

พัฒนาเครื่องคัดแยกทุเรียนอ่อน

Development on Immature Durian Fruits Grading Machine

ชูศักดิ์ ชาวประดิษฐ์^{1/} นิทัศน์ ตั้งพินิจกุล^{1/} อนุชิต ฉ่ำสิงห์^{2/}
อารีย์ ทิมินกุล^{1/} ปรีดาวรรณ ไชยศรีชลธาร^{1/} ปรีชา อานันท์รัตนกุล^{3/}

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยและพัฒนาเครื่องคัดแยกทุเรียนอ่อนประกอบด้วยกิจกรรมที่หนึ่งได้แก่ การวิจัยทดสอบและพัฒนาต้นแบบเครื่องคัดแยกทุเรียนตามความอ่อน-แก่ของผล เป็นการต่อยอดโครงการคัดแยกความอ่อน-แก่ทุเรียนด้วยเครื่องวิเคราะห์สัญญาณด้วย Fast Fourier Transform โดยการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป Matlab ในการวิเคราะห์สัญญาณ หาค่าความถี่ธรรมชาติจากการเคาะเสียงมากำหนดค่าความอ่อน-แก่ของทุเรียน โดยไม่ทำลายผลทุเรียน (non-destructive) เครื่องคัดแยกทุเรียนประกอบด้วยชุดลำเลียงผลทุเรียน หัวเคาะและวงจรวัดความถี่สัญญาณรับสัญญาณเสียงเคาะและวงจรวัดความถี่สัญญาณเสียงเคาะที่ได้จะถูกส่งไปทำการวิเคราะห์ค่าความถี่ธรรมชาติเพื่อกำหนดค่าความอ่อน-แก่ของทุเรียน โดยเครื่องคัดจะทำการคัดแยกผลทุเรียนได้ไม่น้อยกว่า 2,000 ผล/ชม. ที่ค่าความผิดพลาดไม่เกิน $\pm 2.5 \%$

กิจกรรมที่สองได้แก่ การศึกษาและพัฒนาการใช้น้ำหนักแห้งของผลทุเรียนตรวจสอบความอ่อน-แก่และคุณภาพภายในผลทุเรียน ได้ดำเนินการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักแห้งซึ่งถูกกำหนดให้เป็นดัชนีความอ่อน-แก่กับค่าทางไฟฟ้าของผลทุเรียนซึ่งได้แก่ ค่าความต้านทานและค่าความจุไฟฟ้า พบว่ามีความสัมพันธ์อยู่ในรูปเอ็กโพเนนเชียล (exponential) โดยมีค่าสหสัมพันธ์ (R^2) สูงกว่า 0.75 จากการศึกษาได้มีการดำเนินการออกแบบสร้าง ทดสอบ ต้นแบบการวัดค่าน้ำหนักแห้งด้วยค่าความต้านทานและความจุไฟฟ้าซึ่งมีความเป็นไปได้สูงที่จะทำการพัฒนาต่อยอดเป็นเครื่องวัดความอ่อน-แก่โดยน้ำหนักแห้งของผลทุเรียน เพื่อให้แยกคัดผลทุเรียนได้อย่างแม่นยำและรวดเร็ว เพื่อลดการคละปนของผลผลิตที่อ่อนในพื้นที่ผลิตทุเรียน ลดปัญหาการตรวจสอบคุณภาพทุเรียนไทยเพื่อการค้า และการส่งออก โดยใช้เวลาในการวัดน้อย และมีราคาต่ำ กลุ่มเป้าหมายที่ใช้งานได้แก่ เกษตรกร พ่อค้ารับซื้อ ตลอดจนผู้ประกอบการแปรรูปทุเรียน และผู้ส่งออก

รหัสโครงการวิจัย 02-01-49-03

^{1/} กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร

^{2/} กลุ่มวิจัยวิศวกรรมผลิตพืช สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร

^{3/} ศูนย์ปฏิบัติการเกษตรวิศวกรรม ปทุมธานี สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 5

คำนำ

ทุเรียนเป็นไม้ผลเศรษฐกิจสำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย ที่มีการขยายการผลิตอย่างสูงแทบทุกภาคของประเทศ โดยมีพื้นที่ปลูกเพิ่มขึ้นมากกว่า 2 เท่าจากจำนวนพื้นที่ปลูก 326,343 ไร่ ในปีพ.ศ. 2526 การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตก็เพิ่มสูงขึ้นส่งผลให้ผลผลิตต่อไร่เพิ่มสูงขึ้นมากกว่า 50 % จากผลผลิตในปีพ.ศ. 2526 จำนวน 1,129.6 กก./ไร่ การส่งออกมีอัตราสูงขึ้น 8.5 เท่า จากจำนวน 2,819 ตัน ในปีพ.ศ. 2526 ปริมาณสินค้าทุเรียนและผลิตภัณฑ์ที่ส่งออกตลอดปีพ.ศ. 2544 ประมาณ 140,629 ตัน โดยมีมูลค่ารวม 2,593 ล้านบาท โดยตลาดส่งออกส่วนใหญ่อยู่ในภูมิภาคเอเชีย ได้แก่ ไต้หวัน จีน ฮองกง มาเลเซีย สิงคโปร์ รวมทั้ง ตลาดยุโรป อเมริกาเหนือ และออสเตรเลีย ที่มีชาวเอเชียอาศัยอยู่ แต่การส่งออกดังกล่าวยังไม่เพียงพอต่อการระบายทุเรียนออกสู่ตลาด โดยเฉพาะช่วงกลางฤดูการผลิตซึ่งมีปริมาณผลผลิตมากเกินไป ทำให้ราคาตกต่ำต่อเนื่องติดต่อกันนาน ทำให้เกษตรกรมีรายได้จากต่ำลง จนถึงขาดทุน เกิดปัญหาแก่เกษตรกร ผู้ผลิตเป็นอย่างมาก รวมทั้งการส่งออกทุเรียนอ่อนในช่วงต้นฤดูการผลิต ทำให้ตลาดส่งออกเสียหาย ดังนั้นปัญหาหลักของทุเรียนในปัจจุบันจึงได้แก่ เกษตรกรขายได้ราคาต่ำ ทั้งนี้มีสาเหตุที่สำคัญจากการที่ทุเรียนมีคุณภาพและปริมาณไม่สอดคล้องกับความต้องการของตลาด

ปัจจุบันในทางการค้าผู้บริโภคและผู้ค้ายังประสบปัญหาทุเรียนอ่อนอยู่เป็นประจำซึ่งอาจจะเกิดจากความงใจหรือความคลาดเคลื่อนในการตัดสินใจ ทำให้เกิดการเสียโอกาสทางการค้า และความเสียหายในเชิงธุรกิจ เพราะไม่สามารถเก็บเกี่ยวผลทุเรียนตามระดับความสุกแก่ที่ต้องการ หรือในบางกรณีมีการตัดทุเรียนที่อ่อนเกินไป ส่งผลเสียหายต่อเกษตรกรและผู้ประกอบการค้า รวมถึงความเสียหายต่อภาพพจน์ของประเทศ และความเชื่อถือในคุณภาพสินค้าไทยจากสถาบันเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตรได้ดำเนินการวิจัยในโครงการการตรวจสอบความสุก-แก่ของผลทุเรียนโดยคลื่นเสียงพบว่าความสุก-แก่ของผลทุเรียนสามารถตรวจสอบโดยวัดความถี่ธรรมชาติของผลทุเรียนซึ่งก็คือความถี่ของเสียงที่เกิดจากการเคาะผลทุเรียน ด้วยหัวเคาะทำจากวัสดุ Teflon ความคมด้วยระบบนิวเมติกให้เคาะผลทุเรียนด้วยแรงคงที่ เสียงเคาะถูกส่งผ่านไมโครโฟน ไปสู่วงจรรอง ขยายและทำการวิเคราะห์หาความถี่และค่า Power Spectrum density ด้วย Fast Fourier Transform โดยเครื่อง Signal Analyzer ค่าความถี่ที่ตรงกับค่า Power Spectrum density สูงสุดคือค่าความถี่ธรรมชาติที่ใช้ในการกำหนดค่าความสุก-แก่ของทุเรียน

ความถี่ธรรมชาติของผลทุเรียนแปรผันกับค่าความสุก - แก่ของทุเรียนโดยมีค่าลดลงเมื่อทุเรียนแก่ขึ้น และยังมีความสัมพันธ์กับขนาดของผลทุเรียนด้วยแต่เนื่องจากผลทุเรียนมีความไม่สม่ำเสมอทั้งขนาดและรูปร่างส่งผลให้ความถี่จากการสั่นของผลทุเรียนเนื่องจากการเคาะไม่สม่ำเสมอไปด้วย ดังนั้น จึงได้ดำเนินการจำกัดขนาดของผลทุเรียนตัวอย่างให้มีขนาดการเคาะ ขนาดการสั่นที่คงที่ ด้วยอุปกรณ์ที่เหมาะสมทำให้สามารถคัดแยกผลทุเรียนตามความแก่ในช่วงอายุแตกต่างกัน 7 วันได้สูงกว่า 80% และคัดแยกทุเรียนตามความแก่ในช่วงอายุแตกต่างกัน 14 วันได้อย่างสมบูรณ์ แต่การใช้เครื่อง Signal Analyzer เป็นเครื่องมือที่มีราคาสูงทำให้เครื่องต้นแบบเครื่องคัดแยกทุเรียนตามความสุก-แก่ของผลมีราคาสูงมาก ดังนั้นกลุ่มงานวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันเกษตรวิศวกรรม จึงได้ดำเนินการวิจัยทดสอบและพัฒนาต้นแบบเครื่องคัดแยกทุเรียนตามความสุก-แก่ของผลโดยการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป เช่น MatLab หรือ LabView มาทำการวิเคราะห์สัญญาณ หาความถี่และค่า Power Spectrum density ด้วย Fast Fourier Transform แทนเครื่อง Signal Analyzer เพื่อให้ได้ค่าความถี่ธรรมชาติที่ใช้ในการกำหนดค่าความสุก - แก่ของทุเรียน รวมทั้งการศึกษการใช้หน้าหนักแห้งของผลทุเรียนตรวจสอบความสุก-แก่และคุณภาพภายในผลทุเรียนอย่างแม่นยำและรวดเร็ว เพื่อลดการคละปนของผลผลิตที่อ่อน โดยไม่ทำลายผลทุเรียน (non-destructive)

วัตถุประสงค์

การวิจัยทดสอบและพัฒนาต้นแบบเครื่องคัดแยกทุเรียนตามความอ่อน-แก่ของผล โดยการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการวิเคราะห์สัญญาณ หาดั้วแปรที่จำเป็น เพื่อให้ได้ค่าความถี่ธรรมชาติที่ใช้ในการกำหนดค่าความอ่อน-แก่ของทุเรียน โดยไม่ทำลายผลทุเรียน (non-destructive)

การศึกษาและพัฒนาการใช้น้ำหนักแห้งของผลทุเรียนตรวจสอบความอ่อน-แก่ และคุณภาพภายในผลทุเรียนอย่างแม่นยำและรวดเร็ว เพื่อลดการคละปนของผลผลิตที่อ่อน ในพื้นที่ผลิตทุเรียน

วิธีดำเนินการ

ขั้นตอนและวิธีดำเนินงาน

1. ศึกษา ออกแบบ ปรับปรุงและพัฒนา ชิ้นส่วนหลักของต้นแบบเครื่องคัดแยกทุเรียนตามความอ่อน-แก่ของผล เช่น หัวเคาะ ชุดลำเลียงผลทุเรียน วงจรควบคุมการเคาะ วงจรกรอง/ขยายสัญญาณเคาะ การประมวลผลและแสดงผลความอ่อน-แก่ โดยการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการวิเคราะห์สัญญาณ หาดั้วแปรที่จำเป็น เพื่อให้ได้ค่าความถี่ธรรมชาติที่ใช้ในการกำหนดค่าความอ่อน-แก่ของทุเรียน โดยไม่ทำลายผลทุเรียน (non-destructive)

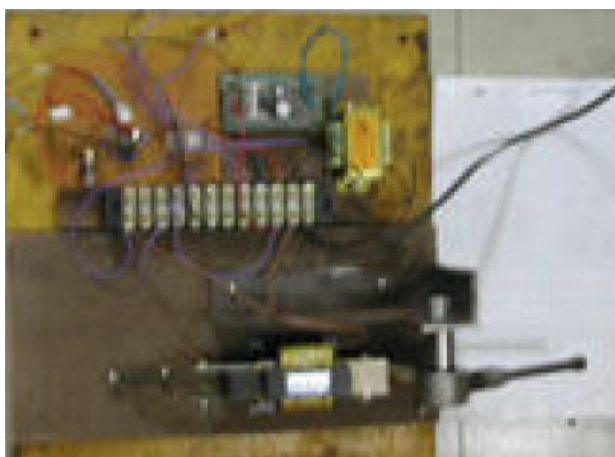
2. ดำเนินการทดสอบ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ และเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของผลการตรวจวัดคัดแยกทุเรียนตามความอ่อน-แก่ของผลโดยต้นแบบเครื่องคัดแยกทุเรียนกับวิธีมาตรฐานในห้องปฏิบัติการโดยใช้น้ำหนักแห้งของผลทุเรียน ตลอดจนหาค่าความแม่นยำ ความสามารถในการวัดซ้ำ และ Sensitivity ของต้นแบบ

3. ดำเนินการศึกษาค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าทางไฟฟ้าของผล พู และข้าวทุเรียนกับน้ำหนักแห้งของผลทุเรียนเพื่อใช้ตรวจสอบความอ่อน-แก่อย่างแม่นยำและรวดเร็ว เพื่อลดการคละปนของผลผลิตที่อ่อน

4. ดำเนินการออกแบบ สร้าง ทดสอบ และเปรียบเทียบต้นแบบการใช้น้ำหนักแห้งของผลทุเรียนตรวจสอบความอ่อน-แก่ เพื่อลดการคละปนของผลผลิตที่อ่อน ในพื้นที่ผลิตทุเรียนกับวิธีมาตรฐานในห้องปฏิบัติการและปรับปรุงแก้ไข

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การดำเนินการศึกษา ออกแบบ ปรับปรุงและพัฒนา ชิ้นส่วนหลักของต้นแบบเครื่องคัดแยกทุเรียนตามความอ่อน-แก่ของผล ได้แก่ หัวเคาะเป็นเพลาลูกกลิ้งยาวประมาณ 3.5 นิ้ว มีตุ้มเคาะทรงกลมขนาด 1/4 นิ้ว หุ้มด้วยท่อพีวีซีใส เคาะด้วยการขับโซลินอยด์ไฟฟ้า โดยมีชุดควบคุมการเคาะใช้แสงในการหยุดโซลิ่งเสียง ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ชุดเคาะผลทุเรียน ประกอบด้วยไฟเลี้ยง โซลินอยด์ไฟฟ้า หัวเคาะ และอุปกรณ์ควบคุม

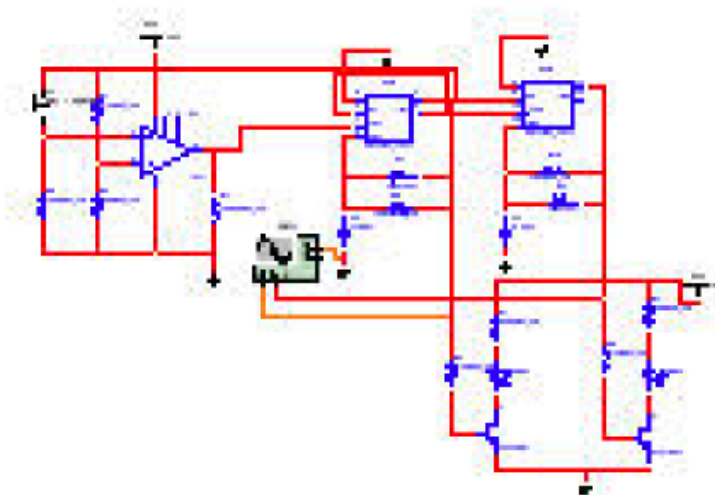
ชุดลำเลียงผลทุเรียนขับเคลื่อนด้วยโซ่ ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1/2 แรงม้าเป็นต้นกำลัง ผลทุเรียนจะถูกป้อนทีละลูกลงบนถาด ลำเลียงเข้าสู่จุดเคาะ (ภาพที่ 2) การดำเนินการติดตั้ง ทดสอบการทำงานของชุดลำเลียง และหัวเคาะ แสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 2 ชุดลำเลียงผลทุเรียน ประกอบด้วยถาดเหล็กบรรจุมอเตอร์ไฟฟ้า และวงจรควบคุม ตลอดจนถึงต้นกำลัง และการส่งกำลัง

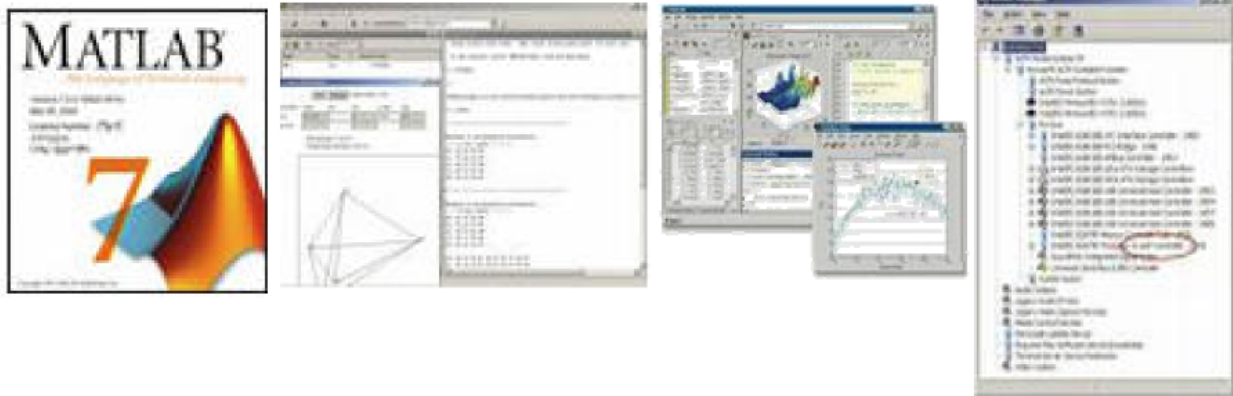


ภาพที่ 3 การติดตั้ง ทดสอบการทำงานของชุดลำเลียง และหัวเคาะ



ภาพที่ 4 วงจรกรอง/ขยายสัญญาณเคาะ

วงจรกรอง/ขยายสัญญาณเคาะแสดงในภาพที่ 4 ได้จากการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปจำลองการทำงานได้อย่างแม่นยำแล้วจึงทำการจัดทำวงจรเพื่อใช้ในต้นแบบ การประมวลผลและแสดงผลความอ่อน-แก่ โดยการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป (เช่น MatLab) ในการวิเคราะห์สัญญาณความถี่ของเสียงเคาะ (ภาพที่ 5) เป็นตัวแปรที่ใช้เป็นค่าความถี่ธรรมชาติที่ใช้ในการกำหนดค่าความอ่อน-แก่ของทุเรียน โดยไม่ทำลายผลทุเรียน (non-destructive)



ภาพที่ 5 โปรแกรมวิเคราะห์ความถี่ของสัญญาณเคาะ ประมวลผลและแสดงผล

การทดสอบวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของผลการตรวจวัดคัดแยกทุเรียนตามความอ่อน-แก่ของผลโดยต้นแบบเครื่องคัดแยกทุเรียนกับวิธีมาตรฐานในห้องปฏิบัติการโดยใช้ค่าน้ำหนักแห้งของผลทุเรียน พบว่าสามารถคัดแยกผลทุเรียนตามความแก่ในช่วงอายุแตกต่างกัน 7 วันได้สูงกว่า 80% และคัดแยกทุเรียนตามความแก่ในช่วงอายุแตกต่างกัน 14 วันได้อย่างสมบูรณ์ โดยใช้เวลาในการคัดแยกรวมผลละไม่เกิน 1 วินาที หรือมีความสามารถในการคัดแยกทุเรียนได้ไม่ต่ำกว่า 2,000 ผล/ชม. หรือคัดแยกทุเรียนส่งออกที่มีน้ำหนักมาตรฐานประมาณ 4 กก./ผล ได้ไม่น้อยกว่า 6 ต้น/ชม.



ภาพที่ 6 การวัดค่าความต้านทาน และความจุไฟฟ้าด้วยเครื่องวัดมาตรฐาน

การดำเนินการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าทางไฟฟ้าของผล พู และชั้วทุเรียนกับน้ำหนักแห้งของผลทุเรียนเพื่อใช้ตรวจสอบความอ่อน-แก่อย่างแม่นยำและรวดเร็ว เพื่อลดการคละปนของผลผลิตที่อ่อน โดยเก็บตัวอย่างทุเรียนที่อายุต่างๆ มาดำเนินการวัดค่าความต้านทาน และความจุไฟฟ้าด้วยเครื่องวัดมาตรฐาน (ภาพที่ 6) แล้วจึงดำเนินการหาค่า%น้ำหนักแห้ง หรือเนื้อแห้งโดยตูบลมร้อนด้วยวิธีมาตรฐาน (ภาพที่ 7 8 และ9)



ภาพที่ 7 การผ่าผลทุเรียนแต่ ละพูเพื่อหาค่าเปอร์เซ็นต์น้ำ หนักแห้งหรือเนื้อแห้ง

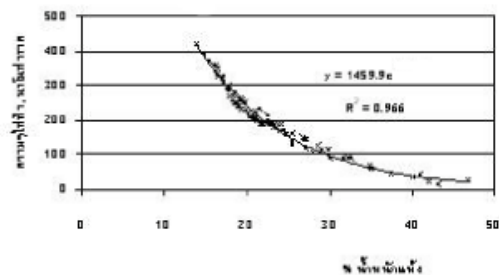
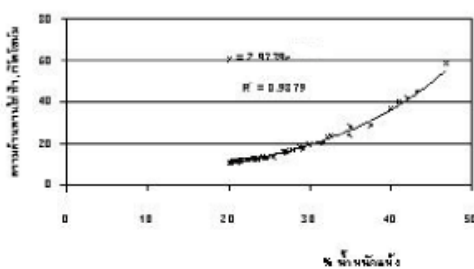


ภาพที่ 8 การชั่งน้ำหนักตัวอย่าง ก่อนและหลังการอบเพื่อหา เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง



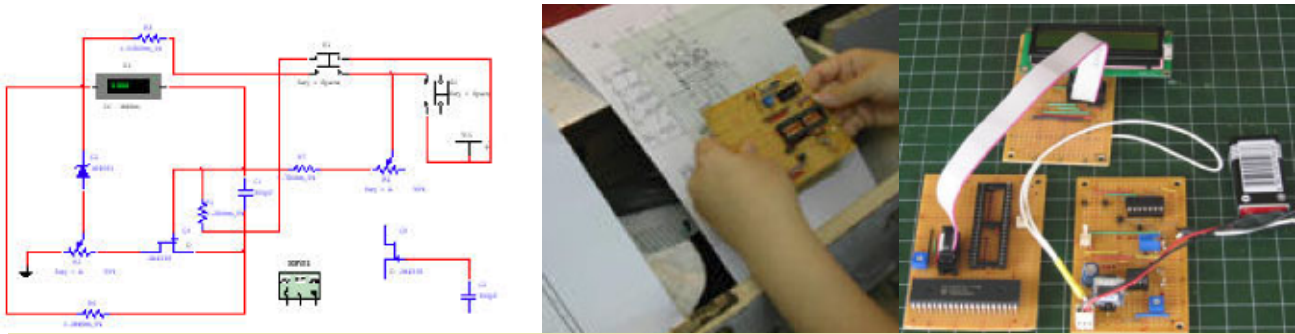
ภาพที่ 9 ขั้นตอนการอบแห้งใน การดำเนินการหาค่าเปอร์เซ็นต์ น้ำหนักแห้งหรือเนื้อแห้งโดย ตู้อบลมร้อน

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าทางไฟฟ้าของผล พู และชั้วทุเรียนกับน้ำหนักแห้งของผลทุเรียนแสดงไว้ในภาพที่10



ภาพที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าทางไฟฟ้า ความต้านทาน (ซ้าย) และความจุไฟฟ้า (ขวา) กับน้ำหนักแห้งของผลทุเรียน

ต้นแบบการใช้น้ำหนักแห้งของผลทุเรียนเปรียบเทียบตรวจสอบความอ่อน-แก่ได้ดำเนินการโดยการออกแบบ สร้าง ทดสอบ วงจรวัด ขยายและกรองสัญญาณด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองอุปกรณ์และการทำงาน การประมวลผลและแสดงผลเป็นตัวเลข ได้ดำเนินการโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองอุปกรณ์และการทำงานของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ (ภาพที่ 11 และ 12)



ภาพที่ 11 การออกแบบ สร้าง ทดสอบต้นแบบการใช้น้ำหนักแห้งของผลทุเรียนเปรียบเทียบ ตรวจสอบความอ่อน-แก่



ภาพที่ 12 ต้นแบบการใช้น้ำหนักแห้งของผลทุเรียนวัดความอ่อน-แก่

สรุปผลการทดลองและคำแนะนำ

ต้นแบบเครื่องคัดแยกทุเรียนตามความอ่อน-แก่ของผล สามารถใช้งานสะดวกและรวดเร็ว ประกอบด้วย ชุดลำเลียงผลทุเรียน หัวเคาะและวงจรถวบคุม อุปกรณ์รับสัญญาณเสียงเคาะและวงจรถวบคุม สัญญาณเสียงเคาะที่ได้จะถูกส่งไปทำการวิเคราะห์ค่าความถี่ธรรมชาติเพื่อกำหนดค่าความอ่อน-แก่ของทุเรียน โดยเครื่องคัดจะทำการคัดแยกผลทุเรียนได้ไม่น้อยกว่า 3,000 ผล/ชม. ที่ค่าความผิดพลาดไม่เกิน $\pm 2.5\%$

การดำเนินการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักแห้งซึ่งถูกกำหนดให้เป็นดัชนีความอ่อน-แก่กับค่าทางไฟฟ้าของผลทุเรียนซึ่งได้แก่ ค่าความต้านทานและค่าความจุไฟฟ้า พบว่ามีความสัมพันธ์อยู่ในรูปเอ็กโพเนนเชียล (exponential) โดยมีค่าสหสัมพันธ์ (R^2) สูงกว่า 0.75 ได้มีการดำเนินการออกแบบ สร้าง ทดสอบ ต้นแบบการวัดค่าน้ำหนักแห้งด้วยค่าความต้านทานและความจุไฟฟ้าซึ่งมีความเป็นไปได้สูงที่จะทำการพัฒนาต่อยอดเป็นเครื่องวัดความอ่อน-แก่โดยน้ำหนักแห้งของผลทุเรียน เพื่อให้แยกคัดผลทุเรียนได้อย่างแม่นยำและรวดเร็ว เพื่อลดการคละปนของผลผลิตที่อ่อน ในพื้นที่ผลิตทุเรียน ลดปัญหาการตรวจสอบคุณภาพทุเรียนไทยเพื่อการค้าและการส่งออก โดยใช้เวลาในการวัดน้อย และมีราคาต่ำ กลุ่มเป้าหมายที่ใช้งานได้แก่ เกษตรกร พ่อค้ารับซื้อ ตลอดจนผู้ประกอบการแปรรูปทุเรียน และผู้ส่งออก

การนำไปใช้ประโยชน์

กำลังอยู่ในระหว่างดำเนินการเผยแพร่