

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

3.1.1 วัตถุดิบ

ผลส้มแขกสดจัดซื้อจากเกษตรกรจังหวัดปัตตานี ยะลา และนราธิวาส คัดเลือกผลส้มแขกสด โดยเลือกผลแก่จัดถึงสุก เนื้อผลแข็ง ไม่มีโรคและแมลง ตรวจสอบสีเปลือกโดยใช้แผ่นเทียบสี (RHS colour chart) และความแข็งของผลโดยใช้เครื่องวัดความแข็งของผลไม้ (fruit hardness tester)

3.1.2 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมตัวอย่างส้มแขกแห้ง

- 1) เกลือทะเล
- 2) แผ่นเทียบสี RHS colour chart (The Royal Horticultural Society's Colour Chart)
- 3) เครื่องวัดความแข็งของผลไม้ (fruit hardness tester)
- 4) เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter, Hanna HI 8424)
- 5) อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (water bath)
- 6) เครื่องชั่งตวงวัด 1 ตำแหน่ง (merit tech, SK2000) และตวงวัด 2 ตำแหน่ง (sartorius ED32025)
- 7) นาฬิกาจับเวลา
- 8) เทอร์โมคอปเปิล
- 9) เทอร์โมมิเตอร์
- 10) ตู้เย็น
- 11) เครื่องทำแห้งลมร้อนแบบถาด (Tray dryer training unit)
- 12) เครื่องทำแห้งลมร้อนแบบถาด รุ่น NB-901L HandyLab®
- 13) เครื่องวัดความเร็วลม Digicon DA-42 Anemometer
- 14) ถุงและกล่องพลาสติกสำหรับบรรจุผลิตภัณฑ์
- 15) ชุดอุปกรณ์งานครัว ได้แก่ เตาแก๊ส กะละมัง ทัพพี กระชอนตาถี่ หม้อสแตนเลส มีด เขียง ถ้วย จาน ช้อน

3.1.3 วัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางเคมีและทางกายภาพ

- 1) เครื่องวัดความชื้น (moisture analyzer, sartorius MA 150)
- 2) เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter, Hanna HI 8424)
- 3) เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Hand refractometer, ATAGO[®])
- 4) เครื่องวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี (Novasina AW SPRINT รุ่น TH-5)
- 5) เครื่องวัดสี (Hunter Lab, Color Quest XE)
- 6) เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (texture analyser, TA.XT.Plus)
- 7) อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์อัตราส่วนการดูดคืนน้ำ (ภาคผนวก ข)
- 8) อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ได้แก่ ตู้อบลมร้อน (hot air oven) ถ้วยอะลูมิเนียมสำหรับหาคความชื้น เดสิคเคเตอร์ (dessicator)
- 9) เครื่องแก้ว ได้แก่ ปีกเกอร์ ขวดรูปชมพู ขวดปรับปริมาตร บิวเรต ปิเปต กรวยกรอง
- 10) เครื่องบดอาหาร
- 11) เครื่องชั่งทศนิยม 3 ตำแหน่ง (sartorius, TE3135S-DS) และทศนิยม 4 ตำแหน่ง (sartorius, ED224S)

3.1.4 สารเคมี

- 1) สารเคมีสำหรับเตรียมตัวอย่าง คือ โปแตสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ (KMS) และกรดซิตริก
- 2) สารเคมีสำหรับวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก (ภาคผนวก ข)
- 3) สารเคมีสำหรับทดสอบเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (ภาคผนวก ข)

3.2 วิธีการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูล

3.2.1 การคัดเลือกวัตถุดิบ ตรวจสอบเบื้องต้นและเก็บรักษา

คัดเลือกผลส้มแขกสดที่แก่จัดถึงเริ่มสุก เปลือกผลสีเขียว-เหลือง ผลสมบูรณ์ ไม่เน่าเสีย ไม่มีรอยช้ำหรือตำหนิที่เด่นชัดที่ผิวผล

ทำความสะอาดส้มแขกสดโดยการล้างด้วยน้ำสะอาด ใช้พัดลมเป่าและเช็ดผลให้แห้ง แล้วบรรจุในถุงพลาสติกพีอี (PE, polyethylene) เก็บในตู้เย็น (5 ± 1 องศาเซลเซียส) จนกว่าจะใช้งาน

สุ่มตัวอย่าง 10 ผล นำมาวัดค่าสีเปลือกโดยใช้แผ่นเทียบสี RHS colour chart อ่านค่าจากแผ่นเทียบสี แสดงลักษณะของสี (hue) ความสว่าง (brightness) และความเข้ม (saturation)

3.2.2 ศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพของส้มแขกสดก่อนการแปรรูป ทำการวิเคราะห์อย่างน้อย 3 ซ้ำ โดยตรวจสอบคุณสมบัติต่างๆ ดังนี้

- 1) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (total soluble solid) วัดด้วยเครื่องรีแฟรกโตมิเตอร์ (hand refractometer)
- 2) ค่าวอเตอร์แอกติวิตี (Aw) วัดโดยเครื่องวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี
- 3) ความเป็นกรดต่าง วัดด้วยเครื่องวัดความเป็นกรดต่าง (pH meter)
- 4) ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซिटริก โดยวิธีไตเตรต (AOAC, 2000) (ภาคผนวก ข)
- 5) ปริมาณของแข็งทั้งหมด (total solid) โดยวิธีอบแห้งในตู้อบลมร้อน (oven drying method) (AOAC, 2000)
- 6) ปริมาณความชื้น โดยวิธีอบแห้งในตู้อบลมร้อน (oven drying method) (AOAC, 2000)
- 7) ปริมาณไขมัน (crude fat) โดยวิธีซอกเลต (Soxhlet) (AOAC, 2000) ปริมาณโปรตีน โดยวิธีเจดาห์ล (Kjedahl method) (AOAC, 2000) และปริมาณเถ้า โดยวิธีเผาในเตาเผา (AOAC, 2000) ส่งตัวอย่างวิเคราะห์ที่ศูนย์วิทยาศาสตร์อาหารฮาลาล
- 8) ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด โดยวิธีคำนวณผลต่าง

ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด = $100 - (\text{ปริมาณความชื้น} + \text{ปริมาณโปรตีน} + \text{ปริมาณไขมัน} + \text{ปริมาณเถ้า})$

- 9) ค่าสีเนื้อในผล ด้วยเครื่องวัดสี Hunter lab วัดในระบบ CIE LAB อ่านค่า L* a* และ b* คิดค่าเฉลี่ยจากตัวอย่าง จำนวนไม่น้อยกว่า 6 ตัวอย่าง
- 10) วัดเนื้อสัมผัสโดยวัดความแข็งด้วยเครื่อง texture analyser วัดแบบเจาะ (penetration) โดยใช้หัววัดทรงกระบอก (cylinder probe) P/2 คิดค่าเฉลี่ยจากการวัดตัวอย่าง จำนวนไม่น้อยกว่า 6 ตัวอย่าง

3.2.3 ทดสอบกิจกรรมเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (Peroxidase test) โดยสังเกตการเกิดสีของเนื้อเยื่อผล สัมผัสเมื่อทำปฏิกิริยากับสารละลาย guaiacol และ peroxide (แสดงรายละเอียดในภาคผนวก ข) (Dauthy, 1995, Miller, 1998 และ Paul, 2007)

3.2.4 ศึกษาผลของการเตรียมสัมผัสขั้นต้นก่อนการก่อกำเนิด โดยเตรียมสัมผัสขั้นต้นเป็นชิ้น แล้วนำไปผ่านวิธีการเตรียมขั้นต้นตามชุดทดลองก่อนนำไปอบแห้งในตู้อบลมร้อน training unit (ภาคผนวก ก-1) ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 1.5 เมตร/วินาที ตามกระบวนการในภาพที่ 3-1 จนผลิตภัณฑ์มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 7 (น้ำหนักเปียก) ตามเกณฑ์กำหนดในมาตรฐานผลิตภัณฑ์สัมผัสแห้ง (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547) ชุดทดลองศึกษาวิธีการเตรียมขั้นต้นทั้งหมด 9 ชุดทดลอง ได้แก่

- 1) ไม่แช่สารละลาย (ชุดควบคุม)

- 2) แช่น้ำเปล่า เป็นเวลา 60 นาที
- 3) แช่สารละลายกรดซัลฟิวริกความเข้มข้นร้อยละ 0.4 (กรัม/มิลลิลิตร) เป็นเวลา 60 นาที
- 4) แช่สารละลายกรดซัลฟิวริกความเข้มข้นร้อยละ 0.6 (กรัม/มิลลิลิตร) เป็นเวลา 60 นาที
- 5) แช่สารละลายเกลือความเข้มข้นร้อยละ 3 (กรัม/มิลลิลิตร) เป็นเวลา 60 นาที
- 6) แช่สารละลายเกลือความเข้มข้นร้อยละ 6 (กรัม/มิลลิลิตร) เป็นเวลา 60 นาที
- 7) แช่สารละลายโปแตสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้นร้อยละ 0.3 (กรัม/มิลลิลิตร) เป็นเวลา 60 นาที
- 8) แช่สารละลายโปแตสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 (กรัม/มิลลิลิตร) เป็นเวลา 60 นาที
- 9) ลวกน้ำเดือด 30 วินาที

ส้มแขกสดที่ทำความสะอาดแล้ว

↓
ผ่าออกเป็น 4 ส่วน ตามความยาวจากขั้วผลถึงท้ายผลผ่านแกนกลาง เอาเมล็ดออก

↓
หั่นเนื้อส้มแขกเป็นชิ้นหนาประมาณ 0.5 ซม. ตามความยาวจากขั้วผลถึงท้ายผล

↓
เตรียมชิ้นต้นก่อนการทำแห้งตามวิธีแต่ละชุดทดลอง

↓
อบแห้งในตู้อบลมร้อนแบบถาดที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 1.5 เมตร/วินาที

↓
ส้มแขกแห้ง (ความชื้นไม่เกินร้อยละ 7 โดยน้ำหนักเปียก)

ภาพที่ 3-1 กระบวนการแปรรูปส้มแขกเพื่อศึกษาผลของการเตรียมชิ้นต้นก่อนการก่อนทำแห้ง

การทดลองใช้ส้มแขกสดหั่นชิ้น หน่วยทดลองละ 500 กรัม การแช่สารละลายใช้อัตราส่วน ส้มแขกต่อสารละลาย เท่ากับ 1 ต่อ 2 (น้ำหนักต่อปริมาตร) วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อก สมบูรณ์ (Randomize complete block design, RCB) ทำการทดลอง 2 ซ้ำ บันทึกการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของตัวอย่าง เวลาการทำแห้ง และตรวจสอบสีของผลิตภัณฑ์ วิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (ANOVA) ของข้อมูลที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($\alpha=0.05$) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ข้อมูลการทำแห้ง นำมาคำนวณปริมาณความชื้นโดยน้ำหนักเปียก (wb) ปริมาณความชื้นโดยน้ำหนักแห้ง (db) และอัตราการทำแห้ง ดังนี้

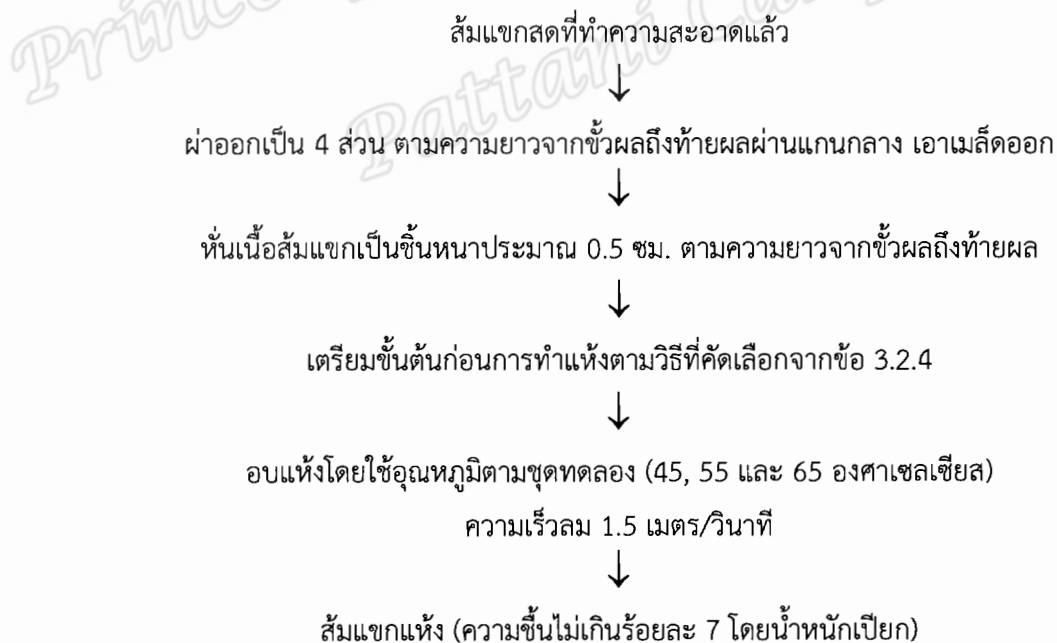
$$\text{Moisture content (wb) \%} = 100 \times \text{kg water/kg sample}$$

$$\text{Moisture content (db)} = \text{kg water/kg matter}$$

$$\text{Drying rate} = \text{kg water}/(\text{kg matter} \times \text{hour})$$

พิจารณาคัดเลือกวิธีเตรียมตัวอย่างขั้นต้นก่อนการทำแห้งสั้มแชก โดยเลือกชุดทดลองที่ใช้เวลาในการทำแห้งสั้นและตัวอย่างเกิดสีน้ำตาลน้อย เพื่อใช้เป็นวิธีการเตรียมวัตถุดิบในการศึกษาขั้นต่อไป

3.2.5 ศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำแห้งสั้มแชกด้วยเครื่องทำแห้งระบบลมร้อนแบบถาด เตรียมสั้มแชกก่อนทำแห้งตามวิธีการเตรียมขั้นต้นที่คัดเลือกจากข้อ 3.2.4 แล้วอบแห้งในเครื่องทำแห้งลมร้อนแบบถาด (NB-901L HandyLab®) ที่อุณหภูมิ 45, 55 และ 65 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 1.5 เมตร/วินาที จนผลิตภัณฑ์มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 7 (น้ำหนักเปียก) กระบวนการแปรรูปสั้มแชกเพื่อศึกษาอุณหภูมิในการทำแห้ง แสดงดังภาพที่ 3-2



ภาพที่ 3-2 กระบวนการแปรรูปสั้มแชกเพื่อศึกษาอุณหภูมิในการทำแห้ง

การศึกษาในข้อนี้วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (RCB) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ สุ่มตัวอย่างทุก 2 ชั่วโมง มาวัดความชื้นด้วยเครื่องวัดความชื้นแบบเร็ว (moisture balance) และค่าวอเตอร์แอกติวิตี (Aw) วัดโดยเครื่องวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี จนตัวอย่างมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 7 (น้ำหนักเปียก) บันทึกเวลาการทำแห้ง นำตัวอย่างที่ผ่านการทำให้แห้งมาตรวจสอบสมบัติทางเคมีกายภาพ ดังนี้

- 1) วัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี Hunter lab วัดในระบบ CIE LAB อ่านค่า L*, a* และ b*
- 2) ตรวจสอบปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก โดยวิธีไตเตรต (ภาคผนวก ข)
- 3) ลักษณะเนื้อสัมผัส โดยวัดความแข็ง ด้วยเครื่อง Texture Analyser
- 4) ทดสอบการดูดคืนน้ำ (rehydration test) ของผลิตภัณฑ์ โดยวิธีแช่น้ำอุณหภูมิห้อง และที่ 100 องศาเซลเซียส (ดัดแปลงจาก Giri and Prasad, 2007) โดยนำตัวอย่างสัมแชกแห้งประมาณ 5 กรัม ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง แล้วนำไปแช่น้ำกลั่น ที่อุณหภูมิห้อง (30±2 องศาเซลเซียส) และในอ่างน้ำร้อน 100 องศาเซลเซียส คำนวณอัตราส่วนการดูดคืนน้ำ (Bobić, *et. al*, 2002) ดังนี้

$$\text{Rehydration ratio (R}_o\text{)} = M_t/M_{ost}$$

M_t = Weight of drip-drain rehydrated sample (g)

M_{ost} = Weight of dried sample (g)

วิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (ANOVA) ของข้อมูลที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) พิจารณาคัดเลือกอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำแห้งโดยเลือกอุณหภูมิการทำแห้งที่มีอัตราการลดความชื้นของสัมแชกในช่วงแรกได้เร็ว ทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดสีน้ำตาลน้อยและผลิตภัณฑ์มีการดูดคืนน้ำดี

3.2.6 ศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพและจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์สัมแชกแห้ง

ตรวจสอบสมบัติทางเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์สัมแชกที่ผลิตตามวิธีในข้อ 3.2.5 และจากตัวอย่างสัมแชกแห้งที่สุ่มซื้อจากตลาดอีก 4 ตัวอย่าง โดยตรวจสอบสมบัติทางต่างๆ ดังนี้

- 1) ความชื้น โดยวิธีตู้อบลมร้อน (hot air oven method) (AOAC, 2000)
- 2) ค่าวอเตอร์แอกติวิตี (Aw) วัดโดยเครื่องวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี
- 3) ปริมาณกรดทั้งหมด ในรูปกรดซิตริก โดยวิธีไตเตรต (ภาคผนวก ข)
- 4) ค่าสี วัดด้วยเครื่องวัดสี Hunter lab วัดในระบบ CIE LAB
- 5) ลักษณะเนื้อสัมผัส โดยวัดความแข็ง ด้วยเครื่อง Texture Analyser
- 6) Bulk density (ภาคผนวก ข)

7) ปริมาณจุลินทรีย์ ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (AOAC, 2000) ปริมาณยีสต์และรา (AOAC, 2000) และโคลิฟอร์ม (AOAC, 2000) โดยส่งตัวอย่างตรวจที่ศูนย์วิทยาศาสตร์อาหารฮาลาล ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

สถานที่ทำการทดลอง

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ และแผนกวิชาเทคโนโลยีการประมง คณะเทคโนโลยีและการอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี

Prince of Songkla University
Pattani Campus