การลดแรงตึงผิวของน้ำเลี้ยงเชื้อ *Bacillus subtilis* 3/38 ที่เลี้ยงในภาวะต่างๆ

นางสาว ธนขวัญ บุษบัน

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาจุลชีววิทยา
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2539

ISBN 974 - 636 - 513 - 4

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I 17196371

SURFACE TENSION REDUCTION OF *Bacillus subtilis* 3/38 CULTURE BROTH OBTAINED FROM DIFFERENT CONDITIONS

Miss Tanakwan Budsabun

A Thesis Sunmitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science
Department of Microbiology
Draduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 1996

ISBN 974 - 636 - 513 - 4

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การลดแรงตึงผิวของน้ำเลี้ยงเชื้อ *Bacillus subtilis* 3/38 ที่เลี้ยงในภาวะต่างๆ
โดย	นางสาว ธนขวัญ บุษบัน
ภาควิชา	จุลชีววิทยา
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุเทพ ธนียวัน
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ จิราภรณ์ ธนียวัน ดร. เพียรพรรค ทัศคร

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ ศุภวัฒน์ ชุติวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. นลิน นิลอุบล)

.... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุเทพ ธนียวัน)

จิราภรณ์ ธนียวัน

.... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ จิราภรณ์ ธนียวัน)

.... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ดร. เพียรพรรค ทัศคร)

.... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศิริรัตน์ เร่งพิพัฒน์)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

ธนขวัญ บุษบัน : การลดแรงตึงผิวของน้ำเลี้ยงเชื้อ *Bacillus subtilis* 3/38 ที่เลี้ยงในภาวะต่างๆ (SURFACE TENSION REDUCTION OF *Bacillus subtilis* 3/38 CULTURE BROTH OBTAINED FROM DIFFERENT CONDITIONS)

อ.ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.สุเทพ ธนียวัน ผศ.จิราภรณ์ ธนียวัน และ ดร.เพียรพรรค ทัศคร

100 หน้า ISBN 974-636-513-4

เมื่อเลี้ยง *Bacillus subtilis* 3/38 ในอาหารกำหนดสูตรพบว่ามันสามารถลดแรงตึงผิวของส่วนน้ำเลี้ยงเชื้อตลอดจนก่ออิมัลชั่นได้ ในการวิจัยได้ทำการดัดแปลงสูตรอาหารสำหรับเลี้ยงเชื้อที่ทำให้สามารถลดแรงตึงผิวได้ดีคือ การใช้กลูโคส 2 % เป็นแหล่งคาร์บอน แอมโมเนียมไนเตรท 0.2 % เป็นแหล่งไนโตรเจน และมีแมงกานีสซัลเฟต 3.42 มิลลิกรัมต่อลิตรแทนสูตรเดิมและเพิ่มเติมด้วย 75 มิลลิโมลาร์ทริสไฮโดรคลอไรด์บัฟเฟอร์ ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างเบื้องต้นเป็น 8.5 และบ่มที่อุณหภูมิห้อง(30 ± 2°C) เขย่า 200 รอบต่อนาที โดยหลังการเลี้ยง 24 ชั่วโมง จะลดแรงตึงผิวของส่วนเลี้ยงเชื้อจาก 72 มิลลินิวตันต่อเมตร ลงเหลือ 27 มิลลินิวตันต่อเมตร และ 33 มิลลินิวตันต่อเมตรเมื่อทำการเจือจาง 20 เท่า นอกจากนี้ยังให้ค่าอิมัลชั่นอินเด็กซ์ (E_{24}) เท่ากับ 74 ค่าการกระจายน้ำมัน (oil displacement) เท่ากับ 38 หน่วย ส่วนน้ำใสที่ได้มีความเสถียรในแง่ของการลดแรงตึงผิวและอิมัลชั่นอินเด็กซ์ต่อความเป็นกรด-ด่าง 6-12 เมื่อเก็บน้ำเลี้ยงเชื้อไว้ที่ความเป็นกรด-ด่างดังกล่าว 12 ชั่วโมงที่ 4°ซ ที่อุณหภูมิห้องจะคงค่าอิมัลชั่นอินเด็กซ์(E_{24}) ได้นานถึง 80 วัน และที่ 100°ซ จะคงอยู่ได้ 180 นาที ในขณะที่การลดแรงตึงผิวจะเสถียรได้ยาวนานกว่านี้

