การขจัดแอมโมเนียในน้ำทะเลโดยไนตริฟายอิงแบคทีเรีย

นางสาวปิติภรณ์ บัวเจริญ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาจุลชีววิทยาทางอุตสาหกรรม ภาควิชาจุลชีววิทยา
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2540

ISBN 974-638-821-5

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I 18200709

REMOVAL OF AMMONIA IN SEAWATER BY NITRIFYING BACTERIA

Miss Pitiporn Bourchareon

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 1997

ISBN 974-638-821-5

หัวข้อวิทยานิพนธ์	:	การขจัดแอมโมเนียในน้ำทะเลโดยไนตริฟายอิงแบคทีเรีย
โดย	:	นางสาว ปิติภรณ์ บัวเจริญ
ภาควิชา	:	จุลชีววิทยา
อาจารย์ที่ปรึกษา	:	รองศาสตราจารย์ ดร. ประกิตติ์สิน สิหนนทน์

บัณฑิตวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์วิทยาลัย อนุมัติให้วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ศุภวัฒน์ ชุติวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุรินา ชวนิชย์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร. ประกิตติ์สิน สิหนนทน์)

..... กรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร. เบี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. สมเกียรติ ปิยะธีรธิติวรกุล)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

ปิติภรณ์ บัวเจริญ : การขจัดแอมโมเนียในน้ำทะเลโดยไนตริฟายอิงแบคทีเรีย (REMOVAL OF AMMONIA IN SEAWATER BY NITRIFYING BACTERIA) อ. ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร. ประกิตติ์สิน สีหนนทน์ ; 178 หน้า. ISBN 974-638-821-5

การแยกและคัดเลือกคีโมออโตโทรฟิคแอมโมเนียออกซิไดซิงแบคทีเรียและคีโมออโตโทรฟิคไนไตรท์ออกซิไดซิงแบคทีเรียจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำทะเลตามแหล่งต่างๆ สามารถแยกคีโมออโตโทรฟิคแอมโมเนียออกซิไดซิงแบคทีเรียได้ 3 สายพันธุ์คือสายพันธุ์ A3, A4 และ A7 ซึ่งคีโมออโตโทรฟิคแอมโมเนียออกซิไดซิงแบคทีเรียสายพันธุ์ A7 เป็นแบคทีเรียสายพันธุ์ที่มีประสิทธิภาพในการออกซิไดซ์แอมโมเนียเป็นไนไตรท์ได้สูงสุด คีโมออโตโทรฟิคแอมโมเนียออกซิไดซิงแบคทีเรียสายพันธุ์ A7 มีรูปร่างเป็นแท่งสั้นขนาด 1.0 x 5.0 ไมโครเมตร ติดสีแกรมลบ สภาวะที่เหมาะสมต่อการสร้างไนไตรท์สูงสุด เมื่อเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลวแอมโมเนียออกซิไดซิงแบคทีเรียที่ประกอบด้วย 4 มิลลิโมลาร์ของแอมโมเนียมซัลเฟต 10 กรัมต่อลิตรของโซเดียมคลอไรด์ และมีค่าความเป็นกรดด่าง 7 ถึง 8 บ่มที่อุณหภูมิ 30 ถึง 32 องศาเซลเซียส ด้วยอัตราการเขย่าแบบโรตารี่ 200 รอบต่อนาที สามารถแยกคีโมออโตโทรฟิคไนไตรท์ออกซิไดซิงแบคทีเรียได้ 2 สายพันธุ์ คือคีโมออโตโทรฟิคไนไตรท์ออกซิไดซิงแบคทีเรียสายพันธุ์ N1 และคีโมออโตโทรฟิคไนไตรท์ออกซิไดซิงแบคทีเรียสายพันธุ์ N2 แต่คีโมออโตโทรฟิคไนไตรท์ออกซิไดซิงแบคทีเรียสายพันธุ์ N1 เป็นสายพันธุ์ที่สร้างไนเตรทสูงกว่าแบคทีเรียสายพันธุ์ N2 คีโมออโตโทรฟิคไนไตรท์ออกซิไดซิงแบคทีเรียสายพันธุ์ N1 ติดสีแกรมลบ มีรูปร่างคล้ายลูกแพร์ ขนาด (0.5 - 1.0) x (0.2 - 0.5) ไมโครเมตร สภาวะที่เหมาะสมต่อการสร้างไนเตรทสูงสุดเมื่อเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลวไนไตรท์ออกซิไดซิงที่ประกอบด้วย 20 มิลลิโมลาร์ของโซเดียมไนไตรท์ 10 กรัมต่อลิตรของโซเดียมคลอไรด์ ที่ค่าความเป็นกรดด่าง 7 อัตราการเขย่า 100 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส การศึกษาประสิทธิภาพในการลดแอมโมเนียในน้ำกร่อยในระบบรีเซอคูเลชันในระยะเวลา 30 วัน โดยคีโมออโตโทรฟิคแอมโมเนียออกซิไดซิงแบคทีเรียสายพันธุ์ A7 พบว่ามีการลดลงของปริมาณแอมโมเนียและการเพิ่มขึ้นของไนไตรท์ในชุดทดลองที่ตรึงคีโมออโตโทรฟิคแอมโมเนียออกซิไดซิงแบคทีเรียสายพันธุ์ A7 มากกว่าในชุดควบคุม ประมาณ 2 เท่า และ 3.5 เท่าตามลำดับ ประสิทธิภาพในการลดไนไตรท์ในน้ำกร่อย ในระบบรีเซอคูเลชัน ในระยะเวลา 30 วัน โดยคีโมออโตโทรฟิคไนไตรท์ออกซิไดซิงแบคทีเรียสายพันธุ์ N1 พบว่ามีการลดลงของปริมาณแอมโมเนียและการเพิ่มขึ้นของปริมาณไนเตรทในชุดทดลองที่ตรึงคีโมออโตโทรฟิคไนไตรท์ออกซิไดซิงแบคทีเรียสายพันธุ์ N1 มากกว่าในชุดควบคุมประมาณ 2 เท่า และ 8 เท่าตามลำดับ ประสิทธิภาพการลดปริมาณแอมโมเนียในน้ำกร่อยของเชื้อผสมคีโมออโตโทรฟิคแอมโมเนียออกซิไดซิงแบคทีเรียสายพันธุ์ A7 และคีโมออโตโทรฟิคไนไตรท์ออกซิไดซิงแบคทีเรียสายพันธุ์ N1 ในระบบรีเซอคูเลชัน ในระยะเวลา 60 วัน พบว่ามีการลดลงของปริมาณแอมโมเนียและการเพิ่มขึ้นของปริมาณไนเตรทในชุดทดลองของเชื้อผสมคีโมออโตโทรฟิคแอมโมเนียออกซิไดซิงแบคทีเรียสายพันธุ์ A7 และ คีโมออโตโทรฟิคไนไตรท์ออกซิไดซิงแบคทีเรียสายพันธุ์ N1 มากกว่าชุดควบคุม 3.5 เท่าและ 23 เท่าตามลำดับ ส่วนปริมาณไนไตรท์ในชุดทดลองและชุดควบคุมไม่มีความแตกต่างกัน

ภาควิชา จุลชีววิทยา ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา จุลชีววิทยาทางอุตสาหกรรม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2540 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

C726403 MICROBIOLOGY
: MAJOR
KEY WORD: NITRIFYING BACTERIA / AMMONIA OXIDIZING BACTERIA / NITRITE OXIDIZING BACTERIA

PITIPORN BOURCHAREON : REMOVAL OF AMMONIA IN SEAWATER BY NITRIFYING BACTERIA. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. PRAKITSIN SIHANONTH, Ph.D. 178 pp. ISBN 974-638-821-5

The isolation and selection of chemoautotrophic ammonia oxidizing bacteria and chemoautotrophic nitrite oxidizing bacteria were carried out from cultivated shrimp pond in different areas. Chemoautotrophic ammonia oxidizing bacteria strains A3, A4 and A7 were isolated. Bacterial strain A7 gave highest activity in capable to oxidize nitrite from ammonia. Chemoautotrophic ammonia oxidizing strain A7 is gram negative rod shape with 1.0 x 5.0 μm in size. In optimum condition for highest nitrite production of chemoautotrophic ammonia oxidizing strain A7 grown in liquid ammonium oxidizing medium, which contained 4 mM of ammonium sulfate and 10 g/l of sodium chloride at pH 7 - 8 incubated at 30 - 32 °C with rotary agitation speed 300 rpm., chemoautotrophic nitrite oxidizing bacteria strains N1 and N2 were isolated. Chemoautotrophic nitrite oxidizing bacteria strain N1 produced nitrite higher than bacterial strain N2. Chemoautotrophic nitrite oxidizing bacteria strain N1 is gram negative, pear shaped with size of (0.5 - 1.0) x (0.2 - 0.5) μm. The optimum conditions for highest nitrite production by chemoautotrophic nitrite oxidizing bacterial strain N1 grown in liquid nitrite oxidizing medium, contained 20 mM sodium nitrite and 10 g/l sodium chloride at pH 7 incubated at 30 C with rotary agitation speed 100 rpm. Comparing rate of ammonia removal and nitrite production in brackish water in recirculation system for 30 days by chemoautotrophic ammonia oxidizing bacteria strain A7 showed higher rate than control about 2 times and 3.5 times respectively. Comparing rate of nitrite removal and nitrate production in brackish water in recirculation system for 30 days by chemoautotrophic nitrite oxidizing bacteria strain N1 showed higher rate than control about 2 times and 8 times respectively. Comparing ammonia removal and nitrate production in brackish water in recirculation system for 60 days by mixed immobilized cell of chemoautotrophic ammonia oxidizing bacteria strain A7 and chemoautotrophic nitrite oxidizing bacteria strain N1 showed higher activity than control about 3.5 times and 23 times respectively. There was no different in nitrite content between treatment and control.

ภาควิชา จุลชีววิทยา ลายมือชื่อนิสิต ปิติพร บวรเจริญ

สาขาวิชา จุลชีววิทยาทางอุตสาหกรรม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ประกิตสิน สิหนนท์

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของรองศาสตราจารย์ ดร.ประกิตติ์สิน สิทนนทน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้ให้คำแนะนำ คำปรึกษา และข้อคิดเห็นต่างๆของงานวิจัยด้วยดีตลอดมา รวมทั้งได้ช่วยแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ ขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงสุดไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. สุรินา ชะนิชย์ ที่กรุณารับเป็นประธานกรรมการสอบ ศาสตราจารย์ ดร. เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต ที่กรุณาให้คำแนะนำรวมทั้งรับเป็นกรรมการสอบ และ รองศาสตราจารย์ ดร. สมเกียรติ บัยะธีรชิติวรกุล ที่กรุณารับเป็นกรรมการสอบและแก้ไขวิทยานิพนธ์ ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณ คุณสยมชัย สิงหรา ณ อยุธยา จากบริษัท Dow Elanco (Thailand) จำกัดที่ได้เอื้อเฟื้อสารไนตราไพริน สำหรับใช้ในการวิจัย

ขอขอบพระคุณภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเลและหน่วยปฏิบัติการเทคโนโลยีชีวภาพทางทะเลที่ได้เอื้อเฟื้อเครื่องมือวัดการละลายของออกซิเจน น้ำทะเล และตัวอย่างน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งสำหรับการแยกเชื้อ

ขอขอบพระคุณสถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำและบัณฑิตวิทยาลัยที่ให้ทุนอุดหนุนงานวิจัย ตลอดจนคณาจารย์และเจ้าหน้าที่ภาควิชาจุลชีววิทยา ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการทำงานวิจัยด้วยดีตลอดมา

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่เคารพรักอย่างสูง ซึ่งได้ให้กำลังใจอย่างดียิ่งเสมอมาจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ฌ

สารบัญรูป..... ญ

คำย่อ..... บ

บทที่

1 บทนำ

2 วารสารปริทรรศน์ 3

ปฏิกิริยาไนตริฟิเคชัน..... 4

ลักษณะและชนิดของคีโมออโตโทรฟีคไนตริฟายอิงแบคทีเรีย..... 8

การเจริญและการกระจายของไนตริฟายอิงแบคทีเรีย..... 22

การคัดเลือกและแยกแอมโมเนียออกซิไดซิงแบคทีเรีย..... 22

การทดสอบความสามารถในการสร้างไนไตรท์..... 28

การตรวจสอบคีโมออโตโทรฟีคแอมโมเนียออกซิไดซิงแบคทีเรีย..... 29

การคัดเลือกและแยกไนไตรท์ออกซิไดซิงแบคทีเรีย..... 30

ปัจจัยสำคัญในการเจริญของไนตริฟายอิงแบคทีเรีย..... 33

3 อุปกรณ์และวิธีการดำเนินงานวิจัย

อุปกรณ์และเคมีภัณฑ์..... 37

วิธีการดำเนินงานวิจัย..... 39

ศึกษาคีโมออโตโทรฟีคแอมโมเนียออกซิไดซิงแบคทีเรีย..... 39

ศึกษาคีโมออโตโทรฟีคไนไตรท์ออกซิไดซิงแบคทีเรีย..... 45

ทดสอบประสิทธิภาพของคีโมออโตโทรฟีคไนตริฟายอิงแบคทีเรียที่คัดเลือกได้ในระบบบรีเซอคูเลชัน..... 50

4 ผลการทดลอง..... 58

5 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง..... 134

หน้า

รายการอ้างอิง..... 148

ภาคผนวก

ก อาหารเลี้ยงเชื้อ..... 157

ข วิธีการวิเคราะห์และการเตรียมสารสำหรับวิเคราะห์..... 163

ค วิธีวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ..... 170

ง กราฟมาตรฐาน..... 173

ประวัติผู้วิจัย..... 178

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	อัตราการเกิดไนตริฟิเคชันของเฮทเทอโรโทรฟิคและออโตโทรฟิคแบคทีเรีย.....	8
2	ตัวอย่างและแหล่งที่มาของตัวอย่างแอมโมเนียออกซิไดซิงแบคทีเรีย.....	40
3	ตัวอย่างและแหล่งที่มาของตัวอย่างไนไตรท์ออกซิไดซิงแบคทีเรีย.....	46
4	สายพันธุ์ของแอมโมเนียออกซิไดซิงแบคทีเรียที่แยกจากแหล่งต่างๆ แสดงถึงโครงสร้าง การย้อมสีแกรม และความสามารถในการสร้างไนไตรท์.....	59
5	ความสามารถในการเจริญของแอมโมเนียออกซิไดซิงแบคทีเรียในอาหารอินทรีย์ชนิดต่างๆ.....	62
6	การเปลี่ยนแปลงการสร้างไนไตรท์ของแอมโมเนียออกซิไดซิงแบคทีเรียสายพันธุ์ A1, A3, A4 และ A7 ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลวสูตร 3 ที่มีแอมโมเนียมซัลเฟต 4 มิลลิโมลาร์ โซเดียมคลอไรด์ 10 กรัมต่อลิตร เติมและไม่เติมไนตราไพรินเข้มข้น 21.9 เปอร์เซนต์ปริมาณ 2 มิลลิลิตรต่อลิตร ในระยะเวลา 30 วัน...	64
7	การเปลี่ยนแปลงการสร้างไนไตรท์ของคิโมออโตโทรฟิคแอมโมเนียออกซิไดซิงแบคทีเรียสายพันธุ์ A3, A4 และ A7 ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลวสูตร 3 ที่มีแอมโมเนียมซัลเฟต 4 มิลลิโมลาร์ โซเดียมคลอไรด์ 10 กรัมต่อลิตร ค่าความเป็นกรดด่าง 8.5 ด้วยอัตราการเขย่าที่ 200 รอบต่อนาที ในตู้บ่มควบคุมอุณหภูมิที่ 30 องศาเซลเซียส ในระยะเวลา 30 วัน.....	67
8	การเปลี่ยนแปลงการสร้างไนไตรท์ของคิโมออโตโทรฟิคแอมโมเนียออกซิไดซิงแบคทีเรียสายพันธุ์ A7 ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลวสูตร 3 ที่มี โซเดียมคลอไรด์ 10 กรัมต่อลิตร แปรผันแอมโมเนียมซัลเฟตปริมาณ 3 , 4 และ 5 มิลลิโมลาร์ ค่าความเป็นกรดด่าง 8.5 ด้วยอัตราการเขย่าที่ 200 รอบต่อนาที ในตู้บ่มควบคุมอุณหภูมิที่ 30 องศาเซลเซียส ในระยะเวลา 30 วัน.....	70
9	การเปลี่ยนแปลงการสร้างไนไตรท์ของ คิโมออโตโทรฟิคแอมโมเนียออกซิไดซิงแบคทีเรียสายพันธุ์ A7 ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลวสูตร 3 ที่มีแอมโมเนียมซัลเฟต 4 มิลลิโมลาร์ แปรผันปริมาณโซเดียมคลอไรด์ที่ 0, 10 และ 25 กรัมต่อลิตร ค่าความเป็นกรดด่าง 8.5 ด้วยอัตราการเขย่าที่ 200 รอบต่อนาที ในตู้บ่มควบคุมอุณหภูมิที่ 30 องศาเซลเซียส ในระยะเวลา 30 วัน.....	73

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
10	การเปลี่ยนแปลงการสร้างไนไตรท์ของคีโมออโตโทรฟิคแอมโมเนียออกซิไดซิงแบคทีเรียสายพันธุ์ A7 ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลวสูตร 3 ที่มีแอมโมเนียมซัลเฟต 4 มิลลิโมลาร์ เติมโซเดียมคลอไรด์ 10 กรัมต่อลิตร ที่แปรผันค่าความเป็นกรดด่างที่ 6, 7, 8 และ 9 ด้วยอัตราการเขย่าที่ 200 รอบต่อนาที ในตู้บ่มควบคุมอุณหภูมิที่ 30 องศาเซลเซียส ในระยะเวลา 30 วัน.....	75
11	การเปลี่ยนแปลงการสร้างไนไตรท์ของคีโมออโตโทรฟิคแอมโมเนียออกซิไดซิงแบคทีเรียสายพันธุ์ A7 ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลวสูตร 3 ที่มีแอมโมเนียมซัลเฟต 4 มิลลิโมลาร์ โซเดียมคลอไรด์ 10 กรัมต่อลิตร ที่แปรผันอุณหภูมิที่ 20, 30 32 และ 40 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดด่าง 8.5 ด้วยอัตราการเขย่าที่ 200 รอบต่อนาที ในตู้บ่มควบคุมอุณหภูมิที่ 30 องศาเซลเซียส ในระยะเวลา 30 วัน.....	78
12	การเปลี่ยนแปลงการสร้างไนไตรท์ของคีโมออโตโทรฟิคแอมโมเนียออกซิไดซิงแบคทีเรียสายพันธุ์ A7 ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลวสูตร 3 แอมโมเนียมซัลเฟต 4 มิลลิโมลาร์ เติมโซเดียมคลอไรด์ 10 กรัมต่อลิตร ที่แปรผันอัตราการเขย่าที่ 0, 100, 200 และ 300 รอบต่อนาที ค่าความเป็นกรดด่าง 8.5 ในตู้บ่มควบคุมอุณหภูมิที่ 30 องศาเซลเซียส ในระยะเวลา 30 วัน.....	80
13	การเปลี่ยนแปลงการสร้างไนเตรทของคีโมออโตโทรฟิคไนไตรท์ออกซิไดซิงแบคทีเรียสายพันธุ์ N1 และ N2 เมื่อเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลวสูตร 4 ที่มีโซเดียมไนไตรท์ 20 มิลลิโมลาร์ โซเดียมคลอไรด์ 10 กรัมต่อลิตร ค่าความเป็นกรดด่าง 7.0 ด้วยอัตราการเขย่า 200 รอบต่อนาที ในระยะเวลา 30 วัน.....	88
14	การเปลี่ยนแปลงการสร้างไนเตรทของคีโมออโตโทรฟิคไนไตรท์ออกซิไดซิงแบคทีเรียสายพันธุ์ N1 ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลวสูตร 4 ที่มีโซเดียมคลอไรด์ 10 กรัมต่อลิตร แปรผันโซเดียมไนไตรท์ปริมาณ 10, 15, 20, 25 และ 30 มิลลิโมลาร์ ค่าความเป็นกรดด่าง 7.0 ด้วยอัตราการเขย่าที่ 200 รอบต่อนาที ในตู้บ่มควบคุมอุณหภูมิที่ 30 องศาเซลเซียส ในระยะเวลา 30 วัน.....	91

