บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 การศึกษาคุณภาพทางกายภาพและเคมีของข้าวเหนียวพันธุ์ต่างๆ

จากการตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ และเคมีของข้าวเหนียว 3 พันธุ์ คือกข 6 กข 10 และสันป่าตอง 1 พบว่า ข้าวสารที่ได้หลังจากการสีของแต่ละพันธุ์มีลักษณะแตกต่างกัน โดยที่ข้าวกข 6 และสันป่าตอง 1 มีน้ำหนักต่อ 1,000 เมล็ด ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) (17.05 ± 0.02 และ 16.87 ± 0.29 กรัม ตามลำดับ) ส่วนข้าวกข 10 มีน้ำหนักต่อ 1,000 เมล็ด น้อยที่สุด คือ 13.55 ± 0.64 กรัม จากการสังเกตพบว่า ข้าวสารจากพันธุ์กข 6 และสันป่าตอง 1 มีลักษณะเต็มเมล็ดไม่ค่อยแตกหัก แต่ข้าวสารจากพันธุ์ กข 10 มีปริมาณเมล็ดที่แตกหักค่อนข้างสูง เนื่องจากเป็นข้าวที่เมล็ดหักง่ายในระหว่างการสี ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของสุภมาส (2544) ได้ทำการศึกษาคุณภาพทางกายภาพของข้าวเหนียว 3 พันธุ์ คือข้าวเหนียวสันป่าตอง กข 6 และกข 10 พบว่า น้ำหนักต่อ 1,000 เมล็ด ของข้าวเหนียกข 6 และเหนียวสันป่าตอง มีค่าใกล้เคียงกัน คือ 16.37 ± 0.15 และ16.21 ± 0.20 กรัม ตามลำดับ ส่วนข้าวเหนียวกข 10 มีน้ำหนักต่อ 1,000 เมล็ด น้อยที่สุด คือ 12.01 ± 0.03 กรัม สำหรับคุณภาพด้านความยาวของเมล็ดของข้าวสารเต็มเมล็ดทั้ง 3 พันธุ์ พบว่า ข้าวสารจากพันธุ์กข 10 มีความยาวของเมล็ดมากที่สุด รองลงมา คือ ข้าวสารจากพันธุ์กข 6 และสันป่าตอง 1 ตามลำดับ โดยมีค่าเท่ากับ 7.26 ± 0.07, 7.17 ± 0.06 และ6.80 ± 0.17 มิลลิเมตร ตามลำดับ ส่วนคุณภาพด้านความกว้างของเมล็ดของข้าวสารทั้ง 3 พันธุ์ ใกล้เคียงกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 2.09-2.11 มิลลิเมตร (ตารางที่ 4.1) โดยสอดคล้องกับข้อมูลของสถาบันวิจัยข้าว คือ ข้าวกข 6 กข 10 และสันป่าตอง 1 มีขนาดความยาวของเมล็ดข้าวกล้อง 7.20, 7.60 และ7.10 มิลลิเมตร ตามลำดับ และความกว้างของเมล็ดข้าวกล้อง มีขนาด 2.20, 2.30 และ2.20 มิลลิเมตร ตามลำดับ (สถาบันวิจัยข้าว, 2548)

สำหรับคุณภาพทางเคมี ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด และอะไมโลส ของข้าวเหนียวทั้ง 3 พันธุ์ มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P\leq0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 13.36-13.62 , 6.98-7.96, 0.57-0.63, 0.47-0.52, 77.65-79.17 และ5.66-6.03 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนปริมาณแป้งของข้าวเหนียวสันป่าตอง 1 มีปริมาณแป้งสูงที่สุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

คือ 78.94 ± 0.88 เปอร์เซ็นต์ สำหรับข้าวเหนียว กข 6 และ กข 10 มีปริมาณแป้งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) มีค่าอยู่ในช่วง 77.35-77.97 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4.1) ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Varavinit *et al*. (2003) ซึ่งศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของแป้งจากข้าวเหนียวสันป่าตอง กข 6 และกข 10 ได้แก่ ความชื้น ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า คาร์โบไฮเดรต และอะไมโลส ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 10.89-12.20, 7.99-11.7, 0.29-0.39, 0.31-0.40, 76.65-79.85, 4.47-5.28 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จะเห็นได้ว่าข้าวเหนียวทั้ง 3 พันธุ์ มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูง และเป็นแหล่งของแป้งที่ดีเหมาะที่จะนำไปย่อยด้วยเอนไซม์เพื่อเปลี่ยนเป็นน้ำตาล และหมักเป็นแอลกอฮอล์ต่อไป

ตารางที่ 4.1 คุณภาพทางกายภาพและเคมีของข้าวสารจากข้าวเหนียวแต่ละพันธุ์

ลักษณะคุณภาพ	พันธุ์ข้าวเหนียว		
	กข 6	กข 10	สันป่าตอง 1
คุณภาพทางกายภาพ			
น้ำหนักต่อ 1,000 เมล็ด (กรัม)	$17.05^{a} \pm 0.22$	$13.55^{b} \pm 0.64$	$16.87^{a} \pm 0.29$
ความยาว (มม.)	$7.17^{b} \pm 0.06$	$7.26^{a} \pm 0.07$	$6.80^{c} \pm 0.17$
ความกว้าง (มม.) ^{ns}	2.11 ± 0.08	2.11 ± 0.09	2.07 ± 0.08
คุณภาพทางเคมี			
ความชื้น (%)	$13.36^{c} \pm 0.06$	$13.49^{b} \pm 0.01$	$13.62^{a} \pm 0.03$
โปรตีน (%)	$7.96^{a} \pm 0.22$	$6.98^{b} \pm 0.07$	$6.15^{c} \pm 0.06$
ไขมัน (%)	$0.57^{b} \pm 0.02$	$0.63^{a} \pm 0.01$	$0.58^{b} \pm 0.02$
เถ้า (%)	$0.47^{b} \pm 0.02$	$0.52^{a} \pm 0.01$	$0.48^{b} \pm 0.02$
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด (%)	$77.65^{c} \pm 0.20$	$78.38^{b} \pm 0.09$	$79.17^{a} \pm 0.08$
อะไมโลส(%)	$5.66^{c} \pm 0.09$	$6.03^{a} \pm 0.20$	$5.84^{b} \pm 0.09$
แป้ง (%) ^{ns}	$77.35^{b} \pm 0.77$	$77.97^{b} \pm 0.42$	$78.94^{a} \pm 0.88$

หมายเหตุ 1) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน อักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

2) ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2 ศึกษาการใช้เอนไซม์อะไมเลสทางการค้าในการย่อยข้าวเหนียว แล้วหมักให้เกิดแอลกอฮอล์

4.2.1 ศึกษาผลของปริมาณข้าวเหนียวในส่วนผสมต่อคุณภาพของน้ำส่าหลังการย่อยด้วยเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสและกลูโคอะไมเลส แล้วหมักให้เกิดแอลกอฮอล์

จากการนำข้าวเหนียวพันธุ์กข 6 ที่มีการเติมน้ำผสมในอัตราส่วนแตกต่างกันแล้วผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส (Termamyl SC) และกลูโคอะไมเลส (SAN super 360 L) หลังจากอุณหภูมิของส่วนผสมลดลง 35 องศาเซลเซียส นำของเหลวไปหาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ พบว่า เมื่อปริมาณข้าวเหนียวในส่วนผสมเพิ่มขึ้น ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในของเหลวที่แยกได้ มีปริมาณเพิ่มขึ้นตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.2) เมื่อมีการเติมยีสต์ และปล่อยให้ทำการหมัก จนกระทั่งสิ้นสุดกระบวนการหมัก พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ของปริมาณข้าวเหนียวในส่วนผสม 15-25 เปอร์เซ็นต์ มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) อยู่ในช่วง 6.13-6.27 °Brix และ 0.16-0.24 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.2) ส่วนปริมาณข้าวเหนียวในส่วนผสม 30 และ 35 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ อยู่ในช่วง 7.20-10.07 °Brix และ 1.83-5.36 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับปริมาณแอลกอฮอล์ พบว่า เพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณข้าวเหนียวในส่วนผสมเพิ่มขึ้นตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

