

## สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญภาพ	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.4 ขอบเขตการวิจัย	3
บทที่ 2 เอกสารที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ลักษณะโดยทั่วไปของข้าว	5
2.2 คุณสมบัติของข้าวที่เหมาะสมแก่การทำสาเกและไวน์ข้าว	11
2.3 ลักษณะโดยทั่วไปของลูกแป้งสุรา	18
2.4 จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการหมักและกระบวนการหมัก	23
2.5 ความหมายและประเภทของสุรา	33
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	
3.1 อุปกรณ์	46
3.2 วิธีการทดลอง	48

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	55
4.1 ผลการตรวจสอบลูกแป้ง	55
4.2 ผลการตรวจสอบพันธุ์ข้าว 3 พันธุ์	61
4.3 ผลการทดลองการหมักแอลกอฮอล์จากข้าวเหนียว 3 พันธุ์ กับลูกแป้ง 3 ชนิด	65
4.4 ผลการวิเคราะห์และตรวจสอบคุณสมบัติของสุรากลั่นที่ผลิต ในเขตภาคเหนือตอนบน	90
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง และ ข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการทดลอง	98
5.2 ข้อเสนอแนะ	101
เอกสารอ้างอิง	102
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก ภาพถ่ายวัตถุดิบและเชื้อจุลินทรีย์จากลูกแป้ง	116
ภาคผนวก ข ผลการทดลอง	122
ภาคผนวก ค การวิเคราะห์คุณภาพ	145
ภาคผนวก ง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสุรา	167
ประวัติการศึกษา	169

## สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
2.1	เปรียบเทียบองค์ประกอบของข้าวกล้องกับข้าวสาร	14
2.2	คุณสมบัติทางเคมีของข้าวเมล็ดสั้นน้ำหนัก 70 เปอร์เซ็นต์หลังการสีที่เหมาะสมในการผลิตสาเก	16
2.3	การเปรียบเทียบคุณสมบัติของสุราคคุณภาพดีและสุราคคุณภาพต่ำ	40
3.1	สรุปการวางแผนการทดลองในตอนี่ 3	52
4.1	ผลการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ในลูกแป้ง	57
4.2	ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของลูกแป้งสุรา	59
4.3	ผลการวิเคราะห์การตรวจสอบลักษณะทางเคมีของลูกแป้งสุรา	60
4.4	ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของพันธุ์ข้าว	62
4.5	ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของพันธุ์ข้าว	64
4.6	พันธุ์ข้าวและผลการตรวจสอบกระบวนการหมัก	76
4.7	ชนิดของลูกแป้งและผลการตรวจสอบกระบวนการหมัก	77
4.8	ผลการตรวจสอบกระบวนการหมักในแต่ละวันของพันธุ์ข้าว 3 พันธุ์และลูกแป้ง 3 แหล่งผลิตก่อนเติมน้ำ	78
4.9	ผลการตรวจสอบกระบวนการหมักในแต่ละวันของพันธุ์ข้าว 3 พันธุ์และลูกแป้ง 3 แหล่งผลิตหลังเติมน้ำ	79
4.10	ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของสุรากลั่นจากข้าว 3 พันธุ์และลูกแป้ง 3 ชนิด	85
4.11	ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของสุรากลั่นจากข้าว 3 พันธุ์และลูกแป้ง 3 ชนิด	86
4.12	ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของสุรากลั่นจากข้าว 3 พันธุ์	88
4.13	ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของสุรากลั่นจากลูกแป้ง 3 แหล่งผลิต	89

ตาราง		หน้า
4.14	แสดงผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของสุรากลั่น	95
4.15	แสดงผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของสุรากลั่น	96
ข.1	ปริมาณแอลกอฮอล์ในกระบวนการหมักสาโดย Ebulliometer ก่อนเติมน้ำ (% v/w)	124
ข.2	ปริมาณแอลกอฮอล์ในกระบวนการหมักสาโดย Ebulliometer หลังเติมน้ำ (% v/v)	125
ข. 3	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในกระบวนการหมักก่อนเติมน้ำ (mg/g ตัวอย่าง)	126
ข. 4	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในกระบวนการหมักหลังเติมน้ำ (mg/ ml ตัวอย่าง)	127
ข. 5	ปริมาณกรดทั้งหมด (g lactic acid / 100 g sample) ในกระบวนการหมักก่อนเติมน้ำ	128
ข. 6	ปริมาณกรดทั้งหมด (g lactic acid / 100 ml sample) ในกระบวนการหมักหลังเติมน้ำ	129
ข. 7	ปริมาณกรดระเหยได้ (g acetic acid / 100 g sample) ในกระบวนการหมักก่อนเติมน้ำ	130
ข. 8	ปริมาณกรดระเหยได้ (g acetic acid / 100 ml sample) ในกระบวนการหมักหลังเติมน้ำ	131
ข. 9	pH ในกระบวนการหมัก	132
ข. 10	ของแข็งที่ละลายน้ำได้ในกระบวนการหมัก (° Brix)	134
ข. 11	ปริมาณของยีสต์ในกระบวนการหมักสาก่อนเติมน้ำ (cell number / g sample)	136
ข. 12	ปริมาณยีสต์ในกระบวนการหมักหลังเติมน้ำ (cell number / g sample)	137
ข. 13	คุณสมบัติทางกายภาพของสุรากลั่นที่ผลิตในเขตภาคเหนือตอนบน	139
ข. 14	คุณสมบัติทางเคมีของสุรากลั่นที่ผลิตในเขตพื้นที่ภาคเหนือตอนบน	141
ข. 15	Higher alcohols ในสุรากลั่น (ppm)	143
ค. 1	แสดงค่า Expected detection limit (ppm) ของธาตุทองแดง สังกะสี แคลเซียมและตะกั่ว	166
ง. 1	เกณฑ์กำหนดสารที่ให้โทษในสุรา	168

## สารบัญภาพ

รูป		หน้า
2.1	ส่วนประกอบต่างๆของเมล็ดข้าวผัดตามยาว	6
2.2	The Emmbden- Meyerhof-Parmas pathway	27
2.3	Anaerobic glycolytic pathway	28
2.4	แสดงตัวอย่างของ pathway ที่ทำให้เกิด higher alcohols จาก amino acid	30
4.1	แสดงค่าแอลกอฮอล์ในกระบวนการหมัก	66
4.2	แสดงค่าพีเอช (pH) ในกระบวนการหมัก	69
4.3	แสดงค่าของแข็งที่ละลายได้ในกระบวนการหมัก	70
4.4	ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในกระบวนการหมัก	72
4.5	ผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมดในกระบวนการหมักในรูปกรดแลคติก	73
4.6	ผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดระเหยได้ในกระบวนการหมักในรูปกรดอะซิติก	74
4.7	ผลการตรวจนับจำนวนยีสต์โดยวิธี Total Count method ก่อนการเติมน้ำลงในกา หมัก	75
ก.1	ข้าวพันธุ์กข6	117
ก.2	ข้าวพันธุ์กข10	117
ก.3	ข้าวพันธุ์เหนียวสันป่าตอง	118
ก.4	ลูกแป้งจากจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และแพร่	118
ก.5	เชื้อยีสต์จากลูกแป้งเชียงใหม่ กำลังขยาย 100 เท่า เพาะจากอาหารเลี้ยงเชื้อ Bromogresol green ethanol yeast extract agar	119
ก.6	เชื้อยีสต์จากลูกแป้งจังหวัดแพร่ กำลังขยาย 100 เท่า เพาะจากอาหารเลี้ยงเชื้อ Bromogresol green ethanol yeast extract agar	119
ก.7	เชื้อแบคทีเรียจากลูกแป้งจังหวัดเชียงราย กำลังขยาย 100 เท่า เพาะจากอาหาร เลี้ยงเชื้อ Bromogresol green ethanol yeast extract agar	120

รูป		หน้า
ก.8	เชื้อราบนลูกแป้งจังหวัดเชียงใหม่ กำลังขยาย 40 เท่าจากอาหารเลี้ยงเชื้อ Standard plate count agar	120
ก.9	เชื้อราจากลูกแป้งจังหวัดแพร่ กำลังขยาย 40 เท่า จากอาหารเลี้ยงเชื้อ Standard plate count agar	121
ก.10	เชื้อแบคทีเรียที่พบบนลูกแป้ง กำลังขยาย 100 เท่า จากอาหารเลี้ยงเชื้อ Standard plate count agar	121
ก. 11	ชุดเครื่องกลั่นแบบธรรมดาที่ใช้ในการกลั่นสุราในการวิจัยนี้	122
ค. 1	แสดงภาพ Hemacytometer	158