คุณภาพและปริมาณสารอะมิกดาลินในผลบ๊วยและไซรัปบ๊วย ในระหว่างการหมักด้วยวิธีพื้นบ้านแบบญี่ปุ่น

Quality and Amygdalin Contents in Plum Fruit and Plum Syrup during the Japanese Traditional Fermentation

ญานกร จิรุตม์มาศศรี

Yanakorn Jirutmassri

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีบริการอาหารและการจัดการ

คณะอุตสาหกรรมอาหาร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2568

KMITL-2025-FI-M-055-498

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Quality and Amygdalin Contents in Plum Fruit and Plum Syrup during the Japanese Traditional Fermentation

Yanakorn Jirutmassri

THE THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN FOODSERVICE TECNOLOGY AND MANAGEMANT

FACULTY OF FOOD INDUSTRY

KINNG MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2025

KMITL-2025-FI-M-055-498

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2025

FACULTY OF FOOD INDUSTRY KINNG MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	คุณภาพและปริมาณสารอะมิกดาลินในผลบ๊วยและไซรัปบ๊วย ในระหว่างการหมักด้วยวิธีพื้นบ้านแบบญี่ปุ่น
ชื่อนักศึกษา	นาย ญานกร จิรุตม์มาศศรี
รหัสประจำตัว	64608039
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
หลักสูตร	เทคโนโลยีการบริการอาหารและการจัดการ
พ.ศ.	2568
อาจารย์ผู้ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ วัฒนชัยเสรีกุล

บทคัดย่อ

ไซรัปบ๊วยซึ่งหมักจากผลบ๊วย (*Prunus mume*) จัดเป็นผลิตภัณฑ์พื้นบ้านของแถบเอเชียตะวันออก และได้รับความนิยมนำมาใช้เป็นส่วนผสมอาหารในญี่ปุ่นรวมถึงประเทศอื่น ๆ อย่างไรก็ตามมีปัจจัยหลายประการที่ส่งผลต่อคุณภาพของไซรัปบ๊วยที่หมักได้ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาการหมักต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีกายภาพ และจุลินทรีย์บางประการของไซรัปบ๊วยที่เตรียมได้ เปรียบเทียบกับไซรัปที่มีจำหน่ายเชิงพาณิชย์ โดยทดลองเตรียมไซรัปบ๊วยจากการหมักผลบ๊วยกับน้ำตาลทรายกรวด และเก็บตัวอย่างที่ระยะเวลาการหมัก 5, 15, 30, 60, 120, 180 และ 365 วัน มาวิเคราะห์ค่า pH ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด a_w ค่าสี (L*, a*, b*) ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณกรดซิตริกและกรดมาลิก ปริมาณเอทานอล ปริมาณอะมิกดาลิน และตรวจวิเคราะห์จุลินทรีย์โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ Nutrient agar (NA), Lactobacillus De Man-Rogosa-Sharpe agar (LMRS) และ Yeast extract peptone dextrose agar (YPDA ที่มีคลอแรมเฟนิคอล) ผลการทดลองพบว่าไซรัปบ๊วยที่ได้มีค่า pH ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และ a_w อยู่ในช่วง 2.37-3.04, 53.13-56.67 °Brix และ 0.86-0.89 ตามลำดับ เมื่อระยะเวลาหมักนานขึ้น ค่าความสว่าง (L*) ลดลง (จาก 55.74 เป็น 44.36) แต่ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้น (จาก -0.79 เป็น 5.58 และ 12.22 เป็น 28.57 ตามลำดับ) ปริมาณกรดทั้งหมดเพิ่มขึ้นในช่วง 60 วันแรก จากนั้นลดลงเล็กน้อยโดยมีค่าเท่ากับ 2.76 % ที่ระยะเวลาการหมัก 365 วัน ปริมาณกรดซิตริกมีค่าลดลงจาก 1.03 % เป็น 0.69 % ส่วนกรดมาลิกค่อนข้างคงที่ (0.70-0.72 %) ปริมาณเอทานอลเพิ่มขึ้นสูงสุดที่ 180 วัน (6.36 %) จากนั้นลดลงเป็น 2.58 % ที่ 365 วัน สำหรับปริมาณอะมิกดาลินพบสูงสุดในเมล็ดและเนื้อบ๊วยสดเท่ากับ 9.17 และ 3.77 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง ส่วนในไซรัป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บ๊วยที่ได้มีปริมาณอะมิกดาลินเท่ากับ 1.52 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ในวันที่ 5 และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นช้าๆ เป็น 2.77 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ในวันที่ 365 ของการหมัก

สำหรับไซรัปบ๊วยเชิงพาณิชย์ทั้ง 4 ตัวอย่าง มีค่า pH ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และ a_w อยู่ในช่วง 2.42-2.92, 53.80-70.00 °Brix และ 0.81-0.86 ตามลำดับ ค่าสี L* อยู่ในช่วง 26.93-35.83, a* 13.50-15.64 และ b* 12.30-29.46 ปริมาณกรดทั้งหมด กรดซิตริก กรดมาลิก และเอทานอล มีค่าอยู่ในช่วง 2.86-3.58%, 0.56-0.95%, 0.85-1.19% และ 0.00-2.60% ตามลำดับ และตรวจพบปริมาณอะมิกดาลินอยู่ในช่วง 0.97-3.47 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร นอกจากนี้ไซรัปบ๊วยที่หมักได้จากการทดลองจะตรวจพบเฉพาะยีสต์ในช่วง 30 วันแรก และตรวจไม่พบหลังจากการหมัก 60 วัน ในขณะที่ตรวจไม่พบจุลินทรีย์ทุกชนิดในไซรัปบ๊วยเชิงพาณิชย์ทั้ง 4 ตัวอย่าง ผลการทดลองที่ได้แสดงให้เห็นว่าระยะเวลาในการหมักมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพและจุลินทรีย์ โดยเฉพาะปริมาณอะมิกดาลินซึ่งเป็นสารที่อาจก่อให้เกิดความเป็นพิษที่เกิดขึ้นในระหว่างการหมักไซรัปบ๊วย โดยปริมาณที่ตรวจพบในไซรัปบ๊วยที่เตรียมได้มีค่าใกล้เคียงกับตัวอย่างเชิงพาณิชย์และมีความปลอดภัยต่อการบริโภค

คำสำคัญ: บ๊วย, ไซรัปบ๊วย, อะมิกดาลิน, ไซยาไนด์, การหมัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Quality and Amygdalin Contents in Plum Fruit and Plum Syrup during the Japanese Traditional Fermentation
Student	Mr. Yanakorn Jirutmassri
Student ID.	64608039
Degree	Master of science
Program	Food Service Technology and Management.
Year	2025
Thesis advisor	Assoc. Prof. Dr. Praphan Pinsirodom
Thesis Co-advisor	Asst. Prof. Dr. Songsak Wattanachaisaereekul

Abstract

Plum syrup, derived from fermentation of Japanese apricots (*Prunus mume*), represents a traditional product indigenous to East Asia. It is popularly utilized as a food ingredient in Japan and other countries. However, the quality attributes of the fermented plum syrup are influenced by many factors. This study aimed to investigate the effects of fermentation duration on the changes in selected physicochemical and microbiological properties of laboratory-produced plum syrup, compared with commercially available counterparts. Plum syrup was prepared by naturally fermenting Japanese apricots with rock sugar. Samples were collected at fermentation intervals of 5, 15, 30, 60, 120, 180, and 365 days and analyzed for pH, total soluble solids (TSS), water activity (a_w), color values (L*, a*, b*), total titratable acidity (TTA), citric acid, malic acid, ethanol, and amygdalin contents. Microbiological analysis was performed using Nutrient Agar (NA), Lactobacillus De Man-Rogosa-Sharpe Agar (LMRS), and Yeast Extract Peptone Dextrose Agar supplemented with chloramphenicol (YPDA+C). Four commercial samples were also analyzed for comparison. Results showed that for the laboratory-prepared syrup, the pH, TSS, and a_w values ranged from 2.37–3.04, 53.13–56.67 °Brix, and 0.86–0.89, respectively. With extended fermentation time, the lightness (L*) of the syrup decreased (from 55.74 to 44.36), while redness (a*) and yellowness (b*) values increased (from -0.79 to 5.58 and from 12.22 to 28.57, respectively). TTA increased during the first 60 days, peaking at 3.01%, and subsequently decreased slightly to 2.76 % by day 365. Citric acid content decreased (from 1.03 % to 0.69 %), whereas malic acid content remained relatively stable (0.70–0.72 %). Ethanol content reached its maximum at 180 days (6.36 %) before declining to 2.58 % at 365 days. The highest amygdalin

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

content was observed in the seeds and pulp of fresh plums at 9.17 and 3.77 mg/g dry wt., while it was detected in syrup at 1.52 mg/mL on day 5 and gradual increased to 2.77 mg/mL by day 365.

In the four commercial syrup samples, pH, TSS and a_w ranged from 2.42–2.92, 53.80–70.00 °Brix and 0.81–0.86 respectively. Color values were L* 26.93–35.83, a* 13.50–15.64, and b* 12.30–29.46. TTA, citric acid, malic acid, and ethanol contents ranged from 2.86–3.58%, 0.56–0.95 %, 0.85–1.19 %, and 0.00–2.60 % (w/v), respectively. Amygdalin content was detected within the range of 0.97–3.47 mg/mL. Furthermore, in the laboratory-prepared syrup, only yeasts were detected within the first 30 days of fermentation and became undetectable after 60 days. No microorganisms were detected in any of the four commercial syrup samples. These findings indicate that a fermentation period influences the changes of physicochemical and microbiological qualities of plum syrup, especially the amygdalin content which can be a toxic substance occurred during fermentation of plum syrup. The level of amygdalin found in prepared syrup was similar to that of commercial products and considered safe for consumption.

Keywords: plum, plum syrup, amygdalin, cyanide, fermentation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นวิทยานิพนธ์ในหลักสูตรปริญญาโทของสาขาเทคโนโลยีการบริการอาหารและการจัดการ คณะอุตสาหกรรมอาหาร โดยวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงด้วยคำแนะนำและการช่วยเหลือจาก รองศาสตราจารย์ ดร.ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ วัฒนชัยเสรีกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ ข้อคิดเห็นทางวิชาการ ชี้แนะแนวทางในการดำเนินงานวิจัย และตรวจทานแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มาโดยตลอด จนกระทั่งวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาของท่านเป็นอย่างยิ่ง

ขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ได้แก่ ร.ศ. เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์ รศ.ดร.ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม, ผศ.ดร.ทรงศักดิ์ วัฒนชัยเสรีกุล, และ ผศ.ดร.สุพีรยา อาษา ที่ได้กรุณาให้ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์ยิ่งในการปรับปรุงแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ คุณเกณิกา เตจ๊ะนันท์ ผู้ประกอบการสวนบ๊วย จังหวัดเชียงใหม่ ที่ได้กรุณาอำนวยความสะดวกในการเข้าเยี่ยมชมสวนบ๊วย อันเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณครอบครัว เพื่อนๆ พี่ๆ และน้อง ๆ ทั้งในและนอกคณะอุตสาหกรรมอาหาร ตลอดจนผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่าน ที่ได้ให้การสนับสนุน คอยเป็นกำลังใจและให้ความช่วยเหลือด้วยดีเสมอมา คุณค่าและประโยชน์อันใดที่พึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

ผู้วิจัยเชื่อมั่นว่าองค์ความรู้และข้อมูลที่ได้รวบรวมและวิเคราะห์ไว้ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะมีคุณค่าและเป็นประโยชน์อย่างยิ่งแก่ผู้ที่สนใจศึกษาในหัวข้อที่เกี่ยวข้องกับการแปรรูปผลิตภัณฑ์ที่มากจากผลบ๊วย เพื่อสร้างความเข้าใจที่ลึกซึ้งและนำไปศึกษาต่อยอดหรือประยุกต์ใช้ต่อไป

ญานกร จิรุตม์มาศศรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ III
กิตติกรรมประกาศ V
สารบัญ VI
สารบัญตาราง VIII
สารบัญภาพ IX
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญ 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา 2
1.3 ขอบเขตงานวิจัย 3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4
2.1 บ๊วย (Japanese apricot) 4
2.2 น้ำตาล 10
2.3 การแปรรูปบ๊วยแบบพื้นบ้านญี่ปุ่น 15
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 17
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน 20
3.1 วัสดุและอุปกรณ์ 20
3.1.1 วัตถุดิบ 20
3.1.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ 20
3.2 วิธีการดำเนินการทดลอง 22
3.2.1 การเตรียมผลบ๊วยสำหรับใช้หมักไซรัป 22
3.2.2 การเตรียมโหลแก้ว 22
3.2.3 กระบวนการหมักไซรัปบ๊วย 22
3.3 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีกายภาพ และจุลชีววิทยา 23
3.3.1 ค่าสี 23
3.3.2 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 23
3.3.3 ปริมาณกรดทั้งหมด (Total acidity) 23
3.3.4 ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH) 24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

3.3.5 ค่าปริมาณน้ำอิสระ (water activity, a_w) 24
3.3.6 ปริมาณเอทานอลและกรดอินทรีย์ (Ethanol and Organic Acid Content 24
3.3.7 ปริมาณอะมิกดาลิน 24
3.3.8 วิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์.....25
3.3.9 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ 26
บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิจารณ์ 27
4.1 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีกายภาพของไซรัปบ๊วยในระหว่างการหมักด้วยวิธีพื้นบ้านแบบญี่ปุ่น 27
4.1.1 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณน้ำอิสระและค่าสี 27
4.1.2 ปริมาณเอทานอล ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณกรดซิตริกและกรดมาลิก.....31
4.2 คุณภาพทางเคมีกายภาพของไซรัปบ๊วยที่จำหน่ายในเชิงพาณิชย์.....34
4.2.1 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณน้ำอิสระ และค่าสีของตัวอย่างไซรัปบ๊วยเชิงพาณิชย์ 34
4.2.2 ปริมาณเอทานอล ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณกรดซิตริกและกรดมาลิก ของตัวอย่างไซรัปบ๊วยเชิงพาณิชย์ 36
4.3 ปริมาณอะมิกดาลินในตัวอย่างไซรัปบ๊วยที่ได้จากระยะเวลาในการหมักต่างกัน 37
4.4 ปริมาณอะมิกดาลินในตัวอย่างไซรัปบ๊วยที่มีจำหน่ายในเชิงพาณิชย์.....41
4.5 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลินทรีย์ของไซรัปบ๊วยในระหว่างการหมักด้วยวิธีพื้นบ้านแบบญี่ปุ่น 42
4.6 คุณภาพทางจุลินทรีย์ของไซรัปบ๊วยที่มีจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ 43
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 44
5.1 บทสรุปผลการวิจัย 44
5.2 ข้อเสนอแนะ.....45
บรรณานุกรม.....47
ภาคผนวก.....55
ประวัติผู้เขียน.....72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 คุณค่าทางโภชนาการของบ๊วยในปริมาณ 100 กรัม 7
2.2 ระดับความหวานของน้ำตาลบางชนิดเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำตาลซูโครส 12
4.1 คุณภาพทางเคมีกายภาพของไซรัปบ๊วยที่ระยะเวลาในกรบ่มต่างกัน 28
4.2 ปริมาณเอาทานอล ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณกรดซิตริก และปริมาณกรดมาลิก ในตัวอย่างไซรัปบ๊วยที่ระยะเวลาในการหมักต่างกัน 32
4.3 คุณภาพทางเคมีกายภาพของไซรัปบ๊วยที่จำหน่ายเชิงพาณิชย์ 35
4.4 ปริมาณเอาทานอล ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณกรดซิตริก และปริมาณกรดมาลิก ของไซรัปบ๊วยที่จำหน่ายเชิงพาณิชย์ 36
4.5 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลินทรีย์ของไซรัปบ๊วยที่ระยะเวลาการหมักต่าง ๆ 42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 ภาพถ่ายลักษณะทั่วไป ของดอก ผล และต้นบ๊วย 5
2.2 ลักษณะเพริคาร์ป (pericarp)และพัฒนาการของผลบ๊วย จากช่วงตาดอก ถึง ช่วงผลแก่ที่พร้อมเก็บเกี่ยว 6
2.3 โครงสร้างทางเคมีของอะมิกดาลิน 9
2.4 การเกิดไฮโดรเจนไซยาไนด์ซึ่งเป็นผลมาจากการไฮโดรไลซิสของอะมิกดาลิน 9
2.5 จำแนกประเภทคาร์โบไฮเดรต 10
2.6 โครงสร้างโมเลกุลของ กลูโคส ฟรุกโทส และซูโครส 11
2.7 ผลึกน้ำตาลที่เกิดจากการตั้งน้ำเชื่อมที่อิ่มตัวยวดยิ่งให้ค่อยๆ เย็นตัวลง 13
2.8 ลักษณะโดยทั่วไปของน้ำตาลกรวดที่มีจำหน่ายในประเทศ 15
3.1 การเรียงผลบ๊วยและน้ำตาลกรดสลับชั้นกัน และการหมุนโหลแก้วในช่วง 1 เดือนแรกของ การหมัก 22
4.1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของเหลวและสีของไซรัปบ๊วยที่ระยะเวลาในการหมักต่างกัน 28
4.2 ปริมาณ อะมิกดาลิน ในเมล็ด เนื้อ และไซรัปที่ได้จากระยะเวลาในการหมักต่างกัน ตัวอักษรตัวยก a, b, c, d ใน แต่ละแถวแนวนอนเดียวกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) 38
4.3 ปริมาณอะมิกดาลินในไซรัปบ๊วยที่มีจำหน่ายในเชิงพาณิชย์จำนวน 4 ตัวอย่าง ตัวอักษรตัวยก a, b, c, d ในแต่ละแถวแนวนอนเดียวกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) 41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

บ๊วย หรือในภาษาญี่ปุ่นเรียกว่า Ume (อุ-เมะ) ชื่อสากลเรียกว่า Japanese apricot หรือ Chinese plum มีชื่อทางวิทยาศาสตร์คือ *Prunus mume* Sieb. et Zucc. เป็นไม้ผลเมืองหนาวในวงศ์ Rosaceae ซึ่งเป็นนพืชในวงศ์เดียวกับ อัลมอนด์ เชอร์รี่ พีช ท้อ และพลัม ผลบ๊วยมีลักษณะกลมรี มีปลายแหลมเล็กน้อย ผลอ่อนมีสีเขียว เมื่อผลแก่เต็มที่จะมีสีเหลืองและกลิ่นหอมที่ชัดเจน เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2.5 เซนติเมตร ยาวประมาณ 2.5 ถึง 3.5 เซนติเมตร รสเปรี้ยว (ณัฐรีพร, 2549) บ๊วยมีถิ่นกำเนิดอยู่ในประเทศจีนจัดเป็นพืชสมุนไพรชนิดหนึ่ง ต่อมาได้แพร่กระจายไปในบริเวณเอเชียตะวันออกและเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ได้แก่ ไต้หวัน เกาหลี ญี่ปุ่น เวียดนาม ลาว เมียนมา และไทย ซึ่งในประเทศญี่ปุ่นบ๊วยถือได้ว่ามีความนิยมเป็นอย่างมากมีการแปรรูปบ๊วยหลากหลาย เช่น เหล้าบ๊วย ไซรัปบ๊วย และบ๊วยดองเค็ม (อุเมะโบชิ) เป็นวัฒนธรรมทางอาหารที่หยั่งรากลึกในครัวเรือนญี่ปุ่นมาเป็นเวลานาน(Katayama และ Hachiya, 2008)

ในไทยคาดว่ามีการแพร่เข้ามาของบ๊วยบริเวณภาคเหนือของประเทศด้านติดกับประเทศเมียนมา และจีนเพราะมีการปลูกกันมากในพื้นที่อำเภอแม่สาย อำเภอแม่จัน จังหวัดเชียงราย เรียกว่าบ๊วยพื้นเมืองหรือบ๊วยเชียงราย (ณัฐรีพร, 2549) ด้วยภูมิประเทศและภูมิอากาศเหมาะสม บ๊วยจึงสามารถให้ผลผลิตได้จากนั้นมีการนำพันธุ์บ๊วยอื่นๆ เข้ามาและพัฒนาสายพันธุ์บ๊วยในประเทศเพิ่มเติม ได้แก่พันธุ์ปิงตง และพันธุ์เจียนโถ พันธุ์บ๊วยจากไต้หวัน และสายพันธุ์บ๊วยที่คัดเลือกโดยศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ ได้แก่ พันธุ์บารมี 1 หรือขุนวาง 1 และพันธุ์บารมี 2 หรือขุนวาง 2 เป็นสายพันธุ์ที่มีขนาดผลใหญ่และให้ผลผลิตสูง (เดลินิวส์ออนไลน์, 2561) ผลผลิตบ๊วยสดในไทยจะเริ่มเก็บเกี่ยวและออกสู่ตลาดในเดือนมีนาคมและเมษายน นิยมนำมาแปรรูปเป็น บ๊วยแห้ง บ๊วยดองเค็ม บ๊วยแช่อิ่ม และน้ำจิ้มบ๊วย ที่จำหน่ายกันทั่วไปมานาน (ปนิดา และคณะ, 2557)

ปัจจุบันมีการทำการตลาดขายบ๊วยสดจากสวนส่งตรงถึงบ้านกันอย่างแพร่หลาย รวมถึงผู้บริโภคสามารถเข้าถึงองค์ความรู้ด้านการแปรรูปบ๊วยได้ด้วยตนเองผ่านการสืบค้นข้อมูลทางอินเทอร์เน็ตทำให้การแปรรูปบ๊วยแบบของประเทศญี่ปุ่นเป็นที่นิยมมากขึ้นในช่วง 2 ถึง 3 ปี มานี้ การแปรรูปบ๊วยในไทยจึงพัฒนาไปอีกรูปแบบ เช่น การดองเหล้าบ๊วย ดองบ๊วยเค็ม (อุเมะโบชิ) แยมบ๊วย และไซรัปบ๊วย (สำนักงานส่งเสริมการค้าในต่างประเทศ ณ กรุงโตเกียว, 2018) ที่ใช้หลักการแปรรูปบ๊วยแบบญี่ปุ่นมาเป็นแนวทางในผลิตเพื่อรับประทานเองภายในครัวเรือน หรือเพื่อจำหน่ายในธุรกิจร้านอาหาร ซึ่งในประเทศไทยยังขาดองค์ความรู้ที่จำเป็นในการแปรรูปบ๊วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบญี่ปุ่นนี้อยู่ อาจส่งผลต่อความปลอดภัยในการการบริโภคหากวิธีการแปรรูปไม่เหมาะสม โดยทั่วไปคนญี่ปุ่นไม่นิยมรับประทานผลบ๊วยดิบ เนื่องจากมีรายงานว่าบ๊วยที่ยังไม่สุกมีสารก่อพิษที่พบตามธรรมชาติ ได้แก่ อะมิกดาลิน (Amygdalin) เป็นสารก่อพิษในกลุ่ม Cyanogenic glycoside โครงสร้างประกอบด้วย 2 ส่วน คือส่วนที่เป็นน้ำตาลเชื่อมต่อกับส่วนที่มีหมู่ไซยาโน (Cyano Group) ซึ่งเมื่อบริโภคเข้าไป และถูกย่อยโดยเอนไซม์เบต้า-กลูโคซิเดส (β-glucosidase) ในระบบทางเดินอาหารเกิดเป็นกรดไฮโดรไซยานิก (ไฮโดรเจนไซยาไนด์) ที่เป็นพิษต่อร่างกาย อาจมีอาการ เช่น อาเจียน ปวดท้อง ท้องร่วง ปวดศีรษะ วิงเวียน ฯลฯ การบริโภคผลบ๊วยที่มีสารก่อพิษดังกล่าวปริมาณมากอาจทำให้เกิดอาการชัก หายใจลำบาก หมดสติ และอาจทำให้เสียชีวิต (Fukuoka Pharmaceutical Association, 2012) เพื่อความปลอดภัยในการบริโภคจึงต้องแปรรูปผลบ๊วยด้วยวิธีการที่ถูกต้อง เช่นการนำไปผ่านความร้อน หมักดอง หรือตากให้แห้ง เพื่อทำลายอะมิกดาลิน

ปัจจุบันผลิตภัณฑ์จากบ๊วยชนิดหนึ่งนิยมผลิตในครัวเรือนหรือกลุ่มโฮมเมด และใช้เป็นส่วนผสมในการปรุงเครื่องดื่มในธุรกิจบริการอาหาร ได้แก่ ไซรัปบ๊วย หรือน้ำเชื่อมบ๊วย ซึ่งเตรียมได้โดย นำผลบ๊วยมาล้างทำความสะอาด เช็ดแล้วผึ่งลมให้ผิวบ๊วยแห้ง จากนั้นนำลงโหลหมักที่ฆ่าเชื้อไว้แล้วโดยเรียงสลับชั้นกับน้ำตาลกรวด อัตราส่วน ผลบ๊วย 1 กิโลกรัม ต่อน้ำตาลกรวด 1 กิโลกรัม (Mameko, 2014) จากนั้นตั้งทิ้งไว้ในที่ไม่โดนแสงแดดช่วงเดือนแรกควรมีการคลึงโหลเพื่อให้ไซรัปเคลือบผลบ๊วยป้องกันการเกิดเชื้อรา แล้วตั้งไว้จนครบเวลา 1 ปี

อย่างไรก็ตามมีรายงานชัดเจนว่าปริมาณสารอะมิกดาลินที่มีอยู่ในผลบ๊วยดิบตามธรรมชาติมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณอย่างไรในระหว่างการเตรียมไซรัปบ๊วย (Go และคณะ, 2018) แต่กระบวนการแปรรูปที่ไม่เหมาะสมอาจส่งผลต่อความปลอดภัยอันเนื่องมาจากสารก่อพิษอะมิกดาลินได้ งานวิจัยนี้จึงสนใจที่จะศึกษาการวิเคราะห์คุณภาพและปริมาณของ สารอะมิกดาลินในผลบ๊วยและไซรัปบ๊วยในระหว่างการหมักด้วยวิธีพื้นบ้านแบบญี่ปุ่น รวมถึง ในตัวอย่างไซรัปบ๊วยที่มีจำหน่ายในเชิงการค้า ซึ่งผลงานวิจัยจะได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์สำหรับ ใช้ในการผลิตไซรัปบ๊วยให้ปลอดภัยจากสารก่อพิษดังกล่าว

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีกายภาพ และจุลินทรีย์ของผลบ๊วยและไซรัปบ๊วยในระหว่างการหมักด้วยวิธีพื้นบ้านแบบญี่ปุ่น

1.2.2 ศึกษาปริมาณอะมิกดาลินในผลบ๊วยและไซรัปบ๊วยที่ระยะเวลาต่างๆ ในระหว่างการหมักด้วยวิธีพื้นบ้านแบบญี่ปุ่น

1.2.3 ศึกษาคุณภาพทางเคมีกายภาพ จุลินทรีย์ และปริมาณอะมิกดาลินในตัวอย่างไซรัปบ๊วยที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาปริมาณสารก่อพิษอะมิกดาลิน (Amygdalin) ในผลบ๊วยและผลิตภัณฑ์ไซรัปบ๊วยที่หมักโดยใช้กรรมวิธีการหมักของญี่ปุ่นที่ทำกันแบบพื้นบ้าน ซึ่งปัจจุบันมีการผลิตและใช้เป็นส่วนผสมอาหารที่เป็นที่นิยมในธุรกิจบริการอาหาร รวมถึงการตรวจวิเคราะห์ปริมาณ จุลินทรีย์ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณกรดทั้งหมด (acidity) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (total soluble solid, °Brix) ค่าสี ปริมาณเอทานอล และค่า a_w ที่เปลี่ยนแปลงระหว่างการหมัก นอกจากนี้ยังศึกษาคุณภาพทางเคมีกายภาพ จุลินทรีย์ และปริมาณอะมิกดาลินในไซรัปบ๊วยตัวอย่างที่ผลิตในลักษณะที่คล้ายคลึงกันและมีจำหน่ายในท้องตลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 บ๊วย (Japanese apricot)

บ๊วย เป็นไม้ผลเขตหนาวในวงศ์ Rosaceae มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Prunus mume* Sieb. et. Zuce ซึ่งเป็นพืชในวงศ์เดียวกันกับ เชอรี่ (*P. avium*) แอปริคอต (*P. armeniaca*) อัลมอนด์ (*P. amygdalus*) ท้อ (*P. persica*) และ นางพญาเสือโคร่ง (*P. cerasoides*) "บ๊วย" เป็นคำเรียกตามสำเนียงของชาวจีนแต้จิ๋ว ส่วนในภาษาจีนกลางออกเสียงว่า "เหมย" มีแหล่งกำเนิดในสาธารณรัฐประชาชนจีน ปลูกกันมานานประมาณ 2,000 ปีมาแล้ว แหล่งปลูกที่สำคัญคือเมืองเสฉวน และยูนาน เป็นบริเวณที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 600 ถึง 800 เมตร และมีอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 13 ถึง 15 องศาเซลเซียส จากนั้นมีการแพร่หลายไปยังเกาหลี ญี่ปุ่น ไต้หวัน เวียดนาม ลาว ไทย และส่วนอื่นๆ ของโลก สำหรับชื่อสามัญภาษาอังกฤษของบ๊วยนั้น ในเอกสารต่างๆ มักใช้คำว่า "Plum" หรือ "Japanese plum" ในการเรียกบ๊วย ซึ่งในทางวิชาการนั้นมี "Plum" และ "Japanese plum" อยู่แล้ว ซึ่งเป็นพืชต่าง species กัน ส่วนคำที่ถูกต้องในขณะนี้ที่น่าจะใช้เรียกบ๊วยจึงควรเป็น "Japanese apricot" จะเหมาะกว่า หรือจะเรียกชื่อบ๊วยตามภาษาญี่ปุ่นว่า "Ume" "อุเมะ" ก็เป็นที่เข้าใจกัน เพราะถึงจะมีแหล่งกำเนิดในจีน แต่ได้กลายเป็นพืชที่ได้รับความนิยมและถือว่าเป็นผลไม้ประจำชาติของประเทศญี่ปุ่นไปแล้ว (ปวิณ และคณะ, 2537)

ในประเทศไทยเริ่มมีการนำเข้ามาปลูกเมื่อใดไม่ปรากฏแน่ชัด สันนิษฐานว่าอาจมีการแพร่เข้ามาทางภาคเหนือของประเทศที่มีเขตแดนติดต่อกับพม่าและจีน ซึ่งมีการปลูกกันมากเป็นเวลานานกว่า 40 ถึง 50 ปีมาแล้ว บริเวณที่ปลูกมากคือ อำเภอแม่สาย แม่จัน และเชียงแสน จังหวัดเชียงราย ที่มีความสูงเหนือระดับน้ำทะเลประมาณ 450 เมตร ซึ่งเรียกกันทั่วไปว่า "พันธุ์พื้นเมือง" หรือ "พันธุ์เชียงราย" มีลักษณะผลค่อนข้างกลม ขนาดผลโดยทั่วไปค่อนข้างเล็ก มีน้ำหนักโดยเฉลี่ย 150 ถึง 200 ผลต่อกิโลกรัม ต่อมามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ได้ร่วมกับโครงการหลวงนำพันธุ์บ๊วยจากไต้หวัน ได้แก่ "พันธุ์ปิงตง" และ "พันธุ์เจนโถว" เข้ามาปลูกเป็นครั้งแรกในปี พ.ศ.2514 โดยมีการแบ่งปลูกในหลายแห่งเช่น ดอยปุย ดอยอ่างขาง ขุนวาง เป็นต้น ซึ่งทั้งสองสายพันธุ์นี้เหมาะสำหรับปลูกในพื้นที่สูงของไทย โดยเฉพาะความสูงตั้งแต่ 1,000 ถึง 4,000 เมตร จากระดับน้ำทะเล จะเติบโตและให้ผลผลิตได้ดี ข้อดีคือมีผลขนาดใหญ่ โดยเฉลี่ยให้ผลผลิตต่อต้นอยู่ที่ 100 กิโลกรัมต่อปี โดยขนาดผลเฉลี่ยประมาณ 100 ผลต่อกิโลกรัม(ปวิณ และคณะ, 2537) และปัจจุบันยังมีการปลูกบ๊วยสายพันธุ์ที่คัดเลือกโดยศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ ได้แก่ พันธุ์บารมี 1 หรือขุนวาง 1 และพันธุ์บารมี 2 หรือขุนวาง 2 ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่มีขนาดผลใหญ่และให้ผลผลิตสูง (เดลินิวส์ ออนไลน์, 2561)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของบ๊วย

บ๊วยเป็นไม้ผลยืนต้นที่มีการผลัดใบ (deciduous) มีกิ่งก้านทรงพุ่มแผ่กว้างแข็งแรง เมื่อโตเต็มที่อาจจะมีความสูงถึง 10 เมตร ใบมีขนาดค่อนข้างเล็กและก้านใบสั้น ออกสลับกัน (alternate) ฐานใบกลม ปลายใบแหลม (ovate to elliptic) กว้าง 3 ถึง 4 เซนติเมตร ยาว 6 ถึง 8 เซนติเมตร ขอบใบหยักเป็นฟันเลื่อยละเอียด (serrate) ใบมีสีเขียวอมเทาท้องใบมีสีอ่อนกว่าหน้าใบ มีขนเล็กละเอียดหรือเซลล์ต่อมใบ (glandular cell) คลุมตาบ๊วยเป็นแบบ simple bud คือตาหนึ่งจะเป็นตาดอกหรือตาใบอย่างใดอย่างหนึ่ง โดยตาบ๊วยจะเจริญจากตาข้าง (lateral bud) ของกิ่งสปอร์ (spur) ที่อายุ 1 ปีขึ้นไป ดอกเป็นชนิดดอกเดี่ยวสมบูรณ์เพศ มีรังไข่อยู่ใจกลางระหว่างฐานรองดอกและวงกลีบดอก ก้านดอกสั้น กลีบรองดอกคล้ายรูประฆัง มี 5 แฉก กลีบดอกมี 5 กลีบ ส่วนใหญ่มีสีขาว แต่บางพันธุ์อาจมีสีชมพูจนถึงสีแดง และอาจมีกลีบดอกซ้อน (กานดา, 2548) บ๊วยมีระบบรากเป็นรากแก้วและรากแขนงแบบหยั่งรากลงลึกมีลำต้นแข็งแรง มีการแตกกิ่งแขนงบริเวณโคนต้น ออกดอกบานสะพรั่งในราวเดือนพฤษจิกายน ถึง มกราคม ในพื้นที่ที่มีอากาศหนาวเย็นมากๆการบานของดอกอาจจะช้าออกไปอีก (ณัฐรีพร, 2549) ลักษณะทั่วไป ของดอก ผล และต้นบ๊วยแสดงดังภาพที่ 2.1

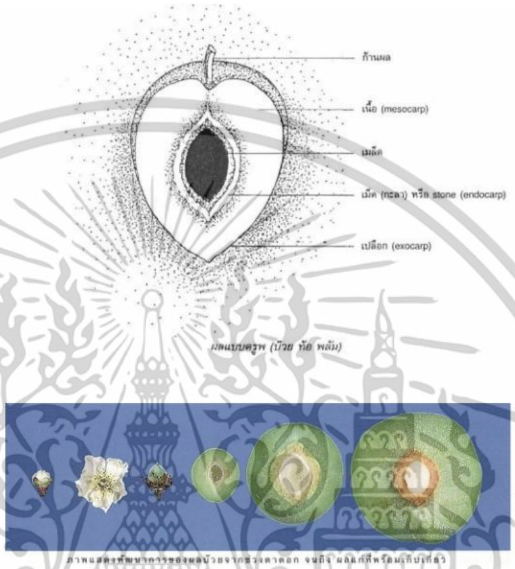
ภาพที่ 2.1 ภาพถ่ายลักษณะทั่วไป ของดอก ผล และต้นบ๊วย (*Prunus mume* Sieb. et. Zuce)
ที่มา : สวนบ๊วยในจังหวัดเชียงใหม่ ภาพถ่ายโดย ญานกร จิรุตม์มาศศรี (2567)

2.1.2 ลักษณะผลของบ๊วย

ผลของบ๊วยจัดว่าเป็นผลชนิด “ผลแท้” (Everything about Umegaku, n.d.) หรือ “ดรูฟ” (drupe หรือ stone fruit) ลักษณะสำคัญคือเป็นผลไม้ชนิดผลเดี่ยว (simple fruit) ทั้งผลพัฒนาการมาจากรังไข่ประกอบกอบด้วยเพริคาร์ป (pericarp) 3 ชั้นชัดเจน (พิมพ์เพ็ญ และ นิธิยา, ม.ป.ป.) เปลือกของผลมีลักษณะบาง เหนียว และเป็นมันเงาเจริญมาจากผนังรังไข่ชั้นนอกสุด (exocarp) เปลือกชั้นกลางหรือส่วนเนื้อผลเจริญมากจากผนังรังไข่ชั้นกลาง (mesocarp) เปลือกผลชั้นใน (endocarp) หรือเมล็ดเป็นส่วนที่เจริญมาจากผนังรังไข่ชั้นในประกอบด้วยเซลล์หิน (stone cell) มีลักษณะแข็งคล้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หินจึงได้ชื่อภาษาอังกฤษว่า stone fruit ผลมีขนาดเล็กกลมหรือรูปไข่ผลอ่อนสีเขียวผลแก่มีสีเหลือง เหลืองอมเขียว อาจมีแต้มแดงมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2.5 เซนติเมตรยาวประมาณ 2.5 ถึง 3 เซนติเมตร บ๊วยมีรูปร่างลักษณะเหมือนท้อแต่ที่ผิวผลมีขนอ่อนละเอียดและเมล็ดเรียบกว่ามีเนื้อติดเมล็ด (cling stone) รสเปรี้ยว แต่มีกลิ่นหอม เมล็ดในแข็ง เรียกผลไม้จำพวกนี้ว่า stone fruit (ณัฐรีพร, 2549) ดังภาพที่ 2.2 แสดงลักษณะเพริคาร์ป (pericarp)และพัฒนาการของผลบ๊วย



ภาพที่ 2.2 ลักษณะเพริคาร์ป (pericarp)และพัฒนาการของผลบ๊วย จากช่วงดาดอก ถึง ช่วงผลแก่ที่พร้อมเก็บเกี่ยว
ที่มา : ปวิณ และคณะ (2537)

2.1.3 คุณค่าทางโภชนการของผลบ๊วย

ผลบ๊วยไม่นิยมรับประทานดิบเนื่องจากมีรสเปรี้ยวจัดและเฝื่อนขม รวมถึงในผลดิบนั้นยังมีสารในกลุ่มไซด์ยาโนเจนไกลโคไซด์ด้วย จึงนิยมนำมาผ่านกระบวนแปรรูปก่อนนำมารับประทาน ได้แก่ อุเมะโบชิ (บ๊วยดองเค็ม) อุเมะชู (เหล้าบ๊วย) และ “อุเมะไซรัป (ไซรัปบ๊วย) นิยมกันมากในประเทศญี่ปุ่น (Shirai, 2022) ซึ่งในประเทศไทยก็นิยมที่จะนำผลบ๊วยมาแปรรูปก่อนรับประทานเช่นกัน ได้แก่ บ๊วยดองน้ำเกลือ บ๊วยแช่อิ่ม และน้ำจิ้มบ๊วย (บ๊วยเจี่ย) เป็นต้น (ปนิดา และคณะ, 2557) คุณค่าทางโภชนาการที่สำคัญในบ๊วย 100 กรัม ประกอบด้วย พลังงาน 28 กิโลแคลลอรี่ น้ำ 90.4 กรัม คาร์โบไฮเดรต 7.9 กรัม โปรตีน 0.7 กรัม น้ำตาล 5.4 กรัม ใยอาหาร 2.5 กรัม โพแทสเซียม 240 มิลิกรัม เบต้า-แคโรทีน 220 ไมโครกรัม วิตามินเอ 20 ไมโครกรัม วิตามินซี 6 มิลลิกรัม รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางโภชนาการของบ๊วยในปริมาณ 100 กรัม

องค์ประกอบ	คุณค่าต่อ 100 กรัม	หน่วย	องค์ประกอบ	คุณค่าต่อ 100 กรัม	หน่วย
พลังงาน	33	Kcal	เบต้า-แคโรทีน (β-carotene)	220	ไมโครกรัม
น้ำ	90.4	กรัม	วิตามินเอ (Vitamin A), RAE	20	ไมโครกรัม
คาร์โบไฮเดรต	7.9	กรัม	วิตามินบี 1 (Thaimin)	0.03	มิลลิกรัม
โปรตีน	0.7	กรัม	วิตามินบี 2 (Riboflavin)	0.05	มิลลิกรัม
ไขมัน	0.5	กรัม	วิตามินบี 3 (Niacin)	0.4	มิลลิกรัม
น้ำตาล	5.4	กรัม	วิตามินบี 6 (Vitamin B6)	0.06	มิลลิกรัม
ใยอาหาร	2.5	กรัม	วิตามินบี 12 (Vitamin B12)	0	ไมโครกรัม
เถ้า	0.5	กรัม	วิตามินซี (Vitamin C)	6	มิลลิกรัม
แร่ธาตุ			วิตามินดี Vitamin D	0	ไมโครกรัม
โพแทสเซียม	240	มิลลิกรัม	วิตามินเค (Vitamin K)	0	ไมโครกรัม
ฟอสฟอรัส	14	มิลลิกรัม	กรดโฟลิก (Folic acid)	8	ไมโครกรัม
แคลเซียม	12	มิลลิกรัม	กรดแพนโทเทนิก (Pantothenic acid)	0.35	มิลลิกรัม
แมกนีเซียม	8	มิลลิกรัม	ไบโอติน (Biotin)	0.5	ไมโครกรัม
โซเดียม	2	มิลลิกรัม	ไขมัน		
เหล็ก	0.6	มิลลิกรัม	กรดไขมันอิ่มตัว	0.03	กรัม
สังกะสี	0.1	มิลลิกรัม	กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว	0.24	กรัม
แมงกานีส	0.07	มิลลิกรัม	กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน	0.08	กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องค์ประกอบ	คุณค่าต่อ 100 กรัม	หน่วย	องค์ประกอบ	คุณค่าต่อ 100 กรัม	หน่วย
ทองแดง	0.05	มิลลิกรัม	คอเลสเตอรอล	0	มิลลิกรัม
Vitamins					
แอลฟา-แคโรทีน(α-arotene)	7	ไมโครกรัม			

ที่มา : MEXT Japan (2023)

2.1.4 กรดอินทรีย์ในบ๊วย

บ๊วยได้รับความนิยมในการนำมาแปรรูปเพื่อถนอมอาหาร ผลบ๊วยเป็นแหล่งของกรดอินทรีย์ตามธรรมชาติหลายชนิดซึ่งมีสรรพคุณช่วยลดอาการท้องร่วง ลดไข้ กระตุ้นความอยากอาหาร นอกจากนี้ กรดอินทรีย์ในผลบ๊วยยังมีฤทธิ์ฆ่าเชื้อแบคทีเรีย เช่น *Salmonella typhi* และ *Shigella* เป็นต้น มีรายงานว่า *Escherichia coli* สามารถมีชีวิตอยู่ได้เป็นเวลา 30 นาที เมื่อสัมผัสกับกรดที่พบในบ๊วย แต่จะถูกทำลายอย่างสมบูรณ์หลังจากผ่านไปเป็นเวลา 2 ชั่วโมง

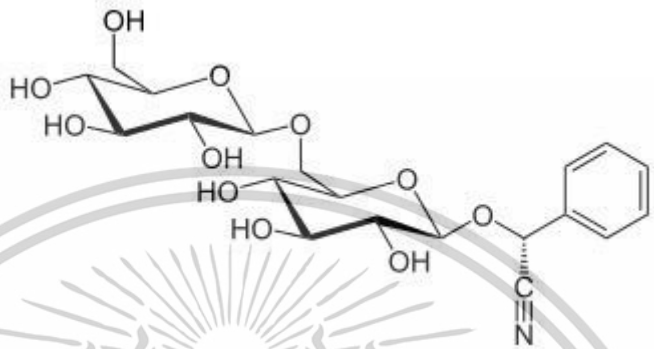
กรดอินทรีย์ที่พบมากในผลบ๊วยมี 4 ชนิดดังนี้ กรดซิตริก, กรดมาลิก, กรดบิวทีริก และกรดทาร์ทาริก ตามลำดับ (Sawa และ Iguti, 1969) Kakiuchi และคณะ (1985) รายงานว่า กรดซิตริกและกรดมาลิกเป็นกรดอินทรีย์ที่มีพบมากเป็น 2 อันดับแรกในผลบ๊วยหลังเก็บเกี่ยว และพบรายงานการตรวจวัดปริมาณกรดอินทรีย์ในบ๊วยด้วยวิธี HPLC รายงานโดย Gao และคณะ (2012) ซึ่งกรดซิตริกและกรดมาลิกเป็นกรดอินทรีย์ 2 อันดับแรกที่ตรวจพบและคุณสมบัติในการต้านเชื้อแบคทีเรียซึ่งผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียมีความสัมพันธ์กับองค์ประกอบของกรดอินทรีย์ในผลบ๊วย นอกจากนี้ยังพบรายงานเกี่ยวกับกรดซิตริกที่มีตามธรรมชาติในผลไม้ที่มีผลต่อการต้านอนุมูลอิสระ ต้านการอักเสบของเซลล์และเพิ่มการดูดซึมแร่ธาตุที่จำเป็นเช่น เหล็ก ซึ่งสามารถช่วยลดภาวะโลหิตจางได้ (Singh และคณะ, 2022)

2.1.5 สารก่อพิษในบ๊วย

สารในกลุ่มไซยาโนเจนิกไกลโคไซด์ (Cyanogenic glycosides) ซึ่งพบในผลบ๊วยถูกสร้างขึ้นเพื่อทำหน้าที่ปกป้องผลอ่อนจากศัตรูตามธรรมชาติ มีรายงานว่าพบมากในส่วนเนื้อในเมล็ด (kernel) อย่างไรก็ตามผลไม้ที่มีไซยาโนเจนิกไกลโคไซด์ในเมล็ดปริมาณสูงก็จะมีไซยาโนเจนิกไกลโคไซด์ในเนื้อผลไม้ด้วยเช่นกัน (Popa, 2021) ผลบ๊วยมีสารในกลุ่ม ไซยาโนเจนิกไกลโคไซด์ ได้แก่ “อะมิกดาลิน (Amygdalin)” อะมิกดาลินจะถูกย่อยสลายโดยเอนไซม์อิมัลซิน (Emulsin) ซึ่งเป็นกลุ่มเอ็นไซม์กลูโคซิเดสที่มีอยู่ในผลตามธรรมชาติ หรือย่อยสลายโดยเอนไซม์เบต้า-กลูโคซิเดส (β-glucosidases) ที่สร้างโดยแบคทีเลียในทางเดินอาหารของคนเรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลี่ยนเป็นกรดไฮโดรไซยานิก หรือ ไฮโดรเจนไซยาไนด์ ที่เป็นพิษมีผลต่อระบบหัวใจและหลอดเลือดทำให้ความดันโลหิตลดลง รวมถึงมีผลต่อศูนย์ควบคุมการหายใจทำให้การหายใจติดขัด (Sawa และ Iguti, 1969) สูตรโครงสร้างทางเคมีของอะมิกดาลิน คือ $C_{20}H_{27}NO_{11}$ ดังแสดง ใน ภาพที่ 2.3

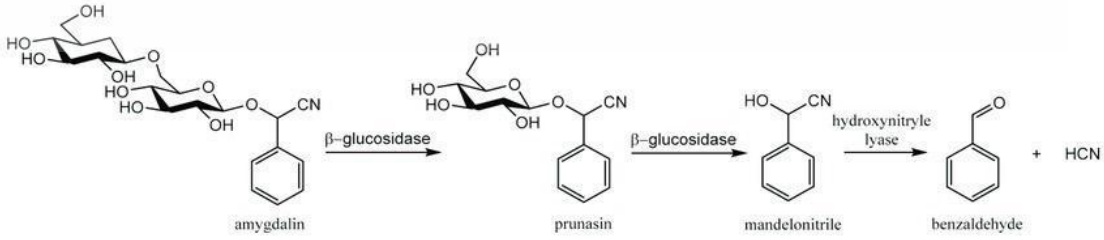


ภาพที่ 2.3 โครงสร้างทางเคมีของอะมิกดาลิน

ที่มา : Amygdalin. (n.d.). In Hmong.in.th wiki. Retrieved August 5, 2023, from https://hmong.in.th/wiki/Amygdalin

2.1.5.1 การเกิดพิษจากอะมิกดาลิน

อะมิกดาลินโดยธรรมชาติไม่ได้เป็นพิษแต่หากเมื่อผ่านกระบวนการย่อยสลายด้วยเอนไซม์อิมัลซิน หรือเอนไซม์เบต้า-กลูโคซิเดส แล้วนั้นในท้ายที่สุดจะเกิดเป็นไซยาไนด์ที่ก่อให้เกิดพิษ เมื่อได้รับอะมิกดาเข้าสู่ร่างกายแล้วจะถูกสลายจากเอนไซม์เบต้า-กลูโคซิเดสเป็นพรูนาซิน (prunasin) และแมนเดอโลไนไตรล์ (mendelonitrille) ตามลำดับ ท้ายที่สุดคือการสลายตัวของแมนเดอโลไนไตรล์ โดยไฮดรอกซีไนไตรล์ไลเอส (hydroxynitrile lyase) ได้เป็นเบนซาลดีไฮด์ (benzaldehyde) และ ไฮโดรเจนไซยาไนด์ (hydrogen cyanide) ดังแสดงในภาพที่ 2.4 ซึ่งเป็นพิษกับร่างกายหากได้รับในปริมาณ 0.5 ถึง 3.5 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม (Bolarinwa และคณะ, 2014)



ภาพที่ 2.4 การเกิดไฮโดรเจนไซยาไนด์ซึ่งเป็นผลมาจากการไฮโดรไลซิสของอะมิกดาลิน

ที่มา : Jaszczak-Wilke และคณะ (2021)

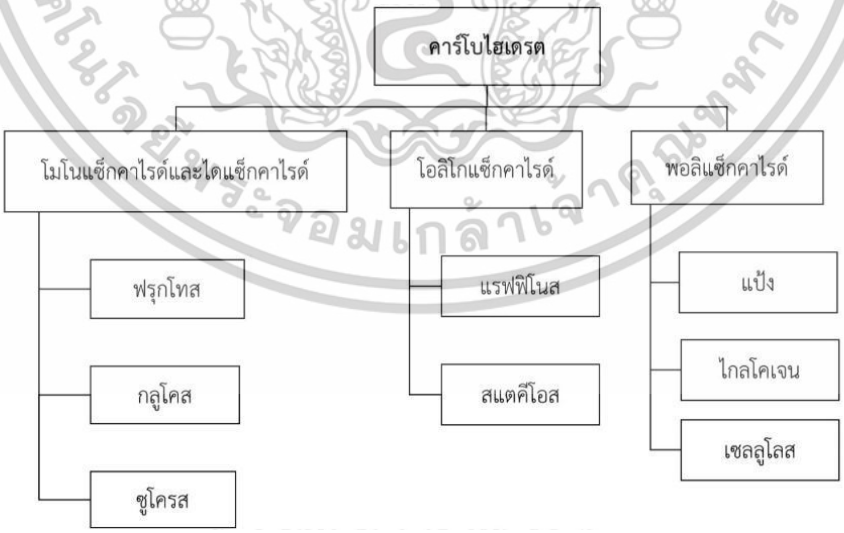
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.6 ผลิตภัณฑ์จากบ๊วย

ผลบ๊วยสดมีรสเปรี้ยวและฝาด เกษตรกรจำหน่ายในรูปผลสดให้กับโรงงานแปรรูปและออนไลน์ โดยราคาเฉลี่ยอยู่ที่ 30 ถึง 60 บาทต่อกิโลกรัม แล้วแต่ขนาดและคุณภาพของผล (เทคโนโลยีชาวบ้าน, 2566) ผลที่คุณภาพดีคือต้องแก่จัดและยังแข็งอยู่ ใช้สำหรับแปรรูปเป็นบ๊วยดอง บ๊วยหวาน บ๊วยเค็ม (ณัฐรีพร, 2549) และปัจจุบันมีกระแสการแปรรูปบ๊วยที่ได้รับอิทธิพลจากญี่ปุ่นเช่น อุเมะโบชิ (บ๊วยดองเค็ม) อุเมะชู (เหล้าบ๊วย) และอุเมะไซรัป (ไซรัปบ๊วย) ทำให้ผลิตภัณฑ์จากบ๊วยนั้นมีความหลากหลาย (สำนักงานส่งเสริมการค้าในต่างประเทศ ณ กรุงโตเกียว, 2561) ซึ่งการแปรรูปช่วยให้สามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลบ๊วยไว้รับประทานได้เป็นเวลานานนอกฤดูกาล (Sawa และ Iguti, 1969)

2.2 น้ำตาล

น้ำตาล (sugar) เป็นสารให้ความหวานในกลุ่มคาร์โบไฮเดรตที่ให้พลังงานแก่ร่างกาย ประกอบด้วยธาตุคาร์บอน (Carbon; C) ไฮโดรเจน (Hydrogen; H) และออกซิเจน (Oxygen; O) สูตรโมเลกุลทั่วไป คือ (CH_2O) สามารถพบได้ทั่วไปตามธรรมชาติ และในอาหาร เช่น นม ผัก ผลไม้ และธัญพืช โดยจำแนกได้ 3 กลุ่ม ได้แก่ โมโนแซ็กคาไรด์และไดแซ็กคาไรด์ (Monosaccharide and Disaccharide) โอลิโกแซ็กคาไรด์ (Oligosaccharide) และพอลิแซ็กคาไรด์ (Polysaccharide) ดังแสดงในภาพที่ 2.5 (จิฌากานต์, 2562)



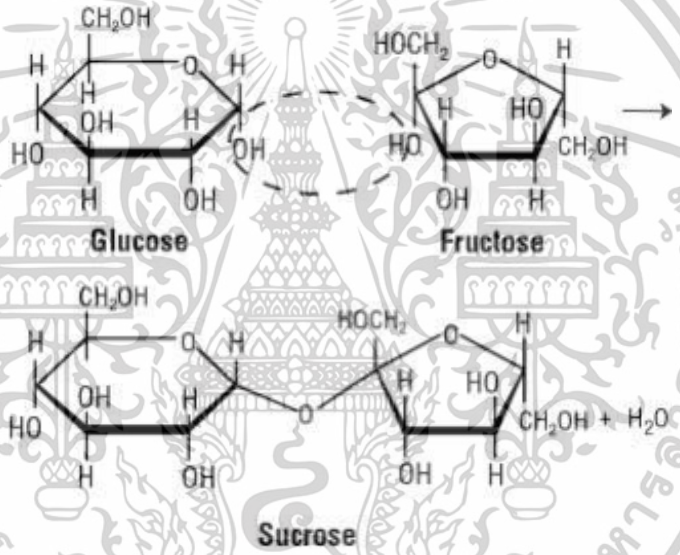
ภาพที่ 2.5 จำแนกประเภทคาร์โบไฮเดรต

ที่มา : จิฌากานต์ (2562)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 ซูโครส

ซูโครส หรือชื่อโดยทั่วไปคือ น้ำตาลทราย เป็นน้ำตาลในกลุ่มไดแซ็กคาไรด์ที่ประกอบด้วยโมโนแซ็กคาไรด์ 2 โมเลกุล คือ ฟรุกโทส และกลูโคส เชื่อมกันด้วยพันธะไกลโคซิดิก (Glycosidic bond) มีสูตรโมเลกุล $C_{12}H_{22}O_{11}$ โครงสร้างทางเคมีของซูโครสแสดงดังภาพที่ 2.6 พบมากในอ้อย และ หัวบีท ลักษณะเป็นผลึกของแข็งใส รสหวาน ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น สามารถละลายได้ในน้ำ และตัวทำละลายมีขั้ว น้ำหนักโมเลกุล 342.30 กรัมต่อโมล ความหนาแน่น 1.59 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร จุดเดือด 186 องศาเซลเซียส สามารถเกิดปฏิกิริยาการสลายตัวทางเคมีได้ที่อุณหภูมิสูง และสภาวะกรด แปรสภาพเป็น ฟรุกโทส และกลูโคส เรียกว่า น้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing sugar) (จิณากานต์, 2562)



ภาพที่ 2.6 โครงสร้างโมเลกุลของ กลูโคส ฟรุกโทส และซูโครส
ที่มา : Husband (2014)

2.2.2 สมบัติทางกายภาพของน้ำตาล

น้ำตาลนิยมใช้มากทั้งในอุตสาหกรรมอาหารต่างๆ และในครัวเรือน เพื่อการปรุงอาหาร ขนมหวาน และการถนอมอาหาร น้ำตาลทุกชนิดสามารถละลายในน้ำได้ดี ให้รสหวาน โดยน้ำทรายขาวบริสุทธิ์เป็นน้ำตาลที่มีความนิยมใช้เป็นอันดับต้นๆ เนื่องจากมีวางจำหน่ายในท้องตลาดทั่วไป เป็นผลึกน้ำตาลซูโครสบริสุทธิ์ มีลักษณะเกล็ดเล็กมีความละเอียดสูง สีขาวใส ไม่มีกากน้ำตาล และมีความชื้นต่ำมากหรือไม่มีความชื้นเลย (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2560)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2.1 ความหวาน (sweetness) ความหวานของน้ำตาลใช้ซูโครส เป็นมาตรฐานในการเปรียบเทียบความหวานกับน้ำตาลชนิดอื่น โดยน้ำตาลแต่ละชนิดมีระดับความหวานที่แตกต่างกัน หากพิจารณาระดับความหวานของซูโครสเป็น 100 น้ำตาลชนิดอื่นๆจะมีระดับความหวานแตกต่างจากซูโครส (คคนางค์, 2564) ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ระดับความหวานของน้ำตาลบางชนิดเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำตาลซูโครส

ชื่อน้ำตาล	ระดับความหวาน
น้ำตาลฟรุกโทส	170
น้ำตาลอินเวิร์ต	130
น้ำตาลซูโครส	100
น้ำตาลกลูโคส	75
น้ำตาลมอลโทส	30
น้ำตาลกาแล็กโตส	30
น้ำตาลแล็กโตส	15

ที่มา : คคนางค์ (2564)

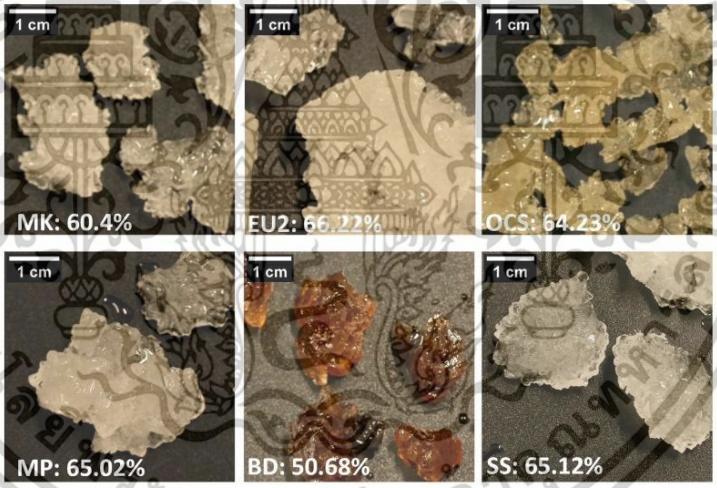
2.2.2.2 การละลาย (Solubility) น้ำตาลสามารถละลายในน้ำได้ประมาณร้อยละ 65 ของความเข้มข้นหรือปริมาณของสารละลายที่ละลายได้ในน้ำ สามารถวัดโดยใช้หลักการวัดค่าหักเหของแสงด้วยเครื่องรีแฟรกโตมิเตอร์ (Refractometer) มีหน่วยวัดคือ ค่าบริกซ์ (Brix) หมายถึงร้อยละของของแข็งที่สามารถละลายได้ในสารลลายตัวอย่าง อาทิ ละลายน้ำตาลปริมาณ 40 กรัม ในน้ำ 60 กรัม รวมเป็นสารละลาย 100 กรัม สามารถวัดความเข้มข้นได้ 40 °Brix น้ำตาลแต่ละชนิดมีความสามารถในการละลายที่แตกต่างกัน โดย ฟรุกโทส จะเป็นน้ำตาลที่ละลายได้ดีที่สุด โดย ซูโครส กลูโคส มอลโทส และแลกโทส จะมีความความสามารถในการละลายรองลงมาตามลำดับ สำหรับน้ำตาลจำพวกพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) มีความสามารถในการละลายน้ำค่อนข้างต่ำขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ใช้ในการละลาย

2.2.2.3 การดูดความชื้น (Hygroscopicity) น้ำตาลแต่ละชนิดมีความสามารถในการดูดความชื้นแตกต่างกัน ฟรุกโทส สามารถดูดความชื้นได้ดีมากเป็นอันดับต้นๆเป็นส่วนผสมในน้ำตาลอินเวิร์ต น้ำผึ้ง และน้ำเชื่อมข้าวโพด ส่วน กลูโคส ซูโครส มอลโทสและแลกโทส มีความสามารถในการดูดความชื้นรองลงมาตามลำดับ ซึ่งคุณสมบัติในการดูดความชื้นนี้ถูกใช้ประโยชน์ในการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำไปประกอบอาหารหรือขนม เพื่อคงคุณลักษณะนุ่มและชุ่มฉ่ำน่ารับประทานของอาหารหรือขนมนั้นๆ ไว้ได้นานขึ้น ซึ่งผลึกน้ำตาล บริสุทธิ์มีสมบัติดูดความชื้นเพียงเล็กน้อย แต่ถ้าความชื้นสัมพันธ์ในบรรยากาศเกินกว่าร้อยละ 75 น้ำตาลทรายจะดูดความชื้นได้เร็วและจับตัวเป็นก้อน (เกศรินทร์ และคณะ, 2556)

2.2.2.4 การตกผลึก (Crystallization) เมื่อละลายน้ำตาลในน้ำจนถึงระดับที่น้ำตาลไม่สามารถละลายได้อีก เป็นภาวะที่แสดงถึงการอิ่มตัวของสารละลาย หรือน้ำเชื่อมอิ่มตัว หากปล่อยให้เย็นลงอย่างระมัดระวังไม่ให้ตกผลึก น้ำเชื่อมที่มีปริมาณน้ำตาลละลายอยู่มากจะเกิดภาวะอิ่มตัวยวดยิ่งและแข็งตัวเป็นแผ่นใสคล้ายกระจกโดยไม่ตกผลึก แต่ภายหลังน้ำตาลส่วนเกินจะเริ่มตกผลึกเป็นผงละเอียด (เกศรินทร์ และคณะ, 2556) คุณสมบัติในการตกผลึกนี้ยังถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมการเพื่อผลิตน้ำตาลกรวด ออกจำหน่ายในท้องตลาดโดยการปล่อยให้น้ำเชื่อมที่ถึงจุดอิ่มตัวยวดยิ่งค่อยๆเย็นตัวลงและเกิดเป็นผลึกน้ำตาลขนาดใหญ่ (Gholamhosseinpour และคณะ, 2008) ภาพแสดงผลึกน้ำตาลที่เกิดจากการตั้งน้ำเชื่อมที่อิ่มตัวยวดยิ่งให้ค่อยๆเย็นตัวลงดังแสดงในภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.7 ผลึกน้ำตาลที่เกิดจากการตั้งน้ำเชื่อมที่อิ่มตัวยวดยิ่งให้ค่อยๆ เย็นตัวลง
ที่มา : Lim และคณะ (2021)

2.2.3 สมบัติทางเคมีของน้ำตาล

2.2.3.1 การหมัก (Fermentation) กระบวนการย่อยน้ำตาลที่เกิดจากจุลินทรีย์ ภายใต้สภาวะที่มีหรือไม่มีอากาศ เช่น ยีสต์ย่อยน้ำตาลได้เป็นแอลกอฮอล์ใน 2 ถึง 4 สัปดาห์ ได้เครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ ได้แก่ เบียร์ ไวน์ หรือจุลินทรีย์กลุ่มแลคติกย่อยน้ำตาลแลคโทสในนมเกิดกรดแลคติก ทำให้ โยเกิร์ต นมเปรี้ยว และซาวด์ครีม มีรสเปรี้ยวเป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

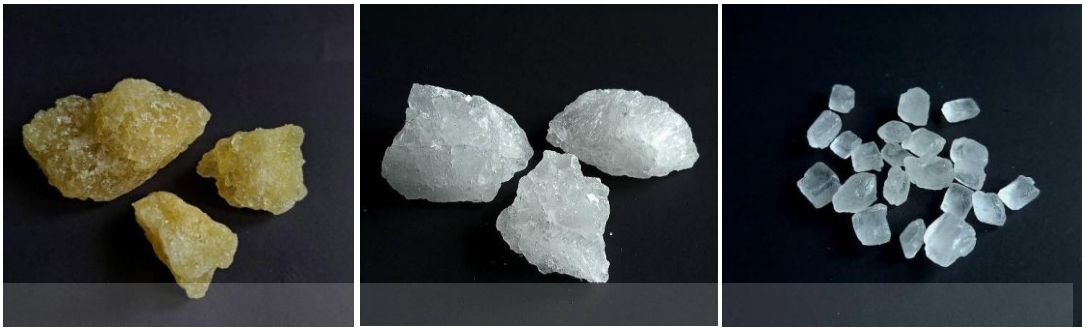
2.2.3.2 การย่อยสลาย (Hydrolysis) น้ำตาลตั้งแต่ 2 โมเลกุลขึ้นไปสามารถถูกย่อยสลายให้ขนาดโมเลกุลเล็กลงหรือเหลือเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดียวได้โดยการต้ม เคี่ยว และปรุง ภายใต้สภาวะที่เป็นกรด หรือใช้เอนไซม์ในการย่อยขนาดโมเลกุลของน้ำตาลให้มีขนาดเล็กลง อาทิ ซูโครสถูกย่อยสลายโดยเอนไซม์เป็น กลูโคสและฟรุกโทส เรียกกระบวนการนี้ว่าอินเวอร์ชัน (Inversion) น้ำตาลที่ได้เรียก น้ำตาลอินเวิร์ท (Inver sugar) ปฏิกริยาการสลายตัวจะยิ่งเร็วขึ้นเมื่อใช้ความร้อนสูงและมีสภาวะเบสร่วมด้วย บางครั้งสร้างผลกระทบกับอาหารเพราะสี รสและกลิ่นของอาหารเสียไป

2.2.3.3 จุดหลอมตัว (Melting point) ผลึกน้ำตาลจะถูกหลอมเมื่อได้รับความอุณภูมิความร้อนสูง ซูโครสจะหลอมตัวที่อุณหภูมิ 160 ถึง 180 องศาเซลเซียส การหลอมตัวนี้หากใช้อุณหภูมิสูงและเวลานานร่วมกันจะทำให้เกิดการไหม้ของน้ำตาล เกิดเป็นคาราเมล หรือน้ำตาลไหม้ กระบวนการนี้เรียกว่าคาราเมลไรเซชัน (Caramelization) ซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้กับอาหารที่มีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบได้เช่นกัน น้ำตาลไหม้ใช้ประโยชน์ในการแต่งสีอาหารและเครื่องดื่ม เช่น ซีอิ๊วดำ และน้ำอัดลมประเภทโคล่า (เกศรินทร์ และคณะ, 2556)

2.2.4 น้ำตาลกรวด (Crystalline sugar)

น้ำตาลกรวด คือก้อนน้ำตาลทรายธรรมดาที่เกิดขึ้นระหว่างการผลิตและไม่เป็นเม็ดเล็กแต่จับตัวกันเป็นก้อนผลึกน้ำตาลขนาดใหญ่จึงสามารถจับกลิ่นของน้ำตาลอ้อยที่เป็นวัตถุดิบตั้งต้นในการผลิตไว้ได้ คนจีนเชื่อว่าน้ำตาลชนิดนี้จะช่วยดับความร้อนที่เกิดขึ้นในร่างกายทำให้ร่างกายเย็นและมีภาวะสมดุลขึ้น (เกศรินทร์ และคณะ, 2556) โดยผลิตจากน้ำอ้อยเข้มข้น หรือ น้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์นำมาละลายน้ำ และตกผลึกอย่างช้าๆ หลายวัน มีรสหวาน มีลักษณะผลึกใหญ่คล้ายสารส้ม ในประเทศไทยนิยมใช้ในอาหารที่ใช้เวลาในการปรุง เช่น ตุ๋นรังนก ตุ๋นยา เคี่ยวน้ำซุป และทำขนม (พูลทรัพย์ และ ดวงเดือน, 2559) ซึ่งในประเทศญี่ปุ่นน้ำตาลกรวดก็เป็นที่นิยมนำมาใช้ในการแปรรูปและปรุงอาหารเช่นกัน อาทิ การหมักน้ำเชื่อมบ๊วยหรือไซรัปบ๊วย เหล้าบ๊วย เป็นต้น (Shirai, 2022) เนื่องจากมีขนาดก้อนน้ำตาลใหญ่ทำให้ละลายช้า การวางน้ำตาลกรวดทับบนบ๊วยในการหมักไซรัปบ๊วย หรือเหล้าบ๊วย ช่วยป้องกันไม่ให้ผลบ๊วยลอยขึ้นมาสัมผัสอากาศและเน่าเสีย (Kawaraya, 1985) คุณสมบัติในการละลายช้ายังเป็นข้อดีในการเลือกนำน้ำตาลกรวดมาใช้ในการหมักไซรัปบ๊วยในครัวเรือนของชาวญี่ปุ่นอีกด้วยเพราะระหว่างการหมักน้ำตาลกรวดจะค่อยๆ ดึงน้ำและความชื้นออกมา ทำให้กลิ่นรส และสารอินทรีย์ในผลบ๊วยออกมาอยู่ในไซรัปบ๊วยที่ถูกหมัก อีกทั้งยังไม่ทำให้ผลบ๊วยเหี่ยวเนื่องจากคุณสมบัติละลายที่ช้าของน้ำตาลกรวดทำให้ความเข้มข้นของน้ำตาลในน้ำเชื่อมค่อยๆ เพิ่มขึ้นเป็นลำดับอย่างช้าๆ เกิดการดึงน้ำออกและแพร่น้ำตาลเข้าสู่ผลบ๊วยอย่างช้าๆ จากแรงดันออสโมติก(Japan alic, 2003) ลักษณะทั่วไปของน้ำตาลกรวดดังแสดงในภาพที่ 2.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.8 ลักษณะโดยทั่วไปของน้ำตาลกรวดที่มีจำหน่ายในประเทศ

ที่มา : ภาพถ่ายโดย ญานกร จิรุตม์มาศศรี (2567)

2.3 การแปรรูปบ๊วยแบบพื้นบ้านญี่ปุ่น

ผลบ๊วยดิบไม่นิยมรับประทานเพราะมีรสเปรี้ยวจัดและมีสารอะมิกดาลินที่จะก่อให้เกิดกรดไฮโดรไซยานิคหลังรับประทาน (Ohtsubo และ Ikeda, 1994) แต่มีคุณค่าทางโภชนาการมาก โดยสังเกตเห็นได้จากการนำไปใช้เป็นยาในแถบเอเชียตะวันออกได้แก่ จีน ญี่ปุ่น และเกาหลี มาเป็นเวลานานเนื่องด้วยมีแร่ธาตุ และกรดอินทรีย์ที่มีประโยชน์ปริมาณมาก (Bae และคณะ, 2023) ผลบ๊วยจึงมีการนำมาแปรรูปก่อนรับประทานเพื่อเป็นการลดปริมาณสารอะมิกดาลิน เช่น ไซรัปบ๊วย (อุเมะไซรัป) บ๊วยดองเค็ม (อุเมะโบชิ) หรือเหล้าบ๊วย (อุเมะชุ) ซึ่งไซรัปบ๊วยเป็นการแปรรูปที่ง่ายและสะดวกที่สุด (Shirai, 2022)

2.3.1 ไซรัปบ๊วย

ไซรัปบ๊วย ภาษาญี่ปุ่นเรียกว่า อุเมะไซรัป (梅シロップ) เป็นการแปรรูปบ๊วยที่ง่ายที่สุดที่สามารถทำได้ในครัวเรือน ส่วนผสมประกอบด้วย ผลบ๊วยสดหรือผลบ๊วยที่ผ่านการแช่แข็ง และน้ำตาลกรวด วางเรียงสลับชั้นซ้อนกันโดยชั้นสุดท้ายก่อนปิดผนึกโหลควรเป็นชั้นของน้ำตาลกรวดเพื่อให้น้ำตาลกรวดกดผลบ๊วยให้จมในน้ำเชื่อมที่ค่อยๆ เพิ่มความเข้มข้น เป็นการป้องกันการเน่าเสียและเชื้อรา (Kobayashi และคณะ, 2022) ระหว่างกระบวนหมักไซรัปบ๊วย ผลบ๊วยจะถูกดึงความชื้นออกมาโดยน้ำตาลกรวด ปริมาณน้ำเชื่อมในโหลหมักจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นควบคู่กับความเข้มข้นของน้ำตาลในน้ำเชื่อมซึ่งทำให้เกิดแรงดันออสโมติก เชื่อกันว่าสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจำพวกกรดอินทรีย์และสารต้านอนุมูลอิสระในผลบ๊วยจะถูกสกัดออกมาพร้อมกับน้ำที่ออกมาจากผลบ๊วย สามารถบริโภคได้โดยการนำมาชงกับน้ำหรือโซดาเป็นเครื่องดื่ม (Shirai, 2022) นอกจากชงดื่มแล้วไซรัปบ๊วยยังสามารถนำมาพัฒนาต่อเป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆ ได้อีกเช่น เยลลี่ วุ้น เชอร์เบท และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลูกอม ทั้งรสชาติยังเข้าได้ดีกับถั่วแดงกวนซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักในการทำขนมญี่ปุ่น (Yamazaki และคณะ, 2016)

2.3.2 บ๊วยเค็ม

บ๊วยดองเค็มแบบญี่ปุ่น หรือ อุเมะโบชิ (梅干し) เป็นกรรมวิธีในการแปรรูปบ๊วยเพื่อใช้รับประทานในครัวเรือนที่เก่าแก่ที่สุด พบบันทึกในภาษาญี่ปุ่นครั้งแรกในสมัยเฮอันเพื่อใช้เป็นยา ต่อมาพระภิกษุในศาสนาพุทธนิกายเซนนำมาเป็นของรับประทานคู่กับข้าว และแพร่สู่ชนชั้นขุนนาง ท้ายที่สุดกระจายสู่ชนชั้นทั่วไปของประชากรในประเทศญี่ปุ่น ทำให้บ๊วยดองเค็มนี้มีการพัฒนาต่ออย่างมากมายทั้งด้านสีสันและรสชาติ (Noriyo, 2000) ขั้นตอนการแปรรูปรายงานโดย Kanagawa Prefectural Government (2023) โดยวัตถุดิบประกอบด้วยผลบ๊วยสุกสีเหลืองล้างสะอาดคลุกกับน้ำส้มสายชูหมักปริมาณ 10 %ของน้ำหนักผลบ๊วย นำวางลงโหลดองสลับชั้นกับเกลือชนิดเม็ดใหญ่ใช้เกลือปริมาณ 10 ถึง 20 % ของน้ำหนักผลบ๊วยสด จากนั้นใช้วัสดุที่มีน้ำหนักวางทับเพื่อไม่ให้ผลบ๊วยลอยขึ้นมาป้องกันการเกิดเชื้อราในโหลดอง เกลือจะดึงน้ำในผลบ๊วยออกมาและละลายสร้างแรงดันออสโมติกจากสารละลายน้ำเกลือที่ผสมกับน้ำจากผลบ๊วย จากนั้นจะแพร่กลับเข้าสู่ผลบ๊วยให้รสเค็มหลังการดอง ระหว่างกระบวนการอาจมีการเติมน้ำที่คั้นจากใบชิโสะสีแดงลงไปเพื่อแต่งสีของบ๊วยให้น่ารับประทาน หลังจากนั้น 3 สัปดาห์ จึงเริ่มเปิดรับประทานหรือนำไปตากแห้งเป็นบ๊วยเค็มแห้งเก็บไว้รับประทานภายหลังได้

2.3.3 เหล้าบ๊วย

เหล้าบ๊วย ภาษาญี่ปุ่นคือ อุเมะชุ (梅酒) เป็นอีกทางเลือกของการแปรรูปบ๊วยซึ่งพัฒนามาจากการทำเหล้าสมุนไพรที่ใช้รักษาโรค ทำโดยการเติมพืชและผลไม้ป่าหลายชนิดลงในแอลกอฮอล์กลั่น มีความนิยมดองเหล้าจากผลไม้หลายชนิด และบ๊วยเป็นหนึ่งในนั้นผลไม้ที่นิยมที่สุด ชาวญี่ปุ่นทำเองที่บ้านมาเป็นเวลานานและบริโภคเป็นเหล้าญี่ปุ่นที่มีเอกลักษณ์เฉพาะตัว และมีการผลิตในปริมาณมากในระดับโรงงาน เชื่อว่าเหล้าบ๊วยมีฤทธิ์กระตุ้นความอยากอาหาร บำรุงระบบลำไส้ และยับยั้งแบคทีเรีย ไม่เพียงแต่เป็นเครื่องดื่มเพื่อความบันเทิง แต่ยังเป็นเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ที่มีฤทธิ์เป็นยาอีกด้วย มีข้อเท็จจริงที่ว่า กรดอินทรีย์ในผลบ๊วย เช่น กรดซิตริกและกรดมาลิก จะละลายออกมาในแอลกอฮอล์ ในระหว่างกระบวนการดอง สารที่อยู่ในเปลือก เนื้อ และเมล็ดบ๊วยจะถูกสกัดด้วยแรงดันออสโมติกของแอลกอฮอล์และน้ำตาล ซึ่งสารเหล่านี้สามารถละลายได้ดีในสารละลายที่มีขั้ว (Shirasaka และคณะ, 1999) เหล้าบ๊วยทำโดยนำบ๊วยและน้ำตาลกรวดแช่ลงในเหล้าขาวซึ่งนิยมใช้ “โชจู” (Shochu) หรือวอดก้า (Vodka) ซึ่งปราศจากมีสีและกลิ่นเพื่อไม่ให้รบกวนกลิ่นของบ๊วย ในปัจจุบันมีการดัดแปลงใช้น้ำผึ้งเพื่อเพิ่มกลิ่นหอม ใช้เวลาในการหมักตั้งแต่ 3 เดือนขึ้นไป เมื่อหมักเสร็จมีรสหวานอมเปรี้ยวและปริมาณแอลกอฮอล์ประมาณ 10-15% ค่าแอลกอฮอล์ที่มาจากวอดก้านั้นช่วยป้องกันการเน่าเสียของบ๊วย จึงสามารถเก็บได้นาน อายุการดองยิ่งนานจะยิ่งรสชาติดี ประโยชน์ของเหล้าบ๊วย คือมีแร่ธาตุและกรดอินทรีย์ ช่วยฟื้นฟูจากความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อ่อนเพลีย บรรเทาอาการท้องผูก ลดอาการท้องเสีย และช่วยในการเจริญอาหาร (สำนักงานส่งเสริมการค้าในต่างประเทศ ณ กรุงโตเกียว, 2018)

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Terada และ Sakabe (1988) ตรวจวิเคราะห์อะมิกดาลินในน้ำบ๊วยเคี่ยวเข้มข้น 6 ตัวอย่าง ด้วยวิธีโครมาโตกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (HPLC) โดยใช้คอลัมน์ LiChrosorb NH_2 ที่มีตัวทำละลายแบบเคลื่อนที่ของอะซีโตไนไตรล์:น้ำ (43:7) ตรวจพบอะมิกดาลิน ในน้ำบ๊วยเคี่ยวเข้มข้นในช่วง 53 ถึง 1,207 ไมโครกรัม/กรัม

Terada และ Yamamoto (1992) ศึกษาปริมาณสารในกลุ่มไซยาโนเจนิกไกลโคไซด์ด้วยวิธีโครมาโตกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (HPLC) ในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มที่แปรรูปจากบ๊วยในท้องตลาด พบว่าตัวอย่างผลิตภัณฑ์เครื่องดื่ม 2 ใน 8 ตัวอย่างมีปริมาณอะมิกดาลินคงค้างในผลิตภัณฑ์อยู่ที่ในช่วง 4.1 และ 16.8 ไมโครกรัม/กรัม (เทียบเท่า HCN) และพบปริมาณไซยาไนด์ทั้งหมดอยู่ที่ 0.2 ถึง 6.0 ไมโครกรัม/ กรัมตัวอย่าง

Wu และคณะ (1998) ศึกษาปริมาณกรดทั้งหมด ค่าความเป็นกรด-ด่างและปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดสีน้ำตาลในไซรัปบ๊วย ในระหว่างการเก็บรักษาอุณหภูมิ 5, 15 และ 25 °C เป็นเวลา 6 และ 12 เดือน พบว่าปริมาณกรดทั้งหมดแปรผันในช่วง 1.21-1.33 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร กรดอินทรีย์ที่พบมากคือกรดซิตริก ตามด้วยกรดออกซาลิกและกรดมาลิก ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยระหว่างการเก็บรักษา กรดอะมิโนอิสระทั้งหมดในไซรัปบ๊วยระหว่างการเก็บรักษาอยู่ในช่วง 218 – 230 ไมโครกรัม/100 กรัม ความเป็นกรด-ด่าง (pH) มีค่าคงที่เท่ากับ 2.44 และปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในไซรัปบ๊วยที่เกิดจากการออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลิก (phenolic compound) ซึ่งเกี่ยวข้องกับอุณหภูมิในระหว่างการเก็บรักษา โดยที่อุณหภูมิการเก็บรักษาที่สูงขึ้น ส่งผลให้ไซรัปบ๊วยมีสีน้ำตาลเพิ่มขึ้น ค่าความสว่าง (L*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ลดลง ในขณะที่ค่าความเป็นสีแดงเพิ่มขึ้น (a*) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Iwasaki และคณะ (2010) ใช้วิธีโครมาโตกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (HPLC) ในการตรวจวิเคราะห์กรดอินทรีย์ อะมิกดาลิน และสารประกอบที่เกี่ยวข้องกับกรดเบนโซอิกในบ๊วยดองเค็มญี่ปุ่น (อุเมโบชิ) เชิงพาณิชย์ 3 ตัวอย่าง ตรวจพบกรดมาลิก กรดอะซิติก กรดซิตริก และเบนซิลแอลกอฮอล์ 4 ถึง 46 มิลลิกรัม/กรัม พบเบนซาลดีไฮด์ 4 ถึง 33 ไมโครกรัม/กรัม จากตัวอย่าง 2 ใน 3 และตรวจพบอะมิกดาลิน 16 ถึง 190 ไมโครกรัม/กรัม จากตัวอย่างบ๊วยดองเค็มทั้ง 3 ชนิด

Go และคณะ (2018) วิเคราะห์ปริมาณและความเป็นพิษของอะมิกดาลินในไซรัปบ๊วย (*Prunus mume*) ด้วยวิธีโครมาโตกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (HPLC) พบว่าไซรัปบ๊วยที่แยกเอาผลบ๊วยออกหลังการหมัก 3 เดือน มีปริมาณอะมิกดาลินสูงกว่าไซรัปบ๊วยที่ยังคงมีผลบ๊วยแช่ตลอดช่วงระยะเวลาในการหมัก 9 เดือน ความเป็นพิษต่อเซลล์ของอะมิกดาลินมีความสัมพันธ์อย่างมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับเอนไซม์ β-glucosidase องค์ประกอบของสารที่หลากหลายของไซรัปบ๊วยมีบทบาทสำคัญในการยับยั้งเมตาบอลิซึมของอะมิกดาลินในร่างกายเมื่อได้รับเข้าไป นอกจากนี้ไซรัปที่ไม่ได้นำผลบ๊วยออกระหว่างการหมักมีปริมาณโพลีฟีนอลสูง และปริมาณอะมิกดาลินต่ำกว่าการแยกผลบ๊วยออกหลังจากหมัก 3 เดือน แสดงให้เห็นว่าการแช่บ๊วยตลอดช่วงเวลาของการหมักมีผลช่วยลดปริมาณของอะมิกดาลินที่ตรวจพบให้อยู่ในระดับที่ไม่เป็นพิษต่อการบริโภค

Kim และคณะ (2018) ศึกษาการพัฒนากระบวนการในการลดอะมิกดาลินที่มีอยู่ในไซรัปบ๊วยโดยใช้การกระตุ้นด้วยพลังงานไฟฟ้าพลาสม่าแบบใต้น้ำ และ การฉายด้วย UVC จากนั้นประเมินความเป็นพิษของไซรัปที่ลดอะมิกดาลินโดยวิธีทางพิษวิทยาด้วยการให้หนูทดลองได้รับทางปากซ้ำเป็นเวลา 14 วัน พบว่าการดูดซึมอะมิกดาลินในหนูทอลองลดลงประมาณ 3.7 และ 3.4 เท่า เมื่อได้รับไซรัปบ๊วยที่ผ่านกระบวนการพลาสมาและ ฉายรังสี UVC โดยสรุปไม่พบความเป็นพิษที่มีนัยสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัว การกินอาหารและน้ำ น้ำหนักอวัยวะสัมบูรณ์ การวิเคราะห์ทางโลหิตวิทยาและเซรุ่มวิทยา และการวิเคราะห์ทางจุลพยาธิวิทยา ซึ่งกระบวนการนี้สามารถนำไปใช้กับผลิตภัณฑ์อื่นที่มีอะมิกดาลินได้อีกด้วย

Choi และคณะ (2019) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณอะมิกดาลินและคุณภาพทางเคมีกายภาพในกระบวนการผลิตไวน์บ๊วยที่ใช้ไซรัปบ๊วยเป็นวัตถุดิบตั้งต้น โดยใช้กระบวนการหมักสองแบบเพื่อเปรียบเทียบกันคือ หมักไวน์จากไซรัปบ๊วยโดยมีผลบ๊วยแช่อยู่ในไซรัปด้วย (ตัวอย่างที่ 1) และหมักไวน์จากไซรัปบ๊วยโดยไม่มีผลบ๊วยแช่อยู่ (ตัวอย่างที่ 2) พบว่าปริมาณอะมิกดาลินในระหว่างการบ่มไวน์ทั้งสองตัวอย่างมีปริมาณลดลงอย่างช้าๆ โดยตรวจพบปริมาณที่น้อยกว่าในตัวอย่างที่ 2 แสดงให้เห็นว่าการหมักไวน์แบบแยกเอาผลบ๊วยออกก่อนการหมักทำให้ได้ไวน์ที่มีปริมาณอะมิกดาลินต่ำกว่า สำหรับปริมาณแอลกอฮอล์ ค่า pH และความเป็นกรดที่สามารถไทเทรตได้มีค่าประมาณ 9.87-10.94, 3.57-3.80 และ 8.89-10.68% ตามลำดับ โดยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทั้งสองตัวอย่าง สำหรับค่าสีพบว่าตัวอย่างที่ 1 มีค่า L ต่ำกว่าและค่า a และ b สูงกว่าตัวอย่างที่ 2

Kobayashi และคณะ (2022) ศึกษาผลของระยะเวลาการหมักต่อคุณภาพของไซรัปบ๊วยโดยใช้บ๊วยที่ปลูกในจังหวัดฟุกุอิและใช้ผลบ๊วยแช่แข็งพันธุ์ “โคเอะ” (Koei) ในการเตรียมไซรัป พบว่าเมื่อระยะเวลาการหมักและการเก็บรักษาไซรัปบ๊วยเพิ่มขึ้น ปริมาณซูโคสลดลง แต่ปริมาณกลูโคสและฟรุกโตสเพิ่มขึ้น กรดอินทรีย์ได้แก่กรดซิตริกและกรดมาลิกลดลงเล็กน้อย ไซรัปมีสีน้ำตาลที่เข้มขึ้น รวมถึงการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยพบว่า ความสว่าง ความเข้มของสีแดง กลิ่น รสชาติ และคุณภาพโดยรวม มีความแตกต่างเมื่อระยะเวลาในการหมักและการเก็บรักษานานขึ้น จากผลการทดลองสรุปได้ว่าการผลิตไซรัปบ๊วยที่มีคุณภาพดี มีความคงตัว และมีกลิ่นรสกลมกล่อม แนะนำให้ใช้ระยะเวลาการหมัก 2-3 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ramalingam และคณะ (2022) ศึกษาผลของความสุกของผลบ๊วย วิธีการแปรรูป และระยะเวลาการหมักต่อคุณภาพทางเคมีกายภาพ และจุลินทรีย์ของไซรัปบ๊วย (*Prunus mume.*) พบว่าในช่วงระยะเวลาการหมัก 1 ปี ตัวอย่างไซรัปบ๊วยทั้งหมดมีค่าความเป็นกรด-ด่างที่ 2.28–2.89 และปริมาณเอทานอลที่เกิดขึ้นระหว่างช่วงเวลาหมักเท่ากับ 3.44-6.64%ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ความชื้น และปริมาณเถ้า เท่ากับ 48.37–57.67 °Brix, 3.87–8.22% และ 0.25–2.22% ตามลำดับ นอกจากนี้พบว่าปริมาณเถ้า ค่าสี ปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และศักยภาพในการต้านอนุมูลอิสระจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาของการหมัก โดยตรวจไม่พบ *Escherichia coli* และแบคทีเรียอื่นๆ ในตัวอย่างไซรัปบ๊วยทั้งหมด อย่างไรก็ตามตรวจพบยีสต์ในทุกตัวอย่าง และจำนวนยีสต์เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้น โดยเพิ่มจาก 3.66 log CFU/mL เป็น 5.41 log CFU/mL ซึ่งพบในน้ำเชื่อมที่หมักจากผลบ๊วยสุก นอกจากนี้น้ำเชื่อมที่หมักจากผลบ๊วยสุกยังมีศักยภาพในการต้านอนุมูลอิสระสูงสุดและมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 416.12 ± 8.04 ไมโครกรัม GAE /มิลลิลิตร และฟลาโวนอยด์ทั้งหมดเท่ากับ 140.49 ± 1.45 ไมโครกรัม GAE /มิลลิลิตร

Shirai (2022) ศึกษาคุณภาพทางเคมีกายภาพและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของบ๊วยญี่ปุ่นพันธุ์ต่างๆ โดยใช้วิธีการทำไซรัปบ๊วยที่ต่างกันคือหมักในขวดโหลในอุณหภูมิห้องและไซรัปบ๊วยแบบที่ใช้หม้ออัดแรงดันแบบไฟฟ้าให้ความร้อน พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างโดยรวมของตัวอย่างทั้งหมดอยู่ระหว่าง 2.53–3.04 ปริมาณกรดซิตริกของน้ำเชื่อมที่หมักในขวดโหลและไซรัปบ๊วยแบบที่ใช้หม้ออัดแรงดันแบบไฟฟ้ามีความแตกต่างกันเล็กน้อยซึ่งอยู่ช่วง 500 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร เวลาในการแช่ และประเภทของน้ำตาล ไม่มีความต่างอย่างมีนัยสำคัญ พบความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณ โพลีฟีนอล สรุปได้ว่าในการทำไซรัปบ๊วยควรใช้ผลบ๊วยแก่ หมักในขวดโหลเป็นเวลา 4 สัปดาห์หรือให้ความร้อนในหม้ออัดแรงดันแบบไฟฟ้า อย่างต่ำที่ 24 ชั่วโมง โดยใช้น้ำตาลอ้อยแทนน้ำตาลกรวดซึ่งได้ไซรัปบ๊วยที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่สูงกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

3.1.1 วัตถุดิบ

3.1.1.1 บ๊วยสดแก่จัดสีเขียว จากโครงการหลวง จังหวัดเชียงใหม่ เก็บเกี่ยวในช่วงเดือนมีนาคม 2565 เก็บเกี่ยว คัดแยก และขนส่งด้วยรถขนส่งควบคุมอุณหภูมิ 4 ถึง 8 องศาเซลเซียส ใช้เวลาประมาณ 24 ชั่วโมง ก่อนเข้ารับในวันต่อมาที่ศูนย์กระจายสินค้าโครงการหลวง มหาวิทยลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน หลังจากนั้นขนส่งกลับสถานที่ทำงานวิจัยด้วยการบรรจุสินค้าลงในกล่องโฟมที่มีน้ำแข็งรองเพื่อควบคุมอุณภูมิให้ใกล้เคียงกับอุณหภูมิที่ขนส่งมา เมื่อถึงสถานที่ทำงานวิจัย เก็บรักษาในตู้เย็นอุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส ไม่เกิน 3 วัน

3.1.1.2 น้ำตาลกรวด ในการวิจัยนี้ใช้น้ำตาลกรวดยี่ห้อวังขนาย ขนาดบบรรจุ 500 กรัม ผลิตโดย บริษัท อุตสาหกรรมอ่างเวียง จำกัด จังหวัดนครราชสีมา

3.1.1.3 ตัวอย่างไซรัปบ๊วยที่หมักด้วยวิธีพื้นบ้านแบบญี่ปุ่น ที่มีจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ จำนวน 4 ตัวอย่าง โดยคัดเลือกจากวัตถุดิบในการผลิต สี กลิ่น และรสชาติเบื้องต้นที่ใกล้เคียงกัน

1) ไซรัปบ๊วยตัวอย่างที่ 1 จำหน่ายผ่านร้านค้าออนไลน์ เป็นผลิตภัณฑ์นำเข้าจากประเทศเกาหลี

2) ไซรัปบ๊วยตัวอย่างที่ 2 จำหน่ายผ่านหน้าร้านซุปเปอร์มาร์เก็ตสินค้าญี่ปุ่นในประเทศ สถานที่ผลิตจังหวัดเชียงราย ประเทศไทย โดยผลิตจำหน่ายเชิงอุตสาหกรรม

3) ไซรัปบ๊วยตัวอย่างที่ 3 จำหน่ายผ่านร้านค้าออนไลน์ สถานที่ผลิต อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ ประเทศไทย

4) ไซรัปบ๊วยตัวอย่างที่ 4 จำหน่ายผ่านร้านค้าออนไลน์ สถานที่ผลิต อำเภอเมืองจังหวัดเชียงราย ประเทศไทย

3.1.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

3.1.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการหมัก

1) ขวดโหลแก้วขนาด 250 ml.

2) หนังยาง

3) ถุงร้อนขนาด 6x9 นิ้ว

3.1.2.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี และกายภาพ

1) เครื่องบดสับอาหาร (Tefal, ฝรั่งเศส)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง (Sartorius, BSA3202S-CW, เยอรมันนี)
3) เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง (Sartorius, BT 3100S, เยอรมันนี)
4) รีแฟล็กโตมิเตอร์ (Refractometer) (Atago, รุ่น N-2E อ่านค่าตั้งแต่ 28-62 องศาบริกซ์ (ºBrix), ญี่ปุ่น)
5) ออโต้ปิเปต (Gilson, ฝรั่งเศส)
6) เครื่องวัดค่า pH (METTLER TOLEDO, SevenCompact S220 Basic, pH/Ion benchtop meter, สวิสเซอร์แลนด์)
7) เครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ (AQUA LAB, 4TEV)
8) ชุดสกัด Soxhlet (PYREX)
9) เครื่องวิเคราะห์สี (Konica Minolta-CR-400, สหรัฐอเมริกา)
10) เครื่อง HPLC (Agilent, รุ่น Agilent 1100 series, ฝรั่งเศส)
11) ตู้ปลอดเชื้อ (Haier, รุ่น HR30-IIA2, ญี่ปุ่น)
12) เครื่องนึ่งแรงดันไอน้ำ (Autoclave) (Tomy, รุ่น SS245, สหรัฐอเมริกา)
13) เครื่องกลั่นระเหยสารแบบหมุน (จีน)
14) อุปกรณ์ในการไตรเตรตหาปริมาณกรด (Buchi, รุ่น R-300, สวิตเซอร์แลนด์)

3.1.2.3 สารเคมี

1) Ethanol 95% (Lab-San, ไอร์แลนด์)
2) Sodium Hydroxide (Merck, เยอรมันนี)
3) Phenolphthalein 98% (KEMAUS, ออสเตรเลีย)
4) Chloramphenicol (Himedia, อินเดีย)
5) Amygdalin $\geq$ 98.0% (Glentham, อังกฤษ)
6) Water, HPLC Grade (RCI Labscan, ไทย)
7) ACETONITRILE, HPLC Grade (RCI Labscan, ไทย)
8) น้ำกลั่น

3.1.2.4 อาหารเลี้ยงเชื้อ

1) Lactobacillus MRS Broth, Granulated (Himedia, อินเดีย)
2) Nutrient Broth (Himedia, อินเดีย)
3) Peptone, Bacteriological (Himedia, อินเดีย)
4) Yeast Extract Powder (Himedia, อินเดีย)
5) Dextrose Monohydrate (Himedia, อินเดีย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 วิธีการดำเนินการทดลอง

3.2.1 การเตรียมผลบ๊วยสำหรับใช้หมักไซรัป

ผลบ๊วยที่ใช้ในการทดลองเลือกผลที่แก่จัดที่ยังมีสีเขียว โดยคัดเลือกผลที่มีขนาดใกล้เคียงกัน (100 ถึง 110 ผลต่อกิโลกรัม) นำผลบ๊วยที่คัดเลือกได้มาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำ ผึ่งให้แห้ง จากนั้นนำมาแคะจุกบริเวณขั้วออกทุกผล นำผลบ๊วยมาบากด้วยมีดตามแนวยาวของผลโดยให้มีรอยบาก 8 รอยต่อผล และความลึกของการกดมีดในขณะบากให้ถึงเมล็ดแข็งของผลบ๊วย จะได้ผลบ๊วยที่พร้อมสำหรับหมักไซรัป

3.2.2 การเตรียมโหลแก้ว

โหลแก้วฝาอลูมิเนียมขนาด 250 มิลิลิตร แกะออกจากแพ็ค เปิดฝาแล้วล้างทำความสะอาดโหลและฝาด้วยน้ำยาล้างจาน ต้มน้ำ 7 ลิตร ให้เดือดในหม้อขนาด 26×26 เซนติเมตร ใช้ที่คีบจานร้อนคีบโหลแก้วและฝา ลงหม้อน้ำเดือด ทิ้งไว้ 10 นาที เพื่อต้มฆ่าเชื้อ จากนั้นคีบขึ้นวางบนถาดอบแบบมีรูที่ฆ่าเชื้อด้วยเอทานอล 75% ไว้แล้ว นำเข้าตู้อบที่ 80 องศาเซลเซียส 30 นาที สำหรับโหลแก้ว และ 15 นาที ในส่วนของส่วนฝา เพื่อระเหยหยดน้ำก่อนนำมาใช้ในขั้นตอนการหมัก

3.2.3 กระบวนการหมักไซรัปบ๊วย

การเตรียมไซรัปบ๊วยใช้วิธีที่รายงานโดย Mameko (2014) นำผลบ๊วยที่เตรียมได้ตามข้อ 3.2.1 มาเรียงใส่ลงในโหลแก้วสลับชั้นกับน้ำตาลกรวด โดยใช้อัตราส่วนผลบ๊วยต่อน้ำตาลกรวด 1:1 โดยน้ำหนัก จากนั้นปิดฝาขวดโหลให้แน่น บรรจุขวดโหลลงในถุงพลาสติกทนร้อน ขนาด 6x9 นิ้ว มัดปากถุงด้วยหนังยาง นำไปตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยที่ 28.5 องศาเซลเซียส (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2567) ในระหว่างการหมักในช่วง 1 เดือนแรก จะหมุนโหลแก้ว 1 ครั้งต่อวัน โดยเอียงโหลแก้ว 45 องศาแล้วหมุนตามเข็มนาฬิกาจำนวน 10 ครั้ง (ภาพที่ 3.1) เพื่อให้ไซรัปผสมกันดีและเคลือบผลบ๊วยทั่วถึง หมักผลบ๊วยเป็นระยะเวลา 365 วัน โดยเก็บตัวอย่างไซรัปบ๊วยที่ช่วงเวลาการหมักต่างๆ คือ 5, 15, 30, 60, 120, 180 และ 365 วัน เพื่อนำไปวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีกายภาพและจุลินทรีย์ รวมถึงปริมาณเอาทานอล กรดอินทรีย์หลัก และอะมิกดาลิน

ภาพที่ 3.1 การเรียงผลบ๊วยและน้ำตาลกรดสลับชั้นกัน และการหมุนโหลแก้วในช่วง 1 เดือนแรกของ การหมัก

ที่มา : Angers (2021); Slice a lemon (2023)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีกายภาพ และจุลชีววิทยา

นำไซรัปบ๊วยที่เก็บตัวอย่างตามระยะเวลาการหมักที่ 5, 15, 30, 60, 120, 180 และ 365 วัน และผลิตภัณฑ์ไซรัปบ๊วยตัวอย่างที่มีจำหน่ายในท้องตลาดจำนวน 4 ตัวอย่าง มาวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีกายภาพและจุลชีววิทยา ดังนี้

3.3.1 ค่าสี

นำไซรัปบ๊วยที่เก็บตัวอย่างตามระยะเวลาต่างๆ และผลิตภัณฑ์ไซรัปบ๊วยตัวอย่างที่มีจำหน่ายในท้องตลาดจำนวน 4 ตัวอย่าง กรองผ่านกระดาษกรองเพื่อกำจัดสิ่งเจือปนที่อาจส่งผลกระทบต่อการวัดสี ตวงใส่ถ้วยเซรามิคสีขาว ปริมาณ 5 มิลลิลิตร แล้วจึงตรวจวิเคราะห์สีโดยใช้เครื่อง Color Meter Konica Minolta Chroma Meter รุ่น CR-400 แสดงค่าสี ที่วัดได้เป็นค่า L* a* และ b* โดยที่ค่าสี L* แสดงค่าความสว่าง มีค่าตั้งแต่ 0 (ดำ) จนถึง 100 (ขาว) ค่าสี a* แสดงค่าความเป็นสีแดงและสีเขียวและค่าสี b* แสดงค่าความเป็นสีเหลืองและสีน้ำเงิน ดัดแปลงจากวิธีที่รายงานโดย Ramalingam และคณะ (2022)

3.3.2 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

นำไซรัปบ๊วยที่เก็บตัวอย่างตามระยะเวลาต่างๆและผลิตภัณฑ์ไซรัปบ๊วยตัวอย่างที่มีจำหน่ายในท้องตลาดจำนวน 4 ตัวอย่าง ปริมาณ 0.3 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิห้อง 25 องศาเซลเซียส มาหาปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (total soluble solid: °Brix) ในตัวอย่าง โดยตรวจวัดด้วย hand refractometer Atago รุ่น N-2E อ่านค่าตั้งแต่ 28 ถึง 62 องศาบริกซ์ (ºBrix) ดัดแปลงตามวิธีที่รายงานโดย นวพล (2550)

3.3.3 ปริมาณกรดทั้งหมด (Total acidity)

นำไซรัปบ๊วยที่เก็บตัวอย่างตามระยะเวลาต่างๆและผลิตภัณฑ์ไซรัปบ๊วยตัวอย่างที่มีจำหน่ายในท้องตลาดจำนวน 4 ตัวอย่าง มาวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมดโดยวิธีการไทเทรต (AOAC, 2000) ใช้ตัวอย่างปริมาณ 10 มิลลิลิตร เติมฟีนอล์ฟทาลีนความเข้มข้น 1% ที่ 0.2 ถึง 0.3 มิลลิลิตร แกว่งให้เข้ากันก่อนนำไปไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล จนได้จุดยุติสังเกตจากการเกิดสีชมพูอ่อน บันทึกผลปริมาตรของด่างที่ใช้ในการไทเทรต จากนั้นคำนวณหาปริมาณกรดที่มีอยู่ในตัวอย่าง เทียบกับกรดซิตริกดังสูตรการคำนวนต่อไปนี้

ปริมาณกรดทั้งหมด (%) = ml_NaOH × N-NaOH × meq. Citric acid × 10 ml sample

เมื่อ ml NaOH คือ ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไทเทรตหน่วยเป็นมิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

N-NaOH คือ ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไทเทรต หน่วยเป็นนอร์มัล

meq. Citric acid คือ มิลลิสมมูลย์ของกรดซิตริก มีค่าเท่ากับ 0.00705 กรัม

3.3.4 ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH)

นำไซรัปบ๊วยที่เก็บตัวอย่างตามระยะเวลาต่างๆและผลิตภัณฑ์ไซรัปบ๊วยตัวอย่างที่มีจำหน่ายในท้องตลาดจำนวน 4 ตัวอย่าง ปริมาณ 10 มิลลิลิตร ที่ 25 องศาเซลเซียส มาตรวจวัดความเป็นกรด – ด่าง ด้วยเครื่อง pH meter (METTLER TOLEDO, Seven Compact S220 Basic, pH/Ion benchtop meter, สวิสเซอร์แลนด์)

3.3.5 ค่าปริมาณน้ำอิสระ (water activity, a_w)

นำไซรัปบ๊วยที่เก็บตัวอย่างจากระยะเวลาการหมักต่างๆ และผลิตภัณฑ์ไซรัปบ๊วยตัวอย่างที่มีจำหน่ายในท้องตลาดจำนวน 4 ตัวอย่าง มาตรวจวิเคราะห์ค่า a_w ด้วยเครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระตามวิธีที่รายงานโดย ครองจิต (2564) โดยบรรจุไซรัปบ๊วยที่หมักได้จามช่วงเวลาต่างๆ ลงในตลับพลาสติก (a_w cup) ปริมาณ 5 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิห้อง 25 องศาเซลเซียส มาวัดค่า a_w โดย วางตลับที่บรรจุตัวอย่างใน chamber ของเครื่องวัดทิ้งไว้จนสภาพภายในของ chamber สมดุล เมื่อสัญญาเตือนจึงอ่านค่าที่ได้แล้วบันทึกผล

3.3.6 ปริมาณเอทานอลและกรดอินทรีย์ (Ethanol and Organic Acid Content)

นำไซรัปบ๊วยที่เก็บตัวอย่างจากระยะเวลาการหมักต่างๆ และผลิตภัณฑ์ไซรัปบ๊วยตัวอย่างที่มีจำหน่ายในท้องตลาดจำนวน 4 ตัวอย่าง และตัวอย่างเอทานอลมาตรฐานที่ความเข้มข้น 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1% กรองผ่านไซริงค์ฟิลเตอร์ความละเอียด 0.2 ไมโครเมตร ลงในไวอัล (vial) ขนาด 2 มิลลิตร แล้วตรวจวิเคราะห์ปริมาณเอทาลนอลและกรดอินทรีย์ด้วยวิธีโครมาโตกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (HPLC) (Agilent 1200 Series, ฝรั่งเศส) โดยใช้คอลัมน์ Aminex HPX-87H column (300 x 8.7 มิลลิเมตร, ขนาดอนุภาค 9 ไมโครเมตร) มีสภาวะการวิเคราะห์คือ อุณหภูมิคอลัมน์ 55 องศาเซลเซียส อัตราการไหล 0.6 มิลลิลิตร/นาที ปริมาณการฉีดตัวอย่างที่ปริมาตร 6.0 ไมโครลิตร เฟสเคลื่อนที่ (Mobile phases) เป็นสารละลายกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 0.01 นอร์มัล และใช้ Refractive Index Detector (RID) ในการตรวจวัดซึ่งเหมาะสำหรับสารที่ไม่มีการดูดกลืนแสง UV ดัดแปลงจากวิธีที่รายงานโดย Alt และ คณะ (2024)

3.3.7 ปริมาณอะมิกดาลิน

3.3.7.1 การเตรียมตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณอะมิกดาลิน

1) การเตรียมตัวอย่างที่เป็นของเหลว

นำไซรัปบ๊วยที่เก็บตัวอย่างจากระยะเวลาการหมักต่างๆ และผลิตภัณฑ์ไซรัปบ๊วยตัวอย่างที่มีจำหน่ายในท้องตลาดจำนวน 4 ตัวอย่าง มาเจือจางด้วยน้ำเกรด HPLC ที่ 1,000 เท่า ดัดแปลงตามวิธีที่รายงานโดย Kim และ Yoo (2021) และเตรียมสารละลายอะมิกดาลินมาตรฐานที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเข้มข้น 5, 10, 20, 40, 60, 80 และ 100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร กรองผ่านไซริงค์ฟิลเตอร์ความละเอียด 0.45 ไมโครเมตร ลงในไวอัลขนาด 2 มิลลิลิตร

2) การเตรียมตัวอย่างผลบ๊วยสด และตัวอย่างผลบ๊วยจากการหมักไซรัประยะเวลาการหมักต่างๆ

ทำโดยแยกส่วนของเนื้อ ผล และเมล็ดออกจากกัน แล้วนำไปอบแห้งในตู้อบลมร้อนที่ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จนน้ำหนักคงที่ จากนั้นนำมาสกัดด้วยการสกัดแบบไหลย้อนกลับ (Reflux extraction) ด้วยเอทานอล 95% ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส 180 นาที จากนั้นระเหยเอทานอลออกด้วยเครื่องกลั่นระเหยสารแบบหมุน (Rotary evaporator) (Buchi, รุ่น R-300, สวิตเซอร์แลนด์) โดยดัดแปลงจากวิธีที่รายงานโดย Bolarinwa และคณะ (2014) เจือจางสารสกัดจากส่วนเนื้อ ผล และส่วนเมล็ด โดยเติม น้ำเกรด HPLC ลงในตัวอย่างเพื่อทำละลาย กรองผ่านไซริงค์ฟิลเตอร์ความละเอียด 0.45 ไมโครเมตร ลงในไวอัล ขนาด 2 มิลลิลิตร ตามวิธีที่รายงานโดย Kim และ Yoo (2021)

3) การวิเคราะห์ปริมาณอะมิกดาลิน

ใช้วิธีโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (HPLC) โดยใช้คอลัมน์ C-18 มีสภาวะการวิเคราะห์คือ อุณหภูมิคอลัมน์ 25 องศาเซลเซียส เฟสเคลื่อนที่เป็นน้ำกลั่น : อะซิโตไนไตรล์ (75:25 โดยปริมาตร) อัตราการไหลที่ 0.5 มิลลิลิตร/นาที ปริมาณการฉีดตัวอย่างและสารละลายอะมิกดาลินมาตรฐาน ที่ปริมาตร 20 ไมโครลิตร กำหนดค่าดูดกลืนแสง (UV Detection) 215 นาโนเมตร ดัดแปลงจากวิธีที่รายงานโดย Muhammad และคณะ (2013)

3.3.8 วิเคราะปริมาณจุลินทรีย์

3.3.8.1 การวิเคราะห์ปริมาณยีสต์

การวิเคราะห์ปริมาณยีสต์ในตัวอย่างวิธีที่รายงานโดย Ramalingam และคณะ (2022) นำตัวอย่างไซรัปบ๊วยที่ระยะเวลาหมักต่างๆ ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร เจือจางด้วยสารละลาย 0.85% NaCl ด้วยวิธี 10-fold dilution จากนั้นดูดสารละลายตัวอย่างที่เจือจางแล้ว 0.1 มิลลิลิตร นำมาเกลี่ยบนอาหาร Yeast extract peptone dextrose (YPD) agar ที่ผสมยาปฏิชีวนะ chloramphenicol 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร จากนั้นบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นับโคโลนีของยีสต์บนจานเพาะเชื้อที่มีจำนวนโคโลนีอยู่ในช่วง 30 ถึง 300 โคโลนี รายงานผล เป็น log (CFU/mL)

3.3.8.2 การวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติก (Lactic Acid Bacteria)

การวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติก ใช้วิธีที่ดัดแปลงจากวิธีที่รายงานโดย อรอุมา และคณะ (2564)นำตัวอย่างไซรัปบ๊วยที่ระยะเวลาหมักต่าง ๆ ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร เจือจางด้วยสารละลาย 0.85% NaCl ด้วยวิธี 10-fold dilution จากนั้นดูดสารละลายตัวอย่างที่เจือจางแล้ว 0.1 มิลลิลิตร หยดลงจานอาหารเพาะเชื้อ เทอาหาร Lactobacillus De Man-Rogosa-Sharpe agar

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(LMRS) ที่อุณหภูมิ 44 ถึง 46 องศาเซลเซียส ปริมาณ 10 ถึง 15 มิลลิลิตร ผสมตัวอย่างและอาหารเลี้ยงเชื้อให้เข้ากันโดยการหมุนจานเพาะเชื้อไปทางหนึ่งแล้วจึงหมุนย้อนกลับ จากกนั้นบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นับโคโลนีของแบคทีเรียบนจานเพาะเชื้อที่มีจำนวนโคโลนีอยู่ในช่วง 30 ถึง 300 โคโลนี รายงานผลเป็น log (CFU/mL)

3.3.8.3 การวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด (Total Plate Count)

การวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดโดยเน้นแบคทีเรียกลุ่ม non-fastidious ใช้วิธีดัดที่แปลงจากวิธีที่รายงานโดย อรอุมา และคณะ (2564) นำตัวอย่างไซรัปบ๊วยที่ระยะเวลาหมักต่าง ๆ ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร เจือจางด้วยสารละลาย 0.85% NaCl ด้วยวิธี 10-fold dilution จากนั้น ปิเปตสารละลายตัวอย่างที่เจือจางแล้ว 0.1 มิลลิลิตร หยดลงจานอาหารเพาะเชื้อ เทอาหารเพาะเชื้อ Nutrient broth agar (NA) ที่อุณหภูมิ 44 ถึง 46 องศาเซลเซียส ปริมาณ 10 ถึง 15 มิลลิตร ผสมตัวอย่างและอาหารเลี้ยงเชื้อ ให้เข้ากันโดยการหมุนจานเพาะเชื้อไปทางหนึ่งแล้วจึงหมุนย้อนกลับ จากนั้นบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นับโคโลนีของแบคทีเรียบนจานเพาะเชื้อที่มีจำนวนโคโลนีอยู่ในช่วง 30 ถึง 300 โคโลนี รายงานผลเป็น log (CFU/mL)

3.3.9 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง วิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS V.29 ตามวิธีที่รายงานโดย ครองจิต (2564)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและการวิจารณ์

4.1 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีกายภาพของไซรัปบ๊วยในระหว่างการหมักด้วยวิธีพื้นบ้านแบบญี่ปุ่น

4.1.1 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณน้ำอิสระ และค่าสี

จากการเก็บตัวอย่างไซรัปบ๊วยที่ระยะเวลาในการหมักต่างกันมาวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีกายภาพ ได้แก่ ปริมาณ ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) และ ค่าสี (L* a* และ b*) ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.1

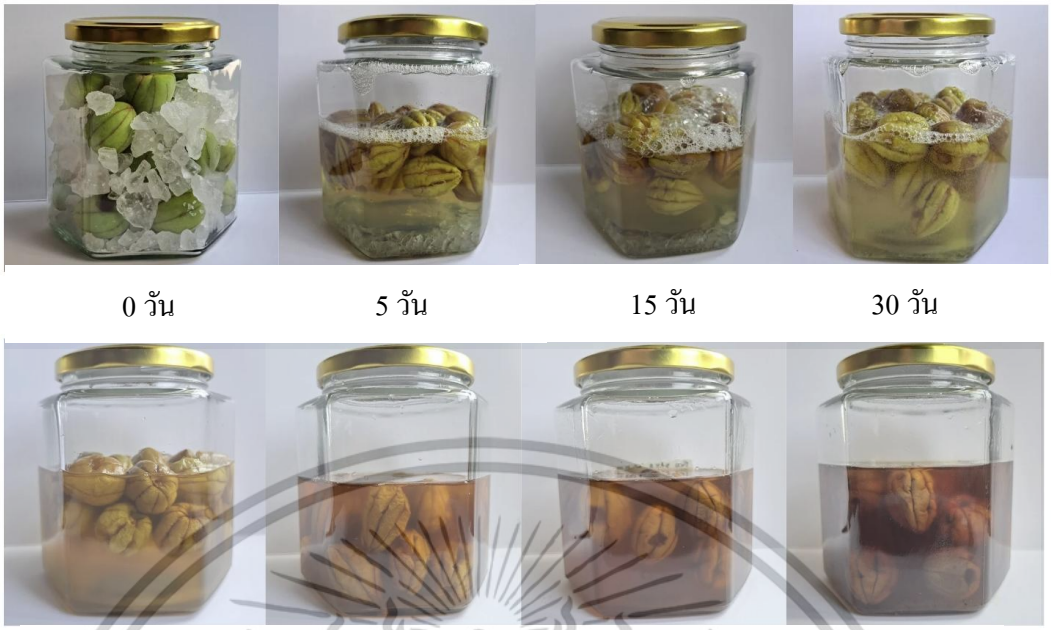
จากผลการทดลองในตารางที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในตัวอย่างไซรัปบ๊วยมีค่าลดลงอย่างเห็นได้ชัดในช่วงระยะเวลาในการหมัก 15 วันแรก โดยมีค่าลดลงจาก 56.67±0.30 °Brix ในวันที่ 5 ของการหมัก เป็น 54.87±0.75 °Brix ในวันที่ 15 ของการหมัก หลังจากนั้นจะมีค่าค่อนข้างคงที่ตลอดช่วงระยะเวลา 365 วัน แสดงให้เห็นว่าน้ำในผลบ๊วยมีการแพร่ออกมาละลายน้ำตาลกรวดและเข้าสู่สภาวะสมดุลของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดหลังจากการหมัก 15 วัน การที่ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีค่าลดลงในระยะแรกของการหมัก เกิดจาก การแพร่ออกมาของน้ำจากผลบ๊วยเนื่องจากกระบวนการออสโมซิส (Osmosis) โดยเมื่อน้ำตาลสัมผัสกับผลบ๊วย จะทำให้เกิดแรงดันออสโมติก (Osmotic Pressure) ทำให้น้ำในเซลล์ของผลบ๊วยถูกดึงออกมาและละลายเข้ากับน้ำตาลที่อยู่โดยรอบทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในช่วง 15 วันแรกมีปริมาณลดลง (ภาพที่ 4.1) นอกจากนี้การเจริญของยีสต์ที่มีการตรวจพบในระหว่างช่วงเวลาการหมักดังกล่าว (ตารางที่ 4.3) ก็อาจเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ปริมาณลงของของแข็งที่ละลายได้มีค่าลดลง เนื่องจากยีสต์ใช้น้ำตาลเป็นแหล่งอาหารเพื่อการเจริญเติบโต โดยยีสต์สามารถเปลี่ยนน้ำตาลเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และแอลกอฮอล์ผ่านกระบวนการหมัก สังเกตได้จากการเพิ่มขึ้นของปริมาณแอลกอฮอล์ที่แสดงในตารางที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 คุณภาพทางเคมีกายภาพของไซรัปบ๊วยที่ระยะเวลาในการหมักต่างกัน

ปัจจัย	ระยะเวลาหมัก (วัน)						
	5	**15**	**30**	**60**	**120**	**180**	**365**
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix)	56.67±0.30^{a}	54.87±0.75^{b}	54.67±0.70^{b}	54.80±1.24^{b}	54.40±0.91^{bc}	53.13±0.41^{c}	54.53±0.57^{bc}
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	2.37±0.12^{e}	2.61±0.07^{cd}	2.75±0.12^{bc}	2.83±0.02^{b}	3.04±0.07^{a}	2.46±0.04^{d}	2.80±0.02^{b}
ปริมาณน้ำอิสระ (a_w)	0.89±0.01^{a}	0.88±0.01^{ab}	0.87±0.01^{ab}	0.87±0.02^{ab}	0.86±0.01^{b}	0.87±0.00^{ab}	0.86±0.01^{b}
ค่าความสว่าง (L*)	55.74±1.50^{a}	54.22±0.48^{ab}	53.04±1.08^{b}	53.26±1.12^{b}	53.21±2.19^{b}	50.86±3.16^{c}	44.36±5.58^{d}
ค่าสีแดง (a*)	-0.79±0.22^{c}	-0.47±0.11^{c}	-0.07±0.20^{bc}	-0.19±0.34^{bc}	0.41±0.77^{b}	1.02±1.56^{b}	5.58±3.12^{a}
ค่าสีเหลือง (b*)	12.22±0.68^{d}	13.97±0.68^{d}	15.75±1.93^{cd}	14.98±0.28^{cd}	18.86±2.68^{bc}	19.09±3.55^{bc}	28.57±5.33^{a}

หมายเหตุ : ตัวอักษรตัวยก a,b,c,d ในแต่ละแถวแนวนอนเดียวกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)



ภาพที่ 4.1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของเหลวและสีของไซรัปบ๊วยที่ระยะเวลาในการหมักต่างกัน

ผลการทดลองที่ได้นี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Ramalingam และคณะ (2022) พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของไซรัปบ๊วยที่หมักเป็นระยะเวลา 3-12 เดือน มีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับ 53.02 ºBrix โดยมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยในช่วงระยะแรกของการหมัก Kang และคณะ (2020) ได้ศึกษาปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในไซรัปบ๊วยที่ผ่านการหมัก โดยใช้ผลบ๊วยที่แตกต่างกันจำนวน 192 สายพันธุ์ พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีค่าตั้งแต่ 48.8 ถึง 59.7 °Brix โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 55.7 ± 1.6 °Brix และยังรายงานถึงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในไซรัปบ๊วยนั้นมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาการหมักนานขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาครั้งนี้ โดยการลดลงของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดดังกล่าวเกี่ยวข้องกับการใช้ประโยชน์จากน้ำตาลโดยจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการหมัก (Ramalingam และคณะ, 2021) นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยชี้ให้เห็นถึงความเป็นไปในได้ในการลดลงของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดนั้นมีผลมาจากปฏิกิริยาการไฮโดรไลซิสของน้ำตาลโดย กรดอินทรีย์ ซึ่งในบ๊วยดิบนั้นมีปริมาณกรดอินทรีย์ที่สูง โดยกรดที่มีปริมาณสูงได้แก่กรดซิตริกและกรดมาลิก (Shalaev และคณะ, 2000; Kang และคณะ, 2020) ซึ่งส่งผลให้เกิดการลดลงของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในตัวอย่างไซรัปที่หมัก

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของไซรัปบ๊วยในระหว่างการหมัก (ตารางที่ 4.1) พบว่าค่า pH มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยแต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 2.37±0.12 ถึง 3.04±0.70 ค่าความแตกต่างของการเปลี่ยนแปลงของค่า pH อยู่ที่ ±0.67 โดยทั่วไปในผลบ๊วยมีกรดอินทรีย์หลายชนิดทำให้ผลบ๊วยมีค่า pH อยู่ในช่วง 2.65–2.80 แล้วแต่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แหล่งของวัตถุดิบ และสายพันธุ์ของผลบ๊วย กรดอินทรีย์ดังกล่าวจะถูกชะออกมาพร้อมกับโมเลกุลของน้ำในระหว่างกระบวนการหมัก เนื่องจากแรงดันออสโมติกที่เพิ่มขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของน้ำตาลในไซรัปบ๊วยที่เกิดขึ้นในระหว่างการหมัก (Japan alic., 2003) จึงทำให้ไซรัปบ๊วยที่ได้มีความเป็นกรด อย่างไรก็ตามสาเหตุที่ค่า pH ของไซรัปบ๊วยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในระหว่างการหมักโดยเฉพาะในช่วง 120 วัน ยังไม่สามารถอธิบายได้แน่ชัด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงปริมาณของน้ำที่แพร่ออกมาจากผลบ๊วยโดยกระบวนการออสโมซิสยังไม่อยู่ในสภาวะสมดุล รวมถึงชนิดของกรดอินทรีย์ที่ถูกสกัดออกมาในระหว่างการหมัก ก็เป็นสาเหตุของการผันแปรเล็กน้อยของค่า pH ในไซรัปบ๊วยได้ ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับค่าที่รายงานโดย Ramalingam และคณะ (2022) พบว่าไซรัปบ๊วยที่หมัก มีค่า pH อยู่ในช่วง 2.28 ± 0.02 ถึง 2.89 ± 0.00 ตลอดระยะเวลา 1 ปี ระหว่างการหมักมีความผันแปรของค่า pH เล็กน้อย ในช่วง ±0.27 โดย ไซรัปที่หมักจากผลบ๊วยดิบนั้นมีค่า pH ที่สูงกว่า ไซรัปที่หมักจากผลบ๊วยสุก นอกจากนี้ Mun และคณะ (2019) และ Ramalingam และคณะ (2021) ได้รายงาน pH ที่ตรวจพบในไซรัปบ๊วยโดยมีค่าอยู่ในช่วง 2.4 ถึง 3 ซึ่งค่า pH นี้ขึ้นอยู่กับความเป็นกรดของวัตถุดิบ

สำหรับการเปลี่ยนแปลงของค่า a_w ในไซรัปบ๊วยที่ได้ พบว่ามีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยในช่วง 30 วันแรกของการหมัก โดยลดลงจาก 0.89±0.01 ในวันที่ 5 ของการหมัก เป็น 0.87±0.01 ในวันที่ 30 ของการหมัก หลังจากนั้นจะมีค่าค่อนข้างคงที่ (ตารางที่ 4.1) จะเห็นได้ว่าไซรัปบ๊วยที่ได้จากการหมักเป็นระยะเวลา 12 เดือน มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้สูง (54.53 ^{o}Brix) มีความเป็นกรด สูง (pH 2.80) และมีค่า a_w ลดลง (0.86) ใกล้เคียงกับอาหารความชื้นปานกลาง (Intermediate moisture food, IMF) จึงจัดเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถถนอมรักษาไว้ได้เป็นเวลานาน นอกจากนี้ Clayton และคณะ (2012) ได้อธิบายถึงปริมาณน้ำตาลที่มีผลโดยตรงต่อปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์แปรรูป ยิ่งมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดสูง ค่า a_w จะยิ่งต่ำ น้ำตาลจะจับกับโมเลกุลของน้ำอิสระ ทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถนำน้ำในผลิตภัณฑ์ไปใช้ประโยชน์ได้ ซึ่งการลดค่า a_w ให้ต่ำกว่า 0.85 หรือปรับค่า pH ให้ต่ำกว่า 4.6 จะช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่จะเจริญในอาหารได้

ผลการตรวจวิเคราะห์ค่าสีของไซรัปบ๊วยที่หมักได้ในช่วงระยะเวลาต่างกัน พบว่าระหว่างช่วงเวลาในการหมัก ไซรัปบ๊วยมีการเปลี่ยนแปลงของสีดังแสดงในตารางที่ 4.1 โดยสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงสีที่สังเกตได้ด้วยตาดังภาพที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าระยะเวลาในการหมักไซรัปบ๊วยที่มากขึ้นมีผลทำให้สีเข้มขึ้น จากการตรวจวัดค่าความสว่าง (L*) พบค่าความสว่างมากสุดในวันที่ 5 โดยมีค่าเท่ากับ 55.74 ± 1.50 หลังนั้นค่าความสว่างของไซรัปจะค่อยๆ ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ตลอดระยะเวลาการหมัก และหลังผ่านการหมักไป 365 วัน ค่าความสว่างที่ตรวจวัดได้ คือ 44.36 ± 5.58 แสดงถึงความสว่างของไซรัปที่ลดลงอย่างเห็นได้ชัด โดยที่สีของไซรัปบ๊วยจะมีสีน้ำตาลเข้มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในทางตรงกันข้าม ระหว่างช่วงเวลาการหมักพบว่า มีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ของค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) ดังแสดงในตารางที่ 4.1 โดยค่า a* มีค่าเพิ่มขึ้นจากช่วงเริ่มต้นของการหมักในวันที่ 5 (-0.79 ± 0.22) เป็น 5.58 ± 3.12 ในวันที่ 365 สำหรับค่าสีเหลือง (b*) มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 12.22 ± 0.68 ในวันที่ 5 ของการหมัก เป็น 28.57±5.33 ในวันที่ 365 ของการหมัก สอดคล้องกับสีที่สังเกตได้ด้วยตาดังภาพที่ 4.1 โดยไซรัปบ๊วยมีสีเปลี่ยนจากเริ่มต้นสีเหลืองอ่อนๆ เป็นสีน้ำตาลเข้ม ผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับการศึกษาของ Wu และคณะ (1998) ซึ่งพบว่าการหมักและการเก็บรักษาไซรัปบ๊วยที่อุณหภูมิ 25°C เป็นระยะเวลานานขึ้นมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสีไซรัปอย่างชัดเจน โดยค่าความสว่าง (L) ของตัวอย่างลดลง ในขณะที่ค่าสีแดง (a) เพิ่มขึ้น แต่มีการลดลงของค่าสีเหลือง (b) เล็กน้อย นอกจากนี้ Ramalingam และคณะ (2022) พบว่าการเปลี่ยนแปลงของสีในไซรัปบ๊วย มีความสัมพันธ์กับระยะเวลาการหมักและสภาวะทางเคมีในระหว่างกระบวนการหมัก โดยค่าความสว่าง (L*) ของไซรัปบ๊วยลดลงอย่างต่อเนื่องในตัวอย่างที่หมักด้วยผลบ๊วยทั้งผล ซึ่งเป็นผลจากการเกิดปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงของเม็ดสีและปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบไม่ใช้เอนไซม์ ในขณะที่ค่าสีแดง (a*) เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน ส่วนค่าสีเหลือง (b*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในบางตัวอย่าง แต่ลดลงในตัวอย่างไซรัปจากผลบ๊วยสุกในช่วงท้ายของการหมัก ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวสอดคล้องกับผลการศึกษาก่อนหน้าของ Choi และ Koh (2017) พบว่าไซรัปบ๊วยที่หมักนานมีการเปลี่ยนแปลงสีอย่างชัดเจน เนื่องจากปฏิกิริยาการสลายตัวของสารประกอบในผลไม้ เช่น คลอโรฟิลล์ และการสะสมของสารสี เช่น เบต้าแคโรทีน และไลโคปีน ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงของสีเกิดขึ้นเด่นชัดในไซรัปที่มีผลบ๊วยตลอดการหมักมากกว่าตัวอย่างที่นำผลบ๊วยออกหลังจากหมักไปแล้วระยะเวลาหนึ่ง

4.1.2 ปริมาณเอทานอล ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณกรดซิตริกและกรดมาลิก

จากการเก็บตัวอย่างไซรัปบ๊วยที่ระยะเวลาในการหมักต่างกันมาวิเคราะห์ ปริมาณเอาทานอล ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณกรดซิตริก และปริมาณกรดมาลิก ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.2

ผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่าปริมาณเอทานอลในไซรัปบ๊วยเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในระยะแรกของการหมักในช่วง 5 ถึง 180 วัน โดยตรวจพบปริมาณเอทนอลเพิ่มขึ้นจากเริ่มต้น 2.10 ± 0.49 % โดยน้ำหนัก/ปริมาตร เป็น 6.36 ± 1.15 % โดยน้ำหนัก/ปริมาตร ที่ระยะเวลา 180 วันของการหมัก อย่างไรก็ตามปริมาณเอทานอลมีค่าลดลงเป็น 2.58 ± 2.24 % โดยน้ำหนัก/ปริมาตร หลังจากระยะเวลา 365 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ปริมาณเอาทานอล ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณกรดซิตริก และปริมาณกรดมาลิก ในตัวอย่างไซรัปบ๊วยที่ระยะเวลาในการหมักต่างกัน

ระยะเวลาหมัก (วัน)	ปริมาณสารที่วิเคราะห์ (% โดยน้ำหนัก / ปริมาตร)			
	เอทานอล	กรดซิตริก	กรดมาลิก	ปริมาณกรดรวมทั้งหมด
5	2.10 ± 0.49^{d}	1.03 ± 0.04^{bc}	0.70 ± 0.03^{cd}	2.50 ± 0.07^{d}
15	3.04 ± 1.55^{cd}	1.16 ± 0.12^{ab}	0.84 ± 0.04^{ab}	2.84 ± 0.16^{ab}
30	3.78 ± 1.24^{bc}	1.20 ± 0.10^{a}	0.89 ± 0.09^{a}	3.01 ± 0.23^{a}
60	3.89 ± 2.04^{bc}	1.20 ± 0.14^{a}	0.88 ± 0.04^{a}	3.01 ± 0.11^{a}
120	3.94 ± 1.72^{bc}	1.02 ± 0.11^{bc}	0.74 ± 0.05^{bc}	2.73 ± 0.16^{bc}
180	6.36 ± 1.15^{a}	0.93 ± 0.08^{cd}	0.78 ± 0.06^{bc}	2.67 ± 0.18^{cd}
365	2.58 ± 2.24^{d}	0.69 ± 0.05^{d}	0.72 ± 0.05^{d}	2.76 ± 0.18^{bc}

หมายเหตุ : ตัวอักษรตัวยก a,b,c,d ในแต่ละแถวแนวตั้งเดียวกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

การเพิ่มขึ้นของเอทานอลในระยะแรกมีผลมาจากกระบวนการหมักโดยยีสต์ที่เปลี่ยนน้ำตาลในไซรัปเป็นแอลกอฮอล์ (สอดคล้องกับปริมาณยีสต์ที่ตรวจพบในตัวอย่างที่ระยะเวลาการหมัก 30 วันแรก ดูข้อมูลในตารางที่ 4.5) หลังจากกระบวนการหมักเสร็จสิ้นปริมาณเอทานอลจะคงที่อยู่ระยะหนึ่งก่อนที่จะลดลงปริมาณลงในระหว่างการหมัก ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการระเหยออกจากภาชนะบรรจุ ผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับรายงานการตรวจพบปริมาณเอทานอลในไซรัปบ๊วยโดย Ramalingam และคณะ (2022) ระบุว่าปริมาณเอทานอลในไซรัปบ๊วยเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องอย่างมีนัยสำคัญหลังช่วง 3 ถึง 6 เดือนของการหมัก โดยเฉพาะในไซรัปจากผลบ๊วยดิบ โดยมีปริมาณสูงสุดอยู่ที่ 6.64 ± 0.49 % ในช่วงการหมัก 12 เดือน ซึ่งพบว่ามีปริมาณเอทานอลใกล้เคียงกับไซรัปบ๊วยที่เตรียมได้จากการการทดลองที่ระยะเวลาการหมัก 180 วัน ความแตกต่างของปริมาณเอทานอลที่คงอยู่ในไซรัปบ๊วย อาจมีผลมาจากขนาดขวดโหล ปริมาณของวัตถุดิบในการหมัก อุณหภูมิและสภาพแวดล้อมในการหมัก นอกจากนี้ผลการทดลองของ Choi และ Koh (2016) แสดงให้เห็นว่ามีเอทานอลเกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการหมักผลบ๊วยกับน้ำตาลทรายแดง ซึ่งเป็นวัตถุดิบหลัก โดยปริมาณเอทานอลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการหมัก ระดับเอทานอลสูงสุดพบที่อุณหภูมิการหมัก 25 องศาเซลเซียส (9.0%) ซึ่งมีปริมาณสูงกว่าการหมักที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส (6.1%) อย่างไรก็ตาม ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของปริมาณเอทานอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระหว่างไซรัปบ๊วยที่หมักพร้อมผลบ๊วยและไซรัปบ๊วยที่หมักต่อโดยนำผลบ๊วยออกในวันที่ 90 บ่งชี้ว่าการมีหรือไม่มีผลบ๊วยไม่ได้ส่งผลต่อปริมาณเอทานอลที่เกิดขึ้น

ผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมดในตัวอย่างไซรัปบ๊วยที่ผ่านการหมักในช่วงเวลาต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 4.2 โดยปริมาณกรดทั้งหมดมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาการหมักอย่างชัดเจน ปริมาณกรดทั้งหมดคำนวณในรูปกรดซิตริกซึ่งเป็นกรดหลักที่พบในผลบ๊วย พบว่าปริมาณกรดทั้งหมดเพิ่มขึ้นในช่วงเริ่มต้นของการหมักและค่อยๆ ลดลงในช่วงท้ายก่อนครบระยะเวลาการศึกษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยพบค่ามากสุดในวันที่ 30 ถึง 60 เท่ากับ 3.01 ± 0.23 และ 3.01 ± 0.1 % โดยน้ำหนัก/ปริมาตร ตามลำดับ ซึ่งเพิ่มจาก 2.50 ± 0.07 % โดยน้ำหนัก/ปริมาตร ในวันที่ 5 ของการหมัก ก่อนที่จะลดลงเล็กน้อยในช่วงวันที่ 120 ถึง 365 ที่ 2.73 ± 0.16 และ 2.76 ± 0.18 % โดยน้ำหนัก/ปริมาตร ตามลำดับ การเพิ่มขึ้นของกรดในช่วงแรกของการหมักอาจเกิดจากการแพร่ออกมาของน้ำและสารประกอบในผลบ๊วยด้วยแรงดันออสโมติกที่เกิดจากน้ำตาลยังไม่เข้าสู่สภาวะสมดุล และเมื่อสมดุลแล้วปริมาณกรดทั้งหมดมีปริมาณลดลงเล็กน้อย

การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดนี้มีแนวโน้มในทางเดียวกับรายงานของ Kobayashi และคณะ(2022) ที่พบว่าช่วงเดือนแรกของการหมักไซรัปบ๊วยมีปริมาณกรดทั้งหมดอยู่ที่ 1.86 กรัม/100 กรัม ก่อนจะค่อยๆ ลดลงเล็กน้อยเป็น 1.72 กรัม /100 กรัม ในเดือนที่ 4 หลังการหมัก แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ที่กรดอินทรีย์บางส่วนอาจถูกเปลี่ยนเป็นสารประกอบอื่น หรือเกิดการเจือจางระหว่างกระบวนการหมัก นอกจากนี้การศึกษาผลของพันธุ์และระยะความสุกในการเก็บเกี่ยวผลบ๊วยจังหวัดฟุกุอิ ต่อคุณภาพของไซรัปบ๊วยของ Kobayashi และคณะ (2021) ซึ่งได้รายงานปริมาณกรดทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ไซรัปบ๊วย สูงสุดที่ 3.61% ในไซรัปที่ผลิตจากผลบ๊วยพันธุ์ชินเปตายุ (新平太夫/Shinpeidayu) และปริมาณกรดต่ำสุดที่ 2.56% ในไซรัปที่ผลิตจากผลบ๊วยพันธุ์ ฟุกุดายุ (福太夫 /Fukudayu) ซึ่งตัวอย่างไซรัปที่เตรียมได้จากบ๊วยต่างสายพันธุ์จะมีปริมาณกรดทั้งหมดที่ต่างกัน

การลดลงของปริมาณกรดทั้งหมดในไซรัปบ๊วยเมื่อระยะเวลาในการหมักนานขึ้นอาจมีสาเหตุมาจากการย่อยสลายโดยยีสต์บางสายพันธุ์ Wu และคณะ (2020) ศึกษาการคัดแยกยีสต์ที่ไม่ใช่ *Saccharomyces* ที่สามารถย่อยสลายกรดซิตริกได้ และประเมินผลต่อการหมักไวน์กีวี พบว่าจุลินทรีย์อื่นๆ ที่เจริญอยู่ในระบบการหมัก สามารถลดปริมาณกรดในระหว่างการหมักลงได้โดยกระบวนการเมตาบอลิซึมของจุลินทรีย์ ซึ่งสามารถลดปริมาณกรดทั้งหมดจาก 16.80 ± 0.04 กรัม/ลิตร เป็น 15.83 ± 0.60 กรัม/ ลิตร เมื่อระยะเวลาการหมักครบเวลา 16 วัน

จากการตรวจวิเคราะห์ปริมาณกรดอินทรีย์ที่เป็นองค์ประกอบหลักสองชนิดได้แก่ กรดซิตริกและกรดมาลิก ในไซรัปบ๊วยที่ได้จากระยะเวลาการหมักต่างกันดังแสดงในตารางที่ 4.2 พบว่าปริมาณกรดซิตริกมีค่าสูงกว่ากรดมาลิกโดยมีปริมาณเท่ากับ 1.03 ± 0.04 และ 0.70 ± 0.03 % โดยน้ำหนัก/ปริมาตร ตามลำดับ ในวันที่ 5 ของการหมักไซรัป จากนั้นจึงค่อยๆ ลดลงหลังจากระยะเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผ่านไประหว่างการหมัก ปริมาณสุดท้ายที่ตรวจพบของกรดซิตริก และกรดมาลิก ที่ระยะเวลา 365 วัน คือ 0.69 ± 0.05 และ 0.72 ± 0.05 % โดยน้ำหนัก/ปริมาตร

งานวิจัยที่รายงานโดย Murofushi และคณะ (2015) ซึ่งเปรียบเทียบสารประกอบในบ๊วยญี่ปุ่น (*Prunus mume*) และผลิตภัณฑ์จากบ๊วยญี่ปุ่น พบว่ากรดอินทรีย์หลักในผลบ๊วยได้แก่ กรดซิตริก และกรดมาลิก พบมากที่สุดในผลบ๊วยสด โดยมีปริมาณกรดซิตริกที่ 3,330 ถึง 4,687 มิลลิกรัม/100 กรัม และกรดมาลิก 37 ถึง 250 มก. มิลลิกรัม/100 กรัม และมีการลดลงของกรดซิตริกอย่างมีนัยสำคัญหลังการแปรรูปเป็นไซรัปบ๊วย โดยพบในปริมาณ 1,089 ถึง 1,584 มิลลิกรัม/100 กรัม ขณะที่กรดมาลิกมีปริมาณใกล้เคียงกับปริมาณเริ่มต้น Ramalingam และคณะ (2022) พบการเปลี่ยนแปลงของกรดอินทรีย์ในไซรัปบ๊วยระหว่างการหมัก โดยมีปริมาณกรดซิตริก 7.13 และกรดมาลิก 5.99 มิลลิกรัม/กรัม ในวันที่ 15 และเพิ่มปริมาณขึ้นเป็น 9.85 และ 7.38 มิลลิกรัม/กรัม ตามลำดับในวันที่ 90 ซึ่งไซรัปบ๊วยที่ทำจากบ๊วยดิบมีปริมาณกรดอินทรีย์ที่ค่อนข้างสูง แต่ก็สามารถลดลงได้ในระหว่างการหมัก เป็นผลมาจากการย่อยสลายกรดอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ที่ใช้กรดอินทรีย์เป็นแหล่งพลังงาน ทำให้ปริมาณกรดอินทรีย์ลดลง นอกจากนี้ยังอาจเกิดจากปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชั่นของกรดอินทรีย์กับแอลกอฮอล์ส่งผลให้ปริมาณกรดซิตริกและกรดมาลิกในไซรัปบ๊วยลดลง

4.2 คุณภาพทางเคมีกายภาพของไซรัปบ๊วยที่จำหน่ายในเชิงพาณิชย์

4.2.1 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณน้ำอิสระ และค่าสี ของตัวอย่างไซรัปบ๊วยเชิงพาณิชย์

จากการเก็บตัวอย่างไซรัปบ๊วยที่มีจำหน่ายในเชิงพาณิชย์จำนวน 4 ตัวอย่าง มาวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีกายภาพ ได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ค่า pH ค่า a_w และค่าสี ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.3

จากผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 4.3 จะเห็นได้ว่าไซรัปบ๊วยที่มีจำหน่ายในเชิงพาณิชย์มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้อยู่ในช่วง 53.80±0.00 ถึง 70±0.00 ºBrix โดยมีค่าสูงสุดในไซรัปบ๊วยเชิงพาณิชย์ตัวอย่างที่ 1 ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในรูปแบบอุตสาหกรรม เมื่อเปรียบเทียบกับไซรัปบ๊วยเชิงพาณิชย์ตัวอย่างที่ 2, 3 และ 4 ซึ่งใช้รูปแบบการผลิตโดยการหมักด้วยวิธีพื้นบ้านแบบญี่ปุ่นเช่นเดียวกับวิธีที่ใช้ในงานวิจัยนี้ พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของตัวอย่างไซรัปบ๊วยดังกล่าวมีค่าใกล้เคียงกับไซรัปบ๊วยที่ได้จากการทดลอง ตัวอย่างไซรัปบ๊วยที่มีจำหน่ายเชิงพาณิชย์ทั้ง 4 ตัวอย่าง ตรวจพบค่า pH ต่ำสุดในตัวอย่างที่ 1 ซึ่งเป็นไซรัปบ๊วยที่ผลิตในแบบอุตสาหกรรมมีค่าเท่ากับ 2.42±0.00 (ตารางที่ 4.3) ในขณะที่ไซรัปบ๊วยเชิงพาณิชย์ตัวอย่าง 2, 3 และ 4 ซึ่งใช้กรรมวิธีหมักแบบพื้นบ้านญี่ปุ่นเช่นเดียวกับที่ใช้ในการศึกษานี้มีค่า pH ที่สูงกว่าตัวอย่างที่ 1 เล็กน้อยคือ 2.75±0.50, 2.72±0.00 และ 2.92±0.00 ตามลำดับ โดยมีค่าใกล้เคียงกับไซรัปบ๊วยที่ได้จากงานวิจัยนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับค่า a_w พบว่าในไซรัปบ๊วยที่มีจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ มีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.81±0.00 ถึง 0.86±0.50 โดย ตัวอย่างที่ 1 ซึ่งเป็นไซรัปบ๊วยที่แปรรูปในระบบอุตสาหกรรม มีค่า a_w ต่ำสุด ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ที่มีค่าสูงสุด ในขณะที่ตัวอย่างที่ 2, 3 และ 4 ซึ่งเป็นไซรัปบ๊วยเชิงพาณิชย์ที่ใช้กรรมวิธีหมักแบบพื้นบ้านญี่ปุ่นจะมีค่าสูงกว่า สอดคล้องกับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ที่มีค่าต่ำกว่าตัวอย่างที่ 1 โดยมีค่าใกล้เคียงกับตัวอย่างที่ได้จากการทดลองนี้ซึ่งใช้กรรมวิธีการหมักแบบเดียวกัน

ตารางที่ 4.3 คุณภาพทางเคมีกายภาพของไซรัปบ๊วยที่จำหน่ายเชิงพาณิชย์

ปัจจัย	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	ตัวอย่างที่ 4
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix)	70±0.00[a]	60±0.00[b]	53.80±0.00[d]	54.80±0.50[c]
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	2.42±0.00[d]	2.75±0.00[b]	2.72±0.00[c]	2.92±0.50[a]
ปริมาณน้ำอิสระ (a_w)	0.81±0.00[c]	0.83±0.00[b]	0.86±0.00[ab]	0.86±0.50[a]
ค่าความสว่าง (L*)	26.93±0.00[d]	29.68±2.61[b]	35.83±0.00[a]	27.67±2.56[c]
ค่าสีแดง (a*)	14.02±0.00[a]	15.64±1.69[a]	13.50±0.00[a]	15.58±0.97[a]
ค่าสีเหลือง (b*)	12.30±0.00[d]	22.39±4.63[b]	29.46±0.00[a]	19.53±00.26[c]

หมายเหตุ : ตัวอักษรตัวยก a,b,c,d ในแต่ละแถวแนวนอนเดียวกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ผลตรวจวิเคราะห์สีพบว่าในไซรัปบ๊วยที่มีจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ มีค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) อยู่ในช่วง 26.93 ± 0.00 ถึง 35.83 ± 0.00, 13.50 ± 0.00 ถึง 15.64 ± 1.69 และ 12.30 ± 0.00 ถึง 29.46 ± 0.00 ตามลำดับ โดยตัวอย่างที่ 1 ซึ่งเป็นไซรัปบ๊วยที่แปรรูปในระบบอุตสาหกรรม มีค่าความสว่างต่ำสุดซึ่งแสดงสีที่เข้มของไซรัป อาจมีความเป็นไปได้ว่ามีการใช้น้ำตาลต่างประเภทกันในกระบวนการผลิต และมีการระเหยน้ำออกในระหว่างกระบวนการผลิต ซึ่งส่งผลให้ไซรัปมีความเข้มข้นขึ้น ทำให้สีมีความเข้มขึ้น หรือมีการแต่งสีเพื่อให้ผลิตภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดูน่ารับประทาน รวมถึงระยะเวลาในการเก็บรักษาก็มีผลให้สีของผลิตภัณฑ์เข้มขึ้นด้วย ในขณะที่ค่าสีเหลือง (b*) ใกล้เคียงกับตัวอย่างไซรัปบ๊วยที่เตรียมได้จากการศึกษานี้ โดยเรียงลำดับจากมากไปหาน้อยในตัวอย่างที่ 3, 2, 4 และ 1 ที่ 29.46 ± 0.00, 22.39 ± 4.63, 18.53 ± 19.26 และ 12.22 ± 0.68 ตามลำดับ ซึ่งในไซรัปตัวอย่างที่ 2, 3 และ 4 ใช้กรรมวิธีหมักแบบพื้นบ้านญี่ปุ่นเช่นเดียวกับที่ใช้ในการศึกษานี้ อาจเป็นปัจจัยที่ส่งผลให้มีผลวิเคราะห์ไปในทางเดียวกัน ในขณะที่ค่าสีแดง (a*) ของทุกตัวอย่างไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) สอดคล้องกับการศึกษาของ Ramalingam และคณะ(2022) ที่กล่าวไปก่อนหน้านี้ในการศึกษาค่าสีในตัวอย่างไซรัปบ๊วยที่ได้จากระยะเวลาในการหมักต่างกัน

4.2.2 ปริมาณเอทานอล ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณกรดซิตริกและกรดมาลิก ของตัวอย่างไซรัปบ๊วยเชิงพาณิชย์

จากการเก็บตัวอย่างไซรัปบ๊วยเชิงพาณิชย์ 4 ตัวอย่าง มาวิเคราะห์ ปริมาณเอาทานอล ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณกรดซิตริก และปริมาณกรดมาลิก ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ปริมาณเอาทานอล ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณกรดซิตริก และปริมาณกรดมาลิกของไซรัปบ๊วยที่จำหน่ายเชิงพาณิชย์

	ปริมาณสารที่วิเคราะห์ (% โดยน้ำหนัก / ปริมาตร)			
	เอทานอล	**กรดซิตริก**	**กรดมาลิก**	**ปริมาณกรดรวมทั้งหมด**
ตัวอย่างที่ 1	0.00 ± 0.00^{d}	0.61 ± 0.00^{b}	1.19 ± 0.00^{a}	3.11 ± 0.00^{ab}
ตัวอย่างที่ 2	1.52 ± 0.16^{b}	0.56 ± 0.00^{b}	0.98 ± 0.00^{b}	2.86 ± 0.03^{bc}
ตัวอย่างที่ 3	2.60 ± 0.00^{a}	0.95 ± 0.00^{a}	0.96 ± 0.00^{b}	3.58 ± 0.00^{a}
ตัวอย่างที่ 4	0.45 ± 0.24^{c}	0.58 ± 0.00^{b}	0.85 ± 0.00^{c}	3.21 ± 0.05^{ab}

หมายเหตุ : ตัวอักษรตัวยก a,b,c,d ในแต่ละแถวแนวตั้งเดียวกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ผลการศึกษาปริมาณกรดทั้งหมดในตัวอย่างไซรัปบ๊วยเชิงพาณิชย์ แสดงในตารางที่ 4.4 ปริมาณกรดทั้งหมดจากตัวอย่างไซรัปบ๊วยเชิงพาณิชย์ทั้ง 4 ตัวอย่างเท่ากับ 3.11±0.00, 2.86±0.03, 3.58±0.00 และ 3.21±0.05 % โดยน้ำหนัก/ปริมาตร ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับตัวอย่างไซรัปบ๊วยที่เตรียมได้จากการวิจัยซึ่งมีปริมาณกรดทั้งหมดอยู่ในช่วง 2.5 ถึง 3.5 % โดยน้ำหนัก/ปริมาตร ความแตกต่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของปริมาณกรดทั้งหมดในผลิตภัณฑ์แต่ละตัวอย่างอาจมีสาเหตุมาจากสายพันธุ์ ความสุก และระยะเวลาเก็บเกี่ยวผลบ๊วย รวมถึงระยะเวลาการเก็บรักษาไซรัป ซึ่งมีผลทำให้เกิดความต่างของปริมาณกรดทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ได้ (Kobayashi และคณะ, 2021)

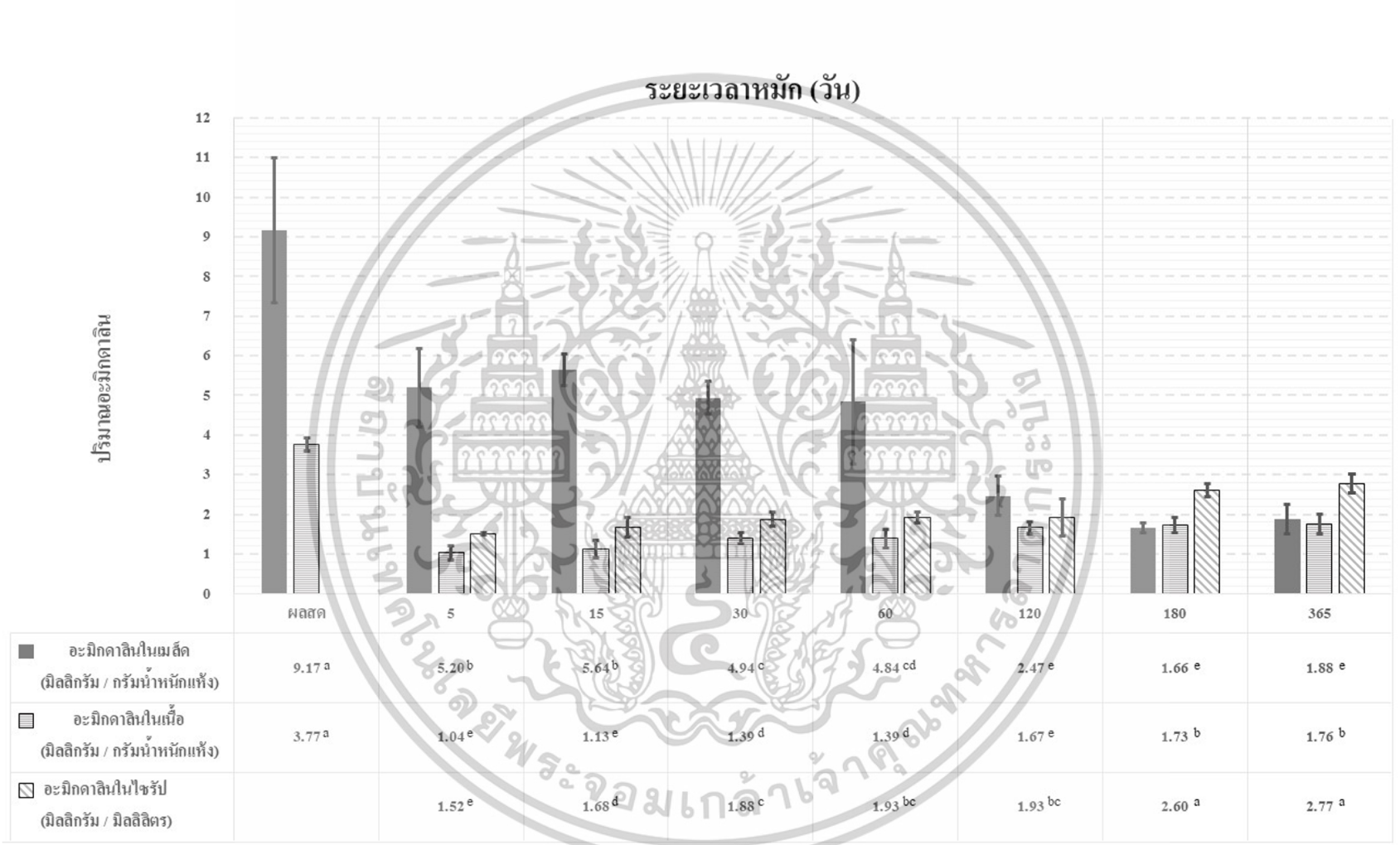
ผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณเอทานอลของไซรัปบ๊วยที่มีจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ (ตารางที่ 4.4) พบปริมาณเอทานอลทั้งหมด 3 จาก 4 ตัวอย่าง โดยพบในไซรัปบ๊วยตัวอย่างที่ 2, 3 และ 4 ปริมาณ 1.52 ± 2.16, 2.60 ± 0.00 และ 0.45 ± 0.64 % โดยน้ำหนัก/ปริมาตร ตามลำดับ ซึ่งตัวอย่างไซรัปบ๊วยทั้ง 3 ตัวอย่าง ใช้กรรมวิธีหมักแบบพื้นบ้านญี่ปุ่นเที่ใกล้เคียงกับที่ใช้ในการศึกษานี้ ผลที่ได้จากการทดลองจึงไปในทิศทางเดียวกัน ในขณะที่ไม่พบปริมาณเอทานอลในไซรัปบ๊วยตัวอย่างที่ 1 ซึ่งเป็นไซรัปที่ผลิตในแบบอุตสาหกรรม โดยความเป็นไปได้นั้นอาจเกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตที่ต้องผ่านความร้อน จึงทำให้มีการระเหยเอทานอลออกจากผลิตภัณฑ์

สำหรับผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณกรดอินทรีย์ที่เป็นองค์ประกอบหลักสองชนิดได้แก่ กรดซิตริกและกรดมาลิก ในตัวอย่างไซรัปบ๊วยที่มีจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ 4 ตัวอย่าง พบปริมาณกรดซิตริก 0.61±0.00, 0.56±0.00, 0.95±0.00และ 0.58±0.00 % โดยน้ำหนัก/ปริมาตร ตามลำดับ และกรดมาลิก 1.19±0.00, 0.98±0.00, 0.96±0.00 และ 0.85±0.00 % โดยน้ำหนัก/ปริมาตร ตามลำดับ ใกล้เคียงกับผลการศึกษาและสอดคล้องกับผลงานวิจัยที่รายงานโดย Murofushi และคณะ (2015) ซึ่งพบว่ามีการลดลงของกรดกรดซิตริกอย่างมีนัยสำคัญจาก 3,330 มิลลิกรัม ถึง 4,687 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม เป็น 1,089 มิลลิกรัม ถึง 1,584 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม หลังการแปรรูปไซรัปบ๊วย ในขณะที่กรดมาลิกเริ่มต้นที่ 37 มิลลิกรัม ถึง 250 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม และหลังจากแปรรูปแล้วพบที่ 172 มิลลิกรัม ถึง 664 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม ซึ่งมีปริมาณใกล้เคียงหรือเพิ่มขึ้นเล็กน้อย จากปริมาณเริ่มต้นก่อนการแปรรูปเป็นไซรัป โดยความแตกต่างที่พบของปริมาณ กรดมาลิกนี้อาจมาจากความแตกต่างขององค์ประกอบทางเคมีของสายพันธุ์บ๊วย หรือแหล่งเพาะปลูก รวมถึงลักษณะความสุกของผลบ๊วยที่นำมาใช้ในการแปรรูป

4.3 ปริมาณอะมิกดาลินในตัวอย่างไซรัปบ๊วยที่ได้จากระยะเวลาในการหมักต่างกัน

จากการเก็บตัวอย่างไซรัปบ๊วยที่ได้ระยะเวลาในการหมักต่างกันมาตรวจวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของปริมาณอะมิกดาลิน (Amygdalin) พบความเปลี่ยนแปลงดังแสดงในภาพที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



	ผลสด	5	15	30	60	120	180	365
อะมิกดาลินในเมล็ด (มิลลิกรัม / กรัมน้ำหนักแห้ง)	9.17 a	5.20 b	5.64 b	4.94 c	4.84 cd	2.47 e	1.66 e	1.88 e
อะมิกดาลินในเนื้อ (มิลลิกรัม / กรัมน้ำหนักแห้ง)	3.77 a	1.04 e	1.13 e	1.39 d	1.39 d	1.67 e	1.73 b	1.76 b
อะมิกดาลินในไซรัป (มิลลิกรัม / มิลลิลิตร)		1.52 e	1.68 d	1.88 c	1.93 bc	1.93 bc	2.60 a	2.77 a

ภาพที่ 4.2 ปริมาณ อะมิกดาลิน ในเมล็ด เนื้อ และไซรัปที่ได้จากระยะเวลาในการหมักต่างกัน

ตัวอักษรตัวยก a, b, c, d ในแต่ละแถวแนวนอนเดียวกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณอะมิกดาลินในภาพที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่าในเมล็ดและเนื้อบ๊วยสดเริ่มต้นมีปริมาณอะมิกดาลินสูงสุดเท่ากับ 9.17 ± 1.83 และ 3.77 ± 0.16 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ โดยพบว่าอะมิกาดลินในเมล็ดและเนื้อบ๊วยมีปริมาณลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้น สำหรับไซรัปบ๊วยพบอะมิกดาลินที่ 1.52 ± 0.07 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ในวันที่ 5 ของการหมัก และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นช้าๆ เมื่อเวลาผ่านไป โดยมีปริมาณสุดท้ายที่ตรวจพบอยู่ที่ 2.77 ± 0.16 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ในวันที่ 365 หลังการหมัก เมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อบ๊วยจากผลสดและไซรัปบ๊วย พบว่าเมล็ดของบ๊วยเป็นตัวอย่างที่มีปริมาณอะมิกดาลินมากที่สุดและเมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้นจะมีแนวโน้มลดลงและมีการถ่ายเทอะมิกดาลินบางส่วนสู่ไซรัป ทั้งจากในเมล็ดและเนื้อผ่านการแพร่โดยกระบวนการออสโมซิสและอะมิกดาลินส่วนใหญ่ในตัวอย่างจะสลายไปได้ในระหว่างการหมักโดยกระบวนการที่เกิดจากจุลินทรีย์

ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยที่รายงานโดย Seok และคณะ (2017) พบว่าเมล็ดบ๊วยมีปริมาณอะมิกดาลินที่สูงกว่าในเนื้อผลประมาณ 12.8 เท่า แต่เมื่อเวลาผ่านไปปริมาณอะมิกดาลินในเมล็ดและเนื้อจะมีปริมาณลดลงตามความระยะความสุกของผลบ๊วย ในกรณีของผลบ๊วยที่ผ่านกระบวนการหมัก พบว่าปริมาณอะมิกดาลินจะลดลงเมื่ออัตราส่วนของน้ำตาลและระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้นจนถึงประมาณ 90 วันของระยะเวลาการหมัก และหลังจากนั้นปริมาณจะลดลงอีก Ramalingam และคณะ(2022) รายงานการตรวจพบจุลินทรีย์ในระหว่างการหมักไซรัปบ๊วยพบว่ายีสต์เป็นจุลินทรีย์ที่มีปริมาณมากสุดที่พบในระหว่างกระบวนการหมัก โดยยีสต์ที่พบแสดงศักยภาพในการลดปริมาณอะมิกดาลินได้ถึง 99.7% ซึ่งการลดลงของอะมิกดาลินมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับการเจริญเติบโตของยีสต์ในช่วงระยะเวลาของกระบวนการหมัก นอกจากนี้ Ramalingam และคณะ(2024) ได้ศึกษาระดับความสุกของบ๊วย วิธีการบ่ม การแปรรูปและระยะเวลาการหมักที่มีผลต่อระดับอะมิกดาลินในไซรัปบ๊วย ที่เตรียมจากบ๊วยที่แตกต่างกัน พบว่าในไซรัปที่ทำจากบ๊วยดิบมีระดับอะมิกดาลินที่สูง เมื่อเทียบกับไซรัปที่ทำจากบ๊วยสุก นอกจากนี้ พบการลดลงอย่างรวดเร็วของปริมาณอะมิกดาลินในไซรัปทุกชนิดในระหว่างการหมักจนถึง 9 เดือน และหลังจากนั้นจะลดลงอย่างช้าๆ ชี้ให้เห็นว่าการบ่มไซรัปบ๊วยมากกว่า 9 เดือน ขึ้นไปมีผลกับการลดลงของปริมาณอะมิกดาลินอย่างมีนัยสำคัญโดยไม่ขึ้นอยู่กับความสุกของผลบ๊วย แหล่งที่มาของผล หรือวิธีการแปรรูป นอกจากนี้ Murofushi และคณะ (2015) ยังรายงานถึงการสลายตัวของอะมิกดาลินในผลบ๊วยไปเป็นสารในกลุ่มกรดเบนโซอิก เมื่อผ่านกระบวนการแปรรูปที่ใช้ความร้อนหรือแอลกอฮอล์ โดยในผลบ๊วยดิบพันธุ์ Kohbai (紅梅) พบอะมิกดาลินที่ 77.6 มิลลิกรัม/100 กรัม และตรวจพบที่ 18.7 มิลลิกรัม/100 กรัม หลังจากแปรรูปเป็นไซรัปบ๊วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยไซรัปบ๊วยที่เตรียมได้จากการทดลองมีการตรวจพบปริมาณแอลกอฮอล์ (ตารางที่ 4.2) ซึ่งอาจเป็นอีกปัจจัยที่มีผลต่อการลดลงของปริมาณอะมิกดาลินที่เกิดขึ้นได้บางส่วน

European Food Safety Authority [EFSA] (2016) ระบุว่าอะมิกดาลิน 1 กรัม เมื่อพันธะไกลโคไซด์ถูกไฮโดรไลซ์ จะเกิดกระบวนการไซยาโนเจเนซิส (Cyanogenesis) สามารถสร้างไฮโดรเจนไซยาไนด์ (HCN) ได้ 59 มิลลิกรัม (FAO/WHO, 2012) ปริมาณไซยาไนด์ที่อาจส่งผลให้เกิดความเป็นพิษในผู้ใหญ่โดยเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 0.5 ถึง 3.5 มิลลิกรัม/กิโลกรัมของน้ำหนักตัว โดยการประมาณการปริมาณอะมิกดาลินที่คาดว่าจะทำให้เกิดไซยาไนด์ในปริมาณที่ทำให้เกิดความเป็นพิษและสร้างอันตรายต่อร่างกายในผู้ใหญ่คือ 9 ถึง 60 มิลลิกรัม/กิโลกรัมของน้ำหนักตัว หรือประมาณ 540 ถึง 3600 มิลลิกรัมสำหรับผู้ใหญ่ที่มีน้ำหนัก 60 กิโลกรัม (Therapeutic Goods Administration, Australia, 2020) ซึ่งจากผลการทดลอง พบปริมาณอะมิกดาลินในวันที่ 365 หลังการหมักมีปริมาณ 2.77 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร หากคำนวณโดยใช้ค่าเฉลี่ยในผู้ใหญ่ที่มีน้ำหนัก 60 กิโลกรัม การได้รับไซยาไนด์ในระดับที่เป็นอันตรายจะต้องเกิดจากการดื่มไซรัปบ๊วยที่ไม่ได้เจือจางในปริมาณมาก ตั้งแต่ 0.183 ลิตร ถึง 1.285 ลิตร

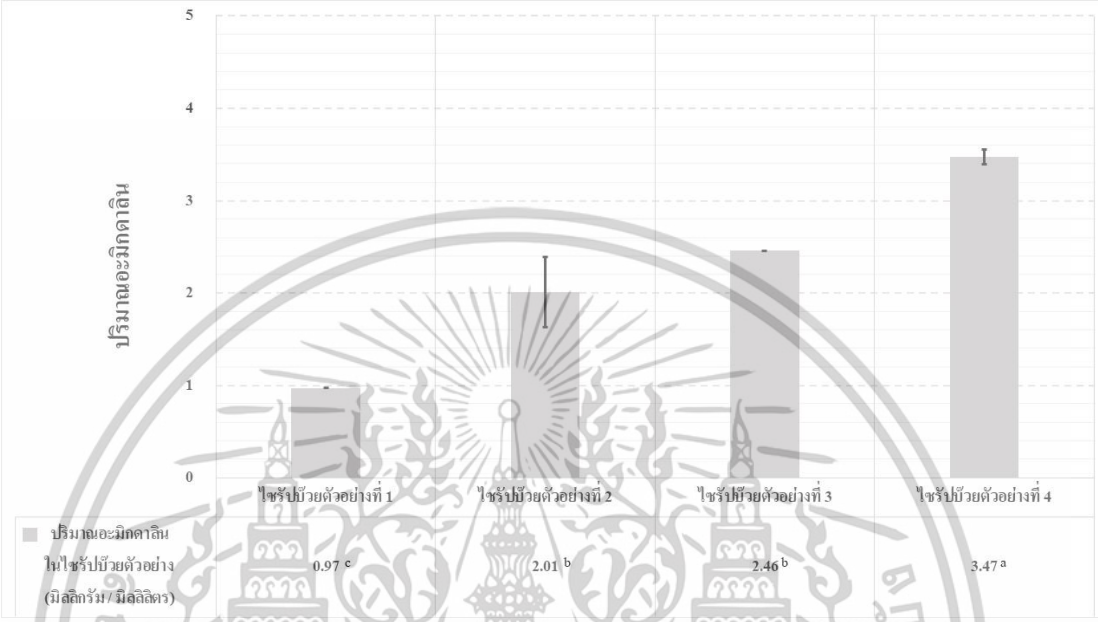
อย่างไรก็ตาม ในความเป็นจริง ปริมาณการเสิร์ฟไซรัปบ๊วยต่อ 1 ครั้งอยู่ที่ 20 ถึง 30 มิลลิลิตร โดยประมาณ และมักมีการเจือจางด้วยโซดาหรือน้ำเปล่าในอัตราส่วน 1:3 ทำให้ปริมาณอะมิกดาลินที่จะได้รับโดยประมาณ ในกรณีการเสิร์ฟ 20 มิลลิลิตร (ก่อนเจือจาง) จะได้รับอะมิกดาลินประมาณ 55.4 มิลลิกรัม และในกรณีการเสิร์ฟ 30 มิลลิลิตร (ก่อนเจือจาง) จะได้รับอะมิกดาลินประมาณ 83.1 มิลลิกรัม เมื่อคำนวณเป็นปริมาณไซยาไนด์ที่ได้รับ จะเท่ากับประมาณ 1.09 มิลลิกรัม HCN (จากการเสิร์ฟ 20 มิลลิลิตร) และ 1.63 มิลลิกรัม HCN (จากการเสิร์ฟ 30 มิลลิลิตร) โดยปริมาณนี้ถือว่าอยู่ในระดับที่ร่างกายสามารถกำจัดได้ตามธรรมชาติผ่านกระบวนการเมตาบอลิซึมที่เปลี่ยนไซยาไนด์ให้กลายเป็นไทโอไซยาเนต (Thiocyanate) โดยใช้เอนไซม์ Rhodanese ในตับ และสามารถขับออกจากร่างกายได้ทางปัสสาวะอย่างปลอดภัย (Borowitz และ Isbister, 2016; Way และ Way, 1991; Wood, 1975)

อย่างไรก็ตามการบริโภคไซรัปบ๊วยที่เจือจางตามปริมาณการเสิร์ฟปกติจึงถือว่าปลอดภัยสำหรับผู้ใหญ่ทั่วไปที่มีน้ำหนักประมาณ 60 กิโลกรัม จำเป็นต้องมีข้อควรระวังและพิจารณาปัจจัยอื่นๆ เพิ่มเติม แม้ว่าร่างกายจะมีกลไกในการกำจัดไซยาไนด์ได้ในระดับหนึ่ง แต่ความปลอดภัยของการบริโภคไซรัปบ๊วยจะขึ้นอยู่กับ ปริมาณอะมิกดาลินที่แท้จริงในไซรัปบ๊วย ซึ่งปริมาณนี้อาจแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดของบ๊วย กระบวนการผลิต และความเข้มข้นของไซรัป ปริมาณการบริโภคต่อครั้ง โดยการบริโภคในปริมาณที่มากเกินไป แม้จะเป็นไซรัปที่เจือจาง ก็อาจทำให้ร่างกายได้รับไซยาไนด์เกินกว่าความสามารถในการกำจัดได้ และความสามารถในการกำจัดไซยาไนด์อาจแตกต่างกันไปในแต่ละบุคคล ขึ้นอยู่กับสุขภาพและปัจจัยทางพันธุกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ปริมาณอะมิกดาลินในตัวอย่างไซรัปบ๊วยที่มีจำหน่ายในเชิงพาณิชย์

จากการเก็บตัวอย่างไซรัปบ๊วยที่มีจำหน่ายในเชิงพาณิชย์มาตรวจวิเคราะห์ พบปริมาณอะมิกดาลินในผลิตภัณฑ์ไซรัปบ๊วยทั้ง 4 ตัวอย่าง ดังแสดงในภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.3 ปริมาณอะมิกดาลินในไซรัปบ๊วยที่มีจำหน่ายในเชิงพาณิชย์จำนวน 4 ตัวอย่าง ตัวอักษรตัวยก a, b, c, d ในแต่ละแถวแนวนอนเดียวกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากผลการวิเคราะห์ในภาพที่ 4.3 จะเห็นได้ว่าไซรัปบ๊วยที่มีจำหน่ายในเชิงพาณิชย์มีปริมาณสารอะมิกดาลินอยู่ในช่วง 0.97 ± 0.00 ถึง 3.47 ± 0.08 มิลลิกรัม / มิลลิลิตร โดยตรวจพบปริมาณอะมิกดาลินต่ำสุดในตัวอย่างที่ 1 ซึ่งเป็นไซรัปบ๊วยที่ผลิตในแบบอุตสาหกรรมมีค่าเท่ากับ 0.97 ± 0.00 มิลลิกรัม / มิลลิลิตร ในขณะที่ไซรัปบ๊วยเชิงพาณิชย์ตัวอย่างที่ 2, 3 และ 4 ซึ่งใช้กรรมวิธีหมักแบบพื้นบ้านญี่ปุ่นเช่นเดียวกับที่ใช้ในการวิจัยนี้ มีปริมาณอะมิกดาลินสูงกว่าตัวอย่างที่ 1 เล็กน้อยคือ 2.01 ± 0.38, 2.46 ± 0.00 และ 3.47 ± 0.08 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ โดยมีค่าใกล้เคียงกับไซรัปบ๊วยที่เตรียมได้จากการทดลองนี้ Murofushi และคณะ (2015) รายงานถึงการสลายตัวของอะมิกดาลินในผลบ๊วยไปเป็นสารในกลุ่มกรดเบนโซอิก เมื่อผ่านกระบวนการแปรรูปที่ใช้ความร้อนหรือแอลกอฮอล์ โดยผลบ๊วยดิบพันธุ์ Kohbai (~~紅梅~~) พบปริมาณอะมิกดาลินที่ 77.6 มิลลิกรัม/100 กรัม และพบที่ 18.7 มิลลิกรัม/100 กรัม หลังจากแปรรูปเป็นไซรัปบ๊วย ไซรัปบ๊วยตัวอย่างที่ 1 นั้นเป็นไซรัปที่ผลิตในแบบอุตสาหกรรมซึ่งอาจมีกระบวนการใช้ความร้อนก่อนบรรจุลงขวด เป็นผลให้มีปริมาณอะมิกดาลินในผลิตภัณฑ์ที่ค่อนข้างต่ำ ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่ 2, 3 และ 4 การลดลงของปริมาณอะมิกดาลินอาจจะเป็นผลมาจากปริมาณแอลกอฮอล์ (ตารางที่ 4.4) ที่เกิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระหว่างกระบวนการหมักที่ทำให้เกิดการสลายตัวของอะมิกดาลินบางส่วน แต่ไม่มากเท่ากับการแช่บ๊วยลงในแอลกอฮอล์เข้มข้นเพื่อทำเป็น “เหล้าบ๊วย หรือ อุเมะชู”

4.5 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลินทรีย์ของไซรัปบ๊วยในระหว่างการหมักด้วยวิธีพื้นบ้านแบบญี่ปุ่น

จากการเก็บตัวอย่างไซรัปบ๊วยที่ระยะเวลาในการหมักต่างกันมาตรวจวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลินทรีย์ ได้แก่ การวิเคราะห์ปริมาณยีสต์ การวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติก และ การวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียไม่ระบุสายพันธุ์ (non fastidious bacteria) ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลินทรีย์ของไซรัปบ๊วยที่ระยะเวลาการหมักต่าง ๆ

ระยะเวลาหมัก	จุลินทรีย์		
	แบคทีเรียไม่ระบุสายพันธุ์	แบคทีเรียแลคติก	ยีสต์ (log CFU/มิลลิลิตร)
5 วัน	ND	ND	4.95 ± 0.30^{ab}
15 วัน	ND	ND	4.96 ± 0.26^{ab}
30 วัน	ND	ND	3.65 ± 0.55^{ab}
60 วัน	ND	ND	ND
120 วัน	ND	ND	ND
180 วัน	ND	ND	ND
365 วัน	ND	ND	ND

หมายเหตุ : ตัวอักษรตัวยก a, b, c, d ในแต่ละแถวแนวตั้งเดียวกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

Not detected (ND) = ตรวจไม่พบ

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.3 จะเห็นได้ว่าผลการตรวจวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลินทรีย์ของไซรัปบ๊วยในระหว่างการหมักด้วยวิธีพื้นบ้านแบบญี่ปุ่น พบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณยีสต์เพียงอย่างเดียว โดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงระยะเวลาในการหมัก 15 วันแรก จากค่าเริ่มต้น 4.95 ± 0.30 log CFU/มิลลิลิตร ในวันที่ 5 เพิ่มขึ้นสูงสุดที่ 4.96 ± 0.26 log CFU/มิลลิลิตรในวันที่ 15 และลดเหลือ 3.65 ± 0.55 log CFU/มล. ในวันที่ 30 ของการหมัก และตรวจไม่พบหลังจากการหมัก 60 วัน โดยระหว่างการศึกษาไม่พบการการเจริญของแบคทีเรียกลุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

non-fastidious และ แบคทีเรียแลคติก การสิ้นสุดกระบวนการหมักที่เกิดจากยีสต์ในไซรัปบ๊วยอาจมีผลมาจากการเพิ่มปริมาณของเอทานอลที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการหมัก (ตารางที่ 4.2) ซึ่งปริมาณเอทานอลที่เพิ่มขึ้นทำให้ยีสต์ไม่สามารถอยู่รอดหรือทำงานต่อไปได้ นอกจากนี้ความเข้มข้นของน้ำตาลที่แสดงในรูปปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และค่า pH ที่ต่ำของไซรัปบ๊วยผลบ๊วย (ตารางที่ 4.1) ก็เป็นปัจจัยร่วมที่ส่งผลให้การเจริญของยีสต์ถูกยับยั้ง

ผลการทดลองดังกล่าวมีแนวโน้มในทิศทางเดียวกับรายงานของ Ramalingam และคณะ (2022) ซึ่งพบว่า ในระหว่างการหมักไซรัปบ๊วยช่วงระยะเวลา 1 ปี พบเพียงปริมาณยีสต์ในช่วง 3.59 ถึง 5.57 log CFU/มิลลิลิตร ตลอดระยะเวลาการทดลอง อย่างไรก็ตามความต่างของขนาดโหลหมัก และสภาพแวดล้อมของสถานที่ทำการทดลองที่ต่างกันก็อาจเป็นผลให้ยีสต์สามารถเจริญได้ในระยะยาวและสามารถตรวจพบได้ตลอดระยะเวลา 1 ปี งานวิจัยเกี่ยวกับการหมักไวน์ผลไม้และการวิเคราะห์คุณภาพที่รายงานโดย Saranraj และคณะ (2017) พบปัจจัยที่อาจส่งผลให้กระบวนการหมักสิ้นสุดลงได้แก่ แหล่งอาหารที่ยีสต์ใช้ในการเจริญเติบโตลดน้อยลง การเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของค่า pH ความเข้มข้นของน้ำตาล อุณหภูมิ และ ความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ที่สะสมในผลิตภัณฑ์ ความแตกต่างกันของสายพันธุ์ยีสต์ก็มีผลต่อความสามารถในการหมักและความทนทานต่อแอลกอฮอล์ในระยะยาว นอกจากนี้การตรวจไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์ไม่ได้หมายความว่ากระบวนการหมักจะสิ้นสุดลงเสมอไป อาจมาจากการลดลงของจุลินทรีย์ที่มีชีวิตมีปริมาณต่ำกว่าความไวของวิธีตรวจวิเคราะห์ที่ใช้ (Bagheri และคณะ, 2017; Ito และคณะ, 2023)

4.6 คุณภาพทางจุลินทรีย์ของไซรัปบ๊วยที่มีจำหน่ายในเชิงพาณิชย์

ผลการตรวจวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลินทรีย์ของไซรัปบ๊วยที่มีจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ทั้ง 4 ตัวอย่าง พบว่าตรวจไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์ในทุกตัวอย่าง ในไซรัปบ๊วยตัวอย่างที่ 1 ซึ่งเป็นไซรัปที่ผลิตในแบบอุตสาหกรรม และไซรัปบ๊วยตัวอย่างที่ 2 ที่ผลิตเพื่อจำหน่ายในซุปเปอร์มาเก็ต อาจมีความเป็นไปได้ที่ไซรัปบ๊วยตัวอย่างจะผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนก่อนบรรจุลงขวด ในขณะที่ไซรัปบ๊วยเชิงพาณิชย์ตัวอย่าง 3 และ 4 ซึ่งใช้กรรมวิธีหมักแบบพื้นบ้านญี่ปุ่นเช่นเดียวกับที่ใช้ในการศึกษานี้ อาจมีปัจจัยที่มาจากความเข้มข้นของน้ำตาล ค่า pH ต่ำ ระยะการหมักที่นาน และปริมาณเอทานอลที่คงค้างในผลิตภัณฑ์ ที่มีผลยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ หรืออาจเป็นผลมาจากการลดลงของจุลินทรีย์ที่มีชีวิตมีปริมาณต่ำกว่าความไวของวิธีตรวจวิเคราะห์ที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 บทสรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีกายภาพของไซรัปบ๊วยในระหว่างการหมักด้วยวิธีพื้นบ้านแบบญี่ปุ่นที่ระยะเวลาต่างกันในช่วงเวลา 365 วัน พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดลดลงอย่างมีนัยสำคัญในช่วง 15 วันแรกของการหมัก จาก 56.67±0.30 °Brix เป็น 54.87±0.75 °Brix และคงที่ตลอดระยะเวลาการหมัก ค่า pH มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจาก 2.37±0.12 เป็น 3.04±0.70 ในช่วง 120 วันก่อน จะลดตัวลงเหลือ 2.80±0.02 ในช่วงท้ายของการหมักไซรัป ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ลดลงเล็กน้อยจาก 0.89±0.01 ในวันที่ 5 ของการหมัก เป็น 0.87±0.01 ในวันที่ 30 และคงที่ที่ 0.86 จนครบระยะเวลาหมัก ค่าสีของไซรัปเปลี่ยนแปลงไปตามระยะเวลาการหมัก โดยค่าความสว่าง (L*) ลดลงจาก 55.74±1.50 เป็น 44.36±5.58 ค่าสีแดง (a*) เพิ่มขึ้นจาก -0.79±0.22 เป็น 5.58±3.12 และค่าสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้นจาก 12.22±0.68 เป็น 28.57±5.33 ส่งผลให้ไซรัปบ๊วยมีสีเข้มขึ้นเมื่อระยะเวลาการหมักนานขึ้น ปริมาณเอทานอลเพิ่มขึ้นจาก 2.10±0.49 % เป็น 6.36±1.15 % โดยน้ำหนัก/ปริมาตร ที่ระยะเวลา 180 วัน และลดลงเป็น 2.58±2.24 % โดยน้ำหนัก/ปริมาตรหลังจาก 365 วัน ขณะที่ปริมาณกรดทั้งหมด มีค่าค่อนข้างคงที่ในช่วง 2.50 ถึง 3.01 % โดยน้ำหนัก/ปริมาตร ตลอดช่วงการหมัก ปริมาณกรดซิตริกและกรดมาลิกเท่ากับ 0.69 ± 0.05 และ 0.72 ± 0.05 % โดยน้ำหนัก/ปริมาตร ที่ 365 วัน ซึ่งลดลงจาก 1.03 ± 0.04 และ 0.70 ± 0.03 % โดยน้ำหนัก/ปริมาตร ที่พบในวันที่ 5 ของการหมักไซรัปตามลำดับ

ในด้านการเปลี่ยนแปลงทางจุลินทรีย์ พบว่าปริมาณยีสต์เพิ่มขึ้นในช่วง 15 วันแรกของการหมักจาก 4.95 log CFU/mL ในวันที่ 5 เป็น 4.96 log CFU/mL ในวันที่ 15 จากนั้นลดลงเหลือ 3.65 log CFU/mL ในวันที่ 30 โดยตรวจไม่พบหลังจาก 60 วัน นอกจากนี้ยัง ไม่พบแบคทีเรียกลุ่ม non-fastidious และแบคทีเรียแลคติกตลอดการทดลอง ปริมาณอะมิกดาลินพบมากที่สุดในเมล็ดและเนื้อบ๊วยสดเท่ากับ 9.17 ± 1.83 และ 3.77 ± 0.16 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง สำหรับไซรัปบ๊วยพบอะมิกดาลินที่ 1.52 ± 0.07 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ในวันที่ 5 ของการหมัก และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นช้าๆ เมื่อเวลาผ่านไป โดยมีปริมาณสุดท้ายที่ตรวจพบอยู่ที่ 2.77 ± 0.16 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ในวันที่ 365 หลังการหมัก ปริมาณอะมิกดาลินที่พบอยู่ในระดับที่ไม่ก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อการบริโภคตามปกติ

เมื่อเปรียบเทียบกับไซรัปบ๊วยเชิงพาณิชย์ 4 ตัวอย่าง พบว่าไซรัปบ๊วยตัวอย่างที่ 1 ที่ผลิตในเชิงอุตสาหกรรมมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดสูงที่สุดที่ 70 °Brix และมีค่า pH และ a_w ต่ำสุดที่ 2.42 และ 0.81 จากทุกตัวอย่าง ขณะที่ไซรัปบ๊วยอย่างที่ 2, 3 และ 4 ที่ใช้กรรมวิธีหมักแบบพื้นบ้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ญี่ปุ่นเช่นเดียวกับการศึกษานี้มีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับ 60±0.00, 53.80±0.00 และ 54.80±0.50 °Brix ค่า pH 2.75±0.00, 2.72±0.00 และ 2.92±0.50 และ ค่า a_w ที่ 0.83±0.00, 0.86±0.00 และ 0.86±0.50 ตามลำดับ โดยมีค่าใกล้เคียงกับไซรัปบ๊วยที่ได้จากการ สำหรับสีของไซรัปบ๊วยแตกต่างกันตามกรรมวิธีการผลิต โดยไซรัปที่ผลิตในอุตสาหกรรมมีความเข้มของสีมากที่สุด ปริมาณกรดทั้งหมดที่พบในไซรัปบ๊วยเชิงพาณิชย์อยู่ในช่วง 2.86 ถึง 3.58% โดยน้ำหนัก/ปริมาตร ปริมาณกรดซิตริกและกรดมาลิกของไซรัปบ๊วยเชิงพาณิชย์อยู่ในช่วง 0.56 ถึง 0.95% โดยน้ำหนัก/ปริมาตร และ 0.85 ถึง 1.19% โดยน้ำหนัก/ปริมาตร ตามลำดับ ซึ่งมีแนวโน้มไปทางเดียวกันกับไซรัปจากการทดลอง สำหรับปริมาณเอทานอลพบเฉพาะในไซรัปที่ผลิตโดยการหมักแบบพื้นบ้าน ได้แก่ไซรัปตัวอย่างที่ 2, 3 และ 4 แต่ไม่พบในไซรัปที่ผลิตในระบบอุตสาหกรรม นอกจากนี้ไซรัปบ๊วยเชิงพาณิชย์ทั้งหมดตรวจไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์ ปริมาณอะมิกดาลินในไซรัปบ๊วยเชิงพาณิชย์อยู่ในช่วง 0.97 ถึง 3.47 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร โดยไซรัปตัวอย่างที่ 1 ที่ผลิตในเชิงอุตสาหกรรมมีค่าต่ำสุด สำหรับไซรัปตัวอย่างที่ 2, 3 และ 4 ที่ใช้กระบวนการหมักแบบพื้นบ้านญี่ปุ่น มีปริมาณอะมิกดาลิกใกล้เคียงกับผลที่จากการทดลอง

ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพและจุลินทรีย์ โดยเฉพาะปริมาณอะมิกดาลินซึ่งเป็นสารที่อาจก่อให้เกิดความเป็นพิษที่เกิดขึ้นในระหว่างการหมักไซรัปบ๊วย โดยปริมาณที่ตรวจพบถือว่าอยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อการบริโภค ซึ่งข้อมูลที่ได้เป็นประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมการผลิตอาหารและเครื่องดื่ม รวมถึงอุตสาหกรรมการบริการอาหารได้เป็นอย่างดี เช่น การแปรรูปไซรัปบ๊วยเป็นผลิตภัณฑ์อื่นต่อไป การใช้ผสมสูตรเครื่องดื่มหรืออาหาร การสร้างผลิตภัณฑ์แปรรูปจากบ๊วยให้ได้ประโยชน์สูงสุด และการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากบ๊วยที่ปราศจากสารพิษอันเนื่องมาจากการลดลงของปริมาณอะมิกดาลิน ซึ่งจะส่งผลให้การผลิตไซรัปบ๊วย หรือผลิตภัณฑ์แปรรูปจากบ๊วยในธุรกิจการบริการอาหารและเครื่องดื่มมีคุณภาพและความปลอดภัยสูงสุดได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรศึกษาการนำไซรัปบ๊วยที่ได้ไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ ในธุรกิจการบริการอาหาร เช่น เครื่องดื่มหมักเพื่อสุขภาพ ขนมหวานที่มีรสชาติพิเศษ หรือซอสที่มีเอกลักษณ์เฉพาะตัว

5.2.2 ควรศึกษาการปรับปรุงกระบวนการหมักให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นโดยการควบคุมสภาวะการหมัก เช่น อุณหภูมิ ความชื้น และการเติมจุลินทรีย์ที่เหมาะสม

5.2.3 ควรพัฒนาเทคนิคการเก็บรักษาไซรัปบ๊วยในระยะยาว เพื่อประเมินความคงตัวของสารสำคัญและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ภายใต้สภาวะต่าง ๆ

5.2.4 ควรศึกษาการนำไซรัปบ๊วยไปใช้ในการผลิตอาหารเชิงพาณิชย์ที่มีคุณภาพสูง และสร้างความแตกต่างในตลาดอาหารและเครื่องดื่มได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.5 ควรศึกษาแนวทางในการลดปริมาณอะมิกดาลินที่เกิดขึ้นในไซรัปบ๊วย เช่น แยกเม็ดบ๊วยที่เป็นแหล่งของอะมิกดาลินออกก่อนการหมัก การพัฒนากระบวนการผลิตที่สามารถทำลายสารอะมิกดาลินได้ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กานดา ศากยะโรจน์. (2548). *พัฒนาการของตาดอกในบ๊วยที่ปลูกบนที่สูงทางภาคเหนือของประเทศไทย* [วิทยานิพนธ์]. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. https://kukr.lib.ku.ac.th/kukr_es/BKN_AGRI/search_detail/result/330337

เกศรินทร์ เพ็ชรรัตน์, ดวงรัตน์ แซ่ตั้ง, ดวงกมล ตั้งสถิตพร และ นพพร สกุลยืนยงสุข. (2556). *การพัฒนาลูกอมสมุนไพรพื้นบ้าน: ลดการอักเสบและดับกลิ่นปาก* [รายงานการวิจัย]. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร. https://doi.nrct.go.th/ListDoi/listDetail?Resolve_DOI=10.14457/RMUTP.res.2013.30

กรมอุตุนิยมวิทยา. (2567). ลักษณะอากาศรายปี. สืบค้นเมื่อ 31 พ.ค. 68 จาก https://www.tmd.go.th/climate/summaryyearly

ครองจิต วรรณวงศ์. (2564). *ผลของการเสริมใยอาหารจากเปลือกมะม่วงที่มีต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต* [รายงานการวิจัย]. มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่. http://cmruir.cmru.ac.th /handle/123456789/2241

คคนางค์ ลิขิตวิวัฒน์. (2564). *อิทธิพลของชนิดน้ำตาลต่อกระบวนการออสโมซิสของมะม่วง* [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยศิลปากร]. บัณฑิตวิทยาลัย. http://ithesis-ir.su.ac.th/dspace/handle/123456789/3993

จิณากานต์ อักษร. (2562). *การพัฒนาอุปกรณ์ตรวจวัดซูโครส กลูโคส และฟรุกโทสแบบกระดาษสำหรับอุตสาหกรรมผลิตน้ำตาล* [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี].คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. http://www.repository.rmutt.ac.th/xmlui/handle/123456789/3834

ณัฐรีพร จันทพันธ์. (2549). *การผลิตน้ำบ๊วยผงโดยวิธีอบแห้งแบบพ่นฝอย* [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยแม่โจ้]. http://webpac.library.mju.ac.th:8080/mm/fulltext/thesis/2549/Natareeporn_Chantapun/fulltext.pdf

เดลินิวส์ ออนไลน์. (2561, 10 สิงหาคม). *'บ๊วย' ปลูกครั้งเดียว เก็บผลผลิตได้นาน...* บริษัท สี่พระยา การพิมพ์ จำกัด. https://www.dailynews.co.th/news/1413326/

เทคโนโลยีชาวบ้าน. (2566, 5 สิงหาคม). *"บ๊วย" ผลไม้ทำเงินสวนอิงดอย เชียงราย เก็บส่งโรงงาน-ขายออนไลน์ รายได้หลายแสนต่อปี*. LINE TODAY. https://today.line.me/th/v2/article/0MOVYDn

นวพล แสนใจบาล. (2550). *การคัดเลือกสายพันธุ์สตรอเบอรี่และสภาวะการใช้เอนไซม์เพคติเนสที่เหมาะสมเพื่อการสกัดน้ำสตรอเบอรี่* [สารนิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่]. http://cmuir.cmu.ac.th/handle/6653943832/7905

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปนิดา บรรจงสินศิริ, ศิริวรรณ ตั้งแสงประทีป, สมพร มูลมั่งมี, กลุธินี ผิวนิล, สุภาภรณ์ เลขวัต, กฤตลักษณ์ ปะสะกวี, เนาวพันธ์ หนูจุ้ย, ถกลรัตน์ ทักษิมา, อัญชัญ อาณาเขตร และ มูลนิธิโครงการหลวง. (2557). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์แปรรูปจากบ๊วย (บ๊วยแช่อิ่มอบแห้ง บ๊วยแผ่นกวน และน้ำส้มสายชูหมักจากบ๊วย)*. มูลนิธิโครงการหลวง. https://cmudc.library.cmu.ac.th/frontend/Info/item/dc:134847

ปวิณ ปุณศรี, โอฬาร ตัณฑวิรุฬห์ และ ธีระ จารุจินดา. (2537). *คู่มือการปลูกไม้ผลเขตหนาวที่สำคัญ 5 ชนิด: บ๊วย ท้อ พลัม สาลี่ พลับ*. มูลนิธิโครงการหลวง: สำนักงานปลัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์. https://ebook.lib.ku.ac.th/ebook27/ebook/20190094/#p=23

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. (ม.ป.ป.). *Drupe / ดรูป*. Food Network Solution. สืบค้นจาก https://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/2921/drupe%E0%B8%94%E0%B8%A3%E0%B8%B9%E0%B8%9B

พูลทรัพย์ อินทร์สังข์ และ ดวงเดือน สงฤทธิ์. (2559). *การใช้น้ำตาลจากในอาหารและขนมอบ* [รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ประจำปีงบประมาณ 2558]. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย. https://www.repository.rmutsv.ac.th/handle/123456789/2482

สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. (2560). ศาสตร์ด้านน้ำตาล. *วารสารน้ำตาล*, *1*(1), 33–53. https://old.ocsb.go.th/upload/journal/fileupload/145-8621.pdf

สำนักงานส่งเสริมการค้าในต่างประเทศ ณ กรุงโตเกียว. (2561). *เหล้าบ๊วย: กรณีศึกษาตลาดแปรรูปผลไม้ในญี่ปุ่น*.กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ:กระทรวงพาณิชย์. https://www.ditp.go.th/contents_attach/225609/225609.pdf

อรอุมา สุวรรณโมณีย์, จันทนา กาญจนารัตนกรชัย, สุรศักดิ์ เชาวลิต, วาสนา วิริยะประไพวงศ์, และสิริลักษณ์ สินไชย. (2564). ผลของสารสกัดหยาบจากพืชสกุลระกำต่อการเจริญของเชื้อแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดสิว. *วารสารพยาบาลทหารบก*, 14(1), 74-82. http://journal.nmc.ac.th/th/admin/Journal/2564Vol14No1_74.pdf

Alt, H. M., Benson, A. F., Haugen, S. J., Ingraham, M. A., Michener, W. E., Woodworth, S. P.,Ramirez, K. J., & Beckham, G. T. (2024). *Analysis of sugars, small organic acids, and alcohols by HPLC-RID (Version 2)*. protocols.io. https://dx.doi.org/10.17504/protocols.io.5qpvob7y9l4o/v2

Amygdalin. (n.d.). In *Hmong.in.th wiki*. Retrieved August 5, 2023, from https://hmong.in.th/wiki/Amygdalin

Angers. (2021). *I want to make it this year. Plum syrup "Basic" and "Easy Technique"*. https://www.angers-web.com/Page/column/c18061101.aspx (ภาษาญี่ปุ่น)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AOAC International. (2000). *Official methods of analysis of AOAC International (17th ed.). Method 942.15: Acidity (Titratable) of fruit products*. AOAC International.

Bae, S.Y., Jang, C. M., Park, S.W., Lee, H., Lee, J., Lee, K.W., & Kim, H.S. (2023). Cyanogenic glycoside content and quality characteristic of maesil (Prunus mume) chung according to its preparation conditions. *Food Engineering Progress*, 27(4), 342–352. https://doi.org/10.13050/foodengprog.2023.27.4.342 (ภาษาเกาหลี)

Bagheri, B., Bauer, F. F. & Setati, M. E. (2017). The Impact of Saccharomyces cerevisiae on a Wine Yeast Consortium in Natural and Inoculated Fermentations. *Frontiers in Microbiology*, 8, 1988. https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01988

Bolarinwa, I. F., Orfila, C. & Morgan, M. R. A. (2014). Amygdalin content of seeds, kernels and food products commercially-available in the UK. *Food Chemistry*, *152*, 133-139. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.11.002

Borowitz, S. M. & Isbister, G. K. (2016). Cyanide poisoning. *New England Journal of Medicine*, *375*(17), 1632-1641.

Choi, B. G. & Koh, E. M. (2016). Changes of ethyl carbamate and its precursors in maesil (Prunus mume) extract during one-year fermentation. *Food Chemistry*, 209, 318–322. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.04.040 (ภาษาเกาหลี)

Choi, B. & Koh, E. (2017). Changes in the antioxidant capacity and phenolic compounds of maesil extract during one-year fermentation. *Food Science and Biotechnology*, *26*(1), 89–95. https://doi.org/10.1007/s10068-017-0012-7

Choi, S.J., Jeong, J. B. & Kim, H.-S. (2019). Change in amygdalin contents of maesil (Prunus mume) wine according to preparation steps and its characteristics. *Korean Journal of Food Science and Technology* (한국식품과학회지), *50*(1), 42-47. https://doi.org/10.9721/KJFST.2019.51.1.42 (ภาษาเกาหลี)

Clayton, K., Bush, D. & Keener, K. (2012). *Water activity in foods* (FS-15-W). Purdue Extension. https://www.extension.purdue.edu/extmedia/fs/fs-15-w.pdf

EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). (2016). Scientific opinion on the acute health risks related to the presence of cyanogenic glycosides in raw apricot kernels and products derived from raw apricot kernels. *EFSA Journal*, *14*(4), 4424. https://doi.org/10.2903/j.efsa.2016.4424

Everything about Umegaku. (n.d.). *Japanese apricot Illustrated version: Development from flower to fruit*. https://minabe.net/gaku/seibutsu/hattatu.html (ภาษาญี่ปุ่น)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FAO/WHO (Food and Agriculture Organization/World Health Organization). (2012). *Safety evaluation of certain food additives and contaminants prepared by the seventy-fourth meeting of the joint FAO/WHO expert committee on food additives* (WHO Food Additives Series, 65).

Fukuoka Pharmaceutical Association. (2012). *Is it okay to break open the seeds of a pickled plum and eat the white part (inside)?* Fukuoka Prefectural Pharmacists Association Public Interest Incorporated Association. Retrieved August 5, 2023, from https://www.fpa.or.jp/johocenter/yakuji-main/_1635.html?blockId=39701&dbMode=article# (in Japanese)

Gao, Z., Jing, S., Sun, H., Zhong, W., Zhuang, W. & Zhang, Z. (2012). Evaluation of different kinds of organic acids and their antibacterial activity in Japanese Apricot fruits. *African Journal of Agricultural Research*, *7*(35). https://doi.org/10.5897/ajar12.1347

Gholamhosseinpour, A., Varidi, M., Elahi, M. & Shahidi, F. (2008). Evaluation of Traditional Production Process of Rock Candy and Optimization of Sucrose Crystallization (Part 1).

Go, M.R., Kim, H.J., Yu, J. & Choi, S.-J. (2018). Toxicity and Toxicokinetics of Amygdalin in Maesil (Prunus mume) Syrup: Protective Effect of Maesil against Amygdalin Toxicity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *66*(43), 11432-11440. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b03686

Husband, T. (2014). The sweet science of candymaking. *ChemMatters*. https://www.acs.org/education/resources/highschool/chemmatters/past-issues/archive-2014-2015/candymaking.html

Ito, K., Niwa, R., Kobayashi, K., Nakagawa, T., Hoshino, G. & Tsuchida, Y. (2023). A dark matter in sake brewing: Origin of microbes producing a Kimoto-style fermentation starter. *Frontiers in Microbiology*, 14, 1112638. https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1112638

Iwasaki, K., Deguchi, Y., Nagaoka-Hamano, M., Nagaoka, H. & Nomura, S. (2010). Simultaneous determination of organic acids, amygdalin, and benzoic acid related compounds in pickled Japanese apricot (Umeboshi) by high performance liquid chromatography. *Japanese Journal of Food Chemistry and Safety*, *17*(1), 65-68. https://doi.org/10.18891/jjfcs.17.1_65 (ภาษาญี่ปุ่น)

Japan alic (Agriculture & Livestock Industries Corporation). (2003). *Sugar information*. Retrieved August 12, 2023, from https://sugar.alic.go.jp/tisiki/ti_0312.htm (ภาษาญี่ปุ่น)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Jaszczak-Wilke, E., Polkowska, Ż., Koprowski, M., Owsianik, K., Mitchell, A. E. & Bałczewski, P. (2021). Amygdalin: Toxicity, Anticancer Activity and Analytical Procedures for Its Determination in Plant Seeds. *Molecules*, *26*(8), 2253. https://doi.org/10.3390/molecules26082253

Kakiuchi, N., Ishikawa, K., Moriguchi, S., Kyotani, H. & Yoshida, M. (1985). Changes in Organic Acid and Free Amino Acid Compositions of "Mume" Fruit in Relation to Variety and Harvest Maturity. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, *32*(9), 669-676. https://doi.org/10.3136/nskkk1962.32.9_669 (ภาษาญี่ปุ่น)

Kanagawa Prefectural Government. (2023). *How to effectively use agricultural products (pickled plums/how to make)*. Kanagawa Prefectural Government. Retrieved August 12, 2023, from https://www.pref.kanagawa.jp/docs/cf7/cnt/f450009/p593794.html (ภาษาญี่ปุ่น)

Kang, H. K., Kang, H. R., Lee, Y. S. & Song, H. S. (2020). Characteristics of organic acid contents and fermentation solution of Prunus mume in South Korea. *Korean Journal of Polar Research*, *33*(3), 194–199.

Katayama, N. & Hachiya, N. (2008). Research on plums. *Bimi Gijutsu Kenkyukaishi*, (11), 7-13. https://doi.org/10.11274/bimi2002.2008.7 (ภาษาญี่ปุ่น)

Kawaraya, C. (1985). 砂糖の調理 : cooking sugar [Cooking sugar]. *Seikatsu Eisei (Journal of Urban Living and Health Association)*, *29*(4), 221-224. https://doi.org/10.11468/seikatsueisei1957.29.221 (ภาษาญี่ปุ่น)

Kim, H.J., Go, M.R., Yu, J., Hwang, J.-S., Choi, H. W., Kim, H.-S. & Choi, S.-J. (2018). Toxicokinetics and oral toxicity of Maesil-cheongs with reduced amygdalin levels. *Korean Journal of Food Science and Technology* (한국식품과학회지), *50*(6), 629-635. https://doi.org/10.9721/KJFST.2018.50.6.629 (ภาษาเกาหลี)

Kim, J.G. & Yoo, S.H. (2021). Compositional changes in maesil-cheong formulated with turanose during the storage period. *Korean Journal of Food Science and Technology* (한국식품과학회지), *53*(6), 688-694. https://doi.org/10.9721/KJFST.2021.53.6.688 (ภาษาเกาหลี)

Kobayashi, K., Asai, K., Ejiri, T., Takagi, I., Ohashi, M., Kubo, Y. & Takahashi, M. (2021). Effect of the Variety and Harvest Maturity in Fukui Ume Fruits (*Prunus mume* Sieb.et Zucc.) on the Quality of Processed Syrup. *Jin-ai Women's Junior College Research Bulletin*, *53*, 7–12. (ภาษาญี่ปุ่น)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Kobayashi, K., Tanaka, S., Nio, K., Kubo, Y. & Takahashi, M. (2022). Effect of the sugaring period on the quality of Ume (*Prunus mume* Sieb. et Zucc.) syrup. *Jin-ai Women's Junior College Research Bulletin*, *54*, 1-4. https://doi.org/10.57426/00001312 (ภาษาญี่ปุ่น)

Lim, T. S. E., Chia, K. F., Loo, L. M. & Wong, S. Y. (2021). Rock Sugar Crystallization: The Effect of Mineral Impurities. *Sugar Tech*, *23*(6), 1432-1439. https://doi.org/10.1007/s12355-021-00991-7

Mameko. (2014). *Plum syrup: Local cuisine recipe collection Miyagi Prefecture: Mogumogu : local cuisine and exchange projects*. https://www.town.marumori.miyagi.jp/common/img/news/news_20211222_133258.pdf (ภาษาญี่ปุ่น)

MEXT Japan. (2023). *Ume: Japanese Food Standard Composition Table (8th edition)*. Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology of Japan. https://www.mext.go.jp/a_menu/syokuhinseibun/mext_00001.html (ภาษาญี่ปุ่น)

Muhammad, S. S., Abbas, S. M. & Khammas, Z. A. A. (2013). Extraction and Determination of Amygdaline in Iraqi Plant Seeds Using the Combined Simple Extraction Procedure and High-Performance Liquid Chromatography. *Baghdad Science Journal*, *10*(2), 350-361. https://doi.org/10.21123/bsj.2013.10.2.350-361

Mun, K. H., Lee, H. C., Jo, A. H., Lee, S. H., Kim, N. Y. S., Park, E. J., Kang, J.Y. & Kim, J.B. (2019). Effect of sugared sweeteners on quality characteristics of *Primus mume* fruit syrup. *The Korean Journal of Food and Nutrition*, *32*(3), 161–166.

Murofushi, M., Uzawa, M., Tajima, R., Yamashita, A., & Sato, S. (2015). A comparison of peculiarity ingredients in Japanese apricot (*Prunus mume*) and processed Japanese apricot foods from Tsukigase Apricot Grove of Izu City, Shizuoka Prefecture. *Report of the Research Institute for Science of Living, Nihon University*, *38*, 93–103. https://www.ir.nihon-u.ac.jp/pdf/research/publication/03_38_12.pdf

Noriyo, T. (2000). Palatability of Umeboshi. *Tokiwa Junior College Research Bulletin*, *(29)*, 24-36. https://www.tokiwa.ac.jp/tokiwa/publication/college/pdf/college_29.pdf (ภาษาญี่ปุ่น)

Ohtsubo, T., & Ikeda, F. (1994). Seasonal changes of cyanogenic glycosides in mume (*Prunus mume* Sieb. et Zucc.) seeds. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 62(4), 695–700. (ภาษาญี่ปุ่น)

Popa, M. (2021). A review of amygdalin characteristics. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, 27(4), 409–415.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ramalingam, S., Bahuguna, A., Al-Ansari, M. M., Shanmugam, G., Al-Humaid, L., Lee, J. S. & Kim, M. (2022). Whole-genome analysis guided molecular mechanism of cyanogenic glucoside degradation by yeast isolated from *Prunus mume* fruit syrup. *Chemosphere*, *307*(Part 4), 136061. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.136061

Ramalingam, S., Dhatchanamoorthi, I., Arumugam, A. A., Bahuguna, A., Krishnamoorthy, M., Lee, J. S., Devarajan, N. & Kim, M. (2021). Functional, nutritional, antinutritional, and microbial assessment of novel fermented sugar syrup fortified with pre-mature fruits of Totapuri mango and star gooseberry. *LWT, Food Science and Technology*, *136*, 110276. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110276

Ramalingam, S., Ko, K. Y., Lee, J. S., Bahuguna, A. & Kim, M. (2022). Effects of the fruit maturity, processing method, and fermentation time on the physicochemical,functional, and microbial properties of Prunus mume (maesil) sugar syrup during a 1-year fermentation period. LWT, 159, 113174. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113174

Ramalingam, S., Kumar, V., Bahuguna, A., Lee, J. S., & Kim, M. (2024). The Effect of One-Year Fermentation of Maesil Fruit (*Prunus mume*) Sugar Syrup on Amygdalin Level: A Natural Toxic Compound. *Foods*, *13*(16), 2609. https://doi.org/10.3390/foods13162609

Saranraj, P., Sivasakthivelan, P. & Murugadoss, N. (2017). Fermentation of fruit wine and its quality analysis: A review. *Australian Journal of Science and Technology*, *1*(2), 85–97.

Sawa, S., & Iguti, K. (1969). Studies on the Organic Acids in Mume. *Chori Kagaku (Cookery Science)*, *2*(3), 179-182. https://doi.org/10.11402/cookeryscience1968.2.3_179 (ภาษาญี่ปุ่น)

Seok, J. S., Jeong, Y. J., Kim, S. Y., Choi, J. H., Kim, N. Y., Lee, H.-S., Bae, J. M., Kim, S.-I., Lee, H.-S., Shin, J. S., & Han, J. S. (2017). Analysis of Amygdalin Content of *Prunus mume* by Variety, Harvest Time, and Fermentation Conditions. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, *46*(6), 721-729. https://doi.org/10.3746/jkfn.2017.46.6.721 (ภาษาเกาหลี)

Shalaev, E. Y., Lu, Q., Shalaeva, M. & Zografi, G. (2000). Acid-Catalyzed Inversion of Sucrose in the Amorphous State at Very Low Levels of Residual Water. *Pharmaceutical Research*, 17(3), 366-370

Shirai, M. (2022). Antioxidant Activity of Various Japanese Apricot Syrups with Different Soaking Conditions [Departmental bulletin paper]. *Journal of Yasuda Women's University*, *50*, 295-302. https://doi.org/10.24613/00000592 (ภาษาญี่ปุ่น)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Shirasaka, N., Kurematsu, A., Konod, N., Kondo, S., Iida, M., Hasegawa, T., Murakami, T. & Yoshizumi, H. (1999). Isolation and Characterization of Antioxidative Compounds from Ume (*Prunus mume*) Liqueur. *Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi*, *46*(12), 792-798. https://doi.org/10.3136/nskkk.46.792 (ภาษาญี่ปุ่น)

Singh, S. K., Kaldate, R., & Bisht, A. (2022). Chapter 4.5 - Citric acid, antioxidant effects in health. In S. M. Nabavi & A. S. Silva (Eds.), *Antioxidants Effects in Health* (pp. 309-322). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819096-8.00045-8

Slice a lemon. (2023). *Early Summer Home Time/Making Japanese Ume Syrup/ Japanese Home cooking* [Video]. YouTube. https://youtu.be/l-uRV6GxsLY?si=EslspCmA88UDCY93

Terada, H. & Sakabe, Y. (1988). High-Performance Liquid Chromatographic Determination of Amygdalin in Ume Extract. *Eisei Kagaku*, *34*(1), 36-40. https://doi.org/10.1248/jhs1956.34.36 (ภาษาญี่ปุ่น)

Terada, H. & Yamamoto, K. (1992). Contents of Cyanogenic Glycosides and their Degradation Products in Processed Japanese Apricot. *Food Hygiene and Safety Science (Shokuhin Eiseigaku Zasshi)*, *33*(2), 189-195. https://doi.org/10.3358/shokueishi.33.189 (ภาษาญี่ปุ่น)

Therapeutic Goods Administration, Australia. (2020). *Scheduling evaluation report application to amend the Poisons Standard with respect to amygdalin and hydrocyanic acid for humanuse*. https://www.tga.gov.au/sites/default/files/evaluation-report-amygdalin-hydrocyanic- acid.pdf

Way, J. L., & Way, D. W. (1991). Human cyanide poisoning. *Toxicology Letters*, *58*(2), 167-179.

Wood, J. L. (1975). The toxicology of cyanides—importance of thiocyanate. *British Journal of Industrial Medicine*, *32*(4), 244.

Wu, M. C., Yang, T. C., & Chen, C. S. (1998). The Browning Factors and Analysis of Browning Speed in Mei Syrup during Storage. *Food Preservation Science*, *24*(2), 87-93. https://doi.org/10.5891/jafps.24.87 (ภาษาญี่ปุ่น)

Wu, Z., Chen, T., Yang, H., & Li, E. (2020). Isolation and selection of non-Saccharomyces yeasts being capable of degrading citric acid and evaluation of its effect on kiwifruit wine fermentation. *Fermentation*, *6*(1), 25. https://doi.org/10.3390/fermentation6010025

Yamazaki, K., Ishigami, Y., Nara, K., Ishimaru, K., & Watanuki, H. (2016). Product development suggestion using plum in plum syrup and syrup Utilization of plum from Sagamihara-shi, Kanagawa Midori-ku Honzawa plum orchard. *Abstracts of the Annual Meeting of the Japan Society of Cookery Science*, *28*, 196. https://doi.org/10.11402/ajscs.28.0_196 (ภาษาญี่ปุ่น)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อและสารเคมี

ก.1 สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อ Nutrient Agar (NA) (Hi-media, India)

Peptone	5	g
Beef extract	3	g
Sodium Chloride	5	g
Agar	15	g
น้ำกลั่น	1	L
Final pH	7.0±0.2	

ชั่ง **Nutrient Agar (NA)** 28.0 g ในน้ำกลั่น 1 ลิตร ให้ความร้อนและคนผสมจนเป็นเนื้อเดียวกัน วัดค่าความเป็นกรดด่างให้อยู่ในช่วง 7.0±0.2 นำ ไปฆ่าเชื้อด้วย Autoclave ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

ก.2 สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อ Lactobacillus MRS agar (LMRS agar) (Hi-media, India)

Peptone	10	g
Beef extract	8	g
Yeast extract	4	g
Dextrose	20	g
Sodium acetate	5	g
Polysorbate 80	1	mL
Dipotassium phosphate	2	g
Triammonium citrate	2	g
Magnesium sulfate	0.2	g
Manganese sulfate	0.05	g
Agar	15	g
น้ำกลั่น	1	L
Final pH	6.2 ± 0.2	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั่ง **Lactobacillus MRS agar (LMRS agar)** 67.15 g ในน้ำกลั่น 1 ลิตร ให้ความร้อนและคนผสมจนเป็นเนื้อเดียวกัน วัดค่าความเป็นกรดด่างให้อยู่ในช่วง 6.2 ± 0.2นำ ไปฆ่าเชื้อด้วย Autoclave ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

ก.3 สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อ Yeast extract Peptone Dextrose Agar (YPDA) (Hi-media, India)

Yeast extract	10	g
Peptone	20	g
Dextrose (Glucose)	20	g
Agar	15-20	g
Chloramphenicol	0.1	g
น้ำกลั่น	1	L
Final pH	6.2 ± 6.5	

ชั่ง **Yeast extract Peptone Dextrose Agar (YPDA)** 65 g ในน้ำกลั่น 1 ลิตร ให้ความร้อนและคนผสมจนเป็นเนื้อเดียวกัน วัดค่าความเป็นกรดด่างให้อยู่ในช่วง 6.2 – 6.5 นำ ไปฆ่าเชื้อด้วย Autoclave ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

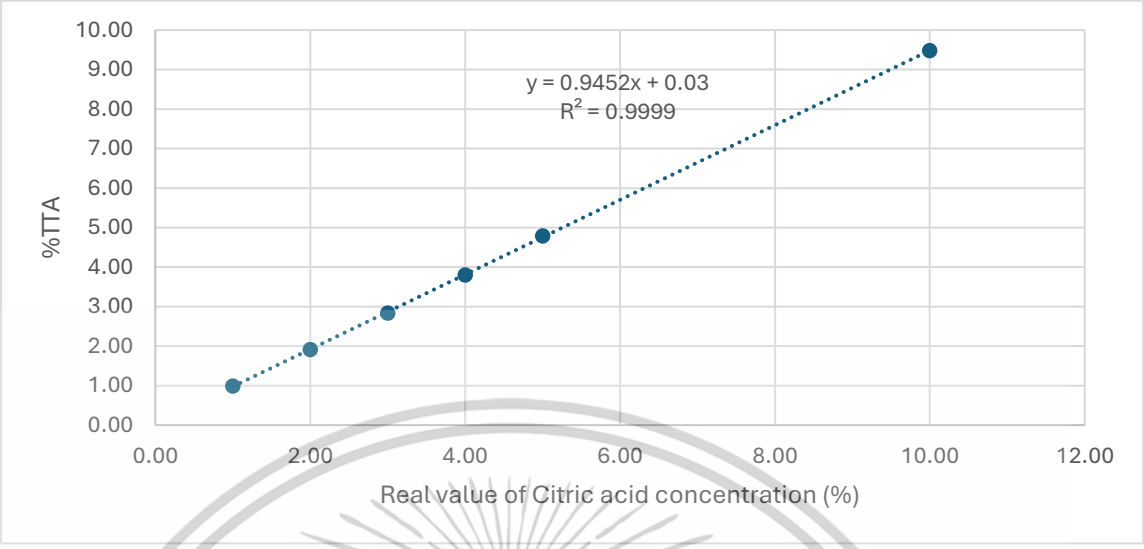
ผลการวิเคราะห์ทางเคมี

ข.1 ระยะเวลาหมักอะมิกดาลินในเมล็ด

ระยะเวลาหมัก (วัน)	0	5	15	30	60	120	180	365
อะมิกดาลินในเมล็ด (มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง)	9.17	5.2	5.64	4.94	4.84	2.47	1.66	1.88
SD	1.83	0.99	0.39	0.41	1.56	0.49	0.12	0.38
อะมิกดาลินในเนื้อ (มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง)	3.77	1.04	1.13	1.39	1.39	1.67	1.73	1.76
SD	0.16	0.18	0.22	0.14	0.23	0.15	0.18	0.25
อะมิกดาลินในไซรัป (มิลลิกรัม/มิลลิลิตร)	-	1.52	1.68	1.88	1.93	1.93	2.60	2.77
SD		0.07	0.03	0.24	0.18	0.14	0.47	0.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.2 กราฟมาตรฐาน Citric Acid



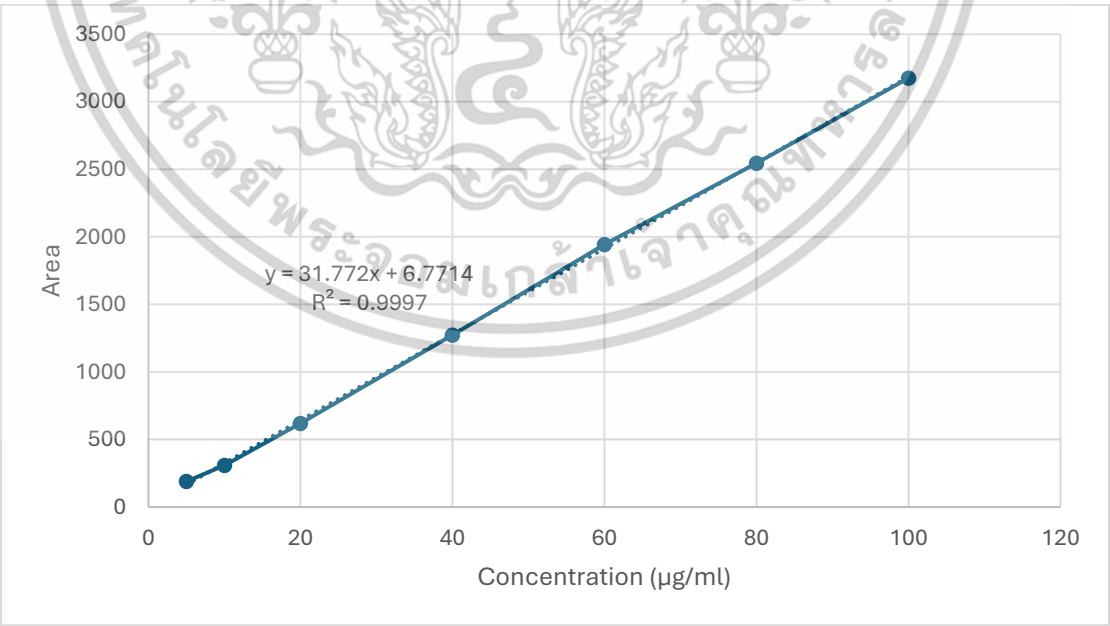
ข.3 คุณภาพทางเคมีค่า (ค่าสี)

Sample	L*	a*	b*
5D-S1	56.71	-0.98	12.91
5D-S2	54.01	-0.54	12.21
5D-S3	56.51	-0.84	11.55
15D-S1	54.46	-0.48	13.74
15D-S2	54.53	-0.58	13.34
15D-S3	53.67	-0.36	14.66
30D-S1	52.67	-0.14	14.50
30D-S2	54.25	-0.23	13.61
30D-S3	52.19	0.16	17.97
60D-S1	53.02	-0.37	14.73
60D-S2	54.48	-0.40	14.93
60D-S3	52.29	0.20	15.28
90D-S1	54.89	-0.34	15.47
90D-S2	55.83	-0.61	14.28
90D-S3	55.36	-0.70	13.75
120D-S1	51.16	1.22	21.04
120D-S2	55.51	-0.32	15.86
120D-S3	52.95	0.33	19.67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample	L*	a*	b*
150D-S1	53.30	0.72	21.41
150D-S2	53.35	0.11	19.68
150D-S3	52.95	0.05	18.13
180D-S1	52.29	0.20	15.28
180D-S2	53.05	0.24	19.69
180D-S3	47.24	2.82	22.31
365D-S1	46.44	3.00	22.51
365D-S2	40.92	8.96	32.53
365D-S3	45.73	4.98	30.66
เกาหลี (7)	26.93	14.02	12.3
Saito 1 (lot 9//8/24) (5)	27.83	16.83	19.11
Saito 2 (lot 13/7/24) (6)	31.52	14.44	25.66
เชียงใหม่ Bio (9)	35.83	13.50	29.46
เชียงราย Mama (4)	36.55	14.89	32.15
เชียงราย Mama (8)	18.79	16.26	4.91

ข.4 กราฟมาตรฐานการวิเคราะห์ High Performance Liquid Chromatography (HPLC)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.5 ผลการวิเคราะห์ Syrup ด้วย High Performance Liquid Chromatography (HPLC)

sample No.	Y	X	final Concentration (mg/ml)
84	84.94541	2.460469	2.46
55	58.21566	1.61917	1.62
56	56.65954	1.570192	1.57
57	53.68003	1.476414	1.48
58	53.95193	1.484972	1.48
59	54.04603	1.487934	1.49
60	58.05622	1.614151	1.61
61	60.67334	1.696523	1.70
62	60.73098	1.698338	1.70
63	59.07667	1.646269	1.65
64	62.36472	1.749758	1.75
65	75.59738	2.166246	2.17
66	61.58944	1.725357	1.73
67	66.24386	1.871851	1.87
68	74.96034	2.146196	2.15
69	63.43040	1.7833	1.78
70	73.26460	2.092824	2.09
71	67.62228	1.915236	1.92
72	63.99699	1.801133	1.80
73	72.87554	2.080578	2.08
74	102.49918	3.01296	3.01
75	92.73032	2.705493	2.71
76	95.36172	2.788314	2.79
77	100.01506	2.934775	2.93
78	89.62603	2.607788	2.61
79	61.96509	1.73718	1.74
80	79.25274	2.281296	2.28
81	37.46260	0.965983	0.97
82	115.01029	3.406738	3.41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

sample No.	Y	X	final Concentration (mg/ml)
83	118.79327	3.525805	3.53
84	84.94541	2.460469	2.46
1	48.84453	1.32422	1.32
85	189.73067	5.758507	5.76
86	309.88617	9.540311	9.54
2	618.98669	19.26902	19.27
3	1273.11206	39.85713	39.86
4	1943.51953	60.9577	60.96
5	2545.53271	79.90562	79.91
6	3174.87183	99.7136	99.71

ข.6 ผลการวิเคราะห์ ผลสด ด้วย High Performance Liquid Chromatography (HPLC)

sample No.	Y	X	final Concentration (mg/ml)	final (mg/g DW.)
7	691.49469	21.55115	21.55	3.94
8	628.41797	19.56586	19.57	3.73
9	619.74243	19.29281	19.29	3.63
10	707.34174	22.04993	22.05	4.06
11	995.93176	31.13308	31.13	5.75
12	974.89343	30.47092	30.47	5.78
13	917.93158	28.67809	28.68	5.21
14	994.13696	31.07659	31.08	5.98
15	1025.46814	32.06272	32.06	5.73
16	1005.41479	31.43156	31.43	5.41
17	788.09131	24.59146	24.59	4.66
18	867.25525	27.08309	27.08	4.73
19	638.54437	19.88458	19.88	3.51
20	1194.62000	37.38665	37.39	6.56
21	640.49316	19.94592	19.95	4.45
22	340.24921	10.49597	10.50	2.01
23	428.40900	13.27073	13.27	2.41

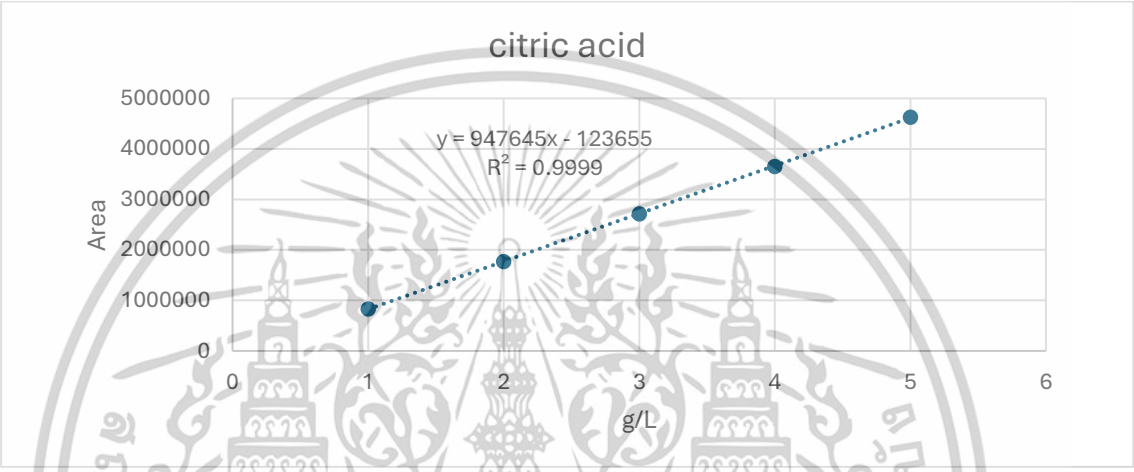
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

sample No.	Y	X	final Concentration (mg/ml)	final (mg/g DW.)
24	501.72299	15.57823	15.58	2.99
25	239.67693	7.330528	7.33	1.54
26	292.40353	8.990058	8.99	1.77
27	286.44583	8.802544	8.80	1.68
28	259.35681	7.949937	7.95	1.45
29	381.64890	11.79899	11.80	2.20
30	322.91937	9.950522	9.95	1.97
31	1626.26086	50.97222	50.97	10.07
32	1736.54944	54.44347	54.44	10.40
33	1160.53406	36.31382	36.31	7.05
34	169.64424	5.126301	5.13	1.00
35	184.04698	5.579617	5.58	1.11
36	177.22229	5.364815	5.36	1.07
37	170.39984	5.150083	5.15	1.00
38	117.32021	3.479441	3.48	0.69
39	224.17979	6.842767	6.84	1.35
40	211.82562	6.453929	6.45	1.18
41	187.04570	5.673999	5.67	1.13
42	194.17485	5.898384	5.90	1.15
43	231.62868	7.077215	7.08	1.40
44	236.56903	7.232709	7.23	1.43
45	206.10475	6.273869	6.27	1.21
46	209.26920	6.373467	6.37	1.26
47	298.01361	9.166631	9.17	1.68
48	290.64630	8.934751	8.93	1.71
49	260.95770	8.000324	8.00	1.56
50	281.71097	8.653518	8.65	1.73
51	237.78957	7.271125	7.27	1.45
52	280.48679	8.614988	8.61	1.71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

sample No.	Y	X	final Concentration (mg/ml)	final (mg/g DW.)
53	306.06671	9.420097	9.42	1.81
54	287.34329	8.830791	8.83	1.72

ข.7 กราฟมาตรฐานการส่งวิเคราะห์ High Performance Liquid Chromatography (HPLC) ที่มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.8 ผลการวิเคราะห์ **Citric Acid** ด้วย High Performance Liquid Chromatography (HPLC) ที่มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

	Citric acid	
sample	**area**	**g/L**
D5R1	29651340	31.42
D5R2	30608081	32.43
D5R3	31061416	32.91
D15R1	28408091	30.11
D15R2	25402492	26.94
D15R3	29451067	31.21
D30R1	29372279	31.13
D30R2	25083039	26.60
D30R3	25903980	27.47
M2R1	29456763	31.21
M2R2	25642142	27.19
M2R3	27879835	29.55
M4R1	23791341	25.24
M4R2	23843184	25.29
M4R3	25748318	27.30
M6R1	22977196	24.38
M6R2	23131263	24.54
M6R3	21012084	22.30
M12R1	17328222	18.42
M12R2	18520221	19.67
M12R3	0	0
KR1	13323849	14.19
CR1 (ไม่ขึ้นพีค)	0	0
CR2	16205422	17.23
SA1	14578103	15.51
SA2 (ไม่ขึ้นพีค)	0	0
CM1	21432121	22.75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.9 ผลการวิเคราะห์ **Malic Acid** ด้วย High Performance Liquid Chromatography (HPLC) ที่มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

	Malic acid	
sample	**area**	**g/L**
D5R1	20474832	24.51
D5R2	20904230	25.03
D5R3	21174140	25.36
D15R1	21472755	25.72
D15R2	20618764	24.69
D15R3	18733562	22.41
D30R1	20214793	24.20
D30R2	18497999	22.13
D30R3	20590273	24.65
M2R1	20876254	25.00
M2R2	21713370	26.01
M2R3	19008245	22.74
M4R1	19398200	23.21
M4R2	17862954	21.36
M4R3	18330123	21.92
M6R1	19291537	23.08
M6R2	18542854	22.18
M6R3	18400828	22.01
M12R1	18529064	22.16
M12R2	19748675	23.64
M12R3	0	0
KR1	26089442	31.29
CR1 (ไม่ขึ้นพีค)	0	0
CR2	23672590	28.37
SA1	25468346	30.54
SA2 (ไม่ขึ้นพีค)	0	0
CM1	21810028	26.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ภาพการดำเนินงานวิจัย

ค.1 การเตรียมการหมักบ๊วย

ภาพที่ ค.1 การเก็บเกี่ยวผลบ๊วย

ภาพที่ ค.2 การเตรียมขวดหมักบ๊วย

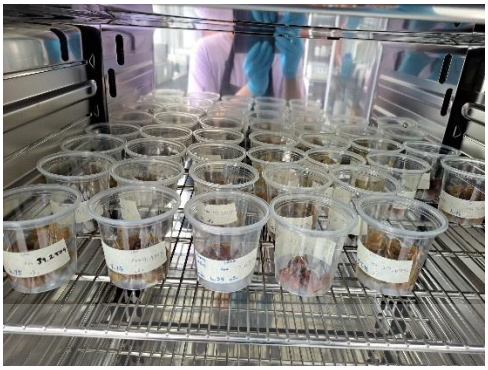
ภาพที่ ค.3 การเตรียมผลบ๊วยเพื่อหมัก และภาพแสดงความสุกของผลบ๊วย

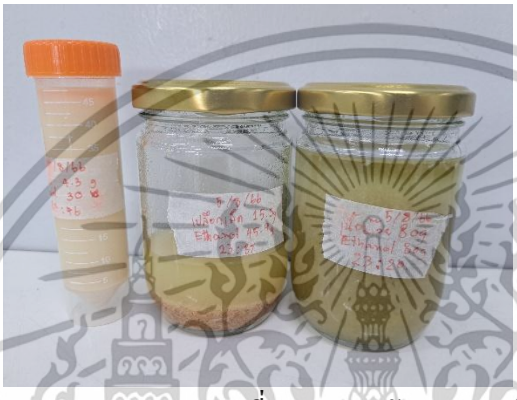
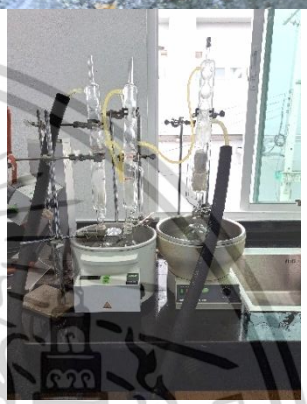
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ ค.4 การหมักบ๊วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค.2 การสกัดสารสำคัญจากบ๊วย



ภาพที่ ค.5 การสกัดสาระสำคัญจากบ๊วย

ค.3 การวัดค่าสี pH และ a_w

ภาพที่ ค.6 การวัดค่าสี pH ปริมาณน้ำอิสระ(a_w) และการไทเทรต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค.4 การเตรียมอุปกรณ์ในการตรวจเชื้อจุลินทรีย์

ภาพที่ ค.7 การเตรียมอุปกรณ์ในการตรวจเชื้อจุลินทรีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

สูตรขนมจากไซรัปบ๊วย

ง.1 สูตรโฮมมเด ไซรัปบ๊วย ซอร์เบ

โฮมมเด ไซรัปบ๊วย ซอร์เบ		
ส่วนผสม		
ไซรัปบ๊วย	150	มิลลิลิตร
เนื้อบ๊วยจากไซรัป	100	กรัม
น้ำเปล่า	50	มิลลิลิตร
ดอกเกลือ	0.5	กรัม
CMC	0.1	กรัม

วิธีทำ

1.	นำไซรัปบ๊วย เนื้อบ๊วย น้ำเปล่า และดอกเกลือ ใส่รวมกันลงในหม้อแล้วนำขึ้นตั้งไฟให้พอมีควันขึ้น เพื่อเป็นการฆ่าเชื้อส่วนผสม
2.	นำส่วนผสมในข้อ 1. ใส่ลงโถปั่นแล้วจึงปั่นให้ได้เนื้อเนียนเข้ากัน
3.	จากนั้น เติม CMC ลงไปในส่วนผสมที่ปั่นจนเนียนแล้ว แล้วปั่นต่อให้ CMC กระจายตัว หากไม่มั่นใจให้กรองผ่านตะแกรง
4.	เทใส่กล่องพลาสติก แล้วนำเข้าช่องแข็ง 1 ถึง 6 ชั่วโมง จนแข็ง
5.	เมื่อส่วนผสมซอร์เบแข็งตัวทั้งหมดแล้ว นำออกจากช่องแข็ง แล้วทุบหรือตัดแบ่งส่วนผสมเป็นชิ้นเล็กใส่ลงเครื่องปั่นอีกครั้ง
6.	จากนั้นปั่นส่วนผสมซอร์เบที่แข็งตัวจะทำให้ชิ้นซอร์เบนั้นกลายเป็นเนื้อเนียน โดยน้ำตาลและ CMC ที่มีอยู่ในส่วนผสมซอร์เบจะเป็นตัวจับอากาศ ทำให้เมื่อปั่นแล้วได้เนื้อไซรัปบ๊วยซอร์เบที่นุ่นฟู
7.	นำซอร์เบที่เย็นและปั่นเนื้อเนียนฟูแล้วใส่ลงกล่องพลาสติกและนำเข้าแช่ช่องแข็งอีกครั้งเพ่อรอรับประทาย

*หมายเหตุ : ในการปั่นส่วนผสมซอร์เบหลังแช่แข็งแล้วไม่ควรใช้เวลาในการปั่นนาน หากเนื้อซอร์เบเริ่มละลายให้นำเข้าแช่ช่องแข็งอีกครั้งที่ 1 ถึง 3 ชั่วโมง ก่อนนำกลับมาปั่นให้เนียนซอร์เบเนียนฟูอีกครั้ง หากมีเครื่องทำไอศกรีมขนาดเล็กสามารถใช้ได้ โดยการน้ำส่วนผสมซอร์เบไปแช่ให้เย็นจัดก่อนนำมาปั่น(churning) ในเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-นามสกุล	นายญานกร จิรุตม์มาศศรี
ประวัติการการศึกษา	**ระดับปริญญาตรี**
	พ.ศ.2559 จบหลักสูตรการจัดการการโรงแรม คณะมนุษย์ศาสตร์และการจัดการการท่องเที่ยว มหาวิทยาลัยกรุงเทพ
	ระดับปริญญาโท
	พ.ศ.2564 เข้ารับการศึกษาหลักสูตร วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต คณะอุตสาหกรรมอาหาร สาขา เทคโนโลยีการบริการอาหารและการจัดการ สถาบันเทคโนโลยีพระเจ้าเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผลงานทางวิชาการ	Jirumassri, Y., Wattanachaisaereekul, s. & Pinsirodom, P. (2024) Physicochemical and Microbial Quantities of Plum Syrup during Fermentation and Commercial Plum Syrups. Proceeding of the 15th National Science Research Conference, 23-24 May, the Faculty of Science, Burapha University, Chonburi, Thailand, pp. 393-401.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้