จะเห็นได้ว่าที่ปริมาณข้าวเหนียวในส่วนผสม 30 และ 35 เปอร์เซ็นต์นี้ มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และน้ำตาลรีดิวซ์ก่อนการหมักสูง แต่พบว่าระหว่างการกวนผสมในขณะให้ความร้อนจะมีความหนืดเพิ่มขึ้นมาก ซึ่งไม่สะดวกในการปฏิบัติงาน และข้าวเหนียวสุกไม่ทั่วถึง ดังนั้นจึงเลือกที่ระดับปริมาณข้าวเหนียวในส่วนผสม 25 เปอร์เซ็นต์ เป็นปริมาณที่เหมาะสม เพราะเมื่อพิจารณาที่ปริมาณแอลกอฮอล์ หลังสิ้นสุดกระบวนการหมักแล้ว มีค่าเท่ากับ 13.50 ± 0.10 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เหลืออยู่ น้อยมาก คือ 0.16 ± 0.03 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่า ยีสต์สามารถเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์ได้เกือบ 100 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้เหมาะที่จะนำไปกลั่นเป็นสุรากลั่น โดยสอดคล้องกับการรายงานของมาลัย และคณะ (2524) ซึ่งศึกษาการย่อยปลายข้าวเหนียวโดยใช้เอนไซม์ทางการค้า คือ แอลฟาอะไมเลส (BAN 120 L) และกลูโคอะไมเลส (SAN 150 L) พบว่า ที่ระดับความเข้มข้นของแป้ง 25 เปอร์เซ็นต์ ความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5.0 และอุณหภูมิ 55-60 องศาเซลเซียส จะให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ 19.15 เปอร์เซ็นต์ ภายในเวลา 24 ชั่วโมง ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมที่จะใช้ในกระบวนการหมักเป็นแอลกอฮอล์ต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.2 ผลของปริมาณข้าวเหนียวในส่วนผสม ต่อคุณภาพหลังการย่อยด้วยเอนไซม์กลูโคอะไมเลส และหมักให้เกิดแอลกอฮอล์

ปริมาณข้าวเหนียวในส่วนผสม (%w/v)	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์หลังการย่อยด้วยเอนไซม์กลูโคอะไมเลส (%w/v)	คุณภาพของน้ำส่าหลังสิ้นสุดการหมัก		
		ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ($^{\circ}$Brix)	ปริมาณแอลกอฮอล์ (%v/v)	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (%w/v)
15	$12.52^{e} \pm 0.13$	$6.27^{a} \pm 0.11$	$8.30^{e} \pm 0.10$	$0.23^{a} \pm 0.02$
20	$15.56^{d} \pm 0.10$	$6.27^{a} \pm 0.11$	$10.10^{d} \pm 0.01$	$0.24^{a} \pm 0.04$
25	$18.59^{c} \pm 0.05$	$6.13^{a} \pm 0.12$	$13.50^{c} \pm 0.10$	$0.16^{a} \pm 0.03$
30	$20.55^{b} \pm 0.09$	$7.20^{b} \pm 0.20$	$15.87^{b} \pm 0.06$	$1.83^{b} \pm 0.16$
35	$22.40^{a} \pm 0.07$	$10.07^{c} \pm 0.12$	$16.90^{a} \pm 0.01$	$5.36^{c} \pm 0.06$

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง อักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

4.2.2 ศึกษาผลของความเป็นกรด-ด่าง ต่อคุณภาพของผสมหลังการย่อยด้วยเอนไซม์กลูโคอะไมเลส แล้วหมักให้เกิดแอลกอฮอล์

เมื่อได้ปริมาณข้าวเหนียวที่เหมาะสมในข้อ 4.2.1 คือ 25 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักต่อปริมาตร นำมาทำการย่อย ด้วยเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส (Termamyl SC) (ทำเช่นเดียวกับข้อ 4.2.1) เมื่ออุณหภูมิลดลงเท่ากับ 65 องศาเซลเซียส ทำการวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ของส่วนผสม โดยมีค่าอยู่ในช่วง 5.6-5.7 จึงทำการปรับความเป็นกรด-ด่าง ให้อยู่ในช่วง 4.5-5.5 เนื่องจากความเป็นกรด-ด่าง ที่เหมาะสมของกับการทำงานของเอนไซม์กลูโคอะไมเลส (SAN super 360 L) อยู่ในช่วง 4.5-5.5 และเป็นช่วงที่ยีสต์สามารถเจริญได้ หลังจากการย่อยด้วยเอนไซม์กลูโคอะไมเลส แล้ว นำมาวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และน้ำตาลรีดิวซ์ พบว่า มีค่าใกล้เคียงกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด อยู่ในช่วง 20.20-20.33 °Brix และ ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ อยู่ในช่วง18.53-18.64 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.3) แสดงว่า ในการย่อยแป้งนี้จำเป็นต้องปรับความเป็นกรด-ด่าง ซึ่งจะสะดวกในการปฏิบัติงาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หลังจากทำการย่อยด้วยเอนไซม์กลูโคอะไมเลส (SAN super 360 L) แล้วเติมยีสต์ ให้หมักจนสิ้นสุดกระบวนการหมัก นำน้ำส่ามาวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ปริมาณแอลกอฮอล์ ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณกรดระเหย พบว่า ทุกตัวอย่างมีค่าใกล้เคียงกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 6.07-6.13 °Brix 0.16-0.18 เปอร์เซ็นต์ 13.50-15.57 เปอร์เซ็นต์ 3.52-3.54 กรัมต่อลิตร และ 0.51-0.52 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ สำหรับความเป็นกรด-ด่าง พบว่า มีค่าใกล้เคียงกัน อยู่ระหว่าง 3.47-3.52 (ตารางที่ 4.3) ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับรายงานของ จรูญ และคณะ (2524) ที่กล่าวว่า การหมักในช่วงความเป็นกรดด่าง 3.7-5.5 จะให้ผลใกล้เคียงกัน ดังนั้นในการทดลองขั้นต่อไปจึงไม่จำเป็นต้องทำการปรับความเป็นกรด-ด่าง

ตารางที่ 4.3 ผลของความเป็นกรด-ด่าง หลังการย่อยด้วยเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส ต่อคุณภาพหลังของผสมการย่อยด้วยเอนไซม์กลูโคอะไมเลส และหมักให้เกิดแอลกอฮอล์

คุณภาพ	การปรับความเป็นกรด-ด่างในน้ำส่า			
	5.75 (ไม่ปรับ)	4.5	5.0	5.5
คุณภาพหลังการย่อยด้วยเอนไซม์				
- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix) ^{ns}	20.20 ± 0.20	20.33 ± 0.12	20.33 ± 0.12	20.26 ± 0.12
- ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์(%w/v) ^{ns}	18.53 ± 1.36	18.64 ± 1.89	18.59 ± 1.36	18.59 ± 1.91
คุณภาพหลังสิ้นสุดการหมัก				
- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix) ^{ns}	6.13 ± 0.23	6.13 ± 0.12	6.07 ± 0.12	6.07 ± 0.11
- ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์(%w/v) ^{ns}	0.18 ± 0.08	0.16 ± 0.06	0.16 ± 0.07	0.17 ± 0.06
- ปริมาณแอลกอฮอล์ (%v/v) ^{ns}	13.50 ± 0.10	13.57 ± 0.06	13.53 ± 0.06	13.52 ± 0.06
- ความเป็นกรด-ด่าง	3.52^{a} ± 0.02	3.47^{b} ± 0.02	3.49^{b} ± 0.01	3.50^{ab} ± 0.01
- ปริมาณกรดทั้งหมด (กรดแลกติก; g/l) ^{ns}	3.54 ± 0.05	3.52 ± 0.03	3.53 ± 0.03	3.53 ± 0.04
- ปริมาณกรดระเหย (กรดอะซิกติก; g/l) ^{ns}	0.52 ± 0.03	0.50 ± 0.03	0.51 ± 0.02	0.51 ± 0.02

หมายเหตุ 1) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน อักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ ($P\leq0.05$)

2) ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2.3 ศึกษาผลของปริมาณเอนไซม์กลูโคอะไมเลส ต่อคุณภาพของผสมหลังการย่อยด้วยเอนไซม์ และคุณภาพของน้ำส่าหลังสิ้นสุดการหมัก

เมื่อทำการย่อยข้าวเหนียวในปริมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ ด้วยเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส (Termamyl SC) แล้ว (ทำเช่นเดียวกับข้อ 4.2.1) ทำการย่อยด้วยเอนไซม์กลูโคอะไมเลส (SAN super 360 L) ในระดับปริมาณของเอนไซม์แตกต่างกัน 6 ระดับ หลังจากการย่อย พบว่า ปริมาณ ของแข็งที่ละลายได้ และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ มีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 20.13-20.47 °Brix และ 18.38-19.34 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.4 และ4.5)

เมื่อเติมยีสต์ให้มีการหมัก พบว่า ในระหว่างกระบวนการหมัก ตัวอย่างที่เติมเอนไซม์กลูโคอะไมเลส 0.10 เปอร์เซ็นต์ มีการแนวโน้มการหมักรวดเร็วที่สุด และเริ่มคงที่ในวันที่ 9 ของการหมัก (ตารางที่ 4.6) ถึงแม้ว่าน้ำตาลรีดิวซ์เริ่มต้น มีค่าเท่ากับ 19.84 ± 0.05 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งตามทฤษฎีการหมักแล้ว จะได้ปริมาณแอลกอฮอล์ เพียงครึ่งหนึ่งของปริมาณน้ำตาลเริ่มต้น แต่ในการทดลอง พบว่า หมักได้แอลกอฮอล์ เท่ากับ 13.80 ± 0.20 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากสภาวะของน้ำส่าหลังจากการเติมยีสต์แล้ว เอนไซม์ยังมีความสามารถในการย่อยแป้งอยู่ ดังนั้นจึงทำให้มีน้ำตาลรีดิวซ์สำหรับยีสต์ในการผลิตแอลกอฮอล์ได้ ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลของเอนไซม์กลูโคอะไมเลส (SAN super 360 L) โดยระบุไว้ว่า เอนไซม์นี้สามารถทำงานที่อุณหภูมิ 30-65 องศาเซลเซียส (Novozymes) สำหรับแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงด้านความเป็นกรด-ด่าง พบว่า ทุกระดับความเข้มข้นของเอนไซม์ มีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงใกล้เคียงกันมาก (ตารางที่ 4.7) โดยมีแนวโน้มลดลงในวันที่ 3 ของการหมัก โดยมีค่าอยู่ในช่วง 3.63-3.72 แล้วหลังจากนั้นจะลดลงเพียงเล็กน้อยจนคงที่ตลอดระยะเวลาการหมัก ส่วนปริมาณกรดทั้งหมด และปริมาณกรดระเหย พบว่า ทุกระดับความเข้มข้นของเอนไซม์ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นใกล้เคียงกันใน 3 วันแรกของการหมัก และเพิ่มขึ้นเล็กน้อย จนกระทั่งสิ้นสุดการหมัก (ตารางที่ 4.8 และ4.9)

เมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก นำมาวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ปริมาณแอลกอฮอล์ ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรดทั้งหมด และปริมาณกรดระเหย (ตารางที่ 4.10) พบว่า ปริมาณของทั้งหมดที่ละลายได้ และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 6.07-6.23 °Brix และ0.12-0.21 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.10) สำหรับปริมาณแอลกอฮอล์ ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณกรดระเหย และความเป็นกรด-ด่าง พบว่า มีค่าใกล้เคียงกัน อยู่ในช่วง 13.47-13.80 เปอร์เซ็นต์ 3.47-3.67 กรัมต่อลิตร 0.51-0.59 กรัมต่อลิตร และ3.51-3.55 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาที่ระยะเวลาการหมัก พบว่า ที่ระดับปริมาณเอนไซม์กลูโคอะไมเลส 0.10 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักข้าวสารเหนียว ใช้เวลาในการหมักน้อยที่สุด คือ 9 วัน โดยมีปริมาณ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

แอลกอฮอล์เท่ากับ 13.80 ± 0.20 เปอร์เซ็นต์ และมีน้ำตาลรีดิวซ์เหลือเพียง 0.13 ± 0.13 เปอเซ็นต์ แสดงว่ายีสต์สามารถเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์ได้เกือบสมบูรณ์ ดังนั้นจึงเลือกปริมาณเอนไซม์กลูโคอะไมเลส 0.10 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักของข้าวสารเหนียว เพื่อทำการศึกษาขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของน้ำส่า ในระหว่างการหมักโดยใช้ข้าวเหนียวที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์กลูโคอะไมเลส (SAN Super 360 L) 6 ระดับ

ระยะเวลาการหมัก (วัน)	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix)					
	ปริมาณเอนไซม์ SAN Super 360 L (% w/w)					
	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10
0	20.13 ± 0.31	20.20 ± 0.20	20.27±0.23	20.33 ± 0.12	20.40 ± 0.20	20.47± 0.12
3	14.20 ± 0.35	14.20 ± 0.53	14.33± 0.31	13.93 ±0.31	14.00 ± 0.42	11.77± 0.25
6	12.13± 0.23	12.20± 0.20	12.13 ± 0.12	10.87 ± 0.46	10.47± 0.42	7.33 ± 0.31
9	8.33 ± 0.12	8.40 ± 0.20	8.33 ± 0.12	8.30 ± 0.30	7.47 ± 0.42	6.07 ± 0.12
12	6.07 ± 0.12	6.13 ± 0.23	6.13 ± 0.12	6.20 ± 0.00	6.13 ± 0.12	6.07 ± 0.12

ตารางที่ 4.5 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของน้ำส่าในระหว่างการหมักโดยใช้ข้าวเหนียวที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์กลูโคอะไมเลส (SAN Super 360 L) 6 ระดับ

ระยะเวลาการหมัก (วัน)	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (%w/v)					
	ปริมาณเอนไซม์ SAN Super 360 L (% w/w)					
	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10
0	18.38 ± 1.92	18.64 ± 1.89	19.60± 1.07	19.53 ± 1.00	19.66 ± 1.26	19.84 ± 0.58
3	11.30± 0.52	10.87± 0.88	11.42 ± 0.10	10.73 ± 0.65	8.43 ± 0.41	7.98 ± 0.33
6	7.78± 0.25	8.12 ± 0.09	8.51 ± 0.43	6.00 ± 0.26	5.56 ± 0.52	1.21 ± 0.57
9	3.17± 0.19	3.16 ± 0.21	2.41 ± 0.03	3.14 ± 0.14	1.77 ± 1.05	0.13 ± 0.03
12	0.12 ± 0.06	0.18 ± 0.08	0.14 ± 0.06	0.21 ± 0.06	0.17 ± 0.09	0.13 ± 0.03

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.6 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอลกอฮอล์ของน้ำส่าในระหว่างการหมักโดยใช้ข้าวเหนียวที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์กลูโคอะไมเลส (SAN Super 360 L) 6 ระดับ

ระยะเวลาการหมัก (วัน)	ปริมาณแอลกอฮอล์ (%v/v) ปริมาณเอนไซม์ SAN Super 360 L (%w/w)					
	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10
0	-	-	-	-	-	-
3	6.27 ± 0.23	6.20 ± 0.20	6.27 ± 0.12	6.43 ± 0.25	6.60 ± 0.20	7.47 ± 0.42
6	9.43 ± 0.12	9.47 ± 0.23	9.47 ± 0.12	9.50 ± 0.10	9.60 ± 0.17	12.47 ± 0.31
9	12.20±0.20	12.23 ± 0.15	12.23± 0.25	12.60± 0.17	13.37± 0.12	13.80 ± 0.20
12	13.47 ± 0.12	13.50 ± 0.10	13.53 ± 0.12	13.53± 0.25	13.67± 0.12	13.80 ± 0.20

หมายเหตุ (-) ตรวจไม่พบ

ตารางที่ 4.7 การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำส่าในระหว่างการหมักโดยใช้ข้าวเหนียวที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์กลูโคอะไมเลส (SAN Super 360 L) 6 ระดับ

ระยะเวลาการหมัก (วัน)	ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณเอนไซม์ SAN Super 360 L (% w/w)					
	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10
0	5.75 ± 0.05	5.75 ± 0.07	5.75± 0.05	5.75 ± 0.03	5.76 ± 0.03	5.76± 0.04
3	3.66 ± 0.05	3.68 ± 0.06	3.64 ± 0.02	3.72 ± 0.04	3.63 ± 0.03	3.67 ± 0.04
6	3.59 ± 0.02	3.62 ± 0.01	3.58 ± 0.02	3.64 ± 0.02	3.57± 0.02	3.63 ± 0.06
9	3.56 ± 0.02	3.54 ± 0.03	3.52 ±0.02	3.58± 0.01	3.53± 0.02	3.55 ± 0.03
12	3.52 ± 0.03	3.52 ± 0.02	3.51 ± 0.02	3.55± 0.01	3.52± 0.02	3.55 ± 0.03

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.8 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดของน้ำส่าในระหว่างการหมักโดยใช้ ข้าวเหนียวที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์กลูโคอะไมเลส (SAN Super 360 L) 6 ระดับ

ระยะเวลาการหมัก (วัน)	ปริมาณกรดทั้งหมด (กรดแลกติก; g/l)					
	ปริมาณเอนไซม์ SAN Super 360 L (%w/w)					
	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10
0	1.14 ± 0.23	1.23 ± 0.37	1.23 ± 0.54	1.02 ± 0.23	1.29± 0.32	1.17 ± 0.59
3	2.82 ± 0.14	2.67 ± 0.14	2.78 ± 0.05	2.56 ± 0.04	2.62 ± 0.05	2.62 ± 0.08
6	3.20 ± 0.05	3.12 ± 0.12	3.04 ± 0.07	3.21 ± 0.09	3.15 ± 0.07	3.23 ± 0.10
9	3.64 ± 0.11	3.42 ±0.09	3.34 ± 0.15	3.49 ± 0.02	3.45 ± 0.06	3.47 ± 0.04
12	3.67 ± 0.06	3.54 ± 0.05	3.47 ± 0.06	3.51 ± 0.02	3.57 ± 0.04	3.47 ± 0.04

ตารางที่ 4.9 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดระเหยของน้ำส่าในระหว่างการหมักโดยใช้ ข้าวเหนียวที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์กลูโคอะไมเลส (SAN Super 360 L) 6 ระดับ

ระยะเวลาการหมัก (วัน)	ปริมาณกรดระเหย (กรดอะซิกติก; g/l)					
	ปริมาณเอนไซม์ SAN Super 360 L (% w/w)					
	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10
0	0.11 ± 0.03	0.12 ± 0.04	0.10 ± 0.03	0.10 ± 0.02	0.11 ± 0.02	0.10 ± 0.04
3	0.30 ± 0.02	0.37± 0.10	0.34 ± 0.04	0.34 ± 0.05	0.40 ± 0.03	0.41 ± 0.05
6	0.36 ± 0.05	0.41 ± 0.09	0.44 ± 0.02	0.47 ± 0.03	0.45 ± 0.03	0.47 ± 0.03
9	0.41± 0.06	0.50 ± 0.03	0.48 ± 0.02	0.51 ± 0.03	3.53 ± 0.03	0.52 ± 0.02
12	0.52 ± 0.02	0.55 ± 0.01	0.60 ± 0.01	0.53 ± 0.03	3.59 ± 0.02	0.53 ± 0.02

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.10 การเปรียบเทียบคุณภาพของน้ำส่าหลังสิ้นสุดการหมัก โดยใช้ ข้าวเหนียวที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์กลูโคอะไมเลส (SAN Super 360 L) 6 ระดับ

คุณภาพของน้ำส่า	ปริมาณเอนไซม์ SAN super 360 L (% w/w)					
	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10
- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ($^{\circ}$Brix) ^{ns}	6.07 ± 0.12	6.13 ± 0.23	6.13 ± 0.12	6.20 ± 0.00	6.13 ± 0.12	6.07 ± 0.12
- ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์(%w/v) ^{ns}	0.12 ± 0.12	0.18 ± 0.08	0.14 ± 0.06	0.21 ± 0.06	0.17 ± 0.12	0.13 ± 0.03
- ปริมาณแอลกอฮอล์ (%v/v)	13.47^{b} ± 0.12	13.50^{ab} ± 0.10	13.53^{ab} ± 0.12	13.53^{ab} ± 0.25	13.67^{ab} ± 0.12	13.80^{a} ± 0.20
- ความเป็นกรด-ด่าง	3.52^{ab} ± 0.03	3.52^{ab} ± 0.02	3.51^{b} ± 0.02	3.55^{a} ± 0.01	3.52^{ab} ± 0.02	3.55^{a} ± 0.03
- ปริมาณกรดทั้งหมด (กรดแลกติก; g/l)	3.67^{c} ± 0.06	3.54^{ab} ± 0.03	3.47^{a} ± 0.06	3.51^{ab} ± 0.02	3.57^{b} ± 0.04	3.47^{a} ± 0.03
- ปริมาณกรดระเหย (กรดอะซิกติก; g/l)	0.52^{a} ± 0.01	0.52^{a} ± 0.03	0.51^{a} ± 0.01	0.53^{a} ± 0.03	0.59^{b} ± 0.02	0.52^{a} ± 0.02
ระยะเวลาการหมัก (วัน)	12.0^{b} ± 0.0	12.0^{b} ± 0.0	12.0^{b} ± 0.0	12.0^{b} ± 0.0	12.0^{b} ± 0.0	9.0^{a} ± 0.0

หมายเหตุ 1) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน อักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

2) ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

4.3 ศึกษาผลของพันธุ์ข้าวเหนียวที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์อะไมเลสแล้วหมักให้เกิดแอลกอฮอล์ด้วยเชื้อยีสต์สายพันธุ์ทางการค้า ต่อคุณภาพของสุรากลั่น

ทำการย่อยข้าวเหนียว 3 พันธุ์ คือ กข 6 กข 10 และสันป่าตอง 1 ด้วยเอนไซม์แล้วหมักให้เกิดแอลกอฮอล์โดยยีสต์ทางการค้า 4 สายพันธุ์ คือ Lalvin K1-V1116, Enoferm BDX, Lalvin EC- 1118 และ Fermivin PDM ได้ผลการทดลองดังนี้

4.3.1 ผลของพันธุ์ข้าวเหนียว ต่อคุณภาพของน้ำส่าหลังสิ้นสุดการหมัก

หลังจากสิ้นสุดกระบวนการหมักแล้ว ทำการวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ปริมาณแอลกอฮอล์ ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรดทั้งหมด และปริมาณกรดระเหย พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ของน้ำส่า มีค่าใกล้เคียงกัน อยู่ในช่วง 6.08-6.27 °Brix และ0.14-0.21 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.11) สำหรับปริมาณแอลกอฮอล์ พบว่า น้ำส่าที่หมักด้วยข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6 มีปริมาณแอลกอฮอล์ สูงที่สุด รองลงมา คือ ข้าวเหนียวพันธุ์ กข 10 และสันป่าตอง 1 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 13.29 $\pm$ 0.29, 12.90 $\pm$ 0.36 และ 12.65 $\pm$ 0.29 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณกรดทั้งหมด พบว่า มีค่าใกล้เคียงกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 3.55-3.56 และ3.53-3.57 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ สำหรับปริมาณกรดระเหยของน้ำส่าจากข้าวเหนียวทั้ง 3 พันธุ์ พบว่า มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) โดยน้ำส่าจากข้าวหนียว กข 6 มีกรดระเหยน้อยที่สุด เท่ากับ 0.47 $\pm$ 0.04 กรัมต่อลิตร

เมื่อพิจารณาที่ระยะเวลาการหมัก พบว่า ข้าวเหนียวกข 6 และกข 10 ใช้เวลาในการหมักใกล้เคียงกัน คือ 11.2 $\pm$ 1.3 วัน และได้ปริมาณแอลกอฮอล์ มีค่าสูงใกล้เคียงกัน เท่ากับ 13.29$\pm$0.29 และ12.90$\pm$0.36 ตามลำดับ แต่ข้าวเหนียวสันป่าตอง 1 ใช้เวลาการหมักนานที่สุด ดังนั้นจึงพิจารณาเลือกข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6 และกข 10 เพื่อนำไปวิจัยผลิตเป็นสุรากลั่นต่อไป เนื่องจากได้ปริมาณแอลกอฮอล์สูง และใช้เวลาในการหมักสั้นกว่า

4.3.2 ผลของสายพันธุ์ยีสต์ ต่อคุณภาพของน้ำส่าหลังสิ้นสุดการหมัก

หลังจากสิ้นสุดกระบวนการหมักแล้วทำการวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณแอลกอฮอล์ ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรดทั้งหมด และปริมาณกรดระเหย พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ของน้ำส่าที่หมักด้วยเชื้อยีสต์ทั้ง 4 สายพันธุ์ มีค่าใกล้เคียงกัน อยู่ในช่วง 6.06-6.29 °Brix ส่วนปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ พบว่า เมื่อหมักด้วยยีสต์ Lalvin K1-V1116 เหลือปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์น้อยที่สุด คือ 0.11$\pm$ 0.01

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เปอร์เซ็นต์ สำหรับปริมาณแอลกอฮอล์ พบว่า เมื่อหมักด้วยยีสต์ Lalvin K1-V1116, Lalvin EC-1118 และ Fermivin PDM มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) อยู่ในช่วง 13.06-13.28 เปอร์เซ็นต์ ส่วนยีสต์ Enoferm BDX มีปริมาณแอลกอฮอล์ต่ำที่สุด คือ 12.65 ± 0.49 เปอร์เซ็นต์ สำหรับความเป็นกรด-ด่างของน้ำส่าที่หมักด้วยยีสต์ทั้ง 4 สายพันธุ์ พบว่า มีค่าใกล้เคียงกัน อยู่ในช่วง 3.53-3.58 ส่วนปริมาณกรดทั้งหมด พบว่า ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 3.52-3.58 กรัมต่อลิตร ส่วนปริมาณกรดระเหย พบว่า เมื่อหมักด้วยยีสต์ Fermivin PDM มีปริมาณกรดระเหย น้อยที่สุด คือ 0.44 กรัมต่อลิตร (ตารางที่ 4.12)

เมื่อพิจารณาที่ระยะเวลาในการหมัก พบว่า เมื่อหมักด้วยยีสต์ Fermivin PDM ระยะเวลาในการหมักน้อยที่สุด คือ 10.0 ± 1.5 วัน รองลงมาเป็นยีสต์ Lalvin K1-V1116 ใช้ระยะเวลาในการหมัก 12 วัน ดังนั้นจึงเลือกยีสต์ Fermivin PDM และ Lalvin K1-V1116 เพื่อที่จะนำไปวิจัยผลิตเป็นสุรากลั่นต่อไป

4.3.3 ผลของปัจจัยร่วมระหว่างพันธุ์ข้าวเหนียว และ สายพันธุ์ยีสต์ ต่อคุณภาพของน้ำส่าหลังสิ้นสุดหมัก

หลังจากสิ้นสุดกระบวนการหมักแล้วทำการวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณแอลกอฮอล์ ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณกรดระเหย และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ พบว่า ปริมาณแอลกอฮอล์ที่ผลิตจากข้าวเหนียว กข 6 และหมักด้วยยีสต์ Fermivin PDM มีค่าสูงที่สุด คือ 13.73 ± 0.12 เปอร์เซ็นต์ สำหรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณกรดระเหย และความเป็นกรด-ด่าง ทุกหน่วยการทดลอง พบว่า มีค่าใกล้เคียงกัน อยู่ในช่วง 6.00-6.40 °Brix 0.11-0.25 เปอร์เซ็นต์ 3.32-3.68 กรัมต่อลิตร 0.43-0.83 กรัมต่อลิตร และ3.50-3.61 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.13)

เมื่อพิจารณาที่ระยะเวลาในการหมัก พบว่า น้ำส่าจากข้าวเหนียวกข 6 และกข 10 กับยีสต์ Fermivin PDM ใช้เวลาในการหมักน้อยเท่ากัน คือ 9 วัน และมีปริมาณแอลกอฮอล์ เป็น 13.73 ± 0.12 และ 13.13 ± 0.12 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ รองลงมา คือน้ำส่าจากข้าวเหนียวกข 6 และกข 10 กับยีสต์ Lalvin K1-V1116 ใช้เวลาในการหมัก 12 วัน และมีปริมาณแอลกอฮอล์เป็น 13.27 ± 0.12 และ 13.13 ± 0.12 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าปริมาณแอลกอฮอล์มีค่าใกล้เคียงกัน ดังนั้นพันธุ์ข้าวเหนียว และสายพันธุ์ยีสต์ ที่เหมาะสมจะนำไปทำการกลั่นเป็นสุรากลั่นในขั้นตอนต่อไป คือ กข 6 และกข 10 กับยีสต์ Fermivin PDM และLalvin K1-V1116

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.11 ผลของพันธุ์ข้าวเหนียว ที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์อะไมเลสต่อคุณภาพของน้ำส่าหลังสิ้นสุดกระบวนการหมัก

คุณภาพของน้ำส่า	พันธุ์ข้าวเหนียว		
	กข 6	กข 10	สันป่าตอง 1
- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix)	$6.18^{ab} \pm 0.20$	$6.08^{a} \pm 0.15$	$6.27^{b} \pm 0.20$
- ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (%w/v)	$0.16^{ab} \pm 0.06$	$0.14^{a} \pm 0.06$	$0.21^{b} \pm 0.09$
- ปริมาณแอลกอฮอล์ (%v/v)	$13.29^{a} \pm 0.29$	$12.90^{b} \pm 0.36$	$12.65^{c} \pm 0.41$
- ความเป็นกรด-ด่าง ^{ns}	3.56 ± 0.06	3.55 ± 0.05	3.56 ± 0.03
- ปริมาณกรดทั้งหมด (กรดแลกติก; g/l)^{ns}	3.53 ± 0.21	3.54 ± 0.07	3.57 ± 0.11
- ปริมาณกรดระเหย (กรดอะซิกติก; g/l)	$0.54^{b} \pm 0.09$	$0.47^{a} \pm 0.04$	$0.60^{c} \pm 0.15$
ระยะเวลาการหมัก (วัน)	$11.2^{a} \pm 1.3$	$11.2^{a} \pm 1.3$	$13.5^{b} \pm 1.5$

หมายเหตุ 1) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน อักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

2) ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 4.12 ผลของสายพันธุ์ยีสต์ ต่อคุณภาพของน้ำส่าหลังสิ้นสุดกระบวนการหมัก

คุณภาพของน้ำส่า	สายพันธุ์ยีสต์ทางการค้า			
	Lalvin K1-V1116	Enoferm BDX	Lalvin EC-1118	Fermivin PDM
- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix)	$6.06^{a} \pm 0.17$	$6.23^{bc} \pm 0.20$	$6.29^{c} \pm 0.18$	$6.11^{ab} \pm 0.18$
- ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (%w/v)	$0.11^{a} \pm 0.01$	$0.18^{b} \pm 0.09$	$0.18^{b} \pm 0.07$	$0.20^{b} \pm 0.09$
- ปริมาณแอลกอฮอล์ (%v/v)	$13.06^{a} \pm 0.22$	$12.65^{b} \pm 0.49$	$13.16^{a} \pm 0.32$	$13.28^{a} \pm 0.48$
- ความเป็นกรด-ด่าง	$3.53^{b} \pm 0.05$	$3.54^{b} \pm 0.03$	$3.56^{ab} \pm 0.05$	$3.58^{a} \pm 0.03$
- ปริมาณกรดทั้งหมด (กรดแลกติก; g/l)^{ns}	3.56 ± 0.08	3.58 ± 0.10	3.55 ± 0.12	3.52 ± 0.23
- ปริมาณกรดระเหย (กรดอะซิกติก; g/l)	$0.66^{c} \pm 0.14$	$0.52^{b} \pm 0.03$	$0.52^{b} \pm 0.08$	$0.44^{a} \pm 0.33$
ระยะเวลาการหมัก (วัน)	$12.0^{b} \pm 0.0$	$13.0^{c} \pm 1.5$	$13.0^{c} \pm 1.5$	$10.0^{a} \pm 1.5$

หมายเหตุ 1) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน อักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

2) ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.13 ผลของปัจจัยร่วมระหว่างพันธุ์ข้าวเหนียว และสายพันธุ์ยีสต์ ต่อคุณภาพของน้ำส่าหลังสิ้นสุดกระบวนการหมัก

พันธุ์ข้าวเหนียว	สายพันธุ์ยีสต์	คุณภาพน้ำส่า						ระยะเวลาการหมัก (วัน)
		ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ($^{\circ}$Brix)	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (%w/v)	ปริมาณแอลกอฮอล์ (%v/v)	ความเป็นกรด-ด่าง	ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดแลกติก (g/l)	ปริมาณกรดระเหยในรูปกรดอะซิติก (g/l)	
กข 6	Lalvin K1-V1116	$6.00^{a} \pm 0.00$	$0.12^{abc} \pm 0.01$	$13.27^{b} \pm 0.12$	$3.50^{c} \pm 0.01$	$3.55^{ab} \pm 0.04$	$0.63^{d} \pm 0.09$	$12.0^{b} \pm 0.0$
	Enooferm BDX	$6.23^{ab} \pm 0.25$	$0.13^{abc} \pm 0.02$	$13.17^{b} \pm 0.06$	$3.54^{abc} \pm 0.01$	$3.66^{b} \pm 0.10$	$0.52^{bc} \pm 0.02$	$12.0^{b} \pm 0.0$
	Lalvin EC-1118	$6.40^{b} \pm 0.00$	$0.14^{abc} \pm 0.04$	$13.00^{bc} \pm 0.00$	$3.58^{ab} \pm 0.07$	$3.60^{b} \pm 0.18$	$0.57^{cd} \pm 0.11$	$12.0^{b} \pm 0.0$
	Fermivin PDM	$6.07^{a} \pm 0.12$	$0.23^{abc} \pm 0.08$	$13.73^{a} \pm 0.12$	$3.61^{a} \pm 0.03$	$3.32^{a} \pm 0.32$	$0.45^{ab} \pm 0.02$	$9.0^{a} \pm 0.0$
กข 10	Lalvin K1-V1116	$6.17^{ab} \pm 0.29$	$0.11^{a} \pm 0.00$	$13.13^{b} \pm 0.12$	$3.58^{ab} \pm 0.07$	$3.58^{ab} \pm 0.07$	$0.52^{bc} \pm 0.03$	$12.0^{b} \pm 0.0$
	Enooferm BDX	$6.07^{a} \pm 0.12$	$0.17^{abc} \pm 0.09$	$12.50^{cd} \pm 0.50$	$3.52^{bc} \pm 0.02$	$3.51^{ab} \pm 0.09$	$0.50^{abc} \pm 0.02$	$12.0^{b} \pm 0.0$
	Lalvin EC-1118	$6.07^{a} \pm 0.12$	$0.17^{abc} \pm 0.09$	$12.87^{bc} \pm 0.12$	$3.53^{bc} \pm 0.04$	$3.55^{ab} \pm 0.07$	$0.44^{ab} \pm 0.01$	$12.0^{b} \pm 0.0$
	Fermivin PDM	$6.00^{a} \pm 0.00$	$0.12^{ab} \pm 0.01$	$13.13^{b} \pm 0.12$	$3.56^{abc} \pm 0.04$	$3.56^{ab} \pm 0.09$	$0.43^{a} \pm 0.02$	$9.0^{a} \pm 0.0$
สันป่าตอง 1	Lalvin K1- V1116	$6.00^{a} \pm 0.00$	$0.11^{a} \pm 0.00$	$12.83^{bc} \pm 0.15$	$3.51^{bc} \pm 0.02$	$3.54^{ab} \pm 0.12$	$0.83^{e} \pm 0.04$	$12.0^{b} \pm 0.0$
	Enooferm BDX	$6.40^{b} \pm 0.00$	$0.25^{c} \pm 0.12$	$12.30^{d} \pm 0.26$	$3.56^{abc} \pm 0.02$	$3.57^{ab} \pm 0.05$	$0.55^{c} \pm 0.03$	$15.0^{c} \pm 0.0$
	Lalvin EC-1118	$6.40^{b} \pm 0.00$	$0.24^{abc} \pm 0.03$	$12.53^{cd} \pm 0.15$	$3.57^{ab} \pm 0.03$	$3.50^{ab} \pm 0.10$	$0.56^{cd} \pm 0.02$	$15.0^{c} \pm 0.0$
	Fermivin PDM	$6.27^{ab} \pm 0.23$	$0.24^{bc} \pm 0.12$	$12.97^{bc} \pm 0.64$	$3.58^{ab} \pm 0.02$	$3.68^{b} \pm 0.09$	$0.45^{ab} \pm 0.02$	$12.0^{c} \pm 0.0$

หมายเหตุ 1) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน อักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) 2) ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.3.4 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของสุรากลั่นที่ผลิตจากข้าวเหนียวกข 6 และกข10 กับยีสต์ Fermivin PDM และ Lalvin K1- V1116

เมื่อกระบวนการหมักสิ้นสุดแล้ว นำน้ำส่าที่ได้จากการหมักด้วยข้าวเหนียว กข 6 กับยีสต์ Fermivin PDM ข้าวเหนียวกข 10 กับยีสต์ Fermivin PDM ข้าวเหนียวกข 6 กับยีสต์ Lalvin K1- V1116 และข้าวเหนียวกข10 กับยีสต์ Lalvin K1-V1116 มาทำการกลั่น และปรับความแรงของแอลกอฮอล์ให้เป็นสุรากลั่น 40 ดีกรี หรือเปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร และนำไปทดสอบทางประสาทสัมผัส คุณภาพด้านความใส กลิ่น รสชาติ และการยอมรับรวม โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 20 คน พบว่า ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับด้านกลิ่นทั้ง 4 ตัวอย่าง ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) มีคะแนนอยู่ในช่วง 3.40-3.56 ส่วนด้านความใส รสชาติ และการยอมรับรวม ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับใกล้เคียงกัน มีคะแนนอยู่ในช่วง 4.14-4.90, 2.73-3.45 และ2.91-3.75 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.14) แสดงว่า พันธุ์ข้าวเหนียว และสายพันธุ์ยีสต์ไม่มีผลต่อกลิ่นรสของสุรากลั่น ดังนั้นจึงทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกลั่นเพื่อพิจารณาเลือกพันธุ์ข้าวเหนียวและสายพันธุ์ยีสต์ที่เหมาะสม

ตารางที่ 4.14 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของสุรากลั่น

คุณภาพ	สุรากลั่นที่ได้จากพันธุ์ข้าวเหนียว และยีสต์สายพันธุ์ต่างๆ			
	กข 6 และ Lalvin K1-V1116	กข 10 และ Lalvin K1-V1116	กข 6 และ Fermivin PDM	กข 10 และ Fermivin PDM
ความใส	$4.60^{ab} \pm 0.60$	$4.14^{b} \pm 0.94$	$4.90^{a} \pm 0.31$	$4.28^{b} \pm 0.96$
กลิ่น (ข้าว)^{ns}	3.45 ± 0.51	3.55 ± 0.91	3.40 ± 0.82	3.56 ± 0.10
รสชาติ	$3.10^{ab} \pm 1.02$	$2.73^{b} \pm 1.03$	$3.45^{a} \pm 0.94$	$2.94^{ab} \pm 1.06$
การยอมรับรวม	$3.45^{ab} \pm 0.83$	$2.91^{b} \pm 0.97$	$3.75^{a} \pm 0.64$	$3.00^{b} \pm 1.08$

