



การศึกษาประสิทธิภาพการกรองของหน้ากากทางการแพทย์ N95 หลังจากผ่านการฆ่าเชื้อด้วยต้นแบบเครื่องฆ่าเชื้อไวรัสโคโรนาแบบอัตโนมัติ

A Study of The Filtration Efficiency of The N95 Medical Mask After Sterilization with The Developed Automatic Coronavirus Sterilizer

อภิชาติ สังข์ทอง^{1*} ชัยวัฒน์ สมเงิน² ฐิตินันท์ บุญศรี² บรรบต แซ่ไคว² และ ศุภนิจ พรธีระภัทร²
Apichart Sungthong^{1*}, Chaiwat Somgern², Thitinun Boonsee², Bunpot Saekow²
and Supanit Porntheeraphat²

¹สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ อ.เมือง จ.ฉะเชิงเทรา 24000

²ทีมวิจัยเทคโนโลยีเกษตรดิจิทัล (DAT) ด้านวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีระบบและเครือข่ายอัจฉริยะ (ITSN) ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (NSTDA)

¹Department of Applied Physics, Faculty of Science and Technology, Rajabhat Rajanagarindra University, Chaserngsao 24000, THAILAND

²Digital Agriculture Technology Research Team (DAT), Deputy Executive Director Research and Development Intelligent Systems and Networks (ITSN), National Electronics and Computer Technology Center (NECTEC), National Science and Technology Development Agency (NSTDA), THAILAND

*Corresponding author e-mail: sttchart@hotmail.com

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Article history:

Received: 22 June, 2021

Revised: 3 December, 2021

Accepted: 8 March, 2022

Available online: xx May, 2022

DOI: xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx

Keywords: UV-C sterilizer, reusable mask, ultraviolet, disinfection

This research aims to develop an automatic coronavirus sterilizer. A research team which knowledge and experience in the branch of photonics technology for medical, together with a research team of virology jointly research to solve the aforementioned problems. Therefore, the system is designed as automatically sterilization process that is UV-C exposure, hot air dryer, packaging and sealing for the personal individual masks. We have found that the UV-C dose that can kill the amount of 200 microliters of coronavirus PEDV (more than the number of possible natural contamination) on N95 medical mask (model VFLEX 9105) within 1 minute and can kill the same amount of coronavirus faster

than 1 minute for higher UV-C intensity. The filtering efficiency of the medical masks which were through our sterilization machine have been sent to tested. It was found that the control mask and used mask that sterilized for 10- and 30-time cycles had no significant different filtration efficiency. This demonstrates that our automated coronavirus sterilizer prototype is not destroyed the filtration efficiency of the tested medical mask so this prototype is many advantages for killing the coronavirus may be on used medical masks and can be reused many times.

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างต้นแบบเครื่องฆ่าเชื้อไวรัสโคโรนา โดยใช้องค์ความรู้ ประสบการณ์ในการทำงานด้านแสงเพื่อการใช้งานทางการแพทย์ ร่วมกับทีมวิจัยผู้เชี่ยวชาญทางด้านไวรัสวิทยา ออกแบบให้เป็นระบบที่ใช้งานในการฆ่าเชื้อหน้ากากเฉพาะบุคคล และมีระบบปิดถูงเมื่อผ่านการฆ่าเชื้อแล้วแบบอัตโนมัติ จากการทดลอง ปริมาณและเวลาฆ่าเชื้อ (DOSE) ของแสงอัลตราไวโอเล็ต (UV-C) ที่มีผลในการทำลายเชื้อไวรัสโคโรนา Porcine Epidemic Diarrhea virus (PEDV) ที่ปนเปื้อนบนหน้ากากทางการแพทย์ N95 รุ่น VFLEX 9105 ของบริษัท 3M ที่นำมาทดสอบหาปริมาณของแสงยูวีซี ในการฆ่าเชื้อไวรัส พบว่าแสงยูวีซี ที่มีค่าความเข้มแสง $70 \text{ microwatt-sec/cm}^2$ สามารถทำลายเชื้อไวรัสโคโรนา PEDV จำนวน 200 microliters (ซึ่งมากกว่าจำนวนที่เป็นไปได้ในการปนเปื้อนตามธรรมชาติ) ได้ในเวลา 1 นาที และสามารถทำลายเชื้อไวรัสโคโรนาได้เร็วกว่า 1 นาที ที่ความเข้มแสงมากขึ้น จากค่าปริมาณแสง ที่ได้ จึงได้นำมาพัฒนาสร้างต้นแบบเครื่องฆ่าเชื้อไวรัสโคโรนาแบบอัตโนมัติ และจากผลทดสอบหาประสิทธิภาพการกรองของหน้ากากทางการแพทย์ที่นำมาทดสอบ พบว่า หน้ากากที่ผ่านการฆ่าเชื้อจากเครื่องต้นแบบ จำนวน 10 และ 30 ครั้ง มีประสิทธิภาพการกรองที่เปลี่ยนแปลงไปจากหน้ากากที่

ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยเครื่องต้นแบบ น้อยมาก ๆ แสดงให้เห็นว่าต้นแบบเครื่องฆ่าเชื้อไวรัสโคโรนาแบบอัตโนมัติที่ได้พัฒนาขึ้นมา นี้ ไม่ได้ก่อให้เกิดความเสียหายต่อประสิทธิภาพการกรองของหน้ากากทางการแพทย์ จึงเหมาะสำหรับใช้ในการฆ่าเชื้อไวรัสโคโรนาที่อาจปนเปื้อนบนหน้ากากทางการแพทย์ และสามารถนำกลับมาใช้ซ้ำได้หลาย ๆ ครั้ง

คำสำคัญ: เครื่องฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงยูวีซี หน้ากากแบบใช้ซ้ำได้ อัลตราไวโอเล็ต การฆ่าเชื้อโรค

บทนำ

จากสถานการณ์การระบาดของไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ COVID-19 ซึ่งระบาดอยู่ในประเทศไทย และทั่วโลกในขณะนี้ (1-4) ทำให้บุคลากรทางการแพทย์มีหน้ากากอนามัยทางการแพทย์ไม่เพียงพอ ราคาสูงขึ้นมา และเกิดภาวะขาดแคลน โดยเฉพาะหน้ากากชนิด N95 ที่บุคลากรทางการแพทย์ผู้เกี่ยวข้องต้องใช้ต่อวันเป็นจำนวนมากหลายชิ้นต่อคน ทำให้ต้องมีการนำมาใช้ซ้ำ ปัจจุบันการฆ่าเชื้อมีหลากหลายเครื่องมือ หลายวิธี (6-7) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสถานการณ์ภาวะการระบาดระดับโลกเช่นนี้ ทำให้มีเครื่องมือ อุปกรณ์ ออกมาจำหน่ายมากมาย มีการโฆษณาประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเชื้อไวรัสโคโรนา อย่างไรก็ตามยังไม่เห็นผลการทดลองในการฆ่าเชื้อไวรัสสายพันธุ์โคโรนา กับ

ประสิทธิภาพการกรองของหน้ากากทางการแพทย์ N95 ที่ผ่านการฆ่าเชื้อซ้ำ ๆ (ใช้ซ้ำ) ของเครื่องมือใดที่ออกมาอย่างชัดเจน

ทีมวิจัยจึงได้คิดค้นระบบฆ่าเชื้อไวรัสโคโรนาสำหรับหน้ากากทางการแพทย์ N95 แบบอัตโนมัติขึ้นเพื่อประโยชน์ในการฆ่าเชื้อโรคและสามารถนำมาฆ่าเชื้อซ้ำหลังการใช้งานโดยไม่เสื่อมประสิทธิภาพ โดยอาศัยหลักการที่ใช้งานหน้ากาก N95 เคลื่อนที่ด้วยระบบรางเลื่อน ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยแสงยูวีซี ผ่านระบบอบลมร้อน (Hot Air Oven) และปิดผนึกชิ้นต่อชิ้น (Individual Seal Pack) โดยออกแบบให้เป็นระบบที่ใช้งานในการฆ่าเชื้อหน้ากากเฉพาะบุคคล (Individual Personal-Mask Sterilizer with Auto Sealed Packing) ในขั้นตอนการพัฒนา มีการตรวจวัดแสงยูวีซี และการทดสอบฆ่าเชื้อไวรัสโคโรนาบนหน้ากากทางการแพทย์ N95 เพื่อหาปริมาณแสง ที่ถูกต้อง แม่นยำ ตลอดจนการทดสอบประสิทธิภาพการกรองของหน้ากากทางการแพทย์ N95 หลังจากผ่านการฆ่าเชื้อซ้ำ ด้วยเครื่องที่พัฒนาขึ้น จำนวนมากถึง 30 ครั้ง

วิธีดำเนินการวิจัย

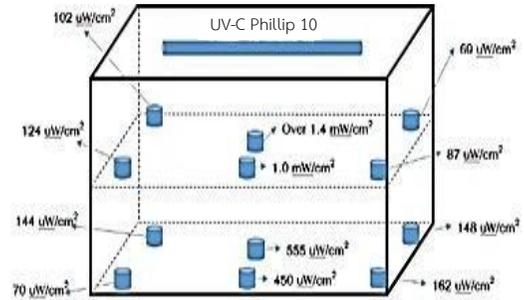
1. การศึกษาและหาปริมาณ ของแสงยูวีซี ที่มีผลต่อไวรัสโคโรนาบนหน้ากากทางการแพทย์ N95

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย

- ตู้และหลอด UV-C Phillip 10 Watt
- เครื่อง UV-C Power Meter
- หน้ากากทางการแพทย์ N95 ของบริษัท 3M
- เชื้อไวรัสโคโรนา PEDV ในการทดลอง (Non Pathogenic in Human)
- Auto Cell Culture Machine
- One Step RT-PCR KIT

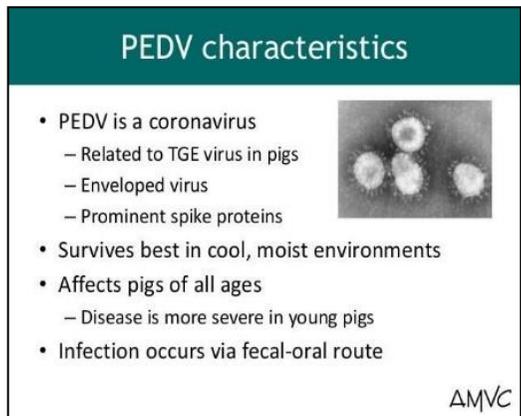
สำหรับการจัดวางหลอดยูวีซี และวัด UV-C Output วัดค่าความเข้มแสงยูวีซี ที่ตำแหน่งวางชิ้นงาน

