สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
Abstract	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 เอกสารที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย	4
2.1 ลิกโนเซลลูโลสิก	4
2.2 องค์ประกอบทางเคมีของชีวมวล	5
2.3 ชนิดของชีวมวล	9
2.4 การพรีทรีตเมนต์	14
2.5 การย่อย	18
2.6 กระบวนการหมักเอทานอลจากลิกโนเซลลูโลส	21
2.7 การผลิตเอทานอลจากชีวมวลโดยกระบวนการย่อยเป็นน้ำตาลและการหมักแบบพร้อมกัน	21
2.8 การออกแบบการทดลองด้วยวิธีการทะกุจิ	23
บทที่ 3 วัตถุดิบ และวิธีการทดลอง	26
3.1 เยื่อชีวมวล 4 ชนิด คือ ไม้ยูคาลิปตัส ไม้กระถินเทพา ลำต้นปาล์มและทางใบปาล์ม	26
3.2 การเตรียมชีวมวล	26
3.3 การหาสภาวะที่เหมาะสมในการทำพรีทรีตเมนต์ โดยการระเบิดด้วยไอน้ำของไม้ยูคาลิปตัส กระทินเทพา ลำต้นปาล์มน้ำมัน และทางใบปาล์ม	27
3.4 การสกัดน้ำร้อน ของไม้ยูคาลิปตัส กระทินเทพา ลำต้นปาล์มน้ำมันและทางใบปาล์ม	27

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.5 การหาสภาวะที่เหมาะสมของการสกัดด้วยด่าง (Alkaline extraction) ที่มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของชีวมวลที่ผ่านขั้นตอนการระเบิดด้วยไอน้ำและสกัดด้วยน้ำร้อน 28
3.6 การหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเอทานอลด้วยวิธีการย่อยและหมักพร้อมกัน 30
3.7 วิเคราะห์ผลการทดลอง 31
บทที่ 4 ผลและการอภิปรายผลการทดลอง 33
4.1 การหาองค์ประกอบทางเคมีของไม้ยูคาลิปตัส ไม้กระถินเทพา ลำต้นปาล์มน้ำมัน และทางใบปาล์มก่อน พรีทรีตเมนต์ 33
4.2 การหาสภาวะที่เหมาะสมในการพรีทรีตเมนต์ โดยการระเบิดไอน้ำ (steam explosion) ของไม้ยูคาลิปตัส กระถินเทพา ลำต้นปาล์มน้ำมัน และทางใบปาล์ม 34
4.3 การหาสภาวะที่เหมาะสมของการสกัดด้วยด่าง (alkaline extraction) ที่มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของชีวมวลที่ผ่านขั้นตอนการระเบิดไอน้ำตามด้วยการสกัดด้วยน้ำ โดยใช้วิธีทะกุจิ 47
4.4 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของอุณหภูมิ และปริมาณเยื่อไม้ยูคาลิปตัส เยื่อไม้กระถินเทพา เยื่อลำต้นปาล์ม และเยื่อทางใบปาล์ม ในการผลิตเอทานอลด้วยการย่อยเป็นน้ำตาลและการหมักพร้อมกัน (Simultaneous saccharification and fermentation, SSF) 92
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง 119
บรรณานุกรม 120
ภาคผนวก 124
ภาคผนวก ก การวิเคราะห์ 124

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	องค์ประกอบทางเคมีของไม้ยูคาลิปตัส	10
2	องค์ประกอบทางเคมีของไม้กระถินเทพา	11
3	องค์ประกอบทางเคมีของลำต้นปาล์มน้ำมัน	13
4	องค์ประกอบทางเคมีของทางใบปาล์มน้ำมันที่ระยะต่าง ๆ	14
5	L-4 (23) Orthogonal array	23
6	สภาวะที่ใช้ในการระเบิดด้วยไอน้ำของชีวมวล โดยค่า severity factor จะสัมพันธ์กับอุณหภูมิและเวลาของการระเบิดด้วยไอน้ำ	27
7	ปัจจัยและระดับของแต่ละปัจจัยในการหาสภาวะการสกัดด้วยด่าง ของชีวมวลที่ผ่านขั้นตอนการระเบิดด้วยไอน้ำและสกัดด้วยน้ำร้อน	28
8	L_9 (3^3) Orthogonal Array	29
9	ปัจจัยและระดับต่าง ๆ ในการทดลองการหาสภาวะการสกัดด้วยด่าง ของชีวมวลที่ผ่านขั้นตอนการระเบิดด้วยไอน้ำและสกัดด้วยน้ำร้อน	29
10	องค์ประกอบทางเคมีของไม้ยูคาลิปตัส ไม้กระถินเทพา ลำต้นปาล์มน้ำมัน และทางใบปาล์มก่อนพรีทรีตเมนต์	33
11	ค่า severity factor ที่สัมพันธ์กับอุณหภูมิและเวลาของการระเบิดด้วยไอน้ำ	34
12	ค่าองค์ประกอบทางเคมีที่ได้จากการวิเคราะห์ของตัวอย่างไม้ยูคาลิปตัสหลังระเบิดด้วยไอน้ำ (SE) ตามลำดับ	35
13	ค่าองค์ประกอบทางเคมีที่ได้จากการวิเคราะห์ของตัวอย่างไม้ยูคาลิปตัสหลังระเบิดด้วยไอน้ำและล้างด้วยน้ำร้อน (WE) ตามลำดับ	36
14	สรุปค่าสัดส่วนขององค์ประกอบทางเคมีและประสิทธิภาพการลดลงของเฮมิเซลลูโลสในแต่ละขั้นตอนของการพรีทรีตเมนต์ ของไม้ยูคาลิปตัส	37
15	ค่าองค์ประกอบทางเคมีที่ได้จากการวิเคราะห์ของตัวอย่างไม้กระถินเทพาหลังระเบิดด้วยไอน้ำ (SE) ตามลำดับ	38
16	ค่าองค์ประกอบทางเคมีที่ได้จากการวิเคราะห์ของตัวอย่างไม้กระถินเทพาหลังระเบิดด้วยไอน้ำและล้างด้วยน้ำร้อน (WE) ตามลำดับ	39
17	สรุปค่าสัดส่วนขององค์ประกอบทางเคมีและประสิทธิภาพการลดลงของเฮมิเซลลูโลสในแต่ละขั้นตอนของการพรีทรีตเมนต์ ของไม้กระถินเทพา	40

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่		หน้า
18	ค่าองค์ประกอบทางเคมีที่ได้จากการวิเคราะห์ของตัวอย่างไม้ลำต้นปาล์ม หลังระเบิดด้วยไอน้ำ (SE) ตามลำดับ	41
19	ค่าองค์ประกอบทางเคมีที่ได้จากการวิเคราะห์ของตัวอย่างไม้ลำต้นปาล์ม หลังระเบิดด้วยไอน้ำและล้างด้วยน้ำร้อน (WE) ตามลำดับ	42
20	สรุปค่าสัดส่วนขององค์ประกอบทางเคมีและประสิทธิภาพการลดลง ของเฮมิเซลลูโลสในแต่ละขั้นตอนของการพรีทรีตเมนต์ ของไม้ลำต้นปาล์มน้ำมัน	43
21	ค่าองค์ประกอบทางเคมีที่ได้จากการวิเคราะห์ของตัวอย่างไม้ทางใบปาล์ม หลังระเบิดด้วยไอน้ำ (SE) ตามลำดับ	44
22	ค่าองค์ประกอบทางเคมีที่ได้จากการวิเคราะห์ของตัวอย่างไม้ทางใบปาล์ม หลังระเบิดด้วยไอน้ำและล้างด้วยน้ำร้อน (WE) ตามลำดับ	45
23	สรุปค่าสัดส่วนขององค์ประกอบทางเคมีและประสิทธิภาพการลดลง ของเฮมิเซลลูโลสในแต่ละขั้นตอนของการพรีทรีตเมนต์ ของไม้ทางใบปาล์ม	46
24	ค่าสัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของไม้ยูคาลิปตัสที่สกัดด้วยด่าง ณ สภาวะที่แตกต่างกัน	47
25	การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของค่าสัดส่วนเซลลูโลส	48
26	การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของค่าสัดส่วนลิกนิน	49
27	การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของค่าสัดส่วนเฮมิเซลลูโลส	49
28	สรุปค่าสัดส่วน S/N ของค่าสัดส่วนเซลลูโลส ลิกนินและเฮมิเซลลูโลส จากการทดลองทั้ง 9 ชุดการทดลอง ของเยื่อยูคาลิปตัส	52
29	อิทธิพลหลักของแต่ละปัจจัยที่มีผลต่อสัดส่วนองค์ประกอบทางเคมี ของเยื่อไม้ยูคาลิปตัสที่สกัดด้วยด่างแล้ว	53
30	สรุปสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดด้วยด่าง เพื่อเพิ่มค่าสัดส่วนเซลลูโลสและลดค่าสัดส่วนลิกนินในเยื่อไม้ยูคาลิปตัสที่ผ่านการระเบิดด้วยไอน้ำและสกัดด้วยน้ำร้อนแล้ว ผ่านการคำนวณโดยวิธีทะกุจิ	56
31	องค์ประกอบทางเคมีของไม้ยูคาลิปตัสที่ได้จากการทดลอง ของสภาวะเหมาะ สม การสกัดด่างที่ได้จากวิธีทะกุจิ	57

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่		หน้า
32	เปรียบเทียบค่าที่ได้จากการทดลองจริง และที่ได้จากการประมาณค่า ซึ่งคำนวณโดยวิธีทะกุจิ ของสภาวะการสกัดด่างเหมาะสม ของไม้ยูคาลิปตัส	58
33	สรุปค่าสัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของไม้ยูคาลิปตัส ที่ผ่านการพรีทรีตเมนต์สภาวะที่เหมาะสมในแต่ละขั้นตอน	59
34	ค่าสัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีเยื่อกระถินเทพาที่สกัดด้วยด่าง ณ สภาวะที่แตกต่าง	58
35	การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของค่าสัดส่วนเซลลูโลส	59
36	การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของค่าสัดส่วนลิกนิน	60
37	การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของค่าสัดส่วนเฮมิเซลลูโลส	60
38	สรุปค่าสัดส่วน S/N ของค่าสัดส่วนเซลลูโลส ลิกนินและเฮมิเซลลูโลส จากการทดลองทั้ง 9 ชุดการทดลอง ของไม้กระถินเทพา	63
39	อิทธิพลหลักของแต่ละปัจจัยที่มีผลต่อสัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของเยื่อไม้กระถินเทพาที่สกัดด้วยด่างแล้ว	64
40	สรุปสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดด้วยด่าง เพื่อเพิ่มค่าสัดส่วนเซลลูโลส และลดค่าสัดส่วนลิกนินในเยื่อไม้กระถินเทพาที่ผ่านการระเบิดด้วยไอน้ำ และสกัดด้วยน้ำร้อนแล้ว ผ่านการคำนวณโดยวิธีทะกุจิ	67
41	องค์ประกอบทางเคมีของไม้กระถินเทพา ที่ได้จากการทดลองยืนยันผลของสภาวะที่เหมาะสมการสกัดด่างที่ได้จากวิธีทะกุจิ	68
42	เปรียบเทียบค่าที่ได้จากการทดลองจริง และที่ได้จากการประมาณค่าซึ่งคำนวณโดยวิธีทะกุจิ ของสภาวะการสกัดด่างที่เหมาะสมของไม้กระถินเทพา	69
43	สรุปค่าสัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของไม้กระถินเทพา ที่ผ่านการพรีทรีตเมนต์สภาวะเหมาะสมแต่ละขั้นตอน	69
44	ค่าสัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของไม้ลำต้นปาล์มที่สกัดด้วยด่าง ณ สภาวะที่แตกต่างกัน	71
45	การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของค่าสัดส่วนเซลลูโลส	72
46	การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของค่าสัดส่วนลิกนิน	72
47	การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของเพนโตแซน	73
48	สรุปค่าสัดส่วน S/N ของค่าสัดส่วนเซลลูโลส ลิกนิน และเพนโตแซน จากการทดลองทั้ง 9 ชุดการทดลอง ของลำต้นปาล์มน้ำมัน	75

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่		หน้า
49	อิทธิพลหลักของแต่ละปัจจัยที่มีผลต่อสัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของเยื่อลำต้นปาล์มน้ำมันที่สกัดด้วยด่างแล้ว	76
50	สรุปสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดด้วยด่างที่ผ่านการระเบิดด้วยไอน้ำและสกัดด้วยน้ำร้อนคำนวณโดยวิธีทะกุจิ	79
51	องค์ประกอบทางเคมีของลำต้นปาล์มน้ำมันจากการทดลองยืนยันผลของชุดการทดลอง A และ B โดยวิธีทะกุจิ	80
52	เปรียบเทียบค่าที่ได้จากการทดลองและจากการประมาณค่าโดยวิธีทะกุจิ	80
53	สรุปค่าสัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของลำต้นปาล์มน้ำมันที่ผ่านการพรีทรีตเมนต์ในสภาวะที่เหมาะสม	80
54	ค่าสัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของไม้ทางใบปาล์มที่สกัดด้วยด่าง ณ สภาวะที่แตกต่างกัน	82
55	การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของค่าสัดส่วนเซลลูโลส	83
56	การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของค่าสัดส่วนลิกนิน	83
57	การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของเพนโตแซน	84
58	สรุปค่าสัดส่วน S/N ของค่าสัดส่วนเซลลูโลส ลิกนิน และเพนโตแซนจากการทดลองทั้ง 9 ชุดการทดลอง ของทางใบปาล์ม	86
59	อิทธิพลหลักของแต่ละปัจจัยที่มีผลต่อสัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของเยื่อทางใบปาล์มที่สกัดด้วยด่างแล้ว	87
60	สรุปสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดด้วยด่าง เพื่อเพิ่มค่าสัดส่วนเซลลูโลสและลดค่าสัดส่วนลิกนินในเยื่อทางใบปาล์มที่ผ่านการระเบิดด้วยไอน้ำและสกัดด้วยน้ำร้อนแล้ว ผ่านการคำนวณโดยวิธีทะกุจิ	90
61	องค์ประกอบทางเคมีทางใบปาล์มจากการทดลองยืนยันผลของชุดการทดลองA และB ในการสกัดด่างที่ได้จากวิธีทะกุจิ	91
62	เปรียบเทียบค่าที่ได้จากการทดลองจริง และที่ได้จากการประมาณค่าซึ่งคำนวณโดยวิธีทะกุจิ ของสภาวะการสกัดด่างที่เหมาะสมของทางใบปาล์ม	91
63	สรุปค่าสัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของทางใบปาล์ม ที่ผ่านการพรีทรีตเมนต์สภาวะเหมาะสมแต่ละขั้นตอน	92

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่		หน้า
64	ค่าพารามิเตอร์ทางจลนพลศาสตร์ของการผลิตเอทานอลจากเยื่อไม้ยูคาลิปตัส โดยแปรผันปริมาณเยื่อ และ อุณหภูมิในการหมักด้วยกระบวนการย่อยและหมักพร้อมกัน ในระยะเวลา 96 ชั่วโมง	107
65	ผลลัพธ์ ANOVA การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเข้มข้นเอทานอล สำหรับปริมาณเยื่อและอุณหภูมิใน แผนการทดลองแฟคทอเรียล	108
66	ผลลัพธ์ ANOVA การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลได้ของเอทานอล สำหรับปริมาณเยื่อและอุณหภูมิใน แผนการทดลองแฟคทอเรียล	109
67	ผลลัพธ์ ANOVA การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลได้ของเอทานอลเทียบ กับทางทฤษฎีสำหรับปริมาณเยื่อและอุณหภูมิในแผนการทดลองแฟคทอเรียล	110
68	ผลลัพธ์ทางสถิติของการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์ทางจลนพลศาสตร์ ของปริมาณเยื่อ 5, 7.5 และ 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้งต่อปริมาตร และอุณหภูมิ 30, 35 และ 40 องศาเซลเซียส	111
69	ความเข้มข้นเอทานอลสูงสุด และผลได้เอทานอลของกระบวนการย่อย และหมักพร้อมกันของเยื่อลำต้นปาล์ม	113
70	ความเข้มข้นเอทานอลสูงสุด และผลได้เอทานอลของกระบวนการย่อย และหมักพร้อมกันของเยื่อทางใบปาล์ม	116

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	การจัดเรียงตัวของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินในชีวมวล	4
2	โครงสร้างทางเคมีเซลลูโลส	5
3	โครงสร้างทางเคมีของเฮมิเซลลูโลส	7
4	โครงสร้างทางเคมีของลิกนิน	8
5	โครงสร้างโมโนเมอร์ของลิกนิน	9
6	การปรับสภาพ (pretreatment) เพื่อทำลายโครงสร้างที่แข็งแรงของลิกโนเซลลูโลส	15
7	กลไกการทำงานของเอนไซม์เซลลูเลสในการย่อยสลายเซลลูโลส	20
8	การเปลี่ยนแปลงน้ำตาลกลูโคสเป็นเอทานอล	21
9	องค์ประกอบทางเคมีของไม้ตัวอย่าง 4 ชนิดก่อนพรีทรีตเมนต์	33
10	ค่าอัตราส่วน S/N ของปัจจัยต่าง ๆ ในแต่ละระดับที่มีผลต่อสัดส่วนเซลลูโลส	55
11	ค่าอัตราส่วน S/N ของปัจจัยต่าง ๆ ในแต่ละระดับที่มีผลต่อสัดส่วนลิกนิน	55
12	ค่าอัตราส่วน S/N ของปัจจัยต่าง ๆ ในแต่ละระดับที่มีผลต่อสัดส่วนเฮมิเซลลูโลส	55
13	ค่าอัตราส่วน S/N ของปัจจัยต่าง ๆ ในแต่ละระดับที่มีผลต่อสัดส่วนเซลลูโลส	66
14	ค่าอัตราส่วน S/N ของปัจจัยต่าง ๆ ในแต่ละระดับที่มีผลต่อสัดส่วนลิกนิน	66
15	ค่าอัตราส่วน S/N ของปัจจัยต่าง ๆ ในแต่ละระดับที่มีผลต่อสัดส่วนเฮมิเซลลูโลส	66
16	ค่าอัตราส่วน S/N ของปัจจัยต่าง ๆ ในแต่ละระดับที่มีผลต่อสัดส่วนเซลลูโลส	78
17	ค่าอัตราส่วน S/N ของปัจจัยต่าง ๆ ในแต่ละระดับที่มีผลต่อสัดส่วนลิกนิน	78
18	ค่าอัตราส่วน S/N ของปัจจัยต่าง ๆ ในแต่ละระดับที่มีผลต่อสัดส่วนเพนโตแซน	78
19	ค่าอัตราส่วน S/N ของปัจจัยต่าง ๆ ในแต่ละระดับที่มีผลต่อสัดส่วนเซลลูโลส	89
20	ค่าอัตราส่วน S/N ของปัจจัยต่าง ๆ ในแต่ละระดับที่มีผลต่อสัดส่วนลิกนิน	89
21	ค่าอัตราส่วน S/N ของปัจจัยต่าง ๆ ในแต่ละระดับที่มีผลต่อสัดส่วนเพนโตแซน	89
22	การผลิตเอทานอลจากเยื่อไม้ยูคาลิปตัสโดยใช้ *S. cerevisiae* Sc90 ด้วยกระบวนการย่อยและหมักพร้อมกันที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และปริมาณเยื่อ 5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้งต่อปริมาตร	93
23	การผลิตเอทานอลจากเยื่อไม้ยูคาลิปตัสโดยใช้ *S. cerevisiae* Sc90 ด้วยกระบวนการย่อยและหมักพร้อมกันที่ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และปริมาณเยื่อ 7.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้งต่อปริมาตร	94

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
24	การผลิตเอทานอลจากเยื่อไม้ยูคาลิปตัสโดยใช้ *S. cerevisiae* Sc90 ด้วยกระบวนการย่อยและหมักพร้อมกันที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และปริมาณเยื่อ 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้งต่อปริมาตร	95
25	การผลิตเอทานอลจากเยื่อไม้ยูคาลิปตัสโดยใช้ *S. cerevisiae* Sc90 ด้วยกระบวนการย่อยและหมักพร้อมกันที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส และปริมาณเยื่อ 5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้งต่อปริมาตร	96
26	การผลิตเอทานอลจากเยื่อไม้ยูคาลิปตัสโดยใช้ *S. cerevisiae* Sc90 ด้วยกระบวนการย่อยและหมักพร้อมกันที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส และปริมาณเยื่อ 7.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้งต่อปริมาตร	97
27	การผลิตเอทานอลจากเยื่อไม้ยูคาลิปตัสโดยใช้ *S. cerevisiae* Sc90 ด้วยกระบวนการย่อยและหมักพร้อมกันที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส และปริมาณเยื่อ 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้งต่อปริมาตร	98
28	การผลิตเอทานอลจากเยื่อไม้ยูคาลิปตัสโดยใช้ *S. cerevisiae* Sc90 ด้วยกระบวนการย่อยและหมักพร้อมกันที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส และปริมาณเยื่อ 5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้งต่อปริมาตร	99
29	การผลิตเอทานอลจากเยื่อไม้ยูคาลิปตัสโดยใช้ *S. cerevisiae* Sc90 ด้วยกระบวนการย่อยและหมักพร้อมกันที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส และปริมาณเยื่อ 7.5 เปอร์เซ็นต์โดย น้ำหนักแห้งต่อปริมาตร	100
30	การผลิตเอทานอลจากเยื่อไม้ยูคาลิปตัสโดยใช้ *S. cerevisiae* Sc90 ด้วยกระบวนการย่อยและหมักพร้อมกันที่ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส และปริมาณเยื่อ 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้งต่อปริมาตร	101
31	การผลิตเอทานอลโดย *S. cerevisiae* Sc90 ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ด้วยกระบวนการย่อยและหมักพร้อมกัน	102
32	การผลิตเอทานอลโดย *S. cerevisiae* Sc90 ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ด้วยกระบวนการย่อยและหมักพร้อมกัน	103
33	การผลิตเอทานอลโดย *S. cerevisiae* Sc90 ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ด้วยกระบวนการย่อยและหมักพร้อมกัน	103
34	การผลิตเอทานอลโดย *S. cerevisiae* Sc90 และปริมาณเยื่อ 5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้งต่อปริมาตรด้วยกระบวนการย่อยและหมักพร้อมกัน	105

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
35	การผลิตเอทานอลโดย *S. cerevisiae* Sc90 และปริมาณเยื่อ 7.5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักแห้งต่อปริมาตรด้วยกระบวนการย่อยและหมักพร้อมกัน	105
36	การผลิตเอทานอลโดย *S. cerevisiae* Sc90 และปริมาณเยื่อ 10 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักแห้งต่อปริมาตรด้วยกระบวนการย่อยและหมักพร้อมกัน	106
37	การผลิตเอทานอลจากเยื่อกระถินเทพาโดยใช้ *S. cerevisiae* Sc90 ด้วยกระบวนการย่อยและหมักพร้อมกันที่ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส และปริมาณเยื่อ 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้งต่อปริมาตร	112
38	การผลิตเอทานอลจากเยื่อกระถินเทพาโดยใช้ *S. cerevisiae* Sc90 ด้วยกระบวนการย่อยและหมักพร้อมกันที่ อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส และปริมาณเยื่อ 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้งต่อปริมาตร	113
39	การผลิตเอทานอลจากเยื่อลำต้นปาล์มโดยใช้ *S. cerevisiae* Sc90 ด้วยกระบวนการย่อยและหมักพร้อมกันที่ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส และปริมาณเยื่อ 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้งต่อปริมาตร	114
40	การผลิตเอทานอลจากเยื่อลำต้นปาล์มโดยใช้ *S. cerevisiae* Sc90 ด้วยกระบวนการย่อยและหมักพร้อมกันที่ อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส และปริมาณเยื่อ 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้งต่อปริมาตร	115
41	การผลิตเอทานอลจากเยื่อทางใบปาล์มโดยใช้ *S. cerevisiae* Sc90 ด้วยกระบวนการย่อยและหมักพร้อมกันที่ อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส และปริมาณเยื่อ 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้งต่อปริมาตร	117
42	การผลิตเอทานอลจากเยื่อทางใบปาล์มโดยใช้ *S. cerevisiae* Sc90 ด้วยกระบวนการย่อยและหมักพร้อมกันที่ อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส และปริมาณเยื่อ 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้งต่อปริมาตร	117