

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

1. วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้

ผลมังคุด

แบ่งความแก่ของผลมังคุดตามระดับการเปลี่ยนสีผิว โดยสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (2529) เป็น 7 ระดับ โดยระดับสีที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ ระดับสีที่ 2 (ผลสีเหลืองอ่อนอมชมพู มีจุดสีชมพูกระจายทั่วผล) ระดับสีที่ 3 (ผลสีชมพูสม่ำเสมอ) และระดับสีที่ 4 (ผลสีแดงหรือน้ำตาลแดง เริ่มมีแต้มสีม่วง) มังคุดทั้ง 3 ระดับความแก่เป็นอายุที่เหมาะสมสำหรับการเก็บเกี่ยวเพื่อการค้า เก็บเกี่ยวจากสวนของศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรีในช่วงวันที่ 3 - 24 มิถุนายน 2540 คัดเลือกผลที่ไม่มีตำหนิและไม่มีรอยช้ำหรือแตก และมีขนาดใกล้เคียงกัน (ประมาณ 60 - 80 กรัม) นำมายังห้องปฏิบัติการของศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี เช็ดทำความสะอาดและทำเครื่องหมายบนผลทุกผลก่อนนำไปศึกษา สำหรับมังคุดที่ใช้ในการศึกษาด้วยเทคนิค X-ray CT นั้น หลังจากผ่านการเตรียมในเบื้องต้นแล้ว จะบรรจุลงในกล่องกระดาษ และขนส่งโดยรถยนต์ปรับอากาศไปยังศูนย์วิจัยโรค เอ็ม อาร์ ไอ และเอ็กซเรย์ คอมพิวเตอร์ชลบุรี จังหวัดชลบุรี เพื่อทำการศึกษาต่อไป

2. วิธีการทดลอง

ตอนที่ 1 การศึกษาค่าความถ่วงจำเพาะของผลมังคุดที่ระดับความแก่และหลังการเก็บเกี่ยวในเวลาระยะต่าง ๆ กัน

ในการศึกษาการคัดแยกอาการเนื้อแกว้นนั้น อาศัยหลักความแตกต่างของค่าความถ่วงจำเพาะของผลมังคุดที่แตกต่างกัน โดยมังคุดที่มีเนื้อปกติจะมีค่าความถ่วงจำเพาะน้อยกว่า 1 (ลอยน้ำ) ส่วนมังคุดเนื้อแกว้นมีน้ำเข้าไปในเนื้อจะมีค่าความถ่วงจำเพาะมากกว่า 1 (จมน้ำ) อย่างไรก็ตามหากผลมังคุดมีความแก่อ่อนแตกต่างกัน อาจมีค่าความถ่วงจำเพาะแตกต่างกัน หรือผลมังคุดที่เก็บมาแล้วถูกทิ้งช่วงเวลาไว้นานนำมาคัดแยก อาจมีผลทำให้ค่าความถ่วงจำเพาะ

เปลี่ยนแปลงไป ในการทดลองครั้งนี้จึงศึกษาเปรียบเทียบค่าความถ่วงจำเพาะของผลมังคุดที่มีความแก่ 3 ระดับ และการเปลี่ยนแปลงค่าความถ่วงจำเพาะของผลมังคุดที่มีเวลาหลังการเก็บเกี่ยว 4 ระยะ ซึ่งเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง โดยวางแผนการทดลองแบบ factorial in completely randomized design โดยนำผลมังคุดที่มีความแก่ ในระดับสีที่ 2, 3 และ 4 มาระดับสีละ 50 ผล / ครั้ง รวม 450 ผล โดยเก็บครั้งแรกในวันที่ 3 มิ.ย. ครั้งที่ 2 เก็บในวันที่ 4 มิ.ย. และครั้งที่ 3 เก็บในวันที่ 5 มิ.ย. 2540 รวม 3 ครั้ง นำมาเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง (เฉลี่ย 28.4 °C และมีความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 85) และวัดค่าความถ่วงจำเพาะผลมังคุดในวันแรก วันที่ 2, 4 และวันที่ 6 หลังการเก็บเกี่ยว ด้วยวิธี Buoyancy (Pomeranz and Meloan, 1978) โดยแบ่งชุดการทดลองออกเป็น $3 \times 4 = 12$ ชุด ดังนี้

ระดับความแก่	เวลาหลังการเก็บเกี่ยว (วัน)			
	0	2	4	6
ระดับสีที่ 2	ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	ชุดที่ 3	ชุดที่ 4
ระดับสีที่ 3	ชุดที่ 5	ชุดที่ 6	ชุดที่ 7	ชุดที่ 8
ระดับสีที่ 4	ชุดที่ 9	ชุดที่ 10	ชุดที่ 11	ชุดที่ 12

แล้วนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผลทางสถิติ เพื่อคัดเลือกชุดการทดลองที่เหมาะสมในการตัดแยกด้วยความถ่วงจำเพาะต่อไป

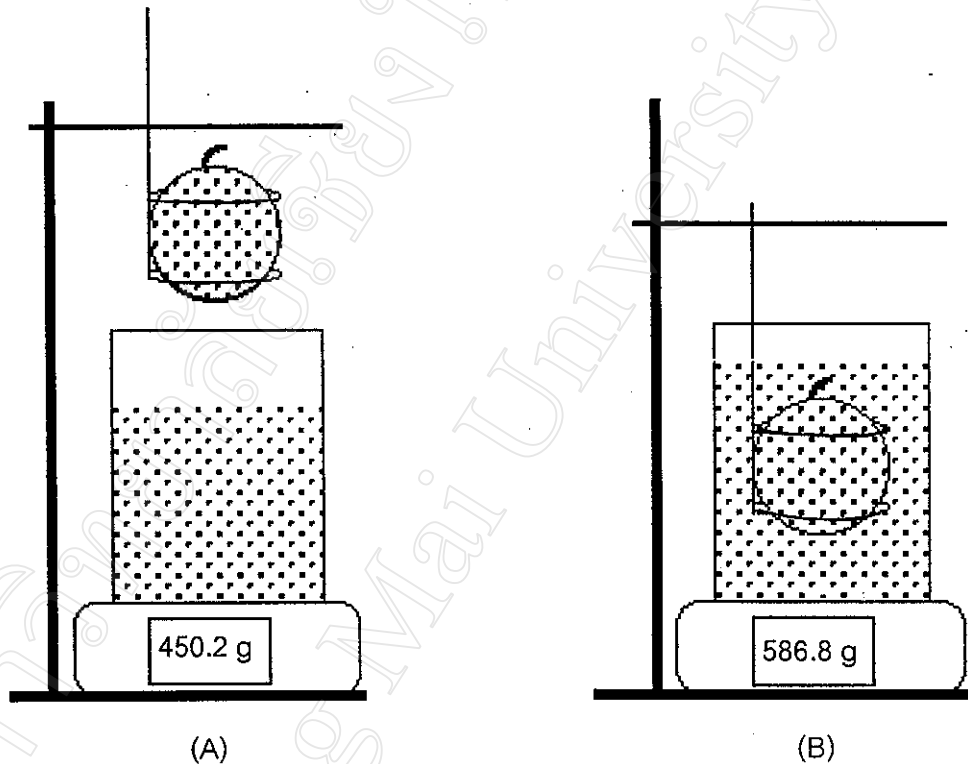
การวัดค่าความถ่วงจำเพาะด้วยวิธี Buoyancy โดยนำผลมังคุดไปชั่งน้ำหนักในอากาศ และหาปริมาตรด้วยการชั่งน้ำหนักในน้ำ (ภาพที่ 1) ด้วยเครื่องชั่งไฟฟ้า (Mettler BD1201) นำค่าที่ได้ไปคำนวณดังนี้

$$\text{น้ำหนักแทนที่ในน้ำ} = (\text{น้ำหนักภาชนะ} + \text{น้ำ} + \text{ลวด} + \text{ผลไม้}) - (\text{น้ำหนักผลไม้เมื่อชั่งในอากาศ})$$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น ปริมาตรผล} &= \frac{\text{น้ำหนักแทนที่ในน้ำ (g)}}{\text{weight density ของน้ำ (g / ml)}} \\ &= \frac{\text{น้ำหนักในอากาศ} - \text{น้ำหนักแทนที่ในน้ำ}}{\text{weight density ของน้ำ}} \end{aligned}$$

$$\text{ความถ่วงจำเพาะ (SG)} = \left[\frac{\text{น้ำหนักในอากาศ}}{\text{น้ำหนักผลในอากาศ} - \text{น้ำหนักผลเมื่อแทนที่ในน้ำ}} \right] (\text{SG ของน้ำ})$$

เมื่อความถ่วงจำเพาะของน้ำ = 1



ภาพที่ 1 การชั่งน้ำหนักในน้ำ ; (A) น้ำหนักภาชนะ+น้ำ และ (B) น้ำหนักภาชนะ+น้ำ+ลวด+ผลไม้