ภายในตู้ ทั้งด้านบนและด้านล่าง ได้ค่าความเข้มแสงแสดงดังในรูปที่ 1



รูปที่ 1 ค่า UV-C Output ที่ระยะวางชิ้นงาน

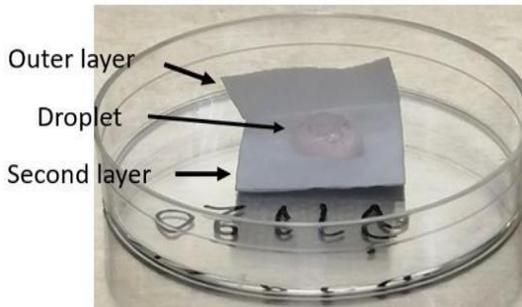
ทำการทดลองประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อบนตัวอย่างหน้ากาก N95 จากห้องปฏิบัติการไวรัสวิทยา ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ โดยทำการทดลองด้วยเชื้อไวรัสโคโรนา PEDV (Non Pathogenic in Human) ซึ่งเป็นไวรัสโคโรนาที่มีขนาดใกล้เคียงกับ COVID-19 และเป็นที่ยอมรับในระดับสากลที่สามารถใช้เป็นตัวแทนการทดสอบ มีสมบัติแสดงดังรูปที่ 2



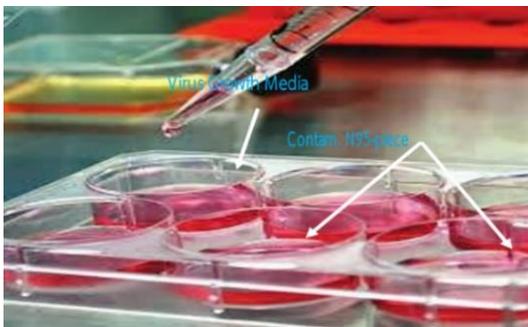
รูปที่ 2 สมบัติเฉพาะของเชื้อไวรัสโคโรนา PEDV ที่ใช้ทดสอบ

ตัดหน้ากาก N95 ออกเป็นชิ้นเล็ก ๆ และเตรียมชิ้นงานหยดเชื้อไวรัสโคโรนา PEDV ด้วยการหยดเชื้อ PEDV จำนวน 200 microliters และนำไปวางในตำแหน่งความเข้มแสงยูวีซีต่าง ๆ ลักษณะชิ้นหน้ากาก N95 ที่

ได้รับการหยดเชื้อ แสดงดังรูปที่ 3 จากนั้นรอเวลาให้เชื้อซึมเข้าในเนื้อหน้ากากจนหมด



รูปที่ 3 ลักษณะชั้นส่วนหน้ากากทางการแพทย์ N95 ที่ได้รับการหยดเชื้อ PEDV จำนวน 200 microliters



รูปที่ 4 ชั้นส่วนหน้ากาก N95 ที่ปนเปื้อนไวรัสโคโรนา PEDV ทั้งที่โดนฉายแสงยูวีซี จำนวน 8 Wells และไม่โดนฉายแสง (ควบคุม) จำนวน 1 Well

เตรียมชั้นส่วนหน้ากาก N95 ที่ปนเปื้อนเชื้อไวรัสโคโรนา และได้รับการฉายแสงยูวีซี ตามตำแหน่งและเวลาต่าง ๆ ไปทำ Viral RNA Extraction ใน Well plate ดังแสดงในรูปที่ 4

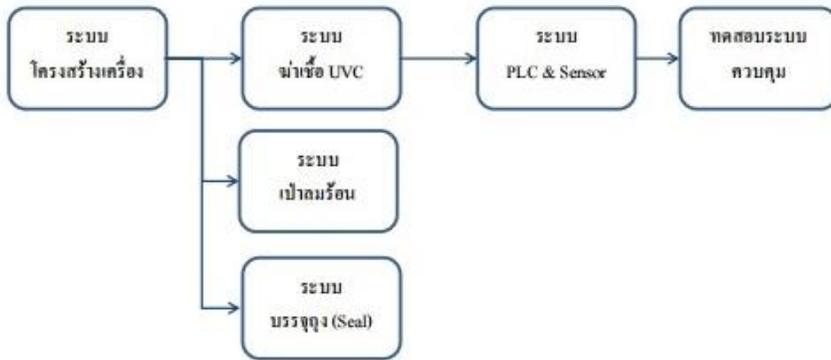
ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ One Step RT-PCR KIT (Takara Bio.) ดังแสดงในรูปที่ 5 สำหรับตรวจสอบโครงสร้าง RNA ของไวรัส จากตัวอย่างชั้นส่วนหน้ากาก N95 ที่เตรียมไว้ ผลของ RT-PCR จากชั้นส่วน N95 ที่ความเข้มแสงและเวลาต่างๆ กับเชื้อไวรัสโคโรนา PEDV (ควบคุม) ที่ไม่โดนฉายแสง พบแถบ RNA ของไวรัส บน Electrophoresis Gel ทุก ๆ ความเข้มแสง

และเวลาต่าง ๆ และจะเห็นได้ว่า แถบ RNA ของไวรัสที่โดนฉายแสงยูวีซี ส่วนใหญ่จะเปลี่ยนไปจากแถบ RNA ของไวรัส ที่ไม่โดนฉายแสง (ควบคุม) แสดงให้เห็นถึงความยาวคลื่นแสงยูวีซี (254 nm) ความเข้มแสง และเวลาในการฉายแสง ที่ตำแหน่งชิ้นงานที่ปนเปื้อนไวรัส เป็นตัวแปรที่มีผลในการทำลายถึงระดับ RNA ของไวรัส ได้



รูปที่ 5 Real-Time PCR Kit

การพัฒนานวัตกรรมเครื่องฆ่าเชื้อหน้ากากทางการแพทย์ N95 แบบอัตโนมัติ ฎูกออกแบบให้มีการผสมผสานกับระบบลำเลียง Automation ในระบบงานอุตสาหกรรม เข้ากันกับเทคโนโลยีไร้สาย โดยใช้ระบบ PLC & Sensor ควบคุมการทำงานของเครื่องใช้หลักการฆ่าเชื้อด้วย UV-C Germicidal Lamp ให้ความยาวคลื่น 254 nm คำนึงถึงความปลอดภัยในการใช้งานโดยไม่มีแสงยูวีซี รั่วลอดออกมาภายนอก มีช่องมองการทำงานของหลอดโดยใช้วัสดุใสที่สามารถกันแสงยูวีซี ได้ทั้งหมด ภายในส่วนของการฉายแสง ใช้วัสดุ Anodized Aluminium ทำให้เกิดการกระจายแสงได้ดี โดยขั้นตอนหลัก ๆ ในการสร้างเครื่องฆ่าเชื้อ มีดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 ขั้นตอนหลัก ๆ ในการสร้างเครื่องฆ่าเชื้อหน้ากากทางการแพทย์ N95 แบบอัตโนมัติ

ใช้หลักการฆ่าเชื้อด้วย UV-C Germicidal Lamp ที่ให้ความยาวคลื่น 254 nm ซึ่งเป็นความยาวคลื่นที่ DNA ดูดซับได้ดีที่สุด จึงทำให้เชื้อโรคไม่ว่าจะเป็นแบคทีเรีย ไวรัส ราเส้นใย ยีสต์ เป็นต้น ถูกทำลาย โครงสร้างกรดนิวคลีอิกที่เป็นองค์ประกอบของ DNA และ RNA ของเชื้อโรค แต่ในแสงในบรรยากาศธรรมชาติจะไม่พบแสงยูวีซี เนื่องจากไม่สามารถผ่านชั้นโอโซนมายังผิวโลกได้ เครื่องต้นแบบจะใช้หลอดแสงยูวีซี ยี่ห้อ Philips UVC 10W T5G13 ขนาด 30 เซนติเมตร จำนวน 2 หลอด ติดตั้งตำแหน่งด้านบน-ล่าง ของสายพานลำเลียงในส่วนฉายแสงฆ่าเชื้อทั้งด้านบนและด้านล่างของหน้ากาก 95 ที่เคลื่อนเข้ามา

2. การทดสอบประสิทธิภาพการกรองของหน้ากากทางการแพทย์ N95 ที่ผ่านการฆ่าเชื้อซ้ำ ๆ ด้วยระบบที่พัฒนาขึ้น

ในการทดสอบประสิทธิภาพการกรองของหน้ากากทางการแพทย์ N95 ที่ผ่านการฆ่าเชื้อซ้ำ ๆ ด้วยเครื่องฆ่าเชื้อที่พัฒนาขึ้นมา โดยหน้ากากที่นำมาใช้ทดสอบเป็นหน้ากากทางการแพทย์ N95 รุ่น VFLEX 9105 ของบริษัท 3M ซึ่งหน้ากากในรุ่นดังกล่าวเป็นรุ่นที่มีการใช้งานในห้องปฏิบัติการตรวจเชื้อในโรงพยาบาล การเตรียมตัวอย่างจะตัดชิ้นงานเป็นวงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตรตำแหน่งตามรูปที่ 7 ทำการทดสอบประสิทธิภาพการกรองของหน้ากากตาม

มาตรฐาน ASTM F2299 โดยหน่วยวิจัยสนามไฟฟ้าประยุกต์ในภาควิชาวิศวกรรม (Research Unit of Applied Electric Field in Engineering (RUEE) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อุปกรณ์ประกอบด้วยเครื่องสร้างอนุภาค เครื่องแยกและคัดกรองอนุภาคขนาด 0.3 ไมครอน อนุภาคที่ได้จะไหลผ่านตัวอย่างเครื่องวัดอนุภาคทำการวัดจำนวนอนุภาคก่อนและหลังตัวอย่าง นำผลการวัดที่ได้มาคำนวณประสิทธิภาพการกรอง ตามสมการที่ (1)



รูปที่ 7 ตัวอย่างหน้ากาก N95 รุ่น VFLEX 9105 ของบริษัท 3M และตำแหน่งการตัดชิ้นงานส่งทดสอบ

$$\eta = \frac{C_{inlet} - C_{outlet}}{C_{inlet}} \quad (1)$$

เมื่อ C_{inlet} คือ จำนวนอนุภาคก่อนผ่านแผ่นกรองอนุภาค

Coutlet คือ จำนวนอนุภาคหลังผ่านแผ่นกรองอนุภาค

ทำการทดสอบ 3 เงื่อนไข คือ หน้ากาก N95 ที่ผ่านเข้าเครื่องฆ่าเชื้อ จำนวน 10 และ 30 ครั้ง และไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ (ควบคุม)

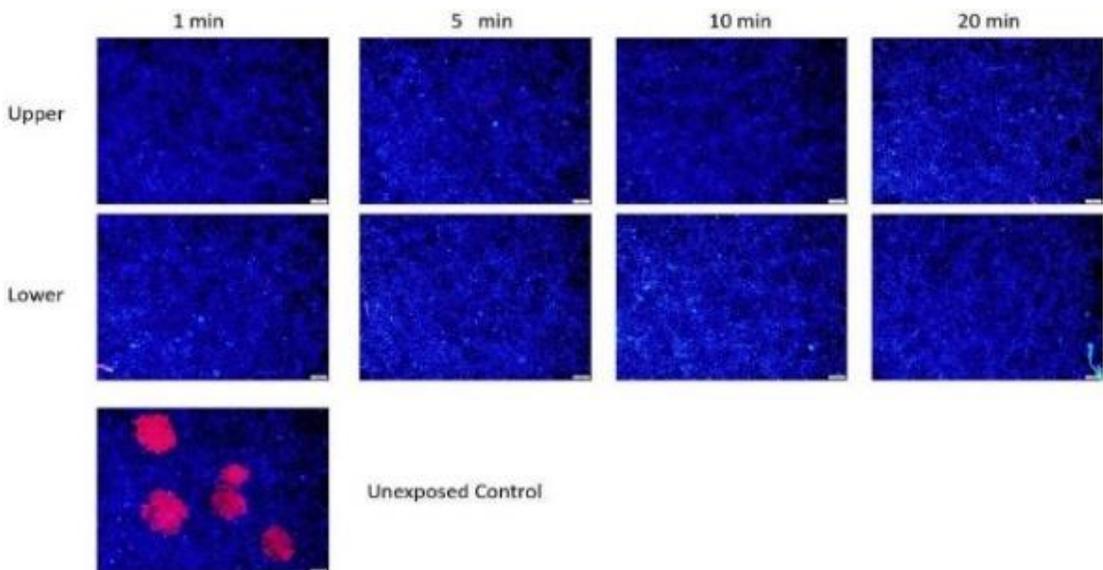
ผลการศึกษาและอภิปรายผล

1. การศึกษาและหาปริมาณ ของแสงยูวีซี ที่มีผลต่อไวรัสโคโรนาบนหน้ากากทางการแพทย์ N95

เชื้อไวรัสโคโรนา PEDV (Non Pathogenic in Human) จำนวน 200 microliters ต่อชิ้นส่วนหน้ากาก N95 โดยหยดลงไปตรงชั้นกลางของหน้ากากเป็นเวลา 2 ชั่วโมง เพื่อให้เชื้อซึมเข้าไปในชิ้นส่วนของ

หน้ากาก ก่อนทำการฉายด้วยแสงยูวีซี แล้วนำชิ้นส่วนทั้งหมดไปทำ Viral RNA Extraction

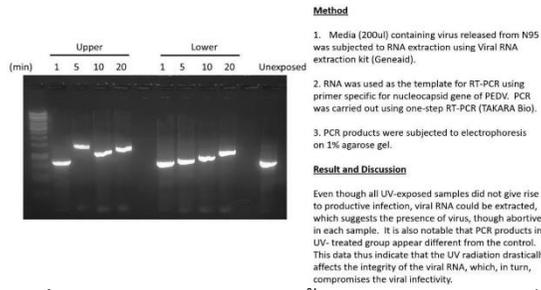
วิธีการ Cell Culture จะเป็นการแสดงถึงการดำรงอยู่ของไวรัสที่มีอยู่ในชิ้นส่วนของหน้ากาก N95 โดยที่หน้ากาก N95 ที่ถูกฉายด้วยความเข้มแสงและเวลาต่าง ๆ กัน จากการทดลองพบว่าที่ความเข้มแสงประมาณ 70 microwatt-sec/cm² ขึ้นไป สามารถเข้าทำลายให้ไวรัสโคโรนาไม่สามารถเจริญเติบโตได้ นั่นหมายความว่า ไวรัสไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้เมื่อโดนฉายแสงยูวีซี ที่ความเข้มนี้หรือมากกว่า ในเวลา 1 นาที เป็นต้นไป ในขณะที่ชิ้นส่วนหน้ากาก N95 ควบคุม หรือชิ้นที่ไม่โดนฉายแสง (Unexposed Control) ยังพบการเจริญเติบโตของเชื้อไวรัสอยู่ (ก้อนสีชมพูในรูปที่ 8)



รูปที่ 8 ผลของวิธี Cell Culture จากชิ้นส่วนหน้ากากทางการแพทย์ N95 ที่ความเข้มแสงและเวลาในการฉายแสง

จากนั้นทำการตรวจวิเคราะห์ RNA ด้วยเทคนิค Real-Time PCR (RT-PCR) จากผลของ RT-PCR ของชิ้นส่วนหน้ากาก N95 ที่ถูกหยดเชื้อไวรัสโคโรนาจำนวนเท่า ๆ กัน แต่ถูกฉายแสงที่ความเข้มและเวลาต่าง ๆ กัน พบว่าชิ้นส่วนที่ไม่ถูกฉายแสง (Unexposed) ปรากฏแถบ RNA ของไวรัส PEDV บน Electrophoresis Gel และจะเห็นว่า ชิ้นส่วนหน้ากากที่ถูกฉายแสงยูวีซี ส่วนใหญ่

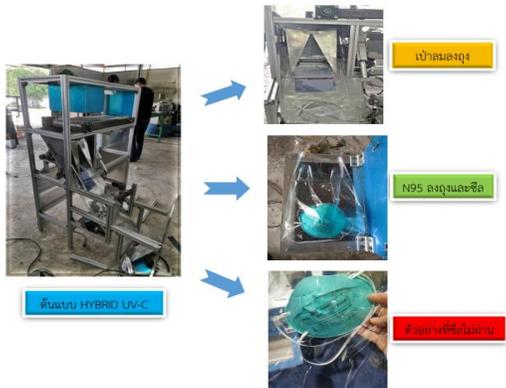
จะมีแถบ RNA เปลี่ยนไปจากแถบ RNA ของเชื้อไวรัส PEDV ที่ไม่ถูกฉายแสง (ควบคุม) นั้นแสดงให้เห็นว่าแสงยูวีซี ความยาวคลื่น 254 nm ความเข้มแสง และเวลาในการฉายแสง ณ ตำแหน่งผิวของชิ้นงาน เป็นตัวแปรที่มีผลในการทำลายไวรัสถึงระดับ RNA ได้ ดังแสดงในรูปที่ 9



รูปที่ 9 ผลของ RT-PCR จากชิ้นส่วนหน้ากาก N95 ที่ความเข้มแสงและเวลาต่าง ๆ

2. การพัฒนาต้นแบบระบบฆ่าเชื้อไวรัสโคโรนาแบบอัตโนมัติ

ขั้นตอนการปิดผนึก (Seal) และโครงสร้างเครื่องฆ่าเชื้อ แสดงในรูปที่ 10 และ 11



รูปที่ 10 ขั้นตอนการปิดผนึกและตัวอย่างการปิดผนึกถุงที่ดีและไม่ดี



รูปที่ 11 เครื่องต้นแบบระบบฆ่าเชื้อไวรัสโคโรนาแบบอัตโนมัติ

3. การทดสอบประสิทธิภาพการกรองของหน้ากากทางการแพทย์ N95 ที่ผ่านการฆ่าเชื้อซ้ำๆ ด้วยระบบที่พัฒนาขึ้น

ได้ทำการทดสอบ 3 เงื่อนไข คือ หน้ากาก N95 ที่ผ่านเข้าเครื่องฆ่าเชื้อ จำนวน 10 และ 30 ครั้ง และไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ (ควบคุม) โดยหน้ากากที่นำมาใช้ทดสอบเป็นหน้ากากทางการแพทย์ N95 รุ่น VFLEX 9105 ของบริษัท 3M โดยมีตัวแปรในการทดสอบหาประสิทธิภาพการกรอง ดังนี้คือ

Area Tested: 12.57 cm²

Particle Size: 0.3 µm

Total Flow Rate: 28.3 L/min

Delta P Flow Rate: 8 L/min

Face Velocity: 10.6 cm/s

Environment: 23°C, 47%RH

References: TSI AeroTrak Model 9310 S/N 93101821004

TSI Manometer Model 8380 S/N: T83801703012

ผลที่ได้จากการทดสอบหาประสิทธิภาพการกรองของหน้ากากทางการแพทย์ N95 รุ่น VFLEX 9105 ของบริษัท 3M ที่ยังไม่ผ่านต้นแบบเครื่องฆ่าเชื้อไวรัสโคโรนาแบบอัตโนมัติ (ควบคุม) และผ่านการฆ่าเชื้อจำนวน 10 และ 30 ครั้ง ซึ่งแต่ละเงื่อนไขจะทำการทดสอบ 5 ชิ้น แสดงดังตารางที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ

จากผลทดสอบหาประสิทธิภาพการกรองของหน้ากากทางการแพทย์ N95 รุ่น VFLEX 9105 ของบริษัท 3M ที่ยังไม่ผ่านต้นแบบเครื่องฆ่าเชื้อไวรัสโคโรนาแบบอัตโนมัติ (ควบคุม) และผ่านการฆ่าเชื้อจำนวน 10 และ 30 ครั้ง ดังแสดงผลในตารางที่ 1, 2 และ 3 มีค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการกรอง 96.74%, 96.65% และ 95.55% ตามลำดับ ซึ่งพบว่าประสิทธิภาพการกรองยังคงไม่ต่ำกว่ามาตรฐานคือ 95% ในแต่ละเงื่อนไข มีประสิทธิภาพการกรองที่เปลี่ยนแปลงไปน้อยมาก

แสดงให้เห็นว่าต้นแบบเครื่องฆ่าเชื้อไวรัสโคโรนาแบบ การแพทย์ จึงสามารถใช้ในการฆ่าเชื้อไวรัสสำหรับ
 อัตโนมัตินี้ได้พัฒนาขึ้นมา ไม่ได้ส่งผลให้เกิดความ หน้ากากทางการแพทย์ที่ต้องการใช้ซ้ำได้หลาย ๆ ครั้ง
 เสียหายต่อประสิทธิภาพการกรองของหน้ากากทาง

ตารางที่ 1 ชิ้นส่วนหน้ากาก N95 ที่ยังไม่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยต้นแบบเครื่องฆ่าเชื้อไวรัสโคโรนาแบบอัตโนมัติ (ควบคุม)

Test Article Number	Concentration Control Counts	Filtrate Counts	Filtration Efficiency
1	2,705,300	87,597	96.76%
2	2,615,866	80,707	96.91%
3	2,644,521	88,541	96.65%
4	2,683,324	88,421	96.70%
5	2,674,346	88,735	96.68%

Test Article Number	Delta P(mmH ₂ O)	Delta P(mmH ₂ O/cm ²)	Delta P(Pa/cm ²)
1	40.32	3.21	31.46
2	40.85	3.25	31.87
3	40.83	3.25	31.85
4	40.21	3.20	31.37
5	40.20	3.20	31.36

Average Filtration Efficiency: 96.74%

ตารางที่ 2 ชิ้นส่วนหน้ากาก N95 ที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยต้นแบบเครื่องฆ่าเชื้อไวรัสโคโรนาแบบอัตโนมัติ 10 ครั้ง

Test Article Number	Concentration Control Counts	Filtrate Counts	Filtration Efficiency
1	2,692,297	87,456	96.75%
2	2,592,933	96,325	96.29%
3	2,556,820	80,424	96.85%
4	2,605,689	80,671	96.90%
5	2,657,463	94,583	96.44%

Test Article Number	Delta P(mmH ₂ O)	Delta P(mmH ₂ O/cm ²)	Delta P(Pa/cm ²)
1	38.28	3.05	29.86
2	39.05	3.11	30.47
3	38.69	3.08	30.18
4	38.95	3.10	30.39
5	39.16	3.12	30.55

Average Filtration Efficiency: 96.65%

ตารางที่ 3 ชิ้นส่วนหน้ากาก N95 ที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยต้นแบบเครื่องฆ่าเชื้อไวรัสโคโรนาแบบอัตโนมัติ 30 ครั้ง

Test Article Number	Concentration Control Counts	Filtrate Counts	Filtration Efficiency
1	2,602,085	109,788	95.78%
2	2,556,537	116,290	95.45%
3	2,589,329	111,272	95.70%
4	2,567,431	125,436	95.11%
5	2,647,136	113,243	95.72%

Test Article Number	Delta P(mmH ₂ O)	Delta P(mmH ₂ O/cm ²)	Delta P(Pa/cm ²)
1	40.08	3.19	31.27
2	39.93	3.18	31.15
3	39.15	3.11	30.54
4	40.11	3.19	31.29
5	40.33	3.21	31.46

Average Filtration Efficiency: 95.55%

สรุปผล

จากการทดลองหาปริมาณ Dose ของแสงยูวีซี ที่มีผลในการทำลายเชื้อไวรัสโคโรนาที่ปนเปื้อนบนหน้ากากทางการแพทย์ N95 รุ่น VFLEX 9105 ของบริษัท 3M ที่นำมาทดสอบ พบว่าแสงยูวีซี ที่มีค่าความเข้มแสง 70 microwatt-sec/cm² สามารถทำลายเชื้อไวรัสโคโรนา PEDV จำนวน 200 microliters (ซึ่งมากกว่าจำนวนที่เป็นไปได้ในการปนเปื้อนตามธรรมชาติ) ได้ในเวลา 1 นาที และจะสามารถทำลายเชื้อไวรัสโคโรนาได้เร็วกว่า 1 นาที ที่ความเข้มแสงมากขึ้น จากผลของ Cell Culture ไม่พบไวรัส ที่ใส่ไปจำนวน 200 microliters ว่ามีการเจริญเติบโตหลังการฉายแสง นั่นหมายถึงไวรัสถูกฆ่าให้ตายไปแล้ว ในขณะที่พิสูจน์ด้วย RT-PCR พบว่ามีแถบ RNA ไวรัสบนชิ้นงานทดสอบ นั่นหมายถึงการที่เคยมีไวรัสอยู่บนชิ้นงานมาก่อนนั่นเอง

จากค่าปริมาณแสงที่ได้ จึงได้นำมาพัฒนาสร้างต้นแบบเครื่องฆ่าเชื้อไวรัสโคโรนาแบบอัตโนมัติ โดยใช้หลอดแสงยูวีซี ในการฆ่าเชื้อ ที่ตำแหน่งวางชิ้นงาน มีค่าความเข้มแสงยูวีซี มากกว่า 260 microwatt-sec/cm² ได้ออกแบบให้มีแสงยูวีซี มาจากด้านบนและด้านล่างของชิ้นงาน เพื่อฆ่าเชื้อทั้งสองด้าน

ของชิ้นงานพร้อม ๆ กันโดยไม่ต้องทำการกลับพลิกชิ้นงาน กำหนดตั้งเวลาในการฆ่าเชื้อไวรัสโคโรนาบนชิ้นงานในเครื่อง ไว้เป็นเวลา 1 นาที เพื่อให้เกิดความมั่นใจต่อผู้ใช้งาน จากนั้นชิ้นงานที่ถูกฉายแสงยูวีซี แล้วจะเลื่อนไปในส่วนของการเป่าลมร้อนเพื่อจุดประสงค์ในการไล่ความชื้นออกจากชิ้นงาน และเลื่อนไปบรรจุลงถุงและปิดปากถุงด้วยลวดความร้อน ชิ้นงานจะตกลงมาที่ช่องเก็บชิ้นงานด้านหน้าเครื่อง ทุกกระบวนการหลังจากผู้ใช้งานชิ้นงานเข้าเครื่อง เครื่องจะทำงานแบบอัตโนมัติ

จากผลทดสอบหาประสิทธิภาพการกรองของหน้ากากทางการแพทย์ N95 รุ่น VFLEX 9105 ของบริษัท 3M ที่นำมาทดสอบนั้น พบว่า หน้ากากที่ยังไม่ผ่านการฆ่าเชื้อจากต้นแบบเครื่องฆ่าเชื้อไวรัสโคโรนาแบบอัตโนมัติและที่ผ่านการฆ่าเชื้อจากเครื่องต้นแบบจำนวน 10 และ 30 ครั้ง มีประสิทธิภาพการกรองที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม (ไม่ผ่านเครื่อง) น้อยมาก ๆ แสดงให้เห็นว่าต้นแบบเครื่องฆ่าเชื้อไวรัสโคโรนาแบบอัตโนมัติที่ได้พัฒนาขึ้นมา นี้ ไม่ได้ก่อให้เกิดความเสียหายต่อประสิทธิภาพการกรองของหน้ากากทางการแพทย์ จึงเหมาะสำหรับการฆ่าเชื้อไวรัสโคโรนา

ที่อาจปนเปื้อนบนหน้ากาทางารแพทย์ และสามารถนำกลับมาใช้ซ้ำได้หลาย ๆ ครั้ง

กิตติกรรมประกาศ

ทางทีมวิจัยขอขอบคุณ ดร. อนันต์ จงแก้ววัฒนา นักวิจัยอาวุโส จากทีมวิจัยนวัตกรรมสุขภาพสัตว์และการจัดการ (AVIG) ศูนย์เทคโนโลยีพันธุวิศวกรรมแห่งชาติ (BIOTEC), สวทช (NSTDA) สำหรับความช่วยเหลือทางด้านสายพันธุ์ของไวรัส การทดสอบและคำแนะนำเกี่ยวกับการทดสอบในครั้งนี้ ขอขอบคุณหน่วยงานให้ทุน TCELS ที่ได้สนับสนุนการให้ทุนในครั้งนี้จึงทำให้ งานวิจัยและผลงานนี้ประสบความสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. World Health Organization. Coronavirus disease 2019 (COVID-19) situation report -68 [Internet]. [cited 2020 Mar 28]. Availability from: <https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/situation-reports/20200328-sitrep-68-covid-19.pdf>.
2. Del Rio C, Malani PN. COVID-19—New insights on a rapidly changing epidemic. *JAMA*. 2020;323(14):1339-40. doi:10.1001/jama.2020.3072.
3. World Health Organization. Coronavirus disease (COVID-19) advice for the public: when and how to use masks [Internet]. [cited 2020 Jun 15]. Availability from: <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/advice-for-public/when-and-how-to-use-masks>.
4. Joob B, Wiwanitkit V. COVID-19 in medical personnel: observation from Thailand. *J Hosp Infect*. 2020;104(4):453. [https://doi:10.1016/j.jhin.2020.02.016](https://doi.org/10.1016/j.jhin.2020.02.016).
5. Moore G, Ali S, Cloutman-Green EA, Bradley CR, Wilkinson MAC, Hartley JC, et al. Use of UV-C radiation to disinfect non-critical patient care items: a laboratory assessment of the Nanoclave Cabinet. *BMC Infect Dis*. 2012;12:174. [https://doi:10.1186/1471-2334-12-174](https://doi.org/10.1186/1471-2334-12-174).
6. Beck SE, Hull NM, Poepping C, Linden KG. Wavelength-Dependent damage to adenoviral proteins across the germicidal UV spectrum. *Environ Sci Technol*. 2018;52(1):223-9. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b04602>.
7. Woo H, Beck SE, Boczek LA, Carlson KM, Brinkman NE, Linden KG, et al. Efficacy of inactivation of human enteroviruses by dual-wavelength germicidal ultraviolet (UV-C) light emitting diodes (LEDs). *Water (Basel)*. 2019;11(6):1131. <https://doi.org/10.3390/w11061131>.