ตารางที่ หน้า

15 การเปลี่ยนแปลงการสร้างไนเตรทของ คีโมออโตโทรฟิคไนไตรท์ออกซิไดซิง แบคทีเรียสายพันธุ์ N1 ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลวสูตร 4 ที่แปรผันโซเดียมคลอไรด์ ปริมาณ 0, 10 และ 25 กรัมต่อลิตร เติมโซเดียมไนไตรท์ 20 มิลลิโมลาร์ ค่าความเป็นกรดด่าง 7.0 ด้วยอัตราการเขย่าที่ 200 รอบต่อนาที ในตู้บ่มควบคุมอุณหภูมิที่ 30 องศาเซลเซียส ในระยะเวลา 30 วัน..... 94

16 การเปลี่ยนแปลงการสร้างไนเตรทของคีโมออโตโทรฟิคไนไตรท์ออกซิไดซิง แบคทีเรียสายพันธุ์ N1 ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลวสูตร 4 ที่มีโซเดียมไนไตรท์ 20 มิลลิโมลาร์ เติมโซเดียมคลอไรด์ปริมาณ 10 กรัมต่อลิตร แปรผันค่าความเป็นกรดด่างที่ 6, 7, 8 และ 9 ค่าความเป็นกรดด่าง 7.0 ด้วยอัตราการเขย่าที่ 200 รอบต่อนาที ในตู้บ่มควบคุมอุณหภูมิที่ 30 องศาเซลเซียส ในระยะเวลา 30 วัน..... 96

17 การเปลี่ยนแปลงการสร้างไนเตรทของคีโมออโตโทรฟิคไนไตรท์ออกซิไดซิง แบคทีเรียสายพันธุ์ N1 ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลวสูตร 4 โซเดียมไนไตรท์ 20 มิลลิโมลาร์ เติมโซเดียมคลอไรด์ปริมาณ 10 กรัมต่อลิตร แปรผันอุณหภูมิที่ 20, 30, 32 และ 40 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดด่าง 7.0 ด้วยอัตราการเขย่าที่ 200 รอบต่อนาที ในระยะเวลา 30 วัน..... 99

18 การเปลี่ยนแปลงการสร้างไนเตรทของคีโมออโตโทรฟิคไนไตรท์ออกซิไดซิง แบคทีเรีย สายพันธุ์ N1 ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลวสูตร 4 ที่มีโซเดียมไนไตรท์ 20 มิลลิโมลาร์ เติมโซเดียมคลอไรด์ปริมาณ 10 กรัมต่อลิตร แปรผันอัตราการเขย่าที่ 0, 100 , 200 และ 300 รอบต่อนาที ค่าความเป็นกรดด่าง 7.0 ในตู้บ่มควบคุมอุณหภูมิที่ 30 องศาเซลเซียส ในระยะเวลา 30 วัน..... 101

19 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียและปริมาณไนไตรท์ในระบบบริเซอคูเลชันในชุดทดลองที่บรรจุด้วยวัสดุตรึงซีโอไลท์ที่ตรึงคีโมออโตโทรฟิคแอมโมเนียออกซิไดซิง แบคทีเรียสายพันธุ์ A7 และชุดควบคุมที่ไม่ได้ตรึงด้วยแอมโมเนียออกซิไดซิง แบคทีเรีย ที่มีแอมโมเนียมซัลเฟตปริมาณ 4 มิลลิโมลาร์ ค่าความเป็นกรดด่าง 8.5 ในน้ำกร่อยที่ใช้หมุนเวียน ทำการทดลองที่อุณหภูมิห้อง ในระยะเวลา 30 วัน..... 108

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
20	การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดด่างและปริมาณออกซิเจน ในระบบบริเซอคูเลชันในชุดทดลองที่บรรจุด้วยวัสดุตรึงซีโอไลท์ที่ตรึงคีโมออโตโทรฟิคแอมโมเนียออกซิไดซิงแบคทีเรียสายพันธุ์ A7 และชุดควบคุมที่ไม่ได้ตรึงด้วยคีโมออโตโทรฟิคแอมโมเนียออกซิไดซิงแบคทีเรีย ที่มีโซเดียมไนไตรท์ 20 มิลลิโมลาร์ ที่มีแอมโมเนียมซัลเฟต 4 มิลลิโมลาร์ ค่าความเป็นกรดด่าง 8.5 ในน้ำกร่อยที่ใช้หมุนเวียน ทำการทดลองที่อุณหภูมิห้อง ในระยะเวลา 30 วัน.....	110
21	การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนไตรท์และปริมาณไนเตรทในระบบบริเซอคูเลชันในชุดทดลองที่บรรจุด้วยวัสดุตรึงซีโอไลท์ ที่ตรึงคีโมออโตโทรฟิคไนไตรท์ออกซิไดซิงแบคทีเรียสายพันธุ์ N1 และชุดควบคุมที่ไม่ได้ตรึงด้วยคีโมออโตโทรฟิคไนไตรท์ออกซิไดซิงแบคทีเรียที่มีโซเดียมไนไตรท์ 20 มิลลิโมลาร์ ค่าความเป็นกรดด่าง 7.0 ในน้ำกร่อยที่ใช้หมุนเวียน ทำการทดลองที่อุณหภูมห้อง ในระยะเวลา 30 วัน.....	117
22	การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดด่างและปริมาณออกซิเจนในระบบบริเซอคูเลชันในชุดทดลอง ที่บรรจุด้วยวัสดุตรึงซีโอไลท์ที่ตรึงคีโมออโตโทรฟิคไนไตรท์ออกซิไดซิงแบคทีเรียสายพันธุ์ N1 และชุดควบคุมที่ไม่ได้ตรึงด้วยคีโมออโตโทรฟิคไนไตรท์ออกซิไดซิงแบคทีเรีย ที่มีโซเดียมไนไตรท์ 20 มิลลิโมลาร์ ที่มีโซเดียมไนไตรท์ 20 มิลลิโมลาร์ ค่าความเป็นกรดด่าง 7.0 ในน้ำกร่อยที่ใช้หมุนเวียน ทำการทดลองที่อุณหภูมิห้อง ในระยะเวลา30 วัน.....	119
23	การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนีย ปริมาณไนไตรท์ และปริมาณไนเตรทในระบบบริเซอคูเลชันในชุดทดลองที่บรรจุด้วยวัสดุตรึงซีโอไลท์ที่ตรึงเชื้อผสมของคีโมออโตโทรฟิคแอมโมเนียออกซิไดซิงแบคทีเรียสายพันธุ์ A7 และคีโมออโตโทรฟิคไนไตรท์ออกซิไดซิงแบคทีเรียสายพันธุ์ N1 และชุดควบคุมที่ไม่ได้ตรึงด้วยแบคทีเรีย ที่มีแอมโมเนียมซัลเฟต มิลลิโมลาร์ ค่าความเป็นกรดด่าง 8.5 ในน้ำกร่อยที่ใช้หมุนเวียนทำการทดลองที่อุณหภูมิห้อง ในระยะเวลา 60 วัน.....	127
24	การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดด่างและปริมาณออกซิเจนในระบบบริเซอคูเลชันในระบบบริเซอคูเลชันในชุดทดลองที่บรรจุด้วยวัสดุตรึงซีโอไลท์ที่ตรึงเชื้อผสมของคีโมออโตโทรฟิคแอมโมเนียออกซิไดซิงแบคทีเรียสายพันธุ์ A7 และคีโมออโตโทรฟิคไนไตรท์ออกซิไดซิงแบคทีเรียสายพันธุ์และชุดควบคุมที่ไม่ได้ตรึงด้วยแบคทีเรีย ที่มีแอมโมเนียมซัลเฟต 4 มิลลิโมลาร์ค่าความเป็นกรดด่าง 8.5 ในน้ำกร่อยที่ใช้หมุนเวียนทำการทดลองที่อุณหภูมิห้อง ในระยะเวลา 60 วัน ...	130

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1	ปฏิกิริยาออกซิเดชันของแอมโมเนียและการขนส่งอิเลคตรอนของแอมโมเนียออกซิไดซิงแบคทีเรีย	5
2	ปฏิกิริยาออกซิเดชันของไนไตรท์และการขนส่งอิเลคตรอนของไนไตรท์ออกซิไดซิงแบคทีเรีย	6
3	ภาพถ่ายอิเลคตรอนไมโครกราฟของ *Nitrosomonas* sp	11
4	ภาพถ่ายอิเลคตรอนไมโครกราฟของ *Nitrosococcus oceanus*	13
5	ภาพถ่ายอิเลคตรอนไมโครกราฟของ *Nitrosospira briensis*	14
6	ภาพถ่ายอิเลคตรอนไมโครกราฟของ *Nitrosolobus multiformis*	15
7	ภาพถ่ายอิเลคตรอนไมโครกราฟของ *Nitrosovibrio tenuis*	16
8	ภาพถ่ายอิเลคตรอนไมโครกราฟของ *Nitrobacter hamburgensis*	18
9	ภาพถ่ายอิเลคตรอนไมโครกราฟของ *Nitrococcus mobilis*	19
10	ภาพถ่ายอิเลคตรอนไมโครกราฟของ *Nitrospira gracilis*	20
11	ภาพถ่ายอิเลคตรอนไมโครกราฟของ *Nitrospira marina*	21
12	โครงสร้างทางเคมีของ 2 - chloro - 6 - (trichloromethyl) pyridine	30
13	การจัดเรียงวัสดุตรึงแบคทีเรียในเครื่องกรองน้ำ	51
14	การหมุนเวียนของน้ำในระบบรีเซอคูเลชัน	52
15	ภาพถ่ายของแอมโมเนียออกซิไดซิงแบคทีเรียสายพันธุ์ A1 จากกล้องจุลทรรศน์ธรรมดา (กำลังขยาย3388X)	60
16	ภาพถ่ายของแอมโมเนียออกซิไดซิงแบคทีเรียสายพันธุ์ A3 จากกล้องจุลทรรศน์ธรรมดา (กำลังขยาย3388X)	61
17	ภาพถ่ายของแอมโมเนียออกซิไดซิงแบคทีเรียสายพันธุ์ A4 จากกล้องจุลทรรศน์ธรรมดา (กำลังขยาย 3388X)	61
18	ภาพถ่ายของแอมโมเนียออกซิไดซิงแบคทีเรียสายพันธุ์ A7 จากกล้องจุลทรรศน์ธรรมดา (กำลังขยาย 3388X)	62

