



เครื่องลดความชื้นข้าวเปลือก

PADDY DEHUMIDIFIER

นายพนทวิระ ทนุดำรง

นายพงศกร เพ็ชรสีทอง

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ปีการศึกษา 2567

เครื่องลดความชื้นข้าวเปลือก

นายนนท์วิระ หนูดำรง

นายพงศกร เพ็ชรสีทอง

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
ปีการศึกษา 2567

PADDY DEHUMIDIFIER

MR.NONWEERA TANUDAMRONG

MR.PONGSAKORN PETCHSITONG

THIS PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE BACHELOR DEGREE OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY SRIVIJAYA
ACADEMIC YEAR 2024

หัวข้อปริญญานิพนธ์	เครื่องลดความชื้นข้าวเปลือก	
นักศึกษา	นายณนทวิระ	ทนต์ดำรง
	นายพงศกร	เพชรลีทอง
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์พิทักษ์ สถิตววรรณะ	

สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

..... หัวหน้าหลักสูตรสาขาวิชา.....หัวหน้าสาขาฯ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชาญณรงค์ พงศ์รักรธรรม) (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชาญณรงค์ พงศ์รักรธรรม)

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิทักษ์ บุญนุ่น)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมคิด สุทธิศักดิ์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธีรพงษ์ นิยมเพชร)

.....กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์พิทักษ์ สถิตววรรณะ)

ลิขสิทธิ์ของสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

หัวข้อปริญญานิพนธ์	เครื่องลดความชื้นข้าวเปลือก		
นักศึกษา	นายณนทวิระ	ทนุดำรง	รหัส 163404130008
	นายพงศกร	เพ็ชรลีทอง	รหัส 163404130011
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์พิทักษ์ สถิตวณิชระ		
ปีการศึกษา	2567		

บทคัดย่อ

โครงงานฉบับนี้ มีวัตถุประสงค์จัดทำขึ้นเพื่อนำเสนอการออกแบบและการสร้างเครื่องลดความชื้นข้าวเปลือก โครงสร้างของเครื่องทำมาจากเหล็กฉากสำเร็จรูปหนา 3 มิลลิเมตรและโครงสร้างยังประกอบไปด้วยเหล็กแผ่นซิงค์หนา 1.2 มิลลิเมตร, ท่อเหล็กดำขนาด 4 นิ้ว, ข้อโค้งพีวีซี 90 องศา ขนาด 4 นิ้ว, แกนเพลลา 1 นิ้วที่ต่อกับเหล็กเกลียวลำเลียง โดยใช้หลักการทำงานของบอร์ด Arduino Uno R3 เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ATmega328P ในการควบคุมการทำงานของมอเตอร์ ฮีตเตอร์ และพัฒนาระบบแรงเหวี่ยง ผ่านโซลิดสเตตรีเลย์ โดยสามารถทำงานแบบอัตโนมัติ และสามารถกดสวิทช์ปุ่มกด เพื่อหยุดการทำงานของมอเตอร์ ฮีตเตอร์ และพัฒนาระบบแรงเหวี่ยงได้ และมีหน้าจอแอลซีดีแสดงเวลาการทำงาน, ความชื้น, อุณหภูมิ และสถานะการทำงานของฮีตเตอร์ สามารถรองรับน้ำหนักข้าวเปลือกในการลดความชื้นต่อครั้งได้ 20 กิโลกรัม และสามารถลดความชื้นข้าวเปลือกให้อยู่ในระดับมาตรฐาน 12 - 15 เปอร์เซ็นต์ ภายในระยะเวลา ไม่เกิน 3 ชั่วโมง โครงงานนี้จัดทำเพื่อลดแรงงานคนและเป็นทางเลือกสำหรับเกษตรกรที่ประสบปัญหาในการตากข้าวหรือลดความชื้นข้าวเปลือก โดยเป็นการลดความเสี่ยงผลผลิตเสียหายจากฝนตกหลงฤดู นก ไก่ หรือการเกิดอุบัติเหตุบนถนนได้

คำสำคัญ : เครื่องลดความชื้นข้าวเปลือก, Arduino Uno R3, บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

TITLE	PADDY DEHUMIDIFIER		
STUDENT(S)	MR.NONWEERA	TANUDAMRONG	Code 163404130008
	MR.PONGSAKORN	PETCHSITONG	Code 163404130011
ADVISOR(S)	ASST.PROF.PITAK SATHIWANTANA		
ACADEMIC YEAR	2024		

ABSTRACT

This project aims to present the design and construction of a paddy moisture reduction machine. The machine's frame is made from 3 mm thick prefabricated angle iron and incorporates additional components such as 1.2 mm thick zinc-coated steel sheets, 4-inch black steel pipes, 4-inch 90-degree PVC elbows, and a 1-inch shaft connected to a screw conveyor. The system is operated using an Arduino Uno R3 board equipped with an ATmega328P microcontroller to control the motor, heater, and centrifugal fan through a solid-state relay. The machine can operate automatically and can be manually stopped using a push-button switch. An LCD screen displays the operating time, humidity, temperature, and heater status. The machine is capable of handling up to 20 kilograms of paddy per cycle and can reduce the moisture content to the standard level of 12–15% within 3 hours. This project was developed to reduce manual labor and offer an alternative solution for farmers who face challenges in drying or reducing paddy moisture. It helps mitigate risks such as crop damage caused by unexpected rain, birds, chickens, or accidents on the road.

Keywords: Paddy Dehumidifier, Arduino Uno R3, Microcontroller Board

กิตติกรรมประกาศ

โครงการฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความอนุเคราะห์และความกรุณาจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ พิทักษ์ สถิตวรรธนะ อาจารย์ที่ปรึกษาของโครงการ ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบหัวข้อโครงการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิทักษ์ บุญนุ่น, ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมคิด สุทธิศักดิ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ธีรพงษ์ นิยมเพชร ที่กรุณาให้คำปรึกษาชี้แนะอันมีคุณค่าและก่อให้เกิดประโยชน์ในการดำเนินโครงการตลอดจนแนวทางการแก้ปัญหาต่าง ๆ อีกทั้งความเมตตาในการช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ ตลอดโครงการนี้ ผู้จัดทำโครงการนี้ขอขอบคุณด้วยความซาบซึ้งใจเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวที่ให้คำปรึกษาในเรื่องต่าง ๆ ตลอดจนให้กำลังใจดีเสมอมา จนทำให้ศึกษาเล่าเรียนจนสำเร็จการศึกษา

ผู้จัดทำขอขอบพระคุณคณาจารย์และบุคลากรในหลักสูตรวิศวกรรมไฟฟ้าทุกท่านที่ได้กรุณาให้ความรู้และคำปรึกษาแนะนำด้านอุปกรณ์และเล่มวิทยานิพนธ์ให้มีความเรียบร้อยและสมบูรณ์

ประโยชน์อันใดที่เกิดจากโครงการเล่มนี้ผู้จัดทำโครงการขออุทิศความดีและกุศลนี้ แต่ผู้ใดกล่าวไว้ข้างต้นจึงใคร่ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ง
ABSTRACT	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ฌ
สารบัญรูป	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของหัวข้อโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.4 ขอบเขตของโครงการ	2
1.5 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการโครงการ	2
1.6 แผนการดำเนินงาน	3
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
1.2 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	4
บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน	18
3.1 ออกแบบเครื่องลดความชื้นข้าวเปลือก	20
3.2 หลักการเลือกอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการสร้างเครื่องลดความชื้นข้าวเปลือก	26
3.3 วงจรควบคุมการทำงานของโครงการ	34
3.4 โปรแกรมการทำงานของเครื่องลดความชื้นข้าวเปลือก	36
3.5 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องลดความชื้นข้าวเปลือก	40
3.6 หลักการทำงาน	41
3.7 การเลือกอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการทดสอบความบริสุทธิ์และความชื้นของเมล็ดข้าวเปลือก	43
บทที่ 4 ผลการทดลอง	45
4.1 ทดสอบความบริสุทธิ์ของเมล็ดข้าวเปลือก	45

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2 ทดสอบการลดความชื้นข้าวเปลือก	46
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	54
5.1 สรุปผลการทดลองที่ได้จากการทำโครงการ	54
5.2 ปัญหาและอุปสรรค	55
5.3 ข้อเสนอแนะ	56
5.4 แนวทางการพัฒนา	56
บรรณานุกรม	58
ภาคผนวก ก	
งบประมาณ	63
ประวัติผู้ทำปริญญานิพนธ์	
ประวัติผู้ทำปริญญานิพนธ์คนที่ 1	66
ประวัติผู้ทำปริญญานิพนธ์คนที่ 2	67

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
2.1	มาตรฐานเมล็ดพันธุ์ข้าวชั้นพันธุ์หลักที่นำไปใช้ในการจัดทำแปลงขยายพันธุ์	10
2.2	มาตรฐานเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ซื้อคืนจากแปลงขยายพันธุ์	11
2.3	มาตรฐานเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ผ่านการปรับปรุงสภาพ	12
2.4	มาตรฐานเมล็ดพันธุ์ข้าวเพื่อการจำหน่ายชั้นพันธุ์ขยายและชั้นพันธุ์จำหน่าย ตามประกาศกรมการข้าว เรื่องกำหนดมาตรฐานเมล็ดพันธุ์ข้าว (Rice Seed Standard) พ.ศ. 2557	13
4.1	ความบริสุทธิ์ของเมล็ดข้าวเปลือก	45
4.2	การสู่มัชนีน้ำหนักเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่อง SMART SENSOR AR991 ครั้งที่ 1	46
4.3	การสู่มัชนีน้ำหนักเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่อง SMART SENSOR AR991 ครั้งที่ 2	46
4.4	การสู่มัชนีน้ำหนักเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่อง SMART SENSOR AR991 ครั้งที่ 3	47
4.5	การเปรียบเทียบความชื้นก่อน – หลังลดความชื้น ภายในถังเก็บข้าวเปลือก ด้วย Smart Sensor AR991	48
4.6	การเปรียบเทียบอุณหภูมิและความชื้นต่อระยะเวลาเมื่อทดสอบการลด ความชื้นข้าวเปลือก	50
4.7	การเปรียบเทียบอุณหภูมิและความชื้นต่อระยะเวลาเมื่อทดสอบการลด ความชื้นข้าวเปลือก (ต่อ)	51
ก.1	งบประมาณ	63
ก.2	งบประมาณ (ต่อ)	64

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	ส่วนประกอบของเมล็ด	5
2.2	การเปลี่ยนแปลงของอัตราความชื้นกับอุณหภูมิของวัตถุดิบ	7
3.1	แผนผังขั้นตอนการดำเนินโครงการ	19
3.2	การขนส่งอาหารอัตโนมัติเครื่องป้อนสกรูแนวอนสายพานลำเลียงสแตนเลสเครื่องลำเลียงแบบขนาน	20
3.3	ส่วนประกอบและอุปกรณ์ของเครื่องลดความชื้นข้าวเปลือก หมายเลข 1-7	20
3.4	ประกอบและอุปกรณ์ของเครื่องลดความชื้นข้าวเปลือก หมายเลข 8-10	21
3.5	เครื่องลดความชื้นข้าวเปลือก	22
3.6	แกนใบเกลียวหมุน	22
3.7	แกนใบเกลียวหมุนเมื่อนำไปติดตั้งในตัวท่อใบเกลียวหมุน	23
3.8	มอเตอร์เมื่อติดตั้งเข้ากับแกนใบเกลียวหมุน	23
3.9	พัดลมแบบแรงเหวี่ยงเมื่อติดตั้งกับตัวเครื่อง	24
3.10	ฮีตเตอร์เมื่อติดตั้งทางเข้าอากาศภายในพัดลมแบบแรงเหวี่ยง	24
3.11	เซ็นเซอร์ AHT30 ควบคุมอุณหภูมิของฮีตเตอร์ที่ติดตั้งทางเข้าอากาศภายในพัดลมแบบแรงเหวี่ยง	25
3.12	เซ็นเซอร์ AHT30 ควบคุมอุณหภูมิของฮีตเตอร์ที่ติดตั้งภายในตัวถังเก็บข้าวเปลือก	25
3.13	พัดลมแบบแรงเหวี่ยง 4 นิ้ว	26
3.14	ฮีตเตอร์ชนิดหลอด 700 วัตต์	26
3.15	มอเตอร์ 24 โวลต์	27
3.16	เซอร์กิตเบรกเกอร์ แบบ MCB	27
3.17	Arduino Uno R3	28
3.18	สวิตช์เพาเวอร์สวิตช์ 24 โวลต์ ขนาด 20 แอมป์	29
3.19	โมดูลสเต็ปดาว 300 วัตต์ ขนาด 20 แอมป์	29
3.20	เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น	30
3.21	TCA9548A I2C Multiplexer	30

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.22	สวิตช์กดติด-กดดับ	31
3.23	หน้าจอ LCD I2C	31
3.24	โซลิตเดตรีเลย์ 25 DA	32
3.25	โมดูลควบคุมความเร็วมอเตอร์ PWM ขนาด 20 แอมป์	32
3.26	วงจรทางไฟฟ้า	34
3.27	วงจรการต่ออุปกรณ์จริง	34
3.28	โปรแกรมการทำงานในส่วน ส่วนการเรียกใช้ไลบรารี, กำหนดที่อยู่ของ TCA9548A, สร้างออบเจกต์สำหรับเซ็นเซอร์และแอลซีดี, กำหนดขาสำหรับ SSR และปุ่มกด, ตัวแปรสำหรับควบคุมสถานะ	36
3.29	โปรแกรมการทำงานในส่วน ฟังก์ชันเลือกช่อง TCA9548A, การตั้งค่าเริ่มต้น (setup), ตั้งค่าเซ็นเซอร์ AHT30 ตัวที่ 1	37
3.30	โปรแกรมการทำงานในส่วน ตั้งค่าเซ็นเซอร์ AHT30 ตัวที่ 2, ฟังก์ชัน loop(), อ่านค่าจากเซ็นเซอร์ทั้งสองตัวและตรวจสอบความถูกต้อง	37
3.31	โปรแกรมการทำงานในส่วน การแสดงผลค่าจากเซ็นเซอร์บน Serial Monitor, การอ่านค่าและตรวจสอบการปุ่มกด, การหยุดการทำงาน	38
3.32	โปรแกรมการทำงานในส่วน เริ่มการทำงาน	38
3.33	โปรแกรมการทำงานในส่วน โปรแกรมการทำงานในส่วน การคำนวณเวลาการทำงานและแสดงผลบนหน้าจอแอลซีดี	39
3.34	โปรแกรมการทำงานในส่วน เงื่อนไขการทำงานของฮีตเตอร์	39
3.35	โปรแกรมการทำงานในส่วน เงื่อนไขการทำงานของมอเตอร์และพัดลมแบบแรงเหวี่ยง	40
3.36	แผนผังการทำงานเครื่องลดความชื้นข้าวเปลือก	40
3.37	หน้ากล่องควบคุม	41
3.38	หน้ากล่องควบคุมที่แสดงเวลาการทำงาน , ความชื้น, อุณหภูมิ	41
3.39	SMART SENSOR AR991	43
3.40	เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัล	44

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.1	แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบค่าความชื้นจากการสู่มและชั่งน้ำหนักกับ ค่าความชื้นจาก Smart Sensor AR991	47
4.2	แผนภูมิแท่งแสดงค่าความชื้นคาดเคลื่อน	48
4.3	การวัดความชื้นก่อน - หลัง ด้วย Smart Sensor AR991 ภายในถังเก็บ ข้าวเปลือก ครั้งที่ 1	49
4.4	การวัดความชื้นก่อน - หลัง ด้วย Smart Sensor AR991 ภายในถังเก็บข้าวเปลือก ครั้งที่ 2	49
4.5	การวัดความชื้นก่อน - หลัง ด้วย Smart Sensor AR991 ภายในถังเก็บข้าวเปลือก ครั้งที่ 3	50
4.6	กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิและความชื้นต่อระยะเวลาเมื่อทดสอบ การลดความชื้นข้าวเปลือก ครั้งที่ 1	52
4.7	กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิและความชื้นต่อระยะเวลาเมื่อทดสอบ การลดความชื้นข้าวเปลือก ครั้งที่ 2	52
4.8	กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิและความชื้นต่อระยะเวลาเมื่อทดสอบ การลดความชื้นข้าวเปลือก ครั้งที่ 3	53

บทที่ 1

บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงความสำคัญและที่มาของหัวข้อโครงการรวมถึงวัตถุประสงค์ ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ ขอบเขตของโครงการ ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการโครงการและแผนการดำเนินงานดังต่อไปนี้

1.1 ความสำคัญและที่มาของหัวข้อโครงการ

ข้าว นับเป็นหนึ่งในพืชเศรษฐกิจสำคัญของประเทศไทย ทั้งในด้านการบริโภค และการเป็นสินค้าเกษตรส่งออกอันดับหนึ่งของประเทศไทย อีกทั้งยังมีความสำคัญต่อภาวะเศรษฐกิจภูมิภาค เนื่องจากเป็นพืชเกษตรหลักของประเทศ ที่ครอบคลุมพื้นที่เพาะปลูกมากที่สุด คิดเป็น 45.2 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่การเกษตรทั้งหมดของประเทศ และมีจำนวนครัวเรือนที่มากถึง 4.3 ล้านครัวเรือน คิดเป็น 74.4 เปอร์เซ็นต์ ของจำนวนครัวเรือนภาคการเกษตรทั้งหมด

ชาวนา เมื่อเกี่ยวข้าวมาได้แล้วก็นำข้าวเปลือกที่ได้จากการเก็บเกี่ยวนั้นนำมาใส่กระสอบ แล้วนำมาตากแดดบนถนนหรือลานกว้างในที่โล่งแจ้งเพื่อเป็นการทำให้ข้าวเปลือกแห้งมีคุณภาพที่สูงขึ้น แต่การนำข้าวเปลือกมาตากแดดบนถนนหรือลานกว้างนั้นก่อให้เกิดความเสียหายได้หลายอย่าง เช่น ฝนตกหลงฤดู นก ไก่ ฝุ่นละอองสิ่งสกปรกเจือปน หรือการเกิดอุบัติเหตุบนถนนได้

การตากข้าว ให้ได้ข้าวเปลือกมีคุณภาพสูงนั้นจะส่งผลให้ได้ข้าวเปลือกแห้งที่มีคุณภาพสูงกว่าข้าวเปลือกที่ไม่ผ่านการตาก จะส่งผลให้ขายข้าวเปลือกได้ในราคาที่สูงขึ้นเพราะในปัจจุบันเครื่องมือในการทดสอบคุณภาพของข้าวเปลือก ก่อนที่โรงสีจะรับซื้อนั้นสามารถตรวจสอบดูได้ว่าข้าวเปลือกที่ใส่นั้นจะออกมาเป็นข้าวสารกี่กรัม ดังนั้นจึงมีการกำหนดราคาจากการรับซื้อข้าวได้

ข้าวเปลือกที่คุณภาพไม่ดีมีความชื้นในข้าวเปลือกสูง ก็สามารถขายได้เช่นกันแต่ความต้องการของตลาดนั้นจะรับซื้อข้าวเปลือกที่มีคุณภาพที่สูงกว่า ข้าวเปลือกส่วนใหญ่ มักมีความชื้นประมาณ 25 ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอาจจะก่อให้เกิดความเสียหายจากเชื้อรา เม็ดข้าวเปลือกดำในระหว่างการเก็บรักษาส่งผล โดยตรงให้คุณภาพข้าวเปลือกลดลงอย่างรวดเร็วและเมื่อสีข้าวเปลือกออกมาเป็นข้าวสารสามารถทำให้เม็ดข้าวแตกหัก เป็นผงเล็ก ๆ ได้ จึงต้องจำเป็นในการลดความชื้นของข้าวเปลือกให้อยู่ประมาณ 12 ถึง 15 เปอร์เซ็นต์ เพื่อการเก็บรักษาที่ดีและมีคุณภาพได้ยาวนานขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1.2.1 เพื่อศึกษาและการออกแบบและสร้างเครื่องลดความชื้นข้าวเปลือก
- 1.2.2 เพื่อประเมินสมรรถนะการทำงานของเครื่องลดความชื้นข้าวเปลือก
- 1.2.3 เพื่อการทำงานที่สะดวกและนำเทคโนโลยีมาประยุกต์เข้ากับงานใช้ทดแทนแรงงานคน

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.3.1 เรียนรู้การทำงานและการเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องลดความชื้นข้าวเปลือก
- 1.3.2 สร้างนวัตกรรมเพื่อลดการใช้แรงงานคนในระยะยาว
- 1.3.3 เพื่อเป็นทางเลือกให้แก่เกษตรกรที่ต้องการลดความชื้นข้าวเปลือก แทนการนำข้าวเปลือกไปตากแดดบนถนนหรือในที่โล่งแจ้งในวันที่สภาพอากาศไม่เป็นใจ

1.4 ขอบเขตของโครงการ

- 1.4.1 สร้างเครื่องลดความชื้นข้าวเปลือกที่สามารถรับน้ำหนักข้าวเปลือกต่อครั้งได้ 20 กิโลกรัม แบบอัตโนมัติ จำนวน 1 เครื่อง
- 1.4.2 สามารถลดความชื้นข้าวเปลือกลง 10 เปอร์เซ็นต์ (ให้อยู่ในระดับมาตรฐาน 12 - 15 เปอร์เซ็นต์) ภายในระยะเวลา ไม่เกิน 3 ชั่วโมง
- 1.4.3 มีหน้าจอแอลอีดีแสดงค่าอุณหภูมิ ความชื้นของข้าวเปลือกและเวลาในการทำงานของเครื่อง
- 1.4.4 สามารถตัดระบบการทำงานเมื่ออุณหภูมิของถังเก็บข้าวเปลือกมากกว่า 65 องศาเซลเซียส

1.5 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการโครงการ

- 1.5.1 ค้นคว้าและศึกษาเกี่ยวกับงานวิจัยจากฐานข้อมูลด้านวิศวกรรมที่เกี่ยวข้อง
- 1.5.2 ทำการสังเคราะห์ข้อมูลเพื่อเป็นแนวทางในการทำโครงการ
- 1.5.3 ศึกษาการทำงานและทดลองหัดเขียนโปรแกรม Arduino IDE
- 1.5.4 ทำการออกแบบเครื่องลดความชื้นข้าวเปลือก โดยโปรแกรม Sketch Up
- 1.5.5 ดำเนินการสร้างเครื่องลดความชื้นข้าวเปลือก
- 1.5.6 ทดลองและบันทึกผลการทดลอง
- 1.5.7 จัดทำบทความและนำเสนองานประชุมวิชาการ
- 1.5.8 จัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์
- 1.5.9 สอบป้องกันปริญญานิพนธ์

