

Received: May 16, 2024

Revised: Dec 23, 2024

Accepted: Dec 26, 2024

## เครื่องฆ่าเชื้อแบคทีเรียด้วยรังสียูวีซี BACTERIA STERILIZER WITH UV-C

กิตติภณ ฉัตรเงิน ธนบัตร ภัคดีแก้ว ธนากร แวงวรรณ รจนา ทองสม  
บัญชา ศรีวิโรจน์ ปณิต ศรีภักดิ์\*

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยธนบุรี

Kittipon Chatngoen, Thanabat Pakdeekaew, Thanakorn Wangwun, Rochana Thongsom,

Bancha Sriwirote, and Panot Sripakarach

Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Thonburi University

E-mail: mintandmos60@gmail.com

### บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบและพัฒนาเครื่องฆ่าเชื้อแบคทีเรียด้วยรังสียูวีซีที่เน้นประสิทธิภาพในการกำจัดเชื้อแบคทีเรียและการใช้งานที่ปลอดภัย โดยใช้แนวคิดการผสานเทคโนโลยีไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3 กับระบบควบคุมที่ออกแบบมาให้เหมาะสมทั้งในรูปแบบการทำงานอัตโนมัติและควบคุมด้วยมือ เครื่องฆ่าเชื้อดังกล่าวใช้หลอดรังสียูวีซีขนาด 6 วัตต์ จำนวน 4 หลอด พร้อมกลไกความปลอดภัยที่จำกัดสวิตช์ช่วยป้องกันการสัมผัสรังสีโดยไม่ได้ตั้งใจ ผลการทดลองยืนยันว่าเครื่องสามารถกำจัดเชื้อแบคทีเรียโคลิฟอร์มและเอสเชอริเชียโคไลได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลดจำนวนเชื้อจนไม่หลงเหลือ (0 CFU/ml) ภายในเวลา 60 นาที โดยความเข้มรังสียูวีซีเฉลี่ยอยู่ที่ 3,466.16  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  การพัฒนานี้มุ่งเน้นไปที่การเพิ่มประสิทธิภาพของการฆ่าเชื้อในหลากหลายประเภทของวัสดุ พร้อมทั้งลดความซับซ้อนในการใช้งาน และสร้างมาตรฐานใหม่ในเครื่องฆ่าเชื้อยูวีซีที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานทั่วไปและในชุมชน

**คำสำคัญ:** หลอดรังสียูวีซี แบคทีเรียโคลิฟอร์ม แบคทีเรียเอสเชอริเชียโคไล บอร์ดอาดูโน่ ระบบควบคุมอัตโนมัติ

### Abstract

This article presents the design and development of a UV-C germicidal device emphasizing efficiency in bacterial elimination and operational safety. The proposed system integrates Arduino Uno R3 microcontroller technology with dual operating modes: manual and automatic. The device features four 6W UV-C lamps and a safety mechanism utilizing limit switches to prevent unintended exposure to UV radiation. Experimental results demonstrate the device's ability to effectively eliminate coliform bacteria and Escherichia coli, reducing bacterial counts to 0 CFU/ml within 60 minutes. The average UV-C intensity was measured at 3,466.16  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ . This innovation focuses on enhancing sterilization performance across various material types, simplifying usability, and establishing new standards for UV-C sterilization devices suitable for general and community use.

**Keywords:** UV-C lamps, coliform bacteria, escherichia coli, arduino board, automatic control system

### บทนำ

การใช้อุปกรณ์เครื่องใช้และภาชนะที่สะอาดและปลอดภัยเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อสุขภาพและคุณภาพชีวิตของมนุษย์ในปัจจุบัน ความสะอาดของอุปกรณ์เหล่านี้ไม่เพียงแต่ลดความเสี่ยงในการเกิดโรคที่เกิดจากเชื้อจุลินทรีย์ แต่ยังส่งเสริมความมั่นใจในการใช้งานในชีวิตประจำวัน อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม เช่น มลพิษทางน้ำและอากาศ อันเนื่องมาจากภาคอุตสาหกรรมและการดำรงชีวิตในสังคมเมือง กลับเพิ่มความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียที่อาจเป็นอันตราย เช่น เชื้อแบคทีเรียโคลิฟอร์ม (Coliform) และเอสเชอริเชียโคไล (Escherichia coli, E. coli)

เชื้อแบคทีเรียโคลิฟอร์มมักถูกใช้เป็นตัวบ่งชี้ถึงความไม่สะอาดหรือมลพิษในสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะในน้ำดื่มและอาหาร การพบเชื้อดังกล่าวอาจสะท้อนถึงการปนเปื้อนที่เกิดจากกระบวนการผลิตหรือการจัดเก็บที่ไม่ได้มาตรฐาน (กรมอนามัย, 2562) ในขณะที่เชื้อเอสเชอริเชียโคไล (E. coli) แม้ว่าสายพันธุ์ส่วนใหญ่จะไม่ก่อให้เกิดโรค แต่บางสายพันธุ์อาจนำไปสู่โรคติดเชื้อร้ายแรง เช่น การติดเชื้อในระบบทางเดินอาหารจากการบริโภคอาหารหรือเครื่องดื่มที่ปนเปื้อน (ไอยฤทธิ์ ไทยพิสุทธิกุล, 2562)

ด้วยความตระหนักถึงปัญหานี้ นักวิจัยได้พัฒนาอุปกรณ์ฆ่าเชื้อแบคทีเรียที่มีต้นทุนต่ำและใช้งานง่าย ในปี 2563 มีการออกแบบเครื่องฆ่าเชื้อแบบเคลื่อนที่ซึ่งใช้หลอดยูวีซีขนาด 6W จำนวน 2 หลอด โดยมีต้นทุนการผลิตที่เหมาะสมและได้รับความร่วมมือจากชุมชนในทุกขั้นตอนการพัฒนา (วรพล หนูขุน และคณะ, 2563) ต่อมาในปี 2564 ได้มีการพัฒนาต้นแบบเครื่องฆ่าเชื้อแบคทีเรียและไวรัสด้วยลำแสงยูวีซีขนาดเล็กที่เพิ่มจำนวนหลอดยูวีซีเป็น 4 หลอด เพื่อให้มีประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อสูงขึ้น โดยเครื่องต้นแบบนี้สามารถฉายรังสียูวีซีที่มีความเข้มเฉลี่ย 0.211-0.984 มิลลิวัตต์/ตารางเซนติเมตร และฆ่าเชื้อได้ภายใน 30 นาที (พจนศิริรินทร์ ลิมนันทน์ และคณะ, 2564)

รังสียูวีซี (UV-C) ซึ่งมีความยาวคลื่น 200-280 นาโนเมตร ได้รับความยอมรับในวงการวิทยาศาสตร์ว่าเป็นเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพในการทำลาย DNA ของแบคทีเรียและไวรัส ทำให้เชื้อไม่สามารถเจริญเติบโตและแพร่พันธุ์ได้ การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีนี้ในการพัฒนาอุปกรณ์ฆ่าเชื้อจึงตอบโจทยทั้งในด้านความสะอาดและความปลอดภัย นอกจากนี้ การผสมผสานเทคโนโลยีไมโครคอนโทรลเลอร์ เช่น Arduino Uno R3 ช่วยเพิ่มความสามารถในการควบคุมระบบการทำงานของเครื่อง ทั้งในรูปแบบ Manual และ Automatic ทำให้ผู้ใช้สามารถปรับแต่งการใช้งานได้ตามความต้องการ

บทความนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาเครื่องฆ่าเชื้อแบคทีเรียด้วยรังสียูวีซีที่ใช้หลอดยูวีซีขนาด 6W จำนวน 4 หลอด พร้อมระบบควบคุมที่ใช้งานได้ทั้ง Manual และ Automatic ระบบนี้ไม่เพียงช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อ แต่ยังลดความเสี่ยงในการสัมผัสรังสีด้วยการติดตั้งลิ้มิตสวิตช์เพื่อความปลอดภัย การออกแบบดังกล่าวยังช่วยเพิ่มความสะดวกในการใช้งานสำหรับผู้ทั่วไปและส่งเสริมการนำไปประยุกต์ใช้ในชุมชนได้อย่างเหมาะสม

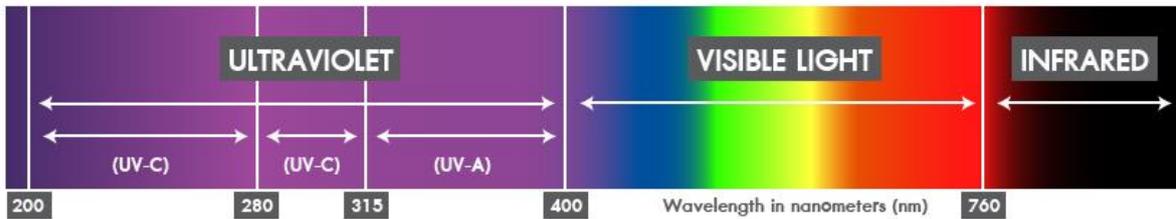
### รังสีอัลตราไวโอเล็ต

รังสีอัลตราไวโอเล็ต (Ultraviolet Radiation: UV) เป็นส่วนหนึ่งของสเปกตรัมของรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นอยู่ระหว่างรังสีที่มองเห็นได้ (visible light) และรังสีเอกซ์ (X-ray) ซึ่งมีพลังงานสูงกว่า รังสี UV ถูกค้นพบครั้งแรกในปี ค.ศ. 1801 โดย Johann Wilhelm Ritter จากการศึกษาปรากฏการณ์ที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าซึ่งเกิดขึ้นนอกเหนือจากแสงสีม่วงในสเปกตรัมแสงที่มองเห็นได้ รังสี UV มีความสำคัญทั้งในธรรมชาติและการประยุกต์ใช้ทางวิทยาศาสตร์ โดยแบ่งออกเป็น 3 ชนิดหลักตามช่วงความยาวคลื่นและพลังงาน ดังนี้ (จุฑาทิพย์ ศรีวงศ์ษา, 2560)

1) UV-A (Longwave UV): มีความยาวคลื่นประมาณ 320-400 นาโนเมตร เป็นรังสีที่มีความเข้มข้นต่ำสุดเมื่อเทียบกับ UV-B และ UV-C แต่สามารถทะลุผ่านชั้นบรรยากาศโลกได้ถึง 95% รังสี UV-A มีผลโดยตรงต่อการทำลายคอลลาเจนในผิวหนัง อาจทำให้เกิดริ้วรอย จุดด่างดำ และผลเสียสะสมจากแสงแดดในระยะยาว การใช้งาน UV-A มักเกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมความงาม เช่น เครื่องอบเล็บเจลและเตียงอาบแดด (Tanning Beds)

2) UV-B (Mediumwave UV): มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 280-320 นาโนเมตร และมีพลังงานสูงกว่า UV-A แต่ต่ำกว่า UV-C รังสีชนิดนี้เป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดอาการผิวหนังไหม้ (sunburn) และช่วยกระตุ้นการสังเคราะห์วิตามินดีในร่างกาย อย่างไรก็ตาม การได้รับรังสี UV-B ในปริมาณมากเกินไปอาจเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งผิวหนังและปัญหาผิวหนังในระยะยาว การใช้งาน UV-B พบได้ในงานบำบัดโรคผิวหนัง เช่น โรคสะเก็ดเงิน (Psoriasis) และในอุตสาหกรรมการผลิตหลอดไฟ UV-B ที่ใช้กระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช

3) UV-C (Shortwave UV): มีความยาวคลื่นประมาณ 100-280 นาโนเมตร และเป็นรังสีที่มีพลังงานสูงสุดในกลุ่มรังสี UV UV-C มีความสามารถในการทำลาย DNA และ RNA ของเซลล์ชีวภาพ เช่น เชื้อแบคทีเรียและไวรัส ทำให้ไม่สามารถแบ่งตัวหรือแพร่พันธุ์ได้ การใช้งาน UV-C มีหลากหลาย เช่น การฆ่าเชื้อในโรงงานผลิตอาหาร การทำความสะอาดอุปกรณ์ทางการแพทย์ การฆ่าเชื้อในระบบน้ำและอากาศ เช่น เครื่องฟอกอากาศและเครื่องกรองน้ำ และการใช้ในอุปกรณ์ฆ่าเชื้อโรคพกพาที่เหมาะสมสำหรับครัวเรือน การประยุกต์ใช้ UV-C จึงเป็นส่วนสำคัญในอุตสาหกรรมที่ต้องการความสะอาดและปลอดภัยในระดับสูง



ภาพที่ 1 รังสีอัลตราไวโอเล็ต (แสงซัยมิเตอร์, 2567)

### ขั้นตอนการดำเนินงานออกแบบและคำนวณสร้างเครื่องฆ่าเชื้อด้วยรังสียูวีซี

1 การดำเนินการในการออกแบบและคำนวณสร้างเครื่องฆ่าเชื้อด้วยรังสียูวีซีนั้น จำเป็นต้องพิจารณาและเลือกใช้หลอดรังสี UV-C ให้เหมาะสมกับขนาดของตู้ติดตั้งและประเภทของชิ้นงานที่จะนำไปในตู้ฆ่าเชื้อ รวมถึงพิจารณาระยะเวลาการฆ่าเชื้อ เพื่อให้การฆ่าเชื้อมีประสิทธิภาพในการปฏิบัติจริง โดยเฉพาะการกำจัดเชื้อแบคทีเรียโคลิฟอร์ม (Coliform) และเชื้อเอสเชอริเชียโคไล (Escherichia coli, E. coli) ซึ่งมีความยาวคลื่นของรังสี UV-C ที่เหมาะสมอยู่ที่ช่วง 200-313 นาโนเมตร โดยช่วงนี้ได้รับการพิสูจน์แล้วว่ามีความมีประสิทธิภาพสูงในการทำลาย DNA ของแบคทีเรีย และสามารถฆ่าเชื้อได้สูงถึง 99.99% (จุฬาทิพย์ ศรีวงศ์ษา, 2560)

การพิจารณาในการออกแบบยังครอบคลุมถึงระยะทางจากหลอด UV-C ถึงจุดเป้าหมาย (DDD) และค่าความถี่ (fff) ของรังสี UV-C ที่เหมาะสมสำหรับการใช้งาน โดยความถี่ของรังสี UV-C ถูกคำนวณจากสมการที่ 3

ซึ่งความถี่ที่เหมาะสมมาจากความยาวคลื่นในช่วง 254 นาโนเมตร ซึ่งเป็นค่าที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในงานฆ่าเชื้อแบคทีเรีย ผลการคำนวณความถี่อยู่ที่  $1.18 \times 10^{15}$  Hz ทำให้รังสีในช่วงนี้สามารถดูดซับได้ดีที่สุดโดย DNA ของเชื้อแบคทีเรียส่งผลให้เชื้อไม่สามารถแบ่งตัวหรือเพิ่มจำนวนได้

