของพีเอชเริ่มต้นต่อการเจริญและการผลิตสารลดแรงตึงผิวชีวภาพโดย *Pseudomonas* sp.สายพันธุ์ A41..... 76

19 ความสามารถในการเกิดอิมัลชันของส่วนน้ำใสที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อ *Pseudomonas* sp.สายพันธุ์ A41ต่อสารประกอบไฮโดรคาร์บอนชนิดต่างๆ และน้ำมันบางชนิด.....79

20 ความสามารถในการเกิดอิมัลชันของสารละลายของสารที่ทำบริสุทธิ์บางส่วนกับสารประกอบไฮโดรคาร์บอนชนิดต่างๆ.....88

21 ค่า CMC ของสารลดแรงตึงผิว.....89

22 องค์ประกอบในไตรกลีเซอไรด์ของน้ำมันปาล์ม.....93

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1	รูปแบบต่างๆของไมเซลล์ของสารลดแรงตึงผิว	2
2	การหาจุดวิกฤตของการเกิดไมเซลล์(Critical Micelle Concentration,CMC)	4
3	สูตรโครงสร้างของแรมโนลิปิดจาก *Pseudomonas aeruginosa*	7
4	สูตรโครงสร้างของ Trehalose dimycolate จาก *Rhodococcus erythropolis*	9
5	โซโฟโรลิปิด จาก *Torulopsis bombicala* และโครงสร้าง Lactone ของโซโฟโรลิปิด จาก *Torulopsis* sp.	10
6	สูตรโครงสร้างของ α- diglucosyldiglyceride	11
7	โครงสร้างของเซอร์แฟกติน จาก *Bacillus subtilis*	12
8	สูตรโครงสร้างของไลโพเพพไทด์ชนิดต่างๆ	13
9	สูตรโครงสร้างของ lichenysin A	14
10	สูตรโครงสร้างของ ornithine-containing lipid จาก *Pseudomonas rubescens*	15
11	สูตรโครงสร้างของ viscosin จาก *Pseudomonas fluorescens*	15
12	สูตรโครงสร้างของ cerilipin จาก *Gluconobacter cerinus*	15
13	โครงสร้างของ surface-active lipopeptide ที่ผลิตโดย *B. licheniformis*	16
14	สูตรโครงสร้างของฟอสโฟลิปิด	17
15	สูตรโครงสร้างของฟอสฟาติดิลเอทาโนลามีน จาก *Acinetobacter* sp.	17
16	สูตรโครงสร้างของอิมัลแซน จาก *Acinetobacter calcoaceticus*	18
17	รูปแบบการเจริญของเชื้อแบบต่างๆ	26
18	ลักษณะการกระจายตัวของน้ำมัน	34
19	ลักษณะการเกิดอิมัลชัน	43
20	ลักษณะการกระจายตัวของน้ำมันดิบของเชื้อที่ผลิตสารลดแรงตึงผิวชีวภาพ	45
21	โครมาโตแกรมของสารลดแรงตึงผิวชีวภาพที่ผลิตจาก *Pseudomonas* sp. สายพันธุ์ A41 ที่วิเคราะห์โดยวิธี HPLC ของ Blank และส่วนที่ 2	56
22	โครมาโตแกรมของสารลดแรงตึงผิวชีวภาพที่ผลิตจาก *Pseudomonas* sp. สายพันธุ์ A41 ที่วิเคราะห์โดยวิธี HPLC-MS ของลำดับส่วนที่ได้จากส่วนที่ 2	57

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

23 โครมาโตแกรมของสารลดแรงตึงผิวชีวภาพที่ผลิตจาก *Pseudomonas* sp. สายพันธุ์ A41 ที่วิเคราะห์โดยวิธี HPLC ของส่วนที่ 3 และส่วนที่ 4.....61

24 โครมาโตแกรมของสารลดแรงตึงผิวชีวภาพที่ผลิตจาก *Pseudomonas* sp. สายพันธุ์ A41 ที่วิเคราะห์โดยวิธี HPLC-MSของลำดับส่วนที่ได้จาก ส่วนที่ 3 และ 4 62

25 โครมาโตแกรมของสารลดแรงตึงผิวชีวภาพที่ผลิตจาก *Pseudomonas* sp. สายพันธุ์ A41 ที่วิเคราะห์โดยวิธี HPLC ของส่วนที่ 5.....64

26 โครมาโตแกรมของสารลดแรงตึงผิวชีวภาพที่ผลิตจาก *Pseudomonas* sp. สายพันธุ์ A41 ที่วิเคราะห์โดยวิธี HPLC-MS ของลำดับส่วนที่ได้จากส่วนที่ 5...65

27 รูปแบบการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช , การเจริญของเชื้อ , ค่าแรงตึงผิว ของส่วนน้ำใสที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อ*Pseudomonas* sp.สายพันธุ์ A41.....67

28 ผลของแหล่งแร่ชนิดต่างๆต่อการผลิตสารลดแรงตึงผิวชีวภาพของ *Pseudomonas* sp.สายพันธุ์ A41 71

29 ผลของปริมาณเฟอรัสซัลเฟตต่อการผลิตสารลดแรงตึงผิวชีวภาพโดย *Pseudomonas* sp.สายพันธุ์ A41 72

30 รูปแบบการเจริญ ค่าพีเอช ค่าแรงตึงผิว และค่าการกระจายตัวของน้ำมัน ของสารลดแรงตึงผิวชีวภาพจาก *Pseudomonas* sp.สายพันธุ์ A41 73

31 ผลของค่าพีเอชเริ่มต้นต่อการผลิตสารลดแรงตึงผิวชีวภาพของ *Pseudomonas* sp.สายพันธุ์ A41 75

32 รูปแบบการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช การเจริญของเชื้อ ค่าแรงตึงผิวของส่วนน้ำใส ที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อ *Pseudomonas* sp.สายพันธุ์ A41.....77

33 ผลของพีเอชต่อความเสถียรของส่วนน้ำใสที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อ *Pesudomonas* sp. สายพันธุ์ A41 80

34 ผลของอุณหภูมิ 60 ^{o}ซ ต่อความเสถียรของส่วนน้ำใสที่ได้จากการเลี้ยง เชื้อ *Pesudomonas* sp. สายพันธุ์ A41 เป็นเวลา 5 ชม.....81

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
35	ผลของอุณหภูมิ 100 ^{0}ซ ต่อความเสถียรของส่วนน้ำใสที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อ *Pesudomonas* sp. สายพันธุ์ A41	82
36	ผลของความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมคลอไรด์ต่อความเสถียรของส่วนน้ำใสที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อ *Pesudomonas* sp. สายพันธุ์ A41	83
37	ผลของพีเอชต่อความเสถียรของสารบริสุทธิ์บางส่วนที่ผลิตจาก *Pesudomonas* sp. สายพันธุ์ A41	85
38	ผลของอุณหภูมิ 100 ^{0}ซ ต่อความเสถียรของสารบริสุทธิ์บางส่วนที่ผลิตจาก *Pesudomonas* sp. สายพันธุ์ A41 เป็นเวลา 5 ชม	86
39	ผลของความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมคลอไรด์ต่อความเสถียรของสารบริสุทธิ์บางส่วนที่ผลิตจาก *Pesudomonas* sp. สายพันธุ์ A41	87
40	ค่าการกระจายตัวของน้ำมันของสาลดแรงตึงผิวชนิดต่างๆ	90

คำย่อ

^{o}ซ	=	องศาเซลเซียส
ชม.	=	ชั่วโมง
ซม.	=	เซนติเมตร
มม.	=	มิลลิเมตร
มล.	=	มิลลิลิตร
มก.	=	มิลลิกรัม
%	=	เปอร์เซ็นต์
w/v	=	น้ำหนัก/ปริมาตร
v/v	=	ปริมาตร/ปริมาตร
cm^2	=	ตารางเซนติเมตร
mN/m	=	มิลลินิวตันต่อเมตร
mg/l	=	มิลลิกรัมต่อลิตร