บทที่ 2

บททวนวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

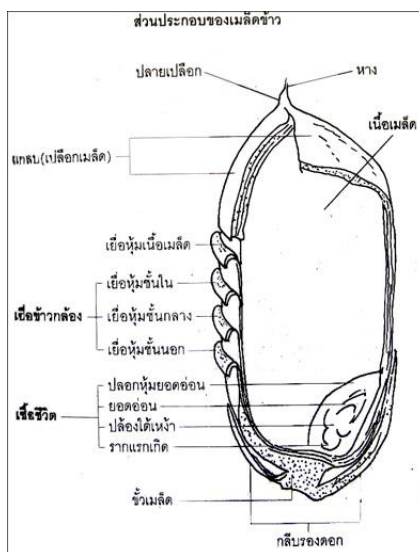
2.1 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ต้นข้าว [1]

ต้นข้าว (*Oryza sativa*) เป็นพืชล้มลุกที่มีรากฝอยทำหน้าที่ดูดซับน้ำและธาตุอาหาร ลำต้นเป็นข้อปล้อง ภายในมีโพรง ใบใช้ในการสังเคราะห์แสง ข้าวเจริญเติบโตเป็นสองระยะหลัก คือ ระยะเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ (ตั้งแต่แตกกอจนถึงแตกกอ) และระยะเจริญเติบโตทางระบบสืบพันธุ์ (ตั้งแต่สร้างช่อดอกจนถึงเมล็ดสุก) โดยแบ่งเป็น 4 ระยะย่อย ได้แก่ ระยะกล้า (0-30 วัน), ระยะแตกกอ (30-50 วัน), ระยะสร้างช่อดอก (ใช้เวลาประมาณ 30 วัน) และระยะออกรวงและสุกแก่ ซึ่งเป็นช่วงสุดท้ายก่อนการเก็บเกี่ยว วงจรชีวิตของต้นข้าวใช้เวลาประมาณ 100-200 วัน ขึ้นอยู่กับพันธุ์และสภาพแวดล้อม

1) ส่วนประกอบของเมล็ด [2]

เปลือกนอกหรือแกลบ เป็นส่วนที่ห่อหุ้มอยู่ภายนอกประกอบด้วยเปลือกใหญ่และเปลือกเล็กเชื่อมกัน โดยโครงสร้างพิเศษ มีความสำคัญในการป้องกันเมล็ดจากเชื้อราและแมลงในระหว่างการเก็บรักษา ชั้นนอกของเปลือกนอก มีขนหนาม องค์กรประกอบส่วนใหญ่ภายในเปลือกนอก ได้แก่ ลิกนิน 30 เปอร์เซ็นต์ เซลลูโลส 25 เปอร์เซ็นต์ และเถ้า 21 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นส่วนนี้จึงมีคุณค่าทางโภชนาการต่ำ มีน้ำหนักละเอียดประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักเมล็ดข้าว



รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบของเมล็ด [3]

2) ส่วนเนื้อของเมล็ด หรือข้าวกล้อง แบ่งออกเป็นชั้น ๆ ดังนี้ [2]

- เยื่อหุ้มผล เป็นส่วนผิวนอกของข้าวกล้อง มีความหนาประมาณ 10 ไมครอน เยื่อหุ้มเหล่านี้เป็นผนัง เซลล์เส้นใย ประกอบด้วยโปรตีน เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส
- เยื่อหุ้มเมล็ด เป็นส่วนที่อยู่ถัดจากเยื่อหุ้ม หนาประมาณ 0.5 ไมครอน ภายในเซลล์มีไขมันอยู่มาก
- ชั้นอูโลน เป็นชั้นที่ห่อหุ้มทั้งเนื้อเมล็ด จำนวนชั้นของ อูโลนจะแตกต่างกันออกไป ตั้งแต่ 1 ถึง 7 ชั้น ขึ้นอยู่กับพันธุ์ข้าว ชั้นอูโลนเป็นชั้นที่มีคุณค่าทางอาหารสูงภายในประกอบด้วย โปรตีน ไขมัน วิตามิน และมีแป้งเล็กน้อย
- เนื้อเมล็ดหรือเนื้อข้าว คือ ส่วนที่เป็นข้าวสาร มีประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักเมล็ดทั้งหมด ส่วนใหญ่ประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรตหรือแป้ง แป้งจะอยู่รวมกันเป็นกลุ่ม จะแทรกอยู่และมีไขมันเล็กน้อย แป้งข้าวแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ อะไมโลส และ อะไมโลเพกติน
- คัพกะ เป็นส่วนที่เจริญไปเป็นต้นอ่อนต่อไป ประกอบด้วยโปรตีน ไขมัน เถ้า และวิตามินในปริมาณที่สูง แต่ไม่มีแป้ง

การเก็บเกี่ยวและจัดการผลผลิต จะอยู่ในช่วงหลังจากข้าวออกดอกประมาณ 30 วัน หรือ เมื่อต้นข้าวมีอายุ ประมาณ 90 วัน โดยสังเกตจากเมล็ดในรวงข้าวส่วนใหญ่เปลี่ยนเป็นสีฟาง

ชุมชนบ้านไทรใหญ่เก็บเกี่ยวเมล็ดข้าว โดยใช้เครื่องเกี่ยวนวด ซึ่งประหยัดเวลาในการเก็บเกี่ยว แต่เมล็ดข้าวจะมีความชื้นสูงประมาณ 25 ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเกินระดับความชื้นมาตรฐาน เมื่อเก็บเกี่ยวเสร็จเรียบร้อยแล้ว นำเมล็ดข้าวที่ได้ไปตากแดดที่ลานตาก โดยให้ผ่านการตากแดดประมาณ 3 แดด พร้อมกับวัดความชื้นให้อยู่ในระดับมาตรฐานไม่เกิน 15 เปอร์เซ็นต์ แล้วนำมาเก็บไว้ในโรงเก็บข้าวเป็นเวลา 15 ถึง 20 วัน หลังจากนั้นเป็นการคัดเลือกเมล็ดพันธุ์ข้าวที่สมบูรณ์ โดยแยกสิ่งปนเปื้อนและบรรจุในบรรจุภัณฑ์ เพื่อจำหน่ายเป็นเมล็ดพันธุ์ต่อไป

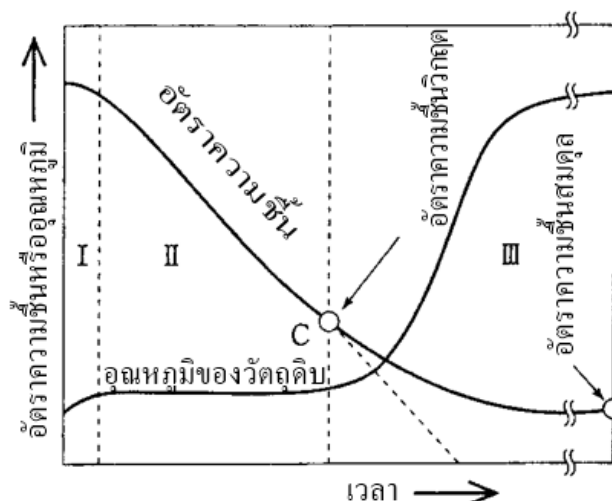
ดังนั้น การปลูกข้าวควรให้ความสำคัญตั้งแต่ขั้นตอนแรก คือ การเตรียมดินไปจนถึงการเก็บเกี่ยว โดยการปลูกข้าวในแต่ละท้องถิ่นจะแตกต่างกันไปตามสภาพภูมิอากาศของท้องถิ่นนั้น ๆ รวมถึง ลักษณะสภาพพื้นที่ว่าเป็นพื้นที่สูงหรือต่ำและคัดเลือกพันธุ์ข้าวที่ปลูกให้สอดคล้องกับสภาพในแต่ละพื้นที่และ ฤดูกาลเพื่อให้เกิดประสิทธิผลสูงสุด

2.1.2 การอบแห้ง Drying [4]

การอบแห้ง คือ การเอาน้ำออกจากวัสดุที่ต้องการทำให้ปริมาณน้ำในวัสดุนั้นลดลง (ความชื้นลดลง) โดยส่วนใหญ่วัสดุนั้นจะอยู่ในสถานะของแข็ง น้ำที่ระเหยออกจากวัสดุนั้นอาจจะไม่ต้องระเหยที่จุดเดือดแต่ใช้อากาศพัดผ่านวัสดุนั้นเพื่อดึงน้ำออกมา วัสดุจะแห้งได้มากหรือน้อยจะขึ้นอยู่กับธรรมชาติของมันด้วย ในการอบเมื่อทำให้ของเหลวในวัตถุดิบระเหยเป็นไอ จะได้ผลิตภัณฑ์ของแข็งที่มีสัดส่วนของของเหลวต่ำลง ซึ่งนอกจากจะมีกรณีที่วัตถุดิบมีสภาพเป็นของแข็งที่เปียกชื้นแล้ว ยังมีกรณีที่อบของเหลวข้น หรือของเหลวใสเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ผงอีกด้วย

เครื่องอบมากมักจะเป็นส่วนสุดท้ายของกระบวนการผลิต โดยผลิตภัณฑ์ที่อบแล้วจะกลายเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จทันที ดังนั้น การอบไม่สม่ำเสมอ เช่น ไม่แห้งหรือแห้งเกินไป และรูปร่างของผลิตภัณฑ์ เช่น วัตถุดิบเป็นก้อน รวมทั้งปริมาณผลได้ จึงเป็นสิ่งที่ต้องให้ความสนใจ นอกจากนี้ ความร้อนแฝงของการระเหยของของเหลวจะมีค่าสูง การอบจึงสิ้นเปลืองพลังงานมาก การจัดพลังงานความร้อนจึงเป็นปัญหาที่สำคัญ

อัตราเร็วในการรอบกับเส้นกราฟแสดงสมบัติการอบ เมื่อนำวัตถุที่จะอบซึ่งเปียกชื้นอย่างเพียงพอถึงผิวหน้ามาแขวนไว้ในกระแสมร้อน แล้วติดตามตรวจวัดอัตราความชื้นกับอุณหภูมิของวัตถุนั้น โดยทั่วไปจะได้ผลลัพธ์ดังรูปที่ 2-2 การเปลี่ยนแปลงของอัตราความชื้นกับอุณหภูมิของวัตถุดิบ



รูปที่ 2.2 การเปลี่ยนแปลงของอัตราความชื้นกับอุณหภูมิของวัตถุดิบ [4]

ซึ่งกลไกการอบสามารถแบ่งได้เป็น 3 ระยะที่มีลักษณะแตกต่างกันดังนี้

(I) ช่วงอุ่นวัตถุดิบ เป็นช่วงที่อุณหภูมิของวัตถุดิบจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจากอุณหภูมิตั้งต้น (อุณหภูมิห้อง) จนถึงอุณหภูมิสมดุลที่ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขการอบ เรียกว่า ช่วงอุ่นวัตถุดิบ ในกรณีที่วัตถุดิบได้รับความร้อนด้วยการพาความร้อนด้วยลมร้อน อุณหภูมิสมดุลนี้จะมีค่าเท่ากับอุณหภูมิกระเปาะแห้งของลมร้อนนั้น

(II) ช่วงอบด้วยอัตราเร็วคงที่ เป็นช่วงที่วัตถุดิบจะมีอุณหภูมิคงที่ ปริมาณความร้อนทั้งหมดที่ได้รับจะถูกใช้ไปในการระเหยความชื้นเท่านั้น ขั้นตอนของการระเหยจะเกิดที่ผิวหน้าของวัตถุดิบ โดยอัตราเร็วในการอบจะมีค่าคงที่ ช่วงนี้เรียกว่า ช่วงอบด้วยอัตราเร็วคงที่ ซึ่งจะดำเนินไปตรงเท่าที่มีความชื้นอิสระให้ระเหยอยู่ที่ผิวหน้าของวัตถุดิบ โดยอัตราความชื้นของวัตถุดิบจะลดลงด้วยอัตราเร็วคงที่

(III) ช่วงอบด้วยอัตราเร็วลดลง เมื่ออบไปเรื่อย ๆ จนปริมาณความชื้นที่ผิวหน้าวัตถุดิบแห้งลง และความชื้นภายในเนื้อวัตถุดิบเริ่มลดลง ความชื้นอิสระภายในตัววัตถุดิบจะเข้มข้นมาทดแทน

ให้ทันกับอัตราเร็วในการระเหยที่ผิวหน้า จึงเริ่มเข้าสู่ช่วงที่ III ได้แก่ ช่วงอบด้วยอัตราเร็วลดลง ชั้นของการระเหยจะค่อย ๆ เลื่อนลงลึกเข้าไปในเนื้อวัตถุดิบ อุณหภูมิของวัตถุดิบจะเริ่มเข้าไปใกล้อุณหภูมิของลมร้อนจากบริเวณพื้นผิว ในการอบความร้อนจะต้องเข้าไปถึงภายในเนื้อวัตถุดิบ นอกจากนี้ความร้อนส่วนหนึ่งยังต้องใช้ไปในการให้ความร้อนตัววัตถุดิบเองอีกด้วย อัตราเร็วในการอบจึงค่อย ๆ ลดลงตามเวลาที่ผ่านมา

2.1.3 มาตรฐานคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวในกระบวนการผลิต (Rice seed quality standards in the production process) [5]

โดยที่เป็นการปรับปรุงระเบียบกรรมการข้าวว่าด้วยมาตรฐานคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าว พ.ศ. 2552 เพื่อเป็นการยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวในกระบวนการผลิตของกรรมการข้าวให้ เป็นไปตามมาตรฐานเมล็ดพันธุ์ข้าว กรมการข้าวจึงได้กำหนดคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวใน กระบวนการผลิตไว้ ดังนี้

1) ระเบียบนี้เรียกว่า “ระเบียบกรรมการข้าวว่าด้วยมาตรฐานคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวใน กระบวนการผลิต พ.ศ. 2557”

2) ระเบียบนี้ให้ใช้บังคับตั้งแต่วันที่ 9 กันยายน พ.ศ. 2557 เป็นต้นไป

3) ให้ยกเลิกระเบียบกรรมการข้าวว่าด้วยมาตรฐานคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าว พ.ศ. 2552

4) ระเบียบนี้ให้ใช้บังคับแก่หน่วยงานในสังกัดกรมการข้าว

5) ในระเบียบนี้

เมล็ดพันธุ์บริสุทธิ์” (คิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก) หมายถึง ปริมาณเมล็ดพืชพันธุ์ ตามที่ระบุ รวมทั้งชิ้นส่วนของเมล็ดที่แตกหักมีขนาดใหญ่เกินครึ่งหนึ่งของขนาดเดิม และรวมถึง เมล็ดเหี่ยวแห้ง เมล็ดเป็นโรค เมล็ดที่มีรากงอกและเมล็ดขนาดเล็ก

“สิ่งเจือปน” (คิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก) หมายถึง สิ่งอื่น ๆ ที่ไม่ใช่เมล็ดพันธุ์ข้าว เช่น ดิน หิน กรวด ทราย เศษวัสดุ เศษใบ เศษกิ่งก้าน รวมทั้งเมล็ดข้าวที่แตกหักซึ่งมีขนาดครึ่งหนึ่ง หรือเล็กกว่าครึ่งหนึ่งของเมล็ดเดิม รวมถึงแกลบหรือข้าวเปลือกที่เห็นได้ชัดเจนว่าไม่มีเมล็ดอยู่ ภายใน เป็นต้น

“เมล็ดอื่น ๆ” (คิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก) หมายถึง เมล็ดข้าวแดง เมล็ดวัชพืช และ เมล็ดพืช ชนิดอื่น อันไม่ใช่พืชพันธุ์ที่ระบุซึ่งปะปนอยู่ในตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ เช่น ทรายจิกระหัด ตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ข้าว พันธุ์ขาวดอกมะลิ 104 มีเมล็ดสีน้ำตาลปน ถือว่าเป็นเมล็ดอื่น ๆ และใน กรณีพบเมล็ดข้าวแดงปน ให้ใช้เกณฑ์จำนวนเมล็ดข้าวแดงที่ยอมให้มีได้ไม่เกินมาตรฐานที่กำหนด

ถึงแม้ว่าเมื่อรวมกับเมล็ดพืชอื่นแล้วไม่เกินมาตรฐานเมล็ดอื่น ๆ หากมีเมล็ดข้าวแดงปนเกินกว่าที่กำหนดให้ถือว่าไม่ผ่านมาตรฐาน

“ข้าวพันธุ์อื่นปน” หมายถึง จำนวนเมล็ดข้าวพันธุ์อื่นที่ไม่ใช่พันธุ์ที่ระบุซึ่งปะปนอยู่ในตัวอย่าง เมล็ดพันธุ์ที่ตรวจวิเคราะห์ เช่น ตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ข้าว พันธุ์ข้าวดอกมะลิ 104 พบเมล็ดข้าวพันธุ์ ชัยนาท 1 ปน ถือว่าเมล็ดข้าวชัยนาท 1 เป็นข้าวพันธุ์อื่นปน

“ข้าวแดง” หมายถึง จำนวนเมล็ดข้าวแดงที่ตรวจพบในการทดสอบหาข้าวแดงเป็นการเฉพาะ โดยกำหนดน้ำหนักตัวอย่างปฏิบัติการทดสอบเมล็ดพันธุ์ข้าวที่นำมาตรวจในชั้นพันธุ์หลัก ชั้นพันธุ์ขยายและชั้นพันธุ์จำหน่าย ต้องไม่ต่ำกว่า 500 กรัม ต่อตัวอย่าง

“ความงอก” หมายถึง ร้อยละของเมล็ดซึ่งเมื่อเพาะแล้วงอกเป็นต้นอ่อนที่มีส่วนประกอบต่าง ๆ ครบบริบูรณ์ อันบ่งชี้ว่าต้นอ่อนดังกล่าวจะสามารถเจริญเติบโตไปเป็นต้นพืชที่ปกติได้ภายใต้สภาพแวดล้อมที่เหมาะสม

“ความชื้น” หมายถึง ปริมาณน้ำหรือความชื้นที่อยู่ในเมล็ด ซึ่งสามารถวัดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ โดยเครื่องวัดความชื้นเมล็ดพันธุ์ หรือวัดความชื้น โดยวิธีอบเมล็ดพันธุ์ด้วยความร้อนตามวิธีมาตรฐาน แล้วคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นจากน้ำหนักหรือปริมาณน้ำที่หายไป โดยใช้สูตร

$$\begin{aligned} \text{ความชื้น (\%)} &= \frac{M2 - M3}{M2 - M1} \times 100 \\ &= \frac{\text{น้ำหนักสดของเมล็ดพันธุ์} - \text{น้ำหนักแห้งของเมล็ดพันธุ์}}{\text{น้ำหนักสดของเมล็ดพันธุ์}} \times 100 \end{aligned} \quad (2.1)$$

$M1$ = น้ำหนักของถ้วยและฝาเป็นกรัม

$M2$ = น้ำหนักของถ้วยพร้อมฝาและตัวอย่างเมล็ดก่อนอบเป็นกรัม

$M3$ = น้ำหนักของถ้วยพร้อมฝาและตัวอย่างเมล็ดหลังอบเป็นกรัม

6) ให้กำหนดมาตรฐานคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าว ในกระบวนการผลิต ดังนี้

เมล็ดพันธุ์ข้าวชั้นพันธุ์หลักที่นำไปใช้ในการจัดทำแปลงขยายพันธุ์ หมายถึง เมล็ดพันธุ์ที่ได้จากการดำเนินการขยายพันธุ์จากเมล็ดพันธุ์ชั้นพันธุ์คัด ภายใต้การดูแล ควบคุม กำกับโดยนักวิชาการเกษตร หรือนักปรับปรุงพันธุ์พืช เพื่อรักษาความบริสุทธิ์และลักษณะประจำพันธุ์ เมล็ดพันธุ์ข้าวชั้นพันธุ์หลักที่กรมการข้าว ผลิตเพื่อนำไปจัดทำแปลงขยายพันธุ์จะต้องได้มาตรฐาน

ตามประกาศกรมการข้าว เรื่องกำหนดมาตรฐานเมล็ดพันธุ์ข้าว (Rice Seed Standard) พ.ศ. 2557 ดังนี้

ตาราง 2.1 มาตรฐานเมล็ดพันธุ์ข้าวชั้นพันธุ์หลักที่นำไปใช้ในการจัดทำแปลงขยายพันธุ์

องค์ประกอบ	เมล็ดพันธุ์ข้าวชั้นพันธุ์หลักที่นำไปใช้ในการจัดทำแปลงขยายพันธุ์
เมล็ดพันธุ์บริสุทธิ์	ไม่น้อยกว่า 98 เปอร์เซ็นต์
สิ่งเจือปน	ไม่เกิน 2 เปอร์เซ็นต์
ข้าวพันธุ์อื่นปน	ไม่เกิน 1 เมล็ด ใน 1,000 กรัม
ข้าวแดง	ไม่มี
ความงอก	ไม่น้อยกว่า 80 เปอร์เซ็นต์
ความชื้น	ไม่เกิน 14 เปอร์เซ็นต์

หมายเหตุ - ในเมล็ดพันธุ์ชั้นพันธุ์หลักข้าวเจ้า ไม่ให้มีข้าวเหนียวปน

- ในเมล็ดพันธุ์ชั้นพันธุ์หลักข้าวเหนียว ให้มีข้าวเจ้าปนได้ไม่เกินจำนวน 5 เมล็ด ใน 500 กรัม

เมล็ดพันธุ์ข้าวที่ซื้อคืนจากแปลงขยายพันธุ์

- เมล็ดพันธุ์ข้าวที่ซื้อคืนจากแปลงขยายพันธุ์เพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ชั้นพันธุ์ขยาย หมายถึง เมล็ดพันธุ์ที่กรมการข้าวดำเนินการขยายพันธุ์จากเมล็ดพันธุ์ชั้นพันธุ์หลัก โดยให้เกษตรกรที่คัดเลือกแล้วเป็นผู้จัดทำแปลงขยายพันธุ์ภายใต้การควบคุมแนะนำของเจ้าหน้าที่ แล้วกรมการข้าวดำเนินการจัดซื้อเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ผลิตได้ เพื่อนำไปปรับปรุงสภาพเป็นเมล็ดพันธุ์ชั้นพันธุ์ขยาย
- เมล็ดพันธุ์ข้าวที่ซื้อคืนจากแปลงขยายพันธุ์เพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ชั้นพันธุ์จำหน่าย หมายถึง เมล็ดพันธุ์ที่กรมการข้าวดำเนินการขยายพันธุ์จากเมล็ดพันธุ์ชั้นพันธุ์หลัก หรือชั้นพันธุ์ขยาย หรือชั้นพันธุ์จำหน่าย โดยให้เกษตรกรที่คัดเลือกแล้วเป็นผู้จัดทำแปลงขยายพันธุ์ ภายใต้การควบคุมแนะนำของเจ้าหน้าที่ แล้วกรมการข้าวดำเนินการจัดซื้อเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ผลิตได้ เพื่อนำไปปรับปรุงสภาพเป็นเมล็ดพันธุ์ชั้นพันธุ์จำหน่าย

