บทที่ 3
เครื่องมือ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

3.1. เครื่องมือ วัสดุ และอุปกรณ์

3.1.1. วัตถุดิบ

3.1.1.1. กล้วย 3 สายพันธุ์ (จากตลาดสุเทพ) ได้แก่ กล้วยน้ำว้า กล้วยหอมทอง และกล้วยไข่

3.1.1.2. เพคติน ชนิด rapid set

3.1.1.3. น้ำตาล

3.1.2. สารเคมี

3.1.2.1. Sulfuric acid (Merck, Germany)

3.1.2.2. Boric acid (Merck, Germany)

3.1.2.3. Acetic acid (Merck, Germany)

3.1.2.4. Hydrochloric acid (LAB-SCAN, Ireland)

3.1.2.5. Copper sulfate (Merck, Germany)

3.1.2.6. Zinc acetate dehydrate (Univar, Australia)

3.1.2.7. Selenium dioxide (J.T. Baker, USA)

3.1.2.8. Sodium sulfate (Merck, Germany)

3.1.2.9. Sodium hydroxide (J.T. Baker, USA)

3.1.2.10. Bromocresol green (Fluka, Switzerland)

3.1.2.11. Potassium sodium tartate (Univar, Australia)

3.1.2.12. Potassium ferro cyanide (Univar, Australia)

3.1.2.13. Methylene blue (Scienctific, U.K.)

3.1.2.14. Methyl red (May&Baker, USA)

3.1.2.15. Ethyl alcohol (Merck, Germany)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

3.1.3. เครื่องมือ และอุปกรณ์

3.1.3.1. อุปกรณ์ในการเตรียมกล้วยกวน

3.1.3.1.1. เครื่องปั่นน้ำผลไม้ (Eve : Miracle FP-001B, China)

3.1.3.1.2. กระทะทองเหลือง

3.1.3.1.3. พิมพ์อลูมิเนียมรูปสี่เหลี่ยม ขนาด 5x10x1 ซม.

3.1.3.1.4. พิมพ์ดอกไม้ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 ซม.

3.1.3.1.5. พิมพ์วงกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 ซม.

3.1.3.1.6. Hand refractometer (ATAGO, Japan)

3.1.3.1.7. Desiccator

3.1.3.2. อุปกรณ์และเครื่องมือในการทดสอบ creep

3.1.3.2.1. Texture analyzer (Stable Micro Systems : TA-XT2i, England)

3.1.3.2.2. Heavy duty plate

3.1.3.2.3. Aluminium cylinder probe ขนาด 5 ซม. (P50)

3.1.3.2.4. หน่วยประมวลผล หรือ คอมพิวเตอร์

3.1.3.2.5. ชุด calibrate พร้อม load cell 10 kg

3.1.3.3. อุปกรณ์ในการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี

3.1.3.3.1. Hand Refractometer (ATAGO, Japan)

3.1.3.3.2. pH meter (WTW: pH 537, Germany)

3.1.3.3.3. Water activity meter (AquaLab : CX 3TE, USA)

3.1.3.3.4. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Sartorius : Model A120S, Germany)

3.1.3.3.5. เครื่องย่อยสำหรับวิเคราะห์โปรตีน (Tecator, Sweden)

3.1.3.3.6. เครื่องกลั่นโปรตีน (Foss Tecator, Sweden)

3.1.3.3.7. เตาเผาเถ้า (Gallenkamp, England)

3.1.3.3.8. ตู้อบลมร้อน (Termaks : Model T111UV, Bergen-Norway)

3.1.3.3.9. อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Gallenkamp, England)

3.1.3.3.10. ชุดวิเคราะห์ปริมาณกากโดยวิธีการย่อยด้วยกรดและด่าง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

3.1.3.3.11. ชุดวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และน้ำตาลทั้งหมด โดยวิธี Lane&Eynon

3.1.3.3.12. ชุดวิเคราะห์โปรตีน/ไนโตรเจนทั้งหมดด้วยวิธีเคลดาห์ล (Kjeldahl method)

3.1.3.3.13. ตู้อบแบบสุญญากาศ (WPB Binder : VD23)

3.1.3.3.14. เครื่องแก้วสำหรับการวิเคราะห์ทางเคมี

3.2. การวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ

การวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ ได้แก่

3.2.1. การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (Total soluble solid) ด้วย hand refractometer

3.2.2. การวิเคราะห์ปริมาณกากโดยวิธีการย่อยด้วยกรดและด่าง (AOAC, 2000)

3.2.3. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (Moisture content) (AOAC, 2000)

3.2.4. Water activity (a_w) ด้วยเครื่องวัด water activity

3.2.5. การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และน้ำตาลทั้งหมด โดยวิธี Lane&Eynon

3.2.6. การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน/ไนโตรเจนทั้งหมด ด้วยวิธีเคลดาห์ล (Kjeldahl method) (AOAC, 2000)

3.2.7. การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (AOAC, 2000)

3.2.8. การวิเคราะห์ปริมาณกรด (as citric acid) (AOAC, 2000)

3.2.9. ค่า pH ด้วย pH-meter

3.3. การวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์

การวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ ได้แก่

3.3.1. ปริมาณความชื้น (Moisture content) (AOAC, 2000)

3.3.2. Water activity (a_w) ด้วยเครื่องวัด water activity

3.3.3. ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และน้ำตาลทั้งหมด โดยวิธี Lane&Eynon

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

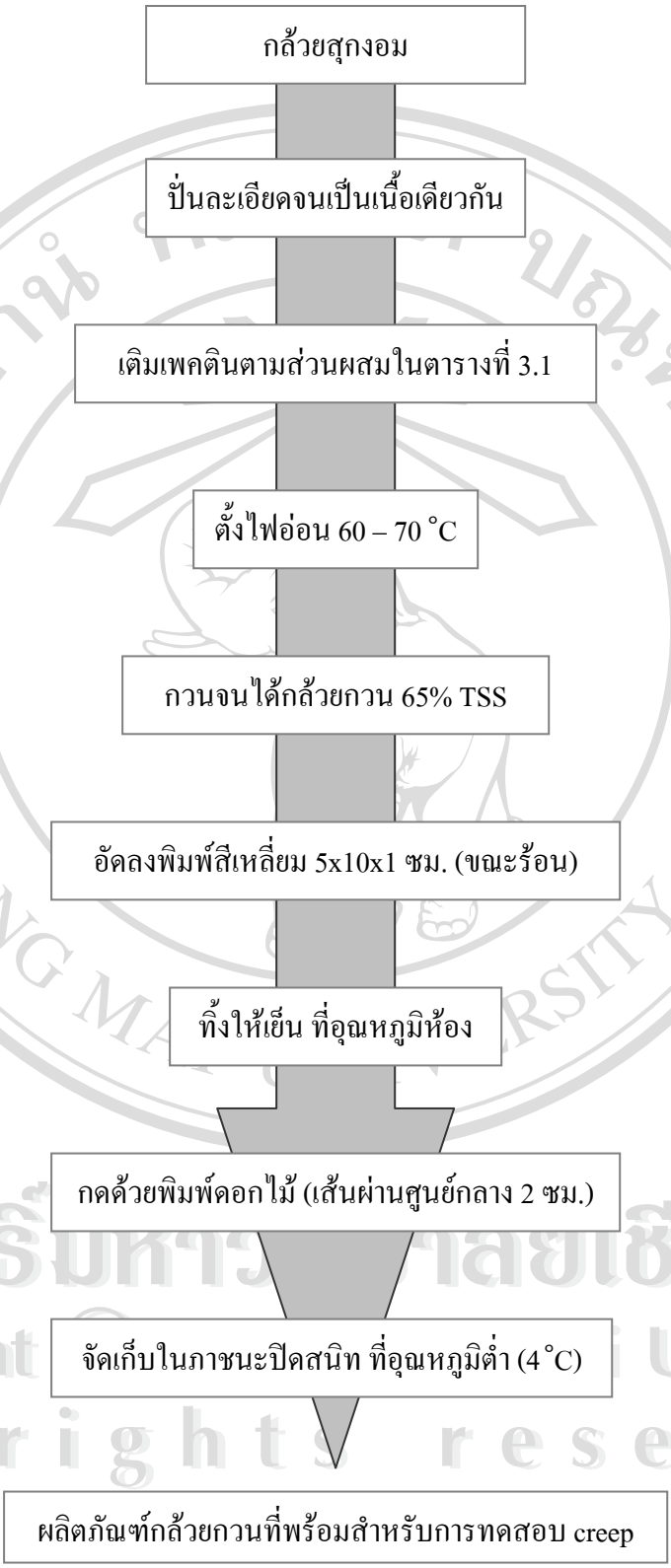
3.4. การเตรียมผลิตภัณฑ์กล้วยกวน

นำกล้วยสุกงอม (แยกพันธุ์) ปั่นในเครื่องปั่นน้ำผลไม้ให้ละเอียดจนเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นเตรียมส่วนผสมของกล้วยปั่น และเพคตินตามตารางที่ 3.1 จะได้ส่วนผสมของกล้วยปั่นกับเพคตินทั้งหมด 12 หน่วยทดลอง เทส่วนผสมดังกล่าวลงในกระทะทองเหลือง ตั้งไฟอ่อน (ประมาณ 60-70 ˚C) กวนจนได้กล้วยกวนที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดร้อยละ 65 (วัดโดย hand refractometer) สังเกตได้โดย กล้วยจะเริ่มติดกันเป็นก้อน และไม่ติดกระทะ ใช้เวลาประมาณ 20-60 นาที ตามแต่ชนิดของกล้วย จากนั้นตักกล้วยกวนที่ได้ (ขณะร้อน) วางลงในพิมพ์สี่เหลี่ยมที่รองด้วยแผ่นพลาสติกไว้ด้านล่าง และวางทับด้วยแผ่นพลาสติกด้านบนอีกครั้ง ใช้ลูกกลิ้งนวดแป้ง คลึงให้กล้วยกวนแผ่ออกจนเต็มพิมพ์พอดี ดึงแผ่นพลาสติกทั้งด้านบน และด้านล่างออก ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นกดด้วยพิมพ์ดอกไม้ ให้ได้กล้วยกวนรูปดอกไม้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 ซม. แล้วจัดเก็บในภาชนะปิดสนิท เช่น กล่องพลาสติกเอนกประสงค์ที่มีฝาปิดสนิท ที่อุณหภูมิ 4 ˚C

ตารางที่ 3.1 แสดงพันธุ์กล้วย และปริมาณเพคตินที่ใช้ในการทดลอง

พันธุ์	ปริมาณเพคติน (ร้อยละโดยน้ำหนักของกล้วยปั่น)			
กล้วยน้ำว้า	0	1	2	3
กล้วยหอมทอง	0	1	2	3
กล้วยไข่	0	1	2	3

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 3.1 : แผนภาพขั้นตอนการทำผลิตภัณฑ์กล้วยกวน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

3.5. การทดสอบ Creep กับเจลเพคติน

การทดลองนี้ใช้วัสดุทดลอง คือ เจลเพคตินที่เตรียมจากสารละลายผสมของ สารละลายกรดซิตริค น้ำตาล และเพคติน ซึ่งสารละลายนี้มี pH เท่ากับ 3 มีปริมาณน้ำตาล ตั้งแต่ร้อยละ 65 ขึ้นไป ซึ่งแปรผันไปตามปริมาณเพคติน คือ ร้อยละ 3 6 และ 9 โดยน้ำหนัก กวนจนได้เจลที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดร้อยละ 75 (วัดด้วย hand refractometer) ขึ้นรูปด้วยพิมพ์วงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 ซม. และทิ้งให้เย็นใน desiccator จากนั้นทำการทดสอบ creep โดยใช้ aluminium cylinder probe (P50) ภายใต้เงื่อนไขดังต่อไปนี้

Pre-test speed	:	1	mm/s
Test speed	:	1	mm/s
Post-test speed	:	10	mm/s
Force	:	1	N
Time	:	1800	sec

ผลการทดสอบที่ได้ซึ่งแสดงในรูปของเส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของความเครียดกับเวลา แปลงให้เป็นเส้นโค้ง compliance โดยแปลงจาก ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของความเครียดกับเวลาให้เป็น เส้นโค้งของความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดกับเวลาจากนั้นจึงเปลี่ยนให้เป็น เส้นโค้ง compliance ด้วยการหารความเครียดด้วยความเค้น (คงที่) ของการทดลอง เมื่อได้เส้นโค้ง compliance ดังกล่าวแล้ว นำไปหาแบบจำลองที่สอดคล้องกับผลการทดสอบ เพื่อให้ทราบค่าคงที่ต่างๆ ของแบบจำลอง ได้แก่ ค่า อิลาสติคโมดูลัส (E_0) ความหนืด (μ_0) และ ค่าการผิดรูปถาวร (ดูรายละเอียดของวิธีวิเคราะห์แบบจำลองได้ในภาคผนวก ข) จากนั้นทำการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของค่าคงที่ทั้งสาม เพื่อเปรียบเทียบ และอธิบายสมบัติวิสโคอิลาสติค พร้อมหาความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติวิสโคอิลาสติคต่างๆ ของเจลกับปริมาณเพคติน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

3.6. การทดสอบ Creep กับผลิตภัณฑ์กล้วยกวน

การทดลองนี้ทดสอบ creep ภายใต้เงื่อนไขเดียวกันกับการทดสอบ creep กับเจลเพคติน จากนั้นนำผลการทดสอบ creep ของกล้วยกวนในแต่ละหน่วยทดลองวิเคราะห์หาแบบจำลองที่สอดคล้องกับผลการทดสอบของหน่วยทดลองนั้นๆ และเปรียบเทียบผลของการเติมเพคตินต่อสมบัติวิสโคอิลาสติค (E_0 μ_0 และการผิดรูปถาวร) ของกล้วยกวนโดยพิจารณาร่วมกับส่วนประกอบทางเคมี คือ ปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และ water activity จากนั้นหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเพคตินกับสมบัติวิสโคอิลาสติคต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ พร้อมกับหาความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบทางเคมี และสมบัติวิสโคอิลาสติคของผลิตภัณฑ์

<u>หมายเหตุ</u> : ดูรายละเอียดของการหาแรงกดที่เหมาะสมต่อการทดสอบโครงสร้างวิสโคอิลาสติคได้ในภาคผนวก ง

3.7. การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ

การทดลองนี้ออกแบบแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomize Design : CRD) ผลการทดลองทุกขั้นตอน คือ ส่วนประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ และผลิตภัณฑ์ รวมถึงค่าสมบัติวิสโคอิลาสติคต่างๆ คือ E_0 μ_0 และการผิรูปถาวรจะนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน และค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved