

บทที่ 3

วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัสดุ

3.1.1 วัตถุดิบ

1. ผลมะเข็ญ ผลมะเข็ญที่นำมาใช้เป็นผลมะเข็ญแก่จัดมีสีแดงเข้มเกือบม่วง ซึ่งเก็บรวบรวมจากผลที่ร่วงเองตามธรรมชาติ แล้วแช่แข็งไว้ที่อุณหภูมิ - 20 องศาเซลเซียส นำมาจากหลายต้นรวมกัน
2. น้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์ บรรจุถุงละ 1 กิโลกรัม (“มิตรผล” บริษัทรวมเกษตรกรอุตสาหกรรม จำกัด จังหวัดชัยภูมิ)

3.1.2 สารเคมี

1. เมโทเซล (Methocel, food grade, หจก. โอ. วี. เคมีเคิล แอนด์ ซัพพลาย จังหวัดเชียงใหม่)
2. กลีเซอรอลโมโนสเตียเรต (glyceryl monostearate, food grade, หจก. โอ. วี. เคมีเคิล แอนด์ ซัพพลาย จังหวัดเชียงใหม่)
3. คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (carboxy methyl cellulose, food grade, หจก. โอ. วี. เคมีเคิล แอนด์ ซัพพลาย จังหวัดเชียงใหม่)
4. มอลโตเดกตริน DE 9-12 (maltodextrin, food grade, หจก. โอ. วี. เคมีเคิล แอนด์ ซัพพลาย จังหวัดเชียงใหม่)

3.1.3 บรรจุภัณฑ์

1. ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ (OPP/Al/PE) ขนาด 125 x 205 มิลลิเมตร (บริษัท แพค-มาร์ท จำกัด กรุงเทพฯ)

3.2 อุปกรณ์

3.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ผลิตน้ำมะเงี้ยวผง

1. ตู้อบลมร้อนแบบถาด (Tray dryer, บริษัท กกล้วยน้ำไท เตอาอบ กรุงเทพฯ)
2. เครื่องตีแบบหัวตะกร้อ (Kitchen Aid, Model KPM5, USA)
3. เครื่องปั่นไฟฟ้า (Blender, National)
4. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง (Analytical balance, Zepper, model SE-1005)
5. ถาดอะลูมิเนียมขนาด 40 x 60 เซนติเมตร
6. กระบอกลดน้ำขนาด 250 มิลลิลิตร

3.2.2 อุปกรณ์ที่ใช้วิเคราะห์คุณภาพ

1. ตู้อบแบบลมร้อน (Hot air oven , Memmert, Germany)
2. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Analytical balance, Sartorius, model BP 221S, Germany)
3. เครื่องวัดค่าปริมาณน้ำอิสระ (Thermoconstanter, FA-st/1)
4. เครื่องวัดสี (Color-meter, TRI-STIMULUS, model JC-801-S, USA)
5. เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Hand refractometer, ATAGO, model N1, Brix 0-32, Japan)
6. เครื่องวัดค่าปริมาณความชื้น (Infrared moisture balance, Sartorius, model MA-30, Germany)
7. เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH meter, WTW, model pH 526)
8. เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Spectrophotometer, Jasco, model V-503)
9. ชุดอุปกรณ์ทดสอบชิม
10. แบบสอบถามสำหรับการประเมินคุณภาพทางประสามสัมผัส

3.2.3 เครื่องมือที่ใช้ประมวลผลข้อมูลทางสถิติ

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล
2. โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS Version 10.0
3. โปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft Excel

3.3 วิธีการทดลอง

3.3.1 ศึกษาวิธีการผลิตมะกึ่งผง โดยวิธีเคลือบผิวน้ำตาล

1) การสกัดน้ำมะกึ่งและคุณภาพน้ำมะกึ่งสกัด นำมะกึ่งทั้งผลมาแยกเนื้อและเมล็ด โดยใช้เครื่องแยกเนื้อและเมล็ด (pulper finisher) จากนั้นนำเนื้อมะกึ่งผสมกับน้ำในอัตราส่วนเนื้อมะกึ่ง : น้ำ เท่ากับ 1 : 1 จากนั้นนำมาต้มในน้ำเดือดนาน 5 นาที แล้วนำมาคั้นน้ำโดยใช้เครื่อง Hydraulic Press (ณัฐฎีกาและนงลักษณ์, 2541) ตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพและเคมีของตัวอย่างน้ำมะกึ่งสกัด โดยตรวจวัดคุณภาพต่างๆ ดังนี้

- ค่าสี ระบบ L a* b* วัดด้วยเครื่องมือ Color-meter
- ปริมาณกรด (ในรูปกรดซิตริก) โดยวิธีการ Titration ตามวิธี AOAC (1995)
- ความเป็นกรด-ด่าง วัดด้วยเครื่องมือ pH meter
- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (total soluble solid) วัดด้วยเครื่องมือ Hand refractometer
- สารแอนโทไซยานินส์ โดยใช้ Spectrophotometer คัดแปลงวิธี Fuleki and Francis, 1968 ; Somers and Evans (1977)
- ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด (total phenolic compound) ในรูปของกรดแกลลิก โดยวิธี Folin Ciocalteu (Zoecklein *et al.*, 1995)
- ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 690 นาโนเมตร โดยใช้ Spectrophotometer
- ปริมาณน้ำมะกึ่งที่สกัดได้ (absolute extraction rate) คำนวณเป็นร้อยละจากน้ำมะกึ่งที่สกัดได้จริง ไม่รวมน้ำที่เติมลงไปเพื่อช่วยในการสกัด คำนวณจากสูตร

$$\text{ปริมาณน้ำมะกึ่งที่สกัดได้} = \frac{\text{น้ำหนักน้ำที่สกัดได้ (กิโลกรัม)} - \text{น้ำหนักน้ำที่เติม (กิโลกรัม)}}{\text{น้ำหนักมะกึ่งเริ่มต้น (กิโลกรัม)}} \times 100$$

2) ศึกษาปริมาณน้ำมะกึ่งสกัดที่เหมาะสมในการผลิตมะกึ่งผง โดยใช้ปริมาณน้ำมะกึ่งสกัดในการเคลือบผิวน้ำตาล 3 ระดับ คือร้อยละ 30, 40 และ 50 โดยปริมาตรต่อน้ำหนักของน้ำตาล ชั่งน้ำตาล 500 กรัม ต่อ 1 ถาด (ถาดอะลูมิเนียมขนาด 40 x 60 เซนติเมตร) เคลี่ยน้ำตาลให้สม่ำเสมอ และบางที่สุด นำน้ำมะกึ่งสกัดที่ได้จากการเตรียมในข้อ 1 เตรียม 3 ระดับ คือร้อยละ 30, 40 และ 50 โดยปริมาตรต่อน้ำหนักของน้ำตาล ใส่ในกระบอกฉีดที่มีขีดบอกปริมาตรที่ 150 200 และ 250 มิลลิลิตร ตามลำดับ จากนั้นฉีดน้ำมะกึ่งสกัดลงบนน้ำตาล

โดยพ่นให้เป็นละอองฝอยในปริมาณครั้งละ 50 มิลลิลิตร (ร้อยละ 10 ของน้ำหนักน้ำตาล) นำไปอบให้แห้งในตู้อบลมร้อนแบบถาดที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลาในการอบประมาณ 30 นาที (ทงง, 2524) และฉีดซ้ำจนน้ำมะเคี้ยงสกัดหมด โดยฉีดในปริมาณครั้งละ 50 มิลลิลิตร แล้วอบต่อจนผลิตภัณฑ์แห้ง โดยให้มีความชื้นสุดท้ายร้อยละ 3 ซึ่งใช้เวลาในการอบต่อประมาณ 2 ชั่วโมง จากนั้นนำเอาน้ำตาลทรายที่ถูกเคลือบด้วยน้ำมะเคี้ยงสกัดมาบด และบรรจุใส่ในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ จากมะเคี้ยงผงที่ได้นำมาตรวจสอบคุณภาพ ดังนี้

2.1) ตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพและเคมีของมะเคี้ยงผง โดยตรวจวัดคุณภาพต่างๆ ดังนี้

- ค่าสีระบบ L a* b* วัดด้วยเครื่องมือ Color-meter
- ความสามารถในการคืนรูป (rehydration) (ชนันท์, 2545)
- ความสามารถในการละลาย (solubility) (AL-Kahtani and Hassan, 1990)
- ค่าการกระจายตัว (dispersibility) (AL-Kahtani and Hassan, 1990)
- ปริมาณความชื้น วัดด้วยเครื่องมือ Infrared Moisture Balance
- ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) วัดด้วยเครื่องวัดค่า Water activity
- การดูดความชื้น (ตัดแปลงจาก Landrock and Proctor, 1951)

2.2) ตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพและเคมีของน้ำมะเคี้ยงคืนรูปจากมะเคี้ยงผง โดยนำมะเคี้ยงผงมาละลายในน้ำ โดยปรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับ 15 องศาบริกซ์ (นิอร และคณะ, 2539)

- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (total soluble solid) วัดด้วย Hand refractometer
- ปริมาณกรด (ในรูปกรดซิตริก) โดยวิธีการ Titration ตามวิธี AOAC (1995)
- ความเป็นกรด-ด่าง วัดด้วยเครื่องมือ pH meter
- สารแอนโทไซยานินส์ โดยใช้ Spectrophotometer ตัดแปลงวิธี Fuleki and Francis (1968) ; Somers and Evans (1977)
- ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด (total phenolic compound) ในรูปของกรดแกลลิก โดยวิธี Folin Ciocalteu (Zoecklein *et al.*, 1995)

การทดลองในข้อ 2.1 และ 2.2 เป็นการวางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวอย่างด้วยวิธี DMRT (Duncan's New Multiple Range Test)

2.3) ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสแบบ Hedonic scaling 5 points โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 15 คน โดยนำมาชิมผงมาละลายในน้ำ โดยปรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับ 15 องศาบริกซ์ (นิอร์ และคณะ, 2539) ตรวจสอบคุณภาพทางด้านลักษณะปรากฏต่อสายตา สีน้ำมะกึ่ง กลิ่นมะกึ่ง รสชาติรวม และการยอมรับรวม วางแผนการทดลองแบบ RCBD (Randomized Complete Block Design) นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวอย่างด้วยวิธี DMRT (Duncan's New Multiple Range Test)

2.4) กำหนดค่าใช้จ่ายในการผลิตมะกึ่งผง โดยคำนวณจากค่าวัตถุดิบ ค่าแรงงาน ค่าไฟฟ้า และค่าบรรจุภัณฑ์ ที่ใช้ในการผลิตมะกึ่งผงชงละลาย

3.3.2 ศึกษาวิธีการผลิตมะกึ่งผง โดยวิธีอบแห้งแบบโฟม-เมท

1) กระบวนการผลิตมะกึ่งผง โดยวิธีอบแห้งแบบโฟม-เมท

1.1) นำน้ำมะกึ่งสกัดที่ได้จากการเตรียมในหัวข้อ 3.3.1 ข้อ 1 ปรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับ 25 องศาบริกซ์ ด้วยน้ำตาลทราย และเติมมอลโตเดกซ์ตรินร้อยละ 15 โดยปริมาตร (พรธมจิรา และคณะ, 2545) คนจนมอลโตเดกซ์ตรินละลายหมด

1.2) เตรียมสารที่ก่อให้เกิดโฟมชนิดต่างๆ โดยต้มน้ำจมนมีอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ค่อยๆ เทสารที่ก่อให้เกิดโฟมลงไปใ้ในน้ำอย่างช้าๆ พร้อมกับคนให้กระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ ทิ้งไว้ให้เย็นโดยคนตลอดเวลา จะได้เจลของสารที่ก่อให้เกิดโฟม โดยเตรียมให้มีความเข้มข้นร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก (วัชร และรัตนนา, 2543)

1.3) วิธีการตีโฟม นำส่วนผสมน้ำมะกึ่งเหลวในโถของเครื่องตี เปิดเครื่องให้ตีด้วยความเร็วช้าที่สุดเพื่อเป็นการคนให้ส่วนผสมมีความสม่ำเสมอ จากนั้นจึงค่อยๆ เทเจลของสารที่ก่อให้เกิดโฟมลงไปในส่วนผสมน้ำมะกึ่ง พร้อมกับเร่งความเร็วในการตีให้เร็วขึ้นจนถึงความเร็วสูง (ระดับเบอร์ 8) เป็นเวลา 30 นาที

1.4) การอบแห้งแบบโฟม-เมท นำโฟมที่ได้จากการตีบรรจุในถุงสำหรับบีบ โดยใช้หัวที่เป็นรูปกลม มีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 5 มิลลิเมตร โดยบีบโฟมให้เป็นเส้นยาวต่อเนื่องกัน บนถาดที่มีรู ระบายเข้าอบในตู้อบลมร้อนแบบถาด โดยใช้อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 1 ชั่วโมง หรือจนแห้งสนิท

1.5) การบรรจุ หลังจากที่ทำกรอบแห้ง เมื่อนำผงมะเกี๋ยงที่อบได้ออกจากตู้อบให้ชุดผงออกจากถาดให้เร็วที่สุด และบรรจุไว้ในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ แล้วปิดผนึกด้วยความร้อน

2) การเลือกชนิดของสารก่อให้เกิดโฟมที่เหมาะสมกับน้ำมะเกี๋ยงผง

2.1) การเลือกสารก่อให้เกิดโฟมที่เหมาะสม โดยการใช้สารก่อให้เกิดโฟม 3 ประเภท คือ Methocel, Glyceryl monostearate (GMS), Carboxy methyl cellulose (CMC) และใช้สารผสม 3 ประเภท คือ Methocel ผสมกับ GMS , Methocel ผสมกับ CMC และ GMS ผสมกับ CMC โดยอัตราส่วนที่ผสมสาร 2 ชนิด คือ 1:1 โดยน้ำหนัก นำสารก่อให้เกิดโฟมแต่ละชนิดทำการละลายในน้ำให้สารละลายมีความเข้มข้นร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก (ตามข้อ 1.2) ค่อยๆ เติมสารละลายของสารก่อให้เกิดโฟมลงในน้ำมะเกี๋ยงที่เตรียมตามข้อ 1.1 ในปริมาตร 300 มิลลิลิตร ทำการตีโฟม และเพิ่มปริมาณของสารก่อให้เกิดโฟมขึ้นเรื่อยๆ จนเกิดโฟม หาระดับที่ต่ำที่สุดของสารก่อให้เกิดโฟม คือ ปริมาณของสารที่เติมลงไปในส่วนผสมน้ำมะเกี๋ยงในสัดส่วนที่น้อยที่สุดที่สามารถทำให้เกิดโฟมได้ เลือกเฉพาะสารก่อให้เกิดโฟมที่มีความเป็นไปได้นำไปศึกษาต่อไป

2.2) ศึกษาปริมาณของสารก่อให้เกิดโฟมที่เหมาะสม จากชนิดและปริมาณต่ำสุดของสารก่อให้เกิดโฟมแต่ละชนิดจากข้อ 2.1 นำมาทดลองการตีให้เกิดโฟม โดยมีการเพิ่มปริมาณอีก 5 ระดับๆ ละ ร้อยละ 10 เมื่อเกิดโฟมแล้วนำมาทดสอบคุณภาพ ดังนี้

- ความคงตัวของโฟม ตามวิธี drainage method (Sauter and Montoure, 1972) เพื่อหาอัตราการแยกตัวของของเหลวออกจากโฟม (ภาคผนวก ค ข้อ 5)

- ความหนาแน่นของโฟม (ชนันท์, 2545) เพื่อหาค่ามวล (mass) ของโฟม ต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร (ภาคผนวก ค ข้อ 6)

- ค่า overrun ของโฟม (Kirk and Sawyer, 1991) เพื่อหาปริมาณที่เพิ่มขึ้นของโฟมจากส่วนผสมน้ำมะเกี๋ยง เนื่องจากมีการเพิ่มอากาศให้กับส่วนผสมน้ำมะเกี๋ยงจนเกิดโฟม (ภาคผนวก ค ข้อ 7)

วางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวอย่างด้วยวิธี DMRT (Duncan's New Multiple Range Test)

เมื่อได้ชนิดของสารก่อให้เกิดโฟม และปริมาณการใช้ที่เหมาะสม นำไปตีโฟมกับน้ำมะเกี๋ยงที่เตรียมไว้ ทำกรอบแห้งตามวิธีการข้อ 1.4 และ 1.5 นำผลิตภัณฑ์มะเกี๋ยงผงมาตรวจสอบคุณภาพ ดังนี้

- ตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพและเคมีของมะเกี๋ยงผง และน้ำมะเกี๋ยงคั้นรูปจากมะเกี๋ยงผง โดยทำการตรวจสอบเช่นเดียวกับในหัวข้อ 3.3.1 ข้อ 2.1 และ 2.2 ตามลำดับ วางแผน

การทดลองแบบ CRD นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวอย่างด้วยวิธี DMRT (Duncan's New Multiple Range Test)

- ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสแบบ Hedonic scaling 5 points โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 15 คน โดยนำมะกึ่งผงมาละลายในน้ำ โดยปรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับ 15 องศาบริกซ์ (นิอร์ และคณะ, 2539) ตรวจสอบคุณภาพทางด้านลักษณะปรากฏต่อสายตา สีน้ำมะกึ่ง กลิ่นมะกึ่ง รสชาติรวม และการยอมรับรวม วางแผนการทดลองแบบ RCBD (Randomized Complete Block Design) นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวอย่างด้วยวิธี DMRT (Duncan's New Multiple Range Test)

- กำหนดค่าใช้จ่ายในการผลิตมะกึ่งผง โดยคำนวณจากค่าวัตถุดิบ ค่าแรงงาน ค่าไฟฟ้า และค่าบรรจุภัณฑ์ ที่ใช้ในการผลิตมะกึ่งผงขงละลาย

3.3.3 เปรียบเทียบคุณภาพของมะกึ่งผงโดยวิธีเคลือบผิวน้ำตาล และวิธีอบแห้งแบบโฟม-เมทกับน้ำมะกึ่งพร้อมดื่ม

นำมะกึ่งผงที่ผ่านการคัดเลือกจากการทดลองข้อ 3.3.1 และ 3.3.2 มาคืนรูปโดยการละลายในน้ำ ปรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับ 15 องศาบริกซ์ และผลิตภัณฑ์น้ำมะกึ่งพร้อมดื่ม จากสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตลำปาง (วช.ลป.) เปรียบเทียบคุณภาพของน้ำมะกึ่งด้านกายภาพ เคมี และทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสแบบ Hedonic scaling 5 points โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 15 คน ตรวจสอบด้านลักษณะปรากฏต่อสายตา สีน้ำมะกึ่ง กลิ่นมะกึ่ง รสชาติรวม และการยอมรับรวม วางแผนการทดลองแบบ RCBD (Randomized Complete Block Design) นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวอย่างด้วยวิธี DMRT (Duncan's New Multiple Range Test)