

## การหาปริมาณเหล็กและแคลเซียมของเห็ดนางรมดำที่เพาะด้วยระบบอัจฉริยะ

# Determination of Iron and Calcium Content of Black Oyster Mushroom Cultivated with Intelligent Systems

กัลยาณี สุมา<sup>1</sup> ญัฐภูมิ มาลีลัย<sup>2\*</sup>  
E-mail: nmaleelai@gmail.com

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณแร่ธาตุเหล็กและแคลเซียมของเห็ดนางรมดำที่เพาะในโรงเรือนเพาะเห็ดอัจฉริยะ ซึ่งสามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูอินที่รับค่าอุณหภูมิและความชื้นจากเซนเซอร์ DHT22 แล้วประมวลผลเพื่อส่งคำสั่งไปยังรีเลย์เพื่อเปิด-ปิดการทำงานปั๊มสเปรย์น้ำและพัดลมระบายอากาศ ด้วยระบบอัจฉริยะสามารถทำให้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้มีค่าคงตามที่ต้องการได้ ทำการเพาะเห็ดนางรมดำในสภาพความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเป็น 60%, 70%, 80%, 90% และแบบไม่ใช้ระบบอัจฉริยะ จากผลการทดลองพบว่าเห็ดที่เพาะด้วยระบบควบคุมความชื้นที่ 80% ให้ผลผลิตเห็ดมากที่สุดคือ 406.3 กรัม มากกว่าเห็ดที่ไม่ใช้ระบบอัจฉริยะ 22.15% และศึกษาการวิเคราะห์ธาตุเหล็กและแคลเซียมด้วยด้วยเทคนิค Atomic Absorption Spectroscopy จากผลการวิเคราะห์ปริมาณแร่ธาตุพบว่า มีธาตุเหล็กและธาตุแคลเซียมมากที่สุดในตัวอย่างเห็ดที่ควบคุมความชื้น 90% มีปริมาณ 19.676 mg/100g และ 14.288 mg/100g ตามลำดับ

**คำสำคัญ:** เห็ดนางรมดำ โรงเพาะเห็ดอัจฉริยะ ไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูอิน

### Abstract

The objective of this research is to study the iron and calcium content of black oyster mushroom of cultivation in smart mushroom house. Which can control temperature and humidity by Arduino microcontroller that receives temperature and humidity from the DHT22 sensors and processing for sending commands to the relay to enable and disable water spray pumps and ventilation fans. By smart system can fix the temperature and humidity to a constant value to needed. Black oyster mushrooms are cultivated in an air humidity of 60%, 70%, 80%, 90% and non- systems. According to the results, 80% of moisture-controlled mushrooms produce 406.3 g of mushrooms, 22.15% more than non-system mushrooms. The mineral content analysis results, and the analysis of iron and calcium by Atomic Absorption Spectroscopy technique, it found that the most iron and calcium in the mushroom samples to control the humidity at 90% with 19.676 mg/100g and 14.288 mg/100g, respectively.

**Keywords:** black oyster mushroom, mushroom nursery house, arduino microcontroller

### ความเป็นมาของปัญหา

เห็ด (Mushroom) จัดเป็นอาหารชนิดหนึ่งของมนุษย์ ทำให้เป็นที่นิยมบริโภคกันทั่วไป มีคุณค่าทางโภชนาการค่อนข้างสูง เนื่องจากมีโปรตีนกากใยอาหารสูง ปริมาณน้ำตาลและเกลือค่อนข้างต่ำ รวมทั้งยังอุดมไปด้วยแร่ธาตุต่างๆ และวิตามินหลายชนิดรวมทั้งวิตามินบีรวม สารไนอาซิน และวิตามินซี ที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย ซึ่งประเทศไทยมีการผลิตเห็ดได้หลายชนิดโดยเฉพาะเห็ดชนิดที่เพาะในถุงพลาสติก เช่น เห็ดนางฟ้า เห็ดนางรม และเห็ดเป๋าฮื้อ จึงทำให้เกษตรกรหันมาทำอาชีพเพาะเห็ดเพิ่มขึ้นบางกลุ่มก็ประสบผลสำเร็จบางกลุ่มก็ล้มเหลว ซึ่งเกิดจากปัจจัยหลายๆด้าน และสภาพอากาศมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของดอกเห็ด เห็ดแต่ละชนิดมีความต้องการสภาพอากาศของอุณหภูมิที่ไม่เท่ากัน โรงเรือนเพาะเห็ดจึงต้องเกี่ยวข้องกับอุณหภูมิ ความชื้น อากาศ และแสง โดยเฉพาะอุณหภูมิซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตของดอกเห็ด จากการสำรวจโรงเรือนเพาะเห็ดที่เกษตรกรปลูกพบว่า มีหลายขนาดด้วยกัน โรงเรือนขนาดใหญ่ให้เหตุผลว่าดูแลสะดวก อุณหภูมิภายในโรงเรือนมีความสม่ำเสมอ ส่วนโรงเรือนขนาดเล็กให้เหตุผลว่าสามารถป้องกันโรค แมลง หรือศัตรูเห็ดได้ดีกว่า (นพวรรณ หาแก้ว, 2560) อีกทั้งปัจจุบันยังมีเทคโนโลยีเข้ามามีบทบาทในการทำเกษตรยุคใหม่มากขึ้นอีกด้วย อย่างเช่นโรงเพาะเห็ดแบบครัวเรือนด้วยระบบอัจฉริยะ สามารถช่วยในการควบคุมความชื้นในโรงเพาะเห็ดให้มีค่าคงที่ได้อย่างอัตโนมัติ บุญยัง สิงห์เจริญ และสันติ สาแก้ว (2558) ได้ออกแบบระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือนเพาะเห็ดด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ (Arduino) นอกจากนี้ สิตาวีร์ ธีรวิรุฬห์ (2559) ได้พัฒนาฟาร์มเพาะเห็ดอัจฉริยะ ซึ่งมีความแตกต่างกับฟาร์มธรรมดาตรงที่มีการใช้ทรัพยากรเป็นไปอย่างแม่นยำและตรงต่อความต้องการของพืช เพื่อช่วยลดการสูญเสียทรัพยากร อุณหภูมิและ

<sup>1</sup> คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

ความชื้นมีจึงผลต่อการเจริญเติบโตของเห็ด นอกจากระบบควบคุมจะสามารถใช้ในโรงเรือนได้แล้ว ยังสามารถประยุกต์ใช้ควบคุมในกระบวนการบ่มเชื้อเห็ดเพื่อเร่งการเจริญเติบโตของเชื้อเห็ดได้อีกด้วย (วีรศักดิ์ พองเงิน และคณะ, 2561)

นอกจากนี้เห็ดแต่ละชนิดมีคุณค่าทางโภชนาการอาหารที่ต่างกัน ในการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการอาหารในเห็ดจึงมีเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์หลายเครื่องมือ ซึ่งแต่ละเครื่องมือมีวิธีการทำงานที่ต่างกัน เช่น เครื่อง UV-Visible Spectrophotometer ใช้หลักในการตรวจวัดปริมาณแสงและค่า intensity ของแสง ส่วนใหญ่จะใช้ในการหาปริมาณแร่ธาตุ เช่น ปริมาณธาตุฟลูออไรด์ หรือ ปริมาณคลอโรฟิลล์ในผลิตภัณฑ์อาหาร เป็นต้น เครื่อง Soxhlet extraction ใช้ในการวิเคราะห์หาค่าไขมัน เครื่อง Kjeldahl distillation ใช้ในการสกัดหาค่าโปรตีน เครื่อง Inductive Coupled Plasma Spectrometer, (ICP) ใช้ในการวิเคราะห์ส่วนผสมของแร่ธาตุที่เป็นประโยชน์ในอาหาร และเครื่อง Atomic Absorption Spectrometer, (AAS) ใช้ในการวิเคราะห์แร่ธาตุหรือวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการอาหารโดยอาศัยกระบวนการที่เกิดอะตอมเสรี (Free Atom) ของธาตุแต่ละชนิด ซึ่งดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นโดยเฉพาะ ปริมาณของแสงที่ดูดกลืนที่ความยาวคลื่นนั้น จะเพิ่มขึ้นตามจำนวนอะตอมของธาตุที่แสงส่องผ่านเพิ่มขึ้น และแปรผันตรงกับความเข้มข้นของธาตุที่ถูกดูดกลืนแสงนั้น ในปัจจุบันเครื่อง AAS ได้รับการพัฒนาให้ง่ายต่อการใช้งาน แต่ยังคงประสิทธิภาพการทำงานที่สูง ดังนั้นการวิเคราะห์จึงไม่ต้องใช้เทคนิคที่ยุ่ยากซับซ้อน เช่น การวิเคราะห์หาปริมาณสารปรอทในเห็ดหลายชนิดที่ปลูกในป่าโดยใช้เทคนิค Cold Vapour Atomic Absorption Spectrometry (CV-AAS) (Jerzy et al., 2012) นอกจากนี้ได้มีการประมาณปริมาณการสะสมของสังกะสีในเห็ดและดินด้วยวิธี AAS ว่าทำไมเห็ดพิษสามารถเกิดขึ้นได้ อาจมีความเสี่ยงต่อสุขภาพรวมถึงผลกระทบต่อระบบนิเวศของดิน (Monika Chauhan, 2015) อีกทั้งยังสามารถหาปริมาณธาตุเหล็กในเบหมีกิ่งสำเร็จรูปเสริมเหล็กโดยวิธี Atomic absorption ได้อีกด้วย (สุพรรณิ พลฤกษ์, 2557)

จากที่กล่าวมาผู้วิจัยต้องการศึกษาผลของการเพาะเห็ดภายในโรงเรือนอัจฉริยะที่ควบคุมความชื้นและอุณหภูมิอัตโนมัติที่ส่งผลต่อปริมาณธาตุแคลเซียม (Ca) และธาตุเหล็ก (Fe) ในเห็ดด้วยเทคนิค Atomic Absorption Spectroscopy เนื่องจากธาตุเหล็กและแคลเซียมนั้นมีประโยชน์ด้านร่างกายหลายอย่าง โดยที่แร่ธาตุดังกล่าวมีความสำคัญต่อร่างกายของมนุษย์ดังนี้ แคลเซียม ช่วยในการสร้างกระดูกและฟัน บรรเทาอาการนอนไม่หลับ ช่วยให้จังหวะการเต้นของหัวใจเป็นปกติ ฯลฯ และเหล็ก ช่วยป้องกันและรักษาภาวะโลหิตจางจากการขาดธาตุเหล็ก ป้องกันอาการอ่อนเพลีย สร้างภูมิคุ้มกัน ฯลฯ ซึ่งเห็ดแต่ละชนิดก็จะให้แร่ธาตุหลักแร่ธาตุรองและสารอาหารอื่นๆ ที่มีปริมาณมากน้อยแตกต่างกันออกไป

จากการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบโรงเรือนเพาะเห็ดและระบบควบคุมอัจฉริยะให้เหมาะสมกับการเพาะเห็ดนางรมดำ เพื่อเปรียบเทียบคุณค่าสารอาหารธาตุเหล็กและแคลเซียมของเห็ดที่เพาะในโรงเพาะเห็ดที่ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นแบบอัตโนมัติกับที่เพาะในโรงเรือนตามธรรมชาติ และเพื่อศึกษาสภาพประกอบที่เหมาะสมในการเพาะเห็ดของโรงเรือนระบบอัตโนมัติ

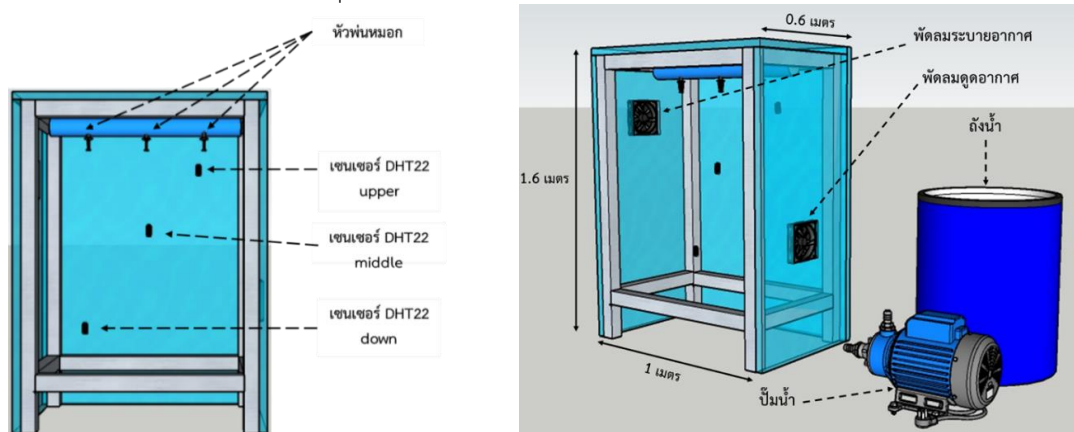
## วิธีการดำเนินงานวิจัย

### 1. การออกแบบโรงเรือนเพาะเห็ดและระบบควบคุม

ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบโรงเรือนเพาะเห็ดและระบบควบคุมในงานวิจัย ประกอบด้วย

#### 1.1 ออกแบบโรงเรือนเพาะเห็ด

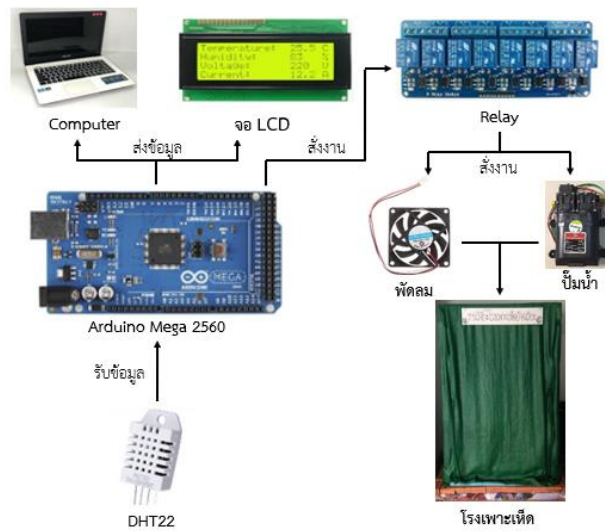
โดยโครงสร้างโรงเรือนเพาะเห็ดใช้เหล็ก มีขนาดโรงเรือนกว้าง 0.6 เมตร ยาว 1 เมตร และสูง 1.6 เมตร มีน้ำหนักเบาสามารถขนย้ายได้สะดวก คลุมด้วยพลาสติกสแลนดึในสัดส่วน 50% และ 60% ของปริมาตรโรงเรือน ควบคุมความชื้นและอุณหภูมิอัตโนมัติด้วยวงจรอิเล็กทรอนิกส์อาศัยโน้ตอ๊กบ์มิน้ำและพัดลม รายละเอียดของโรงเรือนแสดงใน ภาพประกอบที่ 1



ภาพประกอบที่ 1 แสดงโครงสร้างโรงเรือนเห็ดระบบอัจฉริยะ

## 1.2 ออกแบบวงจรระบบควบคุมการทำงานในโรงเรือนเพาะเห็ด

ออกแบบระบบควบคุมที่ทำหน้าที่ในการประมวลผลควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือน และทำการเชื่อมต่อติดตั้งของแต่ละอุปกรณ์เข้าด้วยกันเพื่อการทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอัตโนมัติที่สมบูรณ์



ภาพประกอบที่ 2 ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอัตโนมัติโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino

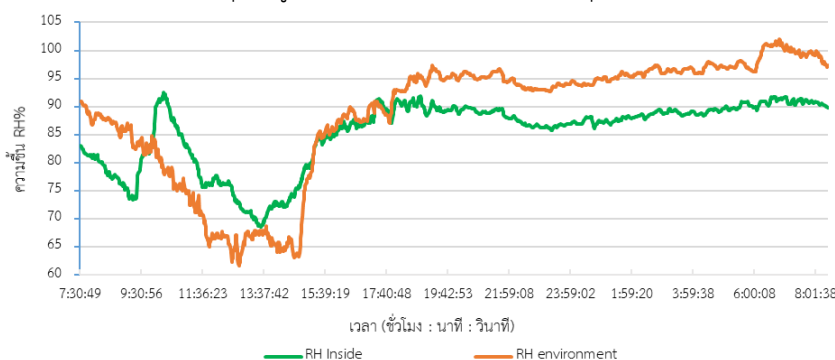
จากภาพประกอบที่ 2 ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบวงจรที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของระบบ ซึ่งจะประกอบไปด้วย ชุดเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นในอากาศ โดยจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Arduino) เป็นตัวควบคุมการทำงานและประมวลผลค่าที่ได้รับมาจากเซ็นเซอร์ เพื่อไปควบคุมการทำงานของชุดรีเลย์ที่ทำหน้าที่เป็นสวิตซ์ปิด-เปิด ปั้มน้ำและพัดลมให้ทำงาน การติดตั้งอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ จะใส่ในกล่องกันน้ำติดตั้งข้างโรงเรือนเห็ด เพื่อความสะดวกในการตรวจสอบค่าความชื้นโดยสามารถดูได้จากหน้าจอ LCD ของกล่องอุปกรณ์ ผู้วิจัยได้ทำการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เงื่อนไขระบบควบคุมกระบวนการ

Humidity (%)	Temperature (°C)	Ventilation fan	Exhaust fan	Pumps
< RH fix	< T fix	off	off	on
< RH fix	> T fix	on	on	on
> RH fix	> T fix	on	on	off
> RH fix	< T fix	on	off	off

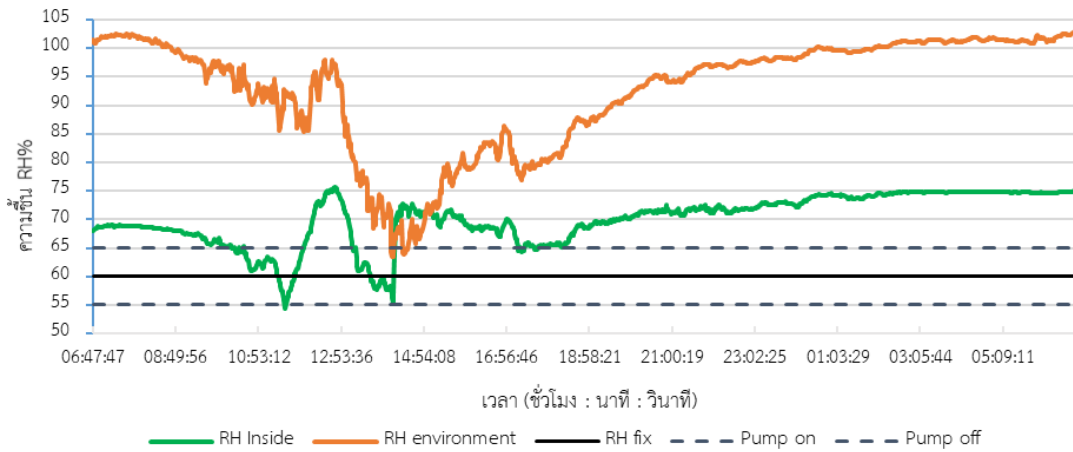
จากตารางที่ 1 ผู้วิจัยได้ทดสอบระบบโรงเรือนเพาะเห็ดอัจฉริยะที่ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยระบบอัตโนมัติ แบบไม่ใช้ระบบอัจฉริยะควบคุมกับแบบใช้ระบบอัจฉริยะควบคุมความชื้นทั้ง 4 ระดับ คือ 60, 70, 80 และ 90 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ตามลำดับดังภาพต่อไปนี้

### 1.2.1 กราฟความชื้นและอุณหภูมิแบบไม่ใช้ระบบอัจฉริยะควบคุม



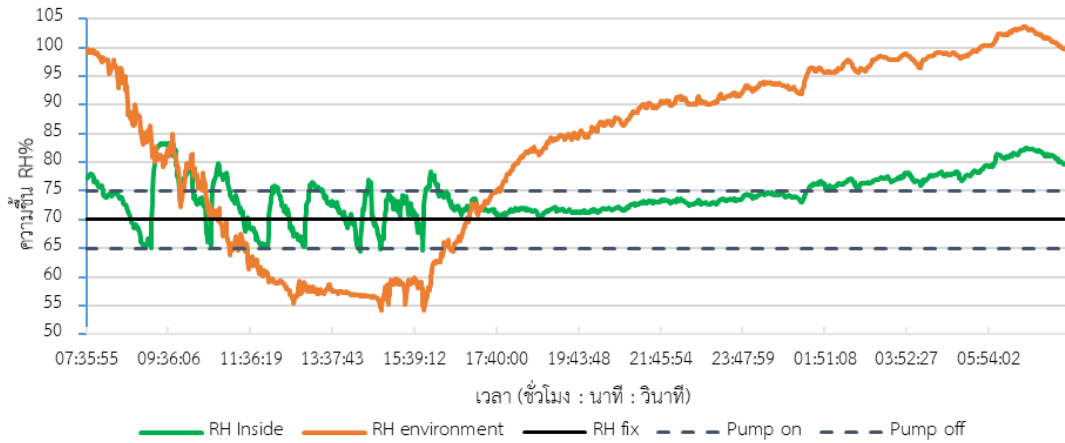
ภาพประกอบที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับเวลาแบบไม่ใช้ระบบอัจฉริยะ

### 1.2.2 กราฟความชื้นและอุณหภูมิแบบใช้ระบบอัจฉริยะควบคุมความชื้น 60 เปอร์เซ็นต์



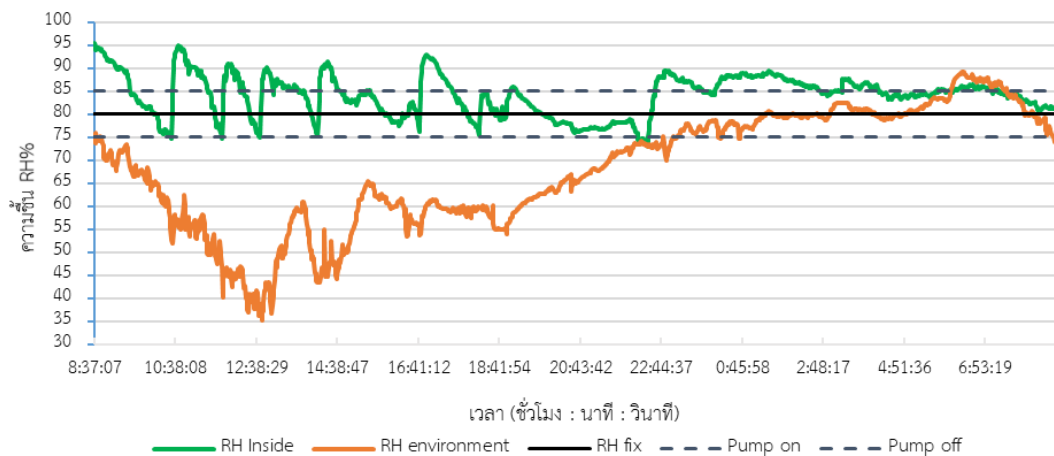
ภาพประกอบที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับเวลาโดยใช้ระบบอัจฉริยะควบคุมความชื้นที่ 60 เปอร์เซ็นต์

### 1.2.3 กราฟความชื้นและอุณหภูมิแบบใช้ระบบอัจฉริยะควบคุมความชื้น 70 เปอร์เซ็นต์



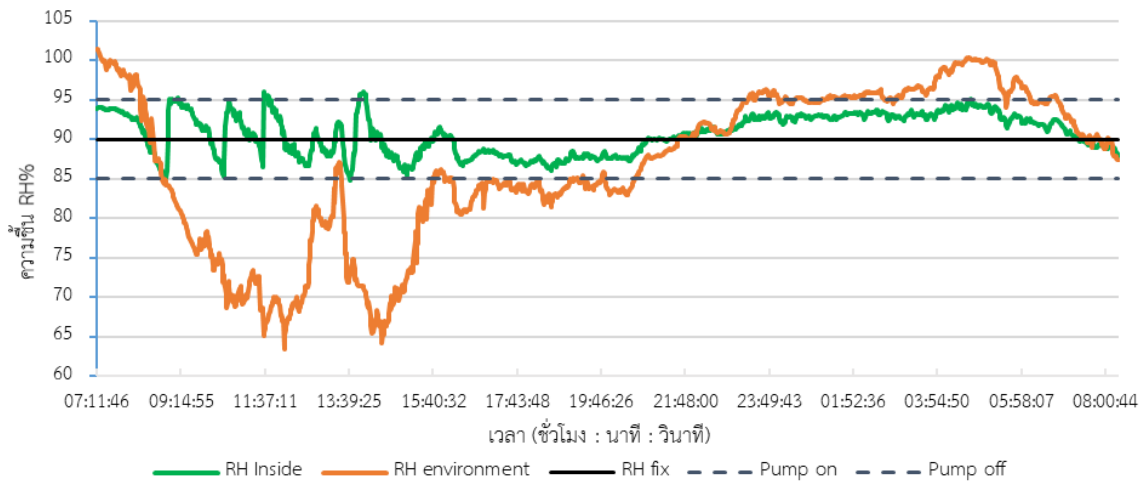
ภาพประกอบที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับเวลาโดยใช้ระบบอัจฉริยะควบคุมความชื้นที่ 70 เปอร์เซ็นต์

### 1.2.4 กราฟความชื้นและอุณหภูมิแบบใช้ระบบอัจฉริยะควบคุมความชื้น 80 เปอร์เซ็นต์



ภาพประกอบที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับเวลาโดยใช้ระบบอัจฉริยะควบคุมความชื้นที่ 80 เปอร์เซ็นต์

### 1.2.5 กราฟความชื้นและอุณหภูมิแบบใช้ระบบอัจฉริยะควบคุมความชื้น 90 เปอร์เซ็นต์



ภาพประกอบที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับเวลาโดยใช้ระบบอัจฉริยะควบคุมความชื้นที่ 90 เปอร์เซ็นต์

หลังจากทำการเก็บข้อมูลผลการทำงานของระบบอัตโนมัติ 24 ชั่วโมง ซึ่งสามารถทำงานได้ตามเงื่อนไขที่กำหนด ผู้วิจัยจึงได้ทำการเพาะเห็ดนางรมดำในโรงเรือนเพาะเห็ดจำนวน 30 ก้อน และแต่ละเงื่อนไขใช้ระยะเวลาในการทดสอบเพาะเห็ดครั้งละ 14 วัน และได้ทำการเก็บข้อมูลอุณหภูมิและความชื้น และได้ผลิตเห็ดนางรมดำ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบผลผลิตเห็ดระหว่างไม่ใช้ระบบอัจฉริยะกับใช้ระบบอัจฉริยะควบคุมความชื้น

วันที่เก็บผลผลิต	ใช้วิธีรดน้ำตามแบบชুমชน (กรัม)	ใช้ระบบอัจฉริยะควบคุมความชื้น 60% (กรัม)	ใช้ระบบอัจฉริยะควบคุมความชื้น 70% (กรัม)	ใช้ระบบอัจฉริยะควบคุมความชื้น 80% (กรัม)	ใช้ระบบอัจฉริยะควบคุมความชื้น 90% (กรัม)
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0
8	0	0	0	29.4	0
9	72.9	0	0	47.5	34.8
10	36.4	0	39.4	48.8	60.1
11	62.3	0	86.3	33.4	43.8
12	60.6	33.1	46.8	30.3	64.1
13	39.9	42.3	90.8	167.8	0
14	44.2	28.2	45.2	49.1	49.9
รวม	316.3	103.6	307.9	406.3	254.7

จากตารางที่ 2 การเปรียบเทียบปริมาณเห็ดโดยใช้เห็ดนางรมดำในการทดลอง 30 ก้อน พบว่าการใช้วิธีรดน้ำตามแบบชুমชนได้น้ำหนักเห็ด 316.3 กรัม การใช้ระบบอัจฉริยะในการควบคุมความชื้น 60 เปอร์เซ็นต์ ได้น้ำหนักเห็ด 103.6 กรัม น้อยกว่าการรดน้ำตามแบบชুমชน 67.24 เปอร์เซ็นต์ การควบคุมความชื้น 70 เปอร์เซ็นต์ ได้น้ำหนักเห็ด 307.9 กรัม น้อยกว่าการรดน้ำตามแบบชুমชน 2.65 เปอร์เซ็นต์ การควบคุมความชื้น 80 เปอร์เซ็นต์ ได้น้ำหนักเห็ด 406.3 กรัม มากกว่าเห็ดที่รดน้ำตามแบบชুমชน 22.15

เปอร์เซ็นต์ และการควบคุมความชื้น 90 เปอร์เซ็นต์ ได้น้ำหนักเห็ด 254.7 กรัม น้อยกว่าการรดน้ำตามแบบชุมชน 19.47 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นได้ว่าการควบคุมความชื้น 80 เปอร์เซ็นต์ เห็ดมีการเจริญเติบโตได้ดีและให้น้ำหนักเห็ดมากที่สุด

### 1.3 วิธีการเตรียมตัวอย่างเห็ด



ภาพประกอบที่ 8 ตัวอย่างเห็ดนางรมดำที่ได้มาจากการเพาะตามกลุ่มเงื่อนไข

เก็บตัวอย่างเห็ดทั้งหมด 7 ตัวอย่าง ได้แก่ จากโรงเรือนที่เพาะตามธรรมชาติ 2 ตัวอย่าง จากเห็ดที่เพาะในโรงเรือน แบบไม่ใช้ระบบอัจฉริยะ 1 ตัวอย่าง และจากเห็ดที่เพาะในโรงเรือนเพาะเห็ดอัจฉริยะที่ควบคุมความชื้น 60, 70, 80 และ 90 เปอร์เซ็นต์ 4 ตัวอย่าง จากนั้นนำเห็ดแต่ละตัวอย่างที่ได้มาตากในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ให้แห้ง และนำไปอบ (hot air oven) ที่ อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จากนั้นนำไปใส่ไว้ในตู้ดูดความชื้น (Desiccator) ทิ้งไว้ให้เย็น แล้วนำไปบดให้ละเอียดเพื่อจะนำไปทำการ ย่อยแล้ววิเคราะห์ธาตุเหล็กและแคลเซียมต่อไป

#### 1.4 วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณแร่ธาตุในเห็ด (ดัดแปลงจากวิธีของ จารวี เอียดสุข, 2541)

ชั่งตัวอย่างเห็ด 1 กรัม ในปิเกตอร์ ขนาด 100 mL แล้วเติม HNO<sub>3</sub> 65% ปริมาณ 10 mL นำไปย่อยบนเตาให้ความ ร้อน (Hot plate) จนตัวอย่างใส ทิ้งไว้ให้เย็นแล้วนำสารละลายตัวอย่างมากรองด้วยกระดาษกรอง แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจน ครบ 100 mL นำสารละลายตัวอย่างเก็บไว้ในขวด PE ไปวิเคราะห์หาปริมาณธาตุเหล็กและแคลเซียมด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrometer (AAS) รุ่น AA-6200 เทียบกับการวิเคราะห์สารละลายมาตรฐาน

## 2. การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลผู้วิจัยได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบควบคุมของโรงเรือนเพาะเห็ดอัจฉริยะ เพื่อ ทำการเพาะเห็ดนางรมดำใช้ในการเปรียบเทียบปริมาณธาตุเหล็กและแคลเซียมด้วยเทคนิค Atomic Absorption Spectroscopy และผลผลิตของเห็ดนางรมดำที่ทำการเพาะด้วยระบบควบคุมอัจฉริยะ 4 ระดับ คือ 1)ใช้ระบบอัจฉริยะควบคุมความชื้นที่ 60 เปอร์เซ็นต์ 2)ใช้ระบบอัจฉริยะควบคุมความชื้นที่ 70 เปอร์เซ็นต์ 3)ใช้ระบบอัจฉริยะควบคุมความชื้นที่ 80 เปอร์เซ็นต์ และ 4)ใช้ระบบ อัจฉริยะควบคุมความชื้นที่ 90 เปอร์เซ็นต์ และแบบไม่ใช้ระบบอัจฉริยะควบคุม

## ผลการศึกษา

จากการวิเคราะห์หาปริมาณแร่ธาตุเหล็ก (Fe) และแคลเซียม (Ca) ในเห็ดนางรมดำ โดยใช้เครื่อง Atomic Absorption Spectrometer (AAS) ได้ผลการวิจัยดังนี้

### 1. ผลการวิเคราะห์หาปริมาณแร่ธาตุเหล็ก (Fe) และแคลเซียม (Ca) ในเห็ดนางรมดำทั้งหมด 7 ตัวอย่าง

ตารางที่ 3 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุเหล็กและแคลเซียมในเห็ดนางรมดำ 7 ตัวอย่าง

No.	Sample	Amount of minerals (mg/100g)	
		Iron (Fe)	Calcium (Ca)
1	เห็ดจากโรงเพาะเห็ดของชุมชน	15.671	7.170
2	เห็ดจากโรงเพาะเห็ดของชุมชน	13.431	12.709

### ตารางที่ 3 (ต่อ)

No.	Sample	Amount of minerals (mg/100g)	
		Iron (Fe)	Calcium (Ca)
3	ใช้วิธีรดน้ำตามแบบชุมชน	11.586	5.385
4	ใช้ระบบอัจฉริยะควบคุมความชื้น 60 เปอร์เซ็นต์	18.364	11.358
5	ใช้ระบบอัจฉริยะควบคุมความชื้น 70 เปอร์เซ็นต์	18.021	13.739
6	ใช้ระบบอัจฉริยะควบคุมความชื้น 80 เปอร์เซ็นต์	17.646	10.969
7	ใช้ระบบอัจฉริยะควบคุมความชื้น 90 เปอร์เซ็นต์	19.676	14.288

จากตารางที่ 3 แสดงผลการวิเคราะห์ของปริมาณธาตุเหล็กและแคลเซียมในตัวอย่างเห็ดนางรมดำ พบว่ามีปริมาณธาตุเหล็กมากที่สุดในตัวอย่างที่ 7 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 19.676 mg/100g และมีค่าน้อยสุดในตัวอย่างที่ 3 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 11.586 mg/100g ส่วนธาตุแคลเซียมมีปริมาณมากสุดในตัวอย่างที่ 7 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 14.288 mg/100g และมีค่าน้อยที่สุดในตัวอย่างที่ 3 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 5.385 mg/100g

### สรุปและอภิปรายผล

ผลการทดสอบของระบบควบคุมการทำงานตามเงื่อนไขเป็นเวลา 24 ชั่วโมง และใช้ระบบควบคุมอัจฉริยะทำการเพาะเห็ดเงื่อนไขละ 14 วัน พบว่า ในช่วงเวลากลางวันมีอุณหภูมิที่สูงและมีความชื้นต่ำกว่าที่กำหนดไว้ในระบบควบคุม ทำให้ระบบควบคุมรับค่ามาเพื่อจะสั่งให้พัดลมและปั๊มน้ำทำงานเพื่อเพิ่มความชื้นในโรงเรือน ส่วนในช่วงเวลากลางคืนมีอุณหภูมิต่ำและความชื้นสูงจึงทำให้พัดลมดูดอากาศร้อนเข้าทำงานและพัดลมระบายความชื้นทำงาน โดยภาพรวมในการทดสอบระบบควบคุมสามารถทำงานตามเงื่อนไขที่ออกแบบไว้ได้ และจากผลผลิตของเห็ดนางรมดำ พบว่า โรงเรือนเพาะเห็ดอัจฉริยะที่มีการควบคุมความชื้น 80 เปอร์เซ็นต์ ที่ทำการเพาะปลูกเงื่อนไขละ 14 วัน ให้ผลผลิตเห็ดมากที่สุด คือ 406.3 กรัม ซึ่งผลการทดสอบนี้เป็นการยืนยันว่าอุณหภูมิและความชื้นมีผลต่อการเจริญเติบโตต่อการเพาะเห็ด

การวิเคราะห์ปริมาณธาตุเหล็กและแคลเซียมในเห็ดนางรมดำ โดยทำการเก็บตัวอย่างเห็ดนางรมดำทั้งหมด 7 ตัวอย่าง ได้ทำการวิเคราะห์หาปริมาณแร่ธาตุโดยใช้เทคนิค Atomic Absorption Spectroscopy โดยใช้เครื่องมือ Atomic Absorption Spectrometer (AAS) ผลการทดลอง พบว่า ปริมาณเหล็กและแคลเซียมอยู่ในช่วงระหว่าง 11.586 – 19.676 และ 5.385 – 14.288 mg/100g ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์แร่ธาตุ พบว่า พบธาตุเหล็กมากที่สุดในตัวอย่างเห็ดที่เพาะในโรงเรือนเพาะเห็ดอัจฉริยะควบคุมความชื้น 90 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณ 19.676 mg/100g และพบธาตุแคลเซียมมากที่สุดในตัวอย่างเห็ดที่เพาะในโรงเรือนเพาะเห็ดอัจฉริยะควบคุมความชื้น 90 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณ 14.288 mg/100g เห็ดแต่ละตัวอย่างให้ปริมาณแร่ธาตุที่แตกต่างกัน อันประกอบกับการเจริญเติบโตของเห็ดจะต้องอาศัยปัจจัยต่างๆ ที่ทำให้เส้นใยของเห็ดพัฒนารวมตัวกันเป็นกลุ่มก้อนจนเกิดเป็นดอกเห็ดขึ้นมาได้ที่สำคัญ เช่น น้ำ ปริมาณความชื้น อุณหภูมิ แสง และสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมแก่การเจริญเติบโตของเห็ด ซึ่งปริมาณแร่ธาตุในเห็ดทั้ง 7 ตัวอย่างนี้มีความสัมพันธ์กับสภาพภูมิอากาศที่เห็ดเจริญเติบโต เนื่องมาจากยิ่งความชื้นสูงส่งผลต่อการเจริญเติบโตของเห็ดให้มีการสะสมแร่ธาตุในปริมาณมากขึ้น

### ข้อเสนอแนะ

1. เกิดสัญญาณรบกวนการทำงานของอาอูดยูโนจากปั๊มน้ำ เนื่องจากขณะรีเลย์สั่งให้ปั๊มน้ำทำงานจะเกิดไฟกระชากขึ้น แล้วสัญญาณนี้จะย้อนกลับมารบกวนการทำงานของอาอูดยูโน ทำให้เซนเซอร์ DHT22 อ่านค่าไม่ได้บางตัว
2. การทำงานของระบบโรงเพาะเห็ดอัจฉริยะใช้ไฟฟ้าในการทำงาน เมื่อไม่มีไฟฟ้าระบบโรงเพาะเห็ดอัจฉริยะจะไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นได้ต้องมีวิธีการแก้ปัญหาโดยอาจใช้เครื่องสำรองไฟหรือเทคโนโลยีโซลาร์เซลล์มาช่วยแก้ปัญหา
3. ควรหมั่นตรวจตราดูเห็ดอย่างสม่ำเสมอ เมื่อพบศัตรูพืช เช่น หนอน ควรรีบกำจัดในทันที เพราะหนอนจะไชตามก้อนเชื้อเห็ดทำให้ก้อนเชื้อเห็ดก่อนนั้นไม่ออกดอก
4. ในการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารควรวิเคราะห์ด้วยเทคนิคอื่นๆ ประกอบกันเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องและแม่นยำมากขึ้น เช่น การวิเคราะห์ด้วยเครื่องโวลแทมิเตอร์ หรือ เครื่อง ICP เป็นต้น

## กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย ที่สนับสนุนงบประมาณทุนการวิจัย และขอขอบคุณศูนย์วิทยาศาสตร์ที่อนุเคราะห์เครื่องมือในงานวิจัย

## เอกสารอ้างอิง

- ชูชาติ อารีจิตรานุสรณ์. (2562). **เครื่องวัดการดูดกลืนแสงของอะตอม**. <<https://home.kku.ac.th/chuare/12/atomicabsorption.pdf>> (สืบค้นเมื่อ 9 สิงหาคม 2562).
- นฤมล นาชัยสินธุ์ และศิริพรรณ หวานแท้. (2559). **การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของเห็ดพื้นบ้านในจังหวัดเลย**. เลย: มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย.
- บุญยัง สิงห์เจริญ และสันติ साแก้ว. (2558). **ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือนเพาะเห็ด**. สุรินทร์: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์.
- ปิยะเนตร จันทร์ธีระติกุล. (2553). **การวิเคราะห์ทางเคมีด้วยสเปกโทรสโกปี**. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- วีรศักดิ์ ฟองเงิน และคณะ. (2561). **การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีควบคุมฟาร์มอัจฉริยะในโรงเรือนเพาะเห็ดนางฟ้า**. ลำปาง: คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง.
- สิตาวีร์ ธีรวิรุฬห์. (2556). **สมาร์ทฟาร์ม (Smart Farm) การทำเกษตรที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม**. <<https://library2.parliament.go.th/ebook/content-issue/2559/hi2559-093.pdf>> (สืบค้นเมื่อ 9 กันยายน 2562).
- สุพรรณิ พฤกษา. (2557). **การดูดซึมธาตุเหล็กจากบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปเสริมเหล็กในหญิงวัยเจริญพันธุ์ที่มีภาวะโลหิตจางจากการขาดธาตุเหล็ก**. เลย: คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย.
- อุไรวรรณ ศรีเตชะ. (2554). **การวิเคราะห์ปริมาณไขมันในหนอนรด่วน**. เลย: มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย.
- Grazyna Jarzynska and Jerzy Falandysz (2012). **The determination of mercury in mushrooms by CV-AAS and ICP-AES techniques**. Poland: University of Gdansk Gdansk.
- Monika Chauhan (2015). **Estimation of Accumulation of Zinc content in mushroom and Soil by Atomic Absorption Spectroscopy**. Ethiopia: University Adama.