



การจัดการอุณหภูมิจึงและความสะอาดบ่อเลี้ยงเพื่อเพิ่มผลผลิตจึงหรีด

วิทยานิพนธ์
ของ
ศราวุฑ์ แสนคำ

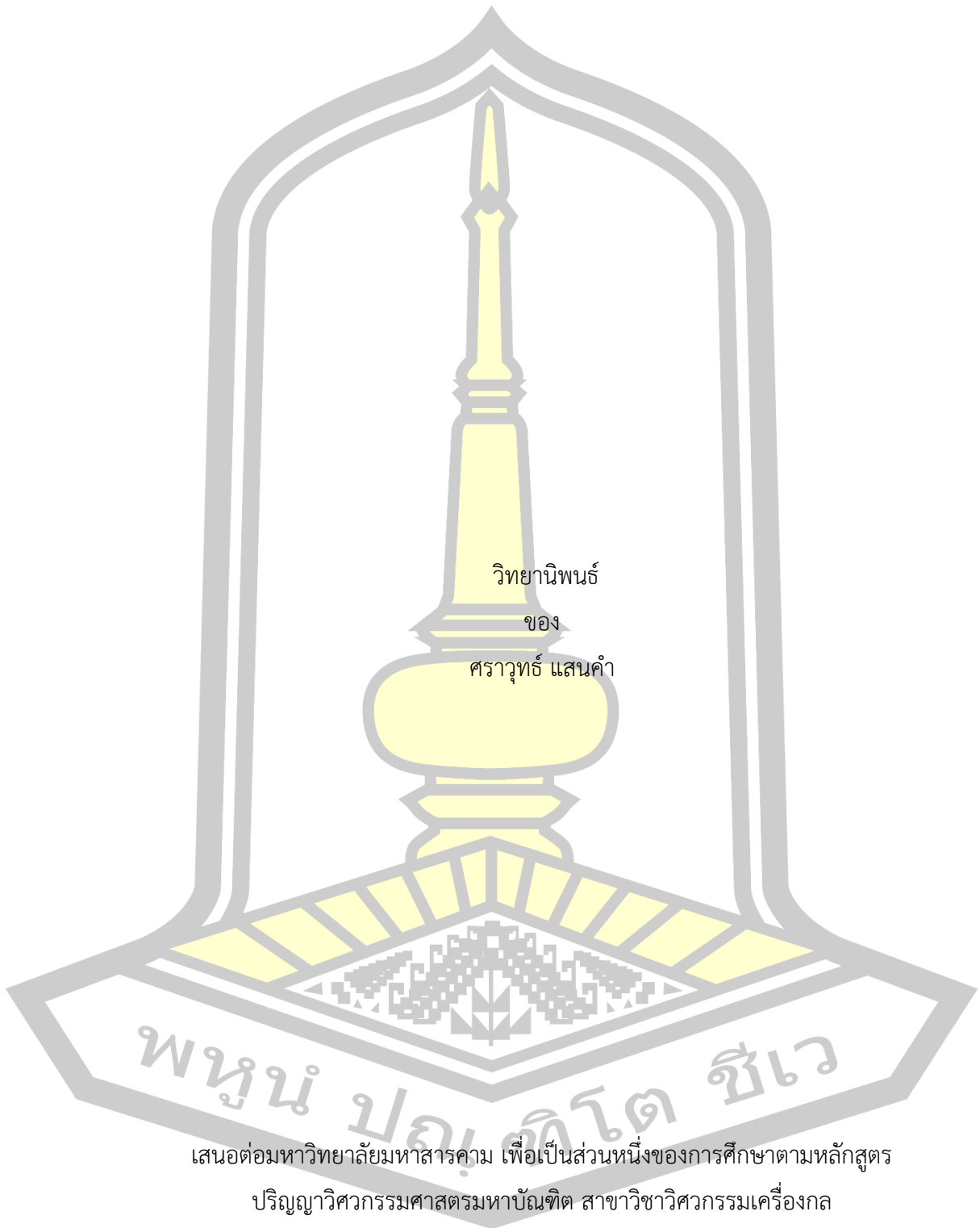
พหุ ปณฺทิตฺ ชิเว

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

กรกฎาคม 2566

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การจัดการอุทกภัยและความสะอาดปลอดภัยเพื่อเพิ่มผลผลิตจังหวัด



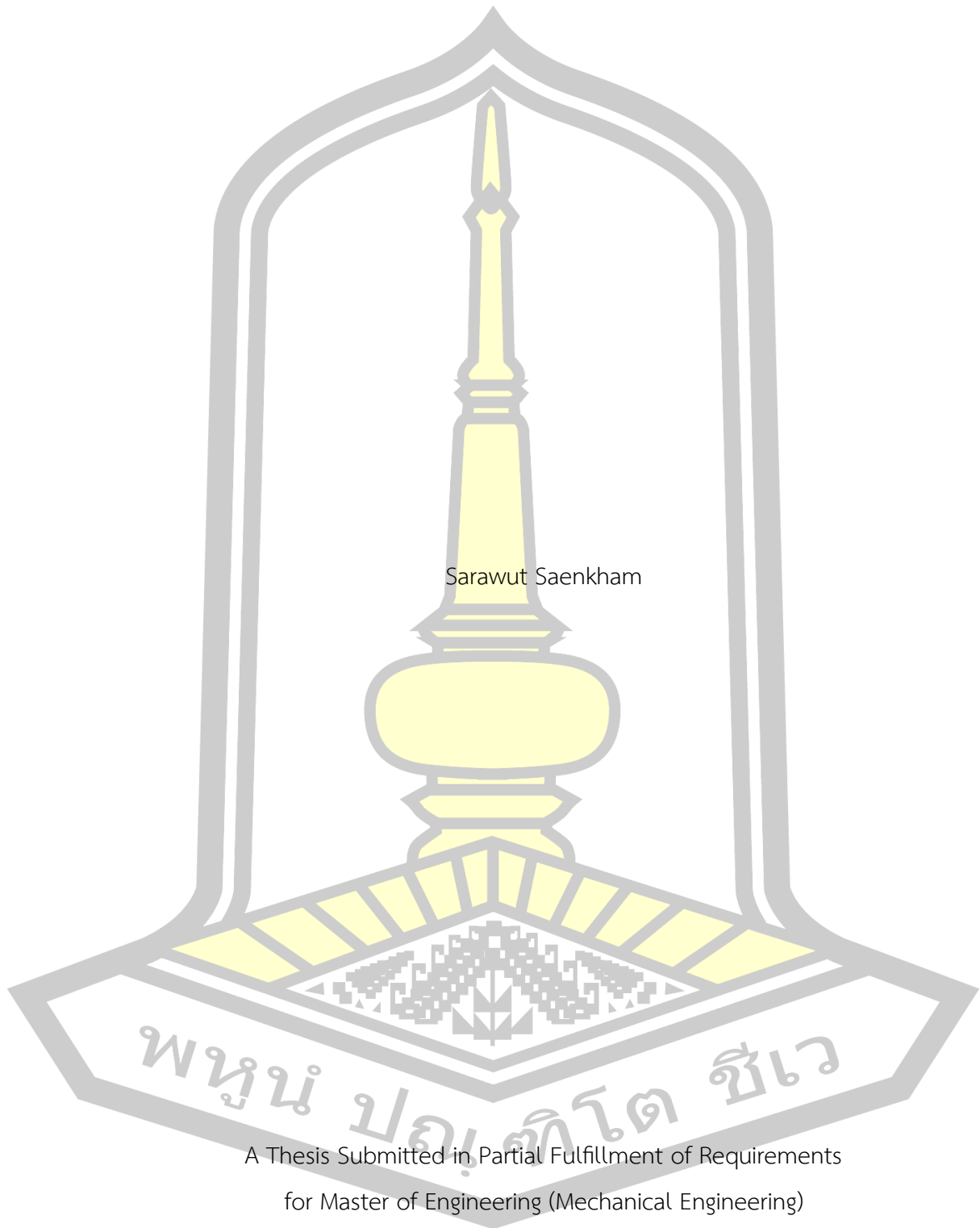
เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

กรกฎาคม 2566

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Management of Temperature and cleaning pond to increase Cricket



Sarawut Saenkham

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements
for Master of Engineering (Mechanical Engineering)

July 2023

Copyright of Maharakham University



คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนายศราวุธ แสนคำ แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ผศ. ดร. คำนิง วาทยธา)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผศ. ดร. โสภา แคนสี)

..... กรรมการ

(ผศ. ดร. เชิดพงษ์ เชี่ยวชาญวัฒนา)

..... กรรมการ

(ผศ. ดร. ทรงชัย วิริยะอำไพวงศ์)

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

.....
(รศ. ดร. เกียรติศักดิ์ ศรีประทีป)

คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

.....
(รศ. ดร. กริสน์ ชัยมูล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง การจัดการอุณหภูมิและความสะอาดบ่อเลี้ยงเพื่อเพิ่มผลผลิตจิ้งหรีด
ผู้วิจัย ศรารุทธ์ แสนคำ
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. โสภา แคนสี
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล
มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ปีที่พิมพ์ 2566

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการจัดการบ่อเลี้ยงจิ้งหรีดทั่วไป การย่อยสลายของเสียในบ่อเลี้ยง ต่อการปลดปล่อยแก๊สแอมโมเนีย (NH_3) และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และศึกษาผลผลิตจิ้งหรีดที่ได้จากการจัดการอุณหภูมิกับความสะอาดบ่อเลี้ยง โดยวิธีการสำรวจการจัดการและปัญหาที่พบของเกษตรกรผู้เลี้ยงจิ้งหรีด นำมาวิเคราะห์ที่ตั้งสมมติฐานแล้วทดลองเพื่อพิสูจน์และออกแบบอุปกรณ์บ่อเลี้ยงจิ้งหรีดแบบใหม่เพื่อแก้ปัญหาแล้วทดลองอีกครั้งเพื่อยืนยันผล จากการสำรวจพบว่าการเลี้ยงจิ้งหรีดใช้ระยะเวลา 40-45 วัน ได้ผลผลิต 4-20 กิโลกรัม ปริมาณของเสียในบ่อเลี้ยง 12-37 กิโลกรัม ขนาดพื้นที่บ่อ 2.88 ตารางเมตร ซึ่งผลผลิตมีความแปรปรวนตามสภาพอากาศ ความชื้น และปริมาณของเสีย โดยพิสูจน์ได้ว่า มีการย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุในบ่อเลี้ยงทำให้เกิดแก๊สพิษ แอมโมเนีย และคาร์บอนไดออกไซด์ ส่งผลต่อสุขภาพ การกินอาหาร และการเติบโตของจิ้งหรีด ซึ่งมีปัจจัยแวดล้อมหลักที่มีอิทธิพลต่อการย่อยสลาย ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นและปริมาณของเสีย ส่งผลถึงพฤติกรรมการกินอาหารต่อความเปลี่ยนแปลงด้านสรีระวิทยา จึงกำหนดปัจจัยเพื่อทดลองผลของสภาพแวดล้อมต่อการย่อยสลายเป็นแก๊สพิษแอมโมเนีย (NH_3) และคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) แล้วศึกษาพฤติกรรมการกินอาหาร การเจริญเติบโต จากนั้นวิเคราะห์เพื่อเลือกเงื่อนไขสูงสุดที่ได้ของผลผลิต โดยกระบวนการ Optimization แล้วออกแบบบ่อเลี้ยงแบบใหม่มาทดลองเทียบกับแบบเดิม ใช้วิธีทดลองโดยวางแผนแบบแฟกทอเรียลบางส่วน (Fractional Factorial Experiment) 15 เงื่อนไข ประเมิน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 3 ปัจจัย ปัจจัยละ 3 ระดับ คือ อุณหภูมิแวดล้อม 35 และ 40 องศาเซลเซียส ความชื้นของเสีย (moisture content) 20 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ความหนาแน่นของเสีย 4.17 8.68 และ 12.86 กิโลกรัมต่อตารางเมตร แล้วประเมินอัตราการย่อยสลาย (Degradation rate) ปริมาณแก๊สแอมโมเนีย แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ พฤติกรรมการกินอาหารต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตมวลรวม แล้วนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan โดยโปรแกรม IBM SPSS Statistics 21 ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 พบว่า อุณหภูมิ ความชื้นและความหนาแน่น มีผลสัมพันธ์ทำให้เกิดการย่อยสลายเป็นแก๊สแอมโมเนีย (NH_3) และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) โดย

พบปริมาณแก๊สพิษมากในเงื่อนไขอุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ความชื้นของเสีย 30 เปอร์เซ็นต์ ความหนาแน่นของเสีย 12.86 กิโลกรัมต่อตารางเมตร มีปริมาณแก๊สแอมโมเนียในบ่อทดลอง 80 ppm ขึ้นไป สอดคล้องกับปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่พบมากในเงื่อนไขเดียวกันอยู่ในช่วง 1200 -1400 ppm และมีปริมาณแก๊สพิษน้อยในเงื่อนไขความชื้นของเสีย 20 เปอร์เซ็นต์ ความหนาแน่น 4.17 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ปริมาณแก๊สแอมโมเนีย (NH_3) ในช่วง 0-30 ppm และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในช่วง 500 - 600 ppm ซึ่งมีความแตกต่างกันในทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ พฤติกรรมการกินอาหารต่อการเจริญเติบโตดีในสภาวะอุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส ความชื้นของเสีย 20 เปอร์เซ็นต์ ความหนาแน่นของเสีย 4.17 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ส่งผลต่อการเติบโต 122.3 เปอร์เซ็นต์ อัตราแลกเนื้อ (FCR) ที่ 3.47 ทำให้ได้รับผลผลิตมวลรวมสูงสุดสอดคล้องกับการยืนยันผลการทดลองในบ่อเลี้ยงแบบใหม่ซึ่งเพิ่มผลผลิตได้ 7 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับบ่อเลี้ยงแบบเดิม

คำสำคัญ : จิ้งหรีด, อัตราการย่อยสลาย, แก๊สแอมโมเนีย, แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์



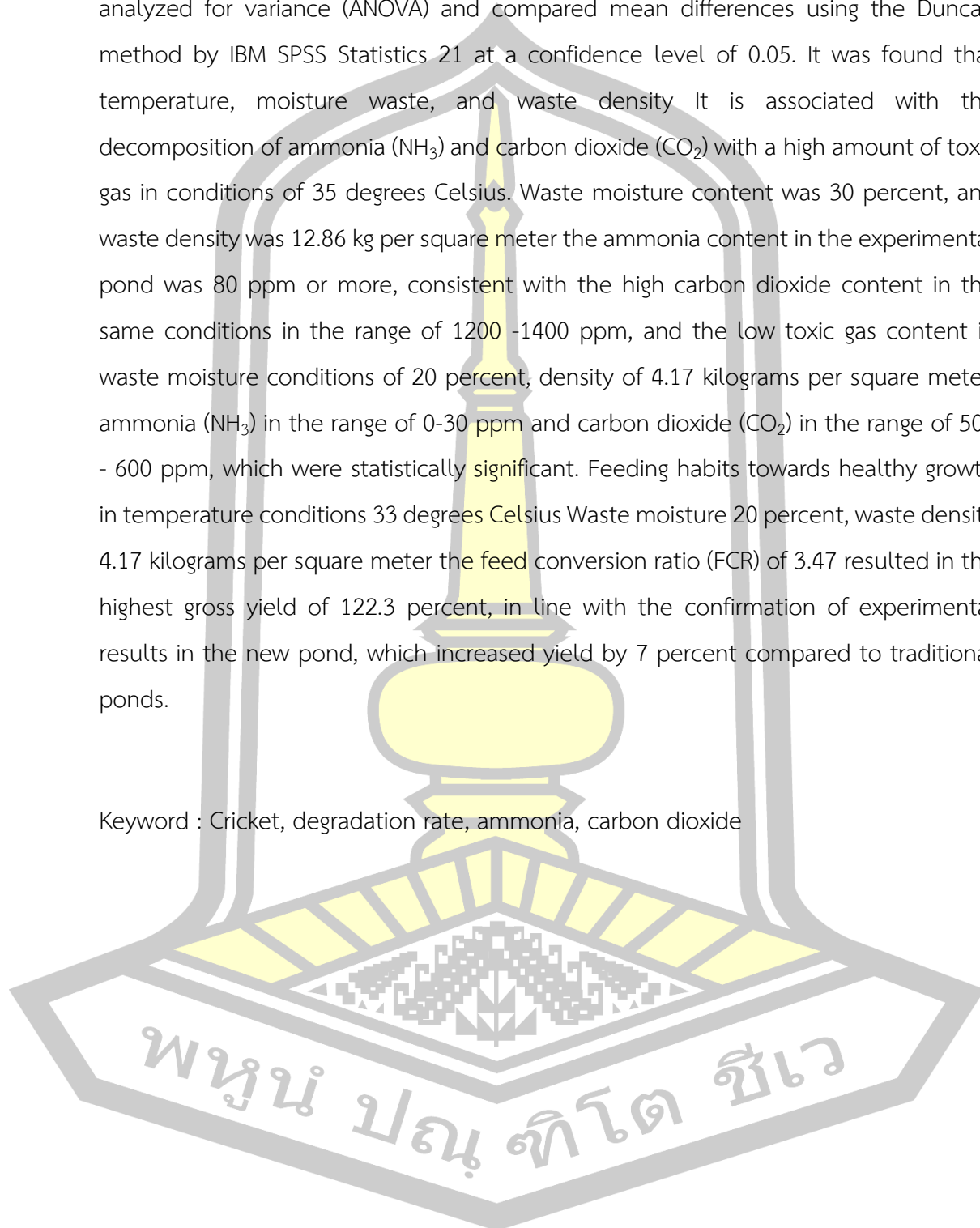
TITLE	Management of Temperature and cleaning pond to increase Cricket		
AUTHOR	Sarawut Saenkham		
ADVISORS	Assistant Professor Sopa Cansee , Ph.D.		
DEGREE	Master of Engineering	MAJOR	Mechanical Engineering
UNIVERSITY	Maharakham University	YEAR	2023

ABSTRACT

The aim of this study was to investigate the management of common cricket ponds. The degradation rate of pond waste Emissions cricket of ammonia gas (NH_3) and carbon dioxide gas (CO_2) and study of cricket yield obtained from temperature management and pond cleanliness. By the way, survey the management and problems encountered by cricket farmers. Analyze, formulate a hypothesis, and then experiment to prove and design a new cricket pond equipment to solve the problem, and then experiment again to confirm the results. According to the survey, cricket farming takes 40-45 days to yield 4-20 kilograms, 12-37 kilograms of pond waste, and 2.88 square meters of pond area. The yield varies according to weather, moisture content, and waste by proving that the degradation of organic matter in the pond produces toxic gases, ammonia, and carbon dioxide Impacting health feeding, and growing crickets. The main environmental factors that influence degradation include temperature, moisture content, and waste amount. Therefore, factors were determined to experiment with the effect of environmental conditions on the degradation into toxic gases, ammonia (NH_3), and carbon dioxide (CO_2), and then study eating behavior. Then, analyze to select the maximum yield conditions by the optimization process and design a new pond to experiment with the old one. Experimental methods are used with partial factorial planning. Fractional Factorial Experiment (15 conditions) 3 reassessments consisting of 3 factors of 3 levels each: ambient temperature of 35 and 40 degrees Celsius. Moisture waste 20, 25, and 30 percent, waste density 4.17, 8.68, and 12.86 kilograms per square meter, then evaluate

the degradation rate, ammonia, and carbon dioxide content. The results were then analyzed for variance (ANOVA) and compared mean differences using the Duncan method by IBM SPSS Statistics 21 at a confidence level of 0.05. It was found that temperature, moisture waste, and waste density It is associated with the decomposition of ammonia (NH_3) and carbon dioxide (CO_2) with a high amount of toxic gas in conditions of 35 degrees Celsius. Waste moisture content was 30 percent, and waste density was 12.86 kg per square meter the ammonia content in the experimental pond was 80 ppm or more, consistent with the high carbon dioxide content in the same conditions in the range of 1200 -1400 ppm, and the low toxic gas content in waste moisture conditions of 20 percent, density of 4.17 kilograms per square meter, ammonia (NH_3) in the range of 0-30 ppm and carbon dioxide (CO_2) in the range of 500 - 600 ppm, which were statistically significant. Feeding habits towards healthy growth in temperature conditions 33 degrees Celsius Waste moisture 20 percent, waste density 4.17 kilograms per square meter the feed conversion ratio (FCR) of 3.47 resulted in the highest gross yield of 122.3 percent, in line with the confirmation of experimental results in the new pond, which increased yield by 7 percent compared to traditional ponds.

Keyword : Cricket, degradation rate, ammonia, carbon dioxide



กิตติกรรมประกาศ

ผู้จัดทำวิทยานิพนธ์ ในครั้งนี้ประสบความสำเร็จลงตามวัตถุประสงค์ด้วยดี ขอขอบพระคุณ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์คือ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โสภา แคนสี ที่ให้ความรู้อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อวิทยานิพนธ์ พร้อมทั้งคำแนะนำ และข้อคิดเห็นต่างๆ อันเป็นความรู้จนทำให้วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จตามวัตถุประสงค์ด้วยดี

ศราวุธ แสนคำ



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ฉ
กิตติกรรมประกาศ.....	ช
สารบัญ.....	ฌ
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญรูปภาพ.....	ต
บทที่ 1	1
บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์	4
1.3 ขอบเขตงานวิจัย	4
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
1.5 สถานที่ดำเนินการวิจัย.....	5
บทที่ 2	6
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 ข้อมูลทั่วไปของจังหวัด.....	7
2.2 การผลิตจังหวัด (ต้นน้ำ).....	11
2.2.1 สถานที่ตั้ง.....	11
2.2.2 โรงเรือน.....	11
2.2.3 วัสดุอุปกรณ์.....	12
2.2.4 สายพันธุ์.....	16

2.2.5	วิธีการเลี้ยงและการดูแล.....	21
2.2.6	การเก็บเกี่ยวผลผลิต.....	24
2.3	การรวบรวมผลผลิต (กลางน้ำ).....	25
2.3.1.	การแปรรูปจิ้งหรีด.....	25
2.3.2	การขนส่งจิ้งหรีด.....	26
2.4	การตลาด (ปลายน้ำ).....	27
2.4.1	ตลาดท้องถิ่น.....	27
2.4.2	ตลาดกลาง.....	28
2.4.3	ตลาดเชิงอุตสาหกรรม.....	28
2.5	ปัญหาที่พบในการจัดการ.....	29
2.6	การออกแบบการทดลอง.....	30
2.6.1	การทดลองแฟกทอเรียล (Factorial Experiment).....	31
2.6.2	การวิเคราะห์ผลทางสถิติ.....	32
2.7	การย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุ.....	33
2.7.1	สภาวะแวดล้อมต่อการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุ.....	33
2.8	กลไกการเกิดแก๊ส (NH ₃) และแก๊ส (CO ₂) ในโรงเรือนสัตว์ปีก.....	35
2.8.1	วิธีการวัดปริมาณแก๊สแอมโมเนีย และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์.....	36
2.8.2	ระดับของแก๊สแอมโมเนียและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ต่อสุขภาพสิ่งมีชีวิต.....	37
2.8.3	การลดมลพิษจากการสะสมของแก๊สแอมโมเนียและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์.....	39
2.9	ปัจจัยแวดล้อมที่ส่งผลต่อการกินอาหารและการเติบโตของสิ่งมีชีวิต.....	40
2.9.1.	ค่าดัชนีความเครียดจากความร้อน (Heat Stress Index).....	41
2.9.2	ปัจจัยแทรกสอดต่อการเสียชีวิตของจิ้งหรีด.....	42
2.9.3	เครื่องมือวัดและควบคุมอุณหภูมิ.....	43
2.10	การประเมินสรีระวิทยาของสิ่งมีชีวิต.....	47

2.11 การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มจิ้งหรีด (GAP)	47
2.12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	50
บทที่ 3	54
วิธีการทดลอง	54
3.1 สํารวจข้อมูลการจัดการฟาร์มจิ้งหรีดแบบเดิม ได้แก่ ข้อมูลผลผลิต รูปแบบการเรียงแผงไข่ ของเสียสะสม แล้วสรุปปัญหาที่พบ และ ตั้งสมมติฐานเพื่อแก้ปัญหา	55
3.2 ออกแบบการทดลองและทดสอบเบื้องต้น	56
3.2.1 การอบแห้งหาความชื้นในของเสีย เพื่อนํามาเป็นตัวแปรควบคุม	58
3.2.2 การทดสอบเพื่อศึกษาพฤติกรรมการกระจายอุณหภูมิ แล้วนํามากําหนดตำแหน่ง ควบคุม	59
3.2.3 การทดสอบเพื่อศึกษาพฤติกรรมการกระจายของแก๊สพิษในระดับ Lab scale แล้ว นํามากําหนดตำแหน่งวัด ความเข้มข้นแก๊สแอมโมเนีย (NH ₃) และแก๊ส คาร์บอนไดออกไซด์ (CO ₂)	60
3.3 การทดลองเพื่อศึกษาอัตราการย่อยสลายของเสีย (Degradation rate) ในเงื่อนไข อุณหภูมิ ความชื้น และความหนาแน่น ที่แตกต่างกัน	61
3.3.1 วิธีการทดลองเพื่อทดสอบอัตราการย่อยสลาย	61
3.3.2 การวิเคราะห์ผลอัตราการย่อยสลาย	62
3.4 ศึกษาการเกิดแก๊สแอมโมเนีย (NH ₃) และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO ₂) จากเงื่อนไข อุณหภูมิ ความชื้น และความหนาแน่น ที่แตกต่างกัน	62
3.4.1 วิธีการทดลองเพื่อวัดปริมาณแก๊สแอมโมเนียและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์	63
3.4.2 การวิเคราะห์ความเข้มข้นของแก๊สแอมโมเนียและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์	64
3.5 การประเมินผลผลิตจิ้งหรีด ในเงื่อนไขความเข้มข้นของแก๊สแอมโมเนีย (NH ₃) และแก๊ส คาร์บอนไดออกไซด์ (CO ₂) ที่แตกต่างกัน	65
3.5.1 วิธีการทดลองเพื่อประเมินผลผลิตจิ้งหรีด	65
3.5.2 การวิเคราะห์ปริมาณผลผลิตจิ้งหรีด	65
3.6 การทดลองเพื่อประเมินการกินอาหารของจิ้งหรีดจากอุณหภูมิที่ต่างกัน	66

3.6.1	วิธีการทดลองเพื่อประเมินการกินอาหารของจิ้งหรีด.....	66
3.6.2	การวิเคราะห์ผลการกินอาหารของจิ้งหรีด.....	66
3.7	การออกแบบและสร้างบ่อเลี้ยงจิ้งหรีดแบบใหม่เพื่อแก้ปัญหา และทดลองเพื่อยืนยันผล	67
3.7.1	การออกแบบบ่อเลี้ยงจิ้งหรีดแบบใหม่เพื่อแก้ปัญหา.....	67
3.7.2	วิธีทดลองเลี้ยงจิ้งหรีดเปรียบเทียบระหว่างการจัดการแบบใหม่กับแบบดั้งเดิม	69
3.7.3	การวิเคราะห์เพื่อยืนยันผล.....	70
3.7.4	การประเมินผลด้านสรีระวิทยาของจิ้งหรีด.....	70
บทที่ 4	71
	ผลการวิจัยและการอภิปรายผล.....	71
4.1	ผลการสำรวจข้อมูลการจัดการฟาร์มจิ้งหรีดแบบเดิม ได้แก่ ข้อมูลผลผลิต รูปแบบการเรียง แผงไข่ ของเสียสะสม แล้วสรุปปัญหาที่พบ และ ตั้งสมมติฐานเพื่อแก้ปัญหา.....	72
4.2	ผลการออกแบบการทดลอง และทดสอบเบื้องต้น	74
4.2.1	ผลการรอบแหงหาความชื้นในของเสีย เพื่อนำมาเป็นตัวแปรควบคุม	74
4.2.2	ผลการทดสอบการกระจายอุณหภูมิ เพื่อกำหนดตำแหน่งควบคุม	75
4.2.3	ผลการทดสอบเพื่อศึกษาพฤติกรรมการกระจายของแก๊สพิษ	76
4.3	ผลการทดลองเพื่อศึกษาอัตราการย่อยสลายของเสีย (Degradation rate) ในเงื่อนไข อุณหภูมิ ความชื้น และความหนาแน่น ที่แตกต่างกัน	81
4.3.2	ผลการวิเคราะห์อัตราการย่อยสลายในเชิงสถิติ	82
4.4	ผลการทดลองเพื่อศึกษาการเกิดแก๊สแอมโมเนีย (NH ₃) และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO ₂) จากเงื่อนไข อุณหภูมิ ความชื้น และความหนาแน่น ที่แตกต่างกัน	87
4.5	ผลการทดลองเพื่อประเมินปริมาณผลผลิตจิ้งหรีด ในเงื่อนไขความเข้มข้นของแก๊สแอมโมเนีย (NH ₃) และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO ₂) ที่แตกต่างกัน.....	99
4.5.1	ผลการทดลองเพื่อประเมินปริมาณผลผลิตจิ้งหรีด.....	99
4.5.2	ผลการวิเคราะห์ปริมาณผลผลิตของจิ้งหรีดในเชิงสถิติ	100
4.6	การทดลองเพื่อประเมินการกินอาหารของจิ้งหรีดจากอุณหภูมิที่ต่างกัน	105

4.6.1 ผลการทดลองเพื่อประเมินการกินอาหารของจิ้งหรีด	106
4.6.2 ผลการวิเคราะห์การกินอาหารของจิ้งหรีดจากอุณหภูมิที่แตกต่างกัน	106
4.7 ผลการออกแบบ และทดลองเพื่อยืนยันผล	107
4.7.1 ผลการทดลองเลี้ยงจิ้งหรีดโดยการจัดการแบบใหม่กับแบบดั้งเดิม	108
4.7.2 ผลการวิเคราะห์เพื่อยืนยันผล	108
4.7.3 ผลการประเมินผลด้านสรีระวิทยาของจิ้งหรีด	109
บทที่ 5	113
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	113
5.1 สรุปผลการทดลอง	113
5.1.1 สรุปผลการสำรวจข้อมูลการจัดการฟาร์มจิ้งหรีดโดยทั่วไป.....	113
5.1.2 สรุปผลการทดลองเพื่อศึกษาอัตราการย่อยสลายของเสีย (Degradation rate) ใน เงื่อนไข อุณหภูมิ ความชื้น และความหนาแน่น ที่แตกต่างกัน	114
5.1.3 สรุปผลการทดลองเพื่อศึกษาการเกิดแก๊สแอมโมเนีย (NH ₃) และแก๊ส คาร์บอนไดออกไซด์ (CO ₂) จากเงื่อนไข อุณหภูมิ ความชื้น และความหนาแน่น ที่ แตกต่างกัน	114
5.1.4 สรุปผลการทดลองเพื่อประเมินผลผลิตของจิ้งหรีด ในเงื่อนไขความเข้มข้นของแก๊ส แอมโมเนีย (NH ₃) และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO ₂) ที่แตกต่างกัน	115
5.1.5 สรุปผลการกินอาหารของจิ้งหรีดจากอุณหภูมิที่แตกต่างกัน	115
5.1.6 สรุปผลการออกแบบและสร้างบ่อเลี้ยงจิ้งหรีดแบบใหม่เพื่อแก้ปัญหา และทดลองเพื่อ ยืนยันผล	116
5.2 อภิปรายผลสรุป	116
5.3 ข้อเสนอแนะ	117
บรรณานุกรม.....	119
ภาคผนวก.....	126
ภาคผนวก ก ผลการทดลอง.....	127

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 ลำดับรายการเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
ตารางที่ 2 สรุปองค์ประกอบการจัดการจังหวัด	28
ตารางที่ 3 ปัญหาที่พบและแนวทางการป้องกันในการเลี้ยงจังหวัด	29
ตารางที่ 4 การปล่อยก๊าซแอมโมเนีย (NH ₃) จากโรงเรือนเลี้ยงสัตว์	37
ตารางที่ 5 ระดับการปล่อยก๊าซในโรงเรือนสัตว์ปีก	38
ตารางที่ 6 ระดับคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีผลต่อมนุษย์	39
ตารางที่ 7 ค่าดัชนีความเครียดจากความร้อน (Heat Stress Index)	42
ตารางที่ 8 ข้อกำหนดการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มจังหวัด (GAP)	48
ตารางที่ 9 ลำดับวิธีการทดลอง	54
ตารางที่ 10 การกำหนดเงื่อนไขในการทดลอง 15 เงื่อนไข	57
ตารางที่ 11 การคำนวณอัตราการย่อยสลาย	62
ตารางที่ 12 ลำดับผลการทดลอง	71
ตารางที่ 13 ข้อมูลจากการสำรวจเกษตรกรผู้เลี้ยงจังหวัด	73
ตารางที่ 14 ผลการอบแห้งของของเสีย	74
ตารางที่ 15 ผลการทดสอบการกระจายอุณหภูมิจาก	75
ตารางที่ 16 สรุปผลการทดสอบเพื่อเลือกเงื่อนไขและตำแหน่งวัดในการทดลอง	80
ตารางที่ 17 ผลการประเมินทางสถิติอัตราการย่อยสลายจากอุณหภูมิจาก อุณหภูมิ ความชื้น และความหนาแน่นที่ แตกต่างกัน	82
ตารางที่ 18 ผลการประเมินทางสถิติของความเข้มข้นแก๊สแอมโมเนียจากอุณหภูมิจาก อุณหภูมิ ความชื้น และ ความหนาแน่นที่แตกต่างกัน	89
ตารางที่ 19 ผลการประเมินทางสถิติของความเข้มข้นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากอุณหภูมิจาก อุณหภูมิ ความชื้น และความหนาแน่นที่แตกต่างกัน	94

ตารางที่ 20 ผลการทดลองปริมาณผลผลิตจากเงื่อนไข อุณหภูมิ ความชื้น และความหนาแน่นที่ แตกต่างกัน.....	99
ตารางที่ 21 จำนวนเงื่อนไขการประเมินปริมาณผลผลิตจังหวัด.....	100
ตารางที่ 22 สถิติของอัตราการกินอาหารและปริมาณผลผลิตอุณหภูมิที่แตกต่างกัน	101
ตารางที่ 23 ผลการประเมินทางสถิติของข้อมูลการกินอาหารจากอุณหภูมิที่แตกต่างกัน	102
ตารางที่ 24 ผลของอุณหภูมิต่อการกินอาหาร การเติบโต และ อัตราแลกเนื้อ (FCR)	106
ตารางที่ 25 ผลการทดลองเลี้ยงจังหวัดด้วยการจัดการบ่อเลี้ยงแบบใหม่ เทียบกับการจัดการบ่อ เลี้ยงแบบทั่วไป.....	108
ตารางที่ 26 น้ำหนักตัวจังหวัดระหว่างบ่อเลี้ยงแบบเดิมกับบ่อเลี้ยงแบบใหม่.....	109
ตารางที่ 27 สรีระของจังหวัดระหว่างบ่อเลี้ยงแบบเดิมกับบ่อเลี้ยงแบบใหม่	111
ตารางที่ 28 ความแตกต่างของการจัดการบ่อเลี้ยงจังหวัดระหว่างแบบเดิมกับแบบใหม่	116
ตารางที่ 29 การทดสอบเบื้องต้น (Pretest) เพื่อศึกษาพฤติกรรมการเกิดแก๊สแอมโมเนียและแก๊ส คาร์บอนไดออกไซด์ในบ่อทดลองที่ 1.....	127
ตารางที่ 30 การทดสอบเบื้องต้น (Pretest) เพื่อศึกษาพฤติกรรมการเกิดแก๊สแอมโมเนียและแก๊ส คาร์บอนไดออกไซด์ในบ่อทดลองที่ 2.....	127
ตารางที่ 31 การทดสอบเบื้องต้น (Pretest) เพื่อศึกษาพฤติกรรมการเกิดแก๊สแอมโมเนียและแก๊ส คาร์บอนไดออกไซด์ในบ่อทดลองที่ 3.....	127
ตารางที่ 32 การทดลอง (Pretest) เพื่อศึกษาพฤติกรรมการเกิดแก๊สแอมโมเนียและแก๊ส คาร์บอนไดออกไซด์ในแนวราบ.....	128
ตารางที่ 33 การทดลอง (Pretest) เพื่อศึกษาพฤติกรรมการเกิดแก๊สแอมโมเนียและแก๊ส คาร์บอนไดออกไซด์ในแนวตั้ง	128
ตารางที่ 34 การทดลอง (Pretest) เพื่อศึกษาพฤติกรรมการเกิดแก๊สแอมโมเนียและแก๊ส คาร์บอนไดออกไซด์ในช่วงเวลา.....	128
ตารางที่ 35 ผลการทดลองเพื่อศึกษาอัตราการย่อยสลาย 42 วัน	129
ตารางที่ 36 ผลการทดลองเพื่อศึกษาอัตราการย่อยสลาย 42 วัน (ต่อ).....	130
ตารางที่ 37 ผลการทดลองเพื่อศึกษาอัตราการย่อยสลาย 42 วัน (ต่อ).....	131

ตารางที่ 38 ผลการทดลองเพื่อศึกษาความเข้มข้นแก๊สแอมโมเนีย 42 วัน	132
ตารางที่ 39 ผลการทดลองเพื่อศึกษาความเข้มข้นแก๊สแอมโมเนีย 42 วัน (ต่อ)	133
ตารางที่ 40 ผลการทดลองเพื่อศึกษาความเข้มข้นแก๊สแอมโมเนีย 42 วัน (ต่อ)	135
ตารางที่ 41 ผลการทดลองเพื่อศึกษาความเข้มข้นแก๊สแอมโมเนีย 42 วัน (ต่อ)	136
ตารางที่ 42 ผลการทดลองเพื่อศึกษาความเข้มข้นแก๊สแอมโมเนีย 42 วัน (ต่อ)	137
ตารางที่ 43 ผลการทดลองเพื่อศึกษาความเข้มข้นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 42 วัน	138
ตารางที่ 44 ผลการทดลองเพื่อศึกษาความเข้มข้นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 42 วัน (ต่อ)	139
ตารางที่ 45 ผลการทดลองเพื่อศึกษาความเข้มข้นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 42 วัน (ต่อ)	140
ตารางที่ 46 ผลการทดลองเพื่อศึกษาความเข้มข้นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 42 วัน (ต่อ)	142
ตารางที่ 47 ผลการทดลองเพื่อศึกษาความเข้มข้นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 42 วัน (ต่อ)	143
ตารางที่ 48 กลุ่มเงื่อนไขต่อการย่อยสลาย	145
ตารางที่ 49 อุณหภูมิต่ออัตราการย่อยสลาย	145
ตารางที่ 50 ความชื้นต่ออัตราการย่อยสลาย	145
ตารางที่ 51 ความหนาแน่นต่ออัตราการย่อยสลาย	146
ตารางที่ 52 กลุ่มเงื่อนไขต่อการเกิดแก๊สแอมโมเนีย	146
ตารางที่ 53 อุณหภูมิต่อความเข้มข้นแก๊สแอมโมเนีย	146
ตารางที่ 54 ความชื้นต่อความเข้มข้นแก๊สแอมโมเนีย	146
ตารางที่ 55 ความหนาแน่นต่อความเข้มข้นแก๊สแอมโมเนีย	147
ตารางที่ 56 กลุ่มเงื่อนไขต่อการเกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์	147
ตารางที่ 57 อุณหภูมิต่อความเข้มข้นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์	147
ตารางที่ 58 ความชื้นต่อความเข้มข้นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์	147
ตารางที่ 59 ความหนาแน่นต่อความเข้มข้นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์	148
ตารางที่ 60 ขนาดของลำตัวจิ้งหรีด	149

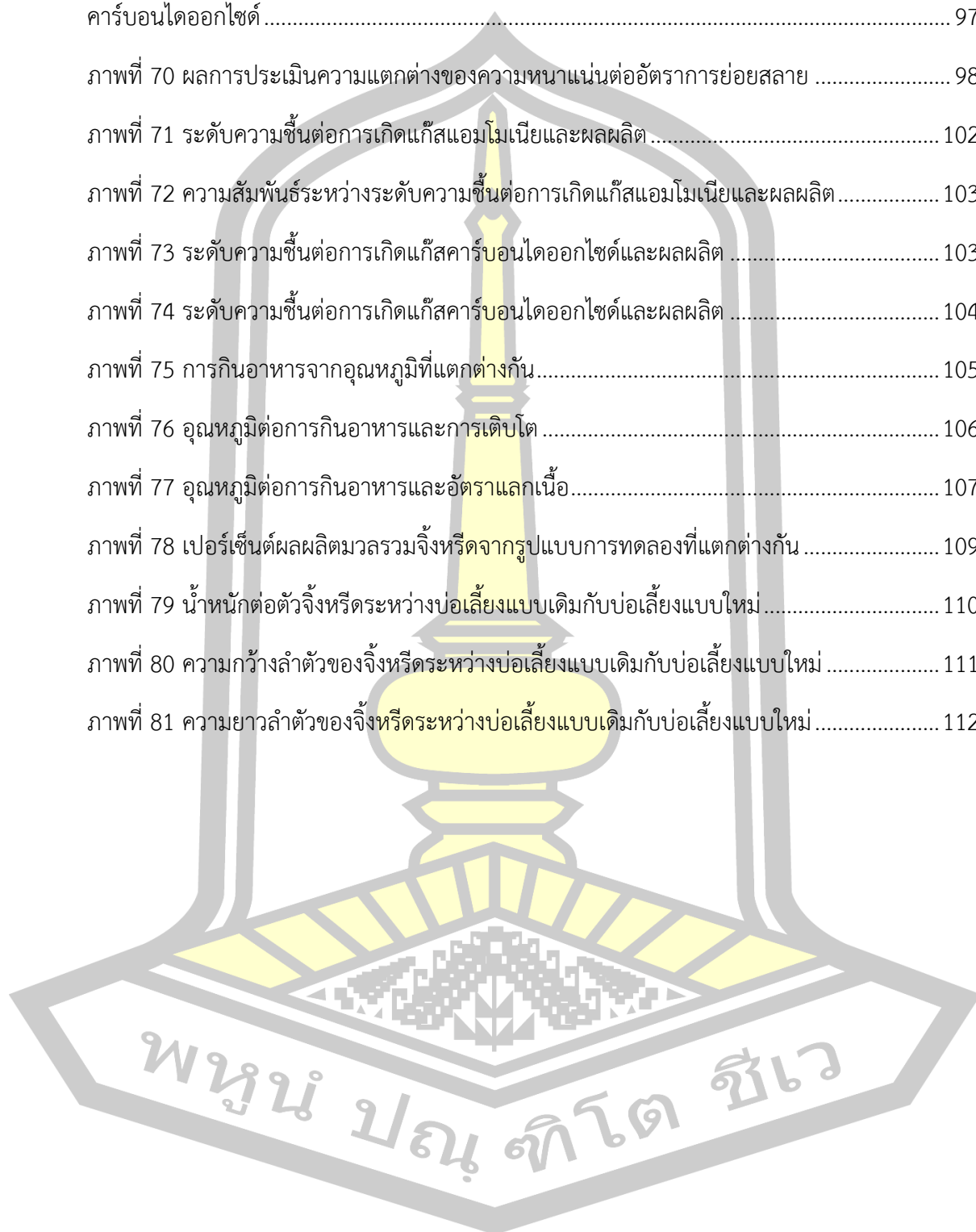
สารบัญรูปภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 ลักษณะทั่วไปของจังหวัด	8
ภาพที่ 2 ลักษณะพื้นฐานภายนอกของจังหวัด	9
ภาพที่ 3 โรงเรือนในการเพาะเลี้ยงจังหวัด	12
ภาพที่ 4 บ่อเลี้ยงจังหวัดที่ทำจากแผ่นยิปซัมบอร์ด	12
ภาพที่ 5 บ่อเลี้ยงจังหวัดที่ทำจากปูนซีเมนต์	13
ภาพที่ 6 เทปกาวฉนวน	13
ภาพที่ 7 ตาข่ายพลาสติก	13
ภาพที่ 8 แผงโซลาร์เซลล์	14
ภาพที่ 9 รูปแบบการเรียงแผงโซลาร์	14
ภาพที่ 10 ภาชนะใส่น้ำและอาหาร	15
ภาพที่ 11 แกลบ วัสดุรองพื้น	15
ภาพที่ 12 ภาชนะรองไข่จังหวัด	15
ภาพที่ 13 อาหารหลักในการเลี้ยงจังหวัด	16
ภาพที่ 14 อาหารเสริมที่ใช้ในการเลี้ยงจังหวัด	16
ภาพที่ 15 จิ้งโกร่ง	17
ภาพที่ 16 จังหวัดทองคำ	18
ภาพที่ 17 จังหวัดทองแดง	18
ภาพที่ 18 จังหวัดทองลาย	19
ภาพที่ 19 การผสมพันธุ์ของจังหวัด	20
ภาพที่ 20 การวางไข่	21
ภาพที่ 21 การเก็บผลผลิตจังหวัด	24

ภาพที่ 22	จิ้งหรีดแปรรูป.....	26
ภาพที่ 23	ช่องทางการตลาดของผลิตภัณฑ์จิ้งหรีด	27
ภาพที่ 24	ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ในการออกแบบทดลอง	31
ภาพที่ 25	รูปแบบทางเรขาคณิตสำหรับการทดลองแพกทอเรียลเต็มรูป.....	32
ภาพที่ 26	PH ต่อปริมาณ NH ₃	35
ภาพที่ 27	ระดับแก๊สแอมโมเนียที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิต	38
ภาพที่ 28	เครื่องควบคุมอุณหภูมิ	45
ภาพที่ 29	หลอดไฟให้ความร้อน	46
ภาพที่ 30	พัดลมระบายอากาศ	46
ภาพที่ 31	การจัดทำมาตรฐาน GAP หรือ การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มจิ้งหรีด.....	47
ภาพที่ 32	เครื่องอบแห้งแบบลมร้อน และภาชนะอลูมิเนียม	58
ภาพที่ 33	ตำแหน่งวัดการกระจายอุณหภูมิ.....	60
ภาพที่ 34	การทดสอบเบื้องต้นเพื่อศึกษาพฤติกรรมการกระจายของแก๊สพิษ	61
ภาพที่ 35	การศึกษาอัตราการย่อยสลายของของเสีย	62
ภาพที่ 36	การทดลองเพื่อศึกษาการเกิดแก๊ส (NH ₃) และแก๊ส (CO ₂).....	63
ภาพที่ 37	เครื่องมือวัดปริมาณแก๊สแอมโมเนีย (NH ₃)	64
ภาพที่ 38	เครื่องมือวัดปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO ₂).....	64
ภาพที่ 39	การทดลองเพื่อประเมินปริมาณผลผลิตจิ้งหรีด	65
ภาพที่ 40	การทดลองเพื่อประเมินการกินอาหารของจิ้งหรีด.....	66
ภาพที่ 41	ออกแบบอุปกรณ์ช่วยจัดการความสะอาด.....	68
ภาพที่ 42	ออกแบบอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ.....	69
ภาพที่ 43	การทดลองเลี้ยงจิ้งหรีดเพื่อยืนยันผล	69
ภาพที่ 44	การประเมินผลด้านสรีระวิทยาของจิ้งหรีด.....	70
ภาพที่ 45	รูปแบบการเรียงแผงไข่ในบ่อเลี้ยงจิ้งหรีดแบบเดิม.....	74

ภาพที่ 46	พฤติกรรมการณ์เกิดแก๊สแอมโมเนีย (NH ₃) จากการทดสอบเบื้องต้น 7 วัน.....	76
ภาพที่ 47	พฤติกรรมการณ์เกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO ₂) จากการทดสอบเบื้องต้น 7 วัน.....	77
ภาพที่ 48	ความเข้มข้นของแก๊สแอมโมเนียจากตำแหน่งวัดที่แตกต่างกัน ในแนวราบ.....	77
ภาพที่ 49	ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากตำแหน่งวัดที่แตกต่างกัน ในแนวราบ.....	78
ภาพที่ 50	ความเข้มข้นของแก๊สแอมโมเนียจากตำแหน่งวัดที่แตกต่างกัน ในแนวตั้ง.....	79
ภาพที่ 51	ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากตำแหน่งวัดที่แตกต่างกัน ในแนวตั้ง.....	79
ภาพที่ 52	เปอร์เซ็นต์การย่อยสลาย 42 วัน.....	81
ภาพที่ 53	กลุ่มเงื่อนไขที่มีอิทธิพลต่อการย่อยสลาย.....	81
ภาพที่ 54	ผลการประเมินความแตกต่างของอุณหภูมิต่ออัตราการย่อยสลาย.....	83
ภาพที่ 55	ผลการประเมินความแตกต่างของความชื้นต่ออัตราการย่อยสลาย.....	84
ภาพที่ 56	ผลการประเมินความแตกต่างของความหนาแน่นต่ออัตราการย่อยสลาย.....	84
ภาพที่ 57	ความแตกต่างของปัจจัยร่วมระหว่างอุณหภูมิกับความชื้นต่ออัตราการย่อยสลาย.....	85
ภาพที่ 58	ความแตกต่างของปัจจัยร่วมระหว่างอุณหภูมิกับความหนาแน่นต่ออัตราการย่อยสลาย..	86
ภาพที่ 59	พฤติกรรมการณ์เกิดแก๊สแอมโมเนีย 42 วัน 15 เงื่อนไข.....	87
ภาพที่ 60	พฤติกรรมการณ์เกิดแก๊สแอมโมเนีย 42 วัน 3 กลุ่มเงื่อนไข.....	88
ภาพที่ 61	ปัจจัยร่วมระหว่างอุณหภูมิกับความชื้นต่อความเข้มข้นแก๊สแอมโมเนีย.....	90
ภาพที่ 62	ปัจจัยร่วมระหว่างความหนาแน่นกับความชื้นต่อความเข้มข้นแก๊สแอมโมเนีย.....	91
ภาพที่ 63	ปัจจัยร่วมระหว่างอุณหภูมิกับความหนาแน่นต่อความเข้มข้นแก๊สแอมโมเนีย.....	91
ภาพที่ 64	พฤติกรรมการณ์เกิดแก๊สแอมโมเนีย 42 วัน 15 เงื่อนไข.....	92
ภาพที่ 65	พฤติกรรมการณ์เกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 42 วัน 3 กลุ่มเงื่อนไข.....	93
ภาพที่ 66	ปัจจัยร่วมระหว่างอุณหภูมิกับความหนาแน่นต่อความเข้มข้นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์....	95
ภาพที่ 67	ปัจจัยร่วมระหว่างความชื้นกับความหนาแน่นต่อความเข้มข้นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ...	96
ภาพที่ 68	ผลการประเมินความแตกต่างของอุณหภูมิต่อความเข้มข้นแก๊สแอมโมเนียและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์.....	97

ภาพที่ 69 ผลการประเมินความแตกต่างของความขึ้นต่อความเข้มข้นแก๊สแอมโมเนียและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์.....	97
ภาพที่ 70 ผลการประเมินความแตกต่างของความหนาแน่นต่ออัตราการย่อยสลาย	98
ภาพที่ 71 ระดับความขึ้นต่อการเกิดแก๊สแอมโมเนียและผลผลิต	102
ภาพที่ 72 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความขึ้นต่อการเกิดแก๊สแอมโมเนียและผลผลิต.....	103
ภาพที่ 73 ระดับความขึ้นต่อการเกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และผลผลิต	103
ภาพที่ 74 ระดับความขึ้นต่อการเกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และผลผลิต	104
ภาพที่ 75 การกินอาหารจากอุณหภูมิต่างกัน.....	105
ภาพที่ 76 อุณหภูมิต่อการกินอาหารและการเติบโต	106
ภาพที่ 77 อุณหภูมิต่อการกินอาหารและอัตราแลกเปลี่ยน.....	107
ภาพที่ 78 เปอร์เซ็นต์ผลผลิตมวลรวมจิ้งหรีดจากรูปแบบการทดลองที่แตกต่างกัน	109
ภาพที่ 79 น้ำหนักต่อตัวจิ้งหรีดระหว่างบ่อเลี้ยงแบบเดิมกับบ่อเลี้ยงแบบใหม่.....	110
ภาพที่ 80 ความกว้างลำตัวของจิ้งหรีดระหว่างบ่อเลี้ยงแบบเดิมกับบ่อเลี้ยงแบบใหม่	111
ภาพที่ 81 ความยาวลำตัวของจิ้งหรีดระหว่างบ่อเลี้ยงแบบเดิมกับบ่อเลี้ยงแบบใหม่	112



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

จิ้งหรีดเป็นแมลงกินได้หนึ่งในสัตว์เศรษฐกิจใหม่ในทศวรรษนี้ เมื่อองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO) ได้คาดการณ์ว่า ในปี ค.ศ.2050 จำนวนประชากรโลกจะเพิ่มมากถึง 9.1 พันล้านคน อันจะส่งผลให้ความต้องการบริโภคอาหารของประชากรมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น และการผลิตอาหารโดยเฉพาะเนื้อสัตว์อาจไม่เพียงพอต่อความต้องการของประชากร ประเทศต่าง ๆ จึงควรพิจารณาหาแหล่งอาหารชนิดใหม่ ๆ ที่สามารถรองรับความต้องการดังกล่าวในอนาคตได้ องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติได้แนะนำแมลงเป็นแหล่งอาหารทางเลือกใหม่ ซึ่งมีโภชนาการสูงสามารถใช้เป็นอาหารทดแทนโปรตีนจากเนื้อสัตว์ได้เป็นอย่างดี จิ้งหรีดเป็นหนึ่งในแมลงที่คนไทยนิยมนำมาบริโภค มีคุณค่าทางโภชนาการประกอบด้วย คาร์โบไฮเดรต ไขมัน แร่ธาตุ กรดอะมิโน และมีโปรตีนสูงถึง 12.9% ใกล้เคียงกับโปรตีนที่พบในไก่ไข่ 12.7% (Halloran, 2017) อีกทั้งยังมีวงจรชีวิตสั้น เลี้ยงง่าย โตเร็ว เหมาะที่จะเป็นแหล่งอาหารทดแทนการขาดแคลนดังกล่าว (Hanboonsong et al, 2013) จากความสำคัญข้างต้นจึงมีการส่งเสริมการเพาะเลี้ยงอย่างแพร่หลาย (สิริวัฒน์ และคณะ, 2555) นอกจากนี้มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มกอช.) ยังส่งเสริมให้เกษตรกรขยายการเลี้ยงจิ้งหรีดเป็นแบบแปลงใหญ่เพื่อจัดทำมาตรฐานสำหรับฟาร์มจิ้งหรีด (Good Agricultural Practices: GAP) จำหน่ายในตลาดเชิงอุตสาหกรรม ทำให้เปิดโอกาสในการเพาะเลี้ยงรูปแบบฟาร์มเชิงพาณิชย์เพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้จิ้งหรีดเป็นสินค้าที่ได้รับมาตรฐานรวมถึงผลผลิตที่เพิ่มขึ้นจากการเพาะเลี้ยงยังเป็นสินค้าส่งออกหลากหลายรูปแบบทั้งตลาดในและต่างประเทศ ซึ่งตลาดแมลงรับประทานได้ทั่วโลกมีอัตราการขยายตัว 23.8% เป็นที่นิยมเพราะสามารถนำมาแปรรูปเป็นอาหารได้หลายอย่าง ส่วนใหญ่นิยมนำมาทอด ลาบ คั่ว อบ กรอบ ปูรงรส ทำน้ำพริก และสามารถนำมาเป็นผลิตภัณฑ์ผงโปรตีนจิ้งหรีดใช้ในการผสมอาหารประเภทต่าง ๆ เช่น พาสตา คุกกี้ เค้ก หรือ พิซซ่า (ประทุมพร และเยาวรัตน์, 2557)

ปัจจุบันมีเกษตรกรในหลายพื้นที่ทำฟาร์มจิ้งหรีดกว่า 20,000 ฟาร์ม กระจายอยู่ 26 จังหวัด ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคเหนือ และภาคตะวันออก มีกำลังการผลิตสูงถึง 7,500 ตันต่อปี

(ธนสิทธิ์, 2560) จากข้อมูลการสำรวจและศึกษาในพื้นที่ต่างๆ พบว่าการเลี้ยงจิ้งหรีดจะสอดคล้องกับวิถีชีวิต วัฒนธรรม และทรัพยากรของแต่ละพื้นที่ ซึ่งรูปแบบการเลี้ยงจิ้งหรีดเชิงพาณิชย์นั้นจะเป็นแบบกล่องทำจากแผ่นอีพ็อกซีบอร์ด สามารถเลี้ยงในพื้นที่จำกัดดูแลง่ายเคลื่อนย้ายสะดวก โดยมีขั้นตอนการเพาะเลี้ยงโดยสังเขปดังนี้ นำไข่จิ้งหรีดมาบ่มในบ่อเลี้ยง ประมาณ 7-10 วัน เมื่อจิ้งหรีดฟักเป็นตัวอ่อนจึงนำมาอนุบาลโดยมีแผงไข่กระดาษเป็นวัสดุในการหลบซ่อน ให้น้ำและอาหารสำเร็จรูปสำหรับจิ้งหรีดเป็นหลัก เมื่ออายุประมาณ 14-20 วันขึ้นไป จึงให้พืชผักเป็นอาหารเสริม จิ้งหรีดตัวเต็มวัยจะมีอายุประมาณ 40-45 วัน ก่อนเก็บผลผลิต 3 วันจะงดให้อาหารหลัก แล้วให้ฟักทองเป็นอาหารเสริมแทน ซึ่งฟักทองมีคุณสมบัติในการเพิ่มรสชาติของจิ้งหรีด รวมถึงสามารถลดกลิ่นและการสะสมของอาหารหลักที่มีในตัวจิ้งหรีดได้ และก่อนเก็บผลผลิต 1 วัน จะรองไข่จิ้งหรีดโดยนำถาดใส่ไข่เถ้ากลับขึ้น มารองทิ้งไว้ประมาณ 1 คืน แล้วเก็บผลผลิตและทำความสะอาดบ่อเลี้ยงไว้เลี้ยงในรุ่นต่อไป

ผลผลิตจิ้งหรีดมีความแปรปรวนไม่แน่นอนหลายปัจจัย (ณรงค์ศักดิ์, 2553) รายงานว่าสภาพอากาศ เดือนมีนาคม-เมษายน จิ้งหรีดให้ผลผลิตสูงสุด เดือนพฤศจิกายน-กุมภาพันธ์ ผลผลิตต่ำสุด เนื่องจากอากาศเย็น อัตราการกินอาหารลดลง ผลผลิตลดลง สอดคล้องกับ (Bartholomew and Tucker, 1963) การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิส่งผลต่อพฤติกรรมการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิต ด้านสรีรวิทยา สรีรวิทยา การกินอาหาร และการผสมพันธุ์ อุณหภูมิเพิ่มขึ้นทำให้จิ้งหรีดมีอัตราการกินอาหารเพิ่มขึ้นผลผลิตเพิ่มขึ้น และใช้ระยะเวลาในการเลี้ยงน้อยกว่าอุณหภูมิสภาพแวดล้อมทั่วไป (อุทัย และจักรรินทร์, 2564) นอกจากนี้ยังพบว่าการเลี้ยงจิ้งหรีดมีของเสียสะสมจากมูลเป็นส่วนใหญ่ และเศษอาหารจากการกินไม่หมด การสะสมของอาหารก้นบ่อเกิดแก๊สพิษมากทำให้จิ้งหรีดหายใจตาย (คู่มือการเลี้ยงจิ้งหรีดฉบับประชาชน, 2564) จากข้อมูลผู้เลี้ยงจิ้งหรีด 3 ครัวเรือน ในเขตพื้นที่จังหวัดมหาสารคาม บ่อเลี้ยงจิ้งหรีดขนาด 2.88 ตารางเมตร ผลผลิต 4-15 ของเสี้ย 12-36 กิโลกรัมต่อรอบ ปริมาณของเสี้ยมากทำให้มีกลิ่นไม่พึงประสงค์ จิ้งหรีดอ่อนแอ การกินอาหารลดลง ผลผลิตลดลง (WRI, 2006) กล่าวว่า การย่อยสลายอินทรีย์วัตถุโดยจุลินทรีย์ทำให้เกิดการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) และแก๊สแอมโมเนีย (NH₃) ซึ่งเป็นแก๊สพิษส่งผลต่อสุขภาพของสิ่งมีชีวิตขึ้นอยู่กับปริมาณ โดยทั่วไปมีการระบุเกี่ยวกับปริมาณแอมโมเนียที่เหมาะสมในโรงเรือนสัตว์ปีกในระดับไม่เกิน 25 ppm (David, 2015) แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 1500 ppm ตามเกณฑ์มาตรฐานของ ASHRAE 62.1-2010 (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) โดยเกิดจากการหมักหมมของอินทรีย์วัตถุในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายได้ จุลินทรีย์ส่วนใหญ่มักจะเป็นกลุ่มที่เจริญได้ดีใน

อุณหภูมิปานกลาง (mesophile) ช่วงอุณหภูมิ 25-45 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะเร่งอัตราการย่อยสลายทางชีวภาพได้มาก ในขณะที่ความชื้นมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์ ช่วยในการย่อยสลายผ่านปฏิกิริยา ไฮโดรไลซิส และเป็นปัจจัยสำคัญของการย่อยสลายทางชีวภาพ (นงลักษณ์ และปรีชา, 2550) สอดคล้องกับ (Ritz, 2004) ตามกลไกการเกิดแก๊สพิษในโรงเรือนสัตว์ปีก เมื่อสัตว์ปีกกินอาหารที่มีโปรตีนสูงแล้วย่อยสลายในร่างกายไม่สมบูรณ์จะถูกขับออกในรูปของ กรดยูริก และยูเรีย เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงโครงสร้างเป็นแก๊สแอมโมเนีย (NH_3) และคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ได้ เมื่ออยู่ในสภาวะอุณหภูมิ และความชื้น ที่พอเหมาะ ซึ่งแก๊สเหล่านี้เป็นแก๊สพิษ (Bahl, 2004) จึงส่งผลกระทบต่อสุขภาพของจิ้งหรีดทำให้อ่อนแอ (Kristensen, 2000) การกินอาหารลดลง ผลผลิตลดลง (กองส่งเสริมและพัฒนาการปศุสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2564) และของเสียเหล่านี้ยังเป็นอุปสรรคในการเก็บผลผลิตจิ้งหรีดเนื่องจากจิ้งหรีดจะปะปนไปกับของเสียทำให้ต้องใช้เวลาในการเก็บผลผลิตนาน

