วารสารสาธารณสุขและวิทยาศาสตร์สุขภาพ
Thai Journal of Public Health and Health Sciences; TJPHS
ISSN 2672-9148 (print)ISSN 2651-1711 (online)

นิพนธ์ต้นฉบับ

Received: May 17,2022
Revised: Dec. 16, 2022
Accepted: Feb. 12,2023
Published: Mar. 26, 2023

การพัฒนาระบบยูวีเคลื่อนที่สำหรับโรงงานสาธิตอุตสาหกรรมยาแผนไทย

The Development of UV Mobile System for Thai Traditional Medicine Pharmaceutical Factory

ทวีศักดิ์ หลีแก้วสาย ธีรนันท์ ธนัญชัย จักรกฤษณ์ คณารีย์
[1]วิทยาลัยการแพทย์พื้นบ้านและการแพทย์ทางเลือก, มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
Taweesak Leekeawsai, Teeranan Tananchai, Chakkrit Khanaree
School of Traditional and Alternative Medicine, Chiang Rai Rajabhat University

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบยูวีเคลื่อนที่ที่สามารถใช้ในโรงงานสาธิตอุตสาหกรรมยาแผนไทย และทดสอบประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ของระบบยูวีเคลื่อนที่ โดยเริ่มจากการออกแบบและผลิตระบบยูวีเคลื่อนที่ที่มีความกว้าง 60 เซนติเมตรและสูง 2 เมตร ซึ่งเหมาะสมกับขนาดพื้นที่ 8x9x3.6 เมตร (กว้างxยาวxสูง) จากนั้นทำการทดสอบประสิทธิภาพการฆ่าแบคทีเรียและเชื้อราที่ระยะห่างต่างๆ ในโรงงานสาธิตอุตสาหกรรมยาแผนไทย

ผลการศึกษาพบว่า หลังจากเปิดระบบยูวีเคลื่อนที่เป็นระยะเวลา 30 นาที สามารถฆ่าแบคทีเรียได้ 96.80%, 94.42%, 91.36% และ 86.97% สามารถฆ่าเชื้อราได้ 95.93%, 90.53%, 89.15% และ 86.00% โดยมีระยะห่างจากระบบยูวีเคลื่อนที่เท่ากับ 1, 2, 3 และ 4 เมตร ตามลำดับ สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพของระบบยูวีเคลื่อนที่ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศและบนพื้นผิวสัมผัสของเครื่องมือต่างๆ ภายในโรงงานฯ ด้วยวิธี Air test และ Swab test พบว่าปริมาณของแบคทีเรียและเชื้อราที่อยู่ในอากาศและบนพื้นผิวสัมผัสของเครื่องมือต่างๆ ภายในโรงงานฯ มีปริมาณลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการใช้ระบบยูวีเคลื่อนที่ จากผลการศึกษาข้างต้นแสดงให้เห็นว่าระบบยูวีเคลื่อนที่ที่ผลิตใช้เองมีความเหมาะสมกับพื้นที่ของโรงงานสาธิตอุตสาหกรรมยาแผนไทย และมีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ซึ่งจะช่วยลดโอกาสในการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์ยาสมุนไพร

คำสำคัญ :ระบบยูวีเคลื่อนที่, การปนเปื้อน, เชื้อจุลินทรีย์, โรงงานอุตสาหกรรมยาแผนไทย

Corresponding author: จักรกฤษณ์ คณารีย์ E-mail: chakkrit.kh@gmail.com

Abstract

The objectives of this study were to develop UV mobile system for Thai traditional medicine pharmaceutical factory and to determine the efficiency test of UV mobile on microbial disinfection. The studies begun with the design and manufacture of UV mobile with a width of 60 cm and a height of 2 m that appropriate for an area of 8 m width, 9 m length and 3.6 m height. Then, the efficiency test of UV mobile on microbial disinfection at different distances (1-4 m) was determined.

The results showed that after 30 mins turn on of UV mobile, bacteria were disinfected 96.80%, 94.42%, 91.36% and 86.97% as well as fungi were disinfected as 95.93%, 90.53%, 89.15% and 86.00% at 1, 2, 3 and 4 m distances from UV mobile respectively. Simultaneously, the efficiency tests of UV mobile on microbial disinfection in air and the surface of instruments or devices in Thai pharmaceutical factory were investigated by using air test and swab test. The outcomes of UV mobile using showed that bacteria and fungi were reduced in air and the surface of instruments or devices in Thai pharmaceutical factory when compared to before using of UV mobile. All findings implied that manufacture of UV mobile by operator could adapt for the area of Thai pharmaceutical factory and provided significant disinfected against the microorganisms that could be reduced the microbial contamination during the process of herb medicinal product.

Keywords: UV mobile, Contaminations, Microorganisms, Thai tradition medicine pharmaceutical factory

Corresponding author: Chakkrit Khanaree E-mail: chakkrit.kh@gmail.com

บทนำ

ปัจจุบันผลิตภัณฑ์สมุนไพรได้ถูกนำมาใช้ในการรักษาและบำรุงสุขภาพกันอย่างแพร่หลาย ซึ่งพบว่าผลิตภัณฑ์สมุนไพรมักมีการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์มากมาย โดยสาเหตุการปนเปื้อนนั้นมาจากวัตถุดิบและกระบวนการผลิตที่ไม่ถูกสุขลักษณะ ดังนั้นจำเป็นต้องมีวิธีการกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ในระบบของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์สมุนไพร โดยวิธีการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์มีหลากหลายวิธีและสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ การฆ่าเชื้อด้วยวิธีทางกายภาพ เช่น การกรอง การใช้ความร้อน การใช้รังสี และการฆ่าเชื้อด้วยวิธีทางเคมี เช่น การใช้สารต้านจุลินทรีย์ หรือบางครั้งอาจจะใช้การฆ่าเชื้อด้วยวิธีทางกายภาพและทางเคมีร่วมกัน (Srisukolrattana, 2015)

สำหรับวิธีการใช้สารต้านจุลินทรีย์เป็นวิธีการที่ได้รับความนิยมมากที่สุด เพราะสามารถทำได้ง่าย รวดเร็ว ไม่มีกระบวนการที่ยุ่งยาก แต่ว่าสารเคมีดังกล่าวจะมีความเป็นพิษต่อคนและสัตว์ จึงจำเป็นต้องใช้อย่างระมัดระวังและต้องมีการควบคุมปริมาณการใช้ของสารเหล่านี้เพื่อลดโอกาสที่จะเกิดอันตราย (Srisukolrattana, 2015) นอกจากนี้สารเคมีบางชนิดยังเป็นสาเหตุทำให้เครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับการผลิตผลิตภัณฑ์สมุนไพรเกิดความเสียหายได้ ปัจจุบันจึงมีการนำการฉายรังสียูวีเข้ามาช่วยในการกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ เนื่องจากวิธีการนี้สามารถทำได้ง่าย ไม่จำเป็นต้องใช้แรงงาน สามารถกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ในพื้นที่กว้างในระยะเวลาสั้นๆ พร้อมทั้งสามารถกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ในพื้นที่ที่เข้าถึงยากได้ และไม่สร้างความเสียหายให้แก่เครื่องมือต่างๆ ในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์สมุนไพร

ปัจจุบันมีการติดตั้งหลอดรังสียูวีในโรงงานอุตสาหกรรมยาแผนไทยเพื่อช่วยลดการปนเปื้อนทั้งในอากาศภายในโรงงานและเครื่องมือต่างๆ ในกระบวนการผลิต โดยมีการติดตั้งหลายรูปแบบ เช่น การติดตั้งไว้บนเพดาน บนพื้นหรือในท่ออากาศ (Namrung, Wansri, Pitulsub, Maga, Thongbuud, 2019) อย่างไรก็ตามการติดตั้งในรูปแบบเหล่านี้มีข้อจำกัดคือ ไม่สามารถเข้าถึงจุดอับหรือจุดที่มีวัตถุอื่นๆ บดบัง ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อลดลงเนื่องจากระยะห่างระหว่างหลอดรังสียูวีและเครื่องมือที่อยู่ห่างกันมาก รวมทั้งมีค่าใช้จ่ายจำนวนมากในการติดตั้ง

