ระบบควบคุมสำหรับการเพาะเห็ดในโรงเรือนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับการศึกษาการเจริญเติบโตของเห็ดนางรมภูฏาน

พิชิต อ้วนไตร

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562

บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่อง “ระบบควบคุมสำหรับการเพาะเห็ดในโรงเรือนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการศึกษาการเจริญเติบโตของเห็ดนางรมภูฏาน” มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอการออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนเพาะเห็ดนางฟ้าภูฏานที่มีประสิทธิภาพและสามารถเพิ่มคุณภาพการเจริญเติบโตของเห็ดโดยสามารถแสดงผลของอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนด้วย NB-IoT (Narrow Band Internet of Things) ผ่าน AIS Magellan platform ซึ่งสามารถแสดงผลได้ทั้งในแล็ปท็อปและสมาร์ทโฟน ผลการทดลองพบว่า หากควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือนให้มีค่าในช่วง 25-30 องศาเซลเซียส และความชื้นอยู่ในช่วง 70-90% จะทำให้ผลผลิตของเห็ดนางฟ้าภูฏานมีคุณภาพมากขึ้น โดยขนาดของเห็ดที่ได้หลังจากการเก็บเกี่ยวมีความยาวเฉลี่ย 11.01 เซนติเมตร และมีระยะเวลาในการเก็บผลผลิตแต่ละรอบประมาณ 4 วัน ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัยที่ตั้งไว้

Abstract

The objective of research “Greenhouse’s Controlling System for Study The Growth of Bhutan Oyster Mushroom by Solar System” aims to present the design and development of temperature and humidity control system inside the Bhutan oyster mushroom greenhouse which is efficient and enhancement the growth of mushrooms by showing the temperature and humidity inside the greenhouse with NB-IoT via AIS Magellan platform, which can be displayed on both laptops and smartphones.

The results showed that the temperature in the greenhouse to have a value in the range of 25-30 degrees Celsius and humidity in the range of 70-90% and the yield of Bhutan oyster mushroom more quality and size of the mushrooms after harvesting has an average length of 11.01 centimeters and the duration of harvesting for each cycle is approximately 4 days, which is consistent with the objectives of the research setting.

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
สารบัญ	ข
สารบัญรูป	ง
สารบัญตาราง	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 ขั้นตอนการศึกษา	2
1.6 แผนการดำเนินโครงงาน	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 เห็ดนางรมภูฐาน	4
2.2 น้ำส้มควันไม้	8
2.3 Arduino	11
2.4 เซ็นเซอร์วัดความชื้นสัมพัทธ์	16
2.5 NB-IoT	17
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	20
บทที่ 3 การออกแบบ	22
3.1 กรอบแนวคิดและผังการทำงาน	22
3.2 โครงสร้างและการออกแบบ	24
3.3 โรงเรือนเพาะเห็ดนางรมภูฐานที่พัฒนา	34
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	35
4.1 ทดสอบการรดน้ำตามเงื่อนไขค่าความชื้นและอุณหภูมิที่กำหนด	28
4.2 ทดสอบการแสดงค่าความชื้นและอุณหภูมิผ่าน Magellan	38
4.3 การเผยแพร่ข้อมูลงานวิจัย	42
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	43
5.1 สรุปผล	43
5.2 ปัญหาและอุปสรรค	44

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
5.3 ข้อเสนอแนะ	44
บรรณานุกรม	45
ภาคผนวก ก CODE PROGRAM	46
ภาคผนวก ข รูปอุปกรณ์ที่ใช้สร้างและวงจรการเชื่อมต่อ	56
ภาคผนวก ค คู่มือการใช้งาน	62
ภาคผนวก ง หนังสือตอบรับการเผยแพร่งานวิจัย	64

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 เห็ดนางฟ้าภูฐาน	5
2.2 ถุงอาหารเพาะเห็ดนางฟ้าภูฐาน	6
2.3 ลักษณะของน้ำส้มควันไม้	10
2.4 Arduino board รุ่นต่างๆ	13
2.5 หน้าต่างโปรแกรม Arduino IDE	13
2.6 เซนเซอร์ที่ใช้งานร่วมกับ Arduino	14
2.7 การต่อ Arduino สำหรับใช้งาน	14
2.8 Layout & Pin out Arduino Board	15
2.9 ไฮโกรมิเตอร์ (Hygrometer)	16
2.10 เซ็นเซอร์วัดความชื้นสัมพัทธ์ DHT21 และ DHT22 ที่ใช้ในโครงงาน	16
2.11 คุณสมบัติและข้อดีของ NB-IoT	17
2.12 แนวคิดและการประยุกต์ใช้งาน NB-IoT	18
2.13 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งาน NB-IoT	19
2.14 NB-IoT Shield ของ AIS และคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO R3	20
3.1 กรอบแนวคิดงานวิจัย	22
3.2 ขั้นตอนการดำเนินการ	23
3.3 ผังโครงร่างออกแบบของระบบควบคุม “โรงเรือนเพาะเห็ดนางฟ้าภูฐานอัจฉริยะ”	25
3.4 อุปกรณ์จริงที่ในการพัฒนา “โรงเรือนเพาะเห็ดนางฟ้าภูฐานอัจฉริยะ”	25
3.5 ตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น	26
3.6 อธิบายการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ภายในตู้ควบคุม	27
3.7 ประกอบอุปกรณ์ตามแบบบนแผ่นอะคริลิคของตู้ควบคุม	27
3.8 ประกอบแผ่นที่ติดตั้งอุปกรณ์เข้ากับตู้	28
3.9 ติดตั้งจอ LCD และ Key Pad ที่ฝาตู้ควบคุม	28
3.10 ผังการทำงานของหน่วยจ่ายพลังงานไฟฟ้าด้วยแสงอาทิตย์	29
3.11 หลักการทำงานของโปรแกรม	31
3.12 ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมบน Arduino IDE	32
3.13 การสร้าง Things บน AIS Magellan	32
3.14 Widgets Things บน AIS Magellan ที่สร้างเสร็จแล้ว	33
3.15 โครงสร้างของโรงเรือนเพาะเห็ดนางฟ้าภูฐานอัจฉริยะ	33

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.16 ระบบควบคุมการเจริญเติบโตของเห็ดนางรมภูฏานที่พัฒนาเสร็จสมบูรณ์	34
4.1 วิธีการตั้งค่าอุณหภูมิและความชื้น	35
4.2 กำหนดค่าอุณหภูมิและความชื้น	36
4.3 Relay ที่ต่อกับปั๊มน้ำ	36
4.4 ปั๊มน้ำที่ใช้ ยี่ห้อ SONIC รุ่น AP3500	37
4.5 การแสดงผลบนหน้าจอสมาร์ทโฟน ผ่านหน้า Dashboard Magellan	38
4.6 เห็ดนางรมภูฏานที่ปลูกโดยการควบคุมอุณหภูมิและความชื้น	40
4.7 ผลผลิตของเห็ดนางรมภูฏานที่ได้	40

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แผนการดำเนินโครงงาน	3
3.1 ข้อมูลแผงเซลล์แสงอาทิตย์	30
4.1 การทดสอบการทำงานตามการตั้งค่าอุณหภูมิและความชื้นที่กำหนด	37
4.2 ขนาดของเห็ดนางฟ้าภูฐานที่เก็บเกี่ยวตามรอบในช่วงเวลา 1 เดือน	39
4.3 การเปรียบเทียบผลผลิตของเห็ดนางฟ้าภูฐาน	41

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

เห็ด (Mushroom) หรือ ฟังไจ (Fungi) เป็นสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญทางด้านเศรษฐกิจ ให้ประโยชน์ทางด้านอาหารและยาสมุนไพร [1] เห็ดเป็นราชนิดหนึ่งมีการเจริญเติบโตเริ่มมาจากเส้นใยของเห็ดราที่รวมตัวกันเป็นกลุ่มก้อนภายในเวลาไม่กี่ชั่วโมงในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม คือในที่ๆมีอาหาร ความชื้น และอุณหภูมิที่พอเหมาะ ก้อนเห็ดอ่อนเมื่อเจริญเติบโตจะมีขนาดใหญ่ขึ้นแล้วปริแตก และยืดยาวออกไปในอากาศเผยให้เห็นส่วนต่างๆของดอกเห็ด มนุษย์รู้จักเห็ดมานานนับพันปี โดยชุมชนแรกที่นำเห็ดมารับประทานคือ ชาวกรีกและจีน เมื่อประมาณศตวรรษที่ 17 ปัจจุบันคนไทยหันมาบริโภคเห็ดเพิ่มขึ้นเนื่องจากมีสรรพคุณทางยาและคุณค่าทางอาหารที่สูง [2] ในอดีตเห็ดนั้นมักจะเกิดตามธรรมชาติและชนิดที่เกิดก็ขึ้นอยู่กับฤดูกาลจึงทำให้เกิดกลุ่มอาชีพเพาะเห็ดขายเพื่อการค้าและเศรษฐกิจขึ้น

เห็ดเศรษฐกิจคือเห็ดที่ตลาดมีความต้องการสูง มีช่องทางจำหน่ายง่ายและเป็นที่นิยมบริโภค เป็นเห็ดที่เพาะง่ายให้ผลผลิตตอบแทนที่คุ้มค่า เห็ดนางรมภูฏานจัดเป็นเห็ดเศรษฐกิจอีกชนิดหนึ่งที่นิยมบริโภค โดยเป็นเห็ดที่เพาะง่ายมีอายุการพักที่สั้น เพาะได้เกือบทุกฤดูกาลยกเว้นช่วงฤดูร้อน เนื่องจากต้องการอากาศที่ค่อนข้างเย็นดังนั้นหากสามารถสร้างสภาพแวดล้อมที่สามารถควบคุมได้ก็จะสามารถเพาะเห็ดได้ทุกสภาพอากาศ โดยสถานที่เพาะเห็ดที่ดีนั้นส่วนใหญ่ต้องมีลักษณะที่โล่งอากาศถ่ายเทได้สะดวก ไม่มีน้ำท่วมขังหรือเปียกชื้น มีระบบระบายน้ำที่ดี เห็ดแต่ละชนิดมีความต้องการอุณหภูมิที่ต่างกันซึ่งเมื่อสามารถควบคุมได้โอกาสในการเพิ่มผลผลิตก็จะมีมากขึ้น

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้กับการเพาะเห็ดนางรมภูฏานในโรงเรือนที่ออกแบบ โดยใช้คอนโทรลเลอร์ Arduino [3] เป็นตัวควบคุมเนื่องจากมีประสิทธิภาพสูงและราคาไม่แพงร่วมกับเซนเซอร์ที่ใช้ตรวจสอบ อุณหภูมิ ความชื้น ซึ่งเมื่อตรวจพบว่าค่าภายในโรงเรือนไม่เหมาะสมก็จะทำการพ่นน้ำเพิ่มความชื้น ลดอุณหภูมิด้วยพัดลมดูดความร้อน และมีการพ่นน้ำส้มควันไม้เพื่อลดเชื้อราที่จะเป็นอันตรายต่อดอกเห็ด โดยสามารถใช้เทคโนโลยี IoT (Internet of Things) [4] ในการตรวจสอบ แจ้งเตือนและสั่งงานผ่านเครือข่ายไร้สาย และแสดงผลผ่านหน้าจอสมาร์ทโฟน (Smartphone) ได้ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานควบคุมโรงเรือนสำหรับปลูกเห็ดหรือพืชผักชนิดอื่นได้ เพียงแค่ปรับเปลี่ยนเงื่อนไขของโปรแกรมการทำงาน ซึ่งสามารถเพิ่มคุณภาพของผลผลิตของได้ และเป็นต้นแบบในการนำไปประยุกต์ใช้ในการทำเกษตร 4.0 ภายในบ้านหรือ ในแปลงเกษตร ที่มีราคาต้นทุนไม่สูงมากนักเมื่อผ่านการทดสอบและวิจัย

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อพัฒนาชุดระบบควบคุมการเพาะเห็ดนางรมภูฏานโดยใช้แหล่งพลังงานไฟฟ้าแสงอาทิตย์

1.2.2 เพื่อออกแบบเทคโนโลยีการควบคุมการเพาะเลี้ยงเห็ดให้เจริญเติบโตอย่างเหมาะสม

1.2.3 เพื่อลดเวลาการทำงานในการเพาะเห็ดและต้นทุน

1.2.4 เพิ่มประสิทธิภาพของผลิตเห็ดนางรมภูฏาน

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1.3.1 ชุดระบบควบคุมการเพาะเห็ดนางรมภูฏานสามารถตรวจสอบค่าอุณหภูมิ ความชื้น และค่าปริมาณ CO_2 ภายในโรงเรือนทดสอบได้

1.3.2 สามารถควบคุมสภาวะที่เหมาะสมภายในโรงเรือนได้โดยอัตโนมัติ และสามารถตรวจสอบและสั่งการผ่านสมาร์ทโฟนได้

1.3.3 ผลผลิตที่ได้มีคุณภาพไม่น้อยกว่า 80%

1.3.4 ใช้การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ในการบริหารพลังงานของระบบโรงเรือน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้ “ระบบควบคุมสำหรับการเพาะเห็ดในโรงเรือนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการศึกษาการเจริญเติบโตของเห็ดนางรมภูฏาน” สำหรับการเพาะเห็ดนางi,ภูฐานที่มีประสิทธิภาพ

1.4.2 ได้ผลผลิตของเห็ดนางฟ้าภูฐานเพิ่มขึ้น

1.5 ขั้นตอนการศึกษา

1.5.1 บทที่ 1 บทนำ

1.5.2 บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1.5.3 บทที่ 3 การออกแบบ

1.5.4 บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง

1.5.5 บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

1.6 แผนการดำเนินโครงงาน

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินโครงงาน

แผนการดำเนินงาน	เดือน											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.ทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มประสิทธิภาพของการเพาะเห็ดในโรงเรือน	←	—	→									
2.ออกแบบชุดควบคุมและโปรแกรม				←	→							
3.หาแหล่งจัดซื้ออุปกรณ์และจัดหาอุปกรณ์สำหรับการทำงานวิจัย					←	→						
4.สร้างชุดควบคุมสำหรับการเพาะเห็ดภูฏานในโรงเรือนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์							←	→				
5.ทดสอบการทำงานของชุดควบคุม							←	→				
6.หาประสิทธิภาพของผลผลิตโดยเกษตรกรผู้เชี่ยวชาญ								←	→			
7.ปรับแก้ไขโปรแกรมและทดสอบการทำงานอีกครั้ง								←	→			
8.นำไปทดลองใช้งานกับเกษตรกรที่ จ.นครราชสีมา										←	→	
8.สรุปผลการทดลอง											↔	
9.ถ่ายทอดความรู้และจัดทำวิจัยฉบับสมบูรณ์											↔	
10.เรียบเรียงจัดเตรียมเผยแพร่ในเวทีวิชาการ												↔

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในการดำเนินงานวิจัย “ระบบควบคุมสำหรับการเพาะเห็ดในโรงเรือนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการศึกษาการเจริญเติบโตของเห็ดนางรมภูฏาน” ผู้วิจัยได้รวบรวมแนวคิดและทฤษฎีและอุปกรณ์ต่างๆที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.1 เห็ดนางรมภูฏาน

2.2 น้ำส้มควันไม้

2.3 Arduino

2.4 เซ็นเซอร์วัดความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity Sensor)

2.5 NB-IoT

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เห็ดนางรมภูฏาน

เห็ดนางฟ้าภูฏาน [2] เป็นเห็ดนางรมชนิดหนึ่งมีการนำเชื้อเห็ดมาจากราชอาณาจักรภูฏาน และมีการเพาะเลี้ยงทั่วประเทศยกเว้นฤดูหนาวทางภาคเหนือที่เห็ดไม่ออกดอก ลักษณะทั่วไป เห็ดนางรมภูฏานเกิดเป็นกลุ่ม มีโคนเชื่อมติดกันกลุ่มละ 3–10 ดอก หมวกเห็ดรูปใบพาย หรือรูปพัด ผิวสีน้ำตาลอ่อนอมเทา หรือม่วงอ่อน ผิวเรียบ เนื้อหมวกสีขาว ด้านล่างมีครีบแคบและเรียวยาวลงไปจรดก้านดอก ครีบสีขาว ก้านดอกอยู่ไม่กึ่งกลางดอกมักค่อนไปด้านใดด้านหนึ่ง ยาว 1–4 เซนติเมตร สีขาว โคนเรียวเล็ก ผิวเรียบแต่เป็นสันนูนและร่องเตี้ยๆ ยาวตลอดก้านดอก เนื้อในก้านดอกสีขาวฟูนิ่มสปอร์สีขาว ผิวเรียบ ผนังบาง ขนาด 7-10 x 3-4 ไมโครเมตร เห็ดนางฟ้าเป็นเห็ดที่เกิดขึ้นจากการเพาะเลี้ยง จากการสำรวจพบว่าอำเภอเนินสง่า มีเกษตรกรที่เพาะเห็ดนางฟ้าเป็นอาชีพอยู่ 1 ราย ที่ตำบลหนองฉิม มีก้อนเห็ดประมาณ 3,000 ก้อน และมีการเพาะเลี้ยงที่โรงเพาะเห็ดโรงเรียนเนินสง่าวิทยา ปัจจุบันนักเรียนสามารถเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเห็ดนางฟ้าเพื่อขยายพันธุ์ได้แล้วนำมาเพาะเลี้ยงกับขี้เลื่อยไม้ยางพาราหรือฟางข้าวก็ได้ ในอดีตเห็ดนางฟ้า เห็ดนางรม ชาวบ้านเพาะเลี้ยงโดยใช้ท่อนไม้เนื้ออ่อน แต่ปัจจุบันไม้หายากได้ใช้ขี้เลื่อยไม้ยางพาราแทน ฤดูที่พบคือ เห็ดนางรมเป็นเห็ดเมืองร้อนสามารถเพาะเลี้ยงได้ตลอดปี ยกเว้นฤดูหนาวถ้าอากาศหนาวมากเห็ดจะไม่ออกดอก ประโยชน์ของเห็ดนางรม เป็นเห็ดที่มีผู้นิยมนำมาบริโภคเนื่องจาก มีรสชาติดี ขนาดดอกใหญ่ ราคาไม่แพง เพาะเลี้ยงง่าย ตามธรรมชาติจะช่วยย่อยสลายกิ่งไม้ท่อนไม้ ทำให้เกิดความอุดมสมบูรณ์ของดิน เห็ดนางรมมีรูปร่างลักษณะคล้ายคลึงกับเห็ดนางฟ้า เห็ดทั้งสองชนิดนี้จัดอยู่ในวงศ์ (family) เดียวกัน ชื่อ "เห็ดนางฟ้า" เป็นชื่อที่ตั้งขึ้นในเมืองไทย คนไทยบางคนเรียกว่าเห็ดแขก เนื่องจากมีผู้พบเห็นเห็ดนี้ครั้งแรกที่ประเทศอินเดีย พบขึ้นตามธรรมชาติบนตอไม้เนื้ออ่อนที่กำลังผุ ในแถบเมืองแจมมู (Jammu) บริเวณ

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

เชิงเขาหิมาลัย ชื่อวิทยาศาสตร์ คือ Pleurotus sajor-caju (Fr.) Singer ถูกนำไปเลี้ยงในอาหารวุ้นเป็นครั้งแรกโดย Jandaik ในปี ค.ศ.1947 ต่อมา Rangaswami และ Nadu แห่ง Agricultural University, Coimbatore ในอินเดียเป็นผู้นำเชื้อบริสุทธิ์ของเห็ดนางรมเข้ามาฝากไว้ที่ American Type Culture Collection (ATCC) ในอเมริกาเมื่อปี ค.ศ.1975 ได้ทราบว่าประมาณปี ค.ศ.1977 ทางกองวิจัยโรคพืช กรมวิชาการเกษตร เป็นผู้นำเชื้อจาก ATCC เข้ามาประเทศไทยเพื่อทดลองเพาะดู ปรากฏว่าสามารถเจริญได้ดี อีกสายพันธุ์หนึ่ง เป็นเห็ดที่มีผู้นำเข้ามาจากประเทศภูฏาน มาเผยแพร่แก่นักเพาะเห็ดไทย ได้มีการเรียกชื่อเห็ดนี้ว่า เห็ดนางฟ้าภูฏาน มีหลายสายพันธุ์ซึ่งชอบอุณหภูมิที่แตกต่างกัน บางพันธุ์ออกได้ดีในฤดูร้อน บ้างพันธุ์ออกได้ดีในฤดูหนาว เป็นที่นิยมมาเพาะเป็นการค้ากันมาก ลักษณะของดอกเห็ดนางรม มีลักษณะคล้ายกับดอกเห็ดเป๋าฮื้อ และดอกเห็ดนางรม เมื่อเปรียบเทียบกับเห็ดเป๋าฮื้อ ดอกเห็ดนางรมสีจะอ่อนกว่า และมีครีบอยู่ชิดกันมากกว่า เห็ดนางรมสามารถเก็บไว้ในตู้เย็นนานได้หลายวัน เช่นเดียวกับเห็ดเป๋าฮื้อ ด้านบนของดอกจะมีสีนวลๆ ถึงสีน้ำตาลอ่อน ในอินเดียดอกเห็ดมีขนาดตั้งแต่ 5-14 เซ็นติเมตร และจะมีน้ำหนักอยู่ระหว่าง 30-120 กรัม เห็ดนางรมมีรสอร่อย เวลานำไปปรุงอาหารจะมีกลิ่นชวนรับประทาน เห็ดชนิดนี้สามารถนำไปตากแห้ง เก็บไว้เป็นอาหารได้ เมื่อจะนำเห็ดมาปรุงอาหาร ก็นำไปแช่น้ำเห็ดจะคืนรูปเดิมได้

รูปที่ 2.1 เห็ดนางฟ้าหรือเห็ดนางรมภูฏาน

2.1.1 การเตรียมถุงอาหารเพาะเห็ดนางรมภูฏาน

มีสูตรอาหาร ดังนี้

ก. ขี้เลื่อยไม้ยางพารา 100 กิโลกรัม

ข. รำละเอียด 5 กิโลกรัม

ค. ดีเกลือ ($MgSO_4$) 0.2 กิโลกรัม

ง. ปูนขาว ($CaCO_3$) 1 กิโลกรัม

2.1.2 วิธีการผสมและการบรรจุก้อนเห็ด

มีวิธีการบรรจุดังนี้

ก. ผสมวัสดุทั้งหมดคลุกเคล้าให้เข้ากัน พรมด้วยน้ำสะอาดให้มีความชื้น ประมาณ 60-70% โดยใช้มือกำวัสดุเพาะที่ผสมกันแล้ว บีบให้แน่นสังเกต ไม่มีน้ำไหลออกมา เมื่อปล่อยมือวัสดุยังจับตัวเป็นก้อน

ข. บรรจุอาหารเพาะลงในถุงพลาสติกทนร้อน กดให้แน่นตึง ได้น้ำหนัก 1 กิโลกรัม/ถุง

ค. รวบปากถุงบีบไล่อากาศออก สวมคอพลาสติก พับปากถุง พาดลงมารัดยางให้แน่น อุดด้วยสำลี หุ้มด้วยกระดาษหรือปิดด้วยฝาจุกพลาสติก

ง. นำถุงอาหารเพาะไปนึ่งฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งไม่อัดความดัน อุณหภูมิ 90-100 องศาเซลเซียส เวลาไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมง นำถุงอาหารเพาะที่นึ่งฆ่าเชื้อแล้วออกจากถังนึ่งทิ้งไว้ให้เย็น

รูปที่ 2.2 ถุงอาหารเพาะเห็ดนางรมภูฐาน

2.1.3 วิธีการใส่เชื้อในก้อนเห็ด

มีวิธีการดังนี้

ก. เชื้อเพาะ/เชื้อขยาย มาจากแหล่งที่เชื่อถือได้

ข. อายุของเชื้อที่ใช้ต้องเหมาะสม (อายุไม่เกิน 15 วัน)

ค. ไม่มีการปนเปื้อนจากเชื้อเห็ดชนิดอื่นและศัตรูเห็ด (ไวรัส จุลินทรีย์ ไร แมลงและสัตว์อื่นๆ)

ง. สถานที่ใส่เชื้อต้องสะอาด ไม่มีลมโกรก

จ. ปฏิบัติด้วยความรวดเร็ว

ใส่หัวเชื้อเห็ดที่เลี้ยงในเมล็ดข้าวฟ่าง ลงในถุงอาหารเพาะถุงละประมาณ 10-15 เมล็ด เขย่าเมล็ดข้าวฟ่างให้กระจายออก การใส่เชื้อให้เปิดและปิดจุกสำลี ถุงอาหารเพาะโดยเร็วและปฏิบัติในพื้นที่ที่สะอาด มิดชิดไม่มีลมโกรก

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

2.1.4 วิธีการบ่มเส้นใยของก้อนเห็ด

มีวิธีการดังนี้

ก. บ่มถุงเชื้อเห็ดในที่ร่ม สะอาด อากาศถ่ายเทสะดวก

ข. อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส

ค. เส้นใยเดินเต็มถุงขนาด 1 กิโลกรัม ใช้เวลา 30-35 วัน

ง. หลังเส้นใยเจริญเต็มถุง จึงนำเข้าโรงเปิดดอก

2.1.5 การเปิดดอกและการดูแลก้อนเห็ด

มีวิธีการดังนี้

ก. ถอดจุกสำลี

ข. แคะข้าวฟ่างบริเวณหน้าก้อน ด้วยอุปกรณ์ที่สะอาด

2.1.6 ลักษณะของโรงเรือนเปิดดอกเห็ดนางรมภูฐานที่เหมาะสม

มีดังนี้

ก. ควรมีแสงผ่านเข้าในโรงเรือนได้ (แสงที่สามารถอ่านหนังสือได้ หรือใช้ตาข่ายพรางแสงขนาด 80 เปอร์เซ็นต์

ข. มีช่องเปิด-ปิด สำหรับถ่ายเทอากาศ

ค. หลังคาทำด้วยวัสดุกันน้ำ

ง. ผนังทำด้วยวัสดุที่เก็บรักษาความชื้นภายในโรงเรือนได้ประมาณ 70-90 เปอร์เซ็นต์

2.1.7 การกระตุ้นการสร้างดอกของเห็ดนางรมภูฐาน

มีวิธีการดังนี้

ก. ให้น้ำในโรงเรือนและบริเวณถุงเชื้อเห็ดเพื่อปรับความชื้นภายในโรงเรือนให้ได้ 70-90 เปอร์เซ็นต์

ข. ปรับโรงเรือนให้มีอุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส ประมาณ 4-5 วัน จนเริ่มมีตุ่มดอก

2.1.8 การพัฒนาให้เป็นดอกสมบูรณ์

มีวิธีการดังนี้

ก. รักษาอุณหภูมิในโรงเรือนให้อยู่ที่ 25-30 องศาเซลเซียส และให้มีอากาศถ่ายเทได้ดี

ข. เมื่อดอกเห็ดมีขนาดโตขึ้นรักษาความชื้น ภายในโรงเรือนที่ 70-90 เปอร์เซ็นต์

ค. ให้มีแสงสว่างปานกลางเพื่อให้มีการพัฒนาของดอกเห็ด

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

2.1.9 การเก็บผลผลิตของเห็ดนางรมภูฐาน

มีวิธีการดังนี้

ก. เก็บผลผลิตด้วยมือ โดยจับบริเวณคอขวดให้แน่นแล้วใช้มืออีกข้างดึงดอกเห็ดออกจากก้อน

ข. ควรเก็บดอกขณะที่ดอกบานเต็มที่ แต่ขอบ หมวกยังไม่บานย้วย

ค. เก็บส่วนต่างๆ ของดอกเห็ดให้หลุดออกจากหน้าถุงเห็ดจนหมด เพื่อป้องกันการเน่าเสียจากเศษหรือส่วนของดอกเห็ดที่เหลือติดอยู่ พร้อมทำความสะอาดพื้นโรงเรือนเปิดดอก

2.2 น้ำส้มควันไม้

น้ำส้มควันไม้ [5] หรือวู้ดเวเนการ์ (Wood vinegar) เป็นของเหลวสีน้ำตาลใสมีกลิ่นควันไฟ ได้มาจากการควบแน่นของควันที่เกิดจากการผลิตถ่านไม้ในช่วงที่ไม้กำลังเปลี่ยนเป็นถ่าน ในช่วงที่อุณหภูมิในเตาอยู่ระหว่าง 300-400 องศาเซลเซียส สารประกอบต่าง ๆ ในไม้ฟืนจะถูกสลายตัวด้วยความร้อนเกิดเป็นสารประกอบใหม่มากมาย แต่ถ้าเก็บควันในช่วงอุณหภูมิต่ำกว่า 300 องศาเซลเซียส จะมีสารประกอบที่เป็นประโยชน์น้อยมากไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ และถ้าเก็บควันในช่วงอุณหภูมิเกิน 425 องศาเซลเซียส น้ำมันดินจะสลายตัวเป็นสารก่อมะเร็ง สารดังกล่าวจะสามารถกำจัดออกไปได้ง่ายเมื่อนำมากลั่นซ้ำที่อุณหภูมิ 60-70 องศาเซลเซียส

น้ำส้มควันไม้ที่ได้ยังไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทันที เนื่องจากการเปลี่ยนจากไม้เป็นถ่านไม่ได้เกิดขึ้นพร้อมกันทั้งเตา ดังนั้น ควันที่เกิดขึ้นจึงเป็นควันที่ผสมกันระหว่างควันอุณหภูมิต่ำและสูง ดังนั้นจะมีน้ำมันดิน (ทาร์ : Tar) และสารระเหยง่าย (โวลาไทล์ : Volatile matter) ปนออกมาด้วย น้ำมันดินที่ละลายน้ำไม่ได้จะนำไปใช้ประโยชน์ในการเกษตรไม่ได้เพราะจะไปปิดปากใบของพืช และเกาะติดรากพืช ซึ่งจะทำให้พืชเติบโตช้าหรือตายได้

คุณสมบัติของน้ำส้มควันไม้ที่แตกต่างจากน้ำส้มอื่นๆ ที่ได้จากการหมัก หรือการกลั่น คือ มีสารประกอบหลากหลายกว่า โดยเฉพาะฟีนอลที่ได้จากการสลายตัว ของลิกนิน น้ำส้มควันไม้มีสารประกอบต่างๆ มากกว่า 200 ชนิดซึ่งได้จากการ สลายตัวของไม้ด้วยความร้อนจนเกิดเป็นสารประกอบใหม่หลายชนิด เช่น กรดอินทรีย์ และแอลกอฮอล์ชนิดต่างๆ ที่ได้จากการสลายตัวของเฮมิเซลลูโลสและเซลลูโลส น้ำส้มควันไม้มีสารประกอบที่สำคัญได้แก่ น้ำ 85 % กรด อินทรีย์ 3 % และสารอินทรีย์อื่นๆ 12 % มีค่า pH 1.5-3.7

การใช้ประโยชน์ทางการเกษตร

1.น้ำส้มควันไม้ 100% ใช้ทำน้ำหมักชีวภาพคุณภาพสูง โดยใช้น้ำส้มควันไม้ 2 ลิตร หมักรวมกับโปรตีนต่างๆ 1 กก. เช่นหอยเชอรี่บด เศษปลา เศษเนื้อ หรือกากถั่วเหลือง โดยหมักนาน 1 เดือน จากนั้นให้กรองเอากากออก ใช้น้ำหมัก 1 ลิตร ผสมน้ำ 200 ลิตร ฉีดพ่นพืชทุกๆ 7-10 วัน

2.น้ำส้มควันไม้ 1 ลิตร ผสมน้ำ 20 ลิตร ใช้ฉีดพ่นลงดิน เพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ไส้เดือนฝอย และแมลงในดิน แต่ควรทำและทิ้งไว้ก่อนการเพาะปลูกอย่างน้อย 10วัน

3.น้ำส้มควันไม้ 1 ลิตร ผสมน้ำ 50 ลิตร ใช้ฉีดพ่นลงดิน เพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่เข้าทำลายพืชแล้ว

4.น้ำส้มควันไม้ 1 ลิตร ผสมน้ำ 100 ลิตร ใช้ราดโคนต้นไม้ เพื่อรักษาโรครา และโรครากเน่า

5.น้ำส้มควันไม้ 1 ลิตร ผสมน้ำ 200 ลิตร ความเข้มข้นระดับนี้ สามารถใช้ประโยชน์หลากหลาย เช่นฉีดพ่นใบพืชและพื้นดินรอบๆต้นพืชทุกๆ 15 วัน เพื่อขับไล่แมลง และส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชฉีกพ่นกองปุ๋ยหมักเพื่อช่วยเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ ที่ช่วยย่อยกองปุ๋ยหมักให้ได้ประสิทธิภาพดีและรวดเร็วยิ่งขึ้น ใช้หมักร่วมกับสะเดา หรือตะไคร้หอม เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการขับไล่แมลงและป้องกันโรค

6.น้ำส้มควันไม้ 1 ลิตร ผสมน้ำ 500 ลิตร ฉีดพ่นผลอ่อนของพืชหลังจากติดผลแล้ว 15 วัน เพื่อช่วยขยายให้ผลโตขึ้น และฉีดก่อนเก็บเกี่ยว 20 วัน เพื่อเพิ่มปริมาณน้ำตาลในผลไม้

7.น้ำส้มควันไม้ 1 ลิตร ผสมน้ำ 1000 ลิตร ใช้ผสมสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชแทนสารจับใบช่วยลดปริมาณการใช้สารเคมีจากปกติ 50 % เนื่องจากสารเคมีสามารถออกฤทธิ์ได้ดีในสารละลายที่เป็นกรดอ่อนๆ

การใช้ประโยชน์ทางด้านปศุสัตว์

1.ใช้ลดกลิ่นและแมลงในฟาร์มปศุสัตว์ โดยการใช้ครั้งแรกควรผสมในอัตราส่วนน้ำส้มควันไม้ 1 ลิตร ผสมน้ำ 100 ลิตร หลังจากนั้นเพิ่มขึ้นเป็น น้ำส้มควันไม้ 1 ลิตร ผสมน้ำ 200 ลิตร จะสามารถกำจัดกลิ่นและลดจำนวนแมลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. ใช้ผสมอาหารสัตว์ เพื่อช่วยย่อยอาหารและป้องกันโรคท้องเสีย แต่การให้โดยตรงโดยการผสมน้ำแล้วนำไปให้สัตว์กิน สัตว์จะรังเกียจกลิ่นควันไฟ จึงควรนำน้ำส้มควันไม้ไปผสมกับผงถ่านก่อน ในอัตราส่วนน้ำส้มควันไม้ 2 ลิตร ผสมผงถ่าน 8 กก. จากนั้นนำผงถ่านที่ชุ่มน้ำส้มควันไม้ไปผสมอาหารสัตว์ 990 กก. จะได้อาหารสัตว์ในปริมาณ 1 ตัน พอดี ซึ่งจะมีคุณประโยชน์ ดังนี้

- ช่วยทำให้การย่อยและการใช้ประโยชน์จากอาหารดีขึ้น ส่งผลให้สัตว์โตเร็วกว่าปกติ โดยให้อาหารเท่าเดิม หรือน้อยลงกว่าเดิม 3 %
- ช่วยยับยั้งการเกิดแก๊ส และดูดซึมโลหะหนักในกระเพาะอาหาร ทำให้สัตว์มีสุขภาพดี
- ช่วยป้องกันและรักษาอาการท้องเสีย
- ช่วยปรับปรุงคุณภาพและลดปริมาณน้ำในเนื้อสัตว์ ทำให้คุณภาพของเนื้อสัตว์ดีขึ้น ทั้งรสชาติ สี และกลิ่น
- ช่วยปรับปรุงคุณภาพของไข่ ทำให้ไข่แดงมีขนาดใหญ่และเหนียวขึ้น ทั้งยังช่วยเพิ่มปริมาณวิตามินและลดปริมาณคลอเรสเตอรอล
- ช่วยเพิ่มปริมาณน้ำนม
- ช่วยยับยั้งการเกิดแก๊สแอมโมเนียและซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ทำให้กลิ่นเหม็นของมูลสัตว์ลดลง ซึ่งช่วยทำให้สัตว์ไม่เครียด ทั้งยังเป็นการเพิ่มคุณภาพของปุ๋ยคอกที่ได้จากมูลสัตว์ให้ดีขึ้นอีกด้วย

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

- ช่วยยับยั้งการฟักไข่ของแมลงในมูลสัตว์ ทำให้ปริมาณของแมลงในบริเวณฟาร์มลดลง โดยเฉพาะแมลงวัน

การใช้ประโยชน์ในครัวเรือน

1.น้ำส้มควันไม้ 100 % ใช้รักษาแผลสด แผลถูกน้ำร้อนและไฟลวก รักษาโรคน้ำกัดเท้าและเชื้อราที่ผิวหนัง

2.น้ำส้มควันไม้ 1 ลิตร ผสมน้ำ 20 ลิตร ใช้ราดทำลายปลวกและมด

3.น้ำส้มควันไม้ 1 ลิตร ผสมน้ำ 50 ลิตร ใช้ราดป้องกันปลวก มด แมลง เช่น ตะขาบ แมงป่อง กิ้งกือ

4.น้ำส้มควันไม้ 1 ลิตร ผสมน้ำ 100 ลิตร ใช้ฉีดพ่นถังขยะเพื่อดับกลิ่นขยะและไล่แมลงวัน ใช้ราดดับกลิ่นห้องน้ำ ห้องครัวและบริเวณที่ชื้นแฉะ ใช้ดับกลิ่นกรงสัตว์เลี้ยง รวมทั้งใช้หมักขยะสดและเศษอาหารสำหรับใช้ทำปุ๋ย

การใช้ประโยชน์ทางด้านอุตสาหกรรม

1.ใช้ผลิตสารดับกลิ่นตัว

2.ใช้ผลิตสารปรับผิวนุ่ม ทั้งใช้โดยตรงทางผิวหนัง หรือ ผสมน้ำอาบ

3.ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารรมควัน

4.ใช้ในอุตสาหกรรมย้อมผ้า

5.ใช้ผลิตสารป้องกันเนื้อไม้จากราและแมลง

6.ใช้ผลิตยารักษาโรคผิวหนัง ยาฆ่าเชื้อไทฟอยด์ อาหารเสริมเพิ่มภูมิต้านทาน อาหารเสริมการทำงานของตับ

7.ใช้ผลิตสารช่วยย่อยประเภทพรีไบโอติก

รูปที่ 2.3 ลักษณะของน้ำส้มควันไม้

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ข้อควรระวัง

1.ก่อนที่จะนำน้ำส้มควันไม้ไปใช้ประโยชน์ จะต้องตั้งน้ำส้มควันไม้ดิบหลังจากดักเก็บทิ้งไว้เป็นระยะเวลาอย่างน้อย 3 เดือน เพื่อให้เกิดการตกตะกอน และให้เกิดการแยกชั้นของน้ำมันใส น้ำส้มไม้ และน้ำมันดิบออกจากกันก่อน

2.การนำน้ำส้มควันไม้ไปใช้ประโยชน์นั้นควรระวังอย่าให้เข้าตา เนื่องจากน้ำส้มควันไม้มีคุณสมบัติเป็นกรดสูง

3.น้ำส้มควันไม้ไม่ใช่ปุ๋ย แต่เป็นเพียงตัวเร่งปฏิกิริยา ดังนั้นการนำน้ำส้มควันไม้ไปใช้ในการเกษตรนั้น จะเป็นเพียงตัวเสริมประสิทธิภาพให้กับพืชที่ปลูกเท่านั้น ซึ่งไม่สามารถใช้แทนปุ๋ยได้

4.การใช้น้ำส้มควันไม้เพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์และแมลงในดินนั้น มีโทษต่อพืชที่ปลูก ควรทำก่อนการเพาะปลูกอย่างน้อย 10 วัน

5.การนำน้ำส้มควันไม้ไปใช้ประโยชน์ทางด้านการเกษตร จะต้องผสมน้ำให้เจือจางตามความเหมาะสม หากใช้กับแมลงกินใบ ควรมีการฉีดพ่นใต้ใบร่วมด้วย เพื่อช่วยขับไล่แมลงที่อยู่ตามใต้ใบพืช

2.3 Arduino

Arduino เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ที่มีการพัฒนาแบบ Open Source คือมีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้าน Hardware และ Software ตัว บอร์ด Arduino ถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นศึกษา ทั้งนี้ผู้ใช้งานยังสามารถดัดแปลง เพิ่มเติม พัฒนาต่อยอดทั้งตัวบอร์ด หรือโปรแกรมต่อได้อีกด้วย ความง่ายของบอร์ด Arduino ในการต่ออุปกรณ์เสริมต่างๆ คือผู้ใช้งานสามารถต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์จากภายนอกแล้วเชื่อมต่อเข้ามาที่ขา I/O ของบอร์ด หรือเพื่อความสะดวกสามารถเลือกต่อกับบอร์ดเสริม (Arduino Shield) ประเภทต่างๆ เช่น Arduino XBee Shield, Arduino Music Shield, Arduino Relay Shield, Arduino Wireless Shield, Arduino GPRS Shield เป็นต้น มาเสียบกับบอร์ดบนบอร์ด Arduino แล้วเขียนโปรแกรมพัฒนาต่อได้เลย

ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนได้แก่ ส่วนของฮาร์ดแวร์ และส่วนของซอฟต์แวร์ โดยส่วนของฮาร์ดแวร์ Arduino Board ได้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ของบริษัท ATMEL เป็นหน่วยประมวลผลกลางหลัก มีการโปรแกรมบูตโหลดเดอร์ (Bootloader) ไว้ในตัวบอร์ด Arduino เรียบร้อยแล้ว เพื่อให้ง่ายต่อการใช้งานในการพัฒนาโปรแกรมต่างๆ สำหรับส่วนซอฟต์แวร์ Arduino ใช้ภาษา C/C++ เป็นหลัก โดยสามารถเขียนคำสั่งพัฒนาผ่านโปรแกรมที่มีชื่อเรียกว่า Arduino IDE มีรูปแบบการเขียนคำสั่งควบคุมการทำงานที่ถูกกำหนดขึ้นมาเป็นมาตรฐานเดียวกัน สำหรับรายละเอียดเพิ่มเติมสำมารถหาข้อมูลได้จากเว็บไซต์ www.arduino.cc ส่วนสาเหตุที่บอร์ด Arduino ได้รับความนิยม มีดังนี้

1) ซอฟต์แวร์ในการพัฒนาโปรแกรมเป็น Open Source แจกให้ใช้งานฟรี ทำงานได้หลายแพลตฟอร์ม (Windows, Mac OS X, Linux และปัจจุบันสามารถพัฒนาโปรแกรมบนเว็บได้) อีกทั้งยังเปิดเผยต้นฉบับ (Source code) สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดได้

2) เปิดเผยวงจร Open Hardware ภายใต้ลิขสิทธิ์ที่ชื่อว่า Creative Commons License สามารถนำไปพัฒนาต่อยอด ดัดแปลง ต่อขยายเพิ่มเติมได้ภายใต้ลิขสิทธิ์ ทำให้มีความหลากหลายทางด้าน Hardware มีอุปกรณ์ต่อเชื่อม Arduino Shields มากมาย

3) ใช้งานง่าย เช่น ใช้แหล่งจ่ายไฟเลี้ยงจากพอร์ต USB สามารถดาวน์โหลดโปรแกรมผ่านสาย USB ได้โดยตรง

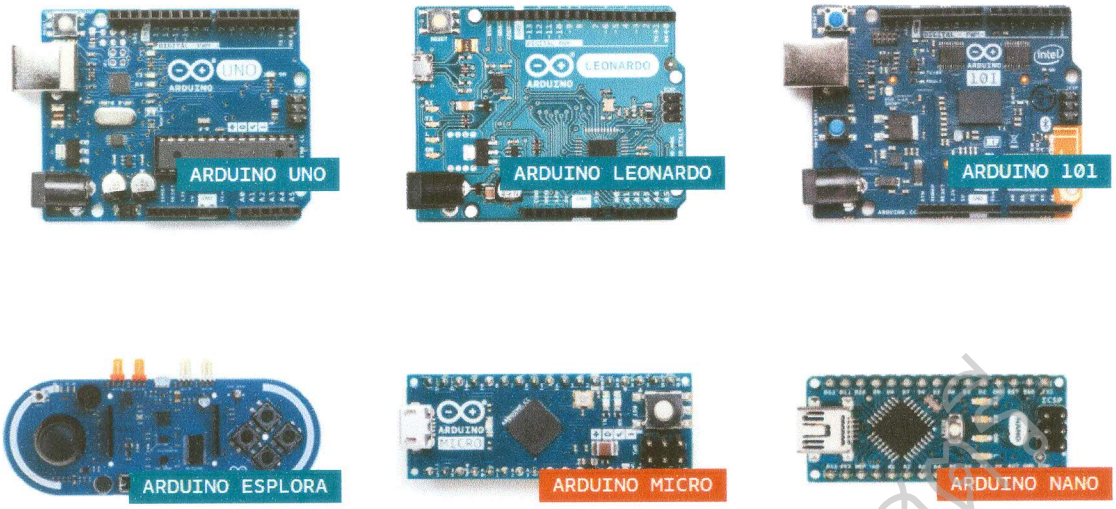
4) มีชุดคำสั่งสำหรับใช้งาน Arduino จัดทำในรูปแบบของไลบลารี (Library) ภาษา C++ และสามารถสร้างฟังก์ชัน หรือคำสั่งขึ้นมาไว้เรียกใช้งานได้เอง

5) มีแหล่งข้อมูล ชุมชนคนใช้ Arduino ทั้งในประเทศและต่างประเทศมากมาย ซึ่งผู้ที่สนใจสามารถหาข้อมูลได้จากเว็บไซต์หลักๆ ได้แก่ www.arduino.cc, www.arduinoall.com, www.thaieasyelce.com, fritzing.org เป็นต้น

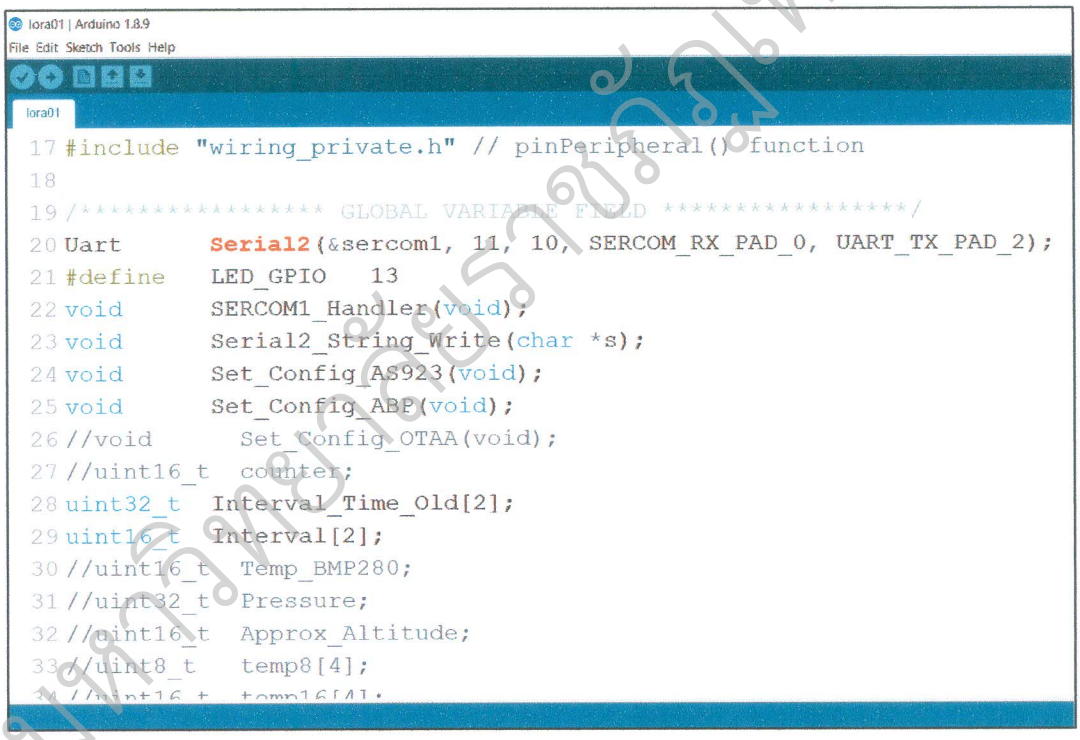
ปัจจุบันมีการนำ Arduino ไปใช้ในการทำงานหลากหลายรูปแบบทั้งงานควบคุมขนาดเล็ก, งานระบบ IoT, งานทางด้านการศึกษา และการนำไปใช้ในการสร้างนวัตกรรมต่างๆ ซึ่งจากความเรียบง่ายและประสิทธิภาพการทำงานของ Arduino ซึ่งมีหลายรุ่นให้เลือกใช้งานรวมถึงราคาที่ไม่สูงจึงทำให้เกิดโครงงานและนวัตกรรมมากมายและมีนักพัฒนาที่เพิ่มขึ้นตลอดเวลาจึงเป็นคอนโทรลเลอร์ที่มีความน่าสนใจในยุคนี้ [6-14]

ในการพัฒนาโปรแกรมสำหรับใช้งานคอนโทรลเลอร์ Arduino นั้นมีโปรแกรม Arduino IDE ใช้สำหรับการพัฒนาคำสั่ง ทดลองการทำงาน อัพเดทเฟิร์มแวร์ใหม่ๆ และสามารถโปรแกรมผ่านพอร์ต USB ได้ในโปรแกรมเดียว ข้อดีอีกข้อของ Arduino คือมีชุดต่อพ่วง (Module) ที่มีให้เลือกมากมายและเป็นเซนเซอร์ที่สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพและราคาไม่สูงเกินไป บางชุดสามารถเชื่อมต่อลงบนบอร์ด Arduino ได้โดยตรงด้วยการนำมาประกบกับพอร์ตด้านบนซึ่งเรียกว่า Arduino Shields ปัจจุบันยังมีการพัฒนาเซนเซอร์สำหรับเชื่อมต่อตลอดเวลาเพื่อผู้ใช้งานได้เลือกใช้ในการสร้างนวัตกรรมต่างๆ

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

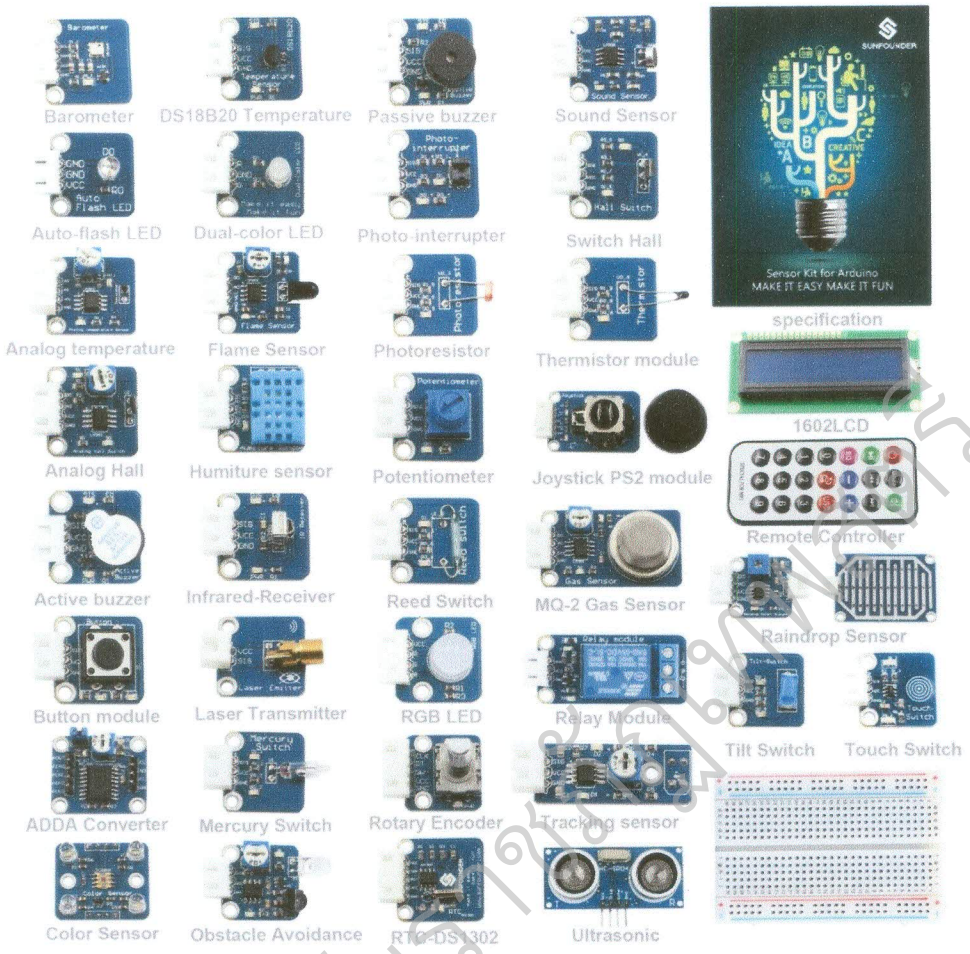


รูปที่ 2.4 Arduino board รุ่นต่างๆ

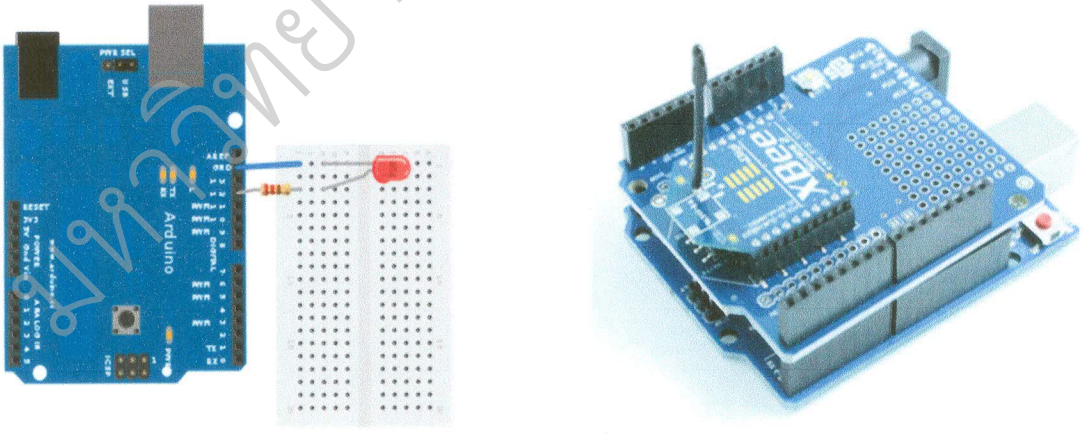


รูปที่ 2.5 หน้าต่างโปรแกรม Arduino IDE

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

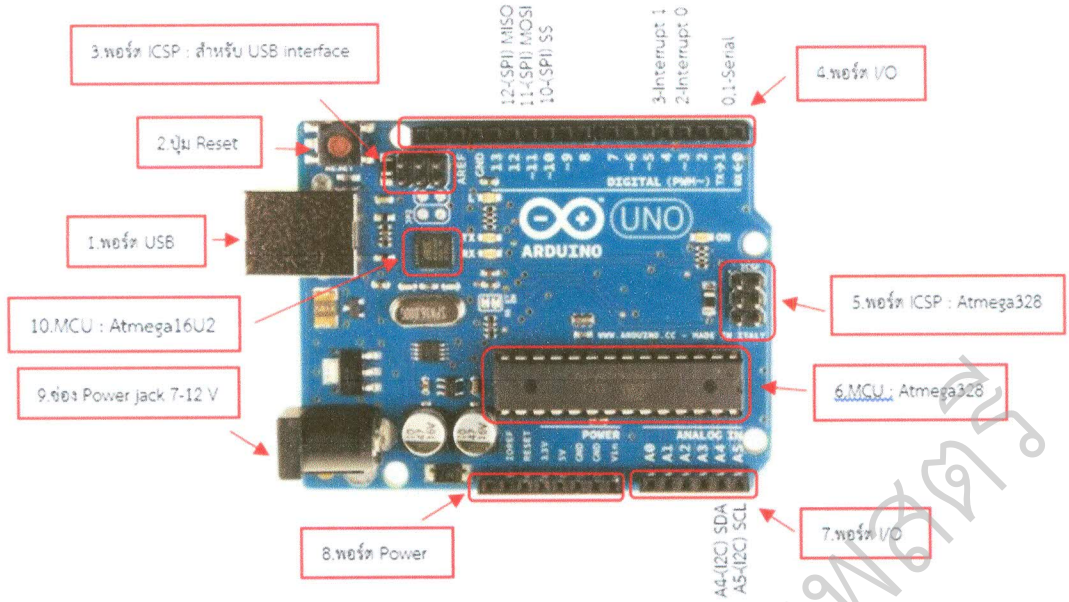


รูปที่ 2.6 เซนเซอร์ที่ใช้งานร่วมกับ Arduino



รูปที่ 2.7 การต่อ Arduino สำหรับใช้งาน

ในการพัฒนา “โครงงานโรงเรือนเพาะเห็ดนางฟ้าภูฐานอัจฉริยะ” ครั้งนี้ใช้คอนโทรลเลอร์ Arduino UNO R3 ซึ่งมี Port และโครงสร้างดังนี้



รูปที่ 2.8 Layout & Pin out Arduino Board

1. USB Port : ใช้สำหรับเชื่อมต่อกับ Computer เพื่ออับโหลดโปรแกรมเข้า MCU และจ่ายไฟให้กับบอร์ด

2. Reset Button : เป็นปุ่ม Reset ใช้กดเมื่อต้องการให้ MCU เริ่มการทำงานใหม่

3. ICSP Port ของ Atmega16U2 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Visual Com port บน Atmega 16U2

4. I/O Port : Digital I/O ตั้งแต่ขา D0 ถึง D13 นอกจากนี้ บาง Pin จะทำหน้าที่อื่นๆ เพิ่มเติมด้วย เช่น Pin 0, 1 เป็นขา Tx, Rx Serial, Pin 3, 5, 6, 9, 10 และ 11 เป็นขา PWM

5. ICSP Por t : Atmega 328 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Bootloader

6. MCU : Atmega 328 เป็น MCU ที่ใช้บนบอร์ด Arduino

7. I/O Port : นอกจากจะเป็น Digital I/O แล้ว ยังเปลี่ยนเป็น ช่องรับสัญญาณอนาล็อก ตั้งแต่ขา A0-A5

8. Power Port : ไฟเลี้ยงของบอร์ดเมื่อต้องการจ่ายไฟให้กับวงจรภายนอก ประกอบด้วยขาไฟเลี้ยง +3.3 V, +5V, GND, V_{in}

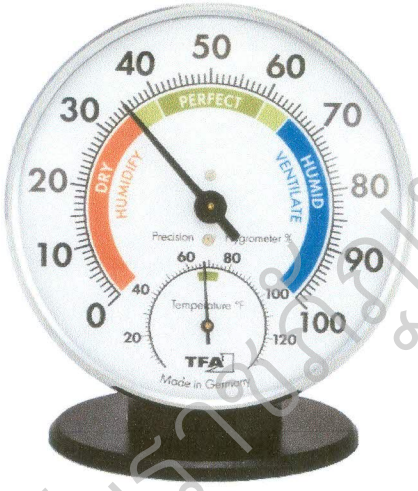
9. Power Jack: รับไฟจาก Adapter โดยที่แรงดันอยู่ระหว่าง 7-12 V

MCU ของ Atmega16U2 เป็น MCU ที่ทำหน้าที่เป็น USB to Serial โดย Atmega328 จะติดต่อกับ Computer ผ่าน Atmega 16U2

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

2.4 เซ็นเซอร์วัดความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity Sensor)

ความชื้นสัมพัทธ์ (Relatively Humidity) หมายถึง “อัตราส่วนของปริมาณไอน้ำที่มีอยู่จริงในอากาศ ต่อปริมาณไอน้ำที่จะทำให้อากาศอิ่มตัว ณ อุณหภูมิเดียวกัน” หรือ “อัตราส่วนของความดันไอน้ำที่มีอยู่จริง ต่อความดันไอน้ำอิ่มตัว” ค่าของความชื้นสัมพัทธ์แสดงในรูปของร้อยละ มีหน่วยเป็น %RH โดยทั่วไปสามารถวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ได้ในช่วง 10-90 %RH “ไฮโกรมิเตอร์” (Hygrometer) เป็นเครื่องมือสำหรับใช้วัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ แต่ปัจจุบันมีเซ็นเซอร์วัดความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity Sensor) ที่สามารถวัดผลได้แม่นยำกว่า

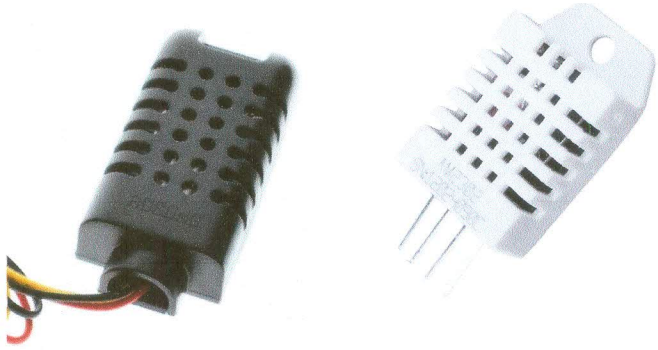


รูปที่ 2.9 “ไฮโกรมิเตอร์” (Hygrometer)

ความชื้นสัมพัทธ์ = (ปริมาณไอน้ำที่อยู่ในอากาศ/ปริมาณไอน้ำที่ทำให้อากาศอิ่มตัว) x 100%

หรือ

ความชื้นสัมพัทธ์ = (ความดันไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศ/ความดันไอน้ำของอากาศอิ่มตัว) x 100%



รูปที่ 2.10 เซ็นเซอร์วัดความชื้นสัมพัทธ์ DHT21 และ DHT22 ที่ใช้ในโครงงาน

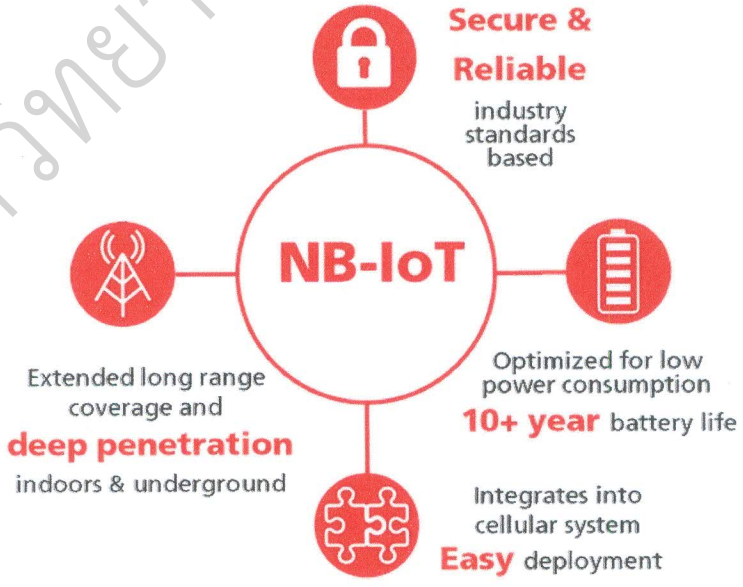
มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

DHT22 เป็นเซ็นเซอร์สำหรับวัดอุณหภูมิและความชื้นที่มีความแม่นยำสูงในการวัด สามารถวัดได้ในย่านอุณหภูมิ ตั้งแต่ -40 องศาเซลเซียส ถึง +80 องศาเซลเซียส ความแม่นยำน้อยกว่า +-0.5 เซลเซียส และวัดความชื้นสัมพัทธ์ได้ในย่าน 0-100 %RH ความแม่นยำ +-2-5%RH สามารถวัดได้ละเอียดในระดับทศนิยม 1 ตำแหน่ง (0.1) ใช้งานได้นานและทนทาน เหมาะสำหรับนำไปใช้ในงานวัดที่ต้องการความแม่นยำสูง ใช้ไฟเลี้ยงได้ตั้งแต่ 3.3v - 6VDC หากต้องการความแม่นยำต่ำกว่านี้สามารถใช้ตัว DHT11 ได้

DHT21 สามารถวัดอุณหภูมิและความชื้น 2 อย่างในตัวเดียว วัดได้แม่นยำ ติดตั้งใช้งานง่าย เพราะมีเคสมาให้ด้วย สามารถเปลี่ยนใช้แทน DHT22 ได้เลย เหมาะสำหรับใช้ในงานควบคุมอุณหภูมิและความชื้น เช่น ระบบควบคุมอุณหภูมิความชื้นอัตโนมัติในอาคาร เรือนเพาะชำ โรงเรือนเพาะเห็ด

2.5 NB-IoT

NB-IoT ย่อมาจาก Narrowband IoT (NB-IoT) [15] เป็นมาตรฐานระบบโครงข่ายที่ใช้พลังงานต่ำ (Low Power Wide Area Network (LPWAN) ที่ถูกพัฒนามาเพื่อให้อุปกรณ์ต่างๆ สามารถเชื่อมต่อเข้าหากันได้โดยผ่านโครงข่ายของสัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่ หรือก็คือใช้คลื่นสัญญาณของโทรศัพท์เคลื่อนที่ทำให้อุปกรณ์ต่างๆ เชื่อมต่อเข้าหากันได้โดยใช้พลังงานที่ต่ำและส่งข้อมูลหากันได้โดยไม่ต้องเชื่อมต่อผ่านสายให้ยุ่งยาก เพียงแค่มีซิม (SIM) ติดตั้งในอุปกรณ์นั้นๆ ก็ทำให้เชื่อมต่อและสื่อสารกันได้แล้ว ซึ่งมีข้อดีและใช้งานได้ดีกว่าหากพื้นที่ใช้งานไม่มีสัญญาณ WiFi ให้เชื่อมต่อ



รูปที่ 2.11 คุณสมบัติและข้อดีของ NB-IoT

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

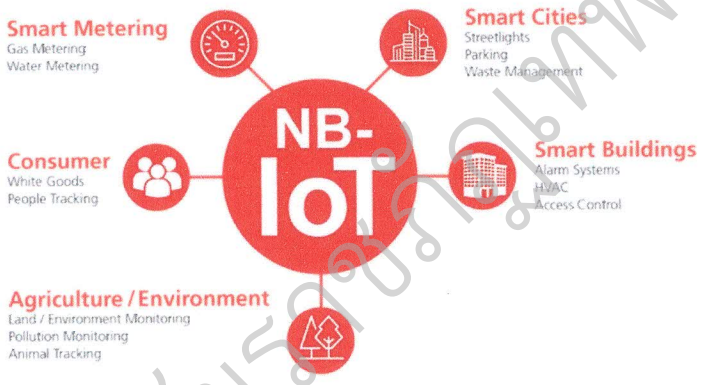
ข้อดีของ NB IoT โดยรวม คือ

1. ใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำ ส่งข้อมูล uplink ในขนาดที่เหมาะสม จึงช่วยทำให้อายุการใช้งานแบตเตอรี่ของอุปกรณ์ IoT อยู่ได้นานถึง 10 ปี

2. รองรับปริมาณอุปกรณ์ IoT ได้สูงสุดในระดับแสนตัวต่อสถานีฐาน

3. รัศมีครอบคลุมของเครือข่ายต่อสถานีฐาน กระจายได้มากกว่า 10 ก.ม. รวมถึงในตัวอาคารก็ยังรับสัญญาณได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4. สามารถพัฒนาเครือข่ายให้เปิดบริการ IoT ได้อย่างรวดเร็ว เพราะออกแบบอุปกรณ์ให้ใช้ร่วมกับโครงข่าย 4G ในปัจจุบันได้ ผู้ให้บริการ NB-IoT ในไทย ปัจจุบันมี 2 เจ้าเท่านั้นที่ให้บริการ คือ True และ AIS และแนวคิดการประยุกต์ใช้งานแสดงในรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.12 แนวคิดและการประยุกต์ใช้งาน NB-IoT

ตัวอย่างแนวคิดและการประยุกต์ใช้งาน NB-IoT

Smart Metering (ระบบตรวจวัดอัจฉริยะ)

NB-IoT นั้นเหมาะสมกับการใช้งาน ตรวจวัดปริมาณแก๊สและระดับน้ำ ผ่านเครื่องส่งสัญญาณข้อมูลขนาดทั่วไปและขนาดเล็ก ความครอบคลุมของเครือข่ายถือเป็นหลักสำคัญในการทำงานของระบบตรวจวัดอัจฉริยะ โดยตัวอุปกรณ์ตรวจวัดนั้นสามารถตรวจวัดได้ในพื้นที่ที่ลำบาก เช่น สถานีปล่อยสัญญาณโทรศัพท์มือถือ บริเวณส่วนลึกของชั้นใต้ดิน หรือบริเวณพื้นที่ควบคุมในชนบท ซึ่ง NB-IoT สามารถปล่อยสัญญาณได้ครอบคลุมและทะลุทะลวงไปตามพื้นที่ดังกล่าว

Smart City (ระบบเมืองอัจฉริยะ)

NB-IoT สามารถช่วยเหลือองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการควบคุม ระบบไฟบนท้องถนน แจ้งเตือนเมื่อต้องทำการทิ้งขยะลงถัง ค้นหาพื้นที่จอดรถฟรี ตรวจสอบสภาพสิ่งแวดล้อม และตรวจสอบสภาพถนน

Smart Building (ระบบอาคารอัจฉริยะ)

เซ็นเซอร์ที่เชื่อมต่อเข้ากับ NB-IoT นั้นสามารถส่งสัญญาณเตือนว่าตัวอาคารสมควรแก่การซ่อมบำรุงและใช้งานในระบบอัตโนมัติ เช่น ส่วนควบคุมระบบไฟและความร้อน นอกจากนั้น NB-IoT ยังสามารถนำไปใช้งานเป็นระบบเชื่อมต่อ Broadband สำรองสำหรับตัวอาคารได้ โดยที่ระบบดูแลความปลอดภัย บางส่วนอาจยังต้องใช้เครือข่าย LPWAN เพื่อเชื่อมต่อกับเซ็นเซอร์โดยตรงไปยังระบบตรวจวัด เนื่องจากการปรับตั้งการยกเลิกใช้งานนั้นยากกว่าการติดตั้งและบำรุงรักษา

Smart Tracking (ระบบติดตามอัจฉริยะ)

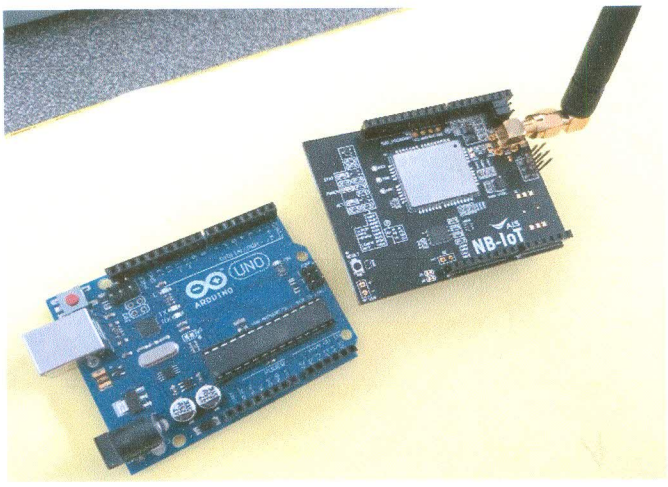
NB-IoT เป็นระบบที่ให้ความปลอดภัย ต้นทุนต่ำ และไม่จำเป็นต้องเสียค่าใช้จ่ายเพื่อจัดทำระบบติดตามรถยนต์ ผู้คน สัตว์และทรัพย์สิน เมื่อใดก็ตามที่ต้องการเปิดระบบติดตามอย่างต่อเนื่อง จึงเป็นระบบที่สมบูรณ์แบบสำหรับใช้ติดตามวัตถุที่ไม่ได้เคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลา หรือเป็นระบบที่ติดตามได้ในระยะไกลและมีอัตราสิ้นเปลืองพลังงานต่ำ จึงถือว่าเป็นข้อดีเฉพาะของ NB-IoT

Smart Agriculture and Environment
(ระบบตรวจสอบสภาพเกษตรกรรมและสภาพแวดล้อม)

การเชื่อมต่อกับระบบ NB-IoT สู่ยุค เกษตร 4.0 นั้นจะทำให้เกษตรกรและท้องถิ่นสามารถตรวจจับข้อมูลที่ได้มาจากเซ็นเซอร์ตรวจสอบสภาพสิ่งแวดล้อม ซึ่งประกอบไปด้วยโมดูล NB-IoT ที่สามารถส่งสัญญาณแจ้งเตือนหากมีสิ่งผิดปกติเกิดขึ้น ซึ่งสามารถใช้เซ็นเซอร์ดังกล่าวเพื่อตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นของดินและโดยปกติจะถูกนำไปใช้เพื่อติดตามลักษณะของ พื้นดิน มลพิษ เสียงดัง น้ำฝน และอื่นๆ

รูปที่ 2.13 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งาน NB-IoT

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี



รูปที่ 2.14 NB-IoT Shield ของ AIS และคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO R3

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วิริยะ ทองทัพ และ ดวงอาทิตย์ ศรีมูล ได้นำเสนอระบบควบคุมความชื้นและอุณหภูมิโรงเรือนเพาะเห็ดขอนขาวผ่านเว็บบราวเซอร์ โดยได้ออกแบบโรงเรือนขนาด 2x2.3 เมตร เป็นโรงเรือนต้นแบบและเปรียบเทียบกับระบบโรงเรือนแบบเดิม โดยโรงเรือนต้นแบบได้ใช้คอนโทรลเลอร์ Arduino ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นผ่าน NETPIE เพื่อให้ตรวจสอบผ่านเว็บบราวเซอร์ได้ทุกที่ ผลการวิจัยพบว่า การควบคุมสภาพโรงเรือนให้เหมาะสมทำให้เห็ดขอนขาวมีผลผลิตเพิ่มขึ้น 11.9%

วีรศักดิ์ ฟองเงิน, สุรพงษ์ เพ็ชร์หาญ และ รัฐสิทธิ์ ยะจ่อ ได้จัดทำงานวิจัยเรื่อง การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีควบคุมฟาร์มอัจฉริยะในโรงเรือนเพาะเห็ดนางฟ้า ในงานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้ระบบ IoT ที่ใช้เซ็นเซอร์วัดประกอบด้วย วัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนเห็ดนางฟ้าและควบคุมการเปิดปิดปั้มน้ำให้สปริงเกอร์และพ่นหมอกแบบอัตโนมัติ และเซอร์วิสที่ใช้ในการ ส่งข้อมูลขึ้นระบบอินเตอร์เน็ตคือ NETPIE และเซอร์วิสย่อยคือ NETPIE freeboard ในการแสดงสถานะความชื้นและเวลาแบบเรลไทม์ (real time) และ NETPIE FEED ในการบันทึกข้อมูลความชื้นและเวลาและการดึงข้อมูลมาใช้งานคือ Node.JS ผ่านเซอร์วิส NETPIE REST API มาเป็นไฟล์ CSV ในส่วนแสดงสถานะการทำงานของการให้น้ำแบบสปริงเกอร์และพ่นหมอกแบบอัตโนมัติผ่านมือถือเครื่องควบคุมอุณหภูมิความชื้นในโรงเพาะเห็ดที่ได้จัดทำขึ้นนี้ สามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นโดยทำการปรับตั้งค่าทั้งสองจากชุดควบคุมซึ่งสามารถปรับตั้งค่าได้ตามการใช้งานจริงเพื่อให้ตรงตามความต้องการของเห็ดแต่ละชนิด ทำให้ผลผลผลิตเห็ดที่ได้ออกอย่างสม่ำเสมอ สามารถประหยัดเวลาในการให้น้ำในโรงเพาะเห็ดและทำงานสัมพันธ์ร่วมกับพัดลมระบายอากาศที่ติดตั้งภายในโรงเพาะเห็ด ทำให้อากาศในโรงเพาะเห็ดเกิดการถ่ายเทอุณหภูมิโดยรอบได้อย่างรวดเร็วโดยอาศัยการตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นจากอุปกรณ์ที่ติดตั้งไว้ภายในโรงเพาะเห็ดโดยสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับโรงเพาะเห็ดชนิดอื่นๆได้

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

ทวีป ตรีหะจินดารัตน์, ทศพร ปั้นจาด และ ปวรัชฎ์ คชรินทร์ ได้ทำงานวิจัยเรื่อง อินเตอร์เน็ตกับทุกสิ่งของสวนอัจฉริยะ โดยใช้เซ็นเซอร์ตรวจความชื้นในดินและอุณหภูมิในอากาศ ควบคุมการสั่งงานผ่านเครือข่ายไร้สายและแสดงผลข้อมูลความชื้นและอุณหภูมิบนเว็บบราวเซอร์ คือ NETPIE จากการทดสอบการทำงานของโครงงานอินเตอร์เน็ตกับทุกสิ่งของสวนอัจฉริยะ ซึ่งกระบวนการในการพัฒนานั้น ประกอบด้วย 3 กระบวนการ คือ 1. กระบวนการเขียนโปรแกรม 2. กระบวนการในการเชื่อมต่อเครือข่าย 3. กระบวนในการควบคุมอุปกรณ์เซ็นเซอร์และระบบจ่ายน้ำ ซึ่งปัญหาที่พบของการทำงานในระยะแรกคือการเชื่อมต่อของระบบเครือข่ายมีปัญหาไม่สามารถเชื่อมต่อได้ และ NodeMCU เกิดการรีเซ็ตตัวเองจากกระแสไฟเลี้ยงไม่เพียงพอ โดยในท้ายที่สุดการทำงานของโครงงานอินเตอร์เน็ตกับ ทุกสิ่งของสวนอัจฉริยะสามารถควบคุมการทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ โดยสามารถแสดงอุณหภูมิและ ความชื้นบนเว็บบราวเซอร์และควบคุมการจ่ายน้ำบนเว็บบราวเซอร์ได้

วิษณุ รมย์นุกูล และคณะ ได้นำเสนอกล่องเพาะเห็ดโคนน้อยด้วยระบบอัตโนมัติและสั่งงานผ่านสมาร์ทโฟน เพื่อควบคุมการเจริญเติบโตของเห็ดโคนน้อยด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ให้ทำหน้าที่พ่นหมอก และควบคุมพัดลมระบายอากาศ และควบคุมค่าความชื้นสัมพัทธ์ โดยควบคุมหากอุณหภูมิสูงกว่า 38 องศาเซลเซียส ระบบจะลดอุณหภูมิลงโดยส่งสัญญาณให้เครื่องพ่นหมอกทำงานเพื่อให้เกิดความชื้น และพบว่า ระบบที่ออกแบบสามารถทำตามเงื่อนไขที่ตั้งไว้และทำให้เห็ดโคนน้อยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 3.5 เซนติเมตร ซึ่งสูงกว่าระบบทั่วไปอย่างเห็นได้ชัด

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

บทที่ 3
การออกแบบ

ในการดำเนินงานวิจัย “ระบบควบคุมสำหรับการเพาะเห็ดในโรงเรือนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการศึกษาการเจริญเติบโตของเห็ดนางรมภูฏาน” ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามหัวข้อดังนี้

3.1 กรอบแนวคิดและผังการทำงาน

3.2 โครงสร้างและการออกแบบ

3.3 โรงเรือนเพาะเห็ดนางรมภูฏานที่พัฒนา

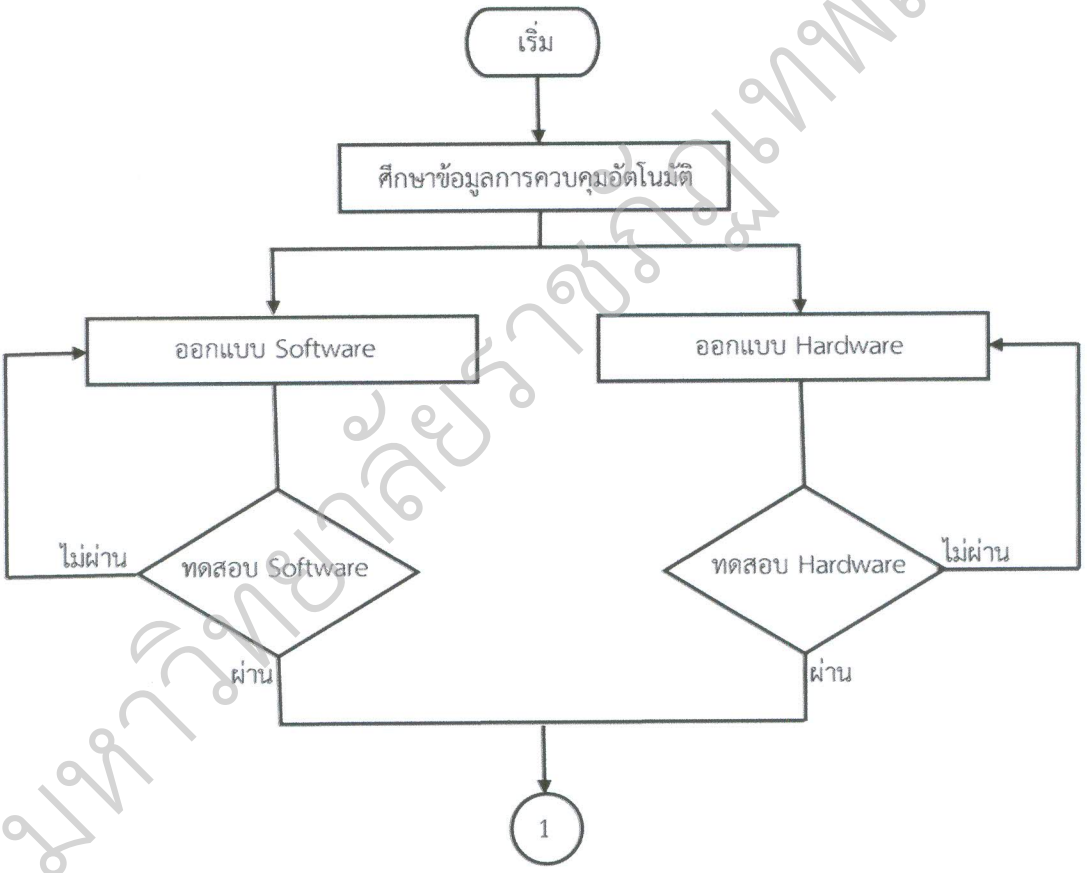
3.1 กรอบแนวคิดและผังการทำงาน

รูปที่ 3.1 กรอบแนวคิดงานวิจัย

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

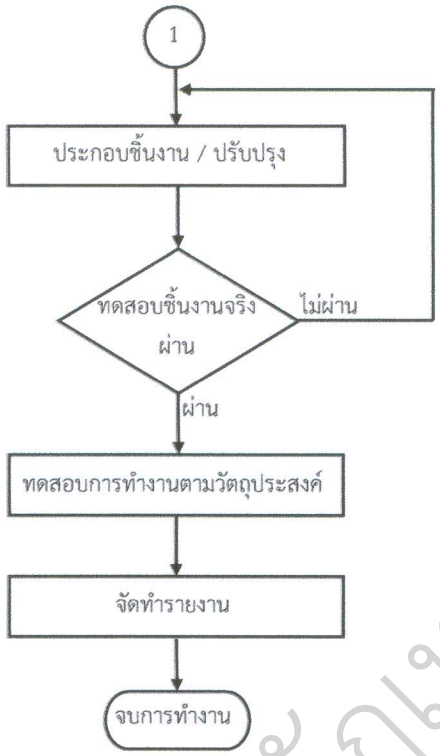
ในการดำเนินงานวิจัย “ระบบควบคุมสำหรับการเพาะเห็ดในโรงเรือนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการศึกษาการเจริญเติบโตของเห็ดนางรมภูฏาน” ผู้วิจัยได้ทำกรอบแนวคิดในการวิจัยดังรูปที่ 3.1 จากการศึกษา วิธีการเพาะเห็ดนางรมแบบเดิมที่ใช้กัน โดยพบว่าตัวแปรที่สำคัญคือการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนเพาะเห็ดให้เหมาะสมจะทำให้ผลผลิตออกมาดีและการดูแลไม่ให้เกิดเชื้อราจะช่วยให้ลดการสูญเสียของถุงเห็ดได้

การทำงานของกลุ่มโครงงานเริ่มต้นจากการวางแผนการทำงานโดยการศึกษาเนื้อหาที่จำเป็นและเกี่ยวข้องหลังจากนั้นจึงทำการออกแบบผ่านการปรึกษาที่ปรึกษาโครงงานและจึงดำเนินการจัดทำโครงงานและจัดทำเอกสารประกอบโครงงานโดยมีผังการทำงานดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการดำเนินการ

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี



รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการดำเนินการ (ต่อ)

3.2 โครงสร้างและการออกแบบ

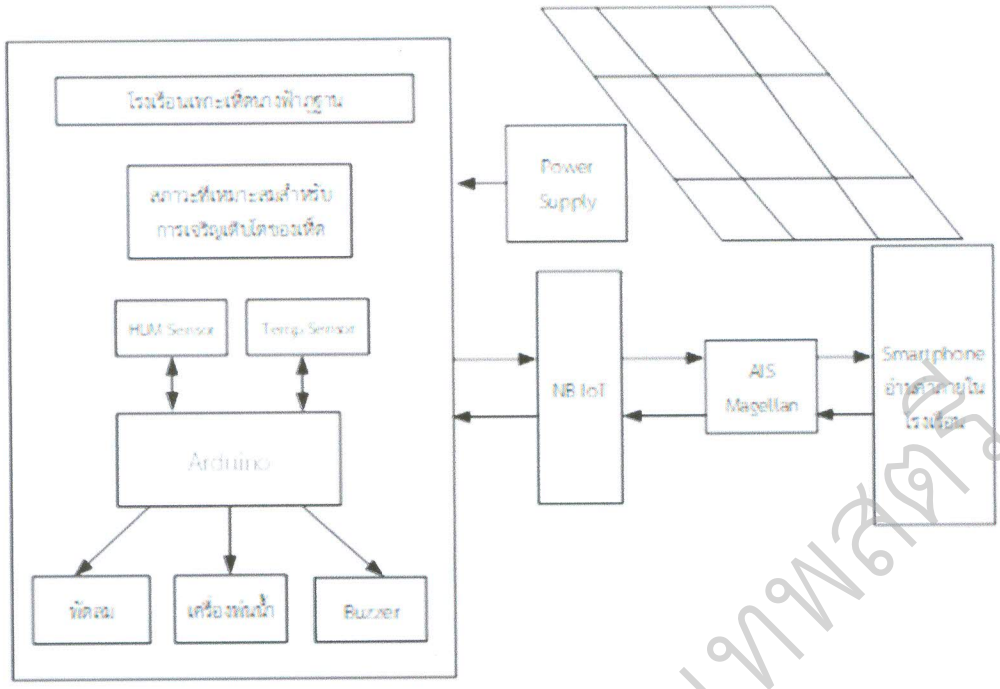
3.2.1 โครงสร้างระบบ

ในการออกแบบโครงงาน "ระบบควบคุมสำหรับการเพาะเห็ดในโรงเรือนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการศึกษาการเจริญเติบโตของเห็ดนางรมภูฏาน" กลุ่มโครงงานได้ออกแบบโครงสร้างของชิ้นงานไว้รายละเอียดดังรูปที่ 3.2 โดยจากการศึกษาข้อมูลในบทที่ 2 ที่ผ่านมาพบว่าปัจจัยสำคัญในการควบคุมคุณภาพของเห็ดในโรงเรือนคือการควบคุมค่าอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือน หากอุณหภูมิสูงเกินค่าที่เหมาะสมระบบจะต้องสามารถลดค่าอุณหภูมิและความชื้นได้ซึ่งทำให้เกิดแนวคิดในการพัฒนาระบบควบคุมและวิเคราะห์หาอุปกรณ์ที่เหมาะสมสำหรับนำมาใช้ในการจัดทำโครงงาน

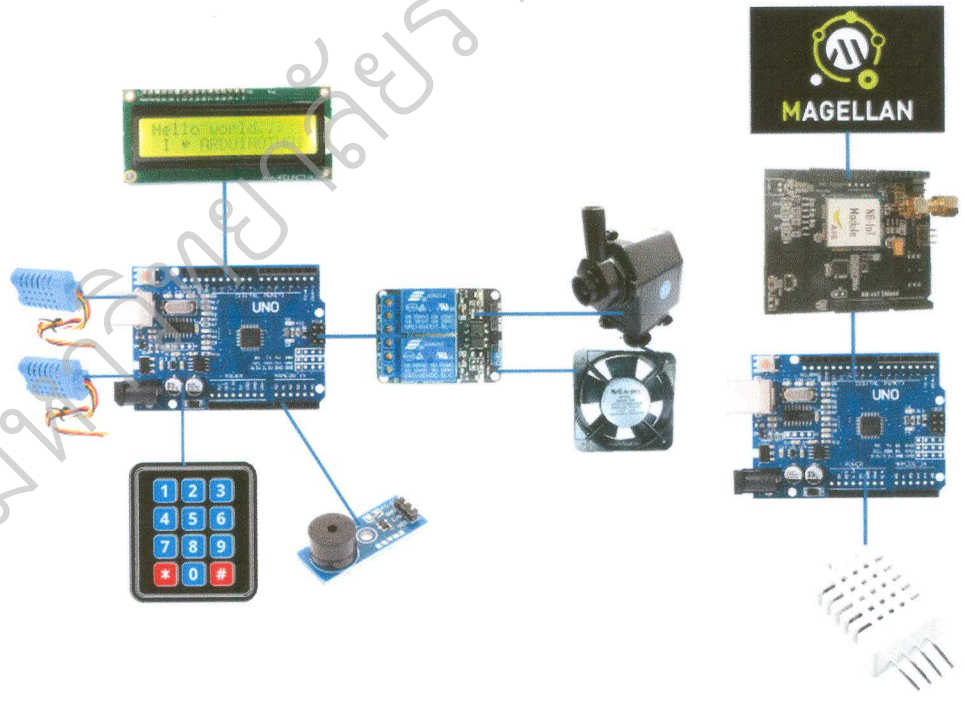
ในการทำงานของระบบประกอบด้วย ส่วนควบคุมประกอบไปด้วย คอนโทรลเลอร์ Arduino UNO R3 ซึ่งจะต้องรับค่าเงื่อนไขจากอุปกรณ์ฝั่ง Input คือ คีย์แพด (Keypad) ที่ใช้สำหรับการระบุค่าอุณหภูมิและความชื้นที่ต้องการกำหนด และเซนเซอร์ที่ใช้วัดอุณหภูมิและความชื้น และเมื่อเงื่อนไขการทำงานตรงกับโปรแกรมที่ตั้งไว้ ระบบจะต้องสั่งให้อุปกรณ์ฝั่ง Output ทำงาน เช่น การพ่นน้ำ, การเปิดพัดลมดูดอากาศ, การแสดงผลผ่านหน้าจอ LCD และการแสดงผลผ่านหน้าจอสมาร์ทโฟน

หลังจากการวิเคราะห์ข้อมูล และรูปแบบการทำงานแล้วจึงได้ออกแบบและจัดเตรียมอุปกรณ์ดังแสดงในรูปที่ 3.3

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี



รูปที่ 3.3 ผังโครงร่างออกแบบของระบบควบคุม “ระบบควบคุมสำหรับการเพาะเห็ดในโรงเรือนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการศึกษาการเจริญเติบโตของเห็ดนางรมภูฏาน”



รูปที่ 3.4 อุปกรณ์จริงที่ในการพัฒนา “ระบบควบคุมสำหรับการเพาะเห็ดในโรงเรือนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการศึกษาการเจริญเติบโตของเห็ดนางรมภูฏาน”

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

โครงสร้างโรงเรือนเพาะเห็ดนางรมภูฐาน ประกอบด้วยส่วน ดังนี้

1. เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น รุ่น AMT1001 และรุ่น DHT 22

2. Arduino Uno R3 ทำหน้าที่ประมวลผลคำสั่งตามที่ได้โปรแกรมได้และสั่งให้รีเลย์ทำงานตามคำสั่ง ซึ่งรับอินพุตมาจาก เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น

3. โมดูลรีเลย์ ทำหน้าที่ตัดต่อวงจร ใช้ในการควบคุมการเปิด-ปิดปั๊มน้ำและพัดลมระบายอากาศ

4. Buzzer ใช้ส่งสัญญานเสียง เมื่ออุณหภูมิต่างจากค่าที่กำหนดไว้

5. จอ LCD ใช้แสดงสถานะของอุณหภูมิและความชื้น

6. Key Pad ใช้ป้อนค่าอุณหภูมิและความชื้นที่ต้องการ

7. ปั๊มน้ำ ใช้ในการปั๊มน้ำจากถังขึ้นไปที่หัวพ่น สำหรับพ่นน้ำรดเห็ด

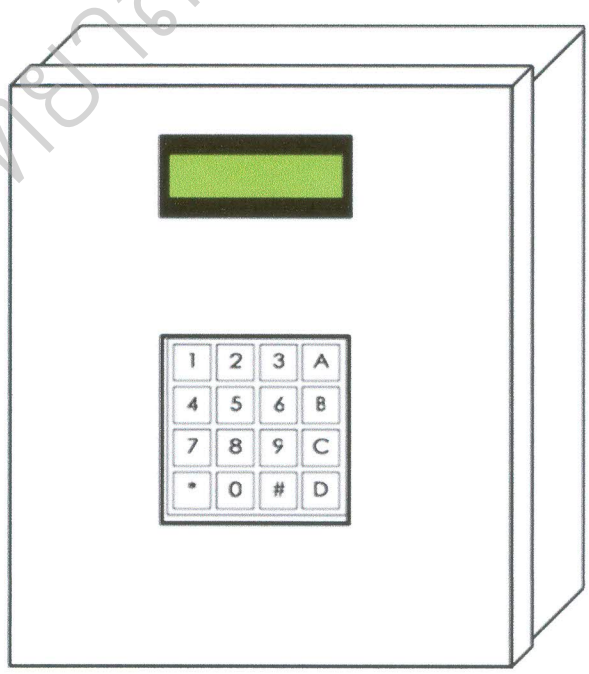
8. พัดลมระบายอากาศ ใช้ระบายอากาศเมื่ออุณหภูมิสูงกว่าที่กำหนด

9. บอร์ด NB IoT AIS เพื่อเชื่อมต่อกับเว็บบราวเซอร์ คือ AIS Magellan

10. หน่วยจ่ายพลังงานไฟฟ้าด้วยแสงอาทิตย์

3.2.2 ตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น

อุปกรณ์สำหรับการควบคุมจะถูกติดตั้งไว้ในตู้ควบคุมชนิดกันน้ำโดยลักษณะของตู้และรูปแบบของการติดตั้งเป็นดังรูปที่ 3.4 และ 3.5



รูปที่ 3.5 ตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

ภายในตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น มีลักษณะการต่อพอร์ท ดังนี้

4. เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นรุ่น AMT 1001 ต่อเข้ากับ I/O A0, A1, A2, A3 ของบอร์ด Arduino Uno R3 ตัวที่ 1

2. โมดูลรีเลย์ ต่อเข้ากับพอร์ท I/O 10,11 ของบอร์ด Arduino Uno R3 ตัวที่ 1

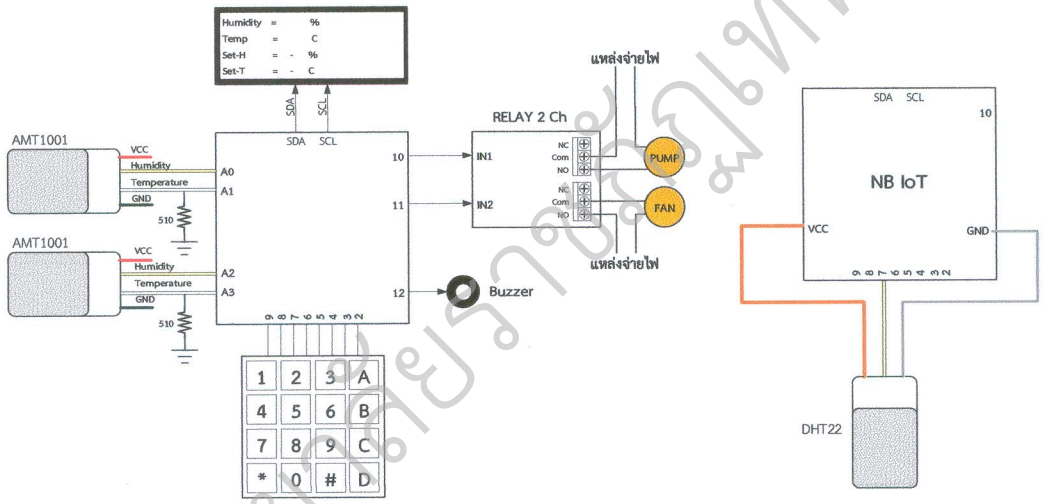
3. จอแสดงผล LCD 20*4 ต่อที่ I/O SDA,SCL ของบอร์ด Arduino Uno R3 ตัวที่ 1

4. Key Pad ต่อเข้ากับ I/O 2,3,4,5,6,7,8,9 ของบอร์ด Arduino Uno R3 ตัวที่ 1

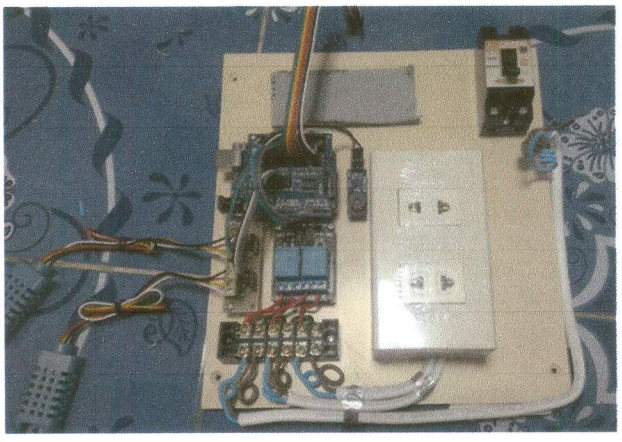
5. Buzzer ต่อเข้า I/O 12 ของบอร์ด Arduino Uno R3 ตัวที่ 1

6. บอร์ด NB IoT ต่อเข้ากับ I/O ของบอร์ด Arduino Uno R3 ตัวที่ 2 ในลักษณะประกบกันด้านบน (Arduino Shield)

7. เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นรุ่น DHT 22 ต่อเข้ากับพอร์ท 7 ของบอร์ด NB IoT

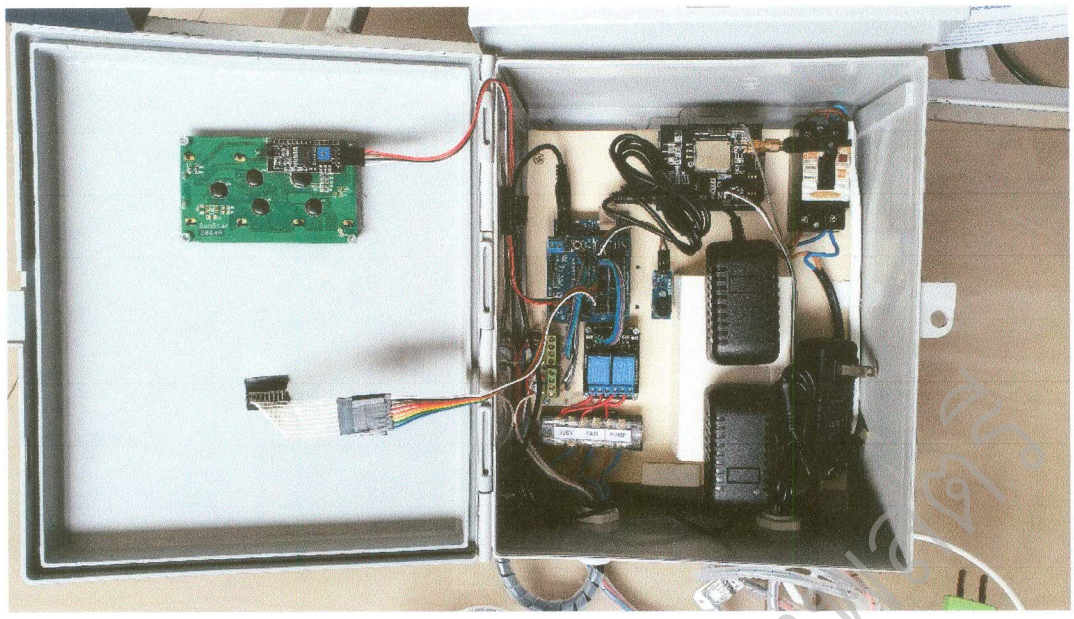


รูปที่ 3.6 อธิบายการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ภายในตู้ควบคุม

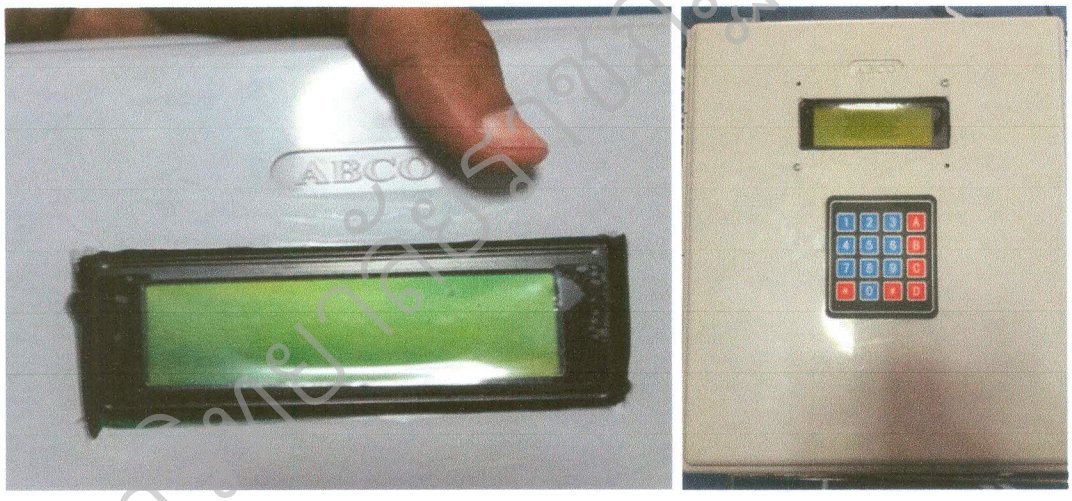


รูปที่ 3.7 ประกอบอุปกรณ์ตามแบบบนแผ่นอะคริลิคของตู้ควบคุม

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี



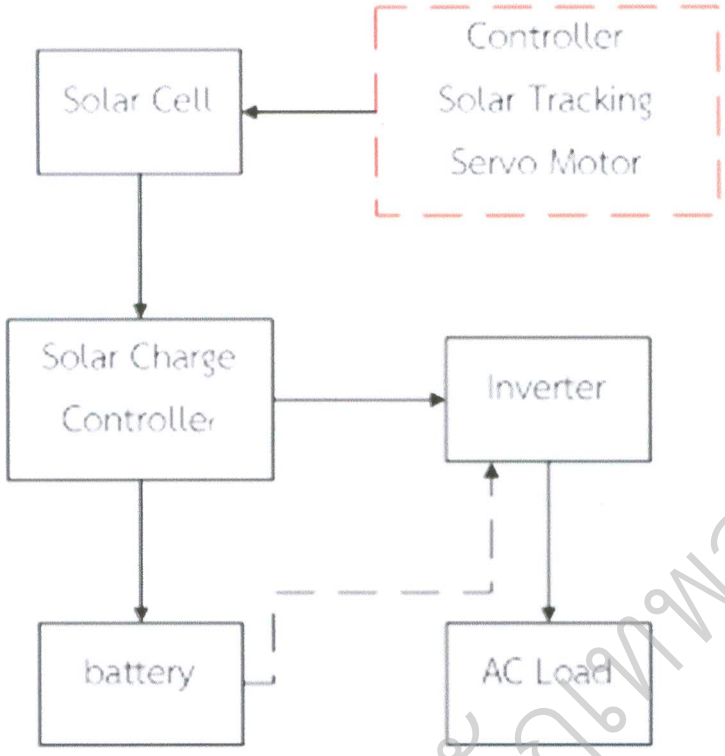
รูปที่ 3.8 ประกอบแผ่นที่ติดตั้งอุปกรณ์เข้ากับตู้

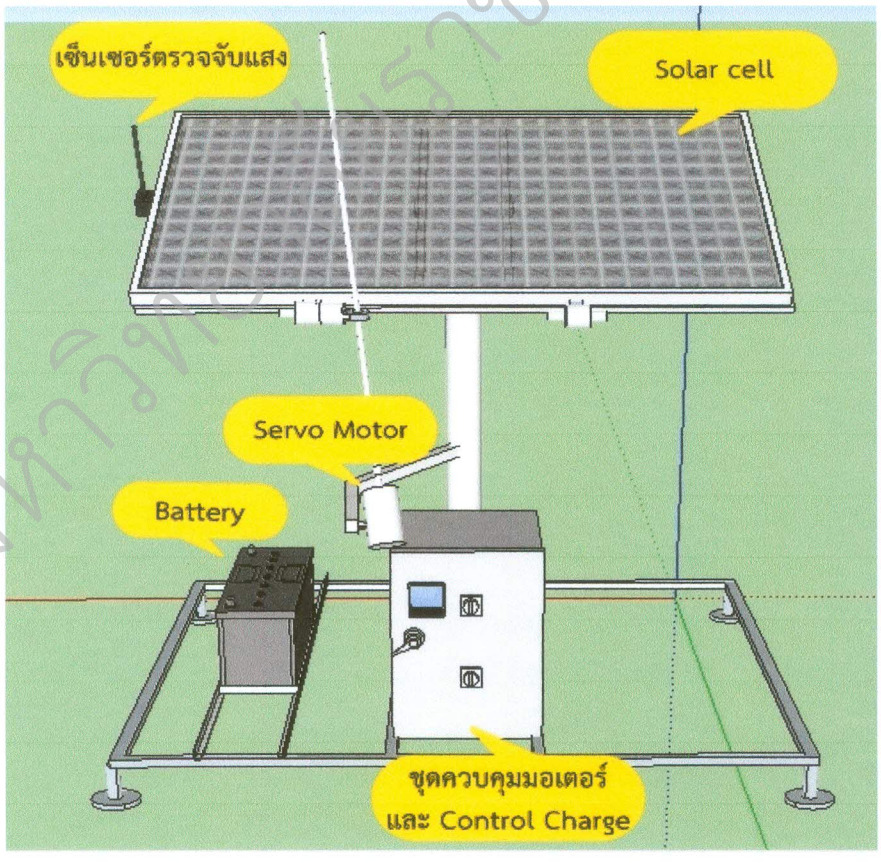


รูปที่ 3.9 ติดตั้งจอ LCD และ Key Pad ที่ฝาตู้ควบคุม

3.2.3 หน่วยจ่ายพลังงานไฟฟ้าด้วยแสงอาทิตย์

หน่วยจ่ายพลังงานไฟฟ้าด้วยแสงอาทิตย์ เป็นหน่วยสำหรับจ่ายไฟฟ้าสำหรับเลี้ยงระบบการทำงานของโรงเรือนเพาะเห็ดนางรมภูฏาน โดยสามารถจ่ายไฟฟ้าที่ผ่านการรักษาระดับแรงดันที่ 12 VDC ซึ่งเพียงพอต่อการใช้งานของเซนเซอร์ ปั๊มน้ำ และพัดลมภายในของโรงเรือนโดยการออกแบบและแบบร่างดังรูปที่ 3.11





รูปที่ 3.10 ผังการทำงานของหน่วยจ่ายพลังงานไฟฟ้าด้วยแสงอาทิตย์

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

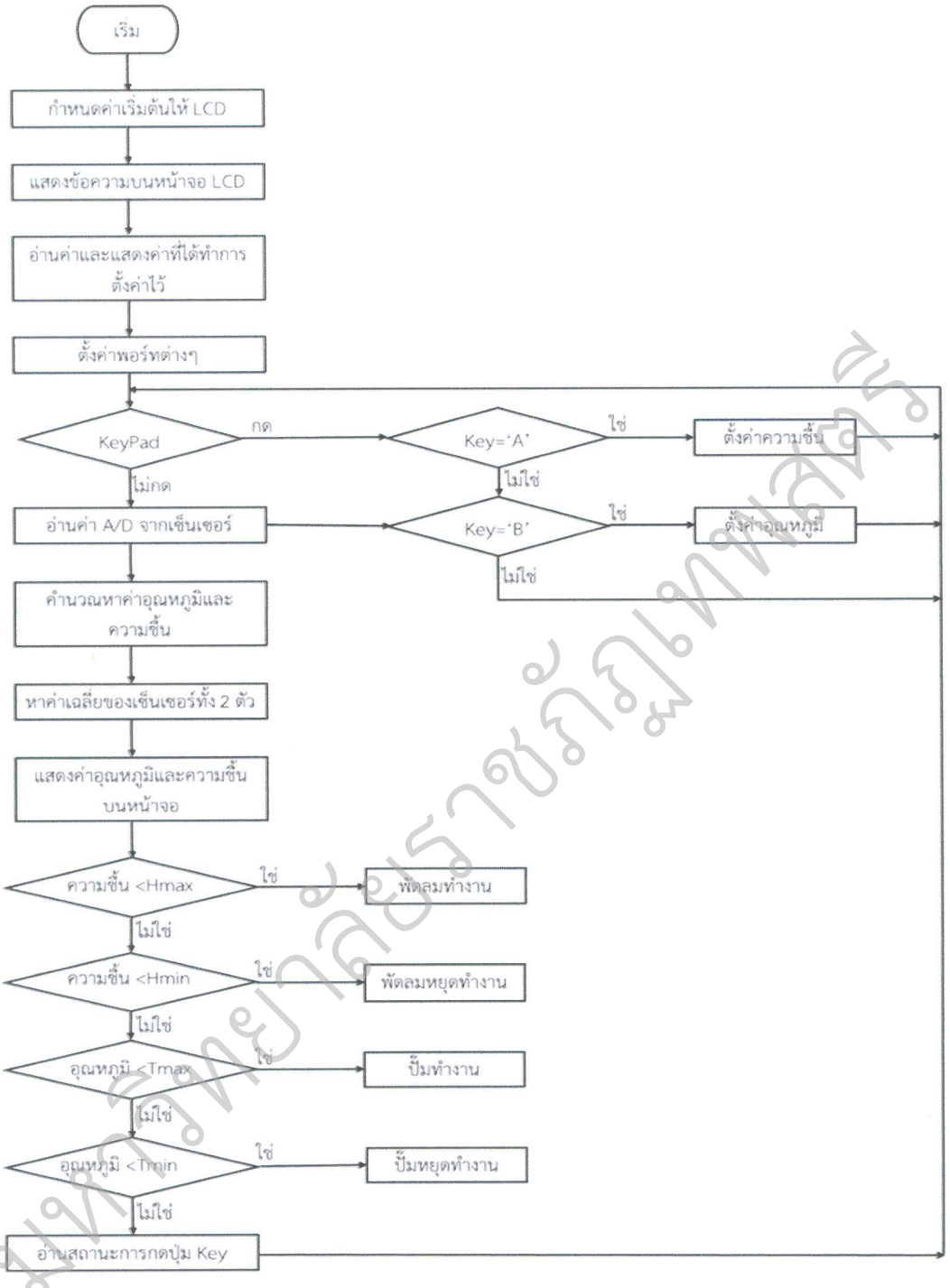
ตารางที่ 3.1 ข้อมูลแผงเซลล์แสงอาทิตย์

Maximum Power (Pmax)	40 Wp
Open Circuit Voltage (Voc)	21.96 V
Short Circuit Current (Isc)	2.54 A
Rated Voltage (Vmpp)	17.82 V
Rated Current (Impp)	2.27 A
Maximum System Voltage	1000 V

3.2.4 ผังการทำงานของโปรแกรม

หลังจากจัดการออกแบบและดำเนินงานในส่วนของอุปกรณ์แล้ว (Hardware) อีกส่วนที่ต้องปฏิบัติงานควบคู่กันไปคือในส่วนของชุดคำสั่งโปรแกรม หรือซอฟต์แวร์ (Software) ในการออกแบบเพื่อให้ “ระบบควบคุมสำหรับการเพาะเห็ดในโรงเรือนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการศึกษาการเจริญเติบโตของเห็ดนางรมภูฏาน” ทำงานอย่างถูกต้องคือ ทำตามเงื่อนไขของค่าอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมที่จะทำให้เห็ดเจริญเติบโตได้ดี ในการออกแบบสามารถสร้างเป็นผังการทำงานได้ดังรูปที่ 3.12

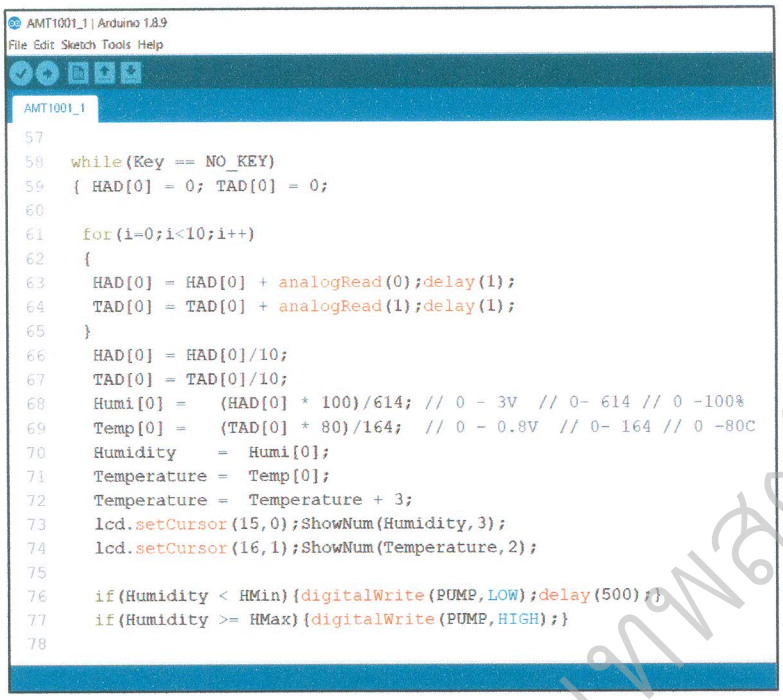
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี



รูปที่ 3.11 หลักการทำงานของโปรแกรม

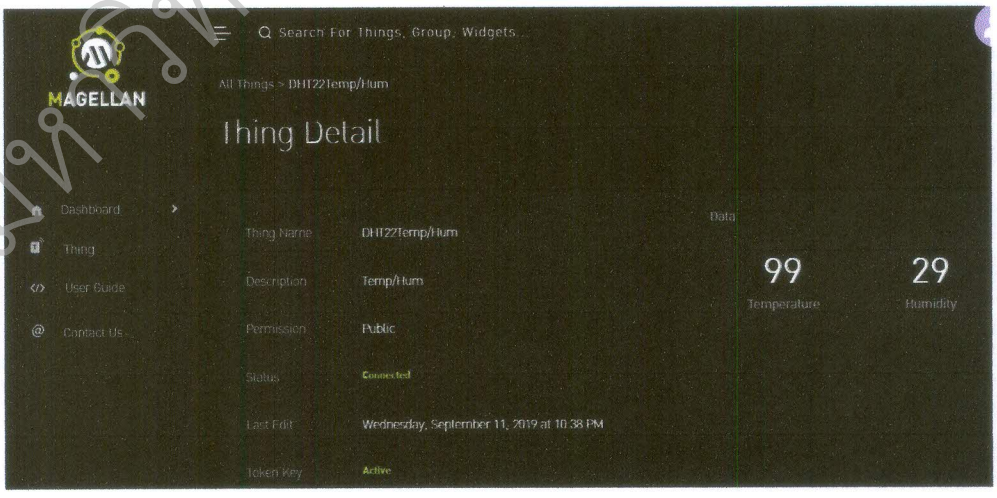
เมื่อออกแบบผังการทำงานของโปรแกรมสำหรับการควบคุมแล้วขั้นตอนถัดไปคือการเขียนโปรแกรมบน Arduino IDE โดยใช้ภาษา C/C+ ในการเขียน โดยสามารถศึกษาโปรแกรมตัวอย่างได้จากเว็บไซต์ aduino.cc และในกลุ่มของผู้ใช้งาน Arduino ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นโค้ดที่สามารถเผยแพร่ได้และไม่มีลิขสิทธิ์ ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมดังรูปที่ 3.10

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี



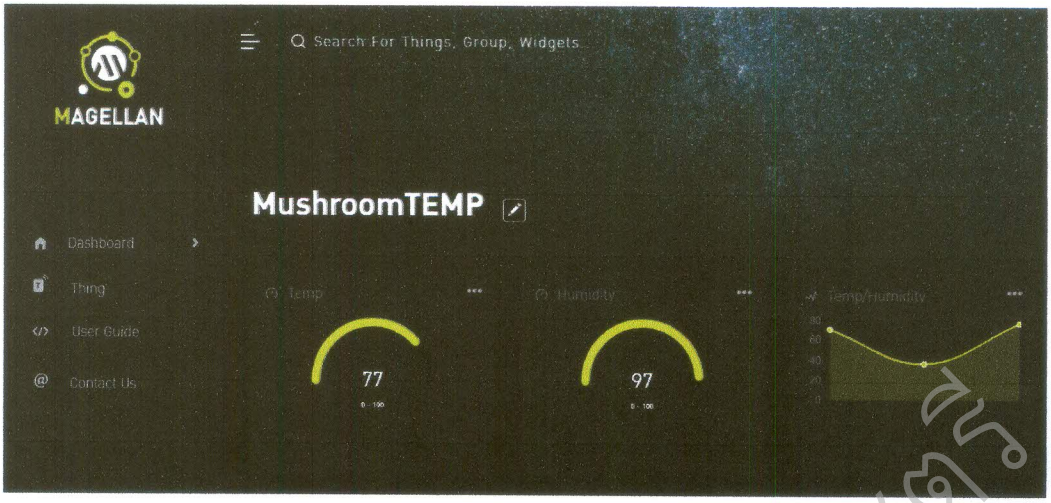
รูปที่ 3.12 ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมบน Arduino IDE

ขั้นตอนต่อมาคือการสร้าง Dashboard สำหรับการอ่านค่าสภาพแวดล้อม อุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนด้วยการส่งข้อมูลผ่าน NB-IoT AIS ที่กลุ่มโครงงานได้เลือก มาใช้งาน เมื่อทำการเชื่อมต่อโปรแกรมของ NB-IoT แล้ว สามารถใช้งานผ่าน AIS Magellan ได้ทันที โดยสามารถสร้าง Things และ Widgets สำหรับแสดงผลผ่านเว็บ ซึ่งสามารถดูได้ผ่าน แลปทอป (Laptop) และสามาร์ทโฟน ตัวอย่างการใช้งาน AIS Magellan ดังรูปที่ 3.11 และ 3.12



รูปที่ 3.13 การสร้าง Things บน AIS Magellan

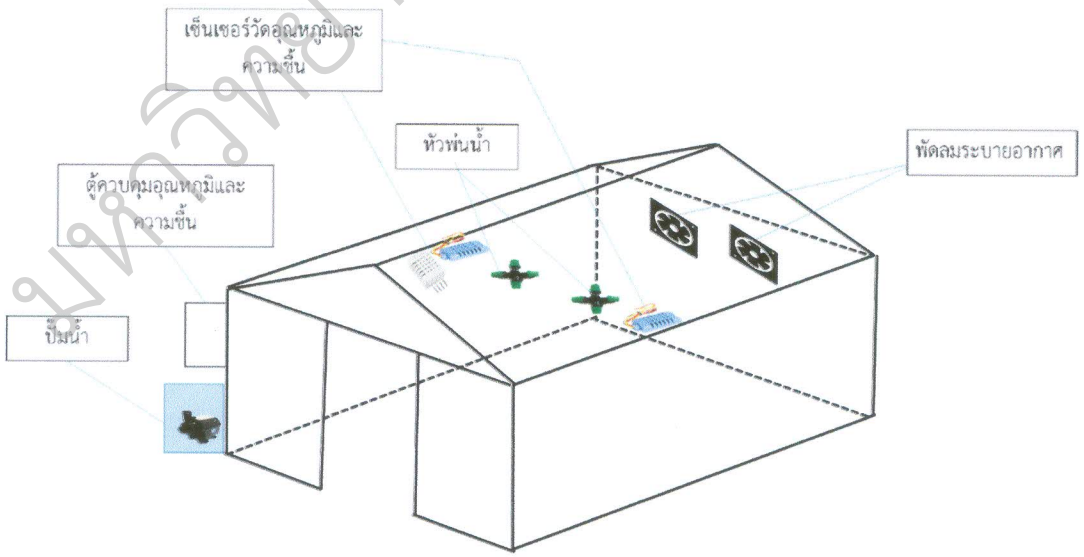
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี



รูปที่ 3.14 Widgets Things บน AIS Magellan ที่สร้างเสร็จแล้ว

3.2.4 โครงสร้างของโรงเรือน

โครงสร้างของโรงเรือนเพาะเห็ดนางฟ้าภูฐานอัจฉริยะ จะเป็นการนำท่อ PVC ขนาด 4 หุน มาตัดทำโครงโรงเรือนเพาะเห็ดโดยมีขนาดความกว้างที่ 1.43 เมตร และมีขนาดความสูงที่ 1.95 เมตร และนำข้อต่อต่างๆ มาประกอบเข้าด้วยกันเป็นเป็นทรงดังรูปที่ 3.6 โดยจะมีการทำชั้นวางเห็ด 2 ชั้น และมีการติดตั้งเซ็นเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้น 3 ตำแหน่งเพื่อเพิ่มความแม่นยำให้กับการวัดอุณหภูมิและความชื้นโดยมีการติดตั้งพัดลมระบายอากาศไว้ที่ผนังด้านหลังโรงเรือนและมีการติดตั้งหัวพ่นละอองน้ำเพื่อเพิ่มอุณหภูมิและความชื้น



รูปที่ 3.15 โครงสร้างของโรงเรือนเพาะเห็ดนางฟ้าภูฐานอัจฉริยะ

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

3.3 โรงเรือนเพาะเห็ดนางรมภูฐานที่พัฒนา

เมื่อประกอบชิ้นงานแล้ว จะได้ตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นและโรงเรือนเพาะเห็ด หลังจากนั้นนำทั้ง 2 ส่วนมาประกอบเข้าด้วยกัน จะได้เป็นระบบควบคุมสำหรับการเพาะเห็ดในโรงเรือนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการศึกษาการเจริญเติบโตของเห็ดนางรมภูฏานดังรูปที่ 3.17

รูปที่ 3.16 ระบบควบคุมการเจริญเติบโตของเห็ดนางรมภูฏานที่พัฒนาเสร็จสมบูรณ์

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

ในการดำเนินงานวิจัย “ระบบควบคุมสำหรับการเพาะเห็ดในโรงเรือนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการศึกษาการเจริญเติบโตของเห็ดนางรมภูฏาน” ผู้วิจัยได้ดำเนินการในการออกแบบและสร้างขึ้นมาเพื่อให้ตอบสนองกับวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ คือเพื่อพัฒนาระบบควบคุมการเพาะเห็ดนางรมภูฏานโดยใช้เทคโนโลยี IoT (Internet of Things) ที่มีการควบคุมสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเห็ดนางรมภูฏานเพื่อลดการสูญเสียระหว่างการเพาะเห็ดนางรมภูฏานซึ่งในบทนี้จะเป็นการทดลองและการวิเคราะห์ผลที่ได้จากการทดลอง โดยแบ่งหัวข้อดังนี้

4.1 ทดสอบการรดน้ำตามเงื่อนไขค่าความชื้นและอุณหภูมิที่กำหนด

4.2 ทดสอบการแสดงค่าความชื้นและอุณหภูมิผ่าน Magellan

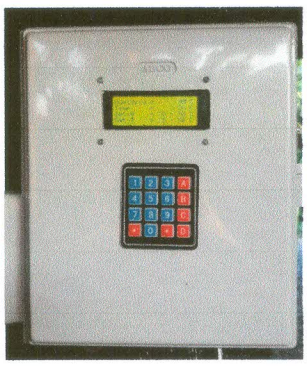
4.3 การเผยแพร่ข้อมูลงานวิจัย

4.1 ทดสอบการรดน้ำตามเงื่อนไขค่าความชื้นและอุณหภูมิที่กำหนด

“ระบบควบคุมสำหรับการเพาะเห็ดในโรงเรือนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการศึกษาการเจริญเติบโตของเห็ดนางรมภูฏาน” ที่พัฒนาขึ้นโดยใช้ Arduino ควบคุมการทำงานของระบบรดน้ำ โดยระบบสามารถตั้งการทำงานของปั๊มน้ำได้ด้วยการตั้งค่าเงื่อนไขความชื้นและอุณหภูมิที่กำหนด และจากการที่โรงเรือนไม่ได้มีระบบที่ปิดทึบทั้งหมด การตรวจวัดปริมาณของ CO_2 จึงแทบไม่มีผลต่อการทดลอง ดังนั้นในการทดลองจึงพิจารณาแค่ค่าความชื้นลุณหภูมิเท่านั้น ในส่วนของการทดลองแสดงตามลำดับดังนี้

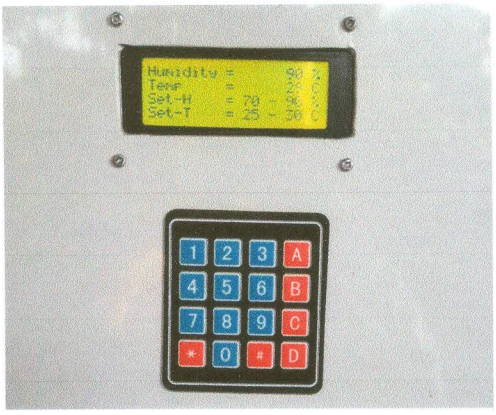
4.1.1 การกำหนดเงื่อนไขความชื้นและอุณหภูมิที่กำหนด

สามารถตั้งค่าคือ กดปุ่ม ‘A’ เพื่อตั้งค่าความชื้นที่ 70-90% แล้วกดปุ่ม # เพื่อยืนยัน และกดปุ่ม ‘B’ เพื่อตั้งค่าอุณหภูมิที่ 25-30 องศาเซลเซียส แล้วกดปุ่ม # เพื่อยืนยัน



รูปที่ 4.1 วิธีการตั้งค่าอุณหภูมิและความชื้น

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

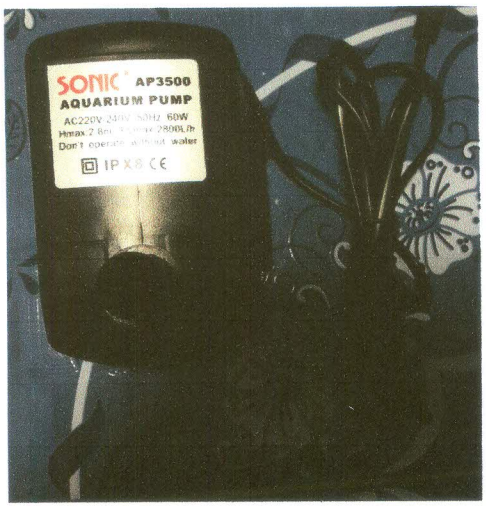


รูปที่ 4.2 กำหนดค่าอุณหภูมิและความชื้น

หลังจากตั้งค่าเสร็จแล้วจึงทำการตรวจสอบการทำงานของโปรแกรม โดยเมื่อค่าของอุณหภูมิและความชื้นตรงตามเงื่อนไจที่ตั้งไว้ Relay ที่ต่อกับปั๊มน้ำ จะทำงานเพื่อสั่งให้ ปั๊มน้ำรดน้ำดังรูปที่ 4.3

รูปที่ 4.3 Relay ที่ต่อกับปั๊มน้ำ

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี



รูปที่ 4.4 ปั๊มน้ำที่ใช้ ยี่ห้อ SONIC รุ่น AP3500

ผลการทดสอบการทำงานการรดน้ำตามการตั้งค่าอุณหภูมิและความชื้นของชุดควบคุมปั๊มน้ำ แสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 การทดสอบการทำงานตามการตั้งค่าอุณหภูมิและความชื้นที่กำหนด

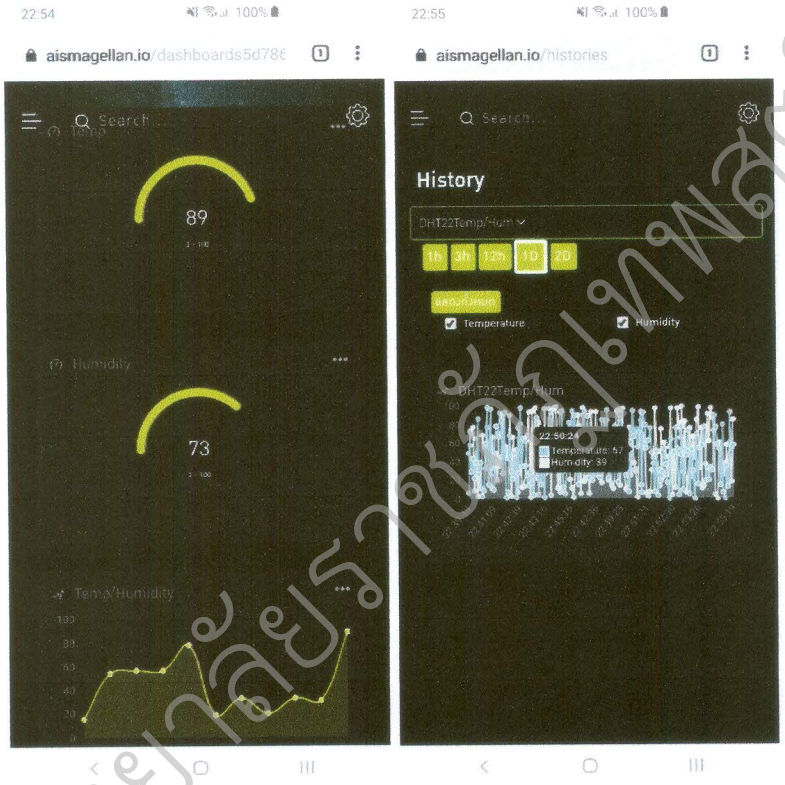
อุณหภูมิ	ความชื้น (%)	สถานะ Relay	ปั๊มน้ำ	ผลการทำงาน
27	90	OFF	OFF	ปกติ
28	90	OFF	OFF	ปกติ
29	90	OFF	OFF	ปกติ
30	89	OFF	OFF	ปกติ
31	85	ON	ON	ปกติ
32	85	ON	ON	ปกติ
35	80	ON	ON	ปกติ

จากตารางที่ 4.1 การทดสอบการทำงานตามการตั้งค่าอุณหภูมิและความชื้นที่กำหนด พบว่าระบบสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องไม่มีข้อผิดพลาดโดยค่าความชื้นที่อยู่ระหว่าง 70-90% รีเลย์จะไม่ทำงาน และ ค่าอุณหภูมิที่ 25-30 องศาเซลเซียส รีเลย์จะไม่ทำงานเช่นกันและเมื่อครบ 30 วัน ระบบจะฉีดน้ำส้มควันไม้เป็นละออกพ่นในโรงเรือนด้วยซึ่งดำเนินการตามปกติเช่นกัน

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

4.2 ทดสอบการแสดงค่าความชื้นและอุณหภูมิผ่าน Magellan

"ระบบควบคุมสำหรับการเพาะเห็ดในโรงเรือนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการศึกษาการเจริญเติบโตของเห็ดนางรมภูฏาน" ที่ได้พัฒนาขึ้นโดยใช้ Arduino ควบคุมการทำงานของระบบรดน้ำ โดยระบบสามารถตั้งการทำงานของปั๊มน้ำได้ด้วยการตั้งค่าเงื่อนไขความชื้นและอุณหภูมิที่กำหนด และยังสามารถดูสถานะค่าของความชื้นและอุณหภูมิ โดยแสดงผ่าน Magellan ได้ผลการทดสอบดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 การแสดงผลบนหน้าจอสมาร์ทโฟน ผ่านหน้า Dashboard Magellan

หลังจากทดสอบการทำงานของระบบแล้วจึงได้ทำการทดลองเก็บเกี่ยวผลผลิตจากการเพาะเห็ดนางรมภูฏานด้วยโรงเรือนและระบบควบคุมที่พัฒนา โดยในการเก็บผลการทดลองใช้ระยะเวลาทั้งหมด 45 วัน สามารถวางก้อนเห็ดได้ทั้งหมด 2 รุ่นโดยนำผลผลิตที่ได้เทียบกับค่าความยาวกับขนาดเห็ดปกติมาตรฐานที่รับซื้อกันในตลาดเฉลี่ยที่ 10 เซนติเมตร

เห็ดแต่ละก้อนจะมีรอบอายุอยู่ที่ประมาณ 5-6 เดือนขึ้นกับหลายปัจจัย ในการทดลองครั้งนี้เริ่มวางก้อนเห็ดเมื่อวันที่ 5 มีนาคม 2562 และปล่อยให้ระบบดำเนินการเอง และเข้ามาตรวจสอบดูการเจริญเติบโตของเห็ด โดยเริ่มนับรอบตัดเมื่อเห็ดมีความยาวที่ประมาณ 10 เซนติเมตร โดยเริ่มเก็บเกี่ยวผลผลิตแรกได้ในวันที่ 9 เมษายน 2562 และเก็บผลของการทดลองให้ครบในรอบ 1 เดือน สามารถเก็บเห็ดจำนวน 6 รอบ ซึ่งเห็ดออกผลครบทั้ง 100 ก้อน ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.2

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ตารางที่ 4.2 ขนาดของเห็ดนางรมภูฐานที่เก็บเกี่ยวตามรอบในช่วงเวลา 1 เดือน

วันที่เริ่มเพาะเห็ด	วันที่เก็บเกี่ยว	สภาพเห็ด	ความยาว (cm)
05/03/62	09/04/62		9.5-10.5
	14/04/62		9-10.5
	18/04/62		10-11.3
	22/04/62		10-11.5
	26/04/62		9.5-11.2
	30/04/62		9.4-11.1
ขนาดยาวเฉลี่ย			**11.01**

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

จากตารางที่ 4.2 ขนาดของผลผลิตแต่ละรอบที่ได้จากการใช้ “โรงเรือนเพาะเห็ดนางฟ้าภูฐานอัจฉริยะ” เห็ดนางฟ้าภูฐานมีขนาดความยาวเฉลี่ยในรอบตัด 1 เดือน คือ 11.01 เซนติเมตร ซึ่งได้สูงกว่าค่ามาตรฐานใกล้เคียงโดยทั่วไปในท้องตลาดที่เห็ดจะต้องมีขนาด 10 เซนติเมตร

รูปที่ 4.6 เห็ดนางรมภูฐานที่ปลูกโดยการควบคุมอุณหภูมิและความชื้น

(ก) เห็ดนางฟ้าภูฐานที่เพาะในโรงเรือนที่ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น

(ข) เห็ดนางฟ้าภูฐานที่เพาะในโรงเรือนทั่วไป

รูปที่ 4.7 ผลผลิตของเห็ดนางรมภูฐานที่ได้

ตารางที่ 4.3 ตารางการเปรียบเทียบผลผลิตของเห็ดนางฟ้าภูฐานที่เพาะใน "โรงเรือนเพาะเห็ดนางฟ้าภูฐานอัจฉริยะ" กับโรงเรือนเพาะเห็ดทั่วไปภายในระยะเวลา 1 เดือน

การเปรียบเทียบ	โรงเรือนเพาะเห็ดนางฟ้าภูฐานอัจฉริยะ	โรงเรือนเพาะเห็ดทั่วไป	ส่วนต่าง
ระยะเวลาที่เห็ดโตจนสามารถเก็บขายได้ ความยาวประมาณ 10 เซนติเมตร	4 วัน	5-7 วัน	2-3 วัน
จำนวนรอบที่เก็บผลผลิตที่ได้ในระยะเวลา 1 เดือน	6 รอบ/เดือน	4-5 รอบ/เดือน	1-2 รอบ
น้ำหนักเฉลี่ยที่เก็บได้ต่อรอบ	2.5 กิโลกรัม	1.9 กิโลกรัม	ประมาณ 600 กรัม
ราคาขายเห็ดนางฟ้าภูฐานตามท้องตลาด	80 บาท/กิโลกรัม	80 บาท/กิโลกรัม	ราคาตามท้องตลาด
รายได้ต่อเดือน/ก้อนเห็ด 100 ก้อน	2.5 กก.x80 บาท x 6 รอบ = 1,200 บาท/เดือน	1.9 กก.x80 บาท x 5 รอบ = 760 บาท/เดือน	440 บาท
รายได้ต่อเดือน/ก้อนเห็ด 1,000 ก้อน	25 กก.x80 บาท x 6 รอบ = 12,000 บาท/เดือน	19 กก.x80 บาท x 6 รอบ = 7,600 บาท/เดือน	4,400 บาท

จากตารางที่ 4.3 การเปรียบเทียบผลผลิตของเห็ดนางฟ้าภูฐานที่เพาะในโรงเรือนเพาะเห็ดนางฟ้าภูฐานอัจฉริยะกับโรงเรือนเพาะเห็ดทั่วไปภายในระยะเวลา 1 เดือน พบว่ามีประสิทธิภาพที่สูงกว่าแบบทั่วไปในทุกด้านและข้อแตกต่างที่เห็ดได้ชัดคือ ระยะเวลาในการเก็บผลผลิตแต่ละรอบใช้ระยะเวลาประมาณ 4 วัน ซึ่งเร็วกว่าปกติที่ใช้เวลาประมาณ 5-7 วัน จึงทำให้เกษตรกรได้ผลผลิตที่เพิ่มขึ้น ในระหว่างการทดลองได้ทำการเปรียบเทียบระหว่างผลผลิตของเห็ดนางฟ้าภูฐานที่ได้จากการเพาะในโรงเรือนที่ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่สร้างขึ้นกับโรงเรือนทั่วไปที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นว่าให้ผลแตกต่างกันอย่างไร โดยการสอบถามจากเกษตรกรผู้เพาะเห็ดนางฟ้าภูฐานในชุมชนและจดบันทึกข้อมูล ผลการเปรียบเทียบพบว่า ผลผลิตของเห็ดที่เพาะใน "โรงเรือนเพาะเห็ดนางฟ้าภูฐานอัจฉริยะ" มีคุณภาพมากกว่าเห็ดที่เพาะในโรงเรือนทั่วไป โดยที่เมื่อใช้เห็ด 100 ก้อนเท่ากัน จะเก็บได้จำนวนรอบที่ออกดอกมากกว่า เพราะออกดอกเร็วกว่า และน้ำหนักเห็ดที่เก็บได้ต่อรอบให้ปริมาณน้ำหนักที่มากกว่า

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

4.3 การเผยแพร่ข้อมูลงานวิจัย

ภายหลังจากการทดลอง “ระบบควบคุมสำหรับการเพาะเห็ดในโรงเรือนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการศึกษาการเจริญเติบโตของเห็ดนางรมภูฏาน” จนได้ผลเป็นที่พอใจและสอดคล้องกับสมมติฐานแล้วนั้น ผู้วิจัยได้นำโปรแกรมและชุดควบคุม ไปทดลองใช้ที่ไร่คุณณรงค์ศักดิ์ ประจุดธะสี บ้านท่าสงกรานต์ ต.ในเมือง อ.พิมาย จ.นครราชสีมา เมื่อวันที่ 6 กรกฎาคม 2562 และปล่อยให้ระบบดำเนินการเอง และเข้ามาตรวจสอบดูการเจริญเติบโตของเห็ด โดยเริ่มนับรอบตัดเมื่อเห็ดมีความยาวที่ประมาณ 10 เซนติเมตร โดยเริ่มเก็บเกี่ยวผลผลิตแรกได้ในวันที่ 10 สิงหาคม 2562 และเก็บผลของการทดลองให้ครบในรอบ 1 เดือน สามารถเก็บเห็ดจำนวน 6 รอบ ซึ่งเห็ดออกผลครบทั้ง 100 ก้อน ผลการทดลองใกล้เคียงกับการทดลองที่ลพบุรีและได้มีความเห็นว่า อุปกรณ์ควบคุมที่พัฒนาเหมาะสมกับการเพาะเห็ดและใช้ในการเกษตรได้จริงและเมื่อทดลองแล้วผู้วิจัยจึงได้จัดทำบทความวิจัย “ระบบควบคุมการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้าภูฐานและการประยุกต์ใช้ NB-IoT สำหรับตรวจสอบสภาพแวดล้อมในโรงเรือน” นำเสนอต่อที่ประชุมวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ระดับชาติ ครั้งที่ 5 (The 5th National Conference of Industrial Technology : 5th I TECH CON) ในหัวข้อ “การพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมเพื่อท้องถิ่นเข้มแข็งอย่างยั่งยืน” ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง จังหวัดราชบุรี ในวันที่ 11 ธันวาคม 2562 โดยผู้วิจัยได้แนบเอกสารการตอบรับบทความในภาคผนวก

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

ในการดำเนินงานวิจัย “ระบบควบคุมสำหรับการเพาะเห็ดในโรงเรือนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการศึกษาการเจริญเติบโตของเห็ดนางรมภูฏาน” ผู้วิจัยได้ตั้งวัตถุประสงค์ คือ เพื่อพัฒนาชุดระบบควบคุมการเพาะเห็ดนางรมภูฏานโดยใช้แหล่งพลังงานไฟฟ้าแสงอาทิตย์ เพื่อออกแบบเทคโนโลยีการควบคุมการเพาะเลี้ยงเห็ดให้เจริญเติบโตอย่างเหมาะสม เพื่อลดเวลาการทำงานในการเพาะเห็ดและต้นทุน และเพิ่มประสิทธิภาพของผลิตเห็ดนางรมภูฏาน โดยควบคุมการเพาะเห็ดนางรมภูฏานด้วยเทคโนโลยี IoT (Internet of Things) และสามารถตรวจสอบผ่านสมาร์ทโฟนได้ และได้ผลผลิตไม่น้อยกว่า 80% ซึ่งหลังจากทดลองการทำงานและเก็บผลการทดลองแล้วในบทนี้จะเป็นการสรุปผลและข้อเสนอแนะที่ได้จากการทดลอง โดยแบ่งหัวข้อดังนี้

5.1 สรุปผล

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

ในการทำโครงงาน “ระบบควบคุมสำหรับการเพาะเห็ดในโรงเรือนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการศึกษาการเจริญเติบโตของเห็ดนางรมภูฏาน” ที่ได้พัฒนาขึ้นโดยใช้ Arduino ควบคุมการทำงานของระบบรดน้ำ โดยระบบสามารถตั้งการทำงานของปั๊มน้ำได้ด้วยการตั้งค่าเงื่อนไขความชื้นและอุณหภูมิที่กำหนด ในด้านการทำงานของระบบพบว่า ระบบสามารถทำงานได้ถูกต้องตามเงื่อนไขที่ตั้งไว้ เมื่อมีค่าอุณหภูมิสูงกว่า 30 องศาเซลเซียส ระบบจะสั่งการให้รดน้ำภายในโรงเพาะเห็ดให้อยู่ในช่วง 25-30 องศาเซลเซียส และความชื้นหากมากกว่า 90% พัดลมจะทำการดูดอากาศเข้ามาให้อยู่ภายในช่วง 70-90% และสามารถตรวจสอบสภาพของอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนได้จากการใช้เทคโนโลยี IoT โดยใช้งาน NB-IoT AIS ดูผลผ่าน AIS Magellan Dashboard ซึ่งสามารถแสดงผลได้ทั้งในแลปทอป และสมาร์ทโฟน

ในด้านของผลผลิตที่เก็บเกี่ยวในรอบ 1 เดือน พบว่า เห็ดนางรมภูฏานที่เพาะใน “ระบบควบคุมสำหรับการเพาะเห็ดในโรงเรือนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการศึกษาการเจริญเติบโตของเห็ดนางรมภูฏาน” มีคุณภาพและประสิทธิภาพที่สูงกว่าแบบทั่วไป โดยในด้านของความยาวของเห็ดมีค่าเฉลี่ย 11.01 เซนติเมตร ซึ่งสูงกว่าค่าทั่วไปที่เฉลี่ย 10 เซนติเมตร ในด้านระยะเวลาในการเก็บผลผลิตแต่ละรอบสามารถลดระยะเวลาลงได้โดยใช้ระยะเวลาประมาณ 4 วัน ซึ่งโรงเรือนทั่วไปใช้ระยะเวลา 5-7 วัน การสอบถามจากเกษตรกรผู้เพาะเห็ดนางรมภูฏานในชุมชน ผลการเปรียบเทียบพบว่า ผลผลิตของเห็ดที่เพาะใน “ระบบควบคุมสำหรับการเพาะเห็ดในโรงเรือนด้วยพลังงาน

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

แสงอาทิตย์สำหรับการศึกษาการเจริญเติบโตของเห็ดนางรมภูฏาน" มีคุณภาพมากกว่าเห็ดที่เพาะในโรงเรือนทั่วไป โดยที่เมื่อใช้เห็ด 100 ก้อนเท่ากัน จะเก็บได้จำนวนรอบที่ออกดอกมากกว่า เพราะออกดอกเร็วกว่า และน้ำหนักเห็ดที่เก็บได้ต่อรอบให้ปริมาณน้ำหนักที่มากกว่าทำให้เกษตรกรได้ผลผลิตที่มากกว่าและสามารถเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรได้

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

ในการดำเนินการสร้างชุดอุปกรณ์ตั้งแต่เริ่มต้น จนถึงการทดลอง ทางผู้วิจัยได้เจอปัญหาและอุปสรรคดังนี้

5.2.1 อุณหภูมิสูง เพราะปีที่ทำการทดลองอากาศร้อนมาก ทำให้ต้องรดน้ำบ่อยจึงทำให้น้ำในถังไม่เพียงพอต้องตรวจสอบปริมาณน้ำบ่อยๆ

5.2.2 ระบบแสดงผลผ่าน NB-IoT ยังไม่สามารถสั่งการทำงานผ่าน Dashboard Magellan ได้ จึงทำได้แค่ดูผลลัพธ์เท่านั้น

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 "ระบบควบคุมสำหรับการเพาะเห็ดในโรงเรือนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการศึกษาการเจริญเติบโตของเห็ดนางรมภูฏาน" สามารถนำไปใช้ในการเกษตรชนิดอื่นได้โดยต้องตรวจสอบสภาพของความต้องการของพืชชนิดนั้นๆ

5.3.2 "ระบบควบคุมสำหรับการเพาะเห็ดในโรงเรือนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการศึกษาการเจริญเติบโตของเห็ดนางรมภูฏาน" ควรเพิ่มระบบการฉีดปุ๋ย และระบบแสงเพื่อเพิ่มผลผลิตสำหรับพืชบางชนิด

5.3.3 ในการนำระบบ IoT มาใช้งานมีหลายรูปแบบควร และในอนาคตควรนำมาประยุกต์ใช้งานกับการเกษตรทุกๆแบบ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเพาะปลูก

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

บรรณานุกรม

[1] กลุ่มงานขยายผล ศูนย์การศึกษาการพัฒนาภูพานอันเนื่องมาจากพระราชดำริ, "การเพาะเห็ดเศรษฐกิจและเห็ดพื้นเมือง", สืบค้นเมื่อ 3 กันยายน 2561, สืบค้นจาก http://www.royal.rid.go.th/phupan

[2] ศรานนท์ เจริญสุข, "คู่มือการเพาะเห็ด", สำนักพิมพ์ส่งเสริมอาชีพธุรกิจเพชรกะรัต (พิมพ์ครั้งที่ 1), 2537.

[3] วิริยะ ทองทัพ และ ดวงอาทิตย์ ศรีมูล, "ระบบควบคุมความชื้นและอุณหภูมิ", การประชุมวิชาการงานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ครั้งที่ 10 (10th ECTI-CARD 2018), 26-29 มิถุนายน 2561.

[4] วิษณุ รมย์นุกูล และคณะ, "กล่องเพาะเห็ดโคนน้อยควบคุมด้วยระบบอัตโนมัติและสั่งงานผ่านสมาร์ทโฟน", การประชุมวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมระดับชาติ ครั้งที่ 4, 12-13 กรกฎาคม 2561.

[5] น้ำส้มควันไม้, สืบค้นจาก https://www3.rdi.ku.ac.th/?p=34938

[6] http://archive.cmmakerclub.com/2015/06/micro/arduino-2/การเพาะปลูกแบบ-smart-farm/.

[7] http://www.smartfarmdiy.com/.

[8] https://www.tci-thaijo.org/index.php/itm-journal/article/dowload/140258/104041/+&cd=9&hl=th&ct=clnk&gl=th

[9] https://www.tci-thaijo.org/index.php/ltech/article/download/29386/25404

[10] http://jes.rtu.ac.th/rtunc2017/pdf/Oral%20Presentation/Oral%20กลุ่ม%202%20วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี/OST_93_full

[11] http://www.rdi.rmutsb.ac.th/2011/digipro/002/proceedings/1-สาขาวิศวกรรมศาสตร์และอุตสาหกรรมวิจัย/24.59111067-176-183

[15] http://www.servicelink.doae.go.th/webpage/book%20PDF/mushroom/m015

[13] http://eng.kps.ku.ac.th/dblibv2/fileupload/project_IdDoc305_IdPro734.pdf

[14] วีรศักดิ์ ฟองเงิน สุรพงษ์ เพ็ชร์หาญ และ รัฐสิทธิ์ ยะจ่อ (2561) งานวิจัยเรื่อง การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีควบคุมฟาร์มอัจฉริยะในโรงเรือนเพาะเห็ดนางฟ้า

[15] ทวีป ตรีหะจินดารัตน์ ทศพร ปั้นจาดและปวรัชฎ์ คชรินทร์ (2561) งานวิจัยเรื่อง อินเตอร์เน็ตกับทุกสิ่งของสวนอัจฉริยะ

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพลิน

ภาคผนวก ก

CODE PROGRAM

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

โค้ดโปรแกรม

```
#ifndef OneWire_h
#define OneWire_h

#include <inttypes.h>

#if defined(__AVR__)
#include <util/crc16.h>
#endif

#if ARDUINO >= 100
#include "Arduino.h"       // for delayMicroseconds,
digitalPinToBitMask, etc
#else
#include "WProgram.h"      // for delayMicroseconds
#include "pins_arduino.h"  // for digitalPinToBitMask, etc
#endif

// You can exclude certain features from OneWire.  In theory,
this
// might save some space.  In practice, the compiler
automatically
// removes unused code (technically, the linker, using -fdata-
sections
// and -ffunction-sections when compiling, and Wl,--gc-sections
// when linking), so most of these will not result in any code
size
// reduction.  Well, unless you try to use the missing features
// and redesign your program to not need them!
ONEWIRE_CRC8_TABLE
// is the exception, because it selects a fast but large
algorithm
// or a small but slow algorithm.

// you can exclude onewire_search by defining that to 0
#ifndef ONEWIRE_SEARCH
#define ONEWIRE_SEARCH 1
#endif

// You can exclude CRC checks altogether by defining this to 0
#ifndef ONEWIRE_CRC
#define ONEWIRE_CRC 1
#endif

// Select the table-lookup method of computing the 8-bit CRC
// by setting this to 1.  The lookup table enlarges code size by
// about 250 bytes.  It does NOT consume RAM (but did in very
// old versions of OneWire).  If you disable this, a slower
// but very compact algorithm is used.
#ifndef ONEWIRE_CRC8_TABLE
#define ONEWIRE_CRC8_TABLE 1
#endif

// You can allow 16-bit CRC checks by defining this to 1
```

```
// (Note that ONEWIRE_CRC must also be 1.)
#ifndef ONEWIRE_CRC16
#define ONEWIRE_CRC16 1
#endif

#ifndef FALSE
#define FALSE 0
#endif
#ifndef TRUE
#define TRUE  1
#endif

// Platform specific I/O definitions

#if defined(__AVR__)
#define PIN_TO_BASEREG(pin)
(portInputRegister(digitalPinToPort(pin)))
#define PIN_TO_BITMASK(pin)
(digitalPinToBitMask(pin))
#define IO_REG_TYPE uint8_t
#define IO_REG_ASM asm("r30")
#define DIRECT_READ(base, mask)         (((*(base)) & (mask)) ? 1
: 0)
#define DIRECT_MODE_INPUT(base, mask)   ((*((base)+1)) &=
~(mask))
#define DIRECT_MODE_OUTPUT(base, mask)  ((*((base)+1)) |= (mask))
#define DIRECT_WRITE_LOW(base, mask)    ((*((base)+2)) &=
~(mask))
#define DIRECT_WRITE_HIGH(base, mask)   ((*((base)+2)) |= (mask))

#elif defined(__MK20DX128__) || defined(__MK20DX256__) ||
defined(__MK66FX1M0__) || defined(__MK64FX512__)
#define PIN_TO_BASEREG(pin)             (portOutputRegister(pin))
#define PIN_TO_BITMASK(pin)             (1)
#define IO_REG_TYPE uint8_t
#define IO_REG_ASM
#define DIRECT_READ(base, mask)         (*((base)+512))
#define DIRECT_MODE_INPUT(base, mask)   (*((base)+640) = 0)
#define DIRECT_MODE_OUTPUT(base, mask)  (*((base)+640) = 1)
#define DIRECT_WRITE_LOW(base, mask)    (*((base)+256) = 1)
#define DIRECT_WRITE_HIGH(base, mask)   (*((base)+128) = 1)

#elif defined(__MKL26Z64__)
#define PIN_TO_BASEREG(pin)             (portOutputRegister(pin))
#define PIN_TO_BITMASK(pin)
(digitalPinToBitMask(pin))
#define IO_REG_TYPE uint8_t
#define IO_REG_ASM
#define DIRECT_READ(base, mask)         ((*((base)+16) & (mask))
? 1 : 0)
#define DIRECT_MODE_INPUT(base, mask)   (*((base)+20) &= ~(mask))
#define DIRECT_MODE_OUTPUT(base, mask)  (*((base)+20) |= (mask))
#define DIRECT_WRITE_LOW(base, mask)    (*((base)+8) = (mask))
#define DIRECT_WRITE_HIGH(base, mask)   (*((base)+4) = (mask))

#elif defined(__SAM3X8E__) || defined(__SAM3A8C__) ||
defined(__SAM3A4C__)
```

```
// Arduino 1.5.1 may have a bug in delayMicroseconds() on Arduino
Due.
//
http://arduino.cc/forum/index.php/topic,141030.msg1076268.html#ms
g1076268
// If you have trouble with OneWire on Arduino Due, please check
the
// status of delayMicroseconds() before reporting a bug in
OneWire!
#define PIN_TO_BASEREG(pin)             (&(digitalPinToPort(pin)-
>PIO_PER))
#define PIN_TO_BITMASK(pin)
(digitalPinToBitMask(pin))
#define IO_REG_TYPE uint32_t
#define IO_REG_ASM
#define DIRECT_READ(base, mask)         (((*((base)+15)) &
(mask)) ? 1 : 0)
#define DIRECT_MODE_INPUT(base, mask)   ((*((base)+5)) = (mask))
#define DIRECT_MODE_OUTPUT(base, mask)  ((*((base)+4)) = (mask))
#define DIRECT_WRITE_LOW(base, mask)    ((*((base)+13)) = (mask))
#define DIRECT_WRITE_HIGH(base, mask)   ((*((base)+12)) = (mask))
#ifndef PROGMEM
#define PROGMEM
#endif
#ifndef pgm_read_byte
#define pgm_read_byte(addr) (*(const uint8_t *)(addr))
#endif

#elif defined(__PIC32MX__)
#define PIN_TO_BASEREG(pin)
(portModeRegister(digitalPinToPort(pin)))
#define PIN_TO_BITMASK(pin)
(digitalPinToBitMask(pin))
#define IO_REG_TYPE uint32_t
#define IO_REG_ASM
#define DIRECT_READ(base, mask)         (((*(base+4)) & (mask)) ?
1 : 0)  //PORTX + 0x10
#define DIRECT_MODE_INPUT(base, mask)   ((*(base+2)) = (mask))
//TRISXSET + 0x08
#define DIRECT_MODE_OUTPUT(base, mask)  ((*(base+1)) = (mask))
//TRISXCLR + 0x04
#define DIRECT_WRITE_LOW(base, mask)    ((*(base+8+1)) = (mask))
//LATXCLR  + 0x24
#define DIRECT_WRITE_HIGH(base, mask)   ((*(base+8+2)) = (mask))
//LATXSET + 0x28

#elif defined(ARDUINO_ARCH_ESP8266)
#define PIN_TO_BASEREG(pin)             ((volatile uint32_t*)
GPO)
#define PIN_TO_BITMASK(pin)             (1 << pin)
#define IO_REG_TYPE uint32_t
#define IO_REG_ASM
#define DIRECT_READ(base, mask)         ((GPI & (mask)) ? 1 : 0)
//GPIO_IN_ADDRESS
#define DIRECT_MODE_INPUT(base, mask)   (GPE &= ~(mask))
//GPIO_ENABLE_W1TC_ADDRESS
```

```
#define DIRECT_MODE_OUTPUT(base, mask)   (GPE |= (mask))
//GPIO_ENABLE_W1TS_ADDRESS
#define DIRECT_WRITE_LOW(base, mask)     (GPOC = (mask))
//GPIO_OUT_W1TC_ADDRESS
#define DIRECT_WRITE_HIGH(base, mask)    (GPOS = (mask))
//GPIO_OUT_W1TS_ADDRESS

#elif defined(__SAMD21G18A__)
#define PIN_TO_BASEREG(pin)
portModeRegister(digitalPinToPort(pin))
#define PIN_TO_BITMASK(pin)
(digitalPinToBitMask(pin))
#define IO_REG_TYPE uint32_t
#define IO_REG_ASM
#define DIRECT_READ(base, mask)          (((*((base)+8)) & (mask))
? 1 : 0)
#define DIRECT_MODE_INPUT(base, mask)    ((*((base)+1)) = (mask))
#define DIRECT_MODE_OUTPUT(base, mask)   ((*((base)+2)) = (mask))
#define DIRECT_WRITE_LOW(base, mask)     ((*((base)+5)) = (mask))
#define DIRECT_WRITE_HIGH(base, mask)    ((*((base)+6)) = (mask))

#elif defined(RBL_NRF51822)
#define PIN_TO_BASEREG(pin)              (0)
#define PIN_TO_BITMASK(pin)              (pin)
#define IO_REG_TYPE uint32_t
#define IO_REG_ASM
#define DIRECT_READ(base, pin)           nrf_gpio_pin_read(pin)
#define DIRECT_WRITE_LOW(base, pin)      nrf_gpio_pin_clear(pin)
#define DIRECT_WRITE_HIGH(base, pin)     nrf_gpio_pin_set(pin)
#define DIRECT_MODE_INPUT(base, pin)     nrf_gpio_cfg_input(pin,
NRF_GPIO_PIN_NOPULL)
#define DIRECT_MODE_OUTPUT(base, pin)    nrf_gpio_cfg_output(pin)

#elif defined(__arc__) /* Arduino101/Genuino101 specifics */

#include "scss_registers.h"
#include "portable.h"
#include "avr/pgmspace.h"

#define GPIO_ID(pin)
        (g_APinDescription[pin].ulGPIOId)
#define GPIO_TYPE(pin)
        (g_APinDescription[pin].ulGPIOType)
#define GPIO_BASE(pin)
       (g_APinDescription[pin].ulGPIOBase)
#define DIR_OFFSET_SS                0x01
#define DIR_OFFSET_SOC                       0x04
#define EXT_PORT_OFFSET_SS           0x0A
#define EXT_PORT_OFFSET_SOC          0x50

/* GPIO registers base address */
#define PIN_TO_BASEREG(pin)          ((volatile uint32_t
*)g_APinDescription[pin].ulGPIOBase)
#define PIN_TO_BITMASK(pin)          pin
#define IO_REG_TYPE                  uint32_t
#define IO_REG_ASM
```

```
static inline __attribute__((always_inline))
IO_REG_TYPE directRead(volatile IO_REG_TYPE *base, IO_REG_TYPE
pin)
{
    IO_REG_TYPE ret;
    if (SS_GPIO == GPIO_TYPE(pin)) {
        ret = READ_ARC_REG(((IO_REG_TYPE)base +
EXT_PORT_OFFSET_SS));
    } else {
        ret = MMIO_REG_VAL_FROM_BASE((IO_REG_TYPE)base,
EXT_PORT_OFFSET_SOC);
    }
    return ((ret >> GPIO_ID(pin)) & 0x01);
}

static inline __attribute__((always_inline))
void directModeInput(volatile IO_REG_TYPE *base, IO_REG_TYPE pin)
{
    if (SS_GPIO == GPIO_TYPE(pin)) {
        WRITE_ARC_REG(READ_ARC_REG((((IO_REG_TYPE)base) +
DIR_OFFSET_SS)) & ~(0x01 << GPIO_ID(pin)),
                      ((IO_REG_TYPE)(base) + DIR_OFFSET_SS));
    } else {
        MMIO_REG_VAL_FROM_BASE((IO_REG_TYPE)base, DIR_OFFSET_SOC)
&= ~(0x01 << GPIO_ID(pin));
    }
}

static inline __attribute__((always_inline))
void directModeOutput(volatile IO_REG_TYPE *base, IO_REG_TYPE
pin)
{
    if (SS_GPIO == GPIO_TYPE(pin)) {
        WRITE_ARC_REG(READ_ARC_REG(((IO_REG_TYPE)(base) +
DIR_OFFSET_SS)) | (0x01 << GPIO_ID(pin)),
                      ((IO_REG_TYPE)(base) + DIR_OFFSET_SS));
    } else {
        MMIO_REG_VAL_FROM_BASE((IO_REG_TYPE)base, DIR_OFFSET_SOC)
|= (0x01 << GPIO_ID(pin));
    }
}

static inline __attribute__((always_inline))
void directWriteLow(volatile IO_REG_TYPE *base, IO_REG_TYPE pin)
{
    if (SS_GPIO == GPIO_TYPE(pin)) {
        WRITE_ARC_REG(READ_ARC_REG(base) & ~(0x01 <<
GPIO_ID(pin)), base);
    } else {
        MMIO_REG_VAL(base) &= ~(0x01 << GPIO_ID(pin));
    }
}

static inline __attribute__((always_inline))
void directWriteHigh(volatile IO_REG_TYPE *base, IO_REG_TYPE pin)
{
    if (SS_GPIO == GPIO_TYPE(pin)) {
```

```
        WRITE_ARC_REG(READ_ARC_REG(base) | (0x01 <<
GPIO_ID(pin)), base);
    } else {
        MMIO_REG_VAL(base) |= (0x01 << GPIO_ID(pin));
    }
}

#define DIRECT_READ(base, pin)              directRead(base, pin)
#define DIRECT_MODE_INPUT(base, pin) directModeInput(base, pin)
#define DIRECT_MODE_OUTPUT(base, pin)       directModeOutput(base,
pin)
#define DIRECT_WRITE_LOW(base, pin)  directWriteLow(base, pin)
#define DIRECT_WRITE_HIGH(base, pin) directWriteHigh(base, pin)

#else
#define PIN_TO_BASEREG(pin)             (0)
#define PIN_TO_BITMASK(pin)             (pin)
#define IO_REG_TYPE unsigned int
#define IO_REG_ASM
#define DIRECT_READ(base, pin)          digitalRead(pin)
#define DIRECT_WRITE_LOW(base, pin)     digitalWrite(pin, LOW)
#define DIRECT_WRITE_HIGH(base, pin)    digitalWrite(pin, HIGH)
#define DIRECT_MODE_INPUT(base, pin)    pinMode(pin,INPUT)
#define DIRECT_MODE_OUTPUT(base, pin)   pinMode(pin,OUTPUT)
#warning "OneWire. Fallback mode. Using API calls for
pinMode,digitalRead and digitalWrite. Operation of this library
is not guaranteed on this architecture."

#endif


class OneWire
{
  private:
    IO_REG_TYPE bitmask;
    volatile IO_REG_TYPE *baseReg;

#if ONEWIRE_SEARCH
    // global search state
    unsigned char ROM_NO[8];
    uint8_t LastDiscrepancy;
    uint8_t LastFamilyDiscrepancy;
    uint8_t LastDeviceFlag;
#endif

  public:
    OneWire( uint8_t pin);

    // Perform a 1-Wire reset cycle. Returns 1 if a device
responds
    // with a presence pulse.  Returns 0 if there is no device or
the
    // bus is shorted or otherwise held low for more than 250uS
    uint8_t reset(void);

    // Issue a 1-Wire rom select command, you do the reset first.
    void select(const uint8_t rom[8]);
```

```
    // Issue a 1-Wire rom skip command, to address all on bus.
    void skip(void);

    // Write a byte. If 'power' is one then the wire is held high
at
    // the end for parasitically powered devices. You are
responsible
    // for eventually depowering it by calling depower() or doing
    // another read or write.
    void write(uint8_t v, uint8_t power = 0);

    void write_bytes(const uint8_t *buf, uint16_t count, bool
power = 0);

    // Read a byte.
    uint8_t read(void);

    void read_bytes(uint8_t *buf, uint16_t count);

    // Write a bit. The bus is always left powered at the end,
see
    // note in write() about that.
    void write_bit(uint8_t v);

    // Read a bit.
    uint8_t read_bit(void);

    // Stop forcing power onto the bus. You only need to do this
if
    // you used the 'power' flag to write() or used a write_bit()
call
    // and aren't about to do another read or write. You would
rather
    // not leave this powered if you don't have to, just in case
    // someone shorts your bus.
    void depower(void);

#if ONEWIRE_SEARCH
    // Clear the search state so that if will start from the
beginning again.
    void reset_search();

    // Setup the search to find the device type 'family_code' on
the next call
    // to search(*newAddr) if it is present.
    void target_search(uint8_t family_code);

    // Look for the next device. Returns 1 if a new address has
been
    // returned. A zero might mean that the bus is shorted, there
are
    // no devices, or you have already retrieved all of them.  It
    // might be a good idea to check the CRC to make sure you
didn't
    // get garbage.  The order is deterministic. You will always
get
```

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

```
    // the same devices in the same order.
    uint8_t search(uint8_t *newAddr, bool search_mode = true);
#endif

#if ONEWIRE_CRC
    // Compute a Dallas Semiconductor 8 bit CRC, these are used
in the
    // ROM and scratchpad registers.
    static uint8_t crc8(const uint8_t *addr, uint8_t len);

#if ONEWIRE_CRC16
    // Compute the 1-Wire CRC16 and compare it against the
received CRC.
    // Example usage (reading a DS2408):
    //    // Put everything in a buffer so we can compute the CRC
easily.
    //    uint8_t buf[13];
    //    buf[0] = 0xF0;    // Read PIO Registers
    //    buf[1] = 0x88;    // LSB address
    //    buf[2] = 0x00;    // MSB address
    //    WriteBytes(net, buf, 3);    // Write 3 cmd bytes
    //    ReadBytes(net, buf+3, 10);  // Read 6 data bytes, 2
0xFF, 2 CRC16
    //    if (!CheckCRC16(buf, 11, &buf[11])) {
    //        // Handle error.
    //    }
    //
    // @param input - Array of bytes to checksum.
    // @param len - How many bytes to use.
    // @param inverted_crc - The two CRC16 bytes in the received
data.
    //                       This should just point into the
received data,
    //                       *not* at a 16-bit integer.
    // @param crc - The crc starting value (optional)
    // @return True, iff the CRC matches.
    static bool check_crc16(const uint8_t* input, uint16_t len,
const uint8_t* inverted_crc, uint16_t crc = 0);

    // Compute a Dallas Semiconductor 16 bit CRC.  This is
required to check
    // the integrity of data received from many 1-Wire devices.
Note that the
    // CRC computed here is *not* what you'll get from the 1-Wire
network,
    // for two reasons:
    //   1) The CRC is transmitted bitwise inverted.
    //   2) Depending on the endian-ness of your processor, the
binary
    //      representation of the two-byte return value may have
a different
    //      byte order than the two bytes you get from 1-Wire.
    // @param input - Array of bytes to checksum.
    // @param len - How many bytes to use.
    // @param crc - The crc starting value (optional)
    // @return The CRC16, as defined by Dallas Semiconductor.
```

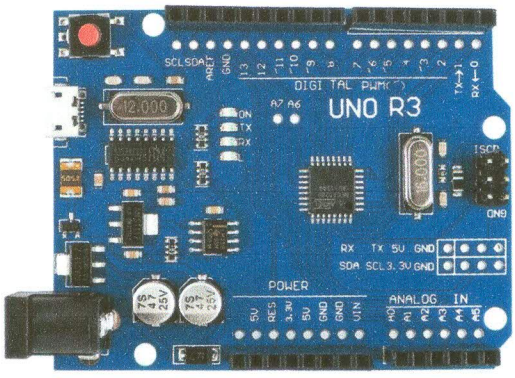
```
    static uint16_t crc16(const uint8_t* input, uint16_t len,
uint16_t crc = 0);
#endif
#endif
};

#endif
```

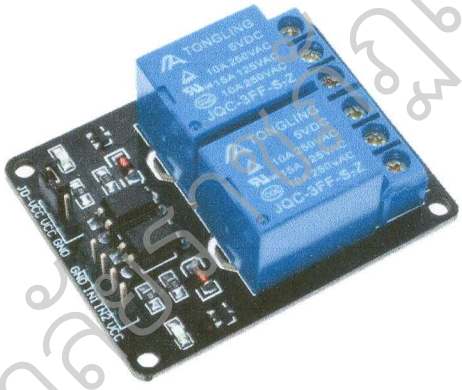
มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ภาคผนวก ข
รูปอุปกรณ์ที่ใช้สร้างและวงจรการเชื่อมต่อ

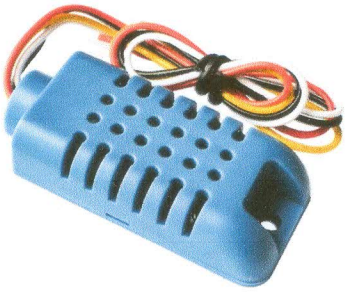
มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี



รูปที่ ข.1 Arduino Uno R3



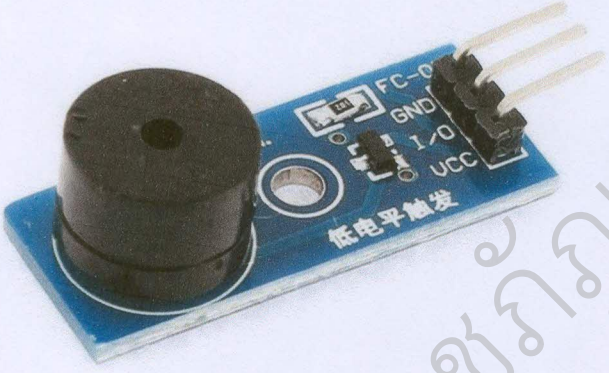
รูปที่ ข.2 Relay switch 2 channel 5VDC, 12VDC / more than 100mA



รูปที่ ข.3 เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น รุ่น AMT 1001 2ตัว

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

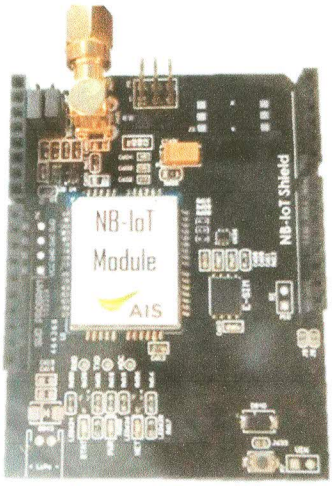
รูปที่ ข.4 โมดูลจอ LCD



รูปที่ ข.5 Buzzer

รูปที่ ข.6 Key Pad ขนาด 4x4

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี



รูปที่ ข.7 NB IoT AIS

รูปที่ ข.8 ปั๊มน้ำ 60w / 2800L/Hr

รูปที่ ข.9 หัวพ่นน้ำ 4 ทาง 2 ตัว

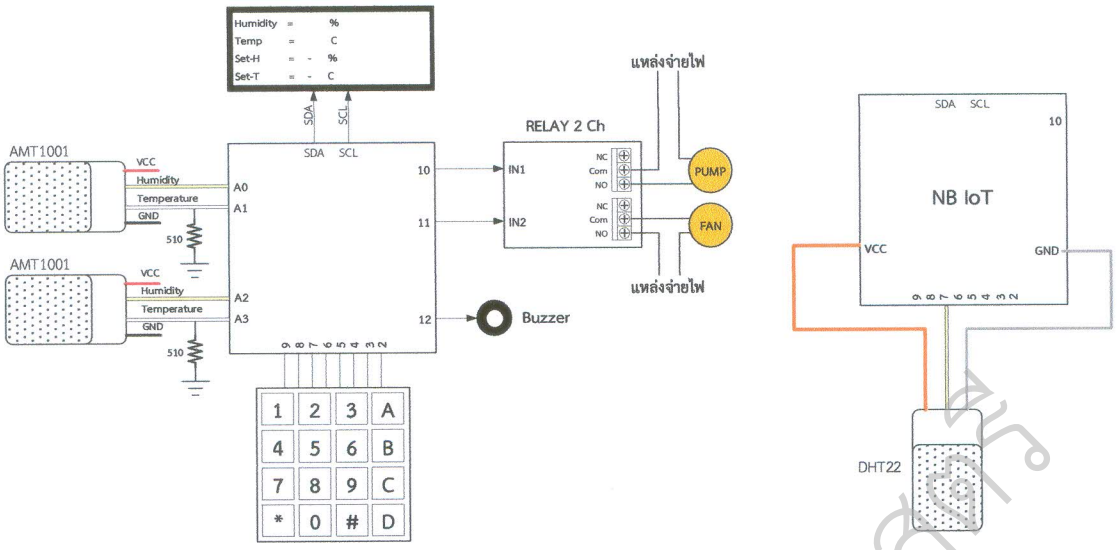
มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

รูปที่ ข.10 ท่อพีวีซี 4 หุน

รูปที่ ข.11 แสลนสีดำ

รูปที่ ข.12 พัดลม

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี



รูปที่ ข.13 วงจรการเชื่อมต่อ

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ภาคผนวก ค
คู่มือการใช้งาน

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

วิธีการใช้งาน

ใช้ Key Pad กด ‘A’ เพื่อตั้งค่าความชื้น แล้วกด ‘#’ เพื่อยืนยัน หลังจากนั้น กด ‘B’ เพื่อตั้งค่าอุณหภูมิ แล้วกด ‘#’ เพื่อยืนยัน

รูปที่ ค1. ตั้งค่าอุณหภูมิและความชื้น

หลังจากนั้น ระบบจะทำการควบคุมอุณหภูมิและพ่นน้ำอัตโนมัติ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ภาคผนวก ง
หนังสือตอบรับการเผยแพร่งานวิจัย

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

หนังสือตอบรับ

8 พฤศจิกายน 2562

เรียน คุณพิชิต อ้วนไตร ผู้นำเสนอบทความ

ตามที่ท่านได้ส่งบทความวิจัยเรื่อง **ระบบควบคุมการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้าภูฐานและการประยุกต์ใช้ NB-IoT สำหรับตรวจสอบสภาพแวดล้อมในโรงเรือน** บทความเลขที่ Session 6-8 โดยมีผู้วิจัยร่วม จำนวน 2 ท่าน ได้แก่ ธวัชชัย แว่นแก้ว และ ธารทิพย์ พัฒนภาดา จากคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

บัดนี้ ผลงานของท่านได้ผ่านการพิจารณาให้เข้าร่วมนำเสนอในการประชุมวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ระดับชาติ ครั้งที่ 5 (I TECH CON 2019) ระหว่างวันที่ 11-12 ธันวาคม 2562 ณ อาคารศูนย์ภาษาและศูนย์คอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง จังหวัดราชบุรี

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและขอความอนุเคราะห์ให้ท่านชำระเงินค่าลงทะเบียนพร้อมแนบหลักฐานการชำระเงินเข้าสู่ระบบ ภายในวันที่ 20 พฤศจิกายน 2562 ทั้งนี้ท่านสามารถดูรายละเอียดเพิ่มเติมได้ที่เว็บไซต์ http://itech.tru.ac.th/itechcon2019

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ ดร.สกุล คำนวนชัย)
คณบดีคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ระบบควบคุมการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้าภูฐาน และการประยุกต์ใช้ NB-IoT สำหรับตรวจสอบสภาพแวดล้อมในโรงเรือน

Growth control system of Bhutan oyster mushrooms and the application of NB-IoT for environment monitoring in greenhouses

พิชิต อ้วนไตร[1*] ธวัชชัย แว่นแก้ว[2] และ ธารทิพย์ พัฒนภาดา[2]

Pichit Uantrai[1*], Thawatchai Waenkaew[2] and Thanthip Phattanaphada[2]

[1]สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

[2]สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

[1]Department of Industrial Education, Faculty of Industrial Technology, Thepsatri Rajabhat University

[2]Department of Industrial Technology, Faculty of Industrial Technology, Thepsatri Rajabhat University

*Email: pichitutri@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอการออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนเพาะเห็ดนางฟ้าภูฐานที่มีประสิทธิภาพและสามารถเพิ่มคุณภาพการเจริญเติบโตของเห็ดโดยสามารถแสดงผลของอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนด้วย NB-IoT (Narrow Band Internet of Things) ผ่าน AIS Magellan platform ซึ่งสามารถแสดงผลได้ทั้งในแล็ปท็อปและสมาร์ทโฟน ผลการทดลองพบว่า หากควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือนให้มีค่าในช่วง 25-30 องศาเซลเซียส และความชื้นอยู่ในช่วง 70-90% จะทำให้ผลผลิตของเห็ดนางฟ้าภูฐานมีคุณภาพมากขึ้น โดยขนาดของเห็ดที่ได้หลังจากการเก็บเกี่ยวมีความยาวเฉลี่ย 11.01 เซนติเมตร และมีระยะเวลาในการเก็บผลผลิตแต่ละรอบประมาณ 4 วัน ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัยที่ตั้งไว้

คำสำคัญ : โรงเรือนเพาะเห็ด, เห็ดนางฟ้าภูฐาน, NB IoT

Abstract

The research objective aims to present the design and development of temperature and humidity control system inside the Bhutan oyster mushroom greenhouse which is efficient and enhancement the growth of mushrooms by showing the temperature and humidity inside the greenhouse with NB-IoT via AIS Magellan platform, which can be displayed on both laptops and smartphones.

The results showed that the temperature in the greenhouse to have a value in the range of 25-30 degrees Celsius and humidity in the range of 70-90% and the yield of Bhutan oyster mushroom more quality and size of the mushrooms after harvesting has an average length of 11.01 centimeters and the duration of harvesting for each cycle is approximately 4 days, which is consistent with the objectives of the research setting.

Keywords : Mushroom greenhouse, Bhutan Oyster Mushroom, NB IoT

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

1. บทนำ

เห็ด (Mushroom) หรือ ฟังไจ (Fungi) [1] เป็นสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งที่นำมาใช้เป็นอาหารและยาสมุนไพร เห็ดมีกระบวนการในการเจริญเติบโตโดยการรวมตัวกันของเส้นใยก่อตัวกันเป็นกลุ่มก้อนและจะเกิดขึ้นในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม คือในบริเวณที่มีสารอาหาร ความชื้น และอุณหภูมิที่พอเหมาะ เห็ดจะเจริญเติบโตมีลักษณะเป็นดอกตูม ปริแตกและยืดยาวออกมา เห็ดนั้นมีทั้งประเภทที่เป็นพิษและเป็นอาหาร มนุษย์รู้จักเห็ดมานานนับพันปีโดยเชื่อว่าชนกลุ่มแรกที่นำเห็ดมารับประทานคือชาวกรีกและชาวจีนตั้งแต่เมื่อประมาณศตวรรษที่ 17 และได้รับความนิยมเรื่อยมา

เห็ดมักจะเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ สายพันธุ์ของเห็ดโดยทั่วไปจะขึ้นอยู่กับฤดูกาลและสถานที่ ปริมาณของผลผลิตที่ได้จึงมีจำนวนไม่แน่นอน ทำให้เห็ดบางชนิดมีราคาสูง จากความต้องการบริโภคเห็ดที่เพิ่มมากขึ้น จึงเกิดกลุ่มอาชีพเกษตรกรเพาะพันธุ์เห็ดขายเพื่อการค้า ในการเพาะพันธุ์ส่วนใหญ่เกษตรกรจะเลือกเห็ดเศรษฐกิจที่มีความต้องการสูงในท้องตลาด [2] มีช่องทางจำหน่ายง่ายและเป็นที่นิยมบริโภค โดยเห็ดนางฟ้าภูฐานจัดเป็นเห็ดเศรษฐกิจที่นิยมบริโภค ลักษณะดอกเห็ดมีสีขาวจนถึงสีน้ำตาลอ่อน เป็นเห็ดที่เพาะง่ายมีอายุการพักที่สั้น สามารถเพาะได้เกือบทุกฤดูกาล โดยสถานที่ที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเห็ดต้องมีลักษณะที่โล่ง อากาศถ่ายเทได้สะดวก ไม่มีน้ำท่วมขังหรือเปียกชื้น และควรดูแลไม่ให้มีเชื้อราเพิ่มเติมที่จะทำลายให้ดอกเห็ดเสียหาย ดังนั้นหากเกษตรกร สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับการเพาะเห็ดได้ จะสามารถเพิ่มโอกาสในการเพาะพันธุ์เห็ดนางฟ้าภูฐานได้ตลอดทั้งปี และยังลดการสูญเสียในระหว่างการเพาะเห็ดได้อีกด้วย [3]

จากปัญหาในด้านการเพาะพันธุ์และความสำคัญของเห็ดนางฟ้าภูฐานที่มีต่อความต้องการของผู้บริโภคและระบบเศรษฐกิจ การนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้สำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพในการเพาะพันธุ์เห็ดนางฟ้าภูฐานภายในโรงเรือนที่ควบคุมสภาพแวดล้อมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เป็นตัวควบคุมการทำงานของระบบจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจ โดยในการวิจัยนี้ใช้เซ็นเซอร์สำหรับตรวจสอบอุณหภูมิและความชื้นเพื่อสร้างสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมและใช้เทคโนโลยี IoT (Internet of Things) ในการตรวจสอบโดยคาดหวังว่าเทคโนโลยีที่พัฒนาจะช่วยลดอัตราการสูญเสียระหว่างการเพาะพันธุ์เห็ดได้และเป็นการส่งเสริมการทำเกษตรในยุค 4.0 [4]

1.1 วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาระบบควบคุมการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้าภูฐานโดยใช้เทคโนโลยีอัตโนมัติ
2. เพื่อตรวจสอบสภาพแวดล้อมในโรงเรือนผ่านเครือข่าย NB-IoT
3. เพื่อให้คุณภาพของผลผลิตเห็ดนางฟ้าภูฐานที่เพาะด้วยระบบควบคุมมีคุณภาพไม่น้อยกว่าร้อยละ 80

1.2 ขอบเขตการวิจัย

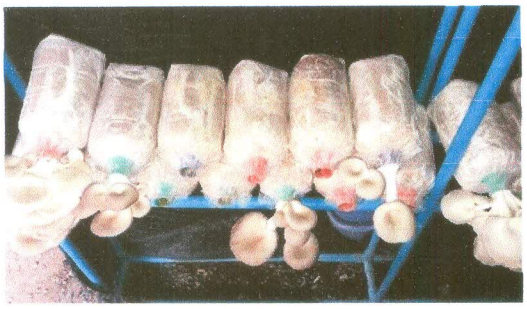
1. สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเห็ดนางฟ้าภูฐานได้ด้วยระบบอัตโนมัติ
2. สามารถตรวจสอบสภาพแวดล้อมที่ประกอบด้วย อุณหภูมิและความชื้น ภายในโรงเรือน ผ่านแล็ปท็อป และสมาร์ทโฟนได้

2. ทฤษฎีการทำงาน

2.1 การเพาะเห็ดนางฟ้าภูฐาน

เห็ดนางฟ้าภูฐาน หรือเห็ดภูฐาน [5] ดังรูปที่ 1 เป็นเห็ดที่มีที่มาจากราชอาณาจักรภูฏาน โดยทั่วไปมีลักษณะเป็นกลุ่มก้อนมีโคนเชื่อมติดกันเป็นกลุ่มละ 3–10 ดอก หมวกเห็ดมีลักษณะเป็นรูปใบพาย หรือรูปพัด ผิวสีน้ำตาลอ่อนอมเทา หรือม่วงอ่อน ผิวเรียบ เนื้อหมวกสีขาว ด้านล่างมีครีบแคบและเรียวยาวลงไปจรดก้านดอก ครีบสีขาว ก้านดอกอยู่ไม่กึ่งกลางดอกมักค่อนไปด้านใดด้านหนึ่ง ยาวประมาณ 1–4 เซนติเมตร สีขาว โคนเรียวเล็ก ผิวเรียบแต่เป็นสันนูนและร่องเตี้ยๆ ยาวตลอดก้านดอก เนื้อในก้านดอกสีขาวฟูนิ่มสปอร์สีขาว ผิวเรียบ ผนังบาง ขนาด 7-10 x 3-4 ไมโครเมตร การขยายพันธุ์เห็ดนางฟ้าภูฐานสามารถทำได้โดยการนำมาเพาะเลี้ยงกับขี้เลื่อยหรือฟางข้าว และสามารถเพาะได้ตลอดทั้งปี แต่ในช่วงฤดูหนาวหากมีอุณหภูมิที่ต่ำเกินไปเห็ดมักจะไม่ออกดอก

รูปที่ 1 รูปร่างและลักษณะของเห็ดนางฟ้าภูฐาน

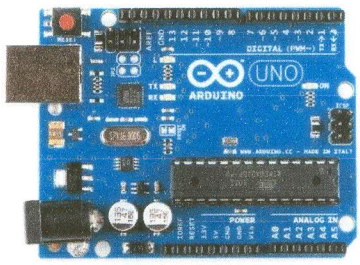


รูปที่ 2 ก้อนเพาะเชื้อเห็ดนางฟ้าภูฐาน

ในการเพาะเห็ดนางฟ้าภูฐานนั้นเริ่มจากการบ่มถุงเชื้อเห็ดดังรูปที่ 2 ไว้ในที่ร่ม สะอาด อากาศถ่ายเทสะดวก ในพื้นที่ที่มีอุณหภูมิในช่วง 25-30 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลา 30-35 วัน หลังจากเส้นใยเจริญเต็มถุง จึงนำเข้าโรงเปิดดอก ซึ่งลักษณะของโรงเรือนเปิดดอกเห็ดนางฟ้าภูฐานที่เหมาะสมนั้นควรมีแสงผ่านเข้าในโรงเรือนได้ มีช่องเปิด-ปิด สำหรับถ่ายเทอากาศ ผนังทำด้วยวัสดุที่เก็บรักษาความชื้นภายในโรงเรือนได้ประมาณ 70-90 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้นจึงทำการกระตุ้นการสร้างดอกของเห็ด โดยการให้น้ำในโรงเรือนและบริเวณถุงเชื้อเห็ดเพื่อปรับความชื้นภายในโรงเรือนให้ได้ 70-90 เปอร์เซ็นต์ แล้วปรับโรงเรือนให้มีอุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส ประมาณ 4-5 วัน เมื่อสมบูรณ์จึงเก็บเกี่ยวผลผลิตด้วยมือ หลังจากนั้นจึงเก็บส่วนต่างๆ ของดอกเห็ดให้หลุดออกจากหน้าถุงเห็ดจนหมด เพื่อป้องกันการเน่าเสียจากเศษหรือส่วนของดอกเห็ดที่เหลือติดอยู่ซึ่งอาจใช้ยาฆ่าเชื้อรา หรือใช้น้ำส้มควันไม้ผสมน้ำ ฉีดพ่นบริเวณหน้าก้อนเชื้อเห็ดเพื่อฆ่าแมลงและเชื้อรา พร้อมทำความสะอาดพื้นโรงเรือนซึ่งการดูแลรักษาโรงเรือนจะช่วยยืดอายุของการออกผลผลิตของก้อนเห็ดให้นานขึ้นกว่าเดิม

2.2 Arduino

Arduino เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ที่มีการพัฒนาแบบ Open Source คือมีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้าน Hardware และ Software ลักษณะดังรูปที่ 3 ถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นศึกษาทั้งนี้ผู้ใช้งานยังสามารถดัดแปลง เพิ่มเติม พัฒนาต่อยอดทั้งตัวบอร์ดหรือโปรแกรมต่อได้อีกด้วย ความง่ายของบอร์ด Arduino ในการต่ออุปกรณ์เสริมต่างๆ เช่น เซนเซอร์ในการวัดแสง เซนเซอร์วัดความชื้น เซนเซอร์วัดระยะ เป็นต้น ผู้ใช้งานสามารถต่ออุปกรณ์ได้ทั้งประเภทแอนะล็อก (Analog) และดิจิทัล (Digital) จากภายนอกแล้วเชื่อมต่อเข้ามาที่ขา I/O ของบอร์ด



รูปที่ 3 Arduino UNO R3

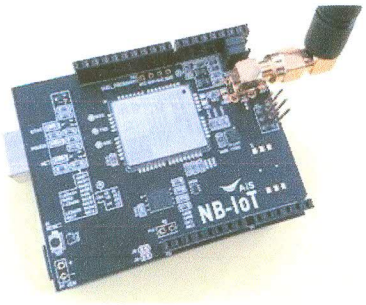
นอกจากนี้ยังมีบอร์ดเสริม (Arduino Shield) ประเภทต่างๆ เช่น Arduino XBee Shield, Arduino Music Shield, Arduino Relay Shield, Arduino Wireless Shield, Arduino GPRS Shield เป็นต้น โดยใช้วางเสียบด้านบนบอร์ด Arduino แล้วเขียนโปรแกรมพัฒนาต่อได้เลย ตัวอย่างของเซนเซอร์และอุปกรณ์ต่อพ่วงอื่น ดังรูปที่ 4

รูปที่ 4 เซนเซอร์ของ Arduino

2.3 NB-IoT

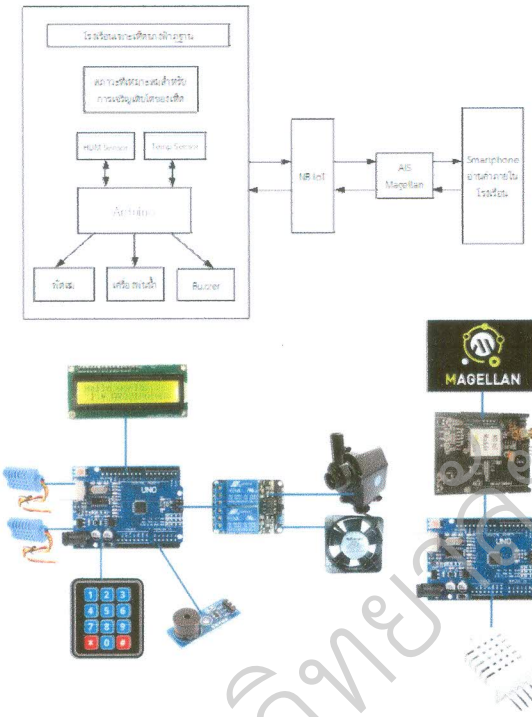
NB-IoT ย่อมาจาก Narrowband IoT (NB-IoT) เป็นมาตรฐานระบบโครงข่ายที่ใช้พลังงานต่ำ (Low Power Wide Area Network : LPWAN) ที่ถูกพัฒนามาเพื่อให้อุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น อุปกรณ์ เซนเซอร์ สามารถเชื่อมต่อเข้าหากันได้โดยผ่านโครงข่ายของสัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่โดยใช้พลังงานที่ต่ำ ซึ่งมีข้อดีและใช้งานได้ดีกว่าหากพื้นที่ใช้งานไม่มีสัญญาณ WiFi ให้เชื่อมต่อ จุดมุ่งหมายของ NB-IoT คือการที่อุปกรณ์ประเภท Low data rate ต้องการใช้เครือข่ายเดียวกันกับเครือข่ายเซลลูลาร์ได้ และจำเป็นจะต้องใช้พลังงานน้อยลักษณะของ NB-IoT Shield ที่ใช้ร่วมกับ Arduino ดังรูปที่ 5

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี



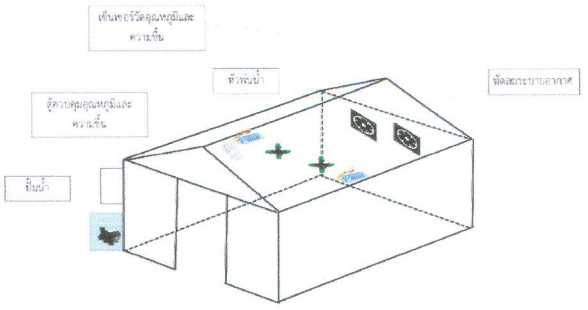
รูปที่ 5 AIS NB-IoT Shield

3. การออกแบบระบบควบคุมการเพาะเห็ด

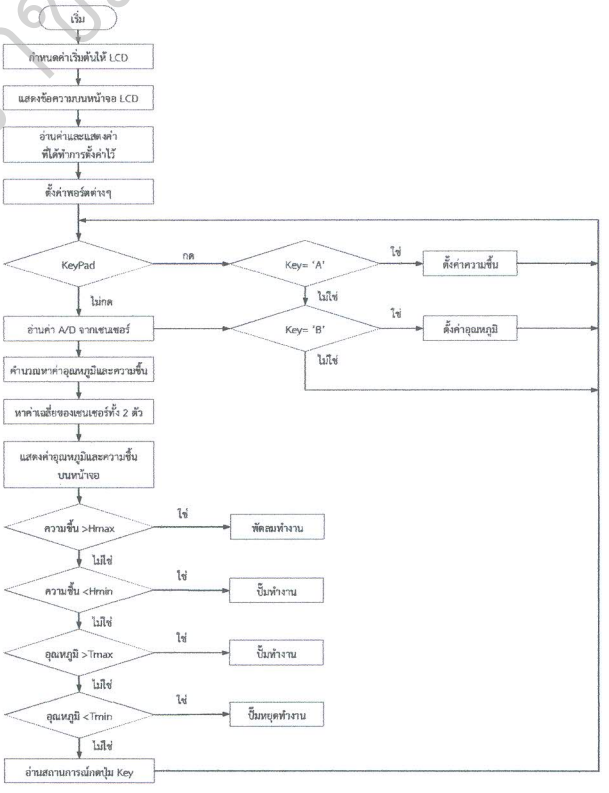


รูปที่ 6 โครงสร้างและการออกแบบระบบควบคุมการเพาะเห็ด

โครงสร้างและอุปกรณ์สำหรับการควบคุมการเพาะเห็ดดังรูปที่ 6 ประกอบด้วย อุปกรณ์ควบคุมคือ Arduino UNO R3 และเซนเซอร์สำหรับการใช้วัดอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนที่ออกแบบและรวมไปถึงชุดจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 40 วัตต์ ที่ต่อใช้งานกับอุปกรณ์แปลงแรงดันไฟฟ้า (Invertor) ขนาด 300 วัตต์ โดยต่อพ่วงกับแบตเตอรี่ 12 V สำหรับใช้ในโครงการดังรูปที่ 7



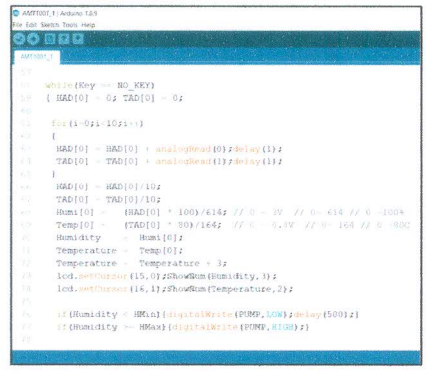
รูปที่ 7 การวางอุปกรณ์ภายในโรงเรือนควบคุมการเพาะเห็ด

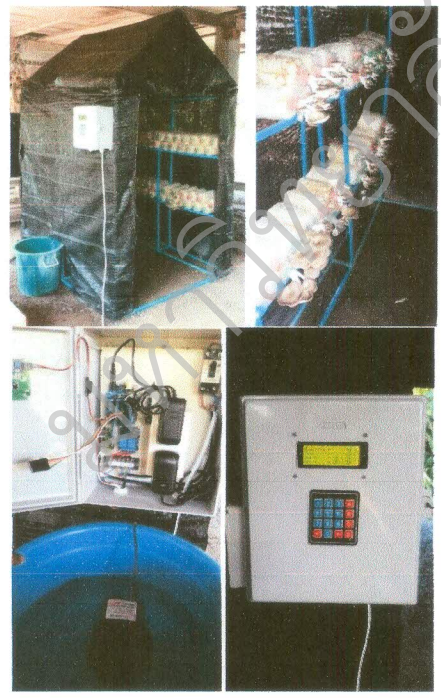


รูปที่ 8 ผังการทำงานของโรงเรือนควบคุมการเพาะเห็ด

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

ในส่วนการทำงานของโปรแกรมจะสามารถระบุค่าของอุณหภูมิและความชื้นที่ต้องการได้โดยการสั่งการผ่านคีย์แพด (Keypad) เมื่ออุณหภูมิมากกว่าค่าที่กำหนด ปั๊มน้ำจะทำงานเพื่อลดค่าอุณหภูมิลงและเมื่อลดลงถึงจุดที่กำหนดจะหยุดทำงาน ในส่วนของความชื้น เมื่อสูงเกินกว่าตั้งค่าไว้ พัดลมจะทำงานโดยการดูดอากาศจากภายนอกเข้ามาและอีกด้านจะเป็นพัดลมสำหรับการดูดอากาศออกไป ผังการทำงานของโปรแกรมดังรูปที่ 8 และตัวอย่างของโปรแกรมและโรงเรือนที่ทำเสร็จสมบูรณ์ดังรูปที่ 9 สำหรับการแสดงผลสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือน ผ่าน AIS NB-IoT ได้ใช้ AIS Magellan platform เป็นส่วนแสดงผลโดยสามารถดูผลการทำงานได้ผ่านแล็ปท็อปและสมาร์ทโฟน

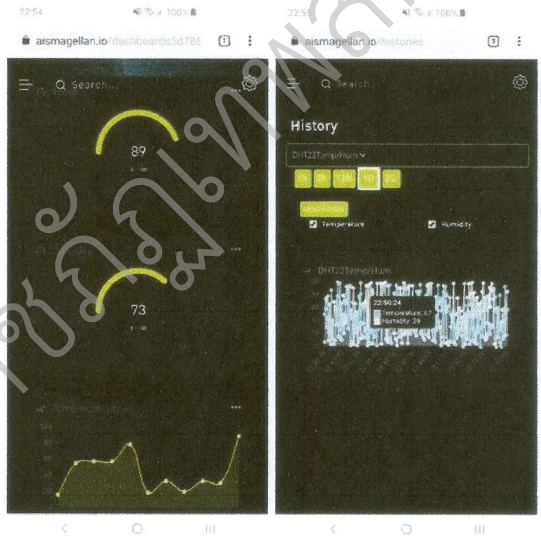




รูปที่ 9 ตัวอย่างโปรแกรมและอุปกรณ์จริงที่สมบูรณ์

4. ผลการวิจัย

ในการเก็บผลการทดลองผู้วิจัยใช้ระยะเวลาทั้งหมด 45 วัน โดยเริ่มวางก้อนเห็ดจำนวน 100 ก้อน เมื่อวันที่ 5 มีนาคม 2562 และเริ่มเก็บเกี่ยวผลผลิตแรกได้ในวันที่ 9 เมษายน 2562 พบว่าระบบทำงานได้อย่างถูกต้อง สามารถดูค่าของอุณหภูมิและความชื้นผ่านสมาร์ทโฟนได้ดังรูปที่ 10 โดยเก็บเห็ดได้จำนวน 6 รอบ/เดือน ซึ่งเห็ดออกผลครบทั้ง 100 ก้อน สามารถวางก้อนเห็ดได้ทั้งหมด 2 รุ่น ผลผลิตที่ใช้ระบบที่พัฒนามีขนาดความยาวเฉลี่ยในรอบตัด 1 เดือน คือ 11.01 เซนติเมตร ซึ่งได้สูงกว่าค่ามาตรฐานในท้องตลาดที่รับซื้อกันที่ 10 เซนติเมตร



รูปที่ 10 การแสดงผลค่าอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนผ่านสมาร์ทโฟนโดยใช้ AIS Magellan

ตารางที่ 1 การทดสอบการทำงานตามการตั้งค่าอุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียสและความชื้นที่กำหนด 70-90%

อุณหภูมิ	ความชื้น (%)	สถานะ Relay	ปั๊มน้ำ	ผลการทำงาน
27	90	OFF	OFF	ปกติ
29	90	OFF	OFF	ปกติ
30	89	OFF	OFF	ปกติ
32	85	ON	ON	ปกติ
35	80	ON	ON	ปกติ

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

จากตารางที่ 1 เป็นขั้นตอนการทดลองการทำงานตามเงื่อนไขอุณหภูมิและความชื้นพบว่า อุปกรณ์ทำงานตามเงื่อนไขที่ตั้งไว้

ตารางที่ 2 ตารางการเปรียบเทียบผลผลิตของเห็ดนางฟ้าภูฐานที่เพาะด้วยระบบที่พัฒนากับโรงเรือนทั่วไปภายในระยะเวลา 1 เดือน

การเปรียบเทียบ	ระบบที่พัฒนา	ทั่วไป	ส่วนต่าง
ระยะเวลาที่เห็ดสามารถเก็บขาย	4 วัน	5-7 วัน	2-3 วัน
จำนวนรอบที่เก็บผลผลิต	6 รอบ/เดือน	4-5 รอบ/เดือน	1-2 รอบ
น้ำหนักเฉลี่ยที่เก็บได้ต่อรอบ	2.5 กิโลกรัม	1.9 กิโลกรัม	ประมาณ 600 กรัม
ราคาขาย	80 บาท/กิโลกรัม	80 บาท/กิโลกรัม	ราคาตามท้องตลาด
รายได้ต่อเดือน/ก้อนเห็ด 100 ก้อน	2.5 กก.x80 บาท x 6 รอบ = 1,200 บาท/เดือน	1.9 กก.x80 บาท x 5 รอบ = 760 บาท/เดือน	440 บาท

จากตารางที่ 2 พบว่าผลผลิตของเห็ดที่เพาะในระบบที่พัฒนา มีคุณภาพมากกว่าเห็ดที่เพาะในโรงเรือนทั่วไป

รูปที่ 11 ผลผลิตเห็ดนางฟ้าภูฐานที่ได้

5. สรุปผล

ในการวิจัย “ระบบควบคุมการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้าภูฐานและการประยุกต์ใช้ NB-IoT ในการตรวจสอบสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือน” ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น สามารถตั้งการทำงานของปั๊มน้ำและพัดลมได้ด้วยการตั้งค่าเงื่อนไขอุณหภูมิและความชื้นตามที่กำหนด ระบบสามารถทำงานได้ถูกต้องตามเงื่อนไขที่ตั้งไว้ เมื่อมีค่าอุณหภูมิสูงกว่า 30 องศาเซลเซียส ระบบจะสั่งการให้รดน้ำภายในโรงเพาะเห็ดให้อยู่ในช่วง 25-30 องศาเซลเซียส และความชื้นหากมากกว่า 90% พัดลมจะทำการดูดอากาศเข้ามาให้อยู่ภายในช่วง 70-90% และสามารถตรวจสอบสภาพของอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนได้จากการใช้เทคโนโลยี IoT โดยใช้งาน NB-IoT AIS ตรวจสอบผ่าน AIS Magellan Dashboard ซึ่งสามารถแสดงผลได้ทั้งในแล็ปท็อปและสมาร์ทโฟน

ในด้านของผลผลิตที่เก็บเกี่ยวในรอบ 1 เดือน ในการวิจัยนี้ได้มีการนำผลผลิตไปสอบถามจากเกษตรกรผู้เพาะเห็ดนางฟ้าภูฐานในพื้นที่ทดลอง พบว่าความยาวของเห็ดมีค่าเฉลี่ย 11.01 เซนติเมตร โดยใช้ระยะเวลาประมาณ 4 วันทำให้เกษตรกรได้ผลผลิตที่มากกว่าและสามารถเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรได้

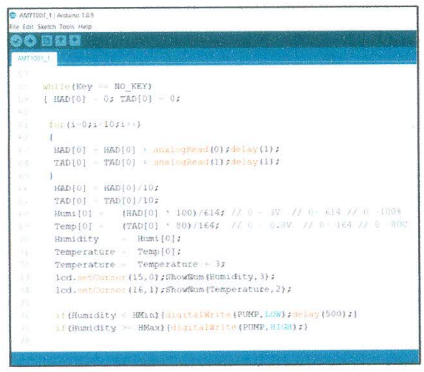
ในส่วนของปัญหาและอุปสรรคพบว่าระบบแสดงผลผ่าน NB-IoT ยังไม่สามารถสั่งการทำงานผ่าน Dashboard Magellan ได้จึงทำได้แค่ดูผลลัพธ์เท่านั้นและข้อเสนอแนะในการทำวิจัยคือระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่พัฒนาสามารถนำไปใช้ในการเกษตรชนิดอื่นได้โดยต้องตรวจสอบสภาพของความต้องการของพืชชนิดนั้นๆ และควรเพิ่มระบบการฉีดปุ๋ย, ระบบแสงสว่างเพื่อเพิ่มผลผลิตสำหรับพืชบางชนิด

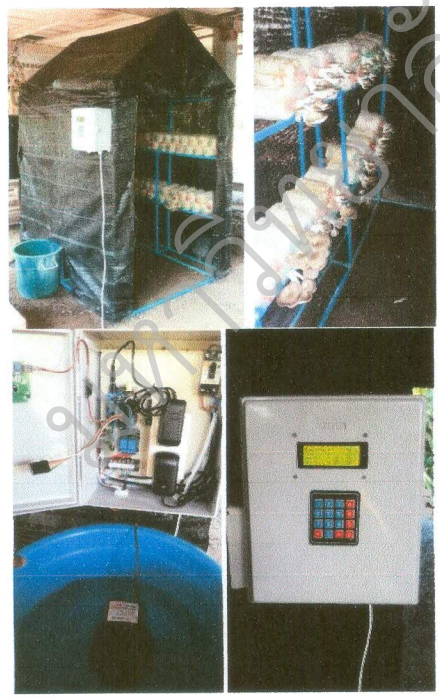
6. กิตติกรรมประกาศ

ในการวิจัย “ระบบควบคุมการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้าภูฐานและการประยุกต์ใช้ NB-IoT สำหรับตรวจสอบสภาพแวดล้อมในโรงเรือน” ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น ได้รับทุนสนับสนุนงบประมาณงานวิจัยองค์ความรู้ ประจำปีงบประมาณ 2562 จากมหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี จังหวัดลพบุรี และได้รับความร่วมมือจากนักศึกษาภาคพิเศษแขนงวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรมในการออกแบบ พัฒนา สร้างและทดสอบงานวิจัยจนสำเร็จด้วยดี

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ในส่วนการทำงานของโปรแกรมจะสามารถระบุค่าของอุณหภูมิและความชื้นที่ต้องการได้โดยการสั่งการผ่านคีย์แพด (Keypad) เมื่ออุณหภูมิมากกว่าค่าที่กำหนด ปั๊มน้ำจะทำงานเพื่อลดค่าอุณหภูมิลงและเมื่อลดลงถึงจุดที่กำหนดจะหยุดทำงาน ในส่วนของความชื้น เมื่อสูงเกินกว่าตั้งค่าไว้ พัดลมจะทำงานโดยการดูดอากาศจากภายนอกเข้ามาและอีกด้านจะเป็นพัดลมสำหรับการดูดอากาศออกไป ผังการทำงานของโปรแกรมดังรูปที่ 8 และตัวอย่างของโปรแกรมและโรงเรือนที่ทำเสร็จสมบูรณ์ดังรูปที่ 9 สำหรับการแสดงผลสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือน ผ่าน AIS NB-IoT ได้ใช้ AIS Magellan platform เป็นส่วนแสดงผล โดยสามารถดูผลการทำงานได้ผ่านแล็ปท็อปและสมาร์ทโฟน

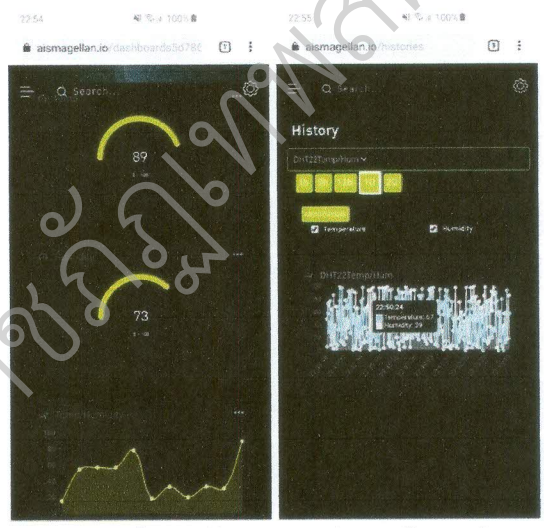




รูปที่ 9 ตัวอย่างโปรแกรมและอุปกรณ์จริงที่สมบูรณ์

4. ผลการวิจัย

ในการเก็บผลการทดลองผู้วิจัยใช้ระยะเวลาทั้งหมด 45 วัน โดยเริ่มวางก้อนเห็ดจำนวน 100 ก้อน เมื่อวันที่ 5 มีนาคม 2562 และเริ่มเก็บเกี่ยวผลผลิตแรกได้ในวันที่ 9 เมษายน 2562 พบว่าระบบทำงานได้อย่างถูกต้อง สามารถดูค่าของอุณหภูมิและความชื้นผ่านสมาร์ทโฟนได้ดังรูปที่ 10 โดยเก็บเห็ดได้จำนวน 6 รอบ/เดือน ซึ่งเห็ดออกผลครบทั้ง 100 ก้อน สามารถวางก้อนเห็ดได้ทั้งหมด 2 รุ่น ผลผลิตที่ใช้ระบบที่พัฒนามีขนาดความยาวเฉลี่ยในรอบตัด 1 เดือน คือ 11.01 เซนติเมตร ซึ่งได้สูงกว่าค่ามาตรฐานในท้องตลาดที่รับซื้อกันที่ 10 เซนติเมตร



รูปที่ 10 การแสดงผลค่าอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนผ่านสมาร์ทโฟนโดยใช้ AIS Magellan

ตารางที่ 1 การทดสอบการทำงานตามการตั้งค่าอุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียสและความชื้นที่กำหนด 70-90%

อุณหภูมิ	ความชื้น (%)	สถานะ Relay	ปั๊มน้ำ	ผลการทำงาน
27	90	OFF	OFF	ปกติ
29	90	OFF	OFF	ปกติ
30	89	OFF	OFF	ปกติ
32	85	ON	ON	ปกติ
35	80	ON	ON	ปกติ

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

จากตารางที่ 1 เป็นขั้นตอนการทดลองการทำงานตามเงื่อนไขอุณหภูมิและความชื้นพบว่า อุปกรณ์ทำงานตามเงื่อนไขที่ตั้งไว้

ตารางที่ 2 ตารางการเปรียบเทียบผลผลิตของเห็ดนางฟ้าภูฐานที่เพาะด้วยระบบที่พัฒนากับโรงเรือนทั่วไปภายในระยะเวลา 1 เดือน

การเปรียบเทียบ	ระบบที่พัฒนา	ทั่วไป	ส่วนต่าง
ระยะเวลาที่เห็ดสามารถเก็บขาย	4 วัน	5-7 วัน	2-3 วัน
จำนวนรอบที่เก็บผลผลิต	6 รอบ/เดือน	4-5 รอบ/เดือน	1-2 รอบ
น้ำหนักเฉลี่ยที่เก็บได้ต่อรอบ	2.5 กิโลกรัม	1.9 กิโลกรัม	ประมาณ 600 กรัม
ราคาขาย	80 บาท/กิโลกรัม	80 บาท/กิโลกรัม	ราคาตามท้องตลาด
รายได้ต่อเดือน/ก้อนเห็ด 100 ก้อน	2.5 กก.x80 บาท x 6 รอบ = 1,200 บาท/เดือน	1.9 กก.x80 บาท x 5 รอบ = 760 บาท/เดือน	440 บาท

จากตารางที่ 2 พบว่าผลผลิตของเห็ดที่เพาะในระบบที่พัฒนา มีคุณภาพมากกว่าเห็ดที่เพาะในโรงเรือนทั่วไป

รูปที่ 11 ผลผลิตเห็ดนางฟ้าภูฐานที่ได้

5. สรุปผล

ในการวิจัย "ระบบควบคุมการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้าภูฐานและการประยุกต์ใช้ NB-IoT ในการตรวจสอบสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือน" ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น สามารถตั้งการทำงานของปั๊มน้ำและพัดลมได้ด้วยการตั้งค่าเงื่อนไขอุณหภูมิและความชื้นตามที่กำหนด ระบบสามารถทำงานได้ถูกต้องตามเงื่อนไขที่ตั้งไว้ เมื่อมีค่าอุณหภูมิสูงกว่า 30 องศาเซลเซียส ระบบจะสั่งการให้รดน้ำภายในโรงเพาะเห็ดให้อยู่ในช่วง 25-30 องศาเซลเซียส และความชื้นหากมากกว่า 90% พัดลมจะทำการดูดอากาศเข้ามาให้อยู่ภายในช่วง 70-90% และสามารถตรวจสอบสภาพของอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนได้จากการใช้เทคโนโลยี IoT โดยใช้งาน NB-IoT AIS ตรวจสอบผ่าน AIS Magellan Dashboard ซึ่งสามารถแสดงผลได้ทั้งในแล็ปท็อปและสมาร์ทโฟน

ในด้านของผลผลิตที่เก็บเกี่ยวในรอบ 1 เดือน ในการวิจัยนี้ได้มีการนำผลผลิตไปสอบถามจากเกษตรกรผู้เพาะเห็ดนางฟ้าภูฐานในพื้นที่ทดลอง พบว่าความยาวของเห็ดมีค่าเฉลี่ย 11.01 เซนติเมตร โดยใช้ระยะเวลาประมาณ 4 วันทำให้เกษตรกรได้ผลผลิตที่มากกว่าและสามารถเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรได้

ในส่วนของปัญหาและอุปสรรคพบว่าระบบแสดงผลผ่าน NB-IoT ยังไม่สามารถสั่งการทำงานผ่าน Dashboard Magellan ได้จึงทำได้แค่ดูผลลัพธ์เท่านั้นและข้อเสนอแนะในการทำวิจัยคือระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่พัฒนาสามารถนำไปใช้ในการเกษตรชนิดอื่นได้โดยต้องตรวจสอบสภาพของความต้องการของพืชชนิดนั้นๆ และควรเพิ่มระบบการฉีดปุ๋ย, ระบบแสงสว่างเพื่อเพิ่มผลผลิตสำหรับพืชบางชนิด

6. กิตติกรรมประกาศ

ในการวิจัย "ระบบควบคุมการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้าภูฐานและการประยุกต์ใช้ NB-IoT สำหรับตรวจสอบสภาพแวดล้อมในโรงเรือน" ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น ได้รับทุนสนับสนุนงบประมาณงานวิจัยองค์ความรู้ ประจำปีงบประมาณ 2562 จากมหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี จังหวัดลพบุรี และได้รับความร่วมมือจากนักศึกษาภาคพิเศษแขนงวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรมในการออกแบบ พัฒนา สร้างและทดสอบงานวิจัยจนสำเร็จด้วยดี

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

7. เอกสารอ้างอิง

[1] กลุ่มงานขยายผล ศูนย์การศึกษาการพัฒนาภูพานอันเนื่องมาจากพระราชดำริ. การเพาะเห็ดเศรษฐกิจและเห็ดพื้นเมือง. [Online]. (2561). [สืบค้นเมื่อ 3 กันยายน 2562]. Available: http://www.royal.rid.go.th/phupan

[2] ศูนย์ศึกษาการพัฒนาเขาหินซ้อนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ, "การเพาะเห็ดเศรษฐกิจครบวงจร". สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ (สำนักงาน กปร.). มปป.

[3] วิริยะ ทองทัพ และ ดวงอาทิตย์ ศรีมูล, "ระบบควบคุมความชื้นและอุณหภูมิ",การประชุมวิชาการงานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ครั้งที่ 10, 26-29 มิถุนายน 2561, หน้า 480-485

[4] สุมิท แซ่มประสิทธิ์. เกษตรกรไทยยุค THAILAND 4.0. [Online]. (2559). [สืบค้นเมื่อ 2 กันยายน 2562]. Available: http://www.qmlcorp.com/เกษตรกรไทยยุค-thailand-4.0

[5] วีรศักดิ์ ฟองเงิน, สุรพงษ์ เพ็ชร์หาญ และ รัฐสิทธิ์ ยะจ่อ, "การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีควบคุมฟาร์มอัจฉริยะในโรงเรือนเพาะเห็ดนางฟ้า", วารสารวิชาการการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรม คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, ปีที่ 5, ฉบับที่ 1, หน้า. 172-182, มกราคม – มิถุนายน 2561,

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี