

Received: August 15, 2025; Revised: September 30, 2025; Accepted: March 17, 2026

การออกแบบและการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมตู้อบฆ่าเชื้อแบคทีเรีย แผงไข่สำหรับเลี้ยงจิ้งหรีด

Design and engineering economic evaluation of bacterial disinfection chamber for egg trays in cricket rearing

ชนิษฐา ชัยบรรดิษฐ์¹ วารีย์ ศรีสอน^{1*} สาวิตรี ประภาการ¹ พิรณัฐ อันสุรีย์¹ ทยาวิร หนูบุญ¹
ณัฐพงษ์ ประภาการ¹ จาริณี จงปลื้มปิติ¹ เฉลิมพล เยื้องกลาง² และจิระวัลย์ โคตรศักดิ์²
Khanittha Chaibandit¹, Waree Srison^{1*}, Sawitree Prapakarn¹, Peeranat Ansuree¹,
Thayawee Nuboon¹, Natthapong Prapakarn¹, Jarinee Jongpluempiti¹,
Chalermpon Yuangklang² and Jiravan Khotsakdee²

¹คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จังหวัดนครราชสีมา

¹Faculty of Engineering and Technology, Rajamangala University of Technology Isan, Nakhon Ratchasima Province

²คณะนวัตกรรมและเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จังหวัดนครราชสีมา

²Faculty of Agricultural Innovative and Technology, Rajamangala University of Technology Isan, Nakhon Ratchasima Province

*Corresponding Author E-mail Address : waree.sr@rmuti.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการออกแบบและประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมของตู้อบฆ่าเชื้อแบคทีเรียแผงไข่สำหรับเลี้ยงจิ้งหรีด โดยตู้อบฆ่าเชื้อแบคทีเรียเป็นระบบการทำงานร่วมกันของลมร้อนและแสงยูวีซี ประกอบด้วยห้องอบ ชุดเพลทหมุนสำหรับวางแผงไข่ ชุดควบคุมอุณหภูมิและพัดลม ชุดไฟยูวีซี ชุดควบคุมอุณหภูมิและเวลาในการอบ ทดสอบอบแผงไข่ที่อุณหภูมิ 3 ระดับ ได้แก่ 40, 50 และ 60 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอบ 5 นาที พบว่า เมื่ออุณหภูมิที่ใช้ในการอบแผงไข่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้ความสามารถในการทำงานมีแนวโน้มลดลง แต่มีผลทำให้การใช้พลังงานไฟฟ้าของตู้อบฆ่าเชื้อแบคทีเรียแผงไข่สำหรับเลี้ยงจิ้งหรีด มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งเมื่อใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และเวลาในการอบ 5 นาที สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียชนิด *Escherichia coli* และ Coliform bacteria ที่ปนเปื้อนได้ มีความสามารถในการทำงาน 100 แผงต่อชั่วโมง และมีการใช้พลังงานไฟฟ้า 0.45 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม เมื่อลงทุนสร้างตู้อบฆ่าเชื้อแบคทีเรียแผงไข่สำหรับเลี้ยงจิ้งหรีดราคา 65,000 บาท ทำงานปีละ 300 วัน วันละ 8 ชั่วโมง และคิดราคาขายแผงไข่ 1.5 บาทต่อแผง พบว่า จุดคุ้มทุน เท่ากับ 9,750 แผงต่อปี และมีระยะเวลาคืนทุน เท่ากับ 123 วัน แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ในระดับสูง สำหรับการเลี้ยงจิ้งหรีดขนาดเล็กถึงขนาดกลาง ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่า ตู้อบฆ่าเชื้อแบคทีเรียไม่เพียงแต่ช่วยยกระดับสุขอนามัยในการนำแผงไข่มาไข่เท่านั้น แต่ยังให้ผลตอบแทนจากการลงทุนที่รวดเร็ว ทำให้เป็นทางเลือกที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงจิ้งหรีดอย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: ตู้อบฆ่าเชื้อ จิ้งหรีด แผงไข่

Abstract

This research aimed to study the design and engineering economic evaluation of bacterial disinfection chamber for egg trays in cricket rearing. The sterilization cabinet was operated using a combination of hot air and UVC light. It consisted of a heating chamber, a rotating shaft assembly for accommodating egg trays, a heating coil integrated with a fan system, a UVC light unit, and a temperature and time controller. The egg trays were subjected to bacterial disinfection at 3 different temperatures including 40, 50 and 60 °C with a constant heating duration of 5 minutes. From the experiments, it was found that when the temperature used for disinfection of egg trays increased, the capacity of the bacterial disinfection chamber tended to decrease, while the electric power consumption of the bacterial disinfection chamber tended to increase. The optimum temperature and time for disinfecting bacteria on egg trays is 60 °C at 5 min, the bacterial disinfection chamber could eliminate *Escherichia coli* and coliform bacteria contaminating the egg trays with the capacity of 100 trays/h and the electric power consumption of 0.45 kWh. The results of the engineering economic analysis revealed that an investment of 65,000 THB in the construction of a bacterial disinfection chamber for egg trays used in cricket rearing, which was operated 300 days per year at 8 hours per day, with a selling price of 1.5 THB per tray, resulted in a break-even point of 9,750 trays per year. The payback period was calculated to be 123 days, indicating a high economic feasibility for small- to medium-scale cricket farming operations. These findings suggest that the proposed disinfection chamber not only enhances hygienic conditions of reused egg trays but also offers a rapid return on investment, making it a viable option for sustainable insect farming practices.

Keywords: Disinfection chamber, Cricket, Egg tray

บทนำ

จังหวัดได้รับการยอมรับในฐานะสัตว์เศรษฐกิจตัวใหม่ที่มีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นเศรษฐกิจของไทยและสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกร ผลิตภัณฑ์จากจังหวัดที่ได้รับความนิยมในตลาดโลกประกอบด้วยแมลงสดและผลิตภัณฑ์แปรรูปต่าง ๆ เช่น แมลงผง โปรตีนบาร์ และเครื่องดื่มโปรตีน องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) ได้ส่งเสริมให้ประชากรทั่วโลกบริโภคจังหวัดเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากจังหวัดเป็นแหล่งโปรตีนทางเลือกที่มีราคาประหยัดและหาได้ง่ายในท้องถิ่น (Khaosod online, 2020) องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) คาดการณ์ว่าประชากรโลกจะเพิ่มขึ้นเป็นประมาณ 9,000 ล้านคน ภายในปี พ.ศ. 2593 ซึ่งอาจส่งผลให้ความต้องการอาหารทั้งสำหรับมนุษย์และสัตว์เลี้ยงเพิ่มสูงขึ้น และก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อการขาดแคลนอาหารในอนาคต (Henry et al., 2018; MGR online, 2021) ประเทศไทยซึ่งมีศักยภาพและความชำนาญในการเพาะเลี้ยงจังหวัดเชิงพาณิชย์ จึงต้องเร่งสร้างความเชื่อมั่นแก่ผู้บริโภคในด้านความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์จังหวัด (National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards, 2019) รัฐบาลไทยได้ให้การสนับสนุนและส่งเสริมการเลี้ยงจังหวัดในฐานะแมลงเศรษฐกิจ เพื่อยกระดับและพัฒนาให้จังหวัดเป็นสินค้าทางการเกษตรที่สำคัญของประเทศ (Bureau of Livestock Standards and Certification, 2021) จังหวัดจัดเป็นแมลงที่สามารถบริโภคได้ และมีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยในปริมาณเนื้อจังหวัดสด 100 กรัม ประกอบด้วยโปรตีน 12.9 กรัม ไขมัน 5.5 กรัม แคลเซียม 75.8 มิลลิกรัม และธาตุเหล็ก 9.5 มิลลิกรัม (Phesatcha & Wanapat, 2016) ซึ่งชี้ให้เห็นถึงศักยภาพของจังหวัดในการเป็นแหล่งโปรตีนทางเลือกใหม่สำหรับประชากรโลก (Van Huis et al., 2015)

เกษตรกรผู้เลี้ยงจังหวัดในเขตจังหวัดนครราชสีมามีการทำความสะอาดแผงไข่ (Figure 1) โดยการตากแดด 1-2 วัน ซึ่งมีข้อดีคือไม่สิ้นเปลืองพลังงาน แต่ข้อเสียคือใช้ระยะเวลานาน สิ้นเปลืองพื้นที่ในการตากแผงไข่ และเสี่ยงต่อการติดเชื้อโรคอื่น ๆ เพิ่มจากการตากแผงไข่บนพื้น รวมทั้งอาจจะมีมดหรือแมลงศัตรูจังหวัดไข่ทิ้งไว้ และเจริญเติบโตไปพร้อมกับจังหวัดซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อผลผลิตของจังหวัด (Biodiversity-Based Economy Development Office, 2017) การอบแผงไข่

ด้วยไอน้ำแบบสมุนไพร เป็นอีกวิธีการในการทำความสะอาดแผงไข่สำหรับเลี้ยงจิ้งหรีด ข้อดีคือใช้ระยะเวลาที่สั้นกว่าการตากแดด สมุนไพรต่าง ๆ จะช่วยไล่แมลงและมีกลิ่นหอม ข้อเสียต้องนำแผงไข่มาตากแดดอีกครั้ง เพื่อไล่ความชื้นจากการอบและสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงในการต้มน้ำให้เดือดจนกลายเป็นไอน้ำ (Robertson, 2013; Pitinun Farm, 2018; T-rada Farm, 2020) การอบแผงไข่สำหรับเลี้ยงจิ้งหรีดโดยใช้ลมร้อน ซึ่งอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 60-70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2-3 ชั่วโมง ข้อดีคือเมื่ออบเสร็จแล้วสามารถนำไปใช้งานได้เลยโดยไม่ต้องตากไล่ความชื้น ข้อเสียคือเปลืองพลังงานไฟฟ้า (Biodiversity-Based Economy Development Office, 2017) โดยทั่วไปการใช้ไอน้ำจะมีประสิทธิภาพการทำลายจุลินทรีย์ได้ดีกว่าความร้อนแห้ง ซึ่งประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อจะขึ้นอยู่กับเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ (Phumkhachorn et al., 2023) จากการพัฒนานวัตกรรมเครื่องฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงยูวีแบบเคลื่อนที่ของ Nunun et al. (2020) ได้ทำการออกแบบเครื่องต้นแบบโดยใช้หลอดยูวี 6 โวลต์ ขนาด 21 เซนติเมตร จำนวน 2 หลอด พบว่า สามารถใช้งานได้จริง และสามารถฆ่าเชื้อโรคได้ในทางทฤษฎี แต่ควรมีการประเมินประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อโรคในสถานการณ์จริง โดยแสงยูวีที่สังเคราะห์ได้นำมาใช้สำหรับฆ่าเชื้ออย่างแพร่หลายทั้งในโรงพยาบาล สำนักงาน เครื่องบิน และโรงงานต่าง ๆ แต่องค์กรอนามัยโลกได้แนะนำว่าแสงยูวีซีไม่เหมาะสำหรับการฆ่าเชื้อในห้องและอุปกรณ์ต่าง ๆ เท่านั้น ไม่เหมาะสำหรับการฆ่าเชื้อในคนและสัตว์เลี้ยง เพราะการสัมผัสแสงยูวีซีโดยตรงเพียงไม่กี่วินาทีจะทำให้แสบตา ผิวหนังไหม้และส่งผลต่อการเป็นโรคมะเร็งผิวหนัง (Wonpaisan, 2020; Phumkhachorn et al., 2023)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงประกอบด้วย บ่อเพาะเลี้ยง ตาข่ายพลาสติก วัสดุสำหรับหลบซ่อน (นิยมใช้แผงไข่) ภาชนะสำหรับวางไข่ รวมถึงอุปกรณ์ให้อาหารและน้ำ การรักษาความสะอาดของอุปกรณ์เพาะเลี้ยงถือเป็นปัจจัยสำคัญ เนื่องจากการปนเปื้อนของเชื้อโรค และการระบาดของศัตรูจิ้งหรีดส่งผลกระทบต่ออัตราการรอดตาย และปริมาณผลผลิต โรคที่พบได้บ่อย เช่น โรคแคระแกร็น โรคไข่น้ำ โรคติดเชื้ออิริโดไวรัส และโรคติดเชื้อในระบบทางเดินอาหาร มักมีสาเหตุมาจากความไม่สะอาดของบ่อเลี้ยงและแผงไข่ ซึ่งเป็นที่อยู่อาศัยและวัสดุหลบซ่อนของจิ้งหรีด (Soithongdee & Nilapornkul, 2019) โดยจากข้อมูลพบว่า การเพาะเลี้ยงจิ้งหรีดหนึ่งบ่อที่มีปริมาตร 2.016 ลูกบาศก์เมตร ต้องใช้แผงไข่มากถึง 410 แผง (Nakornriab, 2015) ซึ่งการทำความสะอาดแผงไข่สำหรับการเลี้ยงจิ้งหรีดยังคงใช้วิธีการแบบดั้งเดิม เช่น การตากแดด การอบด้วยไอน้ำ และการอบด้วยลมร้อน ซึ่งยังมีข้อจำกัดในเรื่องประสิทธิภาพ เวลา และค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน ส่งผลกระทบต่อศักยภาพในการผลิตและความยั่งยืนของการเลี้ยงจิ้งหรีด เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว การวิจัยในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมของตู้อบฆ่าเชื้อแบคทีเรียแผงไข่สำหรับเลี้ยงจิ้งหรีด ซึ่งเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ นอกจากจะช่วยให้เพิ่มประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อแล้ว ยังสามารถลดเวลาและพื้นที่ในการทำงานได้อีกด้วย นอกจากนี้การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์วิศวกรรมของตู้อบฆ่าเชื้อแบคทีเรียมีความสำคัญเพื่อประเมินความคุ้มค่าทางการลงทุน และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ โดยศึกษาต้นทุนการผลิต ต้นทุนการดำเนินงาน และจุดคุ้มทุน เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจนำเทคโนโลยีนี้ไปใช้ในเชิงพาณิชย์อย่างมีประสิทธิภาพ



Figure 1 Egg tray drying for cricket farming by farmers in Nakhon Ratchasima Province

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

1. การออกแบบและพัฒนาตู้อบฆ่าเชื้อแบคทีเรียผงไข่สำหรับเลี้ยงจิ้งหรีด

แนวทางการออกแบบและพัฒนาตู้อบฆ่าเชื้อแบคทีเรียผงไข่สำหรับเลี้ยงจิ้งหรีด แสดงใน Figure 2 โดยในขั้นตอนได้มุ่งเน้น การพัฒนาระบบหลักสำหรับการอบฆ่าเชื้อแบคทีเรียด้วยการผสมระหว่างลมร้อนและแสงยูวีซี เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการ ลดระยะเวลาและค่าใช้จ่าย รวมทั้งช่วยลดภาระแรงงาน ตู้อบถูกออกแบบให้มีระดับความสูงที่เหมาะสมกับการใช้งาน สะดวกสบาย พร้อมทั้งสามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย ระบบมีหลักการทำงานและส่วนประกอบที่สำคัญดังต่อไปนี้

1.1 ห้องอบ มีขนาดของโครงสร้างของตู้อบฆ่าเชื้อแบคทีเรีย กว้าง 100 เซนติเมตร ยาว 100 เซนติเมตร และสูง 180 เซนติเมตร และขนาดห้องอบ กว้าง 80 เซนติเมตร ยาว 90 เซนติเมตร และสูง 160 เซนติเมตร รวมทั้งมีประตูตู้อบ (หมายเลข 1) สำหรับเป็นช่องทางนำผงไข่เข้าและออกจากตู้อบ โดยมีการหุ้มตัวตู้อบด้วยแผ่นสังกะสีและฉนวนกันความร้อน พร้อมทั้งสามารถเคลื่อนย้ายได้ง่ายเนื่องจากมีล้อ (หมายเลข 6)

1.2 ชุดเพลทหมุนสำหรับวางผงไข่ ประกอบด้วย เพลทสำหรับวางผงไข่ (หมายเลข 4) มีแผ่นวางผงไข่เป็นเหล็กเส้น ขนาด 30 เซนติเมตร เชื่อมติดกับเพลทเป็นคู่ติดกันสี่ทิศทางแบบกากบาท โดยแต่ละทิศทางมีเหล็กเส้นอยู่ 10 คู่ สามารถวาง ผงไข่ได้ 5 แผง พูลเลย์ (หมายเลข 2) ทำหน้าที่ส่งกำลัง และมอเตอร์ (หมายเลข 3) เป็นมอเตอร์ DC 24 โวลต์ 350 วัตต์ ใช้เป็นต้นกำลังในการหมุนเพลท ซึ่งสามารถปรับความเร็วรอบได้

1.3 ชุดขดลวดความร้อนและพัดลม ประกอบด้วย ขดลวดความร้อน (หมายเลข 9) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการพลังงานไฟฟ้า เป็นพลังงานความร้อน ใช้ขดลวดความร้อน 220 โวลต์ 1,000 วัตต์ มี 2 ตัว และพัดลม (หมายเลข 8) เป็นพัดลมแกน (Axial fan) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร มี 2 ตัว ติดตั้งไว้ด้านหลังของขดลวดความร้อน เพื่อเป่ากระจายความร้อน ภายในตู้อบ

1.4 ชุดไฟยูวีซี หลอดไฟยูวีซี (หมายเลข 7) เป็นหลอดนีออน มีความยาวคลื่นประมาณ 254 นาโนเมตร ให้ความเข้มของ แสงยูวีซี 57.6 ไมโครวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร มีทั้งหมด 2 หลอด ติดตั้งไว้ด้านข้างภายในของตู้ ข้างละ 1 หลอด

1.5 ชุดควบคุมอุณหภูมิและเวลาในการอบ (หมายเลข 5) ประกอบด้วย เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ แบบ RTD (Resistance Temperature Detector) เป็นเซนเซอร์ที่มีความแม่นยำสูง ($\pm 0.1-0.5$ องศาเซลเซียส) และมีเสถียรภาพในการวัดอุณหภูมิ ต่อเนื่องในช่วงอุณหภูมิประมาณ -200 ถึง 850 องศาเซลเซียส ซึ่งครอบคลุมช่วงการทำงานของตู้อบฆ่าเชื้อแบคทีเรียทั่วไป ที่ 40-80 องศาเซลเซียส หรือสูงกว่า (Bunratchoo et al., 2021) ซึ่งเมื่ออุณหภูมิสูงถึงค่าที่ตั้งไว้ระบบจะตัดการทำงานของ ชุดขดลวดความร้อนและพัดลม และสำหรับไทม์เมอร์ ใช้แบบดิจิตอลหรือแบบแสดงผลด้วยตัวเลขและหน้าปัดเป็นแบบ LCD ซึ่งเป็นไทม์เมอร์ที่ครอบคลุมการทำงานที่หลากหลาย เพราะทำงานได้หลายโหมด หลายแบบ และยังสามารถต่อสายเกท หรือ รีเลย์เพื่อกำหนดการทำงานได้ (Kobkam, 2022)

Figure 3 แสดงตัวอย่างการต่อวงจรของตู้อบฆ่าเชื้อแบคทีเรียผงไข่สำหรับเลี้ยงจิ้งหรีด ดังนี้ เซอร์กิตเบรกเกอร์ (หมายเลข 1) สวิตช์เปิด-ปิดการทำงานของตู้อบ (หมายเลข 2) ไฟแสดงสถานะการทำงานของตู้อบ (หมายเลข 3) สวิตช์ เปิด-ปิดการทำงานของไทม์เมอร์ (หมายเลข 4) ไทม์เมอร์ (หมายเลข 5) ตัวส่งสัญญาณเตือนหมดเวลา (หมายเลข 6) สวิตช์ เปิด-ปิดการทำงานของหลอดไฟยูวีซี (หมายเลข 7) ไฟแสดงสถานะการทำงานของหลอดไฟยูวีซี (หมายเลข 8) หลอดไฟยูวีซี (หมายเลข 9) สวิตช์เปิด-ปิดการทำงานของมอเตอร์ (หมายเลข 10) ไฟแสดงสถานะการทำงานของมอเตอร์ (หมายเลข 11) อินเวอร์เตอร์ควบคุมความเร็วของมอเตอร์ (หมายเลข 12) สวิตช์ควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ (หมายเลข 13) มอเตอร์ (หมายเลข 14) เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ (หมายเลข 15) จอตั้งค่าและแสดงผลอุณหภูมิ (หมายเลข 16) ไฟแสดงสถานะการทำงานของชุดควบคุมอุณหภูมิ (หมายเลข 17) ชุดควบคุมการทำงานของขดลวดความร้อน (หมายเลข 18) ขดลวดความร้อน (หมายเลข 19) โดยพัดลมจะทำงานพร้อมกับขดลวดความร้อน



การสร้างตู้อบฆ่าเชื้อแบคทีเรียผงไข่สำหรับเลี้ยงจิ้งหรีด (Figure 4) มีส่วนประกอบหลัก คือ ห้องอบ ชุดเพลลาหมุนสำหรับวางแผงไข่ ชุดขดลวดความร้อนและพัดลม ชุดไฟยูวีซี และชุดควบคุมอุณหภูมิและเวลาในการอบ โดยด้านในของตู้อบมีขนาดห้องอบ กว้าง 80 เซนติเมตร ยาว 90 เซนติเมตร และสูง 160 เซนติเมตร มีการติดตั้งชุดเพลลาหมุนสำหรับวางแผงไข่ชุดขดลวดความร้อนและพัดลม และชุดไฟยูวีซี ดังแสดงใน Figure 4 (A) และด้านนอกของตู้อบทำการติดตั้งชุดควบคุมอุณหภูมิและเวลาในการอบ ดังแสดงใน Figure 4 (B) มีขนาดกว้าง 100 เซนติเมตร ยาว 100 เซนติเมตร และสูง

180 เซนติเมตร ก่อนอบฆ่าเชื้อแบคทีเรียให้ทำการอุ่นตู้อบก่อนอบทุกครั้ง โดยการเปิดการทำงานตู้อบ แล้วตั้งอุณหภูมิที่ต้องการอบจากจอตั้งค่าและแสดงผลอุณหภูมิ เมื่ออุณหภูมิถึงค่าที่ตั้งไว้ ระบบจะปิดการทำงานของขดลวดความร้อนและพัดลม พร้อมกับส่งสัญญาณเตือน จากนั้นเปิดตู้อบแล้วนำแผงไข่ใส่เข้าไปที่ชุดเพลลาหมุนสำหรับวางแผงไข่ เมื่อใส่ครบแล้วทำการปิดตู้อบ แล้วตั้งค่าอุณหภูมิและเวลาที่ต้องการอบ เปิดการทำงานของหลอดไฟยูวีซี พร้อมกับตั้งค่าการหมุนของชุดเพลลาหมุนสำหรับวางแผงไข่ตามต้องการ (แนะนำที่ 8 รอบต่อนาที ซึ่งเป็นความเร็วรอบที่ต่ำที่สุด) เมื่อครบเวลาที่ตั้งไว้ ระบบจะปิดการทำงานของขดลวดความร้อนและพัดลมอัตโนมัติ พร้อมกับส่งสัญญาณเตือนด้วยไฟและเสียง จากนั้นให้ทำการปิดสวิทซ์การทำงานของหลอดไฟยูวีซี และชุดเพลลาหมุนสำหรับวางแผงไข่ ก่อนเปิดตู้อบ และนำแผงไข่ไปใช้งานต่อไป



(A) Interior of the disinfection chamber

(B) Exterior of the disinfection chamber

Figure 4 Bacterial disinfection chamber for egg trays in cricket rearing

2. การทดสอบสมรรถนะการทำงานของตู้อบฆ่าเชื้อแบคทีเรียแผงไข่สำหรับเลี้ยงจิ้งหรีด

การทดสอบสมรรถนะการทำงานของตู้อบฆ่าเชื้อแบคทีเรียแผงไข่สำหรับเลี้ยงจิ้งหรีด มีรายละเอียดดังนี้

2.1 วัสดุและอุปกรณ์

- 1) ตู้อบฆ่าเชื้อแบคทีเรียแผงไข่สำหรับเลี้ยงจิ้งหรีด
- 2) แผงไข่สำหรับเลี้ยงจิ้งหรีด จากฟาร์มจิ้งหรีด ต้นไม้พอเพียงฟาร์ม อำเภอเมืองนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา

(Figure 5) ซึ่งผ่านการเลี้ยงจิ้งหรีดแล้ว 1 รุ่น



Figure 5 Egg trays for cricket rearing from Tonmai Porpiang Farm

3) เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบระบบไฟฟ้าในงานวิจัยนี้ คือ Clamp meter เป็นอุปกรณ์วัดทางไฟฟ้าที่สามารถตรวจวัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวนำได้โดยอาศัยหลักการวัดสนามแม่เหล็กโดยรอบตัวนำไฟฟ้า โดยไม่จำเป็นต้องตัดวงจรหรือหยุดการทำงานของอุปกรณ์

4) ถังมือยาง และถุงซิปล็อคสำหรับใส่ตัวอย่างแผงโซลาร์

5) ชุดทดสอบจุลชีววิทยา “Compact Dry EC” ใช้ในการตรวจวิเคราะห์การปนเปื้อนของเชื้อ *Escherichia coli* และกลุ่มแบคทีเรียโคลิฟอร์ม (Coliform) ดัง Figure 6 ซึ่งผ่านการรับรองมาตรฐานจาก AOAC (No. 110402), MicroVal (No. MV0806-004LR สำหรับ Coliform และ No. MV0806-005LR สำหรับ *E. coli*) และ NordVal (No. 036) โดยดำเนินการตามขั้นตอนที่บริษัทผู้ผลิต (B Smart Science, Thailand) กำหนด ใช้ในการตรวจวิเคราะห์การปนเปื้อนของเชื้อ *E. coli* และกลุ่มแบคทีเรียโคลิฟอร์ม (Coliform)



Figure 6 Compact Dry EC plates for *E. coli* and coliform detection

2.2 ปัจจัยในการทดสอบ

1) ตัวแปรต้น คือ อุณหภูมิที่ใช้ในการอบฆ่าเชื้อแบคทีเรีย 3 ระดับ ได้แก่ 40, 50 และ 60 องศาเซลเซียส

2) ตัวแปรควบคุม ประกอบด้วย เวลาในการอบ 5 นาที ความเข้มของแสงยูวีซี 57.6 ไมโครวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร เมื่อต้องการใช้เวลาในการฆ่าเชื้อไม่เกิน 5 นาที ได้จากการคำนวณขนาดความเข้มของรังสียูวีซีด้วยสมการของ Thaniya (2020) ความเร็วของลมร้อน 1 เมตรต่อวินาที เป็นความเร็วลมร้อนที่นิยมใช้ในการอบแห้งผลผลิตทางการเกษตร (Hany et al., 2023) ความเร็วรอบของเพลลาที่ใช้วางแผงโซลาร์ 8 รอบต่อวินาที เป็นความเร็วรอบต่ำที่สุดในการหมุนของชุดเพลลาหมุนสำหรับวางแผงโซลาร์ และจำนวนแผงโซลาร์ที่อบใช้ 20 แผง เป็นการออกแบบให้สามารถบรรจุแผงโซลาร์ได้สูงสุดตามความเหมาะสมในการใช้งาน

2.3 ค่าชี้ผล

1) ความสามารถในการทำงาน (แผงต่อชั่วโมง) คือ C เป็นอัตราส่วนของจำนวนแผงโซลาร์ที่อบ (แผง) คือ N กับเวลาที่ใช้ในการอบทั้งหมด ประกอบด้วยเวลาในการอุ่นเครื่อง และเวลาในการอบฆ่าเชื้อ (ชั่วโมง) คือ t ดังสมการ Eq.1

$$C = \frac{N}{t} \quad (\text{Eq.1})$$

2) พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (กิโลวัตต์-ชั่วโมง) คือ P เป็นผลคูณของกำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์) คือ W กับเวลาที่ใช้ในการอบทั้งหมด ประกอบด้วยเวลาในการอุ่นเครื่อง และเวลาในการอบฆ่าเชื้อ (ชั่วโมง) คือ t ดังสมการ Eq.2

$$P = Wt \quad (\text{Eq.2})$$

3) การตรวจนับปริมาณเชื้อแบคทีเรียชนิด *E. coli* และ Coliform bacteria ในตัวอย่างดำเนินการโดยใช้ชุดทดสอบ Compact Dry EC (Test Kit Microbial “Compact Dry EC” for *E. coli* and Coliform) ซึ่งรายงานผลในหน่วย Colony Forming Unit per milliliter (CFU/mL) หน่วยดังกล่าวใช้แสดงจำนวนจุลินทรีย์ที่มีชีวิตซึ่งสามารถเจริญบนผิวหน้าของอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดแข็ง และสร้างกลุ่มโคโลนี (Colony) ที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า โดยโคโลนีหนึ่งกลุ่มเกิดจากการแบ่งตัวของจุลินทรีย์ที่มีต้นกำเนิดจากเซลล์เดียว การตรวจนับใช้หลักการของ Standard plate count ซึ่งเป็นวิธีมาตรฐานสำหรับการประเมินจำนวนจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมด (Total viable count) ทั้งนี้ ค่ามาตรฐานการปนเปื้อนไม่นิยมให้เกิน 2.2 CFU/mL เพื่อคงคุณภาพและความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ (Chiappa et al., 2021)

2.4 วิธีการวิจัย

- 1) ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างแผงไข่ก่อนกระบวนการอบ เพื่อใช้ในการตรวจวิเคราะห์การปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียโดยใช้ชุดทดสอบเชื้อแบคทีเรียชนิด *E. coli* และ Coliform bacteria ด้วยวิธี Compact Dry TC Test Kit
- 2) ทำการอุ่นตู้อบฆ่าเชื้อแบคทีเรียแผงไข่สำหรับเลี้ยงจิ้งหรีดให้ได้อุณหภูมิตามแผนการทดสอบ โดยจับเวลาและบันทึกผลในการอุ่นตู้อบฆ่าเชื้อแบคทีเรียทุกครั้งก่อนอบในครั้งต่อไป
- 3) เตรียมแผงไข่สำหรับการทดสอบครั้งละ 20 แผง นำเข้าตู้อบฆ่าเชื้อแบคทีเรีย ตามที่แสดงดัง Figure 7 ปรับตั้งเวลาอบ 5 นาที เมื่อครบเวลาที่ตั้งไว้ หลอดไฟยูวีจะดับ ขดลวดความร้อนและพัดลมหยุดทำงาน พร้อมมีสัญญาณเสียงจากตู้อบแจ้งเตือนสิ้นสุดการทำงาน



Figure 7 The process to load egg trays into the disinfection chamber

- 4) ทำการทดสอบจนครบตามแผนการทดลองที่วางไว้ แล้วทำการสุ่มแผงไข่หลังอบไว้สำหรับการตรวจนับปริมาณเชื้อแบคทีเรียชนิด *E. coli* และ Coliform bacteria โดยใช้ชุดทดสอบ Compact Dry EC (Test Kit Microbial “Compact Dry EC” for *E. coli* and Coliform)
- 5) วางแผนการทดสอบแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) จำนวน 3 ซ้ำ และนำข้อมูลความสามารถในการทำงาน และพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ของตู้อบฆ่าเชื้อแบคทีเรียแผงไข่สำหรับเลี้ยงจิ้งหรีด มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance; ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละทรีทเมนต์โดยวิธี Duncan’s new Multiple Range Test (DMRT) ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมสถิติ SPSS สำเร็จรูป

3. การประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมของตู้อบฆ่าเชื้อแบคทีเรียแผงไข่สำหรับเลี้ยงจิ้งหรีด

เป็นการประเมินค่าใช้จ่ายในการใช้งานตู้อบฆ่าเชื้อแบคทีเรียแผงไข่สำหรับเลี้ยงจิ้งหรีด เพื่อใช้เป็นข้อมูลในวิเคราะห์และตัดสินใจในการลงทุน โดยใช้จุดคุ้มทุนและระยะเวลาคืนทุน ซึ่งสามารถหาค่าได้ดังนี้

3.1 ค่าใช้จ่ายคงที่ คือค่าใช้จ่ายที่ไม่แปรไปตามปริมาณการผลิต ซึ่งค่าใช้จ่ายคงที่ที่ใช้ในการวิเคราะห์ประกอบด้วย ค่าเสื่อมราคา ดังสมการ Eq. 3 และค่าดอกเบี้ย ดังสมการ Eq. 4

$$\text{ค่าเสื่อมราคา (บาทต่อปี)} = \frac{\text{ราคาแรกซื้อ} - \text{ราคาเมื่อหมดอายุ}}{\text{อายุการใช้งาน}} \quad (\text{Eq.3})$$

$$\text{ค่าดอกเบี้ย (บาทต่อปี)} = \left(\frac{\text{ราคาแรกซื้อ} + \text{ราคาเมื่อหมดอายุ}}{2} \right) \times \text{อัตราดอกเบี้ย} \quad (\text{Eq.4})$$

3.2 ค่าใช้จ่ายแปรผัน คือค่าใช้จ่ายที่แปรไปตามปริมาณการผลิต ประกอบด้วย ค่าไฟฟ้า และค่าแรงงาน

3.3 จุดคุ้มทุน เป็นจุดที่รายจ่ายและรายรับมีค่าเท่ากัน สามารถหาจากสมการ Eq. 5

$$\text{จุดคุ้มทุน (แผงต่อปี)} = \frac{\text{ค่าใช้จ่ายคงที่}}{\text{ราคาขายต่อแผง} - \text{ค่าใช้จ่ายแปรผันต่อแผง}} \quad (\text{Eq.5})$$

3.4 ระยะเวลาคืนทุน คือระยะเวลาที่นำตู้อบมาซื้อแบคทีเรียผงใช้สำหรับเลี้ยงจึงหรีดมาใช้งานแล้วเริ่มมีรายรับที่มากกว่าค่าใช้จ่ายหรือเป็นกำไร สามารถหาจากสมการ Eq. 6

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน (ปี)} = \frac{\text{ราคาตู้อบผงใช้}}{\text{กำไร}} \quad (\text{Eq.6})$$

ผลการวิจัย และการอภิปรายผล

1. ผลการทดสอบสมรรถนะการทำงานของตู้อบฆ่าเชื้อแบคทีเรียผงใช้สำหรับเลี้ยงจึงหรีด

จากการทดลองอบผงใช้สำหรับเลี้ยงจึงหรีด ที่อุณหภูมิ 40, 50 และ 60 องศาเซลเซียส พบว่า อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอุ่นตู้อบ 3.5 นาที อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอุ่นตู้อบ 5 นาที และอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอุ่นตู้อบ 7 นาที และใช้เวลาอบ 5 นาที ทุกระดับอุณหภูมิการทดลอง โดยอุณหภูมิที่แตกต่างกันมีผลต่อความสามารถในการทำงาน พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ และจำนวนเชื้อแบคทีเรีย ดังแสดงใน Table 1 ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอิทธิพลของอุณหภูมิที่มีต่อความสามารถในการทำงาน และพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ของตู้อบฆ่าเชื้อแบคทีเรียผงใช้สำหรับเลี้ยงจึงหรีด พบว่า อุณหภูมิมีผลต่อความสามารถในการทำงาน และพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อใช้อุณหภูมิในการอบเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ความสามารถในการทำงานของตู้อบฆ่าเชื้อแบคทีเรียผงใช้สำหรับเลี้ยงจึงหรีดมีแนวโน้มลดลง เนื่องด้วยเมื่ออุณหภูมิในการอบเพิ่มขึ้น ทำให้มีระยะเวลาในการอุ่นตู้อบเพิ่มขึ้นด้วย เวลาที่ใช้ในการอุ่นตู้อบนับเป็นเวลาที่ใช้ในการทำงานด้วย ดังนั้นจึงทำให้ความสามารถในการทำงานมีค่าต่างกันในแต่ละอุณหภูมิ และพบว่าจำนวนเชื้อแบคทีเรียชนิด *E. coli* และ Coliform bacteria มีค่าลดลง เมื่ออุณหภูมิในการอบเพิ่มขึ้น แต่ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยมีรายละเอียดดังนี้

อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส มีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 141 แผงต่อชั่วโมง มีค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้เฉลี่ย 0.23 กิโลวัตต์ชั่วโมง และจำนวนเชื้อแบคทีเรียชนิด *E. coli* และ Coliform bacteria มีค่าเฉลี่ย 1,600 CFU/mL และ 5,500 CFU/mL ตามลำดับ

อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 120 แผงต่อชั่วโมง มีค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้เฉลี่ย 0.32 กิโลวัตต์ชั่วโมง และจำนวนเชื้อแบคทีเรียชนิด *E. coli* และ Coliform bacteria มีค่าเฉลี่ย 500 CFU/mL และ 1,500 CFU/mL ตามลำดับ

อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 100 แผงต่อชั่วโมง มีค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้เฉลี่ย 0.45 กิโลวัตต์ชั่วโมง และไม่พบเชื้อแบคทีเรียชนิด *E. coli* และ Coliform bacteria

จากข้างต้นจะเห็นได้ว่า การอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีความสามารถในการทำงาน 100 แผงต่อชั่วโมง ซึ่งมีความใกล้เคียงกันกับการอบแห้งใช้ด้วยตู้อบไอน้ำของ T-rada Farm (2020) โดยใช้เวลาในการอบใกล้เคียงกัน คือ 5-10 นาที แต่ใช้อุณหภูมิในการอบ 100 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นการใช้อุณหภูมิในการอบที่สูงกว่าตู้อบฆ่าเชื้อแบคทีเรียแห้งใช้สำหรับเลี้ยงจิ้งหรีด และงานวิจัยการอบแห้งด้วยลมร้อนแบบพาความร้อน พบว่า อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีความเหมาะสมในการอบแห้งมากที่สุดเนื่องจากมีเวลาในการอบแห้งน้อยที่สุด (Hany et al., 2023)

สำหรับค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ของตู้อบฆ่าเชื้อแบคทีเรียแห้งใช้สำหรับเลี้ยงจิ้งหรีด พบว่า เมื่ออุณหภูมิในการอบเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้นั้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Tasao and Saikaew (2014) ได้ทำการศึกษาการใช้พลังงานในกระบวนการอบแห้งสาลีพินก้าน ซึ่งเสนอแนะมาตรการการประหยัดพลังงานสำหรับการอบแห้งไว้ว่า การลดอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งส่งผลทำให้พลังงานไฟฟ้าลดลงไปด้วย

การอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียชนิด *E. coli* และ Coliform bacteria ที่ก่อโรคที่เกิดจากการปนเปื้อนในแผงไข่ได้ โดยจำนวนเชื้อแบคทีเรียชนิด *E. coli* และ Coliform bacteria ก่อนอบมีค่ามากกว่า 30,000 CFU/mL ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Phumkhachorn et al. (2023) ซึ่งทดสอบความสามารถของตู้อบฆ่าเชื้อด้วยแสงยูวี พบว่า การอบด้วยแสงยูวีเป็นเวลา 30 วินาที สามารถยับยั้ง Coliphage ทุกความเข้มข้นที่ใช้ในการศึกษานี้ได้อย่างสมบูรณ์ และงานวิจัยเครื่องฆ่าเชื้อแบคทีเรียด้วยรังสียูวีซีที่เน้นประสิทธิภาพในการกำจัดเชื้อ แบคทีเรียและการใช้งานที่ปลอดภัยสามารถกำจัดเชื้อแบคทีเรียโคลิฟอร์มและเอสเชอริเชียโคไลได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลดจำนวนเชื้อจนไม่หลงเหลือ (0 CFU/mL) ภายในเวลา 60 นาที (Chatngoen et al., 2024)

Table 1 Effects of temperature on capacity, electric power consumption and bacterial count

Temperature (°C)	Capacity (trays/h)	Electric power consumption (Kw-h)	Bacterial count	
			<i>E. coli</i> (CFU/mL)	Coliform bacteria (CFU/mL)
40	141±4.99 ^a	0.23±0.004 ^c	1,600	5,500
50	120±6.02 ^b	0.32±0.07 ^b	500	1,500
60	100±8.40 ^c	0.45±0.12 ^a	0	0

Note: Values in each column followed by the same capital letter are not significantly different at the 95% confidence level by DMRT

2. ผลการประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมของตู้อบฆ่าเชื้อแบคทีเรียแห้งใช้สำหรับเลี้ยงจิ้งหรีด

จากผลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม โดยคิดที่ราคาตู้อบฆ่าเชื้อแบคทีเรียแห้งใช้สำหรับเลี้ยงจิ้งหรีด 65,000 บาท ได้รับการประเมินจากผู้ผลิตเครื่องจักรกลเกษตร (Table 2) อายุการใช้งาน 10 ปี โดยการประเมินอัตราดอกเบี้ยต่อปี 12 เปอร์เซ็นต์ ใช้ผู้ควบคุมเครื่อง 1 คน (ค่าแรงงาน 352 บาทต่อวัน) ความสามารถในการทำงาน 100 แผงต่อชั่วโมง อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า 0.45 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง อัตราค่าไฟฟ้าประเภทที่อยู่อาศัย เท่ากับ 4.4217 บาทต่อหน่วย และทำงานวันละ 8 ชั่วโมง ปีละ 300 วัน จะได้ค่าใช้จ่ายคงที่รวมของตู้อบฆ่าเชื้อแบคทีเรียแห้งใช้สำหรับเลี้ยงจิ้งหรีด 10,140 บาท และมีค่าใช้จ่ายแปรผันรวม 110,376 บาทต่อปี โดยกำหนดราคาขายแผงไข่ เท่ากับ 1.5 บาทต่อแผง จะได้จุดคุ้มทุนของตู้อบฆ่าเชื้อแบคทีเรียแห้งใช้สำหรับเลี้ยงจิ้งหรีด เท่ากับ 9,750 แผงต่อปี และระยะเวลาคืนทุน เท่ากับ 4.08 เดือน หรือ 122.4 วัน (ประมาณ 123 วัน) ซึ่งใช้หลักการประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมคล้ายกันกับ Kongkaew et al. (2021) ทำการประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมของเครื่องกะเทาะเปลือกถั่วลิสง โดยเมื่อใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้นกำลัง

Table 2 Fabrication cost of disinfection chamber for egg trays in cricket rearing

Item	Cost (Baht)
1. Materials	
1.1 Main frame	20,000
1.2 Other devices	15,000
2. Fabrication by skilled labor	30,000
Total	65,000

บทสรุป

การออกแบบและพัฒนาตู้อบฆ่าเชื้อแบคทีเรียแผงไข่สำหรับเลี้ยงจิ้งหรีด มีส่วนประกอบหลัก คือ ห้องอบ ชุดเพลลาหมุนสำหรับวางแผงไข่ ชุดควบคุมอุณหภูมิและพัดลม ชุดไฟยูวีซี และชุดควบคุมอุณหภูมิและเวลาในการอบ โดยใช้ไฟฟ้าเป็นหลักในการทำงานของตู้อบ เมื่อตั้งอุณหภูมิตู้อบฆ่าเชื้อแบคทีเรียแผงไข่สำหรับเลี้ยงจิ้งหรีดที่ 60 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอุ่นตู้อบ 7 นาที และอบเป็นเวลา 5 นาที มีความเหมาะสมในการทำงานของตู้อบฆ่าเชื้อแบคทีเรียแผงไข่สำหรับเลี้ยงจิ้งหรีดมากที่สุด เนื่องจากสามารถทำลายเชื้อแบคทีเรียชนิด *E. coli* และ Coliform bacteria ได้ และมีความสามารถการทำงานเฉลี่ย 100 แผงต่อชั่วโมง มีค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้เฉลี่ย 0.45 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง

การประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมของตู้อบฆ่าเชื้อแบคทีเรียแผงไข่สำหรับเลี้ยงจิ้งหรีด พบว่า เมื่อใช้ตู้อบฆ่าเชื้อแบคทีเรียแผงไข่สำหรับเลี้ยงจิ้งหรีด ราคา 65,000 บาท โดยทำงานวันละ 8 ชั่วโมง ปีละ 300 วัน จะได้ค่าใช้จ่ายคงที่รวมของตู้อบฆ่าเชื้อแบคทีเรียแผงไข่สำหรับเลี้ยงจิ้งหรีด 10,140 บาท และมีค่าใช้จ่ายแปรผันรวม 110,376 บาทต่อปี โดยกำหนดราคาขายแผงไข่ เท่ากับ 1.5 บาทต่อแผง จะได้จุดคุ้มทุนของตู้อบฆ่าเชื้อแบคทีเรียแผงไข่สำหรับเลี้ยงจิ้งหรีด เท่ากับ 9,750 แผงต่อปี และระยะเวลาคืนทุน เท่ากับ 123 วัน แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ในระดับสูง สำหรับการเลี้ยงจิ้งหรีดขนาดเล็กถึงขนาดกลาง ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่า ตู้อบฆ่าเชื้อแบคทีเรียไม่เพียงแต่ช่วยยกระดับสุขอนามัยในการนำแผงไข่มาใช้ซ้ำเท่านั้น แต่ยังให้ผลตอบแทนจากการลงทุนที่รวดเร็ว ทำให้เป็นทางเลือกที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงจิ้งหรีดอย่างยั่งยืน อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงการยอมรับได้ของเกษตรกรผู้เลี้ยงจิ้งหรีดที่มีต่อการใช้งานตู้อบฆ่าเชื้อแบคทีเรียแผงไข่สำหรับเลี้ยงจิ้งหรีด ด้วยการเปรียบเทียบกับกรอบแผงไข่สำหรับเลี้ยงจิ้งหรีดด้วยการอื่น

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยเรื่อง ตู้อบแผงไข่สำหรับเลี้ยงจิ้งหรีดด้วยรังสียูวีร่วมกับลมร้อน ตามสัญญาเลขที่ FF66-P2-012 ได้รับทุนสนับสนุนจากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม และขอขอบพระคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา ที่สนับสนุน สถานที่ และเครื่องมือทดสอบในการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Biodiversity-Based Economy Development Office. (2017). *Manual for rearing insects as food for humans and animals in standard farms* (2nd ed.). Biodiversity-Based Economy Development Office (Public Organization). (In Thai)
- Bunratchoo, S., Promthong, S., & Maseng, H. (2022). The Development of Temperature Monitoring System for Freezer. *Council of University Administrative Staff of Thailand Journal*, 11(2), 93-102. (In Thai)
- Bureau of Livestock Standards and Certification. (2017, December 4). *Good Agricultural Practices for Cricket Farms*. https://certify.dld.go.th/index.php?option=com_content&view=article&id=597:15-kar-ptibati-thangkar-kestr-thi-di-sahrab-farm-cinghrid&catid=215&Itemid=497&lang=th. (In Thai)

- Chatngoen, K., Pakdeekaew, T., Wangwun, T., Thongsom, R., Sriwirote, B., & Sripakarach P. (2024). Bacteria Sterilizer with UV-C. *Journal of Science and Technology Thonburi University*, 8(2), 47-59. (In Thai)
- Chiappa, F., Frascella, B., Vigezzi, G. P., Moro, M., Diamanti, L., Gentile, L., Lago, P., Clementi, N., Signorelli, C., Mancini, N., & Odone, A. (2021). The efficacy of ultraviolet light-emitting technology against coronaviruses: A systematic review. *Journal of Hospital Infection*, 114, 63-78.
- Hany, S. E. M., Hesham, A. F., Reham, M. K., & Alshaer, W. G. (2023). Convective hot air drying of grapes: drying kinetics, mathematical modeling, energy, thermal analysis. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 148, 6893–6908
- Henry, R.C., Engström, K., Olin, S., Alexander, Arneth, P.A., Rounsevell, & M.D.A. (2018). Food supply and bioenergy production within the global cropland planetary boundary. *PLoS One*, 13(3), 1-17.
- Khaosod online. (2020, May 21). *The department of agricultural extension announced the success of cricket processing, generating income for farmers*. https://www.khaosod.co.th/monitor-news/news_4171438#google_vignette. (In Thai)
- Kobkam, C. (2022). *UV control system working with time and motion sensors for disinfection* [Unpublished doctoral dissertation]. Naresuan University. (In Thai)
- Kongkaew, S., Thongsroy, B., & Pholpo, K. (2021). Development and efficiency assessment of groundnut sheller machine. *Thai Society of Agricultural Engineering Journal*, 27(1), 32-41. (In Thai)
- MGR online. (2021, March 27). *The first step toward making Thailand the “World Insect Hub” - pushing crickets into the 30-billion-baht market*. <https://mgronline.com/daily/detail/9640000028837>. (In Thai)
- Nakornriab, M. 2015. *Establishing a prototype standard for proper management of cricket farms according to hygiene principles to produce quality products for the Nong Makha cricket farming community enterprise* [Unpublished manuscript]. Agricultural Research Development Agency (Public Organization). (In Thai)
- National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards. (2019). *Raising standards for cricket farms to enter the United Nations European Union in 2018*. <https://e-book.acfs.go.th/backend/uploads/PDF/5b68e6a07145e7056c3d53017003f6ff.pdf>. (In Thai)
- Nunun, W., Muhammad A. S., & Detchana, A. (2020). *Community with participation in innovation development of mobile UV- Sterilizer, safe and low cost* [Unpublished manuscript]. Faculty of Humanities and Social Sciences, Thaksin University. (In Thai)
- Phesatcha, K., & Wanapat, M. (2016). Tropical legume supplementation influences microbial protein synthesis and rumen ecology. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 101(3), 552-562.
- Phumkhachorn, P., Onwong, J., Kitsawang, P., & Rattanachakunsopon, P. (2023). Antiviral efficiency of ultraviolet sterilization chamber developed by Faculty of Engineering, Ubon Ratchathani University. *Journal of Science and Technology, Ubon Ratchathani University*, 25(3), 45-52. (In Thai)
- Pitinun Farm. (2018, August 13). *Egg tray drying for insect elimination and sterilization to clean egg trays*. <https://youtu.be/jo5InViFOjo>. (In Thai)
- Robertson, G. L. (2013). *Food packaging: principles and practice*. CRC press.
- Soithongdee, N. & Nilapornkul, N. (2019). Cost and return of commercial cricket farming. *MBA-KKU Journal*, 12(1), 165-186. (In Thai)

- T-rada Farm. (2020, November 1). *Cleaning and disinfecting egg trays for insect rearing*.
<https://www.facebook.com/TradaCricketFarm/posts/155618699460553/>. (In Thai)
- Tasao, N., & Saikaew, C. (2014, March 28). Energy consumption in the drying process of cotton buds. In *Elevating the Future of Education: Integrating Innovation, Artificial Intelligence, and Human Wisdom for Sustainable Local Development* [Symposium]. the 15th Graduate Research Conferences. Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand. (In Thai)
- Thaniya, K. (2020, June 16). *Guidelines for using “UV lamps” to inactivate COVID-19*. National Institute of Metrology, Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation.
<https://www.nimt.or.th/main/?p=31767> (In Thai)
- Van Huis, A., Dicke, M. & van Loon, J. J. A. (2015). Insects to feed the world. *Journal of Insects as Food and Feed*, 1, 3-5.
- Wonpaisan, P. (2020, March 27). *Sterilization using UVC radiation*. <https://pharmacy.mahidol.ac.th/th/nowledge>. (In Thai)