ตาราง 2.2 มาตรฐานเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ซื้อคืนจากแปลงขยายพันธุ์

องค์ประกอบ	เมล็ดพันธุ์ข้าวที่ซื้อคืนจากแปลงขยายพันธุ์เพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ชั้นพันธุ์ขยาย	เมล็ดพันธุ์ข้าวที่ซื้อคืนจากแปลงขยายพันธุ์เพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ชั้นพันธุ์จำหน่าย
เมล็ดพันธุ์บริสุทธิ์	ไม่น้อยกว่า 95 เปอร์เซ็นต์	ไม่น้อยกว่า 95 เปอร์เซ็นต์
สิ่งเจือปน	ไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์	ไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์
เมล็ดอื่น ๆ	ไม่เกิน 0.15 เปอร์เซ็นต์	ไม่เกิน 0.2 เปอร์เซ็นต์
ข้าวพันธุ์อื่นปน	ไม่เกิน 5 เมล็ด ใน 500 กรัม	ไม่เกิน 15 เมล็ด ใน 500 กรัม
ข้าวแดง	ไม่เกิน 1 เมล็ด ใน 500 กรัม	ไม่เกิน 5 เมล็ด ใน 500 กรัม
ความงอก	ไม่น้อยกว่า 85 เปอร์เซ็นต์	ไม่น้อยกว่า 85 เปอร์เซ็นต์
ความชื้น	ไม่เกิน 15 เปอร์เซ็นต์	ไม่เกิน 15 เปอร์เซ็นต์

หมายเหตุ - เมล็ดพันธุ์ข้าวที่ซื้อคืนจากแปลงขยายพันธุ์เพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ชั้นพันธุ์ขยาย

ข้าวเหนียว ให้มีข้าวเจ้าปนไม่เกินจำนวน 10 เมล็ด ใน 500 กรัม

- เมล็ดพันธุ์ข้าวที่ซื้อคืนจากแปลงขยายพันธุ์เพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ชั้นพันธุ์จำหน่าย

ข้าวเหนียว ให้มีข้าวเจ้าปนไม่เกินจำนวน 15 เมล็ด ใน 500 กรัม

เมล็ดพันธุ์ข้าวที่ผ่านการปรับปรุงสภาพ

- เมล็ดพันธุ์ข้าวที่ผ่านการปรับปรุงสภาพเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ชั้นพันธุ์ขยาย หมายถึง เมล็ดพันธุ์ที่จัดซื้อคืน โดยนำมาลดความชื้น ทำความสะอาด คัดขนาด ตลอดจนกลุ่ก สารเคมี เพื่อให้เมล็ดพันธุ์มีคุณภาพดีเหมาะสมแก่การเพาะปลูกและเก็บรักษา ในการปรับปรุงสภาพเมล็ดพันธุ์ ควรปฏิบัติตามความจำเป็น เช่น เมล็ดส่วนใดมีความชื้นสูงกว่ามาตรฐานที่กำหนดให้ลดความชื้นเมล็ดส่วนนั้น ส่วนเมล็ดที่มีความชื้นต่ำอยู่ในมาตรฐานไม่จำเป็นต้องลดความชื้นอีก ในทำนองเดียวกัน เมล็ดที่มีความสะอาดและขนาดสม่ำเสมออยู่แล้ว ไม่จำเป็นต้องทำความสะอาดหรือคัดขนาดอีก เว้นแต่เมล็ดดังกล่าวจะมีความงอกต่ำ ซึ่งอาจจะต้องคัดแยกเมล็ดคุณภาพต่ำบางส่วนออกไป เพื่อยกระดับความงอกให้สูงขึ้น

- เมล็ดพันธุ์ข้าวที่ผ่านการปรับปรุงสภาพเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ชั้นพันธุ์จำหน่าย หมายถึง เมล็ดพันธุ์ที่จัดซื้อคืน โดยนำมาปรับปรุงสภาพตามความจำเป็นดังที่กล่าวข้างต้น

ตาราง 2.3 มาตรฐานเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ผ่านการปรับปรุงสภาพ

องค์ประกอบ	เมล็ดพันธุ์ข้าวที่ผ่านการปรับปรุงสภาพเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ชั้นพันธุ์ขยาย	เมล็ดพันธุ์ข้าวที่ผ่านการปรับปรุงสภาพเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ชั้นพันธุ์จำหน่าย
เมล็ดพันธุ์บริสุทธิ์	ไม่น้อยกว่า 98 เปอร์เซ็นต์	ไม่น้อยกว่า 98 เปอร์เซ็นต์
สิ่งเจือปน	ไม่เกิน 2 เปอร์เซ็นต์	ไม่เกิน 2 เปอร์เซ็นต์
เมล็ดอื่น ๆ	ไม่เกิน 0.15 เปอร์เซ็นต์	ไม่เกิน 0.2 เปอร์เซ็นต์
ข้าวพันธุ์อื่นปน	ไม่เกิน 5 เมล็ด ใน 500 กรัม	ไม่เกิน 15 เมล็ด ใน 500 กรัม
ข้าวแดง	ไม่เกิน 1 เมล็ด ใน 500 กรัม	ไม่เกิน 5 เมล็ด ใน 500 กรัม
ความงอก	ไม่น้อยกว่า 85 เปอร์เซ็นต์	ไม่น้อยกว่า 85 เปอร์เซ็นต์
ความชื้น	ไม่เกิน 12 เปอร์เซ็นต์	ไม่เกิน 12 เปอร์เซ็นต์

หมายเหตุ - เมล็ดพันธุ์ข้าวที่ผ่านการปรับปรุงสภาพ เพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ชั้นพันธุ์ขยายข้าวเหนียว

ให้มีข้าวเจ้าปนไม่เกินจำนวน 10 เมล็ด ใน 500 กรัม

- เมล็ดพันธุ์ข้าวที่ผ่านการปรับปรุงสภาพ เพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ชั้นพันธุ์จำหน่ายข้าวเหนียว

ให้มีข้าวเจ้าปนไม่เกินจำนวน 15 เมล็ด ใน 500 กรัม

เมล็ดพันธุ์ข้าวเพื่อการจำหน่าย

- เมล็ดพันธุ์ข้าวชั้นพันธุ์ขยาย หมายถึง เมล็ดพันธุ์ข้าวที่กรมการข้าว ดำเนินการขยายพันธุ์จากเมล็ดพันธุ์ชั้นพันธุ์หลัก โดยให้เกษตรกรที่คัดเลือกแล้ว เป็นผู้จัดทำแปลงขยายพันธุ์ ภายใต้การควบคุมแนะนำของเจ้าหน้าที่ แล้วกรมการข้าว ดำเนินการจัดซื้อเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ผลิตได้เพื่อนำไปปรับปรุงสภาพเป็นเมล็ดพันธุ์ชั้นพันธุ์ขยาย

- เมล็ดพันธุ์ข้าวชั้นพันธุ์จำหน่าย หมายถึง เมล็ดพันธุ์ข้าวที่กรรมการข้าวดำเนินการขยายพันธุ์จากเมล็ดพันธุ์ชั้นพันธุ์หลัก หรือชั้นพันธุ์ขยาย หรือชั้นพันธุ์จำหน่าย โดยให้เกษตรกรที่ คัดเลือกแล้ว เป็นผู้จัดทำแปลงขยายพันธุ์ ภายใต้การควบคุมแนะนำของเจ้าหน้าที่ แล้วกรรมการข้าวดำเนินการ จัดซื้อเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ผลิตได้เพื่อนำไปปรับปรุงสภาพเป็นเมล็ดพันธุ์ชั้นพันธุ์จำหน่าย

ตาราง 2.4 มาตรฐานเมล็ดพันธุ์ข้าวเพื่อการจำหน่ายชั้นพันธุ์ขยายและชั้นพันธุ์จำหน่ายตาม
ประกาศกรมการข้าว เรื่องกำหนดมาตรฐานเมล็ดพันธุ์ข้าว (Rice Seed Standard) พ.ศ. 2557

องค์ประกอบ	เมล็ดพันธุ์ข้าวชั้นพันธุ์ขยาย	เมล็ดพันธุ์ข้าวชั้นพันธุ์จำหน่าย
เมล็ดพันธุ์บริสุทธิ์	ไม่น้อยกว่า 98 เปอร์เซ็นต์	ไม่น้อยกว่า 98 เปอร์เซ็นต์
สิ่งเจือปน	ไม่เกิน 2 เปอร์เซ็นต์	ไม่เกิน 2 เปอร์เซ็นต์
เมล็ดอื่น ๆ	ไม่เกิน 0.15 เปอร์เซ็นต์	ไม่เกิน 0.2 เปอร์เซ็นต์
ข้าวพันธุ์อื่นปน	ไม่เกิน 5 เมล็ด ใน 500 กรัม	ไม่เกิน 15 เมล็ด ใน 500 กรัม
ข้าวแดง	ไม่เกิน 1 เมล็ด ใน 500 กรัม	ไม่เกิน 5 เมล็ด ใน 500 กรัม
ความงอก	ไม่น้อยกว่า 80 เปอร์เซ็นต์	ไม่น้อยกว่า 80 เปอร์เซ็นต์
ความชื้น	ไม่เกิน 14 เปอร์เซ็นต์	ไม่เกิน 14 เปอร์เซ็นต์

หมายเหตุ - เมล็ดพันธุ์ชั้นพันธุ์ขยายข้าวเหนียว ให้มีข้าวเจ้าปนไม่เกินจำนวน 10 เมล็ด ใน 500 กรัม

- เมล็ดพันธุ์ชั้นพันธุ์จำหน่ายข้าวเหนียว ให้มีข้าวเจ้าปนไม่เกินจำนวน 15 เมล็ด ใน 500 กรัม

2.1.4 การเก็บตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ (Seed Sampling) [6]

การเก็บตัวอย่าง คือ การนำเอาตัวอย่างที่ต้องการตรวจสอบจำนวนเล็กน้อยออกมาจากกองเมล็ดพันธุ์ เพื่อใช้เป็นตัวแทนของเมล็ดพันธุ์นั้น ๆ และในทางทฤษฎีเมล็ดในกองตัวอย่างเดียวกันจะไม่แตกต่างกันมากนัก แต่ในทางปฏิบัติมักไม่เป็นเช่นนั้น ทั้งนี้อาจเกิดจากความอุดมสมบูรณ์ของดิน และอาจเกิดขึ้นระหว่างการบรรจุกระสอบ การดูแลระหว่างการขนส่ง การเก็บตัวอย่างอย่างถูกต้องจะได้ตัวอย่างที่ถือว่าเป็นตัวแทนอย่างแท้จริงของกองตัวอย่างนั้น ๆ

การเก็บตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ต้องสุ่มเก็บให้ทั่วถึงจากหลาย ๆ จุด ในกรณีที่มีเมล็ดพันธุ์เป็นเมล็ดที่มีการเคลื่อนไหวไหลอย่างอิสระ เช่น ถั่วเขียว ข้าวโพด และถั่วลิสง อาจใช้เครื่องมือสำหรับสุ่มตัวอย่าง เช่น หลาวแทงลงไปกองเมล็ดหรือภาชนะบรรจุเมล็ดหลาย ๆ จุด หากเป็นเมล็ดพวก

ที่มีการเคลื่อนไหลช้า (non free-flowing seed) เช่น ฝ้าย ถั่วลิสงทั้งฝัก ที่ไม่สามารถใช้หลาวสุมได้ ให้เปิดปากถุงแล้วสุมเก็บตัวอย่างด้วยมือ ให้มีอัตราส่วนเป็นตัวแทนที่ดี

กองเมล็ดพันธุ์ที่ต้องการเก็บตัวอย่าง แบ่งออกได้ดังนี้

1) เมล็ดพันธุ์ที่อยู่ระหว่างการปรับปรุงสภาพ หรือเมล็ดพันธุ์ที่กองไว้โดยยังไม่มีการบรรจุภาชนะ

- ขนาดของกองเมล็ดพันธุ์ที่มีปริมาณน้อยกว่า 50 กิโลกรัม ให้เก็บตัวอย่างขั้นต้น ไม่น้อยกว่า 3 ตัวอย่าง โดยสุมเก็บให้ทั่วทั้งกอง กระจายตามจุดต่าง ๆ
- กองเมล็ดพันธุ์มีปริมาณระหว่าง 51 - 500 กิโลกรัม ต้องเก็บตัวอย่างขั้นต้น ไม่น้อยกว่า 5 ตัวอย่าง
- กองเมล็ดพันธุ์ซึ่งมีขนาดตั้งแต่ 501 - 3,000 กิโลกรัม ให้แบ่งเก็บตัวอย่างขั้นต้น 1 ตัวอย่างต่อเมล็ดพันธุ์ 300 กิโลกรัม แต่ต้องไม่น้อยกว่า 5 ตัวอย่าง
- กองเมล็ดพันธุ์ที่มีขนาดมากกว่า 3,000 กิโลกรัม ให้แบ่งเก็บตัวอย่างขั้นต้น 1 ตัวอย่างต่อเมล็ดพันธุ์ 500 กิโลกรัม ทั้งนี้ต้องมีจำนวนตัวอย่างไม่น้อยกว่า 10 ตัวอย่าง

2) เมล็ดพันธุ์ซึ่งบรรจุในภาชนะ เช่น ถุง หรือกระสอบ กำหนดให้มีการเก็บตัวอย่าง ดังนี้

- เมื่อมีเมล็ดพันธุ์ 1 ถึง 6 กระสอบ ให้สุมเก็บตัวอย่างกระสอบละ 1 ตัวอย่าง ให้ได้ตัวอย่างขั้นต้นไม่น้อยกว่า 5 ตัวอย่าง
- หากมีเมล็ดพันธุ์มากกว่า 6 กระสอบ ให้สุมเก็บเมล็ดอย่างน้อย 5 กระสอบ บวกกับอีก 10% ของจำนวนกระสอบทั้งหมด หากมีเศษเกิน 0.5 ให้ถือเป็น 1 ทั้งนี้ไม่จำเป็นต้องสุมเกิน 30 ตัวอย่าง เช่น

จำนวนกระสอบ	7	10	23	50	100	200	300	400
-------------	---	----	----	----	-----	-----	-----	-----

จำนวนตัวอย่างที่ต้องสุม	6	6	7	10	15	25	30	30
-------------------------	---	---	---	----	----	----	----	----

3) เมล็ดพันธุ์ที่บรรจุในภาชนะขนาดเล็ก เช่น ซองกระดาษหรือซองกระดาษอลูมิเนียม และขวดหรือภาชนะอื่น ๆ ที่มีขนาดเล็ก ให้สุมเก็บเมล็ดพันธุ์ที่บรรจุในภาชนะเหล่านั้น โดยไม่ต้องเปิดภาชนะ ทั้งนี้อาจต้องสุมเก็บหลาย ๆ ซอง เพื่อให้ได้เมล็ดพันธุ์ในปริมาณมากพอที่จะใช้เป็นตัวอย่างนำส่งทดสอบ

2.1.5 การตรวจสอบความบริสุทธิ์เมล็ดพันธุ์ (Seed purity checking) [6]

การตรวจสอบความบริสุทธิ์ของเมล็ดพันธุ์ เป็นการตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพของเมล็ดพันธุ์เพื่อให้ทราบว่ามีส่วนประกอบอะไรบ้าง มากน้อยเพียงใด เช่น มีเมล็ดพันธุ์พืชที่ระบุไว้ที่ เปอร์เซ็นต์ มีเมล็ดพันธุ์อื่นปะปนมากองเมล็ดพันธุ์มากน้อยเพียงใด รวมทั้งชิ้นส่วนของเมล็ดที่แตกหักมีขนาดใหญ่เกินครึ่งหนึ่งของขนาดเดิม และรวมถึงเมล็ดเหี่ยวแห้ง เมล็ดเป็นโรค เมล็ดที่มีรากงอกและเมล็ดขนาดเล็ก เมล็ดพันธุ์ที่ดีควรมีความบริสุทธิ์ของเมล็ดพันธุ์สูง

ความบริสุทธิ์ของเมล็ดพันธุ์ หมายถึง ความบริสุทธิ์ทางกายภาพของเมล็ดพันธุ์ เมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพดีต้องมีความบริสุทธิ์สูง มีเมล็ดพืชอื่นและสิ่งเจือปนและปะปนในปริมาณน้อยมีขั้นตอนการตรวจสอบความบริสุทธิ์ดังนี้

1) วัสดุอุปกรณ์

- เครื่องชั่งไฟฟ้า ทศนิยม 2 ตำแหน่ง
- โต๊ะคัดเมล็ดพันธุ์ (purity table) ซึ่งมีกระจกใสและมีไฟฟ้าส่องจากใต้กระจก ใช้สำหรับคัดแยกเมล็ดพันธุ์ที่มีแต่เปลือกหุ้มออก อาจใช้ diaphanoscope ซึ่งมีเลนส์ช่วยขยายให้เห็นง่ายขึ้น กรณีถ้าไม่มีโต๊ะคัดเมล็ดพันธุ์ อาจใช้ถาดนับเมล็ดแทนก็ได้
- กล่องพลาสติกใส่เมล็ดพันธุ์ เมล็ดพืชอื่น และสิ่งเจือปน
- แวนขยายชนิดมีไฟส่อง
- แบบบันทึกผลการตรวจสอบเมล็ดพันธุ์
- ปากคีบ ปากกา และกระดาษสติ๊กเกอร์

2) วิธีการตรวจสอบความบริสุทธิ์ของเมล็ดพันธุ์

การตรวจสอบความบริสุทธิ์อาจทำเพียงครั้งเดียว โดยใช้น้ำหนักตัวอย่างเพื่อการตรวจสอบ (working sample) หรืออาจจะทำซ้ำ 2 ครั้ง โดยให้น้ำหนักแต่ละครั้งไม่น้อยกว่าครึ่งหนึ่งของน้ำหนักที่ใช้เพื่อการตรวจสอบ (half working sample)

- ชั่งตัวอย่างเมล็ดที่ได้จากการแบ่งให้ได้ครึ่งหนึ่งของน้ำหนักตัวอย่างเพื่อการตรวจสอบทั้ง 2 ครั้งมีน้ำหนักเป็นกรัม โดยให้มีจุดทศนิยม ดังนี้

น้ำหนักที่ใช้ในการตรวจสอบเป็นกรัม	จำนวนทศนิยม
1 – 9.999	3 ตำแหน่ง
10 – 99.99	2 ตำแหน่ง

100 – 999.9

1 ตำแหน่ง

1,000 หรือมากกว่า

0 ตำแหน่ง

- นำเมล็ดทั้ง 2 ครั้งมาคัดแยกส่วนประกอบต่าง ๆ เช่น เมล็ดพันธุ์บริสุทธิ์, เมล็ดพืชชนิดอื่น, สิ่งเจือปน นำส่วนประกอบทั้ง 3 ส่วน มาชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งละเอียด ทศนิยม 2 ตำแหน่ง และบันทึกลงในแบบบันทึกผลการตรวจสอบความบริสุทธิ์
- คำนวณเปอร์เซ็นต์ของเมล็ดบริสุทธิ์ ดังนี้

$$\text{เมล็ดบริสุทธิ์ (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักเมล็ดพันธุ์บริสุทธิ์}}{\text{น้ำหนักรวม}} \times 100 \quad (2.2)$$

คำนวณเปอร์เซ็นต์ของเมล็ดพืชอื่น ดังนี้

$$\text{เมล็ดพืชอื่น (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักเมล็ดพืชอื่น}}{\text{น้ำหนักรวม}} \times 100 \quad (2.3)$$

คำนวณเปอร์เซ็นต์ของสิ่งเจือปน ดังนี้

$$\text{สิ่งเจือปน (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักสิ่งเจือปน}}{\text{น้ำหนักรวม}} \times 100 \quad (2.4)$$

คำนวณค่าทั้ง 2 ครั้ง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย บันทึกค่าเฉลี่ยที่ได้ลงในช่องเฉลี่ย นำค่าเฉลี่ยขององค์ประกอบทั้ง 3 ชนิด มารวมกัน หากไม่ได้ 100 เปอร์เซ็นต์ (99.9 หรือ 101.1 เปอร์เซ็นต์) ให้บวกหรือลบค่า 0.1 เปอร์เซ็นต์ จากค่าที่มากที่สุด คือ เปอร์เซ็นต์เมล็ดพันธุ์บริสุทธิ์

3) การรายงานผล

- ให้รายงานค่าเฉลี่ย โดยนำค่าทั้งสองครั้งมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย โดยใช้ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์เมล็ดบริสุทธิ์
- องค์ประกอบใดที่น้อยกว่า 0.05 เปอร์เซ็นต์ ให้รายงานว่า เล็กน้อย (trace) แต่ถ้ามีปริมาณน้อยมากจนชั่งไม่ได้ ซึ่งทำให้คำนวณไม่ได้ ให้รายงาน “0.00” และระบุชนิดเมล็ดพืชอื่นและจำนวนเมล็ดที่พบ
- ให้รายงานค่าสิ่งเจือปน โดยใช้ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์สิ่งเจือปน ตำแหน่ง หากค่าที่ได้ไม่น้อยกว่า 0.05 เปอร์เซ็นต์ ให้รายงานว่า “เล็กน้อย” หรือ “trace”

- รายงานแต่ละองค์ประกอบเป็นทศนิยม 1 ตำแหน่ง

2.1.6 การตรวจสอบความชื้นของเมล็ดพันธุ์ (Checking seed moisture) [6]

ความชื้นเป็นองค์ประกอบสำคัญของเมล็ดพันธุ์และเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ค่าความชื้นของเมล็ดพันธุ์ เป็นค่าที่กำหนดราคาของเมล็ดพันธุ์ในการค้า เมล็ดพันธุ์ที่มีความชื้นสูงจะเก็บรักษาได้ไม่นาน ดังนั้น การตรวจคุณภาพของเมล็ดพันธุ์จึงต้องตรวจสอบความชื้นของเมล็ดพันธุ์ด้วย

การตรวจสอบความชื้นของเมล็ดพันธุ์ แบ่งออกได้ 2 แบบ คือ

1) วิธีการทดสอบแบบมาตรฐาน

เป็นการทดสอบทางตรง โดยการวัดปริมาณน้ำที่ถูกดึงออกไปจากเมล็ดการวัดแบบนี้เมล็ดจะถูกทำให้แห้งด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น การอบด้วยความร้อน การกลั่นด้วยสารโทลูอิน การไตรเตรทด้วยสารเคมี และการใช้สารดูดความชื้น เป็นต้น วิธีการตรวจสอบความชื้นที่นิยมใช้กันมากที่สุด คือ การอบด้วยความร้อน

2) วิธีทดสอบทางอ้อม

เป็นวิธีการตรวจสอบความชื้นของเมล็ดพันธุ์ที่ปฏิบัติได้สะดวกและรวดเร็วเป็นการวัดความชื้นของเมล็ดพันธุ์ โดยอาศัยคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมีของเมล็ด การวัดความชื้นของเมล็ดแบบนี้ แม้ว่าจะมีความถูกต้องน้อยกว่ามาตรฐาน แต่ก็เป็นที่ยอมรับกันทั่วไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแบบและชนิดของเครื่องวัดความชื้นของเมล็ดพันธุ์ ที่นิยมกันมาก คือ การวัดด้วยกระแสไฟฟ้า (electrical moisturemeter) ที่อาศัยคุณสมบัติในการนำไฟฟ้าและการต้านทานประจุไฟฟ้าเป็นหลัก

บทที่ 3

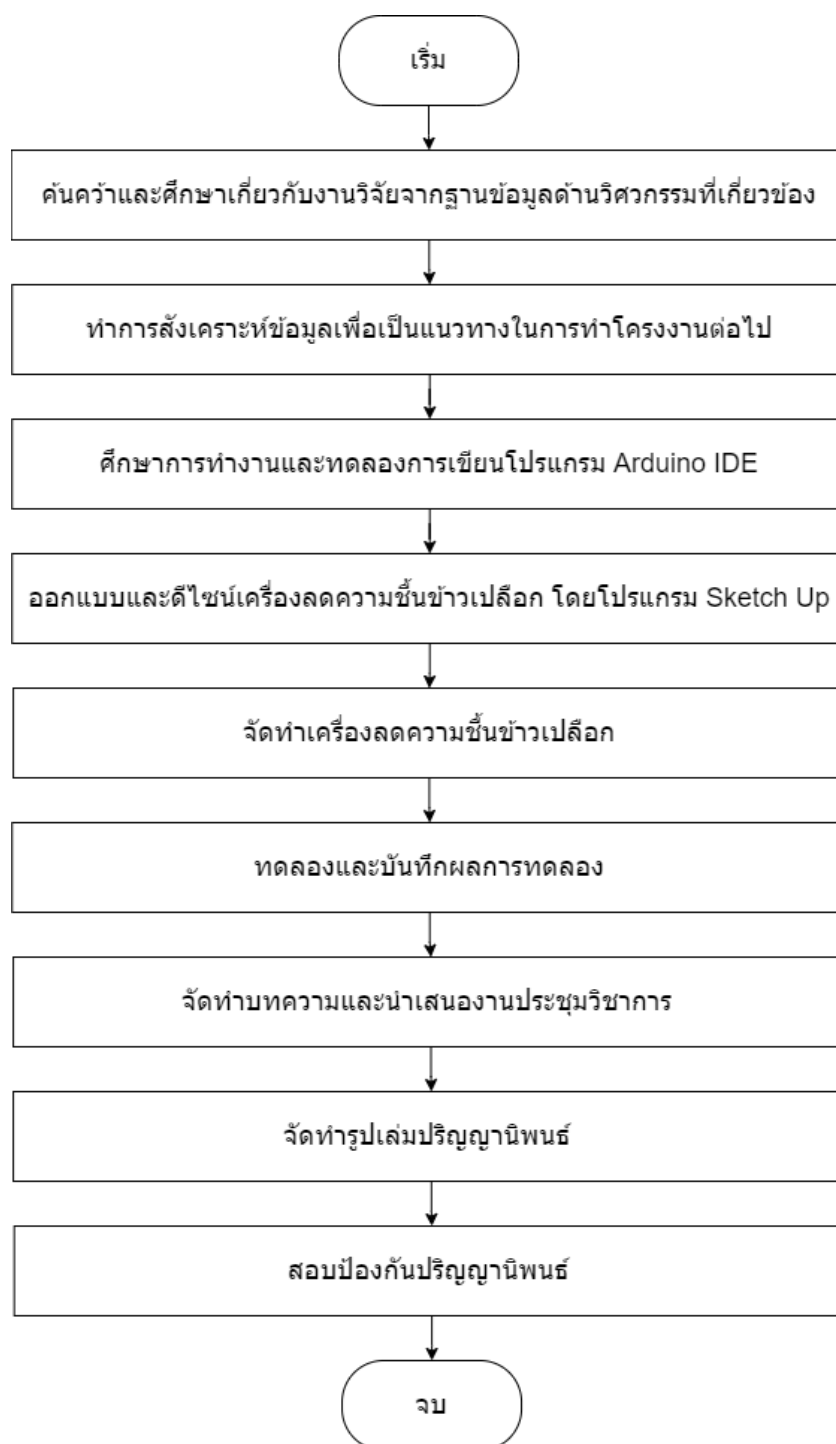
ขั้นตอนการดำเนินงาน

ในบทนี้จะกล่าวถึง การออกแบบเครื่องลดความชื้นข้าวเปลือก โดยใช้โปรแกรม Sketc Up หลักการเลือกอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการสร้างเครื่องลดความชื้นข้าวเปลือก วงจรการทำงานของโครงการ ขั้นตอนการทำงานของเครื่องลดความชื้นข้าวเปลือกดังต่อไปนี้

ในรูปที่ 3-1 สามารถอธิบายขั้นตอนการดำเนินโครงการได้ดังนี้

- ขั้นตอนที่ 1 ค้นหาและศึกษาเกี่ยวกับงานวิจัยจากฐานข้อมูลด้านวิศวกรรมที่เกี่ยวข้อง
- ขั้นตอนที่ 2 ทำการสังเคราะห์ข้อมูลเพื่อเป็นแนวทางในการทำโครงการต่อไป
- ขั้นตอนที่ 3 ศึกษาการทำงานและทดลองการเขียนโปรแกรม Arduino IDE
- ขั้นตอนที่ 4 ออกแบบและดีไซน์เครื่องลดความชื้นข้าวเปลือก โดยใช้โปรแกรม Sketch Up
- ขั้นตอนที่ 5 จัดทำเครื่องลดความชื้นข้าวเปลือก
- ขั้นตอนที่ 6 ทดลองและบันทึกผลการทดลอง
- ขั้นตอนที่ 7 จัดทำบทความและนำเสนองานประชุมวิชาการ
- ขั้นตอนที่ 8 จัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์
- ขั้นตอนที่ 9 สอบป้องกันปริญญานิพนธ์

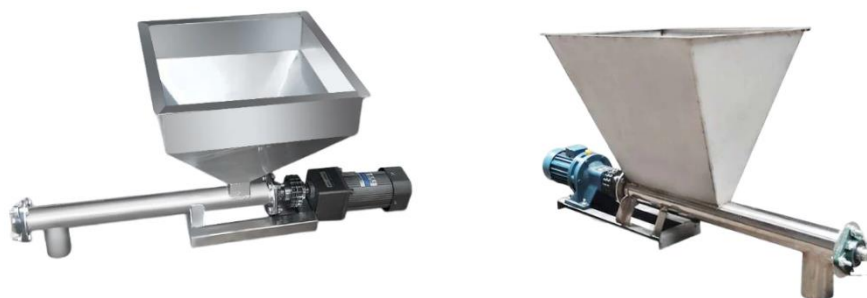
การดำเนินโครงการสามารถเขียนแผนผังขั้นตอนการทำงานได้ดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แผนผังขั้นตอนการดำเนินโครงการ

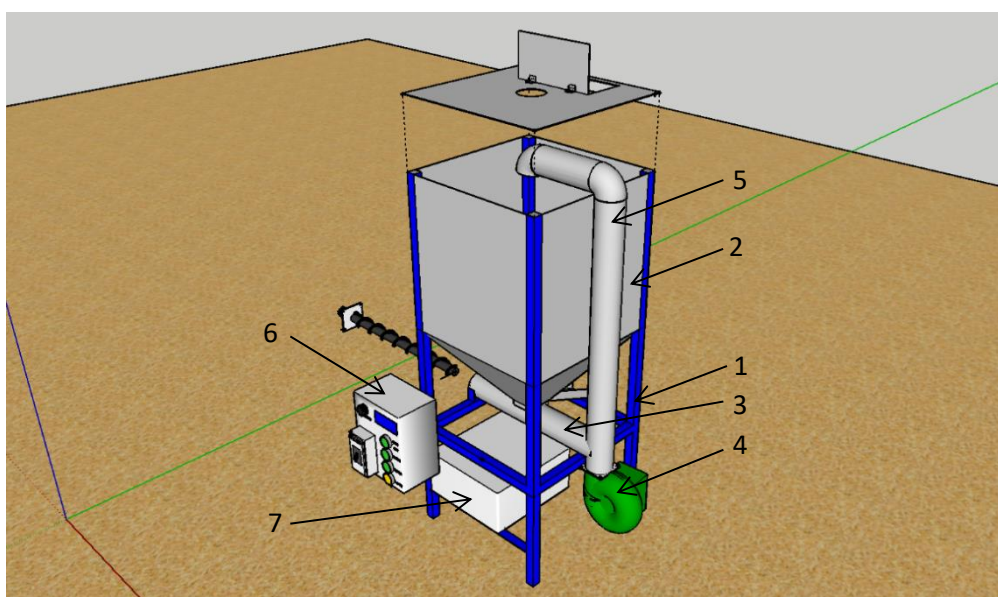
3.1 ออกแบบเครื่องลดความชื้นข้าวเปลือก

การออกแบบตัวโครงสร้างของเครื่องได้รับแรงบันดาลใจจากตัวเครื่องการขนส่งอาหารอัตโนมัติเครื่องป้อนสกรูแนวอนสายพานลำเลียงสแตนเลสเครื่องลำเลียงแบบขนาน [7]

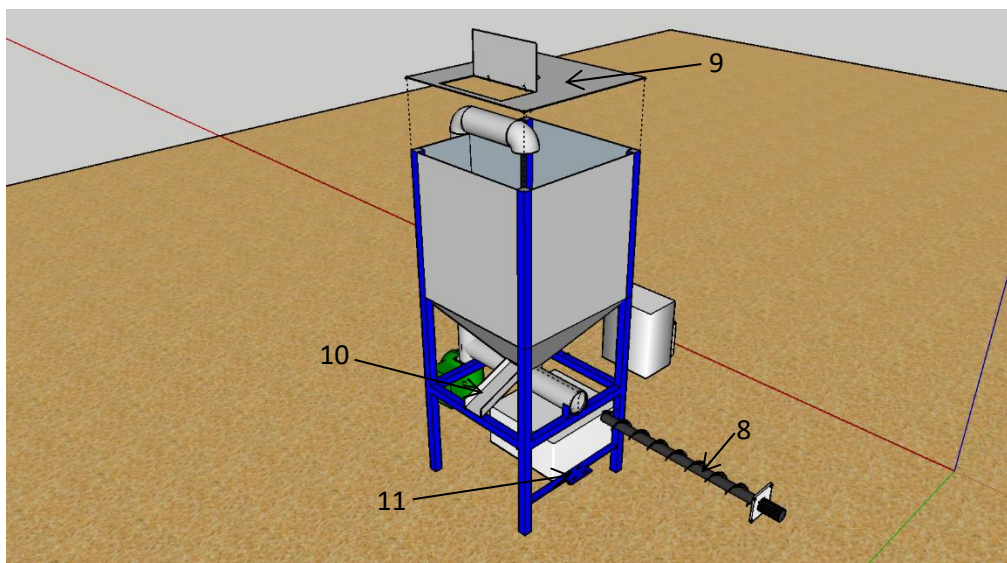


รูปที่ 3.2 การขนส่งอาหารอัตโนมัติเครื่องป้อนสกรูแนวอนสายพานลำเลียงสแตนเลสเครื่องลำเลียงแบบขนาน [7]

ส่วนประกอบของเครื่องลดความชื้นข้าวเปลือก มีดังนี้



รูปที่ 3.3 ส่วนประกอบและอุปกรณ์ของเครื่องลดความชื้นข้าวเปลือก หมายเลข 1-7



รูปที่ 3.4 ประกอบและอุปกรณ์ของเครื่องลดความชื้นข้าวเปลือก หมายเลข 8-10

ส่วนประกอบและอุปกรณ์ของเครื่องลดความชื้นข้าวเปลือก

หมายเลข 1 โครงสร้างเครื่องลดความชื้นข้าวเปลือก

หมายเลข 2 ถังเก็บข้าวเปลือก

หมายเลข 3 ท่อเกลียวหมุนลำเลียงข้าวเปลือก

หมายเลข 4 พัดลมแบบแรงเหวี่ยง (Blower), ฮีตเตอร์ (Heater)

หมายเลข 5 ท่อลำเลียงข้าวกลับลงถึงข้าวเปลือก

หมายเลข 6 ถังรองควบคุม

หมายเลข 7 ถังสำหรับการใส่สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย และ โซลิดสเตตรีเลย์

หมายเลข 8 แกนใบเกลียวหมุน

หมายเลข 9 ช่องใส่ข้าวเปลือกลงไปถังเก็บข้าวเปลือก

หมายเลข 10 ท่อเอียงลำเลียงข้าวเปลือกออกจากถังเก็บข้าวเปลือก

หมายเลข 11 ฐานปรับยี่ดมอเตอร์กับแกนใบเกลียวหมุนแบบใส่สายพาน

เครื่องลดความชื้นข้าวเปลือก



รูปที่ 3.5 เครื่องลดความชื้นข้าวเปลือก



รูปที่ 3.6 แกนใบเกลียวหมุน



รูปที่ 3.7 แกนใบเกลียวหมุนเมื่อนำไปติดตั้งในตัวท่อใบเกลียวหมุน



รูปที่ 3.8 มอเตอร์เมื่อติดตั้งเข้ากับแกนใบเกลียวหมุน



รูปที่ 3.9 พัฒนแบบแรงเหวี่ยงเมื่อติดตั้งกับตัวเครื่อง



รูปที่ 3.10 ฮีตเตอร์เมื่อติดตั้งทางเข้าอากาศภายในพัฒนแบบแรงเหวี่ยง



รูปที่ 3.11 เซ็นเซอร์ AHT30 ควบคุมอุณหภูมิของฮีตเตอร์ที่ติดตั้งทางเข้าอากาศภายใน
พัฒนแบบแรงเหวี่ยง



รูปที่ 3.12 เซ็นเซอร์ AHT30 ควบคุมอุณหภูมิของฮีตเตอร์ที่ติดตั้งภายในตัวถังเก็บข้าวเปลือก

3.2 หลักการเลือกอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการสร้างเครื่องลดความชื้นข้าวเปลือก

3.2.1 พัฒนแบบแรงเหวี่ยง 4 นิ้ว [8]

พัฒนแบบแรงเหวี่ยงเป็นอุปกรณ์ทางกลสำหรับเคลื่อนย้ายอากาศ ใช้พลังงานจลน์ของใบพัดเพื่อเคลื่อนกระแสลม ซึ่งจะเคลื่อนที่ด้านความต้านทานที่เกิดจากท่อแคปเปอร์ และส่วนประกอบอื่น ๆ พัฒนแบบแรงเหวี่ยงจะไล่อากาศในแนวรัศมี โดยเปลี่ยนทิศทาง 90 องศา ของการไหลของอากาศ



รูปที่ 3.13 พัฒนแบบแรงเหวี่ยง 4 นิ้ว [9]

3.2.2 ฮีตเตอร์ 700-800 วัตต์ [10]

ฮีตเตอร์เป็นอุปกรณ์ใช้เพื่อสร้างความร้อน โดยเปลี่ยนพลังงานจากกระแสไฟฟ้าให้เป็นพลังงานความร้อน หลักการทำงานของฮีตเตอร์ สามารถสร้างความร้อนขึ้นได้จากการจ่ายกระแสไฟฟ้าแรงดัน 220 โวลต์ ให้ไหลผ่านลวดตัวนำ (ตัวความต้านทาน) ทำให้ลวดตัวนำมีความร้อนเกิดขึ้น



รูปที่ 3.14 ฮีตเตอร์ขดลวด 700 วัตต์ [11]

3.2.3 มอเตอร์ 24 โวลต์ [12]

มอเตอร์ เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่แปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล การทำงานปกติของมอเตอร์ไฟฟ้าเกิดจากการทำงานร่วมกันระหว่างสนามแม่เหล็กในตัวมอเตอร์ และสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสในขดลวดทำให้เกิดแรงดูดและแรงผลักของสนามแม่เหล็กทั้งสอง ในการใช้งาน



รูปที่ 3.15 มอเตอร์ 24 โวลต์ [13]

3.2.4 เซอร์กิตเบรกเกอร์ 20 แอมป์ [14]

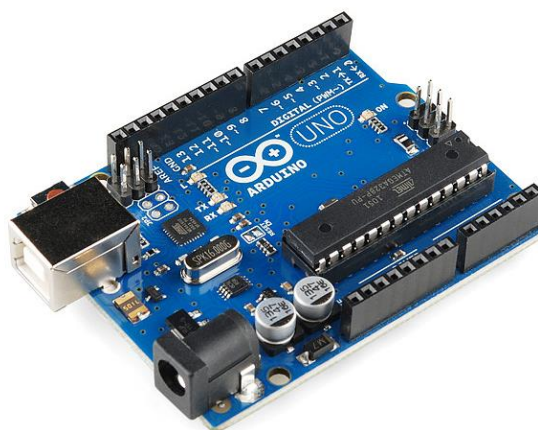
เซอร์กิตเบรกเกอร์ เป็นสวิตช์ไฟฟ้าอัตโนมัติที่ออกแบบมาเพื่อป้องกันการเกิดไฟฟ้าลัดวงจร หรือกระแสไฟฟ้าส่วนเกิน โดยการตัดกระแสไฟฟ้าหลังจากตรวจพบความผิดปกติในวงจรไฟฟ้า โดยจะเลือกใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์แบบ MCB (Miniature Circuit Breakers) หรือที่เรียกกันว่า เบรกเกอร์ลูกย่อยหรือลูกเซอร์กิต มีขนาดเล็ก สำหรับใช้ในบ้านหรืออาคารที่มีกระแสไฟฟ้าไม่เกิน 100 แอมป์ สำหรับการใช้งานจะใช้ติดตั้งเป็นอุปกรณ์ป้องกันร่วมกับแผงจ่ายไฟฟ้าย่อย หรือแผงจ่ายไฟฟ้าในห้องพักอาศัย



รูปที่ 3.16 เซอร์กิตเบรกเกอร์ แบบ MCB [15]

3.2.5 Arduino Uno R3 [16]

Arduino UNO R3 เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ชิปการประมวลผล ATmega328P มีพินอินพุตและเอาต์พุตดิจิทัลทั้งหมด 14 พิน (ซึ่ง 6 พินสามารถใช้เป็นเอาต์พุต PWM ได้), อินพุตอะนาล็อก 6 พิน, ตัวสะท้อนเสียงเซรามิก 16 เมกะเฮิร์ตซ์, การเชื่อมต่อแบบ USB, แจ็กจ่ายไฟ, ส่วนหัว ICSP และมีปุ่มรีเซ็ต ประกอบด้วยทุกสิ่งที่เป็นเพื่อรองรับไมโครคอนโทรลเลอร์ สามารถเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ด้วยสาย USB หรือจ่ายไฟด้วยอะแดปเตอร์หรือแบตเตอรี่เพื่อเริ่มต้นใช้งาน นอกจากนี้ยังสามารถใช้เครื่องมือเขียนโปรแกรมตัวอื่นได้อีกหลายแบบ เช่น Arduino IDE, Micro python, JavaScript, LUA และอื่น ๆ



รูปที่ 3.17 Arduino Uno R3 [16]

3.2.6 สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย 24 โวลต์ ขนาด 20 แอมป์ [17]

เป็นอุปกรณ์แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ แปลงเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเพื่อนำไปใช้งานอิเล็กทรอนิกส์ได้ สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย จะประกอบด้วย 3 ส่วนใหญ่ ๆ คือ

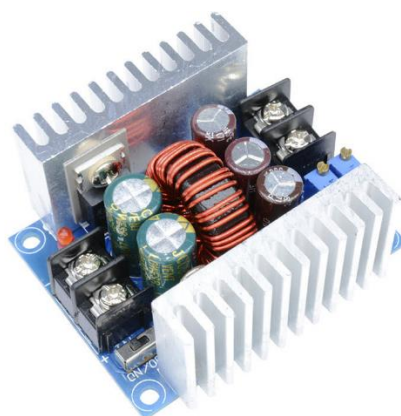
- 1) วงจรฟิลเตอร์และเรกติไฟเออร์ ทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟสลับเป็นไฟตรง
- 2) คอนเวอร์เตอร์ ทำหน้าที่แปลงไฟตรงเป็นไฟสลับความถี่สูง และแปลงกลับเป็นไฟตรงโวลต์ต่ำ
- 3) วงจรควบคุม ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของคอนเวอร์เตอร์ เพื่อให้ได้แรงดันเอาต์พุตตามต้องการ



รูปที่ 3.18 สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย 24 โวลต์ ขนาด 20 แอมป์ [18]

3.2.7 โมดูลสเต็ปดาวน์ 300 วัตต์ ขนาด 20 แอมป์ [19]

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการลดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงจาก 6 – 40 โวลต์ เป็น 1.2 – 36 โวลต์



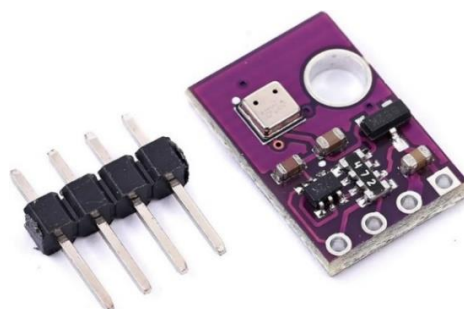
รูปที่ 3.19 โมดูลสเต็ปดาวน์ 300 วัตต์ ขนาด 20 แอมป์ [19]

3.2.8 เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น AHT30 [20]

คุณสมบัติของ เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น AHT30

- 1) AHT30 เป็นเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นจากบริษัท AOSONG
- 2) แรงดันไฟฟ้าในการทำงาน 2.2 ถึง 5.5 โวลต์
- 3) ช่วงการวัดอุณหภูมิ – 40 ถึง 85 องศาเซลเซียส
- 4) ความแม่นยำของอุณหภูมิ ± 0.3 องศาเซลเซียส
- 5) ช่วงการวัดความชื้น 0 ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ RH

- 6) ความแม่นยำของความชื้น ± 1.8 เปอร์เซ็นต์ RH
- 7) โพรโตคอลการสื่อสาร I2C



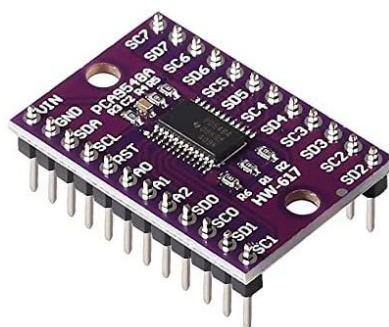
รูปที่ 3.20 เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น [20]

3.2.9 TCA9548A I2C Multiplexer [21]

TCA9548A เป็นชิปที่ใช้จัดการการเชื่อมต่อ I2C สำหรับอุปกรณ์หลายตัวที่มี Address ซ้ำกันหรือกรณีที่ต้องการแยกอุปกรณ์ I2C ออกจากกันเป็นช่องทาง (Channel) เพื่อป้องกันปัญหาการชนกันของสัญญาณบนบัส I2C

คุณสมบัติของ TCA9548A

- 1) แรงดันไฟฟ้าในการทำงาน 1.8 - 5.5 โวลต์
- 2) รองรับช่องสัญญาณ I2C สูงสุด 8 ช่องทาง สำหรับเชื่อมต่ออุปกรณ์ I2C ในเวลาเดียวกัน
- 3) รองรับ Address ที่สามารถตั้งค่าได้ด้วยฮาร์ดแวร์ผ่านการเชื่อมต่อขา A0, A1 และ A2 ทำให้สามารถใช้ TCA9548A หลายตัวในระบบเดียวกันได้



รูปที่ 3.21 TCA9548A I2C Multiplexer [21]

3.2.10 สวิตช์ปุ่มกด 220 โวลต์กระแสสลับและ 24 โวลต์กระแสตรง

เป็นสวิตช์ที่ออกแบบมาพร้อมกับหลอดไฟแอลอีดีในตัว โดยจะแบ่งเป็น 220 โวลต์ กระแสสลับ และ 24 โวลต์กระแสตรง ซึ่งจะติดตั้งอยู่บนตู้ควบคุมของเครื่อง โดยเลือกใช้แบบแบบ กดติด-ปล่อยดับ สำหรับการกดเพื่อหยุดและทำงานของเครื่องลดความชื้นข้าวเปลือกและได้เลือกใช้ แบบ กดติด-กดดับ สำหรับการกดเพื่อหยุดการทำงานของมอเตอร์ ฮีตเตอร์ และพัดลมแบบแรงเหวี่ยง



รูปที่ 3.22 สวิตช์กดติด-กดดับ [22]

3.2.11 จอภาพ LCD I2C [23]

จอภาพ LCD คือ อุปกรณ์แสดงผลที่ใช้เทคโนโลยีการแสดงผลผ่านการควบคุมการหักเหของแสงในคริสตัลเหลว โดยจอภาพ LCD มีความสามารถในการแสดงผลตัวอักษร ตัวเลข สัญลักษณ์ และกราฟิกต่าง ๆ บนหน้าจอ



รูปที่ 3.23 หน้าจอ LCD I2C [23]

3.2.12 โซลิดสเตตรีเลย์ [24]

โซลิดสเตตรีเลย์ (Solid state Relay) เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ โดยไม่มี หน้าสัมผัส ใช้สำหรับตัด - ต่อวงจร โซลิดสเตตรีเลย์ผลิตอุปกรณ์เซมิคอนดักเตอร์ ทำหน้าที่คล้ายกับรีเลย์ ไม่มีเสียง ไม่มี หน้าสัมผัส ไม่เกิดเสียงดังเวลาใช้งาน



รูปที่ 3.24 โซลิดสเตตรีเลย์ 25 DA [25]

3.2.13 โมดูลควบคุมความเร็วมอเตอร์ PWM 20 ขนาด แอมป์ [26]

โมดูลควบคุมความเร็วมอเตอร์ PWM ขนาด 20 แอมป์ คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้เทคนิค Pulse Width Modulation (PWM) เพื่อควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรง โดยสามารถรองรับกระแสสูงสุดได้ถึง 20 แอมแปร์ โมดูลนี้เหมาะสำหรับการควบคุมมอเตอร์ที่ใช้พลังงานมาก

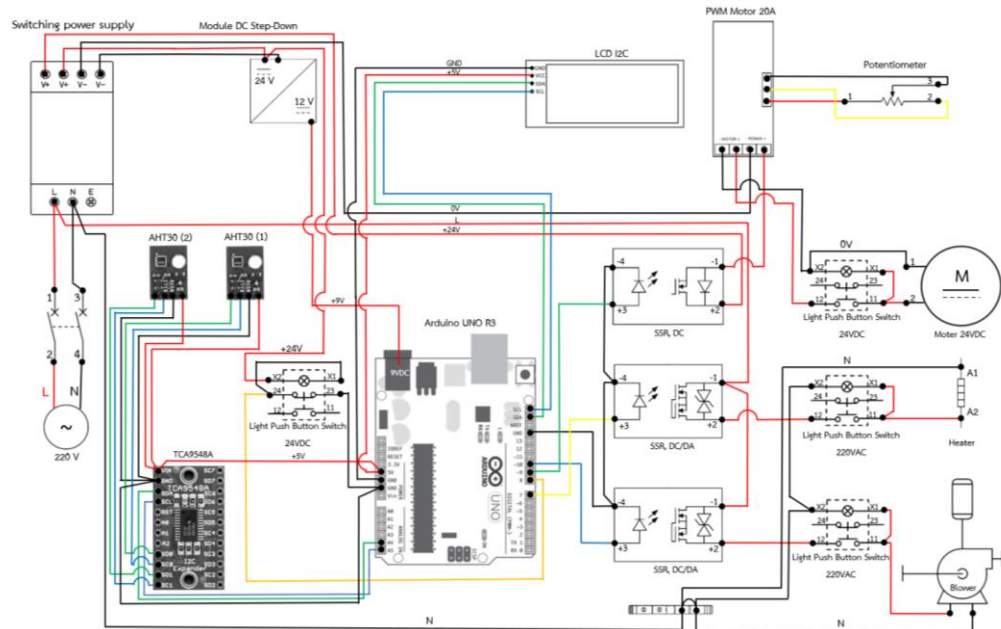


รูปที่ 3.25 โมดูลควบคุมความเร็วมอเตอร์ PWM ขนาด 20 แอมป์ [26]

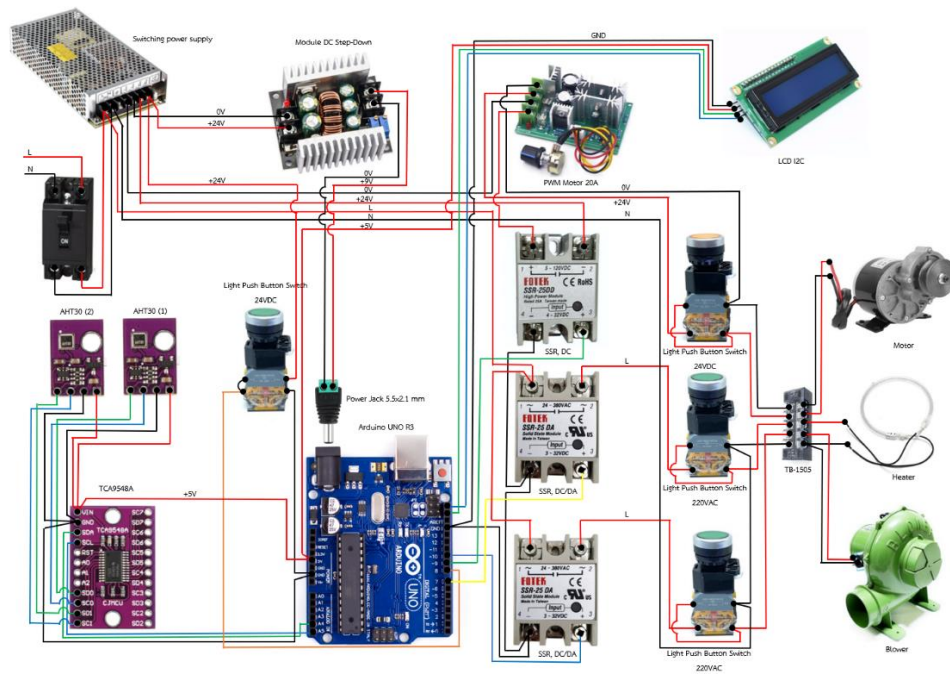
คุณสมบัติของโมดูลควบคุมความเร็วมอเตอร์ PWM ขนาด 20 แอมป์

- 1) การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ โมดูลนี้ใช้การปรับค่า Duty Cycle ของสัญญาณ PWM เพื่อควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสดังได้ โดยสามารถปรับความเร็วได้ตั้งแต่ 0 – 100 เปอร์เซ็นต์
- 2) สามารถรองรับกระแสไฟฟ้าสูงสุดได้ถึง 20 แอมแปร์
- 3) แรงดันไฟฟ้าในการทำงาน ส่วนใหญ่รองรับแรงดันไฟฟ้าที่หลากหลาย เช่น 12 โวลต์, 24 โวลต์หรือ 48 โวลต์ ตามความต้องการของมอเตอร์ที่ใช้
- 4) ปุ่มปรับความเร็ว มักมีปุ่มปรับหรือลูกบิด (Potentiometer) ที่สามารถใช้ปรับความเร็วของมอเตอร์ได้อย่างสะดวก
- 5) บางรุ่นมีฟังก์ชันการป้องกันกระแสเกิน (Overcurrent Protection) หรือการป้องกันการลัดวงจร (Short Circuit Protection) เพื่อป้องกันการเสียหายของมอเตอร์และโมดูล

3.3 วงจรควบคุมการทำงานของโครงการ



รูปที่ 3.26 วงจรทางไฟฟ้า



รูปที่ 3.27 วงจรการต่ออุปกรณ์จริง

3.3.1 หน้าที่การทำงานของอุปกรณ์

เซอร์กิตเบรกเกอร์ ทำหน้าที่ ON OFF เครื่องลดความชื้นข้าวเปลือกและสามารถตัดกระแสไฟฟ้าอัตโนมัติเมื่อเกิดไฟฟ้าลัดวงจรหรือกระแสเกิน

สวิตช์เพาเวอร์สวพหลาย ทำหน้าที่ แปลงไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์เป็นไฟฟ้ากระแสตรง 24 โวลต์ เพื่อจ่ายไฟฟ้าให้กับโมดูลสเต็ปดาวน์และมอเตอร์ 24 โวลต์ โดยสามารถจ่ายกระแสสูงสุดได้ 20 แอมป์

โมดูลสเต็ปดาวน์ ทำหน้าที่ ลดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่มาจากสวิตช์เพาเวอร์สวพหลาย 24 โวลต์ ให้เหลือ 9 โวลต์เพื่อจ่ายให้กับบอร์ด Arduino Uno R3 ผ่าน Power Jack 5.5x2.1 มิลลิเมตร

บอร์ด Arduino Uno R3 ทำหน้าที่ ประมวลผลข้อมูลจากเซ็นเซอร์ AHT30 ทั้งสองตัว เพื่อไปแสดงผลบนหน้าจอ LCD และเป็นตัวควบคุมคำสั่งการทำงานของโซลิดสเตตรีเลย์ เพื่อสั่งเปิดหรือปิดการทำงานของ มอเตอร์ ,ฮีตเตอร์ และพัดลมแบบแรงเหวี่ยงทำงานในขั้นถัดไป

หน้าจอ LCD I2C ทำหน้าที่ แสดงผลเวลาการทำงานแบบ ชั่วโมง : นาที : วินาที (00:00:00), อุณหภูมิ (Temp), ความชื้น (Humidity)

TCA9548A I2C Multiplexer ทำหน้าที่ เชื่อมต่อเซ็นเซอร์ AHT30 ทั้งสองตัวที่มีที่อยู่ซ้ำกันและแยกอุปกรณ์ I2C ออกจากกันเป็นช่องทางเพื่อป้องกันปัญหาการชนกันของสัญญาณบนบัส I2C

เซ็นเซอร์ AHT30 (1) ทำหน้าที่ วัดความชื้นและอุณหภูมิภายในถังเก็บข้าวเปลือก เพื่อให้อุณหภูมิภายในถังไม่เกิน 65 องศาเซลเซียส

เซ็นเซอร์ AHT30 (2) ทำหน้าที่ วัดและควบคุมอุณหภูมิของฮีตเตอร์ เพื่อไม่ให้ฮีตเตอร์ทำความร้อนจนอุณหภูมิสูงจนเกินไป

โซลิดสเตตรีเลย์ ทำหน้าที่ เปิดหรือปิดการทำงานของ มอเตอร์ ฮีตเตอร์ และพัดลมแบบแรงเหวี่ยง โดยควบคุมสัญญาณไฟฟ้าจากบอร์ด Arduino Uno R3

มอเตอร์ ทำหน้าที่ ต่อกับแกนเกลียวหมุนภายในท่อเพื่อลำเลียงข้าวเปลือกที่มีความชื้นผ่านไปมาในท่อที่ต่ออยู่กับพัดลมแบบแรงเหวี่ยงและฮีตเตอร์ทำความร้อน

โมดูล PWM ทำหน้าที่ ควบคุมความเร็วของมอเตอร์

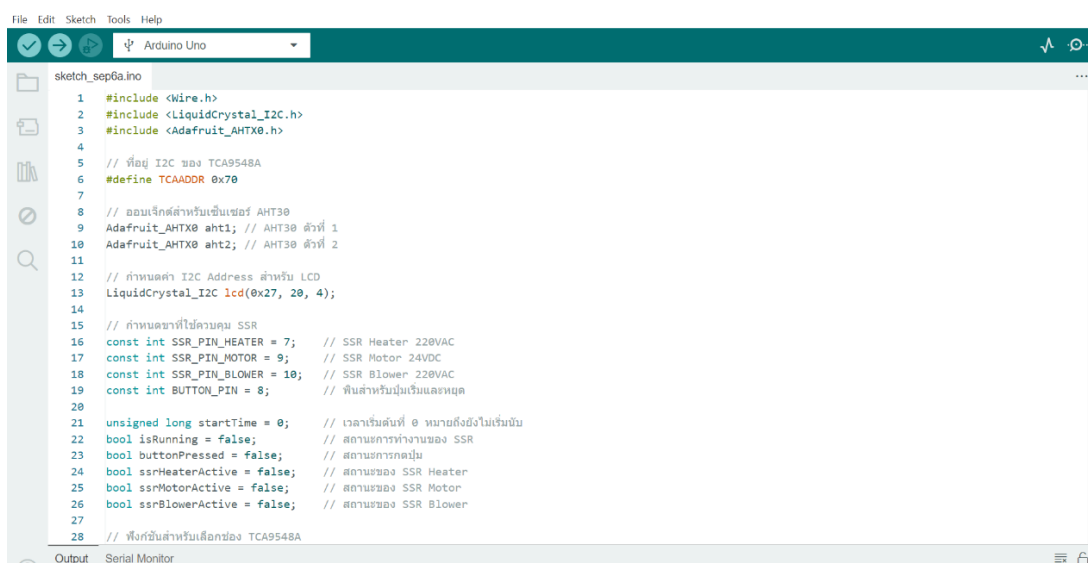
ฮีตเตอร์ ทำหน้าที่ ทำความร้อนให้กับพัดลมแบบแรงเหวี่ยงและดูดอากาศที่มีความร้อนเข้าไปในพัดลมแบบแรงเหวี่ยง

พัดลมแบบแรงเหวี่ยง ทำหน้าที่ ดูดอากาศที่มีความร้อนมาจากฮีตเตอร์และเป่าข้าวที่มีความชื้นกลับไปในถังใส่ข้าวเปลือก

สวิตช์ปุ่มกด สามารถแบ่งเป็น 2 ลักษณะการทำงานดังนี้

- 1) สวิตช์ปุ่มกดเริ่มหรือหยุดการทำงานของเครื่องลดความชื้นข้าวเปลือก
- 2) สวิตช์ปุ่มกดตัดหรือต่อการทำงานแต่ละตัวเช่น มอเตอร์, ฮีตเตอร์ และพัดลมแบบแรงเหวี่ยง โดยที่เครื่องยังสามารถทำงานได้

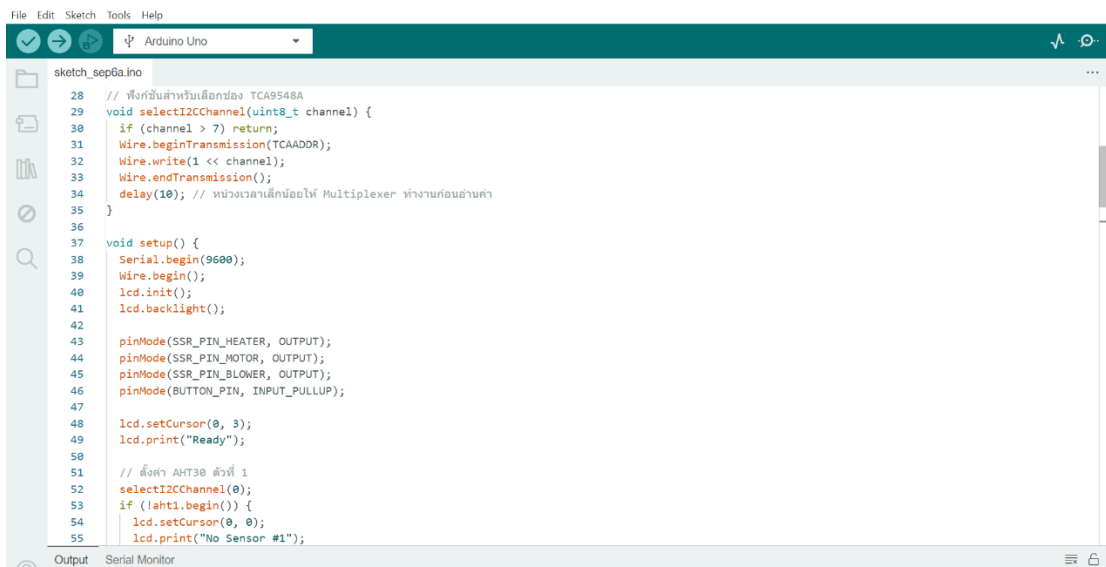
3.4 โปรแกรมการทำงานของเครื่องลดความชื้นข้าวเปลือก



```

1  #include <Wire.h>
2  #include <LiquidCrystal_I2C.h>
3  #include <Adafruit_AHTX0.h>
4
5  // ที่อยู่ I2C ของ TCA9548A
6  #define TCAADDR 0x70
7
8  // ออบเจกต์สำหรับเซ็นเซอร์ AHT30
9  Adafruit_AHTX0 aht1; // AHT30 ตัวที่ 1
10 Adafruit_AHTX0 aht2; // AHT30 ตัวที่ 2
11
12 // กำหนดค่า I2C Address สำหรับ LCD
13 LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4);
14
15 // กำหนดขาที่ไปควบคุม SSR
16 const int SSR_PIN_HEATER = 7; // SSR Heater 220VAC
17 const int SSR_PIN_MOTOR = 9; // SSR Motor 24VDC
18 const int SSR_PIN_BLOWER = 10; // SSR Blower 220VAC
19 const int BUTTON_PIN = 8; // ปุ่มสำหรับปุ่มเริ่มและหยุด
20
21 unsigned long startTime = 0; // เวลาเริ่มต้นที่ 0 หมายถึงยังไม่เริ่มนับ
22 bool isRunning = false; // สถานะการทำงานของ SSR
23 bool buttonPressed = false; // สถานะการกดปุ่ม
24 bool sssHeaterActive = false; // สถานะของ SSR Heater
25 bool sssMotorActive = false; // สถานะของ SSR Motor
26 bool sssBlowerActive = false; // สถานะของ SSR Blower
27
28 // ฟังก์ชันสำหรับเลือกของ TCA9548A
  
```

รูปที่ 3.28 โปรแกรมการทำงานในส่วนการเรียกใช้ไลบรารี, กำหนดที่อยู่ของ TCA9548A, สร้างออบเจกต์สำหรับเซ็นเซอร์และแอลซีดี, กำหนดขาสำหรับ SSR และปุ่มกด, ตัวแปรสำหรับควบคุมสถานะ

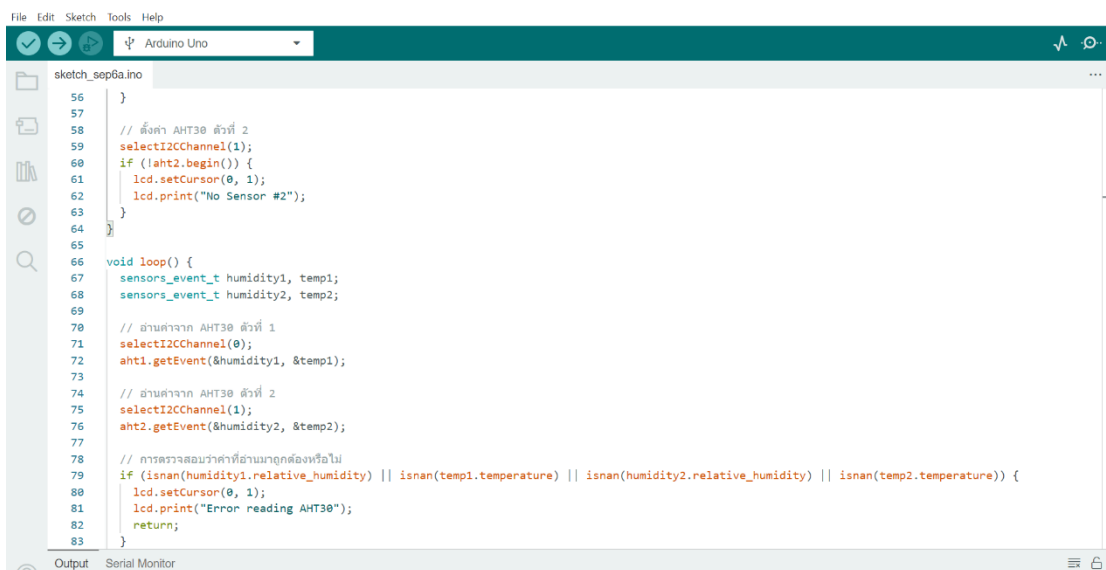


```

File Edit Sketch Tools Help
sketch_sep6a.ino
28 // ฟังก์ชันสำหรับเลือกช่อง TCA9548A
29 void selectI2CChannel(uint8_t channel) {
30   if (channel > 7) return;
31   Wire.beginTransmission(TCAADDR);
32   Wire.write(1 << channel);
33   Wire.endTransmission();
34   delay(10); // หน่วงเวลาเล็กน้อยให้ Multiplexer ทำงานก่อนอ่านค่า
35 }
36
37 void setup() {
38   Serial.begin(9600);
39   Wire.begin();
40   lcd.init();
41   lcd.backlight();
42
43   pinMode(SSR_PIN_HEATER, OUTPUT);
44   pinMode(SSR_PIN_MOTOR, OUTPUT);
45   pinMode(SSR_PIN_BLOWER, OUTPUT);
46   pinMode(BUTTON_PIN, INPUT_PULLUP);
47
48   lcd.setCursor(0, 3);
49   lcd.print("Ready");
50
51   // ตั้งค่า AHT30 ตัวที่ 1
52   selectI2CChannel(0);
53   if (!aht1.begin()) {
54     lcd.setCursor(0, 0);
55     lcd.print("No Sensor #1");
56   }
57 }
58
59 void loop() {
60   // อ่านค่าจาก AHT30 ตัวที่ 1
61   selectI2CChannel(0);
62   aht1.getEvent(&humidity1, &temp1);
63
64   // อ่านค่าจาก AHT30 ตัวที่ 2
65   selectI2CChannel(1);
66   aht2.getEvent(&humidity2, &temp2);
67
68   // การตรวจสอบว่าค่าที่อ่านมาถูกต้องหรือไม่
69   if (isnan(humidity1.relative_humidity) || isnan(temp1.temperature) || isnan(humidity2.relative_humidity) || isnan(temp2.temperature)) {
70     lcd.setCursor(0, 1);
71     lcd.print("Error reading AHT30");
72     return;
73   }
74
75   // แสดงค่าที่อ่านมา
76   lcd.setCursor(0, 2);
77   lcd.print(humidity1.relative_humidity);
78   lcd.setCursor(0, 3);
79   lcd.print(temp1.temperature);
80   lcd.setCursor(0, 4);
81   lcd.print(humidity2.relative_humidity);
82   lcd.setCursor(0, 5);
83   lcd.print(temp2.temperature);
84 }

```

รูปที่ 3.29 โปรแกรมการทำงานในส่วน ฟังก์ชันเลือกช่อง TCA9548A, การตั้งค่าเริ่มต้น (setup), ตั้งค่าเซ็นเซอร์ AHT30 ตัวที่ 1

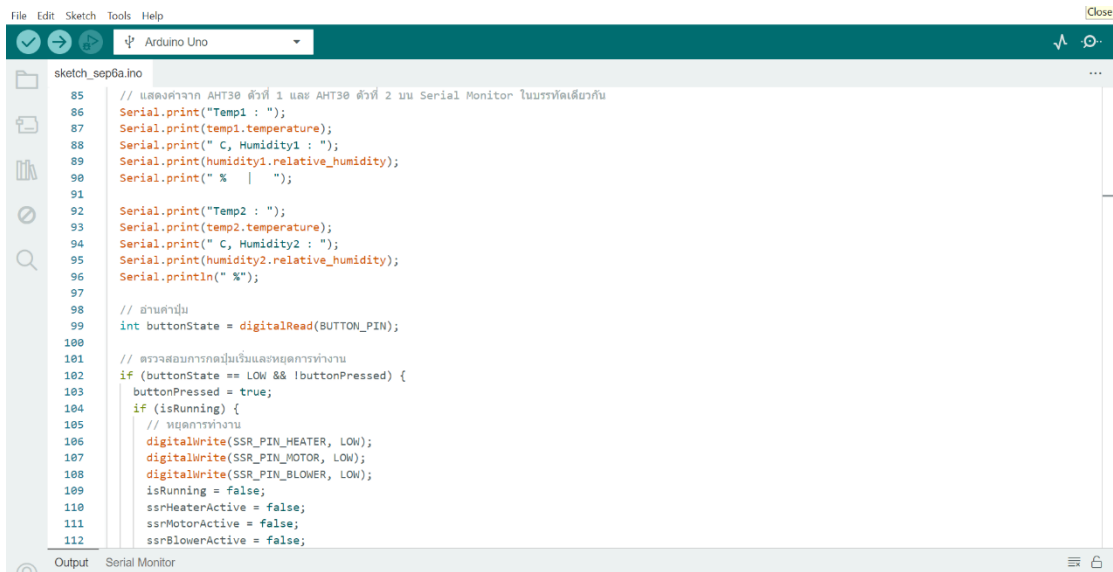


```

File Edit Sketch Tools Help
sketch_sep6a.ino
56 }
57
58 // ตั้งค่า AHT30 ตัวที่ 2
59 selectI2CChannel(1);
60 if (!aht2.begin()) {
61   lcd.setCursor(0, 1);
62   lcd.print("No Sensor #2");
63 }
64 }
65
66 void loop() {
67   sensors_event_t humidity1, temp1;
68   sensors_event_t humidity2, temp2;
69
70   // อ่านค่าจาก AHT30 ตัวที่ 1
71   selectI2CChannel(0);
72   aht1.getEvent(&humidity1, &temp1);
73
74   // อ่านค่าจาก AHT30 ตัวที่ 2
75   selectI2CChannel(1);
76   aht2.getEvent(&humidity2, &temp2);
77
78   // การตรวจสอบว่าค่าที่อ่านมาถูกต้องหรือไม่
79   if (isnan(humidity1.relative_humidity) || isnan(temp1.temperature) || isnan(humidity2.relative_humidity) || isnan(temp2.temperature)) {
80     lcd.setCursor(0, 1);
81     lcd.print("Error reading AHT30");
82     return;
83   }
84
85   // แสดงค่าที่อ่านมา
86   lcd.setCursor(0, 2);
87   lcd.print(humidity1.relative_humidity);
88   lcd.setCursor(0, 3);
89   lcd.print(temp1.temperature);
90   lcd.setCursor(0, 4);
91   lcd.print(humidity2.relative_humidity);
92   lcd.setCursor(0, 5);
93   lcd.print(temp2.temperature);
94 }

```

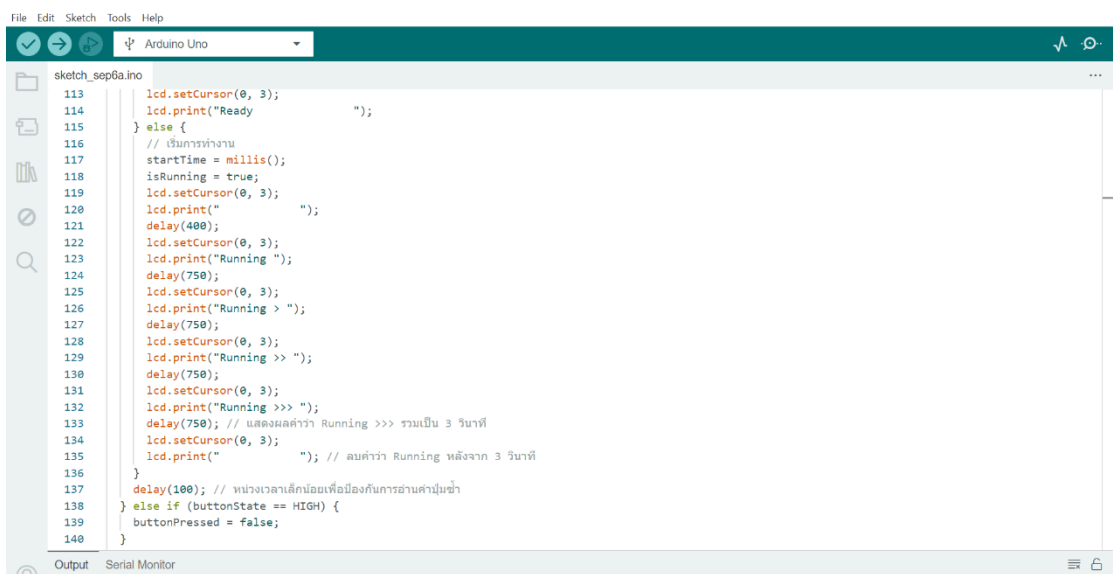
รูปที่ 3.30 โปรแกรมการทำงานในส่วน ตั้งค่าเซ็นเซอร์ AHT30 ตัวที่ 2, ฟังก์ชัน loop(), อ่านค่าจากเซ็นเซอร์ทั้งสองตัวและตรวจสอบความถูกต้อง



```

85 // แสดงค่าจาก AHT30 ตัวที่ 1 และ AHT30 ตัวที่ 2 บน Serial Monitor ในบรรทัดเดียวกัน
86 Serial.print("Temp1 : ");
87 Serial.print(temp1.temperature);
88 Serial.print(" C, Humidity1 : ");
89 Serial.print(humidity1.relative_humidity);
90 Serial.print(" % | ");
91
92 Serial.print("Temp2 : ");
93 Serial.print(temp2.temperature);
94 Serial.print(" C, Humidity2 : ");
95 Serial.print(humidity2.relative_humidity);
96 Serial.println(" %");
97
98 // อ่านค่าปุ่ม
99 int buttonState = digitalRead(BUTTON_PIN);
100
101 // ตรวจสอบการกดปุ่มเริ่มและหยุดการทำงาน
102 if (buttonState == LOW && !buttonPressed) {
103   buttonPressed = true;
104   if (isRunning) {
105     // หยุดการทำงาน
106     digitalWrite(SSR_PIN_HEATER, LOW);
107     digitalWrite(SSR_PIN_MOTOR, LOW);
108     digitalWrite(SSR_PIN_BLOWER, LOW);
109     isRunning = false;
110     ssrHeaterActive = false;
111     ssrMotorActive = false;
112     ssrBlowerActive = false;
  
```

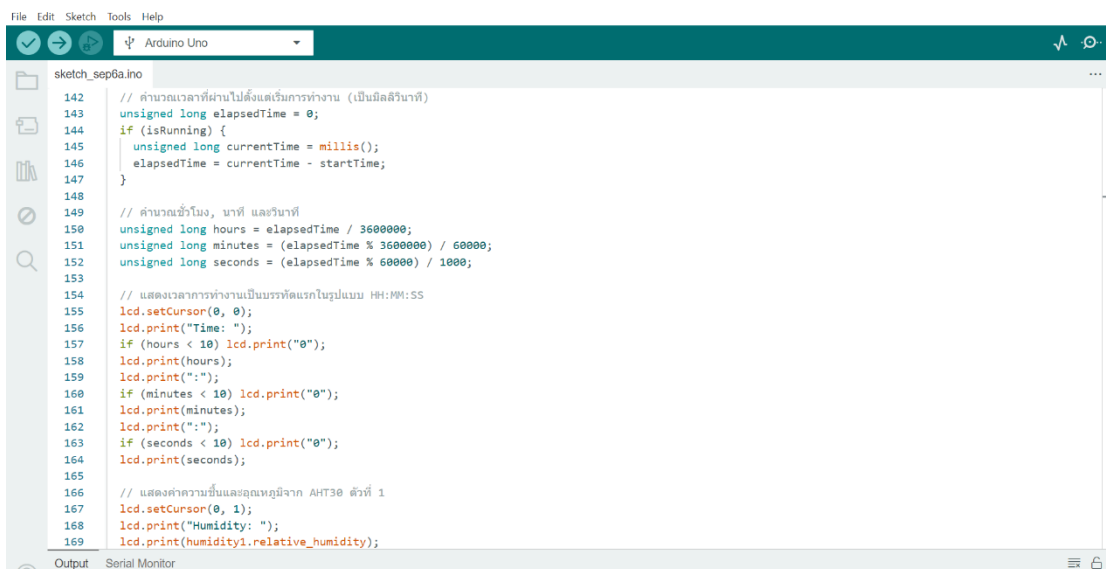
รูปที่ 3.31 โปรแกรมการทำงานในส่วน การแสดงผลค่าจากเซ็นเซอร์รับ Serial Monitor, การอ่านค่าและตรวจสอบการปุ่มกด, การหยุดการทำงาน



```

113   lcd.setCursor(0, 3);
114   lcd.print("Ready ");
115 } else {
116   // เริ่มการทำงาน
117   startTime = millis();
118   isRunning = true;
119   lcd.setCursor(0, 3);
120   lcd.print(" ");
121   delay(400);
122   lcd.setCursor(0, 3);
123   lcd.print("Running ");
124   delay(750);
125   lcd.setCursor(0, 3);
126   lcd.print("Running > ");
127   delay(750);
128   lcd.setCursor(0, 3);
129   lcd.print("Running >> ");
130   delay(750);
131   lcd.setCursor(0, 3);
132   lcd.print("Running >>> ");
133   delay(750); // แสดงผลคำว่า Running >>> รวมเป็น 3 วินาที
134   lcd.setCursor(0, 3);
135   lcd.print(" "); // ลบคำว่า Running หลังจาก 3 วินาที
136 }
137 delay(100); // พยายามเวลาเล็กน้อยเพื่อป้องกันการอ่านค่าปุ่มซ้ำ
138 } else if (buttonState == HIGH) {
139   buttonPressed = false;
140 }
  
```

รูปที่ 3.32 โปรแกรมการทำงานในส่วน เริ่มการทำงาน

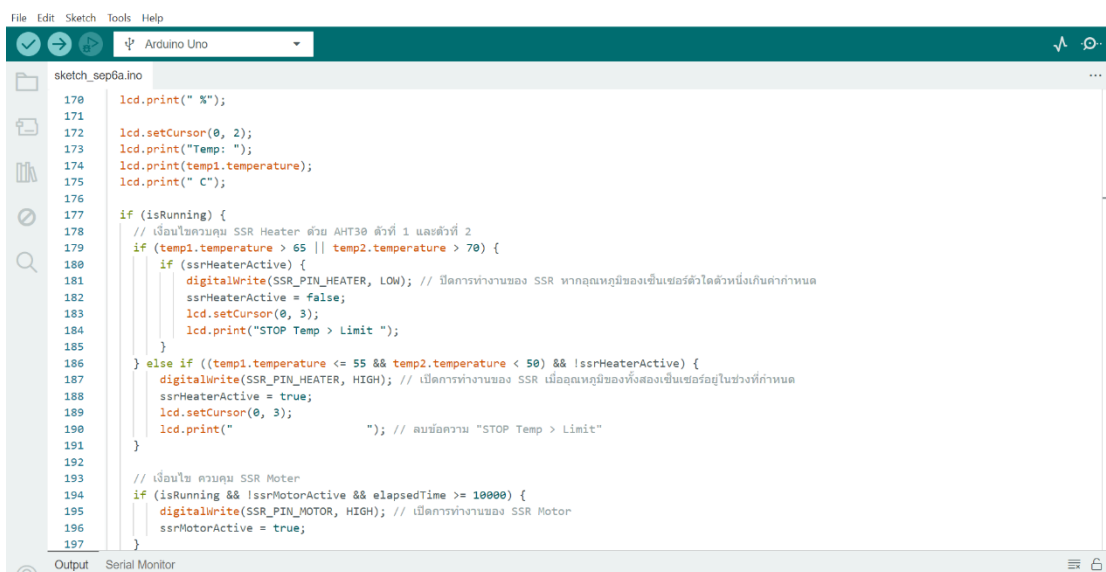


```

File Edit Sketch Tools Help
sketch_sep0a.ino
142 // คำนวณเวลาที่ผ่านไปตั้งแต่เริ่มการทำงาน (เป็นมิลลิวินาที)
143 unsigned long elapsedTime = 0;
144 if (isRunning) {
145     unsigned long currentTime = millis();
146     elapsedTime = currentTime - startTime;
147 }
148
149 // คำนวณชั่วโมง, นาที และวินาที
150 unsigned long hours = elapsedTime / 3600000;
151 unsigned long minutes = (elapsedTime % 3600000) / 60000;
152 unsigned long seconds = (elapsedTime % 60000) / 1000;
153
154 // แสดงเวลาการทำงานเป็นบรรทัดแรกในรูปแบบ HH:MM:SS
155 lcd.setCursor(0, 0);
156 lcd.print("Time: ");
157 if (hours < 10) lcd.print("0");
158 lcd.print(hours);
159 lcd.print(":");
160 if (minutes < 10) lcd.print("0");
161 lcd.print(minutes);
162 lcd.print(":");
163 if (seconds < 10) lcd.print("0");
164 lcd.print(seconds);
165
166 // แสดงค่าความชื้นและอุณหภูมิจาก AHT30 ตัวที่ 1
167 lcd.setCursor(0, 1);
168 lcd.print("Humidity: ");
169 lcd.print(humidity1.relative_humidity);
Output Serial Monitor

```

รูปที่ 3.33 โปรแกรมการทำงานในส่วน การคำนวณเวลาการทำงานและแสดงผลบนหน้าจอแอลซีดี



```

File Edit Sketch Tools Help
sketch_sep0a.ino
170 lcd.print(" %");
171
172 lcd.setCursor(0, 2);
173 lcd.print("Temp: ");
174 lcd.print(temp1.temperature);
175 lcd.print(" C");
176
177 if (isRunning) {
178     // เงื่อนไขควบคุม SSR Heater ด้วย AHT30 ตัวที่ 1 และตัวที่ 2
179     if (temp1.temperature > 65 || temp2.temperature > 70) {
180         if (ssrHeaterActive) {
181             digitalWrite(SSR_PIN_HEATER, LOW); // ปิดการทำงานของ SSR หากอุณหภูมิของเซ็นเซอร์ตัวใดตัวหนึ่งเกินค่ากำหนด
182             ssrHeaterActive = false;
183             lcd.setCursor(0, 3);
184             lcd.print("STOP Temp > Limit ");
185         }
186     } else if ((temp1.temperature <= 55 && temp2.temperature < 50) && !ssrHeaterActive) {
187         digitalWrite(SSR_PIN_HEATER, HIGH); // เปิดการทำงานของ SSR เมื่ออุณหภูมิของทั้งสองเซ็นเซอร์อยู่ในช่วงที่กำหนด
188         ssrHeaterActive = true;
189         lcd.setCursor(0, 3);
190         lcd.print(" "); // ลบข้อความ "STOP Temp > Limit"
191     }
192
193     // เงื่อนไข ควบคุม SSR Motor
194     if (isRunning && !ssrMotorActive && elapsedTime >= 10000) {
195         digitalWrite(SSR_PIN_MOTOR, HIGH); // เปิดการทำงานของ SSR Motor
196         ssrMotorActive = true;
197     }
Output Serial Monitor

```

รูปที่ 3.34 โปรแกรมการทำงานในส่วน เงื่อนไขการทำงานของฮีตเตอร์

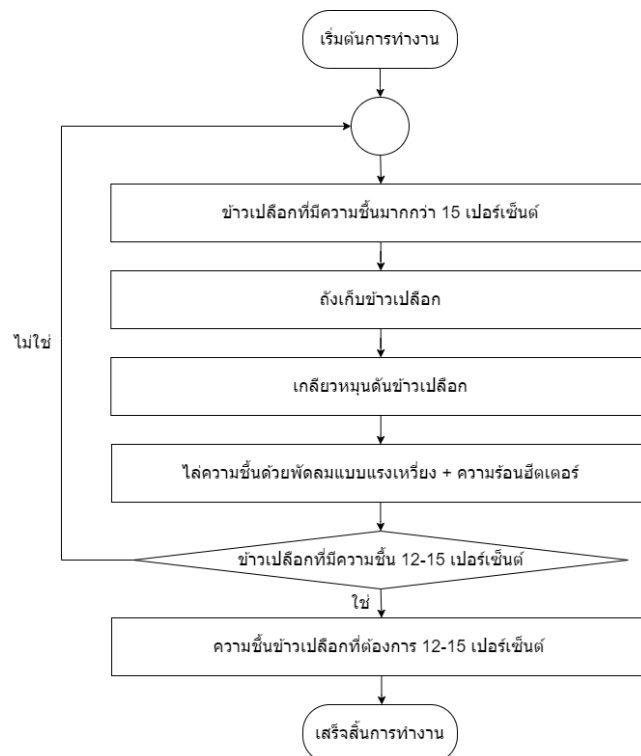
```

File Edit Sketch Tools Help
Arduino Uno
sketch_sep6a.ino
180
181   if (ssrHeaterActive) {
182       digitalWrite(SSR_PIN_HEATER, LOW); // ปิดการทำงานของ SSR หากอุณหภูมิของเซ็นเซอร์ตัวใดตัวหนึ่งเกินค่ากำหนด
183       ssrHeaterActive = false;
184       lcd.setCursor(0, 3);
185       lcd.print("STOP Temp > Limit ");
186   }
187   } else if ((temp1.temperature <= 55 && temp2.temperature < 50) && !ssrHeaterActive) {
188       digitalWrite(SSR_PIN_HEATER, HIGH); // เปิดการทำงานของ SSR เมื่ออุณหภูมิของทั้งสองเซ็นเซอร์อยู่ในช่วงที่กำหนด
189       ssrHeaterActive = true;
190       lcd.setCursor(0, 3);
191       lcd.print("                "); // ลบข้อความ "STOP Temp > Limit"
192   }
193   // เงื่อนไข ควบคุม SSR Motor
194   if (isRunning && !ssrMotorActive && elapsedTime >= 10000) {
195       digitalWrite(SSR_PIN_MOTOR, HIGH); // เปิดการทำงานของ SSR Motor
196       ssrMotorActive = true;
197   }
198   // เงื่อนไข ควบคุม SSR Blower
199   if (isRunning && !ssrBlowerActive && elapsedTime >= 5000) {
200       digitalWrite(SSR_PIN_BLOWER, HIGH); // เปิดการทำงานของ SSR Blower
201       ssrBlowerActive = true;
202   }
203   delay(1000); // พ้นช่วงเวลาเล็กน้อย
204   }
205   }
206   }
207   }
Output Serial Monitor

```

รูปที่ 3.35 โปรแกรมการทำงานในส่วน เงื่อนไขการทำงานของมอเตอร์และพัดลมแบบแรงเหวี่ยง

3.5 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องลดความชื้นข้าวเปลือก



รูปที่ 3.36 แผนผังการทำงานเครื่องลดความชื้นข้าวเปลือก

3.6 หลักการทำงาน



รูปที่ 3.37 หน้ากล่องควบคุม

เมื่อเสียบปลั๊กไฟ 220 โวลต์ ให้ ON เซอร์คิตเบรกเกอร์ขึ้นเพื่อเป็นการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับสวิตชิงเพาเวอร์สพพลาย จากนั้นบอร์ดคอนโทรลที่ต่อเข้ากับหน้าจอแสดงผล LCD ให้ขึ้นเวลาการทำงานแบบ ชั่วโมง : นาที : วินาที (00:00:00) , อุณหภูมิ (Temp), ความชื้น (Humidity), พร้อม (Ready) เพื่อพร้อมสำหรับการทำงานของเครื่องลดความชื้นข้าวเปลือก



รูปที่ 3.38 หน้ากล่องควบคุมที่แสดงเวลาการทำงาน , ความชื้น, อุณหภูมิ

เมื่อกดปุ่ม START แล้วหน้าจอแสดงผล LCD จะเปลี่ยนจากคำว่า “พร้อม” (Ready) เป็น “กำลังทำงาน” (Running >>>) เป็นเวลา 3 วินาที พร้อมนับเวลาการทำงาน

บอร์ด Arduino UNO R3 จะสั่งให้โซลิดสเตตรีเลย์ทำงานตามเวลาที่ได้ทำลงโปรแกรมไปใน บอร์ด Arduino UNO R3 เพื่อควบคุมการทำงานของมอเตอร์ ฮีตเตอร์ และพัดลมแบบแรงเหวี่ยง เช่น เมื่อกดปุ่ม START จะให้บอร์ด Arduino UNO R3 สั่งให้ฮีตเตอร์ทำงานทันที, หน่วงเวลา 5 วินาที สั่งให้พัดลมแรงเหวี่ยงทำงาน และหน่วงเวลา 10 วินาที สั่งให้มอเตอร์ทำงาน

สามารถหยุดการทำงานเฉพาะบางอุปกรณ์ได้ โดยการกดปุ่ม HEATER, BLOWER, MOTOR ที่สวิทช์ได้ต่อที่หน้าคอนแทค NC

การควบคุมการทำงานของฮีตเตอร์สามารถควบคุมความร้อนได้โดยเซ็นเซอร์ AHT30 ทั้งสองตัว แต่เงื่อนไขการควบคุมความร้อนแตกต่างกันดังนี้

1) เมื่ออุณหภูมิภายในถึงเก็บข้าวเปลือกมีอุณหภูมิมากกว่า 65 องศาเซลเซียส บอร์ด Arduino UNO R3 จะสั่งให้ตัดการทำงานของฮีตเตอร์เมื่ออุณหภูมิภายในถึงเก็บข้าวเปลือกมีอุณหภูมिन้อยกว่า 55 องศาเซลเซียส บอร์ด Arduino UNO R3 จะสั่งให้ฮีตเตอร์ที่ทำความร้อนกลับมาทำงานอีกครั้ง

2) เมื่ออุณหภูมิอากาศขาเข้าทางพัดลมแบบแรงเหวี่ยง ที่ต่อติดอยู่กับฮีตเตอร์มีอุณหภูมิมากกว่า 70 องศาเซลเซียส บอร์ด Arduino UNO R3 จะสั่งให้ตัดการทำงานของฮีตเตอร์เมื่ออุณหภูมิอากาศขาเข้าทางพัดลมแบบแรงเหวี่ยง ที่ต่อติดอยู่กับฮีตเตอร์น้อยกว่า 50 องศาเซลเซียส บอร์ด Arduino UNO R3 จะสั่งให้ฮีตเตอร์ที่ทำความร้อนกลับมาทำงานอีกครั้ง

กดปุ่ม STOP เพื่อหยุดการทำงานทั้งหมดของเครื่องลดความชื้นข้าวเปลือก

3.7 การเลือกอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการทดสอบความบริสุทธิ์และความชื้นของเมล็ดข้าวเปลือก

3.7.1 SMART SENSOR AR991 [27]

- 1) แรงดันไฟฟ้าในการทำงาน แบตเตอรี่ AA 1.5 โวลต์ จำนวน 4 ก้อน
- 2) ช่วงการวัดความชื้น 7.5 ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ ความแม่นยำ ± 0.1 เปอร์เซ็นต์
- 3) สามารถวัดเมล็ดพืชได้ 14 ชนิด เช่น งา, ข้าวสาลี, ข้าวโพด, ข้าวบาร์เลย์, ถั่วเหลือง

เป็นต้น



รูปที่ 3.39 SMART SENSOR AR991 [27]

3.7.2 เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัล

- 1) แรงดันไฟฟ้าในการทำงาน แบตเตอรี่ AAA 1.5 โวลต์ จำนวน 2 ก้อน
- 2) สามารถชั่งน้ำหนักได้ 0 ถึง 500 กรัม
- 3) จุดทศนิยม 2 ตำแหน่ง (0.01 กรัม)
- 4) ฟังก์ชันในการแปลงหน่วย เช่น กรัม (g), ออนซ์ (oz), ทรอยออนซ์ (ozt), ปอนด์ (lb),

เป็นต้น



รูปที่ 3.40 เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัล [28]

บทที่ 4

ผลการทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดสอบความบริสุทธิ์และการลดความชื้นข้าวเปลือก โดยจะมีผลการทดสอบเพื่อนำมาเปรียบเทียบ และการประเมินประสิทธิภาพเครื่องลดความชื้นข้าวเปลือก เพื่อให้เป็นไปตามขอบเขตของโครงการ

4.1 ทดสอบความบริสุทธิ์ของเมล็ดข้าวเปลือก

4.1.1 ทดสอบความบริสุทธิ์ของเมล็ดข้าวเปลือก เมื่อผ่านการหมุนของใบเกลียวหมุนข้าวเปลือกภายในท่อที่ต่อเข้ากับมอเตอร์

ตาราง 4.1 ความบริสุทธิ์ของเมล็ดข้าวเปลือก

วันที่ 1 / มีนาคม / 2568					น้ำหนักต่อตัวอย่าง 200 g น้ำหนักของถ้วยพร้อมฝา 12.58 g				
รายการ	ลุ่มครั้งที่ 1		ลุ่มครั้งที่ 2		ลุ่มครั้งที่ 3		ลุ่มครั้งที่ 4		เฉลี่ย (%)
	น.น. (g)	%	น.น. (g)	%	น.น. (g)	%	น.น. (g)	%	
เมล็ดบริสุทธิ์	196.53	98.27	197.06	98.53	196.88	98.44	195.67	97.84	98.27
สิ่งเจือปน	3.45	1.73	2.90	1.45	2.96	1.48	4.31	2.16	1.7
เมล็ดอื่น ๆ	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ข้าวพันธุ์อื่นปน (จำนวนเมล็ด)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
รวม	199.98	100	199.96	99.98	199.84	99.92	199.98	100	99.97

4.2 ทดสอบการลดความชื้นข้าวเปลือก

4.2.1 ทดสอบการความชื้นข้าวเปลือก โดยการชั่งน้ำหนักตัวอย่างข้าวเปลือกแบบสุ่มและเปรียบเทียบกับเครื่อง SMART SENSOR AR991

ตาราง 4.2 การสุ่มชั่งน้ำหนักเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่อง SMART SENSOR AR991 ครั้งที่ 1

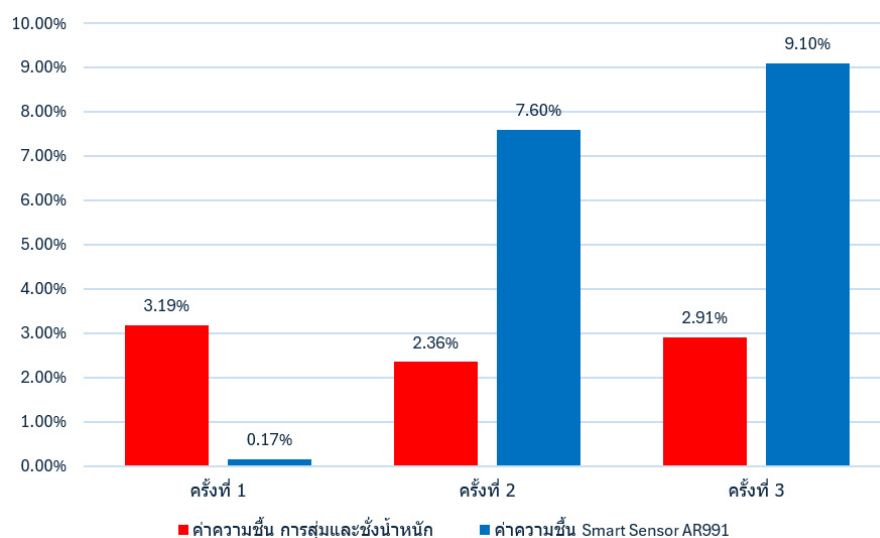
วันที่ 2 / มีนาคม / 2568									
	การสุ่มและชั่งน้ำหนัก (g)				Smart Sensor AR991 (%)				ค่าความชื้น คลาดเคลื่อน
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	%
M1	12.58			12.58	-				-
M2	423.54	420.94	424.16	422.88	14.5	14.6	14.6	14.57	-
M3	410.11	411.33	407.87	409.77	14.4	14.4	14.4	14.4	-
ความชื้น (%)	-			3.19	-				0.17
									1776.47

ตาราง 4.3 การสุ่มชั่งน้ำหนักเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่อง SMART SENSOR AR991 ครั้งที่ 2

วันที่ 2 / มีนาคม / 2568									
	การสุ่มและชั่งน้ำหนัก (g)				Smart Sensor AR991 (%)				ค่าความชื้น คลาดเคลื่อน
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	%
M1	12.58			12.58	-				-
M2	420.17	424.89	421.56	422.20	22.3	22.3	22.3	22.3	-
M3	411.78	413.84	412.04	412.55	14.9	14.6	14.6	14.7	-
ความชื้น (%)	-			2.36	-				7.6
									68.95

ตาราง 4.4 การลุ่มชั่งน้ำหนักเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่อง SMART SENSOR AR991 ครั้งที่ 3

วันที่ 2 / มีนาคม / 2568									
	การลุ่มและชั่งน้ำหนัก (g)				Smart Sensor AR991 (%)				ค่าความชื้น คลาดเคลื่อน
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	%
M1	12.58			12.58	-				-
M2	422.80	421.43	422.39	422.20	22.9	23.1	23.1	23.03	-
M3	409.76	411.17	409.92	410.28	13.9	13.9	14.0	13.93	-
ความชื้น (%)	-			2.91	-				9.1
									68.02



รูปที่ 4.1 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบค่าความชื้นจากการลุ่มและชั่งน้ำหนักกับ
ค่าความชื้นจาก Smart Sensor AR991



รูปที่ 4.2 แผนภูมิแท่งแสดงค่าความขึ้นคาคเคลื่อน

4.2.2 ทดสอบการลดความชื้นข้าวเปลือก โดยวัดความชื้นก่อน – หลังลดความชื้นด้วย Smart Sensor AR991 และการบันทึกอุณหภูมิและความชื้นที่แสดงบนหน้าจอ LCD I2C ทุก ๆ 5 นาที แล้วนำมาเปรียบเทียบกับระยะเวลา

ตาราง 4.5 การเปรียบเทียบความชื้นก่อน – หลังลดความชื้น ภายในถังเก็บข้าวเปลือกด้วย Smart Sensor AR991

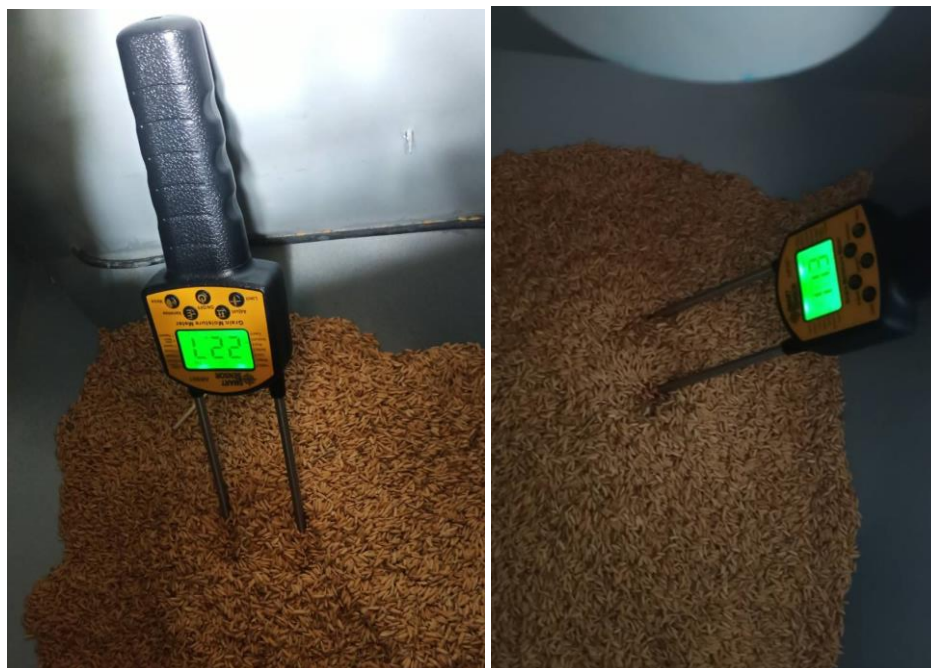
จำนวนทดสอบ	การวัดความชื้นด้วย Smart Sensor AR991 (%)		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
ก่อนลดความชื้น	21.0	22.5	22.7
หลังลดความชื้น	11.6	12.1	11.3



รูปที่ 4.3 การวัดความชื้นก่อน - หลัง ด้วย Smart Sensor AR991 ภายในถังเก็บข้าวเปลือก ครั้งที่ 1



รูปที่ 4.4 การวัดความชื้นก่อน - หลัง ด้วย Smart Sensor AR991 ภายในถังเก็บข้าวเปลือก ครั้งที่ 2



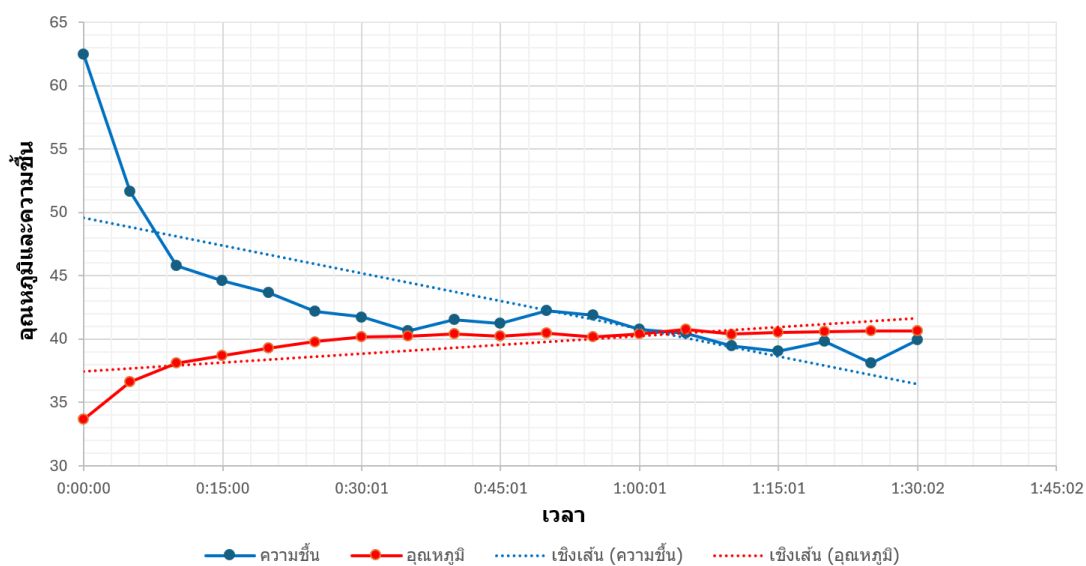
รูปที่ 4.5 การวัดความชื้นก่อน - หลัง ด้วย Smart Sensor AR991 ภายในถังเก็บข้าวเปลือก ครั้งที่ 3

ตาราง 4.6 การเปรียบเทียบอุณหภูมิและความชื้นต่อระยะเวลาเมื่อทดสอบการลดความชื้นข้าวเปลือก

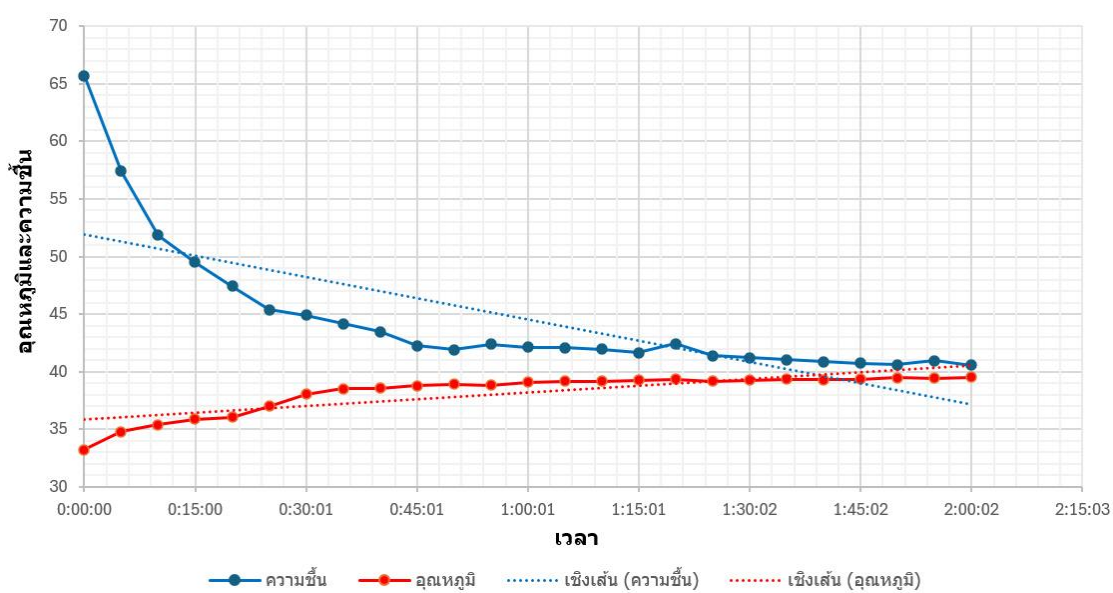
จำนวนทดสอบ	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3	
	ความชื้น (%)	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น (%)	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น (%)	อุณหภูมิ (°C)
0 นาที	62.49	33.70	65.71	33.21	66.94	33.18
5 นาที	51.63	36.64	57.41	34.76	55.69	35.23
10 นาที	45.80	38.10	51.84	35.37	50.81	37.35
15 นาที	44.61	38.71	49.50	35.86	47.54	38.13
20 นาที	43.64	39.30	47.43	36.05	45.58	38.77
25 นาที	42.19	39.79	45.37	36.98	43.97	39.1
30 นาที	41.74	40.19	44.90	38.03	42.73	39.23
35 นาที	40.63	40.24	44.18	38.50	43.28	39.18
40 นาที	41.53	40.40	43.45	38.55	42.89	39.31

ตาราง 4.7 การเปรียบเทียบอุณหภูมิและความชื้นต่อระยะเวลาเมื่อทดสอบการลดความชื้น
ข้าวเปลือก (ต่อ)

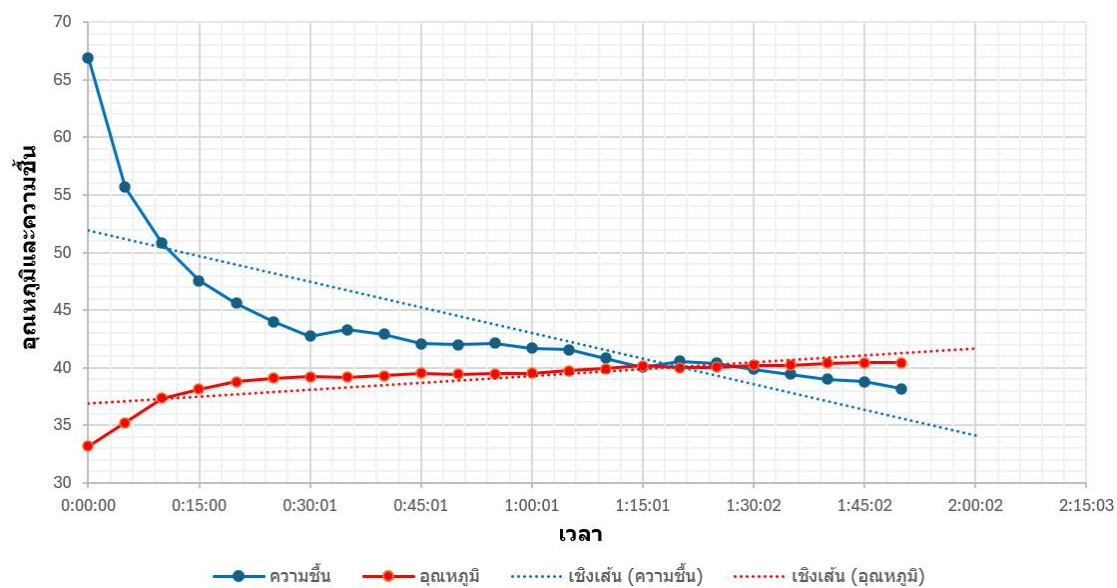
จำนวนทดสอบ	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3	
	ความชื้น (%)	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น (%)	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น (%)	อุณหภูมิ (°C)
45 นาที	41.24	40.24	42.25	38.77	42.09	39.53
50 นาที	42.25	40.47	41.89	38.92	41.97	39.44
55 นาที	41.90	40.20	42.39	38.82	42.11	39.46
1 ชั่วโมง	40.78	40.42	42.11	39.08	41.70	39.50
1 ชั่วโมง 5 นาที	40.46	40.74	42.09	39.16	41.57	39.75
1 ชั่วโมง 10 นาที	39.45	40.38	41.95	39.17	40.83	39.90
1 ชั่วโมง 15 นาที	39.06	40.52	41.64	39.24	40.02	40.17
1 ชั่วโมง 20 นาที	39.81	40.57	42.44	39.32	40.54	39.97
1 ชั่วโมง 25 นาที	38.09	40.64	41.37	39.18	40.39	40.05
1 ชั่วโมง 30 นาที	39.95	40.65	41.22	39.27	39.87	40.19
1 ชั่วโมง 35 นาที	-	-	41.03	39.36	39.41	40.23
1 ชั่วโมง 40 นาที	-	-	40.88	39.29	38.99	40.40
1 ชั่วโมง 45 นาที	-	-	40.73	39.34	38.76	40.41
1 ชั่วโมง 50 นาที	-	-	40.61	39.45	38.18	40.43
1 ชั่วโมง 55 นาที	-	-	40.96	39.44	-	-
2 ชั่วโมง	-	-	40.54	39.52	-	-
2 ชั่วโมง 5 นาที – 3 ชั่วโมง	-	-	-	-	-	-



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิและความชื้นต่อระยะเวลาเมื่อทดสอบการลดความชื้นข้าวเปลือก ครั้งที่ 1



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิและความชื้นต่อระยะเวลาเมื่อทดสอบการลดความชื้นข้าวเปลือก ครั้งที่ 2



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิและความชื้นต่อระยะเวลาเมื่อทดสอบการลดความชื้นข้าวเปลือก ครั้งที่ 3

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้จะกล่าวถึงบทสรุปจากผลการทดลองที่ได้จากการทำโครงการรวมถึงปัญหาและอุปสรรค ข้อเสนอแนะ แนวทางการพัฒนาที่มีประโยชน์ ดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผลการทดลองที่ได้จากการทำโครงการ

จากกระบวนการสร้างเครื่องลดความชื้นข้าวเปลือก ทำให้ได้เรียนรู้หลักการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ อย่างหลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นการออกแบบโครงสร้างในรูปแบบสามมิติด้วยโปรแกรม SketchUp การเขียนโปรแกรมภาษา C ผ่าน Arduino IDE เพื่อควบคุมการทำงานของมอเตอร์ พัฒลมแบบแรงเหวี่ยง และฮีตเตอร์ รวมถึงการเรียนรู้หลักการทำงานของเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น นอกจากนี้ ยังได้ศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติของวัสดุแต่ละชนิด ทั้งด้านความทนทาน ความยืดหยุ่น ตลอดจนการคำนึงถึงความปลอดภัยของระบบโดยรวม ตัวชิ้นงาน และผู้ใช้งาน

จากผลการทดลอง พบว่าการตรวจสอบค่าความชื้นของข้าวเปลือกด้วยวิธีการสูบน้ำหนักก่อนและหลังการลดความชื้น ไม่สามารถระบุปริมาณความชื้นที่ระเหยออกจากข้าวเปลือกได้อย่างชัดเจน เนื่องจากตัวอย่างข้าวเปลือกที่ใช้ในการชั่งน้ำหนักมีสิ่งเจือปน เช่น ฟันและฟางข้าว ซึ่งส่งผลต่อความแม่นยำของผลการวัดความชื้น อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบผลการสูบน้ำหนักกับค่าความชื้นที่วัดได้จากเครื่องมือ SMART SENSOR รุ่น AR991 รวมถึงการวิเคราะห์อุณหภูมิและความชื้นในถังเก็บข้าวเปลือกตลอดช่วงระยะเวลาการทดสอบ พบว่า อุณหภูมิภายในถังมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้ค่าความชื้นของข้าวเปลือกลดลงอย่างค่อยเป็นค่อยไป จนเข้าสู่ภาวะสมดุลความชื้น เมื่อนำข้อมูลระยะเวลาการทำงานของเครื่องลดความชื้น อุณหภูมิ และค่าความชื้นมาแสดงผลในโปรแกรม ไมโครซอฟท์ เอ็กเซล จะสามารถวิเคราะห์แนวโน้มได้อย่างชัดเจนผ่านกราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิและความชื้นตามระยะเวลา (รูปที่ 4.6 – 4.8) กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิและความชื้นต่อระยะเวลาเมื่อทดสอบการลดความชื้นข้าวเปลือก และยังสามารถทำตามขอบเขตได้ดังนี้

1) สร้างเครื่องลดความชื้นข้าวเปลือกที่สามารถรับน้ำหนักข้าวเปลือกต่อครั้งได้ 20 กิโลกรัม แบบอัตโนมัติ จำนวน 1 เครื่อง

2) สามารถลดความชื้นข้าวเปลือกลง 10 เปอร์เซ็นต์ (ให้อยู่ในระดับมาตรฐาน 12 - 15 เปอร์เซ็นต์) ภายในระยะเวลา ไม่เกิน 3 ชั่วโมง

3) มีหน้าจอแอลอีดีแสดงค่าอุณหภูมิ ความชื้นของข้าวเปลือกและเวลาในการทำงานของเครื่อง

4) สามารถตัดระบบการทำงานเมื่ออุณหภูมิของถังเก็บข้าวเปลือกมากกว่า 65 องศาเซลเซียส

และจากการทดลองลดความชื้นข้าวเปลือก พบว่า เครื่องลดความชื้นข้าวเปลือกมีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 953 วัตต์-ชั่วโมง โดยมีกระแสไฟฟ้าเฉลี่ยประมาณ 4.33 แอมป์ เมื่อคำนวณค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าตามอัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ยที่ 4.15 บาทต่อหน่วย จะมีค่าใช้จ่ายในการใช้ไฟฟ้าอยู่ที่ประมาณ 3.96 บาทต่อชั่วโมง

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

5.2.1 ปริมาณข้าวเปลือกที่ไหลและตกลงเข้าสู่ท่อลำเลียงมีมากเกินไป ส่งผลให้พัฒนาระบบแรงเหวี่ยงไม่สามารถสร้างแรงลมเพียงพอในการเป่าข้าวเปลือกกลับขึ้นไปยังถังเก็บได้

วิธีการแก้ไข ปรับขนาดช่องทางที่ข้าวเปลือกไหลลงไปยังท่อลำเลียงให้มีขนาดเล็กลง เพื่อลดปริมาณข้าวเปลือกที่เข้าสู่ระบบในแต่ละครั้ง ซึ่งจะช่วยให้พัฒนาระบบแรงเหวี่ยงสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น และสามารถเป่าข้าวเปลือกกลับขึ้นสู่ถังเก็บได้อย่างต่อเนื่อง

5.2.2 ความเร็วในการหมุนของมอเตอร์ที่สูงเกินไป ส่งผลให้ใบเกลียวภายในท่อลำเลียงหมุนด้วยความเร็วมากขึ้น ซึ่งเป็นสาเหตุให้ปริมาณข้าวเปลือกที่ถูกลำเลียงจากถังเก็บมายังพัฒนาระบบแรงเหวี่ยงมีมากเกินไป พัฒนาจึงไม่สามารถสร้างแรงลมเพียงพอในการเป่าข้าวเปลือกกลับลงสู่ถังเก็บได้

วิธีการแก้ไข ติดตั้งโมดูลควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์แบบ PWM ขนาด 20 แอมป์ เพื่อควบคุมความเร็วในการหมุนของมอเตอร์ โดยตั้งค่าความเร็วรอบไว้ที่ประมาณ 8-9 รอบต่อนาที เพื่อจำกัดปริมาณข้าวเปลือกที่ลำเลียงผ่านท่อให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมและสอดคล้องกับแรงลมที่พัฒนาระบบแรงเหวี่ยงสามารถเป่าได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.2.3 พบปัญหาเมล็ดข้าวเปลือกถูกบดเสียหายจากการสัมผัสกับใบพัดของพัฒนาระบบแรงเหวี่ยงระหว่างการทำงาน อีกทั้งยังมีปัญหาข้าวเปลือกบางส่วนตกค้างสะสมอยู่ภายในพัฒน์ จนเป็นสาเหตุให้พัฒน์ไม่สามารถหมุนต่อเนื่องได้ และหยุดทำงานในที่สุด

วิธีการแก้ไข ติดตั้งดาบขั้วมุ้งลวดบริเวณปลายท่อของพัฒนาระบบแรงเหวี่ยง ซึ่งเป็นจุดเชื่อมต่อกับท่อส่งข้าวเปลือกกลับลงไปยังถังเก็บ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อป้องกันไม่ให้เมล็ด

ข้าวเปลือกตกลงไปสัมผัสกับใบพัดของพัดลมโดยตรง ซึ่งจากการทดสอบพบว่าสามารถลดอัตราความเสียหายของเมล็ดข้าวเปลือกได้ถึงร้อยละ 89.37

5.2.4 ปัญหาที่อยู่ของเซ็นเซอร์ AHT 30 ทั้งสองตัวชนกันและไม่สามารถอ่านค่าอุณหภูมิและความชื้นได้

วิธีการแก้ไข ติดตั้ง TCA9548A I2C Multiplexer ทำหน้าที่เชื่อมต่อเซ็นเซอร์ AHT30 ทั้งสองตัวที่มีที่อยู่ซ้ำกันและแยกอุปกรณ์ I2C ออกจากกันเป็นช่องทางเพื่อป้องกันปัญหาการชนกันของสัญญาณบนบัส I2C

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ควรออกแบบโครงสร้างบริเวณพื้นของถังเก็บข้าวเปลือกให้มีความลาดเอียงเพิ่มขึ้นเพื่อช่วยให้ข้าวเปลือกสามารถไหลลงสู่ด้านล่างได้อย่างต่อเนื่อง และหมุนเวียนกลับเข้าสู่ระบบได้อย่างทั่วถึง

5.3.2 ควรออกแบบใบเกลียวที่ใช้ในการลำเลียงข้าวเปลือกภายในท่อให้มีระยะห่างระหว่างขอบใบเกลียวกับพื้นผิวด้านในของท่อให้น้อยที่สุด เพื่อช่วยลดการกระแทกหรือการเสียดสีที่อาจก่อให้เกิดความเสียหายต่อเมล็ดข้าวเปลือกระหว่างการลำเลียง

5.3.3 ควรปรับลดขนาดของท่อลำเลียงแบบเกลียวหมุนจากเดิมขนาด 4 นิ้ว ให้เหลือขนาด 3 นิ้ว เพื่อควบคุมปริมาณข้าวเปลือกภายในท่อให้น้อยลง ซึ่งจะช่วยให้สามารถเพิ่มความเร็วรอบของมอเตอร์ได้มากขึ้น และส่งผลให้กระบวนการลดความชื้นของข้าวเปลือกในแต่ละครั้งดำเนินไปได้รวดเร็วยิ่งขึ้น

5.4 แนวทางการพัฒนา

5.4.1 ควรออกแบบโครงสร้างของเครื่องให้มีจำนวนรูหรือรอยต่อการเชื่อมแน่นที่สุดเพื่อป้องกันไม่ให้ฝุ่นละอองจากข้าวเปลือกเล็ดลอดออกมาจากตัวเครื่องขณะทำงาน และช่วยให้การควบคุมสภาพแวดล้อมภายในเครื่องมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

5.3.2 ควรเลือกใช้มอเตอร์แบบฟันเฟืองร่วมกับระบบขับเคลื่อนด้วยโซ่จักรยานในการถ่ายทอดกำลังไปยังเพลากลางใบเกลียวหมุน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการส่งกำลังและลดปัญหาการลื่นไถลของสายพานในขณะมอเตอร์ทำงาน

5.4.3 ควรติดตั้งอุปกรณ์ดักจับฝุ่นละอองที่ฟุ้งกระจายออกมาจากตัวเครื่อง เพื่อลดปริมาณฝุ่นในบริเวณโดยรอบ และช่วยให้การทำงานของเครื่องมีความสะอาดปลอดภัยมากยิ่งขึ้น

5.4.4 ควรปรับเปลี่ยนวัสดุของโครงสร้างให้มีน้ำหนักที่เบากว่านี้ เพื่อความสะดวกในการเคลื่อนย้าย

- [1] มูลนิธิโครงการสารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน. (2560). **เรื่องที่ 1 ข้าว**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://saranukromthai.or.th/ebookpage/3>. (วันที่สืบค้นข้อมูล : 20 มีนาคม 2568).
- [2] งานวิจัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University มช. MUC. (2555). **เรื่องบทที่ 2 ตรวจเอกสาร**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://archive.lib.cmu.ac.th/full/T/2556/agro41256ac_ch2.pdf. (วันที่สืบค้นข้อมูล : 21 มกราคม 2567).
- [3] หมอชาวบ้าน. (2538). **เรื่องข้าวสารอาหาร มากกว่า 15 ชนิด**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://www.doctor.or.th/article/detail/4032>. (วันที่สืบค้นข้อมูล : 25 มีนาคม 2567).
- [4] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2547). **เรื่อง Drying:การอบแห้ง**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://ienergyguru.com/2015/09/drying/>. (วันที่สืบค้นข้อมูล : 9 พฤษภาคม 2567).
- [5] ระเบียบกรมการข้าว ว่าด้วยมาตรฐานคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวในกระบวนการผลิต พ.ศ. 2557. (2557). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://xn--42ca1c5gh2k.com/wp-content/uploads/2021/08/32.%E0%B8%A1%E0%B8%B2%E0%B8%95%E0%B8%A3%E0%B8%90%E0%B8%B2%E0%B8%99%E0%B8%84%E0%B8%B8%E0%B8%93%E0%B8%A0%E0%B8%B2%E0%B8%9E%E0%B9%80%E0%B8%A1%E0%B8%A5%E0%B9%87%E0%B8%94%E0%B8%9E%E0%B8%B1%E0%B8%99%E0%B8%98%E0%B8%B8%E0%B9%8C2557.pdf>. (วันที่สืบค้นข้อมูล : 14 พฤศจิกายน 2567).
- [6] คู่มือการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์. (2566). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://plantprop.doae.go.th/wp-content/uploads/2023/08/%E0%B8%84%E0%B8%B9%E0%B9%88%E0%B8%A1%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%95%E0%B8%A3%E0%B8%A7%E0%B8%88%E0%B8%AA%E0%B8%AD%E0%B8%9A%E0%B8%84%E0%B8%B8%E0%B8%93%E0%B8%A0%E0%B8%B2%E0%B8%9E%E0%B9%80%E0%B8%A1%E0%B8%A5%E0%B9%87%E0%B8%94%E0%B8%9E%E0%B8%B1%E0%B8%99%E0%B8%98%E0%B8%B8%E0%B9%8C2557.pdf>

บรรณานุกรม (ต่อ)

- %B8%B1%E0%B8%99%E0%B8%98%E0%B8%B8%E0%B9%8C-
%E0%B8%81%E0%B8%AD%E0%B8%87%E0%B8%82%E0%B8%A2%E0%B8%B2.pdf.
(วันที่สืบค้นข้อมูล : 14 พฤศจิกายน 2567).
- [7] **Automatic food transportation horizontal screw feeder conveyor stainless steel parallel conveyor machine.** (2025). [Online]. Available : <https://cecle.net/products/automatic-food-transportation-horizontal-screw-feeder-conveyor-stainless-steel-parallel-conveyor-machine>. (Access date : January, 21 2024).
- [8] **พัดลม (Fan).** (2558). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://ienergyguru.com/2015/09/fan/>.
(วันที่สืบค้นข้อมูล : 21 มกราคม 2567).
- [9] **FINEXT Blower 4 Inch.** (2567). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :
<https://www.dohome.co.th/en/finext-blower-4-inch-10231012.html>. (วันที่สืบค้นข้อมูล :
21 มกราคม 2567).
- [10] **หลักการทำงานของฮีตเตอร์.** (2566). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :
<https://misumitechnical.com/technical/tools/industrial-heating-solutions-engineering/>.
(วันที่สืบค้นข้อมูล : 21 มกราคม 2567).
- [11] **ฮีตเตอร์เตาอบไฟฟ้าแก้ว.** (2567). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :
<https://images.app.goo.gl/MaUQ3vagf6seRW51A>. (วันที่สืบค้นข้อมูล : 20 มกราคม 2568).
- [12] **มอเตอร์.** (2567). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :
<https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%A1%E0%B8%AD%E0%B9%80%E0%B8%95%E0%B8%AD%E0%B8%A3%E0%B9%8C>. (วันที่สืบค้นข้อมูล : 21 มกราคม 2567).
- [13] **MY1016Z United 350W, 24V DC Brushed Gear Motor, 400 RPM.** (2024). [Online].
Available : <https://www.motiondynamics.com.au/united-350w-24v-dc-brushed-gear-motor-400-rpm.html>. (Access date : May 9, 2024).
- [14] **เซอร์กิตเบรกเกอร์ (CIRCUIT BREAKER) มีกี่ประเภท เลือกใช้งานอย่างไร.** (2563).
[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://bgrimmtrading.com/types-of-circuit-breakers/>.
(วันที่สืบค้นข้อมูล : 22 มกราคม 2567).

บรรณานุกรม (ต่อ)

- [15] **PANASONIC เซฟต์เบรกเกอร์ 2 ขั้ว 20A 2P 1E 240V AC รุ่น BS1112YT.** (2563).
[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://www.exogro.co.th/product/p451-0020/>.
(วันที่สืบค้นข้อมูล : 9 พฤษภาคม 2567).
- [16] **Arduino Uno R3.** (2567). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://www.ai-corporation.net/2021/11/19/arduino-uno-r3/#1649389886079-8c7611b1-c9b3>.
(วันที่สืบค้นข้อมูล : 21 มกราคม 2567).
- [17] บริษัท แฟ็คโตมาร์ท จำกัด. (2567). **Switching Power Supply กับหลักการทำงานที่ควรรู้.**
[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://mall.factomart.com/principle-of-switching-power-supply/>. (วันที่สืบค้นข้อมูล : 23 มกราคม 2567).
- [18] **Power Supply 24V 20A.** (2567). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :
<https://www.pbastore.net/product/detail/659/Power-Supply-No-box-24V-20A>.
(วันที่สืบค้นข้อมูล : 23 มกราคม 2567).
- [19] **DC-DC 20A 300W buck constant voltage constant current adjustable car power supply LM25116.** (2567). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :
<https://www.mcucity.com/product/3232/dc-dc-20a-300w-buck-constant-voltage-constant-current-adjustable-car-power-supply-lm25116>. (วันที่สืบค้นข้อมูล : 18 มกราคม 2568).
- [20] **AHT 30 Sensor.** (2024). [Online]. Available : https://www.alibaba.com/product-detail/Digital-Temperature-and-Humidity-Sensor-Measurement_1601124728255.html.
(Access date : May 11, 2024).
- [21] **TCA9548A I2C Multiplexer.** (2024). [Online]. Available :
https://www.alibaba.com/product-detail/TCA9548A-8-Channel-1-to-8_1601212530725.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_image.689e13a0GJ4vi2&selectedCarrierCode=SEMI_MANAGED_STANDARD@@STANDARD.
(Access date : May 25, 2024).

บรรณานุกรม (ต่อ)

- [22] **Push Button Switch.** (2024). [Online]. Available :
https://www.alibaba.com/product-detail/LA38-11D-Green-Momentary-Push-Button_1600384682518.html?spm=a2700.picsearch.normal_offer.d_image.2d515f93yvkfxc.
 (Access date : May 19, 2024).
- [23] **Simple I2C LCD Display Project.** (2024). [Online]. Available :
<https://www.linkedin.com/pulse/simple-i2c-lcd-display-project-aishiv-haze>.
 (Access date : May 17, 2024).
- [24] **Solid State Relay (SSR) คืออะไร?.** (2566). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :
<https://www.wazzadu.com/article/6926>. (วันที่สืบค้นข้อมูล : 19 พฤษภาคม 2567).
- [25] **Relay solid state.** (2024). [Online]. Available :
https://www.alibaba.com/product-detail/Dc-To-Ac-Fortek-Type-25A_62547494627.html?spm=a2700.galleryofferlist.p_offer.d_image.710613a0HahoQp&s=p.
 (Access date : May 20, 2024).
- [26] **โมดูลควบคุมความเร็วมอเตอร์ PWM 20A.** (2566). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :
<https://www.lazada.co.th/products/pwm-dc-dc-20a-10-60-pwm-12243648-i3326503756.html>. (วันที่สืบค้นข้อมูล : 19 พฤษภาคม 2567).
- [27] **Smart Sensor AR991 เครื่องวัดความชื้นเมล็ดพืช Digital Moisture Meter.** (2568). [ออนไลน์].
 เข้าถึงได้จาก : <https://www.comcube.co.th/product/ar991/>.
 (วันที่สืบค้นข้อมูล : 19 พฤษภาคม 2567).
- [28] **เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัล.** (2568). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :
<https://www.lazada.com.ph/products/2kg3kg500g-gram-scale-accurate-weighting-digital-kitchen-scale-lcd-display-high-accuracy-gram-scale-for-jewelrybaking-i4641743575.html>. (วันที่สืบค้นข้อมูล : 19 พฤษภาคม 2567).

ภาคผนวก ก
งบประมาณ

งบประมาณ

ตาราง ก.1 งบประมาณ

ลำดับที่	รายการวัสดุ/รายการอุปกรณ์	จำนวน /ชิ้น	ราคา (บาท) /ชิ้น	รวมราคา (บาท)
1	โครงสร้าง	1	4,000	4,000
2	เหล็กเหลาขาว	1	174	174
3	ใบเกลียว 4 นิ้ว รู 1 นิ้ว	5	40	200
4	ลูกปืนตุ้กตา UCP-205	2	115	230
5	ล้อยาง ขนาด 3 นิ้ว	4	70	280
6	พัดลมแบบแรงเหวี่ยง 4 นิ้ว	1	2,249	2,249
7	ฮีตเตอร์ขดลวด	2	70	140
8	มอเตอร์ 24 โวลต์ 250 วัตต์	1	700	700
9	ตุ้กันน้ำพลาสติก NANO 104W	1	595	595
10	เซอร์กิตเบรกเกอร์ แบบ MCB	1	120	120
11	หน้ากาก ใส่เบรกเกอร์	1	9	9
12	บอร์ด Arduino Uno R3	1	138	138
13	สวิทช์เพาเวอร์ซัพพลาย 24 โวลต์ 20 แอมป์	1	690	690
14	โมดูลสเต็ปดาวน์ 300 วัตต์ 20 แอมป์	1	119	119
15	เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น AHT30	2	25	50
16	TCA9548A I2C Multiplexer	1	18	18
17	สวิทช์ปุ่มกดแบบกดติด-กดดับ 220 หลอดไฟสีเขียว 220 โวลต์	2	95	190
18	สวิทช์ปุ่มกดแบบกดติด-กดดับ หลอดไฟสีส้ม 24 โวลต์	1	95	95
19	สวิทช์ปุ่มกดแบบกดติด-ปล่อยดับ หลอดไฟสีเขียว 24 โวลต์	1	95	95
20	หน้าจอ LCD I2C 20x4	1	138	138

ตาราง ก.2 งบประมาณ (ต่อ)

ลำดับที่	รายการวัสดุ/รายการอุปกรณ์	จำนวน /ชิ้น	ราคา (บาท) /ชิ้น	รวมราคา (บาท)
21	โซลิตเตอรีเลย์ 25 DA	2	80	160
22	โซลิตเตอรีเลย์ 25 DD	1	117	117
23	อิทซิงค์อัลูมิเนียม	3	29	87
24	โมดูลควบคุมความเร็วมอเตอร์ PWM 20 แอมป์	1	75	75
25	กล่องกันน้ำ NANO-201W	1	16	16
26	ข้อต่อเข้ากล่อง 3/4 นิ้ว	4	6	24
27	ข้อต่อเข้ากล่อง 3/8 นิ้ว	1	4	4
28	ท่อลูกฟูก 3/4 นิ้ว	2	14	28
29	เทอร์มินอล บล็อก	1	5	5
30	Smart Sensor AR991	1	455	455
31	เครื่องช่างดิจิทัล	1	145	145
32	อื่น ๆ			2,500
รวม				13,846

ประวัติผู้จัดทำปริญญานิพนธ์

ประวัติผู้จัดทำปริญญานิพนธ์คนที่ 1

รูป

ชื่อ	นายณนทวิระ ทุนดำรง รหัส 163404130008
สาขาวิชา	ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
วัน-เดือน-ปี เกิด	วันที่ 27 เมษายน 2542
สถานที่เกิด	จังหวัดสงขลา
ที่อยู่	บ้านเลขที่ 74/1 ถนนสะเดา ซอย 5 ตำบลบ่อทราย อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา 90000
ประวัติการศึกษา	มัธยมตอนต้น (ม.3) โรงเรียนวรนารีเฉลิม 2557 ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) วิทยาลัยเทคนิคหาดใหญ่ 2560 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) วิทยาลัยเทคนิคหาดใหญ่ 2562

ประวัติผู้จัดทำปริญญานิพนธ์คนที่ 2

รูป

ชื่อ	นายพงศกร เพ็ชรสีทอง รหัส 163404130011
สาขาวิชา	ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
วัน-เดือน-ปี เกิด	วันที่ 8 พฤศจิกายน 2544
สถานที่เกิด	จังหวัดนครศรีธรรมราช
ที่อยู่	บ้านเลขที่ 298 หมู่ 2 ตำบลควนเกย อำเภอรัตนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช 80130
ประวัติการศึกษา	มัธยมตอนต้น (ม.3) โรงเรียนรัตนพิบูลย์เกียรติวสุนธราภิวัฒก์ 2560 ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) วิทยาลัยเทคนิคทุ่งสง 2563