

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญภาพ	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 สุนัขล่าเนื้อ	4
2.2 ข้าวที่ใช้เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตสุนัขล่าเนื้อ	7
2.2.1 วัตถุดิบทั่วไปที่ใช้ในการผลิตแอลกอฮอล์	7
2.2.2 องค์ประกอบทางเคมีของข้าว	8
2.2.3 ประเภทและพันธุ์ข้าวที่สำคัญ	10
2.2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพของพันธุ์ข้าว	13
2.3 กระบวนการเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาล	14
2.3.1 วิธีการย่อยแป้งให้เป็นน้ำตาล	14
2.3.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการย่อยแป้งเป็นน้ำตาล	19
2.4 กระบวนการหมักให้เกิดแอลกอฮอล์	21
2.4.1 การหมักให้เกิดแอลกอฮอล์โดยยีสต์	21
2.4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการหมักแอลกอฮอล์	28

2.5	กระบวนการหมักโดยใช้ลูกแป้งสุรา	31
2.5.1	องค์ประกอบของลูกแป้งสุรา	32
2.5.2	จุลินทรีย์ที่พบในลูกแป้งสุรา	34
2.5.3	ขั้นตอนการผลิตสุราจากข้าวเหนียว	36
2.5.4	งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการผลิตสุราจากข้าวเหนียว	38
2.6	การกลั่นสุราขาว	39
2.6.1	งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการกลั่นสุรา	44
บทที่ 3	อุปกรณ์ สารเคมี และวิธีการทดลอง	45
3.1	วัสดุ	45
3.1.1	วัตถุดิบ	45
3.1.2	จุลินทรีย์	45
3.2	อุปกรณ์	45
3.2.1	อุปกรณ์ที่ใช้ผลิตสุรากลั่น	45
3.2.2	อุปกรณ์ที่ใช้วิเคราะห์คุณภาพ	46
3.3	สารเคมี	46
3.4	วิธีการทดลอง	47
3.4.1	ศึกษาคุณภาพด้านกายภาพและเคมีของข้าวเหนียว	47
3.4.2	ศึกษาการใช้เอนไซม์อะไมเลสทางการค้าในการย่อยข้าวเหนียว	48
3.4.3	ศึกษาผลของพันธุ์ข้าวเหนียวที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์แล้วหมักให้ เกิดแอลกอฮอล์ด้วยเชื้อยีสต์สายพันธุ์ทางการค้าต่อคุณภาพของสุรากลั่น	50
3.4.4	การเปรียบเทียบการย่อยด้วยเอนไซม์กับการใช้ลูกแป้งในการผลิตสุรากลั่น	51
บทที่ 4	ผลการทดลอง และวิจารณ์	52
4.1	การศึกษาคุณภาพทางกายภาพและเคมีของข้าวเหนียวพันธุ์ต่างๆ	52
4.2	ศึกษาการเอนไซม์อะไมเลสทางการค้าในการย่อยข้าวเหนียว แล้วหมักให้เกิด แอลกอฮอล์	54
4.2.1	ศึกษาศึกษาผลของปริมาณข้าวเหนียวในส่วนผสมต่อคุณภาพของน้ำสำ หลังการย่อยด้วยเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสและกลูโคอะไมเลส แล้ว หมักให้เกิดแอลกอฮอล์	54

4.2.2	ศึกษาผลของความเป็นกรด-ด่าง ต่อคุณภาพของผสมหลังการย่อยด้วย เอนไซม์กลูโคอะไมเลส แล้วหมักให้เกิดแอลกอฮอล์	55
4.2.3	ศึกษาผลของปริมาณเอนไซม์กลูโคอะไมเลสต่อคุณภาพของผสมหลัง การย่อยด้วยเอนไซม์ และคุณภาพของน้ำสำหรับเลี้ยงสัตว์	57
4.3	ศึกษาผลของพันธุ์ข้าวเหนียวที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์อะไมเลสแล้วหมัก ให้เกิดแอลกอฮอล์ด้วยเชื้อยีสต์สายพันธุ์ทางการค้าต่อคุณภาพของสุรากลั่น	62
4.3.1	ผลของพันธุ์ข้าวเหนียว ต่อคุณภาพของน้ำสำหรับเลี้ยงสัตว์	62
4.3.2	ผลของสายพันธุ์ยีสต์ ต่อคุณภาพของน้ำสำหรับเลี้ยงสัตว์	62
4.3.3	ผลของปัจจัยร่วมระหว่างพันธุ์ข้าวเหนียวและสายพันธุ์ยีสต์ต่อ คุณภาพของน้ำสำหรับเลี้ยงสัตว์	63
4.3.4	การทดสอบทางประสาทสัมผัสของสุรากลั่นที่ผลิตจากข้าวเหนียว กข 6 และกข 10 กับยีสต์ Fermivin PDM และ Lalvin K1- V1116	66
4.3.5	การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกลั่นของสุรากลั่น	67
4.4	การเปรียบเทียบการย่อยด้วยเอนไซม์ กับการใช้ลูกแป้งในการผลิตสุรากลั่น	68
4.4.1	การเปรียบเทียบคุณภาพของน้ำสำหรับเลี้ยงสัตว์	68
4.4.2	การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกลั่นและต้นทุนการผลิต	70
4.4.3	การเปรียบเทียบคุณภาพทางกายภาพและเคมีของสุรากลั่น	70
4.4.4	การทดสอบทางประสาทสัมผัสของสุรากลั่น	70
บทที่ 5	สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	73
5.1	สรุปผลการทดลอง	73
5.2	ข้อเสนอแนะ	74
	เอกสารอ้างอิง	75
	ภาคผนวก	82
	ภาคผนวก ก รูปภาพประกอบการวิจัย	83
	ภาคผนวก ข ขั้นตอนการกลั่นและการปรับดีกรีสุรา	86
	ภาคผนวก ค แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส	89
	ภาคผนวก ง การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและทางเคมี	91
	ภาคผนวก จ วิธีการคำนวณที่ใช้ในงานวิจัย	111

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright © by Chiang Mai University

All rights reserved

ภาคผนวก จ รายงานผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของสุรากลั่น 115

ภาคผนวก ช มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม และประกาศกระทรวงการคลัง 118

ประวัติผู้เขียน 139



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
2.1	ตัวอย่างยีสต์ <i>Saccharomyces cerevisiae</i> สายพันธุ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในอุตสาหกรรมไวน์	26
2.2	คำรับลูกแป้งสุราโบราณ	33
2.3	ผลของสารเคมีปนเปื้อนในสุรากลั่น	43
4.1	คุณภาพทางกายภาพและเคมีของข้าวเหนียวพันธุ์ต่างๆ	53
4.2	ผลของปริมาณข้าวเหนียวในส่วนผสม ต่อคุณภาพหลังการย่อยด้วยเอนไซม์ กลูโคอะไมเลส และหมักให้เกิดแอลกอฮอล์	55
4.3	ผลของความเป็นกรด-ด่าง หลังการย่อยด้วยเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส ต่อคุณภาพ หลังของผสมการย่อยด้วยเอนไซม์กลูโคอะไมเลส และหมักให้เกิดแอลกอฮอล์	56
4.4	การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของน้ำสำ ในระหว่างการหมัก โดยใช้ข้าวเหนียวที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์กลูโคอะไมเลส (SAN Super 360 L) 6 ระดับ	58
4.5	การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของน้ำสำ ในระหว่างการหมัก โดยใช้ ข้าวเหนียวที่ ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์กลูโคอะไมเลส (SAN Super 360 L) 6 ระดับ	58
4.6	การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอลกอฮอล์ ของน้ำสำในระหว่างการหมัก โดยใช้ ข้าวเหนียวที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์กลูโคอะไมเลส (SAN Super 360 L) 6 ระดับ	59
4.7	การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำสำในระหว่างการหมักโดยใช้ข้าวเหนียว ที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์กลูโคอะไมเลส (SAN Super 360 L) 6 ระดับ	59
4.8	การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดของน้ำสำในระหว่างการหมักโดยใช้ข้าวเหนียว ที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์กลูโคอะไมเลส (SAN Super 360 L) 6 ระดับ	60
4.9	การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดระเหยของน้ำสำในระหว่างการหมัก โดยใช้ข้าวเหนียว ที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์กลูโคอะไมเลส (SAN Super 360 L) 6 ระดับ	60
4.10	การเปรียบเทียบคุณภาพของน้ำสำหลังสิ้นสุดการหมัก โดยใช้ ข้าวเหนียวที่ผ่าน การย่อยด้วยเอนไซม์กลูโคอะไมเลส (SAN Super 360 L) 6 ระดับ	61

