

การพัฒนาระบบบรรจุภัณฑ์ข้าวสารอัตโนมัติด้วยสมองกลฝังตัว

Development Automated Rice Packaging Via Embedded System

ธัญภพ ศิริมาศเกษม^{1*}, กฤษดิยพงษ์ ขวัญวงศ์², อธิญา แสงโชติ³, ศักดิ์ศรี แก่นสม⁴, ธเนศ ตั้งจิตเจริญเลิศ⁵,
อิสริ ศรีคุณ⁶, กวีพจน์ วรเนตรสุทธิกุล⁷, ปาริฉัตร แก่นสม⁸ และประจักษ์ สัตถาผล⁹
Thanyaphob Sirimaskasem^{1*}, Krittiyaphong Khwanwong², Aisada sangshot³, Saksri Keansom⁴,
Thanet Thangjitjaroenlert⁵, Isaree Srikun⁶, Kaweej Woranetsuttikul⁷, Parichart Keansom⁸, and
Pracharat Satthapol⁹

^{1,2,3,4,5,6,7}ภาควิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

เลขที่ 9 แจ้งวัฒนะ แขวงอนุสาวรีย์ เขตบางเขน จังหวัดกรุงเทพฯ

^{8,9}ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

เลขที่ 9 แจ้งวัฒนะ แขวงอนุสาวรีย์ เขตบางเขน จังหวัดกรุงเทพฯ

* E-mail: mechanical.eng@live.com

บทคัดย่อ

การพัฒนาระบบบรรจุภัณฑ์ข้าวสารอัตโนมัติด้วยสมองกลฝังตัว มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษา ออกแบบ สร้าง และทดสอบหาประสิทธิภาพของระบบ โดยใช้อุปกรณ์สมองกลฝังตัว ATMEGA328P เป็นตัวควบคุมและแสดงผลการทำงานต่าง ๆ ด้วยจอแสดงผลขนาด 20 ตัวอักษร 4 บรรทัด มีปุ่มกดเลือกการทำงาน ใช้ระบบนิวเมติกส์เป็นตัวขับเคลื่อนเข้าหากัน ใช้ความร้อนจากขดลวดความร้อนในการหนีกลูกทั้ง 3 ด้าน และใช้มอเตอร์กระแสตรงในการเลื่อนถุงบรรจุภัณฑ์ประสิทธิภาพของเครื่องบรรจุภัณฑ์ข้าวสาร เป็นการหาค่าความผิดพลาดจากการชั่งน้ำหนัก และการทำงานของระบบหนีกลูกข้าวสาร จำนวน 10 ครั้ง การทดสอบค่าน้ำหนักแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ 500 กรัม 700 กรัม และ 1000 กรัม ผลการทำงานเพื่อหาประสิทธิภาพการชั่งน้ำหนักของเครื่องบรรจุภัณฑ์ข้าวสารอัตโนมัติด้วยสมองกลฝังตัวพบว่า เมื่อมีการบรรจุข้าวน้ำหนัก 500 กรัม ค่าผิดพลาดอยู่ที่ 3.7% ที่น้ำหนัก 700 กรัม ค่าผิดพลาด 2.6% และที่น้ำหนัก 1 กิโลกรัม ค่าผิดพลาดอยู่ที่ 1.7% ในส่วนการปิดผนึกถุงพบว่าสามารถทำงานได้โดยข้าวสารไม่มีการรั่วไหลออกจากถุง และการตัดถุงพบว่าสามารถตัดขาดทุกครั้ง จากผลการทดสอบพบว่าประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องบรรจุภัณฑ์ข้าวสารอัตโนมัติด้วยสมองกลฝังตัวสามารถทำงานได้และเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้

คำสำคัญ: ระบบบรรจุภัณฑ์ ข้าวสาร อัตโนมัติ สมองกลฝังตัว

ABSTRACT

The purpose of the development of automatic rice packaging system with embedded system is to learning, design, creation, and testing for system performance. Microcontroller model ATMEGA328P is used as a receiver and controller. The monitor was done on screen with 4 lines of 20 alphabets and select buttons. The pneumatic system is used for folding the two ends of the bag together. Heating from the coil is used for sealing three remaining sides of the bag and use the DC motor to move the packaging. The performance of rice

packaging machine is derived from error of 10 times weighing and operation of the packaging system. The weight testing is divided into 3 ranges: 500 grams, 700 grams and 1,000 grams. The results when loading 500 grams, 700 grams and 1,000 grams of rice found that the error value was 3.7%, 2.6%, and 1.7% respectively. Rice was not leaked out from the bag and cutting system can be cut off completely every time. According to the above test results, it can be concluded that the performance of automatic rice packaging machine can work very well and meet to the purpose.

Keywords: packaging system, rice, automatic, embedded

1. บทนำ

ข้าวเป็นผลผลิตทางการเกษตรที่สำคัญทั้งการบริโภคภายในประเทศและส่งออกไปขายยังต่างประเทศของไทย หลังจากฤดูการเก็บเกี่ยวข้าวเปลือกที่ได้จะถูกนำไปสีเป็นข้าวสารเพื่อการบริโภคภายในครัวเรือนและการจำหน่าย การปล่อยข้าวสารทิ้งไว้ในสภาพอากาศล้อมรอบทั่วไป มีผลกับคุณภาพข้าวสารโดยตรง จากความร้อน ชื้นในอากาศ แมลงและสัตว์เล็กที่กินเมล็ดข้าว ฝุ่นละอองและสิ่งสกปรกในอากาศที่สามารถปนเปื้อนกับข้าวสารได้ การบรรจุภัณฑ์ข้าวสารเป็นการช่วยเก็บรักษาคุณภาพของข้าวและลดปัญหาดังกล่าวข้างต้น การบรรจุภัณฑ์ข้าวสารในครัวเรือน หรือ ชุมชนขนาดเล็กยังเป็นการบรรจุภัณฑ์ด้วยมือ มีความล่าช้าและปริมาณข้าวสารไม่แน่นอนต่อการบรรจุ จากการวัดซึ่งตวงแบบตราซังเข็ม หรือ การคาดคะเนด้วยสายตาของผู้บรรจุ

ด้วยเทคโนโลยีในปัจจุบันที่มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เช่น ระบบสมองกลฝังตัว ที่ช่วยทำให้อุปกรณ์ต่าง ๆ มีความฉลาดและอำนวยความสะดวกกับผู้ใช้งานมากขึ้น มีการนำมาประยุกต์ใช้งานในแขนงต่าง ๆ อย่างกว้างขวาง เช่น การสื่อสาร การขนส่ง การคมนาคม การแพทย์ การศึกษา รวมถึงด้านการเกษตร แต่ด้านการเกษตรที่ผ่านมานำเทคโนโลยีด้านสมองกลฝังตัวมาใช้งานมักอยู่ในรูปแบบของเครื่อง หรือธุรกิจอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่มีราคาสูง ไม่เหมาะกับเกษตรกรชุมชน หรือ ใช้งานในครัวเรือน

ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาเครื่องบรรจุข้าวสารอัตโนมัติด้วยระบบสมองกลฝังตัว โครงสร้างของระบบใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมและสั่งงาน [6-12] แสดงสถานะการทำงานด้วยจอแสดงผล (LCD) ขนาด 20 ตัวอักษร 2 บรรทัด สามารถขึ้นรูปถุงทรงกระบอก จากแผ่นมันพลาสติกชนิดบรรจุอาหาร ด้วยระบบนิวเมติกส์และขดลวดความร้อน มอเตอร์กระแสตรงใช้ในการลำเลียงข้าวสารเพื่อชั่งน้ำหนักจำนวน 1000 กรัม ไหลลงเข้าถุงบรรจุภัณฑ์ ปิดผนึกถุงด้วยระบบนิวเมติกส์และขดลวดความร้อน มีใบมีดในการตัดแยกถุงหลังจบกระบวนการ

2. วัตถุประสงค์

- 2.1 เพื่อศึกษาการทำงานของระบบบรรจุภัณฑ์ข้าวสารอัตโนมัติด้วยสมองกลฝังตัว
- 2.2 เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องบรรจุภัณฑ์ข้าวสารด้วยสมองกลฝังตัว
- 2.3 เพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องบรรจุภัณฑ์ข้าวสารด้วยสมองกลฝังตัว

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ในหัวข้อการค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้องในครั้ง นี้ ผู้จัดทำได้ทำการศึกษาค้นคว้าข้อมูลและทฤษฎีต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

3.1 ข้อมูลเกี่ยวกับการบรรจุภัณฑ์ข้าวสาร โดยศึกษาข้อมูลเบื้องต้นของการเลือกวิธีการบรรจุข้าวสาร ที่มีผลต่อเวลาโดยไม่เสียเวลาในการค้นหาเป็นเวลานาน

3.2 ข้อมูลพื้นฐานของเครื่องบรรจุภัณฑ์ข้าวสารอัตโนมัติ เป็นการศึกษาขั้นพื้นฐานต่าง ๆ ของระบบ ได้แก่ ไหลด เซลล์ มอเตอร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์ กระบอกสูบนิวเมติกส์ ฮีตเตอร์ทำความร้อน จอแสดงผล LCD

3.3 ข้อมูลของส่วนประกอบภายนอกเครื่องบรรจุภัณฑ์ข้าวสารอัตโนมัติสามารถแบ่งออกได้ดังนี้

3.3.1 กระบอกสูบนิวเมติกส์ รุ่น MAX PRESS ศึกษาการทำงานของระบบลมและกระบอกสูบลูกสูบ เพื่อนำไปใช้ในการปิดผนึกบรรจุภัณฑ์

3.3.2 เซอร์โวมอเตอร์ รุ่น MG996R ศึกษาหลักการทำงานในการหมุนของเซอร์โวมอเตอร์เหตุผลที่ใช้เซอร์โวมอเตอร์รุ่นนี้ เพราะสามารถหมุนได้ 0-180 องศา ให้แรงบิดสูงถึง 15 กิโลกรัม เหมาะกับการนำมาใช้งาน

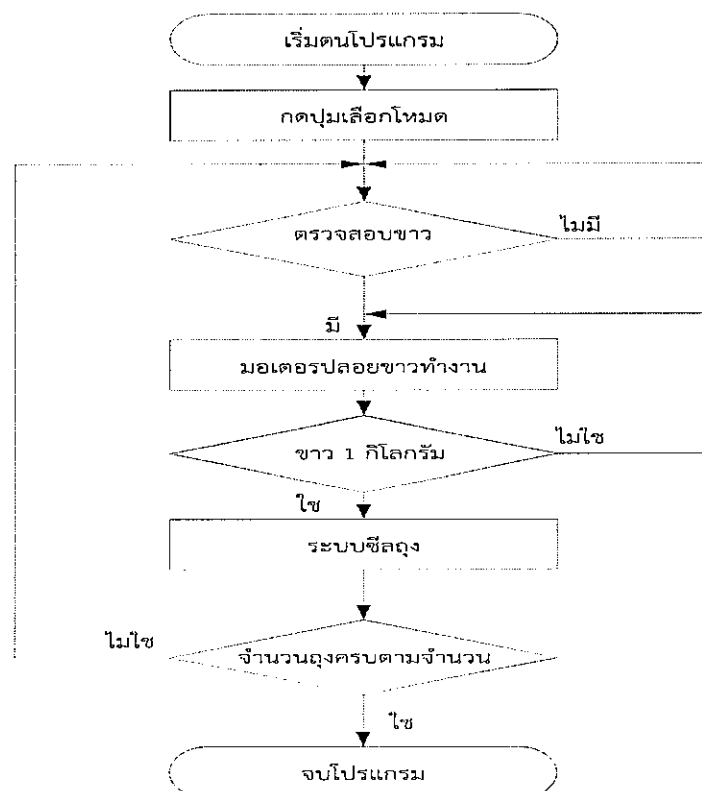
3.3.3 เซนเซอร์โฟโตอิเล็กทริก ศึกษาการทำงานในการตรวจจับวัตถุ และสัญญาณเอาต์พุตเพื่อนำไปใช้งาน เหตุผลที่เลือกใช้เซนเซอร์โฟโตอิเล็กทริกรุ่นนี้ เพราะรองรับการเชื่อมต่อกับบอร์ด Arduino Uno R3

3.3.4 โหลดเซลล์ รุ่น Zemic สามารถชั่งน้ำหนักได้มากที่สุด 5 กิโลกรัม ศึกษาการทำงานในการชั่งน้ำหนัก เหตุผลที่เลือกใช้โหลดเซลล์รุ่นนี้ เพราะสามารถรับน้ำหนักได้ตามต้องการและรองรับการเชื่อมต่อกับบอร์ด Arduino

3.3.5 ฮีตเตอร์ทำความร้อนแบบแท่ง ศึกษาการทำงานการให้ความร้อนเหล็ก เหตุผลที่เลือกใช้ฮีตเตอร์นี้ เพราะทำความร้อนได้เร็ว เหมาะต่อการนำมาใช้งาน

3.3.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์ ศึกษาการทำงานและการเขียนโปรแกรมควบคุมพื้นฐาน และบอร์ด Arduino Uno R3 เหตุผลที่เลือกใช้เพราะมีจำนวนพอร์ตอินพุตและเอาต์พุตที่เพียงพอต่อการใช้งาน

3.3.7 จอ LCD รุ่น 20x4 ศึกษาโครงสร้างพื้นฐาน หลักการทำงานของจอ LCD และโปรแกรมพื้นฐานในการเขียนให้จอ LCD แสดงผล เหตุผลที่เลือกใช้จอ LCD รุ่นนี้ เพราะรองรับการเชื่อมต่อกับบอร์ด Arduino Uno R3 และสามารถรองรับตัวอักษรได้ถึง 80 ตัวอักษร ซึ่งเพียงพอกับการใช้งาน



รูปที่ 1 ระบบการทำงานของเครื่องบรรจุข่าวสาร

3.4 กรอบแนวคิดของระบบการทำงานของเครื่องบรรจุภัณฑ์ข้าวสารดังรูปที่ 1 มีองค์ประกอบของระบบ คือ

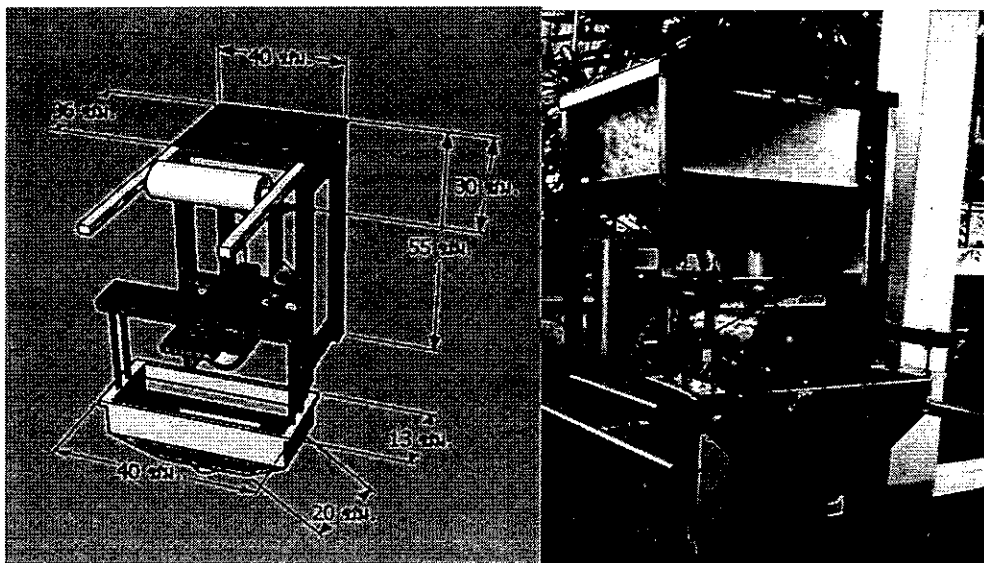
3.4.1 เมื่อเปิดเครื่องทำงานตั้งค่าน้ำหนักจอแสดงผลเพื่อเลือกจำนวนถุงที่ต้องการตั้งแต่ 1-10 ถุง ถุงละ 1 กิโลกรัม จากนั้นเซนเซอร์จะตรวจสอบว่ามีข้าวอยู่ในถังหรือไม่ ถ้ามีมอเตอร์ตัวที่ 2 จะทำการปล่อยข้าวลงมาถึงชั่งน้ำหนัก

3.4.2 โหลดเซลล์ส่งสัญญาณไปที่ระบบควบคุมและแสดงผลผ่านทางหน้าจอแสดงผลจนครบ 1 กิโลกรัม เซอร์โวมอเตอร์ก็จะทำการปล่อยข้าวลงไปที่ถุงบรรจุภัณฑ์ หนึ่งเวลาเซอร์โวมอเตอร์ไว้ 7 วินาที เพื่อให้ข้าวตกถึงถังให้หมด จากนั้นโซลินอยด์วาล์วก็จะทำงาน ควบคุมให้กระบอกสูบน้ำเมติกส์ตัวบนและตัวล่างทำการปิดผนึกถุง 3 ด้าน คือ ด้านบนด้านล่างและด้านข้างและทำการตัด

4. การออกแบบและสร้างเครื่องบรรจุภัณฑ์ข้าวสารอัตโนมัติ

ในการออกแบบเครื่องบรรจุภัณฑ์ข้าวสารอัตโนมัติ เพื่อจะใช้จัดวางตำแหน่งและอุปกรณ์จริงคือ บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่น ATMEGA328P จอ LCD 20x4 โมดูลแปลงแรงดันไฟฟ้าเพื่อรักษาแรงดันให้คงอยู่ตลอดเวลา โหลดเซลล์ ตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล (HX711) เซนเซอร์ตรวจจับข้าว รีเลย์ควบคุมการทำงานของโซลินอยด์วาล์ว และหลอดไฟ LED บอร์ดไดรฟ์มอเตอร์ MD10C R3 ควบคุมมอเตอร์ 24 โวลต์ บอร์ดไดรฟ์ L298N ควบคุมมอเตอร์ 12 โวลต์ [1-2] โดยทำการแบ่งขั้นตอนออกเป็น 3 ส่วน ดังต่อไปนี้

4.1 ออกแบบโครงสร้างและสร้างเครื่องบรรจุภัณฑ์ข้าวสารอัตโนมัติ [3,5] เป็นการออกแบบถังพักข้าวโดยมีความสูง 55 ซม. ยาว 40 ซม. กว้าง 36 ซม. ออกแบบมาเพื่อให้พื้นที่ในการวางถังพักข้าวที่เหมาะสม ซึ่งถังพักข้าวมีความสูง 30 ซม. เพื่อให้รับน้ำหนักข้าวได้ 10 กิโลกรัมและแข็งแรงต่อการวางถังพักข้าวโดยมีความสูง 20 ซม. ยาว 40 ซม. กว้าง 13 ซม. ที่สามารถรับน้ำหนักได้ 10 กิโลกรัม ดังรูปที่ 2

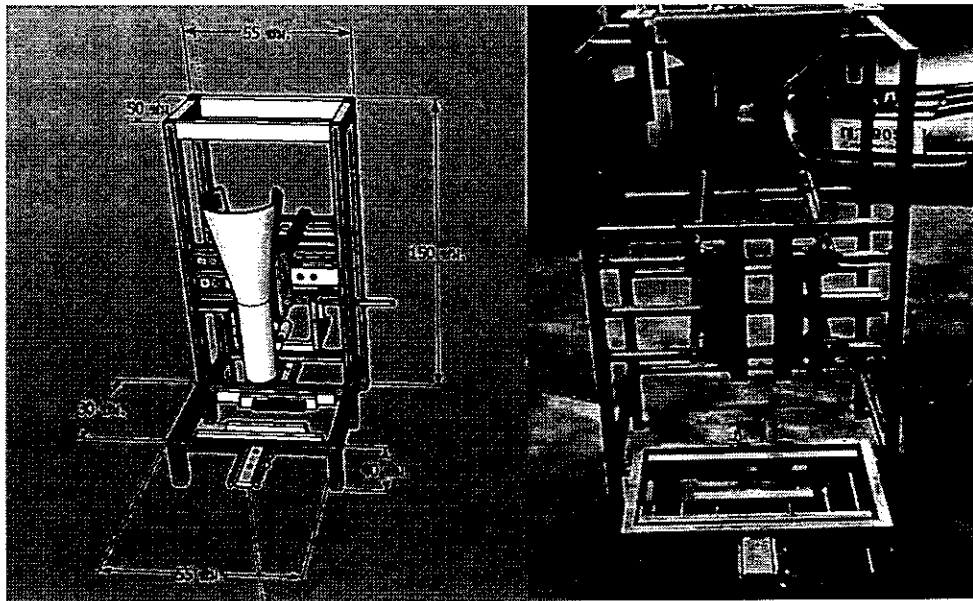


(ก) ออกแบบโครงสร้าง

(ข) ภาพจริง

รูปที่ 2 ถังพักข้าวและถังชั่งน้ำหนัก

การออกแบบชุดปิดผนึกถุง [4] บน-ล่าง ส่วนบนออกแบบโดยมีสูง 150 ซม. ยาว 55 ซม. กว้าง 50 ซม. ออกแบบมาเพื่อรองรับถังพักข้าวและถังชั่งน้ำหนัก ส่วนล่างออกแบบโดยมีความสูง 40 ซม. ยาว 55 ซม. กว้าง 30 ซม. ออกแบบมาเพื่อวางกระบอกสูบน้ำและชุดหลักผนึกถุง ได้อย่างเหมาะสม ดังรูปที่ 3

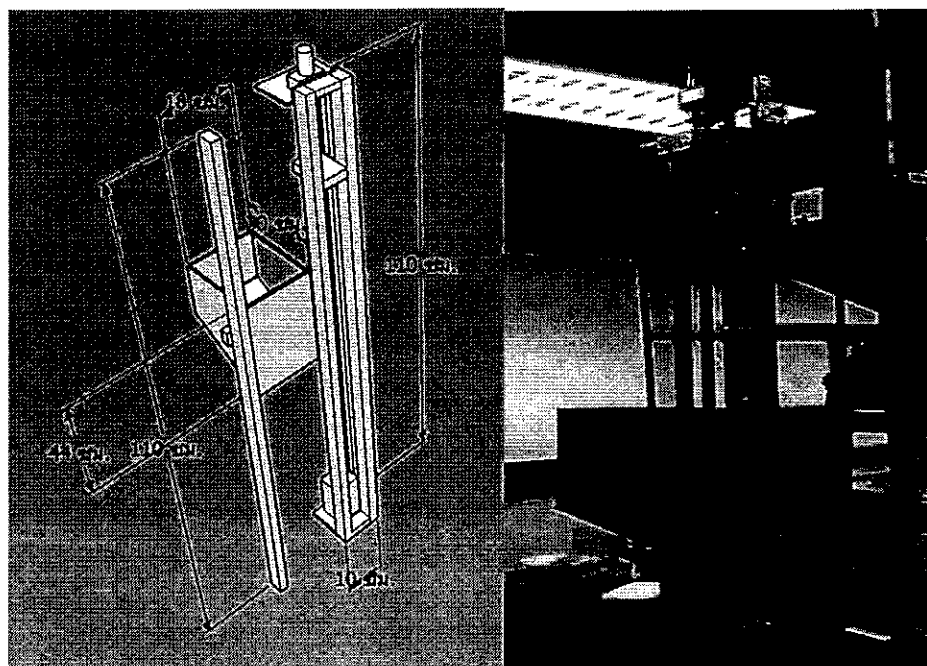


(ก) การออกแบบโครง

(ข) ภาพจริง

รูปที่ 3 ชุดปิดผนึกถุง บน-ล่าง

การออกแบบชุดลำเลียงข้าวเพื่อนำข้าวขึ้นมาเทใส่ถังพักข้าว เหล็กและเหล็กเกลียวลำเลียงข้าวมีความสูง 110 ซม. ยาว 10 ซม. ออกแบบเพื่อให้พื้นที่ในการลำเลียงข้าวและวางถังลำเลียงข้าว ส่วนถังลำเลียงข้าวมีขนาดความ สูง 44 ซม. ยาว 30 ซม. กว้าง 18 ซม. ออกแบบมาเพื่อให้น้ำหนักข้าวได้ 10 กิโลกรัม ดังรูปที่ 4

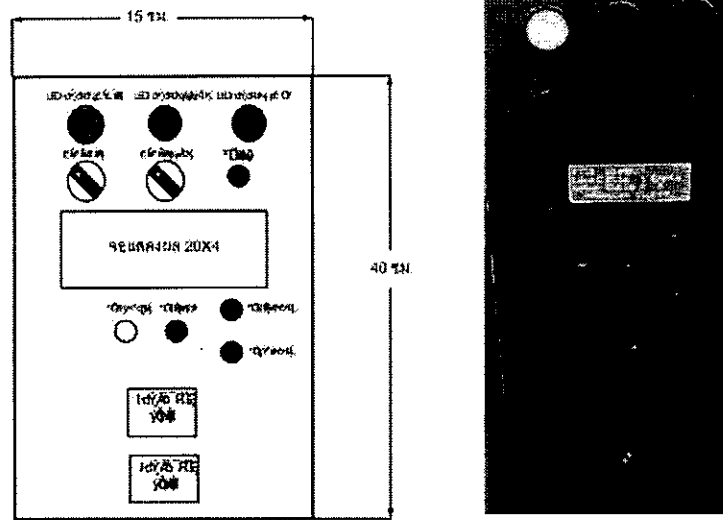


(ก) การออกแบบโครงสร้าง

(ข) ภาพจริง

รูปที่ 4 ชุดลำเลียงข้าว

4.2 ออกแบบชุดแสดงผล เป็นการออกแบบชุดแสดงผลเครื่องบรรจุภัณฑ์ข่าวสารอัตโนมัติ การจัดวาง LED การจัดวางจอ LCD จอแสดงอุณหภูมิ และสวิตช์ เพื่อให้ง่ายต่อการใช้งานและการมองเห็น ดังรูปที่ 5

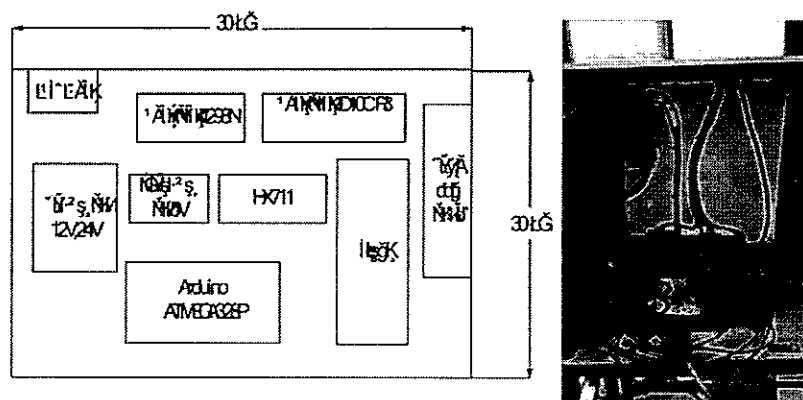


(ก) การออกแบบโครงสร้าง

(ข) ภาพจริง

รูปที่ 5 ออกแบบชุดแสดงผล

4.3 ออกแบบการจัดวางชุดควบคุม เครื่องบรรจุภัณฑ์ข่าวสารอัตโนมัติ การจัดวางตู้ควบคุมเครื่องบรรจุภัณฑ์ข่าวสารอัตโนมัติ การจัดวางเบรกเกอร์ เพื่อให้สะดวกต่อการใช้งานเวลาเปิด-ปิดเครื่อง การจัดวางบอร์ด HX711 โมดูลแปลงไฟ บอร์ดรีเลย์และ บอร์ดไทรฟมอเตอร์ เพื่อให้สะดวกต่อการเชื่อมต่อพอร์ตใช้งานกับ บอร์ด Arduino Uno R3 การจัดวาง ขั้วต่อความเป็นระเบียบเรียบร้อย ดังรูปที่ 6

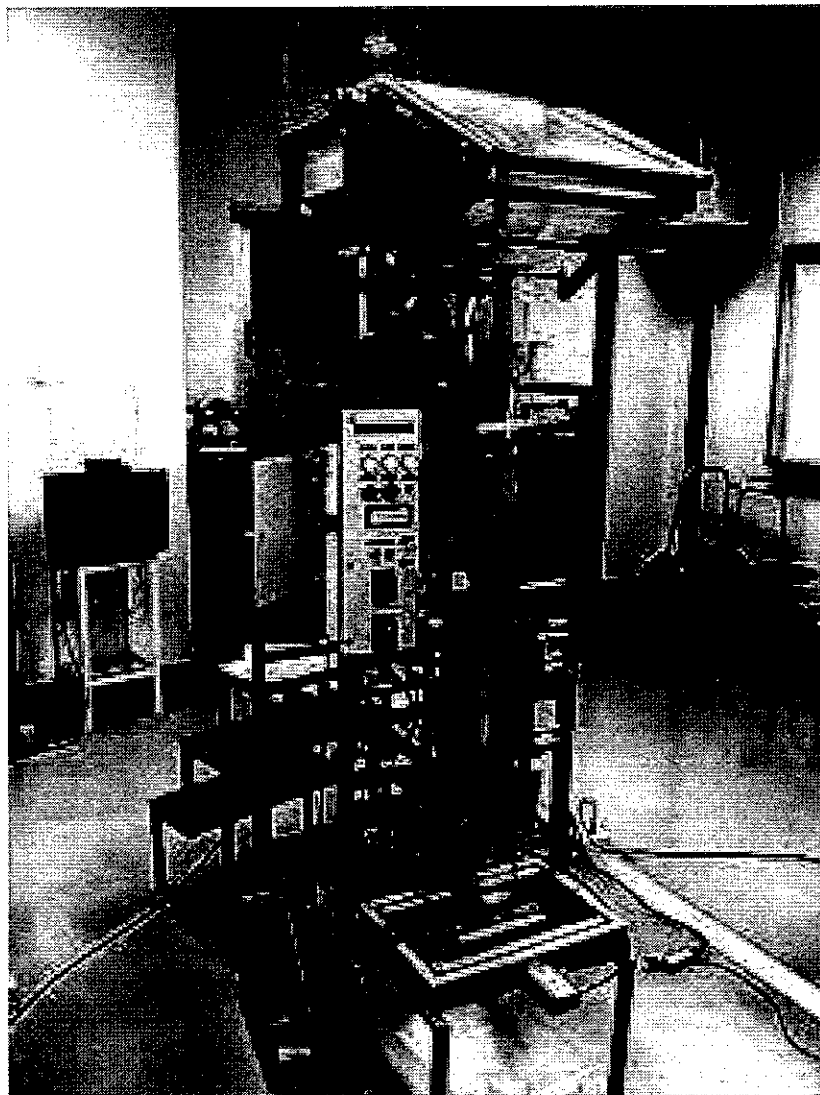


(ก) การออกแบบโครง

(ข) ภาพจริง

รูปที่ 6 ออกแบบการจัดวางอุปกรณ์

เมื่อได้ส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องบรรจุข้าวสารตามขั้นตอนที่ได้กล่าวมาข้างต้น ทำการประกอบชิ้นส่วนและเชื่อมต่อส่วนควบคุมการทำงาน ทดสอบการทำงานของเครื่องบรรจุข้าวสาร และกำหนดโปรแกรมให้เหมาะสมสำหรับการทำงานของเครื่อง เครื่องบรรจุข้าวสารอัตโนมัติที่จัดทำเสร็จแล้ว ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 เครื่องบรรจุภัณฑ์ข้าวสารอัตโนมัติ

5. ผลการวิจัย

ผลการทำงานเพื่อหาประสิทธิภาพการชั่งน้ำหนักของเครื่องบรรจุข้าวสารอัตโนมัติการทดลองการทำงานของโหลด เซลล์วัดค่าน้ำหนัก ว่าสามารถชั่งน้ำหนักได้ตามที่กำหนดหรือไม่ โดยแบ่งการทดลองชั่งน้ำหนักเป็น 3 ส่วนคือ 500 กรัม 700 กรัม และ 1 กิโลกรัม ส่วนละ 10 ครั้ง นำข้อมูลมาเปรียบเทียบกับเครื่องชั่งมาตรฐานแบบดิจิทัล ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทำงานเพื่อหาประสิทธิภาพการชั่งน้ำหนักของเครื่องบรรจุภัณฑ์ข้าวสารอัตโนมัติ

ทดลองครั้งที่	น้ำหนัก 500 กรัม		น้ำหนัก 700 กรัม		น้ำหนัก 1000 กรัม	
	เครื่องชั่งมาตรฐาน	เครื่องบรรจุภัณฑ์	เครื่องชั่งมาตรฐาน	เครื่องบรรจุภัณฑ์	เครื่องชั่งมาตรฐาน	เครื่องบรรจุภัณฑ์
1	517	500	719	701	1020	1001
2	519	501	721	701	1015	1000
3	521	501	716	700	1024	1002
4	518	500	719	701	1018	1001
5	522	501	724	702	1022	1002
6	516	500	725	702	1018	1001
7	525	502	720	701	1014	1000
8	520	501	718	700	1020	10001
9	514	500	719	701	1022	1002
10	519	501	720	701	1017	1001
รวม	5201	5007	7201	7010	10189	10011
เฉลี่ย	520.1	500.7	720.1	701.0	1019.0	1001.1
ค่าผิดพลาด	3.7 %		2.6 %		1.7 %	

จากตารางที่ 1 ผลการทำงานเพื่อหาประสิทธิภาพการชั่งน้ำหนักของเครื่องบรรจุภัณฑ์ข้าวสารอัตโนมัติจะพบว่า เมื่อมีการปล่อยข้าวลงมาถึงชั่งน้ำหนัก 500 กรัม ค่าผิดพลาดอยู่ที่ 3.7% ที่น้ำหนัก 700 กรัม ค่าผิดพลาด 2.6% และที่น้ำหนัก 1 กิโลกรัม ค่าผิดพลาดอยู่ที่ 1.7% ในส่วนการปิดผนึกถุงและตัดถุงเป็นไปตามเงื่อนไขคำสั่ง คือ สามารถปิดผนึกถุงด้านข้างด้านบน - ล่าง และตัดถุง โดยทดลองจำนวน 10 ครั้ง การทำงานเป็นไปตามเงื่อนไขทุกครั้ง

6. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

การพัฒนาระบบบรรจุภัณฑ์ข้าวสารอัตโนมัติด้วยสมองกลฝังตัว เป็นการศึกษา ออกแบบ และสร้างเครื่องมือ เพื่อหาประสิทธิภาพ โดยการนำความรู้ทางวิศวกรรม มาประยุกต์ใช้กับงานทางการเกษตร โดยมีค่าความผิดพลาดของการชั่งน้ำหนัก 500 กรัม ที่ 3.7 % มีค่าความผิดพลาดของการชั่งน้ำหนัก 700 กรัม ที่ 2.6 % และค่าความผิดพลาดของการชั่งน้ำหนัก 1000 กรัม ที่ 1.7 % การขึ้นรูปถุงบรรจุภัณฑ์ไม่มีจำนวนถุงที่เกิดความเสียหาย และการปิดผนึกถุงด้วยความร้อนไม่มีจำนวนถุงที่เกิดความเสียหาย

7. ข้อเสนอแนะ

- 7.1 ควรจะทำตัวเครื่องที่มีโหมดให้เลือกน้ำหนักข้าวได้มากกว่านี้เพื่อที่จะได้มีขนาดตามความต้องการของผู้ซื้อ
- 7.2 พัฒนาฮาร์ดแวร์ให้ใหญ่ขึ้น เช่น ทำถังพักข้าว ถังชั่งน้ำหนัก และขนาดถุงบรรจุให้ใหญ่ขึ้น

8.เอกสารอ้างอิง

- [1] กิमानนท์ พูลกาลัง และถาวร ศิริสอน. (2555). เครื่องแลกธนาบัตรเป็นเหรียญอัตโนมัติควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์, ปรินูณานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า, มหาวิทยาลัยสยาม.
- [2] ไกรศร มิ่งฉาย, จักรพงษ์ ทัพพะอาด, และมนูญ เพชรออด. (2551). แผนทดลองการควบคุมมอเตอร์, ปรินูณานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า, มหาวิทยาลัยบูรพา.
- [3] จำรัส ทาคำวัง. (2557). เครื่องบรรจุน้ำตาลทรายขาว, ปรินูณานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า, มหาวิทยาลัยบูรพา.
- [4] จันทรจิรา วงษ์มิต, ณัฐพล ป้อมเต็ด, และพิทยุทธ์ กำแพง. (2554). เครื่องต้นแบบซิลิโคนปากถุงแบบจับจับ, ปรินูณานิพนธ์เทคโนโลยีบัณฑิต, มหาวิทยาลัยบูรพา.
- [5] มนตรี ไชยชาญยุทธ์. (2556). ระบบบรรจุเมล็ดพันธุ์แบบกึ่งอัตโนมัติ, ประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ระดับชาติ ครั้งที่ 14 และระดับนานาชาติ ครั้งที่ 16 ประจำปี 2556, 1-4 เมษายน 2556. ณ โรงแรมหัวหินแกรนด์ แอนด์ พลาซ่า ประจวบคีรีขันธ์.

9.หนังสือ

- [6] ทีมงานสมาร์ทเลิร์นนิ่ง. (2554). เซนเซอร์ทรานสดิวเซอร์และการใช้งาน, กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ด้านสุทธาการพิมพ์
- [7] ประจัน พลังสันติกุล. (2553). พื้นฐานภาษา C สำหรับ Arduino, กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แอฟซอพต์เทค
- [8] วิศรุต ศรีรัตน. (2554). เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ในงานอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ซีเอ็ดยูเคชั่น
- [9] เอกชัย มะการ. (2552). เรียนรู้เข้าใจใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ด้วย Arduino, กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์อีที
- [10] โอภาส เขียมสิริวงศ์. (2559). การเขียนโปรแกรมด้วยภาษา C, กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ซีเอ็ดยูเคชั่น
- [11] Michael Margolis. (2012). Arduino Cookbook, USA: O'Reilly Media, Inc.