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
19	การเปลี่ยนแปลงการสร้างไนไตรท์ของแอมโมเนียออกซิไดซิงแบคทีเรียสายพันธุ์ A1, A3, A4 และ A7 เมื่อเลี้ยงใน อาหารเลี้ยงเชื้อเหลวสูตร 3 ที่มีแอมโมเนียมซัลเฟต 4 มิลลิโมลาร์ โซเดียมคลอไรด์ 10 กรัมต่อลิตร เติมและไม่เติมไนตราไพรินเข้มข้น 21.9 เปอร์เซนต์ปริมาณ 2 มิลลิลิตรต่อลิตร ในระยะเวลา 30 วัน...	65
20	การเปลี่ยนแปลงการสร้างไนไตรท์ของคีโมออโตโทรฟิคแอมโมเนียออกซิไดซิงแบคทีเรียสายพันธุ์ A3, A4 และ A7 ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลวสูตร 3 ที่มีแอมโมเนียมซัลเฟต 4 มิลลิโมลาร์ โซเดียมคลอไรด์ 10 กรัมต่อลิตร ค่าความเป็นกรดด่าง 8.5 ด้วยอัตราการเขย่าที่ 200 รอบต่อนาที ในตู้บ่มควบคุมอุณหภูมิที่ 30 องศาเซลเซียส ในระยะเวลา 30 วัน.....	68
21	การเปลี่ยนแปลงการสร้างไนไตรท์ของคีโมออโตโทรฟิคแอมโมเนียออกซิไดซิงแบคทีเรียสายพันธุ์ A7 ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลวสูตร 3 ที่มี โซเดียมคลอไรด์ 10 กรัมต่อลิตร แปรผันแอมโมเนียมซัลเฟตปริมาณ 3, 4 และ 5 มิลลิโมลาร์ ค่าความเป็นกรดด่าง 8.5 ด้วยอัตราการเขย่าที่ 200 รอบต่อนาที ในตู้บ่มควบคุมอุณหภูมิที่ 30 องศาเซลเซียส ในระยะเวลา 30 วัน.....	71
22	การเปลี่ยนแปลงการสร้างไนไตรท์ของ คีโมออโตโทรฟิคแอมโมเนียออกซิไดซิงแบคทีเรียสายพันธุ์ A7 ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลวสูตร 3 ที่มีแอมโมเนียมซัลเฟต 4 มิลลิโมลาร์ แปรผันปริมาณโซเดียมคลอไรด์ที่ 0, 10 และ 25 กรัมต่อลิตร ค่าความเป็นกรดด่าง 8.5 ด้วยอัตราการเขย่าที่ 200 รอบต่อนาที ในตู้บ่มควบคุมอุณหภูมิที่ 30 องศาเซลเซียส ในระยะเวลา 30 วัน.....	74
23	การเปลี่ยนแปลงการสร้างไนไตรท์ของคีโมออโตโทรฟิคแอมโมเนียออกซิไดซิงแบคทีเรียสายพันธุ์ A7 ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลวสูตร 3 ที่มีแอมโมเนียมซัลเฟต 4 มิลลิโมลาร์ เติมโซเดียมคลอไรด์ 10 กรัมต่อลิตร ที่แปรผันค่าความเป็นกรดด่างที่ 6, 7, 8 และ 9 ด้วยอัตราการเขย่าที่ 200 รอบต่อนาที ในตู้บ่มควบคุมอุณหภูมิที่ 30 องศาเซลเซียส ในระยะเวลา 30 วัน.....	76
24	การเปลี่ยนแปลงการสร้างไนไตรท์ของคีโมออโตโทรฟิคแอมโมเนียออกซิไดซิงแบคทีเรียสายพันธุ์ A7 ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลวสูตร 3 ที่มีแอมโมเนียมซัลเฟต 4 มิลลิโมลาร์ โซเดียมคลอไรด์ 10 กรัมต่อลิตร ที่แปรผันอุณหภูมิที่ 20, 30 32 และ 40 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดด่าง 8.5 ด้วยอัตราการเขย่าที่ 200 รอบต่อนาที ในตู้บ่มควบคุมอุณหภูมิที่ 30 องศาเซลเซียส ในระยะเวลา 30 วัน.....	79

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
25	การเปลี่ยนแปลงการสร้างไนไตรท์ของคีโมออโตโทรฟิคแอมโมเนียออกซิไดซิงแบคทีเรียสายพันธุ์ A7 ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลวสูตร 3 แอมโมเนียมซัลเฟต 4 มิลลิโมลาร์ เติมโซเดียมคลอไรด์ 10 กรัมต่อลิตร ที่แปรผันอัตราการเขย่าที่ 0 100, 200 และ 300 รอบต่อนาที ค่าความเป็นกรดด่าง 8.5 ในตู้บ่มควบคุมอุณหภูมิที่ 30 องศาเซลเซียส ในระยะเวลา 30 วัน.....	81
26	ภาพถ่ายของแอมโมเนียออกซิไดซิงแบคทีเรียสายพันธุ์ A7 จากกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราด แสดงลักษณะเซลล์มีรูปร่างเป็นแท่ง (กำลังขยาย 22388X).....	82
27	ภาพถ่ายของแอมโมเนียออกซิไดซิงแบคทีเรียสายพันธุ์ A7 จากกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราด แสดงลักษณะการแบ่งเซลล์ (กำลังขยาย 16418X).....	83
28	การเจริญของแบคทีเรียสายพันธุ์ N1 และ N2 ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลวสูตร 4.....	85
29	ภาพถ่ายของแบคทีเรียสายพันธุ์ N1 จากกล้องจุลทรรศน์ธรรมดา (กำลังขยาย 3388X).....	86
30	ภาพถ่ายของแบคทีเรียสายพันธุ์ N2 จากกล้องจุลทรรศน์ธรรมดา (กำลังขยาย 3388X).....	86
31	การเปลี่ยนแปลงการสร้างไนเตรทของคีโมออโตโทรฟิคไนไตรท์ออกซิไดซิงแบคทีเรียสายพันธุ์ N1 และ N2 เมื่อเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลวสูตร 4 ที่มีโซเดียมไนไตรท์ 20 มิลลิโมลาร์ โซเดียมคลอไรด์ 10 กรัมต่อลิตร ค่าความเป็นกรดด่าง 7.0 ด้วยอัตราการเขย่า 200 รอบต่อนาที ในระยะเวลา 30 วัน.....	89
32	การเปลี่ยนแปลงการสร้างไนเตรทของคีโมออโตโทรฟิคไนไตรท์ออกซิไดซิงแบคทีเรียสายพันธุ์ N1 ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลวสูตร 4 ที่มีโซเดียมคลอไรด์ 10 กรัมต่อลิตร แปรผันโซเดียมไนไตรท์ปริมาณ 10, 15, 20, 25 และ 30 มิลลิโมลาร์ ค่าความเป็นกรดด่าง 7.0 ด้วยอัตราการเขย่าที่ 200 รอบต่อนาที ในตู้บ่มควบคุมอุณหภูมิที่ 30 องศาเซลเซียส ในระยะเวลา 30 วัน.....	91

รูปที่ หน้า

33 การเปลี่ยนแปลงการสร้างไนเตรทของคีโมออโตโทรฟิคไนไตรท์ออกซิไดซิง แบคทีเรียสายพันธุ์ N1 ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลวสูตร 4 ที่มีโซเดียมไนไตรท์ 20 มิลลิโมลาร์ แปรผันโซเดียมคลอไรด์ ปริมาณ 0 , 10 และ 25 กรัมต่อลิตร ค่าความเป็นกรดด่าง 7.0 ด้วยอัตราการเขย่าที่ 200 รอบต่อนาที ในตู้บ่มควบคุมอุณหภูมิที่ 30 องศาเซลเซียส ในระยะเวลา 30 วัน..... 95

34 การเปลี่ยนแปลงการสร้างไนเตรทของคีโมออโตโทรฟิคไนไตรท์ออกซิไดซิง แบคทีเรียสายพันธุ์ N1 ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลวสูตร 4 ที่มีโซเดียมไนไตรท์ 20 มิลลิโมลาร์ เติมโซเดียมคลอไรด์ปริมาณ 10 กรัมต่อลิตร แปรผันค่าความเป็นกรดด่างที่ 6, 7, 8 และ 9 ค่าความเป็นกรดด่าง 7.0 ด้วยอัตราการเขย่าที่ 200 รอบต่อนาที ในตู้บ่มควบคุมอุณหภูมิที่ 30 องศาเซลเซียส ในระยะเวลา 30 วัน..... 97

35 การเปลี่ยนแปลงการสร้างไนเตรทของคีโมออโตโทรฟิคไนไตรท์ออกซิไดซิง แบคทีเรียสายพันธุ์ N1 ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลวสูตร 4 โซเดียมไนไตรท์ 20 มิลลิโมลาร์ เติมโซเดียมคลอไรด์ปริมาณ 10 กรัมต่อลิตร แปรผันอุณหภูมิที่ 20, 30, 32 และ 40 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดด่าง 7.0 ด้วยอัตราการเขย่าที่ 200 รอบต่อนาที ในระยะเวลา 30 วัน..... 100

36 การเปลี่ยนแปลงการสร้างไนเตรทของคีโมออโตโทรฟิคไนไตรท์ออกซิไดซิง แบคทีเรีย สายพันธุ์ N1 ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลวสูตร 4 ที่มีโซเดียมไนไตรท์ 20 มิลลิโมลาร์ เติมโซเดียมคลอไรด์ปริมาณ 10 กรัมต่อลิตร แปรผันอัตราการเขย่าที่ 0, 100, 200 และ 300 รอบต่อนาที ค่าความเป็นกรดด่าง 7.0 ในตู้บ่มควบคุมอุณหภูมิที่ 30 องศาเซลเซียส ในระยะเวลา 30 วัน..... 102

37 ภาพถ่ายของไนไตรท์ออกซิไดซิงแบคทีเรียสายพันธุ์ N1 จากกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราด แสดงโครงสร้างของเซลล์ (กำลังขยาย 57460X)..... 103

38 ภาพถ่ายของไนไตรท์ออกซิไดซิงแบคทีเรียสายพันธุ์ N1 จากกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอน แบบส่องกราดแสดงลักษณะเซลล์ที่คล้ายการแตกหน่อของยีสต์ (กำลังขยาย 57460X)..... 104

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
39	การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียและปริมาณไนไตรท์ ในระบบบริเซอคูเลชันในชุดทดลองที่บรรจุด้วยวัสดุตรึงซีโอไลท์ที่ตรึงคีโมออโตโทรฟิคแอมโมเนียออกซิไดซิงแบคทีเรียสายพันธุ์ A7 และชุดควบคุมที่ไม่ได้ตรึงด้วยแอมโมเนียออกซิไดซิงแบคทีเรีย ที่มีแอมโมเนียมซัลเฟตปริมาณ 4 มิลลิโมลาร์ ค่าความเป็นกรดด่าง 8.5 ในน้ำกร่อยที่ใช้หมุนเวียน ทำการทดลองที่อุณหภูมิห้อง ในระยะเวลา 30 วัน..	109
40	การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดด่างและปริมาณออกซิเจน ในระบบบริเซอคูเลชันในชุดทดลองที่บรรจุด้วยวัสดุตรึงซีโอไลท์ที่ตรึงคีโมออโตโทรฟิคแอมโมเนียออกซิไดซิงแบคทีเรียสายพันธุ์ A7 และชุดควบคุมที่ไม่ได้ตรึงด้วยคีโมออโตโทรฟิคแอมโมเนียออกซิไดซิงแบคทีเรีย ที่มีโซเดียมไนไตรท์ 20 มิลลิโมลาร์ ที่มีแอมโมเนียมซัลเฟต 4 มิลลิโมลาร์ ค่าความเป็นกรดด่าง 8.5 ในน้ำกร่อยที่ใช้หมุนเวียน ทำการทดลองที่อุณหภูมิห้อง ในระยะเวลา 30 วัน.....	111
41	ภาพถ่ายของเซลล์บนวัสดุตรึงซีโอไลท์ในชุดควบคุมในการทดลองระบบบริเซอคูเลชันของแอมโมเนียออกซิไดซิงแบคทีเรีย (กำลังขยาย 16420X).....	113
42	ภาพถ่ายของเซลล์บนวัสดุตรึงซีโอไลท์ในชุดทดลองในการทดลองระบบบริเซอคูเลชันของแอมโมเนียออกซิไดซิงแบคทีเรีย (กำลังขยาย 16420X).....	113
43	การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนไตรท์ และ ปริมาณไนเตรท ในระบบบริเซอคูเลชันในชุดทดลองที่บรรจุด้วยวัสดุตรึงซีโอไลท์ที่ตรึงคีโมออโตโทรฟิคไนไตรท์ออกซิไดซิงแบคทีเรียสายพันธุ์ N1 และชุดควบคุมที่ไม่ได้ตรึงด้วยคีโมออโตโทรฟิคไนไตรท์ออกซิไดซิงแบคทีเรียที่มีโซเดียมไนไตรท์ 20 มิลลิโมลาร์ ค่าความเป็นกรดด่าง 7.0 ในน้ำกร่อยที่ใช้หมุนเวียน ทำการทดลองที่อุณหภูมิ ห้องในระยะเวลา 30 วัน.....	118
44	การเปลี่ยนแปลงค่วความเป็นกรดด่างและปริมาณออกซิเจนในระบบบริเซอคูเลชันในชุดทดลองที่บรรจุด้วยวัสดุตรึงซีโอไลท์ที่ตรึงคีโมออโตโทรฟิคไนไตรท์ออกซิไดซิงแบคทีเรียสายพันธุ์ N1 และชุดควบคุมที่ไม่ได้ตรึงด้วยคีโมออโตโทรฟิคไนไตรท์ออกซิไดซิงแบคทีเรียที่มีโซเดียมไนไตรท์ 20 มิลลิโมลาร์ ที่มีโซเดียมไนไตรท์ 20 มิลลิโมลาร์ ค่าความเป็นกรดด่าง 7.0 ในน้ำกร่อยที่ใช้หมุนเวียน ทำการทดลองที่อุณหภูมิห้อง ในระยะเวลา 30 วัน.....	120
45	ภาพถ่ายของเซลล์บนวัสดุตรึงซีโอไลท์ในชุดควบคุมในการทดลองระบบบริเซอคูเลชันของไนไตรท์ออกซิไดซิงออกซิไดซิงแบคทีเรีย (กำลังขยาย 12313X).....	122
46	ภาพถ่ายของเซลล์บนวัสดุตรึงซีโอไลท์ในชุดทดลองในการทดลองระบบบริเซอคูเลชันของไนไตรท์ออกซิไดซิงออกซิไดซิงแบคทีเรีย (กำลังขยาย 24626X).....	122

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
47	การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนีย ปริมาณไนไตรท์ และปริมาณไนเตรทในระบบรีเซอคูเลชันในชุดทดลองที่บรรจุด้วยวัสดุตรึงซีโอไลท์ที่ตรึงเชื้อผสมของคีโมออโตโทรฟิคแอมโมเนียออกซิไดซิงแบคทีเรียสายพันธุ์ A7 และคีโมออโตโทรฟิคไนไตรท์ออกซิไดซิงแบคทีเรียสายพันธุ์ N1 และชุดควบคุมที่ไม่ได้ตรึงด้วยแบคทีเรีย ที่มีแอมโมเนียมซัลเฟต มิลลิโมลาร์ ค่าความเป็นกรดด่าง 8.5 ในน้ำกร่อยที่ใช้หมุนเวียนทำการทดลองที่อุณหภูมิห้อง ในระยะเวลา 60 วัน.....	129
48	การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดด่างและปริมาณออกซิเจน ในระบบรีเซอคูเลชันในระบบรีเซอคูเลชันในชุดทดลองที่บรรจุด้วยวัสดุตรึงซีโอไลท์ที่ตรึงเชื้อผสมของคีโมออโตโทรฟิคแอมโมเนียออกซิไดซิงแบคทีเรียสายพันธุ์ A7 และคีโมออโตโทรฟิคไนไตรท์ออกซิไดซิงแบคทีเรียสายพันธุ์ และชุดควบคุมที่ไม่ได้ตรึงด้วยแบคทีเรีย ที่มีแอมโมเนียมซัลเฟตปริมาณ 4 มิลลิโมลาร์ค่าความเป็นกรดด่าง 8.5 ในน้ำกร่อยที่ใช้หมุนเวียน ทำการทดลองที่อุณหภูมิห้อง ในระยะเวลา 60 วัน.....	131
49	ภาพถ่ายของเซลล์บนวัสดุตรึงซีโอไลท์ในชุดควบคุมในการทดลองระบบรีเซอคูเลชันของการผสมระหว่างแอมโมเนียและไนไตรท์ออกซิไดซิงออกซิไดซิงแบคทีเรีย (กำลังขยาย 16420X).....	132
50	ภาพถ่ายของเซลล์บนวัสดุตรึงซีโอไลท์ในชุดทดลองในการทดลองระบบรีเซอคูเลชันของการผสมระหว่างแอมโมเนียและไนไตรท์ออกซิไดซิงออกซิไดซิงแบคทีเรีย แสดงลักษณะเซลล์ที่เกาะบนผิววัสดุตรึงซีโอไลท์ (กำลังขยาย 16420X).....	133
51	ภาพถ่ายของเซลล์บนวัสดุตรึงซีโอไลท์ในชุดทดลองในการทดลองระบบรีเซอคูเลชันของการผสมระหว่างแอมโมเนียและไนไตรท์ออกซิไดซิงออกซิไดซิงแบคทีเรีย แสดงลักษณะเซลล์ที่เกาะในรูวัสดุตรึงซีโอไลท์ (กำลังขยาย 16420 X).....	133
52	การเปลี่ยนสีของอาหารเลี้ยงเชื้อเมื่อหยด Griess - Ilossvay reagent.....	168
53	การเปลี่ยนสีของอาหารเลี้ยงเชื้อเมื่อหยดไนเตรทสปอต เทสต์.....	169
54	กราฟมาตรฐานสำหรับหาแอมโมเนียไนโตรเจน.....	173
55	กราฟมาตรฐานสำหรับหาไนไตรท์ไนโตรเจน.....	174
56	กราฟมาตรฐานสำหรับหาไนเตรทไนโตรเจน.....	175
57	การเปลี่ยนสีอินดิเคเตอร์ในอาหารเลี้ยงเชื้อสูตร 1 เมื่อมีการเจริญของแอมโมเนียออกซิไดซิงแบคทีเรียในตัวอย่างน้ำในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว.....	176
58	การเปลี่ยนสีอินดิเคเตอร์ในอาหารเลี้ยงเชื้อสูตร 1 เมื่อมีการเจริญของแอมโมเนียออกซิไดซิงแบคทีเรียในตัวอย่างตะกอนในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว.....	177

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

59 การเปลี่ยนแปลงของน้ำกร่อยในระบบรีเซอคูเลชันทีตรึงเชื้อผสมของคีโมออโตโทรฟิคแอมโมเนียออกซิไดซิงแบคทีเรียสายพันธุ์ A7 และคีโมออโตโทรฟิคไนไตรท์ออกซิไดซิงแบคทีเรียสายพันธุ์ N1 ในวัสดุตรึงซีโอไลท์ ทดลองที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 60 วัน..... 177

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำย่อ

คำย่อ	คำอธิบาย
°ซ	องศาเซลเซียส
rpm	รอบต่อนาที
g/l	กรัมต่อลิตร
mg/l	มิลลิกรัมต่อลิตร
mM	มิลลิโมลาร์
pH	ค่าความเป็นกรดด่าง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย