

ผลการศึกษาล้างขยะฆ่าเชื้อหน้ากากอนามัยที่ใช้แล้วด้วยรังสียูวีซีและโอโซน

Waste bins disinfect used masks with UVC and Ozone

ทิพรัตน์ ขุนรักษ์¹ นรา รักษาพล²

Tipparatana Khunrak¹ Nara raksaphon²

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและศึกษาประสิทธิภาพล้างขยะฆ่าเชื้อหน้ากากอนามัยที่ใช้แล้วด้วยรังสียูวีซีและโอโซน จากการศึกษา พบว่าถังขยะฆ่าเชื้อมีประสิทธิภาพในการทำลายเชื้อ SARS-CoV-2 ซึ่งเป็นตัวแทนของจุลินทรีย์ที่นำมาทดสอบในครั้งนี้ได้ ตัวเครื่องมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 40 เซนติเมตร มีความสูงของถัง 74 เซนติเมตร น้ำหนัก 35.50 กิโลกรัม สามารถบรรจุหน้ากากอนามัยขนาด 8.5 x 17 เซนติเมตร ได้จำนวน 350 ชิ้น หรือ 0.925 กิโลกรัม หลอดยูวีซีที่ใช้เป็นหลอดชนิดไอปรอทอะมัลกัมความดันต่ำ มีความยาวคลื่น 253.99 นาโนเมตร และพบว่าตำแหน่งของหน้ากากอนามัยภายในตัวถังมีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ โดยหน้ากากอนามัยที่อยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดรังสียูวีซีและโอโซนจะมีค่าความรับรังสียูวีซี (UVC Irradiance) น้อย ทำให้ระยะเวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์บนหน้ากากอนามัยต้องใช้เวลานานขึ้น จากการทดลองตรวจหาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์บนหน้ากากอนามัยที่อยู่ในตำแหน่งใกล้แหล่งกำเนิดรังสียูวีซีและโอโซน พบว่ามีปริมาณการรับรังสียูวีซี 4.78 วัตต์/ตารางเมตร จะใช้เวลาในการฉายรังสี 17 นาที 43 วินาที หากหน้ากากอนามัยอยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดรังสียูวีซีและโอโซนมีปริมาณความรับรังสียูวีซี 1.14 วัตต์/ตารางเมตร ใช้เวลาในการฉายรังสี 73 นาที 10 วินาที ตามลำดับ

คำสำคัญ : ถังขยะฆ่าเชื้อ, หน้ากากอนามัย, รังสียูวีซี

Abstract

"This research aims to create and study the effectiveness of a UV-C and ozone sterilization garbage bin for used face masks. The study found that the sterilization bin is effective in destroying the SARS-CoV-2 virus, which was used as a representative of the tested bacteria. In this study, the machine has a central axis of 40 centimeters, a height of the bin of 74 centimeters, and weighs 35.50 kilograms. It can hold 350 pieces of face masks, each with

¹⁻² วิทยาลัยเทคนิคอุตสาหกรรมยานยนต์ สถาบันการอาชีวศึกษาภาคกลาง 1

a size of 8.5 x 17 centimeters, totaling 0.925 kilograms. The UV-C tubes used are low-pressure mercury vapor lamps with a wavelength of 253.99 nanometers. It was observed that the position of the face masks inside the bin affects the efficiency of bacteria eradication. Masks placed far from the UV-C and ozone sources receive less UVC irradiance, requiring a longer time for bacteria elimination. Through experiments, the quantity of bacteria on face masks placed close to the UV-C and ozone sources was found to receive an UVC Irradiance of 4.78 watts per square meter, requiring 17 minutes and 43 seconds of exposure time for sterilization. On the other hand, when the face masks were placed farther from the UV-C and ozone sources, which receive an UVC Irradiance of 1.14 watts per square meter, it required 73 minutes and 10 seconds of exposure time for sterilization."

Keyword : Disinfection bin, Face Mask, UVC

1. บทนำ

จากสถานการณ์การระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 หรือโรคโควิด-19 ที่แพร่กระจายอย่างรวดเร็ว และสร้างความเสียหายทั้งด้านสาธารณสุขและเศรษฐกิจอย่างกว้างขวางในหลายประเทศทั่วโลก มีผู้ติดเชื้อจากโรคโควิด-19 จำนวน 191 ประเทศ รัฐมนตรีว่าการกระทรวงสาธารณสุข โดยคำแนะนำของคณะกรรมการโรคติดต่อแห่งชาติจึงได้ประกาศให้โรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 เป็นโรคติดต่ออันตราย ตามพระราชบัญญัติโรคติดต่อพ.ศ. 2558 [1]

ถึงแม้ว่าปัจจุบันกระทรวงสาธารณสุขมีประกาศให้โรคโควิด-19 เป็นโรคต้องกักกันแล้วก็ตาม แต่สถานการณ์การแพร่ระบาดของ โควิด-19 ทำให้ผู้คนเกิดความวิตกกังวลไปทั่วโลก ผู้คนปรับเปลี่ยนพฤติกรรมหันมาป้องกันดูแลตัวเองและบุคคลในครอบครัว ระวังระมัดระวังการใช้ชีวิตมากขึ้น ตามคำแนะนำของกรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข เช่น การหมั่นล้างมือ การใช้แอลกอฮอล์เจล รวมไปถึงการสวมใส่หน้ากากอนามัย จากหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ที่แสดงให้เห็นว่าการสวมใส่หน้ากากอนามัย สามารถช่วยป้องกันทั้งการแพร่เชื้อและการติดเชื้อโรคได้ อย่างไรก็ตามแม้จะมีข้อดีมากมายจากการสวมใส่หน้ากากอนามัยแต่ก็มีผลเสียเกิดขึ้นตามมาเช่นกัน หน้ากากอนามัยที่ใช้แล้วจัดได้ว่าเป็นขยะติดเชื้อ เนื่องจากปนเปื้อนด้วยเสมหะ น้ำลาย น้ำมูกของบุคคลผู้ใช้ ถ้าหากหน้ากากอนามัยเหล่านี้ไม่ได้รับการ คัดแยกอย่างถูกวิธี ถูกทิ้งปะปนกับขยะชุมชน [2] จะส่งผลให้พนักงานที่ทำหน้าที่เก็บขยะมีความเสี่ยงสูงที่จะติดเชื้อจุลินทรีย์ รวมถึงบุคคลทั่วไปด้วยเช่นกัน และเมื่อขยะถูกนำไปกำจัดด้วยวิธีที่ไม่ถูกต้อง เช่น เทกองกลางแจ้ง ก็อาจเพิ่มโอกาสที่เชื้อ

ไวรัสจะแพร่กระจายไปยังคนในชุมชนทั้งทางน้ำและทางอากาศนอกจากนั้นยังส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อม [3]

จากปัญหาที่ได้กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดสร้างและศึกษาประสิทธิภาพของรังสียูวีซีและโอโซนในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้แล้วด้วยรังสียูวีซีและโอโซน ทำการศึกษาประสิทธิภาพของรังสียูวีซีและโอโซนในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์โดยใช้เชื้อ SARS-CoV-2 ที่ก่อให้เกิดโรค โควิด-19 เป็นตัวแทนของจุลินทรีย์ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ ศึกษาประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อของรังสียูวีซีและโอโซนบนหน้ากากอนามัยที่อยู่ตำแหน่งต่างๆกันภายในตัวถัง รวมถึงศึกษาระยะเวลาที่รังสียูวีซีและโอโซนใช้ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์บนหน้ากากอนามัย ทั้งนี้เพื่อเป็นการลดการแพร่กระจายของเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนสารคัดหลั่งของผู้ใช้ที่ติดอยู่บนหน้ากากอนามัยที่ใช้แล้ว รวมถึงการใช้ถังขยะฆ่าเชื้อหน้ากากอนามัยที่ใช้แล้วด้วยรังสียูวีซีและโอโซนเป็นการคัดแยกขยะ เป็นการแยกขยะติดเชื้อออกจากขยะทั่วไปทำให้ง่ายต่อการกำจัดและทำลายต่อไป

2. แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

หลักการทำงานของการฉายรังสียูวีซีเพื่อทำลายเชื้อจุลินทรีย์(UVGI)

รังสียูวีซีที่ใช้ในการฉายเพื่อทำลายเชื้อจุลินทรีย์เรียกว่า Ultraviolet Germicidal Irradiation หรือ UVGI เหมาะกับการใช้เพื่อทำลายเชื้อโรคที่ฟุ้งหรือลอยลมมากับอากาศ (Airborne Transmission) และ บนพื้นผิวของวัสดุต่าง ๆ ที่ติดมากับละอองฝอย (Droplet Nuclei) จากลมหายใจ การไอ การจาม หรือจากเสมหะ ยิ่งระยะการฉายใกล้ ยิ่งมีความรับรังสียูวีซีสูง ก็จะทำให้ใช้เวลาในการฉายน้อยลง ทั้งนี้ ต้องมีการคำนวณปริมาณรังสี (Radiant Exposure /UV Fluence or UV Dose) ที่จะใช้ ให้เหมาะสมด้วย สามารถหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการฉายรังสียูวีซีเพื่อทำลายเชื้อจุลินทรีย์ โดยมีขั้นตอน คือกำหนดเป้าหมายพื้นผิวหรือวัสดุที่ต้องการฉายรังสี หลังจากนั้น เลือกปริมาณรังสียูวีซีเป้าหมาย (Target UVC Dose/Fluence, He,uv) ที่จะต้องใช้ โดยอ้างอิงข้อมูลจากงานวิจัย หรือที่ CDC, USA และ IUVA แนะนำ สุดท้ายคำนวณหรือวัดความรับรังสียูวีซี (UVC Irradiance, Ee,uv) ที่ระยะใช้งานที่ต้องการ [4] สมการที่เกี่ยวข้องในการหาความรับรังสียูวีซีที่ระยะใช้งาน(Ee,uv) การคำนวณเบื้องต้นจากคุณสมบัติของหลอดยูวีซี เป็นสมการที่ใช้คำนวณหา UVC Irradiance [4] สามารถหาได้ดังนี้

$$P_{UVC} = \frac{2ELD\pi^2}{2\alpha + \sin 2\alpha}$$

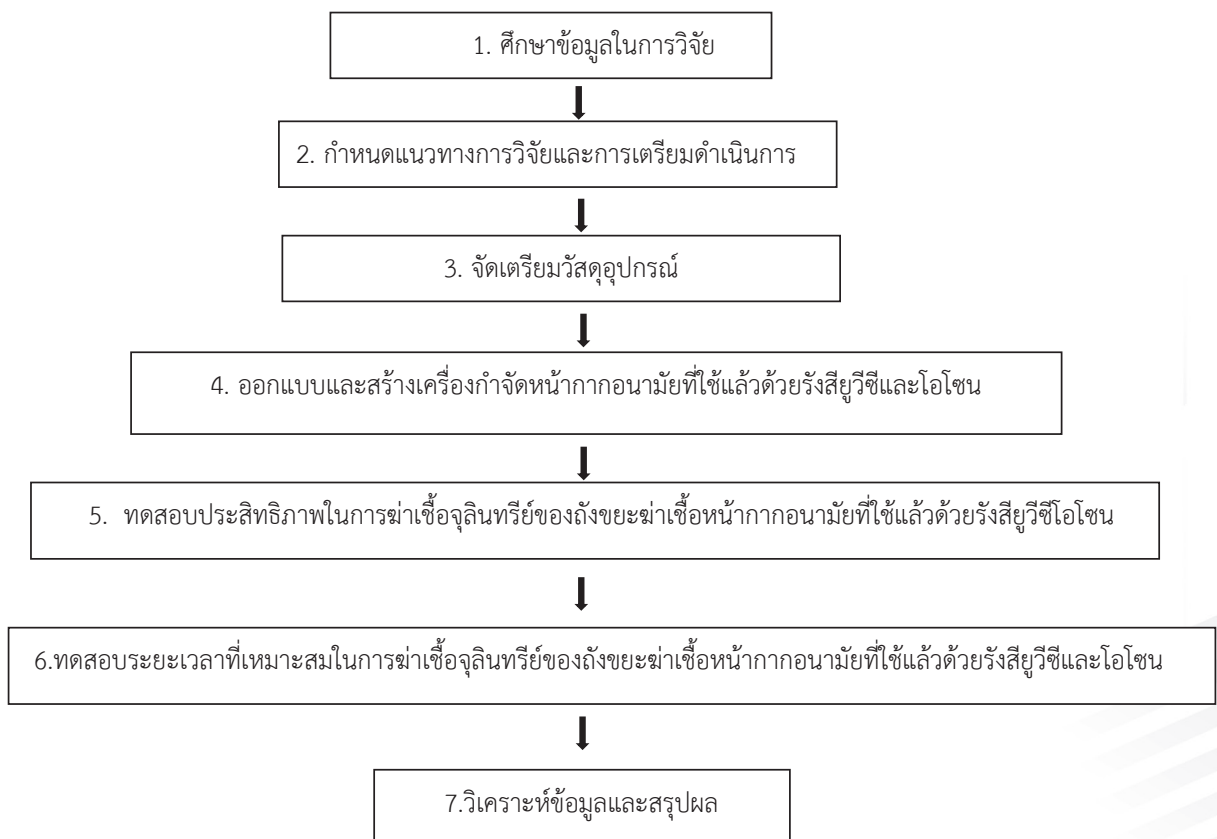
$$E_{UVC} = \frac{P_{UVC}}{2\alpha + \sin 2\alpha}$$

$$T_{exp} = \frac{H_{e,UVC}}{E_{e,UVC}}$$

โดย	L	หมายถึง	ความยาวของหลอดรังสียูวีซี
	D	หมายถึง	ระยะห่างระหว่างหลอดกับวัตถุ
	P_{UVC}	หมายถึง	กำลังไฟฟ้าของหลอดรังสียูวีซี
	E_{UVC}	หมายถึง	ความรับรังสียูวีซีที่ระยะใช้งาน
	T_{exp}	หมายถึง	ระยะเวลาในการฉายรังสียูวี
	$H_{e,uvc}$	หมายถึง	ปริมาณรังสียูวีซีที่ต้องใช้

จากหลักการทำงานของหลอดรังสียูวีซีเพื่อทำลายเชื้อจุลินทรีย์ (UVGI) สามารถสรุปได้ว่า ยูวีซีสามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์บนพื้นผิววัตถุต่างๆได้ วัตถุที่อยู่ใกล้รังสียูวีซีมีประสิทธิภาพในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ได้มากและใช้ระยะในการฆ่าเชื้อสั้นลง และสามารถใช้ในการคำนวณหาความรับรังสียูวีซีที่ระยะใช้งาน (E_{UVC}) ระยะเวลาในการฉายรังสียูวี (T_{exp})และ ปริมาณรังสียูวีซีที่ต้องใช้ ($H_{e,uvc}$) ได้

3. วิธีดำเนินการวิจัย

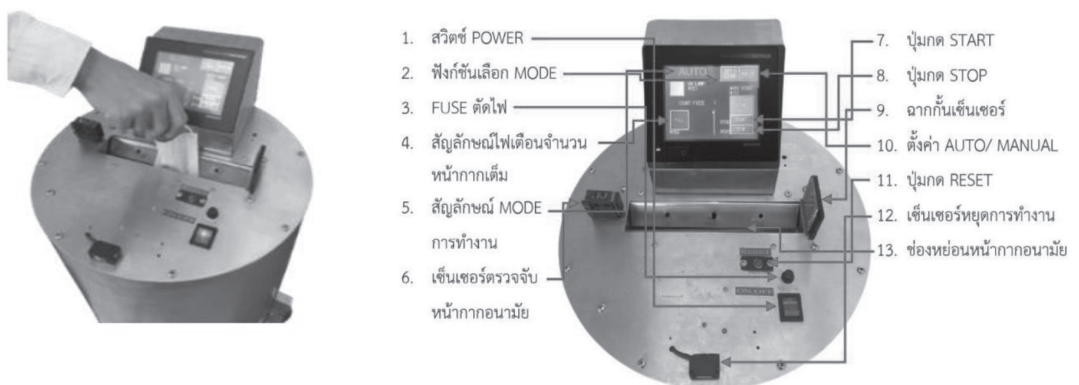


4. ผลการวิจัย

ตารางที่ 1 แสดงผลการสร้างและออกแบบถังขยะฆ่าเชื้อหน้ากากอนามัยที่ใช้แล้วด้วยรังสียูวีซีและโอโซน

ลักษณะของถังขยะฆ่าเชื้อหน้ากากอนามัยที่ใช้แล้วด้วยรังสียูวีซีและโอโซน			
ขนาด	น้ำหนัก	ความจุ	ลักษณะการเปล่งรังสี
เส้นผ่าศูนย์กลาง 40 cm. ความสูงของถัง 74 cm.	น้ำหนักของถังถัง 35.50 kg.	บรรจุหน้ากากอนามัย ขนาด 8.5 x 17 cm จำนวน 350 ชิ้น หรือ คิดเป็น 0.925 กิโลกรัม	แหล่งกำเนิดรังสียูวีซีชนิด ไอปรอทอะมัลกัม ความดันต่ำ (Low-pressure mercury/amalgam discharge lamp) มีความยาวคลื่นที่ 253.99 nm.

การสร้างและออกแบบถังขยะฆ่าเชื้อหน้ากากอนามัยที่ใช้แล้วด้วยรังสียูวีซีและโอโซนพบว่าขนาดถังถังมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 40 เซนติเมตร ความสูงของถัง 74 เซนติเมตร มีน้ำหนักของถังถัง 35.50 กิโลกรัม และสามารถบรรจุหน้ากากอนามัย ขนาด 8.5 x 17 เซนติเมตร จำนวน 350 ชิ้น หรือคิดเป็น 0.925 กิโลกรัม หลอดยูวีซีที่ใช้เป็นหลอดไอปรอทอะมัลกัม ความดันต่ำ (Low-pressure mercury/amalgam discharge lamp) มีความยาวคลื่นที่ 253.99 นาโนเมตร



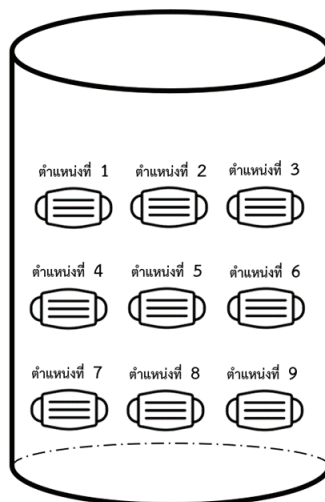
ภาพที่ 1 แสดงผลการสร้างและออกแบบถังขยะฆ่าเชื้อหน้ากากอนามัยที่ใช้แล้วด้วยรังสียูวีซีและ

โอโซน

ตารางที่ 2 แสดงผลการศึกษาประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อของถังขยะฆ่าเชื้อหน้ากากอนามัยที่ใช้แล้วด้วยรังสียูวีซีและโอโซน

ตำแหน่งที่	ปริมาณเชื้อที่พบบนหน้ากากอนามัย หลังจากผ่านการฆ่าเชื้อด้วยถังขยะฆ่าเชื้อหน้ากากอนามัยที่ใช้แล้วด้วยรังสียูวีซีและโอโซน	ชนิดของจุลินทรีย์ที่พบ
1-7	0 CFU/ml	-
8	90 CFU/ml	<i>Kocuria rhizophila</i>

ผลการศึกษาประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อของถังขยะฆ่าเชื้อหน้ากากอนามัยที่ใช้แล้วด้วยรังสียูวีซีและโอโซนพบว่า จากการสุ่มหน้ากากอนามัยที่ผ่านการฆ่าเชื้อโดยถังขยะฆ่าเชื้อหน้ากากอนามัยที่ใช้แล้วด้วยรังสียูวีซีและโอโซน โดยทำการสุ่มหน้ากากอนามัย 3 ตำแหน่ง คือบริเวณ ปากถึง กลางถึง และก้นถังขยะฆ่าเชื้อหน้ากากอนามัยที่ใช้แล้วด้วยรังสียูวีซี มาตำแหน่งละ 3 ชิ้น พบว่า หน้ากากอนามัยที่ผ่านการฆ่าเชื้อจากถังขยะฆ่าเชื้อหน้ากากอนามัยที่ใช้แล้วด้วยรังสียูวีซีและโอโซน ไม่มีเชื้อจุลินทรีย์หลงเหลืออยู่บนหน้ากากอนามัย มีเพียงบริเวณก้นถัง ตำแหน่งที่ 8 ที่มีเชื้อจุลินทรีย์อยู่ 90 CFU/ml โดยพบว่าเป็นเชื้อที่มีชื่อว่า *Kocuria rhizophila* ซึ่งเป็นเชื้อประจำถิ่นที่อยู่บนร่างกายมนุษย์ (Normal flora) ตำแหน่งของการสุ่มหน้ากากอนามัยจากตำแหน่งต่างๆภายในตัวถังขยะฆ่าเชื้อหน้ากากอนามัยที่ใช้แล้วด้วยรังสียูวีซีและโอโซน สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2 ดังนี้



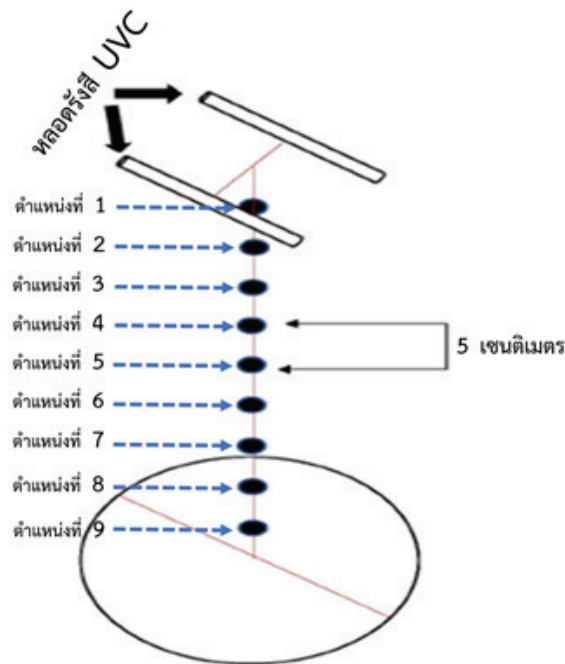
ภาพที่ 2 แสดงตำแหน่งต่างๆของหน้ากากอนามัยภายในตัวถังขยะฆ่าเชื้อหน้ากากอนามัยที่ใช้แล้วด้วยรังสียูวีซีและโอโซน ที่นำมาทดสอบหาเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนภายหลังการฆ่าเชื้อเรียบร้อยแล้ว

ตารางที่ 3 ผลการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนอยู่ในหน้ากากอนามัยภายในถังขยะฆ่าเชื้อหน้ากากอนามัยที่ใช้แล้วด้วยรังสียูวีซีและโอโซน

ตำแหน่งที่วัด ณ จุดเริ่มต้นที่นับห่างจากหลอด	ปริมาณการวัดความรับรังสียูวีซี (วัตต์/ตารางเมตร)	ระยะเวลาในการฉายรังสียูวีซี (วินาที)
ตำแหน่งที่ 1 ที่ห่างจากหลอดยูวีซีน้อยที่สุด	4.78	17.43
ตำแหน่งที่ 2	4.49	18.56
ตำแหน่งที่ 3	4.46	18.68
ตำแหน่งที่ 4	3.22	25.88
ตำแหน่งที่ 5	2.47	33.74
ตำแหน่งที่ 6	2.02	41.25
ตำแหน่งที่ 7	1.72	48.45
ตำแหน่งที่ 8	1.45	57.47
ตำแหน่งที่ 9 พื้นที่ล่างสุดของตัวถัง	1.14	73.10

ผลการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนอยู่ในหน้ากากอนามัย ภายในถังขยะฆ่าเชื้อหน้ากากอนามัยที่ใช้แล้วด้วยรังสียูวีซีและโอโซน พบว่าหน้ากากอนามัยจะมีปริมาณความรับรังสียูวีซี (UVC Irradiance) น้อยลงหากอยู่ไกลจากหลอดรังสียูวีซี ดังนั้น ระยะ เวลาที่ได้จากการคำนวณตามสูตรของ The Keitz formula จะต้องใช้เวลาในการฉายรังสียูวีซีเพิ่มมากขึ้น พบว่าหน้ากากอนามัยตำแหน่งที่ 1 มีปริมาณการวัดความรับรังสียูวีซี (UVC Irradiance) 4.78 วัตต์/ตารางเมตร จะใช้เวลาในการฉายรังสี 17 นาที 43 วินาที แต่หากหน้าอนามัยอยู่ห่างจากหลอดรังสียูวีซี ตำแหน่งที่ 9 ซึ่งมีปริมาณการวัดความรับรังสียูวีซี (UVC Irradiance) 1.14 วัตต์/ตารางเมตร จะใช้เวลาในการฉายรังสียูวี 73 นาที 10 วินาที หน้ากากแต่ละตำแหน่งมีปริมาณความรับรังสียูวีซี (UVC Irradiance) ดังนี้ 4.78 W/m², 4.49 W/m², 4.46 W/m², 3.22 W/m², 2.47 W/m², 2.02 W/m², 1.72 W/m², 1.45 W/m² และ 1.14 W/m² ตามลำดับ ซึ่งค่าปริมาณความรับรังสียูวีซี (UVC Irradiance) ที่ได้นี้ มาจากการวัดด้วยเครื่องมือที่เรียกว่า Working standard UVC radiometer ยี่ห้อ Gigahertz optic, Germany รุ่น P-9710-1 (Optometer)/UV-3718-2 (UV Sensor)

เมื่อได้ค่าปริมาณความรับรังสียูวีซีแล้ว จึงมาทำการคำนวณระยะเวลาที่เหมาะสมในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ของถังขยะฆ่าเชื้อหน้ากากอนามัยที่ใช้แล้วด้วยรังสียูวีซีและโอโซน ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แสดงตำแหน่งของหน้ากากอนามัยภายในถังถังขยะฆ่าเชื้อหน้ากากอนามัยที่ใช้แล้วด้วยรังสียูวีซีและโอโซนที่นำมาทดสอบหาระเวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนภายหลังการฆ่าเชื้อเรียบร้อยแล้ว

5. การอภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาค้นคว้าสามารถอภิปรายผลโดยมีการนำเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมา อธิบายได้ว่า ถังขยะฆ่าเชื้อหน้ากากอนามัยที่ใช้แล้วด้วยรังสียูวีซีและโอโซน สามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ หลักการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ โดยใช้รังสียูวีซีและโอโซน จากการค้นคว้าพบว่ารังสียูวีซี ที่เปล่งรังสีในช่วง ประมาณ 200 nm - 313 nm สามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์เช่น แบคทีเรีย ยีสต์ เห็ด และรา ได้ อีกทั้งยังสามารถ ทำลาย ไวรัส ทั้งชนิดที่เป็น DNA และ RNA ได้ [4]จากการทดสอบประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อของถังขยะฆ่าเชื้อ หน้ากากอนามัยที่ใช้แล้วด้วยรังสียูวีซีและโอโซน พบว่าสามารถฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนอยู่ในหน้ากากอนามัยได้มีเพียง ตำแหน่งที่ 8 ที่มีเชื้อจุลินทรีย์อยู่ 90 CFU/ml โดยพบว่าเป็นเชื้อที่มีชื่อว่า *Kocuria rhizophila* ซึ่งเป็นเชื้อประจำถิ่นที่อยู่บนร่างกายมนุษย์ (Normal flora) ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า จากการเก็บ ตัวอย่าง 9 ตำแหน่ง ไม่พบเชื้อจุลินทรีย์หลงเหลืออยู่เลย มีเพียงตำแหน่งเดียวที่พบเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งอาจจะเกิดจากการปนเปื้อน (contamination) ระหว่างการเก็บตัวอย่างเพื่อส่งตรวจไปยังห้องปฏิบัติการ ทั้งนี้จากการศึกษา พบว่าระยะเวลาเป็นปัจจัยสำคัญในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ของรังสียูวีซีและโอโซน พบว่าตำแหน่งใดที่

อยู่ห่างหลอดรังสียูวีซีจะมีปริมาณความรับรังสียูวีซี (UVC Irradiance) น้อย ดังนั้นต้องใช้ระยะเวลา เพิ่มมากขึ้นในการฉายรังสียูวีซีไปยังหน้ากากอนามัย ซึ่งในการทำงานของถังขยะถังขยะฆ่าเชื้อหน้ากากอนามัยที่ใช้แล้วด้วยรังสียูวีซีและโอโซน จะใช้เวลาในการฆ่าเชื้อไม่น้อยกว่า 73 นาที 10 วินาที ตามเวลาที่ได้จากการทดลอง และนอกจากนั้นยังมีก๊าซโอโซนที่กระจายอยู่ภายในตัวถังด้วย ดังนั้น ถังขยะฆ่าเชื้อ หน้ากากอนามัยที่ใช้แล้วด้วยรังสียูวีซีและโอโซน จึงมีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในหน้ากากอนามัย ทั้งนี้ ถังขยะฆ่าเชื้อหน้ากากอนามัยที่ใช้แล้วด้วยรังสียูวีซีและโอโซน ยังได้รับการตรวจยืนยันประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ จากห้องปฏิบัติการที่รับรองโดยกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ และได้รับคำแนะนำ การแก้ไขและปรับปรุง มาตรฐานความปลอดภัย จากสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ กระทรวงการอุดมศึกษาวิทยาศาสตร์ จนได้รับหนังสือรับรองมาตรฐานความปลอดภัยอีกด้วย

6. ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

ข้อเสนอแนะในการนำผลการทดลองไปใช้

1. สิ่งประดิษฐ์ ถังขยะฆ่าเชื้อหน้ากากอนามัยที่ใช้แล้วด้วยรังสียูวีซีและโอโซนอาศัยหลักการทำงานของรังสียูวีซี ดังนั้นไม่ควรเปิดฝาดังไว้แล้วใช้งานเนื่องจากอาจได้รับอันตรายจากรังสียูวีซีหากต้องสัมผัสโดยตรง

2. สิ่งประดิษฐ์ ถังขยะฆ่าเชื้อหน้ากากอนามัยที่ใช้แล้วด้วยรังสียูวีซีและโอโซนทำงานโดยใช้พลังงานไฟฟ้า และทำจากสแตนเลสดังนั้นจุดที่วางถังควรแห้งไม่มีความชื้น

ข้อเสนอแนะในการศึกษาค้นคว้าต่อไป

1. ควรสร้างให้ตัวเครื่องมีขนาดใหญ่กว่านี้เพื่อรองรับหน้ากากในปริมาณมาก
2. ควรพัฒนาต่อยอดและเพิ่มมูลค่าในเชิงพาณิชย์
3. พัฒนาเปลี่ยนแปลงเป็นวัตถุอื่นๆที่ต้องการทำลายและฆ่าเชื้อนอกเหนือจากหน้ากากอนามัย

เอกสารอ้างอิง

- [1] ประกาศกระทรวงสาธารณสุข. (2563.) ท้องถิ่นออกราชอาณาจักรที่เป็นเขตติดโรคติดต่ออันตรายกรณีโรคติดต่อไวรัสโคโรนา 2019 หรือโรคโควิด 19. เล่ม 137 ตอนพิเศษ 52 ง หน้า 13
- [2] กรมควบคุมโรคติดต่อกระทรวงสาธารณสุข. (2563., มกราคม). ข้อมูลสำหรับการป้องกันตัวเองจากไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ 2019. กรุงเทพมหานคร
- [3] บีบีซีนิวส์ไทย. (2565). โควิด-19 สถานการณ์ขยะในกรุงเทพ. [ออนไลน์] สืบค้นจาก : <https://www.bbc.com/thai/thailand-52817608><https://www.bbc.com/news/world-asia-china-48847062> [2564., 15 กุมภาพันธ์]

- [4] กลุ่มงานแสงและสีฝ่ายมาตรวัดวิทยุอาณานิคมและแสง. คำแนะนำการเลือกหลอดยวี่ทำลายเชื้อโควิด -19. [ออนไลน์]
สืบค้นจาก :[https://www.nimt.or.th/main/wp-content/uploads/2020/06/\[2564., 18 กุมภาพันธ์\]](https://www.nimt.or.th/main/wp-content/uploads/2020/06/[2564., 18 กุมภาพันธ์])