คุณสมบัติทางเคมี กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระและการทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำส้มสายชูหมักจากแคนตาลูป 4 สายพันธุ์

Chemical Property, Antioxidant Activity and Sensory Evaluation of Fermented Vinegar from 4 Cantaloupe Cultivars

วิลาวัลย์ บุณย์ศุภา[1*] เกษดาวรรณ พลขันธุ์[2] จุรีมาศ แก้วเกษร[2] ธิดารัตน์ จันดอนแดง[2]
กมลลักษณ์ นันทฤทธิ์[2] และกนกพงษ์ บัวพัฒน์[2]

[1*]สาขาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

[2]นักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

*Email: wilawanboonsupa@ymail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้ได้ทำการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากไวน์แคนตาลูปที่ผลิตจากแคนตาลูป 4 สายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์เอมี่ พันธุ์เอกะ พันธุ์ฮันนี่เวิลด์ และพันธุ์คิโมจิ เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของน้ำส้มสายชูหมัก กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ และการทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำส้มสายชูหมักจากแคนตาลูปทั้ง 4 สายพันธุ์ ด้วยวิธี 9-point hedonic scale ไวน์แคนตาลูปที่หมักได้ปรับค่าปริมาณแอลกอฮอล์ เท่ากับร้อยละ 7 แล้วเติมเชื้อแบคทีเรีย *Acetobacter pasteurianus* ที่มีปริมาตรร้อยละ 10 หมักที่สภาวะอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน ตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างในวันที่ 0,5,10 และ 15 ในระหว่างการหมักพบว่า ปริมาณแอลกอฮอล์มีแนวโน้มลดลง ส่วนปริมาณกรดอะซิติกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น หลังสิ้นสุดการหมักพบว่าน้ำส้มสายชูหมักที่ทำจากแคนตาลูปสายพันธุ์เอมี่ มีปริมาณกรดอะซิติกสูงสุด คือ ร้อยละ 7.31 ± 0.07 น้ำส้มสายชูหมักจากแคนตาลูปสายพันธุ์เอกะ เอมี่ ฮันนี่เวิลด์และคิโมจิ มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ คือ ร้อยละ 53.78 $\pm$ 0.75, 44.47 $\pm$ 1.10, 21.26 $\pm$ 4.87 และ 9.00 $\pm$ 0.30 ตามลำดับ จากการทดสอบประสาทสัมผัสตัวอย่างน้ำส้มสายชูพร้อมดื่มจากน้ำส้มสายชูที่หมักไว้ จากผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคของผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูแคนตาลูปหมักพร้อมดื่มพบว่าได้รับคะแนนเฉลี่ยความชอบรวมไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

คำสำคัญ: ไวน์ น้ำส้มสายชูหมัก แคนตาลูป น้ำส้มสายชูพร้อมดื่ม กิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ

Abstract

This study was conducted to produce fermented vinegars from four cultivars of cantaloupe, namely Amy, Aka, Honeyworld and Kimoji. 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 four cantaloupe wines with their initial alcohol content adjusted to 7% (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 cultivar Amy exhibited the

highest level of acetic acid of 7.31 ± 0.07 %. Antioxidant activities observed for the vinegars produced from the cultivars Aka, Amy, Honeyworld, and Kimoji were 53.78 ± 0.75, 44.47 ± 1.10, 21.26 ± 4.87 and 9.00 ± 0.30%, respectively. As with the consumer hedonic scale, significant differences ($p < 0.05$) in the average overall score between the obtained vinegars were not detected.

Keywords: Wine; Fermented vinegar; Cantaloupe drinking vinegar; Antioxidant activity

1.บทนำ

เนื้อแคนตาลูปนั้นอุดมไปด้วยวิตามินและแร่ธาตุต่างๆหลายชนิดที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น วิตามินเอ วิตามินซี วิตามินบี1 วิตามินบี2 วิตามินบี3 ธาตุแคลเซียม ธาตุฟอสฟอรัส ธาตุโซเดียม ธาตุโพแทสเซียม และธาตุเหล็ก แคนตาลูปเป็นผลไม้ที่มีสารต้านอนุมูลอิสระ ช่วยต่อต้านการเกิดโรคมะเร็ง ช่วยเสริมสร้างภูมิคุ้มกันให้แก่ร่างกาย มีส่วนช่วยบำรุงประสาทและสมอง ช่วยชะลอความแก่ และลดการเกิดริ้วรอย ช่วยป้องกันโรคเลือดออกตามไรฟัน ช่วยในการลดไข้ เพราะน้ำแคนตาลูปเป็นผลไม้เย็น และช่วยบำรุงกระดูกและฟันให้แข็งแรง [1]

