

บทที่ 4

ผลการทดลอง และ วิจารณ์

4.1 ผลการการตรวจสอบลูกแป้ง

4.1.1 ผลการตรวจเชื้อจุลินทรีย์บางชนิดในลูกแป้งสุรา

ลูกแป้งสุราจากจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และแพร่ นำมาตรวจนับปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด เชื้อราและยีสต์ แบคทีเรียบาซิลลัส แบคทีเรียแลคติก และ *Acetobacter sp.* ให้ผลการตรวจสอบดังตารางที่ 4.1

โดย ในการศึกษาจำนวนจุลินทรีย์ในลูกแป้ง พบว่าปริมาณของแบคทีเรียทั้งหมดในลูกแป้งจากจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และแพร่ ด้วยวิธี Total Plate Count แบคทีเรียทั้งหมดจากลูกแป้งจังหวัดเชียงใหม่สามารถนับได้ 8.45×10^7 cfu / กรัม ในขณะที่ลูกแป้งจากจังหวัดเชียงราย และแพร่ไม่สามารถนับได้ เนื่องจากไม่พบโคโลนีของแบคทีเรียแต่มีเชื้อลักษณะคล้ายเชื้อราสีขาวขึ้นปกคลุม แม้ว่าจะทำการเพิ่มความเข้มข้นในการทำ pour plate ลูกแป้งจากจังหวัดเชียงราย จาก 10^{-5} 10^{-7} 10^{-9} เป็น 10^{-3} 10^{-4} 10^{-5} และเป็น 10^{-4} 10^{-5} 10^{-6} ในลูกแป้งจากจังหวัดแพร่ แล้วก็ตาม พบว่า ที่ความเข้มข้น 10^{-6} ของลูกแป้งจากจังหวัดแพร่จึงพบโคโลนีของแบคทีเรียที่สามารถตรวจนับได้ 1.36×10^6 cfu/ กรัม เนื่องจากปริมาณของเชื้อที่มีลักษณะคล้ายเชื้อราที่ขึ้นอยู่บนแผ่นบริเวณผิวหน้าของอาหารเลี้ยงเชื้อ อาจจะเป็นอุปสรรคในการเจริญเติบโตของโคโลนีแบคทีเรีย ทำให้ไม่สามารถตรวจนับได้ แม้ว่าจำนวนโคโลนีที่พบมีปริมาณน้อยกว่า 25 โคโลนีต่อ plate แต่สมควรที่จะทำการรายงานผลการทดลอง

ปริมาณของยีสต์และราสามารถทำการตรวจนับได้ทุกความเข้มข้น จากลูกแป้งจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และแพร่ 1.18×10^7 , 8.20×10^5 และ 7.91×10^7 cfu / กรัม ตามลำดับ เห็นได้ว่าลูกแป้งจากจังหวัดแพร่มีปริมาณยีสต์และรามากกว่าลูกแป้งจากจังหวัดเชียงใหม่และเชียงรายตามลำดับ และจากการตรวจดูเชื้อราด้วยกล้องจุลทรรศน์ พบว่า เชื้อราที่พบมีลักษณะรูปร่างคล้ายเชื้อรา *Mucor* และ *Rhizopus* มีลำกึ่งเล็กแขนงเล็ก ไม่มีผนังกันภายใน ที่ปลายแขนงมี sporangium เชื้อราทั้ง 2 ชนิดนี้มีความคุณสมบัติในการเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาล (Frazier and Weshoff, 1988)

ทำการตรวจนับปริมาณสปอร์ของแบคทีเรียบาซิลลัส พบจำนวนโคโลนีของแบคทีเรียจาก ลูกแป้งจังหวัดเชียงใหม่และแพร่ น้อยกว่าที่คาดคะเนไว้ 1.25×10^3 และ 1.10×10^4 cfu / กรัม ตามลำดับ ในขณะที่พบโคโลนีแบคทีเรียบนอาหารเลี้ยงเชื้อจากลูกแป้งจากจังหวัดเชียงราย 2.45×10^4 cfu/กรัม แบคทีเรียบาซิลลัสสามารถสร้าง endospores ซึ่งทนทานต่อความร้อน และ แสงอัลตราไวโอเล็ต และการอบแห้ง เป็น aerobic bacteria และสามารถเป็นได้ทั้ง mesophilic และ thermophilic bacteria แบคทีเรียบาซิลลัสประเภท mesophilic หลายชนิดสามารถสร้างกรดจากกลูโคสหรือน้ำตาลชนิดอื่นได้ ประเภท thermophilic บางชนิดสร้างกรดแลคติกได้จาก น้ำตาล แหล่งแบคทีเรียบาซิลลัสที่สำคัญคือจากดิน (Frazier and Weshoff, 1988) จากปริมาณ ของแบคทีเรียบาซิลลัสทำให้สามารถสันนิษฐานถึงสัณฐานลักษณะในการผลิตเชื้อลูกแป้งได้ ลูกแป้ง จากจังหวัดเชียงรายพบแบคทีเรียบาซิลลัสในปริมาณที่สามารถตรวจนับได้และมากกว่าปริมาณ บาซิลลัสในลูกแป้งจากจังหวัดเชียงใหม่และแพร่

ปริมาณแบคทีเรียแลคติกในลูกแป้ง พบว่าลูกแป้งจากจังหวัดเชียงใหม่และแพร่ มีปริมาณ 1.31×10^6 และ 1.07×10^6 cfu/ กรัม ตามลำดับ ไม่พบโคโลนีของแบคทีเรียในอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS จากลูกแป้งจังหวัดเชียงรายที่ความเข้มข้น 10^2 10^3 และ 10^4 ตามลำดับ แต่พบเชื้อลักษณะ คล้ายเชื้อราขึ้นเป็นฝ้าบนอาหารเลี้ยงเชื้อ แบคทีเรียแลคติกในลูกแป้งจากจังหวัดเชียงใหม่และจาก จังหวัดแพร่ มีปริมาณไม่แตกต่างกันมากนัก คุณสมบัติที่สำคัญของแบคทีเรียแลคติกคือการหมัก น้ำตาลให้กลายเป็นกรดแลคติก ซึ่งอาจทำให้เกิดการเสื่อมเสียในไวน์ได้ เพราะทำให้เกิดกรดอย่างรวดเร็วและปริมาณมาก แบคทีเรียแลคติกที่สำคัญได้แก่ *Leuconostoc*, *Lactobacillus*, *Streptococcus* และ *Pediococcus* (Frazier and Weshoff, 1988) แบคทีเรียแลคติกไม่มีรายงาน ศึกษาถึงบทบาทที่แน่นอนชัด แต่ยีสต์จะเจริญและผลิตแอลกอฮอล์ได้ดีเมื่อน้ำหมักมี pH ต่ำ (4.2 – 4.5) การมีกรดในน้ำหมักเป็นผลทำให้จุลินทรีย์ปนเปื้อนอื่นๆเจริญได้ช้า ในการหมักกระเซหรือ สาโทของไทย ไม่มีการเติมกรดแลคติก เพราะ มีจุลินทรีย์ *Acetobacter sp.* และ *Rhizopus spp.* ที่ผลิตกรดได้ดี (มนตรี, 2521) เมื่อทำการตรวจนับปริมาณจุลินทรีย์ *Acetobacter sp.* พบว่า ลูกแป้งจากจังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดแพร่มีปริมาณ 2.10×10^6 และ 6.31×10^5 cfu/กรัม ตาม ลำดับ ในขณะที่ไม่สามารถตรวจนับโคโลนีแบคทีเรีนบนอาหารเลี้ยงเชื้อจากลูกแป้งจากจังหวัด เชียงรายได้ แม้ว่าจะพบโคโลนีของแบคทีเรียขึ้นบนอาหารเลี้ยงเชื้อบ้างแต่ลักษณะโคโลนีไม่ เปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินและบริเวณอาหารเลี้ยงเชื้อโดยรอบไม่เปลี่ยนเป็นสีเหลืองเนื่องจากกรดทำ ปฏิกริยากับ Bromocresol green เปลี่ยนจากสีน้ำเงิน-เขียวเป็นสีเหลือง พบโคโลนีมีลักษณะ คล้ายเชื้อราสีขาวขึ้นบนอาหารเลี้ยงเชื้อลูกแป้งทั้ง 3 ชนิดนี้เมื่อนำไปส่องดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์

ลูกแป้งจากจังหวัดเชียงใหม่และแพร่พบว่าเป็นเซลล์ยีสต์ ไม่พบเชื้อรา แต่ลูกแป้งเชียงราย พบจุลินทรีย์ขนาดเล็กมาก มีลักษณะเป็นฟองกลม ไม่พบเส้นใยของเชื้อรา อย่างไรก็ตามเชื้อจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญเติบโตได้บนอาหารเลี้ยงเชื้อ Bromocresol green Ethanol Yeast Extract agar สามารถทนต่อปริมาณแอลกอฮอล์ได้อย่างน้อย 6.9 เปอร์เซ็นต์ *Acetobacter spp.* มีความสามารถในการออกซิไดซ์เอธิลแอลกอฮอล์ให้กรดอะซิติก และออกซิไดซ์ต่อไปเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ มักทำให้เกิดการเสื่อมเสียในการผลิตไวน์ (Frazier and Weshoff, 1988) ลูกแป้งเหล้าส่วนใหญ่มักมีเชื้อน้ำส้มสายชูปนเปื้อน แม้จะพบในปริมาณน้อย แต่จะมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์เสื่อมคุณภาพโดยเกิดกรดอะซิติกเกิดขึ้น (กฤษฎานามรสิฐ, 2490)

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ในลูกแป้ง

ชนิดของลูกแป้ง	Total Plate count	Yeast and Mold	Bacillus sp.	Lactic acid bacteria	Acetobacter sp.
เชียงใหม่	$8.45 \times 10^7 \pm 2.44 \times 10^7$	$1.18 \times 10^7 \pm 7.32 \times 10^6$	< estimated 1.25×10^3	$1.31 \times 10^6 \pm 3.18 \times 10^5$	$2.10 \times 10^6 \pm 2.12 \times 10^5$
เชียงราย	-	$8.20 \times 10^5 \pm 4.95 \times 10^5$	2.45×10^4	-	-
แพร่	1.35×10^7	$7.91 \times 10^7 \pm 5.03 \times 10^6$	< estimated 1.10×10^4	$1.07 \times 10^6 \pm 7.27 \times 10^4$	$6.31 \times 10^5 \pm 1.98 \times 10^5$

หมายเหตุ 1. ตัวเลขที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. ไม่นำจำนวนโคโลนีที่น้อยกว่า 30 โคโลนีใน 1 plate มาคำนวณหาจำนวนจุลินทรีย์ในลูกแป้ง

หน่วย = Cfu/ 1 g sample

3. ค่าเฉลี่ยจาก 1 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 2 ซ้ำ

4. estimated หมายความว่า ค่าโดยประมาณ

4.1.2 ผลการตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพของลูกแป้งสุรา

ลูกแป้งจากจังหวัดเชียงใหม่ เชียงรายและแพร่ นำมาตรวจสอบค่าสี ความแน่นเนื้อและกลิ่น ได้ผลการตรวจสอบดังตารางที่ 4.2

พบว่า ลูกแป้งจากจังหวัดเชียงใหม่และเชียงรายเมื่อคุณลักษณะภายนอกมีขนาดและรูปร่างคล้ายกัน เป็นก้อนกลมรียาว แต่ลูกแป้งจากจังหวัดเชียงใหม่จะมีเนื้อที่เนียนและแน่นกว่า ในขณะที่ลูกแป้งจากจังหวัดเชียงรายมีเศษฟางติดอยู่บนผิวด้านนอกบ้างเล็กน้อย เนื้อมีลักษณะไม่เรียบ ส่วนลูกแป้งจากจังหวัดแพร่มีขนาดเล็กกว่าลูกแป้งทั้ง 2 ชนิดอย่างเห็นได้ชัด และมีลักษณะเป็นก้อนกลมแบน ลูกแป้งทั้ง 3 ชนิด นำมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านกายภาพ คือ สี ความแน่นเนื้อ กลิ่น

พบว่า ค่าความสว่าง (ค่า L) จากลูกแป้งจังหวัดเชียงใหม่มีค่ามากที่สุด และค่าความสว่างจากลูกแป้งจังหวัดเชียงรายมีค่าน้อยที่สุด ค่าความสว่างจากลูกแป้งจังหวัดเชียงใหม่และแพร่ใกล้เคียงกัน ค่าความสว่างที่มีค่ามากแสดงว่า มีความขาวมาก ดังนั้นลูกแป้งจากจังหวัดเชียงใหม่มีความขาวมากที่สุด รองลงมาคือลูกแป้งจากจังหวัดแพร่และเชียงรายตามลำดับ

ค่าสีแดง (ค่า a) ลูกแป้งจากจังหวัดแพร่มีค่ามากที่สุด และลูกแป้งจากจังหวัดเชียงใหม่มีค่าน้อยที่สุด หมายความว่า ลูกแป้งจากจังหวัดแพร่ มีสีเข้มที่สุด รองลงมาคือลูกแป้งจากจังหวัดเชียงรายและเชียงใหม่ตามลำดับ

ค่าสีเหลือง (ค่า b) ลูกแป้งจากจังหวัดแพร่มีค่าสีเหลืองมากที่สุด และลูกแป้งจากจังหวัดเชียงใหม่มีค่าน้อยที่สุด

จากผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่องวัดสี Hunter ทำให้เห็นได้ว่า ลูกแป้งจากจังหวัดเชียงใหม่มีสีอ่อนมากที่สุด ในขณะที่ลูกแป้งจากจังหวัดแพร่สีแดงเหลืองคล้ำมากที่สุด ในขณะที่ลูกแป้งจากจังหวัดเชียงรายมีสีหม่นมากที่สุด แต่ไม่มีสีแดงเหลืองคล้ำมากเท่าลูกแป้งจากแพร่

เมื่อทำการทดสอบความแน่นเนื้อของลูกแป้งทั้ง 3 ชนิด ด้วยเครื่อง Instron พบว่า ลูกแป้งเชียงใหม่มีค่าความแน่นเนื้อมากที่สุด และลูกแป้งจากจังหวัดเชียงรายและแพร่มีความแน่นเนื้อรองลงมาตามลำดับ ในขณะที่กลิ่นของลูกแป้งทั้ง 3 ชนิดมีกลิ่นเครื่องเทศ กลิ่นแป้งและเชื้อรา ไม่มีกลิ่นเหม็นอับ นภา (2534) กล่าวถึงลักษณะลูกแป้งที่ดีว่า ควรจะมีลักษณะโปร่งเบา สีขาวนวล ไม่มีรอยแตกร้าว ก้อนแป้งเป็นรูพรุน ซึ่งเกิดจากการฟูของแป้งขณะบ่ม เมื่อขยี้จะยุบเป็นผงละเอียด ไม่มีกลิ่นเหม็นเปรี้ยว

ตารางที่ 4.2 ผลการตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพของลูกแป้งสุรา

		เชียงใหม่	เชียงราย	แพร่
สี	L	78.64±1.27	74.75±0.03	77.44±0.50
	a	0.79±0.19	1.39±0.03	1.70±0.23
	b	8.98±0.32	10.14±0.07	10.76±0.15
ความแน่นเนื้อ Peak load (N)		54.86±3.75	40.20±0.78	31.71±1.17
กลิ่น		มีกลิ่นเครื่องเทศ กลิ่น แป้ง กลิ่นเชื้อรา	มีกลิ่นเครื่องเทศ กลิ่น แป้งและเชื้อรา	มีกลิ่นเครื่องเทศ กลิ่น แป้ง และเชื้อรา

หมายเหตุ : 1. ตัวเลขที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. ค่าสีเฉลี่ยจากการทำการทดลองที่เหมือนกัน 3 ซ้ำ ค่าการทดลองอื่นเป็นค่าเฉลี่ยจากการทำการทดลอง 2 ซ้ำ

4.1.3 ผลการตรวจสอบลักษณะทางเคมีของลูกแป้งสุรา

ลูกแป้งทั้ง 3 ชนิด คือ จากจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และแพร่ ถูกนำมาวิเคราะห์หาค่าความชื้น, โปรตีน, ไขมัน, คาร์โบไฮเดรต, เถ้า, น้ำตาลรีดิวซ์, ความเป็นกรด-ด่าง (pH) และกรดทั้งหมด ได้ผลการตรวจสอบดังตารางที่ 4.3

ปริมาณความชื้น พบว่าลูกแป้งทั้ง 3 ชนิดมีปริมาณความชื้นที่ไม่แตกต่างกัน อยู่ระหว่าง 12 -13.5 เปอร์เซ็นต์ บรรจงจิตและคณะ (2530) พบว่าปริมาณความชื้นที่ 10 -11 เปอร์เซ็นต์ สามารถหยุดกิจกรรมของจุลินทรีย์แต่ยังขึ้นอยู่กับการเก็บรักษาลูกแป้ง การเก็บรักษาลูกแป้งไว้ในอุณหภูมิต่ำเช่น ตู้เย็นสามารถทำให้ลูกแป้งเก็บไว้ได้นาน

โปรตีน (Crude Protein) ลูกแป้งทั้ง 3 ชนิดมีปริมาณโปรตีนที่ไม่แตกต่างกัน จากปริมาณโปรตีนในข้าวสารโดยเฉลี่ยคือ 7.6 เปอร์เซ็นต์ และข้าวกล้อง 8.9 เปอร์เซ็นต์ (FAO, 1954) พบว่าปริมาณโปรตีนลูกแป้งสูงกว่าโปรตีนในข้าวมาก แม้ว่าลูกแป้งจะมีสมุนไพรเป็นส่วนผสมก็ตาม แต่สมุนไพรไม่ได้ประกอบด้วยโปรตีนจำนวนมาก ดังนั้น แป้งที่ใช้ในการผลิตลูกแป้งจึงไม่ใช่แป้งจากข้าวเพียงอย่างเดียว แม้ว่าจากสูตรลูกแป้งทั่วไปจะใช้แป้งจากข้าวเจ้าหรือข้าวเหนียวในการผลิตลูกแป้งก็ตาม

ตารางที่ 4.3 ผลการตรวจสอบลักษณะทางเคมีของลูกแป้งสุรา

	เชียงใหม่	เชียงราย	แพร่
ความชื้น (%)	12.01±0.12	13.46±0.22	12.40±0.03
โปรตีน (%)	11.52±0.25	12.89±0.30	11.65±0.19
ไขมัน (%)	0.23±0.09	0.32±0.06	0.26±0.07
คาร์โบไฮเดรต (%)	87.21±0.19	85.71±0.32	87.03±0.22
เถ้า (%)	1.04±0.03	1.08±0.07	1.06±0.04
น้ำตาลรีดิวซ์ (%)	0.49±0.00	1.35±0.00	1.79±0.01
ฟิเชช	5.41±0.01	5.11±0.01	4.30±0.01
กรดทั้งหมด (% as lactic acid)	0.379±0.015	0.485±0.042	0.381±0.138

หมายเหตุ : 1. ตัวเลขที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. ค่าการทดลองเป็นค่าเฉลี่ยจากการทำการทดลอง 2 ซ้ำ

ไขมัน (Crude fat) ลูกแป้งทั้ง 3 ชนิดมีปริมาณไขมัน 0.16 – 0.44 พบว่าไขมันจากลูกแป้งจังหวัดเชียงใหม่และแพร่มีปริมาณใกล้เคียงกัน ไขมันจากลูกแป้งจังหวัดเชียงรายสูงกว่าลูกแป้งทั้ง 2 ชนิดข้างต้นเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณไขมันในข้าวสารซึ่งเป็นวัตถุดิบสำคัญในการผลิตลูกแป้ง มีปริมาณไขมัน 0.3 เปอร์เซ็นต์ พบว่า มีปริมาณไขมันใกล้เคียงกัน

คาร์โบไฮเดรต ลูกแป้งทั้ง 3 ชนิดมีปริมาณคาร์โบไฮเดรต 85 - 88 เปอร์เซ็นต์ คำนวณจากส่วนต่างของโปรตีน ไขมันและเถ้า จาก 100 ส่วน พบว่าปริมาณคาร์โบไฮเดรตจากลูกแป้งจังหวัดเชียงรายมีน้อยที่สุด ในขณะที่ปริมาณคาร์โบไฮเดรตในลูกแป้งจากจังหวัดเชียงใหม่และแพร่มีมากกว่าเล็กน้อย

เถ้า ลูกแป้งทั้ง 3 ชนิดมีปริมาณเถ้าไม่แตกต่างกัน โดยเฉลี่ยที่ 1.06 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าปริมาณเถ้าในข้าวสารที่มีปริมาณ 0.4 เปอร์เซ็นต์ แต่มีปริมาณน้อยกว่าในข้าวกดองที่มี 1.90 เปอร์เซ็นต์ เถ้าคือสิ่งที่บ่งบอกถึงปริมาณสารอนินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ (Kirk and Sawyer, 1991) ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในกระบวนการหมัก (Kodama and Yoshizawa, 1977)

น้ำตาลรีดิวซ์ พบว่าลูกแบ่งทั้ง 3 ชนิดมีปริมาณน้ำตาลที่แตกต่างกัน โดยลูกแบ่งจากแพร์มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มากที่สุด รองลงมาคือลูกแบ่งจากจังหวัดเชียงรายและเชียงใหม่ เรียงลำดับจากมากไปน้อยตามลำดับ

พีเอช (pH) ลูกแบ่งทั้ง 3 ชนิด มีความเป็นกรดต่าง 4.3 – 5.4 โดยลูกแบ่งจากแพร์มีค่าพีเอชน้อยที่สุด และลูกแบ่งจากเชียงรายและเชียงใหม่ค่าพีเอชจากมากไปน้อยตามลำดับ แสดงว่าลูกแบ่งจากแพร์มีความเป็นกรดมากที่สุด และลูกแบ่งจากเชียงใหม่มีความเป็นกรดน้อยที่สุด

ปริมาณกรดทั้งหมด (% as lactic acid) ส่วนใหญ่เป็นปริมาณกรดไขมันอิสระที่มีอยู่ในไขมันที่สกัดได้จากแป้ง (Kirk and Sawyer, 1991) ความเป็นกรดของลูกแบ่งทั้ง 3 ชนิด พบว่า ลูกแบ่งจากจังหวัดเชียงรายมีปริมาณกรดมากที่สุด โดยลูกแบ่งจากจังหวัดเชียงใหม่และแพร์มีปริมาณกรदन้อยกว่า และไม่แตกต่างกันมาก

4.2 ผลการตรวจสอบพันธุ์ข้าว 3 พันธุ์

พันธุ์ข้าว 3 สายพันธุ์ คือ กข6 กข10 และเหนียวสันป่าตอง ถูกนำมาตรวจสอบคุณสมบัติทางด้านกายภาพและเคมี

4.2.1 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านกายภาพ

ข้าวพันธุ์กข6 กข10 และเหนียวสันป่าตองนำมาตรวจสอบขนาดของเมล็ด คือ ความยาวและเส้นผ่าศูนย์กลาง น้ำหนักต่อ 1,000 เมล็ด ความชื้น ความชื้นหลังแช่น้ำ 12 ชั่วโมง และความชื้นหลังจากนี้ ได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.4

ขนาดของเมล็ด ความยาวของเมล็ดข้าวสารเหนียว เนื่องจากข้าวทั้ง 3 ชนิดได้นำข้าวเปลือกมาทำการสีเอง พบว่าข้าวที่สีได้มีเมล็ดหัก ไม่เต็มเมล็ดมาก ยกเว้นข้าวกข6 ที่มีลักษณะเต็มเมล็ดอยู่มากกว่าข้าวลักษณะเมล็ดหัก การวัดความยาวของเมล็ดทำการสุ่มวัดเมล็ดข้าว โดยไม่เลือกว่าเป็นข้าวเต็มเมล็ดหรือไม่ ดังนั้นข้าวสารทั้ง 3 พันธุ์ จึงมีขนาดเมล็ดสั้นกว่าขนาดของ

เมล็ดข้าวกล้องของพันธุ์นั้นๆมาก (สำลี, 2537) ข้าวขง6 กข10 เหนียวสันป่าตอง มีความยาวเมล็ด ข้าวสาร 5.98, 5.12 และ 5.12 เซนติเมตร ตามลำดับ

เส้นผ่าศูนย์กลาง พบว่า จากขนาดของเมล็ดมากไปหาน้อย คือข้าวพันธุ์เหนียวสันป่าตอง กข10 และกข6 ตามลำดับ ข้าวเหนียวพันธุ์สันป่าตองมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากที่สุด มีเมล็ดใหญ่มากที่สุด

จากค่าความยาวและเส้นผ่าศูนย์กลางของเมล็ด ข้าวสารข้าวพันธุ์กข6 มีลักษณะยาวเรียวกว่าข้าวสารพันธุ์กข10 และสันป่าตอง ข้าวพันธุ์เหนียวสันป่าตองมีขนาดเมล็ดใหญ่ที่สุด

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพพันธุ์ข้าว

		กข6	กข10	เหนียวสันป่าตอง
ขนาดของเมล็ด	ความยาว (มม.)	5.98±0.97	5.12±1.77	5.12±1.78
	เส้นผ่าศก. (มม.)	1.55±0.10	1.65±0.20	1.81±0.24
น้ำหนักต่อ 1,000 เมล็ด (กรัม)		16.37±0.15	12.01±0.03	16.21±0.20
ความชื้น (%)		13.41±0.45	14.28±0.52	13.48±0.13
ความชื้นหลังแช่น้ำ 12 ชม. (%)		47.89±0.57	37.53±0.41	49.72±0.23
ความชื้นหลังจากนึ่ง (%)		42.59±2.92	41.66±2.55	42.52±1.03

หมายเหตุ : 1. ตัวเลขที่แสดงเป็น ค่าเฉลี่ย ±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. ขนาดของเมล็ดเป็นค่าเฉลี่ยจากการทำการทดลองที่เหมือนกัน 20 ครั้ง

3. น้ำหนักต่อ 1,000 เมล็ด ความชื้น ความชื้นหลังแช่น้ำ และความชื้นหลังจากนึ่งเป็นค่าเฉลี่ยจากการทำการทดลองที่เหมือนกัน 2 ครั้ง

น้ำหนักต่อ 1,000 เมล็ด ข้าวพันธุ์กข6 และเหนียวสันป่าตองมีน้ำหนักต่อ 1,000 เมล็ดใกล้เคียงกัน คือ 16.37 และ 16.21 กรัม ตามลำดับ ข้าวพันธุ์กข10 มีน้ำหนักต่อ 1,000 เมล็ดน้อยที่สุดคือ 12.01 กรัม จากการสังเกต พบว่า ข้าวพันธุ์กข10 มีเมล็ดหักเป็นเป็นชิ้นเล็กๆมากกว่าข้าว 2 พันธุ์ข้างต้น สอดคล้องกับข้อมูลที่ได้จากผู้ผลิต คือ ศูนย์วิจัยข้าวสันป่าตอง ที่กล่าวว่า ข้าวพันธุ์กข10 เป็นพันธุ์ข้าวที่ไม่เป็นที่นิยมรับประทาน เนื่องจากเมล็ดหักง่ายระหว่างการสี ทำให้ดูแล้วไม่สวยงาม ไม่เป็นที่นิยมบริโภค ทำให้ข้าวพันธุ์นี้จึงไม่นิยมผลิตเพื่อการบริโภคเป็นข้าวหุง ใดๆ

ตามเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักกับข้าวเมล็ดสั้นที่เหมาะสมสำหรับทำสาเกพบว่ามีน้ำหนักน้อยกว่าอย่างเห็นได้ชัด

ความชื้น ข้าว 3 พันธุ์ คือ กข6 กข10 และเหนียวสันป่าตองมีความชื้นใกล้เคียงกัน คือ 12.96 – 14.80 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งยังมีความชื้นอยู่ในช่วงข้าวที่ใช้นำมาทำสาเกคุณภาพดีที่ Kodama และ Yoshizawa (1977) พบว่ามีความชื้นประมาณ 11.0 – 13.0 เปอร์เซ็นต์

น้ำหนักหลังแช่น้ำ 12 ชั่วโมง ข้าวพันธุ์เหนียวสันป่าตองมีการดูดซึมน้ำมากที่สุด คือมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น 49.72 เปอร์เซ็นต์ ข้าวพันธุ์กข6 และกข10 มีเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำรองลงมาตามลำดับ คือ 47.89 และ 37.53 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ แสดงว่า ข้าวชนิดเมล็ดทั้ง 3 ชนิดที่ใช้ในการทดลองมีความสามารถในการดูดซึมน้ำมากกว่าข้าวเมล็ดสั้นของญี่ปุ่นที่นิยมใช้ในการผลิตสาเกที่ดูดซึมน้ำ 25 – 30 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนัก หลังจากผ่านขั้นตอนการล้างและแช่แล้ว (Kodama and Yoshizawa, 1977)

น้ำหนักหลังจากนี้ ข้าวทั้ง 3 สายพันธุ์มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นไม่แตกต่างกัน โดยน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ย 41 – 43 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นหลังจากการนี้ 20 นาทีของข้าวเมล็ดยาวที่ใช้ในการทดลองของไทย เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวเมล็ดสั้นของญี่ปุ่นที่มีน้ำหนักเพิ่มขึ้น 35 – 40 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีปริมาณการดูดซึมน้ำมากกว่าและมีสภาพหลังการนี้เหนียวและนุ่ม เหมาะแก่การเจริญเติบโตของของเชื้อราที่แทงเส้นใยลงไปในข้าว (Rose, 1977)

4.2.2 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเคมี

ข้าวพันธุ์กข6 กข10 และเหนียวสันป่าตอง ถูกนำมาวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรตและเถ้า ได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.5

ปริมาณโปรตีน (Crude protein) พบว่าปริมาณโปรตีนในข้าวพันธุ์กข6 และกข10 ไม่แตกต่างกันมากนัก คือ 8.39 และ 8.48 กรัมตามลำดับ ปริมาณโปรตีนในข้าวพันธุ์เหนียวสันป่าตองมีเพียง 6.29 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับปริมาณโปรตีนจากข้าวกล้องพบว่าข้าวพันธุ์กข6 และกข10 มีปริมาณโปรตีนใกล้เคียงกับปริมาณโปรตีนในข้าวกล้องคือ 8.9 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่

ข้าวพันธุ์เหนียวสันป่าตองมีปริมาณโปรตีนต่ำกว่าปริมาณโปรตีนในข้าวสาร คือ 7.6 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นข้าวพันธุ์กข6 และกข10 จึงมีปริมาณโปรตีนสูงมาก

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของพันธุ์ข้าว

	กข6	กข10	สันป่าตอง
โปรตีน (%)	8.39±0.03	8.48±0.09	6.29±0.16
ไขมัน (%)	0.65±0.06	0.57±0.00	0.59±0.05
คาร์โบไฮเดรต (%)	90.66±0.09	90.62±0.10	92.76±0.20
เถ้า (%)	0.30±0.00	0.33±0.01	0.35±0.01

หมายเหตุ : 1. ตัวเลขที่แสดงเป็น ค่าเฉลี่ย ±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. เป็นค่าเฉลี่ยจากการทำการทดลองที่เหมือนกัน 2 ครั้ง

ปริมาณไขมัน (Crude fat) ปริมาณไขมันในข้าวทั้ง 3 สายพันธุ์ไม่แตกต่างกัน แต่ข้าวพันธุ์กข6 จะมีปริมาณไขมันสูงกว่าข้าวพันธุ์กข10 และเหนียวสันป่าตองเล็กน้อย แต่เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณไขมันในข้าวสารซึ่งมีเพียง 0.3 เปอร์เซ็นต์ ข้าวเหนียวทั้ง 3 สายพันธุ์มีปริมาณไขมันสูงกว่ามากคือ มีปริมาณไขมัน 0.60±0.05 เปอร์เซ็นต์โดยเฉลี่ย

คาร์โบไฮเดรต จากส่วนต่าง 100 ส่วนของโปรตีน ไขมันและเถ้ารวมกัน พบว่าปริมาณคาร์โบไฮเดรตจากข้าวพันธุ์สันป่าตองมีปริมาณสูงกว่าข้าวพันธุ์กข6 และกข10 ที่มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตโดยเฉลี่ย 90.64 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ข้าวพันธุ์เหนียวสันป่าตองมีปริมาณคาร์โบไฮเดรต 92.76 เปอร์เซ็นต์

เถ้า พบว่าเถ้าจากข้าวทั้ง 3 สายพันธุ์มีปริมาณไม่แตกต่างกัน คือเฉลี่ย 0.33±0.03 เปอร์เซ็นต์ เถ้าจากข้าวสารมีปริมาณ 0.4 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเถ้าจากข้าวสารทั้ง 3 สายพันธุ์มีขนาดใกล้เคียงกัน

4.3 ผลการทดลองการหมักแอลกอฮอล์จากข้าวเหนียว 3 พันธุ์กับลูกแป้ง 3 ชนิด

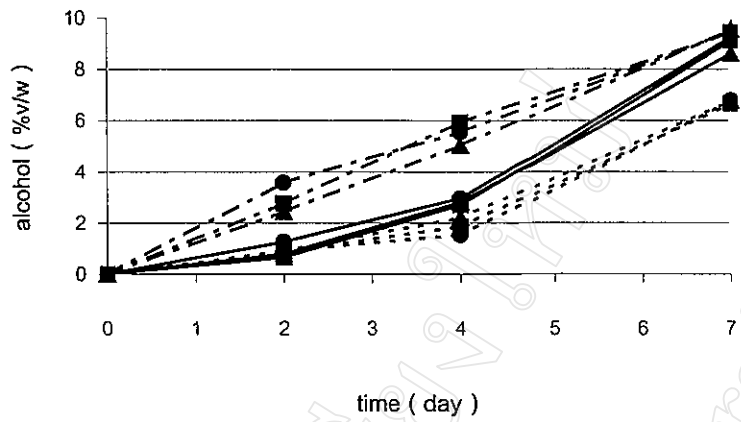
4.3.1 ผลการตรวจสอบกระบวนการหมัก

ข้าวเหนียวพันธุ์กข6 กข10 และเหนียวสันป่าตอง นำมาผลิตสุราด้วยลูกแป้งจากจังหวัด เชียงใหม่ เชียงราย และแพร่ ได้หน่วยการทดลองทั้งหมด 9 หน่วย ถูกนำมาตรวจสอบกระบวนการหมัก โดย วิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์ น้ำตาลรีดิวซ์ กรดทั้งหมด กรดที่ระเหยได้ พีเอช ของแข็งที่ ละลายน้ำได้ และปริมาณยีสต์

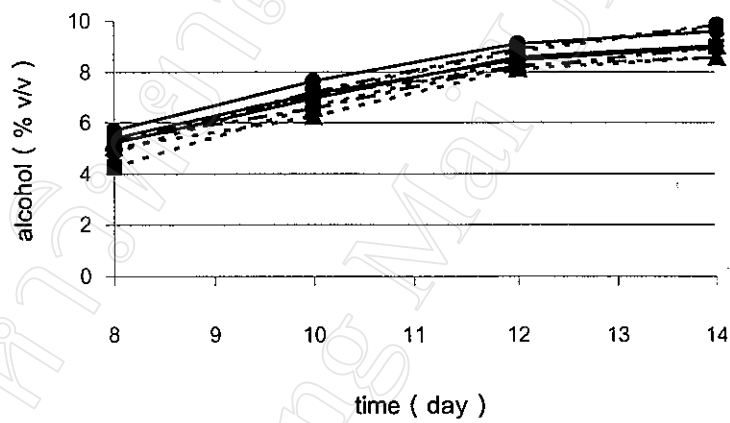
ปริมาณแอลกอฮอล์ : พบว่าปริมาณแอลกอฮอล์ก่อนการเติมน้ำลงไปในสำมีความแตกต่างกันในชนิดลูกแป้ง และวันที่ทำการหมัก มีความสัมพันธ์กันระหว่างชนิดของลูกแป้งและระยะเวลาในการหมักสำ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ลูกแป้งจากจังหวัดแพร่ให้ปริมาณแอลกอฮอล์มากที่สุด รองลงมาคือลูกแป้งจากจังหวัดเชียงรายและเชียงใหม่ตามลำดับ และ 7 วันที่ทำการหมัก พบว่าปริมาณแอลกอฮอล์ในวันที่ 7 มีปริมาณมากที่สุด รองลงมาคือวันที่ 4, 2 และ 1 ตามลำดับ ลูกแป้งแพร่ในวันที่ 7 มีปริมาณแอลกอฮอล์เกิดขึ้นมากที่สุดแต่ไม่แตกต่างจากปริมาณแอลกอฮอล์จากลูกแป้งเชียงรายในวันที่ 7

ปริมาณแอลกอฮอล์หลังจากการเติมน้ำลงไปในสำ พบว่า มีความแตกต่างในพันธุ์ข้าว และวันที่ทำการหมักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) พันธุ์ข้าวเหนียวสันป่าตองให้ปริมาณแอลกอฮอล์มีความแตกต่างจากพันธุ์ข้าวกข6 และกข10 โดยให้ปริมาณแอลกอฮอล์มากกว่าข้าวพันธุ์กข6 และกข10 ลูกแป้งเชียงใหม่ให้ปริมาณแอลกอฮอล์น้อยกว่าลูกแป้งจากจังหวัดแพร่และเชียงราย แต่ให้ปริมาณแอลกอฮอล์ไม่แตกต่างจากปริมาณแอลกอฮอล์จากลูกแป้งจังหวัดเชียงรายแต่มีปริมาณแอลกอฮอล์แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) กับลูกแป้งจังหวัดแพร่ ในแต่ละวันการหมักให้ปริมาณแอลกอฮอล์ที่แตกต่างกันในแต่ละวัน วันที่ 14 มีปริมาณแอลกอฮอล์มากที่สุด มากกว่าวันที่ 12, 10 และ 8 ของวันที่ทำการหมัก

แอลกอฮอล์สูงสุดจากทุกหน่วยการทดลองอยู่ในช่วง 8 – 10 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรจากการวัดโดยเครื่อง Ebulloimeter นิรุจน์ (2528) ได้นำเชื้อบริสุทธิ์แยกจากลูกแป้งของชาวไทยภูเขา ในเขตภาคเหนือของประเทศไทยมาทดลองหมักแอลกอฮอล์จนสิ้นสุดกระบวนการหมัก พบว่าได้ปริมาณแอลกอฮอล์ 11.0 – 14.4 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร



a. alcohol in rice wine mash by Ebulliometer before adding water



b. alcohol in rice wine mash by Ebulliometer after adding water

รูปที่ 4.1 แสดงค่าแอลกอฮอล์ในกระบวนการหมักสา

a. แสดงค่าแอลกอฮอล์ในกระบวนการหมักสา ก่อนเติมน้ำ

b. แสดงค่าแอลกอฮอล์ในกระบวนการหมักสา หลังเติมน้ำ

- | | | | |
|---|-----------------|---------------|------------------|
| ▲ | กข6 | ----- | ลูกแป้งเชียงใหม่ |
| ■ | กข10 | ————— | ลูกแป้งเชียงราย |
| ● | เหนียวสันป่าตอง | - · - · - · - | ลูกแป้งแพร่ |

น้ำตาลรีดิวิตซ์ : พบว่าการเปลี่ยนแปลงของความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวิตซ์ในการหมักก่อนการเติมน้ำ มีความแตกต่างกันระหว่างชนิดของพันธุ์ข้าว ลูกแป้ง และระยะเวลาในการหมักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) พันธุ์ข้าว กข10 มีปริมาณน้ำตาลอยู่ในส่ามากกว่าปริมาณน้ำตาลจากข้าวพันธุ์ กข6 และเหนียวสันป่าตอง ซึ่งพันธุ์ข้าวทั้ง 2 ชนิดหลังไม่มีความแตกต่างกัน เชื่อลูกแป้งจากจังหวัดเชียงรายและเชียงใหม่ให้ปริมาณน้ำตาลในส่าแตกต่างจากลูกแป้งจังหวัดแพร่ โดยเชื่อจากลูกแป้งจังหวัดเชียงรายทำให้ส่ามีปริมาณน้ำตาลอยู่มากกว่าลูกแป้ง 2 ชนิดหลังแต่ไม่แตกต่างจากลูกแป้งจังหวัดเชียงใหม่ ปริมาณน้ำตาลในส่าจากลูกแป้งจังหวัดแพร่มีปริมาณน้ำตาลน้อยที่สุด ในส่าในวันที่ 1 และ 2 ไม่แตกต่างกัน และวันที่ 3 – 7 ปริมาณน้ำตาลไม่แตกต่างกัน แต่ปริมาณในวันที่ 1 – 2 แตกต่างจากวันที่ 3 – 7 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) พบว่ามีความแตกต่างกันระหว่างการทดลองที่เหมือนกัน 2 ครั้ง โดยการทดลองครั้งแรกมีปริมาณน้ำตาลเหลืออยู่ในส่ามากกว่าการทดลองครั้งที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

หลังจากขั้นตอนการเติมน้ำเข้าไปในส่าแล้ว พบว่า ชนิดของพันธุ์ข้าว และระยะเวลาที่ทำการหมักทำให้ปริมาณน้ำตาลที่มีอยู่ในส่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) น้ำตาลจากพันธุ์ข้าว กข6 และเหนียวสันป่าตองไม่มีความแตกต่างกัน แต่พันธุ์ข้าวทั้ง 2 ชนิดมีความแตกต่างจากพันธุ์ข้าว กข10 โดยข้าวพันธุ์ กข10 มีปริมาณน้ำตาลเหลืออยู่ในส่าที่น้อยที่สุด ปริมาณน้ำตาลที่มีอยู่ในส่าแต่ละวันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยปริมาณน้ำตาลในส่าวันที่ 8 มีปริมาณมากที่สุด แต่ไม่แตกต่างจากวันที่ 7 และปริมาณน้ำตาลในวันที่ 7 ไม่แตกต่างจากวันที่ 9 ของการหมักส่า ปริมาณน้ำตาลในวันที่ 9 มีความแตกต่างจากปริมาณน้ำตาลในวันที่ 10 – 14 ของการหมักส่า ซึ่ง 5 วันสุดท้ายของการหมัก ปริมาณน้ำตาลไม่แตกต่างกัน ปริมาณน้ำตาลในวันที่ 8 มีอยู่น้อยที่สุด

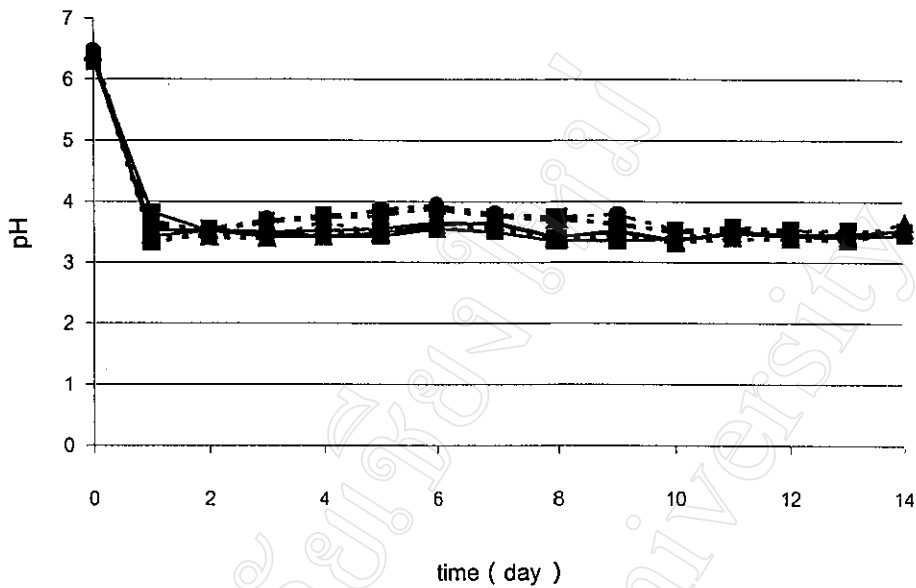
กรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติก : ก่อนเติมน้ำลงไปในส่าพบว่าชนิดของลูกแป้ง ระยะเวลาที่ทำการหมัก มีความสัมพันธ์ระหว่างลูกแป้งและระยะเวลาที่ทำการหมักมีผลทำให้ปริมาณกรดทั้งหมดในส่ามีความแตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ลูกแป้งจังหวัดแพร่มีปริมาณกรดน้อยที่สุด แตกต่างจากปริมาณกรดจากลูกแป้งจังหวัดเชียงใหม่และเชียงราย โดยปริมาณกรดทั้งหมดที่มาจากลูกแป้งจากแพร่มีปริมาณน้อยกว่าที่เกิดในลูกแป้งทั้ง 2 ชนิด และในแต่ละวันที่ทำการทดลองหมักมีความแตกต่างกัน ปริมาณกรดในวันที่ 1 – 3 ในแต่ละวันมีความแตกต่างกัน และแตกต่างจากปริมาณกรดที่เกิดขึ้นในวันที่ 5 – 7 แต่กรดในวันที่ 3 ไม่

แตกต่างจากปริมาณกรดในวันที่ 4 พบว่ากรดในวันที่ 6 มีปริมาณมากที่สุด และลดลงในวันที่ 7 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

หลังจากการเติมน้ำลงไปในการหมักพบว่า ชนิดของลูกแป้งและระยะเวลาที่ทำการหมักทำให้ปริมาณกรดมีความแตกต่างกัน โดยลูกแป้งจากจังหวัดแพร่ทำให้มีปริมาณกรดน้อยกว่าลูกแป้งจากจังหวัดเชียงใหม่และเชียงราย มีความแตกต่างกันของปริมาณกรดในแต่ละวัน กรดมีปริมาณเพิ่มขึ้นจนถึงวันที่ 11 ก่อนที่จะลดปริมาณลงและเพิ่มขึ้นอีกจนมีปริมาณมากที่สุดในวันที่ 14 และพบว่ามีความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ข้าวและลูกแป้งต่อปริมาณกรดที่เกิดขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ข้าวพันธุ์เหนียวสันป่าตองและลูกแป้งแพร่ และข้าวพันธุ์กข10 และลูกแป้งแพร่มีกรดเกิดขึ้นน้อยที่สุด

กรดระเหยได้ในรูปของกรดอะซิติก : ก่อนทำการเติมน้ำลงไปในส่า พบว่ามีความแตกต่างกันของปริมาณกรดที่ระเหยได้ในแต่ละวันที่ทำการหมัก และมีความสัมพันธ์กันระหว่างชนิดของพันธุ์ข้าวและระยะเวลาในการหมักแต่ละวันต่อปริมาณกรดระเหยได้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ปริมาณกรดระเหยได้ในวันที่ 1 มีปริมาณน้อยที่สุดและกรดในวันที่ 6 มีปริมาณมากที่สุด ข้าวพันธุ์เหนียวสันป่าตองในวันที่ 6 มีปริมาณกรดระเหยได้มากที่สุด

