

รายงานผลการเรื่องเต็มทดลองที่สิ้นสุด

1. **ชุดโครงการวิจัย** : วิจัยและพัฒนาเครื่องจักรกลเกษตรสำหรับมันสำปะหลัง
2. **โครงการวิจัย** : วิจัยและพัฒนาการตรวจสอบปริมาณแป้งในหัวมันสำปะหลังสด
กิจกรรม : ทดสอบและพัฒนาการใช้ต้นแบบเครื่องวัดเปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมันสำปะหลังสด โดยใช้วิธีวัดความถ่วงจำเพาะ ในเขตพื้นที่การเพาะปลูกมันสำปะหลังภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออก และภาคเหนือ
3. **ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย)** :
ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ) :

4. คณะผู้ดำเนินงาน

หัวหน้ากิจกรรม : นางสาวปรีดาพรรณ ไชยศรีชลธาร

ผู้ร่วมงาน

นายชูศักดิ์ ชวประดิษฐ์

นายอนุชิต ฉ่ำสิงห์

นายปรีชา อานันท์รัตนกุล

นายกลวัชร ทิมินกุล

5. บทคัดย่อ

ต้นแบบเครื่องวัดเปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมันสำปะหลังสดโดยใช้วิธีวัดความถ่วงจำเพาะในกิจกรรมที่ 2 ได้ถูกทดสอบและพัฒนาการใช้ต้นแบบเครื่องวัดเปอร์เซ็นต์แป้งฯ โดยปรับปรุงพัฒนาส่วนประกอบ อุปกรณ์ต่างๆ อาทิ เช่น ส่วนตรวจจับวัสดุที่เหมาะสมใช้เซ็นเซอร์เบอร์ TCRT5000 สูตรการคำนวณหาความถ่วงจำเพาะเพื่อใช้กับต้นแบบเครื่องวัดฯ การปรับปรุงคานกตน้ำหนักแบบไม้กระดก การปรับปรุงพัฒนาโปรแกรมของต้นแบบเครื่องวัดฯ ให้ทำงานสอดคล้องกับระบบแมคคาณิก การทดสอบใช้งานต้นแบบเครื่องวัดเปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมันสำปะหลังสดสามารถใช้งานได้

6. คำนำ

มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศ ในปี 2556 มีปริมาณผลผลิตหัวมันสด 28 ล้านตัน มันสำปะหลังถูกแปรรูปส่งออกในรูปมันเส้น แป้งมัน สาคู และมันอัดเม็ด มูลค่า 39, 34, 0.63 และ 0.41 พันล้านบาท ตามลำดับ ตลาดรับซื้อส่วนใหญ่อยู่ในสหภาพยุโรปและจีน ญี่ปุ่น ไต้หวัน จีน อินโดนีเซีย เพื่อใช้ทำอาหารสัตว์ และแป้งมันสำปะหลังเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมต่อเนื่องต่างๆ มากมาย ทั้งที่เป็นอาหารและไม่ใช่อาหาร เช่น สารให้ความหวาน ผงชูรส อุตสาหกรรมสิ่งทอ กาว กระดาษ แอลกอฮอล์ อะซีโตน ยา ฯลฯ

คุณภาพที่สำคัญของหัวมันสำปะหลังสดคือเปอร์เซ็นต์แป้งหรือเรียกอีกชื่อว่าเปอร์เซ็นต์เชื้อแป้งในหัวมันสด เนื่องจากองค์ประกอบส่วนใหญ่ในหัวมันสำปะหลังคือน้ำและแป้งเป็นส่วนประกอบ ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปริมาณเปอร์เซ็นต์แป้ง ได้แก่ พันธุ์ ฤดูกาลเก็บเกี่ยว อายุ การตัดต้นก่อนเก็บเกี่ยว ระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยว เป็นต้น

ในการซื้อขายหัวมันสำปะหลังสดที่ลานมันเพื่อการแปรรูปเป็นมันเส้นและผลิตภัณฑ์แป้งมันสำปะหลังของโรงงานผลิตแป้งมันต้องมีการวิเคราะห์ปริมาณแป้งที่มีในหัวมัน เนื่องจากมีความจำเป็นต่ออุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลัง ไม่ว่าจะเป็นเป็นกระบวนการสกัดแป้งมันสำปะหลังดิบ (Native Starch) หรือแป้งมันสำปะหลังแปรรูป (Modify Starch) นับเป็นต้นทางของการผลิตผลิตภัณฑ์แปรรูปจากแป้งมันสำปะหลัง การหาค่าเปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมันสำปะหลังสดด้วยเครื่องมือที่มีความถูกต้องแม่นยำเทียบเท่าวิธีมาตรฐานในห้องปฏิบัติการหรือวิธีชั่งด้วยเครื่องชั่งแบบ Reimann scale เป็นที่ต้องการ โดยต้องทำการวัดได้ง่ายสะดวก รู้ผลทันที เพื่อให้สามารถนำมาใช้ในการซื้อขายหัวมันสำปะหลังสด ทำให้ผู้ซื้อและผู้ขายสามารถหาค่าเปอร์เซ็นต์แป้งและคิดราคาซื้อขายได้ทันที เพื่อเพิ่มความมั่นใจในการซื้อขายหัวมันสำปะหลังสดและเพิ่มคุณภาพผลิตภัณฑ์แป้งมันสำปะหลังและผลิตภัณฑ์แปรรูปจากแป้งมันสำปะหลัง อีกทั้งกรมการค้าภายในมีความประสงค์ให้เครื่องวัดเปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมันสำปะหลังมีความเที่ยงตรงเพื่อดูแลเกษตรกรให้มีการหักความชื้น สิ่งเจือปนตามเกณฑ์มาตรฐาน ไม่ถูกเอารัดเอาเปรียบและขายผลผลิตได้ราคา

7. วิธีดำเนินการ

- อุปกรณ์

1. เครื่องจักรพื้นฐานในโรงงาน เพื่อการสร้างขึ้นส่วน ชุดทดสอบ และเครื่องต้นแบบ
2. อุปกรณ์ และเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าในการพัฒนาแผงวงจรไฟฟ้า
3. เครื่องวัดเปอร์เซ็นต์แป้งมันสำปะหลังแบบ Reimann Scale
4. เครื่องชั่งน้ำหนักชนิดละเอียด ตู้อบลมร้อนลดความชื้น และอุปกรณ์เครื่องแก้วในห้องทดลอง
5. อุปกรณ์ และเครื่องมือวัดอื่นๆ

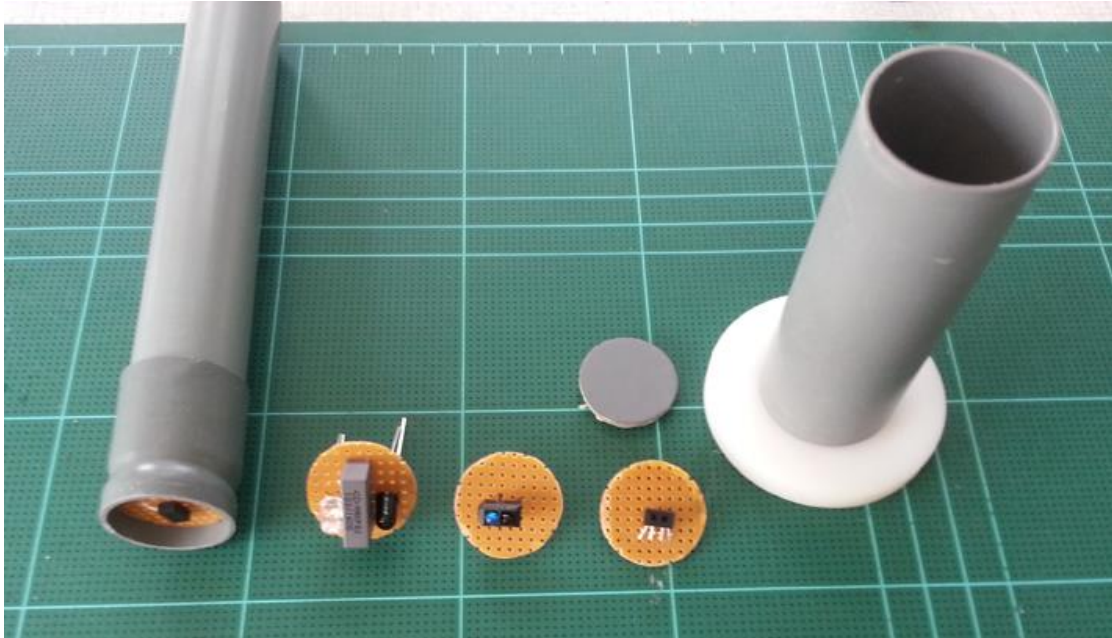
- วิธีการ

การทดสอบและพัฒนาต้นแบบเครื่องวัดเปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมันสำปะหลังสดด้วยวิธีวัดความถ่วงจำเพาะ ได้ปรับปรุงพัฒนาส่วนตรวจจับวัสดุ อุปกรณ์ส่วนชั่งน้ำหนัก โปรแกรมของต้นแบบเครื่องวัดฯ และทดสอบการใช้งานต้นแบบเครื่องวัดฯ มีวิธีการดำเนินงานดังนี้

1. การปรับปรุงพัฒนาส่วนตรวจจับวัสดุ

การตรวจจับวัสดุของต้นแบบเครื่องวัดเปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมันสำปะหลังสดต้องการระยะเวลาการตรวจจับไม่เกิน 10 วินาที ซึ่งจากการทดลองเดิมพบว่าหัวเซ็นเซอร์แสงอินฟราเรดเบอร์ TOIR-50b94bCEa ไม่เหมาะสมสำหรับการตรวจจับวัสดุระยะดังกล่าว ต้องปรับปรุงส่วนตรวจจับวัสดุโดยทดสอบหัวเซ็นเซอร์แสงอินฟราเรดที่มีความเหมาะสมสำหรับการใช้งาน ทำการศึกษาหัวเซ็นเซอร์ทำงานแบบสะท้อน 3 แบบ ได้แก่ แบบที่ 1 หัวส่ง

เบอร์ TSAL7400 หัวรับเบอร์ TOPS-030TB2 แบบที่ 2 หัวส่งเบอร์ TSAL7400 หัวรับเบอร์ TSKS5400S และแบบที่ 3 หัวส่งรับเบอร์ TCRT5000 ทาค่าแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้ที่ระยะจากหัวเซ็นเซอร์ถึงแผ่นสะท้อนสีเทา มาตรฐาน รูปที่ 1 - 2



รูปที่ 1 หัวเซ็นเซอร์รับส่งแสงอินฟราเรดแบบต่างๆ



รูปที่ 2 การทดสอบหัวเซ็นเซอร์รับส่งแสงอินฟราเรด

2. การปรับปรุงพัฒนาอุปกรณ์ส่วนซึ่งน้ำหนัก

อุปกรณ์ส่วนซึ่งน้ำหนักของต้นแบบเครื่องวัดเปอร์เซ็นต์แบ่งในหัวมันสำปะหลังสด ประกอบด้วย กระจกป้องกันเลนส์ คานกตน้ำหนัก ซึ่งมีการวัดน้ำหนักอย่างน้อย 2 สถานี คือ สถานีซึ่งน้ำหนักมันสำปะหลังในอากาศ และสถานีซึ่งน้ำหนักมันสำปะหลังในน้ำ และเนื่องจากต้นแบบเครื่องวัดฯ ทำงานต่อเนื่อง อุปกรณ์จากทุกสถานีต้องทำการปรับปรุงพัฒนาชุดเซนน้ำหนัก

ทดสอบหาความถ่วงจำเพาะของมันสำปะหลังโดยการใช้เครื่องชั่งมาตรฐาน (รูปที่ 3) หน่วยเป็นกรัม ทำการชั่งน้ำหนักกระจกป้องกันเลนส์และแผ่นกต (A) หัวมันสำปะหลังยาวประมาณ 10 เซนติเมตร จำนวน 3 ท่อน บรรจุมันสำปะหลังในกระป๋องแล้วชั่งน้ำหนัก (B) เติมน้ำจำนวน 840 กรัม แล้วทำการชั่งน้ำหนัก (C) คำนวณหาค่าความถ่วงจำเพาะจากสูตร

$$\begin{aligned} \text{ความถ่วงจำเพาะ} &= \text{น้ำหนักมันสำปะหลังซึ่งในอากาศ} / \text{น้ำหนักมันสำปะหลังซึ่งในน้ำ} \\ &= (B - A) / (C - A - 840) \end{aligned}$$



(A)



(B)



(C)



(D)

รูปที่ 3 ขั้นตอนการหาความถ่วงจำเพาะ; (A) บรรจุมันสำปะหลังในกระป๋อง, (B) ใส่แผ่นกด, (C) ชั่งน้ำหนักมันสำปะหลังในอากาศ และ (D) ใส่น้ำปริมาตรคงที่แล้วชั่งมันสำปะหลังในน้ำ

ในส่วนของการคานกตน้ำหนักหมุนรอบจุดหมุนตรงกลางซึ่งต่อกับเกียร์ทด เพื่อให้คานหมุนเป็นวงและหยุดที่สถานีต่าง ๆ จำนวน 4 สถานี คานกตน้ำหนักรับน้ำที่รับน้ำหนักจากกระป๋องสแตนเลสที่ปลายคานส่งถ่าน้ำหนักไปกตเดียวรับน้ำหนักต่อกับโพลีเอทิลีนที่ติดตั้งใต้แผ่นจาน (รูปที่ 4) การออกแบบเบี่ยงคานกตน้ำหนักรุกยึดตายตัวที่จุดหมุนตรงกลางทำให้คานกตน้ำหนักรับน้ำหนักแต่ละตัวไม่สามารถกตเดียวรับน้ำหนักที่ตำแหน่งเริ่มต้นระยะห่างระหว่างคานเดียวและคานเดียวกันได้ จึงปรับปรุงคานกตน้ำหนักรับน้ำหนักโดยใช้หลักการไม้กระดก ดังรูปที่ 4- 7 ทำการทดสอบชดเชยน้ำหนักจากคานกตน้ำหนักรับน้ำทั้ง 4



รูปที่ 4 อุปกรณ์ส่งถ่ายน้ำหนัก; (A) คานรับน้ำหนัก, (B) เต็ยรับน้ำหนักต่อกับโหลดเซล



รูปที่ 5 ระดมความคิดเพื่อออกแบบปรับปรุงคานกدنน้ำหนัก



(A)



(B)

รูปที่ 6 คานกदन้าหนัก; (A) คานแบบยึดปลายคงที่ และ (B) คานแบบไม้กระดก



รูปที่ 7 ติดตั้งคานกदन้าหนักแบบไม้กระดก

3. การปรับปรุงพัฒนาโปรแกรมของต้นแบบเครื่องวัดฯ

โปรแกรมของต้นแบบเครื่องวัดเปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมันสำปะหลังสด ประกอบด้วย ส่วนวัดน้ำหนักวัสดุ จากโหลตเซลหลายตัว ส่วนวัดระดับน้ำคองที่ ส่วนตรวจจับวัสดุ ส่วนประมวลผล และแสดงผล จากการทดสอบ

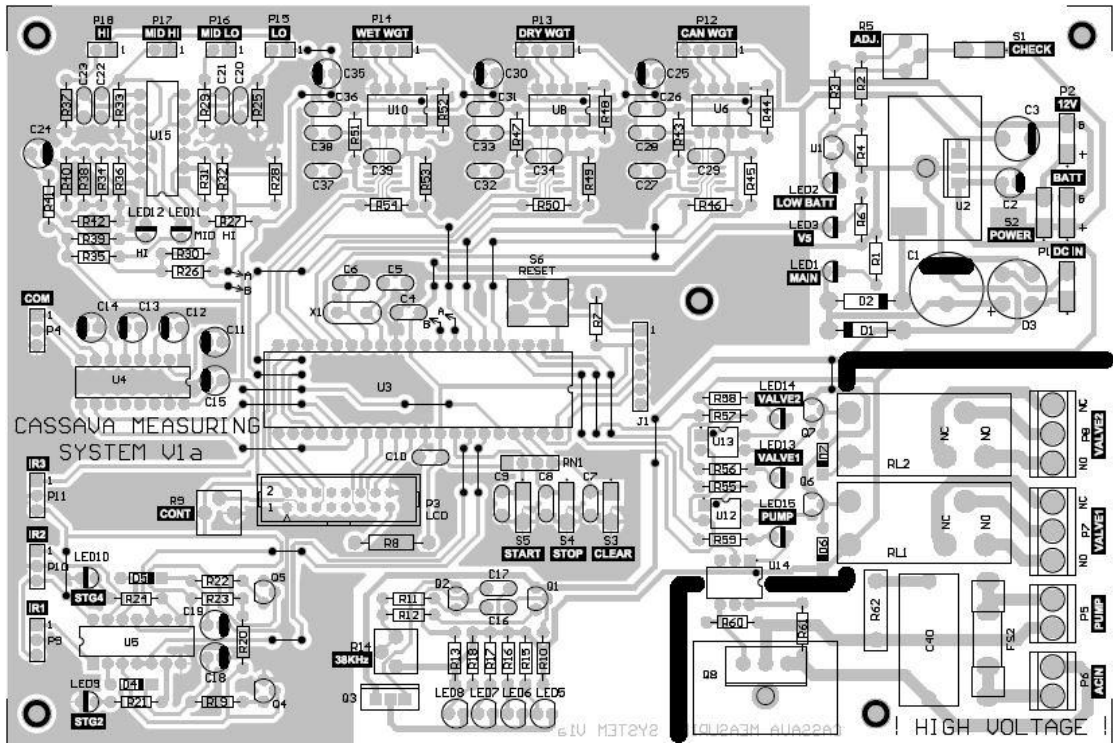
ตรวจวัดน้ำหนักเบื้องต้นจากโหนดเซลตัวเดียวได้ทำการปรับปรุงพัฒนาส่วนวัดน้ำหนักวัสดุจากโหนดเซลหลายตัว โดยการเขียนโปรแกรมรับค่าจาก MCP3551 ติดต่อแบบ SPI โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งสัญญาณให้ MCP3551 ตัวแรกก่อนแล้วรอรับค่าที่ส่งกลับมาเพื่อแปลงค่าที่วัดได้เป็นน้ำหนัก ทำการปิดการติดต่อกับ MCP3551 ตัวแรก แล้วติดต่อแบบ SPI โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งสัญญาณให้ MCP3551 ตัวที่สองแล้วรอรับค่าที่ส่งกลับมาเพื่อแปลงค่าที่วัดได้เป็นน้ำหนัก ทำการปิดการติดต่อกับ MCP3551 ตัวที่สอง ตามลำดับ ดังรูปที่ 8 ปรับปรุง โปรแกรมส่วนตรวจจับวัสดุให้สอดคล้องกับเซ็นเซอร์รับแสงอินฟราเรดที่เลือกใช้ ทำการออกแบบลายวงจรพิมพ์ (รูปที่ 9) สร้างแผ่นลายวงจรพิมพ์ และประกอบอุปกรณ์ลงบนแผ่นลายวงจรพิมพ์ (รูปที่ 10) ทำการทดสอบการทำงานของวงจรและโปรแกรมต้นแบบเครื่องวัดฯ

```

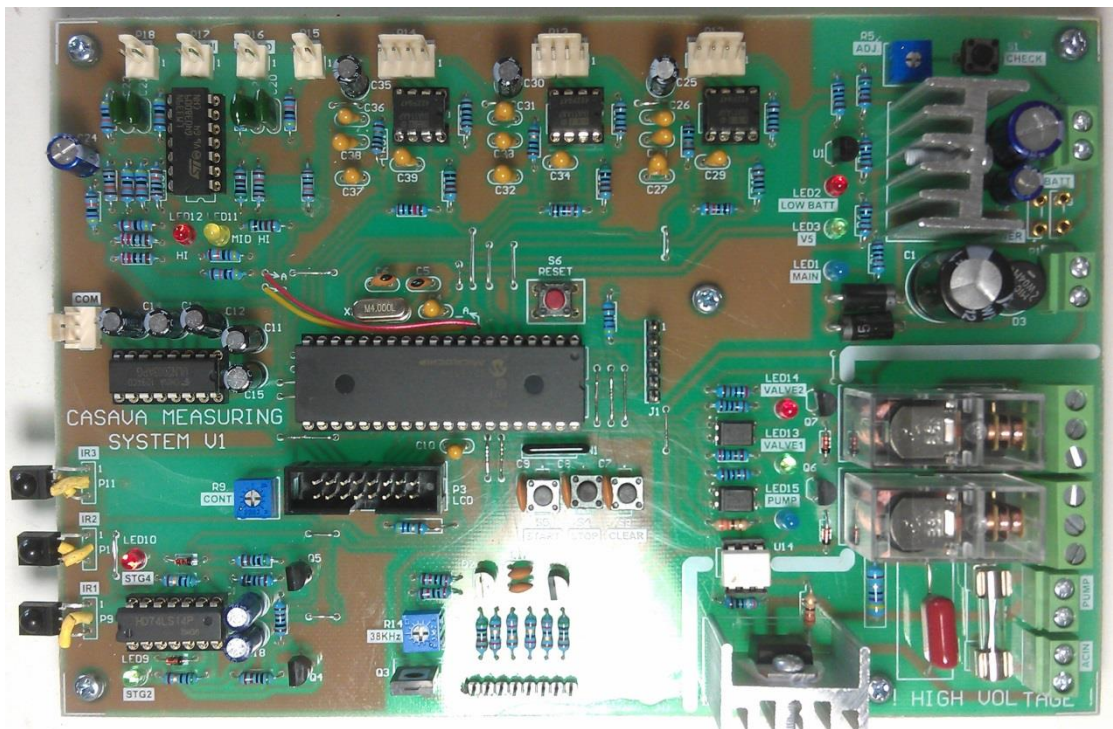
PCW
Project Edit Search Options Compile View Tools Debug Document Use
Compile Build Build All Clean Lookup Part Program Chip Debug
Cassava.c*
31 int32 read3551D(void)
32 { int32 adc_data;
33   int i;
34   PinCSD = 1;
35   delay_us(10);
36   adc_data = adc_data & 0x000000;
37   PinCSD=0;
38   delay_us(1);
39   PinCSD=1;
40   delay_us(1);
41   PinCSD=0;
42   delay_us(1);
43   PinSCKD = 1;
44   while (PinSDID==1) {
45     PinCSD=1;
46     delay_us(1);
47     PinCSD=0;
48     delay_us(1); }
49   PinSCKD = 0;
50   for(i=0; i<24; i++)
51   { PinSCKD = 1;
52     if (PinSDID == 1)
53     {adc_data=adc_data|0x000001;}
54     else
55     {adc_data=adc_data&0xfffffe;}
56     PinSCKD = 0;
57     adc_data <<=1;}
58   PinSCKD = 1;
59   PinCSD = 1;
60   delay_us(10);
61   adc_data >>=1;

```

รูปที่ 8 โปรแกรมของต้นแบบเครื่องวัดเปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมันสำปะหลังสด



รูปที่ 9 ลายวงจรพิมพ์ของต้นแบบเครื่องวัดเปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมันสำปะหลังสด



รูปที่ 10 แผ่นวงจรพิมพ์ของต้นแบบเครื่องวัดเปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมันสำปะหลังสด

4. ทดสอบการใช้งานต้นแบบเครื่องวัดฯ

ทดสอบการใช้งานต้นแบบเครื่องวัดเครื่องวัดเปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมันสำปะหลังสดเทียบกับการหาเปอร์เซ็นต์แป้งมันในห้องปฏิบัติการ และทดสอบการใช้งานต้นแบบเครื่องวัดฯ เทียบกับเครื่องวัดเปอร์เซ็นต์แป้งมันสำปะหลังแบบ Reimann Scale ที่ลานรับซื้อหัวมันสำปะหลัง

- เวลาและสถานที่

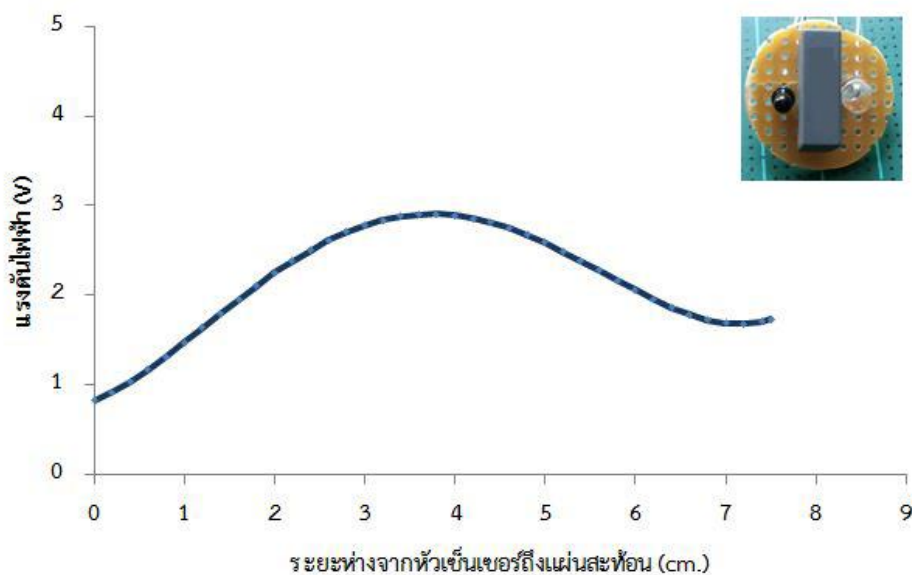
เวลาดำเนินงาน: ปีงบประมาณ 2555-2556

สถานที่ : การออกแบบ สร้างต้นแบบ และทดสอบศึกษาปัจจัยการทำงาน ดำเนินการ ณ กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม และ ลานรับซื้อหัวมันสำปะหลัง

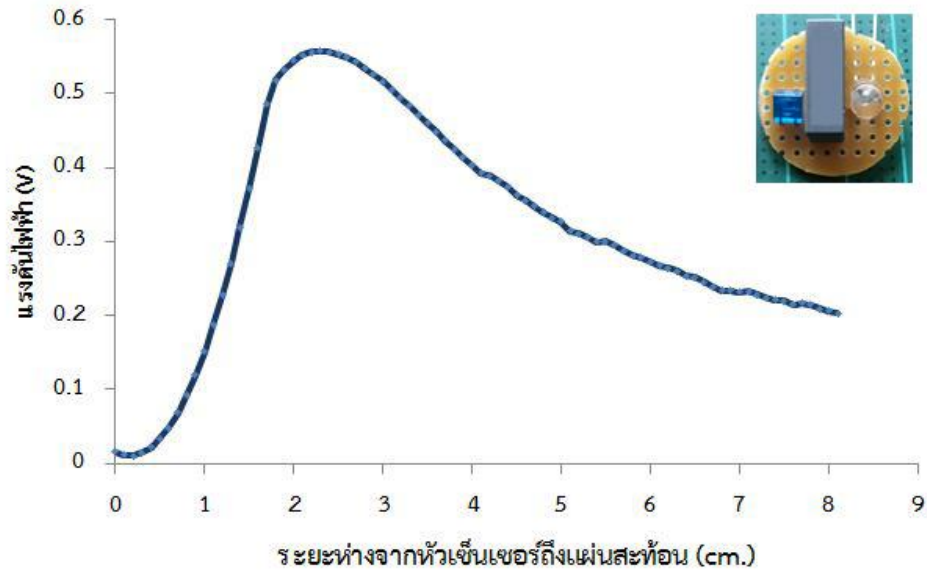
8. ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ผลการปรับปรุงพัฒนาส่วนตรวจจับวัสดุ

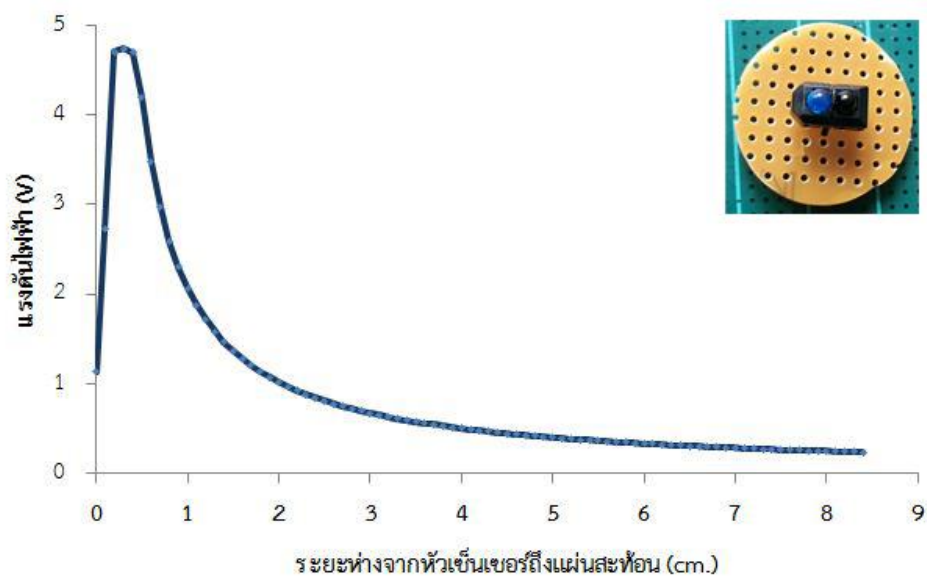
ผลการทดสอบหัวเซ็นเซอร์รับส่งแสงอินฟราเรด 3 แบบ คือ แบบที่ 1 หัวส่งเบอร์ TSAL7400 หัวรับเบอร์ TOPS-030TB2 แบบที่ 2 หัวส่งเบอร์ TSAL7400 หัวรับเบอร์ TSKS5400S และแบบที่ 3 หัวส่งรับเบอร์ TCRT5000 (รูปที่ 11- 13) พบว่า หัวเซ็นเซอร์เบอร์ TCRT5000 เหมาะสมในการออกแบบและสร้างส่วนตรวจจับวัสดุ และได้นำหัวเซ็นเซอร์ดังกล่าวมาปรับปรุงพัฒนาเพื่อตรวจจับกระป๋องสแตนเลส



รูปที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับระยะห่างจากหัวเซ็นเซอร์แบบที่ 1 ถึงแผ่นสะท้อน



รูปที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับระยะห่างจากหัวเซ็นเซอร์แบบที่ 2 ถึงแผ่นสะท้อน



รูปที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับระยะห่างจากหัวเซ็นเซอร์แบบที่ 3 ถึงแผ่นสะท้อน

2. ผลการปรับปรุงพัฒนาอุปกรณ์ส่วนซึ่งน้ำหนัก

ผลการทดสอบหาความถ่วงจำเพาะของมันเป็นสำประหลังโดยการใช้เครื่องซึ่งมาตรฐาน พบว่าสามารถใช้ในการคำนวณหาความถ่วงจำเพาะได้ โดยตัวอย่างการคำนวณ ซึ่งน้ำหนักกระป๋องสแตนเลสและแผ่นกต (A) น้ำหนัก 437.73 กรัม น้ำหนักกระป๋องสแตนเลส แผ่นกตและมันเป็นสำประหลัง (B) น้ำหนัก 710.60 กรัม เติมน้ำจำนวน 840 กรัม และน้ำหนักกระป๋องสแตนเลส แผ่นกต มันสำประหลัง และน้ำ (C) น้ำหนัก 1510.58 กรัม เมื่อกำหนดตามสูตร

$$\begin{aligned}
 \text{ความถ่วงจำเพาะ} &= \text{น้ำหนักมันสำปะหลังซึ่งในอากาศ/น้ำหนักมันสำปะหลังซึ่งในน้ำ} \\
 &= (B - A) / (C - A - 840) \\
 &= (710.60 - 437.73) / (1510.58 - 437.73 - 840) \\
 &= 1.172
 \end{aligned}$$

ความถ่วงจำเพาะมันสำปะหลังที่พบสอดคล้องกับวิธีหาความถ่วงจำเพาะในกิจกรรมที่ 1 ดังนั้นสามารถนำสมการความสัมพันธ์ระหว่างความถ่วงจำเพาะกับเปอร์เซ็นต์แป้งมันสำปะหลังจากกิจกรรมที่ 1 มาใส่ในโปรแกรมของต้นแบบเครื่องวัดฯ ได้

คานกدن้าหนักแบบไม้กระดกส่งถ่ายแรงไปยังโหลดเซลได้

3. ผลการปรับปรุงพัฒนาโปรแกรมของต้นแบบเครื่องวัดฯ

โปรแกรมของต้นแบบเครื่องวัดฯ สามารถทำงานได้ตามลำดับขั้นตอนสัมพันธ์กับระบบแมคคานิคแสดงผลต่อเนื่อง โดยเริ่มจากกระป๋องสแตนเลสพร้อมมันสำปะหลังถูกวางที่สถานีที่ 1 และหมุนไปยังสถานีที่ 2 ด้วยระบบแมคคานิค ก่อนกระป๋องเข้าสถานีมีเซ็นเซอร์ตรวจจับวัสดุติดตั้งอยู่ เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์รับทราบว่ามีกระป๋องเข้ามาที่สถานีที่ 2 จะทำการ set ค่าน้ำหนักโหลดเซลตัวที่ 1 เป็นศูนย์ เมื่อกระป๋องหยุดที่สถานีที่ 2 มีการส่งถ่ายแรงไปยังโหลดเซล ไมโครคอนโทรลเลอร์รับค่าจากโหลดเซลตัวที่ 1 มาเก็บไว้เป็นน้ำหนักกระป๋องและมันสำปะหลัง ไมโครคอนโทรลเลอร์สั่งให้โซลินอยด์เปิดน้ำให้ได้ระดับ โดยใช้วงจรถ่วงตรวจวัดระดับน้ำควบคุมการหยุดปล่อยน้ำ กระป๋องเลื่อนต่อไปรับน้ำปริมาตรคงที่ที่สถานีที่ 3 ที่ตำแหน่งก่อนถึงสถานีที่ 4 มีเซ็นเซอร์ตรวจจับวัสดุติดตั้งอยู่ เมื่อกระป๋องบรรจุน้ำและมันสำปะหลังถูกตรวจจับว่ากำลังเคลื่อนมาที่สถานีที่ 4 ไมโครคอนโทรลเลอร์จะ set ค่าน้ำหนักโหลดเซลตัวที่ 2 เป็นศูนย์ เมื่อกระป๋องหยุดที่สถานีที่ 4 มีการส่งถ่ายแรงไปยังโหลดเซลตัวที่ 2 ไมโครคอนโทรลเลอร์เก็บค่าเป็นน้ำหนักกระป๋อง น้ำและมันสำปะหลัง ทำการประมวลผลและแสดงผลต่อไป

4. ผลทดสอบการใช้งานต้นแบบเครื่องวัดฯ

ผลทดสอบการใช้งานต้นแบบเครื่องวัดเปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมันสำปะหลังสดสามารถใช้งานได้

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

ทดสอบและพัฒนาการใช้ต้นแบบเครื่องวัดเปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมันสำปะหลังสดโดยหลักการความถ่วงจำเพาะ ได้มีการปรับปรุงพัฒนาส่วนประกอบ อุปกรณ์ต่างๆ อาทิเช่น ส่วนตรวจจับวัสดุที่เหมาะสมใช้เซ็นเซอร์

เบอร์ TCRT5000 สูตรการคำนวณหาความถ่วงจำเพาะเพื่อใช้กับต้นแบบเครื่องวัดฯ การปรับปรุงคานกตน้ำหนักแบบไม้กระดก การปรับปรุงพัฒนาโปรแกรมของต้นแบบเครื่องวัดฯ ให้ทำงานสอดคล้องกับระบบแมคคานิค การทดสอบใช้งานต้นแบบเครื่องวัดเปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมันสำปะหลังสดสามารถใช้งานได้

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

ต้นแบบเครื่องวัดเปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมันสำปะหลังสดโดยใช้วิธีวัดความถ่วงจำเพาะที่มีความเป็นไปได้ในการพัฒนาเครื่องวัดเพื่อหาเปอร์เซ็นต์แป้งมันในหัวมันสำปะหลัง เพื่อให้ได้ค่าการวัดที่ถูกต้อง แม่นยำ รวดเร็วและมีราคาพอสมควร ทำให้การซื้อขายหัวมันสำปะหลังมีความยุติธรรม

11. คำขอบคุณ (ถ้ามี)

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณนิทัศน์ ตั้งพินิจกุล วิศวกรการเกษตรชำนาญการพิเศษ ที่ให้คำปรึกษาแนะนำที่เป็นประโยชน์ ขอขอบคุณ คุณสันติ โพธิ์ทอง นายช่างเครื่องกล ที่เป็นแกนหลักในการสร้างชุดทดสอบ การสร้างและปรับปรุงแก้ไขเครื่องต้นแบบ ตลอดจนขอขอบคุณนายช่างและเจ้าหน้าที่กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยวสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรมท่านอื่นๆ ที่ให้การสนับสนุนเป็นอย่างดี

12. เอกสารอ้างอิง

กล้าณรงค์และคณะ (2542) “การแปรรูปและการใช้ประโยชน์มันสำปะหลัง”

<http://www.eto.ku.ac.th/neweto/e-book/other/other13.pdf>

กรมการค้าภายใน (2551), “กรมการค้าภายในใส่ใจผู้บริโภค” จุลสารกรมการค้าภายใน ปีที่ 4 ฉบับที่ 48 ประจำเดือนธันวาคม

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2551), “การนำเข้า-ส่งออก มันสำปะหลัง”

http://www.oae.go.th/oae_report/export_import/export_result.php

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2551), “การผลิตผลผลิตมันสำปะหลัง”

<http://www2.oae.go.th/Cassava08.xls>

FAO “Cassava processing - quality control of cassava products”

[http://www.fao.org/docrep/x5032e/x5032E07.htm13.](http://www.fao.org/docrep/x5032e/x5032E07.htm13)

13. ภาคผนวก