อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. ชมพู่ 5 พันธุ์ คือ พันธุ์ทับทิมจันทร์ พันธุ์ทูลเกล้า พันธุ์เพชรสามพราน พันธุ์เพชรสายรุ้ง และพันธุ์ทองสามสี พันธุ์ละ 480 ผล

2. เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ ยี่ห้อ MITUTOYO วัดความละเอียดได้ 0.05 มิลลิเมตร

3. เครื่องชั่งอิเล็คทรอนิกส์ ยี่ห้อ OHAUS รุ่น G4100 PRECISION ADVANCED วัดน้ำหนักสูงสุดได้ 4,100 กรัม

4. ชุดเครื่องมือทดสอบ Quasi-static Compression test โดยใช้ UTM (Universal Testing Machine)

5. ชุดเครื่องมือทดสอบ Impact test (Chen *et al*, 1996)

6. ชุดเครื่องมือทดสอบความถ่วงจำเพาะของชมพู่

7. ตู้อบลมร้อน ยี่ห้อ Fujitsu รุ่น HG0001600 FTC วัดอุณหภูมิสูงสุดได้ 200 องศาเซลเซียส

8. ปรอทวัดอุณหภูมิ

9. Aluminium can (Moiture can)

10. โถดูดความชื้นและซิลิก้าเจล

11. Hand Refractometer ยี่ห้อ Salinity รุ่น S-28E อ่านค่าได้สูงสุด 32%brix

12. เครื่องปั่นชนิดปั่นแห้ง

13. น้ำกลั่น

14. ชุดอุปกรณ์ทดสอบชิม

วิธีการ

1. การเตรียมการทดลอง

รวบรวมชมพู่ทั้ง 5 พันธุ์ คือ พันธุ์ทับทิมจันทร์ พันธุ์ทูลเกล้า พันธุ์เพชรสามพราน, พันธุ์เพชรสายรุ้ง และพันธุ์ทองสามสี จากแหล่งปลูก อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม เพชรบุรี และราชบุรี ซึ่งชมพู่อยู่ในขั้นแก่รับประทานและคัดตามการขายทั้งในและต่างประเทศ จำนวนพันธุ์ละ 480 ผล แบ่งออกเป็น 8 กลุ่ม กลุ่มละ 60 ผล แบ่งเป็น 3 ขนาด (เล็ก กลาง และใหญ่) ขนาดละ 20 ผล แล้วนำชมพู่มาทดสอบทั้งลักษณะทางกายภาพและสมบัติเชิงกล

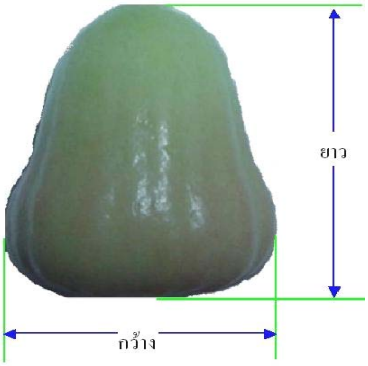
2. การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ CRD โดยมีปัจจัยควบคุม 2 ตัว ได้แก่ พันธุ์ และขนาดของผลชมพู่

แบ่งผลชมพู่ทำการทดสอบดังนี้

กลุ่มที่ 1 วัดขนาด และ รูปร่าง
กลุ่มที่ 2 วัดความชื้น
กลุ่มที่ 3 วัดความชื้นที่ลดลง
กลุ่มที่ 4 วัดความหวาน
กลุ่มที่ 5 วัดความถ่วงจำเพาะ
กลุ่มที่ 6 ทดสอบ Compression Test แบบ Puncture Compression Test
กลุ่มที่ 7 ทดสอบ Quasi-static Compression Test
กลุ่มที่ 8 ทดสอบ Impact Test
กลุ่มที่ 9 ทดสอบชิม (ใช้เฉพาะขนาดกลางพันธุ์ละ 25 ผล)

2.1 นำชมพู่ทับทิมจันทร์กลุ่มที่ 1 มาวัดขนาด และ รูปร่าง แบ่งเป็นการวัดความกว้าง, ความยาว และการชั่งน้ำหนัก



<u>ภาพที่ 12</u> การวัดความกว้างและยาวของผลชมพู่

2.2 นำชมพู่ทับทิมจันทร์กลุ่มที่ 2 วัดความชื้น (Moisture Constent) โดยหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ และ แบ่งใส่ลงใน Aluminium Moiture can แล้วนำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิห้อง 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

$$\text{Moisture Constent (\%)} = [(W1-W2)/W1] \times 100 \quad (1)$$

เมื่อ W1 = น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)

W2 = น้ำหนักหลังอบ (กรัม)

2.3 นำชมพู่ทับทิมจันทร์กลุ่มที่ 3 มาหาความชื้นที่ลดลงโดยเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง แล้วทำการชั่งน้ำหนักทุก ๆ 2 วัน จนครบ 10 วัน

$$\text{ปริมาณความชื้นที่ลดลง (\%)} = [(WL1-WL5)/WL1] \times 100] / 5 \quad (2)$$

เมื่อ WL = น้ำหนักวันแรก (กรัม)

WL5 = น้ำหนักวันที่10 (กรัม)

2.4 นำชมพู่ทับทิมจันทร์กลุ่มที่ 4 มาปั่นเนื้อของผลด้วยเครื่องปั่นชนิดแห้ง โดยแยกผลชมพู่ตามขนาด (ใหญ่ กลาง และ เล็ก) แล้ววัดความหวาน (Total Soluble Solid) ด้วยเครื่อง Hand Refractometer บันทึกค่าที่ได้ในหน่วย เปอร์เซ็นต์บริกซ์ (%brix)

2.5 นำชมพู่ทับทิมจันทร์กลุ่มที่ 5 ไปวัดความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity, SG) (ภาพที่ 13) ชั่งน้ำหนักของผลชมพู่ที่จมอยู่ใต้น้ำ และน้ำหนักของชมพู่ในอากาศ แล้วนำมาคำนวณค่า SG ดังนี้ (บัณฑิต, 2545)

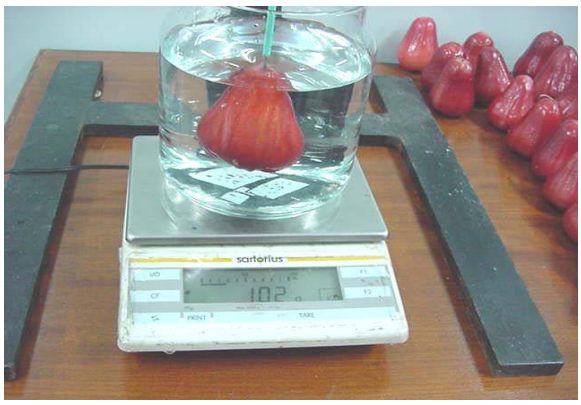
$$SG = X1 / (X3 - X2) \quad (3)$$

เมื่อ X1 = น้ำหนักของผลชมพู่ในอากาศ (กรัม)

X2 = น้ำหนักของภาชนะและน้ำ (กรัม)

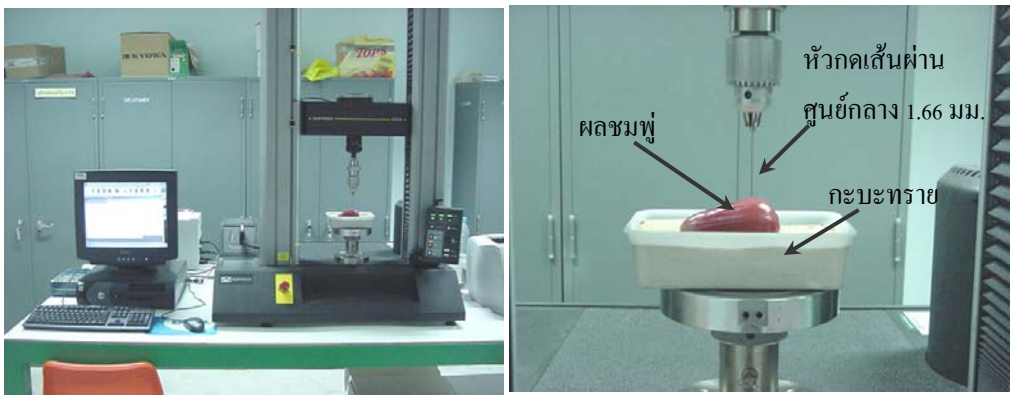
X3 = น้ำหนักของภาชนะใส่น้ำและผลชมพู่ในน้ำ (กรัม)

X3 – X2 = น้ำหนักน้ำที่ถูกแทนที่ (กรัม)

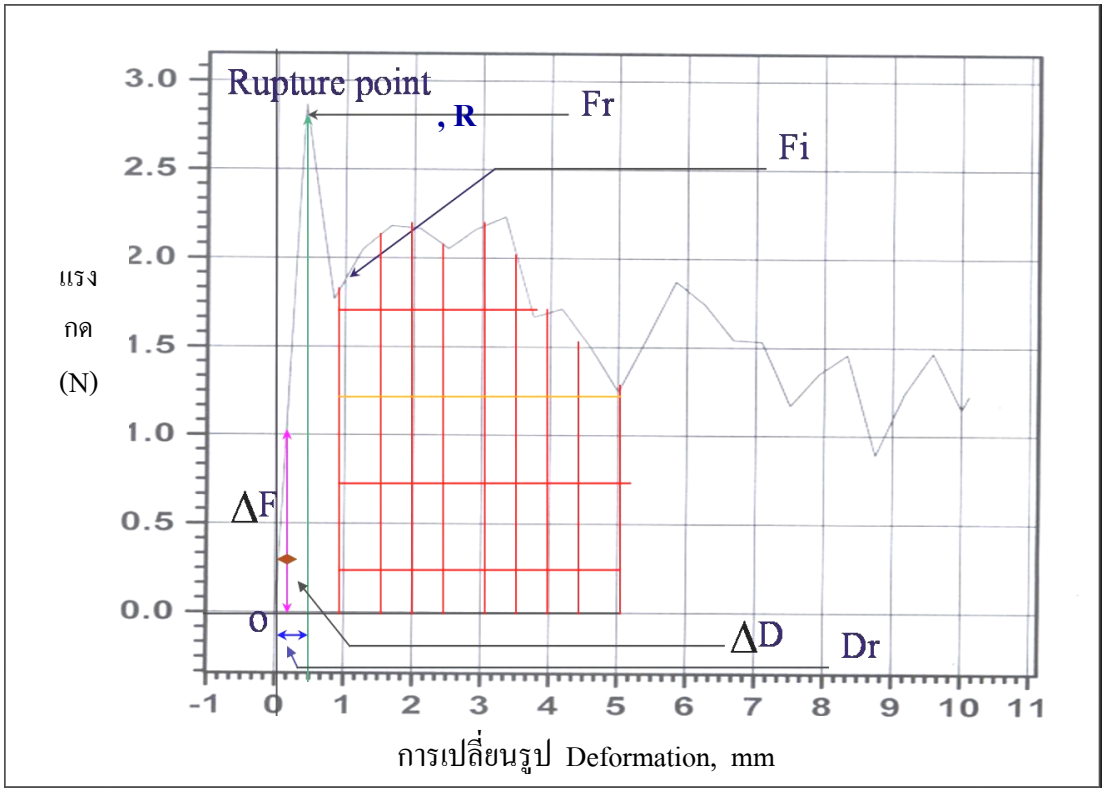


<u>ภาพที่ 13</u> ชุดเครื่องมือทดสอบหาความถ่วงจำเพาะของผลชมพู่

2.6 นำชมพู่ทับทิมจันทร์กลุ่มที่ 6 มาทดสอบ Puncture Compression Test (ภาพที่ 14) โดยติดตั้ง die เส้นผ่านศูนย์กลาง 1.66 มิลลิเมตร กับเครื่อง Instron 5569 และกดหัว Puncture กับผลชมพู่ทั้งผลด้วยอัตราเร็ว 25 มิลลิเมตร/นาที บันทึกกราฟแรง-การเปลี่ยนรูป



<u>ภาพที่ 14</u> การทดสอบแบบ Puncture compression test โดยใช้เครื่อง UTM (ซ้าย) Close-Up บริเวณผิวผลชมพู่ที่ทดสอบ (ขวา)



ภาพที่ 15 กราฟ แรง - การเปลี่ยนรูป จากการทดสอบแบบ Puncture compression test ของ Thai Rose Apple

ตัวแปรที่สามารถคำนวณค่าได้จากกราฟ (ภาพที่ 15) คือ

1. แรงทำให้แตกหรือทะลุ (Rupture force) สมนัยกับจุดแทงทะลุ R : Fr, (N)
2. การเปลี่ยนรูปสมนัยกับ Fr (RuptureDeformation): Dr, (mm)
3. Toughness, (N.mm) : พื้นที่ใต้กราฟจากจุดเริ่มต้นจนถึงจุดแตก
4. ความแน่นเนื้อเฉลี่ย (Average firmness): Fr/Dr, (N/mm)
5. ความแน่นเนื้อเริ่มต้น (Initial firmness): $\Delta F/\Delta D$, (N/mm)
6. Modulus of elasticity: E_p, (KPa)

$$Ep = \frac{\Delta F}{\Delta D} x \frac{\left(1 - \mu^2\right)}{dp} \quad (4)$$

เมื่อ dp = เส้นผ่านศูนย์กลางหัวกด 1.66 มม.

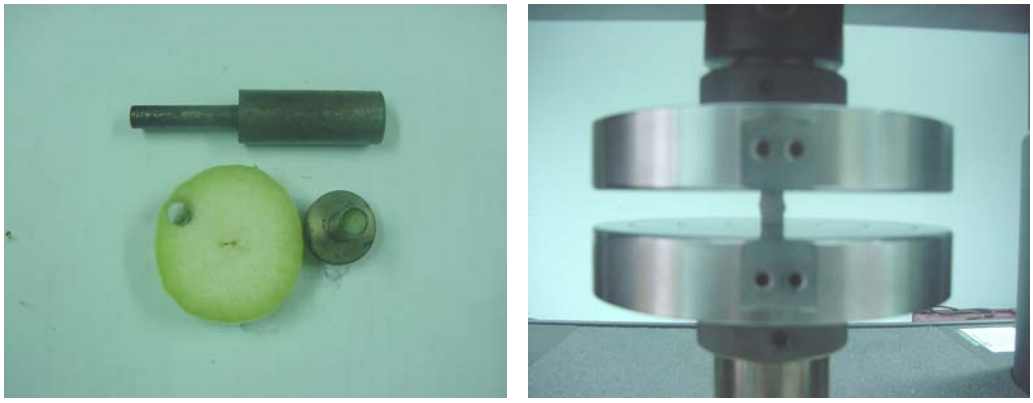
7. Penetrating force: P, (N) = ค่าเฉลี่ยของแรงที่วัดได้ทุก ๆ ความลึก F_i หรือการเปลี่ยนรูป 1 มม. จนถึง 5 มม. (5 จุด) หลังจากจุดแทงทะลุ

$$p = \left(\sum_{i=1}^{n} F_i \right) / n \quad (5)$$

8. Penetrating energy: EN, (N) = พื้นที่ใต้กราฟแรงกดการเปลี่ยนรูปหลังจากจุดแทงทะลุ หาจากผลบวกของพื้นที่เล็ก ๆ ทุก ๆ 1 มม. จนถึงความลึก 5 มม.

$$EN = \frac{1}{2} x \sum_{i=1}^{n} \left(F_i + F_{i+1}\right) x 1 \quad (6)$$

2.7 นำชมพู่กลุ่มที่ 7 มาทดสอบ Quasi-static Compression Test ที่อัตราเร็วในการทดสอบ 25 มิลลิเมตร/นาที เตรียมตัวอย่างจากการนำผลชมพู่ขนาดใหญ่ผ่าตามขวางบริเวณก้นผลแล้วใช้ Die โลหะทรงกระบอกกลวงที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 10 มิลลิเมตร ยาว 15 มิลลิเมตร กดลงในส่วนเนื้อของชมพู่ที่หนาที่สุดบริเวณก้นผล (ภาพที่ 16 ซ้ายมือ) ด้วยความระมัดระวังมิให้เกิดการแตกหักและการบอบช้ำ ติดตั้งตัวอย่างเนื้อผลของชมพู่ทรงกระบอกเข้ากับเครื่อง Instron 5569 (ภาพที่7 ขวามือ) โหลดตัวอย่างจนได้กราฟแรง-การเปลี่ยนรูป (ภาพที่ 17) Slope ของกราฟ ความเค้น-ความเครียด ที่สมนัยกัน คือ E_s (Modulus of elasticity, KPa)

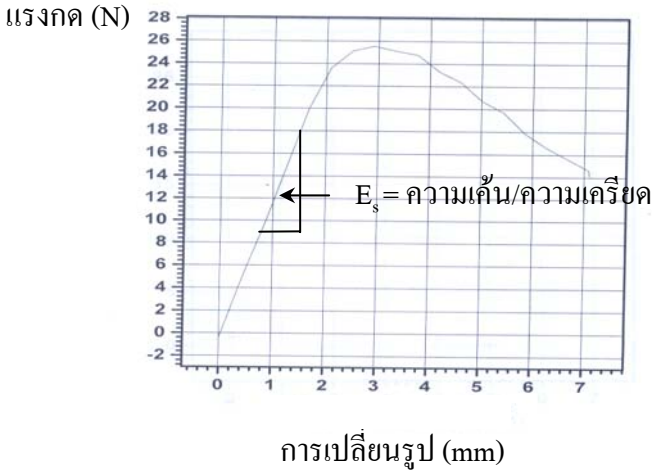


ภาพที่ 16 การใช้ Die เตรียมตัวอย่างเนื้อผลของชมพู่ (ซ้าย) การทดสอบ Quasi-static CompressionTest กับตัวอย่างเนื้อผลของชมพู่ทรงกระบอก ด้วยเครื่อง Instron 5569 (ขวา)

$$E_S = \sigma/\varepsilon \quad (7)$$

σ = ความเค้น

ε = ความเครียด



ภาพที่ 17 กราฟ แรง-การเปลี่ยนรูป การทดสอบการกดเกือบสถิตย์

2.8 นำชมพู่กลุ่มที่ 8 มาทดสอบ Impact Test กับเครื่องมือทดสอบความแน่นเนื้อ (ภาพที่ 18) แล้วนำกราฟความเร่งกับเวลามาคำนวณหา E_I (Modulus of elasticity, KPa)

$$E_I = [0.75 \times (1-\mu^2) \times F/D^{15}] \times [R_1 + R_2/R_1R_2]$$

ที่มา: Chen *et al*, (1996)

เมื่อ μ = Assumed Poisson' ratio = 0.26

D = การเปลี่ยนรูปสูงสุดระหว่างการกระแทก = t x V /1.47

t = เวลาที่เกิดความเร่งสูงสุดระหว่างการกระแทก (วินาที)

V = ความเร็วเริ่มกระแทก (เมตร/วินาที)

R_1 = เส้นผ่าศูนย์กลางของหัวกระแทก : 6 มม. (มิลลิเมตร)

R_2 = เส้นผ่านศูนย์กลางของผลชมพู่ (มิลลิเมตร)

F = ma

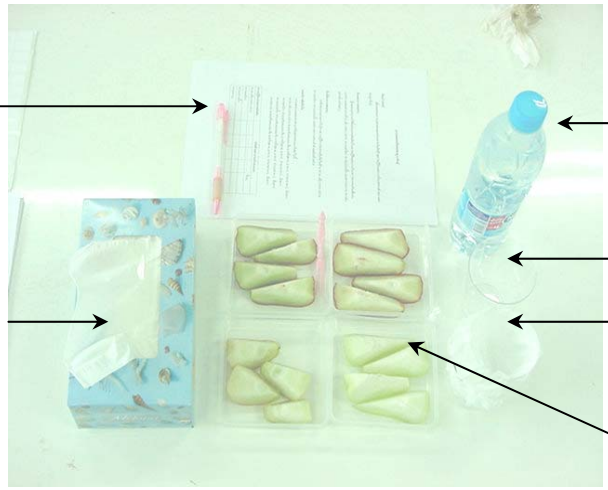
= (น้ำหนักหัวกระแทก 10 กรัม) x (ความเร่งสูงสุดของหัวกระแทกระหว่างชน)

<u>ภาพที่ 18</u> ชุดอุปกรณ์ในการทดสอบ Impact Test (ซ้าย) และ Close-Up บริเวณผิวผลชมพู่ที่ทดสอบ (ขวา)

2.9 ทำการทดสอบตั้งแต่ ข้อที่ 2.1 ถึงข้อที่ 2.8 กับผลชมพู่พันธุ์ทูลเกล้า, พันธุ์เพชรสามพราน, พันธุ์เพชรสายรุ้ง และพันธุ์ทองสามสี

2.10 ทำการทดสอบชิมผลชมพู่พันธุ์ทับทิมจันทร์ พันธุ์ทูลเกล้า พันธุ์เพชรสามพราน และพันธุ์ทองสามสี ทั้งหมด 4 พันธุ์ (พันธุ์เพชรสายรุ้ง อยู่นอกฤดูกาลจึงไม่สามารถนำมาทดสอบได้) เพื่อดูแนวโน้มของทั้ง 4 พันธุ์ เพื่อเปรียบเทียบกับที่ได้ทำการทดสอบทั้งในลักษณะทางกายภาพและสมบัติเชิงกลหรือไม่ ชุดอุปกรณ์ในการทดสอบชิมประกอบด้วย ผลชมพู่พันธุ์ทับทิมจันทร์ ทูลเกล้า พันธุ์เพชรสามพราน และพันธุ์ทองสามสี จำนวนพันธุ์ละ 25 ตัวอย่าง นำมาแบ่งเป็นชิ้นให้ได้ 4 ส่วนเท่า ๆ กัน (ใน 1 ผลต่อ 1 ตัวอย่างทดสอบ) น้ำบ้วนปาก โถบ้วนน้ำทิ้ง ถาดใส่ตัวอย่าง 4 ถาด กระดาษเช็ดปาก และแบบให้คะแนนทดสอบชิม แนวทางในการทดสอบจะทำการติดรหัสที่ถาดทดลองชิมโดยไม่ระบุถึงที่มาและพันธุ์ของผลชมพู่ที่ใช้ในการทดสอบ และมีการอธิบายขั้นตอนและวิธีการในการทดสอบชิมอย่างละเอียดเพื่อให้ผู้ทำการทดสอบชิมเข้าใจถึงวิธีการและเป้าหมายที่ตรงกัน คือการทดสอบประสาทสัมผัสทางด้าน ความกรอบ เปราะ ความแน่นเนื้อ ความเหนียว และความหวานโดยบอกความแตกต่างด้วยการให้ระดับคะแนน หลังจากนั้นนำผลคะแนนที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยแล้วเปรียบเทียบความแตกต่างกันด้วยโปรแกรมทางสถิติ ชุดตัวอย่างทดสอบชิมแสดงดังภาพที่ 19

แบบให้คะแนน
ทดสอบชิม



ภาพที่ 19 ชุดอุปกรณ์ในการทดสอบชิมผลชมพู่ 4 พันธุ์ (พันธุ์ทับทิมจันทร์ พันธุ์ทูลเกล้า พันธุ์เพชรสามพราน และพันธุ์ทองสามสี)

สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดนครปฐม

ระยะเวลาในการทดลอง

การทดลองครั้งนี้เริ่มตั้งแต่ เดือนกันยายน 2546 ถึง เมษายน 2548