น้ำส้มสายชูหมักจากผลไม้ เป็นน้ำส้มสายชูที่ได้จากการหมักผลไม้ต่างๆ การผลิตน้ำส้มสายชูหมัก มีการหมัก 2 ขั้นตอน คือ การหมักน้ำตาลให้เกิดแอลกอฮอล์ โดยใช้ยีสต์ในสภาวะที่ไม่มีอากาศ ตามด้วยการหมักแอลกอฮอล์ให้เกิดกรดอะซิติก ด้วยแบคทีเรียในกลุ่ม *Acetobacter* และ *Gluconobacter* ในภาวะที่มีออกซิเจน น้ำส้มสายชูที่หมักได้ มีกลิ่นหอมตามธรรมชาติของกลิ่นของวัตถุดิบ และมีปริมาณกรดน้ำส้มไม่น้อยกว่า 4% ปัจจุบันนิยมนำน้ำส้มสายชูหมักไปชงเป็นเครื่องดื่มผสมน้ำผึ้งและน้ำอุ่นเพื่อสุขภาพ ทำให้ระบบย่อยอาหารดีขึ้น การนำแคนตาลูปไปผลิตเป็นน้ำส้มสายชูหมัก เป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถแปรรูปแคนตาลูปให้เป็นเครื่องดื่มสุขภาพ และเป็นการเพิ่มมูลค่าของแคนตาลูป ในการทดลองนี้ได้ศึกษาคุณสมบัติทางเคมี กิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ และการทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำส้มสายชูหมักจากแคนตาลูป 4 สายพันธุ์ (พันธุ์เอมี่ พันธุ์เอกะ พันธุ์ฮันนี่เวิลด์ และพันธุ์คิโมจิ)

2. วิธีการทดลอง

2.1 วิธีการผลิตไวน์แคนตาลูป

นำแคนตาลูป มาล้างให้สะอาดแล้วฝานเปลือกเอาเฉพาะเนื้อนำไปคั้นและผสมน้ำสะอาดในอัตราส่วน 1:0.5 ปรับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 20 องศาบริกซ์ โดยใช้น้ำเชื่อมกลูโคสไซรัป และปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง ให้ได้ 4.40 โดยใช้น้ำส้มสายชู (เนื่องจากเป็นสภาวะที่เหมาะสมต่อการทำงานของเชื้อยีสต์) นำน้ำแคนตาลูป มาทำการฆ่าเชื้อโดยใช้อุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ตั้งน้ำแคนตาลูป ทิ้งไว้ให้อุณหภูมิลดลงประมาณ 35-37 องศาเซลเซียส จากนั้นถ่ายลงขวดที่สะอาด ใส่เชื้อยีสต์ผงที่ใช้สำหรับทำไวน์ *Saccharomyces cerevisiae* EC 1118 จาก หจก.ไวน์และอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ โดยใช้อัตราส่วนยีสต์ผงต่อปริมาตรน้ำผลไม้เท่ากับ 1.5 กรัม/ลิตร ปิดฝาขวดพลาสติกด้วยผ้าขาวบางที่รัดหนังยาง เพื่อให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สามารถระเหยออกได้ หมักไวน์เป็นเวลา 7 วัน เมื่อหมักไวน์ครบ 7 วันทำการดูดส่วนใสลงในขวดใหม่ จากนั้นพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที และบ่มไวน์ที่อุณหภูมิ 10-15 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 วัน

2.2.วิธีการผลิตน้ำส้มสายชูจากไวน์แคนตาลูป

จากไวน์แคนตาลูปของแต่ละสายพันธุ์ที่เตรียมได้ นำไปปรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ให้เท่ากับ 7 องศาบริกซ์ โดยใช้น้ำเชื่อมกลูโคสไซรัป และปริมาณแอลกอฮอล์เท่ากับร้อยละ 7 โดยใช้น้ำกลั่นที่ฆ่าเชื้อแล้ว ถ่ายเชื้อ *Acetobacter pasteurianus* ร้อยละ 10 ที่เตรียมจากอาหารเลี้ยงเชื้อ Glucose yeast broth เขย่าบนเครื่องเขย่า เป็นเวลา 1 วัน ลงใน

ไวน์แคนตาลูปแต่ละสายพันธุ์ สายพันธุ์ละ 3 ฟลาสก์ ปริมาตร 150 มิลลิลิตร นำไปเขย่า บนเครื่องเขย่า shaker เป็นเวลา 15 วันเก็บตัวอย่างในวันที่ 0, 5, 10 และ 15 วัน ตัวอย่างละ 3 ฟลาสก์ เมื่อหมักน้ำสัมสายชู ครบ 15 วัน ทำการหยุดกระบวนการหมักโดยการพาสเจอร์ไรส์น้ำสัมสายชูที่ อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาทีในระหว่างการหมักไวน์และน้ำสัมสายชู ตรวจคุณภาพทางเคมี ดังนี้

2.2.1 วัดแอลกอฮอล์ ปริมาณกรดอะซิติก และน้ำตาลกลูโคส โดยการเก็บตัวอย่างไวน์และน้ำสัมสายชูใส่microtube ปิดด้วยพาราฟิล์มเก็บไว้ในอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส วัดปริมาณแอลกอฮอล์ ปริมาณกรดอะซิติก และน้ำตาลกลูโคส ด้วยเครื่อง High performance liquid chromatography (HPLC-RID) โดยใช้คอลัมน์ Aminex HPX-87H column (300x7.8 mm.) อัตราการไหล 0.6 มิลลิลิตรต่อนาที อุณหภูมิคอลัมน์ 45 องศาเซลเซียส วัฏภาคเคลื่อนที่ คือ กรดซัลฟิวริกเข้มข้น 0.005 mol/l และใช้ตัวตรวจวัดแบบ reflective index detector (RID-10A)/ Degrasser DGU-20-As/ PumpLC-20AD/ Auto sampler sil-20A/ Column oven CTO-20A เปรียบเทียบปริมาณแอลกอฮอล์ ปริมาณกรดอะซิติก และน้ำตาลกลูโคสของตัวอย่างกับกราฟเส้นตรงของสารละลายมาตรฐาน

2.2.2 การทดสอบกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ

การทดสอบกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วย DPPH [2]

เตรียมสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.1 mM โดยละลายด้วย ethanol 95% ปิเปตตัวอย่างมา 1.5 มิลลิลิตร และ ปิเปต DPPH 1.5 มิลลิลิตร ให้ทำปฏิกิริยากันในหลอดทดลองนำไปเขย่าให้เข้ากัน รอให้สารละลายทำปฏิกิริยากัน 20 นาที นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงของสารที่ความยาวคลื่น 517 nm ใช้เอทานอลเป็น blank

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

เมื่อกำหนดให้ A_{DPPH} คือค่าการดูดกลืนแสงของ DPPH Control

A_{Sample} คือค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างหลังทำปฏิกิริยากับ DPPH

2.2.3 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

การทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำสัมสายชูจากไวน์แคนตาลูปได้ทำการดัดแปลงสูตรน้ำสัมสายชูพร้อมดื่มจากเอื้องพร ใจลังกา (2552) [3] โดยมีส่วนผสมดังนี้ น้ำสัมสายชูจากไวน์แคนตาลูป 200 กรัม น้ำผึ้ง 150 กรัม น้ำเปล่า 150 กรัม ผสมให้เข้ากัน จากนั้นนำน้ำสัมสายชูจากไวน์แคนตาลูปไปทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยใช้การทดสอบแบบ 9-point Hedonic scale ช่วงคะแนน 1 (ไม่ชอบมากที่สุด) -9 (ชอบมากที่สุด) ใช้ผู้ทดสอบชิม โดยเป็นผู้ทดสอบ ที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน ให้คะแนนความชอบในด้านสี กลิ่นน้ำสัมสายชู รสเปรี้ยว รสหวาน และความชอบรวม วางแผนการทดลองแบบบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD)

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design) ทรีทเมนต์ละ 2 ซ้ำ นำค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ มาวิเคราะห์ผลทางสถิติ โดยวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน ด้วยวิธี One Way Anova และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test และวิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS

3.ผลการทดลองและวิจารณ์

3.1 คุณภาพทางเคมีของไวน์ในระหว่างการหมัก

ผลวิเคราะห์ทางเคมี ปริมาณแอลกอฮอล์ ปริมาณกรดอะซิติก และปริมาณน้ำตาลกลูโคส จากการหมักไวน์แคนตาลูปเป็นเวลา 7 วัน โดยพบว่าในวันที่ 7 ไวน์ที่ทำจากแคนตาลูปสายพันธุ์ฮันนี่เวิลด์มีปริมาณแอลกอฮอล์สูงสุดเป็นร้อยละ 14.75 $\pm$ 0.55 (ตารางที่ 1) ปริมาณแอลกอฮอล์ในไวน์เกิดจากการย่อยน้ำตาลของยีสต์เปลี่ยนให้เป็นเอทานอล ซึ่งตามหลักการปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้ควรเป็นครึ่งหนึ่งของปริมาณของแข็งที่ละลายได้เริ่มต้น แต่เนื่องจากยีสต์สามารถเปลี่ยนกรดอะมิโนเป็นแอลกอฮอล์โมเลกุลสูงได้ จึงทำให้ปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้จริงมีปริมาณ

มากกว่าตามหลักการที่กล่าวไว้ [4] จากการทดลองพบว่าไวน์แคนตาลูปมีปริมาณแอลกอฮอล์มากกว่าไวน์แตงเมลอน (ร้อยละ 6.9)[5] การหมักไวน์เป็นเวลา 7 วัน พบว่า ปริมาณน้ำตาลกลูโคสมีค่าเท่ากับ 0 ในการหมักไวน์แคนตาลูปที่ทำจากสายพันธุ์เอกะ เอมี่ และ ฮันนี่เวิลด์ (ตารางที่ 3) เนื่องจากกระบวนการหมักไวน์เป็นกระบวนการหมักให้เกิดแอลกอฮอล์ โดยการเปลี่ยนไพรูเวตให้เป็นเอทานอลในสภาพที่ไม่มีก๊าซออกซิเจน โดยยีสต์จะใช้น้ำตาลส่วนหนึ่งในการเจริญเพื่อเพิ่มปริมาณเซลล์ และบางส่วนจะถูกนำไปใช้สังเคราะห์สารแมเทบอไลต์อื่นๆ ได้แก่ เอทานอล ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ กรดอะซิติก กรดแล็กทิก กรดซักซินิก เป็นต้น [6]

จากการทดสอบกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของไวน์ที่ทำจากแคนตาลูปทั้ง 4 สายพันธุ์ด้วยวิธี DPPH ซึ่งสารต้านอนุมูลอิสระนี้จะช่วยในการป้องกันโรคต่างๆ เช่นโรคมะเร็ง โรคหัวใจ โรคไขมันอุดตันในเส้นเลือด โรคต้อกระจก และสารอนุมูลอิสระนี้เป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารบำรุงสุขภาพอีกด้วย ถ้าร่างกายของเรามีสารต้านอนุมูลอิสระที่เพียงพอจะช่วยลดโอกาสที่จะเป็นโรคเรื้อรังที่เป็นอันตรายเหล่านี้ได้ ผลการตรวจสอบพบว่า ไวน์ที่ทำจากแคนตาลูปสายพันธุ์ฮันนี่เวิลด์มีร้อยละกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงสุดที่ 94.81±0.14 (ตารางที่ 4) จากการวิจัยเห็นได้ว่า สายพันธุ์ของแคนตาลูปที่นำมาทำไวน์ส่งผลต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในไวน์ เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Towantakavanit และคณะ (2013) [7] ได้ศึกษาคุณภาพของไวน์กีวีที่ทำจากกีวี 8 สายพันธุ์ พบว่าไวน์กีวีที่ทำจากสายพันธุ์ Daeheung มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงสุด (6.68±0.3 Mm TE) Xiao และคณะ (2015) [8] ศึกษาเรื่องสายพันธุ์ของเชอร์รี่ 9 สายพันธุ์ที่มีผลต่อกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของไวน์ พบว่า ไวน์เชอร์รี่ที่ทำจากสายพันธุ์ Shandong มีค่า EC_{50} น้อยที่สุด มีค่า 0.17 ± 0.01 มิลลิลิตรของไวน์

ตารางที่ 1 ปริมาณแอลกอฮอล์ในระหว่างการหมักไวน์ที่ทำจากแคนตาลูป 4 สายพันธุ์

ไวน์ที่ทำจากแคนตาลูป 4 สายพันธุ์	ปริมาณแอลกอฮอล์ (ร้อยละ)						
	หมักวันที่ 1	หมักวันที่ 2	หมักวันที่ 3	หมักวันที่ 4	หมักวันที่ 5	หมักวันที่ 6	หมักวันที่ 7
เอกะ	4.39 ± 1.15^{ab}	6.97±2.48	10.27±0.11^{c}	11.81 ± 0.44^{ab}	12.82 ± 0.66^{b}	13.60 ± 0.87	14.20 ± 0.59^{a}
เอมี่	3.38 ± 0.20^{bc}	9.05 ± 0.75	11.90 ± 0.61^{b}	13.17 ± 0.22^{a}	13.69 ± 0.63^{ab}	14.19 ± 0.29	14.34 ± 0.44^{a}
ฮันนี่เวิลด์	5.62 ± 0.05^{a}	10.80 ± 0.74	13.47 ± 0.54^{a}	10.20 ± 1.13^{c}	14.77 ± 0.50^{a}	13.62 ± 0.71	14.75 ± 0.55^{a}
คิโมจิ	1.44 ± 0.83^{c}	7.07 ± 2.11	8.23 ± 0.57^{d}	9.97 ± 0.54^{c}	10.73 ± 0.44^{c}	12.26 ± 0.48	12.27 ± 0.84^{b}

หมายเหตุ : เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณไวน์จำนวน 2 ซ้ำตามแนวตั้ง ตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 2 ปริมาณกรดอะซิติกในระหว่างการหมักไวน์จากแคนตาลูป 4 สายพันธุ์

ไวน์ที่ทำจากแคนตาลูป 4 สายพันธุ์	ปริมาณกรดอะซิติก (ร้อยละ)						
	หมักวันที่ 1	หมักวันที่ 2	หมักวันที่ 3	หมักวันที่ 4	หมักวันที่ 5	หมักวันที่ 6	หมักวันที่ 7
เอกะ	0.22 ± 0.06	0.25 ± 0.03	0.23±0.06	0.47±0.26	0.45±0.25	0.46±0.22	0.44 ± 0.09
เอมี่	0.13 ± 0.03	0.34 ± 0.23	0.33 ± 0.17	0.31±0.15	0.29±0.11	0.27±0.09	0.27 ± 0.08
ฮันนี่เวิลด์	0.11 ± 0.02	0.29 ± 0.22	0.26±0.14	0.68±0.79	0.20±0.07	0.19±0.09	0.21 ±0.06
คิโมจิ	0.24 ± 0.04	0.25 ± 0.02	0.54±0.27	0.54 ± 0.23	0.57±0.21	0.59± 0.20	0.60 ± 0.20

ตารางที่ 3 ปริมาณน้ำตาลกลูโคสของการหมักไวน์ที่ทำจากแคนตาลูปพันธุ์ต่างๆ

ไวน์ที่ทำจากแคนตาลูป 4 สายพันธุ์	ปริมาณน้ำตาลกลูโคส (ร้อยละ)						
	หมักวันที่ 1	หมักวันที่ 2	หมักวันที่ 3	หมักวันที่ 4	หมักวันที่ 5	หมักวันที่ 6	หมักวันที่ 7
เอกะ	8.37 ± 0.09^{ab}	5.67±0.32^{a}	3.00±0.92^{a}	1.62±0.62^{a}	0.71±0.37	0.19±0.27	0
เอมี่	7.92 ± 0.83^{ab}	2.54±0.65^{b}	0.31±0.27^{b}	0^{b}	0	0	0
ฮันนี่เวิลด์	6.00 ± 1.44^{b}	1.04±0.46^{c}	0^{b}	0^{b}	0	0	0
คิโมจิ	10.02 ± 0.44^{a}	5.94±0.02^{a}	3.81±1.05^{a}	1.89±0.65^{a}	0.83±0.37	0.35±0.25	0.06±0.08

หมายเหตุ : เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งของปริมาณไวน์จำนวน 2 ซ้ำ ตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 4 ร้อยละกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของไวน์ที่ทำจากแคนตาลูป 4 สายพันธุ์

ไวน์ที่ทำจากแคนตาลูป 4 สายพันธุ์	กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (% inhibition)
เอกะ	85.09±0.92^{b}
เอมี่	82.92±0.27^{c}
ฮันนี่เวิลด์	94.81±0.14^{a}
คิโมจิ	47.13±6.12^{d}

หมายเหตุ : เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งของปริมาณไวน์จำนวน 2 ซ้ำ ตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$

3.2 คุณภาพทางเคมีของน้ำส้มสายชูในระหว่างการหมักและคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของน้ำส้มสายชูพร้อมดื่ม

3.2.1 ปริมาณแอลกอฮอล์และปริมาณกรดอะซิติก

ปริมาณแอลกอฮอล์และปริมาณกรดอะซิติก จากการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากแคนตาลูปทั้ง 4 สายพันธุ์ ได้แก่ เอกะ เอมี่ ฮันนี่เวิลด์ และคิโมจิ โดยทำการหมักด้วยเชื้อแบคทีเรีย *Acetobacter pasteurianus* เป็นเวลา 15 วัน พบว่าในวันที่ 15 ของการหมักน้ำส้มสายชู น้ำส้มสายชูที่หมักจากแคนตาลูปทั้ง 4 สายพันธุ์ มีปริมาณแอลกอฮอล์เหลืออยู่ในน้ำส้มสายชูหมักเล็กน้อย ดังแสดงในตารางที่ 5 ในส่วนของปริมาณของกรดอะซิติกพบว่าในวันที่ 15 ของการหมักน้ำส้มสายชู น้ำส้มสายชูหมักจากแคนตาลูปสายพันธุ์เอมี่มีปริมาณกรดอะซิติกสูงสุดเท่ากับร้อยละ 7.31 ± 0.07 ดังแสดงในตารางที่ 6 ปริมาณกรดอะซิติกที่ได้เกิดจากการทำงานของเชื้อผลิตกรดอะซิติกเปลี่ยนเอทานอลให้เป็นกรดอะซิติก จากการทดลองพบว่าน้ำส้มสายชูหมักจากแคนตาลูปสายพันธุ์เอมี่มีปริมาณกรดอะซิติกมากกว่าน้ำส้มสายชูจากทับทิม (ร้อยละ 3.38±0.03) [10] น้ำส้มสายชูจากมะขามป้อม (ร้อยละ 4.11) [11] น้ำส้มสายชูจากข้าว *Makgeoli* (ร้อยละ 5.61±0.03) จากการวิจัยของ Chun, J.E., et al (2014) [12] และน้ำส้มสายชูที่ผลิตจากเชอร์รี่เปรี้ยว (ร้อยละ 5.50±0.07)

จากการหมักน้ำส้มสายชู พบว่าปริมาณแอลกอฮอล์จากการหมักน้ำส้มสายชูจากแคนตาลูปทั้ง 4 สายพันธุ์ ในช่วงเวลาวันที่ 0-15 มีปริมาณแอลกอฮอล์ ลดลงในการหมักวันที่ 15 ในทุกตัวอย่าง และมีปริมาณกรดอะซิติกเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาของการหมัก โดยปริมาณกรดอะซิติกอยู่ในช่วงร้อยละ 6.31-7.31 เนื่องจากแบคทีเรียเปลี่ยนแอลกอฮอล์ ให้เป็นกรดอะซิติก โดยเริ่มต้นในน้ำหมักมีสารอาหารต่างๆ อย่างพอเพียงมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม หลังจากนั้นเมื่อเกิดการหมักสภาพแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลง คือ มีค่าความเป็นกรด-ด่างลดลง สารอาหารต่างๆลดลง และปริมาณของแอลกอฮอล์ที่เป็นสารอาหารในการหมักลดลง ทำให้ปริมาณการเกิดขึ้นของกรดอะซิติกช้าลง และคงที่ในที่สุด

3.2.2 ปริมาณน้ำตาลกลูโคส

จากการหมักน้ำส้มสายชูที่ทำจากแคนตาลูปทั้ง 4 สายพันธุ์ พบว่าปริมาณกลูโคสในน้ำส้มสายชูหมักจากแคนตาลูปสายพันธุ์คิโมจิ หมดไปในการหมักวันที่ 5 และน้ำส้มสายชูหมักจากแคนตาลูปสายพันธุ์เอมี่ มีปริมาณน้ำตาลกลูโคสสูงสุดเท่ากับร้อยละ 0.59 ± 0.01 ดังแสดงในตารางที่ 7 ซึ่งปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ลดลง เนื่องจากถูกแบคทีเรียผลิตกรดอะซิติกใช้ไปในระหว่างกระบวนการหมัก [13]

3.2.3 การทดสอบกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของน้ำส้มสายชูหมักจากแคนตาลูป 4 สายพันธุ์

จากการที่ได้ทำการทดสอบกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของน้ำส้มสายชูหมักที่ทำจากแคนตาลูปทั้ง 4 สายพันธุ์ด้วย DPPH พบว่าน้ำส้มสายชูหมักที่ทำจากแคนตาลูปสายพันธุ์เอกะมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดอยู่ที่ร้อยละ 53.78 ± 0.75 (ตารางที่ 8) จากการทดลอง พบว่า กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของน้ำส้มสายชูหมักที่ทำจากแคนตาลูปสายพันธุ์เอกะมีปริมาณน้อยกว่าน้ำส้มสายชูที่ทำจากทับทิม (ร้อยละ 90.36±0.17) [10] และ น้ำส้มสายชูจากมันฝรั่งสีม่วงผสมข้าว *Makgeoli* (ร้อยละ 67.63) [12] แต่น้ำส้มสายชูหมักที่ทำจากแคนตาลูปสายพันธุ์เอกะ มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าน้ำส้มสายชูที่ทำจากเห็ดหัวลิง (ร้อยละ 7.16 ± 0.01)(Li., T, Lo., Y.M, Moon, B, 2014) [9]

3.2.4 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสน้ำส้มสายชูพร้อมดื่มจากจากน้ำส้มสายชูหมักจากแคนตาลูป 4 สายพันธุ์

จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำส้มสายชูพร้อมดื่มจากน้ำส้มสายชูหมักจากแคนตาลูป 4 สายพันธุ์ (พันธุ์เอมี่ พันธุ์เอกะ พันธุ์ฮันนี่เวิลด์ และพันธุ์คิโมจิ) ในการวิจัยครั้งนี้ใช้แบบทดสอบการประเมินทางด้านประสาทสัมผัสแบบ Hedonic 9 scale Test โดยเลือกกลุ่มตัวอย่าง 30 คน จากการ

วิเคราะห์พบว่าน้ำส้มสายชูพร้อมดื่มที่ทำจากน้ำส้มสายชูหมักจากแคนตาลูป 4 สายพันธุ์ มีคะแนนการยอมรับด้านสี กลิ่น รสเปรี้ยว รสหวานและความชอบรวม ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนน้ำส้มสายชูหมักที่ผลิตจากไวน์แคนตาลูปพันธุ์ฮันนี่เวิลด์มีระดับคะแนนเฉลี่ยความชอบรวมมีแนวโน้มสูงเท่ากับ 6.21 ± 1.45 ($P > 0.05$) ซึ่งอยู่ในระดับความชอบเล็กน้อย ดังแสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 5 ปริมาณแอลกอฮอล์ในระหว่างการหมักน้ำส้มสายชูที่ทำจากแคนตาลูป 4 สายพันธุ์

น้ำส้มสายชูหมักที่ทำจากแคนตาลูป 4 สายพันธุ์	ปริมาณแอลกอฮอล์ (ร้อยละ)			
	หมักวันที่ 0	หมักวันที่ 5	หมักวันที่ 10	หมักวันที่ 15
เอกะ	7.06 ± 0.15	4.64 ± 0.42	2.02 ± 0.81	0.03 ± 0.05
เอมี่	6.78 ± 0.29	4.78 ± 0.11	2.06 ± 1.89	0.05 ± 0.08
ฮันนี่เวิลด์	5.96 ± 0.37	4.14 ± 0.59	1.30 ± 1.05	0.28 ± 0.31
คิโมจิ	6.31 ± 0.91	3.94 ± 0.28	1.66 ± 1.04	0.03 ± 0.04

ตารางที่ 6 ปริมาณกรดอะซิติกในระหว่างการหมักน้ำส้มสายชูจากแคนตาลูป 4 สายพันธุ์

น้ำส้มสายชูหมักที่ทำจากแคนตาลูป 4 สายพันธุ์	ปริมาณกรดอะซิติก (ร้อยละ)			
	หมักวันที่ 0	หมักวันที่ 5	หมักวันที่ 10	หมักวันที่ 15
เอกะ	0.27 ± 0.00^{b}	2.64 ± 0.06^{b}	5.44 ± 0.11^{b}	6.73 ± 0.14^{b}
เอมี่	0.21 ± 0.00^{c}	2.64 ± 0.03^{b}	6.34 ± 0.08^{a}	7.31 ± 0.07^{a}
ฮันนี่เวิลด์	0.17 ± 0.00^{d}	2.39 ± 0.04^{b}	6.49 ± 0.41^{a}	6.31 ± 0.04^{c}
คิโมจิ	0.33 ± 0.01^{a}	2.85 ± 0.02^{a}	6.13 ± 0.10^{a}	6.57 ± 0.09^{b}

หมายเหตุ : เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งของปริมาณน้ำส้มสายชูหมักจำนวน 2 ซ้ำ ตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 7 ปริมาณน้ำตาลกลูโคสของการหมักน้ำส้มสายชูหมักที่ทำจากแคนตาลูปพันธุ์ 4 สายพันธุ์

น้ำส้มสายชูหมักที่ทำจากแคนตาลูป 4 สายพันธุ์	ปริมาณน้ำตาลกลูโคส (ร้อยละ)			
	หมักวันที่ 0	หมักวันที่ 5	หมักวันที่ 10	หมักวันที่ 15
เอกะ	1.46 ± 0.04^{c}	0.67 ± 0.03^{a}	0.26 ± 0.02^{c}	0.28 ± 0.02^{c}
เอมี่	2.42 ± 0.05^{a}	0.40 ± 0.28^{a}	0.53 ± 0.01^{a}	0.59 ± 0.01^{a}
ฮันนี่เวิลด์	2.16 ± 0.02^{b}	0.50 ± 0.02^{a}	0.35 ± 0.03^{b}	0.34 ± 0.01^{b}
คิโมจิ	0.54 ± 0.00^{d}	0^{b}	0^{d}	0^{d}

หมายเหตุ : เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำส้มสายชูหมักจำนวน 2 ซ้ำ ตามแนวตั้ง ตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 8 ร้อยละกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของน้ำส้มสายชูหมักที่ทำจากแคนตาลูป 4 สายพันธุ์

น้ำส้มสายชูหมักที่ทำจากแคนตาลูป 4 สายพันธุ์	กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (% inhibition)
เอกะ	53.78 ± 0.75^{a}
เอมี่	44.47 ± 1.10^{b}
ฮันนี่เวิลด์	21.26 ± 4.87^{c}
คิโมจิ	9.00 ± 0.30^{d}

หมายเหตุ : เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำส้มสายชูหมักจำนวน 2 ซ้ำ ตามแนวตั้ง ตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 9 ผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของน้ำส้มสายชูพร้อมดื่มจากแคนตาลูป 4 สายพันธุ์

น้ำส้มสายชูพร้อมดื่มจากน้ำส้มสายชูหมักจากแคนตาลูป 4 สายพันธุ์	สี	กลิ่น	รสเปรี้ยว	รสหวาน	ความชอบรวม
เอกะ	5.79 ± 1.47	4.61 ± 2.01	5.57 ± 1.83	5.07 ± 1.63	6.00 ± 1.09
เอมี่	5.96 ± 1.40	4.89 ± 1.93	5.86 ± 1.98	5.93 ± 1.86	5.93 ± 1.49
ฮันนี่เวิลด์	5.68 ± 1.61	4.86 ± 1.76	5.79 ± 1.55	5.39 ± 1.75	6.21 ± 1.45
คิโมจิ	5.82 ± 1.72	5.21 ± 2.32	5.61 ± 2.04	5.07 ± 1.76	6.04 ± 1.55

4. สรุป

ในระหว่างการหมักน้ำส้มสายชู แบคทีเรียผลิตกรดอะซิติกได้ใช้แอลกอฮอล์ในการเปลี่ยนให้เป็นกรดอะซิติก ในช่วงการหมักวันที่ 15 ปริมาณแอลกอฮอล์ในน้ำส้มสายชูหมักที่ผลิตจากแคนตาลูปทุกสายพันธุ์มีค่าลดลงมาก แสดงให้เห็นว่าแบคทีเรียสามารถใช้แอลกอฮอล์และสารอาหารในไวน์แคนตาลูปเพื่อเปลี่ยนให้เป็นกรดอะซิติกได้ จากการหมักพบว่าน้ำส้มสายชูหมักที่ผลิตจากแคนตาลูปสายพันธุ์เอมี่มีปริมาณกรดอะซิติกสูงสุด (ร้อยละ 7.31 ± 0.07) การทดสอบกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระพบว่าน้ำส้มสายชูหมักที่ทำจากแคนตาลูปสายพันธุ์เอกะมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงสุด (ร้อยละ 53.78 ± 0.75) และการทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำส้มสายชูพร้อมดื่ม พบว่าน้ำส้มสายชูพร้อมดื่มที่ทำจากน้ำส้มสายชูหมักจากแคนตาลูปสายพันธุ์ฮันนี่เวิลด์มีระดับคะแนนเฉลี่ยความชอบรวมมีแนวโน้มสูงเท่ากับ 6.21 ± 1.45 แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P> 0.05) กับน้ำส้มสายชูแคนตาลูปทั้ง 3 สายพันธุ์ ซึ่งจัดอยู่ในระดับความชอบเล็กน้อยตามหลักเกณฑ์ 9 point hedonic scale จากการทดลองแสดงให้เห็นว่า น้ำส้มสายชูที่มีศักยภาพในการพัฒนาต่อยอดในเชิงคุณค่าและการเพิ่มมูลค่ามากที่สุดคือ น้ำส้มสายชูที่ผลิตจากแคนตาลูปสายพันธุ์เอกะ เนื่องจากมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงสุดและมีปริมาณกรดอะซิติกสูง (ร้อยละ 6.73 $\pm$ 0.14)

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สาขาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและศูนย์เครื่องมือกลาง มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่อนุเคราะห์สถานที่ในการทำวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

[1] ลิขิต เคลื่อนดอน. 2556. 20 สรรพคุณและประโยชน์ของแคนตาลูปhttp://frynn.com/ สืบค้นเมื่อ 8 มีนาคม.

[2] Brand-Williams W, Cuvelier ME and Berset C. 1995. “Use of Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity”. **Lebensm Wiss Technology** 28:25-30.

[3] เอื้องพร ใจลังกา. 2552. **การพัฒนาเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำผลหม่อน.** ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

[4] ไพบูลย์ ด่านวิรุทัย และ พัฒนา เหล่าไพบูลย์. 2548. **ไวน์ผลไม้และสาโท ผลิตด้วยความมั่นใจได้อย่างไร**. ศูนย์วิจัยการหมักเพื่อเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

[5] Lee, G.D., Kwon, S.H, Lee, M.H., Kim, S.K and Kwon, J.H,. 2002. “Monitoring on Alcohol and Acetic Acid Fermentation Properties of Muskmelon”. **Korean J. Food Sci. Technol** 34(1): 30-36.

[6] วันเพ็ญ จิตรเจริญ. 2556. **คู่มือไวน์เมกเกอร์.** สำนักพิมพ์ บริษัทเชียงใหม่พริ้นท์ติ้ง จำกัด. เชียงใหม่.

[7] Towantakavanit, K., Park Y.S. and Gorinstein S. 2011. “Quality Properties of Wine from Korean Kiwifruit New Cultivars”. **Food Research International** 44: 1364-1372.

[8] Xiao, Z., Fang, L, Niu, Y and Yu,H. 2015. “Effect of Cultivar and Variety on Phenolic Compounds and Antioxidant Activity of Cherry Wine”. **Food Chemistry** 186: 69–73.

[9] Li, T., Lo, Y.M and Moon, B. 2014. “Feasibility of Using *Hericium erinaceus* as the Substrate for Vinegar Fermentation”. **LWT**

– Food Science and Technology 55: 323-328.

[10] 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.

[11] วรรณภา ทาบโลกา จินตนา เป็นรัมย์ และนภาลัย ใยบัว. 2556. “ผลของปริมาณแอลกอฮอล์และสภาวะการให้อากาศต่อปริมาณวิตามินซีและการผลิตน้ำส้มสายชูหมักมะขามป้อม”. **รายงานการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 51** ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน 5-7 กุมภาพันธ์ 2556 หน้า 439-446

[12] 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(4): 1145-1149.

[13] Solieri, L and Giudici, P. 2009. **Vinegar of the world**. Springer Milan Berlin Heidelberg. New York.