ระยะ D ที่ใช้ในการออกแบบระบบนี้ ถูกกำหนดให้เหมาะสมกับขนาดของตู้อุปกรณ์ ซึ่งเป็นระยะที่ทำให้ความเข้มรังสี UV-C (E) สูงพอที่จะฆ่าเชื้อได้สำเร็จ โดยค่า D ได้ถูกออกแบบให้อยู่ในช่วงที่รังสีสามารถกระจายได้ทั่วถึงบนพื้นที่เป้าหมายทุกชั้น โดยพิจารณาจากสมการที่ 1 และถูกออกแบบให้เหมาะสมกับขนาดตู้และวัตถุประสงค์การใช้งาน เพื่อให้มั่นใจว่าความเข้มของรังสี UV-C ที่เป้าหมายมีค่าเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า  $3,466.16 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  ซึ่งเป็นค่าที่สูงจนแล้วว่ามีประสิทธิภาพเพียงพอในการฆ่าเชื้อภายในระยะเวลา 60 นาที

ดังนั้น การออกแบบและคำนวณสร้างเครื่องฆ่าเชื้อด้วยรังสียูวีซี สามารถใช้สูตรสมการในคำนวณหาขนาดของอุปกรณ์ต่างๆ และตัวแปรที่สำคัญ ดังนี้

- 1) คำนวณหาขนาดพิกัดของหลอดรังสียูวีซี ( $P_{UVC}$  : (W)) ดังสมการที่ 1 (ฐานิยา คัมภีรานนท์, 2563)

$$P_{UVC} = \frac{2ELD\pi^2}{2\alpha + \sin 2\alpha} \quad (1)$$

โดยที่ E คือ ขนาดความเข้มของรังสียูวีซี ( $\text{W}/\text{m}^2$ )

L คือ ขนาดความยาวของหลอดรังสียูวีซี (m)

D คือ ระยะห่างระหว่างจุดกึ่งกลางหลอดถึงจุดเป้าหมายที่ต้องการ (m)

$\alpha$  คือ มุมระหว่างจุดเป้าหมายถึงปลายหลอดรังสียูวีซี (องศา)

- 2) คำนวณหาระยะเวลาในการฉายรังสียูวีซี ( $t_{exp}$  : (s)) ที่รับรังสียูวีซีในระยะใช้งานที่ต้องการ สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 2 (แสงซัยมิเตอร์, 2567)

$$t_{\text{exp}} = \frac{H_{e,UVC} X}{E_{e,UVC} X} \quad (2)$$

โดยที่  $H_{e,UVC} X$  คือ ปริมาณรังสียูวีซีที่ต้องการใช้งาน ( $\text{J}/\text{m}^2$ )

$E_{e,UVC} X$  คือ ความรับรังสียูวีซีที่ระยะใช้งาน ( $\text{W}/\text{m}^2$ )

3) คำนวณหาความถี่ของความยาวคลื่น ( $f$ : (Hz)) สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 3 (แสงชัยมิเตอร์, 2567)

$$f = \frac{C}{\lambda} \quad (3)$$

โดยที่  $C$  คือ ความเร็วแสงในสุญญากาศ มีค่าเท่ากับ  $299,792,458$  (m/s)

$\lambda$  คือ ความยาวคลื่น (m)

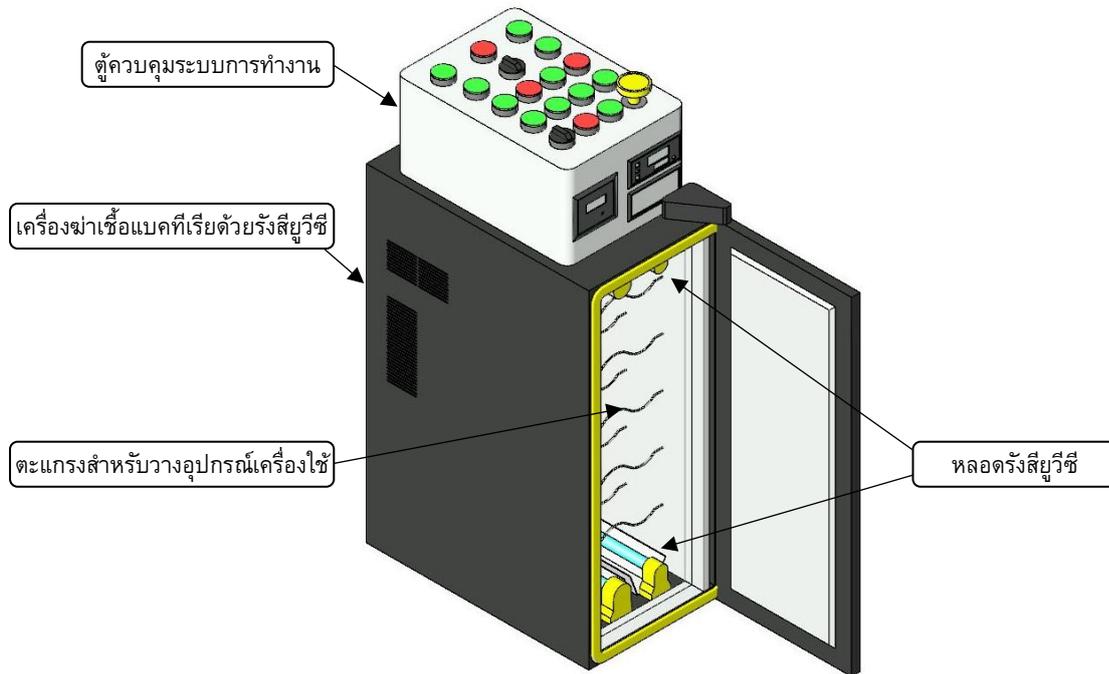
4) คำนวณหาพลังงานของโฟตอน ( $E$ : (J)) สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 4 (แสงชัยมิเตอร์, 2567)

$$E = H \frac{C}{\lambda} \quad (4)$$

โดยที่  $H$  คือ ค่าคงที่พลังค์ (Planck's constant) มีค่าประมาณ  $6.626 \times 10^{-34}$  (J.s)

#### การออกแบบโครงสร้างเครื่องฆ่าเชื้อแบคทีเรียด้วยรังสียูวีซี

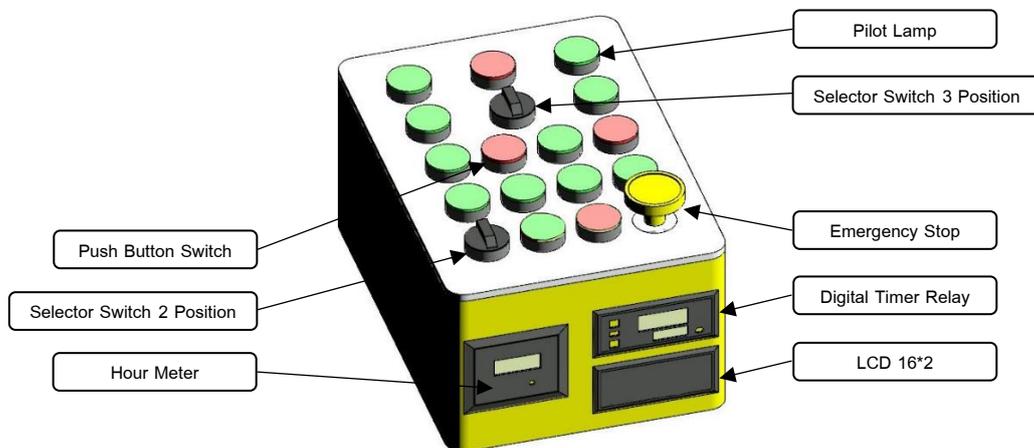
การออกแบบโครงสร้างเครื่องฆ่าเชื้อแบคทีเรียด้วยรังสียูวีซีเป็นการประยุกต์ใช้งานตู้แช่ไวน์ ขนาดภายในตู้กว้าง 185 มม. สูง 535 มม. ลึก 300 มม. ให้สามารถติดตั้งหลอดรังสียูวีซีขนาด 6 W จำนวน 4 หลอดได้ โดยภายในตู้ด้านบนติดตั้งจำนวน 2 หลอด และด้านล่างของตู้ติดตั้งจำนวน 2 หลอด เพื่อให้สามารถกำจัดเชื้อแบคทีเรียบริเวณด้านบนและด้านล่างของอุปกรณ์เครื่องใช้ได้อย่างทั่วถึง มีการปิดแผ่นพอลิเอทิลีนในตู้เพื่อไม่ให้อากาศออกมากกระทบต่อผู้ใช้ รวมถึงมีการใช้งานลิ้มิตสวิทช์เพื่อเป็นตัวตัดการทำงานของระบบในกรณีที่มีการเปิดประตู ทั้งนี้มีการออกแบบการติดตั้งตู้ควบคุมระบบการทำงานของเครื่องฆ่าเชื้อแบคทีเรียด้วยรังสียูวีซีให้สามารถใช้งานได้ทั้งระบบ Manual และระบบ Automatic ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 2 แบบโครงสร้างเครื่องฆ่าเชื้อแบคทีเรียด้วยรังสียูวีซี

#### การออกแบบโครงสร้างตู้ควบคุมระบบการทำงานของเครื่องฆ่าเชื้อแบคทีเรียด้วยรังสียูวีซี

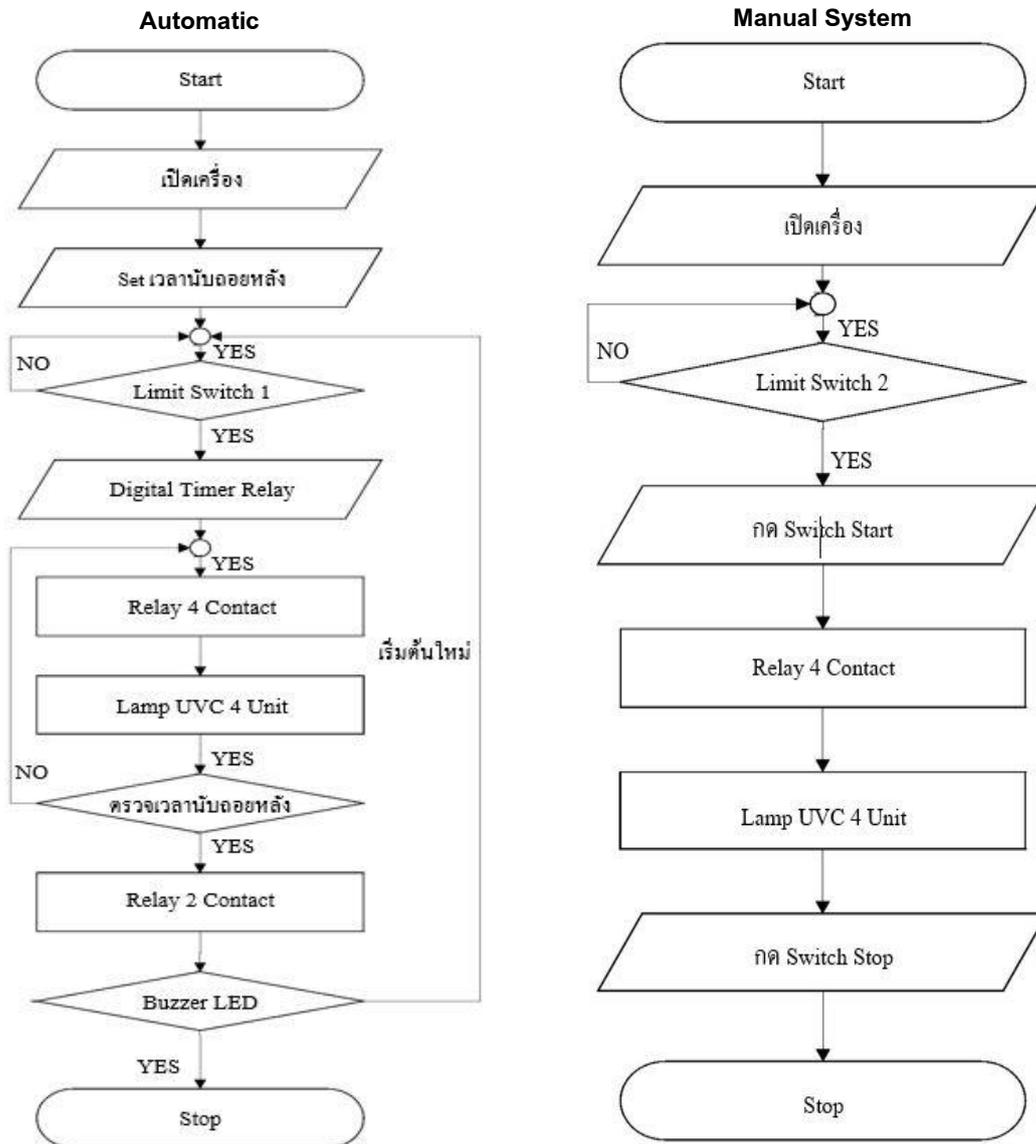
เป็นการออกแบบตำแหน่งการวางอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมระบบการทำงานให้เหมาะสมกับขนาดของตู้ฉายรังสียูวีซี และตู้ควบคุมระบบ อีกทั้งยังต้องคำนึงถึงฟังก์ชันการทำงานของเครื่องฯ ทั้งระบบ Manual และ ระบบ Automatic ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 3 แบบโครงสร้างตู้ควบคุมระบบการทำงานของเครื่องฆ่าเชื้อแบคทีเรียด้วยรังสียูวีซี

#### การออกแบบฟังก์ชันการทำงาน

ในการออกแบบฟังก์ชันการทำงานของเครื่องฆ่าเชื้อแบคทีเรียด้วยรังสียูวีซี จำเป็นต้องให้ความสำคัญกับปัจจัยความปลอดภัยในการใช้งาน และความเข้าใจที่เชี่ยวชาญในหลักการทำงานของเครื่องฆ่าเชื้อแบคทีเรียด้วยรังสียูวีซี โดยจะต้องพิจารณาลำดับขั้นตอนการทำงานอย่างรอบคอบ ควรคำนึงถึงการตรวจสอบและการป้องกันการเกิดข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างการทำงาน เพื่อให้ง่ายต่อการออกแบบวงจรระบบควบคุมการทำงาน มีความปลอดภัย และเกิดประสิทธิภาพที่สูงสุด ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ฟังก์ชันการทำงานของเครื่องฆ่าเชื้อแบคทีเรียด้วยรังสียูวีซี

จากภาพที่ 4 เป็นฟังก์ชันการทำงานของเครื่องฆ่าเชื้อแบคทีเรียด้วยรังสียูวีซี ซึ่งสามารถแบ่งระบบการทำงานของเครื่องฆ่าเชื้อแบคทีเรียด้วยรังสียูวีซี ได้เป็น 2 ส่วนหลักๆ ดังนี้

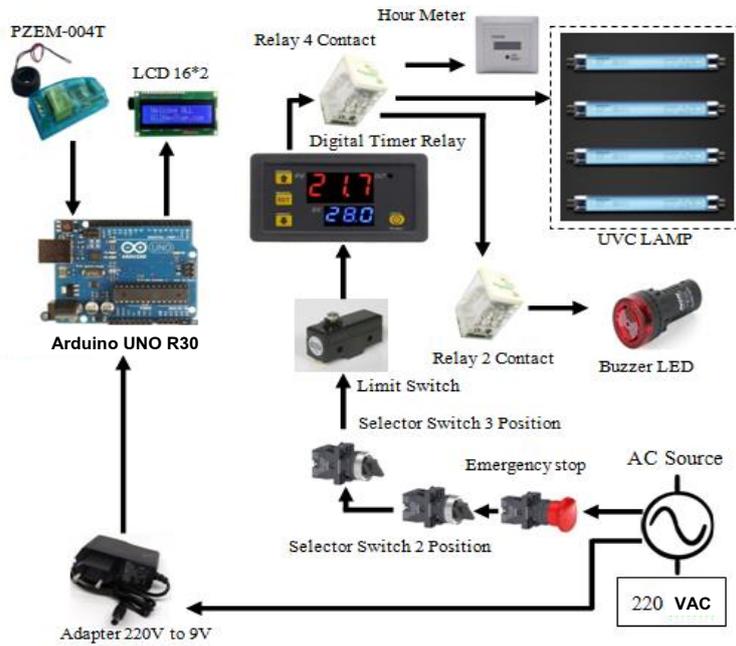
ส่วนที่ 1 ระบบอัตโนมัติ (Auto System) เป็นการตั้งค่าเวลานับถอยหลังผ่านดิจิตอลทามเมอร์รี่เลย์ผ่านบนตู้ Control Box โดยมีลิมิตสวิตช์เป็นตัวตัด - ต่อของระบบ เพื่อความปลอดภัยในการใช้งานเครื่องฆ่าเชื้อแบคทีเรียด้วยรังสียูวีซี

ส่วนที่ 2 ระบบควบคุม (Manual System) เป็นการกดปุ่มสวิตช์ ON และ สวิตช์ OFF ผ่านบนตู้ Control Box โดยมีลิมิตสวิตช์เป็นตัวตัด-ต่อของระบบ เพื่อความปลอดภัยในการใช้งานเครื่องฆ่าเชื้อแบคทีเรียด้วยรังสียูวีซี

**ออกแบบโครงสร้างการทำงานของเครื่องฆ่าเชื้อแบคทีเรียด้วยรังสียูวีซี**

1) ออกแบบโครงสร้างการทำงานของเครื่องฆ่าเชื้อแบคทีเรียด้วยรังสียูวีซี แบบอัตโนมัติ (Automatic System)

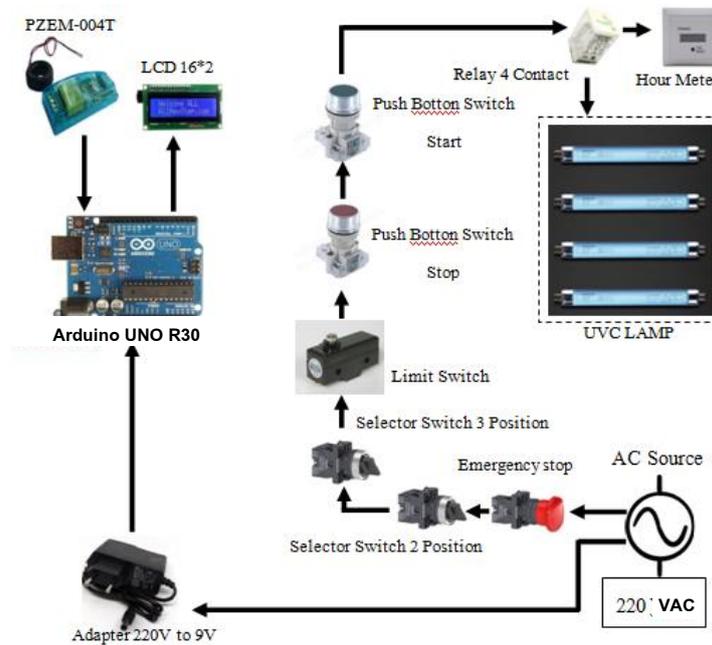
ในส่วนนี้เป็นการออกแบบโครงสร้างการทำงานของเครื่องฆ่าเชื้อแบคทีเรียด้วยรังสียูวีซี ให้สามารถทำงานได้อย่างอัตโนมัติ โดยการตั้งค่าเวลาการฆ่าเชื้อ แล้วกดปุ่มเริ่มทำงาน ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 โครงสร้างการทำงานของเครื่องฆ่าเชื้อแบคทีเรียด้วยรังสียูวีซี แบบอัตโนมัติ (Automatic System)

2) ออกแบบโครงสร้างการทำงานของเครื่องฆ่าเชื้อแบคทีเรียด้วยรังสียูวีซี แบบควบคุมด้วยมือ (Manual System)

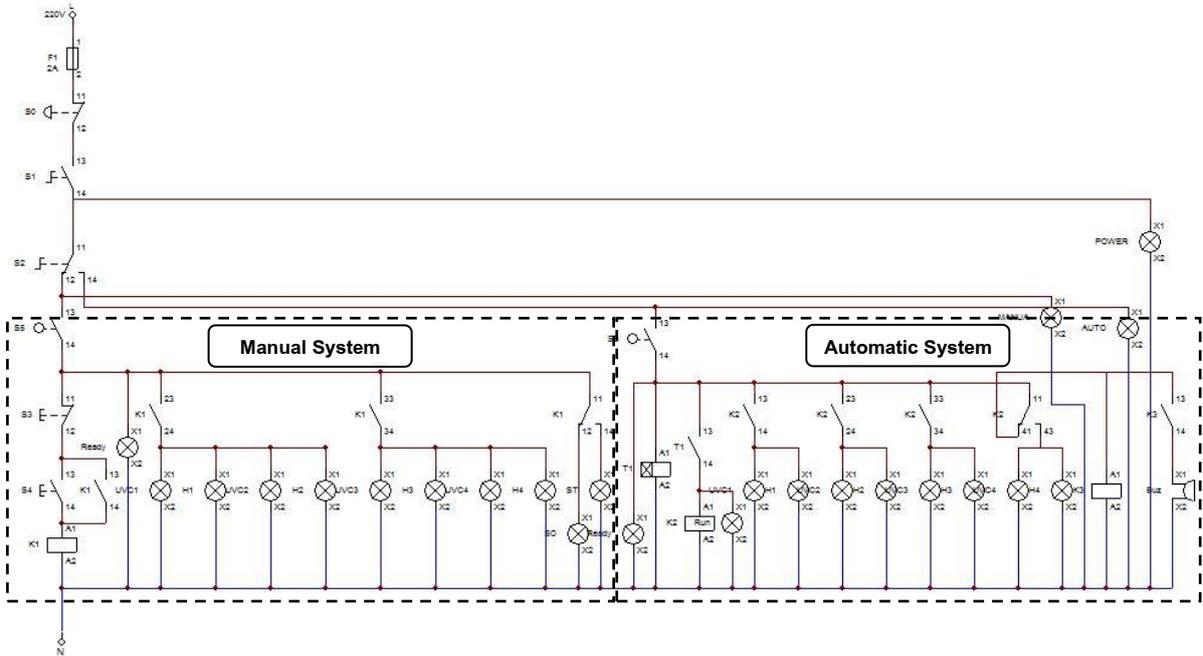
ในส่วนนี้เป็นการออกแบบโครงสร้างการทำงานของเครื่องฆ่าเชื้อแบคทีเรียด้วยรังสียูวีซี ให้สามารถควบคุมการทำงานได้ด้วยผู้ควบคุม โดยการกดปุ่มเริ่มทำงานและหยุดการทำงานด้วยมือหรือผู้ควบคุม ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 โครงสร้างการทำงานของเครื่องฆ่าเชื้อแบคทีเรียด้วยรังสียูวีซี แบบควบคุมด้วยมือ (Manual System)

### ออกแบบวงจรควบคุมไฟฟ้าของเครื่องฆ่าเชื้อแบคทีเรียด้วยรังสียูวีซี

การออกแบบวงจรควบคุมไฟฟ้าของเครื่องฆ่าเชื้อแบคทีเรียด้วยรังสียูวีซี เป็นการออกแบบโดยอ้างอิงจากแบบโครงสร้างการทำงานดังภาพที่ 5 และ 6 ซึ่งสามารถออกแบบเป็นวงจรควบคุมไฟฟ้าได้ดังนี้



ภาพที่ 7 วงจรควบคุมไฟฟ้าของเครื่องฆ่าเชื้อแบคทีเรียด้วยรังสียูวีซี ทั้ง Automatic และ Manual System

จากภาพที่ 7 เป็นวงจรควบคุมไฟฟ้าของเครื่องฆ่าเชื้อแบคทีเรียด้วยรังสียูวีซีมีการออกแบบให้มีระบบทั้งอัตโนมัติและควบคุมด้วยมือ โดยสามารถสลับการทำงานระหว่างทั้งสองระบบได้ผ่าน Selector Switch 3 ตำแหน่ง (S2) ซึ่งระบบ Automatic สามารถกำหนดเวลาในการทำงานและเริ่มต้นการทำงานผ่าน Digital Timer Relay (T1) ในขณะที่ระบบ Manual สามารถเริ่มทำงานด้วยการกดปุ่ม Push Button (S3) และหยุดการทำงานด้วยการกดปุ่ม Push Button (S4) การใช้งานทั้งสองระบบจำเป็นต้องมีประตูปิดอย่างแน่นหนาและปิดสนิทเพื่อให้ Limit Switch (S5 - S6) ทำงานอย่างถูกต้อง เพื่อป้องกันความเสี่ยงจากการสัมผัสรังสียูวีซีไปยังผู้ใช้งาน



ภาพที่ 8 เครื่องฆ่าเชื้อแบคทีเรียด้วยรังสียูวีซีเสร็จสมบูรณ์

### ทดสอบและเก็บผลการทำงานของเครื่องฆ่าเชื้อด้วยรังสียูวีซี

ในการทดสอบและเก็บผลการทำงานจริงของเครื่องฆ่าเชื้อแบคทีเรียด้วยรังสียูวีซีที่ได้ออกแบบและสร้างเสร็จสมบูรณ์ เป็นการนำอุปกรณ์เครื่องใช้และภาชนะตัวอย่างที่มีขนาดและวัสดุต่างกันมาใช้ โดยมีการปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรียโคลิฟอร์ม (Coliform) และเอสเชอริเชียโคไล (Escherichia coli, E. coli) เพื่อทำการทดสอบและเก็บผลประสิทธิภาพการใช้งานเครื่องฆ่าเชื้อแบคทีเรียด้วยรังสียูวีซี การทดสอบแบ่งออกเป็น 2 แบบดังนี้

- ผลการวัดปริมาณความเข้มของรังสียูวีซีและอุณหภูมิภายในเครื่อง (ขณะเครื่องทำงาน)
- ผลการทดสอบประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย Coliform และ E. coli ด้วยการใช้งานหลอดรังสียูวีซี

#### ผลการวัดปริมาณความเข้มของรังสียูวีซีและอุณหภูมิภายในเครื่อง (ขณะเครื่องทำงาน)

เป็นการเปรียบเทียบปริมาณความเข้มของรังสียูวีซีและอุณหภูมิภายในเครื่องขณะทำงาน โดยใช้เครื่องมือวัดความเข้มของรังสียูวีซี (UV512C) และเครื่องมือวัดอุณหภูมิ เก็บผลในแต่ละจุดของชั้นตะแกรงวางชิ้นงานทั้ง 5 ชั้น จากชั้นบนสุดไปจนถึงชั้นล่างสุด จำนวน 5 ครั้ง ดังรูปที่ 9 เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของความเข้มของรังสีที่ปล่อยออกมาจากหลอดและอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นในแต่ละชั้นเทียบกับเวลาทดสอบ 60 นาที ซึ่งเป็นระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย (ผกากรองวนไพศาล, 2563)



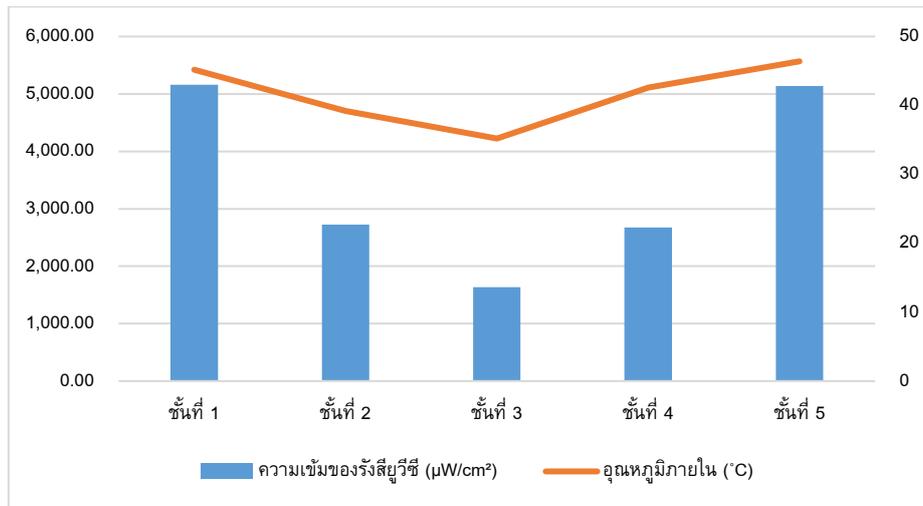
ภาพที่ 9 การวัดปริมาณความเข้มของรังสียูวีซี ในแต่ละชั้นตะแกรง

#### ตารางที่ 1 ผลการวัดค่าปริมาณความเข้มของรังสียูวีซีและอุณหภูมิภายในเครื่อง (ขณะเครื่องทำงาน)

ชั้นตะแกรง	ความเข้มของรังสียูวีซี ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	อุณหภูมิภายใน ( $^{\circ}\text{C}$ )
ชั้นที่ 1	5,158.60	45.20
ชั้นที่ 2	2,723.20	39.20
ชั้นที่ 3	1,635.60	35.20
ชั้นที่ 4	2,677.00	42.60
ชั้นที่ 5	5,136.40	46.40
เฉลี่ย	3,466.16	41.72

หมายเหตุ ชั้นที่ 1 คือชั้นตะแกรงที่อยู่ด้านล่างสุด

ชั้นที่ 5 คือชั้นตะแกรงที่อยู่ด้านบนสุด



ภาพที่ 10 ผลการวัดค่าปริมาณความเข้มของรังสียูวีซีและอุณหภูมิภายในเครื่อง (ขณะเครื่องทำงาน)

จากตารางที่ 1 และภาพที่ 10 แสดงผลการวัดค่าความเข้มของรังสียูวีซีและอุณหภูมิภายในเครื่องขณะทำงาน พบว่า บริเวณด้านบนสุดและด้านล่างสุดของเครื่องมีค่าความเข้มของรังสียูวีซีและค่าอุณหภูมิสูงกว่าบริเวณตรงกลางของเครื่อง เนื่องจากระยะห่างระหว่างหลอดไฟและผิวของวัสดุที่ต้องการฆ่าเชื้อมีผลต่อค่าความเข้มของรังสียูวีซีและอุณหภูมิ โดยมีค่าเฉลี่ยความเข้มของรังสียูวีซีอยู่ที่ 3,466.16 μW/cm<sup>2</sup> และอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 41.72°C

#### ผลการทดสอบประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย Coliform และ E. coli ด้วยการใช้งานหลอดรังสียูวีซี

เป็นการเปรียบเทียบผลการทดสอบประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย Coliform และ E. coli ด้วยชุดทดสอบเชื้อแบคทีเรีย โดยใช้ชิ้นงานที่เป็นอุปกรณ์เครื่องมือและภาชนะ จัดวางในแต่ละจุดของชั้นตะแกรง และทำการทดสอบก่อนและหลังเข้าเครื่องในระยะเวลา 60 นาที (ผลการรอน ววนไพศาล, 2563) เพื่อวัดการลดลงของการปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรียในแต่ละชั้นตะแกรง และประเมินจุดที่เหมาะสมที่สุดในการวางชิ้นงาน ดังตารางที่ 2 และภาพที่ 11 โดยอ้างอิงจากผลการทดสอบทั้งหมดเป็นจำนวน 5 ครั้ง สำหรับอุปกรณ์เครื่องมือและภาชนะตัวอย่างที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ จะแบ่งประเภทวัสดุดังนี้

- 1) วัสดุประเภทสแตนเลส (Stainless steel) เช่น ช้อน ส้อม
- 2) วัสดุประเภทแก้ว (Glass) เช่น แก้วน้ำ แก้วกาแฟ
- 3) วัสดุประเภทกระเบื้อง (Tile) เช่น ถ้วยเล็ก ถ้วยใหญ่
- 4) วัสดุประเภทเซรามิก (Ceramic) เช่น จาน ชาม
- 5) วัสดุประเภทเมลามีน (Melamine) เช่น กระจบาย

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย Coliform และ E. coli ด้วยการใช้งานหลอดรังสียูวีซี

ชั้นตะแกรง	ประเภทวัสดุ	ก่อนเข้าเครื่องฆ่าเชื้อ (CFU/ml)		หลังเข้าเครื่องฆ่าเชื้อ (CFU/ml)	
		Coliform	E. coli	Coliform	E. coli
ชั้นที่ 1	Stainless steel	56.00	47.20	0	0
ชั้นที่ 2	Glass	60.40	48.40	0	0
ชั้นที่ 3	Tile	64.40	47.20	0	0
ชั้นที่ 4	Ceramic	64.80	53.20	0	0
ชั้นที่ 5	Melamine	66.00	55.20	0	0
เฉลี่ย		62.32	50.24	0	0

จากผลการทดสอบการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย Coliform และ E. coli ตามที่แสดงในตารางที่ 2 พบว่า เครื่องฆ่าเชื้อแบคทีเรียด้วยรังสียูวีซีสามารถกำจัดเชื้อแบคทีเรียได้ถึง 100% ภายในระยะเวลา 60 นาที โดยมีประสิทธิภาพในการกำจัดเชื้อ

แบคทีเรียทั้งในทุกระดับความเข้มข้นและทุกประเภทของวัสดุที่ทดสอบ จากค่าเฉลี่ยของเชื้อแบคทีเรีย Coliform ที่ 62.32 CFU/ml และค่าเฉลี่ยของเชื้อแบคทีเรีย E. coli ที่ 50.24 CFU/ml ลดลงเหลือ 0 CFU/ml ทั้งหมด สามารถแสดงผลการทดสอบได้ชัดเจนตามภาพที่ 11



(ก) ก่อนเข้าเครื่องฆ่าเชื้อ

(ข) หลังเข้าเครื่องฆ่าเชื้อ

ภาพที่ 11 ถาดเพาะเชื้อ ก่อนและหลังเข้าเครื่องฆ่าเชื้อแบคทีเรียด้วยรังสียูวีซี

### สรุปผล

จากผลการทดสอบการฆ่าเชื้อแบคทีเรียด้วยเครื่องยูวีซี พบว่าเครื่องสามารถกำจัดเชื้อแบคทีเรีย Coliform และ E. coli ได้ 100% ภายใน 60 นาที โดยมีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อที่สูงในทุกระดับความเข้มข้นและทุกประเภทของวัสดุที่ทดสอบ ทั้งนี้ ความเข้มของรังสียูวีซีและอุณหภูมิภายในเครื่องมีผลต่อประสิทธิภาพการฆ่าเชื้ออย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะในชั้นบนสุดและชั้นล่างสุดที่มีความเข้มของรังสีสูงสุด ด้วยความเข้มรังสียูวีซีเฉลี่ยในชั้นบนสุดอยู่ที่ 5,158.6  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  และในชั้นล่างสุดอยู่ที่ 5,136.4  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  ในขณะที่อุณหภูมิในชั้นบนสุดอยู่ที่ 45.2°C และในชั้นล่างสุดอยู่ที่ 46.4°C จากค่าเฉลี่ยเชื้อแบคทีเรีย Coliform ที่ 62.32 CFU/ml และค่าเฉลี่ยเชื้อแบคทีเรีย E. coli ที่ 50.24 CFU/ml (ก่อนการทดสอบ) ลดลงเหลือ 0 CFU/ml ทั้งหมด (หลังการทดสอบ) สรุปได้ว่าเครื่องฆ่าเชื้อด้วยรังสียูวีซีมีประสิทธิภาพสูงและเหมาะสมในการใช้สำหรับการฆ่าเชื้อโรคบนอุปกรณ์และภาชนะต่างๆ ภายในระยะเวลา 60 นาที

### อภิปรายผล

จากผลการทดสอบสามารถสรุปได้ว่า เครื่องฆ่าเชื้อด้วยรังสียูวีซีมีประสิทธิภาพสูงในการกำจัดเชื้อแบคทีเรียทั้ง Coliform และ E. coli การวัดค่าความเข้มของรังสียูวีซีแสดงให้เห็นว่าจุดที่มีความเข้มสูงสุดอยู่ในชั้นบนสุดและชั้นล่างสุดของตะแกรง เนื่องจากระยะใกล้กับหลอดรังสี ส่งผลให้อุณหภูมิในจุดเหล่านี้สูงกว่าจุดอื่น ความเข้มของรังสียูวีซีที่สูงร่วมกับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นมีผลในการเพิ่มประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อ นอกจากนี้ การทดสอบพบว่าความเข้มของรังสีและระยะเวลาการฉายรังสีมีผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพการกำจัดเชื้อโรค ซึ่งเป็นผลที่สอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้ที่ระบุว่ารังสียูวีซีมีประสิทธิภาพสูงในการทำลาย DNA ของเชื้อแบคทีเรียและไวรัส

การใช้หลอดยูวีซีขนาด 6W จำนวน 4 หลอดในเครื่องทำให้สามารถกระจายรังสีได้ทั่วถึงในทุกระดับความเข้มข้น โดยเฉพาะในชั้นที่อยู่ใกล้กับหลอดรังสี ผลการทดสอบยังแสดงให้เห็นว่าความเข้มของรังสีและอุณหภูมิในแต่ละชั้นมีความแตกต่างกัน ซึ่งเป็นปัจจัยที่ต้องพิจารณาในการออกแบบเครื่องฆ่าเชื้อให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

โดยสรุป การศึกษานี้ยืนยันว่าเครื่องฆ่าเชื้อด้วยรังสียูวีซีสามารถกำจัดเชื้อแบคทีเรีย Coliform และ E. coli ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และแนะนำให้ใช้งานเครื่องในสภาวะที่มีการควบคุมความเข้มของรังสีและอุณหภูมิอย่างเหมาะสม เพื่อให้ได้ผลการฆ่าเชื้อที่ดีที่สุด ภายในระยะเวลา 60 นาที

## กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านในการออกแบบและสร้างเครื่องฆ่าเชื้อแบคทีเรียด้วยรังสียูวีซี ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและสนับสนุนจนงานนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ขอขอบพระคุณคณาจารย์และบุคลากรของมหาวิทยาลัยธนบุรี ที่ให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะที่มีคุณค่าในการดำเนินงานนี้ และขอขอบพระคุณโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลหนองบอนแดง อำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี ที่ให้ความร่วมมือและสนับสนุนในการทดสอบและประเมินประสิทธิภาพของเครื่อง รวมถึงการรับมอบเครื่องเพื่อนำไปใช้งานในการดูแลสุขภาพของชุมชน

## เอกสารอ้างอิง

- กรมอนามัย. (2562). โคลิฟอร์มแบคทีเรีย ศัตรูตัวร้าย แฝงอันตรายในน้ำใส. *ศูนย์อนามัยกลุ่มชาติพันธุ์ ชายขอบและแรงงานข้ามชาติ (ศอช.)*. สืบค้นจาก <https://multimedia.anamai.moph.go.th/infographics/coliform-bacteria-in-drinking-water/>
- จุฑาทิพย์ ศรีวงศ์ษา. (2560). *การศึกษารังสีอัลตราไวโอเล็ตจากดวงอาทิตย์ที่สถานีวัดรังสีอาทิตย์ของมหาวิทยาลัยศิลปากร จังหวัดนครปฐม*. [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยศิลปากร, นครปฐม. สืบค้นจาก <http://thesis-ir.su.ac.th/dspace/bitstream/123456789/1581/1/58306203.pdf>
- ฐานิยา คัมภีรานนท์. (2563). คำแนะนำสำหรับการใช้ “หลอดยูวี” ทำลายเชื้อโควิด 19. *สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม*. สืบค้นจาก <https://www.nimt.or.th/main/?p=31767>
- ผกากรอง วนไพศาล. (2563). การฆ่าเชื้อด้วยรังสียูวีซี (UVC). *ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล*. สืบค้นจาก <https://pharmacy.mahidol.ac.th/th/knowledge>
- พจนศิรินทร ลิ้มปิ่นทน, วิรุณ โมนะตระกูล, สาโรช บุญมี, ธเนศ ยืนสุข, ชมภู เหนือศรี, พันธิวา แก้วมาตย และ ชวิศร ปุคะภาค. (2564). *การพัฒนาต้นแบบเครื่องฆ่าเชื้อไวรัสและแบคทีเรียด้วยลำแสง UV-C ขนาดเล็ก*. (รายงานผลการวิจัย). มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- วรพล หนูขุน, มูฮัมหมัดอัฟฟาน สือแม และ อนุมิตี เดชชนะ (2563). *การพัฒนานวัตกรรมเครื่องฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงยูวี แบบเคลื่อนที่ ที่ปลอดภัยและต้นทุนต่ำ โดยความร่วมมือของชุมชน*. (รายงานผลการวิจัย). คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์, มหาวิทยาลัยทักษิณ.
- ศักดิ์ดา จงแก้ววัฒนา. *พลังงานและการถ่ายเทพลังงานในระบบเกษตรนิเวศ*. สืบค้นจาก [http://www.mcc.cmu.ac.th/graduate/Agro723/Reading\\_Materials/Energy%202.html](http://www.mcc.cmu.ac.th/graduate/Agro723/Reading_Materials/Energy%202.html)
- แสงชัยมิเตอร์. *รังสีอัลตราไวโอเล็ต และผลกระทบต่อร่างกาย*. สืบค้นจาก [https://www.sangchaimeter.com/support\\_detail/Ultraviolet\\_Radiation\\_UV](https://www.sangchaimeter.com/support_detail/Ultraviolet_Radiation_UV)
- ไอยฤทธิ์ ไทยพิสุทธิกุล. (2562). *มารู้จักเชื้ออีโคไล. คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล*. สืบค้นจาก <https://www.si.mahidol.ac.th/Th/healthdetail.asp?aid=1399>

## Translated Thai References

- Department of Health. (2019). Coliform bacteria: Hidden danger in clear water. *Center for Ethnic Health, Marginalized Groups, and Migrant Workers*. Retrieved from <https://multimedia.anamai.moph.go.th/infographics/coliform-bacteria-in-drinking-water/>
- Sriwongsa, J. (2017). *A study of ultraviolet radiation from the sun at the solar radiation measurement station, Silpakorn University, Nakhon Pathom Province*. [Master's thesis]. Silpakorn University, Nakhon Pathom. Retrieved from <http://thesis-ir.su.ac.th/dspace/bitstream/123456789/1581/1/58306203.pdf>
- Kamphiranan, T. (2020). Guidelines for using "UV lamps" to destroy COVID-19. *National Institute of Metrology, Ministry of Higher Education, Science, Research, and Innovation*. Retrieved from <https://www.nimt.or.th/main/?p=31767>

- Wanpaisin, P. (2020). Disinfection with UVC. *Department of Microbiology, Faculty of Pharmacy, Mahidol University*. Retrieved from <https://pharmacy.mahidol.ac.th/th/knowledge>
- Limpinan, P., Monatakul, W., Boonmee, S., Yuensuk, T., Nuasri, C., Kaewmatya, P. & Pookapark, C. (2021). *Development of a small prototype UV-C light disinfection device for viruses and bacteria* (Research Report). Mahasarakham Rajabhat University.
- Noonnun, W., Sueamae, M.A., Dechana, A. (2020). *Development of a mobile UV disinfection innovation: Safe and low-cost with community participation* (Research Report). Faculty of Humanities and Social Sciences, Thaksin University.
- Sakda Jongkaewwattana. *Energy and energy transfer in agroecological systems*. Retrieved from [http://www.mcc.cmu.ac.th/graduate/Agro723/Reading\\_Materials/Energy%202.html](http://www.mcc.cmu.ac.th/graduate/Agro723/Reading_Materials/Energy%202.html)
- Sangchai Meter. *Ultraviolet radiation and its effects on the human body*. Retrieved from [https://www.sangchaimeter.com/support\\_detail/Ultraviolet\\_Radiation\\_UV](https://www.sangchaimeter.com/support_detail/Ultraviolet_Radiation_UV)
- Thaipisutthikul, I. (2019). Understanding E. coli bacteria. *Faculty of Medicine, Siriraj Hospital*. Retrieved from <https://www.si.mahidol.ac.th/Th/healthdetail.asp?aid=1399>