จากการทบทวนงานวิจัยพบว่าผลผลิตจิ้งหรีดที่ได้ มีความไม่แน่นอน เนื่องจากสภาพอากาศที่แตกต่างกัน ในแต่ละช่วงเดือน ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณของเสีย และยังพบว่า การสะสมของเสียในบ่อเลี้ยงทำให้เกิดแก๊สพิษส่งผลกระทบต่อผลผลิตจิ้งหรีดลดลง จึงมีสมมติฐานในการดำเนินวิจัยเพื่อแก้ปัญหา 2 ส่วน คือ 1.ของเสียที่สะสมในบ่อเลี้ยงจิ้งหรีดจะทำให้จิ้งหรีดอ่อนแอเนื่องจากมีปริมาณแก๊สพิษในบ่อเลี้ยงมากเพราะอากาศไม่ถ่ายเท ทำให้ผลผลิตลดลง 2. อุณหภูมิ ความชื้น และปริมาณของเสียที่แตกต่างกันจะทำให้ผลผลิตและอัตราการกินอาหารแตกต่างกัน จึงต้องทดลองเพื่อพิสูจน์สมมติฐานดังนี้ ทดลองเลี้ยงจิ้งหรีดด้วยอุณหภูมิ ความชื้น และปริมาณของเสียที่แตกต่างกันเพื่อศึกษาพฤติกรรมการกินอาหาร และการเจริญเติบโต โดยเริ่มจากการศึกษาการจัดการฟาร์มจิ้งหรีดแบบเดิม ได้แก่ ผลผลิต ปริมาณของเสียที่สะสมในบ่อเลี้ยง และปัจจัยที่เป็นไปได้เกี่ยวกับกระบวนการย่อยสลายของของเสีย (ศาสตร์, 2018) ในบ่อเลี้ยงต่อการเกิดแก๊สแอมโมเนีย (NH_3) และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) แล้วนำข้อมูลที่วิเคราะห์ที่ได้มาสร้างเงื่อนไขแล้วทดลองเพื่อพิสูจน์การเกิดแก๊สพิษ ดังกล่าวในสภาวะแวดล้อมที่แตกต่างกัน จากนั้นจึงทำการสร้างบ่อเลี้ยงจิ้งหรีดแบบใหม่ที่มีการควบคุมจากเงื่อนไขการทดลองที่ให้ผลผลิตจิ้งหรีดสูงสุด แล้วออกแบบอุปกรณ์ช่วยอำนวยความสะดวกในการทำความสะดวกบ่อเลี้ยง ได้แก่ ตะกร้าเรียงแผงไขให้ยกสูงจากพื้น ซึ่งเป็นอุปกรณ์ช่วยในการจัดการความสะดวกบ่อเลี้ยง เป็นการจัดการแบบใหม่สอดคล้องกับ การทำความสะอาดและบำรุงรักษา ในการจัดทำมาตรฐาน (GAP) หรือ การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มจิ้งหรีด แล้วนำอุปกรณ์และบ่อเลี้ยงดังกล่าวมาทดลองเลี้ยงจิ้งหรีดเพื่อยืนยันผลแล้ว

เปรียบเทียบผลผลิตระหว่างการจัดการแบบเดิมกับแบบใหม่เพื่อชี้ให้เห็นถึงความแตกต่างผลผลิต โดยมีเป้าหมายเพื่อเพิ่มผลผลิตจิ้งหรีดได้

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาการจัดการบ่อเลี้ยงจิ้งหรีดทั่วไป

1.2.2 เพื่อศึกษาการย่อยสลายของของเสียในบ่อเลี้ยงจิ้งหรีดต่อปริมาณแก๊สแอมโมเนีย (NH_3) และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

1.2.3 เพื่อศึกษาปริมาณแก๊สแอมโมเนีย (NH_3) และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

ต่อผลผลิตจิ้งหรีด

1.2.4 เพื่อศึกษาผลผลิตจิ้งหรีดที่ได้จากการควบคุมอุณหภูมิ และการจัดการความสะอาด

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

1.3.1 สืบหาข้อมูลการจัดการฟาร์มจิ้งหรีดโดยทั่วไป ได้แก่ ข้อมูลผลผลิต รูปแบบการเรียงแผงไข่ ของเสียสะสม แล้วสรุปปัญหาที่พบ และ ตั้งสมมติฐานเพื่อแก้ปัญหา

1.3.2 ออกแบบการทดลอง และทดสอบเบื้องต้น

1.3.2.1 ศึกษาความชื้นในของเสีย เพื่อนำมาเป็นตัวแปรควบคุม

1.3.2.2 ศึกษาพฤติกรรมการกระจายอุณหภูมิ แล้วนำมากำหนดตำแหน่งควบคุม

1.3.2.3 ศึกษาพฤติกรรมการกระจายของแก๊สพิษในระดับ Lab scale แล้วนำมา กำหนดตำแหน่งวัด ความเข้มข้นแก๊สแอมโมเนีย (NH_3) และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

1.3.3 ศึกษาอัตราการย่อยสลายของเสีย (Degradation rate) ในเงื่อนไข อุณหภูมิ ความชื้น และความหนาแน่น ที่แตกต่างกัน

1.3.4 ศึกษาการเกิดแก๊สแอมโมเนีย (NH_3) และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในบ่อทดลอง จากเงื่อนไข อุณหภูมิ ความชื้น และความหนาแน่น ที่แตกต่างกัน

1.3.5 ศึกษาปริมาณผลผลิตจิ้งหรีด ในเงื่อนไขความเข้มข้นของแก๊สแอมโมเนีย (NH_3) และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่แตกต่างกัน

1.3.6 ศึกษาการกินอาหารของจิ้งหรีดจากอุณหภูมิที่ต่างกัน

1.3.7 ออกแบบและสร้างบ่อเลี้ยงจิ้งหรีดแบบใหม่โดยมีอุปกรณ์ช่วยจัดการความสะอาด ภายในบ่อเลี้ยงเพื่อลดปริมาณแก๊สพิษที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายของของเสีย เป็นอุปกรณ์อำนวยความสะดวกในการจัดการน้ำและอาหาร รวมถึงติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิในการกินอาหารและการเจริญเติบโตต่อผลผลิตสูงสุด แล้วนำมาทดลองเลี้ยงจิ้งหรีดเปรียบเทียบกับบ่อเลี้ยงทั่วไป

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 เพิ่มผลผลิตจิ้งหรีดจากการควบคุมอุณหภูมิได้

1.4.2 ลดของเสีย ลดแก๊สแอมโมเนีย (NH_3) ลดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ลดเวลาเก็บเกี่ยว และเพิ่มผลผลิตจิ้งหรีดได้

1.4.3 บ่อเลี้ยงจิ้งหรีดแบบใหม่ที่สามารถควบคุมสภาวะในการเจริญเติบโตเพื่อเพิ่มผลผลิตจิ้งหรีดได้

1.5 สถานที่ดำเนินการวิจัย

ศูนย์เรียนรู้เศรษฐกิจพอเพียงบ้านดอนมัน ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม และคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากความสำคัญของจังหวัดในการนำมาเป็นแหล่งอาหารทางเลือกใหม่ซึ่งมีคุณสมบัติโปรตีนสูงต้นทุนในการจัดการต่ำเมื่อเทียบกับปศุสัตว์อื่น (Halloran, 2017) และปัญหาที่พบเกี่ยวกับการจัดการการเลี้ยง จึงมีการสำรวจเอกสารที่เกี่ยวข้องตามระเบียบวิธีวิจัย อันจะนำมาซึ่งเป็นข้อมูลสนับสนุนในการออกแบบการทดลองในขอบเขตที่ได้กำหนดไว้ เพื่อให้งานวิจัยลุล่วงตามวัตถุประสงค์และสอดคล้องกับประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ จึงมีลำดับเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ลำดับรายการเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ลำดับที่	รายการเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
1	ข้อมูลทั่วไปของจังหวัด
2	การผลิตจังหวัด (ต้นน้ำ)
3	การรวบรวมผลผลิต (กลางน้ำ)
4	การตลาด (ปลายน้ำ)
5	ปัญหาที่พบในการจัดการ
6	การออกแบบการทดลอง -การวิเคราะห์ผลทางสถิติ
7	การย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุ -วิธีการศึกษาอัตราการย่อยสลาย -เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาอัตราการย่อยสลาย
8	กลไกการเกิดแก๊สแอมโมเนีย (NH_3) และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในโรงเรือนสัตว์ปีก -วิธีการวัดปริมาณแก๊สแอมโมเนีย และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ -ระดับความเข้มข้นของแก๊สแอมโมเนียต่อสุขภาพสิ่งมีชีวิต -ระดับความเข้มข้นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ต่อสุขภาพสิ่งมีชีวิต -การลดมลพิษจากการสะสมของแก๊สแอมโมเนียและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์
9	ปัจจัยแวดล้อมที่ส่งผลต่อการกินอาหารและการเติบโตของสิ่งมีชีวิต -ค่าดัชนีความเครียดจากความร้อน (Heat Stress Index)

	-ปัจจัยแทรกสอดต่อการเสียชีวิตของจิ้งหรีด -เครื่องมือวัดและควบคุมอุณหภูมิ
	การประเมินสรีระวิทยาของสิ่งมีชีวิต
11	การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มจิ้งหรีด -การจัดทำมาตรฐาน GAP
12	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้อมูลทั่วไปของจิ้งหรีด

ปัจจุบันจะเห็นได้ว่ามีคนนิยมบริโภคสัตว์จำพวกแมลงกันมากขึ้น เช่น แมลงกิบูน (จิงูน) แมลงกูดจี แมลงดานา ตัวอ่อนผึ้ง มดแดง ตัวอ่อนของต่อ จิ้งโกร่ง จิ้งหรีด ตั๊กแตน แมลงกระซอน แมลงเหนียง แมลงตับเต่า(ด้วงดิ่ง) แมลงมัน แมลงเม่า แมลงค่อมทอง หนอน และด้กแต่ใหม่ เป็นต้น จิ้งหรีดเป็นแมลงกินได้ชนิดหนึ่ง ที่คนนิยมบริโภคกันมากโดยการทอด คั่ว แกง อีกทั้งยังเป็นแหล่งอาหารที่มีโปรตีนสูงถึง 12.9% ซึ่งใกล้เคียงกับปริมาณโปรตีนที่พบในไข่ไก่ 12.7% (กองโภชนาการ, 2521; ทศนีย์ทศนีย์, ชำญชัย และพิชญ, 2547; Hanboonsong, Jamjanya and Durst, 2013)

จิ้งหรีดเป็นแมลงที่มีลำตัวขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ ขาคู่หลังส่วนต้นมีขนาดใหญ่ และแข็งแรง ใช้สำหรับกระโดด ขาคู่หน้ามีขนาดเล็กกว่าขาคู่หลังมาก ใช้สำหรับเดินและเขี่ยอาหาร มีหนวดยาว 2 เส้น ขนาดเท่าเส้นผมคนเรา ความยาวหนวดประมาณ 3-5 ซม. และมากกว่าลำตัว หนวดมีหน้าที่รับความรู้สึก และรับกลิ่นอาหาร มีปากเป็นแบบกัดกิน ปีกขวาทับปีกซ้าย ปีกคู่หน้าปกคลุมด้วยฟิล์มบางๆ

ชื่อวิทยาศาสตร์ Acheta testacea Walker

ชื่อสามัญ Cricket

ชื่อท้องถิ่น กั๊ดด

วงศ์ Orthoptera

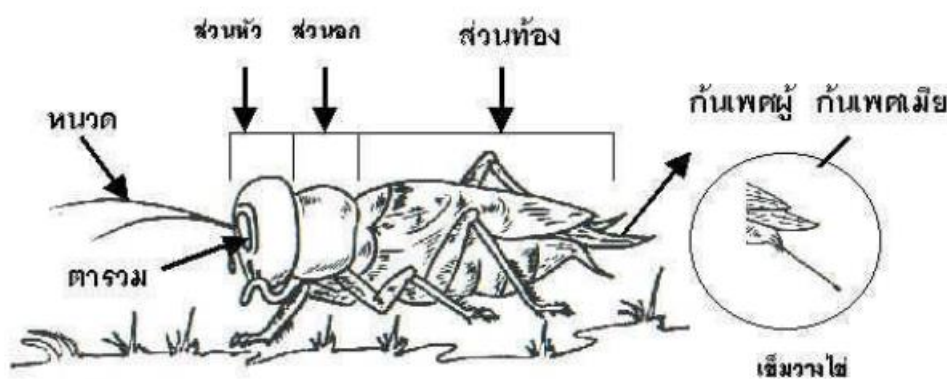
ลักษณะทั่วไปของจิ้งหรีด

รูปร่างสั้น ลำตัวแบ่งเป็น 3 ส่วนใหญ่ ๆ ได้แก่ ส่วนหัว (head) เป็นที่ตั้งของตารวม (compound eyes) และตาเดี่ยว (ocelli) ปากแบบกัดกิน (chewing type) หนวดแบบเส้นด้าย (filiform) ส่วนอก (thorax) เป็นที่ตั้งของขา 3 คู่ขาคู่หน้าแบบเดิน (walking legs) และขาคู่หลัง

แบบกระโดด (jumping legs) มีฝ่าเท้า (tarsi) 3 ปล้อง มีอวัยวะฟังเสียง (tympanum) ที่ปล้องทิเบีย (tibia) ของขาคู่หน้า ปีกคู่หน้ามีเนื้อปีกทึบแบบ (tegmina) ปีกคู่หลังบางใส (membrane) ส่วนท้อง (abdomen) เป็นที่ตั้งของรยางค์แพนหาง (cerci) ที่มีหน้าที่รับความรู้สึก อวัยวะวางไข่ (ovipositor) พบในจิ้งหรีดเพศเมีย ใช้ในการวางไข่ลักษณะเป็นท่อยาวปลายแหลม และเพศผู้มีปีกคู่หน้ายื่นสีกัน เพื่อทำเสียงดังจิ้งหรีดเพศเมียในการสืบพันธุ์ การเจริญเติบโตระยะฟักไข่ จะเจริญเติบโตเป็นตัวอ่อน (nymph) มีการลอกคราบ และมีขนาดใหญ่มากขึ้นเรื่อย ๆ ระยะตัวอ่อนสุดท้าย มีตุ่มปีกชัดเจนจนกระทั่งเป็นตัวเต็มวัย การเปลี่ยนแปลงรูปร่าง เรียกว่า Incomplete metamorphosis จิ้งหรีดโดยทั่วไป สามารถแยกเพศได้เมื่อถึงช่วงกลางของระยะตัวอ่อน โดยที่พบสังเกตได้จากอวัยวะวางไข่ของ เพศเมียปรากฏออกมาในระยะนั้น (Walker, 1989) ลักษณะทั่วไปของจิ้งหรีด แสดงดัง ภาพที่ 1 และ 2

ชีววิทยาของจิ้งหรีด

ลักษณะทางกายภาพโดยทั่วไปประกอบด้วย 3 ส่วนคือ ส่วนหัว ส่วนอก และส่วนท้อง แสดงดังนี้



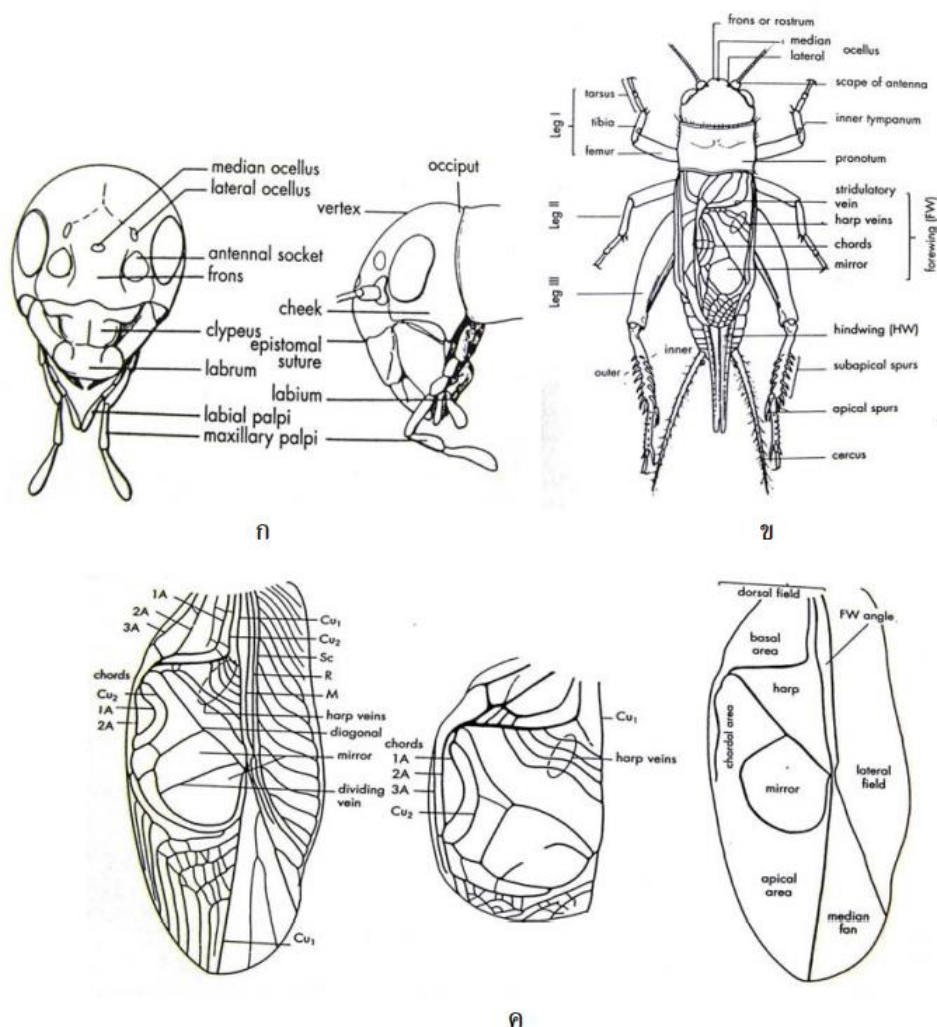
ภาพที่ 1 ลักษณะทั่วไปของจิ้งหรีด

(ที่มา <https://esc.doae.go.th>)

ส่วนหัว ประกอบด้วย ตา หนวด ปาก คอ และรอยต่อกะโหลกศีรษะ

ส่วนอก มี 3 ปล้อง ปล้องแรกมีขาหน้า 1 คู่ ปล้องกลางมีขาคู่กลาง 1 คู่ และมีปีกคู่หน้า 1 คู่ ซึ่งปีกนี้ใช้แยกเพศของจิ้งหรีดได้ด้วย โดยจิ้งหรีดตัวผู้ปีกนอกคู่หน้ามีลวดลายหยักส่วนตัวเมียจะมีผิว

เรียบ ปล้อง หลังมีขาคู่หลัง และยังมีปีกคู่หลัง ซึ่งเวลาหุบจะซ่อนอยู่ด้านใน
ส่วนท้อง เมื่อเติบโตเต็มที่แล้วจะมีปล้องจำนวน 11 ปล้อง



ภาพที่ 2 ลักษณะพื้นฐานภายนอกของจิ้งหรีด

ก) ส่วนหัว ข) รูปร่างภายนอก ค) ปีกของเพศผู้ (Otte and Alexander, 1983)

วงจรชีวิตของจิ้งหรีด

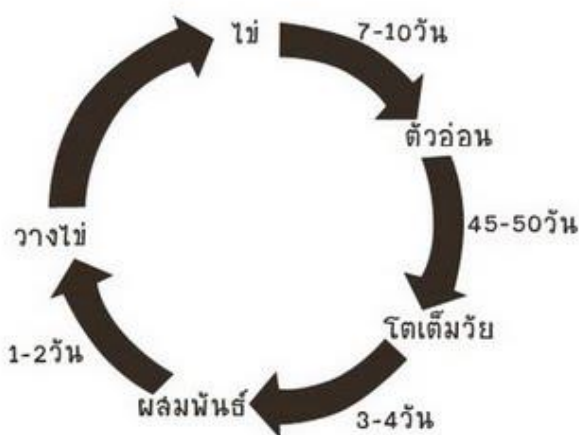
จิ้งหรีดมีระยะการเจริญเติบโต แบ่งออกได้เป็น 3 ระยะ คือ

- 1) ระยะไข่ ไข่จิ้งหรีดจะมีสีเหลืองรวมกันเป็นกลุ่มในดิน ลักษณะยาวเรียวคล้ายเมล็ดข้าวสาร ความกว้างของไข่ 5.1 มิลลิเมตร ความยาว 2.38 มิลลิเมตร วางไข่ ตัวเมียเริ่มวางไข่เมื่อผสมพันธุ์ผ่านไป 3-4 วัน วางไข่ไว้ใต้ดิน เป็นกลุ่มๆ ละ 3-4 ฟอง ตลอดอายุขัยจิ้งหรีดเพศเมียสามารถวางไข่ได้

600-1,000 ฟอง ซึ่งจะวางไข่เป็นรุ่นๆ ได้ประมาณ 4 รุ่นๆละ 200-300 ฟอง แต่ละรุ่นใช้เวลาห่างกันประมาณ 15 วัน หลังจากนั้นประมาณ 3 สัปดาห์จะเห็นลูกจิ้งหรีดที่ฟักออกจากไข่นับพันตัว ระยะไข่ใช้เวลาประมาณ 7 วัน จึงฟักออกมาเป็นตัวอ่อน

2) ระยะตัวอ่อน ไข่จิ้งหรีดเมื่อฟักออกมาเป็นตัวอ่อน จะมีลักษณะคล้ายมด ฟักออกจากไข่ช่วงแรกไม่มีปีก จะเริ่มมีตุ่มปีกในเมื่อถึงกลางวัยอ่อน และมีการเจริญเติบโตโดยการลอกคราบประมาณ 8 ครั้ง จึงจะเป็นตัวเต็มวัย ตัวอ่อนเมื่อโตขึ้นเริ่มมีปีก เรียกว่า ระยะใส่เสื้อก๊ ก มีระยะก๊ กเล็ก มีติ่งปีก และก๊ กใหญ่ มีติ่งปีกยาว ระยะตัวอ่อนพันธุ์จิ้งหรีดทองคำใช้เวลาประมาณ 35-40 วัน แต่ถ้าพันธุ์ทองแดงใช้เวลาประมาณ 46-50 วัน จึงจะลอกคราบเป็นตัวเต็มวัย

3) ระยะตัวเต็มวัย มีปีก 2 คู่ เป็นระยะที่สามารถแยกเพศได้ชัดเจน โดยการสังเกตความแตกต่างของ เพศผู้และเพศเมีย เพศผู้จะมีปีกคู่หน้ายื่น มีหนามไว้ทำเสียง สามารถทำให้เกิดเสียงขึ้นได้โดยใช้ปีกคู่หน้าถูกันจะทำให้เกิดเสียง เสียงที่จิ้งหรีดทำขึ้นเป็นการสื่อสารที่มีความหมายของจิ้งหรีด เพศเมียจะมีปีกหน้าเรียบ และมีอวัยวะวางไข่ยาวแหลมคล้ายเข็มยื่นออกมาจากส่วนท้อง อายุวัยแก่ประมาณ 38-49 วัน โดยทั่วไป จิ้งหรีดตัวเต็มวัยจะมีอายุเฉลี่ยประมาณ 45-60 วัน



วงจรชีวิตจิ้งหรีด

การจัดการจิ้งหรีดประกอบด้วย การผลิต การแปรรูป และการตลาด เพื่ออธิบายให้ครอบคลุมจึงมีนิยามศัพท์เฉพาะ ต้นน้ำ กลางน้ำ และปลายน้ำ ดังนี้

นิยามศัพท์เฉพาะ

การจัดการจิ้งหรีด หมายถึง ขบวนการที่ทำความเกี่ยวกับกิจกรรมต่าง ๆ ในการเลี้ยงจิ้งหรีด ประกอบด้วย ต้นน้ำ กลางน้ำ และปลายน้ำ

ต้นน้ำ หมายถึง กิจกรรมต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตจิ้งหรีด ซึ่งเกี่ยวกับสถานที่ตั้งฟาร์มหรือโรงเรือน โรงเรือน วัสดุอุปกรณ์ การเลือกสายพันธุ์ สภาพแวดล้อม การเลี้ยงและการดูแล ตลอดจนเก็บเกี่ยว

กลางน้ำ หมายถึง กิจกรรมต่างๆ ที่เกี่ยวกับการรวบรวมผลผลิตแล้วนำไปจำหน่าย ได้แก่ การตลาด และแปรรูป รวมถึงการขนส่งซึ่งเกี่ยวข้องกับพ่อค้าคนกลาง

ปลายน้ำ หมายถึง กลุ่มลูกค้าหรือกลุ่มผู้บริโภคส่วนน้อย เกี่ยวกับการนำไปประกอบอาหารตามความต้องการ หรือนำไปเป็นเหยื่อตกปลา

2.2 การผลิตจิ้งหรีด (ต้นน้ำ)

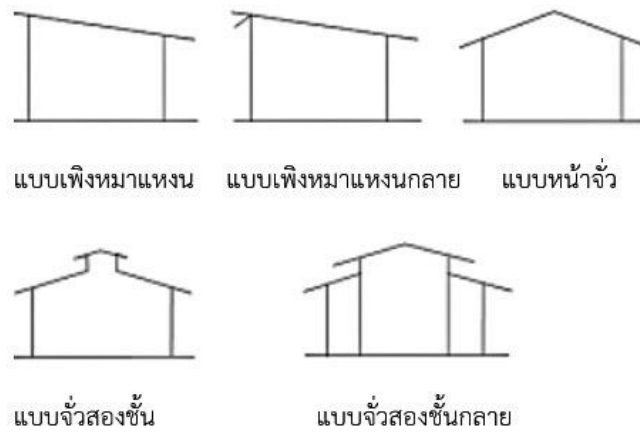
การผลิตจิ้งหรีดเป็นการจัดการเกี่ยวกับต้นน้ำซึ่งประกอบด้วย 7 องค์ประกอบหลักคือ สถานที่ตั้งฟาร์มหรือโรงเรือน โรงเรือน วัสดุอุปกรณ์ การเลือกสายพันธุ์ วิธีการเลี้ยง การเก็บเกี่ยว และสภาพแวดล้อม (วภาวี, 2563)

2.2.1 สถานที่ตั้ง

ทำเลที่ตั้งฟาร์มเป็นองค์ประกอบที่ต้องให้ความสำคัญ โดยคำนึงถึงความสะดวกในด้านการจัดการ การเลี้ยง การป้องกัน การควบคุมโรค การกำจัดโรคและศัตรูจิ้งหรีด พื้นที่ในการเลี้ยงต้องไม่เสี่ยงต่อการปนเปื้อนที่เป็นอันตรายต่อจิ้งหรีด เช่น ขยะโรงงาน อุตสาหกรรม สารเคมี ฯลฯ ห้ามมีควันไฟบกรวน และคมนาคมสะดวก รวมทั้งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ชุมชน และกฎหมายข้อบังคับที่เกี่ยวข้องกับการตั้งกิจการฟาร์มเลี้ยงสัตว์

2.2.2 โรงเรือน

โรงเรือนในการเพาะเลี้ยงจิ้งหรีดไม่มีรูปแบบเฉพาะตัว ส่วนใหญ่เป็นการดัดแปลงบริเวณภายในที่พักอาศัย เช่น ชายคาบ้าน โรงรถ แต่หากโรงเรือนสำหรับการเลี้ยงแบบเฉพาะนั้น อาจเป็นโรงเรือนในรูปแบบต่างๆ เช่น แบบเพิงหมาแหงน และแบบหน้าจั่ว เป็นต้น โรงเรือนควรมีความทนทาน สามารถระบายความร้อนและถ่ายเทอากาศได้ดี ป้องกันแดด และฝนได้ดี ทำความสะอาดง่าย สามารถป้องกันศัตรูจิ้งหรีดได้ (อภิชาติ และทองพูล, 2557) ลักษณะโรงเรือน ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 โรงเรือนในการเพาะเลี้ยงจิ้งหรีด
(ที่มา คู่มือการเลี้ยงจิ้งหรีดฉบับประชาชน, 2564)

2.2.3 วัสดุอุปกรณ์

วัสดุอุปกรณ์ คือส่วนหนึ่งของการผลิตจิ้งหรีดซึ่งมี 8 ส่วนประกอบ ดังนี้

1. บ่อเพาะเลี้ยง มีหลายรูปแบบ เช่น บ่อซีเมนต์ ถัง ก่อลอยตาข่าย ก่อลอยไม้อัด กะละมัง ปากกว้าง ก่อลอยที่ทำจากแผ่นสมาร์ทบอร์ด ก่อลอยที่ทำจากแผ่นยิปซัมบอร์ด หรือวัสดุอื่นที่ประยุกต์ขึ้นมาเพื่อวัตถุประสงค์ในการเลี้ยงโดยเฉพาะ ส่วนใหญ่นิยมใช้แบบก่อลอยที่ทำจากแผ่นยิปซัมบอร์ด มีขนาด (กว้าง 2.4 เมตร x ยาว 1.2 เมตร x สูง 0.9 เมตร) ซึ่งเลี้ยงในพื้นที่จำกัดได้ ใช้พื้นที่น้อยทำให้เป็นที่นิยมของเกษตรกรรายใหม่ เพราะลงทุนน้อย ดูแลง่ายเคลื่อนย้ายสะดวก บ่อเลี้ยงที่ทำจากแผ่นยิปซัมบอร์ด ดังภาพที่ 4

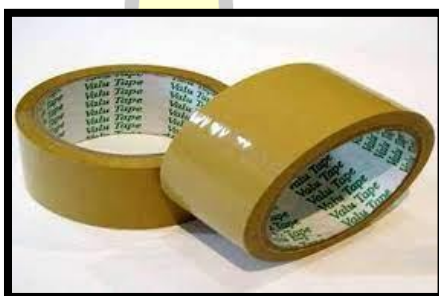


ภาพที่ 4 บ่อเลี้ยงจิ้งหรีดที่ทำจากแผ่นยิปซัมบอร์ด
(ที่มา คู่มือการเลี้ยงจิ้งหรีดฉบับประชาชน, 2564)



ภาพที่ 5 บ่อเลี้ยงจิ้งหรีดที่ทำจากปูนซีเมนต์
(ที่มา <https://www.palangkaset.com>)

2. เทปกาวฉนวน ใช้เทปกาวฉนวนกว้างประมาณ 5 เซนติเมตร โดยติดด้านในขอบของภาชนะเพาะเลี้ยง ลงมาจากขอบบ่อด้านบนประมาณ 5 เซนติเมตร เพื่อป้องกันไม่ให้จิ้งหรีดปีนหนีออกไปนอกภาชนะเพาะเลี้ยง



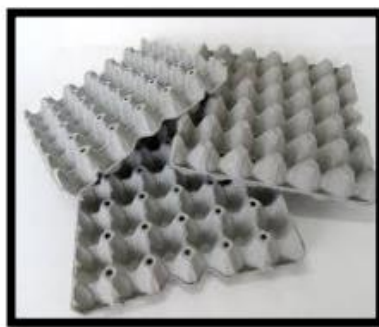
ภาพที่ 6 เทปกาวฉนวน
(ที่มา <https://esc.doae.go.th>)

3. ตาข่ายพลาสติก ใช้ตาข่ายพลาสติกสีฟ้า/ม่วงเขียว เพื่อใช้คลุมปากบ่อด้านบน สำหรับป้องกันศัตรู เช่น จิ้งจก หนู งู เป็นต้น

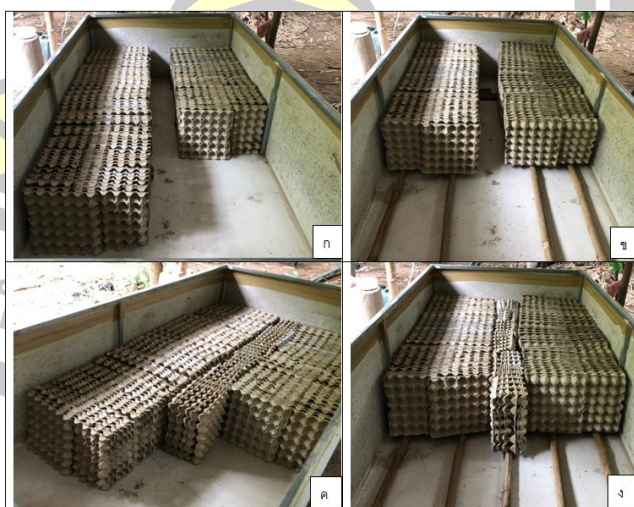


ภาพที่ 7 ตาข่ายพลาสติก
(ที่มา <https://esc.doae.go.th>)

4. วัสดุหลบซ่อน ที่นิยมใช้คือ แผงวางไข่ที่ทำจากกระดาษอัด มีไว้สำหรับให้จิ้งหรีดหลบซ่อน ตัวหลังการลอกคราบ เกษตรกรวางเรียงแผงไข่หลายแบบดังภาพที่ 8 เรียงเว้นช่องว่างชิดพื้น (ก) ข้อดี ไม่ต้องหาอุปกรณ์รองพื้นให้สูงขึ้น อากาศถ่ายเทได้ดีเพราะมีร่องกลาง เกษตรกรบางรายเรียงแผงไข่ไม่เว้นช่องว่างชิดพื้น (ค) เพื่อเพิ่มพื้นที่หลบซ่อนจิ้งหรีด และรูปแบบ (ข) และ (ง) จะยกพื้นสูงด้วย ไม้รองพื้นรูปแบบนี้จะช่วยทั้งการถ่ายเทอากาศให้หมุนเวียนในบ่ออย่างทั่วถึง และสามารถรองรับของเสีย เช่น มูล เศษอาหารหรือซากแมลงได้มากขึ้น อย่างไรก็ตามเกษตรกรส่วนใหญ่จะเรียงแผงไข่ยกสูงจากพื้นเพราะมีข้อดีดีกว่าการเรียงชิดพื้นดังกล่าว แต่อาจเป็นเพราะความยุ่งยาก ไม่สะดวกในการจัดหาอุปกรณ์ ทำให้ไม่เรียงแบบยกสูงนอกจากนี้การเรียงแผงไข่ซ้อนต่อเนื่องกันจะทำให้การทำความสะดวกบ่อเลี้ยงมีความยุ่งยากและหากทำความสะอาดจะทำให้จิ้งหรีดออกจากบ่อเลี้ยงได้ง่าย ทำให้เกษตรกรเลือกที่จะทำความสะอาดบ่อเลี้ยงครั้งเดียวตอนเก็บเกี่ยวและเพื่อเตรียมเลี้ยงรุ่นต่อไป



ภาพที่ 8 แผงไข่กระดาษ
(ที่มา <https://esc.doae.go.th>)



ภาพที่ 9 รูปแบบการเรียงแผงไข่

ก) เรียงเว้นช่องกลางชิดพื้น ข) เรียงเว้นช่องกลางยกสูง ค) เรียงเต็มบ่อชิดพื้น ง) เรียงเต็มบ่อยกสูง

5. อาหารและน้ำ นิยมใช้เป็นภาชนะพลาสติกขนาดต่างๆ ที่ทำความสะอาดง่าย มีการนำก้อนหินมาเป็นส่วนหนึ่งของภาชนะใส่น้ำเป็นพื้นเหยียบ เพื่อให้จิ้งหรีดไม่จมน้ำตาย



ภาพที่ 10 ภาชนะใส่น้ำและอาหาร
(ที่มา www.palangkaset.com)

6. วัสดุรองพื้น วัสดุที่นิยมใช้คือ แกลบดิบ ใช้เพื่อดูดซับความชื้นภายในภาชนะเพาะเลี้ยง และยังช่วยป้องกันไม่ให้เกิดเชื้อรา ซึ่งจะสร้างความเสียหายและก่อให้เกิดโรคได้



ภาพที่ 11 แกลบ วัสดุรองพื้น
(ที่มา (<http://blog.arda.or.th>))

7. ภาชนะรองไข่ ภาชนะที่นิยมใช้คือ ขันพลาสติก กล่องโฟม ภาชนะพลาสติก โดยภายในบรรจุแกลบดำ เพื่อเป็นวัสดุที่ใช้สำหรับวางไข่



ภาพที่ 12 ภาชนะรองไข่จิ้งหรีด
(ที่มา www.palangkaset.com)

8. อาหาร อาหารของจิ้งหรีด แบ่งเป็นอาหารหลักและอาหารเสริม อาหารหลักจะใช้อาหาร เฉพาะสำหรับจิ้งหรีดหรืออาหารชนิดสำหรับสัตว์ปีกดังภาพที่ 13 และมีอาหารเสริม คือ วัชพืช ผัก หรือพืชไร่ทั่วไปที่มีใบอ่อนนุ่ม เช่น ใบผักทอง ผักบุ้ง ผักกาด ใบมัน ลำปะหลัง ดังภาพที่14



ภาพที่ 13 อาหารหลักในการเลี้ยงจิ้งหรีด
(ที่มา <https://shopee.co.th>)



ภาพที่ 14 อาหารเสริมที่ใช้ในการเลี้ยงจิ้งหรีด
(ที่มา <https://esc.doae.go.th>)

2.2.4 สายพันธุ์

จิ้งหรีดสามารถพบได้ในทั่วโลก โดยเฉพาะในเขตร้อนขึ้นพบแล้วประมาณ 900 ชนิด ที่พบในประเทศไทย และเป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย มี 4 ชนิด ดังนี้

1. จิ้งโกร่ง (*Brachtrupes Portentosus* Lichtenstein)

จิ้งหรีดชนิดนี้บางพื้นที่เรียก จิโป้ม จีนาย เป็นต้น เป็นจิ้งหรีดขนาดใหญ่ ประกอบด้วยส่วนหัว ส่วนอก และส่วนท้อง ลำตัวทุกส่วนมีสีน้ำตาล ยกเว้นขาคู่หลังส่วนบนมีสีเหลือง และส่วนท้องมีสีครีม โดเต็มวัย ลำตัวกว้างประมาณ 1 เซนติเมตร ยาวประมาณ 3.5-4.0 เซนติเมตร มีหนวดยาว ขุดรูตาม ดินร่วนปนทราย ภายในรูที่ความลึก 5-10 เซนติเมตร มีรูแยก 1 รู เพื่อหลบภัย บริเวณรอยแยกของรู เป็นโพรงใหญ่สำหรับเก็บอาหาร รูหลักยาวประมาณ 30-50 เซนติเมตร ลึกประมาณ 20-30 เซนติเมตร กลางวันจะปิดปากรู และอาศัยอยู่ภายในกลางคืนออกหากิน และส่งเสียงร้อง ลักษณะของจิ้งโกร่งแสดงดังภาพที่ 15



ภาพที่ 15 จิ้งโกร่ง

(ที่มา <http://oknation.nationtv.tv>)

2. จิ้งหรีดทองดำ (*Gryllus Bimaculatus* Degeer)

เป็นจิ้งหรีดขนาดกลาง บางพื้นที่เรียก จิโหล่น ประกอบด้วยส่วนหัว ส่วนอก และส่วนท้อง ลำตัว และปีกมีสีดำ หรือน้ำตาลปนดำทั้งตัว โดเต็มวัยลำตัวกว้างประมาณ 0.6-0.7 ซม. ยาวประมาณ 2.8-3.0 ซม. มีหนวดยาว ตัวผู้ส่วนหัวและอกมีสีดำ ปีกคู่หน้าย่น ปีกมีสีน้ำตาลออกเหลืองเล็กน้อย โดยเฉพาะโคนปีกที่มีสีเหลืองแกม ส่วนตัวเมียส่วนหัว และอกมีสีดำ ปีกคู่หน้าเรียบ ปีกมีสีดำสนิท โคนปีกมีแต้มสีเหลือง 2 จุด ปลายปีกหลังทั้งตัวผู้ตัวเมื่อยาวมากกว่าลำตัว ปลายท้องมีแพนหาง ยาว 1 คู่ ชอบอาศัยตามกองไม้ กองใบไม้ ร่องดินออกหากินในเวลากลางคืน และไม่ขุดรูอาศัย ลักษณะจิ้งหรีดทองดำแสดงดังภาพที่ 16



ภาพที่ 16 จิ้งหรีดทองดำ
(ที่มา <http://oknation.nationtv.tv>)

3. จิ้งหรีดทองแดง (*Teleogryllus Testaceus* Walker)

บางพื้นที่เรียก จิ้งหรีดนิล หรือ จินาย หรือ จิ้งหรีดพม่า เป็นจิ้งหรีดขนาดกลาง ประกอบด้วย ส่วนหัว ส่วนอกและส่วนท้อง โตเต็มวัยลำตัวกว้างประมาณ 0.5-0.6 ซม. ยาวประมาณ 2.5-2.80 ซม. ลำตัวทุกส่วนมีสีน้ำตาลเข้ม บริเวณหัวเหนือขอบตามีแถบสีน้ำตาลเข้มรูปตัว V ตัวผู้มีสีลำตัวทุกส่วนเข้มกว่าตัวเมีย ด้านล่างท้องมีสีครีม เคลื่อนที่ได้ว่องไว ชอบอาศัยตามกองไม้ กองใบไม้ ร่องดิน ออกหากินในเวลากลางคืน และไม่ขุดรูอาศัย ลักษณะจิ้งหรีดทองแดงแสดงดังภาพที่ 17



ภาพที่ 17 จิ้งหรีดทองแดง
(ที่มา <http://oknation.nationtv.tv>)

4. จิ้งหรีดทองลาย (Modicogryllus Confirmata Walker)

จิ้งหรีดทองลายหรือจิ้งหรีดบ้านหรือที่ชาวบ้านนิยมเรียกว่า แมงสะตัง (Acheta domesticus L.) ตัวผู้และตัวเมียมีอายุเต็มวัย 38-60 วัน เป็นจิ้งหรีดขนาดกลาง ประกอบด้วยส่วนหัว ส่วนอก และส่วนท้อง ลำตัวทุกส่วนมีสีเหลืองแกมน้ำตาล มีลักษณะสีเป็นลาย ลำตัวกว้างประมาณ 0.4-0.55 ซม. ยาวประมาณ 2.0- 2.5 ซม. ตัวเมียลำตัวมีสีน้ำตาลปนเหลือง ปีกคู่หน้าเรียบ มีสีน้ำตาลเป็นลายเส้นชัดเจน ปีกคลุมปลายท้องไม่มี มีอวัยวะวางไข่คล้ายเข็มสีน้ำตาล ยาวประมาณ 1.2 ซม. ยาวกว่าแพนหางเล็กน้อย ตัวผู้มีสีลำตัวเข้มกว่าตัวเมีย และมีลายแต้มที่หัว ปีกคู่หน้ายื่นปลายท้องมีแพนหาง จิ้งหรีดชนิดนี้ ชอบอาศัยตามกองไม้ กองใบไม้ ร่อง ดิน ออกหากินในเวลากลางคืน และไม่ขุดรูอาศัย ลักษณะจิ้งหรีดทองลายแสดงดังภาพที่ 18

จิ้งหรีดบ้าน นับเป็นสัตว์เศรษฐกิจที่ทำรายได้ที่ให้แก่เกษตรกร นิยมเลี้ยงเป็นฟาร์ม คาดว่ามีประมาณ เกือบ 20,000 ครัวเรือนที่ทำฟาร์มเลี้ยงโดยกระจายอยู่ทุกภาค แต่พบมีการเลี้ยงจิ้งหรีดมากในภาค ตะวันออกเฉียงเหนือ (Hanboonsong et al., 2013) เกษตรกรบางรายสามารถเลี้ยงจิ้งหรีดได้ผลผลิตในแต่ละรุ่นสูงถึง 1-2 ตัน ขายส่งกิโลกรัมละ 80-100 บาท (ทัศนีย์, 2555) ซึ่งถ้ามีการบริหารจัดการที่ดีสามารถทำให้ เกษตรกรเลี้ยงจิ้งหรีดบ้านได้ 6-7 รุ่นต่อปี แต่ในปัจจุบันปัญหาหลักของการเลี้ยงจิ้งหรีดคือต้นทุนการเลี้ยงจิ้งหรีดที่มีราคาสูง ซึ่งมากกว่า 50% ของค่าการผลิตเป็นค่าอาหาร จากการสำรวจของ (ชนะพงษ์, 2550) และ (ณรงค์ศักดิ์, 2553) พบว่า เกษตรกรมักเลี้ยงจิ้งหรีดบ้านด้วยอาหารไก่ สำเร็จรูปที่มีโปรตีน 21% ทำให้ต้นทุนค่าอาหารสูงถึง 60-68% นอกจากนี้ การแปรรูปจิ้งหรีดเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆขายในตลาดยังไม่มีหลากหลายชนิด โดยมากมีแต่ในรูปของ การทอด การคั่ว ขายวันต่อวัน (Hanboonsong, 2010)

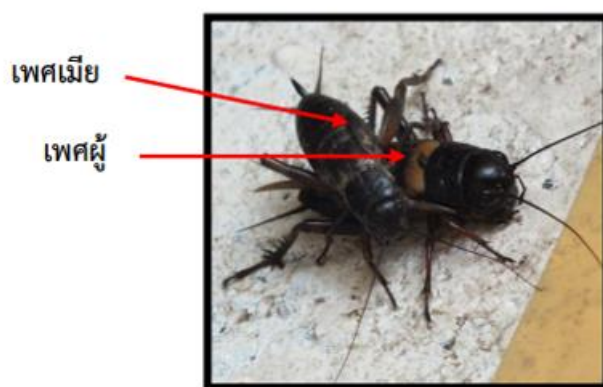


ภาพที่ 18 จิ้งหรีดทองลาย

(ที่มา <http://oknation.nationtv.tv>)

การผสมพันธุ์และการวางไข่ของจิ้งหรีด

เมื่อลอกคราบเป็นตัวเต็มวัยประมาณ 3-4 วัน ก็จะเริ่มผสมพันธุ์ ตัวผู้จะส่งเสียงเรียกหาตัวเมีย จะส่งเสียงดังและร้องเป็นช่วงยาว ๆ เพื่อให้ตัวเมียเข้ามาอยู่ใกล้ ๆ จิ้งหรีดจะอาศัยเสียงร้องเท่านั้น จึงจะเห็นเพศตรงข้าม เนื่องจากสายตาคำไม่ดี หนวดรับการสัมผัสไม่ค่อยดีจะสังเกตได้ เมื่อตัวเมียเกาะอยู่หนึ่ง ๆ ตัวผู้จะเดินผ่านไปทั้ง ๆ ตัวเมียอยู่ใกล้ เมื่อพบตัวเมียแล้วเสียงร้องจะเบาลงเป็นจังหวะสั้น ๆ กริก..กริก..กริก.. ถอยหลังเข้าหาตัวเมีย เพื่อให้ตัวเมียขึ้นคร่อมรับการผสมพันธุ์ใช้เวลา ประมาณ 10 – 15 นาที โดยตัวผู้จะยื่นอวัยวะเพศแทงไปที่อวัยวะเพศเมีย แล้วปล่อยถุงน้ำเชื้อมีลักษณะปลาย เป็นลูกศรออกไปติดที่อวัยวะเพศเมีย หลังจากนั้นถุงน้ำเชื้อจะฝ่อลง ตัวเมียจะใช้ขาเกี่ยวถุงน้ำเชื้อทิ้งไป ลักษณะการผสมพันธุ์ของจิ้งหรีดแสดงดังภาพที่ 19



ภาพที่ 19 การผสมพันธุ์ของจิ้งหรีด
(ที่มา <https://esc.doae.go.th>)

การวางไข่

จิ้งหรีดเพศเมียหลังจากผสมพันธุ์แล้ว 3-4 วัน จะเริ่มวางไข่โดยการใช้อวัยวะวางไข่ที่ยาวแหลมคล้ายเข็มที่อยู่ส่วนท้ายแทงลงในดินที่มีความชื้นพอประมาณ ซึ่งจะแทงลึกลงไปประมาณ 1-1.5 เซนติเมตร โดยทั่วไปจิ้งหรีดจะวางไข่เป็นกลุ่มๆ ไข่จิ้งหรีด มีสีเหลืองอ่อนๆ หรือขาวครีม ลักษณะยาวเรียว คล้ายเมล็ด ข้าวสาร ลักษณะการวางไข่แสดงดังภาพที่ 20



ภาพที่ 20 การวางไข่
(ที่มา <https://esc.doae.go.th>)

การสื่อภาษาของจิ้งหรีด

การทำเสียงของจิ้งหรีด ทำได้เฉพาะจิ้งหรีดเพศผู้ โดยการใช้ปีกคู่หน้าถูหรือสีกัน ปกติจิ้งหรีดเกาะพักตัวปีกจะซ้อนกันเหนือลำตัว ในเพศผู้ปีกคู่หน้าปีกขวาจะทับปีกซ้าย เพศเมียปีกซ้ายทับปีกขวา การทำเสียงโดยยกปีกคู่หน้าขึ้น ไข้ขอบของโคนปีกซ้ายถูหรือสีกับฟันซี่เล็ก ๆ ที่เรียงกันเป็นแถวที่โคนด้านในของปีกขวา มีจังหวะเสียงจากการโยกตัว ลักษณะเสียงจะบ่งบอกถึงพฤติกรรมในการสื่อสารขณะนั้น เช่น

- 1) เสียง กริก...กริก...กริก... นาน ๆ แสดงว่าอยู่โดดเดี่ยวหรือต้องการหาคู่
- 2) เสียง กริก...กริก...กริก... มีลากเสียงยาว แสดงว่าเป็นการบ่งบอกถึงอาณาเขตที่อยู่อาศัย
- 3) เสียง กริก...กริก...กริก... เบา ๆ และถี่ ๆ ติดต่อกัน แสดงว่าต้องการผสมพันธุ์ พฤติกรรมนี้เพศผู้จะทำเสียง กริก...กริก... ๆ โดยการถอยหลังเข้าหาเพศเมีย ถ้าเพศเมียเป็นใจด้วยก็จะขึ้นคร่อมเพศผู้ทำการ ผสมพันธุ์
- 4) เสียง กริก...กริก...กริก... ยาวตึง ๆ 2 - 3 ครั้ง แสดงว่าโกรธหรือส่งเสียงขณะกัดกันระหว่างเพศผู้กับเพศผู้ เพื่อแย่งความเป็นเจ้าของ หรือระหว่างเพศผู้กับเพศเมียก็ได้ เมื่อเพศเมียไม่ยอมเป็นใจขึ้นคร่อมผสมพันธุ์

2.2.5 วิธีการเลี้ยงและการดูแล

การเลี้ยงและดูแลจิ้งหรีดจะมีวิธีการจัดการตามระยะการเจริญเติบโต ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 3 ระยะ ดังนี้

1. การเลี้ยงจิ้งหรีดวัยอ่อน หลังจากบ่มไข่แล้ว เมื่อจิ้งหรีดเริ่มฟักตัวค่อยย้ายไปลงบ่อ เปิดปาก กระสอบที่ใช้อบ ปล่อยให้จิ้งหรีดได้ออกมาจากกระสอบให้หมดจึงย้ายดินออก ลูกจิ้งหรีดช่วงนี้จะขนาดตัวเล็กมากคล้ายๆ มด ต้องดูแลให้ด้ทั้งการให้น้ำและอาหาร การให้น้ำช่วงเป็นตัวอ่อน ควรใช้ฟองน้ำ หรือผ้าชุบน้ำให้ชุ่มแล้ววางในบ่อเลี้ยงจิ้งหรีด ตัวอ่อนจิ้งหรีดจะมาดูดกินน้ำที่ฟองน้ำ ไม่ควรให้น้ำโดยใส่ถ้วย จาน หรือถาดอาหารสูง เพราะจะทำให้จิ้งหรีดที่ตัวเล็กตกลงไปตายได้ หรือให้น้ำจิ้งหรีดได้ด้วยการวางใบตองและสเปรย์ฉีดพ่นน้ำ ซึ่งจะเหมือนธรรมชาติ อีกทั้งการฉีดพ่นละอองน้ำยังช่วยให้จิ้งหรีดคลายร้อน ลดความเครียดของจิ้งหรีดได้ การให้อาหาร ช่วงระยะแรกเกิด จะให้อาหารผงละเอียดเนื่องจากจิ้งหรีดตัวเล็ก อาหารที่ให้เป็นอาหารไก่เล็กหรืออาหารสำเร็จรูปสำหรับจิ้งหรีดโดยเฉพาะควรมีโปรตีนอาหารอยู่ที่ 21% มีความน่ากิน ย่อยง่าย ดูดซึมไปใช้ประโยชน์ได้สูง ให้อาหารทีละน้อยๆ แต่ต้องมีพื้นที่ให้อาหารเพียงพอ เพื่อให้จิ้งหรีดกินอาหารได้ทั่วถึงกัน จิ้งหรีดจะมีขนาดตัวเท่ากัน

2. จิ้งหรีดวัยตัวอ่อน-โตเต็มวัย เริ่มนำแผงไข่ที่เตรียมไว้ลงในบ่อ จิ้งหรีดช่วงนี้จะลอกคราบประมาณ 8 ระยะ ช่วงลอกคราบจิ้งหรีดจะอ่อนแอมากและกินกันเอง ดังนั้นต้องจัดเตรียมน้ำและอาหารให้เพียงพอ หรือเพิ่มหญ้าสด หรือหญ้าแห้งเพื่อเพิ่มพื้นที่หลบภัย ระยะนี้จะใช้เวลา 45-50 วัน การรอดชีวิตจากวัยอ่อนถึงตัวเต็มวัยอยู่ที่ 90% การให้น้ำในระยะที่จิ้งหรีดเริ่มโตสามารถให้น้ำโดยใส่ภาชนะก้นตันหรือจาน แล้ววางก้อนหินก้อนเล็กๆ ไว้ในจานเพื่อให้จิ้งหรีดเกาะกินน้ำได้ง่าย หรือใช้ท่อพีวีซี (PVC) เจาะรูด้วยผ้าที่รองเพื่อซับน้ำเพื่อจิ้งหรีดใช้กินได้ การให้อาหารใช้อาหารจิ้งหรีดควรให้ทีละน้อย เวลาเช้า-เย็น เสริมหญ้าแห้ง หรือหญ้าสด หรือพืชอาหารที่ปลอดภัย เช่น ต้นอ่อนพืชหรือหญ้าสดทุกชนิด หญ้าขน หญ้ารูซี่ ผักตบชวา โดย 2 วัน ให้หญ้า 1 ครั้งๆ ละ 1 กำมือ โดยหญ้าเก่า หากแห้งไม่ต้องนำออก จะเป็นที่อาศัยของจิ้งหรีดต่อไป ทั้งนี้ควรให้น้อยๆ และบ่อยครั้ง ให้ในปริมาณที่กินหมดภายใน 2 วัน อาหารเสริมที่นิยมให้เพื่อเพิ่มโปรตีนกับจิ้งหรีด ทำให้ตัวโต น้ำหนักดี ส่วนมากแล้วจะให้ช่วงก่อนนำจิ้งหรีดออกขายประมาณ 1 สัปดาห์ คือ พืชผักต่าง ๆ เช่น พริก-พริกแดง พริกทอง ผักบุ้ง ผักโขม ค่ะน้ากวาดตุ้ง กล้วย ไขมันสำปะหลัง เป็นต้น

3. การเลี้ยงจิ้งหรีดช่วงผสมพันธุ์วางไข่ เมื่อถึงช่วงผสมพันธุ์จิ้งหรีดจะเริ่มส่งเสียงร้อง จิ้งหรีดเพศเมียจะเริ่มวางไข่ภายใน 3-5 วัน หลังจากผสมพันธุ์จิ้งหรีดจะกระวนกระวายหาที่วางไข่ ให้นำถาดใส่ขี้เถ้าแกลบร่อนน้ำให้ชุ่มพอประมาณมาวาง จิ้งหรีดจะใช้ไข่วางไข่แทงลงไปบนดิน หลังจากนั้นนำถาดที่รองไข่ไปอบเพื่อเลี้ยง ขยายพันธุ์ หรือขายต่อไป ส่วนจิ้งหรีดสามารถจับขายได้ หรือจะเลี้ยงต่อเพื่อรองไข่อีก ประมาณ 3-5 รอบ โดยขั้นตอนการรองไข่มีดังนี้ ทำความสะอาดและฆ่าเชื้อวัสดุใช้รอง

ไข่ เช่น แกลบ ก่อนใช้ทำความสะอาดและฆ่าเชื้อภาชนะที่ใส่รองไข่ วัสดุรองไข่ ใช้แกลบเผา 60% + ทราบาย 30% + ขุยมะพร้าว 10% นำมาผสมเข้าด้วยกัน หรือใช้เฉพาะแกลบเผาทั้งหมดก็ได้ นำ ส่วนผสมดังกล่าวมาผสมกับน้ำ พอหมาด ให้มีความชุ่มชื้น (ปั้นเป็นก้อนได้) เอาใส่ชั้นให้หนา 5-7 เซนติเมตร โดยไม่ต้องอัดให้แน่น หรืออาจจะใช้ดินสำเร็จรูปสำหรับให้จิ้งหรีดวางไข่ได้ วางภาชนะและ วัสดุที่ใส่รองไข่ในบ่อเลี้ยง 6-8 ชั่วโมง (ทิ้งไว้ 1 คืน โดยประมาณ) ถ้าวางนานเกินกว่านี้จะทำให้อายุไข่ จิ้งหรีดไม่เท่ากัน การเก็บรวบรวมจิ้งหรีดจากบ่อ เก็บจำหน่ายได้ทั้งระยะเลื้อยก็ก และตัวเต็มวัย แต่ ควรเก็บจิ้งหรีดให้หมดบ่อ เพื่อสะดวกในการทำมาสะอาด เตรียมบ่อสำหรับรุ่นถัดไป

4 เทคนิคการเลี้ยงจิ้งหรีดในฤดูกาลต่าง ๆ

การเลี้ยงจิ้งหรีดในช่วงฤดูฝน

จิ้งหรีดจะเจริญเติบโตได้ดี กินอาหารเก่ง แม่พันธุ์วางไข่ได้ดี แต่จะต้องควบคุมปัจจัยที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคของจิ้งหรีดด้วย ผู้เลี้ยงควรปฏิบัติดังนี้

- ที่หลบซ่อนควรจัดให้โปร่ง และเปลี่ยนที่หลบซ่อนหากพบว่ามีกลิ่นเหม็น
- การให้น้ำ ช่วงฤดูฝนความชื้นในอากาศมีมาก น้ำที่ให้จิ้งหรีดจะไม่ค่อยแห้ง จะต้องเปลี่ยน น้ำทุกครั้งที่ตรวจเช็ค ข้อควรระวังถ้าเป็นจิ้งหรีดเล็ก ให้น้ำชุ่มอย่าให้น้ำขังเพราะลูกจิ้งหรีดอาจจมน้ำ ตายได้
- การทำความสะอาดบ่อเลี้ยง ช่วงฤดูฝนจิ้งหรีดจะกินอาหารปริมาณเยอะในขณะเดียวกันก็ จะถ่ายมูลจำนวนมากเช่นกัน ควรมีการเก็บมูลจิ้งหรีดเดือนละ 2 ครั้ง

การเลี้ยงจิ้งหรีดในช่วงฤดูหนาว

จิ้งหรีดจะเจริญเติบโตได้ช้า กินอาหารน้อย แม่พันธุ์วางไข่ไม่ดี ผู้เลี้ยงควรปฏิบัติดังนี้

- จัดที่หลบซ่อนของจิ้งหรีดให้ทึบเพื่อป้องกันอากาศที่เย็น เพราะจะทำให้ลูกจิ้งหรีดตายได้ โดยไม่ต้องนำผักหรือหญ้าที่แห้งแล้วออก
- การให้น้ำ ในฤดูหนาวอากาศมีความชื้นน้อย น้ำจะระเหยได้ไว ควรให้น้ำทุกวัน อาจนำวัสดุ ที่ดูดซับน้ำได้ใส่ในถาดน้ำด้วยเพื่อให้น้ำระเหยช้าลง ข้อควรระวังถ้าเป็นจิ้งหรีดเล็ก ให้น้ำพอชุ่ม ทำ ความสะอาดภาชนะใส่ น้ำทุกครั้งก่อนใส่น้ำใหม่
- การทำความสะอาด ควรทำเดือนละ 1 ครั้ง เพราะจิ้งหรีดจะกินอาหารน้อยลง มีการถ่ายมูล น้อย

การเลี้ยงจิ้งหรีดในช่วงฤดูร้อน

จิ้งหรีดจะเจริญเติบโตได้ดี กินอาหารเก่ง แม่พันธุ์วางไข่ได้ดี แต่การเลี้ยงจิ้งหรีดในฤดูนี้มีข้อควรระวังหลายอย่าง ผู้เลี้ยงควรปฏิบัติดังนี้

- ควรจัดที่หลบซ่อนของจิ้งหรีดให้มีมากพอและจัดให้โปร่ง ถ้าอากาศร้อนมากควรมีการสเปรย์น้ำให้ความชุ่มชื้นอยู่เสมอ
- การให้น้ำ ช่วงฤดูร้อนน้ำจะระเหยได้ไว ควรให้น้ำทุกวัน อาจนำวัสดุที่ดูดซับน้ำได้ใส่ในถาดน้ำด้วย เพื่อให้น้ำระเหยช้าลง ข้อควรระวังถ้าเป็นจิ้งหรีดเล็กให้น้ำพอชุ่ม ทำความสะอาดภาชนะใส่น้ำทุกครั้งก่อนใส่น้ำใหม่
- การทำความสะอาดบ่อเลี้ยง ช่วงฤดูร้อนจิ้งหรีดจะกินอาหารปริมาณเยอะในขณะเดียวกันก็จะถ่ายมูลจำนวนมากเช่นกัน ควรมีการเก็บมูลจิ้งหรีดเดือนละ 2 ครั้ง

2.2.6 การเก็บเกี่ยวผลผลิต

หลังจากจิ้งหรีดโตเต็มวัยจะมีการเก็บผลผลิตซึ่งมีวิธีการและขั้นตอนดังนี้

- งดการให้อาหาร 2-3 วัน ก่อนเก็บจิ้งหรีดออกจากบ่อ โดยการเอาถาดอาหารออกจากบ่อเลี้ยง เพื่อป้องกันไม่ให้จิ้งหรีดมีกลิ่นตัว
- นำถาดน้ำออก เคาะแผงไข่เพื่อขจัดมูลและฝุ่น แล้วนำกลับเข้าไปวางใหม่ด้านในของบ่อ จิ้งหรีดจะมาเกาะที่แผงไข่
- เขย่าแผงไข่ลงในกะละมังที่เจาะรูด้านล่างเพื่อแยกมูลจิ้งหรีดออก
- ใช้สวิงรูปสามเหลี่ยมที่ทำด้วยลวดหรือไม้แขวนเสื้อ สวมด้วยถุงพลาสติก ซ้อนเอาจิ้งหรีดที่เกาะผนังบ่อใส่ในกะละมัง
- ล้างจิ้งหรีดด้วยน้ำสะอาด 3-5 ครั้ง ต้มในน้ำเดือด 10 นาที
- บรรจุใส่ถุง แห่ตู้อุณหภูมิระหว่าง -15 ถึง -20 องศาเซลเซียส ในระหว่างรอการแปรรูป และ

จำหน่าย



ภาพที่ 21 การเก็บผลผลิตจิ้งหรีด
(ที่มา <https://esc.doae.go.th>)

2.3 การรวบรวมผลผลิต (กลางน้ำ)

การรวบรวมและจำหน่ายผลผลิตจะกล่าวถึงการจัดการจิ้งหรีดในระดับกลางน้ำและปลายน้ำ คือ รวบรวมผลผลิต และแปรรูป รวมถึงการขนส่งซึ่งเกี่ยวข้องกับพ่อค้าคนกลาง

2.3.1. การแปรรูปจิ้งหรีด

การแปรรูป และจัดจำหน่ายจิ้งหรีด มีหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับความต้องการของ ตลาด และ กลุ่มผู้บริโภค

โดยมีรายละเอียด ดังนี้

- จิ้งหรีดมีชีวิต กลุ่มผู้บริโภคคือ ผู้เลี้ยงสัตว์สวยงาม เช่น ปลาสวยงาม
- จิ้งหรีดแช่แข็ง ตลาดค่อนข้างหลากหลาย ทั้งผู้บริโภครายย่อย และ อุตสาหกรรม เนื่องจาก จิ้งหรีดแช่แข็งเป็นวิธีการถนอมอาหารเพื่อรอการแปรรูป
- จิ้งหรีดทอดกรอบ เป็นการแปรรูปจิ้งหรีด และเพิ่มมูลค่าจิ้งหรีดที่ง่าย และ ต้นทุนต่ำ สามารถทำเป็นรสต่างๆ เช่น โนริสาหร่าย หรือสมุนไพร ฯลฯ
- จิ้งหรีดอบแห้ง เป็นการแปรรูปที่ใกล้เคียงจิ้งหรีดทอด แต่ไม่ใช้น้ำมัน ทำให้ดีต่อสุขภาพ จัดเก็บได้นาน ลดปัญหากลิ่นหืน โดยใช้ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) หรือ ตู้อบสุญญากาศแบบ ไมโครเวฟ (Microwave vacuum dryer)
- ผงโปรตีนจิ้งหรีด เป็นการแปรรูปจิ้งหรีด เพื่อเพิ่มความน่ารับประทาน สามารถนำไปเป็นส่วนผสมของอาหารได้ เช่น น้ำพริก กุ้งก้ามกราม เส้นขนมจีน เส้น สปาเกตตี้ ฯลฯ โดยขั้นตอนการทำผงโปรตีน คือ ต้มจิ้งหรีดในน้ำเดือด 5 นาที สะเด็ดน้ำให้แห้ง นำเข้าเตาอบอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 8-10 ชั่วโมง คั่วไฟอ่อนให้หอม นำมาบดเป็นผงละเอียด
- โปรตีนไฮโดรไลซิส เป็นการสกัดโปรตีนจิ้งหรีด โดยผ่านกระบวนการไฮโดรไลซิสด้วย เอนไซม์ให้โปรตีนมีขนาดเล็ก สามารถละลายในน้ำได้ดี นำมาแปรรูปเป็นอาหารเสริม รับประทานได้ สะดวกมากยิ่งขึ้น เช่น เครื่องดื่มหรือเจลโปรตีนสูงจากแมลง



ภาพที่ 22 จิ้งหรีดแปรรูป

A) จิ้งหรีดทอดกรอบ B) จิ้งหรีดอบแห้ง C) ผงจิ้งหรีด D) คือน้ำพริกจิ้งหรีด

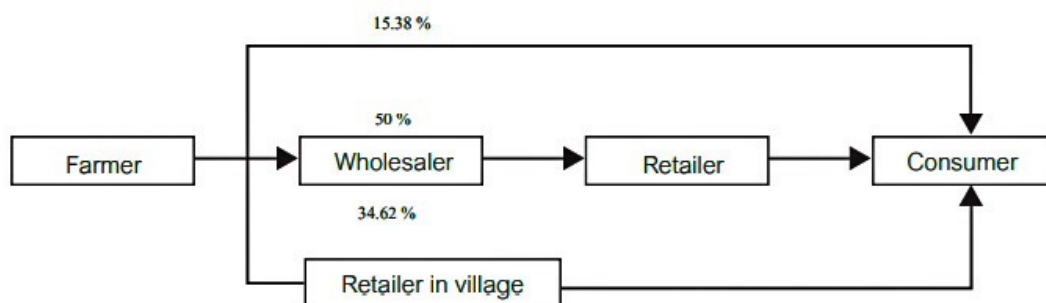
2.3.2 การขนส่งจิ้งหรีด

(ประทุมพร และเยาวรัตน์, 2557) ได้ศึกษาเกี่ยวกับช่องทางการขนส่งและการจำหน่ายจิ้งหรีดจากพ่อค้าจิ้งหรีดที่รับซื้อจากฟาร์มเกษตรกรโดยตรงที่อยู่ในเขตพื้นที่จังหวัดขอนแก่น กาฬสินธุ์ และมหาสารคาม จำนวน 9 ราย ซึ่งประกอบด้วยพ่อค้าขายส่ง และพ่อค้าขายปลีกในหมู่บ้าน พบว่าส่วนใหญ่เป็นเพศชาย (ร้อยละ 77.8) มีอายุเฉลี่ย 45 ปี การดำเนินกิจการ 4 ปี พ่อค้าทั้งหมดเป็นเกษตรกรผู้เลี้ยงจิ้งหรีดและทำธุรกิจรวบรวมจากเกษตรกรผู้เลี้ยงเพื่อจำหน่ายด้วย และธุรกิจที่ดำเนินอยู่เป็นธุรกิจส่วนตัว

การซื้อขายจิ้งหรีดพ่อค้าจะรับซื้อจากเกษตรกรโดยตรง และซื้อในรูปแบบจิ้งหรีดสดทั้งหมดเมื่อพ่อค้ารับซื้อจิ้งหรีดมาเรียบร้อยแล้วพ่อค้าจะนำจิ้งหรีดออกขายในรูปแบบจิ้งหรีดสดมากที่สุด 66.7% รองลงมาจะขายในรูปจิ้งหรีดต้ม และจิ้งหรีดแปรรูปคิดเป็น 22% และ 11% ตามลำดับ

การขนย้ายผลผลิตจิ้งหรีดจากเกษตรกรจนถึงมือผู้บริโภคพ่อค้า ใช้ยานพาหนะส่วนตัวในการขนส่งทั้งหมด ซึ่งส่งผลให้ต้นทุนการตลาดสูงขึ้นเนื่องจากปัจจุบันราคาน้ำมันรถยนต์มีราคาสูงขึ้น จากการสำรวจช่องทางในการ จำหน่ายจิ้งหรีด เกษตรกรผู้เลี้ยงจิ้งหรีดและพ่อค้าขายส่งและขายปลีกพบว่า เกษตรกรจำหน่ายจิ้งหรีดได้ 3 ช่องทาง คือ เกษตรกรผู้เลี้ยงจิ้งหรีดขายให้ผู้บริโภคโดยตรง เกษตรกรผู้เลี้ยงจิ้งหรีดขายให้พ่อค้าส่ง และเกษตรกร ผู้เลี้ยงจิ้งหรีดขายให้พ่อค้าปลีก โดยลักษณะการขายทั้งสามช่องทางนี้เกษตรกรขายในรูปของจิ้งหรีดสด หรือมีชีวิตทั้งหมด สำหรับพ่อค้าปลีกนั้น

จะทำการแปรรูปจิ้งหรีดและนำเสนอขายให้กับผู้บริโภคส่วนใหญ่ ในรูปของจิ้งหรีดทอดที่ขายร่วมกับแมลงกินได้อื่นๆ เป็นส่วนใหญ่ และมีเพียงส่วนน้อยที่ผู้บริโภคซื้อ จิ้งหรีดสดไปทำการแปรรูปเอง



ภาพที่ 23 ช่องทางการตลาดของผลิตภัณฑ์จิ้งหรีด
(ประทุมพร คำภาสุข และ เยาวรัตน์ ศรีวรรณท์, 2557)

2.4 การตลาด (ปลายน้ำ)

ปลายน้ำ คือการจัดการด้านการตลาดของจิ้งหรีด ประกอบด้วย ตลาดท้องถิ่น ตลาดกลาง และตลาดอุตสาหกรรม ดังนี้

2.4.1 ตลาดท้องถิ่น

2.4.1.1 ตลาดระหว่างผู้เลี้ยงและผู้บริโภคในพื้นที่ (บ้านใกล้เคียง) จะซื้อขายกันโดยตรง คือผู้ซื้อจะซื้อที่บ่อเลี้ยง การซื้ออาจจะเป็นรายย่อย 1-2 ซีด ถึง 1 กิโลกรัม หรือมากกว่า แล้วนำไปประกอบอาหารทันที การบริโภคเป็นไปได้ทั้งภายในครอบครัวหรือเพื่อส่งสรค์กับเพื่อนบ้าน

2.4.1.2 ตลาดของฝาก บ่อยครั้งที่พบเห็นในพื้นที่ที่มีการเลี้ยงจิ้งหรีด จะมีลูกหลานที่ไปทำงานต่างจังหวัด หรือ กรุงเทพมหานคร เมื่อกลับมาเยี่ยมบ้านหรือกลับบ้านมักจะชอบซื้อจิ้งหรีดคั่ว นำติดตัวกลับไปทำงาน นำกลับไปกินเอง หรือซื้อเป็นของฝาก เป็นต้น

2.4.1.3 ตลาดรวมท้องถิ่น ในพื้นที่บางแห่งจะมีเกษตรกรที่เป็นแม่ค้าทำหน้าที่จัดซื้อรวบรวมจิ้งหรีดทุก ๆ เช้า เพื่อทำการแปรรูปแล้วส่งให้แม่ค้าขายปลีกในเมือง หรือรวบรวมจิ้งหรีดเพื่อจัดส่งให้แม่ค้าขายปลีกในเมืองนำไปทำการแปรรูป

2.4.2 ตลาดกลาง

เป็นตลาดที่รับซื้ออยู่ในตัวเมืองหรือแหล่งชุมชนใหญ่ ๆ เมื่อทำการรวบรวมจิ้งหรีดแล้วส่งไปตาม แหล่งใหญ่ ๆ เช่น กรุงเทพมหานคร หรือส่งโรงงานเมลงอัดกระป๋อง เป็นต้น

2.4.3 ตลาดเชิงอุตสาหกรรม

จะมีการรับซื้อจากเกษตรกรโดยตรง หรือรับซื้อจากตลาดกลางก็ได้ เช่น สถาบันวิจัยและฝึกอบรม การเกษตรสกลนคร สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล จังหวัดสกลนคร จะรับซื้อจิ้งหรีดที่สด (จิ้งหรีดมีชีวิต) สำหรับทำจิ้งหรีดอัดกระป๋อง เพื่อจำหน่ายต่างประเทศ

จากข้อมูลข้างต้น กระบวนการผลิตจิ้งหรีด รวบรวม แปรรูป ขนส่ง และการตลาด

มีการสรุปหัวข้อหลักดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สรุปองค์ประกอบการจัดการจิ้งหรีด

ต้นน้ำ (การผลิตจิ้งหรีด)	กลางน้ำ (รวบรวม แปรรูป พ่อค้าคนกลาง)	ปลายน้ำ (การตลาด)
-สถานที่ตั้งอาคาร/ฟาร์ม -โรงเรือน -วัสดุอุปกรณ์ -สายพันธุ์จิ้งหรีด -วิธีการเลี้ยง -การเก็บผลผลิต -สภาพแวดล้อม	-การแปรรูปจิ้งหรีด -การขนส่งจิ้งหรีด	-ตลาดท้องถิ่น -ตลาดกลาง -ตลาดเชิงอุตสาหกรรม

พูน ปณ ทิโต ชีเว

2.5 ปัญหาที่พบในการจัดการ

จากการศึกษาเกี่ยวกับปัญหาที่พบในการเลี้ยงจิ้งหรีดตลอดจนสาเหตุและวิธีการแก้ปัญหา

แสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ปัญหาที่พบและแนวทางการป้องกันในการเลี้ยงจิ้งหรีด

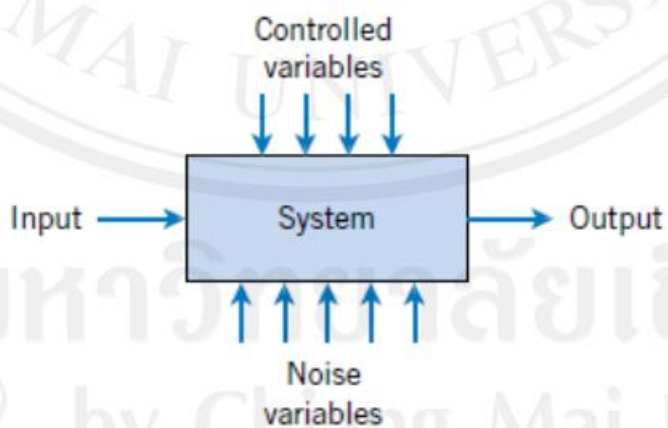
ปัญหา	สาเหตุ	การป้องกัน
1. ศัตรูของจิ้งหรีดเข้าทำลาย	ศัตรูสามารถเข้าบ่อได้เช่น นก หนู จิ้งจก ตุ๊กแก มด แมงมุม และไร ฯลฯ	- ตรวจสอบความสะอาดภายในโรงเรือน - ทำร่องน้ำรอบโรงเรือนป้องกันมดหรือสัตว์ เลื้อยคลาน ขนาดเล็ก - ใช้ตาข่ายล้อมโรงเรือนป้องกันนก หนูหรือแมลง
2. จิ้งหรีดขาดน้ำตาย	จิ้งหรีดหาน้ำไม่เจอ น้ำไม่เพียงพอ แฉงไขในบ่อเยอะเกิน	- ใส่ น้ำในภาชนะตื้น เพิ่มจุดให้น้ำ - ใส่ แฉงไขในช่วงแรกเพียงเล็กน้อย
3. จิ้งหรีดลอกคราบไม่ได้	เกิดจากการผสมเลือดชิด ส่งผลให้ จิ้งหรีดอ่อนแอ ไม่แข็งแรง	- นำไขจิ้งหรีดจากแหล่งที่ไม่เป็นโรคมาเลี้ยง - จับจิ้งหรีดตัวเต็มวัยมาผสมกับที่มีอยู่
4. จิ้งหรีดกัดกินกันเอง	สารอาหารไม่ครบ หรือให้อาหารน้อย เกินไป	- ให้อาหารเพิ่มขึ้น หรือให้อาหารเสริม เช่น พืชผัก ใบ กกล้วย และผักชนิดอื่น
5. จิ้งหรีดท้องอืดตาย	ให้อาหารมากเกินไป	- ลดปริมาณอาหารลงเล็กน้อย ให้อาหารเสริม เช่น พืชผัก ใบกล้วย และผักชนิดอื่น ป้องกันท้องอืด
6. จิ้งหรีดหงายท้องตาย	ติดเชื้อไวรัส หรือแบคทีเรีย (จิ้งหรีดมี กลิ่นเหม็น) เช่น โรคท้องบวม (cricket iridovirus infection), โรค อัมพาต (cricket paralysis virus)	- ทำลายจิ้งหรีดที่เป็นโรค - ล้างทำความสะอาดฆ่าเชื้อบ่อ และอุปกรณ์ - ปรับปรุง รูปแบบสุขาภิบาล เช่น ควบคุมการเข้า-ออก ทำรั้วรอบ ฟาร์ม
	มีแก๊สในบ่อเลี้ยงมาก	- ให้อาหารพอหมด ลดการสะสมอาหารกันบ่อ

		<ul style="list-style-type: none"> - ให้อาหารที่ช่วยลดการเกิดแก๊สภายในบ่อ เช่นให้ต้น กล้วย พืชผักผลไม้ ฯลฯ - ทำความสะอาดบ่อเลี้ยง และกำจัดมูลจิ้งหรีด
7.จิ้งหรีดตาย หน้าร้อน	โรงเรือนระบายอากาศไม่ดี	<ul style="list-style-type: none"> - วางโครงสร้างออกแบบทำโรงเรือนที่ได้มาตรฐาน - อาจติดตั้งพัดลมเพื่อช่วยระบายอากาศ - วางบ่อเลี้ยงจิ้งหรีดห่างกันพอสมควรลดความแออัด - หาวัสดุมาวางเพื่อช่วยลดความร้อนในบ่อ เช่น แกลบที่ ฆ่าเชื้อราแล้ว หรือใบกล้วย - ลดปริมาณการเลี้ยงจิ้งหรีดให้บางลง - ฉีดพรมน้ำให้จิ้งหรีด เพื่อลดความร้อน แต่ไม่ฉีดเยอะ จนเกินไป เพราะจะทำให้เกิดเชื้อโรคได้

(ที่มา คู่มือการเลี้ยงจิ้งหรีดฉบับประชาชน, 2564)

2.6 การออกแบบการทดลอง

การออกแบบการทดลอง (Experimental Design or Design of Experiments) คือ การทดสอบครั้งเดียวหรือต่อเนื่อง โดยเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรนำเข้า (Input Variables) ในระบบหรือกระบวนการที่สนใจศึกษา เพื่อที่จะทำให้สามารถสังเกตและชี้ถึงสาเหตุต่างๆ ที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของผลลัพธ์ที่ได้ (Outputs or Responses) จากกระบวนการหรือระบบนั้น (ประไพศรีสุทัศน์ ณ อยุธยา, 2551) โดยตัวแปรนำเข้าจะถูกจัดแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ควบคุมได้ เรียกว่า ตัวแปรที่ควบคุมได้ (Controllable Variables or Factors) หรือตัวแปรที่สามารถออกแบบได้ (Design Variables or Factors) และกลุ่มที่ไม่สามารถควบคุมได้ เรียกว่า ตัวแปรที่ ควบคุมระบบ (Uncontrollable or Noise Variables (Factors)) ดังแสดงในภาพที่ 24



ภาพที่ 24 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ในการออกแบบทดลอง
(ที่มา Montgomery, 2002)

2.6.1 การทดลองแฟกทอเรียล (Factorial Experiment)

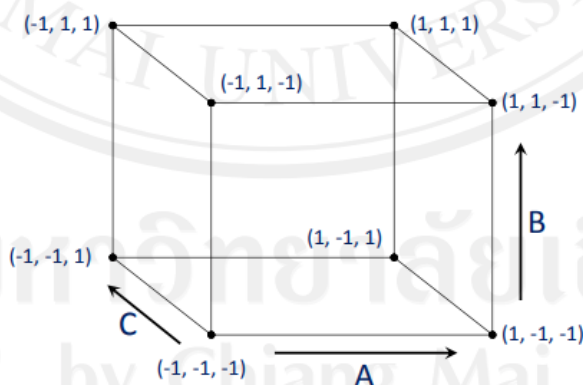
1) ผลกระทบหลัก หรือ ผลกระทบปัจจัยเดียว (Main Effects) คือผลกระทบที่เกิดขึ้น จากแต่ละปัจจัย ได้แก่ผลกระทบของปัจจัย A ผลกระทบของปัจจัย B และ ผลกระทบของปัจจัย C

2) ผลกระทบร่วมระหว่าง 2 ปัจจัย (Two-Factors or 2-Ways Interactions) คือผลกระทบที่เกิดจากการพิจารณาปัจจัยพร้อมกันเป็นคู่ (ครั้งละ 2 ปัจจัย) ได้แก่ ผลกระทบของปัจจัยร่วม (อันตรกิริยา) AB, BC และ AC

3) ผลกระทบร่วม 3 ปัจจัย (Three-Factors or 3-ways Interactions) คือผลกระทบที่เกิดจากการพิจารณาปัจจัยสามปัจจัยพร้อมกันในที่นี้ได้แก่ ผลกระทบร่วม ABC

การทดลองแฟกทอเรียลแบ่งออกได้เป็น 2 กรณีหลักคือ

1. การทดลองแฟกทอเรียลเต็มรูป (Full Factorial Experiment) เป็นการทดลองที่ทำขึ้นสำหรับศึกษาปัจจัยตั้งแต่ 2 ปัจจัยขึ้นไปได้ทุกกรณีที่เป็นไปได้ สามารถศึกษาผลกระทบหลัก (Main Effect) ซึ่งเป็นผลกระทบของปัจจัยเดียว (Main Factors) และผลกระทบของปัจจัยร่วมระหว่างปัจจัย (อันตรกิริยา หรือ Interaction Factors) อย่างไรก็ตาม แผนการทดลองแฟกทอเรียลเต็มรูป (Full Factorial Experiment) มีข้อเสีย คือ ค่าใช้จ่ายสูง ใช้เวลา และทรัพยากรมากตามจำนวนระดับของปัจจัย และจำนวนปัจจัยที่ศึกษา รูปทรงเรขาคณิตแสดง ดังภาพที่ 25



ภาพที่ 25 รูปแบบทางเรขาคณิตสำหรับการทดลองแฟกทอเรียลเต็มรูป (Full Factorial Experiment) (ที่มา : ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา, 2551)

2.การทดลองแฟกทอเรียลบางส่วน (Fractional Factorial Experiment) นิยมใช้ในกรณีที่มีเวลางบประมาณ และทรัพยากรที่ใช้ในการทดลองจำกัด โดยลดจำนวน การทดลองลงเมื่อเทียบกับการทดลองแบบแฟกทอเรียล (Full Factorial Experiment) โดยทั่วไปนิยมใช้ศึกษาที่ 2 ระดับ กรณีความสัมพันธ์แผนการทดลอง 2^{k-p} สามารถศึกษาผลกระทบหลัก และผลกระทบร่วมได้ตามที่ต้องการ แต่อาจไม่ทั้งหมด มีข้อดีคือ ช่วยลดเวลา และค่าใช้จ่ายในการทดลอง เนื่องจากการทดลองที่ลดรูปลงจากการทดลองเต็มรูป มีข้อเสียคือ การตีความ ผลจะซับซ้อนขึ้นเนื่องจากการทดลองมีการเกิดโครงสร้างซ้ำซ้อนของผลกระทบ

2.6.2 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย หมายถึง การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทีละคู่ หรือมากกว่าหนึ่งค่าคู่ใดที่มีค่าแตกต่างกัน โดยพิจารณาค่าเฉลี่ยแต่ละคู่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ ซึ่งมีหลากหลายวิธีดังนี้ วิธี Tukey - Kramer วิธี Newman Keuls วิธี Duncan วิธี Scheffe และวิธี Fisher's LSD

1 วิธี Tukey - Kramer ใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดเท่ากันหรือใกล้เคียงกันเปรียบเทียบทีละคู่ภายใต้ความแปรปรวนที่เท่ากัน

2 วิธี Newman Keuls ใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดเท่ากันหรือ ใกล้เคียงกัน เปรียบเทียบหลายคู่พร้อมกัน ภายใต้ความแปรปรวนที่เท่ากัน

3 วิธี Duncan ใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดเท่ากัน เปรียบเทียบหลายคู่พร้อมกัน ภายใต้ความแปรปรวนที่เท่ากัน

4 วิธี Scheffe ใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดเท่ากันหรือใกล้เคียงกัน เปรียบเทียบหลายคู่พร้อมกัน ภายใต้ความแปรปรวนที่เท่ากัน

5 วิธี Fisher's LSD ใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดเท่ากันหรือใกล้เคียงกัน เปรียบเทียบทีละคู่ ภายใต้ความแปรปรวนที่เท่ากัน

2.7 การย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุ

การย่อยสลายทางชีวภาพคือกระบวนการที่นำสารอินทรีย์มาทำปฏิกิริยากับสารอนินทรีย์ ทำให้ย่อยสลายได้ ซึ่งอินทรีย์วัตถุจะเปลี่ยนเป็นแร่ธาตุ สารลดแรงตึงผิวซึ่งจะหลั่งออกมายังผิวด้านนอก โดยการทำงานของเซลล์จุลินทรีย์ เพื่อเพิ่มกระบวนการย่อยสลายทางชีวภาพ การย่อยสลายทางทั่วไปใช้อินทรีย์วัตถุ เช่น พืช สัตว์ และสารอื่นๆที่เกิดจากสิ่งมีชีวิต

2.7.1 สภาวะแวดล้อมต่อการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุ

สภาวะแวดล้อมเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการย่อยสลายทางชีวภาพอีกปัจจัยหนึ่ง เนื่องจากการปรับสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่สามารถย่อยสลาย โดยปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ มีดังนี้

อุณหภูมิ อุณหภูมิที่เหมาะสมส่งผลให้ทั้งกระบวนการทางเคมี ทางกายภาพ หรือ กิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว จุลินทรีย์ส่วนใหญ่มักจะเป็นกลุ่มที่ เจริญได้ดีในอุณหภูมิปานกลาง (mesophile) ช่วงอุณหภูมิ 25-45 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิ ที่สูงขึ้นจะเร่งอัตราการย่อยสลายได้ทางชีวภาพได้มาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงอุณหภูมิ 25-35 องศาเซลเซียส จัดเป็นช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่พบได้ทั่วไปในธรรมชาติ

ปริมาณก๊าซออกซิเจน ก๊าซออกซิเจนช่วยให้เกิดการย่อยสลายผ่านปฏิกิริยา ออกซิเดชัน และเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการย่อยสลายทางชีวภาพโดยจุลินทรีย์ ทำให้การย่อยสลายเกิดขึ้นได้รวดเร็วและสมบูรณ์ สำหรับการย่อยสลายของจุลินทรีย์แบบไม่ใช้ ออกซิเจนกระบวนการย่อยสลายจะเกิดช้าและทำให้เกิดกลิ่นเหม็น ดังนั้นสภาพการระบาย อากาศของดินจึงมีผลกระทบต่อกิจกรรมการย่อยสลายของสารอินทรีย์โดยตรง ในขณะที่ดิน ที่อยู่ในสภาพขาดอากาศหรือมีน้ำขัง อัตราการย่อยสลายจะ

ลดลงเป็นอย่างมากและ เกิดขึ้นได้ไม่สมบูรณ์ ส่วนใหญ่จะเกิดการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนไป เป็นก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และก๊าซมีเทน (Gu, 2000)

ความชื้น (moisture) น้ำและความชื้นช่วยในการเกิดการย่อยสลายผ่านปฏิกิริยา ไฮโดรไลซิส และเป็นปัจจัยสำคัญของการย่อยสลายทางชีวภาพ (นงลักษณ์ และปรีชา, 2550) กล่าวว่าน้ำและความชื้นมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์ โดยช่วยละลาย 9 ธาตุอาหารที่อยู่ในดิน ช่วยในการเคลื่อนที่ อีกทั้งยังเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยให้กับจุลินทรีย์ ปริมาณความชื้นในดินส่งผลต่ออัตราการย่อยสลายทางชีวภาพ หากดินมีความชื้นสูงเกินไปอัตราการย่อยสลายจะลดลงอย่างรวดเร็วเนื่องจากขาดก๊าซออกซิเจน ในกรณีที่ ความชื้นของดินต่ำกว่าระดับที่เหมาะสมอัตราการย่อยสลายจะค่อย ๆ ลดลง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความสามารถในการทนสภาพแห้งแล้งของจุลินทรีย์

ขนาดวัตถุดิบตัวอย่าง (particle size) พบว่าขนาดตัวอย่างที่มีขนาดเล็กจะทำให้กระบวนการย่อยสลายเร็วขึ้น เนื่องจากมีพื้นที่ผิวให้จุลินทรีย์เข้าไปเกาะและทำการย่อยสลายได้มากขึ้น แต่ไม่ควรให้อัดแน่นเกินไป

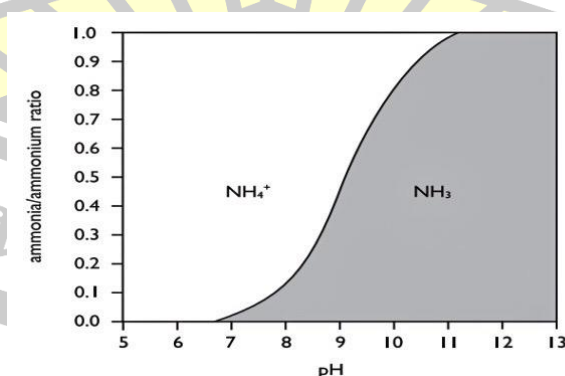
ความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยทั่วไปแล้วเมื่อ pH เป็นกลาง การสลายตัวจะเกิดขึ้นได้รวดเร็วกว่าในช่วงเป็นกรดหรือด่างมากเกินไป ดังนั้นการปรับ pH ของดินให้เป็นกลาง จึงเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการสลายตัวของสารอินทรีย์ในดินไปด้วย ในช่วง pH ที่เป็นกรดค่อนข้างมาก กิจกรรมของแบคทีเรียส่วนใหญ่ในดินจะลดลง แต่เชื้อรายังสามารถทนอยู่ได้ กิจกรรมการย่อยสลายจึงเกิดขึ้นจากเชื้อราเป็นส่วนใหญ่

อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N ratio) ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ไม่เพียงแต่จะย่อยสลายเพื่อให้ได้พลังงานเท่านั้น จุลินทรีย์ยังนำเอาธาตุจากสารอินทรีย์ไปใช้สร้างสารประกอบต่าง ๆ ของเซลล์ด้วย โดยธาตุคาร์บอนจะถูกนำไปใช้สังเคราะห์ สารประกอบที่เป็นโครงสร้างหลักของเซลล์ ส่วนธาตุไนโตรเจนนั้นเป็นองค์ประกอบสำคัญของโปรตีน กรดอะมิโน และกรดนิวคลีอิกที่มีอยู่ปริมาณมากในเซลล์ของจุลินทรีย์ ดังนั้นอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนกับไนโตรเจนจึงมักเป็นปัจจัยที่บ่งชี้ว่า การย่อยสลาย สารอินทรีย์นั้นจะมีธาตุคาร์บอนและไนโตรเจนเพียงพอต่อความต้องการของจุลินทรีย์ และทำให้การย่อยสลายสารอินทรีย์เกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพหรือไม่

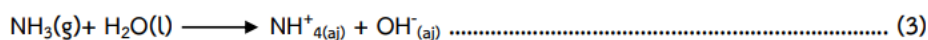
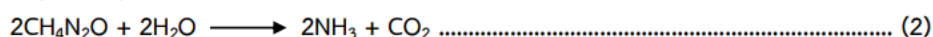
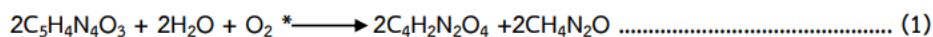
2.8 กลไกการเกิดแก๊ส (NH_3) และแก๊ส (CO_2) ในโรงเรือนสัตว์ปีก

การปล่อยก๊าซแอมโมเนียในโรงเรือนสัตว์ปีกส่วนใหญ่เป็นผลมาจากอาหารสูตรโปรตีนที่มีโปรตีนสูงในสูตรอาหารส่งผลให้ปริมาณโปรตีนในมูลไก่ที่ไม่สามารถย่อยได้หมดจะถูกขับออกมาทางมูล และทางปัสสาวะในรูปของกรดยูริกประมาณ 80% แอมโมเนีย 10% และยูเรีย 5% (Goldstein and Skadhauge, 2000) โดยกรดยูริกที่ขับออกมาจำนวนมากจะถูกแปลง เป็นแอมโมเนียโดยการย่อยของเอนไซม์ยูริเอส (ตั้งสมการที่ 1) และเปลี่ยนเป็นยูเรีย (ตั้งสมการที่ 2) โดยที่ขั้นตอนแรกกรดยูริกเป็นยูเรียจะมีน้ำ และออกซิเจนเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยา และท้ายที่สุดในกระบวนการเปลี่ยนยูริกเป็นยูเรียจะได้ก๊าซแอมโมเนีย (NH_3) และคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) โดย (Maliselo, 2016) (ตั้งสมการที่ 3) แสดงให้เห็นว่าเมื่อแอมโมเนียสัมผัสกับความชื้นในจุกของไก่แอมโมเนียจะทำปฏิกิริยากับความชื้นซึ่งแอมโมเนียเป็นสารละลายพื้นฐานที่มีฤทธิ์กัดกร่อน มีความเป็นด่างสูง จึงส่งผลต่อโพรงจุกและสายตาของไก่โดยกระบวนการดังกล่าวจะเกิดภายใต้อุณหภูมิและความชื้นสูง และค่า pH ประมาณ 8-13 (Becker and Graves, 2004)

ในกรณีไนโตรเจนจะเปลี่ยนเป็นแอมโมเนียม (NH_4^+) ภายใต้สภาวะที่เป็นกรดเป็นกลางหรือแอมโมเนีย (NH_3) ในระดับ pH สูงกว่า ผลของ pH ต่อปริมาณ NH_4^+ และ NH_3 ที่เกิดขึ้น (ภาพที่ 26) มีความสำคัญอย่างมาก ในการกำหนดจำนวนของไนโตรเจน แอมโมเนียที่สามารถละลายในน้ำได้น้อยกว่า NH_4^+ ดังนั้น NH_3 จะถูกแปลงเป็นรูปก๊าซอย่างรวดเร็วเมื่อปล่อยออกมาจากมูลสัตว์ อัตราการระเหยเป็นผลมาจากหลายปัจจัย ได้แก่ ความเข้มข้นของมูลสัตว์และยูเรีย อุณหภูมิความเร็วของอากาศพื้นที่ผิวและความชื้น (Susan, 2009)



ภาพที่ 26 PH ต่อปริมาณ NH_3



กลไกการเกิดก๊าซแอมโมเนียภายในโรงเรือน (ที่มา Becker and Graves, 2004)

2.8.1 วิธีการวัดปริมาณแก๊สแอมโมเนีย และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

แอมโมเนีย (Ammonia) เป็นสารเคมีชนิดหนึ่ง ประกอบด้วย ธาตุไนโตรเจน (N) 1 อะตอม และไฮโดรเจน (H) 3 อะตอม มีสูตรทางเคมี คือ NH_3 แอมโมเนีย ถือเป็นก๊าซพิษ และกัดกร่อนวัสดุบางชนิด มีกลิ่นฉุนเฉพาะตัว ซึ่งเราสามารถสัมผัส กลิ่นแอมโมเนียได้หากมีความเข้มข้นมากกว่า 5 ppm ถ้าหายใจเข้าไปเพียงเล็กน้อย จะทำให้น้ำตาไหลออกฤทธิ์กระตุ้นหัวใจอย่างแรง ทำให้เสียชีวิตจากภาวะหัวใจล้มเหลวได้ง่าย

คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ แอมโมเนียเป็นก๊าซที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติและเป็นส่วนหนึ่งของวัฏจักรไนโตรเจน (nitrogen cycle) ที่ อุณหภูมิและความดันปกติ แอมโมเนียจะมีสถานะเป็นก๊าซ ไม่มีกลิ่นฉุนรุนแรงซึ่งทำให้เกิดการระคายเคืองได้ แต่ถ้าอยู่ภายใต้ความดันและอุณหภูมิเย็น จะมีสถานะเป็นของเหลว แอมโมเนียมีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 17.03 มีความถ่วงจำเพาะที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เท่ากับ 0.7 (Merck, 1996) จุดเดือด -33.4 องศาเซลเซียส มีความดันไอ 6,460 มิลลิเมตรปรอทที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ก๊าซแอมโมเนียสามารถละลายน้ำได้ดี มีจุดติดไฟที่อุณหภูมิ 648.89 องศาเซลเซียส

การตรวจจับแอมโมเนีย การตรวจจับแอมโมเนียทำได้โดยการใช้แผ่นกรองและตัวแยกผ้า (เครื่องแยกก๊าซ) นอกจากนี้ยังใช้เทคนิคต่างๆ เช่นภาพถ่ายดาวเทียมและการวิเคราะห์น้ำฝน หรือเครื่องวัดแอมโมเนีย ชนิดของเครื่องวัดแอมโมเนีย (Ammonia meter) เครื่องวัดแอมโมเนียในอากาศ

แอมโมเนียสามารถวัดได้ในอากาศโดยวิธีที่พบมากที่สุดคือการใช้เซนเซอร์ตรวจจับก๊าซเคมี โดยปกติแล้วแอมโมเนียจะวัดเป็นส่วนๆ ต่อล้านส่วน (ppm) สำหรับการใช้งานด้านความปลอดภัยของมนุษย์ แต่สามารถวัดได้เป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักสำหรับการผลิตเชิงพาณิชย์และการเก็บรักษา แอมโมเนียทั้งหมดของเราวัดค่าเป็น ppm

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เป็นแก๊สที่มีอยู่ทั่วไปในบรรยากาศ แก๊สนี้มีบทบาทสำคัญต่อการดำรงชีพของทั้งมนุษย์ สัตว์ และพืช เป็นสารตั้งต้นที่พืชใช้ผลิตอาหารโดยกระบวนการสังเคราะห์แสง ในด้านอุตสาหกรรมนั้น คาร์บอนไดออกไซด์ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในหลายๆ ด้าน โอกาสการเกิด

พิษของแก๊สชนิดนี้ ในการทำงานโดยปกติมีโอกาสเกิดขึ้นได้น้อย อย่างไรก็ตามหากได้รับแก๊สนี้เข้าไปในปริมาณมาก จะทำให้หายใจเร็ว ซีพจรเร็ว หัวใจเต้นเร็ว กดมอง ซึม มึนงง สับสน หมดสติ และอาจเสียชีวิตได้

กลไกการก่อโรค แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ก่อโรคได้ทางหนึ่งโดยการแทนที่ออกซิเจน (Asphyxiant) ทำให้ออกซิเจนในอากาศมีไม่พอ จึงเกิดพิษจากภาวะออกซิเจนในเลือดต่ำ (Hypoxia) ขึ้นได้ การที่มีคาร์บอนไดออกไซด์คั่งในเลือด (Hypercapnia) ไม่ว่าจะจากการขาดออกซิเจนหรือได้รับคาร์บอนไดออกไซด์เข้าไปมากก็ตาม จะทำให้เลือดเป็นกรด (Acidosis) เกิดการขยายตัวของหลอดเลือด กระตุ้นระบบหายใจให้หายใจเร็วขึ้น ทำให้หัวใจเต้นเร็ว และกดมอง สำหรับกลไกการก่อโรคในกรณีคาร์บอนไดออกไซด์เหลวกับน้ำแข็งแห้งนั้น จะก่ออันตรายจากความเย็นจัด ซึ่งสามารถกัดกร่อนเนื้อเยื่อผิวหนังส่วนที่สัมผัส ทำให้เกิดเนื้อตายได้

2.8.2 ระดับของแก๊สแอมโมเนียและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ต่อสุขภาพสิ่งมีชีวิต

ข้อมูลของการเกษตรและกรมป่าไม้ของอัลเบอร์ตา การสัมผัสแอมโมเนียในช่วง 24 -50 ppm หลังจากผ่านไป 10 นาที จะเกิดการระคายเคือง การสัมผัสที่ความเข้มข้น 700 ppm อาจเกิดการระคายเคืองในทันทีและรุนแรง ที่ความเข้มข้น 5,000 ppm จะเกิดอาการระตุกของทางเดินหายใจ และหายใจไม่ออกอย่างรวดเร็วที่ 10,000 ppm และการสะสมอาจทำให้เสียชีวิตได้

ศาสตราจารย์เคลาส์ แลคเนอร์ (Klaus Lackner) ผู้เชี่ยวชาญและที่มิวิจัยจาก Center for Negative Carbon Emission มหาวิทยาลัยแอริโซนาสเตต สหรัฐอเมริกา กล่าวว่าในอากาศทั่วไปควรมีคาร์บอนไดออกไซด์(CO₂) อยู่ที่ 400 ppm (Part per Million) แต่ถ้าเป็นในอาคารบ้านเรือนต่างสามารถมีคาร์บอนไดออกไซด์ได้สูงถึง 1,000 ppm แต่ต้องไม่เกิน 1,500 ppm เพราะถ้าเกินจากค่านี้อาจจะเป็นอันตรายต่อมนุษย์ เช่น จะมีเหงื่อออกมาก มีอัตราการเต้นของหัวใจที่สูงขึ้น และหายใจไม่สะดวก ดังนั้นในอาคารต่าง ๆ จำเป็นต้องมีระบบระบายอากาศที่ดี มิฉะนั้นจะเป็นอันตรายต่อผู้อยู่อาศัยและส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิต

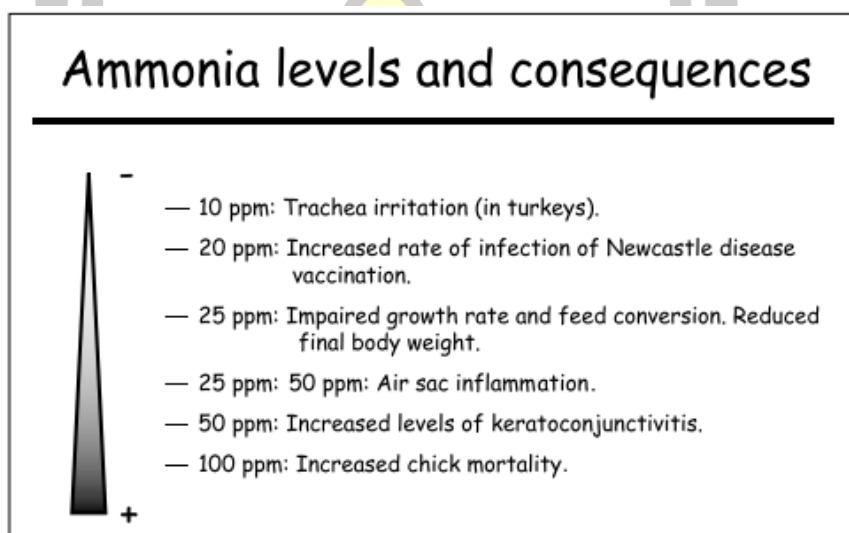
ตารางที่ 4 การปล่อยก๊าซแอมโมเนีย (NH₃) จากโรงเรือนเลี้ยงสัตว์

Source of emissions	Global NH ₃ emissions (millions of tons)	Percentage of NH ₃ emissions from domestic animals	Percentage of total NH ₃ emissions
Dairy cattle	4.6	19.9	9.7
Nondairy cattle	9.4	40.3	19.6

Buffaloes	1.2	5.2	2.5
Pigs	3.6	15.6	7.6
Poultry	2.1	9.0	4.4
Sheep and goats	1.7	7.1	3.4
Other animals	0.7	2.8	1.4
Total domestic animals	23.3	100	48.6

(Schjoerring, 1998)

ภาพที่ 27 ระดับแก๊สแอมโมเนียที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิต



(Schjoerring, 1998)

ตารางที่ 5 ระดับการปล่อยก๊าซในโรงเรือนสัตว์ปีก

ระดับก๊าซที่พบบ่อยในโรงเรือนสัตว์ปีก

ก๊าซ	สัญลักษณ์	ปริมาณที่ส่งผลกระทบต่อสัตว์ปีก	ปริมาณที่เหมาะสม
คาร์บอนไดออกไซด์	CO ₂	สูงกว่า 30%	ต่ำกว่า 1%
แอมโมเนีย	HH ₃	สูงกว่า 500 ppm	ต่ำกว่า 40 ppm
ออกซิเจน	O ₂	ต่ำกว่า 6%	มากกว่า 16%

ที่มา www.china-chickencage.com

ตารางที่ 6 ระดับคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีผลต่อมนุษย์

ระดับ CO ₂	อาการ	ความเสี่ยง
ไม่เกิน 1000 ppm	ระดับที่รับได้ ไม่ส่งผลกระทบต่อร่างกาย	ปกติ
1000 ppm -1500 ppm	มีอาการปวดศีรษะเวียนศีรษะ รู้สึกหนักศีรษะ หดแรงแรง และไม่มีสมาธิ อันส่งผลต่อประสิทธิภาพการเรียนรู้ อย่างมีนัยสำคัญ	มีผลต่อสมาธิในการทำงาน
1500 ppm – 4000 ppm	มีอาการระคายคอ จมูก น้ำ มูกน้ำ ตาไหล ไอ ซึ่งเป็นอาการระคายเคืองของระบบทางเดินหายใจส่วนต้น	เสี่ยงต่อสุขภาพ
มากกว่า 5000 ppm	ความเข้มข้นสูง ทำให้ระดับของ CO ₂ ในเลือดสูงขึ้น เกิดภาวะการคั่งของ CO ₂ ในเลือด (Hypercarbia) อาจจะทำให้ปวดศีรษะ เสี่ยง ต่อการหมดสติชั่วคราว และหากนานเกิน 8 ชั่วโมง อาจเสียชีวิตได้	อันตรายต่อสุขภาพ

มาตรฐานของ ASHRAE 62.1-2010 (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers)

2.8.3 การลดมลพิษจากการสะสมของแก๊สแอมโมเนียและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

การระบายอากาศเป็นวิธีการควบคุมมลพิษทางอากาศที่ได้ผลดีวิธีหนึ่ง โดยอาศัยหลักการเคลื่อนย้าย อากาศที่ปนเปื้อนด้วยมลพิษออกไปจากสถานประกอบการการระบายอากาศจึงหมายถึง การจัดการเคลื่อนย้ายอากาศ ด้วยปริมาณที่กำหนดให้ไหลไปในทิศทางและด้วยความเร็วที่ต้องการ ดังนั้นการระบายอากาศจึงสามารถกำจัดสิ่งอันไม่พึงประสงค์เช่นมลพิษ ความร้อนความชื้นกลิ่น รบกวนควันและอื่นๆซึ่งปะปนอยู่ในอากาศให้ออกไปจากที่ปฏิบัติงาน และในขณะเดียวกันก็สามารถดำเนินการให้อากาศบริสุทธิ์หรืออากาศที่มีสมบัติที่ต้องการไหลเข้ามาในสถานประกอบการนั้นได้และ ด้วยความรู้ทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ก็สามารถออกแบบและควบคุมการระบายอากาศให้เป็นไปตาม ความประสงค์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นการระบายอากาศจึงเป็นวิธีที่ใช้ได้ผลวิธีหนึ่งในการ ป้องกันอันตรายต่อสุขภาพ

2.9 ปัจจัยแวดล้อมที่ส่งผลต่อการกินอาหารและการเติบโตของสิ่งมีชีวิต

สภาพแวดล้อม เช่น สภาพของดินฟ้าอากาศ อุณหภูมิรอบตัวสัตว์และสภาพอุณหภูมิภายในโรงเรือนเลี้ยงสัตว์ในสภาพอากาศร้อน หรือหนาวเกินพอดีสัตว์จะมีความต้องการพลังงานน้ำสูง ขึ้นเพื่อระบายความร้อนออกจากร่างกาย หรือเพิ่มความอบอุ่นให้ร่างกายที่อยู่ภายใต้สภาพอากาศร้อนมากกว่าปกติจะมีความต้องการน้ำและแร่ธาตุสูงขึ้นเนื่องจากสัตว์จะมีการสูญเสียน้ำ และ แร่ธาตุ โดยเฉพาะเกลือค่อนข้างมาก

ปัจจัยอันเนื่องมาจากสภาพแวดล้อม เป็นปัจจัยอันสืบเนื่องมาจากอิทธิพลของสภาพแวดล้อม เป็นปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่อนข้างมาก และเกิดขึ้นเสมอ ดังนี้

1. อุณหภูมิของอากาศ (Temperature) อุณหภูมิของอากาศไม่ว่าจะเป็นอุณหภูมิสูง หรือต่ำ อากาศร้อน หรือหนาวเย็นก็จะมี ผลกระทบต่อการกินได้ของสัตว์แตกต่างกันออกไป จากการศึกษาพบว่าถ้าอุณหภูมิภายในโรงเรือน เกิน 30 องศาเซลเซียส สัตว์จะเริ่มกินอาหารลดน้อยลงถ้าถึง 35 องศาเซลเซียส จะกินอาหารลดลง อย่างมาก และจะกินน้ำเพิ่มมากขึ้น ถ้าถึง 40 องศาเซลเซียส สัตว์จะกินอาหารน้อยมาก หรือหยุดกิน อาหาร เริ่มมีอาการหอบและเริ่มตาย อัตราการตายจะสูง ส่วนอุณหภูมิต่ำจะมีผลทำให้สัตว์กินอาหาร เพิ่มขึ้นแต่ถ้าต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส สัตว์จะกินอาหารลดลงและเริ่มตายจากอากาศที่หนาวเย็น โดยเฉพาะในสัตว์ปีก (ปฐม, 2529) อุณหภูมิที่มีความเหมาะสมที่สุดต่อการกินอาหารของสัตว์ควรอยู่ระหว่าง 20-25 องศาเซลเซียส แต่ในประเทศไทยอากาศค่อนข้างร้อนโดยเฉพาะในช่วงฤดูร้อน อุณหภูมิจะสูงกว่า 35 องศาเซลเซียสขึ้นไปติดต่อกันหลายเดือนการจัดการเรื่องโรงเรือนจะช่วยลด ปัญหาได้พอสมควร เช่น การใช้โรงเรือนแบบจั่ว 2 ชั้น มีการระบายอากาศภายในโรงเรือนได้ดีการใช้ วัสดุฉนวนหลังคาที่แผ่รังสีความร้อนน้อย เช่น หญ้าแฝก กระเบื้องหรือการปลูกต้นไม้ ให้ร่มเงาในบริเวณ โรงเรือนจะช่วยลดอุณหภูมิลงได้มาก ส่วนการใช้โรงเรือนปิด (Evaporative condition system; EVAP) แม้จะมีประสิทธิภาพสูงทำให้อุณหภูมิในโรงเรือนอยู่ในระดับที่เหมาะสมได้แต่ราคาก่อสร้างก็มีราคาสูงมากและเป็นเทคโนโลยีที่นำเข้าจากต่างประเทศทำให้ สูญเสียเงินตราต่างประเทศมากไม่เหมาะกับเกษตรกรที่มีฐานะยากจนและสถานะเศรษฐกิจของประเทศ

2. ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity) ความชื้นสัมพัทธ์ เป็นปัจจัยที่มีความใกล้ชิดกับอุณหภูมิโดยจะมีผลต่อการควบคุมอุณหภูมิ ของร่างกาย กล่าวคือถ้าอากาศมีอุณหภูมิสูงและมี

ความชื้นสัมพัทธ์สูงจะทำให้ สัตว์ระบายความร้อน ออกจากร่างกายได้ยากทำให้สัตว์ต้องจำกัดพลังงานที่จะได้จากอาหารโดยการกินอาหารลดลงอย่างมาก ถ้ามีอุณหภูมิสูงเพียงปัจจัยเดียวแต่ความชื้นสัมพัทธ์ต่าง ผลกระทบต่อสัตว์ก็จะลดลง ระดับความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนเลี้ยงสัตว์โดยทั่วไปในประเทศไทยจะอยู่ในระดับไม่เกินร้อยละ 75 ใน

3. ก๊าซพิษ เป็นก๊าซพิษที่เกิดจากการหมักหมมของมูลสัตว์เช่นแอมโมเนียคาร์บอนไดออกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีเทน และอื่นๆ จะมีผลกระทบต่อกรกินอาหารและสุขภาพของสัตว์

4. ลม กระแสลมที่พัดรุนแรง เช่น พายุลมกรรโชก ลมร้อน หรือลมหนาว จะทำให้สัตว์ ไม่ระบายและกินอาหารลดลง ถ้าเป็นลมที่พัดตามปกติ จะไม่เกิดผลเสียใด ๆ แต่กลับจะช่วยระบายอากาศภายในโรงเรือนให้ดีขึ้น

5. เสียงรบกวนต่าง ๆ โดยเฉพาะเสียงที่เกิดขึ้นอย่างฉับพลัน จะทำให้สัตว์ตกใจเกิดความเครียด และกินอาหารลดลงได้

6. ระบบการให้อาหาร การให้อาหารที่ละน้อย ๆ แต่บ่อยครั้งในหนึ่งวัน เช่น ในไก่ กระทั่งจะทำให้ สัตว์กินอาหารได้มากขึ้น

7 ภาวะความเครียด (Stress) ความเครียดอันเกิดจากสาเหตุต่าง ๆ เช่น คอกแออัด พื้นที่ร่าง น้ำ รางอาหารไม่เพียงพอ การเปลี่ยนสูตรอาหารบ่อย ๆ เป็นต้น จะมีผลทำให้สัตว์กินอาหารได้น้อยลงถ้าสามารถลดปัญหาต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดความเครียดได้ สัตว์ก็จะกินอาหารได้มากขึ้น

2.9.1. ค่าดัชนีความเครียดจากความร้อน (Heat Stress Index)

ค่าดัชนีความเครียดจากความร้อน (Heat Stress Index) หมายถึง ค่าดัชนี ที่เกิดจากผลบวกของอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ ของสภาวะอากาศแวดล้อมที่สัตว์อยู่อาศัย เพื่อบอกให้ทราบถึงความเหมาะสมของสภาวะอากาศ ที่มีผลต่อการอยู่อาศัยของสัตว์

ค่าดัชนีความเครียดจากความร้อน ไม่ควรเกิน 160 ถ้าเกินแสดงว่าสภาวะอากาศในขณะนั้น เริ่มจะไม่เหมาะสมต่อการอยู่อาศัยของสัตว์แล้ว และยังมีค่าสูงกว่า 160 มากเท่าใด สภาวะอากาศก็จะยิ่งเลวร้ายขึ้นเท่านั้น

ตารางที่ 7 ค่าดัชนีความเครียดจากความร้อน (Heat Stress Index)

Temperature		% of Relative Humidity										
C	F	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
15.6	60	110	115	120	125	130	135	140	145	150	155	160
18.3	65	115	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165
21.1	70	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170
23.9	75	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170	175
26.7	80	130	135	140	145	150	155	160	165	170	175	180
29.4	85	135	140	145	150	155	160	165	170	175	180	185
32.2	90	140	145	150	155	160	165	170	175	180	185	190
35.0	95	145	150	155	160	165	170	175	180	185	190	195
37.8	100	150	155	160	165	170	175	180	185	190	195	200
40.6	105	155	160	165	170	175	180	185	190	195	200	205
43.3	110	160	165	170	175	180	185	190	195	200	205	210

2.9.2 ปัจจัยแทรกสอดต่อการเสียชีวิตของจิ้งหรีด

การเกิดแก๊ส/ความร้อนในบ่อ มีสาเหตุมาจากเมื่อมีการทับถมของมูลจิ้งหรีดหรือเศษอาหารที่ตกลงลงไป สิ่งเหล่านี้ได้รับความชื้นที่พอดีหรือเหมาะสม เช่น การทำน้ำหูกหรือบ่อโดนฝนสาดหรือโดนละอองฝน มูลจิ้งหรีดหรือเศษอาหารที่เปียกชื้นก็จะเกิดปฏิกิริยาการหมักหรือย่อยสลายของเชื้อจุลินทรีย์ ทำให้เกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และแก๊สอื่น ๆ ขึ้นในบ่อ นอกจากนี้ก็จะเกิดความร้อนในบ่อ เมื่อมีแก๊สเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ปริมาณออกซิเจนในบ่อก็จะถูกแทนที่จากแก๊สนี้ ทำให้จิ้งหรีดขาดออกซิเจน เป็นเหตุให้จิ้งหรีดอ่อนแอและตายลงในที่สุด (สิทธิชัยฟาร์มจิ้งหรีด ลำพูน)

โรจิ้งหรีด/หนอนขน/หนอนแตงเบียน เกิดจากความชื้นในบ่อเป็นสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญและการขยายพันธุ์ของโรจิ้งหรีดและแมลงต่างๆ โดยเฉพาะโรจิ้งหรีดจะทำความเสียหายให้จิ้งหรีดมากที่สุดเนื่องจากเป็น “ปรสิต” เกาะกินดูดน้ำเลี้ยงหรือสารอาหารจากตัวจิ้งหรีด ทำให้จิ้งหรีดไม่แข็งแรง, แคระแกรน และอาจถึงตายในที่สุด ปัญหานี้มักแพร่กระจายอย่างรวดเร็วภายในฟาร์ม ควรหมั่นสังเกตดูจิ้งหรีดเมื่อพบว่าบ่อไหนมีไรให้รีบกำจัดหรือเคลียร์บ่อให้เร็วที่สุด ส่วนที่มาของไร ไม่ทราบแน่ชัดว่ามาจากไหน แต่ที่ต่างๆกันมา เช่น จาก ผักที่เราให้ จากอาหารบ้าง หรือจากขุยมะพร้าวหรือจากไข่จิ้งหรีดที่ซื้อมาบ้าง ส่วนหนอนขน (แมลงปีกแข็ง) และหนอนแตงเบียน ส่วนมาักพบเมื่อในบ่อมีการตายของจิ้งหรีด (มีกลิ่นเหม็น) แมลงพวกนี้ก็จะแอบมาหยอดไข่หรือแอบบินเข้าไป

ในบ่อแล้ววางไข่จนเกิดเป็นหนอนและกัดกินซากแมงที่ตายนั้นเป็นอาหาร แมลงเหล่านี้ไม่น่าจะสร้างปัญหาให้จิ้งหรีดมากเท่าไร แต่ก็อาจเป็นพาหะนำโรคมืดจิ้งหรีดได้

2.9.3 เครื่องมือวัดและควบคุมอุณหภูมิ

สสารทั้งหลายประกอบด้วย อะตอมรวมตัวกันเป็นโมเลกุล การเคลื่อนที่ของอะตอม หรือการสั่นของโมเลกุล ทำให้เกิดรูปแบบของพลังงานจลน์ ซึ่งเรียกว่า “ความร้อน” (Heat) เราพิจารณาพลังงานความร้อน (Heat energy) จากพลังงานทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากการเคลื่อนที่ของอะตอมหรือโมเลกุลทั้งหมดของสสาร

อุณหภูมิ (Temperature) หมายถึง การวัดค่าเฉลี่ยของพลังงานจลน์ซึ่งเกิดขึ้นจากอะตอมแต่ละตัว หรือแต่ละโมเลกุลของสสาร เมื่อเราใส่พลังงานความร้อนให้กับสสาร อะตอมของมันจะเคลื่อนที่เร็วขึ้น ทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น แต่เมื่อเราลดพลังงานความร้อน อะตอมของสสารจะเคลื่อนที่ช้าลง ทำให้อุณหภูมิลดลง

การควบคุมอุณหภูมิ

เครื่องควบคุมอุณหภูมิ (Temperature Controller) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมอุณหภูมิ ที่เหมาะกับงานในอุตสาหกรรมทุกประเภท โดย Temperature Controller แม้ชื่อจะเป็น Temperature (แปลว่า อุณหภูมิ) แต่จริง ๆ แล้วอุปกรณ์ตัวนี้สามารถควบคุมได้ทุกอย่างไม่ใช่แค่ อุณหภูมิ เช่น ความดัน, ความชื้น, อัตราการไหล, ระดับ ฯลฯ เพียงแต่งานควบคุมอุณหภูมิมักจะมีมากที่สุด ยกตัวอย่างงานที่ใช้เครื่องควบคุมอุณหภูมิ เช่น อุตสาหกรรมพลาสติก, อุตสาหกรรมยาง, อุตสาหกรรมทางเคมีภัณฑ์, อุตสาหกรรมอาหาร, อุตสาหกรรมเซรามิก ไปจนถึงห้องทดสอบและเครื่องบรรจุภัณฑ์ต่าง ๆ ฯลฯ การทำงานของเครื่องควบคุมอุณหภูมิจะควบคุมอุณหภูมิให้ได้ตามค่าอุณหภูมิที่กำหนดไว้ โดยจะนำมาใช้ในการสั่งงานให้กับอุปกรณ์สำหรับทำความร้อนหรืออุปกรณ์สำหรับทำความเย็นทำงานตามที่ได้ตั้งค่าอุณหภูมิไว้ การนำมาใช้งานและการควบคุมก็ขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ของการใช้งานที่ตัวเครื่องควบคุมอุณหภูมิจะมีส่วนที่รับอุณหภูมิ (Input) จากหัววัดอุณหภูมิหรือที่เรียกกันว่าเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ แล้วมาแสดงผลที่หน้าจอ Display พร้อมกับประมวลผลเพื่อควบคุมอุณหภูมิให้ได้ตามค่าที่ได้กำหนดไว้ หากอุณหภูมิไม่ได้ตามที่กำหนดไว้ก็จะมีในส่วนของการทำงาน (Output) ไปสั่งให้อุปกรณ์สำหรับทำความร้อนหรืออุปกรณ์ทำความเย็นทำงานให้ได้ตามค่าที่กำหนดไว้นั่นเอง

การควบคุมพื้นฐานมี 3 แบบ คือ แบบ On/Off ,แบบProportionalและแบบPID การเลือกใช้งานจะขึ้นอยู่กับความเหมาะสม ของลักษณะงานที่ต้องการใช้งาน

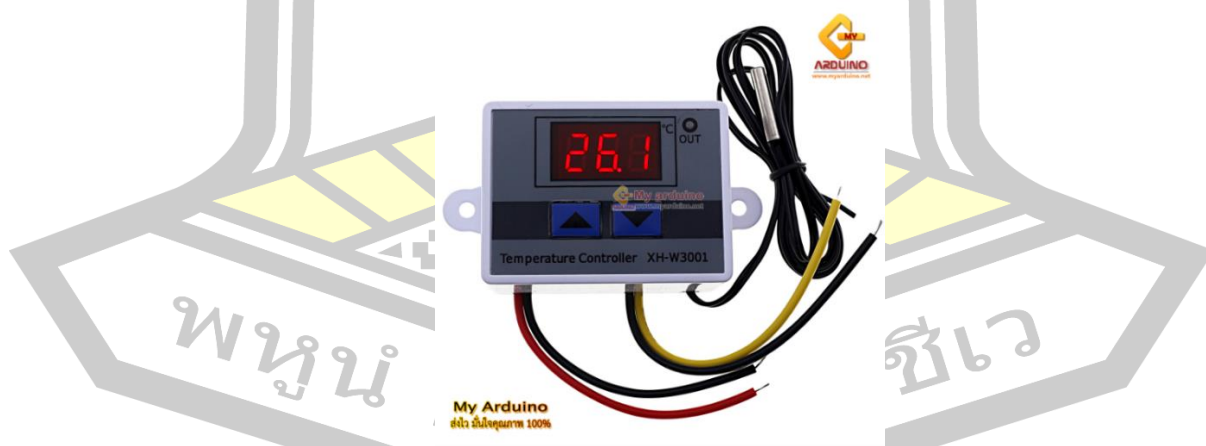
การควบคุมแบบ On/Off การควบคุมแบบ On/Off เป็นการควบคุมที่ง่ายที่สุดจากทั้ง 3 แบบโดยการนำเอาต์พุตจาก Temperature Control ที่มีสถานะ เปิด (on) หรือ ปิด (off) เท่านั้น จะไม่มีสถานะกลาง หลักการทำงาน On หรือ Off สำหรับการควบคุมความร้อนหรือความเย็น เราสามารถกำหนดค่าคงที่ หรือ กำหนดค่าตามที่ต้องการควบคุม ต่ำสุดเป็น On หรือ เป็น Off และ สูงสุดเป็น On หรือ เป็นOff หรือตั้ง ปิด (on) เมื่ออุณหภูมิมีค่ามากกว่าค่าที่กำหนดไว้ เอาต์พุตจะ เปลี่ยนสถานะเป็นเปิด(off) และจะทำซ้ำ อย่างนี้ไปเรื่อย ๆ เรียกว่า “วนลูปรการทำงาน” (Loop)ตัวอย่างเช่น ต้องการควบคุมอุณหภูมิน้ำร้อนที่ 70°C โดยอุณหภูมิของน้ำปกติอยู่ที่ 25°C ควบคุมอุณหภูมิให้ได้อุณหภูมิ 70°C โดยใช้ฮีตเตอร์ทำความ ร้อน เมื่อน้ำอุณหภูมิถึง 70°C ตัวควบคุม อุณหภูมิก็จะสั่งให้ฮีตเตอร์หยุดการทำงาน (เปรียบเอาต์พุต เปลี่ยนสถานะเป็น Off โดยสั่งให้ฮีตเต อร์หยุดการทำงานเมื่อน้ำมีอุณหภูมิ70°C) และจะอยู่สถานะ Off ไปเรื่อยๆ อุณหภูมิของน้ำก็จะลดลง ต่ำกว่า70°C ฮีตเตอร์จะกลับมาทำงานอีกครั้ง (เปรียบเอาต์พุต เปลี่ยนสถานะเป็น On โดยสั่งให้ฮีต เตอร์ทำงาน เพื่อปรับอุณหภูมิของน้ำให้อยู่ที่ 70°C และระบบจะ ทำซ้ำแบบนี้ไปเรื่อยๆ (ตามที่เรที่ตั้ง ค่าวัดควบคุมอุณหภูมิ โดยการใช้Temperature Control) ในกรณีมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเกิดขึ้น อย่างรวดเร็ว ทำให้หน้าคอนแทคเตอร์เกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะ อย่างรวดเร็ว อาจเกิดความ เสียหายได้ เพื่อป้องกันความเสียหายต่อหน้าคอนแทคเตอร์ ดังนั้นจึงมีการ หน่วงเวลาระหว่างการเปิด หรือปิด(On/Off) หรือเรียกว่า “ฮิสเทอรีซิส”(Hysteresis) การหน่วงเวลา On/Off จะป้องกันการ เปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างรวดเร็วซึ่งอาจทำให้อุปกรณ์ที่ต่ออยู่กับเครื่องควบคุม เสียหายได้ เช่น Relay เป็นต้น และยังส่งผลให้อายุการใช้งานของอุปกรณ์อาจจะสั้นลงการควบคุม อุณหภูมิแบบ On/Off การควบคุมแบบนี้เหมาะสำหรับงานที่ค่อยๆเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างช้าๆ

การควบคุมอุณหภูมิแบบ Proportional การควบคุมอุณหภูมิแบบ Proportionalออกแบบ มาเพื่อแทนการควบคุมแบบ On/Off โดย การควบคุมแบบ Proportionalลดพลังงานที่จ่ายให้กับฮีต เตอร์เมื่ออุณหภูมิเข้าใกล้จุดที่ต้องการใช้งาน (SV) ผลของการทำให้ฮีตเตอร์ทำงานช้าลง เพื่อไม่ให้เกิด การ Overshoot ของอุณหภูมิใช้งาน (SV) แต่ จะเข้าใกล้อุณหภูมิใช้งาน (SV) และรักษาอุณหภูมิให้ คงที่ การควบคุมอุณหภูมิแบบ Proportional จะ ทำงานโดยการเปิดและปิด การทำงานสำหรับ ช่วงเวลาสั้นๆ การกำหนด "Time Proportioning" นี้จะ เปลี่ยนอัตราส่วนของเวลา "เปิด" และเวลา "ปิด" ในการควบคุมอุณหภูมิ แบบ Proportional นั้นเกิดขึ้น จากค่า "proportional band" ซึ่งจะ

ทำงานเมื่อเข้าใกล้อุณหภูมิใช้งาน (SV) หากเลยจากค่า proportional band ไปแล้ว จะเปลี่ยนเป็นการควบคุมแบบ On/ Off ที่อุณหภูมิใช้งาน(SV) (จุดตรงกลางของ proportional band) ทำงานแบบ On/Off มีอัตราส่วนคือ 1:1 นั่นคือเวลา On และเวลา Off เท่ากัน หากอุณหภูมิแตกต่างจากจุดที่กำหนดไว้มาก เวลา On และเวลา Off จะแปรผันตามสัดส่วน ความแตกต่างของอุณหภูมิ หากอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิใช้งาน (SV) การทำงานจะ On นานขึ้น หากอุณหภูมิสูงเกินไปการทำงานจะ Off นานขึ้นด้วยเช่นกัน

การควบคุมอุณหภูมิแบบ PID ประกอบไปด้วย proportional, integral และ derivative การควบคุมแบบ PID เป็นการควบคุม proportional ที่เพิ่มสองรายการซึ่งจะช่วยควบคุม แบบอัตโนมัติโดยการชดเชยค่าที่เปลี่ยนแปลงในระบบ การปรับ integral และ derivative จะแสดงในหน่วยของเวลา โดยการปรับ proportional, integral และ derivative จะต้องถูกปรับทีละตัว ใช้ระบบ ในการทดลองข้อผิดพลาด จะทำให้การควบคุมแม่นยำและเสถียรที่สุด การควบคุมอุณหภูมิแบบ PID ใช้ได้ดีในระบบที่ค่อนข้างเล็กซึ่งตอบสนองเร็วต่อพลังงานที่เพิ่มเข้ามาในระบบ (Wikipedia, 2015)

อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ (Temperature Control) ทำหน้าที่โดยรับสัญญาณมาจากเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ สั่งงานให้หลอดไฟเป็นอุปกรณ์ในการเพิ่มอุณหภูมิและสั่งให้พัดลมระบายอากาศทำงานเพื่อลดอุณหภูมิ รายละเอียดอุปกรณ์ ดังนี้



ภาพที่ 28 เครื่องควบคุมอุณหภูมิ

สวิตช์ XH-W3001 24V 240W Digital Temperature Controller Switch

(ที่มา <https://www.cybertice.com>)



ภาพที่ 29 หลอดไฟให้ความร้อน
(ที่มา <https://www.lazada.co.th>)

ใช้งานกับวงจรไฟฟ้าที่มีแรงดันไฟฟ้าตั้งแต่ 220-230 โวลต์มีขนาด 200 วัตต์ ขั้วเกลียวมาตรฐาน E27 ใช้ได้หลากหลายการทำงานใช้งาน สามารถใช้เลี้ยงสัตว์ เช่น การเลี้ยงไก่ การกกไข่ เป็นต้น



ภาพที่ 30 พัดลมระบายอากาศ
(ที่มา <https://www.srt.co.th>)

พัดลม DP201A Voltage Rating : 220 – 240 VAC Air Flow : 78/72 CFM

ทำงานโดยใช้ใบพัดในการสร้างการไหลของอากาศในทิศทางตามแนวแกนหมุน เหมาะสำหรับการระบายอากาศและระบายความร้อนภายในอุปกรณ์ต่างๆ

2.10 การประเมินสรีระวิทยาของสิ่งมีชีวิต

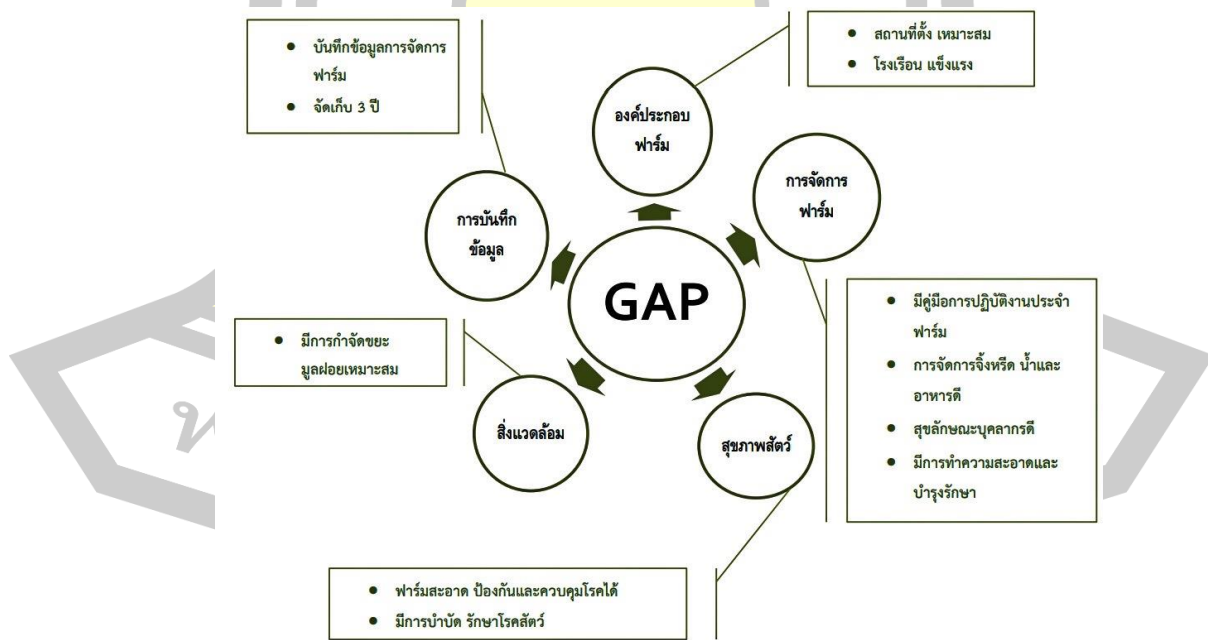
สภาวะทางสรีระของสัตว์สัตว์ที่อยู่ในระยะของสภาวะทางสรีระร่างกายที่แตกต่างกัน ความต้องการโภชนาแต่ละชนิดก็จะแตกต่างกันไป เช่น สัตว์ที่อยู่ในช่วงระยะการให้ผลผลิตจะมี ความต้องการโภชนาสูงกว่าสัตว์ที่ไม่ได้ให้ผลผลิต สัตว์ที่อยู่ในสภาวะเจ็บป่วย หรือเครียด หรือเป็น โรคพยาธิจะต้องการโภชนาบางชนิดสูงกว่าสัตว์ ที่อยู่ในภาวะร่างกายปกติ

2.11 การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มจิ้งหรีด (GAP)

การจัดทำมาตรฐาน GAP

การจัดทำมาตรฐาน GAP หรือ การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มจิ้งหรีด ต้องผ่านการตรวจประเมินตามข้อกำหนดของ มกษ. 8202 และขอการรับรองจากสำนักพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าปศุสัตว์

โดยมีหลักการ 5 ข้อ ดังนี้



ภาพที่ 31 การจัดทำมาตรฐาน GAP หรือ การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มจิ้งหรีด

การจัดทำมาตรฐาน GAP หรือ การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มจิ้งหรีด ประกอบด้วย ข้อกำหนด 5 ข้อ คือ องค์ประกอบฟาร์ม การจัดการฟาร์ม สุขภาพสัตว์ สิ่งแวดล้อม และการบันทึกข้อมูลโดยมีรายละเอียด ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ข้อกำหนดการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มจิ้งหรีด (GAP)

รายการ	ข้อกำหนด
1 องค์ประกอบฟาร์ม 1.1 สถานที่ตั้ง	1.1.1 ตั้งอยู่ในพื้นที่ที่เหมาะสมไม่มีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนอันตรายที่จะมีผลกระทบต่อความปลอดภัยของจิ้งหรีดและผู้บริโภค
1.2 ฟังและลักษณะฟาร์ม	1.2.1 พื้นที่ฟาร์มมีขนาดเพียงพอและเหมาะสมในการเลี้ยงจิ้งหรีด ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของจิ้งหรีดและสิ่งแวดล้อม มีวัสดุล้อมรอบพื้นที่การเลี้ยงจิ้งหรีด 1.2.2 มีการวางผังฟาร์มที่ดีและจัดพื้นที่เป็นสัดส่วนอย่างชัดเจน เหมาะสมตามวัตถุประสงค์เช่น บริเวณเลี้ยงจิ้งหรีด เก็บอาหาร เก็บอุปกรณ์ รวบรวมขยะและสิ่งปฏิกูล และที่พักอาศัย
1.3 โรงเรือน	1.3.1 สร้างด้วยวัสดุที่คงทน แข็งแรง ง่ายต่อการทำความสะอาดและบำรุงรักษา มีการระบายอากาศที่ดีและไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อคนและจิ้งหรีด สามารถป้องกันศัตรูจิ้งหรีดไม่ให้เข้าสู่บริเวณโรงเรือน 1.3.2 บ่อเลี้ยงจิ้งหรีดต้องทำด้วยวัสดุที่แข็งแรง ทนทาน ง่ายต่อการบำรุงรักษา และทำความสะอาด
2 การจัดการฟาร์ม 2.1 คู่มือการปฏิบัติงานประจำฟาร์ม	2.1 คู่มือการปฏิบัติงานประจำฟาร์ม มีคู่มือการปฏิบัติงานประจำฟาร์มที่แสดงรายละเอียดการปฏิบัติงานที่สำคัญภายในฟาร์ม ได้แก่ ระบบการเลี้ยง การจัดการอาหารและน้ำสำหรับจิ้งหรีด การทำความสะอาดและบำรุงรักษา การจัดการด้านสุขภาพจิ้งหรีด การจัดการด้านสิ่งแวดล้อม และแบบบันทึกข้อมูล
2.2 การจัดการจิ้งหรีด	2.2.1 คัดเลือกพันธุ์จิ้งหรีดที่มีคุณภาพ 2.2.2 มีการเตรียมบ่อเลี้ยงจิ้งหรีด 2.2.3 ต้องใช้วัสดุหลบซ่อนตัวที่สะอาด ไม่ก่อให้เกิดโรค 2.2.4 ภาชนะและวัสดุที่ใช้รองไข่ ต้องสะอาด ไม่มีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนที่จะก่อให้เกิดอันตรายต่อจิ้งหรีดและผู้บริโภค

	2.2.5 จัดการเก็บจิ้งหรีดเพื่อจำหน่ายไม่ให้มีการปนเปื้อนสิ่งที่เป็นอันตราย
2.3 การจัดการอาหารและน้ำสำหรับจิ้งหรีด	2.3.1 อาหารสำหรับเลี้ยงจิ้งหรีดต้องไม่เสื่อมคุณภาพและไม่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของจิ้งหรีด
	2.3.2 แหล่งน้ำที่ใช้ในฟาร์มต้องเป็นน้ำที่สะอาด ไม่ปนเปื้อนจากสิ่งที่เป็นอันตราย
	2.3.3 ใช้ภาชนะให้อาหารและน้ำที่สะอาดเหมาะสมกับจำนวนและอายุของจิ้งหรีด
	2.3.4 มีสถานที่เก็บอาหารจิ้งหรีดที่สามารถป้องกันการปนเปื้อนและการเสื่อมสภาพของอาหารจิ้งหรีดได้
2.4 บุคลากร	2.4.1 บุคลากรที่ทำหน้าที่เลี้ยงจิ้งหรีดต้องมีความรู้และได้รับการฝึกอบรมหรือได้รับการถ่ายทอดความรู้เพื่อให้เลี้ยงจิ้งหรีดได้อย่างถูกต้อง
	2.4.2 บุคลากรต้องมีสุขลักษณะส่วนบุคคลที่ดีและต้องได้รับการตรวจสุขภาพประจำปี
2.5 การทำความสะอาดและบำรุงรักษา	2.5.1 โรงเรือน และอุปกรณ์ต้องสะอาด ถูกสุขลักษณะ มีการบำรุงรักษา โรงเรือนและอุปกรณ์ให้อยู่ในสภาพดี มีความปลอดภัยต่อจิ้งหรีดและผู้ปฏิบัติงาน
	2.5.2 ใช้สารเคมี ยาฆ่าเชื้อ หรือวัตถุอันตรายที่ขึ้นทะเบียนกับกรมปศุสัตว์ และใช้ตามคำแนะนำบนฉลากผลิตภัณฑ์
3 สุขภาพสัตว์ 3.1 การป้องกันและควบคุมโรค	3.1.1 มีการป้องกันและฆ่าเชื้อโรค อุปกรณ์ และบุคคลก่อนเข้า-ออกจากฟาร์ม รวมถึง มีการจัดบันทึกการผ่านเข้า-ออกจากฟาร์มของบุคคลภายนอกที่สามารถตรวจสอบได้
	3.1.2 กรณีเกิดโรคระบาดหรือสงสัยว่าเกิดโรคระบาด ให้ปฏิบัติตามกฎหมายว่าด้วย โรคระบาดสัตว์และคำแนะนำของกรมปศุสัตว์
3.2 การบำบัดโรคสัตว์	3.2.1 อยู่ภายใต้ความดูแลของสัตวแพทย์โดยปฏิบัติตามกฎหมายว่าด้วยวิชาชีพ การสัตวแพทย์และฉบับแก้ไขเพิ่มเติม และตามข้อกำหนดในมาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 9032 เรื่อง ข้อปฏิบัติการควบคุมการใช้ยาในสัตว์
4 สิ่งแวดล้อม	4.1 กำจัดหรือจัดการขยะมูลฝอย ของเสีย และมูลจิ้งหรีดด้วยวิธีการที่เหมาะสม และถูกสุขลักษณะ เพื่อไม่ให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

	4.2 กรณีที่ปล่อยน้ำเสียออกสู่แหล่งน้ำสาธารณะให้บำบัดอย่างถูกต้องก่อนปล่อยออกสู่ ภายนอกฟาร์ม
5 การบันทึกข้อมูล	5.1 มีการบันทึกข้อมูลผลการปฏิบัติงานในขั้นตอนที่สำคัญในการจัดการฟาร์มที่มีผลกระทบต่อสุขภาพ ผลผลิตและการควบคุมโรค
	5.1.1 ข้อมูลเกี่ยวกับการจัดการด้านบุคลากร
	5.1.2 ข้อมูลเกี่ยวกับการจัดการด้านการผลิต เช่น ข้อมูลชนิด รุ่นการผลิต อาหาร การจัดการ ฟาร์ม และผลผลิต
	5.1.3 ข้อมูลการควบคุมป้องกันและบำบัดโรค เช่น ข้อมูลการใช้ยา สารเคมี
	5.2 ให้เก็บรักษาบันทึกเป็นเวลาอย่างน้อย 3 ปี

2.12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

(ประทุมพร และเยาวรัตน์, 2557) ได้รายงานการจัดการการผลิต ต้นทุนและ ผลตอบแทนจากการเลี้ยงจิ้งหรีดของเกษตรกร และวิธีการตลาดของจิ้งหรีดในพื้นที่จังหวัดขอนแก่น กาฬสินธุ์ และมหาสารคาม โดยเก็บรวบรวมข้อมูลจากเกษตรกรผู้เลี้ยง จิ้งหรีด จำนวน 60 ราย ได้แก่ เกษตรกรที่ใช้อาหารสัตว์ปีกสำเร็จรูปในการเลี้ยงจิ้งหรีดเป็นส่วนใหญ่ (ประเภทที่ 1) จำนวน 32 ราย เป็นเกษตรกรที่ใช้อาหารสัตว์ปีกสำเร็จรูปควบคู่กับพืชผัก (ประเภทที่ 2) จำนวน 28 ราย และพ่อค้าที่มารับซื้อจิ้งหรีดจากเกษตรกรผู้เลี้ยงจิ้งหรีดโดยตรง จำนวน 9 ราย ผลการศึกษาพบว่า เกษตรกรผู้เลี้ยงจิ้งหรีดส่วนใหญ่เลี้ยงจิ้งหรีดสายพันธุ์ทองดำ ผลผลิตที่ได้จากการเลี้ยงจิ้งหรีดสูงสุดอยู่ในช่วงเดือน พฤษภาคม-กรกฎาคม เพราะสภาพอากาศไม่ร้อนมาก เมื่อพิจารณาต้นทุนในการผลิตต่อรุ่นพบว่า เกษตรกรผู้เลี้ยงจิ้งหรีดประเภทที่ 1 มีต้นทุนทั้งหมดเท่ากับ 94.1 บาท/กิโลกรัม มีรายได้สุทธิ 25.9 บาท/กิโลกรัม รายรับเหนือต้นทุนเงินสด/กิโลกรัม 53.83 บาท สำหรับเกษตรกรผู้เลี้ยงจิ้งหรีดประเภทที่ 2 มีต้นทุนทั้งหมด 73.0 บาท/กิโลกรัม รายได้สุทธิ/ กิโลกรัมเท่ากับ 51.00 บาท และมีรายรับเหนือต้นทุนเงินสด/กิโลกรัม 75.44 บาท เมื่อทดสอบความแตกต่างของต้นทุนทั้งหมดเฉลี่ยระหว่างการเลี้ยงจิ้งหรีดทั้ง 2 ประเภท พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทำสถิติที่ระดับ 0.05

(ณรงค์ศักดิ์, 2553) พบว่า ต้นทุนทั้งหมดในการเลี้ยงจิ้งหรีด โดยใช้อาหารสัตว์ปีกสำเร็จรูปของตำบลศรีสมเด็จ อำเภอศรีสมเด็จ จังหวัดร้อยเอ็ด เท่ากับ 14,432.50 บาท/รุ่น (ผลผลิต 270 กิโลกรัม/รุ่น) โดยคิดเป็น ต้นทุนคงที่ ร้อยละ 12.69 และต้นทุนผันแปรร้อยละ 87.30 ของต้นทุน

ทั้งหมด ซึ่งต้นทุนค่าอาหารสัตว์ปีความสำเร็จรูปที่นำมาเลี้ยงจึงหรีดสูงถึงร้อยละ 64.02 ของต้นทุนทั้งหมด แต่ในทางตรงกันข้าม ปริมาณผลผลิตที่ได้รับต่อหน่วยและราคาจึงหรีดที่เกษตรกรขายได้กลับไม่ได้เพิ่มขึ้นทำให้เกษตรกรผู้เลี้ยงจึงหรีดบางราย ต้องหยุดดำเนินการ และสภาพอากาศแปรปรวนเดือนมีนาคม-เมษายน จึงหรีดให้ผลผลิตสูงสุด และให้ผลผลิตต่ำสุดในเดือนพฤษภาคม-กุมภาพันธ์ เนื่องจากอากาศเย็น อัตราการกินอาหารลดลง ผลผลิตลดลง

(อุทัย และจักรรินทร์, 2564) ได้ทดลองเลี้ยงจึงหรีดด้วยอุณหภูมิที่แตกต่างกัน 3 ระดับคือ อุณหภูมิสภาพแวดล้อม 32 และ 34 องศาเซลเซียส โดยนำจึงหรีดอายุ 20 วัน มาเลี้ยงในบ่อทดลองขนาด 0.25 ตารางเมตร จำนวน 100 กรัม/บ่อ เพื่อหาความแตกต่างของการเจริญเติบโตของจึงหรีดพบว่า อุณหภูมิเพิ่มขึ้นจึงหรีดมีอัตราการกินอาหารเพิ่มขึ้นผลผลิตเพิ่มขึ้น และใช้ระยะเวลาในการเลี้ยงน้อยกว่าอุณหภูมิสภาพแวดล้อมทั่วไป ซึ่งอุณหภูมิ 34 องศาเซลเซียสทำผลผลิตจึงหรีดสูงสุดมากกว่าอุณหภูมิสภาพแวดล้อมอยู่ที่ 9.3%

(Robert B. Srygley, 2014) ได้ทดลองเลี้ยงจึงหรีดมอมอน จำนวน 14 9 และ 12 คู่ตามลำดับ ในห้องทดลองที่ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นแตกต่างกัน 3 ระดับ ในเวลากลางวัน/เวลากลางคืน คือ 30/24 องศาเซลเซียส ไม่ควบคุมความชื้น 30/15 และ 32/13 องศาเซลเซียส ควบคุมความชื้นที่ 30/40% จากนั้นนำไข่จึงหรีดที่ได้ไปทดลองมาฟักด้วยความชื้นที่แตกต่างกัน 4 ระดับคือ 0 25 50 และ 100% เพื่อศึกษาอุณหภูมิและความชื้นต่อการฟักไข่ของจึงหรีด พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการฟักไข่มากที่สุดคือ 30/24 องศาเซลเซียส และความชื้นที่ทำให้จึงหรีดฟักไข่ได้ดี คือความชื้นที่ 50%

(Richa Singh, P Prathibha and Manjari Jain, 2020) ได้ทดลองเลี้ยงจึงหรีด 10 คู่ในห้องทดลองที่มีการควบคุมอุณหภูมิแตกต่างกัน 2 ระดับคือ 25 และ 30 องศาเซลเซียส ควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ ระหว่าง 40-70% เพื่อศึกษาผลกระทบอุณหภูมิต่อ อายุขัย เวลาในการพัฒนาการ ขนาด และน้ำหนักของจึงหรีด พบว่า อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จึงหรีด มีอายุไข่น้อย พัฒนาการเติบโตเร็ว ขนาดตัวโตกว่า และมีน้ำหนักมากกว่า 25 องศาเซลเซียส และจึงหรีดมีอัตราการผสมพันธุ์แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 99% มากที่สุดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

(คู่มือการเลี้ยงจึงหรีดฉบับประชาชน, 2564) รายงานเกี่ยวกับปัญหาที่พบในการเลี้ยงจึงหรีดระบุว่าจึงหรีดตาย โดยมีสาเหตุมาจากแก๊สในบ่อเลี้ยงมาก จึงมีข้อเสนอแนะในการแก้ไขปัญหาดัง

กล่าวคือ ให้อาหารที่ช่วยลดการเกิดแก๊สภายในบ่อเลี้ยง เช่นให้ต้น กัลย ฟ้าฉักผลไม้ ฯลฯ ทำความสะอาดบ่อเลี้ยง และกำจัดมูลจิ้งหรีด

(พัชรภรณ์ จอมพล ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี) ได้ศึกษาอิทธิพลของตำแหน่งการเลี้ยงไก่กระทงในโรงเรือนแบบปิดต่อสมรรถนะการผลิต มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาตำแหน่งบริเวณและชั้นที่เลี้ยงภายใต้ระบบระบายอากาศที่เหมาะสมในการเลี้ยงไก่เนื้อพบว่าโรงเรือนระบบปิดมีอัตราการเจริญเติบโตและน้ำหนักตัวเฉลี่ยของไก่กระทงที่อยู่บริเวณหน้าเล้ากลางเล้าดีกว่าที่อยู่ตำแหน่งบริเวณท้ายเล้า เนื่องจากบริเวณด้านหลังของโรงเรือนมีอุณหภูมิสูงและพัดลมด้านหลังจะดูด เอาความร้อนภายในโรงเรือนมากับลมที่พัดผ่านเอาฝุ่นละอองและก๊าซแอมโมเนียที่ล่องลอยอยู่ในโรงเรือนทำให้บริเวณด้านหลังโรงเรือนมีอุณหภูมิสูงและสกปรกมากขึ้น ซึ่งได้ทำการสลับตำแหน่งพบว่าไก่บริเวณหน้าเล้า กลางเล้า มีอัตราการเจริญเติบโตที่ดี เมื่อนำไก่ที่อยู่ตำแหน่งท้ายเล้าย้ายมาหน้าเล้าไม่ส่งผลให้มีการเจริญเติบโตที่ดีขึ้นแต่จะส่งผลเสียเมื่อทำการสลับตำแหน่งมีผลทางนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

(ยุรนา ศรีอุดม, 2563) บทคัดย่อ ตู้ฟักไข่ต้นทุนต่ำสำหรับชุมชน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบ และสร้างเครื่องฟักไข่ต้นทุนต่ำสำหรับนำไปปรับใช้ฟักไข่ไก่ ไข่เป็ด และไข่ นกกระทาในชุมชนบ้านหิน โคง ตำบลตากตก อำเภอเมือง จังหวัดตาก โดยตู้ฟักไข่จะต้องมีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้ เหมาะสมกับชนิดของไข่ที่ฟัก ซึ่งในการออกแบบตู้ฟักไข่จะให้ความร้อนด้วยหลอดไฟ ขนาด 60 วัตต์ จำนวน 2 หลอด ทำการควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นด้วย DHT22 โดยใส่ถาดน้ำเพื่อสร้างความชื้นที่ ชั้นล่างสุดของตู้ฟัก และควบคุมความชื้นด้วยพัดลมระบายอากาศด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ตู้ฟักไข่ที่ทำ การออกแบบมีขนาด 50x60x75 เซนติเมตร สามารถวางไข่ได้ 3 ชั้น โดยแต่ละชั้นสามารถบรรจุไข่ ได้ 50 ฟอง รวม 150 ฟอง ผลจากการทดสอบ ฟัก ไข่ไก่ จำนวน 30 ฟอง พบว่าสามารถฟักไข่ออกเป็น ลูกเจี๊ยบ ได้ 24 ตัว คิดเป็น 80 เปอร์เซ็นต์ ตู้ฟักไข่สามารถควบคุมอุณหภูมิภายในตู้ฟัก โดยเฉลี่ยอยู่ที่ 36-38 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ที่ประมาณ 58-60 เปอร์เซ็นต์ จากผลการศึกษาแนวทางการ ออกแบบและ สร้างเครื่องฟักไข่ต้นทุนต่ำสำหรับฟักไข่ไก่ ไข่เป็ด และไข่ นกกระทาในชุมชนบ้านหินโคง ตำบลตากตก อำเภอเมือง จังหวัดตาก โดยตู้ฟักไข่จะต้องมีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้ เหมาะสมกับชนิดของไข่ที่ฟัก ซึ่งในการออกแบบตู้ฟักไข่จะให้ความร้อนด้วยหลอดไฟ ขนาด 60 วัตต์ จำนวน 2 หลอด ทำการควบคุม อุณหภูมิ และความชื้นด้วย DHT22 โดยใส่ ถาดน้ำเพื่อ สร้างความชื้นที่ ชั้นล่างสุดของตู้ฟัก และควบคุมความชื้นด้วยพัดลมระบายอากาศด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ตู้ฟักไข่ที่ทำ การออกแบบมีขนาด 50 x 60 x 75 เซนติเมตร สามารถวางไข่ได้

3 ชั้น โดยแต่ละชั้น สามารถบรรจุไข่ได้ 50 ฟอง รวม 150 ฟอง ผลจากการ ทดสอบ ฟักไข่ไก่จำนวน 30 ฟอง เป็นเวลาทั้งสิ้น 21 วัน พบว่า สามารถฟักไข่ออกเป็นลูกเจี๊ยบ ได้ 24 ตัว คิดเป็น 80 เปอร์เซ็นต์ ตู้ฟักไข่สามารถควบคุม 16 อุณหภูมิภายในตู้ฟัก โดยเฉลี่ยอยู่ที่ 36 – 38 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ที่ประมาณ 58 – 60 เปอร์เซ็นต์และมีการใช้ พลังงานไฟฟ้ารวมทั้งสิ้น 16.8 kW

(ธันวา ไวยบท, 2545) ได้ทำการทดลองการนำเอาอัตราความเร็วลมที่เหมาะสม มาใช้สำหรับ ผลิตไก่เนื้อในช่วงสภาวะอุณหภูมิสูง จากการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับอัตรา ความเร็วลม พบว่า อัตราความเร็วลมที่เหมาะสม จะอยู่ที่ช่วง 1.5 - 2.0 เมตร/วินาที โดยเฉพาะใน โรงเรือนแบบปิด เป็นความเร็วลมที่เหมาะสม สำหรับ อัตราการเจริญเติบโตที่เพิ่มขึ้น น้ำหนัก ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และอัตราการเปลี่ยนอาหารที่ดี



บทที่ 3

วิธีการทดลอง

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มผลผลิตจิ้งหรีดจากการจัดการอุณหภูมิและความสะอาดบ่อเลี้ยง เนื่องจากการทบทวนงานวิจัยพบว่าผลผลิตจิ้งหรีดที่ได้ มีความไม่แน่นอน จากสภาพอากาศที่แตกต่างกัน ในแต่ละช่วงเดือน ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณของเสีย และยังพบว่า การสะสมของเสียในบ่อเลี้ยงอาจทำให้มีการย่อยสลายจนเกิดเป็นแก๊สแอมโมเนียและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ส่งผลต่อผลผลิตจิ้งหรีดลดลง จึงมีสมมติฐานดังนี้ 1.ของเสียที่สะสมในบ่อเลี้ยงจิ้งหรีดจะทำให้จิ้งหรีดตายเนื่องจากการย่อยสลายทำให้เกิดแก๊สพิษในบ่อเลี้ยงมากเพราะอากาศไม่ถ่ายเท ทำให้ผลผลิตจิ้งหรีดลดลงเนื่องจากการเสียชีวิต 2.อุณหภูมิ ความชื้นและความหนาแน่นที่แตกต่างกันจะทำให้อัตราการกินอาหารและผลผลิตจิ้งหรีดแตกต่างกัน จึงต้องทดลองเพื่อพิสูจน์สมมติฐาน การย่อยสลายของของเสียต่อการเกิดแก๊สแอมโมเนียและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์แล้วส่งผลกระทบต่อสุขภาพของจิ้งหรีด รวมถึงการกระตุ้นอาหารจากอุณหภูมิที่แตกต่างต่อสภาวะการเจริญเติบโต แล้วออกแบบบ่อเลี้ยงจิ้งหรีดแบบใหม่มาแก้ปัญหาและทดลองยืนยันผล เพื่อบรรลุวัตถุประสงค์และตอบสมมติฐานจึงมีลำดับการทดลอง ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ลำดับวิธีการทดลอง

ลำดับที่	วิธีการทดลอง
1	สำรวจข้อมูลการจัดการฟาร์มจิ้งหรีดแบบเดิม ได้แก่ ข้อมูลผลผลิต รูปแบบการเรียงแผงไข่ ของเสียสะสม แล้วสรุปปัญหาที่พบ และ ตั้งสมมติฐานเพื่อแก้ปัญหา
2	ออกแบบการทดลอง และทดสอบเบื้องต้น <ul style="list-style-type: none"> -การอบแห้งหาความชื้นในของเสีย เพื่อนำมาเป็นตัวแปรควบคุม -การทดสอบเพื่อศึกษาพฤติกรรมกระจายอุณหภูมิ แล้วนำมากำหนดตำแหน่งควบคุม -การทดสอบเพื่อศึกษาพฤติกรรมกระจายของแก๊สพิษในระดับ Lab scale แล้วนำมากำหนดตำแหน่งวัด ความเข้มข้นแก๊สแอมโมเนีย (NH₃) และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂)

3	<p>การทดลองเพื่อศึกษาอัตราการย่อยสลายของเสีย (Degradation rate) ในเงื่อนไข อุณหภูมิ ความชื้น และความหนาแน่น ที่แตกต่างกัน</p> <ul style="list-style-type: none"> -วิธีการทดลองเพื่อทดสอบอัตราการย่อยสลาย -การวิเคราะห์ผลอัตราการย่อยสลาย
4	<p>การทดลองเพื่อศึกษาการเกิดแก๊สแอมโมเนีย (NH₃) และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) จากเงื่อนไข อุณหภูมิ ความชื้น และความหนาแน่น ที่แตกต่างกัน</p> <ul style="list-style-type: none"> -วิธีการทดลองเพื่อวัดปริมาณแก๊สแอมโมเนียและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ -การวิเคราะห์ผลความเข้มข้นของแก๊สแอมโมเนียและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์
5	<p>การทดลองเพื่อประเมินผลผลิตของจิ้งหรีด ในเงื่อนไขความเข้มข้นของแก๊สแอมโมเนีย (NH₃) และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ที่แตกต่างกัน</p> <ul style="list-style-type: none"> -วิธีการทดลองเพื่อประเมินผลผลิตจิ้งหรีด -การวิเคราะห์ผลผลิตจิ้งหรีด
6	<p>การทดลองเพื่อประเมินการกินอาหารของจิ้งหรีดจากอุณหภูมิที่แตกต่างกัน</p> <ul style="list-style-type: none"> -วิธีการทดลองเพื่อประเมินการกินอาหารของจิ้งหรีด -การวิเคราะห์ผลการกินอาหารของจิ้งหรีด
7	<p>การออกแบบและสร้างบ่อเลี้ยงจิ้งหรีดแบบใหม่เพื่อแก้ปัญหา และทดลองเพื่อยืนยันผล</p> <ul style="list-style-type: none"> -การออกแบบบ่อเลี้ยงจิ้งหรีดแบบใหม่เพื่อแก้ปัญหา -วิธีการทดลองเลี้ยงจิ้งหรีดเพื่อเปรียบเทียบระหว่างการจัดการแบบใหม่กับแบบดั้งเดิม -การวิเคราะห์เพื่อยืนยันผล -การประเมินผลด้านสรีระวิทยาของจิ้งหรีด

3.1 สํารวจข้อมูลการจัดการฟาร์มจิ้งหรีดแบบเดิม ได้แก่ ข้อมูลผลผลิต รูปแบบการเรียงแผงไข่ของเสี่ยสะสม แล้วสรุปปัญหาที่พบ และ ตั้งสมมติฐานเพื่อแก้ปัญหา

การสำรวจเกษตรกรผู้เลี้ยงจิ้งหรีดโดยทั่วไป เพื่อศึกษาข้อมูลในเชิงปริมาณ และคุณภาพ เกี่ยวกับการจัดการบ่อเลี้ยงจิ้งหรีด อาหาร วัสดุหลบซ่อน ผลผลิต ของเสีย และปัญหาที่พบในกระบวนการผลิตและจำหน่าย เพื่อนำมาเป็นข้อมูลตั้งต้น ในการตั้งสมมติฐานแก้ไขปัญหา และร่วมหาทางออกที่ยั่งยืนให้แก่เกษตรกร

จากการสำรวจพบว่าผลผลิตจิ้งหรีดมีความแปรปรวนไม่แน่นอนหลายปัจจัย ทำให้ได้ผลผลิตที่ไม่ใกล้เคียงกันในการเก็บผลผลิตแต่ละรอบ รวมถึงพบปริมาณของเสียที่มาก กลิ่นไม่พึงประสงค์ในบ่อเลี้ยง และการเสียชีวิต เมื่อเก็บผลผลิตแล้วยังพบเกี่ยวกับขนาดตัวที่โตไม่เท่ากันอันมาจากความไม่สมบูรณ์ดีในการดำรงชีวิตทำให้ผลผลิตบางส่วนที่มีขนาดเล็กไม่เป็นที่ต้องการของท้องตลาด จึงได้มีสมมติฐานในการทดลองเพื่อแก้ไขปัญหา ดังนี้

1. ของเสียที่สะสมในบ่อเลี้ยงจิ้งหรีดจะทำให้จิ้งหรีดตายเนื่องจากการย่อยสลายทำให้เกิดแก๊สพิษในบ่อเลี้ยงมากเพราะอากาศไม่ถ่ายเท ทำให้ผลผลิตจิ้งหรีดลดลงเนื่องจากความอ่อนแอ
2. อุณหภูมิความชื้นและความหนาแน่นที่แตกต่างกันจะทำให้อัตราการกินอาหารและผลผลิตจิ้งหรีดแตกต่างกัน

3.2 ออกแบบการทดลองและทดสอบเบื้องต้น

ออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียลบางส่วน (Fractional Factorial Experiment) ซึ่งมีข้อดีคือ ช่วยลดเวลา และค่าใช้จ่ายในการทดลอง เนื่องจากการทดลองที่ลดรูปลงจากการทดลองเต็มรูป โดยเลือกเงื่อนไขในการทดลองในส่วนหลักที่มีสมมติฐานว่าเป็นปัจจัยที่จะส่งผลตัวตัวแปรตามสูง ตามความเหมาะสมของการทดลอง จึงได้ออกแบบการทดลอง โดยมีปัจจัยหลัก 3 ปัจจัย 3 ระดับ คือ 1.อุณหภูมิ (แวลลุ่ม 35 และ 40) องศาเซลเซียส โดยอิงจากความเป็นไปได้ในค่าเฉลี่ยอุณหภูมิตลอดปี ทั้ง 3 ฤดูคือ ฤดูร้อน ฤดูหนาว และฤดูฝน 2.ความชื้นของของเสีย (20 25 และ 30) เปอร์เซ็นต์ โดยอิงจากการอบแห้งของของเสียในบ่อเลี้ยงจิ้งหรีดจากการสำรวจที่พบปริมาณผลผลิตที่แตกต่างกัน ซึ่งเป็นผลมาจากความชื้นในของเสีย 3.ความหนาแน่น (4.17 8.68 และ 12.86) กิโลกรัมต่อตารางเมตร โดยอิงจากปริมาณของเสียในบ่อเลี้ยงต่อพื้นที่จากการสำรวจเกี่ยวกับปริมาณความหนาแน่นเป็นผลทำให้ปริมาณผลผลิตจิ้งหรีดแตกต่างกัน แล้วนำมาทดลอง ใน Lab scale และ Pilot scale เพื่อพิสูจน์การย่อยสลายต่อการเกิดแก๊สแอมโมเนียและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ รวมถึงประเมินอัตราการอยู่รอดได้จากแก๊สพิษและอัตราการกินอาหารจากอุณหภูมิที่แตกต่างกัน โดยเลือกเงื่อนไข จำนวน 15 เงื่อนไข เงื่อนไขละ 3 ซ้ำ 45 การทดลอง แล้ววิเคราะห์วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธีของ Duncan โดยโปรแกรม IBM SPSS Statistics 21

ตารางที่ 10 การกำหนดเงื่อนไขในการทดลอง 15 เงื่อนไข

Temperature (°C)	Moisture content (%)	Density (kg/m ²)
28	20	4.17
35	20	4.17
40	20	4.17
40	25	4.17
28	30	4.17
35	30	4.17
28	25	8.68
35	25	8.68
40	25	8.68
35	20	12.86
40	20	12.86
28	25	12.86
28	30	12.86
35	30	12.86
40	30	12.86

วิธีการกำหนดเงื่อนไข

จากการทดสอบเบื้องต้นเพื่อศึกษาปริมาณแก๊สแอมโมเนียและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ โดยวิธีการกำหนดอุณหภูมิ ความชื้น และความหนาแน่น 3 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่มที่ 1 กลุ่มเงื่อนไขระดับต่ำ อุณหภูมิแวดล้อม ความชื้น 20 เปอร์เซ็นต์ ความหนาแน่น 4.17 กิโลกรัมต่อตารางเมตร กลุ่มที่ 2 กลุ่มเงื่อนไขระดับกลาง อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ความชื้น 25 เปอร์เซ็นต์ ความหนาแน่น 8.68 กิโลกรัมต่อตารางเมตร กลุ่มที่ 3 กลุ่มเงื่อนไขระดับสูง อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ความชื้น 30 เปอร์เซ็นต์ ความหนาแน่น 12.86 กิโลกรัมต่อตารางเมตร แล้วนำของเสียบรรจุในบ่อจำลองขนาด 1 ต่อ 10 ของบ่อเลี้ยงจริง แล้วศึกษาการย่อยสลายต่อการเกิดแก๊สแอมโมเนียและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ โดยใช้ระยะเวลา 7 วัน พบว่า ปริมาณแก๊สทั้งสองชนิดมีมากในเงื่อนไขระดับสูง แล้วลดลงในระดับกลางและต่ำตามลำดับ จึงได้กำหนดทั้งสามกลุ่มนี้เป็นหลัก แล้วเลือกทดลอง

เพิ่มเติม 12 เจียน โดยใช้หลักการเลือก ความชื้นเป็นหลักเพื่อให้ครอบคลุม เนื่องจากความชื้น เป็นหนึ่งในปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการย่อยสลายมากที่สุด

3.2.1 การอบแห้งหาความชื้นในของเสีย เพื่อนำมาเป็นตัวแปรควบคุม

เนื่องจากการสำรวจพบว่า แยกปริมาณผลผลิตได้เป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มที่มีปริมาณของเสียมากถึง 37 กิโลกรัม ส่งผลต่อผลผลิตจึงหริตน้อยกว่า 10 กิโลกรัม และกลุ่มที่มีปริมาณของเสียน้อยส่งผลต่อผลผลิตจึงหริตมากกว่า 13 กิโลกรัม อันอาจเป็นผลมาจากความชื้นในของเสียเนื่องจากความชื้นเป็นส่วนหนึ่งในการย่อยสลายทางชีวภาพซึ่งอาจเกิดเป็นแก๊สพิษในบ่อเลี้ยงได้จึงต้องอบแห้งเพื่อหาความชื้นแล้วนำไปเป็นเงื่อนไขในการทดลองเพื่อพิสูจน์สมมติฐานต่อไป

3.2.1.1 วิธีการอบแห้ง

สุ่มตัวอย่างของเสียในบ่อเลี้ยงจึงหริต (Randomization) 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่มีปริมาณของเสียมากซึ่งส่งผลต่อผลผลิตน้อย และกลุ่มที่มีปริมาณของเสียน้อยส่งผลต่อผลผลิตมาก จำนวนละ 6 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 20 กรัม โดยอบแห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48-72 ชั่วโมง แล้วนำตัวอย่างมาชั่งน้ำหนักอีกครั้ง เพื่อประเมินน้ำหนักแห้ง และน้ำหนักเปียก (ชิงชัย, 2546)

3.2.1.2 เครื่องมือที่ใช้ในการอบแห้ง

เครื่องอบแห้งแบบลมร้อน และภาชนะอลูมิเนียม เพื่อบรรจุ ตัวอย่าง



ภาพที่ 32 เครื่องอบแห้งแบบลมร้อน และภาชนะอลูมิเนียม

3.2.1.3 การวิเคราะห์ผลการอบแห้ง

การวิเคราะห์ผลจากการอบแห้งตัวอย่างโดยใช้เวลา 72 ชั่วโมง เพื่อวิเคราะห์ความชื้นได้ ดังสมการต่อไปนี

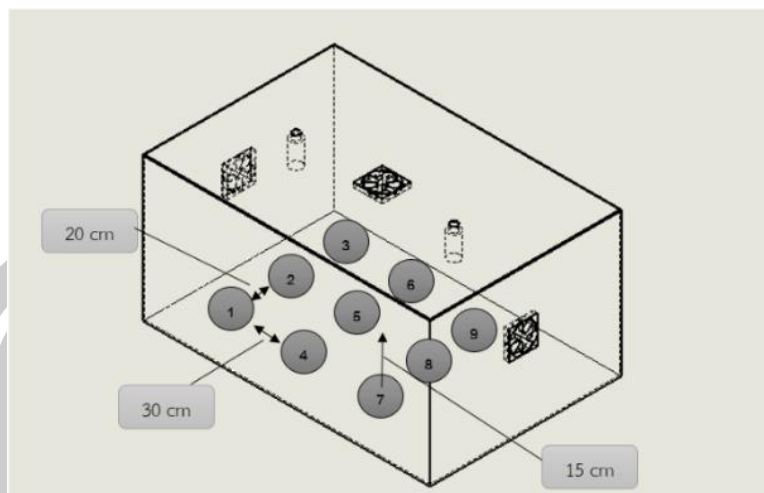
$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักเริ่มต้น} - \text{น้ำหนักอบแห้ง}}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}} \times 100$$

3.2.2 การทดสอบเพื่อศึกษาพฤติกรรมการกระจายอุณหภูมิ แล้วนำมากำหนดตำแหน่งควบคุม การทดสอบการกระจายอุณหภูมิเพื่อกำหนดตำแหน่งในการควบคุมอุณหภูมิทดลอง เนื่องจากอุณหภูมิเป็นหนึ่งในปัจจัยหลักที่ใช้ในการทดลอง โดยมีแนวคิดมาจากการกำหนดให้มีความใกล้เคียงใน 3 ฤดู จึงต้องควบคุมในระดับการทดลอง แต่เนื่องด้วยพลังงานความร้อนจะถ่ายเทภายในวัตถุหนึ่ง ๆ หรือระหว่างวัตถุสองชิ้นที่สัมผัสกัน โดยมีทิศทางของการเคลื่อนที่ของพลังงานความร้อนจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำ จึงต้องมีการพิสูจน์การกระจายเพื่อหาตำแหน่งที่เหมาะสมต่อการควบคุมมากที่สุด

3.2.1.1 วิธีการทดสอบการกระจายอุณหภูมิ

ทำการกำหนดตำแหน่งในการติดตั้งเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิทั้งหมด 27 ตำแหน่ง เพื่อให้ครอบคลุมตามลักษณะบ่อทดลอง จึงติดตั้งหัววัดตามแนวนอน 9 ตำแหน่ง แนวตั้ง 3 ตำแหน่ง มีระยะห่าง กว้าง 20 ยาว 30 สูง 15 เซนติเมตร โดยใช้ thermocouple type k เป็นเซ็นเซอร์ และใช้เครื่องมือบันทึกผลข้อมูล Data logger ในการ แปรผลอุณหภูมิ เมื่อทำการติดตั้งเครื่องมือวัดทั้ง 27 ตำแหน่ง แล้วเชื่อมต่อกับ Data logger จึงเริ่มเปิดไฟเพื่อสร้างความร้อนแล้วบันทึก และสังเกตการณ์ จะเริ่มเข้าสู่สภาวะสมดุลอุณหภูมิจึงหยุดบันทึก แล้วนำข้อมูลสุดท้ายมาประมวลผล

พหุ ประถมศึกษา



ภาพที่ 33 ตำแหน่งวัดการกระจายอุณหภูมิ

3.2.1.2 การวิเคราะห์ผลตำแหน่งวัดอุณหภูมิ

นำข้อมูลที่ได้จากการบันทึกทั้ง 27 ตำแหน่ง ในสถานะสมดุลอุณหภูมิมาแล้วเทียบข้อมูลจากตำแหน่งวัดบางจุดที่ใกล้เคียงกันมาเป็นตัวแทนในการ กำหนดตำแหน่ง

3.2.3 การทดสอบเพื่อศึกษาพฤติกรรมการกระจายของแก๊สพิษในระดับ Lab scale แล้วนำมา กำหนดตำแหน่งวัด ความเข้มข้นแก๊สแอมโมเนีย (NH_3) และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

ทดสอบโดยการนำกล่องทดลองที่มีขนาดย่อส่วนจากบ่อเลี้ยงโดยทั่วไป 10 เท่า แล้วติดตั้ง เครื่องมือวัดและควบคุมอุณหภูมิภายในบ่อทดลอง แล้วนำของเสียจากตัวอย่างในการอบแห้งเพื่อหา ความชื้นข้างต้น นำมาบรรจุในกล่องทดลอง ซึ่งประกอบด้วยเงื่อนไขสูงคือ ควบคุมอุณหภูมิ 40 องศา เซลเซียส ความชื้น 30 เปอร์เซ็นต์ และความหนาแน่น 12.86 กิโลกรัมต่อตารางเมตร แล้วมีการสู่วัด ปริมาณแก๊สแอมโมเนียและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหมด 9 จุด ทั่วบริเวณบ่อ ทั้งมีการวัด ในระยะ ยาวเพื่อศึกษาพฤติกรรมการเกิดขึ้นและหมดไปของแก๊สทั้งสอง และยังมีกรวัดในช่วงระยะเวลา ระหว่างวัน เพื่อหาตำแหน่งและเวลาที่นำไปต่อการเกิดแก๊สสูงสุด โดยใช้ระยะเวลา 7 วัน แล้วนำ ข้อมูลที่ได้มาตัดสินใจเลือกตำแหน่งวัดแก๊สในการทดลองแบบเต็มรูปแบบ 42 วันต่อไป



ภาพที่ 34 การทดสอบเบื้องต้นเพื่อศึกษาพฤติกรรมการกระจายของแก๊สพิษ

3.3 การทดลองเพื่อศึกษาอัตราการย่อยสลายของเสีย (Degradation rate) ในเงื่อนไข อุณหภูมิ ความชื้น และความหนาแน่น ที่แตกต่างกัน

เนื่องจากข้อมูลการสำรวจชี้ให้เห็นถึงปริมาณของเสียที่สูงทำให้ผลผลิตลดลง โดยมีสมมติฐานเกี่ยวกับผลผลิตที่ลดลงมาจากการเสียชีวิตเนื่องจากมีการเกิดแก๊สที่มากเพราะอากาศไม่ถ่ายเท ซึ่งกระบวนการที่จะสามารถทำให้เกิดเป็นแก๊สพิษนี้ได้ย่อมมาจากองค์ประกอบภายในบ่อเลี้ยงที่สัมพันธ์กัน โดยในบ่อเลี้ยงจึงหรือมีปริมาณของเสียในรูปกรดยูริก ร่วมกับปัจจัยที่จะสามารถทำให้ย่อยสลายได้ คือ อุณหภูมิและความชื้น จึงต้องพิสูจน์เกี่ยวกับปัจจัยข้างต้นนี้ เกี่ยวกับการย่อยสลายต่อการเกิดเป็นแก๊สแอมโมเนียและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ โดยมีวิธีการทดลองดังต่อไปนี้

3.3.1 วิธีการทดลองเพื่อทดสอบอัตราการย่อยสลาย

สุ่มตัวอย่างของเสียในบ่อเลี้ยงจึงหรือ 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่มีความชื้น 20 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์ จากการสำรวจ แล้วบรรจุตัวอย่างในภาชนะอลูมิเนียม จำนวน ตัวอย่างละ 15 กรัม ในเงื่อนไขการทดลอง 15 เงื่อนไข เงื่อนไขละ 3 ซ้ำต่อสัปดาห์ ทดลองโดยปล่อยให้ย่อยสลายใน อุณหภูมิ ความชื้น และความหนาแน่นที่แตกต่างกัน เป็นเวลา 42 วัน ในระหว่างการทดลองจะมีการสุ่มตัวอย่าง จำนวน 3 ซ้ำในแต่ละสัปดาห์ จนครบ 6 สัปดาห์มาอบแห้งเป็นเวลา 72 ชั่วโมง (ชิงชัย, 2546) เพื่อประเมินน้ำหนักอบแห้งแล้วคำนวณการย่อยสลายตามช่วงระยะเวลา รวมทั้งสิ้น 270 ตัวอย่างในการทดลอง



ภาพที่ 35 การศึกษาอัตราการย่อยสลายของของเสีย

3.3.2 การวิเคราะห์ผลอัตราการย่อยสลาย

การคำนวณอัตราการย่อยสลาย (Rovira, 2010) จากสมการ Exponential decay model ด้วยวิธีของ (Olson, 1963) ดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 การคำนวณอัตราการย่อยสลาย

สัญลักษณ์	ความหมาย
$X_t/X_0=e^{-kt}$	อัตราการย่อยสลาย
X_t	น้ำหนักแห้งจากการย่อยสลาย
X_0	น้ำหนักแห้งเริ่มต้น
K	ค่าคงที่อัตราการย่อยสลาย
t	ช่วงเวลาที่ศึกษา

หลังจากการทดลอง 6 สัปดาห์เสร็จสิ้น จึงนำผลการทดลอง ทั้ง 15 เงื่อนไขมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธีของ Duncan ด้วยโปรแกรม IBM SPSS Statistics 21 เพื่อชี้ให้เห็นถึงปัจจัยที่มีผลต่อการย่อยสลายในระดับการทดลอง

3.4 ศึกษาการเกิดแก๊สแอมโมเนีย (NH_3) และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากเงื่อนไข อุณหภูมิ ความชื้น และความหนาแน่น ที่แตกต่างกัน

จากสมมติฐานข้อที่ 1 ของเสียที่สะสมในบ่อเลี้ยงจิ้งหรีดจะทำให้จิ้งหรีดตายเนื่องจากการย่อยสลายทำให้เกิดแก๊สพิษในบ่อเลี้ยงมากเพราะอากาศไม่ถ่ายเท (พงษ์เทพ, 2014) ทำให้ผลผลิตจิ้งหรีด

ลดลงเนื่องจากการเสียชีวิต ซึ่งจากวิธีการจัดการการเลี้ยงจิ้งหรีดโดยทั่วไปเกษตรกร จะให้อาหารสำเร็จรูปสำหรับจิ้งหรีดเป็นอาหารหลักโดยมีโปรตีนสูงถึง 21 เปอร์เซ็นต์ เพื่อกระตุ้นการเจริญเติบโต ซึ่งลักษณะทางกายภาพของจิ้งหรีดเป็นสัตว์ที่มีลำไส้สั้น เมื่อกินอาหารที่มีปริมาณโปรตีนสูง จะเกิดการย่อยไม่หมดแล้วถูกขับออกมาเป็นของเสียในรูปแบบของกรดยูริก ซึ่งสามารถเปลี่ยนโครงสร้างไปเป็นแก๊สไนโตรเจนและแอมโมเนีย (Goldstein and Skadhauge, 2000) โดยการย่อยของเอนไซม์ยูริเอสและเปลี่ยนเป็นยูเรีย โดยออกซิเจนเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยา และเปลี่ยนยูริกเป็นยูเรียจะได้แก๊สแอมโมเนีย (NH_3) และคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) โดย (Bahl and Bahl, 2004)

แก๊สแอมโมเนียถือเป็นแก๊สพิษโดยมีผลเสียต่อสุขภาพของสิ่งมีชีวิต ซึ่งโดยทั่วไปไม่มีการระบุเกี่ยวกับปริมาณแอมโมเนียที่เหมาะสมในโรงเรือนสัตว์ในระดับที่ไม่ควรเกิน 25 ppm (David, 2015) โดยแอมโมเนียสามารถวัดได้ในอากาศได้โดยวิธีที่พบมากที่สุดคือการใช้เซนเซอร์ตรวจจับแก๊สเคมี มีหน่วยเป็นเป็น ส่วนๆ ต่อล้านส่วน (ppm)

แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เป็นแก๊สพิษก่อโรคได้ โดยการแทนที่ออกซิเจน (Asphyxiant) ทำให้ออกซิเจนในอากาศมีไม่พอต่อร่างกาย จึงเกิดพิษจากภาวะออกซิเจนในเลือดต่ำ (Hypoxia) การที่มีคาร์บอนไดออกไซด์คั่งในเลือด (Hypercapnia) ไม่ว่าจะจากการขาดออกซิเจนหรือได้รับคาร์บอนไดออกไซด์เข้าไปมาก จะทำให้เลือดเป็นกรด (Acidosis) เป็นอันตรายต่อสุขภาพของสิ่งมีชีวิต (Cameroon, 1986) ซึ่งระดับอันตรายของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีผลอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์ ที่ 1500 ppm ตามเกณฑ์มาตรฐานของ ASHRAE 62.1-2010 (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers)



ภาพที่ 36 การทดลองเพื่อศึกษาการเกิดแก๊ส (NH_3) และแก๊ส (CO_2)

3.4.1 วิธีการทดลองเพื่อวัดปริมาณแก๊สแอมโมเนียและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

จากการทดสอบ (Pretest) เพื่อกำหนดตำแหน่งวัดแก๊สแอมโมเนีย และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์พบว่าตำแหน่งวัดปริมาณแก๊สที่เหมาะสม คือ บริเวณด้านล่างของบ่อทดลอง โดยวิธีการวัดแบบกระจาย 3 ตำแหน่ง หลังจากเปิดบ่อทดลองเป็นเวลา 10 นาที เพื่อให้ปริมาณแก๊สที่

สะสมในบ่อทดลองได้สลายไปในบรรยากาศจนคงเหลือในระดับที่ยังมีการเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและใกล้เคียงกัน แล้วเลือกระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการวัดคือ 15.00 น. เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่อุณหภูมิแวดล้อมสูงสุดในช่วงวันจึงส่งผลต่อการเกิดแก๊สแอมโมเนียและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มาก โดยพิจารณาตำแหน่งวัดจากปริมาณแก๊สสูงสุด โดยมีการบันทึกทั้ง 15 เงื่อนไข จากการออกแบบการทดลอง โดยใช้ระยะเวลา 42 วัน ซึ่งอิงจากวงจรชีวิตของจังหวัด โดยใช้เครื่องมือวัดแก๊สแอมโมเนียในบรรยากาศ ซึ่งมีระดับการวัดได้ที่ 0.0-99.9 ppm ซึ่งมีความแม่นยำ $\pm 5\%$ (www.comcube.co.th) ดังภาพที่ 3.6 และเครื่องมือวัดคาร์บอนไดออกไซด์ มีระดับการวัดได้ที่ 0-9,999 ppm ซึ่งมีความแม่นยำ 170 ppm ต่อ 3 เปอร์เซ็นต์ของการอ่านค่าในช่วง 400-2,000 ppm (www.ponpe.co.th) ดังภาพที่ 37



ภาพที่ 37 เครื่องมือวัดปริมาณแก๊สแอมโมเนีย (NH_3)



ภาพที่ 38 เครื่องมือวัดปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

3.4.2 การวิเคราะห์ความเข้มข้นของแก๊สแอมโมเนียและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

วิเคราะห์ปริมาณแก๊สแอมโมเนีย (NH_3) และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) โดยการนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองทั้ง 42 วัน ใน 15 เงื่อนไขมาสร้างกราฟพฤติกรรมการเกิดแก๊สตามช่วงเวลา แล้วตัดสินใจเลือก ช่วงเวลาที่เกิดแก๊สสูงอย่างต่อเนื่องมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธีของ Duncan โดยโปรแกรม IBM SPSS Statistics 21 เพื่อชี้ให้เห็นถึงปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดคาร์บอนไดออกไซด์ในระดับการทดลอง Lab scale

3.5 การประเมินผลผลิตจิ้งหรีด ในเงื่อนไขความเข้มข้นของแก๊สแอมโมเนีย (NH₃) และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ที่แตกต่างกัน

จากสมมติฐานข้อที่ 1 ของเสียที่สะสมในบ่อเลี้ยงจิ้งหรีดจะทำให้จิ้งหรีดตายเนื่องจากมีการย่อยสลายทำให้เกิดแก๊สพิษในบ่อเลี้ยงมากเพราะอากาศไม่ถ่ายเท ทำให้ผลผลิตจิ้งหรีดลดลงเนื่องจากการเสียชีวิต จึงได้ทำการทดลองเกี่ยวกับการย่อยสลายต่อการเกิดแก๊สแอมโมเนียและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในบ่อเลี้ยงจิ้งหรีดระดับการทดลอง Lab scale ข้างต้นซึ่งพบว่า มีการย่อยสลายจนเกิดเป็นแก๊สพิษในระดับที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของสิ่งมีชีวิต เพื่อพิสูจน์ปริมาณผลผลิตจิ้งหรีดจากสภาวะข้างต้นจึงได้นำประชากรมาทดลองเพื่อประเมินผลผลิตและการกินอาหารในสภาวะแก๊สพิษที่แตกต่างกัน

3.5.1 วิธีการทดลองเพื่อประเมินผลผลิตจิ้งหรีด

นำประชากรจิ้งหรีดช่วงโตเต็มวัย (อายุ 35-45 วัน) จำนวน 120 ตัว ซึ่งแยกเป็นเพศผู้และเพศเมียละ 60 มาทดลองในบ่อเลี้ยงแบบจำลองโดยใช้เวลา 14 วัน แล้วมีการประเมินการกินอาหารและปริมาณผลผลิตของประชากร ทั้ง 15 เงื่อนไขของการออกแบบการทดลองข้างต้นของทุกวัน



ภาพที่ 39 การทดลองเพื่อประเมินปริมาณผลผลิตจิ้งหรีด

3.5.2 การวิเคราะห์ปริมาณผลผลิตจิ้งหรีด

นำผลการทดลองการกินอาหารและการอยู่รอด ทั้ง 15 เงื่อนไข จากการทดลอง 14 วัน มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Tukey, s HSD Test และ Duncan โดยโปรแกรม IBM SPSS Statistics 21 เพื่อให้เห็นถึงปัจจัยที่ต่อปริมาณผลผลิตและการกินอาหาร และวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบต่อเนื่องจากเงื่อนไขการเกิดแก๊สแอมโมเนียและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ต่อการกินอาหารและผลผลิตมวลรวม

แล้ววิเคราะห์เลือกกลุ่มเงื่อนไขที่ทำให้จิ้งหรีดได้ผลผลิตสูง ไปทดลองการกินอาหารและการเจริญเติบโต เพื่อยืนยันการทดลองนี้อีกครั้ง

3.6 การทดลองเพื่อประเมินการกินอาหารของจิ้งหรีดจากอุณหภูมิที่ต่างกัน

จากการทดลองเพื่อประเมินปริมาณผลผลิตจิ้งหรีดจิ้งหรีดในสภาวะแก๊สแก๊สพิษแตกต่างกัน จึงได้ประเมินแล้วเลือกกลุ่มเงื่อนไขที่ทำให้ได้ผลผลิตจิ้งหรีดสูงมาทดลองอีกครั้งเพื่อประเมินการกินอาหารจากอุณหภูมิที่ต่างกัน ซึ่งเป็นการทดลองเพื่อค้นหาเงื่อนไขที่ทำให้จิ้งหรีดมีผลผลิตมาก แล้วประเมินการกินอาหารต่อการเติบโตเพื่อเลือกเงื่อนไขที่ทำให้ได้ผลผลิตจิ้งหรีดสูงสุดในระดับ Lab scale

3.6.1 วิธีการทดลองเพื่อประเมินการกินอาหารของจิ้งหรีด

ทดลองโดยการนำจิ้งหรีดตัวใกล้เคียงวัย (อายุ 30-35 วัน) จำนวนประชากร 100 กรัม ต่อบ่อทดลอง 12 เงื่อนไข โดยวิเคราะห์เลือกเงื่อนไขจาก ความชื้น และความหนาแน่น ต่อผลผลิตสูงสุด แล้วกำหนดความแตกต่างอุณหภูมิเพื่อขอบเขตการวิเคราะห์ในระดับที่ละเอียดขึ้นจากการตัดสินใจในข้อมูลการทดลองในข้อที่ 3.5.2 แล้วนำประชากรจิ้งหรีดทดลองเลี้ยง โดยใช้เวลา 7 วัน โดยมีการประเมินการกินอาหารทุกวัน และให้อาหารในปริมาณพอเหมาะต่อวัน แล้วประเมินปริมาณอาหารที่กิน น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น และอัตราการแลกเปลี่ยนต่อระยะเวลาการทดลอง



ภาพที่ 40 การทดลองเพื่อประเมินการกินอาหารของจิ้งหรีด

3.6.2 การวิเคราะห์ผลการกินอาหารของจิ้งหรีด

เนื่องจากอุณหภูมิอุณหภูมิที่พอเหมาะจะส่งผลต่อการกินอาหารและการเจริญเติบโต ของจิ้งหรีด ซึ่งสอดคล้องกับ (Bartholomew and Tucker, 1963) การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิส่งผลต่อ

พฤติกรรมการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิต ด้านสรีรวิทยา สรีรวิทยา การกินอาหาร และการผสมพันธุ์ โดยการทดลองนี้เป็นการทดลองเพื่อเลือกปัจจัยนำเข้าที่ส่งผลต่อการเสียชีวิตของจิ้งหรีดน้อย การเติบโตมาก อันจะนำมาสู่การบรรลุวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 การจัดการอุณหภูมิเพื่อเพิ่มผลผลิตจิ้งหรีด จึงได้มีการวิเคราะห์การกินอาหาร การเติบโต แล้วแสดงผลแบบเปอร์เซ็นต์ และประเมินอัตราแลกเนื้อหรืออัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก (Feed Conversion Ratio; FCR) จากการกินอาหารต่อการเติบโตซึ่งมีวิธีการประเมินดังนี้ (Rachycentron canadum Linnaeus, 1766)

สูตรอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก = ปริมาณอาหารที่กิน(กรัม) / น้ำหนักตัวที่เพิ่ม(กรัม)

3.7 การออกแบบและสร้างบ่อเลี้ยงจิ้งหรีดแบบใหม่เพื่อแก้ปัญหา และทดลองเพื่อยืนยันผล

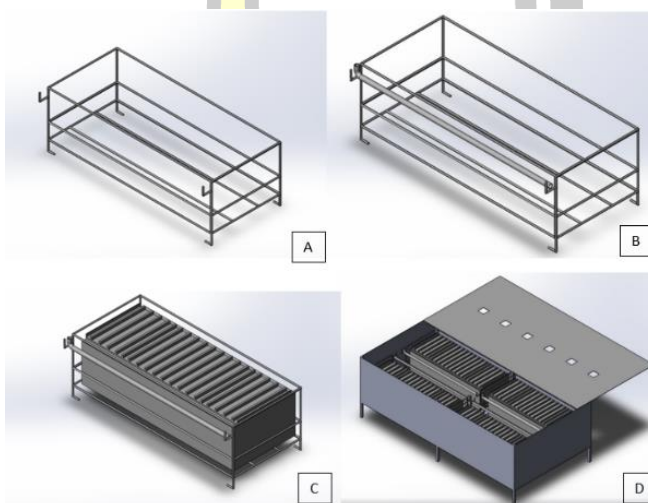
จากการทดลองเพื่อพิสูจน์สมมติฐานข้อที่ 1 และ 2 เกี่ยวกับการพิสูจน์การเกิดแก๊สแอมโมเนียและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากการย่อยสลาย ของของเสียในบ่อเลี้ยงจิ้งหรีดจากอุณหภูมิ ความชื้นและความหนาแน่นที่แตกต่างกัน แล้วพิสูจน์เกี่ยวกับปริมาณผลผลิตสูงจากการเกิดแก๊สทั้ง 15 เงื่อนไขที่ได้ออกแบบการทดลอง รวมถึงการพิสูจน์การกินอาหารจากอุณหภูมิที่แตกต่างกัน จากการจำลองให้สอดคล้องกับ 3 ฤดูตลอดทั้งปี ซึ่งจากการทดลองดังกล่าวทั้งหมดนี้จะทำให้พบเงื่อนไขที่ทำให้ได้ผลผลิตจิ้งหรีดสูง จึงนำเงื่อนไขเหล่านี้มาออกแบบบ่อเลี้ยงจิ้งหรีดแบบใหม่ แล้วเลี้ยงจิ้งหรีดเทียบกับบ่อเลี้ยงแบบเดิม เพื่อยืนยันผลการทดลอง

3.7.1 การออกแบบบ่อเลี้ยงจิ้งหรีดแบบใหม่เพื่อแก้ปัญหา

ส่วนที่ 1 ออกแบบอุปกรณ์ช่วยอำนวยความสะดวกในการทำความสะอาด กักการให้น้ำและอาหาร

แนวคิดในการออกแบบ โดยทั่วไปเกษตรกรจะมีวิธีการเลี้ยงจิ้งหรีดโดยใช้แผงไข่กระดาษเป็นวัสดุหลบซ่อนแล้วให้อาหารสำเร็จรูปสำหรับจิ้งหรีดเป็นอาหารหลักและพืชผักตามท้องถิ่นเป็นอาหารเสริม แล้วให้น้ำในภาชนะทั่วไปแบบพอเหมาะ กับลักษณะทางกายภาพที่ไม่เป็นอันตรายต่อการจมน้ำ จากการศึกษาพฤติกรรมการกินอาหารของจิ้งหรีดพบว่าจะมีการเขี่ยทิ้งรวมถึงการล่าเหยื่อไปยังวัสดุในการหลบซ่อน ทำให้เศษอาหารที่กินไม่หมดปะปนไปกับของเสียแล้วเกิดการสะสมเป็นจำนวนมาก เพราะไม่มีการทำความสะอาดในกระบวนการเลี้ยงรวมถึงวิธีการเรียงแผงไข่ที่ชิดพื้นทำให้อากาศไหลเวียนไม่ดีพอจึงทำให้เกิดเป็นแก๊สสะสมจากการย่อยสลายจนเน่าอันตรายต่อจิ้งหรีด จากปัญหาข้อต้นจึงนำมาเป็นแนวคิดในการออกแบบอุปกรณ์เพื่อแก้ปัญหา ดังนี้

ออกแบบอุปกรณ์ช่วยในการจัดการความสะอาด การให้น้ำ และอาหาร ดังภาพที่ 41 โดยจะเรียงแผงไข่ไว้ในอุปกรณ์ตะกร้าบรรจุแผงไข่ทำจากเหล็กกลมเล็ก มีน้ำหนักเบา ยกสูงจากพื้นประมาณ 5 เซนติเมตร เพื่อให้อากาศถ่ายเทสะดวก ด้านหน้าจะมีท่อพีวีซีบรรจุน้ำและมีผ้าซับให้เป็นแหล่งน้ำแก่จิ้งหรีดได้ตลอดเวลา ด้านบนตะแกรงจะมีที่รองรับสำหรับวางถาดอาหารเพื่อลดการเขี่ยอาหารทิ้งระหว่างกลางบ่อจะมีตะกร้าสำหรับรองรับเศษอาหารเสริม จากการกินไม่หมดของจิ้งหรีดเพื่อลดการสะสมของเสีย และทำความสะอาดบ่อเลี้ยงได้สะดวก



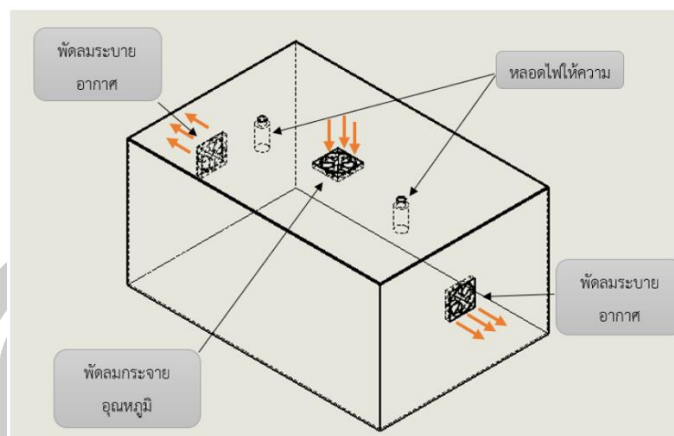
ภาพที่ 41 ออกแบบอุปกรณ์ช่วยจัดการความสะอาด

- A) ชั้นสำหรับบรรจุแผงไข่ B) ชั้นบรรจุแผงไข่กับอุปกรณ์ให้น้ำ C) ชั้นบรรจุแผงไข่อุปกรณ์ให้น้ำ และแผงไข่ในชั้น D) ชั้นบรรจุแผงไข่อุปกรณ์ให้น้ำ ในบ่อเลี้ยงจิ้งหรีด

ส่วนที่ 2 ออกแบบอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ เพื่อควบคุมสภาวะการกินอาหารต่อการเติบโต

แนวคิดในการออกแบบ โดยทั่วไปการเลี้ยงจิ้งหรีดจะเลี้ยงในสภาวะอุณหภูมิแวดล้อมซึ่งพบว่าผลผลิตในแต่ละรอบมีความแปรปรวน อันเนื่องมาจากการกินอาหารซึ่งส่งผลต่อการเจริญเติบโตที่ไม่ใกล้เคียงกัน ซึ่งจากการทดลองเปรียบเทียบการเลี้ยงจิ้งหรีดด้วยอุณหภูมิที่แตกต่างกันพบว่า อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการกินอาหารและการเติบโตของจิ้งหรีด จึงนำมาเป็นอุณหภูมิอ้างอิงในการควบคุม

ออกแบบบ่อเลี้ยงจิ้งหรีดแบบควบคุมอุณหภูมิ โดยใช้ Temperature control ในการวัดและควบคุมความร้อนด้วยหลอดไฟแบบหลอดฟลูออโรไลต์ ขนาด 100 W แล้วติดตั้งพัดลมขนาดเล็กบริเวณใกล้หลอดไฟ เพื่อการกระจายความร้อนอย่างทั่วถึง และเป็นการระบายอากาศในบ่อเลี้ยง ดังภาพที่ 42



ภาพที่ 42 ออกแบบอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ

3.7.2 วิธีทดลองเลี้ยงจิ้งหรีดเปรียบเทียบระหว่างการจัดการแบบใหม่กับแบบดั้งเดิม

ทดลองโดยการนำประชากรจิ้งหรีดมาเลี้ยงในบ่อเลี้ยงแบบใหม่ควบคู่กับแบบเดิม ซึ่งแบ่งเป็น 2 ช่วงอายุและจำนวนประชากร ของจิ้งหรีดคือ 1.นำจิ้งหรีด อายุ 21 วัน (ช่วงกลางวัย) จำนวน 2000 กรัม มาทดลองเลี้ยงในบ่อเลี้ยงแบบใหม่เทียบกับบ่อเลี้ยงแบบดั้งเดิม โดยใช้ระยะเวลา 2 สัปดาห์ ระหว่างการทดลองมีการประเมินการกินอาหารและของเสียที่เกิดขึ้นจากการกินอาหารไม่หมด ใน ทุกๆวัน เมื่อครบกำหนดการทดลองทำการเก็บผลผลิตจิ้งหรีดและของเสีย โดยที่การทดลองแบบที่ 2 เป็นการทดลองแบบเดียวกัน ซึ่งมีข้อแตกต่างคือ ใช้ประชากรจิ้งหรีดจำนวน 500 กรัม ในช่วงอายุ ใกล้เต็มวัย (30-35วัน) ใช้ระยะเวลา 1 สัปดาห์ เพื่อประเมินช่วงอายุ และจำนวนต่อผลผลิต เพื่อ วิเคราะห์ถึงความแตกต่างและเป็นยืนยันการทดลองแบบสนับสนุนกัน



ภาพที่ 43 การทดลองเลี้ยงจิ้งหรีดเพื่อยืนยันผล

3.7.3 การวิเคราะห์เพื่อยืนยันผล

วิเคราะห์ข้อมูลโดยการประเมินผลผลิตจิ้งหรีดที่ได้ ซึ่งชี้ผลด้านการกินอาหารต่อน้ำหนัก และเปอร์เซ็นต์ที่ลดการเสียชีวิตได้ รวมถึงประเมินสรีระวิทยา แล้วเปรียบเทียบระหว่างการเลี้ยงจิ้งหรีดแบบดั้งเดิมกับการเลี้ยงจิ้งหรีดด้วยบ่อเลี้ยงแบบใหม่ เพื่อยืนยันผลการทดลองทั้งหมด

3.7.4 การประเมินผลด้านสรีระวิทยาของจิ้งหรีด

ประเมินสรีระวิทยาโดยการสุ่มประชากรจิ้งหรีดจากทั้ง 2 เงื่อนไขละ 50 กรัม แล้วนับจำนวนและแยกเพศ จากนั้นทำการสุ่มจิ้งหรีดเงื่อนไขละ 20 ตัว ซึ่งประกอบด้วยเพศผู้ 10 ตัวเพศเมีย 10 ตัว มาประเมินขนาดความกว้างและความยาวของลำตัว แล้ววิเคราะห์ผลโดยการเทียบขนาดแบบเฉลี่ย และน้ำหนักต่อตัว การสุ่มและแยกเพศจิ้งหรีด ดังภาพที่ 44



ภาพที่ 44 การประเมินผลด้านสรีระวิทยาของจิ้งหรีด

บทที่ 4

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

จากการทดลองในบทที่ 3 เพื่อพิสูจน์สมมติฐาน 1.ของเสียที่สะสมในบ่อเลี้ยงจิ้งหรีดจะทำให้จิ้งหรีดตายเนื่องจากมีแก๊สในบ่อเลี้ยงมากเพราะอากาศไม่ถ่ายเท ทำให้ผลผลิตจิ้งหรีดลดลง 2. อุณหภูมิความชื้นและปริมาณของเสียที่แตกต่างกันจะทำให้ผลผลิตและอัตราการกินอาหารแตกต่างกัน แล้วนำข้อมูลที่ได้มาออกแบบนวัตกรรมบ่อเลี้ยงแบบควบคุมอุณหภูมิและจัดการความสะอาด รวมถึงรูปแบบการให้น้ำและอาหาร แล้วนำมาทดลองเลี้ยงจิ้งหรีดเทียบกับบ่อเลี้ยงทั่วไป และประเมินความแตกต่างของผลผลิตเพื่อยืนยันผล รวมถึงประเมินสรีรวิทยาเพื่อชี้ให้เห็นถึงความแตกต่างและความเป็นไปได้ในความต้องการที่เพิ่มขึ้น ซึ่งผลการทดลองและการอภิปรายผล แสดงตามลำดับรายการผลการทดลองดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ลำดับผลการทดลอง

ลำดับที่	ผลการทดลอง
1	ผลการสำรวจข้อมูลการจัดการฟาร์มจิ้งหรีดแบบเดิม ได้แก่ ข้อมูลผลผลิต รูปแบบการเรียงแผงไข่ ของเสียสะสม แล้วสรุปปัญหาที่พบ และ ตั้งสมมติฐานเพื่อแก้ปัญหา
2	ผลการออกแบบการทดลอง และทดสอบเบื้องต้น <ul style="list-style-type: none"> -ผลการอบแห้งหาความชื้นในของเสีย เพื่อนำมาเป็นตัวแปรควบคุม -ผลการทดสอบเพื่อศึกษาพฤติกรรมการกระจายอุณหภูมิ แล้วนำมากำหนดตำแหน่งควบคุม -ผลการทดสอบเพื่อศึกษาพฤติกรรมการกระจายของแก๊สพิษในระดับ Lab scale แล้วนำมากำหนดตำแหน่งวัด ความเข้มข้นแก๊สแอมโมเนีย (NH₃) และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂)
3	ผลการทดลองเพื่อศึกษาอัตราการย่อยสลายของเสีย (Degradation rate) ในเงื่อนไขอุณหภูมิ ความชื้น และความหนาแน่น ที่แตกต่างกัน <ul style="list-style-type: none"> -ผลการทดลองเพื่อทดสอบอัตราการย่อยสลาย -ผลการวิเคราะห์อัตราการย่อยสลายในเชิงสถิติ
4	ผลการทดลองเพื่อศึกษาการเกิดแก๊สแอมโมเนีย (NH ₃) และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO ₂) จากเงื่อนไข อุณหภูมิ ความชื้น และความหนาแน่น ที่แตกต่างกัน

	<ul style="list-style-type: none"> -ผลการทดลองเพื่อวัดปริมาณแก๊สแอมโมเนียและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ -การวิเคราะห์ผลความเข้มข้นของแก๊สแอมโมเนียและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในเชิงสถิติ
5	<p>ผลการทดลองเพื่อประเมินผลผลิตจิ้งหรีด ในเงื่อนไขความเข้มข้นของแก๊สแอมโมเนีย (NH₃) และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ที่แตกต่างกัน</p> <ul style="list-style-type: none"> -ผลการทดลองเพื่อประเมินปริมาณผลผลิตจิ้งหรีด -ผลการวิเคราะห์ประเมินปริมาณผลผลิตจิ้งหรีดในเชิงสถิติ
6	<p>การทดลองเพื่อประเมินการกินอาหารของจิ้งหรีดจากอุณหภูมิที่ต่างกัน</p> <ul style="list-style-type: none"> -ผลการทดลองเพื่อประเมินการกินอาหารของจิ้งหรีด -ผลการวิเคราะห์การกินอาหารของจิ้งหรีดจากอุณหภูมิที่ต่างกัน
7	<p>ผลการออกแบบและสร้างบ่อเลี้ยงจิ้งหรีดแบบใหม่เพื่อแก้ปัญหา และทดลองเพื่อยืนยันผล</p> <ul style="list-style-type: none"> -ผลการทดลองเลี้ยงจิ้งหรีดเพื่อเปรียบเทียบระหว่างการจัดการแบบใหม่กับแบบดั้งเดิม -ผลการวิเคราะห์เพื่อยืนยันผล -ผลการประเมินผลด้านสรีระวิทยาของจิ้งหรีด

4.1 ผลการสำรวจข้อมูลการจัดการฟาร์มจิ้งหรีดแบบเดิม ได้แก่ ข้อมูลผลผลิต รูปแบบการเรียงแผงไข่ ของเสี่ยสะสม แล้วสรุปปัญหาที่พบ และ ตั้งสมมติฐานเพื่อแก้ปัญหา

จากการสำรวจพบว่าการจัดการการเลี้ยงจิ้งหรีดนั้นจะเป็นการจัดการด้านการเลี้ยงและส่งผลต่อเวลาในการเก็บเกี่ยวดังนี้ เดิมเกษตรกรให้อาหารหลักชนิดสำหรับจิ้งหรีดโดยเฉพาะ และให้อาหารเสริมเป็นนพืชผักที่หาได้ตามท้องถิ่น พบว่าพืชผักเหล่านี้ก่อให้เกิดการหมักเป็นของเสียเนื่องจากจิ้งหรีดกินไม่หมดและไม่ได้รับการจัดการความสะอาดที่ดี รวมถึงการเรียงแผงไข่ซึ่งเป็นวัสดุในการหลบซ่อนมีการเรียงหลายแบบดังภาพที่ 45 คือ เรียงเว้นช่องว่างชิดพื้น (ก) ข้อดีไม่ต้องหาอุปกรณ์รองพื้นให้สูงขึ้น อากาศถ่ายเทได้ดีเพราะมีร่องกลาง เกษตรกรบางรายเรียงแผงไข่ไม่เว้นช่องว่างติดพื้น (ค) เพื่อเพิ่มพื้นที่หลบซ่อนจิ้งหรีด และรูปแบบ (ข) และ (ง) จะยกพื้นสูงด้วยหาไม้รองพื้นรูปแบบนี้จะช่วยทั้งการถ่ายเทอากาศให้หมุนเวียนในบ่ออย่างทั่วถึง และสามารถรองรับของเสีย เช่น มูล เศษอาหาร หรือซากแมลงได้มากขึ้น อย่างไรก็ตามเกษตรกรส่วนใหญ่จะเรียงแผงไข่ยกสูงจากพื้นเพราะมีข้อดีกว่า

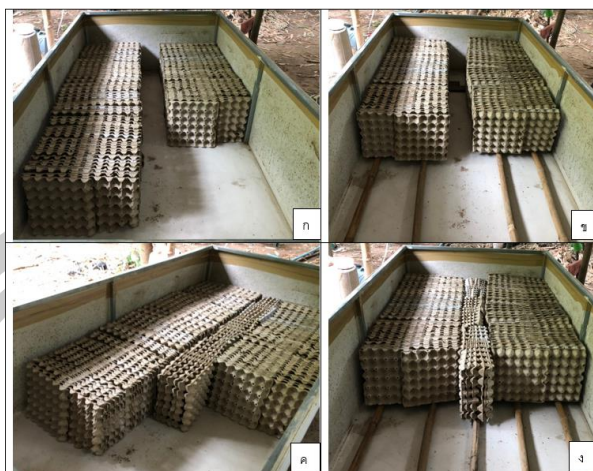
การเรียงชนิดพื้นดังกล่าว แต่อาจเป็นเพราะความยุ่งยาก ไม่สะดวกในการจัดหาอุปกรณ์ ทำให้ไม่เรียงแบบยกสูงนอกจากนี้การเรียงแผงโซลาร์เซลล์ต่อเนื่องกันจะทำให้การทำความสะดวกบ่อเลี้ยงมีความยุ่งยากและหากทำความสะอาดจะทำให้จิ้งหรีดออกจากบ่อเลี้ยงได้ง่าย ทำให้เกษตรกรเลือกที่จะทำความสะอาดบ่อเลี้ยงครั้งเดียวตอนเก็บเกี่ยวและเพื่อเตรียมเลี้ยงรุ่นต่อไป ข้อมูลจากการสำรวจแสดงในตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ข้อมูลจากการสำรวจเกษตรกรผู้เลี้ยงจิ้งหรีด

ชื่อ-สกุล	ที่อยู่	วิธีการเลี้ยง	น้ำหนักจิ้งหรีด (kg)	น้ำหนักของเสีย (kg)
นางพิศมัย พุดลา	ฟาร์มจิ้งหรีดแม่พิศมัย บ้านดอนยม อ.กันทรวิชัย จ.มหาสารคาม	อาหารสำหรับจิ้งหรีดเฉพาะผสมกับพืชผักตามฤดูกาล	13.5	11.5
			15	12.5
นางมณี เส็นิราช	บ.ดอนมัน ต.ขามเรียง อ.กันทรวิชัย จ.มหาสารคาม	อาหารไก่เล็กผสมรำอ่อน และพืชผักตามฤดู	13	30
นายนันท์วัฒน์ บุตรวงศ์	ศูนย์เรียนรู้เศรษฐกิจพอเพียง บ.ดอนมัน ต.อ.กันทรวิชัย จ.มหาสารคาม	อาหารสำหรับจิ้งหรีดโดยเฉพาะและให้พืชผักตามฤดูกาลเป็นอาหารเสริม	10.9	37.6
			10.1	33.3
			11.1	37.4

หมายเหตุ: ของเสียหมายถึงมูลจิ้งหรีด เศษอาหาร และอื่นๆ ที่ไม่พึงประสงค์ (สำรวจเมื่อ 25 กุมภาพันธ์ 2565 อุณหภูมิแวดล้อม 27 องศาเซลเซียส)

พูน ปณ ทิโต ชีเว



ภาพที่ 45 รูปแบบการเรียงแผงไข่ในบ่อเลี้ยงจิ้งหรีดแบบเดิม

4.2 ผลการออกแบบการทดลอง และทดสอบเบื้องต้น

จากการสำรวจเกี่ยวกับการจัดการและผลผลิตที่ได้ รวมถึงของเสียที่เกิดขึ้นในบ่อเลี้ยง พบว่าสามารถแยกได้เป็น 2 ส่วน คือส่วนที่มีปริมาณของเสีย 9-10 กิโลกรัม มีผลผลิตเฉลี่ยกว่า 14.25 กิโลกรัม ส่วนที่มีปริมาณของเสีย 33-37 กิโลกรัม มีผลผลิต 10.33 กิโลกรัมโดยเฉลี่ย ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างของเสียมากผลผลิตน้อย และของเสียน้อยผลผลิตมาก จึงมีการนำของเสียที่ได้จากการสำรวจทั้ง 2 ส่วน มาออกแบบหาความชื้น เพื่อเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่อปริมาณผลผลิต

4.2.1 ผลการออกแบบหาความชื้นในของเสีย เพื่อนำมาเป็นตัวแปรควบคุม

สุ่มตัวอย่างของเสียในบ่อเลี้ยงจิ้งหรีด (Randomization) มาทดสอบหาความชื้น ปริมาณ 20 กรัม จำนวน 6 ตัวอย่าง โดยการอบในเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง (ชิงชัย, 2546) ผลการทดสอบดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ผลการอบแห้งของของเสีย

Time (hr.)	High productivity group			Low productivity group		
	1	2	3	1	2	3
0	20	20	20	20	20	20
15	16	16	17	14	14	14
24	16	16	16	14	14	14
48	16	16	16	14	14	14

72	16	16	16	14	14	14
Moisture content (%)	20			30		

ผลการอบแห้งเพื่อหาความชื้นในกลุ่มผลผลิตสูงพบว่า เมื่อเวลาผ่านไป 72 ชั่วโมง น้ำหนักคงเหลือของตัวอย่าง มีค่าเฉลี่ย 16 กรัม ซึ่งประมวลผลได้ว่าเป็นน้ำหนักแห้ง 80 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักเปียก 20 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มผลผลิตต่ำพบว่าน้ำหนักคงเหลือของตัวอย่างมีค่าเฉลี่ย 14 กรัม ซึ่งประมวลผลได้ว่าเป็นน้ำหนักแห้ง 70 เปอร์เซ็นต์ และน้ำหนักเปียก 30 เปอร์เซ็นต์

4.2.2 ผลการทดสอบการกระจายอุณหภูมิ เพื่อกำหนดตำแหน่งควบคุม

จากการบันทึกอุณหภูมิเพื่อวิเคราะห์การกระจายแสดงด้วยวิธีในข้อที่ 3.2.1.1 จึงมีการเฉลี่ยอุณหภูมิ ทั้ง 27 ตำแหน่ง เพื่อเป็นตัวแทนในการติดตั้งเซ็นเซอร์วัดและควบคุมอุณหภูมิ พบว่าอุณหภูมิ สูงสุด เท่ากับ 56.4 องศาเซลเซียส ณ ตำแหน่งที่ 24 ต่ำสุดเท่ากับ 31.0 ณ ตำแหน่งที่ 13 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 40.24 องศาเซลเซียส ซึ่งใกล้เคียงกับอุณหภูมิตำแหน่งที่ 5 มากที่สุด จึงตัดสินใจเลือกตำแหน่งที่ 5 ดังภาพที่ 33 มาเป็นตำแหน่งวัดและควบคุมอุณหภูมิเนื่องจากเป็นอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยมากที่สุด ข้อมูลการทดลองแสดงในตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ผลการทดสอบการกระจายอุณหภูมิ

point	Temperature (°C)	point	Temperature (°C)	point	Temperature (°C)
1	34.2	10	32.2	19	33.7
2	38.0	11	36.2	20	47.0
3	35.6	12	35.7	21	52.1
4	39.2	13	31.0	22	37.3
5	40.0	14	43.9	23	44.0
6	39.3	15	53.1	24	56.4
7	38.1	16	50.9	25	31.2
8	36.8	17	39.0	26	45.3
9	32.9	18	34.4	27	49.1

4.2.3 ผลการทดสอบเพื่อศึกษาพฤติกรรมการกระจายของแก๊สพิษในระดับ Lab scale แล้วนำมากำหนดตำแหน่งวัด ความเข้มข้นแก๊สแอมโมเนีย (NH₃) และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂)

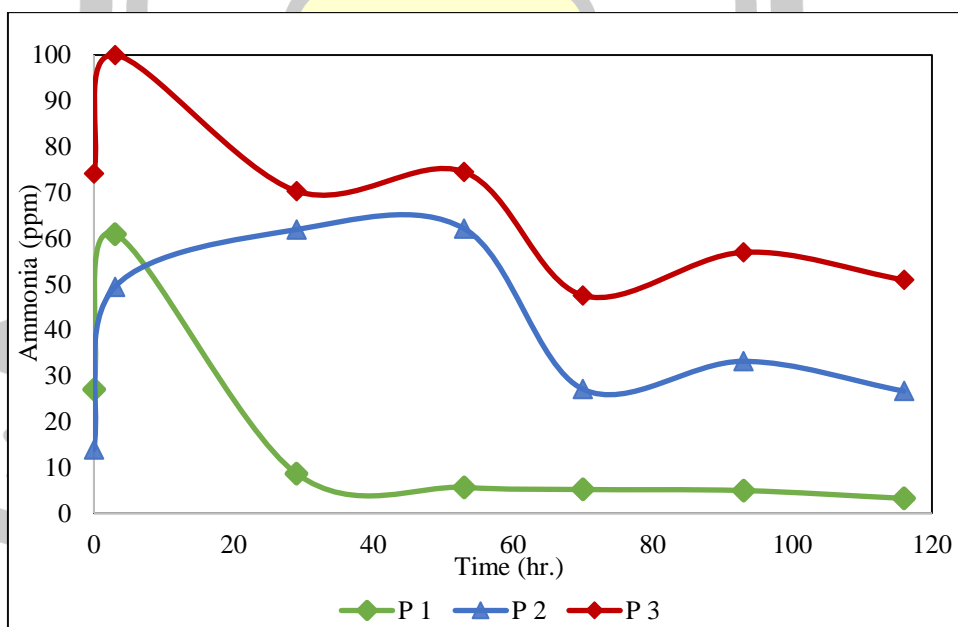
จากวิธีการทดลองในข้อที่ 3.2.3 เพื่อเลือกตำแหน่งวัดแก๊สแอมโมเนีย และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ พบว่าปริมาณแก๊สทั้งสองมีความแปรปรวน โดยเกิดขึ้นสูงในช่วงเวลาเริ่มต้น แล้วเริ่มสลายไปทำให้พบปริมาณแก๊สลดลง ในช่วงเวลาที่ 29 ซึ่งแก๊สทั้งสองมีความสัมพันธ์กันในแนวโน้มการเพิ่มขึ้นและลดลง ซึ่งผลการทดลองแสดงในภาพที่ 46 และ 47

หมายเหตุ สัญลักษณ์ของ ภาพที่ 46 47 48 49 50 และ 51 มีรายละเอียดดังนี้

P1 หมายถึง บ่อทดลองที่ 1 ควบคุมอุณหภูมิแวดล้อม 28 องศาเซลเซียส ความชื้นของเสีย 20 เปอร์เซ็นต์ ความหนาแน่นของเสีย 4.17 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

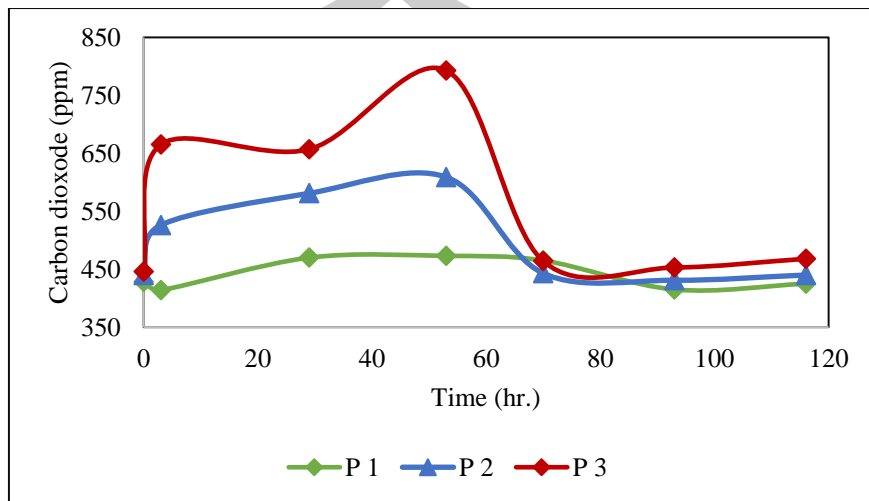
P2 หมายถึง บ่อทดลองที่ 2 ควบคุมอุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ความชื้นของเสีย 25 เปอร์เซ็นต์ ความหนาแน่นของเสีย 8.68 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

P3 หมายถึง บ่อทดลองที่ 2 ควบคุมอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ความชื้นของเสีย 30 เปอร์เซ็นต์ ความหนาแน่นของเสีย 12.86 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

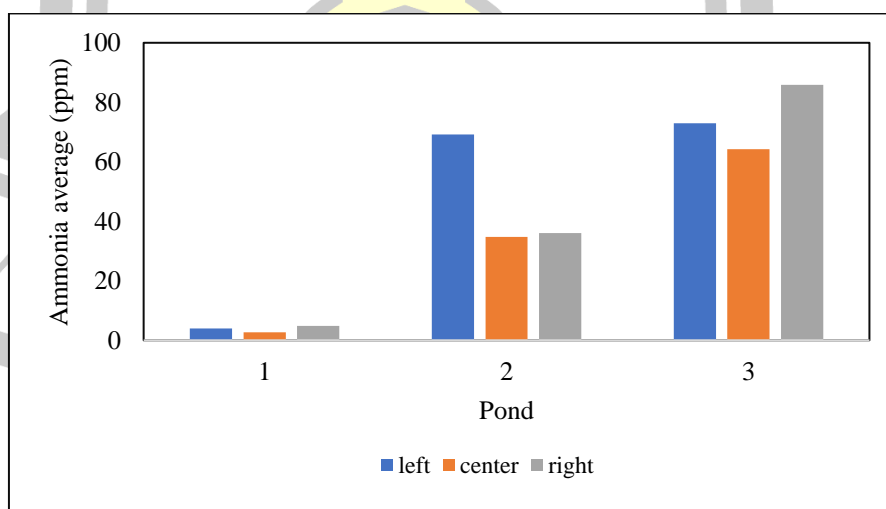


ภาพที่ 46 พฤติกรรมการเกิดแก๊สแอมโมเนีย (NH₃) จากการทดสอบเบื้องต้น 7 วัน แก๊สแอมโมเนียเกิดขึ้นสูง ในวันที่ 1 แล้วเริ่มลดลงในวันถัดไป โดยเกิดขึ้นสูงสุด 100 ppm ช่วงเวลาที่ 3 ของวันที่ 1 ในเงื่อนไข อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ความชื้น 30 เปอร์เซ็นต์ ความหนาแน่น

12.86 กิโลกรัม ต่อตารางเมตร และเกิดขึ้นต่ำสุด 0-10 ppm ชั่วโมงที่ 29-120 ในเงื่อนไข อุณหภูมิ แวดล้อม (28 องศาเซลเซียส) ความชื้น 20 เปอร์เซ็นต์ ความหนาแน่น 4.17 กิโลกรัม ต่อตารางเมตร



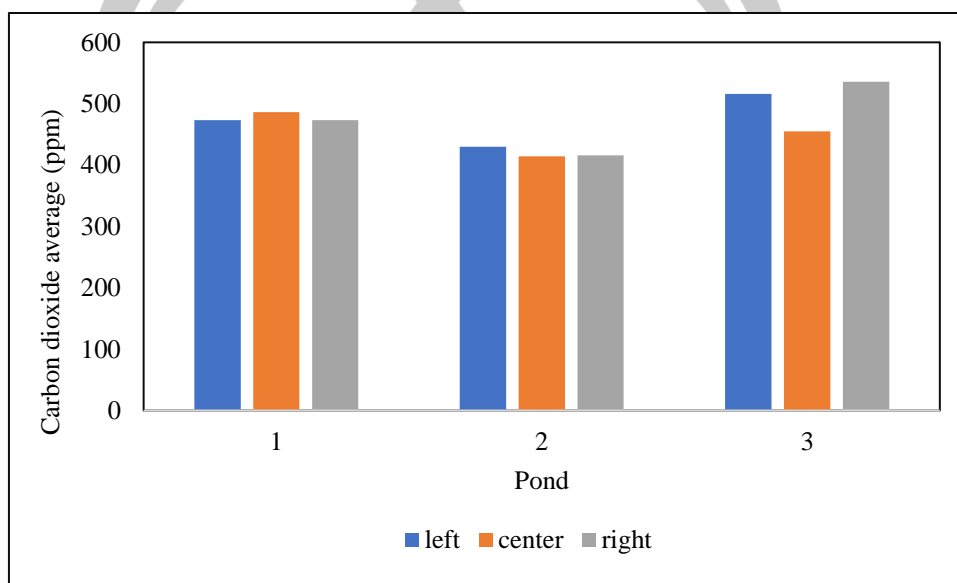
ภาพที่ 47 พฤติกรรมการเกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากการทดสอบเบื้องต้น 7 วัน จากภาพที่ 47 แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้นสูง 700-900 ppm ในวันที่ 3 โดยมีความสัมพันธ์แบบเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จากชั่วโมงที่ 2-53 แล้วเริ่มลดลงในชั่วโมงที่ 60 ในเงื่อนไขการเกิดแก๊สสูงที่ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ความชื้น 30 เปอร์เซ็นต์ ความหนาแน่น 12.86 กิโลกรัม ต่อตารางเมตร และเกิดขึ้นต่ำสุด 400-450 ppm อย่างต่อเนื่องโดยไม่แตกต่างกันตามเวลา ซึ่งพบในเงื่อนไข อุณหภูมิแวดล้อม (28 องศาเซลเซียส) ความชื้น 20 เปอร์เซ็นต์ ความหนาแน่น 4.17 กิโลกรัม ต่อตารางเมตร



ภาพที่ 48 ความเข้มข้นของแก๊สแอมโมเนียจากตำแหน่งวัดที่แตกต่างกัน ในแนวราบ

หมายเหตุ ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 32 ภาคผนวก ก

จากภาพที่ 48 แก๊สแอมโมเนียเกิดขึ้นสูงในบ่อทดลองที่ 3 อยู่ในช่วง 60-90 ppm และต่ำ อยู่ในช่วง 0-10 ppm ในบ่อทดลองที่ 1 แล้วพบว่าค่าเฉลี่ยจากการเกิดแก๊สในตำแหน่งที่แตกต่างกัน เมื่อเวลาผ่านไป 72 ชั่วโมง ส่วนใหญ่ พบในบริเวณด้านซ้ายของบ่อทดลอง 1 และ 2 และพบว่าแก๊สแอมโมเนียมีความเข้มข้นที่ใกล้เคียงกัน ในบ่อทดลองที่ 3 เนื่องด้วยความแปรปรวนที่ไม่ชี้ให้เห็นชัดเจน จึงตัดสินใจเลือกตำแหน่งวัด ทั้งด้านซ้าย ตรงกลางและด้านขวา โดยวัดแบบเฉลี่ย

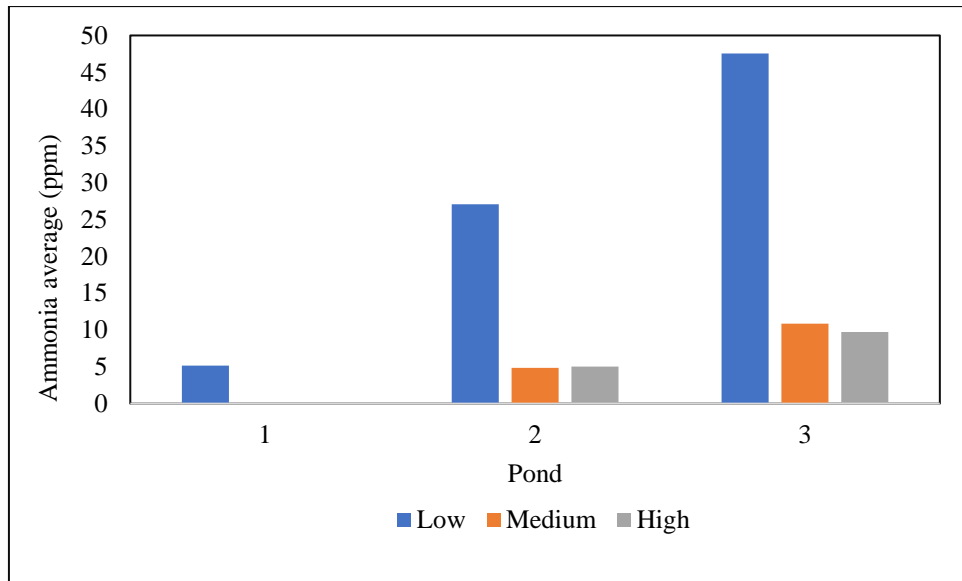


ภาพที่ 49 ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากตำแหน่งวัดที่แตกต่างกัน ในแนวราบ

หมายเหตุ ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 32 ภาคผนวก ก

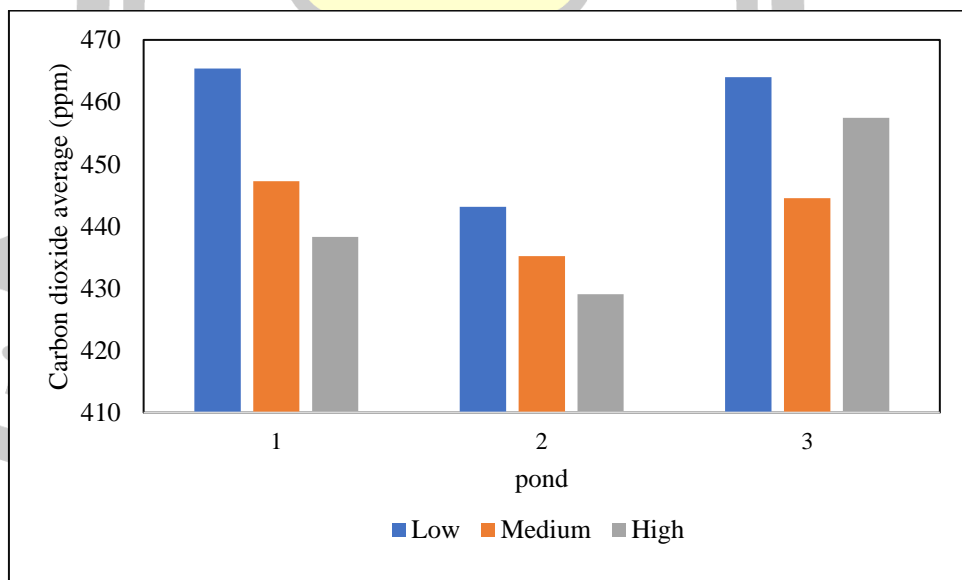
แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้นสูงในบ่อทดลองที่ 3 อยู่ในช่วง 500-600 ppm และต่ำอยู่ในช่วง 400-500 ppm แล้วพบว่าค่าเฉลี่ยจากการเกิดแก๊สในตำแหน่งที่แตกต่างกัน เมื่อเวลาผ่านไป 72 ชั่วโมง ความเข้มข้นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ มีความใกล้เคียงกันทั้ง 3 ตำแหน่ง และ 3 บ่อทดลอง จึงตัดสินใจเลือกตำแหน่งวัด ทั้งด้านซ้าย ตรงกลางและด้านขวา โดยวัดแบบเฉลี่ย

พหุ ประถมศึกษา



ภาพที่ 50 ความเข้มข้นของแก๊สแอมโมเนียจากตำแหน่งวัดที่แตกต่างกัน ในแนวตั้ง
หมายเหตุ ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 33 ภาคผนวก ก

จากภาพที่ 50 แก๊สแอมโมเนียเกิดขึ้นสูงในบ่อทดลองที่ 3 อยู่ในช่วง 45-50 ppm และต่ำอยู่ในช่วง 0-10 ppm ในบ่อทดลองที่ 1 แล้วพบว่าค่าเฉลี่ยจากการเกิดแก๊สในตำแหน่งที่แตกต่างกันเมื่อเวลาผ่านไป 72 ชั่วโมง ส่วนใหญ่ พบในบริเวณด้านล่างของทั้ง 3 บ่อทดลองอย่างเห็นได้ชัดจึงตัดสินใจเลือกตำแหน่งวัดบริเวณด้านล่างด้านล่าง



ภาพที่ 51 ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากตำแหน่งวัดที่แตกต่างกัน ในแนวตั้ง
หมายเหตุ ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 5 ภาคผนวก ก

จากภาพที่ 51 แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้นสูงในบ่อทดลองที่ 3 อยู่ในช่วง 460-470 ppm และต่ำอยู่ในช่วง 430-450 ppm ในบ่อทดลองที่ 2 แล้วพบว่าค่าเฉลี่ยจากการเกิดแก๊สในตำแหน่งที่แตกต่างกัน เมื่อเวลาผ่านไป 72 ชั่วโมง ส่วนใหญ่พบในบริเวณด้านล่างของทั้ง 3 บ่อทดลองอย่างเห็นได้ชัดจึงตัดสินใจเลือกตำแหน่งวัดบริเวณด้านล่างด้านล่าง เพื่อนำไปใช้ในการทดลองต่อไป

จากการสำรวจข้อมูลการจัดการการเลี้ยงจิ้งหรีดโดยทั่วไป แล้วนำข้อมูลที่ได้มาทดสอบอบแห้งเพื่อหาความชื้น ในกลุ่มที่แตกต่างกัน แล้วทดสอบการกระจายอุณหภูมิ เพื่อกำหนดตำแหน่งควบคุม และทดสอบการเกิดแก๊สแอมโมเนียและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ จากตำแหน่งที่แตกต่างกัน เพื่อกำหนดจุดวัดให้มีความแม่นยำ แล้วออกแบบการทดลองเพื่อพิสูจน์การย่อยสลายและการเกิดแก๊สพิษทั้งสองชนิด จึงสรุปผลการทดลองเบื้องต้นได้ดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 สรุปผลการทดสอบเพื่อเลือกเงื่อนไขและตำแหน่งวัดในการทดลอง

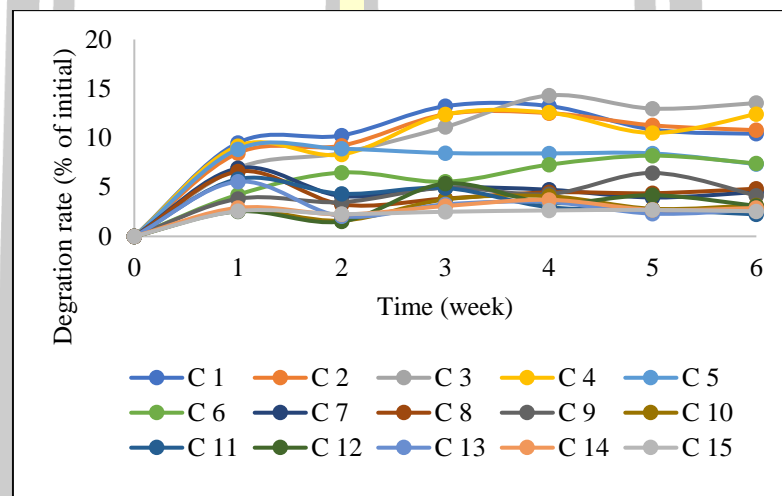
รายการ	กลุ่มเงื่อนไข ระดับสูง	กลุ่มเงื่อนไข ระดับกลาง	กลุ่มเงื่อนไขระดับต่ำ
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	40	35	อุณหภูมิแวดล้อม
ความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	30	25	20
ความหนาแน่น (กิโลกรัมต่อตารางเมตร)	12.86	8.68	4.17
ตำแหน่งควบคุมอุณหภูมิ	บริเวณตรงกลางบ่อทดลอง		
ตำแหน่งวัดในแนวราบ	วัดแบบเฉลี่ย ด้านซ้าย ตรงกลาง และด้านขวา		
ตำแหน่งวัดในแนวตั้ง	บริเวณด้านล่างของบ่อทดลอง		
ช่วงเวลาในการวัด	เวลา 15.00 น. โดยเริ่มวัดหลังจากเปิดบ่อทดลอง 10 นาที		

พูน ปณ ทิโต ชีเว

4.3 ผลการทดลองเพื่อศึกษาอัตราการย่อยสลายของเสี้ยน (Degradation rate) ในเงื่อนไข อุณหภูมิ ความชื้น และความหนาแน่น ที่แตกต่างกัน

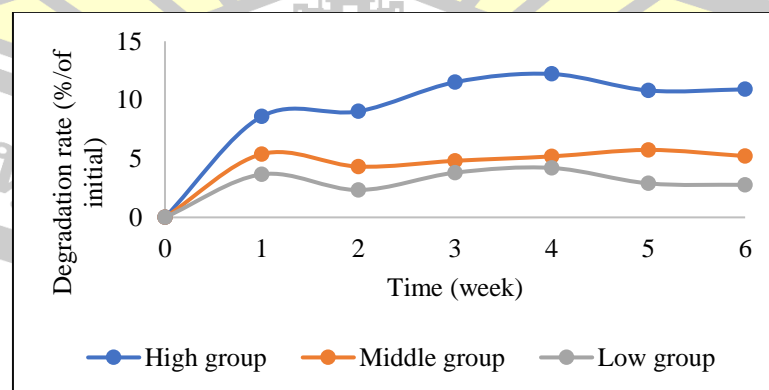
จากวิธีการทดลองเพื่อศึกษาอัตราการย่อยสลายในข้อที่ 3.3.1 ข้อมูลผลการทดลองและความหมายสัญลักษณ์ C คือ Condition ในภาพที่ 52 แสดงในตารางที่ 35 ภาคผนวก ก

4.3.1 ผลการทดลองเพื่อทดสอบอัตราการย่อยสลาย



ภาพที่ 52 เปอร์เซ็นต์การย่อยสลาย 42 วัน

จากภาพที่ 52 การทดลองเพื่อศึกษาอัตราการย่อยสลาย 6 สัปดาห์ จำนวน 15 เงื่อนไข พบว่าพฤติกรรมการย่อยสลาย พบมากในช่วงเริ่มต้นของการทดลอง แล้วมีความต่อเนื่องในการย่อยสลายแบบใกล้เคียงกันในบางกลุ่ม จึงต้องมีการแยกส่วนกลุ่มที่มีการย่อยสลายสูง ปานกลางและกลุ่มที่มีการย่อยสลายต่ำ เพื่อชี้ให้เห็นชัดในปัจจัยเกื้อหนุนต่อการย่อยสลาย



ภาพที่ 53 กลุ่มเสี้ยนที่มีอิทธิพลต่อการย่อยสลาย

หมายเหตุ ข้อมูลการแยกกลุ่ม แสดงในตารางที่ 48 ภาคผนวก ข

จากภาพที่ 53 การแยกกลุ่มการย่อยสลาย พบว่าสามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม คือ การย่อยสลายสูง การย่อยสลายระดับกลาง และการย่อยสลายระดับต่ำ ปัจจัยที่ส่งผลต่อการย่อยสลายสูง เกิดขึ้นที่ อุณหภูมิ 28 และ 35 องศาเซลเซียส ความชื้น 30 เปอร์เซ็นต์ ความหนาแน่น 12.86 กิโลกรัมต่อตารางเมตรและระดับการย่อยสลายต่ำคือ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ความชื้น 20 เปอร์เซ็นต์ ความหนาแน่น 4.17 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

4.3.2 ผลการวิเคราะห์อัตราการย่อยสลายในเชิงสถิติ

การประเมินสถิติอัตราการย่อยสลาย โดยมีปัจจัยนำเข้าคือ อุณหภูมิ ความชื้น และความหนาแน่นที่แตกต่างกัน มีตัวแปรตามคืออัตราการย่อยสลายโดยเฉลี่ย 6 สัปดาห์ ข้อมูลทดลองแบบ 3 ซ้ำ 45 การทดลอง ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 53 ภาคผนวก ข ผลการประเมินทางสถิติแสดงในตารางที่ 17

ตารางที่ 17 ผลการประเมินทางสถิติอัตราการย่อยสลายจากอุณหภูมิ ความชื้น และความหนาแน่นที่แตกต่างกัน

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Degradation

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	.049 ^a	14	.003	74.127	.000	.972
Intercept	28.832	1	28.832	614838.634	.000	1.000
Temperature	6.637E-005	2	3.318E-005	.708	.501	.045
Moisture	.024	2	.012	259.910	.000	.945
Density	.002	2	.001	17.349	.000	.536
Temperature * Moisture	.000	2	.000	3.537	.042	.191
Moisture * Density	4.681E-005	1	4.681E-005	.998	.326	.032
Temperature * Density	.001	2	.000	6.299	.005	.296

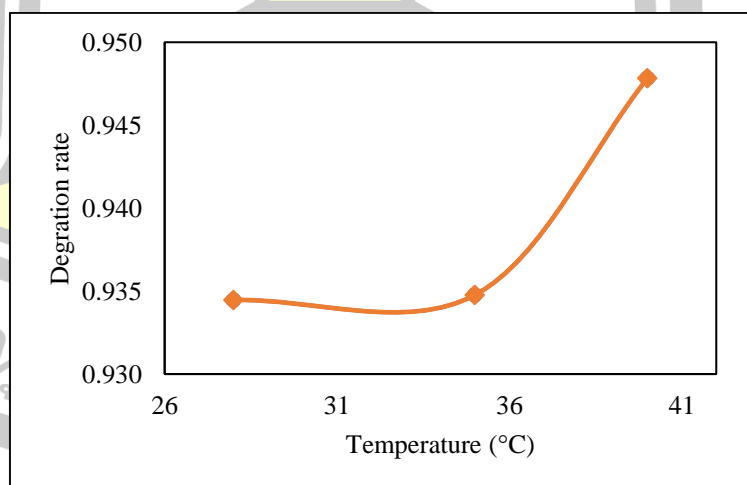
Error	.001	30	4.689E-005			
Total	39.694	45				
Corrected	.050	44				
Total						

a. R Squared = .972 (Adjusted R Squared = .959)

หมายเหตุ ประเมินความแตกต่างของข้อมูลที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผลการประเมินผลทางสถิติชี้ให้เห็นว่ามีอย่างน้อย 4 ปัจจัยที่ส่งผลทำให้ค่าเฉลี่ยของอัตราการย่อยสลายแตกต่างกัน โดยมีปัจจัยหลัก 2 ปัจจัย ที่ส่งผลทำให้ค่าเฉลี่ยของอัตราการย่อยสลายแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ คือ ความชื้นและความหนาแน่น ซึ่งความชื้นเป็นปัจจัยที่ส่งผลทำให้ข้อมูลแตกต่างกันมากที่สุด และพบว่ามีปัจจัยร่วม 2 ปัจจัยที่ทำให้ค่าเฉลี่ยของอัตราการย่อยสลายแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ คือปัจจัยร่วมระหว่าง อุณหภูมิกับความชื้น และปัจจัยร่วมระหว่างอุณหภูมิกับความหนาแน่น โดยปัจจัยร่วมที่ส่งผลมากที่สุดคือปัจจัยร่วมระหว่าง อุณหภูมิกับความหนาแน่น

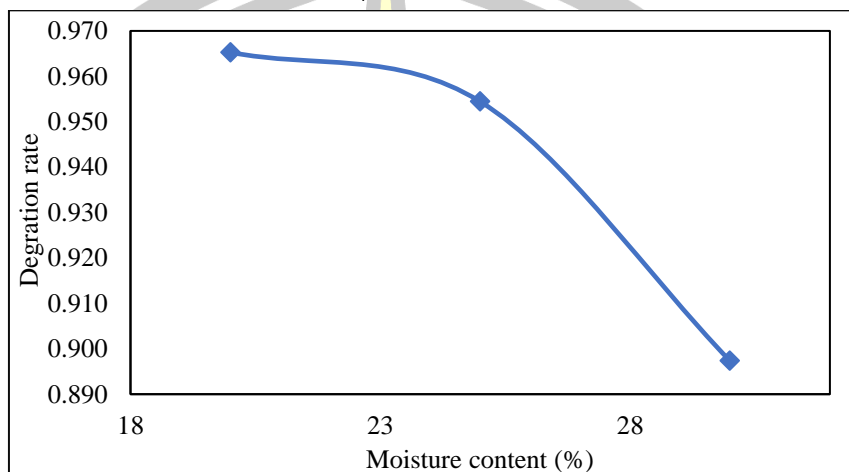
จากตาราง ANOVA ที่ 17 ผลการประเมินทางสถิติอัตราการย่อยสลายจากอุณหภูมิ ความชื้น และความหนาแน่นที่แตกต่างกัน พบว่ามีปัจจัยหลักอย่างน้อย 3 ปัจจัยที่ส่งผลทำให้ค่าเฉลี่ยของอัตราการย่อยสลายแตกต่างกัน ซึ่งสามารถอภิปรายผลได้ดังนี้



ภาพที่ 54 ผลการประเมินความแตกต่างของอุณหภูมิต่ออัตราการย่อยสลาย

หมายเหตุ ผลการประเมินทางสถิติแสดงในตารางที่ 49 ภาคผนวก ข

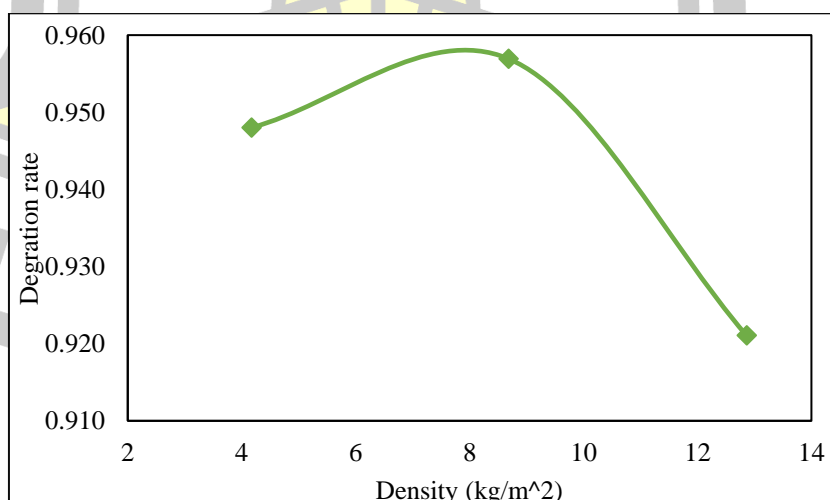
ผลการประเมินอัตราการย่อยสลายจากอุณหภูมิที่แตกต่างกันในทางสถิติด้วยวิธีของ Duncan พบว่ามีผลของอัตราการย่อยสลายจากอุณหภูมิต่างกันน้อย 1 คู่ที่ทำให้ค่าเฉลี่ยของอัตราการย่อยสลายแตกต่างกัน ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ คือ อุณหภูมิ 28 และ 40 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิที่ส่งผลต่อการย่อยสลายมากที่สุด คือ 40 องศาเซลเซียส ดังภาพที่ 54



ภาพที่ 55 ผลการประเมินความแตกต่างของความชื้นต่ออัตราการย่อยสลาย

หมายเหตุ ผลการประเมินทางสถิติภาพที่ 55 แสดงในตารางที่ 50 ภาคผนวก ข

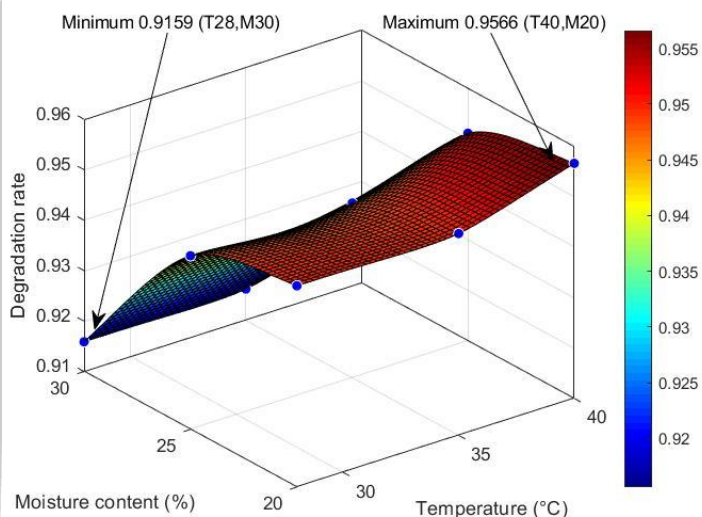
ผลการประเมินอัตราการย่อยสลายจากความชื้นที่แตกต่างกันในทางสถิติด้วยวิธีของ Duncan พบว่ามีผลของอัตราการย่อยสลายจากความชื้นอย่างน้อย 3 คู่ที่ทำให้ค่าเฉลี่ยของอัตราการย่อยสลายแตกต่างกัน ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ คือ ความชื้น 20 กับ 25 25 กับ 30 และ 20 กับ 30 เปอร์เซ็นต์ โดยความชื้นที่ส่งผลต่อการย่อยสลายมากที่สุด คือ 20 เปอร์เซ็นต์ ดังภาพที่ 55



ภาพที่ 56 ผลการประเมินความแตกต่างของความหนาแน่นต่ออัตราการย่อยสลาย

หมายเหตุ ผลการประเมินทางสถิติแสดงในตารางที่ 51 ภาคผนวก ข

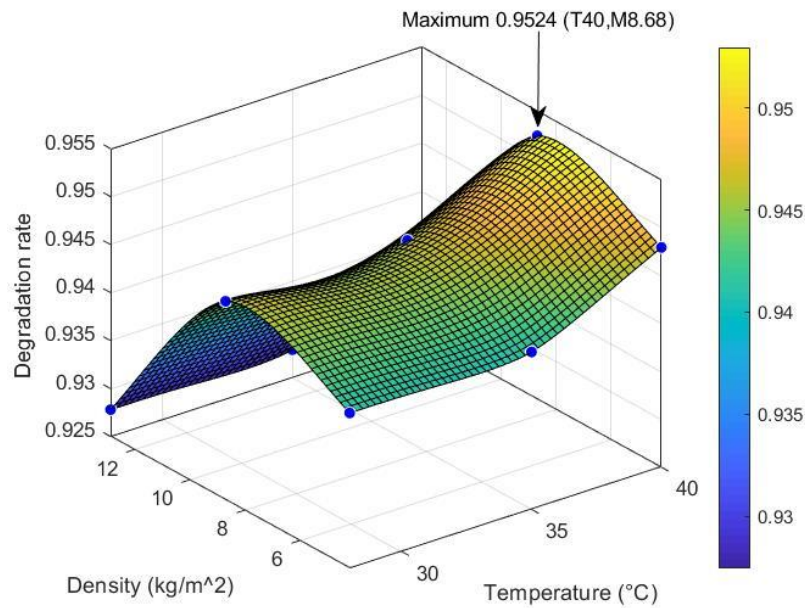
ผลการประเมินอัตราการย่อยสลายจากความหนาแน่นที่แตกต่างกันในทางสถิติด้วยวิธีของ Duncan พบว่ามีผลของอัตราการย่อยสลายจากความหนาแน่นอย่างน้อย 3 คู่ที่ทำให้ค่าเฉลี่ยของอัตราการย่อยสลายแตกต่างกัน ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ คือ ความหนาแน่น 4.17 กับ 8.68 8.68 กับ 12.86 และ 4.17 กับ 12.86 กิโลกรัมต่อตารางเมตร โดยความหนาแน่นที่ส่งผลต่อการย่อยสลายมากที่สุด คือ 8.68 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ดังภาพที่ 56



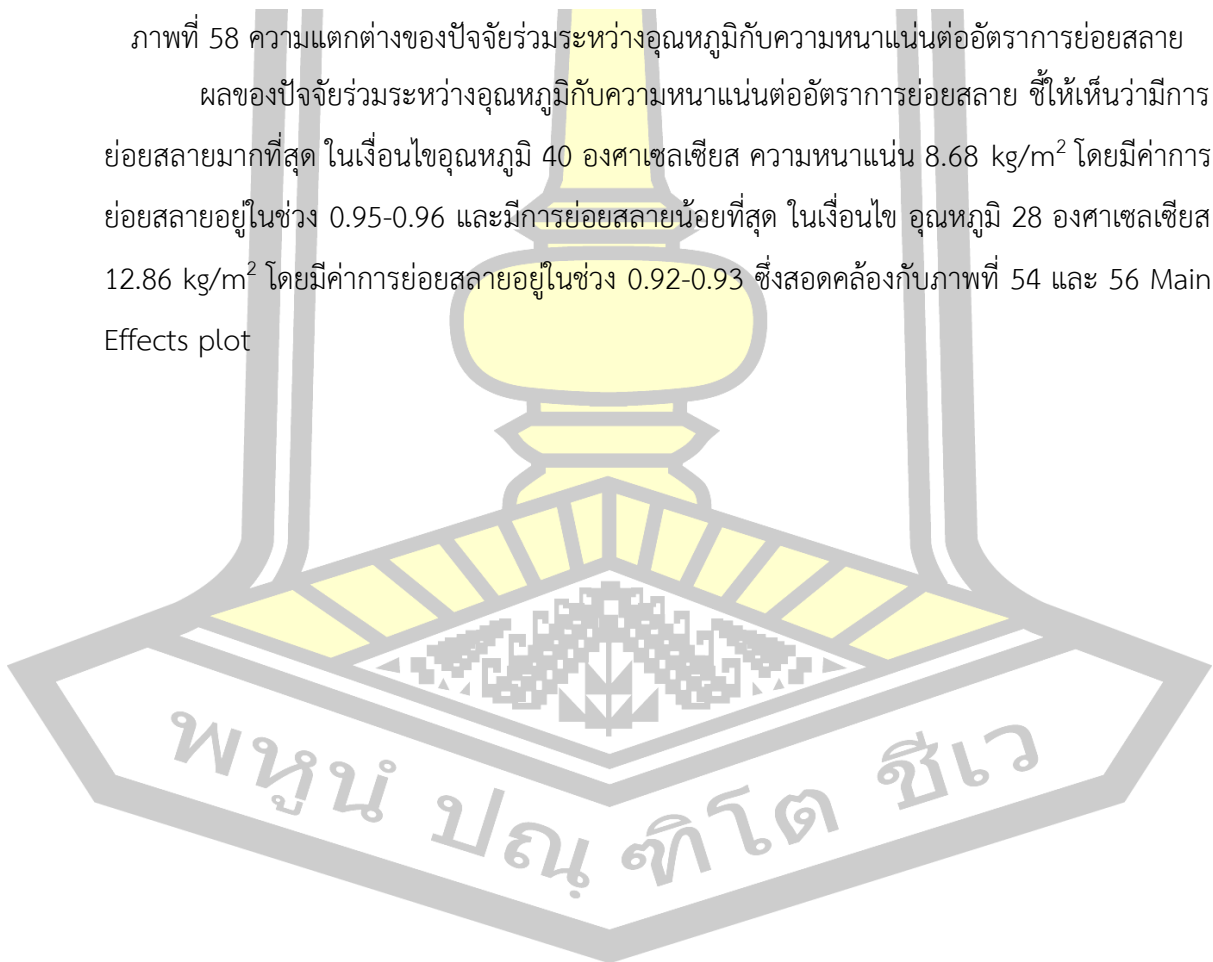
ภาพที่ 57 ความแตกต่างของปัจจัยร่วมระหว่างอุณหภูมิกับความชื้นต่ออัตราการย่อยสลาย

ผลของปัจจัยร่วมระหว่างอุณหภูมิกับความชื้นต่ออัตราการย่อยสลาย ซึ่งให้เห็นว่ามีการย่อยสลายมากที่สุด ในเงื่อนไขอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ความชื้น 20 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าการย่อยสลายอยู่ในช่วง 0.95-0.96 และมีการย่อยสลายน้อยที่สุดในเงื่อนไข อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ความชื้น 30 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าการย่อยสลายอยู่ในช่วง 0.91-0.92 ซึ่งสอดคล้องกับภาพที่ 54 และ 55 Main Effects plot

พหุ ประถมศึกษา



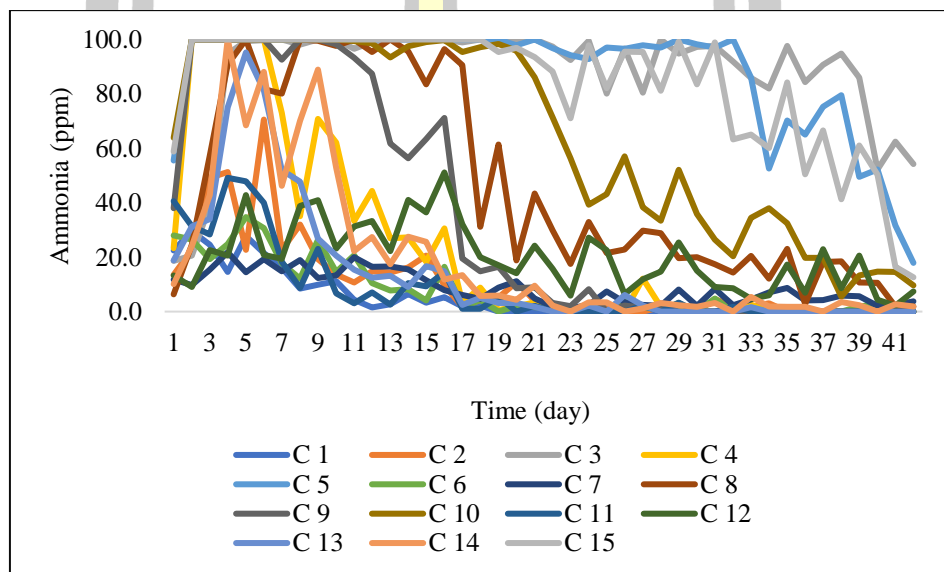
ภาพที่ 58 ความแตกต่างของปัจจัยร่วมระหว่างอุณหภูมิกับความหนาแน่นต่ออัตราการย่อยสลาย ผลของปัจจัยร่วมระหว่างอุณหภูมิกับความหนาแน่นต่ออัตราการย่อยสลาย ซึ่งให้เห็นว่ามีการย่อยสลายมากที่สุด ในเงื่อนไขอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ความหนาแน่น 8.68 kg/m² โดยมีค่าการย่อยสลายอยู่ในช่วง 0.95-0.96 และมีการย่อยสลายน้อยที่สุดในเงื่อนไข อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส 12.86 kg/m² โดยมีค่าการย่อยสลายอยู่ในช่วง 0.92-0.93 ซึ่งสอดคล้องกับภาพที่ 54 และ 56 Main Effects plot



4.4 ผลการทดลองเพื่อศึกษาการเกิดแก๊สแอมโมเนีย (NH_3) และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากเงื่อนไข อุณหภูมิ ความชื้น และความหนาแน่น ที่แตกต่างกัน

จากวิธีการทดลองเพื่อวัดปริมาณแก๊สแอมโมเนียในข้อที่ 3.4.1 ข้อมูลผลการทดลองและความหมายสัญลักษณ์ C คือ Condition ในภาพที่ 59 แสดงในตารางที่ 38 ภาคผนวก ก

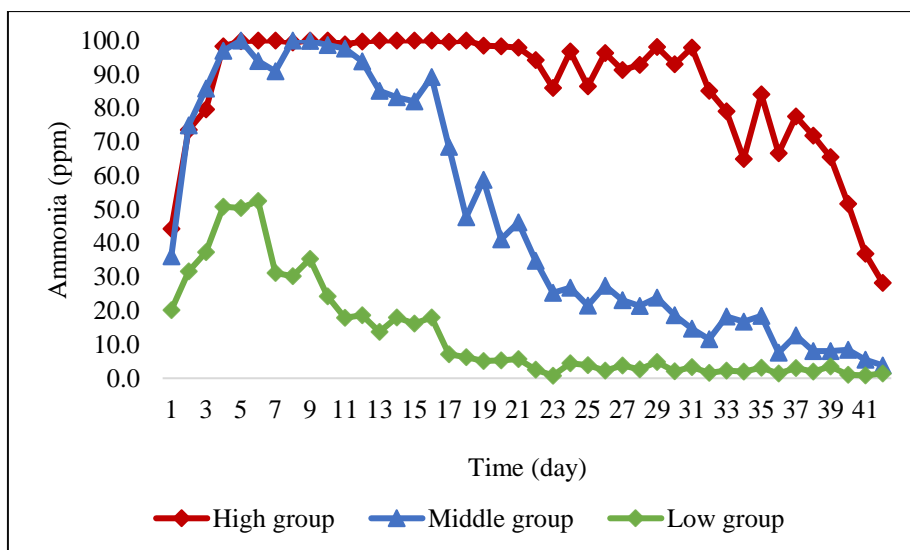
4.4.1 ผลการทดลองเพื่อวัดปริมาณแก๊สแอมโมเนียและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์



ภาพที่ 59 พฤติกรรมการเกิดแก๊สแอมโมเนีย 42 วัน 15 เงื่อนไข

จากภาพที่ 59 ผลการทดลองเพื่อศึกษาความเข้มข้นของแก๊สแอมโมเนีย จำนวน 15 เงื่อนไข พบว่าพฤติกรรมการเกิดแก๊สแอมโมเนียมีการเกิดขึ้นสูงอย่างต่อเนื่องในวันที่ 4-14 แล้วเริ่มลดลงในบางกลุ่มจนหมดไปในช่วงเวลา 42 วัน แต่ยังคงพบว่ามีบางกลุ่มที่มีการเกิดแก๊สสูงอย่างต่อเนื่องถึง 38 วัน เพื่อชี้ให้เห็นถึงความแตกต่างในเงื่อนไขที่มีอิทธิพลต่อการเกิดแก๊ส สูงและต่ำ จึงมีการแยกกลุ่มเพื่อพิจารณาดังภาพที่ 60

พหุบัน ปณุ ทิโต ชีเว



ภาพที่ 60 พฤติกรรมการเกิดแก๊สแอมโมเนีย 42 วัน 3 กลุ่มเงื่อนไข

หมายเหตุ ข้อมูลการแยกกลุ่ม แสดงในตารางที่ 52 ภาคผนวก ข

จากภาพที่ 60 การแยกกลุ่มเงื่อนไขการเกิดแก๊สแอมโมเนีย พบว่าสามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มเกิดแก๊สสูงและคงอยู่อย่างต่อเนื่อง กลุ่มเกิดแก๊สระดับกลางเกิดขึ้นสูงและเริ่มลดลงเมื่อผ่านไป 16 วัน และกลุ่มเกิดแก๊สต่ำจะพบการเกิดแก๊สแอมโมเนียใน 15 วันแรกแล้วเริ่มลดลงจนหมดในวินาทีต่อไป ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดแก๊สสูงในการแยกกลุ่มเกิดขึ้นที่ อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ความชื้น 30 เปอร์เซ็นต์ ความหนาแน่น 12.86 กิโลกรัมต่อตารางเมตร และระดับการเกิดแก๊สต่ำคือ อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ความชื้น 30 เปอร์เซ็นต์ ความหนาแน่น 8.68 และ 12.86 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

4.4.2 การวิเคราะห์ผลความเข้มข้นของแก๊สแอมโมเนียและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในเชิงสถิติ

ผลการทดลองวัดความเข้มข้นของแก๊สแอมโมเนีย จากอุณหภูมิ ความชื้น และความหนาแน่นที่แตกต่างกัน จากการทดลอง 42 วัน แล้วประเมินการเกิดแก๊สในระดับสูง โดยพิจารณาจากภาพที่ 59 จึงเลือกนำบางชุดข้อมูลมาวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อศึกษาความเป็นไปได้เกี่ยวกับปัจจัยนำเข้าต่อการเกิดแก๊สแอมโมเนีย ในช่วงวันที่ 4-14 โดยเฉลี่ย ข้อมูลการทดลองมีจำนวนตัวอย่างละ 3 ซ้ำ ทั้งสิ้น 45 การทดลอง ซึ่งผลการประเมินทางสถิติแสดงในตารางที่ 18

ตารางที่ 18 ผลการประเมินทางสถิติของความเข้มข้นแก๊สแอมโมเนียจากอุณหภูมิจาก อุณหภูมิ ความชื้น และความหนาแน่นที่แตกต่างกัน

Tests of Between-Subjects Effects						
Dependent Variable: NH3						
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	54619.992 ^a	14	3901.428	7983.823	.000	1.000
Intercept	112308.731	1	112308.731	229826.871	.000	1.000
Temperature	2812.503	2	1406.251	2877.732	.000	.995
Moisture	23233.386	2	11616.693	23772.223	.000	.999
Density	6235.697	2	3117.849	6380.318	.000	.998
Temperature * Moisture	459.744	2	229.872	470.407	.000	.969
Moisture * Density	95.203	1	95.203	194.823	.000	.867
Temperature * Density	792.974	2	396.487	811.365	.000	.982
Error	14.660	30	.489			
Total	203565.440	45				
Corrected Total	54634.652	44				

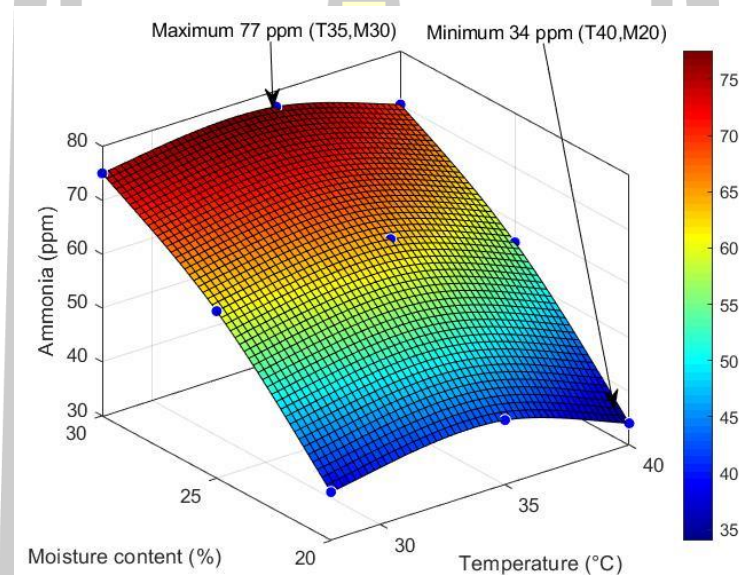
a. R Squared = 1.000 (Adjusted R Squared = 1.000)

หมายเหตุ ประเมินความแตกต่างของข้อมูลในระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผลการประเมินผลทางสถิติชี้ให้เห็นว่ามีอย่างน้อย 6 ปัจจัยที่ส่งผลทำให้ค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นแก๊สแอมโมเนียแตกต่างกัน โดยมีปัจจัยหลัก 3 ปัจจัย ที่ส่งผลทำให้ค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นแก๊สแอมโมเนียแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ คือ อุณหภูมิ ความชื้น และความ

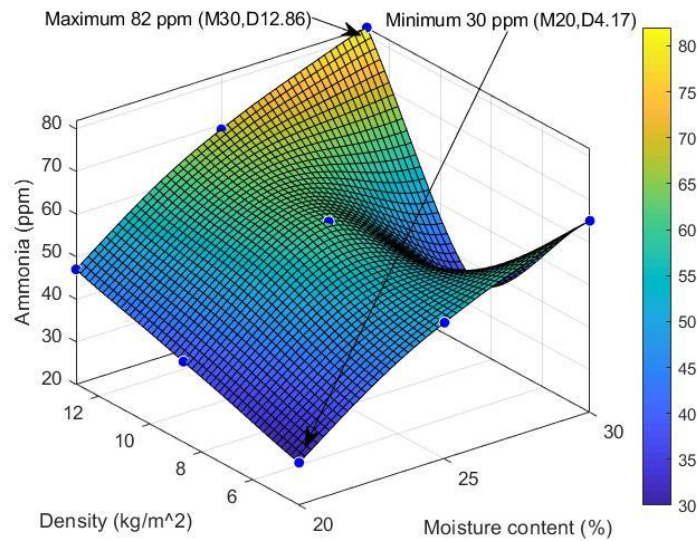
หนาแน่น ซึ่งความชื้นเป็นปัจจัยที่ส่งผลทำให้ข้อมูลแตกต่างกันมากที่สุด และพบว่าปัจจัยร่วม 3 ปัจจัยที่ทำให้ค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นแก๊สแอมโมเนีย แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ คือปัจจัยร่วมระหว่าง อุณหภูมิกับความชื้น ความชื้นกับความหนาแน่น และปัจจัยร่วมระหว่าง อุณหภูมิกับความหนาแน่น โดยปัจจัยร่วมที่ส่งผลมากที่สุดคือปัจจัยร่วมระหว่าง อุณหภูมิกับความหนาแน่น

จากตาราง ANOVA ที่ 18 ผลการประเมินทางสถิติของความเข้มข้นแก๊สแอมโมเนียจาก อุณหภูมิ ความชื้น และความหนาแน่นที่แตกต่างกัน พบว่ามีปัจจัยร่วมอย่างน้อย 3 ปัจจัยที่ส่งผลทำให้ค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นแก๊สแอมโมเนียแตกต่างกัน ซึ่งสามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

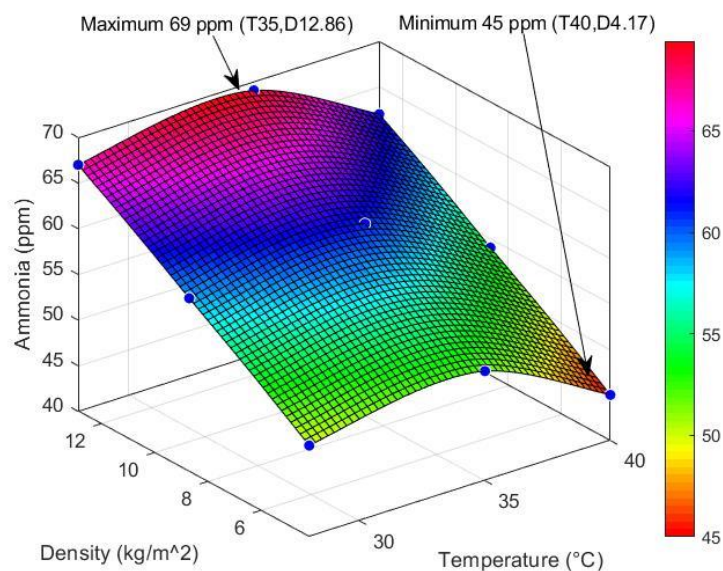


ภาพที่ 61 ปัจจัยร่วมระหว่างอุณหภูมิกับความชื้นต่อความเข้มข้นแก๊สแอมโมเนีย

ผลของปัจจัยร่วมระหว่างอุณหภูมิกับความชื้นต่อความเข้มข้นของแก๊สแอมโมเนีย ชี้ให้เห็นว่ามีการเกิดแก๊สแอมโมเนียมากที่สุด ในเงื่อนไขอุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ความชื้น 30 เปอร์เซ็นต์ โดยมีความเข้มข้นของแก๊สแอมโมเนียอยู่ในช่วง 70-80 ppm และมีความเข้มข้นของแก๊สแอมโมเนียน้อยที่สุดในเงื่อนไข อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ความชื้น 20 เปอร์เซ็นต์ โดยมีความเข้มข้นของแก๊สแอมโมเนียอยู่ในช่วง 30-40 ppm



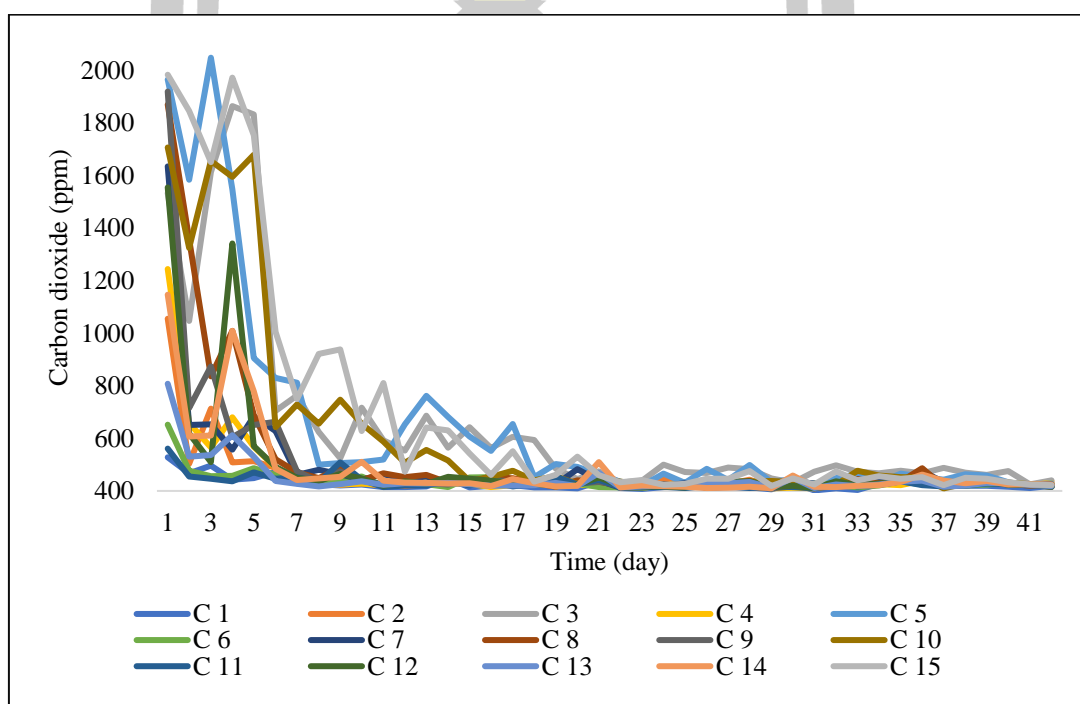
ภาพที่ 62 ปัจจัยร่วมระหว่างความหนาแน่นกับความชื้นต่อความเข้มข้นแก๊สแอมโมเนีย
 ผลของปัจจัยร่วมระหว่างความชื้นกับความหนาแน่นต่อความเข้มข้นของแก๊สแอมโมเนีย
 ชี้ให้เห็นว่ามีความเข้มข้นของแก๊สแอมโมเนียมากที่สุด ในเงื่อนไข ความชื้น 30 เปอร์เซ็นต์ ความ
 หนาแน่น 12.86 kg/m² โดยมีค่าความเข้มข้นของแก๊สแอมโมเนียอยู่ในช่วง 70-80 ppm และมีความ
 เข้มข้นของแก๊สแอมโมเนียน้อยที่สุดในเงื่อนไข ความชื้น 20 เปอร์เซ็นต์ ความหนาแน่น 4.17 kg/m²
 โดยมีความเข้มข้นของแก๊สแอมโมเนียอยู่ในช่วง 20-30 ppm



ภาพที่ 63 ปัจจัยร่วมระหว่างอุณหภูมิกับความหนาแน่นต่อความเข้มข้นแก๊สแอมโมเนีย

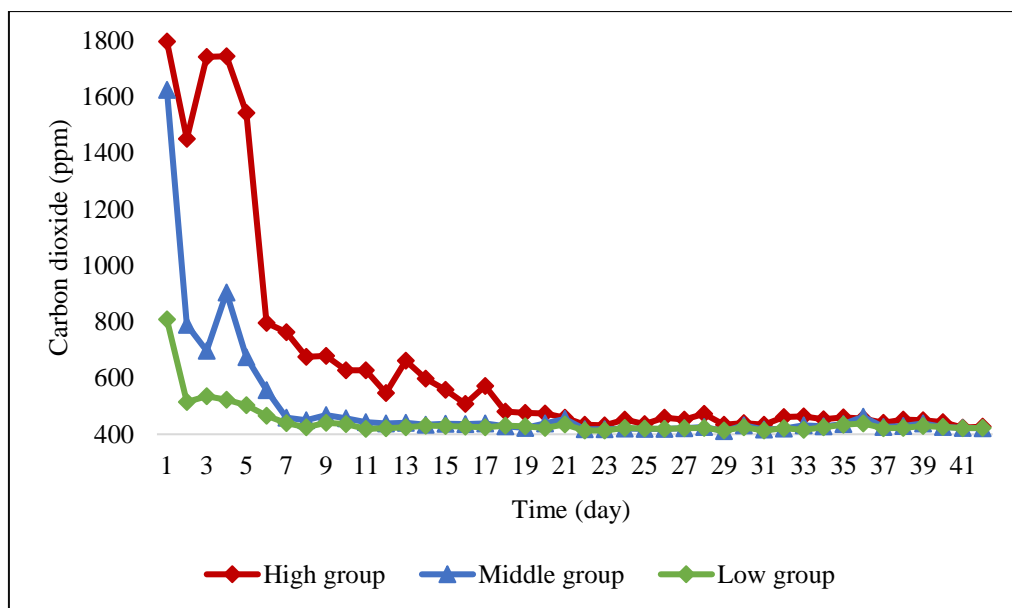
ผลของปัจจัยร่วมระหว่างความชื้นกับความหนาแน่นต่อความเข้มข้นของแก๊สแอมโมเนีย ซึ่งให้เห็นว่ามีความเข้มข้นของแก๊สแอมโมเนียมากที่สุด ในเงื่อนไขอุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ความหนาแน่น 12.86 kg/m² โดยมีค่าความเข้มข้นของแก๊สแอมโมเนียอยู่ในช่วง 65-70 ppm และมีความเข้มข้นของแก๊สแอมโมเนียน้อยที่สุด ในเงื่อนไข อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ความหนาแน่น 4.17 kg/m² โดยมีค่าความเข้มข้นของแก๊สแอมโมเนียอยู่ในช่วง 40-745 ppm

จากวิธีการทดลองเพื่อวัดปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในข้อที่ 3.4.1 ข้อมูลผลการทดลอง และความหมายสัญลักษณ์ C คือ Condition ในภาพที่ 64 แสดงในตารางที่ 43 ภาคผนวก ก



ภาพที่ 64 พฤติกรรมการเกิดแก๊สแอมโมเนีย 42 วัน 15 เงื่อนไข

จากภาพที่ 64 ผลการทดลองเพื่อศึกษาความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ จำนวน 15 เงื่อนไข พบว่าพฤติกรรมการเกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มีการเกิดขึ้นสูงอย่างต่อเนื่องในวันที่ 3-5 และเริ่มลดลงในวันที่ 6-20 แล้วหมดไป หลังจากวันที่ 21 พฤติกรรมการเกิดแก๊สสูงในช่วงวันที่ 3-5 มีการเกาะกลุ่มกันในบางจุด อันเนื่องมาจากมีปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดแก๊สในระดับเดียวกัน จึงต้องแยกกลุ่มระหว่างการเกิดแก๊สสูงกับการเกิดแก๊สต่ำ เพื่อชี้ให้เห็นชัด เกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดแก๊สใกล้เคียงกัน ดังภาพที่ 65



ภาพที่ 65 พฤติกรรมการเกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 42 วัน 3 กลุ่มเงื่อนไข

หมายเหตุ ข้อมูลการแยกกลุ่ม แสดงในตารางที่ 43 ภาคผนวก ก

จากภาพที่ 65 การแยกกลุ่มเงื่อนไขการเกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ พบว่าสามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มเกิดแก๊สสูงแล้วลดลงอย่างรวดเร็ว กลุ่มเกิดแก๊สระดับกลางเกิดขึ้นสูงในวันแรก และกลุ่มเกิดแก๊สต่ำซึ่งพบเพียง 7 วันแล้วหมดไป ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดแก๊สสูงในการแยกกลุ่มเกิดขึ้นที่ อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ความชื้น 30 เปอร์เซ็นต์ ความหนาแน่น 12.86 กิโลกรัมต่อตารางเมตร และระดับการเกิดแก๊สต่ำคือ อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ความชื้น 20 เปอร์เซ็นต์ และความหนาแน่น 4.17 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

ผลการทดลองวัดความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ จากอุณหภูมิ ความชื้น และความหนาแน่นที่แตกต่างกัน จากการทดลอง 42 วัน แล้วประเมินการเกิดแก๊สในระดับสูง โดยพิจารณาจากภาพที่ 4.19 จึงเลือกนำบางชุดข้อมูลมาวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อศึกษาความเป็นไปได้เกี่ยวกับปัจจัยนำเข้าต่อการเกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ในช่วงวันที่ 3-5 โดยเฉพาะ ข้อมูลการทดลองมีจำนวนตัวอย่างละ 3 ชั่วโมง ทั้งสิ้น 45 การทดลอง ซึ่งผลการประเมินทางสถิติแสดงในตารางที่ 19

ตารางที่ 19 ผลการประเมินทางสถิติของความเข้มข้นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากอุณหภูมิจาก อุณหภูมิ ความชื้น และความหนาแน่นที่แตกต่างกัน

Tests of Between-Subjects Effects						
Dependent Variable: CO2						
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	10440586.578 ^a	14	745756.184	1179.538	.000	.998
Intercept	25281642.575	1	25281642.575	39987.133	.000	.999
Temperature	143642.296	2	71821.148	113.597	.000	.883
Moisture	2021307.676	2	1010653.838	1598.518	.000	.991
Density	3995787.064	2	1997893.532	3160.002	.000	.995
Temperature * Moisture	8094.417	2	4047.208	6.401	.005	.299
Moisture * Density	441984.083	1	441984.083	699.072	.000	.959
Temperature * Density	28310.667	2	14155.333	22.389	.000	.599
Error	18967.333	30	632.244			
Total	47564066.000	45				
Corrected Total	10459553.911	44				

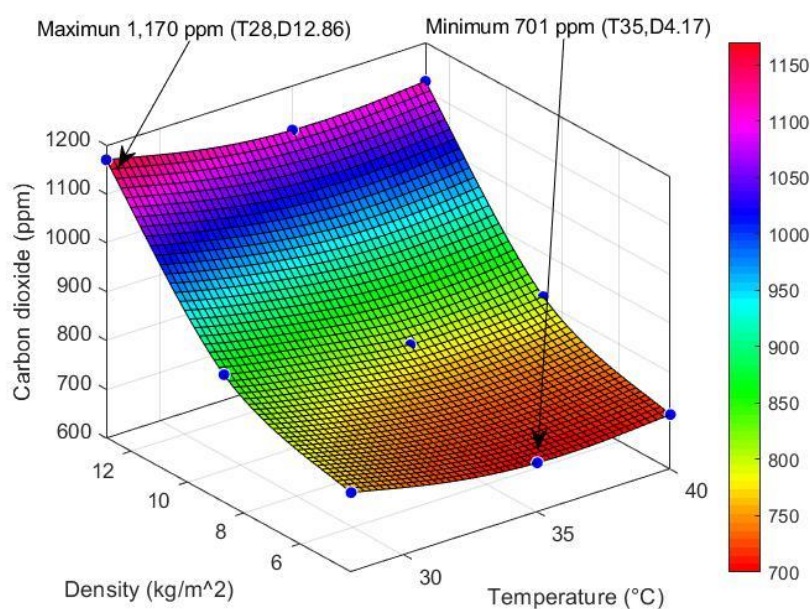
a. R Squared = .998 (Adjusted R Squared = .997)

หมายเหตุ ประเมินความแตกต่างของข้อมูลในระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

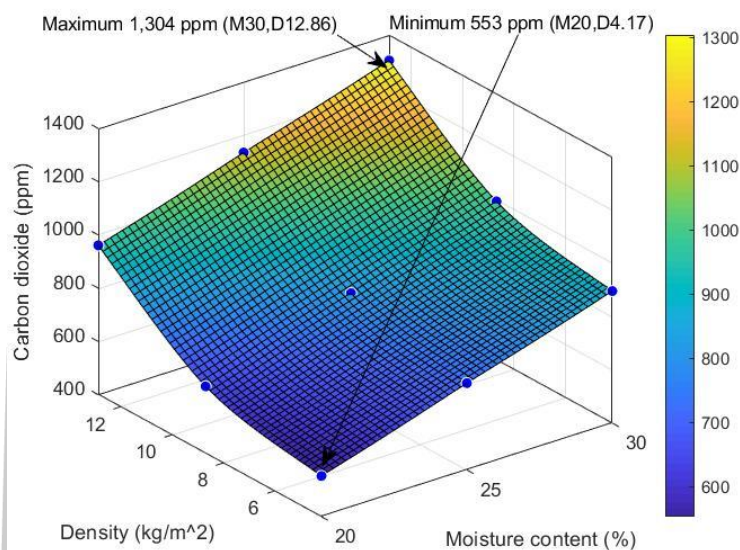
ผลการประเมินผลทางสถิติชี้ให้เห็นว่ามีอย่างน้อย 6 ปัจจัยที่ส่งผลทำให้ค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์แตกต่างกัน โดยมีปัจจัยหลัก 3 ปัจจัย ที่ส่งผลทำให้ค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ คือ อุณหภูมิ ความชื้น และความหนาแน่น ซึ่งความหนาแน่นเป็นปัจจัยที่ส่งผลทำให้ข้อมูลแตกต่างกันมากที่สุด และพบว่ามีปัจจัยร่วม 2 ปัจจัยที่ทำให้ค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ แตกต่างกันในระดับความ

เชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ คือปัจจัยร่วมระหว่าง ความชื้นกับความหนาแน่น และปัจจัยร่วมระหว่าง อุณหภูมิกับความหนาแน่น โดยปัจจัยร่วมที่ส่งผลมากที่สุดคือปัจจัยร่วมระหว่าง ความชื้นกับความหนาแน่น

จากตาราง ANOVA ที่ 19 ผลการประเมินทางสถิติของความเข้มข้นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ จากอุณหภูมิ ความชื้น และความหนาแน่นที่แตกต่างกัน พบว่ามีปัจจัยร่วมอย่างน้อย 2 ปัจจัยที่ส่งผล ทำให้ค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์แตกต่างกัน ซึ่งสามารถอภิปรายผลได้ดังนี้



ภาพที่ 66 ปัจจัยร่วมระหว่างอุณหภูมิกับความหนาแน่นต่อความเข้มข้นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ผลของปัจจัยร่วมระหว่างอุณหภูมิกับความหนาแน่นต่อความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งให้เห็ว่ามีค่าความเข้มข้นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด ในเงื่อนไขอุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ความหนาแน่น 12.86 kg/m² โดยมีค่าความเข้มข้นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ในช่วง 1100-1200 ppm และมีความเข้มข้นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์น้อยที่สุดในเงื่อนไข อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส 4.17 kg/m² โดยมีค่าความเข้มข้นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ในช่วง 650-750 ppm

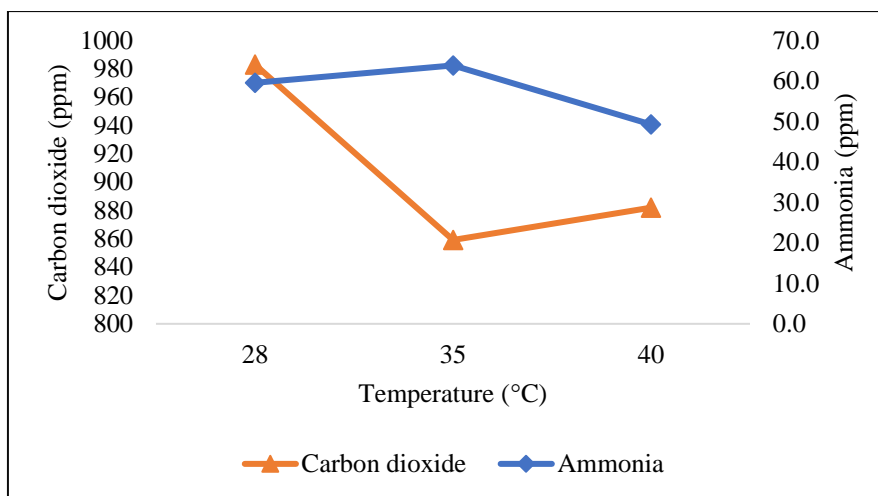


ภาพที่ 67 ปัจจัยร่วมระหว่างความชื้นกับความหนาแน่นต่อความเข้มข้นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

ผลของปัจจัยร่วมระหว่างความชื้นกับความหนาแน่นต่อความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งให้เห็นว่าความเข้มข้นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุดในเงื่อนไข ความชื้น 30 เปอร์เซ็นต์ ความหนาแน่น 12.86 kg/m² โดยมีค่าความเข้มข้นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ในช่วง 1200-1400 ppm และมีความเข้มข้นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์น้อยที่สุดในเงื่อนไข ความชื้น 20 เปอร์เซ็นต์ ความหนาแน่น 4.17 kg/m² โดยมีค่าความเข้มข้นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ในช่วง 500-600 ppm

จากตาราง ANOVA ที่ 18 และ 19 ผลการประเมินทางสถิติของความเข้มข้นแก๊สแอมโมเนียและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ จากอุณหภูมิ ความชื้น และความหนาแน่นที่แตกต่างกัน พบว่ามีปัจจัยหลักอย่างน้อย 3 ปัจจัยต่อเงื่อนไขที่ส่งผลทำให้ค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นแก๊สแอมโมเนียและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์แตกต่างกัน ซึ่งสามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

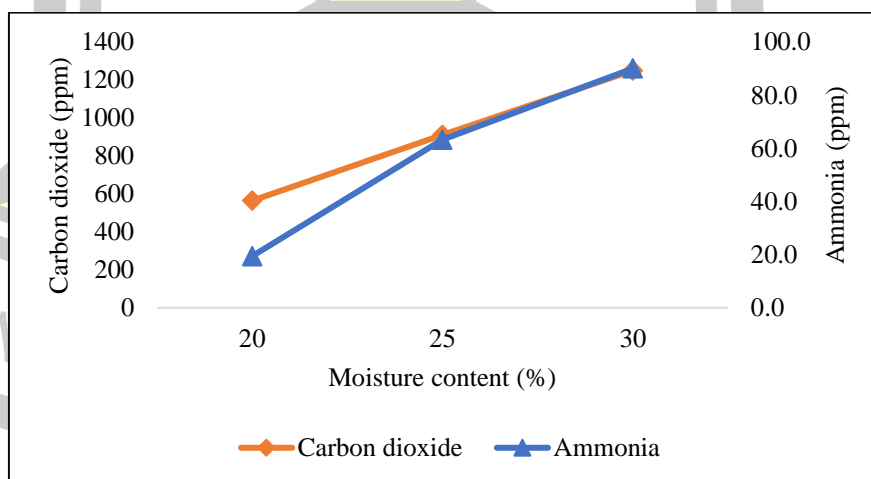
พูน ปณ ทิโต ชิว



ภาพที่ 68 ผลการประเมินความแตกต่างของอุณหภูมิต่อความเข้มข้นแก๊สแอมโมเนียและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

หมายเหตุ ผลการประเมินทางสถิติแสดงในตารางที่ 53 และ 57 ภาคผนวก ข

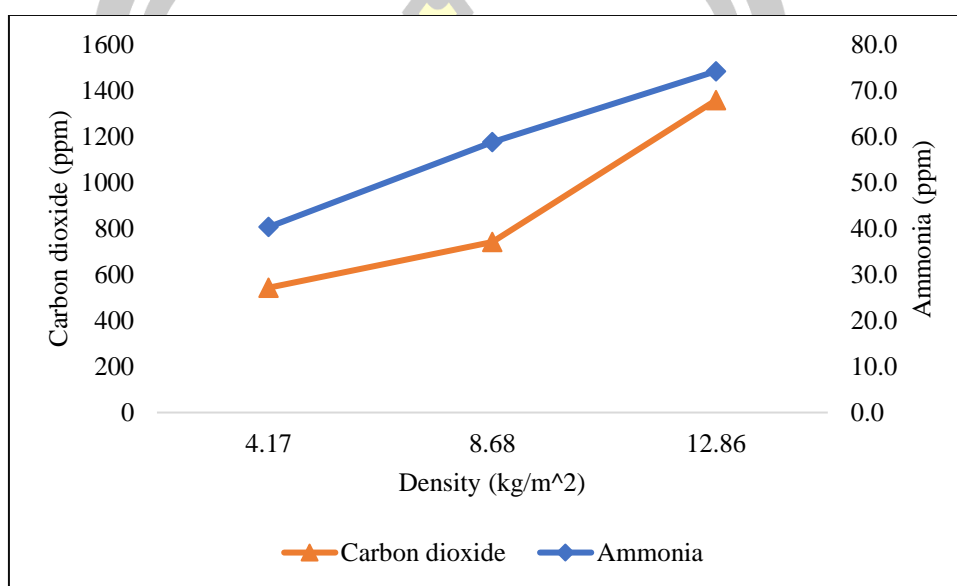
ผลการประเมินความเข้มข้นแก๊สแอมโมเนียและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากอุณหภูมิที่แตกต่างกันในทางสถิติด้วยวิธีของ Duncan พบว่ามีผลของความเข้มข้นแก๊สแอมโมเนียและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากอุณหภูมิต่างกัน 3 คู่ที่ทำให้ค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นแก๊สแอมโมเนียและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์แตกต่างกัน ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยอุณหภูมิที่ทำให้เกิดแก๊สแอมโมเนียมากและน้อยตามลำดับคือ อุณหภูมิแวดล้อม 40 และ 35 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิที่ทำให้เกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มากและน้อยตามลำดับคือ 35 แวดล้อม และ 40 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 69 ผลการประเมินความแตกต่างของความชื้นต่อความเข้มข้นแก๊สแอมโมเนียและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

หมายเหตุ ผลการประเมินทางสถิติแสดงในตารางที่ 54 และ 58 ภาคผนวก ข

ผลการประเมินความเข้มข้นแก๊สแอมโมเนียและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากความชื้นที่แตกต่างกันในทางสถิติด้วยวิธีของ Duncan พบว่ามีผลของความเข้มข้นแก๊สแอมโมเนียและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากความชื้นอย่างน้อย 3 คู่ที่ทำให้ค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นแก๊สแอมโมเนียและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์แตกต่างกัน ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยความชื้นที่ส่งผลทำให้เกิดแก๊สแอมโมเนียและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มีความสัมพันธ์กัน ซึ่งเกิดขึ้นมากและลดลงดังนี้ 30 และ 20 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 70 ผลการประเมินความแตกต่างของความหนาแน่นต่ออัตราการย่อยสลาย
หมายเหตุ ผลการประเมินทางสถิติแสดงในตารางที่ 55 และ 59 ภาคผนวก ข

ผลการประเมินความเข้มข้นแก๊สแอมโมเนียและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากความหนาแน่นที่แตกต่างกันในทางสถิติด้วยวิธีของ Duncan พบว่ามีผลของความเข้มข้นแก๊สแอมโมเนียและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากความหนาแน่นอย่างน้อย 3 คู่ที่ทำให้ค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นแก๊สแอมโมเนียและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์แตกต่างกัน ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยความหนาแน่นส่งผลทำให้เกิดแก๊สแอมโมเนียและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มีความสัมพันธ์กัน ซึ่งเกิดขึ้นมากและลดลงตามลำดับดังนี้ 12.86 8.68 และ 4.17 kg/m²

4.5 ผลการทดลองเพื่อประเมินปริมาณผลผลิตจิ้งหรีด ในเงื่อนไขความเข้มข้นของแก๊สแอมโมเนีย (NH₃) และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ที่แตกต่างกัน

จากวิธีการทดลองในข้อที่ 3.5.1 การทดลองเพื่อประเมินปริมาณผลผลิตจิ้งหรีดในเงื่อนไขที่แตกต่างกันซึ่งมีผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลดังนี้

4.5.1 ผลการทดลองเพื่อประเมินปริมาณผลผลิตจิ้งหรีด ตารางที่ 20 ผลการทดลองปริมาณผลผลิตจากเงื่อนไข อุณหภูมิ ความชื้น และความหนาแน่นที่แตกต่างกัน

Factor			Response	
Temperature (°C)	Moisture content (%)	Density (kg/m ²)	Cricket Product (%)	Amount of food (g)
35	20	4.17	99.17*	53
35	20	12.86	98.33*	46
28	20	4.17	97.50*	35
40	25	4.17	97.50*	40
40	20	12.86	96.67*	39
40	20	4.17	95.83*	41
35	30	4.17	95.83*	50
40	25	8.68	92.50	43
28	25	8.68	91.67	38
35	25	8.68	89.17	41
28	30	4.17	85.00	41

28	30	12.86	80.83	33
28	25	12.86	69.17	40
35	30	12.86	40.00	17
40	30	12.86	0.00	5

หมายเหตุ * แสดงถึงกลุ่มเปอร์เซ็นต์ผลผลิตสูง

จากตารางที่ 20 พบว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณผลผลิตจิ้งหรีดได้ มีค่าที่ใกล้เคียงกันบางกลุ่มซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 95 – 99% แล้วลดลงแบบทิ้งช่วงในกลุ่มต่อมาตั้งโดยลดลงซึ่งมีค่าตั้งแต่ 92.50% ลงมา จึงได้มีการแยกกลุ่มในส่วนที่พบปริมาณผลผลิตสูง ดังตารางที่ 20 ซึ่งพบว่าจิ้งหรีดสามารถอยู่รอดได้จากเงื่อนไข ความชื้น 20% และความหนาแน่น 4.17 กิโลกรัมต่อตารางเมตร เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งสอดคล้องกับภาพที่ 4.13 4.14 4.15 และ 4.16 การเกิดแก๊สแอมโมเนียและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์น้อยทำให้จิ้งหรีดเติบโตได้มาก ทั้งนี้ยังมีการวิเคราะห์การกินอาหารพบจากอุณภูมิที่แตกต่างกัน ซึ่งพบว่า มีการกินอาหารในเงื่อนไขอุณภูมิที่หลากหลายจึงไม่สามารถระบุแน่ชัดเนื่องจากสภาวะที่มีผลผลิตน้อยอันมาจากการเกิดแก๊สพิษมากทำให้ประชากรจิ้งหรีดลดลงจึงประเมินการกินอาหารในระดับเดียวกันไม่ได้ เพื่อพิสูจน์การกินอาหารจากอุณภูมิที่แตกต่างกันจึงต้องมีการเลือกเงื่อนไขผลผลิตสูง เป็นเงื่อนไขหลักในการทดลองแล้วประเมินการกินอาหารในการทดลองต่อไป

ตารางที่ 21 จำนวนเงื่อนไขการประเมินปริมาณผลผลิตจิ้งหรีด

Condition	Temperature (°C)			Moisture content (%)			Density (kg/m ²)		
	28	35	40	20	25	30	4.17	8.68	12.86
survival and Amount of food	1	3	3	5	1	1	5	-	2

4.5.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณผลผลิตของจิ้งหรีดในเชิงสถิติ

จากข้อมูลในตารางที่ 20 และ 21 ผลการทดลองสภาวะได้รับผลผลิตสูงจากเงื่อนไข อุณภูมิ ความชื้น และความหนาแน่นที่แตกต่างกัน เพื่อช่วยในการตัดสินใจอย่างแม่นยำจึงได้นำ จึงได้นำ

ข้อมูลอุณหภูมิมาวิเคราะห์ทางสถิติ เพื่อประเมินความแตกต่างของการกินอาหารและปริมาณของจิ้งหรีดในกลุ่มเงื่อนไขได้ผลผลิตสูง

ตารางที่ 22 สถิติของอัตราการกินอาหารและปริมาณผลผลิตอุณหภูมิที่แตกต่างกัน

Tests of Between-Subjects Effects						
Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	survival	69.865 ^a	2	34.932	2.446	.167
	Amount of food	233.556 ^b	2	116.778	15.687	.004
Intercept	survival	81700.694	1	81700.694	5721.729	.000
	Amount of food	16298.778	1	16298.778	2189.388	.000
Temperature	survival	69.865	2	34.932	2.446	.167
	Amount of food	233.556	2	116.778	15.687	.004
Error	survival	85.674	6	14.279		
	Amount of food	44.667	6	7.444		
Total	survival	81856.233	9			
	Amount of food	16577.000	9			
Corrected Total	survival	155.539	8			
	Amount of food	278.222	8			

a. R Squared = .449 (Adjusted R Squared = .266)

b. R Squared = .839 (Adjusted R Squared = .786)

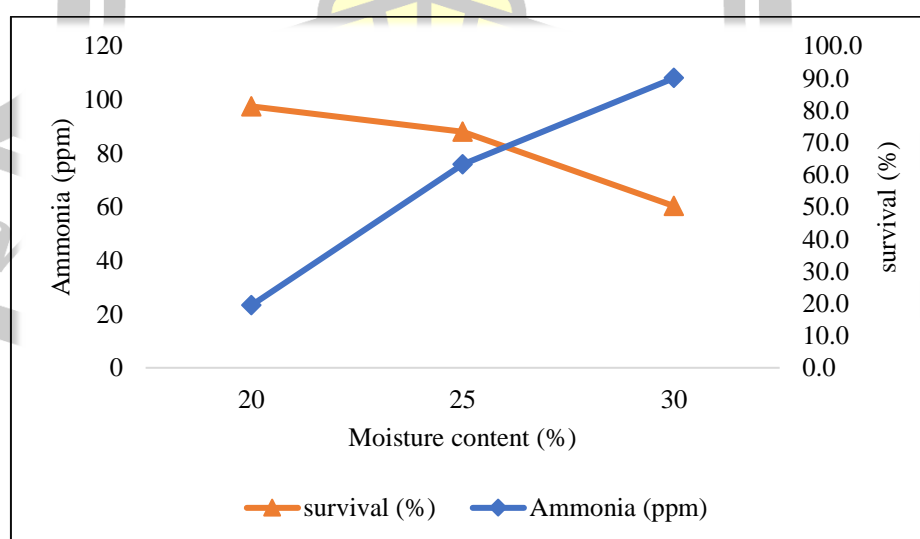
หมายเหตุ ประเมินความแตกต่างของข้อมูลที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

จากตารางที่ 22 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของอุณหภูมิในเชิงสถิติ ต่อปริมาณผลผลิตที่ได้และการกินอาหาร จึงสรุปได้ว่าอุณหภูมิ ไม่มีผลต่อการทำให้ค่าเฉลี่ยของผลผลิตจิ้งหรีดแตกต่างกัน แต่อุณหภูมิมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยการกินอาหารของจิ้งหรีดแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 23 ผลการประเมินทางสถิติของข้อมูลการกินอาหารจากอุณหภูมิต่างกัน

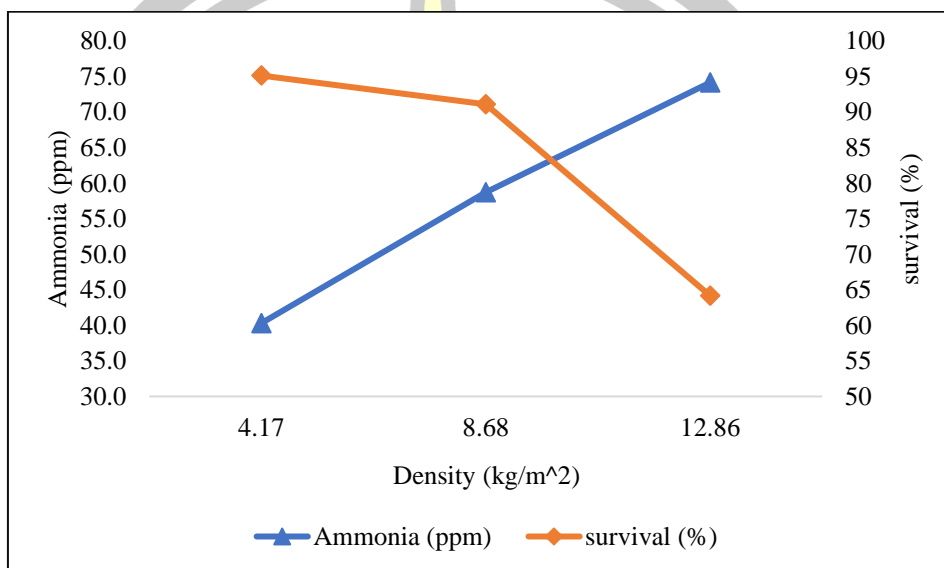
Amount of food (g)				
	Temperatur e	N	Subset	
			1	2
Tukey HSD ^{a,b,c}	28.00	3	38.0000	
	40.00	3	40.0000	
	35.00	3		49.6667
	Sig.		.661	1.000
Duncan ^{a,b,c}	28.00	3	38.0000	
	40.00	3	40.0000	
	35.00	3		49.6667
	Sig.		.404	1.000

จากตารางที่ 23 ผลการประเมินทางสถิติของข้อมูลการกินอาหารจากอุณหภูมิต่างกัน ด้วยวิธี Tukey HSD และ Duncan พบว่า มีอย่างน้อย 2 คู่อุณหภูมิที่ทำให้ค่าเฉลี่ยปริมาณอาหารแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยอุณหภูมิที่ส่งผลต่อการกินอาหารมากที่สุดคือ อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส จึงต้องมีการประเมินต่อเกี่ยวกับการกินอาหารในอุณหภูมิต่างกัน ต่อเนื่องจากในระหว่างการทดลองที่อุณหภูมิแวดล้อม 35 และ 40 องศาเซลเซียส ไม่ได้มีความสัมพันธ์แบบปริมาณเพิ่มเพิ่มขึ้นลงตามอุณหภูมิ อันเนื่องมาจากความอ่อนแอทำให้ได้ผลผลิตจึงหรีดน้อย



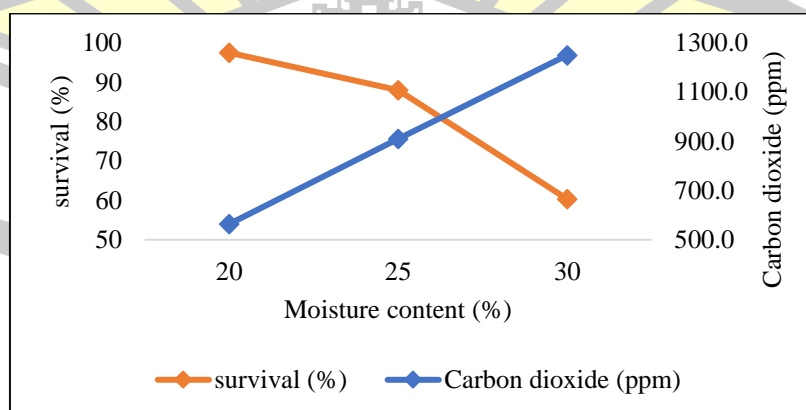
ภาพที่ 71 ระดับความชื้นต่อการเกิดแก๊สแอมโมเนียและผลผลิต

จากภาพที่ 71 ชี้ให้เห็นถึงความสัมพันธ์กันระหว่างความชื้นต่อการเกิดแก๊สแอมโมเนียและปริมาณผลผลิต ซึ่งพบว่า เมื่อความชื้นต่ำในกลุ่มที่มีของเสียน้อย ทำให้เกิดแก๊สแอมโมเนียน้อย แล้วส่งผลต่อผลผลิตมาก ในทางกลับกันซึ่งเป็นความสัมพันธ์แบบลดลง คือ เมื่อความชื้นในของเสี่ยสูงซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มที่มีผลผลิตน้อย ทำให้เกิดแก๊สแอมโมเนียสูง ส่งผลต่อผลผลิตลดลง



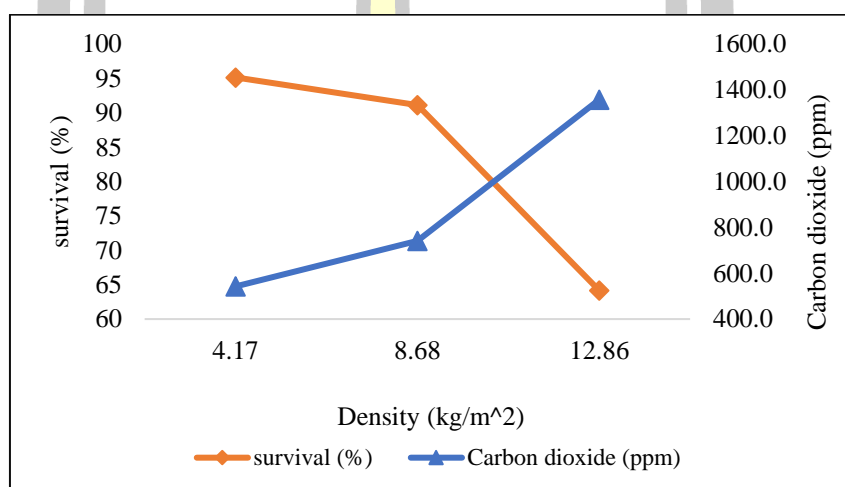
ภาพที่ 72 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความชื้นต่อการเกิดแก๊สแอมโมเนียและผลผลิต

จากภาพที่ 72 ชี้ให้เห็นถึงความสัมพันธ์กันระหว่าง ความหนาแน่นต่อการเกิดแก๊สแอมโมเนียและผลผลิต ซึ่งพบว่า เมื่อความหนาแน่นต่ำในกลุ่มที่มีของเสียน้อย ทำให้เกิดแก๊สแอมโมเนียน้อย แล้วส่งผลต่อผลผลิตมาก ในทางกลับกันซึ่งเป็นความสัมพันธ์แบบลดลง คือ เมื่อความหนาแน่นในของเสี่ยสูงซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มที่มีผลผลิตน้อย ทำให้เกิดแก๊สแอมโมเนียสูง ส่งผลต่อผลผลิตลดลง



ภาพที่ 73 ระดับความชื้นต่อการเกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และผลผลิต

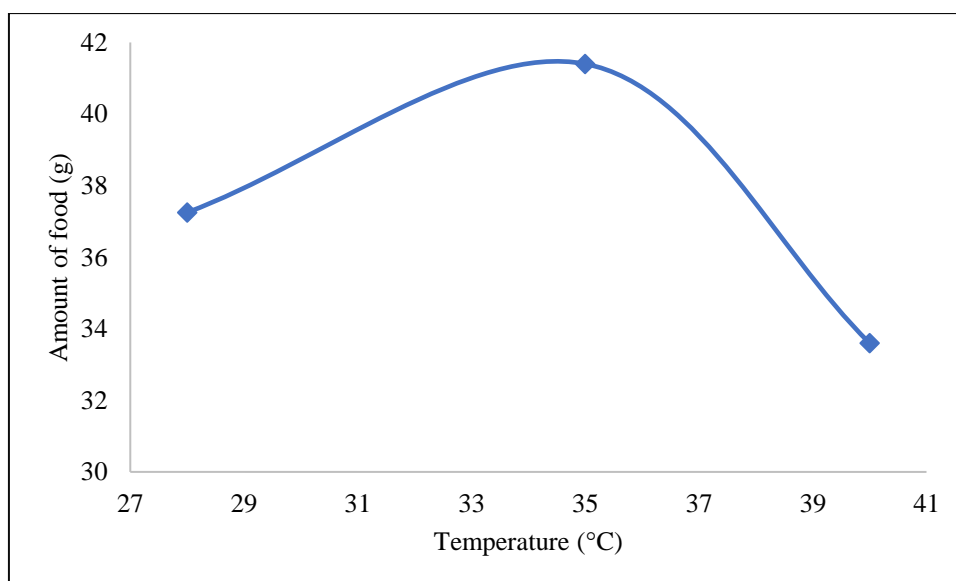
จากภาพที่ 73 ชี้ให้เห็นถึงความสัมพันธ์กันระหว่าง ความชื้นต่อการเกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และผลผลิตจิ้งหรีด ซึ่งพบว่า เมื่อความชื้นต่ำในกลุ่มที่มีของเสียน้อย ทำให้เกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์น้อย แล้วส่งผลต่อผลผลิตมาก ในทางกลับกันซึ่งเป็นความสัมพันธ์แบบลดลง คือ เมื่อความชื้นในของเสี้ยวสูงซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มที่มีผลผลิตน้อย ทำให้เกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สูง ส่งผลต่อผลผลิตลดลง



ภาพที่ 74 ระดับความชื้นต่อการเกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และผลผลิต

จากภาพที่ 74 ชี้ให้เห็นถึงความสัมพันธ์กันระหว่าง ความหนาแน่นต่อการเกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และผลผลิต ซึ่งพบว่า เมื่อความหนาแน่นต่ำในกลุ่มที่มีของเสียน้อย ทำให้เกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์น้อย แล้วส่งผลต่อผลผลิตมากในทางกลับกันซึ่งเป็นความสัมพันธ์แบบลดลง เมื่อความหนาแน่นในของเสี้ยวสูงจัดอยู่ในกลุ่มที่มีผลผลิตน้อย ทำให้เกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สูง ส่งผลต่อผลผลิตลดลง

พหุ ประถมศึกษา ชีวะ



ภาพที่ 75 การกินอาหารจากอุณหภูมิที่แตกต่างกัน

จากภาพที่ 75 ผลของอุณหภูมิต่อการกินอาหารซึ่งพบว่าอุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส จิ้งหรีดมีการกินอาหารมากที่สุด รองลงมาคือ 28 และ 40 องศาเซลเซียส ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

4.6 การทดลองเพื่อประเมินการกินอาหารของจิ้งหรีดจากอุณหภูมิที่แตกต่างกัน

จากการทดลองเพื่อศึกษาสภาวะได้รับผลผลิตสูงของจิ้งหรีดจาก ความชื้น และความหนาแน่นที่แตกต่างกัน จึงนำมาพิสูจน์ต่อเกี่ยวกับการกระตุ้นการกินอาหารจากอุณหภูมิที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ อุณหภูมิแวดล้อม 33 36 ละ 38 องศาเซลเซียส โดยกำหนดความชื้นและความหนาแน่นในระดับที่มีผลต่อผลผลิตสูง คือ ความชื้นที่ 20 เปอร์เซ็นต์ ความหนาแน่นที่ 4.17 กิโลกรัมต่อตารางเมตร แล้วประเมินการกินอาหาร การเติบโต และอัตราแลกเนื้อ

ข้อมูลจากการทดลองแสดงในตารางที่ 24

4.6.1 ผลการทดลองเพื่อประเมินการกินอาหารของจิ้งหรีด

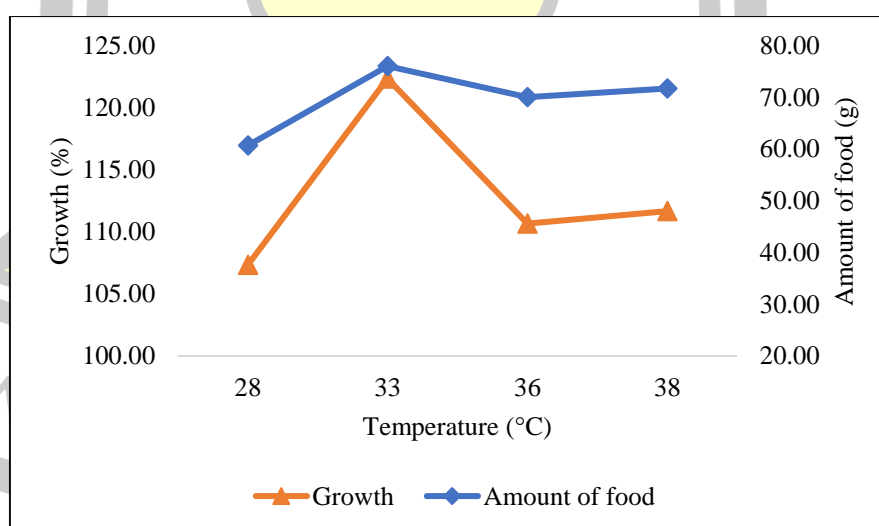
ตารางที่ 24 ผลของอุณหภูมิต่อการกินอาหาร การเติบโต และ อัตราแลกเนื้อ (FCR)

Temperature (°C)	Amount of food (g)	Growth (%)	Feed conversion ratio (FCR)
28	60.67	107.33	9.37
33	76.00	122.33	3.47
36	70.00	110.67	7.01
38	71.67	111.67	7.28

หมายเหตุ อุณหภูมิแวดล้อมจากการทดลอง คือ 28 องศาเซลเซียส

4.6.2 ผลการวิเคราะห์การกินอาหารของจิ้งหรีดจากอุณหภูมิที่แตกต่างกัน

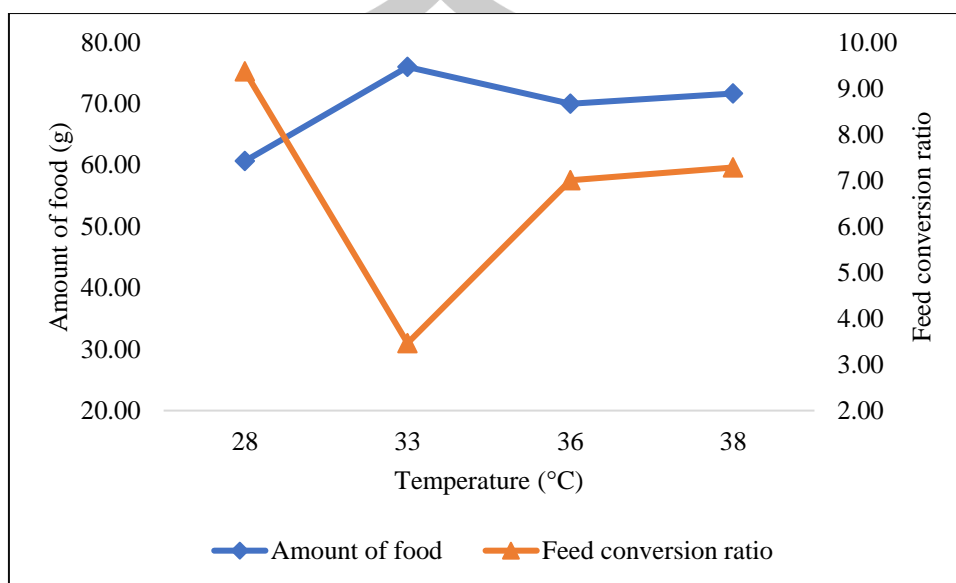
ผลการประเมินการกินอาหารจากอุณหภูมิที่แตกต่างกันตั้งข้อมูลในตารางที่ 24 พบว่า อุณหภูมิที่ทำให้จิ้งหรีดมีการกินอาหารมากที่สุดคือ อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส รองลงมาคือ 38 36 และอุณหภูมิแวดล้อม ซึ่งส่งผลต่อการเจริญเติบโตจากการกินอาหารที่มากขึ้นเป็นความสัมพันธ์แบบ ต่อเนื่องกัน ดังภาพที่ 76 การกินอาหารมากส่งผลต่อการเติบโตมาก ซึ่งพบการเติบโตสูงสุด 122.33 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 76 อุณหภูมิต่อการกินอาหารและการเติบโต

ผลการประเมินการกินอาหารต่อการแลกเนื้อดังภาพที่ 77 พบว่ามีการกินอาหารมากใน อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส ส่งผลต่ออัตราการแลกเนื้อต่ำนั้นหมายถึง เป็นผลข้อมูลในทิศทางที่ดี โดย

ประเมินได้ว่า ในอุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส จิ้งหรีดกินอาหารในจำนวนน้อยแล้วส่งผงต่อการเติบโตที่มากที่สุด ในระดับการทดลอง ทั้ง 4 เงื่อนไข โดย มีอัตราแลกเนื้อเพียง 3.47



ภาพที่ 77 อุณหภูมิต่อการกินอาหารและอัตราแลกเนื้อ

ผลของอุณหภูมิต่อการกินอาหาร การเติบโตและอัตราแลกเนื้อ จากการทดลองเลี้ยงจิ้งหรีดด้วยอุณหภูมิที่แตกต่างกัน 4 ระดับคือ อุณหภูมิแวดล้อม 33 36 และ 38 องศาเซลเซียส พบว่า อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส มีการกินอาหารมากที่สุด การเติบโตมากที่สุด และอัตราแลกเนื้อน้อยที่สุด ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการนำไปทดลองต่อเนื่องจากทำให้ผลผลิตจิ้งหรีดสูง ในขณะที่เดียวกันยังมีการกินอาหารน้อยแต่ได้รับน้ำหนักจิ้งหรีดมาก

4.7 ผลการออกแบบ และทดลองเพื่อยืนยันผล

จากการทดลองและพิสูจน์เกี่ยวกับปัญหาข้างต้นนี้จึงทำให้แน่ชัดเกี่ยวกับปัจจัยที่ทำให้เกิดสภาวะการตายของจิ้งหรีด และยังพบเกี่ยวกับอุณหภูมิต่อการกระตุ้นการกินอาหาร เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวจึงได้ออกแบบบ่อเลี้ยงจิ้งหรีดแบบใหม่ ที่มีการจัดการความสะอาด เพื่อลดการเกิดแก๊สพิษ และควบคุมอุณหภูมิเพื่อกระตุ้นการกินอาหาร อันจะส่งผลต่อน้ำหนักจิ้งหรีดเพิ่มขึ้น การเสียชีวิตลดลง แล้วนำประชากรจิ้งหรีดมาเลี้ยงเพื่อยืนยันผลการทดลองเทียบกับการจัดการบ่อเลี้ยงจิ้งหรีดแบบ ซึ่งข้อมูล ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 25

4.7.1 ผลการทดลองเลี้ยงจิ้งหรีดโดยการจัดการแบบใหม่กับแบบดั้งเดิม

ตารางที่ 25 ผลการทดลองเลี้ยงจิ้งหรีดด้วยการจัดการบ่อเลี้ยงแบบใหม่ เทียบกับการจัดการบ่อเลี้ยงแบบทั่วไป

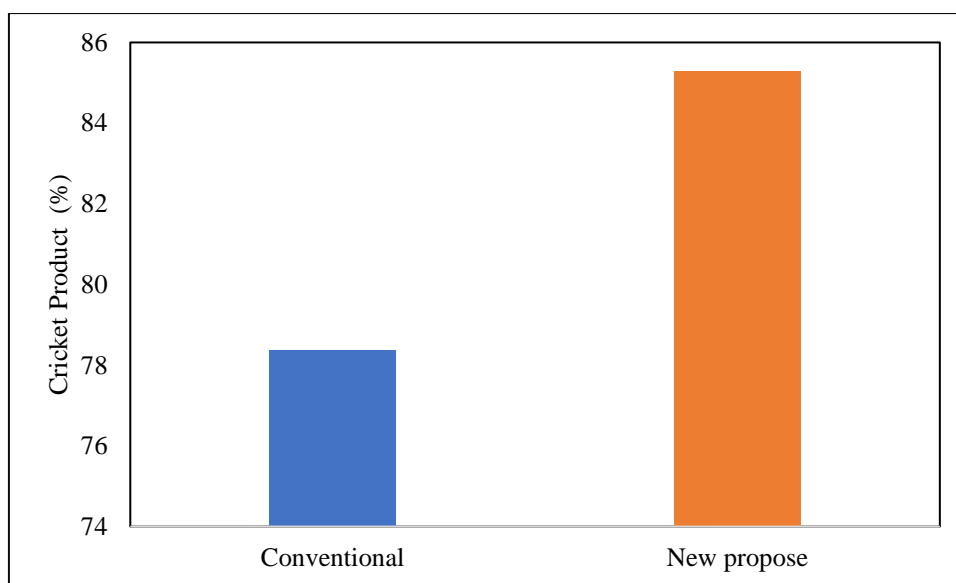
Type	Replication (n)	Number of Cricket (g)	Weight (g)	Amount of food (g)	Cricket Product (%)	
					Replication (n)	Average
Conventional	1	2000	1227	232	61.35	78.38
	2	2000	1351	215	67.55	
	1	500	460	274	92.00	
	2	500	463	291	92.60	
New propose	1	2000	1481	265	74.05	85.30
	2	2000	1479	265	73.95	
	1	500	504	331	100.80	
	2	500	462	285	92.40	

หมายเหตุ ทดลองที่อุณหภูมิแวดล้อม 30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 46 เปอร์เซ็นต์

4.7.2 ผลการวิเคราะห์เพื่อยืนยันผล

จากตารางที่ 25 พบว่าจิ้งหรีดมีการกินอาหารมากในบ่อเลี้ยงจิ้งหรีดแบบใหม่ และได้รับผลผลิตมากกว่าบ่อเลี้ยงแบบดั้งเดิม 7 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับการจัดการแบบดั้งเดิมในระดับการทดลอง ดังภาพที่ 78

พูน ปณ ทิโต ชิว



ภาพที่ 78 เปรียบเทียบผลผลิตมวลรวมจิ้งหรีดจากรูปแบบการทดลองที่ต่างกัน จากการทดลองเลี้ยงจิ้งหรีดด้วยบ่อเลี้ยงจิ้งหรีดแบบใหม่เทียบกับแบบดั้งเดิมพบว่าจิ้งหรีดมีอัตราการกินอาหารที่มาก และความอ่อนแอลดลง ในเงื่อนไขบ่อเลี้ยงจิ้งหรีดแบบใหม่ จึงได้มีการประเมินต่อในส่วนของสรีระวิทยา น้ำหนัก และจำนวน โดยเป็นการเปรียบเทียบกันระหว่างบ่อเลี้ยงจิ้งหรีดแบบดั้งเดิมกับบ่อเลี้ยงจิ้งหรีดแบบใหม่ ซึ่งผลการทดลองแสดงในตารางที่ 25 และ 26

4.7.3 ผลการประเมินผลด้านสรีระวิทยาของจิ้งหรีด

จากวิธีการทดลองในข้อที่ 3.7.4 เพื่อพิสูจน์ทฤษฎีอุณหภูมิต่ำที่พอเหมาะอันจะส่งผลต่อการเจริญเติบโต และขนาด ซึ่งสอดคล้องกับ (Bartholomew and Tucker, 1963) การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิส่งผลต่อพฤติกรรมเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิต ด้านสรีระวิทยา สรีระวิทยา การกินอาหาร และการผสมพันธุ์ ซึ่งผลการประเมินแสดงในตารางที่ 25 และ 26

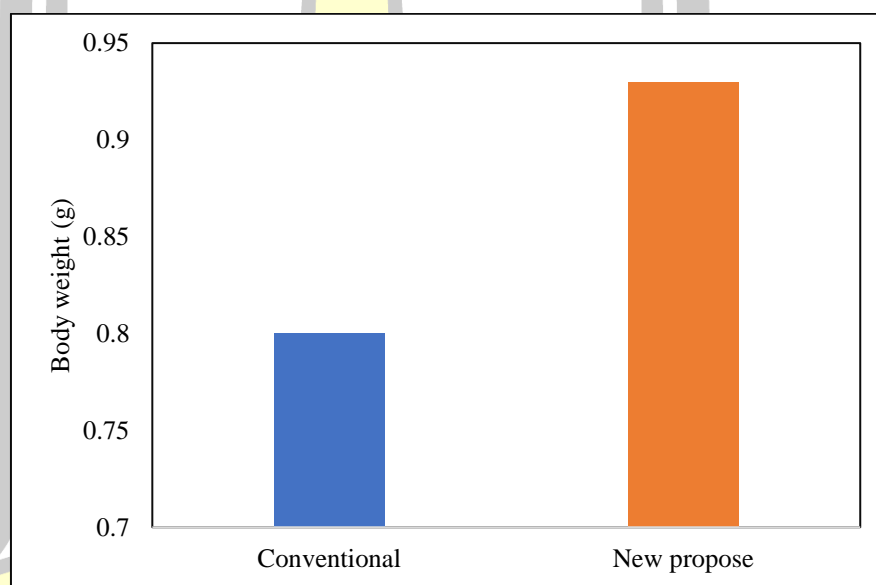
ตารางที่ 26 น้ำหนักตัวจิ้งหรีดระหว่างบ่อเลี้ยงแบบเดิมกับบ่อเลี้ยงแบบใหม่

Type	Replication (n)	number of crickets	Weight (g)	Weight of crickets
Conventional	1	61	1.22	0.82
	2	60	1.20	0.83
	3	66	1.32	0.76
Average		62	1.25	0.80
	1	54	1.08	0.93

New propose	2	53	1.06	0.94
	3	54	1.08	0.93
Average		54	1.07	0.93

ผลการประเมินน้ำหนักจิ้งหรีดจากการเลี้ยงด้วยอุณหภูมิแวดล้อม เทียบกับอุณหภูมิควบคุม พบว่า บ่อเลี้ยงจิ้งหรีดแบบใหม่ที่มีการควบคุมอุณหภูมิและการจัดการความสะอาด โดยอุณหภูมิส่งผลต่อขนาดตัวของจิ้งหรีดซึ่งทำให้น้ำหนักเพิ่มขึ้น ซึ่งพบว่า มีขนาดตัวโตแล้วส่งผลให้จำนวนตัวน้อยกว่า บ่อเลี้ยงแบบเดิม กว่า 13 ตัว จากการสุ่มจิ้งหรีด 50 กรัม แบบ 3 ซ้ำ โดยบ่อเลี้ยงจิ้งหรีดแบบใหม่มี น้ำหนักต่อตัวที่มากถึง 0.93 กรัมต่อตัว

ดั่งภาพที่ 79



ภาพที่ 79 น้ำหนักต่อตัวจิ้งหรีดระหว่างบ่อเลี้ยงแบบเดิมกับบ่อเลี้ยงแบบใหม่

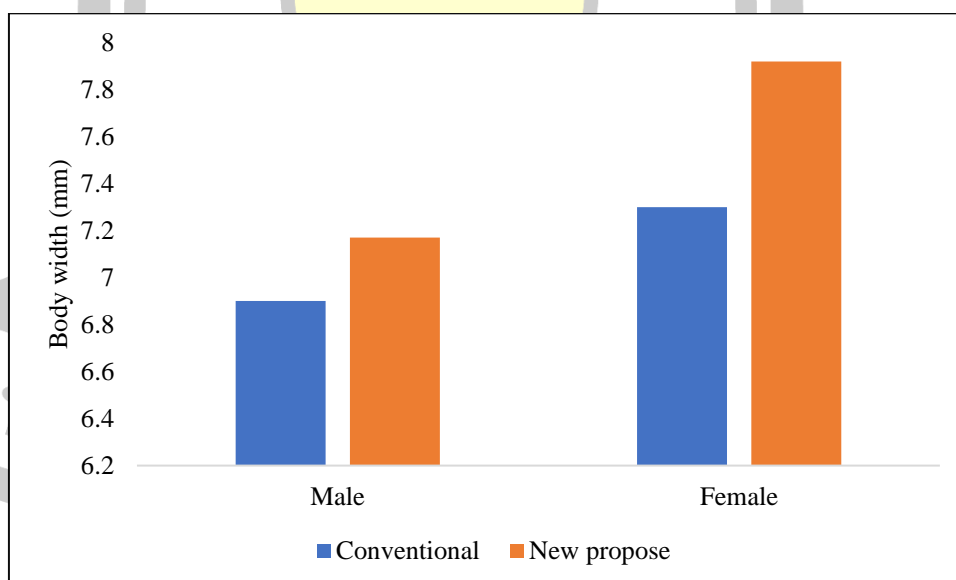
พหุบัณฑิต ชีวะ

ตารางที่ 27 สรีระของจิ้งหรีดระหว่างบ่อเลี้ยงแบบเดิมกับบ่อเลี้ยงแบบใหม่

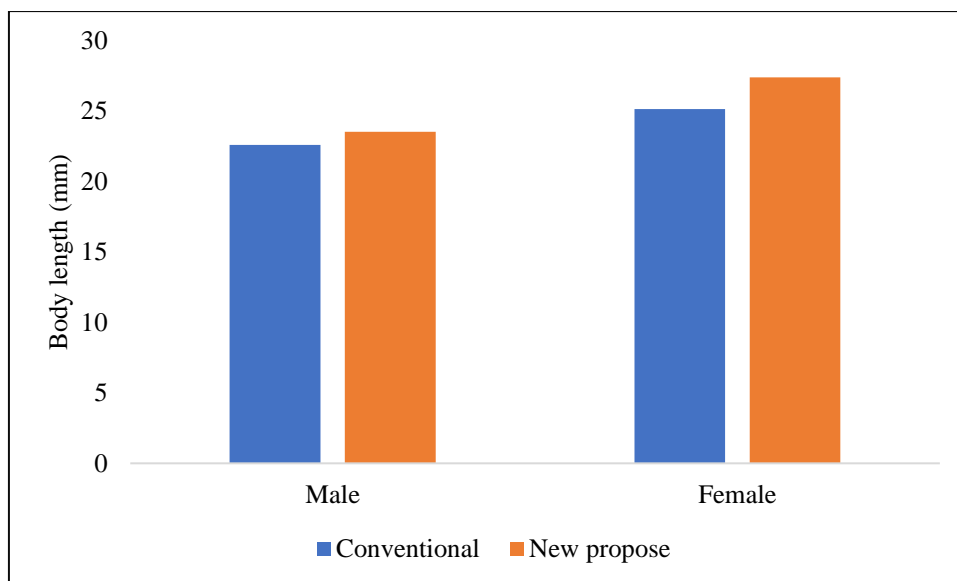
Type	Size			
	Male		Female	
	Width (mm)	Length (mm)	Width (mm)	Length (mm)
Conventional	6.90±0.47	22.58±1.69	7.30±0.54	25.14±2.12
New propose	7.17±0.60	23.51±1.90	7.92±0.63	27.37±1.30

หมายเหตุ ประเมินตัวอย่างละ 10 ซ้ำ

ผลการประเมินสรีระวิทยาของจิ้งหรีดในบ่อเลี้ยงแบบดั้งเดิมและบ่อเลี้ยงที่มีการจัดการแบบใหม่พบว่า บ่อเลี้ยงแบบใหม่ที่มีการจัดการอุณหภูมิและความสะอาดทำให้จิ้งหรีดมีขนาดตัวโต ทั้งเพศผู้และเพศเมีย โดยวัดผลจากการวัดขนาดความกว้างของจิ้งหรีด จำนวน 10 ซ้ำ พบว่าบ่อเลี้ยงจิ้งหรีดแบบใหม่ส่งผลทำให้ขนาดความกว้างของจิ้งหรีดมากกว่าบ่อเลี้ยงแบบเดิม ทั้งเพศผู้และเพศเมีย

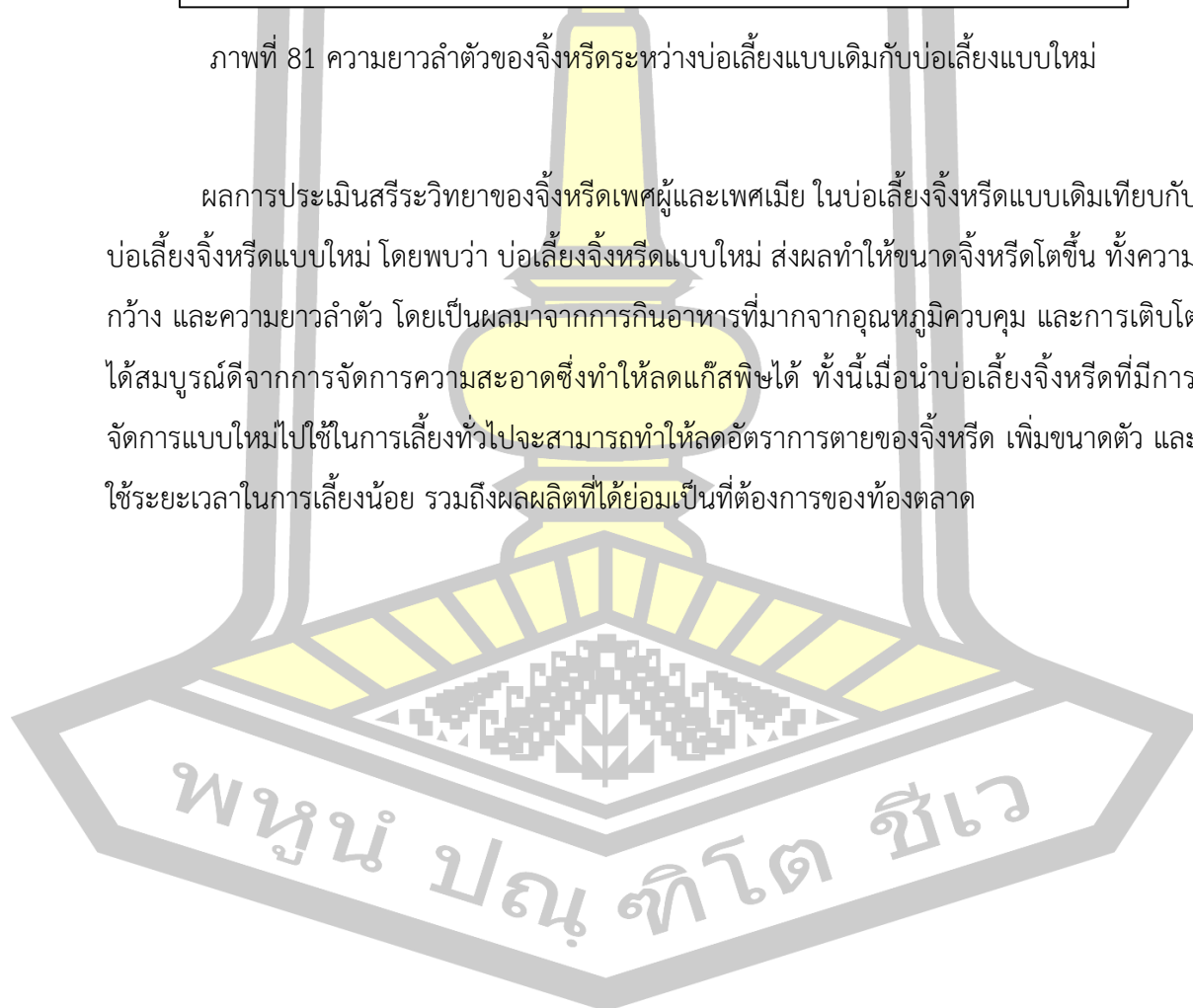


ภาพที่ 80 ความกว้างลำตัวของจิ้งหรีดระหว่างบ่อเลี้ยงแบบเดิมกับบ่อเลี้ยงแบบใหม่



ภาพที่ 81 ความยาวลำตัวของจิ้งหรีดระหว่างบ่อเลี้ยงแบบเดิมกับบ่อเลี้ยงแบบใหม่

ผลการประเมินสรีระวิทยาของจิ้งหรีดเพศผู้และเพศเมีย ในบ่อเลี้ยงจิ้งหรีดแบบเดิมเทียบกับบ่อเลี้ยงจิ้งหรีดแบบใหม่ โดยพบว่า บ่อเลี้ยงจิ้งหรีดแบบใหม่ ส่งผลทำให้ขนาดจิ้งหรีดโตขึ้น ทั้งความกว้าง และความยาวลำตัว โดยเป็นผลมาจากการกินอาหารที่มากจากอุณหภูมิควบคุม และการเติบโตได้สมบูรณ์ดีจากการจัดการความสะอาดซึ่งทำให้ลดแก๊สพิษได้ ทั้งนี้เมื่อนำบ่อเลี้ยงจิ้งหรีดที่มีการจัดการแบบใหม่ไปใช้ในการเลี้ยงทั่วไปจะสามารถทำให้ลดอัตราการตายของจิ้งหรีด เพิ่มขนาดตัว และใช้ระยะเวลาในการเลี้ยงน้อย รวมถึงผลผลิตที่ได้ย่อมเป็นที่ต้องการของท้องตลาด



บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาผลผลิตจิ้งหรีดที่ได้จากการจัดการอุณหภูมิและความสะอาดบ่อเลี้ยง โดยวิธีการสำรวจข้อมูลผู้เลี้ยงจิ้งหรีดในเขตพื้นที่ จังหวัดมหาสารคาม เกี่ยวกับปริมาณผลผลิต ของเสีย และการจัดการ แล้ววิเคราะห์ ออกแบบ และทดลองเพื่อแก้ปัญหา โดยมีสมมติฐานเพื่อดำเนินวิจัย คือ 1.ของเสียที่สะสมในบ่อเลี้ยงจิ้งหรีดจะส่งผลต่อความอ่อนแอเนื่องจากแก๊สพิษที่สะสมในปริมาณมากเพราะอากาศไม่ถ่ายเท 2.ปัจจัยแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการดำรงชีพอันได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น และปริมาณของเสียที่แตกต่างกันจะส่งผลให้พฤติกรรมการกินอาหารต่อการเปลี่ยนแปลงด้านสรีระวิทยาของจิ้งหรีดแตกต่างกัน เพื่อพิสูจน์สมมติฐานดังกล่าวจึงได้มีการทดลองและประเมินผล ประเมินผลประกอบด้วย 7 หัวข้อหลัก คือ 1.การสำรวจข้อมูลการจัดการฟาร์มจิ้งหรีดโดยทั่วไป 2. การศึกษาอัตราการย่อยสลายของของเสีย (Degradation rate) 3.ศึกษาการเกิดแก๊สแอมโมเนีย (NH_3) และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) 4.ประเมินสภาวะการอยู่รอดของจิ้งหรีด โดยศึกษาจาก เงื่อนไขอุณหภูมิ ความชื้น และความหนาแน่นที่แตกต่างกัน ซึ่งประกอบด้วย 3 ปัจจัย ปัจจัยละ 3 ระดับ คือ อุณหภูมิแวดล้อม 35 และ 40 องศาเซลเซียส ความชื้นของของเสีย 20 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ความหนาแน่นของของเสีย 4.17 8.68 และ 12.86 กิโลกรัมต่อตารางเมตร นอกจากนี้ยังมีการประเมินการกินอาหารของจิ้งหรีดจากอุณหภูมิที่แตกต่างกัน และยังมีกรออกแบบแล้วสร้างบ่อเลี้ยงจิ้งหรีดแบบใหม่โดยมีอุปกรณ์ช่วยจัดการความสะอาดภายในบ่อเลี้ยงเพื่อลดปริมาณแก๊สพิษที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายของของเสีย รวมถึงเป็นอุปกรณ์อำนวยความสะดวกในการจัดการน้ำและอาหาร และติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิในการกินอาหารและการเจริญเติบโตต่อผลผลิตสูงสุด แล้วนำมาทดลองเลี้ยงจิ้งหรีดเปรียบเทียบกับบ่อเลี้ยงทั่วไปเพื่อยืนยันผล ซึ่งได้ดำเนินการทดลองเสร็จสิ้นแล้วนั้น จึงสรุปผลได้ ดังนี้

5.1.1 สรุปผลการสำรวจข้อมูลการจัดการฟาร์มจิ้งหรีดโดยทั่วไป

จากการสำรวจ พบว่าการดำรงชีวิตจิ้งหรีดแปรปรวนตามสภาพอากาศ ทำให้ผลผลิตมีความไม่แน่นอน ซึ่งสามารถวิเคราะห์ถึงความเป็นไปได้ต่อการอยู่รอด จากปริมาณของเสียที่สะสมในบ่อ

เลี้ยงจิ้งหรีดมาก ส่งผลต่อผลผลิตน้อย รวมถึงพฤติกรรมการกินอาหารต่อสภาพอากาศแวดล้อม ที่แตกต่างกันส่งผลโดยตรงต่อผลผลิต จากการศึกษาการทดลองจนถึงปัจจัยที่เป็นไปได้ต่อการเสียชีวิตของจิ้งหรีด แล้วพบว่าของเสียที่สะสมในบ่อเลี้ยงเมื่ออยู่ในสภาวะที่พอเหมาะกับอุณหภูมิและความชื้น จะมีการย่อยสลายจนเกิดเป็นแก๊สแอมโมเนีย (NH_3) และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ซึ่งเป็นแก๊สพิษส่งผลอันตรายต่อสุขภาพของสิ่งมีชีวิต และอุณหภูมิที่ต่างกันในแต่ละฤดูจะส่งผลต่อการกินอาหารในปริมาณที่ต่างกัน ซึ่งพบว่าเดือนมีนาคม-เมษายน จิ้งหรีดให้ผลผลิตสูงสุด เดือนพฤศจิกายน-กุมภาพันธ์ ผลผลิตต่ำสุด ปริมาณของเสียในบ่อเลี้ยงมากในช่วง 33-37 กิโลกรัม พบผลผลิตจิ้งหรีดเพียง 10-11 กิโลกรัม ซึ่งแตกต่างจาก กลุ่มที่มีปริมาณของเสียในบ่อเลี้ยงน้อยเพียง 10-12 กิโลกรัม พบผลผลิตจิ้งหรีดกว่า 15 กิโลกรัม จึงอธิบายได้ว่าของเสียในบ่อเลี้ยงจิ้งหรีดมากส่งผลต่อผลผลิตต่ำ และของเสียในบ่อเลี้ยงน้อยส่งผลต่อผลผลิตสูง ซึ่งชี้ผลได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยรายละเอียดอธิบายในหัวข้อถัดไป

5.1.2 สรุปผลการทดลองเพื่อศึกษาอัตราการย่อยสลายของเสีย (Degradation rate) ในเงื่อนไข อุณหภูมิ ความชื้น และความหนาแน่น ที่แตกต่างกัน

อุณหภูมิที่ต่างกันไม่มีผลทำให้ค่าเฉลี่ยอัตราการย่อยสลายแตกต่างกันในทางสถิติ แต่มีผลต่อการย่อยสลายสูงในระดับการทดลอง โดยอุณหภูมิที่ส่งผลต่อการย่อยสลายมากที่สุด คือ 40 องศาเซลเซียส และส่งผลต่ออัตราการย่อยสลายน้อยที่สุดคือ อุณหภูมิแวดล้อม (28 องศาเซลเซียส)

ความชื้นที่ต่างกันมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยของอัตราการย่อยสลายแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยส่งผลมากที่สุด คือ 20 เปอร์เซ็นต์ และส่งผลต่ออัตราการย่อยสลายน้อยที่สุดคือ 30 เปอร์เซ็นต์

ความหนาแน่นที่ต่างกันมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยของอัตราการย่อยสลายแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยความหนาแน่นที่ส่งผลต่ออัตราการย่อยสลายมากที่สุด คือ 8.68 น้อยที่สุด 12.86 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

5.1.3 สรุปผลการทดลองเพื่อศึกษาการเกิดแก๊สแอมโมเนีย (NH_3) และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากเงื่อนไข อุณหภูมิ ความชื้น และความหนาแน่น ที่แตกต่างกัน

อุณหภูมิที่ต่างกันมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นแก๊สแอมโมเนียและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์แตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยอุณหภูมิที่ส่งผลต่อ

ความเข้มข้นของแก๊สแอมโมเนียมากที่สุด คือ 35 น้อยที่สุด 40 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิที่ส่งผลต่อความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด คือ 28 น้อยที่สุด 35 องศาเซลเซียส

ความชื้นที่แตกต่างกันมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นแก๊สแอมโมเนียและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์แตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยความชื้นมากที่สุดที่ส่งผลต่อความเข้มข้นแก๊สแอมโมเนียและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ คือ 30 เปอร์เซ็นต์ น้อยที่สุด คือ 20 เปอร์เซ็นต์

ความหนาแน่นที่แตกต่างกันมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นแก๊สแอมโมเนียและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยความหนาแน่นที่ส่งผลต่อความเข้มข้นแก๊สแอมโมเนียและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด คือ 12.86 กิโลกรัมต่อตารางเมตร น้อยที่สุด 4.17 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

5.1.4 สรุปผลการทดลองเพื่อประเมินผลผลิตของจิ้งหรีด ในเงื่อนไขความเข้มข้นของแก๊สแอมโมเนีย (NH_3) และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่แตกต่างกัน

5.1.4.1 ความชื้นและความหนาแน่นสูง ส่งผลต่อปริมาณแก๊สแอมโมเนียและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มาก ทำให้จิ้งหรีดอ่อนแอโดยพบในเงื่อนไขความชื้น 30 เปอร์เซ็นต์ ความหนาแน่น 12.86 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ซึ่งมีปริมาณแก๊สแอมโมเนียในช่วง 80 ppm ขึ้นไป และปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วง 1200 -1400 ppm

5.1.4.2 ความชื้นและความหนาแน่นต่ำ ส่งผลต่อแก๊สแอมโมเนียและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์น้อย ทำให้ได้ผลผลิตมาก โดยพบในเงื่อนไขความชื้น 20 เปอร์เซ็นต์ ความหนาแน่น 4.17 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ซึ่งมีปริมาณแก๊สแอมโมเนียในช่วง 0-30 ppm และปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วง 500 - 600 ppm

5.1.5 สรุปผลการกินอาหารของจิ้งหรีดจากอุณหภูมิที่แตกต่างกัน

ผลการทดลองเลี้ยงจิ้งหรีดด้วยอุณหภูมิที่แตกต่างกัน 4 ระดับคือ อุณหภูมิแวดล้อม 33 36 และ 38 องศาเซลเซียส สรุปได้ว่าอุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส มีการกินอาหารมากที่สุด การเติบโตสูงที่สุด และอัตราแลกเนื้อน้อยที่สุด ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการนำไปพัฒนาต่อ เนื่องจากทำให้ผลผลิตจิ้งหรีดสูงสุดในระดับการทดลอง

5.1.6 สรุปผลการออกแบบและสร้างบ่อเลี้ยงจิ้งหรีดแบบใหม่เพื่อแก้ปัญหา และทดลองเพื่อยืนยันผล

สรุปผลการประเมินผลผลิตและสรีระวิทยาของจิ้งหรีดทั้งเพศผู้และเพศเมีย ในบ่อเลี้ยงจิ้งหรีดแบบทั่วไปเทียบกับบ่อเลี้ยงจิ้งหรีดแบบใหม่ โดยพบว่า บ่อเลี้ยงจิ้งหรีดแบบใหม่ ส่งผลทำให้ปริมาณผลผลิตโดยรวมมากกว่าบ่อเลี้ยงจิ้งหรีดแบบทั่วไป 7 เปอร์เซ็นต์ รวมถึงสรีระมีขนาดมากกว่า ทั้งความกว้าง และความยาวลำตัว โดยเป็นผลจากการควบคุมอุณหภูมิ และการจัดการความสะอาดบ่อเลี้ยง ซึ่งความแตกต่างของการจัดการบ่อเลี้ยงจิ้งหรีดแบบทั่วไปกับแบบใหม่แสดงในตารางที่ 28

ตารางที่ 28 ความแตกต่างของการจัดการบ่อเลี้ยงจิ้งหรีดระหว่างแบบเดิมกับแบบใหม่

รายการ	การจัดการบ่อเลี้ยงจิ้งหรีดแบบทั่วไป	การจัดการบ่อเลี้ยงจิ้งหรีดแบบใหม่
การควบคุมอุณหภูมิ	อุณหภูมิแวดล้อม	อุณหภูมิเติบโตดี 33 องศาเซลเซียส
พัดลมระบายอากาศ	ไม่มี	มี
การทำความสะอาด	1 ครั้ง ในขั้นตอนเก็บผลผลิต	2 ครั้ง ช่วงกลางวัย
ตะกร้าบรรจุแผงไข่	ไม่มี	มี แบบตระแกรง
ชั้นรองถาดอาหาร	ไม่มี	มี
ภาชนะบรรจุน้ำแบบรางยาว	ไม่มี	มี

5.2 อภิปรายผลสรุป

ของเสียที่สะสมในบ่อเลี้ยงจิ้งหรีดมากทำให้มีการย่อยสลายสูงส่งผลต่อการเกิดแก๊สแอมโมเนียและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นแก๊สพิษส่งผลทำให้จิ้งหรีดอ่อนแอ เสียชีวิตแล้วผลผลิตลดลง จึงแก้ปัญหาโดยออกแบบและสร้างบ่อเลี้ยงจิ้งหรีดแบบใหม่ให้สามารถทำความสะอาดได้สะดวก และอากาศถ่ายเทดี รวมถึงมีการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ เพื่อกระตุ้นการกินอาหารของจิ้งหรีด เมื่อกินอาหารมากขึ้นจึงทำให้เจริญเติบโตส่งผลต่อน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น ซึ่งจากการทดลองทั้งหมดนี้สามารถแก้ไขปัญหการเสียชีวิต ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ และประโยชน์ที่คาดหวังว่าจะได้รับคือ เพิ่มผลผลิตจิ้งหรีดด้วยการจัดการอุณหภูมิและความสะอาดได้

5.3 ข้อเสนอแนะ

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อาจเกิดจากสาเหตุอื่นนอกเหนือจากการย่อยสลาย เช่น การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของจิ้งหรีด หรืออื่นๆ ในสภาพแวดล้อมนั้น เนื่องจากพบปริมาณค่อนข้างสูงกว่าปริมาณแก๊สแอมโมเนียในการทดลองเดียวกัน ซึ่งจากการย่อยสลายแล้วเกิดเป็นแก๊สพิษทั้งสองชนิด ควรจะมีแนวโน้มการเกิดแก๊สแอมโมเนียที่มากกว่าแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เนื่องจากโมเลกุลของแก๊สมีขนาดที่แตกต่างกัน

ผลการทดลองในบางเงื่อนไขระหว่างการย่อยสลายต่อการเกิดแก๊สแอมโมเนีย แสดงผลสิ้นสุดที่ 100 ppm เนื่องจาก ระดับการวัดได้ของเครื่องมือการทดลองสามารถวัดได้สูงสุดในระดับนั้น เมื่อต้องการชี้ผลถึงการเกิดแก๊สแอมโมเนียในระดับสูงสุด ควรมีการเลือกใช้เครื่องมือในการทดลองในระดับการวัดได้ที่สูงกว่านี้ ราว 5000 ppm เพื่อวิเคราะห์ระดับแก๊สสูงและเปรียบเทียบกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ควรมีการตรวจสอบระดับแก๊สแอมโมเนียและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากเกษตรกรผู้เลี้ยงจิ้งหรีดทั่วไป

ในขั้นตอนการสำรวจ

ควรมีข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับจุลินทรีย์ในการย่อยสลายประกอบการทดลอง

ควรมีการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาของโปรตีนที่ได้ในจิ้งหรีดจากการเลี้ยงที่แตกต่างกันระหว่างการเลี้ยงด้วยบ่อเลี้ยงแบบทั่วไป กับแบบใหม่ เพื่อศึกษาถึงขนาดที่โตขึ้นต่อระดับโปรตีน

ควรมีการทดสอบเพิ่มขึ้นเกี่ยวกับการควบคุมอุณหภูมิในการเลี้ยง โดยแบ่งเป็นช่วงอายุตามระยะการเติบโตของจิ้งหรีด เพื่อประเมินถึงความเป็นไปได้ในการกินอาหารต่อการเจริญเติบโตสูงสุด รวมถึงการประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่นำมาเป็นแหล่งพลังงานควบคุม

ควรมีการนับจำนวนไขจิ้งหรีดเมื่อถึงระยะวางไข่ในระหว่างการเลี้ยงด้วยบ่อเลี้ยงแบบเดิมกับแบบใหม่ เพื่อประเมินถึงการเจริญเติบโต ต่อการขยายประชากรในรุ่นถัดๆไป

ควรเพิ่มเติมพัฒนาระบายอากาศโดยการควบคุมปริมาณแก๊สแอมโมเนีย และหาข้อมูลสนับสนุนเกี่ยวกับระดับแก๊สแอมโมเนียต่อการเจริญเติบโตดี แล้วนำมาเป็นระดับในการควบคุมสภาวะในการเจริญเติบโต

ควรมีการพัฒนาบ่อเลี้ยงรูปแบบใหม่เพิ่มขึ้น เพื่อศึกษาถึงวิธีการและสภาวะต่อการเจริญเติบโตที่หลากหลาย

การทดลองนี้เป็นการแก้ไขปัญหามortalities ของจิ้งหรีด จากการจัดการแบบใหม่ที่พิสูจน์ได้จากเงื่อนไขอุณหภูมิ ความชื้นและความหนาแน่น ของของเสียในบ่อเลี้ยง ซึ่งสามารถเพิ่มผลผลิตได้ 7 เปอร์เซ็นต์เมื่อเปรียบเทียบกับการจัดการโดยทั่วไปในระดับการทดลอง ทั้งนี้ยังอาจมีปัจจัยแทรกซ้อนอื่นที่ส่งผลทำให้จิ้งหรีดเสียชีวิตได้เช่นกัน จึงควรศึกษาปัจจัยแวดล้อมอื่นร่วม เช่น โรคระบาด สภาพอากาศ สายพันธุ์ หรืออาหาร อันจะเป็นส่วนช่วยในการแก้ปัญหานี้ได้ดียิ่งขึ้น และเป็นความยั่งยืนต่อผู้เลี้ยง และการพัฒนาในอนาคต



บรรณานุกรม



บรรณานุกรม

กองส่งเสริมและพัฒนาการปศุสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2564).

คู่มือการเลี้ยง จิ้งหรีดฉบับประชาชน.

จิ้งหรีด และ การเลี้ยงจิ้งหรีด (ออนไลน์) เข้าถึงได้ที่ <http://pasusat.com>

ชญาณิช ก้นจันะ. (2562). ระบบการเลี้ยงจิ้งหรีด

เพื่อการค้าของเกษตรกรในหมู่บ้านแห่งหนึ่ง ในจังหวัดขอนแก่น. วารสารแก่นเกษตร.

ฉบับพิเศษ 47(1). หน้า 225 – 232.

พันธ์. (2019). การวิเคราะห์และประเมินองค์ประกอบการจัดการโซ่อุปทานของผู้ประกอบการธุรกิจ

ฟาร์มจิ้งหรีด. กรณีศึกษาจังหวัดสุรินทร์. วารสารมนุษยศาสตร์ และ สังคมศาสตร์

มหาวิทยาลัย อุบลราชธานี. ฉบับที่ 10(2). หน้า 213-242.

ซากพีชในอุทยานแห่งชาติแก่งกระจานประเทศไทย. (2557) ในการประชุมการเปลี่ยนแปลงสภาพ

ภูมิอากาศทางป่าไม้ ป่าไม้กับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (หน้า 1-15) ระหว่างวันที่

16-17 สิงหาคม.

ณรงค์ศักดิ์ เรื่องสุรียา. (2553). การจัดการธุรกิจฟาร์มเลี้ยงจิ้งหรีด ตำบลศรีสมเด็จ อำเภอสรีสมเด็จ

จังหวัดร้อยเอ็ด. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น,

ขอนแก่น.

ณัฐเสกฐ์ สร้อยทอง ดี, & นภาพร นิลภรณ์กุล. (2019). ต้นทุนและผลตอบแทนในการเพาะเลี้ยง

จิ้งหรีดเชิงพาณิชย์: Cost and Return of Commercial Cricket Farming. MBA-KKU

Journal, 12(1), 165-186.

ธนสิทธิ์ เหล่าประเสริฐ. (2560). ยกเครื่อง “จิ้งหรีด” โกอินเตอร์ หลังโกยเงินมูลค่ารวม

ปีละ 900 ล้านบาท. (ออนไลน์). จาก <http://www.matichon.co.th/news/72855>
ประชาชาติ.

ประทุมพร คำภาสุข. (2557). การจัดการการผลิตและการตลาดของฟาร์มจิ้งหรีดในเขตพื้นที่
 จังหวัดขอนแก่นกาฬสินธุ์ และ มหาสารคาม. วารสารแก่นเกษตร, ฉบับที่ 42 (4),
 หน้า 547-554.

พงษ์เทพ หาญพัฒนากิจ. (2014). การทบทวนวิธีการศึกษาผลผลิตและการย่อยสลายเศษซากชีวมวล
 ในวัฏจักรคาร์บอนต่อการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในป่าเขตร้อนชื้น
 THE REVIEW OF LITTERFALL PRODUCTION AND DECOMPOSITION METHOD IN
 CARBONCYCLE AND EFFECT TO CO₂ EMISSION IN TROPICAL FOREST. Journal
 of Srinakharinwirot University (Journal of Science and Technology), 6(12), 134-
 146.

มณฑนา. (2558). การสร้างมาตรฐานต้นแบบการจัดการฟาร์มจิ้งหรีดให้ถูกต้อง
 ตามหลักสุขอนามัยเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพของวิสาหกิจ ชุมชนผู้เลี้ยงจิ้งหรีดบ้าน
 มะค่า จังหวัดมหาสารคาม

ริฎวาน ศอลีห้วงศ์สกุล. ผลกระทบจากการเพิ่มความเข้มข้นของแอมโมเนียต่อการเจริญเติบโตเม
 แทบอลิซึมของส โมเรกูเลชันและอัตราการอยู่รอดของปลากะพงขาว (Lates calcarifer)
 (Doctoral dissertation, มหาวิทยาลัย สงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี).

ศาสตร. (2018). การสลายตัวของซากพืชในสวนไม้ต่างๆ ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัด
 เชียงใหม่. วารสาร วนศาสตร์ ไทย, 37(2), 48-59.

สรวง. (2016). ผลของอาหารเสริมสมุนไพรต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของไก่
 กระพง. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า, 34(3), 117-125.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. (2559). เกษตรฯต้นจิ้งหรีดขึ้นแท่นแมลง
เศรษฐกิจ. ค้นเมื่อ 3 กันยายน พ.ศ. (2559)
จาก http://www.acfs.go.th/read_news.php?id=14191&ntype=13.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. (2560). การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี
สำหรับฟาร์มจิ้งหรีดในแนวปฏิบัติในการใช้มาตรฐานสินค้าเกษตร. กระทรวงเกษตรและ
สหกรณ์.

สิริวัฒน์ วงษ์ศิริ, รัตนา ทาปา, สิทธิพงษ์ วงศ์วิลาศ. (2555). แมลงกินได้ทางเลือกในภาวะ
เกิดภัยพิบัติ. วารสารราชบัณฑิตยสถาน, ฉบับที่ 37(1).

อรรวรรณ อรุณแสงสีสด, อาณัติ จันทร์ถิระติกุล, กมลเนตร พิมพ์เรือง, ศศิประภา คามตะสีลา,
และนุชนารถ ชูวงศ์. (2021). การผลิตและการตลาดของฟาร์มจิ้งหรีดในพื้นที่ภาค
ตะวันออกเฉียงเหนือตอนกลางของประเทศไทย. KHON KAEN AGRICULTURE JOURNAL
SUPPL.1.

อรสา. (2555). สถิติผู้เลี้ยงจิ้งหรีดในประเทศไทย. สำนักส่งเสริมและจัดการสินค้า.
กรมส่งเสริมการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ศิริรัฐนิคม. (2013). ปริมาณคาร์บอนสะสมของป่าชุมชนบ้านหนองถีน ตำบลเกาะเต่า อำเภอป่า
พะยอม จังหวัด พัทลุง. ASEAN Journal of Scientific and Technological Reports,
16(1), 35-40.

อุทัย และจักรรินทร์. (2564) กระบวนการปรับอุณหภูมิในบ่อเลี้ยงเพื่อเพิ่มผลผลิต
จิ้งหรีด. วิทยานิพนธ์ปริญญาตรีวิศวกรรม มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

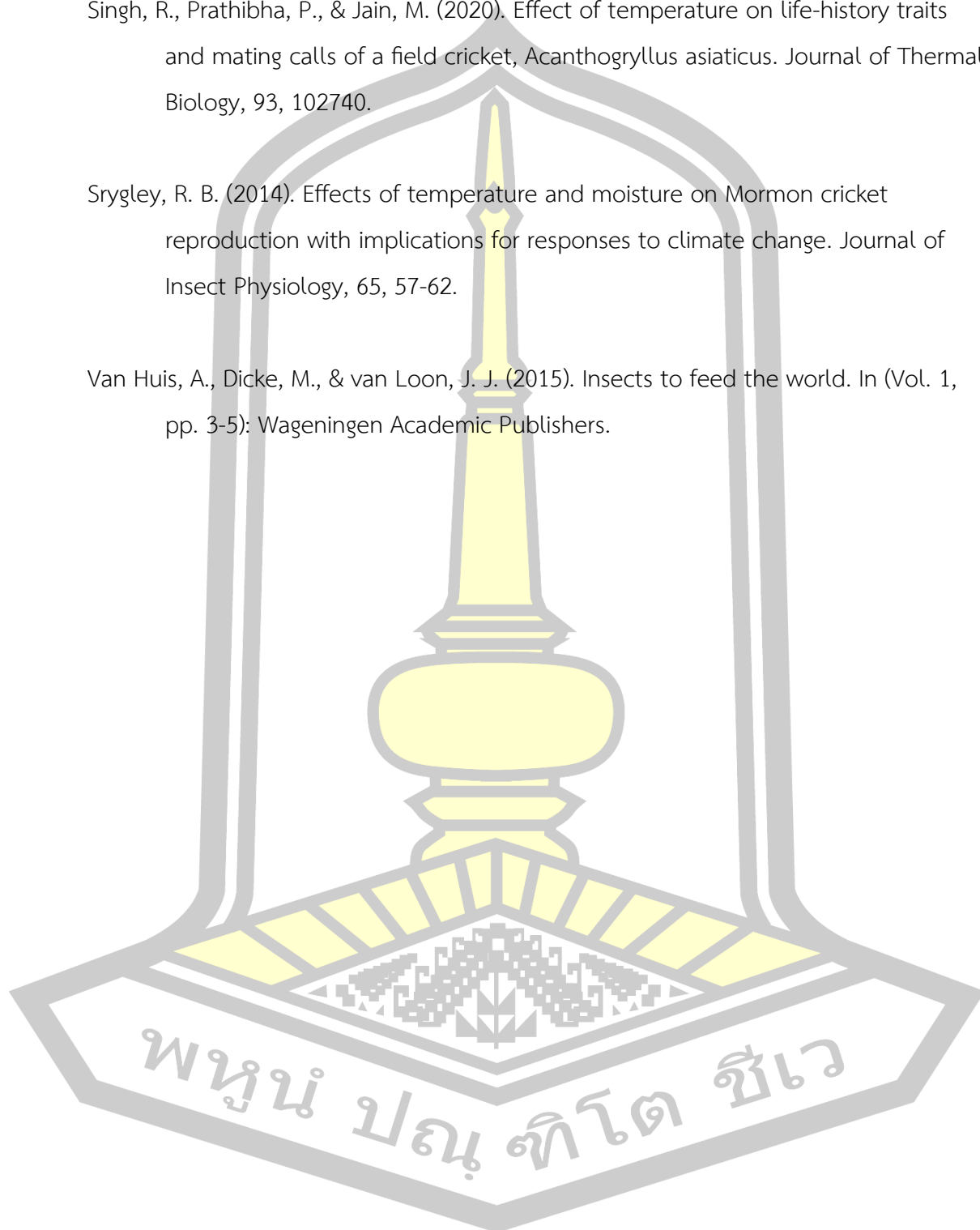
- Andersson, M. (1996). Performance of bedding materials in affecting ammonia emissions from pig manure. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 65(3), 213-222.
- Becker, J. G., & Graves, R. E. (2004). Ammonia emissions and animal agriculture. *Proceedings Mid-Atlantic Agricultural Ammonia Forum*. Woodstock, VA,
- Booth, D., & Kiddell, K. (2007). Temperature and the energetics of development in the house cricket (*Acheta domesticus*). *Journal of Insect Physiology*, 53, 950-953. <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2007.03.009>
- David, B., Oppermann Moe, R., Michel, V., Lund, V., & Mejdell, C. (2015). Air quality in alternative housing systems may have an impact on laying hen welfare. Part I-Dust. *Animals*, 5(3), 495-511.
- Hanboonsong, Y., Jamjanya, T., & Durst, P. B. (2013). Six-legged livestock: edible insect farming, collection and marketing in Thailand. *RAP publication*, 3(8).
- Halloran, A., Hanboonsong, Y., Roos, N., & Bruun, S. (2017). Life cycle assessment of cricket farming in north-eastern Thailand. *Journal of Cleaner Production*, 156, 83-94. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.04.017>
- Kristensen, H. H., & Wathes, C. (2000). Ammonia and poultry welfare: a review. *World's poultry science journal*, 56(3), 235-245.
- Mahimairaja, S., Bolan, N., Hedley, M., & Macgregor, A. (1994). Losses and transformation of nitrogen during composting of poultry manure with different amendments: an incubation experiment. *Bioresource Technology*, 47(3), 265-273.

- Maliselo, S., & Mwaanga, P. (2016). Effects of pH, moisture and excreta age on ammonia emission in a poultry house: a case study for Kitwe, Zambia. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 6(8), 73-76.
- Otte, D., & Alexander, R. D. (1983). *The Australian crickets (Orthoptera: Gryllidae)*. The Australian crickets (Orthoptera: Gryllidae).
- Ott, E., Clair, J. B. S., & Leger, E. A. (2019). Strong patterns of intraspecific variation and local adaptation in Great Basin plants revealed through a review of 75 years of experiments.
- Ogunwande, G., Osunade, J., Adekalu, K., & Ogunjimi, L. (2008). Nitrogen loss in chicken litter compost as affected by carbon to nitrogen ratio and turning frequency. *Bioresource Technology*, 99(16), 7495-7503.
- Pagans, E., Barrena, R., Font, X., & Sánchez, A. (2006). Ammonia emissions from the composting of different organic wastes. Dependency on process temperature. *Chemosphere*, 62(9), 1534-1542.
- Ritz, C., Fairchild, B., & Lacy, M. (2004). Implications of ammonia production and emissions from commercial poultry facilities: A review. *Journal of applied poultry research*, 13(4), 684-692.
- Rovira, P., & Rovira, R. (2010). Fitting litter decomposition datasets to mathematical curves: towards a generalised exponential approach. *Geoderma*, 155(3-4), 329-343.
- Schoerring, J. K., Husted, S., & Mattsson, M. (1998). Physiological parameters controlling plant-atmosphere ammonia exchange. *Atmospheric Environment*, 32(3), 491-498.

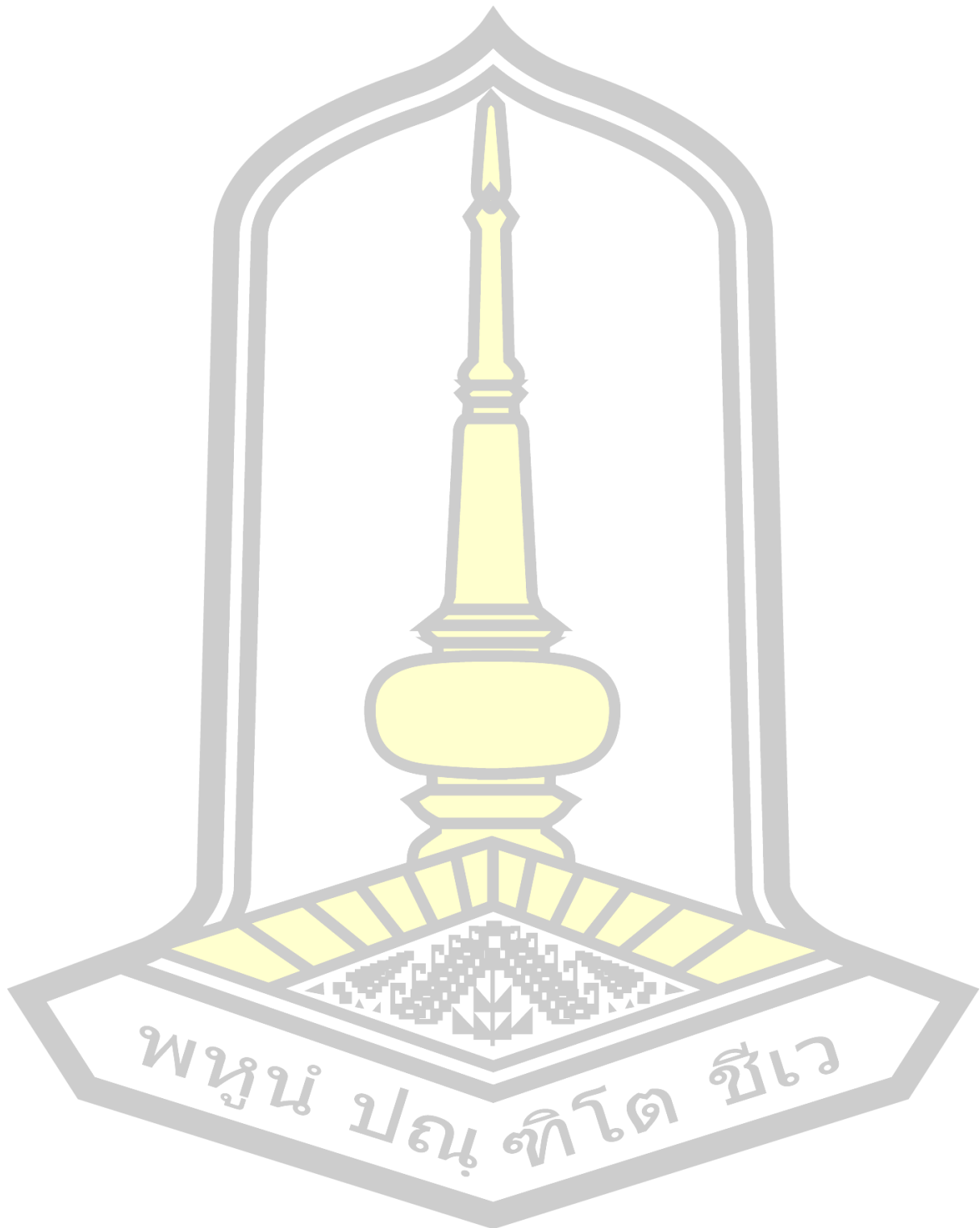
Singh, R., Prathibha, P., & Jain, M. (2020). Effect of temperature on life-history traits and mating calls of a field cricket, *Acanthogryllus asiaticus*. *Journal of Thermal Biology*, 93, 102740.

Srygley, R. B. (2014). Effects of temperature and moisture on Mormon cricket reproduction with implications for responses to climate change. *Journal of Insect Physiology*, 65, 57-62.

Van Huis, A., Dicke, M., & van Loon, J. J. (2015). Insects to feed the world. In (Vol. 1, pp. 3-5): Wageningen Academic Publishers.



ภาคผนวก



ภาคผนวก ก ผลการทดลอง

ตารางที่ 29 การทดสอบเบื้องต้น (Pretest) เพื่อศึกษาพฤติกรรมการเกิดแก๊สแอมโมเนียและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในบ่อทดลองที่ 1

Time(hr.)	Temperature (°C)	Relative humidity (%RH)	Ammonia (ppm)	Carbon dioxide (ppm)
0	30.29±0.08	62.93±1.33	27.02±5.19	428.10±6.96
3	29.33±0.15	66.83±0.65	60.91±10.89	414.40±5.58
29	26.86±0.11	76.40±0.50	3.64±0.91	470.30±18.71
53	26.87±0.15	81.63±0.46	5.63±1.94	473.75±11.78
70	29.08±0.36	67.52±1.36	5.16±4.53	465.40±15.28
93	27.11±0.30	64.24±1.03	4.94±3.06	415.35±8.32
116	27.72±0.04	60.16±0.55	3.22±2.36	425.85±5.67

หมายเหตุ บ่อทดลองที่ 1 ควบคุมอุณหภูมิแวดล้อม 28 องศาเซลเซียส ความชื้นของเสีย 20

เปอร์เซ็นต์ ความหนาแน่นของเสีย 4.17 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

ตารางที่ 30 การทดสอบเบื้องต้น (Pretest) เพื่อศึกษาพฤติกรรมการเกิดแก๊สแอมโมเนียและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในบ่อทดลองที่ 2

Time(hr.)	Temperature (°C)	Relative humidity (%RH)	Ammonia (ppm)	Carbon dioxide (ppm)
0	31.29±0.44	59.66±2.20	13.86±8.33	440.00±12.99
3	29.58±0.06	70.48±1.79	49.39±12.98	526.80±22.49
29	27.88±0.03	78.94±1.28	61.90±25.51	581.95±19.86
53	27.20±0.12	85.19±1.04	62.11±26.27	609.89±7.60
70	30.19±0.14	63.06±0.28	27.08±13.60	443.15±9.06
93	28.68±0.04	57.55±0.02	33.15±11.89	431.15±3.91
116	29.53±0.06	61.23±1.87	35.64±10.37	440.45±4.22

หมายเหตุ บ่อทดลองที่ 2 ควบคุมอุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ความชื้นของเสีย 25 เปอร์เซ็นต์ ความหนาแน่นของเสีย 8.68 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

ตารางที่ 31 การทดสอบเบื้องต้น (Pretest) เพื่อศึกษาพฤติกรรมการเกิดแก๊สแอมโมเนียและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในบ่อทดลองที่ 3

Time(hr.)	Temperature (°C)	Relative humidity (%RH)	Ammonia (ppm)	Carbon dioxide (ppm)
0	31.07±0.12	58.33±1.99	74.12±23.88	446.40±9.38
3	29.79±0.06	69.72±1.61	100.00±0.00	665.25±23.89
29	27.17±0.05	79.37±0.84	70.31±19.50	557.95±27.89
53	27.72±0.07	83.70±0.33	74.50±17.16	793.10±11.02
70	29.93±0.20	64.42±1.68	47.53±18.90	464.00±23.85
93	29.99±0.07	55.53±2.40	56.94±29.30	453.60±15.38
116	30.43±0.25	55.79±0.40	50.91±19.93	468.15±12.61

หมายเหตุ บ่อทดลองที่ 3 ควบคุมอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ความชื้นของเสีย 30 เปอร์เซ็นต์ ความหนาแน่นของเสีย 12.86 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

ตารางที่ 32 การทดลอง (Pretest) เพื่อศึกษาพฤติกรรมการเกิดแก๊สแอมโมเนียและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในแนวราบ

No.	Measuring position	Temperature (°C)	Relative humidity (%RH)	Ammonia (ppm)	Carbon dioxide (ppm)
Pond 1	left	24.71±0.18	80.08±0.83	4.00±2.66	473.45±6.22
	center	25.13±0.18	78.80±0.82	2.70±1.40	486.30±2.00
	right	24.62±2.15	79.67±0.39	4.79±1.22	473.45±6.22
Pond 2	left	29.42±0.12	58.68±1.68	69.23±16.15	430.65±5.49
	center	28.54±0.30	58.07±1.60	34.73±14.94	414.45±5.40
	right	29.71±0.03	56.68±1.28	36.03±21.26	416.95±4.81
Pond 3	left	29.53±0.12	59.96±1.88	72.94±27.96	516.20±43.47
	center	29.67±0.07	59.98±1.04	64.21±22.18	455.15±9.18
	right	29.53±0.13	64.62±1.86	85.83±24.11	536.60±30.28

ตารางที่ 33 การทดลอง (Pretest) เพื่อศึกษาพฤติกรรมการเกิดแก๊สแอมโมเนียและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในแนวตั้ง

No.	Measuring position	Temperature (°C)	Relative humidity (%RH)	Ammonia (ppm)	Carbon dioxide (ppm)
Pond 1	Low	29.08±0.36	67.52±1.36	5.16±4.53	465.40±15.28
	Medium	30.70±0.03	60.10±0.60	0.00±0.00	447.25±11.20
	High	31.09±0.08	59.40±3.45	0.00±0.00	438.30±6.07
Pond 2	Low	30.19±0.14	63.06±1.28	27.08±13.60	443.15±9.06
	Medium	31.30±0.09	58.73±0.51	4.87±1.72	435.20±17.47
	High	31.17±0.09	58.24±0.64	5.05±2.15	429.05±2.76
Pond 3	Low	29.93±0.20	64.42±1.68	47.53±18.90	464.00±23.85
	Medium	30.59±0.10	61.98±1.04	10.85±4.72	444.50±4.84
	High	31.48±0.11	58.40±0.77	9.74±2.77	457.45±17.10

ตารางที่ 34 การทดลอง (Pretest) เพื่อศึกษาพฤติกรรมการเกิดแก๊สแอมโมเนียและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วงเวลา

Time	No	Temperature (°C)	Relative humidity (%RH)	Ammonia (ppm)	Carbon dioxide (ppm)
06.00 am.	Pond 1	21.14±0.23	81.98±0.52	0.00±0.00	492.15±31.36
	Pond 2	22.78±0.03	80.41±0.62	15.79±2.13	466.7±7.51
	Pond 3	25.00±0.12	71.27±0.51	47.91±27.57	465.25±6.56
12.00 am.	Pond 1	27.72±0.04	60.16±0.55	3.22±2.36	425.85±5.67
	Pond 2	29.53±0.06	61.23±1.87	35.64±10.37	440.45±4.22
	Pond 3	30.43±0.25	55.79±0.70	55.91±19.93	498.15±12.61
03.00 pm.	Pond 3	29.53±0.12	59.96±1.88	72.54±27.96	516.20±43.47

ตารางที่ 35 ผลการทดลองเพื่อศึกษาอัตราการย่อยสลาย 42 วัน

Temperature (°C)	Factor	Density (kg/m ²)	น้ำหนักแห้งเริ่มต้น (X ₀)					
			Week					
			1	2	3	4	5	6
28	20	4.17	12.078	12.008	12.038	12.074	12.058	12.006
28	20	4.17	12.008	12.058	12.032	12.043	12.018	12.025
28	20	4.17	12.013	12.031	12.074	12.038	12.030	12.022
28	25	8.68	11.321	11.291	11.273	11.276	11.250	11.288
28	25	8.68	11.312	11.285	11.268	11.307	11.287	11.250
28	25	8.68	11.261	11.253	11.266	11.320	11.250	11.302
28	25	12.86	11.268	11.291	11.276	11.273	11.273	11.288
28	25	12.86	11.278	11.277	11.267	11.297	11.267	11.279
28	25	12.86	11.286	11.267	11.312	11.284	11.250	11.283
28	30	4.17	10.516	10.557	10.536	10.515	10.553	10.503
28	30	4.17	10.522	10.509	10.529	10.519	10.529	10.548
28	30	4.17	10.500	10.513	10.504	10.517	10.522	10.548
28	30	12.86	10.516	10.555	10.538	10.522	10.515	10.504
28	30	12.86	10.507	10.520	10.504	10.530	10.500	10.522
28	30	12.86	10.567	10.536	10.515	10.536	10.510	10.500
35	20	4.17	12.016	12.048	12.022	12.057	12.000	12.025
35	20	4.17	12.071	12.038	12.025	12.047	12.042	12.026
35	20	4.17	12.000	12.008	12.046	12.032	12.018	12.000
35	20	12.86	12.042	12.050	12.046	12.049	12.078	12.022
35	20	12.86	12.025	12.000	12.028	12.027	12.075	12.036
35	20	12.86	12.040	12.021	12.006	12.031	12.047	12.037
35	25	8.68	11.255	11.280	11.281	11.322	11.281	11.305
35	25	8.68	11.305	11.265	11.312	11.303	11.261	11.288
35	25	8.68	11.280	11.256	11.268	11.309	11.263	11.275
35	30	4.17	10.500	10.500	10.548	10.513	10.507	10.552
35	30	4.17	10.527	10.509	10.523	10.519	10.564	10.534
35	30	4.17	10.542	10.548	10.514	10.513	10.553	10.546
35	30	12.86	10.548	10.511	10.568	10.500	10.547	10.504
35	30	12.86	10.535	10.543	10.562	10.516	10.520	10.513
35	30	12.86	10.506	10.548	10.545	10.532	10.536	10.557
40	20	4.17	12.030	12.046	12.000	12.010	12.050	12.033
40	20	4.17	12.027	12.030	12.000	12.003	12.070	12.069
40	20	4.17	12.046	12.047	12.036	12.071	12.023	12.063
40	20	12.86	12.008	12.015	12.058	12.036	12.037	12.057
40	20	12.86	12.064	12.022	12.027	12.027	12.036	12.063
40	20	12.86	12.022	12.039	12.022	12.019	12.000	12.039
40	25	4.17	11.269	11.272	11.250	11.259	11.271	11.276
40	25	4.17	11.255	11.312	11.250	11.259	11.292	11.269

40	25	4.17	11.268	11.297	11.263	11.286	11.273	11.289
40	25	8.68	11.270	11.261	11.258	11.305	11.266	11.300
40	25	8.68	11.270	11.273	11.255	11.285	11.275	11.270
40	25	8.68	11.285	11.323	11.250	11.305	11.321	11.270
40	30	12.86	10.522	10.553	10.546	10.530	10.555	10.548
40	30	12.86	10.512	10.517	10.563	10.504	10.549	10.503
40	30	12.86	10.548	10.560	10.508	10.505	10.503	10.566

ตารางที่ 36 ผลการทดลองเพื่อศึกษาอัตราการย่อยสลาย 42 วัน (ต่อ)

Factor			น้ำหนักแห้งจากการย่อยสลาย (X)					
			Week					
Temperature (°C)	Moisture content (%)	Density (kg/m ²)	1	2	3	4	5	6
28	20	4.17	11.725	11.760	11.786	11.786	11.712	11.721
28	20	4.17	11.813	11.789	11.718	11.636	11.710	11.715
28	20	4.17	11.635	11.728	11.736	11.782	11.714	11.699
28	25	8.68	9.907	10.931	10.832	10.743	10.761	10.886
28	25	8.68	10.872	10.919	10.846	10.827	10.786	10.451
28	25	8.68	10.881	10.879	10.831	10.818	10.759	10.865
28	25	12.86	10.767	10.780	10.650	10.445	10.384	10.450
28	25	12.86	10.803	10.768	10.670	10.447	10.307	10.523
28	25	12.86	10.829	10.095	10.657	10.496	10.329	10.372
28	30	4.17	9.604	9.622	9.460	9.551	9.630	9.766
28	30	4.17	9.580	9.589	9.476	9.671	9.669	9.784
28	30	4.17	9.561	9.559	9.961	9.671	9.643	9.731
28	30	12.86	9.557	9.587	9.114	8.779	9.328	9.137
28	30	12.86	10.032	9.649	9.450	9.148	9.068	9.099
28	30	12.86	9.810	9.697	9.486	9.140	9.038	9.018
35	20	4.17	11.657	11.802	11.651	11.644	11.630	11.679
35	20	4.17	11.731	11.752	11.657	11.607	11.824	11.666
35	20	4.17	11.653	11.737	11.673	11.545	11.633	11.666
35	20	12.86	11.469	11.529	11.456	11.714	11.734	11.789
35	20	12.86	11.030	11.485	11.458	11.633	11.770	11.778
35	20	12.86	11.510	11.496	11.395	11.689	11.717	11.723
35	25	8.68	10.720	10.898	10.670	10.647	10.212	10.964
35	25	8.68	10.898	10.873	10.757	10.697	10.694	10.823
35	25	8.68	10.932	10.856	10.760	10.633	10.719	10.678
35	30	4.17	9.485	9.561	9.230	8.952	9.326	9.558
35	30	4.17	9.661	9.538	9.433	9.240	9.417	9.404
35	30	4.17	9.752	9.550	9.006	9.402	9.313	9.257
35	30	12.86	9.216	9.590	8.807	8.634	9.416	9.436
35	30	12.86	9.635	9.648	9.395	9.380	9.430	9.439

35	30	12.86	9.838	9.736	9.552	9.571	9.439	8.772
40	20	4.17	11.613	11.771	11.627	11.527	11.784	11.720
40	20	4.17	10.736	11.806	11.601	11.618	11.786	11.755
40	20	4.17	11.750	11.808	11.637	11.685	11.738	11.707
40	20	12.86	10.485	11.519	11.447	11.477	11.772	11.486
40	20	12.86	11.553	11.550	11.510	11.447	11.678	11.514
40	20	12.86	11.564	11.528	11.363	11.450	11.200	11.530
40	25	4.17	10.864	11.052	10.700	10.847	10.847	11.014
40	25	4.17	11.140	11.084	10.335	10.875	10.789	10.935
40	25	4.17	10.930	11.233	10.919	10.938	10.785	10.838
40	25	8.68	10.883	11.084	10.743	10.878	10.932	11.028
40	25	8.68	11.008	11.069	10.966	10.809	10.987	10.944
40	25	8.68	11.052	11.161	10.788	10.824	10.993	10.798
40	30	12.86	9.420	9.412	9.053	8.777	9.391	9.449
40	30	12.86	9.575	9.488	9.214	9.213	9.379	9.448
40	30	12.86	9.585	9.488	9.169	9.372	9.409	9.425

ตารางที่ 37 ผลการทดลองเพื่อศึกษาอัตราการย่อยสลาย 42 วัน (ต่อ)

			อัตราการย่อยสลาย $X/X_0 = e^{-kt}$					
Factor			Week (t)					
Temperature (°C)	Moisture content (%)	Density (kg/m ²)	1(7)	2(14)	3(21)	4(28)	5(35)	6(42)
28	20	4.17	0.971	0.979	0.979	0.976	0.971	0.976
28	20	4.17	0.984	0.978	0.974	0.966	0.974	0.974
28	20	4.17	0.969	0.975	0.972	0.979	0.974	0.973
28	25	8.68	0.875	0.968	0.961	0.953	0.957	0.964
28	25	8.68	0.961	0.968	0.963	0.958	0.956	0.929
28	25	8.68	0.966	0.967	0.961	0.956	0.956	0.961
28	25	12.86	0.956	0.955	0.945	0.927	0.921	0.926
28	25	12.86	0.958	0.955	0.947	0.925	0.915	0.933
28	25	12.86	0.960	0.896	0.942	0.930	0.918	0.919
28	30	4.17	0.913	0.911	0.898	0.908	0.913	0.930
28	30	4.17	0.910	0.912	0.900	0.919	0.918	0.928
28	30	4.17	0.911	0.909	0.948	0.920	0.916	0.923
28	30	12.86	0.909	0.908	0.865	0.834	0.887	0.870
28	30	12.86	0.955	0.917	0.900	0.869	0.864	0.865
28	30	12.86	0.928	0.920	0.902	0.867	0.860	0.859
35	20	4.17	0.970	0.980	0.969	0.966	0.969	0.971
35	20	4.17	0.972	0.976	0.969	0.963	0.982	0.970
35	20	4.17	0.971	0.977	0.969	0.960	0.968	0.972
35	20	12.86	0.952	0.957	0.951	0.972	0.972	0.981
35	20	12.86	0.917	0.957	0.953	0.967	0.975	0.979

35	20	12.86	0.956	0.956	0.949	0.972	0.973	0.974
35	25	8.68	0.952	0.966	0.946	0.940	0.905	0.970
35	25	8.68	0.964	0.965	0.951	0.946	0.950	0.959
35	25	8.68	0.969	0.964	0.955	0.940	0.952	0.947
35	30	4.17	0.903	0.911	0.875	0.851	0.888	0.906
35	30	4.17	0.918	0.908	0.896	0.878	0.891	0.893
35	30	4.17	0.925	0.905	0.857	0.894	0.883	0.878
35	30	12.86	0.874	0.912	0.833	0.822	0.893	0.898
35	30	12.86	0.915	0.915	0.889	0.892	0.896	0.898
35	30	12.86	0.936	0.923	0.906	0.909	0.896	0.831
40	20	4.17	0.965	0.977	0.969	0.960	0.978	0.974
40	20	4.17	0.893	0.981	0.967	0.968	0.977	0.974
40	20	4.17	0.975	0.980	0.967	0.968	0.976	0.970
40	20	12.86	0.873	0.959	0.949	0.954	0.978	0.953
40	20	12.86	0.958	0.961	0.957	0.952	0.970	0.954
40	20	12.86	0.962	0.958	0.945	0.953	0.933	0.958
40	25	4.17	0.964	0.981	0.951	0.963	0.962	0.977
40	25	4.17	0.990	0.980	0.919	0.966	0.955	0.970
40	25	4.17	0.970	0.994	0.969	0.969	0.957	0.960
40	25	8.68	0.966	0.984	0.954	0.962	0.970	0.976
40	25	8.68	0.977	0.982	0.974	0.958	0.974	0.971
40	25	8.68	0.979	0.986	0.959	0.957	0.971	0.958
40	30	12.86	0.895	0.892	0.858	0.834	0.890	0.896
40	30	12.86	0.911	0.902	0.872	0.877	0.889	0.900
40	30	12.86	0.909	0.898	0.873	0.892	0.896	0.892

ตารางที่ 38 ผลการทดลองเพื่อศึกษาความเข้มข้นแก๊สแอมโมเนีย 42 วัน

Temperature (°C)	Factor		Time (day)					
	Moisture content (%)	Density (kg/m ²)	1	2	3	4	5	6
28	20	4.17	21.6	28.9	23.8	13.7	27.2	19.7
28	20	4.17	22.6	29.2	24.3	14.5	27.4	23.3
28	20	4.17	23.1	30.6	25.8	15.4	28.8	21.7
28	25	8.68	11.9	21.1	44.8	50.5	25.1	70.7
28	25	8.68	13.8	23.1	48.7	51.2	21.8	72.4
28	25	8.68	14.7	24.0	54.1	52.1	21.2	68.6
28	25	12.86	18.5	19.0	38.1	100.0	100.0	99.3
28	25	12.86	18.1	20.4	38.8	92.1	100.0	100.0
28	25	12.86	19.3	22.4	39.5	91.9	98.3	100.0
28	30	4.17	22.9	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
28	30	4.17	23.3	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
28	30	4.17	23.6	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
28	30	12.86	53.6	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

28	30	12.86	56.1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
28	30	12.86	56.7	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
35	20	4.17	26.7	24.6	17.8	23.8	35.1	26.6
35	20	4.17	28.5	27.3	18.6	25.1	36.9	35.2
35	20	4.17	28.7	27.5	21.3	25.6	32.2	30.2
35	20	12.86	11.9	9.2	14.5	20.6	15.0	19.0
35	20	12.86	12.6	9.5	15.3	25.6	14.0	19.1
35	20	12.86	10.9	10.6	16.4	19.2	14.2	19.7
35	25	8.68	5.7	22.3	55.6	88.8	100.0	80.5
35	25	8.68	6.3	25.5	56.6	91.6	100.0	80.4
35	25	8.68	6.9	25.8	59.5	92.1	100.0	84.4
35	30	4.17	36.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
35	30	4.17	38.8	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
35	30	4.17	38.8	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
35	30	12.86	62.1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
35	30	12.86	63.2	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
35	30	12.86	66.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
40	20	4.17	37.9	29.6	24.6	48.6	45.7	38.3
40	20	4.17	41.3	31.3	27.6	49.1	48.5	43.4
40	20	4.17	42.4	33.2	32.8	49.8	49.4	38.2
40	20	12.86	12.3	8.7	20.3	19.5	43.2	22.9
40	20	12.86	13.7	8.8	23.2	20.9	43.7	20.9
40	20	12.86	13.7	9.8	24.1	21.4	41.6	18.5
40	25	4.17	18.4	30.3	35.2	76.8	95.3	82.3
40	25	4.17	18.7	30.8	34.0	73.7	93.6	81.1
40	25	4.17	19.3	32.9	32.8	74.8	96.8	80.6
40	25	8.68	9.3	21.6	45.1	100.0	67.2	100.0
40	25	8.68	10.0	24.8	43.5	100.0	68.5	82.3
40	25	8.68	10.9	25.9	39.8	100.0	69.6	81.9
40	30	12.86	52.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
40	30	12.86	60.2	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
40	30	12.86	63.6	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

ตารางที่ 39 ผลการทดลองเพื่อศึกษาความเข้มข้นแก๊สแอมโมเนีย 42 วัน (ต่อ)

Time (day)									
7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
15.3	7.7	11.2	11.6	3.5	1.1	2.2	5.7	3.3	5.2
15.9	9.2	10.6	10.1	4.6	1.6	2.6	6.8	3.3	5.5
17.1	8.5	7.7	11.8	5.0	1.8	3.2	6.8	3.4	5.3
22.5	31.8	17.7	14.7	9.6	14.2	13.9	15.9	20.3	9.6
22.2	30.2	19.2	13.7	11.9	14.8	14.1	15.8	20.8	9.4
23.2	33.8	20.9	12.6	10.5	15.3	15.1	17.0	20.8	10.3

ตารางที่ 40 ผลการทดลองเพื่อศึกษาความเข้มข้นแก๊สแอมโมเนีย 42 วัน (ต่อ)

Time (day)									
17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
1.8	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.8	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.9	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.7	3.9	5.0	10.7	4.0	0.0	0.0	2.0	1.7	0.0
1.7	4.4	5.2	10.8	4.0	0.0	0.0	2.0	1.7	0.0
1.8	4.4	5.3	10.9	4.1	0.0	0.0	2.3	1.8	0.0
96.7	100.0	100.0	100.0	100.0	92.3	87.9	98.7	82.7	90.2
100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	89.4	100.0	82.4	100.0
100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	75.1	100.0
3.2	8.3	1.8	2.0	3.2	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0
3.1	9.0	0.0	1.8	3.5	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0
3.7	9.2	0.0	1.9	3.5	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0
100.0	100.0	100.0	95.4	100.0	90.6	96.0	91.6	91.0	94.5
100.0	100.0	100.0	98.1	100.0	100.0	94.9	96.3	100.0	95.2
100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	91.9	90.5	100.0	100.0
1.2	3.9	0.0	2.1	1.2	1.1	0.0	2.0	0.0	4.2
1.4	4.5	0.0	2.1	1.9	1.0	0.0	2.4	0.0	4.4
1.6	4.5	0.0	2.0	1.8	1.6	0.0	2.5	0.0	4.4
6.9	3.7	7.7	10.6	3.5	1.7	2.1	2.1	6.9	3.1
5.7	4.8	9.3	11.2	5.7	1.8	0.0	2.4	7.4	3.3
5.7	5.5	9.6	11.8	5.2	2.1	1.6	2.8	8.0	3.7
87.3	32.2	60.1	18.3	42.1	28.1	17.2	26.3	21.3	22.2
94.3	30.7	60.7	18.3	44.7	28.5	17.2	33.1	21.4	21.2
90.1	30.6	63.5	19.9	43.4	32.9	18.3	39.4	21.7	25.1
17.5	13.1	15.9	8.9	8.7	2.8	1.4	8.1	0.0	1.8
18.3	15.1	16.5	8.6	8.4	3.2	2.0	8.3	0.0	2.2
22.6	16.1	17.1	8.2	9.6	3.5	2.5	8.4	0.0	2.6
86.2	95.6	95.2	94.3	88.3	65.6	54.9	38.8	42.8	55.3
100.0	96.4	100.0	93.5	89.7	73.5	56.6	40.0	42.4	59.1
100.0	99.5	100.0	100.0	80.2	75.2	57.6	39.2	44.3	56.9
0.0	0.0	5.2	0.0	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.7	1.6	5.2	0.0	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.5	1.6	5.5	0.0	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
34.2	20.0	17.2	13.6	29.9	15.9	5.3	25.9	22.2	6.9
30.8	18.9	17.1	14.6	20.0	15.7	5.5	26.7	23.2	6.4
31.3	21.1	17.0	14.0	22.9	15.8	6.8	28.8	22.4	6.0
1.6	4.8	3.1	3.1	2.1	0.0	0.0	2.8	0.0	5.6
3.2	5.0	3.1	3.1	1.2	0.0	0.0	4.0	0.0	6.3
2.6	5.5	3.3	3.2	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	6.5
12.5	5.6	6.3	4.2	9.1	2.0	0.0	3.1	3.3	0.0

13.1	5.7	5.5	4.3	9.2	2.2	0.0	3.3	3.4	0.0
14.6	5.8	5.9	4.4	10.2	2.4	0.0	3.7	3.4	0.0
100.0	100.0	86.1	90.9	90.1	86.3	70.3	93.8	82.7	86.5
100.0	100.0	100.0	100.0	90.5	88.6	70.6	100.0	82.2	100.0
100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	89.9	72.4	100.0	81.5	100.0

ตารางที่ 41 ผลการทดลองเพื่อศึกษาความเข้มข้นแก๊สแอมโมเนีย 42 วัน (ต่อ)

Time (day)									
27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.3	0.0	0.0	4.5	1.9	1.8	3.1	0.0	0.0
0.0	1.7	0.0	0.0	4.7	2.0	1.6	3.1	0.0	0.0
0.0	2.0	0.0	0.0	4.7	2.3	1.7	3.0	0.0	0.0
70.2	100.0	97.6	91.7	94.9	91.6	84.9	80.0	92.8	84.6
80.5	100.0	92.1	100.0	98.0	92.3	85.6	80.0	100.0	86.9
90.6	100.0	94.6	100.0	100.0	91.7	87.3	86.0	100.0	81.4
13.1	1.8	1.4	0.0	0.0	0.0	3.1	0.0	0.0	0.0
13.0	1.8	1.4	0.0	0.0	0.0	2.2	0.0	0.0	0.0
10.1	1.7	1.5	0.0	0.0	0.0	2.6	0.0	0.0	0.0
98.5	91.2	100.0	94.6	91.3	100.0	78.9	52.1	69.2	64.5
95.1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	89.0	52.6	70.9	64.2
100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	90.2	52.9	70.5	66.5
1.6	1.6	3.3	0.0	4.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.6	0.0	3.2	0.0	4.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.8	0.0	3.1	0.0	5.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2.0	1.8	8.0	2.3	8.1	2.0	4.3	6.9	8.8	4.0
3.0	2.0	8.1	2.2	8.1	2.2	4.4	7.0	8.7	4.1
2.5	2.4	8.1	1.9	8.7	2.8	4.8	7.4	8.6	4.2
29.0	26.9	19.5	19.9	16.8	14.2	20.1	12.8	22.3	2.7
30.1	30.7	19.6	18.6	17.4	14.3	20.7	12.4	23.2	2.8
30.0	28.9	19.7	21.6	18.1	14.5	20.4	11.2	23.6	2.8
1.2	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.5	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.6	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
38.1	31.2	53.2	39.9	26.0	20.9	37.7	37.8	32.0	19.9
38.2	32.8	53.5	35.9	27.8	17.8	31.6	38.7	32.4	19.2
38.7	36.2	49.6	31.9	25.7	22.3	34.2	37.6	33.1	20.3
2.0	0.0	3.7	0.0	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0
2.3	0.0	3.1	0.0	0.0	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0
2.4	0.0	3.2	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0

11.2	14.5	25.2	14.5	8.9	8.5	4.9	6.1	17.0	6.9
12.5	14.8	25.5	14.9	8.9	8.2	4.5	5.9	17.0	7.0
12.0	14.9	25.5	15.6	9.2	9.2	4.6	5.9	17.8	7.0
2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	0.0	0.0	0.0
2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0
2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0
1.1	3.1	1.9	1.8	3.1	0.0	5.4	1.8	1.8	1.8
1.2	3.0	2.2	1.8	3.1	0.0	5.5	1.9	1.7	1.8
1.3	3.4	2.8	1.7	3.2	0.0	5.2	2.0	1.7	1.8
90.5	81.1	98.0	82.3	96.8	64.9	64.8	56.1	82.5	49.2
95.6	81.5	100.0	85.5	100.0	62.2	61.9	65.8	83.1	50.5
100.0	81.0	100.0	82.9	100.0	62.9	68.6	58.3	87.0	51.8

ตารางที่ 42 ผลการทดลองเพื่อศึกษาความเข้มข้นแก๊สแอมโมเนีย 42 วัน (ต่อ)

Time (day)					
37	38	39	40	41	42
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
90.1	97.9	97.4	49.4	62.5	55.7
89.6	94.4	81.8	54.9	62.2	55.1
92.3	92.2	78.7	52.3	62.7	51.8
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
70.3	81.6	50.0	50.8	30.8	17.9
78.7	77.2	48.8	54.4	30.4	17.8
76.9	79.6	49.6	51.5	33.7	18.0
0.0	0.0	1.8	2.8	0.0	0.0
0.0	0.0	1.8	2.8	0.0	0.0
0.0	0.0	1.9	2.9	0.0	0.0
4.0	5.6	5.6	2.2	2.2	3.9
4.2	5.7	5.7	2.1	2.2	3.7
4.3	6.4	5.7	2.0	2.8	3.7
14.1	18.6	10.9	10.3	1.8	1.8
15.0	18.4	10.5	10.7	2.0	1.9
25.4	18.5	10.8	10.6	1.9	1.9
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20.3	5.4	13.1	14.6	13.5	9.6
20.3	5.5	13.4	14.8	14.5	9.7
18.8	5.6	13.5	14.7	15.7	9.5
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22.3	9.0	20.3	4.4	2.1	7.1
22.9	7.8	20.7	4.4	2.2	7.2
23.6	8.9	20.9	4.3	2.2	7.8
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	3.4	2.3	0.0	2.7	1.8
0.0	3.5	2.3	0.0	2.7	1.9
0.0	3.5	2.4	0.0	2.8	1.9
67.5	41.9	59.5	50.4	16.6	11.8
67.5	40.1	60.4	50.7	15.5	12.4
64.8	41.7	63.4	50.0	17.4	13.6

ตารางที่ 43 ผลการทดลองเพื่อศึกษาความเข้มข้นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 42 วัน

Temperature (°C)	Factor		Time (day)					
	Moisture content (%)	Density (kg/m ²)	1	2	3	4	5	6
28	20	4.17	529	466	512	442	447	475
28	20	4.17	523	468	463	442	449	476
28	20	4.17	532	468	514	443	449	465
28	25	8.68	1088	505	706	506	511	490
28	25	8.68	1051	502	705	508	513	485
28	25	8.68	1026	504	728	510	516	487
28	25	12.86	1544	1054	1698	1898	1828	701
28	25	12.86	1543	1015	1683	1861	1832	703
28	25	12.86	1512	1072	1458	1832	1837	708
28	30	4.17	1020	673	553	673	565	486
28	30	4.17	1244	629	571	678	565	488
28	30	4.17	1468	671	572	688	575	492
28	30	12.86	1827	1485	2166	1529	900	827
28	30	12.86	2089	1579	1944	1554	903	832
28	30	12.86	1978	1688	2033	1558	914	831
35	20	4.17	649	479	448	457	488	458
35	20	4.17	658	477	462	457	488	466
35	20	4.17	649	475	458	458	485	460

35	20	12.86	1631	657	667	555	682	629
35	20	12.86	1530	652	617	556	683	632
35	20	12.86	1742	644	677	561	688	621
35	25	8.68	1979	1344	846	1014	686	520
35	25	8.68	1731	1394	832	1016	687	519
35	25	8.68	1898	1332	831	998	693	523
35	30	4.17	1873	703	885	609	649	653
35	30	4.17	1941	712	867	606	649	668
35	30	4.17	1943	732	869	600	655	668
35	30	12.86	1646	1330	1674	1598	1694	651
35	30	12.86	1733	1312	1657	1601	1695	630
35	30	12.86	1740	1331	1634	1585	1646	648
40	20	4.17	563	456	447	437	470	444
40	20	4.17	549	454	445	435	471	446
40	20	4.17	571	455	446	438	471	448
40	20	12.86	1578	619	509	1375	571	490
40	20	12.86	1677	618	510	1339	570	496
40	20	12.86	1408	616	510	1310	570	487
40	25	4.17	790	519	545	614	531	437
40	25	4.17	808	533	552	613	536	438
40	25	4.17	825	538	514	610	526	438
40	25	8.68	1213	608	608	1014	777	487
40	25	8.68	1047	610	616	1016	779	483
40	25	8.68	1179	603	608	998	780	481
40	30	12.86	1989	1834	1843	1996	1755	1000
40	30	12.86	1976	1867	1435	1998	1754	1008
40	30	12.86	1984	1835	1675	1921	1751	1006

ตารางที่ 44 ผลการทดลองเพื่อศึกษาความเข้มข้นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 42 วัน (ต่อ)

Time (day)									
7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
429	426	418	423	414	414	415	444	413	418
430	425	421	424	415	415	417	449	413	418
430	426	422	425	417	416	419	449	413	421
431	427	424	427	420	418	425	427	443	420
432	428	423	430	422	419	426	427	442	420
432	428	423	430	422	420	426	427	443	420
757	622	522	720	580	561	694	561	633	563
765	621	523	715	594	569	667	566	644	564
766	631	528	714	604	531	699	567	652	564
447	424	424	427	421	424	433	427	427	416
445	425	425	428	422	425	433	427	426	415

444	426	426	428	422	425	433	428	426	415
810	517	503	508	513	652	744	688	581	550
810	499	506	510	520	651	773	683	614	552
816	484	509	512	527	657	767	674	628	555
454	418	445	451	418	422	425	414	446	451
453	419	438	454	419	423	426	415	452	452
452	419	435	459	419	424	426	415	456	454
461	480	462	445	463	444	457	430	434	422
463	481	465	443	463	445	454	430	435	423
460	482	464	442	465	448	452	430	436	424
470	442	486	441	464	450	460	431	429	455
470	451	487	442	467	453	462	432	431	456
471	452	487	442	470	456	462	433	432	456
478	434	460	439	425	427	429	424	444	443
474	435	473	440	424	428	430	425	444	444
470	436	489	440	424	430	434	426	445	445
731	645	746	633	579	501	537	496	437	450
733	658	744	655	585	508	563	520	437	454
721	666	753	679	598	511	569	531	441	456
455	432	511	441	414	421	421	437	420	436
453	433	511	443	415	421	421	437	421	437
450	434	502	443	415	422	421	438	421	437
450	440	461	447	420	435	426	452	446	439
450	438	467	448	420	436	427	454	447	440
450	436	467	449	420	438	428	454	447	440
427	417	425	436	423	428	427	431	425	418
427	418	426	437	424	429	428	431	426	419
427	418	426	438	424	430	428	431	426	420
440	447	451	506	440	432	431	428	429	418
444	448	453	512	441	432	431	428	430	418
442	448	456	513	438	432	430	428	430	419
754	898	826	674	808	470	694	608	535	456
746	926	977	557	813	473	654	633	543	464
748	938	1013	653	810	476	574	651	549	464

ตารางที่ 45 ผลการทดลองเพื่อศึกษาความเข้มข้นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 42 วัน (ต่อ)

Time (day)									
17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
421	412	412	409	434	410	407	414	422	409
423	413	413	410	435	412	408	415	421	412
423	415	414	411	436	412	409	417	420	415
445	438	425	434	428	413	414	442	427	413

449	439	426	434	428	413	415	443	427	413
450	442	427	435	429	414	416	444	428	412
592	594	483	442	468	431	438	499	469	468
607	593	485	444	475	431	439	501	471	469
619	593	488	448	481	433	439	499	476	469
421	435	427	422	420	415	412	420	431	412
421	436	428	423	421	415	413	421	432	412
424	436	429	424	421	415	413	422	432	412
649	433	496	490	461	435	423	458	430	467
655	451	505	492	462	436	419	466	436	488
658	473	507	493	463	436	418	472	426	497
418	442	416	427	414	413	411	421	412	426
418	443	417	428	415	414	412	421	412	427
419	444	417	428	416	415	413	421	412	428
432	425	423	480	438	412	413	420	428	412
433	426	424	483	438	412	413	420	428	412
434	427	425	487	442	413	414	420	433	412
446	429	415	439	434	420	422	422	421	423
449	430	416	440	436	421	422	424	422	424
449	431	418	441	438	421	424	422	420	424
434	433	427	428	433	422	418	425	416	418
435	434	432	428	435	423	419	426	416	416
435	436	434	430	436	423	420	427	417	416
477	439	456	426	440	435	425	418	416	437
471	441	456	427	441	436	426	421	416	439
481	442	458	428	442	437	427	421	416	441
416	428	452	424	439	414	414	416	411	419
417	427	455	425	441	415	415	416	411	419
418	429	458	426	446	416	416	416	411	419
429	423	423	421	443	420	417	417	412	434
432	423	423	424	451	421	416	417	413	434
432	424	424	424	458	422	416	417	414	434
420	421	429	418	467	412	416	420	417	430
421	422	430	418	469	413	417	421	419	431
421	422	431	419	468	414	417	422	422	432
443	428	417	419	490	413	420	418	415	411
444	429	417	419	504	414	422	418	416	411
447	430	418	419	536	415	422	419	417	412
555	434	451	529	459	435	438	423	427	445
559	435	464	531	460	435	442	424	427	446
539	436	469	531	461	428	445	424	428	447

ตารางที่ 46 ผลการทดลองเพื่อศึกษาความเข้มข้นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 42 วัน (ต่อ)

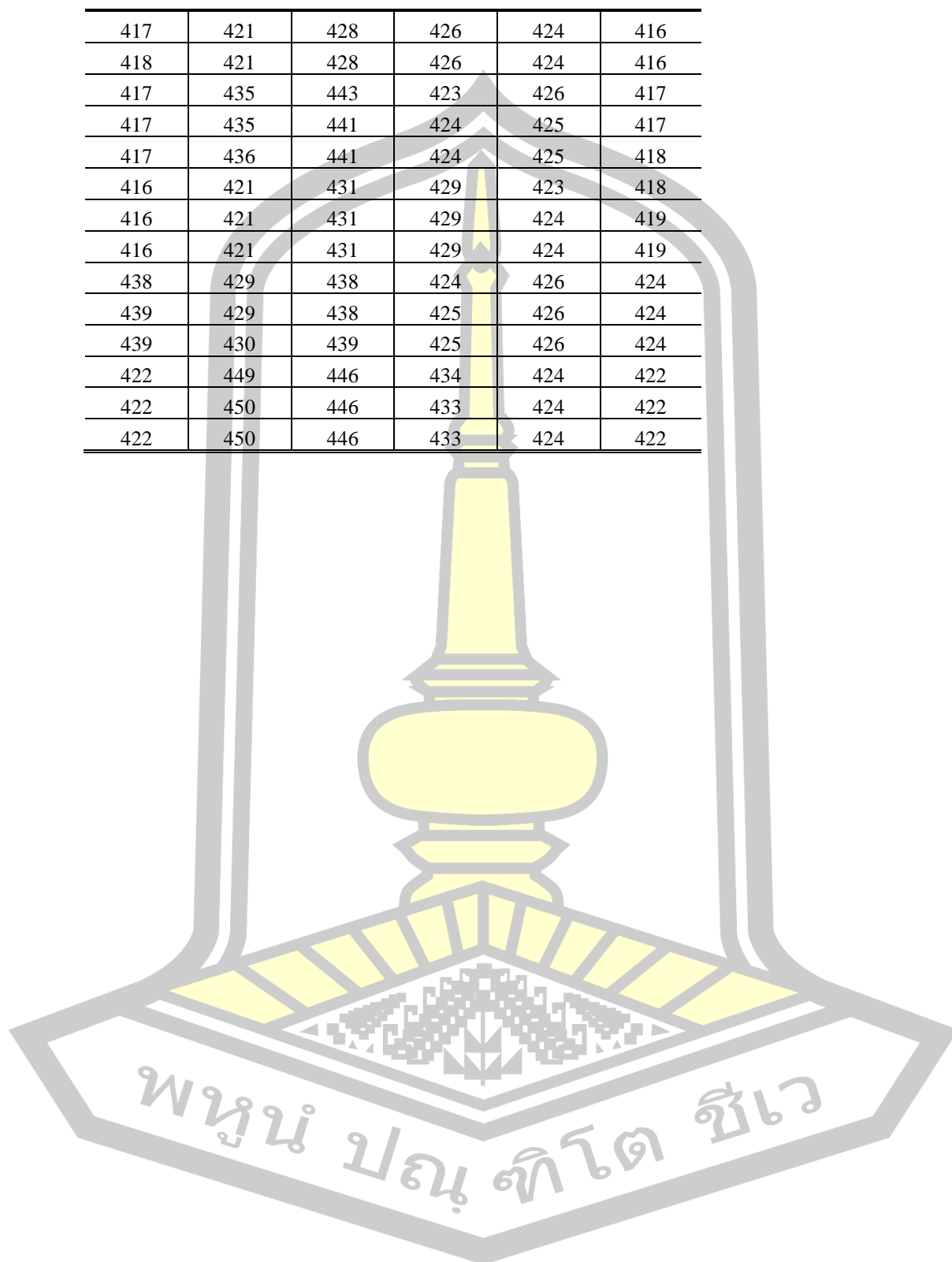
Time (day)									
27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
414	412	405	423	402	409	404	426	428	436
414	413	406	433	402	409	403	427	428	437
415	414	407	435	402	410	403	427	428	437
426	439	412	423	417	420	422	427	443	467
427	443	412	426	418	420	423	428	444	467
428	445	412	426	418	420	423	426	444	467
486	475	446	431	471	498	477	466	471	465
491	486	447	433	473	497	470	466	478	468
490	486	448	433	474	499	474	469	480	470
418	416	410	411	409	421	422	426	422	439
419	417	410	412	410	422	420	426	422	440
420	418	410	413	411	422	421	426	422	440
440	493	420	445	419	444	463	434	465	453
441	499	433	446	424	449	465	429	465	454
442	503	445	447	432	454	466	430	466	454
420	414	425	414	426	423	412	420	437	425
420	416	425	415	427	423	413	421	437	425
420	418	426	416	430	423	414	422	437	425
415	421	411	435	427	415	444	433	435	477
416	424	410	438	428	416	441	434	435	478
417	425	410	436	429	416	440	435	436	470
424	442	410	426	418	415	446	428	436	485
424	434	411	425	418	416	445	429	436	488
425	437	411	422	418	416	444	430	436	488
417	414	409	416	410	418	428	426	439	428
417	415	410	417	410	419	428	426	439	430
418	416	410	418	411	419	428	426	439	432
431	430	437	434	411	422	471	456	453	451
432	437	438	435	411	426	475	458	453	451
433	438	440	435	412	423	483	460	453	451
417	411	417	414	410	429	417	422	437	422
416	412	419	415	411	430	417	423	437	422
418	412	418	416	411	431	417	424	437	422
435	436	414	419	410	438	421	427	437	458
436	437	415	420	410	436	422	428	434	456
437	437	416	421	412	436	422	428	434	457
428	431	411	449	411	424	418	424	436	439
429	434	411	450	412	424	418	425	436	440

430	437	411	451	412	424	418	425	436	440
411	415	411	456	416	414	419	422	433	461
412	416	410	459	416	414	420	422	434	462
415	417	410	459	416	415	421	422	435	463
445	474	419	447	424	478	440	459	446	452
446	477	420	447	425	475	440	456	446	452
447	475	418	449	426	470	442	455	447	452

ตารางที่ 47 ผลการทดลองเพื่อศึกษาความเข้มข้นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 42 วัน (ต่อ)

Time (day)					
37	38	39	40	41	42
435	418	419	415	410	419
436	419	420	416	411	419
437	420	420	416	411	419
420	428	442	427	423	434
420	428	442	427	423	435
420	429	442	427	423	436
487	470	462	470	424	438
488	468	461	477	425	441
489	469	461	479	426	442
423	422	430	429	422	431
421	423	429	429	422	431
421	423	429	429	422	431
442	460	457	432	419	428
442	463	458	433	420	429
443	469	459	434	420	430
420	421	425	429	425	416
420	421	425	430	425	416
420	421	425	431	425	416
433	435	441	427	423	425
433	435	441	427	423	424
434	435	441	427	423	424
418	422	435	428	419	424
417	423	435	428	419	424
417	423	436	428	419	424
423	426	438	426	421	416
423	427	438	427	420	416
424	426	438	427	420	416
409	427	434	432	426	416
410	428	434	432	425	416
410	429	434	431	425	416
417	421	428	426	424	416

417	421	428	426	424	416
418	421	428	426	424	416
417	435	443	423	426	417
417	435	441	424	425	417
417	436	441	424	425	418
416	421	431	429	423	418
416	421	431	429	424	419
416	421	431	429	424	419
438	429	438	424	426	424
439	429	438	425	426	424
439	430	439	425	426	424
422	449	446	434	424	422
422	450	446	433	424	422
422	450	446	433	424	422



ภาคผนวก ข ผลการประเมินทางสถิติ

ตารางที่ 48 กลุ่มเงื่อนไขต่อการย่อยสลาย

Condition	Temperature (°C)			Moisture content (%)			Density (kg/m ²)		
	28	35	40	20	25	30	4.17	8.68	12.86
High group	2	2	1	-	-	5	2	-	3
Middle group	2	1	1	1	3	-	-	2	2
Low group	1	2	3	4	2	-	4	1	1

ตารางที่ 49 อุณหภูมิต่ออัตราการย่อยสลาย

Degradation			
Duncan ^{a,b}			
Temperature (°C)	N	Subset	
		1	2
28.00	15	.93351	
35.00	15	.93365	
40.00	15		.94864
Sig.		.956	1.000

ตารางที่ 50 ความชื้นต่ออัตราการย่อยสลาย

Degradation				
Duncan ^{a,b}				
Moisture content (%)	N	Subset		
		1	2	3
30.00	15	.89491		
25.00	15		.95561	
20.00	15			.96527
Sig.		1.000	1.000	1.000

พหุ ประถมศึกษา

ตารางที่ 51 ความหนาแน่นต่ออัตราการย่อยสลาย

Degradation				
Duncan ^{a,b,c}				
Density (kg/m ²)	N	Subset		
		1	2	3
12.86	18	.91903		
4.17	18		.94800	
8.68	9			.95892
Sig.		1.000	1.000	1.000

ตารางที่ 52 กลุ่มเงื่อนไขต่อการเกิดแก๊สแอมโมเนีย

Condition	Temperature (°C)			Moisture content (%)			Density (kg/m ²)		
	28	35	40	20	25	30	4.17	8.68	12.86
High group	2	-	1	-	1	2	-	-	3
Middle group	-	3	-	-	1	2	1	1	1
Low group	3	2	4	5	3	1	5	2	2

ตารางที่ 53 อุณหภูมิต่อความเข้มข้นแก๊สแอมโมเนีย

NH3				
Duncan ^{a,b}				
Temperature (°C)	N	Subset		
		1	2	3
40.00	15	49.2600		
28.00	15		59.5000	
35.00	15			63.8267
Sig.		1.000	1.000	1.000

ตารางที่ 54 ความชื้นต่อความเข้มข้นแก๊สแอมโมเนีย

NH3				
Duncan ^{a,b}				
Moisture content (%)	N	Subset		
		1	2	3
20.00	15	19.3933		
25.00	15		63.1733	
30.00	15			90.0200
Sig.		1.000	1.000	1.000

ตารางที่ 55 ความหนาแน่นต่อความเข้มข้นแก๊สแอมโมเนีย

NH3				
Duncan ^{a,b,c}				
Density (kg/m ²)	N	Subset		
		1	2	3
4.17	18	40.3056		
8.68	9		58.7222	
12.86	18			74.1556
Sig.		1.000	1.000	1.000

ตารางที่ 56 กลุ่มเงื่อนไขต่อการเกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

Condition	Temperature (°C)			Moisture content (%)			Density (kg/m ²)		
	28	35	40	20	25	30	4.17	8.68	12.86
High group	2	1	1	-	1	3	-	-	4
Middle group	-	3	2	2	2	1	1	2	2
Low group	3	1	1	3	2	1	5	4	-

ตารางที่ 57 อุณหภูมิต่อความเข้มข้นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

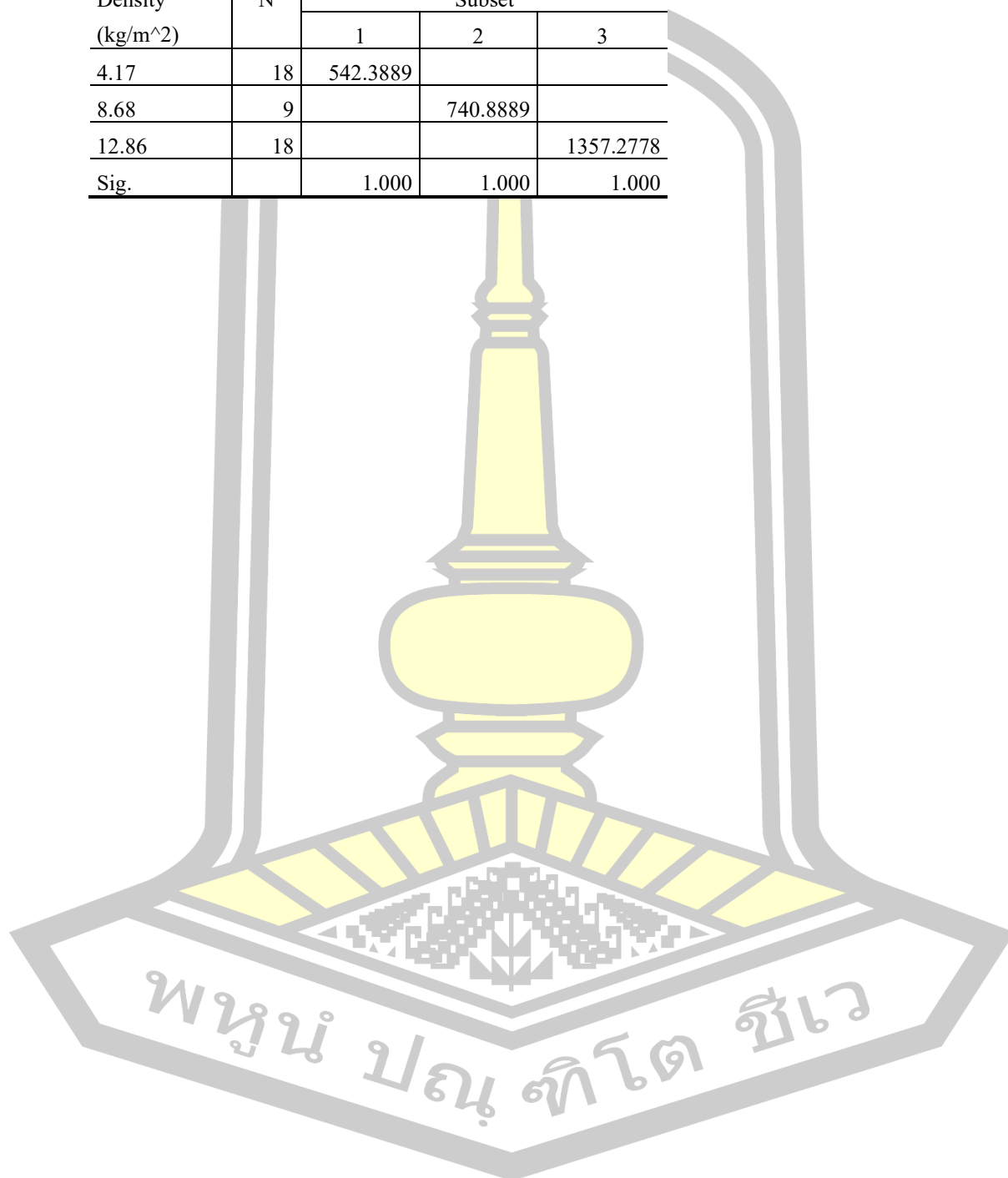
CO2				
Duncan ^{a,b}				
Temperature (°C)	N	Subset		
		1	2	3
35.00	15	859.2000		
40.00	15		881.9333	
28.00	15			983.0000
Sig.		1.000	1.000	1.000

ตารางที่ 58 ความชื้นต่อความเข้มข้นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

CO2				
Duncan ^{a,b}				
Moisture content (%)	N	Subset		
		1	2	3
20.00	15	563.8000		
25.00	15		910.4667	
30.00	15			1249.8667
Sig.		1.000	1.000	1.000

ตารางที่ 59 ความหนาแน่นต่อความเข้มข้นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

CO ₂				
Duncan ^{a,b,c}				
Density (kg/m ²)	N	Subset		
		1	2	3
4.17	18	542.3889		
8.68	9		740.8889	
12.86	18			1357.2778
Sig.		1.000	1.000	1.000



ภาคผนวก ค ผลการประเมินด้านสรีระวิทยาของจิ้งหรีด

ตารางที่ 60 ขนาดของลำตัวจิ้งหรีด

การประเมินขนาด					
รูปแบบ	ซ้ำที่	ขนาด (mm)			
		เพศผู้		เพศเมีย	
		ความกว้าง	ความยาว	ความกว้าง	ความยาว
ทั่วไป	1	6.73	24.20	7.14	26.77
	2	7.21	24.28	7.24	25.50
	3	7.86	23.26	7.43	22.44
	4	7.24	20.26	7.79	25.21
	5	6.17	23.62	7.66	24.22
	6	6.94	21.85	7.01	23.33
	7	6.54	20.46	7.46	25.68
	8	7.06	24.93	7.20	28.44
	9	6.78	21.91	8.01	27.64
	10	6.45	21.01	6.04	22.17
เฉลี่ย		6.90	22.58	7.30	25.14
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		0.48	1.70	0.54	2.12
ใหม่	1	7.40	25.75	8.60	28.14
	2	8.08	22.90	7.79	28.82
	3	7.35	26.38	7.48	26.90
	4	6.16	23.58	8.07	27.99
	5	7.05	21.81	8.19	28.75
	6	7.34	20.62	8.30	28.67
	7	6.17	23.44	7.98	25.71

	8	7.09	22.06	6.72	25.18
	9	7.74	25.79	8.82	27.05
	10	7.35	22.74	7.26	26.47
เฉลี่ย		7.17	23.51	7.92	27.37
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		0.61	1.91	0.63	1.31



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	ศราวุทธิ์ แสนคำ
วันเกิด	22 มกราคม 2542
สถานที่เกิด	โรงพยาบาลเกษตรวิสัย
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	62 หมู่ 13 บ้านสงแคน ตำบลกู่กาสิงห์ อำเภอกเกษตรวิสัย จังหวัดร้อยเอ็ด 45150
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	นิสิต
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150
ประวัติการศึกษา	พ.ศ.2557 มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนจันทบุษย์เกษตรวิสัย อำเภอกเกษตรวิสัย จังหวัดร้อยเอ็ด พ.ศ.2560 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนจันทบุษย์เกษตรวิสัย อำเภอกเกษตรวิสัย จังหวัดร้อยเอ็ด พ.ศ.2564 ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ.) สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พ.ศ.2566 ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วศ.ม.) สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผลงานวิจัย	2nd Runner-Up Presentation Award paper title Performance of a Rectangular Downdraft Open-top Kiln for a Dual Burner.The 14th International Conference on Science,Technology and Innovation for Sustainable Well-Being 2022 Promtow, W., et al. (2022). "Performance of a Rectangular Downdraft Open-top Kiln for a Dual Burner." Engineering Access 8(2): 325-329. Nantawat Butwong,Sarawut Saenkham,Adisak Pattiya and Sopa Cansee "Cricket size sorting test in the harvesting stage" The 14th International Conference on Science, Technology and Innovation for Sustainable Well-Being August 17-20,2022