

สารบัญเรื่อง

	หน้า
หน้าปก	ก
กิจกรรมประกาศ	ข
บทคัดย่อ	ค
สารบัญเรื่อง	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ฐ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในการวิจัย	ถ
บทนำ	1
ความสำคัญ และที่มาของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	4
ขอบเขตของการวิจัย	4
ทฤษฎี สมมติฐาน และหรือกรอบแนวความคิดของการวิจัย	5
การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (Information) ที่เกี่ยวข้อง	6
องค์ประกอบภายในแป้ง	6
โครงสร้างของผนังพืช	7
เซลลูโลส	7
เฮมิเซลลูโลส	8
เพกทิน	9
ลิกนิน	10
การย่อยแป้งด้วยเอนไซม์	11
เอนไซม์ย่อยภายนอก	11
แอลฟาอะไมเลส	11
เอนไซม์ย่อยพันธะกิ่ง	11
การย่อยโครงสร้างของผนังพืชด้วยเอนไซม์	12
เซลลูเลส	12
เฮมิเซลลูเลส	12
D-galactanases	13

สารบัญเรื่อง (ต่อ)

	หน้า
D-mannanases	13
D-xylanase	13
เพคติกเอนไซม์	13
พอลิกลาเลคทูโลเนส	14
เพคตินเอสเทอร์เรส	14
การปรับสภาพวัตถุดิบ	16
กระบวนการปรับสภาพเชิงกล	16
การปรับสภาพทางเคมี	16
การย่อยด้วยด่าง	16
การย่อยด้วยโอโซน	16
การปรับสภาพด้วยวิธีทางกายภาพ-เคมี	16
การปรับสภาพด้วยวิธีทางชีวภาพ	17
การผลิตเอทานอลด้วยน้ำตาลเฮกโซสโดยเชื้อยีสต์	17
การผลิตเอทานอลด้วยน้ำตาลเพนโตสโดยเชื้อยีสต์	20
กระบวนการหมัก	21
ปัจจัยที่จำเป็นต่อการทำงานของจุลินทรีย์ในกระบวนการหมัก	21
ปริมาณคาร์บอน	21
ความเข้มข้นของเอทานอล	22
ปริมาณออกซิเจน	22
ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์	22
ปริมาณไนโตรเจน	22
ปริมาณซัลเฟอร์	23
ปัจจัยแวดล้อมอื่นระหว่างการผลิต	23
ความเข้มข้นของน้ำตาล	23
ระดับอุณหภูมิ	23
ค่าพีเอช	23
ชนิดของกระบวนการหมัก	24
การหมักแบบ separate hydrolysis and fermentation	24

สารบัญเรื่อง (ต่อ)

	หน้า
การหมักแบบ simultaneous saccharification and fermentation	24
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	24
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	26
วิธีการดำเนินการวิจัย	25
การเตรียมวัตถุดิบ	27
การเตรียมเชื้อจุลินทรีย์	27
การศึกษาสูตรอาหารและเชื้อยีสต์ที่ใช้น้ำตาลเฮกโซสในการผลิตเอทานอล	27
การหมักเอทานอลของเชื้อยีสต์ในอาหารเลี้ยงเชื้อ 2 สูตรด้วยน้ำตาลกลูโคส	27
การศึกษากการหมักผลผลิตทางการเกษตรที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบหลักเพื่อการ ผลิตเอทานอล	28
การศึกษาผลของปริมาณผลผลิตทางการเกษตรที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบหลัก สำหรับการหมักเพื่อผลิตเอทานอลในขั้นตอนเดียว	28
การศึกษาปริมาณเอทานอล โดยการหมักแบบ separate hydrolysis and fermentation (SHF) ด้วยเชื้อยีสต์ปกติ และเชื้ออะไมโลไลติกยีสต์	28
การศึกษาปริมาณเอทานอล โดยการหมักแบบ simultaneous saccharification and fermentation (SSF) ด้วยเชื้อยีสต์ปกติ และเชื้ออะไมโลไลติกยีสต์	29
การศึกษาการเจริญและผลผลิตเอทานอลโดยเชื้อยีสต์อะไมโลไลติกยีสต์	29
การศึกษาการฟัทธิเมนต์ต่อผลผลิตเอทานอล โดยการหมักด้วยอะไมโลไลติก ยีสต์	29
การศึกษาการผลิตเอทานอลจากเมล็ดข้าวบดโดยเชื้ออะไมโลไลติกยีสต์	30
การศึกษาผลผลิตเอทานอลจากกล้วยน้ำว้าโดยการหมักด้วยเชื้ออะไมโลไลติก ยีสต์	30
ผลการทดลอง	31
ผลการศึกษาสูตรอาหารและเชื้อยีสต์ที่ใช้น้ำตาลเฮกโซสในการผลิตเอทานอล	31
การผลิตเอทานอลจากกากมันสำปะหลังการหมักแบบ SHF จากเชื้อยีสต์แต่ละ สายพันธุ์	33
การผลิตเอทานอลจากกากมันสำปะหลัง	35

สารบัญเรื่อง (ต่อ)

	หน้า
การศึกษาการผลิตเอทานอลจากกากมันสำปะหลังการหมักแบบ SHF ด้วยเชื้อยีสต์สายพันธุ์ต่างๆ	36
การศึกษาเปรียบเทียบการผลิตเอทานอลจากกากมันสำปะหลังแบบ SHF และ SSF ด้วยเชื้ออะไมโลไลติคยีสต์ <i>S. diastaticus</i> 5547	38
การศึกษาผลผลิตเอทานอลโดยใช้กากมันสำปะหลังซึ่งผ่านการพรีทรีตเมนต์ที่ต่างกันเป็นแหล่งอาหารของเชื้อยีสต์	40
การศึกษาผลการพรีทรีตเมนต์ต่อการผลิตเอทานอลจากการหมักโดยใช้กากมันสำปะหลังเป็นแหล่งอาหารโดยเติมเฉพาะเอนไซม์ เซลลูเลส เฮมิเซลลูเลส	43
การศึกษาผลการพรีทรีตเมนต์ต่อการผลิตเอทานอลจากกากมันสำปะหลังโดยอะไมโลไลติคยีสต์ ในถังปฏิกรณ์ 5 ลิตร	46
การศึกษาผลการพรีทรีตเมนต์ต่อการผลิตเอทานอลจากกากมันสำปะหลังโดยอะไมโลไลติคยีสต์ ในถังปฏิกรณ์ 70 ลิตร	49
การศึกษาการผลิตเอทานอลโดยการหมักโดยใช้เมล็ดข้าวบดเป็นแหล่งอาหาร	54
การศึกษาผลปริมาณความเข้มข้นของเมล็ดข้าวบดต่อการผลิตเอทานอลโดยอะไมโลไลติคยีสต์	55
การศึกษาการเพิ่มผลผลิตเอทานอลจากเมล็ดข้าวบด โดยอะไมโลไลติคยีสต์ ในถังปฏิกรณ์ 5 ลิตร และ 70 ลิตร	58
การศึกษาผลของความเข้มข้นเมล็ดข้าวบดต่อการผลิตเอทานอลอะไมโลไลติคยีสต์ ปริมาณการผลิต 70 ลิตร ในถังปฏิกรณ์	60
การผลิตเอทานอลโดยใช้เปลือกกล้วยน้ำว้า	65
การศึกษาผลการปรับสภาพเปลือกกล้วยน้ำว้าเป็นแหล่งอาหารต่อการผลิตเอทานอลโดยอะไมโลไลติคยีสต์โดยไม่เติมเอนไซม์	68
การศึกษาผลการปรับสภาพเปลือกกล้วยน้ำว้าเป็นแหล่งอาหารต่อการผลิตเอทานอลโดยอะไมโลไลติคยีสต์โดยเติมเอนไซม์ เซลลูเลส เฮมิเซลลูเลส	71
การศึกษาการเพิ่มผลผลิตเอทานอลจากเปลือกกล้วยน้ำว้าโดยอะไมโลไลติคยีสต์ ในการหมักแบบ SSF ในถังปฏิกรณ์ 5 ลิตร	73
การศึกษาการเพิ่มผลผลิตเอทานอลจากเปลือกกล้วยน้ำว้าโดยอะไมโลไลติคยีสต์ ในการหมักแบบ SSF ในถังปฏิกรณ์ 70 ลิตร	76

สารบัญเรื่อง (ต่อ)

	หน้า
การผลิตเอทานอลโดยการหมักจากกล้วยน้ำว้าเป็นแหล่งอาหาร	82
การผลิตเอทานอลโดยการหมักจากกล้วยน้ำว้าทั้งผลเป็นแหล่งอาหาร	85
การเปรียบเทียบผลผลิตเอทานอลจากผลผลิตทางการเกษตร โดยการหมัก ของอะไมโลไลติคยีสต์	92
การศึกษาเปรียบเทียบผลการฟัรทีรต์เมนต์ต่อผลผลิตเอทานอล	92
การศึกษาเปรียบเทียบผลการเติมเอนไซม์ต่อผลผลิตเอทานอล	94
การศึกษาต้นทุนการผลิตเอทานอลจากผลผลิตทางการเกษตรที่มีแป้งเป็น องค์ประกอบหลัก	96
อภิปรายผล	99
สรุปและเสนอแนะเกี่ยวกับการวิจัย	105
บรรณานุกรม	106
ภาคผนวก ก	111
วิเคราะห์ความเข้มข้นของเซลล์	111
วิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์	111
กราฟมาตรฐานของน้ำตาลกลูโคสโดยวิธี DNS	112
วิเคราะห์ความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคสโดยวิธี GOD-PAP	112
วิเคราะห์ความเข้มข้นของเอทานอลโดยใช้เครื่องแก๊สโครโมโทกราฟี	113
ภาคผนวก ข	114

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 สมบัติที่สำคัญของอะมิโลสและอะมิโลเพกทิน	7
2 สูตรอาหารสำหรับการหมักเอทานอล 2 สูตร	27
3 ค่าพารามิเตอร์จากการศึกษาสูตรอาหารทั้ง 2 สูตรและเชื้อยีสต์ <i>S. cerevisiae</i> 5049, <i>S. cerevisiae</i> 5048 และ <i>S. diastaticus</i> 5547 ที่ใช้น้ำตาลกลูโคสในการผลิตเอทานอล	34
4 องค์ประกอบ เหมิเซลลูโลส เซลลูโลสและ แป้งในกากมันสำปะหลัง	36
5 การเปรียบเทียบความสามารถในการผลิตเอทานอลจากกากมันสำปะหลังการหมักแบบ SHF	37
6 การเปรียบเทียบผลผลิตเอทานอลจากกากมันสำปะหลัง โดยการฟัรติเมนต์โดยน้ำกลั่น ค่าความเข้มข้น 0.025 เปอร์เซ็นต์ และ กรดซัลฟูริก 0.1 โมลาร์ภายใต้ความดันไอน้ำ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้วอุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ในการหมักปริมาตร 100 มิลลิลิตรถึง 70 ลิตร	52
7 องค์ประกอบทางเคมีเมล็ดข้าวสาร	55
8 การศึกษาเปรียบเทียบผลผลิตเอทานอลจากเมล็ดข้าวบดโดยการฟัรติเมนต์โดยภายใต้ความดันไอน้ำ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้วอุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ในการหมักปริมาตร 100 มิลลิลิตรถึง 70 ลิตร	63
9 องค์ประกอบ เหมิเซลลูโลส เซลลูโลสและ แป้งในเปลือกกล้วยและผลกล้วย	68
10 การเปรียบเทียบผลผลิตเอทานอลจากเปลือกกล้วยน้ำว้าโดยการฟัรติเมนต์โดยน้ำกลั่น ค่าความเข้มข้น 0.025 เปอร์เซ็นต์ และ กรดซัลฟูริก 0.1 โมลาร์ภายใต้ความดันไอน้ำ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้วอุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ในการหมักปริมาตร 100 มิลลิลิตรถึง 70 ลิตร	80
11 การเปรียบเทียบผลผลิตเอทานอลจากผลกล้วยน้ำว้าและกล้วยน้ำว้าทั้งผลโดยการฟัรติเมนต์โดยน้ำกลั่น และ กรดซัลฟูริก 0.1 โมลาร์ภายใต้ความดันไอน้ำ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้วอุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ในการหมักปริมาตร 70 ลิตร	54
12 การเปรียบเทียบผลการฟัรติเมนต์ต่อผลผลิตเอทานอลจากผลผลิตทางการเกษตรต่างๆ จากการหมักโดยอะไมโลติคยีสต์ปริมาตรการหมัก 70 ลิตร	61

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
13 การเปรียบเทียบผลผลิตเอทานอลจากผลผลิตทางการเกษตรต่างๆ จากการหมัก โดยอะไมไลติคีสต์เมื่อเติมเอนไซม์ในปริมาณการหมัก 70 ลิตร	7
14 การศึกษาต้นทุนการผลิตเอทานอลจากผลผลิตทางการเกษตรที่มีแป้งเป็นองค์ประ กอบหลัก	27

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 ระดับโครงสร้างภายในเม็ดแป้ง	6
2 โครงสร้างของผนังเซลล์พืช	7
3 สูตรโครงสร้างของเซลลูโลส	8
4 สมมุติฐานโครงสร้างของเฮมิเซลลูโลส	9
5 โครงสร้างของ pectin substance	9
6 โครงสร้างของ pectin substances ที่พบใน primary cell wall	10
7 การทำงานของเอนไซม์ที่มีบทบาทต่อการย่อยสลายแป้ง	12
8 โครงสร้างของเซลลูโลส และตำแหน่งที่เอนไซม์ต่างๆ จะเข้าไปย่อยสลาย	13
9 การย่อยสลายโมเลกุลของเพคติน ของกลุ่มเอนไซม์เพคติเนส	15
10 กระบวนการเชื้อยีสต์ทำการหมักเอทานอลโดยผ่านวิถีไกลโคไลซิส	19
11 การผลิตเอทานอลด้วยน้ำตาลเพนโตสโดยเชื้อยีสต์	21
12 ผลการเพาะเลี้ยงเชื้อ <i>S. cerevisiae</i> 5049 ในน้ำตาลกลูโคสโดยใช้อาหารสูตรที่ 1	32
13 ผลการเพาะเลี้ยงเชื้อ <i>S. cerevisiae</i> 5049 ในน้ำตาลกลูโคสโดยใช้อาหารสูตรที่ 2	32
14 ผลการเพาะเลี้ยงเชื้อ <i>S. diastaticus</i> 5547 ในน้ำตาลกลูโคสโดยใช้อาหารสูตรที่	33
15 ผลการเพาะเลี้ยงเชื้อ <i>S. diastaticus</i> 5547 ในน้ำตาลกลูโคสโดยใช้อาหารสูตรที่ 2	34
16 กากมันสำปะหลัง และกากมันสำปะหลังบดละเอียด	35
17 การเปรียบเทียบความสามารถในการผลิตเอทานอลจากกากมันสำปะหลังในการหมักแบบ SHF จากเชื้อยีสต์เดี่ยวสายพันธุ์ <i>S. cerevisiae</i> 5048, <i>S. diastaticus</i> 5547 และ <i>S. fibuligera</i> 2321 และ <i>S. cerevisiae</i> 5049	37
18 การหมักโดยวิธี SHF ด้วยเชื้อ <i>S. diastaticus</i> 5547 โดยใช้กากมันสำปะหลัง 1.5 เปอร์เซ็นต์ที่ ปริมาตรเริ่มต้นด้วยกรด และย่อยด้วยเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส อะไมโลกลูโคซิเดส เพคติเนส เซลลูเลส และเฮมิเซลลูเลส	39
19 การหมักโดยวิธี SSF ด้วยเชื้อ <i>S. diastaticus</i> 5547 โดยใช้กากมันสำปะหลัง 1.5 เปอร์เซ็นต์เป็นสารอาหารด้วยการปริมาตรเริ่มต้นด้วยกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ และย่อยด้วยเอนไซม์เพคติเนส เซลลูเลส และเฮมิเซลลูเลส	39
20 การหมักด้วยเชื้อยีสต์ <i>S. diastaticus</i> 5547 โดยใช้ กากมันสำปะหลัง 1.5 เปอร์เซ็นต์ผ่านการปริมาตรเริ่มต้นด้วยการอบด้วยไอน้ำเป็นสารอาหาร โดยไม่เติมเอนไซม์ในการหมักปริมาตร 100 มิลลิลิตร	41

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
21 การหมักด้วยเชื้อยีสต์ <i>S. diastaticus</i> 5547 โดยใช้กากมันสำปะหลัง 1.5 เปอร์เซ็นต์ ผ่านการพรีทรีตเมนต์โดยการอบด้วยไอน้ำและโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.025 เปอร์เซ็นต์เป็นสารอาหารโดยไม่เติมเอนไซม์ในการหมักปริมาตร 100 มิลลิลิตร	41
22 การหมักด้วยเชื้อยีสต์ <i>S. diastaticus</i> 5547 โดยใช้กากมันสำปะหลัง 1.5 เปอร์เซ็นต์ ผ่านการพรีทรีตเมนต์โดยการอบด้วยไอน้ำและกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ในการหมักปริมาตร 100 มิลลิลิตร เป็นสารอาหารโดยไม่เติมเอนไซม์	42
23 การหมักด้วยเชื้อยีสต์ <i>S. diastaticus</i> 5547 โดยใช้กากมันสำปะหลัง 1.5 เปอร์เซ็นต์ โดยการอบด้วยไอน้ำเป็นสารอาหารโดยเติมเฉพาะเอนไซม์ เซลลูเลส เฮมิเซลลูเลส ในการหมักปริมาตร 100 มิลลิลิตร	43
24 การหมักด้วยเชื้อยีสต์ <i>S. diastaticus</i> 5547 โดยใช้กากมันสำปะหลัง 1.5 เปอร์เซ็นต์ ผ่านการพรีทรีตเมนต์โดยการอบด้วยไอน้ำและโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.025 เปอร์เซ็นต์เป็นสารอาหารโดยเติมเฉพาะเอนไซม์ เซลลูเลส เฮมิเซลลูเลสในการหมัก ปริมาตร 100 มิลลิลิตร	44
25 การหมักด้วยเชื้อยีสต์ <i>S. diastaticus</i> 5547 โดยใช้กากมันสำปะหลัง 1.5 เปอร์เซ็นต์ ผ่านการพรีทรีตเมนต์โดยการอบด้วยไอน้ำและกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ เป็นสารอาหารโดยเติมเฉพาะเอนไซม์ เซลลูเลส เฮมิเซลลูเลสในการหมักปริมาตร 100 มิลลิลิตร	44
26 การหมักด้วยเชื้อยีสต์ <i>S. diastaticus</i> 5547 โดยใช้กากมันสำปะหลัง 3 เปอร์เซ็นต์ โดยการอบด้วยไอน้ำเป็นสารอาหารโดยไม่เติมเอนไซม์ในการหมักปริมาตร 5 ลิตร	46
27 การหมักด้วยเชื้อยีสต์ <i>S. diastaticus</i> 5547 โดยใช้กากมันสำปะหลัง 3เปอร์เซ็นต์ ผ่านการพรีทรีตเมนต์โดยการอบด้วยไอน้ำและกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ เป็นสารอาหารโดยไม่เติมเอนไซม์ในการหมักปริมาตร 5 ลิตร	47
28 การหมักด้วยเชื้อยีสต์ <i>S. diastaticus</i> 5547 โดยใช้กากมันสำปะหลัง 3 เปอร์เซ็นต์ ผ่านการพรีทรีตเมนต์โดยการอบด้วยไอน้ำและกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ เป็นสารอาหารโดยเติมเฉพาะเอนไซม์ เซลลูเลส เฮมิเซลลูเลสในการหมัก ปริมาตร 5 ลิตร	48
29 การหมักด้วยเชื้อยีสต์ <i>S. diastaticus</i> 5547 โดยใช้กากมันสำปะหลังปริมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ โดยการอบด้วยไอน้ำเป็นสารอาหารโดยไม่เติมเอนไซม์ ในการหมักปริมาตร 70 ลิตร	49

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
30 การหมักด้วยเชื้อยีสต์ <i>S. diastaticus</i> 5547 โดยใช้กากมันสำปะหลังปริมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ผ่านการฟัรทริตเมนต์โดยการอบด้วยไอน้ำและกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ เป็นสารอาหาร โดยไม่เติมเอนไซม์ ในปริมาณอาหาร 70 ลิตร	50
31 การหมักด้วยเชื้อยีสต์ <i>S. diastaticus</i> 5547 โดยใช้กากมันสำปะหลังปริมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ผ่านการฟัรทริตเมนต์โดยการอบด้วยไอน้ำและกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ เป็นสารอาหาร โดยเติมเฉพาะเอนไซม์เซลลูเลส เฮมิเซลลูเลสในการหมัก ปริมาตร 70 ลิตร	51
32 เมล็ดข้าวและเมล็ดข้าวบดละเอียด	54
33 การหมักด้วยเชื้อยีสต์ <i>S. diastaticus</i> 5547 โดยใช้เมล็ดข้าวบด 0.125 เปอร์เซ็นต์ ผ่านการฟัรทริตเมนต์โดยการอบด้วยไอน้ำและกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ เป็นสารอาหาร โดยไม่เติมเอนไซม์ ในการหมักปริมาตร 100 มิลลิลิตร	56
34 การหมักด้วยเชื้อยีสต์ <i>S. diastaticus</i> 5547 โดยใช้เมล็ดข้าวบด 0.25 เปอร์เซ็นต์ ผ่านการฟัรทริตเมนต์โดยการอบด้วยไอน้ำและกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ เป็นสารอาหาร โดยไม่เติมเอนไซม์ ในการหมักปริมาตร 100 มิลลิลิตร	56
35 การหมักด้วยเชื้อยีสต์ <i>S. diastaticus</i> 5547 โดยใช้เมล็ดข้าวบดปริมาณ 0.5 เปอร์เซ็นต์ ผ่านการฟัรทริตเมนต์โดยการอบด้วยไอน้ำและกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ เป็นสารอาหาร โดยไม่เติมเอนไซม์ ในการหมักปริมาตร 100 มิลลิลิตร	57
36 การหมักด้วยเชื้อยีสต์ <i>S. diastaticus</i> 5547 โดยใช้เมล็ดข้าวบดปริมาณ 0.25 เปอร์เซ็นต์ ผ่านการฟัรทริตเมนต์โดยการอบด้วยไอน้ำและกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ เป็นสารอาหาร โดยไม่เติมเอนไซม์ ในการหมักปริมาตร 5 ลิตร	58
37 การหมักด้วยเชื้อยีสต์ <i>S. diastaticus</i> 5547 โดยใช้เมล็ดข้าวบดปริมาณ 0.25 เปอร์เซ็นต์ ผ่านการฟัรทริตเมนต์โดยการอบด้วยไอน้ำและกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ เป็นสารอาหาร โดยไม่เติมเอนไซม์ ในการหมักปริมาตร 70 ลิตร	59
38 การหมักด้วยเชื้อยีสต์ <i>S. diastaticus</i> 5547 โดยใช้เมล็ดข้าวบดปริมาณ 1.5 เปอร์เซ็นต์ ผ่านการฟัรทริตเมนต์โดยการอบด้วยไอน้ำและกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ เป็นสารอาหาร โดยไม่เติมเอนไซม์ ในการหมักปริมาตร 70 ลิตร	60
39 การหมักด้วยเชื้อยีสต์ <i>S. diastaticus</i> 5547 โดยใช้เมล็ดข้าวบดปริมาณ 3.0 เปอร์เซ็นต์ ผ่านการฟัรทริตเมนต์โดยการอบด้วยไอน้ำ เป็นสารอาหาร โดยไม่เติมเอนไซม์ ในการหมักปริมาตร 70 ลิตร	61

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
40 การหมักด้วยเชื้อยีสต์ <i>S. diastaticus</i> 5547 โดยใช้เมล็ดข้าวนับปริมาณ 3.0 เปอร์เซ็นต์ ผ่านการพรีทรีตเมนต์โดยการอบด้วยไอน้ำและกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ เป็นสารอาหารโดยไม่เติมเอนไซม์ ในการหมักปริมาตร 70 ลิตร	61
41 การหมักด้วยเชื้อยีสต์ <i>S. diastaticus</i> 5547 โดยใช้เมล็ดข้าวนับปริมาณ 3.0 เปอร์เซ็นต์ ผ่านการพรีทรีตเมนต์โดยการอบด้วยไอน้ำและกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ เป็นสารอาหารโดยเติมเอนไซม์ ในการหมักปริมาตร 70 ลิตร	62
42 เปลือกกล้วยน้ำว้า และเปลือกกล้วยน้ำว้าบดละเอียด	66
43 กล้วยน้ำว้าและกล้วยน้ำว้าบดละเอียด	67
44 การหมักด้วยเชื้อยีสต์ <i>S. diastaticus</i> 5547 โดยใช้ เปลือกกล้วยน้ำว้า 1.5 เปอร์เซ็นต์ ผ่านการพรีทรีตเมนต์โดยการอบด้วยไอน้ำเป็นสารอาหารโดยไม่เติมเอนไซม์ในการหมักปริมาตร 100 มิลลิลิตร	69
45 การหมักด้วยเชื้อยีสต์ <i>S. diastaticus</i> 5547 โดยใช้ เปลือกกล้วยน้ำว้า 1.5 เปอร์เซ็นต์ ผ่านการพรีทรีตเมนต์โดยการอบด้วยไอน้ำและ โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.025 เปอร์เซ็นต์เป็นสารอาหารโดยไม่เติมเอนไซม์ในการหมักปริมาตร 100 มิลลิลิตร	69
46 การหมักด้วยเชื้อยีสต์ <i>S. diastaticus</i> 5547 โดยใช้ เปลือกกล้วยน้ำว้า 1.5 เปอร์เซ็นต์ ผ่านการพรีทรีตเมนต์โดยการอบด้วยไอน้ำและกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ในการหมักปริมาตร 100 มิลลิลิตร เป็นสารอาหารโดยไม่เติมเอนไซม์	70
47 การหมักด้วยเชื้อยีสต์ <i>S. diastaticus</i> 5547 โดยใช้ เปลือกกล้วยน้ำว้า 1.5 เปอร์เซ็นต์ โดยการอบด้วยไอน้ำเป็นสารอาหารโดยเติมเฉพาะเอนไซม์ เซลลูเลส เฮมิเซลลูเลส ในการหมักปริมาตร 100 มิลลิลิตร	71
48 การหมักด้วยเชื้อยีสต์ <i>S. diastaticus</i> 5547 โดยใช้ เปลือกกล้วยน้ำว้า 1.5 เปอร์เซ็นต์ ผ่านการพรีทรีตเมนต์โดยการอบด้วยไอน้ำและ โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.025 เปอร์เซ็นต์เป็นสารอาหารโดยเติมเฉพาะเอนไซม์ เซลลูเลส เฮมิเซลลูเลสในการหมัก ปริมาตร 100 มิลลิลิตร	72
49 การหมักด้วยเชื้อยีสต์ <i>S. diastaticus</i> 5547 โดยใช้ เปลือกกล้วยน้ำว้า 1.5 เปอร์เซ็นต์ ผ่านการพรีทรีตเมนต์โดยการอบด้วยไอน้ำและกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ เป็นสารอาหารโดยเติมเฉพาะเอนไซม์ เซลลูเลส เฮมิเซลลูเลสในการหมักปริมาตร 100 มิลลิลิตร	72

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
50 การหมักด้วยเชื้อยีสต์ <i>S. diastaticus</i> 5547 โดยใช้ เปลือกกล้วยน้ำว้า 3 เปอร์เซ็นต์ โดยการอบด้วยไอน้ำเป็นสารอาหาร โดยไม่เติมเอนไซม์ในการหมักปริมาตร 5 ลิตร	74
51 การหมักด้วยเชื้อยีสต์ <i>S. diastaticus</i> 5547 โดยใช้ เปลือกกล้วยน้ำว้า 3 เปอร์เซ็นต์ ผ่านการฟัรทีรติเมนต์โดยการอบด้วยไอน้ำและกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ เป็นสารอาหาร โดยไม่เติมเอนไซม์ในการหมักปริมาตร 5 ลิตร	74
52 การหมักด้วยเชื้อยีสต์ <i>S. diastaticus</i> 5547 โดยใช้ เปลือกกล้วยน้ำว้า 3 เปอร์เซ็นต์ ผ่านการฟัรทีรติเมนต์โดยการอบด้วยไอน้ำและกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ เป็นสารอาหาร โดยเติมเฉพาะเอนไซม์ เซลลูเลส เฮมิเซลลูเลส ในการหมักปริมาตร 5 ลิตร	75
53 การหมักด้วยเชื้อยีสต์ <i>S. diastaticus</i> 5547 โดยใช้เปลือกกล้วยน้ำว้าปริมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ โดยการอบด้วยไอน้ำเป็นสารอาหาร โดยไม่เติมเอนไซม์ ในการหมัก ปริมาตร 70 ลิตร	77
54 การหมักด้วยเชื้อยีสต์ <i>S. diastaticus</i> 5547 โดยใช้เปลือกกล้วยน้ำว้าปริมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ผ่านการฟัรทีรติเมนต์โดยการอบด้วยไอน้ำและกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ เป็นสารอาหาร โดยไม่เติมเอนไซม์ ในปริมาตรอาหาร 70 ลิตร	77
55 การหมักด้วยเชื้อยีสต์ <i>S. diastaticus</i> 5547 โดยใช้เปลือกกล้วยน้ำว้าปริมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ผ่านการฟัรทีรติเมนต์โดยการอบด้วยไอน้ำและกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ เป็นสารอาหาร โดยเติมเฉพาะเอนไซม์เซลลูเลส เฮมิเซลลูเลสในการ หมักปริมาตร 70 ลิตร	78
56 การหมักด้วยเชื้อยีสต์ <i>S. diastaticus</i> 5547 โดยใช้ผลกล้วยน้ำว้าบดปริมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ ผ่านการฟัรทีรติเมนต์โดยการอบด้วยไอน้ำเป็นสารอาหาร โดยไม่เติม เอนไซม์ ในการหมักปริมาตร 70 ลิตร	83
57 การหมักด้วยเชื้อยีสต์ <i>S. diastaticus</i> 5547 โดยใช้ผลกล้วยน้ำว้าบดปริมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ ผ่านการฟัรทีรติเมนต์โดยการอบด้วยไอน้ำและกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ เป็นสารอาหาร โดยไม่เติมเอนไซม์ ในการหมักปริมาตร 70 ลิตร	84
58 การหมักด้วยเชื้อยีสต์ <i>S. diastaticus</i> 5547 โดยใช้ผลกล้วยน้ำว้าบดปริมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ ผ่านการฟัรทีรติเมนต์โดยการอบด้วยไอน้ำและกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ เป็นสารอาหาร โดยเติมเอนไซม์ ในการหมักปริมาตร 70 ลิตร	84

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
59 การหมักด้วยเชื้อยีสต์ <i>S. diastaticus</i> 5547 โดยใช้กลู่ว่าน้ำว้าทั้งผลปริมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ ผ่านการพรีทรีตเมนต์โดยการอบด้วยไอน้ำเป็นสารอาหาร โดยไม่เติมเอนไซม์ ในการหมักปริมาตร 70 ลิตร	86
60 การหมักด้วยเชื้อยีสต์ <i>S. diastaticus</i> 5547 โดยใช้กลู่ว่าน้ำว้าทั้งผลปริมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ ผ่านการพรีทรีตเมนต์โดยการอบด้วยไอน้ำและกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ เป็นสารอาหาร โดยไม่เติมเอนไซม์ ในการหมักปริมาตร 70 ลิตร	87
61 การหมักด้วยเชื้อยีสต์ <i>S. diastaticus</i> 5547 โดยใช้กลู่ว่าน้ำว้าทั้งผลปริมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ ผ่านการพรีทรีตเมนต์โดยการอบด้วยไอน้ำและกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ เป็นสารอาหาร โดยเติมเอนไซม์ ในการหมักปริมาตร 70 ลิตร	87
62 การหมักผลผลิตทางการเกษตรที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบหลักในถังปฏิกรณ์ 5 ลิตร	90
63 ถังปฏิกรณ์ 200 ลิตร การหมักผลผลิตทางการเกษตรปริมาณ 70 ลิตร ในถังปฏิกรณ์	91

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในการวิจัย

$^{\circ}\text{C}$	=	degree celsius
C_E	=	ethanol yield per unit biomass ($\text{g (g-biomass)}^{-1}$)
DNS	=	3,5-dinitrosalicylic acid
g	=	gram
GC	=	gas chromatography
g/L	=	gram/liter
HPLC	=	high performance liquid chromatography
mg	=	milligram
mL	=	milliliter
%	=	percent
$P_{\max}$	=	maximum ethanol production (g/L)
Q_E	=	ethanol production rate (g/L/hour)
SHF	=	separate hydrolysis and fermentation
SSF	=	simultaneous saccharification and fermentation
w/v	=	weight by volume
$Y_{p/s}$	=	product (ethanol) yield coefficient ($\text{g (g-total carbohydrate)}^{-1}$)