

อิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาต่อการอบฆ่าเชื้อแบคทีเรียแผงไข่สำหรับเลี้ยงจิ้งหรีดด้วย
รังสีอัลตราไวโอเลตร่วมกับลมร้อน

Influence of Temperature and Time on Bacterial Disinfection of Egg Trays for
Cricket Rearing Using Ultraviolet Radiation and Hot Air

วารีย์ ศรีสอน^{1*} สาวิตรี ประภาการ¹ ขนิษฐา ชัยบรรดิษฐ์¹ พีรณัฐ อันสุรีย์¹ ทายาวีร์ หนูบุญ¹

ณัฐพงษ์ ประภาการ¹ พลเทพ เวงสูงเนิน¹ และ จิระวัทย์ โคตรศักดิ์²

Waree Srison^{1*} Sawitree Prapakarn¹ Khanittha Chaibandit¹ Peeranat Ansuree¹ Thayawee Nuboon¹

Natthapong Prapakarn¹ Phonthep Wengsungnoen¹ and Jiravan Khotsakdee²

¹คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา 30000 ประเทศไทย

²คณะนวัตกรรมและเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา 30000 ประเทศไทย

¹Faculty of Engineering and Technology, Rajamangala University of Technology Isan, Nakhon Ratchasima 30000, Thailand

²Faculty of Agricultural Innovative and Technology, Rajamangala University of Technology Isan,

Nakhon Ratchasima 30000, Thailand

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

Received: Nov 29, 2024

Revised: Jan 14, 2025

Accepted: Jan 16, 2025

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาต่อการอบฆ่าเชื้อแบคทีเรียแผงไข่ที่ใช้สำหรับเลี้ยงจิ้งหรีดด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต (ยูวี) ร่วมกับลมร้อน โดยทำการทดสอบอบแผงไข่ที่อุณหภูมิ 3 ระดับ ได้แก่ 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส ที่เวลาในการอบ 12 ระดับ ได้แก่ 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 และ 60 นาที จากการทดลอง พบว่า เมื่ออุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบแผงไข่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้ความสามารถในการทำงานของตู้อบฆ่าเชื้อด้วยยูวีและลมร้อนมีแนวโน้มลดลง ในขณะที่การใช้พลังงานไฟฟ้าของตู้อบฆ่าเชื้อด้วยยูวีและลมร้อนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมต่อการฆ่าเชื้อแบคทีเรียบนแผงไข่ คือ 60 องศาเซลเซียส และ 5 นาที ตามลำดับ ด้วยการใช้อุณหภูมิและเวลาดังกล่าว ตู้อบฆ่าเชื้อด้วยยูวีและลมร้อนสามารถฆ่า *Escherichia coli* และ coliform bacteria ที่ปนเปื้อนบนแผงไข่ได้ โดยมีความสามารถในการทำงาน 100 แผงต่อชั่วโมง และมีการใช้พลังงานไฟฟ้า 0.45 กิโลวัตต์ชั่วโมง

คำสำคัญ: จิ้งหรีด แผงไข่ รังสีอัลตราไวโอเลต ลมร้อน ตู้อบฆ่าเชื้อ

Abstract

This research aimed to study the influence of temperature and time on bacterial disinfection of egg trays for cricket rearing using ultraviolet (UV) radiation and hot air. The egg trays were subjected to bacterial disinfection at 3 different temperatures including 40, 50 and 60°C for 12 different times including 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55 and 60 min. From the experiments, it was found that when the temperature and time used for disinfection of egg trays increased, the capacity of the UV/hot air disinfection chamber tended to decrease, while the electric power consumption of the UV/hot air disinfection chamber tended to increase. The optimum temperature and time for disinfecting bacteria on egg trays is 60°C and 5 min, respectively. By using the above-mentioned temperature and time, the UV/hot air chamber could kill *Escherichia coli* and coliform bacteria contaminating the egg trays with the capacity with the capacity of 100 trays/h and the electric power consumption of 0.45 kwh.

Keywords: Cricket, Egg tray, Ultraviolet radiation, Hot air, Disinfection chamber

1. บทนำ

ประเทศไทยมีการส่งเสริมและพัฒนากลยุทธ์การเลี้ยงจิ้งหรีดเพื่อให้เป็นแหล่งสำคัญทางเศรษฐกิจ โดยรัฐบาลได้ส่งเสริมเพื่อยกระดับให้จิ้งหรีดเป็นสินค้าทางการเกษตรประเภทแมลงเศรษฐกิจ [1] จิ้งหรีดเป็นแมลงกินได้ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงซึ่งประกอบด้วย โปรตีน 12.9 กรัม ไขมัน 5.5 กรัม แคลเซียม 75.8 มิลลิกรัม และธาตุเหล็ก 9.5 มิลลิกรัม ต่อปริมาณจิ้งหรีด 100 กรัม [2] เป็นแมลงที่มีศักยภาพเพียงพอที่จะเป็นแหล่งโปรตีนชนิดใหม่สำหรับประชากรโลก [3] การเลี้ยงจิ้งหรีดเป็นการเลี้ยงในโรงเรือนโดยโรงเรือนการเลี้ยงจิ้งหรีดมีทั้งแบบเพิงหมาแหงน และแบบหน้าจั่ว เพื่อให้สามารถป้องกันแดดและฝน แต่ต้องมีความทนทาน สามารถระบายความร้อนและถ่ายเทอากาศได้ดี [4] อุปกรณ์สำหรับการเลี้ยงจิ้งหรีด ได้แก่ บ่อเพาะเลี้ยง ตาข่ายพลาสติก วัสดุหลบบ่อนิยมใช้แผงไข่ ภาชนะวางไข่ ที่ให้อาหารและน้ำ การทำความสะอาดอุปกรณ์ในการเลี้ยงจิ้งหรีดถือเป็นสิ่งสำคัญ เนื่องจากเชื้อโรคและศัตรูของจิ้งหรีดมีผลต่อปริมาณการอยู่รอดและปริมาณผลผลิตจิ้งหรีดเป็นอย่างมาก โดยโรคต่าง ๆ เช่น โรคแคระแกร็น โรคเน่าของไข่ โรคติดต่ออิริโดไวรัส (Iridovirus infection) โรคติดเชื้อของระบบทางเดินอาหาร ล้วนมีสาเหตุมาจากความไม่สะอาดของอุปกรณ์ที่ใช้ในการเลี้ยงทั้งสิ้น [5] โดยเฉพาะบ่อเลี้ยง และแผงไข่ซึ่งเป็นที่อยู่และวัสดุหลบบ่อนของจิ้งหรีด ซึ่งการเลี้ยงจิ้งหรีด 1 บ่อ ที่มีขนาด 2.016 ลูกบาศก์เมตร ใช้แผงไข่ 410 แผง [6]

