

### บทที่ 3

#### วิธีการทดลอง

การทดลองใช้ผลส้มพันธุ์ฟริมองด์ ซึ่งได้มาจากสวนส้มทรายทอง อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่โดยนำผลส้มมาผ่านขั้นตอนการทำความสะอาดและคัดผลเสียออก และเก็บรักษาในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95 เปอร์เซ็นต์ ณ ห้องปฏิบัติการวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ การศึกษาจะประเมินความฟ้าม ความหลวม และวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพแบบทำลายผล เพื่อใช้เป็นเกณฑ์มาตรฐานเปรียบเทียบกับ การตรวจสอบคุณภาพแบบไม่ทำลาย ได้แก่เทคนิคเอกซเรย์ Linescan X-ray และ Low energy X-ray ขั้นตอนการทดลองสามารถแสดงดังรูปที่ 3

#### ตอนที่ 1. การประเมินคุณภาพของผลส้มโดยวิธีการทำลาย

##### 1.1 การประเมินเปอร์เซ็นต์ความฟ้าม

การประเมินความฟ้ามทำโดยศึกษาวิธีการและกำหนดเกณฑ์มาตรฐานการผ่าประเมินความฟ้ามผลส้ม โดยผ่าผลตามขวางเป็น 4 ส่วน ให้ได้ความหนาที่ใกล้เคียงกัน (รูปที่ 4) ประเมินสัดส่วนพื้นที่ที่ฟ้ามในเนื้อผลส้มของแต่ละส่วนด้วยสายตา ประเมินสัดส่วนที่ฟ้ามในแต่ละส่วนมารวมกัน แล้วคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของส่วนของเนื้อทั้งผล เกณฑ์ของความฟ้ามจะแบ่ง 10 ระดับ ระดับละ 10 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นจะได้ระดับต่างๆของความฟ้ามเป็น เนื้อปกติ, เนื้อฟ้าม 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในรูปที่ 5

##### 1.2 การประเมินเปอร์เซ็นต์ความหลวม

การประเมินความหลวมของผลส้มใช้วิธีการประเมิน 2 วิธีคือการประเมินด้วยสายตาและการวัดปริมาตรด้วยวิธี Buoyancy (Pomeranz and Meloan, 1978)

##### 1.2.1 การประเมินความหลวมด้วยสายตา

วิธีการหาความหลวมด้วยสายตาจะทำโดยนำผลส้มมาปอกเปลือกออกครึ่งผล แบ่งระดับความหลวมจากช่องว่างระหว่างเปลือกและเนื้อด้วยสายตาและแบ่งระดับความหลวมออกเป็น 5 ระดับ คือ

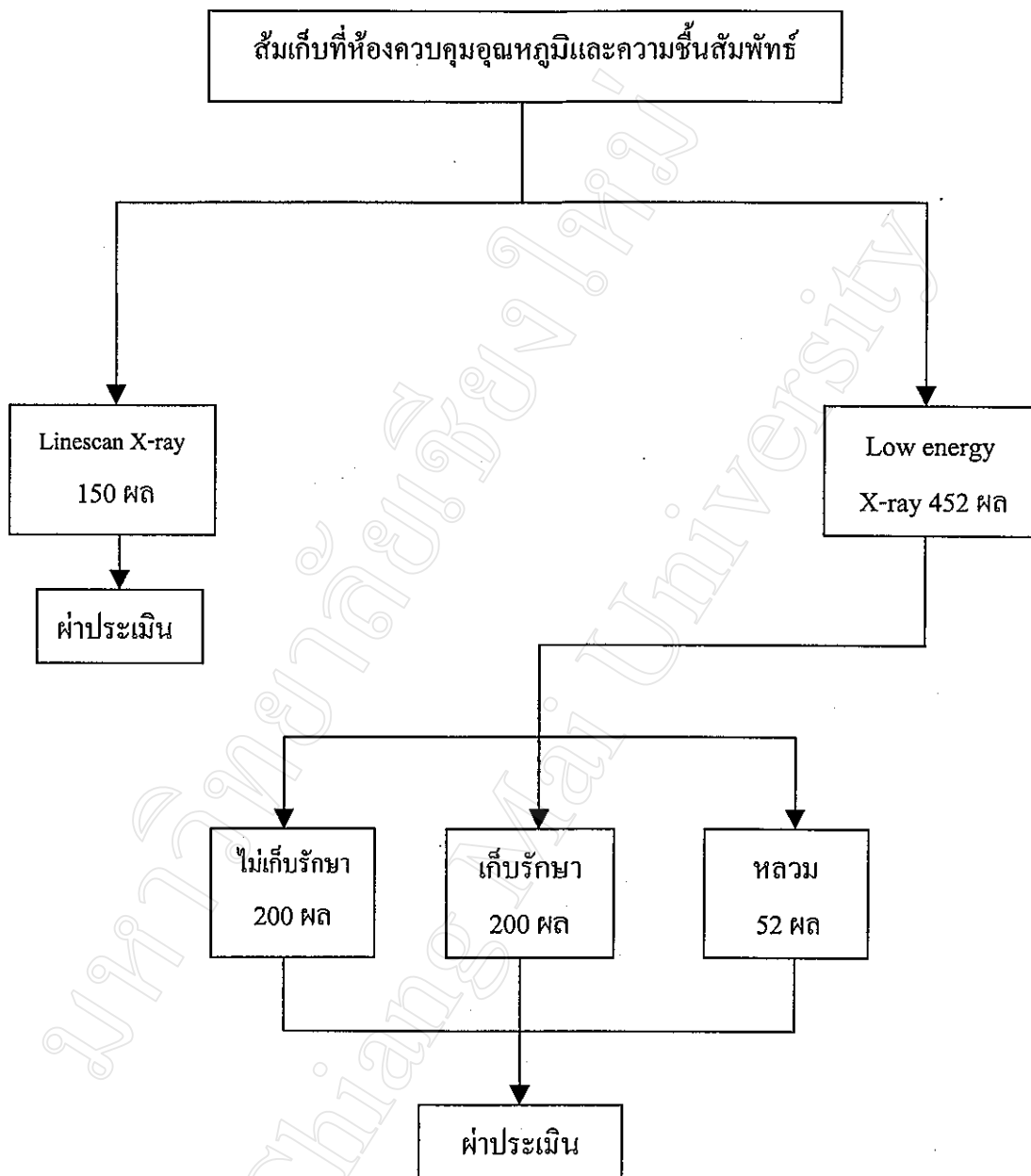
ระดับที่ 1 = ไม่หลวม (0-20%)

ระดับที่ 2 = หลวมเล็กน้อย (21-40%)

ระดับที่ 3 = หลวมปานกลาง (41-60%)

ระดับที่ 4 = หลวมมาก (61-80%)

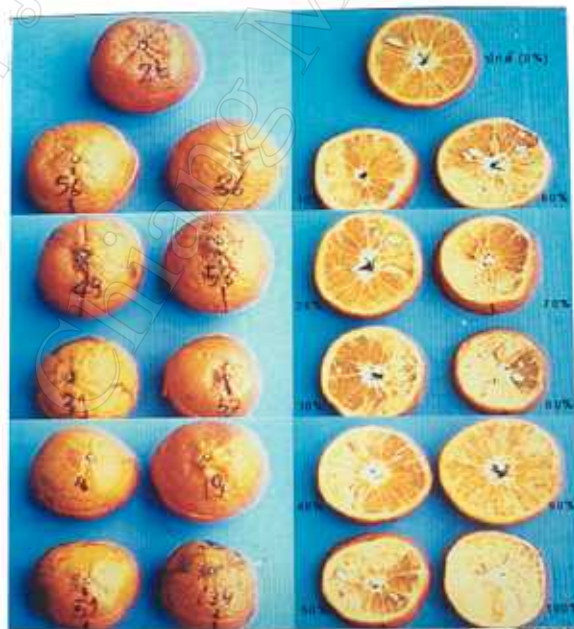
ระดับที่ 5 = หลวมมากที่สุด (81-100%)



รูปที่ 3 ขั้นตอนการทดลองใช้เทคนิคต่างๆในการประเมินความฟ้ามของผลส้ม



รูปที่ 4 การผ่าผลออกเป็น 4 ส่วน เพื่อประเมินความฟ้ามของผลส้มจากเปอร์เซ็นต์  
สัดส่วนของพื้นที่ฟ้ามทั้งหมด



รูปที่ 5 ผลส้มปกติและผลส้มฟ้ามที่ระดับต่างๆ ตั้งแต่ 10-100% (บนสุด ปกติ แถวซ้าย  
บนมาล่าง 10-50% แถวขวามาบนมาล่าง 60-100%)

### 1.2.2 การประเมินความหลวมด้วยวิธีการหาปริมาตร

การประเมินความหลวมด้วยวิธีการหาปริมาตรทำโดยคำนวณปริมาตรของช่องว่างระหว่างเปลือกกับเนื้อ ดังแสดงในสมการที่ 1

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความหลวม} = \frac{\text{ปริมาตรทั้งหมด} - (\text{ปริมาตรเปลือก} + \text{ปริมาตรเนื้อ}) \times 100}{\text{ปริมาตรทั้งหมด}} \quad (1)$$

### 1.3 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ (Physical Analysis)

หลังจากประเมินความฟ้ามและความหลวมนำผลสัมมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพดังต่อไปนี้

1.3.1 ลักษณะภายนอก จากการสังเกตด้วยตา

1.3.2 น้ำหนักผล จากการชั่งด้วยเครื่องชั่งไฟฟ้า (Mettler BD 1201)

1.3.3 ความหนาแน่น (density) จากการนำผลสัมไปชั่งน้ำหนักในอากาศ และหาปริมาตรด้วยการชั่งน้ำหนักในน้ำด้วยเครื่องชั่งไฟ นำค่าที่ได้ไปคำนวณดังสมการที่ 2

$$\text{ความหนาแน่น} = \frac{\text{มวล}}{\text{ปริมาตร}} \quad (2)$$

1.3.4 ปริมาณน้ำคั้น จากการนำผลมาคั้นด้วยเครื่องสกัดน้ำผลไม้ได้น้ำหนักน้ำคั้นแล้วนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์น้ำคั้น โดยเทียบกับน้ำหนักและปริมาตรของผลสัมดังสมการที่ 3 และ 4 ดังนี้

$$\% \text{น้ำคั้น โดยน้ำหนัก} = \frac{\text{น้ำหนักน้ำคั้น}}{\text{น้ำหนักผล}} \times 100 \quad (3)$$

$$\% \text{น้ำคั้น โดยปริมาตร} = \frac{\text{น้ำหนักน้ำคั้น}}{\text{ปริมาตรผล}} \times 100 \quad (4)$$

## ตอนที่ 2 การตรวจสอบคุณภาพของผลส้มแบบไม่ทำลาย

### 2.1 การใช้เทคนิค Linescan X-ray

การตรวจสอบคุณภาพของผลส้มแบบไม่ทำลายผล โดยใช้เครื่อง Linescan X-ray ของ HIEMANN Systems Model HI Scan 9050 ที่ระดับพลังงาน 140 kV, 5 mA, 220 V, 1 kW (รูปที่ 6) ซึ่งเป็นแบบที่ใช้กับสนามบินเพื่อตรวจภายในกระเปาะ ตรวจอาวุธ และสิ่งต้องห้ามในการเดินทางระหว่างประเทศ ผลส้มพร้อมดัด จำนวน 150 ผล ถูกนำมาถ่ายภาพเอกซเรย์โดยฉายเอกซเรย์ด้านข้างผลและด้านข้างผล ภาพถ่ายที่ปรากฏบนจอคอมพิวเตอร์จะนำมาประเมินเป็นเปอร์เซ็นต์ความฟ้ามตามสัดส่วนของพื้นที่ที่มีสีขาวกว่าปกติต่อพื้นที่ทั้งหมดของแต่ละผลด้วยสายตา หลังจากนั้นนำผลส้มมาผ่าประเมินความฟ้ามแบบมาตรฐานและตรวจสอบความแม่นยำ

### 2.2 การใช้เทคนิค Low energy X-ray

ในขั้นต้นทำการศึกษานิดเครื่องและการตั้งค่าที่เหมาะสม เพื่อใช้ตรวจสอบความฟ้ามของผลที่สัมพันธ์กับคุณภาพของผลส้ม ด้วยเครื่อง Low energy X-ray ของ บริษัทคงศักดิ์เอกซเรย์การแพทย์ อุตสาหกรรมจำกัด (รูปที่ 7) รวมทั้งศึกษาระดับพลังงาน และเวลาที่เหมาะสมสำหรับการใช้ในการเอกซเรย์

#### 2.2.1 การหาทิศทางที่เหมาะสมของเอกซเรย์เพื่อใช้ตรวจสอบผลส้มโดยใช้ Low energy X-ray

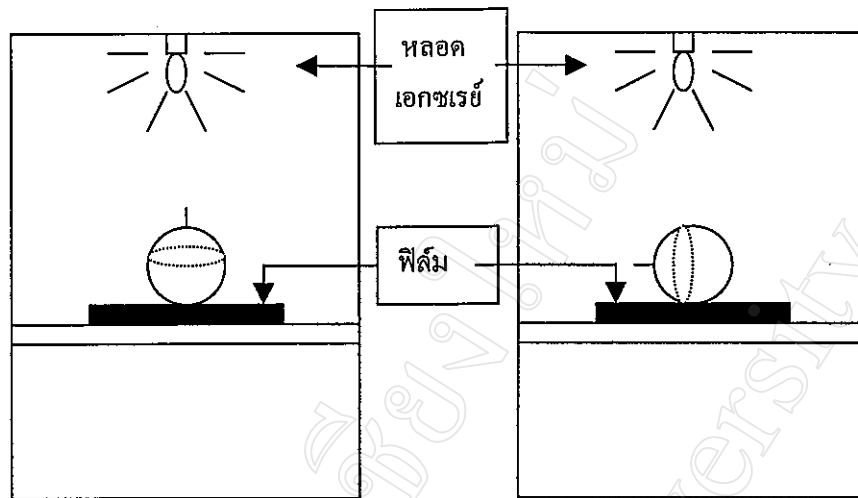
นำผลส้มจำนวน 200 ผล ที่มีความฟ้ามระดับต่างๆ มาตรวจสอบแบบไม่ทำลายผล โดยเครื่อง Low energy X-ray ที่ระดับพลังงาน 20 kv 4 mA นาน 40 วินาที โดยวางผลในทิศทางที่ได้รับเอกซเรย์ต่างกัน 3 ด้าน คือ ด้านบน และด้านข้างอีก 2 ด้าน (โดยกลับมุมผลส้ม แล้วถ่ายเอกซเรย์) ดังรูปที่ 8 หลังจากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาสร้างกราฟและสมการ calibration เพื่อหาความสัมพันธ์ของเปอร์เซ็นต์ความฟ้ามที่ได้จากการประเมินจากฟิล์มเอกซเรย์และเปอร์เซ็นต์ความฟ้ามมาตรฐาน ซึ่งสมการที่ได้จาก calibration นี้จะใช้ในการคาดคะเนเปอร์เซ็นต์ความฟ้ามของผลส้มชุดใหม่อีก 100 ผล เพื่อตรวจสอบความแม่นยำ



รูปที่ 6 เครื่อง Linescan X-ray รุ่น HIEMANN Systems Model HI Scan 9050



รูปที่ 7 เครื่อง Low energy X-ray



ด้านซ้ายผล

ด้านข้างผล

รูปที่ 8 การวางตำแหน่งผลส้มในการถ่ายภาพเอกซเรย์พลังงานต่ำ

### 2.2.2 การประเมินเปอร์เซ็นต์ความฟ้ามของผลส้มหลังการเก็บรักษาด้วย

#### Low energy X-ray

นำผลส้มจำนวน 200 ผล ซึ่งปราศจากรอยตำหนิและโรค มาเก็บไว้ในกล่องกระดาษลูกฟูก ขนาด กว้าง 11 นิ้ว ยาว 17 นิ้ว สูง 8 นิ้ว ที่เจาะรู 8 รู เพื่อให้อากาศถ่ายเทได้ นำไปเก็บรักษาที่ อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95 เปอร์เซ็นต์ นำผลส้มออกมาเอกซเรย์เพื่อประเมิน เปอร์เซ็นต์ความฟ้ามทุกๆ 2 สัปดาห์ นาน 8 สัปดาห์โดยการทดลองออกเป็น 5 ชุดๆละ 40 ผล ดังนี้คือ

ชุดที่ 1 (n1)	เก็บรักษานาน	0	สัปดาห์
ชุดที่ 2 (n2)	เก็บรักษานาน	2	สัปดาห์
ชุดที่ 3 (n3)	เก็บรักษานาน	4	สัปดาห์
ชุดที่ 4 (n4)	เก็บรักษานาน	6	สัปดาห์
ชุดที่ 5 (n5)	เก็บรักษานาน	8	สัปดาห์

การประเมินความฟ้ามหลังการเก็บรักษาด้วย Low energy X-ray มีจุดประสงค์เพื่อ ตรวจสอบการพัฒนาระดับความฟ้ามในผลส้มเมื่ออายุการเก็บรักษายาวนานขึ้น ข้อมูลที่ได้นำไป เปรียบเทียบกับผลที่ผ่านการเอกซเรย์แล้วเพื่อเปรียบเทียบความแม่นยำของการใช้เทคนิคนี้ กับชุดผลที่ไม่ได้เก็บรักษา

### 2.2.3 การประเมินความหวมโดยเทคนิค Low energy X - ray

นอกจากการนำเทคนิคเอกซเรย์มาประเมินความฟ้ามแล้วยังได้นำเทคนิคเอกซเรย์มาประเมินอาการหวมของผล (ผลที่แก่เกินไป) โดยนำผลมาถ่ายเอกซเรย์จากด้านขั้วผลแล้วหาพื้นที่หวมของผลจากฟิล์มเอกซเรย์ หลังจากนั้นหาความสัมพันธ์ระหว่างความหวมของผลสัมพันธ์ที่คำนวณได้จากสมการที่ 1 กับการประเมินความหวมจากภาพที่ถ่ายด้วยเทคนิคเอกซเรย์ วิธีการประเมินความหวมจากภาพที่ถ่ายโดยใช้เทคนิคเอกซเรย์แสดงไว้ดังสมการที่ 6

$$\% \text{ความหวมจากเทคนิคเอกซเรย์} = \frac{\text{พื้นที่วงกลมจนถึงเปลือกส้ม} - \text{พื้นที่วงกลมของเนื้อผล}}{\text{พื้นที่วงกลมจนถึงเปลือกส้ม}} \times 100 \quad (6)$$

หมายเหตุ: พื้นที่วงกลมจนถึงเปลือกส้มและพื้นที่วงกลมของเนื้อผล คือพื้นที่ที่ปรากฏในภาพที่ถ่ายโดยเทคนิคเอกซเรย์ซึ่งมีลักษณะภาพเป็นรูปวงกลม การหาความแตกต่างของพื้นที่วงกลมของเปลือกส้มกับพื้นที่วงกลมของเนื้อผล คือความหวมที่ประเมินได้จากเทคนิคเอกซเรย์