ดังนั้นวิทยาลัยการแพทย์พื้นบ้านและการแพทย์ทางเลือกในฐานะของสถาบันการศึกษาที่มีหน้าที่พัฒนาความรู้และถ่ายทอดความรู้ให้กับนักศึกษาแพทย์แผนไทยและยังมีบทบาทหน้าที่ในการดูแลสุขภาพของประชาชน จึงได้ตระหนักถึงความสำคัญของการผลิตผลิตภัณฑ์สมุนไพรที่นำมาใช้กับผู้ป่วย เพื่อให้มีความปลอดภัยต่อผู้ป่วยและประชาชนทั่วไปที่สนใจบริโภคผลิตภัณฑ์สมุนไพร การศึกษานี้จึงสนใจที่จะพัฒนาระบบยูวีเคลื่อนที่ (UV mobile) ที่สามารถใช้งานได้ง่าย สะดวก ราคาถูกและสามารถลดการปนเปื้อนจากเชื้อจุลินทรีย์ในโรงงานสาธิตอุตสาหกรรมยาแผนไทยของวิทยาลัยการแพทย์พื้นบ้านและการแพทย์ทางเลือก มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาระบบยูวีเคลื่อนที่ (UV mobile) ให้เหมาะสมกับโรงงานอุตสาหกรรมยาแผนไทย วิทยาลัยการแพทย์พื้นบ้านและการแพทย์ทางเลือก มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบยูวีเคลื่อนที่ (UV mobile) ต่อการการเชื้อจุลินทรีย์ในโรงงานอุตสาหกรรมยาแผนไทย วิทยาลัยการแพทย์พื้นบ้านและการแพทย์ทางเลือก มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

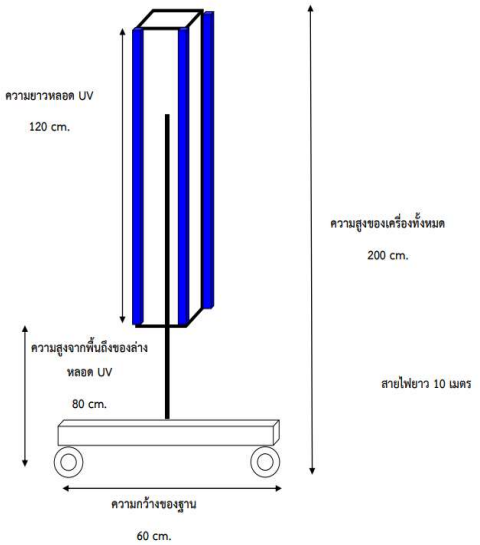
ระเบียบวิธีวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) โดยมีขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยแบ่งเป็น 3 ระยะ ได้แก่

ระยะที่ 1 เป็นการวิจัยเอกสาร (Documentary research) โดยการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในโรงงานอุตสาหกรรมยาแผนไทย มาตรฐานการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ยาแผนไทย การใช้รังสียูวีในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาออกแบบระบบยูวีเคลื่อนที่ (UV mobile) ให้เหมาะสมกับโรงงานอุตสาหกรรมยาแผนไทย วิทยาลัยการแพทย์พื้นบ้านและการแพทย์ทางเลือก มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย โดยระบบยูวีเคลื่อนที่ (UV mobile) ที่ออกแบบขึ้นมาจะต้องสามารถฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในพื้นที่ปฏิบัติงานภายในที่มีความกว้างเท่ากับ 8 เมตร ความยาวเท่ากับ 9 เมตร และความสูงเท่ากับ 3.6 เมตร ของโรงงานอุตสาหกรรมยาแผนไทย

ระยะที่ 2 การพัฒนาระบบยูวีเคลื่อนที่ (UV mobile) ให้เหมาะสมกับโรงงานอุตสาหกรรมยาแผนไทย วิทยาลัยการแพทย์พื้นบ้านและการแพทย์ทางเลือก มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย มีขั้นตอนดังนี้

1. ออกแบบระบบยูวีเคลื่อนที่ (UV mobile) ที่สามารถฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในพื้นที่ปฏิบัติงานภายในที่มีความกว้างเท่ากับ 8 เมตร ความยาวเท่ากับ 9 เมตร และความสูงเท่ากับ 3.6 เมตร ของโรงงานอุตสาหกรรมยาแผนไทย ซึ่งระบบยูวีเคลื่อนที่ (UV mobile) จะต้องประกอบไปด้วย หลอดไฟ UV แท่นสำหรับติดตั้งหลอดไฟ UV ชุดล้อเลื่อนสำหรับเคลื่อนย้ายระบบยูวีเคลื่อนที่ (UV mobile) ระบบไฟฟ้าและระบบควบคุมการเปิด-ปิดหลอดไฟ UV ด้วยรีโมทคอนโทรลเพื่อป้องกันอันตรายจากรังสี UV ขณะการใช้งานระบบยูวีเคลื่อนที่ (UV mobile) โดยผู้วิจัยได้ทำการทดสอบคุณภาพของหลอดไฟ UV เบื้องต้นซึ่งสามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราได้จริงและทำการออกแบบแท่นสำหรับติดตั้งหลอดไฟ UV ที่ขนาดความกว้าง 60 เซนติเมตร และความสูง 2 เมตร เพื่อให้รังสี UV สามารถแพร่กระจายภายในพื้นที่ปฏิบัติงานทั้งแนวดิ่งและแนวราบได้ ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การออกแบบระบบยูวีเคลื่อนที่ (UV mobile)

2. ผลิตระบบยูวีเคลื่อนที่ (UV mobile) มีวัสดุอุปกรณ์ดังนี้

- หลอดไฟ UV ที่ใช้จะมีขนาด 36 วัตต์ ยาว 120 เซนติเมตร (PHILIPS TUV-36W-T8) จำนวน 4 หลอด และรางหลอดไฟพร้อมขาเสียบหลอด จำนวน 4 ชุด

- แท่นสำหรับติดตั้งหลอดไฟ UV จะเลือกใช้เหล็กกัลวาไนซ์ซึ่งเหล็กที่ทนต่อการกัดกร่อนสูง ป้องกันการเกิดสนิมและทนต่อความร้อนและแสง UV โดยจะใช้เหล็กกล่องขนาด 1x1 นิ้ว ยาว 6 เมตร จำนวน 1 เส้น เหล็กกล่องขนาด 2x1 นิ้ว ยาว 2 เมตร จำนวน 1 เส้น เหล็กท่อประปาขนาดเส้นผ่าเส้นกลาง 1.5 นิ้ว ยาว 2 เมตร จำนวน 1 เส้น และเหล็กท่อประปาขนาดเส้นผ่าเส้นกลาง 2 นิ้ว ยาว 2 เมตร จำนวน 1 เส้น

- ชุดล้อเลื่อนสำหรับเคลื่อนย้ายระบบยูวีเคลื่อนที่ (UV mobile) ประกอบด้วย ลูกล้อยางดำแป้นเบรก จำนวน 4 ชุด

- ระบบไฟฟ้า ประกอบด้วย สายไฟ VC ขนาด 2x1.5 ตารางมิลลิเมตร (ทองแดงหุ้มฉนวน 2 ชั้น) ยาว 10 เมตร ปลั๊กกราวด์คู่ จำนวน 1 ตัว บล็อกลอย จำนวน 1 ตัว และปลั๊กเสียบตัวผู้ จำนวน 2 ตัว

- ระบบควบคุมการเปิด-ปิดหลอดไฟ UV ประกอบไปด้วย รีโมทคอนโทรล จำนวน 1 ชุด ที่สามารถควบคุมการเปิด-ปิดหลอดไฟ UV แบบแยกหลอด

สำหรับระบบยูวีเคลื่อนที่ (UV mobile) ในการศึกษานี้ได้ตรวจสอบคุณภาพและประเมินคุณภาพนวัตกรรมในด้านความสะดวกการใช้งาน รูปลักษณ์ภายนอก ความเหมาะสมกับสถานที่และความคุ้มค่าของระบบยูวีเคลื่อนที่ (UV mobile) จากแพทย์แผนไทยที่ปฏิบัติการในโรงงานอุตสาหกรรมยาแผนไทย นักวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมคุณภาพการผลิตยาแผนไทยในระดับโรงงานอุตสาหกรรมยาแผนไทยและวิศวกรด้านอุตสาหกรรม จำนวน 6 คน โดยมีค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (Index of Item Object Congruence: IOC) เท่ากับ 0.874

3. รวบรวมรายชื่อเชื้อจุลินทรีย์ที่มีโอกาสปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์ยาแผนไทยและเกณฑ์มาตรฐานการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในยาแผนไทย รวมถึงการคำนวณระยะเวลาในการฉายรังสี UV เพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์

โดยใช้สูตรการคำนวณคือ $E = P (2\alpha + \sin 2\alpha) / 2LD\pi^2$

P คือ ขนาดวัตต์ของหลอดไฟ UV

L คือ ความยาวของหลอด (เมตร)

D คือ ระยะห่างระหว่างหลอดไฟ UV และวัตถุเป้าหมาย (เมตร)

E คือ ความเข้มข้นของรังสี UV ที่ระยะใช้งาน (Ws/m^2)

และ สูตรการคำนวณ คือ $t = H/E$

t คือ ระยะเวลาในการฉายรังสี UV (วินาที)

H คือ ปริมาณรังสี UV ที่ต้องใช้ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ (Ws/m^2)

(Ministry of Higher Education, 2020)

ระยะที่ 3 การประเมินประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ของระบบยูวีเคลื่อนที่ (UV mobile) ในโรงงานสาธิตอุตสาหกรรมยาแผนไทย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย โดยมีการควบคุมอุณหภูมิภายในห้องปฏิบัติงานอยู่ในช่วง 25-30 องศาเซลเซียล และมีความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องปฏิบัติงานอยู่ในช่วง 45-60%RH ซึ่งแบ่งการทดสอบออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

3.1 การทดสอบประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ระบบยูวีเคลื่อนที่ (UV mobile) ในโรงงานสาธิตอุตสาหกรรมยาแผนไทย วิทยาลัยการแพทย์พื้นบ้านและการแพทย์ทางเลือก มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ในระยะห่างที่แตกต่างกันไป

1. ทำการเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ในอากาศโดยนำอาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ 2 ชนิดคือ อาหารเลี้ยงเชื้อชนิด Nutrient agar (NA) ใช้สำหรับเก็บตัวอย่างของแบคทีเรียและอาหารเลี้ยงเชื้อชนิด Potato dextrose agar (PDA) ใช้สำหรับเก็บตัวอย่างของเชื้อราโดยนำอาหารทั้ง 2 ชนิดไปวางไว้ภายในโรงงานสาธิตอุตสาหกรรมยาแผนไทย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายเพื่อเก็บ

เชื้อจุลินทรีย์ในอากาศโดยวางทิ้งไว้เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำอาหารทั้ง 2 ชนิดไปบ่มเพาะเชื้อในตู้บ่มเชื้อ (Incubator) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส

2. เมื่อครบเวลา 24 ชั่วโมง นำโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์ที่เพาะได้ทั้งแบคทีเรียและเชื้อรามาเพาะเลี้ยงต่อในอาหารเหลวชนิด Tryptic Soy Broth (TSB) โดยใช้ Loop เขี่ยเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราจำนวน 1 โคโลนี แล้วนำมาเพาะเลี้ยงต่อในอาหารเหลว TSB ปริมาณ 10 มิลลิลิตร บ่มเชื้อในตู้บ่มเชื้อ (Incubator) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส

3. นำแบคทีเรียและเชื้อราที่บ่มไว้ในอาหารเหลว TSB เป็นเวลา 24 ชั่วโมงมาเจือจางด้วยอาหารเหลว TSB จากนั้นหยดแบคทีเรียและเชื้อราที่เจือจางจำนวน 50 ไมโครลิตร ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิด Nutrient agar (NA) และ Potato dextrose agar (PDA) สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพของระบบยูวีเคลื่อนที่ (UV mobile) ในการฆ่าแบคทีเรียและเชื้อรา ตามลำดับ

4. นำอาหารเลี้ยงเชื้อ Nutrient agar (NA) และ Potato dextrose agar (PDA) ที่หยดด้วยแบคทีเรียและเชื้อรามาวางในโรงงานสาธิตอุตสาหกรรมยาแผนไทย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย โดยวางระบบยูวีเคลื่อนที่ (UV mobile) บริเวณจุดกึ่งกลางของห้องปฏิบัติงาน และวางอาหารเลี้ยงเชื้อทั้ง 2 ชนิดห่างจากระบบยูวีเคลื่อนที่ (UV mobile) เป็นระยะทาง 1, 2, 3 และ 4 เมตร จากนั้นทำการเปิดระบบยูวีเคลื่อนที่ (UV mobile) เป็นระยะเวลา 30 นาที (เป็นระยะเวลาที่ได้จากการคำนวณระหว่างปริมาณรังสี UV ที่ต้องใช้ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์และความเข้มข้นของรังสี UV ที่ระยะใช้งาน (t=H/E)) เมื่อครบเวลา 30 นาที จะนำอาหารเลี้ยงเชื้อทั้ง 2 ชนิด ไปบ่มในตู้บ่มเชื้อ (Incubator) ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง

5. เมื่อครบเวลาทำการตรวจนับจำนวนโคโลนีอ่านผลการทดลองและถ่ายรูปภาพผลการทดลองที่ได้ จากนั้นคำนวณประสิทธิภาพของระบบยูวีเคลื่อนที่ (UV mobile) ในการฆ่าแบคทีเรียและเชื้อราที่ระยะห่างต่างๆ โดยเทียบกับอาหารเลี้ยงเชื้อที่ไม่ได้ผ่านการฉายรังสีและคำนวณออกมาในรูปแบบเปอร์เซ็นต์การฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ตามระยะห่างต่างๆ โดยทำการทดลองทั้งหมดจำนวน 3 ครั้ง

3.2 การทดสอบประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ (Air test) ภายในโรงงานสาธิตอุตสาหกรรมยาแผนไทย วิทยาลัยการแพทย์พื้นบ้านและการแพทย์ทางเลือก มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายด้วยระบบยูวีเคลื่อนที่ (UV mobile)

1. เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ Nutrient agar (NA) และ Potato dextrose agar (PDA) จากนั้นนำไปวางภายในโรงงานสาธิตอุตสาหกรรมยาแผนไทย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย เพื่อทำการเก็บเชื้อจุลินทรีย์ที่อยู่ภายในอากาศ เป็นระยะเวลานาน 30 นาที จากนั้นนำอาหารเลี้ยงเชื้อทั้ง 2 ชนิด ไปบ่มในตู้บ่มเชื้อ (Incubator) ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง

2. ทำการเปิดระบบยูวีเคลื่อนที่ (UV mobile) ภายในโรงงานสาธิตอุตสาหกรรมยาแผนไทย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย โดยวางระบบยูวีเคลื่อนที่ (UV mobile) บริเวณจุดกึ่งกลางของห้องปฏิบัติงาน เป็นระยะเวลา 30 นาที เมื่อครบเวลา 30 นาที ทำการนำอาหารเลี้ยงเชื้อ Nutrient agar (NA) และ Potato dextrose agar (PDA) ไปวางภายในโรงงานสาธิตอุตสาหกรรมยาแผนไทย เพื่อทำการเก็บเชื้อจุลินทรีย์ที่อยู่ภายในอากาศ เป็นระยะเวลานาน 30 นาที จากนั้นนำอาหารเลี้ยงเชื้อทั้ง 2 ชนิด ไปบ่มในตู้บ่มเชื้อ (Incubator) ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง

3. เมื่อครบเวลาทำการตรวจนับจำนวนโคโลนี อ่านผลการทดลองและถ่ายรูปภาพผลการทดลองที่ได้ โดยทำการเปรียบเทียบจำนวนโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์ที่เก็บจากอากาศก่อนและหลังการเปิดระบบยูวีเคลื่อนที่ (UV mobile) โดยทำการทดลองทั้งหมดจำนวน 3 ครั้ง

3.3 การทดสอบประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์บนพื้นผิวสัมผัสของเครื่องมือ (Swab test) ภายในโรงงานสาธิตอุตสาหกรรมยาแผนไทย วิทยาลัยการแพทย์พื้นบ้านและการแพทย์ทางเลือก มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายด้วยระบบยูวีเคลื่อนที่ (UV mobile)

1. เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ Nutrient agar (NA) และ Potato dextrose agar (PDA) จากนั้นใช้ไม้พันสำลี (Cotton Swab) ที่ผ่านการฆ่าเชื้อมาทำการสุ่มเก็บเชื้อจุลินทรีย์ตามโต๊ะ ชั้นวางของและเครื่องมือภายในโรงงานสาธิตอุตสาหกรรมยาแผนไทย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย และนำไม้พันสำลี (Cotton Swab) ที่เก็บตัวอย่างเชื้อจุลินทรีย์จากจุดต่างๆ มาทำการ Streak plate เพื่อเพาะเชื้อจุลินทรีย์ในอาหาร Nutrient agar (NA) และ Potato dextrose agar (PDA) จากนั้นนำอาหารเลี้ยงเชื้อทั้ง 2 ชนิด ไปบ่มในตู้บ่มเชื้อ (Incubator) ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง

2. ทำการเปิดระบบยูวีเคลื่อนที่ (UV mobile) ภายในโรงงานสาธิตอุตสาหกรรมยาแผนไทย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย โดยวางระบบยูวีเคลื่อนที่ (UV mobile) บริเวณจุดกึ่งกลางของห้องปฏิบัติงาน เป็นระยะเวลา 30 นาที เมื่อครบเวลา 30 นาที ใช้ไม้พันสำลี (Cotton Swab) ที่ผ่านการฆ่าเชื้อมาทำการสุ่มเก็บเชื้อโรคตามโต๊ะ ชั้นวางของและเครื่องมือภายในโรงงานสาธิตอุตสาหกรรมยาแผนไทย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย และนำไม้พันสำลี (Cotton Swab) ที่เก็บตัวอย่างเชื้อจุลินทรีย์จากจุดต่างๆ มาทำการ Streak plate เพื่อเพาะเชื้อจุลินทรีย์ในอาหาร Nutrient agar (NA) และ Potato dextrose agar (PDA) จากนั้นนำอาหารเลี้ยงเชื้อทั้ง 2 ชนิด ไปบ่มในตู้บ่มเชื้อ (Incubator) ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง

3. เมื่อครบเวลาทำการตรวจนับจำนวนโคโลนี อ่านผลการทดลองและถ่ายรูปภาพผลการทดลองที่ได้ โดยทำการเปรียบเทียบจำนวนโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์ที่สุ่มเก็บจากโต๊ะ ชั้นวางของและเครื่องมือก่อนและหลังการเปิดระบบยูวีเคลื่อนที่ (UV mobile) โดยทำการทดลองทั้งหมดจำนวน 3 ครั้ง

ผลการวิจัย

การพัฒนาระบบยูวีเคลื่อนที่สำหรับโรงงานสาธิตอุตสาหกรรมยาแผนไทยได้ผลการศึกษาออกมา 4 ส่วน คือ 1) การศึกษาเกณฑ์มาตรฐานการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในยาแผนไทยและการคำนวณปริมาณรังสี UV-C (UV dose) และระยะเวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ 2) การทดสอบประสิทธิภาพของระบบยูวีเคลื่อนที่ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่ระยะห่างต่างๆ ภายในโรงงานสาธิตอุตสาหกรรมยาแผนไทย 3) การทดสอบประสิทธิภาพของระบบยูวีเคลื่อนที่ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ (Air test) ภายในโรงงานสาธิตอุตสาหกรรมยาแผนไทย 4) การทดสอบประสิทธิภาพของระบบยูวีเคลื่อนที่ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์บริเวณผิวสัมผัสของโต๊ะชั้นวางของและเครื่องมือ (Swab test) ภายในโรงงานสาธิตอุตสาหกรรมยาแผนไทยโดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. จากการศึกษาและทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้องในการผลิตผลิตภัณฑ์ยาแผนไทยและเกณฑ์มาตรฐานการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในยาแผนไทย พบว่า ยาแผนไทยสามารถแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ 1) ยาสมุนไพรชนิดรับประทานที่ไม่ต้องผ่านกรรมวิธีลดปริมาณจุลินทรีย์ก่อนรับประทานเช่น ยาผง ลูกกลอน ยาเม็ด ยาแคปซูล 2) ยาสมุนไพรชนิดรับประทานที่ผ่านกรรมวิธีลดปริมาณจุลินทรีย์ก่อนรับประทานเช่น ยาชงในน้ำเดือด รวมทั้งยาที่ใช้ภายนอกชนิด ยาผง ยาพอก 3) ยาน้ำสมุนไพรชนิดรับประทาน และ 4) ยาทาภายนอกที่มีส่วนประกอบของสมุนไพร เช่น ยาครีม เจล และยาน้ำ โดยยาทั้ง 4 กลุ่ม จะต้องผ่านการตรวจสอบการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์หลายชนิด ได้แก่ แบคทีเรียชนิด *Staphylococcus aureus, Escherichia coli, Salmonella spp., Clostridium spp., Pseudomonas aeruginosa* รวมถึงเชื้อราและยีสต์ (Food and Drug Administration, 2004) นอกจากนี้ได้ทำการศึกษารังสี UV-C และการคำนวณปริมาณรังสี UV-C (UV dose) ที่ใช้ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ พบว่า เชื้อจุลินทรีย์แต่ละชนิดจะถูกฆ่าด้วยความเข้มข้นของรังสี UV ที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความเข้มข้นของรังสี UV ที่ใช้ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์แต่ละชนิด

เชื้อจุลินทรีย์	ความเข้มข้นของรังสี UV ที่ใช้ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ (Ws/m^2)
Staphylococcus aureus	66-148
Escherichia coli	90
Salmonella spp.	41-240
Clostridium spp.	2200
Pseudomonas aeruginosa	165
เชื้อรา	390-3,960
ยีสต์	69-270

ที่มา: DNA Chemical House (Thailand) Co., LTd., 2021

จากความรู้การใช้รังสี UV-C ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ คณะผู้วิจัยได้ออกแบบและพัฒนาระบบยูวีเคลื่อนที่ (UV mobile) โดยสามารถปล่อยรังสีได้รอบทิศทาง ซึ่งใช้งบประมาณในการผลิต 4,500 บาทต่อเครื่อง โดยระบบยูวีเคลื่อนที่ (UV mobile) เครื่องนี้ได้ใช้หลอดรังสี UV-C ที่มีความยาว 120 เซนติเมตร ขนาด 36 วัตต์ ซึ่งเป็นรังสี UV-C จำนวน 15 วัตต์ โดยมีระยะห่างระหว่างหลอดไฟ UV และวัตถุเป้าหมายที่ไกลที่สุดคือ 4 เมตร จากการคำนวณด้วยสูตร $E = P(2\alpha + \sin 2\alpha) / 2LD\pi^2$ และ $t = H/E$ พบว่า 1 วินาที ระบบยูวีเคลื่อนที่ (UV mobile) จะปล่อยความเข้มของรังสี UV-C เท่ากับ 21.74 Ws/m^2 ดังนั้นถ้าหากเปิดระบบยูวีเคลื่อนที่ (UV mobile) เป็นระยะเวลา 30 นาที เชื้อจุลินทรีย์จะได้รับความเข้มของแสงเท่ากับ 39,132 W/m^2 ซึ่งสามารถฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่มีโอกาสพบในยาแผนไทยได้ (ดังแสดงในตารางที่ 1) ขณะเดียวกันเชื้อจุลินทรีย์ที่อยู่ในอากาศสามารถถูกฆ่าได้โดยต้องมีความเข้มของรังสี UV-C มากกว่า 99 Ws/m^2 (Ministry of Higher Education, 2020) แสดงว่าระบบยูวีเคลื่อนที่ (UV mobile) สามารถที่จะฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่มีโอกาสพบในยาแผนไทย รวมถึงจุลินทรีย์ในอากาศได้

จากการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าระบบยูวีเคลื่อนที่ (UV mobile) มีความสามารถในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ได้ โดยเชื้อจุลินทรีย์มีโอกาสปนเปื้อนตามพื้นที่ปฏิบัติงาน ได้แก่ โต๊ะ ชั้นวางของและเครื่องมือ รวมถึงอากาศภายในโรงงานสาธิตอุตสาหกรรมยาแผนไทย ซึ่งการลดปนเปื้อนโดยการใช้สารเคมี เช่น น้ำยาทำความสะอาดหรือแอลกอฮอล์ สามารถลดการปนเปื้อนได้เฉพาะบริเวณพื้นที่ปฏิบัติงาน แต่ไม่สามารถลดการปนเปื้อนในอากาศได้ โดยระบบยูวีเคลื่อนที่ (UV mobile) มีจุดเด่นในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่อยู่ในอากาศได้ด้วย ซึ่งการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ทั้งในพื้นที่ปฏิบัติงานและภายในอากาศสอดคล้องกับหลักเกณฑ์และวิธีการในการผลิตยาแผนโบราณตามกฎหมายว่าด้วยยา พ.ศ. 2559 ได้กำหนดรายละเอียดเกี่ยวกับสถานที่และเครื่องมือในการผลิตยาโดยมีข้อกำหนดว่าสถานที่และเครื่องมือต้องผ่านการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์และมีความเสี่ยงน้อยที่สุดในการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ยาแผนไทย (Ministry of Public Health, 2016)

สำหรับการศึกษานี้ได้ทำการศึกษาในพื้นที่ของโรงงานสาธิตอุตสาหกรรมยาแผนไทย วิทยาลัยการแพทย์พื้นบ้านและการแพทย์ทางเลือก มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ซึ่งมีพื้นที่ปฏิบัติงานที่มีความกว้างเท่ากับ 8 เมตร ความยาวเท่ากับ 9 เมตร และความสูงเท่ากับ 3.6 เมตร โดยการศึกษานี้จะใช้ระบบยูวีเคลื่อนที่ (UV mobile) วางบริเวณกลางห้องปฏิบัติงาน จากการคำนวณความเข้มข้นของรังสี UV-C ของระบบยูวีเคลื่อนที่ (UV mobile) เมื่อฉายรังสีเป็นระยะเวลา 30 นาที ในรัศมี 4 เมตร สามารถฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ได้เพียงพอ ดังนั้นระบบยูวีเคลื่อนที่ (UV mobile) ดังกล่าวจึงมีความเหมาะสมกับพื้นที่ปฏิบัติงาน

ภายในโรงงานสาธิตอุตสาหกรรมยาแผนไทย วิทยาลัยการแพทย์พื้นบ้านและการแพทย์ทางเลือก มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

2. การทดสอบประสิทธิภาพของระบบยูวีเคลื่อนที่ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่ระยะห่างต่างๆ ภายในโรงงานสาธิตอุตสาหกรรมยาแผนไทยโดย การศึกษานี้ได้ทำการศึกษาภายในโรงงานสาธิตอุตสาหกรรมยาแผนไทยเป็นห้องที่มีความกว้างเท่ากับ 8 เมตร ความยาวเท่ากับ 9 เมตร และความสูงเท่ากับ 3.6 เมตร และจะใช้ระบบยูวีเคลื่อนที่ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ 1 ตัวต่อห้อง ซึ่งจากการศึกษาความรู้เกี่ยวกับการใช้รังสี UV-C (UV dose) ที่ใช้ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ พบว่า รังสี UV-C สามารถฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ได้ดีที่สุดที่ระยะห่าง 2 เมตร (BOX BRIGHT GROUP Co., Ltd., 2021)

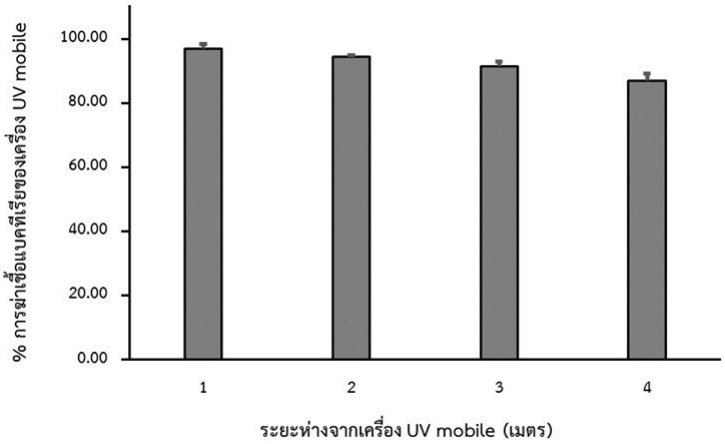
นอกจากนี้ยังพบว่า การที่ระยะห่างเพิ่มขึ้นอาจจะทำให้ประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ลดลง ดังนั้นการศึกษานี้จึงสนใจที่จะทดสอบประสิทธิภาพของระบบยูวีเคลื่อนที่ที่พัฒนาขึ้นมาใช้เองในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่ระยะห่างต่างๆ ซึ่งออกแบบการทดลองโดยทดสอบประสิทธิภาพในการฆ่าแบคทีเรียและเชื้อราของระบบยูวีเคลื่อนที่ที่ระยะห่าง 1-4 เมตร โดยผลการทดสอบพบว่า หลังจากการนับจำนวนโคโลนีเฉลี่ยของเชื้อแบคทีเรียผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยระบบยูวีเคลื่อนที่ที่ระยะห่างต่างๆ และทำการคำนวณเปอร์เซ็นต์การฆ่าแบคทีเรียของระบบยูวีเคลื่อนที่ในระยะห่างต่างๆ โดยการเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อ แสดงให้เห็นว่า สามารถฆ่าแบคทีเรียได้ 96.80%, 94.42%, 91.36% และ 86.97% ที่ระยะ 1, 2, 3 และ 4 เมตร ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2 และภาพที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์การฆ่าแบคทีเรียของระบบยูวีเคลื่อนที่ตามระยะห่างต่างๆ

ระยะห่างจากระบบยูวีเคลื่อนที่	ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์การฆ่าแบคทีเรียของระบบยูวีเคลื่อนที่ (Mean ± S.D.)
1 เมตร	96.80 ± 1.55
2 เมตร	94.42 ± 0.51
3 เมตร	91.36 ± 1.63*
4 เมตร	86.97 ± 2.21*

หมายเหตุ: - Mean ± S.D. ของการทดลองจำนวน 3 ครั้ง

- *$p<0.05$ vs ระยะห่างจากระบบยูวีเคลื่อนที่ 1 เมตร



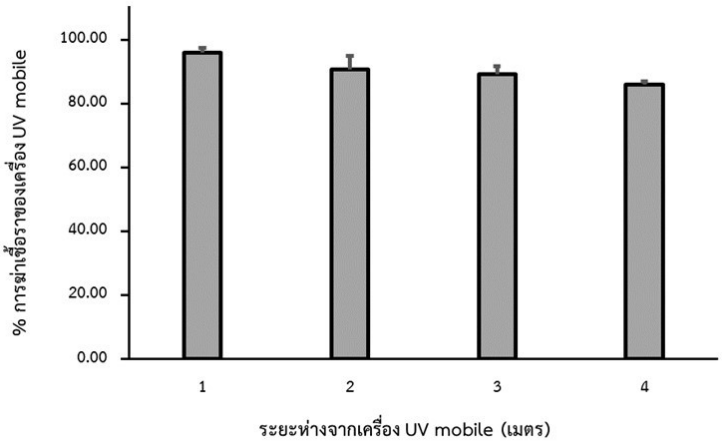
ภาพที่ 2 ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์การฆ่าแบคทีเรียของระบบยูวีเคลื่อนที่ตามระยะห่างต่างๆ

สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพของระบบยูวีเคลื่อนที่ในการฆ่าเชื้อราโดยผลการทดสอบพบว่า หลังจากการนับจำนวนโคโลนีเฉลี่ยของเชื้อราที่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยระบบยูวีเคลื่อนที่ที่ระยะห่างต่างๆ และทำการคำนวณเปอร์เซ็นต์การฆ่าเชื้อราของระบบยูวีเคลื่อนที่ในระยะห่างต่างๆ โดยการเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อ แสดงให้เห็นว่า สามารถฆ่าเชื้อรา 95.93%, 90.53%, 89.15% และ 86.00% ที่ระยะ 1, 2, 3 และ 4 เมตร ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 3 และภาพที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์การฆ่าเชื้อราของระบบยูวีเคลื่อนที่ตามระยะห่างต่างๆ

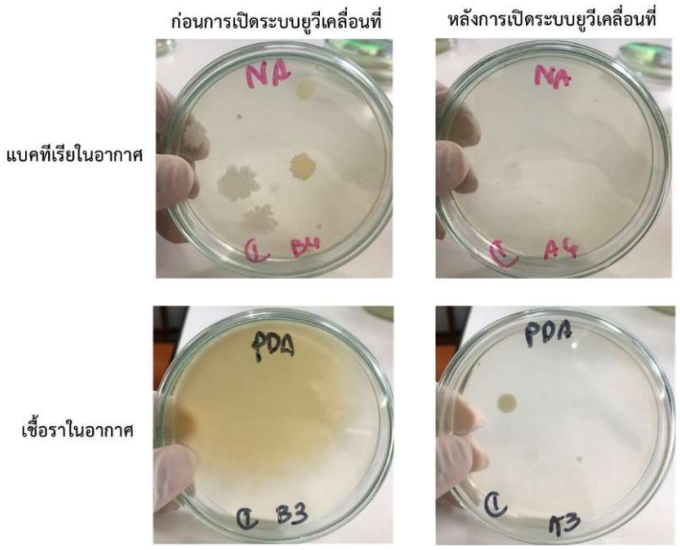
ระยะห่างจากระบบยูวีเคลื่อนที่	ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์การฆ่าเชื้อราของระบบยูวีเคลื่อนที่ (Mean ± S.D.)
1 เมตร	95.93 ± 1.47
2 เมตร	90.53 ± 4.43
3 เมตร	89.15 ± 2.41*
4 เมตร	86.00 ± 0.92*

หมายเหตุ: - Mean ± S.D. ของการทดลองจำนวน 3 ครั้ง
- *$p<0.05$ vs ระยะห่างจากระบบยูวีเคลื่อนที่ 1 เมตร



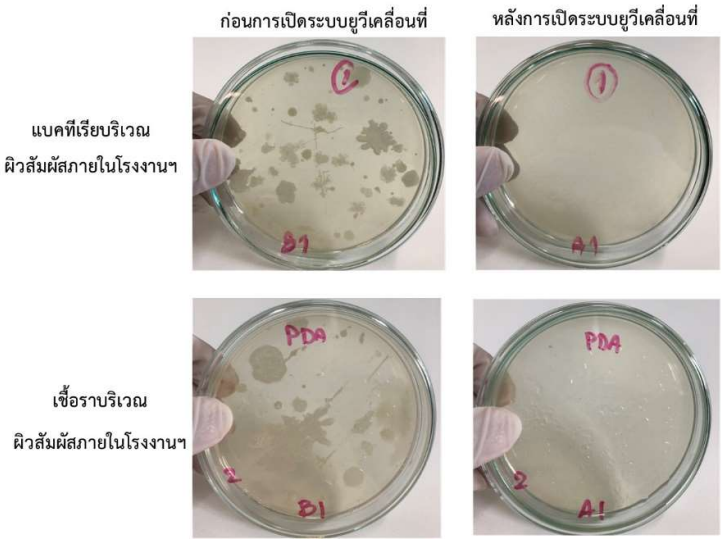
ภาพที่ 3 ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์การฆ่าเชื้อราของระบบยูวีเคลื่อนที่ตามระยะห่างต่างๆ

3. การทดสอบประสิทธิภาพของระบบยูวีเคลื่อนที่ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ (Air test) ภายในโรงงานสาธิตอุตสาหกรรมยาแผนไทย ทำการทดสอบโดยการเก็บเชื้อราและแบคทีเรียภายในอากาศภายในโรงงานสาธิตอุตสาหกรรมยาแผนไทย ก่อนและหลังการเปิดระบบยูวีเคลื่อนที่เป็นระยะเวลา 30 นาที ผลการศึกษา พบว่า ปริมาณของแบคทีเรียและเชื้อราที่เจริญเติบโตในอาหาร Nutrient agar (NA) และ Potato dextrose agar (PDA) ลดลงหลังการฆ่าเชื้อโรคด้วยระบบยูวีเคลื่อนที่เมื่อเทียบกับก่อนการฆ่าเชื้อโรคด้วยระบบยูวีเคลื่อนที่ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศก่อนและหลังการฉายด้วยระบบยูวีเคลื่อนที่

4. การทดสอบประสิทธิภาพของระบบยูวีเคลื่อนที่ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์บริเวณผิวสัมผัสของโต๊ะ ชั้นวางของและเครื่องมือ (Swab test) ภายในโรงงานสาธิตอุตสาหกรรมยาแผนไทยโดยการทำ Swab test จะเป็นการทดสอบการปนเปื้อนของจุลินทรีย์บนพื้นผิวสัมผัสของเครื่องมือภายในโรงงานก่อนและหลังการเปิดระบบยูวีเคลื่อนที่เป็นระยะเวลา 30 นาที ผลการศึกษา พบว่าปริมาณของแบคทีเรียและเชื้อราที่เจริญเติบโตในอาหาร Nutrient agar (NA) และ Potato dextrose agar (PDA) ลดลงหลังการฆ่าเชื้อโรคด้วยระบบยูวีเคลื่อนที่เมื่อเทียบกับก่อนการฆ่าเชื้อโรคด้วยระบบยูวีเคลื่อนที่ ดังแสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์บริเวณผิวสัมผัสของโต๊ะก่อนและหลังการฉายด้วยระบบยูวีเคลื่อนที่ภายในโรงงานสาธิตอุตสาหกรรมยาแผนไทย

จากผลการศึกษาข้างต้นได้แสดงให้เห็นถึงการประยุกต์รูปแบบของการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ด้วยรังสียูวี (UV-C) มาใช้กับการผลิตผลิตภัณฑ์สมุนไพรในระดับโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อป้องกันการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ที่อาจจะปนเปื้อนในขั้นตอนของกระบวนการผลิต รวมถึงการป้องกันการปนเปื้อนจากสภาพแวดล้อมภายในสถานที่ของการผลิตผลิตภัณฑ์สมุนไพรได้

อภิปรายผลการวิจัย

ปัจจุบันรัฐบาลและกระทรวงสาธารณสุขได้มีนโยบายส่งเสริมการใช้ยาแผนไทยหรือผลิตภัณฑ์สมุนไพร ซึ่งเป็นภูมิปัญญาดั้งเดิมของคนไทยที่มีการสืบทอดกันมาโดยมีการบรรจุยาจากสมุนไพรไว้ในบัญชียาหลักแห่งชาติ ประกอบกับกระแสความนิยมของประชาชนที่หันมาดูแลสุขภาพด้วยผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็วทั้งในรูปแบบของยา อาหารเสริมและเครื่องสำอาง จากความต้องการการใช้ยาแผนไทยหรือผลิตภัณฑ์สมุนไพรที่เพิ่มมากขึ้น ทำให้ผู้ผลิตและหน่วยงานของภาครัฐได้มีการใส่ใจถึงความปลอดภัยของผู้บริโภค โดยได้กำหนดมาตรฐานการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในยาแผนไทยหรือผลิตภัณฑ์สมุนไพร ทำให้ต้องทำการตรวจสอบการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคต่างๆ ตามเกณฑ์ประกาศสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาและเกณฑ์ตำรายาของประเทศไทย ฉบับเพิ่มเติมปี 2005 (Thai Pharmacopoeia Supplement, 2005) ซึ่งจะต้องตรวจสอบหาเชื้อจุลินทรีย์ ได้แก่ *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Salmonella* spp., *Clostridium* spp. และ *Pseudomonas aeruginosa* รวมถึงเชื้อราและยีสต์

จากการสำรวจของศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 3 นครสวรรค์ ในช่วงปี พ.ศ. 2554-2558 ได้ทำการเก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์ยาสมุนไพร จำนวนทั้งสิ้น 304 ตัวอย่าง โดยพบผลิตภัณฑ์ยาสมุนไพรที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานตามเกณฑ์ประกาศสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาและเกณฑ์ตำรายาของประเทศไทย ฉบับเพิ่มเติมปี 2005 (Thai Pharmacopoeia Supplement, 2005) จำนวนทั้งสิ้น 109 ตัวอย่าง หรือประมาณ 35.85% จากตัวอย่างผลิตภัณฑ์ยาสมุนไพรทั้งหมด โดยพบเชื้อจุลินทรีย์ ได้แก่ *Clostridium* spp., *E.coli*, *Salmonella* spp. และเชื้อรา (Pongmuangmul, Klaikrung, Wutadirek, 2016) ซึ่งถ้าหากผู้บริโภคได้รับเชื้อจุลินทรีย์ดังกล่าวในปริมาณที่มากอาจจะก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภคได้ เช่น หากได้รับเชื้อหรือสารพิษจาก *Escherichia coli* และ *Salmonella* spp. จะทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษได้ ส่วนเชื้อราสามารถสร้างสารพิษอันตราย เช่น อะฟลาท็อกซิน (Aflatoxin) ซึ่งก่อโรคมะเร็ง และเชื้อ *Clostridium* spp. อาจจะก่อโรคอาหารเป็นพิษลำไส้อักเสบและโรคโบทูลิซึม (Botulism) ได้ (Frank, 2014) ซึ่งเชื้อจุลินทรีย์ดังกล่าวอาจจะปนเปื้อนมาจากสิ่งแวดล้อม เช่น ฝุ่นละออง ดิน น้ำ และมาจากร่างกายของมนุษย์ เป็นต้น

ดังนั้นเพื่อป้องกันการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ยาจากสมุนไพรผู้ผลิตจะต้องใส่ใจตั้งแต่ขั้นตอนการคัดแยกวัตถุดิบสมุนไพร การทำความสะอาดวัตถุดิบสมุนไพร การแปรรูปวัตถุดิบสมุนไพร รวมถึงสถานที่ที่ใช้ในการผลิต อุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตผลิตภัณฑ์ยาจากสมุนไพรต้องสะอาด นอกจากนี้ผู้ผลิตจำเป็นต้องสวมอุปกรณ์ป้องกันต่างๆ เช่น เสื้อคลุม ถุงมือ หมวกคลุมผม ผ้าปิดปาก เป็นต้น ปัจจุบันพบว่าการใช้รังสียูวี (UV-C) เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถกำจัดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในพื้นที่หรือสภาพแวดล้อมได้ โดยมีการนำรังสียูวี (UV-C) มาใช้ในโรงพยาบาล หน่วยงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยเชื้อก่อโรค โรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ โดยมีการติดตั้งรังสียูวี (UV-C) ในหลายรูปแบบ เช่น การติดตั้งไว้บนเพดาน บนพื้นหรือในท่ออากาศ รวมถึงระบบยูวีเคลื่อนที่ (UV mobile) ซึ่งได้รับความนิยมมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวกทำให้เพิ่มประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในจุดอับหรือจุดที่มีวัตถุอื่นๆ บดบัง

อย่างไรก็ตามการใช้ระบบยูวีเคลื่อนที่ (UV mobile) จะต้องคำนึงถึงพื้นที่ของบริเวณที่ใช้งานด้วย ดังนั้นการศึกษานี้จึงสนใจที่จะพัฒนาระบบยูวีเคลื่อนที่ (UV mobile) ที่เหมาะสมกับ

โรงงานสาธิตอุตสาหกรรมยาแผนไทยของวิทยาลัยการแพทย์พื้นบ้านและการแพทย์ทางเลือก มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายโดยการพัฒนาและผลิตระบบยูวีเคลื่อนที่ (UV mobile) ใช้เอง โดยระบบยูวีเคลื่อนที่ (UV mobile) 1 ตัว ที่มีความกว้าง 60 เซนติเมตร สูง 2 เมตร ใช้งบประมาณในการผลิตเพียง 4,500 บาท และสามารถใช้ในพื้นที่ที่มีความกว้าง 8 เมตร ความยาว 9 เมตรและความสูง 3.6 เมตรได้ โดยหลังจากพัฒนาและผลิตระบบยูวีเคลื่อนที่ (UV mobile) ทางคณะผู้วิจัยได้ทำการคำนวณปริมาณรังสียูวี (UV-dose) และระยะเวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ โดยพบว่าถ้าหากเปิดระบบยูวีเคลื่อนที่ (UV mobile) เป็นระยะเวลา 30 นาที จะมีปริมาณความเข้มของรังสียูวีที่เพียงพอต่อการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคที่มีโอกาสปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์ยาสมุนไพรได้ นอกจากนี้คณะผู้วิจัยได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของระบบยูวีเคลื่อนที่ (UV mobile) ในการฆ่าแบคทีเรียและเชื้อราในระยะห่างต่างๆ (1-4 เมตร) ในอากาศและบริเวณผิวสัมผัสของโต๊ะ ชั้นวางของและเครื่องมือ รวมไปถึงพื้นที่ในการปฏิบัติงาน โดยพบว่าระบบยูวีเคลื่อนที่ (UV mobile) สามารถลดปริมาณแบคทีเรียและเชื้อราได้ ในปัจจุบันระบบยูวีถูกนำมาใช้ในระดับโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อเป็นการเพิ่มความสะอาดภายในโรงงาน โดยมีการนำระบบยูวีมาใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมในด้านต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมน้ำดื่ม อาหาร เครื่องสำอาง บรรจุภัณฑ์ต่างๆ รวมถึงยาแผนปัจจุบัน (Young Lib Nguan Electric Co., Ltd.) สำหรับการศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิภาพของระบบยูวีต่อการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ พบว่า การศึกษาของอารักษ์ ทิพรัตน์ (2561) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวการใช้ยูวีในการกำจัดเชื้อ *E.coli* ในน้ำแป้งที่ใช้ผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว ผลการศึกษาพบว่ายูวีสามารถกำจัดเชื้อ *E.coli* ได้ โดยลดลงจากจำนวนปริมาณเชื้อเริ่มต้นที่ 7 log CFU/ml เหลือ 0 log CFU/ml เมื่อทำการฉายยูวีเป็นเวลา 15 นาที แสดงให้เห็นว่ารังสียูวีสามารถฆ่าเชื้อ *E.coli* ได้ ซึ่งเชื้อชนิดนี้เป็นเชื้อที่มีโอกาสปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์ยาแผนไทย นอกจากนี้ยังพบการศึกษาของวรพล หนูนุ่น (2563) ได้การพัฒนานวัตกรรมเครื่องฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงยูวีแบบเคลื่อนที่ ที่ปลอดภัยและต้นทุนต่ำ เพื่อแก้ปัญหาเครื่องฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงยูวีเดิมที่เป็นแบบตั้งอยู่กับที่ไม่มีแบบเคลื่อนที่และ มีราคาแพง โดยได้ผลิตนวัตกรรมเครื่องฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงยูวีแบบเคลื่อนที่ในรูปแบบกล่องขนาดเล็ก จากการวิจัยนี้พบว่าแสงยูวีแบบเคลื่อนที่ต้นแบบนี้สามารถฆ่าเชื้อโรคได้ในทางทฤษฎี สามารถพกพาเคลื่อนย้ายได้สะดวก ใช้งานได้จริง และต้นทุนต่ำ และการศึกษาของพจน์ศิรินทร์ ลิมปินันทน์และคณะ (2564) ได้ทำการพัฒนาต้นแบบเครื่องฆ่าเชื้อไวรัสและแบคทีเรียด้วยลำแสงยูวีซีขนาดเล็ก ผลการศึกษาพบว่าเครื่องต้นต้นแบบเครื่องฆ่าเชื้อไวรัสและแบคทีเรียด้วยลำแสงยูวีซีขนาดเล็กสามารถฆ่าเชื้อที่ติดอยู่ในหน้ากาก N95 เมื่อฉายลำแสงยูวีซีเป็นเวลา 30 นาที โดยการศึกษานี้ได้พัฒนาเครื่องต้นแบบเครื่องลำแสงยูวีซีขนาดเล็กสามารถเคลื่อนย้ายได้ ที่มีขนาดกว้าง 50 เซนติเมตร สูง 35 เซนติเมตร และลึก 35 เซนติเมตร จากการศึกษาดังกล่าวแสดงให้เห็นปัจจุบันมีการพัฒนาระบบยูวีเคลื่อนที่ให้มีความเหมาะสมที่เป็นรูปแบบเฉพาะตามลักษณะของผู้ใช้ ซึ่งยังเป็นระบบยูวีเคลื่อนที่ที่มีขนาดเล็กในพื้นที่จำกัด

จะเห็นได้ว่าการศึกษาวิจัยนี้เป็นการพัฒนาและผลิตระบบยูวีเคลื่อนที่ (UV mobile) ให้เหมาะสมกับพื้นที่ที่เราต้องการ ซึ่งได้ใช้พื้นที่ของโรงงานสาธิตอุตสาหกรรมยาแผนไทยของวิทยาลัยการแพทย์พื้นบ้านและการแพทย์ทางเลือก มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย เป็นพื้นที่ในการทดสอบ พบว่าระบบยูวีเคลื่อนที่ (UV mobile) มีราคาถูก เหมาะสมกับขนาดพื้นที่ และสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการช่วยลดการปนเปื้อนในโรงงานอุตสาหกรรมยาแผนไทยได้จริง ทั้งนี้สามารถเป็นแนวทางในการพัฒนาและผลิตระบบยูวีเคลื่อนที่ (UV mobile) สำหรับนำไปปรับใช้กับพื้นที่หรือหน่วยงานอื่นๆ ได้

การนำผลการวิจัยไปใช้

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้มีเป้าหมายเพื่อพัฒนาระบบยูวีเคลื่อนที่สำหรับโรงงานสาธิตอุตสาหกรรมยาแผนไทย โดยศึกษาข้อมูลเชิงเอกสารเพื่อทราบเกณฑ์มาตรฐานการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในยาแผนไทย และการคำนวณความเข้มข้นของรังสี UV-C (UV dose) ที่ใช้ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์และออกแบบและผลิตระบบยูวีเคลื่อนที่(UV mobile) สำหรับโรงงานสาธิตอุตสาหกรรมยาแผนไทย และการประเมินประสิทธิภาพของในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ระบบยูวีเคลื่อนที่ (UV mobile) ในโรงงานสาธิตอุตสาหกรรมยาแผนไทย

ทั้งนี้จำเป็นต้องมีการพัฒนาต่อยอดนวัตกรรมชิ้นนี้ให้มีความเหมาะสมกับสถานที่และมีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคต่างๆ ซึ่งรวมถึงแบคทีเรีย เชื้อรา และเชื้อไวรัส ที่อาจทำให้เกิดการปนเปื้อนในระหว่างกระบวนการผลิตยาแผนไทยได้ เนื่องจากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นการทดสอบประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ตามเกณฑ์มาตรฐานการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในยาแผนไทยที่เป็นพื้นที่ของโรงงานสาธิตอุตสาหกรรมยาแผนไทยเท่านั้น และเพื่อให้นวัตกรรมดังกล่าวสามารถเป็นทางเลือกหนึ่งในการฆ่าเชื้อที่ก่อโรคจากภาวะการแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อในปัจจุบันตามสถานที่ต่างๆ เช่น ห้องเรียน ห้องปฏิบัติการ ห้องประชุม เป็นต้น และสามารถทำให้ผู้ที่สนใจได้เรียนรู้วิธีการออกแบบและการสร้างระบบยูวีเคลื่อนที่ (UV mobile) ที่ใช้งานได้ง่าย สะดวก และราคาถูกไว้ใช้สำหรับหน่วยงานของตนเอง โดยใช้นวัตกรรมชิ้นนี้ช่วยลดปัญหาการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคอื่นๆ ที่สัมผัสอยู่กับบริเวณต่างๆ ของสถานที่ อุปกรณ์ และในอากาศที่ทำการฆ่าเชื้อได้ยาก

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

การนำผลการวิจัยในครั้งนี้ไปต่อยอดหรือพัฒนาในครั้งต่อไป ควรมีการศึกษาและทดสอบประสิทธิภาพในการป้องกันฆ่าเชื้อก่อโรคอื่นๆ เพิ่ม เพื่อเป็นการยืนยันประสิทธิภาพของนวัตกรรมที่เกิดขึ้นและสามารถสร้างความเชื่อมั่นให้กับประชาชนและสังคมต่อไปได้

References

Box Bright Group Co., Ltd. (2021). UV-C Appliances. [Online]. Available https://www.bovigastore.com/collections/uvc (29 January 2022).

DNA Chemical House (Thailand) Co., LTd. (2021). การทดสอบคุณภาพการฆ่าเชื้อโรคจากสถาบันชั้นนำ. [Online]. Available https://www.dkhthailand.com/14679126/laboratory (29 January 2022).

Food and Drug Administration. (2004). Criteria for Consideration of Registration of Traditional Drug and Microbial and Heavy Metal Contamination Standards. [Online]. Available http:// https://www.fda.moph.go.th/sites/drug/download/manual-herbal-medicines.pdf (29 January 2022).

Frank, KM. (2014). Microbiology in Clinical Pathology. Pathobiology of Human Disease, 3237–3268.

Limpinun, P., Monatrakul, W., Bunmee, S., Yunsuk, T., Nausri, C., Kaewmad, P., and Pukapak, C. (2021). The development of a small prototype Virus and bacteria sterilizer with UV-C. (Research report). Mahasarakham: Rajabhat Mahasarakham University.

Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation. (2020). UVC Sterilization. Bangkok: Ministry of Higher Education. (in Thai)

Ministry of Public Health. (2016). Notification of the Ministry of Public Health Re: Prescription of Details on Criteria and Methods for Production of Modern Drugs and Amendment to Criteria and Procedures for Traditional Drug Production According to the drug law B.E. 2559. Nonthaburi: Ministry of Public Health. (in Thai)

Namrung, S., Wansri, W., Pitulsub, K., Maga, S., Thongbuud, K. (2019). Guide to Using Germicidal UV. Bangkok: Ministry of Public Health. (in Thai)

Nunun, W. Suaemae, M., and Dechana, A. (2021). Innovative Development of a Mobile UV Sterilizer by Community Participation at Safe and Low-Cost. In University engagement (147-161). Songkhla: Thaksin University.

Pongmuangmul, S., Klaikrung, N., Wutadirek, W. (2016). Situation of Microbial Contamination in Traditional Medicine and Herbal Medicine During 2011-2015. *Thai Food and Drug Journal. 23*(2): 25-33. (in Thai)

Srisukolrattana, W. (2015). Antimicrobial Agent in House. Bangkok: Ministry of Public Health. (in Thai)

Thai Pharmacopoeia and Reference Substances Section Bureau of Drug and Narcotic Department of Medical Sciences. (2005). Thai Pharmacopoeia Volume I and II Supplement 2005. Nonthaburi.

Young Lib Nguan Electric Co., Ltd. (2021). UVC lamp sterilizing light system for industrial plants. [Online]. Available https://www.ylne.co.th/blog (6 January 2023).