สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	ง
สารบัญภาพ	จ
บทที่	
1. บทนำ	1
บทนำต้นเรื่อง	1
บทตรวจเอกสาร	2
วัตถุประสงค์	25
2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการ	26
วัสดุ อุปกรณ์	26
วิธีการวิเคราะห์	27
วิธีการวิจัย	28
3. ผลการทดลองและวิจารณ์	35
1.สภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญและการผลิตเอนไซม์เซลลูเลสจาก *Bacillus subtilis* A2	35
1.1 ผลของแหล่งคาร์บอน	36
1.2 ผลของแหล่งไนโตรเจน	37
1.3 ผลของพีเอช	43
1.4 ผลของอุณหภูมิ	45
2. สภาวะที่เหมาะสมต่อการทำงานและความคงตัวของเอนไซม์หยาบจาก *Bacillus subtilis* A2	47
2.1 การทำบริสุทธิ์ขั้นต้นของเอนไซม์เซลลูเลส	47
2.2 ผลของพีเอชต่อกิจกรรมของเอนไซม์เซลลูเลส	48
2.3 ผลของอุณหภูมิต่อกิจกรรมของเอนไซม์เซลลูเลส	49
2.4 ผลของความคงตัวต่อพีเอชของเอนไซม์เซลลูเลส	50
2.5 ผลของความคงตัวต่ออุณหภูมิของเอนไซม์เซลลูเลส	52

สารบัญ

หน้า

3. การแยกน้ำมันจากน้ำทิ้งโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มโดยใช้เอนไซม์เซลลูเลสที่ผลิตโดยเชื้อ *Bacillus subtilis* A2 54

3.1 การแยกน้ำมันจากน้ำทิ้งโดยใช้ส่วนใสที่มีเอนไซม์เซลลูเลส 54

3.2 การแยกน้ำมันจากน้ำทิ้งโดยใช้เอนไซม์เซลลูเลสที่ผ่านการตกตะกอน 55

3.3 การแยกน้ำมันจากน้ำทิ้งโดยใช้เชื้อ *Bacillus subtilis* A2 56

4. การใช้เชื้อ *Bacillus subtilis* A2 ในการเจริญและแยกน้ำมันในน้ำทิ้งจากเครื่องดีแคนเตอร์ 59

4.1 ผลของเวลาต่อการแยกน้ำมันในน้ำทิ้ง 59

4.2 ผลของการเจือจางน้ำต่อการแยกน้ำมันในน้ำทิ้ง 61

4.3 ผลของแหล่งคาร์บอนและแหล่งไนโตรเจนต่อการเจริญและแยกน้ำมันน้ำทิ้ง 63

4.4 ผลของการฆ่าเชื้อน้ำทิ้งต่อการแยกน้ำมัน 65

5. การแยกน้ำมันจากน้ำทิ้งที่โรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม 67

บทสรุป 68

เอกสารอ้างอิง 70

ภาคผนวก 81

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ลักษณะของน้ำทิ้งจากแหล่งต่าง ๆ ของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม.....	11
2	ลักษณะของน้ำทิ้งจากบ่อรวบรวมน้ำเสียโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มโดยทั่วไป....	12
3	องค์ประกอบทางเคมีของน้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม.....	13
4	การตกตะกอนเอนไซม์เซลลูเลสจากเชื้อ *Bacillus subtilis* A2.....	48
5	ผลของอุณหภูมิต่อการแยกน้ำมันในตะกอนของน้ำทิ้งจากเครื่องดีแคนเตอร์ที่เติมเอนไซม์เซลลูเลสหยาบจากเชื้อ *Bacillus subtilis* A2.....	55
6	ผลของเวลาต่อการแยกน้ำมันของตะกอนน้ำทิ้งจากเครื่องดีแคนเตอร์ที่เติมเอนไซม์เซลลูเลสหยาบจากเชื้อ *Bacillus subtilis* A2.....	56

