

## การออกแบบระบบถังใส่ขยะอันตรายเพื่อกำจัดแบคทีเรียด้วยรังสียูวีซี

## Designing a Hazardous Waste Bin System to Eliminate Bacteria with UVC

วสุรัตน์ บุญเพ็ง<sup>1</sup> จงกล สังข์อ่วม<sup>1</sup> ศิริลักษณ์ กลิ่นสุคนธ์<sup>1</sup> ปิยภรณ์ รอดจันทร์<sup>1</sup> จารุพัฒน์ โพธิสาพัฒน์<sup>1</sup>  
ชาติชาย ลีลาสิริวิไล<sup>2</sup> และ สรวุฒิ สิริเกษมสุข<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิชาวิศวกรรมความปลอดภัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
สถาบันเทคโนโลยีแห่งสุวรรณภูมิ 10540

<sup>2</sup>สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ต.หันตรา จ.พระนครศรีอยุธยา 13000

Wasurat Bunpheng<sup>1</sup> Chongkol Sungoum<sup>1</sup> Sirilak Klinasukon<sup>1</sup> Piyaporn Rotjan<sup>1</sup> Jarupat Potisapat<sup>1</sup>  
Chatchai Leelasirivilai<sup>2</sup> and Sarawut Sirikasemsuk<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Safety Engineering, Faculty of Engineering Science and Technology,  
Suvarnabhumi Institute of Technology, Bangphliyai, Samut Prakan 10540.

<sup>2</sup>Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering and Architecture,  
Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi, Tambon Hantra, Phranakhon Si Ayutthaya 13000.

Corresponding author Email: sarawut.sr@rmutsb.ac.th\*

(Received: August 18, 2023; Revise: December 12, 2023; Accepted: December 12, 2023)

### บทคัดย่อ

จากสถานการณ์การระบาดของโคโรนาไวรัสในปัจจุบัน ทำให้เกิดการปรับตัวของผู้คนในวิถีใหม่ โดยสิ่งหนึ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้คือขยะติดเชื้อที่เกิดขึ้นจากวิถีชีวิตแบบใหม่อย่างเช่นหน้ากากอนามัย กระดาษชำระหรือทิชชูเปียก รวมถึงของใช้ที่ต้องสัมผัสกับสารคัดหลั่งอย่างชุดตรวจ ATK หลอดดูดน้ำ เป็นต้นซึ่งจากข้อมูลรอมอนามัยพบว่าในช่วง 2-3 ปี ที่ผ่านมาได้มีการทำลายขยะติดเชื้อมากกว่าสิบล้านครั้ง สาเหตุเพราะไม่สามารถกำจัดแบบทั่วไปได้ อีกทั้งไม่สามารถเก็บไว้นานเนื่องจากแบคทีเรียที่จะก่อตัวขึ้นจากสารคัดหลั่งได้ตลอดเวลา โดยจะพบแบคทีเรียแกรมบวกและแบคทีเรียแกรมลบ ซึ่งแบคทีเรียดังกล่าวสามารถกำจัดได้ในรังสียูวีซี โดยในงานวิจัยนี้ได้ออกแบบถังเก็บขยะอันตรายที่มีโอกาสติดเชื้อ และกำจัดหรือลดปริมาณเชื้อลงด้วยรังสียูวีซีแบบอัตโนมัติเมื่อทิ้งขยะลงในถังและระบบรังสียูวีซีทำงานเป็นเวลา 10, 15 และ 20 นาที ผลการทดลองที่ได้พบว่าที่ระยะเวลามากขึ้น ปริมาณของแบคทีเรียลดลง โดยที่เวลาการทำงานของรังสียูวีซี 20 นาที ทำให้แบคทีเรียลดลงได้ถึง 90 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะช่วยเพิ่มความปลอดภัยของขยะอันตรายก่อนส่งไปกำจัดได้

**คำสำคัญ:** ขยะติดเชื้อ แบคทีเรีย รังสียูวีซี

### Abstract

Currently, Coronavirus is unstoppable causing people to alter their lifestyle and adapt to a new normal. An example is the retention of infectious waste such as masks, tissues, drinking straws, antigen test kits (ATK),

etc. since these tend to have secretions. Data from the Department of Health from 2-3 years ago shows that more than ten million infectious wastes have been destroyed as it occurs of bacteria gram positive and bacteria gram negative. However, ultraviolet type C (UV-C) can destroy these bacteria. In this research a UVC system has been designed in the trash bin and initiates once the infectious waste has been inserted and the cover is closed. Lighting of the UVC system was performed at intervals of 10, 15, and 20 minutes with a timer relay. The results show that utilizing the UVC system for the longer time of 20 minutes reduced bacteria more than 90 percent which increases the safety of the hazardous waste before it can be disposed of.

**Keywords:** Infectious Waste, Bacteria, UV-C

## 1. บทนำ

ด้วยสถานการณ์การแพร่ระบาดของไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ 2019 (COVID -19) ที่มีการกระจายเป็นวงกว้าง ทำให้ผู้คนต่างต้องป้องกันตนเอง และควบคุมความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นได้ทุกที่ทุกเวลาโดยการสวมใส่หน้ากากอนามัย และการพกสเปรย์แอลกอฮอล์ โดยกรมควบคุมมลพิษได้สรุปยอดขยะมูลฝอยติดเชื้อของประเทศไทยในปี 2563 ว่ามีขยะมูลฝอย 47,962 ตัน [1] โดยพบมากตามโรงพยาบาล คลินิก ห้องปฏิบัติการเชื้ออันตราย รวมไปถึงโรงพยาบาลสนาม ซึ่งขยะที่พบเจอได้บ่อยจะเป็นของที่ใช้งานโดยทั่วไปเช่น หน้ากากอนามัย ซึ่งเป็นขยะอันตรายที่อาจจะได้รับสารคัดหลั่งจากผู้ใส่ หรือสิ่งปนเปื้อนในอากาศที่ได้ผ่านไปในพื้นที่นั้นๆ ซึ่งเชื้อไวรัสหรือแบคทีเรียในอากาศนั้นสามารถถูกกำจัดได้ด้วยแสงรังสียูวีซี [2-4] นอกจากนั้นแสงยูวีซียังสามารถใช้กำจัดเชื้อราได้ [5] และการใช้แสงรังสียูวีซีกับอุปกรณ์ หรือผลิตภัณฑ์ต่างๆ รวมถึงหน้ากากอนามัยที่ใช้แล้ว เพื่อสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ [6-7] ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างมากในช่วงที่หน้ากากอนามัยขาดแคลน แต่ทางกรมอนามัยไม่แนะนำวิธีนี้ ซึ่งในการใช้งานแสงรังสียูวีซีเพื่อลดการสะสมของแบคทีเรีย หรือการกำจัดแบคทีเรียรวมถึงไวรัสซึ่งมีขนาดเล็กมาก การตรวจสอบจะทำได้ยาก ซึ่งต้องอาศัยห้องปฏิบัติการเฉพาะทางเพื่อทำการเพาะเชื้อแบคทีเรีย เพื่อให้แบคทีเรียเกิดการแบ่งตัวจนเป็นโคโลนี ซึ่งมีลักษณะเป็นจุด ซึ่งมีขนาดต่างๆ กัน การฉายแสงรังสียูวีซีจะสามารถทำลายและโคโลนีจะหายไป ซึ่งสามารถใช้หลักการการลดลงของโคโลนีช่วยในการวิเคราะห์ผลว่าแบคทีเรียลดน้อยลง ซึ่งการอธิบายเป็นเปอร์เซ็นต์จะช่วยให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น โดยแสงรังสียูวีซีได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกับใช้โฟโตแคตตาไลติกเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดแบคทีเรียได้ [8] จากประโยชน์ของยูวีซีในการกำจัดเชื้อโรค เชื้อรา และแบคทีเรีย กับประเด็นของขยะติดเชื้อที่เพิ่มสูงขึ้นจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของโคโรนาไวรัส จึงเป็นที่มาของการออกแบบถังขยะที่มีระบบกำจัดเชื้อโรค เชื้อรา และแบคทีเรียที่มาจากขยะอันตราย โดยเฉพาะขยะที่มีสารคัดหลั่งจากการใช้งานในชีวิตประจำวัน เพื่อให้เชื้อโรค เชื้อรา และแบคทีเรียมีปริมาณน้อยที่สุดก่อนที่จะมีการรวบรวมขยะดังกล่าวทิ้งหรือกำจัดขยะในลำดับต่อไป และเพื่อเป็นการลดการแพร่ระบาด รวมถึงการขยายตัวของเชื้อโรค เชื้อรา และแบคทีเรียได้อีกทางหนึ่ง

## 2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

รังสียูวีซี เป็นแสงที่มีความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร ซึ่งได้มีการถูกนำมาใช้ในการกำจัดเชื้อโคโรนาไวรัส โดยมีนักวิจัยทำการทดลองระยะห่างระหว่างผิววัตถุกับแหล่งกำเนิดรังสียูวีซีที่ระยะ 3 เซนติเมตร ผลที่ได้สามารถกำจัดเชื้อโคโรนาไวรัสหมดได้ภายใน 15 นาที แต่หากอยู่ระยะ 80 เซนติเมตร จะใช้ระยะเวลานานถึง 60 นาที เชื้อจึงจะถูกกำจัดหมด [9] อีกทั้งยังได้มีการนำรังสียูวีซีมาใช้ในการทดลองด้านอาหารเพื่อลดจำนวนแบคทีเรียอย่างเช่นในเส้นขนมจีน [10] หรืออย่างในอุตสาหกรรมแปรรูปน้ำผลไม้ [11] นอกจากนั้นยูวีซี ยังสามารถทำลายเชื้อแบคทีเรียในอุปกรณ์เครื่องใช้ส่วนตัวได้อีกด้วย [12] โดยวิเคราะห์จากปริมาณ

โคโลนีซึ่งทดลองในห้องเพาะเชื้อ ซึ่งในการวิเคราะห์ข้อมูลของแบคทีเรียสามารถหาค่าเฉลี่ยของแบคทีเรีย ในการทดลองกลุ่มตัวอย่างจากพื้นที่ทดสอบได้จาก

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n} \quad (1)$$

โดยที่  $\sum x$  คือ ผลรวมของโคโลนีทั้งหมด

$n$  คือ จำนวนของการตรวจโคโลนี

และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และความแปรปรวนของข้อมูล (S.D.<sup>2</sup>) หาได้จาก

$$S.D. = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (2)$$

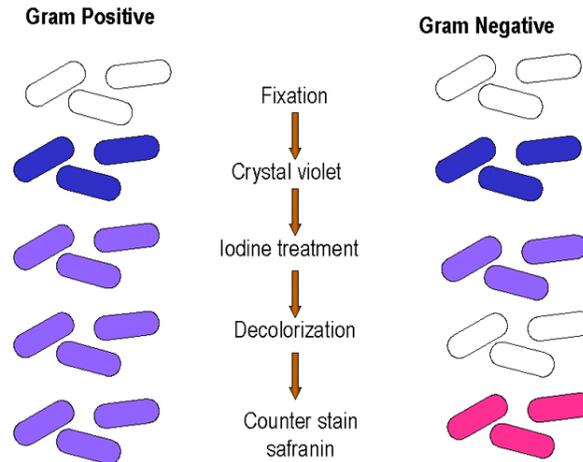
$$S.D.^2 = \frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{N} - (\bar{x})^2 \quad (3)$$

และหาเปอร์เซ็นต์ที่ลดลงของจำนวนโคโลนี เพื่อวิเคราะห์ถึงความสามารถของรังสียูวีซีในการกำจัดแบคทีเรียได้จากสมการ

ผลต่างของโคโลนี = จำนวนโคโลนีตั้งต้น - จำนวนโคโลนีที่เหลืออยู่

$$\text{เปอร์เซ็นต์การลดลงของโคโลนี} = \frac{\text{จำนวนโคโลนีตั้งต้น} - \text{จำนวนโคโลนีที่เหลืออยู่}}{\text{จำนวนโคโลนีตั้งต้น}} \times 100$$

โดยในการวิเคราะห์ขนาดของโคโลนีจะเลือกขนาดที่ใกล้เคียงกันเพื่อให้ได้ผลที่แม่นยำ และทำการย้อมแกรมเพื่อตรวจสอบว่าแบคทีเรียเป็นชนิดไหน โดยแกรมบวกจะเป็นกลุ่มแบคทีเรียที่พบในระบบอากาศ ในการย้อมสีแกรมนั้นกลุ่มแบคทีเรียแกรมบวกจะมีสีม่วง ส่วนแกรมลบจะได้สีหลังย้อมเป็นสีแดง ซึ่งกลุ่มแบคทีเรียแกรมลบนี้มักพบในของเหลว โดยสีแกรมของแบคทีเรียสรุปได้ ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 สีของแกรมที่ผ่านการย้อมสี [13]

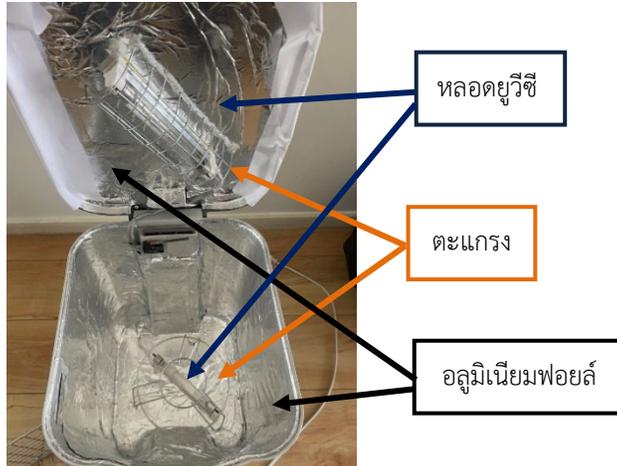
จากรูปที่ 1 ในการเพาะเชื้อเพื่อตรวจสอบปริมาณโคโลนี และตรวจสอบชนิดแกรมของแบคทีเรีย เริ่มจากการเตรียมแบคทีเรียโดยการสเมียร์ลงบนสไลด์ และทำการตรึงเชื้อแบคทีเรียบนสไลด์ จากนั้นหยด Crystal violet ให้ท่วม สเมียร์เป็นเวลา 1 นาที แล้วล้างออกจากนั้นหยด Gram's iodine ให้ท่วมสเมียร์นาน 1 นาที แล้วล้างออก ถัดมาเอียง สไลด์ประมาณ 45 องศา แล้วจึงหยด decolorizer ลงบน สเมียร์เพื่อล้างสี crystal violet ออกจนสีม่วงจางลง แล้วล้างออกด้วยน้ำ แล้วหยด safranin ให้ท่วมสเมียร์เพื่อย้อมสีเป็นเวลา 30 วินาที แล้วล้างออกด้วยน้ำ จึงนำสไลด์มาซับให้แห้งและนำมาส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์

### 3. การออกแบบการทดลอง

ในการทดลองเพื่อตรวจสอบการลดจำนวนแบคทีเรียโดยรังสียูวีซี ได้ทดสอบกับขยะอันตรายคือ หน้ากากอนามัย กระดาษชำระ หลอด

#### 3.1 การออกแบบระบบการฆ่าเชื้อแบคทีเรียภายในถังใส่ขยะอันตราย

โดยการประยุกต์ถังใส่ขยะที่มีขายโดยทั่วไป มาประยุกต์ใส่อุปกรณ์ตั้งเวลาเพื่อควบคุมเวลาที่หลอดยูวีซีทำงาน โดยภายในถังจะทำการติดตั้งตะแกรงเหล็กเพื่อป้องกันการกระแทกของชิ้นงานที่ใส่ลงในถัง



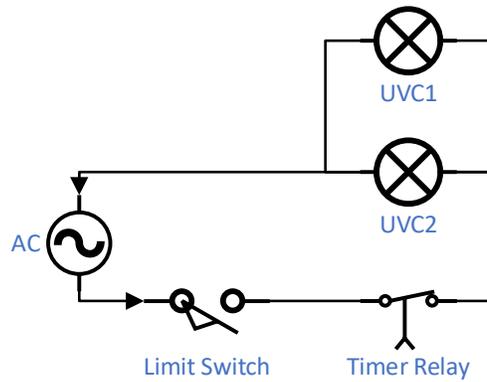
รูปที่ 2 ถังใส่ขยะที่ติดตั้งหลอดยูวีซี

จากรูปที่ 2 ได้ทำการติดตั้งลิมิตสวิตช์ไว้บริเวณขอบทางด้านหลัง ดังรูปที่ 3



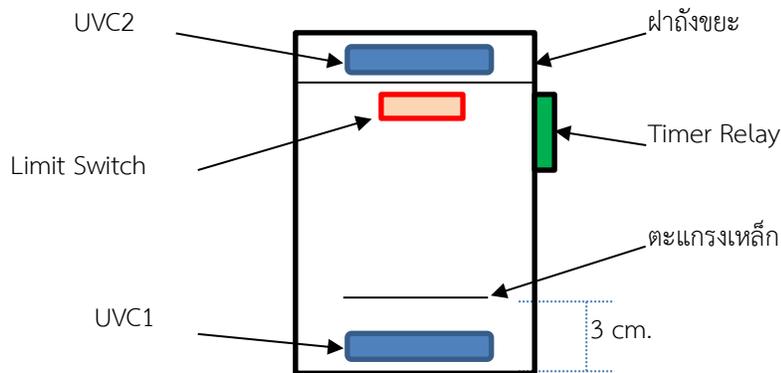
รูปที่ 3 ตำแหน่งของลิมิตสวิตช์

เพื่อสร้างกลไกการทำงานให้หลอดไฟยูวีซีทำงานโดยจะทำการติดตั้งตัวหน่วงเวลา Timer เพื่อปรับเงื่อนไขเวลาการทำงานตามที่ได้ออกแบบไว้ที่ 10, 15 และ 20 นาที โดยมีวงจรการทำงานดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 วงจรการทำงานของหลอดไฟรังสียูวีซี

ซึ่งภายในถังด้านล่างจะทำการติดตั้งตะแกรงป้องกันการกระแทกหลอดไฟยูวีซีด้านล่าง ซึ่งทำให้ขยะอันตรายที่ทิ้งลงในถัง อยู่ห่างจากหลอดไฟรังสียูวีซีเป็นระยะ 3 เซนติเมตร ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 โครงสร้างของอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

จากรูปที่ 5 เมื่อได้ถังใส่ขยะติดเชื้อ จากนั้นเป็นการทดสอบการเพาะเลี้ยงเชื้อแบคทีเรีย ด้วยกระบวนการทางด้านอาชีวอนามัย

### 3.2 การทดสอบทางด้านอาชีวอนามัย

ในการทดสอบด้านอาชีวอนามัยจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่การเพาะเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียเพื่อตรวจสอบปริมาณโคโลนี โดยเมื่อได้ขนาดและปริมาณของโคโลนีแล้วจะทำการบันทึกข้อมูล จากนั้นจะทำการฉายแสงรังสียูวีซีตามระยะเวลา 10, 15 และ 20 นาที เพื่อหาปริมาณหลังการฉายรังสียูวีซี ว่าปริมาณโคโลนีลดลงเท่าไร โดยการทดลอง 3 ครั้งเพื่อหาค่าเฉลี่ยดังรูปที่ 6



(a)

(b)

**รูปที่ 6** การเตรียมเพาะเชื้อแบคทีเรียในห้องปฏิบัติการ

(a) การเตรียมสารละลายเพาะเลี้ยงแบคทีเรีย

(b) การแยกกลุ่มตัวอย่างในจากเพาะเชื้อ

จากรูปที่ 6 จะนำเชื้อแบคทีเรียที่ได้จากการเพาะเลี้ยงมาทำการสมเียร์เพื่อเข้ากระบวนการย้อมสีแกรม เพื่อตรวจสอบชนิดแกรมของแบคทีเรียดังรูปที่ 7



(a)

(b)

**รูปที่ 7** การปฏิบัติการย้อมสีแกรมของแบคทีเรีย

(a) การย้อมสีแกรมของแบคทีเรีย

(b) สีที่ได้จากการย้อมสีแกรมของแบคทีเรีย

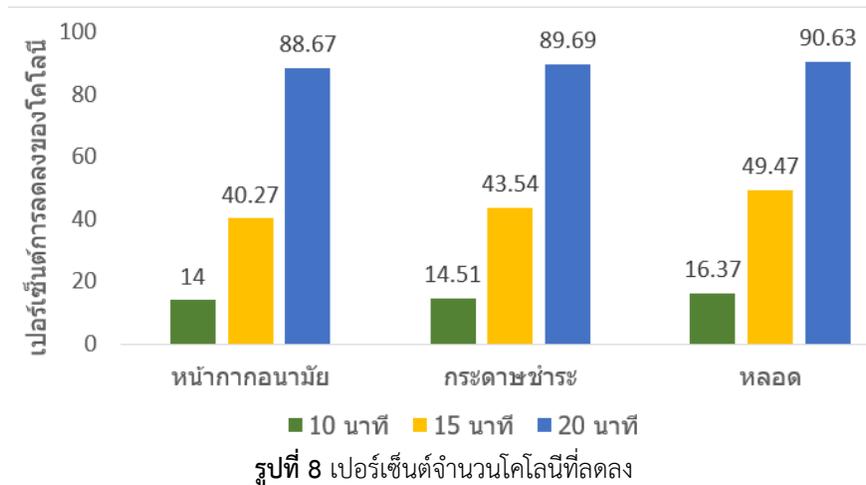
จากรูปที่ 7 เมื่อทำการย้ายสีแกรมจะสามารถแบ่งกลุ่มชนิดของแบคทีเรียได้ โดยกลุ่มที่แบ่งจะแบ่งเป็นแกรมบวกสีม่วง และแกรมลบมีสีแดง

#### 4. ผลการทดลอง

ในการทดลองการออกแบบระบบถังใส่ขยะอันตรายเพื่อกำจัดแบคทีเรียด้วยรังสียูวีซี โดยภายในถังติดตั้งหลอดรังสียูวีซี จำนวน 2 หลอด ติดตั้งไว้ที่พื้นด้านในของถัง และบริเวณฝาถังด้านใน โดยมีตะแกรงไว้กั้นกระแทก และระบบจะทำงานทันที หลังจากปิดฝาถังสนิท โดยทดลองที่ระยะเวลา 10, 15 และ 20 นาที และนำผลการลดลงของโคโลนีมาวิเคราะห์ถึงความสามารถในการกำจัดแบคทีเรีย

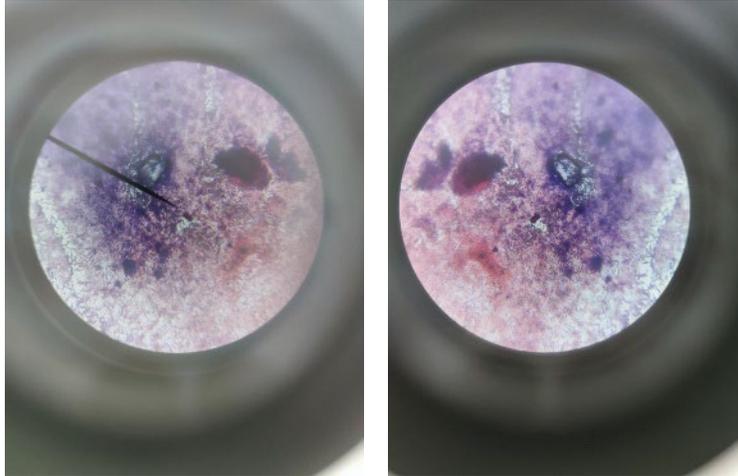
##### 4.1 ผลการตรวจสอบจำนวนโคโลนี

จากการทดลองการฉายแสงยูวีซีในถังใส่ขยะติดเชื้อเป็นระยะเวลา 10, 15 และ 20 นาที โดยภายในถังมีหน้ากากอนามัย กระดาษชำระ และหลอด ที่ถูกใช้แล้ว มาทำการเพื่อเพาะเชื้อแบคทีเรียในห้องทดลองได้ผลการทดลองดังกราฟในรูปที่ 8



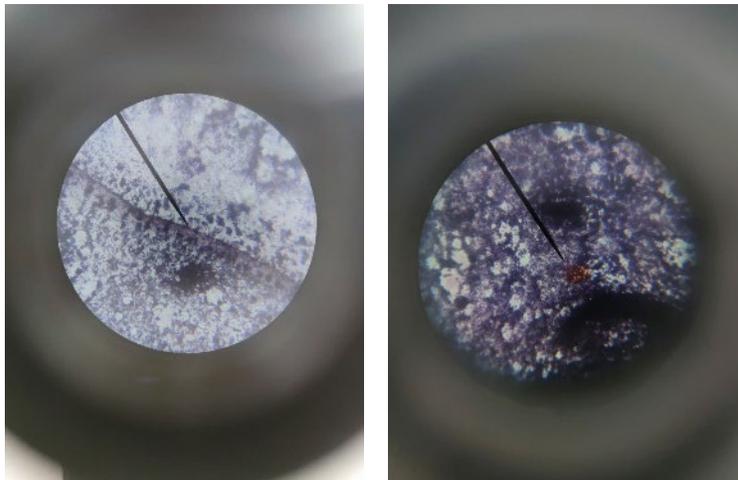
##### 4.2 การตรวจสอบแบคทีเรียแกรมบวกและแกรมลบ

ทางทีมวิจัยได้ทำการเก็บตัวอย่างบริเวณพื้นผิวของวัสดุทดสอบทั้ง 3 ชนิด มาทำการทดสอบหาแกรมของแบคทีเรียพบว่ามีหน้ากากอนามัยมีแบคทีเรียชนิดแกรมบวก (สีแกรมเป็นสีม่วง) และแบคทีเรียชนิดแกรมลบ (สีแกรมเป็นสีแดง) ดังรูปที่ 9



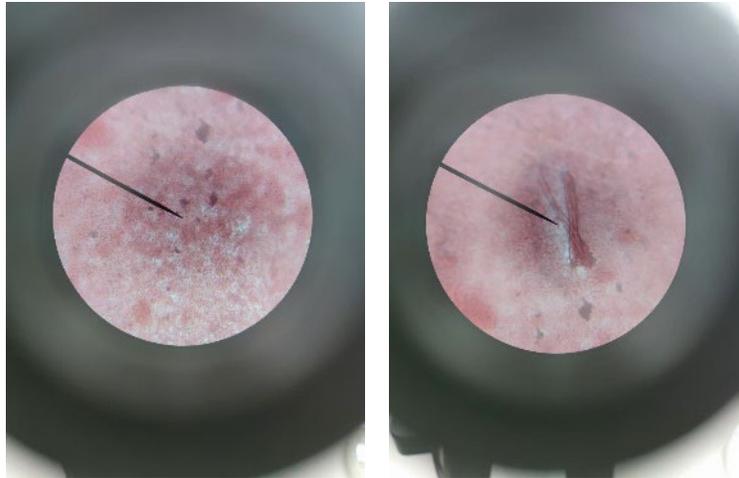
รูปที่ 9 แกรมของแบคทีเรียเป็นสีแดงและสีม่วงในหน้ากากอนามัยที่ใช้แล้ว

ในกระดาษชำระที่ใช้แล้ว พบแบคทีเรียชนิดแกรมบวก (สีแกรมเป็นสีม่วง) รูปที่ 10



รูปที่ 10 แกรมของแบคทีเรียเป็นสีม่วงในกระดาษชำระ

ในหลอดที่ใช้งานแล้วพบแบคทีเรียชนิดแกรมลบ (สีของแกรมเป็นสีแดง) ดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 แกรมของแบคทีเรียเป็นสีแดงในหลอด

## 5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากการทดลองการฉายรังสียูวีซี เพื่อลดจำนวน และกำจัดแบคทีเรียสามารถสรุปผลที่ได้ดังนี้

### 5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาปัจจัยการการลดลงของแบคทีเรียโดยพิจารณาจากปริมาณการลดลงของโคโลนีพบว่าระยะเวลาที่ยาวนานจะยิ่งส่งผลต่อการลดลงของโคโลนี โดยที่การเปิดแสงจากหลอดยูวีซีที่เวลา 20 นาที ส่งผลให้แบคทีเรียลดลงไปประมาณร้อยละ 90 ซึ่งปริมาณที่น้อยลงจะช่วยชะลอการเติบโตของแบคทีเรียที่เหลือก่อนการถูกกำจัดอย่างถาวรต่อไปได้ โดยแบคทีเรียที่พบในกระดาษชำระจะพบแบคทีเรียแกรมบวก หลอดจะพบแบคทีเรียแกรมลบ ส่วนหน้ากากอนามัยนั้นจะพบทั้งกลุ่มของแบคทีเรียแกรมบวก และแบคทีเรียแกรมลบ

### 5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการทดลองนั้นได้ทดสอบโดยใช้หลอดยูวีซีจำนวน 2 หลอด ซึ่งจัดวางในตำแหน่งบนล่างเนื่องจากพื้นที่ภายในที่จำกัด ซึ่งปริมาณความเข้มแสงยูวีซี มีผลต่อการกำจัดแบคทีเรีย หากมีการปรับตำแหน่ง และเพิ่มลดความเข้มแสงจากหลอดยูวีซีจะช่วยให้ได้ผลการทดลองที่มีประสิทธิภาพสูงในการควบคุม หรือจัดการแบคทีเรียที่เกิดขึ้นในขยะอันตรายได้

## 6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก ห้องปฏิบัติการการเพาะเชื้อ สถาบันเทคโนโลยีแห่งสุวรรณภูมิ และสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล-วิศวกรรมระบบราง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ในการทำงานวิจัยให้บรรลุตามวัตถุประสงค์

## 7. เอกสารอ้างอิง

- [1] “Environmental Quality Situation in Thailand in 2020,” Pollution Control Department, [http://www.pcd.go.th/pcd\\_news/11873/](http://www.pcd.go.th/pcd_news/11873/) (accessed May 19, 2022). (in Thai)
- [2] M. Buonanno, D. Welch, I. Shuryak, and D. J. Brenner, “Far-UVC Light (222 Nm) Efficiently and Safely Inactivates Airborne Human Coronaviruses,” *Scientific Reports*, vol. 11, no. 1, 2021. doi:10.1038/s41598-021-97508-9

- [3] P. Rattanakhemakorn, “UVC light and skin”, Dailynews, <https://d.dailynews.co.th/article /775802/> (accessed April 20, 2023). (in Thai)
- [4] W. Noonun, M. Simae, and A. Dechana, “Innovative Development of a Mobile UV Sterilizer by Community Participation at Safe and Low-Cost,” in *Proceeding of The 20th National Community Social Development (20th# CSD): “University Engagement,”* vol. 20, 2021. (in Thai)
- [5] M. Patipoh, F. Chehnah, and K. Sali, “Fungal Contamination Of Second Hand Clothing Sold In Flea Market In Yala And Pattani Province,” in *Proceeding of The National Science and Technology Conference 2018*, vol. 3, pp. 491–496, 2018. (in Thai)
- [6] Kasamaphon Phasuk, “Innovative Products Measure the Effectiveness of UV Germicidal Lamps,” Chulalongkorn University, <https://www.car.chula.ac.th/display7.php?bib=b2043886> (accessed April 20, 2023). (in Thai)
- [7] J. Prasarn, A. Jongkaewwatana, and P. Santinirun, “Disinfection of N95 Masks and Surgical Masks with HEAT and UV-C,” *Thailand National Metal and Materials Technology Center*, pp. 1–59, 2021. (in Thai)
- [8] C. Nuanchan, K. Suwanhong, and S. Sumitsawak, “Treatment of Microorganisms on Surfaces Using Photocatalytic Oxidation Process,” *Thai Environmental Engineering Journal*, vol. 32, no. 2, pp. 17–23, 2018. (in Thai)
- [9] P. Wanphaisan, “UVC Sterilization (UVC),” Faculty of Pharmacy, Mahidol University, <https://pharmacy.mahidol.ac.th/knowledge/files/0488.pdf> (accessed May 19, 2022). (in Thai)
- [10] T. Potaros and H. Nimitkeatkai, “Effect of UV-C Irradiation on Physical Properties and Microbial Growth of Fermented Rice Noodles (Khanom-Jeen),” *Burapha Science Journal*, vol. 26, no. 2, pp. 955–968, 2021. (in Thai)
- [11] K. Assatarakul, “Ultraviolet Radiation: An Emerging Technology for Juice Industry”, *Journal of Food Technology, Siam University*, vol. 10, no. 1, pp. 51–62, Aug. 2015. (in Thai)
- [12] W. Bunpheng, C. Sungoum, C. Leelasiriwilai, and S. Sirikasemsuk, “Designing A System to Eliminate Bacteria Inside Employee Lockers Using UVC Rays.,” in *Proceeding of 8<sup>th</sup> Rajamangala Manufacturing & Management Technology Conference 2023 (RMTC2023)*, Rajamangala University of Technology Krungthep, vol. 8, pp. 1177–1183, 2023. (in Thai)
- [13] P. Pornchalermpong and N. Rattanapanont, “Gram Positive Bacteria,” Food Network Solution, <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1134/gram-positive-bacteria> (accessed May 19, 2022). (in Thai)