ความเข้มข้นของน้ำตาลและแอลกอฮอล์ที่เหมาะสมต่อการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากกล้วยน้ำว้า

กัญญา สอนสนิท[1,3*] อุมาพร อาลัย[2] และ อานนท์ เรียงหมู่[3]

[1]สาขาวิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม, นครปฐม
[2]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม, นครปฐม
[3]ศูนย์วิจัยเพื่อการพัฒนาพืชเกษตรหลักนครปฐม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม, นครปฐม
*jkanya@windowslive.com

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาความเข้มข้นของน้ำตาลและแอลกอฮอล์ที่เหมาะสมต่อการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากกล้วยน้ำว้า โดยความเข้มข้นน้ำตาลต่อการผลิตแอลกอฮอล์ของไวน์กล้วยน้ำว้าด้วยเชื้อ *Saccharomyces cerevisiae* var. *burgundy* พบว่าเมื่อหมักไวน์กล้วยน้ำว้าที่มีน้ำตาลเริ่มต้น 15 และ 20°brix เป็นเวลา 14 วันแล้วหยุดกระบวนการหมักจะมีความเข้มข้นแอลกอฮอล์ ร้อยละ 7.87±0.15 และ 10.75±0.28 ตามลำดับ ปริมาณของแข็งละลาย 6.53±0.25 และ 8.93±0.38 °brix ตามลำดับ น้ำตาลรีดิวซ์ ร้อยละ 1.83±0.31 และ 2.13±0.15 ตามลำดับ และค่าความเป็นกรดด่าง 4.27±0.21 และ 3.92±0.13 ตามลำดับ จากนั้นนำไปศึกษาการหมักน้ำส้มสายชูจากในสภาวะที่มีอากาศด้วยเชื้อ *Acetobacter pasteurianus* TISTR102 ในถาดที่ความเข้มข้นของแอลกอฮอล์แตกต่างกัน ที่ร้อยละ 6, 8 และ 10 เป็นระยะเวลา 24 วัน พบว่าน้ำส้มสายชูหมักจากกล้วยน้ำว้าที่หมักจากไวน์กล้วยน้ำว้า ร้อยละ 8 เหมาะสมที่สุด เนื่องมีประมาณกรดแอซีติก ร้อยละ 5.64±0.24 ในขณะที่กระบวนการและวิธีการหมักแบบ Semi-septic fermentation ของผู้ประกอบการที่หมักระยะเวลา 12 สัปดาห์แล้ว พบว่ามีปริมาณกรดแอซีติก ร้อยละ 3.36±0.08 ซึ่งน้อยกว่าค่ามาตรฐานกระทรวงสาธารณสุข

คำสำคัญ: น้ำส้มสายชู กล้วยน้ำว้า การหมัก

Product Development of Fermented Vinegar from Kluai Nam Wa

Kanya Sornsanit[1,3*], Aumaporn Arlai[2] and Anon Riangmoo[3]

[1]Microbiology Program, Faculty of Science and Technology, Nakhon Pathom Rajabhat University
[2]Food Science and Technology Program, Faculty of Science and Technology, Nakhon Pathom Rajabhat University
[3]Research Center for Major Crop Production Development in Nakhon Pathom, Nakhon Pathom Rajabhat University
*jkanya@windowslive.com

Abstract

The objective of this research was to study the optimal sugar and alcohol concentrations for the production of Kluai Nam Wa vinegar . The sugar concentration on the alcohol production of Kluai Nam Wa wine with *Saccharomyces cerevisiae* var. *burgundy* showed that when fermented Kluai Nam Wa wine with sugar 15 and 20 ^{0} brix for 14 days and stopped the fermentation process, the alcohol concentration was 7.87±0.15% and 10.75±0.28%, respectively, dissolved solids were 6.53±0.25 and 8.93±0.38 ^{0}brix, respectively, reducing sugar, 1.83±0.31% and 2.13±0.15%, respectively, and pH 4.27±0.21 and 3.92±0.13, respectively. The vinegar was fermented under aerobic conditions with *Acetobacter pasteurianus* TISTR102 in trays at different alcohol concentrations at 6, 8 and 10 percent for 24 days. The fermentation from 8% of Kluai Nam Wa wine was the most suitable as it contained approximately 5.64±0.24% acetic acid, While the process and method of semi-septic fermentation of the operators fermented for 12 weeks, it was found that the acetic acid content was 3.36±0.08, which was lower than the community product standard.

Keywords: Vinegar, Kluai Nam Wa, Fermentation

1. บทนำ

กล้วยน้ำว้าเป็นกล้วยที่มีการปลูกมากเป็นอันดับ 1 ของประเทศไทย การผลิตกล้วยน้ำว้าในประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น โดยในปีพ.ศ.2559 มีพื้นที่การเก็บเกี่ยวผลผลิตกล้วยน้ำว้า 181,902.34 ไร่ เก็บเกี่ยวได้ 918,539.97 ตัน ราคาที่เกษตรกรขายได้เฉลี่ย 12.98 บาทต่อกิโลกรัม และกล้วยน้ำว้ายังเป็นพืชส่งออกอันดับที่ห้าของโลกรองลงมาจากกาแฟ ธัญพืชน้ำตาล และโกโก้ [1] กล้วยน้ำว้าเป็นพืชที่มีการปลูกกันทั่วไปและนิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลาย ในกล้วยน้ำว้ามีสารอาหารที่มีประโยชน์ เช่น น้ำตาลฟรุกโตส โพแทสเซียม วิตามินเอ วิตามินบี และวิตามินซี [2] แต่มีราคาต่ำ อยู่ที่ 5-10 บาท โดยมีพ่อค้าคนกลางมารับซื้อจากสวน เนื่องจากปัญหาราคาที่ตกต่ำบางครั้ง ผู้ประกอบการก็จะไม่ตัดกล้วยขาย เนื่องจากไม่คุ้มค่าแรงงาน

น้ำส้มสายชูหมัก คือ น้ำส้มสายชูที่ได้จากการหมักเมล็ดธัญพืช ผลไม้ น้ำตาล หรือกากน้ำตาล (molasse) [3] การผลิตน้ำส้มสายชูนั้นมีขั้นตอนการหมัก 2 คือ ขั้นตอนแรกเป็นการหมักแอลกอฮอล์ เป็นกระบวนการเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์โดย

เชื้อยีสต์สกุล *Saccharomyces cerevisiae* และขั้นตอนที่สองเป็นขั้นตอนการสร้างกรดอะซิติก เป็นการเปลี่ยนแอลกอฮอล์ให้เป็นกรดอะซิติก โดยอาศัยเชื้อแบคทีเรียในกลุ่ม Acetic acid bacteria [4,5] โดยสภาวะที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของเชื้อจุลินทรีย์ และส่งผลต่อประสิทธิภาพด้านการผลิตและคุณภาพของน้ำส้มสายชูได้ โดยสามารถนำน้ำว้ามาแปรรูปผลิตภัณฑ์จากกล้วยน้ำว้าในช่วงที่ราคากล้วยน้ำว้าตกต่ำ ซึ่งเดิมเกษตรกรหรือผู้ประกอบการได้ทดลองการหมักน้ำส้มสายชูจากกล้วยน้ำว้า โดยหมักกล้วยกับน้ำตาลและน้ำ ซึ่งผู้ประกอบการพบปัญหาคือใช้เวลาหมักนาน และความเข้มข้นของกรดน้ำส้มได้ไม่ถึง ร้อยละ 4.0 และเมื่อนำมาตรวจวิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์พบว่ายังมีแอลกอฮอล์ตกค้างอยู่ร้อยละ 1.5 โดยมาตรฐานกระทรวงสาธารณสุขกำหนดไว้ให้น้อยกว่าร้อยละ 0.5 [6] ดังนั้นผู้ประกอบการและคณะผู้วิจัยจึงร่วมมือกันศึกษาวิจัยกระบวนการหมัก และพัฒนาคุณภาพผลิตภัณฑ์ให้เป็นไปตามมาตรฐานกำหนด

2. วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาความเข้มข้นของน้ำตาลและแอลกอฮอล์ที่เหมาะสมต่อการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากกล้วยน้ำว้า

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 การศึกษาความเข้มข้นน้ำตาลต่อการผลิตแอลกอฮอล์ของไวน์กล้วยน้ำว้า

3.1.1 เตรียมหัวเชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* var. *burgundy*

เลี้ยงเชื้อ *S. cerevisiae* var. *burgundy* บนหลอดอาหารเอียง Yeast Malt Extract Agar (YMA) บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง เตรียมน้ำกล้วยน้ำว้าโดยใช้กล้วยน้ำว้าระยะสุกงอม เปลือกจะเริ่มมีสีน้ำตาล และเนื้อหวานจัด นำไปล้างทั้งเปลือกให้สะอาด พักทิ้งไว้ให้แห้ง แล้วปอกเปลือกออก นำไปขย้ำให้ละเอียดด้วยมือ เจือจางด้วยน้ำสะอาดอัตราส่วนกล้วยต่อน้ำ 30:70 แล้วเติมน้ำตาลทรายและปรับความเข้มข้นน้ำตาลให้ได้ 15 และ 20 องศาบริกซ์ เติมแอมโมเนียมซัลเฟต 1 กรัมต่อลิตร ปรับค่าความเป็นกรดด่างให้ได้ 4.5-5.5 ด้วยกรดซิตริก ตวงใส่ฟลาสก์ขนาด 2,000 มิลลิลิตร ฟลาสก์ละ 800 มิลลิลิตร แล้วนำไปพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และทำให้เย็นในทันทีโดยแช่ในน้ำเย็น เติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.2 กรัม/ลิตร ทิ้งไว้ 1 คืน ดูดน้ำกล้วยน้ำว้าใส่หลอดเชื้อ *S. cerevisiae* var. *burgundy* ที่เตรียมไว้และใช้ห่วงเขี่ยเชื้อเขี่ยให้เชื้อยีสต์หลุดออก และดูดกลับใส่ลงในฟลาสก์ ผสมให้เข้ากัน บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 วัน

3.1.2 เตรียมน้ำกล้วยน้ำว้าสำหรับหมักไวน์

เตรียมกล้วยน้ำว้าเช่นเดียวกับข้อ 3.1.1 โดยเพิ่มสัดส่วนสำหรับหมักในถังพลาสติกขนาด 5 ลิตร ถังละ 3.6 ลิตร ทรีตเมนต์ละ 3 ถัง แล้วเติมหัวเชื้อที่เตรียมไว้ลงไปถังละ 400 มิลลิลิตร และบ่มไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลานาน 15 วัน เก็บตัวอย่างน้ำไวน์ที่เวลา 0, 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน เพื่อนำไปวัดปริมาณแอลกอฮอล์ ปริมาณน้ำตาล และค่าความเป็นกรดด่าง

3.2 การศึกษาความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ต่อการหมักน้ำส้มสายชูจากไวน์กล้วยน้ำว้าด้วยเชื้อ *Acetobacter pasteurianus* TISTR 102 โดยการหมักแบบถาด

เลี้ยงเชื้อ *A. pasteurianus* TISTR 102 บนอาหาร Glucose Yeast Extract Broth ความเร็วรอบ 180 รอบต่อนาที เวลา 18-24 ชั่วโมง ปรับความเข้มข้นเชื้อให้ได้เท่ากับ 0.5 McFarland ด้วยน้ำกลั่น เตรียมน้ำไวน์โดยเจือจางให้ได้ความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ในไวน์กล้วยน้ำว้าให้ได้ ร้อยละ 6, 8 และ 10 ด้วยน้ำสะอาด เติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.2 กรัม/ลิตร ทิ้งไว้ 1 คืน และเติมหัวเชื้อ *A. pasteurianus* TISTR 102 ร้อยละ 5 ตวงใส่ถาดพลาสติกขนาด 12x15 นิ้ว ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร จำนวน 3 ถาด/ตัวอย่าง จากนั้นใช้อะลูมิเนียมฟลอยด์ปิดผิวหน้าถาด โดยให้มีช่องอากาศเล็กน้อย แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็น

ระยะเวลานาน 24 วัน เก็บตัวอย่างวันที่ 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22 และ 24 วัน ปริมาตร 60 มิลลิลิตร แล้วนำไปหาปริมาณแอลกอฮอล์ ปริมาณกรดแอซีติก และค่าความเป็นกรดด่าง

3.3 การหมักน้ำส้มสายชูแบบเติมของผู้ประกอบการ

เตรียมกล้วยน้ำว้าโดยโดยใช้กล้วยน้ำว้าระยะสุกงอม เปลือกจะเริ่มมีสีน้ำตาล และเนื้อหวานจัด นำไปล้างทั้งเปลือกให้สะอาด ผึ่งลมทิ้งไว้ให้แห้ง แล้วปอกเปลือกออก นำไปขยี้ให้ละเอียดด้วยมือ ผสมส่วนผสม ได้แก่ กล้วย น้ำตาล และน้ำ ในอัตราส่วน 3 : 1 : 5 ตามลำดับ บรรจุใสถังสำหรับหมัก ปิดฝาให้สนิท หมักทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 3 เดือน แบบไม่ใช้อากาศ ไล่ก๊าซโดยคลายฝาขวดให้แก๊สค่อย ๆ ออกมาแล้วหมุนฝาปิดดังเดิมทุกวัน และเก็บตัวอย่างทุก ๆ 1 สัปดาห์ นำไปวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาล ปริมาณแอลกอฮอล์ ค่าความเป็นกรดด่าง และปริมาณกรดแอซีติก สัปดาห์ละ 1 ครั้ง

3.4 การวิเคราะห์ทางเคมี

3.4.1 ปริมาณแอลกอฮอล์ด้วยเครื่อง Ebulliometer ตามวิธีการของ [7]

3.4.2 ปริมาณน้ำตาล ด้วยเครื่อง Refractometer

3.4.3 ค่าความเป็นกรดด่าง ด้วยเครื่อง pH meter

3.4.4 ปริมาณกรดแอซีติก ตามวิธีการของ [8]

3.4.5 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ด้วยวิธีดีเอ็นเอส ตามวิธีการของ [8]

3.4.6 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี DPPH method ตามวิธีการของ [1,9]

3.4.7 ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดวิธี Folin-Ciocalteu method ตามวิธีการของ [10]

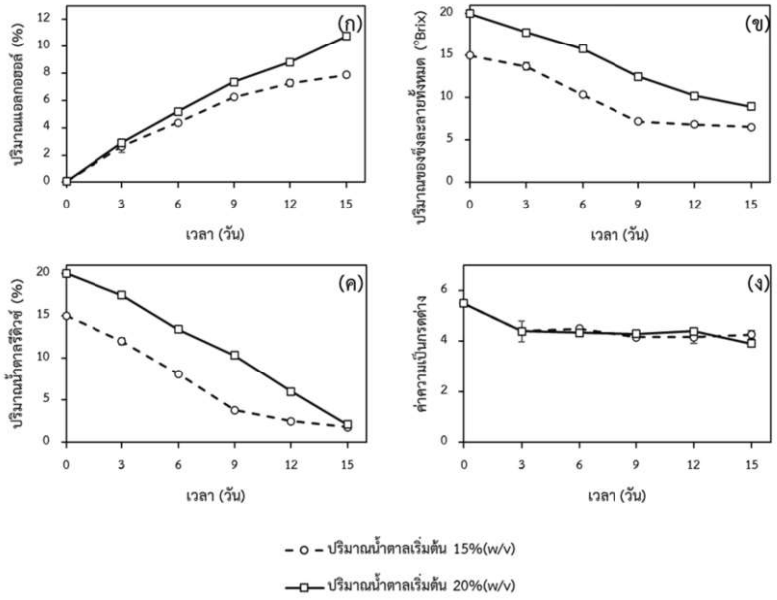
3.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำผลการทดลองมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's multiple rang test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรม SPSS version 23 แสดงข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน [11]

4. ผลการดำเนินการวิจัย

4.1 ผลของความเข้มข้นน้ำตาลต่อการผลิตแอลกอฮอล์ในการหมักไวน์กล้วยน้ำว้า

จากการทดลองหมักไวน์จากกล้วยน้ำว้าโดยมีปริมาณน้ำตาลเริ่มต้นที่ 15 และ 20 องศาบริกซ์ ในอัตราส่วนกล้วยน้ำว้า : น้ำ เท่ากับ 70 : 30 นาน 15 วัน พบในตัวอย่างน้ำไวน์ที่มีน้ำตาลเริ่มต้นที่ 15 และ 20 องศาบริกซ์ ว่ามีความเข้มข้นแอลกอฮอล์ร้อยละ 7.87±0.15 และ 10.75±0.28 ตามลำดับ ปริมาณของแข็งละลาย 6.53±0.25 และ 8.93±0.38 องศาบริกซ์ ตามลำดับ น้ำตาลรีดิวซ์ ร้อยละ 1.83±0.31 และ 2.13±0.15 ตามลำดับ และค่าความเป็นกรดด่าง 4.27±0.21 และ 3.92±0.13 ตามลำดับ ดังภาพที่ 1

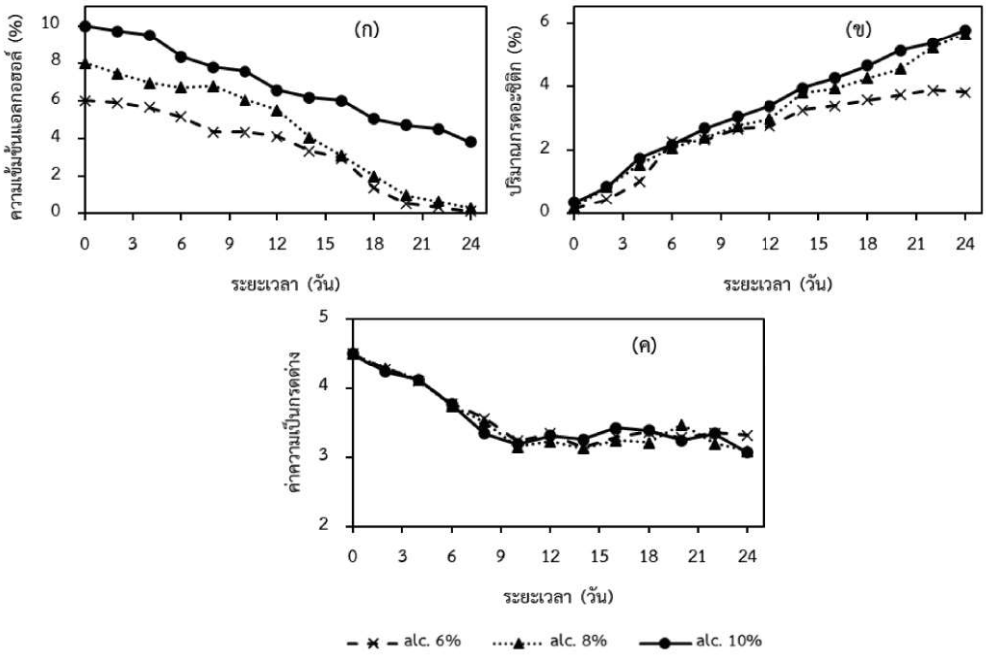


ภาพที่ 1 ปริมาณแอลกอฮอล์ (ก), ปริมาณของแข็งละลายทั้งหมด (ข), ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (ค) และค่าความเป็นกรดด่าง (ง) ของการหมักไวน์กล้วยน้ำว้าที่ระยะเวลา 0 – 15 วัน

4.2 ผลของความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ต่อการหมักน้ำส้มสายชูจากไวน์กล้วยน้ำว้าด้วยเชื้อ *A. pasteurianus* TISTR 102

การหมักน้ำส้มสายชูจากไวน์ในสภาวะที่มีอากาศในถาดที่ความเข้มข้นของแอลกอฮอล์แตกต่างกันที่ร้อยละ 6, 8 และ 10 เป็นระยะเวลา 24 วัน พบว่าน้ำส้มสายชูจากกล้วยน้ำว้าที่หมักจากไวน์กล้วยน้ำว้าร้อยละ 8 เหมาะสมที่สุดเนื่องมีปริมาณกรดแอซีติกร้อยละ 5.64±0.24 ซึ่งมากกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำคือร้อยละ 4.0 และมีปริมาณแอลกอฮอล์หลงเหลือจากการหมักเพียงร้อยละ 0.28±0.06 ในขณะที่น้ำส้มสายชูจากกล้วยน้ำว้าที่หมักจากไวน์กล้วยน้ำว้าร้อยละ 6 มีปริมาณกรดแอซีติกร้อยละ 3.81±0.07 แต่แอลกอฮอล์ถูกใช้จนเหลือต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (ภาพที่ 2) ในสัปดาห์ที่ 11 ร้อยละ 0.34±0.11 และน้ำส้มสายชูจากกล้วยน้ำว้าที่หมักจากไวน์กล้วยน้ำว้าร้อยละ 10 มีปริมาณกรดซิติกสูงถึงร้อยละ 5.77±0.16 แต่พบว่ายังมีปริมาณแอลกอฮอล์เหลืออยู่ร้อยละ 3.82±0.13

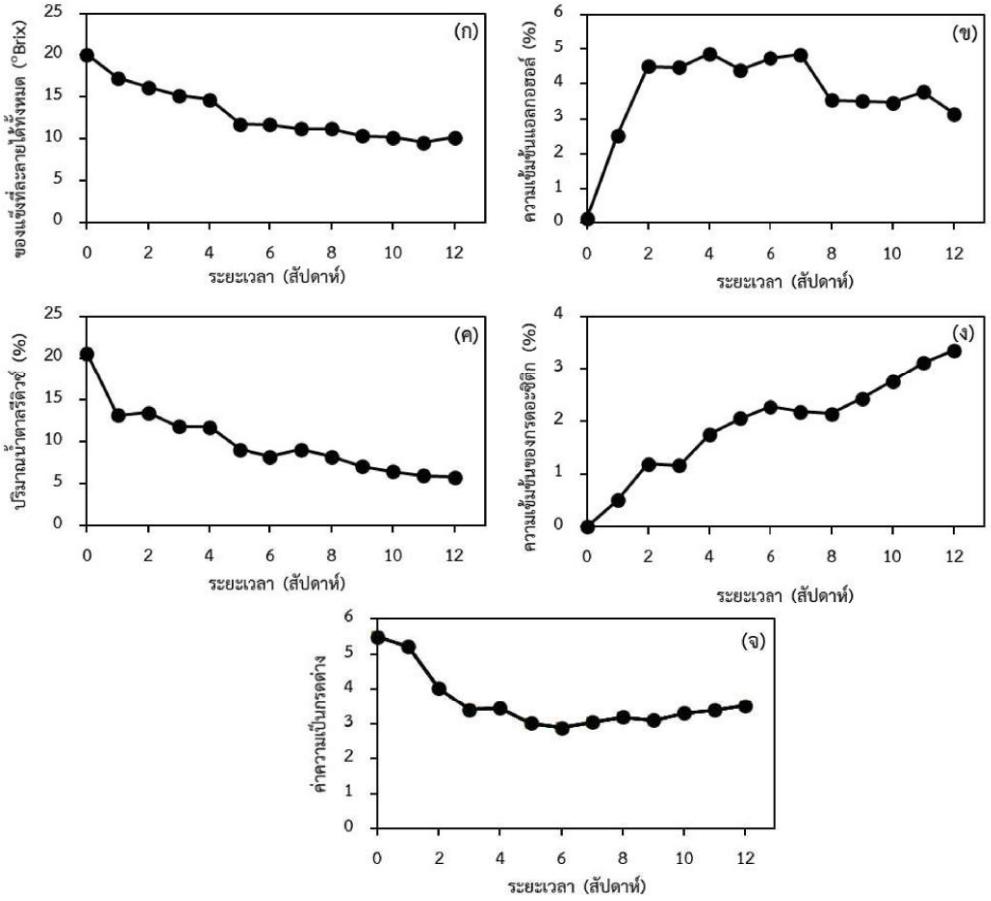
ปริมาณแอลกอฮอล์ในไวน์กล้วยน้ำว้าที่มีปริมาณน้ำตาลเริ่มต้น 15 องศาบริกซ์ มีปริมาณแอลกอฮอล์ร้อยละ 7.87±0.15 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงปริมาณแอลกอฮล์เริ่มต้นที่เหมาะสมต่อการหมักกรดแอซีติก คือร้อยละ 8 แต่หากนำไวน์กล้วยน้ำว้าที่มีปริมาณน้ำตาลเริ่มต้น 20 องศาบริกซ์ มาเจือจางลงจนได้แอลกอฮอล์ร้อยละ 8 จะส่งผลให้ได้ผลผลิตของน้ำส้มสายชูมากกว่า



ภาพที่ 2 ความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ ปริมาณกรดแอซีติก และค่าความเป็นกรดด่างของการหมักน้ำส้มสายชูที่ความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ ร้อยละ 6, 8 และ 10

4.3 การหมักน้ำส้มสายชูแบบเดิมของผู้ประกอบการ

การหมักน้ำส้มสายชูแบบเดิมของผู้ประกอบการเป็นระยะเวลานาน 12 สัปดาห์ พบว่ามีปริมาณของแข็งละลายได้ทั้งหมดและปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มีค่าลดลง (ภาพที่ 3 ก และ ค) โดยปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ลดลงมากในช่วงสัปดาห์ที่ 1 เนื่องจากจุลินทรีย์ที่ติดมากับวัตถุดิบต้องการใช้ในการเพิ่มจำนวนเซลล์และเนื่องจากในสภาวะนี้ยังมีปริมาณออกซิเจนอยู่มาก แต่หลังจากสัปดาห์ที่ 2 ปริมาณของแข็งละลายได้ทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ถูกใช้ได้ช้าลง เนื่องจากยีสต์เริ่มมีการเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์มากขึ้น แอลกอฮอล์ในช่วงแรกมีอัตราการเพิ่มขึ้นสูงมากซึ่งถูกผลิตโดยเชื้อยีสต์ธรรมชาติที่ติดมากับวัตถุดิบ แต่หลังจากสัปดาห์ที่ 4 ปริมาณแอลกอฮอล์เริ่มคงที่ เนื่องจากถูกเปลี่ยนเป็นกรดแอซีติกโดยแอซีติกแอซิดแบคทีเรียที่ติดมากับวัตถุดิบเช่นกัน ปริมาณกรดแอซีติกเพิ่มขึ้นในอัตราที่คงที่ ส่งผลให้มีค่าความเป็นกรดด่างลดลง แต่เมื่อครบระยะเวลา 12 สัปดาห์แล้วพบว่ามีปริมาณกรดแอซีติกร้อยละ 3.36±0.08 ซึ่งน้อยกว่าค่ามาตรฐาน (4.5%)



ภาพที่ 3 ปริมาณของแข็งละลายได้ทั้งหมด (ก), ความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ (ข), ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (ค), ความเข้มข้นของกรดแอซีติก (ง) และค่าความเป็นกรดด่าง (จ) ของกระบวนการการหมักน้ำส้มสายจากกล้วยน้ำว้าแบบเดิมของผู้ประกอบการ

เมื่อได้นำตัวอย่างน้ำส้มสายชูที่มาได้แต่ละทรีตเมนต์มาเปรียบเทียบคุณภาพ พบว่าตัวอย่างน้ำส้มสายชูที่หมักด้วยแอลกอฮอล์เริ่มต้นร้อยละ 8 และ 10 มีปริมาณกรดแอซีติก ร้อยละ 5.64±0.24 และ 5.77±0.16 ดังตารางที่ 1 ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) แม้ว่าจะมีปริมาณแอลกอฮอล์มากกว่า แต่เมื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์ตกค้างพบว่าตัวอย่างน้ำส้มสายชูที่หมักด้วยแอลกอฮอล์เริ่มต้น ร้อยละ 10 ยังมีปริมาณแอลกอฮอล์ตกค้างหลืออยู่มากกว่าอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อวิเคราะห์ร้อยละของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (µg Gallic aic equivalent/ ml) พบว่าน้ำส้มสายชูที่หมักด้วยแอลกอฮอล์ ร้อยละ 10 และที่หมักด้วยกระบวนแบบเดิมมีปริมาณไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) แต่พบว่ามีความแตกต่างกับน้ำส้มสายชูที่หมักด้วยแอลกอฮอล์ ร้อยละ 6 และ 8 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) สาเหตุเพราะมีการเจือจางน้ำไวน์กล้วยน้ำว้าในขั้นตอนเตรียมความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ก่อนหมักน้ำส้มสายชู

ตารางที่ 1 คุณสมบัติทางเคมีของน้ำส้มสายชูที่หมักจากน้ำไวน์กล้วยน้ำว้าที่มีแอลกอฮอล์เริ่มต้นร้อยละ 6, 8 และ 10 หมักเป็นเวลานาน 24 วัน เปรียบเทียบกับกระบวนการหมักแบบเดิม หมักนาน 12 สัปดาห์

คุณสมบัติทางเคมี	กระบวนการหมักแบบถาด			กระบวนการหมักแบบเดิม
	Alc. 6 (%)	Alc. 8 (%)	Alc. 10 (%)	
ปริมาณกรดแอซีติก (%)	3.81±0.07^{b}	5.64±0.24^{c}	5.77±0.16^{c}	3.36±0.08^{a}
ปริมาณแอลกอฮอล์ตกค้าง (%)	0.12±0.03^{a}	0.28±0.06^{a}	3.82±0.13^{c}	3.13±0.45^{b}
ค่าความเป็นกรดด่าง	3.32±0.09^{bc}	3.09±0.14^{ab}	3.07±0.11^{a}	3.53±0.15^{c}
ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (%)	39.81±1.12^{a}	43.97±0.62^{b}	55.77±1.05^{c}	56.50±0.25^{c}
ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (µg gallic aid equivalent/ml)	59.81±0.95^{a}	76.00±0.59^{b}	97.00±3.95^{c}	98.17±2.90^{c}

หมายเหตุ ตัวอักษรแนวนอนที่แตกต่างกัน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

5. อภิปรายผลการวิจัย

กระบวนการและวิธีการหมักแบบ Semi-septic fermentation คือ เป็นการหมักในสภาพปิดเพื่อป้องกันการปนเปื้อนเชื้อจากภายนอก แต่ไม่จำเป็นต้องฆ่าเชื้อที่ปนเปื้อนมากับวัตถุดิบ [12] จึงเป็นการใช้เชื้อจุลินทรีย์ที่ติดมากับวัตถุดิบมาใช้ในการหมัก จึงไม่สามารถควบคุมคุณภาพผลผลิตได้ดีนัก อีกทั้งการหมักน้ำส้มสายชูจากกล้วยน้ำว้านี้ยังเกิดปัญหาที่ทำให้กระบวนการหมักเป็นไปได้ช้าคือแอซีติกแอซิดแบคทีเรียสายพันธุ์ที่สร้างเยื่อเซลลูโลสหรือวุ้นสวรรค์ขึ้นบริเวณผิวหน้าน้ำหมัก ส่งผลให้อัตราการหมักน้ำส้มเป็นไปได้ช้า เนื่องจากกระบวนการหมักน้ำส้มสายชูเป็นสภาวะการหมักแบบใช้ออกซิเจนจึงทำให้ออกซิเจนจากผิวหน้าน้ำหมักแพร่ลงได้น้อย และยังมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกผลิตโดยยีสต์จึงทำให้มีความเข้มข้นของออกซิเจนละลายในน้ำหมักและในถังหมักน้อยลง การที่มีเชื้อแบคทีเรียสายพันธุ์ที่สร้างเยื่อเซลลูโลสนี้ยงส่งผลให้น้ำตาลที่จำเป็นต้องถูกเปลี่ยนเป็นแอลกอฮอล์และกรดแอซีติกถูกเปลี่ยนไปเป็นแผ่นวุ้นสวรรค์แทน [1] จึงทำให้มีปริมาณกรดแอซีติกถูกผลิตได้น้อยกว่า

6. สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองการหมักไวน์กล้วยน้ำว้า โดยศึกษาความเข้มข้นของน้ำตาลเริ่มต้น พบว่าปริมาณน้ำตาลเริ่มต้นที่ 20 องศาบริกซ์ มีปริมาณแอลกอฮอล์สูงที่สุด แต่หลังจากนั้นที่มาศึกษาปริมาณแอลกอฮอล์ที่เหมาะสมต่อการหมักกรดแอซีติกพบว่าความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ที่เหมาะสมต่อการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากล้วยน้ำว้าอยู่ที่ร้อยละ 8 เพราะหลังจากนำไวน์กล้วยน้ำว้ามาหมักเป็นระยะเวลา 24 วันแล้วพบว่ามีปริมาณกรดแอซีติกมากกว่าเกณฑ์มาตรฐาน และมีปริมาณแอลกอฮอล์หลงเหลืออยู่น้อยซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานของมาตรฐานกระทรวงสาธารณสุขของ(ลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูกล้วยน้ำว้า

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากทุนอุดหนุนจากทุนวิจัยงบประมาณแผ่นดิน (วช.) ปีงบประมาณ 2562 มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

เอกสารอ้างอิง

[1] ปุณยนุช นิลแสง และจิตติมา กอหรั่งกูล. (2561). การพัฒนาการผลิตแบคทีเรียเซลลูโลสจากน้ำสมุนไพร. **วารสารวิจัยและพัฒนาวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)**, 1 (3), 123-134.

[2] ธิดารัตน์ เทพรัตน์. (2559). การผลิตไซรัปกล้วยน้ำว้า. **วารสารวิชาการปทุมวัน,** 6 (16), 7-14.

[3] ชื่นจิต จันทรจรูญพงษ์ นัดดา ราชนิยม และณัฐวัลย์ พลพันธุ์. (2561). การศึกษากระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากโคจิข้าว. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มทร. ธัญบุรี**, 8 (1), 130-140.

[4] วรรณดี มหรรณพกุล และชนิษฐา อินทร์ประสิทธิ์. (2555). การผลิตเครื่องดื่มไซเดอร์กล้วย. **วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ**, 60 (188), 8-9.

[5] นฤมล จันทิมา ศศิธร แท่นทอง และเบญจพร ศรีสุวรมาศ. (2558). การผลิตและการตรวจสอบคุณภาพน้ำส้มสายชูจากกล้วย. **วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์**, 7 (7), 1-20.

[6] ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 204) พ.ศ.2543 เรื่อง น้ำสมสายชู (2544, 24 มกราคม). **ราชกิจจานุเบกษา.** เล่ม 118 ตอนพิเศษ 6 ง, 61-65.

[7] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2559). บทปฏิบัติการที่ 3 เรื่อง การตรวจสอบปริมาณแอลกอฮอล์ในน้ำส่าหมักด้วยเครื่อง Ebulliometer. **คู่มือภาคปฏิบัติหลักสูตรภาคปฏิบัติด้านพลังงานทดแทน (เอทานอลและก๊าซชีวภาพ),** 25-28.

[8] ศิวพร วรรณวิไล. (2555). การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ด้วยวิธีดีเอ็นเอส. สาโรจน์ ศิริศันสนียกุล (บรรณาธิการ), **ในหนังสือเทคนิควิเคราะห์ทางเทคโนโลยีการหมัก** (35-42). กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[9] Nilsang Suthasinee. (2015). Antioxidant activity and total polyphenol content in Thai Herbal fermented juices. **In the proceeding of the 2015 International forum in Agriculture, Biology and Life science (IFABL2015)**. 201-212.

[10] Wolfe, K., X. Wu and R. H. Liu. (2003). Antioxidant activity of apple peels. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 51 (3), 609-614.

[11] Ihaka, R. and Gentleman. R. (1996). R: A Language for Data Analysis and Graphics". **Journal of Computational and Graphical Statistics**, 5 (3): 299-314.

[12] สมพงศ์ โอทอง ศุภชัย นิติพันธ์ และปิยพงษ์ ทองดำหยู. (2557). **รายงานการวิจัยเรื่อง การพัฒนากระบวนการผลิตเอทานอลและมีเทนจากลำต้นปาล์มโดยกระบวนการหมักแบบสองขั้นตอน.** สงขลา: มหาวิทยาลัยทักษิน.