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ส่วนประกอบของปาล์มทะลายสด.....	3
2	โมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์หรือไตรเอซิลกลีเซอรอล.....	3
3	โครงสร้างของเซลล์พืชโดยทั่วๆ ไป.....	4
4	โครงสร้างทางเคมีของเซลลูโลส.....	5
5	โครงสร้างทางเคมีของไซแลน.....	6
6	โครงสร้างทางเคมีของเพคติน.....	7
7	โครงสร้างทางเคมีของลิกนิน.....	8
8	ผลของแหล่งคาร์บอนต่อการเจริญ (A) และการผลิตเอนไซม์เซลลูเลส (B) ของเชื้อ *Bacillus subtilis* A2 (ในอาหารพื้นฐานที่มีแหล่งคาร์บอนปริมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ บ่มที่ 45 องศาเซลเซียส เขย่า 200 รอบต่อนาที).....	36
9	ผลของแหล่งไนโตรเจนต่อการเจริญ (A) และการผลิตเอนไซม์เซลลูเลส (B) ของเชื้อ *Bacillus subtilis* A2 (ในอาหารพื้นฐานที่มี CMC 1 เปอร์เซ็นต์ และแหล่งไนโตรเจนต่างๆ (0.1 เปอร์เซ็นต์) บ่มที่ 45 องศาเซลเซียส เขย่า 200 รอบต่อนาที).....	38
10	ผลของแหล่งไนโตรเจนผสมต่อการเจริญ (A) และการผลิตเอนไซม์เซลลูเลส (B) ของเชื้อ *Bacillus subtilis* A2 (ในอาหารพื้นฐานที่มี CMC 1 เปอร์เซ็นต์ และแหล่งไนโตรเจนต่างๆ ความเข้มข้นรวม 0.1 เปอร์เซ็นต์ บ่มที่ 45 องศาเซลเซียส เขย่า 200 รอบต่อนาที).....	41
11	ผลของแหล่งไนโตรเจนผสมต่อการเจริญ (A) และการผลิตเอนไซม์เซลลูเลส (B) ของเชื้อ *Bacillus subtilis* A2 (ในอาหารพื้นฐานที่มี CMC 1 เปอร์เซ็นต์ และแหล่งไนโตรเจนความเข้มข้นรวม 0.1 เปอร์เซ็นต์ บ่มที่ 45 องศาเซลเซียส เขย่า 200 รอบต่อนาที).....	42
12	ผลของพีเอชเริ่มต้นต่อการเจริญ (A) และการผลิตเอนไซม์เซลลูเลส (B) ของเชื้อ *Bacillus subtilis* A2 (ในอาหารพื้นฐานที่มี CMC 1 เปอร์เซ็นต์ และยีสต์สกัด+$NH_4H_2PO_4$ ความเข้มข้นรวม 0.1 เปอร์เซ็นต์ บ่มที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เขย่า 200 รอบต่อนาที)	44

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
13	ผลของอุณหภูมิต่อการเจริญ (A) และการผลิตเอนไซม์เซลลูเลส (B) ของเชื้อ *Bacillus subtilis* A2 (ในพื้นฐานที่มี CMC 1 เปอร์เซ็นต์ และยีสต์สกัด+ $NH_4H_2PO_4$ ความเข้มข้นรวม 0.1 เปอร์เซ็นต์ พีเอช 6.0 เขย่า 200 รอบต่อนาที)...	46
14	ผลของพีเอชต่อการทำงานของเอนไซม์เซลลูเลสที่ผลิตโดยเชื้อ *Bacillus subtilis* A2 (CMC 1% เป็นสับสเตรท บ่มที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เขย่า 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที)	50
15	ผลของอุณหภูมิต่อการทำงานของเอนไซม์เซลลูเลสที่ผลิตโดยเชื้อ *Bacillus subtilis* A2 (CMC 1% เป็นสับสเตรท ในซิเตรตบัพเฟอร์ ความเข้มข้น 0.05 มิลลิโมลาร์ พีเอช 5.0 เขย่า 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที).....	50
16	ผลของพีเอชต่อความคงตัวของเอนไซม์เซลลูเลสที่ผลิตโดยเชื้อ *Bacillus subtilis* A2 (บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส).....	52
17	ผลของพีเอชต่อความคงตัวของเอนไซม์เซลลูเลสที่ผลิตโดยเชื้อ *Bacillus subtilis* A2 (บ่มที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส).....	52
18	ผลของอุณหภูมิต่อความคงตัวของเอนไซม์เซลลูเลสที่ผลิตโดยเชื้อ *Bacillus subtilis* A2 (บ่มที่พีเอช 5.0).....	54
19	ผลของการแยกน้ำมันจากน้ำทิ้งดีแคนเตอร์ที่สภาวะต่างๆ (■; เติมอาหารทีปราศจากเชื้อ, □; อาหารที่มีเชื้อ *Bacillus subtilis* A2 และ ⊡ ; ส่วนใสที่แยกเซลล์ออก ใช้ 15 มิลลิลิตร เติมในน้ำทิ้งดีแคนเตอร์ 45 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส).....	58
20	ผลของการแยกน้ำมันจากตะกอนน้ำทิ้งดีแคนเตอร์ โดยการเลี้ยงเชื้อ *Bacillus subtilis* A2 (▲: ไม่เติม *Bacillus subtilis* A2; ○: เติม *Bacillus subtilis* A2 โดยบ่มที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เขย่า 200 รอบต่อนาที).....	60

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
21	ผลของการแยกน้ำมันจากตะกอนน้ำทิ้งดีแคนเตอร์ ปริมาณตะกอน และปริมาณน้ำมันในส่วนใสหลังจากแยกตะกอนออก (▲, ■: ไม่เติม *Bacillus subtilis* A2; ○, □: เติม *Bacillus subtilis* A2ใช้น้ำทิ้งปริมาตร 50 มิลลิลิตร โดยบ่มที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เขย่า 200 รอบต่อนาที ที่เวลา 72 ชั่วโมง).....	62
22	ผลของการแยกน้ำมันจากตะกอนน้ำทิ้งดีแคนเตอร์ ปริมาณตะกอน และปริมาณน้ำมันใน ส่วนใสหลังจากปั่นเหวี่ยงแยกตะกอนออก (เติมแหล่งคาร์บอน (1% CMC) ไนโตรเจน (0.1% ยีสต์สกัด และ $NH_4H_2PO_4$ ความเข้มข้นรวม 0.1 เปอร์เซ็นต์ (% Total N)) และแหล่งคาร์บอนกับแหล่งไนโตรเจน (CMC, ยีสต์สกัด และ $NH_4H_2PO_4$) โดย ■ : ไม่เติม *Bacillus subtilis* A2; □: ไม่เติม *Bacillus subtilis* A2 บ่มที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เขย่า 200 รอบต่อนาที ที่เวลา 72 ชั่วโมง)	64
23	ผลของการแยกน้ำมันจากตะกอนน้ำทิ้งดีแคนเตอร์ ปริมาณตะกอน และปริมาณน้ำมันในส่วนใสหลังจากแยกตะกอนออก โดยใช้น้ำทิ้งที่ผ่านการฆ่าเชื้อและไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ (■:ไม่เติม *Bacillus subtilis* A2; □: เติม *Bacillus subtilis* A2 ใช้น้ำทิ้งปริมาตร 50 มิลลิลิตร โดยบ่มที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส โดยการเขย่า 200 รอบต่อนาที ที่เวลา 72 ชั่วโมง).....	66
24	กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคส ที่ OD_{550}.....	83
25	การเจริญของเชื้อ *Bacillus subtilis* A2 บนอาหารพื้นฐานที่มี CMC 1 เปอร์เซ็นต์ เป็นแหล่งคาร์บอน บ่มที่ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง.....	84