4.11	ผลของพันธุ์ข้าวเหนียวที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์อะไมเลสต่อคุณภาพของน้ำสำ หลัง ลี้นสุคการหมัก	64
4.12	ผลของสายพันธุ์ยีสต์ ต่อคุณภาพของน้ำสำหลังลี้นสุคการหมัก	64
4.13	ผลของปัจจัยร่วมระหว่างพันธุ์ข้าวเหนียว และสายพันธุ์ยีสต์ ต่อคุณภาพของน้ำสำ หลังลี้นสุคการหมัก	65
4.14	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของสุรากลั่น	66
4.15	การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกลั่นของสุรากลั่น	67
4.16	การเปลี่ยนแปลงคุณภาพต่างๆ ของน้ำสำในระหว่างการหมัก หลังจากเติมน้ำ โดยใช้ลูกแป้งในการหมัก	69
4.17	การเปรียบเทียบคุณภาพของน้ำสำหลังลี้นสุคการหมัก	69
4.18	การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกลั่นของสุรากลั่น	71
4.19	คุณภาพทางเคมีของสุรากลั่น	72
4.20	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของสุรากลั่น	72
ข-1	ขั้นตอนการกลั่นสุรา	87
จ-1	การคำนวณต้นทุนการผลิตของสุรากลั่น (ความแรงแอลกอฮอล์ 40 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร)	114

สารบัญภาพ

รูป		หน้า
2.1	แบบจำลองโครงสร้างอะไมโลสและอะไมโลเพคตินในแป้งจากธัญพืช	8
2.2	โครงสร้างของอะไมโลสซึ่งเป็นเส้นตรง	9
2.3	โครงสร้างของอะไมโลเพคตินซึ่งเป็นกิ่งก้านสาขา	10
2.4	ลักษณะการทำงานของเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสในการย่อยแป้ง	16
2.5	ลักษณะการทำงานของเอนไซม์เบต้าอะไมเลสในการย่อยแป้ง	17
2.6	ลักษณะการทำงานของเอนไซม์กลูโคอะไมเลสในการย่อยแป้ง	19
2.7	สมการการเปลี่ยนแป้งให้เป็นเอทานอล	21
2.8	แผนภูมิขั้นตอนการเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์ โดยกลุ่มเอนไซม์จากยีสต์ ในสภาพไร้อากาศ	22
2.9	แผนภูมิขั้นตอนการผลิตสาโทและเหล้าขาว	37
2.10	หม้อกลั่นแบบต่างๆ	41
2.12	เครื่องกลั่นแบบ pot still	41
ก-1	ข้าวเหนียวพันธุ์ต่างๆ	84
ก-2	เอนไซม์แอลฟาอะไมเลส (Termamy SC) และกลูโคอะไมเลส (SAN super 360 L)	84
ก-3	การเติมเอนไซม์ในข้าวเหนียวที่ต้มสุก และบรรจุในกล่องโฟม เพื่อรักษาอุณหภูมิให้ค่อยๆ ลดลง	84
ก-4	น้ำสำได้จากกรอง	85
ก-5	กากที่เหลือจากการกรอง	85
ก-6	เครื่องกลั่นสุราที่ใช้ในงานวิจัย	85
ก-7	สุรากลั่นที่ผลิตจากการย่อยด้วยเอนไซม์ และสุรากลั่นที่ผลิตจากการใช้ลูกแป้ง	85
ข-1	การปรับดีกรีสุรากลั่น	88
ง-1	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าดูดกลืนแสง และปริมาณอะไมโลส	97
ง-2	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าดูดกลืนแสง และค่าความเข้มข้นของแป้ง	98
ง-3	ชุดวิเคราะห์หาปริมาณครดระเหยโดยวิธีการกลั่น	102