

บทที่ 1

บทนำ

1. เหตุผลและสาเหตุที่ต้องดำเนินการวิจัย

ทุเรียนเป็นผลไม้เศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ปีการเพาะปลูก 2554 มีพื้นที่ปลูกทุเรียน 657,080 ไร่ ผลผลิต 508,603 ตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2554) ผู้บริโภคนิยมบริโภคเป็นผลไม้สด ทุเรียนพันธุ์หลงลับแล เป็นทุเรียนพื้นเมืองของจังหวัดอุตรดิตถ์ ลูกมีขนาดเล็กประมาณ 1 กิโลกรัม ไม่มีกลิ่น เมล็ดมีขนาดเล็กมาก เนื้อสีเหลืองอ่อน นุ่ม หอมและหวานพอดี ซึ่งเหมาะกับผู้บริโภคที่ชอบรับประทานทุเรียนแต่ไม่ชอบกลิ่นของทุเรียน

ในการปลูกทุเรียนจะต้องใช้ความชำนาญในการปลูกโดยใช้มีดผ่าไปที่ผลทุเรียนที่ละพู และแหวกออกเพื่อเอาเนื้อทุเรียนออกมา จากการใช้แรงงานคนในการผ่าผลทุเรียนจะทำให้เกิดความเมื่อยล้าและผู้ที่ไม่มีประสบการณ์อาจจะได้รับบาดเจ็บจากการถูกหนามทิ่มตำได้ ดังนั้น เครื่องปลูกทุเรียนแบบกึ่งอัตโนมัติที่สามารถปลูกได้เร็ว ใช้งานได้ง่ายและราคาเครื่องไม่แพง จึงมีความสำคัญต่อผู้ประกอบการที่ทำทุเรียนแกะใส่กล่องเพื่อจำหน่าย หรือกลุ่มเกษตรกรที่ทำทุเรียนแปรรูป เพื่อให้สามารถทำงานได้สะดวกสบายขึ้น ลดความเมื่อยล้าและมีความปลอดภัยในการทำงาน เป็นการพัฒนาและเพิ่มมูลค่าสินค้าเกษตร เป็นการส่งเสริมการท่องเที่ยวในจังหวัดอุตรดิตถ์ซึ่งมีการจัดงานมหกรรมทุเรียนหลง-หลินลับแลเป็นประจำทุกปี และสามารถพัฒนา ปรับปรุงเครื่องต้นแบบให้สามารถใช้ปลูกทุเรียนพันธุ์อื่นๆ ได้ในอนาคต

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1) เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพและสมบัติทางกลของผลทุเรียนพันธุ์หลงลับแล
- 2) เพื่อศึกษาวิธีการปลูกทุเรียนแบบกึ่งอัตโนมัติต้นแบบที่สามารถใช้ปลูกทุเรียนพันธุ์หลงลับแลได้
- 3) เพื่อทดสอบหาสมรรถนะของเครื่องต้นแบบและคุณภาพของทุเรียนหลังจากที่ปลูกด้วยเครื่องปลูกต้นแบบ

3. ขอบเขตของการวิจัย

ศึกษาสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกลของทุเรียนพันธุ์หลงลับแล ทำการออกแบบและสร้างเครื่องปลูกทุเรียนแบบกึ่งอัตโนมัติต้นแบบ ทดสอบหาสมรรถนะในการปลูกของเครื่องต้นแบบ โดยทำการทดสอบกับทุเรียนพันธุ์หลงลับแล และทดสอบคุณภาพของเนื้อทุเรียนหลังจากที่ปลูกด้วยเครื่องต้นแบบ อบรมให้ความรู้ต่อเกษตรกร แม่ค้าขายทุเรียน หรือบุคคลที่สนใจจำนวน 100 คน เพื่อเป็นการถ่ายทอดเทคโนโลยี

4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) ได้ข้อมูลลักษณะทางกายภาพและสมบัติทางกลของผลทุเรียนพันธุ์หลงลับแลเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบเครื่องมือต่างๆ
- 2) ได้เครื่องปลูกทุเรียนพันธุ์หลงลับแลแบบกึ่งอัตโนมัติที่มีความสามารถในการปลูกทุเรียนไม่ต่ำกว่า 20 ลูกต่อชั่วโมง

3) ผู้ประกอบการที่ทำทุเรียนแกะใส่กล่องเพื่อจำหน่าย หรือกลุ่มแปรรูปทุเรียนมีเครื่องปก
เปลือกทุเรียนต้นแบบให้ทำการศึกษาและทดลองใช้

บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

เนื่องจากทุเรียนแต่ละพันธุ์มีลักษณะรูปทรงผลและลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกัน ทุเรียนที่ปลูกในประเทศไทยจำแนกได้เป็น 6 กลุ่ม คือ 1) กลุ่มกบ 2) กลุ่มลวง เช่น พันธุ์ชะนี 3) กลุ่มก้านยาว 4) กลุ่มกำป็น เช่น พันธุ์หมอนทอง 5) กลุ่มทองย้อย และ 6) กลุ่มเบ็ดเตล็ด เช่น พันธุ์หลงลับแล (หิรัญ และคณะ, 2546)

ลักษณะทางกายภาพของผลทุเรียนและระดับความสุกแก่ มีความสำคัญต่อการออกแบบเครื่องปอกเปลือกทุเรียนแบบอัตโนมัติ รายงานการศึกษามีดังต่อไปนี้

Timkhum et al. (2009) ศึกษาวิธีการวัดเพื่อแบ่งระดับความสุกแก่ของผลทุเรียน โดยแบ่งระดับความสุกแก่เป็น 4 ระดับ พบว่า วิธี total soluble solids, Young's modulus, maximum diameter, sound, light reflectance และน้ำหนักแห้งของผลทุเรียน สามารถใช้ในการแบ่งระดับความสุกแก่ได้

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ มกอช. 3-2546 (2546) ได้กำหนดมาตรฐานของทุเรียน โดยกำหนดให้ลักษณะภายในชั้นต่ำของผลทุเรียนแก่ได้ที่ของแต่ละพันธุ์ เทียบเท่ากับข้อกำหนดในการค้าขายสำหรับทุเรียนที่มีความแก่ร้อยละ 75 โดยกำหนดให้ทุเรียนพันธุ์กระดุมทอง ชะนีและหมอนทอง จะต้องมือน้ำหนักเนื้อแห้งชั้นต่ำร้อยละ 27, 30, และ 32 ตามลำดับ

กมลวัชร และคณะ (2552) ได้ศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานทางไฟฟ้าของเนื้อทุเรียนกับค่าน้ำหนักแห้งเพื่อบ่งชี้ความสุกแก่ของทุเรียนหมอนทอง พบว่า ค่าความต้านทานที่มีค่ามากกว่า 20 กิโลโห์มหรือค่าความจุไฟฟ้าน้อยกว่า 100 นาโนฟาราดเป็นทุเรียนที่แก่ตามมาตรฐานเมื่อเทียบกับค่าน้ำหนักเนื้อแห้ง 32 เปอร์เซ็นต์

Kuson et al. (2009) ได้ศึกษาลักษณะทางกายภาพและพฤติกรรมทางกลของทุเรียนหมอนทองที่มีน้ำหนักผลเฉลี่ย 3.4 กิโลกรัม พบว่า ขนาดของแกนใหญ่ประมาณ 4 เท่าของความหนาเปลือก ซึ่งเป็นข้อจำกัดในการออกแบบขนาดของหัวเจาะของเครื่องปอกเปลือกทุเรียน และพบว่า ระดับการสุกแก่ของทุเรียนมีผลต่อสมบัติทางกล คือแรงดึงที่จุดขาด (rupture force) ลดลงเมื่อระดับความสุกแก่สูงขึ้น

จากการศึกษาข้อมูลจะพบว่า ข้อมูลส่วนใหญ่ที่มีการศึกษาและรายงานจะเป็นทุเรียนพันธุ์หมอนทอง แต่สำหรับทุเรียนพันธุ์หลงลับแลยังไม่พบรายงานการศึกษาลักษณะทางกายภาพหรือระดับความสุกแก่ ดังนั้นการศึกษาศมบัติทางกายภาพของทุเรียนพันธุ์หลงลับแลจึงมีความสำคัญเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบเครื่องปอกเปลือกทุเรียนต่อไป

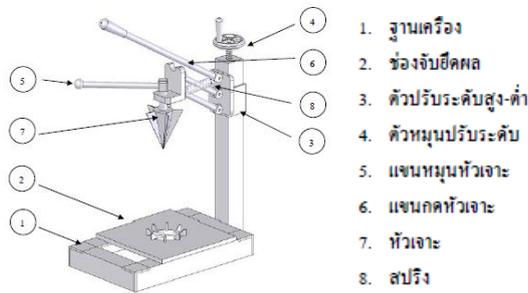
สำหรับเครื่องปอกเปลือกทุเรียนที่มีรายงานการศึกษา และสามารถรวบรวมได้มีดังต่อไปนี้

เสกสรร และกิตติเดช (สิทธิบัตรเลขที่ 22099, 2550) ได้ทำการออกแบบเครื่องผ่าทุเรียนดิบเพื่อการแปรรูป ซึ่งโครงสร้างทำจากเหล็กฉาก และใช้ใบมีดสแตนเลส 1 ใบเชื่อมติดกับแกนชักด้านบนและใช้เท้าเหยียบขณะปฏิบัติงาน โดยที่แกนชักจะเคลื่อนที่ขึ้นลงในแนวตั้งและใช้รอก น้ำหนักถ่วงและสลิงช่วยอำนวยความสะดวกและผ่อนแรงขณะทำงาน

เสกสรร (2545) พัฒนาเครื่องผ่าทุเรียนดิบเพื่อการแปรรูปโดยใช้ระบบไฮดรอลิก ใช้แรงงาน 1 คนในการจับทุเรียนที่ตัดขั้วแล้ววางบนแท่นผ่าและใช้เท้าเหยียบควบคุมคันบังคับใบมีดให้เคลื่อนที่ลงเพื่อผ่าทุเรียน เครื่องต้นแบบมีความสามารถในการทำงาน 357 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีความสูญเสีย

ของเนื้อทุเรียนที่ติดไปกับพูอื่น 3.80 เปอร์เซ็นต์ ค่าใช้จ่ายในการผ่านทุเรียนดิบ 0.054 บาทต่อ กิโลกรัม ระยะเวลาคั้นทุเรียน 0.63 ปี เครื่องมีน้ำหนัก 95 กิโลกรัม

อนุพันธ์ และปราโมทย์ (2552) พัฒนาเครื่องผ่าผลทุเรียนเพื่อการบริโภคผลสด เครื่องต้นแบบทำงานด้วยระบบกลไก (ภาพ 2.1) ฐานเครื่องขนาด 25 x 40 เซนติเมตร ทำจากเหล็ก ฉากขนาด 2 นิ้วครึ่ง (1) น้ำหนักเครื่อง 39 กิโลกรัม ช่องจับยึดเป็นวงกลมมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 เซนติเมตร ด้านบนเป็นครีบบ (2) สามารถปรับระดับความสูงต่ำเพื่อให้เหมาะสมกับความสูงของ ทุเรียนโดยใช้ตัวหมุนปรับระดับซึ่งมีลักษณะเป็นพวงมาลัยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร ต่อเชื่อมกับสกรู (4) หัวเจาะ มีลักษณะเป็นกรวยแหลมขนาด 4 เซนติเมตร มีครีบบรอบกรวยจำนวน 5 ครีบบ (7) แขนกดหัวเจาะยาว 45 เซนติเมตร ใช้สำหรับกดหัวเจาะขึ้นลงในแนวตั้ง(6) มีสปริง (8) ทำหน้าที่ดึงหัวเจาะกลับตำแหน่งเดิมเมื่อไม่มีแรงกด และแขนหมุนหัวเจาะยาว 20 เซนติเมตร ใช้สำหรับ โยกหัวเจาะในแนวระดับ (5)



ก) Schematic Diagram



ข) การทำงานของเครื่องต้นแบบ

ภาพ 2.1 เครื่องผ่าผลทุเรียนเพื่อการบริโภคผลสด (อนุพันธ์ และปราโมทย์, 2552)

หลักการทำงานของเครื่องผ่าผลทุเรียนต้นแบบ (ภาพ 2.1) นำผลทุเรียนวางบนช่องจับยึดโดยให้ขั้วผลอยู่ด้านบน ปลายผลอยู่ด้านล่าง หมุนปรับระดับหัวเจาะให้เหมาะสมกับความสูงของผล ทุเรียน หมุนหัวเจาะให้ครีบบตรงกับแนวเสาแตรกให้มากที่สุด กดให้แขนหัวเจาะลงบนผลทุเรียนจนสุด แล้วหมุนแขนหัวเจาะ เมื่อผลทุเรียนถูกเปิดออก ให้ยกแขนกดหัวเจาะ และนำทุเรียนออกจากเครื่อง จากรายงานการศึกษาและทดสอบเครื่องต้นแบบกับทุเรียนพันธุ์หมอนทอง เครื่องต้นแบบใช้เวลาในการเปิดผลไม่รวมเวลาที่ใช้ในการแกะด้วยมือเฉลี่ย 20 วินาที และเวลาเปิดผลรวมเฉลี่ย 1 นาที 40 วินาที สามารถเปิดผลทุเรียนสุกได้ดีที่ค่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง (%DM) 40 ขึ้นไป สำหรับทุเรียนห่าม ที่มีค่า %DM ต่ำกว่า 35 เปิดผลทุเรียนได้ยากหรือเปิดไม่ได้เลย ผลของการปกเปลือกแสดงดังภาพ



ก) ผลทุเรียนที่เปิดอย่างสมบูรณ์



ข) ความเสียหายของผลทุเรียนที่ห้าม



ค) ความเสียหายจากครีบเจาะไม่ตรงร่องพู

ภาพ 2.2 ผลของการเปิดผลด้วยเครื่องผ่าผลทุเรียนเพื่อการบริโภคผลสด (อนุพันธ์ และ ปราโมทย์, 2552)

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 การออกแบบและสร้างอุปกรณ์เพื่อช่วยในการศึกษาสมบัติทางกายภาพ

3.1.1 อุปกรณ์ช่วยวัดขนาด

การวัดขนาดผลทุเรียนซึ่งมีลักษณะไม่สมมาตร และผลทุเรียนไม่สามารถตั้งขึ้นตรงได้ ทำให้ไม่สามารถวัดขนาดความสูงและความกว้างได้อย่างสะดวก ภาพ 3.1



ก) วัดความสูงของผลทุเรียน



ข) วัดความกว้างของผลทุเรียน

ภาพ 3.1 การวัดขนาดผลทุเรียน

จากการวัดขนาดด้วยวิธีดังรูปที่ 3 จะเสียเวลาในการทำงานนาน จึงได้ออกแบบอุปกรณ์วัดขนาดเป็นลักษณะพื้นไม้วางอยู่บนรางเลื่อนและติดแถบวัดขนาด ดังภาพ 3.2 ในการวัดความสูงของผลทุเรียน จะวางด้านปลายผลติดกับผนังอีกด้านหนึ่งและเลื่อนพื้นไม้จนกระทั่งติดกับผนังอีกด้านหนึ่ง ทั้งนี้ ขั้วผลทุเรียนจะต้องลอดผ่านช่องเปิด อ่านค่าความยาวจากแถบวัด ในกรณีของการวัดความกว้างผล จะวางผลทุเรียนตามแนวขวางของรางเลื่อน อ่านค่า



ภาพ 3.2 อุปกรณ์วัดขนาดต้นแบบ

3.1.2 อุปกรณ์ช่วยวัดมุมเอียงระหว่างขั้วและปลายผล

เนื่องจากผลทุเรียนจะมีมุมเอียงระหว่างขั้วและปลายผล ซึ่งข้อมูลดังกล่าวเป็นข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบตำแหน่งติดตั้งช่องยึดผลและหัวเจาะ อุปกรณ์ที่ทำการออกแบบและสร้างแสดงดังรูปที่ 5 เนื่องจากพื้นอาจจะไม่เรียบสม่ำเสมอ จึงควรใช้ลูกดิ่งซึ่งเป็นอุปกรณ์เสริมที่หาซื้อได้ง่ายเป็นอุปกรณ์ช่วยในการปรับระดับแผ่นวัดมุมเอียงให้อยู่ในแนวตั้ง (0 องศา)



ภาพ 3.3 อุปกรณ์วัดมุมเอียงระหว่างซี่และปลายผล

3.1.3 อุปกรณ์ช่วยวัดปริมาตรของผลทุเรียน

การวัดหาปริมาตรของผลทุเรียนทำได้ยากจึงใช้วิธีการแทนที่ด้วยน้ำ เนื่องจากทุเรียนเมื่อแก่จะมีความหนาแน่นต่ำกว่าน้ำ เป็นผลให้ผลทุเรียนลอยตัว ดังนั้น จึงต้องใช้มือจับผลทุเรียนและกดลงไปให้ผลของทุเรียนจมลงในน้ำและวัดปริมาตรน้ำที่ล้นออกมาด้วยการชั่งน้ำหนัก หรือจะใช้วิธีการชั่งน้ำหนักผลทุเรียนในน้ำ ดังภาพ 3.4



ภาพ 3.4 การวัดหาปริมาตรของผลทุเรียนด้วยการแทนที่ด้วยน้ำ

การจับซี่ผลทุเรียนดังกล่าวด้วยมือ เป็นผลให้ข้อมูลที่ได้อาจจะสั่นได้ จึงได้ออกแบบอุปกรณ์เพื่อช่วยในการจับยึดผลทุเรียนให้อยู่ในกระเช้าและสามารถเคลื่อนที่ขึ้นลงน้ำได้อย่างนุ่มนวล ดังภาพ 3.5 เป็นผลให้วัดปริมาตรที่น้ำล้นหรือการชั่งน้ำหนักของผลทุเรียนในน้ำมีความถูกต้องมากขึ้น



ภาพ 3.5 อุปกรณ์ช่วยวัดปริมาตรของผลทุเรียน

3.2 ศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางกลของผลทุเรียน

3.2.1 ขนาดและรูปร่าง

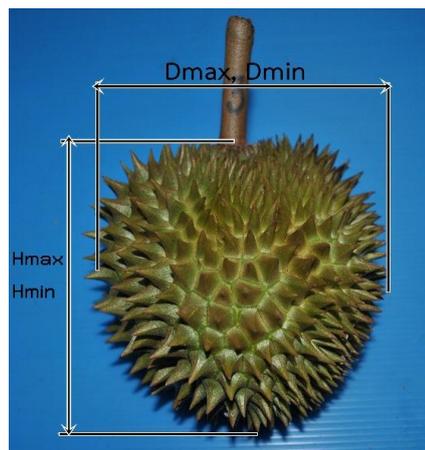
หาขนาดและรูปร่างของผลทุเรียน เพื่อหามิติต่างๆ ของผลทุเรียนได้แก่ น้ำหนักผล ขนาดความกว้างผล (D_{max} , D_{min}) และความยาวผล (H_{max} , H_{min}) โดยการวัดขนาด (ภาพ 3.6)

อุปกรณ์

- 1) อุปกรณ์วัดขนาดที่สร้างขึ้น
- 2) เครื่องชั่งน้ำหนัก
- 3) ผลทุเรียนพันธุ์หลงลับแลที่ระดับความสุกแก่ 4 ระดับ ขนาดผล 2 ขนาด ขนาดละ 3 ผล

วิธีการ

- 1) นำผลทุเรียนมาติดหมายเลขและชั่งน้ำหนักตามลำดับ
- 2) ใช้อุปกรณ์วัดหาขนาดความกว้างผล (D_{max} , D_{min}) และความยาวผล (H_{max} , H_{min})
- 3) ทำซ้ำจนครบ 24 ผล



ภาพ 3.6 การวัดหามิติต่างๆของผลทุเรียน

3.2.2 ปริมาตรของผลทุเรียน

หาปริมาตรของผลทุเรียนโดยนำทุเรียนไปกดในภาชนะบรรจุน้ำและให้น้ำล้นออกแล้วนำน้ำที่ล้นออกไปชั่งน้ำหนัก (ภาพ 3.7)

อุปกรณ์

- 1) ภาชนะสำหรับวัดปริมาตร
- 2) เขี่ยอก
- 3) เครื่องชั่งน้ำหนัก
- 4) ผลทุเรียนพันธุ์หลงลับแลที่ระดับความสุกแก่ 4 ระดับ ขนาดผล 2 ขนาด ขนาด

ละ 3 ผล

วิธีการ

- 1) นำทุเรียนไปกดในภาชนะบรรจุน้ำ ให้น้ำล้นออกลงเหยือกดังภาพ 3.7 แล้วนำน้ำที่ล้นออกไปชั่งน้ำหนัก บันทึกค่า
- 2) ทำซ้ำจนครบ 24 ผล



ภาพ 3.7 การวัดปริมาตรโดยใช้การแทนที่น้ำ

3.2.3 การหามุมในแนวตั้งระหว่างซั้วผลกับปลายผลทุเรียน

หามุมในแนวตั้งระหว่างซั้วผลกับปลายผลทุเรียน โดยให้ซั้วผลอยู่ในดิ่งแล้วหาการเปลี่ยนแปลงของมุมที่ปลายผล

อุปกรณ์

- 1) ชุดทดสอบหามุมในแนวตั้งระหว่างซั้วผลกับปลายผลทุเรียน (ภาพ 3.8)
 - 2) ปากกา Permanent
 - 3) ผลทุเรียนพันธุ์หลงลับแลที่ระดับความสุกแก่ 4 ระดับ ขนาดผล 2 ขนาด ขนาด
- ละ 3 ผล

วิธีการ

- 1) ใช้ปากกา Permanent ทำเครื่องหมายตามลำดับพูในแต่ละผล
- 2) นำผลทุเรียนแขวนกับชุดทดสอบหามุมโดยปรับให้จุดเริ่มต้นของมุมไม่จรดกับซั้วผลพอดี
- 3) อ่านคามุมของปลายผลที่กระทำในแนวตั้งจากเส้นองศาบนแผ่นอะคลีลิกของชุดทดสอบในระดับสายตา
- 4) ใช้แนวเสาแทรกของพูเอกเป็นจุดอ้างอิงในการวัด
- 5) ทำซ้ำในแต่ละผลจนครบ 24 ผล



ภาพ 3.8 การหามุมในแนวตั้งระหว่างขั้วผลกับปลายผลทุเรียน

3.2.4 ขนาดความกว้างของพูผลทุเรียน

หาขนาดความกว้างของพูผลทุเรียน ไตแก ความกว้างพู (D) และความยาวพู (H) โดยการวัดขนาด

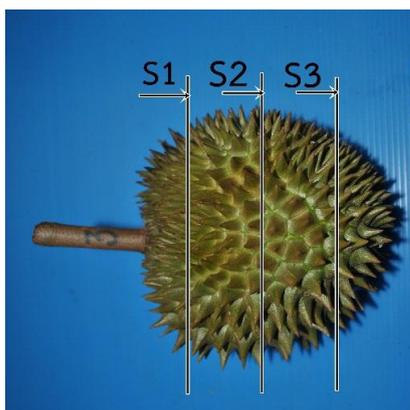
อุปกรณ์

- 1) เวอร์เนียคาลิเปอร์
- 2) มีด
- 3) ปากกา Permanent
- 4) แผ่นอะคริลิกใส
- 5) ผลทุเรียนพันธุ์หลงลับแลที่ระดับความสุกแก่ 4 ระดับ ขนาดผล 2 ขนาด ขนาด

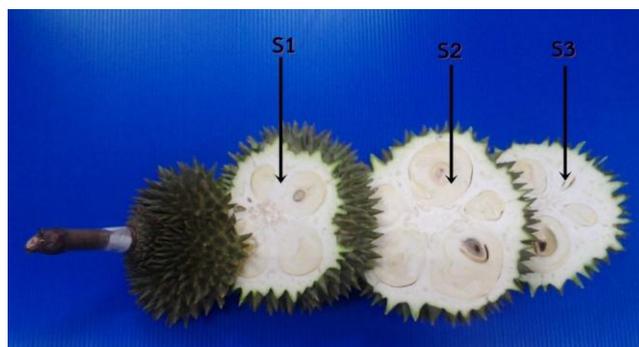
ละ 3 ผล

วิธีการ

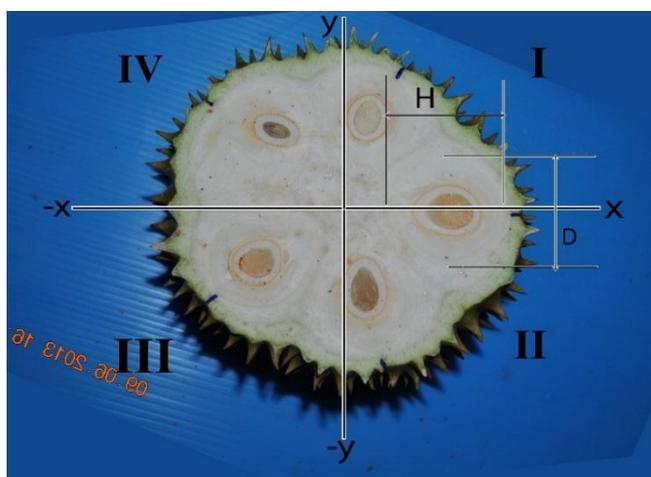
- 1) ลากเส้นด้วยปากกา Permanent ตามความยาวผลเพื่อเป็นเครื่องหมายของแนวเสาแทรก (รอยต่อเปลือก)
- 2) นำผลทุเรียนมาแบ่งตามความยาวของผลออกเป็น 4 ส่วน (ภาพ 3.9)
- 3) ใช้มีดผ่าทุเรียนตามที่แบ่งไว้ได้ Section S1, S2 และ S3 (ภาพ 3.10)
- 4) ใช้แผ่นอะคริลิกใส ทาบลงบนส่วนตัดของผลทุเรียน
- 5) นำเวอร์เนียคาลิเปอร์วัดมิติของพูดังภาพ 3.11 โดยวัดทุกพูเริ่มจากพูเอก(พูที่สมบูรณ์ที่สุด) ลำดับพูหมุนทวนเข็มนาฬิกา
- 6) ทำซ้ำตาม Section S1, S2 และ S3 จนครบ 24 ผล



ภาพ 3.9 การตัด Section



ภาพ 3.10 ลักษณะผลทุเรียนที่ผ่านการผ่า Section



ภาพ 3.11 มิติการวัดหาความกว้างพู

3.2.5 ขนาดไสผล ความหนาของเปลือกตรงแนวเสาแทรกและความสูงหนาม

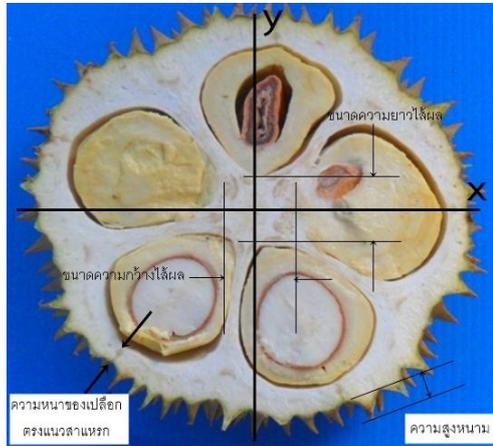
หาขนาดไสผลและความหนาเปลือกของผลทุเรียน ได้แก่ หาขนาดไสผลแต่ละ Section และหาความหนาของเปลือกตรงแนวเสาแทรกทุกพู ของทุก Section

อุปกรณ์

- 1) เวอร์เนียคาลิปเปอร์
- 2) แผ่นอะคลิลิกใส
- 3) ผลทุเรียนพันธุ์หลงลับแลที่ตัดเป็น Section แล้ว

วิธีการ

- 1) ใช้แผ่นอะคลีลิกใสตีเส้น ทาบลงบนส่วนตัดของผลทุเรียน
- 2) นำเวอร์เนียคาลิปเปอร์วัดมิติของพูดังกล่าว ภาพ 3.12
- 3) ทำซ้ำตาม Section S1, S2 และ S3 จนครบ 24 ผล



ภาพ 3.12 มิติการหาขนาดใส่ผลและความหนาเปลือก

3.2.6 การหามุมระหว่างพู

หามุมการวางตัวของพูผลทุเรียน ได้แก่ หามุมระหว่างพูในแต่ละพูและนับจำนวนพูของผลทุเรียนของทุก section

อุปกรณ์

- 1) วงกลมวัดมุม
- 2) อะคลีลิกใส
- 3) ผลทุเรียนที่ตัดเป็น Section แล้ว

วิธีการ

- 1) ใช้แผ่นอะคลีลิกใสทาบลงบนส่วนตัดของผลทุเรียน
- 2) นำวงกลมวัดมุม วัดองศาจากเสาแหวกของพูเอกไปยังอีกเสาแหวกถัดไปในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา (ภาพ 3.13) วัดจนครบรอบ
- 3) ทำซ้ำในแต่ละ Section ของแต่ละผลจนครบ 24 ผล



ภาพ 3.13 การวัดหามุมวางตัวของพูทุเรียน

3.2.7 การทดสอบความแข็งของเปลือกทุเรียน (hardness)

อุปกรณ์

- 1) เครื่อง Texture Analyzer
- 2) ผลทุเรียนพันธุ์หลงลับแลที่ระดับความสุกแก่ 4 ระดับ ขนาดผล 2 ขนาด ขนาดละ 3 ผล

วิธีการ

- 1) นำผลทุเรียนไปวางที่แท่นทดสอบของเครื่อง Texture Analyzer ดังภาพ 3.14 ใช้หัวกดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.95 mm ตั้งค่ากดที่ความลึก 5 mm ความเร็ว 20 mm/min
- 2) ทดสอบความแข็งของเปลือกโดยกดที่แนวเสาแทรกที่ตำแหน่งกึ่งกลางผล (S2) โดยเริ่มจากพูเอก แล้วหมุนทวนเข็มนาฬิกาสำหรับพูต่อไป ทดสอบจนครบรอบ
- 3) ทำซ้ำจนครบ 24 ผล



ภาพ 3.14 การทดสอบความแข็งเปลือกทุเรียน

3.2.8 การหาแรงดึงเปลือกตามแนวเสาแทรก (tensile stress)

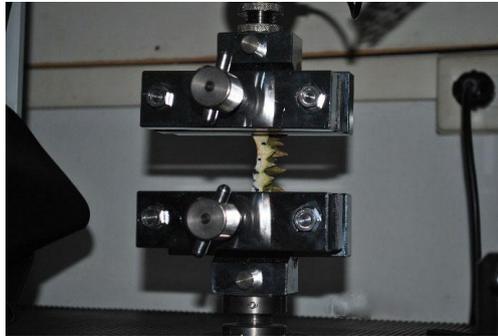
อุปกรณ์

- 1) เครื่อง Universal testing machine (UTM) (ภาพ 3.15)
- 2) ปาก Permanent
- 3) เวอร์เนียคาลิเปอร์
- 4) อุปกรณ์ตัดชิ้นทดสอบ
- 5) เปลือกทุเรียนในแต่ละพู ที่ระดับความสุกแก่ 4 ระดับ ขนาดผล 2 ขนาด ขนาดละ 3 ผล

วิธีการ

- 1) นำเปลือกทุเรียนในแต่ละพูของแต่ละ Section มาตัดชิ้นทดสอบโดยตัดให้มีความกว้าง 10 mm
- 2) ทำเครื่องหมายของแต่ละชิ้นตามลำดับ
- 3) นำเปลือกตัวอย่างวัดความกว้างและความหนา

- 4) นำไปทดสอบแรงดึงเปลือกกับเครื่อง UTM ที่ความเร็ว 25 มิลลิเมตรต่อนาที ดึงจนกว่าเปลือกขาด (ภาพ 3.15)
- 5) นำค่าที่วัดได้คือ ค่าการต้านแรงดึง (N/mm^2) และค่าการต้านการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของวัตถุ ไปวิเคราะห์เพื่อศึกษาอิทธิพลของตำแหน่งเปลือก



ภาพ 3.15 เครื่อง Universal testing machine และการจับชิ้นเปลือกทุเรียน

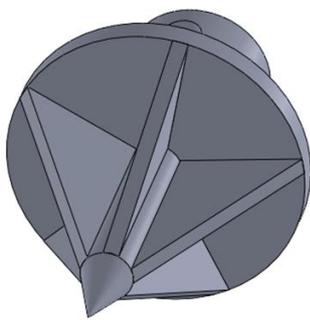
3.3 ออกแบบเครื่องปอกเปลือกทุเรียนพันธุ์หลงลับแบบกึ่งอัตโนมัติ

จากผลการศึกษาในข้อที่ 3.2 จะได้รูปแบบของตัวจับยึดผลทุเรียน รูปแบบของหัวกดและ มุมที่เหมาะสมในการฉีกเปลือกออก

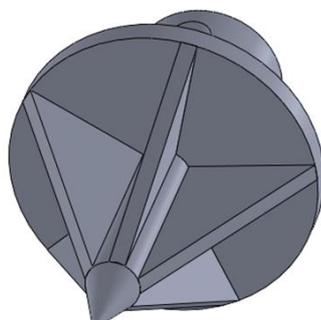
ผลการออกแบบหัวเจาะเพื่อปอกเปลือกทุเรียน รูปแบบของหัวเจาะที่ทำการศึกษา แบ่งเป็น 2 แบบคือ หัวเจาะแบบหมุนแหวกเปลือก และหัวเจาะแบบฉีกเปลือก

1) รูปแบบของหัวเจาะแบบหมุนแหวกเปลือก

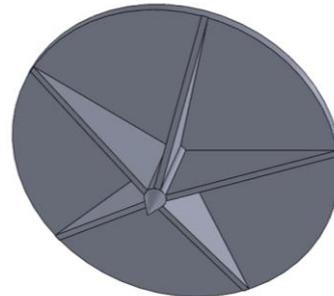
จากผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพของทุเรียนพันธุ์หลงลับแลในเบื้องต้น พบว่า ทุเรียนส่วนใหญ่มีจำนวนพู 5 พูต่อลูก จึงได้ทำการออกแบบหัวเจาะแบบหมุนแหวกเปลือกเป็นแบบกรวยมีครีบกจำนวน 5 ครีบ และให้ครีบบีมุมเอียงต่างกัน 3 รูปแบบคือ 1) แบบกรวยมีครีบเอียงทำมุม 30 องศา 2) แบบกรวยมีครีบเอียงทำมุม 45 องศา และ 3) แบบกรวยมีครีบเอียงทำมุม 60 องศา แต่ละรูปแบบออกแบบให้ที่ปลายหัวเจาะเป็นรูปกรวยแหลมเพื่อกดนำลงบนเปลือกทุเรียน แต่ละครีบทำคมทั้งสองด้านและทำมุมระหว่างครีบ 72 องศา กำหนดให้หัวเจาะกดได้ลึกสุด 4 เซนติเมตร เมื่อกดได้ระยะที่กำหนดจะทำการบิดหมุนเพื่อแหวกเปลือก รูปแบบหัวเจาะแบบหมุนแหวกเปลือกแสดงดังภาพ 3.16



ก) ครีบเอียง 30 องศา



ข) ครีบเอียง 45 องศา

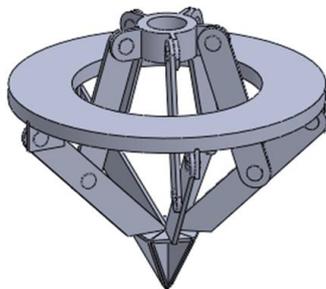


ค) ครีบเอียง 60 องศา

ภาพ 3.16 รูปแบบของหัวเจาะแบบหมุนแหวกเปลือก

2) รูปแบบของหัวเจาะแบบฉีกเปลือก

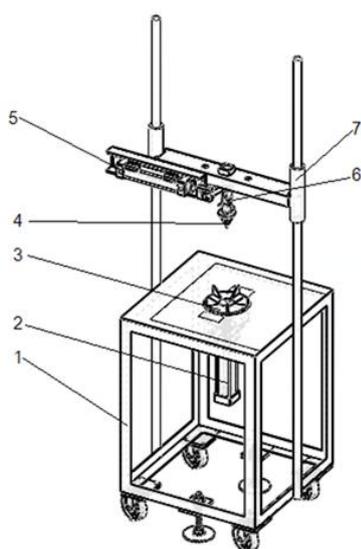
หัวเจาะอีกรูปแบบหนึ่งที่ทำกรออกแบบคือ หัวเจาะแบบแหวกเปลือก (ภาพ 3.17) โดยใช้หลักการในการกดหรือเจาะลงไปทีปลายผลทุเรียนและแหวกเปลือกออก



ภาพ 3.17 รูปแบบของหัวเจาะแบบแหวกเปลือก

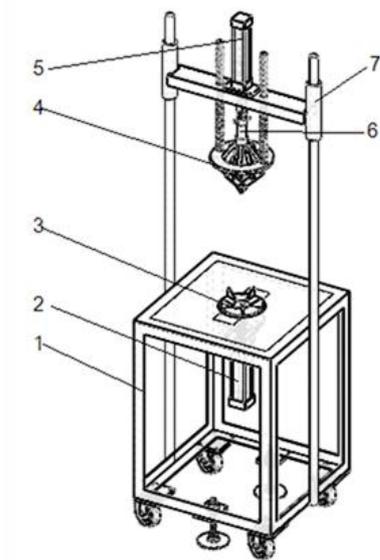
หัวเจาะแต่ละรูปแบบจะทำการศึกษาหาแรงกดและภาระบิตที่ใช้ในการแหวกเปลือกทุเรียน ด้วยอุปกรณ์วัดแรงและภาระบิตที่สร้างขึ้น (รัตนา และเกดิษฐ์, 2558) ทำการศึกษาทุเรียนที่ระดับความสุกแก่ 5 ระดับ ระดับละ 3 ลูก เลือกรูปแบบหัวเจาะที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากแรงและภาระบิตที่ใช้ และคุณภาพของการปอกเปลือกทุเรียน

เครื่องปอกเปลือกทุเรียนแบบกึ่งอัตโนมัติต้นแบบที่ทำกรออกแบบ กำหนดให้สามารถปอกเปลือกทุเรียนที่ผลมีขนาดความสูงหรือความหนาเปลือกที่แตกต่างกันได้ และเครื่องต้นแบบที่สร้างขึ้นสามารถใช้ทั้งหัวเจาะแบบหมุนแหวกเปลือกและหัวเจาะแบบแหวกเปลือกได้ ทั้งนี้ให้สามารถวัดแรงกดและภาระบิตด้วยอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นได้ เครื่องต้นแบบที่ใช้ทดลองหัวเจาะแบบหมุนแหวกเปลือก แสดงดังภาพ 3.18 และเครื่องต้นแบบที่ใช้ทดลองหัวเจาะแบบแหวกเปลือก แสดงดังภาพ 3.19



1. โครงหลัก
2. กระจกนิวเมติกส์ 1
3. ช่องจับยึดผล
4. ชุดหัวเจาะแบบบิดผล
5. กระจกนิวเมติกส์ 2
6. อุปกรณ์วัดแรงและภาระบิต
7. ชุดปรับเลื่อนคาน (ขึ้น-ลง)

ภาพ 3.18 เครื่องต้นแบบที่ใช้ทดลองหัวเจาะแบบหมุนแหวกเปลือก

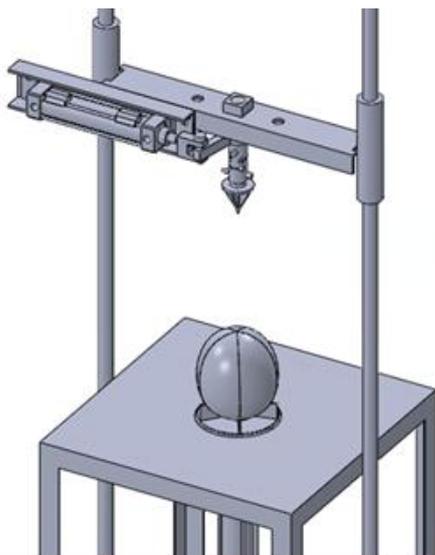


1. โครงหลัก
2. กระจกนิวเมติกส์ 1
3. ช่องจับยึดผล
4. ชุดหัวเจาะแบบแหวกผล
5. กระจกนิวเมติกส์ 2
6. อุปกรณ์วัดแรงและภาระบิด
7. ชุดปรับเลื่อนคาน (ขึ้น-ลง)

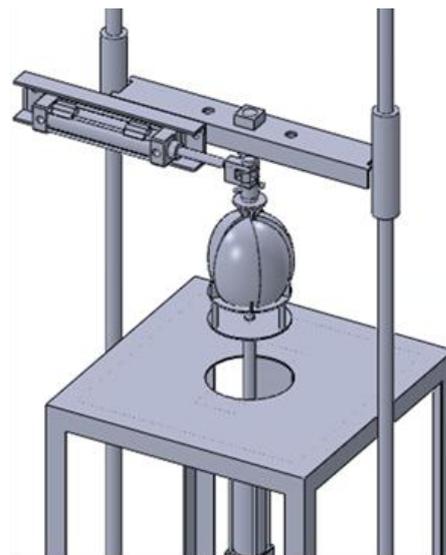
ภาพ 3.19 เครื่องต้นแบบที่ใช้ทดลองหัวเจาะแบบแหวกเปลือก

หลักการในการทำงานของเครื่องปอกเปลือกทุเรียนแบบกึ่งอัตโนมัติต้นแบบ

- 1) นำผลทุเรียนวางอยู่บนอุปกรณ์จับยึดทุเรียนโดยคว่ำก้านลง ทางปลายผลทุเรียนอยู่ด้านบน (ภาพ 3.20ก และภาพ 3.21ก)
- 2) ใช้ระบบนิวแมติกส์เคลื่อนที่ให้ผลทุเรียนยกตัวสูงขึ้นให้ไปชนกับชุดหัวกดทุเรียน และกดลงไปบนผลทุเรียนลึก 3 เซนติเมตร โดยใช้ลิimitsวิตช์เป็นตัวควบคุมความสูงในการเคลื่อนที่
- 3) ใช้กระจกนิวเมติกส์อีกตัวหนึ่งเคลื่อนที่เพื่อหมุนชุดหัวแหวกทุเรียนให้หมุนทำมุมกับลูกทุเรียนเพื่อเป็นการฉีกหรือแหวกเปลือกให้ขาดจากกัน (ภาพ 3.20ข) หรือเคลื่อนที่ลงเพื่อแหวกเปลือกทุเรียนให้ฉีกออก (ภาพ 3.21ข)
- 4) นำทุเรียนออกจากเครื่องและแกะเนื้อออก

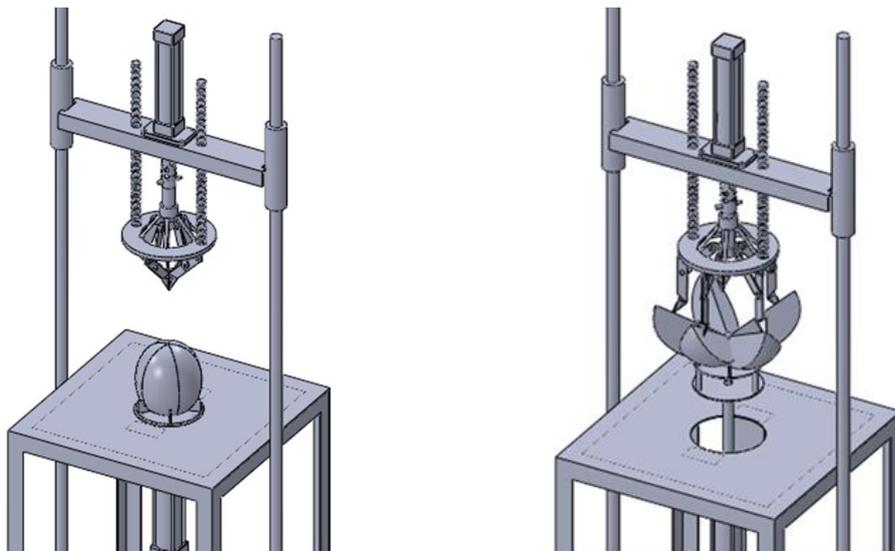


ก) นำผลทุเรียนวางอยู่บนอุปกรณ์จับยึดทุเรียน



ข) นิวแมติกส์ตัวที่ 2 หมุนแหวกเปลือก

ภาพ 3.20 การทำงานของเครื่องปอกเปลือกทุเรียน แบบหัวเจาะแบบหมุนแหวกเปลือก

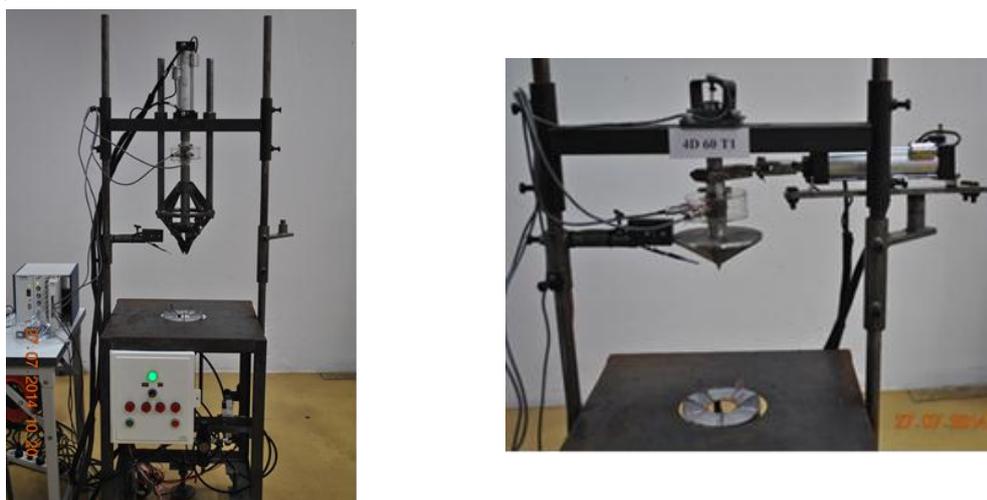


ก) นำผลทุเรียนวางอยู่บนอุปกรณ์จับยึดทุเรียน ข) นิวแมติกส์ตัวที่ 2 กดแหวกเปลือก
 ภาพ 3.21 การทำงานของเครื่องปกเปลือกทุเรียน แบบหัวเจาะแบบแหวกเปลือก

ในการออกแบบเครื่องปกเปลือกทุเรียนนี้จะคำนึงถึงหลักการทางกายศาสตร์ (Ergonomics) เพื่อออกแบบความสูงของเครื่องให้เหมาะสมกับรูปร่างของผู้ปฏิบัติงาน เพื่อลดความเมื่อยล้าและความสะดวกสบายในการทำงาน รวมถึงได้ออกแบบให้ผู้ปฏิบัติงานมีความปลอดภัยจากกรณีไฟฟ้ารั่วโดยติดตั้งระบบกันไฟดูด และคำนึงถึงความสะอาดของเนื้อทุเรียนและความปลอดภัยในกรณีที่ลูกทุเรียนหลุดออกจากแท่นรองผล โดยออกแบบให้มีกรอบใส่ล้อมรอบบริเวณชุดปกเปลือก

3.4 สร้างเครื่องปกเปลือกทุเรียนต้นแบบ

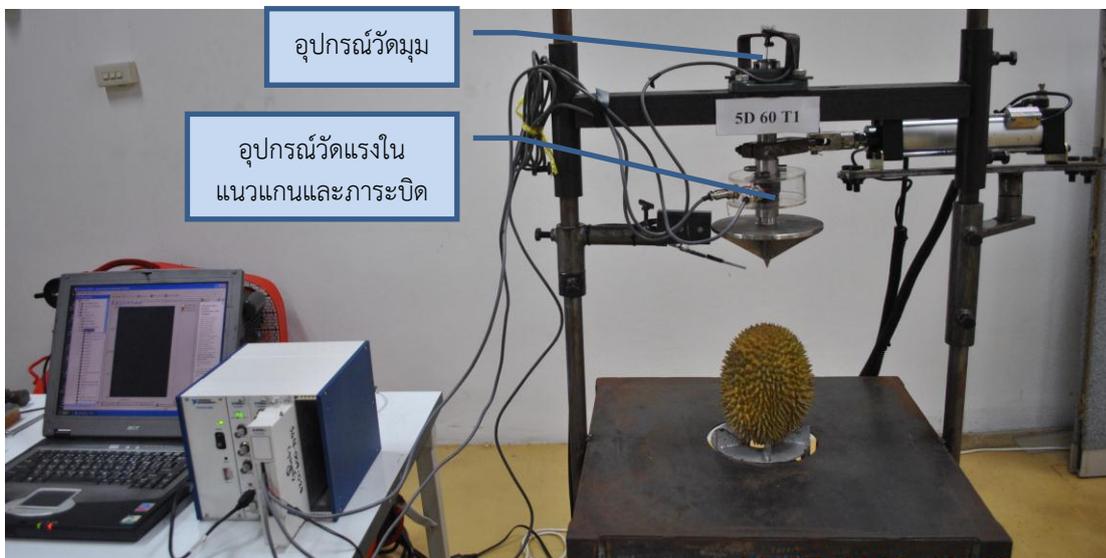
จากผลของการออกแบบเครื่องปกเปลือกทุเรียนพันธุ์หลงลับแลแบบกึ่งอัตโนมัติดังภาพ 3.18 และภาพ 3.19 ทำการสร้างเครื่องต้นแบบโดยโครงสร้างทำด้วยเหล็ก หัวเจาะแบบหมุนแหวกเปลือกทำด้วยสแตนเลส และหัวเจาะแบบแหวกเปลือกทำด้วยเหล็ก เครื่องต้นแบบที่ทำการสร้างแสดงดังภาพ 3.22



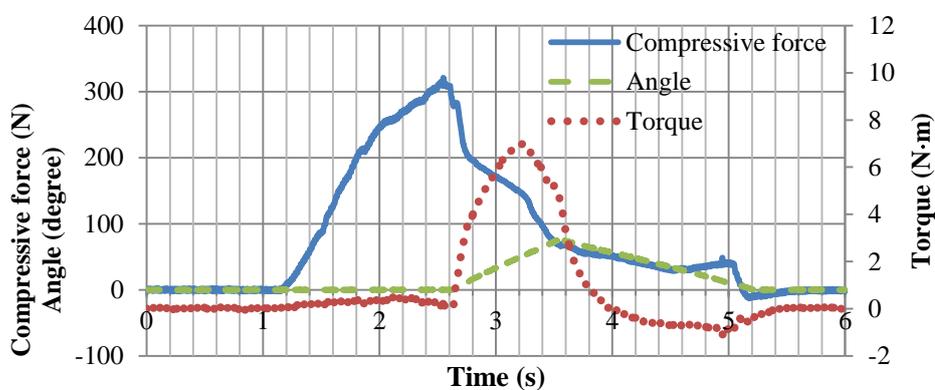
ก) หัวเจาะแบบแหวกเปลือก ข) หัวเจาะแบบหมุนแหวกเปลือก
 ภาพ 3.22 เครื่องปกเปลือกทุเรียนแบบกึ่งอัตโนมัติต้นแบบ

3.5 ทดสอบหาสมรรถนะของเครื่องต้นแบบ

เครื่องปอกเปลือกทุเรียนต้นแบบที่ทำการออกแบบและสร้าง เพื่อศึกษาการปอกเปลือกทุเรียนเบื้องต้น ทดสอบหาแรงกระทำในแนวแกนและภาระบิดที่ใช้ในการปอกเปลือกทุเรียน และความสามารถในการปอกเปลือกทุเรียนจากเครื่องต้นแบบ ทำโดยการติดตั้งอุปกรณ์วัดแรงในแนวแกนและภาระบิดซึ่งทำการศึกษาโดย รัตนา และเกติษฐ์ (2558) และทำการจับเวลาในการทำงานตั้งแต่เริ่มวางทุเรียนจนกระทั่งแกะเปลือกเอาเนื้อทุเรียนออกมาใส่ภาชนะ เครื่องปอกเปลือกทุเรียนต้นแบบและการติดตั้งเครื่องมือวัด แสดงดังรูปที่ 25 ประกอบด้วย 1) โครงสร้างหลัก, 2) ชุดปอกเปลือกที่ใช้ระบบนิวแมติกส์, 3) ลิมิตสวิตช์ 4) ระบบเครื่องมือวัด ซึ่งประกอบด้วย ก) อุปกรณ์วัดแรงในแนวแกนและภาระบิดที่ได้พัฒนา และ ข) อุปกรณ์วัดมุม ซึ่งได้นำ Potentiometer มาประยุกต์ใช้ บันทึกข้อมูลและประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์ ตัวอย่างของการวิเคราะห์ผลของการวัดแรงและภาระบิด ที่สภาวะต่างๆ แสดงดังภาพ 3.24



ภาพ 3.23 เครื่องปอกเปลือกทุเรียนแบบกึ่งอัตโนมัติต้นแบบกับเครื่องมือวัด



ภาพ 3.24 ลักษณะของแรงและภาระบิดที่ใช้ในการหมุนเจาะแหวกปอกเปลือกทุเรียน

ทำการทดลองกับหัวข้อ 4 รูปแบบ โดยทำการศึกษาจากผลทุเรียนที่ระดับความสุกแก่ 5 ระดับ โดยพิจารณาจากจำนวนวันหลังการเก็บเกี่ยวคือ ทำการทดลองที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 วันหลังการเก็บเกี่ยว วางแผนการทดสอบแบบ Factorial in RCB จำนวน 3 ซ้ำ

3.6 วิเคราะห์คุณภาพของทุเรียนหลังจากที่ปอกเปลือกด้วยเครื่องต้นแบบ

ทุเรียนหลังจากที่ถูกปอกด้วยเครื่องปอกเปลือกต้นแบบ จะทำการตรวจสอบคุณภาพ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) ตรวจสอบความสามารถในการปอกเปลือก โดยกำหนดไว้ 2 ระดับคือ 0 = เปิดเปลือกไม่ออก และ 1 = เปิดเปลือกออก

2) ตรวจสอบระดับความเสียหายของเนื้อที่ได้รับผลกระทบจากการปอกเปลือก โดยกำหนดไว้ 3 ระดับคือ 0 = ไม่เสียหาย 1 = น้อยไม่มาก 2 = น้อยมาก และ 3 = ทำลาย

3) การวิเคราะห์ปริมาณ soluble solids (SS) วัดน้ำคั้นของเนื้อผลบริเวณกลางผลโดยใช้ hand refractometer อ่านค่าเป็น ° Brix

อุปกรณ์

ก) เครื่องวัดความหวาน pocket referactometer PAL-1

ข) เครื่องปั่น

ค) แก้วใส่เนื้อทุเรียน

ง) เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอล

จ) เนื้อทุเรียน

วิธีการ

ก) ชั่งเนื้อทุเรียน 20 กรัม และ น้ำสะอาด 60 กรัม

ข) ปั่นให้ละเอียด กรองด้วยผ้าขาวบาง

ค) นำน้ำเนื้อทุเรียนหยดลงในเครื่องวัดความหวานบันทึกผล ทำการทดสอบ 3 ซ้ำ

4) เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง (%DM) เพื่อวัดหาเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งของเปลือกทุเรียน และของเนื้อทุเรียน

อุปกรณ์

ก) เครื่องชั่งดิจิตอล

ข) ตู้อบความร้อน ยี่ห้อ memmert

ค) ถ้วยฟอยด์

ง) เปลือกทุเรียน หรือเนื้อทุเรียน

วิธีการ

ก) นำเปลือกทุเรียนหั่นให้เป็นชิ้นเล็กๆใส่ถ้วยฟอยด์ แล้วนำไปชั่งน้ำหนักให้ได้ประมาณ 20 กรัม บันทึกผล

ข) นำเปลือกทุเรียนที่ชั่งแล้วไปอบในตู้อบความร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 48 ชั่วโมง บันทึกผล

ค) ทำซ้ำจนครบทุกผล

ง) คำนวณหาเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งของเปลือกทุเรียน ดังสมการ

$$\text{น้ำหนักแห้ง (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักหลังอบ} \times 100}{\text{น้ำหนักก่อนอบ}}$$

จ) ทำซ้ำในข้อ ก) ถึง ง) โดยเปลี่ยนจากเปลือกทุเรียนเป็นเนื้อทุเรียน

3.7 วิเคราะห์ข้อมูลและจัดทำรายงาน

จากผลการทดสอบในข้อที่ 3.5 และ 3.6 พิจารณาหาแรงกดสูงสุด ภาระบิดสูงสุด และงานที่ใช้ในการหมุนแหวกเปลือก

3.8 อบรมเผยแพร่ผลงาน

จากผลของการทดสอบ ได้ทำการสร้างเครื่องปอกเปลือกทุเรียนพันธุ์หลงลับแลแบบกึ่งอัตโนมัติอีกเครื่องหนึ่งซึ่งทำจากสแตนเลสและมีแผ่นกันพื้นที่การทำงานเพื่อความสะอาดและความปลอดภัย แสดงดังภาพ 3.25 เพื่อใช้ในการจัดฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการเพื่อเผยแพร่ผลงานและถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กับบุคคลที่สนใจ



ภาพ 3.25 เครื่องปอกเปลือกทุเรียนพันธุ์หลงลับแลแบบกึ่งอัตโนมัติ

บทที่ 4
ผลและการวิเคราะห์ผลการวิจัย

4.1 ผลการวัดขนาดและรูปร่าง

ผลการทดสอบวัดหามิติต่างๆของทุเรียนพันธุ์หลงลับแลปลายฤดูการผลิตที่จำหน่ายที่ตลาดเทศบาลตำบลหัวดง อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ จำนวน 24 ผล โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่มตัวอย่างคือ ผลขนาดเล็ก และผลขนาดปานกลาง แสดงดังตาราง 4.1

ตาราง 4.1 ผลการวัดหามิติต่างๆของผลทุเรียนพันธุ์หลงลับแล

ขนาดผล	ลูกที่	น้ำหนัก (kg)	ขนาดความโตของผล (cm)		ขนาดความสูงผล (cm)		ขนาดของปลิง (mm)		มุมระหว่างซั้วผลกับปลายผล
			D _{max}	D _{min}	H _{max}	H _{min}	D	H	
เล็ก	1	0.730	12.8	11.8	15.0	14.3	15.1	48.4	4
	2	0.790	13.3	13.0	14.1	13.9	12.6	47.6	-15
	3	0.750	13.2	13.0	14.5	14.3	13.3	48.3	7
	4	0.780	13.2	12.5	14.6	14.1	17.2	47.5	5
	5	0.780	13.2	12.4	14.4	14.0	13.8	52.1	-12
	6	0.760	13.3	11.0	14.7	14.4	14.1	40.4	8
	7	0.775	13.6	11.5	14.7	14.5	12.2	50.6	-8
	8	0.700	13.0	11.5	14.3	13.8	12.2	41.8	2
	9	0.750	12.7	12.5	14.2	12.7	13.7	44.6	3
	10	0.790	14.6	12.4	14.0	13.5	10.7	55.7	5
	11	0.795	14.0	11.5	16.5	15.5	12.6	58.3	50
	12	0.785	14.0	13.0	14.3	14.0	14.2	57.4	-13
	เฉลี่ย	0.765	13.4	12.2	14.6	14.1	14.0	49.4	3.0
	SD	0.029	0.55	0.69	0.66	0.66	1.50	5.73	17.02
กลาง	1	0.840	13.8	13.0	14.3	14.2	15.0	42.3	-6.0
	2	0.870	14.1	11.4	16.2	16.0	15.0	57.1	-5.0
	3	0.925	14.2	12.3	16.0	15.8	15.6	42.5	-2.0
	4	0.835	14.0	13.7	15.2	14.7	15.1	54.2	-3
	5	0.885	14.5	13.0	15.0	15.0	14.9	53.4	-14
	6	0.825	13.5	12.6	13.5	13.0	14.8	41.0	-3
	7	0.905	13.5	12.6	16.5	14.0	13.8	50.4	-15
	8	0.845	13.7	11.9	15.3	15.0	14.4	51.2	-10
	9	0.980	15.0	12.5	15.6	15.0	13.0	49.8	-4
	10	0.955	13.5	13.2	18.0	16.0	16.3	44.9	2
	11	0.960	14.0	13.6	16.3	16.0	15.4	52.3	4
	12	0.825	14.0	13.3	14.5	13.0	12.2	49.8	5
	เฉลี่ย	0.888	14.0	12.76	15.53	14.81	14.64	49.08	-4.2
	SD	0.055	0.47	0.69	1.20	0.97	0.87	5.45	5.96

จากผลการทดลองในตาราง 4.1 พบว่า น้ำหนักผลทุเรียนที่มีขนาดเล็กอยู่ระหว่าง 0.795 – 0.700 กิโลกรัม ขนาดกลางอยู่ระหว่าง 0.980 – 0.825 กิโลกรัม มุมระหว่างซั้วผลกับปลายผลมีค่าสูงสุดถึง 50 องศา อาจเนื่องมาจากผลทุเรียนเบียดกับผลอื่นๆในช่อเดียวกัน เป็นผลให้ผลทุเรียนมีรูปทรงที่ไม่สมมาตร

วัดมุมระหว่างแนวเสาแทรกของพูที่ตำแหน่งสะดือทุเรียน (ปลายผลทุเรียน) และที่หน้าตัดทั้ง 3 หน้าตัด ผลการวัดมุมแสดงดังตารางที่ 2 พบว่า มุมระหว่างแนวเสาแทรกของพูในแต่ละตำแหน่งมีค่าไม่เท่ากัน แต่ค่าเฉลี่ยมุมของทุกตำแหน่งมีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกันมากคือประมาณ 71 องศา

ตาราง 4.2 มุมระหว่างพูที่ตำแหน่งต่างๆ

ขนาดผล	ตำแหน่งสะดือ (องศา)			ตำแหน่งหน้าตัด S1 (องศา)			ตำแหน่งหน้าตัด S2 (องศา)			ตำแหน่งหน้าตัด S3 (องศา)		
	Max.	Min.	เฉลี่ย	Max.	Min.	เฉลี่ย	Max.	Min.	เฉลี่ย	Max.	Min.	เฉลี่ย
เล็ก	92	36	70.9	137	30	70.7	92	45	70.7	111	37	71.12
กลาง	88	52	70.8	85	80	71.0	83	53	71.0	90	50	70.8

ผลของลักษณะทางกายภาพของเปลือกทุเรียนตรงแนวเสาแทรกแสดงในตาราง 4.3 พบว่าผลทุเรียนขนาดกลางมีความสูงหนาม ความหนาเปลือก และความหนากระหว่างเปลือกถึงเส้นใยแนวขวางมากกว่าผลทุเรียนขนาดเล็ก และที่ตำแหน่งกลางผล (S2) เปลือกและหนามจะมีค่าต่ำกว่าส่วนหัว (S1) และส่วนท้ายผล (S3)

ตาราง 4.3 ลักษณะทางกายภาพของเปลือกตรงแนวเสาแทรกที่หน้าตัดต่างๆ

ขนาดผล	ความสูงหนามเฉลี่ย (mm)			ความหนาเปลือกเฉลี่ย (mm)			ความหนาเปลือกถึงแนวเส้นใยขวางเฉลี่ย (mm)		
	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3
เล็ก	9.05	8.56	8.40	7.63	6.64	8.99	4.42	3.77	4.83
กลาง	9.23	8.86	9.56	8.52	7.71	9.32	5.09	4.74	5.52

ผลการทดสอบวัดหาขนาดของเนื้อทุเรียน (ตาราง 4.4, 4.5 และ 4.6) พบว่า ที่ตำแหน่งกลางผล (S2) จะมีค่าเฉลี่ยขนาดของเนื้อทุเรียนกว้างและสูงที่สุด และพูเอกของทุกหน้าตัดจะมีขนาดของเนื้อทุเรียนใหญ่ที่สุด

ตาราง 4.4 ผลเฉลี่ยการวัดขนาดของเนื้อทุเรียน Section 1

ขนาดผล	ขนาดของเนื้อทุเรียน Section 1 (mm)									
	พูเอก		พูที่ 2		พูที่ 3		พูที่ 4		พูที่ 5	
	H	D	H	D	H	D	H	D	H	D
เล็ก	30.12	25.77	23.14	20.82	25.12	20.33	26.11	21.33	22.80	20.75
กลาง	29.88	26.85	19.90	16.58	23.76	19.02	22.69	15.86	24.30	21.64

ตาราง 4.5 ผลเฉลี่ยการวัดขนาดของเนื้อทุเรียน Section 2

ขนาดผล	ขนาดของเนื้อทุเรียน Section 2 (mm)									
	พูเอก		พูที่ 2		พูที่ 3		พูที่ 4		พูที่ 5	
	H	D	H	D	H	D	H	D	H	D
เล็ก	39.13	35.92	29.29	29.04	34.76	30.67	32.19	30.33	31.09	27.72
กลาง	40.93	38.2	32.384	27.35	35.39	31.43	24.71	18.38	31.01	24.97

ตาราง 4.6 ผลเฉลี่ยการวัดขนาดของเนื้อทุเรียน Section 3

ขนาดผล	ขนาดของเนื้อทุเรียน Section 3 (mm)									
	พูเอก		พูที่ 2		พูที่ 3		พูที่ 4		พูที่ 5	
	H	D	H	D	H	D	H	D	H	D
เล็ก	36.41	27.60	30.04	21.16	30.94	21.49	25.51	16.75	25.14	16.90
กลาง	42.08	35.09	28.83	18.05	26.81	18.50	20.75	10.45	23.68	13.56

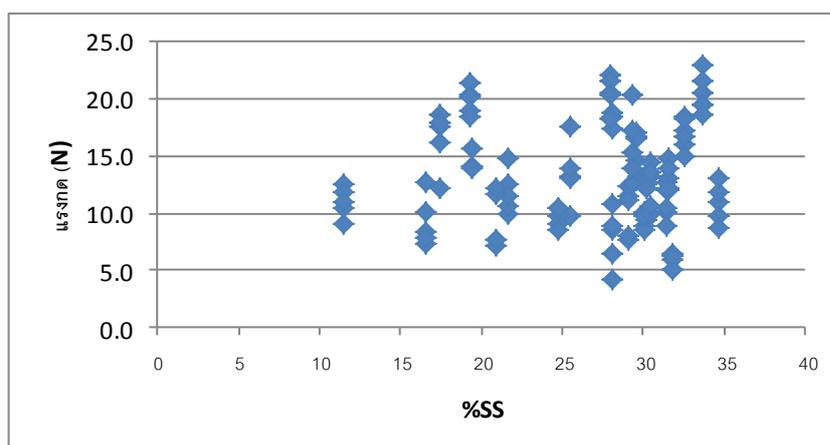
ผลการทดสอบวัดหาขนาดไส้ผลทุเรียน (ตาราง 4.7) พบว่าขนาดไส้ผลทุเรียนที่ระหว่างขั้วผล กับกลางผล (S1) และกลางผล (S2) มีความกว้าง (X) เฉลี่ยใกล้เคียงกัน ส่วนความยาว (Y) กลางผล (S2) จะมีขนาดยาวกว่าระหว่างขั้วผลกับกลางผล (S1) และ ระหว่างกลางผลกับปลายผล (S3) ตามลำดับ

ตาราง 4.7 ขนาดไส้ผลที่ตำแหน่งต่างๆ

ขนาดผล	ขนาดไส้ผล (mm)					
	Section1		Section2		Section3	
	กว้าง (X)	ยาว (Y)	กว้าง (X)	ยาว (Y)	กว้าง (X)	ยาว (Y)
เล็ก	20.74	17.66	20.52	19.07	13.91	12.27
กลาง	19.66	17.51	19.89	18.02	15.79	11.89

4.2 ผลการทดสอบความแข็งของเปลือก

จากการทดสอบเพื่อวัดความแข็งของเปลือกทุเรียนด้วยการกดหัวกดลงตรงแนวเสาแทรกที่ ตำแหน่งกึ่งกลางลูก (S2) ของทุกพู ผลการทดสอบแสดงดังภาพ 4.1

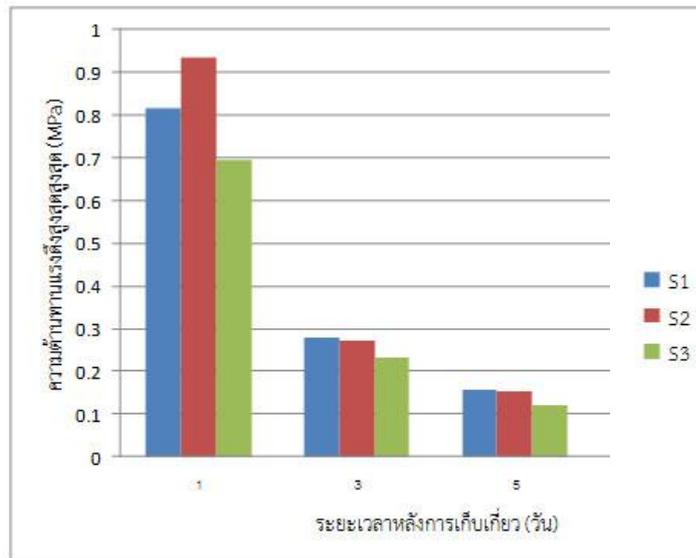


ภาพ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสุกแก่ที่วัดจากค่า %SS กับแรงที่ใช้ในการกดเปลือกทุเรียน

จากภาพ 4.1 พบว่า ค่าแรงกดของแต่ละพูมีค่าแตกต่างกัน อาจเนื่องมาจากทุเรียนในลูก เดียวกันแต่สุกไม่สม่ำเสมอ เป็นผลให้แรงกดที่ใช้แตกต่างกัน

4.3 ผลการหาแรงดึงเปลือกตามแนวเสาแตรก

จากการทดสอบเพื่อหาแรงดึงเปลือกตามแนวเสาแตรกที่หน้าตัดต่างๆ ด้วยเครื่อง Universal Testing Machine ค่าเฉลี่ยของความต้านทานแรงดึงสูงสุด แสดงดังภาพ 4.2

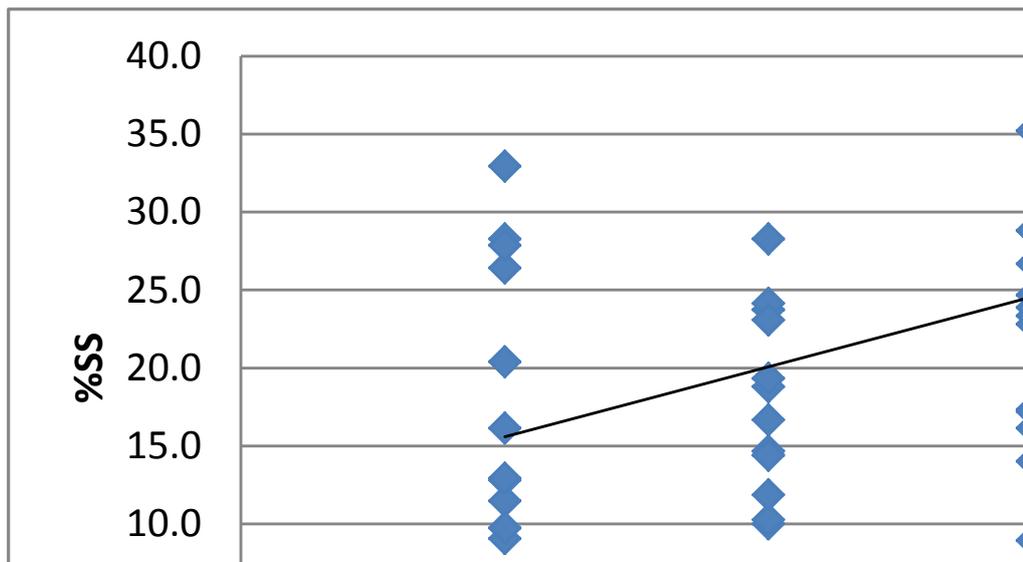


ภาพ 4.2 ความต้านทานแรงดึงสูงสุดเฉลี่ยตามระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยว

จากภาพ 4.2 พบว่า ค่าเฉลี่ยความต้านทานแรงดึงสูงสุดในแต่ละตำแหน่งที่ 1 , 3 และ 5 วัน หลังการเก็บเกี่ยวจะลดลงเมื่อมีจำนวนวันเพิ่มขึ้น และค่าความต้านทานแรงดึงน้อยสุดจะพบที่ ตำแหน่งระหว่างกลางผลกับปลายผล (S3)

4.4 ผลการทดสอบเครื่องปอกเปลือกทุเรียนต้นแบบ

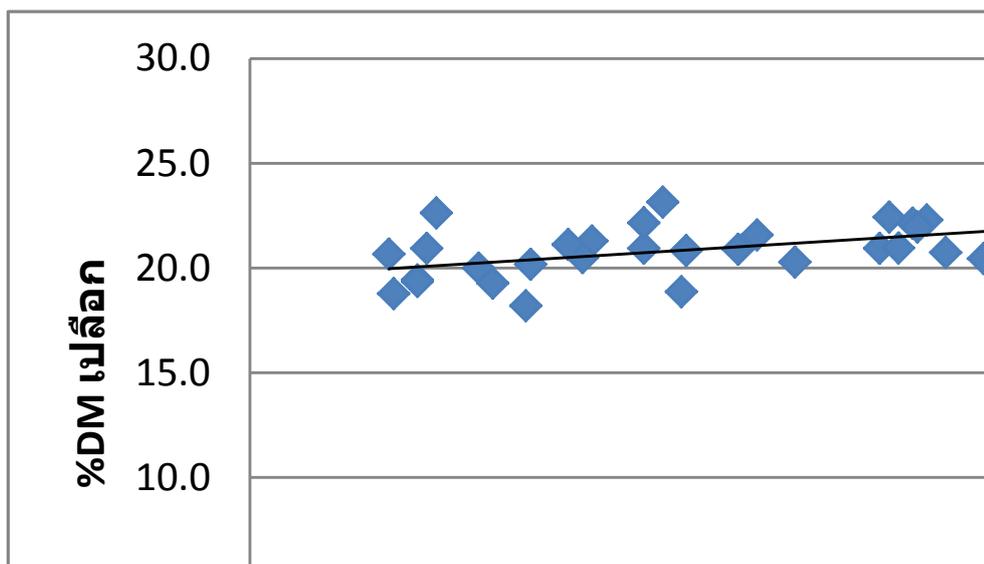
ในการทดสอบเครื่องปอกเปลือกทุเรียนต้นแบบใช้ผลทุเรียนพันธุ์หลงลับแล ซึ่งซื้อมาจากสวนของเกษตรกร จำนวน 60 ลูก ถูกแบ่งออกเป็น 5 กลุ่มหลักเพื่อใช้ในการทดสอบปอกเปลือกหลังจากเก็บเกี่ยวในวันที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 วันหลังการเก็บเกี่ยว และแบ่งเป็นกลุ่มย่อยอีก 4 กลุ่ม เพื่อใช้ในการทดสอบรูปแบบของหัวเจาะแบบหมุนแหวกเปลือก 3 รูปแบบ และสำหรับทดสอบหัวเจาะแบบแหวกเปลือก หลังการปอกเปลือก ได้ทำการทดสอบหา %SS ของเนื้อทุเรียนได้ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนวันหลังการเก็บเกี่ยวและ %SS แสดงดังภาพ 4.3



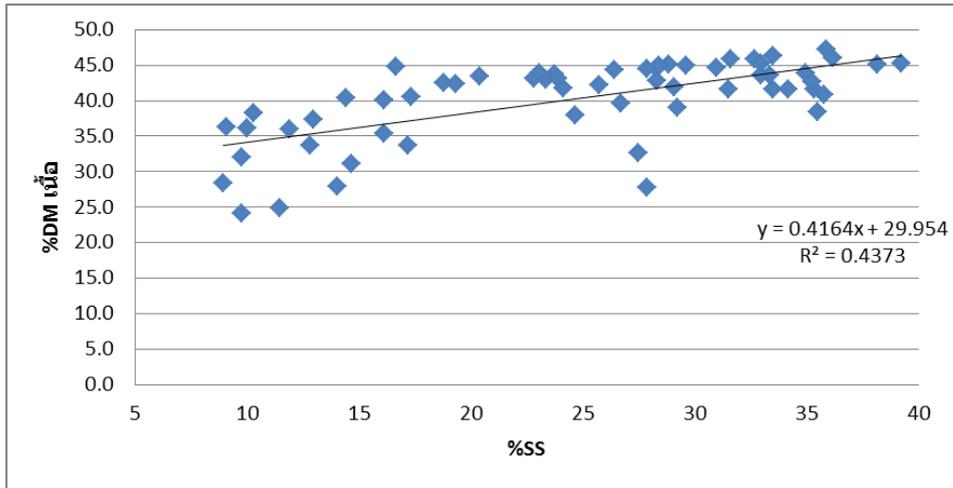
ภาพ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนวันหลังการเก็บเกี่ยวกับความสุกแก่ที่วัดจากค่า %SS

จากภาพ 4.3 พบว่า จำนวนวันหลังการเก็บเกี่ยวกับความสุกแก่ที่วัดจากค่า %SS มีความสัมพันธ์เชิงเส้นที่มีค่า $R^2 = 0.5107$ และพบว่าทุเรียนทุกผลหลังจากที่เก็บเกี่ยวได้ 4 และ 5 วัน จะมีค่า %SS สูงกว่า 25%

ผลการทดสอบหาความสัมพันธ์ระหว่างความสุกแก่ที่วัดได้จากค่า %SS กับ %DM ของเปลือก (ดังภาพ 4.4) และกับ %DM ของเนื้อ (ดังภาพ 4.5) จากผลการวิเคราะห์พิจารณาจากค่า R^2 พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่าง %SS กับ %DM ของเนื้อ มีความสัมพันธ์ที่น่าเชื่อถือกว่า %DM ของเปลือก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก เปลือกสัมผัสกับสิ่งแวดล้อมภายนอก และเมื่อจำนวนวันหลังการเก็บเกี่ยวมากขึ้น จะมีความเหี่ยวของเปลือกมากขึ้น และอีกประการหนึ่งคือการวัดความสุกแก่จากค่า %SS ซึ่งวัดค่ามาจากเนื้อทุเรียน

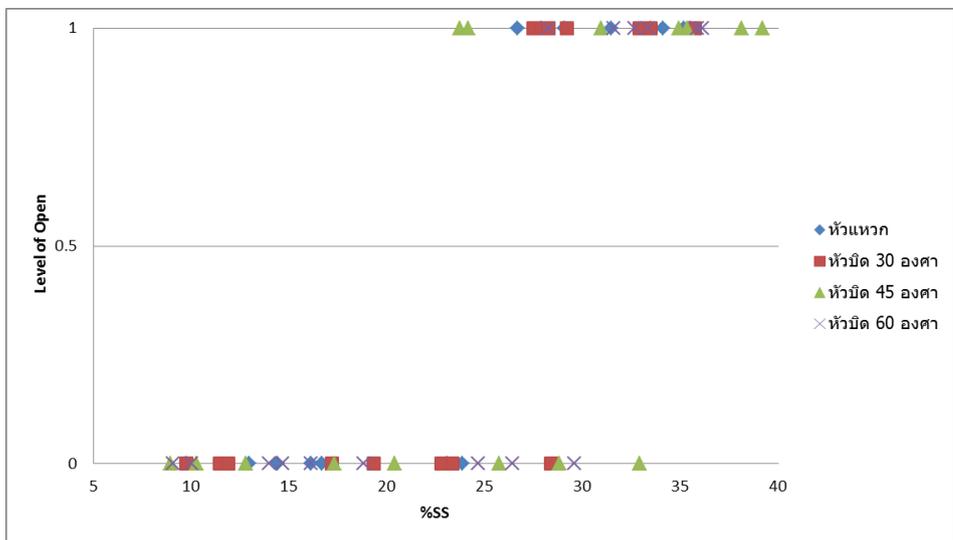


ภาพ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสุกแก่ที่วัดได้จากค่า %SS กับ %DM ของเปลือก



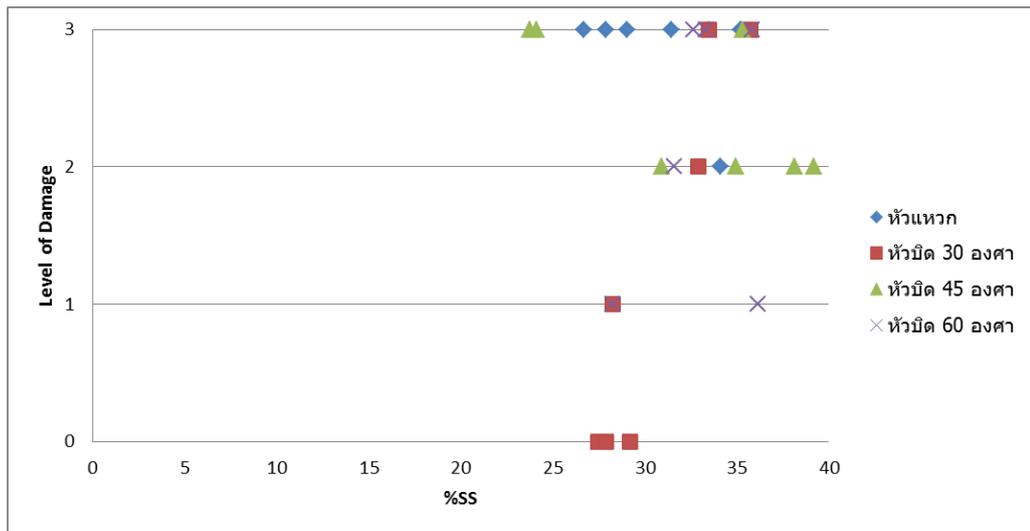
ภาพ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสุกแก่ที่วัดได้จากค่า %SS กับ %DM ของเนื้อทุเรียน

ผลจากการทดสอบการปอกเปลือกทุเรียนด้วยเครื่องปอกเปลือกทุเรียนแบบกึ่งอัตโนมัติ ต้นแบบ แสดงผลการทดสอบดังภาพ 4.6 ซึ่งแสดงไว้ 2 ระดับคือ 0 = เปิดเปลือกไม่ออก และ 1 = เปิดเปลือกออก จากผลการทดสอบพบว่า หัวเจาะแบบหมุนแหวกเปลือกสามารถปอกได้มากกว่าหัวเจาะแบบแหวกเปลือก และพบว่า ที่ %SS ประมาณ 23.7 ขึ้นไป หัวเจาะแบบหมุนแหวกเปลือกสามารถปอกเปลือกได้ และพบว่าหัวหมุนเจาะแบบกรวยมีครีบเอียงทำมุม 45 องศากับแนวตั้ง เป็นรูปแบบที่สามารถปอกเปลือกทุเรียนที่มีค่า %SS ต่ำที่สุดคือ 23.7% เมื่อเทียบกับหัวเจาะแบบหมุนแหวกรูปแบบอื่นๆ



ภาพ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสุกแก่จากค่า %SS กับความสามารถในการเปิดเปลือก

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสุกแก่ที่วัดได้จากค่า %SS กับระดับความเสียหายของเนื้อที่ได้รับผลกระทบจากการปอกเปลือก ดังแสดงในภาพ 4.4 ซึ่งแสดงไว้ 3 ระดับคือ 0 = ไม่เสียหาย 1 = น้อยไม่มาก 2 = น้อยมาก และ 3 = ทำลาย พบว่า หัวเจาะแบบหมุนเจาะแบบกรวยมีครีบเอียงทำมุม 30 องศากับแนวตั้ง ทำให้เนื้อทุเรียนเสียหายต่ำสุดเมื่อเทียบกับหัวเจาะปอกเปลือกทุเรียนรูปแบบอื่นๆ



ภาพ 4.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสุกแก่จากค่า %SS กับระดับความเสียหายของเนื้อทุเรียน



ภาพ 4.8 ตัวอย่างผลของการปอกเปลือกด้วยเครื่องปอกเปลือกทุเรียนแบบกึ่งอัตโนมัติ



ภาพ 4.9 ตัวอย่างของเนื้อทุเรียนที่ปอกเปลือกด้วยเครื่องปอกเปลือกทุเรียนแบบกึ่งอัตโนมัติ

เมื่อพิจารณาจากความสามารถในการปอกเปลือกและความเสียหายของเนื้อทุเรียน พบว่าแบบกรวยมีครีบบีเยียงทำมุม 30 องศากับแนวตั้งมีความเหมาะสมที่สุด ใช้เวลาเปิดผลเฉลี่ย 27 วินาที และเวลาที่ใช้ในการเปิดผลรวมกับเวลาแกะด้วยมือเฉลี่ย 2 นาที 45 วินาที

ในการปอกเปลือกทุเรียนด้วยมือพบว่า ใช้เวลาในการปอกเปลือก 7 นาที 42 วินาทีต่อผล หรือ สามารถปอกเปลือกทุเรียนได้ประมาณ 8 ผลต่อชั่วโมง แต่ถ้าใช้เครื่องปอกเปลือกทุเรียนแบบกึ่งอัตโนมัติที่ทำการออกแบบและสร้างขึ้น พบว่าสามารถปอกเปลือกได้ประมาณ 22 ลูกต่อชั่วโมง หรือคิดเป็น 2.75 เท่าเมื่อเทียบกับการปอกด้วยมือ

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางกลของผลทุเรียนพันธุ์หลงลับแล เพื่อทำการออกแบบและพัฒนาเครื่องปอกเปลือกทุเรียนพันธุ์หลงลับแลแบบกึ่งอัตโนมัติ ผลการศึกษสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

- 1) น้ำหนักผลทุเรียนพันธุ์หลงลับแล ผลขนาดเล็ก 0.795-0.700 กิโลกรัม ผลขนาดกลาง 0.980-0.825 กิโลกรัม
- 2) มุมระหว่างแนวเสาแทรกของแต่ละพูเฉลี่ย 71 องศา
- 3) ค่าเฉลี่ยความต้านทานแรงดึงสูงสุดจะมีค่าลดลงเมื่อจำนวนวันหลังการเก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้น และมีค่าต่ำสุดที่ตำแหน่งหน้าตัดระหว่างกลางผลกับปลายผล (S3)
- 4) การทดสอบหาความสัมพันธ์ระหว่างความสุกแก่ที่วัดได้จากค่า %SS กับ %DM ของเปลือก และกับ %DM ของเนื้อ เมื่อพิจารณาจากค่า R^2 พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่าง %SS กับ %DM ของเนื้อ มีความสัมพันธ์ที่น่าเชื่อถือกว่า %DM ของเปลือก
- 5) หัวเจาะแบบหมุนแหวกเปลือกแบบกรวยมีครีบบสามารถเปิดผลทุเรียนสุกได้ดีที่ค่า %SS ประมาณ 23.7 ขึ้นไป
- 6) พิจารณาจากความสามารถในการปอกเปลือกและความเสียหายของเนื้อทุเรียน พบว่าแบบกรวยมีครีบบเอียงทำมุม 30 องศากับแนวตั้งมีความเหมาะสมที่สุด ใช้เวลาเปิดผลเฉลี่ย 27 วินาที และเวลาที่ใช้ในการเปิดผลรวมกับเวลาแกะด้วยมือเฉลี่ย 2 นาที 45 วินาที สามารถปอกเปลือกได้ประมาณ 22 ลูกต่อชั่วโมง หรือคิดเป็น 2.75 เท่าเมื่อเทียบกับการปอกด้วยมือ (ประมาณ 8 ลูกต่อชั่วโมง)

บรรณานุกรม

- กมลวัชร ทิมินกุล, ชูศักดิ์ ชาวประดิษฐ์, ปรีชา อานันท์รัตนกุล และ ปรีดาวรรณ ไชยศรีชลธาร. 2552. ศึกษาวิจัยการคัดแยกทุเรียนตามความสุกแก่โดยใช้น้ำหนักแห้งของผลทุเรียน. ใน รายงานการประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทยครั้งที่ 10 ประจำปี 2552 วันที่ 1-3 เมษายน 2552 ณ สุรสมันนาคาร มหาวิทยาลัยสุรนารี. หน้า 329-333.
- รัตนา การุญบุญญานันท์ และ เกดิษฐ์ กว้างตระกูล. 2558. การออกแบบอุปกรณ์วัดแรงในแนวแกนและภาระบิด, รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- หิรัญ หิรัญประดิษฐ์, สุขวัฒน์ จันทรปรณิก และ เสริมสุข สลักเพชร. 2546. เทคโนโลยีการผลิตทุเรียน. พิมพ์ครั้งที่ 3 สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- เสกสรร สีหวงษ์. 2545. การออกแบบและทดสอบเครื่องผ่าทุเรียนดิบเพื่อการแปรรูปโดยใช้ระบบไฮดรอลิก. รายงานการวิจัยและพัฒนา สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 39 หน้า.
- สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ มกอช. 3-2546. 2546. ทุเรียน, มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2554. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2554. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- สิทธิบัตร เลขที่ 22099. 2550. เครื่องผ่าทุเรียนดิบเพื่อการแปรรูป. กรมทรัพย์สินทางปัญญา.
- อนุพันธ์ เทิดวงศ์วรกุล และ ประโมทย์ กุศล. 2552. การพัฒนาเครื่องผ่าผลทุเรียนเพื่อการบริโภคผลสด, รายงานฉบับสมบูรณ์. ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.
- Kuson, P. , Jarimopas, B., and Terdwongworakul, A. 2009. Physical characteristics and mechanical behavior of fresh durian fruit as related to mechanical dehusking. In Proc. The 10th Annual Conference of Thai Society of Agricultural Engineering “International Conference on Innovations in Agricultural, Food and Renewable Energy Productions for Mankind”, Surasammanakhan, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, Thailand; 1-3 April 2009. pp 68-71.
- Timkhum, P., Jarimopas, B., and Terdwongworakul, A. 2009. Development of durian maturity indication. In Proc. The 10th Annual Conference of Thai Society of Agricultural Engineering “International Conference on Innovations in Agricultural, Food and Renewable Energy Productions for Mankind”, Surasammanakhan, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, Thailand; 1-3 April 2009. pp 76-79.