บทที่ 3

วิธีการวิจัย

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 มะขามป้อมพันธุ์ไทย ซื้อจากร้านบุรีรัมย์สมุนไพร จังหวัดบุรีรัมย์

3.1.2 น้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์ บริษัท รวมเกษตรกรอุตสาหกรรม จำกัด จังหวัดชัยภูมิ

3.1.3 เกลือบริสุทธิ์ผสมไอโอดีน บริษัท อุตสาหกรรมเกลือบริสุทธิ์ จำกัด กรุงเทพมหานคร

3.2 วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี

3.2.1 วัสดุและอุปกรณ์

3.2.1.1 เครื่องชั่งละเอียด (Analytical Balance) รุ่น BP 110S ทศนิยม 4 ตำแหน่ง บริษัท Sartorius ประเทศเยอรมัน

3.2.1.2 เครื่องชั่งละเอียด (Analytical Balance) รุ่น BP 3100S ทศนิยม 2 ตำแหน่ง บริษัท Sartorius ประเทศเยอรมัน

3.2.1.3 ตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven) รุ่น 7200 บริษัท Tuttlingen ประเทศเยอรมัน

3.2.1.4 เครื่องทำแห้งแบบตู้อบลมร้อน (Cabinet dryer) บริษัทวิทวัส ประเทศไทย

3.2.1.5 โถดูดความชื้น (Desiccator)

3.2.1.6 เครื่องวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ในอาหาร AquaLab รุ่น Series 3. ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.2.1.7 เครื่องวัดสี HunterLab รุ่น UltraScan XE ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.2.1.8 เครื่องผสมอาหาร หัวตีตะกร้อ KitchenAid บริษัท Hobart ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.2.1.9 เครื่องบดอาหาร (blender) Moulinex รุ่น DPA1บริษัท ประเทศฝรั่งเศส

3.2.2 สารเคมี

3.2.2.1 อัลบูมินจากไข่ขาว (Egg albumin) ผลิตโดยบริษัท Sigma ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.2.2.2 เมทโธเซล 65 เอชจี (Methocel 65 HG) ผลิตโดยบริษัท Sigma ประเทศสวิสเซอร์แลนด์

3.2.2.3 กลีเซอริล โมโนสเตียเรต (glyceryl monostearate) food grade ผลิตโดยบริษัท รวมเคมี 1986 จำกัด กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย

3.2.2.4 คาร์บอซีเมธิลเซลลูโลส (carboxy methyl cellulose) food grade, ผลิตโดยบริษัท รวมเคมี 1986 จำกัด กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย

3.2.2.5 กรดแอสคอร์บิก (L-Ascorbic acid) ผลิตโดยบริษัท Ajax Finechem Ptyltd ประเทศนิวซีแลนด์

3.2.2.6 กรดซัลฟูริก (Sulfuric acid) ผลิตโดยบริษัท Baker Analyed ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.2.2.7 โปแตสเซียม ไอโอเดต (Potassium iodate) ผลิตโดยบริษัท QReC ประเทศนิวซีแลนด์

3.2.2.8 โปแตสเซียม ไอโอไดด์ (Potassium iodide) ผลิตโดยบริษัท Ajax Finechem Ptyltd ประเทศนิวซีแลนด์

3.3 วิธีการดำเนินการวิจัย และสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

3.3.1 การคัดเลือกสูตรพื้นฐานของผลิตภัณฑ์น้ำมะขามป้อมผงสำเร็จรูป

3.3.1.1 นำมะขามป้อมทั้งผลมาแยกเนื้อและเมล็ด จากนั้นนำเนื้อมะขามป้อมผสมกับน้ำในอัตราส่วนเนื้อมะขามป้อม : น้ำ เท่ากับ 1 : 1 (Thankitsunthon et al., 2009) ปั่นให้

ละเอียด แล้วนำมาคั้นน้ำโดยใช้เครื่อง Hydraulic Press ตรวจสอบคุณภาพทางกายภายและเคมีของตัวอย่างน้ำมะขามป้อมสกัดโดยตรวจวัดคุณภาพต่างๆ ดังนี้

13.1.1.1 ค่าสี ระบบ CIELAB ด้วยเครื่องวัดสี UltraScan XE ประเทศสหรัฐอเมริกา

13.1.1.2 วิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี ด้วยวิธีวิเคราะห์ปริมาตรแบบ titrimetry analysis (AOAC, 2000)

13.1.2 วิธีเตรียมน้ำมะขามป้อมผง

หาปริมาณที่เหมาะสมของน้ำสกัดมะขามป้อม น้ำตาล และเกลือ ที่ได้จากการดัดแปลงสูตรจากน้ำมะขามป้อมพร้อมดื่มที่มีขายตามท้องตลาดจำนวน 4 สูตร ดังดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 สูตรน้ำมะขามป้อมที่ใช้ในการคัดคัดเลือกสูตรพื้นฐานของผลิตภัณฑ์น้ำมะขามป้อมผงสำเร็จรูป

ส่วนผสม	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4
น้ำมะขามป้อมเข้มข้น	50	60	70	80
น้ำตาลทราย	49.9	39.9	29.9	19.9
เกลือ	0.1	0.1	0.1	0.1

วิธีการทำน้ำมะขามป้อมโดยน้ำมะขามป้อมสกัดให้ความร้อนจนเดือด เติมเกลือและน้ำตาลลงไปคนจนน้ำตาลละลายหมด ทิ้งให้เย็นจึงพร้อมนำไปตีให้เป็นโฟมต่อไป โดยการเติมสารละลาย Egg albumin ความเข้มข้น 1% โดยน้ำหนัก ปั่นให้เกิดโฟม นำไปทำแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที ผลิตภัณฑ์ที่ได้นำไปบรรจุด้วยวิธีการบรรจุแบบสุญญากาศ ในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ นำน้ำมะขามป้อมผงที่ได้มาละลายน้ำด้วยอัตราส่วนน้ำมะขามป้อมผง 1 ส่วนต่อน้ำ 8 ส่วน โดยน้ำหนัก นำไปทดสอบทางประสารทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 45 คน ประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale ในด้าน สี กลิ่น รสหวาน รสเปรี้ยว รสฝาด และการชอบโดยรวม เพื่อคัดเลือกสูตรที่ดีที่สุดในการนำไปศึกษากระบวนการผลิตน้ำมะขามป้อมผงสำเร็จรูปด้วยวิธีการทำแห้งแบบโฟม-แมทต่อไป

วางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) โดยทำการทดลองทั้งหมด 2 ซ้ำ ข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และ

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวอย่างด้วยวิธี DMRT (Duncan's New Multiple Range Test) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3.3.2 การศึกษาสารที่ทำให้เกิดโฟม

3.3.2.1 การเลือกสารที่ทำให้เกิดโฟมที่เหมาะสม โดยการใช้สารทำให้เกิดโฟม 5 ประเภท คือ Methocel 65 HG, Egg albumin, Glyceryl monostearat (GMS), Carboxy methyl cellulose (CMC), และใช้สารผสม 5 ประเภท คือ Methocel65 HG ผสมกับ Egg albumin, Methocel65 HG ผสมกับ GMS, Methocel65 HG ผสมกับ CMC, Egg albumin ผสมกับ GMS, Egg albumin ผสมกับ CMC และ GMS ผสมกับ CMC ในอัตราส่วน 1 : 1 โดยน้ำหนัก นำสารทำให้เกิดโฟมแต่ละชนิดละลายในน้ำให้มีความเข้มข้นร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก ค่อยๆ เติมสารละลายของสารก่อให้เกิดโฟม และเพิ่มปริมาตรของสารก่อให้เกิดโฟมขึ้นเรื่อยๆ จนเกิดโฟม หาระดับที่ต่ำที่สุดของสารก่อให้เกิดโฟม เลือกเฉพาะสารก่อให้เกิดโฟมที่มีความเป็นไปได้นำไปศึกษาต่อไป

3.3.3 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งแบบโฟม-แมท

3.3.3.1 ศึกษาปริมาณของสารก่อให้เกิดโฟมที่เหมาะสมแต่ละชนิด จากปริมาณต่ำสุดของสารก่อให้เกิดโฟมแต่ละชนิดจากข้อ 13.2.1 นำมาทดลองตีให้เกิดโฟม โดยมีการเพิ่มปริมาณอีก 5 ระดับๆ ละ ร้อยละ 10 (อรทัย บุญทะวงศ์, 2547) เมื่อเกิดโฟมแล้วนำมาทดสอบคุณภาพ ดังนี้

- ความคงตัวของโฟม ตามวิธี drainage method (Sauter and Montoure, 1972)
- ความหนาแน่นของโฟม (ชนันท์ ราษฎร์นิยม, 2545)
- ค่า Overrun ของโฟม (Kirk and Sawyer, 1991)

วางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) โดยทำการทดลองทั้งหมด 2 ซ้ำ ข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวอย่างด้วยวิธี DMRT (Duncan's New Multiple Range Test) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เมื่อได้สารก่อให้เกิดโฟม และปริมาณการใช้ที่เหมาะสม นำไปตีโฟมกับน้ำมะขามป้อมที่เตรียมไว้ แล้วทำแห้งตามวิธีการข้อ 3.3.4

3.3.4 ศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการผลิตน้ำมะขามป้อมผงสำเร็จรูปด้วยวิธีการทำแห้งแบบโฟม-แมท

ศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการผลิตน้ำมะขามป้อมผงสำเร็จรูปด้วยวิธีการทำแห้งแบบโฟม-แมทโดยนำส่วนผสมที่ได้ในข้อ 3.3.3 มาทำแห้งที่อุณหภูมิ 60 และ 70 องศาเซลเซียส นาน 90 นาที (ชุติมา อนุเทศ และคณะ, 2553) นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาบดและร่อนโดยใช้ชุดตะแกรงมาตรฐานพร้อมเครื่องร่อน (100 Mesh) บรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ด้วยวิธีการบรรจุแบบสุญญากาศ จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ผงสำเร็จที่ได้นี้มาวิเคราะห์คุณภาพดังต่อไปนี้

- ปริมาณความชื้น ตามวิธี AOAC (2000)
- วัดค่า water activity (a_W) ด้วยเครื่องวัดปริมาณน้ำในอาหาร (a_W) AquaLab รุ่น Series 3
- วัดค่าสี ในระบบ CIELAB ด้วยเครื่องวัดสี UltraScan XE ประเทศสหรัฐอเมริกา
- ปริมาณวิตามินซี (Redox Titration Using Iodate Solution)
- ความสามารถในการคืนรูป ตามวิธีของ ชนันท์ ราษฎร์นิยม (2545)

วางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) โดยทำการทดลองทั้งหมด 2 ซ้ำ ข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวอย่างด้วยวิธี DMRT (Duncan's New Multiple Range Test) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

- วิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale โดยทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค จำนวน 15 คน โดยการละลายในน้ำ ปรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับ 15 องศาบริกซ์ เปรียบเทียบคุณภาพของน้ำมะขามป้องผงด้านกายภาพและเคมี และทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสแบบ 9-Point Hedonic Scale โดยทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค จำนวน 15 คน ตรวจสอบด้านลักษณะปรากฏต่อสายตา สี กลิ่น รสชาติรวมและการยอมรับโดยรวม

วางแผนการทดลองแบบ RCBD (Randomized Complete Block Design) นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวอย่างด้วยวิธี DMRT (Duncan's New Multiple Range Test) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3.3.5 เปรียบเทียบคุณภาพของน้ำมะขามป้อมผงสำเร็จรูปที่ได้จากการทำแห้งแบบโฟม-แมท กับผลิตภัณฑ์น้ำมะขามป้อมผงสำเร็จรูปที่ได้จากการทำแห้งแบบดั้งเดิมที่มีขายตามท้องตลาด

นำน้ำมะขามป้อมผงสำเร็จรูปที่ผ่านการคัดเลือกจากการทดลองข้อ 3.3.4 และผลิตภัณฑ์ที่มีขายตามท้องตลาด มาคืนรูปโดยการละลายในน้ำ ปรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับ 15 องศาบริกซ์ เปรียบเทียบคุณภาพของน้ำมะขามป้องผงด้านกายภาพ และเคมี และทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสแบบ 9-Point Hedonic Scale โดยทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค จำนวน 15 คน ตรวจสอบด้านลักษณะปรากฏต่อสายตา สี กลิ่น รสชาติรวม และการยอมรับโดยรวม

วางแผนการทดลองแบบ RCBD (Randomized Complete Block Design) นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวอย่างด้วยวิธี DMRT (Duncan's New Multiple Range Test) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3.3.6 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมี

3.3.6.1 ความหนาแน่นของโฟม

เทโฟมลงในจานแก้วที่ทราบน้ำหนักและปริมาตร แล้วปาดผิวหน้าให้เรียบเท่ากับระดับขอบจาน จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนัก คำนวณหาความหนาแน่นของโฟม

3.3.6.2 ค่า Overrun (Kirk and Sawyer, 1991)

วิเคราะห์ค่า Overrun ดังสมการ

$$Overrun = \frac{Volume\ of\ foam - Volume\ of\ mixture}{Volume\ of\ mixture} \times 100$$

3.3.6.3 ความคงตัวของโฟม drainage method

ใส่โฟมลงในกรวยกรอง และวางอยู่บนกระบอกตวงขนาด 10 มิลลิลิตร และบันทึกปริมาตรของเหลวที่แยกตัวออกมาจากโฟม เมื่อเวลาผ่านไป เพื่อหาอัตราการแยกตัวของของเหลวออกจากโฟม (Sauter and Montoure, 1972)

3.3.6.4 ความสามารถในการคืนรูป (rehydration)

นำน้ำมะขามป้อมผง 20 กรัม มาละลายในน้ำที่มีอุณหภูมิห้องปริมาตร 20 มิลลิลิตร คนเป็นเวลา 1 นาที กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4 แล้วอบให้แห้ง ชั่งน้ำหนักตะกอนและคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การละลายของน้ำมะขามป้อมผง (ชนันท์ ราษฎร์นิยม, 2545)

3.3.6.5 ความสามารถในการละลาย (solubility)

ชั่งน้ำมะขามป้อมผงด้วยน้ำหนักที่แน่นอน 10 กรัม ละลายในน้ำกลั่น (อุณหภูมิห้อง) ปริมาตร 250 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร กวนของผสมทั้งหมดด้วย magnetic stirrer ที่ความเร็วระดับ 5 จับเวลา ที่ใช้ในการละลายของผงจนสมบูรณ์ (AL-Kahtani and Hassan, 1699)

3.3.6.6 การวัดความชื้น (AOAC 2000)

นำตัวอย่างขิงประมาณ 3 กรัม ใส่ในภาชนะอะลูมิเนียมที่ผ่านการทำแห้งและชั่งน้ำหนักแล้ว ไปอบในตู้อบที่ อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบปล่อยให้เย็นในภาชนะทำแห้ง (Desiccator) นำตัวอย่างไปชั่งน้ำหนักบันทึกค่าที่ชั่งได้ครั้งแรก จากนั้นนำตัวอย่างไปอบซ้ำหลายๆ ครั้งๆ ละ 30 นาที จนได้น้ำหนัก คงที่ น้ำหนักตัวอย่างที่ชั่งสองครั้งสุดท้ายต้องไม่แตกต่างกันเกิน 0.001 กรัม แล้วนำมาหาปริมาณความชื้นจากน้ำหนัก ที่หายไป ดังนี้

$$\text{ความชื้น (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักที่หายไป}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้}} \times 100$$

3.3.6.7 การวัดค่าสี

การศึกษาการวัดค่าสีของขิงก่อนทำแห้งและหลังการทำแห้ง โดยใช้ระบบ CIELAB ด้วยเครื่องวัดสี UltraScan XE ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยการสุ่มตัวอย่างขิงสดและขิงหลังการทำแห้งที่สภาวะต่างๆ วัดค่า L*, a* และ b* โดยค่า L* คือความสว่าง (Lightness) ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0 คือ ไม่มีความสว่างหรือสีดำ ถึง 100 คือ มีความสว่างสูงสุดหรือสีขาว ค่า a* คือค่าความเป็นสีแดง (Redness) เมื่อมีค่าเป็น (+) หรือค่าความเป็นสีเขียว (Greenness) เมื่อมีค่าเป็น (-) ค่า b* คือ ค่าความเป็นสีเหลือง (Yellowness) เมื่อมีค่าเป็น (+) หรือค่าความเป็นสีน้ำ เงิน (Blueness) เมื่อมีค่าเป็น (-) ตามลำดับ แล้วหาค่าสีในรูปของ ΔL^*, Δa^*, Δb^* ของการทำแห้งหาได้จาก ค่าสีของขิงก่อนการทำแห้งลบด้วยค่าสีของขิงหลังการทำแห้งและ/หรือหลังการดูดน้ำกลับคืน นำมาคำนวณ ค่าการ เปลี่ยนแปลงค่าสีรวม (Total color difference, ΔE^*) คือความแตกต่างของค่าสีทั้งหมด จากค่า ΔL^*, Δa^*, Δb^* ดังนี้

$$\Delta E^* = \left[(\Delta L^*)^2+(\Delta a^*)^2+(\Delta b^*)^2\right]^{1/2}$$

3.3.7 **สถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล**

ทำการทดลอง/เก็บข้อมูลที่สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา