

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(3)
สารบัญภาพ	(8)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(11)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
การตรวจเอกสาร	3
กระบวนการผลิตและคุณลักษณะน้ำเสียจากโรงงานผลิตนม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	3
แบคทีเรียสังเคราะห์แสง	6
การบำบัดน้ำเสียโดยแบคทีเรียสังเคราะห์แสง	20
ค่าสัมประสิทธิ์จลศาสตร์ของการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยแบคทีเรียสังเคราะห์แสงกลุ่ม PnSB	21
การใช้ถังปฏิกรณ์ชีวภาพแบบมีเมมเบรนในการบำบัดน้ำเสีย	29
การบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศโดยใช้ถังปฏิกรณ์ชีวภาพแบบมีเมมเบรน	29
การอุดตันของเมมเบรน	30
อุปกรณ์และวิธีการ	32
อุปกรณ์ในการทดลอง	32
วิธีการทดลอง	39
สถานที่ทำการวิจัย	45
แหล่งทุนสนับสนุน	45
ผลการทดลองและการวิจารณ์	46
การวิเคราะห์คุณลักษณะน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตนม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	46
การหาค่าสัมประสิทธิ์จลศาสตร์ของการย่อยสลายทางชีวภาพ	49

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

การศึกษาประสิทธิภาพของระบบถังปฏิกรณ์ชีวภาพแบบมีเมมเบรนจมตัว ร่วมกับปฏิกิริยาการสังเคราะห์แสง	7
การศึกษาคุณสมบัติการซึมผ่านของเมมเบรน	75
การออกแบบระบบถังปฏิกรณ์ชีวภาพแบบมีเมมเบรนจมตัวร่วมกับปฏิกิริยา การสังเคราะห์แสง	77
การเปรียบเทียบระบบถังปฏิกรณ์ชีวภาพแบบมีเมมเบรนจมตัวร่วมกับปฏิกิริยา การสังเคราะห์แสงกับระบบถังปฏิกรณ์ชีวภาพแบบมีเมมเบรนจมตัวอื่นๆ	81
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	84
สรุปผลการวิจัย	84
ข้อเสนอแนะ	87
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	88
ภาคผนวก	96
ภาคผนวก ก.	97
ภาคผนวก ข.	100
ภาคผนวก ค.	116

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	คุณสมบัติของแบคทีเรียกลุ่ม phototrophic สปีชีส์ <i>Rhodospirillum</i> และแบคทีเรียในกลุ่ม PnSB	10
2	คุณสมบัติของแบคทีเรียกลุ่ม phototrophic สปีชีส์ <i>Rhodopseudomonas</i> และแบคทีเรียในกลุ่ม PnSB	11
3	คุณสมบัติของแบคทีเรียกลุ่ม phototrophic สปีชีส์ <i>Rhodobacter</i> และแบคทีเรียในกลุ่ม PnSB	12
4	สีของแคโรทีนอยด์ในแบคทีเรียกลุ่มแบคทีเรียที่มีรงควัตถุสีม่วง Purple bacteria	16
5	คุณสมบัติของแบคทีเรียสังเคราะห์แสงกลุ่ม Purple and green photosynthetic bacteria	19
6	พารามิเตอร์ต่างๆ ที่ทำการตรวจวัดเพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติน้ำเสีย โรงงานผลิตนม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	39
7	ขั้นตอนการทำการทดลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์จลนพลศาสตร์ของการย่อยสลาย ของแบคทีเรียสังเคราะห์แสงกลุ่ม PnSB โดยใช้ น้ำเสียสังเคราะห์แสง	41
8	ขั้นตอนการทำการทดลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์จลนพลศาสตร์การย่อยสลาย ของแบคทีเรียสังเคราะห์แสงกลุ่ม PnSB โดยใช้ น้ำเสียจากโรงงานผลิตนม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน	43
9	ผลการวิเคราะห์พารามิเตอร์ทางสิ่งแวดล้อมของน้ำเสียจากโรงงานผลิตนม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	47
10	ผลการทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์จลนพลศาสตร์แบบแบคซ์เพื่อคำนวณค่าอัตราการ ย่อยสลายสารอาหารสูงสุดของจุลินทรีย์ และความเข้มข้นของสารอาหาร เมื่ออัตราการ	50
11	ผลการทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์จลนพลศาสตร์แบบแบคซ์เพื่อคำนวณค่า สัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และอัตราการตายของจุลินทรีย์	53

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
12	ผลการทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์จลนพลศาสตร์แบบแบดซ์เพื่อคำนวณค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงสุดของจุลินทรีย์ และค่าความเข้มข้นของสารอาหารเมื่อมีอัตราการย่อยสลายเท่ากับครึ่งหนึ่งของอัตราการย่อยสลายสูงสุด	56
13	ปริมาณบีโอดี (BOD) ที่ถูกกำจัดและความเข้มข้นตะกอนจุลินทรีย์ (MLVSS) ที่เพิ่มขึ้น ในการหาค่าอัตราการใช้สารอาหารสูงสุด และความเข้มข้นของสารอาหารที่ครึ่งหนึ่งของอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด ของระบบเอสปีอาร์ ร่วมกับปฏิกิริยาการสังเคราะห์แสง ในถังปฏิกรณ์ชีวภาพแบบมีเมมเบรนจมตัว	62
14	ปริมาณบีโอดี (BOD) ที่ถูกกำจัดและความเข้มข้นตะกอนจุลินทรีย์ (MLVSS) ที่เพิ่มขึ้น ในการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และอัตราการตายของจุลินทรีย์ ของระบบเอสปีอาร์ร่วมกับปฏิกิริยาการสังเคราะห์แสง ในถังปฏิกรณ์ชีวภาพแบบมีเมมเบรนจมตัว	65
15	การเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียระหว่างระบบถังปฏิกรณ์ชีวภาพแบบมีเมมเบรนจมตัว ร่วมกับปฏิกิริยาการสังเคราะห์แสงกับระบบถังปฏิกรณ์ชีวภาพแบบมีเมมเบรนจมตัวอื่นๆ	82

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ก1	ข้อมูลการวิเคราะห์คุณสมบัติน้ำเสียจากโรงงานผลิตนม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ระหว่างวันที่ 26 มกราคม 2548 ถึง วันที่ 16 กุมภาพันธ์ 2548	99
ข1	ค่าซีโอดีแต่ละชั่วโมงขณะทำการทดลองเพื่อคำนวณค่าสัมประสิทธิ์จลนพลศาสตร์โดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์ ของแบคทีเรียสังเคราะห์แสงกลุ่ม PnSB	102
ข2	ความเข้มข้นตะกอนจุลินทรีย์แต่ละชั่วโมงขณะทำการทดลองเพื่อคำนวณค่าสัมประสิทธิ์จลนพลศาสตร์โดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์ ของแบคทีเรียสังเคราะห์แสงกลุ่ม PnSB	103
ข3	ค่าไออาร์พี ค่าความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิ ในถังปฏิกรณ์ชีวภาพขณะทำการทดลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์จลนพลศาสตร์ โดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์ของแบคทีเรียสังเคราะห์แสงกลุ่ม PnSB	104
ข4	ค่าซีโอดี และความเข้มข้นตะกอนจุลินทรีย์ ในถังปฏิกรณ์ชีวภาพแบบมีเมมเบรนจมตัว โดยใช้น้ำเสียจากโรงงานผลิตนม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ขณะทำการทดลอง ควบคุมค่า F/M เท่ากับ 0.05 เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์จลนพลศาสตร์ของแบคทีเรียสังเคราะห์แสงกลุ่ม PnSB	105
ข5	ค่าไออาร์พี ค่าความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิ ในถังปฏิกรณ์ชีวภาพแบบมีเมมเบรนจมตัว โดยใช้น้ำเสียจากโรงงานผลิตนม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ขณะทำการทดลอง ควบคุมค่า F/M เท่ากับ 0.05 เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์จลนพลศาสตร์ของแบคทีเรียสังเคราะห์แสงกลุ่ม PnSB	106

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
ข6 ค่าซีโอดี และความเข้มข้นตะกอนจุลินทรีย์ ในถังปฏิกรณ์ชีวภาพแบบ มีเมมเบรนจมตัว โดยใช้น้ำเสียจากโรงงานผลิตนม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ขณะทำการทดลอง ควบคุมค่า F/M เท่ากับ 0.15 เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ จลนพลศาสตร์ของแบคทีเรียสังเคราะห์แสงกลุ่ม PnSB	107
ข7 ค่าไออาร์พี ค่าความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิ ในถังปฏิกรณ์ชีวภาพแบบ มีเมมเบรนจมตัว โดยใช้น้ำเสียจากโรงงานผลิตนม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ขณะทำการทดลอง ควบคุมค่า F/M เท่ากับ 0.15 เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ จลนพลศาสตร์ของแบคทีเรียสังเคราะห์แสงกลุ่ม PnSB	108
ข8 ค่าซีโอดี และความเข้มข้นตะกอนจุลินทรีย์ ในถังปฏิกรณ์ชีวภาพแบบ มีเมมเบรนจมตัว โดยใช้น้ำเสียจากโรงงานผลิตนม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ขณะทำการทดลอง ควบคุมค่า F/M เท่ากับ 0.3 เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ จลนพลศาสตร์ ของแบคทีเรียสังเคราะห์แสงกลุ่ม PnSB	110
ข9 ค่าไออาร์พี ค่าความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิ ในถังปฏิกรณ์ชีวภาพแบบ มีเมมเบรนจมตัว โดยใช้น้ำเสียจากโรงงานผลิตนม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ขณะทำการทดลอง ควบคุมค่า F/M เท่ากับ 0.3 เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ จลนพลศาสตร์ของแบคทีเรียสังเคราะห์แสงกลุ่ม PnSB	111
ข10 ค่าซีโอดี และความเข้มข้นตะกอนจุลินทรีย์ ในถังปฏิกรณ์ชีวภาพแบบ มีเมมเบรนจมตัว โดยใช้น้ำเสียจากโรงงานผลิตนม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ขณะทำการทดลอง ควบคุมค่า F/M เท่ากับ 0.6 เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ จลนพลศาสตร์ของแบคทีเรียสังเคราะห์แสงกลุ่ม PnSB	113

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า	
ข11	ค่าไออาร์พี ค่าความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิ ในถังปฏิกรณ์ชีวภาพแบบมีเมมเบรนจมตัว โดยใช้ น้ำเสียจากโรงงานผลิตนม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ขณะทำการทดลอง ควบคุมค่า F/M เท่ากับ 0.6 เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์จลนพลศาสตร์ของแบคทีเรียสังเคราะห์แสงกลุ่ม PnSB	114
ค1	ค่าอัตราการไหลและอัตราการกรองผ่านเมมเบรนของของเหลวที่มีความเข้มข้นของตะกอนจุลินทรีย์เท่ากับ 500 มก.ต่อลิตร ที่เวลาต่างๆ จนถึง 360 นาที ควบคุมความดันคงที่ที่ -15 กิโลพาสกาล	117
ค2	ค่าอัตราการไหลและอัตราการกรองผ่านเมมเบรนของของเหลวที่มีความเข้มข้นของตะกอนจุลินทรีย์เท่ากับ 800 มก.ต่อลิตร ที่เวลาต่างๆ จนถึง 360 นาที ควบคุมความดันคงที่ที่ -15 กิโลพาสกาล	119
ค3	ค่าอัตราการไหลและอัตราการกรองผ่านเมมเบรนของของเหลวที่มีความเข้มข้นของตะกอนจุลินทรีย์เท่ากับ 1200 มก.ต่อลิตร ที่เวลาต่างๆ จนถึง 360 นาที ควบคุมความดันคงที่ที่ -15 กิโลพาสกาล	121
ค4	ค่าอัตราการไหลและอัตราการกรองผ่านเมมเบรนของของเหลวที่มีความเข้มข้นของตะกอนจุลินทรีย์เท่ากับ 2500 มก.ต่อลิตร ที่เวลาต่างๆ จนถึง 360 นาที ควบคุมความดันคงที่ที่ -15 กิโลพาสกาล	123

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ขั้นตอนการผลิตและแหล่งน้ำเสียของโรงงานผลิตนม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	4
2	รูปร่างของแบคทีเรียสังเคราะห์แสง แสดงผลผ่านกล้องจุลทรรศน์	7
3	แบคทีเรียสังเคราะห์แสงกลุ่ม PnSB แสดงผลผ่านกล้องจุลทรรศน์	8
4	การจำแนกแบคทีเรียในกลุ่ม anoxygenic phototrophic bacteria	9
5	การดูดกลืนแสงของรงควัตถุ Bchl.a และ Chl.a	15
6	การดูดกลืนแสงของ Green algae, Green bacterium และ Purplebacterium	18
7	การคำนวณค่า K_m และค่า k จากสมการของมิเชลิสเมนเตน	23
8	การคำนวณค่า Y และค่า k_d	25
9	การคำนวณค่า K_s และค่า μ_m	26
10	การคำนวณค่า K_s และค่า k	28
11	การกรองของเหลวผ่านเมมเบรนแบบ dead-end	31
12	การกรองของเหลวผ่านเมมเบรนแบบ cross flow	31
13	ระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตนม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	33
14	แผนผังถึงปฏิกรณ์ชีวภาพสำหรับการทดลองแบบแบตช์	36
15	ถึงปฏิกรณ์ชีวภาพสำหรับการทดลองแบบแบตช์	37
16	เมมเบรนชนิดแผ่น (flat sheet membrane) เป็นจากวัสดุโพลีเอทิลีน (Polyethylene) พื้นที่ผิว 0.1 ตารางเมตร (20x30 เซนติเมตร) ขนาดรูพรุน 0.4 ไมโครเมตร	37
17	แผนผังถึงปฏิกรณ์ชีวภาพแบบมีเมมเบรนจมตัวสำหรับการทดลองแบบเอสปีอาร์	38
18	ถึงปฏิกรณ์ชีวภาพแบบมีเมมเบรนจมตัวสำหรับการทดลองแบบเอสปีอาร์	38
19	ขั้นตอนการศึกษาคุณสมบัติของน้ำเสียจากโรงงานผลิตนมใน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	40
20	ขั้นตอนการทดลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์จลนพลศาสตร์การย่อยสลายของแบคทีเรียสังเคราะห์แสงกลุ่ม PnSB โดยใช้ น้ำเสียสังเคราะห์	42

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
21	ขั้นตอนการทดลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์จลนพลศาสตร์การย่อยสลายของ แบคทีเรียสังเคราะห์แสงกลุ่ม PnSB โดยใช้น้ำเสียจากโรงงานผลิตนม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน	49
22	สัดส่วน BOD : COD ของน้ำทิ้งโรงงานผลิตนม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	51
23	กราฟเส้นตรงที่ได้จากการทดลองแบบเบคต์ซ์เพื่อคำนวณหาค่าอัตราการย่อยใช้ สารอาหารสูงสุดของจุลินทรีย์ และความเข้มข้นของสารอาหารเมื่ออัตรา การย่อยสลายสารอาหารเท่ากับครึ่งหนึ่งของอัตราการย่อยสลายสูงสุด	50
24	กราฟจากสมการมิเชลิสเมนเตน	52
25	กราฟเส้นตรงที่ได้จากการทดลองแบบเบคต์ซ์เพื่อคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และอัตราการตายของจุลินทรีย์	54
26	กราฟเส้นตรงที่ได้จากการทดลองแบบเบคต์ซ์เพื่อคำนวณหาอัตราการเจริญเติบโต จำเพาะสูงสุดของจุลินทรีย์ และค่าความเข้มข้นของสารอาหารเมื่อมีการอัตรา การย่อยสลายเท่ากับครึ่งหนึ่งของอัตราการย่อยสลายสูงสุด	57
27	การส่องกล้องจุลทรรศน์ตรวจสอบเชื้อแบคทีเรียสังเคราะห์แสงกลุ่ม PnSB กำลังขยาย 1000 เท่า	59
28	ค่าออกซิเดชันรีดักชันโพเทนเชียล อุณหภูมิ และค่าความเป็นกรด-ด่าง ในขณะที่ ทดลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์จลนพลศาสตร์โดยถึงปฏิกรณ์แบบเบคต์ซ์	60
29	กราฟเส้นตรงที่ได้จากการทดลองระบบเอสบีอาร์ร่วมกับปฏิกิริยาการสังเคราะห์ แสงในถังปฏิกรณ์ชีวภาพแบบมีเมมเบรนจมตัวเพื่อคำนวณค่าอัตราการใช้สาร อาหารสูงสุดและความเข้มข้นของสารอาหารที่ครึ่งหนึ่งของอัตราการเจริญเติบโต จำเพาะสูงสุดของจุลินทรีย์	63
30	กราฟเส้นตรงที่ได้จากการทดลองระบบเอสบีอาร์ร่วมกับปฏิกิริยาการสังเคราะห์ แสงในถังปฏิกรณ์ชีวภาพแบบมีเมมเบรนจมตัวเพื่อคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การ เจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และอัตราการตายของจุลินทรีย์	66
31	การเปลี่ยนแปลงค่าออกซิเดชันรีดักชันโพเทนเชียลในถังปฏิกรณ์ชีวภาพ แบบมีเมมเบรนจมตัว	69

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
32	การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช (pH) ในถังปฏิกรณ์ชีวภาพ	70
33	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในถังปฏิกรณ์ชีวภาพแบบมีเมมเบรน	71
34	ผลการทดลองการกำจัดชีโอดีที่ค่า F/M เท่ากับ 0.05, 0.15, 0.3 และ 0.6	73
35	ประสิทธิภาพการบำบัดชีโอดี ที่ค่า F/M ต่างๆ	74
36	ประสิทธิภาพการบำบัดชีโอดี ที่แต่ละ F/M	74
37	ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดชีโอดี กับค่าระยะเวลาการกักเก็บตะกอนจุลินทรีย์	75
38	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าระยะเวลาการกักเก็บตะกอนจุลินทรีย์กับค่า F/M	75
39	อัตราการกรองของเมมเบรนที่ความเข้มข้นของตะกอนจุลินทรีย์ต่างๆ เทียบกับเวลา	77
40	อัตราการกรองของเมมเบรนที่ความเข้มข้นของตะกอนจุลินทรีย์ต่างๆ กัน ในนาที่ที่ 120 เป็นต้นไป	78
41	ลักษณะของถังปฏิกรณ์ชีวภาพแบบมีเมมเบรนจมตัว ปริมาตร 180 ลูกบาศก์เมตร พื้นที่ผิวเมมเบรนเท่ากับ 623 ตารางเมตร	81