การพัฒนาส่วนควบคุมการป้อนวัตถุดิบในการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากพริกด้วยอุปกรณ์พกพา

A Development of raw material to control the equipment feeder transforms chili products via Mobile device

โสภณ มหาเจริญ[1] สมเกียรติ ช่อเหมือน[2]

[1]อาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
อีเมล์: Hs7nbl@hotmail.com
[2]อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมซอฟต์แวร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
อีเมล์: tko@webmail.npru.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการพัฒนาส่วนควบคุมการป้อนวัตถุดิบประกอบด้วย 3 ส่วน 1) อุปกรณ์ควบคุมการป้อนวัตถุดิบ 2) ซอฟต์แวร์แบบฝังตัวเพื่อควบคุมแบบอัตโนมัติ 3) แอปพลิเคชันบนอุปกรณ์แบบพกพาเพื่อควบคุมจากระยะไกล ให้เหมาะสมกับกำลังการผลิตและป้องกันการติดขัดในการแปรรูปด้วยการควบคุมการหมุนของมอเตอร์ส่วนป้อนวัตถุดิบในการแปรรูป และนำอุปกรณ์พกพามาใช้ควบคุมจากระยะไกลโดยเชื่อมต่อเครือข่ายกับโมดูลไร้สายของไมโครคอนโทรลเลอร์หลัก ช่วยให้ควบคุมการปิด-เปิดระบบและปรับระดับความเร็วและจังหวะในการป้อน รวมถึงใช้ระบบอัตโนมัติในการแจ้งเตือนระดับวัตถุดิบด้วยชุดตรวจสอบระดับวัตถุดิบและวงจรตรวจจับความผิดปกติของการหมุน

จากการวิจัยพบว่า สามารถควบคุมการป้อนวัตถุดิบด้วยอุปกรณ์พกพาจากระยะไกลได้อย่างต่อเนื่องด้วยความเร็ว 4 ระดับและควบคุมจังหวะการทำงานและหยุดพักได้ 3 แบบคือ ช้า ปานกลาง และเร็ว โดยทดลองป้อนพริกแห้งเมล็ดเล็กให้เหมาะสมกับกำลังการผลิตของส่วนแปรรูป ซึ่งผลการป้อนระดับที่ 4 ความเร็วต่อเนื่องสูงสุดได้น้ำหนักเฉลี่ย 3.98 กิโลกรัมและผลการป้อนระดับที่ 1 แบบควบคุมจังหวะแบบช้าได้น้ำหนักเฉลี่ย 0.55 กิโลกรัมต่อหนึ่งหน่วยเวลา

คำสำคัญ: อุปกรณ์พกพา, ส่วนควบคุมการป้อนวัตถุดิบ, การควบคุมระยะไกล

Abstract

This article presenting application part of controlling input consists of 3 sections, such as control device, embedded software for automatic control, application on portable remote device for control. It is suitable for production and prevention in transformation with controlling rotation of motor and is able to control device for remote control with wireless module of main micro controller of which supports for controlling an open and close system, changing the level of speed and synchronization for input. It can be used automatic system to notify the level of input with set of detection level of input and can be used detection system to check errors of rotation.

In research, the control device can be controlled by portable remote device with 4 continuous speeds and can be synchronized control with 3 types of suspension such as slow, fast, faster. Researcher tried to carry some small dried chilies in transformation production. The input at level 4 having an average weight is about 3.98 kg and the input at level 1 with slow control having an average weight is about 0.55 kg.

Keywords: Smart Phone, Control Feeder of Raw, Remote Control

1. บทนำ

การแปรรูปผลิตภัณฑ์สินค้าทางการเกษตร เพื่อช่วยเพิ่มมูลค่าของสินค้าของผู้ประกอบธุรกิจขนาดเล็กและกลุ่มต่างๆ ในชุมชน ส่วนใหญ่ใช้กำลังคนในการแปรรูปและนำเทคโนโลยีพื้นฐานในท้องตลาดมาใช้ในการผลิต (วราธร พรหมนิล, 2554) เนื่องจากเงินทุนในการดำเนินการค่อนข้างต่ำ จึงต้องควบคุมต้นทุนในการผลิตให้ต่ำ ทำให้เสียเวลาในขั้นตอนการผลิตมาก ผลผลิตที่ได้ต่ำ ไม่สามารถแข่งขันและขยายกำลังการผลิตได้ (จาริตา หินเธาว์ และกันยารัตน์ สุขวัธนกุล, 2553) บางส่วนขาดความรู้ในการนำเทคโนโลยีและเครื่องจักรมาใช้ในการผลิต ตัวอย่างการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร เช่น กลุ่มแม่บ้าน และ กลุ่ม OTOP ซึ่งช่วยกระจายรายได้ให้กับชุมชนโดยใช้วัตถุดิบในชุมชนในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ เพื่อจำหน่ายในพื้นที่ ซึ่งมีกำลังการผลิตไม่แน่นอน

ขั้นตอนการแปรรูปผลิตภัณฑ์พริก เช่น น้ำพริก พริกป่นคั่ว ได้นำเทคโนโลยีการลดขนาดเข้ามาช่วย โดยทั่วไปนิยมใช้เครื่องบด (grinder) แบบ Mincer ที่ใช้ใบมีดในการหันและการดันผ่านรูขนาดเล็ก เพื่อให้มีขนาดเล็กลง ใช้กำลังมอเตอร์ในการหมุนให้เกิดแรงบิดดันผ่านรูปขนาดเล็ก ใช้คนงานในการป้อนวัตถุดิบ

โดยตรงเพื่อควบคุมการป้อนวัตถุดิบให้เหมาะสมในการบด หากมีการติดขัดจะทำให้อุปกรณ์ชำรุดเสียหายได้ ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ยากลำบาก เนื่องจากความเผ็ดร้อนของการสัมผัสพริกโดยตรง ต้องทำงานร่วมกับเครื่องจักรเป็นเวลานาน เพื่อให้ได้ผลผลิตตามที่ต้องการ ทั้งด้านปริมาณ ขนาด และรูปลักษณ์ จึงเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ และเกิดความเสียหายของเครื่องจักรได้

สิ่งที่สำคัญของผู้ประกอบการ คือความต้องการแปรรูปให้ได้ปริมาณมาก สะดวกและรวดเร็ว ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาต้นแบบส่วนควบคุมการป้อนวัตถุดิบในการแปรรูปผลิตภัณฑ์พริกด้วยคอมพิวเตอร์แบบพกพา เพื่อช่วยในการป้อนวัตถุดิบลงเครื่องบดที่ใช้งานเดิมได้อย่างเหมาะสมตามปริมาณที่ต้องการ ป้องกันการเกิดอุบัติเหตุของผู้ปฏิบัติงาน

2. ทฤษฎีและนวัตกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 ส่วนการป้อนวัตถุดิบ (feeding equipment)

วัตถุดิบ หมายถึง สิ่งของต่างๆ ที่นำมาใช้ในการผลิต ในการป้อนวัตถุดิบเป็นกระบวนการควบคุมปริมาณเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ โดยส่วนใหญ่การป้อนสามารถทำได้ 2 รูปแบบ 1) การป้อนโดยมนุษย์ 2) การป้อนด้วยเครื่องจักร ซึ่งการป้อนทั้ง 2 แบบจะใช้อุปกรณ์หรือเครื่องมือช่วยในการกำหนดปริมาณหรือจำนวนวัตถุดิบ วิธีการที่เหมาะสมในการวัดขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของวัตถุดิบ ได้แก่ การนับ การชั่ง การตวง การกำหนดปริมาตรตามค่ามาตรฐาน

การเลือกเครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ในการขนถ่ายวัสดุ มีองค์ประกอบที่สำคัญคือ การเคลื่อนที่ (Motion) เวลาที่ต้องขนถ่าย (Time) และเนื้อที่สำหรับอุปกรณ์ในการขนถ่าย (Space) ซึ่งมีผลต่อปริมาณในการขนถ่าย (Quantity) ในกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมโดยเฉพาะในกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง (Continuous Process หรือ Continuous Flow Production) ของผลิตภัณฑ์ชนิดเดียวด้วยปริมาณมากๆ ควรใช้เครื่องจักรเฉพาะในการผลิตหรือแปรรูป วัตถุดิบที่นำมาใช้ในขั้นตอนการผลิตนั้น เป็นกระบวนการที่ต่อเนื่อง เพื่อช่วยขนย้ายวัตถุดิบในการแปรรูปจากสถานีหนึ่งไปยังอีกสถานีหนึ่ง (สันติ กระแสคุปต์ และอดิศักดิ์ ปิยะสุวรรณ, 2537) ใช้สายพานลำเลียง (Belt Conveyors) ในการออกแบบสร้างและทดสอบเครื่องเด็ดก้านพริก ได้มีการทดลองใช้สายพานลำเลียงควบคุมปริมาณโดยกำหนดขนาดความกว้างของสายพานดังตารางที่ 1 และใช้เกลียวลำเลียงควบคุมปริมาณ (Screw conveyor) โดยกำหนดเส้นผ่านศูนย์กลางของเกลียวดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 การลำเลียงวัตถุแบบสายพาน

ขนาดความกว้างของสายพาน, in	ค่าความจุสูงสุด เมื่อใช้ลำเลียงวัสดุที่มีความหนาแน่นต่างๆ ดังนี้ (ตัน/ชั่วโมง ที่ความเร็วสายพาน 100 ft/min)				
	25 ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุต	50	75	100	150
14	8	70	24	32	48
16	10	21	31	42	63
18	13	27	40	54	81
20	16	33	49	66	99
24	24	49	73	98	147
30	39	79	118	158	237
36	57	115	172	230	345
42	82	165	247	570	855
48	110	220	330	440	660
54	142	285	427	570	855
60	180	360	540	720	1080

ตารางที่ 2 การลำเลียงวัตถุแบบเกลียวส่ง

เส้นผ่าศูนย์กลางของสกรู, in	วัสดุที่ไม่ก่อให้เกิดการขัดสี (Light Nonabrasive) เช่น เมล็ดพืช		วัสดุที่ก่อให้เกิดการขัดสีปานกลาง (Heavy Nonabrasive) เช่น ถ่านหิน		วัสดุที่ก่อให้เกิดการขัดสีมาก (Heavy Abrasive) เช่น เถ้าแข็ง (ash)	
	ค่าความจุ (ft3/hr)	จำนวนรอบสูงสุด (รอบ/นาที)	ค่าความจุ (ft3/hr)	จำนวนรอบสูงสุด (รอบ/นาที)	ค่าความจุ (ft3/hr)	จำนวนรอบสูงสุด (รอบ/นาที)
3	74	250	37	125		
4	171	220	86	110	46	90
5	304	210	150	105	85	85
6	500	200	255	255	135	80
7	820	190	410	410	200	75
8	1180	180	590	590	300	75
9	1600	175	780	780	400	70
10	2059	150	1030	1030	516	65
12	3300	150	660	660	820	60
14	4000	140	2000	2000	1200	55
16	7000	130	3400	3400	1630	50
18	9000	120	4500	4500	2100	45
20	12000	115	5800	5800	2860	46

จากตารางทั้ง 2 ในการควบคุมปริมาณ มีการกำหนดความเร็วในการเคลื่อนที่ รวมถึงสามารถกำหนดทิศทางในการขนถ่ายได้ ด้วยการใช้ระบบควบคุมผ่านมอเตอร์ จึงจำเป็นต้องพิจารณากำลังและความเร็วของมอเตอร์ให้เหมาะสม เพื่อให้ได้ปริมาณตามที่ต้องการ

2.2 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า

มอเตอร์ไฟฟ้าเมื่อแยกจากแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าแบ่งเป็นมอเตอร์กระแสตรง (DC) และมอเตอร์กระแสสลับ (AC) ในการควบคุมมอเตอร์กระแสสลับควบคุมได้ยากกว่าเนื่องจากต้องใช้วงจรซับซ้อนกว่าการควบคุมมอเตอร์กระแสตรง โดยทั่วไปจะสามารถควบคุมมอเตอร์ได้ 3 ประการ 1) ควบคุมความเร็ว 2) ควบคุมแรงบิด 3) ควบคุมทิศทาง การควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรง ด้วยการควบคุมการไหลของกระแสไฟฟ้าเป็นช่วง ๆ ซึ่งมีผลต่อปริมาณรอบ และการควบคุมแรงบิดของมอเตอร์ใช้การควบคุมการไหลของแรงดันไฟฟ้าคงที่ ส่วนการควบคุมทิศทางจะใช้การสลับขั้วไฟฟ้า (คณะกรรมการอาชีวศึกษา, 2558) วงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่นิยมนำมาใช้ควบคุมการหมุนของมอเตอร์ได้แก่ ชุดควบคุมกำลังไฟฟ้า PWM ส่วนใหญ่การควบคุมแบบอัตโนมัติ

2.3 เทคโนโลยีระบบสมองกลฝังตัว (Embedded Systems Technology)

การประยุกต์ไมโครโปรเซสเซอร์ร่วมกับซอฟต์แวร์ฝังตัว (Embedded Software) ในการสร้างหน่วยควบคุมของอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้า โดยอาศัยวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในการควบคุมการทำงาน เพื่อปรับปรุงให้ผลิตภัณฑ์ต่างๆ สามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคได้ จึงนำเทคโนโลยีระบบสมองกลฝังตัวมาสร้างหน่วยควบคุมที่มีความสามารถเพิ่มขึ้น ช่วยให้อุปกรณ์มีขนาดเล็ก เบา หลากหลายฟังก์ชัน ประหยัดพลังงาน และราคาถูก ในภาคอุตสาหกรรมการผลิตเทคโนโลยีด้านนี้จึงมีความสำคัญอย่างมาก รายละเอียดของผลิตภัณฑ์ในยุคนี้จึงได้มีสัดส่วนของคุณลักษณะทางซอฟต์แวร์ (Software Features) ที่มากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับข้อกำหนดทางฮาร์ดแวร์ (Hardware Specification) (ศุภชัย วรพจน์พิศุทธิ์, 2558)

2.4 ระบบควบคุมระยะไกล (Remote Control)

การทำงานของระบบควบคุมระยะไกลสามารถแยกออกได้เป็น 2 ส่วน คือระบบตรวจสอบติดตามและ ระบบควบคุมการทำงาน โดยส่วนใหญ่ใช้ความสามารถของตัวส่งและรับสัญญาณผ่านเครือข่ายการสื่อสาร (Network) รูปแบบการทำงานแบบไร้สาย (Wi-Fi) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ขนาดเล็กที่ช่วยให้ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถเชื่อมต่อกับเครือข่ายข้อมูลแบบไร้สายได้ โดยใช้คำสั่งในการรับส่งเป็นแบบ AT command จากไมโครคอนโทรลเลอร์หรือคอมพิวเตอร์

2.5 การทำงานของสมาร์ทโฟน

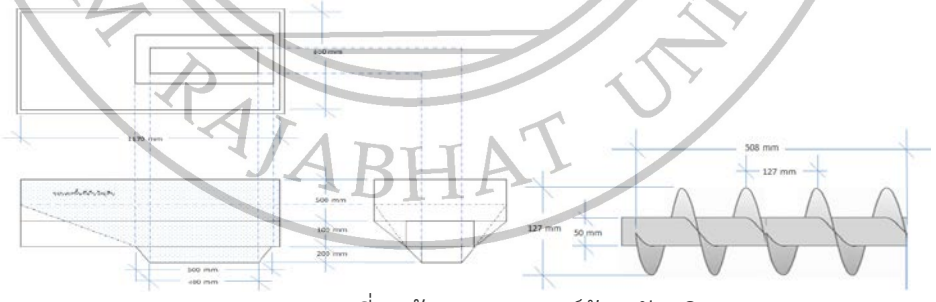
สมาร์ทโฟนที่ผลิตขึ้นในปัจจุบันส่วนใหญ่ใช้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เนื่องจากบริษัท Google ได้พัฒนาระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เพื่อใช้กับอุปกรณ์พกพาและอุปกรณ์สมัยใหม่ ในการพัฒนาแอพพลิเคชั่นโปรแกรมเมอร์สามารถดาวน์โหลด Android Studio โดยใช้ภาษา Java ตามโครงสร้างการทำงานของระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ สำหรับการเขียนโปรแกรมเพื่อรับส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายสามารถใช้ Socket API เพื่อให้สามารถเข้าถึงเครือข่ายจากอุปกรณ์รับส่งข้อมูลแบบไร้สายของสมาร์ทโฟนและสื่อสารผ่านโปรโตคอล TCP/IP ด้วยการระบุหมายเลขไอพี (IP Address) และช่องทางของโปรแกรมจากหมายเลขพอร์ต (port number) ในเครือข่ายได้

3. การดำเนินงานวิจัย

3.1 ศึกษาความต้องการของผู้ประกอบการ

โดยรวบรวมและสอบถามเจ้าของธุรกิจ ในการแปรรูปวัตถุดิบ ต้องการรองรับปริมาณในการป้อนในแต่ละรอบการผลิตน้ำหนักประมาณ 20-40 กิโลกรัม สามารถเปิด-ปิด แจ้งเตือนระดับปริมาณคงอยู่ของวัตถุดิบและควบคุมความเร็วในการป้อนได้อย่างต่อเนื่องผ่านการควบคุมระยะไกลได้

3.2 วิเคราะห์และออกแบบต้นแบบตัวป้อนวัตถุดิบ

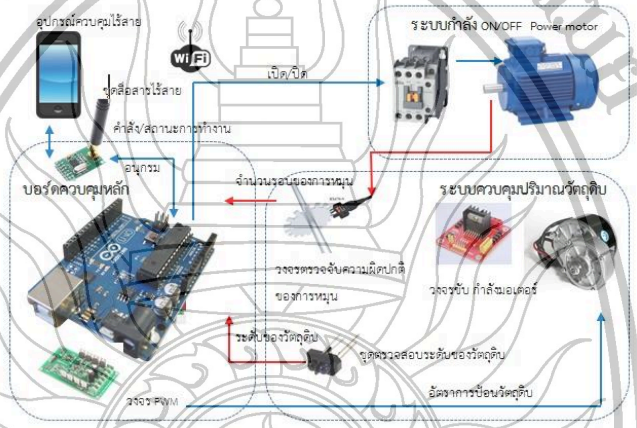


ภาพที่ 1 ต้นแบบอุปกรณ์ป้อนวัตถุดิบ

จากการวิเคราะห์ สามารถออกแบบตัวป้อนวัตถุดิบดังภาพที่ 1 โดยใช้อลูมิเนียมขนาด 800*1170 มิลลิเมตร และความสูง 800 มิลลิเมตร ตามหลักความลาดชันในการป้อนวัตถุดิบ ควบคุมการ

ป้อนด้วยการใช้มอเตอร์กระแสตรงแรงดัน 24 โวลต์ ขนาดกระแสไฟฟ้า 10 แอปม์ กำลังไฟฟ้า 250 วัตต์ มีชุดเกียร์ทดในตัวอัตราทด 1:5/600 RPM ส่งกำลังโดยใช้โซ่อัตราทดรอบ 2/1 เชื่อมกับตัวส่งแบบเกลียว ลำเลียงรัศมี 80 มิลิเมตร ระยะห่างระหว่างเกลียว 127 มิลิเมตรในการขนถ่ายวัตถุดิบตามแนวระนาบลงสู่ส่วนแปรรูป และควบคุมด้วยระบบแบบฝังตัว

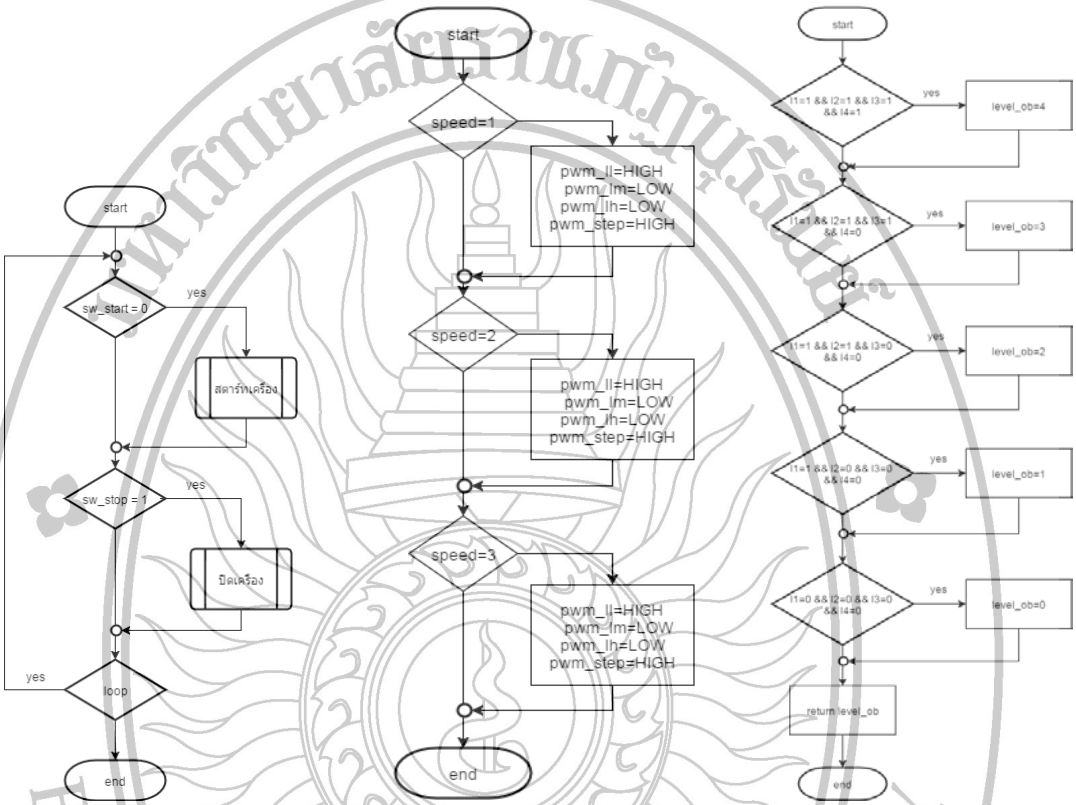
3.3 แผนภาพรวมของระบบ (Block Diagram)



ภาพที่ 2 ภาพรวมการทำงานของระบบควบคุมการป้อนวัตถุดิบ

จากภาพที่ 2 การทำงานของระบบประกอบด้วย 4 ส่วน (1) ส่วนควบคุมจากระยะไกลด้วยอุปกรณ์สมาร์ทโฟน เชื่อมต่อแบบไร้สายผ่านโมดูลไร้สายกับ ส่วนที่ (2) บอร์ดควบคุมการทำงานหลัก เพื่อควบคุมการทำงานของ (3) ส่วนควบคุมกำลังไฟฟ้าและ (4) ส่วนควบคุมปริมาณวัตถุดิบ ในการปิด-เปิดระบบและปรับระดับความเร็ว และส่งข้อความไปกลับไปแสดงผลและแจ้งระดับปริมาณในถังพักของการทำงานแบบอัตโนมัติ จากการประมวลผลชุดตรวจสอบระดับวัตถุดิบที่ใช้ในการวัดปริมาณวัตถุดิบและวงจรตรวจจับความผิดปกติของการหมุน

3.4 แผนผังการทำงานของระบบแบบฝังตัว (Flow chart)



ภาพที่ 3 แผนผังการเปิดปิด ภาพที่ 4 แผนผังการปรับระดับความเร็ว ภาพที่ 5 แผนผังการตรวจระดับวัตถุดิบ

จากรูปภาพที่ 3-5 เป็นแผนผังการทำงานของระบบควบคุมการทำงานของตัวป้อนวัตถุดิบแบบอัตโนมัติ โดยแยกส่วนย่อย เพื่อควบคุม ตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบและรับส่งค่าผ่านส่วนติดต่อผู้ใช้เพื่อควบคุมจากระยะไกลได้

3.5 การตรวจสอบสถานะและการควบคุมด้วยอุปกรณ์พกพา

ระบบใช้ตัวแปรสถานะเพื่อตรวจสอบการทำงานของระบบควบคุมอัตโนมัติจากไมโครคอนโทรลเลอร์และให้อุปกรณ์สมาร์ทโฟนตรวจสอบสถานะจากการทำงานของอุปกรณ์ว่าพร้อมรับคำสั่งหรือไม่ เพื่อรับ-ส่งข้อมูลในรูปของ AT Command ตามที่กำหนด โดยจัดเก็บค่าต่าง ๆ ลง Device.txt เมื่อแอปพลิเคชันทำงานจะตรวจสอบเพื่อปรับปรุงค่าจากระบบควบคุมอัตโนมัติ เพื่อนำไปแสดงผลและช่วยให้สถานะถูกต้องตรงกันและส่งข้อมูลกับไปยังอุปกรณ์สมาร์ทโฟน เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตามที่เงื่อนไขกำหนด

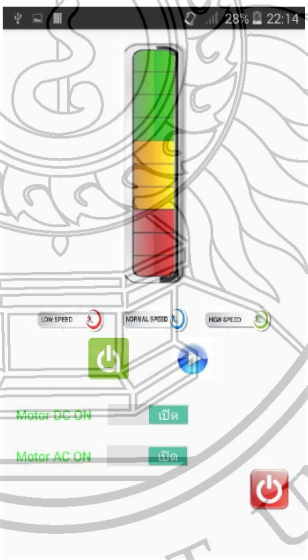
4. ผลการวิจัย

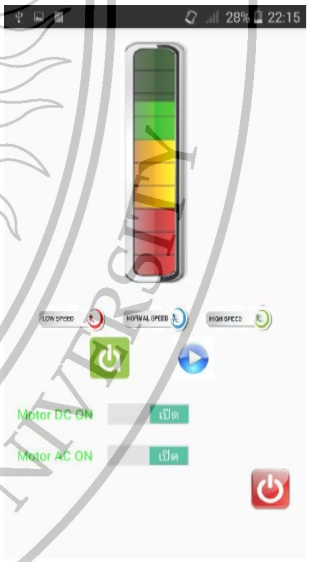
4.1 ผลการพัฒนาต้นแบบตัวป้อนวัตถุดิบ

ภาพที่ 6 กล่องควบคุม ภาพที่ 7 เกลียวลำเลียง ภาพที่ 8 ถังพักสำหรับป้อนวัตถุดิบ

จากภาพที่ 6 กล่องควบคุมตัวป้อนวัตถุดิบแบบอัตโนมัติและรองรับการควบคุมจากระยะไกล โดยควบคุมการหมุนของมอเตอร์ที่ส่งกำลังไปยังเกลียวลำเลียงในภาพที่ 7 ทำให้วัตถุดิบในถังพักที่ป้อนจากภาพที่ 8 ไหลตามแรงหมุนไปยังส่วนแปรรูป เมื่อทำการทดสอบเปิดส่วนควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติ จะตรวจสอบโมดูลต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง

4.2 ผลการพัฒนาแอพพลิเคชันสำหรับควบคุมการป้อนวัตถุดิบ





ภาพที่ 9 เวอร์ชัน1 ภาพที่ 10 เวอร์ชัน2 ภาพที่ 11 ผลการทดสอบ

จากภาพที่ 9 เป็นแอปพลิเคชันเวอร์ชันแรกที่พัฒนาขึ้นสำหรับทดลองควบคุมการป้อน โดยปรับปรุงเมนูและรูปแบบในการนำเสนอเพื่อให้ง่ายต่อการใช้งาน เมื่อทดสอบเปิดแอปพลิเคชัน ระบบจะเชื่อมต่อกับตัวป้อนวัตถุดิบเพื่อปรับปรุงสถานะของการแสดงผลดังภาพที่ 10 เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณวัตถุดิบของตัวป้อนจะแสดงผลดังภาพที่ 11 และสถานะของตัวป้อนในการป้อนวัตถุดิบจริง

4.3 ผลการทดสอบควบคุมการป้อนวัตถุดิบ

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบการทำงานของแอพพลิเคชันเพื่อควบคุมการป้อนวัตถุดิบ

ลำดับที่	หัวข้อทดสอบ	ได้	ไม่ได้
1.	ควบคุมอุปกรณ์จากระยะไกลผ่าน WIFI ไม่เกินระยะทาง 50 เมตร	✓	
2.	ควบคุมเพื่อเปิดปิดการทำงานของส่วนการป้อนวัตถุดิบ	✓	
3.	ควบคุมเพื่อเปิดปิดการทำงานของส่วนแปรรูปวัตถุดิบ	✓	
4.	ตรวจสอบปริมาณวัตถุดิบและแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชัน	✓	
5	ควบคุมอัตราความเร็วในการป้อนวัตถุดิบ	✓	
6.	ควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติของส่วนการป้อนวัตถุดิบ	✓	
7.	ตรวจสอบข้อผิดพลาดของการทำงานของส่วนแปรรูปวัตถุดิบ	✓	
8.	ควบคุมทิศทางการป้อนแบบทางเดียว	✓	

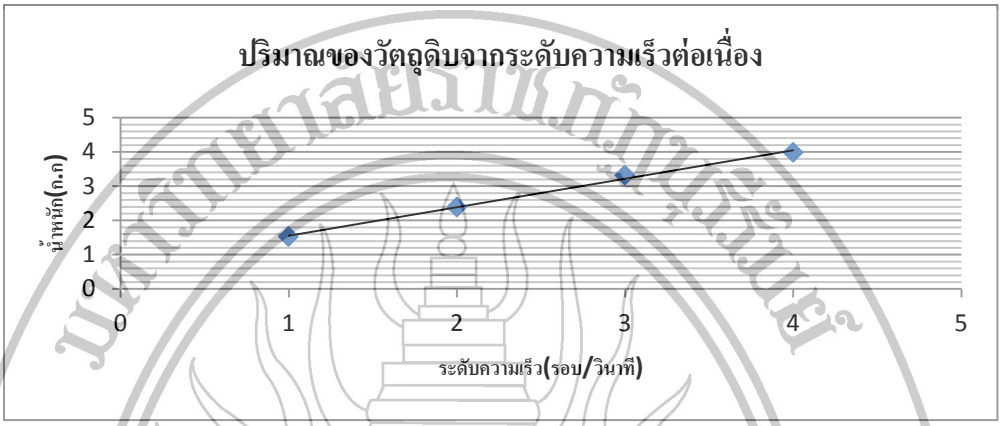
ตารางที่ 2 ผลการป้อนพริกแต่ละแบบในการแปรรูปผลิตภัณฑ์

ชนิดของพริก	ปริมาณ	อัตราการป้อน	ระยะเวลา
พริกสด	2 กก.	คงที่	25-30 วินาที
พริกแห้ง	2 กก.	คงที่	40-45 วินาที
พริกคั่ว	2 กก.	คงที่	30-35 วินาที

จากตารางที่ 2 การป้อนพริกแต่ละแบบ พบว่าการป้อนพริกสดสามารถป้อนได้รวดเร็วที่สุด เนื่องจากมีน้ำหนักกว่าพริกแบบอื่นๆ การป้อนพริกแห้งที่ไม่ได้ทำการคั่วจะใช้เวลานานสุด เนื่องจากมีการยึดเกี่ยวและมีความเหนียวแน่นกว่าพริกที่คั่วแล้วซึ่งมีความกรอบและคลายตัวมากกว่า เมื่อทำการทดลองป้อนวัตถุดิบ ด้วยระดับความเร็วคงที่แบบต่อเนื่องโดยใช้พริกแห้งเมล็ดเล็กในการทดสอบด้วยการกำหนดระดับความเร็ว 4 ระดับได้ผลลัพธ์ดังตารางที่ 3 และวิเคราะห์อัตราการเพิ่มขึ้นของปริมาณพริกที่ป้อนได้ผลดังแผนภาพที่ 1

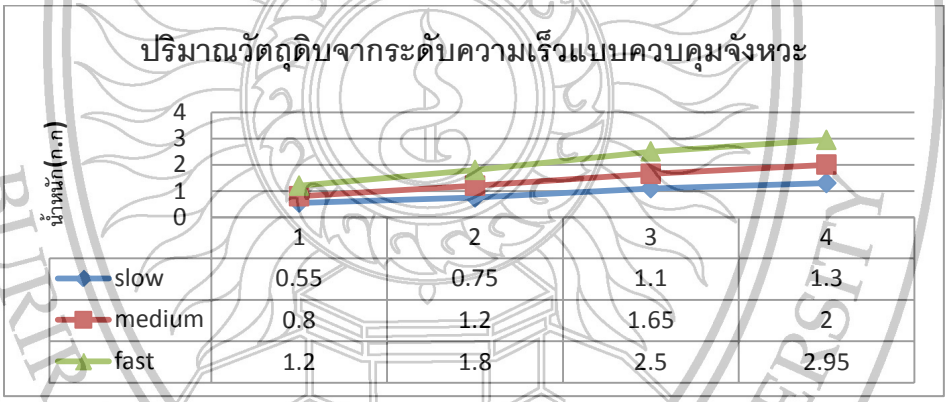
ตารางที่ 3 การวัดปริมาณของวัตถุดิบจากการป้อนแบบปรับระดับความเร็วต่อเนื่อง

ความเร็ว	ครั้งที่					
	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
ระดับ 1	1.50	1.50	1.60	1.50	1.50	1.52
ระดับ 2	2.40	2.30	2.40	2.45	2.35	2.38
ระดับ 3	3.30	3.35	3.35	3.30	3.30	3.32
ระดับ 4	4.00	4.10	3.90	4.00	3.90	3.98



ภาพที่ 12 ปริมาณของวัตถุดิบจากระดับความเร็วต่อเนื่อง

จากแผนภาพที่ 12 พบว่าการป้อนด้วยความเร็วแบบต่อเนื่อง 4 ระดับ ซึ่งมีอัตราการเพิ่มขึ้นของปริมาณตามสมการ $y = 0.832x + 0.72$ และมีค่าความเที่ยงตรง $R^2 = 0.9953$ และได้ทำการทดลองควบคุมจังหวะในการป้อน เพื่อเพิ่มช่วงเวลาในการทำงานของอุปกรณ์แปรรูปดังภาพที่ 13



ภาพที่ 13 ปริมาณของวัตถุดิบจากระดับความเร็วแบบควบคุมจังหวะ

จากแผนภาพที่ 13 การควบคุมความเร็วและจังหวะส่งผลต่อการป้อนวัตถุดิบในรูปสมการเชิงเส้น จึงสามารถใช้กับอุปกรณ์แปรรูปที่มีกำลังการผลิตได้ 4 ระดับ ใช้การควบคุมจังหวะการทำงานและหยุดพักได้ 3 แบบคือ ช้า ปานกลาง และเร็ว เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการแปรรูป ด้วยการเลือกระดับความเร็วและควบคุมจังหวะให้เหมาะสม

5. สรุปผลและอภิปรายผลการวิจัย

การพัฒนาส่วนควบคุมการป้อนวัตถุดิบระยะไกลผ่านเครือข่ายไร้สายด้วยอุปกรณ์พกพา ช่วยให้ควบคุมและติดตามการทำงานได้จากโมดูลต่างๆ โดยควบคุมการเปิดปิด ตรวจสอบปริมาณวัตถุดิบ

ตรวจสอบข้อผิดพลาดและควบคุมความเร็วในการป้อนวัตถุดิบได้ 4 ระดับและควบคุมจังหวะได้ 3 แบบ คือ ช้า ปานกลาง และเร็ว ทำให้ปริมาณวัตถุดิบเหมาะสมและต่อเนื่องกับส่วนแปรรูป รวมทั้งป้องกันความเสียหายของส่วนแปรรูป

6. ข้อเสนอแนะ

ควรปรับปรุงเงื่อนไขในการป้อนจากประสิทธิภาพของส่วนแปรรูปให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น และการควบคุมทิศทางในกรณีที่มีการติดขัดในการป้อน ส่วนการควบคุมด้วยอุปกรณ์พกพาควรเพิ่มรายละเอียดให้สอดคล้องกับความสามารถในการป้อนและการผลิต รวมถึงปัญหาความคงทนในการเชื่อมต่อผ่านโมดูลไร้สาย

7. เอกสารอ้างอิง

วราธร พรหมนิล (2554). การจัดการธุรกิจขนาดย่อม. ค้นเมื่อ 25 มกราคม 2558 จาก http://fms.snru.ac.th/UserFiles/File/rr001.pdf

จาริตา หินเธาว์ และกันยารัตน์ สุขวัธนกุล (2553). การจัดการผลิตภัณฑ์ OTOP. ค้นเมื่อ 25 มกราคม 2558 จาก http://kucon.lib.ku.ac.th/Fulltext/KC4807002.pdf

เสรี วงศ์พิเชษฐ (2547). การออกแบบ สร้าง และทดสอบเครื่องบดพริกป่น. วิทยานิพนธ์ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

มณฑล หมายเคียงกลาง (2544). การปรับปรุงและประเมินผลเครื่องบดวัสดุแบบเกลียวอัดสำหรับบดพริก. วิทยานิพนธ์สาขาวิชาเครื่องจักรกลเกษตร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สันติ กระแสคุปต์ และ อดิศักดิ์ ปิยะสุวรรณ (2537). การออกแบบสร้างและทดสอบเครื่องเด็ดก้านพริก. ค้นเมื่อ 27 กรกฎาคม 2559 จาก http://anchan.lib.ku.ac.th/kukr/bitstream/003/21523/1/kejv005n014a002.pdf

คณะกรรมการอาชีวศึกษา (2558). การควบคุมมอเตอร์. ค้นเมื่อ 27 กรกฎาคม 2559 จาก http://kpp.ac.th/elearning/elearning3/book-11.html

ศุภชัย วรพจน์พิศุทธิ์ (2558). เทคโนโลยีระบบสมองกลฝังตัวคืออะไร. ค้นเมื่อ 25 มกราคม 2558 จาก http://www.ecti-thailand.org/emagazine/views/68