การเตรียมการก่อนการเลี้ยงจิ้งหรีดควรทำความสะอาดบ่อเพาะเลี้ยงและแผงไข่ที่เป็นที่อยู่และหลบบ่อนของจิ้งหรีดทุกครั้ง โดยแผงไข่ต้องอยู่ในสภาพดี ไม่เปื่อยขึ้นเนื่องจากอาจเกิดจุลินทรีย์ที่ก่อโรคได้ ถ้าใช้แผงไข่ใหม่สามารถนำมาใช้เลี้ยงได้ทันที แต่ควรระวังอย่าให้แมลงหรือศัตรูอื่นติดมากับแผงไข่ สำหรับแผงไข่ที่ผ่านการใช้งานมาแล้วให้ทำความสะอาด เคาะแผงไข่เพื่อขจัดมูลและเศษอาหาร แล้วทำความสะอาดฆ่าเชื้อโรคที่ติดมากับแผงไข่ โดยตากแดด 1-2 วัน [7] จะเห็นได้ว่าใช้ระยะเวลานาน สภาพอากาศในแต่ละวันอาจจะไม่เอื้ออำนวย สิ้นเปลืองพื้นที่ในการตาก และเสี่ยงต่อการติดเชื้อโรคอื่น ๆ ดังแสดงใน Figure 1 และการอบด้วยความร้อนซึ่งอบในตู้อบความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 60-70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2-3 ชั่วโมง [8] จะเห็นได้ว่าใช้ระยะเวลานาน และการกระจายความร้อนอาจไม่ทั่วถึงแผงไข่ เพราะการวางแผงไข่ที่ซ้อนทับกัน ดังแสดงใน Figure 2 นอกจากนี้ยังมีการอบด้วยไอน้ำซึ่งสามารถอบได้ครั้งละ 100-130 แผง ไข่

เวลาในการอบ 5-10 นาที และมีอุณหภูมิในการอบสูงถึง 100 องศาเซลเซียส [9] ซึ่งจะเห็นได้ว่าใช้อุณหภูมิค่อนข้างสูง และหลังจากอบต้องนำแผงไข่มาตากแดดเพื่อไล่ความชื้นออกจากแผงไข่ ดังแสดงใน Figure 3 การใช้ความร้อนเป็นการฆ่าเชื้อเป็นกระบวนการสำคัญที่ช่วยลดการปนเปื้อนของวัสดุประเภทต่าง ๆ ซึ่งใช้ไอน้ำและความร้อนแห้งที่ปราศจากโมเลกุลน้ำในขณะไอน้ำอยู่ในสภาวะแก๊ส โดยทั่วไปการใช้ไอน้ำจะมีประสิทธิภาพการทำลายจุลินทรีย์ได้ดีกว่าความร้อนแห้ง ซึ่งประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อจะขึ้นอยู่กับเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ [10]



Figure 1 Disinfection of egg trays by air-drying [7]



Figure 2 Disinfection of egg trays with hot air [8]



Figure 3 Disinfection of egg trays by steaming [9]

รังสีอัลตราไวโอเลต (Ultraviolet radiation) หรือ รังสียูวี (UV) คือ รังสีหรือแสงที่เปล่งออกมาจากดวงอาทิตย์สู่โลกโดยธรรมชาติ โดยมีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 100 ถึง 400 นาโนเมตร และสามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภทตามความยาวคลื่น ได้แก่ รังสียูวีเอ (UVA) รังสียูวีบี (UVB) และ รังสียูวีซี (UVC) [11] รังสี UV ของดวงอาทิตย์ที่ส่องถึงโลกประกอบด้วย รังสียูวีเอ 90%-95% และรังสียูวีบี 5%-10% เป็นหลัก โดยรังสียูวีซีจะถูกดูดซับโดยชั้นโอโซน [12] รังสียูวีซีที่มีความยาวคลื่นระหว่าง 100 ถึง 280 นาโนเมตร คือ แสงยูวีที่ไม่สามารถทะลุผ่านชั้นบรรยากาศของโลกได้ เนื่องจากรังสียูวีซีมีพลังงานสูงเมื่อเทียบกับยูวีอีกสองประเภท จึงสามารถฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ได้หลายชนิด ดังนั้นรังสียูวีซีจึงมักถูกเรียกว่ายูวีฆ่าเชื้อโรค [13] รังสียูวีซีมีความสามารถในการทำลายเชื้อโรคหรือเรียกว่า Ultraviolet germicidal irradiation ซึ่งทำลายเชื้อโรคไม่ว่าจะเป็นแบคทีเรีย ไวรัส ราเส้นใย ยีสต์ เป็นต้น โดยจะทำลายโครงสร้างกรดนิวคลีอิก ซึ่งเป็นองค์ประกอบของดีเอ็นเอ และอาร์เอ็นเอของเชื้อโรคที่มีความยาวคลื่น 260-265 นาโนเมตร ซึ่งเป็นความยาวคลื่นที่ดีเอ็นเอดูดซับได้ดีที่สุดในธรรมชาติจะไม่พบรังสียูวีซี เนื่องจากรังสีชนิดนี้ไม่สามารถผ่านชั้นโอโซนมายังผิวโลกได้ การใช้รังสีชนิดนี้เพื่อทำลายเชื้อจึงต้องใช้แหล่งกำเนิดรังสี ได้แก่ UVC-LEDs หลอดปรอท เป็นต้น ประสิทธิภาพของรังสียูวีซีในการทำลายเชื้อขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่ได้รับความเข้ม และความยาวคลื่นของรังสี [14], [15]

ในปี 2564 ได้มีการพัฒนานวัตกรรมเครื่องฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงยูวีแบบเคลื่อนที่ ที่ปลอดภัยและต้นทุนต่ำ โดยการมีส่วนร่วมของชุมชน ซึ่งพัฒนาจากเครื่องฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงยูวีแบบเดิม มีความปลอดภัยสูง แต่เป็นแบบตั้งอยู่กับที่และมีราคาแพง ทำการออกแบบเครื่องต้นแบบโดยใช้หลอดยูวี 6 วัตต์ ขนาด 21 เซนติเมตร จำนวน 2 หลอด ใช้ไมโครสวิตช์ (Microswitch) ตัดวงจรในการทำงานของหลอดยูวีเมื่อเปิดกล่อง เครื่องฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงยูวีแบบเคลื่อนที่ต้นแบบสามารถใช้งานได้จริง และสามารถฆ่าเชื้อโรคได้ในทางทฤษฎีสามารถพกพาเคลื่อนย้ายได้สะดวก ใช้ต้นทุนน้อย แต่ควรมีการประเมินประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อโรคในสถานการณ์จริง [16]

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่าการเลี้ยงจิ้งหรีดจะต้องมีการจัดการโรงเรือนและอุปกรณ์ที่ใช้ในการเลี้ยงให้มีความสะอาด โดยเฉพาะการทำความสะอาดแผงโซลาร์ที่ใช้สำหรับเป็นที่อยู่และที่หลบซ่อนของจิ้งหรีดที่มีจำนวนค่อนข้างเยอะ

จะเห็นได้ว่าปัจจุบันมีวิธีการทำความสะอาดแผงโซลาร์ด้วยความร้อนไม่ว่าจะเป็นตากแดด การอบด้วยไอน้ำ และการอบด้วยลมร้อน ซึ่งแต่ละวิธีการมีปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการอบแผงโซลาร์คืออุณหภูมิและเวลาในการอบ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาต่อการอบฆ่าเชื้อแบคทีเรียแผงโซลาร์สำหรับเลี้ยงจิ้งหรีดด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตร่วมกับลมร้อน เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาและออกแบบตู้อบลมร้อนให้มีประสิทธิภาพในการอบแผงโซลาร์สำหรับเลี้ยงจิ้งหรีดเพิ่มขึ้น และอาจเป็นการช่วยเกษตรกรผู้เลี้ยงจิ้งหรีดในการแก้ไขปัญหาการทำความสะอาดแผงโซลาร์ปลอดภัยทั้งกับจิ้งหรีดและผู้บริโภคได้

2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

2.1. วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัยอิทธิพลอุณหภูมิและเวลาต่อการอบฆ่าเชื้อแบคทีเรียแผงโซลาร์สำหรับเลี้ยงจิ้งหรีดด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตร่วมกับลมร้อน มีดังนี้

1) ตู้อบแผงโซลาร์สำหรับเลี้ยงจิ้งหรีดด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตร่วมกับลมร้อน ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิและเวลาในการอบได้ โครงสร้างของเครื่องมีขนาดความกว้าง 100 เซนติเมตร ยาว 100 เซนติเมตร และสูง 180 เซนติเมตร ประกอบด้วย ขดลวดความร้อน พัดลม หลอดไฟยูวีซี เพลาหมุนสำหรับวางแผงโซลาร์ บรรจุแผงโซลาร์ 20 แผงต่อหนึ่งครั้งของการอบ สามารถเคลื่อนย้ายได้ ดังแสดงใน Figure 4

2) แผงโซลาร์สำหรับเลี้ยงจิ้งหรีด จากฟาร์มจิ้งหรีด ต้นไม้พอเพียงฟาร์ม อำเภอเมืองนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งผ่านการเลี้ยงจิ้งหรีดแล้ว 1 รุ่น ดังแสดงใน Figure 5

3) เครื่องมือที่ใช้สำหรับตรวจสอบระบบไฟฟ้า วัดกระแสไฟขณะทำงานด้วย Clamp meter เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับวัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านสายไฟและสามารถวัดค่าอื่น ๆ ได้โดยไม่ต้องหยุดการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า

4) ถุงมือยางสำหรับขนย้ายแผงโซลาร์หลังอบ

5) ถุงซิปล็อคสำหรับใส่ตัวอย่างแผงโซลาร์ไปทดสอบหาเชื้อแบคทีเรีย

6) ชุดทดสอบสำหรับการตรวจหา *E. coli* and coliform (Test Kit Microbial "Compact Dry EC" for *E. coli* and Coliform) (Figure 6) ซึ่งได้รับการรับรองมาตรฐานจาก AOAC (No. 110402), MicroVal (No. MV0806-004LR (Coliform) และ No. MV0806-005LR (*E. coli*) และ NordVal (No. 036) ขั้นตอนการใช้งานเป็นไปตามที่บริษัท

ผู้ผลิตกำหนด (B Smart Science, Thailand) แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม (coliform) เป็นแบคทีเรียที่มักพบในลำไส้ของสัตว์เลือดอุ่น เช่น แบคทีเรียที่อยู่ในสกุล (Genus) *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Hafnia*, *Klebsiella* และ *Serratia* นิยมใช้เป็นดัชนีบ่งชี้ถึงสุขอนามัยของอาหาร และน้ำ การพบโคลิฟอร์มแบคทีเรียในอาหารและน้ำ บ่งชี้ถึงความปลอดภัย และไม่ถูกสุขลักษณะ อาจมีการปนเปื้อนของอุจจาระของคน หรือ สัตว์เลือดอุ่น [17]



Figure 4 UV/hot air disinfection chamber for bacterial disinfection of egg trays



Figure 5 Egg trays



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

2.2. ปัจจัยในการทดสอบ

ปัจจัยที่ใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพอุณหภูมิและเวลาต่อการอบฆ่าเชื้อแบคทีเรียแขวนแขวนสำหรับเลี้ยงจึงหัดด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตร่วมกับลมร้อน มีดังนี้

1) ตัวแปรต้น ได้แก่

- อุณหภูมิที่ใช้ในการอบ มี 3 ระดับ คือ 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส
- เวลาที่ใช้ในการอบ มี 12 ระดับ คือ 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 และ 60 นาที

2) ตัวแปรควบคุม ได้แก่

- จำนวนแผงไข่ที่อบใช้ 20 แผง
- ความสว่างของแสงยูวี 57.6 ไมโครวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร

- ความเร็วลมของพัดลม 1 เมตรต่อวินาที

- ความเร็วรอบของเพลลาที่ใช้วางแผงไข่ 8 รอบต่อนาที

3) ค่าชี้ผล ได้แก่

- ความสามารถในการทำงานของตู้อบฆ่าเชื้อด้วยยูวีและลมร้อน (Capacity of UV/hot air disinfection chamber)

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

โดยที่

C = ความสามารถในการทำงาน (แผงต่อชั่วโมง)

N = จำนวนแผงไข่ที่อบ (แผง)

t = เวลาที่ใช้ในการอบทั้งหมด ซึ่งประกอบด้วยเวลาในการอุ่นเครื่อง และเวลาในการอบฆ่าเชื้อ (ชั่วโมง)

- พลังงานไฟฟ้าที่ใช้โดยตู้อบฆ่าเชื้อด้วยยูวีและลมร้อน (Electric power consumption by UV/hot air disinfection chamber)

$$P = Wt \quad (2)$$

โดยที่

P = พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)

W = กำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์)

t = เวลาที่ใช้ในการอบทั้งหมด ซึ่งประกอบด้วยเวลาในการอุ่นเครื่อง และเวลาในการอบฆ่าเชื้อ (ชั่วโมง)

- จำนวนเชื้อแบคทีเรีย

จำนวนเชื้อแบคทีเรียได้จากการตรวจหา *E. coli* และโคลิฟอร์มด้วยชุดทดสอบสำหรับการตรวจหา *E. coli* and

coliform (Test Kit Microbial “Compact Dry EC” for *E. coli* and Coliform) รายงานในหน่วย Colony forming unit per mL (CFU/mL)

2.3. ขั้นตอนการทดสอบ

ขั้นตอนการทดสอบอิทธิพลอุณหภูมิและเวลาต่อการอบฆ่าเชื้อแบคทีเรียแฉ่งไข่สำหรับเลี้ยงจิ้งหรีดด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตร่วมกับลมร้อน มีรายละเอียดดังนี้

1) ทำการสุ่มแฉ่งไข่ก่อนอบไว้สำหรับการทดสอบหาเชื้อแบคทีเรียโดยใช้ชุดตรวจหา *E. coli* and coliform (Test Kit Microbial “Compact Dry EC”

2) ทำการอุ่นตู้อบฆ่าเชื้อด้วยยูวีและลมร้อนให้ได้อุณหภูมิตามแผนการทดสอบ โดยเริ่มจากอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ซึ่งถ้าหากอุณหภูมิในตู้อบสูงกว่า 40 องศาเซลเซียส ขดลวดความร้อนจะหยุดการทำงาน แต่ถ้าหากอุณหภูมิในตู้อบฆ่าเชื้อด้วยยูวีและลมร้อนต่ำกว่า 40 องศาเซลเซียส ขดลวดความร้อนจะเริ่มการทำงานอีกครั้ง

3) เตรียมแฉ่งไข่สำหรับการทดสอบอบครั้งละ 20 แฉ่ง นำเข้าตู้อบฆ่าเชื้อด้วยยูวีและลมร้อนดังแสดงใน Figure 7 และทำการปรับตั้งค่าเวลาในการอบตามแผนการทดสอบ โดยเริ่มจากเวลา 5 นาที ซึ่งเมื่อครบเวลาการอบที่ตั้งไว้หลอดไฟยูวีจะดับ ขดลวดความร้อนและพัดลมจะหยุดการทำงาน และมีเสียงจากตู้อบฆ่าเชื้อด้วยยูวีและลมร้อนเตือน แล้วทำการเปลี่ยนเวลาในการอบเป็น 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 และ 60 นาที ตามลำดับ

4) ทำการสุ่มแฉ่งไข่หลังอบไว้สำหรับการทดสอบหาเชื้อแบคทีเรียโดยใช้ชุดตรวจหา *E. coli* and coliform (Test Kit Microbial “Compact Dry EC”

5) เตรียมแฉ่งไข่สำหรับการทดสอบอบตามข้อ 3) (ในหัวข้อ 2.3.) แล้วทำการเปลี่ยนเวลาในการอบเป็น 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 และ 60 นาที ตามลำดับ และทำการสุ่มแฉ่งไข่หลังอบไว้สำหรับการทดสอบหาเชื้อแบคทีเรียตามข้อ 4) (ในหัวข้อ 2.3.)

6) ทำการอุ่นตู้อบฆ่าเชื้อด้วยยูวีและลมร้อนให้ได้อุณหภูมิตามแผนการทดสอบ โดยเปลี่ยนอุณหภูมิเป็น 50 และ 60 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และทำการทดสอบเช่นเดียวกับข้อ 3), 4) และ 5) (ในหัวข้อ 2.3.)

7) วางแผนการทดสอบแบบ Factorial analysis in CRD จำนวน 3 ซ้ำ และทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน

(ANOVA) โดยใช้การวิเคราะห์ผลเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทางสถิติแบบ Duncan’s multiple range test (DMRT)



Figure 7 Loading egg trays in the UV/hot air disinfection chamber

3. ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

3.1. ความสามารถในการทำงานของตู้อบฆ่าเชื้อด้วยยูวีและลมร้อน

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของอิทธิพลอุณหภูมิและเวลาต่อความสามารถในการทำงานของการอบฆ่าเชื้อแบคทีเรียแฉ่งไข่สำหรับเลี้ยงจิ้งหรีดด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตร่วมกับลมร้อน แสดงดัง Table 1 พบว่า อุณหภูมิ เวลา และปฏิสัมพันธ์ระหว่างของอุณหภูมิและเวลา มีผลกระทบต่อความสามารถในการทำงานของตู้อบฆ่าเชื้อสำหรับเลี้ยงจิ้งหรีดด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตร่วมกับลมร้อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

อิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาที่มีต่อความสามารถในการทำงานของตู้อบฆ่าเชื้อสำหรับเลี้ยงจิ้งหรีดด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตร่วมกับลมร้อน (Table 2) โดยที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอุ่นตู้อบฆ่าเชื้อด้วยยูวีและลมร้อน 3.5 นาที อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอุ่นตู้อบฆ่าเชื้อด้วยยูวีและลมร้อน 5 นาที และอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอุ่นตู้อบฆ่าเชื้อด้วยยูวีและลมร้อน 7 นาที จะเห็นว่าความสามารถในการทำงานของตู้อบฆ่าเชื้อสำหรับเลี้ยงจิ้งหรีดด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตร่วมกับลมร้อน เมื่อใช้อุณหภูมิ 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส ที่เวลาในการอบ 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 และ 60 นาที มีค่าอยู่ที่

18-141 แผงต่อชั่วโมง และเมื่อนำข้อมูลมาสร้างความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการทำงานและเวลาที่ใช้ในการอบของตู้อบแห้งไผ่สำหรับเลี้ยงจิ้งหรีดด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตร่วมกับลมร้อน (Figure 8) พบว่า เมื่อใช้เวลาและอุณหภูมิในการอบเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ความสามารถในการทำงานของตู้อบแห้งไผ่สำหรับเลี้ยงจิ้งหรีดด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตร่วมกับลมร้อนมีแนวโน้มลดลง โดยเมื่อใช้เวลาในการอบที่ 5 นาที ที่อุณหภูมิในการอบ 40 องศาเซลเซียส มีผลทำให้ความสามารถในการทำงานมีค่ามากที่สุด 141 แผงต่อชั่วโมง รองลงมา

ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีความสามารถในการทำงาน 120 แผงต่อชั่วโมง และที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีความสามารถในการทำงาน 100 แผงต่อชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งความสามารถในการทำงานของตู้อบแห้งไผ่สำหรับเลี้ยงจิ้งหรีดด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตร่วมกับลมร้อน มีความใกล้เคียงกันกับการอบแห้งไผ่ด้วยตู้อบไอน้ำของ ชีรดา พารมโดยใช้เวลาในการอบใกล้เคียงกัน คือ 5-10 นาที [16] แต่ใช้อุณหภูมิในการอบ 60 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นการใช้อุณหภูมิในการอบที่ต่ำกว่าตู้อบไอน้ำ

Table 1 Analysis of variance for temperature and time on the capacity of UV/hot air disinfection chamber

Source of variance	df	Sum of Squares	Mean Square	F	P-value
temperature (T)	2	1095.29	547.64	110.37	0.00*
time (t)	11	91547.80	8322.52	1677.26	0.00*
T x t	22	2199.74	99.98	20.15	0.00*
Error	72	357.26	4.96		
Total	107	300287.45			

df = degree of freedom; * = Significant ($p < 0.05$)

Table 2 The capacity of UV/hot air disinfection chamber at different temperatures and times

Time (min)	Temperature		
	40°C	50°C	60°C
5	141±4.99 ^{aA}	120±6.02 ^{aB}	100±8.40 ^{aC}
10	89±1.98 ^{bA}	80±2.67 ^{bB}	71±4.17 ^{bC}
15	65±1.05 ^{cA}	60±1.50 ^{cB}	55±2.49 ^{cC}
20	51±0.65 ^{dA}	48±0.96 ^{dB}	44±1.65 ^{dC}
25	42±0.44 ^{eA}	40±0.67 ^{eB}	38±1.17 ^{eC}
30	36±0.32 ^{fA}	34±0.49 ^{fB}	32±0.88 ^{fC}
35	31±0.24 ^{gA}	30±0.37 ^{gAB}	29±0.68 ^{gB}
40	28±0.19 ^{hA}	27±0.30 ^{hAB}	26±0.54 ^{hB}
45	25±0.15 ^{iA}	24±0.24 ^{iAB}	23±0.44 ^{iB}
50	22±0.13 ^{jA}	22±0.20 ^{jA}	21±0.37 ^{jA}
55	21±0.11 ^{jkA}	20±0.17 ^{jkA}	19±0.31 ^{jkA}
60	19±0.90 ^{kA}	18±0.14 ^{kA}	18±0.27 ^{kA}

Data are reported as mean ± standard deviation (n=3).

Values in a column followed by different uppercase superscript letters are significantly different at $p < 0.05$ according to DMRT.

Values in a row followed by different lowercase superscript letters are significantly different at $p < 0.05$ according to DMRT.

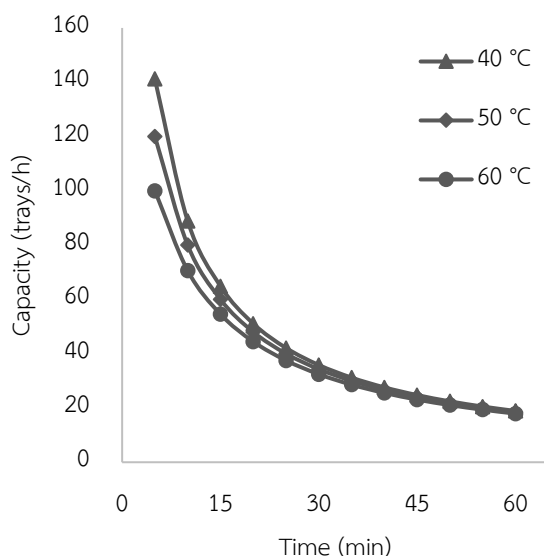


Figure 8 Effect of temperature and time on the capacity of UV/hot air disinfection chamber

เมื่อใช้เวลาในการอบ 10 นาที และอุณหภูมิในการอบที่ 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส มีความสามารถในการทำงาน 89 80 และ 81 แผงต่อชั่วโมง ตามลำดับ ที่เวลาในการอบ 15 นาที และอุณหภูมิในการอบที่ 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส มีความสามารถในการทำงาน 65 60 และ 55 แผงต่อชั่วโมง ตามลำดับ ที่เวลาในการอบ 20 นาที และอุณหภูมิในการอบที่ 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส มีความสามารถในการทำงาน 51 และ 44 แผงต่อชั่วโมง ตามลำดับ ที่เวลาในการอบ 25 นาที และอุณหภูมิในการอบที่ 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส มีความสามารถในการทำงาน 42 40 และ 38 แผงต่อชั่วโมง ตามลำดับ ที่เวลาในการอบ 30 นาที และอุณหภูมิในการอบที่ 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส มีความสามารถในการทำงาน 36 34 และ 32 แผงต่อชั่วโมง

ตามลำดับ ที่เวลาในการอบ 35 นาที และอุณหภูมิในการอบที่ 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส มีความสามารถในการทำงาน 31 30 และ 29 แผงต่อชั่วโมง ตามลำดับ ที่เวลาในการอบ 40 นาที และอุณหภูมิในการอบที่ 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส มีความสามารถในการทำงาน 28 27 และ 26 แผงต่อชั่วโมง ตามลำดับ ที่เวลาในการอบ 45 นาที และอุณหภูมิในการอบที่ 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส มีความสามารถในการทำงาน 25 24 และ 23 แผงต่อชั่วโมง ตามลำดับ ที่เวลาในการอบ 50 นาที และอุณหภูมิในการอบที่ 40 องศาเซลเซียส และ 50 องศาเซลเซียส มีความสามารถในการทำงาน 22 แผงต่อชั่วโมง ที่อุณหภูมิใน 60 องศาเซลเซียส 21 แผงต่อชั่วโมง ตามลำดับ ที่เวลาในการอบ 55 นาที และอุณหภูมิในการอบที่ 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส มีความสามารถในการทำงาน 21 20 และ 19 แผงต่อชั่วโมง ตามลำดับ ที่เวลาในการอบ 60 นาที และอุณหภูมิในการอบที่ 40 องศาเซลเซียส มีความสามารถในการทำงาน 19 แผงต่อชั่วโมง ที่อุณหภูมิในการอบที่ 50 องศาเซลเซียส และ 60 องศาเซลเซียส 18 แผงต่อชั่วโมง ตามลำดับ

3.2. พลังงานไฟฟ้าที่ใช้โดยตู้อบฆ่าเชื้อด้วยยูวีและลมร้อน

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของอุณหภูมิและเวลาที่มีต่อพลังงานไฟฟ้าของตู้อบฆ่าเชื้อสำหรับเลี้ยงจิ้งหรีดด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตร่วมกับลมร้อน แสดงดัง Table 3 พบว่า อุณหภูมิ และเวลา มีผลกระทบต่อพลังงานไฟฟ้าของตู้อบฆ่าเชื้อสำหรับเลี้ยงจิ้งหรีดด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตร่วมกับลมร้อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ปฏิสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลา ไม่มีผลกระทบต่อพลังงานไฟฟ้าของตู้อบฆ่าเชื้อสำหรับเลี้ยงจิ้งหรีดด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตร่วมกับลมร้อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Table 3 Analysis of variance for temperature and time on the electric power consumption of UV/hot air disinfection chamber

Source of variance	df	Sum of Squares	Mean Square	F	P-value
temperature (T)	2	1.99	0.99	56.83	0.00*
time (t)	11	4.33	0.39	22.50	0.00*
T x t	22	0.22	0.01	0.57	0.93 ^{NS}
Error	72	1.26	0.02		
Total	107	42.32			

df = degree of freedom; * = Significant ($p < 0.05$); ^{NS} = Non-Significant ($p > 0.05$)

อิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาที่มีต่อพลังงานไฟฟ้าของตู้อบแห้งสำหรับเลี้ยงจิ้งหรีดด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตร่วมกับลมร้อน แสดงดัง Table 4 โดยที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอุ่นตู้อบฆ่าเชื้อด้วยยูวีและลมร้อน 3.5 นาที อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอุ่นตู้อบฆ่าเชื้อด้วยยูวีและลมร้อน 5 นาที และอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอุ่นตู้อบฆ่าเชื้อด้วยยูวีและลมร้อน 7 นาที จะเห็นว่าพลังงานไฟฟ้าของตู้อบแห้งสำหรับเลี้ยงจิ้งหรีดด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตร่วมกับลมร้อน เมื่อใช้อุณหภูมิ 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส ที่เวลาในการอบ 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 และ 60 นาที มีค่าอยู่ที่ 0.23-1.03 กิโลวัตต์ ชั่วโมง และเมื่อนำข้อมูลมาสร้างความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานไฟฟ้าและเวลาที่ใช้ในการอบของตู้อบแห้งสำหรับเลี้ยงจิ้งหรีดด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตร่วมกับลมร้อน ใช้อุณหภูมิในการอบที่ 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส (Figure 9) พบว่าเมื่อใช้อุณหภูมิและเวลาในการอบเพิ่มขึ้นทำให้พลังงานไฟฟ้ามีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นด้วย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Tasao and Saikaew [18] ที่ได้ทำการศึกษาการใช้พลังงานในกระบวนการอบแห้งสาหร่ายก้าน ซึ่งเสนอแนะมาตรการการประหยัดพลังงานสำหรับการอบแห้งไว้ว่า การลดอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งส่งผลทำให้พลังงานไฟฟ้าลดลงไปด้วย โดยเมื่อพิจารณาที่เวลาในการอบ 5 นาที และอุณหภูมิในการอบที่ 60 องศาเซลเซียส มีค่าพลังงานไฟฟ้าสูงที่สุด 0.45 กิโลวัตต์ ชั่วโมง รองลงมาคือที่อุณหภูมิในการอบที่ 50 องศาเซลเซียส 0.32 กิโลวัตต์ ชั่วโมง และ 40 องศาเซลเซียส 0.23 กิโลวัตต์ ชั่วโมง ตามลำดับ

เมื่อใช้เวลาในการอบ 10 นาที และอุณหภูมิในการอบที่ 60 50 และ 40 องศาเซลเซียส มีค่าพลังงานไฟฟ้า 0.46 0.34 และ 0.24 กิโลวัตต์ ชั่วโมง ตามลำดับ ที่เวลาในการอบ 15 นาที และอุณหภูมิในการอบที่ 60 50 และ 40 องศาเซลเซียส มีค่าพลังงานไฟฟ้า 0.48 0.35 และ 0.26 กิโลวัตต์ ชั่วโมง ตามลำดับ ที่เวลาในการอบ 20 นาที และอุณหภูมิในการอบที่ 60 50 และ 40 องศาเซลเซียส มีค่าพลังงานไฟฟ้า 0.49 0.36 และ 0.27 กิโลวัตต์ ชั่วโมง ตามลำดับ ที่เวลาในการอบ 25 นาที และอุณหภูมิในการอบที่ 60 50 และ 40 องศาเซลเซียส มีค่าพลังงานไฟฟ้า 0.50 0.36 และ 0.28 กิโลวัตต์ ชั่วโมง ตามลำดับ ที่เวลาในการอบ 30 นาที และอุณหภูมิในการอบที่ 60 50 และ 40 องศาเซลเซียส มีค่าพลังงานไฟฟ้า 0.52 0.39 และ 0.29 กิโลวัตต์ ชั่วโมง ตามลำดับ ที่เวลาในการอบ 35 นาที และอุณหภูมิในการอบที่ 60 50 และ 40 องศา

เซลเซียส มีค่าพลังงานไฟฟ้า 0.97 0.71 และ 0.52 กิโลวัตต์ ชั่วโมง ตามลำดับ ที่เวลาในการอบ 40 นาที และอุณหภูมิในการอบที่ 60 50 และ 40 องศาเซลเซียส มีค่าพลังงานไฟฟ้า 0.98 0.72 และ 0.54 กิโลวัตต์ ชั่วโมง ตามลำดับ ที่เวลาในการอบ 45 นาที และอุณหภูมิในการอบที่ 60 50 และ 40 องศาเซลเซียส มีค่าพลังงานไฟฟ้า 0.99 0.74 และ 0.55 กิโลวัตต์ ชั่วโมง ตามลำดับ ที่เวลาในการอบ 50 นาที และอุณหภูมิในการอบที่ 60 50 และ 40 องศาเซลเซียส มีค่าพลังงานไฟฟ้า 1.00 0.75 และ 0.56 กิโลวัตต์ ชั่วโมง ตามลำดับ ที่เวลาในการอบ 55 นาที และอุณหภูมิในการอบที่ 60 50 และ 40 องศาเซลเซียส มีค่าพลังงานไฟฟ้า 1.02 0.76 และ 0.58 กิโลวัตต์ ชั่วโมง ตามลำดับ ที่เวลาในการอบ 60 นาที และอุณหภูมิในการอบที่ 60 50 และ 40 องศาเซลเซียส มีค่าพลังงานไฟฟ้า 1.03 0.77 และ 0.59 กิโลวัตต์ ชั่วโมง ตามลำดับ

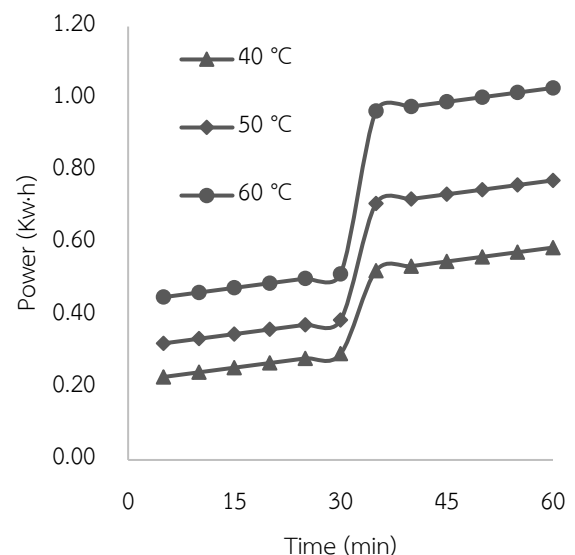


Figure 9 Effect of temperature and time on power the electric power consumption of UV/hot air disinfection chamber

3.3. จำนวนเชื้อแบคทีเรีย

การตรวจหา *E. coli* และ coliform ในการศึกษานี้ ใช้ชุดทดสอบสำหรับการตรวจหา *E. coli* and coliform (Test Kit Microbial "Compact Dry EC" for *E. coli* and Coliform) Compact Dry EC เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปที่เป็นทั้ง Selective medium และ Differential medium โดยในอาหารเลี้ยงเชื่อนี้มี Bile salts ที่ช่วยยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียแกรมบวก นอกจากนี้ยังมี X-Gluc และ Magenta-GAL

เมื่อ X-Gluc ทำปฏิกิริยากับเอนไซม์ β -glucuronidase จะทำให้โคโลนี (Colony) ของ *E. coli* มีสีน้ำเงิน และเมื่อ Magenta-GAL ทำปฏิกิริยากับเอนไซม์ β -galactosidase จะทำให้โคโลนีของ coliform มีสีม่วงแดง ส่วนแบคทีเรียแกรมลบชนิดอื่นจะเป็นโคโลนีที่ไม่มีสี

อิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาที่มีต่อจำนวนเชื้อแบคทีเรียแฝงในผักสำหรับเลี้ยงจิ้งหรีด แสดงดัง Table 5 และ Table 6 พบว่าแฝงไขก่อนการอบมีจำนวนแบคทีเรีย *E. coli* และ coliform สูงถึง 300×10^2 CFU/mL เมื่อนำผักไปอบที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที และที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที สามารถทำลายเชื้อแบคทีเรีย *E. coli* และ coliform ที่ก่อโรคที่เกิดจากการปนเปื้อนในผักได้ ซึ่งถ้าหากคำนึงถึงปริมาณผักที่ที่จะต้องอบฆ่าเชื้อการอบที่ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที จะช่วยในการลดเวลาในการทำงานได้ถึง 70% แต่อย่างไรก็ตามถ้าไม่คำนึงถึงปริมาณผักที่จะอบก็สามารถใช้การอบที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20

นาทีได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Phumkhachorn et al. ซึ่งทดสอบความสามารถของตู้ฆ่าเชื้อด้วยแสงยูวี พบว่าการอบด้วยแสงยูวี 5 นาที สามารถยับยั้ง *E. coli*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus* และ ESBL *E. coli* ได้อย่างสมบูรณ์ [19] นอกจากนี้การอบด้วยแสงยูวี 30 วินาที ยังสามารถยับยั้ง coliphage ได้อย่างสมบูรณ์ [20]

การใช้ตู้อบฆ่าเชื้อผักสำหรับเลี้ยงจิ้งหรีดด้วยรังสีอัลตราไวโอเล็ตร่วมกับลมร้อน อาจเป็นแนวทางที่ช่วยให้ประหยัดเวลาในการอบฆ่าเชื้อมากกว่าการอบโดยใช้ความร้อนเพียงอย่างเดียว ซึ่งการอบโดยใช้ตู้อบความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 60-70 องศาเซลเซียส จะใช้เวลา 2-3 ชั่วโมง [8] แต่งานวิจัยนี้ยังไม่มีการศึกษาเพื่อหาจำนวนแบคทีเรียในผักสำหรับเลี้ยงจิ้งหรีดที่อบโดยใช้ความร้อนเพียงอย่างเดียว เพื่อความชัดเจนของข้อมูลที่จะยืนยันว่ารังสีอัลตราไวโอเล็ตมีผลต่อการฆ่าเชื้อแบคทีเรียในผัก จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการใช้หรือไม่ใช้รังสีอัลตราไวโอเล็ตร่วมกับลมร้อนที่มีผลต่อการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย ในโอกาสต่อไป

Table 4 The electric power consumption of UV/hot air disinfection chamber at different temperatures and times

Time (min)	Temperature		
	40°C	50°C	60°C
5	0.23±0.004 ^{aA}	0.32±0.07 ^{aB}	0.45±0.12 ^{aC}
10	0.24±0.005 ^{aA}	0.34±0.07 ^{aB}	0.46±0.12 ^{aC}
15	0.26±0.006 ^{aA}	0.35±0.07 ^{aB}	0.48±0.12 ^{aC}
20	0.27±0.006 ^{aA}	0.36±0.07 ^{aB}	0.49±0.12 ^{aC}
25	0.28±0.007 ^{aA}	0.37±0.07 ^{aB}	0.50±0.13 ^{aC}
30	0.29±0.008 ^{aA}	0.39±0.07 ^{aB}	0.52±0.13 ^{aC}
35	0.52±0.011 ^{bA}	0.71±0.14 ^{bB}	0.97±0.25 ^{bC}
40	0.54±0.012 ^{bA}	0.72±0.15 ^{bB}	0.98±0.25 ^{bC}
45	0.55±0.013 ^{bA}	0.74±0.15 ^{bB}	0.99±0.25 ^{bC}
50	0.56±0.014 ^{bA}	0.75±0.15 ^{bB}	1.00±0.25 ^{bC}
55	0.58±0.014 ^{bA}	0.76±0.15 ^{bB}	1.02±0.25 ^{bC}
60	0.59±0.015 ^{bA}	0.77±0.15 ^{bB}	1.03±0.25 ^{bC}

Data are reported as mean $\pm$ standard deviation (n=3).

Values in a column followed by different uppercase superscript letters are significantly different at $p < 0.05$ according to DMRT.

Values in a row followed by different lowercase superscript letters are significantly different at $p < 0.05$ according to DMRT.

Table 5 Number of *E. coli* ($\times 10^2$ CFU/mL) detected on egg trays before and after disinfection in UV/hot air disinfection chamber at different temperatures and times

Time (min)	Temperature		
	40°C	50°C	60°C
0 (Before disinfection)	300		
5	55	15	Not detected
10	10	10	Not detected
15	3	5	Not detected
20	Not detected	Not detected	Not detected
25	Not detected	Not detected	Not detected
30	Not detected	Not detected	Not detected
35	Not detected	Not detected	Not detected
40	Not detected	Not detected	Not detected
45	Not detected	Not detected	Not detected
50	Not detected	Not detected	Not detected
55	Not detected	Not detected	Not detected
60	Not detected	Not detected	Not detected

Table 6 Number of coliform ($\times 10^2$ CFU/mL) detected on egg trays before and after disinfection in UV/hot air disinfection chamber at different temperatures and times

Time (min)	Temperature		
	40°C	50°C	60°C
0 (Before disinfection)	300		
5	16	5	Not detected
10	6	3	Not detected
15	Not detected	Not detected	Not detected
20	Not detected	Not detected	Not detected
25	Not detected	Not detected	Not detected
30	Not detected	Not detected	Not detected
35	Not detected	Not detected	Not detected
40	Not detected	Not detected	Not detected
45	Not detected	Not detected	Not detected
50	Not detected	Not detected	Not detected
55	Not detected	Not detected	Not detected
60	Not detected	Not detected	Not detected

4. บทสรุป

การทดสอบสมรรถนะตู้อบแห้งไข่สำหรับเลี้ยงจิ้งหรีดด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตร่วมกับลมร้อน เมื่อทำการทดสอบอบแห้งไข่ที่อุณหภูมิ 3 ระดับ ได้แก่ 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส ที่เวลาในการอบ 12 ระดับ ได้แก่ 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 และ 60 นาที พบว่า เมื่ออุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบแห้งไข่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้ความสามารถในการทำงานมีแนวโน้มลดลง โดยเมื่อพิจารณาเวลาที่ใช้ในการอบ 5 นาที อุณหภูมิในการอบ 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส มีความสามารถในการทำงาน 141 120 และ 100 แผงต่อชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งหากไม่คิดถึงช่วงเวลาอุ่นตู้อบฆ่าเชื้อด้วยยูวีและลมร้อน จะเห็นว่าเมื่อใช้อุณหภูมิในการอบฆ่าเชื้อที่เวลาเดียวกันจะไม่ส่งผลต่อความสามารถในการทำงานของฆ่าเชื้อด้วยยูวีและลมร้อน และเมื่ออุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบแห้งไข่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้การใช้พลังงานไฟฟ้าของตู้อบแห้งไข่สำหรับเลี้ยงจิ้งหรีดด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตร่วมกับลมร้อนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยเมื่อพิจารณาเวลาที่ใช้ในการอบ 5 นาที อุณหภูมิในการอบ 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส มีการใช้พลังงานไฟฟ้า 0.23 0.32 และ 0.45 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมงตามลำดับ โดยการอบแห้งไข่ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และเวลาในการอบ 5 นาที มีความเหมาะสมมากที่สุดสำหรับการทำงานของตู้อบแห้งไข่สำหรับเลี้ยงจิ้งหรีดด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตร่วมกับลมร้อน ซึ่งสามารถทำลายเชื้อแบคทีเรีย *E. coli* และ coliform ที่ก่อโรคที่เกิดจากการปนเปื้อนในแผงไข่ได้ และมีความสามารถในการทำงาน 100 แผงต่อชั่วโมง

5. กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยเรื่อง ตู้อบแห้งไข่สำหรับเลี้ยงจิ้งหรีดด้วยรังสียูวีร่วมกับลมร้อน ตามสัญญาเลขที่ FF66-P2-012 ได้รับการสนับสนุนจากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม และขอขอบพระคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี นครราชสีมา ที่สนับสนุน สถานที่ และเครื่องมือทดสอบในการทำวิจัยในครั้งนี้

6. References

[1] Grisanaputi, W. and Srila, S. 2020. Supply chain of commercial cricket farms in Khon Kaen province. *Humanities & Social Sciences*. 37(2): 97-119. (in Thai)

[2] Jamjanya, T. 2012. Sustainability of edible insect business. *Khon Kaen Agriculture Journal*. 40(3): 203-206. (in Thai)

[3] Van Huis, A., Dicke, M. and van Loon, J.J. 2015. Insects to feed the world. *Journal of Insects as Food and Feed*. 1(1): 3-5.

[4] Srisat, A., and Wanapho, T. 2004. *Cricket Farming to Make Millions*. Bangkok: Naka Intermedia Co., Ltd. (in Thai)

[5] Soithongdee, N. and Nilapornkul, N. 2019. Cost and return of commercial cricket farming. *MBA-KKU Journal*. 12(1): 165-186. (in Thai)

[6] Nakornriab, M. 2015. *Creating the Standard of Prototype House Cricket (Acheta domestica) Farm Management to be Sanitary to Obtain Quality Products of House Cricket (Acheta domesticus)'s Products of Small and Micro Community Enterprise (SMCE), "Maka"*. Research Project Report, Mahasarakham University. (in Thai)

[7] Baan Phor Ta cricket farm. 2022. *Drying Egg Trays Drying for Cricket Rearing*. https://www.facebook.com/photo?fbid=1754926171328204&set=a.1421052778048880&locale=th_TH. Accessed 2 May 2022. (in Thai)

[8] Biodiversity-Based Economy Development Office. 2017. *A Guide to the Cultivation of Insects for Human and Animal Food in Standard Farms*. Bangkok: Biodiversity-Based Economy Development Office (Public Organization). (in Thai)

[9] T-rada Farm. 2022. *Cleaning and Disinfecting Egg Trays for Insect Rearing*. <https://www.facebook.com/TradaCricketFarm/posts/155618699460553/>. Accessed 2 May 2022. (in Thai)

[10] Robertson, G.L. 2012. *Food Packaging: Principles and Practice, 3rd Edition*. Boca Raton: CRC press.

[11] Dale Wilson, B., Moon, S. and Armstrong, F. 2012. Comprehensive review of ultraviolet radiation and the current status on sunscreens. *Journal of Clinical and Aesthetic Dermatology*. 5(9): 18-23.

- [12] Amaro-Ortiz, A., Yan, B. and D'Orazio, J.A. 2014. Ultraviolet radiation, aging and the skin: Prevention of damage by topical cAMP manipulation. **Molecules**. 19(5): 6202-6219.
- [13] Duan, S.M. and et al. 2003. Stability of SARS coronavirus in human specimens and environment and its sensitivity to heating and UV irradiation. **Biomedical and Environmental Sciences**. 16(3): 246-255.
- [14] Vatansever, F. and et al. 2013. Can biowarfare agents be defeated with light? **Virulence**. 4(8): 796-825.
- [15] Nunun, W., Suema, M.A. and Detchana A. 2021. Innovative development of a mobile UV sterilizer by community participation at safe and low-cost. In: **Proceedings of the 20th National Community Social Development: University Engagement**, 30 July-1 August 2021. Songkhla, Thailand. (*in Thai*)
- [16] Musgrove, M.T. and et al. 2008. Enterobacteriaceae and related organisms isolated from shell eggs collected during commercial processing. **Poultry Science**. 87(6): 1211-1218.
- [17] Chiappa, F. and et al. 2021. The efficacy of ultraviolet light-emitting technology against coronaviruses: A systematic review. **Journal of Hospital Infection**. 114: 63-78.
- [18] Tasao, N. and Saikaew, C. 2014. Energy consumption in the drying process of cotton buds. In: **Proceedings of the 15th Graduate Research Conferences**, 28 March 2014. Khon Kaen, Thailand. (*in Thai*)
- [19] Phumkhachorn, P. and et al. 2022. Development of UV chamber for antibacterial activity by the Faculty of Engineering, Ubon Ratchathani University. **Royal Thai Naval Academy Journal of Science and Technology**. 5(1): 61-71. (*in Thai*)
- [20] Phumkhachorn, P. and et al. 2020. Antiviral efficiency of ultraviolet sterilization chamber developed by Faculty of Engineering, Ubon Ratchathani University. **Journal of Science and Technology, Ubon Ratchathani University**. 22(3): 45-52. (*in Thai*)