ตอนที่ 2 การศึกษาความสัมพันธ์ของค่าความถ่วงจำเพาะต่อระดับความรุนแรงของอาการเนื้อแก้ว

จากการทดลองในตอนที่ 1 พบว่า ค่าความถ่วงจำเพาะของผลมังคุดทั้ง 3 ระดับความแก่ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่เมื่อเก็บเกี่ยวและปล่อยให้ไว้นานขึ้นค่าความถ่วงจำเพาะของผลมังคุดมีแนวโน้มลดลงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นในการทดลองตอนที่ 2 จึงนำผลมังคุดที่เก็บเกี่ยวในวันที่ 13 - 26 มิ.ย 2540 ซึ่งคาดว่าจะมีทั้งผลปกติ และผลที่มีอาการเนื้อ

แก้วเล็กน้อย ปานกลาง รุนแรง ข้างไหล และเนื้อแก้วร่วมกับข้างไหล มาหาค่าความถ่วงจำเพาะ ภายในวันแรกหลังการเก็บเกี่ยวโดยใช้มังกุดทั้ง 3 ระดับดี วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ completely randomized design นำผลมังกุดมาศึกษาจำนวน 3 ครั้งๆ ละ 600 ผล (ทำการ ศึกษาติดต่อกัน 4 วันๆ ละ 150 ผล) รวม 1830 ผล เพื่อหาค่าความถ่วงจำเพาะ ผ่าผลและ ประเมินลักษณะอาการที่พบโดยใช้ผู้ประเมินจำนวน 3 คน ซึ่งแบ่งเป็น 6 ลักษณะ (ภาพที่ 2) คือ

ลักษณะที่ 1 เนื้อปกติ (ภาพที่ 2A)

ลักษณะที่ 2 เนื้อแก้วเล็กน้อย (มีอาการเนื้อแก้วร้อยละ 1 - 25 ของพื้นที่ผล ; ภาพที่ 2B)

ลักษณะที่ 3 เนื้อแก้วปานกลาง (มีอาการเนื้อแก้วร้อยละ 26 - 50 ของพื้นที่ผล ; ภาพที่ 2C)

ลักษณะที่ 4 เนื้อแก้วรุนแรง (มีอาการเนื้อแก้วมากกว่าร้อยละ 50 ของพื้นที่ผล ; ภาพที่ 2D)

ลักษณะที่ 5 ข้างไหลภายในผล (ภาพที่ 2E)

ลักษณะที่ 6 มีอาการเนื้อแก้วร่วมกับข้างไหลภายในผล (ภาพที่ 2F)

นำค่าที่ได้ไปหาความสัมพันธ์กับค่าความถ่วงจำเพาะ และวิเคราะห์เปรียบเทียบผลทางสถิติ



ภาพที่ 2 ลักษณะของมังกุดเนื้อปกติ (A), เนื้อแก้วเล็กน้อย (B), เนื้อแก้วปานกลาง (C), เนื้อแก้ว รุนแรง (D), ข้างไหล (E) และเนื้อแก้วร่วมกับข้างไหล (F)

การหาร้อยละของปริมาณน้ำในเปลือกและเนื้อผลมังคุด

จากการศึกษา พบว่ามีจำนวนผลมังคุดเนื้อปกติบางส่วนซึ่งจมลงไปกับมังคุดที่มีอาการเนื้อแฉ่ำด้วย และปริมาณน้ำที่ผลมังคุดได้รับนั้นอาจมีกระทบต่อระดับความรุนแรงของอาการเนื้อแฉ่ำ และค่าความถ่วงจำเพาะของผลมังคุดที่เปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นจึงศึกษาปริมาณของน้ำในเนื้อและเปลือกผลมังคุด โดยนำเอาผลมังคุดมาหาค่าความถ่วงจำเพาะ และผ่าผลประเมินลักษณะอาการ แบ่งเป็นเนื้อปกติที่มีค่าความถ่วงจำเพาะน้อยกว่า 1.00 เนื้อปกติที่มีค่าความถ่วงจำเพาะมากกว่า 1.00 ผลที่เป็นเนื้อแฉ่ำเล็กน้อย เนื้อแฉ่ำปานกลาง และเนื้อแฉ่ำรุนแรง มาหาปริมาณน้ำลักษณะละ 10 ผล / ครั้ง จำนวน 3 ครั้ง รวม 150 ผล โดยผลมังคุดนำมาแกะแยกเปลือก และเนื้อของแต่ละผลออกจากกัน นำไปชั่งน้ำหนักสด แล้วนำไปอบในตู้อบที่มีอุณหภูมิ 70 - 80 °C นาน 3 วัน แล้วนำมาชั่งน้ำหนักแห้ง ทำการบันทึกน้ำหนักแห้งแล้วนำไปอบต่อ ทำซ้ำจนได้น้ำหนักคงที่ใช้น้ำหนักครั้งสุดท้ายที่สุด และคำนวณหาร้อยละของน้ำในเนื้อผลมังคุดจาก

$$\text{ร้อยละของน้ำในเนื้อ หรือเปลือกผล} = \frac{\text{น้ำหนักสด} - \text{น้ำหนักแห้ง}}{\text{น้ำหนักสด}} \times 100$$

นำค่าที่ได้ไปวิเคราะห์ผลทางสถิติ โดยเปรียบเทียบปริมาณน้ำในเปลือก และในเนื้อผลของผลปกติที่มีค่าความถ่วงจำเพาะน้อยกว่า 1.00 และมากกว่า 1.00 ผลที่มีอาการเนื้อแฉ่ำเล็กน้อย ปานกลาง และรุนแรง

ตอนที่ 3 การคัดแยกมังคุดเนื้อแฉ่ำ ยางไหล และเนื้อแฉ่ำร่วมกับยางไหลออกจากผลปกติโดยใช้ความถ่วงจำเพาะ

หาช่วงค่าความถ่วงจำเพาะที่เหมาะสมในการคัดแยก และหาประสิทธิภาพในการคัดแยกมังคุดผลที่เป็นเนื้อแฉ่ำ ยางไหล และเนื้อแฉ่ำร่วมกับยางไหลออกจากมังคุดผลปกติ โดยนำผลมังคุดที่ทราบค่าความถ่วงจำเพาะและผลการผ่าประเมินลักษณะอาการของเนื้อผลภายใน ซึ่งแบ่งออกเป็น 6 กลุ่ม คือ ผลปกติ ผลที่เป็นเนื้อแฉ่ำเล็กน้อย เนื้อแฉ่ำปานกลาง เนื้อแฉ่ำรุนแรง ยางไหล และผลที่เป็นเนื้อแฉ่ำร่วมกับยางไหล (ภาพที่ 2) จำนวน 1830 ผล จากการทดลองในตอนที่ 2 นำค่าที่ได้ไปหาค่าต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. หากการกระจายของผลมั่งคุดแต่ละลักษณะในความถ่วงจำเพาะค่าต่างๆ โดยนำค่าความถ่วงจำเพาะของผลมั่งคุดที่คำนวณได้ ไปสัมพันธ์กับจำนวนผลมั่งคุดแต่ละลักษณะ และเลือกช่วงค่าความถ่วงจำเพาะที่เหมาะสมในการคัดแยก โดยพิจารณาจากค่าความถ่วงจำเพาะในช่วงที่มีผลปกติอยู่มากที่สุดแต่มีผลที่มีอาการผิดปกติปนอยู่น้อย

2. หาความแม่นยำในการคัดแยกมั่งคุดเนื้อแก้วและผลที่มีอาการผิดปกติลักษณะอื่นๆ ออกจากผลปกติ โดยแบ่งค่าความถ่วงจำเพาะที่ต้องการศึกษาออกเป็นค่าต่างๆ และหาจำนวนผลมั่งคุดแต่ละลักษณะเปรียบเทียบกับผลปกติที่คัดได้ในค่าความถ่วงจำเพาะแต่ละค่า

3. หาประสิทธิภาพในการคัดแยกมั่งคุดเนื้อแก้วและผลที่มีอาการผิดปกติลักษณะอื่นๆ ออกจากผลปกติ โดยนำจำนวนผลมั่งคุดแต่ละลักษณะที่คัดได้ถูกต้องของค่าความถ่วงจำเพาะแต่ละค่าทั้ง 4 ค่าที่ใช้ในการคัดแยก ไปคำนวณหาประสิทธิภาพในการคัดแยก ดังสูตร

$$\text{ประสิทธิภาพในการคัดแยก} = (A/B) \times 100$$

เมื่อ A = จำนวนของผลมั่งคุดลักษณะใดๆ ที่คัดได้ถูกต้อง

B = จำนวนผลมั่งคุดลักษณะใดๆ ที่นำมาคัดแยกทั้งหมด

ตอนที่ 4 การทดสอบวิธีการคัดแยกมั่งคุดเนื้อแก้วและผลปกติโดยใช้เทคนิค X - ray CT

1. การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เทคนิค X-ray CT ในการตรวจสอบอาการเนื้อแก้ว และลักษณะผิดปกติอื่นๆ ภายในผลมั่งคุด

นำมั่งคุดไปหาความถ่วงจำเพาะ และแบ่งออกเป็นกลุ่มต่างๆ ซึ่งคาดว่าจะมีผลมั่งคุดที่เนื้อปกติ และมีอาการผิดปกติภายในผลลักษณะต่างๆ โดยกลุ่มที่มีค่าความถ่วงจำเพาะน้อยกว่า 1.00 คาดว่าเป็นผลปกติ และกลุ่มที่มีค่าความถ่วงจำเพาะมากกว่า 1.00 คาดว่าเป็นผลที่มีอาการเนื้อแก้ว และผลที่มีอาการผิดปกติลักษณะอื่นๆ เช่น ยางไหล เนื้อแก้วร่วมกับยางไหลรวมอยู่ด้วย นำผลมั่งคุดที่มีลักษณะต่างๆ เหล่านี้ มาจัดให้แห้ง ทำเครื่องหมายบนผลทุกผล บรรจุลงในกล่องกระดาษ (ขนาด 10 x 12 นิ้ว) และนำไป scan ในแนวตัดขวางด้วย X-ray CT (เครื่อง X-ray CT ยี่ห้อ General electric ; GE รุ่น Prospeed SX ของสหรัฐอเมริกา) ที่ค่า 120 kV 200 mA ตัด slice หนา 5 mm และใช้เวลาในการ scan 2 วินาที โดยบันทึกภาพลงในฟิล์ม X-ray และผ่าผลมั่งคุดเปรียบเทียบกับลักษณะอาการกับภาพ X-ray CT ที่ได้ บันทึกภาพ X-ray ของผลที่มีเนื้อปกติ เนื้อแก้ว และผลที่มีอาการผิดปกติลักษณะอื่นๆ ไว้เป็นตัวอย่างในการประเมินผลต่อไป

2. การประเมินอาการผิดปกติภายในเนื้อผลมังคุด จากภาพ X-ray CT และการวัดค่าเลข CT ในบริเวณที่มีอาการผิดปกติ

คัดแยกผลมังคุดที่มีอาการเนื้อแก้ว และผลที่มีอาการผิดปกติอื่นๆ ออกจากผลปกติ โดยนำผลมังคุดในกลุ่มที่คาดว่าจะมีผลปกติ และผลที่มีอาการผิดปกติลักษณะต่างๆ คือ ผลที่มีอาการเนื้อแก้ว ผลที่มีอาการยางไหลภายในผล และผลที่มีอาการเนื้อแก้วร่วมกับยางไหลภายในผล จากวิธีความถ่วงจำเพาะ นำมาทำเครื่องหมายบนผลทุกผล และบรรจุลงในกล่องกระดาษ (ขนาด 10 x 12 นิ้ว) จำนวน 12 ผล / กล่อง นำไป scan ในแนวตัดขวางด้วย X-ray CT (เครื่อง X-ray CT ยี่ห้อ General electric ; GE รุ่น Prospeed SX ของสหรัฐอเมริกา) ที่ค่า 120 kV 200 mA ตัด Slice หนา 5 mm และใช้เวลาในการ scan นาน 2 วินาที. โดย scan ครั้งละ 1 กล่อง จำนวน 5 ครั้ง ประเมินภาพ X-ray CT ที่ได้ โดยใช้ผู้ประเมินจำนวน 3 คน ประเมินภาพจากการดูฟิล์ม X-ray และอ่านค่าของเลข CT โดยใช้โปรแกรมของเครื่อง X-ray CT ในบริเวณที่มีอาการผิดปกติ โดยอ่านค่าที่ได้ในแต่ละผล ผลละ 3 จุด / อาการ เปรียบเทียบกับผลที่ผ่าจริง นำค่าที่ได้ไปวิเคราะห์ผลทางสถิติ

สถานที่ที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยและรวบรวมข้อมูล

- ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ จังหวัดจันทบุรี
- ศูนย์วิจัยโรค เอ็ม อาร์ ไอ และเอ็กซ์เรย์คอมพิวเตอร์ชลบุรี จังหวัดชลบุรี

ระยะเวลาในการทดลอง

เดือนธันวาคม 2539 ถึงเดือนพฤศจิกายน 2540