หลังจากการเติมน้ำลงไปในส่า พบว่ามีความแตกต่างของปริมาณกรดระเหยได้ในแต่ละวันของระยะเวลาที่ทำการหมัก และมีความสัมพันธ์กันระหว่างชนิดของพันธุ์ข้าวและลูกแป้งมีต่อปริมาณกรดระเหยได้ กรดระเหยได้เพิ่มขึ้นจนถึงวันที่ 11 แล้วค่อยๆลดลงจนถึงวันที่ 13 ก่อนกลับมีปริมาณมากขึ้นในวันที่ 8 ซึ่งมีปริมาณมากที่สุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.5$) พบว่าข้าวพันธุ์กข6 และลูกแป้งแพร่มีปริมาณกรดระเหยได้มากที่สุด แต่ข้าวพันธุ์เหนียวสันป่าตองและลูกแป้งแพร่ ข้าวพันธุ์กข10และลูกแป้งแพร่มีปริมาณกรดระเหยได้น้อยที่สุด และทั้ง 2 หน่วยการทดลองหลังนี้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) อย่างไรก็ตาม พบว่ามีความแตกต่างกันระหว่างการทดลองที่เหมือนกัน 2 ครั้ง โดยการทดลองครั้งแรกกรดระเหยได้ในการทดลองครั้งแรกมีปริมาณมากกว่าปริมาณกรดระเหยได้ในการทดลองครั้งที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

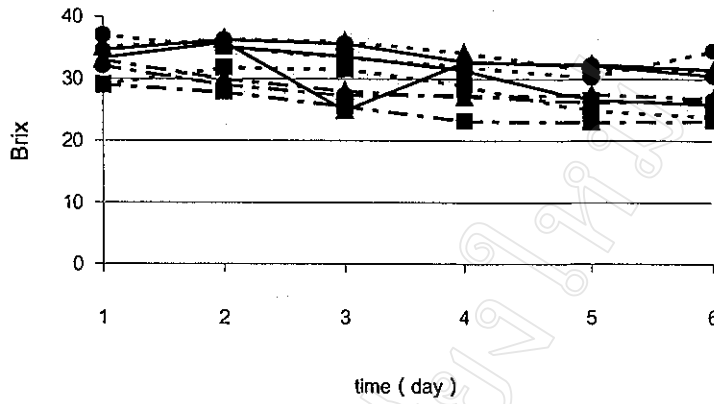


pH in rice wine mash

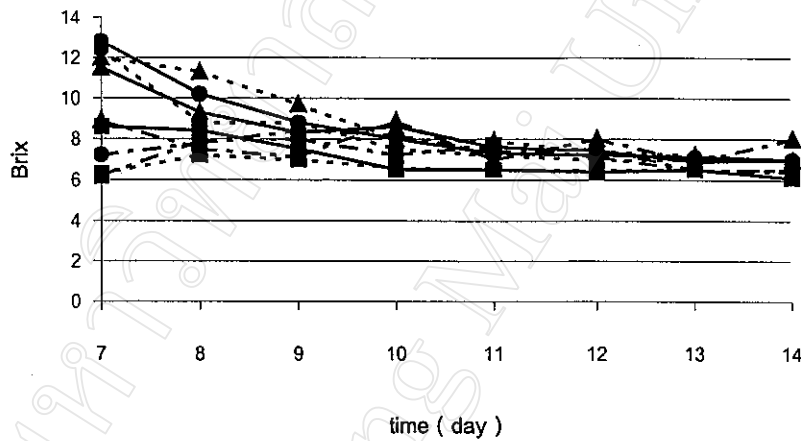
รูปที่ 4.2 แสดงค่าพีเอช (pH) ในกระบวนการหมักส่ำ

- | | | | |
|---|-----------------|---------------|------------------|
| ▲ | กข6 | ----- | ลูกแป้งเชียงใหม่ |
| ■ | กข10 | ————— | ลูกแป้งเชียงราย |
| ● | เหนียวสันป่าตอง | - · - · - · - | ลูกแป้งแพร่ |

พีเอช (pH) พบว่าค่า พีเอช จากหน่วยการทดลองแต่ละหน่วยซึ่งเป็นการวัดโดยตรงในส่ำที่ทำการหมัก มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน คือ มีค่าพีเอชสูงในตอนเริ่มต้นการหมัก ก่อนที่จะลดลงอย่างรวดเร็วในวันที่ 1 ของการหมักและเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยตลอดระยะเวลาการหมักจนถึงวันที่ยุติการหมักส่ำ ค่าพีเอชทุกหน่วยการทดลองจะไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก แม้จะเติมน้ำเข้าไปในการหมักก็ไม่ทำให้ความเป็นกรดต่างของส่ำมีการเปลี่ยนแปลง ความเป็นกรดต่างตลอดการหมักอยู่ที่ 3.40 – 3.95 ในขณะที่ในการหมักส่ำเกจะมีกรดควบคุม ค่าพีเอชให้อยู่ในช่วง 3.6 – 3.8 โดยการเติมกรดแลคติก การควบคุมความเป็นค่าพีเอชเป็นการป้องกันเชื้อจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องเกิดขึ้นในกระบวนการหมัก เพราะอาจจะทำให้เกิดการเสื่อมเสียของวัตถุดิบในการหมัก (Koadama and Yoshizawa, 1977)



a. Total soluble solid (Brix) in rice wine mash before adding water



b. Total soluble solid(Brix) in rice wine mash after adding water

รูปที่ 4.3 แสดงค่าของแข็งที่ละลายได้ในกระบวนการหมักสา

a. ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในกระบวนการหมักสา ก่อนเติมน้ำ

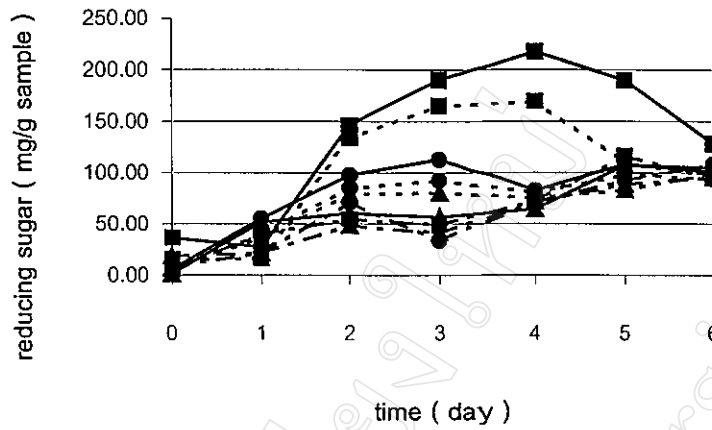
b. ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในกระบวนการหมักสา หลังเติมน้ำ

- | | | | |
|---|-----------------|-----------|------------------|
| ▲ | กข6 | ----- | ลูกแป้งเชียงใหม่ |
| ■ | กข10 | ————— | ลูกแป้งเชียงราย |
| ● | เหนียวสันป่าตอง | - - - - - | ลูกแป้งแพร่ |

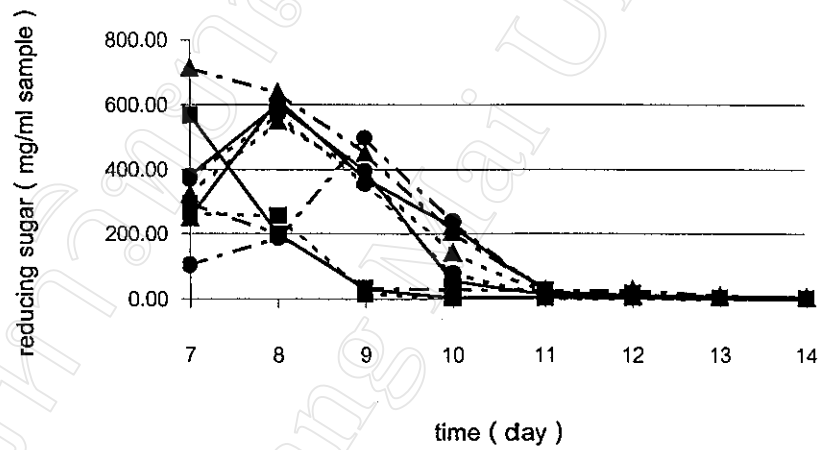
ของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solid, °Brix) พบว่า ก่อนการเติมน้ำลงไป ในกระบวนการหมักสา ในวันแรกของการหมัก ไม่มีของเหลวเกิดขึ้นจากวัตถุดิบ ดังนั้นจึงไม่สามารถทำการตรวจวัดค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ พบว่า ก่อนการเติมน้ำนำของเหลวที่เกิดจากการหมักไป วัดค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้อยู่ในช่วง 23.2 – 37 Brix ก่อนการเติมน้ำชนิดของลูกแป้งชนิดเดียวกันค่าของของแข็งที่ละลายน้ำได้จะใกล้เคียงกัน

หลังจากเติมน้ำแล้ว ค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ลดลงอย่างรวดเร็วและทุกหน่วยการทดลองไม่แตกต่างกัน โดยค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้อยู่ในช่วง 6.2 – 12 °Brix ในวันสุดท้ายของการหมัก ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เหลืออยู่ 6.1 – 8 °Brix

ปริมาณยีสต์ ปริมาณยีสต์ในสาในหน่วยการทดลองที่ใช้ลูกแป้งจากจังหวัดแพร่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและปริมาณมากกว่าหน่วยทดลองที่ใช้ลูกแป้งจากจังหวัดเชียงใหม่และเชียงราย ในวันที่ 3 ของการหมักปริมาณยีสต์เริ่มคงที่ แต่ปริมาณยีสต์จากหน่วยการทดลองที่ใช้ลูกแป้งจากจังหวัดแพร่ยังมีปริมาณมากกว่าอย่างเห็นได้ชัด ปริมาณยีสต์ในหน่วยการทดลองที่ใช้ลูกแป้งจากจังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดแพร่มีปริมาณยีสต์ใกล้เคียงกัน แต่หลังจากเติมน้ำลงไปในสาแล้ว พบว่าปริมาณยีสต์ทุกหน่วยการทดลองมีปริมาณใกล้เคียงกัน และมีปริมาณคงที่จนถึงวันที่ทำการยุติการหมักคือวันที่ 14



a. Reducing sugar in rice wine mash before adding water



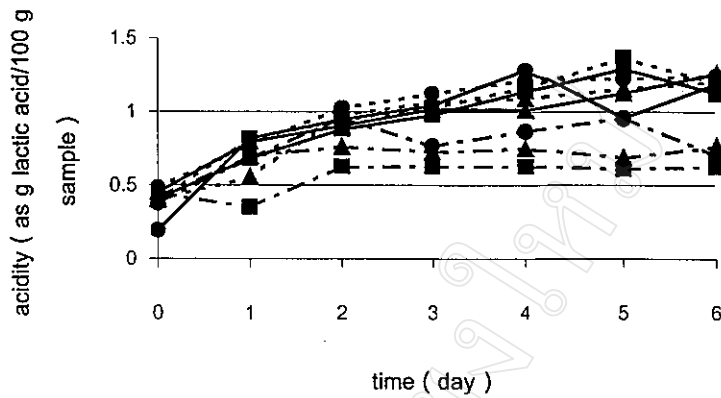
b. Reducing sugar in rice wine mash after adding water

รูปที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในกระบวนการหมักสา

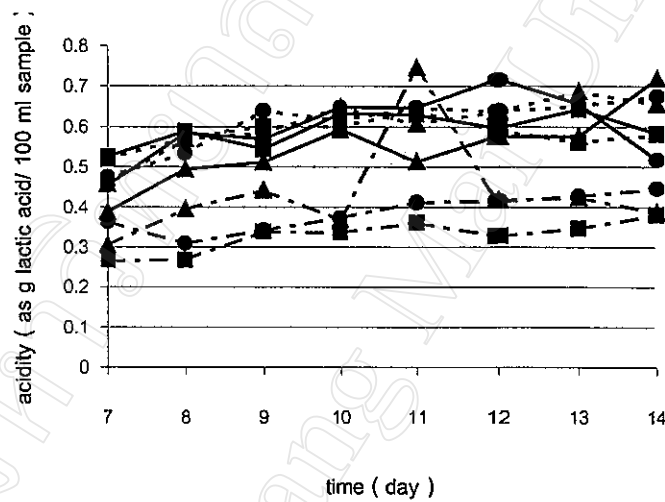
a. ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในกระบวนการหมักสา ก่อนเติมน้ำ

b. ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในกระบวนการหมักสา หลังการเติมน้ำ

- | | | | |
|---|-----------------|---------------|------------------|
| ▲ | กข6 | ----- | ลูกแป้งเชียงใหม่ |
| ■ | กข10 | ————— | ลูกแป้งเชียงราย |
| ● | เหนียวสันป่าตอง | - · - · - · - | ลูกแป้งแพร่ |



a. Total acidity as lactic acid in rice wine mash before adding water



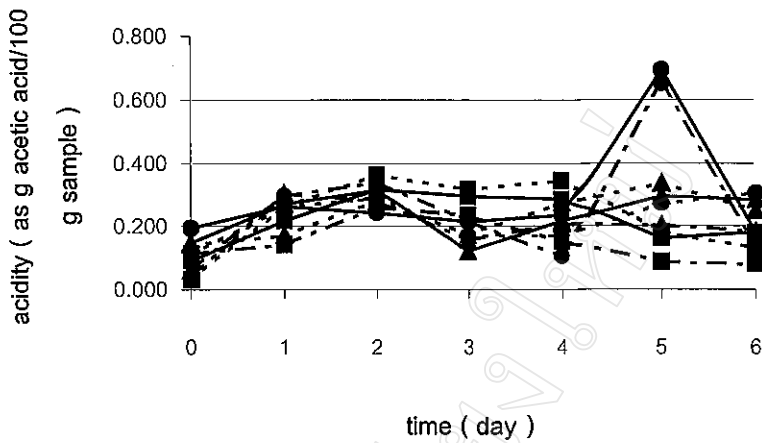
b. Total acidity as lactic acid in mash rice wine after adding water

รูปที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมดในกระบวนการหมักสาในรูปกรดแลคติก

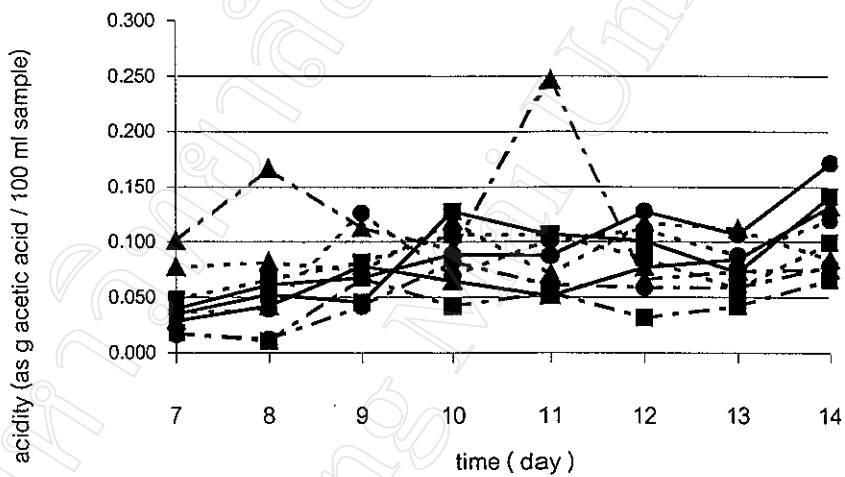
a. ปริมาณกรดทั้งหมดในกระบวนการหมักสาก่อนเติมน้ำในรูปกรดแลคติก

b. ปริมาณกรดทั้งหมดในกระบวนการหมักสาหลังเติมน้ำในรูปกรดแลคติก

- | | | | |
|---|-----------------|-------------|------------------|
| ▲ | กข6 | ----- | ลูกแป้งเชียงใหม่ |
| ■ | กข10 | ————— | ลูกแป้งเชียงราย |
| ● | เหนียวสันป่าตอง | - | ลูกแป้งแพร่ |



a. Volatile acidity as acetic acid in rice wine mash before adding water

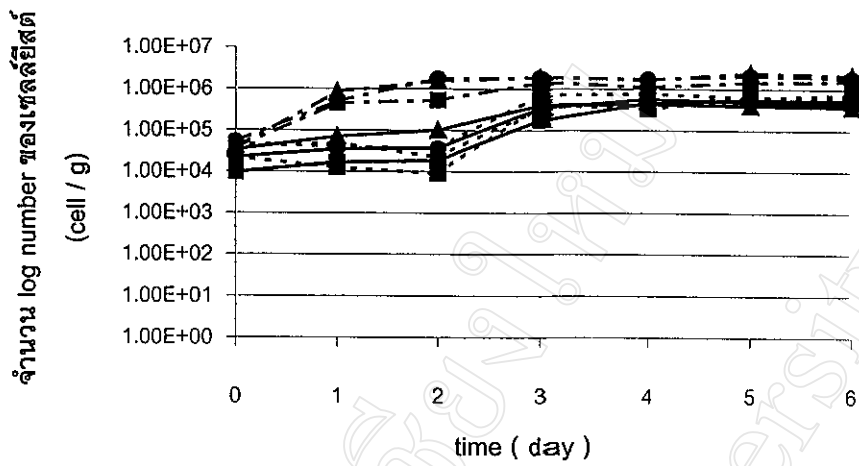


b. Volatile acidity as acetic acid in rice wine mash after adding water

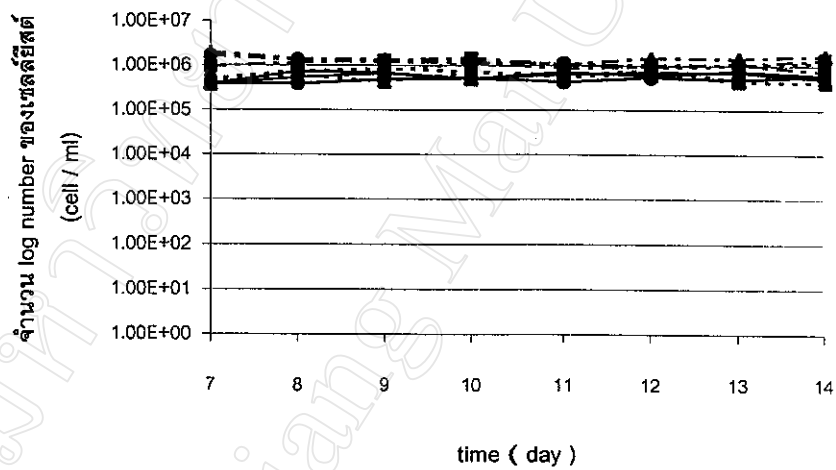
รูปที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดระเหยได้ในกระบวนการหมักสาในรูปของกรดอะซิติก

- a. ปริมาณกรดระเหยได้ในกระบวนการหมักสาในรูปของกรดอะซิติกก่อนการเติมน้ำ
- b. ปริมาณกรดระเหยได้ในกระบวนการหมักสาในรูปของกรดอะซิติกหลังการเติมน้ำ

▲	กข6	-----	ลูกแป้งเชียงใหม่
■	กข10	—————	ลูกแป้งเชียงราย
●	เหนียวสันป่าตอง	- - - - -	ลูกแป้งแพร่



a. yeast in rice wine mash before adding water



b. yeast in rice wine mash after adding water

รูปที่ 4.7 ผลการตรวจนับจำนวนยีสต์โดยวิธี Total Count method ในกระบวนการหมักสา

a. จำนวนยีสต์ในกระบวนการหมักสา ก่อนการเติมน้ำ

b. จำนวนยีสต์ในกระบวนการหมักสา หลังการเติมน้ำ

- | | | | |
|---|-----------------|-----------|------------------|
| ▲ | กข6 | ----- | ลูกแป้งเชียงใหม่ |
| ■ | กข10 | ————— | ลูกแป้งเชียงราย |
| ● | เหมียวสันป่าตอง | - - - - - | ลูกแป้งแพร่ |

ตารางที่ 4.6 พันธุ์ข้าวและผลการตรวจสอบกระบวนการหมัก

การวิเคราะห์		กข6	กข10	เหนียวสันปาดอง
ปริมาณแอลกอฮอล์	ก่อนการเติมน้ำ (%v/w)	3.26±3.43	3.33±3.54	3.34±3.52
	หลังการเติมน้ำ (%v/v)	7.20 ^b ±1.50	7.35 ^b ±1.64	7.83 ^a ±1.80
น้ำตาลรีดิวซ์	ก่อนการเติมน้ำ (mg/g)	61.94 ^b ±31.12	98.87 ^a ±65.12	69.71 ^b ±36.28
	หลังการเติมน้ำ (mg/ml)	208.15 ^a ±239.23	80.77 ^b ±142.21	162.87 ^a ±205.38
กรดทั้งหมด (%as lactic acid)	ก่อนการเติมน้ำ (g / 100 g)	0.848±0.262	0.825±0.315	0.910±0.264
	หลังการเติมน้ำ (g / 100 ml)	0.529±0.122	0.501±0.131	0.542±0.134
กรดระเหยได้ (%as acetic acid)	ก่อนการเติมน้ำ (g / 100 g)	0.222±0.074	0.202±0.097	0.256±0.158
	หลังการเติมน้ำ (g / 100 ml)	0.093±0.044	0.072±0.036	0.077±0.038

หมายเหตุ 1. ตัวเลขที่แสดงเป็น ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. เป็นค่าเฉลี่ยจากการทำการทดลองที่เหมือนกัน 2 ครั้ง แต่ละครั้งทำ 2 ซ้ำ

3. ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละแถว แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางที่ 4.7 ชนิดของลูกแบ่งและผลการตรวจสอบกระบวนการหมัก

การวิเคราะห์		เชียงใหม่	เชียงใหม่	แพร่
ปริมาณแอลกอฮอล์	ก่อนการเติมน้ำ (%v/w)	2.38 ^c ±2.73	3.18 ^b ±3.67	4.48 ^a ±3.65
	หลังการเติมน้ำ (%v/v)	7.24±1.83	7.64±1.56	7.46±1.58
น้ำตาลรีดิวซ์	ก่อนการเติมน้ำ (mg/g)	79.05 ^{ab} ±46.47	92.95 ^a ±58.41	58.52 ^b ±33.47
	หลังการเติมน้ำ (mg/ml)	140.04±189.94	155.78±214.91	155.97±214.24
กรดทั้งหมด (%as lactic acid)	ก่อนการเติมน้ำ (g / 100 g)	0.973 ^a ±0.294	0.941 ^a ±0.262	0.668 ^b ±0.166
	หลังการเติมน้ำ (g / 100 ml)	0.600 ^a ±0.059	0.589 ^a ±0.087	0.383 ^b ±0.092
กรดอะซิติก (%as acetic acid)	ก่อนการเติมน้ำ (g / 100 g)	0.230±0.088	0.248±0.120	0.202±0.134
	หลังการเติมน้ำ (g / 100 ml)	0.086±0.026	0.085±0.039	0.070±0.051

หมายเหตุ 1. ตัวเลขที่แสดงเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. เป็นค่าเฉลี่ยจากการทำการทดลองที่เหมือนกัน 2 ครั้ง แต่ละครั้งทำ 2 ซ้ำ

3. ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละแถว แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางที่ 4.8 ผลการตรวจสอบกระบวนการหมักในแต่ละวันของพันธุ์ข้าว 3 พันธุ์และ
ลูกแป้ง 3 แหล่งผลิตก่อนเติมน้ำ

วันที่	ปริมาณแอลกอฮอล์ (%v/w)	น้ำตาลรีดิวซ์ (mg/g)	กรดทั้งหมด (as lactic acid, g/100 g)	ปริมาณกรดระเหยได้ (as acetic acid, g/100 g)
0	0.00 ^d ±0.00	12.14 ^b ±10.16	0.428 ^d ±0.038	0.103 ^d ±0.054
1	-	34.43 ^b ±13.72	0.685 ^c ±0.152	0.243 ^{bc} ±0.055
2	1.57 ^c ±1.07	86.18 ^a ±34.12	0.889 ^b ±0.124	0.298 ^{ab} ±0.038
3	-	91.45 ^a ±55.44	0.928 ^{ab} ±0.174	0.211 ^c ±0.064
4	3.39 ^b ±1.66	100.57 ^a ±54.15	1.016 ^a ±0.223	0.220 ^c ±0.074
5	-	110.39 ^a ±31.69	1.042 ^a ±0.262	0.320 ^a ±0.214
6	-	102.73 ^a ±10.57	1.035 ^a ±0.258	0.192 ^c ±0.074
7	8.41 ^a ±1.28	-	-	-

หมายเหตุ 1. ตัวเลขที่แสดงเป็น ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. เป็นค่าเฉลี่ยจากการทำการทดลองที่เหมือนกัน 2 ครั้ง แต่ละครั้งทำ 2 ซ้ำ

3. ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละแถว แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางที่ 4.9 ผลการตรวจสอบกระบวนการหมักในแต่ละวันของพันธุ์ข้าว 3 พันธุ์และ
ลูกแป้ง 3 แหล่งผลิตหลังเติมน้ำ

วันที่	ปริมาณแอลกอฮอล์ (%v/v)	น้ำตาลรีดิวซ์ (mg/ml)	กรดทั้งหมด (as lactic acid, g/100 ml)	ปริมาณกรดระเหยได้ (as acetic acid, g/100 ml)
7	-	362.94 ^{ab} ±180.25	0.416 ^d ±0.092	0.044 ^d ±0.028
8	5.14 ^d ±0.41	422.00 ^a ±206.48	0.479 ^{cd} ±0.124	0.059 ^{cd} ±0.046
9	-	280.05 ^b ±195.50	0.508 ^{bc} ±0.111	0.077 ^{bcd} ±0.028
10	6.96 ^c ±0.41	109.27 ^c ±94.77	0.535 ^{abc} ±0.134	0.088 ^{ab} ±0.027
11	-	15.27 ^c ±9.46	0.578 ^a ±0.124	0.098 ^{ab} ±0.060
12	8.54 ^b ±0.34	9.52 ^c ±8.46	0.546 ^{abc} ±0.129	0.086 ^{abc} ±0.031
13	-	3.63 ^c ±3.06	0.552 ^{ab} ±0.123	0.083 ^{abc} ±0.029
14	9.14 ^a ±0.49	2.09 ^c ±1.45	0.578 ^a ±0.145	0.107 ^a ±0.036

หมายเหตุ 1. ตัวเลขที่แสดงเป็น ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. เป็นค่าเฉลี่ยจากการทำการทดลองที่เหมือนกัน 2 ครั้ง แต่ละครั้งอ่านค่า 2 ซ้ำ

3. ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละแถว แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

4.3.2 ผลการตรวจสอบผลิตภัณฑ์สุรากลั่นแล้ว

สำที่ได้จากการหมักในแต่ละหน่วยการทดลองพันธุ์ข้าว 3 ชนิดและลูกแป้ง 3 ชนิดกลั่นเป็นสุรากลั่นได้ 9 ตัวอย่าง โดยสำ 500 มิลลิลิตร กลั่นเป็นสุรากลั่นได้ 100 มิลลิลิตร ทำการตรวจคุณสมบัติทางกายภาพและเคมี

4.3.2.1 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ

สุรากลั่นทั้ง 9 ตัวอย่างที่กลั่นได้ นำมาตรวจสอบค่าสี ความถ่วงจำเพาะ และความขุ่น ดังตารางที่ 4.10

ค่าสี ตัวอย่างสุรามีสีใสคล้ายน้ำกลั่นเมื่อมองดูด้วยตาเปล่า จากค่าความสว่าง (L) พบว่าพันธุ์ข้าว ชนิดของลูกแป้งมีความแตกต่างกัน และมีความสัมพันธ์กันระหว่างพันธุ์ข้าวและชนิดของลูกแป้ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ข้าวพันธุ์ข10 ทำให้สุรามีความสว่างมากที่สุด แตกต่างจากสุรากลั่นจากพันธุ์ข้าวข6 และเหนียวสันป่าตอง ซึ่งข้าวทั้งสองพันธุ์หลังนี้ให้สุรากลั่นที่ไม่มีความสว่างแตกต่างกันเลย และความสว่างจากลูกแป้งทั้ง 3 ชนิดมีความแตกต่างกัน สุรากลั่นจากลูกแป้งจากจังหวัดแพร่มีความสว่างมากกว่าสุรากลั่นจากลูกแป้งจังหวัดเชียงใหม่ และเรียงรายตามลำดับ ข้าวพันธุ์ข10 และลูกแป้งแพร่ทำให้สุรากลั่นมีค่าความสว่างมากที่สุด

ค่าสี a เมื่อเป็นค่าลบ แสดงว่าตัวอย่างมีสีเขียว ตัวอย่างสุรากลั่นได้ทั้ง 9 ตัวอย่างมีค่าสี a เป็นลบทั้งหมด พบว่าตัวอย่างสุรากลั่นจากข้าวพันธุ์ข6 และข10 มีค่าสีเขียวไม่แตกต่างกัน แต่แตกต่างจากสุรากลั่นจากพันธุ์ข้าวเหนียวสันป่าตอง โดยมีค่าสีเขียวย่นกว่าสุรากลั่นจากพันธุ์ข้าวเหนียวสันป่าตอง มีความสัมพันธ์กันระหว่างชนิดของพันธุ์ข้าวและลูกแป้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยข้าวพันธุ์ข10 และลูกแป้งเชียงใหม่มีค่าสีเขียวย่นที่สุดและข้าวพันธุ์ข10 และลูกแป้งเชียงใหม่มีสีเข้มที่สุด

ค่าสี b ตัวอย่างสุรามีค่าสี b เป็นลบ แสดงว่าตัวอย่างมีสีน้ำเงิน สุรากลั่นจากพันธุ์ข้าวข6 มีค่าสีน้ำเงินแตกต่างและน้อยกว่าสุรากลั่นจากพันธุ์ข้าวข10 และเหนียวสันป่าตอง ข้าวพันธุ์ข10 และเหนียวสันป่าตองมีค่าสีน้ำเงินไม่แตกต่างกัน ข้าวข6 ทำให้สุรากลั่นมีสีน้ำเงินมากที่สุด สุรากลั่นจากลูกแป้งจังหวัดแพร่และจังหวัดเชียงใหม่มีค่าสีน้ำเงินไม่แตกต่างกัน สุรากลั่นจากลูกแป้งทั้ง 2 ชนิดมีความแตกต่างจากสุรากลั่นจากลูกแป้งจังหวัดเชียงใหม่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยลูกแป้งเชียงใหม่ทำให้สุรากลั่นมีค่าสีน้ำเงินมากที่สุด

ความถ่วงจำเพาะ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งจากชนิดของพันธุ์ข้าว และลูกแป้ง เมื่อเปรียบเทียบกับสุรากลั่นต่างประเทศคือรัมและยีนที่มีความถ่วงจำเพาะ 0.9375 และ 0.9504 ตามลำดับ พบว่า ความถ่วงจำเพาะของสุรากลั่นที่ได้จากการทดลอง มีปริมาณสูงกว่า ยกเว้นสุรากลั่นจากข้าวพันธุ์เหนียวสันป่าตองและลูกแป้งเชียงใหม่ ที่มีความถ่วงจำเพาะ 0.8067

ความขุ่น ทุกตัวอย่างของสุรากลั่นมีความขุ่นใกล้เคียงกับน้ำกลั่น คือ 0.00 – 0.02 เท่าของน้ำกลั่น จากผลต่างของค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 nm และ 700 nm โดยมีน้ำกลั่นเป็น blank ตัวอย่างสุราทุกตัวอย่างมีความใส

4.3.2.2 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี

สุราตัวอย่างทั้ง 9 ที่ผลิตได้ นำมาวิเคราะห์ปริมาณเอธานอล, สิ่งที่เหลือจากการระเหย, กรดทั้งหมด, กรดระเหยได้, เอสเทอร์ในรูปของ ethyl acetate, อัลดีไฮด์ในรูปของ acetaldehyde, ฟิวเซลอย์ในรูปของ n-propyl alcohol, isobutyl alcohol และ isoamyl alcohol, ฟีนอล, ทองแดง และ ตะกั่ว ดังตารางที่ 4.11

ปริมาณเอธานอล โดยเครื่องแอลกอฮอล์มิเตอร์ ปริมาณแอลกอฮอล์จากพันธุ์ข้าวทั้ง 3 ชนิดมีความแตกต่างกันทั้งหมด ปริมาณแอลกอฮอล์จากพันธุ์ข้าวเหนียวสันป่าตองมีปริมาณมากกว่าพันธุ์ข้าวข6 และข10 ตามลำดับ ปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้จากลูกแป้งทั้ง 3 ชนิดมีความแตกต่างกันทั้งหมด โดยปริมาณแอลกอฮอล์จากลูกแป้งจังหวัดเชียงใหม่ให้ปริมาณมากกว่าลูกแป้งจังหวัดแพร่และเชียงรายตามลำดับ มีความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของพันธุ์ข้าวและลูกแป้ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยข้าวพันธุ์ข6 และลูกแป้งเชียงใหม่ทำให้มีปริมาณแอลกอฮอล์ในสุรากลั่นมากที่สุด

สิ่งที่เหลือจากการระเหย ชนิดของพันธุ์ข้าว และชนิดของลูกแป้งไม่มีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีความสัมพันธ์กันระหว่างชนิดของพันธุ์ข้าวและลูกแป้ง ($P < 0.05$) โดยข้าวข10และลูกแป้งเชียงใหม่มีปริมาณสิ่งที่เหลือจากการระเหยได้มากที่สุด สิ่งที่เหลือจากการระเหยนี้ประกอบด้วยกรดที่ไม่ระเหย สารประกอบไนโตรเจนและน้ำตาลเป็นต้น (ประเสริฐ และ เมทนี, 2526) เนื่องจากสุรากลั่นนี้ไม่มีการปรุงแต่งกลิ่นและรสหลังจากการกลั่นเป็นผลิต

ภัณฑ์ที่เรียกได้ว่าเป็นสุรากลั่น ดังนั้นสิ่งที่เหลือจากการระเหย น่าจะเป็นกรดที่ไม่ระเหยและสารประกอบไนโตรเจน

กรดทั้งหมดในรูปของกรดอะซิติก พบว่า ชนิดของพันธุ์ข้าว และชนิดของลูกแป้งไม่ทำให้ปริมาณกรดทั้งหมดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ปริมาณกรดในสุราทำให้สุรามีสัจจัดจ้านมากกว่าสุราที่มีปริมาณกรดน้อย (ประเสริฐ และ เมทนี, 2526 ; กฤษณาราม วริษิษฐ, 2490)

กรดระเหยได้ในรูปของกรดอะซิติก พบว่า ชนิดของพันธุ์ข้าว และชนิดของลูกแป้งไม่ทำให้ปริมาณกรดระเหยได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ปริมาณเอสเทอร์ในรูปของ ethyl acetate พบว่า จากชนิดของพันธุ์ข้าวทำให้มีความแตกต่างกันในปริมาณเอสเทอร์ และจากชนิดของลูกแป้งมีทำให้ความแตกต่างกันในปริมาณเอสเทอร์เช่นกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เอสเทอร์ในสุรากลั่นจากข้าวพันธุ์เหนียวสันป่าตองมีปริมาณมากที่สุด และต่างจากข้าว กข10 และ กข6 ตามลำดับ เอสเทอร์ในสุรากลั่นจากลูกแป้งจังหวัดเชียงใหม่มีปริมาณเอสเทอร์มากที่สุด และต่างจากสุรากลั่นจากลูกแป้งแพร่และเชียงรายตามลำดับ มีความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ข้าวและลูกแป้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยข้าวพันธุ์เหนียวสันป่าตองและลูกแป้งเชียงใหม่มีปริมาณเอสเทอร์มากที่สุด

ปริมาณอัลดีไฮด์ในรูปของ acetaldehyde พบว่า จากชนิดของพันธุ์ข้าวทำให้มีความแตกต่างกันในปริมาณของอัลดีไฮด์ และจากชนิดของลูกแป้งทำให้มีความแตกต่างกันในปริมาณของอัลดีไฮด์เช่นกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) อัลดีไฮด์ในสุรากลั่นจากข้าวพันธุ์ กข10 มีปริมาณมากกว่าจากสุรากลั่นจากข้าวพันธุ์เหนียวสันป่าตองและ กข6 ตามลำดับ อัลดีไฮด์ในสุรากลั่นจากลูกแป้งจังหวัดเชียงใหม่มีปริมาณมากกว่าจากสุรากลั่นจากลูกแป้งจังหวัดเชียงรายและแพร่ตามลำดับ มีความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ข้าวและลูกแป้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดย ข้าวพันธุ์เหนียวสันป่าตองและลูกแป้งเชียงใหม่มีปริมาณอัลดีไฮด์มากที่สุด

ปริมาณฟูเซลอยอยู่ในรูปของ n-propyl alcohol, iso-butyl alcohol และ iso-amyl alcohol พบว่า จากชนิดของพันธุ์ข้าว สุรากลั่นที่ผลิตได้มีความแตกต่างกันในปริมาณของ n-propyl alcohol, iso-butyl alcohol และ iso-amyl alcohol

ปริมาณ n-propyl alcohol พบว่า ชนิดของพันธุ์ข้าว ชนิดของลูกแป้ง ทำให้ปริมาณ n-propyl alcohol มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) จากพันธุ์ข้าวพบว่าพันธุ์ข้าว กข6 มีปริมาณ n-propyl alcohol มากกว่าสุรากลั่นจากพันธุ์ข้าวเหนียวสันป่าตองและกข10 ตามลำดับ และจากชนิดของลูกแป้ง สุรากลั่นจากลูกแป้งเชียงใหม่มีปริมาณ n-propyl alcohol มากกว่าสุรากลั่นจากลูกแป้งแพร่และเชียงใหม่ตามลำดับ และมีความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ข้าวและลูกแป้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยข้าวพันธุ์เหนียวสันป่าตองและลูกแป้งเชียงใหม่มีปริมาณ n-propyl alcohol มากที่สุด

ปริมาณ iso-butyl alcohol พบว่า ชนิดของพันธุ์ข้าว ชนิดของลูกแป้งทำให้ปริมาณ iso-butyl alcohol มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) จากพันธุ์ข้าวพบว่าพันธุ์ข้าวเหนียวสันป่าตองมีปริมาณ iso-butyl alcohol มากกว่าข้าวพันธุ์ กข10 และกข6 ตามลำดับ ในขณะที่สุรากลั่นจากลูกแป้งเชียงใหม่มีปริมาณ iso-butyl alcohol มากกว่าสุรากลั่นจากลูกแป้งแพร่และเชียงใหม่ตามลำดับ และมีความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ข้าวและลูกแป้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดย ปริมาณ iso-butyl alcohol จากสุรากลั่นข้าวพันธุ์เหนียวสันป่าตองและลูกแป้งเชียงใหม่มีปริมาณน้อยที่สุด

ปริมาณ iso-amyl alcohol พบว่า ชนิดของพันธุ์ข้าว ชนิดของลูกแป้ง ทำให้ปริมาณ iso-amyl alcohol มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) จากพันธุ์ข้าวพบว่าพันธุ์ข้าวเหนียวสันป่าตองมีปริมาณ iso-amyl alcohol มากกว่าข้าวพันธุ์ กข10 และกข6 ตามลำดับ ในขณะที่สุรากลั่นจากลูกแป้งเชียงใหม่มีปริมาณ iso-amyl alcohol มากกว่าสุรากลั่นจากลูกแป้งแพร่และเชียงใหม่ตามลำดับ และมีความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ข้าวและลูกแป้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดย iso-amyl alcohol ในสุรากลั่นจากข้าวพันธุ์เหนียวสันป่าตองและลูกแป้งเชียงใหม่มีปริมาณมากที่สุด

ปริมาณเมธานอล พบว่า ชนิดของพันธุ์ข้าว ชนิดของลูกแป้ง ทำให้มีปริมาณเมธานอลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ปริมาณเมธานอลจากสุรากลั่นจากพันธุ์ข้าวเหนียวสันป่าตองและกข6 มีปริมาณมากกว่าสุรากลั่นจากพันธุ์ข้าว กข10 ในขณะที่สุรากลั่นจากลูกแป้งจังหวัดเชียงรายและเชียงใหม่ มีปริมาณมากกว่าในสุรากลั่นจากลูกแป้งแพร่ และมีความ

สัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ข้าวและลูกแป้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยปริมาณเมธานอลในสุรากลั่นจากข้าวพันธุ์ชว6 และลูกแป้งเชียงใหม่มีปริมาณมากที่สุด

ค่าพีเอช (pH) พบว่าจากชนิดของลูกแป้งทำให้มีความแตกต่างของค่าพีเอชในสุรากลั่นจากลูกแป้งทั้ง 3 ชนิด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ลูกแป้งจังหวัดเชียงใหม่ทำให้สุรากลั่นมีค่าพีเอชมากที่สุด แต่ไม่แตกต่างจากค่าพีเอชของสุรากลั่นจากลูกแป้งจังหวัดแพร่ แต่แตกต่างจากสุรากลั่นจากลูกแป้งจังหวัดเชียงราย ค่าพีเอชของสุรากลั่นจากลูกแป้งจังหวัดเชียงรายมีน้อยที่สุด นั่นคือ สุรากลั่นจากลูกแป้งจังหวัดเชียงรายมีความเป็นกรดมากที่สุด มีความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ข้าวและชนิดของลูกแป้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยค่าพีเอชในข้าวพันธุ์ชว6และลูกแป้งเชียงใหม่มีมากที่สุด

ปริมาณทองแดงและตะกั่ว พบว่า ตัวอย่างสุรากลั่นที่ผลิตจากพันธุ์ข้าวและลูกแป้งทั้ง 3 ชนิด 9 ตัวอย่าง ทำการกลั่นโดยเครื่องกลั่นธรรมดา เลียนแบบการกลั่นแบบ pot still (การกลั่นโดยให้ความร้อนโดยตรงกับส้า ให้เอธานอลระเหยออกมาเป็นสุรากลั่น) ปริมาณตะกั่วและทองแดงน้อยกว่าปริมาณ detection limit ของเครื่อง AAS (Perkin-Elmer, Model 3100) คือ ปริมาณตะกั่วน้อยกว่า 0.079 ppm และ ปริมาณทองแดงน้อยกว่า 0.027 ppm ซึ่งอยู่ในระดับไม่เป็นอันตรายต่อร่างกายผู้บริโภค (มอก , 2516)

ตารางที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของสุรากลั่นจากข้าว 3 พันธุ์และอุณหภูมิ 3 ชนิด

คุณสมบัติทางกายภาพ	ข้าวทข6			ข้าวทข10			ข้าวเหนียวสันป่าตอง		
	อุณหภูมิใหม่	อุณหภูมิเฉลี่ยราย	อุณหภูมิแปร	อุณหภูมิใหม่	อุณหภูมิเฉลี่ยราย	อุณหภูมิแปร	อุณหภูมิใหม่	อุณหภูมิเฉลี่ยราย	อุณหภูมิแปร
สี									
L	60.24 \pm 0.01	60.10 \pm 0.03	60.39 \pm 0.01	60.48 \pm 0.07	59.60 \pm 0.02	60.81 \pm 0.01	60.06 \pm 0.09	60.12 \pm 0.02	60.48 \pm 0.03
	0.01								
a	-0.42 \pm 0.00	-0.44 \pm 0.01	-0.42 \pm 0.00	-0.44 \pm 0.01	-0.42 \pm 0.00	-0.42 \pm 0.00	-0.43 \pm 0.02	-0.44 \pm 0.00	-0.44 \pm 0.01
b	-0.67 \pm 0.01	-0.71 \pm 0.01	-0.65 \pm 0.00	-0.59 \pm 0.04	-0.64 \pm 0.00	-0.60 \pm 0.01	-0.57 \pm 0.08	-0.62 \pm 0.01	-0.57 \pm 0.01
ความถ่วงจำเพาะที่ 20 $^{\circ}$ ซ.	1.0039 \pm 0.0706	1.3114 \pm 0.4896	1.0193 \pm 0.0736	1.3898 \pm 0.6066	1.2981 \pm 0.4739	1.0094 \pm 0.0640	0.8067 \pm 0.2231	1.3377 \pm 0.5281	1.3519 \pm 0.5615
ความชื้น	0.01 \pm 0.000	0.01 \pm 0.00	0.00 \pm 0.00	0.01 \pm 0.00	0.00 \pm 0.00	0.02 \pm 0.00	0.01 \pm 0.00	0.01 \pm 0.00	0.01 \pm 0.00

หมายเหตุ 1. ตัวเลขที่แสดงเป็น ค่าเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. เป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลองที่เหมือนกัน 2 ครั้ง ยกเว้นค่าที่เป็นค่าเฉลี่ยจากการอ่านค่า 3 ซ้ำ

3. ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละแถว แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางที่ 4.11 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของสุรากลั่นจากข้าว 3 พันธุ์และสุกแบ่ง 3 ชนิด

คุณสมบัติทางเคมี	ข้าวทข6			ข้าวทข10			ข้าวเหนียวสันป่าตอง		
	สุกแบ่ง เสียงใหม่	สุกแบ่ง เสียงราย	สุกแบ่ง เสียงใหม่	สุกแบ่ง เสียงใหม่	สุกแบ่ง เสียงราย	สุกแบ่ง เสียงใหม่	สุกแบ่ง เสียงใหม่	สุกแบ่ง เสียงราย	สุกแบ่ง เสียงใหม่
ปริมาณแอลกอฮอล์ (% v/v) ที่ 20 °ซ.	51.0 [±] 0.0	42.0 [±] 0.0	46.5 [±] 0.0	47.0 [±] 0.0	43.0 [±] 0.0	49.0 [±] 0.0	48.5 [±] 0.0	43.0 [±] 0.0	49.25 [±] 0.35
สิ่งที่เหลือจากการ ระเหย (g / 100 ml)	0.0018 [±] 0.0003	0.0022 [±] 0.0025	0.0030 [±] 0.0003	0.0168 [±] 0.0102	0.0030 [±] 0.0008	0.0030 [±] 0.0008	0.0014 [±] 0.0003	0.0050 [±] 0.0031	0.0036 [±] 0.0017
กรดทั้งหมด (as acetic acid)	0.023 ± 0.0140	0.013± 0.001	0.013 ± 0.000	0.013± 0.000	0.010± 0.000	0.013± 0.000	0.010± 0.000	0.012± 0.000	0.011± 0.000
กรดระเหย (as acetic acid)	0.002± 0.000	0.002± 0.001	0.002± 0.000	0.002± 0.000	0.002± 0.000	0.002± 0.000	0.002± 0.000	0.001± 0.000	0.001± 0.001
เอสเทอร์ (as ethyl acetate) (ppm)	164.38 [±] 0.95	108.37 [±] 0.17	143.84 [±] 1.24	185.49 [±] 0.99	178.05 [±] 0.61	162.73 [±] 0.83	189.99 [±] 1.76	154.03 [±] 0.41	186.12 [±] 0.13
อัลดีไฮด์ (as acetal- dehyde) (ppm)	114.82 [±] 0.66	100.96 [±] 0.17	113.39 [±] 0.36	211.91 [±] 0.58	204.40 [±] 3.02	130.14 [±] 0.75	193.41 [±] 2.18	163.03 [±] 0.87	165.41 [±] 1.46

ตารางที่ 4.11 (ต่อ) ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของสุรากลั่นจากข้าว 3 พันธุ์และสุกแบ่ง 3 ชนิด

คุณสมบัติทางเคมี	ข้าวภข6			ข้าวภข10			ข้าวเหนียวสันป่าตอง		
	สุกแบ่ง เสียงใหม่	สุกแบ่ง เสียงราย	สุกแบ่งแพร์	สุกแบ่ง เสียงใหม่	สุกแบ่ง เสียงราย	สุกแบ่งแพร์	สุกแบ่ง เสียงใหม่	สุกแบ่ง เสียงราย	สุกแบ่งแพร์
n-propyl alcohol (ppm)	353.33 ^b ± 2.90	272.58 ^a ± 1.39	311.82 ^c ± 1.48	349.91 ^b ± 3.58	261.84 ^a ± 1.47	250.97 ^a ± 0.66	379.03 ^a ± 3.48	206.10 ^b ± 0.66	301.71 ^d ± 2.08
isobutyl alcohol (ppm)	677.58 ^d ± 5.29	541.27 ^a ± 4.79	778.81 ^b ± 4.12	788.43 ^b ± 5.66	632.02 ^b ± 3.51	666.52 ^b ± 2.13	872.60 ^a ± 6.96	496.96 ^b ± 0.11	853.36 ^b ± 5.38
isoamyl alcohol (ppm)	977.60 ^d ± 1.46	784.08 ^a ± 5.48	920.80 ^b ± 10.81	1106.74 ^b ± 1.14	926.72 ^b ± 4.60	777.36 ^b ± 2.80	1387.29 ^a ± 1.98	838.04 ^b ± 2.78	1070.44 ^c ± 4.06
เมธานอล (ppm)	20.95 ^a ±0.48	15.85 ^{cd} ± 0.22	12.86 ^b ±0.81	11.09 ^a ±0.71	16.23 ^{bcd} ± 0.61	12.50 ^a ±2.04	14.91 ^d ±0.01	17.52 ^{bc} ± 0.02	18.00 ^b ±1.00
pH	4.33 ^a ±0.03	4.10 ^d ±0.03	4.23 ^b ±0.01	4.22 ^c ±0.02	4.26 ^{bc} ±0.01	4.22 ^c ±0.03	4.29 ^{ab} ±0.02	4.13 ^d ±0.01	4.31 ^a ±0.01
ทองแดง (ppm)	< 0.027	< 0.027	< 0.027	< 0.027	< 0.027	< 0.027	< 0.027	< 0.027	< 0.027
ตะกั่ว (ppm)	< 0.079	< 0.079	< 0.079	< 0.079	< 0.079	< 0.079	< 0.079	< 0.079	< 0.079

หมายเหตุ : 1. ปริมาณทองแดง 0.027 ppm และ ตะกั่ว 0.079 ppm คือปริมาณตะกั่วที่น้อยที่สุดที่เครื่อง atomic absorption spectrophotometer จะสามารถตรวจวัดได้

- ตัวเลขที่แสดงเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- เป็นค่าเฉลี่ยจากการทำการทดลองที่เหมือนกัน 2 ครั้ง
- ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละแถว แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)
- %CV ทองแดง = 4.2 %CV ตะกั่ว = 4.6

ตารางที่ 4.12 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของสุรากลั่นจากข้าว 3 พันธุ์

คุณสมบัติทางกายภาพและเคมี		กข6	กข10	เหนียวสันป่าตอง
ค่าสี	L	60.24 ^b ±0.15	60.30 ^a ±0.63	60.22 ^b ±0.22
	a	-0.43 ^a ±0.01	-0.43 ^a ±0.01	-0.44 ^b ±0.01
	b	-0.68 ^b ±0.03	-0.61 ^a ±0.03	-0.59 ^a ±0.03
ความทึบจำเพาะที่ 20 °ซ.		1.1115±0.1733	1.2324±0.1985	1.1654±0.3108
ความขุ่น		0.01±0.01	0.01±0.01	0.01±0.00
ปริมาณเอธานอล (%v/v) ที่ 20 °ซ.		46.50 ^b ±4.50	46.33 ^c ±3.06	46.92 ^a ±3.41
สิ่งที่เหลือจากการระเหย (g/ 100 ml)		0.0023±0.0006	0.0076±0.0080	0.0033±0.0018
กรดทั้งหมด (%as acetic acid)		0.016±0.006	0.012±0.002	0.011±0.001
กรดระเหยได้ (%as acetic acid)		0.002±0.000	0.002±0.000	0.001±0.001
เอซิทเทอร์ (as ethyl acetate) (ppm)		138.86 ^c ±28.33	175.42 ^b ±11.61	176.71 ^a ±19.74
อัลดีไฮด์ (as acetaldehyde) (ppm)		109.72 ^c ±7.62	182.15 ^a ±45.20	173.95 ^b ±16.89
n-propyl alcohol (ppm)		312.58 ^a ±40.38	287.57 ^c ±54.26	295.61 ^b ±86.63
isobutyl alcohol (ppm)		665.89 ^c ±119.20	695.66 ^b ±82.18	740.97 ^a ±211.54
isoamyl alcohol (ppm)		894.16 ^c ±99.47	936.94 ^b ±164.93	1098.59 ^a ±275.70
เมธานอล (ppm)		16.55 ^a ±4.09	13.27 ^b ±2.66	16.81 ^a ±1.66
pH		4.22±0.12	4.23±0.02	4.24±0.10
ทองแดง (ppm)		<0.027	<0.027	<0.027
ตะกั่ว (ppm)		<0.079	<0.079	<0.079

หมายเหตุ 1. ตัวเลขที่แสดงเป็น ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. เป็นค่าเฉลี่ยจากการทำการทดลองที่เหมือนกัน 2 ครั้ง ยกเว้นค่าสีเป็นค่าเฉลี่ยจากการอ่านค่า 3 ครั้ง

3. ปริมาณทองแดง 0.027 ppm และ ตะกั่ว 0.079 ppm คือปริมาณตะกั่วที่น้อยที่สุดที่เครื่อง atomic absorption spectrophotometer จะสามารถตรวจวัดได้

4. %CV ทองแดง = 4.2 %CV ตะกั่ว = 4.6

5. ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละแถว แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05)

ตารางที่ 4.13 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของสุรากลั่นจากลูกแบ่ง 3 แหล่งผลิต

คุณสมบัติทางกายภาพและเคมี		เชียงใหม่	เชียงราย	แพร่
ค่าสี	L	60.26 ^b ±0.21	59.94 ^c ±0.29	60.56 ^a ±0.22
	a	-0.43±0.01	-0.43±0.01	-0.43±0.01
	b	-0.61 ^a ±0.05	-0.66 ^b ±0.05	-0.61 ^a ±0.04
ความตวงจำเพาะที่ 20 °ซ.		1.0668±0.2966	1.3157±0.0202	1.1269±0.1949
ความขุ่น		0.01±0.00	0.01±0.01	0.01±0.01
ปริมาณเอธานอล (%v/v) ที่ 20 °ซ.		48.83 ^a ±2.02	42.67 ^c ±0.58	48.25 ^b ±1.52
สิ่งที่เหลือจากการระเหย (g/ 100 ml)		0.0067±0.0088	0.0034±0.0014	0.0032±0.0003
กรดทั้งหมด (%as acetic acid)		0.015±0.007	0.012±0.002	0.012±0.001
กรดระเหยได้ (%as acetic acid)		0.002±0.000	0.002±0.001	0.002±0.001
เอสเทอร์ (as ethyl acetate) (ppm)		179.95 ^a ±13.67	146.82 ^c ±35.40	164.23 ^b ±21.18
อัลดีไฮด์ (as acetaldehyde) (ppm)		173.38 ^a ±51.55	156.13 ^b ±52.06	136.31 ^c ±26.55
n-propyl alcohol (ppm)		360.76 ^a ±15.92	246.84 ^c ±35.69	288.17 ^b ±32.61
isobutyl alcohol (ppm)		779.54 ^a ±97.81	556.75 ^c ±68.85	766.23 ^b ±94.05
isoamyl alcohol (ppm)		1157.21 ^a ±209.46	849.61 ^c ±72.02	922.87 ^b ±146.55
เมธานอล (ppm)		15.65 ^a ±4.97	16.53 ^a ±0.88	14.45 ^b ±3.08
pH		4.28 ^a ±0.06	4.16 ^b ±0.09	4.25 ^a ±0.05
ทองแดง (ppm)		<0.027	<0.027	<0.027
ตะกั่ว (ppm)		<0.079	<0.079	<0.079

หมายเหตุ 1. ตัวเลขที่แสดงเป็น ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. เป็นค่าเฉลี่ยจากการทำการทดลองที่เหมือนกัน 2 ครั้ง ยกเว้นค่าสีเป็นค่าเฉลี่ยจากการอ่านค่า 3 ครั้ง

3. ปริมาณทองแดง 0.027 ppm และ ตะกั่ว 0.079 ppm คือปริมาณตะกั่วต่ำสุดที่เครื่อง atomic absorption spectrophotometer จะสามารถตรวจวัดได้

4. %CV ทองแดง = 4.2 %CV ตะกั่ว = 4.6

5. ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละแถว แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05)

4.4 ผลการวิเคราะห์และตรวจสอบคุณสมบัติของสุรากลั่นที่ผลิตในเขตภาคเหนือตอนบน

สุรากลั่นพื้นเมืองตัวอย่างที่ผลิตในเขตจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย ลำปาง แพร่ พะเยา ซึ่งเป็นสุราที่ไม่ได้ขออนุญาตการผลิตจากกรมสรรพสามิต และสุรากลั่นที่ผลิตจากโรงงานสุราประเภท 35 ดีกรีและ 40 ดีกรีซึ่งเป็นสุรากลั่นที่ได้รับอนุญาตการผลิตจากกรมสรรพสามิตเพื่อผลิตและจำหน่ายในเขตภาคเหนือตอนบน นำตัวอย่างทั้งหมดมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านกายภาพและเคมี

4.4.1 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านกายภาพ

สุราตัวอย่างทั้ง 7 ตัวอย่าง นำมาวิเคราะห์ค่าสี ความถ่วงจำเพาะและความขุ่น ได้ผลดังตารางที่ 4.14

ค่าความสว่าง (ค่า L) ของสุรากลั่นทั้ง 7 ชนิด พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ดังนั้นสุรากลั่นตัวอย่างทั้งหมดมีค่าความสว่างไม่แตกต่างกัน แม้ว่าสุรากลั่นจากโรงงานชนิด 40 ดีกรีมีค่าความสว่างมากที่สุด

ค่าสี a พบว่ามีค่าสีเป็นลบ หมายความว่า เป็นค่าสีเขียว ตัวอย่างสุราทั้ง 7 ชนิดมีค่าสีเขียวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ตัวอย่างสุราจากโรงงาน 35 ดีกรีและ 40 ดีกรีมีค่าสีเขียวไม่แตกต่างกัน และมีค่าสีเขียวมากกว่าตัวอย่างสุรากลั่นพื้นบ้านอื่น ตัวอย่างสุรากลั่นพื้นบ้านจากจังหวัดลำปางมีค่าสีเขียวน้อยที่สุด ตัวอย่างสุรากลั่นพื้นเมืองจากจังหวัดพะเยา และลำปางมีค่าสีเขียวแตกต่างจากสุรากลั่นจากโรงงานสุราเวียงพิงค์ 35 ดีกรีและ 40 ดีกรี

ค่าสี b เมื่อค่าสี b เป็นบวกหมายความว่า เป็นสีเหลือง เมื่อเป็นค่าลบหมายความว่า เป็นสีน้ำเงิน ตัวอย่างสุราทั้ง 7 ชนิดมีค่าสี b แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) สุรากลั่นพื้นบ้านจากจังหวัดลำปางมีค่าสีเหลืองมากที่สุด และแตกต่างจากสุรากลั่นจากโรงงาน 35 และ 40 ดีกรี สุราทั้ง 2 นี้มีค่าสี b เป็นสีน้ำเงิน ในขณะที่สุรากลั่นพื้นบ้านค่าสี b เป็นสีเหลือง สุรา 40 ดีกรีมีค่าสีน้ำเงินมากกว่าสุรา 35 ดีกรี

ค่าความถ่วงจำเพาะ ของสุรากลั่นทั้ง 7 ชนิด ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แม้ว่าความถ่วงจำเพาะจากสุรากลั่นพื้นบ้านจังหวัดลำปางมีปริมาณมากที่สุด และ จากจังหวัดเชียงราย สุราจากโรงงาน 40 ดีกรี 35 ดีกรี เชียงใหม่ พะเยา และแพร่ ตามลำดับ

ค่าความขุ่นของตัวอย่างสุรากลั่นทั้ง 7 ชนิด ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แม้ว่า จากผลการวิเคราะห์พบว่าสุรากลั่นจากโรงงาน 40 ดีกรี มีความขุ่นมากที่สุด และสุรากลั่นพื้นเมืองจากจังหวัดแพร่ เชียงใหม่ สุรากลั่นจากโรงงาน 35 ดีกรี สุรากลั่นพื้นเมืองจากจังหวัดเชียงราย ลำปางและพะเยาตามลำดับ แต่ทุกตัวอย่างมีความขุ่นใกล้เคียงกันกับน้ำ คือ 0.000 – 0.004 เท่าของน้ำกลั่น

4.4.2 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเคมี

สุรากลั่นทั้ง 7 ชนิด นำมาวิเคราะห์ปริมาณเอธานอล สิ่งที่เหลือจากการระเหย กรดทั้งหมด กรดระเหย เอสเทอร์ อัลดีไฮด์ ฟิวเซลอยล์ เมธานอล ฟีเอช ทองแดงและตะกั่ว ตามตารางที่ 4.15

ปริมาณเอธานอลโดยแอลกอฮอล์มิเตอร์ (ผลิตในประเทศญี่ปุ่น) พบว่าปริมาณเอธานอลในสุราตัวอย่างทั้ง 7 ชนิดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แม้ว่าจากผลการวิเคราะห์พบว่าสุรากลั่นจากโรงงาน 40 ดีกรีมีปริมาณแอลกอฮอล์มากที่สุด ตามด้วยสุรา 35 ดีกรี สุรากลั่นพื้นเมืองจากจังหวัดพะเยา เชียงราย เชียงใหม่ แพร่และลำปางมีปริมาณแอลกอฮอล์จากมากไปหาน้อยตามลำดับ ปริมาณแอลกอฮอล์ในตัวอย่างสุราทั้ง 7 ชนิดอยู่ในช่วง 30 – 43 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร

สิ่งที่เหลือจากการระเหย พบว่าตัวอย่างสุรากลั่นทั้ง 7 ตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แม้ว่าจากผลการวิเคราะห์พบว่าตัวอย่างสุรากลั่นพื้นบ้านจากจังหวัดแพร่มีปริมาณสิ่งที่เหลือจากการระเหยมากที่สุด และตัวอย่างจากจังหวัดลำปาง เชียงใหม่ เชียงราย สุรากลั่นจากโรงงาน 35 ดีกรี สุรากลั่นพื้นบ้านจากจังหวัดพะเยาและสุรากลั่นจากโรงงาน 40 ดีกรีปริมาณสิ่งที่เหลือจากการระเหยจากมากไปหาน้อยตามลำดับตามลำดับ

กรดทั้งหมดในรูปของกรดอะซิติก พบว่าสุรากลั่นทั้ง 7 ตัวอย่างมีปริมาณกรดทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ตัวอย่างสุรากลั่นพื้นบ้านจากจังหวัดเชียงใหม่มีปริมาณกรดมากที่สุด ซึ่งแตกต่างจากปริมาณกรดที่มีอยู่ในสุรากลั่นพื้นบ้านจากจังหวัดแพร่ สุรากลั่นจากโรงงาน 35 และ 40 ดีกรี เมื่อพิจารณาจากข้อมูลทางสถิติพบว่า สุรากลั่นจากโรงงานมีปริมาณกรดทั้งหมดน้อยกว่าสุรากลั่นพื้นบ้านจากจังหวัดต่างๆ โดยสุรากลั่นพื้นบ้านจากจังหวัดเชียงใหม่มีปริมาณกรดมากที่สุด สุรากลั่นพื้นบ้านจากจังหวัดเชียงราย ลำปาง พะเยาและแพร่ มีปริมาณกรดจากมากไปน้อยตามลำดับ

ปริมาณกรดระเหยได้ในรูปของกรดอะซิติก พบว่าสุรากลั่นทั้ง 7 ตัวอย่างมีปริมาณกรดระเหยได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) สุรากลั่นจากโรงงาน 35 และ 40 ดีกรีมีปริมาณน้อยกว่าและแตกต่างจากสุรากลั่นพื้นบ้าน ปริมาณกรดระเหยได้จากสุรากลั่นพื้นบ้านจังหวัดเชียงรายมีปริมาณกรดน้อยกว่าสุรากลั่นพื้นบ้านจากจังหวัดแพร่ พะเยา ลำปางและเชียงใหม่ตามลำดับ และมีปริมาณกรดระเหยได้แตกต่างจากสุรากลั่นพื้นบ้านจังหวัดเชียงใหม่

ปริมาณเอสเทอร์ในรูปของ ethyl acetate พบว่าปริมาณเอสเทอร์ในสุรากลั่นทั้ง 7 ตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) สุรากลั่นพื้นบ้านจากจังหวัดพะเยามีปริมาณเอสเทอร์มากที่สุด แต่ไม่แตกต่างจากปริมาณเอสเทอร์ในสุรากลั่นพื้นบ้านจากจังหวัดแพร่ เชียงใหม่ เชียงราย ลำปาง ตามลำดับ แต่แตกต่างจากสุรากลั่นที่ผลิตจากโรงงาน 35 และ 45 ดีกรี โดยสุรากลั่นจากโรงงานสุราเวียงพิงค์มีปริมาณเอสเทอร์น้อยกว่าปริมาณเอสเทอร์ในสุรากลั่นพื้นบ้าน

ปริมาณอัลดีไฮด์ในรูปของ acetaldehyde พบว่าปริมาณอัลดีไฮด์ในสุรากลั่นทั้ง 7 ตัวอย่าง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) สุรากลั่นพื้นบ้านจากจังหวัดพะเยาปริมาณอัลดีไฮด์มากที่สุดและแตกต่างจากปริมาณอัลดีไฮด์จากตัวอย่างสุรากลั่นจากโรงงานทั้งสอง แต่ไม่แตกต่างจากตัวอย่างสุรากลั่นพื้นบ้านอื่น ปริมาณอัลดีไฮด์ในตัวอย่างจากมากไปหาน้อยได้แก่ พะเยา แพร่ เชียงใหม่ เชียงราย ลำปาง สุราจากโรงงาน 40 ดีกรีและ 35 ดีกรีตามลำดับ

ปริมาณฟูเซลอยล์ในรูปของ n-propyl alcohol, isobutyl alcohol และ isoamyl alcohol พบว่า

ปริมาณของ n-propyl alcohol ในตัวอย่างสุรากลั่นทั้ง 7 ตัวอย่าง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แม้ว่าจากผลการวิเคราะห์ปริมาณ n-propyl alcohol จากมากไปน้อยได้แก่ สุรากลั่นจากโรงงาน 40 ดีกรี สุรากลั่นพื้นบ้านจากจังหวัดพะเยา แพร่ สุรากลั่นจากโรงงาน 35 ดีกรี สุรากลั่นพื้นบ้านจากจังหวัดเชียงราย ลำปาง และ เชียงใหม่ ตามลำดับ

ปริมาณของ isobutyl alcohol ในตัวอย่างสุรากลั่นทั้ง 7 ตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ตัวอย่างสุรากลั่นพื้นบ้านจากจังหวัดเชียงรายมีปริมาณ isobutyl alcohol แตกต่างจากสุรากลั่นพื้นบ้านจากจังหวัดเชียงใหม่ สุรากลั่นจากโรงงาน 40 ดีกรี และ 35 ดีกรี แต่ไม่แตกต่างจากสุรากลั่นพื้นบ้านจากจังหวัดพะเยา ลำปางและแพร่ ปริมาณอัลดีไฮด์ในสุรากลั่นจากมากไปน้อย ได้แก่ สุรากลั่นพื้นบ้านจากจังหวัดเชียงราย พะเยา ลำปาง แพร่ เชียงใหม่ สุรากลั่นจากโรงงาน 40 และ 35 ดีกรีตามลำดับ

ปริมาณ iso-amyl alcohol ในสุรากลั่นทั้ง 7 ตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แม้ว่าผลการวิเคราะห์ปริมาณของ iso-amyl alcohol จากมากไปน้อยได้แก่ สุรากลั่นจากโรงงาน 40 ดีกรี 35 ดีกรี สุรากลั่นพื้นบ้านจากจังหวัดพะเยา เชียงราย เชียงใหม่ แพร่ และลำปางตามลำดับ

เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับปริมาณฟูเซลอยล์ในสุราต่างประเทศ คือ วิสกี้ พบว่า สุรากลั่นตัวอย่างทั้ง 7 ชนิด มีปริมาณฟูเซลอยล์สูงกว่าในวิสกี้ โดยวิสกี้มีปริมาณ n-propyl alcohol 20 – 200 ppm, iso-butyl alcohol 70 – 340 ppm และ iso-amyl alcohol 90 – 480 ppm (Varnam and Sutherland, 1994) ในขณะที่สุรากลั่นของไทยมีปริมาณ n-propyl alcohol 184 – 283 ppm, iso-butyl alcohol 169 – 446 ppm และ iso-amyl alcohol 413 – 578 ppm

ปริมาณเมธานอล พบว่าในสุรากลั่นทั้ง 7 ตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ปริมาณเมธานอลในสุรากลั่นจากโรงงาน 40 ดีกรีมีความแตกต่างจากสุรากลั่นจากโรงงาน 35 ดีกรี ปริมาณเมธานอลในสุรากลั่นจากโรงงาน 40 ดีกรีมีปริมาณมากที่สุด สุรากลั่นพื้นบ้านจากจังหวัดเชียงใหม่ ลำปางและพะเยา แต่ไม่มีความแตกต่างจากสุรากลั่นพื้นบ้านจากจังหวัดเชียงรายและพะเยา ปริมาณเอทานอลในสุรากลั่นทั้ง 7 ตัวอย่างจากมากไปน้อยได้แก่ สุรากลั่นจากโรงงาน 40 ดีกรี สุรากลั่นพื้นบ้านจากจังหวัดเชียงราย พะเยา สุรากลั่นจากโรงงาน 35 ดีกรี สุรากลั่นพื้นบ้านจากจังหวัดเชียงใหม่ ลำปางและแพร่ตามลำดับ แม้ว่าเมธานอลเป็นสารที่ไม่

ควรพบในสุรจากจากมอก. 2516 แต่ยังไม่พบในสุราบางชนิด ประเสริฐ และเมทนี (2522) ตรวจพบเมธานอลในสุราชาวไทยและสุราจากต่างประเทศ Kirk และ Sawyer (1991) แสดงว่าพบเมธานอลในสุรากลั่นชนิด Branded Cognacs , Inferior Cognacs และ Scotch Whisky

ค่าพีเอช (pH) พบว่าตัวอย่างสุรา 7 ตัวอย่างมีค่าพีเอชแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) สุรากลั่นจากโรงงาน 40 ดีกรีมีค่าพีเอชมากที่สุด ในขณะที่สุรากลั่นพื้นบ้านจากจังหวัดเชียงรายมีค่าพีเอชน้อยที่สุด ค่าพีเอชของสุรากลั่นทั้ง 7 ตัวอย่างอยู่ในช่วง 4.00 – 6.50

ปริมาณทองแดงและตะกั่ว ทุกตัวอย่างมีปริมาณน้อยกว่าที่เครื่อง AAS จะตรวจวัดได้ คือ ปริมาณทองแดงน้อยกว่า 0.027 ppm ปริมาณตะกั่วน้อยกว่า 0.079 ppm ยกเว้น สุรากลั่นพื้นบ้านตัวอย่างจากจังหวัดเชียงราย ซึ่งตรวจพบปริมาณทองแดง 1.46 ± 1.30 ppm เป็นปริมาณทองแดงน้อยกว่า 7 ppm ตามที่มอก. (2516) กำหนดให้มีในสุรา

ตารางที่ 4.14 แสดงผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของสุรากลั่น

คุณสมบัติทางกาย	สุรขาว35 ดีกรี	สุรขาว40 ดีกรี	สุรขาวใหม่	สุรขาวเรียงราย	สุรดำป่าง	สุรดำแพร์	สุรดำพะเยา
ภาพ							
ค่าสี							
L	60.46±0.05	60.49±0.07	60.10±0.37	59.78±0.67	60.00±0.35	60.20±0.74	60.11±0.07
a	-0.50 ^a ±0.01	-0.50 ^a ±0.01	-0.57 ^{ab} ±0.08	-0.60 ^{abc} ±0.056	-0.69 ^{abc} ±0.01	-0.61 ^{bc} ±0.08	-0.62 ^c ±0.13
b	-0.84 ^{bc} ±0.02	-0.85 ^c ±0.02	0.20 ^a ±0.67	0.01 ^{abc} ±0.90	0.63 ^a ±0.04	0.26 ^a ±0.47	0.06 ^{ab} ±0.64
ความถ่วงจำเพาะที่ 20 ^o ซ.	1.0266±0.2641	1.0355±0.2487	1.0255±0.2617	1.0364±0.2444	1.0410±0.2520	1.0025±0.0263	1.0048±0.0254
ความขุ่น	0.01±0.01	0.01±0.01	0.01±0.010	0.00±0.00	0.00±0.00	0.01±0.01	0.00±0.00

หมายเหตุ 1. ตัวเลขที่แสดงเป็น ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. เป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลองที่เหมือนกัน 3 ครั้ง แต่ละครึ่งจำนวนค่า 2 ซ้ำ ยกเว้นค่าสีเป็นค่าเฉลี่ยจากการอ่านค่า 3 ครั้ง

3. ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละแถว แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางที่ 4.15 แสดงผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของสุรากลั่น

คุณสมบัติทางเคมี	สุรขาว35 ดีกรี	สุรขาว40 ดีกรี	สุรขาวใหม่	สุรขาวเขียว	สุรกล้าปาง	สุรขาวแพร์	สุรขาวเยา
เอทานอล (% v/v)	37.43 ^{ab} ±0.49	42.83 ^s ±0.14	35.37 ^{ab} ±8.78	37.08 ^{ab} ±5.34	30.7 ^f ±0.26	34.87 ^{ab} ±4.65	37.4 ^{ab} ±6.44
สิ่งที่เหลือจากการระเหย (g/ 100 ml)	0.0057±0.0004	0.0037±0.0019	0.0096±0.0036	0.0067±0.0006	0.0100±0.0059	0.0125±0.0047	0.0051±0.0013
กรดทั้งหมด (% as acetic acid)	0.001 ^c ±0.000	0.001 ^c ±0.000	0.026 ^c ±0.013	0.020 ^{ab} ±0.002	0.018 ^{ab} ±0.000	0.016 ^b ±0.001	0.017 ^{ab} ±0.001
กรดระเหยได้ (% as acetic acid)	0.0001 ^c ±0.000	0.001 ^c ±0.000	0.002 ^c ±0.000	0.002 ^c ±0.000	0.002 ^{ab} ±0.000	0.001 ^{ab} ±0.000	0.002 ^{ab} ±0.000
pH	5.74 ^a ±0.34	6.32 ^b ±0.06	4.11 ^c ±0.15	4.01 ^c ±0.01	4.02 ^c ±0.02	4.35 ^c ±0.28	4.19 ^c ±0.2081

ตารางที่ 4.15 (ต่อ) แสดงผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของสุรากลั่น

คุณสมบัติทางเคมี	สุรขาว35 ดีกรี	สุรขาว40 ดีกรี	สุรเทียนใหม่	สุรเทียนราย	สุรลึปาง	สุรแพะ	สุรพะเยา
เอสเตอร์ (as ethyl acetate) (ppm)	ไม่พบ	ไม่พบ	115.71 ^a ±64.14	60.13 ^{ab} ±3.25	56.42 ^{ab} ±8.44	122.01 ^a ±77.87	130.19 ^a ±97.19
อัลดีไฮด์ (as acetaldehyde) (ppm)	12.81 ^a ±2.37	24.00 ^{bc} ±0.50	56.05 ^{ab} ±20.10	55.42 ^{abc} ±13.35	45.88 ^{abc} ±5.21	64.57 ^a ±29.95	67.97 ^a ±35.40
n-propyl alcohol (ppm)	223.75±26.42	283.11±0.54	183.95±18.64	219.09±24.32	196.00±24.92	225.80±50.56	269.49±105.94
isobutyl alcohol (ppm)	168.87 ^a ±19.58	221.82 ^a ±0.28	375.18 ^b ±22.83	446.17 ^a ±41.10	413.82 ^{ab} ±51.85	408.78 ^{ab} ±50.49	422.17 ^{ab} ±59.01
isoamyl alcohol (ppm)	521.98±69.64	578.53±1.54	434.02±109.64	464.78±42.10	413.32±69.78	418.63±76.56	490.61±137.76
เมธานอล (ppm)	15.12 ^{bc} ±4.17	24.42 ^a ±0.20	13.96 ^{bc} ±6.72	18.37 ^{ab} ±6.51	11.57 ^{bc} ±3.46	9.34 ^c ±1.72	16.42 ^{abc} ±5.82
ทองแดง (ppm)	< 0.027	< 0.027	< 0.027	1.47±1.29	< 0.027	< 0.027	< 0.027
ตะกั่ว (ppm)	< 0.079	< 0.079	< 0.079	< 0.079	< 0.079	< 0.079	< 0.079

หมายเหตุ : 1. ปริมาณทองแดง 0.027 ppm และ ตะกั่ว 0.079 ppm คือปริมาณตะกั่วโดยที่เครื่อง atomic absorption spectrophotometer จะสามารถตรวจวัดได้

2. ตัวเลขที่แสดงเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
3. เป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลองที่เหมือนกัน 3 ครั้ง แต่ละครั้งจำนวนค่า 3 ซ้ำ
4. %CV ทองแดง = 4.2 และ %CV ตะกั่ว = 4.6
5. ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละแถว แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)