ประชากรและประสิทธิภาพของ ACINETOBACTER sp. ในการกำจัดฟอสเฟตในระบบบำบัดน้ำเสียชนิดทนเค็ม

นายวิโรจน์ ประเทืองสวัสดิ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาจุลชีววิทยาทางอุตสาหกรรม ภาควิชาจุลชีววิทยา
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2541

ISBN 974-639-748-6

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

17 ต.ค. 2544

I18366028

POPULATION AND EFFICIENCY OF ACINETOBACTER sp. IN PHOSPHATE REMOVAL IN SALINITY TOLERANCE WASTEWATER TREATMENT SYSTEM

Mr. Viroje Pratuangsawas

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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 1998

ISBN 974-639-748-6

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ประชากรและประสิทธิภาพของ ACINETOBACTER sp. ในการกำจัดฟอสเฟตในระบบบำบัดน้ำเสียชนิดทนเค็ม
โดย	นาย วิโรจน์ ประเทืองสวัสดิ์
ภาควิชา	จุลชีววิทยา
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญวิทย์ โฆษิตานนท์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ศุภวัฒน์ ชุติวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ประกิตติ์สิน สีหนนทน์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญวิทย์ โฆษิตานนท์)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ส่งศรี กุลปรีชา)

..... กรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.ธงชัย พรรณสวัสดิ์)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

วิโรจน์ ประเทืองสวัสดิ์ : ประชากรและประสิทธิภาพของ ACINETOBACTER SP. ในการกำจัดฟอสเฟตในระบบบำบัดน้ำเสียชนิดทนเค็ม (POPULATION AND EFFICIENCY OF ACINETOBACTER SP. IN PHOSPHATE REMOVAL IN SALINITY TOLERANCE WASTEWATER TREATMENT SYSTEM) อ. ที่ปรึกษา : ผศ. ดร. ชาญวิทย์ ไพบิตานนท์ ; 126 หน้า. ISBN 974-639-748-6

งานวิจัยนี้ได้ติดตามประชากร *Acinetobacter sp.* ในระบบบำบัด Three-Stage Phoredox ชนิดทนต่อโซเดียมคลอไรด์ 2 % โดยใช้อาหารแข็ง Herellea ที่พัฒนาให้จำเพาะต่อ *Acinetobacter sp.* โดยเติมยาปฏิชีวนะ พบว่าประชากร *Acinetobacter sp.* ลดลงและหมดจากระบบใน 46 ชั่วโมง หลังเลี้ยงเชื้อในระบบ

ภายหลังศึกษาภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญของ *Acinetobacter sp.* ในขวดเขย่าพบว่าน้ำเสียสังเคราะห์ต้องมีค่ากรดด่างมากกว่า 6.0 ปริมาณโซเดียมคลอไรด์น้อยกว่า 3 % *Acinetobacter sp.* จึงจะเจริญได้ *Acinetobacter sp.* สามารถสะสมฟอสเฟตได้ดีตลอดการเจริญเมื่อน้ำเสียสังเคราะห์มีคาร์บอนและฟอสเฟตสมบูรณ์ และความสามารถสะสมฟอสเฟตเฉพาะเซลล์จะลดลงเมื่อเปอร์เซ็นต์โซเดียมคลอไรด์สูงขึ้น ภายหลังติดตามประชากร *Acinetobacter sp.* ในระบบบำบัด Three-Stage Phoredox ชนิดทนต่อโซเดียมคลอไรด์ 1.5% พบว่า *Acinetobacter sp.* ไม่สามารถจะอยู่ในระบบร่วมกับจุลินทรีย์อื่นได้และหมดจากระบบใน 46 ชั่วโมง ภายหลังเลี้ยงเชื้อ

เมื่อศึกษาความสัมพันธ์ของเอนไซม์บางชนิด กับการสะสมฟอสเฟต ในระยะการเจริญต่างๆกันพบว่า เอนไซม์อัลคาไลน์ฟอสฟาเตส และโพลีฟอสเฟตไคเนส มีกิจกรรมจำเพาะสูงสุดใน phosphate starved cell คือ 0.64, 4.67 ยูนิต/มก.โปรตีนตามลำดับ อัลคาไลน์ฟอสฟาเตสมีปริมาณน้อยไม่แตกต่างกันในแต่ละช่วงการเจริญ คือ 0.093, 0.095, 0.070 ยูนิต/มก.โปรตีน ในเซลล์ระยะ mid log phase(MLP), late log phase(LLP), initial declined phase(IDP) ตามลำดับ และพบว่าโพลีฟอสเฟตไคเนส มีแนวโน้มกิจกรรมจำเพาะเพิ่มขึ้นตลอดการเจริญ คือ 0.87, 1.54, 1.75 ยูนิต/มก.โปรตีนในเซลล์ระยะ MLP, LLP, IDP ตามลำดับ ขณะที่เอนไซม์โพลีฟอสเฟต:เอเอ็มพี ฟอสโฟทรานส์เฟอร์เรส มีกิจกรรมจำเพาะในเซลล์ระยะต่างๆไม่ค่อยต่างกัน คือ 2.46, 2.65, 2.33, 2.26 ยูนิต/มก.โปรตีน ใน phosphate starved cell, MLP, LLP, IDP ตามลำดับ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา จุลชีววิทยา ลายมือชื่อนิสิต วิโรจน์ ประเทืองสวัสดิ์

สาขาวิชา จุลชีววิทยาทางอุตสาหกรรม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา [illegible]

ปีการศึกษา 2541 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม -

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

##C826614 : MAJOR INDUSTRIAL MICROBIOLOGY
KEY WORD: *Acinetobacter* sp. / POLYPHOSPHATE GRANULE / THREE-STAGE PHOREDOX
VIROJE PRATUANGSAWAS : POPULATION AND EFFICIENCY OF ACINETOBACTER SP. IN PHOSPHATE REMOVAL IN SALINITY TOLERANCE WASTEWATER TREATMENT SYSTEM : ASSIST. PROF. CHARNWIT KOSITANONT, Ph.D. 126 pp. ISBN 974-639-748-6

Acinetobacter sp. population in Three-Stage Phoredox wastewater treatmcnt system with 2% NaCl was monitored using Herellea agar with antibiotic supplementation for selection of *Acinetobacter sp.*. The bacterial number was decreased to zero within 46 hours after inoculation.

Some optimal conditions for the bacterial growth and phosphate uptake were studied in shake flask. *Acinetobacter sp.* grew well in synthetic wastewater at pH higher than 6.0 and less than 3% NaCl. *Acinetobacter sp.* could uptake phosphate from synthetic wastewater rich of carbon and phosphate at all growth stage. At higher % NaCl, its relative phosphate uptake was lower. The bacterial population in the Three-Stage Phoredox wastewater treatment system with 1.5% NaCl at room temperature was monitored. It was still depleted within 46 hours.

Relative of enzymes involve in phosphate uptake and storage with growth conditions were investigated. Alkaline phosphatase and Polyphosphate kinase showed the highest specific activity of 0.64 and 4.67 unit/mg.protein respectively in the phosphate starving condition. In phosphate rich condition, Alkaline phosphatase's specific activity did not different among mid log phase, late log phase and initial declined phase. On the other hand, polyphosphate kinase showed increasing specific activity from 0.87 unit/mg.protein in mid log phase to 1.54 and 1.75 unit/mg.protein in late log phase and initial declined phase respectively. Polyphosphate: AMP phosphotransferase's specific activity in any growth phase including phosphate starving condition did not different. They were 2.46, 2.65, 2.33 and 2.26 unit/mg.protein at phosphate starving, mid log phase, late log phase and initial declined phase respectively.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา จุลชีววิทยา ลายมือชื่อนิสิต จิโรจน์ ประเทืองสรัสดิ์
สาขาวิชา จุลชีววิทยาทางอุตสาหกรรม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา [illegible]
ปีการศึกษา 2541 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม -

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลงไปได้ด้วยดี โดยได้รับความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญวิทย์ โฆษิตานนท์ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ แนวทางในการทำงานวิจัย ข้อคิดเห็น ตลอดจนตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ. ที่นี้ด้วย

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ประกิตดี์สิน สีหนนทน์ รองศาสตราจารย์ ดร.ส่งศรี กุลปรีชา และศาสตราจารย์ ดร.ธงชัย พรรณสวัสดิ์ ที่กรุณามาเป็นคณะกรรมการในการสอบและให้คำแนะนำต่างๆ รวมทั้งตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ที่ได้ให้ทุนอุดหนุนในการวิจัยนี้

ขอขอบพระคุณโครงการเมธีวิจัยอาวุโส สกว. ธงชัย พรรณสวัสดิ์ ที่กรุณาให้ทุนอุดหนุนบางส่วนในการวิจัยนี้

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านในภาควิชาจุลชีววิทยาและขอบคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาจุลชีววิทยาทุกท่านที่ให้ความสะดวกในด้านต่างๆ และมีส่วนช่วยเหลือในงานวิจัย

ขอขอบคุณเพื่อนๆนิสิตและเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมที่ให้ความสะดวกในงานวิจัยนี้

ขอขอบคุณเพื่อนๆพี่ๆ และน้องๆ ที่ให้กำลังใจและมีส่วนช่วยเหลืองานวิจัยนี้

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ พี่น้องรวมทั้งญาติมิตรทุกท่านที่ได้ให้กำลังใจ ช่วยเหลือ และสนับสนุนในด้านต่างๆ จนงานวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีและสำเร็จการศึกษา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ซ
สารบัญรูป	ฌ
บทที่	
1. บทนำ	1
2. ทฤษฎี แนวคิด และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
3. อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย	22
4. ผลการทดลอง	35
5. อภิปรายผลการทดลอง	86
6. สรุปและข้อเสนอแนะ	97
รายการอ้างอิง	98
ภาคผนวก ก	104
ภาคผนวก ข	109
ภาคผนวก ค	113
ภาคผนวก ง	118
ภาคผนวก จ	121
ภาคผนวก ฉ	124
ประวัติผู้เขียน	126

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1. ส่วนประกอบของน้ำทะเลที่มีความเค็ม 3.5 เปอร์เซ็นต์ 18
2. พารามิเตอร์ที่ควบคุมให้คงที่และขนาดถังในระบบบำบัด Three-Stage Phoredox 29
3. ความแตกต่างที่สังเกตได้ของแบคทีเรียที่แยกจากถังเติมอากาศ 36
4. ผลการทดสอบความไวต่อยาปฏิชีวนะของแบคทีเรียที่แยกได้จากถังเติมอากาศระบบบำบัด Three-Stage Phoredox 39
5. อัตราการกำจัดฟอสเฟตและ % การสะสมฟอสเฟตเมื่อแปรผันค่า pH 50
6. อัตราการกำจัดฟอสเฟตและ % การสะสมฟอสเฟตเมื่อแปรผันค่า % NaCl 54
7. อัตราการกำจัดฟอสเฟตและ % การสะสมฟอสเฟตเมื่อแปรผันค่า COD 58
8. อัตราการกำจัดฟอสเฟตและ % การสะสมฟอสเฟตเมื่อแปรผันค่า RPM 62
9. ผลการทดสอบความไวต่อยาปฏิชีวนะ ของเชื้อในตะกอนสลัดจ์ เทียบกับเชื้อ *Acinetobacter* sp. บนอาหารแข็ง Herellea 66
10. กิจกรรมจำเพาะของเอนไซม์ที่สกัดจากเซลล์ *Acinetobacter* sp. ที่มีช่วงการเจริญต่างกัน 82

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1. กระบวนการ Phoredox.....	12
2. กระบวนการ Phostrip	13
3. กระบวนการ Three-Stage Phoredox.....	14
4. กระบวนการ Five-stage Bardenpho	14
5. กระบวนการยูซีที	15
6. กระบวนการวีไอพี	15
7. กลไกการกำจัดฟอสฟอรัสภายใต้สภาวะแอนแอโรบิกและแอโรบิก	16
8. ระบบบำบัด Three-Stage Phoredox ชนิดทนเค็มที่ใช้ทดลอง.....	30
9. แผนภูมิของระบบบำบัด Three-Stage Phoredox ชนิดทนเค็มที่ใช้ทดลอง.....	31
10. ลักษณะรูปร่างของแบคทีเรียที่แยกจากถังเติมอากาศเมื่อย้อมด้วยสีแกรม	36
11. ลักษณะรูปร่างของ *Acinetobacter* sp, TISTR 160 เมื่อย้อมด้วยสีแกรม	37
12. ลักษณะโคโลนีของ *Acinetobacter* sp. TISTR 160 บนอาหารแข็ง Herellea plus pen G ..	37
13. การลดจำนวนลงของ *Acinetobacter* sp. ในถังแอนแอโรบิก ถังแอน็อกซิก ถังออกซิก....	40
14. การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟอสฟอรัสในถังแอนแอโรบิก ถังแอน็อกซิก ถังออกซิกตลอดการเดินระบบ Three-Stage Phoredox	42
15. การเปลี่ยนแปลงของค่า COD ในถังแอนแอโรบิก ถังแอน็อกซิก ถังออกซิกตลอดการเดินระบบ Three-Stage Phoredox	43
16. การเปลี่ยนแปลงค่า DOในถังแอนแอโรบิก ถังแอน็อกซิก ถังออกซิกตลอดการเดินระบบ Three-Stage Phoredox.....	44
17. การเปลี่ยนแปลงค่า MLSS ในถังแอนแอโรบิก ถังแอน็อกซิก ถังออกซิกตลอดการเดินระบบ Three-Stage Phoredox	45
18. การเปลี่ยนแปลงค่า pH ในถังแอนแอโรบิก ถังแอน็อกซิก ถังออกซิกตลอดการเดินระบบ Three-Stage Phoredox	46
19. การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในถังแอนแอโรบิก ถังแอน็อกซิก ถังออกซิกตลอดการเดินระบบ Three-Stage Phoredox	47

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

20. ลักษณะการเจริญของ *Acinetobacter* sp. เมื่อเจริญในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีแหล่งคาร์บอนต่างกัน 49
21. ลักษณะการเจริญของ *Acinetobacter* sp. เมื่อน้ำเสียสังเคราะห์มี pH เริ่มต้นต่างกัน.. ... 51
22. การลดลงของฟอสฟอรัสในน้ำเสียสังเคราะห์เมื่อ *Acinetobacter* sp. เจริญในน้ำเสียสังเคราะห์ pH เริ่มต้นต่างกัน 52
23. การเปลี่ยนแปลง pH ของน้ำเสียสังเคราะห์เมื่อ *Acinetobacter* sp. เจริญในน้ำเสียสังเคราะห์ pH เริ่มต้นต่างกัน 53
24. ลักษณะการเจริญของ *Acinetobacter* sp. เมื่อน้ำเสียสังเคราะห์มี % NaCl ต่างกัน 55
25. การลดลงของฟอสฟอรัสในน้ำเสียสังเคราะห์เมื่อ *Acinetobacter* sp. เจริญในน้ำเสียสังเคราะห์ % NaCl ต่างกัน 56
26. การเปลี่ยนแปลง pH ของน้ำเสียสังเคราะห์เมื่อ *Acinetobacter* sp. เจริญในน้ำเสียสังเคราะห์ % NaCl ต่างกัน 57
27. ลักษณะการเจริญของ *Acinetobacter* sp. เมื่อน้ำเสียสังเคราะห์มีค่า COD เริ่มต้นต่างกัน 59
28. การลดลงของฟอสฟอรัสในน้ำเสียสังเคราะห์เมื่อ *Acinetobacter* sp. เจริญในน้ำเสียสังเคราะห์ COD เริ่มต้นต่างกัน 60
29. การเปลี่ยนแปลง pH ของน้ำเสียสังเคราะห์เมื่อ *Acinetobacter* sp. เจริญในน้ำเสียสังเคราะห์ COD เริ่มต้นต่างกัน 61
30. ลักษณะการเจริญของ *Acinetobacter* sp. เมื่อใช้รอบการเขย่าต่างกัน..... 63
31. การลดลงของฟอสฟอรัสในน้ำเสียสังเคราะห์ตลอดการเจริญของ *Acinetobacter* sp. เมื่อใช้รอบการเขย่าต่างกัน 64
32. การเปลี่ยนแปลง pH ของน้ำเสียสังเคราะห์ตลอดการเจริญของ *Acinetobacter* sp. เมื่อใช้รอบการเขย่าต่างกัน 65
33. การดื้อต่อยา Norfloxacin ของ *Acinetobacter* sp. บนอาหารแข็ง Herellea 67
34. การไวต่อยา Norfloxacin ของเชื้อในตะกอนสลัดจ์บนอาหารแข็ง Herellea 67

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

35. ปริมาณเชื้อ *Acinetobacter* sp. บนอาหารแข็ง Herellea ที่มีปริมาณยา Norfloxacin 10 ไมโครกรัม/มล. 68

36. ปริมาณเชื้อ *Acinetobacter* sp. บนอาหารแข็ง Herellea ที่มีปริมาณยา Norfloxacin 20 ไมโครกรัม/มล. 69

37. ปริมาณเชื้อ *Acinetobacter* sp. บนอาหารแข็ง Herellea ที่มีปริมาณยา Norfloxacin 30 ไมโครกรัม/มล. 69

38. การลดจำนวนลงของ *Acinetobacter* sp. ในถังออกซิกของระบบ Three-Stage Phoredox. 71

39. การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟอสฟอรัสในถังแอนแอโรบิก ถังแอน็อกซิก ถังออกซิกตลอดการเดินระบบ Three-Stage Phoredox..... 73

40. การเปลี่ยนแปลงของค่า COD ในถังแอนแอโรบิก ถังแอน็อกซิก ถังออกซิกตลอดการเดินระบบ Three-Stage Phoredox..... 74

41. การเปลี่ยนแปลง DO ในถังแอนแอโรบิก ถังแอน็อกซิก ถังออกซิกตลอดการเดินระบบ Three-Stage Phoredox 75

42. การเปลี่ยนแปลงค่า MLSS ในถังแอนแอโรบิก ถังแอน็อกซิก ถังออกซิกตลอดการเดินระบบ Three-Stage Phoredox 76

43. การเปลี่ยนแปลงค่า pH ในถังแอนแอโรบิก ถังแอน็อกซิก ถังออกซิกตลอดการเดินระบบ Three-Stage Phoredox 77

44. การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ในถังแอนแอโรบิก ถังแอน็อกซิก ถังออกซิกตลอดการเดินระบบ Three-Stage Phoredox 78

45. กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟอสเฟตไคเนสเมื่อใช้ปริมาณสารสกัดจากเซลล์ปริมาตรต่างกันในการวิเคราะห์ 80

46. กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟอสเฟตเอเอ็มพีฟอสโฟทรานส์เฟอร์เรส เมื่อใช้ปริมาณสารสกัดจากเซลล์ปริมาตรต่างกันในการวิเคราะห์ 81

47. กิจกรรมจำเพาะของเอนไซม์โพลีฟอสเฟตไคเนส เอนไซม์โพลีฟอสเฟต เอเอ็มพี ฟอสโฟทรานส์เฟอร์เรส และเอนไซม์อัลคาไลน์ฟอสฟาเตส เมื่อสกัดจากเซลล์ *Acinetobacter* sp. ที่มีระยะการเจริญต่างกัน 83

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

48. *Acinetobacter* sp. ระยะ phosphate starved cell เมื่อย้อมด้วย Albert's stain แสดงเซลล์ที่ไม่มีโพลีฟอสเฟตแกรนูล 84

49. *Acinetobacter* sp. ระยะ Mid Log phase เมื่อย้อมด้วย Albert's stain แสดงเซลล์ที่สะสมโพลีฟอสเฟตแกรนูล..... 84

50. *Acinetobacter* sp. ระยะ Late Log phase เมื่อย้อมด้วย Albert's stain แสดงเซลล์ที่สะสมโพลีฟอสเฟตแกรนูล..... 85

51. *Acinetobacter* sp. ระยะ Initial Declined phase เมื่อย้อมด้วย Albert's stain แสดงเซลล์ที่สะสมโพลีฟอสเฟตแกรนูล..... 85

52. กราฟมาตรฐานของโปรตีนโบวายน์ซีรัมอัลบูมิน เพื่อใช้หาความเข้มข้นของโปรตีนทดสอบ 118

53. กราฟมาตรฐานของปริมาณฟอสฟอรัสด้วยวิธีแวนาโดโมลิบเดต 119

54. กราฟมาตรฐานน้ำหนักเซลล์แห้งของ *Acinetobacter* sp. เพื่อใช้หาน้ำหนักเซลล์แห้ง 120

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย