การใช้แบคทีเรียสังเคราะห์แสงบำบัดน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมอาหารทะเลแช่แข็ง

นางสาว ปิยะรัตน์ ธนโกเศศ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีทางชีวภาพ
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2537

ISBN 974-584-911-1

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- 7 ก.พ. 2550

I18736319

UTILIZATION OF PHOTOSYNTHETIC BACTERIA FOR WASTEWATER TREATMENT FROM FROZEN SEAFOOD INDUSTRY

Miss Piyarat Thanakoses

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science

Program of Biotechnology

Graduate School

Chulalongkorn University

1994

ISBN 974-584-911-1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การใช้แบคทีเรียลังเคราะห์แสงบำบัดน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมอาหารทะเลแช่แข็ง
โดย	นางสาว ปิยะรัตน์ ธนโกเศศ
ภาควิชา	เทคโนโลยีทางชีวภาพ
อาจารย์ที่ปรึกษา	อ.ดร.สุเมธ ชวเดช
	รศ.ดร.นภาวรรณ นพรัตนราภรณ์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. สันติ ถุงสุวรรณ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศิริรัตน์ เร่งพิพัฒน์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ ดร. สุเมธ ชวเดช)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(รองศาสตราจารย์ ดร. นภาวรรณ นพรัตนราภรณ์)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร. เพียรพรรค ทัศคร)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

ปิยะวัฒน์ ธนไกเศศ : การใช้แบคทีเรียสังเคราะห์แสงบำบัดน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมอาหารทะเลแช่แข็ง (UTILIZATION OF PHOTOSYNTHETIC BACTERIA FOR WASTEWATER TREATMENT FROM FROZEN SEAFOOD INDUSTRY) อาจารย์ที่ปรึกษา: อ. ดร. สุเมธ ชวเดช และ รศ. ดร. นภาวรรณ นพรัตนราภรณ์, 139 หน้า
ISBN 974-584-911-1

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ เป็นการศึกษาเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการควบคุมการทำงานของระบบบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานอาหารทะเลแช่แข็ง โดยใช้แบคทีเรียสังเคราะห์แสง และประเมินความเหมาะสมของระบบบำบัดน้ำทิ้งนี้ ทำการศึกษาโดยใช้แบคทีเรียสังเคราะห์แสง *Rhodobacter spp.* สายพันธุ์ S.1 และ 55.5 พบว่า ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส อากาศน้อย-มีแสง การเติมสารอาหารที่มีฟอสฟอรัส จะมีผลต่อการเจริญของแบคทีเรียทั้งสองสายพันธุ์ในสภาวะปลอดเชื้อ แต่จะไม่มีผลต่อการเจริญในสภาวะไม่ปลอดเชื้อ โดยทั้งสองสภาวะสายพันธุ์ S.1 จะให้การเจริญที่ดีกว่าสายพันธุ์ 55.5 และเมื่อศึกษาระบบบำบัดน้ำทิ้งอย่างต่อเนื่องโดยใช้แบคทีเรียสังเคราะห์แสงสายพันธุ์ S.1 ในถังหมักแบบเปิดปริมาตรใช้งาน 30 ลิตร ภายใต้สภาวะไม่ปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง และไม่ควบคุมอุณหภูมิ พบว่าระบบสามารถรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ได้มากที่สุด 1.07 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน จะได้ประสิทธิภาพในการบำบัดและได้ปริมาณเซลล์ของแบคทีเรียสังเคราะห์แสงมากที่สุดคือ สามารถลดค่าซีโอดีได้ 85.94 เปอร์เซ็นต์ และลดค่า บีโอดี 91.8 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณเซลล์ 1.1751 กรัม/ลิตร นอกจากนี้ยังได้ปริมาณรงควัตถุสูงอีกด้วย คือ มีปริมาณคาโรทีนอยด์ และแบคทีริโอคลอโรฟิลล์ เท่ากับ 4.948 และ 24.896 มิลลิกรัมต่อกรัมวัตถุแห้ง ตามลำดับ และ ถ้าเพิ่มภาระบรรทุกสารอินทรีย์มากกว่านี้ พบว่าเสถียรภาพของระบบลดลง ทั้งนี้เนื่องจากเซลล์แบคทีเรียถูกพาออกไปจากระบบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา เทคโนโลยีทางชีวภาพ ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา เทคโนโลยีทางชีวภาพ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ปีการศึกษา 2537 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

C426418 : MAJOR BIOTECHNOLOGY
KEY WORD: WASTEWATER TREATMENT/PHOTOSYNTHETIC BACTERIA/FROZEN SEAFOOD

PIYARAT THANOKOSES : UTILIZATION OF PHOTOSYNTHETIC BACTERIA FOR WASTEWATER TREATMENT FROM FROZEN SEAFOOD INDUSTRY. THESIS ADVISOR:DR. SUMAETH CHAVADEJ, Ph.D.;DR. NAPAVARN NOPARATNARAPORN, Ph.D. 139 pp. ISBN 974-584-911-1

The objective of this research was to determine the optimum conditions for maximum organic removal and high cell mass production together with determining the process stability of the culture system. The strain used in this investigation was *Rhodobacter spp.*, strain 8.1 and 55.5. The results showed the effect of the phosphorus supplementation was on growth of both strains under sterile condition but no effect was observed under non-sterile condition at 35°C microaerobic-light conditions. Both sterile and non-sterile conditions, growth of strain 8.1 was better than that of strain 55.5. The strain 8.1 was also used in a 30 l opened culture chamber operated under microaerobic-light, non-sterile and no control of temperature with continuous feeding of wastewater. The results showed that the system had considerably high degree of process stability at an optimum organic loading of 1.07 kgCOD/m^3-d. The cell mass produced was 1.1751g dry matter/l contained 4.948 mg/g dry mater of carotenoid and 24.896 mg/g dry matter of bacteriochlorophyll with 85.94% of COD reduction and 91.8% of BOD reduction. When organic loading was increased greater than 1.07 kg COD/m^3 -d, the efficiency was reduced drastically, due to wash-out effect.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา เทคโนโลยีทางชีวภาพ ลายมือชื่อนิสิต

สาขาวิชา เทคโนโลยีทางชีวภาพ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2537 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ อาจารย์ ดร. สุเมธ ชวเดช อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รองศาสตราจารย์ ดร. นภาวรรณ นพรัตนราภรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ซึ่งท่านทั้งสองได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ เกี่ยวกับการวิจัยมาโดยตลอด ขอบคุณรองศาสตราจารย์ ดร. นภาวรรณ นพรัตนราภรณ์ ที่อนุเคราะห์ให้ลายพันธุ์แบคทีเรียสังเคราะห์แสงและวัสดุอุปกรณ์ในการวิจัย ขอบคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาเคมีเทคนิค จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และ ภาควิชาจุลชีววิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือด้านอุปกรณ์เครื่องมือต่างๆที่จำเป็น รวมถึงการซ่อมแซมอุปกรณ์เหล่านั้น ขอบคุณคุณสมชาย กิจภักดิกุล หัวหน้าฝ่ายวิศวกรรม และ พนักงานฝ่ายช่างเทคนิคของโรงงานโอคินอส (บริษัท ปากพนังห้องเย็น จำกัด) ที่เอื้อเฟื้อและให้ความสะดวกในด้านขนถ่ายน้ำทิ้งที่ใช้ตลอดงานวิจัย ขอบคุณบริษัท วิศวกรรมเคมี จำกัด ที่เอื้อเฟื้อในการวิเคราะห์น้ำทิ้ง ขอบคุณพี่สงกรานต์ เชื้อครุฑ และพี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ ที่ให้คำปรึกษาให้กำลังใจ และช่วยเหลือด้านแรงงานเป็นอย่างดี และเนื่องจากทุนการวิจัยครั้งนี้ได้รับมาจากทุนอุดหนุนการศึกษาตามโครงการพัฒนาอาจารย์ (U.D.C.)จากทบวงมหาวิทยาลัย และทุนวิจัยจากบัณฑิตวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จึงขอขอบคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

ท้ายที่สุดนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา ซึ่งสนับสนุนในด้านการเงินและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

ปิยะรัตน์ ธนโกเศศ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญภาพ	ฑ
คำย่อและนิยาม	ต
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 วารสารปริทัศน์	3
2.1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการเจริญของแบคทีเรีย	3
2.1.1 ประเภทของแบคทีเรีย	3
2.1.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญของแบคทีเรีย	4
2.1.3 ปฏิกิริยาชีวเคมีในการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยแบคทีเรีย	6
2.1.4 ความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญของแบคทีเรียกับการย่อยสลายสารอินทรีย์	6
2.2 ปฏิกิริยาชีวเคมีในระบบหมักแบบใช้ออกซิเจน	8
2.2.1 หลักการพื้นฐาน	8
2.2.2 การเกิดตะกอนเร่ง	11
2.2.3 จุลชีววิทยาของตะกอนเร่ง	12
2.2.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของระบบ	12
2.3 แบคทีเรียลังเคราะห์แสง	15
2.3.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับแบคทีเรียลังเคราะห์แสง	15

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

2.3.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญและการสร้างผลผลิตของแบคทีเรียลังเคราะห์แสง..... 19
2.3.3 การนำแบคทีเรียลังเคราะห์แสงไปใช้ประโยชน์..... 23
2.3.4 ผลงานวิจัยเกี่ยวกับแบคทีเรียลังเคราะห์แสง..... 24
2.4 โรงงานอาหารทะเลแช่แข็ง..... 30
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง..... 33
3.1 น้ำทิ้งที่ใช้ในการทดลอง..... 33
3.2 เชื้อจุลินทรีย์..... 33
3.3 อาหารเลี้ยงเชื้อ..... 33
3.4 อุปกรณ์การทดลอง..... 35
3.5 วิธีการทดลอง..... 38
3.6 การตรวจวิเคราะห์..... 42
3.7 อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้สำหรับวิเคราะห์ทางเคมี ฟิสิกส์และจุลชีววิทยา 43
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์..... 44
4.1 ลักษณะสมบัติน้ำทิ้งโรงงานอาหารทะเลแช่แข็ง..... 44
4.2 เปรียบเทียบอัตราการเจริญของแบคทีเรียลังเคราะห์แสงในน้ำทิ้งโรงงานอาหารทะเลแช่แข็ง..... 46
4.3 สูตรสารอาหารเสริมที่เหมาะสมสำหรับแบคทีเรียลังเคราะห์แสง.... 48
4.4 การศึกษาระบบหมักแบคทีเรียลังเคราะห์แสงแบบกะขนาด 1,500 มิลลิลิตร..... 60
4.5 การศึกษาระบบหมักแบคทีเรียลังเคราะห์แสงแบบกะขนาด 30 ลิตร.. 69
4.6 การศึกษาระบบหมักแบคทีเรียลังเคราะห์แสงอย่างต่อเนื่อง..... 73
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ..... 87
5.1 สรุปผลการทดลอง..... 87

หน้า

5.2 ข้อเสนอแนะ..... 89

เอกสารอ้างอิง..... 90

ภาคผนวก..... 98

ภาคผนวก ก. วิธีการวิเคราะห์ทางเคมีและฟิสิกส์ในงานวิจัย..... 99

ภาคผนวก ข. การคำนวณ..... 111

ภาคผนวก ค. ข้อมูลการทดลอง..... 113

ภาคผนวก ง. ค่าความเบี่ยงเบนของข้อมูล..... 138

ประวัติผู้เขียน..... 139

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 แสดงคุณสมบัติบางประการของแบคทีเรียลังเคราะห์แสง..... 16

ตารางที่ 2.2 แสดงปฏิกิริยาการลังเคราะห์แสงของพืชและจุลินทรีย์..... 18

ตารางที่ 2.3 แสดงประมาณการส่งออกสินค้าสัตว์น้ำ ปี 2537..... 32

ตารางที่ 4.1 ลักษณะสมบัติน้ำทิ้งโรงงานอาหารทะเลแช่แข็ง..... 45

ตารางที่ 4.2 สูตรอาหารเสริมที่ใช้ในการทดลอง..... 50

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าดรรชนีต่างๆและประสิทธิภาพของระบบพมักที่อัตราการป้อนสาร อินทรีย์ต่างๆ ที่สภาวะคงตัว..... 75

ตารางที่ 4.4 คุณค่าทางโภชนาการของเซลล์แบคทีเรียลังเคราะห์แสงสายพันธุ์ เพาะเลี้ยงในถังหมัก แบบต่อเนื่องที่ภาระบรรทุก 1.07 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน..... 81

ตารางที่ 4.5 เปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของเซลล์แบคทีเรียลังเคราะห์แสง สายพันธุ์ 8.1 กับสาหร่าย , รา และยีสต์..... 82

ตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบปริมาณกรดอะมิโนของเซลล์แบคทีเรียลังเคราะห์แสง สายพันธุ์ 8.1 กับ เซลล์สาหร่าย , เซลล์ยีสต์ และไข่..... 83

ตาราง ค.1 ข้อมูลการทดลอง แสดงปริมาณน้ำหนักแห้งและการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช ระหว่างการเจริญของแบคทีเรียลังเคราะห์แสง สายพันธุ์ 8.1 และ 55.5 ในอาหาร Glutamate-malate ภายใต้สภาวะปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง..... 117

ตาราง ค.2 ข้อมูลการทดลอง แสดงปริมาณน้ำหนักแห้งและการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช ระหว่างการเจริญของแบคทีเรียลังเคราะห์แสงสายพันธุ์ 8.1 ในสูตรอาหารน้ำทิ้งที่เสริมด้วยสารอาหารต่างๆ ภายใต้สภาวะปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง..... 118

หน้า

ตาราง ค.3 ข้อมูลการทดลอง แสดงปริมาณน้ำหนักแห้งและการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช ระหว่างการเจริญของแบคทีเรียลังเคราะห์แสงสายพันธุ์ 55.5 ในสูตรอาหารน้ำทิ้งที่เสริมด้วยสารอาหารต่างๆ ภายใต้สภาวะปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง..... 119

ตาราง ค.4 ข้อมูลการทดลอง แสดงปริมาณน้ำหนักแห้งระหว่างการเจริญของแบคทีเรียลังเคราะห์แสงสายพันธุ์ 8.1 ในสูตรอาหารน้ำทิ้งที่เสริมด้วยสารอาหารในปริมาณต่างๆ ภายใต้สภาวะปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง 120

ตาราง ค.5 ข้อมูลการทดลอง แสดงปริมาณน้ำหนักแห้งระหว่างการเจริญของแบคทีเรียลังเคราะห์แสงสายพันธุ์ 55.5ในสูตรอาหารน้ำทิ้งที่เสริมด้วยสารอาหารในปริมาณต่างๆ ภายใต้สภาวะปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง 121

ตาราง ค.6 ข้อมูลการทดลอง แสดงการลดปริมาณสารอินทรีย์(ค่าซีโอดี)ระหว่างการเจริญของแบคทีเรียลังเคราะห์แสงสายพันธุ์ 8.1 ในสูตรอาหารน้ำทิ้งที่เสริมด้วยสารอาหารในปริมาณต่างๆ ภายใต้สภาวะปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง..... 122

ตาราง ค.7 ข้อมูลการทดลอง แสดงการลดปริมาณสารอินทรีย์(ค่าซีโอดี)ระหว่างการเจริญของแบคทีเรียลังเคราะห์แสงสายพันธุ์ 55.5 ในสูตรอาหารน้ำทิ้งที่เสริมด้วยสารอาหารในปริมาณต่างๆ ภายใต้สภาวะปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง..... 123

ตาราง ค.8 ข้อมูลการทดลอง แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชระหว่างการเจริญของแบคทีเรียลังเคราะห์แสงสายพันธุ์ 8.1 ในสูตรอาหารน้ำทิ้งที่เสริมด้วยสารอาหารในปริมาณต่างๆ ภายใต้สภาวะปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง..... 124

หน้า

ตาราง ค.9 ข้อมูลการทดลอง แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชระหว่างการเจริญของแบคทีเรียลังเคราะห์แสงสายพันธุ์ 55.5 ในสูตรอาหารน้ำทิ้งที่เสริมด้วยสารอาหารในปริมาณต่างๆ ภายใต้สภาวะปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง..... 125

ตาราง ค.10 ข้อมูลการทดลอง แสดงการลดปริมาณสารอินทรีย์(ค่าซีโอดี) ระหว่างการเจริญของแบคทีเรียลังเคราะห์แสงสายพันธุ์ 8.1 และ 55.5 ในขวดแบบรูห์ความจุ 1.5 ลิตร ภายใต้สภาวะไม่ปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง..... 126

ตาราง ค.11 ข้อมูลการทดลอง แสดงปริมาณวัตถุแห้งระหว่างการเจริญของแบคทีเรียลังเคราะห์แสงสายพันธุ์ 8.1 และ 55.5 ในขวดแบบรูห์ความจุ 1.5 ลิตร ภายใต้สภาวะไม่ปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง..... 126

ตาราง ค.12 ข้อมูลการทดลอง แสดงปริมาณคาโรทีนอยด์ระหว่างการเจริญของแบคทีเรียลังเคราะห์แสงสายพันธุ์ 8.1 และ 55.5 ในขวดแบบรูห์ความจุ 1.5 ลิตร ภายใต้สภาวะไม่ปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง... 127

ตาราง ค.13 ข้อมูลการทดลอง แสดงปริมาณแบคทีริโอคลอโรฟิลล์ระหว่างการเจริญของแบคทีเรียลังเคราะห์แสงสายพันธุ์ 8.1 และ 55.5 ในขวดแบบรูห์ความจุ 1.5 ลิตร ภายใต้สภาวะไม่ปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง... 127

ตาราง ค.14 ข้อมูลการทดลอง แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชระหว่างการเจริญของแบคทีเรียลังเคราะห์แสงสายพันธุ์ 8.1 และ 55.5 ในขวดแบบรูห์ความจุ 1.5 ลิตร ภายใต้สภาวะไม่ปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง... 128

ตาราง ค.15 ข้อมูลการทดลอง แสดงการลดปริมาณสารอินทรีย์ (ค่าซีโอดี), ปริมาณวัตถุแห้ง,ปริมาณรงควัตถุ และ การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชระหว่างการเจริญของแบคทีเรียลังเคราะห์แสงสายพันธุ์ 8.1 แบบกะในถังหมักแบบเปิด ภายใต้สภาวะไม่ปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง..... 128

หน้า

ตาราง ค.16 ข้อมูลการทดลอง แสดงค่าดรรชนีต่างๆและประสิทธิภาพของระบบหมักที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 0.13 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน. 129

ตาราง ค.17 ข้อมูลการทดลอง แสดงค่าดรรชนีต่างๆและประสิทธิภาพของระบบหมักที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 0.49 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน. 130

ตาราง ค.18 ข้อมูลการทดลอง แสดงค่าดรรชนีต่างๆและประสิทธิภาพของระบบหมักที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 1.07 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน. 131

ตาราง ค.19 ข้อมูลการทดลอง แสดงค่าดรรชนีต่างๆและประสิทธิภาพของระบบหมักที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 1.56 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน. 132

ตาราง ค.20 ข้อมูลการทดลอง แสดงค่าดรรชนีต่างๆและประสิทธิภาพของระบบหมักที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 1.97 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน . 133

ตาราง ค.21 ข้อมูลการทดลอง แสดงค่าดรรชนีต่างๆปละประสิทธิภาพของระบบหมักที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 2.41 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน. 134

ตาราง ง.1 ค่าความเบี่ยงเบนของข้อมูลของดรรชนีต่างๆที่สภาวะคงตัว..... 138

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 แสดงการเจริญของแบคทีเรีย..... 5

รูปที่ 2.2 แสดงการทำงานของกระบวนการตะกอนเร่ง..... 9

รูปที่ 2.3 แสดงการเปลี่ยนแปลงต่างๆที่เกิดขึ้นในกระบวนการบำบัดทางชีววิทยาแบบไม่ต่อเนื่อง..... 10

รูปที่ 2.4 แสดงการเปรียบเทียบการสังเคราะห์แสงของพืชและแบคทีเรีย..... 17

รูปที่ 2.5 แสดงผลของการให้อากาศหรือการเพิ่มความเข้มแสงต่อการถ่ายเทอิเล็กตรอนภายในเซลล์แบคทีเรียสังเคราะห์แสง..... 21

รูปที่ 2.6 แสดงผลของการไม่ให้อากาศหรือการลดความเข้มแสงต่อการถ่ายเทอิเล็กตรอนภายในเซลล์แบคทีเรียสังเคราะห์แสง..... 22

รูปที่ 2.7 แสดงระบบบำบัดน้ำทิ้งโดยใช้แบคทีเรียสังเคราะห์แสง..... 25

รูปที่ 3.1 แผนภาพแสดงถังหมักเปิด ขนาดความจุของถัง 40 ลิตร..... 36

รูปที่ 3.2 แผนภาพแสดงถังตกตะกอน..... 36

รูปที่ 3.3 แผนภาพแสดงเครื่องมืออุปกรณ์และการทำงานของระบบหมักต่อเนื่อง.... 37

รูปที่ 4.1 การเจริญของแบคทีเรียสังเคราะห์แสงสายพันธุ์ 8.1 และ 55.5 เพาะเลี้ยงในอาหาร Glutamate-malate ภายใต้สภาวะปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง..... 47

รูปที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชระหว่างการเจริญของแบคทีเรียสังเคราะห์แสงสายพันธุ์ 8.1 และ 55.5 เพาะเลี้ยงในอาหาร Glutamate-malate ภายใต้สภาวะปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง..... 47

รูปที่ 4.3 การเจริญของแบคทีเรียสังเคราะห์แสงสายพันธุ์ 8.1 และ 55.5 เพาะเลี้ยงในสูตรอาหารน้ำทิ้งที่เสริมด้วยสารอาหารต่างๆ ภายใต้สภาวะปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง..... 51

หน้า

รูปที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชระหว่างการเจริญของแบคทีเรียลังเคราะห์แสงสายพันธุ์ 8.1 และ 55.5 เพาะเลี้ยงในสูตรอาหารน้ำทิ้งที่เสริมด้วยสารอาหารต่างๆ ภายใต้สภาวะปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง..... 53

รูปที่ 4.5 การเจริญของแบคทีเรียลังเคราะห์แสงสายพันธุ์ 8.1 และ 55.5 ในสูตรอาหารน้ำทิ้งที่เสริมด้วยสารอาหารในปริมาณต่างๆ ภายใต้สภาวะปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง..... 54

รูปที่ 4.6 เซลล์แบคทีเรียลังเคราะห์แสงสายพันธุ์ 8.1 ในสูตรอาหารน้ำทิ้งที่เติมโปแตสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตเข้มข้น 1.5 กรัมต่อลิตร ที่เวลา 36 ชั่วโมง เพาะเลี้ยงภายใต้สภาวะปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง..... 56

รูปที่ 4.7 การลดปริมาณสารอินทรีย์ (ค่าซีโอดี) ระหว่างการเจริญของแบคทีเรียลังเคราะห์แสงสายพันธุ์ 8.1 และ 55.5 ในสูตรอาหารน้ำทิ้งที่เสริมด้วยสารอาหารในปริมาณต่างๆ ภายใต้สภาวะปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง.. 58

รูปที่ 4.8 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชระหว่างการเจริญของแบคทีเรียลังเคราะห์แสงสายพันธุ์ 8.1 และ 55.5 ในสูตรอาหารน้ำทิ้งที่เสริมด้วยสารอาหารในปริมาณต่างๆ ภายใต้สภาวะปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง..... 59

รูปที่ 4.9 การเจริญของแบคทีเรียลังเคราะห์แสงสายพันธุ์ 8.1 และ 55.5 ในขวดแบบรูห์ความจุ 1,500 มิลลิลิตร ภายใต้สภาวะไม่ปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง..... 61

รูปที่ 4.10 การเพาะเลี้ยงแบคทีเรียลังเคราะห์แสง สายพันธุ์ 8.1 ในน้ำทิ้งจากโรงงานอาหารทะเลแช่แข็งแบบกะในขวดแบบรูห์ความจุ 1,500 มิลลิลิตร ที่เวลา 36 ชั่วโมง ภายใต้สภาวะไม่ปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง..... 62

รูปที่ 4.11 การลดปริมาณสารอินทรีย์ (ค่าซีโอดี) ระหว่างการเจริญของแบคทีเรียลังเคราะห์แสงสายพันธุ์ 8.1 และ 55.5 ในขวดแบบรูห์ความจุ 1,500 มิลลิลิตร ภายใต้สภาวะไม่ปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง..... 63

หน้า

รูปที่ 4.12 ปริมาณคาโรทีนอยด์ระหว่างการเจริญของแบคทีเรียสังเคราะห์แสง สายพันธุ์ 8.1 และ 55.5 ในขวดแบบรูห์ความจุ 1,500 มิลลิลิตร ภายใต้สภาวะไม่ปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง..... 65

รูปที่ 4.13 ปริมาณแบคทีเรียคลอโรฟิลล์ระหว่างการเจริญของแบคทีเรียสังเคราะห์แสงสายพันธุ์ 8.1 และ 55.5 ในขวดแบบรูห์ความจุ 1,500 มิลลิลิตร ภายใต้สภาวะไม่ปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง..... 66

รูปที่ 4.14 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชระหว่างการเจริญของแบคทีเรียสังเคราะห์แสง สายพันธุ์ 8.1 และ 55.5 ในขวดแบบรูห์ความจุ 1,500 มิลลิลิตร ภายใต้สภาวะไม่ปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง..... 68

รูปที่ 4.15 การเพาะเลี้ยงแบคทีเรียสังเคราะห์แสง สายพันธุ์ 8.1 ในน้ำทิ้งจากโรงงานอาหารทะเลแช่แข็ง แบบกะในถังหมักแบบเปิดที่เวลา 36 ชั่วโมง ภายใต้สภาวะไม่ปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง..... 70

รูปที่ 4.16 การลดปริมาณสารอินทรีย์ (ค่าซีโอดี)ระหว่างการเจริญของแบคทีเรียสังเคราะห์แสงสายพันธุ์ 8.1แบบกะในถังหมักแบบเปิด ภายใต้สภาวะไม่ปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง..... 71

รูปที่ 4.17 การเจริญของแบคทีเรียสังเคราะห์แสงสายพันธุ์ 8.1 แบบกะในถังหมักแบบเปิด ภายใต้สภาวะไม่ปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง..... 71

รูปที่ 4.18 ปริมาณรงควัตถุระหว่างการเจริญของแบคทีเรียสังเคราะห์แสงสายพันธุ์ 8.1 แบบกะในถังหมักแบบเปิด ภายใต้สภาวะไม่ปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง..... 72

รูปที่ 4.19 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชระหว่างการเจริญของแบคทีเรียสังเคราะห์แสงสายพันธุ์ 8.1 แบบกะในถังหมักแบบเปิด ภายใต้สภาวะไม่ปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง..... 72

หน้า

รูปที่ 4.20 การเพาะเลี้ยงแบคทีเรียลังเคราะห์แสงสายพันธุ์ 8.1 แบบต่อเนื่องในถังหมักแบบเปิดที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 1.07 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน ที่เวลา 12 วัน ภายใต้สภาวะไม่ปลอดเชื้ออากาศน้อย-มีแสง 74

รูปที่ 4.21 ปริมาณความเข้มข้นสารอินทรีย์ของน้ำล้นและประสิทธิภาพการลดสารอินทรีย์ของแบคทีเรียลังเคราะห์แสงสายพันธุ์ 8.1 แบบต่อเนื่องในถังหมักแบบเปิดที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่างๆภายใต้สภาวะไม่ปลอดเชื้ออากาศน้อย-มีแสง 77

รูปที่ 4.22 การเจริญของแบคทีเรียลังเคราะห์แสงสายพันธุ์ 8.1 แบบต่อเนื่องในถังหมักแบบเปิด ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่างๆ ภายใต้สภาวะไม่ปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง..... 79

รูปที่ 4.23 ปริมาณรงควัตถุของแบคทีเรียลังเคราะห์แสงสายพันธุ์ 8.1 แบบต่อเนื่องในถังหมักแบบเปิด ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่างๆ ภายใต้สภาวะไม่ปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง..... 79

รูปที่ ค.1 แสดงการลดปริมาณสารอินทรีย์ระหว่างการเจริญของแบคทีเรียลังเคราะห์แสงสายพันธุ์ 8.1 แบบต่อเนื่องในถังหมักแบบเปิด ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่างๆ ภายใต้สภาวะไม่ปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง..... 135

รูปที่ ค.2 แสดงปริมาณวัตถุแห้งระหว่างการเจริญของแบคทีเรียลังเคราะห์แสงสายพันธุ์ 8.1 แบบต่อเนื่องในถังหมักแบบเปิด ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่างๆ ภายใต้สภาวะไม่ปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง..... 136

รูปที่ ค.3 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชระหว่างการเจริญของแบคทีเรียลังเคราะห์แสงสายพันธุ์ 8.1 แบบต่อเนื่องในถังหมักแบบเปิด ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่างๆ ภายใต้สภาวะไม่ปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง..... 136

รูปที่ ค.4 แสดงปริมาณรงควัตถุระหว่างการเจริญของแบคทีเรียลังเคราะห์แสงสายพันธุ์ 8.1 แบบต่อเนื่องในถังหมักแบบเปิด ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่างๆ ภายใต้สภาวะไม่ปลอดเชื้อ อากาศน้อย-มีแสง..... 137

คำย่อและนิยาม

1. ซีโอดี — Chemical Oxygen Demand , COD

เป็นดรรชนีในการวัดความเข้มข้นของสารอินทรีย์โดยคิดเปรียบเทียบในรูปของปริมาณออกซิเจนที่ต้องการใช้ในการออกซิไดซ์สารอินทรีย์ทั้งที่จุลินทรีย์ย่อยสลายได้และย่อยสลายไม่ได้ มีหน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อลิตร (mg/l)

2. บีโอดี — Biochemical Oxgen Demand , BOD

เป็นดรรชนีในการวัดความเข้มข้นของสารอินทรีย์โดยคิดเปรียบเทียบในรูปของปริมาณออกซิเจนที่แบคทีเรียต้องการใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ มีหน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อลิตร (mg/l)

3. ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ — Organic Loading

คือปริมาณสารอินทรีย์ที่ให้กับระบบ (ในการทดลองนี้คิดในรูปของค่าซีโอดี) คิดเปรียบเทียบกับปริมาตรของถังหมักใน 1 หน่วยเวลา ในที่นี้หน่วยเป็นกิโลกรัมซีโอดี ต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน

4. ระยะเวลาเก็บกัก — Hydraulic Retention Time , HRT

หมายถึง ระยะเวลาโดยทฤษฎีที่ของเหลวอยู่ในระบบ มีค่าเท่ากับปริมาตรของระบบในถังหมักที่ใช้งาน หารด้วยอัตราการไหลของน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบในแต่ละวัน

5. อัตราการเจริญจำเพาะ — Specific growth rate , μ

ในที่นี้หมายถึงอัตราส่วนระหว่าง อัตราการเปลี่ยนแปลงจำนวนเซลล์ของแบคทีเรียต่อเวลา และ จำนวนเซลล์แบคทีเรีย

6. น้ำล้นออก — Effluent ,Eff

ในที่นี้หมายถึง น้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วออกจากระบบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7. น้ำทิ้งเข้าระบบ Influent ,Inf

ในที่นี้หมายถึง น้ำทิ้งที่ยังไม่ได้ผ่านการบำบัดที่เข้าสู่ระบบ

8. ความเป็นกรด-ด่าง(pH) เป็นค่าที่แสดงปริมาณความเข้มข้นของอนุภาคโปรตอน $[H^+]$ ในน้ำ โดยคำนวณได้จากสูตร

$$pH = - \log [H^+]$$

เมื่อ $[H^+]$ = ความเข้มข้นของ H^+ มีหน่วยเป็น โมลต่อลิตร ในทางปฏิบัติ ค่าพีเอชแสดงถึงความเป็นกรดหรือด่างของน้ำทิ้ง

9. ประสิทธิภาพการบำบัด % Reduction

ในที่นี้หมายถึงความสามารถในการลดปริมาณสารอินทรีย์ทั้งในรูปของซีโอดีและบีโอดี โดยคิดเทียบเป็นร้อยละหรือเปอร์เซ็นต์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย