

### บทที่ 3

#### วิธีดำเนินการวิจัย

##### วัสดุอุปกรณ์

###### 1. ผลส้ม

ผลส้มเขียวหวานพันธุ์ฟรีเมองต์ อายุประมาณ 8 เดือน (ประเมินจากผู้ชำนาญในการเก็บส้มของสวน) เก็บเกี่ยวจากสวนส้มทรายทอง อ.ฝาง จ.เชียงใหม่ ผ่านขั้นตอนการทำความสะอาด และเคลือบผิวจากสวน คัดขนาดผลให้ได้เส้นผ่าศูนย์กลาง 6 - 7 เซนติเมตร และน้ำหนักผลอยู่ในช่วง 150- 200 กรัม ขนส่งมาเก็บรักษาในห้องเย็นอุณหภูมิ 14 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ ภายในห้องวิจัยสรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยว ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เพื่อรอการศึกษานี้ โดยใช้ผลส้มทั้งสิ้น 800 ผล

###### 2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดคุณสมบัติทางไฟฟ้าและการตรวจสอบคุณภาพ

2.1. เครื่อง Impedance Analyzer 4192A ของบริษัท Hewlett Packard, 5Hz - 13 MHz, Bias  $\pm$  35V, Oscillator output level 5mV - 1.1 V

2.2. เครื่อง Z Hitester 3531 ของบริษัท Hioki, 42 Hz - 5 MHz

2.3. Plate electrode ทำจากเงิน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร หุ้มด้วยฉนวนเปิดปลายเฉพาะด้านที่สัมผัส

2.4. Needle electrode แบบไม่กำหนดระยะห่างระหว่างเข็ม ทำจากเข็มเงิน ความยาว 9 มิลลิเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 2.3 มิลลิเมตร

2.5. Needle electrode แบบกำหนดระยะห่างระหว่างเข็ม ทำจากเข็มเงิน ความยาว 9 มิลลิเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 2.3 มิลลิเมตร ระยะระหว่างเข็ม 24 มิลลิเมตร

2.6. เครื่องสกัดน้ำผลไม้ ของบริษัท Moulinex รุ่น 846

2.7. เครื่องชั่งไฟฟ้าชนิดละเอียด (Mettler รุ่น BB 2400)

## วิธีการทดลอง

การทดลองนี้ประกอบด้วย การทดลอง 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การศึกษาวิธีการประเมินความฟ้ามของผลส้มแบบต่างๆ

ตอนที่ 2 การศึกษาคุณสมบัติทางไฟฟ้ากับลักษณะต่างๆของส้ม

ตอนที่ 3 การศึกษาถึงอิทธิพลเปลือกต่อคุณสมบัติทางไฟฟ้า

### ตอนที่ 1 การศึกษาวิธีการประเมินความฟ้ามของผลส้มแบบต่างๆ

เนื่องจากผลส้มพร้อมด้อมีอาการฟ้ามแตกต่างกัน และมีระดับความรุนแรงของอาการที่ต่างกัน จึงทำการศึกษาวงวิธีการประเมินความฟ้ามของผลส้มโดยใช้วิธีการประเมิน 3 วิธีคือ

1. ประเมินโดยการหาความถ่วงจำเพาะ โดยนำผลส้มทั้งผลมาชั่งน้ำหนักผลแล้วหาปริมาตรผลด้วยวิธี Platform scale (Mohsenin, 1986) นำน้ำหนักผลและปริมาตรผลมาคำนวณหาความถ่วงจำเพาะของผลจากสูตร

$$\text{ความถ่วงจำเพาะ} = \frac{\text{น้ำหนักผล}}{\text{ปริมาตรผล}} \quad (6)$$

2. ประเมินความฟ้ามด้วยสายตา โดยทำการผ่าผลส้มตามขวางแบ่งเป็น 4 ส่วนความหนาเท่าๆกัน (ภาพที่ 3) แล้วประเมินอาการฟ้ามในแต่ละส่วนโดยบอกเป็นเปอร์เซ็นต์ความฟ้ามต่อพื้นที่หน้าตัดที่เห็น (ภาพที่ 4) แล้วนำค่าประเมินที่ได้มาเฉลี่ยรวมทั้งผล

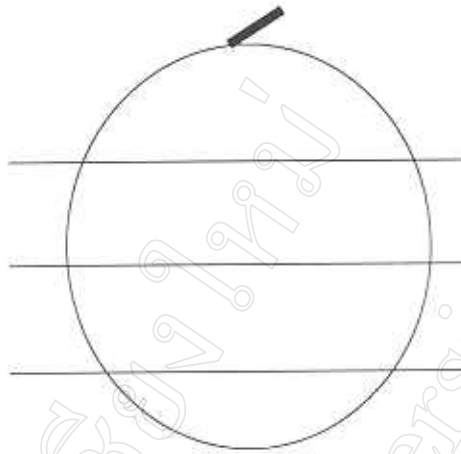
3. ประเมินโดยการหาปริมาณน้ำคั้นภายในผล โดยนำเนื้อส้มทั้งผลมาชั่งหาน้ำหนักเนื้อแล้วนำมาคั้นด้วยเครื่องสกัดน้ำผลไม้ Moulinex 846 แล้วนำกากที่ได้มาคั้นด้วยผ้าขาวบางอีกครั้งเพื่อให้ได้ปริมาณน้ำคั้นทั้งหมดของผล นำน้ำคั้นที่ได้ไปชั่งน้ำหนัก แล้วนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์น้ำคั้นจากสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์น้ำคั้น} = \frac{\text{น้ำหนักน้ำที่คั้นได้ทั้งหมด}}{\text{น้ำหนักเนื้อส้มทั้งผล}} \times 100 \quad (7)$$

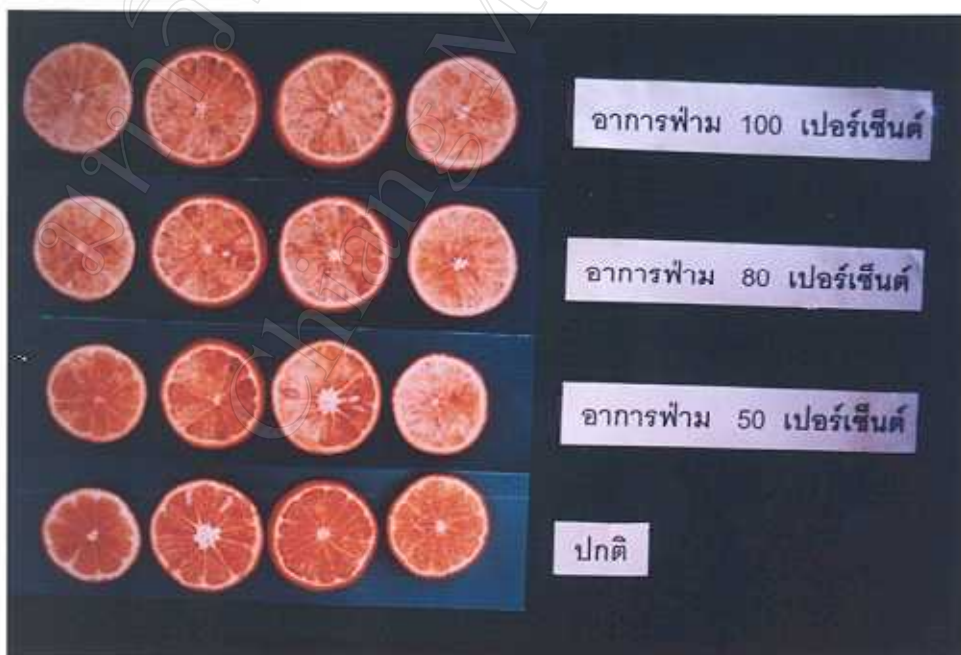
รอยผ่า 1

รอยผ่า 2

รอยผ่า 3



ภาพที่ 3 วิธีการผ่าผลส้มเพื่อการประเมินความฟ้ามด้วยสายตา



ภาพที่ 4 อาการฟ้ามของผลส้มระดับต่างๆ

## ตอนที่ 2 การศึกษาคุณสมบัติทางไฟฟ้ากับลักษณะต่างๆของผลส้ม

นำส้มเขียวหวานพันธุ์ฟรุ้งมอนด์ ออกจากห้องเย็นอุณหภูมิ 14 องศาเซลเซียส ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง (28 องศาเซลเซียส) ประมาณ 30 นาทีเพื่อให้ผลส้มมีอุณหภูมิเท่าอุณหภูมิห้อง โดยผลส้มที่ใช้วัดผ่านการประเมินความฟ้ามด้วยสายตาจากลักษณะภายนอกผลอย่างคร่าวๆ ผลที่ใช้ทดลอง มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางผล 6 – 7 เซนติเมตร น้ำหนักอยู่ในช่วง 150 – 200 กรัม ก่อนวัดคุณสมบัติทางไฟฟ้า กำหนดค่าต่างๆ ของเครื่อง Impedance Analyzer (ภาพที่ 5) คือ mode ขนาน Bias ที่ 0 โวลต์ Oscillator output level 1 โวลต์ ตามวิธีการใช้เครื่องดังนี้

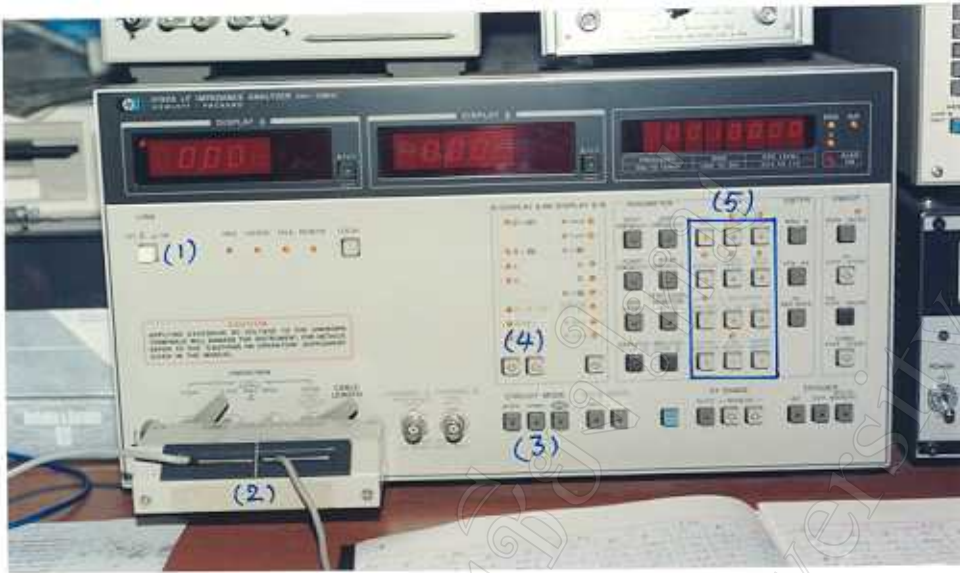
1. กดปุ่ม (1) เพื่อเปิดเครื่อง โดยเปิดเครื่องก่อนทำการวัด 30 นาที
2. เสียบสายของ electrode ที่หมายเลข (2)
3. กดปุ่ม (3) ที่ circuit mode ขนาน
4. กดปุ่ม (4) เลื่อนขึ้นลง เพื่อเลือกชนิดของคุณสมบัติทางไฟฟ้าที่จะวัด
5. กดปุ่ม (5) เลือกความถี่ไฟฟ้าช่วงต่างๆ

หลังจากนั้นตรวจวัดคุณสมบัติทางไฟฟ้าที่ electrode ต่างๆ (ภาพที่ 6) ดังนี้

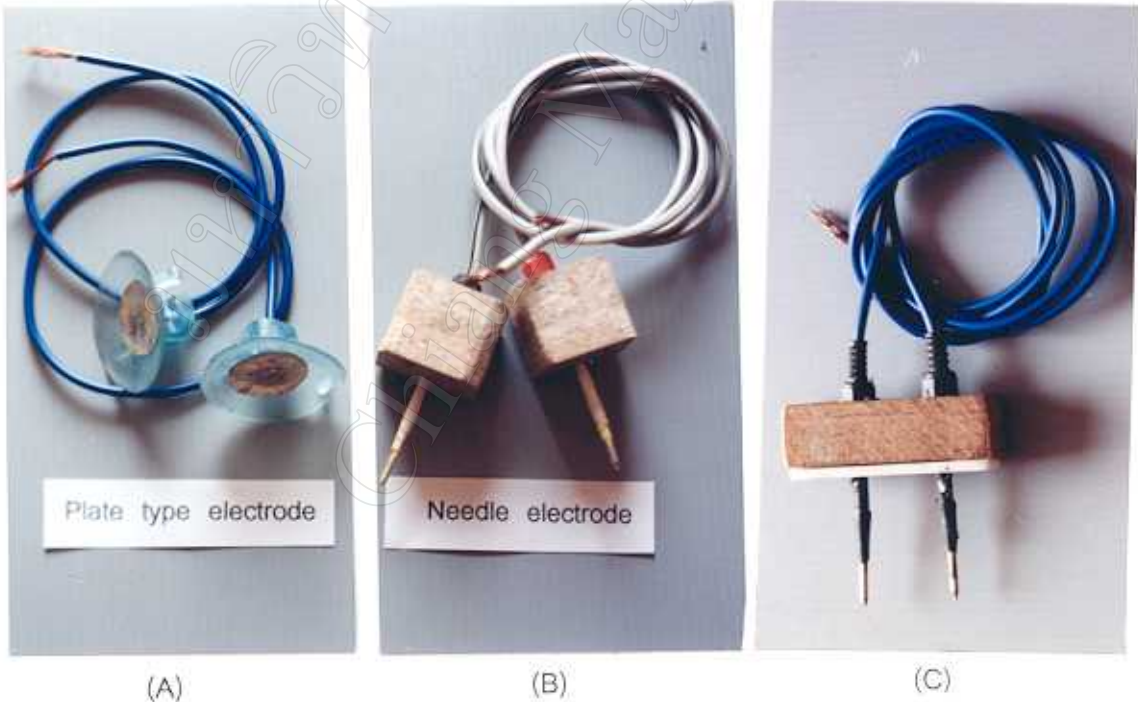
1. needle electrode แบบกำหนดระยะห่างระหว่างเข็ม โดยวัดด้านตรงข้ามของผลในการวัดแต่ละครั้ง ผังเข็มลึก 9 มิลลิเมตร โดยใช้ผลส้มจำนวน 300 ผล (ภาพที่ 6C)
2. needle electrode แบบไม่กำหนดระยะห่างระหว่างเข็ม โดยให้แต่ละขั้วของ electrode อยู่ด้านตรงข้ามผล ผังเข็มลึก 9 มิลลิเมตร โดยใช้ผลส้มจำนวน 250 ผล (ภาพที่ 6B และ 7B)
3. plate electrode โดยให้แต่ละขั้วของ electrode อยู่ด้านตรงข้ามผล จำนวนผลที่ใช้วัด 250 ผล (ภาพที่ 6A และ 7A)

ในการวัดจะวัดค่า ความต้านทานไฟฟ้า ( $R_p$ ) ความจุไฟฟ้า ( $C_p$ ) และ Impedance โดยวัดที่ความถี่ไฟฟ้า 0.01, 0.1, 1, 10, 100, 1,000, และ 10,000 กิโลเฮิรตซ์ ตามลำดับ แต่ละผลทำการวัด 2 ครั้งในแต่ละค่าและความถี่ไฟฟ้า แล้วนำค่าที่ได้มาเฉลี่ยเป็นค่าคุณสมบัติไฟฟ้าของทั้งผล

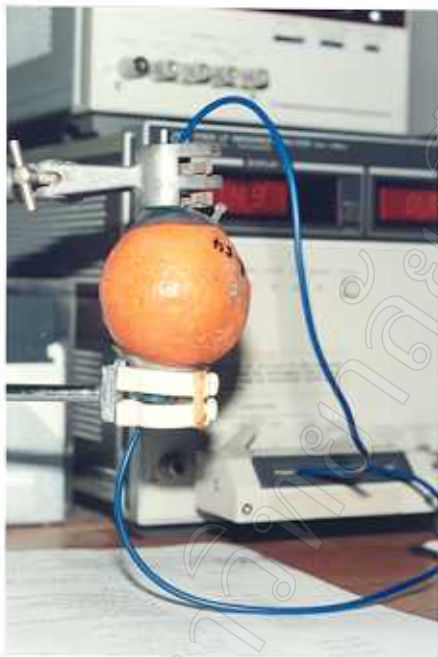
อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ขณะวัดประมาณ  $28 \pm 2$  องศาเซลเซียส และ 75 – 80 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ



ภาพที่ 5 เครื่อง Impedance Analyzer 4192A ของบริษัท Hewlett Packard



ภาพที่ 6 ชนิดของ electrode ที่ใช้ในการวัดคุณสมบัติทางไฟฟ้าของสเต็มเซลล์ชีวภาพพันธุ์ฟิรมองต์  
 (A) plate electrode, (B) needle electrode แบบไม่กำหนดระยะห่างระหว่างเข็ม,  
 (C) needle electrode แบบกำหนดระยะห่างระหว่างเข็ม



(A)



(B)

ภาพที่ 7 วิธีการวัดคุณสมบัติทางไฟฟ้าของส้มเขียวหวานพันธุ์ฟริมองต์ด้วย (A) plate electrode และ (B) needle electrode แบบไม่กำหนดระยะห่างระหว่างเข็ม

### ตอนที่ 3 การศึกษาอิทธิพลเปลือกต่อคุณสมบัติทางไฟฟ้า

ทำการวัดคุณสมบัติไฟฟ้า คือ ความจุไฟฟ้า และความต้านทานไฟฟ้า ของส้มเขียวหวาน พันธุ์ฟริมองต์ ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางผล 6 – 7 เซนติเมตร โดยใช้ผลส้มปกติทั้งหมด 100 ผล วัดคุณสมบัติทางไฟฟ้าด้วยเครื่อง Z Hitester 3531 ที่ mode ขนาน โดยใช้ plate electrode ที่ให้แต่ละขั้วของ electrode อยู่ด้านตรงข้ามของผล (ภาพที่ 7A) วัดที่ความถี่ไฟฟ้า 0.1, 1, 10, 100, 1,000 กิโลเฮิรตซ์ ทำการวัด 2 ครั้ง คือ

1. วัดแบบไม่ปกเปลือก
2. วัดแบบปกเปลือก

#### สถานที่ทำการศึกษา

1. ห้องวิจัยวงจรและอิเล็กทรอนิกส์และระบบ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
2. ห้องวิจัยสรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยว ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
3. ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่