

คุณสมบัติทางเคมี กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระและการทดสอบทางประสาทสัมผัส
ของน้ำส้มสายชูหมักจากข้าวเหนียวดำ 2 แบบ

Chemical property, Antioxidant activity and Sensory evaluation of Fermented
vinegar from 2 type of Black Glutinous Rice

วิลาวัลย์ บุญย์ศุภา* กรรณิการ์ ทองดอนเปียง และพันธิรา แก้วมาตย์
สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
*Email: wilawanboonsupa@ymail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้ได้ทำการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากไวน์ข้าวเหนียวดำที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำ 2 แบบ ได้แก่ ข้าวเหนียวดำยี่ห้อไรทิพย์ และ ข้าวเหนียวดำพันธุ์ลิ้มผั่ว เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของน้ำส้มสายชูหมัก กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ และ การทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำส้มสายชูหมักจากข้าวเหนียวดำ ด้วยวิธี 9-point hedonic scale ไวน์ข้าวเหนียวดำที่หมักได้ปรับค่าปริมาณแอลกอฮอล์เท่ากับร้อยละ 8 แล้วเติมเชื้อแบคทีเรีย *Acetobacter pasteurianus* ที่มีปริมาตรร้อยละ 10 หมักที่สภาวะอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน ตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างในวันที่ 0, 5, 10 และ 15 ในระหว่างการหมัก พบว่า ปริมาณแอลกอฮอล์มีแนวโน้มลดลง ส่วนปริมาณกรดอะซิติกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น หลังสิ้นสุดการหมัก พบว่า น้ำส้มสายชูหมักที่ทำจากข้าวเหนียวดำยี่ห้อไรทิพย์ มีปริมาณกรดอะซิติกสูงสุด คือ ร้อยละ 8.15 ± 0.01 น้ำส้มสายชูหมักจากข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผั่ว และ ยี่ห้อไรทิพย์ มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ คือ ร้อยละ 72.53 ± 0.14 และ 65.26 ± 0.21 ตามลำดับ จากการทดสอบประสาทสัมผัสตัวอย่างน้ำส้มสายชูพร้อมดื่มจากน้ำส้มสายชูที่หมักไว้ จากผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคของผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูข้าวเหนียวดำหมักพร้อมดื่มพบว่าได้รับคะแนนเฉลี่ยความชอบรวมไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$)

คำสำคัญ: ไวน์ น้ำส้มสายชูหมัก ข้าวเหนียวดำ น้ำส้มสายชูพร้อมดื่ม กิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ

Abstract

This study was conducted to produce fermented vinegars from two type of Black Glutinous Rice, namely Raitip brand and Luempua cultivar. The aim of the present study was to examine the chemical properties of the vinegars and their antioxidant activities. Sensory evaluation of the vinegars based on the-9 point hedonic scale was included in this study. Vinegar fermentation was performed by inoculating 10% (v/v) of *Acetobacter pasteurianus* into each of two Black Glutinous Rice wines with their initial alcohol content adjusted to 8 % (v/v). The fermentation was conducted for 15 days at ambient temperature and sampling was performed at 5-day intervals. It was observed for all samples that the level of alcohol decreased continuously

over the fermentation period, which was consistent to the increased level of acetic acid. At the end of the fermentation process the fermented vinegar produced from the Raitip brand exhibited the highest level of acetic acid of 8.15 ± 0.01 %. Antioxidant activities observed for the vinegars produced from the Luempua cultivar and Raitip brand were 72.53 ± 0.14 and 65.26 ± 0.21 %, respectively. As with the consumer hedonic scale, not significant differences ($P < 0.05$) in the average overall score between the obtained vinegars were not detected.

Keywords: Wine, Fermented vinegar, Glutinous rice, Drinking vinegar, Antioxidant activity

บทนำ

ข้าวเหนียว มีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Oryza sativa* var. *glutinosa* ชื่อวงศ์ Poaceae ชื่อสามัญ Glutinous rice เป็นข้าวที่มีอะไมโลสปริมาณต่ำมาก ข้าวสารจะมีสีขุ่น เมล็ดข้าวที่สุกแล้ว จะติดกันเหนียว กาว นิยมบริโภคเป็นอาหารหลักของประชากรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และ ภาคเหนือของประเทศไทย นอกจากจะบริโภคโดยตรงแล้วยังมีการนำข้าวเหนียวมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตสุราพื้นบ้าน การผลิตแป้งข้าวเหนียวเพื่ออุตสาหกรรมอาหาร และ ขนมขบเคี้ยว เป็นต้น ข้าวเหนียว มี 2 ชนิด คือ ข้าวเหนียวขาว และ ข้าวเหนียวดำ สำหรับข้าวเหนียวดำนั้น ภาษาพื้นเมืองของทางภาคเหนือ และ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เรียกว่า ข้าวก่ำ ในข้าวเหนียวดำ มีสารอาหารที่เป็นประโยชน์มาก คือ Oligomeric Proanthocyanidin Complex (OPC) มีสรรพคุณช่วยชะลอการแก่ก่อนวัย และความเสื่อมถอยของร่างกาย โดยสาร โอฟีซีทีที่พบในข้าวเหนียวดำเป็นสารชนิดเดียวกับสารสกัดที่ได้จาก องุ่นดำ องุ่นแดง และ เปลือกสน นอกจากนี้ในข้าวเหนียวดำยังมี สารฟีนอลิก เช่น Ferulic acid เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ทำหน้าที่เป็นตัวยับยั้งแบบแย่งแข่งขันจับอนุมูลอิสระที่กระตุ้นสารก่อมะเร็งไม่ให้จับกับสารก่อมะเร็ง และมีวิตามินอี ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระชนิดหนึ่ง (อทิติยา, 2551)

น้ำส้มสายชูหมักจากผลไม้ เป็น น้ำส้มสายชูที่ได้จากการหมักผลไม้ต่างๆ การผลิตน้ำส้มสายชูหมัก มีการหมัก 2 ขั้นตอน คือ การหมักน้ำตาลให้เกิดแอลกอฮอล์ โดยใช้ยีสต์ในสภาวะที่ไม่มีอากาศ ตามด้วยการหมักแอลกอฮอล์ให้เกิดกรดอะซิติก ด้วยแบคทีเรียในกลุ่ม *Acetobacter* และ *Gluconobacter* ในภาวะที่มีออกซิเจน น้ำส้มสายชูที่หมักได้ มีกลิ่นหอมตามธรรมชาติของกลิ่นของวัตถุดิบ และ มีปริมาณกรดน้ำส้มไม่น้อยกว่า 4% ปัจจุบันนิยมนำน้ำส้มสายชูหมักไปซังเป็นเครื่องดื่มผสมน้ำผึ้งและน้ำอุ่นเพื่อสุขภาพ ทำให้ระบบย่อยอาหารดีขึ้น

การนำข้าวเหนียวดำไปผลิตเป็นน้ำส้มสายชูหมัก เป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถแปรรูปข้าวเหนียวดำให้เป็นเครื่องดื่มสุขภาพ และ เป็นการเพิ่มมูลค่าของข้าวเหนียวดำ ในการทดลองนี้ได้ศึกษาคุณสมบัติทางเคมี กิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ และ การทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำส้มสายชูหมักจากข้าวเหนียวดำ 2 แบบ (ข้าวเหนียวดำยี่ห้อไรท์ทิพย์ และข้าวเหนียวดำพันธุ์ลิ้มผั่ว)

วิธีดำเนินการวิจัย

การผลิตไวน์ข้าวเหนียวดำ

นำข้าวเหนียวดำไปแช่น้ำ 1 คืน หลังจากนั้นเอาไปนึ่งให้สุกนำข้าวเหนียวที่นึ่งสุก ปริมาณ 500 กรัม มาคลุกกับลูกแป้งข้าวหมาก ปริมาณ 5 กรัม คลุกเคล้าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 10 วัน ปรับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ที่ 18 องศาบริกซ์ โดยใช้ น้ำเชื่อม กรองเอาเฉพาะน้ำจากข้าวเหนียวดำ นำมาทำการฆ่าเชื้อโดยใช้อุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้อุณหภูมิลดลงประมาณ 35-37 องศาเซลเซียส เตรียมยีสต์สำหรับทำไวน์ โดยนำยีสต์ปริมาณ 5 กรัม ผสมน้ำอุ่น 60 มิลลิลิตร ใส่เชื้อยีสต์ผงที่ใช้สำหรับทำไวน์ *Saccharomyces cerevisiae* BM 4X4 โดยใช้ยีสต์ผงในอัตราส่วน 3 มิลลิลิตร ต่อน้ำข้าวเหนียวดำ 400 มิลลิลิตร ปิดฝาขวดพลาสติกด้วยผ้าขาวบางที่รัดหนังยาง เพื่อให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สามารถระเหยออกได้ หมักไวน์เป็นเวลา 5 วัน เมื่อหมักไวน์ครบ 5 วัน ทำการดูดส่วนใสลงในขวดใหม่ จากนั้นพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที และบ่มไวน์ที่อุณหภูมิ 10-15 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 วัน

การผลิตน้ำส้มสายชูจากไวน์ข้าวเหนียวดำ

จากไวน์ข้าวเหนียวดำของแต่ละแบบที่เตรียมได้ นำไปปรับปริมาณแอลกอฮอล์ เท่ากับ ร้อยละ 8 โดยใช้ น้ำกลั่นที่ฆ่าเชื้อแล้ว ถ่ายเชื้อ *Acetobacter pasteurianus* ร้อยละ 10 ที่เตรียมจากอาหารเลี้ยงเชื้อ Glucose yeast broth เขย่าบนเครื่องเขย่า เป็นเวลา 1 วัน ลงในไวน์ข้าวเหนียวดำแต่ละแบบ แบบละ 3 ฟลasks ปริมาตร 150 มิลลิลิตร นำไปเขย่า บนเครื่องเขย่า เป็นเวลา 15 วัน เก็บตัวอย่างในวันที่ 0, 5, 10 และ 15 วัน ตัวอย่างละ 3 ฟลasks เมื่อหมักน้ำส้มสายชู ครบ 15 วัน ทำการหยุดกระบวนการหมัก โดยการพาสเจอร์ไรส์น้ำส้มสายชูที่ อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที

ในระหว่างการหมักไวน์และน้ำส้มสายชู ตรวจคุณภาพทางเคมี ดังนี้

(1) วัดแอลกอฮอล์ ปริมาณกรดอะซิติก และ น้ำตาลกลูโคส โดยการเก็บตัวอย่างไวน์และน้ำส้มสายชูใส่ microtube ปิดด้วยพาราฟิล์มเก็บไว้ในอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส วัดปริมาณแอลกอฮอล์ ปริมาณกรดอะซิติก น้ำตาลฟรุคโตส และน้ำตาลกลูโคส ด้วยเครื่อง High performance liquid chromatography (HPLC-RID) โดยใช้คอลัมน์ Aminex HPX-87H column (300x7.8 mm.) อัตราการไหล 0.6 มิลลิลิตรต่อนาที อุณหภูมิคอลัมน์ 45 องศาเซลเซียส วัฏภาคเคลื่อนที่คือ กรดซัลฟิวริกเข้มข้น 0.005 โมล/ลิตร และใช้ตัวตรวจวัดแบบ reflective index detector (RID-10A)/ Degrasser DGU-20-As/Pump LC-20AD Pump LC-20AD/ Auto sampler sil-20A/ Column oven CTO-20A เปรียบเทียบปริมาณแอลกอฮอล์ ปริมาณกรดอะซิติก น้ำตาลฟรุคโตส และน้ำตาลกลูโคสของตัวอย่างกับกราฟเส้นตรงของสารละลายมาตรฐาน

(2) การทดสอบกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ

การทดสอบกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ ด้วย DPPH (Brand-Williams et al., 1995)

เตรียมสารละลาย 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl ความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมล โดยละลายด้วย ethanol 95% ปิเปตตัวอย่างมา 1.5 มิลลิลิตร และ ปิเปต DPPH 1.5 มิลลิลิตร ให้ทำปฏิกิริยากันในหลอด

ทดลองนำไปเขย่าให้เข้ากัน รอให้สารละลายทำปฏิกิริยากัน 20 นาที นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงของสารที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ใช้เอทานอลเป็น blank

$$\text{Inhibition (\%)} = ((A_{\text{DPPH}} - A_{\text{Sample}})/A_{\text{DPPH}}) \times 100$$

เมื่อกำหนดให้ A_{DPPH} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของ DPPH Control

A_{Sample} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างหลังทำปฏิกิริยากับ DPPH

(3) การทดสอบทางประสาทสัมผัส

การทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำส้มสายชูจากไวน์ข้าวเหนียวดำได้ทำการดัดแปลงสูตรน้ำส้มสายชูพร้อมดื่มจากเอื้องพร (2552) โดยมีส่วนผสมดังนี้ น้ำส้มสายชูจากไวน์ข้าวเหนียวดำ 200 กรัม น้ำผึ้ง 150 กรัม น้ำเปล่า 150 กรัม ผสมให้เข้ากัน จากนั้นนำน้ำส้มสายชูจากไวน์ข้าวเหนียวดำไปทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยใช้การทดสอบแบบ 9-point Hedonic scale ช่วงคะแนน 1 (ไม่ชอบมากที่สุด) -9 (ชอบมากที่สุด) ใช้ผู้ทดสอบชิม โดยเป็นผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน ให้คะแนนความชอบในด้านสี กลิ่น น้ำส้มสายชู รสเปรี้ยว รสหวาน และความชอบรวม วางแผนการทดลองแบบบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD)

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design) ทรีทเมนต์ละ 2 ซ้ำ ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ นำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติ โดยวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน ด้วยวิธีการเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่โดยวิธี independent t-test และวิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

คุณภาพทางเคมีของไวน์ในระหว่างการหมัก

ผลวิเคราะห์ทางเคมี ปริมาณแอลกอฮอล์ ปริมาณกรดอะซิติก ปริมาณน้ำตาลฟรุกโตส และปริมาณน้ำตาลกลูโคส จากการหมักไวน์ข้าวเหนียวดำเป็นเวลา 5 วัน โดยพบว่าในวันที่ 5 ไวน์ที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผั่ว มีปริมาณแอลกอฮอล์สูงสุดเท่ากับร้อยละ 14.78 ± 0.04 (ตารางที่ 1) ปริมาณแอลกอฮอล์ในไวน์เกิดจากการย่อยน้ำตาลของยีสต์เปลี่ยนให้เป็นเอทานอล (ไพบูลย์ และพัฒนา, 2548) จากการทดลอง พบว่า ไวน์ข้าวเหนียวดำมีปริมาณแอลกอฮอล์มากกว่าไวน์ข้าวสีทอง (ร้อยละ 11.40) (วิบูลย์ และศรีเวียง, 2558) การหมักไวน์เป็นเวลา 5 วัน พบว่า ปริมาณน้ำตาลกลูโคสมีค่าเท่ากับ 0 ในการหมักไวน์ข้าวเหนียวดำทั้ง 2 แบบ (ตารางที่ 2) สำหรับปริมาณน้ำตาลฟรุกโตสของไวน์ที่ทำจากข้าวเหนียวดำ สายพันธุ์ลิ้มผั่ว มีค่าเท่ากับ 0 ในวันที่ 4 ของการหมัก แสดงให้เห็นว่ายีสต์มีความสามารถใช้น้ำตาลซูโครสในข้าวเหนียวสายพันธุ์ลิ้มผั่วอย่างมีประสิทธิภาพ ในขณะที่ไวน์ที่ทำจากข้าวเหนียวดำ ยี่ห้อไร่ทิพย์ มีปริมาณน้ำตาลฟรุกโตส เท่ากับ 0.16 ± 0.01 (ตารางที่ 3) กระบวนการหมักไวน์ เป็นกระบวนการหมักให้เกิดแอลกอฮอล์ โดยการเปลี่ยนไฟรูเวตให้เป็นเอทานอลในสภาพที่ไม่มีก๊าซออกซิเจน ผ่านกระบวนการไกลโคไลซิส (Glycolysis pathway) โดยยีสต์จะใช้น้ำตาลส่วนหนึ่งในการเจริญ

เพื่อเพิ่มปริมาณเซลล์ และบางส่วนจะถูกนำไปใช้สังเคราะห์สารเมแทบอไลต์อื่นๆ ได้แก่ เอทานอล ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ กรดอะซิติก กรดแล็กติก กรดซัคซินิก เป็นต้น (วันเพ็ญ, 2556)

ตารางที่ 1 ปริมาณแอลกอฮอล์ในระหว่างการหมักไวน์ที่ทำจากข้าวเหนียวดำ 2 แบบ

ไวน์ที่ทำจากข้าวเหนียวดำ	ปริมาณแอลกอฮอล์ (ร้อยละ) / ระยะเวลาการหมัก (วัน)					
	วันที่ 0	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5
ข้าวเหนียวดำ ยี่ห้อไรทิพย์	0	8.78 ± 0.03 ^a	12.43 ± 0.04 ^a	13.10 ± 0.03 ^b	13.80 ± 0.04 ^b	14.62 ± 0.01 ^b
ข้าวเหนียวดำ พันธุ์ลิ้มผัว	0	7.21 ± 0.01 ^b	12.21 ± 0.02 ^b	13.21 ± 0.02 ^a	14.21 ± 0.03 ^a	14.78 ± 0.04 ^a

ตารางที่ 2 ปริมาณน้ำตาลกลูโคสจากการหมักไวน์ที่ทำจากข้าวเหนียวดำพันธุ์ต่างๆ 2 แบบ

ไวน์ที่ทำจากข้าวเหนียวดำ	ปริมาณน้ำตาลกลูโคส (ร้อยละ)/ระยะเวลาการหมัก (วัน)					
	วันที่ 0	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5
ข้าวเหนียวดำ ยี่ห้อไรทิพย์	11.50 ± 0.71 ^a	7.07 ± 0.02 ^a	2.73 ± 0.04 ^a	2.06 ± 0.06 ^a	0.08 ± 0.03 ^{ns}	0
ข้าวเหนียวดำ พันธุ์ลิ้มผัว	5.37 ± 0.04 ^b	1.75 ± 0.04 ^b	0.09 ± 0.01 ^b	0 ^b	0 ^{ns}	0

ตารางที่ 3 ปริมาณน้ำตาลฟรุกโตสของการหมักไวน์ที่ทำจากข้าวเหนียวดำพันธุ์ต่าง ๆ 2 แบบ

ไวน์ที่ทำจาก ข้าวเหนียวดำ	ปริมาณน้ำตาลฟรุกโตส (ร้อยละ)/ระยะเวลาการหมัก (วัน)					
	วันที่ 0	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5
ข้าวเหนียวดำ ยี่ห้อไร่ทิพย์	25.58 ± 0.08 ^a	17.37 ± 0.05 ^a	9.95 ± 0.08 ^a	7.08 ± 0.08 ^a	0.95 ± 0.07 ^a	0.16 ± 0.01 ^a
ข้าวเหนียวดำ พันธุ์ลิ้มผิว	14.28 ± 0.06 ^b	5.68 ± 0.04 ^b	0.60 ± 0.04 ^b	0.39 ± 0.01 ^b	0 ^b	0 ^b

หมายเหตุ: เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณไวน์จำนวน 2 ซ้ำตามแนวดิ่ง ตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

คุณภาพทางเคมีของน้ำส้มสายชูในระหว่างการหมักและคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของน้ำส้มสายชูพร้อมดื่ม

ปริมาณแอลกอฮอล์และปริมาณกรดอะซิติก จากการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากข้าวเหนียวดำทั้ง 2 แบบ ได้แก่ ข้าวเหนียวดำยี่ห้อไร่ทิพย์ และ ข้าวเหนียวดำพันธุ์ลิ้มผิว โดยทำการหมักด้วยเชื้อแบคทีเรีย *Acetobacter pasteurianus* เป็นเวลา 15 วัน พบว่า วันที่ 15 ของการหมักน้ำส้มสายชูจากข้าวเหนียวดำยี่ห้อไร่ทิพย์ไม่เหลือปริมาณแอลกอฮอล์ (ตารางที่ 4) ในส่วนของปริมาณกรดอะซิติกพบว่าวันที่ 15 ของการหมักน้ำส้มสายชูจากข้าวเหนียวดำยี่ห้อไร่ทิพย์มีปริมาณกรดอะซิติกสูงสุดเท่ากับร้อยละ 8.15 ± 0.01 ดังแสดงในตารางที่ 5

ปริมาณกรดอะซิติก ที่ได้เกิดจากการทำงานของเชื้อผลิตกรดอะซิติกเปลี่ยนเอทานอลให้เป็นกรดอะซิติก จากการหมักน้ำส้มสายชูที่ผลิตจากไวน์ข้าวเหนียวดำ พบว่า น้ำส้มสายชูจากไวน์ข้าวเหนียวดำยี่ห้อไร่ทิพย์มีปริมาณกรดอะซิติกสูงสุดเท่ากับร้อยละ 8.15 ± 0.01 ซึ่งมีปริมาณกรดอะซิติกมากกว่าน้ำส้มสายชูจากทับทิม (ร้อยละ 3.38 ± 0.03) (Ozturk et al., 2015) น้ำส้มสายชูจากมะขามป้อม (ร้อยละ 4.11) (วรรณภา และคณะ, 2556) น้ำส้มสายชูจากข้าว *Makgeoli* (ร้อยละ 5.61 ± 0.03) จากการวิจัยของ Chun et al. (2014) และน้ำส้มสายชูที่ผลิตจากข้าว (ร้อยละ 6.85) จากงานวิจัยของ Spinosa et al. (2015)

ตารางที่ 4 ปริมาณแอลกอฮอล์ในระหว่างการหมักน้ำส้มสายชูที่ทำจากข้าวเหนียวดำ 2 แบบ

น้ำส้มสายชูที่ทำจากข้าวเหนียวดำ	ปริมาณแอลกอฮอล์ (ร้อยละ) / ระยะเวลาการหมัก (วัน)			
	วันที่ 0	วันที่ 5	วันที่ 10	วันที่ 15
ข้าวเหนียวดำยี่ห้อไรท์พิพย์	8.30 ± 0.02 ^a	5.42 ± 0.03 ^b	2.40 ± 0.02 ^{ns}	0 ^b
ข้าวเหนียวดำพันธุ์ลิ้มผั่ว	6.55 ± 0.04 ^b	5.58 ± 0.03 ^a	2.33 ± 0.03 ^{ns}	0.16 ± 0.04 ^a

หมายเหตุ: เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณไวน์จำนวน 2 ซ้ำตามแนวตั้ง ตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางที่ 5 ปริมาณกรดอะซิติกในระหว่างการหมักน้ำส้มสายชูจากข้าวเหนียวดำ 2 แบบ

น้ำส้มสายชูที่ทำจากข้าวเหนียวดำ	ปริมาณกรดอะซิติก (ร้อยละ) / ระยะเวลาการหมัก (วัน)			
	วันที่ 0	วันที่ 5	วันที่ 10	วันที่ 15
ข้าวเหนียวดำยี่ห้อไรท์พิพย์	0	3.23 ± 0.04 ^a	4.31 ± 0.01 ^b	8.15 ± 0.01 ^a
ข้าวเหนียวดำพันธุ์ลิ้มผั่ว	0	1.12 ± 0.01 ^b	5.38 ± 0.05 ^a	5.49 ± 0.01 ^b

หมายเหตุ: เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณไวน์จำนวน 2 ซ้ำตามแนวตั้ง ตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

การทดสอบกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของไวน์และน้ำส้มสายชูหมักจากข้าวเหนียวดำ 2 แบบ

จากการทดสอบกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของไวน์และน้ำส้มสายชูที่ทำจากข้าวเหนียวดำทั้ง 2 แบบ ด้วยวิธี DPPH ซึ่งสารต้านอนุมูลอิสระนี้จะช่วยในการป้องกันโรคต่างๆ เช่น โรคมะเร็ง โรคหัวใจ โรคไขมันอุดตันในเส้นเลือด โรคต่อกระเจก และสารต้านอนุมูลอิสระเป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารบำรุงสุขภาพอีกด้วย ถ้าร่างกายมีสารต้านอนุมูลอิสระที่เพียงพอจะช่วยลดโอกาสที่จะเป็นโรคเรื้อรังที่เป็นอันตรายเหล่านี้ได้ ผลการตรวจสอบ พบว่า ไวน์ที่ทำจากข้าวเหนียวดำยี่ห้อไรท์พิพย์และสายพันธุ์ลิ้มผั่ว มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ เท่ากับร้อยละ 54.33 ± 0.15 และ 65.72 ± 0.29 ตามลำดับ

จากการวิจัยพบว่า ไวน์ที่ทำจากข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผั่วมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระน้อยกว่าไวน์ข้าวหอมนิล (ร้อยละ 80.26 ± 1.75) (Wachira, 2015) และน้ำส้มสายชูที่ทำจากข้าวเหนียวดำยี่ห้อไรท์พิพย์และสายพันธุ์ลิ้มผั่วมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ เท่ากับร้อยละ 65.26 ± 0.21 และ 72.53 ± 0.14 ตามลำดับ (ตารางที่ 6) จากการทดลอง พบว่า กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของน้ำส้มสายชูหมักที่ทำจากข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผั่ว มีปริมาณมากกว่าน้ำส้มสายชูจากมันฝรั่งสีม่วงผสมข้าว *Makgeoli* (ร้อยละ 67.63) (Chun et al., 2014)

ตารางที่ 6 ร้อยละกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของไวน์และน้ำส้มสายชูจากข้าวเหนียวดำ 2 แบบ

ชนิดของข้าวเหนียวดำ	DPPH (% inhibition)	
	ไวน์	น้ำส้มสายชู
ข้าวเหนียวดำยี่ห้อไรท์พิช	54.33 ± 0.15 ^b	65.26 ± 0.21 ^b
ข้าวเหนียวดำพันธุ์ลิ้มผั่ว	65.72 ± 0.29 ^a	72.53 ± 0.14 ^a

หมายเหตุ: เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณไวน์จำนวน 2 ซ้ำตามแนวตั้ง ตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำส้มสายชูพร้อมดื่มจากน้ำส้มสายชูหมักของข้าวเหนียวดำ 2 แบบ

จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำส้มสายชูพร้อมดื่มจากน้ำส้มสายชูหมักของข้าวเหนียวดำ 2 แบบ ในการวิจัยครั้งนี้ใช้แบบทดสอบการประเมินทางด้านประสาทสัมผัสแบบ 9 point Hedonic scale Test โดยเลือกกลุ่มตัวอย่าง 30 คน

จากการวิเคราะห์ พบว่า น้ำส้มสายชูพร้อมดื่มที่ทำจากข้าวเหนียวดำ 2 แบบ มีคะแนนการยอมรับด้านรสชาติต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ส่วนการยอมรับด้านความใส สี กลิ่น และความชอบรวมไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) และการยอมรับในภาพรวม พบว่า น้ำส้มสายชูที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำพันธุ์ลิ้มผั่วมีระดับความชอบรวมสูงสุดเท่ากับ 7.08 ± 1.38 ซึ่งอยู่ในระดับความชอบปานกลาง ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของน้ำส้มสายชูพร้อมดื่มจากข้าวเหนียวดำ 2 แบบ

น้ำส้มสายชูที่ทำจากข้าวเหนียวดำ	ความใส	สี	กลิ่น	รสชาติ	ความชอบรวม
ข้าวเหนียวดำยี่ห้อไรท์พิช	6.25 ± 1.14 ^{ns}	6.42 ± 1.24 ^{ns}	3.75 ± 1.82 ^{ns}	5.92 ± 1.98 ^b	6.75 ± 0.97 ^{ns}
ข้าวเหนียวดำพันธุ์ลิ้มผั่ว	6.67 ± 1.30 ^{ns}	6.42 ± 1.24 ^{ns}	4.83 ± 2.55 ^{ns}	7.08 ± 1.08 ^a	7.08 ± 1.38 ^{ns}

หมายเหตุ: a และ b ข้อมูลที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันแนวตั้งเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

อภิปรายผลการวิจัย

ในระหว่างการหมักน้ำส้มสายชู แบคทีเรียผลิตกรดอะซิติก ด้วย Glycolysis pathway (วิบูลย์ และศรีเวียง, 2558) ได้ใช้แอลกอฮอล์ในการเปลี่ยนให้เป็น กรดอะซิติก ในช่วงการหมักวันที่ 15 ปริมาณแอลกอฮอล์ในน้ำส้มสายชูหมักที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำทั้ง 2 แบบมีค่าลดลงมาก แสดงให้เห็นว่าแบคทีเรียสามารถใช้แอลกอฮอล์และสารอาหารในไวน์ข้าวเหนียวดำ เพื่อเปลี่ยนให้เป็นกรดอะซิติกได้จากการหมักพบว่า น้ำส้มสายชูหมักที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำยี่ห้อไรท์พิพย์มีปริมาณกรดอะซิติกสูงสุด (ร้อยละ 8.15 ± 0.01)

การทดสอบกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระพบว่าน้ำส้มสายชูหมักที่ทำจากข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผิวมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงสุด (ร้อยละ 72.53 ± 0.14) และการทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำส้มสายชูพร้อมดื่ม พบว่าน้ำส้มสายชูพร้อมดื่มที่ทำจากน้ำส้มสายชูหมักจากข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผิว มีระดับคะแนนเฉลี่ยความชอบรวมมีแนวโน้มสูง เท่ากับ 7.08 ± 1.38 แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) กับน้ำส้มสายชูข้าวเหนียวดำยี่ห้อไรท์พิพย์ ซึ่งจัดอยู่ในระดับความชอบปานกลางตามหลักเกณฑ์ 9 point hedonic scale

ผลการทดลองหมักน้ำส้มสายชูจากข้าวเหนียวดำ พบว่า กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของน้ำส้มสายชูที่ทำจากข้าวเหนียวดำ สายพันธุ์ลิ้มผิว มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงสุด (ร้อยละ 72.53) จากการทดลองแสดงให้เห็นว่า น้ำส้มสายชูที่มีศักยภาพในการพัฒนาต่อยอดในเชิงคุณค่าและการเพิ่มมูลค่ามากที่สุด คือ น้ำส้มสายชูที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำ สายพันธุ์ลิ้มผิว เนื่องจากมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงสุด ในอนาคตควรมีการศึกษาองค์ประกอบของน้ำส้มสายชูจากข้าวเหนียวดำให้มากขึ้น เพื่อเป็นข้อมูลในการพัฒนาศักยภาพในการผลิตน้ำส้มสายชู เพื่อนำไปใช้ในการเป็นเครื่องดื่มสุขภาพทางเลือกต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและศูนย์เครื่องมือกลางมหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่อนุเคราะห์สถานที่ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

ไพบุลย์ ด้านวิรุทัย และพัฒนา เหล่าไพบุลย์. (2548). ไวน์ผลไม้และสาโท ผลิตด้วยความมั่นใจได้อย่างไร. ศูนย์วิจัยการหมักเพื่อเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 13-18.

วรรณภา ทาบโลกา, จินตนา เป็นรัมย์ และนภาลัย ไยบัว. (2556). “ผลของปริมาณแอลกอฮอล์และสภาวะการให้อากาศต่อปริมาณวิตามินซีและการผลิตน้ำส้มสายชูหมักมะขามป้อม”. รายงานการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 51 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน. 439-446.

- วิบูลย์ เจริญสว่างค์ และศรีเวียง ทิพกานนท์. (2558). “การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไวน์ข้าวสีทองด้วยแอลบ”.
 แก่นเกษตร. 43: 613-622.
- วันเพ็ญ จิตรเจริญ. (2556). คู่มือไวน์เมกเกอร์. สำนักพิมพ์บริษัทเชียงใหม่พริ้นท์ติ้ง จำกัด. เชียงใหม่.
 69-82
- อติยา โรจนสโรช. (2551). สารต้านอนุมูลอิสระในข้าวดำ ข้าวเหนียวดำ และข้าวแดง : การป้องกันการ
 เป็นพิษต่อเซลล์และสารพันธุกรรมจากอนุมูลอิสระและการแสดงออกของยีนสะสมไขมันในเซลล์
 เพาะเลี้ยง. ปรินญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เอื้องพร ใจลังกา. (2552). การพัฒนาเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำผลหม่อน. ปรินญาวิทยาศาสตร
 มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- Brand-Williams W, Cuvelier ME and Berset C. (1995). “Use of Free Radical Method to Evaluate
 Antioxidant Activity”. Lebensm Wiss Technology. 28: 25-30.
- Chun, J.E., Baik, M.Y. and Kim B.Y. (2014). “Manufacture and Quality Evaluation of Purple
 Sweet Potato *Makgeolli* Vinegar Using a 2-Stage Fermentation”. Food sci. Biotechnol.
 23: 1145-1149.
- Ozturk,I., Caliskan, O., Tornuk ,F., Ozcan, N., Yalcin, H.,Baslar, M. and Sagdic, O. (2015).
 “Antioxidant, Antimicrobial, Mineral, Volatile, Physicochemical and Microbiological
 Characteristics of Traditional Home-Made Turkish Vinegars”. LWT – Food Science and
 Technology. 63: 144-151.
- Spinosa, W.A., Santos junior, V.D., Galvan, D., Fiorio, J.L. and Castro Gomea, R.J.H. (2015).
 Vinegar rice (*Oryza sativa* L.) produced by a submerged fermentation process from
 alcoholic fermented rice. Food Sci. Technol, Campinas. 35: 196-201.
- Wachira Singkong. (2015). The Production of Red Wine from Black Jasmine Rice. J. of Food
 Research. 4: 69-81.