รายงานผลการวิจัย

เรื่อง ระบบปรับสภาพอากาศในโรงเรือนเพาะเห็ดฟาง

Straw Mushroom House Air Condition Control System

ได้รับการจัดสรรงบประมาณวิจัย ประจำปี ๒๕๖๐

จำนวน ๓๑๒,๐๐๐

หัวหน้าโครงการ สมนึก สินธุปวน

ผู้ร่วมโครงการ ดร.วาสนา วิรุญรัตน์

ดร.ศมาพร แสงยศ

งานวิจัยเสร็จสิ้น

...../...../.....

สารบัญ

	หน้า
สารบัญตาราง	ข
สารบัญภาพ	ง
บทคัดย่อ	1
- Abstract	2
บทนำ	3
- วัตถุประสงค์ของการวิจัย	4
- ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
การตรวจเอกสาร	5
อุปกรณ์และวิธีการ	16
ผลการวิจัย	26
วิจารณ์ผลการวิจัย	56
- สรุปผลการวิจัย	57
เอกสารอ้างอิง	34

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 2.1	แสดงระดับค่าก๊าซของคาร์บอนมอนอกไซด์	13
ตารางที่ 2.2	แสดงค่ากำหนดการสัมผัสก๊าซในพื้นที่อับอากาศ	14
ตารางที่ 2.3	ระดับความรุนแรงของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (Co)	15
ตารางที่ 2.4	ระดับความรุนแรงของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Co_2)	15
ตารางที่ 3.1	ตารางเงื่อนไขที่อาจจะเป็นไปได้ทั้งหมด	19
ตารางที่ 4.1	ค่าเฉลี่ยของคาร์บอนมอนออกไซด์วันที่ 1 อุณหภูมิคงที่ 65 องศาเซลเซียส	27
ตารางที่ 4.2	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้ ANOVA (Avg ($Co_{Time\ 09.00,12.00,16.00}$)~Floors)	28
ตารางที่ 4.3	ผลการวิเคราะห์ผลต่างทางสถิติ	28
ตารางที่ 4.4	ค่าเฉลี่ยของคาร์บอนมอนออกไซด์วันที่ 2	30
ตารางที่ 4.5	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้ ANOVA (Avg ($Co_{Time\ 09.00,12.00,16.00}$)~Floors)	31
ตารางที่ 4.6	ผลการวิเคราะห์ผลต่างทางสถิติ	31
ตารางที่ 4.7	ค่าเฉลี่ยของคาร์บอนมอนออกไซด์วันที่ 3	32
ตารางที่ 4.8	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้ ANOVA (Avg ($Co_{Time\ 09.00,12.00,16.00}$)~Floors)	33
ตารางที่ 4.9	ผลการวิเคราะห์ผลต่างทางสถิติ	33
ตารางที่ 4.10	ค่าเฉลี่ยของคาร์บอนมอนออกไซด์วันที่ 4	34
ตารางที่ 4.11	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้ ANOVA (Avg ($Co_{Time\ 09.00,12.00,16.00}$)~Floors)	35
ตารางที่ 4.12	ผลการวิเคราะห์ผลต่างทางสถิติ	35
ตารางที่ 4.13	ค่าเฉลี่ยของคาร์บอนมอนออกไซด์วันที่ 5	36
ตารางที่ 4.14	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้ ANOVA (Avg ($Co_{Time\ 09.00,12.00,16.00}$)~Floors)	37
ตารางที่ 4.15	ผลการวิเคราะห์ผลต่างทางสถิติ	37
ตารางที่ 4.16	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้ ANOVA (Avg ($Co_{Time\ 09.00,12.00,16.00}$)~Date+Floors)	38
ตารางที่ 4.17	ผลการวิเคราะห์ผลต่างทางสถิติ Date	38
ตารางที่ 4.18	ผลการวิเคราะห์ผลต่างทางสถิติ Floors	39
ตารางที่ 4.19	ค่าเฉลี่ยของคาร์บอนไดออกไซด์วันที่ 1 อุณหภูมิคงที่ 65 องศาเซลเซียส	41
ตารางที่ 4.20	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้ ANOVA (Avg ($Co_{Time\ 09.00,12.00,16.00}$)~Floors)	42
ตารางที่ 4.21	ค่าเฉลี่ยของคาร์บอนไดออกไซด์วันที่ 2	42
ตารางที่ 4.22	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้ ANOVA (Avg ($Co_{Time\ 09.00,12.00,16.00}$)~Floors)	43
ตารางที่ 4.23	ผลการวิเคราะห์ผลต่างทางสถิติ	43
ตารางที่ 4.24	ค่าเฉลี่ยของคาร์บอนไดออกไซด์วันที่ 3	45
ตารางที่ 4.25	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้ ANOVA (Avg ($Co_{Time\ 09.00,12.00,16.00}$)~Floors)	46
ตารางที่ 4.26	ผลการวิเคราะห์ผลต่างทางสถิติ	46

ตารางที่ 4.27	ค่าเฉลี่ยของคาร์บอนไดออกไซด์วันที่ 4	47
ตารางที่ 4.28	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้ ANOVA (Avg ($Co_{Time\ 09.00,12.00,16.00}$)~Floors)	48
ตารางที่ 4.29	ผลการวิเคราะห์ผลต่างทางสถิติ	48
ตารางที่ 4.30	ค่าเฉลี่ยของคาร์บอนไดออกไซด์วันที่ 5	49
ตารางที่ 4.31	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้ ANOVA (Avg ($Co_{Time\ 09.00,12.00,16.00}$)~Floors)	50
ตารางที่ 4.32	ผลการวิเคราะห์ผลต่างทางสถิติ	50
ตารางที่ 4.33	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้ ANOVA (Avg ($Co_{Time\ 09.00,12.00,16.00}$)~Date+Floors)	51
ตารางที่ 4.34	ผลการวิเคราะห์ผลต่างทางสถิติ Date	51
ตารางที่ 4.35	ผลการวิเคราะห์ผลต่างทางสถิติ Floors	52
ตารางที่ 4.36	อาการเกษตรกรซึ่งสอดคล้องกับค่า Co ก่อนการควยคุมอากาศ	54
ตารางที่ 4.37	อาการเกษตรกรซึ่งสอดคล้องกับค่า Co ก่อนการควยคุมอากาศ	55

สารบัญรูปภาพ

		หน้า
รูปที่ 2.1	ราคาเฉลี่ยรายเดือนของเห็ดฟาง ประจำปี 2560	5
รูปที่ 2.2	แนวโน้มราคาของเห็ดฟาง	5
รูปที่ 2.3	ระยะกระดุม	6
รูปที่ 2.4	ระยะรูปไข่	7
รูปที่ 2.5	ระยะยืดตัว	7
รูปที่ 2.6	ระยะดอกบาน	8
รูปที่ 2.7	การอบไอน้ำ	10
รูปที่ 2.8	การอบไอน้ำ	10
รูปที่ 2.9	การวัดอุณหภูมิในโรงเรือน	11
รูปที่ 3.1	แสดงส่วนประกอบของบอร์ด Raspberry Pi 3	16
รูปที่ 3.2	การต่อวงจร mq-9	17
รูปที่ 3.3	การต่อวงจร mq-9	17
รูปที่ 3.4	ด้านหน้ากล่องควบคุม	18
รูปที่ 3.5	ภายในกล่องควบคุม	18
รูปที่ 3.6	แสดงยูสเคสไดอะแกรมรวมของระบบ	19
รูปที่ 3.7	ขั้นตอนการเก็บข้อมูลเซนเซอร์	20
รูปที่ 3.8	ขั้นตอนการเก็บข้อมูลทั่วไปของเห็ดฟาง	20
รูปที่ 3.9	ขั้นตอนการเก็บข้อมูลการปลูกเห็ด	21
รูปที่ 3.10	ขั้นตอนการเก็บข้อมูลการปลูกเห็ด	21
รูปที่ 3.11	แสดงซีเควนซ์ไดอะแกรมการส่งข้อมูลเข้า server	21
รูปที่ 3.12	ขั้นตอนการทำงานของพัดลม	22
รูปที่ 3.13	แสดงซิสเต็มส์ไดอะแกรมระบบทั้งหมด	22
รูปที่ 3.14	แผนภาพการติดตั้งเซนเซอร์	23
รูปที่ 3.15	แผนภาพการออกแบบระบบ Warning system	24
รูปที่ 3.16	การออกแบบระบบระบายอากาศ	24
รูปที่ 3.17	แผนภาพโดยรวมของระบบ	25
รูปที่ 4.1	การติดตั้งเซนเซอร์ในโรงเรือนเพาะเห็ด	26
รูปที่ 4.2	ผลการวิเคราะห์ผลต่างทางสถิติวันที่ 1 ของ Co	28
รูปที่ 4.3	ผลการวิเคราะห์ผลต่างทางสถิติวันที่ 2 ของ Co	31
รูปที่ 4.4	ผลการวิเคราะห์ผลต่างทางสถิติวันที่ 3 ของ Co	33
รูปที่ 4.5	ผลการวิเคราะห์ผลต่างทางสถิติวันที่ 4 ของ Co	35
รูปที่ 4.6	ผลการวิเคราะห์ผลต่างทางสถิติวันที่ 5 ของ Co	37
รูปที่ 4.7	ผลการวิเคราะห์ผลต่างทางสถิติวันที่ 1-5 ของ Co - Date	39
รูปที่ 4.8	ผลการวิเคราะห์ผลต่างทางสถิติวันที่ 1-5 ของ Co - Floors	40
รูปที่ 4.9	ผลการวิเคราะห์ผลต่างทางสถิติวันที่ 2 ของ Co_2	44

รูปที่ 4.10	ผลการวิเคราะห์ผลต่างทางสถิติวันที่ 3 ของ Co_2	46
รูปที่ 4.11	ผลการวิเคราะห์ผลต่างทางสถิติวันที่ 4 ของ Co_2	48
รูปที่ 4.12	ผลการวิเคราะห์ผลต่างทางสถิติวันที่ 5 ของ Co_2	50
รูปที่ 4.13	ผลการวิเคราะห์ผลต่างทางสถิติวันที่ 1-5 ของ Co - Date	52
รูปที่ 4.14	ผลการวิเคราะห์ผลต่างทางสถิติวันที่ 1-5 ของ Co - Floors	53

ระบบปรับสภาพอากาศในโรงเรือนเพาะเห็ดฟาง

Straw Mushroom House Air Condition Control System

สมนึก สินธุปวน[1] วาสนา วิรุญรัตน์[2] และศมาพร แสงยศ[2]

Somnuek Sinthupuan[1]. Vasna Virunrat[2], and Smarporn Sangyot[2]

[1]คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

[2]คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

บทคัดย่อ

ระบบติดตามสภาพอากาศในโรงเรือนเพาะเห็ดฟาง เป็นโครงการที่จัดทำขึ้น เพราะเกษตรกรประสบปัญหาการเสียชีวิตจากการขาดอากาศหายใจภายในการเพาะเห็ดฟาง ซึ่งปัจจัยที่ส่งผลกระทบจากข่าวพบว่ามีก๊าซ 2 ปรเภท คือ คาร์บอนไดออกไซด์ (Co_2)และคาร์บอนมอนอกไซด์ (Co)

โครงงานนี้มีการพัฒนาระบบซึ่งประกอบด้วยบอร์ด Node MCU ที่มีเซ็นเซอร์ในด้านการรับค่าคาร์บอนมอนอกไซด์(MQ-9) และเซ็นเซอร์คาร์บอนไดออกไซด์(MH-Z14A) ซึ่งติดตั้งภายในโรงเรือนทั้งหมดจำนวน 10 ตัว เพื่อวัดค่าของคาร์บอนไดออกไซด์และค่าคาร์บอนมอนอกไซด์ โดยมีบอร์ด Raspberry pi จำนวน 2 ตัวเพื่อทำหน้าที่เป็นฟิวด์เซิร์ฟเวอร์ และทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมอากาศภายในโรงเรือน

การติดต่อระบบสื่อสารภายในโรงเรือน ระบบใช้เราเตอร์ไร้สาย (Wi-Fi router) เพื่อสร้างเครือข่ายไร้สายในการเชื่อมต่อ ระหว่างบอร์ด Raspberry pi และบอร์ด MCU ซึ่งเก็บข้อมูลเซ็นเซอร์คาร์บอนไดออกไซด์ และคาร์บอนมอนอกไซด์ โดยใช้โปรโตคอล MQTT และจัดส่งข้อมูลระหว่างโรงเรือนเพาะเห็ดฟางเพื่อจัดเก็บในฐานข้อมูลบนเซิร์ฟเวอร์มหาวิทยาลัยแม่โจ้ โดยผ่าน 3G เราเตอร์แบบไร้สาย (3G Wi-Fi router) ผ่านระบบการเชื่อมต่อของอินเทอร์เน็ต

การแจ้งเตือนและการระบายอากาศของระบบจะพิจารณาจากค่าของคาร์บอนทั้ง 2 ชนิดโดยจะพิจารณาจากค่าของเซนเซอร์ทั้ง 5 ตัวโดยมีเงื่อนไขการแจ้งเตือนและการระบายอากาศ if (Co_2 >=300 & Co <50) || (Co_2 <300 & Co >=50) || (Co_2 >=300 & Co >=50) then turn on(red light) & turn on (fan) else if (Co_2 <1000 & Co <500) then turn on(green light) & turn off (fan)

คำสาคัญ: เห็ดฟาง micro-climate สถานีอากาศ MQTT Co_2 Co

Abstract

Straw Mushroom Monitoring and Air Flow Control System has developed because of news which showed that family's farmers which consist of parent and their children when lack of respiration within the mushroom greenhouse. The cause of group dead may dare from Carbon Dioxide (Co2) or Carbon Monoxide (Co).

This project has developed by using a Node MCU board with Carbon Monoxide (MQ-9) sensor and Carbon Dioxide (MH-Z14A) to measure level of Carbon Monoxide and Carbon Dioxide values and using two Raspberry pi boards to be a field server and an air flow controller.

The network communication inside greenhouse has been using Wi-Fi router to be an access point for service over Wi-Fi network to communicate and send data between Raspberry pi boards and sensors box through Message Queuing Telemetry Transport (MQTT). The network communication between the mushroom greenhouse and Maejo University server has been using 3G router to connect the Internet for sending a carbon dioxide and a carbon monoxide data to database server which install on Maejo University server.

Warning and airflow control depend on Co_2 and Co values which has conditions to alert and turn on the red light signal on control box which has set up in front of a greenhouse for warning farmers to protect when lack of respiration within the mushroom greenhouse while they want to enter a greenhouse and turn on 4 fans which have installed on behind and in front of the wall of greenhouse for controlling the air condition inside the greenhouse at the same time until normal level of air condition.

Keywords: straw mushroom, micro-climate, weather station, MQTT, Co_2, Co

บทนำ

คำนำ

ปัญหาในด้านคุณภาพของอากาศในโรงเพาะเห็ดฟาง ซึ่งอาจส่งผลต่อคุณภาพของเกษตรกรโดยตรง ดังที่เป็นข่าวคือ "สยองโรงเพาะเห็ดเจ้าของกับญาติและคนงานขาดอากาศตายหมู่ 4 ศพ ญาติมาเจอนอนทับกันเป็นชั้นๆ โดยเจ้าของนอนอยู่ล่างสุด คาดเข้ามาตรวจดูความเรียบร้อยแล้วเกิดหมดสติ ขณะที่คนอื่นๆ พยายามเข้ามาช่วยจนขาดอากาศหายใจตายตามกันทั้งหมด แพทย์ระบุเสียชีวิตเพราะขาดอากาศหายใจ เผยเป็นโรงเพาะเห็ดขนาด 4 คูณ 6 เมตร สูง 2 เมตร ใช้พลาสติกขนาดใหญ่คลุมทั้งหมดจนอากาศถ่ายเทไม่สะดวก แถมก่อนหน้านี้เพิ่งรมควันเพาะเชื้อ อาจมีสารตกค้างประกอบกับอากาศมีน้อยจนเกิดเหตุสลดขึ้น"

เหตุตายหมู่คาโรงเพาะเห็ดครั้งนี้เปิดเผยขึ้นเมื่อวันที่ 13 ส.ค.2556 นพ.ศักดิ์สิทธิ์ บุญลักษณ์ แพทย์นิติเวชวิทยา ร.พ.ศูนย์สรรพสิทธิประสงค์ อ.เมือง จ.อุบลราชธานี รับศพนายสะท้อน ลาธุลี อายุ 42 ปี นางสมปอง เกษมณี อายุ 39 ปี น.ส.สุภาวิณี ลาธุลี อายุ 20 ปี และด.ช.รุ่งอรุณ เกษมณี อายุ 14 ปี ซึ่งเสียชีวิตในโรงเพาะเห็ดฟางบ้านเนินงาม หมู่ 8 ต.ยาง อ.น้ำยืน มาผ่าพิสูจน์อีกครั้ง เบื้องต้นแพทย์ประจำ ร.พ.อำเภอน้ำยืนที่ไปดูที่เกิดเหตุสันนิษฐานเสียชีวิตจากขาดอากาศหายใจ

ส่วน นพ.พิบูลย์ อิสระพันธุ์ รองผู้อำนวยการสำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม กล่าวว่า ขณะนี้ยังไม่สามารถตอบได้อย่างชัดเจนว่าสาเหตุเกิดจากอะไร การพิสูจน์ต้องทำหลายอย่างประกอบกัน ทั้งดูสภาพที่เกิดเหตุ สัมภาษณ์สอบถามวิธีการทำงาน สภาพแวดล้อมสถานที่เกิดเหตุ ชนิดของสารที่ใช้รมควัน ซึ่งในกรณีการขาดอากาศหายใจ และการหายใจเอาสารพิษเข้าไปจนทำให้หมดสติ จะมีลักษณะใกล้เคียงกันมาก จึงต้องดูปัจจัยทุกอย่างประกอบกัน รวมทั้งผลการชันสูตรศพ แต่หากเป็นการรมควันส่วนใหญ่จะเกิดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ หรือคาร์บอนไดออกไซด์ ที่ทำให้หมดสติขาดอากาศหายใจได้

(ref: http://tnews.teenee.com/etc/98780.html วันที่ 1 กันยายน 2561)

องค์ประกอบของโรงเพาะเห็ดฟางระบบเตือนภัยจากก๊าซเมื่อถึงจุดวิกฤต โดยจะพิจารณาจากระดับก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ (Co) และ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Co_2)ที่ทำการเก็บโดยเซ็นเซอร์แบบ Real time ด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก (NodeMCU) ในส่วนของสิ่งแวดล้อมภายในโรงเพาะเห็ดฟาง (micro-climate) โดยทั้งระบบประกอบด้วย เครื่องลูกข่ายจำนวน 5 เครื่อง (Clients) และเครือแม่ข่าย (Raspberry pi - Field Server) จำนวน 1 เครื่องการทำงานของระบบ เครื่องลูกข่ายจะทำการส่งข้อมูลที่ได้รับจากเซ็นเซอร์ถึงแม่ข่ายทุกเวลา 9.00 12.00 และ16.00 โดยใช้เทคโนโลยี MQTT ผ่านเครื่องข่ายแบบไร้สาย (Wireless Network) ภายในโรงเพาะเห็ด และเครื่องแม่ข่ายจะทำการเชื่อมต่อระบบอินเตอร์เน็ตโดยผ่านระบบเครือข่ายแบบ 3G/4G สู่ระบบกลุ่มเมฆมหาวิทยาลัยแม่โจ้ (Virtual Cloud Computing) เพื่อเก็บข้อมูลในเครื่องแม่ข่ายซึ่งตั้งอยู่ภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้

สำหรับการแจ้งเตือนภัยเมื่อถึงจุดวิกฤตของก๊าซ ระบบแม่ข่ายซึ่งอยู่ภายในฟาร์มเห็ด จะทำหน้าที่แจ้งเตือน โดยผ่านการตัดสินใจเงื่อนไขที่กำหนด ตามข้อจำกัดของการเพาะเห็ดฟางในโรงเรือน ซึ่งประกอบด้วยก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยระบบจะทำการแจ้งเตือน แบบ Real Time ผ่านกล่องควบคุมด้านหน้าโรงเพาะเห็ดเพื่อแจ้งเกษตรกรสามารถป้องกันตนเองได้ก่อนจะเกิดอุบัติเหตุและทำให้เกิดการเสียชีวิต

วัตถุประสงค์ของโครงการ

1) ศึกษาคุณภาพอากาศภายในโรงเรือนของเห็ดฟางขณะที่มีการอบความร้อนเพื่อฆ่าเชื้อโดยใช้อุณหภูมิคงที่ 65 องศา ถึงระดับของสารก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (Co) และคาร์บอนไดออกไซด์ (Co_2)

2) เพื่อศึกษาคุณภาพของอากาศภายในโรงเรือนของขณะที่นำวัสดุที่ทำการหมัก ซึ่งประกอบด้วย ฟางข้าว หรือเปลือกข้าวโพดหรือซังข้าวโพด ซึ่งทำการหมักกับปุ๋ยเคมี ถึงระดับของสารก๊าซคาร์บอลมอนอกไซด์ (Co) และคาร์บอนไดออกไซด์ (Co_2)

3) เพื่อพัฒนาระบบการแจ้งเตือนอัตโนมัติหน้าโรงเรือน และแนวทางในการปรับอากาศภายในโรงเรือนให้ปลอดภัยสำหรับเกษตรกร และลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตเห็ดฟาง

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ทราบผลกระทบของก๊าซ Co และ Co_2 ที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อเกษตรกร

2) ได้ระบบการแจ้งเตือนภัยแบบอัตโนมัติเมื่อ และแนวทางในการบริหารจัดการและปรับสภาพอากาศในโรงเรือนให้เหมาะสมสำหรับเกษตรกร

ในการศึกษาค้นคว้าและงานที่เกี่ยวข้องของระบบแจ้งเตือนก๊าซในโรงเรือนเพาะเห็ดฟางนี้จะมีข้อมูลที่เกี่ยวกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และข้อมูลทั่วไปของเห็ดฟาง เพื่อนำมาปรับใช้ให้เข้ากับระบบติดตามสภาพอากาศในโรงเรือนเพาะเห็ดฟาง

2.1 ข้อมูลเบื้องต้นของเห็ดฟาง

เห็ดฟางเป็นเห็ดยอดนิยมของคนไทย จะเพาะกันบนกองฟางข้าวชื้นๆ โคนมีสีขาว ส่วนหมวกสีน้ำตาลอมเทา หาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาดตลอดทั้งปีเดิมคนไทยเรียกเห็ดฟางว่า เห็ดบัว เพราะมีเกิดขึ้นได้เองในกองเปลือกเมล็ดบัวที่กะเทาะเมล็ดภายในออกแล้ว ต่อมาเมื่อมีการส่งเสริมให้ใช้ฟางเพาะจึงนิยมเรียกว่า เห็ดฟาง

2.1.1 ราคาเฉลี่ยรายเดือนของเห็ดฟาง ประจำปี 2560

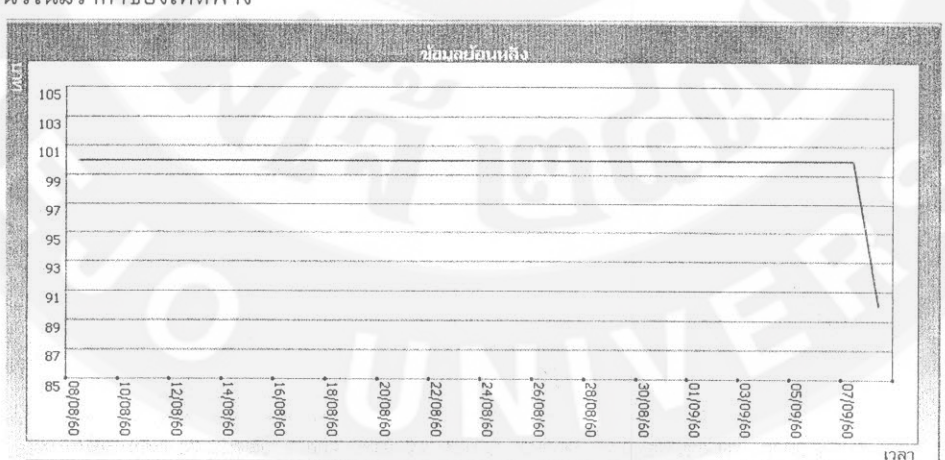
ราคาเฉลี่ยรายเดือน ประจำปี 2560

	เฉลี่ย	สูงสุด	ต่ำสุด		เฉลี่ย	สูงสุด	ต่ำสุด		เฉลี่ย	สูงสุด	ต่ำสุด
ม.ค.	93.55	100.00	90.00	พ.ค.	90.00	90.00	90.00	ก.ย.	98.75	100.00	90.00
ก.พ.	91.16	95.00	90.00	มิ.ย.	97.00	100.00	90.00	ส.ค.	-	-	-
มี.ค.	90.00	90.00	90.00	ก.ค.	97.50	100.00	95.00	พ.ย.	-	-	-
เม.ย.	90.00	90.00	90.00	ส.ค.	100.00	100.00	100.00	ธ.ค.	-	-	-

รูปที่ 2.1 ราคาเฉลี่ยรายเดือนของเห็ดฟาง ประจำปี 2560

Ref: http://www.taladsimummuang.com/dmma/Portals/PriceListItem.aspx?id=010132040

2.1.2 แนวโน้มราคาของเห็ดฟาง



รูปที่ 2.2 แนวโน้มราคาของเห็ดฟาง

Ref: http://www.taladsimummuang.com/dmma/Portals/PriceListItem.aspx?id=010132040

2.2 ลักษณะของเห็ดฟาง

1. หมวกดอก (cap หรือ pileus) มีลักษณะคล้ายร่มสีเทาค่อนข้างดำ โดยเฉพาะตรงกลางหมวกดอกจะมีสีเข้มกว่าบริเวณขอบหมวก ผิวเรียบมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 4-12 เซ็นติเมตร ขึ้นอยู่กับอาหารและสภาพแวดล้อม

2. ครีบ (gill) คือส่วนที่อยู่ใต้หมวกดอกเป็นแผ่นเล็ก ๆวางเรียงเป็นรัศมีรอบก้านดอก ดอกเห็ดที่โตเต็มที่จะมีครีบประมาณ300-400 ครีบ ห่างกัน 1 มิลลิเมตร หลังการปริแตกของดอกแล้ว 3-6 ชั่วโมง สีของครีบจะเริ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอ่อนและเข้มในที่สุด

3. สปอร์ (basidiospore) คือส่วนที่ทำหน้าที่คล้ายเมล็ดพันธุ์ สปอร์ ของเห็ดฟางมีลักษณะเป็นรูปไข่ (egg shape) มีขนาดเล็กมาก คือมีความยาวประมาณ 7-8 ไมครอน และมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 3-5 ไมครอน

4. ก้านดอก (stalk หรือ stipe) คือส่วนชูหมวกดอก เป็นตัวเชื่อมหมวกดอกกับส่วนโคนดอก และอยู่ตรงกลางหมวกดอกเห็ด มีการเรียงตัวของเส้นใยขนานไปกับลักษณะของก้านดอกที่เรียวตรงโดยส่วนฐานจะโตกว่าเล็กน้อย มีสีขาวเรียบ ไม่มีวงแหวนหุ้ม ก้านดอกยาวประมาณ 4-14 เซ็นติเมตร และเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.5-2 เซ็นติเมตร

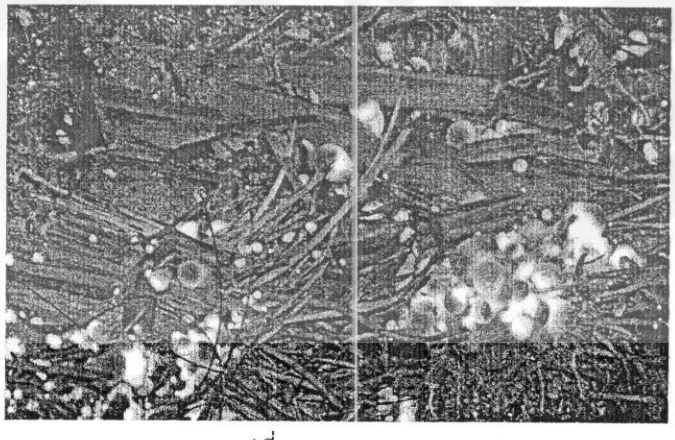
5. เปลือกหุ้มโคน (volva) คือ ส่วนของเนื้อเยื่อนอกสุดของดอกเห็ดมีหน้าที่หุ้มดอกเห็ดไว้ทั้งหมด ในขณะที่การเจริญของหมวกและก้านดอกเห็ดเป็นไปอย่างรวดเร็ว แต่ส่วนเปลือกหุ้มเจริญช้าลง ทำให้ส่วนบนสุดปริแตกออก เมื่อดอกเห็ดดันเยื่อหุ้มออกมา เนื้อเยื่อจะเหลือติดที่โคนดอกเห็ดมีรูปร่างคล้ายถ้วยรองรับโคน

2.3 ระยะเจริญของเห็ดฟาง

ระยะที่ 1 ระยะเริ่มแรกจากการเกิดดอก หรือระยะเข็มหมุด (pinhead stage) หลังการโรยเชื้อเห็ดแล้ว 5-7 วัน เส้นใยจะมารวมตัวกันเป็นจุดสีขาว มีขนาดเล็ก (ที่อุณหภูมิประมาณ 28-32 องศาเซลเซียส)

ระยะที่ 2 ระยะดอกเห็ดเป็นกระดุมเล็ก (tiny button stage) หลังจากระยะแรก 15-30 ชั่วโมง หรือ 1 วัน ดอกเห็ดเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว เป็นรูปดอกเห็ดลักษณะกลมยกตัวขึ้นจากวัสดุเพาะ

ระยะที่ 3 ระยะกระดุม (button stage) หลังจากระยะ 2 ประมาณ 12-20 ชั่วโมง หรือ 1 วันทางด้านฐานโตกว่าส่วนปลายแต่ยังมีลักษณะกลมรีอยู่ภายในมีการแบ่งตัวเป็น ก้านดอกและครีบดอก



รูปที่ 2.3 ระยะกระดุม

ระยะที่ 4 ระยะรูปไข่ หรือระยะดอกตูม (egg stage) เป็นระยะต่อเนื่องจากระยะที่ 3 หากมีอุณหภูมิสูงกว่า 32 องศาเซลเซียส จะใช้เวลาเพียง 8-12 ชั่วโมง ดอกเห็ดเริ่มมีการเจริญเติบโตทางความยาวของก้านดอกและความกว้างของหมวกดอก เปลือกหุ้มดอกบางลง และเรียวยาวขึ้นคล้ายรูปไข่ ส่วนมากจะมีการเก็บเกี่ยวในระยะนี้ เพราะเป็นระยะที่ให้น้ำหนักสูงสุด และเป็นลักษณะที่ผู้บริโภคนิยมรับประทานมากที่สุด รวมทั้งเป็นขนาดที่โรงงานแปรรูป (บรรจุกระป๋อง) ต้องการ

รูปที่ 2.4 ระยะรูปไข่

ระยะที่ 5 ระยะยืดตัว (elongation stage) หลังระยะที่ 4 เพียง 3-4 ชั่วโมง การเจริญเติบโตของก้านและหมวกดอกเป็นไปอย่างรวดเร็ว ส่วนบนสุดของเปลือกหุ้มดอกแตกออกอย่างไม่เป็นระเบียบ (irregular) สีของผิวหมวกดอกมีสีเข้มขึ้น แต่ก้านและครีบจะเป็นสีขาว

รูปที่ 2.5 ระยะยืดตัว

ระยะที่ 6 หรือระยะดอกบาน (mature stage) เป็นระยะที่เจริญต่อจากระยะยืดตัวประมาณ 2 – 4 เซ็นติเมตร ก้านดอกแทงยาวอย่างรวดเร็ว ทำให้ก้านดอกมีขนาดเล็กลง หมวกเห็ดเจริญ กางแผ่เต็มที่ ปลอก

หุ้มอยู่บริเวณโคนก้าน มีขนาดบาง และเล็กลงมาก และครีบบริเวณใต้หมวกเห็ดมีการสร้างสปอร์ และปล่อยสปอร์ไปตามลม สีครีบเข้มขึ้นจนคล้ำ ก้านดอกอ่อน และเหี่ยวลง ผิวด้านบนดอกเริ่มปริแตก และอ่อนตัว ขอบดอกย่นหรือปริแตก

รูปที่ 2.6 ระยะดอกบาน

2.4 ปัจจัยในการเพาะเห็ดฟาง

ในการจะเพาะเห็ดฟางให้ได้ผลผลิตที่ดี จำเป็นอย่างยิ่งที่นักเพาะเห็ดจะต้องเรียนรู้ และเข้าใจปัจจัยและสภาพแวดล้อมต่าง ๆ เพื่อที่จะนำไปใช้ในการปรับสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนให้เหมาะสมต่อการออกดอก การเจริญเติบโตของเห็ดฟาง ปัจจัยต่อการเพาะเห็ดฟาง ตามข้อมูลที่จัดทำโดยกรมวิชาการเกษตรมีดังนี้

อุณหภูมิ อุณหภูมิมีส่วนสำคัญต่อการเจริญเติบโตของเห็ดฟางเป็นอย่างมาก ที่อุณหภูมิ 38-40 องศาเซลเซียส เป็นช่วงที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการงอกของสปอร์เห็ด เส้นใยเจริญดีที่อุณหภูมิ 35-38 องศาเซลเซียส และเกิดดอกได้ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ถ้าร้อนเกินไปดอกเห็ดจะเล็กและบานเร็วกว่าธรรมดา ถ้าเย็นเกินไปเส้นใยเจริญช้าลงจนหยุดเจริญก็มี ข้อสังเกตคือ หน้าร้อนเพาะเห็ดฟางราว 7 วันก็เป็นดอก หน้าฝนกินเวลา 8-12 วัน ส่วนหน้าหนาว 15-18 วัน หรือกว่านั้นหรือไม่ออกดอกเห็ดเลย

ความชื้น ความชื้นจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของเส้นใย การเกิดดอกและการเจริญเติบโตของดอกเห็ด แต่ภายในดอกเห็ดถ้าความชื้นมากเกินไป เส้นใยจะชุ่มน้ำมากและตายได้ ดอกเห็ดเล็กๆ ที่ถูกรดน้ำจะไปชุ่มอยู่บริเวณรอยต่อของเส้นใยกับดอกเห็ด ทำให้ส่งอาหารไปยังดอกเห็ดไม่ได้จึงฝ่อและตายลงได้ แต่ถ้าแห้งไปดอกเห็ดจะกระด้างหรือมีรอยแตก และดอกเห็ดไม่เจริญเติบโต

แสง แม้ว่าแสงมีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตและการรวมตัวของเส้นใยเห็ดเพื่อเกิดเป็นดอก แต่แสงก็ไม่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของดอกเห็ด และในทางตรงกันข้ามแสงจะเป็นตัวทำให้ดอกเห็ดเปลี่ยนสีคล้ำขึ้น ต่างกับเห็ดที่ขึ้นในที่มืดซึ่งจะมีสีขาวเป็นที่นิยมของผู้บริโภค

2.5 วัสดุและขั้นตอนการหมักวัสดุเพาะเห็ดฟาง

2.5.1 วัสดุที่ใช้การหมัก

1.ซังข้าวโพด

2.รำอ่อน

3.ปุ๋ยยูเรีย

4.ปุ๋ยน้ำตาล

5.ปูนขาว

6.น้ำ

2.5.2 ขั้นตอนการหมัก

1. นำทุกส่วนลงบ่อแช่น้ำ 2 คืน

2. ขนออกจากบ่อตั้งกองเป็นรูปหลังเต่าสูงประมาณ 120 ซม.คลุมกองด้วยพลาสติก 4 คืน

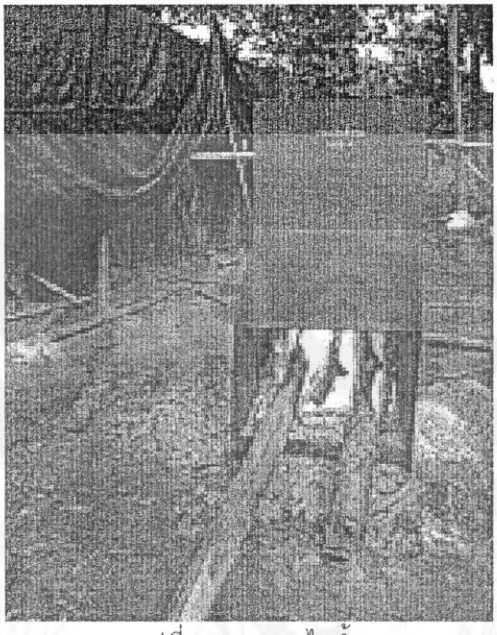
3. กลับกองแล้วหมักเหมือนเดิมอีก 4 คืน

4. เติมอาหารเสริม ได้แก่ รำอ่อน ปูนขาว ยิปซัม มูลวัว หรือมูลควาย ตั้งกองให้เตี้ยลงกว่าเดิม โดยไม่ต้องคลุมหลังกองด้วยพลาสติก ทิ้งไว้อีก 4 คืน ครบการหมัก 12 คืน นำขึ้นโรงเรือนอบไอน้ำ

2.6 ขั้นตอนการอบไอน้ำฆ่าเชื้อจุลินทรีย์

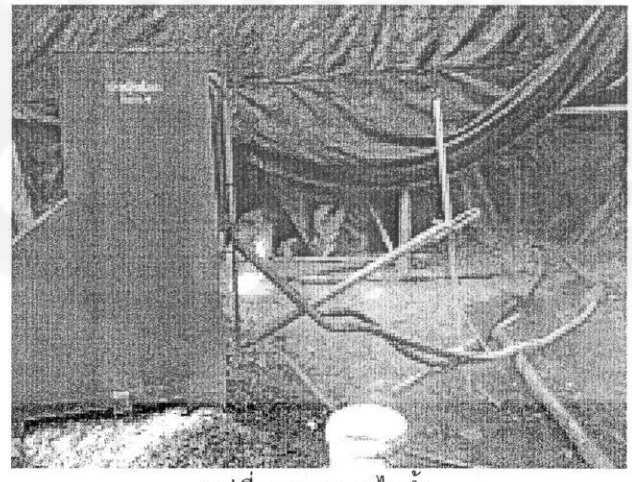
หลังจากเลี้ยงเชื้อราจนได้ที่แล้ว ให้เริ่มงานในตอนเช้ามืด โดยฉีดน้ำรดวัสดุเพาะให้ชุ่มแต่ไม่ให้ถึงขนาดน้ำไหลหยดลงมาใต้ชั้นเพาะมากนัก เพราะจะทำให้เสียธาตุอาหารไปกับน้ำ การให้น้ำจะเป็นการใช้น้ำเป็นสื่อในการนำความร้อนเข้ากองเพาะ ในกรณีที่ความชื้นในกองเพาะไม่พอ และมีการกองวัสดุหนามาก ถ้าไม่ให้น้ำจะอบไอน้ำไม่เข้าถึงข้างในกองเพาะหรือให้เข้าถึงก็จะเสียเวลาในการอบไอน้ำนานมากๆ

การอบไอน้ำไม่เข้าถึงกองเพาะจะทำให้พอเก็บเห็ดไปเกิน 10 วันจะมีปัญหา เรื่องวัชเห็ดกับแมลงไร อีกอย่างการอบไอน้ำเป็นการไล่ความชื้นส่วนเกินออกจากกองเพาะด้วย ส่วนอุณหภูมิที่จะใช้ในการอบให้ใช้อุณหภูมิสูงสุดของกองเพาะตอนหมักวัสดุเพาะ (สมมุติ 55 องศาเซลเซียล) บวกด้วย 10 องศาเซลเซียล (เป็น 65 องศา) ในกรณีที่เก็บเห็ดรอบเดียวคือ 5-7 วัน ให้อบนาน 3 ชั่วโมง (โดยเริ่มจับเวลาตอนจับอุณหภูมิได้สูงถึง 65 องศา และเมื่อทำอุณหภูมิสูงได้แล้วต้องดูแลเชื้อเพลิง อย่าให้อุณหภูมิลดลงระหว่างจับเวลา) หากเก็บเห็ดรอบสองด้วย ประมาณ 10-14 วัน ต้องอบนาน 5 ชั่วโมง หากเก็บเห็ดนานกว่านั้นให้อบที่ 6 ชั่วโมง ในกรณีที่ใช้ฟางปูรองวัสดุเพาะ ถ้าอบไอน้ำไม่ถูกต้อง จะเริ่มมีปัญหาเรื่องแมลงไร เมื่อเก็บเห็ดเลย 12 วัน แต่ในกรณีใช้ทลายปาล์ม จะไม่ค่อยมีปัญหา



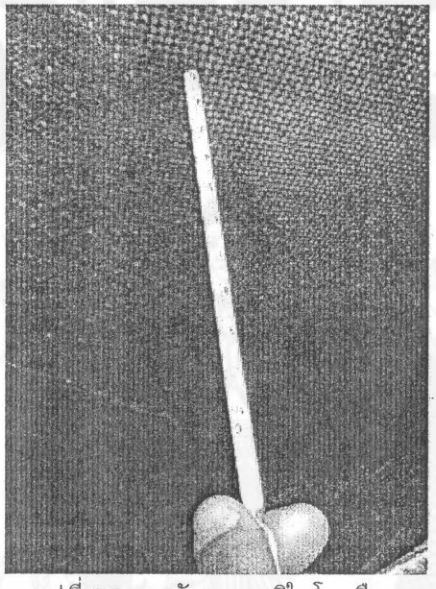
รูปที่ 2.7 การอบไอน้ำ

เมื่อเริ่มมีไรก็ควรจะรื้อทิ้งได้ แต่บางที่เห็ดมันยังออกมากอยู่ เกิดความเสียดาย ให้ใช้สารคาร์บาริล ชื่อการค้า เซฟวิน 85 หรือเอส 85 ฉีดพ่นบนแปลง สารนี้ไม่มีพิษในสัตว์เลือดอุ่น แต่เป็นพิษต่อปลา และในตัวเห็ดก็มีสารหุ้มตัวมันเอง ถ้าผู้บริโภคล้างน้ำก่อน ก็แทบไม่มีสารพิษที่ตกค้างในเห็ดเลย หรืออาจจะใช้ ตะไคร้ทั้งรากต้นและใบ 1 ส่วน กระเพราะใบและดอก 1 ส่วน โดยน้ำหนัก นำมาตำให้ละเอียด แช่ในน้ำ E.M. หมักไว้ 2 คืน กรองเอาน้ำที่ได้ 1 ส่วนผสมน้ำ 5 ส่วน นำมาใช้ฉีดพ่น เนื่องจากพืชทั้ง 2 ชนิดมีน้ำมันหอมละเหย ซึ่งแมลงไม่ชอบกลิ่นจะใช้ไล่แมลงได้หลายชนิด โดยให้ฉีดพ่นตั้งแต่เก็บเห็ดได้ 7 วันให้ฉีดทุก 2วัน เพื่อเป็นการกลบกลิ่นพืช แต่ควรจะเน้นการอบไอน้ำที่อุณหภูมิสูงขึ้นและระยะเวลาการอบไอน้ำให้ยาวขึ้นมากกว่าการอบไอน้ำที่ถูกต้อง ถ้าอบได้อุณหภูมิสูงพอและเวลาที่เหมาะสม เมื่ออบไอน้ำเสร็จตอนเข้าไปในโรงเรือนเพื่อให้หัวเชื้อจะรู้สึกหอม ถ้าไม่หอมก็แสดงว่ายังอบไอน้ำได้ไม่นานพอหรือที่อุณหภูมิไม่สูงพอ ในครั้งหน้าต้องเพิ่มอุณหภูมิ



รูปที่ 2.8 การอบไอน้ำ

การวัดอุณหภูมิในโรงเรือน ให้ใช้ที่วัดแบบที่เป็นหลอดแก้ว ราคาประมาณ 100 บาท เสียบเข้าไปภายในโรงเรือน ให้วัดสูงกว่าพื้น 1 เมตร โดยไม่ให้ส่วนปลายปรอทสัมผัสถูกผนังโรงเรือน จากนั้นให้รอจนอุณหภูมิภายในโรงเรือนลดลงเหลือ 38-40 องศาให้ทำการให้หัวเชื้อ อย่าให้หัวเชื้อในระหว่างที่อุณหภูมิภายในโรงเรือนต่ำกว่านี้ เพราะจะทำให้เส้นใยเดินไม่ดี และถ้าให้หัวเชื้อในขณะที่อุณหภูมิในโรงเรือนสูงกว่า 42 องศา ผู้ให้หัวเชื้อก็จะรู้สึกไม่สบายตัว และเชื้อก็อาจจะตายเพราะอุณหภูมิในกองเพาะสูงกว่าอุณหภูมิของโรงเรือน



รูปที่ 2.9 การวัดอุณหภูมิในโรงเรือน

หัวเชื้อต้องพอแก่พอดีใช้ ถ้าใยเดินไม่เต็มถึงก้นถุงจะได้เส้นใยเห็ดน้อย เห็ดที่เกิดจากเส้นใยก็น้อยตาม ถ้าเป็นสีน้ำตาลแล้ว จะได้เส้นใยน้อยแต่เห็ดสามารถเกิดได้เลยจากวัสดุของหัวเชื้อ ไม่ได้เกิดจากการเดินของเส้นใย ทำให้ต้องใช้เป็นปริมาณมากคือ 1.5 ถุง ต่อตารางเมตร ปกติใช้ 0.8-1ถุงต่อตารางเมตร

2.7 ก๊าซที่ได้จากการอบไอน้ำเพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์

2.7.1 ก๊าซที่เกิดจากกระบวนการหมัก

ขั้นตอนในกระบวนการหมักหัวเชื้อเพื่อที่จะนำมาทำการอบไอน้ำเพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ให้เห็ดนั้น กระบวนการหมักจะทำให้เกิดก๊าซไนโตรเจน, ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์,ก๊าซคาร์บอนมอออกไซด์,ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์และก๊าซมีเทน ซึ่งองค์ประกอบของธาตุอาหารในการหมักนั้นก็ขึ้นอยู่กับวัสดุที่นำมาหมัก

องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ

– ก๊าซมีเทน: 50-60%

– ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์: 25-35%

– ก๊าซไนโตรเจน: 2-7%

– ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์: มีน้อย

– ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์: มีน้อย

2.7.2 ก๊าซที่เกิดจากกระบวนการเผาไหม้

หลังจากขั้นตอนการหมักหัวเชื้อแล้วจะนำหัวเชื้อที่ได้นั้นมาทำการอบไอน้ำโดยการอบไอน้ำนั้นจะเป็นกระบวนการเผาไหม้ ซึ่งในกระบวนการนี้จะทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

2.8 ข้อมูลทั่วไปก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Co_2)

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Co_2) เป็นก๊าซไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่ติดไฟ น้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 44.01 มีจุดเดือดที่ -78.5 องศาเซลเซียส ความหนาแน่นที่ 0 องศาเซลเซียสเท่ากับ 1.997 ละลายได้ในน้ำ ปกติเป็นก๊าซที่ไม่ไวต่อปฏิกิริยาเคมี ไม่กัดกร่อน แต่สามารถทำปฏิกิริยากับออกไซด์โลหะและไฮดรอกไซด์ ได้ผลผลิตเป็นคาร์บอเนต และไบคาร์บอเนตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Co_2) เป็นก๊าซที่มีอยู่ในธรรมชาติประมาณร้อยละ 0.03 โดยปริมาตรบริเวณเหนือมหาสมุทรในเขตเมืองมีปริมาณเพิ่มเป็นประมาณร้อยละ 0.06 และลมหายใจออกของมนุษย์มีก๊าซประมาณร้อยละ 5.6 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Co_2) เกิดจากการเผาไหม้ของสารประกอบที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ เช่น ไม้ เชื้อเพลิงจากฟอสซิล

ผลกระทบของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Co_2) สามารถเข้าสู่ร่างกายทางลมหายใจ จะเกิดอาการพิษเฉียบพลันได้ ในกรณีที่ก๊าซแทนที่ออกซิเจนในบริเวณที่จำกัด ทำให้ปริมาณออกซิเจนไม่เพียงพอต่อการหายใจ ถ้าสูดดมเข้าสู่ร่างกายในปริมาณสูงมากร่างกายจะสนองโดยเริ่มจากการหายใจลึกมากกว่าเดิม หายใจติดขัด หายใจลำบาก จนถึงอาการขาดออกซิเจน คือปวดศีรษะ วิงเวียน ความดันสูง อัตราการเต้นของหัวใจสูงขึ้น ถ้าความเข้มข้นสูงถึงร้อยละ 12 หรือมากกว่าจะหมดสติภายใน 1-2 นาที ซึ่งมักพบกรณีทำงานในที่อับอากาศ เช่น ไซโล ถังหมัก บ่อลึก

2.9 ข้อมูลทั่วไปก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์(Co)

ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (Co) เป็นก๊าซไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส น้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 28.01 ที่ความดันสูงจะเป็นของเหลว จุดเดือดที่อุณหภูมิ 109 องศาเซลเซียส และเป็นของแข็งที่อุณหภูมิ -205 องศาเซลเซียส ละลายน้ำได้เล็กน้อย แต่ละลายได้ดีในตัวทำละลายส่วนใหญ่ ระเหยง่าย เป็นก๊าซไวไฟ และติดไฟได้เองที่อุณหภูมิ 607 องศาเซลเซียส ทำให้เกิดการระเบิดได้ ที่อุณหภูมิ 400-700 องศาเซลเซียสจะสลายตัวให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และคาร์บอน ก๊าซทำปฏิกิริยากับสารออกซิไดเซอร์อย่างแรง เช่น คลอรีนไดออกไซด์ กำมะถัน ลิเทียม ผงอะลูมิเนียม ออกไซด์ของโลหะ สารจำพวกอัลคาไลน์ ยางนีโอพรีนและยางธรรมชาติ ก๊าซมีสมบัติกัดกร่อนนิกเกิ้ลและเหล็กได้ปานกลาง คาร์บอนมอนอกไซด์ (Co) เป็นก๊าซชนิดหนึ่งที่พบในบรรยากาศโลก มีความเข้มข้นเฉลี่ยน้อยกว่า 0.1 พีพีเอ็ม โดยทั่วไปเกิดจากการเผาไหม้สารอินทรีย์จำพวกคาร์บอน เชื้อเพลิง หรือสารไฮโดรคาร์บอนในบริเวณที่มีอากาศจำกัด แหล่งกำเนิดสำคัญคือเครื่องยนต์ที่มีการเผาไหม้เชื้อเพลิงปิโตรเลียมหรือก๊าซธรรมชาติไม่สมบูรณ์

ผลกระทบของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ กรณีสัมผัสสารเคมีที่เป็นของเหลวจะเกิดอาการน้ำแข็งกัด (Frostbite) คาร์บอนมอนอกไซด์ (Co) สามารถเข้าสู่ร่างกายได้ทางลมหายใจ โดยดูดซึมได้ดีที่ปอด และมีความสามารถเข้ากับฮีโมโกลบินได้ดีกว่าออกซิเจน 250 เท่า ซึ่งจะขัดขวางการลำเลียงและขนส่งก๊าซออกซิเจนของเลือดไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกายทำให้เนื้อเยื่อและเซลล์สมองขาดออกซิเจน และมีภาวะเลือดเป็นกรด เกิดพิษเฉียบพลัน โดยความเป็นพิษมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณก๊าซในอากาศที่หายใจเข้าไป

การถ่ายเทอากาศ และระยะเวลาที่ได้รับ อาการพิษคือ เกิดผื่นแดงที่ผิวหนัง และเยื่อบุ ปวดศีรษะ วิงเวียน คลื่นไส้ อาเจียน หมดสติ และอาจถึงตายได้ในระดับความเข้มข้นต่ำ จะมีผลต่อความจำ ความคิด การมองเห็นและการประสานงานของกล้ามเนื้อ ทำลายระบบประสาทและกล้ามเนื้อหัวใจได้

ระดับค่าก๊าซของคาร์บอนมอนอกไซด์

ตารางที่ 2.1 แสดงระดับค่าก๊าซของคาร์บอนมอนอกไซด์

ระดับค่าก๊าซของคาร์บอนมอนอกไซด์	อาการ
50-200 PPM	จะมีอาการปวดศีรษะเล็กน้อยและอ่อนเพลีย
200-400 PPM	มีอาการคลื่นไส้ อาเจียน วิงเวียนศีรษะอย่างรุนแรง และอาจถึงขั้นเป็นลม
1200 PPM	จะมีอาการหัวใจเต้นเร็วขึ้น และเริ่มเต้นผิดจังหวะ
2000 PPM	จะถึงขั้นหมดสติ และอาจถึงเสียชีวิต
5000 PPM	อาจทำให้เสียชีวิตภายในไม่กี่นาที

Ref: http://dpm.nida.ac.th/main/index.php/articles/chemical-hazards/item/124 -ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์-ก๊าซอันตรายที่มองไม่เห็น

2.10 พื้นที่อับอากาศ

1.คำจำกัดความพื้นที่อับอากาศ (Confined Spaces) หมายถึง สถานที่ทำงานที่มีทางเข้าออกจำกัด มีการระบายอากาศตามธรรมชาติไม่เพียงพอที่จะทำให้อากาศภายในอยู่ในสภาพถูกสุขลักษณะ และปลอดภัย ซึ่งอาจเป็นที่สะสมของสารเคมีเป็นพิษ สารไวไฟ รวมทั้งออกซิเจนไม่เพียงพอ เช่นถังน้ำมัน ถังหมัก ไซโล ท่อ ถัง ถ้ำ บ่ออุโมงค์ เตา ห้องใต้ดิน ภาชนะ หรือสิ่งอื่นที่มีลักษณะคล้ายกันนี้ การพิจารณาว่าพื้นที่ใดจัดเป็นพื้นที่อับอากาศ

มีปัจจัยในการพิจารณาดังนี้

1.1 พื้นที่ซึ่งปริมาตรมีขนาดเล็ก แก๊สหรือไอที่เกิดขึ้นในบริเวณนั้นไม่สามารถระบายออกไปได้ ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ที่อยู่ในบริเวณนั้น อาจสูดดมเอาแก๊สพิษเข้าไปในร่างกายหรือมีออกซิเจนไม่เพียงพอ รวมถึง อาจมีแก๊สที่ติดไฟได้ในบริเวณนั้น

1.2 ผู้ปฏิบัติงานคนอื่นๆ ที่อยู่นอกพื้นที่นั้นจะเข้าไปสังเกตการณ์ หรือช่วยเหลือผู้ที่กำลังปฏิบัติงานได้ยาก

1.3 ช่องเปิด ทางเข้า-ออก อยู่ไกลจากจุดปฏิบัติงาน มีขนาดเล็ก หรือมีจำนวนจำกัด

2. อันตรายในพื้นที่อับอากาศการปฏิบัติงานในพื้นที่อับอากาศอาจมีอันตรายต่อสุขภาพพนักงานและความเสียหาย อย่างอื่น เช่น ทรัพย์สินหรืออาจถึงชีวิตเลยก็ได้ซึ่งสรุปพอสังเขปได้ดังนี้

2.1 การขาดออกซิเจน

2.2 ไฟไหม้เนื่องจากการระเบิดของแก๊สที่ติดไฟได้ (Combustible Gas) ได้แก่ แก๊สในตระกูลมีเทน

2.3 อันตรายจากการสูดดมแก๊สพิษอื่นๆ ตัวอย่างเช่น

2.3.1 คาร์บอนมอนนอกไซด์ (Carbon monoxide) เป็นแก๊สไม่มีสี ไม่มีกลิ่น และหากมีปริมาณมากจะเป็นพิษ เกิดจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ของเครื่องยนต์ ประมาณ 60% ของปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์เกิดมาจากไอเสียของรถยนต์ ด้วยเหตุนี้เอง แก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์จึงมีปริมาณสูงในบริเวณที่มีการจราจรหนาแน่น นอกจากนี้ยังมาจากอีกหลายแหล่งกำเนิด เช่น กระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์อื่นๆ ที่ไม่ใช่ยานพาหนะ หรือการเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น ไฟไหม้ป่า เป็นต้น เมื่อเข้าสู่ร่างกายโดยผ่านทางปอดแล้วจะแทรกซึมเข้าไปกับระบบไหลเวียนของเลือด ทำให้การทำงานของต่อมและเนื้อเยื่อต่างๆ ในร่างกายมีประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนออกซิเจนลดลงสำหรับคนที่เป็นโรคหัวใจ เมื่อสัมผัสคาร์บอนมอนนอกไซด์เข้าไปมักจะเกิดผลรุนแรง ส่วนคนปกติทั่วไปจะเกิดผลต่างกันขึ้นอยู่กับสุขภาพของแต่ละบุคคลได้แก่ ความสามารถในการมองเห็น ความสามารถในการทำงานลดลง ทำให้เฉื่อยชา ไม่กระฉับกระเฉง การเรียนรู้แย่ และไม่สามารถทำงานสลับซับซ้อนได้

2.3.2 ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (Hydrogen supplied) ไม่มีสี มีกลิ่นเหมือนไข่เน่า ละลายได้ในน้ำ แก๊สโซลีน แอลกอฮอล์ เกิดจากการทำปฏิกิริยาของซัลไฟด์ของเหล็กกับกรดซัลฟูริคหรือกรดไฮโดรคลอริคหรือเกิดจากการเน่าเปื่อยของสารอินทรีย์ที่มีซัลเฟอร์ เป็นองค์ประกอบผลผลิตจากอุตสาหกรรมอื่นๆเช่น ปิโตรเลียมยางสังเคราะห์ โรงงานน้ำตาล เป็นต้น เนื่องจากไฮโดรเจนซัลไฟด์เป็นแก๊สติดไฟได้เมื่อติดไฟแล้วจะให้เปลวไฟสีน้ำเงินและเกิดแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ออกมา การสัมผัสไฮโดรเจนซัลไฟด์เพียงเล็กน้อยทำให้เกิดการระคายเคืองต่อดวงตาและปอด หากสูดดมเข้าไปมากๆ อาจจะมีผลทำให้เสียชีวิตได้

2.3.3 ไนโตรเจนไดออกไซด์ (Nitrogen dioxide) เป็นแก๊สสีน้ำตาลอ่อน อาจเป็นส่วนประกอบสำคัญอย่างหนึ่งของหมอกที่ปกคลุมอยู่ตามเมืองทั่วไป ไนโตรเจนไดออกไซด์เกิดจากกระบวนการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ หากสูดดมเข้าไปจะทำให้ปอดระคายเคือง และภูมิต้านทานการติดเชื้อของระบบหายใจลดลง เช่น ไข้หวัดใหญ่ การสัมผัสสารในระยะสั้นๆ ยังปรากฏผลไม่แน่ชัด แต่หากสัมผัสบ่อยครั้งอาจจะเกิดผลเฉียบพลันได้

2.4 ประสิทธิภาพของการมองเห็นลดลงเนื่องจากแสงสว่างไม่เพียงพอหรือฝุ่นละออง

2.5 เสียงดัง

2.6 อุณหภูมิสูง

2.7 การหนีออกจากพื้นที่เมื่อเกิดกรณีฉุกเฉินมีอุปสรรค

2.11 ค่ากำหนดการสัมผัสก๊าซในพื้นที่อับอากาศ

OSHA สำนักบริหารความปลอดภัยและสุขภาพในการทำงานแห่งชาติสหรัฐฯ หรือ OSHA (Occupational Safety and Health Administration) กำหนดค่าจำกัดการสัมผัสที่ยอมรับได้ หรือ PEL (Permissible Exposure Limits) ของก๊าซในพื้นที่ อับอากาศไว้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.2 แสดงค่ากำหนดการสัมผัสก๊าซในพื้นที่อับอากาศ

ออกซิเจน (O_2)	คาร์บอนมอนนอกไซด์ (Co)	คาร์บอนไดออกไซด์ (Co_2)
Low: 19.5% High: 23.5%	Ceiling: 200 ppm TWA: 35 ppm	Ceiling: 1000 ppm TWA: 500 ppm

Ref: http://www.thai-safetywiki.com/2013-03-19-09-08-58/72-2009-02-25-08-59-21

หมายเหตุ

Ceiling (C) คือค่าเพดาน ซึ่งคนงานต้องไม่สัมผัสสารเคมีสูงเกินระดับนี้เลยตลอดช่วงเวลาทำงาน

TWA ค่าที่กำหนดมาตรฐานเป็น TWA นี้หมายความว่าคนงานสามารถสัมผัสสารเคมีในบรรยากาศการทำงานที่เท่ากับหรือต่ำกว่าระดับนี้แบบต่อเนื่องเป็นเวลา 8 ชั่วโมงต่อวัน (เท่ากับ 1 กะปกติของคนงาน) หรือ 40 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ ได้โดยจะไม่เกิดอาการผิดปกติขึ้น

ตารางที่ 2.3 ระดับความรุนแรงของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Co_2)

ระดับความรุนแรง	แสดงอาการ
300 ppm	ปกติ
300 ppm ถึง 500 ppm	วิงเวียนศีรษะ,หายใจเร็วขึ้น,มีอาการปวดหัว
500 ppm	หายใจเร็วขึ้น5%,หัวใจเต้นเร็วขึ้นผิดปกติ
1000 ppm	เหนื่อยง่าย,รู้สึกอ่อนเพลีย,พลังงานต่ำ
2000 ppm	หายใจเร็วขึ้น 50%,ทำให้ปวดหัวขั้นรุนแรง
5000 ppm	มีอาการหอบขั้นรุนแรง,ไม่มีแรง,หายใจติดขัด
5000 ppm ขึ้นไป	หมดสติ อาจถึงขั้นเสียชีวิตได้

Ref: http://lib3.dss.go.th/fulltext/dss_knowledge/phy_5_2559_indoor_air_quality.pdf,
https://th.co2meter.com /บล็อก/ข่าว/1209952-ร่วมและ-co2-สิ่ง-S-the-ความแตกต่าง,
https://vipmods.ru/th/ventilation/carbon-dioxide-content-carbon-dioxide-in-the-room.html

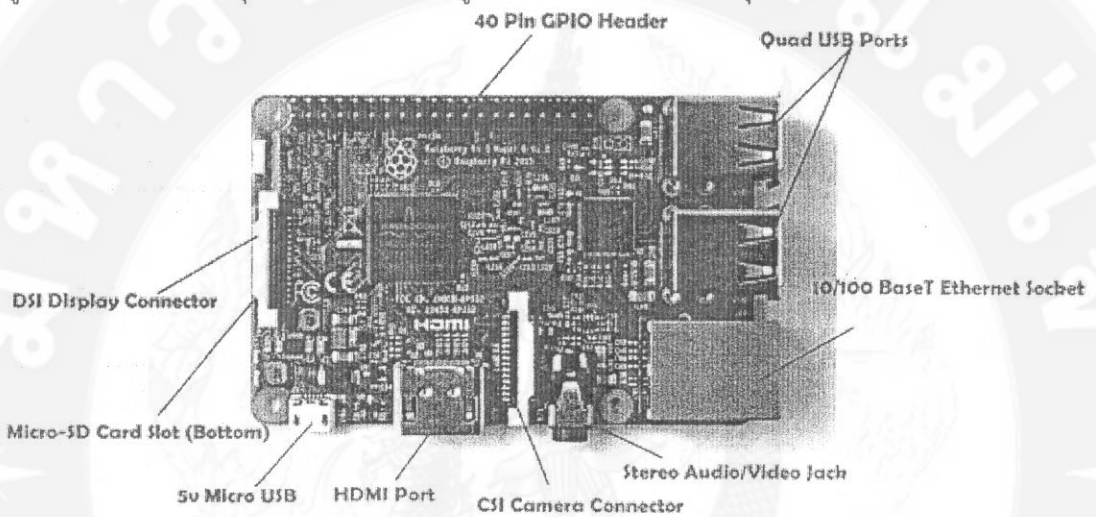
2.12 ระบบควบคุมการแจ้งเตือน Co, Co_2 และระบบระบายอากาศ

ระบบควบคุมการแจ้งเตือนของคาร์บอนมอนนอกไซด์และคาร์บอนไดออกไซด์จะทำงานเมื่อมีปริมาณของ Co มากกว่า 50 ppm และCo_2 มากกว่า 300 ppm ขึ้นไปเนื่องจากว่าถ้าคาร์บอนมีปริมาณสูงเกินระดับที่กำหนดไว้ไฟสัญญาณบนกล่องควบคุมจะทำการแจ้งเตือนและทำการเปิดพัดลมระบายอากาศในทันที

อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 บอร์ดคอมพิวเตอร์ (Raspberry Pi)

บอร์ดคอมพิวเตอร์ เป็นบอร์ดขนาดเล็กที่สามารถเชื่อมต่อกับจอมอนิเตอร์ คีย์บอร์ด และเมาส์ได้ สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ และสามารใช้ในการเขียนโปรแกรม โดยระบบใช้ภาษา python เพื่อพัฒนาโปรแกรม บอร์ดคอมพิวเตอร์รองรับระบบปฏิบัติการลินุกซ์ (Linux Operating System) ได้หลายระบบ เช่น Raspbian เป็นต้น โดยติดตั้งบน SD Card และถูกออกแบบมาให้มี CPU GPU และ RAM อยู่ภายในชิปเดียวกัน มีจุดเชื่อมต่อ GPIO ให้ผู้ใช้สามารถนำไปใช้ร่วมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่นได้

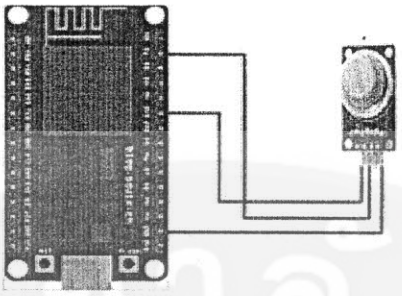


รูปที่ 3.1 แสดงส่วนประกอบของบอร์ด Raspberry Pi 3

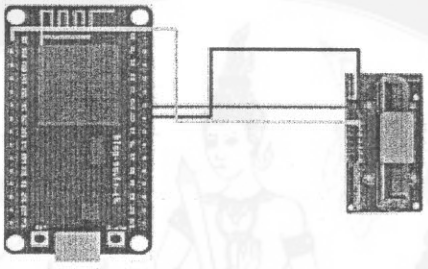
ระบบมีการใช้งานบอร์ดคอมพิวเตอร์ เพื่อทำหน้าที่เป็น field server โดยการส่งข้อมูลจะอาศัยการเชื่อมต่อ Wi-Fi เพื่อรองรับการจัดส่งข้อมูลจากเซ็นต์เซอร์ และทำหน้าที่เป็นตัว Air Flow control โดยจะทำการจัดส่งและรับข้อมูลจากฝั่น Server ซึ่งตั้งอยู่ที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เพื่อส่งข้อมูลและควบคุมอากาศภายในโรงเรือนให้อยู่ในระดับปกติผ่าน 3G Wi-Fi

3.2 บอร์ดเซ็นเซอร์ (Node MCU)

บอร์ดเซ็นเซอร์ใช้ Node MCU V.3 เพื่อช่วยในการสร้างโปรเจค Internet of Things (IoT) โดยในระบบใช้ในการจัดเก็บค่าจากเซ็นเซอร์คาร์บอนทั้ง 2 ประเภท ประกอบด้วย mq-9 และ MH-Z14a บอร์ดทำงานเพื่อรับค่าของเซนเซอร์ จากนั้นบอร์ดจะทำการจัดส่งข้อมูลไปยัง field server โดยอาศัยโปรโตคอล MQTT เพื่อส่งข้อมูลผ่านระบบเน็ตเวอร์คแบบไร้สาย



รูปที่ 3.2 การต่อวงจร mq-9



รูปที่ 3.3 การต่อวงจร MH-Z14a

3.3 กล่องควบคุม

3.3.1 ด้านหน้ากล่องควบคุม

ด้านหน้ากล่องควบคุม จะประกอบไปด้วย

1. ไฟแสดงสถานะเข้ากล่องควบคุม: กล่องควบคุมสามารถใช้งานได้

2. สวิตซ์ 3 ทาง: เป็นสวิตซ์ที่ใช้สับเปลี่ยนการควบคุมการทำงานของกล่องควบคุม หากสับสวิตซ์ลงข้างล่างจะเป็น manual แต่ถ้าหากสับสวิตซ์ขึ้นจะเป็น Auto

3. ไฟแสดงสถานะ Auto: จะทำงานเมื่อสับสวิตซ์ขึ้น

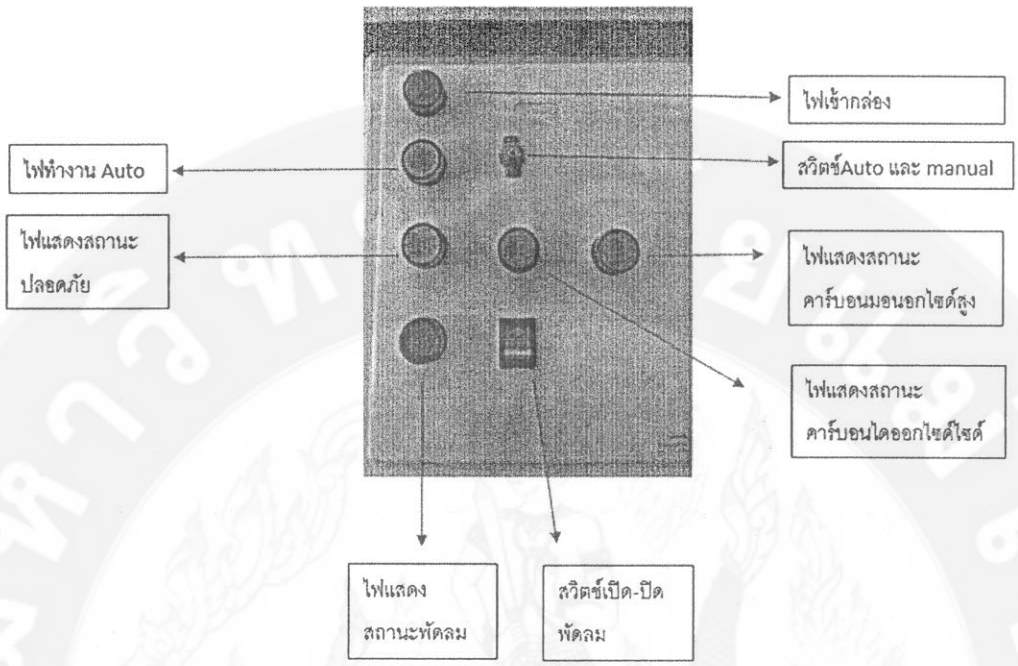
4. ไฟแสดงสถานะคาร์บอนมอนอกไซด์: ไฟแสดงสถานะคาร์บอนมอนอกไซด์ เมื่อตรวจพบค่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์มีปริมาณสูงเกินกว่าที่กำหนดไว้

5. ไฟแสดงสถานะคาร์ไดออกไซด์: ไฟแสดงสถานะคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อตรวจพบค่าก๊าซคาร์ไดออกไซด์มีปริมาณสูงเกินกว่าที่กำหนดไว้

6. ไฟแสดงสถานะปลอดภัย: จะทำงานเมื่อค่าของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์อยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตราย

7. สวิตซ์พัดลม: เป็นสวิตซ์ที่ใช้สั่งงานเปิดปิดพัดลม

8. ไฟแสดงสถานะพัดลม: ไฟแสดงสถานะพัดลมจะทำงานเมื่อพัดลมทำงานอยู่

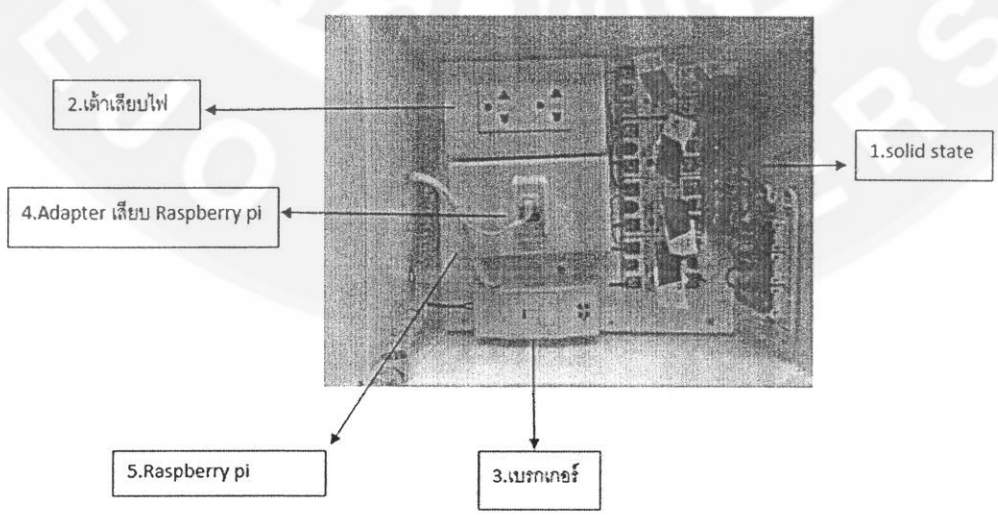


รูปที่ 3.4 ด้านหน้ากล่องควบคุม

3.3.2 ภายในกล่องควบคุม

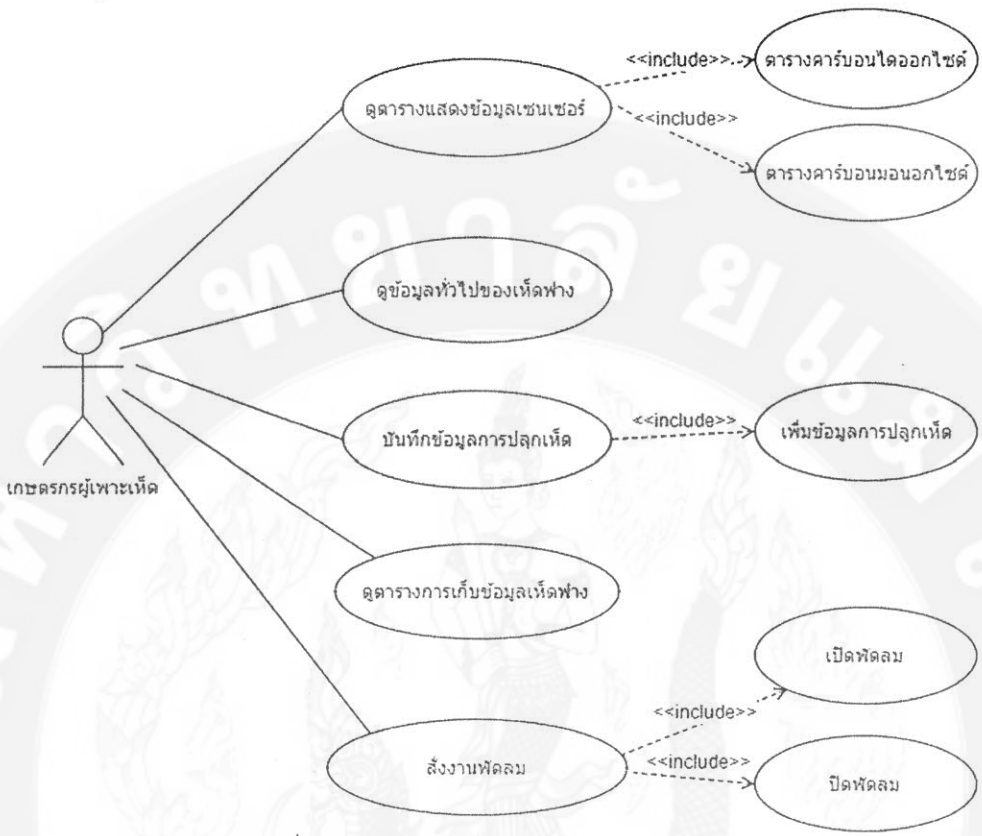
ภายในกล่องควบคุมจะประกอบไปด้วย

1. Solid state ทำหน้าที่ จ่ายไฟฟ้าให้กับบอร์ดคอมพิวเตอร์ (raspberry pi)
2. เต้าเสียบไฟ ทำหน้าที่ จ่ายไฟฟ้าไปเลี้ยงบอร์ดคอมพิวเตอร์ (raspberry pi)
3. เบรกเกอร์ ทำหน้าที่ เป็นตัวสั่งจ่ายและตัดไฟฟ้า
4. Raspberry pi ทำหน้าที่ รับข้อมูลจากเซ็นเซอร์ และควบคุมพัดลมภายในกล่อง



รูปที่ 3.5 ภายในกล่องควบคุม

Use Case Diagram



รูปที่ 3.6 แสดงยูสเคสไดอะแกรมรวมของระบบ

ตารางการตัดสินใจ decision table

ตารางที่ 3.1 ตารางเงื่อนไขที่อาจจะเป็นไปได้ทั้งหมด

ลำดับที่	เงื่อนไข 1	เงื่อนไข 2	ไฟสีเขียว	ไฟสีแดง (1)	ไฟสีแดง (2)	พัดลม
1	Co_2 >= 300	Co>=200	×	✓	✓	✓
2	Co_2 >= 300	Co<200	×	✓	×	✓
3	Co_2 < 300	Co>=200	×	×	✓	✓
4	Co_2 < 300	Co<200	✓	×	×	×

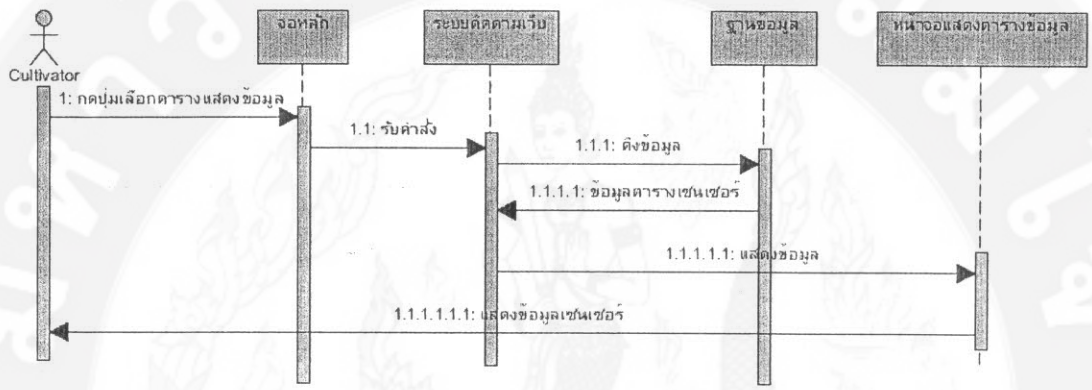
*หมายเหตุ ✓ หมายถึง ทำงาน

× หมายถึง ไม่ทำงาน

3.4 ขั้นตอนการการทำงานของระบบ

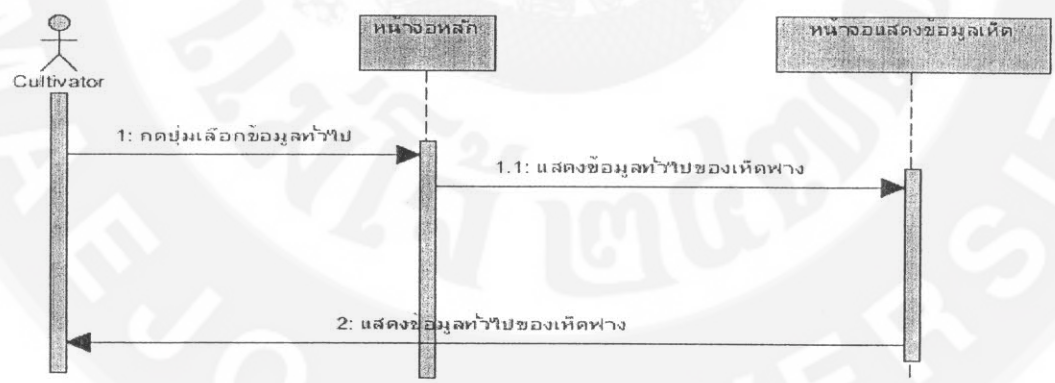
ขั้นตอนการทำงานโต้ตอบกันระหว่างผู้ใช้ระบบ (Actor) กับระบบ (System) ในลักษณะลำดับเหตุการณ์ก่อนและหลัง ซึ่งสิ่งเหล่านี้มีประโยชน์ในการกำหนดกลุ่มอ็อบเจ็กต์ (Object) ที่มีเมธอด (Method) ของอ็อบเจ็กต์ในการทำงาน ให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการสร้างคลาส (Class) นั้นขึ้นมาใช้งานภายในระบบที่ได้ทำการพัฒนาขึ้น

ขั้นตอนการเก็บข้อมูลเซนเซอร์



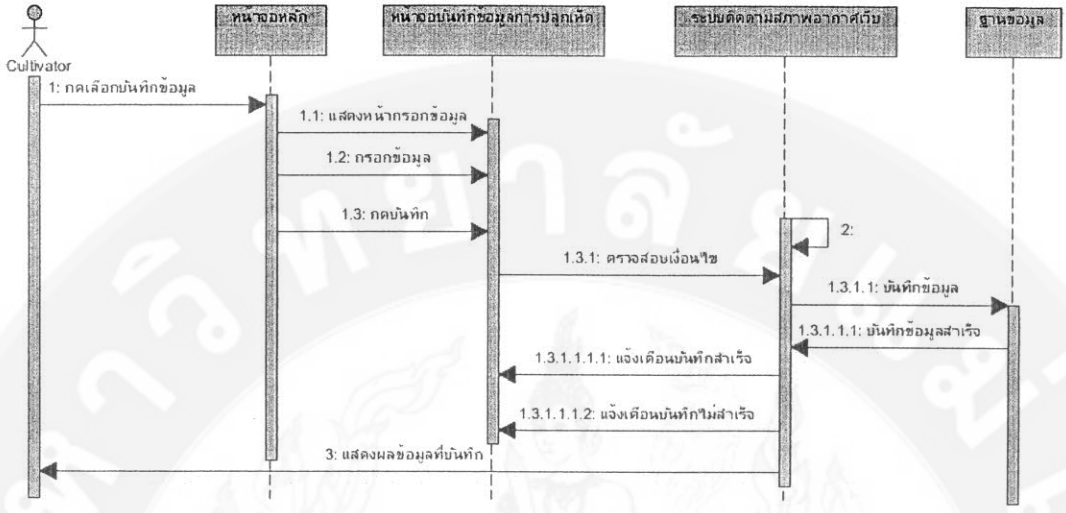
รูปที่ 3.7 ขั้นตอนการเก็บข้อมูลเซนเซอร์

ขั้นตอนการเก็บข้อมูลทั่วไปของเห็ดฟาง



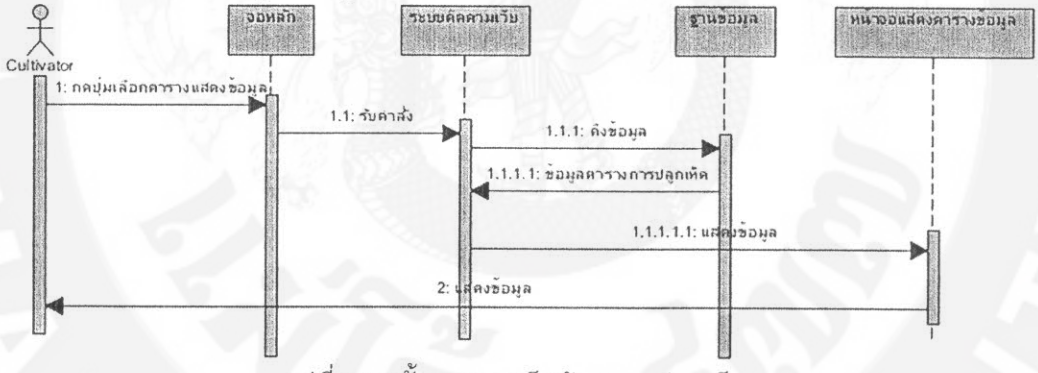
รูปที่ 3.8 ขั้นตอนการเก็บข้อมูลทั่วไปของเห็ดฟาง

ขั้นตอนการเก็บข้อมูลการปลูกเห็ด



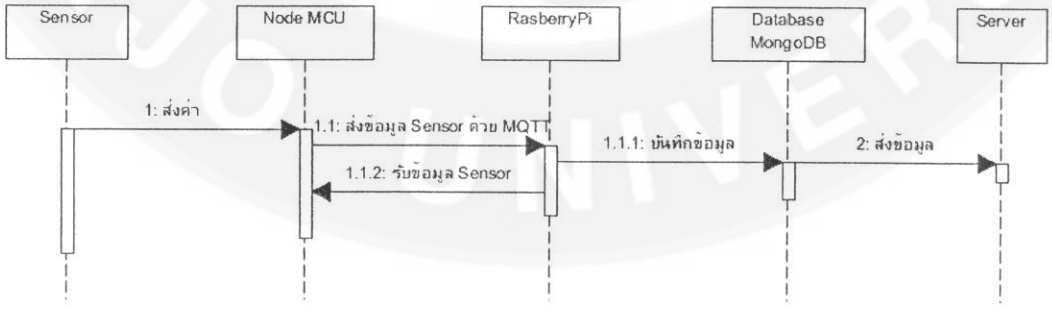
รูปที่ 3.9 ขั้นตอนการเก็บข้อมูลการปลูกเห็ด

ขั้นตอนการเก็บข้อมูลการปลูกเห็ด



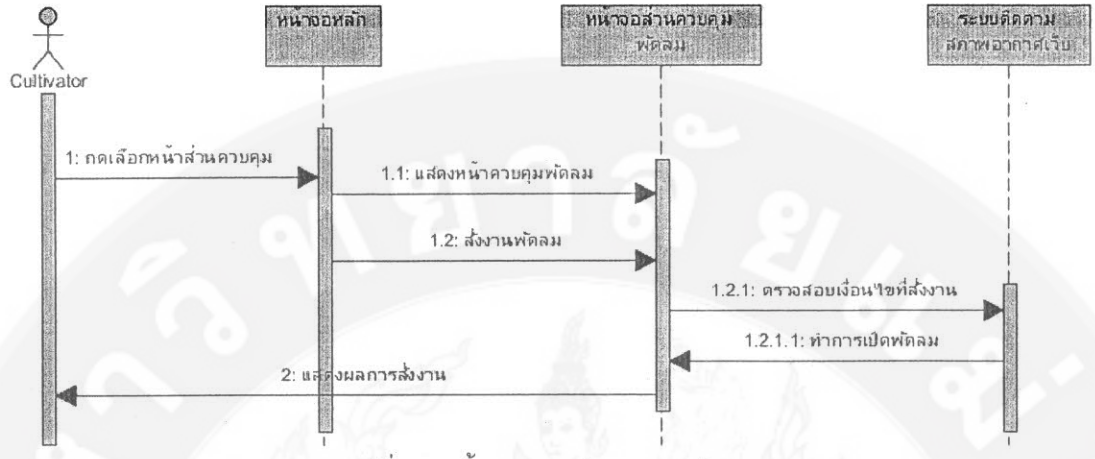
รูปที่ 3.10 ขั้นตอนการเก็บข้อมูลการปลูกเห็ด

ขั้นตอนการส่งข้อมูลเข้า server



รูปที่ 3.11 แสดงซีเควนซ์ไดอะแกรมการส่งข้อมูลเข้า server

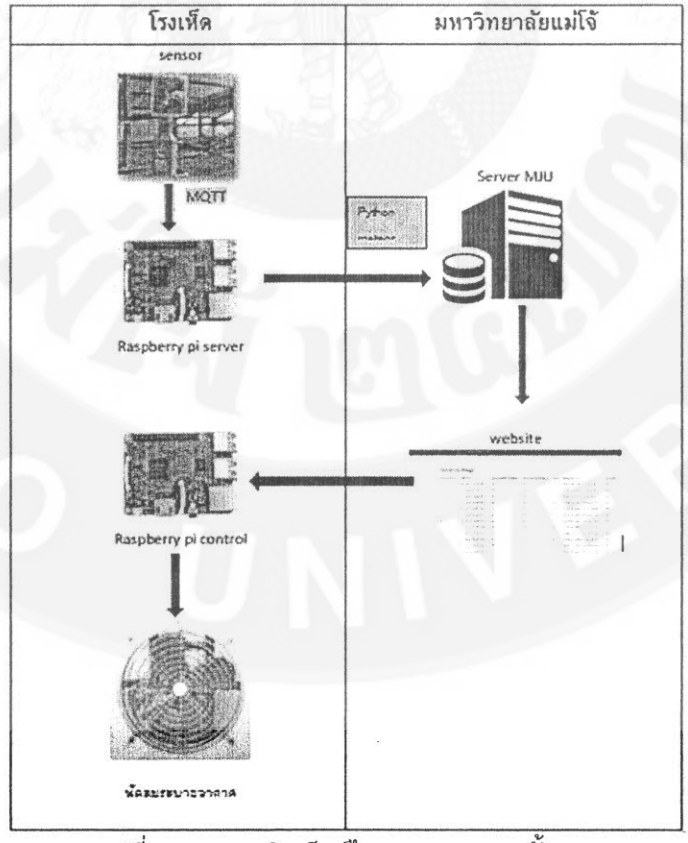
ขั้นตอนการทำงานของพัดลม



รูปที่ 3.12 ขั้นตอนการทำงานของพัดลม

3.5 แผนภาพระบบ (System Diagram)

แผนภาพระบบแสดงการทำงานของระบบที่พัฒนาขึ้นออกเป็นส่วน 3 ส่วน คือ ส่วนที่รับเข้าไป (Input) , ส่วนประมวลผล (Process) , ส่วนแสดงผล (Output) โดยที่แต่ละส่วนจะมีรูปภาพอุปกรณ์หรือเครื่องมือที่เกี่ยวข้องประกอบกันเป็นแผนภาพระบบ แสดงภาพรวมในการพัฒนาระบบ



รูปที่ 3.13 แสดงซิสเต็มส์ไดอะแกรมระบบทั้งหมด

การนำเข้าข้อมูล (Input)

1. การนำเข้าข้อมูลแบบ MQTT โดยการนำเข้าข้อมูลแบบ MQTT คือการที่sensor ตรวจวัดค่าของ Co_2 และCo โดยผ่าน Node MCU จากนั้นจะทำการส่งข้อมูลที่ได้ไปยัง field server โดยอาศัยสัญญาณ Wi-Fi เพื่อส่งต่อข้อมูลไปทำการประมวลผล (Process)
2. การนำเข้าข้อมูลไปยังฐานข้อมูล ระบบใช้ raspberry pi ในการรับค่าของเซนเซอร์ และทำการส่งต่อไปยังฐานข้อมูลที่ติดตั้งบนเซอร์ฟเวอร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

การประมวลผล (Process)

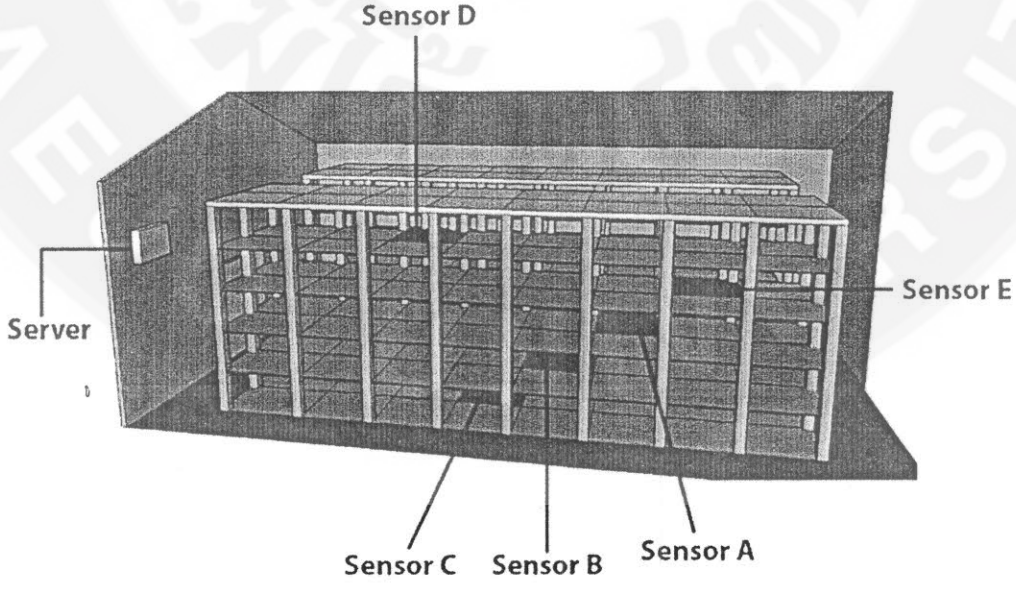
1. เมื่อมีการร้องขอข้อมูลของส่วนการ ข้อมูลนำเข้า (Input) เซนเซอร์ (Sensor) ในของส่วนของประมวลผล (Process) Node MCU จะทำการ Publish ค่าเซนเซอร์ที่ได้รับมาส่งไปยัง Raspberry pi และ Raspberry pi จะ Subscribe กลับไปยัง Node MCU โดยใช้ MQTT ซึ่งเป็นโพรโตคอลในการรับ-ส่งข้อมูล
2. เมื่อมีการร้องขอข้อมูลของส่วนการ ข้อมูลนำเข้า (Input) เซนเซอร์ (Sensor) ในของส่วนของประมวลผล (Process) เมื่อ Raspberry pi ซึ่งเป็นฝั่ง เซิร์ฟเวอร์ (Server) ได้รับค่าข้อมูลของเซนเซอร์จาก Node MCU จะส่งข้อมูลไปเก็บไว้ในฐานข้อมูลที่อยู่บนserver มหาวิทยาลัยแม่โจ้ (Database Server) โดยฐานข้อมูล

การส่งออกข้อมูล (Output)

เมื่อข้อมูลที่เก็บค่าจากเซนเซอร์ได้ถูกส่งไปไว้บน เซิฟร์เวอร์ (Server) แล้ว จะเป็นส่วนของการส่งออกข้อมูล (Output) โดยจะดึงค่ามาแสดงผลบนเว็บไซต์ (Website) ที่ได้จัดทำขึ้นมา

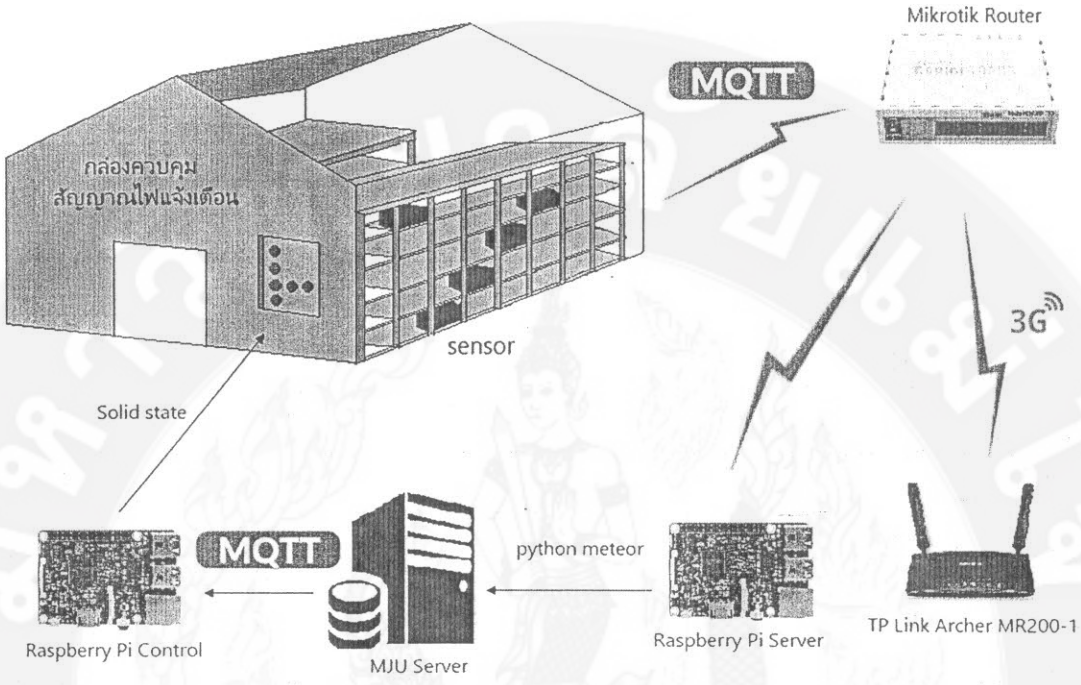
แผนภาพบล็อก (block diagram)

ตำแหน่งติดตั้งเซนเซอร์



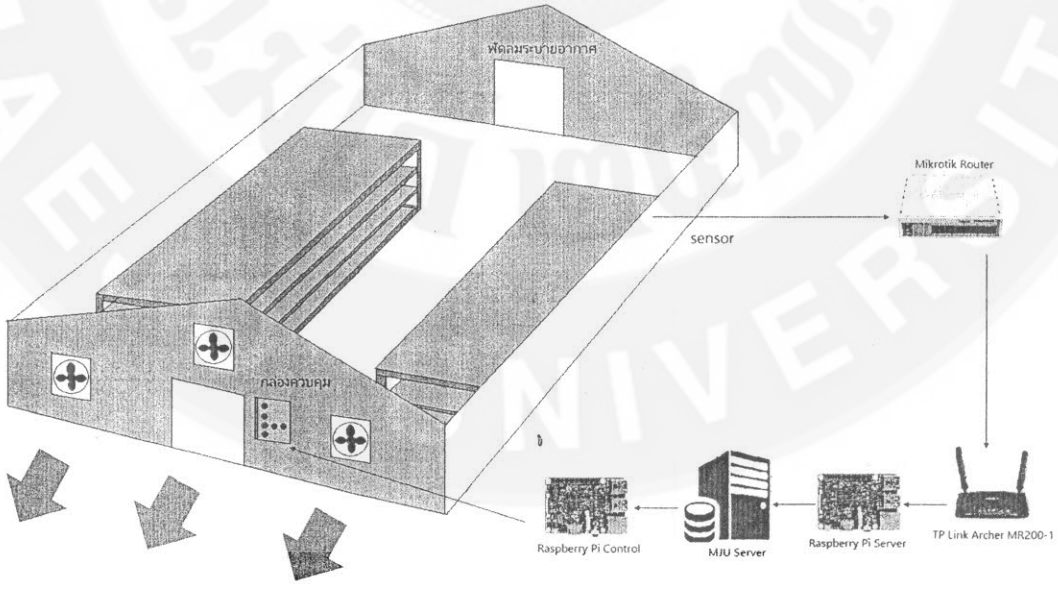
รูปที่ 3.14 แผนภาพการติดตั้งเซนเซอร์

การออกแบบระบบ Warning System



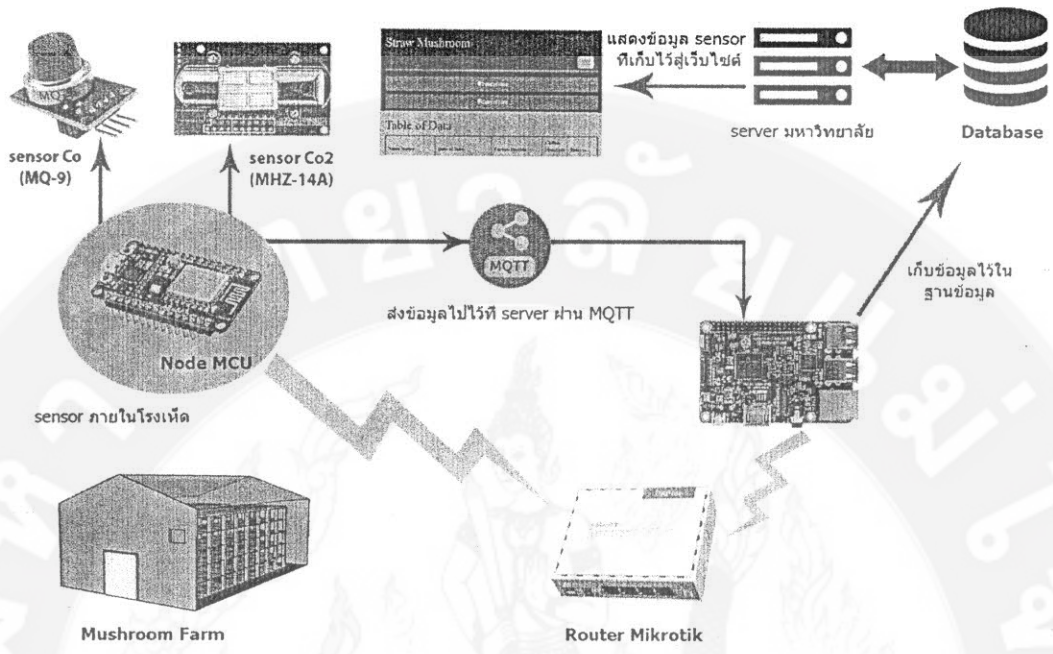
รูปที่ 3.15 แผนภาพการออกแบบระบบ Warning system

การออกแบบระบบระบายอากาศ



รูปที่ 3.16 การออกแบบระบบระบายอากาศ

การรับค่าข้อมูล, ส่งข้อมูลและบันทึกลงในฐานข้อมูล

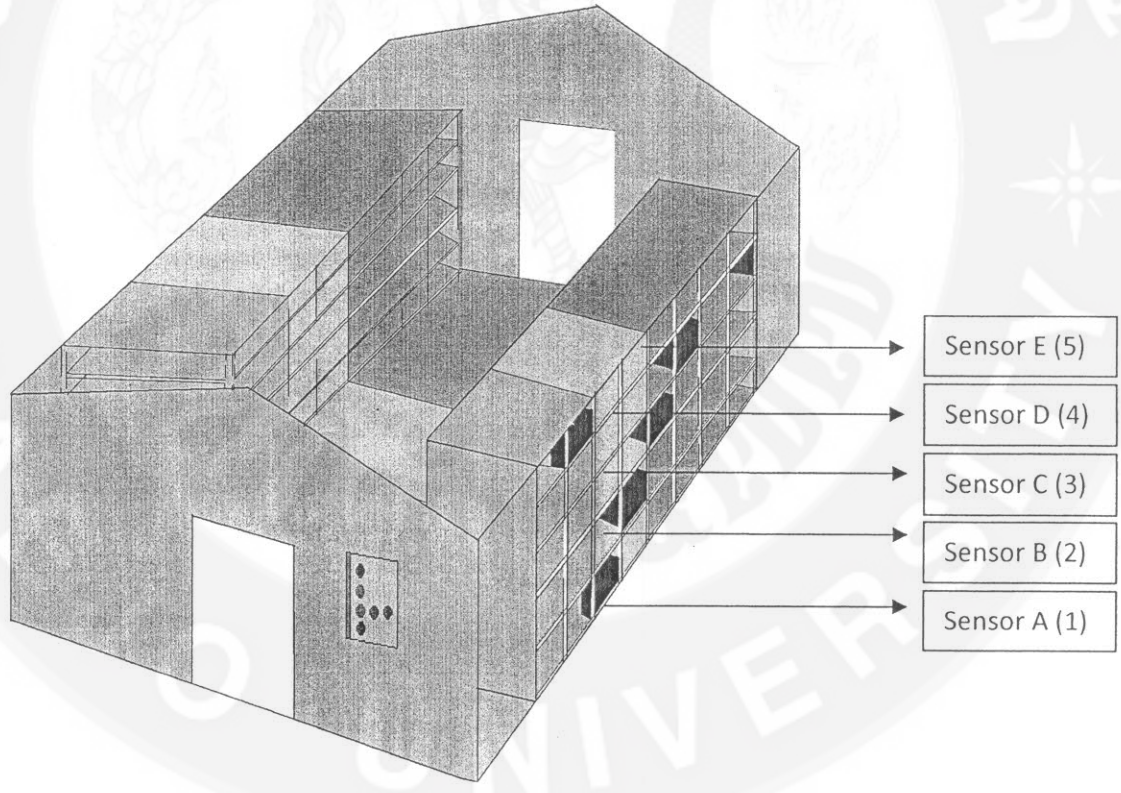


รูปที่ 3.17 แผนภาพโดยรวมของระบบ

ผลการวิจัย

4.1 การทดสอบระบบ

การเก็บข้อมูลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในโรงเรือนเพาะเห็ดฟาง จะทำการติดตั้งเซนเซอร์ไว้ตามชั้นเห็ด ชั้นที่ 1 Sensor A ,ชั้นที่ 2 Sensor B ,ชั้นที่ 3 Sensor C,ชั้นที่ 4 Sensor D, ชั้นที่ 5 Sensor E และ Sensor out จะอยู่ภายนอกโรงเรือนเพื่อจะเปรียบเทียบค่าของคาร์บอนไดออกไซด์และคาร์บอนมอนอกไซด์ภายนอกและภายในโรงเรือน โดยในโรงเรือนจะมีชั้นเพาะเห็ด (Floor) อยู่ 5 ชั้น โดยชั้นที่ 1 และ 2 จะมีความยาว 8.4 เมตร กว้าง 0.85 เมตร ส่วนชั้นที่ 3 จนถึงชั้นที่ 5 จะมีความยาว 10.4 เมตร กว้าง 0.85 เมตร สรุปแล้ว ภายในโรงเรือนจะมีเซนเซอร์ทั้งหมด 5 ตัว ซึ่งจะทำการติดตั้งเซนเซอร์ไว้ตามแต่ละชั้นของชั้นเพาะเห็ดเนื่องจากก๊าซจะลอยขึ้นเป็นแนวตั้งเพื่อที่จะได้วัดปริมาณของก๊าซในแต่ละระดับความสูงที่ไม่เท่ากัน



รูปที่ 4.1 การติดตั้งเซนเซอร์ในโรงเรือนเพาะเห็ด

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยแม่โจ้

4.2 ระบบควบคุมการแจ้งเตือน Co, Co_2 และระบบระบายอากาศ

ระบบควบคุมการแจ้งเตือนของคาร์บอนมอนนอกไซด์และคาร์บอนไดออกไซด์จะทำงานเมื่อมีปริมาณของ Co มากกว่า 50 ppm และ Co_2 มากกว่า 300 ppm ขึ้นไปเนื่องจากว่า ถ้าคาร์บอนมีปริมาณสูงเกินระดับที่กำหนดไว้ไฟสัญญาณบนกล่องควบคุมจะทำการแจ้งเตือนและทำการเปิดพัดลมระบายอากาศในทันที

ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยของคาร์บอนมอนออกไซด์วันที่ 1 อุณหภูมิคงที่ 65 องศาเซลเซียส

	รอบการผลิต	ชั้นโรงเรือน	ค่าเฉลี่ยคาร์บอนมอนออกไซด์ 09.00, 12.00 และ 16.00
1	C1	F1	264.3333
2	C1	F2	274.3333
3	C1	F3	223.3333
4	C1	F4	213.6667
5	C1	F5	223.6667
6	C2	F1	264.6667
7	C2	F2	275.3333
8	C2	F3	222.6667
9	C2	F4	215
10	C2	F5	224.3333
11	C3	F1	264.6667
12	C3	F2	273
13	C3	F3	222.6667
14	C3	F4	215.3333
15	C3	F5	224.6667
16	C4	F1	265.3333
17	C4	F2	276.3333
18	C4	F3	222.6667
19	C4	F4	213
20	C4	F5	222.6667
21	C5	F1	264
22	C5	F2	274.3333
23	C5	F3	223.3333
24	C5	F4	213.6667
25	C5	F5	222.6667

การพิจารณาคุณภาพอากาศภายในโรงเรือนของเห็ดฟางวันที่ 1 ขณะที่มีการอบความร้อน เพื่อฆ่าเชื้อโดยใช้อุณหภูมิคงที่ 65 องศาเซลเซียส ถึงระดับของสารก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (Co) ผลจากการพิจารณาพบว่า ค่าการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้ ANOVA (Avg ($Co_{Time\ 09.00,12.00,16.00}$)~Floors) ชั้นของโรงเรือนมีค่า Pr(>F) ของชั้นโรงเรือนน้อยกว่า 0.05 ซึ่งแสดงว่า แต่ละชั้นของโรงเรือนมีความแตกต่างกัน

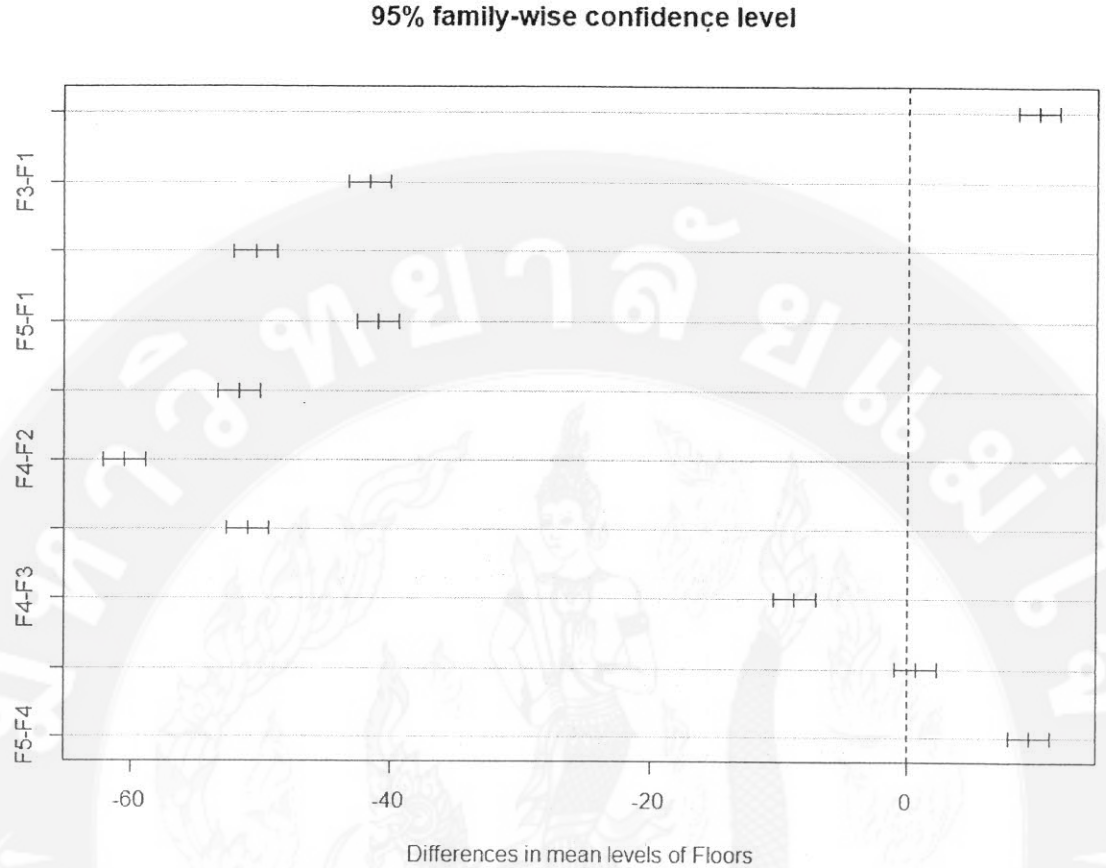
ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้ ANOVA (Avg ($Co_{Time\ 09.00,12.00,16.00}$)~Floors)

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Floors	4	15181.3	3795.3	5038	< 2.2e-16 ***
Residuals	20	15.1	0.8		

ผลการวิเคราะห์ความต่างของชั้นโรงเรือนของเห็ดฟางวันที่ 1 พบว่า ค่าเฉลี่ยของชั้นที่ 5 และชั้นที่ 3 มีค่าไม่แตกต่างกัน ดังนั้นการติดตั้งเซ็นเซอร์สำหรับการจัดเก็บข้อมูลสามารถติดตั้งเพียง 4 ตัวคือ ชั้นที่ (1, 2, 3 และ 4) หรือ (1, 2, 4 และ 5)

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ผลต่างทางสถิติ

	diff	lwr	upr	p adj
F2-F1	10.07	8.42	11.71	0
F3-F1	-41.7	-43	-40.02	0
F4-F1	-50.5	-52	-48.82	0
F5-F1	-41	-43	-39.36	0
F3-F2	-51.7	-53	-50.09	0
F4-F2	-60.5	-62	-58.89	0
F5-F2	-51.1	-53	-49.42	0
F4-F3	-8.8	-10	-7.157	0
F5-F3	0.667	-1	2.309	0.74
F5-F4	9.467	7.82	11.11	0



รูปที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ผลต่างทางสถิติวันที่ 1 ของ Co

ตารางที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยของคาร์บอนมอนออกไซด์วันที่ 2

	รอบการผลิต	ชั้นโรงเรือน	ค่าเฉลี่ยคาร์บอนมอนออกไซด์ 09.00, 12.00 และ 16.00
1	C1	F1	265
2	C1	F2	257.3333
3	C1	F3	210.3333
4	C1	F4	206
5	C1	F5	212
6	C2	F1	263.6667
7	C2	F2	258
8	C2	F3	211.3333
9	C2	F4	205.3333
10	C2	F5	211.6667
11	C3	F1	262.6667
12	C3	F2	257.3333
13	C3	F3	213.3333
14	C3	F4	205.3333
15	C3	F5	215
16	C4	F1	264
17	C4	F2	255.6667
18	C4	F3	212
19	C4	F4	206.6667
20	C4	F5	210.6667
21	C5	F1	264
22	C5	F2	256
23	C5	F3	212.3333
24	C5	F4	204.6667
25	C5	F5	213

การพิจารณาคุณภาพอากาศภายในโรงเรือนของเห็ดฟางวันที่ 2 ถึงระดับของสารก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (Co) ผลจากการพิจารณาพบว่า ค่าการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้ ANOVA (Avg ($Co_{Time\ 09.00,12.00,16.00}$)~Floors) ชั้นของโรงเรือนมีค่า Pr(>F) ของชั้นโรงเรือนน้อยกว่า 0.05 ซึ่งแสดงว่า แต่ละชั้นของโรงเรือนมีความแตกต่างกัน

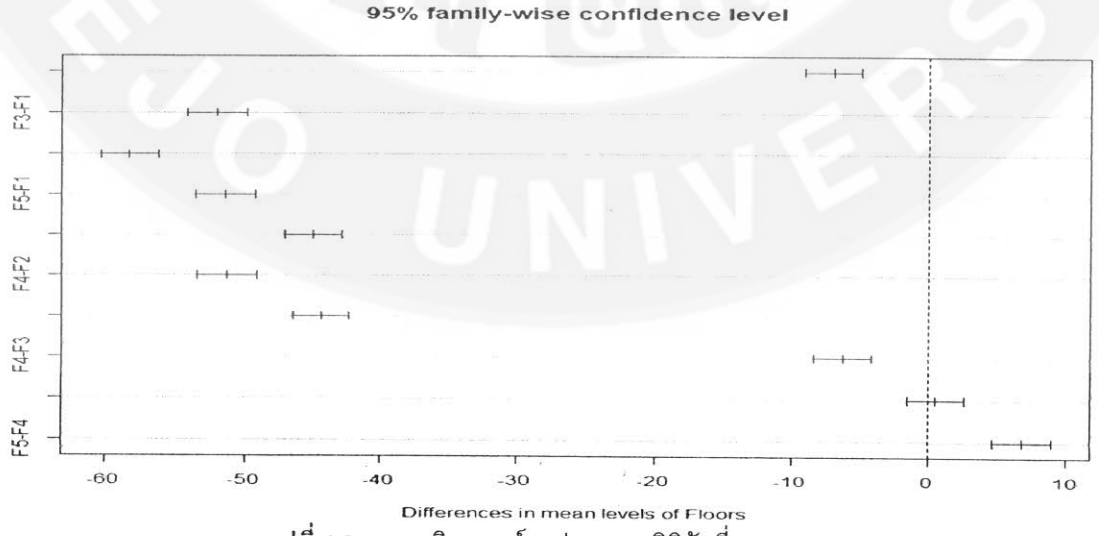
ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้ ANOVA (Avg ($Co_{Time\cdot 09.00,12.00,16.00}$)~Floors)

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Floors	4	15501.4	3875.3	3119.7	< 2.2e-16 ***
Residuals	20	24.8	1.2		

ผลการวิเคราะห์ความต่างของชั้นโรงเรือนของเห็ดฟางวันที่ 2 พบว่า ค่าเฉลี่ยของชั้นที่ 5 และชั้นที่ 3 มีค่าไม่แตกต่างกัน ดังนั้นการติดตั้งเซ็นเซอร์สำหรับการจัดเก็บข้อมูลสามารถติดตั้งเพียง 4 ตัวคือ ชั้นที่ (1, 2, 3 และ 4) หรือ (1, 2, 4 และ 5)

ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ผลต่างทางสถิติ

	diff	lwr	upr	p adj
F2-F1	-7	-9.109335	-4.890665	0
F3-F1	-52	-54.109335	-49.890665	0
F4-F1	-58.266667	-60.376002	-56.157332	0
F5-F1	-51.4	-53.509335	-49.290665	0
F3-F2	-45	-47.109335	-42.890665	0
F4-F2	-51.266667	-53.376002	-49.157331	0
F5-F2	-44.4	-46.509335	-42.290665	0
F4-F3	-6.266667	-8.376002	-4.157331	0.0000002
F5-F3	0.6	-1.509335	2.709335	0.9110637
F5-F4	6.866667	4.757332	8.976002	0



รูปที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ผลต่างทางสถิติวันที่ 2 ของ Co

ตารางที่ 4.7 ค่าเฉลี่ยของคาร์บอนมอนออกไซด์วันที่ 3

	รอบการผลิต	ชั้นโรงเรือน	ค่าเฉลี่ยคาร์บอนมอนออกไซด์ 09.00, 12.00 และ 16.00
1	C1	F1	161.3333
2	C1	F2	178.6667
3	C1	F3	134.3333
4	C1	F4	195
5	C1	F5	146
6	C2	F1	162
7	C2	F2	176.3333
8	C2	F3	135.3333
9	C2	F4	193.3333
10	C2	F5	145.6667
11	C3	F1	163
12	C3	F2	173.3333
13	C3	F3	137
14	C3	F4	197.6667
15	C3	F5	146.6667
16	C4	F1	161.3333
17	C4	F2	174
18	C4	F3	135
19	C4	F4	193.6667
20	C4	F5	146.3333
21	C5	F1	161.6667
22	C5	F2	175.3333
23	C5	F3	133.6667
24	C5	F4	194.3333
25	C5	F5	145.6667

การพิจารณาคุณภาพอากาศภายในโรงเรือนของเห็ดฟางวันที่ 3 ถึงระดับของสารก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (Co) ผลจากการพิจารณาพบว่า ค่าการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้ ANOVA (Avg ($Co_{Time\ 09.00,12.00,16.00}$)~Floors) ชั้นของโรงเรือนมีค่า Pr(>F) ของชั้นโรงเรือนน้อยกว่า 0.05 ซึ่งแสดงว่า แต่ละชั้นของโรงเรือนมีความแตกต่างกัน

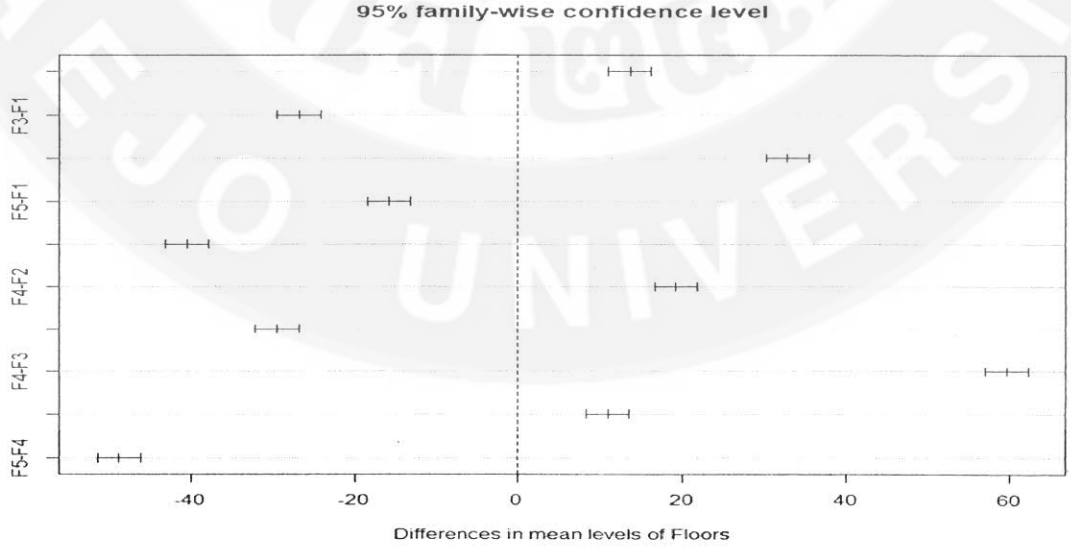
ตารางที่ 4.8 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้ ANOVA (Avg ($Co_{Time\ 09.00,12.00,16.00}$)~Floors)

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Floors	4	11180.3	2795.08	1449.1	< 2.2e-16 ***
Residuals	20	38.6	1.93		

ผลการวิเคราะห์ความต่างของชั้นโรงเรือนของเห็ดฟางวันที่ 3 พบว่า การติดตั้งเซ็นเซอร์สำหรับการจัดเก็บข้อมูล ต้องติดตั้งทั้ง 5 ชั้น

ตารางที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์ผลต่างทางสถิติ

	diff	lwr	upr	p adj
F2-F1	13.66667	11.038218	16.29512	0
F3-F1	-26.8	-29.428449	-24.17155	0
F4-F1	32.93333	30.304884	35.56178	0
F5-F1	-15.8	-18.428449	-13.17155	0
F3-F2	-40.46667	-43.095116	-37.83822	0
F4-F2	19.26667	16.638218	21.89512	0
F5-F2	-29.46667	-32.095116	-26.83822	0
F4-F3	59.73333	57.104884	62.36178	0
F5-F3	11	8.371551	13.62845	0
F5-F4	-48.73333	-51.361782	-46.10488	0



รูปที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ผลต่างทางสถิติวันที่ 3 ของ Co

ตารางที่ 4.10 ค่าเฉลี่ยของคาร์บอนมอนออกไซด์วันที่ 4

	รอบการผลิต	ชั้นโรงเรือน	ค่าเฉลี่ยคาร์บอนมอนออกไซด์ 09.00, 12.00 และ 16.00
1	C1	F1	153.3333
2	C1	F2	176
3	C1	F3	125.3333
4	C1	F4	191.3333
5	C1	F5	143.6667
6	C2	F1	155
7	C2	F2	174.3333
8	C2	F3	123.6667
9	C2	F4	192.6667
10	C2	F5	143.3333
11	C3	F1	155.3333
12	C3	F2	175.3333
13	C3	F3	125
14	C3	F4	193
15	C3	F5	145.6667
16	C4	F1	153.3333
17	C4	F2	173.3333
18	C4	F3	126.3333
19	C4	F4	191
20	C4	F5	145
21	C5	F1	154.3333
22	C5	F2	175.3333
23	C5	F3	126
24	C5	F4	192.6667
25	C5	F5	145.3333

การพิจารณาคุณภาพอากาศภายในโรงเรือนของเห็ดฟางวันที่ 4 ถึงระดับของสารก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (Co) ผลจากการพิจารณาพบว่า ค่าการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้ ANOVA (Avg ($Co_{Time\ 09.00,12.00,16.00}$)~Floors) ชั้นของโรงเรือนมีค่า Pr(>F) ของชั้นโรงเรือนน้อยกว่า 0.05 ซึ่งแสดงว่า แต่ละชั้นของโรงเรือนมีความแตกต่างกัน

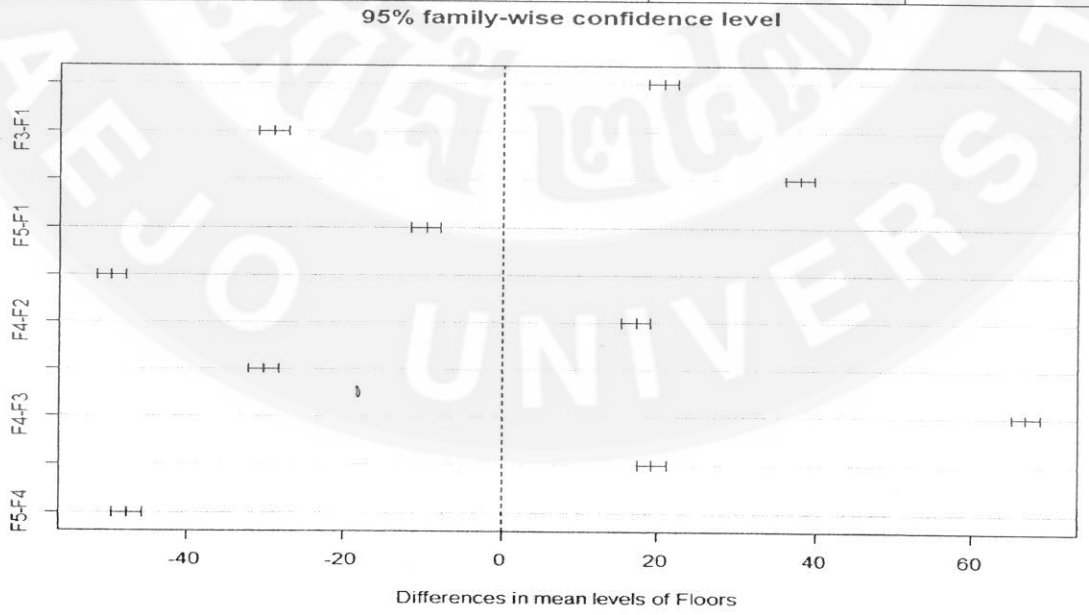
ตารางที่ 4.11 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้ ANOVA (Avg ($Co_{Time\ 09.00,12.00,16.00}$)~Floors)

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Floors	4	13571.4	3392.9	3454.3	< 2.2e-16 ***
Residuals	20	19.6	1		

ผลการวิเคราะห์ความต่างของชั้นโรงเรือนของเห็ดฟางวันที่ 4 พบว่า การติดตั้งเซ็นเซอร์สำหรับการจัดเก็บข้อมูล ต้องติดตั้งทั้ง 5 ชั้น

ตารางที่ 4.12 ผลการวิเคราะห์ผลต่างทางสถิติ

	diff	lwr	upr	p adj
F2-F1	20.6	18.72435	22.475646	0
F3-F1	-29	-30.87565	-27.124354	0
F4-F1	37.866667	35.99102	39.742312	0
F5-F1	-9.666667	-11.54231	-7.791021	0
F3-F2	-49.6	-51.47565	-47.724354	0
F4-F2	17.266667	15.39102	19.142312	0
F5-F2	-30.266667	-32.14231	-28.391021	0
F4-F3	66.866667	64.99102	68.742312	0
F5-F3	19.333333	17.45769	21.208979	0
F5-F4	-47.533333	-49.40898	-45.657688	0



รูปที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ผลต่างทางสถิติวันที่ 4 ของ Co

ตารางที่ 4.13 ค่าเฉลี่ยของคาร์บอนมอนออกไซด์วันที่ 5

	รอบการผลิต	ชั้นโรงเรือน	ค่าเฉลี่ยคาร์บอนมอนออกไซด์ 09.00, 12.00 และ 16.00
1	C1	F1	151.3333
2	C1	F2	171.3333
3	C1	F3	116
4	C1	F4	187.3333
5	C1	F5	141.3333
6	C2	F1	152.6667
7	C2	F2	173
8	C2	F3	116
9	C2	F4	187
10	C2	F5	140.3333
11	C3	F1	152.3333
12	C3	F2	173.6667
13	C3	F3	115.3333
14	C3	F4	186.3333
15	C3	F5	143.3333
16	C4	F1	151.3333
17	C4	F2	172.3333
18	C4	F3	117.6667
19	C4	F4	187.6667
20	C4	F5	141.6667
21	C5	F1	152.3333
22	C5	F2	172.3333
23	C5	F3	115.6667
24	C5	F4	187.3333
25	C5	F5	143

การพิจารณาคุณภาพอากาศภายในโรงเรือนของเห็ดฟางวันที่ 5 ถึงระดับของสารก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (Co) ผลจากการพิจารณาพบว่า ค่าการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้ ANOVA (Avg ($Co_{Time\ 09.00,12.00,16.00}$)~Floors) ชั้นของโรงเรือนมีค่า Pr(>F) ของชั้นโรงเรือนน้อยกว่า 0.05 ซึ่งแสดงว่า แต่ละชั้นของโรงเรือนมีความแตกต่างกัน

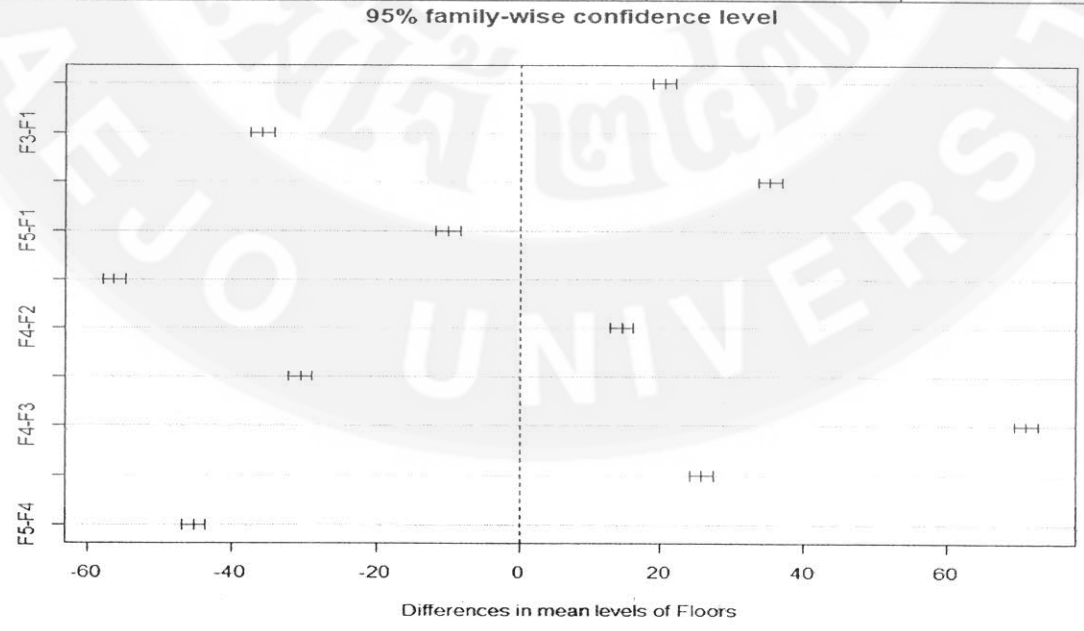
ตารางที่ 4.14 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้ ANOVA (Avg ($Co_{Time\ 09.00,12.00,16.00}$)~Floors)

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Floors	4	15123.9	3781.0	5063.8	< 2.2e-16 ***
Residuals	20	14.9	0.7		

ผลการวิเคราะห์ความต่างของชั้นโรงเรือนของเห็ดฟางวันที่ 5 พบว่า การติดตั้งเซ็นเซอร์สำหรับการจัดเก็บข้อมูล ต้องติดตั้งทั้ง 5 ชั้น

ตารางที่ 4.15 ผลการวิเคราะห์ผลต่างทางสถิติ

	diff	lwr	upr	p adj
F2-F1	20.53333	18.89799	22.168678	0
F3-F1	-35.86667	-37.50201	-34.231322	0
F4-F1	35.13333	33.49799	36.768678	0
F5-F1	-10.06667	-11.70201	-8.431322	0
F3-F2	-56.4	-58.03534	-54.764655	0
F4-F2	14.6	12.96466	16.235345	0
F5-F2	-30.6	-32.23534	-28.964655	0
F4-F3	71	69.36466	72.635345	0
F5-F3	25.8	24.16466	27.435345	0
F5-F4	-45.2	-46.83534	-43.564655	0



รูปที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ผลต่างทางสถิติวันที่ 5 ของ Co

การพิจารณาคุณภาพอากาศภายในโรงเรือนของเห็ดฟางวันที่ 1 ถึง 5 ถึงระดับของสารก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (Co) ผลจากการพิจารณาพบว่า ค่าการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้ ANOVA (Avg ($Co_{Time\ 09.00,12.00,16.00}$)~Date + Floors) ชั้นของโรงเรือนมีค่า Pr(>F) ของชั้นโรงเรือนน้อยกว่า 0.05 ซึ่งแสดงว่า แต่ละชั้นของโรงเรือนมีความแตกต่างกัน และวันของการเพาะเห็ดฟาง มีค่า Pr(>F) วันของการเพาะเห็ดฟางน้อยกว่า 0.05 ซึ่งแสดงว่า แต่ละวันของการเพาะเห็ดฟางมีความแตกต่างกัน

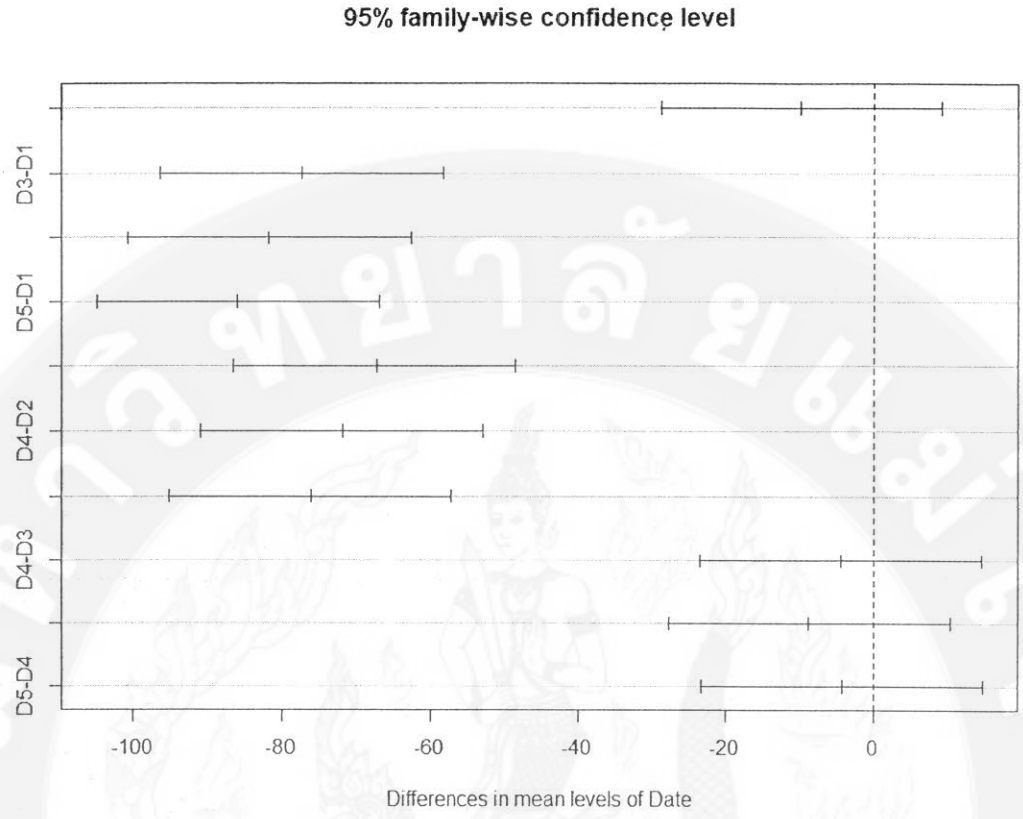
ตารางที่ 4.16 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้ ANOVA (Avg ($Co_{Time\ 09.00,12.00,16.00}$)~Date+Floors)

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Date	4	179019	44755	173.439	< 2.2e-16 ***
Floors	4	40738	10185	39.469	< 2.2e-16 ***
Residuals	116	29933	258		

ผลการวิเคราะห์ความต่างของวันเพาะเห็ดฟาง ตั้งแต่วันที่ 1-5 พบว่า ค่าเฉลี่ยของวันที่ 2 และวันที่ 1 มีค่าไม่แตกต่างกัน ค่าเฉลี่ยของวันที่ 4 และวันที่ 3 มีค่าไม่แตกต่างกัน ค่าเฉลี่ยของวันที่ 5 และวันที่ 3 มีค่าไม่แตกต่างกัน ค่าเฉลี่ยของวันที่ 5 และวันที่ 4 มีค่าไม่แตกต่างกัน ดังนั้นการติดตั้งเซ็นเซอร์สำหรับการจัดเก็บข้อมูลสามารถติดตั้งเพียง 3 วัน คือ วันที่ (1, 3 และ 4) หรือ (1, 4 และ 5) หรือ (2, 3 และ 4) หรือ (2, 4 และ 5)

ตารางที่ 4.17 ผลการวิเคราะห์ผลต่างทางสถิติ Date

	diff	lwr	upr	p adj
D2-D1	-9.853333	-22.44408	2.737417	0.1990285
D3-D1	-77.32	-89.91075	-64.72925	0
D4-D1	-81.76	-94.35075	-69.16925	0
D5-D1	-86.04	-98.63075	-73.44925	0
D3-D2	-67.466667	-80.05742	-54.875917	0
D4-D2	-71.906667	-84.49742	-59.315917	0
D5-D2	-76.186667	-88.77742	-63.595917	0
D4-D3	-4.44	-17.03075	8.15075	0.8649824
D5-D3	-8.72	-21.31075	3.87075	0.3130549
D5-D4	-4.28	-16.87075	8.31075	0.8798526

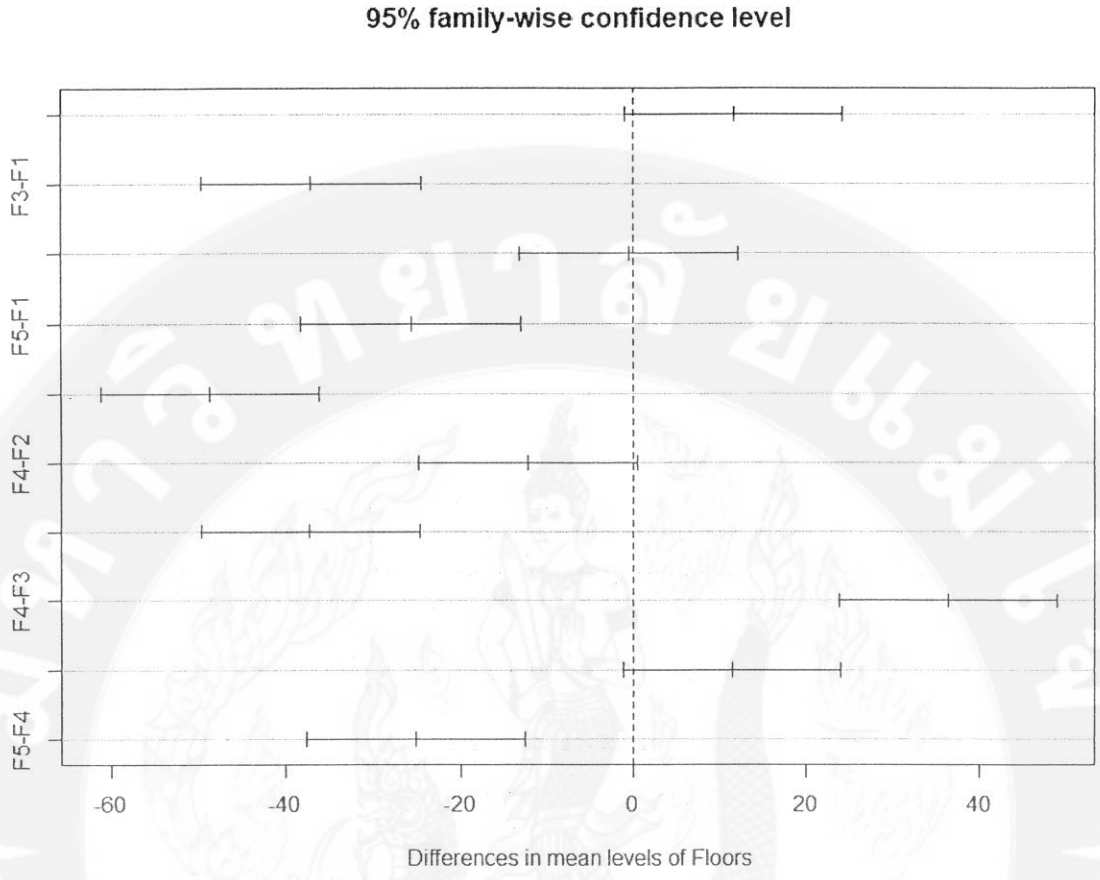


รูปที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์ผลต่างทางสถิติวันที่ 1-5 ของ Co - Date

ผลการวิเคราะห์ความต่างของชั้นโรงเรือนของเห็ดฟาง ตั้งแต่วันที่ 1-5 พบว่า ค่าเฉลี่ยของชั้นที่ 4 และชั้นที่ 1 มีค่าไม่แตกต่างกัน ดังนั้นการติดตั้งเซ็นเซอร์สำหรับการจัดเก็บข้อมูลสามารถติดตั้งเพียง 4 ตัว คือ ชั้นที่ (1, 3, 4 และ 5) หรือ (2, 3, 4 และ 5)

ตารางที่ 4.18 ผลการวิเคราะห์ผลต่างทางสถิติ

	diff	lwr	upr	p adj
F2-F1	11.57333	-1.017417	24.1640833	0.0873997
F3-F1	-37.06667	-49.657417	-24.4759167	0
F4-F1	-0.56	-13.15075	12.03075	0.9999472
F5-F1	-25.58667	-38.177417	-12.9959167	0.0000013
F3-F2	-48.64	-61.23075	-36.04925	0
F4-F2	-12.13333	-24.724083	0.4574166	0.0646771
F5-F2	-37.16	-49.75075	-24.56925	0
F4-F3	36.50667	23.915917	49.0974166	0
F5-F3	11.48	-1.11075	24.07075	0.0917566
F5-F4	-25.02667	-37.617417	-12.4359167	0.0000022



รูปที่ 4.8 ผลการวิเคราะห์ผลต่างทางสถิติวันที่ 1-5 ของ Co - Floors

ตารางที่ 4.19 ค่าเฉลี่ยของคาร์บอนไดออกไซด์วันที่ 1 อุณหภูมิคงที่ .65 องศาเซลเซียส

	รอบการผลิต	ชั้นโรงเรือน	ค่าเฉลี่ยคาร์บอนไดออกไซด์ 09.00, 12.00 และ 16.00
1	C1	F1	153
2	C1	F2	153
3	C1	F3	154.6667
4	C1	F4	156.3333
5	C1	F5	155
6	C2	F1	155.3333
7	C2	F2	153.6667
8	C2	F3	153.3333
9	C2	F4	154.6667
10	C2	F5	156
11	C3	F1	155.6667
12	C3	F2	153
13	C3	F3	153.3333
14	C3	F4	156.3333
15	C3	F5	156.6667
16	C4	F1	156
17	C4	F2	157.6667
18	C4	F3	155.6667
19	C4	F4	155.6667
20	C4	F5	168.3333
21	C5	F1	154
22	C5	F2	152.3333
23	C5	F3	153.3333
24	C5	F4	154
25	C5	F5	156.3333

การพิจารณาคุณภาพอากาศภายในโรงเรือนของเห็ดฟางวันที่ 1 ขณะที่มีการอบความร้อน เพื่อฆ่าเชื้อโดยใช้อุณหภูมิคงที่ 65 องศาเซลเซียส ถึงระดับของสารคาร์บอนไดออกไซด์ (Co_2) ผลจากการพิจารณาพบว่า ค่าการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้ ANOVA (Avg ($Co_{2\ Time\ 09.00,12.00,16.00}$)~Floors) ชั้นของโรงเรือนมีค่า Pr(>F) ของชั้นโรงเรือนมากกว่า 0.05 ซึ่งแสดงว่า แต่ละชั้นของโรงเรือนไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.20 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้ ANOVA (Avg ($Co_{Time\ 09.00,12.00,16.00}$)~Floors)

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Floors	4	68.356	17.0889	2.1803	0.1082
Residuals	20	156.756	7.8378		

ตารางที่ 4.21 ค่าเฉลี่ยของคาร์บอนไดออกไซด์วันที่ 2

	รอบการผลิต	ชั้นโรงเรือน	ค่าเฉลี่ยคาร์บอนไดออกไซด์ 09.00, 12.00 และ 16.00
1	C1	F1	253
2	C1	F2	154
3	C1	F3	257.6667
4	C1	F4	251
5	C1	F5	246.3333
6	C2	F1	253.3333
7	C2	F2	157
8	C2	F3	253.3333
9	C2	F4	251
10	C2	F5	248.6667
11	C3	F1	253.6667
12	C3	F2	154.6667
13	C3	F3	259
14	C3	F4	251
15	C3	F5	248.6667
16	C4	F1	254
17	C4	F2	155.3333
18	C4	F3	256.6667
19	C4	F4	258
20	C4	F5	247.6667
21	C5	F1	255
22	C5	F2	153.3333
23	C5	F3	255.6667
24	C5	F4	251
25	C5	F5	247

การพิจารณาคุณภาพอากาศภายในโรงเรือนของเห็ดฟางวันที่ 2 ถึงระดับของสารก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Co_2) ผลจากการพิจารณาพบว่า ค่าการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้ ANOVA (Avg ($Co_{2\ Time\ 09.00,12.00,16.00}$)~Floors) ชั้นของโรงเรือนมีค่า Pr(>F) ของชั้นโรงเรือนน้อยกว่า 0.05 ซึ่งแสดงว่า แต่ละชั้นของโรงเรือนมีความแตกต่างกัน

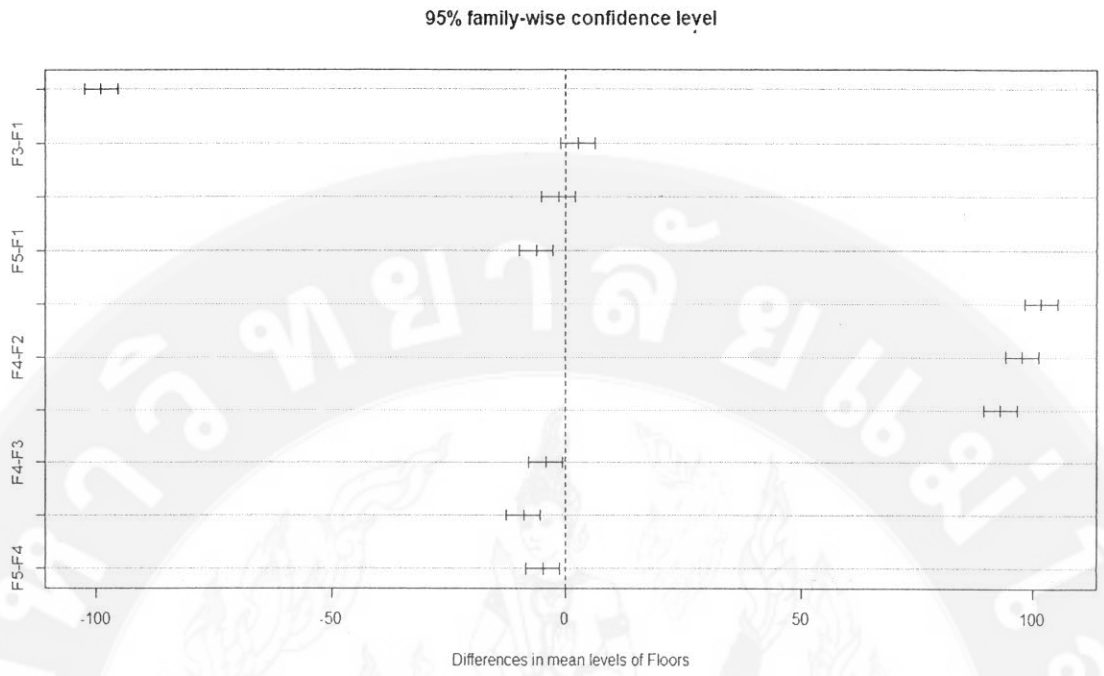
ตารางที่ 4.22 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้ ANOVA (Avg ($Co_{Time\ 09.00,12.00,16.00}$)~Floors)

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Floors	4	38398	9599.5	2664.9	< 2.2e-16 ***
Residuals	20	72	3.6		

ผลการวิเคราะห์ความต่างของชั้นโรงเรือนของเห็ดฟาง วันที่ 2 พบว่า ค่าเฉลี่ยของชั้นที่ 3 และชั้นที่ 1 มีค่าไม่แตกต่างกัน ค่าเฉลี่ยของชั้นที่ 4 และชั้นที่ 1 มีค่าไม่แตกต่างกัน ดังนั้นการติดตั้งเซ็นเซอร์สำหรับการจัดเก็บข้อมูลสามารถติดตั้ง 3 หรือ 4 ชั้น คือ ชั้นที่ (1, 2 และ 5) หรือ (2, 3, 4 และ 5)

ตารางที่ 4.23 ผลการวิเคราะห์ผลต่างทางสถิติ

	diff	lwr	Upr	p adj
F2-F1	-98.933333	-102.5252909	-95.3413757	0
F3-F1	2.666667	-0.9252909	6.2586243	0.2122874
F4-F1	-1.4	-4.9919576	2.1919576	0.7697768
F5-F1	-6.133333	-9.7252909	-2.5413757	0.0004609
F3-F2	101.6	98.0080424	105.1919576	0
F4-F2	97.533333	93.9413757	101.1252909	0
F5-F2	92.8	89.2080424	96.3919576	0
F4-F3	-4.066667	-7.6586243	-0.4747091	0.0217514
F5-F3	-8.8	-12.3919576	-5.2080424	0.000004
F5-F4	-4.733333	-8.3252909	-1.1413757	0.0063992



รูปที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์ผลต่างทางสถิติวันที่ 2 ของ Co_2

ตารางที่ 4.24 ค่าเฉลี่ยของคาร์บอนไดออกไซด์วันที่ 3

	รอบการผลิต	ชั้นโรงเรือน	ค่าเฉลี่ยคาร์บอนไดออกไซด์ 09.00, 12.00 และ 16.00
1	C1	F1	297
2	C1	F2	272.3333
3	C1	F3	277
4	C1	F4	275.6667
5	C1	F5	287.6667
6	C2	F1	296.3333
7	C2	F2	272.3333
8	C2	F3	276
9	C2	F4	274.6667
10	C2	F5	286.6667
11	C3	F1	298.6667
12	C3	F2	261
13	C3	F3	277.3333
14	C3	F4	275.3333
15	C3	F5	287.3333
16	C4	F1	297.3333
17	C4	F2	273.6667
18	C4	F3	276.3333
19	C4	F4	276
20	C4	F5	286.6667
21	C5	F1	297
22	C5	F2	271.6667
23	C5	F3	276
24	C5	F4	277.6667
25	C5	F5	287.3333

การพิจารณาคุณภาพอากาศภายในโรงเรือนของเห็ดฟางวันที่ 3 ถึงระดับของสารคาร์บอนไดออกไซด์ (Co_2) ผลจากการพิจารณาพบว่า ค่าการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้ ANOVA (Avg (Co_2 Time 09.00,12.00,16.00)~Floors) ชั้นของโรงเรือนมีค่า Pr(>F) ของชั้นโรงเรือนมากกว่า 0.05 ซึ่งแสดงว่า แต่ละชั้นของโรงเรือนไม่แตกต่างกัน

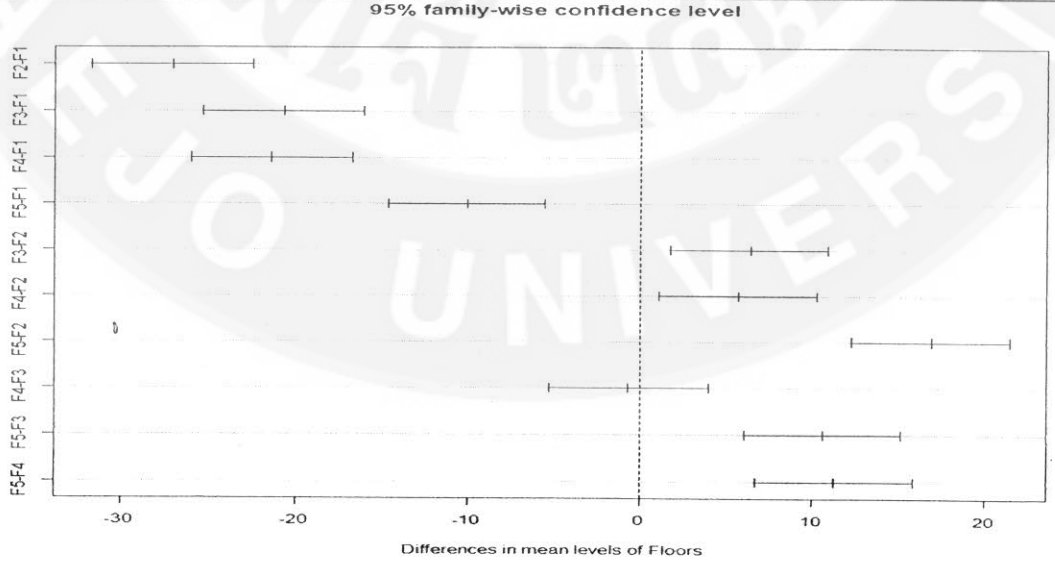
ตารางที่ 4.25 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้ ANOVA (Avg ($Co_{Time\ 09.00,12.00,16.00}$)~Floors)

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Floors	4	2321.82	580.46	98.234	7.47e-13 ***
Residuals	20	118.18	5.91		

ผลการวิเคราะห์ความต่างของชั้นโรงเรือนของเห็ดฟาง วันที่ 3 พบว่า ค่าเฉลี่ยของชั้นที่ 4 และชั้นที่ 3 มีค่าไม่แตกต่างกัน ดังนั้นการติดตั้งเซ็นเซอร์สำหรับการจัดเก็บข้อมูลสามารถติดตั้งเพียง 4 ชั้น คือ ชั้นที่ (1, 2, 3 และ 5) หรือ (1, 2, 4 และ 5)

ตารางที่ 4.26 ผลการวิเคราะห์ผลต่างทางสถิติ

	diff	lwr	upr	p adj
F2-F1	-27.0666667	-31.667101	-22.466232	0
F3-F1	-20.7333333	-25.333768	-16.132899	0
F4-F1	-21.4	-26.000435	-16.799565	0
F5-F1	-10.1333333	-14.733768	-5.532899	0.0000182
F3-F2	6.3333333	1.732899	10.933768	0.0043069
F4-F2	5.6666667	1.066232	10.267101	0.011344
F5-F2	16.9333333	12.332899	21.533768	0
F4-F3	-0.6666666	-5.267101	3.933768	0.9920576
F5-F3	10.6	5.999565	15.200435	0.0000097
F5-F4	11.2666667	6.666232	15.867101	0.000004



รูปที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์ผลต่างทางสถิติวันที่ 3 ของ Co_2

ตารางที่ 4.27 ค่าเฉลี่ยของคาร์บอนไดออกไซด์วันที่ 4

	รอบการผลิต	ชั้นโรงเรือน	ค่าเฉลี่ยคาร์บอนไดออกไซด์ 09.00, 12.00 และ 16.00
1	C1	F1	335.3333
2	C1	F2	326.6667
3	C1	F3	348
4	C1	F4	325.6667
5	C1	F5	297.6667
6	C2	F1	335.6667
7	C2	F2	325.3333
8	C2	F3	346
9	C2	F4	326.6667
10	C2	F5	295
11	C3	F1	337
12	C3	F2	326.3333
13	C3	F3	345.3333
14	C3	F4	325.3333
15	C3	F5	294.6667
16	C4	F1	336.6667
17	C4	F2	325.6667
18	C4	F3	345.6667
19	C4	F4	349
20	C4	F5	296.3333
21	C5	F1	336
22	C5	F2	323.6667
23	C5	F3	346.3333
24	C5	F4	346.3333
25	C5	F5	297

การพิจารณาคุณภาพอากาศภายในโรงเรือนของเห็ดฟางวันที่ 4 ถึงระดับของสารคาร์บอนไดออกไซด์ (Co_2) ผลจากการพิจารณาพบว่า ค่าการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้ ANOVA (Avg ($Co_{2\ Time\ 09.00,12.00,16.00}$)~Floors) ชั้นของโรงเรือนมีค่า Pr(>F) ของชั้นโรงเรือนมากกว่า 0.05 ซึ่งแสดงว่า แต่ละชั้นของโรงเรือนไม่แตกต่างกัน

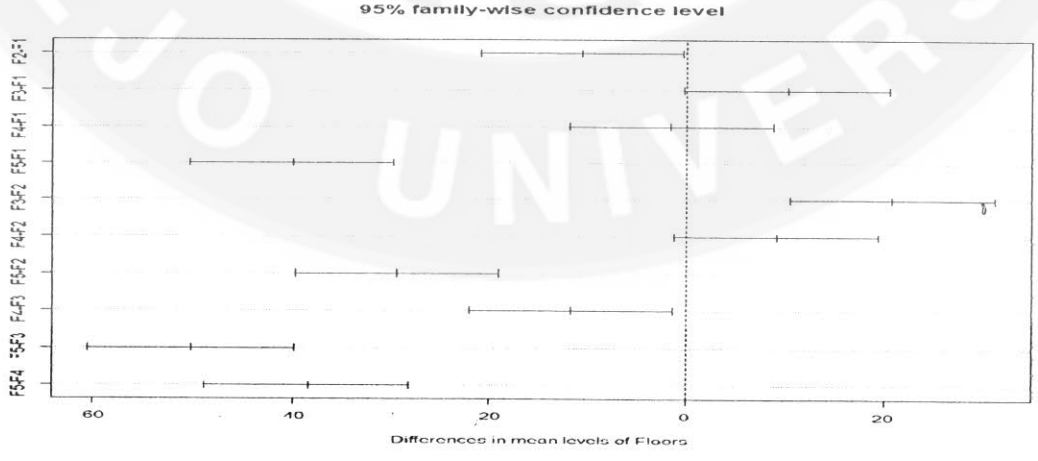
ตารางที่ 4.28 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้ ANOVA (Avg ($Co_{Tirhe\ 09.00,12.00,16.00}$)~Floors)

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Floors	4	7323.0	1830.7	61.859	5.61e-11 ***
Residuals	20	591.9	29.6		

ผลการวิเคราะห์ความต่างของชั้นโรงเรือนของเห็ดฟาง วันที่ 4 พบว่า ค่าเฉลี่ยของชั้นที่ 3 และชั้นที่ 1 มีค่าไม่แตกต่างกัน ค่าเฉลี่ยของชั้นที่ 4 และชั้นที่ 1 มีค่าไม่แตกต่างกัน ค่าเฉลี่ยของชั้นที่ 4 และชั้นที่ 2 มีค่าไม่แตกต่างกัน ดังนั้นการติดตั้งเซ็นเซอร์สำหรับการจัดเก็บข้อมูลสามารถติดตั้งเพียง 3 ชั้น คือ ชั้นที่ (1, 2 และ 5) หรือ (3, 4 และ 5)

ตารางที่ 4.29 ผลการวิเคราะห์ผลต่างทางสถิติ

	diff	lwr	upr	p adj
F2-F1	-10.6	-20.8957787	-0.3042213	0.0416724
F3-F1	10.133333	-0.1624453	20.429112	0.0550492
F4-F1	-1.533333	-11.829112	8.7624453	0.9911911
F5-F1	-40	-50.2957787	-29.7042213	0
F3-F2	20.733333	10.4375547	31.029112	0.0000609
F4-F2	9.066667	-1.229112	19.3624453	0.1013191
F5-F2	-29.4	-39.6957787	-19.1042213	0.0000004
F4-F3	-11.666667	-21.9624453	-1.370888	0.0216127
F5-F3	-50.133333	-60.429112	-39.8375547	0
F5-F4	-38.466667	-48.7624453	-28.170888	0



รูปที่ 4.11 ผลการวิเคราะห์ผลต่างทางสถิติวันที่ 4 ของ Co_2

ตารางที่ 4.30 ค่าเฉลี่ยของคาร์บอนไดออกไซด์วันที่ 5

	รอบการผลิต	ชั้นโรงเรือน	ค่าเฉลี่ยคาร์บอนไดออกไซด์ 09.00, 12.00 และ 16.00
1	C1	F1	384.3333
2	C1	F2	368.3333
3	C1	F3	378.3333
4	C1	F4	377.6667
5	C1	F5	375.3333
6	C2	F1	382.3333
7	C2	F2	367.3333
8	C2	F3	376.6667
9	C2	F4	377.6667
10	C2	F5	372.3333
11	C3	F1	384
12	C3	F2	367.6667
13	C3	F3	378
14	C3	F4	375.6667
15	C3	F5	373
16	C4	F1	381.6667
17	C4	F2	348.3333
18	C4	F3	382
19	C4	F4	375.3333
20	C4	F5	377.6667
21	C5	F1	386.3333
22	C5	F2	369
23	C5	F3	370.6667
24	C5	F4	375.6667
25	C5	F5	361

การพิจารณาคุณภาพอากาศภายในโรงเรือนของเห็ดฟางวันที่ 5 ถึงระดับของสารคาร์บอนไดออกไซด์ (Co_2) ผลจากการพิจารณาพบว่า ค่าการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้ ANOVA (Avg (Co_2 Time 09.00,12.00,16.00)~Floors) ชั้นของโรงเรือนมีค่า Pr(>F) ของชั้นโรงเรือนมากกว่า 0.05 ซึ่งแสดงว่า แต่ละชั้นของโรงเรือนไม่แตกต่างกัน

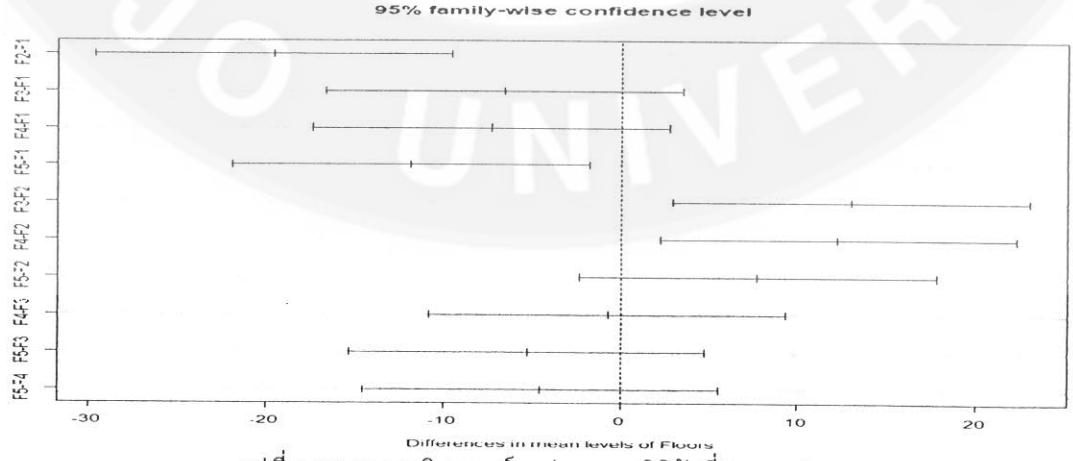
ตารางที่ 4.31 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้ ANOVA (Avg ($Co_{Time\ 09.00,12.00,16.00}$)~Floors)

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Floors	4	1050.42	262.604	9.2844	0.0002071 ***
Residuals	20	565.69	28.284		

ผลการวิเคราะห์ความต่างของชั้นโรงเรือนของเห็ดฟาง วันที่ 5 พบว่า ค่าเฉลี่ยของชั้นที่ 3 และชั้นที่ 1 มีค่าไม่แตกต่างกัน ค่าเฉลี่ยของชั้นที่ 4 และชั้นที่ 1 มีค่าไม่แตกต่างกัน ค่าเฉลี่ยของชั้นที่ 2 และชั้นที่ 5 มีค่าไม่แตกต่างกัน ค่าเฉลี่ยของชั้นที่ 3 และชั้นที่ 4 มีค่าไม่แตกต่างกัน ค่าเฉลี่ยของชั้นที่ 3 และชั้นที่ 5 มีค่าไม่แตกต่างกัน ค่าเฉลี่ยของชั้นที่ 4 และชั้นที่ 5 มีค่าไม่แตกต่างกัน ดังนั้นการติดตั้งเซ็นเซอร์สำหรับการจัดเก็บข้อมูลสามารถติดตั้งเพียง 4 ตัวคือ ชั้นที่ (1, 2 และ 5) หรือ (2, 3 และ 4) หรือ (1, 2 และ 3)

ตารางที่ 4.32 ผลการวิเคราะห์ผลต่างทางสถิติ

	diff	lwr	upr	p adj
F2-F1	-19.6	-29.665139	-9.534861	0.0000939
F3-F1	-6.6	-16.665139	3.465139	0.3190779
F4-F1	-7.3333333	-17.398472	2.731806	0.2272654
F5-F1	-11.8666667	-21.931806	-1.801528	0.0160486
F3-F2	13	2.934861	23.065139	0.0076232
F4-F2	12.2666667	2.201528	22.331806	0.0123637
F5-F2	7.7333333	-2.331806	17.798472	0.186213
F4-F3	-0.7333333	-10.798472	9.331806	0.9994517
F5-F3	-5.2666667	-15.331806	4.798472	0.5346053
F5-F4	-4.5333334	-14.598472	5.531806	0.665981



รูปที่ 4.12 ผลการวิเคราะห์ผลต่างทางสถิติวันที่ 5 ของ Co_2

การพิจารณาคุณภาพอากาศภายในโรงเรือนของเห็ดฟาง ตั้งแต่วันที่ 1 ถึง 5 ถึงระดับของสารคาร์บอนไดออกไซด์ (Co_2) ผลจากการพิจารณาพบว่า ค่าการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้ ANOVA (Avg ($Co_{2\ Time\ 09.00,12.00,16.00}$)~Date + Floors) ชั้นของโรงเรือนและวันเพาะเห็ดฟางมีค่า Pr(>F) น้อยกว่า 0.05 ซึ่งแสดงว่า แต่ละชั้นของโรงเรือนและวันเพาะเห็ดฟางแตกต่างกัน

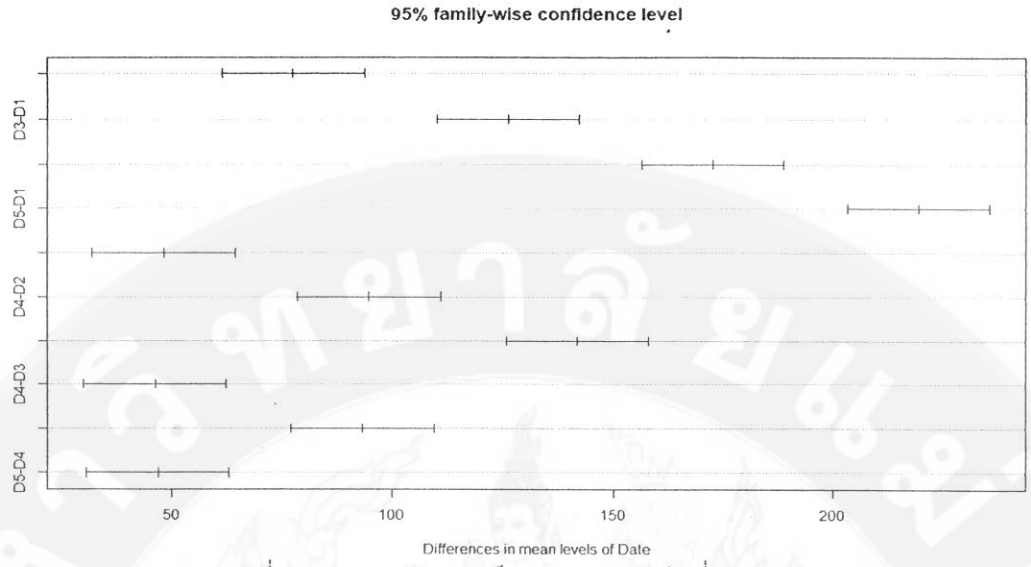
ตารางที่ 4.33 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้ ANOVA (Avg ($Co_{Time\ 09.00,12.00,16.00}$)~Date+Floors)

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Date	4	720792	180198	597.354	< 2.2e-16 ***
Floors	4	15674	3918	12.989	9.003e-09 ***
Residuals	116	34993	302		

ผลการวิเคราะห์ความต่างของชั้นโรงเรือนของเห็ดฟาง ตั้งแต่วันที่ 1 ถึง 5 พบว่า การติดตั้งเซ็นเซอร์สำหรับการจัดเก็บข้อมูลมีความจำเป็นต้องติดตั้งทั้ง 5 วัน

ตารางที่ 4.34 ผลการวิเคราะห์ผลต่างทางสถิติ Date

	diff	lwr	upr	p adj
D2-D1	77.70667	64.09333	91.32001	0
D3-D1	126.06667	112.45333	139.68001	0
D4-D1	172.4	158.78666	186.01334	0
D5-D1	219.32	205.70666	232.93334	0
D3-D2	48.36	34.74666	61.97334	0
D4-D2	94.69333	81.07999	108.30667	0
D5-D2	141.61333	127.99999	155.22667	0
D4-D3	46.33333	32.71999	59.94667	0
D5-D3	93.25333	79.63999	106.86667	0
D5-D4	46.92	33.30666	60.53334	0

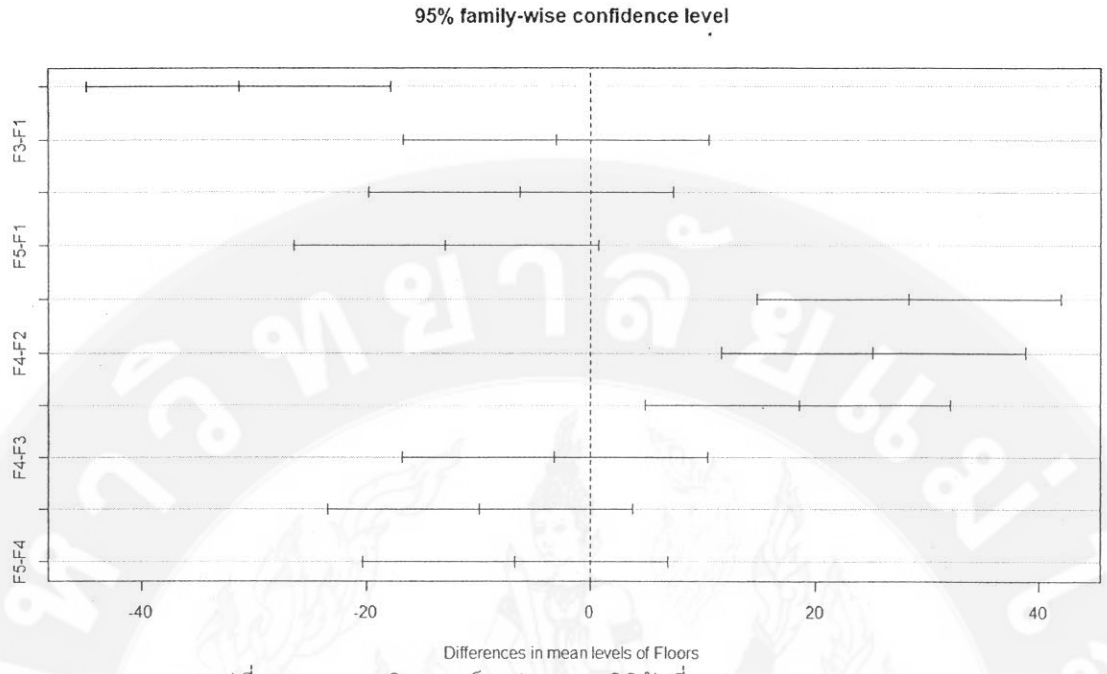


รูปที่ 4.13 ผลการวิเคราะห์ผลต่างทางสถิติวันที่ 1-5 ของ Co_2-Date

ผลการวิเคราะห์ความต่างของชั้นโรงเรือนของเห็ดฟาง ตั้งแต่วันที่ 1 ถึง 5 พบว่า ค่าเฉลี่ยของชั้นที่ 3 และชั้นที่ 1 มีค่าไม่แตกต่างกัน ค่าเฉลี่ยของชั้นที่ 4 และชั้นที่ 1 มีค่าไม่แตกต่างกัน ค่าเฉลี่ยของชั้นที่ 5 และชั้นที่ 1 มีค่าไม่แตกต่างกัน ค่าเฉลี่ยของชั้นที่ 4 และชั้นที่ 3 มีค่าไม่แตกต่างกัน ค่าเฉลี่ยของชั้นที่ 5 และชั้นที่ 3 มีค่าไม่แตกต่างกัน ค่าเฉลี่ยของชั้นที่ 5 และชั้นที่ 4 มีค่าไม่แตกต่างกัน ดังนั้นการติดตั้งเซ็นเซอร์สำหรับการจัดเก็บข้อมูลสามารถติดตั้งเพียง 3-4 ชั้น คือ ชั้นที่ (1, 2 และ 3) หรือ (1, 2, 3 และ 5) หรือ (1, 2, 3 และ 4)

ตารางที่ 4.35 ผลการวิเคราะห์ผลต่างทางสถิติ Floors

	diff	lwr	upr	p adj
F2-F1	-31.413333	-45.026672	-17.7999944	0
F3-F1	-3.053333	-16.666672	10.5600056	0.97137
F4-F1	-6.213333	-19.826672	7.4000056	0.7131837
F5-F1	-12.893333	-26.506672	0.7200056	0.0724819
F3-F2	28.36	14.746661	41.9733389	0.0000007
F4-F2	25.2	11.586661	38.8133389	0.0000115
F5-F2	18.52	4.906661	32.1333389	0.0023611
F4-F3	-3.16	-16.773339	10.4533389	0.9675728
F5-F3	-9.84	-23.453339	3.7733389	0.2710818
F5-F4	-6.68	-20.293339	6.9333389	0.6544475



รูปที่ 4.13 ผลการวิเคราะห์ผลต่างทางสถิติวันที่ 1-5 ของ Co_2-Floors

อาการเกษตรกรช่วงก่อนและหลังจากการควบคุมอากาศ

การพิจารณาอาการของเกษตรก่อนการควบคุมก๊าซคาร์บอนมอนออกไซด์ ทำการเก็บข้อมูลโดยการพิจารณาอาการของเกษตรกรจากค่าของเซ็นเซอร์ เนื่องจากเกษตรกรไม่สามารถแยกอากาศของก๊าซได้อย่างชัดเจน พบว่าวันที่ 1 ถึง 2 เกษตรกจะมีมีอาการคลื่นไส้ อาเจียน วิงเวียนศรีษะอย่างรุนแรง และอาจถึงขั้นเป็นลม ซึ่งสอดคล้องกับระดับของค่าก๊าซที่ระดับ 200-400 และวันที่ 3 ถึง 5 เกษตรกรจะมีอาการปวดศรีษะเล็กน้อยและอ่อนเพลีย ซึ่งสอดคล้องกับระดับของค่าก๊าซที่ระดับ 50-400 โดยหลักจากมีการควยคุมอากาศเมื่อก๊าซมีค่ามากกว่า 50 พัดลมจะถูกเปิดจนกระทั่งค่าก๊าซอยู่ต่ำกว่าระดับ 50 เกษตรกรจะมีอาการปกติ

ตารางที่ 4.36 อาการเกษตรกรซึ่งสอดคล้องกับค่า Co ก่อนการควยคุมอากาศ

			Crop	1				
				วันที่				
			Time	1	2	3	4	5
ระดับ	ระดับค่าก๊าซ Co (PPM)	อาการ	9.00	3	3	2	2	2
1	50<	ปกติ						
2	50-200	จะมีอาการปวดศรีษะเล็กน้อย และอ่อนเพลีย				✓	✓	✓
3	200-400	มีอาการคลื่นไส้ อาเจียน วิงเวียนศรีษะอย่างรุนแรง และ อาจถึงขั้นเป็นลม		✓	✓			
4	1200	จะมีอาการหัวใจเต้นเร็วขึ้น และเริ่มเต้นผิดจังหวะ						
5	2000	จะถึงขั้นหมดสติ และอาจถึงเสียชีวิต						

การพิจารณาอาการของเกษตรก่อนการควบคุมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทำการเก็บข้อมูลโดยการพิจารณาอาการของเกษตรกรจากค่าของเซ็นเซอร์ เนื่องจากเกษตรกรไม่สามารถแยกอากาศของก๊าซได้อย่างชัดเจน พบว่าวันที่ 1 ถึง 3 เกษตรกจะมีมีปกติ ซึ่งสอดคล้องกับระดับของค่าก๊าซที่ระดับต่ำกว่า 300 และวันที่ 4 ถึง 5 เกษตรกรจะมีอาการวิงเวียนศีรษะ,หายใจเร็วขึ้น,มีอาการปวดหัว ซึ่งสอดคล้องกับระดับของค่าก๊าซที่ระดับ 300-500 โดยหลักจากมีการควยคุมอากาศเมื่อก๊าซมีค่ามากกว่า 300 พัดลมจะถูกเปิดจนกระทั่งค่าก๊าซอยู่ต่ำกว่าระดับ 300 เกษตรกรจะมีอาการปกติ

ตารางที่ 4.37 อาการเกษตรกรซึ่งสอดคล้องกับค่า Co ก่อนการควบคุมอากาศ

			Crop	1				
				วันที่				
			Time	1	2	3	4	5
ระดับ	ระดับค่าก๊าซ Co2 (PPM)	อาการ	9.00	1	1	1	2	2
1	300	ปกติ		✓	✓	✓		
2	300-500	วิงเวียนศีรษะ,หายใจเร็วขึ้น,มีอาการปวดหัว					✓	✓
3	500	หายใจเร็วขึ้น 5%,หัวใจเต้นเร็วขึ้นผิดปกติ						
4	1000	เหนื่อยง่าย,รู้สึกอ่อนเพลีย,พลังงานต่ำ						
5	2000	หายใจเร็วขึ้น 50%,ทำให้ปวดหัวขั้นรุนแรง						

วิจารณ์ผลการวิจัย

ผลจากการวิเคราะห์จำนวนผลผลิต

การเกิดก๊าซ Co_2 จะเกิดจากกระบวนการหมักของวัสดุที่ใช้สำหรับการเพาะเห็ดฟาง ระบบจะเริ่มทำการเก็บข้อมูลภายในโรงเรือน โดยเริ่มเก็บตั้งแต่วันที่ 1 หลังจากมีกระบวนการปล่อยไอน้ำเข้าสู่โรงเรือน โดยจากก๊าซ Co_2 จะเพิ่มขึ้นจากวันแรกโดยจะเพิ่มจนกระทั่งเป็นอันตรายในวันประมาณวันที่ 4-5 ซึ่งระบบจะทำการเปิดไฟเตือนทุกครั้ง ที่ระบบตรวจพบและเปิดพัดลม โดยเฉพาะวันที่ 4 และวันที่ 5 โดยวันที่ 6 จะเป็นวันที่เกษตรกรทำการเปิดโรงเรือนเปิดโรงเรือนเพาะเห็ด

- วันที่ 1 ถึง 2 พบว่า ค่าเฉลี่ยของชั้นที่ 5 และชั้นที่ 3 มีค่าไม่แตกต่างกัน ดังนั้นการติดตั้งเซ็นเซอร์สำหรับการจัดเก็บข้อมูลสามารถติดตั้งเพียง 4 ชั้น คือ ชั้นที่ (1, 2, 3 และ 4) หรือ (1, 2, 4 และ 5)
- ตั้งแต่วันที่ 3 ถึง 5 พบว่า การติดตั้งเซ็นเซอร์สำหรับการจัดเก็บข้อมูล ต้องติดตั้งทั้ง 5 ชั้น
- ตั้งแต่วันที่ 1 ถึง 5 พบว่า ค่าเฉลี่ยของวันที่ 2 และวันที่ 1 มีค่าไม่แตกต่างกัน ค่าเฉลี่ยของวันที่ 4 และวันที่ 3 มีค่าไม่แตกต่างกัน ค่าเฉลี่ยของวันที่ 5 และวันที่ 3 มีค่าไม่แตกต่างกัน ค่าเฉลี่ยของวันที่ 5 และวันที่ 4 มีค่าไม่แตกต่างกัน ดังนั้นการติดตั้งเซ็นเซอร์สำหรับการจัดเก็บข้อมูลสามารถติดตั้งเพียง 3 วัน คือ วันที่ (1, 3 และ 4) หรือ (1, 4 และ 5) หรือ (2, 3 และ 4) หรือ (2, 4 และ 5)
- ตั้งแต่วันที่ 1 ถึง 5 พบว่า ค่าเฉลี่ยของชั้นที่ 4 และชั้นที่ 1 มีค่าไม่แตกต่างกัน ดังนั้นการติดตั้งเซ็นเซอร์สำหรับการจัดเก็บข้อมูลสามารถติดตั้งเพียง 4 ชั้น คือ ชั้นที่ (1, 3, 4 และ 5) หรือ (2, 3, 4 และ 5)
- วันที่ 1 ถึง 2 เกษตรกจะมีมีอาการคลื่นไส้ อาเจียน วิงเวียนศรีษะอย่างรุนแรง และอาจถึงขั้นเป็นลม ซึ่งสอดคล้องกับระดับของค่าก๊าซที่ระดับ 200-400 และวันที่ 3 ถึง 5 เกษตรกรจะมีอาการปวดศรีษะเล็กน้อยและอ่อนเพลีย ซึ่งสอดคล้องกับระดับของค่าก๊าซที่ระดับ 50-400

การเกิดก๊าซ Co จะเกิดจากกระบวนการหมักของวัสดุที่ใช้สำหรับการเพาะเห็ดฟาง ระบบจะเริ่มทำการเก็บข้อมูลภายในโรงเรือน โดยเริ่มเก็บตั้งแต่วันที่ 1 หลังจากมีกระบวนการปล่อยไอน้ำเข้าสู่โรงเรือน โดยจากก๊าซ Co จะเพิ่มขึ้นมากตั้งแต่วันแรกโดยจะเริ่มลดลง ซึ่งเป็นอันตรายในวันประมาณวันที่ 1-2 ซึ่งระบบจะทำการเปิดไฟเตือนทุกครั้ง ที่ระบบตรวจพบและเปิดพัดลม โดยเฉพาะวันที่ 1 และวันที่ 1 โดยวันที่ 6 จะเป็นวันที่เกษตรกรทำการเปิดโรงเรือนเปิดโรงเรือนเพาะเห็ด เนื่องจากกระบวนการปล่อยไอความร้อนของเกษตร เกิดจากการที่เกษตรจุดเตาเผา เพื่อทำให้เกิดความร้อน ซึ่งในไอน้ำจะมีเขม่าควันผสมไปด้วย ซึ่งทำให้ปริมาณของ Co มีปริมาณสูงในช่วงวันแรก

- วันที่ 1 พบว่า การติดตั้งเซ็นเซอร์สำหรับการจัดเก็บข้อมูล สามารถติดตั้งเซ็นเซอร์เพียง 1 ชั้นเท่านั้น
- วันที่ 2 พบว่า ค่าเฉลี่ยของชั้นที่ 3 และชั้นที่ 1 มีค่าไม่แตกต่างกัน ค่าเฉลี่ยของชั้นที่ 4 และชั้นที่ 1 มีค่าไม่แตกต่างกัน ดังนั้นการติดตั้งเซ็นเซอร์สำหรับการจัดเก็บข้อมูลสามารถติดตั้ง 3 หรือ 4 ชั้น คือ ชั้นที่ (1, 2 และ 5) หรือ (2, 3, 4 และ 5)
- วันที่ 3 พบว่า ค่าเฉลี่ยของชั้นที่ 4 และชั้นที่ 3 มีค่าไม่แตกต่างกัน ดังนั้นการติดตั้งเซ็นเซอร์สำหรับการจัดเก็บข้อมูลสามารถติดตั้งเพียง 4 ชั้น คือ ชั้นที่ (1, 2, 3 และ 5) หรือ (1, 2, 4 และ 5)
- วันที่ 4 พบว่า ค่าเฉลี่ยของชั้นที่ 3 และชั้นที่ 1 มีค่าไม่แตกต่างกัน ค่าเฉลี่ยของชั้นที่ 4 และชั้นที่ 1 มีค่าไม่แตกต่างกัน ค่าเฉลี่ยของชั้นที่ 4 และชั้นที่ 2 มีค่าไม่แตกต่างกัน ดังนั้นการติดตั้งเซ็นเซอร์สำหรับการจัดเก็บข้อมูลสามารถติดตั้งเพียง 3 ชั้น คือ ชั้นที่ (1, 2 และ 5) หรือ (3, 4 และ 5)

- วันที่ 5 พบว่า ค่าเฉลี่ยของชั้นที่ 3 และชั้นที่ 1 มีค่าไม่แตกต่างกัน ค่าเฉลี่ยของชั้นที่ 4 และชั้นที่ 1 มีค่าไม่แตกต่างกัน ค่าเฉลี่ยของชั้นที่ 2 และชั้นที่ 5 มีค่าไม่แตกต่างกัน ค่าเฉลี่ยของชั้นที่ 3 และชั้นที่ 4 มีค่าไม่แตกต่างกัน ค่าเฉลี่ยของชั้นที่ 3 และชั้นที่ 5 มีค่าไม่แตกต่างกัน ค่าเฉลี่ยของชั้นที่ 4 และชั้นที่ 5 มีค่าไม่แตกต่างกัน ดังนั้นการติดตั้งเซ็นเซอร์สำหรับการจัดเก็บข้อมูลสามารถติดตั้งเพียง 4 ชั้น คือ ชั้นที่ (1, 2 และ 5) หรือ (2, 3 และ 4) หรือ (1, 2 และ 3)
- ตั้งแต่วันที่ 1 ถึง 5 พบว่า การติดตั้งเซ็นเซอร์สำหรับการจัดเก็บข้อมูลมีความจำเป็นต้องติดตั้งทั้ง 5 วัน
- ตั้งแต่วันที่ 1 ถึง 5 พบว่า ค่าเฉลี่ยของชั้นที่ 3 และชั้นที่ 1 มีค่าไม่แตกต่างกัน ค่าเฉลี่ยของชั้นที่ 4 และชั้นที่ 1 มีค่าไม่แตกต่างกัน ค่าเฉลี่ยของชั้นที่ 5 และชั้นที่ 1 มีค่าไม่แตกต่างกัน ค่าเฉลี่ยของชั้นที่ 4 และชั้นที่ 3 มีค่าไม่แตกต่างกัน ค่าเฉลี่ยของชั้นที่ 5 และชั้นที่ 3 มีค่าไม่แตกต่างกัน ค่าเฉลี่ยของชั้นที่ 5 และชั้นที่ 4 มีค่าไม่แตกต่างกัน ดังนั้นการติดตั้งเซ็นเซอร์สำหรับการจัดเก็บข้อมูลสามารถติดตั้งเพียง 3-4 ชั้น คือ ชั้นที่ (1, 2 และ 3) หรือ (1, 2, 3 และ 5) หรือ (1, 2, 3 และ 4)
- วันที่ 1 ถึง 3 เกษตรกจะมีมีปกติ ซึ่งสอดคล้องกับระดับของค่าก๊าซที่ระดับต่ำกว่า 300 และวันที่ 4 ถึง 5 เกษตรกรจะมีอาการวิงเวียนศีรษะ,หายใจเร็วขึ้น,มีอาการปวดหัว ซึ่งสอดคล้องกับระดับของค่าก๊าซที่ระดับ 300-500

สรุปผลการวิจัย

ผลจากการทำวิจัย พบว่า การเกิดก๊าซ Co_2 จะเพิ่มขึ้นจากวันแรกโดยจะเพิ่มจนกระทั้งเป็นอันตรายในวันประมาณวันที่ 4-5 และการเกิดก๊าซ Co จะเพิ่มขึ้นมากตั้งแต่วันแรกโดยจะเริ่มลดลง ซึ่งเป็นอันตรายในวันประมาณวันที่ 1-2 โดยระบบจะทำการแสดงไฟสัญญาณและเปิดพัดลม และจากผลการวิเคราะห์ทางสถิติของผลจากค่าเฉลี่ยของเซ็นเซอร์

- ก๊าซ Co วันที่ 1 ถึง 2 การติดตั้งเซ็นเซอร์สำหรับการจัดเก็บข้อมูลสามารถติดตั้งเพียง 4 ชั้น ตั้งแต่วันที่ 3 ถึง 5 ต้องติดตั้งทั้ง 5 ชั้น
- ก๊าซ Co ตั้งแต่วันที่ 1 ถึง 5 การติดตั้งเซ็นเซอร์สำหรับการจัดเก็บข้อมูลสามารถติดตั้งเพียง 3 วัน การติดตั้งเซ็นเซอร์สำหรับการจัดเก็บข้อมูลสามารถติดตั้งเพียง 4 ชั้น
- ก๊าซ Co วันที่ 1 ถึง 2 เกษตรกจะมีมีอาการคลื่นไส้ อาเจียน วิงเวียนศีรษะอย่างรุนแรง และอาจถึงขั้นเป็นลม และลดลงในวันที่ 3 ถึง 5 เกษตรกรจะมีอาการปวดศีรษะเล็กน้อยและอ่อนเพลีย
- ก๊าซ Co_2 วันที่ 1 พบว่า การติดตั้งเซ็นเซอร์สำหรับการจัดเก็บข้อมูล สามารถติดตั้งเซ็นเซอร์เพียง 1 ชั้นเท่านั้น
- ก๊าซ Co_2 วันที่ 2 และ 4 การติดตั้งเซ็นเซอร์สำหรับการจัดเก็บข้อมูลสามารถติดตั้ง 3 หรือ 4 ชั้น
- ก๊าซ Co_2 วันที่ 3 และ 5 การติดตั้งเซ็นเซอร์สำหรับการจัดเก็บข้อมูลสามารถติดตั้งเพียง 4 ชั้น
- ก๊าซ Co_2 ตั้งแต่วันที่ 1 ถึง 5 การติดตั้งเซ็นเซอร์สำหรับการจัดเก็บข้อมูลมีความจำเป็นต้องติดตั้งทั้ง 5 วัน การติดตั้งเซ็นเซอร์สำหรับการจัดเก็บข้อมูลสามารถติดตั้งเพียง 3-4 ชั้น
- ก๊าซ Co_2 วันที่ 4 ถึง 5 เกษตรกรมีอาการวิงเวียนศีรษะ,หายใจเร็วขึ้น,มีอาการปวดหัว

เอกสารอ้างอิง

กัญญา ม่วงแก้ว. คุณภาพอากาศภายในอาคารสำนักงาน [ออนไลน์] แหล่งที่มา http://lib3.dss.go.th/fulltext/dss_knowledge/phy_5_2559_indoor_air_quality.pdf ค้นวันที่ [18 กันยายน 2561]

ดีพร้อม ไชยวงศ์เกียรติ และอัมพร นันทธีโร. 2547. การเพาะเห็ดฟาง. กรมส่งเสริมการเกษตร พิมพ์ครั้งที่ 3. 24 หน้า. http://ag-ebook.lib.ku.ac.th/ebooks/item.php?id=2011-005- 0095.

ตลาดสี่มุมเมือง.ราคาสินค้า เห็ดฟาง [ออนไลน์].แหล่งที่มา http://www.taladsimummuang.com/dmma/Portals/PriceListItem.aspx?id=010132040. ค้นวันที่ [1 กันยายน 2561]

ชัยสิทธิ์ ระดับ และคณะ. 2554. โรงเพาะเห็ดฟางควบคุมความชื้นและอุณหภูมิด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์. การประชุมนำเสนอผลงานวิจัยนวัตกรรมสร้างสรรค์ในระดับเยาวชน. ห้องประชุมอาคาร 42 คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร.

ทีรวุฒิ เวียงทอง และประยูล จวงจันทร์ (2557) ระบบควบคุมอุณหภูมิความชื้นอัตโนมัติในโรงเรือนแบบปิด[ออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.ee.mut.ac.th/activity/MRPJ/mushroom.htm?id=16mushroom ค้นวันที่ [2 สิงหาคม 2557]

ประยูร จวงจันทร์. โรงเพาะเห็ดไฮเทค. [ออนไลน์] แหล่งที่มา http://www.technologychaoban.com/news_detail.php?tnid=554 ค้นวันที่ [8 สิงหาคม 2557]

รวมเทคนิคเกษตร “ฉบับสมบูรณ์”. 10 ปัญหายอดฮิต ที่เกิดขึ้นกับเห็ดฟาง [ออนไลน์]. แหล่งที่มา http://ban-hedfang.blogspot.com/2011/10/10_22.html. ค้นวันที่ [1 สิงหาคม 2557]

ศูนย์วิจัยและพัฒนาการป้องกันและจัดการภัยพิบัติ.ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์:ก๊าซอันตรายที่มองไม่เห็น [ออนไลน์]. แหล่งที่มา http://dpm.nida.ac.th/main/index.php/articles/chemical-hazards/item/124 ค้นวันที่ [10 กันยายน 2561]

CO2Meter.com. COและCO2 อะไรคือความแตกต่าง [ออนไลน์] แหล่งที่มา https://th.co2meter.com / บล็อก/ข่าว/1209952-ร่วมและ-co2-สิ่ง-S-the-ความแตกต่าง ค้นวันที่ [16 กันยายน 2561]

Rajapakse, P. A. L. I. T. H. A. (2011). New cultivation technology for paddy straw mushroom (Volvariella volvacea). In Proceedings of the 7th Internationnal Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products (ICMBMP7).

THAI-SAFETYWIKI. พื้นที่อับอากาศ คืออะไร [ออนไลน์] แหล่งที่มา http://www.thai-safetywiki.com/2013-03-19-09-08-58/72-2009-02-25-08-59-21 ค้นวันที่ [15 กันยายน 2561]

Verma RN (2002). Cultivation of paddy straw mushroom (Volvariella spp.). In Recent Advances in the Cultivation Technology of Edible Mushrooms. (Verma, RN and Vijay B, Eds.) pp.221-220, National Research Centre for Mushroom, Solan (HP), India.

Vipmods. ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในห้องพัก[ออนไลน์] แหล่งที่มา https://vipmods.ru/th/ventilation/carbon-dioxide-content-carbon-dioxide-in-the-room.html ค้นวันที่ [16 กันยายน 2561]