ภาควิชา จุลชีววิทยา	ลายมือชื่อนิสิต นางสาว ธนขวัญ บุษบัน
สาขาวิชา จุลชีววิทยาทางอุตสาหกรรม	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2539	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม จิราภรณ์ ธนียวัน

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

C626342 : MAJOR INDUSTRIAL MICROBIOLOGY
KEY WORD: Biosurfactant / *Bacillus* / Emulsion index (E_{24})

TANAKWAN BUDSABUN : SURFACE TENSION REDUCTION OF *Bacillus subtilis* 3/38 CULTURE BROTH OBTAINED FROM DIFFERENT CONDITIONS
THESIS ADVISOR : ASSIST .PROF. SUTHEP THANIYAVARN , Ph.D.
ASSIST.PROF. JIRAPORN THANIYAVARN AND PIENPAK TASAKORN ,Ph.D. ,
100 pp. ISBN 974-636-513-4

Bacillus subtilis 3/38 when cultivated in chemical define medium was found capable of reducing surface tension of the culture fluid as well as emulsion froming. The present study provided a modified culture medium by substituted the original medium with 2% glucose as carbon source , 0.2% ammonium nitrate as nitrogen source and manganese sulfate at 3.42 mg.per liter with the addition of 75 mM Tris-HCl as controlled buffer. When cultivated in such medium with initial pH of 8.5 at room temperature (30±2 ^{0}C) , 200 rpm agitation for 24 hours the supernate could lowering surface tension of culture fluid from 72 mN/m down to 27 mN/m with an emulsion index (E_{24}) of 74 and oil displacement value of 38 units and 33 mN/m when diluted by 20 folds. Furthermore, an emulsion index (E_{24}) of 74 and oil displacement value of 38 units were also obtained from the same medium. The supernate was proved stable to pH in the range of 6-12 when refrigerated at 4 ^{0}C for 12 hours and displayed its stability at room temperature upto 80 day and 180 minutes at 100 ^{0}C for its emulsion index and even longer period for its surface tention reduction capability.

ภาควิชา จุลชีววิทยา
สาขาวิชา จุลชีววิทยาทางอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา 2539

ลายมือชื่อนิสิต นางสาว ธนาขวัญ บุษบัน
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลือจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุเทพ ธนียวัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ จิราภรณ์ ธนียวัน และดร. เพียรพรรค ทัศคร ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำปรึกษารวมทั้งแนวคิดต่างๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นอย่างดียิ่ง ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านใน ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย รวมทั้ง พี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ ที่ได้กรุณาให้กำลังใจในการทำวิจัยนี้เป็นอย่างดี ตลอดจนเจ้าหน้าที่ทุกท่านใน ภาควิชา จุลชีววิทยา ที่ได้ให้ความช่วยเหลือด้วยดีตลอดมา

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ทุนสำหรับการทำวิจัยตลอดจนเจ้าหน้าที่ของบัณฑิตวิทยาลัย ที่ได้อำนวยความสะดวกต่างๆ

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และขอบคุณ น้องสาว น้องชาย ที่ได้ให้การสนับสนุน และให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ตั้งแต่เริ่มต้นจนสมบูรณ์

สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย.......ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.......จ

กิตติกรรมประกาศ.......ฉ

สารบัญ.......ช

สารบัญตาราง.......ซ

สารบัญรูป.......ฌ

คำย่อ.......ฒ

บทที่

1 บทนำ.......1

2 อุปกรณ์ และวิธีดำเนินการทดลอง.......29

3 ผลการทดลอง.......41

4 วิจารณ์ผลการทดลอง.......81

5 สรุปผลการทดลอง.......86

รายการอ้างอิง.......87

ภาคผนวก.......97

ประวัติผู้เขียน.......100

สารบัญตาราง

ตารางที่

1.1 แสดงชนิดต่างๆของสารลดแรงตึงผิวที่ผลิตโดยจุลินทรีย์....................20
1.2 ตัวอย่างของสารลดแรงตึงผิวชีวภาพที่ได้รับการจดสิทธิบัตรแล้ว....................22
3.1 แสดงความสามารถในการฆ่าเชื้อทดสอบกลุ่มต่างๆของ *Bacillus subtilis* 3/38 43
3.2 แสดงผลของความเข้มข้นของฟอสเฟตบัฟเฟอร์ที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง 7 ต่อการลดลงของค่าแรงตึงผิวของส่วนใสที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อ ค่าอีมัลชั่นอินเด็กซ์(E_{24}) และค่าแรงตึงผิวของส่วนใสที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อ เมื่อทำการเจือจาง 10เท่า....................50
3.3 แสดงผลของความเข้มข้นของทริส-ไฮโดรคลอไรด์บัฟเฟอร์ที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง 8.5 ต่อการลดลงของค่าแรงตึงผิวของส่วนใสที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อ ค่าอีมัลชั่นอินเด็กซ์(E_{24}) และค่าแรงตึงผิวของส่วนใสที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อเมื่อทำการเจือจาง 10 เท่า....................51
3.4 แสดงผลของค่าความเป็นกรด-ด่างต่อการลดลงของค่าแรงตึงผิวของส่วนใสที่ได้จากการ เลี้ยงเชื้อ ค่าอีมัลชั่นอินเด็กซ์(E_{24}) และค่าแรงตึงผิวของส่วนใสที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อเมื่อ ทำการเจือจาง 10 เท่า....................52

สารบัญรูป

รูปที่

1.1 โครงสร้างโดยทั่วไปของสารลดแรงตึงผิว....1
1.2 การเกิดไมเซลล์ของโมเลกุลสารลดแรงตึงผิว....2
1.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิวในสารละลาย กับค่าแรงตึงผิว ค่าความขุ่น และค่าการเหนี่ยวนำไฟฟ้าของสารละลาย....3
1.4 โครงสร้างของ Corynomycolic acid....9
1.5 แสดงโครงสร้างที่แตกต่างกัน 4 แบบของ rhamnolipid ซึ่งสังเคราะห์โดย *Pseudomonas aeruginosa* DSM 2659....11
1.6 โครงสร้าง lactone ของ sophorose จาก Torulopsis....12
1.7 โครงสร้างของเซอร์แฟกติน ซึ่งเป็นไลโพเพพไทด์ที่แยกได้จาก *Bacillus subtilis*....13
1.8 Analogs surfactin ตัวหนึ่งที่แยกได้จาก *Bacillus subtilis* ประกอบด้วย β- amino fatty acid แทนที่ β- hydroxy fatty acid....14
1.9 โครงสร้างของ orithin ประกอบด้วยไขมันที่แยกจาก *Pseudomonas rubescens*....15
1.10 โครงสร้างของ cerilipin แยกจาก *Gluconobacter cerinus*....16
1.11 โครงสร้างโดยทั่วไปของฟอสโฟลิปิดที่แยกได้จากจุลินทรีย์....18
2.1 เครื่องวัดค่าแรงตึงผิว ที่สร้างขึ้น เพื่อใช้ในการวิจัย....29
2.2 ไดอะแกรมของเครื่องวัดแรงตึงผิว ที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการวิจัย....30
2.3 แสดงลักษณะอีมัลชั่นที่เกิดจากการผสมของน้ำเลี้ยงเชื้อกับน้ำมันก๊าด....36
2.4 แสดงลักษณะการกระจายน้ำมันของส่วนใสที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อ....37
3.1 แสดงลักษณะการกระจายน้ำมันดิบของ *Bacillus subtilis* 3/38 โดยวิธีขีดลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็งที่มีน้ำมันดิบปกคลุมอยู่ และบ่มเชื้อเป็นเวลา 48 ชั่วโมง....42

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่

3.2 แสดงแอคติวิตีของเอนไซม์ไลเปสที่ผลิตโดย *Bacillus subtilis* 3/38 โดยวิธีขีดไข้วลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็งแอลบีที่มีผงกอลล์ และไตรบิวไทรินผสมอยู่เมื่อบ่มเชื้อเป็นเวลา48ชั่วโมง....................44

3.3 แสดงรูปแบบการเจริญ การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าแรงตึงผิวของส่วนใสที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อ ค่าแรงตึงผิวของส่วนใสที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อเมื่อทำการเจือจาง 10 เท่า และค่าอีมัลชั่นอินเด็กซ์ (E_{24}) ของส่วนใสที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อ....................45

3.4 แสดงรูปแบบการเจริญ การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าแรงตึงผิวของส่วนใสที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อ ค่าแรงตึงผิวของส่วนใสที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อเมื่อทำการเจือจาง 10 เท่า และค่าอีมัลชั่นอินเด็กซ์ (E_{24}) ของส่วนใสที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อเมื่อทำการควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่างของการเลี้ยงเชื้อให้เท่ากับ 7 โดยการเติม 1 M NaOH หรือ 1 M HCl ทุก 12 ชั่วโมง....................47

3.5 แสดงรูปแบบการเจริญ การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าแรงตึงผิวของส่วนใสที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อ ค่าแรงตึงผิวของส่วนใสที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อเมื่อทำการเจือจาง 10 เท่า และค่าอีมัลชั่นอินเด็กซ์ (E_{24})ของส่วนใสที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อ เมื่อทำการควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่างของการเลี้ยงเชื้อให้เท่ากับ 7 ด้วย 100 มิลลิโมลาร์ฟอสเฟตบัฟเฟอร์....................48

3.6 แสดงค่าแรงตึงผิวของส่วนใสที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อเมื่อทำการเจือจาง 20 เท่า และค่าอีมัลชั่นอินเด็กซ์ (E_{24}) ของส่วนใสที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อเมื่อทำการแปรผันอุณหภูมิในการเลี้ยงเชื้อเป็น 20 , 25, 30, อุณหภูมิห้อง (30±2 ° ซ) , 35,40,45 องศาเซลเซียส....................53

3.7 แสดงค่าแรงตึงผิวของส่วนใสที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อเมื่อทำการเจือจาง 20 เท่า และค่าอีมัลชั่นอินเด็กซ์ (E_{24}) ของส่วนใสที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อ และค่าการกระจายน้ำมันของส่วนใสที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อ เมื่อทำการแปรผันความเร็วรอบในการเขย่าเพื่อให้อากาศแก่เชื้อ....................55

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่

3.8 แสดงรูปแบบการเจริญ การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าแรงตึงผิวของส่วนใสที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อ ค่าแรงตึงผิวของส่วนใสที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อเมื่อทำการเจือจาง 10 เท่า และค่าอีมัลชั่นอินเด็กซ์ (E_{24}) ของส่วนใสที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อ เมื่อใช้กลูโคส 20 กรัม/ลิตร เป็นแหล่งคาร์บอน......56

3.9 แสดงรูปแบบการเจริญ การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าแรงตึงผิวของส่วนใสที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อ ค่าแรงตึงผิวของส่วนใสที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อเมื่อทำการเจือจาง 10 เท่า และค่าอีมัลชั่นอินเด็กซ์ (E_{24}) ของส่วนใสที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อ เมื่อใช้น้ำตาลทราย 20 กรัม/ลิตรเป็นแหล่งคาร์บอน......57

3.10 แสดงรูปแบบการเจริญ การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าแรงตึงผิวของส่วนใสที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อ ค่าแรงตึงผิวของส่วนใสที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อเมื่อทำการเจือจาง 10 เท่า และค่าอีมัลชั่นอินเด็กซ์ (E_{24}) ของส่วนใสที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อ เมื่อใช้กลีเซอรอล 20 กรัม/ลิตร เป็นแหล่งคาร์บอน......58

3.11 แสดงรูปแบบการเจริญ การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าแรงตึงผิวของส่วนใสที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อ ค่าแรงตึงผิวของส่วนใสที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อเมื่อทำการเจือจาง 10 เท่า และค่าอีมัลชั่นอินเด็กซ์ (E_{24}) ของส่วนใสที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อ เมื่อใช้แป้ง 20 กรัม/ลิตร เป็นแหล่งคาร์บอน......59

3.12 แสดงปริมาณกลูโคสที่เหลือในอาหารเลี้ยงเชื้อ ค่าแรงตึงผิวของส่วนใสที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อ ค่าแรงตึงผิวของส่วนใสที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อเมื่อทำการเจือจาง 10 เท่า และค่าอีมัลชั่นอินเด็กซ์ (E_{24}) ของส่วนใสที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อ เมื่อทำการแปรผันปริมาณกลูโคส......60

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่

3.13 แสดงรูปแบบการเจริญ การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าแรงตึงผิวของส่วนใสที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อ ค่าแรงตึงผิวของส่วนใสที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อเมื่อทำการเจือจาง 10 เท่า และค่าอีมัลชั่นอินเด็กซ์ (E_{24}) ของส่วนใสที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อ เมื่อใช้แอมโมเนียมไนเตรท 4 กรัม/ลิตร เป็นแหล่งไนโตรเจน....62

3.14 แสดงรูปแบบการเจริญ การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าแรงตึงผิวของส่วนใสที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อ ค่าแรงตึงผิวของส่วนใสที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อเมื่อทำการเจือจาง 10 เท่า และค่าอีมัลชั่นอินเด็กซ์ (E_{24}) ของส่วนใสที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อ เมื่อใช้แอมโมเนียมซัลเฟต 4 กรัม/ลิตร เป็นแหล่งไนโตรเจน 63

3.15 แสดงรูปแบบการเจริญ การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าแรงตึงผิวของส่วนใสที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อ ค่าแรงตึงผิวของส่วนใสที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อเมื่อทำการเจือจาง 10 เท่า และค่าอีมัลชั่นอินเด็กซ์ (E_{24}) ของส่วนใสที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อ เมื่อใช้แอมโมเนียมคลอไรด์ 4 กรัม/ลิตร เป็นแหล่งไนโตรเจน 64

3.16 แสดงรูปแบบการเจริญ การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าแรงตึงผิวของส่วนใสที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อ ค่าแรงตึงผิวของส่วนใสที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อเมื่อทำการเจือจาง 10 เท่า และค่าอีมัลชั่นอินเด็กซ์ (E_{24}) ของส่วนใสที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อ เมื่อใช้โซเดียมไนเตรท 4 กรัม/ลิตร เป็นแหล่งไนโตรเจน 65

3.17 แสดงค่าแรงตึงผิวของส่วนใสที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อ , ค่าแรงตึงผิวของส่วนใสที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อเมื่อทำการเจือจาง 10 เท่า และ 20 เท่า , ค่าอีมัลชั่นอินเด็กซ์ (E_{24}) ของส่วนใสที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อ เมื่อทำการแปรผันแอมโมเนียมไนเตรทในอาหารเลี้ยงเชื้อ....66

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่

3.18 แสดงค่าแรงตึงผิวของส่วนใสที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อ , ค่าแรงตึงผิวของส่วนใสที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อเมื่อทำการเจือจาง 20 เท่า , ค่าอีมัลชั่นอินเด็กซ์ (E_{24})ของส่วนใสที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อเมื่อทำการแปรผันแหล่งแร่ปริมาณน้อยในอาหารเลี้ยงเชื้อ....67

3.19 แสดงค่าแรงตึงผิวของส่วนใสที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อ , ค่าแรงตึงผิวของส่วนใสที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อเมื่อ ทำการเจือจาง 20 เท่า , ค่าอีมัลชั่นอินเด็กซ์ (E_{24}) ของส่วนใสที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อเมื่อทำการแปรผันแมงกานีสซัลเฟต ($MnSO_4 . H_2O$) ในอาหารเลี้ยงเชื้อเป็น 1.71 , 3.42 และ 5.13 มิลลิกรัม/ลิตร....68

3.20 แสดงรูปแบบการเจริญ การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าแรงตึงผิวของส่วนใสที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อ ค่าแรงตึงผิวของส่วนใสที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อเมื่อทำการเจือจาง 10 และ 20เท่า ค่าอีมัลชั่นอินเด็กซ์ (E_{24}) และค่าการกระจายน้ำมัน(oil displacement) ของส่วนใสที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อ....69

3.21 ผลของค่าความเป็นกรด-ด่างต่อค่าแรงตึงผิวของส่วนใสที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อเมื่อทำการเจือจาง 10 เท่า และ 20 เท่า ค่าอีมัลชั่นอินเด็กซ์ (E_{24}) เมื่อค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 2 ,4 , 6 , 8 , 10 , 12 และ 14....71

3.22 ผลของอุณหภูมิต่อค่าแรงตึงผิวของส่วนใสที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อเมื่อนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 0 °ซ , 4 °ซ และที่อุณหภูมิห้อง (30±2 °ซ)ทำการบันทึกผลทุก 10 วัน เป็นเวลา 100 วัน....72

3.23 แสดงผลของอุณหภูมิ ต่อค่าอีมัลชั่นอินเด็กซ์ (E_{24}) ของส่วนใสที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อเมื่อนำไปบ่มที่ อุณหภูมิ 0 °ซ , 4 °ซ และที่อุณหภูมิห้อง (30±2 °ซ)ทำการบันทึกผลทุก 10 วัน เป็นเวลา 100 วัน....73

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่

3.24 แสดงผลของอุณหภูมิต่อค่าแรงตึงผิวของส่วนใส ที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อเมื่อ นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 55 ^{0}ซ , 80 ^{0}ซ และ 100 ^{0} ซ เป็นเวลา 240 นาที ทำการบันทึกผลทุก 30 นาที.........74

3.25 แสดงผลของอุณหภูมิต่อค่าอีมัลชั่นอินเด็กซ์ (E_{24}) ของส่วนใสที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อ เมื่อนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 55 ^{0}ซ , 80 ^{0}ซ และ 100 ^{0} ซ เป็นเวลา 240 นาที ทำการบันทึกผลทุก 30 นาที.........75

3.26 แสดงผลของอุณหภูมิต่อความสามารถในการกระจายน้ำมัน (oil displacement) ของส่วนใสที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อเมื่อนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 55 ^{0}ซ , 80 ^{0}ซ และ100 ^{0} ซ เป็นเวลา 240 นาที ทำการบันทึกผลทุก 30 นาที.........76

3.27 เปรียบเทียบผลของการวัดค่าแรงตึงผิวด้วยเครื่องมือที่สร้างขึ้นเอง กับเครื่องวัดแรงตึงผิวรุ่น K6 ของบริษัท KRUSS โดยทำการวัด ค่าแรงตึงผิวของสารละลายโซเดียมโดเดซิลซัลเฟตที่ทำการเจือจาง 10^{-1},$10^{-1.5}$,10^{-2},$10^{-2.5}$,10^{-3},$10^{-3.5}$,10^{-4},$10^{-4.5}$,10^{-5} ตามลำดับ.........78

3.28 เปรียบเทียบผลของการวัดค่าแรงตึงผิวด้วยเครื่องมือที่ประดิษฐ์ขึ้นเอง กับเครื่องวัดแรงตึงผิวรุ่น K6 ของ บริษัท KRUSS โดยทำการวัด ค่าแรงตึงผิวของส่วนใสที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อและวัดค่าแรงตึงผิวของ ส่วนใสที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อที่ทำการเจือจาง10 , 20 , 30 ,40, 50, 60 และ 70 เท่า ตามลำดับ.........79

3.29 เปรียบเทียบผลของการหาค่า critical micelle dilution โดยใช้เครื่องมือที่ประดิษฐ์ขึ้นเองเปรียบเทียบกับ เครื่องวัดแรงตึงผิวรุ่น K6 ของบริษัท KRUSS โดย ทำการวัดค่าแรงตึงผิวของส่วนใสที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อและ วัดค่าแรงตึงผิวของส่วนใสที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อที่ทำการเจือจาง 10 , 100 , 1,000 และ 10,000 เท่า ตามลำดับ......... 80

คำย่อ

°ซ. = องศาเซลเซียส

ชม. = ชั่วโมง

ซม. = เซนติเมตร

มม. = มิลลิเมตร

มล. = มิลลิลิตร

°C = องศาเซลเซียส

wk = สัปดาห์

ID = Inner diameter

% = เปอร์เซนต์