หมายเหตุ 1) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน อักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

2) ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

3) คะแนนเต็มเท่ากับ 5

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

4.3.5 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกลั่นของสุรากลั่น

จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกลั่นของสุรากลั่น พบว่า สุรากลั่นที่ผลิตจากข้าวเหนียว กข6 กับยีสต์ Fermivin PDM มีผลผลิตแอลกอฮอล์ที่ได้ ปริมาณแอลกอฮอล์ที่กลั่นได้เมื่อเทียบกับปริมาณน้ำส่า ปริมาณแอลกอฮอล์ที่กลั่นได้เมื่อเทียบกับปริมาณแป้ง และประสิทธิภาพในการผลิตแอลกอฮอล์เมื่อเทียบกับทางทฤษฎีสูงที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 41.71 ± 0.50, 75.93 ± 0.28, 53.92 ± 0.65 และ 94.90 ± 1.14 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.15) ดังนั้นจึงเลือกสุรากลั่นที่ผลิตจากข้าวเหนียว กข6 กับยีสต์ Fermivin PDM ทำการเปรียบกับสุรากลั่นที่ผลิตโดยใช้ลูกแป้งในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 4.15 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกลั่นของสุรากลั่น

คุณภาพต่างๆ	สุรากลั่นที่ได้จากพันธุ์ข้าวเหนียว และยีสต์สายพันธุ์ต่างๆ			
	กข 6 และ Lalvin K1-V1116	กข 10 และ Lalvin K1-V1116	กข 6 และ Fermivin PDM	กข 10 และ Fermivin PDM
- ผลผลิตแอลกอฮอล์ที่ได้ (%v/w)	$32.53^{b} \pm 2.23$	$31.18^{b} \pm 1.44$	$41.71^{a} \pm 0.50$	$32.63^{b} \pm 0.99$
- ปริมาณแอลกอฮอล์ที่กลั่นได้เมื่อเทียบกับปริมาณน้ำส่า (%v/v)	$61.28^{b} \pm 3.70$	$59.34^{b} \pm 2.76$	$75.93^{a} \pm 0.28$	$62.11^{b} \pm 2.28$
- ปริมาณแอลกอฮอล์ที่กลั่นได้เมื่อเทียบกับปริมาณแป้ง (%w/v)	$42.06^{b} \pm 2.88$	$39.98^{b} \pm 1.84$	$53.92^{a} \pm 0.65$	$41.84^{b} \pm 1.27$
- ประสิทธิภาพในการผลิตแอลกอฮอล์เมื่อเทียบกับทางทฤษฎี (%)	$74.02^{b} \pm 5.06$	$70.37^{b} \pm 3.24$	$94.90^{a} \pm 1.14$	$73.64^{b} \pm 2.24$

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน อักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

4.4 การเปรียบเทียบการย่อยด้วยเอนไซม์ กับการใช้ลูกแป้งในการผลิตสุรากลั่น

4.4.1 การเปรียบเทียบคุณภาพของน้ำส่าหลังสิ้นสุดการหมัก

จากการข้าวเหนียว กข 6 (พันธุ์ข้าวเหนียวที่เหมาะสมกับวิธีการย่อยด้วยเอนไซม์แล้วหมักให้เกิดแอลกอฮอล์ด้วยเชื้อยีสต์ จากข้อ 4.3) นำมาแช่น้ำ แล้วนึ่งให้สุก และคลุกเคล้ากับลูกแป้งที่บดละเอียดเป็นผงแล้ว นำมาใส่ภาชนะ และปิดฝา ทิ้งไว้ 7 วัน หลังจากนั้นเติมน้ำต้มสุกในอัตราส่วน 3 ต่อ 5 (ข้าวสารเหนียวต่อน้ำสุก) ในระหว่างการหมักหลังจากการเติมน้ำ แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงด้านปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ พบว่า ลดลงอย่างรวดเร็ว ในวันที่ 3 ของการหมัก และลดลงจนกระทั่งสิ้นสุดการหมัก สำหรับปริมาณแอลกอฮอล์ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และมีปริมาณสูงที่สุด ในวันที่ 9 ของการหมัก โดยมีปริมาณแอลกอฮอล์เท่ากับ 11.20 ± 0.20 เปอร์เซ็นต์ สำหรับแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงด้านความเป็นกรด-ด่าง พบว่า โดยมีแนวโน้มลดลงจนกระทั่งสิ้นสุดการหมัก ส่วนปริมาณกรดทั้งหมด และปริมาณกรดระเหย พบว่า มีแนวโน้ม เพิ่มขึ้น จนกระทั่งสิ้นสุดการหมัก (ตารางที่ 4.16)

เมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก นำมาวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ปริมาณแอลกอฮอล์ ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรดทั้งหมด และ ปริมาณกรดระเหย แล้วนำมาเปรียบเทียบกับน้ำส่าที่หมักจากข้าวเหนียว กข 6 และหมักด้วยยีสต์ Fermivin PDM พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ และปริมาณกรดทั้งหมด มีค่าใกล้เคียงกันมากไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 6.07-6.40 °Brix 0.17-0.23 เปอร์เซ็นต์ และ 3.32 -3.55 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ สำหรับปริมาณแอลกอฮอล์ และความเป็นกรด-ด่าง พบว่า น้ำส่าจากการหมักด้วยยีสต์ Fermivin PDM มีค่าสูงกว่าน้ำส่าจากการใช้ลูกแป้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) มีค่าเท่ากับ 13.73 ± 0.12 เปอร์เซ็นต์ และ3.61± 0.03 ตามลำดับ ส่วนปริมาณกรดระเหย พบว่า น้ำส่าจากการหมักด้วยยีสต์ Fermivin PDM มีค่าต่ำกว่า น้ำส่าจากการใช้ลูกแป้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) เท่ากับ 0.45 ± 0.02 กรัมต่อลิตร (ตารางที่ 4.17)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.16 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพต่างๆ ของน้ำส่า ในระหว่างการหมักหลังจากเติมน้ำโดยใช้ลูกแป้งในการหมัก

ระยะเวลาการหมัก (วัน)	คุณภาพต่างๆ ของน้ำส่า					
	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ($^{\circ}$Brix)	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (% w/v)	ปริมาณแอลกอฮอล์ (% v/v)	ความเป็นกรด-ด่าง	ปริมาณกรดทั้งหมด (g/l)	ปริมาณกรดระเหย (g/l)
0	15.00 ±1.00	11.08±1.71	5.53±0.84	3.69±0.04	3.36±0.34	0.51±0.02
3	11.40±0.35	2.85±0.73	7.77±0.25	3.61±0.01	3.49±0.01	0.54±0.02
6	8.40±0.20	1.32±0.26	8.40±0.20	3.57±0.03	3.52±0.03	3.57±0.03
9	6.40±0.20	0.29±0.02	11.2±0.20	3.47±0.03	3.59±0.01	0.64±0.02

ตารางที่ 4.17 การเปรียบเทียบคุณภาพของน้ำส่าหลังสิ้นสุดการหมัก

คุณภาพของน้ำส่าหลังสิ้นสุดการหมัก	น้ำส่าที่ได้จากยีสต์แหล่งต่างๆ	
	ลูกแป้ง	ยีสต์ Fermivin PDM
- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ($^{\circ}$Brix)	6.40 ± 0.20	6.07 ± 0.12
- ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (%w/v)	0.17 ± 0.02	0.23 ± 0.08
- ปริมาณแอลกอฮอล์ (%v/v)	11.20^{b}± 0.20	13.73^{a}± 0.12
- ความเป็นกรด-ด่าง	3.47^{b}± 0.03	3.61^{a}± 0.03
- ปริมาณกรดทั้งหมด (กรดแลกติก; g/l)^{ns}	3.55 ± 0.05	3.32 ± 0.32
- ปริมาณกรดระเหย (กรดอะซิกติก; g/l)	0.64^{b}± 0.02	0.45^{a}± 0.02

หมายเหตุ 1) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน อักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

2) ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

4.4.2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกลั่น และต้นทุนการผลิต

นำน้ำส่า ที่ได้จากข้าวเหนียว กข 6 และหมักด้วยลูกแป้ง มาทำการกลั่น แล้วเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกลั่น พบว่า สุรากลั่นจากข้าวเหนียวกข 6 และหมักด้วยยีสต์ Fermivin PDM มีผลผลิตแอลกอฮอล์ที่ได้ ปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้เมื่อเทียบกับปริมาณน้ำส่า ปริมาณแอลกอฮอล์ที่กลั่นได้เมื่อเทียบกับปริมาณแป้ง และประสิทธิภาพในการผลิตแอลกอฮอล์เมื่อเทียบกับทางทฤษฎี สูงกว่าสุรากลั่นจากการใช้ลูกแป้ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เท่ากับ 41.71± 0.50, 75.93 ± 0.28, 53.92 ± 0.65 และ 94.90 ± 1.14 ตามลำดับ สำหรับปริมาณแอลกอฮอล์ที่กลั่นได้เมื่อเทียบกับปริมาณน้ำส่าของสุรากลั่นทั้ง 2 ตัวอย่าง พบว่า ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) มีค่าอยู่ในช่วง 75.02-75.93 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.18)

สำหรับในด้านต้นทุนการผลิตของสุรากลั่น พบว่า สุรากลั่นจากข้าวเหนียว กข 6 ที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์แล้วหมักด้วยยีสต์ Fermivin PDM มีต้นทุนเท่ากับ 44 บาทต่อลิตร (ภาคผนวก จ) ส่วนต้นทุนของสุรากลั่นที่ผลิตโดยใช้ลูกแป้ง เท่ากับ 71.45 บาทต่อลิตร

4.4.3 การเปรียบเทียบคุณภาพทางกายภาพ และเคมีของสุรากลั่น

นำสุรากลั่นที่ผลิตจากข้าวเหนียวกข 6 และหมักด้วยยีสต์ Fermivin PDM และสุรากลั่นที่ผลิตจากการใช้ลูกแป้ง มาปรับความแรงของแอลกอฮอล์ให้เป็นสุรากลั่น 40 ดีกรีหรือเปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร แล้วนำไปตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ฟูเซลออยล์ เฟอร์ฟิวรัล เอสเทอร์ แอลดีไฮด์ เมทิลแอลกอฮอล์ เอทิลคาร์บาเมต ตะกั่ว และสารหนู โดยสถานบริการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (สวท-มช.) พบว่า สุรากลั่นทั้ง 2 ตัวอย่าง มีปริมาณสารต่างๆ ดังกล่าวในปริมาณต่ำ ไม่เกินมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (สุรากลั่นชุมชน ; มผช.32-2546) และมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สุรากลั่น ; มอก.2088-2544) (ตารางที่ 4.19)

4.4.4 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของสุรากลั่น

นำสุรากลั่นที่ผ่านการตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี จากข้อ 4.4.3 มาทดสอบทางประสาทสัมผัส คุณภาพด้านความใส กลิ่น รสชาติ และการยอมรับรวม โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 20 คน พบว่า ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับด้านความใส ทั้ง 2 ตัวอย่าง ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ซึ่งมีคะแนนเท่ากับ 4.45 ± 0.51 สำหรับคุณภาพด้านกลิ่น รสชาติ และการยอมรับรวม พบว่า มีคะแนนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยที่สุรากลั่นจากข้าวเหนียว กข 6 และหมักด้วยยีสต์ Fermivin PDM มีคะแนนสูงกว่าสุรากลั่นจากการใช้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ลูกแป้ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) มีค่าเท่ากับ 3.95 ± 0.64, 3.70 ± 0.57 และ 4.00 ± 0.46 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.20)

ดังนั้นแสดงให้เห็นว่าผู้บริโภคยอมรับสุรากลั่นที่ผลิตจากการย่อยข้าวเหนียว กข 6 ด้วยเอนไซม์แล้วหมักด้วยยีสต์ Fermivin PDM มากกว่า นอกจากนี้ขั้นตอนการผลิตไม่ยุ่งยาก และต้นทุนการผลิตต่ำกว่า สรุปได้ว่า การผลิตสุรากลั่นโดยใช้ข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6 ทำการย่อยด้วยเอนไซม์และหมักให้เกิดแอลกอฮอล์ด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* สายพันธุ์ Fermivin PDM มีความเป็นไปได้ในการผลิตเป็นทางการค้า เนื่องจากวิธีนี้มีขั้นตอนการผลิต และใช้เทคโนโลยีที่ไม่ยุ่งยาก น่าจะเหมาะสมกับการนำมาผลิตเป็นสุรากลั่นชุมชนที่มีเอกลักษณ์เฉพาะในด้านของความหอมของกลิ่นข้าวและรสชาติ ซึ่งแตกต่างจากสุรากลั่นที่ผลิตโดยการใช้ลูกแป้ง

ตารางที่ 4.18 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกลั่นของสุรากลั่น

คุณภาพต่างๆ	สุรากลั่นที่ได้จากยีสต์แหล่งต่างๆ	
	ลูกแป้ง	Fermivin PDM
- ผลผลิตแอลกอฮอล์ที่ได้ (%v/w)	$23.12^{b} \pm 1.43$	$41.71^{a} \pm 0.05$
- ปริมาณแอลกอฮอล์ที่กลั่นได้เมื่อเทียบกับปริมาณน้ำส่า (%v/v)^{ns}	75.02 ± 3.49	75.93 ± 0.28
- ปริมาณแอลกอฮอล์ที่กลั่นได้เมื่อเทียบกับปริมาณแป้ง (%v/w)	$29.89^{b} \pm 1.84$	$53.92^{a} \pm 0.65$
- ประสิทธิภาพในการผลิตแอลกอฮอล์เมื่อเทียบทางกับทฤษฎี (%)	$52.61^{b} \pm 3.24$	$94.90^{a} \pm 1.14$

หมายเหตุ 1) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน อักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

2) ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.19 คุณภาพทางเคมีของ สุรากลั่น

คุณภาพทางเคมี	สุรากลั่นที่ได้จากยีสต์แหล่งต่างๆ		มาตรฐานสุรากลั่น	
	ยีสต์ Fermivin PDM	ลูกแป้ง	มผช. 32/2546	มอก. 2088/2544
1. ฟูเซลออยล์ (mg/l)	742.34 ± 3.64	934.46 ± 2.41	5500	5500
2. เฟอร์ฟิวรัล (mg/l)	0.43 ± 3.64	1.18 ± 0.02	50	50
3. เอสเทอร์ (mg/l)	120.76 ± 4.25	200.35 ± 8.21	1200	1200
4. แอลดีไฮด์ (mg/l)	16.50 ± 0.37	20.94 ± 1.13	160	160
5. เมทิลแอลกอฮอล์ (mg/l)	7.87 ± 0.15	8.15 ± 0.08	420	420
6. เอทิลคาร์บาเมต (mg/l)	ไม่พบ	ไม่พบ	400	400
7. ตะกั่ว (mg/l)	0.07 ± 0.01	0.02 ± 0.00	0.2	0.2
8 สารหนู (µg/l)	ไม่พบ	ไม่พบ	0.1	0.1

ตารางที่ 4.20 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของสุรากลั่น

คุณภาพ	สุรากลั่นที่ได้จากยีสต์แหล่งต่างๆ	
	ลูกแป้ง	ยีสต์ Fermivin PDM
ความใส ^{ns}	4.45 ± 0.51	4.55 ± 0.51
กลิ่น (ข้าว)	3.20^{b} ± 1.06	3.95^{a} ± 0.64
รสชาติ	2.90^{b} ± 1.17	3.70^{a} ± 0.57
การยอมรับรวม	3.25^{b} ± 0.79	4.00^{a} ± 0.46

หมายเหตุ 1) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอน อักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

2) ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

3) คะแนนเต็มเท่ากับ 5

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved