รายงานฉบับสมบูรณ์ ประจำปี 2556
โครงการวิจัยที่ 3055-3933

การพัฒนาผลิตภัณฑ์แปรรูปจากบ๊วย
(บ๊วยแช่อิ่มอบแห้ง บ๊วยแผ่นกวน และน้ำส้มสายชูหมักจากบ๊วย)

Development of Processed Products from Japanese Apricot (Osmotically dehydrated apricot, Apricot leather, and Fermented apricot vinegar)

หัวหน้าโครงการวิจัย

ดร.ปนิดา บรรจงสินศิริ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

ได้รับทุนวิจัยสนับสนุนจากมูลนิธิโครงการหลวง

สิงหาคม 2557

รายงานฉบับสมบูรณ์ ประจำปี 2556
โครงการวิจัยที่ 3055-3933

การพัฒนาผลิตภัณฑ์แปรรูปจากบ๊วย
(บ๊วยแช่อิ่มอบแห้ง บ๊วยแผ่นกวน และน้ำส้มสายชูหมักจากบ๊วย)

Development of Processed Products from Japanese Apricot (Osmotically dehydrated apricot, Apricot leather, and Fermented apricot vinegar)

หัวหน้าโครงการวิจัย

ดร.ปนิดา บรรจงสินศิริ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

คณะวิจัย

ดร.ศิริวรรณ ตั้งแสงประทีป สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

ดร.สมพร มูลมั่งมี สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

ดร. กุลธินี ผิวนิล มูลนิธิโครงการหลวง

ดร.สุภาภรณ์ เลขวัต สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

นางสาวกฤตลักษณ์ ปะสะกวี สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

นางสาวเนาวพันธ์ หนูจุ้ย สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

นางสาวฉกลรัตน์ ทักษิมา สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

นางอัญชัญ อาณาเขตร์ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

ได้รับทุนวิจัยสนับสนุนจากมูลนิธิโครงการหลวง

สิงหาคม 2557

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมูลนิธิโครงการหลวง ประจำปีงบประมาณ 2555 - 2556 และขอขอบคุณ รศ.ดร.อุณารุจ บุญประกอบ ประธานคณะทำงานไม้ผลเขตหนาว ดร. กุลธินี ผิวนิล งานพัฒนาและส่งเสริมไม้ผล มูลนิธิโครงการหลวง ในการจัดหาวัตถุดิบบ๊วยสด บ๊วยดองเค็มและตัวอย่างผลิตภัณฑ์บ๊วยแช่อิ่มอบแห้ง เพื่อใช้เป็นแนวทางในการวิจัยและพัฒนาตลอดจนให้คำแนะนำในการดำเนินงาน ขอขอบคุณ หัวหน้า และเจ้าหน้าที่สถานีวิจัยห้วยน้ำขุ่น จ.เชียงราย ที่ช่วยจัดหาวัตถุดิบบ๊วย และเอื้อเฟื้อสถานที่ในการจัดฝึกอบรมถ่ายทอดเทคโนโลยีการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากบ๊วย ให้กับผู้ประกอบการและเจ้าหน้าที่ของสถานีวิจัยต่าง ๆ ของมูลนิธิโครงการหลวง ตลอดจนเจ้าหน้าที่ในโครงการหลวงทุกท่านที่ช่วยในการประสานงานการจัดฝึกอบรม

สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณ นักวิชาการ พนักงาน และลูกจ้างฝ่ายเทคโนโลยีอาหาร (ฝทอ.) ฝ่ายวิทยาศาสตร์ชีวภาพ และศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย (ศบท.) สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ทุกท่าน ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง และให้ความร่วมมือในการดำเนินการโครงการเป็นอย่างดี

คณะผู้วิจัย

สิงหาคม 2557

มูลนิธิโครงการหลวง ROYAL PROJECT FOUNDATION

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ

Abstract

1. โครงการย่อยที่ 1: การแปรรูปผลิตภัณฑ์บ๊วยแช่อิ่มอบแห้งและบ๊วยกวน 1

2. โครงการย่อยที่ 2: การแปรรูปน้ำส้มสายชูหมักจากบ๊วย 3

3. โครงการย่อยที่ 3: การพัฒนาด้านบรรจุภัณฑ์ 5

บทที่ 1 : บทนำ 7

บทที่ 2 : ทฤษฎี และแนวคิดที่เกี่ยวข้อง 10

โครงการย่อยที่ 1: การแปรรูปผลิตภัณฑ์บ๊วยแช่อิ่มอบแห้งและบ๊วยกวน

(ผู้รับผิดชอบ: ดร. ปนิดา บรรจงสินศิริ และคณะ)

บทที่ 3 : กรรมวิธีการ (อุปกรณ์ และวิธีการ) 30

บทที่ 4 : ผลการวิจัย 41

บทที่ 5 : สรุปผลและข้อเสนอแนะ 80

โครงการย่อยที่ 2: การแปรรูปน้ำส้มสายชูหมักจากบ๊วย

(ผู้รับผิดชอบ: ดร. สมพร มูลมั่งมี)

บทที่ 3 : กรรมวิธีการ (อุปกรณ์ และวิธีการ) 82

บทที่ 4 : ผลการวิจัย 93

บทที่ 5 : สรุปผลและข้อเสนอแนะ 111

โครงการย่อยที่ 3: การพัฒนาด้านบรรจุภัณฑ์

(ผู้รับผิดชอบ: ดร. ศิริวรรณ ตั้งแสงประทีป)

บทที่ 3 : กรรมวิธีการ (อุปกรณ์ และวิธีการ) 114

บทที่ 4 : ผลการวิจัย 115

บทที่ 5 : สรุปผลและข้อเสนอแนะ 128

เอกสารอ้างอิง 129

ภาคผนวก 135

ภาคผนวก ก. การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี และทางกายภาพ 136

ภาคผนวก ข. การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส 152

ภาคผนวก ค. รูปกิจกรรมการถ่ายทอดเทคโนโลยี 155

บทคัดย่อ

โครงการย่อยที่ 1 การแปรรูปผลิตภัณฑ์บ๊วยแช่อิ่มอบแห้งและบ๊วยกวน

ปนิดา บรรจงสินศิริ, กฤตลักษณ์ ปะสะกวี, อัญชัญ อาณาเขตร์, ถกลรัตน์ ทักษิมา และเนาวพันธ์ หนูจุ้ย

งานวิจัยนี้มีเป้าหมายเพื่อพัฒนากรรมวิธีการแปรรูปผลิตภัณฑ์ชนิดต่างๆ จากบ๊วย (*Prunus mume*)ได้แก่ ผลิตภัณฑ์แช่อิ่มอบแห้ง และบ๊วยกวน (แบบแผ่น) สำหรับการทดลองในขั้นตอนแรก เป็นการศึกษาการยืดอายุการเก็บของวัตถุดิบหลังการเก็บเกี่ยวโดยการนำบ๊วยมาดองเค็มซึ่งเป็นการเตรียมวัตถุดิบสำหรับนำไปแปรรูป ระยะเวลาในการดอง 18 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิห้อง สูตรที่ใช้ดองบ๊วย มี 4 สูตร ได้แก่ (1) สารละลายเกลือ 25% (2) สารละลายเกลือ 20% และ โปตัสเซียมเมตาซัลไฟต์ (KMS) 500 ppm, (3) สารละลายเกลือ 20%, โปตัสเซียมเมตาซัลไฟต์ (KMS) 500 ppm และแคลเซียมคลอไรด์ 1% (4) เกลือ20% ผลจากทดลองพบว่า ลักษณะปรากฏด้าน สีและเนื้อสัมผัสของบ๊วย สูตร 3 และ 4 มีลักษณะโดยรวมดีกว่า ของสูตร 1 และ 2 และสามารถเก็บรักษาวัตถุดิบได้นานถึง 18 สัปดาห์ (4.5 เดือน) โดยไม่พบการเน่าเสีย จากนั้นนำบ๊วยดองมาแปรรูป โดยนำไปแช่น้ำเพื่อล้างเกลือเป็นเวลา 24 ชม. แล้วนำไปลวกในน้ำเดือด 2 นาที จากนั้นนำไปแช่ในน้ำเชื่อม ผสมน้ำ น้ำตาลซูโครส และน้ำส้มสายชูกลั่น ที่อัตราส่วน 35 : 40 : 25 นาน 6 วัน และปรับความเข้มข้นน้ำเชื่อมเป็น 55°Brix (2 วัน) และ 65°Brix (2 วัน) บ๊วยแช่อิ่มที่ได้ไปอบแห้ง ที่อุณหภูมิ 50-55 °C เป็นเวลา 18-24 ชม. ผลิตภัณฑ์สุดท้ายนำไปวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี กายภาพ และการประเมินทางประสาทสัมผัส (7-pointed hedonic scale) พบว่าบ๊วยอบแห้งจากวัตถุดิบการดองเค็มทั้ง 2 สูตร ที่ได้มีค่าความเป็นกรด-เบส อยู่ในช่วง 2.69-2.75 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด อยู่ในช่วง 50.45-53.00 ºBrix ปริมาณเกลือ 4.04-4.46 % ปริมาณกรดในรูปของกรดซิตริก 2.58-2.60 % และสีผลิตภัณฑ์ออกเหลืองน้ำตาลอ่อน (ค่า H^{o} 59.92-62.92) ส่วนผลการประเมินทางประสาทสัมผัสพบว่าคะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง (5.21-5.96 คะแนน) การพัฒนาผลิตภัณฑ์บ๊วยกวน (แบบแผ่น) โดยมีส่วนผสมดังนี้ นำวัตถุดิบบ๊วยแช่อิ่ม (บ๊วยแช่น้ำเชื่อมผสมน้ำส้มสายชูกลั่น นาน 3 วัน) 17.66% น้ำตาลทราย 33.11 % น้ำ 42.76 % แบะแซ 4.42 % เพคติน 1.00 % กัวกัม 0.4 % และกรดซิตริก 0.66 % นำผสมส่วนผสมทั้งหมดมากวน 3-5 นาที ใส่ถาด แล้วอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50-55 °C นาน 18-20 ชั่วโมง ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าความเป็นกรด-เบส ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ปริมาณกรดในรูปของกรดซิตริก ปริมาณน้ำอิสระ และความชื้น 2.39±0.01, 83.76±0.00°Brix, 1.86±0.00%, 0.59±0.01 และ 8.05±1.06% ตามลำดับ และสีของผลิตภัณฑ์ออกเหลือง (ค่า H^{o} 64.40±0.07) ส่วนผลการประเมินทางประสาทสัมผัสได้คะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลางถึงชอบมาก (6.20±0.48 คะแนน) ต้นทุนในการผลิตบ๊วยแช่อิ่มอบแห้งและ บ๊วยกวนแผ่นอยู่ในช่วง 114 – 117 บาท/กิโลกรัม และ 1.38 บาท/ แผ่น (10 กรัม) โดยมีราคาวัตถุดิบอยู่ในช่วง 14-20 บาท/กิโลกรัม สุดท้ายได้ทำการการถ่ายทอดเทคโนโลยีการแปรรูปผลิตภัณฑ์แปรรูปจากบ๊วย (บ๊วยแช่อิ่มอบแห้ง บ๊วยกวน และน้ำส้มสายชูหมักจากบ๊วย) ให้แก่เจ้าหน้าที่มูลนิธิโครงการหลวง และผู้ประกอบการที่ผลิตบ๊วย เมื่อวันที่ 28-29 พฤษภาคม 2557 ณ สถานีวิจัยห้วยน้ำขุ่น มูลนิธิโครงการหลวง จ. เชียงราย

ABSTRACT

This research was aimed to develop various processed products from Japanese apricot (*Prunus mume*) such as osmotic dehydration and leather products. Firstly, whole fresh apricots were soaked in salt solution for shelf life extension of fresh fruits and pretreatment of raw materials for osmotically dehydrated process. The storage period was 18 weeks at room temperature. Four salt formula were developed: (1) 25% salt solution, (2) 20% salt solution and 500 ppm potassium metabisulfite (KMS), (3) 20% salt solution, 500 ppm KMS and 1% calcium chloride (4) 20% salt. The results showed that the texture and color of flesh fruits from (3) and (4) was better than that of formula (1) and (2); in addition, pickled apricot of formula (3) and (4) could be kept for 18 weeks (4.5 months) without spoilage. Next, prickled fruits ((3) and (4))were desalted by soaking in water for 24 hrs, blanched in boiled water for 2 minutes, then immersed in syrup comprising water, sucrose and distilled vinegar at the ratio of 35:40:25 for 6 days, adjusted the syrup at concentration of 55 $^{\circ}$ Brix (2 days) and 65°Brix (2 days), then infused apricot were dried at 50-55 $^{\circ}$C for 18-24 hrs. Chemical and physical properties as well as sensory analysis (7-pointed hedonic scale) of finished products were determined. The dried apricot samples had pH 2.69 - 2.75, total soluble solid (TSS) of 50.45 - 53.00 ºBrix, 4.04-4.46% salt, 2.58-2.60 % titratable acidity. The color of products is pale yellowish brown (H^{o} value 59.92-62.92). Regarding sensory evaluation, the acceptability scores of products were in the level of "like moderately" (5.21-5.96 scores). The developed formula of apricot leather products comprised 17. 66% infused apricot (apricot soaked in sucrose syrup mixed with distilled vinegar for 3 days), 33.11% sucrose, 42.76% water, 4.42% glucose syrup, 1.0% pectin, 0.4 % guar gum and 0.66% citric acid. The whole mixed composition was agitated for 3-5 minutes, poured in tray, then dried at 50-55°C for 18-20 hrs. The pH value, TSS-content , % titratable acidity (citric acid), water activity and moisture content of dried apricot leather was 39$\pm$0.01, 83.76$\pm$0.00°Brix, 1.86$\pm$0.00%, 0.59$\pm$0.01 and 8.05$\pm$1.06% , respectively. The color of products was rather yellow (H^{o} value 64.40$\pm$0.07). The sensorial results showed that the apricot leather received the acceptability score in corresponding to "like moderately to like much". The production cost of osmotically dehydrated apricot and apricot leather products was 114-117 baht/kg. and 1.38 baht/sheet (10 g) based on the raw material cost in the range of 14-20 baht/kg. Finally, the technical know-how on the production of osmotically dehydrated apricot, apricot leather and fermented apricot vinegar products was transferred to the Royal Project Foundation officers and small enterprise on May 28-29, 2014 at Huai Nam Khun station, Royal Project Foundation, Chiang Rai.

บทคัดย่อ

โครงการย่อยที่ 2 : การแปรรูปน้ำส้มสายชูหมักจากบ๊วย

ดร.สมพร มูลมั่งมี

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนากระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากบ๊วย (*Prunus mume*) โดยใช้วิธีการหมักแบบช้า (slow fermentation processes) ในสภาวะ static fermentation ร่วมกับการใช้เชื้อยีสต์และเชื้อแบคทีเรียกรดน้ำส้มบริสุทธิ์ โดยขั้นตอนของการศึกษาวิจัยแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนโดยเริ่มต้นจาก**ขั้นตอนแรก** การแยกเชื้อแบคทีเรียกรดน้ำส้มบริสุทธิ์จากแหล่งธรรมชาติ สามารถแยกเชื้อแบคทีเรียกรดน้ำส้มบริสุทธิ์ได้จำนวนทั้งสิ้น 390 ไอโซเลท **ขั้นตอนที่สอง** การจัดจำแนกแบคทีเรียกรดน้ำส้มด้วยวิธีการศึกษาลักษณะทางสัณฐาน/สรีรวิทยา การย้อมติดสีแกรม การทดสอบด้วยวิธีทางชีวเคมี และการทดสอบการสร้างกรดน้ำส้มในอาหารมันฝรั่งสกัดสูตรดัดแปลงซึ่งประกอบด้วยเอธานอลความเข้มข้น 3-8 เปอร์เซ็นต์ ผสมแคลเซียมคาร์บอเนตความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ จากการทดลองสามารถจำแนกเชื้อออกได้เป็น 2 กลุ่มด้วยกัน คือ สกุล *Acetobacter* sp. จำนวน 381 ไอโซเลท และสกุล *Gluconacetobacter* sp. จำนวน 9 ไอโซเลท **ขั้นตอนที่สาม** การคัดเลือกเชื้อแบคทีเรียกรดน้ำส้มที่มีศักยภาพในการผลิตกรดน้ำส้ม พบว่าเชื้อแบคทีเรียกรดน้ำส้มสกุล *Acetobacter* sp. จำนวน 5 ไอโซเลท และสกุล *Gluconacetobacter* sp. จำนวน 3 ไอโซเลท มีศักยภาพสำหรับใช้ในกระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมักเพื่อการปรุงรส และน้ำส้มสายชูหมักพร้อมดื่ม ตามลำดับ และ**ขั้นตอนสุดท้าย** การพัฒนากระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมัก โดยนำบ๊วยสดมาล้างทำความสะอาดผสมกับน้ำประปาในอัตราส่วน 1 : 0.9, 1 : 1 และ 1 : 2 (โดยน้ำหนักของบ๊วยต่อปริมาตรของน้ำ) ตามลำดับ ปรับระดับความเข้มข้นด้วยน้ำตาลทรายที่ 15-30 องศา บริกซ์ โดยไม่ปรับค่าความเป็นกรด-เบส จากนั้นเติมเชื้อยีสต์บริสุทธิ์ *Saccharomyces cerevisiae* เพื่อหมักน้ำหมักให้เป็นแอลกอฮอล์ระหว่างการหมักสุ่มตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์และปริมาณ กรดอะซิติกที่ระยะเวลาการหมัก 0, 1, 2, และ 3 สัปดาห์ ตามลำดับ หลังจากนั้นเติมหัวเชื้อแบคทีเรียกรดน้ำส้มสกุล *Gluconacetobacter* sp. สายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกลงไปในน้ำหมักและหมักต่อเป็นเวลาประมาณ 2-12 สัปดาห์ จนได้น้ำส้มสายชูหมัก ผลจากการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ค่าพีเอช อยู่ในช่วง 4.5-5.5 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดอยู่ในช่วง 15-20 องศาบริกซ์ และการหมักใช้ระยะเวลา 3-4 สัปดาห์ ซึ่งจะได้น้ำส้มสายชูหมักที่มีปริมาณกรดน้ำส้มสูงสุด และจากการทดลองการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากบ๊วยสด พบว่าการใช้อัตราส่วนของวัตถุดิบสูตรที่ 2 คือ ใช้ผลบ๊วยสด 1.0 กิโลกรัม, น้ำตาลทราย 0.4 กิโลกรัม, น้ำประปา 1.0 กิโลกรัม และเอทธานอล (95%) 3.0 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักโดยรวมวัตถุดิบ เป็นสูตรที่เหมาะสมที่สุดต่อกระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมัก คือ สามารถผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากบ๊วยได้ผลผลิตที่ให้ กลิ่น สี และรสชาติที่ดี จากผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่า กลิ่นและสีของผลิตภัณฑ์ได้รับคะแนนการยอมรับจากผู้บริโภคในระดับเฉยๆถึงชอบปานกลาง ส่วนทางด้านรสชาติอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย

นอกจากนี้ยังทำการศึกษาผลของการบ่ม (Ageing) ที่มีผลถึงการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและกายภาพของน้ำส้มสายชูหมักจากบ๊วย โดยทำการศึกษาต่อเนื่องและสุ่มตัวอย่างวิเคราะห์ทุก 1, 3, 6 และ 12 เดือน และการศึกษาผลของการเก็บรักษาวัตถุดิบ (บ๊วยหมัก) ชนิดเข้มข้นด้วยวิธีการหมัก จากการทดลองพบว่าการเก็บรักษาวัตถุดิบ (บ๊วยหมัก) ด้วยวิธีการหมักทั้ง 3 สูตร ที่มีอายุการหมักตั้งแต่ 6, 12, 18 และ 24 เดือน ตามลำดับ สามารถรักษาคุณภาพและคุณสมบัติของวัตถุดิบ (บ๊วยหมัก) ตลอดจนกลิ่นรสไว้ได้เป็นอย่างดี โดยไม่พบการเน่าเสียและการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์อื่นใด และเหมาะสมต่อการนำไปในกระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมักในระดับขยายสามารถให้ผลผลิตน้ำส้มสายชูหมักที่มีกลิ่นและรสชาติดี

ABSTRACT

The research was carried out for the development of naturally fermented Japanese apricot (*Prunus mume*) as the raw material for juice vinegar production by using slow fermentation processes (static fermentation) with the pure culture of yeast and mother vinegar. The research project can be divided into four steps : First step, acetic acid bacteria from nature was isolated. Totally 390 isolates of acetic acid were obtained. Second step, identification and morphological and physiological characterization as well as Gram staining, biochemical test and acetic acid production using modified potato medium containing 3-8% ethanol and 0.5% calcium carbonate were performed. The results indicated that acetic acid bacteria can be identified into two groups; 381 isolates of *Acetobacter* sp. and 9 isolates of *Gluconacetobacter* sp. Third step; screening of high efficiency of vinegar production was done. Five isolates of *Acetobacter* sp. and three isolates of *Gluconacetobacter* sp. had the petential for vinegar production which can be used as food seasoning and ready to drink vinegar, respectively. The Final step; research and development of vinegar fermentation process using fresh plum as the raw material. Washed fresh Japanese apricot were mixed with tap water with the ratio of 1:0.9, 1:1 and 1:2 (w/v), respectively. Sugar concentration of the starting material was adjusted to 15-30^{o}Brix and pH of starting material was not adjusted. Pure yeast culture of *Saccharomyces cerevisiae* was inoculated in order to obtain alcohol. Samples were collected during fermentation for alcohol and acetic acid analysis at 0, 1, 2 and 3 weeks, respectively. The fermented Japanese apricot vinegar process was then continued biochemical process by the addition of selected *Gluconacetobacter* strain and allowed for acetic acid fermentation for 2-3 weeks. Analysis of physical parameters such as pH, total soluble solid, and duration time of the fermentation conditions were investigated. As the results, the optimum pH, total soluble solid and duration time were 4.5-5.5, 15-20^{o}Brix and 3-4 weeks were obtained for the highest yield of acetic acid. Comparison of Japanese apricot vinegar production was further investigated by varying the raw materials. The ration of raw material in formula no. 2 (1 kg Japanese apricot, 0.4 kg cane sugar, 1 kg tap water, and 3% ethanol) gave the optimal conditions for vinegar production in which providing good odor, color and taste products. Sensory evaluation results showed that fermented vinegar products received the acceptability scores in color and odor in the level of “neither like nor dislike to “like moderately” whereas the overall acceptability of taste was corresponding to “like slightly” from the panelists.

Moreover, to observe chemical and physical transformations of Japanese apricot vinegar, samples were still collected and analyzed for every 1, 3, 6, and 12 mouths during the vinegar ageing. The study on the preservation of Japanese apricot with high sugar concentration was also performed. The preservation process was done with 3 formulas for 6, 12, 18, and 24 months, respectively. The process can preserve good quality, properties and favor of raw materials (fermented Japanese apricot) by without spoilage and microbial contamination. It is also suitable for large scale fermented vinegar production having good favor.

Keywords: Japanese apricot, natural vinegar, acetic acid bacteria, *Gluconacetobacter* sp., fermentation.

บทคัดย่อ

โครงการย่อยที่ 3 การพัฒนาบรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์แปรรูปจากบ๊วย

ดร. ศิริวรรณ ตั้งแสงประทีป

การออกแบบบรรจุภัณฑ์เพื่อการวางจำหน่ายผลิตภัณฑ์บ๊วยแปรรูปสามชนิด ได้แก่ บ๊วยแช่อิ่มอบแห้ง บ๊วยกวนแผ่น และ เครื่องดื่มบ๊วยไซเดอร์ มุ่งเน้นความเข้ากันได้ของบรรจุภัณฑ์กับผลิตภัณฑ์ และการใช้วัสดุบรรจุภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์มาตรฐานที่หาได้ง่ายภายในประเทศโดยไม่ต้องพึ่งพาการนำเข้า ผลลัพธ์การออกแบบได้ ซองพลาสติกลามิเนตแบบปิดผนึก 3 ด้าน (NY15/LLDPE70) กว้าง 117 มิลลิเมตร x สูง 160 มิลลิเมตร ขนาดบรรจุ 100 กรัม เป็น บรรจุภัณฑ์ขายปลีกสำหรับผลิตภัณฑ์บ๊วยแช่อิ่มอบแห้ง และ บ๊วยกวนแผ่น และ ขวดแก้วกลมรัดด้วยฟิล์มหดรัดรูป (PE shrink film) ปิดด้วยฝาเขี้ยวโลหะ (lug cap) เส้นผ่านศูนย์กลาง 53 มิลลิเมตร ขนาดบรรจุ 180 มิลลิลิตร เป็นบรรจุภัณฑ์ขายปลีกสำหรับผลิตภัณฑ์บ๊วยไซเดอร์ การแสดงกราฟิกใช้เทคนิคการพิมพ์กราเวียร์ สอดสี 4 สี ร่วมกับสีพิเศษ 2 สี กราฟิกมีเอกลักษณ์เดียวกันทั้งสามผลิตภัณฑ์ มีภาพลักษณ์โดยรวมสื่อสารถึงผลิตภัณฑ์และตราสินค้า ร่วมกับการสื่อสารถึง ความสะอาด สดใหม่ และ คุณภาพระดับพิเศษ

มูลนิธิโครงการหลวง ROYAL PROJECT FOUNDATION

ABSTRACT

The packaging design for dehydrated Japanese apricot, preserved Japanese apricot and Japanese apricot cider was focused on packages and product compatibles. Using of simple standard packaging materials and packaging was also focused to avoid importation. Three side sealed laminated plastic bags (NY15/LLDPE70) of 117 width and 160 height and 100 gram packing size were selected for dehydrated Japanese apricot and preserved Japanese apricot packages. Whereas 180 ml round glass bottles wrapped by PE shrink film with metal lug cap were used for Japanese apricot cider packages. All of the graphics were developed based on gravure printing technique using four standard colors and two special colors as well as corporate identity design. In addition, the overall graphics were designed to clearly provide images of product and brand identity and communicate to cleanliness freshness and premium quality.

มูลนิธิโครงการหลวง ROYAL PROJECT FOUNDATION

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

บ๊วย (Japanese apricot) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Prunus mume* เป็นไม้ผลเมืองหนาวอยู่ในสกุล *Rosaceae* ซึ่งเป็นสกุลเดียวกับท้อ พลับ หรือพลัม สามารถเรียกได้อีกชื่อ คือ Chinese plum ลักษณะผลกลมเมื่อยังเล็กมีสีเขียว แต่เมื่อผลแก่เต็มที่จะมีสีเหลืองเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2.5 เซนติเมตร มีแหล่งเพาะปลูกที่สำคัญอยู่ในประเทศจีน ไต้หวัน และญี่ปุ่น และมีการนำมาปลูกในประเทศไทยเป็นเวลานานมาแล้ว ในพื้นที่จังหวัดเชียงราย แต่คุณภาพผลผลิตไม่ดีนัก ด้วยแนวโน้มความต้องการของตลาดที่ยังคงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง แต่ปัญหาต้นทุนการผลิตที่เพิ่มสูงขึ้น การนำเข้าจากต่างประเทศจึงก่อปัญหาแก่ผู้ประกอบการในไทยค่อนข้างมาก ประเทศไทยจึงมีการส่งเสริมการปลูกพืชหรือไม้ผลเมืองหนาว(บ๊วย)ในพื้นที่ทางภาคเหนือ โดยการส่งเสริมของมูลนิธิโครงการหลวง ทั้งนี้ บ๊วยที่ปลูกในประเทศไทยนั้นมีความหลากหลายมาก แต่สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ตามแหล่งที่มา คือ บ๊วยเชียงรายและบ๊วยไต้หวัน ซึ่งมูลนิธิฯ แนะนำส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกอย่างแพร่หลายโดยเฉพาะพันธุ์ไต้หวัน เนื่องจากผลผลิตมีคุณภาพดี และเป็นที่ต้องการของตลาดในปัจจุบัน โดยแหล่งปลูกที่สำคัญ ได้แก่ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยน้ำขุ่น ห้วยน้ำริน แม่ปูนหลวง วัดจันทร์ และอ่างขาง (http://www.moac. go.th/builder/bhad/Apricot.php, 20 มีนาคม 2553) ผลบ๊วยสดมีรสชาติขมอมเปรี้ยว จึงไม่นิยมรับประทานสด แต่เนื่องจากบ๊วยสดมีกลิ่นหอมเฉพาะตัว และในเนื้อบ๊วยมีกรดอินทรีย์หลายชนิดและมีวิตามินซีสูง ช่วยให้ชุ่มคอ มีสุขภาพดี ร่างกายแข็งแรง และมีความกระฉับกระเฉง (กัญจนา, 2543) นอกจากนี้บ๊วยยังมีสารสำคัญต่างๆ เช่น วิตามินซีและเอ สารประกอบฟีนอลิก สารแคโรทีนอยด์ และเบต้า-แคโรทีน ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ สามารถช่วยป้องกันการเกิดโรคมะเร็งและโรคหัวใจได้ (Elif และคณะ, 2008) จึงนิยมนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น บ๊วยแห้ง บ๊วยดองเค็ม บ๊วยแช่อิ่ม บ๊วยกวน (หยี) และน้ำจิ้มบ๊วย เป็นต้น ทั้งนี้ตลาดบ๊วยในต่างประเทศที่น่าสนใจ คือ ประเทศญี่ปุ่น ที่นิยมบริโภคผลบ๊วยกันมาก แต่กำลังการผลิตในประเทศญี่ปุ่นเองยังคงมีไม่เพียงพอต่อการบริโภค ต้องสั่งซื้อจากจีนและไต้หวันเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งจะมีผลผลิตบ๊วยสดออกสู่ตลาดในช่วงเดือนมิถุนายนจนถึงสิงหาคม แต่ในประเทศไทยสามารถเก็บเกี่ยวบ๊วยสดได้ในช่วงเดือนมีนาคมหรือเมษายน

อย่างไรก็ตาม จากการที่มูลนิธิฯ ส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกบ๊วยมากขึ้นนี้ ส่งผลให้ปริมาณผลผลิตมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น โดยในแต่ละปีผลผลิตบ๊วยสดในประเทศไทยมีประมาณ 300-400 ตัน (ราคาผลสดประมาณกิโลกรัมละ 13-15 บาท) ทำให้มูลนิธิฯ ต้องรับซื้อผลผลิตบ๊วยสดจากเกษตรกรเพื่อนำมาดองเค็ม (ดองเกลือ) เก็บไว้จำหน่ายเป็นผลิตภัณฑ์บ๊วยดองในปริมาณที่มากขึ้น จากเดิมที่มีการส่งเสริมการแปรรูปบ๊วยดองในศูนย์พัฒนาฯ 2 แห่ง โดยมีกำลังผลิตปีละประมาณ 100 ตัน ทำให้ประสบปัญหาบ๊วยดองเค็มออกสู่ตลาดเป็นจำนวนมาก จึงได้พัฒนากระบวนการแปรรูปโดยการผลิตเป็นบ๊วยกวน แต่ทางมูลนิธิฯ มี

ความสามารถในการผลิตปีละไม่มากนัก และในปี 2553 ปริมาณผลผลิตบ๊วยสดจะมีแนวโน้มที่เพิ่มมากขึ้นจากศูนย์พัฒนาฯ อีก 3 แห่ง ทั้งนี้มูลนิธิฯ ยังขาดแนวทางในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่หลากหลายจึงอาจก่อให้เกิดปัญหาทางการตลาดได้(http://www.moac.go.th/builder/bhad/Apricot.php, 20 มีนาคม 2553; http://www.d-aroi.com/misc/ japanese-apricot-preserve/, 20 มีนาคม 2553) การส่งเสริมและพัฒนาให้เกษตรกรหรือผู้ประกอบการรายย่อยทำการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากผลไม้ (บ๊วย) ให้มีคุณภาพและตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคทั้งภายในและภายนอกประเทศโดยใช้วัตถุดิบที่มีอยู่ในประเทศ จะสามารถลดการนำเข้าวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ดังกล่าวจากต่างประเทศได้ และยังช่วยเพิ่มมูลค่าการส่งออกได้ มากขึ้นอีกแนวทางหนึ่ง การแปรรูปผลไม้สามารถทำได้หลายแบบ ไม่ว่าจะเป็นการทำแห้ง การดอง การแช่อิ่ม การแช่อิ่มอบแห้ง การกวน (หยี) การปรุงแต่งรสเป็นผลไม้สาม/สี่รส สำหรับผลผลิตที่มีขนาดตกเกรด ไม่เหมาะจะนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่น สามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักได้ เนื่องจากกระบวนการหมักน้ำส้มสายชูสามารถนำผลบ๊วยสดมาใช้ในกระบวนการผลิตได้ครั้งละปริมาณมาก ๆ และบ๊วยยังเป็นวัตถุดิบที่มีคุณค่าทางอาหารที่มีความเหมาะสมต่อการผลิตน้ำส้มสายชูหมัก ได้แก่ น้ำตาล แร่ธาตุ และวิตามินต่าง ๆ สำหรับในประเทศไทย พบว่า มีการศึกษาวิจัยการผลิตน้ำส้มสายชูจากข้าว (ข้าวเจ้า และหรือข้าวเหนียว) และผลไม้ชนิดต่าง ๆ ได้แก่ ตาลโตนด สับปะรด กล้วย ลิ้นจี่ ฯลฯ แต่ยังไม่มีรายงานการศึกษาวิจัยในบ๊วย ดังนั้น แนวความคิดในการวิจัยและพัฒนาการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักจากบ๊วย จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่ง ซึ่งมีความเป็นไปได้สูงในการผลิต ประกอบกับประเทศไทยอยู่ในเขตร้อนชื้น มีความได้เปรียบทางด้านความหลากหลายของทรัพยากรในกลุ่มพืช สัตว์ และจุลินทรีย์ในกลุ่มแบคทีเรียอะซิติก ซึ่งพบว่ามีผู้ทำการศึกษาวิจัยหรือมีข้อมูลการศึกษาที่เกี่ยวกับการใช้ประโยชน์แบคทีเรียอะซิติกในกระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมักอยู่เป็นจำนวนน้อย

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น จึงมีความเป็นไปได้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์แปรรูปจากผลบ๊วยในรูปผลิตภัณฑ์แบบต่าง ได้แก่ แช่อิ่มอบแห้ง กวน (หยี) และน้ำส้มสายชูหมัก เพื่อแก้ปัญหาผลผลิตล้นตลาดในช่วงเวลาสั้นๆ อันจะเป็นการเพิ่มมูลค่าและความหลากหลายของผลิตภัณฑ์แทนการจัดจำหน่ายในรูปของดองเพียงอย่างเดียว รวมถึงช่วยยืดอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ในรูปของแห้งแทนผลผลิตสด และยังสอดคล้องกับเป้าหมายของมูลนิธิฯ อย่างไรก็ตาม การที่จะนำผลบ๊วยมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์รูปแบบต่างๆ นั้น ขึ้นกับลักษณะเนื้อสัมผัสและรสชาติของวัตถุดิบตั้งต้น ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาและพัฒนากรรมวิธีการแปรรูปและผลิตภัณฑ์ในรูปแบบต่างๆ ซึ่งจะเป็นการช่วยเกษตรกรหรือผู้ประกอบการให้สามารถนำไปใช้ในการเพิ่มศักยภาพกำลังการผลิตให้สูงขึ้น ลดการสูญเสียที่อาจเกิดขึ้น นอกจากนี้บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ยังเป็นอีกปัจจัยที่จำเป็น ซึ่งจะเฉพาะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ให้ยาวนานขึ้น อันจะเป็นการเพิ่มความสามารถในให้กับกลุ่มเกษตรกรในการจัดการกับผลผลิตภายหลังการเก็บเกี่ยว ตลอดจนช่วยสนับสนุน/ส่งเสริมด้านการแปรรูปและการจำหน่าย ซึ่งอาจก่อให้เกิดผู้ประกอบการรายย่อยที่มีศักยภาพต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการทดลอง และขอบเขตของการวิจัย

วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อพัฒนากรรมวิธีการแปรรูปและผลิตภัณฑ์ผลไม้แปรรูปชนิดต่างๆ จากผลบ๊วยสดและบ๊วยดอง ได้แก่ บ๊วยแช่อิ่มอบแห้ง บ๊วยกวน และน้ำส้มสายชูหมักจากบ๊วย

1.2.2 เพื่อพัฒนารูปแบบบรรจุภัณฑ์และคัดเลือกวัสดุบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์บ๊วยแช่อิ่มอบแห้ง บ๊วยกวน และน้ำส้มสายชูหมักจากบ๊วย

ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตของงานวิจัย ในขั้นตอนแรกจะศึกษาคุณภาพทางกายภาพ เคมี คุณค่าโภชนาการ และการประเมินทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แปรรูปจากบ๊วยที่จำหน่ายในท้องตลาด ทำการคัดเลือกผลิตภัณฑ์ต้นแบบเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนา จากนั้นนำผลผลิตบ๊วยดอง/บ๊วยสดที่ได้จากมูลนิธิโครงการหลวงมาพัฒนาผลิตภัณฑ์และกระบวนการแปรรูปในรูปแบบต่างๆ เช่น การแช่อิ่มอบแห้ง การกวน (หยี) การทำแห้ง รวมถึงการพัฒนาผลิตภัณฑ์และกรรมวิธีการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักจากบ๊วยสด โดยใช้จุลินทรีย์ประจำถิ่น (local stran) ในกลุ่มแบคทีเรียร่วมกับเชื้อยีสต์บริสุทธิ์สายพันธุ์คัดเลือก เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ประโยชน์สำหรับกระบวนการหมักน้ำส้มสายชูจากบ๊วยสดแบบเบ็ดเสร็จ ขั้นตอนเดียว และนำผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการพัฒนามาประเมินคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี คุณค่าโภชนาการ และการยอมรับทางประสาทสัมผัส พร้อมทั้งคัดเลือกวัสดุบรรจุภัณฑ์และพัฒนารูปแบบบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการคงคุณภาพหลักของผลิตภัณฑ์ให้เป็นที่ยอมรับในท้องตลาด และถ่ายทอดเทคโนโลยี

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 ได้กรรมวิธีการแปรรูปและผลิตภัณฑ์แปรรูปจากบ๊วยที่มีคุณภาพ เป็นที่ยอมรับ และมีความปลอดภัยสำหรับผู้บริโภค ทั้งยังสามารถเก็บรักษาไว้ในบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมได้เป็นเวลานาน

1.3.2 กลุ่มเกษตรกร และผู้ประกอบการตั้งแต่ระดับชุมชน อุตสาหกรรมขนาดเล็ก และขนาดกลาง สามารถนำเทคโนโลยีไปประยุกต์ใช้สู่การผลิตในเชิงพาณิชย์ได้

1.3.4 เผยแพร่องค์ความรู้แก่ภาคธุรกิจ ได้แก่ กลุ่มเกษตรกร ผู้ประกอบการตั้งแต่ระดับชุมชน อุตสาหกรรมขนาดเล็ก และขนาดกลาง เพื่อเป็นแนวทางในการเพิ่มมูลค่าให้กับผลผลิตทางการเกษตร ช่วยลดการนำเข้าวัตถุดิบทางการเกษตรจากต่างประเทศ และลดต้นทุนการผลิต

1.3.5 เป็นประโยชน์แก่นักเรียน นักศึกษา นักวิจัย เกษตรกร และผู้ประกอบการในระดับต่างๆ ที่จะประยุกต์องค์ความรู้ที่ได้เพื่อใช้ในการวิจัย หรือประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มศักยภาพให้กับผลิตภัณฑ์แปรรูปจากผลิตผลทางการเกษตรอื่นๆ ของไทย

บทที่ 2 ทฤษฎี และแนวคิดที่เกี่ยวข้อง

ข้อมูลคุณค่าโภชนาการของบ๊วย

บ๊วยส่วนใหญ่ไม่นิยมนำมารับประทานสดเนื่องจากมีรสชาติเปรี้ยว และขม ส่วนใหญ่นำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้แก่ บ๊วยดอง บ๊วยเค็ม หรือ บ๊วยเจี่ย เป็นต้น (กองเกษตรสัมพันธ์) คุณค่าทางอาหารที่สำคัญในบ๊วย 100 กรัม ประกอยด้วย น้ำ 87.23 กรัม พลังงาน 46 กิโลแคลลอรี โปรตีน 0.7 กรัม ไขมัน 0.28 กรัม เส้นใย 1.4 กรัม น้ำตาล 9.92 กรัม โพแทสเซียม 157 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 16 มิลลิกรัม วิตามินซี 9.5 กรัม วิตามินเอ 17 ไมโครกรัม เป็นต้น (ตารางที่ 2.1)

ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางอาหารของบ๊วยในปริมาณ 100 กรัม

องค์ประกอบ	คุณค่าต่อ 100 กรัม	หน่วย	องค์ประกอบ	คุณค่าต่อ 100 กรัม	หน่วย
น้ำ	87.23	กรัม	วิตามินบี 1 (Thiamin)	0.028	มิลลิกรัม
พลังงาน	46	kcal	วิตามินบี 2 (Riboflavin)	0.026	มิลลิกรัม
โปรตีน	0.7	กรัม	วิตามินบี 3 (Niacin)	0.417	มิลลิกรัม
ไขมันทั้งหมด	0.28	กรัม	วิตามินบี 6 (Vitamin B6)	0.029	มิลลิกรัม
คาร์โบไฮเดรต	11.42	กรัม	วิตามินบี 9 (Folate)	5	ไมโครกรัม
เส้นใย	1.4	กรัม	วิตามินบี 12 (Vitamin B12)	0	ไมโครกรัม
น้ำตาล	9.92	กรัม	วิตามินเอ (Vitamin A), RAE	17	ไมโครกรัม
แร่ธาตุ			วิตามินเอ (Vitamin A), IU	345	IU
แคลเซียม (Calcium)	6	มิลลิกรัม	วิตามินอี (Vitamin E)	0.26	มิลลิกรัม
เหล็ก (Iron)	0.17	มิลลิกรัม	วิตามินดี (Vitamin D)	0	IU
แมกนีเซียม (Magnesium)	7	มิลลิกรัม	วิตามินเค (Vitamin K)	6.4	ไมโครกรัม
ฟอสฟอรัส (Phosphorus)	16	มิลลิกรัม	**ไขมัน**		
โพแทสเซียม (Potassium)	157	มิลลิกรัม	กรดไขมันอิ่มตัว	0.017	กรัม
โซเดียม (Sodium)	0	มิลลิกรัม	กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว	0.134	กรัม
สังกะสี (Zinc)	0.1	มิลลิกรัม	กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน	0.044	กรัม
Vitamins			โคเลสเตอรอล	0	มิลลิกรัม
วิตามินซี (Vitamin C)	9.5	มิลลิกรัม			

(**ที่มา:** National Nutrient Database for Standard Reference, 2012)

สรรพคุณทางยา

มีสรรพคุณช่วยคลายร้อน เพิ่มกำลัง บรรเทาอาการเหนื่อยอ่อนเพลีย และช่วยเสริมระบบการย่อยอาหาร ช่วยลดอุณหภูมิในร่างกาย การดื่มน้ำบ๊วยเป็นประจำยังจะช่วยป้องกันโรคติดเชื้อในระบบทางเดินอาหารได้อีกด้วย (บริษัทดอยคำผลิตภัณฑ์อาหาร จำกัด, 2008) บ๊วยช่วยลดมลพิษความเป็นพิษของเนื้อสัตว์ในกระเพาะที่บูดเน่าเสียก่อนจะถูกขับออกจากร่างกาย ทั้งเป็นยาระบาย และลดกรดในกระเพาะ บรรเทาอาการคลื่นไส้ อาเจียน (บุษบา, 2553)

การแปรรูปผักและผลไม้สามารถทำได้หลายวิธี เช่น การทำแห้ง การแช่อิ่ม การเชื่อม และการกวน ซึ่งแต่ละวิธีจะมีวิธีการผลิตที่แตกต่างกันออกไป แต่มีวัตถุประสงค์หลักที่คล้ายคลึงกัน คือ ช่วยถนอมอาหาร ยับยั้งการเสื่อมเสียของอาหารจากการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ หรือการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เคมี และเป็นการเพิ่มความหลากหลายให้กับผลิตภัณฑ์ ซึ่งแต่ละวิธีมีหลักการและวิธีการ ดังนี้

1.การทำแห้ง เป็นการทำให้น้ำระเหยออกไปจากอาหารให้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ โดยให้มีความชื้นเหลืออยู่เพียงเล็กน้อยจนจุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ โดยการนำไปตากแดดหรืออบในตู้อบลมร้อน ผัก ผลไม้ และเนื้อสัตว์ทุกชนิดสามารถนำมาทำแห้งได้

2.การกวน คือ การที่นำเนื้อผลไม้ที่สุกแล้วผสมกับน้ำตาล โดยใช้ความร้อน เพื่อกวนผสมให้กลมกลืนกัน โดยมีรสหวาน และให้เข้มข้นขึ้น การใส่น้ำตาลในการกวนมี 2 วิธี คือ ใส่น้ำตาลแต่น้อยใช้กวนผลไม้ เพื่อทำแยม เยลลี่ เป็นต้น และการกวนโดยใช้ปริมาณน้ำตาลมาก เช่น การกวนผลไม้แบบแห้ง เช่น กล้วยกวน สับปะรดกวน ทุเรียนกวน เป็นต้น

3.การแช่อิ่ม เป็นวิธีการกำจัดน้ำในผักและผลไม้ ซึ่งเป็นตัวกลางในการเกิดปฏิกิริยา และเป็นสาเหตุหลักในการเสื่อมสลายของวัตถุดิบ เป็นการลดค่าแอคติวิตี้ของน้ำและปริมาณน้ำลงด้วยการใช้หลักการออสโมซิส (osmosis) โดยนำวัตถุดิบดังกล่าวมาแช่ในสารละลายประเภทน้ำตาล เกลือ เป็นต้น ผลไม้ส่วนใหญ่จะแช่ในสารละลายน้ำตาลหรือเกลือ ซึ่งจะทำให้เกิดความแตกต่างของแรงดันออสโมติก (osmotic pressure) ระหว่างภายในเซลล์ของผลไม้และสารละลายภายนอก เกิดเป็นแรงขับให้เกิดการถ่ายเทมวลสารทั้ง 2 ทิศทาง คือ การขจัดน้ำออกจากเซลล์และการแพร่ของตัวถูกละลายเข้าสู่เซลล์อาหาร ขณะเดียวกัน น้ำภายในเซลล์อาหารจะเคลื่อนออกสู่สารละลาย กระบวนการถ่ายเทมวลสารระหว่างน้ำและตัวถูกละลายนี้จะดำเนินไปจนกระทั่งถึงสภาวะสมดุล จากงานวิจัยพบว่า มีปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลต่ออัตราการแพร่กระจายของน้ำออกจากเซลล์ผลไม้ เช่น ชนิดของผลไม้ พันธุ์ และความสุก และยังพบว่า ผลไม้บางชนิดสามารถแช่อิ่มได้เร็ว บางชนิดทำได้ช้า ขึ้นกับองค์ประกอบทางโครงสร้างของผนังเซลล์ (cell wall) และเนื้อเยื่อของผลไม้ (cell membrane) เช่น สับปะรดสามารถทำการแช่อิ่มได้เร็วกว่ามะละกอและมะม่วง ส่วนผลไม้สุกจะแช่อิ่มได้เร็วกว่าดิบ ขณะเดียวกันถ้าสุกเกินไปผลไม้จะมีเนื้อนิ่ม เละ (อ่อนรวี 2533, Pazz และคณะ, 1999)

4.การดอง เป็นการถนอมอาหารโดยการแช่ชิ้นผักและผลไม้ในเกลือ หรือน้ำเกลือ สามารถแบ่งลักษณะการดองได้เป็น 2 ชนิด คือ การดองเปรี้ยว และ การดองเค็ม

การดองแบ่งออกเป็น 2 แบบ

1. **การดองเปรี้ยว** โดยการแช่ชิ้นอาหารในสารละลายที่เป็นกรด ทำได้ 2 วิธี คือ 1.การใช้น้ำเกลือ โดยน้ำเกลือมีความเข้มข้น 5-10% ดองไว้ประมาณ 3-5 วัน จะเกิดกรดแลคติค ซึ่งมีรสเปรี้ยว และป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นอันตราย ส่วนวิธีที่ 2 คือการใช้น้ำส้มสายชู โดยการแช่อาหารในน้ำส้มสายชู หรือปรุงรสน้ำส้มสายชูด้วยน้ำตาล เกลือ และเครื่องเทศ เพื่อให้รสชาติกลมกล่อมมีรสเปรี้ยว เค็ม หวาน และมีกลิ่นหอมน่ารับประทานยิ่งขึ้น

2. **การดองเค็ม** โดยการแช่ชิ้นอาหารในน้ำเกลือที่มีความเข้มข้น 20-25% หรือหมักอาหารกับเกลือ เช่น การทำน้ำปลา เป็นต้น วิธีการดองเค็ม จะเก็บรักษาอาหารได้นานกว่าการดองเปรี้ยว

บ๊วยสามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลายแบบ ทั้งบ๊วยแช่อิ่มอบแห้ง บ๊วยแผ่น เครื่องดื่มน้ำบ๊วย หรือผลิตภัณฑ์บ๊วยกวนของโครงการหลวงที่ผลิตจากบ๊วยดองเช่นกัน ขณะที่ในต่างประเทศได้มีการนำผลแอปริคอต (apricots) ซึ่งเป็นผลไม้ที่อยู่ในสกุลเดียวกับบ๊วย มาศึกษากระบวนการแปรรูปที่เหมาะสม เพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น น้ำผลไม้เข้มข้นจากผลแอปริคอต การผลิตแยมผลไม้ที่ใช้แอปริคอตร่วมกับสตรอเบอรีเป็นวัตถุดิบ และใช้เพคติน คาราจีแนน และแซนแทนกัมเป็นสารให้ความคงตัว (Christina และคณะ, 2008) และการศึกษากระบวนการผลิตแอปริคอตแช่อิ่ม (osmotic dehydration) โดยศึกษาปัจจัยด้านความเข้มข้นของสารละลาย อุณหภูมิ และอัตราส่วนของวัตถุดิบกับสารละลาย เพื่อหากระบวนการผลิตที่เหมาะสม (Ayse และ Inci, 2009) ส่วนการแปรรูปผลิตภัณฑ์บ๊วยในประเทศไทยยังคงมีรูปแบบที่ไม่หลากหลาย ส่วนใหญ่จะเป็นการนำบ๊วยมาดอง หรือแช่อิ่มเท่านั้น แต่ก็ยังมีงานวิจัยบางแห่งที่ศึกษาพัฒนาแปรรูปผลิตภัณฑ์จากบ๊วยเป็นผลิตภัณฑ์อื่นนอกจากบ๊วยดอง เช่น ณัฐรีพร (2547) ทำการผลิตน้ำบ๊วยผงโดยวิธีการอบแห้งแบบฝอย และในปี 2549 อนุวัตร และคณะ ทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์บ๊วยแผ่นจากบ๊วยดอง โดยใช้กัวร์กัมหรือเพคตินเป็นสารปรับปรุงเนื้อสัมผัส และใช้น้ำตาลซูโครสเป็นสารให้ความหวาน ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 ชั่วโมง และส่วนของผลิตภัณฑ์ผลไม้แผ่นกวนมีการวิจัยและพัฒนาในผลไม้หลายชนิด ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ผลไม้กวน

ผลิตภัณฑ์	ส่วนประกอบ	เอกสารอ้างอิง
บ๊วยแผ่นจากบ๊วยดอง	บ๊วยดอง น้ำ น้ำตาลทราย กัวร์กัม เพคติน	อนุวัตร และคณะ
บ๊วยแผ่นผสมผลไม้	บ๊วยดอง ผลไม้ (มะม่วง สับปะรด ฝรั่ง) น้ำ น้ำตาลทราย เพคติน	รัชนีกร, 2549
ลำไยหรือเงาะแผ่น	ลำไยหรือเงาะ น้ำตาลทราย ฟรุคโตสไซรัป คาราจีแนน แบะแซ	รัตนา และคณะ 2550
ลิ้นจี่แผ่น	ลิ้นจี่ น้ำตาลทราย ฟรุคโตสไซรัป คาราจีแนน แบะแซ กลีเซอรอล เพคติน	รัตนา และคณะ 2550
สับปะรดแผ่น	สับปะรด น้ำตาลทราย ฟรุคโตสไซรัป แบะแซ กลีเซอรอล เพคติน	รัตนา และคณะ 2550
มะม่วงแผ่น	มะม่วง น้ำตาลทราย ฟรุคโตสไซรัป แบะแซ กลีเซอรอล กรดซิตริก	รัตนา และคณะ 2550
ฝรั่งแผ่น	ฝรั่ง น้ำตาลทราย ฟรุคโตสไซรัป แบะแซ กลีเซอรอล กรดซิตริก คาราจีแนน มอลโตเดกซ์ตริน	รัตนา และคณะ 2550
ส้มแผ่น	ส้ม น้ำตาลทราย ฟรุคโตสไซรัป แบะแซ กลีเซอรอล เจลาติน มอลโตเดกซ์ตริน	รัตนา และคณะ 2550

นอกจากนี้ ผลบ๊วยสดมีรสเปรี้ยวจัด มีกลิ่นหอม และมีปริมาณน้ำตาล 9.9 กรัม ต่อผลสด 100 กรัม ซึ่งมีความเป็นไปได้ที่จะนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักได้อีกอย่างหนึ่ง การผลิตน้ำส้มสายชูหมักมักใช้วัตถุดิบที่มีอยู่ในท้องถิ่นนั้นๆ เช่น ข้าว น้ำมะพร้าว หรือผลไม้ชนิดต่างๆ เช่น องุ่น แอปเปิล สำหรับในประเทศไทยมีการรายงานการหมักน้ำส้มสายชูจากข้าวและผลไม้ชนิดอื่นๆ ได้แก่ สับปะรด กล้วย เป็นต้น แต่ยังไม่มีรายงานการผลิตน้ำส้มสายชูจากบ๊วย

รายละเอียดเกี่ยวกับไวน์

ไวน์ (Wine) เป็นเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ชนิดหนึ่ง ซึ่งผลิตมาจากการหมักน้ำองุ่นด้วยเชื้อยีสต์สายพันธุ์คัดเลือก มีการควบคุมการหมักและควบคุมกระบวนการผลิตเป็นอย่างดี ไวน์ที่ผลิตจากผลไม้อื่นเรียกว่า ไวน์ผลไม้ หรือ Fruit wines ต้องระบุชื่อผลไม้บนฉลาก เช่น ไวน์สับปะรด ไวน์ลิ้นจี่ ไวน์มะเม่า เป็นต้น นอกจากผลิตจากผลไม้สดและผลไม้แห้งแล้ว ยังสามารถผลิตได้จากวัตถุดิบชนิดอื่นๆ อีก เช่น สมุนไพร เครื่องเทศ ข้าวเจ้า/ข้าวเหนียว น้ำตาลสด น้ำผลไม้เข้มข้น น้ำผึ้ง เป็นต้น (ประดิษฐ์, 2545) ไวน์ (wine) เป็น

เครื่องดื่มที่ได้จากการหมักน้ำตาลในน้ำผลไม้ให้เปลี่ยนไปเป็นแอลกอฮอล์ โดยเกิดจากกิจกรรมของยีสต์ในการหมักน้ำตาล โดยมีปฏิกิริยา ดังนี้

$$\underset{\text{น้ำตาล}}{C_6H_{12}O_6} \xrightarrow[\text{ยีสต์ไม่ใช้อากาศ}]{} \underset{\text{แอลกอฮอล์}}{2C_2H_5OH} + 2CO_2 + \text{energy}$$

กระบวนการผลิตไวน์

การทำไวน์ทั้งไวน์แดงและไวน์ขาวต่างมีการพัฒนาที่แตกต่างกันไป ทั้งนี้เพื่อปรับปรุงคุณภาพของไวน์ เช่น พัฒนาลักษณะของสีไวน์แดงด้วยการให้มีการหมักองุ่นแดงพร้อมทั้งเปลือก (skin contact) หรือไวน์ขาวใช้การแช่เนื้อองุ่นเขียวในน้ำองุ่นก่อนหมัก (pomace contact) เพื่อเพิ่มสารให้กลิ่นรสในไวน์ให้เข้มข้น กระบวนการผลิตไวน์ สามารถแบ่งได้เป็น 3 ขั้นตอนหลัก ได้แก่

1.วัตถุดิบ วัตถุดิบที่นิยมนำมาใช้ในการหมักไวน์ส่วนใหญ่ คือ องุ่น และมีการนำผลไม้อื่นๆ ที่สามารถใช้ในการผลิตไวน์ผลไม้ได้ เช่น พีช พลัม สตรอเบอร์รี่ มังคุด ลำไย มะขาม กระเจี๊ยบ เป็นต้น ชนิดของวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการผลิตไวน์มีผลต่อสารองค์ประกอบทางเคมีและคุณภาพของไวน์ที่ผลิตได้ทั้งสี กลิ่นและรสชาติของไวน์ วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตไวน์แตกต่างกันหรือชนิดเดียวกันแต่สายพันธุ์ต่างกัน มีผลทำให้ได้องค์ประกอบทางเคมีและคุณภาพของไวน์ที่ผลิตได้แตกต่างกัน

2.การเตรียมวัตถุดิบ ผลไม้ที่นำมาใช้ในการผลิตไวน์ต้องผ่านขั้นตอนการล้างทำความสะอาด แยกส่วนที่เน่าเสียออกเพื่อเป็นการขจัดสิ่งปนเปื้อนต่างๆ และลดปริมาณการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ บีบสกัดน้ำผลไม้และแยกเมล็ดออกทิ้ง ซึ่งมีผลต่อความขมและความฝาดของไวน์ ดังนั้นการเตรียมผลไม้ที่ใช้ในการผลิตไวน์อาจต้องมีการย่อยสลายเพคตินที่เป็นองค์ประกอบของผลไม้นั้นๆ

3 .การหมัก (F e r m e n t a t i o n) การหมักเป็นกระบวนการเปลี่ยนน้ำตาลที่มีในน้ำหมักให้เป็นเอทิลแอลกอฮอล์ (ethyl alcohol) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ กระบวนการหมักแบ่งเป็น 2 ช่วง ช่วงแรกเป็นช่วงที่มียีสต์ทำการแบ่งเซลล์ให้มีปริมาณมากที่สุดในช่วงนี้จำเป็นต้องให้อากาศ ดังนั้นในการหมักจึงเป็นต้องมีจุกปิดถังหมักชนิดพิเศษที่ไม่ให้อากาศเข้าแต่สามารถปล่อยให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดการหมักออกได้ ซึ่งจะเรียกจุกชนิดนี้ว่า แอร์ล็อก การหมักในสภาพที่มีอุณหภูมิสูง (มากกว่า 28 องศาเซลเซียส) จะทำให้เกิดการหมักอย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นสภาพของการหมักที่ไม่ดี เพราะในระหว่างการหมักจะเกิดความร้อนขึ้นด้วยจึงทำให้ยีสต์ตายได้ซึ่งจะมีผลต่อความสามารถในการทนต่อปริมาณแอลกอฮอล์ของยีสต์ลดลงและชักนำให้เกิดกรด การระเหยของแอลกอฮอล์ อุณหภูมิที่เหมาะสมในการหมักคือที่ 20 องศาเซลเซียส ดังนั้นทันทีที่กระบวนการหมักเริ่มต้น ควรทำการชะลออุณหภูมิการหมักลงเพื่อให้เกิดการหมักช้าลงและใช้เวลานาน เพื่อให้ได้ไวน์ที่มีคุณภาพ และเมื่อกระบวนการหมักลดลงควรเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นเล็กน้อยประมาณ 24-26 องศาเซลเซียส เพื่อช่วยให้ยีสต์ใช้น้ำตาลในน้ำหมักจนหมด การหมักไวน์ที่เกิดจากกิจกรรม

ของจุลินทรีย์ต่างชนิดหรือต่างสายพันธุ์กันมีผลทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีต่างกันและเกิดขึ้นตลอดช่วงอายุของไวน์ จุลินทรีย์ที่ติดมากับองุ่นมีผลต่อการหมักไวน์ ซึ่งประกอบด้วย ยีสต์ เชื้อรา แบคทีเรียจำพวกผลิตกรดแลคติก และแบคทีเรียกลุ่มอื่นๆ รวมทั้งแบคทีริโอฟาดจ์ (bacteriophages) จุลินทรีย์เหล่านี้มีผลต่อคุณภาพไวน์ในลักษณะต่างๆกัน

การทำให้ไวน์ใสเป็นปัญหาที่สำคัญปัญหาหนึ่งที่พบในการทำไวน์ โดยทั่วไปในการทำไวน์จะทิ้งให้ไวน์ตกตะกอนโดยธรรมชาติจนกว่าไวน์จะใส แต่ถ้าไวน์นั้นไม่ใสจำเป็นต้องมีการเติมสารช่วยตกตะกอน (Fining agent) หรือกรอง การเติมสารละลายซัลไฟท์หลังการแยกส่วนใสออกจะช่วยในการทำให้ไวน์ใสด้วยเพราะซัลไฟท์ทำให้เกิดการรวมตัวตกตะกอน และตกไปที่ก้นถัง นอกจากนี้ซัลไฟท์ยังป้องกันไม่ให้มีการเจริญและพัฒนาของยีสต์ด้วย

ปัจจัยที่มีผลต่อการหมักไวน์

1. ภาชนะที่ใช้หมัก เป็นวัสดุที่แข็งแรงทนต่อกรด ต่อแอลกอฮอล์ไม่เป็นสนิมหรือผุกร่อนรั่วซึม ทำความสะอาดได้ง่าย

2. สายพันธุ์ยีสต์ ยีสต์สายพันธุ์ *Borgandry* หรือ *Saccharomycese cerevisiae* เป็นสายพันธุ์ที่นิยมใช้เพราะทนต่อความเข้มข้นของน้ำตาล และแอลกอฮอล์ได้สูง โดยนิยมเตรียมความเข้มข้นขั้นต้นก่อนประมาณร้อยละ 3-5 ของปริมาณน้ำผลไม้ทั้งหมดที่ต้องการจะหมักเพื่อไม่ให้เกิดการหมักที่ช้าลง ซึ่งจะทำให้เกิดการเจริญของเชื้ออื่นได้ หรือเพื่อไม่ให้เกิดการหมักเร็วเกินไปเพราะจะได้รสชาติที่ด้อยลง

3. ความเข้มข้นของน้ำตาลเริ่มต้น ซึ่งเป็นแหล่งคาร์บอนและแหล่งพลังงานให้กับยีสต์โดยการใช้ความเข้มข้นสูงจะส่งผลก่อให้เกิดเอทานอลมากโดยปรับความเข้มข้นของน้ำตาลเริ่มต้น ในช่วงร้อยละ 20-24 ถ้าสูงกว่าระดับนี้จะทำให้ยีสต์ตายได้

4. แหล่งไนโตรเจน ผลไม้รสเปรี้ยวส่วนใหญ่เมื่อนำมาหมักไวน์มักมีปัญหาการหมักหยุดชะงักก่อนถึงระยะเวลาที่เหมาะสม เนื่องจากมีแหล่งไนโตรเจนไม่เพียงพอที่จะส่งเสริมการเจริญของยีสต์ ดังนั้นจึงต้องเติมสารที่เป็นแหล่งไนโตรเจนเสริม ได้แก่ แอมโมเนียมซัลเฟต ร้อยละ 0.05-0.1

5. ปริมาณกรด (acidity) ในน้ำผลไม้กรณีไวน์ขาวควรมีปริมาณกรดร้อยละ 0.6-0.7 และไวน์แดงร้อยละ 0.4-0.5 วิเคราะห์ปริมาณกรดด้วยวิธีการไตเตรท ส่วนความเป็นกรด-เบสของน้ำผลไม้ที่เตรียมไว้เป็นน้ำหมักควรปรับระดับค่าความเป็นกรด-เบสให้อยู่ในช่วง 4.0-4.5 เป็นสภาวะที่ยีสต์ เจริญได้

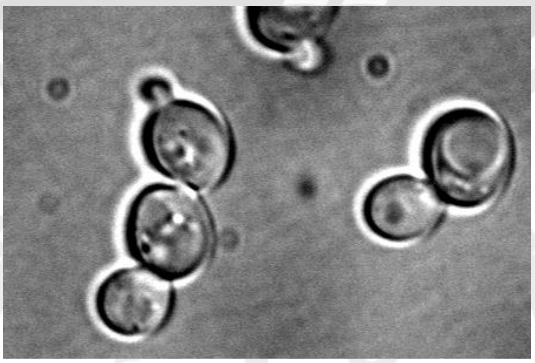
6. อุณหภูมิที่ใช้หมักไวน์ ควรควบคุมอุณหภูมิการหมักในช่วงอุณหภูมิ 15-25 องศาเซลเซียส ไวน์ขาวควรหมักในช่วงอุณหภูมิ 15-18 องศาเซลเซียส ไวน์แดงควรหมักในช่วงอุณหภูมิ 15-25 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิสูงกว่านี้จะมีผลทำให้กระบวนการหมักเกิดขึ้นได้เร็วโดยยีสต์ผลิตเอทานอลปริมาณสูงในช่วงระยะเวลาหมักที่สั้นโดยเอทานอลที่สูงจะไปทำอันตรายกับเซลล์ยีสต์ที่มีสภาพไม่แข็งแรงเนื่องจากช่วง

อุณหภูมิไม่เหมาะสมต่อการเจริญ ส่งผลให้ยีสต์ตาย การหมักจึงหยุดชะงักก่อนถึงระยะเวลาที่เหมาะสม ทำให้ระดับความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ต่ำกว่าที่สภาวะอุณหภูมิที่เหมาะสม

จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตไวน์

ลักษณะทั่วไปของเชื้อยีสต์

Saccharomyces cerevisiae เป็นยีสต์ที่พบได้ในธรรมชาติ โดยเป็นจุลินทรีย์พวกยูคาริโอต เซลล์ส่วนใหญ่มีรูปร่างกลม มีการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศโดยการแตกหน่อ (รูปที่ 2.3) ใช้ในกระบวนการหมักเพื่อผลิตแอลกอฮอล์ ยีสต์สายพันธุ์นี้ยังแบ่งออกเป็น 2 ชนิดตามลักษณะการหมัก คือ Bottom yeasts ซึ่งจะยังคงมีชีวิตอยู่ใต้ผิวหน้าของน้ำหมักในระหว่างกระบวนการหมัก และเมื่อกระบวนการหมักสิ้นสุดลงเซลล์จะตกตะกอนอยู่ที่ก้นถังหมัก ส่วน Top yeasts นั้นจะเจริญเติบโตเป็นฟองที่ลอยเป็นฝ้าอยู่ที่ผิว (frothy scum) ของน้ำหมักในระหว่างกระบวนการหมัก แต่เมื่อกระบวนการหมักสิ้นสุดลดลงเซวล์ก็จะตกลงก้นถังเช่นกัน *S. cerevisiae* สามารถผลิตเอทานอลได้สูงถึง 20 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร (Zaldivar และคณะ, 2001) วิถีเมตาบอลิสมหลักที่เกี่ยวข้องในกระบวนการหมักเอทานอล คือ กระบวนการไกลโคไลซิส (Embden–Meyerhof–Parnas or EMP pathway) ซึ่งหนึ่งโมเลกุลของกลูโคสถูกเปลี่ยนเป็นไพรูเวตภายใต้สภาวะไม่มีออกซิเจน ไพรูเวตจะถูกรีดิวซ์เป็นเอทานอล และได้คาร์บอนไดออกไซด์ (พัฒนา และคณะ, 2553; Bai และคณะ, 2008)



รูปที่ 2.3 ลักษณะของ *S. cerevisiae* ภายใต้กล้องจุลทรรศน์กาลังขยาย 100 เท่า
(**ที่มา:** http://www.yeastgenome.org/community/yeast_images.shtml, 14/12/2012)

รายละเอียดเกี่ยวกับน้ำส้มสายชู

ชนิดของน้ำส้มสายชู

น้ำส้มสายชู (Vinegar) หรือ กรดอะซิติก (acetic acid) เป็นสารละลายใส มีสีหรือไม่มีสีขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต คำว่า Vinegar มาจากภาษาฝรั่งเศส 2 คำ คือ Vin ซึ่งแปลว่าไวน์ และ aigre

ซึ่งแปลว่าเปรี้ยว การผลิตน้ำส้มสายชูเพื่อการบริโภคมีมานานพอๆ กับการทำไวน์ประมาณ 1,000 ปีมาแล้ว (Crueger and Crueger, 1990) โดยชาวโรมันและกรีกได้นำน้ำส้มสายชูหมักที่ผลิตได้จากการปล่อยไวน์ทิ้งไว้ให้เกิดการหมักในธรรมชาติ มาทำการเจือจางและใช้เป็นเครื่องดื่ม ในปัจจุบันน้ำส้มสายชูหมักเป็นเครื่องปรุงรสที่ผลิตได้จากวัตถุดิบพวกแป้งหรือน้ำตาล โดยกระบวนการหมัก 2 ระยะ คือ การหมักน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์โดยเชื้อยีสต์สายพันธุ์ *S. cerevisiae* หลังจากนั้นจึงเป็นการออกซิไดส์แอลกอฮอล์ให้เป็นกรดอะซิติกไม่น้อยกว่า 4 กรัมต่อ 100 มล. หรือร้อยละ 4 และเอทานอลไม่มากกว่าร้อยละ 0.5 (น้ำหนักต่อปริมาตร) (Beech และคณะ, 1985) น้ำส้มสายชูหมักนั้นมีประโยชน์ต่อร่างกาย นอกจากจะช่วยปรุงแต่งรสอาหารแล้วยังช่วยระบบการย่อยอาหาร การดูดซึมอาหารของร่างกายได้อย่างมีประสิทธิภาพ (จิราภรณ์, 2530) วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำส้มสายชูหมัก วัตถุดิบต่างๆ ที่ไม่เป็นพิษ ประกอบด้วยน้ำผลไม้หรือสารละลายน้ำตาลที่หมัก เช่น แอปเปิล กล้วย เปลือกกล้วย มะม่วงหิมพานต์ น้ำมะพร้าว อินทผลัม องุ่น ส้ม สับปะรด หางนม กากน้ำตาล ปาล์ม ลูกท้อ ลูกแพร์ มะขาม ชา มะเขือเทศ มันเทศ แตงโม และไวน์ (Adams, 1985; Adams, 1998)

ชนิดของน้ำส้มสายชูหมัก สามารถจำแนกประเภทออกได้ตามชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต (วิชุดา, 2525) ได้แก่

1. น้ำส้มสายชูหมักจากผลไม้ จัดเป็นน้ำส้มสายชูหมักคุณภาพเยี่ยม มีกลิ่นหอม รสกลมกล่อม ราคาแพง เพราะวัตถุดิบที่ใช้มีราคาแพง มีขั้นตอนในการเตรียมมาก ผลไม้ที่ใช้ในการหมักเช่น แอปเปิ้ล องุ่น ส้ม ลูกแพร์ สับปะรด และอื่นๆ

2. น้ำส้มสายชูหมักจากพืชประเภทแป้ง เช่น มันฝรั่ง มันเทศ มันสำปะหลัง ซึ่งจะต้องมีการย่อยแป้งให้เป็นน้ำตาลก่อน

3. น้ำส้มสายชูหมักจากเมล็ดธัญพืช เป็นน้ำส้มสายชูหมักที่ขายตามท้องตลาดทั่วไปวัตถุดิบที่ใช้ราคาถูก จึงทำให้น้ำส้มสายชูหมักชนิดนี้มีราคาต่ำลงไปด้วย ส่วนใหญ่จะใช้เมล็ดธัญพืชพวกข้าว ข้าวมอลต์ ข้าวบาร์เลย์ ข้าวไรย์ ข้าวสาลี ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ข้าวเหนียว เป็นต้น

4. น้ำส้มสายชูหมักจากกากน้ำตาล น้ำผึ้ง หรืออื่นๆ เป็นน้ำส้มสายชูหมักที่มีคุณภาพค่อนข้างต่ำ

5. น้ำส้มสายชูหมักจากเหล้าหรือแอลกอฮอล์ เช่น ผลิตจากของเสียที่ได้จากการหมักเบียร์ จากการผลิตยีสต์ หรือจากเอทิลแอลกอฮอล์ที่เจือจางโดยทั่วไปชื่อของน้ำส้มสายชูหมักจะมาจากชื่อของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต (อรพิน, 2526)

สำหรับประเทศไทยนั้นวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำส้มสายชูหมักแบ่งออกเป็น 2 ประเภทตามกรรมวิธีในการผลิต ได้แก่ การผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากการหมักแอลกอฮอล์ ซึ่งเป็นการผลิตแบบใหม่ แอลกอฮอล์ที่ใช้สั่งจากโรงงานสุราอยุธยา กรมสรรพสามิต ถ้าเป็นโรงงานผลิตน้ำส้มสายชูหมักเก่าแก่จะใช้วัตถุดิบที่สำคัญ คือ ข้าวเจ้า กากน้ำตาล และข้าวเหนียว (จิราภรณ์, 2529)

น้ำส้มสายชูที่จำหน่ายในท้องตลาด แบ่งประเภทภายใต้การควบคุมของพระราชบัญญัติควบคุมคุณภาพอาหาร สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด (นภา, 2520) คือ

1. น้ำส้มสายชูหมัก (fermented vinegar) หมายถึงน้ำส้มสายชูที่ได้จากการหมัก ธัญพืช ผลไม้ หรือน้ำตาล ด้วยส่าหรือยีสต์เพื่อให้ได้แอลกอฮอล์แล้วหมักต่อด้วยเชื้อน้ำส้มสายชูน้ำส้มสายชูหมักจัดเป็นน้ำส้มสายชูที่มีกลิ่นหอมและรสชาติดี มีสีต่างกันตามสีของวัตถุดิบ กลิ่นหอมของน้ำส้มสายชูหมักนี้มาจากสารบางชนิดที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมัก และกลิ่นรสจะดียิ่งขึ้นเมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลานานๆ

2. น้ำส้มสายชูกลั่น (distilled vinegar หรือ spirit vinegar) เป็นน้ำส้มสายชูที่ได้จากการนำน้ำสุราขาวเจือจาง หรือแอลกอฮอล์เจือจางมาหมักกับเชื้อน้ำส้มสายชูโดยมีการเติมเกลือแร่และสารอาหารเสริมที่จำเป็นต่อการเจริญของเชื้อน้ำส้มสายชู น้ำส้มสายชูกลั่นนอกจากจะได้จากกรรมวิธีข้างต้นแล้วยังอาจได้จากการนำน้ำส้มสายชูหมักมากลั่นอีกครั้งหนึ่ง น้ำส้มสายชูกลั่นที่ได้มีลักษณะใส ไม่มีสี และขาดกลิ่นรสบางอย่างที่พบในน้ำส้มสายชูหมัก

3. น้ำส้มสายชูเทียม เป็นสารละลายที่ได้จากการผสมกรดอะซิติก ซึ่งสังเคราะห์ขึ้นทางเคมีในน้ำบริสุทธิ์ ให้มีความเข้มข้นไม่น้อยกว่า 4 กรัม แต่ไม่เกิน 7 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตรที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส น้ำส้มสายชูเทียมเป็นน้ำส้มสายชูที่มีราคาถูก มีความบริสุทธิ์สูง นอกจากนี้ยังมีน้ำส้มสายชูอีกชนิดหนึ่งเพิ่มขึ้นมา เรียกว่า “น้ำส้มสายชูปลอม” ซึ่งได้จากกรดอินทรีย์ที่มีพิษร้ายแรง เช่น กรดกำมะถัน กรดเกลือ ซึ่งมีราคาถูก มาเจือจางกับน้ำแทนที่จะใช้หัวน้ำส้มพวกกรดอะซิติกล้วน (glacial acetic acid) ซึ่งมีราคาแพงมาผสมน้ำ ถ้ารับประทานน้ำส้มสายชูปลอมเข้าไปจะทำให้เยื่อบุกระเพาะและลำไส้อักเสบ อาจทำให้เป็นโรคกระเพาะเรื้อรังและยังบั่นทอนระบบประสาท ตลอดจนระบบการย่อยอาหารอีกด้วย (ปัญญา, 2530) ในน้ำส้มสายชูปลอม นอกจากจะมีอันตรายจากความเข้มข้นของกรดแล้วยังอาจมีสารปนเปื้อนอื่นๆ เช่น ปรอท ตะกั่ว สารหนู ซึ่งล้วนแต่เป็นอันตราย

กระบวนการหมักน้ำส้มสายชู

น้ำส้มสายชูหมัก (Fermented Vinegar) เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นของเหลวใส มีรสเปรี้ยวด้วยกรดอะซิกติก หรือ กรดน้ำส้ม (acetic acid) ใช้เป็นสารปรุงแต่งรสชาติให้กับอาหารโดยตรงและช่วยในการถนอมอาหาร โดยสามารถผลิตได้จากการหมักข้าวหรือผลไม้ชนิดต่างๆ จนเกิดแอลกอฮอล์เกิดขึ้นก่อนที่จะอาศัยการหมักจากแบคทีเรียในกลุ่ม *Acetobactor* sp. และ *Gluconacitobacter* sp. ดังนั้นคุณค่าของน้ำส้มสายชูหมัก จึงมีความแตกต่างกันขึ้นกับวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการหมัก เช่น น้ำส้มสายชูหมักจากองุ่นแดง หรือไวน์แดง ทำให้ได้ประโยชน์จากสี คือ สาร anthocyanin ที่มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ หรือการผลิตจากไวน์สับปะรดซึ่งมีโพแทสเซียมสูงเป็นผลให้ร่างกายได้รับสารเหล่านี้ควบคู่ไปด้วย ผลิตภัณฑ์จากน้ำส้มสายชูหมักมีมากมายหลายชนิดขึ้นอยู่กับวัตถุดิบเริ่มต้นที่นำมาใช้ในการผลิต ได้แก่ Wine Vinegar, Champagne Vinegar, Sherry Vinegar, Balsamic Vinegar, Malt Vinegar, Cider Vinegar,

Rice Vinegar, Flavored Vinegar, Herb Vinegar, Fruit Vinegar, Cane Vinegar เป็นต้น จากวัตถุดิบที่แตกต่างเป็นผลทำให้น้ำส้มสายชูหมักมีคุณลักษณะที่แตกต่างกันทั้งทางด้านสี กลิ่นและรส รวมทั้งคุณค่าทางโภชนาการที่แตกต่างกันไปตามองค์ประกอบที่มีอยู่ในวัตถุดิบแต่ละชนิด โดยเฉพาะสารประกอบที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่แตกต่างกันด้วย (Tesfaye และคณะ, 2002)

กระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมัก (Adams, 1998) ที่นิยมใช้ในปัจจุบัน ได้แก่ คือ

1. Let alone เป็นการหมักน้ำส้มแบบดั้งเดิม เป็นการหมักโดยธรรมชาติ คือ ปล่อยให้กระบวนการหมักเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ โดยเกิดการหมักแอลกอฮอล์ขึ้นเองจากเชื้อยีสต์ที่ติดมากับผลไม้และเชื้อที่อยู่ในอากาศหรือปะปนมากับผลไม้เปลี่ยนแอลกอฮอล์เป็นน้ำส้มสายชูโดยแบคทีเรียอะซิติกที่สร้างกรดอะซิติกจะเจริญขึ้นที่ผิวหน้าของของเหลว กระบวนการหมักจะเกิดขึ้นช้าและได้ผลผลิตน้อยมีคุณภาพค่อนข้างต่ำ

2. Orleans process หรือ French process เป็นการหมักโดยนำไวน์ใส่ลงในถังไม้ มีช่องให้อากาศผ่านเข้าไปได้ มีแบคทีเรียอะซิติกที่เปลี่ยนไวน์เป็นแอลกอฮอล์จะสร้างแผ่นฝ้าบนผิวหน้าใช้เวลาในการหมักนาน แต่น้ำส้มสายชูที่ได้จะมีคุณภาพดี

3. Generator process เป็นการหมักโดยใช้ถังหมักที่เกิดการหมักขึ้นอย่างรวดเร็ว มีการเพิ่มพื้นที่การเจริญ และลดระยะของ lag phase เพิ่มออกซิเจนให้มาก แต่น้ำส้มสายชูที่ได้มักมีปริมาณอะซิติกน้อยและมีปริมาณแอลกอฮอล์เหลือสูงจะต้องนำมาหมักต่ออีกหลายๆ ครั้งให้ได้กรดอะซิติกตามปริมาณที่ต้องการ

4. Submerged culture process เป็นการหมักโดยใช้ถังหมักที่มีระบบการกวนและการให้อากาศที่มีประสิทธิภาพมาก ทำให้มีการละลายของออกซิเจนได้ดี ให้ผลผลิตสูง มีคุณภาพดี แต่มีต้นทุนการผลิตสูง ในปัจจุบันกระบวนการหมักแบบ Submerged ได้มีการพัฒนาออกไปหลาย ๆ วิธีและได้ทำการจดสิทธิบัตรแล้วทั้งสิ้น เช่น Fringd Acetator, Cavitator , Bubble Column Fermenter, Yeomans Cavitor, Bourgeois Process เป็นต้น

วิธีการผลิตน้ำส้มสายชู วิธีการผลิตน้ำส้มสายชูแบ่งเป็น 3 วิธี คือ

1. วิธีการผลิตน้ำส้มสายชูแบบช้า (slow process) หรือ surface culture การผลิตน้ำส้มสายชูหมักแบบนี้มีมาช้านาน ทำโดยการตั้งไวน์ทิ้งไว้ในภาชนะเปิดแล้วปล่อยให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นกรดน้ำส้มเองตามธรรมชาติซึ่งถือว่าเป็นระบบเปิด โดยเชื้อแบคทีเรียอะซิติกจะเจริญเป็นแผ่นฝ้าที่ผิวหน้าของไวน์ กระบวนการนี้เป็นแบบ batch จึงต้องมีการสร้างแผ่นฝ้าขึ้นใหม่ทุกครั้งทำให้สูญเสียสับเสตทไปบางส่วน โดยไม่มีการผลิตกรดอะซิติก นอกจากนั้นกระบวนการยังเกิดขึ้นช้าและประสิทธิภาพต่ำและมักมีหลายเชื้อปะปนกัน ต่อมาจึงได้มีการปรับปรุงกระบวนการเพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นโดยใช้เชื้อแบคทีเรียอะซิติกที่บริสุทธิ์และมีประสิทธิภาพในการผลิตกรดอะซิติกมาเป็นกล้าเชื้อในการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำตาลสด

เชื้อแบคทีเรียอะซิติกที่เกาะอยู่ข้างถังจะลอยอยู่ในน้ำส้มสายชูหมักที่เหลืออยู่จากการหมักครั้งก่อนทำหน้าที่เป็นกล้าเชื้อ (inoculum) การหมักน้ำส้มสายชูแบบนี้มักไม่สมบูรณ์เพราะมักพบว่ามีเอทานอลเหลืออยู่ในน้ำส้มสายชูหมักที่ได้ ส่วนการผลิตน้ำส้มสายชูหมักในระดับครัวเรือนในประเทศไทยส่วนมากผลิตน้ำส้มสายชูหมักโดยวิธีแต่ใช้กล้าเชื้อในรูปของลูกแป้งซึ่งเป็นเชื้อน้ำส้มสายชูเก็บไว้ในรูปแห้ง ต่อมาจึงมีการปรับปรุงการผลิตน้ำส้มสายชูหมักมาเป็นแบบกึ่งต่อเนื่อง (semi continuous) เพื่อเป็นการประหยัดเวลาและลดการสูญเสียสับเตรทเนื่องจากการสร้างแผ่นฝ้าใหม่ของเชื้อเรียกการหมักวิธีนี้ว่า Orleans process โดยใช้ถังไม้ขนาด 50-100 แกลลอน วางในแนวนอนปล่อยให้มีช่องอากาศปริมาตรน้อยๆ อยู่ส่วนบน และใช้ผ้าขาวบางปิดไม่ให้แมลงเข้าได้แต่อากาศสามารถผ่านได้ดีสำหรับเติมไวน์ลงสู่ถังหมักเพื่อไม่ให้รบกวนแผ่นฝ้า ส่วนถังบรรจุหัวเชื้อจะใส่หัวเชื้อไว้หนึ่งในสามส่วนของถังหมักแล้วเติมสารละลายหรือไวน์ลงไป เมื่อการหมักดำเนินไปจนได้ปริมาณกรดตามต้องการแล้ว จึงดูดน้ำส้มสายชูออกสองในสามส่วน แล้วเติมสารละลายแอลกอฮอล์ใหม่ลงไปอีก ถังหมักนี้จะต้องทำความสะอาดทุก 6-8 ปี (Greenshlieds, 1978) การผลิตน้ำส้มสายชูหมักแบบช้าถือว่าให้ผลผลิตที่ดี มีคุณภาพที่สุดแต่ก็ไม่เป็นที่นิยมเนื่องจากระบบนี้ไม่มีระบบให้อากาศ ต้องใช้เวลานานหลายเดือนจึงจะเกิดน้ำส้มสายชูหมักที่มีกลิ่นและรสดี การหมักเป็นเวลานานจะทำให้สูญเสียแอลกอฮอล์เป็นจำนวนมาก เนื่องจากการระเหยและการเกิดปฏิกิริยา Over oxidation ต่อมาในประเทศญี่ปุ่นมีการผลิตน้ำส้มสายชูหมักโดยใช้วิธีหมักแบบต่อเนื่อง (Continuous) โดยให้สารละลายแอลกอฮอล์ไหลลงถาดตื้นๆ ที่ละถาดที่วางเรียงกันในอัตราส่วนคงที่ โดยให้รบกวนแผ่นฝ้าน้อยที่สุด พบว่ามีการผลิตกรดน้ำส้มสูงขึ้นกว่าวิธีแบบเร็ว (quick process) แต่ต่ำกว่าวิธีแบบซับเมอร์ช (submerged process) การผลิตน้ำส้มสายชูหมักแบบช้า หรือการให้เชื้อเจริญที่ผิวหน้านี้จะใช้เวลาในการผลิตนานกว่าในวิธีอื่นๆถังหมักแบบ Orleans process 1 ถัง จะผลิตน้ำส้มสายชูหมักได้เพียงครึ่งถังต่อเดือนแต่เป็นวิธีที่ง่ายและใช้วัสดุอุปกรณ์ราคาถูกไม่ต้องมีระบบหล่อเย็น (cooling system) เพราะกระบวนการเกิดกรดช้า ใช้พลังงานน้อยแต่ต้องใช้พื้นที่และแรงงานมาก ดังนั้นในประเทศที่กำลังพัฒนาที่มีค่าแรงและราคาที่ดินต่ำจึงยังคงใช้วิธีนี้อยู่

2. วิธีการผลิตน้ำส้มสายชูหมักแบบเร็ว (quick process) วิธีการผลิตน้ำส้มสายชูหมักแบบเร็ว มีอัตราการเกิดกรดสูงกว่าวิธีผลิตน้ำส้มสายชูหมักแบบช้า เนื่องจากปรับปรุงให้มีพื้นที่ผิวของแผ่นฝ้าเชื้อน้ำส้มสายชูมากขึ้นมีการปรับปรุงระบบการให้อากาศ โดยใช้ถังหมักที่เรียกว่าเจนเนอเรเตอร์ (generator) ภายในบรรจุวัสดุตัวกลาง (packing) เพื่อใช้เป็นที่เกาะของเชื้อ ซึ่งมักใช้เป็นพวกเซลลูโลส (cellulose) เช่น เปลือกไม้ ก้านองุ่น หวาย ซังข้าวโพด ชาน อ้อย ถ่านไม้ กระเบื้อง และพลาสติก เป็นต้น โดยทำความสะอาดวัสดุตัวกลางให้สะอาดโดยล้างด้วยน้ำส้มสายชูที่ยังไม่ผ่านการฆ่าเชื้อเพื่อให้มีเชื้อน้ำส้มสายชูเกาะกับวัสดุตัวกลาง โดยระหว่างการหมักค่อยๆ ให้สารละลายแอลกอฮอล์ไหลผ่านวัสดุตัวกลางอย่างช้าๆ จากส่วนบนของถังลงสู่ก้นถัง พร้อมกับพ่นอากาศจากส่วนล่างขึ้นไปเชื้อน้ำส้มสายชูจะเจริญอย่างรวดเร็วแล้วจะออกซิ

ไดส์แอลกอฮอล์เป็นกรดน้ำส้มแล้วกรดน้ำส้มจะไหลลงมาในภาชนะที่รองรับ ต่อมามีการปรับปรุงวิธีการผลิตให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น คือ การนำกรดน้ำส้มสายชูที่ยังเกิดกรดไม่สมบูรณ์กลับมาผ่านถังหมักอีกครั้ง มีการใช้เครื่องพ่นสารละลายแอลกอฮอล์เพื่อให้มีการกระจายดีขึ้นและมีการควบคุมอุณหภูมิและการให้อากาศภายในถังหมัก ถังหมักที่นิยมใช้เป็นของบริษัท Frings ประเทศเยอรมัน เรียกถังหมักนี้ว่า Frings generator ซึ่งเป็นการหมักแบบกึ่งต่อเนื่อง การใช้เจนเนอเรเตอร์ผลิตน้ำส้มสายชูหมักเมื่อเชื้อน้ำส้มสายชูสร้างเซลลูโลส เช่น เชื้อแบคทีเรีย *A. xylinum* จึงทำให้เกิดการอุดตันของวัสดุตัวกลาง ฉะนั้นเมื่อใช้เจนเนอเตอร์ไปช่วงเวลาหนึ่งจะต้องทำการเปลี่ยนตัวกลางใหม่แต่การผลิตน้ำส้มสายชูกลั่นนั้นใช้วัตถุดิบที่มีสารอาหารน้อยเชื้อน้ำส้มสายชูจะเจริญเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ทำให้สามารถใช้วัตถุตัวกลางหนึ่งๆ ได้นานหลายปี ส่วนสารละลายแอลกอฮอล์ที่มีสารอาหารมากอาจทำให้เชื้อเจริญช้าลงโดยการหมักที่อุณหภูมิสูงหรือใช้สารละลายแอลกอฮอล์ที่มีค่า GK [Gesammte Pkonzentration = ผลรวมความเข้มข้นของเอทานอล (ร้อยละโดยปริมาตร) และกรดน้ำส้ม (ร้อยละน้ำหนักต่อปริมาตร)] สูง การผลิตน้ำส้มสายชูหมักแบบเร็วมักใช้ระบบกึ่งต่อเนื่องจึงต้องเติมเอทานอลปริมาณเล็กน้อยในน้ำส้มสายชูหมักที่ได้เพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยา overoxidation ที่เกิดจากเชื้อน้ำส้มสายชูออกซิไดส์กรดน้ำส้มเป็นน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์ทำให้สูญเสียกรดน้ำส้มไป และการมีปริมาณเอทานอลเล็กน้อยยังทำให้กลิ่นน้ำส้มดีขึ้นด้วย เนื่องจากเอทานอลร้อยละ 4 จะมีประสิทธิภาพในการผลิตกรดถึงร้อยละ 85-95 เมื่อหมักเป็นเวลา 4-8 วัน น้ำส้มสายชูหมักที่ได้จากการผลิตแบบเร็วจะมีคุณภาพดีและใสเนื่องจากระบบเสมือนมีระบบการกรองอยู่ในตัว

3. การผลิตน้ำส้มสายชูหมักแบบซับเมอร์ช (submerged culture) การผลิตน้ำส้มสายชูหมักแบบซับเมอร์ชไม่ต้องใช้ตัวกลางเพื่อให้เชื้อน้ำส้มสายชูเกาะ แต่เชื้อจะแขวนลอยอยู่ในสารละลายแอลกอฮอล์โดยตรง มีการให้อากาศกระจายไปทั่วถังหมัก การหมักวิธีนี้จึงจำเป็นต้องมีระบบการให้อากาศที่มีประสิทธิภาพดีและสม่ำเสมอ

ขั้นตอนการทำน้ำส้มสายชูหมัก

น้ำส้มสายชูที่ได้จากกระบวนการหมัก เมล็ดธัญพืช เช่น ข้าว ข้าวโพด ผลไม้ หรือ กากน้ำตาล จะใสไม่มีตะกอนยกเว้นตะกอนที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ มีกลิ่นหอมตามกลิ่นของวัตถุดิบ มีรสชาติดี มีรสหวานของน้ำตาลที่ตกค้าง มีกลิ่นของวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการหมัก ความเข้มข้นขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณน้ำตาลของวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการหมัก และมีปริมาณกรดน้ำส้ม (acetic acid) ไม่น้อยกว่า 4 เปอร์เซ็นต์ การผลิตน้ำส้มสายชูหมักเป็นการหมักสองขั้นตอน คือ การหมักน้ำตาลให้เกิดเป็นแอลกอฮอล์โดยใช้ยีสต์ วัตถุดิบที่ใช้ในการหมักน้ำส้มสายชูที่มีน้ำตาล เช่น ผลไม้ สามารถเป็นอาหารของยีสต์ได้โดยตรง ส่วนวัตถุดิบที่เป็นแป้ง เช่น ข้าว จะต้องเปลี่ยนโมเลกุลของแป้งเป็นน้ำตาลแล้วจึงจะสามารถใช้เป็นอาหารของยีสต์ตามด้วยการหมักแอลกอฮอล์ให้เกิดกรดอะซิติกด้วยแบคทีเรียอะซิติกในกลุ่ม *Acetobacter* sp. ในภาวะที่มีออกซิเจน น้ำส้มสายชูหมักเป็นผลิตภัณฑ์อาหารหมักดองชนิดหนึ่งที่มีรสเปรี้ยวใช้เป็นเครื่องปรุงรส

อาหารใช้ในการปรุงแต่งอาหารได้จากการหมักวัตถุดิบประเภท ผลไม้ ธัญพืช กากน้ำตาล โดยผ่านกระบวนการหมัก 2 ขั้นตอน คือ

ขั้นตอนที่ 1.กระบวนการหมักแอลกอฮอล์ เป็นการหมักน้ำตาลไปเป็นแอลกอฮอล์และคาร์บอนไดออกไซด์ในสภาวะไม่ที่มีออกซิเจน อุณหภูมิที่เหมาะสมในการหมัก คือ อุณหภูมิ 24-30 องศาเซลเซียส (Adams, 1985) ปฏิกิริยามีดังสมการต่อไปนี้

$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2CH_3CH_2OH + 2CO_2$ สมการที่ 1

sugar ethanol carbondioxide

ขั้นตอนที่ 2. กระบวนการหมักน้ำส้มสายชู เป็นการหมักโดยใช้เชื้อแบคทีเรียอะวิติก (*Acetobacter* sp.) เปลี่ยนเอทานอลไปเป็นกรดอะซิติกในสภาวะที่มีออกซิเจน ปฏิกิริยามีดังสมการต่อไปนี้ (Conner and Alleqeier, 1976)

$CH_3CH_2OH + O_2 \longrightarrow CH_3CHO + H_2O$ สมการที่ 2

ethanol acetaldehyde

$CH_3CHO + H_2O \longrightarrow CH_3CH(OH)_2$ สมการที่ 3

acetaldehyde hydrate acetaldehyde

$CH_3CH(OH)_2 + O_2 \longrightarrow CH_3COOH + H_2O$ สมการที่ 4

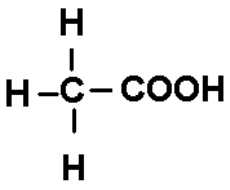
hydrate acetaldehyde acetic acid

อีกแนวทางหนึ่ง acetaldehyde 2 โมเลกุลจากสมการที่ 1 จะทำปฏิกิริยากันเองได้กรดอะซิติกและเอทานอล (ดังสมการที่ 5) เรียกปฏิกิริยานี้ว่า ปฏิกิริยาแคนิซซาโร (Cannizaro reaction) ส่วนเอทานอลที่เกิดขึ้นจะกลับเข้าสู่สมการที่ 1 อีกจนกระทั่งกลายเป็นกรดอะซิติกทั้งหมด ในทางทฤษฎีพบว่าเอทานอล 1 กรัม สามารถเปลี่ยนเป็นกรดอะซิติกได้ 1.31 กรัม (Adams, 1985)

$CH_3CHO + CH_3CHO \longrightarrow CH_3COOH + CH_3CH_2OH$ สมการที่ 5

Acetaldehyde acetic acid ethanol

กรดอะซิติก (Acetic acid) กรดอะซิติกหรือกรดน้ำส้มเป็นกรดอินทรีย์ (Organic acid) ประเภทกรดคาบอกซิลิก (carboxylic acid) มีสูตร CH_3COOH



กรดอะซิติก
Acetic Acid

น้ำส้มสายชูหมักนอกจากมีกรดอะซิติกเป็นองค์ประกอบหลักแล้วยังมีสารอื่นๆ ปนเปื้อนอยู่เล็กน้อย เช่น กรดมาลิก กรดแลคติก กรดซิตริก เอสเทอร์ แอลกอฮอล์ อัลดีไฮด์ และน้ำตาลรีดิวซ์ซึ่ง เป็นต้น ทำให้น้ำส้มสายชูมีรสเปรี้ยว จึงมีคุณสมบัติในการป้องกันการเน่าเสียของอาหาร และเป็นตัวทาละลายที่ดี โดยทั่วไปน้ำส้มสายชูที่ใช้ในการบริโภคจะมีปริมาณของกรดอะซิติกอยู่ประมาณร้อยละ 4-6 แต่ไม่เกินร้อยละ 12 และมีเอทานอลไม่มากกว่าร้อยละ 0.5 (น้ำหนักต่อปริมาตร) น้ำส้มสายชูหมักจัดเป็นน้ำส้มที่มีกลิ่นหอมและรสชาติดี มีสีต่างกันตามสีวัตถุดิบ กลิ่นหอมของน้ำส้มสายชูหมักเกิดจากสารบางชนิดในกระบวนการหมัก และกลิ่นรสจะดียิ่งขึ้นเมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลานาน (ดุษณี, 2537)

จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมัก

ลักษณะทั่วไปของแบคทีเรียอะซิติก (Acetic Acid Bacteria)

แบคทีเรียอะซิติกเป็นแบคทีเรียแกรมลบอาจพบเซลล์อยู่เดี่ยวๆ เป็นคู่ หรือเป็นสาย เจริญได้ในที่มีออกซิเจนเท่านั้น อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตที่อุณหภูมิ 25 – 30 องศาเซลเซียส พีเอช 5 – 6 พบในแหล่งที่มีน้ำตาล หรือเอทานอล ที่มีความเป็นกรดเล็กน้อย พบในน้ำหวานของดอกไม้ (Lisdiyanti และคณะ, 2001) ดอกไม้ ผลไม้ น้ำผึ้ง สาเก ไวน์ ไซเดอร์ (Holt et al., 1994) มีความสามารถในการออกซิไดซ์แอลกอฮอล์กลายเป็นกรดอะซิติกในสภาวะที่มีอากาศโดยใช้เอนไซม์ alcohol dehydrogenase และ aldehyde dehydrogenase ซึ่งเป็น membrane-bound enzyme (Sievers and Swings, 2005) แฟมิลี่ Acetobacteraceae ในปัจจุบันถูกจำแนกออกมากว่า 10 สกุล เช่น *Acetobacter, Gluconobacter, Kozakia, Asaia, Gluconacetobacter, Swaminathania, Saccharibacter, Tanticharoenia, Neoasaia, Ameyamaea, Acidomonas, Granulibacter* แม้ว่าแบคทีเรียอะซิติกจะมีอยู่หลายจีนัส แต่จีนัสที่มีความสำคัญ และพบได้มากที่สุด ได้แก่ *Acetobacter*, *Gluconobacter* และ *Gluconacetobacter* ซึ่งนิยมนำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น การผลิตน้ำส้มสายชูหมักหรือการผลิตกรดอะซิติก เป็นต้น

1 *Acetobacter*

แบคทีเรียอะซิติกสกุลนี้มีลักษณะทางสัณฐานวิทยาเป็นรูปไข่ แท่งตรง หรือโค้งเล็กน้อย เซลล์มีขนาดประมาณ 0.6-0.8 x 1.0-4.2 ไมโครเมตร การเรียงตัวของเซลล์เป็นเซลล์เดี่ยวๆ เป็นคู่ หรือสายโซ่ บางสายพันธุ์เคลื่อนที่ได้ โดยใช้แฟลกเจลลาที่มีอยู่บริเวณรอบๆเซลล์ แหล่งที่อยู่อาศัยของเชื้อสกุลนี้ ได้แก่ ดอกไม้ ผลไม้ต่างๆ น้ำผึ้ง น้ำส้มสายชู สาเก เป็นต้น มีระบบยูบิควิโนนเป็นชนิด Q-8 สามารถออกซิไดซ์แอลกอฮอล์แล้วได้คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำเป็นผลิตภัณฑ์สุดท้าย ดังนั้นจึงได้ชื่อว่า “overoxidation” สามารถออกซิไดซ์อะซิเตทและแลคเตทได้อย่างสมบูรณ์ แบคทีเรียอะซิติกสกุลนี้ส่วนใหญ่ไม่สร้างเม็ดสี ไม่สร้างสปอร์ สร้างเอนไซม์คะตะเลสแต่ไม่สร้างเอนไซม์ออกซิเดส ชอบความเป็นกรด พบว่าเจริญได้ที่พีเอช 4.0-4.5 แต่เจริญได้ดีที่พีเอช 5.4 – 6.3 (De Ley และคณะ, 1984) และเจริญได้เล็กน้อยที่พีเอช 7.0-8.0 เชื้อในสกุลนี้มีอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญแตกต่างกันตามสายพันธุ์ แต่ส่วนมากเจริญได้ในที่อุณหภูมิระหว่าง 5-42 องศาเซลเซียส แต่เจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ต้องการแหล่งคาร์บอน วิตามินบางชนิด บางสายพันธุ์ต้องการกรดอะมิโนไนอะซิน เพื่อเป็นสารที่ช่วยในการเจริญเติบโตของเชื้อ แหล่งคาร์บอนที่ใช้ได้แก่ เอทานอล กลีเซอรอล แลคเตท กลูโคส แมนนิทอล ซอร์บิทอล อินโนซิทอล อะราบิโนส ซูโครส เป็นต้น

2 *Gluconacetobacter*

เป็นจีนัสที่อยู่ระหว่างจีนัส *Acetobacter* กับ *Gluconobacter* สามารถออกซิไดซ์อะซิเตทและแลคเตทได้สมบูรณ์ได้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของอะซิเตทในอาหาร มีระบบยูบิควิโนนชนิด Q-10 เป็นองค์ประกอบหลักภายในเซลล์ เซลล์มีรูปร่างกลมรีจนถึงแท่ง ขนาด 0.6-1.2 x 1.0-3.0 ไมโครเมตร เคลื่อนที่ไม่ได้หรือบางพวกสามารถเคลื่อนที่ได้ด้วยแฟลกเจลลาชนิด peritrichous เจริญได้ดีที่พีเอช 2.5-6.0 เชื้อกลุ่มนี้สามารถผลิตกรดจากเอทานอลได้ เจริญได้ในอาหารที่มีความเข้มข้น 0.35 เปอร์เซ็นต์ของกรดอะซิติก สามารถผลิตกรดจากเอทานอลและกลีเซอรอลได้ *Gluconacetobacter* sp. พบในน้ำส้มสายชูหมัก อ้อย ดอกไม้ ผลไม้ และเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการเน่าเสียในเครื่องดื่มและเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ แบคทีเรียสกุล *Gluconacetobacter* แบ่งออกเป็น 12 สายพันธุ์ คือ *G. xylinus, G. hansenii, G. liquefaciens, G. diazotrophicus, G. azotocaptans, G. entanii, G. intermedius, G. johannae, G. oboetiens, G. persimmonensis, G. sacchari* และ *G. eyropaeus* (De Ley et al., 1984, Yamada และคณะ, 1997)

องค์ประกอบของน้ำส้มสายชูหมัก

น้ำส้มสายชูหมักนอกจากจะมีกรดอะซิติกเป็นส่วนประกอบหลักแล้ว ยังมีสารอื่นๆ ปนเปื้อนอยู่เล็กน้อย เช่น กรดมาลิก กรดแลกติก กรดซิตริก เอสเทอร์ แอลกอฮอล์ อัลดีไฮด์ กลีเซอรอล ฟอสเฟต และน้ำตาลรีดิวซ์ เป็นต้น (วันชัย, 2532) องค์ประกอบของน้ำส้มสายชูที่ได้จากกระบวนการหมัก ได้แก่ น้ำ กรดอะซิติก และสารอื่นๆ อีกเล็กน้อย ซึ่งกรดที่ได้จะทำให้น้ำส้มสายชูหมักมีรสเปรี้ยวจึงมีคุณสมบัติในการป้องกันการเน่าเสียของอาหารและเป็นตัวทำละลายที่ดี พระราชบัญญัติควบคุมคุณภาพอาหารกำหนดว่าน้ำส้มสายชูหมัก และน้ำส้มสายชูกลั่นต้องมีความเข้มข้นของกรดอะซิติกไม่น้อยกว่า 4 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตรส่วนสารอื่นๆ ที่มีปริมาณเพียงเล็กน้อยนั้นจะมีความสำคัญในด้านกลิ่นรส ทำให้น้ำส้มสายชูหมักและน้ำส้มสายชูกลั่นมีกลิ่นที่ดีกว่าน้ำส้มสายชูเทียมซึ่งจะขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการหมัก หรืออาจเป็นสารที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการหมัก เช่น การทำปฏิกิริยาระหว่างเอทานอลกับกรดอะซิติก เกิดเป็นเอทิลอะซิเตท ซึ่งเป็นสารที่ให้กลิ่นรสชนิดหนึ่งในการหมักน้ำส้มสายชู ในกระบวนการหมักน้ำส้มสายชูตามธรรมชาติจะพบสารระเหย 4 ชนิด คือ อะซิตัลดีไฮด์ อะซิตัล เอทิลอะซิเตท และเอทานอล ส่วนในน้ำส้มสายชูกลั่นจะพบสารระเหยอยู่ 3 ชนิด คือ คาร์บอนิล แอลกอฮอล์ และเอสเตอร์ (อังศนา, 2537)

ประโยชน์ของน้ำส้มสายชูหมัก

น้ำส้มสายชูหมักช่วยลดระดับน้ำตาล (Kondo และคณะ, 2001) ได้ถึง 30-70 เปอร์เซ็นต์หลังการรับประทานอาหารจะช่วยรักษาโรคเบาหวาน เนื่องจากในร่างกายมีฮอร์โมนอินซูลินที่ผลิตจากตับอ่อนทำหน้าที่นำน้ำตาลกลูโคสในกระแสเลือดเข้าสู่เนื้อเยื่อต่างๆ ของร่างกายเพื่อเผาพลาญเป็นพลังงานในการดำเนินชีวิต ดังนั้นถ้าร่างกายขาดฮอร์โมนอินซูลินหรือทำงานได้ไม่มีประสิทธิภาพแล้วร่างกายจะไม่สามารถนำน้ำตาลมาใช้ประโยชน์ได้ และจะทำให้น้ำตาลในเลือดสูงจนเป็นโรคเบาหวานในที่สุด การดื่มน้ำส้มสายชูหมักก่อนนอนจะช่วยลดระดับน้ำตาลในขณะที่ร่างกายหลับอยู่เพราะร่างกายได้ผลิตอินซูลินเพิ่มขึ้น น้ำส้มสายชูหมักช่วยขจัดความอ่อนเพลียของร่างกายโดยอาหารที่รับประทานเข้าไปจะถูกย่อยเพื่อเปลี่ยนแป้งเป็นกลูโคส เปลี่ยนโปรตีนเป็นกรดอะมิโน เปลี่ยนไขมันเป็นกลีเซอรรอลและกรดไขมัน อาหารต่าง ๆ เหล่านี้ก็จะถูกเผาผลาญและเปลี่ยนไปเป็น ATP (Adenocine triphosphate) ซึ่งให้พลังงานออกมาในรูปความร้อน บางส่วนก็นำไปซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอของร่างกายหากร่างกายเกิดกระบวนการย่อยอาหารได้ไม่สมบูรณ์หรือทำงานได้ไม่มีประสิทธิภาพจะทำให้เกิดกรดแลคติกสะสมในกล้ามเนื้อทำให้เกิดความเจ็บปวดและเมื่อยล้า หากกรดแลคติกสะสมในกล้ามเนื้อประมาณ 0.24 - 0.40 เปอร์เซ็นต์ของของเหลวในร่างกายจะทำให้รู้สึกอ่อนเพลีย การตอบสนองของร่างกายจะช้าลง หากปล่อยให้มีการสะสมของกรดแลคติกมากขึ้น จะทำให้เกิดการเกร็ง ประสาทชา หรืออัมพาตได้ หรืออาจปวดต้นคอหรือไหล่ การหลั่งแอนดีนาลีน (Andrenaline) จากอาการโมโห กังวล หรือเมื่อร่างกายของเราต้องการใช้คลอเลสเตอรอลเป็นพาหะ

เคลื่อนย้ายฮอร์โมนบ่อยเกินไปจะทำให้ผนังหลอดเลือดแข็งตัว ซึ่งการดื่มน้ำส้มสายชูหมักเป็นประจำจะทำให้ปริมาณคลอเลสเตอรอลลดลง (Entani และคณะ, 1998) โดยกระบวนการเปลี่ยนแปลงไปเป็นกรดต่างๆ และเข้าสู่วัฏจักรซิตริก (Citric cycle) จะทำให้ประสิทธิภาพของตับสูงขึ้น น้ำส้มสายชูหมักมีฤทธิ์เป็นกรดช่วยในการดูดซึมแคลเซียม (Ndoye และคณะ,2007) ผู้สูงอายุจะมีประสิทธิภาพในการดูดซึมแคลเซียมลดลง เนื่องจากน้ำย่อยซึ่งมีฤทธิ์เป็นกรดมีความจำเป็นต่อแคลเซียมลดลงและตับอ่อนหลั่งโซเดียมไบคาร์บอเนตไปที่ลำไส้เล็กส่วนต้นและตอนบนซึ่งมีฤทธิ์เป็นด่างทำให้แคลเซียมจับตัวกันเป็นโมเลกุลที่ใหญ่ขึ้นทำให้ไม่สามารถแทรกซึมผ่านผนังลำไส้เล็กดูดซึมเข้าสู่ร่างกายได้ น้ำส้มสายชูหมักมีสารที่ช่วยในการฆ่าเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรา สามรถช่วยในการรักษาเชื้อราที่เท้าด้วยการแช่เท้าในน้ำส้มสายชูหมักวันละครั้ง จะปรับระดับ pH ของผิวทำให้เชื้อราไม่สามารถเจริญเติบโตได้และช่วยฆ่าเชื้อแบคทีเรียที่มีอยู่ได้ด้วย น้ำส้มสายชูหมักช่วยบรรเทาอาการปวดตามน่องขา หรือกล้ามเนื้อ อาการปวดกล้ามเนื้อมักจะเกิดจากระดับโพแทสเซียมในร่างกายต่ำ เมื่อผู้ที่มีอาการปวดกล้ามเนื้อทานน้ำส้มสายชูหมักหนึ่งช้อนชาน้ำส้มสายชูหมักสามารถช่วยเพิ่มระดับโพแทสเซียมได้อย่างรวดเร็วและช่วยบรรเทาปวดอาการปวดกล้ามเนื้อได้ น้ำส้มสายชูหมักสามารถช่วยรักษาพิษจากแมงกะพรุนโดยใช้น้ำส้มสายชูหมักแช่และราดลงบริเวณที่ถูกพิษแมงกะพรุนเป็นเวลา 15–30 นาที่เพื่อสลายพิษ โดยน้ำส้มสายชูหมักจะมีฤทธิ์ไปทำลายเซลล์พิษที่มีชื่อเรียกว่า nematocysts ได้ น้ำส้มสายชูหมักบัลซามิคมีสารแอนติออกซิแดนท์ช่วยซ่อมแซมส่วนที่ถูกทำลายจากอนุมูลอิสระที่สร้างมาจากออกซิเจนในร่างกาย น้ำส้มสายชูหมักบัลซามิคมีองค์ประกอบของโพลีฟีนอลซึ่งสารแอนติออกซิแดนท์นี้สามารถป้องกันโรคหัวใจและมะเร็งได้ โดยอุ่นที่ใช้ผลิตน้ำส้มสายชูหมักบัลซามิคมีองค์ประกอบของสารแอนติออกซิแดนท์ใช้ต่อสู้กับความเสียหายของเซลล์ ช่วยปรับปรุงระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายและทำให้เม็ดเลือดมีความยืดหยุ่นมากขึ้นซึ่งช่วยป้องกันปัญหาเกี่ยวกับหัวใจหรือระบบไหลเวียนเลือด และเสริมภูมิต้านทาน (Armentia และคณะ, 2010)

พระราชบัญญัติควบคุมคุณภาพอาหาร (สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม, 2547) แบ่งน้ำส้มสายชูเป็น 3 ประเภท ตามวิธีการผลิต ได้แก่

1. น้ำส้มสายชูหมัก คือ น้ำส้มสายชูที่ได้จากกระบวนการหมัก เมล็ดธัญพืช ผลไม้ และ กากน้ำตาล วัตถุดิบที่มีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบ เช่น ผลไม้ จะถูกใช้เป็นอาหารของยีสต์ได้โดยตรง ส่วนวัตถุดิบที่มีแป้ง เช่น ข้าว จะต้องเปลี่ยนเป็นโมเลกุลของน้ำตาลแล้วจึงจะถูกใช้เป็นอาหารของยีสต์ การผลิตน้ำส้มสายชูหมักเป็นกระบวนการหมัก 2 ขั้นตอน คือ กระบวนการหมักน้ำตาลให้เกิดเป็นแอลกอฮอล์โดยใช้ยีสต์ตามด้วยกระบวนการหมักแอลกอฮอล์ให้เกิดเป็นกรดอะซิกติกด้วยแบคทีเรียอะซอติกในกลุ่ม *Acetobacter* sp. ในสภาวะที่มีออกซิเจน น้ำส้มสายชูหมักจะมีสีใสไม่มีตะกอน ยกเว้นตะกอนที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ มีกลิ่นหอมตามกลิ่นของวัตถุดิบ มีรสชาติดี มีรสหวานของน้ำตาลที่ตกค้าง มีกลิ่นของวัตถุดิบที่ใช้ในการหมัก

ความเข้มข้นขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณน้ำตาลของวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการการหมัก และมีปริมาณกรดน้ำส้ม (acetic acid) ไม่น้อยกว่า 4 เปอร์เซ็นต์

2. น้ำส้มสายชูกลั่น เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำเอทธิลแอลกอฮอล์กลั่นเจือจางมาหมักด้วยแบคทีเรียอะซิติกในกลุ่ม *Acetobacter* sp. ให้ได้กรดอะซิติก แล้วจึงนำไปกลั่นหรือได้จากการนำน้ำส้มสายชูหมักมากลั่น น้ำส้มสายชูกลั่นจะต้องมีลักษณะใส ไม่มีตะกอน และมีปริมาณกรดน้ำส้มไม่น้อยกว่า 4 เปอร์เซ็นต์

3. น้ำส้มสายชูเทียม เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำเอากรดอะซิติก (กรดน้ำส้ม) ซึ่งสังเคราะห์ขึ้นโดยกระบวนการทางเคมี เป็นกรดอินทรีย์มีฤทธิ์เป็นกรดอ่อนมีความเข้มข้นประมาณ 95 เปอร์เซ็นต์มาเจือจางจนได้ปริมาณกรด 4 – 7 เปอร์เซ็นต์ ลักษณะใส ไม่มีสี กรดน้ำส้มที่นำมาเจือจางจะต้องมีความบริสุทธิ์สูงเหมาะสมที่จะนำมาเป็นอาหารได้ และน้ำที่ใช้เจือจางต้องเหมาะสมที่จะใช้ดื่มได้

ข้อกำหนดมาตรฐานน้ำส้มสายชูหมัก (สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม, 2547)

ข้อกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำส้มสายชูหมัก, มผช. 326

1. ลักษณะทั่วไป ต้องเป็นของเหลวใสอาจตกตะกอนเมื่อวางทิ้งไว้
2. สี ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของน้ำส้มสายชูหมัก
3. กลิ่น ต้องมีกลิ่นของกรดอะซีติก และอาจมีกลิ่นของวัตถุดิบที่ใช้หมักอยู่ด้วยก็ได้
4. สิ่งแปลกปลอม ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น หนอนน้ำส้ม เส้นผม ขนสัตว์ ดิน ทราย กรวด ชิ้นส่วน หรือสิ่งปฏิกูลจากสัตว์
5. สารปนเปื้อน

5.1 สารหนูต้องไม่เกิน 1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

5.2 ตะกั่วต้องไม่เกิน 1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

5.3 ทองแดงต้องไม่เกิน 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

5.4 สังกะสีต้องไม่เกิน 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

5.5 เหล็กต้องไม่เกิน 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

6. วัตถุเจือปนอาหาร

6.1 ห้ามใช้สีสังเคราะห์ทุกชนิดหากมีการแต่งสีให้ใช้น้ำตาลเคี่ยวไหม้เท่านั้น

6.2 หากมีการใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ให้ใช้ได้ไม่เกิน 70 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

7. กรดอะซิติก ต้องไม่น้อยกว่า 4 กรัมต่อ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร
8. กรดกำมะถันหรือกรดแร่อิสระ ต้องไม่พบ
9. เมทานอล ต้องไม่เกิน 420 มิลลิกรัมต่อลิตร

ข้อกำหนดมาตรฐานน้ำส้มสายชูตามมาตรฐานอุตสาหกรรม (กระทรวงสาธารณสุข, 2543)

น้ำส้มสายชูหมักหรือน้ำส้มสายชูกลั่นต้องมีคุณภาพหรือมาตรฐานต่อไปนี้

1. มีกรดน้ำส้มไม่น้อยกว่า 4 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร ที่ 27 องศาเซลเซียส

2. ตรวจสอบสารปนเปื้อนได้ไม่เกินปริมาณที่กำหนด ดังต่อไปนี้

2.1 สารหนูไม่เกิน 1 มิลลิกรัมต่อน้ำส้มสายชู 1 กิโลกรัม

2.2 ตะกั่วไม่เกิน 1 มิลลิกรัมต่อน้ำส้มสายชู 1 กิโลกรัม

2.3 ทองแดงและสังกะสีไม่เกิน 10 มิลลิกรัมต่อน้ำส้มสายชู 1 กิโลกรัม

2.4 เหล็กไม่เกิน 10 มิลลิกรัมต่อน้ำส้มสายชู 1 กิโลกรัม

3. ไม่มีกรดกำมะถันหรือกรดแร่อิสระอย่างอื่น

4. ใสไม่มีตะกอน เว้นแต่น้ำส้มสายชูหมักตามธรรมชาติ

5. ไม่มีหนอนน้ำส้ม

6. ใช้น้ำสะอาดเป็นส่วนผสม

7. ให้ใช้วัตถุเจือปนอาหารได้ดังต่อไปนี้

7.1 ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ไม่เกินไม่เกิน 70 มิลลิกรัมต่อน้ำส้มสายชู 1 กิโลกรัม

7.2 กรดแอล-แอสคอร์บิกไม่เกิน 400 มิลลิกรัมต่อน้ำส้มสายชู 1 กิโลกรัม

8. มีแอลกอฮอล์ตกค้างได้ไม่เกินร้อยละ 0.5

9. การแต่งสีให้ใช้น้ำตาลเคี่ยวไหม้หรือสีคาราเมล

ผลงานวิจัยที่เคยทำมาก่อน หรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พวงพร โชติกไกร (2530) รายงานการผลิตน้ำส้มสายชูหมักเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมัก 2 ขั้นตอน คือ การเปลี่ยนน้ำตาลไปเป็นเอทิลแอลกอฮอล์ และการออกซิไดส์เอทิลแอลกอฮอล์ไปเป็นกรดอะซิติก ดังนั้นจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการหมักน้ำส้มสายชูจึงมี 2 ชนิด คือ ยีสต์และแบคทีเรียอะซิติก โดยยีสต์จะเป็นตัวเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์ในสภาพที่ไม่มีออกซิเจน ยีสต์ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ได้แก่ *Saccharomyces cerevisiae* ซึ่งผลิตแอลกอฮอล์ได้ในปริมาณสูง หลังจากนั้นแบคทีเรียอะซิติกจะเปลี่ยนแอลกอฮอล์ให้เป็นกรดอะซิติกในสภาพที่มีออกซิเจน ที่อุณหภูมิระหว่าง 15-34 องศาเซลเซียส โดยแบคทีเรียที่นิยมใช้ในการผลิตน้ำส้มสายชู คือ *Acetobacter* sp.

อรพิน (2526) กล่าวว่ายีสต์ที่ใช้ในการผลิตน้ำส้มสายชูนอกเหนือจาก *S. cerevisiae* แล้วยังอาจใช้ยีสต์ชนิดอื่นๆ เช่น ในการผลิต Wine vinegar จะเลือกใช้ยีสต์ *S. ellipsoideus* การผลิต mail vinegar จะใช้ยีสต์ *S. cerevisiae* ที่ได้จากการผลิตเบียร์และบางครั้งอาจมีการเติม *S. diastaticus* เพื่อช่วยเปลี่ยนคาร์โบไฮเดรตที่เชื้อ *S. cerevisiae* ใช้ไม่หมด นอกจากนี้ยังอาจใช้เชื้อ *S. carlsbergensis* ในการผลิต

รสสุคนธ์ และคณะ (2528) ศึกษาการใช้แบคทีเรีย *Acetobacter* sp. ใน Family Acetobacteriaceae ตามการจัดจำแนกเป็นแบคทีเรียแกรมลบทนกรดได้ดี ซึ่งในการผลิตน้ำส้มสายชูส่วนใหญ่จะใช้เชื้อ

Acetobacter sp. โดยจะเลือกใช้เฉพาะสายพันธุ์เชื้อที่ผลิตกรดอะซิติกสูงกว่า 4 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตรเท่านั้น และเรียกแบคทีเรียที่ใช้ในการผลิตน้ำส้มสายชูว่าเชื้อแบคทีเรียน้ำส้มสายชู

Gallo และคณะ (2006) รายงานว่าแหล่งคาร์บอนสำหรับการผลิตน้ำสายชูของแบคทีเรียกลุ่ม *Acetobacter* sp. ได้แก่ เอทธานอล กลีเซอรอล และ โซเดียมแลคเตส ส่วนแบคทีเรีย *Gluconobacter* จะเจริญได้ในแหล่งคาร์บอน ชนิด แมนนิทอล ซอลบิทอล กลีเซอรอล ฟรุตโตส และ กลูโคส

Trcek และคณะ (2000) พบว่าแบคทีเรียที่ผลิตกรดน้ำส้มที่มีความสามารถทนต่อปริมาณความเข้มข้นของน้ำส้มสูงที่มีค่าความเป็นกรด-เบส เท่ากับ 2.5-3.5 คือ *Acetobacter europaeus*

Ndoye และคณะ (2006) ศึกษาคุณสมบัติการทนร้อนของแบคทีเรียกลุ่ม *Acetobacter* สายพันธุ์ *CWBI-B418* และ *CWBI-B419* สามารถผลิตกรดน้ำส้มได้ในปริมาณสูง และทนอุณหภูมิได้สูงถึง 35 และ 38 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

Haruta และคณะ (2006) รายงานว่าชนิดของแบคทีเรียและราที่เจอในระหว่างการหมักน้ำส้มสายชูจากข้าวโดยวิธีดั้งเดิมโดยการหมักในโถเซรามิค ซึ่งไม่มีการเติมจุลินทรีย์เพิ่มเติมพบว่าในขั้นต้นการหมักพบเชื้อ *Aspergillus oryzae* และ *Saccharomyces cerevisiae* ส่วนในขั้นตอนถัดมาเริ่มมีการผลิตกรดน้ำส้ม พบแบคทีเรียสองกลุ่มคือกลุ่มสร้างกรดแลคติค และ กลุ่มกรดน้ำส้ม คือ *Lactobacillus actotolerance* และ *Acetobacter pasteurianus* จากการตรวจสอบด้วยวิธี Denaturing gradient gel electrophoresis (DGGE) กระบวนการผลิตน้ำส้มสายชู จะต้องมีออกซิเจนอยู่เพียงพอซึ่งปริมาณออกซิเจนจะลดลงไปเนื่องจากกระบวนการหายใจของเซลล์ ในการผลิตกรดแอซีติกและเอทานอลร้อยละ 5 จะมีผลทำให้เซลล์แบคทีเรียตายร้อยละ 34 ภายใน 2 นาที หลังจากมีการหยุดชะงักของการให้ออกซิเจนและที่ความเข้มข้นของกรดแอซิติกและเอทานอลร้อยละ 12 จะทำให้เซลล์ตายภายใน 10-12 นาที ดังนั้นระดับความเข้มข้นของกรดแอซิติกและเอทานอลจะต้องอยู่ในปริมาณที่เหมาะสมต่อการเจริญของ *Acetobacter* sp.

Ebner and Enenkel (1976) ได้ศึกษาการเพิ่มปริมาณออกซิเจนสำหรับการผลิตน้ำส้มสายชูหมักแบบซับเมอร์ช 2 วิธี คือวิธีแรกเป็นการเพิ่มปริมาณอากาศเพื่อพ่นลงในสารละลายแอลกอฮอล์ วิธีที่สอง คือ ลดขนาดฟองอากาศเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวของออกซิเจนในการซึมผ่านสู่สารละลาย พบว่าการลดขนาดฟองอากาศให้ผลดีกว่าการเพิ่มปริมาณอากาศเพราะการเพิ่มปริมาณอากาศจะทำให้มีการสูญเสียแอลกอฮอล์และกรดน้ำส้มมากขึ้น

บทที่ 3 : กรรมวิธีทดลอง (อุปกรณ์ และวิธีการ)

โครงการย่อยที่ 1 : การแปรรูปบ๊วยแช่อิ่มอบแห้ง และบ๊วยกวน

ผู้รับผิดชอบ: ดร.ปนิดา บรรจงสินศิริ

1. สถานที่ดำเนินการวิจัย

สถานที่ดำเนินการวิจัย	ปี
1. ห้องปฏิบัติการฝ่ายเทคโนโลยีอาหาร สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) 35 หมู่ 3 เทคโนธานี ตำบลคลองห้า อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120	2555 - 2556
2. สถานีวิจัยห้วยน้ำขุ่น (บ้านแม่สรวย หมู่ 16 ต.ท่าเรือ อ.แม่สรวย จ.เชียงราย) มูลนิธิโครงการหลวง จ.เชียงใหม่ (สถานที่ถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิต)	2555 – 2556

2. วัตถุดิบ และอุปกรณ์

1.) วัตถุดิบและสารเคมี

- วัตถุดิบบ๊วยจากสถานีวิจัยห้วยน้ำขุ่นและสถานีวิจัยอ่างขาง ขนาดเบอร์ M (เส้นผ่านศูนย์กลาง 2.2-2.9 เซนติเมตร) และเบอร์ L (เส้นผ่านศูนย์กลาง 2.9 เซนติเมตรขึ้นไป)
- สารเคมีที่ใช้ในการผลิต ได้แก่ แคลเซียมคลอไรด์ (Calcium Chloride,$CaCl_2$) (Food grade)
  กรดซิตริก (Citric acid,$C_6H_8O_7$) (Food grade) โปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ (KMS) (Food grade)
- น้ำตาลทราย ตรา มิตรผล
- น้ำส้มสายชูกลั่น ตรา คิวพี
- กัวกัม ตรา วีรสุ
- เพคติน บริษัท ซัมไรต์ จำกัด (Symrise)

2.) อุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการแปรรูป

- ถังพลาสติก
- หม้อสแตนเลส
- ตะกร้าพลาสติก
- ทัพพี
- มีด
- เทอร์โมมิเตอร์
- เตาแก๊ส
- ตู้อบลมร้อน
- กระทะทองเหลือง
- ถาด ขนาด 10x10 นิ้ว

3.) เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี และกายภาพ

- เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (Refractomer) ยี่ห้อ Atago รุ่น DR-A1
- เครื่องชั่งไฟฟ้า 2 ตำแหน่ง ยี่ห้อ ADAM รุ่น PGW 1502e
- เครื่องชั่งไฟฟ้า 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Sarorius รุ่น BP 300s
- วัดค่าสีด้วยระบบ CIE L* a* b* รุ่น ColorQuest XE, U.S.A.
- เครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ (Water activity) รุ่น Aqua Lab Series 4TE, U.S.A.
- เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-เบส (pH meter) ยี่ห้อ Metter Toledo รุ่น Seven easy, Switzerland
- ตู้อบลมร้อน (hot air dryer) (Eureka, Thailand)
- เครื่องปั่นผสมอาหาร (Tefal BL3101, China)
- อุปกรณ์ในการไทเทรตหาปริมาณกรดในรูปของกรดซิตริก
- อุปกรณ์ในการวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์

- เครื่องปั่นผสม (Homoginizer) (T25basic, IKA, Germany)

- บิวเรต (Burette) ขนาด 25 มิลลิลิตร

- ปิเปต (Pipette) ขนาด 1 และ 10 มิลลิลิตร

- ขวดรูปชมพู่ (Erlenmayer flask) ขนาด 100 มิลลิลิตร

- บีกเกอร์ ขนาด 50, 100 และ 250 มิลลิลิตร

- กระบอกตวง ขนาด 50 และ100 มิลลิลิตร

- ช้อนตักสาร (Spatula)

- แท่งแก้วคนสาร (Stirrer)

- กรวยกรอง และกระดาษกรอง (Whatman) เบอร์ 4

4.) อุปกรณ์ที่ใช้ในการประเมินทางด้านประสาทสัมผัส

- อุปกรณ์ในการประเมินทางด้านประสาทสัมผัส ได้แก่ แก้วน้ำพลาสติก ถาดโฟมสำหรับใส่ตัวอย่างอาหาร ช้อนส้อม และกระดาษทิชชู

- แบบทดสอบคะแนนความชอบทางด้านประสาทสัมผัส (ภาคผนวก ข.)

มูลนิธิโครงการหลวง ROYAL PROJECT FOUNDATION

3. วิธีการทดลอง

3.1 สุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่จำหน่ายในท้องตลาด มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีตามวิธีของ (AOAC, 2012) คุณค่าทางโภชนาการ สารตกค้าง (ชุดตรวจสอบของกรมวิชาการเกษตร) และการประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัส และทำการคัดเลือกผลิตภัณฑ์ต้นแบบจากผลิตภัณฑ์ที่จำหน่ายในท้องตลาด ได้แก่ บ๊วยเค็ม บ๊วยหวาน บ๊วยกวน

3.2 สุ่มตัวอย่างวัตถุดิบบ๊วยสดและบ๊วยดองเค็มของมูลนิธิโครงการหลวงมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีตามวิธีของ AOAC, 2012) คุณค่าทางโภชนาการ และคุณภาพทางเคมี ดังนี้

- ค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วยเครื่อง pH meter
- ปริมาณกรดทั้งหมด (AOAC, 2012)
- ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ด้วย Hand-Refractometer
- สารตกค้าง โดยชุดตรวจสอบของกรมวิชาการเกษตร
- ปริมาณร้อยละของเกลือ (AOAC, 2012)
- ค่าสี สำหรับผลบ๊วยสด ตามระบบ CIE L* a* b* (ColorQuest XE, U.S.A.)

3.3 ศึกษาวิธีการดองเค็มบ๊วยที่เหมาะสมเพื่อการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์จากบ๊วย

โดยการนำวัตถุดิบบ๊วยสดจากสถานีวิจัยห้วยน้ำขุ่นและสถานีวิจัยอ่างขาง แบ่งเป็น 4 ชุดการทดลอง ดังรูปที่ 3.1 ทำการสุ่มตัวอย่างแต่ละชุดการทดลองในสัปดาห์ที่ 2 4 6 8 10 12 14 16 และ 18 ของการดองเค็ม วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ดังนี้

- ค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ด้วยเครื่อง pH meter
- ปริมาณกรดในรูปของกรดซิตริก (AOAC , 2012)
- ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (TSS)
- ปริมาณร้อยละของเกลือ (AOAC, 2012)

ทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง

ROYAL PROJECT FOUNDATION

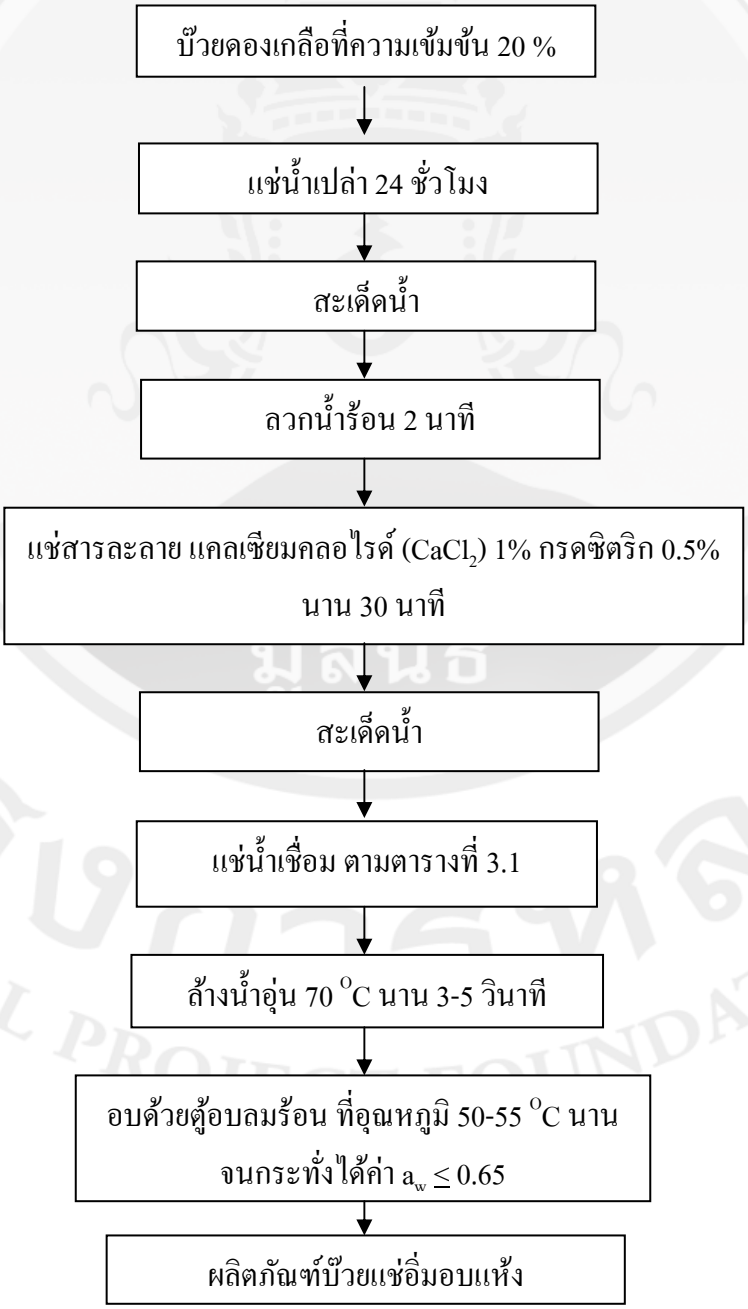
หมายเหตุ : *สูตรที่ S4 ดัดแปลงจากสถาบันวิจัยมูลนิธิโครงการหลวงห้วยน้ำขุ่น

รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดองบ๊วยเค็มเพื่อแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์จากบ๊วย

3.4 การพัฒนากรรมวิธีการแปรรูปผลิตภัณฑ์แปรรูปจากบ๊วย

3.4.1 พัฒนาระดับความเข้มข้นของน้ำเชื่อมที่เหมาะสมในการแปรรูปบ๊วยแช่อิ่มอบแห้ง

นำบ๊วยดองเกลือ 20 % จากสถานีวิจัยห้วยน้ำขุ่น พัฒนาผลิตภัณฑ์บ๊วยแช่อิ่มอบแห้งโดยมีขั้นตอนการแปรรูปตามรูปที่ 3.2 ซึ่งแต่ละสูตรมีระดับความเข้มข้นของน้ำเชื่อมและระยะเวลาในการแช่ที่แตกต่างกัน ดังตารางที่ 3.1 เพื่อได้ระดับความเข้มข้นของน้ำเชื่อมที่เหมาะสมในการแปรรูปบ๊วยแช่อิ่มอบแห้ง



รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์บ๊วยแช่อิ่มอบแห้ง

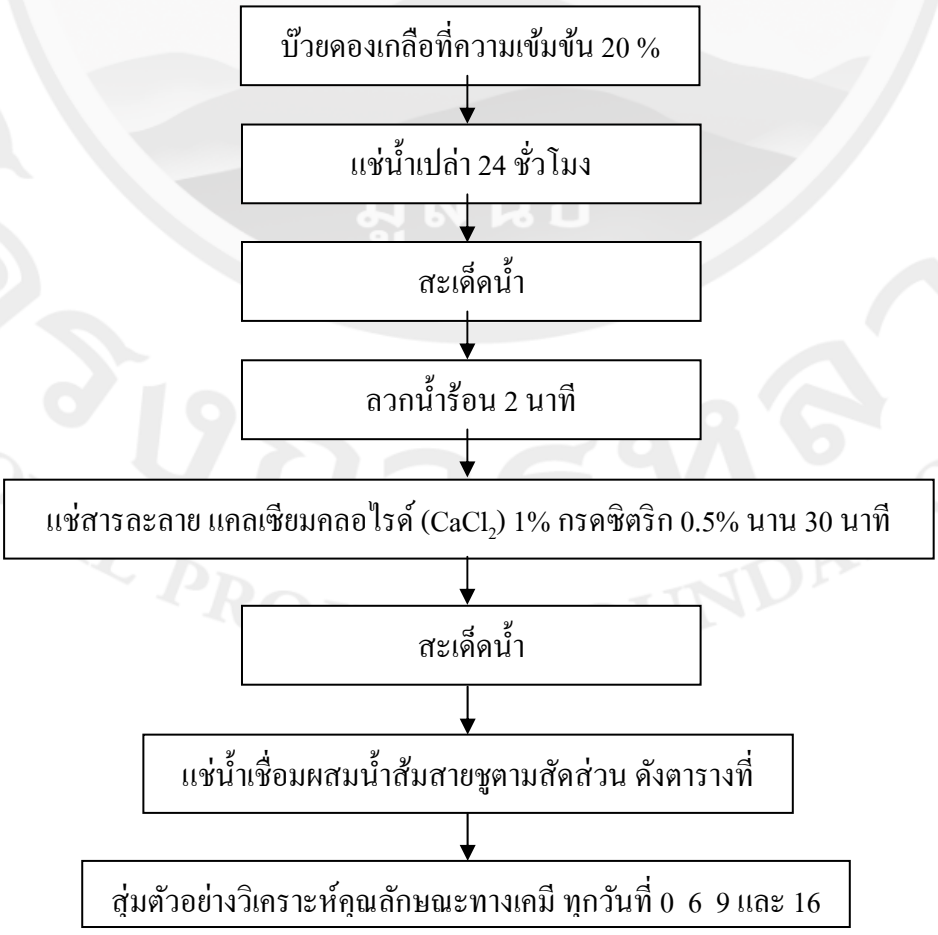
ตารางที่ 3.1 แสดงระดับความเข้มข้นของน้ำเชื่อมและเวลาที่ใช้ในการทดลอง 3 สูตร

สูตร	น้ำเชื่อมครั้งที่ 1	น้ำเชื่อมครั้งที่ 2	น้ำเชื่อมครั้งที่ 3	น้ำเชื่อมครั้งที่ 4
OS1	50 ^{o} Brix, 1 วัน	55 ^{o} Brix, 1 วัน	55 ^{o} Brix, 5 วัน	-
OS2	50 ^{o} Brix, 1 วัน	55 ^{o} Brix, 1 วัน	60 ^{o} Brix, 5 วัน	-
OS3	50 ^{o} Brix, 1 วัน	60 ^{o} Brix, 1 วัน	70 ^{o} Brix, 1 วัน	70 ^{o} Brix, 5 วัน

หมายเหตุ : - ไม่มีการแช่น้ำเชื่อม

3.4.2 ศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการปรับปรุงรสชาติบ๊วยโดยการแช่น้ำเชื่อมผสมน้ำส้มสายชูกลั่น

นำบ๊วยดองเกลือ 20 % จากสถานีวิจัยห้วยน้ำขุ่น โดยทำตามขั้นตอนตามรูปที่ 3.3 และตารางที่ 3.2 เพื่อเป็นการปรับปรุงรสชาติของบ๊วยให้มีความกลมกล่อม เนื่องจากในบ๊วยมีพบว่ายังรสขม จึงนำน้ำส้มสายชูกลั่นมาผสมในน้ำเชื่อมเพื่อช่วยลดความขมและช่วยให้บ๊วยมีรสชาติที่กลมกล่อมขึ้น โดยในการศึกษาขั้นตอนนี้เพื่อต้องการสัดส่วนที่เหมาะสมของน้ำ ต่อน้ำตาลทราย ต่อน้ำส้มสายชูกลั่น และระยะเวลาในการแช่



รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการปรับปรุงรสชาติของผลิตภัณฑ์บ๊วยแช่อิ่มอบแห้ง

ตารางที่ 3.2 แสดงสัดส่วนของน้ำเชื่อมผสมน้ำส้มสายชูกลั่น 3 สูตร

สูตร	น้ำ	น้ำตาลทราย	น้ำส้มสายชูกลั่น
WSC1	35	40	25
WSC2	10	45	45
WSC3	10	50	40

หมายเหตุ : นำน้ำและน้ำส้มสายชูกลั่น ตั้งไฟก่อน ได้อุณหภูมิประมาณ 70°C เติมน้ำตาลทรายคนให้ละลาย ได้เป็นน้ำเชื่อมผสมน้ำส้มสายชู

3.4.3 ศึกษาอายุการเก็บวัตถุดิบ สำหรับนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์บ๊วยแช่อิ่มอบแห้ง

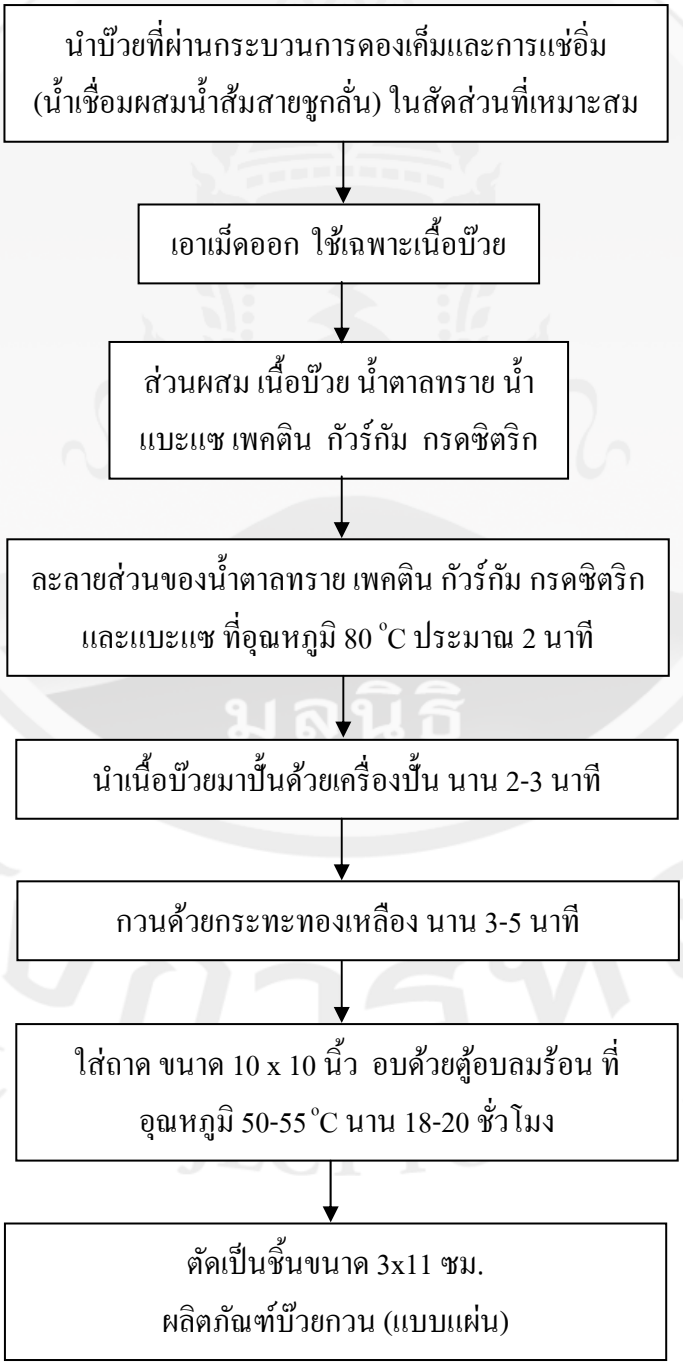
นำบ๊วยสดจากสถานีวิจัยห้วยน้ำขุ่นและสถานีวิจัยอ่างขาง ทำการดองเค็มตามสูตร S3 และ S4 ตามรูปที่ 3.1 และสุ่มตัวอย่างบ๊วยดองเค็มมาแปรรูปเป็นบ๊วยแช่อิ่มอบแห้งที่ 1, 2, 3 และ 4 เดือน โดยใช้กระบวนการแปรรูปที่คัดเลือกแล้วจากการศึกษาในหัวข้อที่ 3.4.1 และ 3.4.2

ประเมินคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์แปรรูปบ๊วยแช่อิ่มอบแห้งที่ได้จากการพัฒนา โดยการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีตามวิธีของ AOAC (2012) คุณค่าทางโภชนาการ ประเมินทางประสาทสัมผัส และคุณภาพทางเคมี ดังนี้

- ประเมินทางประสาทสัมผัส เพื่อคัดเลือกสูตรที่เหมาะสม โดยใช้แบบทดสอบวิธี 7-pointed hedonic scale (ภาคผนวก ค.)
- ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้าง (AOAC , 2012)
- ปริมาณความชื้น (AOAC , 2012)
- ปริมาณน้ำอิสระ (Water activity; a_w)
- ค่าความเป็นกรด-เบส ด้วยเครื่อง pH meter
- ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดซิตริก (AOAC, 2012)
- ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด
- ปริมาณร้อยละของเกลือ (AOAC, 2012)
- ค่าสี ด้วยเครื่องวัดสีตามระบบ CIE L* a* b*

3.4.4 การพัฒนาผลิตภัณฑ์บ๊วยกวน

นำบ๊วยสดจากสถานีวิจัยห้วยน้ำขุ่นและสถานีวิจัยอ่างขาง ที่ผ่านกระบวนการดองเค็มตามข้อ 3.3 แล้วนำไปผ่านกระบวนการแช่อิ่มในสัดส่วนที่เหมาะสมตามข้อ 3.4.2 จากนั้นนำบ๊วยที่ได้มาเป็นวัตถุดิบตั้งต้นในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เป็นบ๊วยกวนตามขั้นตอนรูป 3.4 และนำผลิตภัณฑ์ที่ได้วิเคราะห์คุณลักษณะทางเคมี ทางกายภาพ และประเมินทางประสาทสัมผัส



รูปที่ 3.4 ขั้นตอนการแปรรูปผลิตภัณฑ์บ๊วยกวน

ที่มา : ดัดแปลงจาก (อนุวัตร, 2549)

3.5 การวิเคราะห์ผล

แปรผลข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS โดยวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าคะแนนเฉลี่ยความชอบด้านต่างๆ ด้วยวิธี DMRT (Duncan's New Multiple's Range Test) และ T-test

มูลนิธิโครงการหลวง ROYAL PROJECT FOUNDATION

3.6 การถ่ายทอดเทคโนโลยีการแปรรูปผลิตภัณฑ์แปรรูปจากบ๊วย

ถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตผลิตภัณฑ์แปรรูปจากบ๊วย ณ สถานีวิจัยห้วยน้ำขุ่น มูลนิธิโครงการหลวง ระหว่างวันที่ 28-29 พฤษภาคม 2557 โดยมีกิจกรรมดังนี้

กำหนดการฝึกอบรม หลักสูตร : การแปรรูปผลิตภัณฑ์จากบ๊วย
(น้ำส้มสายชูหมัก บ๊วยแช่อิ่มอบแห้ง และบ๊วยกวน)
ณ สถานีวิจัยห้วยน้ำขุ่น มูลนิธิโครงการหลวง
ระหว่างวันที่ 28 – 29 พฤษภาคม 2557

วันที่ 28 พฤษภาคม 2557

8.00 - 8:30 น. ลงทะเบียน
โดย นักวิจัยและเจ้าหน้าที่จากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

8.30 - 10.00 น. บรรยายเรื่อง “การแปรรูปน้ำส้มสายชูหมักจากบ๊วย”
โดย ดร. สมพร มูลมั่งมี จากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

10.00 -12.00 น. สาธิตและฝึกปฏิบัติการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากบ๊วย พร้อมรับประทานอาหารว่าง
ตอบข้อซักถาม

12.00 –13.30 น. รับประทานอาหารกลางวัน

13.30 –14.30 น. บรรยายเรื่อง “หลักการผลิตผลไม้แช่อิ่มอบแห้ง”
โดย ดร.ปนิดา บรรจงสินศิริ จากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

14.30 – 14.45 น. รับประทานอาหารว่าง

14.45 – 15.15 น. บรรยายเรื่อง “กระบวนการผลิตบ๊วยแช่อิ่มอบแห้ง”
โดย ดร.ปนิดา บรรจงสินศิริและเจ้าหน้าที่จากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

15.15 – 17.00 น. สาธิตและฝึกปฏิบัติการผลิตบ๊วยแช่อิ่มอบแห้ง พร้อมรับประทานอาหารว่าง
โดย ดร.ปนิดา บรรจงสินศิริและเจ้าหน้าที่จากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

วันที่ 29 พฤษภาคม 2557

08:00 – 09.00 น. บรรยายเรื่อง “กระบวนการผลิตบ๊วยกวน”
โดย ดร.ปนิดา บรรจงสินศิริ จากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

09.00 – 11:30 น. สาธิตและฝึกปฏิบัติการผลิตบ๊วยกวน พร้อมรับประทานอาหารว่าง
โดย ดร.ปนิดา บรรจงสินศิริและเจ้าหน้าที่จากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

11.30 – 12:30 น. พักรับประทานอาหารกลางวัน

12:30 -14.00 น. ตอบข้อซักถาม
โดย ดร.ปนิดา บรรจงสินศิริและเจ้าหน้าที่จากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

.....

บทที่ 4 ผลการวิจัย

4.1 ผลการศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์บ๊วยแช่อิ่มอบแห้งที่วางจำหน่ายในท้องตลาด

จากการศึกษาข้อมูลคุณภาพทางเคมี ดังตารางที่ 4.1 (ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (TSS) ค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ปริมาณเกลือ ปริมาณกรดในรูปของกรดซิตริก (%Acidity) ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ปริมาณความชื้น และค่า a_w) ของผลิตภัณฑ์บ๊วยแช่อิ่มอบแห้งที่วางจำหน่ายในท้องตลาด ผลิตภัณฑ์บ๊วยแช่อิ่มอบแห้งจากผู้ประกอบการบ้านห้วยน้ำขุ่น อ.บ้านสำรวย จ.เชียงราย (ดังรูปที่ 4.1) พบว่า ผลิตภัณฑ์บ๊วยแช่อิ่มอบแห้งจากท้องตลาด มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมด 41.38 กรัมต่อ100 กรัมตัวอย่าง ปริมาณเกลือ (โซเดียมคลอไรด์) 8.86 กรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ส่วนคุณสมบัติทางเคมีมีค่าดังนี้ ปริมาณ TSS อยู่ในช่วง 39.96 -66.13 °Brix ค่าความเป็นกรด-เบส (pH) อยู่ในช่วง 2.41-2.66 ปริมาณเกลืออยู่ในช่วง 33.59-57.24 % ปริมาณกรดในรูปของกรดซิตริกอยู่ในช่วง 1.52-1.53% ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์อยู่ในช่วง 0.00-12.17 ppm ปริมาณความชื้นอยู่ในช่วง 30.952-48.99 % และค่า a_wอยู่ในช่วง 0.63-0.83 ส่วนผลิตภัณฑ์บ๊วยหวานอบแห้งที่วางจำหน่ายในท้องตลาด (ดังรูปที่ 4.2) คุณสมบัติทางเคมีดังนี้ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (TSS) อยู่ในช่วง 56.34 -69.55 ° Brix ค่าความเป็นกรด-เบส (pH) อยู่ในช่วง 2.24-3.07 ปริมาณเกลืออยู่ในช่วง 51.09-77.19 % ปริมาณกรดในรูปของกรดซิตริกอยู่ในช่วง 1.52-1.54% ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์อยู่ในช่วง 0.00-7.54 ppm ปริมาณความชื้นอยู่ในช่วง 26.99-37.44 % และค่า a_w อยู่ในช่วง 0.52-0.70 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผลไม้แห้ง (มผช. 136/2546) ที่กำหนดให้ผลิตภัณฑ์มีค่า a_w ได้ไม่เกิน 0.75 แต่เมื่อพิจารณาปริมาณเกลือของผลิตภัณฑ์ 1 และ 2 มีค่าต่ำกว่า (33.59-34.93%) ผลิตภัณฑ์ 3 ซึ่งมีความสัมพันธ์กับค่า a_w ที่สูงขึ้น (0.79-0.83) และในทางกลับกันกลุ่มผลิตภภัณฑ์บ๊วยหวานอบแห้ง (ผลิตภัณฑ์ 4-8) มีปริมาณเกลือที่สูง (51.09-77.19%) ส่งผลให้ค่า a_w ต่ำ (0.52-0.70)

จากการศึกษาข้อมูลทางโภชนาการ ดังตารางที่ 4.2 ค่าแซคคารีน ไซยาไนด์ แคลเซียม เหล็ก ตะกั่ว สารหนู และทองแดง ของผลิตภัณฑ์บ๊วยแช่อิ่มอบแห้งที่วางจำหน่ายในท้องตลาด ผลิตภัณฑ์บ๊วยแช่อิ่มอบแห้งจากผู้ประกอบการบ้านห้วยน้ำขุ่น อ.บ้านสำรวย จ.เชียงราย (ผลิตภัณฑ์ 1 และ 2) พบว่า ค่าสารให้ความหวานแซคคารีน ไซยาไนด์ แคลเซียม เหล็ก และทองแดง มีค่าอยู่ในช่วง 197.44-242.62 mg/g, 0.29-0.05 mg/kg, 8448.39-5194.37 mg/kg และ18.40-9.69 mg/kg ตามลำดับ ซึ่งสารให้ความหวานแซคคารีนในประเทศไทยไม่มีการระบุข้อกำหนด แต่ในยุโรปอนุญาตให้ใช้ได้ 80-100 มิลลิกรัม/ลิตร ส่วนสารปนเปื้อนตะกั่วและสารหนู พบน้อยกว่า 0.05 และน้อยกว่า 0.13 mg/kg ตามลำดับ ทั้ง 2 ตัวอย่าง เป็นไปตามมาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 98 พ.ศ.2529) ผลจากการวิเคราะห์ให้ปริมาณของสารที่ตรวจพบต่างกันเนื่องจากกระบวนการผลิตที่ต่างกัน

ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ค่าความเป็นกรด-เบส ปริมาณกรดในรูปของกรดซิตริก เกลือ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ความชื้น และค่า a_w ของผลิตภัณฑ์บ๊วยแช่อิ่ม อบแห้งและบ๊วยหวานอบแห้งที่วางจำหน่ายในท้องตลาด

ผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (^{o} Brix)	ค่าความเป็นกรด-เบส (pH)	ปริมาณกรดในรูปของกรดซิตริก (%)	ปริมาณเกลือ (%)	ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ppm)	ค่าความชื้น (%)	ค่า a_w
ผลิตภัณฑ์ 1*	39.69 ± 1.31	2.66 ± 0.03	1.52 ± 1.27	33.59 ± 0.72	0.00 ± 0.00	30.52 ± 3.00	0.83 ± 0.005
ผลิตภัณฑ์ 2*	39.71 ±3.86	2.41 ± 0.04	1.52 ± 2.88	34.93 ± 2.35	0.00 ± 0.00	48.99 ± 2.19	0.79 ± 0.005
ผลิตภัณฑ์ 3**	66.13 ± 0.47	2.42 ± 0.01	1.53 ±0.19	57.24 ±0.93	12.17 ± 1.48	33.95 ± 1.45	0.63 ±0.001
ผลิตภัณฑ์ 4***	57.90 ± 4.92	2.64 ± 0.01	1.53 ±0.32	52.82 ±1.68	1.58 ± 0.76	38.90 ± 1.43	0.70 ±0.001
ผลิตภัณฑ์ 5	69.04 ± 1.75	2.65 ± 0.04	1.52 ± 0.33	60.64 ± 1.87	0.00 ± 0.00	26.99 ± 1.33	0.60 ± 0.00
ผลิตภัณฑ์ 6	60.54 ±0.47	3.07 ± 0.001	1.52 ± 0.95	77.19 ± 1.85	6.49 ± 2.51	37.44 ± 1.27	0.52 ± 0.002
ผลิตภัณฑ์ 7	69.55 ± 2.11	2.44 ± 0.01	1.54 ± 0.18	60.08 ± 0.12	7.54 ± 0.11	30.68 ± 1.17	0.54 ± 0.001
ผลิตภัณฑ์ 8	56.34 ±2.79	2.24 ± 0.02	1.52 ± 1.06	51.09 ± 3.21	6.04 ± 3.34	37.04 ± 1.42	0.63 ± 0.002

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย ± S.D.

* ผลิตภัณฑ์ 1 และ 2 หมายถึง ผลิตภัณฑ์บ๊วยแช่อิ่มอบแห้งจากผู้ประกอบการบ้านห้วยน้ำขุ่น อ.บ้านสำรวย จ. เชียงราย

** ผลิตภัณฑ์ 3 หมายถึง ผลิตภัณฑ์บ๊วยแช่อิ่มอบแห้งที่จำหน่ายในท้องตลาด

***ผลิตภัณฑ์ 4 ถึง 8 หมายถึง ผลิตภัณฑ์บ๊วยหวานอบแห้งที่วางจำหน่ายในท้องตลาด

ตารางที่ 4.2 ปริมาณสารให้ความหวานแซคคารีน แคลเซียม สารปนเปื้อนของผลิตภัณฑ์ 1 และ 2

ผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง	แซคคารีน (mg/g)	ไซยาไนด์ (mg/kg)	แคลเซียม (mg/kg)	เหล็ก (mg/kg)	ตะกั่ว (mg/kg)	สารหนู (mg/kg)	ทองแดง (mg/kg)
ผลิตภัณฑ์ 1*	197.44	0.29	8448.39	18.40	< 0.50	< 0.13	1.87
ผลิตภัณฑ์ 2*	242.62	0.05	5194.37	9.69	< 0.50	< 0.13	2.13

หมายเหตุ: * ผลิตภัณฑ์ 1 และ 2 หมายถึง ผลิตภัณฑ์บ๊วยแช่อิ่มอบแห้งจากผู้ประกอบการบ้านห้วยน้ำขุ่น อ.บ้านสำรวย จ. เชียงราย

ข้อมูลทดสอบโดยห้องปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ ศูนย์ทดสอบและมาตรวิทยา สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.)

รูปที่ 4.1 ผลิตภัณฑ์บ๊วยแช่อิ่มอบแห้งจากผู้ประกอบการบ้านห้วยน้ำขุ่น อ.บ้านสำรวย จ.เชียงราย (ผลิตภัณฑ์ที่ 1 และ2) ผลิตภัณฑ์บ๊วยแช่อิ่มอบแห้งที่วางจำหน่ายในท้องตลาด (ผลิตภัณฑ์ที่ 3)

รูปที่ 4.2 ผลิตภัณฑ์บ๊วยหวานอบแห้งที่วางจำหน่ายในท้องตลาด

4.2 ผลการศึกษาคุณภาพของบ๊วยสดและบ๊วยดองเค็มจากมูลนิธิโครงการหลวง

จากการวิเคราะห์คุณสมบัติของบ๊วยสดสีเหลืองขนาด M (เส้นผ่านศูนย์กลาง 2.2-2.9 เซนติเมตร) และ L (เส้นผ่านศูนย์กลาง 2.9 เซนติเมตรขึ้นไป) (รูปที่ 4.3) และบ๊วยดองเค็มจากมูลนิธิโครงการหลวง (รูปที่ 4.4) มีคุณภาพทางเคมี ดังตารางที่ 4.3 พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ปริมาณเกลือ และปริมาณกรดในรูปของกรดซิตริก (% Acidity) มีค่าที่ใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 9.21-9.35 ^{o} Brix 2.62-2.64 9.64-10 % และ 6.43-6.52 % ตามลำดับ ส่วนบ๊วยดองเค็ม พบว่า มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (TSS) 34.97 $\pm$ 0.30 ^{o} Brix ค่าความเป็นกรด-เบส (pH) 2.20 $\pm$ 0.05 ปริมาณเกลือ 29.89 $\pm$ 0.00 % และปริมาณกรดในรูปของกรดซิตริก (% Acidity) 3.88 $\pm$ 0.04 % และผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลโภชนาการของบ๊วยสดสีเหลือง ตามตารางที่ 4.4 แสดงคุณค่าทางโภชนาการของบ๊วยสดจากสถานีวิจัยห้วยน้ำขุ่นและสถานีวิจัยอ่างขาง และมีค่าสารปนเปื้อนไซยาไนด์ 0.33 (mg/kg)

ตารางที่ 4.3 ค่าเฉลี่ยของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ค่าความเป็นกรด-เบส กรดในรูปของกรดซิตริก และเกลือของบ๊วยสดและบ๊วยดองเค็มจากมูลนิธิโครงการหลวง

ชนิดของวัตถุดิบ	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (^{o} Brix)	ค่าความเป็นกรด-เบส	ปริมาณกรดในรูปของกรดซิตริก (%)	ปริมาณเกลือ (%)
บ๊วยสด ขนาด M	9.35 $\pm$ 0.29	2.64 $\pm$ 0.02	6.52 $\pm$0.03	10.00 $\pm$0.84
บ๊วยสด ขนาด L	9.21 $\pm$ 1.36	2.62 $\pm$ 0.01	6.43$\pm$ 0.57	9.64 $\pm$ 0.77
บ๊วยดองเค็ม*	34.97 $\pm$ 0.30	2.20 $\pm$ 0.05	3.88 $\pm$ 0.04	29.89 $\pm$ 0.00

หมายเหตุ : บ๊วยสดขนาด M (เส้นผ่านศูนย์กลาง 2.2-2.9 เซนติเมตร)
บ๊วยสดขนาด L (เส้นผ่านศูนย์กลาง 2.9 เซนติเมตรขึ้นไป)
* บ๊วยดองเกลือ 30 % จากมูลนิธิโครงการหลวง (ผลิตเมื่อปี 2553)

ตารางที่ 4.4 คุณค่าทางโภชนาการของบ๊วยสดจากสถานีวิจัยห้วยน้ำขุ่นและสถานีวิจัยอ่างขาง

	บ๊วยสด
พลังงานทั้งหมด (kcal/100g)	37.74
ไขมัน (g/100g)	0.34
คาร์โบไฮเดรต (g/100g)	8.07
วิตามินเอ (µg/100g)	0.13
วิตามินซี (g/100g)	0.17
แคลเซียม (mg/kg)	207.21
เหล็ก (mg/kg)	5.34

หมายเหตุ: ข้อมูลทดสอบโดยห้องปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ ศูนย์ทดสอบและมาตรวิทยา สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.)

รูปที่ 4.3 บ๊วยสดจากมูลนิธิโครงการหลวง

รูปที่ 4.4 บ๊วยดองเค็มจากมูลนิธิโครงการหลวง

โครงการหลวง
ROYAL PROJECT FOUNDATION

4.3 ผลการศึกษาวิธีการดองเค็มบ๊วยที่เหมาะสมเพื่อการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์จากบ๊วย

กระบวนการดองเค็มบ๊วยเพื่อการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์จากบ๊วย ได้แก่ บ๊วยแช่อิ่มอบแห้ง และบ๊วยกวน (แบบแผ่น) โดยมีกระบวนการในการดองเค็ม (ดังรูปที่ 3.1) ทั้งหมด 4 สูตร เป็นเวลา 18 สัปดาห์ ระหว่างการดองเค็มวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ได้ผลดังตารางที่ 4.5 พบว่า หลังจากการดองเค็ม 2 สัปดาห์ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (TSS) สูตรที่ 4 สูงกว่าสูตรอื่นๆ ซึ่งมีค่าเป็น 23.060 ± 0.01° Brix เนื่องจากกรรมวิธีการดองของ S4 ไม่มีน้ำเป็นตัวทำละลาย ดังนั้นจึงทำให้การแพร่กระจายของน้ำในเนื้อบ๊วยสู่ภายนอกสูงกว่าสูตรอื่น ซึ่งเมื่อพิจารณาปริมาณเกลือของสูตร S1 S2 และ S4 พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ (6.50 ± 0.05, 6.43 ± 0.08 และ 6.47 ± 0.24% ตามลำดับ)

จากบ๊วยดองเค็มในสูตร S4 เป็นการดองด้วยเกลือเพียงอย่างเดียว (ไม่มีการละลายด้วยน้ำ) ทำให้เกิดกระบวนการออสโมซิส คือน้ำจากภายในบ๊วยจะแพร่ออกสู่ภายนอก ซึ่งมีความเข้มข้นเกลือสูง ส่งผลให้ลักษณะของบ๊วยมีลักษณะเหี่ยว (ดังรูปที่ 4.7) เมื่อดองเค็มเป็นเวลา 18 สัปดาห์ พบว่า สูตร S1 เกิดการเน่าเสียผลบ๊วยเกิดเชื้อราสีดำ (ตั้งแต่ 12 สัปดาห์) สูตร S2 ผลบ๊วยมีสีน้ำตาลเข้ม ดังรูปที่ 4.5 เนื้อสัมผัสนิ่มมาก ส่วนในสูตร S3 ลักษณะของผลบ๊วยนิ่มเล็กน้อย เนื่องจากมีการเติมแคลเซียมคลอไรด์ช่วยในเนื้อบ๊วยไม่นิ่มมากเกินไป และมีสีเหลืองถึงน้ำตาลอ่อน (ดังรูปที่ 4.6) ในสูตร S4 ลักษณะของผลบ๊วยเหี่ยว ผลบ๊วยที่อยู่ในชั้นล่างมีสีเหลืองส่วนผลที่อยู่ด้านบนเป็นสีน้ำตาลเข้ม (ดังรูปที่ 4.7)

จากกราฟรูปที่ 4.8 แสดงว่าความเป็นกรด-เบสของบ๊วยดองเค็มแต่ละสูตรในช่วงระยะเวลาการดอง 18 สัปดาห์ พบว่า มีค่าที่ไม่ต่างกัน อยู่ในช่วง 2.09 – 2.36 ส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (TSS) ของสูตร S2 และ S3 มีค่าใกล้เคียงกัน ดังรูปที่ 4.9 แต่สูตร S1 และ S4 จะมีค่า TSS ที่สูงกว่า (29.69 - 17.99 ° Brix) ซึ่งเป็นแนวทางเดียวกันกับปริมาณเกลือ ดังรูป 4.10 คือ สูตร S2 และ S3 มีค่าน้อยกว่าสูตรที่ S1 และ S4 เนื่องจากกรรมวิธีการดองที่ต่างกันและระดับความเข้มข้นของเกลือในสูตร S1 (25%) ที่สูงกว่าสูตร S2, S3 และ S4 แต่ในสูตร S4 เป็นการดองด้วยเกลือเพียงอย่างเดียว ไม่มีการละลายน้ำ จึงเกิดจากการแพร่ของเกลือจากภายนอกเข้าสู่บ๊วย ทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด และปริมาณเกลือของสูตร S4 มีแนวโน้มที่สูงกว่าสูตรอื่น ๆ

ดังนั้น จากการศึกษาครั้งนี้ สูตรที่เหมาะสมในการดองเค็มบ๊วย เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์บ๊วยแช่อิ่มอบแห้งและบ๊วยกวน ได้แก่ สูตร S3 (น้ำเกลือ 20 % โปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ (KMS) 500 ppm และแคลเซียมคลอไรด์ 1 %) และสูตร S4 (เกลือเม็ด 20% สลับกับบ๊วย) สามารถเก็บได้นาน 18 สัปดาห์ (4.5 เดือน) เก็บที่อุณหภูมิห้อง

ตารางที่ 4.5 ค่าเฉลี่ยของค่าความเป็นกรด-เบส ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด กรดในรูปของกรดซิตริก และเกลือของบ๊วยดองเค็ม

สูตรที่ใช้ในการทดลอง	ค่าความเป็นกรด-เบส	ปริมาณกรดในรูปของกรดซิตริก (%)	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (ºBrix)	ปริมาณเกลือ (%)
บ๊วยสด ขนาด M	2.64±0.02	6.52±0.01	9.35±0.29	10.00±0.84
บ๊วยสด ขนาด L	2.62±0.01	6.44±0.63	9.21±1.36	9.64±0.77
หลังดองเกลือ 2 สัปดาห์				
S1	2.31 ± 0.01^{b}	4.14 ± 0.61^{b}	17.99 ± 0.09^{b}	6.50 ± 0.05^{b}
S2	2.30 ± 0.01^{b}	3.30 ± 0.16^{a}	15.52 ± 0.06^{a}	6.43 ± 0.08^{b}
S3	2.27 ± 0.00^{a}	3.34 ± 0.16^{a}	16.78 ± 0.28^{b}	5.97 ± 0.13^{a}
S4	2.32 ± 0.06^{b}	3.79 ± 0.19^{b}	23.06 ± 0.01^{c}	6.47 ± 0.24^{b}
หลังดองเกลือ 4 สัปดาห์				
S1	2.34 ± 0.05^{ns}	3.09 ± 0.20^{ab}	21.51 ± 4.11^{b}	6.97 ± 0.02^{b}
S2	2.36 ± 0.02^{ns}	2.74 ± 0.18^{a}	15.65 ± 0.66^{a}	6.33 ± 0.12^{a}
S3	2.33 ± 0.02^{ns}	2.67 ± 0.140^{a}	16.02 ± 0.14^{a}	6.09 ± 0.23^{a}
S4	2.30 ± 0.05^{ns}	3.41 ± 0.459^{b}	23.21 ± 0.00^{c}	6.88 ± 0.24^{b}
หลังดองเกลือ 6 สัปดาห์				
S1	2.23 ± 0.08^{n}	3.87 ± 0.70^{c}	22.99 ± 4.25^{b}	7.56 ± 0.14^{b}
S2	2.24 ± 0.03^{ns}	2.87 ± 0.16^{a}	16.13 ± 0.74^{a}	6.84 ± 0.40^{ab}
S3	2.24 ± 0.05^{ns}	2.42 ± 0.39^{a}	15.34 ± 0.42^{a}	5.59 ± 0.11^{a}
S4	2.20 ± 0.12^{ns}	4.28 ± 0.11^{b}	26.98 ± 0.00^{c}	7.70 ± 0.37^{b}
หลังดองเกลือ 8 สัปดาห์				
S1	2.23 ± 0.12^{a}	3.76 ± 0.42^{bc}	27.59 ± 0.00^{c}	6.93 ± 0.55^{c}
S2	2.28 ± 0.03^{a}	3.01 ± 0.02^{b}	15.19 ± 0.22^{a}	6.38 ± 0.06^{b}
S3	2.44 ± 0.01^{b}	2.43 ± 0.00^{a}	14.58 ± 0.35^{a}	5.34 ± 0.25^{a}
S4	2.34 ± 0.11^{ab}	3.95 ± 0.42^{c}	24.07 ± 0.31^{b}	6.962 ± 0.50^{c}
หลังดองเกลือ 10 สัปดาห์				
S1	2.30 ± 0.11^{ns}	3.72 ± 0.50^{b}	28.20 ± 0.35^{c}	7.79 ± 0.20^{c}
S2	2.32 ± 0.00^{ns}	2.73 ± 0.05^{a}	15.89 ± 0.10^{a}	6.84 ± 0.40^{b}
S3	2.36 ± 0.01^{ns}	2.57 ± 0.04^{a}	15.59 ± 0.15^{a}	5.59 ± 0.11^{a}
S4	2.27 ± 0.07^{ns}	3.72 ± 0.55^{b}	23.60 ± 0.41^{b}	7.49 ± 0.13^{c}
หลังดองเกลือ 12 สัปดาห์				
S1	-	-	-	-
S2	2.38 ± 0.03^{a}	2.81 ± 0.07^{a}	16.31 ± 0.90^{a}	6.61 ± 0.27^{a}
S3	2.47 ± 0.03^{b}	3.24 ± 0.81^{ab}	15.89 ± 1.28^{a}	6.59 ± 0.56^{a}

S4	2.44 ± 0.03^{ab}	4.30 ± 0.00^{bc}	25.61 ± 0.17^{b}	7.67 ± 0.30^{b}
หลังดองเกลือ 14 สัปดาห์				
S1	-	-	-	-
S2	2.11 ± 0.01^{ns}	3.28 ± 0.15^{a}	14.82 ± 0.10^{a}	6.26 ± 0.02^{a}
S3	2.09 ± 0.014^{ns}	2.69 ± 0.05^{a}	14.93 ± 0.21^{a}	6.36 ± 0.09^{a}
S4	2.15 ± 0.108^{ns}	3.99 ± 0.42^{b}	24.44 ± 0.89^{b}	8.17 ± 0.27^{b}
หลังดองเกลือ 16 สัปดาห์				
S1	-	-	-	-
S2	2.13 ± 0.13^{ns}	2.77 ± 0.00^{a}	15.73 ± 0.00^{a}	7.99 ± 0.25^{b}
S3	2.25 ± 0.00^{ns}	3.09 ± 0.00^{a}	15.33 ± 0.00^{a}	7.09 ± 0.06^{a}
S4	2.17 ± 0.02^{ns}	4.16± 0.06^{b}	28.75 ± 0.57^{b}	8.67 ± 0.12^{b}
หลังดองเกลือ 18 สัปดาห์				
S1	-	-	-	-
S2	2.31 ± 0.00^{ab}	2.89 ± 0.02^{a}	12.79 ± 0.05^{a}	7.70 ± 0.26^{b}
S3	2.36 ± 0.01^{b}	2.92 ± 0.05^{a}	13.19 ± 0.05^{a}	7.14 ± 0.24^{a}
S4	2.24 ± 0.01^{a}	4.17 ± 0.05^{b}	29.69 ± 0.51^{c}	8.63 ± 0.37^{b}

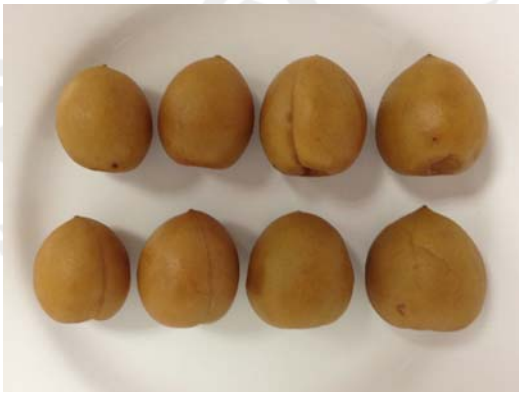
หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD

สูตร S1 คือ น้ำเกลือ 25 %, สูตร S2 คือ น้ำเกลือ 20 % + KMS (500 ppm), สูตร S3 คือ น้ำเกลือ 20 % + KMS (500 ppm) + $CaCl_2$ (1%) และ สูตร S4 คือ เกลือเม็ด 20%

^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในแต่ละคอลัมน์ของบ๊วยดองเค็มแต่ละสูตร

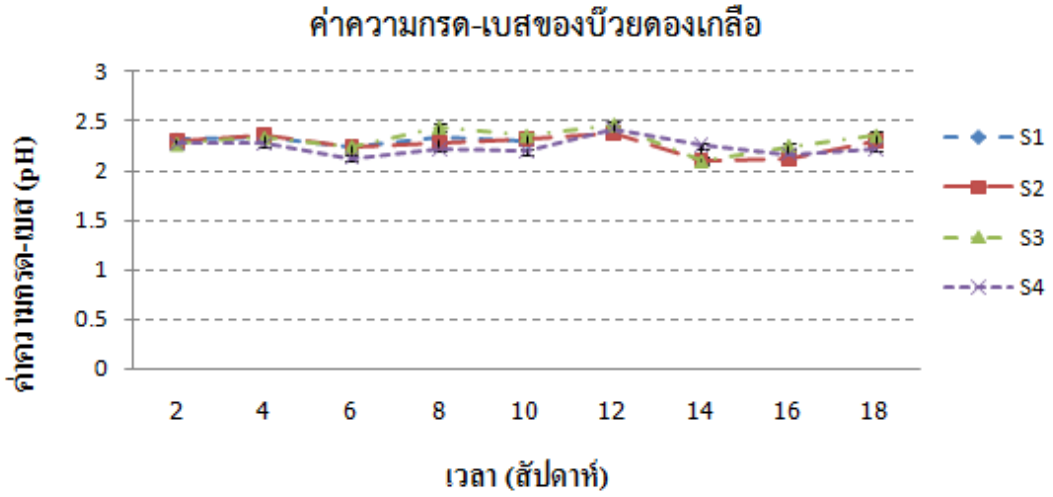
^{a,b,c,d} หมายถึง ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันของแต่ละสัปดาห์แสดงด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน มีความแตกต่างทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

รูปที่ 4.5 บ๊วยดองเค็มสูตร S2 คือ น้ำเกลือ 20 % + KMS (500 ppm) **(ระยะเวลา 18 สัปดาห์)**

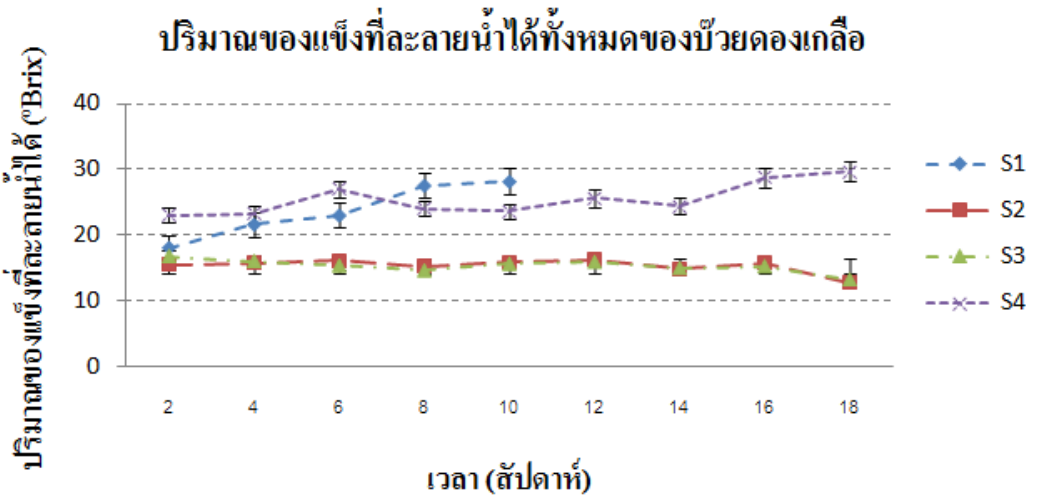


รูปที่ 4.6 บ๊วยดองเค็มสูตร S3 คือ น้ำเกลือ 20 % + KMS (500 ppm**) + $CaCl_2$ (1%) (ระยะเวลา 18 สัปดาห์)**

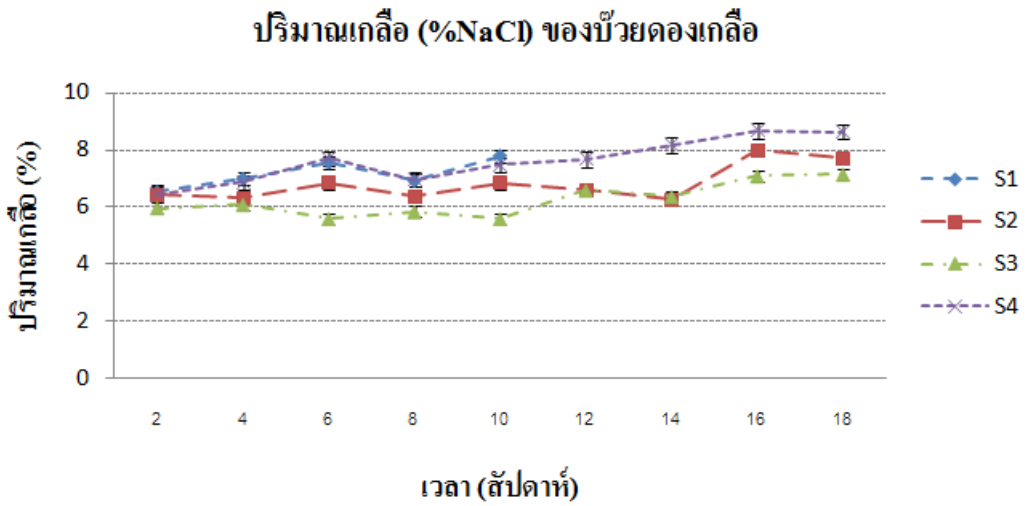
รูปที่ 4.7 บ๊วยดองเค็มสูตร S4 คือ เกลือเม็ด 20% สลับกับบ๊วย (ระยะเวลา 18 สัปดาห์)



รูปที่ 4.8 แสดงค่าเฉลี่ยความเป็นกรดเบสของบ๊วยดองเค็มตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 18 สัปดาห์ สูตร S1 คือ น้ำเกลือ 25 % สูตร S2 คือ น้ำเกลือ 20 % + KMS (500 ppm) **สูตร S3 คือ น้ำเกลือ 20 % + KMS** (500 ppm) **+ $CaCl_2$ (1 %) สูตร S4 คือ เกลือเม็ด 20%**



รูปที่ 4.9 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของบ๊วยดองเค็มตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 18 สัปดาห์ สูตร S1 คือ น้ำเกลือ 25 % สูตร S2 คือ น้ำเกลือ 20 % + KMS (500 ppm) สูตร S3 คือ น้ำเกลือ 20 % + KMS (500 ppm) + $CaCl_2$ (1 %) สูตร S4 คือ เกลือเม็ด 20%

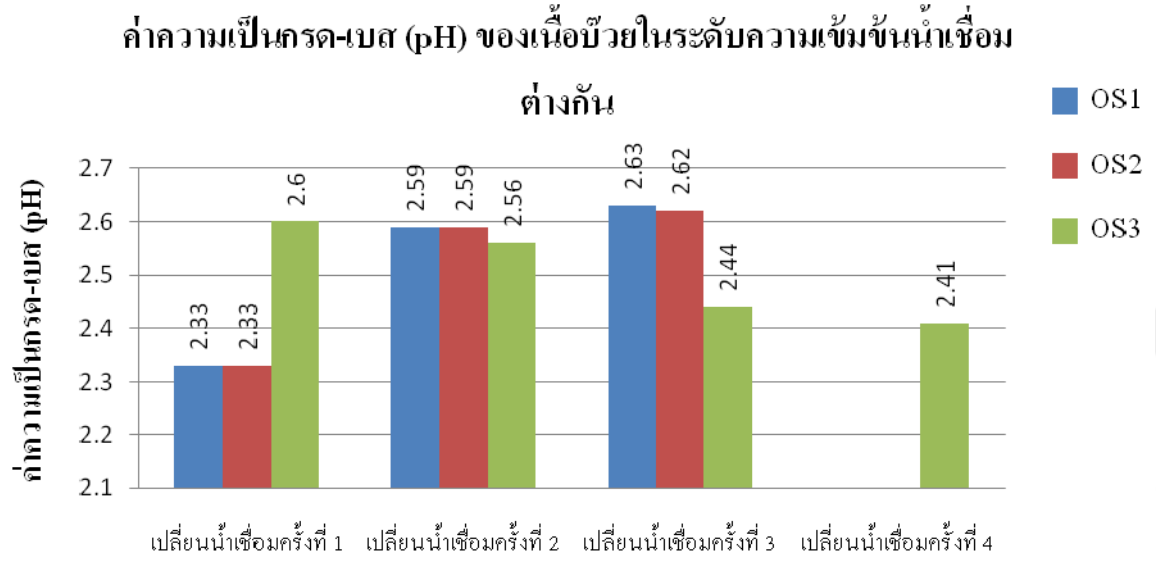


รูปที่ 4.10 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณเกลือ (%NaCl) ของบ๊วยดองเค็ม ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 18 สัปดาห์ สูตร S1 คือ น้ำเกลือ 25 % สูตร S2 คือ น้ำเกลือ 20 % + KMS (500 ppm) สูตร S3 คือ น้ำเกลือ 20 % + KMS (500 ppm) + $CaCl_2$ (1 %) สูตร S4 คือ เกลือเม็ด 20%

4.4 <u>การพัฒนากรรมวิธีการแปรรูปผลิตภัณฑ์แปรรูปจากบ๊วย</u>

4.4.1 พัฒนาระดับความเข้มข้นของน้ำเชื่อมที่เหมาะสมในการแปรรูปผลิตภัณฑ์บ๊วยแช่อิ่มอบแห้ง

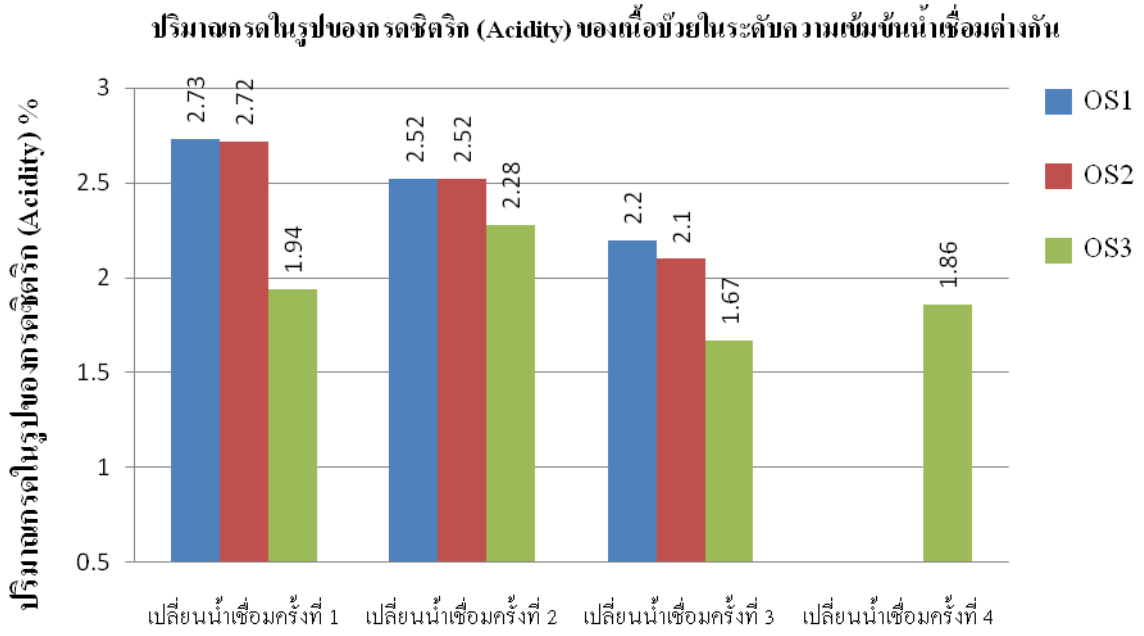
จากรูปที่ 4.11 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ของเนื้อบ๊วยระหว่างกระบวนการแช่อิ่มทั้ง 3 สูตร พบว่าค่า pH สูตร OS1 และ OS2 มีค่าเพิ่มขึ้น (pH 2.33 – 2.63) ซึ่งค่า pH ทั้ง 2 สูตร มีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องจากระดับความเข้มข้นของน้ำเชื่อมช่วงแรก มีระดับที่เท่ากัน (50-55 ^{o} Brix) ส่วนค่า pH ของสูตร OS3 มีค่าลดลง จาก 2.60 เป็น 2.41 เนื่องจากในกระบวนการแช่อิ่มมีการเปลี่ยนระดับความเข้มข้นของน้ำเชื่อม โดยไม่ควบคุมค่า pH ของน้ำเชื่อมเริ่มต้น ดังนั้นการที่ pH ของเนื้อบ๊วยสูตร OS1 และ OS2 มีค่าสูงขึ้น ระหว่างการแช่น้ำเชื่อมแต่ละความเข้มข้น ทำให้ปริมาณกรดในเนื้อบ๊วย (ซึ่งมีความเข้มข้นสูง) แพร่ซึมสู่สารละลายน้ำเชื่อม ทำให้ค่า pH ในเนื้อบ๊วยสูงขึ้น โดยเฉพาะในช่วงน้ำเชื่อม 50-55 ^{o}Brix หลังจากการเปลี่ยนน้ำเชื่อมครั้งที่ 3ไป ครั้งที่ 4 พบว่า ค่า pH ของสูตร OS3 มีค่าลดลง (จาก 2.44 เป็น 2.41) ซึ่งเป็นไปได้ว่า ปริมาณกรดที่แพร่ซึมสู่น้ำเชื่อมในช่วงแรกเริ่มแพร่กลับเข้าสู่เนื้อบ๊วย ส่งผลให้ ค่า pH ลดลง



รูปที่ 4.11 แสดงค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ของเนื้อบ๊วยในระดับความเข้มข้นน้ำเชื่อมต่างกัน

OS1 คือ ความเข้มข้น 50-55-55 OS2 คือ ความเข้มข้น 50-55-60 OS3 คือ ความเข้มข้น 50-60-70-70

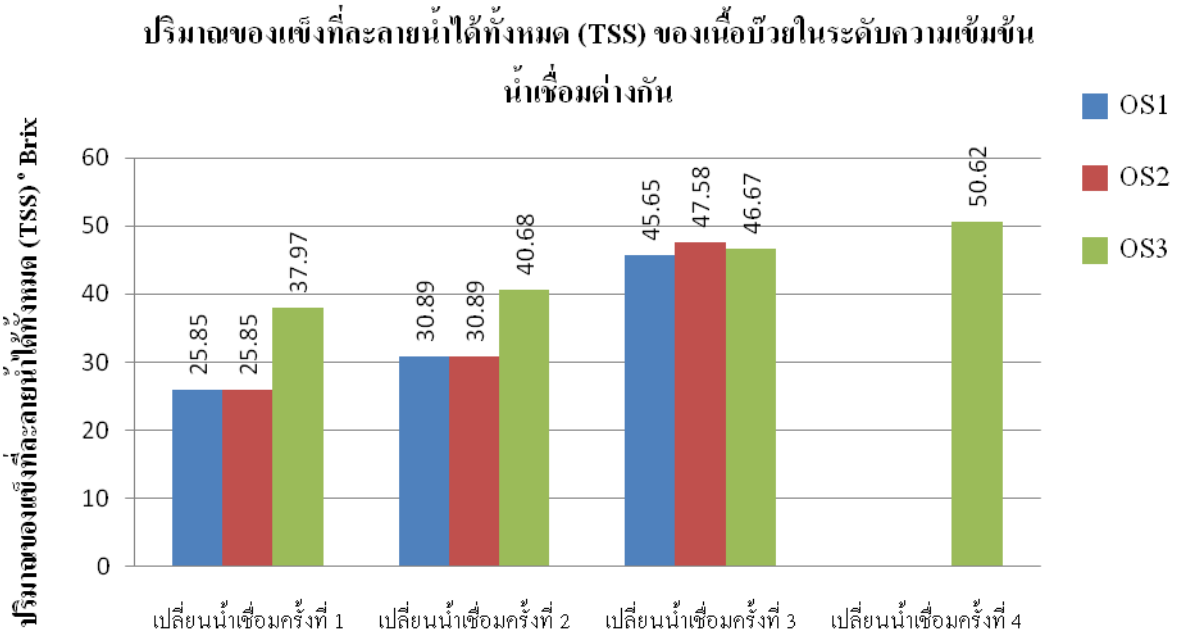
ผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดในรูปของกรดซิตริก (% Acidity) ระหว่างการแปรรูปบ๊วยแช่อิ่ม แสดงดังรูปที่ 4.12 พบว่าค่า % Acidity ในเนื้อบ๊วยทั้ง 3 สูตร มีค่าลดลงตั้งแต่ครั้งที่ 1 ถึงครั้งที่ 3 และ4 ซึ่งผลการทดลองมีความสอดคล้องกับค่า pH คือ ขณะที่ % Acidity ลดลง ค่า pH มีค่าสูงขึ้น เป็นเช่นนี้เนื่องจากการแพร่กระจายของน้ำเชื่อมเข้าสู่เนื้อบ๊วยระหว่างกระบวนการแช่อิ่ม และสูตร OS1 และ OS2 มี % Acidity ที่ใกล้เคียงในทุกการเปลี่ยนน้ำเชื่อม เนื่องจากระดับความเข้มข้นของน้ำเชื่อมทั้ง 2 สูตร มีค่าที่ใกล้เคียงกัน



รูปที่ 4.12 แสดงปริมาณกรดในรูปของกรดซิตริก (Acidity) ของเนื้อบ๊วยในระดับความเข้มข้นน้ำเชื่อมต่างกัน OS1 คือ ความเข้มข้น 50-55-55 OS2 คือ ความเข้มข้น 50-55-60 OS3 คือ ความเข้มข้น 50-60-70-70

ROYAL PROJECT FOUNDATION

ผลการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TSS, °Brix) ของบ๊วยระหว่างการแปรรูปบ๊วยแช่อิ่ม แสดงดังรูปที่ 4.13 พบว่าค่า TSS ของเนื้อบ๊วยทั้ง 3 สูตร OS1, OS2 และ OS3 มีค่าอยู่ในช่วง 45.63-50.62 มีแนวโน้มสูงขึ้นระหว่างช่วงการเปลี่ยนน้ำเชื่อมครั้งที่ 1-4 โดยมีค่า TSS ของบ๊วยครั้งที่ 3 ของสูตร OS1, OS2 และ OS3 มีค่าอยู่ในช่วง 45.65 ± 1.04 °Brix 47.36 ± 0.53 °Brix และ 50.62 ± 0.75 °Brix ตามลำดับ การเพิ่มขึ้นของค่า TSS เนื่องจากระหว่างกระบวนการผลิตมีการปรับระดับความเข้มข้นของน้ำเชื่อมแต่ละครั้ง ซึ่งทำให้ความเข้มข้นของสารละลายที่แช่มีค่าสูงกว่าความเข้มข้นในเนื้อบ๊วย ส่งผลให้มีการแพร่กระจายของตัวถูกละลาย (น้ำตาลทราย) จากสารละลายเข้าสู่เซลล์ของเนื้อบ๊วย Rahman (1995) รายงานว่าความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นของสารละลายน้ำตาล จะเพิ่มปริมาณน้ำตาลและปริมาณของแข็งทั้งหมด มีผลต่อกระบวนการถ่ายเทมวลสาร



รูปที่ 4.13 แสดงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (TSS) ของเนื้อบ๊วยในระดับความเข้มข้นน้ำเชื่อมต่างกัน OS1 คือ ความเข้มข้น 50-55-55 OS2 คือ ความเข้มข้น 50-55-60 OS3 คือ ความเข้มข้น 50-60-70-70

จากตารางที่ 4.6 แสดงคุณสมบัติทางเคมีของผลิตภัณฑ์บ๊วยแช่อิ่มอบแห้งทั้ง 3 สูตร พบว่า ผลิตภัณฑ์บ๊วยแช่อิ่มอบแห้งที่ได้ มีค่า pH ปริมาณAcidity และค่า TSS แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เพียงเล็กน้อย โดยมีค่าอยู่ในช่วง 2.41-2.46, 1.07-1.26% และ58.04-64.33 ^{o} Brix ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าค่า TSS ของบ๊วยแช่อิ่มอบแห้งแต่ละสูตรต่างกัน เนื่องจากระดับความเข้มข้นของน้ำเชื่อมที่ใช้แช่บ๊วยมีความแตกต่างกัน จากการทดสอบชิมรสชาติ พบว่า บ๊วยแช่อิ่มอบแห้งในสูตร OS2 มีความกลมกล่อมกว่าสูตรอื่น ๆ โดยมีความเข้มข้นของน้ำเชื่อมเป็น 50 55 และ60^{o}Brix

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ปริมาณกรดในรูปของกรดซิตริก (Acidity) และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (TSS) ของบ๊วยแช่อิ่มอบแห้ง

สูตร	ค่าความเป็นกรด-เบส	ปริมาณกรดในรูปของกรดซิตริก (%)	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (^{o} Brix)
OS1	2.46 ± 0.01^{b}	1.07 ± 0.04^{a}	58.04 ± 0.05^{a}
OS2	2.43 ± 0.02^{a}	1.12 ± 0.03^{a}	59.22 ± 0.45^{b}
OS3	2.41 ± 0.02^{a}	1.26 ± 0.04^{b}	64.33 ± 0.93^{c}

หมายเหตุ : OS1 คือ ความเข้มข้น 50-55-55 OS2 คือ ความเข้มข้น 50-55-60 OS3 คือ ความเข้มข้น 50-60-70-70

ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD

^{a,b,c} หมายถึง ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน มีความแตกต่างทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

มูลนิธิโครงการหลวง ROYAL PROJECT FOUNDATION

4.4.2 ศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการปรับปรุงรสชาติบ๊วยโดยการแช่น้ำแช่ผสมน้ำส้มสายชูกลั่น

จากการพัฒนาสูตรน้ำเชื่อมที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์บ๊วยแช่อิ่มอบแห้ง พบว่าในบ๊วยแช่อิ่มยังคงมีรสขมตกค้างอยู่ ทางคณะผู้วิจัยจึงมีแนวทางแก้ไขโดยการนำน้ำส้มสายชูกลั่นมาผสมกับน้ำเชื่อมแทนที่ระดับความเข้มข้นแรก (50 °Brix) และศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการแช่ โดยสัดส่วนที่จะศึกษาตามตารางที่ 3.2 มีทั้งหมด 3 สูตร ผลของน้ำเชื่อมผสมน้ำส้มสายชูกลั่นเริ่มต้น (ตารางที่ 4.7) พบว่า สูตร WSC1 สัดส่วน น้ำ : น้ำตาลทราย : น้ำส้มสายชูกลั่น (35 : 40 : 25) มีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้สำหรับแช่อิ่มบ๊วยในขั้นตอนต่อไป เนื่องจากมีการใช้น้ำส้มสายชูในปริมาณน้อยที่สุด ซึ่งกลิ่นรสของน้ำส้มสายชูที่ตกค้างในเนื้อบ๊วยพบว่าน้อยกว่าสูตรอื่น มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (43.7 $\pm$ 0.26 ° Brix) ต่ำกว่าสูตรอื่น ๆ (48.13 - 54.17 ° Brix)

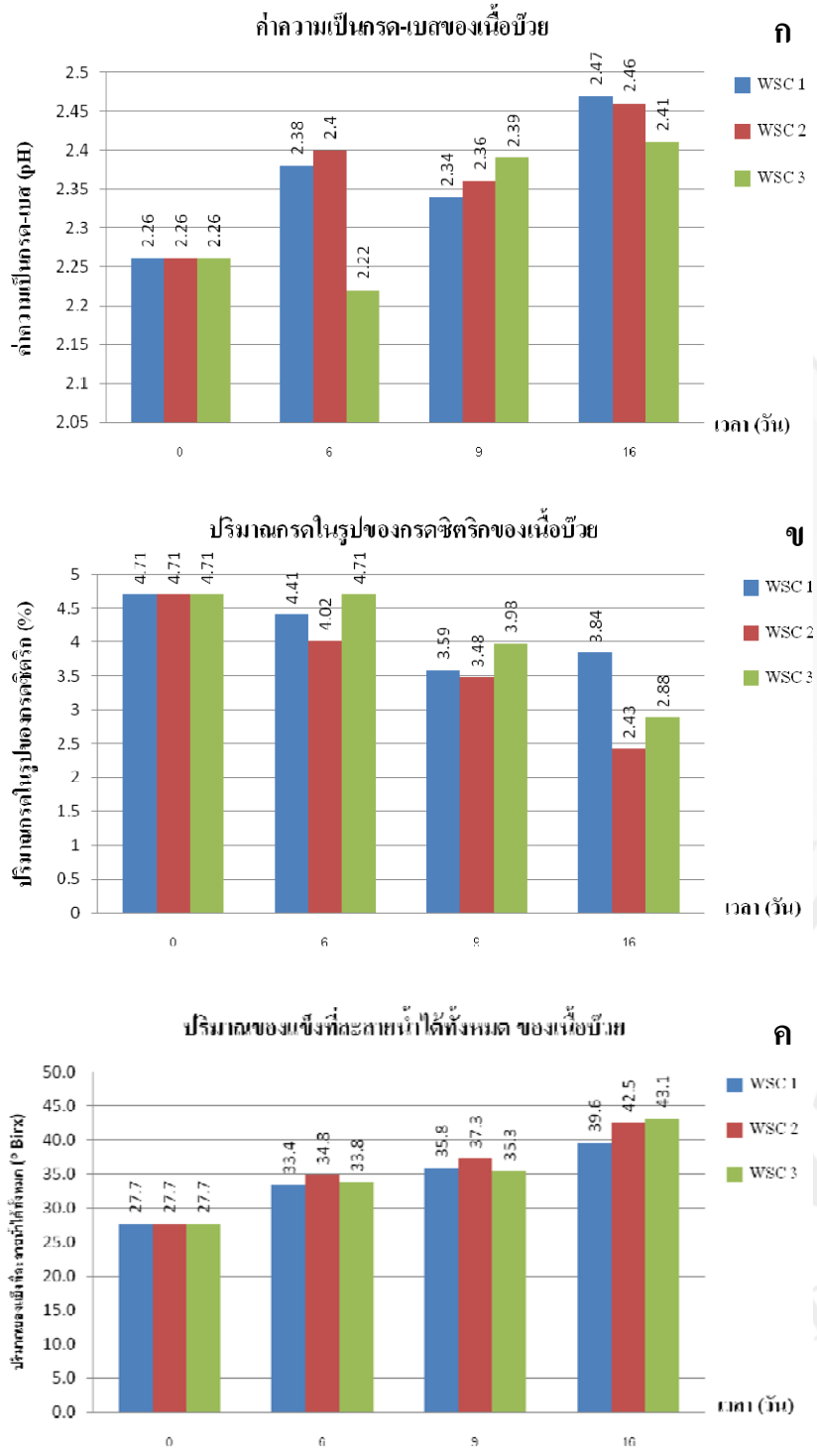
จากการแช่น้ำเชื่อมผสมน้ำส้มสายชูกลั่น พบว่า ตั้งแต่วันที่ 6 เป็นต้นไป ความขมของบ๊วยลดลงจนกระทั่งไม่มีรสขม และเมื่อพิจารณาจากกราฟรูปที่ 4.14 ของสูตร WSC1 ในวันที่ 6 พบว่า มีค่าความเป็นกรด-เบส 2.38 $\pm$ 0.01 ปริมาณ Acidity 4.41+0.24% และค่า TSS 33.40 $\pm$ 0.50 โดยสุดท้ายแล้วพบว่า ค่า TSS ในวันที่ 6 ของทั้ง 3 สูตรไม่มีความแตกต่างกัน

จากผลการพัฒนาผลิตภัณฑ์บ๊วยแช่อิ่มอบแห้ง ได้ขั้นตอนการผลิตบ๊วยแช่อิ่มอบแห้งดังนี้ นำบ๊วยดองเค็ม (เกลือ 20 %) ล้างน้ำสะอาด แช่น้ำเปล่า 24 ชั่วโมง และทำการแช่อิ่มน้ำเชื่อมผสมน้ำส้มสายชูกลั่น สัดส่วน น้ำ : น้ำตาลทราย : น้ำส้มสายชูกลั่น (35 : 40 : 25) นาน 6 วัน และปรับความเข้มข้นของน้ำเชื่อมเป็น 55 ° Brix นาน 2 วัน และปรับความเข้มข้นน้ำเชื่อม เป็น 65 ° Brix นาน 2 วัน นำบ๊วยมาล้างน้ำอุ่นอบแห้งที่อุณหภูมิ 50-55 °C นาน 18-24 ชั่วโมง ได้ผลิตภัณฑ์บ๊วยแช่อิ่มอบแห้ง ซึ่งในการศึกษาการเก็บรักษาบ๊วยสด เพื่อยืดอายุวัตถุดิบสำหรับนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์บ๊วยแช่อิ่มอบแห้ง จะใช้ขั้นตอนการแช่อิ่มอบแห้งดังกล่าวข้างต้น

ตารางที่ 4.7 แสดงคุณลักษณะทางเคมีของน้ำเชื่อมผสมน้ำส้มสายชูกลั่นเริ่มต้นทั้ง 3 สูตร

สูตรน้ำเชื่อมผสมน้ำส้มสายชูกลั่น	ค่าความเป็นกรด-เบส	ปริมาณกรดในรูปของกรดซิตริก (%)	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (° Brix)
WSC1	2.51 $\pm$ 0.01	1.78 $\pm$ 0.02	43.70 $\pm$ 0.26
WSC2	2.39 $\pm$ 0.01	2.69 $\pm$ 0.03	48.13 $\pm$ 1.33
WSC3	2.40 $\pm$ 0.01	2.53 $\pm$ 0.00	54.17 $\pm$ 0.55

หมายเหตุ : WSC1 คือ น้ำ : น้ำตาลทราย : น้ำส้มสายชูกลั่น (35 : 40 : 25)
WSC2 คือ น้ำ : น้ำตาลทราย : น้ำส้มสายชูกลั่น (10 : 45 : 45)
WSC3 คือ น้ำ : น้ำตาลทราย : น้ำส้มสายชูกลั่น (10 : 50 : 40)
ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD



รูปที่ 4.14 แสดงคุณลักษณะทางเคมีของเนื้อบ๊วยจากการแช่น้ำเชื่อมสัดส่วนต่างกัน (น้ำ : น้ำตาลทราย : น้ำส้มสายชูกลั่น) WSC1 (35 : 40 : 25) WSC2 (10 : 45 : 45) และWSC3 (10 : 50 : 40) ในเวลา 0 6 9 และ16 วัน ก). ความเป็นกรด-เบส ข).ปริมาณกรดในรูปของกรดซิตริก และ ค). ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด

4.4.3 ศึกษาการเก็บวัตถุดิบสำหรับนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์บ๊วยแช่อิ่มอบแห้ง

จากผลการพัฒนาสูตรน้ำเชื่อมจากข้อหัวที่ 4.4.1 และ 4.4.2 การแช่อิ่มน้ำเชื่อมผสมน้ำส้มสายชูกลั่น สัดส่วน น้ำ : น้ำตาลทราย : น้ำส้มสายชูกลั่น (35 : 40 : 25) นาน 6 วัน จากนั้นปรับความเข้มข้นของน้ำเชื่อมเป็น 55 ° Brix นาน 2 วัน แล้วปรับความเข้มข้นน้ำเชื่อม เป็น 65 ° Brix นาน 2 วัน ล้างน้ำอุ่น อบแห้งที่อุณหภูมิ 50-55 °C นาน 18-24 ชั่วโมง มาใช้ในการแปรรูปของวัตถุดิบบ๊วยที่ได้จากการศึกษาอายุการเก็บรักษาบ๊วย โดยมีเป้าหมายเพื่อศึกษาความเหมาะสมของวัตถุดิบก่อนนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์บ๊วยแช่อิ่มอบแห้ง

คุณลักษณะทางกายภาพและทางเคมี

ผลการทดลองการเก็บรักษาของเดือนที่ 1 หลังจากการดองเค็มบ๊วยตามสูตร S3 และ S4 เมื่อนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์บ๊วยแช่อิ่มอบแห้ง (ตารางที่ 4.8) พบว่า จากบ๊วยเค็มสูตร S3 และ S4 มี ค่า pH อยู่ในช่วง 2.75± 0.01 และ 2.69±0.01 ค่า TSS อยู่ในช่วง 53.00± 0.01 และ 50.45±0.07 °Brix ปริมาณกรดในรูปของกรดซิตริกอยู่ในช่วง 2.59± 0.01 และ 2.59±0.01% ปริมาณเกลืออยู่ในช่วง 4.04±0.01 และ 4.46±0.00 % ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ไม่พบทั้ง 2 สูตร และค่า a_w อยู่ในช่วง 0.64±0.02 และ 0.65±0.04

ผลการทดลองการเก็บรักษาของเดือนที่ 2 หลังจากการดองเค็มบ๊วยตามสูตร S3 และ S4 เมื่อนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์บ๊วยแช่อิ่มอบแห้ง (ตารางที่ 4.9) พบว่า จากบ๊วยเค็มสูตร S3 และ S4 มี ค่า pH อยู่ในช่วง 2.60± 0.01 และ 2.54±0.01 ค่า TSS อยู่ในช่วง 57.02± 0.01 และ 52.15±0.07 °Brix ปริมาณกรดในรูปของกรดซิตริกอยู่ในช่วง 2.72± 0.0 และ 2.56±0.01% ปริมาณเกลืออยู่ในช่วง 3.04±0.01, 3.46±0.05% ตามลำดับ ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ไม่พบทั้ง 2 สูตร และค่า a_w อยู่ในช่วง 0.63±0.01 และ 0.63±0.01

ผลการทดลองการเก็บรักษาของเดือนที่ 3 หลังจากการดองเค็มบ๊วยตามสูตร S3 และ S4 เมื่อนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์บ๊วยแช่อิ่มอบแห้ง (ตารางที่ 4.10) พบว่า จากบ๊วยเค็มสูตร S3 และ S4 มี ค่า pH อยู่ในช่วง 2.54± 0.00 และ 2.54±0.00 ค่า TSS อยู่ในช่วง 56.22± 0.01 และ 59.45±0.01 °Brix ตามลำดับ ปริมาณกรดในรูปของกรดซิตริกอยู่ในช่วง 2.12± 0.00 และ 2.32±0.06% ปริมาณเกลืออยู่ในช่วง 2.97±0.01 และ 3.21±0.05 % ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ไม่พบทั้ง 2 สูตร และค่า a_w อยู่ในช่วง 0.62±0.01 และ 0.62±0.05

ผลการทดลองการเก็บรักษาของเดือนที่ 4 หลังจากการดองเค็มบ๊วยตามสูตร S3 และ S4 เมื่อนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์บ๊วยแช่อิ่มอบแห้ง (ตารางที่ 4.11) พบว่า จากบ๊วยเค็มสูตร S3 และ S4 มี ค่า pH อยู่ในช่วง 2.50± 0.00 และ 2.52±0.00 ค่า TSS อยู่ในช่วง 57.49± 0.00 และ 58.69±0.00 °Brix ปริมาณกรดในรูปของกรดซิตริกอยู่ในช่วง 2.40± 0.01 และ 2.45±0.01% ปริมาณเกลืออยู่ในช่วง 2.85±0.00 และ 2.77±0.05 % ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ไม่พบทั้ง 2 สูตร และค่า a_w อยู่ในช่วง 0.64±0.01 และ 0.64±0.05

ตารางที่ 4.8 คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของวัตถุดิบระหว่างการแปรรูปและผลิตภัณฑ์บ๊วยแช่อิ่มอบแห้ง เดือนที่ 1

ตัวอย่างระหว่างกระบวนการผลิต	ค่าความเป็นกรด-เบส	ปริมาณกรดในรูปของกรดซิตริก (%)	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (ºBrix)	ปริมาณเกลือ (%)	ค่า a_w	ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ppm)
S3						
บ๊วยดองเกลือ	2.37±0.03^{a}	3.50 ± 0.42^{c}	23.21±0.00^{b}	7.02 ± 0.02^{d}	*	*
บ๊วยหลังแช่ WSC1**	2.70±0.01^{b}	2.58±0.44^{a}	20.90±0.31^{a}	1.51±0.07^{a}	*	*
บ๊วยหลังแช่ 55 ºBrix (2วัน)	2.70±0.01^{b}	2.98±0.06^{b}	25.24±0.30^{b}	2.81±0.16^{b}	*	*
บ๊วยหลังแช่ 65 ºBrix (2วัน)	2.66±0.05^{b}	2.88±0.04^{b}	30.34±0.41^{c}	3.23±0.01^{b}	*	*
บ๊วยแช่อิ่มอบแห้ง	2.75±0.01^{b}	2.59±0.01^{a}	53.01±0.01^{d}	4.04±0.01^{c}	0.64±0.02	ไม่พบ
S4						
บ๊วยดองเกลือ	2.27±0.03^{ns}	3.00±0.17^{c}	23.61 ± 3.09^{a}	6.84 ± 0.11^{c}	*	*
บ๊วยหลังแช่ WSC1**	2.67±0.01^{ns}	2.90±0.06^{c}	27.66±0.40^{b}	3.28±0.22^{a}	*	*
บ๊วยหลังแช่ 55 ºBrix (2วัน)	2.75±0.01^{ns}	2.72±0.02^{b}	29.42±0.25^{b}	3.35±0.63^{a}	*	*
บ๊วยหลังแช่ 65 ºBrix (2วัน)	2.77±0.01^{ns}	2.66±0.01^{b}	35.77±0.13^{c}	3.34±0.01^{a}	*	*
บ๊วยแช่อิ่มอบแห้ง	2.69±0.01^{ns}	2.43±0.00^{a}	50.45±0.07^{d}	4.46±0.00^{b}	0.65±0.04	ไม่พบ

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย ± SD

^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในแต่ละคอลัมน์ของบ๊วยแช่อิ่มอบแห้งแต่ละสูตร

^{a,b,c,d} ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์ของบ๊วยแช่อิ่มอบแห้งแต่ละสูตร หมายถึงมีความแตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

* ไม่มีการวิเคราะห์

**WSC1 หมายถึง การแช่น้ำเชื่อมสัดส่วนต่างกัน (น้ำ : น้ำตาลทราย : น้ำส้มสายชูกลั่น (35:40 : 25)) นาน 6 วัน

ตารางที่ 4.9 คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของวัตถุดิบระหว่างการแปรรูปและผลิตภัณฑ์บ๊วยแช่อิ่มอบแห้ง เดือนที่ 2

ตัวอย่างระหว่างกระบวนการผลิต	ค่าความเป็นกรด-เบส	ปริมาณกรดในรูปของกรดซิตริก (%)	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (°Brix)	ปริมาณเกลือ (%)	ค่า a_w	ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ppm)
S3						
บ๊วยดองเกลือ	2.44 ± 0.01^{a}	2.43 ± 0.00^{c}	14.58 ± 0.35^{a}	5.34 ± 0.25^{c}	*	*
บ๊วยหลังแช่ WSC1**	2.44 ± 0.03^{a}	2.43 ± 0.28^{b}	24.59 ± 0.09^{b}	5.68 ± 0.01^{c}	*	*
บ๊วยหลังแช่ 55 °Brix (2วัน)	2.60 ± 0.01^{b}	2.42 ± 0.08^{b}	31.31 ± 0.35^{c}	2.86 ± 0.10^{b}	*	*
บ๊วยหลังแช่ 65 °Brix (2วัน)	2.65 ± 0.09^{b}	2.07 ± 0.08^{a}	44.60 ± 0.30^{d}	2.04 ± 0.11^{a}	*	*
บ๊วยแช่อิ่มอบแห้ง	2.60 ± 0.01^{b}	2.72 ± 0.00^{c}	57.02 ± 0.01^{e}	3.04 ± 0.01^{b}	0.63±0.01	ไม่พบ
S4						
บ๊วยดองเกลือ	2.22 ± 0.01^{a}	3.39 ± 0.06^{c}	27.59 ± 0.00^{a}	6.42 ± 0.04^{c}	*	*
บ๊วยหลังแช่ WSC1**	2.26 ± 0.06^{a}	3.33 ± 0.04^{c}	27.59 ± 0.31^{a}	7.45 ± 0.00^{d}	*	*
บ๊วยหลังแช่ 55 °Brix (2วัน)	2.49 ± 0.09^{b}	2.49 ± 0.43^{b}	39.33 ± 0.10^{b}	3.74 ± 0.01^{b}	*	*
บ๊วยหลังแช่ 65 °Brix (2วัน)	2.66 ± 0.11^{b}	2.23 ± 0.43^{a}	49.83 ± 0.10^{c}	2.86 ± 0.10^{a}	*	*
บ๊วยแช่อิ่มอบแห้ง	2.54 ± 0.01^{b}	2.56 ± 0.01^{b}	52.15 ± 0.07^{d}	3.46 ± 0.05^{b}	0.63±0.01	ไม่พบ

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD

^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในแต่ละคอลัมน์ของบ๊วยแช่อิ่มอบแห้งแต่ละสูตร

^{a,b,c,d} ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์ของบ๊วยแช่อิ่มอบแห้งแต่ละสูตร หมายถึงมีความแตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

* ไม่มีการวิเคราะห์

**WSC1 หมายถึง การแช่น้ำเชื่อมสัดส่วนต่างกัน (น้ำ : น้ำตาลทราย : น้ำส้มสายชูกลั่น (35:40 : 25)) นาน 6 วัน

ตารางที่ 4.10 คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของวัตถุดิบระหว่างการแปรรูปและผลิตภัณฑ์บ๊วยแช่อิ่มอบแห้ง เดือนที่ 3

ตัวอย่างระหว่างกระบวนการผลิต	ค่าความเป็นกรด-เบส	ปริมาณกรดในรูปของกรดซิตริก (%)	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (ºBrix)	ปริมาณเกลือ (%)	ค่า a_w	ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ppm)
S3						
บ๊วยดองเกลือ	2.47± 0.03[a]	3.24 ± 0.81[d]	15.89 ± 1.28[a]	6.59±0.56[c]	*	*
บ๊วยหลังแช่ WSC1**	2.51±0.00[b]	2.13±0.01[b]	27.43±0.15[b]	7.09±0.00[d]	*	*
บ๊วยหลังแช่ 55 ºBrix (2วัน)	2.50±0.00[b]	2.27±0.00[c]	36.56±0.00[c]	2.81±0.00[b]	*	*
บ๊วยหลังแช่ 65 ºBrix (2วัน)	2.55±0.01[b]	1.75±0.00[a]	49.85±0.00[d]	2.13±0.00[a]	*	*
บ๊วยแช่อิ่มอบแห้ง	2.54±0.00[b]	2.12±0.00[b]	56.22±0.01[e]	2.97±0.01[b]	0.62±0.01	ไม่พบ
S4						
บ๊วยดองเกลือ	2.43 ± 0.05[a]	3.93 ± 0.00[c]	29.44 ± 0.00[a]	8.06 ± 0.09[c]	*	*
บ๊วยหลังแช่ WSC1**	2.51±0.00[b]	2.55±0.06[ab]	30.07±0.15[a]	8.42±0.00c	*	*
บ๊วยหลังแช่ 55 ºBrix (2วัน)	2.50±0.00[b]	3.02±0.01[b]	40.19±0.00[b]	3.32±0.03[b]	*	*
บ๊วยหลังแช่ 65 ºBrix (2วัน)	2.55±0.01[b]	2.27±0.00[a]	52.38±0.45[c]	2.54±0.00[a]	*	*
บ๊วยแช่อิ่มอบแห้ง	2.54±0.00[b]	2.32±0.06[a]	59.45±0.01[d]	3.21±0.05[b]	0.62±0.05	ไม่พบ

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย ± SD

[ns] ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในแต่ละคอลัมน์ของบ๊วยแช่อิ่มอบแห้งแต่ละสูตร

[a,b,c,d] ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์ของบ๊วยแช่อิ่มอบแห้งแต่ละสูตร หมายถึงมีความแตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

* ไม่มีการวิเคราะห์

**WSC1 หมายถึง การแช่น้ำเชื่อมสัดส่วนต่างกัน (น้ำ : น้ำตาลทราย : น้ำส้มสายชูกลั่น (35:40 : 25)) นาน 6 วัน

ตารางที่ 4.11 คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของวัตถุดิบระหว่างการแปรรูปและผลิตภัณฑ์บ๊วยแช่อิ่มอบแห้ง เดือนที่ 4

ตัวอย่างระหว่างกระบวนการผลิต	ค่าความเป็นกรด-เบส	ปริมาณกรดในรูปของกรดซิตริก (%)	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (°Brix)	ปริมาณเกลือ (%)	ค่า a_w	ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ppm)
S3						
บ๊วยดองเกลือ	2.25± 0.00^{a}	3.09 ± 0.00^{d}	15.33 ± 0.00^{a}	7.09 ±0.06^{c}	*	*
บ๊วยหลังแช่ WSC1**	2.45±0.00^{b}	2.07±0.00^{b}	29.01±0.00^{b}	6.88±0.00^{c}	*	*
บ๊วยหลังแช่ 55 °Brix (2วัน)	2.59±0.00^{b}	2.07±0.00^{b}	34.12±0.99^{c}	2.75±0.00^{b}	*	*
บ๊วยหลังแช่ 65 °Brix (2วัน)	2.49±0.00^{b}	1.86±0.00^{a}	52.37±0.00^{d}	2.19±0.04^{a}	*	*
บ๊วยแช่อิ่มอบแห้ง	2.50±0.00^{b}	2.40±0.01^{c}	57.49±0.00^{e}	2.85±0.00^{b}	0.64±0.01	ไม่พบ
S4						
บ๊วยดองเกลือ	2.17 ± 0.01^{a}	4.10 ± 0.00^{c}	29.88 ± 0.00^{a}	8.74 ± 0.00^{d}	*	*
บ๊วยหลังแช่ WSC1**	2.38±0.00^{ab}	2.47±0.00^{b}	30.51±0.00^{b}	7.44±0.12^{c}	*	*
บ๊วยหลังแช่ 55 °Brix (2วัน)	2.58±0.00^{b}	1.95±0.00^{a}	38.81±0.30^{c}	3.38±0.01^{b}	*	*
บ๊วยหลังแช่ 65 °Brix (2วัน)	2.50±0.00^{b}	2.32±0.00^{b}	53.49±0.00^{d}	2.57±0.00^{a}	*	*
บ๊วยแช่อิ่มอบแห้ง	2.52±0.00^{b}	2.45±0.01^{b}	58.69±0.00^{e}	2.77±0.05^{a}	0.64±0.05	ไม่พบ

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD

^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ในแต่ละคอลัมน์ของบ๊วยแช่อิ่มอบแห้งแต่ละสูตร

^{a,b,c,d} ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์ของบ๊วยแช่อิ่มอบแห้งแต่ละสูตร หมายถึงมีความแตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

* ไม่มีการวิเคราะห์

**WSC1 หมายถึง การแช่น้ำเชื่อมสัดส่วนต่างกัน (น้ำ : น้ำตาลทราย : น้ำส้มสายชูกลั่น (35:40 : 25)) นาน 6 วัน

ผลจากการวิเคราะห์ค่าสี ของบ๊วยแช่อิ่มอบแห้งจากวัตถุดิบต่างกัน 2 สูตร คือ สูตร S3 และ S4 ดังตารางที่ 4.12 โดยพิจารณาค่า L* a* b* C* และ H^{o} ซึ่งค่า L* คือค่าความสว่าง มีค่าอยู่ระหว่าง 0 (มืดดำ) ถึง 100 (สว่างขาว) ค่า a* คือค่าสีแดง (+) และเขียว (-) ส่วนค่า b* คือ ค่าสีระหว่างเหลือง (+) และน้ำเงิน (-) ค่า C* (chroma) คือ ค่าความเข้มของสี มีค่าเข้าใกล้ 0 เมื่อวัตถุมีสีซีดจาง (เทา) และมีค่าเข้าใกล้ 60 เมื่อวัตถุมีสีเข้ม และค่า H^{o} คือ ช่วงสีของวัตถุมีค่าอยู่ระหว่าง 0-360 องศา

ผลของค่าความสว่าง (L*) ในเดือนที่ 1 และ 4 บ๊วยจาก S3 และ S4 มีค่าไม่ต่างกัน (25.53- 32.80) แต่ในเดือนที่ 2 และ3 ให้ค่าความสว่างที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ระหว่างบ๊วยจาก S3 และ S4 (41.10 - 31.20) ซึ่งค่า L* ในผลิตภัณฑ์บ๊วยแช่อิ่มอบแห้งตลอดทั้ง 4 เดือน อยู่ช่วงมืด ส่วนค่า a* ระหว่างบ๊วยจาก S3 และ S4 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ยกเว้นเดือนที่ 3 มีค่าไม่ต่างกัน มีค่าเป็น + ไปในทางสีแดง และเมื่อนำค่า a* เทียบในรูปไดอะแกรมสัมประสิทธ์สี (ภาคผนวก ก) จะเห็นว่ามีสีน้ำตาลเข้ม ส่วนค่า b* ระหว่างบ๊วยจาก S3 และ S4 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ทั้ง 4 เดือน อยู่ในช่วง 21.54 - 15.06 มีค่าเป็น + ไปในทางสีเหลือง เทียบในรูปไดอะแกรมสัมประสิทธ์สี (ภาคผนวก ก) จะเห็นว่ามีสีน้ำตาลเข้ม

ตารางที่ 4.12 ค่าเฉลี่ยสีของผลิตภัณฑ์บ๊วยแช่อิ่มอบแห้งตั้งแต่เดือนที่ 1 - 4

บ๊วย		ค่าสี				
		L^{*ns}	a*	b*	C*	$H^{o\ ns}$
เดือนที่ 1	S3	31.14±0.89	8.42±0.91[a]	15.40±1.80[a]	17.59±1.05[a]	61.37±1.51
	S4	32.80±2.64	9.78±0.90[b]	19.25±4.22[b]	21.62±4.16[b]	62.51±2.84
เดือนที่ 2	S3	41.10±2.04[b]	11.18±0.65[b]	21.54±2.60[b]	24.28±2.60[b]	62.37±1.61
	S4	34.17±0.66[a]	7.75±1.50[a]	15.06 ±2.24[a]	16.94±2.68[a]	62.92±0.93
เดือนที่ 3	S3	35.28±0.99[b]	10.97±0.54	20.20±1.36[b]	22.99±1.45[b]	61.43±1.06[b]
	S4	31.20±1.39[a]	10.25±1.03	18.04±1.50[a]	20.75±1.82[a]	60.45±0.39[a]
เดือนที่ 4	S3	25.75±1.22	9.89±0.23[b]	17.69±0.85[b]	20.28±0.77[b]	60.75±1.07
	S4	25.53±0.64	8.84±1.14[a]	15.20±1.38[a]	17.59±1.77[a]	59.92±0.90

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD

[ns] ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ในแต่ละคอลัมน์ของบ๊วยแช่อิ่มอบแห้งแต่ละสูตร

[a,b] ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์ของแต่ละเดือน หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ประเมินผลทางประสาทสัมผัส

ตารางที่ 4.13 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์บ๊วยแช่อิ่มอบแห้ง ที่ได้จากการนำวัตถุดิบที่เก็บรักษาเป็นเวลา 1 เดือน บ๊วยจากสูตร S3 และ S4 พบว่า คะแนนการยอมรับในด้านสี เนื้อสัมผัส รสเค็ม รสหวาน รสเปรี้ยว ความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ตัวอย่าง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยบ๊วยสูตร S4 ได้รับคะแนนเฉลี่ยความชอบทุกด้านสูงกว่า S3 และมีคะแนนอยู่ในระดับชอบปานกลาง (5.21-5.96 คะแนน)

ตารางที่ 4.13 ค่าคะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์บ๊วยแช่อิ่มอบแห้งเดือนที่ 1

บ๊วย	สี	เนื้อสัมผัส	รสเค็ม	รสหวาน	รสเปรี้ยว	ความชอบโดยรวม
S3	5.48±1.08[a]	5.21±1.32[a]	5.00±1.62[a]	5.13±1.48[a]	5.33±1.40[a]	5.21±1.50[a]
S4	5.83±1.01[b]	5.54±1.25[b]	5.88±0.99[b]	5.67±1.20[b]	5.96±1.20[b]	5.96±1.00[b]

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย ± SD

[ns] ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในแต่ละคอลัมน์ของบ๊วยแช่อิ่มอบแห้งแต่ละสูตร

[a,b] ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์ หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.14 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์บ๊วยแช่อิ่มอบแห้ง ที่ได้จากการนำวัตถุดิบที่เก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือน บ๊วยจากสูตร S3 และ S4 พบว่า คะแนนการยอมรับในด้านสี รสเค็ม รสเปรี้ยว ความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ตัวอย่าง ไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนการยอมรับด้านเนื้อสัมผัส รสหวาน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยมีคะแนนเฉลี่ยความชอบโดยรวม อยู่ในระดับชอบปานกลาง (5.76-5.88 คะแนน)

ตารางที่ 4.14 ค่าคะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์บ๊วยแช่อิ่มอบแห้งเดือนที่ 2

บ๊วย	สี[ns]	เนื้อสัมผัส	รสเค็ม[ns]	รสหวาน	รสเปรี้ยว[ns]	ความชอบโดยรวม[ns]
S3	5.80±0.90	5.48±0.78[a]	5.64±0.64	5.52±0.86[a]	5.80±0.82	5.76±0.75
S4	5.88±0.72	5.92±0.60[b]	5.76±0.77	5.80±0.67[b]	5.88±0.64	5.88±0.64

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย ± SD

[ns] ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในแต่ละคอลัมน์ของบ๊วยแช่อิ่มอบแห้งแต่ละสูตร

[a,b] ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์ หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.15 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์บ๊วยแช่อิ่มอบแห้ง ที่ได้จากการนำวัตถุดิบที่เก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน บ๊วยจากสูตร S3 และ S4 พบว่า คะแนนการยอมรับในด้านสี เนื้อสัมผัส รสเปรี้ยว ของผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ตัวอย่าง ไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนการยอมรับด้าน รสเค็ม รสหวาน และความชอบโดยรวม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยมีคะแนนเฉลี่ยความชอบโดยรวมอยู่ในระดับชอบปานกลาง (5.45-4.95 คะแนน)

ตารางที่ 4.15 ค่าคะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์บ๊วยแช่อิ่มอบแห้งเดือนที่ 3

บ๊วย	สี^{ns}	เนื้อสัมผัส^{ns}	รสเค็ม	รสหวาน	รสเปรี้ยว^{ns}	ความชอบโดยรวม
S3	5.40±1.44	5.65±1.13	5.70±0.79^{b}	5.25±1.13^{b}	5.40±0.96	5.45±1.02^{b}
S4	5.35±1.15	5.60±0.65	5.10±1.09^{a}	4.85±1.20^{a}	5.30±1.11	4.95±1.17^{a}

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย ± SD

^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในแต่ละคอลัมน์ของบ๊วยแช่อิ่มอบแห้งแต่ละสูตร

^{a,b} ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์ หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.16 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์บ๊วยแช่อิ่มอบแห้ง ที่ได้จากการนำวัตถุดิบที่เก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือน บ๊วยจากสูตร S3 และ S4 พบว่า คะแนนการยอมรับในด้านสี เนื้อสัมผัส รสเค็ม รสหวาน รสเปรี้ยว และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ตัวอย่าง ไม่มีความแตกต่างกัน โดยมีคะแนนเฉลี่ยความชอบโดยรวม อยู่ในระดับชอบปานกลาง (5.70-5.85 คะแนน) โดยลักษณะของผลิตภัณฑ์บ๊วยแช่อิ่มอบแห้งจากวัตถุดิบการดองเค็มสูตร S3 และ S4 ดังรูปที่ 4.15

ตารางที่ 4.16 ค่าคะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์บ๊วยแช่อิ่มอบแห้งเดือนที่ 4

บ๊วย	สี^{ns}	เนื้อสัมผัส^{ns}	รสเค็ม^{ns}	รสหวาน^{ns}	รสเปรี้ยว^{ns}	ความชอบโดยรวม^{ns}
S3	6.00±0.40	5.85±0.42	5.85±0.70	5.55±1.05^{a}	5.80±0.74	5.70±0.86
S4	5.85±0.425	5.80±0.50	5.80±0.58	5.75±0.70^{a}	6.00±0.60	5.85±0.53

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย ± SD

^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในแต่ละคอลัมน์ของบ๊วยแช่อิ่มอบแห้งแต่ละสูตร

^{a,b} ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์ หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

S3 S4

รูปที่ 4.15 ผลิตภัณฑ์บ๊วยแช่อิ่มอบแห้งจากวัตถุดิบบ๊วยดองเค็มสูตร S3 และ S4 (เดือนที่ 4)

ผลจากการศึกษาการเก็บวัตถุดิบเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาวัตถุดิบสำหรับนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์บ๊วยแช่อิ่มอบแห้ง พบว่า สามารถเลือกใช้วัตถุดิบบ๊วยจากการดองเค็มได้ทั้ง 2 สูตร คือ สูตร S3 (น้ำเกลือ 20 % โปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ (KMS) 500 ppm และแคลเซียมคลอไรด์ 1 %) และสูตร S4 (เกลือเม็ด 20% สลับกับบ๊วย) มาแปรรูปได้ตั้งแต่เดือนที่ 1 - 4 เมื่อแปรรูปเป็นบ๊วยแช่อิ่มอบแห้งแล้วยังได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบในระดับชอบปานกลาง ดังนั้นทางคณะผู้วิจัยจึงเลือกวัตถุดิบบ๊วยดองเค็มสูตร S4 ในการแปรรูปผลิตภัณฑ์บ๊วยกวน

มูลนิธิโครงการหลวง ROYAL PROJECT FOUNDATION

4.4.4 การพัฒนาผลิตภัณฑ์บ๊วยกวน

นำบ๊วยดองเค็มสูตร S4 ที่ผ่านขั้นตอนการแช่อิ่มถึงการแช่น้ำเชื่อมผสมน้ำส้มสายชูกลั่น 6 วันแล้ว แยกเฉพาะเนื้อบ๊วยมาทำการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์บ๊วยกวน

ผลจากการศึกษาการเติมสารเพิ่มความข้นหนืดด้วยเพคติน (1, 2, 3%) และกัวกัม (0.4, 0.6, 0.8%) ในกระบวนการแปรรูปบ๊วยกวน (แผ่น) พบว่า การใช้เพคติน 1% ทำให้บ๊วยกวนมีลักษณะใส มีการจับตัวกันได้ช้ากว่า 2 และ 3 % ซึ่งจะไม่เหมาะกับผลิตภัณฑ์บ๊วยกวน ส่วนปริมาณกัวกัมที่สูงขึ้นจะทำให้บ๊วยกวนจะแข็งเกินไป ปริมาณกัวกัมที่ 0.4 % ให้เนื้อสัมผัสที่บ๊วยกวนที่นุ่มกว่า ที่ 0.6 และ 0.8 % โดยค่าความชื้นและปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ดังตารางที่ 4.17 พบว่า การเติมเพคติน 1 % มีค่าความชื้น 4.84 $\pm$ 0.07 % และ ค่า a_w เป็น 0.48 $\pm$ 0.01 ซึ่งให้ค่าที่ต่ำกว่าการเติมเพคติน 2 และ 3 % และบ๊วยกวนมีลักษณะที่ไม่แข็งเกินไป ส่วนการเติมกัวกัมที่ 0.4% มีค่าความชื้น 6.23 $\pm$ 0.05 % และ ค่า a_w เป็น 0.49 $\pm$ 0.01 ซึ่งเป็นค่าความชื้นที่สูงกว่าการเติมกัวกัมที่ 0.6 และ 0.8 % จึงทำให้บ๊วยกวนมีความนุ่ม แต่ค่า a_w ใกล้เคียงกับเพคติน 0.4% ดังนั้นจึงทำการทดลองผสมกันระหว่างเพคติน (1%) และกัวกัม (น้อยกว่า 0.4%)

ตารางที่ 4.17 ค่าเฉลี่ยความชื้น และปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์บ๊วยกวน (แบบแผ่น) จากการเติมเพคติน และกัวกัมในสัดส่วนที่ต่างกัน

	ค่าความชื้น (%)	ปริมาณน้ำอิสระ (a_w)
เพคติน 1%	4.84 $\pm$ 0.07	0.48 $\pm$ 0.01
เพคติน 2%	6.70 $\pm$ 0.10	0.49 $\pm$ 0.01
เพคติน 3%	7.34 $\pm$ 0.52	0.52 $\pm$ 0.01
กัวกัม 0.4 %	6.23 $\pm$ 0.05	0.49 $\pm$ 0.01
กัวกัม 0.6 %	6.10 $\pm$ 0.21	0.52 $\pm$ 0.01
กัวกัม 0.8 %	5.44 $\pm$ 0.12	0.50 $\pm$ 0.01

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD

ศึกษาผลจากการใช้วัตถุดิบบ๊วยที่แช่น้ำเชื่อมผสมน้ำส้มสายชูกลั่นที่ระยะเวลาต่างกัน นำมากวนเป็นผลิตภัณฑ์บ๊วยกวน (แผ่น) โดยนำบ๊วยแช่ในน้ำเชื่อมผสมน้ำส้มสายชูกลั่นในสัดส่วนน้ำ ต่อน้ำตาลทราย ต่อน้ำส้มสายชูกลั่น (35 : 40 : 25) ในช่วงเวลา 3 5 และ 7 วัน สุ่มตัวอย่างเนื้อบ๊วยมากวนตามสูตรในตารางที่ 4.18 พบว่า ทั้ง 3 สูตรมีค่าความชื้นไม่แตกต่างกัน อยู่ในช่วง 7.38-8.37 % ซึ่งมีค่าความชื้นที่ต่ำกว่า (16.85%) ในผลิตภัณฑ์บ๊วยแผ่นผสมฝรั่งจากการพัฒนาผลิตภัณฑ์บ๊วยแผ่นผสมผลไม้ (รัชนีกร, 2549) ค่า pH ไม่มีแตกต่างกัน ทั้ง 3 สูตร ส่วนปริมาณกรดในรูปของกรดซิตริก ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด และปริมาณน้ำอิสระ (a_w) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 1.33-1.86 %, 83.45-86.25 ºBrix และ 0.57-0.59 ตามลำดับ ดังตารางที่ 19 ซึ่งในอาหารกลุ่มนี้จะมีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.1- 0.65 (ไพโรจน์, 2539)

ตารางที่ 4.18 สัดส่วนการพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์บ๊วยกวน (แผ่น) จากวัตถุดิบที่ต่างกัน

ส่วนผสม	สูตรที่ 1 (3 วัน)		สูตรที่ 2 (5 วัน)		สูตรที่ 3 (7 วัน)	
เนื้อบ๊วย	80 กรัม	17.66%	80 กรัม	17.66%	80 กรัม	17.66%
น้ำตาลทราย	150 กรัม	33.11 %	150 กรัม	33.11 %	150 กรัม	33.11 %
น้ำ	193.7 กรัม	42.76 %	193.7 กรัม	42.76 %	193.7 กรัม	42.76 %
แบะแซ	20 กรัม	4.42 %	20 กรัม	4.42 %	20 กรัม	4.42 %
เพคติน	4.5 กรัม	1.00 %	4.5 กรัม	1.00 %	4.5 กรัม	1.00 %
กัวกัม	1.8 กรัม	0.4 %	1.8 กรัม	0.4 %	1.8 กรัม	0.4 %
กรดซิตริก	3 กรัม	0.66 %	3 กรัม	0.66 %	3 กรัม	0.66 %

หมายเหตุ : สูตรที่ 1 (3 วัน) คือ แช่น้ำเชื่อมผสมน้ำส้มสายชู 3 วัน
สูตรที่ 2 (5 วัน) คือ แช่น้ำเชื่อมผสมน้ำส้มสายชู 5 วัน
สูตรที่ 3 (7 วัน) คือ แช่น้ำเชื่อมผสมน้ำส้มสายชู 7 วัน

ตารางที่ 4.19 คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์บ๊วยกวน (แผ่น)

บ๊วยกวน	ค่าความเป็นกรด-เบส[ns]	ปริมาณกรดในรูปของกรดซิตริก (%)	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (°Brix)	ปริมาณน้ำอิสระ (a_w)	ค่าความชื้น (%)[ns]
สูตรที่ 1 (3 วัน)	2.39 ± 0.01	1.86 ± 0.00[c]	83.76 ±0.00[b]	0.59 ± 0.01[b]	8.05 ±1.06
สูตรที่ 2 (5 วัน)	2.39 ±0.00	1.40 ± 0.02[b]	83.45 ±0.00[a]	0.58 ±0.01[a]	7.38 ±0.58
สูตรที่ 3 (7 วัน)	2.39 ±0.01	1.33 ±0.00[a]	86.25 ± 0.15[c]	0.57 ±0.01[a]	8.37 ±0.53

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± SD

[ns] ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในแต่ละคอลัมน์ของบ๊วยกวนแต่ละสูตร

[a,b,c] ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์ หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.20 แสดงค่าสีของผลิตภัณฑ์บ๊วยกวน (แผ่น) พบว่า ค่าความสว่าง L* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยที่สูตรที่ 1 (3 วัน) ไม่แตกต่างกันสูตรที่ 2 (5 วัน) และ 3 (7 วัน) มีค่าอยู่ในช่วง 27.00 - 28.88 ค่า a* อยู่ในทิศของสีแดง ไม่ต่างกันในทางสถิติ และค่า b* อยู่ในทิศของสีเหลือง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยที่สูตรที่ 2 (5 วัน) ไม่แตกต่างกันสูตรที่ 1 (3 วัน) และ3 (7 วัน) มีค่าอยู่ในช่วง 14.70-20.44 โดยค่ามุมของสี (H^o) อยู่ในช่วง 57.03 – 64.40 คือสีเหลืองอมส้มถึงสีเหลือง เทียบในรูปไดอะแกรมสัมประสิทธ์สี (ภาคผนวก ก)

ตารางที่ 4.20 ค่าสีของผลิตภัณฑ์บ๊วยกวน (แบบแผ่น)

บ๊วยกวน	ค่าสี				
	L*	a*[ns]	b*	C*[ns]	H^o
สูตรที่ 1 (3 วัน)	28.41±0.65[ab]	8.83±0.78	18.44±1.68[b]	20.44±1.85	64.40±0.07[b]
สูตรที่ 2 (5 วัน)	28.88±0.06[b]	8.07±0.14	16.82±0.44[ab]	18.65±0.46	64.37±0.18[b]
สูตรที่ 3 (7 วัน)	27.00±0.92[a]	9.57±1.52	14.70±1.94[a]	17.54±2.45	57.03±0.86[a]

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± SD

[ns] ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในแต่ละคอลัมน์ของบ๊วยกวนแต่ละสูตร

[a,b,c] ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์ หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของบ๊วยกวน (แผ่น) ทั้ง 3 สูตร โดยวิธีการให้คะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะ (7 Point - hedonic scale) ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.21พบว่าค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้านคุณลักษณะปรากฏ และสี ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนค่าเฉลี่ยความชอบด้านรสเค็ม รสหวาน รสเปรี้ยว รสชาติโดยรวม และความชอบโดยรวม มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยสูตรที่ 1 (3 วัน) ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุดอยู่ในระดับความชอบปานกลางถึงชอบมาก (6.20±0.48 คะแนน)

ดังนั้น วัตถุดิบ (บ๊วยแช่น้ำเชื่อมผสมน้ำส้มสายชูกลั่น) ที่เหมาะสมในการนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์บ๊วยกวน (แผ่น) ตามรูปที่ 4.16 คือ บ๊วยที่แช่น้ำเชื่อมผสมน้ำส้มสายชูกลั่น เป็นเวลา 3 วัน โดยมีส่วนผสมของเนื้อบ๊วย 17.66% น้ำตาลทราย 33.11 % น้ำ 42.76 % แบะแซ 4.42 % เพคติน 1.00 % กัวกัม 0.4 % และกรดซิตริก 0.66 %

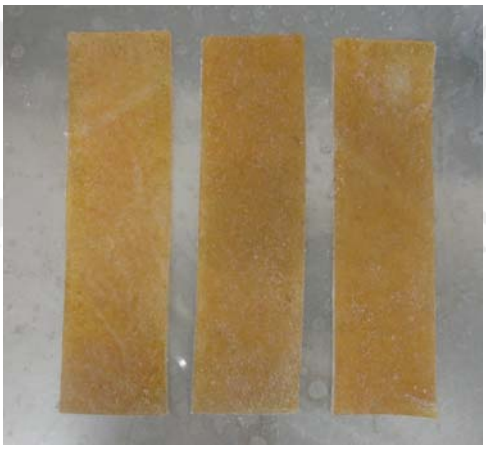
ตารางที่ 4.21 ค่าคะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์บ๊วยกวน (แผ่น)

บ๊วยกวน	ลักษณะปรากฏ[ns]	สี[ns]	รสเค็ม	รสหวาน	รสเปรี้ยว	รสชาติโดยรวม	ความชอบโดยรวม
สูตรที่ 1(3 วัน)	5.85±0.70	5.80±0.86	6.00±0.40[b]	6.10±0.45[b]	6.10±0.54[b]	6.25±0.53[b]	6.20±0.48[b]
สูตรที่ 2(5 วัน)	6.00±0.50	5.95±0.68	5.45±0.66[ab]	5.40±0.76[a]	5.20±0.72[a]	5.40±0.70[a]	5.45±0.76[a]
สูตรที่ 3(7 วัน)	5.75±0.63	5.85±0.83	5.25±0.78[a]	5.00±0.80[a]	5.35±0.79[a]	5.35±0.82[a]	5.40±0.78[a]

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± SD

[ns] ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ในแต่ละคอลัมน์ของบ๊วยกวนแต่ละสูตร

[a,b] ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์ หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)



รูป 4.16 ผลิตภัณฑ์บ๊วยกวน (แผ่น)

4.5 ต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์จากบ๊วย (บ๊วยแช่อิ่มอบแห้ง และบ๊วยกวน (แผ่น))

การคำนวณต้นทุนในการผลิตบ๊วยแช่อิ่มอบแห้งจำนวน 1 กิโลกรัม จะคิดราคาต้นทุนทั้งต้นทุนสูงสุด ต้นทุนต่ำสุด และต้นทุนเฉลี่ย ดังแสดงในตารางที่ 4.22 ราคาต้นทุนอยู่ในช่วง 114 – 117 บาท/กิโลกรัม โดยมีราคาวัตถุดิบตั้งต้นอยู่ในช่วง 14-20 บาท/กิโลกรัม

การคำนวณต้นทุนในการผลิตบ๊วยกวน (แบบแผ่น) จำนวน 1 ถาด (16 ชิ้น ชิ้นละ 3x11 ซม.) จะคิดราคาต้นทุน ดังแสดงในตารางที่ 4.23 ราคาต้นทุนอยู่ในช่วง 21-22 บาท/16 ชิ้น คิดต่อชิ้น 1.38 บาท โดยมีราคาวัตถุดิบตั้งต้นอยู่ในช่วง 14-20 บาท/กิโลกรัม

มูลนิธิโครงการหลวง ROYAL PROJECT FOUNDATION

ตารางที่ 4.22 ต้นทุนการผลิตต่อบ๊วยแช่อิ่มอบแห้ง 1 กิโลกรัม

รายการวัตถุดิบ	ปริมาณที่ใช้ (กิโลกรัม)			ราคา (บาท/กก.)			ราคาต้นทุน (บาท)		
	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย
บ๊วยสด	2.5	3	2.75	14	20	17	50	60	46.75
รายการส่วนผสม									
เกลือเม็ด		0.4			5.00			2	
น้ำตาลทราย		1.9			25.00			47.5	
โปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์		0.001			150.00			0.15	
น้ำส้มสายชู		0.24			22.00			5.28	
แคลเซียมคลอไรด์		0.02			70.00			1.4	
กรดซิตริก		0.01			140.00			1.4	
ค่าแก๊ส		0.2			20.00			4.00	
ค่าน้ำสำหรับทำน้ำเชื่อม		5.00			1.00			5.00	
รวมรายการส่วนผสม								66.73	
รวมทั้งหมด							116.73	126.73	113.48

หมายเหตุ : 1. ราคานี้ไม่รวมค่าบรรจุภัณฑ์ ค่าไฟ ค่าแรง และค่าน้ำ

2. หากมีการเปลี่ยนแปลงของราคา/กก. ของวัตถุดิบ ให้นำราคาใหม่นั้นไปคูณกับปริมาณการใช้ และหาผลรวมต้นทุนใหม่

ตารางที่ 4.23 ต้นทุนการผลิตบ๊วยกวน (แผ่น) ต่อ 1 ถาด (16 ชิ้น ชิ้นละ 3x11 ซม.)

รายการส่วนผสม	ปริมาณที่ใช้ (กิโลกรัม)	ราคา (บาท/กก.)	ราคาต้นทุน (บาท)
เนื้อบ๊วยจากการแช่น้ำเชื่อมผสมน้ำส้มสายชู	0.08	72.5	5.80
น้ำตาลทราย	0.15	25.00	3.75
น้ำ	0.19	1.00	0.19
แบะแซ	0.02	42.00	0.84
กรดซิตริก	0.003	140.00	0.42
เพคติน	0.005	1,400	7.00
กัวกัม	0.002	1,900	3.80
รวมทั้งหมด จำนวน 16 ชิ้น			21.8
ราคาต่อ 1 ชิ้น			1.36

หมายเหตุ : 1. ราคานี้ไม่รวมค่าบรรจุภัณฑ์ ค่าไฟ ค่าแรง และค่าน้ำ

2. หากมีการเปลี่ยนแปลงของราคา/กก. ของวัตถุดิบ ให้นำราคาใหม่นั้นไปคูณกับปริมาณการใช้ และหาผลรวมต้นทุนใหม่

4.6 การถ่ายทอดเทคโนโลยีการแปรรูปผลิตภัณฑ์แปรรูปจากบ๊วย

ได้ถ่ายทอดเทคโนโลยีการแปรรูปผลิตจากบ๊วย (บ๊วยแช่อิ่มอบแห้ง บ๊วยกวน และน้ำส้มสายชูหมักจากบ๊วย) ให้แก่เจ้าหน้าที่มูลนิธิโครงการหลวง และผู้ประกอบการที่มีความสนใจ ทั้งในส่วนของหลักการการผลิต สูตร วิธีการแปรรูป และการเก็บรักษาวัตถุดิบ ซึ่งได้จัดทำเอกสารคู่มือการผลิต และการสาธิตการแปรรูป โดยคณะผู้วิจัยได้ทำการถ่ายทอดเทคโนโลยีการแปรรูปผลิตจากบ๊วย เมื่อวันที่ 28-29 พฤษภาคม 2557 ณ มูลนิธิโครงการหลวง สถานีวิจัยห้วยน้ำขุ่น จ. เชียงราย โดยมีผู้เข้าอบรมจำนวน 35 ท่าน ดังตารางที่ 4.24 (รูปภาคผนวก ค)

ตารางที่ 4.24 แสดงรายชื่อผู้เข้าร่วมถ่ายทอดเทคโนโลยีการแปรรูปผลิตจากบ๊วย (บ๊วยแช่อิ่มอบแห้ง บ๊วยกวน และน้ำส้มสายชูหมักจากบ๊วย)

ลำดับที่	ชื่อ-นามสกุล	
1	นาย สิทธิ์	โนภา
2	นางนาซอ	จะนะ
3	นายสุรเดช	สวัสดิ์อุบล
4	นางสาวกรวรรณ	แซ่อึ่ง
5	นางสาวอังคณา	สุว่ะกาโล
6	นางสาวนงพงา	เทนุวงค์
7	นางสาวปรารถนา	หน่วยคุณ
8	นายอนุภิกษ์	มาโน
9	นางสาวสิรัส	เลสุชาติ
10	นางพรศรี	กะป่า
11	นางสาวสุธิดา	เบียแล
12	นางจามารี	จางศิริวรวุธ
13	นางนาแฮ	จะแล
14	นางอะมี	แซ่ซี่
15	นางสาวสุนิสา	สีละ
16	นายกิตติศักดิ์	ขะโย
17	นายจะแซ	ขะป่า
18	นางมะลิ	รัศมี
19	นายทศพล	เม่อแจ๊
20	นายทันตศักดิ์	วังสาร

21	นายพีระณัฐ	วงษ์ทองดี
22	นายปฐมพงษ์	คงเถือน
23	นายเอกชัย	เขียวมี
24	นายนฤพล	ไนราช
25	นายพงค์ศิริ	ภารินทร์
26	นายทลโรย	มะลิแก้ว
27	นายสมนึก	หวังวนวัฒน์
28	นางจัดสรร	เสมือง
29	นายวิงค์วร	ประจำวิกุล
30	นายณรงค์	สุคณา
31	นางเจริญ	สรีระพงษ์
32	นายอรณัติ	เจริญพงษ์
33	นายศรศิริวาส	ไพรทรัพย์
34	นางสาวกุจรินทร์	ผิวนิล
35	นายขจร	วิษาวรรณ

หมายเหตุ: รายชื่ออาจเกิดการคลาดเคลื่อน เนื่องจากเป็นการถ่ายทอดจากลายมือ

มูลนิธิโครงการหลวง ROYAL PROJECT FOUNDATION

ผลการประเมินกิจกรรมการถ่ายทอดเทคโนโลยีการแปรรูปผลิตจากบ๊วย (น้ำส้มสายชูหมักจากบ๊วย) วันที่ 28 พฤษภาคม 2557 ดังนี้

1.) ข้อมูลทั่วไปผู้กรอกแบบสอบถาม

การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตน้ำส้มสายชูหมักมีผู้เข้าร่วมทั้งหมด จำนวน 30 คน พบว่า มีคนเข้าอบรมในช่วงอายุ 18-25 ปีร้อยละ 23.33 ช่วงอายุ 26-35 ร้อยละ 26.66 ช่วง 36-45 ปี ร้อยละ 23.33 และอายุ 46 ปีขึ้นไป ร้อยละ 26.66 โดยแบ่งเป็นเพศชาย ร้อยละ 53.33 และเพศหญิง ร้อยละ 46.66 โดยเป็นนิสิตนักศึกษา ร้อยละ 13.33 ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ ร้อยละ 20.0 บริษัทเอกชน ร้อยละ 3.33 และบุคคลทั่วไป ร้อยละ 36.66 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการฝึกอบรม ร้อยละ 73.33 เพื่อติดตามผลงาน ร้อยละ 13.33 และเพื่อสาธิต ร้อยละ 10.0 โดยส่วนใหญ่เป็นครั้งแรกที่เข้าร่วมการฝึกอบรม ร้อยละ 83.33 เป็นครั้งที่ 2 ร้อยละ 3.33 และผู้ที่เคยเข้าร่วมอบรมมากกว่า 5 ครั้งขึ้นไป ร้อยละ 3.33 เช่นกัน

2.) ความรู้ความเข้าใจในการฝึกอบรม

ผู้เข้าร่วมอบรมมีระดับความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาหลักสูตรก่อนการฝึกอบรมส่วนใหญ่อยู่ในระดับดี ร้อยละ 30.0 รองลงมาอยู่ในระดับดีมากและปานกลาง ร้อยละ 20.0 และระดับน้อยร้อยละ 13.33 เมื่อผ่านการฝึกอบรมแล้วทำให้มีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาหลักสูตรเพิ่มมากขึ้นโดยพบว่าอยู่ในระดับดีร้อยละ 46.66 ระดับดีมาก ร้อยละ 33.33 และระดับปานกลาง ร้อยละ 20

3.) ความเหมาะสมของหลักสูตรและบริการ

ผู้เข้าร่วมการฝึกอบรมมีความคิดเห็นเกี่ยวกับความเหมาะของเนื้อหาและการสิตของหลักสูตรตามหัวข้อที่กำหนดไว้อยู่ในระดับดี ร้อยละ 53.33 ระดับดีมาก ร้อยละ 30.0 และระดับปานกลางร้อยละ 13.33 และคิดว่าเนื้อหาของหลักสูตรมีประโยชน์ต่อการนำไปประยุกต์ใช้งานอยู่นระดับดี ร้อยละ 53.33 ระดับดีมาก ร้อยละ 33.33 และระดับปานกลาง ร้อยละ10.0 โดยมีเอกสารที่ใช้ประกอบการฝึกอบรม/สัมมนามีเนื้อหาที่ครบถ้วนชัดเจนอยู่ในระดับดี ร้อยละ 63.33 ระดับดีมาก ร้อยละ 33.33 และระดับปานกลาง ร้อยละ 6.66 ด้านความพร้อมของโสตทัศนูปกรณ์ประกอบการฝึกอบรม/สัมมนา มีเนื้อหาครบถ้วนชัดเจน อยู่ในระดับดี ร้อยละ 56.66 และระดับดีมาก ร้อยละ 36.66 เป็นต้น

4) การบริการและสถานที่

ผู้เข้าร่วมการฝึกอบรมมีความพึ่งพอใจเรื่องความสะดวกในการติดต่อประสานงานในการเข้าอบรม/สัมมนา ในระดับดี ร้อยละ 73.33 ระดับดีมาก ร้อยละ 20 และระดับปานกลาง ร้อยละ 10 โดยมีคะแนนเรื่องการอำนวยความสะดวกในระหว่างการฝึกอบรม/สัมมนาอยู่ในระดับดี ร้อยละ 56.66 และระดับดีมาก ร้อยละ 33.33และมีความพึงพอใจในอาหาร/สถานที่/ห้องฝึกอบรม/สัมมนาอยู่ในระดับดี ร้อยละ66.66 และระดับดีมาก ร้อยละ 26.66

5) ระยะเวลาที่ใช้ในการฝึกอบรม/สัมมนา

พบว่า มีคะแนนความเหมาะสมอยู่ในช่วงร้อยละ 86.66 และควรให้มีระยะเวลาในการฝึกอบรมเป็น 1 วัน ร้อยละ 6.66 และเป็นเวลา 2 วัน ร้อยละ 3.33

6)การเข้าร่วมฝึกอบรมการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตน้ำส้มสายชูหมักได้ข่าวโปรแกรมฝึกอบรมร้อยละ 26.66 ทราบข่าวจากแผ่นพับ ร้อยละ 6.66 และทราบข่าวจากแหล่งอื่นๆ ร้อยละ 46.66

7) ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมจากการเข้าร่วมการฝึกอบรม ซึ่งมีประมาณ 4 ท่าน

เช่น - เนื้อหาดีมากมีประโยชน์

- ถ้ามีตลาดรองรับผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ยิ่งดี
- อยากให้มีการเพิ่มสื่อเป็น CD แจก
- อยากให้หลักสูตรอบรมนี้กระจายไปอบรมในหลายๆพื้นที่

8) หลักสูตรที่มีความสนใจเพิ่มเติม

- เทคโนโลยีการเกษตร	ร้อยละ 33.33
- เทคโนโลยีชีวภาพ	ร้อยละ 10.00
- เทคโนโลยีวัสดุ	ร้อยละ 3.33
- เทคโนโลยีบรรจุภัณฑ์	ร้อยละ 36.66
- พลังงานและสิ่งแวดล้อม	ร้อยละ 3.33
- เภสัชและสมุนไพร	ร้อยละ 20.00
- การจัดการ/การวางแผน	ร้อยละ 20.00
- อื่นๆ	ร้อยละ 3.33

มูลนิธิโครงการหลวง ROYAL PROJECT FOUNDATION

ผลการประเมินกิจกรรมการถ่ายทอดเทคโนโลยีการแปรรูปผลิตจากบ๊วย (บ๊วยแช่อิ่มอบแห้ง และบ๊วยกวน) วันที่ 29 พฤษภาคม 2557 ดังนี้

1) ข้อมูลทั่วไปผู้กรอบแบบสอบถาม

โครงการฝึกอบรมการผลิตผลิตภัณฑ์บ๊วยแช่อิ่มอบแห้ง และบ๊วยกวนมีผู้เข้าร่วมการทั้งหมด จำนวน 35 คน โดยแบ่ง เป็นเพศหญิงทั้งหมด 22 คน และเพศชายทั้งหมด 13 คน โดยผู้เข้าร่วมอบรมส่วนใหญ่เป็นบุคคลทั่วไป โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อฝึกอบรม และผู้เข้ารับการอบรมส่วนใหญ่เป็นครั้งแรกที่เข้าร่วมการฝึกอบรม

2) ความรู้ความเข้าใจในการฝึกอบรม

ผู้เข้าร่วมอบรมมีระดับความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาหลักสูตรก่อนการฝึกอบรมอยู่ในระดับน้อยถึงน้อยมากพบร้อยละ 40 เมื่อผ่านการฝึกอบรมแล้วทำให้มีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาหลักสูตรมากขึ้น โดยพบว่าอยู่ในระดับดีถึงดีมากร้อยละ 92

3) ความเหมาะสมของหลักสูตร และบริการ

ผู้เข้าร่วมอบรมมีความเข้าใจในหลักสูตรหัวข้อที่กำหนดไว้ในระดับดีถึงดีมาก ร้อยละ 96 โดยผู้เข้าร่วมการฝึกอบรมคิดว่าเนื้อหาของหลักสูตรมีประโยชน์ต่อการนำไปประยุกต์ใช้งานได้จริงในระดับดีถึงดีมาก ร้อยละ 96 และพบว่าร้อยละ 96 ของผู้ประกอบการมีความพึ่งพอใจเอกสารประกอบการฝึกอบรม/สัมมนา ที่มีเนื้อหาครบถ้วนและชัดเจน และความพร้อมของโสตทัศนูปกรณ์ประกอบการฝึกอบรม/สัมมนาอยู่ในระดับดีถึงดีมาก

4) การบริการ และ สถานที่

ผู้เข้าร่วมอบรมมีความสะดวกในการติดต่อประสานงานในการเข้าอบรม/สัมมนา อยู่ในระดับดีถึงดีมาก ร้อยละ 92 โดยผู้เข้าร่วมการฝึกอบรมเห็นว่ามีการอำนวยความสะดวกระหว่างการฝึกอบรม/สัมมนาได้เป็นที่พอใจอยู่ในระดับดีถึงดีมาก ร้อยละ 100 และ ร้อยละ 100 พบว่าผู้เข้าร่วมการฝึกอบรมมีความพึงพอใจในอาหาร/สถานที่ และห้องฝึกอบรม/สัมมนาอยู่ในระดับดีถึงดีมาก

5) ระยะเวลาที่ใช้ในการฝึกอบรม/สัมมนา

ผู้เข้าร่วมการฝึกอบรมมีความคิดเห็นว่าเวลาที่ใช้สำหรับฝึกอบรม/สัมมนามีความเหมาะสมในระดับดีมากถึงร้อยละ100

6) การทราบข่าวการฝึกอบรม

ผู้เข้าร่วมการฝึกอบรมร้อยละ 48 พบว่าทราบข่าวจากโปรแกรมการฝึกอบรม ร้อยละ 4 ทราบข่าวจากแผ่นพับ และร้อยละ 52 ทราบข่าวจากแหล่งอื่นๆ อาทิเช่น ผู้นำชุมชน

7) ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

ผู้เข้าร่วมการฝึกอบรมไม่มีข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

8) หลักสูตรที่สนใจเพิ่มเติม

ผู้เข้าร่วมการฝึกอบรมมีความสนใจในหลักสูตรอื่นๆ เพิ่มเติม ดังนี้ ร้อยละ48 สนใจเทคโนโลยีบรรจุภัณฑ์ ร้อยละ24 สนใจเทคโนโลยีทางด้านเภสัชและสมุนไพร และ ร้อยละ28 สนใจด้านเทคโนโลยีเกษตร เทคโนโลยีชีวภาพ การจัดการ/การวางแผน และ ด้านพลังงาน/สิ่งแวดล้อม

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1คุณภาพทางเคมีจากผลิตภัณฑ์บ๊วยแช่อิ่มอบแห้งในท้องตลาดพบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (TSS) อยู่ในช่วง 39.69-69.04 °Brix ค่าความเป็นกรด-เบส อยู่ในช่วง 2.24-3.07 ปริมาณกรดในรูปของกรดซิตริก 1.52-1.54 % ปริมาณเกลือ 33.59-77.19 % ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 0.00-12.17 ppm ปริมาณความชื้น 30.52-48.99 % และค่า a_w 0.52-0.83

5.2คุณภาพของบ๊วยสดและบ๊วยดองเค็มจากมูลนิธิโครงการหลวง บ๊วยสดสีเหลืองขนาด M (เส้นผ่านศูนย์กลาง 2.2-2.9 เซนติเมตร) และ L (เส้นผ่านศูนย์กลาง 2.9 เซนติเมตรขึ้นไป) และบ๊วยดองเค็มจากมูลนิธิโครงการหลวง มีคุณภาพทางเคมี ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ปริมาณเกลือ และปริมาณกรดในรูปของกรดซิตริก (% Acidity) มีค่าที่ใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 9.21-9.35°Brix 2.62-2.64, 9.64-10 % และ 6.43-6.52 % ตามลำดับ ส่วนบ๊วยดองเค็ม มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) 34.97 $\pm$ 0.30 ° Brix ค่าความเป็นกรด-เบส (pH) 2.20 $\pm$ 0.05 ปริมาณเกลือ 29.89 $\pm$ 0.00 % และปริมาณกรดในรูปของกรดซิตริก (% Acidity) 3.88 $\pm$ 0.04 %

5.3 วิธีการดองเค็มบ๊วยที่เหมาะสมเพื่อการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์จากบ๊วย ได้แก่ สูตร S3 (น้ำเกลือ 20 % โปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ (KMS) 500 ppm และแคลเซียมคลอไรด์ 1 %) และสูตร S4 (เกลือเม็ด 20% สลับกับบ๊วย) สามารถเก็บได้นาน 18 สัปดาห์ (4.5 เดือน) เก็บที่อุณหภูมิห้อง

5.4การพัฒนากรรมวิธีการแปรรูปผลิตภัณฑ์แปรรูปจากบ๊วยแช่อิ่มอบแห้ง มีลำดับขั้นตอนผลิต ดังนี้ นำบ๊วยดองเค็ม (เกลือ 20 %) (สูตร S3 หรือ S4) ล้างน้ำสะอาด แช่น้ำเปล่า 24 ชั่วโมง และทำการแช่อิ่มน้ำเชื่อมผสมน้ำส้มสายชูกลั่น สัดส่วน น้ำ : น้ำตาลทราย : น้ำส้มสายชูกลั่น (35 : 40 : 25) นาน 6 วัน และปรับความเข้มข้นของน้ำเชื่อม เป็น 55 ° Brix นาน 2 วัน และปรับความเข้มข้นน้ำเชื่อม เป็น 65 ° Brix นาน 2 วัน ล้างน้ำอุ่น อบแห้งที่อุณหภูมิ 50-55 °C นาน 18-24 ชัวโมง ได้เป็นผลิตภัณฑ์บ๊วยแช่อิ่มอบแห้ง

5.5การเก็บวัตถุดิบเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาวัตถุดิบสำหรับนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์บ๊วยแช่อิ่มอบแห้ง สามารถเลือกใช้วัตถุดิบบ๊วยจากการดองเค็มได้ทั้ง 2 สูตร คือ สูตร S3 (น้ำเกลือ 20 % โปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ (KMS) 500 ppm และแคลเซียมคลอไรด์ 1 %) และสูตร S4 (เกลือเม็ด 20% สลับกับบ๊วย) มาแปรรูปได้ตั้งแต่เดือนที่ 1 - 4 เมื่อแปรรูปเป็นบ๊วยแช่อิ่มอบแห้งแล้วยังได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบในระดับชอบปานกลาง

5.6การพัฒนาผลิตภัณฑ์บ๊วยกวน จากการนำวัตถุดิบ (บ๊วยแช่น้ำเชื่อมผสมน้ำส้มสายชูกลั่น) ที่เหมาะสมสูตรที่ 1(3 วัน) นำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์บ๊วยกวน (แบบแผ่น) โดยมีส่วนผสมดังนี้ เนื้อบ๊วยที่แช่น้ำเชื่อมผสมน้ำส้มสายชูกลั่น เป็นเวลา 3 วัน 17.66% น้ำตาลทราย 33.11 % น้ำ 42.76 % แบะแซ 4.42 % เพคติน 1.00 % กัวกัม 0.4 % และกรดซิตริก 0.66 % ผสมส่วนผสมทั้งหมด กวน นาน 3-5 นาที ใส่ถาดขนาด 10 x 10 นิ้ว แล้วอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50-55 ^{o}C นาน 18-20 ชั่วโมง 1 ถาดได้ 16 ชิ้น ขนาด 3 x 11 เซนติเมตร

5.7 ต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์จากบ๊วย (บ๊วยแช่อิ่มอบแห้ง และบ๊วยกวน (แบบแผ่น))

ต้นทุนในการผลิตบ๊วยแช่อิ่มอบแห้งจำนวน 1 กิโลกรัม อยู่ในช่วง 114 – 117 บาท/กิโลกรัม โดยมีราคาวัตถุดิบอยู่ในช่วง 14-20 บาท/กิโลกรัม ส่วนต้นทุนในการผลิตบ๊วยกวน (แบบแผ่น) จำนวน 1 ถาด (16 ชิ้น ชิ้นละ 3x11 ซม.) อยู่ในช่วง 21-22 บาท/16 ชิ้น คิดต่อชิ้น 1.38 บาท โดยมีราคาวัตถุดิบอยู่ในช่วง 14-20 บาท/กิโลกรัม

5.8การถ่ายทอดเทคโนโลยีการแปรรูปผลิตภัณฑ์แปรรูปจากบ๊วย (บ๊วยแช่อิ่มอบแห้ง บ๊วยกวน และน้ำส้มสายชูหมักจากบ๊วย) ให้แก่เจ้าหน้าที่มูลนิธิโครงการหลวง และผู้ประกอบการที่มีความสนใจ ทั้งในส่วนของหลักการการผลิต สูตร วิธีการแปรรูป และการเก็บรักษาวัตถุดิบ ซึ่งได้จัดทำเอกสารคู่มือการผลิตและการสาธิตการแปรรูป โดยคณะผู้วิจัยได้ทำการถ่ายทอดเทคโนโลยีการแปรรูปผลิตจากบ๊วย เมื่อวันที่ 28-29 พฤษภาคม 2557 ณ มูลนิธิโครงการหลวง สถานีวิจัยห้วยน้ำขุ่น จ. เชียงราย โดยมีผู้เข้าอบรมจำนวน 35 ท่าน

บทที่ 3 : กรรมวิธีทดลอง (อุปกรณ์ และวิธีการ)

โครงการย่อยที่ 2 : การแปรรูปน้ำส้มสายชูหมักจากบ๊วย

ผู้รับผิดชอบ: ดร.สมพร มูลมั่งมี

1. สถานที่ดำเนินการวิจัย

สถานที่ดำเนินการวิจัย	ปี
1. ห้องปฏิบัติการฝ่ายวิทยาศาสตร์ชีวภาพ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) 35 หมู่ 3 เทคโนธานี ตำบลคลองห้า อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120	2555 - 2556
2. สถานีวิจัยห้วยน้ำขุ่น (บ้านแม่สรวย หมู่ 16 ต.ท่าเรือ อ.แม่สรวย จ.เชียงราย) มูลนิธิโครงการหลวง จ.เชียงใหม่ (สถานที่ถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิต)	2555 – 2556

2. วัสดุอุปกรณ์การทดลอง

1.วัตถุดิบบ๊วยสด จากสถานีวิจัยห้วยน้ำขุ่นและสถานีวิจัยอ่างขาง

2. สารเคมี สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่

- โซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide)
- เอทานอล (ethanol)
- ฟีนอล์ฟทาลีน (phenolphthalein)
- แคลเซียมคาร์บอเนต (calcium carbonate)
- โบรโมกลีซอลพีเพิล (bromocresol purple)
- สารสกัดจากยีสต์ (yeast extract)
- เปปโตน (peptone)
- ผงวุ้น (agar)
- กลีเซอรอล (glycerol)
- น้ำตาลทราย (Sucrose)
- น้ำตาลอ้อย
- โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH)
- โปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ (KMS)

3. เชื้อจุลินทรีย์

- เชื้อยีสต์ที่ใช้ในการหมักไวน์ *Saccharomyces cerevisiae*
- เชื้อแบคทีเรียที่ใช้ในการผลิตน้ำส้มสายชูหมัก

ชนิดที่ 1. การผลิตน้ำส้มสายชูหมักพร้อมดื่ม ได้แก่ เชื้อ *Gluconacetobacter* sp.

ชนิดที่ 2. การผลิตน้ำส้มสายชูหมักเพื่อการปรุงรส ได้แก่ เชื้อ *Acetobacter* sp.

4. อาหารเลี้ยงเชื้อ

- Potato medium
- Yeast extract peptone Ethanol (YPE)
- Yeast extract peptone dextrose (YPD)

5. เครื่องมือและอุปกรณ์ ได้แก่

- ถังพลาสติก
- หม้อสแตนเลส
- ตะกร้าพลาสติก
- ทัพพี
- มีด
- เทอร์โมมิเตอร์
- เตาแก๊ส
- ถุงพลาสติก
- Microcentrifuges tube
- Cryotube
- ช้อนตักสาร (Spatula)
- เข็มเขี่ยเชื้อ และ ห่วงถ่ายเชื้อ
- ขวดโหลหมักขนาด 2-3 ลิตร
- กะละมังพลาสติก
- ผ้าขาวบาง
- ตะเกียงแอลกอฮอล์
- ขวดแก้วเล็ก (Vial)
- ขวด Duran ขนาด 250, 500 และ 1,000 มิลลิลิตร
- บิวเรต (Burette) ขนาด 25 มิลลิลิตร

- ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 250, 500, 1,000 และ 5,000 มิลลิลิตร
- บีกเกอร์ ขนาด 50, 100, 250, 500, 1,000 และ 2,000 มิลลิลิตร
- กระบอกตวง ขนาด 50, 100, 250, 500 และ1,000 มิลลิลิตร
- แท่งแก้วคนสาร (Stirrer)
- กรวยกรอง และกระดาษกรอง (Whatman) เบอร์ 4
- ไมโครปิเปตพร้อม tip ขนาด 100, 200, 1,000 และ 5,000 ไมโครลิตร
- เครื่องชั่งไฟฟ้า 3 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Sartorius รุ่น BA 310S
- เครื่องชั่งไฟฟ้า 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Sartorius รุ่น A200 S
- เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-เบส (pH meter) ยี่ห้อ DENVER INSTRUMENT
- เครื่องปั่นเหวี่ยง (centrifuge) ยี่ห้อ TOMY รุ่น SUPREMA 25
- เครื่องผสม (vortex mixer) ยี่ห้อ SCIENTIFIC INDUSTRIDS
- หม้อนึ่งความดันไอน้ำ (autoclave) ยี่ห้อ HIRAYAMA รุ่น HV-25
- ตู้อบลมร้อน (hot air oven) ยี่ห้อ MEMMERT
- เครื่องวัดค่าแสงส่องผ่าน (klett) ยี่ห้อ SCIENCEWARE รุ่น 1800-4BEL-ART
- เครื่องแก๊สโครมาโตรกราฟี (GC)
- เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (Hand refractometer)
- เครื่องวัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสง
- ตู้ปลอดเชื้อ (Laminar Airflow Chamber II) ยี่ห้อ ASTEC micro flow รุ่น ABS
- ตู้อบไมโครเวฟ ยี่ห้อ SUNYO รุ่น EM-S 2088 W/V
- เครื่องผสม (Vortex mixer) ยี่ห้อ VORTEX GENIE 2 รุ่น G-560E
- เครื่องทำความสะอาดคลื่นอัลตร้าโซนิค ยี่ห้อ Bandelinรุ่น sonorex digital 10 P
- เครื่องเขย่าแบบหมุนวน (Orbital shaker) ยี่ห้อ New Brunswick Scientific
- ตู้แช่ 4 องศาเซลเซียส ยี่ห้อ SIC รุ่น SDC-1000 AY
- ตู้แช่แข็ง -20 องศาเซลเซียส ยี่ห้อ Mirage

6. อุปกรณ์ที่ใช้ในการประเมินทางด้านประสาทสัมผัส
- อุปกรณ์ในการประเมินทางด้านประสาทสัมผัส ได้แก่ แก้วน้ำพลาสติก และกระดาษทิชชู
- แบบทดสอบคะแนนความชอบทางด้านประสาทสัมผัส (ภาคผนวก ค.)

3. วิธีการทดลอง

3.1 การสำรวจตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมัก

ทำการสำรวจ และสุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักที่มีวางจำหน่ายในท้องตลาด พร้อมทั้งตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีตามวิธีการของ AOAC (2000) เช่น ค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ปริมาณกรดในรูปของกรดน้ำส้ม (Acetic acid) และการประเมินทางประสาทสัมผัสเบื้องต้น เช่น กลิ่น รสชาติ และคุณลักษณะปรากฏ เป็นต้น

3.2 การตรวจวิเคราะห์คุณภาพของวัตถุดิบ

ทำการสุ่มตัวอย่างวัตถุดิบบ๊วยสดจากสถานีวิจัยของมูลนิธิโครงการหลวงห้วยน้ำขุ่น (บ้านห้วยแม่สรวย หมู่ 16 ตำบลท่าเรือ อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย 57180) มาตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีตามวิธีการของ AOAC (2000) คุณค่าทางโภชนาการ และคุณภาพทางเคมี ดังนี้

- ค่าความเป็นกรด-เบส ด้วยเครื่อง pH meter
- ปริมาณกรดในรูปของกรดน้ำส้ม (AOAC, 2000)
- ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ด้วยเครื่อง Hand-Refractometer

3.3 การแยกและการคัดเลือกเชื้อแบคทีเรียกรดน้ำส้ม

3.3.1. การเก็บตัวอย่างเพื่อการแยกเชื้อแบคทีเรียกรดน้ำส้ม

ทำการเก็บรวบรวมตัวอย่างจากแหล่งต่างๆ ที่คาดว่าจะพบเชื้อแบคทีเรียกรดน้ำส้ม ได้แก่ ดอกไม้ ผลไม้สุก และผลไม้หมักดอง จากสถานีวิจัยของมูลนิธิโครงการหลวงห้วยน้ำขุ่น (บ้านห้วยแม่สรวย หมู่ 16 ตำบลท่าเรือ อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย 57180) เพื่อใช้ในการคัดแยกเชื้อแบคทีเรียอะซิติกซึ่งมีความสามารถในการผลิตกรดน้ำส้ม

3.3.2 การเพิ่มปริมาณเชื้อแบคทีเรียกรดน้ำส้ม

นำตัวอย่างจากข้อ 3.3.1. มาทำการเพาะเลี้ยงเชื้อโดยการเพิ่มปริมาณเชื้อด้วยวิธีการ enrich culture นำตัวอย่างชนิดต่างๆ ประมาณ 1 กรัม ใส่ลงในขวดปากกว้างที่บรรจุอาหารเหลว GYPE medium แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3, 5 และ 7 วัน ตามลำดับ

3.3.3 การแยกบริสุทธิ์เชื้อแบคทีเรียกรดน้ำส้ม

นำขวดตัวอย่างที่ทำการเพาะเลี้ยงเชื้อไว้จากข้อ 3.3.2 ตามช่วงเวลาดังกล่าวข้างต้น มาทำการแยกบริสุทธิ์เชื้อแบคทีเรียกรดน้ำส้มโดยวิธีการ streak ลงบนอาหาร GYPE agar medium ที่ผสม bromocresol purpre ซึ่งถูกใช้เป็นอินดิเคเตอร์และ/หรือ potato agar medium ที่ผสมผงแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) แล้วนำจานอาหารเพาะเลี้ยงเชื้อไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง เชื้อจะเจริญบนผิวของอาหาร และถ้าเป็นเชื้อที่สามารถสร้างกรดได้ เมื่อทดสอบโดยใช้อาหาร GYPE agar medium ที่ผสม bromocresol purpre สีของอินดิเคเตอร์ในอาหารจะเปลี่ยนจากสีม่วงเป็นสีเหลืองบริเวณรอบๆ โคโลนีของเชื้อ แต่ในกรณีทดสอบโดยใช้อาหาร potato agar medium ที่ผสม $CaCO_3$ กรดที่ถูกสร้างโดยเชื้อจะไปสลาย

ผลึกของผง $CaCO_3$ ในอาหารเลี้ยงเชื้อส่งผลให้อาหารเลี้ยงเชื้อจากเดิมที่มีสีขาวขุ่นเปลี่ยนไปเป็นใสไม่มีสี ทำให้มองเห็นโซนใสปรากฏบริเวณรอบๆ โคโลนี นั่นแสดงว่าเชื้อดังกล่าวให้ผลบวกในการทดสอบ

3.3.4 การเก็บรักษาเชื้อแบคทีเรียกรดน้ำส้ม

ทำการเก็บรักษาเชื้อบริสุทธิ์ที่แยกได้ไว้เป็น Stock culture โดยเก็บเชื้อที่แยกได้ไว้บนหลอดอาหารเอียง potato agar medium ที่ผสม $CaCO_3$ บ่มเชื้อไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง และทำการเปลี่ยนอาหารทุกๆ 2-3 เดือน ขณะเดียวกันก็ทำการเก็บรักษาเชื้อไว้ในสารละลายกลีเซอรอลที่ความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ โดยผสมเชื้อให้เข้ากันก่อนนำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -80 องศาเซลเซียส

3.4 การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา การเจริญ และสรีรวิทยาของแบคทีเรียกรดน้ำส้ม

นำเชื้อแบคทีเรียกรดน้ำส้มที่คัดแยกได้จากข้อ 3.3.4 มาทำการศึกษาลักษณะต่างๆ ดังนี้

3.4.1 การตรวจสอบลักษณะทางสัณฐานวิทยา

ทำการตรวจสอบลักษณะทางสัณฐานวิทยาโดยการย้อมแกรม แล้วนำไปส่องดูการติดสี ลักษณะรูปร่าง และการจัดเรียงตัวของเซลล์ด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 1,000 เท่า เซลล์ของเชื้อแบคทีเรียกรดน้ำส้มจะย้อมติดสีแกรมลบเมื่ออายุน้อยกว่า 24 ชั่วโมงหากอายุมากขึ้นจะติดสีแกรมบวก

3.4.2 การทดสอบการสร้างเอนไซม์คะตะเลส (Catalase test)

ทำการทดสอบการสร้างเอนไซม์คะตะเลสของเชื้อแบคทีเรียกรดน้ำส้ม ซึ่งเอนไซม์นี้มีความสัมพันธ์กับเชื้อที่ต้องการออกซิเจนเท่านั้น สามารถทดสอบได้โดยการเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียกรดน้ำส้มบนอาหารแข็งเป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง หลังจากนั้นเขี่ยเชื้อที่ต้องการทดสอบลงบนแผ่นสไลด์ แล้วหยดสารละลายไฮโครเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 1-2 หยด ลงบนเชื้อที่ถูกเขี่ยออกมาทดสอบ ถ้าให้ผลบวกในการทดสอบจะปรากฏฟองก๊าซออกซิเจนขึ้น

3.4.3 การทดสอบปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของเอทานอล

ทำการทดสอบโดยการปลูกถ่ายเชื้อแบคทีเรียกรดน้ำส้มลงบนอาหาร YE ที่ผสมเอทานอล ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นนำจานเพาะเลี้ยงเชื้อไปบ่มไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง เชื้อที่สร้างออกซิไดซ์เอทานอลได้จะสามารถเจริญเติบโตได้บนอาหารดังกล่าว โดยออกซิไดซ์เอทานอลไปเป็นกรดอะซิติกและกรดอะซิติกที่สร้างออกมาจะไปสลายผลึกของผงแคลเซียมคาร์บอเนตในอาหาร ส่งผลให้อาหารซึ่งมีสีขาวขุ่นเปลี่ยนเป็นใสไม่มีสี ทำให้เห็นโซนใสเกิดขึ้น บริเวณรอบๆ โคโลนี นั่นแสดงว่าเชื้อข้างต้นให้ผลบวกในการทดสอบ

3.5 การทดสอบและคัดเลือกเชื้อแบคทีเรียกรดน้ำส้ม

ทำการทดสอบและคัดเลือกเชื้อแบคทีเรียกรดน้ำส้มสกุล *Gluconacetobacter* sp. และ*Acetobacter* sp. ที่มีความสามารถในการเจริญเติบโตที่ดีในอาหารเหลวที่มีแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 3-7 เปอร์เซ็นต์ และ

สามารถผลิตกรดน้ำส้มได้ โดยทำการการทดสอบและคัดเลือกจากเชื้อแบคทีเรียกรดน้ำส้มสายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกเบื้องต้นมาแล้วจากข้อ 3.4 เพื่อใช้ในการผลิตน้ำส้มสายชูหมักพร้อมดื่ม และการผลิตน้ำส้มสายชูหมักเพื่อการปรุงรส สำหรับการทดลองในขั้นตอนต่อไป

3.6 การพัฒนากระบวนการผลิตน้ำส้มสารชูหมักจากบ๊วย

จากการศึกษาวิจัยกระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากผลบ๊วยสด พบว่าปัญหาหนึ่งของกระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากผลบ๊วยสด คือ ผลผลิตบ๊วยจะให้ผลผลิตออกมาในช่วงระยะเวลาสั้นๆ ประมาณ 2 เดือนเท่านั้น คือ ในช่วงเดือนมีนาคมถึงเมษายน เกษตรเองและ/หรือพ่อค้ารับซื้อผลบ๊วยสดจะทำการแปรรูปผลบ๊วยสดเป็นบ๊วยดองเกลือ (เกลือความเข็มข้น 18-20 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก) เป็นส่วนใหญ่ และจากการทดลองพบว่าบ๊วยดองเกลือมีคุณสมบัติ/คุณภาพไม่เหมาะสมต่อการนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในกระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมัก ดังนั้นฤดูกาลให้ผลผลิตของบ๊วยซึ่งออกมาในช่วงระยะเวลาสั้นๆ นั้น จึงเป็นข้อจำกัดและเป็นปัญหาที่สำคัญของกระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากผลบ๊วยสด เพื่อให้วัตถุดิบ (ผลบ๊วยสด) มีปริมาณเพียงพอต่อกระบวนการผลิตฯ และยังคงมีคุณภาพเหมาะสมต่อการนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำส้มสายชูหมัก ผู้วิจัยจึงต้องทำการเก็บรวบรวม/เก็บวัตถุดิบ (บ๊วยสด) และเก็บรักษาคุณภาพของผลบ๊วยสดไว้โดยวิธีการแช่แข็งไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ซึ่งจากการทดลองพบว่าวิธีการเก็บรักษาโดยวิธีนี้มีต้นทุนการผลิตที่สูง (ค่าไฟฟ้า) และเป็นข้อจำกัดในพื้นที่ที่ไม่มีไฟฟ้าใช้ วิธีการนี้จึงไม่เหมาะต่อการแนะนำให้กับเกษตรนำไปใช้ และจากผลการทดลองยังพบว่าบ๊วยสดที่เก็บรักษาไว้โดยวิธีนี้ (อายุการเก็บรักษามากกว่า 12 เดือน) สีของผลบ๊วยจะมีสีที่เข้มขึ้น ดังนั้นเพื่อให้การแก้ไขปัญหาดังกล่าวข้างต้นและให้กระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากผลบ๊วยสดสามารถผลิตได้ตลอดทั้งปี ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการศึกษาวิธีการเก็บรักษาวัตถุดิบ (ผลบ๊วยสด) ชนิดเข็มข้นขึ้นด้วยวิธีการหมัก เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตน้ำส้มสายชูหมักคู่ขนานไปกับการศึกษาวิจัยกระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากผลบ๊วยสด และทำการติดตามผลการทดลองการเก็บวัตถุดิบ (ผลบ๊วยสด) ชนิดเข็มข้นด้วยวิธีการหมักที่ระยะเวลา 6, 12, 18 และ 24 เดือน ตามลำดับ ควบคู่กันไป

3.6.1 การเตรียมวัตถุดิบจากผลบ๊วยสดสำหรับการศึกษาวิธีการเก็บรักษาวัตถุดิบ (บ๊วยหมัก) ชนิดเข้มข้น

เตรียมวัตถุดิบสำหรับกระบวนการหมักเพื่อเก็บรักษาวัตถุดิบ (บ๊วยหมัก) ชนิดเข้มข้น โดยทำความสะอาดผลบ๊วยสดจากโครงการหลวงฯ นำมาล้างด้วยน้ำสะอาด ตั้งทิ้งไว้ในตะกร้าให้สะเด็ดน้ำ จากนั้นบ่มผลบ๊วยสดให้สุกงอม สีเหลืองสม่ำเสมอเป็นเวลาประมาณ 1-2 วัน ในภาชนะโปร่ง อากาศถ่ายเทสะดวก จากนั้นชั่งน้ำหนักผลบ๊วยสดและส่วนผสมต่างๆตาม Treatment ดังต่อไปนี้

Treatment ที่ 1 (สูตรที่ 1)

ผลบ๊วยสด	1.0	กิโลกรัม
น้ำตาลทราย	0.2	กิโลกรัม
น้ำประปา	2.0	กิโลกรัม
เอทธานอล (95%)	3.0	เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนักรวมวัตถุดิบ)

Treatment ที่ 2 (สูตรที่ 2)

ผลบ๊วยสด	1.0	กิโลกรัม
น้ำตาลทราย	0.4	กิโลกรัม
น้ำประปา	1.0	กิโลกรัม
เอทธานอล (95%)	3.0	เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนักรวมวัตถุดิบ)

Treatment ที่ 3 (สูตรที่ 3)

ผลบ๊วยสด	1.0	กิโลกรัม
น้ำตาลทราย	0.9	กิโลกรัม
น้ำประปา	0.9	กิโลกรัม
เอทธานอล (95%)	3.0	เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนักรวมวัตถุดิบ)

Treatment ที่ 4 การเก็บรักษาโดยวิธีแช่แข็งไว้ที่ -20 องศาเซลเซียส (การทดลองเปรียบเทียบ)

ทำการสุ่มตัวอย่างวัตถุดิบ (บ๊วย) **treatment** (สูตร) ต่างๆ จากการทดลองในข้อที่ 3.6.1 มาตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีตามวิธีการในข้อ 3.7

3.6.2 การผลิตน้ำส้มสายชูหมัก การทดลองได้ทำการศึกษาวิจัยการผลิตน้ำส้มสายชูหมัก 2 ชนิด ด้วยกันคือ

ชนิดที่ 1. การผลิตน้ำส้มสายชูหมักพร้อมดื่ม และ

ชนิดที่ 2. การผลิตน้ำส้มสายชูหมักเพื่อการปรุงรส

3.6.2.1 การเตรียมกล้าเชื้อจุลินทรีย์

3.6.2.1.1 การเตรียมกล้าเชื้อยีสต์

ปลูกถ่ายเชื้อยีสต์ (*Saccharomyces cerevisiae*) ผงสำหรับกระบวนการหมักไวน์ในอัตราส่วนความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ (ปริมาตร/ปริมาตร) ของปริมาตรที่ใช้ทั้งหมด ลงในอาหารเหลวน้ำบ๊วยปลอดเชื้อปริมาตร 100 มิลลิลิตร ที่บรรจุอยู่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 500 มิลลิลิตร เลี้ยงเชื้อบนเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 24 ชั่วโมง พร้อมใช้เป็นกล้าเชื้อสำหรับการผลิตน้ำส้มสายชูหมักทั้ง 2 ชนิด ในขั้นตอนต่อไป

3.6.2.1.2 การเตรียมกล้าเชื้อน้ำส้มสายชูหมักพร้อมดื่ม

ทำการถ่ายเชื้อบริสุทธิ์ (ชิ้นวุ้น; mother of vinegar) แบคทีเรีย *Gluconacetobacter* sp. สายพันธุ์คัดเลือก จาก stock culture ลงเลี้ยงในขวดอาหารเหลวที่มีน้ำบ๊วยเป็นส่วนประกอบปริมาตร 10 มิลลิลิตรที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว นำไปบ่มไว้ที่อุณหภูมิห้องในสภาวะ static culture เป็นเวลา 7 วัน จากนั้นถ่ายเชื้อลงในขวดอาหารใหม่ปริมาตร 100 มิลลิลิตร นำไปบ่มไว้ที่สภาวะดังกล่าวมาแล้วข้างต้น เมื่อครบกำหนดเวลาจึงนำไปใช้เป็นกล้าเชื้อสำหรับกระบวนการหมักน้ำส้มสายชู โดยใช้กล้าเชื้อความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหมักเริ่มต้น

3.6.2.2 การเตรียมวัตถุดิบ (น้ำบ๊วยสดเข้มข้น)

ล้างผลบ๊วยสดให้สะอาด จากนั้นนำขึ้นมาพักไว้ในกระจาดตั้งทิ้งไว้ให้สะเด็ดน้ำ เตรียมน้ำบ๊วยเข้มข้นในน้ำประปา โดยชั่งผลบ๊วยสดต่อน้ำประปาในอัตราส่วน 1:1 (น้ำหนัก/ปริมาตร) จากนั้นบีบให้ผลบ๊วยแตกให้ส่วนเนื้อและเม็ดแยกออกจากกันผสมรวมกับน้ำประปา จะได้น้ำบ๊วยเข้มข้นสำหรับใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับการหมักในขั้นตอนต่อไป เก็บตัวอย่างน้ำบ๊วยเข้มข้นนำมาตรวจวิเคราะห์ผลทางกายภาพ (ตารางที่ 3.1) ในข้อ 3.7

ตารางที่ 3.1 ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของน้ำบ๊วยสดเข้มข้น

น้ำบ๊วยเข้มข้น	**ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด** (องศาบริกซ์)	**ปริมาณกรดทั้งหมด** (เปอร์เซ็นต์)	**ค่าความเป็นกรด-เบส**	**น้ำตาลทั้งหมด** (เปอร์เซ็นต์)
	4	2.34	2.78	0.52

3.6.2.3 การศึกษากระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมักพร้อมดื่ม

เตรียมน้ำบ๊วยสำหรับกระบวนการหมักไวน์และน้ำส้มสายชู โดยใช้น้ำบ๊วยสดเข้มข้นที่ได้จากข้อ **3.6.2.2** เจือจางในอัตราส่วนต่างๆ ดังนี้

สูตรที่ 1 อัตราส่วน 1 ต่อ 1 (น้ำบ๊วยเข้มข้น 1 ส่วน ต่อ น้ำ 1 ส่วน)

สูตรที่ 2 อัตราส่วน 1 ต่อ 3 (น้ำบ๊วยเข้มข้น 1 ส่วน ต่อ น้ำ 3 ส่วน)

สูตรที่ 3 อัตราส่วน 1 ต่อ 5 (น้ำบ๊วยเข้มข้น 1 ส่วน ต่อ น้ำ 5 ส่วน)

เติมน้ำบ๊วยสำหรับหมักน้ำส้มสายชูสูตรต่างๆ ดังกล่าวข้างต้น ปรับปริมาณน้ำตาลประมาณ 20 องศาบริกซ์ โดยใช้น้ำตาลทรายขาวและน้ำตาลอ้อย ปรับค่าความเป็นกรด–เบส ให้อยู่ในช่วง 4.0-4.5 ด้วยแคลเซียมไฮดรอกไซด์ หลังจากนั้นเติมเอทานอล (95%) ให้ได้ความเข้มข้นสุดท้ายเท่ากับ 3 เปอร์เซ็นต์

(โดยปริมาตร) ผลการตรวจวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของน้ำบ๊วยสำหรับการหมักไวน์และน้ำส้มสายชู ดังแสดงในตารางที่ 3.2 จากนั้นบรรจุลงในภาชนะสำหรับกระบวนการหมักน้ำส้มสายชูปริมาตร 1.5 ลิตร ลงในขวดโหลปากกว้างขนาด 2.0 ลิตร ทำการฆ่าเชื้อปนเปื้อนด้วยโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ (KMS) ความเข้มข้นสุดท้ายเท่ากับ 200 ppm (น้ำหนัก/ปริมาตร) ของปริมาตรที่ใช้ทั้งหมด ปิดฝาภาชนะให้แน่น แช่ทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นเติมกล้าเชื้อน้ำส้มสายชู *Gluconacetobacter* sp. อายุประมาณ 7-10 วัน ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ โดยทำการศึกษาเปรียบเทียบระยะเวลาของการหมักที่มีผลต่อคุณภาพของการผลิตน้ำส้มสายชูหมักพร้อมดื่มที่ 3 ช่วงเวลาด้วยกันคือที่ 30, 60 และ 90 วัน ตามลำดับ โดยในแต่ละชุดทำการทดลองเป็นจำนวน 3 ซ้ำ

ตารางที่ 3.2 การตรวจวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของน้ำบ๊วยสำหรับการหมักไวน์และน้ำส้มสายชู

อัตราส่วน	**ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด** (องศาบริกซ์)	**ปริมาณกรดทั้งหมด** (เปอร์เซ็นต์)	**ความเป็นกรด-เบส**	**น้ำตาลทั้งหมด** (เปอร์เซ็นต์)
1:1 น้ำตาลทรายขาว	20.43±0.751	0.85±0.03	4.51±0.048	36.03±1.808
1:1 น้ำตาลอ้อย	20.23±1.150	0.84±0.021	4.06±0.023	25.27±1.635
1:3 น้ำตาลทรายขาว	20.93±0.208	0.42±0.001	4.52±0.073	32.69±1.344

ตารางที่ 3.2 การตรวจวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของน้ำบ๊วยสำหรับการหมักไวน์และน้ำส้มสายชู (ต่อ)

อัตราส่วน	**ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด** (องศาบริกซ์)	**ปริมาณกรดทั้งหมด** (เปอร์เซ็นต์)	**ความเป็นกรด-เบส**	**น้ำตาลทั้งหมด** (เปอร์เซ็นต์)
1:3 น้ำตาลอ้อย	20.40±0.693	0.53±0.001	4.27±0.061	30.79±2.142
1:5 น้ำตาลทรายขาว	20.57±0.322	0.37±0.012	4.55±0.094	26.08±1.660
1:5 น้ำตาลอ้อย	21.03±0.451	0.42±0.012	4.38±0.096	26.62±1.056

3.6.2.4 การผลิตน้ำส้มสายชูหมักเพื่อการปรุงรส

3.6.2.4.1 การเตรียมกล้าเชื้อจุลินทรีย์

3.6.2.4.1.1 การเตรียมกล้าเชื้อยีสต์สำหรับการหมักไวน์

โดยการปลูกถ่ายเชื้อยีสต์ (*Saccharomyces cerevisiae*) ผงสำหรับกระบวนการหมักไวน์ในอัตราส่วนความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ (ปริมาตร/ปริมาตร) ของปริมาตรที่ใช้ทั้งหมด ลงในอาหารเหลวน้ำบ๊วยปลอดเชื้อปริมาตร 100 มิลลิลิตร ที่บรรจุอยู่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 500 มิลลิลิตร เลี้ยงเชื้อบนเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 24 ชั่วโมง พร้อมใช้เป็นกล้าเชื้อในการทดลองขั้นตอนต่อไป

3.6.2.4.1.2 การเตรียมกล้าเชื้อน้ำส้มสายชูหมักเพื่อการปรุงรส

สำหรับการศึกษาวิจัยจะปลูกถ่ายเชื้อน้ำส้มสายชูหมัก (*Acetobacter* sp.) สำหรับกระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมักเพื่อการปรุงรส โดยใช้เชื้อในอัตราส่วนความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ (ปริมาตร/ปริมาตร) ของปริมาตรที่ใช้ทั้งหมด ลงในอาหารเหลวน้ำบ๊วยปลอดเชื้อปริมาตร 100 มิลลิลิตร ที่บรรจุอยู่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 500 มิลลิลิตร เลี้ยงเชื้อบนเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบอายุการบ่มเชื้อพร้อมใช้เป็นกล้าเชื้อในการทดลองขั้นตอนต่อไป

3.6.2.4.2 การเตรียมสูตรน้ำบ๊วยสำหรับผลิตน้ำส้มสายชูหมักเพื่อการปรุงรส ใช้น้ำบ๊วยเข้มข้นที่ได้จากข้อ 3.6.2.2 เจือจางในอัตราส่วนต่างๆ ดังนี้

สูตรที่ 1 อัตราส่วน 1 ต่อ 1 (น้ำบ๊วยเข้มข้น 1 ส่วน ต่อ น้ำ 1 ส่วน)

สูตรที่ 2 อัตราส่วน 1 ต่อ 2 (น้ำบ๊วยเข้มข้น 1 ส่วน ต่อ น้ำ 2 ส่วน)

สูตรที่ 3 อัตราส่วน 1 ต่อ 3 (น้ำบ๊วยเข้มข้น 1 ส่วน ต่อ น้ำ 3 ส่วน)

สูตรที่ 4 อัตราส่วน 1 ต่อ 4 (น้ำบ๊วยเข้มข้น 1 ส่วน ต่อ น้ำ 4 ส่วน)

สูตรที่ 5 อัตราส่วน 1 ต่อ 5 (น้ำบ๊วยเข้มข้น 1 ส่วน ต่อ น้ำ 5 ส่วน)

เติมน้ำบ๊วยสำหรับผลิตน้ำส้มสายชูหมักสูตรต่างๆ ดังกล่าวข้างต้น ปรับปริมาณน้ำตาลให้ได้ 20 องศา บริกซ์ โดยใช้น้ำตาลทรายขาวและน้ำตาลอ้อย ปรับค่าความเป็นกรด–เบส ให้อยู่ในช่วง 4.0-4.5 ด้วยแคลเซียมไฮดรอกไซด์ หลังจากนั้นเติมเอทานอล (95%) ให้ได้ความเข้มข้นสุดท้ายเท่ากับ 3 เปอร์เซ็นต์ (โดยปริมาตร) จากนั้นบรรจุลงในภาชนะสำหรับกระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมักปริมาตร 3.0 ลิตร ลงในขวดโหลปากกว้างขนาด 4.0 ลิตร ทำการฆ่าเชื้อปนเปื้อนด้วยโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ (KMS) ความเข้มข้นสุดท้ายเท่ากับ 200 ส่วนในล้านส่วน (น้ำหนัก/ปริมาตร) ของปริมาตรที่ใช้ทั้งหมด ปิดฝาภาชนะให้แน่น แช่ทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยในแต่ละชุดทำการทดลองเป็นจำนวน 3 ซ้ำ

3.6.2.4.3 กระบวนการหมักไวน์บ๊วย

นำกล้าเชื้อยีสต์ที่เตรียมไว้จากข้อ 3.6.2.4.1.1 มาใช้เป็นกล้าเชื้อเริ่มต้นปริมาณร้อยละ 5 ปลูกถ่ายกล้าเชื้อลงในน้ำบ๊วย (วัตถุดิบ) ที่เตรียมไว้จากข้อ 2 ใน 5 อัตราส่วน (ความเข้มข้น) ด้วยกันคือ 1:1, 1:2, 1:3, 1:4, 1:5 ตามลำดับ ปริมาตร 4 ลิตร ในแต่ละความเข้มข้น ผสมให้เข้ากันด้วยวิธีปลอดเชื้อหมักทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง ทำการเก็บตัวอย่างครั้งละ 10-15 มิลลิลิตร ในแต่ละความเข้มข้นเพื่อนำไปตรวจวิเคราะห์ค่าต่างๆ ในข้อ 2.5 โดยทำการเก็บผลการทดลองทุกวันต่อเนื่องเป็นเวลา 7 วัน จากนั้นทำการเก็บผลการทดลองในทุกสัปดาห์ต่อเนื่องไปเป็นเวลา 4 สัปดาห์

3.6.2.4.4 กระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมัก

นำไวน์บ๊วยจากข้อ 3.6.2.4.3 อายุ 5 สัปดาห์ มาใช้เป็นวัตถุดิบในกระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมัก โดยเติมกล้าเชื้อน้ำส้มสายชู (*Acetobacter* sp.) จากข้อ 3.6.2.4.1.2 ที่ความเข้มข้นต่างๆ กันคือ ร้อยละ 5, 10 และ 15 โดยปริมาตร ใส่ลงไปในไวน์บ๊วยในแต่ละอัตราส่วนจากข้อ 3.6.2.4.3 ทำการเก็บตัวอย่างครั้งละ 10-15 มิลลิลิตร เก็บตัวอย่างทุกวันต่อเนื่องกันเป็นเวลา 7 วัน จากนั้นเก็บตัวอย่างในทุกสัปดาห์เป็นเวลา 4 สัปดาห์ นำตัวอย่างไปตรวจวิเคราะห์ค่าต่างๆ ในข้อ 2.5 หลังจากสิ้นสุดกระบวนการหมัก นำน้ำส้มสายชูหมักไปกรองเพื่อแยกเอากากและตะกอนออกแล้วนำส่วนใสไปทำการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการทำพลาสเจอไรส์ ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จะได้ผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักจากบ๊วย แล้วนำไปประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส สี กลิ่น รสชาติ โดยใช้ผู้ทดสอบ 30 คน และสรุปผลข้อมูลแบบทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส Hedonic scale scoring test preference

3.7 การตรวจวิเคราะห์ผลทางกายภาพ ดังนี้

3.7.1 ตรวจวิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์ในตัวอย่างด้วยเครื่อง Gas chromatography (Agilent Technologies 6890N Network System) โดยใช้ Headspace (Agilent Technologies G1888 Network Headspace Sampler)

3.7.2 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ด้วย Hand refractometer (AOAC, 1970)

3.7.3 ปริมาณกรดทั้งหมด โดยวิธีการไทเทรต (AOAC, 2005)

3.7.4 ค่าความเป็นกรด-เบส ด้วยเครื่องวัดพีเอช (AOAC, 2000)

3.7.5 ค่าน้ำตาลรวมโดย Phenol – Sulfuric acid Method (Dubois et al., 1956)

3.7.6 การเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ด้วยเครื่อง Klett simmerson

3.8 การวิเคราะห์ผล

การแปรผลข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS โดยวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าคะแนนเฉลี่ยความชอบด้านต่างๆ ด้วยวิธี DMRT (Duncan's New Multiple's Range Test) และ T-test

บทที่ 4. : ผลการวิจัย

4.1 ผลการสำรวจตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมัก

จากการสำรวจตลาดผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักที่มีวางจำหน่ายในท้องตลาดจำนวน 17 ตัวอย่าง (ตารางที่ 4.1 และ 4.2) พบว่าผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ นำเข้ามาจากต่างประเทศ และผลิตภัณฑ์ดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงความหลากหลายทั้งในเรื่องของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำส้มสายชูหมัก ได้แก่ ผลไม้ (เช่น องุ่น แอปเปิ้ล เป็นต้น) ดังตารางที่ 4.1 และ ธัญพืช (เช่น ข้าวเจ้า ข้าวหอมมะลิ มอลต์ ข้าวโพด เป็นต้น) ดังตารางที่ 4.2 มีเพียง 10 เปอร์เซ็นต์ที่เป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นภายในประเทศ และยังไม่พบผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักที่ผลิตมาจากบ๊วย และจากการตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้นตามวิธีการของ AOAC. (2000) ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-เบส (pH) อยู่ในช่วง 2.65-3.18 ปริมาณกรดในรูปของกรดน้ำส้ม (Acetic acid) อยู่ในช่วง 4.26-6.30 เปอร์เซ็นต์ และจากการประเมินทางประสาทสัมผัสเบื้องต้นพบว่า ตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักที่วางจำหน่ายในท้องตลาดมีกลิ่น และรสชาติที่ดี ส่วนคุณลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ พบว่า ผลิตภัณฑ์มีลักษณะใสสีอ่อนจนถึงสีเข้ม ทึบแสง มีตะกอน ส่วนในด้านความหนืด พบว่าผลิตภัณฑ์มีลักษณะไม่มีความหนืดจนถึงหนืดมาก ผลิตภัณฑ์จะมีความหนืดมากน้อยเพียงใดนั้น ขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิต

ตารางที่ 4.1 รายละเอียดตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักจากผลไม้

ลำดับที่	รูปผลิตภัณฑ์	ชื่อผลิตภัณฑ์	กลิ่น	ลักษณะปรากฏ	คุณภาพทางเคมี		ประเทศผู้ผลิต
					Acetic acid (%)	pH	
1		WHITE WINE VINEGAR **(BERTOLLI®)** น้ำส้มสายชูหมักจากไวน์ขาว 100%	กลิ่นหอมหวานและกลิ่นกรดฉุนๆ	ของเหลว ใส สีเหลืองอ่อนค่อนไปทางใส	6.00	2.88	อิตาลี
2		RED WINE VINEGAR **(BERTOLLI®)** น้ำส้มสายชูหมักจากไวท์แดง 100%	กลิ่นหอมหวานและกลิ่นของแอลกอฮอล์แรงมาก คล้ายกลิ่นของไวน์	ของเหลว ใส สีแดงเลือดหมู คล้ายสีของน้ำกระเจี๊ยบ	5.04	3.01	อิตาลี

ตารางที่ 4.1 รายละเอียดตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักจากผลไม้ (ต่อ)

ลำดับที่	รูปผลิตภัณฑ์	ชื่อผลิตภัณฑ์	กลิ่น	ลักษณะปรากฏ	คุณภาพทางเคมี		ประเทศผู้ผลิต
					Acetic acid (%)	pH	
3		BALSAMIC VINEGAR OF MODENA **(MAILLE®)** น้ำส้มสายชูหมักจากองุ่น 100%	กลิ่นคล้ายพุทราแห้ง	ของเหลว สีน้ำตาลไหม้ หรือคาราเมล คล้ายสีของน้ำโอเลี้ยง	5.99	2.96	ฝรั่งเศส
4		ORGANIC BALSAMIC VINEGAR **(Healthy Mate™)** น้ำส้มสายชูหมักองุ่นแดงเกษตรอินทรีย์ 100%	กลิ่นหวานหวาน แต่มีกลิ่นกรดค่อนข้างแรงและฉุน แสบจมูก	ของเหลว สีคาราเมล อมม่วงเปลือกมังคุด	6.08	3.12	อิตาลี
5		BALSAMIC VINEGAR OF MODENA **(Fragata)** น้ำส้มสายชูหมักจากองุ่น 99.995%	กลิ่นหอมหวานคล้ายพุทราแห้ง และมีกลิ่นกรดค่อนข้างสูง	ของเหลว สีน้ำตาลไหม้ หรือคาราเมล คล้ายสีของน้ำโอเลี้ยง	6.0	3.09	สเปน
6		BALSAMIC VINEGAR **(CARBONELL®)** น้ำส้มสายชูหมักจากองุ่น 100%	กลิ่นกรดแรงและฉุน คล้ายซีอิ๊วจีกโน่	ของเหลว สีคาราเมล คล้ายสีของน้ำโอเลี้ยง	5.85%	3.11	สเปน

ตารางที่ 4.1 รายละเอียดตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักจากผลไม้ (ต่อ)

ลำดับที่	รูปผลิตภัณฑ์	ชื่อผลิตภัณฑ์	กลิ่น	ลักษณะปรากฏ	คุณภาพทางเคมี		ประเทศผู้ผลิต
					Acetic acid (%)	pH	
7		BALSAMIC VINEGAR OF MODENA **(BERTOLLI®)** น้ำส้มสายชูหมักจากไวท์องุ่น 100%	กลิ่นหอมหวานคล้ายผลไม้อบแห้งและมีกลิ่นกรดเล็กน้อย	ของเหลวสีน้ำตาลไหม้หรือคาราเมลอมม่วงเปลือกมังคุด	5.78	3.08	อิตาลี
8		BALSAMIC VINEGAR OF MODENA **(TESCO)** น้ำส้มสายชูหมักไวท์ขาว 60% น้ำองุ่นเข้มข้น 37%	กลิ่นหอมหวานอ่อนๆ และกลิ่นของกรดแรงและฉุน	ของเหลวสีน้ำตาลไหม้หรือคาราเมลคล้ายสีของน้ำโอเลี้ยง	5.93	3.09	อิตาลี
9		BALSAMIC VINEGAR OF MODENA **(FERRARINI)** น้ำส้มสายชูหมักจากองุ่น 100%	กลิ่นผลไม้อบแห้งหอมหวานอ่อนๆ จนถึงไม่มีกลิ่น	ของเหลวข้นหนืดสีน้ำตาลไหม้ดำคล้ายช็อกโกแลตเหลว	6.3	3.08	อิตาลี
10		APPLE CIDER VINEGAR **(BRAGG)** น้ำส้มสายชูหมักจากแอปเปิ้ล 100%	กลิ่นหอมหวานของแอปเปิ้ล และกลิ่นกรดอ่อนๆ	ของเหลวสีส้มอมน้ำตาลขุ่นมีตะกอนแขวนลอย	4.95	3.14	อเมริกา

ตารางที่ 4.1 รายละเอียดตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักจากผลไม้ (ต่อ)

ลำดับที่	รูปผลิตภัณฑ์	ชื่อผลิตภัณฑ์	กลิ่น	ลักษณะปรากฏ	คุณภาพทางเคมี		ประเทศผู้ผลิต
					Acetic acid (%)	pH	
11		APPLE CIDER VINEGAR **(HEINZ BRAND)** น้ำส้มสายชูหมักจากแอปเปิ้ล	กลิ่นหอมหวานของแอปเปิ้ล และกลิ่นกรดฉุนๆ	ของเหลวใส สีเหลืองคล้ายกับน้ำมันพืช	5.04	3.16	อเมริกา

ตารางที่ 4.2 รายละเอียดตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักจากธัญพืช

ลำดับที่	รูปผลิตภัณฑ์	ชื่อผลิตภัณฑ์	กลิ่น	ลักษณะปรากฏ	คุณภาพทางเคมี		ประเทศผู้ผลิต
					Acetic acid (%)	pH	
1		Malt VINEGAR **(SARSON'S)** น้ำส้มสายชูจากข้าวบาร์เล่ย์อบแล้วคั้น	กลิ่นหอมหวานมากและมีกลิ่นกรดอ่อนๆ	ของเหลว สีดำอมน้ำตาลใส มีตะกอนสีน้ำตาลเข้ม	5.10	2.82	อังกฤษ
2		TARRAGON VINEGAR **(HEINZ BRAND)** น้ำส้มสายชูหมักจากไวท์ขาวและมอลต์	กลิ่นหอมหวานและกลิ่นฉุนของกรดอ่อนๆ	ของเหลวข้น สีเหลืองใส ชัดเจนคล้ายน้ำมันพืช	5.07	2.61	อเมริกา

ตารางที่ 4.2 รายละเอียดตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักจากธัญพืช (ต่อ)

ลำดับที่	รูปผลิตภัณฑ์	ชื่อผลิตภัณฑ์	กลิ่น	ลักษณะปรากฏ	คุณภาพทางเคมี		ประเทศผู้ผลิต
					Acetic acid (%)	pH	
3		SALAD VINEGAR **(HEINZ BRAND)** น้ำส้มสายชูหมักจากไวท์ขาว น้ำตาล และมอลต์	กลิ่นหอม หวานและกลิ่นกรดอ่อนกว่า TARRAGON	ของเหลวข้น สีน้ำตาลอมส้มใส คล้ายสีของเหล้าสี	5.15	2.76	อเมริกา
4		MALT VINEGAR **(HEINZ BRAND)** น้ำส้มสายชูหมักจากมอลต์	กลิ่นหอม หวานและกลิ่นกรดอ่อนกว่าทั้ง 2 แบบข้างต้น	ของเหลวข้น สีน้ำตาลอมเหลืองใส คล้ายสีของน้ำปลา	5.00	2.62	อเมริกา
5		CORN CIDER **(My garden)** น้ำส้มสายชูหมักข้าวโพด 100%	กลิ่นข้าวโพดและกลิ่นกรดอ่อนๆ	ของเหลว สีเหลืองใส	5.13	2.89	ไทย
6		JASMINE RICE VINEGAR **(KEWPIE)** น้ำส้มสายชูหมัก 4.2% จากข้าวหอมมะลิ	กลิ่นหอม หวานและกลิ่นกรดอ่อนๆ	ของเหลว สีเหลืองใส	4.26	2.92	ไทย

4.2 ผลการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างวัตถุดิบบ๊วยสด

จากการสุ่มตัวอย่างวัตถุดิบบ๊วยสดจากสถานีวิจัยของมูลนิธิโครงการหลวงเพื่อตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบและคุณภาพทางเคมีพบว่า ผลบ๊วยสดมีค่าความเป็นกรด-เบส อยู่ในช่วง 2.72- 2.74 ปริมาณกรดในรูปของกรดน้ำส้ม อยู่ในช่วง 1.09 - 1.13 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดอยู่ในช่วง 3.05 - 3.75 ^{o}Brix (ตารางที่ 4.3)

ตารางที่ 4.3 คุณภาพทางเคมีของผลบ๊วยสด

ตัวอย่าง	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (^{o}Brix)	ค่าความเป็นกรด-เบส	ปริมาณกรดน้ำส้ม (% Acetic acid)
ผลบ๊วยสด	3.40 ± 0.35	2.73 ± 0.01	1.11 ± 0.02

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± S.D.

4.3 ผลการแยกและการคัดเลือกเชื้อแบคทีเรียกรดน้ำส้ม

4.3.1 ผลการเก็บตัวอย่างเพื่อการแยกเชื้อแบคทีเรียกรดน้ำส้ม

จากการเก็บรวบรวมตัวอย่างจากแหล่งที่คาดว่าจะพบเชื้อแบคทีเรียกรดน้ำส้ม ได้แก่ ดอกไม้ จำนวน 15 ตัวอย่าง ผลไม้สุก จำนวน 9 ตัวอย่าง และผลไม้หมักดอง จำนวน 6 ตัวอย่าง (รูปที่ 4.1) จากสถานีวิจัยของมูลนิธิโครงการหลวง เพื่อใช้ในการแยกและการคัดเชื้อแบคทีเรียกรดน้ำส้ม

ก. บ๊วยดอง 1 **ข. บ๊วยดอง 2** **ค. ลูกพลัมดอง**

ง. บ๊วยแช่อิ่ม **จ. ดอกไม้ 1** **ฉ. ดอกไม้ 2**

รูปที่ 4.1 ตัวอย่างของผลไม้หมักดอง และดอกไม้ที่ใช้ในการแยกเชื้อแบคทีเรียกรดน้ำส้ม

4.3.2 ผลการเพิ่มปริมาณเชื้อแบคทีเรียกรดน้ำส้ม

จากการนำตัวอย่างจากข้อ 4.3.1 มาทำการเพาะเลี้ยงเชื้อโดยเพิ่มปริมาณเชื้อด้วยวิธีการ enrich culture (รูปที่ 4.2) พบว่าในทุกตัวอย่างสามารถเพิ่มปริมาณเชื้อแบคทีเรียกรดน้ำส้มได้ และสามารถตรวจสอบในเบื้องต้นจากการดมกลิ่น ถ้ามีเชื้อแบคทีเรียกรดน้ำส้มเจริญอยู่จะได้กลิ่นของเอทิลแอลกอฮอล์และกรดน้ำส้ม และจากการตรวจสอบในเบื้องต้นด้วยตาเปล่าสามารถตรวจพบเชื้อจุลินทรีย์เจริญเติบโตคลุมที่ผิวหน้าของตัวอย่างที่ใช้ในการแยกเชื้อ (ตำแหน่งที่ลูกศรชี้) สามารถแบ่งเชื้อออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ด้วยกัน คือ กลุ่มที่ 1. เป็นเซลล์ของจุลินทรีย์ที่เจริญเติบโตแล้วสร้าง biofilm เป็นแผ่นโดยเซลล์เกาะกันอย่างหลวมๆ และจากการตรวจวิเคราะห์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์พบว่าเป็นเชื้อยีสต์ และแบคทีเรียกรดน้ำส้ม พบได้ในทุกตัวอย่าง ส่วนกลุ่มที่ 2. เป็นเซลล์ของจุลินทรีย์ที่เจริญเติบโตแล้วสร้าง biofilm เช่นกัน เป็นแผ่นหนา เซลล์เกาะกันอย่างเหนียวแน่นซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของแบคทีเรียกรดน้ำส้มในกลุ่ม *Gluconacetobacter* sp. พบได้ในตัวอย่างจำนวน 9 ตัวอย่าง คือ แก้วมังกร (รูปที่ 4.2 ข.), ในตัวอย่าง APPLE CIDER VINEGAR (BRAGG) (ไม่แสดงผล), ตัวอย่างลูกพลัมดอง (ไม่แสดงผล), ตัวอย่างบ๊วยดอง 1 และ 2 (ไม่แสดงผล), ตัวอย่างส้มเขียวหวาน (ไม่แสดงผล), ตัวอย่างน้ำส้มสายชูหมักจากผลมะเฟือง (ไม่แสดงผล), ตัวอย่างน้ำส้มสายชูหมักจากสับปะรด (ไม่แสดงผล) และตัวอย่างองุ่น

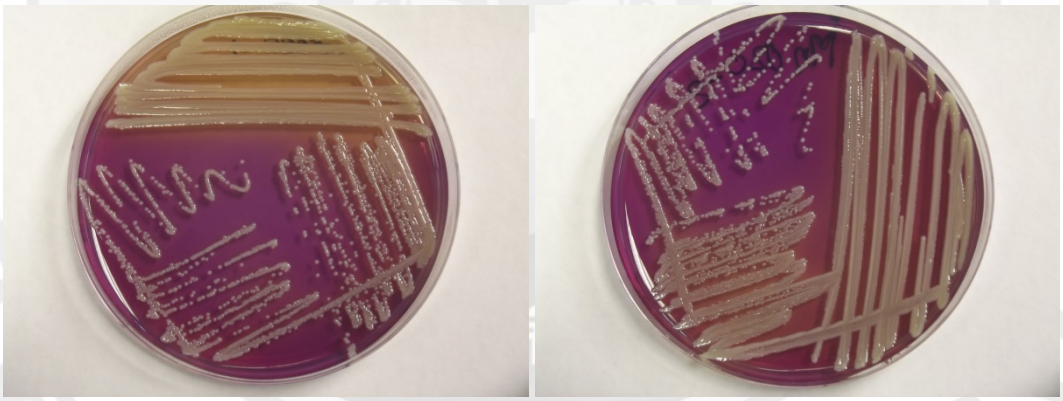
ก. แอปเปิ้ล **ข. แก้วมังกร** **ค. องุ่นม่วง**

ง. มะม่วงสุก **จ. องุ่นเขียว** **ฉ. ฝรั่ง**

รูปที่ 4.2 การเพิ่มปริมาณเชื้อจากตัวอย่างผลไม้ และผลไม้หมักดอง

4.3.3 ผลการแยกเชื้อแบคทีเรียกรดน้ำส้มบริสุทธิ์

จากการแยกเชื้อแบคทีเรียกรดน้ำส้มจากขวดตัวอย่างที่ใช้ในการเพิ่มปริมาณแบคทีเรียกรดน้ำส้มตามช่วงเวลาของการเพาะเชื้อในวันที่ 3, 5 และ 7 พบว่าในเบื้องต้นสามารถแยกบริสุทธิ์เชื้อแบคทีเรียกรดน้ำส้มได้จำนวนทั้งสิ้น 390 ไอโซเลท โดยเชื้อสามารถเจริญและสร้างกรดได้บนอาหาร ส่งผลให้สีของอินดิเคเตอร์ในอาหารเปลี่ยนจากสีม่วงเป็นสีเหลือง เมื่อใช้อาหาร GYPE agar medium ที่ผสม bromocresol purpre ในการเพาะเลี้ยง หรือในกรณีใช้อาหาร potato agar medium ที่ผสม Calcium carbonate ($CaCO_3$) จะเกิดการเปลี่ยนสีของอาหารจากขาวขุ่นเป็นใสไม่มีสี อันเนื่องมาจากกรดที่เชื้อสร้างออกมาจะไปละลายผลึกของผงแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) ในอาหารเลี้ยงเชื้อดังกล่าว ทำให้มองเห็นโซนใสบริเวณรอบๆ โคโลนี นั่นแสดงว่าเชื้อข้างต้นให้ผลบวกในการทดสอบ (รูปที่ 3.)



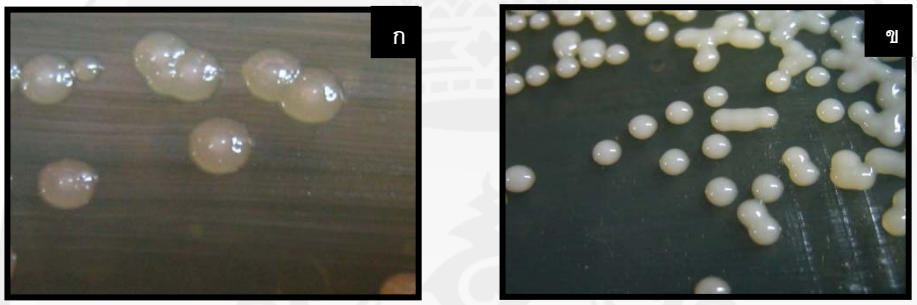
ก. ข.

รูปที่ 4.3 การแยกเชื้อแบคทีเรียกรดน้ำส้มบริสุทธิ์
(ก) เชื้อที่แยกได้จากตัวอย่างดอกไม้ (ข) เชื้อที่แยกได้จากตัวอย่างผลไม้

4.3.4 ผลการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา และสรีรวิทยาของเชื้อแบคทีเรียกรดน้ำส้ม

จากการศึกษาลักษณะทางสัณฐานแบคทีเรียกรดน้ำส้มบริสุทธิ์จากข้อ 4.3.3 จำนวนทั้งสิ้น 390 ไอโซเลท พบว่าแบคทีเรียทุกไอโซเลทมีลักษณะการติดสีแกรมลบ และมีรูปร่างทั้งเป็นแท่ง แท่งสั้น และวงรี ซึ่งตรงกับลักษณะทางสัณฐานของแบคทีเรียกรดน้ำส้มที่ถูกรายงานว่ามีรูปร่างแท่ง หรือ วงรี ติดสีแกรมลบ แต่การติดสีแกรมอาจจะเปลี่ยนไปได้ เมื่อแบคทีเรียกรดน้ำส้มมีอายุมากขึ้น ดังนั้นการย้อมแกรมเพื่อดูลักษณะของเชื้อแบคทีเรียกรดน้ำส้มจึงไม่ควรใช้เชื้อที่มีอายุเกิน 24 ชั่วโมงมาทำการย้อมเซลล์ และจากการศึกษาลักษณะลักษณะทางสัณฐานวิทยา และ สรีรวิทยาของเชื้อแบคทีเรียกรดน้ำส้มข้างต้น และการเจริญเติบโตของแบคทีเรียกรดน้ำส้มบนอาหารเลี้ยงเชื้อ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 มีเชื้อจำนวนทั้งสิ้น 9 ไอโซเลท โดยโคโลนีจะมีสีครีม ลักษณะกลม นูน วาว ขอบเรียบ และเป็นเมือก (รูปที่ 4.4 ก

และ 4.4 ข) และถ้าโคโลนีของแบคทีเรียกรดน้ำส้มในกลุ่มนี่เจริญใกล้ชิดกันเชื้อนี้จะสร้างเซลลูโลสออกมามีผลทำให้โคโลนีสานติดกันเป็นแผ่นและถ้าเจริญเติบโตในอาหารเหลวในสภาวะ static culture เชื้อนี้จะสามารถแผ่น biofilm (เซลลูโลส) ขึ้นที่ผิวหน้าของอาหาร ปรากฏการณ์นี้เป็นลักษณะเฉพาะของแบคทีเรียกรดน้ำส้มในสกุล *Gluconacetobacter* sp. ซึ่งเชื้อทั้ง 9 ไอโซเลทนี้จะใช้เป็นกล้าเชื้อในการทดสอบการผลิตน้ำส้มสายชูหมักพร้อมดื่มจากบ๊วยในการทดลองในขั้นตอนต่อไป



รูปที่ 4.4 ลักษณะการเจริญของแบคทีเรียกรดน้ำส้มสกุล *Gluconacetobacter* sp. บนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง (ก) โคโลนีมีลักษณะกลม นูน วาว ขอบเรียบ (ข) โคโลนีมีลักษณะกลม นูน วาว ขอบเรียบ และเป็นเมือก

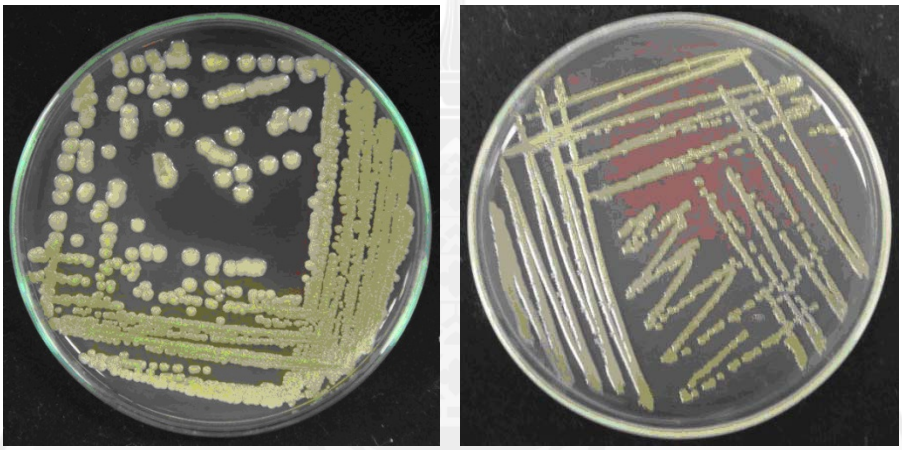
ส่วนในกลุ่มที่ 2 มีเชื้อจำนวนทั้งสิ้น 381 ไอโซเลท โคโลนีจะมีสีครีม ลักษณะกลม นูน ผิวด้าน และขอบไม่เรียบ (รูปที่ 4.5) แบคทีเรียกรดน้ำส้มในกลุ่มนี่จะไม่สร้างเซลลูโลส แต่สามารถสร้าง biofilm ชนิดที่ไม่ใช่เซลลูโลสออกมาที่ผิวหน้าอาหารเหลวมีผลทำให้เชื้อสามารถเจริญเติบโตได้ในอาหารเหลวในสภาวะ static culture เชื้อนี้จะใช้เป็นกล้าเชื้อในการทดสอบการผลิตน้ำส้มสายชูหมักเพื่อการปรุงรสจากบ๊วยในการทดลองในขั้นตอนต่อไป

4.3.5 ผลการทดสอบการสร้างเอนไซม์คะตะเลส (Catalase test)

จากผลการทดสอบการสร้างเอนไซม์คะตะเลส พบว่าแบคทีเรียกรดน้ำส้มที่แยกได้จำนวนทั้งสิ้น 390 ไอโซเลทสามารถสร้างเอนไซม์คะตะเลสได้ ซึ่งเอนไซม์นี้มีความสัมพันธ์กับเชื้อที่ต้องการออกซิเจนเท่านั้น

4.3.6 ผลการทดสอบปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของเอทานอล

จากผลการทดสอบปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของเอทานอล พบว่าแบคทีเรียกรดน้ำส้มที่แยกได้จำนวนทั้งสิ้น 390 ไอโซเลทสามารถเจริญบนอาหาร YE ที่ผสมเอทานอลความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ได้ และสามารถสร้างกรดอะซิติกออกมาละลายผลึกของผงแคลเซียมคาร์บอเนตในอาหารข้างต้น ส่งผลให้อาหารซึ่งเดิมมีสีขาวขุ่นเปลี่ยนไปเป็นใสไม่มีสี และปรากฏโซนใสขึ้น บริเวณรอบๆ โคโลนีของเชื้อ (รูปที่ 4.5)



รูปที่ 4.5 ตัวอย่างแบคทีเรียกรดน้ำส้มบริสุทธิ์เจริญบนอาหาร YE ที่ผสมเอทานอล 3 เปอร์เซ็นต์ และแคลเซียมคาร์บอเนต 0.5 เปอร์เซ็นต์

4.3.7 ผลการทดสอบและคัดเลือกเชื้อแบคทีเรียกรดน้ำส้ม

จากผลการทดสอบความสามารถในการเจริญเติบโตได้ดีและสามารถผลิตกรดน้ำส้มได้ในอาหารเหลวที่มีแอลกอฮอล์ความเข้มข้นตั้งแต่ 4-7 เปอร์เซ็นต์ พบว่าสามารถคัดเลือกแบคทีเรียกรดน้ำส้มในสกุล *Gluconacetobacter* sp. ได้จำนวน 3 ไอโซเลท จากจำนวนทั้งสิ้น 9 ไอโซเลท และแบคทีเรียกรดน้ำส้มในสกุล *Acetobacter* sp. ได้จำนวน 5 ไอโซเลท จากจำนวนทั้งสิ้น 381 ไอโซเลท

4.3.8 ผลการติดตามการศึกษาวิธีการเก็บรักษาวัตถุดิบ (บ๊วยหมัก) ชนิดเข้มข้น

จากการติดตามการทดลองวิธีการเก็บรักษาวัตถุดิบ (บ๊วยหมัก) ชนิดเข้มข้นด้วยวิธีการหมักสำหรับการผลิตน้ำส้มสายชูหมัก พบว่า ในแต่ละ Treatment (สูตร) สามารถเก็บรักษาคุณภาพ/คุณสมบัติของวัตถุดิบ (บ๊วยหมัก) ไว้ได้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะกลิ่นของบ๊วย ยังคงมีกลิ่นหอม โดยสภาวะดังกล่าวไม่พบการเน่าเสียและการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์อื่นใดในบ๊วยหมักที่อายุการหมักตั้งแต่ 6 (ไม่แสดงข้อมูล), 12 (ไม่แสดงข้อมูล), 18 เดือน ดังแสดงในรูปที่ 4.6 ก.) สูตร 1, ข.) สูตร 2, และ ค.) สูตร 3 ตามลำดับ และบ๊วยหมักที่อายุการหมัก 24 เดือน ดังแสดงในรูปที่ 4.7 ก.) สูตร 1, ข.) สูตร 2,และ ค.) สูตร 3 ตามลำดับ ส่วนสีของผลบ๊วยมีการเปลี่ยนแปลงไปโดยเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแดงตามอายุการหมักเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการเก็บรักษาโดยการแช่แข็งไว้ที่ -20 องศาเซลเซียส (การทดลองชุดควบคุม) ดังแสดงในรูปที่ 4.8 ก.) 1 เดือน, ข.) 18 เดือน, ค.) 24 เดือน ตามลำดับ

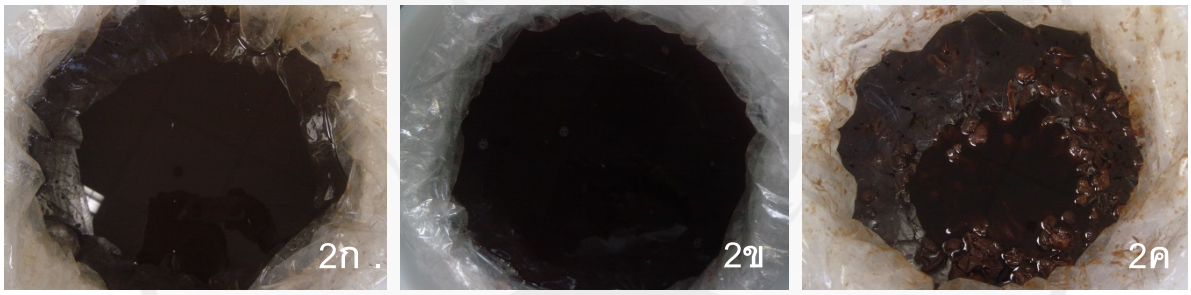
4.3.9 ผลการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างวัตถุดิบ (บ๊วยหมัก)

จากการตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีตามวิธีการของ AOAC (2000) และคุณภาพทางเคมีของตัวอย่างวัตถุดิบ (บ๊วยหมัก) ชนิดเข้มข้นโดยวิธีการหมักอายุ 18 เดือน (รูปที่ 4.6 ก.) สูตร 1, ข.) สูตร 2, และ ค.) สูตร 3) และอายุ 24 เดือน (รูปที่ 4.7 ก.) สูตร 1, ข.) สูตร 2, และ ค.) สูตร 3) พบว่าค่าความเป็นกรด-เบส มีค่าเท่ากับ 2.99, 3.16 และ 3.08 (อายุ 18 เดือน) และ 2.90, 3.10 และ 3.08 (อายุ 24 เดือน) ตามลำดับ ค่าเปอร์เซ็นต์กรดโดยรวมมีค่าเท่ากับ 3.92, 3.87 และ 4.65 (อายุ 18 เดือน) และ 3.36, 3.12 และ 3.33 (อายุ 24 เดือน) ตามลำดับ ส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 7.33, 10.55 และ 45.95 (อายุ 18 เดือน) และ 7.40, 16.00 และ 54.00 ^{O}Brix (อายุ 24 เดือน) ตามลำดับ (ตารางที่ 4.4)

4.3.10 ผลการศึกษาการผลิตน้ำส้มสายชูหมักพร้อมดื่ม

จากการติดตามการผลิตน้ำส้มสายชูหมักพร้อมดื่ม (รูปที่ 4.9) จากการทดลองพบว่ารูปแบบของกระบวนการหมัก (รูปที่ 4.10) พบ ในทุกการทดลองในช่วงระยะเวลา 7 วัน แรกของการหมักไวน์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดถูกเชื้อยีสต์ใช้ไปลดลงจาก 36.03 เป็น 9.26 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจากผลการทดลองดังกล่าวมีความสอดคล้องกับค่าการลดลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมดจาก 20.43 เป็น 8.33 องศาบริกซ์ และพบว่าปริมาณเอทานอลมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นถึง 5.14 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นจึงเติมกล้าเชื้อน้ำส้มสายชูลงไปในน้ำหมัก (รูปที่ 4.11) เพื่อทำการหมักน้ำส้มสายชูต่อโดยเชื้อจะเปลี่ยนแอลกอฮอล์ในไวน์ไปเป็นกรดน้ำส้มสายชู จากการทดลองพบว่าเมื่อผ่านไป 21-28 วัน ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ค่าความเป็นกรด–เบส และปริมาณเอทานอลลดลง ส่วนปริมาณกรดอะซิติกจะเพิ่มสูงขึ้น และมีปริมาณคงที่ (รูปที่ 4.10)

รูปที่ 4.6 การเก็บรักษาวัตถุดิบ (บ๊วยหมัก) โดยวิธีการหมัก อายุ 18 เดือน
ก.) สูตรที่ 1; ข.) สูตรที่ 2; ค.) สูตรที่ 3



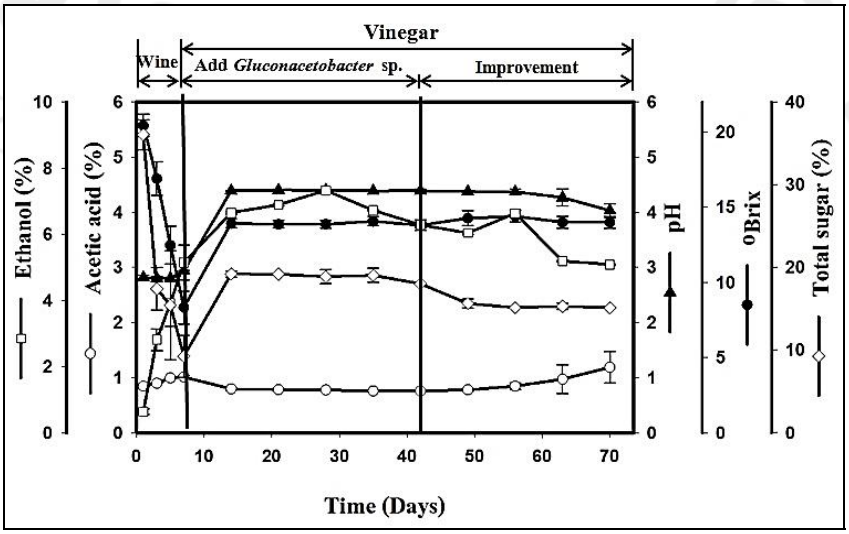
รูปที่ 4.7 การเก็บรักษาวัตถุดิบ (บ๊วยหมัก) โดยวิธีการหมัก อายุ 24 เดือน
ก.) สูตรที่ 1; ข.) สูตรที่ 2; ค.) สูตรที่ 3

รูปที่ 4.8 การเก็บรักษาวัตถุดิบ (บ๊วยหมัก) โดยวิธีแช่แข็งไว้ที่ -20 องศาเซลเซียส
ก.) 1 เดือน; ข.) 18 เดือน; ค.) 24 เดือน

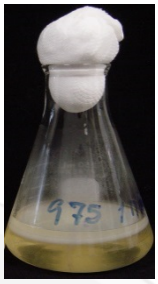
ตารางที่ 4.4 ผลการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างวัตถุดิบ (บ๊วย)

Treatments	ระยะเวลาการหมัก (เดือน)					
	18			24		
	ค่าความเป็นกรด-เบส	ปริมาณกรดทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)	ค่าความเป็นกรด-เบส	ปริมาณกรดทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	ของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ (องศาบริกซ์)
1 (สูตร 1)	2.99	3.92	7.33	2.90	3.36	7.40
2 (สูตร 2)	3.16	3.87	10.55	3.10	3.12	16.00
3 (สูตร 3)	3.08	4.65	45.95	3.08	3.33	54.00

รูปที่ 4.9 การผลิตน้ำส้มสายชูหมักพร้อมดื่มที่อายุการหมัก 30 วัน ก.) น้ำตาลทรายขาว ข.) น้ำตาลทรายแดง



รูปที่ 4.10 รูปแบบกระบวนการหมักน้ำส้มสายชูพร้อมดื่มจากบ๊วย

ก. ข. 

รูปที่ 4.11 การขยายกล้าเชื้อน้ำส้มสายชูหมักพร้อมดื่ม

4.3.11 ผลการศึกษาการผลิตน้ำส้มสายชูหมักเพื่อปรุงรส

4.3.11.1 ผลการเตรียมกล้าเชื้อยีสต์สำหรับการหมักไวน์

ปลูกถ่ายเชื้อยีสต์ (*Saccharomyces cerevisiae*) ผงสำหรับกระบวนการหมักไวน์ในอัตราส่วนความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ (ปริมาตร/ปริมาตร) ของปริมาตรที่ใช้ทั้งหมด ลงในอาหารเหลวน้ำบ๊วยปลอดเชื้อปริมาตร 100 มิลลิลิตร ที่บรรจุอยู่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 500 มิลลิลิตร เลี้ยงเชื้อบนเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จะได้กล้าเชื้อยีสต์พร้อมใช้งานสำหรับการทดลองในขั้นตอนต่อไป (รูปที่ 4.12)

ก . ข .

รูปที่ 4.12 กล้าเชื้อยีสต์สำหรับการหมักไวน์

4.3.11.2 ผลการเตรียมกล้าเชื้อน้ำส้มสายชูหมัก

การปลูกถ่ายเชื้อน้ำส้มสายชูหมัก (*Acetobacter* sp.) สายพันธุ์คัดเลือกสำหรับกระบวนการหมักน้ำส้มสายชูในอัตราส่วนความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ (ปริมาตร/ปริมาตร) ของปริมาตรที่ใช้ทั้งหมด ลงในอาหารเหลวน้ำบ๊วยปลอดเชื้อปริมาตร 100 มิลลิลิตร ที่บรรจุอยู่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 500 มิลลิลิตร เลี้ยงเชื้อบนเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จะได้กล้าเชื้อน้ำส้มสายชูพร้อมใช้งานสำหรับการทดลองในขั้นตอนต่อไป (รูปที่ 4.13)

รูปที่ 4.13 กล้าเชื้อน้ำส้มสายชูหมักสายพันธุ์คัดเลือก

4.3.12 ผลการเตรียมวัตถุดิบ

นำผลบ๊วยสดล้างสะอาดพักไว้ในกระจาดจนสะเด็จน้ำเติมน้ำประปา โดยใช้ผลบ๊วยสดต่อน้ำประปาในอัตราส่วน 1:1 (น้ำหนัก/ปริมาตร) จากนั้นบี้ให้ผลบ๊วยแตกผสมรวมกับน้ำประปา ก็จะได้น้ำบ๊วยเข้มข้น (รูปที่ 4.14) เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับการทดลองในขั้นตอนต่อไป

รูปที่ 4.14 น้ำบ๊วยเข้มข้น

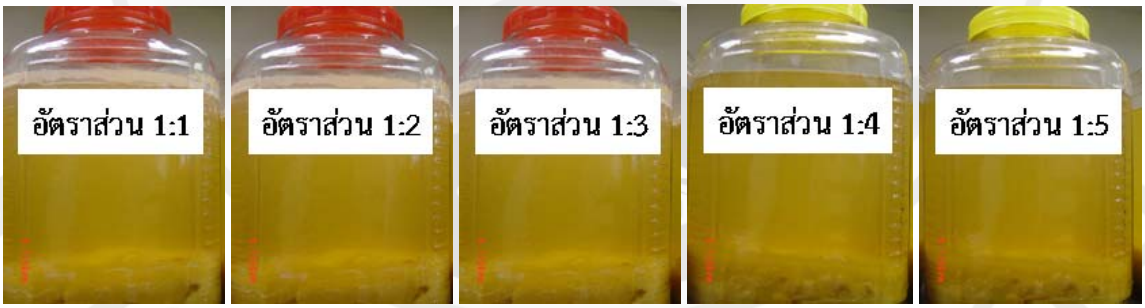
4.3.13 ผลการศึกษากระบวนการหมักไวน์บ๊วย

จากการนำกล้าเชื้อยีสต์ที่เตรียมไว้จากข้อ 4.3.11.1 มาใช้เป็นกล้าเชื้อเริ่มต้นปริมาณร้อยละ 5 ปลูกถ่ายกล้าเชื้อลงในน้ำหมัก (วัตถุดิบ) ที่เตรียมไว้จากข้อ 4.3.12 ใน 5 อัตราส่วน (ความเข้มข้น) ด้วยกันคือ 1:1, 1:2, 1:3, 1:4, 1:5 ตามลำดับ ปริมาตร 3 ลิตร (รูปที่ 4.15) ในแต่ละความเข้มข้นผสมให้เข้ากัน ตั้งหมักทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง โดยทำการบันทึกผลการทดลองทุกวันต่อเนื่องเป็นเวลา 7 วัน ต่อจากนั้นทำการบันทึกผลการทดลองในทุกสัปดาห์ต่อเนื่องไปเป็นเวลา 4 สัปดาห์ จากผลการทดลองพบว่า เชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* สามารถเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์ได้ในทุกอัตราส่วนของน้ำหมัก โดยปริมาณของแอลกอฮอล์จะเพิ่มสูงขึ้นและจะแปรผกผันกับปริมาณน้ำตาลที่ลดลง และเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมักไวน์บ๊วย น้ำหมักในอัตราส่วนต่างๆ มีปริมาณแอลกอฮอล์ร้อยละ 7.43, 7.89, 9.54, 10.44, 10.15 ตามลำดับ

4.3.14 ผลการศึกษากระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมัก

จากการศึกษากระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากไวน์บ๊วย ข้อ 4.3.13 โดยทำการปรับปริมาณความเข้มข้นของแอลกอฮอล์เริ่มต้นของน้ำหมักมีค่าเท่ากับร้อยละ 6.5-7 ก่อนเติมกล้าเชื้อน้ำส้มสายชู จากการทดลอง พบว่า ในช่วง 4-5 วันแรกปริมาณของกรดอะซิติกมีปริมาณการสะสมเพิ่มสูงขึ้น หลังจากนั้นปริมาณของกรดอะซิติกจะค่อนข้างคงที่ในช่วงวันท้ายๆ ของการหมัก โดยในแต่ละอัตราส่วนมีการผลิตกรดอะซิติกอยู่ในช่วงร้อยละ 5.13-5.88 ส่วนค่าความเป็นกรด-เบส มีแนวโน้มในทิศทางเดียวกันคือ เพิ่มขึ้นใน 2 วันแรกโดยอยู่ในช่วงระหว่าง 4.27-5.2 หลังจากนั้นก็จะลดลง และเมื่อสิ้นสุดระยะเวลาในการหมัก พบว่า น้ำหมักในแต่ละอัตราส่วนมีค่าความเป็นกรด-เบส เท่ากับ 4.31, 4.12, 4.22, 3.88, 3.62 ตามลำดับ ส่วนผลของปริมาณกล้าเชื้อเริ่มต้นต่อการผลิตน้ำส้มสายชูหมัก จากการทดลอง พบว่า ปริมาณกล้าเชื้อเริ่มต้นแปรผันตรงกับร้อยละของผลผลิต (ปริมาณกรดน้ำส้ม) (รูปที่ 4.16)

รูปที่ 4.15 ไวน์บ๊วย



รูปที่ 4.16 น้ำส้มสายชูหมัก

4.3.14 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

จากการทดลองผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำส้มสายชูหมักทางด้านสี กลิ่นและรสชาติ พบว่า น้ำส้มสายชูหมักจากบ๊วยในแต่ละอัตราส่วนได้รับ**คะแนนด้านสี**อยู่ในช่วง 4.8-7.30 ซึ่งอยู่ในระดับเฉยๆถึงชอบปานกลาง ได้รับ**คะแนนด้านกลิ่น**อยู่ในช่วง 4.73-6.63 ซึ่งอยู่ในระดับเฉยๆถึงชอบปานกลาง ได้รับ**คะแนนด้านรสชาติ**อยู่ในช่วง 5.67-6.27 ซึ่งอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย ดังแสดงในตารางที่ 4.5

จากผลการวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักจากบ๊วยที่ได้จากสภาวะการผลิตที่เหมาะสมในขั้นต้นนำมาวิเคราะห์หาปริมาณกรดอะซิติก แอลกอฮอล์ น้ำตาล พบว่าผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักจากบ๊วยให้สีเหลืองอ่อน มีกลิ่นหอมของบ๊วย และให้ปริมาณกรดอะซิติกสูงสุด (ตารางที่ 4.6)

ตารางที่ 4.5 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสน้ำส้มสายชูคะแนนความชอบทางด้านสี กลิ่นและรสชาติ

คะแนนความชอบ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน			
อัตราส่วน	**สี**	**กลิ่น**	**รสชาติ**
อัตราส่วน 1:1	4.80±1.27	4.73±1.78	5.70±2.78
อัตราส่วน 1:2	6.30±1.09	5.97±1.54	5.90±2.01
อัตราส่วน 1:3	7.00±1.23	6.47±1.87	6.27±1.98
อัตราส่วน 1:4	7.30±1.26	6.63±1.61	5.67±1.45

ตารางที่ 4.6 การตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของไวน์บ๊วยและน้ำส้มสายชูหมัก

องค์ประกอบ	**ไวน์บ๊วย** (น้ำบ๊วยเข้มข้น:น้ำประปา; ปริมาตร/ปริมาตร)														
	1:1			**1:2**			**1:3**			**1:4**			**1:5**		
	ความเข้มข้นของกล้าเชื้อเริ่มต้น (ร้อยละ)														
	5	10	15	5	10	15	5	10	15	5	10	15	5	10	15
แอลกอฮอล์เริ่มต้น (ร้อยละ)	7.03	7.49	6.99	7.24	7.43	7.20	7.65	7.40	7.22	7.63	7.18	7.69	7.89	7.76	7.63
น้ำตาลเริ่มต้น (^{O}Brix)	5.55	5.42	5.22	5.51	5.35	5.17	5.37	5.31	5.16	5.69	5.71	5.56	5.22	5.07	5.11
pH เริ่มต้น	4.04	4.03	4.0	4.14	4.14	4.14	4.24	4.23	4.23	4.94	4.95	4.96	4.73	4.73	4.73
น้ำส้มสายชูหมัก															
กรดอะซิติก (ร้อยละ)	5.25	5.16	5.67	5.48	5.59	5.88	5.28	5.38	5.69	5.23	5.31	5.63	5.13	5.21	5.57

ROYAL PROJECT FOUNDATION

บทที่ 5. : สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากตัวอย่างดอกไม้ ผลไม้สุก และผลไม้หมักดอง จำนวนทั้งสิ้น 30 ตัวอย่าง โดยทำการเก็บรวบรวมตัวอย่างมาจากศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยน้ำขุ่น สถานีวิจัยของมูลนิธิโครงการหลวง และโรงงานบ๊วยดองของเกษตรกร จังหวัดเชียงราย สามารถแยกแบคทีเรียกรดน้ำส้มบริสุทธิ์ได้จำนวนทั้งสิ้น 390 ไอโซเลท โดยเชื้อทั้ง 390 ไอโซเลท เซลล์ติดสีแกรมลบ มีรูปร่างทั้งเป็นแท่งยาว แท่งสั้น และวงรี สร้างเอนไซม์คะตะเลสได้ เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นกับเอทานอล สามารถเจริญเติบโตและเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์ bromocresol purpre จากสีม่วงเป็นสีเหลืองได้บนอาหาร GYPE agar medium และสามารถละลายผลึกแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) ในอาหาร potato agar ที่ผสม Calcium carbonate ($CaCO_3$) โดยเกิดบริเวณใสรอบๆ โคโลนีอันเนื่องมาจากกรดที่เชื้อสร้างออกมา โดยเชื้อ 390 ไอโซเลท มีความสามารถในการเจริญเติบโตและสามารถผลิตกรดน้ำส้มได้ดีในอาหารที่มีแอลกอฮอล์ความเข้มข้นตั้งแต่ 1-9 เปอร์เซ็นต์ เชื้อเหล่านี้จึงเป็นเชื้อที่มีศักยภาพและมีความเหมาะสมที่จะใช้เป็นกล้าเชื้อสำหรับกระบวนทดสอบการหมักน้ำส้มสายชูจากบ๊วยสด

จากการตรวจสอบลักษณะทางสัณฐานวิทยา และสรีรวิทยาของเชื้อแบคทีเรียกรดน้ำส้มบริสุทธ์จำนวนทั้งสิ้น 390 ไอโซเลท สามารถแบ่งกลุ่มเชื้อเหล่านี้ออกได้เป็น 2 กลุ่ม ด้วยกันคือ

กลุ่มที่ 1. มีเชื้อจำนวนทั้งสิ้น 381 ไอโซเลท สามารถพบได้ในทุกตัวอย่าง โคโลนีจะมีสีครีม ลักษณะกลม นูน ผิวด้าน และขอบไม่เรียบ แบคทีเรียกรดน้ำส้มในกลุ่มนี่สามารถสร้าง biofilm เป็นแผ่นแต่ไม่ใช่เซลลูโลสออกมาที่ผิวหน้าอาหารเหลว โดยเซลล์เกาะกันอย่างหลวมๆ มีผลทำให้เชื้อสามารถเจริญเติบโตได้ในอาหารเหลวในสภาวะ static culture โดยมีเชื้อจำนวน 5 ไอโซเลท ที่มีความสามารถในการเจริญเติบโตและสามารถผลิตกรดน้ำส้มได้ในอาหารที่มีแอลกอฮอล์ความเข้มข้นสูงตั้งแต่ 6-9 เปอร์เซ็นต์ เชื้อเหล่านี้จึงมีประสิทธิภาพในการใช้เป็นกล้าเชื้อในกระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมักเพื่อการปรุงรสจากบ๊วย

กลุ่มที่ 2. มีเชื้อจำนวนทั้งสิ้น 9 ไอโซเลท แยกได้จากตัวอย่างแก้วมังกร, ตัวอย่าง APPLE CIDER VINEGAR (BRAGG), ตัวอย่างลูกพลัมดอง, ตัวอย่างบ๊วยดอง 1 และ 2, ตัวอย่างส้มเขียวหวาน, ตัวอย่างน้ำส้มสายชูหมักจากผลมะเฟือง, ตัวอย่างน้ำส้มสายชูหมักจากสับปะรด และตัวอย่างองุ่น โดยโคโลนีจะมีสีครีม ลักษณะกลม นูน วาว ขอบเรียบ และเป็นเมือก และถ้าเชื้อแบคทีเรียกรดน้ำส้มในกลุ่มนี่เจริญใกล้ชิดกันโคโลนีเชื้อจะสร้างเซลลูโลสออกมามีผลทำให้โคโลนีสานติดกันเป็นแผ่นและถ้าเจริญเติบโตในอาหารเหลวในสภาวะ static culture เชื้อนี้จะสามารถ biofilm (เซลลูโลส) เป็นแผ่นขึ้นที่ผิวหน้าของอาหาร แต่เซลล์เกาะติดกันอย่างเหนียวแน่น ปรากฏการณ์นี้เป็นลักษณะเฉพาะของแบคทีเรียกรดน้ำส้มในสกุล *Gluconacetobacter* sp. โดยมีเชื้อจำนวน 3 ไอโซเลท มีความสามารถในการเจริญเติบโตและสามารถผลิต

กรดน้ำส้มได้ในอาหารที่มีแอลกอฮอล์ความเข้มข้นตั้งแต่ 3-6 เปอร์เซ็นต์ เชื้อสกุลนี้จึงเป็นเชื้อที่มีศักยภาพและมีความเหมาะสมที่จะใช้เป็นกล้าเชื้อสำหรับกระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากบ๊วย

จากการทดลองกระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากบ๊วยสด โดยใช้อัตราส่วนของวัตถุดิบสูตรที่ 2 คือใช้ผลบ๊วยสด 1.0 กิโลกรัม, น้ำตาลทราย 0.4 กิโลกรัม, น้ำประปา 1.0 กิโลกรัม และ เอทธานอล (95%) 3.0 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักโดยรวมวัตถุดิบ เป็นสูตรที่เหมาะสมที่สุดต่อกระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมัก คือสามารถผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากบ๊วยได้ผลผลิตที่มีกลิ่นและรสชาติดี มีคุณภาพและมาตรฐาน

ส่วนวิธีการเก็บรักษาวัตถุดิบ (บ๊วยหมัก) ชนิดเข้มข้นด้วยวิธีการหมักจากการทดลองพบว่าวิธีการหมักบ๊วยหมักทั้ง 3 สูตร ที่มีอายุการหมักตั้งแต่ 6, 12, 18 และ 24 เดือน ตามลำดับ สามารถรักษาคุณภาพและคุณสมบัติของวัตถุดิบ (บ๊วยหมัก) ตลอดจนกลิ่นรสไว้ได้เป็นอย่างดี และไม่พบการเน่าเสียและการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์อื่นใด ส่วนสีของผลบ๊วยมีการเปลี่ยนแปลงไป โดยเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแดงถึงสีน้ำตาลเข้มตามอายุของการหมัก และจากการทดลองยังพบว่าวัตถุดิบ (บ๊วยหมัก) ชนิดเข้มข้นมีเหมาะสมในการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากบ๊วยในระดับขยายสามารถผลิตน้ำส้มสายชูหมักได้ผลผลิตที่มีกลิ่นและรสชาติดีมีคุณภาพ และมาตรฐานเช่นกันเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการเก็บรักษาโดยการแช่แข็งไว้ที่ -20 องศาเซลเซียส (การทดลองชุดควบคุม) ที่อายุการเก็บรักษา 6-24 เดือน

ข้อเสนอแนะ

กระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากผลไม้และธัญพืช โดยวิธีการดั้งเดิมตามภูมิปัญญาชาวบ้านเป็นวิธีการผลิตน้ำส้มสายชูหมักที่อาศัยกิจกรรมของเชื้อจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการหมักโดยเชื้อนี้มีติดมาตามธรรมชาติกับวัตถุดิบที่ใช้ในการหมัก ดังนั้นข้อจำกัดของกระบวนการผลิตนี้จึงไม่สามารถควบคุมการผลิตให้ได้ผลผลิตที่ดีมีคุณภาพสม่ำเสมอตามต้องการได้ อีกทั้งยังผลิตได้ในปริมาณจำกัด ผลกระทบที่มีต่อกระบวนการหมักยังมาจาดสาเหตุการเปลี่ยนชนิดของวัตถุดิบและอัตราส่วนของวัตถุดิบในการณีใช้ผลไม้รวมในการหมัก

ดั้งนั้นข้อเสนอแนะในการผลิตน้ำส้มสายชูหมักที่ได้จากการวิจัยและพัฒนากระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากบ๊วยสดแบบเบ็ดเสร็จขั้นตอนเดียว ที่สำคัญมีดังต่อไปนี้

1. คุณภาพของวัตถุดิบที่ใช้ในการหมัก ความสม่ำเสมอของวัตถุดิบในแต่ละรุ่น เช่น ความสุกแก่ของวัตถุดิบที่ไม่สม่ำเสมอจะมีผลโดยตรงต่อคุณภาพเริ่มต้นของวัตถุดิบก่อนการหมัก ดังนั้นการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างวัตถุดิบในเบื้องต้น เช่น ค่าความเป็นกรด-เบส และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการปรับคุณภาพของวัตถุดิบก่อนการหมักให้มีความเหมาะสมต่อกระบวนการหมัก

2. อัตราส่วนของวัตถุดิบที่เหมาะสมต่อกระบวนการหมัก ชนิดและองค์ประกอบของสสารที่ใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับการหมักเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญอีกปัจจัยหนึ่ง คือ เช่น ถ้าเปลี่ยนชนิดของวัตถุดิบ

หลัก ได้แก่ ชนิดของผลไม้ และ/หรือธัญพืชทั้งนี้เนื่องมาจากค่าความเป็นกรด-เบส และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดจะมีความแตกต่างกันไปปัจจัยนี้อาจส่งผลกระทบถึงความสำเร็จและ/หรือความล้มเหลวของกระบวนการหมักได้

3. ความสะอาดของภาชนะ วัตถุดิบ/คุณภาพ องค์ประกอบอื่นๆ และสถานที่หมัก ปัจจัยต่างๆ เหล่านี้มีผลกระทบโดยตรงต่อความสำเร็จและ/หรือความล้มเหลวของกระบวนการหมักได้โดยตรง ดังนั้นควรตรวจสอบถึงความสะอาดอย่างสม่ำเสมอ

4. กล้าเชื้อยีสต์และกล้าเชื้อน้ำส้มสายชูบริสุทธิ์ เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อกระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากบ๊วยสดส่งผลให้กระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมักไม่มีข้อจำกัด สามารถควบคุมการผลิตให้ได้ผลผลิตที่ดีมีคุณภาพสม่ำเสมอตามต้องการได้ อีกทั้งยังสามารถผลิตได้ในปริมาณไม่จำกัด

5. การปฏิบัติต่อผลไม้ที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการหมักก่อนการหมัก เช่น การผ่า การบี้ผลให้แตก การคั้นเอาน้ำผลไม้หมัก และ/หรือการหมักพร้อมกาก ปัจจัยนี้มีผลโดยตรงต่อความสำเร็จและ/หรือความล้มเหลวของกระบวนการหมัก และมีผลต่อกลิ่น รสชาติ และคุณภาพของผลผลิต

มูลนิธิโครงการหลวง ROYAL PROJECT FOUNDATION

บทที่ 3: กรรมวิธีทดลอง (อุปกรณ์ และวิธีการ)

โครงการย่อยที่ 3 การพัฒนาด้านบรรจุภัณฑ์

ผู้รับผิดชอบ ดร.ศิริวรรณ ตั้งแสงประทีป

1. สถานที่ดำเนินการวิจัย

สถานที่ดำเนินการวิจัย	ปี
3.1.3 ห้องปฏิบัติการบรรจุภัณฑ์ ศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย 196 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900	2555 - 2556

วิธีการ

ทำการพัฒนาบรรจุภัณฑ์เพื่อการวางจำหน่ายผลิตภัณฑ์แปรรูปจากบ๊วย ประกอบด้วย 1) บรรจุภัณฑ์ขายปลีกสำหรับผลิตภัณฑ์บ๊วยแช่อิ่มอบแห้ง ขนาดบรรจุ 100 กรัม 2) บรรจุภัณฑ์ขายปลีกสำหรับผลิตภัณฑ์บ๊วยกวน ขนาดบรรจุ 100 กรัม และ 3) บรรจุภัณฑ์ขายปลีกสำหรับผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มบ๊วยไซเดอร์ ขนาดบรรจุ 180 มิลลิลิตร โดยมีขั้นตอนหลักตามลำดับขั้นดังนี้

1. จัดทำข้อสรุปความต้องการบรรจุภัณฑ์ (packaging requirement) โดยการรวบรวมข้อมูลจากสาเหตุหลักความเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ และความต้องการการคุ้มครองของผลิตภัณฑ์ ตลอดจนระบบการจัดการผลิตภัณฑ์ของมูลนิธิโครงการหลวง
2. จัดทำแนวคิดหลักสำหรับการออกแบบ (design concept) ตามข้อสรุปความต้องการบรรจุภัณฑ์
3. ออกแบบและพัฒนาโครงสร้างบรรจุภัณฑ์ ออกแบบกราฟิกและฉลาก
4. จัดทำต้นแบบและแบบสำหรับการผลิต (art work)

บทที่ 4: ผลการทดลอง

ความต้องการบรรจุภัณฑ์

ความต้องการบรรจุภัณฑ์สำหรับการออกแบบบรรจุภัณฑ์เพื่อการวางจำหน่ายผลิตภัณฑ์บ๊วยแปรรูป ทั้ง 3 ชนิด สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. ให้ความคุ้มครองผลิตภัณฑ์ภายในจากปัจจัยการเสื่อมเสียทั้งภายนอกและภายใน โดยคงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้มีคุณภาพที่ดีตลอดอายุการเก็บรักษา
2. ใช้บรรจุภัณฑ์มาตรฐานที่สามารถผลิตหรือหาซื้อได้ทั่วไป
3. บรรจุภัณฑ์ปิดสนิท และเปิดง่าย ด้วยมือเปล่า
4. มีเอกลักษณ์เดียวกันทั้งสามผลิตภัณฑ์
5. ผลิตจากวัสดุที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะง่ายในการกำจัดหรือจัดการหลังการใช้งาน
6. ให้ความสะดวกในการใช้งาน ได้แก่ การหิ้วถือ และ การบรรจุ
7. มีภาพลักษณ์โดดเด่น ดึงดูดสายตา สะอาด ถูกสุขอนามัย และ คุณภาพระดับพิเศษ

แนวคิดหลัก

บรรจุภัณฑ์ขายปลีกสำหรับผลิตภัณฑ์บ๊วยแช่อิ่มอบแห้ง บรรจุภัณฑ์ขายปลีกสำหรับผลิตภัณฑ์บ๊วยกวน และบรรจุภัณฑ์ขายปลีกสำหรับผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มบ๊วยไซเดอร์ มุ่งเน้นการออกแบบให้มีรูปลักษณ์โดยรวม แสดงถึง ผลิตภัณฑ์ และ ตราสินค้า อย่างเด่นชัด ผู้บริโภคสามารถเข้าใจได้ทันทีเมื่อเห็นผ่านตา และ จดจำได้ในครั้งแรกที่เห็น มีการสื่อสารความรู้สึก สด สะอาด ถูกสุขอนามัย และ สะท้อนภาพลักษณ์สินค้าคุณภาพจากมูลนิธิโครงการหลวง

การพัฒนาโครงสร้าง กราฟิก ต้นแบบ และ แบบสำหรับการผลิต

บรรจุภัณฑ์ขายปลีกสำหรับผลิตภัณฑ์บ๊วยแช่อิ่มอบแห้ง

ผลลัพธ์การพัฒนาตามความต้องการบรรจุภัณฑ์และแนวคิดหลัก แสดงดังรูปที่ 1 - 3 โดยโครงสร้างเบรรจุภัณฑ์เป็นซองพลาสติกลามิเนตแบบปิดผนึก 3 ด้าน (NY15/LLDPE70) มีอัตราการซึมผ่านของน้ำ (WVTR) 3.70 กรัม/ตารางเมตร-วัน และอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน (OTR) 57.8 มิลลิลิตร/ตารางเมตร-วัน ที่สภาวะมาตรฐาน (อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90) มีมิติภายนอกกว้าง 117 มิลลิเมตร และสูง 160 มิลลิเมตร ปิดผนึกได้ด้วยความร้อน ขนาดบรรจุ 100 กรัม ต่อ ซอง

รูปที่ 1 กราฟิกบรรจุภัณฑ์สำหรับผลิตภัณฑ์บ๊วยแช่อิ่มอบแห้ง

สำหรับการออกแบบกราฟิก แสดงแบบกราฟิก ดังรูปที่ 1 ใช้เทคนิคการพิมพ์กราเวียร์ สอดสี 4 สี ร่วมกับ สีพิเศษ 2 สี ได้แก่ สีขาวมุกสำหรับพิมพ์พื้น และสีน้ำตาลแกมเหลืองสำหรับการพิมพ์ตัวอักษร ภาพแสดงผลิตภัณฑ์ใช้ภาพตกแต่งจากผลิตภัณฑ์จริงให้มีความสวยงามโดดเด่น สะดุดตา ดูสะอาด น่ารับประทาน และที่สำคัญ ผู้บริโภคสามารถรับรู้ได้ทันทีว่าคือผลิตภัณฑ์ใด พื้นสีขาวมุกสื่อสารถึงคุณภาพระดับพิเศษ (premium) และ ความสะอาดถูกสุขอนามัย ตัวอักษรสีน้ำตาลแกมเหลือง และตราสินค้าขนาดใหญ่ สื่อสารถึง ความหนักแน่น มั่นคง และเชื่อถือได้ ซึ่งเป็นบุคคลิกหลักของมูลนิธิโครงการหลวง องค์ประกอบเหล่านี้ก่อให้เกิดภาพลักษณ์โดยรวมที่แสดงถึง ผลิตภัณฑ์คุณภาพ จากมูลนิธิ โครงการหลวง และมีเอกลักษณ์เดียวกับผลิตภัณฑ์อีกสองชนิด ได้แก่ บ๊วยกวนแผ่น และ เครื่องดื่มบ๊วยไซเดอร์

กราฟิกมีการแสดงฉลากสอดคล้อง ตาม ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 367 พ.ศ. 2557 เรื่อง การแสดงฉลากของอาหารในภาชนะบรรจุ ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลสำคัญ ดังต่อไปนี้

1. ชื่ออาหาร	บ๊วยแช่อิ่มอบแห้ง (Dehydrated Japanese Apricot)
2. เลขสารบบอาหาร	อย.....
3. ชื่อและที่ตั้งของผู้ผลิต	ผลิตโดย มูลนิธิโครงการหลวง 65 หมู่ 1 ถ.สุเทพ ต.สุเทพ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50200 โทรศัพท์: 0-5322-5315 โทรสาร: 0-5322-2671
4. น้ำหนักสุทธิ	น้ำหนักสุทธิ 100 กรัม
5. ส่วนประกอบที่สำคัญเป็นร้อยละของน้ำหนักโดยประมาณ เรียงลำดับปริมาณจากมากไปน้อย	ส่วนประกอบ บ๊วย 82 % น้ำตาลทราย 16 % เกลือ 2 %
6. วัน เดือน ปี ที่หมดอายุ	ควรบริโภคก่อน ..../..../ ....
7. ข้อแนะนำในการเก็บรักษา	เก็บไว้ในตู้เย็น
8. ให้ระบุคำว่า ตรา หรือ เครื่องหมายการค้า หรือเครื่องหมายการค้าจดทะเบียน กำกับ ให้เห็นได้ชัดเจน และอ่านได้ง่าย	ตรา โครงการหลวง

ผลลัพธ์สุดท้ายของการพัฒนาได้บรรจุภัณฑ์ต้นแบบเพื่อการขายปลีกสำหรับผลิตภัณฑ์บ๊วยแช่อิ่มอบแห้ง ดังรูปที่ 2 และ แบบสำหรับการผลิตแสดงดังรูปที่ 3

รูปที่ 2 ต้นแบบบรรจุภัณฑ์ขายปลีกสำหรับผลิตภัณฑ์บ๊วยแช่อิ่มอบแห้ง

รูปที่ 3 แบบสำหรับการผลิตบรรจุภัณฑ์ขายปลีกสำหรับผลิตภัณฑ์บ๊วยแช่อิ่มอบแห้ง

บรรจุภัณฑ์ขายปลีกสำหรับผลิตภัณฑ์บ๊วยกวนแผ่น

ผลลัพธ์การพัฒนาตามความต้องการบรรจุภัณฑ์และแนวคิดหลัก แสดงดังรูปที่ 4-6 ประกอบด้วย บรรจุภัณฑ์ ปฐมภูมิ เป็นซองพลาสติกลามิเนตแบบปิดผนึก 2 ด้าน บรรจุบ๊วยกวนแผ่น จำนวน 1 แผ่น น้ำหนักประมาณ 10 กรัม มีมิติภายนอกกว้าง 40 มิลลิเมตร และ สูง 140 มิลลิเมตร และ บรรจุภัณฑ์ทุติยภูมิ เป็นซองพลาสติกลามิเนตแบบปิดผนึก 3 ด้าน บรรจุซองบ๊วยกวนปฐมภูมิ 10 ซอง มีมิติภายนอก กว้าง 117 มิลลิเมตร และสูง 160 มิลลิเมตร ทั้งนี้เพื่อความสะดวกในการบริโภค โดยโครงสร้างเบรรจุภัณฑ์ทั้งสอง เป็นซองพลาสติกลามิเนต (NY15/LLDPE70) มีอัตราการซึมผ่านของน้ำ (WVTR) 3.70 กรัม/ตารางเมตร-วัน และอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน (OTR) 57.8 มิลลิลิตร/ตารางเมตร-วัน ที่สภาวะมาตรฐาน (อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90) ปิดผนึกได้ด้วยความร้อน

(ก) บรรจุภัณฑ์ปฐมภูมิ

(ข) บรรจุภัณฑ์ทุติยภูมิ

รูปที่ 4 กราฟิกบรรจุภัณฑ์สำหรับผลิตภัณฑ์บ๊วยกวนแผ่น (ก) บรรจุภัณฑ์ปฐมภูมิ และ(ข) บรรจุภัณฑ์ทุติยภูมิ

สำหรับการออกแบบกราฟิก แสดงแบบกราฟิก ดังรูปที่ 4 มีรูปแบบ เทคนิคการพิมพ์ และ การสื่อสาร เช่นเดียวกับ กราฟิกบรรจุภัณฑ์สำหรับผลิตภัณฑ์บ๊วยแช่อิ่มอบแห้ง เพื่อคงความเป็นเอกลักษณ์เดียวกัน แตกต่างเฉพาะรูปแสดงผลิตภัณฑ์ โดยใช้รูปผลิตภัณฑ์บ๊วยกวนแผ่น แสดงบนบรรจุภัณฑ์แทนรูปบ๊วยสดและเม็ดบ๊วยแช่อิ่มอบแห้ง

กราฟิกมีการแสดงฉลากสอดคล้อง ตาม ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 367 พ.ศ. 2557 เรื่อง การแสดงฉลากของอาหารในภาชนะบรรจุ ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลสำคัญ ดังต่อไปนี้

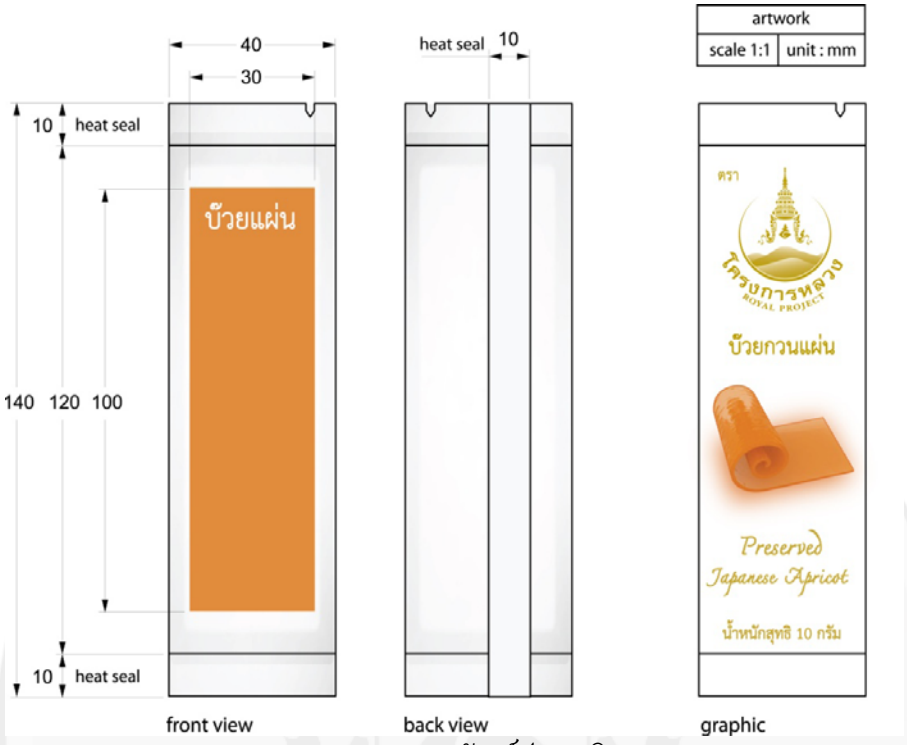
1. **ชื่ออาหาร** บ๊วยกวนแผ่น (Preserved Japanese Apricot)
2. **เลขสารบบอาหาร** อย.....
3. **ชื่อและที่ตั้งของผู้ผลิต** ผลิตโดย มูลนิธิโครงการหลวง
   65 หมู่ 1 ถ.สุเทพ ต.สุเทพ อ.เมือง
   จ.เชียงใหม่ 50200
   โทรศัพท์: 0-5322-5315
   โทรสาร: 0-5322-2671

4.	**น้ำหนักสุทธิ**	น้ำหนักสุทธิ 100 กรัม
5.	**ส่วนประกอบที่สำคัญเป็นร้อยละของน้ำหนักโดยประมาณ เรียงลำดับปริมาณจากมากไปน้อย**	ส่วนประกอบ บ๊วย 60.4 % น้ำตาลทราย 33 % แบะแซ 4.5 % สารเพิ่มความหนืด (เพคตินและกัวร์กัม) 1.4 % กรดซิตริก 0.7 %
6.	**วัน เดือน ปี ที่หมดอายุ**	ควรบริโภคก่อน ..../..../ ....
7.	**ข้อแนะนำในการเก็บรักษา**	หากเปิดบริโภคแล้วควรเก็บในตู้เย็น
8.	**ให้ระบุคำว่า ตรา หรือ เครื่องหมายการค้า หรือเครื่องหมายการค้าจดทะเบียน กำกับ ให้เห็นได้ชัดเจน และอ่านได้ง่าย**	ตรา โครงการหลวง

ผลลัพธ์สุดท้ายของการพัฒนาได้บรรจุภัณฑ์ต้นแบบเพื่อการขายปลีกสำหรับผลิตภัณฑ์บ๊วยกวนแผ่น ดังรูปที่ 5 และ แบบสำหรับการผลิตแสดงดังรูปที่ 6

(ก) บรรจุภัณฑ์ปฐมภูมิ

รูปที่ 5 ต้นแบบบรรจุภัณฑ์ขายปลีกสำหรับผลิตภัณฑ์บ๊วยกวนแผ่น (ก) บรรจุภัณฑ์ปฐมภูมิ และ (ข) บรรจุภัณฑ์ทุติยภูมิ



(ก) บรรจุภัณฑ์ปฐมภูมิ

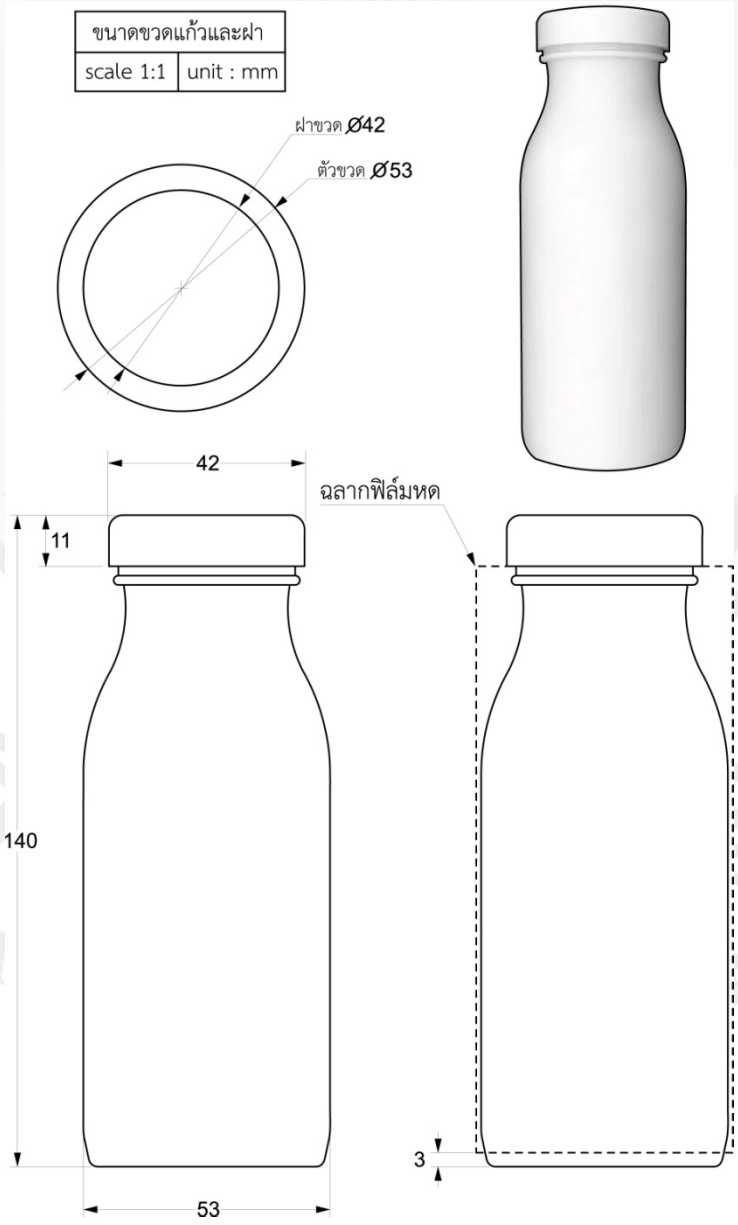
(ข) บรรจุภัณฑ์ทุติยภูมิ

รูปที่ 6 แบบสำหรับการผลิตบรรจุภัณฑ์ขายปลีกสำหรับผลิตภัณฑ์บ๊วยกวนแผ่น

(ก) บรรจุภัณฑ์ปฐมภูมิ และ (ข) บรรจุภัณฑ์ทุติยภูมิ

บรรจุภัณฑ์ขายปลีกสำหรับผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มบ๊วยไซเดอร์

ผลลัพธ์การพัฒนาตามความต้องการบรรจุภัณฑ์และแนวคิดหลัก แสดงดังรูปที่ 7-10 โดยโครงสร้างบรรจุภัณฑ์เป็นขวดแก้วกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 53 มิลลิเมตร และ สูง 140 มิลลิเมตร มีขนาดบรรจุ 180 มิลลิลิตร หุ้มด้วยฟิล์มหดรัดรูป (shrink film) ชนิด พอลิเอทธิลีน (PE) ความหนา 50 ไมโครเมตร ปิดปากขวดด้วยฝาเขี้ยว (lug cap) โลหะสีขาว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 42 มิลลิเมตร (รูปที่ 7)



รูปที่ 7 โครงสร้างบรรจุภัณฑ์ขายปลีกสำหรับผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มบ๊วยไซเดอร์

สำหรับการออกแบบกราฟิก แสดงแบบกราฟิก ดังรูปที่ 8 มีรูปแบบ เทคนิคการพิมพ์ และ การสื่อสาร เช่นเดียวกับ กราฟิกบรรจุภัณฑ์สำหรับผลิตภัณฑ์บ๊วยแช่อิ่มอบแห้ง และ บ๊วยกวนแผ่น เพื่อคงความเป็นเอกลักษณ์เดียวกัน แตกต่างเฉพาะรูปแสดงผลิตภัณฑ์ ใช้รูปดอกบ๊วย แสดงบนบรรจุภัณฑ์เพื่อสื่อถึงบ๊วยซึ่งเป็นวัตถุดิบในการผลิต ควบคู่กับการสื่อสารถึงความสดชื่น

กราฟิกมีการแสดงฉลากสอดคล้อง ตาม ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 367 พ.ศ. 2557 เรื่อง การแสดงฉลากของอาหารในภาชนะบรรจุ ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลสำคัญ ดังต่อไปนี้

1. ชื่ออาหาร	เครื่องดื่มบ๊วยไซเดอร์ (Japanese Apricot Cider)
2. เลขสารบบอาหาร	อย.....
3. ชื่อและที่ตั้งของผู้ผลิต	ผลิตโดย มูลนิธิโครงการหลวง 65 หมู่ 1 ถ.สุเทพ ต.สุเทพ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50200 โทรศัพท์: 0-5322-5315 โทรสาร: 0-5322-2671
4. น้ำหนักสุทธิ	ปริมาตรสุทธิ 180 กรัม
5. ส่วนประกอบที่สำคัญเป็นร้อยละของน้ำหนักโดยประมาณ เรียงลำดับปริมาณจากมากไปน้อย	ส่วนประกอบ น้ำ 60.3 % น้ำผึ้ง 13.6 % น้ำบ๊วยไซเดอร์ 6 % กรดซิตริก 0.06 %
6. วัน เดือน ปี ที่หมดอายุ	ควรบริโภคก่อน ..../..../....
7. ให้ระบุคำว่า ตรา หรือ เครื่องหมายการค้า หรือเครื่องหมายการค้าจดทะเบียน กำกับ ให้เห็นได้ชัดเจน และอ่านได้ง่าย	ตรา โครงการหลวง

รูปที่ 8 กราฟิกบรรจุภัณฑ์ขายปลีกสำหรับผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มบ๊วยไซเดอร์

ผลลัพธ์สุดท้ายของการพัฒนาได้บรรจุภัณฑ์ต้นแบบเพื่อการขายปลีกสำหรับผลิตภัณฑ์บ๊วยกวนแผ่น ดังรูปที่ 9 และ แบบสำหรับการผลิตแสดงดังรูปที่ 10

รูปที่ 9 ต้นแบบบรรจุภัณฑ์ขายปลีกสำหรับผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มบ๊วยไซเดอร์

รูปที่ 10 แบบสำหรับการผลิตบรรจุภัณฑ์ขายปลีกสำหรับผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มบ๊วยไซเดอร์

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง

ผลลัพธ์การพัฒนาบรรจุภัณฑ์เพื่อการวางจำหน่ายผลิตภัณฑ์บ๊วยแปรรูปทั้งสามชนิด ได้แก่ บ๊วยแช่อิ่มอบแห้ง บ๊วยกวนแผ่น และ เครื่องดื่มบ๊วยไซเดอร์ ได้ต้นแบบ และ แบบสำหรับการผลิต ที่มีเอกลักษณ์เดียวกันสอดคล้องกับผลิตภัณฑ์และเป็นบรรจุภัณฑ์มาตรฐานที่สามารถหาได้ง่ายในประเทศและมีภาพลักษณ์โดยรวมสื่อสารถึงผลิตภัณฑ์และตราสินค้าอย่างชัดเจน

มูลนิธิโครงการหลวง ROYAL PROJECT FOUNDATION

เอกสารอ้างอิง

กัญจนา ดีวิเศษ. 2543 **น้ำสมุนไพร 108**. สถาบันการแพทย์แผนไทย กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข. กรุงเทพฯ. 224 หน้า.

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2545. **บ๊วย (Japanese Apricot)**. สืบค้นออนไลน์จาก : http://www.moac.go.th/builder/bhad/Apricot.php.

กระทรวงสาธารณสุข. **น้ำส้มสายชู**. 2543. ปวิณ ปุณศรี แนะนำโครงการไม้ผลเมืองหนาว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพมหานคร โอพาร ตัณฑวิรุฬห์ การปลูกพลับ วารสารส่งเสริมการเกษตร 2520 เอกสารวิชาการ งานศึกษาไม้ผล สำนักงานโครงการเกษตรที่สูง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพมหานคร

กองเกษตรสัมพันธ์. 2555. **“การปลูกบ๊วย”. กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์**. [Online] Available: http://www.eto.ku.ac.th/neweto/e-book/plant/tree_fruit/apricot.pdf. [2012. December 17].

กองเผยแพร่และควบคุมการโฆษณา.สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา.2545. เอกสารเผยแพร่ เรื่อง **น้ำส้มสายชูดี ชีวีปลอดภัย**.

จิราภรณ์ สุขุมาวาสี, ศักดิ์ดา นำชัยสี่วัฒนา และอำพล เอื้ออารี. 2529. อุตสาหกรรมหมักกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 1(1), 57-90.

ณัฐรีพร จันทพันธ์. 2547. **การผลิตน้ำบ๊วยผงโดยวิธีอบแห้งพ่นฝอย**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

ดุษณี ธนะบริพัฒน์. 2537. **จุลชีวอุตสาหกรรมม**, ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ.

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 367. 2557. เรื่อง **การแสดงฉลากของอาหารในภาชนะบรรจุ.**

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข. 2543. น้ำส้มสายชู, [Online], Available:http://iodinethailand.fda.moph.go.th/food_54/data/announ_moph/P204.pdf, [2012, December 17].

ประดิษฐ์ คุรุวัณณา. 2545. ไวน์: ศาสตร์และศิลป์. กรุงเทพมหานคร. สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปัญญา โพธิ์ฐิติรัตน์. 2530. สูตร: เกษตรอุตสาหกรรมประยุกต์ ภาควิชาอุตสาหกรรมการเกษตร คณะวิชาเกษตรและอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยรัตนโกสินทร์จันทร์เกษม กรุงเทพฯ.

นภา โลห์ทอง. 2520. **น้ำส้มสายชู**. ข่าวสารเกษตรศาสตร์ 21(4), 70-75.

บุษบา แซ่ลี. 2553. **บ๊วย**. ระบบฐานข้อมูลทรัพยากรชีวภาพและภูมิปัญญาท้องถิ่นของชุมชน, [Online], Available: http://www.bedo.or.th/lcdb/biodiversity/view.aspx?id=9876, [2012, December 17].

บริษัท ดอยคำผลิตภัณฑ์อาหาร จำกัด. 2008I, **สาระน่ารู้เรื่องผลไม้**, [Online], Available: http://www.doikham.co.th/benefit_detail_th.php?benefitid=2, [2012, November 26].

ไพโรจน์ วิริยจารี 2545. **การทดสอบความชอบหรือการยอมรับรวมของผู้บริโภค**, การประเมินทางประสาทสัมผัส, ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, หน้า 218-221.

พัฒนา เหล่าไพบูลย์, พงษ์เทพ อริยเจริญวงศ์, ลักขณา เหล่าไพบูลย์. 2553. **กลยุทธ์การผลิตเอทานอลความเข้มข้นสูงของยีสต์โดยกระบวนการหมักแบบกึ่งกะ**, วารสารศูนย์บริการวิชาการภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยขอนแก่น, ปีที่ 18, ฉบับที่ 1, หน้า 31-36

พวงพร โชติกไกร. 2530. **จุลชีววิทยาของอาหารและนม**.โรงพิมพ์ชวนพิมพ์ กรุงเทพฯ.

รัชนีกร กิติศิริมงคล. 2549. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์บ๊วยแผ่นผสมผลไม้**. ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร). สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์. 151 หน้า.

รัตนา อัตตปัญโญ, สายลม สัมพันธ์เวชโสภา และอนุวัตร แจ้งชัด. 2550. **โครงการพัฒนาผลไม้กวน (ผลไม้แผ่น) เพื่อยกระดับมาตรฐานและการศึกษาตลาด**. สนับสนุนโดยสำนักกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.). 439 หน้า.

วิชุดา ปราชญาภักดี. 2525. **การแปรรูปผลิตภัณฑ์ทางเกษตร** ภาควิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิชาวิทยาศาสตร์ วิทยาลัยครูภูเก็ต ภูเก็ต

วันชัย สุทธินุ่น. 2532. **การศึกษาการเปลี่ยนแปลงแอลกอฮอล์เป็นกรดอะซิติกในปฏิกิริยาจานหมุน**, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทศโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม. 2547. **น้ำส้มสายชู**, ฉบับที่ 326, [Online], Available: http://www.snw.ac.th/courseware/www.nectec.or.th/courseware/siamculture/otop-tis/tcps326_47.pdf, [2012, November 26].

อนุวัตร แจ้งชัด, ปนัดดา ตุ้งสวัสดิ์, อรุณศิริ ธราธรกุล, สุดนารี เหลืองวิลัย, และกมลวรรณ แจ้งชัด. 2549. **การพัฒนาบ๊วยแผ่นจากบ๊วยดอง**. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 44 หน้า 514-524.

อรพิน ภูมิภมร. 2526. **จุลินทรีย์ที่สำคัญต่ออุตสาหกรรม** การเกษตร สิ่งแวดล้อม.ภาควิชา เทคโนโลยีชีวภาพ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อ่อนรวี รัตนาพันธุ์. 2533. **หลักการทำผลไม้แห้งด้วยวิธีออสโมติก.** อาหาร. 20 : 240-245.

Adam, M.R., 1985. **Vinegar in Microbiology of Fermented Food**, Vol. 1, Wood, B.J.B. (eds), Elsevier Applied Science Publishers, London, pp. 78-81.

Adams, M.R. 1998. **Vinegar**, In j.B. Wood (Ed.), Microbiology of fermenter. London: Blackie Acadimic and Professional.

Agricultural Research Service National Agricultural Library. 2011. Nutrient Data for 09279 **Plums Raw**, U.S. Department of Agriculture [Online], Available: http://www.ndb.nal.usda.gov, [2012, November 26].

Alzamora, S.M., López-Malo, A. et Tapia de Daza, M.S. 2000. Overview. In **Minimally processed fruits and vegetables-fundamental aspects and applications.** (pp. 1-9). Eds. Alzamora, S.M. Tapia, M.S & López-Malo, A. Aspen Publishers, Inc. Gaithersburg, MD, USA.

AOAC, 2012, Official Method of Analysis of AOAC International. 17th ed. The Association of Official Analytical Chemists. AOAC. (2005). Official Method of Analysis of AOAC International. 18th ed. The Association of Official Analytical Chemists.

AOAC. 1970. Official Method of Analysis of AOAC International. The Association of Official Analytical Chemists.

Armentia, A., Dueñas-Laita A., Pinedac, F., Herreroa, M. and Martínb, B. 2010. **Vinegar decreases allergenic response in lentil and egg food allergy**, Allergologia et Immunopathologia, Vol. 38, No. 2, pp. 74–77.

Ayse, I. and Inci, T. T. 2009. **Osmotic dehydration of apricot: Kinetics and the effect of process parameters**. Chemical Engineering Research and Design. 87 : 166-180.

Battcock, M. and Azam, S. 1998. **Products Of Mixed Fermentation, Fermented Fruits And Vegetables**, Vol. 134, pp. 71-80.

Beech, G.A., Melvin, M.A. and Taggart, J. 1985**. Food,drink and biotechnology**. In biotechnology: Principles and Applications, pp.73-110. Edited by I.J. Higgins, D.J. Best and J.Jones. Blackwell Scientific Publictions, Oxford.

Christina K., Melanie M., Andreas S. and Reinhold C. 2008. **Determination of the fruit content of apricot and strawberry jams and spreads and apricot and peach fruit preparations by gravimetric quantification of hemicellulose**. Food Chemistry 109 : 447–454.

Conner, H.A. and Allgeier, R.J. 1976. **Vinegar**: Its history and development. Adv. Appli. Microbiol. 20, 81-133.

Crueger, W. and Crueger, A. 1990**. Biotechnology**. A Textbook of Industrial Microbiology.2nd ed. Sinauer Associates,Inc.,Sunderland.

De Ley, J., Gillis, M. and Swings, J. 1984. *Acetobacteraceae* in Bergey's Manual of Systematic Bacteriology, Vol. 1, Krieg., N.R. and Holt, J.G. (eds), Williams and Wilkins, Baltimore, pp. 267-278.

Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Rebers, P.A. and Smith, F. 1956. **Colorimetric method for determination of sugars and related substances**, Analytical Chemistry, Vol. 28, pp. 350-356.

Ebner, H. and A. Enenkel. 1976. **Ultrafiltration process and apparatus using low Hydrostatic pressure to prevent concentration polarization**. US Patent 3,974,068. 18p.

Elif B. A., Ihsan K. and Ali T. 2008. **Some compositional properties of main Malatya apricot (Prunus armeniaca L.) varieties**. Food Chemistry. 107 : 939–948.

Entani, E., Asai, M., Tsujihata, S., Tsukamoto, Y. and Ohata, M. 1998. **Antibacterial Action of Vinegar Against Food-borne Pathogenic Bacteria Including *Escherichia coli* O157: H7**, Journal of Food Protection, Vol.61, pp. 953 - 959.

Fang, J., Twito, T., Zhang, Z., Chao, CT. 2006. **Genetic relationships among fruiting-mei (*Prunus mume* Sieb. et Zucc.) Cultivars evaluated with AFLP and SNP markers**. Genome / National Research Council Canada = Genome / Conseil national de recherches Canada 49 (10): 1256–64.

Gallo, M., Caggia, C., De Vero, L. Giudici, P. 2006. **Characterization of acetic acid bacteria in traditional balsamic vinegar, International Journal of Food Microbiology** 106 (2006) 209–212.

Greenshlieds, R.N. 1978. Acetic acid: vinegar, p.121-186. In primary products of Metabolism, Economic Microbiology. Eb. By A.H. Rose, Acadamic Press, London.

Haruta, S., Ueno, S., Egawa, I., Hashigachi, K., Fuji, A., Nagano, M., Ishii, M., Igarashi, Y. 2006. **Suceesion of bacteria and fungal communities during a traditional pot fermentation of rice vinegar assessed by PCR-mediated denaturing gradient gel lectrophoresis.** *International Jounal of Food Microbiology*.109, 79-87.

Holt, J.G., Krieg, N.R., Sneathm, P.H.A., Staley, J.T. and Williams, S.T. 1994. **Gram-negative aerobic/microaerophili rods and cocci,** Bergey's Manual of Determinative Bacteriology, 9th edition, Williams & Williams, Baltimore, pp. 71-102.

Kondo, S., Tayama, K., Tsukamoto, Y., Nagasava, T., Ikeda, K.and Ymori, Y. 2001. **Antihypertensive Effects of Acetic Acid and Vinegar on Spontaneously Hypertensive Rats,** Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry,Vol. 65, pp. 2690-2694.

Lisdiyanti, P., Kavasaki, H., Seki, T., Yamada, Y., Uchimura, T. and Komagata, K. 2001. Identification of *Acetobacter* strain isoted from Indonesian sources, and proposals of *Acetobacter syzygii*sp. nov., *Acetobacter cibinigenensis* sp. nov. and *Acetobacter ovientalis*sp. nov., Journal of General and Applied Microbiology, Vol. 47, pp. 119-131.

National Nutrient Database for Standard

Ndoye, B., Weekers, F., Diawara, B., Guiro, T.A. and Thonart, P. 2007. **Survival and preservation after freeze-drying process of thermoresistant acetic acid bacteria isolated from tropical products of sub-Saharan Africa**, Journal of Food Engineering., Vol.79, pp.1374-1382.

Pazz, M.H., Valdes, A.V., Lopes, M.A., Lopez, L.C. and Welti, C.J. 1999. **Vacuum osmotic dehydration of melon, apple and mango effect of vacuum level and sucrose syrup concentration**. University de las Americans Puela , Mexico. อ้างโดย เอื้อตรงจิตต์ ,วัฒนา, 2545. การศึกษาเนื้อลิ้นจี่แช่อิ่มอบแห้งโดยวิธีแช่อิ่มแบบช้าและวิธีออสโมติกดีไฮเดรชั่น .วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Seyram M. and Swings, J. 2005. "**Acetobacteraceae", Bergey's Manual of Systematic Bacteriology**, 2nd edition, Springer, New York, pp. 41-71.

Sievers, M. and Swings, J. 2005. ***Acetobacteraceae***, Bergey's Manual of Systematic Bacteriology, 2nd edition, Springer, New York, pp. 41-71.

Sossou, S.K., Ameyapoh, Y., Karou S.D. and Souza, C.D. 2009. **Study of pineapple peelings processing into vinegar by biotechnology, Pakistan Journal of Biological Sciences**, Vol.12, No. 11, pp. 859-865.

Trcek , J., Raspor, P., Teuber, M. 2000. **Molecular identi ® cation of *Acetobacter* isolates from submerged vinegar production, sequence analysis of plasmid pJK2-1 and application in the development of a cloning vector** .Appl Microbiol Biotechnol (2000) 53: 289±295.

Tesfaye, w., Morales, M.C., Garcia-Parrilla, Troncoso, A.M. 2002. **Wine vinegar: technology, authenticity and quality evaluation**. Trends in food science & Technology.13, 12-21.

Uematsu, C., Sasakuma, T., Ogihara, Y. 1991. **Phylogenetic relationships in the stone fruit group of Prunus as revealed by restriction fragment analysis of chloroplast DNA**. The Japanese Journal of Genetics 66 (1): 60.

Yamada, Y., Hoshino, K. and Ishikawa, T. 1997. **The Phylogeny of acetic acid bacteria based on the partial sequence of 16S ribosomal RNA: The evolution of the subgenus *Gluconacetobacter* to the generic level**, Bioscience Biotechnology and Biochemistry, Vol. 61, pp. 1244-1251.

มูลนิธิโครงการหลวง
ROYAL PROJECT FOUNDATION

ภาคผนวก

มูลนิธิโครงการหลวง
ROYAL PROJECT FOUNDATION

ภาคผนวก ก.

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี และทางกายภาพ

การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมี

1. การเตรียมตัวอย่าง

1.1 การเตรียมตัวอย่างของแข็ง (บ๊วย)

1.1.1 หั่นพืชให้เป็นชิ้นเล็กๆ และชั่งน้ำหนักประมาณ 15 กรัม (บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน) ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร

1.1.2 เติมน้ำกลั่นประมาณ 30 ml ลงในบีกเกอร์ แล้วนำไปปั่นผสมด้วยเครื่อง Homogenizer (รูปภาคผนวกที่ 1ก.) ประมาณ 15 วินาที

รูปภาคผนวกที่ 1ก เครื่อง Homogenizer

1.1.3 นำไปวัดหาค่า pH และ ค่า TSS ตามวิธีวิเคราะห์ ข้อ 2 และ3

1.1.4 นำตัวอย่างที่เหลือ ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น เป็น 100 ml กรองด้วยกระดาษกรอง (ยี่ห้อ Whatman เบอร์ 4) นำส่วนที่กรองได้ ประมาณ10 ml ไปวิเคราะห์ปริมาณกรดตามวิธีวิเคราะห์ ข้อ 4

1.2 การเตรียมตัวอย่างของเหลว(น้ำเชื่อม)

นำน้ำเชื่อมประมาณ 10 ml ใส่บีกเกอร์ขนาด 25 ml แล้วนำไปวัดค่า TSS pH และปริมาณกรดตามวิธีวิเคราะห์ ในข้อ 2 3 และ 4 แต่ถ้าตัวอย่างมีอุณหภูมิสูง (ค่อนข้างร้อน) ควรนำไปลดอุณหภูมิ โดยการหล่อด้วยน้ำเย็นเพื่อลดอุณหภูมิให้ใกล้เคียงกับอุณหภูมิห้องก่อน จึงจะนำไปวัดค่าต่างๆตามวิธีวิเคราะห์ต่อไป

2. ค่าความเป็นกรด-เบส (pH)

2.1 การปรับ Calibration เครื่อง pH meter

2.1.1 จุ่มแท่งelectrode ลงในสารละลายบัฟเฟอร์ที่มีค่าเท่ากับ 7 หมุนภาชนะบรรจุเบาๆ แล้ววัดค่า โดยกดปุ่ม Calibrate (Cal)

2.1.2 จุ่มแท่ electrode ลงในสารละลายบัฟเฟอร์ที่มีค่าเท่ากับ 4 หมุนภาชนะบรรจุเบาๆ แล้ววัดค่า โดยกดปุ่ม Calibrate (Cal)

รูปภาคผนวกที่ 2ก เครื่อง pH meter

2.1.3 จุ่มแท่ง electrode ลงในตัวอย่างที่เตรียมจากข้อที่ 1 แล้วกดปุ่ม read เพื่ออ่านค่า

2.2 ล้างแท่ง electrode ด้วยน้ำกลั่น ซับให้แห้ง

2.3 การเก็บรักษา electrode

2.3.1 กรณีที่ใช้ต่อเนื่องให้จุ่ม electrode ไว้ในน้ำกลั่น

2.3.2 กรณีที่ไม่ใช้เป็นเวลานาน ปิด fill hole และจุ่ม electrode ลงในสารละลายประเภทเดียวกันกับที่บรรจุใน electrode

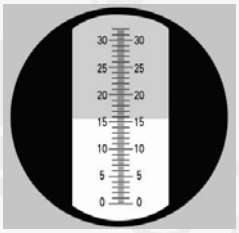
3. ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (Total Soluble Solids, TSS)

เครื่องมือที่ใช้วัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ได้แก่ รีเฟรกโตมิเตอร์ (Refractomers) มี 2 แบบ คือ

3.1 Hand-Held Refractometers (รูปภาคผนวกที่ 3ก.) ใช้ระบบการส่องผ่านค่าความเข้มข้นอ่านจากสเกลตัวเลขที่ส่องเห็น

3.2 Digital Refractometers (รูปภาคผนวกที่ 4ก.) ใช้ระบบการสะท้อนแสง เครื่องจะอ่านค่า และแสดงผลในรูปของตัวเลขในระบบดิจิตัล

ช่องสำหรับดูสเกล



รูปภาคผนวกที่ 3ก ตัวอย่างเครื่อง Hand-Held Refractometers

รูปภาคผนวกที่ 4ก ตัวอย่างเครื่อง Digital Refractometers

วิธีวิเคราะห์

นำตัวอย่างที่เตรียมไว้ข้างต้น (ข้อ 1) มาทำการวัด TSS โดยตรงด้วยเครื่อง Refractometer แล้วทำการจดบันทึกค่าที่อ่านได้ ทดลองซ้ำ 3 ครั้ง ถ้าตัวอย่างเป็นของแข็ง นำค่าที่อ่านได้มาคำนวณตามสูตร

$$\text{TSS (องศาบริกซ์)} = \text{ค่าที่อ่านได้} \times \left(\frac{\text{น้ำหนักน้ำ + น้ำหนักตัวอย่าง}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \right)$$

หมายเหตุ : ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ หมายถึง บรมาณของแขงทงหมดที่ละลายในน้ำ กรณีที่ตัวอย่างมีส่วนประกอบของน้ำตาลเป็นหลัก เช่น ในผลไม้อบแห้ง หรือน้ำเชื่อม ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ในกรณีนี้จึงอาจหมายถึง ความหวาน หรือปริมาณน้ำตาลที่ละลายในน้ำ

ตัวอย่างการคำนวณ : หากค่าที่อ่านได้ 20.5

น้ำหนักตัวอย่าง 15.353 กรัม

น้ำหนักน้ำ 30 กรัม

TSS (องศาบริกซ์) = $20.5 \times \left(\frac{30+15.353}{15.353} \right)$

= $60.56\ ^{o}$ Brix

4. ปริมาณกรดในรูปของกรดซิตริก (%Acidity)

สารเคมี

4.1 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 0.1 นอร์มอล (0.1 N NaOH)

4.2 สารละลายฟีนอล์ฟธาลีน (Phenolphthalein) ความเข้มข้น 1.0% เตรียมโดยชั่ง ฟีนอล์ฟธาลีน หนัก 1 กรัม ใส่ใน volumetric flask ขนาด 100 ml ปรับปริมาตรโดยใช้ เอธิลแอลกอฮอล์ 95%

วิธีวิเคราะห์

4.1 ปิเปตสารตัวอย่างที่เตรียมในข้อ 1 มา 10 ml ใส่ในขวดแก้วรูปชมพู่ ขนาด 50 ml

4.2 หยดฟีนอล์ฟธาลีน 2-3 หยด เพื่อเป็นอินดิเคเตอร์

4.3 นำไปไทเทรตกับสารละลาย 0.1 N NaOH จนถึงจุดยุติ เมื่อสารละลายในขวดแก้วรูปชมพู่เปลี่ยนเป็นสีชมพูอ่อน บันทึกปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ ทำซ้ำ 3 ครั้ง คำนวณหาปริมาณกรดในรูปกรดซิตริกในรูปของกรดซิตริกหรือกรดทาทาร์ริกตามสูตร

ปริมาณกรดในรูปกรดซิตริก (%) = $\frac{V \times N \times \text{น้ำหนักสมมูลของกรด} \times 100}{W \times 1000}$

V = ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไทเทรต

N = ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (นอร์มอล, N)

น้ำหนักสมมูลของกรดซิตริก = 64.04 กรัม/โมล (g/mol)

W = น้ำหนักที่แน่นอนของสารตัวอย่าง (กรัม)

หมายเหตุ: ในกรณีที่ตัวอย่างเป็นของแข็ง เช่นผลไม้แช่อิ่มอบแห้ง ต้องคำนวณหาน้ำหนักที่แน่นอนของสารตัวอย่างก่อน

ตัวอย่างการคำนวณ

สารละลายตัวอย่าง 100 มิลลิลิตร มีน้ำหนักของตัวอย่าง 15.35 กรัม

สารละลายตัวอย่าง 10 มิลลิลิตร มีนำหนักของตัวอย่าง $\frac{15.35 \times 100}{100}$ = 1.535 กรัม

เพราะฉะนั้น ค่าน้ำหนักที่แน่นอนของตัวอย่าง (กรณีที่ตัวอย่างเป็นของแข็ง) คือ 1.535 กรัม

V = 2.65 ml.

N = 0.1 N

ปริมาณกรดในรูปกรดซิตริก (%) = $\frac{2.65 \times 0.1 \times 64.04 \times 100}{1.535 \times 1000}$ = 1.11 %

5. ปริมาณความชื้น (AOAC. 2012)

วิธีวิเคราะห์

5.1 นำภาชนะหาความชื้นไปอบให้แห้งในตู้อบลมร้อน อุณหภูมิ 105±2 องศาเซลเซียส ประมาณ 30 นาที แล้วทำให้เย็นในโถควบคุมความชื้น จากนั้นนำมาชั่งน้ำหนักที่แน่นอน (จดบันทึกทศนิยม 4 ตำแหน่ง)

5.2 ชั่งตัวอย่างที่บดละเอียด ประมาณ 2-3 กรัม (จดบันทึกน้ำหนักที่แน่นอน ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) ใส่ในภาชนะหาความชื้น (จากข้อ 5.1)

5.3 นำตัวอย่างไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 105±2 องศาเซลเซียส จนได้น้ำหนักคงที่ (ประมาณ 3 ชั่วโมง 30 นาที)

5.4 นำตัวอย่างออกจากตู้อบ และปล่อยให้เย็นในเดซิคเคเตอร์ ชั่งน้ำหนัก หลังอบ คำนวณหาน้ำหนักที่หายไป ทำการทดลอง 2 ซ้ำ/ตัวอย่าง จากนั้นคำนวณหาร้อยละความชื้นจากสูตร

$$\text{ปริมาณความชื้น (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (g)} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ (g)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (g)}} \times 100$$

หมายเหตุ : นอกจากวิธีหาความชื้นข้างต้นแล้ว ในปัจจุบันมีเครื่องหาความชื้นแบบอัตโนมัติ มีกลไกการให้ความร้อนระบบอินฟาเรด ซึ่งจะใช้เวลาในการหาความชื้นสั้นกว่าวิธีของ AOAC ซึ่งค่าที่ได้อาจจะแตกต่างกันเล็กน้อย

ตัวอย่างการคำนวณ : น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ = 2.545 กรัม

น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ = 2.075 กรัม

$$\text{ปริมาณความชื้น (\%)} = \frac{(2.545 - 2.075)}{2.545} \times 100$$

$$= 18.13\ \%$$

6. ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์

รูปภาคผนวกที่ 5ก ชุดกลั่นก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

สารเคมี

1. สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 3 (3%H_2O_2) :

- นำ H_2O_2 ใส่ใน volumetric flask ขนาด 1,000 ml (35%H_2O_2 ปริมาตร 86 ml หรือ 30%H_2O_2 ปริมาตร 100 ml) จากนั้นใส่น้ำกลั่นจนถึงระดับ 1,000 ml หยด methyl red indicator 5-7 หยด จะได้สารละลายแดง

- จากนั้นปรับสารละลาย H_2O_2 ที่เป็นกรดอยู่ให้เป็นกลาง โดยการนำไปไทเทรตกับ 0.1 N NaOH ที่ทราบความเข้มข้นแน่นอนแล้ว จนกระทั่งสารละลายสีม่วงเปลี่ยนไปเป็นเหลือง (เมื่อเตรียมเสร็จแล้วควรรีบใช้ทันที และเมื่อใช้เสร็จแล้วควรเก็บไว้ในตู้เย็นอุณหภูมิประมาณ 10 องศาเซลเซียส ในขวดทึบแสง)

2. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น (NaOH) 0.1 N **:**

2.1 วิธีเตรียมแบบที่ 1

- ชั่ง NaOH มา 4 กรัม ใส่ใน volumetric flask ขนาด 1000 ml แล้วเติมน้ำกลั่นปรับปริมาตร

- หาความเข้มข้นที่แน่นอนของ ของ 0.1 N NaOH ด้วยการทำ standardization โดยไทเทรตกับกรด HCl ความเข้มข้น 0.1 N แล้วแทนค่าในสูตร

$N_1 = N_2V_2 / V_1$

N_1 หมายถึง ความเข้มข้นที่แน่นอนของ NaOH (นอร์มอล)

V_1 หมายถึง ปริมาตรของของ NaOH (ml) ที่ใช้ในการไทเทรต

N_2 หมายถึง ความเข้มข้นของ HCl (นอร์มอล)

V_2 หมายถึง ปริมาตรของของ HCl (ml) ที่ได้จากการไทเทรต

2.2 วิธีที่ 2

- นำ NaOH 1 ampoule ที่มีความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล ใส่ใน volumetric flask ขนาด 1000 mlแล้วเติมน้ำกลั่นปรับปริมาตรเป็น 1000 ml

3. สารละลายเมทิลเรด (methyl red) : ชั่งเมทิลเรด หนัก 0.2 กรัม ใส่ใน volumetric flask ขนาด 100 ml ละลายในเอทิลแอลกอฮอล์ 95% ปริมาตร 60 ml แล้วเติมน้ำกลั่น 40 ml

4. ไฮโดรคลอริก เข้มข้น 0.1 นอร์มอล (0.1 N HCl)

วิธีวิเคราะห์

-ใส่ 3%H_2O_2 ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 ml ปริมาณ 100 ml และใส่ในหลอดแก้ว 15 ml

-นำไปประกอบเข้ากับชุดที่ใช้ในการสกัดซัลเฟอร์ไดออกไซด์

-ชั่งตัวอย่างที่สับละเอียดประมาณ 50 ± 0.50 กรัม ใส่ในขวดก้นกลม

-เติมน้ำกลั่น 200 ml ลงในขวดก้นกลม นำไปประกอบเข้ากับเครื่องชุดที่ใช้ในการสกัด

-ใส่กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น (conc.HCl) 20 ml ลงในขวดก้นกลมในข้อ 4 ผสมให้เข้ากัน

-ล้างคอขวดด้วยน้ำกลั่น เปิดวาล์วก๊าซไนโตรเจน ปรับอัตราการไหลของก๊าซประมาณ 1 ฟองฟุดต่อ 1 นาที (สังเกตจากหลอดแก้วที่บรรจุไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์)

-เปิดสวิตซ์เตาสำหรับให้ความร้อน ปรับความร้อนถึงเลข 10 รอตัวอย่างเดือด

-ลดระดับความร้อนลงจนถึงเลข 5 เปิดน้ำให้ไหลผ่านท่อคอนเดนเซอร์ จับเวลา 45 นาที

-สังเกตว่าถ้าในตัวอย่างมีซัลเฟอร์ไดออกไซด์ สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่อยู่ในขวดรูปชมพู่จะเปลี่ยนจากสีเขียวอ่อนไปเป็นสีชมพู

-เมื่อครบ 45 นาที ให้ปิดสวิตซ์เตาให้ความร้อน นำสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่อยู่ในหลอดแก้ว มาเทใส่รวมกับสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในขวดรูปชมพู่

-นำสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ได้ ไปไทเทรตกับ 0.1 N NaOH บันทึกค่าที่ได้จากการไตเตรททำการคำนวณ ตามสูตร

$$\text{ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ppm)} = \frac{C \times V \times 32 \times 1000}{W}$$

C = ความเข้มข้นของ NaOH ที่ใช้ในการไทเทรต (นอร์มอล)

V = ปริมาตรของ NaOH ที่ใช้ในการไทเทรต (ml)

W = น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ (กรัม)

ตัวอย่างการคำนวณ :

C = 0.1 N.

V = 0.5 ml.

W = 30.2667 กรัม

ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ppm) = $\frac{0.1 \times 0.5 \times 32 \times 1000}{30.2667}$

= 52.86 ppm

มูลนิธิโครงการหลวง ROYAL PROJECT FOUNDATION

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

1. ปริมาณน้ำอิสระ (Water activity, a_w)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ (รุ่น Aqua Lab Series 4TE)
2. น้ำกลั่น
3. ตลับสำหรับบรรจุตัวอย่าง (เตรียมตัวอย่างโดยสับเป็นชิ้นเล็ก ๆ ใส่ในตลับประมาณ 2/3ส่วนของตลับและปิดฝา)
4. เครื่องชั่งแบบละเอียด

รูปภาคผนวกที่ 6ก เครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ (รุ่น Aqua Lab Series 4TE)

การวิเคราะห์

1. เปิดเครื่องโดยการกดปุ่ม ON/OFF หน้าหลังเครื่อง เปิดเครื่องก่อนการใช้งานประมาณ 15 นาที
2. ปรับตั้งการทำงานของเครื่อง
3. ทำการ calibrate เครื่อง โดยวางตลับน้ำกลั่น 1 มิลลิกรัมต้องการจะสอบเทียบ
4. สังเกตค่า a_w ที่อ่านได้ โดยรอจนกระทั่งค่า a_w ที่อ่านได้ ประมาณ 0.98-1 เมื่อ calibrate เสร็จแล้วทำการวัดตัวอย่างได้เลย
5. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างบรรจุในตลับตัวอย่างให้มีขนาดหรือปริมาณ 50 % ของปริมาตรตลับ หรือประมาณ 9-10 กรัม
6. นำตลับตัวอย่างใส่ในวัดปิดฝา และรอจนเครื่องอ่านค่าจนถึงจุดสมดุล หน้าจอจะแสดงผลค่า a_w ที่วัดได้ พร้อมกับค่าอุณหภูมิตัวอย่างในขณะวัดตัวอย่าง

2. วัดค่าสี

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องวัดสี Spectrophotometer รุ่น ColorQuest XE
2. ตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์ (บ๊วยทั้งลูก)

รูปภาคผนวกที่ 7ก เครื่องวัดสี Spectrophotometer รุ่น ColorQuest XE

การวิเคราะห์

1. เสียบปลั๊ก เปิดเครื่องสำรองไฟ เปิดเครื่องวัดสี และเปิดคอมพิวเตอร์
2. เลือก ที่ไอคอน Universal software
3. เมื่อเข้าสู่โปรแกรม Universal แล้ว สิ่งที่ต้องทำตอนแรกคือ ทำ Standardize โดยกด Standardize ที่แถบเมนู
4. ตั้งค่าในการ Standardize ดังนี้

4.1 Mode มีให้เลือก 4 ค่า คือ

RSIN สำหรับวัดแบบ Reflectance โดยไม่รวมลักษณะพื้นผิว

RSEX สำหรับวัดแบบ Reflectance โดยรวมลักษณะพื้นผิว (เหมือนตามนุษย์มอง) สำหรับผักและผลไม้ **(Mode นี้สำหรับวิเคราะห์บ๊วยสดและผลิตภัณฑ์บ๊วยแปรรูป)**

TTRAN สำหรับวัดแบบ Transmittance ใช้วัดของเหลวใสที่มีสี (เหมือนตามนุษย์มอง) สำหรับวัตถุโปร่งแสง

RTRAN สำหรับวัดแบบ Transmittance ใช้วัดของเหลวใสที่ไม่มีสารแขวนลอย สำหรับวัตถุทึบแสง เช่น นม

4.2 Area view มี 2 แบบคือ Large และ Small (เลือกให้เหมาะสมกับตัวอย่าง)

4.3 เปลี่ยน Port size ตาม Area view โดย Large ใช้ 1.00 " และ Small ใช้ 0.375 "

4.4 UV filter ให้เลือก Nominal เสมอ แล้วกด OK

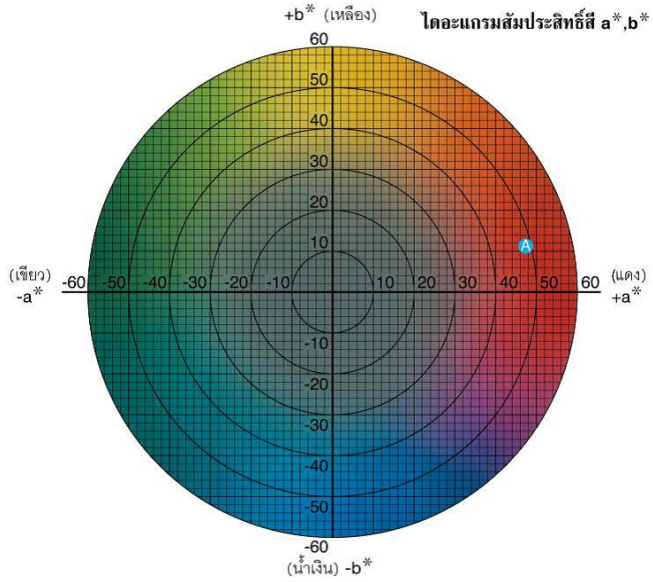
5. ทำการ Standardize ตามวิธีการในแต่ละ Mode
6. ทำการกำหนด File โดยกด File บนแถบเมนู เลือก New Data Base ในกรณีที่ไม่มี File เก่า หรือถ้ามี File เก่า ให้เลือก Open Data Base เลือก [c] เลือก [UNIVERSE] เลือก File ที่ต้องการ กด OK
7. ขยายหน้าจอ Master Color Data ซึ่งเป็นหน้าจอที่แสดงค่า L* ,a* ,b*
8. เริ่มวัดตัวอย่าง โดยวางตัวอย่างที่ตำแหน่ง Reflectance port สำหรับ RSIN และ RSEX ส่วนตำแหน่ง Transmittance port สำหรับ TTRAN และ RTRAN แล้วกด Read Sam บนแถบเมนู รอจนกระทั่งเครื่องวัดตัวอย่างเสร็จ
9. เมื่อวัดตัวอย่างเสร็จแล้ว จะปรากฏหน้าจอ Sample Information โดยกรอกรายละเอียดดังนี้
10. ID.....(ไม่ซ้ำกัน)……

    Product……

    Extra……

    Memo……..

    หลังจากนั้น กด Accept แล้ววัดตัวอย่างถัดไป
11. เมื่อวัดตัวอย่างเสร็จแล้ว ต้องการจะปิดเครื่อง ให้กดที่ File บนแถบเมนู เลือก Exit เพื่อปิดโปรแกรม
12. ปิดเครื่องวัดสี ปิดเครื่องสำรองไฟ และปิดเครื่องคอมพิวเตอร์
13. ทำความสะอาดด้านหน้า Port size ด้วยทิชชู่หรือผ้าสะอาดทุกครั้งหลังการใช้งาน



รูปภาคผนวกที่ 8ก ไดอะแกรมสัมประสิทธิ์สี

สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อ

1. Potato medium agar

Potato extract	100	มิลลิลิตร
Peptone	10	กรัม
Yeast extract	10	กรัม
Glucose	5	กรัม
Glycerol	20	มิลลิลิตร
$CaCO_3$	5	กรัม
Agar powder	20	กรัม
Water	1,000	มิลลิลิตร

ละลาย Potato extract, Yeast extract, Peptone, Glycerol, Glucose, Agar powder ในน้ำประปา 500 มิลลิลิตร ละลายให้เข้ากัน จากนั้นเติม $CaCO_3$ และเติมน้ำประปาเพื่อปรับปริมาตรให้ครบ 1,000 มิลลิลิตร นำไปนึ่งฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอน้ำที่ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15-20 นาที

2. Potato medium broth

Potato extract	100	มิลลิลิตร
Peptone	10	กรัม
Yeast extract	10	กรัม
Glucose	5	กรัม
Glycerol	20	มิลลิลิตร
Water	1,000	มิลลิลิตร

ละลาย Potato extract, Yeast extract, Peptone, Glycerol, Glucose ในน้ำประปาปริมาตร 500 มิลลิลิตร ละลายให้เข้ากัน จากนั้นเติมน้ำประปาเพื่อปรับปริมาตรให้ปริมาตรครบ 1,000 มิลลิลิตร นำไปนึ่งฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอน้ำที่ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15-20 นาที

3. Yeast peptone dextrose broth (YPD)

Yeast extract	10	กรัม
Peptone	20	กรัม
Dextrose	20	กรัม
99% Ethanol	3	มิลลิลิตร
Water	1,000	มิลลิลิตร

ละลาย Yeast extract, Peptone, Dextrose ในน้ำประปาปริมาตร 500 มิลลิลิตร ละลายให้เข้ากัน จากนั้นเติมน้ำประปาเพื่อปรับปริมาตรให้ครบ 1,000 มิลลิลิตร นำไปนึ่งฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอน้ำที่ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ที่อุณหภูมิ 121องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15-20 นาที หลังจากนึ่งฆ่าเชื้อแล้วรอให้อุณหภูมิลดลง เติม Ethanol เทอาหารลงในจานอาหารด้วยวิธีปลอดเชื้อ

4. Ethanol medium agar

Yeast extract	3	กรัม
Peptone	3	กรัม
99% Ethanol	3	มิลลิลิตร
Agar	20	กรัม
Water	1,000	มิลลิลิตร

ละลาย Yeast extract, Peptone ในน้ำประปาปริมาตร 500 มิลลิลิตร ละลายให้เข้ากัน จากนั้นเติมน้ำประปาเพื่อปรับปริมาตรให้ครบ 1,000 มิลลิลิตรนำไปนึ่งฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอน้ำที่ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15-20 นาที หลังจากนึ่งฆ่าเชื้อแล้วรอให้อุณหภูมิลดลง เติม Ethanol ด้วยวิธีปลอดเชื้อ

5. Ethanol medium broth

Yeast extract	3	กรัม
Peptone	3	กรัม
99% Ethanol	3	มิลลิลิตร
Water	1,000	มิลลิลิตร

ละลาย Yeast extract, Peptone ในน้ำประปาปริมาตร 500 มิลลิลิตร ละลายให้เข้ากัน จากนั้นเติมน้ำประปาเพื่อปรับปริมาตรให้ครบ 1,000 มิลลิลิตรนำไปนึ่งฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอน้ำที่ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15-20 นาที หลังจากนึ่งฆ่าเชื้อแล้วรอให้อุณหภูมิลดลง เติม Ethanol ด้วยวิธีปลอดเชื้อ

1.การวิเคราะห์ปริมาณเอทานอล โดยใช้เครื่องแก๊สโครมาโตรกราฟี

1.1 สภาวะสำหรับทำการวิเคราะห์

1.1.1 อุณหภูมิคอลัมน์ 60 องศาเซลเซียส

1.1.2 อุณหภูมิ Detector 200 องศาเซลเซียส

1.1.3 อุณหภูมิ Injection 160 องศาเซลเซียส

1.1.4 ก๊าซตัวพาใช้ N_2 อัตราการไหลของก๊าซตัวพาเท่ากับ 1 มิลลิลิตรต่อนาที

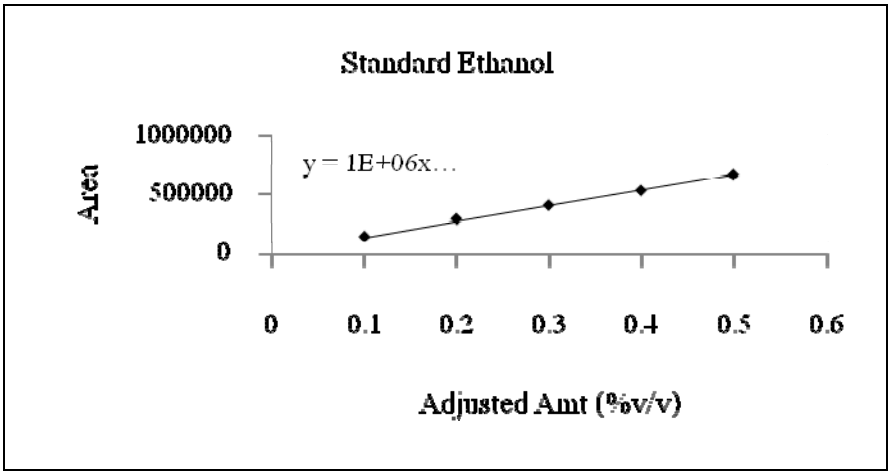
1.1.5 ก๊าซ Detector ใช้ H_2

1.2 การเตรียมสารมาตรฐาน

นำสารละลายเอทานอลมาตรฐานมาทำการเจือจางที่ระดับความเข้มข้นต่างๆได้แก่ 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5 เปอร์เซ็นต์ (โดยปริมาตร) มาฉีดเข้าเครื่องแก๊สโครมาโตรกราฟี โดยใช้คอลัมน์ PackColumn Cabowax 20M ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.2-0.53 มิลลิเมตร ความยาว 25-30 เมตร และใช้หัวตรวจวัดชนิด FID เพื่อตรวจวิเคราะห์หาปริมาณเอทานอล สำหรับเขียนกราฟมาตรฐาน

1.3 การวิเคราะห์ตัวอย่าง

นำตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์มาทำการปั่นเหวี่ยงที่ 10,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา3นาที นำเอาส่วนใสมาฉีดเข้าเครื่องแก๊สโครมาโตรกราฟี เพื่อเปรียบเทียบระหว่างความเข้มข้น (พื้นที่ใต้กราฟ) ของเอทานอลและอะซิติกกับความเข้มข้นจากกราฟมาตรฐาน



รูปผนวกที่ ข.1 กราฟมาตรฐานของปริมาณเอทานอล

2. การวิเคราะห์น้ำตาลรวม (Total sugar) ด้วยวิธี Phenol – Sulfuric Acid Method (Dubois et al., 1956)

2.1 สารเคมี

5.1.1 สารละลายฟีนอลความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์

- ละลายฟีนอลน้ำหนัก 5 กรัม ในน้ำกลั่นและปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

5.1.2 สารละลายกรดซัลฟิวริคเข้มข้น

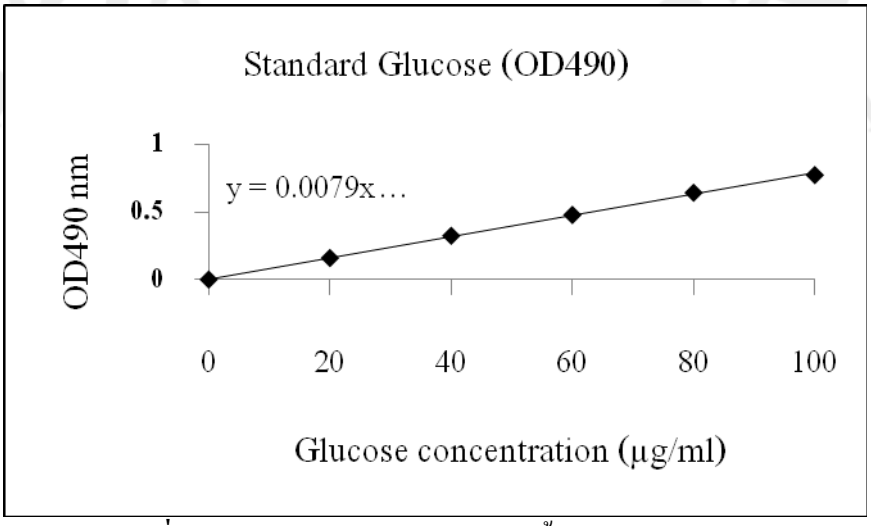
5.1.3 สารละลายมาตรฐานน้ำตาลกลูโคส

- ละลายน้ำตาลกลูโคสน้ำหนัก 0.1 กรัม ในน้ำกลั่นและปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร จะได้สารละลายมาตรฐานเข้มข้นปริมาตร 1000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

2.2 วิธีการวิเคราะห์

2.2.1 การวิเคราะห์ความเข้มข้นน้ำตาลกลูโคสมาตรฐาน

1. ปิเปตสารละลายมาตรฐานน้ำตาลกลูโคสความเข้มข้น 20, 40, 60, 80, 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร แต่ละความเข้มข้นมา 0.5 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลอง
2. เติมสารละลายฟีนอล 5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน แล้วตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 2-3 นาที
3. เติมสารละลายกรดซัลฟิวริคเข้มข้นปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร โดยปล่อยลงอย่างรวดเร็วที่ผิวหน้าแล้วเขย่าให้เข้ากันทันทีตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 10 นาที
4. จากนั้นเขย่าอีกครั้ง แล้วนำไปบ่มในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 25-30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที
5. นำไปวัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 490 นาโนเมตร แล้วนำค่าการดูดกลืนคลื่นแสง ที่ได้มาเขียนกราฟมาตรฐานกับปริมาณน้ำตาลกลูโคส



รูปผนวกที่ ข.2 กราฟมาตรฐานของปริมาณน้ำตาลกลูโคส

2.2.2 การวิเคราะห์ตัวอย่าง

1. ปิเปตตัวอย่างน้ำกลั่น (blank) ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลอง
2. เติมสารละลายฟีนอล 5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน แล้วตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 2 - 3 นาที
3. เติมสารละลายกรดซัลฟิวริคเข้มข้นปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร โดยปล่อยลงอย่างรวดเร็วที่ผิวหน้าแล้วเขย่าให้เข้ากันทันทีตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 10 นาที
4. จากนั้นเขย่าอีกครั้ง แล้วนำไปบ่มในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 25 - 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที
5. นำไปวัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 490 นาโนเมตร แล้วนำค่าการดูดกลืนคลื่นแสง ที่ได้มาเทียบกับกราฟมาตรฐานเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาล

2.3 วิธีการคำนวณ

นำค่า absorbance ของสารละลายกลูโคสมาตรฐานมาเขียนกราฟมาตรฐานเทียบกับปริมาณความเข้มข้นของน้ำตาล แล้วหาความชันของกราฟ และทำการหาปริมาณน้ำตาลของตัวอย่างโดยเทียบกับกราฟมาตรฐาน จากนั้นคำนวณตามสูตร ดังนี้

$$\text{Total sugar (g/l)} = \frac{OD_{490} \text{ x Dilution Factor}}{\text{Slope}}$$

มูลนิธิโครงการหลวง ROYAL PROJECT FOUNDATION

ภาคผนวก ข.

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

แบบทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส

ผลิตภัณฑ์ยบ๊วยหวานแช่อิ่มอบแห้ง

ชื่อผู้ทดลอง.....วันที่.....

คำแนะนำ : กรุณาชิมตัวอย่าง “ผลิตภัณฑ์บ๊วยหวานแช่อิ่มอบแห้ง” ตามรหัสที่กำหนดให้ โดยพิจารณาคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ พร้อมระบุคะแนนความชอบที่ตรงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด และบอกระดับความพอดีของผลิตภัณฑ์ ตามคำอธิบายข้างล่างนี้และบ้วนปากก่อนชิมตัวอย่างทุกครั้ง

เกณฑ์การให้คะแนนความชอบ

1= ไม่ชอบมาก 2 = ไม่ชอบ 3 = ไม่ชอบเล็กน้อย 4 = บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ

5 = ชอบเล็กน้อย 6 = ชอบปานกลาง 7 = ชอบมาก

รหัสตัวอย่าง .....

คะแนนความชอบ

ลักษณะปรากฏ	.....
สี	.....
เนื้อสัมผัส	.....
รสเค็ม	.....
รสหวาน	.....
รสเปรี้ยว	.....
กลิ่นรสบ๊วย	.....
รสชาติโดยรวม (ความกลมกล่อม)	.....
ความชอบโดยรวม	.....

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

แบบทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส

ผลิตภัณฑ์บ๊วยกวน

ชื่อผู้ทดสอบ..... เพศ ชาย หญิง วันที่18 /09/ 2556

คำแนะนำ : กรุณาชิมตัวอย่าง “ผลิตภัณฑ์บ๊วยกวน” ตามรหัสที่กำหนดให้ โดยพิจารณาคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ พร้อมระบุคะแนนความชอบที่ตรงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด ตามคำอธิบายข้างล่างนี้ และบ้วนปากก่อนชิมตัวอย่างทุกครั้ง

เกณฑ์การให้คะแนนความชอบ

1 = ไม่ชอบมาก 2 =ไม่ชอบปานกลาง 3 =ไม่ชอบเล็กน้อย 4 =บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ

5 = ชอบเล็กน้อย 6 = ชอบปานกลาง 7 =ชอบมาก

ลักษณะปรากฏ			
สี			
รสเค็ม			
รสหวาน			
รสเปรี้ยว			
รสชาติโดยรวม (ความกลมกล่อม)			
ความชอบโดยรวม			

ท่านพอใจในผลิตภัณฑ์รหัสใดมากที่สุด (กรุณาเขียนรหัสตัวอย่าง) .....

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

การทดสอบทางประสาทสัมผัส (9-point Hedonic scale scoring test) (ไพโรจน์ วิริยจารี, 2545)

แบบทดสอบ

ผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูบ๊วย

เพศ ☐ หญิง ☐ชาย อายุ …… ปี

อาชีพ ☐ อาจารย์ ☐ นักศึกษา ☐ อื่นๆ ……

วันที่ทดสอบ ……

ตอนที่ 1 คำแนะนำ กรุณาทดสอบผลิตภัณฑ์ตัวอย่างตามลำดับที่นำเสนอ แล้วให้คะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างโดยกำหนดให้

9 = ชอบมากที่สุด 8 = ชอบมาก 7 = ชอบปานกลาง 6 = ชอบเล็กน้อย

5 = เฉยๆ 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย 3 = ไม่ชอบปานกลาง 2 = ไม่ชอบมาก

1= ไม่ชอบมากที่สุด

คุณลักษณะ	รหัสน้ำส้มสายชูบ๊วย					
	730	389	649	461	238	447
ลักษณะปรากฏ(ความใส)						
สี						
กลิ่น						
รสชาติ						
ความชอบโดยรวม						

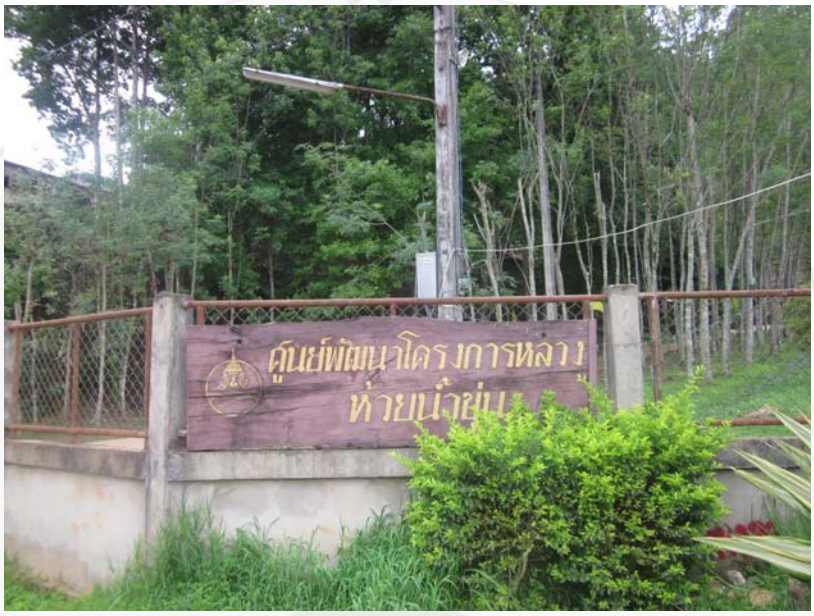
ข้อเสนอแนะ

……

มูลนิธิโครงการหลวง ROYAL PROJECT FOUNDATION

ภาคผนวก ค.

รูปกิจกรรมการถ่ายทอดเทคโนโลยี



การถ่ายทอดเทคโนโลยีการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากบ๊วย